

# 核技术利用建设项目

## 数字减影血管造影（DSA）装置项目

### 环境影响报告表

建设单位：巫山县中医院

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2023年3月

生态环境部监制

核技术利用建设项目  
数字减影血管造影（DSA）装置项目  
环境影响报告表



建设单位名称：巫山县中医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：重庆市巫山县广东中路 277 号

邮政编码：404799

联系人：赵建新

电子邮箱：1294743278@qq.com

联系电话：13\*\*\*\*\*6

打印编号: 1678953493000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	5oyg0p		
建设项目名称	数字减影血管造影 (DSA) 装置项目		
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		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	巫山县中医院		
统一社会信用代码	12500237451891738B		
法定代表人 (签章)	陶蓉		
主要负责人 (签字)	陶蓉		
直接负责的主管人员 (签字)	赵建新		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
任洪文	2016035550350000003511550220	BH 001038	任洪文
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
赵杰	项目基本情况、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、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议	BH 004098	赵杰
任洪文	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	BH 001038	任洪文

## 目 录

表 1	项目基本情况 .....	1
表 2	放射源 .....	9
表 3	非密封放射性物质 .....	9
表 4	射线装置 .....	10
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	10
表 6	评价依据 .....	11
表 7	保护目标与评价标准 .....	13
表 8	环境质量和辐射现状 .....	19
表 9	项目工程分析与源项 .....	22
表 10	辐射安全与防护 .....	30
表 11	环境影响分析 .....	40
表 12	辐射安全管理 .....	55
表 13	结论及建议 .....	63
附图	.....	67



**表 1 项目基本情况**

建设项目名称	数字减影血管造影（DSA）装置项目				
建设单位	巫山县中医院				
法人代表	陶蓉	联系人	赵建新	联系电话	13*****6
注册地址	重庆市巫山县广东中路 277 号				
项目建设地点	重庆市巫山县广东中路 277 号门诊大楼负一楼				
立项审批部门	重庆市巫山县发展和改革委员会		批准文号/ 批准代码	2201-500237-04-02-602110	
建设项目总投资 (万元)	1049.5	项目环保投资 (万元)	150	投资比例（环保 投资/总投资）	14.3%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m <sup>2</sup> ）	90
应用 类 型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	无				
<p><b>1.1 医院概况</b></p> <p>巫山县中医院（以下简称医院）位于重庆市巫山县广东中路 277 号，始建于 1992 年，属国家二级甲等中医医院，是一所集医疗、预防、保健、康复和教学、科研于一体的综合性中医医院。根据《医疗机构执业许可证》可知院内设置有：床位 230 张，预防保健科（含体检科）、内科、外科、妇产科、儿科、眼科、耳鼻咽喉科、口腔科、皮肤科、急诊医学科、康复医学科、麻醉科、疼痛科、医学检验科、医学影像科、中医科等诊疗科目，未设传染科。</p> <p>医院现有门诊楼（-1/6F）、住院楼（-1/6F）各 1 栋。院内现最大接诊量为 460 人·次/天，医生、护士及技工共计 380 人。</p>					

## 1.2 任务由来

巫山县中医院为更好地满足患者多层次、多方位、高质量和快捷便利的就诊需求，医院拟在门诊楼负一楼建设“数字减影血管造影（DSA）装置项目”，建设内容主要为将原骨科手术室、医生办公室及发片室装修改造为 DSA 机房、控制室等辅助用房，并购置 1 台医用血管造影 X 射线机（以下简称“DSA”，II类射线装置，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，单管头设备），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”（原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），医用血管造影 X 射线机属于 II 类射线装置。

射线装置使用时将会对周围环境产生一定的电离辐射影响，《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》、《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，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》（生态环境部令第 16 号）的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”可知，使用 II 类射线装置的项目环境影响评价文件形式为编制环境影响报告表。巫山县中医院委托重庆宏伟环保工程有限公司开展该项目的环评工作，评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础上，并按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了《数字减影血管造影（DSA）装置项目环境影响报告表》。

## 1.3 项目概况

### 1.3.1 项目建设内容及规模

（1）项目名称：数字减影血管造影（DSA）装置项目

（2）建设地点：巫山县中医院门诊楼负一楼

（3）建设性质：新建

（4）建设单位：巫山县中医院

（5）建设规模：拟将门诊楼负一楼原骨科手术室、医生办公室及发片室改造和装修成为 DSA 手术室，改造后的 DSA 手术室包括 DSA 机房、控制室、设备间、铅衣区、更衣过渡区、污物暂存间、准备间（抢救室）、办公室（谈话间）等，项目总建筑面积约 90m<sup>2</sup>，并拟在 DSA 机房内配置 1 台 DSA（II类射线装置），开展介入手术。

（3）项目投资：总投资约 1049.5 万元，其中环保投资约 150 万元。

(4) 施工期：预计 6 个月。

项目组成情况见下表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

分类	项目	具体内容	备注
主体工程	DSA 机房	DSA 手术室位于门诊楼负一楼，最小内空尺寸约 6m×4.3m，吊顶（通风管道等）后净空高度约 2.7m，其机房的有效使用面积约 25.8m <sup>2</sup> 。	改造
	设备	配置 1 台医用血管造影 X 射线机（DSA，II 类射线装置），单管头，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。	拟购
辅助工程	辅助用房	设置污物暂存间、污物通道、准备间（抢救室）、控制室、更衣过渡区、铅衣区、设备间、办公室（谈话间）等辅助用房。	改造
公用工程	给水	依托院内供水管网。	依托
	排水	实行雨污分流。依托医院雨水管网及污水管网；雨水排入市政雨水管网；医疗废水经医院污水处理站处理后排入市政污水管网。	依托
	供电	依托院内供配电系统。	依托
	通风	设置独立通风系统，采用强制通风系统。 DSA 机房拟设置 1 套独立的新风系统、1 套回风系统、1 套排风系统，保证 DSA 机房有良好的通风换气，风量为 2000m <sup>3</sup> /h。	新建
环保工程	废水处理措施	项目产生的废水依托医院的污水管网收集至位于医院污水处理站（处理能力为 150m <sup>3</sup> /d）处理后接入市政污水管网。	依托
	废气处理措施	DSA 机房拟设置 1 套独立排风系统，机房内西南侧顶部设置 1 个排气吸风口，机房内废气经其收集后通过排风管道引至西南侧楼外，并向上设置 3m 高排气筒排放。	新建
	固废处置措施	生活垃圾收集后交市政环卫部门处理。 介入手术过程中产生的医疗废物暂存于污物暂存间，在每天手术结束后经污物通道运至医院住院楼外东侧的医疗废物暂存间（约 20m <sup>2</sup> ），再统一交由有资质的单位处置。 不再使用的铅防护用品医院收集后妥善保存，做好记录，交由有资质单位处置。 项目运行产生的废物依托医院的收运系统收集运输。	依托
	辐射防护	采用实心页岩砖、混凝土、硫酸钡板、硫酸钡水泥、铅玻璃、铅防护门等屏蔽材料作为 DSA 机房屏蔽防护体，保证屏蔽体外周围剂量当量率满足标准限值要求。  DSA 机房拟按相关标准要求设置门灯连锁、警示标识、对讲系统、自动闭门装置、防夹装置等，保证 DSA 运行安全。	新建  新建

### 1.3.2 机房辐射防护方案设计

根据设计图可知，本项目用房是拟对医院门诊综合楼负一楼的原骨科手术室、医生办公室及发片室进行改造和装修成为 DSA 手术室，DSA 机房及辅助用房主体依托现有主体结构，内部根据设计重新布局和建设。DSA 机房内的西北墙、西南墙和东南墙需新增敷设硫酸钡水泥，手术室和控制室之间的屏蔽墙及其他辅助用房的墙体均为新建；顶棚在原来的基础上设置铅板和硫酸钡水泥；各屏蔽体主要使用实心页岩砖、硫酸钡防护板、硫酸钡水泥、混凝土、铅板、铅玻璃等材料进行屏蔽防护，具体屏蔽方案见表 1-2。

表 1-2 DSA 机房辐射防护方案

房间	面积	本次设计防护方案		现有建筑情况	备注
DSA 机房	内空尺寸 6m (长)×4.3m (宽)×2.7m (高, 吊顶后), 有效使用面积 25.8m <sup>2</sup>	西南墙、东南墙	240mm (2.3mmPb) 页岩砖 +30mm (0.6mmPb) 硫酸钡水泥	墙体均为 240mm 页岩砖	新增 30mm 硫酸钡水泥
		西北墙	240mm (2.3mmPb) 页岩砖	墙体均为 240mm 页岩砖	外侧为土层
		东北墙	2mmPb 硫酸钡板+2mmPb 铅板	/	新建
		顶棚	120mm (1.63mmPb) 混凝土 + 3mmPb 铅板	顶棚: 120mm 混凝土	新增 3mm 铅板
		地板	120mm	/	下方为土层
		3 个防护门、1 个观察窗	3mmPb	/	新建

备注：混凝土（砼）密度 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅密度 11.3g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡密度 3.5g/cm<sup>3</sup>、硫酸钡防护板密度 2.7g/cm<sup>3</sup>。实心页岩砖密度 1.65g/cm<sup>3</sup>。内空尺寸扣除装饰面及防护材料厚度。

### 1.3.3 设备配置

项目主要配套设施设备见表 1-3。

表 1-3 项目主要配套设施设备配置表

序号	名称	数量	用途	位置	备注
1	DSA (CGO2100) (125kV, 1000mA)	1 台	介入手术	DSA 机房内	单管头, II 类射线装置
2	电源柜	1 套	DSA 配电	DSA 手术室设备区	DSA 配套设备
3	高压发生柜	1 套	DSA 高压装置	设备间	
4	系统控制柜	1 套	设备控制和数据传输	设备间	
5	控制系统	1 套	DSA 设备操作	控制室	
6	中心供氧装置	1 套	患者供氧	DSA 机房内	
7	除颤仪	1 台	手术配套用	DSA 机房内	手术配套设备
8	高压注射器	1 台	手术配套用	DSA 机房内	
9	吸痰器	1 台	手术配套用	DSA 机房内	
10	电生理仪	1 台	手术配套用	DSA 机房内	

11	中心负压吸引	1 套	手术配套用	DSA 机房内	
12	主动脉球囊反搏器	1 台	心脏手术辅助	DSA 机房内	
13	移动铅屏风	1 架	辐射防护	DSA 机房内	/
14	进排风系统	1 套	机房内温湿度调节	DSA 机房内	

### 1.3.4 劳动定员和工作制度

本项目拟配置 8 名放射工作人员，主要包括介入手术医师 4 人、技师 2 人、护士 2 人，均从医院现有工作人员中调配培养，不新增医院总劳动定员。

放射工作人员年工作 250 天，实行轮休制。

### 1.3.5 工作负荷

根据医院提供的资料，本项目 DSA 手术室预计年开展介入手术约 360 台，包括心脏介入手术、神经介入手术和综合介入手术。

## 1.4 项目外环境概况

本项目位于重庆市巫山县广东中路 277 号巫山县中医院门诊楼负一楼（负一楼层高 3.2m）。门诊楼（-1/6F）位于医院西北侧，其东南侧约 15m 为住院楼（-1/6F），门诊楼 -1F 与住院楼 3F 齐平，且门诊楼 1F 至 3F 均有走廊与住院楼连通。院外西北侧为行人便道、广东中路和临街商铺，西南侧紧邻临街商铺，外东南侧为住院楼及医院家属院，院外东北侧为院外通道、全季酒店。外环境关系见表 1-4。

表 1-4 项目所在楼周围外环境关系一览表

序号	名称	方位	距离 (m)	与项目用房高差 (m)	环境特征
1	行人便道	西北	紧邻	+3.2	城市便道，人流量约为 100 人/h
2	广东中路		约 8	+3.2	
3	临街商铺		约 30	+3.2	商业楼，8F，约 200 人
4	临街商铺	西南	约 15	+3.2	商业用房，2-4F，约 200 人
5	住院楼	东南	约 30	-9.6	医院用房，-1/6F，约 400 人
6	医院家属院		约 50	-10	宿舍楼，8F，约 1000 人
7	院外通道	东北	紧邻	+3.2	院外道路
8	全季酒店		约 20	+5	12F 建筑，约 200 人

备注：-表示低于项目用房，+表示高于项目用房，高差均为本项目用房地板与各建筑底部距离。

DSA 手术室周围 50m 范围涉及院外及院内用地，项目周边保护目标主要为本项目放射工作人员以及项目周围活动的公众成员。

## 1.5 项目选址可行性分析

本项目用房区域位于医院门诊楼负一楼，利用原骨科手术室、医生办公室及发片室

改造，其现有结构为砖混结构，本次根据医院需求把该区域改建成DSA手术室，项目位于放射科，不影响医院的整体布局，更便于医院的放射防护管理，其出入口位于放射科内部，远离公众聚集区域。项目DSA机房外西北侧为土层，东北侧为控制室、控制室、铅衣区、设备间、更衣过渡区、办公室（谈话间）、核磁室、口腔科等，外东南侧为放射科走廊、DR室、钼靶室、CT室等，外西南侧为污物暂存间、准备间（抢救室）、污物通道、办公室等。医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。此外，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，从辐射环境保护角度分析，项目选址可行。

## 1.6 项目建设背景

### 1.6.1 项目用房的环保手续情况

巫山县中医院位于重庆市巫山县广东中路 277 号，始建于 1992 年，属国家二级甲等中医医院，是一所集医疗、预防、保健、康复和教学、科研于一体的综合性中医医院，本项目位于巫山县中医院门诊楼负一楼。

巫山县中医院在 2020 年实施了“巫山县中医院原业务综合楼改造项目”，并对医院现有用房（门诊楼、住院楼及办公用房）进行了环境影响评价，于 2021 年 1 月 5 日取得了重庆市巫山县生态环境局的环评批复（渝（巫山）环准[2021]2 号）。目前医院已建成，并在积极开展竣工环境保护验收工作。

本项目用房屋原为原骨科手术室、医生办公室及发片室，现骨科手术室内的设备及防护设施已拆迁至门诊楼 6F 手术室，不存在遗留环保问题。本次将其改造装修为 DSA 机房、控制室、设备间、铅衣区、更衣过渡区、污物暂存间、办公室（谈话间）、准备间（抢救室）及污物通道等相关配套用房。

### 1.6.2 现有核技术利用情况及现有辐射环境问题

#### （1）医院现有核技术利用项目及辐射安全许可情况

医院已取得《辐射安全许可证》，证号为：渝环辐证[37008]号，有效期至 2027 年 10 月 21 日，许可种类和范围为：使用 III 类射线装置。根据医院提供的资料可知，医院目前正在使用的有 7 台医用 X 射线装置，均在许可范围内。

表1-5 巫山县中医院现有射线装置情况一览表

序号	名称	类别	数量（台）	工作场所
1	高频移动式手术 X 射线机	III	1	中医院本部门诊楼 6F 手术室
2	X 射线计算机断层摄影装置	III	1	中医院本部门诊楼-1F 放射科

3	数字 X 射线摄影系统	III	1	中医院本部门诊楼-1F 放射科
4	乳腺数字 X 射线摄影系统	III	1	中医院本部门诊楼-1F 放射科
5	口腔颌面锥形束计算机层摄影设备	III	1	中医院本部门诊楼-1F 口腔科
6	牙科 X 射线机	III	1	中医院本部门诊楼-1F 口腔科
7	移动式 C 型臂 X 射线机	III	1	中医院本部住院楼 6F 手术室

医院核技术利用项目运营以来，环保手续齐全，未发生过辐射事故。向相关主管部门调查，医院未产生辐射影响投诉，未发生辐射纠纷。

### (2) 辐射管理情况

医院在2023年已对院内的辐射工作人员进行了统一培训和考核（见附件6）。

根据调查，医院所有放射工作人员均佩戴了个人剂量计，每3个月将个人剂量计交重庆惠能标普科技有限公司进行检测，并建立了个人健康档案。医院所有放射工作人员2022年度的个人剂量监测结果均低于医院的年有效剂量管理目标值。

医院所有放射工作人员均进行了放射职业健康体检，由于部分工作人员的健康体检已超过2年有效期，目前正在开展新一轮的放射职业健康体检。

医院按照要求每年对现有核技术利用项目进行监测，根据医院提供的资料，各放射工作场所监测结果满足相关评价标准要求。

医院成立有辐射安全与环境保护领导小组，制定了相应的管理制度和应急预案，并张贴上墙。

医院现有的辐射管理制度见附件6，对制度的评价具体见表12，根据对现有辐射管理制度的资料分析，相关制度新增或修订后能够满足医院现有射线装置的使用管理。

### (3) 小结

根据上述调查，医院核技术利用项目环保手续完善，医院核技术利用项目运行至今，无辐射安全事故发生，无环保投诉和环保遗留问题，运行总体良好，满足辐射环境管理的要求。

## 1.6.3 本项目与医院整体的依托关系

本项目用房利用现有房间改造，主要依托医院给排水及供配电工程、污水处理站、医疗废物收运系统等，依托可行性分析详见表 1-6。

表 1-6 项目依托可行性分析表

依托工程	可行性分析
主体工程	项目用房原为门诊楼负一楼原骨科手术室、医生办公室及发片室，本项目使用

		该区域后，不影响医院整体的布局与运营。因此，项目主体建筑依托可行。
公用工程	给水	医院由市政供水管网供给，项目位于医院内，依托医院供水管网供水可行。
	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后排入市政污水管网。项目污水能接入医院的排污管网中。因此，拟建项目依托医院总体排水管网排水可行。
	供配电	医院用电由市政电网引入，同时医院配置有发电机房，解决停电时临时需要。项目位于医院门诊楼内。因此，项目依托医院供电系统可行。
环保工程	废水	医院东南侧修建有污水处理站，设计处理能力 150m <sup>3</sup> /d，医院废水经处理达标后排入城市污水管网进入巫山县城污水处理厂，进一步处理后排入长江。本项目的建设不新增劳动定员、门诊等人数；本项目在污水处理站的纳入范围内。本项目产生的废水为一般医疗废水，污水处理站采用“一级强化+消毒”工艺，能够满足对本项目废水的处理需求，且根据污水处理站监测报告（附件 8）可知，污水可达标排放。因此，项目废水依托医院污水处理站处理可行。
	固废	医院医疗废物暂存间，位于院区东侧，建筑面积约 20m <sup>2</sup> ，已按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）要求进行防渗、防腐、硬化处理。医院危险废物计划交重庆高环医疗废物处理有限公司处置（附件 7）。因此，项目依托可行。
工作人员		项目劳动定员 8 人，包含医师、技师、护士等，均从医院现有工作人员中调配培养，不新增医院总劳动定员，可以依托。
辐射安全管理		医院已经建立了放辐射安全与环境保护领导小组，设置了专人管理辐射环境，制定了相应的管理制度和应急预案，待本项目建成后新增操作规程和修订相关管制制度后可依托。
<p>根据表 1-6 可知，项目依托医院已建的给排水及供配电工程、污水处理站、医疗废物及生活垃圾收运系统、工作人员和辐射安全管理制度等是可行的。</p> <p><b>1.6.4 本项目与医院的发展衔接性</b></p> <p>本项目建设数字减影血管造影（DSA）装置项目，目的是提高所在区域医疗救治能力，满足辖区老百姓就医需求，减轻病员外出就医负担，为病人争取最佳治疗时机，提高后期生活质量。建成后，可提高医院医疗服务质量，与医院的发展相适应。</p>		

**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)	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	数字减影血管造影 X 射线机 (DSA)	II类	1 台	CGO2100	125	1000	介入手术	医院门诊楼负一楼 DSA 手术室 DSA 机房内	拟购
	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 (mA)	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
本项目无放射性废弃物产生。								

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固态为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>) 和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日修订实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日修订实施；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日修订实施；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，中华人民共和国国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(7) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 380 号，2010 年 12 月 29 日修订实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《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，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(11) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>(13) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日起施行修订版；</p> <p>(14) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第 338 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知，渝环[2017]242 号。</p>
------	---

续表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(6) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》(GBZ2.1-2019)；</p> <p>(7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(8) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)；</p> <p>(9) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 评价内容确认函，附件 1；</p> <p>(2) 项目备案证，附件 2；</p> <p>(3) 医院环评批复，附件 3；</p> <p>(4) 医院《辐射安全许可证》，附件 4；</p> <p>(5) 《监测报告》(渝泓环(监)[2022]093 号)，附件 5；</p> <p>(6) 医院现有辐射管理制度及培训记录，附件 6；</p> <p>(6) 医院现有医废合同，附件 7；</p> <p>(7) 医院污水处理站监测报告，附件 8；</p> <p>(8) NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》；</p> <p>(9) 《辐射防护导论》；</p> <p>(10) 医院设计资料及其他资料。</p>

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，并结合该项目射线装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以该项目 DSA 机房边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 环境保护目标

(1) 项目所在楼整体介绍

拟建项目位于医院门诊楼负一楼，门诊楼（-1/6F）与住院楼（-1/6F）呈连廊相接，且门诊楼-1F 与住院楼 3F 为同层。

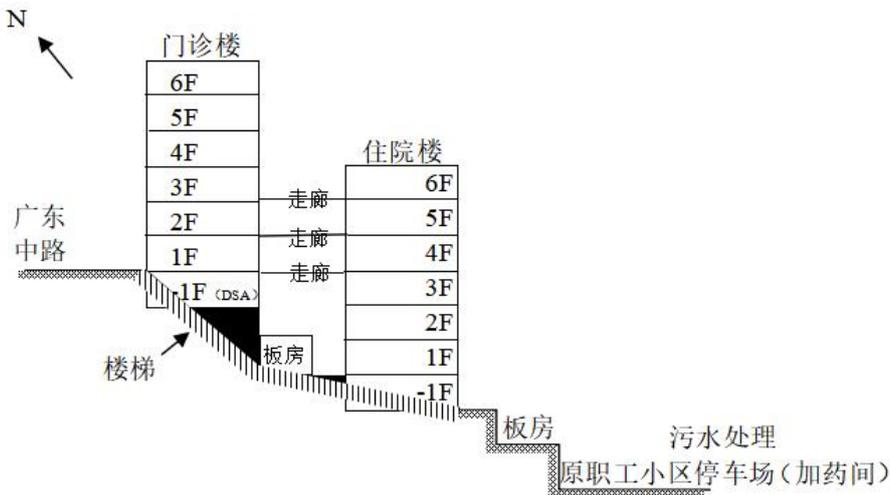


图 7-1 医院门诊楼和住院楼立面示意图

(2) 项目机房周围环境概况及环境保护目标

本项目 DSA 手术室位于门诊楼负一楼。项目用房包括 DSA 机房、控制室、铅衣区、设备间、更衣过渡区、污物暂存间、准备间（抢救室）、污物通道等。DSA 机房西北侧为土层、院外道路、临街商铺，东北侧为操作室及设备区、铅衣区、更衣过渡区、办公室（谈话间）、核磁室、口腔科、全季酒店，西南侧为污物暂存间、污物通道、准备间（抢救室）、医生办公室、临街商铺，东南侧为放射科走廊、DR 室、钼靶室、CT 室、住院楼，上层为门诊大厅和西药房，下层为土层。

项目 DSA 机房周围 50m 评价范围内环境敏感目标统计情况见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 项目机房周围环境敏感目标表							
序号	环境保护目标名称	方位	与 DSA 机房的水平距离	高差	敏感目标特性	影响人群类型	影响因素
1	控制室	东北侧	紧邻	0m	放射科工作人员, 约 4 人	放射工作人员	电离辐射
	铅衣区、设备间		紧邻	0m	院内工作人员, 约 4 人	公众成员	
	更衣过渡区		约 2.6m	0m	院内工作人员, 约 4 人	公众成员	
	办公室 (谈话间)		约 5m	0m	医生办公室, 约 10 人	公众成员	
	核磁室		约 7m	0m	院内工作人员及病人, 约 4 人	公众成员	
	口腔科		约 10m	0m	院内工作人员, 约 8 人	公众成员	
	院外通道		约 20m	+3.2m	公众成员, 约 10 人	公众成员	
	全季酒店		约 40m~50m	+5m	公众成员, 12F, 约 200 人	公众成员	
2	人行道	西北侧	紧邻	+3.2m	公众成员, 约 200 人	公众成员	电离辐射
	广东中路		约 5m	+3.2m	公众成员, 约 200 人	公众成员	
	临街商铺		约 30m~50m	+3.2m	公众成员, 约 200 人	公众成员	
3	准备间 (抢救室)	西南侧	紧邻	0m	院内工作人员, 约 4 人	公众成员	电离辐射
	污物暂存间、污物通道		紧邻	0m	院内工作人员, 约 1 人	公众成员	
	医生办公室		约 5m	0m	院内医生, 约 10 人	公众成员	
	临街商铺		约 20m~50m	+3.2m	公众成员, 约 200 人	公众成员	
4	放射科走廊	东南侧	紧邻	0m	院内工作人员及病人, 约 20 人	公众成员	电离辐射
	CT 室、钼靶室、DR 室		约 3m	0m	院内工作人员及病人, 约 20 人	公众成员	
	住院楼		约 20m~50m	-9.6m	院内工作人员及病人, 约 500 人	公众成员	
5	门诊楼门诊大厅、西药房 (1F~6F)	楼上	/	+3.2m	院内工作人员及病人, 约 200 人	公众成员	电离辐射

备注: -表示低于项目用房, +表示高于项目用房, 高差均为本项目用房地面与各建筑底部距离。

**评价标准引用**

(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。

#### 4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

##### B1 剂量限值

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

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

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

##### B1.2 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：

a) 年有效剂量，1mSv。

#### (2) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

##### 6.1 X 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。

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。

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；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

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（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 <sup>d</sup> m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 <sup>e</sup> m <sup>2</sup>
单管头 X 射线设备 <sup>b</sup> (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的面积。

e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

备注：项目 DSA 属于单管头 C 形臂，按单管头 X 射线设备执行。

##### 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小于表 3（本报告表 7-3）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	有用线束方向铅当量 (mm Pb)	非有用线束方向铅当量 (mm Pb)
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

备注：本项目 DSA 为 C 形臂 X 射线设备，执行其屏蔽防护铅当量。

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（即本报告表 7-3）的要求。

### 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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；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  $25\mu\text{Sv/h}$ ，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于  $0.25\text{mSv}$ 。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

### 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（即本报告表 7-4）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

**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
介入放射性 操作	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/铅防护吊 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。

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  $0.25\text{mmPb}$ ；介入防护手套铅当量应不小于  $0.025\text{mmPb}$ ；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。

## 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；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm。

### (3)《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)

工作场所空气中化学因素的职业接触限值为：

臭氧最高容许浓度（MAC）接触限值：0.3mg/m<sup>3</sup>；

氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的时间加权平均容许浓度（PC-TWA）接触限值：5mg/m<sup>3</sup>。

### (4) 评价标准及相关参数值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，放射工作人员年有效剂量不超过20mSv，公众成员年有效剂量不超过1mSv；条款11.4.3.2规定：剂量限值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

根据建设单位提供的资料（见支撑性材料：评价内容确认函，附件1），医院取 GB18871-2002 中工作放射人员年有效剂量限值的四分之一即 5mSv/a 作为放射工作人员的年有效剂量管理目标值；取其公众年有效剂量限值的十分之一即 0.1mSv/a 作为公众成员的年有效剂量管理目标值，本项目医院的公众照射剂量管理目标取值为 10%，在上述取值范围内，满足 GB18871-2002 要求。

综上所述，确定本项目的评价要求见表 7-5 所示。

表 7-5 评价标准汇总表

年剂量限值要求			执行依据
分类	年有效剂量管理目标值	年剂量限值	
放射工作人员	5mSv/a	20mSv/a	GB18871-2002 及医院管理要求
公众成员	0.1mSv/a	1mSv/a	
环境剂量控制			执行依据

透视时介入手术室外 30cm 处	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 $\mu$ Sv/h。		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）
摄影时介入手术室外 30cm 处	具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如屏片摄影）机房外的周围剂量率应不大于 25 $\mu$ 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。		
<b>机房面积控制</b>			执行依据
设备名称	机房内最小有效使用面积（m <sup>2</sup> ）	机房内最小单边长度（m）	
DSA	20	3.5	《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）确定机房控制面积和单边长度。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

本项目地理位置位于重庆市巫山县广东中路 277 号，地理位置图见附图 1；本项目场所位于巫山县中医院门诊楼负一楼，场所位置见附图 2。

### 8.2 环境质量和辐射现状

为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，重庆泓天环境监测有限公司于 2022 年 3 月 3 日对拟建的数字减影血管造影（DSA）装置项目所在地的环境 $\gamma$ 辐射剂量率进行了监测，监测报告编号为：渝泓环（监）[2022]093 号。

#### 8.2.1 监测因子

环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

#### 8.2.2 监测方案

##### （1）监测方法和依据

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

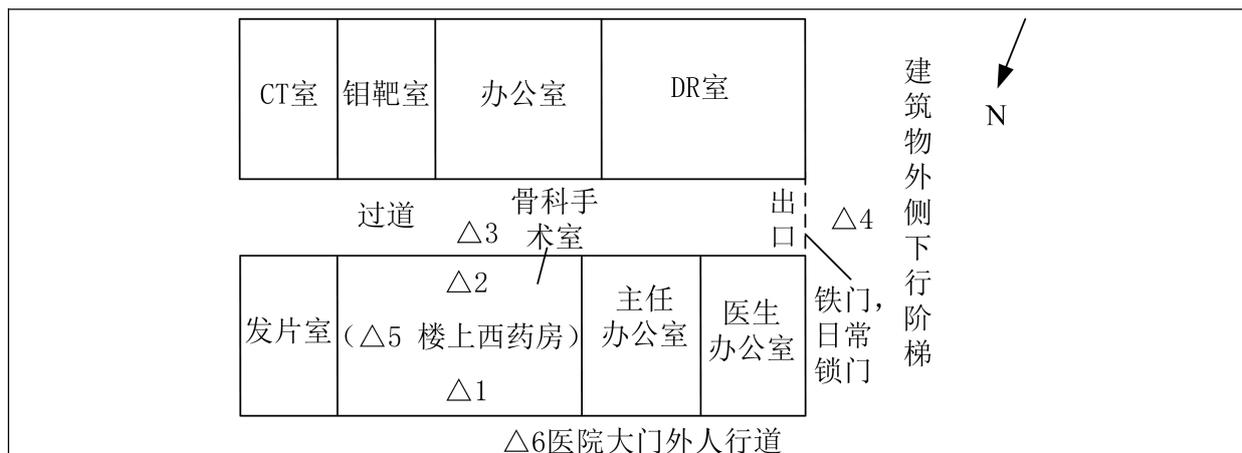
监测项目	监测方法	监测依据
环境 $\gamma$ 辐射剂量率	仪器法	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测定技术规范》（HJ1157-2021）

##### （2）监测点位布置

监测点位合理性分析：根据监测布点情况，监测点包含了拟建 DSA 手术室拟建址、周围环境保护目标。监测点位布置全面，监测结果能反映本项目所在地及周围环境保护目标的辐射环境背景水平。因此，项目监测布点合理。

监测点位布点示意图见图 8-1，监测点位情况如表 8-3 所示。

续表 8 环境质量和辐射现状



备注：△为环境γ辐射剂量率监测点位，监测高度距地面 1.0m。拟建项目位于巫山县中医院负一楼放射科。

图 8-1 监测布点示意图

### (3) 测定方式

测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

## 8.2.3 质量保证措施

### (1) 监测仪器

监测由有资质的单位重庆泓天环境监测有限公司进行监测，监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器及检定情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器及检定情况

仪器名称	型号	仪器编号	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
环境监测用 X、γ辐射空气比释动能率	JB4010	09031	2021H21-20-3220801001	2022.4.25	0.93

### (2) 监测人员及报告审核制度

监测单位具备所监测项目的资质；合理布设监测点位；监测方法采用国家有关部门颁布的标准；监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的的数据量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，经过校验、审核、审定，最后由授权签字人签发。

## 续表 8 环境质量和辐射现状

### 8.2.4 监测结果

监测结果和监测布点见监测报告：渝泓环（监）[2022]093（附件 5）。监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 项目所在区域辐射环境监测结果统计

监测点位	监测点位描述	$\gamma$ 辐射剂量率（nGy/h）
△1	骨科手术室（负一楼）	51
△2	骨科手术室（负一楼）	55
△3	骨科手术室旁过道（负一楼）	64
△4	建筑物外侧下行阶梯（负一楼）	73
△5	楼上西药房（一楼）	67
△6	医院大门外人行道	69

由监测统计结果可知，项目所在地的环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在 51nGy/h~73nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《二〇二一年重庆市生态环境状况公报》，重庆市 2021 年环境  $\gamma$  空气吸收剂量率平均值为 94.0nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）。两者相比，无明显差异，因此，本项目所在地的辐射环境质量现状无异常。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备及施工期污染工序及污染物产生情况

本项目用房依托医院门诊楼负一楼放射科原骨科手术室、医生办公室及发片室进行改建，施工期主要为改造墙体、地板、顶棚，新建隔断、门洞及窗洞，室内装修，设备安装等工作，不新增用地。

其工艺流程及产物环节见图 9-1。

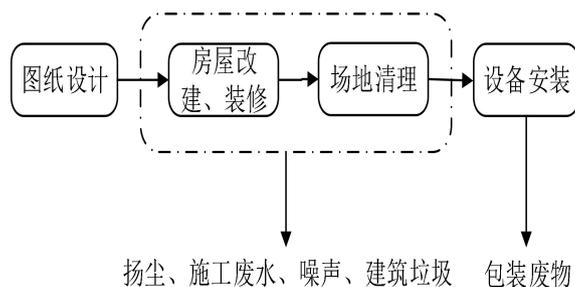


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

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：主要为项目现有用房改建（包括墙体拆除和新建等）及装修时产生的扬尘，装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘；

噪声：主要来自于项目现有用房装修及现场处理等产生的噪声；

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：主要为现有用房墙体拆除、墙体新建和装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾。根据项目工程量，预计建筑垃圾共产生约 5t。

### 9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

#### 9.2.1 工作原理及产污环节

##### (1) DSA 设备组成及工作方式

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 是在医学影像系统的监视引导下工作。本项目的 DSA 固定安装在 DSA 机房内，DSA 的 C 形臂下方安装球管，上方安装平板探测器，C 形臂以固定点为轴心，顺时针

续表 9 项目工程分析与源项

或者逆时针或者侧向旋转，一般球管主射线方向朝向顶棚出束。在手术过程中，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 典型照片见图 9-2，DSA 工作示意图见图 9-3。

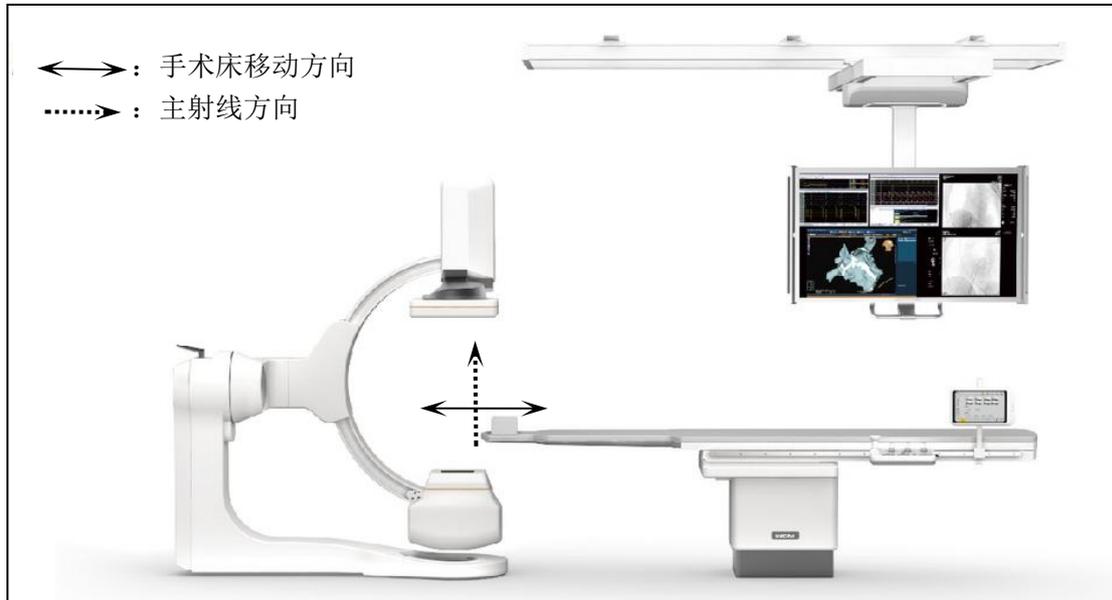


图 9-2 DSA 实物照片（示例）

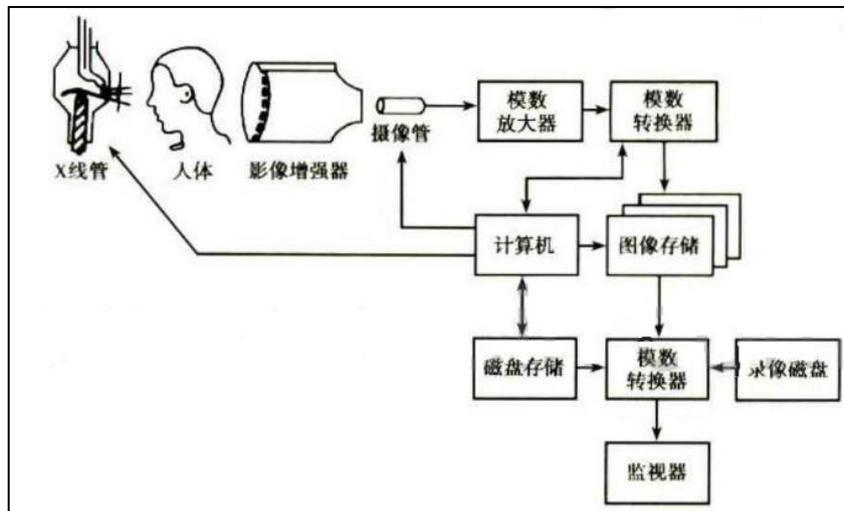


图 9-3 DSA 工作示意图

## (2) DSA 工作原理

### ① X 射线产生及成像原理

DSA 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

续表 9 项目工程分析与源项

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。

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。

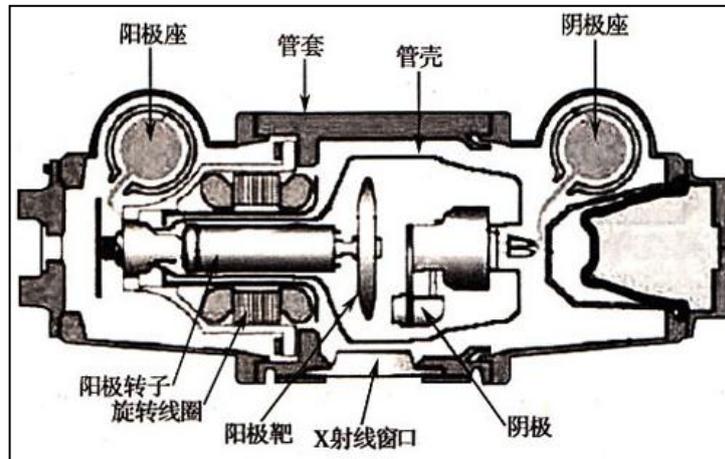


图 9-4 典型 X 射线管结构图

### ② DSA 工作原理

DSA的基本原理是将注入造影剂前后通过人体吸收后的X线信号进行成像，分别经影像增强器后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的剪影图像，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) 操作流程

医护人员用推车将患者送入机房，引导其躺在手术床上，注入造影剂(不含放射性)，工作人员选择病人所需照射部位，调整 DSA 机架和照射野，手术医生和助手穿戴好防护用品后，按手术要求，在医学影像诊断系统的监视和引导下，经皮针穿刺或引入导管做抽吸注射，引流或对管腔、血管等做成型、灌注、栓塞等操作完成相应的手术。

续表 9 项目工程分析与源项

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，采集（摄影）。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 机房内移动铅屏风后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 DSA 技师在控制室内对病人进行曝光），医生在控制室内通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况。无论哪种工作模式，医生在 DSA 机房内必须身着个人铅防护用品。

第二种情况，透视。在为病人进行介入手术时，为更清楚地了解病人情况时 DSA 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、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏等辅助防护设施后且身着个人铅防护用品在机房内对病人进行直接的介入手术操作。

DSA 治疗流程及产污环节见下图 9-5 所示。

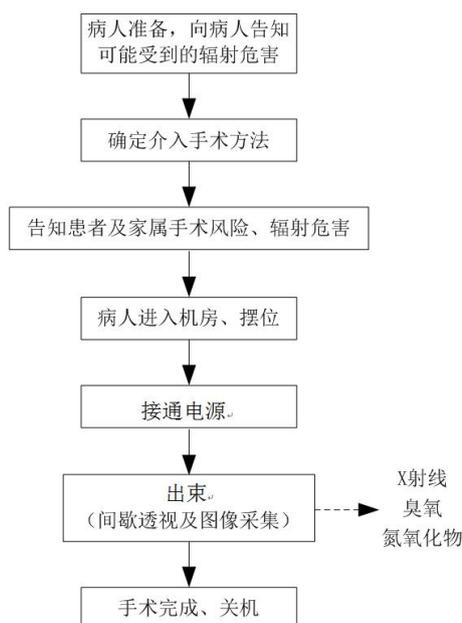


图 9-5 DSA 操作流程及产污环节图

#### (4) 污染因子

##### (1) X 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。

续表 9 项目工程分析与源项

(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<sub>x</sub>)和臭氧(O<sub>3</sub>)。

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。

(5) 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, 并兼顾非主要类型的介入手术。

项目工作负荷情况见表 9-1。

表 9-1 DSA 介入手术工作负荷表

透视					
手术类别	工作人员及数量	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	手术医生 4 人	180 台	约 20min	约 60h	
神经介入		60 台	约 21min	约 21h	
综合介入		120 台	约 21min	约 42h	
小计	/	/	/	约 123h	
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	180 台	3~4s	6~10 次	约 0.7min	约 2.1h
神经介入	60 台	6~10s	4~10 次	约 1.7min	约 1.7h
综合介入	120 台	3~8s	7~15 次	约 2min	约 4h
小计	/	/	/	/	约 7.8h
总计	/	/	/	/	约 130.8h

根据上表可知, DSA 介入手术过程中, 透视时间共约 123h, 采集时间约 7.8h, DSA 总年有效开机时间约 130.8h。

9.3 路径规划

医务人员通道: 医务人员从放射科进入, 换鞋后进入更衣过渡区, 更衣后进行刷手, 进入控制后穿戴铅衣等防护用品后进入 DSA 机房。工作完成后, 医护人员原路返回。

病人通道: 病人通过放射科走廊进入准备间(抢救室), 经准备间进入 DSA 机房内, 介入手术完成后原路返回。

污物通道: 手术期间产生医疗废物存放在 DSA 机房西南侧的污物暂存间内暂存,

续表 9 项目工程分析与源项

在每天工作结束后再由西南侧的污物通道运出，运至医院医疗废物暂存间。

本项目人流物流路径走向示意图见下图所示。

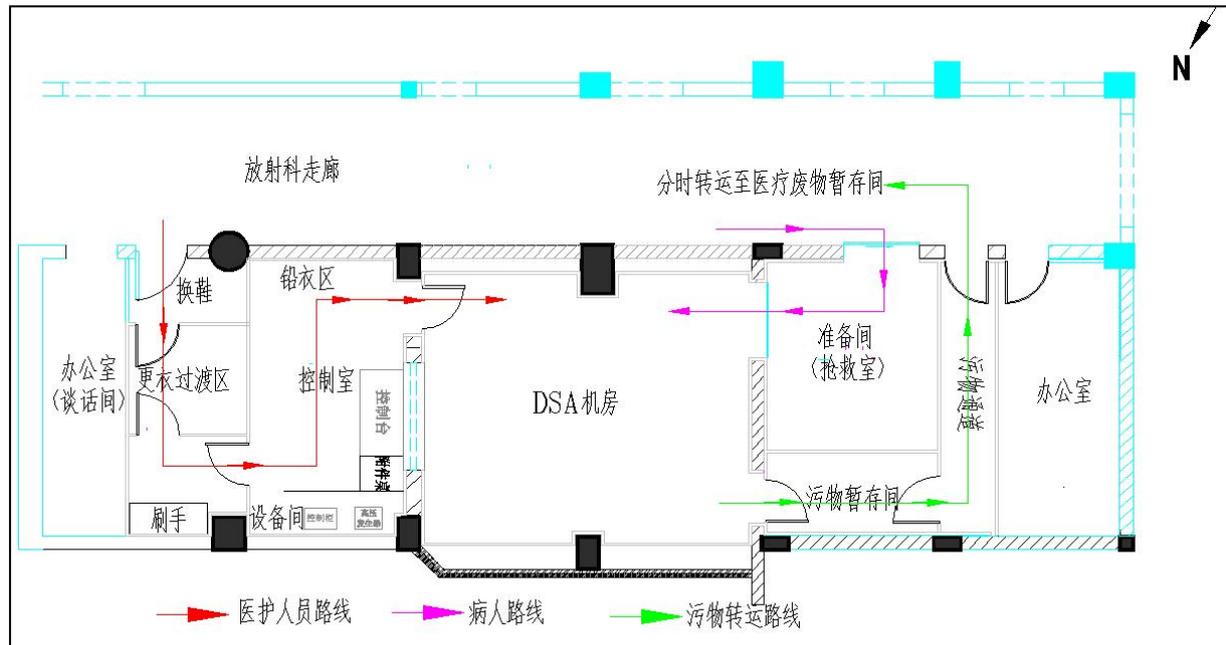


图 9-4 项目人流物流路径走向示意图

## 9.4 污染源项描述

### (1) 电离辐射

DSA 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，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 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，照射量率增大。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。根据医院资料提供资料并调查根据调查重庆市多家医院 DSA 的设备工作条件中发现，①在极端情况下，本项目 DSA 透视工况运行最大管电压 125kV 时，电流自动跟随电压，电流不大于 110mA；在极端情况下，本项目 DSA 采集工况运行最大管电压 125kV 时，

续表9 项目工程分析和源项

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《辐射防护导论》，不同过滤条件下离靶 1 米处的 X 射线发射率如下图 9-5 所示。

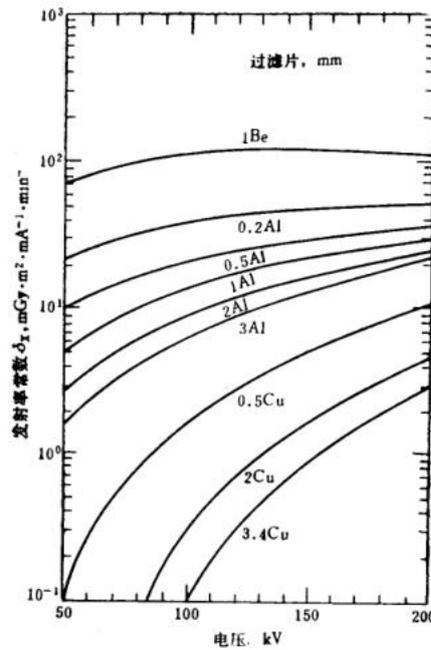


图9-5 不同过滤材质在恒电位X射线发生器在离靶1米处的发射率

本项目 DSA 常规过滤板为 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 9-2。

表 9-2 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·m²/mA·min
2	常用最大电压 90kV	5.3mGy·m²/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 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。

### (3) 固废

介入手术产生废一次性医疗用品、器械等主要为感染性（代码 841-001-01）和损伤性废物（代码 841-002-01），属于《国家危险废物名录》中 HW01 医疗废物。医院在 DSA 手术室内设置感染性和损伤性废物收集桶，并粘贴标志。手术期间产生医疗废物存放在 DSA 机房西南侧的污物暂存间内，在每天工作结束后再由西南侧的污物通道运出，运至医院医疗废物暂存间，再统一由资质单位处理。

DSA 在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无废片产生。项目产生生活垃圾依托院内生活垃圾暂存间暂存交环卫部门处理。项目配置多套铅橡胶衣、帽子等含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不再使用的铅防护用品，医院收集后妥善保存，做好记录，交由有资质单位处理。

### (4) 废水

本项目运行产生的少量医疗废水进入医院污水处理站统一处理，达标后排入市政污水管网。

## 9.5 主要污染物产生及预计排放情况汇总

综上所述，本项目运营期主要污染物产生及预计排放情况汇总见下表所示。

表 9-3 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 手术室	电离辐射	X 射线	距靶 1m 处有用线束的发射率：125kV 下不大于 9.8mGy·m <sup>2</sup> /mA·min, 90kV 不大于 5.3mGy·m <sup>2</sup> /mA·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 <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub>	少量（机械排风）
	固废	医疗废物	少量（手术期间产生医疗废物存放在 DSA 手术室内的污物暂存间，在每天工作结束后再由 DSA 机房西南侧的污物通道运出，运至医院医疗废物暂存间，再统一由资质单位处理。）
		生活垃圾	少量（交环卫部门处置）
	废铅防护用品	少量（医院收集后妥善保存，做好记录，交由资质单位处理）	
废水	生活污水、医疗废水等	少量（排入医院污水处理站处理达标后接入市政污水管网）	

**表 10 辐射安全与防护**

**10.1 项目布局和分区**

**10.1.1 布局合理性**

(1) 本项目DSA手术室位于门诊楼负一楼，其辅助用房均位于该层相邻区域。手术区辅助用房设置齐全，满足本项目手术需求。

(2) DSA手术室位于放射科，其西北侧为土层，东北侧为控制室、设备间、铅衣区、更衣过渡区、办公室（谈话间）、核磁室、口腔科等，西南侧为污物暂存间、准备区（抢救室）、污物通道、医生办公室，东南侧为放射科走廊、DR室、钼靶室、CT室等，楼上为门诊大厅、西药房，楼下为土层，项目周围人员活动相对较少；DSA固定安装于机房中心位置，与周围均有一定的距离。机房和设备的布局考虑到了周围场所的安全。

(3) DSA手术室配套设置专用控制室相邻于DSA机房布置，并在控制室与DSA机房之间设置一扇防护门和一扇观察窗，防护门便于介入手术时医务人员进出DSA机房，观察窗便于技师观察介入手术情况。

(4) DSA机房共设置3扇防护铅门，方便工作人员、病人进出和污物运出，即DSA手术室的人流物流路径相对独立。

(5) 机房的穿墙管线均从角落处穿墙，并采取防护补偿措施，能有效减少射线的泄漏。

综上，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，项目的平面布局合理。

**10.1.2 机房建设尺寸**

按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定，机房的有效使用面积为机房内可划出的最大矩形的面积，机房内单边长度为机房内有效使用面积的最小边长。因此，本项目DSA机房的有效使用面积和最小单边长度见表10-1和附图4。

从表10-1可知，本项目DSA手术室有效使用面积及最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

**表10-1 机房尺寸建设情况表**

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 <sup>2</sup>	机房内最小单边长度, m	机房内最小有效使用面积, m <sup>2</sup>	
DSA 机房	4.3	25.8	≥3.5	≥20	满足

续表 10 辐射安全与防护

10.1.3 工作场所分区

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：控制区是在辐射工作场所划分的一区域，在这种区域内需要或可能需要采取专门的防护手段或安全措施，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的范围；监督区是未被确定为控制区，通常不需要采取专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

根据上述要求，医院拟对项目工作场所进行分区管理，将各工作场所划分为控制区和监督区，具体划分见图 10-1 及表 10-2。

表 10-2 项目控制区、监督区划分表

工作场所	控制区范围	监督区范围
DSA 手术室	DSA 机房	控制室、设备间、铅衣区、放射科走廊、污物暂存间、准备间（抢救室），机房楼上对应区域

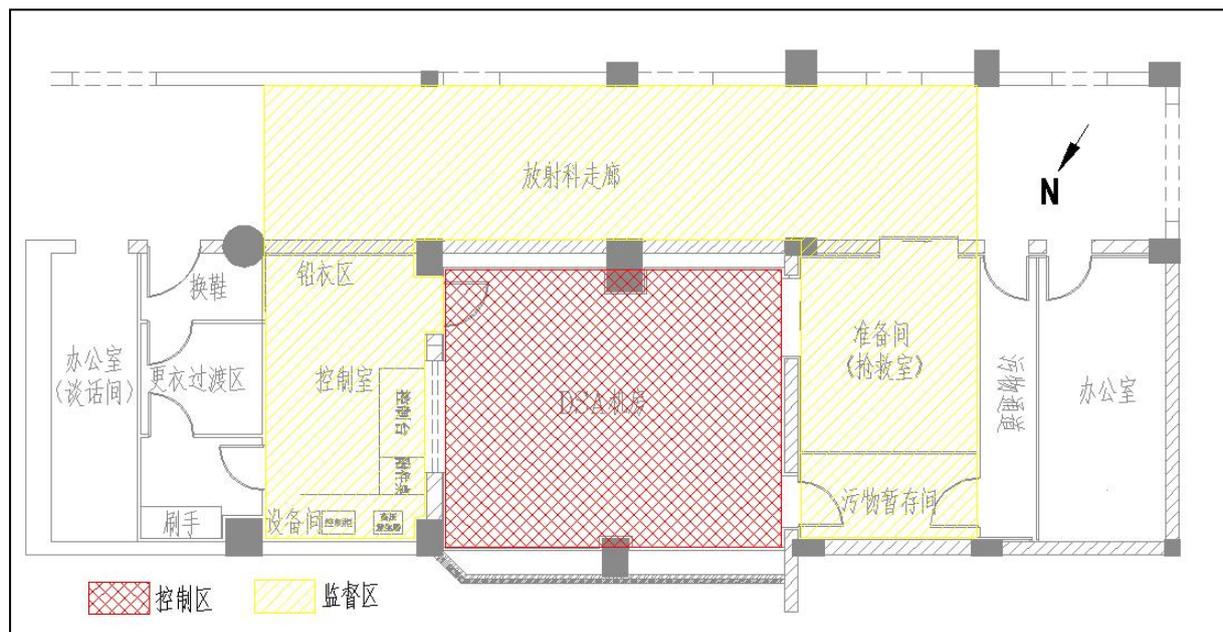


图 10-1 项目分区布置示意图

医院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，保障该区的辐射安全，控制区边界铅门设置电离辐射警告标志、拟设置门灯连锁装置。监督区进行日常的监测和评估。

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。

## 续表 10 辐射安全与防护

### 10.2 辐射安全与防护措施

#### (1) 设备固有措施

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 设备配置可调限束装置，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。介入操作中，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。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或平板探测器的窗口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配备辅助防护设施：包括铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏及移动铅屏风。

⑥应急开关：DSA 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。

只有在所有安全防护装置正常的情况下，设备才能启动，同理，设备运行过程中，如果按下任何一个急停开关，设备会立即停止运行。辐射安全联锁逻辑见图 10-2。

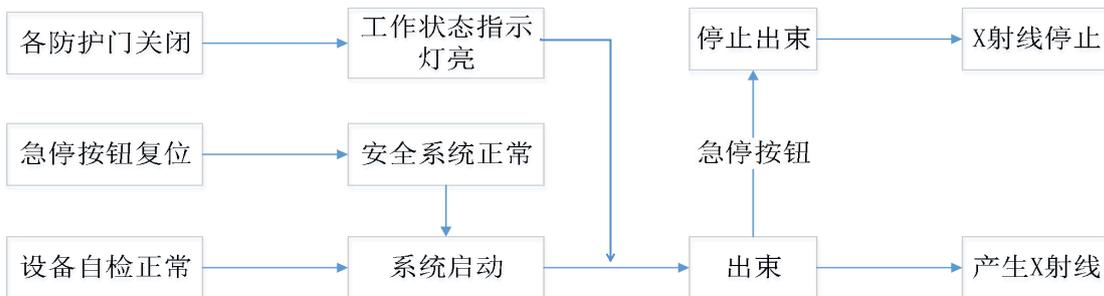


图10-2 辐射安全联锁逻辑图

#### (2) 屏蔽防护措施

续表 10 辐射安全与防护

① 根据医院提供资料，DSA 机房西北墙为 240mm 实心页岩砖、外侧为土层，西南墙、东南墙均为 240mm (2.3mmPb) 实心页岩砖+30mm (0.6mmPb) 硫酸钡水泥，东北墙为 2mmPb 硫酸钡板+2mmPb 铅板，顶棚为 120mm (1.63mmPb) 混凝土+3mmPb 铅板，地板为 120mm 混凝土 (1.63mmPb)、下方为土层，防护门、观察窗均为 3mmPb。根据后文核算，DSA 机房等效铅当量和机房外周围剂量当量率均能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的要求。

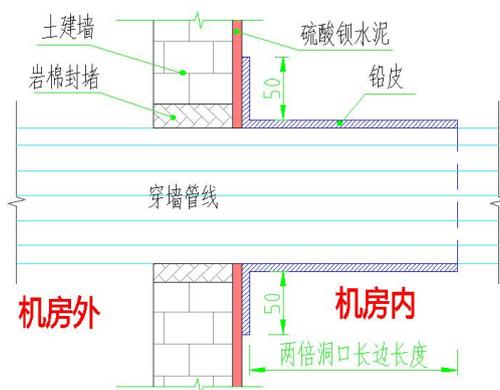
② DSA 机房设置 3 个含铅防护门和 1 扇铅玻璃窗。含铅防护门、铅玻璃窗的生产和安装交有资质的厂家负责，DSA 机房防护门、观察窗与墙体之间拟采取足够的搭接宽度。

③ DSA 机房在建设时保证施工质量，防护门、防护窗的生产和安装由有生产资质的厂家承担，注意其与墙体有足够的搭接，不影响屏蔽体的屏蔽效果。墙体使用不同屏蔽材料时，注意不同屏蔽材料搭接时必须有足够的搭接长度，不影响屏蔽体的屏蔽效果。建设时根据硫酸钡的密度，建设足够厚度，保证其不小于设计值 3mm 铅当量。

### (3) 通风

拟在 DSA 机房吊顶上方中间位置安装尺寸为 300mm×300mm 的送风口 4 个，送风管穿东南侧屏蔽墙一次，穿墙高度约为 3m；吊顶上方靠西南侧位置安装尺寸为 150mm×150mm 的排风口 1 个，排风管穿西南侧屏蔽墙一次，穿墙高度约为 3m；在西北墙和东南墙高 2m 处各设置尺寸为 300mm×150mm 的回风口 1 个，回风管在污物通道的防护门上方穿墙 1 次，穿墙高度约为 3m。排风口最终通过排风管道引致楼外排放。

管道穿墙处均在机房内侧采用硫酸钡水泥封堵洞口缝隙，并敷设两倍洞口长边长度的铅板进行屏蔽补偿。



续表 10 辐射安全与防护

图 10-2 项目穿墙管线、搭接防护示意图

(4) 管线穿墙防护

穿墙电缆管线：DSA 机房与控制室之间设有穿墙管沟，电缆管从东北侧控制室至机房在地面上“U”型穿越，穿越处尺寸为 $\phi 150\text{mm}$ ；穿越处采用管沟盖板对进出口进行遮盖。DSA 运行产生的 X 射线经过多次散射后在机房外的影响很小。

(5) 联锁系统

DSA 手术室病人进出防护门、污物通暂存间防护门、医护进出防护门均拟设置门灯联锁系统，拟设置“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮，警示无关人员远离 DSA 手术室区域。污物通暂存间防护门、医护进出防护门均为平开门，设置自动闭门装置。

(6) 警示标志

DSA 手术室各防护门外均拟设置电离辐射警告标志，并在办公室（谈话间）及准备室张贴放射防护注意事项。

(7) 辐射防护用品

根据建设单位提供的资料，医院拟配备个人防护用品和辅助防护设施，具体见表 10-3。

表 10-3 本项目拟配置个人防护用品和辅助防护设施情况表

使用对象	个人防护用品			辅助防护设施		
	名称	铅当量	数量	名称	铅当量	数量
工作人员	铅橡胶围裙 铅橡胶颈套	$\geq 0.5\text{mmPb}$	4 套	床侧防护帘/床 侧防护屏	$\geq 0.5\text{mmPb}$	1 套
	铅防护眼镜	$\geq 0.25\text{mmPb}$	4 套	铅悬挂防护屏/ 铅防护吊帘	$\geq 0.25\text{mmPb}$	1 套
	介入防护手套	$\geq 0.025\text{mmPb}$	若干	移动铅防护屏 风	$\geq 2\text{mmPb}$	1 套
患者	铅橡胶性腺防护 围裙（方形）或方 巾、铅橡胶颈套	$\geq 0.5\text{mmPb}$	1 套	/	/	

备注：今后根据需要配置儿童个人防护用品，铅当量不低于  $0.5\text{mmPb}$ 。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  $0.25\text{mmPb}$ 。根据《职业性外照射个人监测规范》（GB128-2019），建议在工作人员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）。

(8) 管理

①医院在进行介入手术时，拟先制定最优化方案，在满足诊断前提下，选择合理可

## 续表 10 辐射安全与防护

行尽量低的射线参数、尽量短的曝光时间，减少放射工作人员和相关公众的受照射时间，避免患者受到额外剂量的照射。

②合理布置机房内急救及手术用辅助设备，机房内拟安装对讲装置。

③医院拟合理安排医疗废物运出时间，DSA 工作及院内正常上班时，严禁医疗废物运出；待 DSA 停止工作且在医院下班时段，方可进行医疗废物运送。

### 10.3 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）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）等相关要求对比情况见表 10-4 所示。根据表 10-4 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。

### 10.4 项目工作场所服务期满后环保要求

若医院 DSA 手术室内的 DSA 设备服务期满后报废时，医院应将设备的 X 射线管去功能化，去功能化后拆解的阴极管作为危险废物处理，其他设施可作为一般固废处理。

续表10 辐射安全与防护

表 10-4 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	5.1.1 X 射线设备出线口上应安装限束系统(如限束器、光阑等)。	
		5.1.2 X 射线管组件上应有晰的焦点位。	
		5.1.3 X 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。	
	5.2 透视用 X 射线设备防护性能的专用要求	5.2.1 C 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。	本项目拟购 DSA 设备的最小焦皮距为 38cm, 满足要求。
		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。	设备自带, 透视曝光开关为常断式开关, 并配有透视计时及限时报警装置。
	5.3 摄影用 X 射线设备防护性能的专用要求	5.3.1 200mA 及以上的摄影用 X 射线设备应有可安装附加滤过板的装置, 并配备不同规格的附加滤过板。	本项目 DSA 拟配备 3mmAl 过滤板。
		5.3.2 X 射线设备应有能调节有用线束照射野的限束装置, 并提供可标示照射野的灯光野指示装置。	拟购 DSA 设备配置可调限束装置, 使装置发射的线束照射面积尽量减小, 以减少散射辐射。
	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。	拟购设备防护性能满足要求。
		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。	设备自带, 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。
		5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。	本项目拟购 DSA 设备的最小焦皮距为 38cm, 满足要求。
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。		设备自带, 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。	
6.1 X 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。	DSA 一般朝向顶棚照射, 机房的门、窗、管线口和工作人员操作位可避免有用线束直接照射。	

		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。	项目机房西北侧为土层，东北侧为控制室、设备间、铅衣区、更衣过渡区、办公室（谈话间），西南侧为污物暂存间、准备区（抢救室）和污物通道，东南侧为放射科走廊，楼上为门诊大厅和西药房，楼下为土层，该设计已考虑邻室（含楼上）及周围场所的人员防护与安全。
GBZ130-2020	6.1 X 射线设备机房布局	6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。	DSA 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。	DSA 机房有效使用面积分别为 25.8m <sup>2</sup> ，最小单边长为 4.3m，均满足标准要求。
	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。	根据后文计算，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，在常用工况下，本项目 DSA 在透视条件下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h，在摄影条件下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 25μSv/h，满足要求。
	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。	机房拟设置观察窗，能观察到受检者状态及防护门开闭情况。拟设置对讲装置便于机房内介入手术医护人员与控制室内人员相互沟通。
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。	机房拟采取机械排风，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。	DSA 手术室各防护门外均张贴电离辐射警示标志，均拟设置门灯连锁系统，即在开机时，门上方设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮。 办公室（谈话间）及准备间拟设置放射防护注意事项告知栏。
6.4 X 射线设备工作场所防护		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。	DSA 机房各防护门均拟设置门灯连锁系统。DSA 机房医护进出防护门、污物通暂存间的门为平开门，拟设置自动闭门装置；病人进出的门为电动推拉式门，防护门上设电离辐射警示标志和工作状态指示灯，警示无关人员不得打开防护门；建立管理制度，医务人员确保防护门关闭后才能开机曝光。
		6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	DSA 手术室患者进出的防护门为电动推拉式门，拟设置防夹装置。
		6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	拟加强管理，将其列入管理制度中，按标准要求执行。
		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。
		6.5.1 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，数量和铅当量均满足要求。具体配置设施数量和铅当量见表 10-3。
6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求		6.5.3 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。	介入防护手套铅当量不小于 0.025mmPb，移动铅防护屏风铅当量不小于 2mmPb，铅眼镜、铅悬挂防护屏/铅防护帘不小于 0.25mmPb，其余防护用品和辅助防护设施铅当量均不小于 0.5mmPb。
		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。	本项目拟配备的患者防护用品和辅助防护设施的铅当量均为 0.5mmPb，满足儿童防护用品的要求。

		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。
	7.8 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。
GBZ130-2020	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	7.8.3 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。	医院拟为 DSA 技师配置 1 枚个人剂量计，为其余手术室内的放射工作人员在铅防护衣内外各配置 1 枚，满足要求。
		7.8.5 移动式 C 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，工作人员可位于影像增强器一侧，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 X 射线管头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。	医院拟为 DSA 技师配置 1 枚个人剂量计，为其余手术室内的放射工作人员在铅防护衣内外各配置 1 枚，并要求铅衣外的个人剂量计佩戴于领口位置，满足要求。

根据表10-4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 11 环境影响分析**

**11.1 施工期环境影响**

施工期主要为用房的改造（包括墙体的拆除和新建等）、装修，设备的安装等工作，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产生的少量生活污水，无机械废水，生活污水依托医院现有的废水处理系统处理。

固体废物：主要为现有用房拆除，及改造后装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾运至市政指定的弃渣场，生活垃圾交环卫部门统一收运处置。

本项目工程量小，且均在建筑物内施工，对外环境及保护目标的影响较小；项目施工期短，施工期产生的影响随着施工的开始而消失，环境可以接受。

**11.2 营运期辐射环境影响分析**

**11.2.1 DSA 机房屏蔽体铅当量核算**

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 DSA 屏蔽估算时不考虑漏射线。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。

本次按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准表 C.5 中 125kV90°非有用线束下 2.0mmPb 对应混凝土厚度为 147mm，则 120mm 混凝土在相同条件下相当于 1.63mmPb，经密度换算，240mm 实心页岩砖相当于 169mm 混凝土，折算为 2.3mmPb，30mm 硫酸钡水泥相当于 45mm 混凝土，折算为 0.6mmPb。

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。

续表 11 环境影响分析

机房名称	屏蔽防护体	屏蔽防护设计方案	折算铅当量	标准要求	评价结果
DSA 机房 (125kV)	东南、西南墙体	240mm 实心页岩砖+30mm 硫酸钡水泥	2.9mmPb	2.0mmPb	满足要求
	东北侧墙体	2mmPb 铅板+2mmPb 硫酸钡板	4mmPb	2.0mmPb	满足要求
	顶棚	120mm 混凝土+ 3mmPb 铅板	4.63mmPb	2.0mmPb	满足要求
	3 个防护铅门	3mmPb	3mmPb	2.0mmPb	满足要求
	防护铅玻璃窗	3mmPb	3mmPb	2.0mmPb	满足要求

备注：混凝土(砣)密度 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅密度 11.3g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡密度 3.5g/cm<sup>3</sup>、硫酸钡复合板密度 2.7g/cm<sup>3</sup>，空心砖密度 1.2g/cm<sup>3</sup>。空心砖不考虑屏蔽。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）6.2.1 可知，标准中规定了 X 射线装置机房的屏蔽防护应不低于标准中表 3 的要求，即本项目 DSA 机房屏蔽能力不得低于 2mmPb。根据上表核算和对比分析，本项目 DSA 机房屏蔽能力均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

### 11.2.2 DSA 机房屏蔽体外剂量率核算

#### (1) 核算公式

对给定的铅厚度，可根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C 的式 C.1（本报告式 11-1）计算得到屏蔽透射因子 B：

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

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。

在给出透射因子 B 的情况下，可根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C 的式 C.2（本报告式 11-2）计算出各屏蔽物质的铅当量厚度：

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

续表 11 环境影响分析

式中：X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；其余同上。

(2) 核算参数

① DSA 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 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 在 90kV、3mmAl 过滤板情况下主射线方向 1m 处发射率为 5.3mGy·m<sup>2</sup>/mA·min。Sv/Gy 转换系数取值为 1。

② 本报告选用《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中常用管电压 90kV 的各屏蔽体的拟合参数进行估算。

③ 将 X 射线管头位置考虑在机房中心进行机房外关注点距离取值。

④ 设备安装位置位于机房中心，设备为 C 型臂，按散射体位于机房中心考虑。防护门、观察窗考虑同侧屏蔽体核算的最短距离。

表 11-1 核算参数

设备名称	常用管电压 (kV)	对应常用管电流 I (mA)	输出量 H <sub>0</sub> μSv·m <sup>2</sup> / (mA·h)	发射率 mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	散射面积 F (cm <sup>2</sup> )	散射因子 α	散射距离 R <sub>s</sub> (m)	关注点距离 R <sub>0</sub>
DSA	90	20 (透视)	3.18×10 <sup>5</sup>	5.3	400	6.8×10 <sup>-6</sup>	0.38	根据设备布置位置确定
	90	500 (采集)	3.18×10 <sup>5</sup>	5.3	400	6.8×10 <sup>-6</sup>	0.38	
常用管电压		材质	拟合参数					
			α	β	γ			
90kV	铅		3.067	18.83	0.7726			
	混凝土		0.04228	0.1137	0.4690			
	砖		0.03750	0.08200	0.8920			

续表 11 环境影响分析

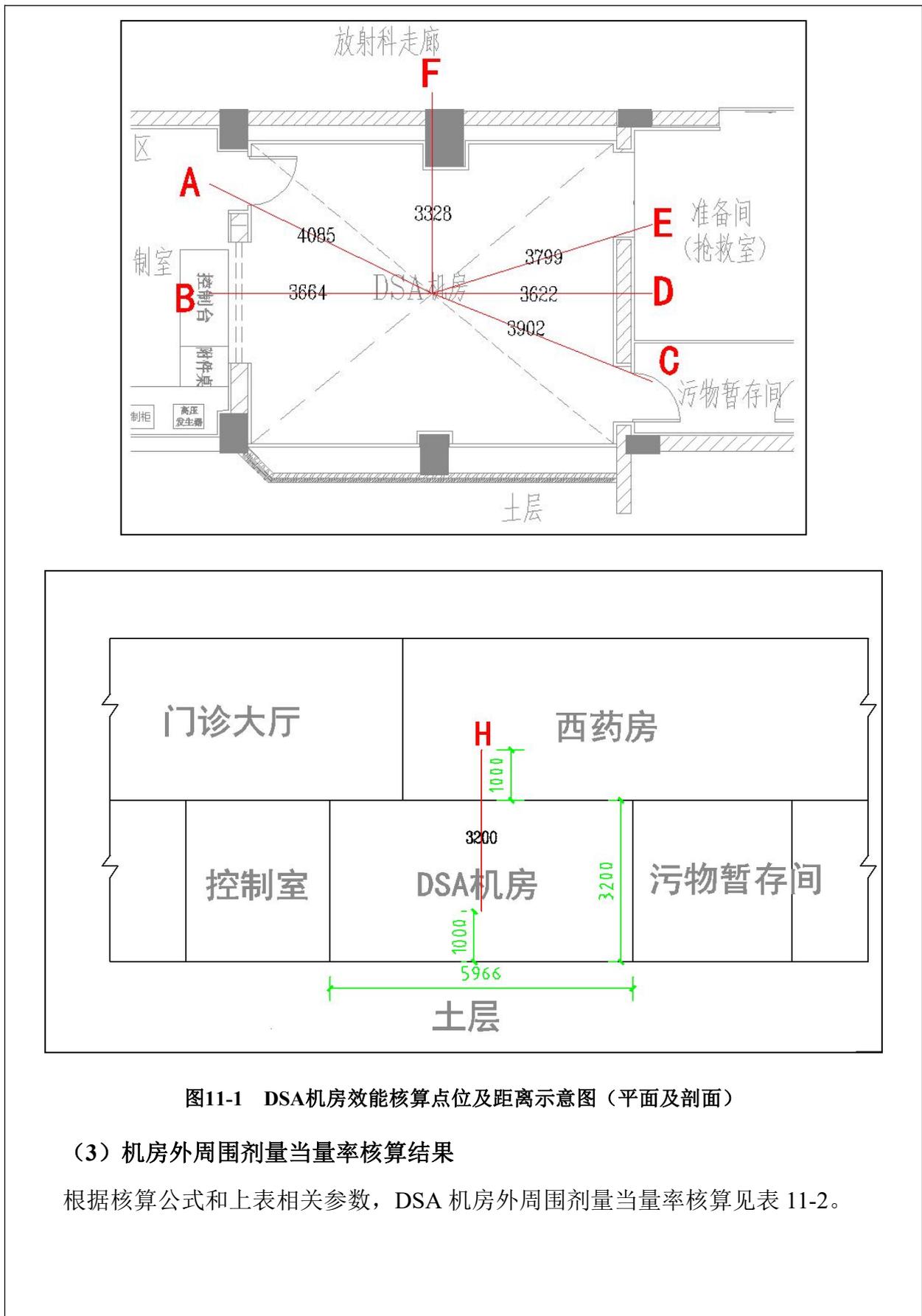


图11-1 DSA机房效能核算点位及距离示意图（平面及剖面）

(3) 机房外周围剂量当量率核算结果

根据核算公式和上表相关参数，DSA 机房外周围剂量当量率核算见表 11-2。

续表 11 环境影响分析

机房名称	方位和考察点		距离 R(m)	设计厚度	周围剂量当量率 (μSv/h)		是否满足要求
					透视	采集	
DSA 机房	东北侧 A	防护门	4.0	3mmPb 铅门	$5.94 \times 10^{-2}$	1.49	是
	东北侧 B	铅窗	3.6	3mmPb 铅窗	$7.33 \times 10^{-2}$	1.83	是
	东北侧 B	墙体	3.6	2mmPb 铅板+2mmPb 硫酸钡板	$3.41 \times 10^{-3}$	$8.53 \times 10^{-2}$	是
	西南侧 C	防护门	3.9	3mmPb 铅门	$6.25 \times 10^{-2}$	1.56	是
	西南侧 D	墙体	3.6	240mm 实心页岩砖+30mm 硫酸钡水泥	$6.12 \times 10^{-3}$	$1.53 \times 10^{-1}$	是
	西南侧 E	防护门	3.7	3mmPb 铅门	$6.94 \times 10^{-2}$	1.74	是
	东南侧 F	墙体	3.3	240mm 实心页岩砖+30mm 硫酸钡水泥	$7.28 \times 10^{-3}$	$1.82 \times 10^{-1}$	是
	楼上 H	混凝土	3.2	120mm 混凝土+3mmPb 铅板	$4.17 \times 10^{-5}$	$1.04 \times 10^{-3}$	是

备注：①层高为 3.2m，顶棚核算到楼上地面 1.0m 处，地板下方及西北墙外侧均为土层不进行核算。四周墙体计算参考点位于四周墙体、门窗外 0.3m 处；②设备离地高度按 1.0m 考虑；③关注点距离保留 1 位小数，按不利情况考虑只舍不入。

根据上表计算可知，在常用透视条件下 DSA 机房屏蔽体外的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，在常用采集（摄影）条件下 DSA 机房屏蔽体外的周围剂量当量率小于 25μSv/h，均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）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：

$$H_{Er} = H^*_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-4)$$

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/a。

#### 11.3.2 放射工作人员剂量估算

根据 DSA 的工作负荷，DSA 年透视时间约 123h，采集时间约 7.8h，DSA 总年有效开机时间约 130.8h。

##### ①控制室技师

在 DSA 运行时透视工况和摄影工况下，控制室内的技师的年有效剂量估算情况如

续表 11 环境影响分析

下表 11-3 所示。

表 11-3 项目控制室技师年受照剂量估算表

设备名称	照射类型	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	工作时间 (h/a)	年附加有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	
DSA	透视	$7.33 \times 10^{-2}$	123	$9.00 \times 10^{-3}$	$2.33 \times 10^{-2}$
	摄影	1.83	7.8	$1.43 \times 10^{-2}$	

根据上表可知，从最不利情况考虑，本项目控制室的工作由 1 名技师完成，则该名技师的年有效剂量满足本项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值  $5\text{mSv/a}$  的要求，同时也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

本项目的辐射工作人员由医院现有工作人员中调配而来，不会操作医院的其他射线装置，因此无需考虑叠加影响。

②机房医护人员

本项目 DSA 有采集和透视两种工作模式。

透视工作模式下：参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）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  $400\mu\text{Sv/h}$ 。手术医护人员均穿戴个人防护用品（考虑  $0.5\text{mmPb}$ ），以本报告公式 11-1 和相关参数计算防护用品的透射系数，不考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素，不区分手术医护人员位置，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：考虑医护人员全部位于机房内移动铅屏风后，医护人员均穿戴个人防护用品，结合其他防护设施总体考虑为  $0.5\text{mmPb}$ ，移动铅屏风为  $2\text{mmPb}$ ，以公式 11-1 和相关参数计算其透射因子，并考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素（ $2\text{m}$ ），核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。

手术医护人员受照剂量估算见表 11-4。

表 11-4 介入手术医护人员年剂量估算表

运行管电压	透射因子		手术人员铅衣内周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年出束时间 (h)	铅衣内年有效剂量估算 ( $\text{mSv/a}$ )	
90kV	透视	$2.515 \times 10^{-2}$	10.06	123	1.24	1.46
	采集	$3.685 \times 10^{-5}$	27.59	7.8	0.22	
运行管电压	透射因子		手术人员铅衣外周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年出束时间 (h)	铅衣外年有效剂量估算 ( $\text{mSv/a}$ )	
90kV	透视	/	400	123	49.20	50.20
	采集	$1.72 \times 10^{-4}$	128.73	7.8	1.00	

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

续表 11 环境影响分析

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（11-4）估算有效剂量：

$$E=\alpha H_u+\beta H_o \quad (\text{公式11-4})$$

E-有效剂量中的外照射分量，单位为mSv

$\alpha$ -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

$\beta$ -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

则： $E=1.46\times 0.84+50.2\times 0.1=6.25\text{mSv}$

根据上述计算可知，假设本项目机房内手术由一组手术医护人员完成，且按不利情况考虑（工作人员未采取甲状腺屏蔽措施），则手术医护人员受到的年有效剂量约6.25mSv/a，大于年有效剂量管理目标限值5mSv/a，因此本项目至少需要配备2组手术医护人员，平均分配工作量，则单组手术医护人员受到的年有效剂量约3.13mSv/a，小于本项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。医院拟配置4名手术医生，可以分为2个组，能满足DSA常用条件下开展介入手术的基本需求。

此外，上述透视工作条件下的估算是按照透视防护区测试平面上的周围剂量当量率不大400 $\mu\text{Sv/h}$ 的基础上计算的，短时的采集次数根据手术计划确定。实际手术过程中，手术医护人员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、手术医护人员的手术熟练度及习惯等相关。因此，介入手术医护人员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对手术医生进行工作调配，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工作：

**A：**要求从事介入手术的医护人员在实际工作中，正确佩戴个人剂量计，机房内医护人员在防护铅衣内外各佩戴1枚个人剂量计，准确记录受照剂量；

**B：**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，正确使用防护用品。若单期的调查水平 $\geq$ 年剂量管理目标值/（年监测周期数），应开展进一步调查，查明原因，提出解决方案，确保放射工作人员的年有效剂量低于医院的年剂量

续表 11 环境影响分析

管理目标值。

(2) 公众成员剂量估算

DSA 机房外公众成员的年有效剂量见表 11-5。

表 11-5 DSA 手术室外公众成员年有效剂量估算表

序号	环境保护目标名称	方位	与 DSA 机房的水平距离	关注点最大周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		居留因子	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )
				透视	采集		
1	控制室	东北侧	紧邻	$1.07 \times 10^{-1}$	2.68	1	$3.41 \times 10^{-2}$
	铅衣区、设备间		紧邻	$1.07 \times 10^{-1}$	2.68	1/5	$6.82 \times 10^{-3}$
	更衣过渡区		约 2.6m	$2.95 \times 10^{-2}$	$7.37 \times 10^{-1}$	1/5	$1.88 \times 10^{-3}$
	医生办公室 (谈话间)		约 5m	$1.49 \times 10^{-2}$	$3.73 \times 10^{-1}$	1	$4.74 \times 10^{-3}$
	核磁室		约 7m	$9.54 \times 10^{-3}$	$2.39 \times 10^{-1}$	1/2	$1.52 \times 10^{-3}$
	口腔科		约 10m	$5.64 \times 10^{-3}$	$1.41 \times 10^{-1}$	1/2	$8.97 \times 10^{-4}$
	院外通道		约 20m	$1.8 \times 10^{-3}$	$4.5 \times 10^{-2}$	1/40	$1.43 \times 10^{-5}$
	全季酒店		约 40m~50m	$5.15 \times 10^{-4}$	$1.29 \times 10^{-2}$	1	$1.64 \times 10^{-4}$
2	人行道	西北侧	紧邻	$8.46 \times 10^{-1}$	21.6	1/40	$6.81 \times 10^{-3}$
	广东中路		约 5m	$7.87 \times 10^{-2}$	1.97	1/40	$6.26 \times 10^{-4}$
	临街商铺		约 30m~50m	$3.9 \times 10^{-3}$	$9.75 \times 10^{-2}$	1	$1.24 \times 10^{-3}$
3	准备间 (抢救室)	西南侧	紧邻	$9.2 \times 10^{-1}$	23	1/5	$5.85 \times 10^{-2}$
	污物暂存间、污物通道		紧邻	$9.2 \times 10^{-1}$	23	1/5	$5.85 \times 10^{-2}$
	医生办公室		约 5m	$1.28 \times 10^{-1}$	3.21	1	$8.16 \times 10^{-3}$
	临街商铺		约 20m~50m	$1.55 \times 10^{-2}$	$3.87 \times 10^{-1}$	1	$2.46 \times 10^{-3}$
4	放射科走廊	东南侧	紧邻	$1.7 \times 10^{-2}$	$4.25 \times 10^{-1}$	1/5	$1.08 \times 10^{-3}$
	CT 室、钼靶室、DR 室		约 2m	$4.58 \times 10^{-3}$	$1.14 \times 10^{-1}$	1/2	$7.26 \times 10^{-4}$
	住院楼		约 20m~50m	$1.61 \times 10^{-4}$	$4.03 \times 10^{-3}$	1	$1.02 \times 10^{-4}$
5	门诊楼门诊大厅、西药房 (1F~6F)	楼上	/	$4.17 \times 10^{-5}$	$1.04 \times 10^{-3}$	1	$1.32 \times 10^{-5}$

备注：居留因子参照 NCRP144 号报告 P185 表 4.4 取值；透视时间为 123h、采集时间为 7.8h。

根据上表核算，DSA 机房外公众成员的年有效剂量远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

**续表 11 环境影响分析**

综上所述，根据建设单位提供的计划手术量，合理分配手术量、放射工作人员规范使用防护用品的前提下，从事介入手术的医生和护士的年有效剂量低于放射工作人员剂量管理目标值 $5\text{mSv/a}$ ，公众成员年有效剂量也低于医院管理目标值 $0.1\text{mSv/a}$ ，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**

DSA 机房的屏蔽防护能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，各关注点周围剂量当量率满足国家相关标准要求。本项目环境保护目标主要受 DSA 运行时产生的电离辐射（X 射线）影响。根据 X 射线衰减规律，辐射影响与距离的平方进行衰减，即距离辐射源越远，受到的影响越小。

根据表 11-5 核算可知，在常用透视、采集工况下，DSA 机房外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率分别低于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 、 $25\mu\text{Sv/h}$ ，环境保护目标的年有效剂量低于管理目标值。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。

#### **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，消除有害气体对手术室的影响，关键在于加强室内通风。项目 DSA 运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，DSA 机房设计有排风系统，在 DSA 机房设置机械排风，机房少量废气引至所在该层室外，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**

本项目运行产生的废水进入医院污水处理站处理，达标后排入市政管网，进入巫山县污水处理厂进一步处理。

院区内已建的污水处理站处理能力为  $150\text{m}^3/\text{d}$ ，接纳整个医院的废水。本项目作为医院一部分，污水处理站留有余量接纳本项目废水，且根据污水处理站监测报告（附件 8），院内污水可达标排放，因此项目运行产生的少量废水依托医院污水处理站处理是

续表 11 环境影响分析

可行的。

项目产生的废水能得到有效处置，不会对周围环境产生影响。

### 11.5.3 固体废物

项目工作人员在医院总劳动定员内，生活垃圾收集后依托医院生活垃圾收运系统，交市政环卫部门处理。

项目介入手术产生的医疗废物分类收集，在污物暂存间打包整理后，在医院下班时间经污物通道转移至医院住院楼东侧的医疗废物暂存间暂存，并交有资质单位转运、处置。医疗废物暂存间建筑面积约 20m<sup>2</sup>。医疗废物暂存间内设置各类型的废物收集桶，相应类别的塑料桶上粘贴有中文标签，医疗废物暂存间大门张贴危险废物标识；医疗废物暂存间为封闭空间，日常不使用时锁闭大门，设专人管理，防止非工作人员接触医疗废物；面积足够暂存医院 2 天内产生的医疗废物；暂存间内设置紫外线消毒装置消毒，空调通风换气装置。

废的铅防护用品由医院收集、妥善保管，暂存，做好相应记录，交有资质单位处置。

项目产生的固体废物均能得到合理的处理，不会对环境产生影响。

### 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。

DSA 在医疗诊断和手术辅助等方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。DSA 在医疗诊断和手术辅助等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，对拯救生命起了十分重要的作用。项目将为患者提供一个优越的就医环境，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。

因此，项目 DSA 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。

续表 11 环境影响分析

### 11.7 产业政策符合性

项目主要使用DSA从事介入手术工作，根据《产业结构调整指导目录》（2019年本）鼓励类中第十三项、第5条：“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”，项目属于上述的“数字化医学影像设备”的应用，属于鼓励类，符合国家的产业政策。

### 11.8 事故影响分析

#### （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、顶棚、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放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 出现最不利运行参数即透视时管电压 125kV、管电流 110mA，采集时管电压 125kV、管电流 500mA，造成机房外人员的误照射。

②DSA 机房内公众成员误照射：除手术人员外其他与手术无关人员（如清洁人员、医疗废物运输人员、设备间内人员等）在防护门关闭前因未及时撤离，防护门未关闭或射线装置工作时门被开启，造成 DSA 机房内公众成员的误照射。

#### （2）后果分析

##### ①DSA 机房外人员误照射

根据核算，在极端情况下，项目 DSA 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 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 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 11-6。

续表 11 环境影响分析

表 11-6 DSA 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	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 机房防护门、窗外	最大运行参数条件下运行, 人员位于机房外	14.7 $\mu$ Sv/h (透视)	21	$5.15 \times 10^{-3}$	$7.38 \times 10^{-3}$	$7.38 \times 10^{-3}$
		66.9 $\mu$ Sv/h (采集)	2	$2.23 \times 10^{-3}$		

备注: 仅考虑散射线, Sv/Gy=1。

根据核算可知, 在理论可预知风险条件下, 项目 DSA 机房外人员误照射受到的单台手术有效剂量最大约  $7.38 \times 10^{-3}$ mSv。

### ② DSA 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非手术人员滞留机房内发生误照射辐射事故, 按照 DSA 正常运行参数 (透视工况为 90kV/20mA, 采集工况为 90kV/500mA), 仅考虑散射线, 考虑人员受到照射的位置距离 X 射线装置靶点约 1m, 未穿戴防护用品, 采集时按单台手术最大采集时间 2min, 透视时按单台手术最大透视时间 21min 的照射, 其剂量估算情况见表 11-7。

表 11-7 DSA 机房内误照射人员所受辐射剂量估算表

设备	工作模式	受照时间	受照人员所在位置周围剂量当量率 ( $\mu$ Sv/h)	有效剂量 (mSv)	吸收剂量 (mGy)
DSA	采集模式: 1m 处发射率 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA min}$	10s (单次最长采集)	$3.00 \times 10^6$	8.32	8.32
		2min	$3.00 \times 10^6$	99.83	99.83
	透视模式: 1m 处发射率 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA min}$	2min (发现后使用急停按钮)	$1.20 \times 10^5$	3.99	3.99
		21min	$1.20 \times 10^5$	41.93	41.93

备注: 仅考虑散射线, Sv/Gy=1。

根据以上后果分析可知, DSA 机房内人员误照射情况下, 可能发生超年有效剂量限值照射的事故, 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

续表 11 环境影响分析

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，分为随机性效应和确定性效应。

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剂量阈值。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。

确定性效应定义为通常情况下存在剂量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。确定性效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。

辐射致癌危险概率（系数）：

一般公众  $5.0 \times 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ ；

职业照射(辐射工作人员的致死性癌症总危险)  $4.0 \times 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ ；

不同照射剂量的 X、 $\gamma$  射线对人体损伤估计见表 11-8。

表 11-8 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	20
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

续表 11 环境影响分析

成年人敏感部位的确定性效应阈值估计值见表 11-9。

表 11-9 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, 血液变化, 但不伴有临床症状
1~2 2~3.5 3.5~5.5 5.5~10	骨髓型 急性 放射病	轻度	乏力, 不适, 食欲减退
		中度	头昏, 乏力, 食欲减退, 恶心, 呕吐, 白细胞短暂上升后下降
		重度	多次呕吐, 可有腹泻, 白细胞明显下降
		极重度	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, 腹疼, 血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐, 腹泻, 休克, 共济失调, 肌张力增高, 震颤, 抽搐, 昏睡, 定向和判断力减退

备注: 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, 两种事故情景导致人员在机房内或机房外单次误照射所受到辐射剂量可能会发生不明显和不易察觉的病变等情况。事故后果不会造成确定性效应, 不会造成辐射损伤, 但会增加随机性效应的概率。全年多次误照射的情况基本不存在。

#### (4) 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是外照射, 因此发生误照射事故应第一时间切断 X 射线装置电源, 确保 X 射线装置停止出束, 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撤离 DSA 机房时应清点人数, 确认没有无关人员停留在 DSA 机房后才开始操作。此外, 在设备及控制台设置有紧急停机按钮, 可避免此类事故的发生。在 DSA 机房内及操作台上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。

②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。

③放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 DSA 手术室管理要求开展手术。

④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。

## 续表 11 环境影响分析

⑤培养放射工作人员的安全文化素养，提高放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，放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。加强介入医护人员职业健康体检，发现医护人员不适合参与放射工作应及时停止工作。

医院落实上述措施后，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 150 万，占总投资的 14.3%，具体情况见表 11-10。

表 11-10 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	5
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	屏蔽室门灯连锁等	10
防护监测设备	个人剂量计	5
防护用品	铅衣、铅屏风等	5
墙体屏蔽	屏蔽室墙体、防护门窗等	120
环保手续	环评、验收、监测、办证等	5
合计	/	150

**表 12 辐射安全管理**

**12.1 辐射安全与环境保护管理机构及人员**

**12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构**

按照《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；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。

医院现已成立放射安全与环境保护领导小组（以下简称领导小组），领导小组职能科室设置在公共卫生科。领导小组组成包括组长、副组长、成员等，设置了专职管理人员，学历为本科及以上；文件规定了领导小组的工作职责，负责全院的辐射环境管理，包括管理制度的建立、修订，人员的培训、考核及职业健康体检、个人剂量检测，建立档案，辐射环境监测等。医院现有的领导小组设置符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

本项目开展后，目前医院的领导小组和管理人员也能满足相关要求，因此，本项目的辐射环境管理可直接纳入现有管理机构管理。

**12.1.2 放射工作人员配置**

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《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。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），有辐射安全与防护培训需求的人员可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。原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过培训平台报名并参加考核，2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

本项目劳动定员 8 人，其中手术医生 4 人，技师 2 人，护士 2 人，从医院现有工作人员中调配培养。医院应组织本项目放射工作人员通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，通过培训平台报名并参加考核，考核合格方能正式上岗，在合

## 续表 12 辐射安全管理

格证/合格成绩单有效期到期前，按规定参加复训和考核，考核合格后才能继续上岗。

### 12.2 辐射安全管理制度、档案等

#### 12.2.1 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、监测方案等。

目前医院已制定了一系列管理制度，现有《关于成立放辐射安全与环境保护领导小组的通知》、《放射工作人员个人剂量监测管理制度》、《放射科放射人员健康管理制度》、《放射科工作人员学习、培训制度》、《放射科医学影像设备、场所定期检测制度及措施》、《放射科医用射线受检者防护规定》、《放射设备使用制度和维修保养制度》、《放射事故应急预案》、《辐射损伤处置流程》等。

上述各种制度考虑到了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，但还应新增《辐射防护和安全保卫制》、《设备操作规程》、《放射工作人员岗位职责》，并结合医院各科室实际情况修订完善《放射科医学影像设备、场所定期检测制度及措施》。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。

本项目为 DSA 项目，医院未开展过同类型的项目，因此，本项目实施以后将新增《DSA 设备操作规程》、《放射工作人员岗位职责》、《放射防护注意事项》、《辐射防护和安全保卫制度》等，并修订院内现有的管理制度《放射事故应急预案》、《放射科医学影像设备、场所定期检测制度及措施》以满足 DSA 使用及管理要求。项目运行后期，医院还应根据实际使用情况和新发布更新的法律法规等，对现有制度进行不断的完善和修订。

与本项目相关的制度见附件 6 所示。

#### 12.2.2 档案管理

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，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立

## 续表 12 辐射安全管理

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。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

辐射安全与防护管理档案资料分以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“年度评估”、“辐射应急资料”。医院应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

医院认真落实了相关制度和规定，所有放射工作人员均进行职业健康体检（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，目前正在开展新一轮体检）、个人剂量检测、辐射安全与防护培训，并将职业健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案进行了保存。

本项目运营后，医院拟将本项目相关的档案资料建立档案，并纳入现有档案管理中，档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

### 12.2.3 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。

根据调查，医院往年都对射线装置的运行和辐射防护等进行了总结，编制《放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告》，并按时向生态环境主管部门提交。年度评估报告包括医用 X 射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

本项目建成后，医院拟将本项目 DSA 纳入年度评估管理中。

## 12.3 核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，对于核技术利用项目核安全文化的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单位核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。

医院已建立了辐射环境安全管理体系，明确了医院各层次人员的职责、不断识别医

续表 12 辐射安全管理

院内部核安全文化的薄弱处并加以纠正，落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”，将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①医院组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；

②医院建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

#### 12.4 辐射活动能力评价

根据根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（第十六条）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（第七条）的相关规定，医院从事本项目辐射活动的的能力评价如表 12-1。

表 12-1 医院从事本项目辐射活动能力评价表

应具备条件	落实情况
（一）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；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。	已成立辐射安全与防护管理领导小组，负责医院的辐射安全与防护管理工作，并设置2名专职管理人员，学历为本科及以上。
（二）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。	本项目放射工作人员从医院劳动定员中调配和培养。医院已制定培训计划，医院将按照制度落实，放射工作人员培训考核合格后上岗。
（四）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的安全措施。	DSA 机房及控制台拟设急停按钮，拟设置门灯连锁装置，门口显眼位置设置电离辐射警示标识和警示语。警示无关人员远离机房。
（五）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	项目拟配置工作人员和患者的铅防护用品，也按要求拟配置铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏等防护设施。
（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、监测方案等。	医院现有辐射环境管理制度较齐全，待项目建成后，根据实际情况新增或修订后，相应制度张贴上墙。
（七）有完善的辐射事故应急措施。	已制定了辐射事故应急处置措施。

## 续表 12 辐射安全管理

根据上表可知，本项目尚未建设，但巫山县中医院已有其他射线装置运行，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巫山县中医院现有的管理体系，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，进一步补充、完善本环评提出的防护措施和管理制度后，且放射工作人员在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，具备从事本项目辐射活动的能力，本项目方可投入正式运行。在后期运行过程中，医院还应强化医院辐射安全管理制度，严格要求放射工作人员遵守医院辐射安全管理制度。

### 12.5 辐射监测

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、工作场所监测、开展常规的防护监测工作。根据调查，医院已按照相关要求委托有资质的单位每年对现有辐射工作场所进行了监测。根据监测结果，医院现有辐射工作场所的辐射环境影响满足相关标准的要求。

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，以满足相关要求，包括定期对 DSA 手术室周围活动人员和环境进行监测，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

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。

监测单位：具有个人剂量监测资质的单位；

监测频率：3 个月测读一次个人剂量计，如发现异常可加密监测频率。

监测结果处理：年剂量超过 5mSv，报告发证机关，开展调查，根据调查结果作出相应整改等。

#### （2）工作场所环境监测

医院应对 DSA 机房室外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测委托有资质的单位进行。

监测频度：验收时监测一次；日常监测每年监测一次；涉及设备发射剂量率或防护

**续表 12 辐射安全管理**

设施维修后监测一次；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求监测。主要监测位置为：机房四周墙体、门、窗外 30cm 处；顶棚上方（楼上）距离顶棚地面 100cm 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》及《重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知》（渝环〔2017〕242 号）要求，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。

医院目前已制定了《放射事故应急预案》及《辐射损伤处置流程》，《预案》中医院成立了放射事故应急领导小组，组长由院长担任，副组长由副院长担任，成员由相关科室负责人组成；应急领导小组的主要职责是负责编制应急处置预案，对突发辐射事故事件的统一领导、统一指挥，作出处置的重大决策，决定辐射事故的应急响应终止。《预案》还明确辐射事故的预防、应急处置措施、辐射事故报告电话及流程、应急响应的启动和终止等。医院还应在制度上完善应急能力的培训、演练等要求。

### **（1）事故报告程序**

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即停机，并立即向上级部门报告，并根据《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》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向市、区生态环境部门报告。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。

报告联系电话如下：

医院总值班电话：18996618650

医院辐射安全与防护管理领导小组（公共卫生科）：57680003-3333

政务服务便民热线：12345

重庆市卫健委电话：023-67706707

巫山县生态环境局：023-57659004

**续表 12 辐射安全管理**

巫山县卫健委电话：023-57682287

**(2) 辐射事故应急处置措施**

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

①一旦发生辐射事故，立即按下应急开关按钮或直接停机断电，撤出机房内人员。

②事故状态下，确需工作人员进入机房关机的，工作人员应佩戴防护用品及个人剂量计。

③应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

④事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，采取措施防止类似事故再次发生。

**12.7 竣工验收**

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应当如实查验、监测项目环境保护设施运行情况，编制验收（调查）报告，完成自主竣工环保验收工作。同时，项目建成后，应及时更换《辐射安全许可证》，在许可范围内从事核技术利用项目。

本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

**表 12-2 项目环保设施竣工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	放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 GBZ130-2020 及医院管理要求
3	人员要求	组织放射工作人员参加辐射安全与防护知识的培训，并经考核合格后上岗，按要求定期组织复训	公告 2019 年第 57 号等相关要求
4	剂量率控制	DSA 机房四周墙体外 30cm 处、楼上距顶棚地面 100cm 处、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，周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。	GBZ130-2020

续表 12 辐射安全管理

5	建设内容	1 台 DSA（单管头，II类射线装置，最大管电压 125kV、最大管电流 1000mA）	/
6	辐射安全防护措施	<p>①DSA手术室各防护门外均设置门灯连锁系统，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；</p> <p>②DSA手术室各防护门外均设置电离辐射警告标志，同时在办公室（谈话间）及准备间张贴放射防护注意事项告知栏；</p> <p>③制度上墙（操作规程、应急预案、患者告知制度等）；</p> <p>④机房设置机械通风系统，保持良好通风，机房内不得堆放无关杂物；</p> <p>⑤电动推拉门设置防夹装置和闭门措施；平开机房门设置自动闭门装置；</p> <p>⑥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；防护用品与辅助防护设施齐全。</p> <p>⑦机房四周墙体、顶棚、地板、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。</p>	
7	防护用品	<p>每名介入手术医护人员在铅防护衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，技师配置 1 枚个人剂量计。</p> <p>铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 4 套，介入防护手套若干；床侧防护帘/床侧防护屏、铅悬挂防护屏/铅防护吊帘 1 套，移动铅屏风 1 扇；铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 1 套。防护用品的铅当量满足标准要求。</p>	
8	管理	<p>有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、年度评估制度等。</p>	

表 13 结论及建议

### 13.1 项目概况

巫山县中医院拟对门诊楼负一楼原骨科手术室、医生办公室及发片室进行改造和装修，改造后包括 DSA 机房、控制室、设备间、铅衣区、更衣过渡区、污物暂存间、准备间（抢救室）、污物通道，并拟在 DSA 机房内配置 1 台 DSA（II 类射线装置），开展介入手术，项目总建筑面积约 90m<sup>2</sup>。

项目总投资约 1049.5 万元，其中环保投资约 150 万元。

### 13.2 实践正当性

医院 DSA 的使用，在疾病诊断和手术辅助方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用，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）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

项目主要使用 DSA 从事介入手术工作，属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本）鼓励类中的“数字化医学影像设备”的应用，符合相关产业政策。

### 13.4 辐射环境现状

为了解本项目拟建地的辐射环境质量现状，重庆泓天环境监测有限公司对项目所在地辐射水平现状进行了监测，监测结果表明所在地环境  $\gamma$  辐射剂量率为 51nGy/h~73nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），与重庆市 2021 年环境  $\gamma$  空气吸收剂量率平均值相比，项目所在地的环境  $\gamma$  辐射剂量率监测值在正常涨落范围内。

### 13.5 选址可行性及布局合理性

本项目选址于医院门诊楼负一楼，项目用房现状为骨科手术室（设备已拆除）、发片室及医生办公室，建成后 DSA 手术室工作场所位于放射科内，不影响医院的整体布局，更便于医院的放射防护管理，其出入口位于放射科内部，除医务人员和病人外，周围一般公众成员较少，同时与医院内外其他建筑也有一定的距离，充分考虑了周围场所的安全，有利于减少 X 射线对公众成员的影响。此外，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，从辐射环境保护角度分析，项目选址可行。

本项目用房有独立的 DSA 机房，配有单独的控制室，其它辅助配套用房齐全，

### 续表 13 结论及建议

满足诊疗需求。DSA 手术室位于放射科，除手术工作人员和病人可以进出外，其他公众成员未经允许不得入内，减少对周围公众的影响和有利于辐射防护。DSA 手术室拟设置 3 个防护门，工作人员、病人进出、污物运出的各路径独立。DSA 手术室拟设置 1 个观察窗，用于控制室放射工作人员随时观察机房内的情况。项目布局便于 DSA 手术室的辐射安全管理，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，平面布局合理。

#### 13.6 辐射防护与安全措施结论

##### (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，将辐射工作场所划分为控制区和监督区，将 DSA 机房划分为控制区，机房周围相邻区域及的楼上机房对应区域划分为监督区。

##### (2) 机房屏蔽防护

本项目 DSA 机房有效使用面积为 25.8m<sup>2</sup>，最小单边长度为 4.3m，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。DSA 机房四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗屏蔽防护设计大于 2mmPb，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的屏蔽防护厚度要求。DSA 机房的风管穿墙处采用硫酸钡水泥封堵洞口缝隙，并敷设两倍洞口长边长度的铅板进行屏蔽补偿，电缆管线穿墙采用管沟盖板进行遮盖，不影响机房的防护效能。

##### (3) 安全联锁装置及其他措施

项目拟配置具有多种固有安全防护措施并符合相关标准要求的 DSA，DSA 设备上及控制台上均拟设置急停开关，拟配置 1 套铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏、移动铅屏风等辅助防护设施；并拟按标准要求配备介入手术人员及患者防护用品。项目 DSA 手术室拟设置 1 扇观察窗，能全方位地观察机房内各处。机房内拟设置 3 个防护门（介入手术医护人员进出门、病人进出防护门、污物通暂存间防护门）；各防护门均拟设置门灯联锁系统，门上设置电离辐射警告标志，拟在各防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯。病人进出门为电动推拉门，拟设置防夹装置，其余为平开门，拟设置自动闭门装置。从事介入手术的医护人员拟在铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，

### 续表 13 结论及建议

合理分配工作量，其余放射工作人员各拟配置 1 枚个人剂量计。

经分析，本项目已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）要求。

#### 13.7 环境影响分析

（1）机房屏蔽能力：根据核算，在常用工况条件下，DSA 机房设计屏蔽能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

（2）剂量估算：根据医院提供的工作负荷核算，假设本项目机房内手术均由一组手术医护人员完成，机房内从事介入手术的医护人员的辐射剂量不能满足本项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值 5mSv/a 要求，故院内设置 2 组手术医护人员，平均分配工作量，则单组手术医护人员受到的年有效剂量能够满足年有效剂量管理目标限值 5mSv/a 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。介入医护人员正确佩戴和按时监测个人剂量计，保证医护人员的年剂量低于放射工作人员剂量管理目标（5mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

同时，项目所致公众成员的年有效剂量亦低于剂量管理目标（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。

（3）环境保护目标影响：通过核算可知，DSA 机房外公众成员的年有效剂量低于 0.1mSv/a。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的辐射影响满足相应标准和要求，项目的辐射环境影响是可以接受的。

（4）“三废”影响：项目 DSA 运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，DSA 机房拟采取强制排风系统进行通风换气，机房内拟设置 1 个排气吸风口，机房内废气经其收集后再排至楼外，排放后废气经大气扩散和分解后，对周围环境影响小。项目放射工作人员等产生的废水依托医院的污水处理站处理，医疗废物依托医院的医疗废物暂存间暂存后交有资质单位处理，生活垃圾交市政环卫部门处理，废的铅防护用品由医院收集后妥善保管，做好相应记录，交有资质的单位处理。项目各污染物均能得到有效处理。

（5）事故风险：通过落实撤离 DSA 机房时应清点人数、在设备上及控制台设置紧急停机按钮、加强医院管理、放射工作人员加强专业知识学习、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、

### 续表 13 结论及建议

加强设备维护、正确使用防护用品、正确佩戴个人剂量计，放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，本项目风险可控。

#### 13.8 辐射与环境保护管理

医院成立了辐射安全与防护管理领导小组，各项规章制度、操作规程、应急处理措施基本健全、具有可操作性。医院应严格执行各项规章制度，放射工作人员须经辐射防护与安全培训并考核合格后才能上岗，在工作时正确佩戴个人剂量计，定期进行检测并进行职业健康体检。医院还应加强日常应急响应的准备工作及应急演练，医院在今后的工作中，加强管理，能满足辐射环境管理要求。

综上所述，数字减影血管造影（DSA）装置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。在制定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。

## 附图

附图 1	项目地理位置图
附图 2	医院总平面布置图
附图 3	住院部 3F/门诊楼-1F 平面布置图（本项目所在楼层）
附图 4	DSA 手术室平面布局图
附图 5	DSA 手术室风管布置图
附图 6	外环境关系分布图
附图 7	现状及外环境照片



附图1 地理位置图