

核技术利用建设项目  
阆中市人民医院  
数字减影血管造影机（DSA）项目  
环境影响报告表  
(公示版)

阆中市人民医院

2021年1月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

阆中市人民医院

数字减影血管造影机（DSA）项目

环境影响报告表

建设单位名称：阆中市人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：阆中市张飞南路 17 号

邮政编码：637400 联系人：

电子邮箱： 联系电话：

## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	11
表 3 非密封放射性物质 .....	11
表 4 射线装置 .....	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	13
表 6 评价依据 .....	14
表 7 保护目标与评价标准 .....	16
表 8 环境质量和辐射现状 .....	18
表 9 工程分析与源项 .....	22
表 10 辐射安全与防护 .....	28
表 11 环境影响分析 .....	36
表 12 辐射安全管理 .....	55
表 13 结论与建议 .....	61
表 14 审批 .....	66

**表1 项目基本情况**

建设项目名称	阆中市人民医院数字减影血管造影机（DSA）项目				
建设单位	阆中市人民医院（12511181452327952N）				
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址	阆中市张飞南路 17 号				
项目建设地点	阆中市巴都大道西段（七里院区）残疾人康复服务中心西南侧				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	2200	项目环保投资（万元）	51	投资比例（环保投资/总投资）	2.32%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 迁扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m <sup>2</sup> ）	272
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	/			
<b>1.1 项目概述</b>					
<b>1.1.1 建设单位概况</b>					
阆中市人民医院（医院信用代码：12511181452327952N）始建于 1895 年，是集医疗、教学、科研、预防保健于一体的国家三级甲等综合医院，是阆中市规模最大、设备最先进、技术实力最强的综合性医院。医院由古城院区、七里院区两部分组成，占地面积 200 亩，建筑面积 12.4 万平方米，共设 30 个临床科室、9 个医技科室、18 个职能科室，现有编制床位 1212 张，实际开放床位 1600 张。目前医院成功创建耳鼻喉科等 1 个四川省重点专科，消化内科、心内科、呼吸内科、肾内科、肿瘤科、耳鼻喉科、普外科、神经外科等 8 个南充市级重点专科，配备有 1.5T 磁共振、64 排 128 层螺旋 CT、					

全数字化平板探测器血管造影系统、全数字化医用直线加速器、高压氧仓等大型医疗设备。

目前，医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》(川环辐证[00222])，许可的种类和范围：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。有效期至2024年06月07日。

### 1.1.2 项目由来

近年来，随着医疗服务对象的扩大及人民群众对医疗服务质量要求的提高，为提高医疗服务能力，进一步满足患者的就诊需求，阆中市人民医院拟在阆中市巴都大道西段(七里院区)残疾人康复服务中心西南侧新建两间DSA机房及配套功能用房。经与医院核实，使用2台数字减影血管造影机(以下简称DSA)，为Ⅱ类射线装置，其中1台DSA从七里院区医技楼一楼DSA机房搬迁，另1台DSA新购。

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》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价。本项目为使用Ⅱ类射线装置，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)，本项目环境影响报告文件形式为编制环境影响报告表。因此，阆中市人民医院委托中辐环境科技有限公司对该项目进行环境影响评价(见附件1)。

在接受委托后，评价单位组织相关技术人员于2021年1月进行了现场勘察、收集资料等工作，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)等规定要求编制了本环评报告表，供生态环境审批部门审查。

## 1.2 项目概况

### 1.2.1 项目名称、性质、建设地点

- (1) 项目名称：阆中市人民医院数字减影血管造影机(DSA)项目
- (2) 建设单位：阆中市人民医院
- (3) 建设性质：迁扩建
- (4) 建设地点：阆中市巴都大道西段(七里院区)残疾人康复服务中心西南侧，

医院的地理位置见附图1。

### 1.2.2 项目建设内容与建设规模

阆中市人民医院数字减影血管造影机（DSA）项目位于阆中市巴都大道西段（七里院区），拟在残疾人康复服务中心西南侧新建2间DSA机房及配套功能用房。新建DSA机房为单层建筑，无地下层，建成后与残疾人康复服务中心连通。经与医院核实，DSA机房使用2台DSA，其中1台DSA从七里院区医技楼一楼DSA机房搬迁，型号Allura Xper FD20，主束方向由下朝上，最大管电压150kV，最大管电流1000mA，属于Ⅱ类射线装置；另1台DSA新购，型号待定，主束方向由下朝上，最大管电压150kV，最大管电流1000mA，属于Ⅱ类射线装置。

DSA机房一有效使用面积 $52.3\text{m}^2$  ( $6.63\text{m} \times 7.9\text{m}$ )，配套功能用房为1间控制室（有效使用面积 $16.0\text{m}^2$ ），1间候诊区（有效使用面积为 $3.6\text{m}^2$ ），1间设备间（有效使用面积 $3.1\text{m}^2$ ）；DSA机房二有效使用面积 $51.7\text{m}^2$  ( $6.63\text{m} \times 7.8\text{m}$ )，配套功能用房为1间控制室（有效使用面积 $16.0\text{m}^2$ ），1间候诊区（有效使用面积为 $8.4\text{m}^2$ ），1间设备间（有效使用面积 $3.1\text{m}^2$ ）；DSA机房一、DSA机房二共用1间洗手间（有效使用面积为 $6.6\text{m}^2$ ）、1间无菌物品间（有效使用面积为 $8.6\text{m}^2$ ）和1间污物暂存间（有效使用面积为 $3.3\text{m}^2$ ）。机房设置患者通道、医护通道和污物通道，观察窗（2套）为 $4\text{mmPb}$ 当量铅玻璃，防护门（10套）为 $3\text{mmPb}$ 防护门。

DSA机房四侧墙体为37cm实心砖墙，顶棚为22cm钢筋混凝土，地坪为10cm混凝土+20mm水泥砂浆，观察窗为 $4\text{mmPb}$ 当量铅玻璃，防护门为 $3\text{mmPb}$ 防护门。

本项目DSA机房墙体屏蔽防护施工如下，机房剖面图详见附图5。

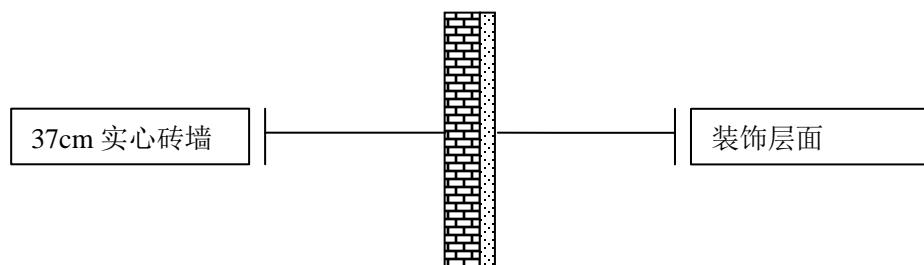


图 1-1 DSA 机房四周墙体屏蔽体材料示意图

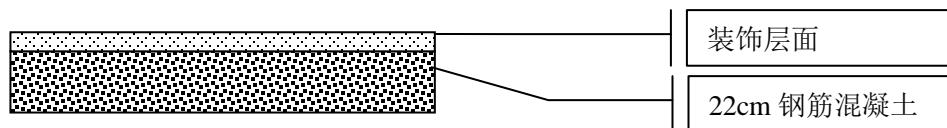


图 1-2 DSA 机房顶棚屏蔽体材料示意图

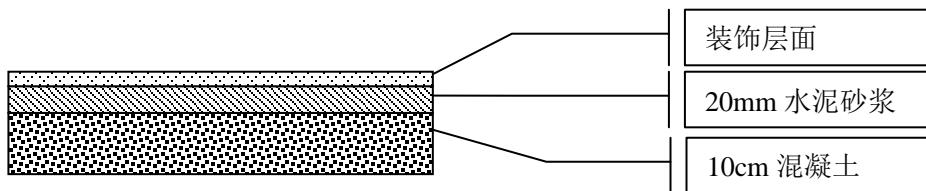


图 1-3DSA 机房地坪屏蔽体材料示意图

### 1.2.3 项目组成及主要环境问题

项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表1-1 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	<p>在残疾人康复服务中心西南侧新建两间 DSA 机房，使用 2 台 DSA。新购 1 台 DSA，主束方向由下朝上，最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，属于Ⅱ类射线装置。从七里院区医技楼一楼 DSA 机房搬迁 1 台 DSA，主束方向由下朝上，最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，属于Ⅱ类射线装置。</p> <p>DSA 机房四侧墙体均为 37cm 实心砖墙，地坪为 10cm 混凝土+20mm 水泥砂浆，顶棚为 22cm 钢筋混凝土，观察窗为 4mmPb 当量铅玻璃，防护门为 3mmPb 防护门。</p>		施工产生的扬尘、建筑垃圾、噪声、废水、装修废气、装修垃圾、生活垃圾等；设备包装废物、射线装置安装调试阶段产生 X 射线、少量臭氧、氮氧化物等污染物。	X 射线、臭氧、氮氧化物、噪声、医疗废物、医疗废水
辅助工程	控制室 2 间，有效使用面积合计 32.0m <sup>2</sup> ；候诊区 2 间，有效使用面积合计 12.0m <sup>2</sup> ；设备间 2 间，有效使用面积合计 6.2m <sup>2</sup> ；洗手间一间，有效使用面积为 6.6 m <sup>2</sup> ；无菌物品间一间，有效使用面积为 8.6m <sup>2</sup> ；污物暂存间一间，有效使用面积为 3.3m <sup>2</sup> 以及患者通道、医护通道和污物通道。			生活垃圾、办公垃圾、生活废水
公用工程	给排水、配电、供电和通讯系统依托七里院区现有设施。			/
环保工程	废水处理	依托七里院区污水处理站，采用“预处理+水解酸化+接触氧化+消毒”处理工艺；设计处理能力为 900m <sup>3</sup> /d。		医疗废水
	废气处理	设置独立的通排风系统，采用机械通风，排气口位于新建 DSA 机房西南侧墙体。		臭氧、氮氧化物
	固废处理	医疗固废依托医院医疗废物暂存间；生活垃圾、办公垃圾由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运		医疗固废、生活垃圾、办公垃圾

### 1.2.4 主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-2。

表1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年最大消耗量	来源	用途	备注
主要原辅材料	造影剂*	200L	外购	DSA 摄影	/

能源	电	$1 \times 10^4 \text{ kW}\cdot\text{h}$	城市电网	机房及辅助用房用电	/
水	生活用水	$1200 \text{ m}^3$	城市生活用水管网	生活用水	/
*造影剂均为外购，均为瓶装储存（20~50ml/瓶）。					

### 1.2.5 主要设备配置及主要技术参数

本项目射线装置主要技术参数见表1-3。

表1-3 本项目主要设备配置及主要技术参数

设备名称	型号	类别	数量	主要参数	单次平均照射时间	单台设备最大出束时间
DSA	Allura Xper FD20	Ⅱ类	1	150kV, 1000mA	拍片 5min/台 透视 15min/台	拍片 33.3h/a 透视 100h/a
DSA	型号待定	Ⅱ类	1	150kV, 1000mA	拍片 5min/台 透视 15min/台	拍片 33.3h/a 透视 100h/a

### 1.2.6 劳动定员及工作制度

(1) 劳动定员：本项目拟配置工作人员34人，均为医院内部调配，包括手术医生22人，护士8人，技师4人。其中每个DSA机房手术室配备手术医生11人，护士4人，技师2人，每台手术配备2名手术医生，1名护士，1名技师。本项目工作人员固定设置，不与其他科室交叉使用，不存在兼岗和操作其他射线装置情况。

(2) 工作制度：根据医院提供的资料，本项目单个DSA机房手术室每年最大手术台数为400台。每天工作8小时，每年工作250天。

### 1.2.7 产业政策符合性

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019年本）》中第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、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，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

## 1.3 项目选址、外环境关系、布局合理性及实践正当性分析

### 1.3.1 项目外环境关系分析

#### (1) 医院外环境关系

阆中市人民医院（七里院区）位于阆中市巴都大道西段，东北侧为高层住宅区，东南侧为住宅区；西南侧是长盛大道，隔路为绿地；西北侧是巴都大道，隔路为住宅区。医院地理位置见附图1，项目周边环境概况见附图2。

## (2) 项目外环境关系

本项目 DSA 机房拟建于残疾人康复服务中心西南侧，机房边界外 50m 范围主要为医院建筑物和道路，东北侧紧邻残疾人康复服务中心，距离约 119m 为高层住宅区；东南侧距离约 60m 为后勤楼，距离约 225m 为住宅区；西南侧距离约 11m 为门诊部，距离约 14m 为医技楼，距离约 135m 为绿地；西北侧距离约 7m 为行政楼，距离约 136m 为住宅区。

DSA 机房一东北侧为控制室，东南侧为候诊区和设备间，西南侧为走廊，西北侧为洗手间、无菌物品间和污物暂存间；DSA 机房二东北侧为控制室和留观病房，东南侧为洗手间、无菌物品间和污物暂存间，西南侧为走廊，西北侧为候诊区和设备间。机房楼上为屋顶，无地下层。拟建 DSA 机房平面布局见附图 4。

### 1.3.2 项目选址合理性分析

阆中市人民医院拟在阆中市巴都大道西段（七里院区）残疾人康复服务中心西南侧新建2间 DSA 机房及配套用房，原为医院内预留空地，用地性质为医疗用地，符合阆中市城市总体规划。医院周围为居民商住区，交通较为便捷，能为周围居民提供方便的就医设施。

本项目拟建于残疾人康复服务中心西南侧，辐射工作场所边界外50m 范围主要为医院建筑物和道路，无居民区、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点，所开展的核技术应用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

### 1.3.3 布局合理性分析

(1) 本项目 DSA 机房拟建于残疾人康复服务中心西南侧，为单层建筑，无地下层，建成后与残疾人康复服务中心连通，该区域相对独立。DSA 机房一东北侧为控制室，东南侧为候诊区和设备间，西南侧为走廊，西北侧为洗手间、无菌物品间和污物暂存间；DSA 机房二东北侧为控制室和留观病房，东南侧为洗手间、无菌物品间和污物暂存间，西南侧为走廊，西北侧为候诊区和设备间。机房楼上为屋顶，无地下层。DSA 机房和配套房间集中布置，相对独立且人流较少，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素。

(2) DSA 机房设置患者通道、医护通道和污物通道，相互不交叉，患者通道的宽度满足病人手推车辆的通行，方便治疗。

(3) 本项目的建设不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且避开

了人流量较大的门诊区或其它人员集中活动区域，并同时兼顾了病员就诊的方便性，所以总平面布置是合理的。

#### 1.3.4 与周边环境的兼容性分析

项目利用医院内现有完善的水资源供给系统，少量废水进入七里院区污水处理站采用“预处理+水解酸化+接触氧化+消毒”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准后，再通过市政污水管网进入市政污水处理厂处理，本项目废水产生量较小，远低于七里院区污水处理站设计处理能力，不会对地表水与地下水环境产生明显影响。本项目介入手术时产生的药棉、纱布、手套等医疗废物，采用专门的收集容器分类收集后，转移至医疗废物暂存库，按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有医疗固废处置资质的单位处置。

因此本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容，符合环境保护要求。

#### 1.3.5 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射诊断和放射治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

### 1.4 原有核技术利用项目许可情况

#### 14.1 原有核技术利用许可情况

目前，阆中市人民医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00222]），许可的种类和范围：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。发证日期：2020年04月13日，有效期至2024年06月07日。

阆中市人民医院现有核技术利用项目的环评、许可和验收等情况见表1-4和表1-5。该医院现有核技术利用项目环保措施和设施均运行正常；经现场踏勘，未发现有环境遗

留问题。同时,经建设单位证实,阆中市人民医院开展放射性诊疗多年,目前未发生过辐射安全事故。

表1-4医院已获许可使用放射源

序号	名称	类别	活动种类	总活度(Bq)/活度(Bq)×枚数	工作场所名称	环评	验收情况
1	Co-60	III类	使用	1.48E+11×3 枚	后装治疗室	川环审批[2010]120号	川环核验[2015]16号

表1-5医院已获许可使用射线装置

序号	设备名称	规格型号	类别	数量	使用场所	环评	验收
1	X射线计算机体层摄影设备	Alexion TSX-034A	III类	1	古城院区医技楼一楼CT扫描室	登记备案,备案号为201751138100000234	
2	医用诊断X射线机	SYNTHESIS	III类	1	古城院区DR摄片二室	/	/
3	数字化X线影像系统	CXD-DMG85	III类	1	古城院区DR摄片一室	/	/
4	数字化口腔全景X射线机	PP1	III类	1	古城院区口腔全景室	南市环审[2016]102号	/
5	牙科X射线机	RAY68(M)	III类	1	古城院区牙片室	南市环审[2016]102号	/
6	乳腺X线机	MCR-6000	III类	1	古城院区医技楼一楼乳腺X射线机室	登记备案,备案号为201751138100000234	
7	医用直线加速器	Precise	II类	1	七里院区医用电子直线加速器室	川环审批[2010]120号	川环核验[2015]16号
8	放射治疗模拟定位器	HMD-IB	III类	1	七里院区放射治疗模拟定位室		
9	医用X射线CT机	SOMATOM Definition AS	III类	1	七里院区CT室		
10	数字X射线影像系统	RAD SPPEDE M	III类	1	七里院区DR1室		
11	数字化X线影响系统	MRAD-D25 S RADREX-i	III类	1	七里院区DR2室		
12	数字减影血管造影装置	Allura Xper FD20	II类	1	七里院区DSA室		
13	乳腺X线机	MCR-6000	III类	1	七里院区乳腺X射线机室		
14	医用诊断X射线机	Opera	III类	1	七里院区胃肠特检室		

15	数字化移动 C 臂 X 光机	PLX118F/a	III类	1	七里院区住院手术楼 21#手术间	登记备案, 备案号为 202051138100000031
16	高频移动式 C 形臂 X 射线机	PLX7000B	III类	1	七里院区住院手术楼 19#手术间	登记备案, 备案号为 201751138100000018
17	数字化移动 C 臂 X 光机	PLX112C	III类	1	古城院区 X 射线手术间 (5)	登记备案, 备案号为 202051138100000031
18	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	APSARAS3D	III类	1	古城院区口腔 CT 室	登记备案, 备案号为 201951138100000069

#### 1.4.2 原有核技术利用项目管理情况

(1) 医院已成立了放射诊疗安全与辐射环境保护领导小组, 制定了一系列的辐射工作管理制度, 其中包括放射事故应急处理预案、放射工作人员职业健康管理制度、放射工作场所监测制度、放射人员培训制度、放射工作人员个人剂量监测管理制度、放射防护和安全保卫制度设备操作规程等。

医院现有管理制度内容较为全面, 符合相关要求, 现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院严格落实各项规章制度, 各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好, 在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

本项目建成后, 可依托医院现有比较健全的管理组织机构。医院目前配置的领导小组人员学历大部分为本科学历, 都具有一定的管理能力, 本项目开展后, 辐射管理成员为同一套班子成员, 目前医院的管理人员也能满足配置要求。

(2) 阆中市人民医院现有辐射工作人员共 138 名, 均配备了个人剂量计, 医院各辐射工作人员 2019 年度的个人剂量检测结果表明, 医院现有辐射工作人员个人年剂量监测结果在 0.04~1.82mSv 之间, 满足职业人员年剂量 5mSv 的约束限值, 符合本环评约束剂量值的要求。

环评要求: 医院应强化管理、加强辐射工作人员的培训学习, 个人剂量计应严格按照规定正确佩戴。对单季度个人剂量检测数据超过 1.25mSv 的, 医院应组织调查, 当事人应在调查报告上签字确认。

(3) 阆中市人民医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度, 医院现有辐射工作人员共 138 名, 其中 111 名参加了初级辐射安全与防护培训班学习, 取得了《辐射安全培训合格证》(有 6 名工作人员证书已过期), 剩余辐射工作人员尚未参

加初级辐射安全与防护培训班学习。医院尽快组织本项目所有辐射工作人员在生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）上进行报名和培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。

（4）医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作状态指示灯等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

（5）医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。

#### （6）辐射应急演练和年度评估

医院已制定有《放射事故应急处理预案》，医院每年均定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

医院执行有年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有放射源和射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、放射源和射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并及时提交至发证机关。

### 1.4.3 现有核技术利用存在的问题

建议阆中市人民医院加强辐射安全管理和人员培训，根据人员变动及场所变动情况对现有辐射安全管理制度及时进行修订；现有 6 名辐射工作人员持有的辐射安全与防护培训证书已过期，部分辐射工作人员尚未取得《辐射安全培训合格证》，根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函[2019]853 号）和《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）精神，医院尽快组织本项目所有辐射工作人员在生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）上进行报名和培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。

**表 2 放射源 (本项目)**

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	储存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

**表 3 非密封放射性物质 (本项目)**

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	储存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

**表 4 射线装置 (本项目)**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等各种用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	1	型号待定	150	1000	影像诊断与介入治疗	残疾人康复服务中心 西南侧 DSA 机房一	新购
2	DSA	II类	1	Allura Xper FD20	150	1000	影像诊断与介入治疗	残疾人康复服务中心 西南侧 DSA 机房二	搬迁

(三) 中子发生器, 包括中子管, 但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	排放至大气外环境中

注：1、常见废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/m<sup>3</sup>，气态为 mg/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg；

2、含有放射性的废弃物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为 Bq/L (kg、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》(中华人民共和国主席令第 9 号, 2015 年 1 月 1 日起施行);</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第 48 号 2016 年修订, 2016 年 9 月 1 日起施行) 及《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》(第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议, 2018 年 12 月 29 日);</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第 6 号, 2003 年 10 月 1 日起施行);</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号, 2017 年 10 月 1 日起施行);</p> <p>(5)《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), 自 2021 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 709 号修订, 2019 年 3 月 2 日);</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环保总局第 31 号令; 根据 2017 年 12 月 20 日环境保护部部务会议通过《环境保护部关于修改部分规章的决定》修正; 根据 2019 年 7 月 11 日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修正; 根据 2020 年 12 月 25 日生态环境部部务会议审议通过《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》修正);</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令第 18 号, 2011 年);</p> <p>(9)《关于发布射线装置分类的公告》(环境保护部国家卫生和计划生育委员会 2017 年第 66 号);</p> <p>(10)《四川省辐射污染防治条例》(四川省十二届人大常委会第 24 次会议通过, 2016 年 6 月 1 日实施)。</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>

技术标准	(3)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (4)《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020); (5)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128—2019); (6)《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93); (7)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)。
其他技术资料	(1)《放射防护实用手册》(主编:赵兰才、张丹枫); (2)《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》(第三版); (3)四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》的通知(川环函〔2016〕1400号):《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》(2016); (4)《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017)。

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

本项目为使用Ⅱ类射线装置,且项目场所有实体边界,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)的有关规定,本项目评价范围确定为各机房屏蔽物边界外50m的范围。评价范围示意图详见附图2。

### 7.2 环境保护目标

根据本项目DSA工作场所的平面布局和周围的外环境关系,确定本项目主要环境保护目标为DSA工作场所辐射工作人员以及DSA工作场所周围公众等。机房上层为楼顶,无特殊情况不允许人员进入,因此本项目机房上层楼顶不设立保护目标。

表7-1主要环境保护目标

保护名单		人数	方位	位置	距离机房最近距离 (m)	年有效剂量管理约束值
辐 射 环 境	职业 DSA 机房 工作 人员	2 人	拟建 DSA 机房一 东北侧	控制室	紧邻	职业: 5mSv
		2 人	拟建 DSA 机房二 东北侧	控制室	紧邻	职业: 5mSv
		4-8 人	/	机房内部(包括机房手术室、设备间、洗手间、无菌物品间、污物暂存间)	/	职业: 5mSv
辐 射 环 境	公众 DSA 机房 附近 公众	20 人次 /h	拟建 DSA 机房一 东南侧	候诊区	紧邻	公众: 0.1mSv
		20 人次 /h	拟建 DSA 机房一 西南侧	走廊	紧邻	公众: 0.1mSv
		20 人次 /h	拟建 DSA 机房二 西北侧	候诊区	紧邻	公众: 0.1mSv
		20 人次 /h	拟建 DSA 机房二 东北侧	留观病房	紧邻	公众: 0.1mSv
		100 人次 /d	西北侧	行政楼	7m	公众: 0.1mSv
		300 人次 /d	西南侧	门诊部	10m	公众: 0.1mSv
		200 人次 /d	西北侧	医技楼	14 m	公众: 0.1mSv
		200 人次 /d	东北侧	残疾人康复服 务中心	紧邻	公众: 0.1mSv

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 执行标准

#### 1、环境质量标准

- (1) 环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准;
- (2) 地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中Ⅲ类标准;
- (3) 声环境质量执行国家《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类标准。

#### 2、污染物排放标准

- (1) 废气：臭氧排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 二级标准；氮氧化物执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中的二级标准。
- (2) 废水：执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表2中预处理排放标准；
- (3) 噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放限值》(GB12523-2011) 各阶段标准限值；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中的2类标准。

#### 3、剂量约束

- (1) 职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第4.3.2.1条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯平均) 20mSv，四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过500mSv。项目要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的1/4执行，即5mSv/a；四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量约束值为125mSv。

- (2) 公众照射：第B1.2.1条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量1mSv。项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量约束限值的1/10执行，即0.1mSv/a。

#### 4、剂量控制水平

放射工作场所边界周围剂量率控制水平参照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 有关规定，本项目 DSA 使用场所在距离机房屏蔽体外表面 30cm 外，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置和场所位置

阆中市人民医院（七里院区）位于阆中市巴都大道西段，医院拟在残疾人康复服务中心西南侧新建本项目。医院周围交通便利，项目地理位置见附图 1。

本项目评价范围内为医院建筑物和道路，主要植被除人工种植的花草树木外，无农作物和野生动植物。本项目评价区域范围内尚未发现受保护的文物和古迹。

为掌握项目所在地辐射水平，本次评价委托浙江建安检测研究院有限公司对本项目机房所在位置及周围的辐射环境进行了监测，监测布点见图 8-1，监测结果见表 8-2。

### 8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测方案

#### 8.2.1 环境现状评价对象

医院拟建 DSA 机房及周边

#### 8.2.2 监测因子

$\gamma$  空气吸收剂量率

#### 8.2.3 监测方案

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2021 年 1 月 8 日
- (3) 监测方式：现场检测
- (4) 监测依据：
  - ① 《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93);
  - ② 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)。
- (5) 监测频次：依据标准予以确定
- (6) 监测工况：辐射环境本底
- (7) 天气环境条件：温度：3°C；相对湿度：56%。
- (8) 监测报告编号：GABG-HJ20380188
- (9) 监测设备

表 8-1 监测设备基本情况

仪器名称	X、 $\gamma$ 辐射剂量当量率仪
仪器型号	AT1123
生产厂家	ATOMTEX
仪器编号	05036825

能量范围	15keV~10MeV (±15%)	
量程	50nSv/h~10Sv/h, 10nSv~10Sv	
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心	
检定证书	2020H21-20-2596823001	
检定日期	2020年07月08日~2021年07月07日	

#### 8.2.4 质量保证措施

①结合现场实际情况及监测点的可到达性,在项目拟建场址内和评价范围内工作人员活动区域、公众人员相对集中的区域及周边建筑布设监测点位,充分考虑监测点位的代表性和可重复性,以保证监测结果的科学性和可比性。

②根据《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93)采用即时测量方法进行测量。

③监测仪器每年定期经有资质的计量部门检定,检定合格后方可使用。

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

⑤本次监测委托浙江建安检测研究院有限公司开展,该公司持有浙江省质量技术监督局认定的检验检测机构资质认定证书(证书编号:161101060970),监测实行全过程的质量控制,严格按照公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行,监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

⑥监测报告严格实行三级审核制度,经校核、审核,最后由技术总负责人审定。

#### 8.3 监测点位及结果

监测点位合理性分析:项目DSA机房尚未建设,监测期间DSA拟建场所为医院预留空地,本次监测在拟建工作场所及周边布设了监测点,评价范围内共布设了11个点位,所布点位能反映本项目评价范围内拟建场所的辐射环境现状水平。因此,监测点位布设是合理的。

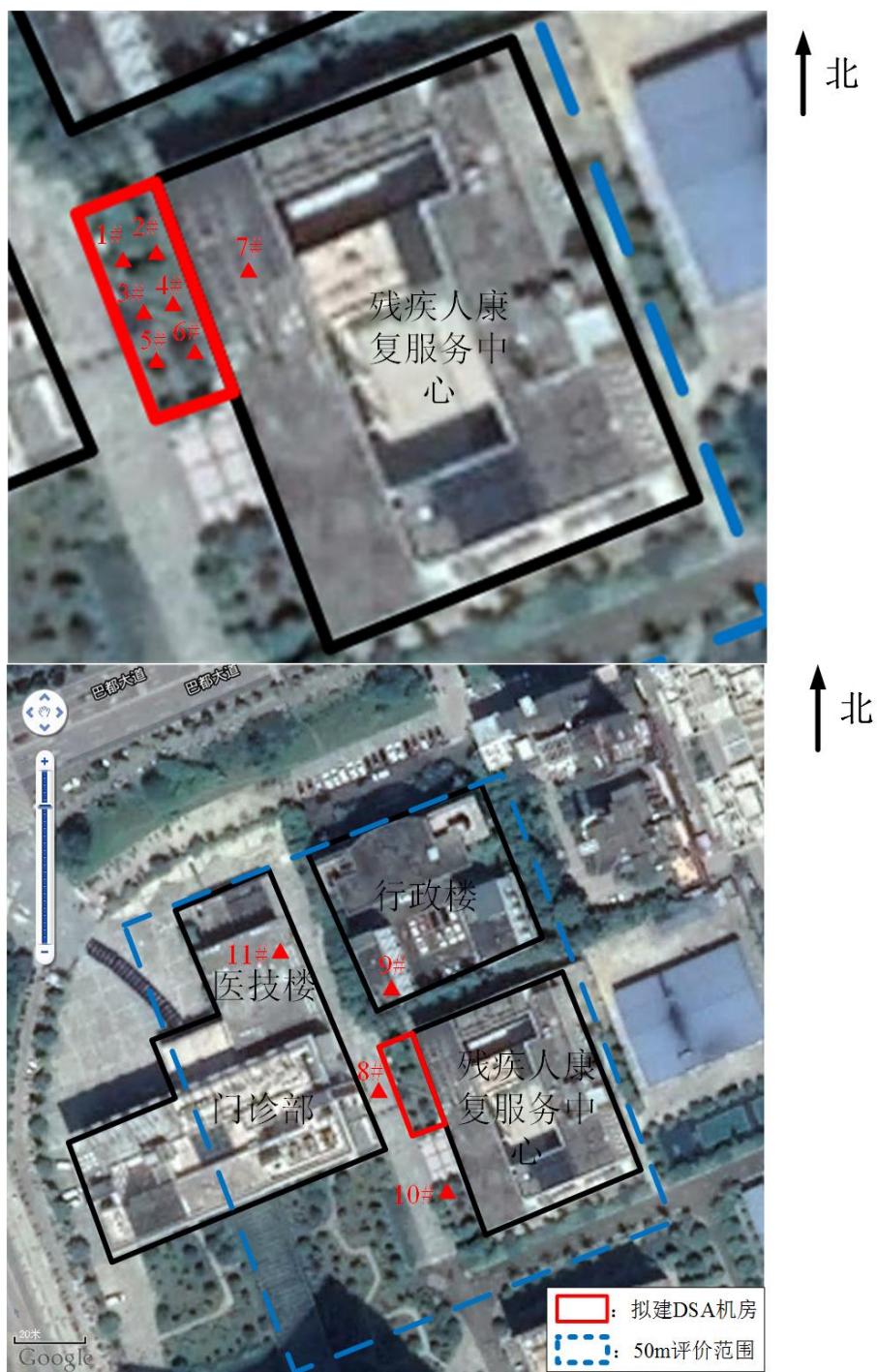
辐射环境现状监测结果见表8-2,监测布点图见图8-1。

表8-2 辐射环境现状监测结果一览表

监测点编号		监测点位置	监测结果 (nSv/h)		备注
			平均值	标准差	
拟建DSA机房	1	拟建DSA机房1号点位	125	3	室外
	2	拟建DSA机房2号点位	130	3	室外
	3	拟建DSA机房3号点位	125	2	室外
	4	拟建DSA机房4号点位	129	3	室外
	5	拟建DSA机房5号点位	128	5	室外

6	拟建 DSA 机房 6 号点位	134	6	室外
7	残疾人康复服务中心一楼	128	7	室内
8	室外道路	127	5	室外
9	行政楼一楼	143	3	室内
10	绿地	134	6	室外
11	医技楼一楼	135	7	室内

注：1 测量时探头距离地面约 1m；2、所有测量值均未扣除宇宙射线；3、测量值经校准因子修正。



## 8.4 环境现状调查结果的评价

由上述监测结果可知，本项目辐射工作场所 DSA 机房及周围环境  $\gamma$  辐射剂量率范围为 125~143nGy/h（1Sv 换算 1Gy），根据生态环境部《2019 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站监测数据 64.9nGy/h~179.1nGy/h，本项目辐射工作场所 DSA 机房及周围环境  $\gamma$  辐射剂量率处于当地本底辐射水平涨落范围内。

## 表 9 工程分析与源项

### 9.1 工程设备和工艺分析

#### 9.1.1 施工期施工工序及产污环节

医院拟在残疾人康复服务中心西南侧新建 DSA 机房，DSA 机房为单层建筑，建成后与残疾人康复服务中心连通。项目施工期内容主要为土建施工，机房装修（含铅防护门、铅玻璃窗安装，视频、监控、对讲以及联锁装置等安全装置安装，配套用房装修），DSA 射线装置的安装调试等内容，整个工期为 1~2 月。

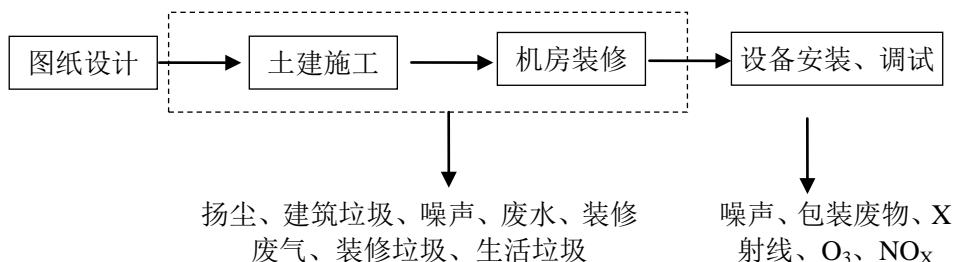


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节

##### （1）废水

施工过程中会产生施工废水，施工废水循环使用。施工人员产生的生活污水产量较小，经七里院区污水处理站处理后纳入市政污水管网。

##### （2）废气

施工过程中会产生扬尘，主要是土建和装修过程中产生的扬尘。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

机房装修过程会产生装修废气，在加强通风或室内空气净化措施后，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

##### （3）噪声

施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工产生的噪声，由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程防止噪声超标。

##### （4）固废

施工过程中会产生建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾。建筑垃圾、装修垃圾部分回收利用，剩余部分由施工单位外运至建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

## (5) 设备安装、调试

本项目DSA射线装置在安装、调试阶段，会产生X射线、少量臭氧和氮氧化物，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的包装废物产生。因安装、调试时间短，各污染物产生量很少，且调试结束关机后，X射线将即时消除，因此，本项目设备安装、调试造成的环境影响很小。

本项目DSA射线装置安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置安装、调试过程中，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，在机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置。

### 9.1.2 营运期工程设备与工艺分析

本项目使用的DSA属于X射线装置。X射线装置主要由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阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装载聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，二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射线管和两极之间，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所突然阻挡从而产生X射线。X射线管基本结构如图9-2所示。

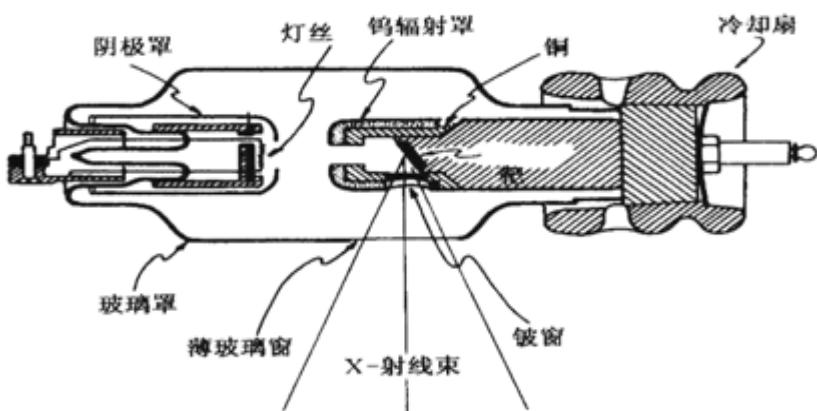


图9-2 典型X射线管结构图

本项目DSA机房拟建于残疾人康复服务中心西南侧，有关工作场所包括：2间DSA机房、控制室、设备间、污物暂存间、无菌物品间等。

## (1) DSA射线装置设备组成

DSA射线装置主要由影像探测器、X线管头、显示器、导管床、介入床、高压注

射器、操作台、控制装置及工作站系统组成，其整体外观示意图如图 9-3 所示。

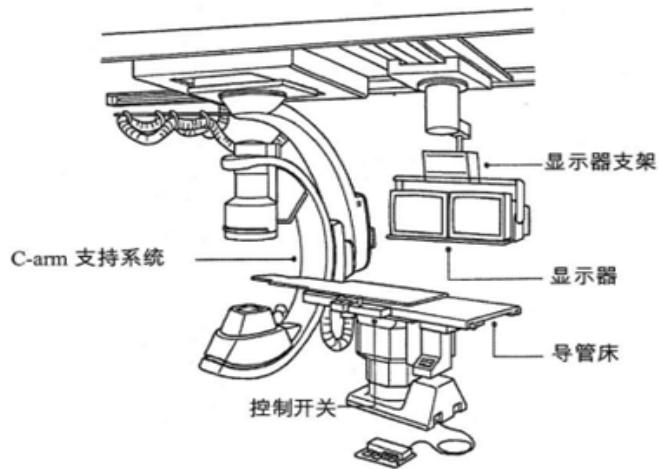


图 9-3 DSA 射线装置整体外观示意图

### (2) DSA 射线装置工作原理

DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全；节省胶片使造影价格低于常规造影。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

### (3) DSA 射线装置工作流程及产污节点分析

#### ① DSA 射线装置工艺流程

A、病人经医生诊断、确定需要介入治疗的病人进行手术前洁净准备；

B、医生向病人告知可能受到的辐射危害；

C、病人进入 DSA 机房，摆位；

D、DSA 在进行曝光时分为两种情况：

a、DSA 检查采用隔室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后进入操作间，关好防护门。医师、操作人员通过操作间的电子计算机系统控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

b、DSA 介入治疗采用近台同室操作方式。通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间歇式透视。具体方式是受检者位于手术床上，介入手术医师位于手术床一旁，距 DSA 的 X 线管 0.4~1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅手套等。）同时手术床旁设有屏蔽挂帘和移动式防护帘。介入治疗中，医师根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视（DSA 的 X 线系统连续发射 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。医生、护士佩戴防护用品。

每台手术 DSA 系统的 X 线系统进行透视的次数及每次透视时间因患者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术完后关机，病人离开介入室。

根据医院提供的资料，本项目 DSA 的摄影工况取电压为 100kV，电流为 500mA；透视工况取电压为 70kV，电流为 5mA，本项目单个 DSA 手术室年手术台数最大为 400 台，按 1 台手术拍片曝光时间取 5 分钟，透视时间取 15 分钟，则单台 DSA 拍片过程年总曝光时间为 33.3h，透视过程年总曝光时间为 100h。

## ②DSA 射线装置产污节点分析

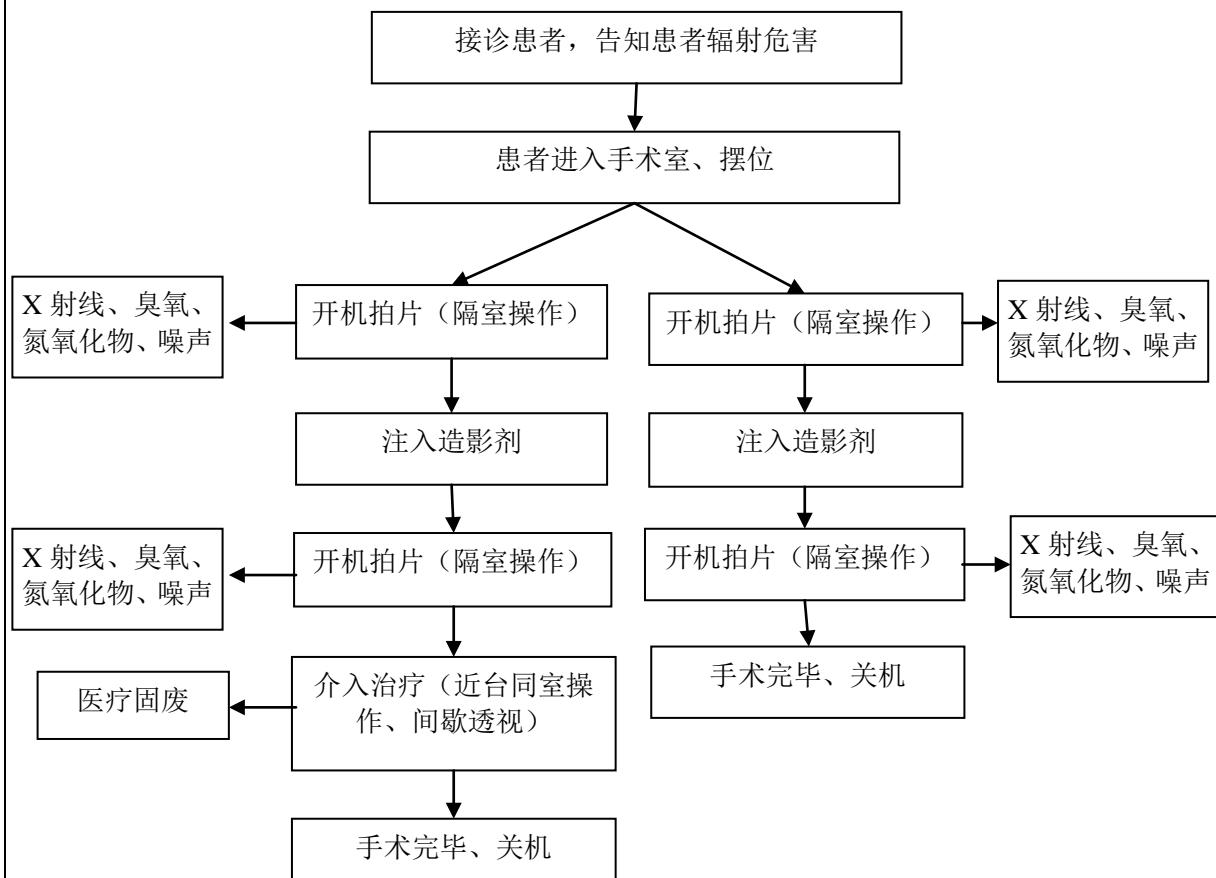


图 9-4 DSA 诊治流程及产污环节示意图

DSA 诊治流程及产污环节示意图如图 9-4 所示。DSA 的 X 射线诊断机曝光时，出

束方向朝上，注射的造影剂不含有放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。因此，项目使用 DSA 射线装置产生的主要污染物因子为 X 射线、臭氧和氮氧化物。同时介入手术会产生医疗固废以及通排风噪声。

### 9.1.3 正常工况污染源项描述

#### ①电离辐射

本项目使用 DSA 为Ⅱ类射线装置，X 射线装置在开机状态下主要辐射为 X 射线，关机状态不产生 X 射线。

#### ②废气

本项目 DSA 在曝光过程中，由于 X 射线与空气电离作用，会有少量臭氧和氮氧化物产生。DSA 机房拟安装通排风系统，采用机械通风，能保持机房内良好通风。

#### ③废水

项目运行后，废水主要为辐射工作人员的生活污水和医疗废水。辐射工作人员生活用水按每人每天 100L 计，医疗废水按 100L/台手术，排污系数取 0.85，则生活污水产生量为  $2.89m^3/d$ ,  $722.5m^3/a$ ；一年 2 个 DSA 机房手术室最多 800 台手术，则医疗废水产生量约  $0.27m^3/d$ ,  $68m^3/a$ 。则本项目废水总产生量约  $3.16m^3/d$ ,  $790.5m^3/a$ 。

#### ④固体废物

本项目 DSA 运行过程中会产生医疗废物，医疗废物采用专用容器分类收集后，转移至医院医疗废物库暂存，按医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位处置。本项目一台介入手术约产生医疗废物药棉 0.1kg, 纱布 0.1kg, 手套 0.2kg，一年 2 个 DSA 机房手术室最多 800 台手术，则本项目一年约产生医疗废物药棉 80kg, 纱布 80kg, 手套 160kg，总共每年约产生医疗废物 320kg。

工作人员会产生生活垃圾和办公垃圾，产生量约 0.1kg/人，则生活垃圾及办公垃圾产生量为  $3.4kg/d$ ,  $0.85t/a$ 。生活垃圾和办公垃圾由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

#### ⑤噪声

本项目噪声源主要为通排风噪声，机房内所有设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于 60dB (A)，拟设置于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求。

### 9.1.4 事故工况主要放射性污染物和污染途径

本项目使用 DSA 射线装置主要可能发生的辐射事故有以下几种：

- (1) 装置在运行时, 由于门灯联锁系统失效, 人员误入或滞留在机房内而造成误照射;
- (2) 工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房, 操作间人员启动设备, 造成滞留人员的误照射;
- (3) 医用射线装置在检修、维护等过程中, 检修、维护人员误操作, 造成有关人员误照射;
- (4) X 射线装置工作状态下, 没有关闭防护门对人员造成的误照射。

事故工况产生的污染物与正常工况下相同。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全措施

#### 10.1.1 工作场所平面布局

本项目 DSA 机房拟建于残疾人康复服务中心西南侧，机房六面情况（东、南、西、北、上、下）如表 10-1 所示。

表 10-1 本项目射线装置机房周边布局一览表

序号	所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
1	残疾人康复服务中心西南侧	DSA 机房一	东南	候诊区和设备间
			西南	走廊
			西北	洗手间、无菌物品间和污物暂存间
			东北	控制室
			楼上	顶棚
			楼下	无地下室
2		DSA 机房二	东南	洗手间、无菌物品间和污物暂存间
			西南	走廊
			西北	候诊区和设备间
			东北	控制室和留观病房
			楼上	顶棚
			楼下	无地下室

本项目辐射工作场所相对集中布置，设置有患者通道和医护通道，并设有患者候诊区，患者不在机房内候诊，各射线装置经过机房实体屏蔽体屏蔽后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，对周围辐射环境及人员影响是可以接受的，因此本项目各机房平面布局合理可行。

#### 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)，要求在辐射性工作场所内划出控制区和监督区。

##### (1) “两区”划分原则与依据

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，“两区”划分原则与依据：

①注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围；

②确定控制区的边界时,应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小,以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围;

③注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区:这种区域未被定为控制区,在其中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。

控制区:在正常工作情况下,控制正常照射或防止污染扩散,以及在一定程度上预防或限制潜在照射,要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽(包括门锁和连锁装置)限制进出控制区,放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区:未被确定为控制区,正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施,但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警示标记;并定期检查工作状况,确认是否需要防护措施和安全条件,或是否需要更改监督区的边界。

## (2) “两区”划分

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的“两区”划分原则与依据,且设备间未设置铅防护门,故将DSA机房、设备间划为控制区,控制室、候诊间、洗手间、无菌物品间、污物暂存间、更衣室、留观病房等划为监督区。

DSA机房控制区和监督区划分情况见表10-2和附图4。

表10-2 DSA机房控制区和监督区划分情况

序号	场所名称	控制区	监督区
1	DSA机房	机房内部、设备间	控制室、候诊间、洗手间、无菌物品间、污物暂存间、更衣室、留观病房等

## 10.2 辐射安全及防护措施

本项目DSA射线装置主要辐射为X射线,对X射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对X射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

### 10.2.1 设备安全防护措施

本项目使用2台DSA,均购买于正规厂家,均采用目前较先进的技术,设备各项安全措施齐备,仪器本身具备多种安全防护措施。

#### (1) 安全防护措施

①采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝或铜过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和过滤板。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视（如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择），改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

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配备相应的表征剂量的指示装置：配备能在线监测表征输出剂量的指示装置，例如剂量面积乘积（DAP）仪等。

⑥配备辅助防护设施：本项目 DSA 厂家拟配备屏蔽挂帘和移动式防护帘（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）等辅助防护用品与设施，则在设备运行中可用于加强对有关人员采取辐射防护与安全措施。

⑦门灯联锁：DSA 机房防护门上方设置醒目工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。防护门设有自动闭门装置，工作状态指示灯能与机房门有效关联。候诊区设置放射防护注意事项告知栏。

⑧紧急止动装置：控制台上、介入手术床旁设置紧急止动按钮（各按钮串联并与 X 射线系统连接）。DSA 系统的 X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动任一个紧急止动按钮，均可停止 X 射线系统出束，并在紧急止动装置旁设置醒目的中文提示。

⑨操作警示装置：DSA 系统的 X 射线系统出束时，控制台上的指示鸣器发出声音。

⑩对讲装置：在 DSA 机房与操作室之间拟安装对讲装置，操作室的工作人员通过对讲机与 DSA 机房内的手术人员联系。

## （2）其它防护措施

①机房操作室上张贴相应的岗位规章制度、操作规程。上墙制度包括《辐射安全管理规定》、《岗位职责》、《设备操作规程》、《辐射事故应急预案》，制度字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

②按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目单个 DSA 机房内应配

置 0.5mm 厚的铅当量的铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅帽等防护用品 4 套，介入手术工作人员应穿戴防护用品，采用铅帘进行必要的遮挡。为受检者或患者配有铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（防护铅当量 0.5mm，儿童、成人尺寸各 1 套）以及铅防护方巾 2 套（防护铅当量 0.5mm），用于患者非照射部位进行防护，以避免病人受到不必要的照射。

③机房受检者出入口门外应设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。防护门外的醒目位置设置明显的电离辐射警告标志，电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 要求。

④介入手术医生配备 3 支个人剂量计，包括铅衣内外双个人剂量计及腕部剂量计。护士、技师配 2 支个人剂量计，包括铅衣内外双个人剂量计。其中铅衣内外双个人剂量计分别佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置及铅围裙内躯干位置，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反，介入医生还需在腕部佩戴个人剂量计，以监测手术医生腕部剂量。

每个季度及时对剂量计送检，建立个人剂量健康档案，并长期保存。

⑤本项目 DSA 机房拟安装了独立的通排风系统，采用机械通风，能保持机房内良好的通风，排气口位于机房西南侧墙体，医院拟在排气口安装 3mm 铅罩，作为进出风口的辐射屏蔽补偿；本项目 DSA 机房所有电缆拟采用斜开式穿墙，通过地面下沉电缆沟穿出机房，电缆沟表面铺设 3mm 不锈钢板，墙孔用硫酸钡封堵。

### 10.2.2 屏蔽防护

本项目 DSA 机房由具有相应资质的单位进行设计，机房的四侧墙体、顶棚均修建了相应的屏蔽体对射线进行有效的屏蔽。机房的屏蔽状况见表 10-3，机房最小单边长及有效使用面积见表 10-4。

表 10-3 射线装置机房屏蔽防护情况一览表

机房类型 (数量)	防护设施	屏蔽材料及厚度 (铅当量: mmPb)	GBZ130 表 3 中标 准要求	符合性评 价
DSA 机房 (2 间)	四侧墙体	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	有用线束方向 ≥3mmPb 当量，非 有用线束方向铅 当量应 ≥2mmPb 当量。	符合
	顶棚	22cm 钢筋混凝土 (3.0 mmPb)		符合
	防护门	内衬 3mm 铅板 (3.0 mmPb)		符合
	观察窗	4.0mmPb 当量铅玻璃 (4.0 mmPb)		符合

注：混凝土密度取  $2.35\text{g/cm}^3$ 、实心砖密度取  $1.65\text{g/cm}^3$  核算等效屏蔽厚度，折算铅当量参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）表 6.14：保守考虑，各射线装置按管电压 150kV 考虑，24cm 实心砖折算 2mmPb 当量，37cm 实心砖折算 3mmPb 当量，22cm 混凝土折算 3mmPb 当量。

表 10-4 各机房面积及单边长度一览表

序号	机房名称	拟设置情况		GBZ130 表 2 标准要求		符合性评价
		最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m <sup>2</sup> )	最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m <sup>2</sup> )	
1	DSA 机房一	6.63	52.3	3.5	20	符合
2	DSA 机房二	6.63	51.7	3.5	20	符合

由表 10-3、表 10-4 可知，本项目射线装置各工作场所屏蔽防护设计、各机房面积及最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的相关要求。

#### 10.2.3 距离防护

周边公众主要依托放射工作场所的屏蔽墙体、防护门和楼板屏蔽射线，同时各机房将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房人员防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯，限制无关人员进入，以增加公众与射线源之间的距离，以免受到不必要的照射。

#### 10.2.4 时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊断之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照时间，也避免病人受到额外剂量的照射。另外，对进行介入治疗手术的医生和护士分组，降低某一工作人员因长时间操作所致剂量。当介入治疗医生季度个人剂量超过 1.25mSv 或年剂量超过 5mSv，医院应进行调查，并出具调查报告，在查明原因之前应限制或暂停该工作人员工作时间。

医院应强化管理，加强辐射工作人员的培训和自我保护，严格执行落实《辐射安全管理规定》和《辐射工作人员个人剂量管理制度》等规章制度；介入工作人员配备的内外两个剂量计应有明显的标记，防止剂量计戴反。个人剂量每个季度及时送检，严格执行个人剂量计收发制度，建立个人剂量收发记录。

#### 10.2.5 通排风管道和电缆沟屏蔽措施

本项目 DSA 机房所有电缆拟采用斜开式穿墙，通过地面下沉电缆沟穿出机房，电缆沟表面铺设 3mm 不锈钢板，墙孔用硫酸钡封堵。DSA 机房设置独立的通排风系统，采用机械通风，排气口位于机房西南侧墙体，医院拟在排气口安装 3mm 铅罩，作为进出风口的辐射屏蔽补偿。

#### 10.2.6 辐射工作场所安防措施

为确保本项目各辐射工作场所的使用安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-6。

表 10-6 本项目采取的安全保卫措施

工作场所	措施类别	对应措施
各射线装置 工作场所	防盗、防抢和 防破坏	①本项目 DSA 机房将纳入医院日常安保巡逻的重点工作范围，加强巡视管理以防遭到破坏； ②各工作场所安装监控系统实行 24h 实时监控； ③DSA 射线装置将安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗抢事件，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案； ④射线装置机房机房和邻近房间不会存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防泄漏	①本项目所使用的 DSA 射线装置均购置于正规厂家，且设置有不同的联锁装置确保运行过程中的辐射泄漏； ②本项目所有射线装置工作场所均将按照有关规范要求进行辐射防护设计，只要按照设计和环评要求进行落实，机房是不存在辐射泄漏的情况。

## 10.3 三废的治理

### 10.3.1 施工期三废治理

#### (1) 废水

施工过程中产生的施工废水循环使用，施工人员产生的生活污水经七里院区污水处理站处理后纳入市政污水管网。

#### (2) 扬尘

土建和装修过程会产生扬尘，施工应采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

#### (3) 噪声

施工过程中，各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工会产生噪声，由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程防止噪声超标。

#### (4) 固废

施工过程中会产生建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾，建筑垃圾、装修垃圾应在定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

### 10.3.2 运营期三废治理

#### 1、废水

(1) 本项目无放射性废水产生。

(2) 非放射性废水治理措施

非放射性废水主要来自于运行期间 DSA 机房辐射工作人员的生活废水和少量医疗废水，该部分废水进入七里院区污水处理站采用“预处理+水解酸化+接触氧化+消毒”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 中预处理标准后，再通过市政污水管网进入市政污水处理厂处理。本项目废水产生量较小，约为  $3.16\text{m}^3/\text{d}$ ，七里院区污水处理站设计处理能力为  $900\text{m}^3/\text{d}$ ，可容纳本部分辐射工作人员生活污水和医疗废水，因此本项目废水依托新建污水处理站处理是从容量及处理工艺等方面均是可行的。

## 2、废气

(1) 本项目无放射性废气产生。

(2) 非放射性废气治理措施

本项目各射线装置在曝光过程中，会有少量臭氧和氮氧化物产生，DSA 机房设置独立的通排风系统，采用机械通风，排风口位于新建 DSA 机房西南侧墙体。项目运行后，DSA 射线装置因每次曝光时间短，臭氧和氮氧化物产生量很少。其辐射场所内附加臭氧和氮氧化物通过机械通风后排入大气环境中，经自然分解和稀释，其排放后最大落地浓度远低于《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 的二级标准（臭氧  $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，氮氧化物  $0.25\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求。

## 3、固体废物

本项目运营期产生非放射性医疗废物包括药棉、纱布、手套等医用辅料，采用专门的收集容器集中收集后，转移至医疗废物暂存库，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由当地有资质的医疗废物处理机构定期统一处置。本项目医疗固废产生量较少，医院医疗暂存间的容量足以满足本项目医疗固废暂存的需求。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中收集并交由环卫部门统一清运。

## 4、噪声

本项目噪声源主要为通排风噪声，机房内所有设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于  $60\text{dB}(\text{A})$ ，拟设置于室内，考虑到噪声的远距离衰减作用，无需采用专门的降噪措施，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2类标准要求。

## 5、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》中对射线装置报废处置相关要求，“使用单位应当对射线装置去功能化”。

环评要求：本项目使用的 DSA 射线装置在进行报废处理时，将该射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

## 10.4 环保投资估算

本项目环保投资估算详见表 10-7。

表 10-7 辐射防护（措施）及投资估算一览表

场所	类别	环保设施	金额（万元）
DSA机房	辐射屏蔽设施	铅防护门10套	11
		铅玻璃观察窗2套	2
	安全装置	操作台和床体上“紧急制动”装置各2套	设备已配置
		对讲机2套	0.4
		门灯联锁及工作状态指示灯2套	1.0
	个人防护用品	辐射工作人员配铅衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜各8套，均为0.5mmPb。	10
		患者配铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（防护铅当量0.5mm，儿童、成人尺寸各2套）以及铅防护方巾4套（防护铅当量0.5mm）	2
		铅悬挂防护屏（0.5mmPb）、铅防护吊帘（0.5mmPb）、床侧防护帘（0.5mmPb）、床侧防护屏（0.5mmPb）各2件	2
	监测仪器及警 示装置	介入医生每人配3个个人剂量计，包括铅衣内、铅衣外剂量计及腕部剂量计，共计66个；护士、技师每人配2个个人剂量计，共24个。	3
		警示标牌若干	0.6
	通排风系统	独立通排风系统2套	2
其他	监测设备	依托医院现有便携式X- $\gamma$ 剂量监测仪1台	0
	人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训	10
	辐射应急	辐射应急物资、人员培训、应急演练	7
合计			51

本核技术应用项目总投资 2200 万元，环保投资 51 万元，占总投资的 2.32%。

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

#### 11.1.1 施工的环境影响简要分析

本项目辐射工作场所拟建于残疾人康复服务中心西南侧，施工期内容主要为土建施工，机房装修（含铅防护门、铅玻璃窗安装，视频、监控、对讲以及联锁装置等安全装置安装，配套用房装修），DSA射线装置的安装调试等内容。

##### （1）水环境影响分析

本项目在施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，不再进行分析；施工人员产生的生活污水产量较小，经七里院区污水处理站处理后纳入市政污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

##### （2）大气环境影响分析

本项目在施工期会产生扬尘、装修废气、臭氧和氮氧化物。土建和装修过程中会产生扬尘，通过湿法作业，外围设置围挡，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小；机房装修过程会产生少量装修废气，采用“环保型”油漆及涂料，加强通风或室内净化措施，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响；DSA射线装置在安装、调试过程中，会产生少量臭氧和氮氧化物，因安装、调试时间短，各污染物产生量很少，且调试结束关机后，X射线将即时消除，因此，本项目设备安装、调试造成的环境影响很小。

##### （3）声环境影响分析

本项目施工期的噪声源主要是各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工产生的噪声，由于本项目施工范围小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，机械、车辆的使用较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。因此。本项目施工对周围声环境影响时间和强度均较小。

针对施工期声环境影响，具体防治措施有：

合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，夜间禁止施工作业；优先选择低噪音设备，日常应注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态；对施工人员进场进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗。

经上述防治措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响，场界噪声可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准的要求。

#### (4) 固体废物影响分析

本项目在施工期会产生建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾。建筑垃圾、装修垃圾应在定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

综上所述，本项目施工范围较小，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，做到各项环保措施，对环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

#### 11.1.2 设备安装调试的环境影响

DSA射线装置安装、调试完成后，会有少量的包装废物（如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等）产生，要求及时分类收集并妥善处理。射线装置的安装调试应由设备厂家专业人员进行，医院方不得自行拆卸、安装设备，安装调试期间操作人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。在射线装置调试阶段，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，在各机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。由于各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。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 DSA 环境影响评价

##### 1、机房屏蔽体合理性分析

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），X射线设备机房屏蔽防护应满足表11-1和表11-2的要求。

表 11-1 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积	机房内最小单边长度	备注
单管头 X 射线设备 <sup>b</sup>	20 m <sup>2</sup>	3.5m	2 台 DSA

<sup>b</sup> 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。

表 11-2 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb	备注
标称 125kV 以上的摄影机房	3	2	2 台 DSA
C 形臂 X 射线设备机房	2	2	2 台 DSA

本项目 DSA 额定参数为管电压 150kV，管电流 1000mA，主射方向朝上，本项目 DSA 机房实际使用面积、最小单边长度以及实际的屏蔽防护铅当量如表 11-3 所示。

表 11-3 DSA 机房实际设计屏蔽情况评价

机房	最小有效实际使用面积	最小单边实际长度	墙体屏蔽(折合铅当量)	顶棚(折合铅当量)	防护门(折合铅当量)	观察窗(折合铅当量)
DSA 机房一(1间)	52.3m <sup>2</sup>	6.63m	四侧墙体: 37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	22cm 钢筋混凝土 (3.0 mmPb)	控制室、候诊区、洗手间、无菌物品间、污物暂存间防护门内衬 3mm 铅板 (3.0 mmPb)	4.0mmPb 当量铅玻璃
DSA 机房二(1间)	51.7m <sup>2</sup>	6.63m				
评价	符合	符合	符合	符合	符合	符合

由表 11-3 可知, 本项目 DSA 机房的屏蔽防护满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的要求, 机房屏蔽设计合理。

## 2、运行期正常工况环境影响分析

本项目使用 2 台 DSA, 其中 1 台 DSA 尚未购买, 另 1 台 DSA 从七里院区医技楼一楼 DSA 机房搬迁, 对 DSA 机房周围辐射环境影响采用类比分析结合模式预测的方法进行影响分析。

### (1) 类比评价

本项目 DSA 额定参数为管电压 150kV, 管电流 1000mA, 主射方向朝上。为了分析 DSA 射线装置运行后对周围工作人员所造成的影响, 本评价选取阆中市人民医院七里院区医技楼一楼 DSA 机房运行监测数据进行类比评价, DSA 射线装置类比可行性分析见表 11-4。

表 11-4 DSA 射线装置类比可行性分析

类比内容		阆中市人民医院(七里院区)医技楼一楼DSA机房	本项目DSA机房一	本项目DSA机房二
技术参数 (最大管电压/ 管电流)		150kV/1000mA	150kV/1000mA	150kV/1000mA
运行工况	摄影: 85kV/664mA 透视: 98kV/8.2mA	摄影: 100kV/500mA 透视: 70kV/5mA	摄影: 100kV/500mA 透视: 70kV/5mA	
机房面积 (m <sup>2</sup> )	44.3	52.3	51.7	
机房最小边长 (m)	6.4	6.63	6.63	
防 护 设	防护门	2.0mm铅当量	3.0mm铅当量	3.0mm铅当量
	铅玻璃窗	2.0mm铅当量	4.0mm铅当量	4.0mm铅当量
	四面墙体	四面墙体: 3.0mm铅当	四面墙体: 3.0mm铅当量	四面墙体: 3.0mm铅当量

施及屋顶地 板	量；顶棚：2.0mm铅当量。 ；顶棚：3.0mm铅当量。 ；顶棚：3.0mm铅当量。		
由上表可以看出，本项目 DSA 机房屏蔽防护优于类比 DSA 机房，本项目 DSA 机房面积大于类比机房，最小单边长略大于类比机房。类比 DSA 机房运行工况在摄影模式下电压小于本项目，电流大于本项目，透视模式下电压与电流均大于本项目。本报告评价的重点是透视模式下 X 射线对 DSA 机房内辐射工作人员的影响。			
因此，类比 DSA 机房与本项目 DSA 机房有较好的可比性，通过对类比机房的监测，可以预测本项目 DSA 射线装置运行后的辐射环境影响。			
类比监测结果见表11-5，类比监测点位示意图见图11-1。			
<b>表 11-5 DSA 射线装置类比机房周围剂量当量率监测结果</b>			
设备与 检测条件	检测点编号	检测点位置	检测结果 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
阆中市人民医院（七里院区）门诊部一楼 DSA机房 摄影模式下： 85kV、664mA	1	工作人员操作位	0.16
	2	控制室电缆地沟入口处	0.17
	3	铅玻璃观察窗外表面30cm（中部）	0.16
	4	铅玻璃观察窗外表面30cm（上端）	0.17
	5	铅玻璃观察窗外表面30cm（下端）	0.17
	6	铅玻璃观察窗外表面30cm（左侧）	0.19
	7	铅玻璃观察窗外表面30cm（右侧）	0.17
	8	工作人员防护门外表面30cm（中部）	0.19
	9	工作人员防护门外表面30cm（上端）	0.17
	10	工作人员防护门外表面30cm（下端）	0.19
	11	工作人员防护门外表面30cm（左侧）	0.17
	12	工作人员防护门外表面30cm（右侧）	0.19
	13	受检者防护门外表面30cm（中部）	0.17
	14	受检者防护门外表面30cm（上端）	0.19
	15	受检者防护门外表面30cm（下端）	0.17
	16	受检者防护门外表面30cm（左侧）	0.16
	17	受检者防护门外表面30cm（右侧）	0.16
	18	东墙外表面30cm	0.17
	19	西墙外表面30cm	0.17
	20	北墙外表面30cm（控制室）	0.19
	21	北墙外表面30cm（设备间）	0.16
	22	顶棚上方距地面30cm	0.19
	23	顶棚上方距地面100cm	0.17
	24	地面下方距地面170cm	0.19
	1	工作人员操作位	0.16
	2	控制室电缆地沟入口处	0.17

阆中市人民医院（七里院区）门诊部一楼 DSA机房 透视模式下： 98kV、8.2mA	3	铅玻璃观察窗外表面30cm（中部）	0.16
	4	铅玻璃观察窗外表面30cm（上端）	0.17
	5	铅玻璃观察窗外表面30cm（下端）	0.16
	6	铅玻璃观察窗外表面30cm（左侧）	0.17
	7	铅玻璃观察窗外表面30cm（右侧）	0.17
	8	工作人员防护门外表面30cm（中部）	0.18
	9	工作人员防护门外表面30cm（上端）	0.17
	10	工作人员防护门外表面30cm（下端）	0.16
	11	工作人员防护门外表面30cm（左侧）	0.17
	12	工作人员防护门外表面30cm（右侧）	0.16
	13	受检者防护门外表面30cm（中部）	0.16
	14	受检者防护门外表面30cm（上端）	0.17
	15	受检者防护门外表面30cm（下端）	0.16
	16	受检者防护门外表面30cm（左侧）	0.17
	17	受检者防护门外表面30cm（右侧）	0.16
	18	东墙外表面30cm	0.17
	19	西墙外表面30cm	0.17
	20	北墙外表面30cm（控制室）	0.17
	21	北墙外表面30cm（设备间）	0.17
	22	顶棚上方距地面30cm	0.18
	23	顶棚上方距地面100cm	0.17
	24	地面下方距地面170cm	0.16
第一术者位	头	距地面 155 cm	33
	胸	距地面 125 cm	35
	腹	距地面 105 cm	43
	下肢	距地面 80 cm	92
	足	距地面 20 cm	135
第二术者位	头	距地面 155 cm	93
	胸	距地面 125 cm	152
	腹	距地面 105 cm	173
	下肢	距地面 80 cm	176
	足	距地面 20 cm	238
本底值	(<0.16) ~0.24		

注：监测结果未扣除宇宙射线。

根据类比监测数据，本项目DSA机房防护屏蔽优于类比机房，因此可以预测，本项目DSA正常运行过程中，机房各侧屏蔽体外30cm处剂量率均满足 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的目标控制值，对周围辐射环境影响较小。

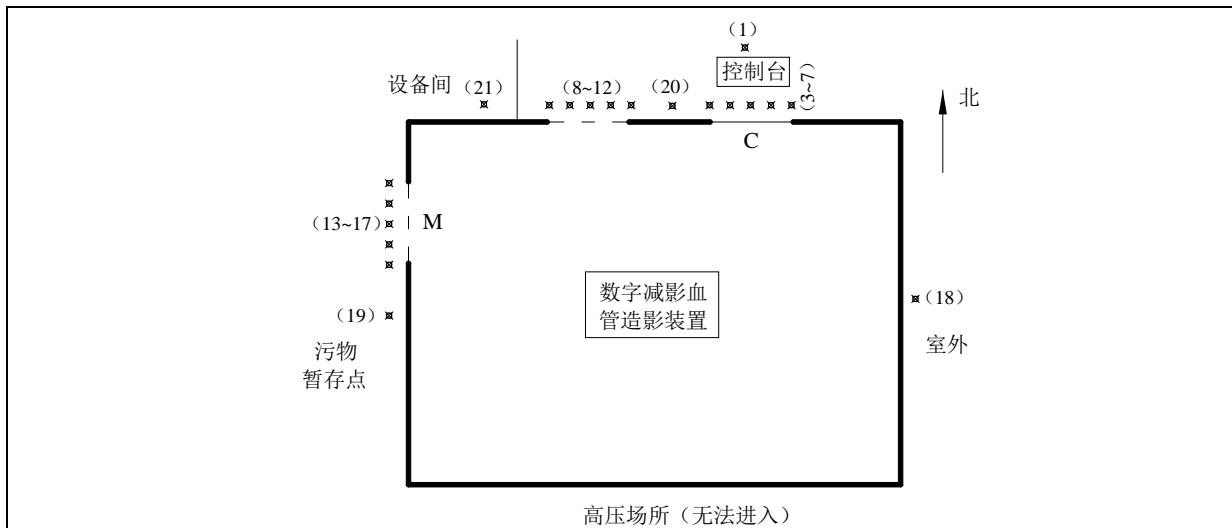


图11-1类比DSA机房监测点位示意图

根据表11-5类比监测结果,以及医院提供的资料,在严格按照设计提供的屏蔽防护方案建设后,根据《实用辐射安全手册(第二版)》的公式以及居留因子的选取,对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

$$H = Dr \cdot T \cdot t \cdot U \quad (式 11-1)$$

式中:

H: 年有效剂量当量, Sv;

Dr: 周围剂量当量率, Sv/h;

t: 年受照时间, h/a;

T: 居留因子;

U: 使用因子, DSA 靶源以点源考虑, U 取 1。

本项目的居留因子参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分:一般原则》(GBZ/T201.1-2007)选取,具体数值见表11-6。

表 11-6 居留因子的选取

岗位	工作场所	居留因子
控制室内操作人员	控制室	1
手术室内医生	手术室内	1
机房四周及上下方公众	洗手间、无菌物品间、污物暂存间、设备间	1
	候诊间、走廊	1/4

DSA 在进行曝光时分为两种情况即造影拍片过程与脉冲透视过程,下面就两种情况分别进行辐射环境影响评价。

根据医院提供的资料,本项目单个 DSA 机房手术室每年最大手术台数为 400 台,

按 1 台手术拍片曝光时间取 5 分钟, 透视时间取 15 分钟, 则每个手术室拍片过程年总曝光时间为 33.3h, 透视过程年总曝光时间为 100h。

本项目单个 DSA 机房手术室拟配备手术医生 11 人, 护士 4 人, 技师 2 人, 每台手术拟配备 2 名手术医生, 1 名护士, 1 名技师。单个 DSA 机房配置的医护人员共分为 4 组, 1 个护士负责 1 组, 1 个技师负责 2 组, 手术医生根据值班情况进行轮换。则单个 DSA 机房手术室内, 每组手术医生或护士透视过程年曝光时间为 25h。

### ①造影拍片过程辐射环境影响分析

由上表 11-5 可知, 控制室内最大辐射剂量率出现在“铅玻璃观察窗外面 30cm 左侧”类比监测点位, 辐射剂量率为  $0.19\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。单个手术室控制室内工作人员身体年受照的总时间为 33.3h, 居留因子 T 取 1, 使用因子 U 取 1, 在考虑到本项目 DSA 机房一和 DSA 机房二对控制室的辐射叠加且不考虑本底情况下, 根据式 11-1 计算得: 控制室工作人员身体受照的年有效剂量最大为  $1.26 \times 10^{-2}\text{mSv}$ 。

对机房外(楼上为屋顶, 无地下室)公众影响的最大辐射剂量率出现在“受检者防护门外表面 30cm(上端)”类比监测点位, 其辐射剂量率为  $0.19\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。居留因子 T 取 1/4, 使用因子 U 取 1, 单个手术室公众身体年受照的总时间为 33.3h, 根据式 11-19 计算得: 公众身体受照的年有效剂量最大为  $1.58 \times 10^{-3}\text{mSv}$ 。

综上所述, 经机房各屏蔽体屏蔽后, 造影拍片过程中控制室医生身体受照的年有效剂量为  $6.33 \times 10^{-3}\text{mSv}$ , 公众身体受照的年有效剂量最大为  $1.58 \times 10^{-3}\text{mSv}$ 。

### ②脉冲透视过程辐射环境影响分析

介入手术过程中会有连续的曝光, 并采用连续脉冲透视, 单个手术室透视过程年总曝光时间为 100h。

由上表 11-5 可知, 控制室内最大辐射剂量率出现在“铅玻璃观察窗外面 30cm(中端)”类比监测点位, 辐射剂量率为  $0.17\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。单个 DSA 机房控制室内工作人员身体年受照的总时间为 100h, 居留因子 T 取 1, 使用因子 U 取 1, 在考虑到本项目 DSA 机房一和 DSA 机房二对控制室的辐射叠加且不考虑本底情况下, 根据式 11-1 计算得: 控制室工作人员身体受照的年有效剂量最大为  $3.4 \times 10^{-2}\text{mSv}$ 。

对机房外(包括楼上楼下的区域)公众影响的最大辐射剂量率出现在“顶棚上方距地面 30cm”类比监测点位, 其辐射剂量率为  $0.18\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。居留因子 T 取 1/4, 使用因子 U 取 1, 单个手术室公众身体年受照的总时间为 100h, 不考虑本底情况下, 根据式 11-19 计算得: 公众身体受照的年有效剂量最大为  $4.5 \times 10^{-3}\text{mSv}$ 。

医生与护士在机房内直接对病人进行手术操作，在近距离操作，因此 X-γ 辐射剂量率较高，身体所受辐射剂量率为第二手术者位距地面高度 20cm（足部），其辐射剂量率为  $238\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

考虑防护铅衣（0.5mmPb）的情况下，透视模式下 70kV 铅对 X 射线的半值层为 0.17mm，则手术工作人员所受的辐射剂量率为  $238 \times (2^{-0.5/0.17}) = 30.99\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，单个手术室每组手术医生和护士身体年受照的总时间为 25h，居留因子 T 取 1，使用因子 U 取 1，根据式 11-19 计算得：医生与护士身体受照的年有效剂量最大为 0.77mSv。

叠加拍片与透视过程所受到的辐射影响，控制室工作人员身体受照的年有效剂量最大为  $4.6 \times 10^{-2}\text{mSv}$ ，公众身体受照的年有效剂量最大为  $6.1 \times 10^{-3}\text{mSv}$ 。手术医生与护士身体受照的年有效剂量最大为 0.77mSv。医生与公众所受的年有效剂量均低于本报告要求的年有效剂量管理约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

## （2）理论预测环境影响分析

DSA 机房内部辐射场所分布图及预测关注点位见图 11-2。

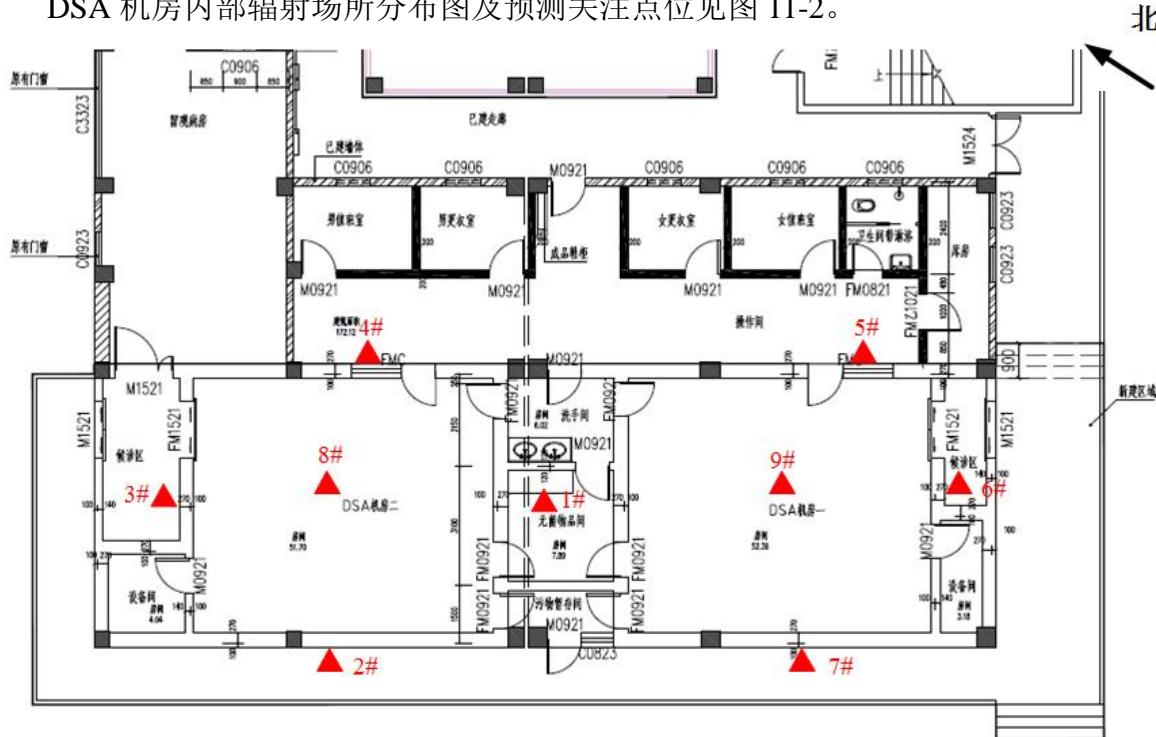


图 11-2 DSA 机房预测关注点位示意图

本项 DSA 设备主射方向向上，介入手术过程中，医生操作位、机房的墙壁、地坪、防护门及铅玻璃窗，仅受到病人体表散射辐射和泄漏辐射影响。

以下公式根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》（第一分册——辐射源与屏蔽）

中公式 (10.8)、(10.9)、(10.10) 等公式演化而来。

①病人体表散射屏蔽估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot a \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 11-2})$$

式中：

$H_s$  ——预测点处的散射剂量率,  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ;

$H_0$  ——距靶 1m 处的剂量率,  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ;

$a$  ——患者对 X 射线的散射比; 根据《辐射防护手册》(第一分册) 表 10.1 查表取 0.0013;

$s$  ——散射面积,  $\text{cm}^2$ , 取  $100 \text{ cm}^2$ ;

$d_0$  ——源与病人的距离,  $\text{m}$ , 取  $1\text{m}$ ;

$d_s$  ——病人与预测点的距离,  $\text{m}$ ;

$B$  ——减弱因子, 摄影工况查《辐射防护手册》(第一分册) 中图 10.5g 取得, 透视工况查《辐射防护手册》(第一分册) 中图 10.5e 取得;

保守考虑, 本项目 DSA 的摄影工况取电压为  $100\text{kV}$ , 电流为  $500\text{mA}$ ; 透视工况取电压为  $70\text{kV}$ , 电流为  $5\text{mA}$ , X 射线过滤材料为  $0.2\text{mm}$  铜 (防护能力  $> 5\text{mmAl}$ , 本报告取  $4\text{mmAl}$ ), 根据《辐射防护手册》(第三分册) 图 3.1 可知, 摄影工况距靶点  $1\text{m}$  处的最大剂量率为  $1.04 \times 10^8 \mu\text{Gy}/\text{h}$ , 透视工况距靶点  $1\text{m}$  处的最大剂量率为  $4.68 \times 10^5 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-7。

表 11-7 散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	源点到散射点距离+散射点到关注点距离	屏蔽材料及厚度	散射面积( $\text{cm}^2$ )	B	辐射剂量率( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )
摄影	1#：DSA 机房二东南侧防护墙外 $30\text{cm}$ 处 (无菌物品间)	$1\text{ m}+4.6\text{m}$	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	100	1.8E-05	$3.88 \times 10^{-2}$
	2#：DSA 机房二西南侧防护墙外 $30\text{cm}$ 处 (走廊)	$1\text{ m}+4.0\text{m}$		100	1.8E-05	$2.43 \times 10^{-2}$
	3#：DSA 机房二西北侧防护墙外 $30\text{cm}$ 处 (候诊区)	$1\text{ m}+4.6\text{m}$		100	1.8E-05	$1.94 \times 10^{-2}$

透视	4#：DSA 机房二东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	1 m+ 4.0m	4.0mmPb 当量 铅玻璃 (4.0 mmPb)	100	1.8E-06	$2.43 \times 10^{-3}$
	5#：DSA 机房一东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	1 m+ 4.0m		100	1.8E-06	$2.43 \times 10^{-3}$
	6#：DSA 机房一东南侧防护墙外 30cm 处（候诊区）	1 m+4.6m	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	100	1.8E-05	$1.94 \times 10^{-2}$
	7#：DSA 机房一西南侧防护墙外 30cm 处（走廊）	1 m+ 4.0m		100	1.8E-05	$2.43 \times 10^{-2}$
	8#：医生手术位 (身体)	1 m+0.5m	0.5mm 铅衣	100	0.01	6.08
	8#：医生手术位(腕部)	1 m+0.4m	/	100	1	951
	9#：医生手术位 (身体)	1 m+0.5m	0.5mm 铅衣	100	0.01	6.08
	9#：医生手术位(腕部)	1 m+0.4m	/	100	1	951
	1#：DSA 机房二东南侧防护墙外 30cm 处（无菌物品间）	1 m+4.6m	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	100	1.0E-06	$1.44 \times 10^{-5}$
	2#：DSA 机房二西南侧防护墙外 30cm 处（走廊）	1 m+ 4.0m		100	1.0E-06	$9.51 \times 10^{-6}$
	3#：DSA 机房二西北侧防护墙外 30cm 处（候诊区）	1 m+4.6m		100	1.0E-06	$7.19 \times 10^{-6}$
	4#：DSA 机房二东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	1 m+ 4.0m	4.0mmPb 当量 铅玻璃 (4.0 mmPb)	100	1.0E-06	$9.51 \times 10^{-6}$
	5#：DSA 机房一东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	1 m+ 4.0m		100	1.0E-06	$9.51 \times 10^{-6}$
	6#：DSA 机房一东南侧防护墙外 30cm 处（候诊区）	1 m+4.6m	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	100	1.0E-06	$7.19 \times 10^{-6}$
	7#：DSA 机房一西南侧防护墙外 30cm 处（走廊）	1 m+ 4.0m		100	1.0E-06	$9.51 \times 10^{-6}$

注：已考虑 DSA 机房一和 DSA 机房二在点位 1#的散射辐射的叠加。

## ②泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率按初级辐射束的 0.1% 计算，利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用下式（11-3）进行计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot f \cdot B}{R^2} \quad (11-3)$$

式中：

$H$ —预测点处的泄漏辐射剂量率,  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ;

$f$ —泄漏射线比率, 0.1%;

$H_0$ —距靶点 1m 处的最大剂量率,  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ;

$R$ —靶点距关注点的距离, m;

$B$  ——减弱因子, 摄影工况查《辐射防护手册》(第一分册) 中图 10.5g 取得, 透视工况查《辐射防护手册》(第一分册) 中图 10.5e 取得;

各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-8。

表 11-8 各预测点的泄漏辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	与源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	B	辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )
摄影	1#：DSA 机房二东南侧防护墙外 30cm 处 (无菌物品间)	4.6m	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	1.8E-05	$1.77 \times 10^{-1}$
	2#：DSA 机房二西南侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	4.0m		1.8E-05	$1.17 \times 10^{-1}$
	3#：DSA 机房二西北侧防护墙外 30cm 处 (候诊区)	4.6m		1.8E-05	$8.85 \times 10^{-2}$
	4#：DSA 机房二东北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	4.0m	4.0mmPb 当量铅玻璃 (4.0 mmPb)	1.8E-06	$1.17 \times 10^{-2}$
	5#：DSA 机房一东北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	4.0m		1.8E-06	$1.17 \times 10^{-2}$
	6#：DSA 机房一东南侧防护墙外 30cm 处 (候诊区)	4.6m	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	1.8E-05	$8.85 \times 10^{-2}$
	7#：DSA 机房一西南侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	4.0m		1.8E-05	$1.17 \times 10^{-1}$
透视	8#：医生手术位 (身体)	0.5	0.5mm 铅衣	0.01	18.72
	8#：医生手术位 (腕部)	0.4	/	1	2925
	9#：医生手术位 (身体)	0.5	0.5mm 铅衣	0.01	18.72
	9#：医生手术位 (腕部)	0.4	/	1	2925
	1#：DSA 机房二东南侧防护墙外 30cm 处 (无菌物品间)	4.6m	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	1.0E-06	$4.42 \times 10^{-5}$
	2#：DSA 机房二西南侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	4.0m		1.0E-06	$2.93 \times 10^{-5}$

	3#：DSA 机房二西北侧防护墙外 30cm 处（候诊区）	4.6m		1.0E-06	$2.21 \times 10^{-5}$
	4#：DSA 机房二东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	4.0m	4.0mmPb 当量铅玻璃（4.0 mmPb）	1.0E-06	$2.93 \times 10^{-5}$
	5#：DSA 机房一东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	4.0m		1.0E-06	$2.93 \times 10^{-5}$
	6#：DSA 机房一东南侧防护墙外 30cm 处（候诊区）	4.6m	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	1.0E-06	$2.21 \times 10^{-5}$
	7#：DSA 机房一西南侧防护墙外 30cm 处（走廊）	4.0m		1.0E-06	$2.93 \times 10^{-5}$

注：已考虑 DSA 机房一和 DSA 机房二在点位 1#的泄露辐射的叠加。

根据表 11-7、11-8 的计算结果，将各个预测点的总的辐射剂量率统计于下表 11-9。

表 11-9 各个预测点的总辐射剂量率

工作模式	关注点位置描述	散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )	泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )	总辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )
摄影	1#：DSA 机房二东南侧防护墙外 30cm 处（洗手间、无菌物品间、污物暂存间）	$3.88 \times 10^{-2}$	$1.77 \times 10^{-1}$	$2.16 \times 10^{-1}$
	2#：DSA 机房二西南侧防护墙外 30cm 处（走廊）	$2.43 \times 10^{-2}$	$1.17 \times 10^{-1}$	$1.41 \times 10^{-1}$
	3#：DSA 机房二西北侧防护墙外 30cm 处（候诊区、设备间）	$1.94 \times 10^{-2}$	$8.85 \times 10^{-2}$	$1.08 \times 10^{-1}$
	4#：DSA 机房二东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	$2.43 \times 10^{-3}$	$1.17 \times 10^{-2}$	$1.41 \times 10^{-2}$
	5#：DSA 机房一东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	$2.43 \times 10^{-3}$	$1.17 \times 10^{-2}$	$1.41 \times 10^{-2}$
	6#：DSA 机房一东南侧防护墙外 30cm 处（候诊区、设备间）	$1.94 \times 10^{-2}$	$8.85 \times 10^{-2}$	$1.08 \times 10^{-1}$
	7#：DSA 机房一西南侧防护墙外 30cm 处（走廊）	$2.43 \times 10^{-2}$	$1.17 \times 10^{-1}$	$1.41 \times 10^{-1}$
透视	8#：医生手术位（身体）	6.08	18.72	24.80
	8#：医生手术位（腕部）	951	2925	3876
	9#：医生手术位（身体）	6.08	18.72	24.80
	9#：医生手术位（腕部）	951	2925	3876
	1#：DSA 机房二东南侧防护墙外 30cm 处（洗手间、无菌物品间、污物暂存间）	$1.44 \times 10^{-5}$	$4.42 \times 10^{-5}$	$5.86 \times 10^{-5}$
	2#：DSA 机房二西南侧防护墙外 30cm 处（走廊）	$9.51 \times 10^{-6}$	$2.93 \times 10^{-5}$	$3.88 \times 10^{-5}$
	3#：DSA 机房二西北侧防护墙外 30cm 处（候诊区、设备间）	$7.19 \times 10^{-6}$	$2.21 \times 10^{-5}$	$2.93 \times 10^{-5}$
	4#：DSA 机房二东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	$9.51 \times 10^{-6}$	$2.93 \times 10^{-5}$	$3.88 \times 10^{-5}$

	5#：DSA 机房一东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	$9.51 \times 10^{-6}$	$2.93 \times 10^{-5}$	$3.88 \times 10^{-5}$
	6#：DSA 机房一东南侧防护墙外 30cm 处（候诊区、设备间）	$7.19 \times 10^{-6}$	$2.21 \times 10^{-5}$	$2.93 \times 10^{-5}$
	7#：DSA 机房一西南侧防护墙外 30cm 处（走廊）	$9.51 \times 10^{-6}$	$2.93 \times 10^{-5}$	$3.88 \times 10^{-5}$

由表11-9计算结果可知：本项目DSA射线装置在摄影时，机房周围各关注点处的辐射剂量率在 $1.41 \times 10^{-2} \sim 2.16 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$  之间；透视时机房周围各关注点处的辐射剂量率在 $2.93 \times 10^{-5} \sim 5.86 \times 10^{-5} \mu\text{Gy/h}$ 之间；结合区域辐射环境背景水平，不难得出DSA射线装置在正常运行情况下，机房周围各关注点处的辐射剂量率能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的屏蔽体外表面30cm处剂量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$  的标准限值。

### ③年有效剂量估算

#### A、年有效剂量估算

根据式 11-1 与表 11-9，本项目理论预测环境影响分析下保护目标的年有效剂量估算结果详见表 11-10。

表 11-10 年有效剂量估算结果

预测点位	工作模式	总剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	年工作时间 (h/a)	居留因子	年有效剂量 ( $\text{mSv}$ )	涉及人员类型
1#：DSA 机房二东南侧防护墙外 30cm 处（无菌物品间）	摄影	$2.16 \times 10^{-1}$	33.3	1	$7.18 \times 10^{-3}$	职业
2#：DSA 机房二西南侧防护墙外 30cm 处（走廊）		$1.41 \times 10^{-1}$		1/4	$1.18 \times 10^{-3}$	公众
3#：DSA 机房二西北侧防护墙外 30cm 处（候诊区）		$1.08 \times 10^{-1}$		1/4	$8.98 \times 10^{-4}$	公众
4#：DSA 机房二东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）		$1.41 \times 10^{-2}$		1	$4.71 \times 10^{-4}$	职业
5#：DSA 机房一东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）		$1.41 \times 10^{-2}$		1	$4.71 \times 10^{-4}$	职业
6#：DSA 机房一东南侧防护墙外 30cm 处（候诊区）		$1.08 \times 10^{-1}$		1/4	$8.98 \times 10^{-4}$	公众
7#：DSA 机房一西南侧防护墙外 30cm 处（走廊）		$1.41 \times 10^{-1}$		1/4	$1.18 \times 10^{-3}$	公众
8#：医生手术位（身体）	透视	24.80	25	1	0.62	职业
9#：医生手术位（身体）		24.80		1	0.62	职业
1#：DSA 机房二东南侧防护墙外 30cm 处（无菌物品间）		$5.86 \times 10^{-5}$	100	1	$5.86 \times 10^{-6}$	公众

2#：DSA 机房二西南侧防护墙外 30cm 处（走廊）			3.88×10 <sup>-5</sup>		1/4	9.69×10 <sup>-7</sup>	公众
3#：DSA 机房二西北侧防护墙外 30cm 处（候诊区）			2.93×10 <sup>-5</sup>		1/4	7.33×10 <sup>-7</sup>	公众
4#：DSA 机房二东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）			3.88×10 <sup>-5</sup>		1	3.88×10 <sup>-6</sup>	职业
5#：DSA 机房一东北侧观察窗外 30cm 处（控制室）			3.88×10 <sup>-5</sup>		1	3.88×10 <sup>-6</sup>	职业
6#：DSA 机房一东南侧防护墙外 30cm 处（候诊区）			2.93×10 <sup>-5</sup>		1/4	7.33×10 <sup>-7</sup>	公众
7#：DSA 机房一西南侧防护墙外 30cm 处（走廊）			3.88×10 <sup>-5</sup>		1/4	9.69×10 <sup>-7</sup>	公众
备注：本报告 $\mu\text{Gy}/\text{h}$ 与 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的转化系数为 1。							

## B、医生腕部皮肤年有效剂量估算

手术医生和护士在 DSA 机房内进行介入手术时，会穿铅衣、戴铅眼镜、铅围脖等防护用品，但是仍然有部分皮服暴露在射线下受到照射，在手术过程中，手术医生腕部距离射线最近，因 X 射线随距离的增加呈现衰减趋势，故以手术医生腕部剂量估算结果进行核算医护人员皮肤照射年有效剂量的估算，根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）中的公式估算 DSA 机房手术医生年皮肤当量剂量：

$$D_s = C_{ks} \times k \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

$D_s$ —皮肤吸收剂量， $\text{mGy}$ ；

$k$ —空气比释动能率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；

$C_{ks}$ —空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数（ $\text{Gy}/\text{Gy}$ ）；

$t$ —人员累积年受照时间， $\text{h}$ 。

由表 11-9 可知，DSA 机房内手术医生或护士在透视工况下手部所受的最大空气比释动能率为  $3876\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，本项目 DSA 可近似视为垂直入射，而且是 PA 入射方式，从《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表 A.4 可查得空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数  $C_{ks}=1.083 \text{ mGy}/\text{m Gy}$ ，人员累积年受照时间为  $25\text{h}$ ，根据式 11-4 可以求得手术医生手术位腕部皮肤受到的年当量剂量最大为  $104.94\text{mSv}$ 。

经理论计算，本项目 DSA 在正常运行后，对手术室医生身体最大年有效剂量为  $0.62\text{mSv}$ ，低于本环评要求的  $5\text{mSv}$  年有效剂量管理约束值；手术室医生手部最大年当量剂量为  $104.94\text{mSv}$ ，低于本环评要求的  $125\text{mSv}$  年当量剂量管理约束值；对控制室工作人员最大年有效剂量为  $4.71 \times 10^{-4}\text{mSv}$ ，低于本环评要求的  $5\text{mSv}$  年有效剂量管理约束值；对公众人员所造成最大年有效剂量为  $1.18 \times 10^{-3}\text{mSv}$ ，低于本环评要求的  $0.1\text{mSv}$

年有效剂量管理约束值。医生与公众所受的年有效剂量均低于本环评要求的年有效剂量管理约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于“剂量限值”的要求。

### （3）类比预测与理论计算预测结果对比分析

由类比项目可知：控制室工作人员最大年有效剂量最大为  $4.6 \times 10^{-2}$ mSv，公众身体受照的年有效剂量最大为  $6.1 \times 10^{-3}$ mSv。手术医生与护士身体受照的年有效剂量最大为 0.77mSv。

经过理论计算可知：控制室工作人员最大年有效剂量为  $4.71 \times 10^{-4}$ mSv，公众人员所造成的大年有效剂量为  $1.18 \times 10^{-3}$ mSv，手术室医生身体最大年有效剂量为 0.62mSv。

理论预测计算与类比监测得出的各关注点对象受照剂量存在差异，为保守反应 DSA 运行时的辐射环境影响，取用二者中最大值作为最大有效剂量。综上所述，本项目 DSA 正常运行后，对手术医生与护士身体受照的年有效剂量最大为 0.77mS，低于本环评要求的 5mSv 年有效剂量管理约束值；控制室工作人员最大年有效剂量最大为  $4.6 \times 10^{-2}$ mSv，低于本环评要求的 5mSv 年有效剂量管理约束值；公众身体受照的年有效剂量最大为  $6.1 \times 10^{-3}$ mSv，低于本环评要求的 0.1mSv 年有效剂量管理约束值。医生与公众所受的年有效剂量均低于本环评要求的年有效剂量管理约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于“剂量限值”的要求。

### （4）DSA 运营期臭氧影响分析

本项目 DSA 在曝光过程中，会产生少量臭氧，DSA 机房设置独立的通排风系统，采用机械通风，产生的臭氧通过机械通风后在机房外空旷地方排放。本项目产生的臭氧排入大气环境后，经自然分解和稀释，其排放后最大落地浓度远低于《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 的二级标准 ( $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ) 的要求。

#### 11.2.2水环境影响分析

项目运行后，废水主要为医疗废水和辐射工作人员的生活污水，本项目废水进入七里院区污水处理站采用“预处理+水解酸化+接触氧化+消毒”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 中预处理标准后，再通过市政污水管网进入市政污水处理厂处理。

#### 11.2.3固体废物环境影响分析

①本项目不会产生放射性固废，对周围环境无影响。

②本项目一台介入手术约产生医疗废物药棉0.1kg，纱布0.1kg，手套0.2kg，一年2

个DSA机房手术室最多800台手术，则本项目一年约产生医疗废物药棉80kg，纱布80kg，手套160kg，总共每年约产生医疗废物320kg，采用专门的容器集中收集后，转移至医疗废物暂存库，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由当地医疗废物处理机构定期统一处置，不会对周围环境造成影响。

工作人员会产生生活垃圾和办公垃圾，产生量约0.1kg/人，则生活垃圾及办公垃圾产生量为3.4kg/d, 0.85t/a。生活垃圾和办公垃圾由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

#### 11.2.4 声环境影响分析

本项目噪声源主要为通排风噪声，机房内所有设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于60dB(A)，拟设置于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2类标准要求。

#### 11.3 事故影响分析

##### 11.3.1 风险识别

本项目为“使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置”核技术应用项目，营运中存在着风险和潜在危害及事故隐患。

###### (1) 事故等级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第449号)，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11-11。

表 11-11 国务院令第 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	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	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	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	导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》(第二版) (丛慧玲, 北京: 原子能出版社) 急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表11-12。

表 11-12 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率%	辐射剂量/Gy	死亡率%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10

1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

## (2) 源项分析

参考国内外类似项目运营中的资料及国内相关场所的实际考查, 现将项目运营中可能出现概率较大或后果较严重的事故分列如表11-13。

表 11-13 本项目射线装置的环境风险因子、潜在危害

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件
DSA—Ⅱ类射线装置	X 射线	①防护门未关闭的情况下即进行曝光操作, 可能给周围活动的人员造成不必要的照射。 ②人员滞留机房内或未撤离, 操作人员误开机。 ③门灯联锁系统失效, 人员误入或滞留机房内造成误照射。

## 11.3.2 事故工况下辐射影响分析

### (1) 介入手术过程中, 发生介入手术人员超剂量照射

#### 剂量估算:

若以DSA的摄影工况 (电压为100kV, 电流为500mA) 条件下, 摄影工况距靶点1m处的最大剂量率为 $1.04 \times 10^8 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 估算, 计算不同照射时间、不同照射距离下主束方向和非主束方向人员受照剂量。本项目DSA主束方向向上, 因此人员在主束方向直接照射概率极小, DSA机房治疗床及控制室均设置有急停按钮, 主束线照射时间一般不会超过1min。

表11-14 非主射方向不同距离不同受照时间所致人员剂量单位: mGy

受照时间 距离	10s	20s	30s	1min	2min	5min	10min	20min	30min
0.5m	1.16	2.31	3.47	6.93	13.87	34.67	69.33	138.67	208.00
1m	0.29	0.58	0.87	1.73	3.47	8.67	17.33	34.67	52.00
1.5m	0.13	0.26	0.39	0.77	1.54	3.85	7.70	15.41	23.11
2m	0.07	0.14	0.22	0.43	0.87	2.17	4.33	8.67	13.00
2.5m	0.05	0.09	0.14	0.28	0.55	1.39	2.77	5.55	8.32
3m	0.03	0.06	0.10	0.19	0.39	0.96	1.93	3.85	5.78

表11-15主束方向不同距离不同受照时间人员剂量单位: Gy

受照时间 距离 \	10s	20s	30s	40s	50s	60s
0.5m	1.16	2.31	3.47	4.62	5.78	6.93
1m	0.29	0.58	0.87	1.16	1.44	1.73
1.5m	0.13	0.26	0.39	0.51	0.64	0.77

**事故情景假设1:**

- ①在介入手术操作中, DSA控制系统失灵;
- ②DSAX射线源处于“曝光”状态, 介入手术人员在距X射线管非主射束方向进行介入手术操作;
- ③假定该名手术人员在距靶1m处停留时间为10min, 未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

根据上述条件, 对照上表11-17, 得出术中误照人员受照剂量约为17.33mGy/人·次。

**事故后果:**

在上述事故情景假设条件下, 受X射线源误照人员年剂量已超过年剂量限值, 属于一般辐射事故。

- (2) 维修射线装置时, 人员受意外照射。

**事故情景假设2:**

- ①设备维护人员在维护DSA射线管或测量探测器时, 射线管正处于出束状态;
- ②在上述条件下, 若以DSA的摄影工况(电压为100kV, 电流为500mA)条件下, 摄影工况距靶点1m处的最大剂量率为 $1.04 \times 10^8 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 估算;
- ③DSA上的指示灯和声音装置均失效;
- ④维护人员位于X射线主射束方向, 距靶1m处, 停留时间0.5min, 未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

**剂量估算:**

根据上述条件, 对照上表11-18, 得出维护人员受照剂量为0.87Gy/人·次。

**事故后果:**

在上述事故情景假设条件下, 受X射线源误照人员年剂量已超过年剂量限值, 属于一般辐射事故。

### 11.3.3事故预防措施

事故预防措施主要包括辐射安全管理、设备固有安全设施两方面。

(1) 为了防止事故的发生，医院在辐射防护设施方面应做好以下工作：

①购置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗设备；

②实施介入诊疗的质量保证；

③做好医生的个人防护；

④做好病人非投照部位的防护工作；

⑤按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当本项目DSA发生辐射事故时，应立即启动应急预案，采取措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

(2) 对于上述可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立全院安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。

②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

④制定全院辐射事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

(3) 设备维修辐射事故防范措施

①维修人员进入机房前，必须确认DSA未出束，同时应携带个人剂量报警仪。

②调试和维修时须设置醒目的警示牌。

③设备维修应由维修资格的人员操作，并按其操作规范进行操作。

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

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据医院提供的资料，医院已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《辐射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等有关法律法规，结合卫生、环保等行政主管部门的规章制度，成立了放射诊疗安全与辐射环境保护领导小组，落实安全责任制度，并明确了相关成员名单及职责（详见附件 9）。

工作领导小组由医院法人担任组长，由各科室科长或主要负责人任小组成员，医院目前配置的领导小组成员学历大部分为本科学历，具有一定的管理能力，本项目开展后，辐射管理成员为同一套班子成员，目前医院的管理人员也能满足配置要求。

### 12.2 辐射工作岗位人员配置和能力分析

#### （1）辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

##### ①人员配置

本项目拟配置工作人员 34 人，均为医院内部调配。

本环评要求：辐射工作人员配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人记录收发记录和个人剂量档案；若新增上岗辐射工作人员，应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，职业健康检查应每一年或两年委托相关资质单位进行，建立职业健康档案。

②目前医院共有 138 名辐射工作人员，其中 111 名参加了初级辐射安全与防护培训班学习，取得了《辐射安全培训合格证》（有 6 名工作人员证书已过期），剩余辐射工作人员尚未参加初级辐射安全与防护培训班学习。另外，本项目 DSA 机房涉及的 34 名辐射工作人员均已取得《辐射安全培训合格证》且未过期。

③医院已委托浙江建安检测公司承担辐射工作人员个人剂量的检测工作，由专门部门负责辐射工作人员个人剂量档案管理。

#### （2）辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强：

①医院尽快组织本项目所有辐射工作人员在生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）上进行报名和培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。

②个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，查明原因并解决发现的问题。

## 12.3 辐射安全档案资料管理和规章制度

### (1) 档案管理分类

医院应对相关资料进行分类归档放置，包括以下八大类：“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”、“辐射应急资料”。

### (2) 已建立主要规章制度

本项目涉及使用Ⅱ类射线装置，阆中市人民医院现已有较为完善的规章制度。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环保部令第3号)“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》(川环函[2016]1400号)的相关要求中的相关规定，将医院现有制度与规定要求的各项制度对照如表12-1。

表12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	项目	规定的制度	落实情况	备注
1	场所	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定	/
2		辐射安全管理规定	已制定	/
3		辐射工作设备操作规程	已制定	已制定C臂机的操作流程，需制定其他辐射工作设备的操作规程
4		辐射安全和防护设施维护维修制度(包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等)	已制定	需完善
5		放射性同位素与射线装置台账管理制度	已制定	需完善
6	监测	监测方案	已制定	/
7		监测仪表使用与校验管理制度	已制定	/
8	人员	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	/
9		辐射工作人员培训/再培训制度	已制定	/
10		辐射相关人员岗位职责	/	需制定
11	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定	需完善
12	其他	质量保证大纲与质量控制检测计划	已制定	需完善

根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》要求，《辐射安全管理规定》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布的新的相关法规内

容,结合医院实际及时对各项规章制度补充修改,使之更能符合实际需要。建设单位在按照环评要求对制度、人员、场所、设施等进行补充完善后,项目符合辐射安全及环境保护要求。

## 12.4 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施,通过辐射剂量监测得到的数据,可以分析判断和估计电离辐射水平,防止人员受到过量的照射。根据实际情况,需建立辐射剂量监测制度,包括工作场所监测和个人剂量监测。

### 12.4.1 工作场所监测

年度监测:委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测,监测周期为1次/年;年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

日常自我监测:定期自行开展辐射监测(也可委托有资质的单位进行自行监测),制定各工作场所的定期监测制度,监测数据应存档备案,监测周期为1次/月。自我监测报告应作为《辐射安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

### 12.4.2 个人剂量检测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测,每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计,个人剂量检测频率为1次/季度。

环评要求:

(1) 医院应每一季度将个人剂量计送交有资质的部门进行检测。检测数据超过单位干预水平  $1.25\text{mSv}$  的,单位应组织调查,当事人应在调查报告上签字确认;检测数据超过个人剂量年度管理限值  $5.0\text{mSv}$  的,医院应组织调查,查明原因后采取防范措施,并报告发证机关;检测数据超过国家标准限值  $20\text{mSv}$  的,应立即采取措施,报告发证机关,并开展调查处理。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告(连续四个季度)应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

(3) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料,个人剂量档案需长期保存。

### 12.4.3 监测内容和要求

(1) 监测内容:周围剂量当量率

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 工作场所监测计划建议

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	各射线装置机房	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	防护门外、门缝、操作间、各侧屏蔽墙外30cm处、管线洞口及周围需要关注的监督区	委托有资质单位监测
日常监测			1次/月			自行监测
验收监测			/			委托有资质单位监测

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

#### 12.4.4 环境保护设施竣工验收

本次评价项目竣工后，建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）对配套建设的环境保护设施进行验收，建设单位应如实查验监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，委托有能力的技术机构编制验收报告，报告编制完成5个工作日内，建设单位应公开验收报告，公示的期限不得少于2个工作日。建设单位在提出验收意见的过程中，可组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或

者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

## 12.5 辐射事故应急

为了应对辐射事故和突发事件，医院已经制定了辐射事故应急预案，并成立放射诊疗安全与辐射环境保护领导小组，负责医院辐射防护与安全的全面工作。

(1) 医院既有辐射事故应急预案包括了下列内容：①应急组织机构及其职能；②应急救援应遵循的原则；③辐射事故应急处理程序；④调查和处理。

(2) 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定：应急预案中还应补充以下内容：

- ①应急和救助的装备、资金、物资准备；
- ②增加应急人员的组织、培训计划和实施；
- ③辐射事故分级及应急响应措施

医院应当根据以上要求，完善应急预案相关内容，在今后预案实施过程中，应根据国家新发布的相关法规内容，结合医院实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

安全医疗，重在防范，医院必须严格遵守《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定，严格按照医院的相关规章制度执行，将安全和防范措施落实到工作中的各个细节，防患于未然。

## 12.6 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素、辐射装置单位应具备相应的条件，本项目从事辐射活动能力评价详见表 12-3。

表 12-3 本项目从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
(一) 使用Ⅰ类放射源，使用Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	已设放射诊疗安全与辐射环境保护领导小组。
(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DSA机房涉及辐射工作人员均已参加培训和考核，并取得合格证书。
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备	不涉及。
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施	本项目拟按要求建设专用机房，实体屏蔽符合要求，拟设有急停开关和对讲系统，拟设有工作警示灯及电离辐射警告标志。
(五) 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防	医院现配备有1台X-γ辐射检测仪，医院根据相

护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪	关要求及工作实际需要拟配备工作人员使用的铅衣等防护用品和配备患者使用的辅助防护用品。根据要求配备个人剂量计。
(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	已制订或需新增。
(七) 有完善的辐射事故应急措施	已制订，需完善。
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	不涉及。

综上所述，阆中市人民医院在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

项目名称：阆中市人民医院数字减影血管造影机（DSA）项目

建设单位：阆中市人民医院

建设性质：迁扩建

建设地点：阆中市巴都大道西段（七里院区）残疾人康复服务中心西南侧

本次评价内容及规模为：本项目位于阆中市巴都大道西段（七里院区），医院拟在残疾人康复服务中心西南侧新建两间 DSA 机房及配套功能用房。新建 DSA 机房为单层建筑，无地下层，建成后与残疾人康复服务中心连通。经与医院核实，DSA 机房使用 2 台 DSA，其中 1 台 DSA 从七里院区医技楼一楼 DSA 机房搬迁，型号 Allura Xper FD20，主束方向由下朝上，最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，属于Ⅱ类射线装置；另 1 台 DSA 新购，型号待定，主束方向由下朝上，最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，属于Ⅱ类射线装置。

#### 13.1.2 本项目产业政策符合性及实践正当性分析

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019年本）》中第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、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，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用。医院在放射诊断和放射治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

### 13.1.3 本项目选址合理性分析

本项目建设在阆中市巴都大道西段（七里院区）残疾人康复服务中心西南侧，用地性质为医疗用地，符合阆中市城市总体规划。

医院周围为居民商住区，交通较为便捷，能为周围居民提供方便的就医设施。新建DSA机房周围无居民区、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点，所开展的核技术应用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

### 13.1.4 工程所在地区环境质量现状

本项目辐射工作场所 DSA 机房及周围环境  $\gamma$  辐射剂量率范围为  $125\sim143\text{nGy/h}$  ( $1\text{Sv}$  换算  $1\text{Gy}$ )，根据生态环境部《2019 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站监测数据  $64.9\text{nGy/h}\sim179.1\text{nGy/h}$ ，本项目辐射工作场所 DSA 机房及周围环境  $\gamma$  辐射剂量率处于当地本底辐射水平涨落范围内。

### 13.1.5 环境影响评价结论

#### （1）辐射环境影响分析

经类比分析，在正常工况下，本项目 DSA 机房各侧屏蔽体外  $30\text{cm}$  处剂量率均满足  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的目标控制值。经理论计算与类比分析，在正常工况下，对辐射工作人员造成有效剂量低于  $5\text{mSv}$  的职业人员年管理剂量约束值；对公众造成有效剂量低于  $0.1\text{mSv}$  的公众人员年管理剂量约束值。

#### （2）大气环境影响分析

DSA 机房设置独立的通排风系统，采用机械通风，产生的臭氧通过机械通风后在机房外空旷地方排放。本项目产生的臭氧排入大气环境后，经自然分解和稀释，其排放后最大落地浓度远低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（ $0.2\text{mg/m}^3$ ）的要求。

#### （3）水环境影响分析

本项目产生废水主要为生活污水和医疗废水，废水进入七里院区污水处理站采用“预处理+水解酸化+接触氧化+消毒”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准后，再通过市政污水管网进入市政污水处理厂处理。本项目的下水道应进行地面硬化处理等防渗措施，防止污染地下水。

本项目对水环境的影响符合国家标准的要求。

#### (4) 固体废物环境影响分析

①本项目不会产生放射性固废，对周围环境无影响。

②本项目产生的医疗废物，采用专门的收集容器分类收集后，转移至医疗废物暂存库，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由当地医疗废物处理机构定期统一处置。生活垃圾和办公垃圾由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

本项目固体废物对环境的影响符合国家标准的要求。

#### (5) 声环境影响分析

本项目运营期噪声主要为通排风噪声，机房内所有设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于 60dB (A)，拟设置于室内，考虑到噪声的隔声和远距离衰减作用，无需采用专门的降噪措施，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2类标准要求。

### 13.1.6 辐射防护措施符合性分析

DSA机房的四侧墙体、顶棚均设计了满足防护要求的屏蔽体厚度。机房内拟配置辐射工作人员和患者个人防护用品；机房设置自动闭门装置，防护门上方设置工作状态指示灯，并与机房门联锁；防护门外拟设置电离辐射警告标志。设备及控制室均设置急停开关，设置对讲装置等，辐射安全防护措施配置满足相关要求。

### 13.1.7 事故风险与防范

医院制订的辐射事故应急预案与安全规章制度内容较全面、措施可行，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。医院制定的应急预案需按环评提出的要求进行完善。

### 13.1.8 环保设施与保护目标

医院拟配套的环保措施与设施齐全，可使本次环评中确定的保护目标所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

### 13.1.9 医院辐射安全管理的综合能力

医院辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，医技人员配置合理，有辐射事故应急预案与辐射安全和防护管理制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对拟建DSA机房而言，医院也已具备辐射安全管理的综合能力。

## 13.2 项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染

防治措施后，本评价认为，本项目的建设，从环境保护和辐射防护角度看是可行的。

### 13.3 项目竣工验收检查内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

本工程竣工环境保护验收一览表见表13-1。

表 13-1 环境保护设施验收一览表

场所	类别	环保设施
DSA机房	辐射屏蔽设施	铅防护门10套
		铅玻璃观察窗2套
	安全装置	操作台和床体上“紧急制动”装置各2套
		对讲机2套
		门灯联锁及工作状态指示灯2套
	个人防护用品	辐射工作人员配铅衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜各8套，均为0.5mmPb。
		患者配铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（防护铅当量0.5mm，儿童、成人尺寸各2套）以及铅防护方巾4套（防护铅当量0.5mm）
		铅悬挂防护屏（0.5mmPb）、铅防护吊帘（0.5mmPb）、床侧防护帘（0.5mmPb）、床侧防护屏（0.5mmPb）各2件
	监测仪器及警示装置	介入医生每人配3个个人剂量计，包括铅衣内、铅衣外剂量计及腕部剂量计，共计66个；护士、技师每人配2个个人剂量计，共24个。
		警示标牌若干
	通排风系统	独立通排风系统2套
其他	监测设备	依托医院现有便携式X- $\gamma$ 剂量监测仪1台
	人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训
	辐射应急	辐射应急物资、人员培训、应急演练

### 13.4 建议和承诺

- (1) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。
- (2) 在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响。
- (3) 医院尽快组织本项目所有辐射工作人员在生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）上进行报名和培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并

定期复训。

(4) 定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前上报发证机关，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥存在的安全隐患及其整改情况；⑦其它有关法律、法规规定的落实情况。

(5) 一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告上级生态环境主管部门和四川省生态环境厅。

(6) 医院在重新申领辐射安全许可证之前，注册并登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn/>），对医院所用射线装置的相关信息进行填写。

表 14 审批

<p>下一级环保部门预审意见</p> <p>公章</p> <p>经办人年月日</p>	
<p>审批意见</p> <p>公章</p> <p>经办人年月日</p>	