

核技术利用建设项目

溆浦县中医医院新院

医用血管造影 X 射线机（DSA）建设项目

# 环境影响报告表

（报批稿）

溆浦县中医医院

二〇二六年五月

打印编号：1775633043000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	hd2r6k		
建设项目名称	溆浦县中医医院新院医用血管造影X射线机（DSA）建设项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称（盖章）	溆浦县中医医院		
统一社会信用代码	124312241000057518X		
法定代表人（签章）	向建文		
主要负责人（签字）	向建文		
直接负责的主管人员（签字）	张林		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	湖南溆仁科技有限公司		
统一社会信用代码	9143011106010863XK		
<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
李享晋	20230503543000000020	BH052016	李享晋
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李享晋	全文	BH052016	李享晋

# 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	13
表 3 非密封放射性物质 .....	13
表 4 射线装置 .....	14
表 5 废弃物（重点是放射性废物） .....	15
表 6 评价依据 .....	16
表 7 保护目标与评价标准 .....	18
表 8 环境质量和辐射现状 .....	25
表 9 项目工程分析与源项 .....	29
表 10 辐射安全与防护 .....	35
表 11 环境影响分析 .....	44
表 12 辐射安全管理 .....	73
表 13 结论与建议 .....	79
附件 1 委托书 .....	错误！未定义书签。
附件 2 辐射安全许可证 .....	错误！未定义书签。
附件 3 放射防护及辐射安全管理领导小组文件 .....	错误！未定义书签。
附件 4 辐射防护相关制度（部分） .....	错误！未定义书签。
附件 5 辐射事故应急处理预案 .....	错误！未定义书签。
附件 6 辐射工作人员核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单（部分介入人员） .....	错误！未定义书签。
附件 7 个人剂量监测报告 .....	错误！未定义书签。
附件 8 职业健康检查报告 .....	错误！未定义书签。
附件 9 环境辐射监测报告 .....	错误！未定义书签。
附件 10 DSA 机房防护设计、人员及设备拟配置情况 .....	错误！未定义书签。
附件 11 关于剂量管理目标值的确定文件 .....	错误！未定义书签。
附件 12 相关环保手续 .....	错误！未定义书签。
附件 13 标准确认函 .....	错误！未定义书签。
附件 14 预审意见 .....	错误！未定义书签。

附件 15 专家评审意见 .....	错误！未定义书签。
附图 1 医院地理位置图 .....	错误！未定义书签。
附图 2 医院平面布置和评价范围示意图 .....	错误！未定义书签。
附图 3 医疗综合楼五楼（医技部）平面布置图 .....	错误！未定义书签。
附图 4 医疗综合楼四楼（医技部）平面布置图 .....	错误！未定义书签。
附图 5 医疗综合楼机房层（医技部）平面布置图 .....	错误！未定义书签。
附图 6 DSA 机房排风设计图 .....	错误！未定义书签。
附图 7 DSA 机房新风设计图 .....	错误！未定义书签。
附图 8 医疗综合楼五楼平面布置图 .....	错误！未定义书签。
附图 9 医疗综合楼机房层平面布置图 .....	错误！未定义书签。
附图 10 医疗综合楼四楼平面布置图 .....	错误！未定义书签。
附图 11 现场照片 .....	错误！未定义书签。

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		溆浦县中医医院新院医用血管造影 X 射线机（DSA）建设项目				
建设单位		溆浦县中医医院				
法人代表	向建文	联系人	张林	联系电话	13973093413	
注册地址		湖南省怀化市溆浦县卢峰镇东风街 528 号				
项目建设地点		溆浦县中医医院新院医疗综合楼五楼				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		2000	项目环保投资（万元）	170	投资比例（环保投资/总投资）	8.5%
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> ）	/
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			
	<b>项目概述</b>					
<b>1.1 医院简介</b>						
<p>溆浦县中医医院始建于 1956 年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健于一体的国家三级中医医院，是湖南中医药大学及湖南医药学院教学医院、湖南省中医类别助理全科医生培训基地、溆浦县“120”急救网点医院、溆浦县危重症孕产妇救治中心、溆浦县癌症防治中心、溆浦县中医药适宜技术推广基地。</p> <p>老院区位于卢峰镇东风街 528 号，编制病床 700 张，设置临床医技科室 30 个，医院干部职工 673 人，其中高级职称 100 人；有硕士研究生 12 人，本科 434 人。年门诊人次 30 万人，住院病人 3 万人，住院手术近 1 万余台，医疗业务量位居怀化市县级医院前列。</p>						

## 1.2 任务由来

为实现“健康溆浦”战略目标，合理调整溆浦县医疗资源布局，实现溆浦县中医药事业可持续发展，溆浦县中医医院将整体搬迁，拟投资 65000 万元实施溆浦县中医医院整体搬迁项目，选址位于溆浦县卢峰镇红花园村，规划总用地面积 103769.43m<sup>2</sup>，总建筑面积 129425.88m<sup>2</sup>，拟建床位规模 1130 张床。已于 2022 年 9 月 14 日取得《溆浦县中医医院整体搬迁项目环境影响报告书》批复（怀环评【2022】23 号）详见附件 12。溆浦县中医医院拟在溆浦县中医医院新院医疗综合楼五楼建设 2 间 DSA 机房及其辅助用房，并拟新增一台医用血管造影 X 射线机（以下简称“DSA”），另将老院区现有一台 DSA 搬迁至五楼 DSA 机房。

根据《射线装置分类》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号）可知，本项目 DSA 为 II 类射线装置，应按照 II 类射线装置进行使用及管理。根据《中华人民共和国环境保护法》《建设项目环境保护管理条例》以及《中华人民共和国环境影响评价法》，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。因此，溆浦县中医医院委托湖南涌仁科技有限公司对该项目进行环境影响评价（委托书见附件 1）。我公司在现场调查和收集有关资料的基础上，按照国家对辐射项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了该项目环境影响报告表。

## 1.3 项目建设规模

- 1、项目名称：溆浦县中医医院新院医用血管造影 X 射线机（DSA）建设项目
- 2、建设单位：溆浦县中医医院
- 3、建设性质：新建
- 4、建设地点：溆浦县中医医院新院医疗综合楼五楼
- 5、建设内容：溆浦县中医医院在新院医疗综合楼五楼新建 2 间 DSA 机房及其附属用房，附属用房包括：控制室、设备间等区域；新购 1 台 DSA 配套使用，另将老院 1 台 DSA 搬至手术室使用；在 DSA 机房内新安装空气净化系统。

本次环评的射线装置参数详见表 1-1。

表 1-1 本次环评射线装置参数一览表

设备名称	类别	型号	最大管电压	最大管电流	台数	拟安装位置	备注
------	----	----	-------	-------	----	-------	----

医用血管造影 X 射线机 (DSA)	II	北京通用电气华伦 医疗设备有限公司 Optima IGS 330	125kV	1000mA	1	医疗综合楼五楼 手术室 4 (DSA 机 房)	搬迁
医用血管造影 X 射线机 (DSA)	II	待定	125kV	1000mA	1	医疗综合楼五楼 手术室 5 (DSA 机 房)	拟购

## 6、DSA 机房建设方案：

### (1) 拟建设区域现状

本项目拟在新院医疗综合楼五楼新建 2 间 DSA 机房及其附属用房，现新院医疗综合楼土建已基本完成，建设区域暂未进行 DSA 机房的防护建设。新院医疗综合楼五楼拟建 2 间 DSA 机房现有四周墙体均为 240mm 实心砖结构，地板为 200 混凝土结构，顶板为 260mm 混凝土结构。

### (2) 建设方案

拟在 2 间 DSA 机房四周墙体现有 240mm 实心砖结构墙体的基础上加 30mm 硫酸钡水泥，底板在现有 200mm 混凝土的基础上加 30mm 硫酸钡水泥，顶棚在现有 260mm 混凝土。手术室 4 (DSA 机房) 东南墙设置医护防护门和观察窗，西南墙设置污物防护门，东北墙设置患者防护门；手术室 5 (DSA 机房) 西北墙设置医护防护门和观察窗，西南墙设置污物防护门，东北设置患者防护门；门、窗铅当量均为 3mmPb。

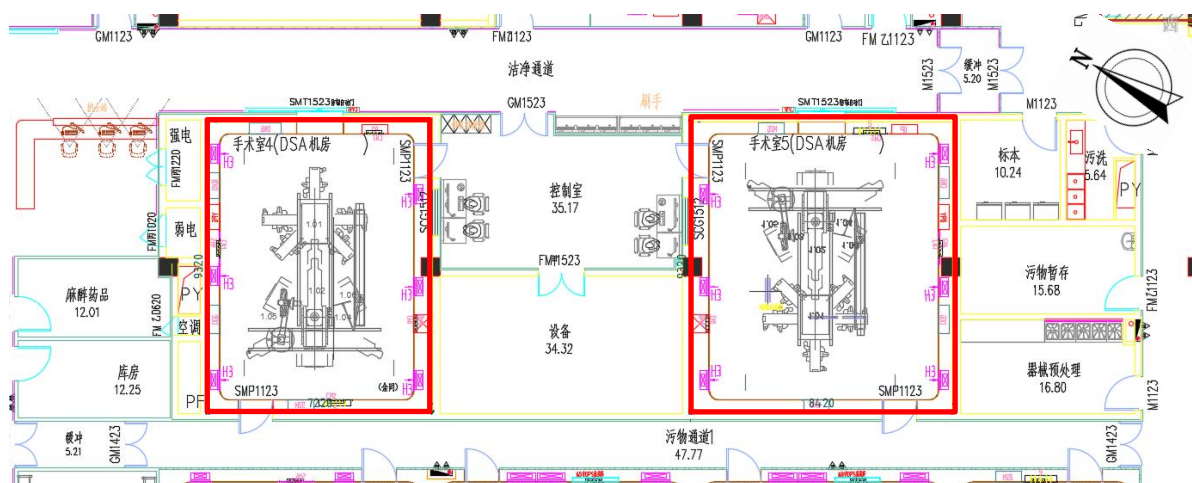


图 1-1 DSA 机房平面布置图

本项目 DSA 机房防护设计方案见表 1-2。

表 1-2

本项目机房防护设计方案一览表

机房名称	手术室 4 (DSA 机房)	手术室 5 (DSA 机房)
四周墙体	240mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥	240mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥
顶棚	260mm 混凝土	260mm 混凝土

地板	200mm混凝土+30mm硫酸钡水泥	200mm混凝土+30mm硫酸钡水泥
医护防护门	3mmPb铅防护门	3mmPb铅防护门
患者防护门	3mmPb 铅防护门	3mmPb 铅防护门
污物防护门	3mmPb 铅防护门	3mmPb 铅防护门
观察窗	3mmPb铅玻璃观察窗	3mmPb铅玻璃观察窗

7、项目组成：根据本项目特点，本工程主要由主体工程、辅助工程、公用工程、环保工程四部分组成，项目组成见表 1-3。

**表 1-3 本项目组成基本情况一览表**

名称	建设内容及规模		备注
主体工程	DSA 机房	医院拟在医疗综合楼五楼建设 2 间 DSA 机房，其中： 手术室 4（DSA 机房）建设后有效使用面积为 66.96m <sup>2</sup> ，长宽为 7.2m×9.3m×4.8m（层高）； 手术室 5（DSA 机房）建设后有效使用面积为 78.12m <sup>2</sup> ，长宽为 8.4m×9.3m×4.8m（层高）。	新建
	设备	医疗综合楼五楼手术室 4（DSA 机房）：拟将老院区现有的介入室 1 台北京通用电气华伦医疗设备有限公司型号为 Optima IGS 330 最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA 的 DSA 搬至手术室 4（DSA 机房）使用。 医疗综合楼五楼手术室 5（DSA 机房）：新增一台最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA 的 DSA（拟新增设备，型号待定）。	利旧/新增
辅助工程	控制室	本项目设置一间控制室，位于手术室 4（DSA 机房）和手术室 5（DSA 机房）之间，手术室 4（DSA 机房）东南侧，手术室 5（DSA 机房）西北侧。	新建
	设备间	本项目设置一间设备间，位于手术室 4（DSA 机房）和手术室 5（DSA 机房）之间，手术室 4（DSA 机房）东侧，手术室 5（DSA 机房）西北侧。	新建
	其他附属用房	其他附属用房依托五楼手术中心。	新建
公用工程	供电	由市政电网供电，依托医院供配电系统。	依托
	供水	依托医院供水系统。	依托
	排水	本项目工作人员、病患及病患家属等产生的生活污水依托医院现有污水处理设施处理。	依托
环保工程	污水处理	本项目无生产废水产生，工作人员、病患及病患家属等产生的生活污水依托医院污水处理设施处理。	依托
	有害气体	本项目 DSA 机房安装新风系统；手术室 4（DSA 机房）在机房东角、东南墙中部吊顶处设置新风口，在西南墙中部吊顶处设置排风口。手术室 5（DSA 机房）在机房北角、西北墙中部吊顶处设置新风口，在西南墙中部吊顶处设置排风口。2 个 DSA 机房排风量均为 500m <sup>3</sup> /h，能满足机房内良好的通风。	新建
	固体废物	本项目工作人员产生的生活垃圾、办公垃圾收集后交由环卫部	依托

		门回收处理，医疗垃圾采用专门的收集容器回收暂存后，交由有资质单位定期回收处置。	
--	--	---	--

7、人员配置：本项目拟配备 22 名介入工作人员，包括 16 名介入医生、4 名介入护士，2 名介入技师；设备搬迁至新院后，现有介入工作人员均调至新院从事本项目介入工作，已确定人员为 14 名介入医生、2 名介入护士、1 名介入技师，其他人员从外部招聘或者内部培养，暂未确定具体人员。本次评价要求拟调配的人员职业健康体检结果为“可从事放射工作”或“可继续从事放射工作”，个人剂量最近一年不超过 5mSv/a，取得辐射安全与防护培训合格证并在有效期内，已确定人员个人剂量最近一年均不超过 5mSv/a，均取得辐射安全与防护培训合格证并在有效期内，具体见下表。本项目介入工作人员不从事其他项目辐射工作。

**表 1-4 本项目已确定人员基本情况一览表**

序号	姓名	性别	岗位	2025 年个人剂量监测结果	2025 职业健康检查结果	培训
1	周庆	男	医师	0.26	可继续原放射工作	FS23HN0100329 (2023-03-24 至 2028-03-24)
2	贺达军	男	医师	0.42	可继续原放射工作	FS23HN0100306 (2023-03-24 至 2028-03-24)
3	陈承发	男	医师	0.61	可继续原放射工作	FS23HN0100327 (2023-03-24 至 2028-03-24)
4	陆思维	男	医师	0.36	可继续原放射工作	FS23HN0100372 (2023-03-24 至 2028-03-24)
5	赵丰	男	技师	0.36	可继续原放射工作	FS23HN0100379 (2023-03-24 至 2028-03-24)
6	张一佳	女	护师	0.39	可继续原放射工作	FS23HN0100300 (2023-03-24 至 2028-03-24)
7	朱慧	女	护师	0.57	可继续原放射工作	FS23HN0100326 (2023-03-24 至 2028-03-24)
8	梁维	男	医师	0.43	可继续原放射工作	FS23HN0100263 (2023-03-24 至 2028-03-24)
9	李伦	男	医师	0.33	可继续原放射工作	FS23HN0100267 (2023-03-24 至 2028-03-24)
10	成恺伦	男	医师	0.24	可继续原放射工作	FS23HN0100268 (2023-03-24 至 2028-03-24)
11	张斌	男	医师	0.55	可继续原放射工作	FS23HN0100261 (2023-03-24 至 2028-03-24)
12	龚巨雷	男	医师	0.40	可继续原放射工作	FS23HN0100305 (2023-03-24 至 2028-03-24)

13	龙云飘	男	医师	0.34	可继续原放射工作	FS23HN0100374 (2023-03-24 至 2028-03-24)
14	向艺	男	医师	0.42	可继续原放射工作	FS23HN0100328 (2023-03-24 至 2028-03-24)
15	谢安	男	医师	0.62	可继续原放射工作	FS23HN0100320 (2023-03-24 至 2028-03-24)
16	王先洁	男	医师	0.31	可继续原放射工作	FS23HN0100296 (2023-03-24 至 2028-03-24)
17	姚伟	男	医师	0.51	可继续原放射工作	FS23HN0100330 (2023-03-24 至 2028-03-24)

8、工作负荷：医院现有 DSA 主要开展心血管介入、外周血管介入、神经介入，2025 年老院区 DSA 手术台数约 1000 台，平均每台手术曝光时间摄影约为 1min，透视约为 20min。为保证医院正常工作运行，新院医疗综合楼五楼手术室 5（DSA 机房）正式投入使用后，老院区 DSA 才搬迁至医疗综合楼五楼手术室 4（DSA 机房）。根据医院计划本项目建成后预计年手术量约 1500 台，其中医疗综合楼五楼手术室 5（DSA 机房）年开展手术台数约 1000 台，医疗综合楼五楼手术室 4（DSA 机房）年开展手术台数约 500 台。医院拟配置 16 名介入医生，平均每台手术配备 2 名医生，可分为 8 组，预计总手术台数不超过 1500 台，每组医生手术不超过 200 台/年，透视时医生位于机房内，则机房内单名介入医生每年总的最大受照时间为 66.7h，手术室 4（DSA 机房）DSA 透视年出束时间均约为 166.7h、年摄影出束时间均约为 8.3h，手术室 5（DSA 机房）DSA 透视年出束时间均约为 333.3h、年摄影出束时间均约为 16.7h。

#### 1.4 本项目核技术利用的目的

本项目采用的 DSA 属于 II 类射线装置，X 射线装置是利用肌体密度不同对 X 射线吸收能力也不同，根据病情需要对病人的某部位或全身进行显像，拍出 X 光片或保存数字影像以供临床诊断，以及医生需在 X 射线影像的指引下介入手术等工作。

本项目 DSA 设备主要用于开展心血管介入、外周血管介入、神经介入。

#### 1.5 项目选址及平面布局合理性分析

##### （1）选址合理性分析

溆浦县中医医院老院位于溆浦县卢峰镇东风街，溆浦县中医医院新院位于溆浦县卢峰镇红花园村，地理位置见图 1-2、附图 1。



图 1-2 溆浦县中医医院地理位置图

本项目 DSA 机房位于溆浦县中医医院新院医疗综合楼五楼，机房周边平面布置见图 1-3、附图 2。

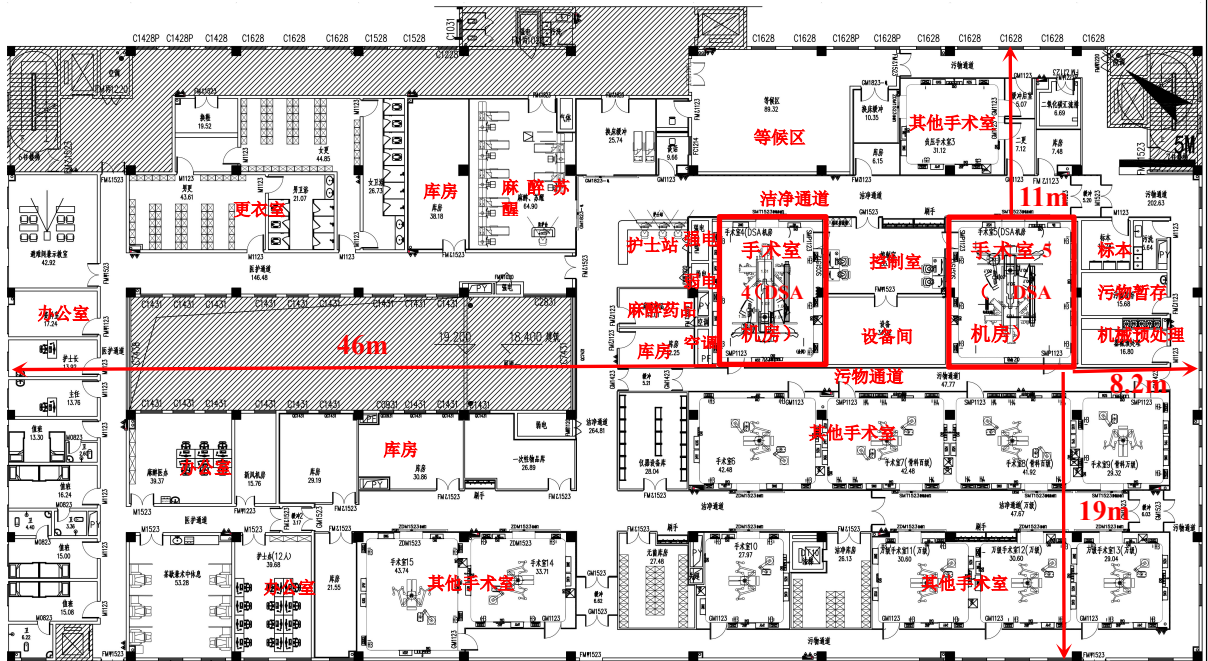


图 1-3 医疗综合楼（医技部）五楼平面布置图

(2) 工作场所周围环境

溆浦县中医医院新院位于溆浦县卢峰镇红花园村，医院东南面临纬二十路，西南面临屈原大道，西北面临团结路，东北面临经二十八路。

溆浦县中医医院新院医疗综合楼位于院区中部，医疗综合楼分为两部分，西南部分为门诊（为地上4层建筑），东北部分为医技部（为地上5层建筑），中间为通道和卫生间组成的廊道隔开。本项目 DSA 机房位于溆浦县中医医院新院医疗综合楼五楼，属于医技部五楼手术中心；医疗综合楼东北面8米为一栋地上15层的住院楼，医疗综合楼东南、西南、西北面为院内绿化和道路，楼上为设备层，楼下为中心供应（医疗器械消毒中心）。

本项目 DSA 机房位于溆浦县中医医院新院医疗综合楼医技部五楼，手术室4（DSA 机房）东南面紧邻控制室、设备间，西南面紧邻污物通道，西北面紧邻强电、弱电、空调间，东北面紧邻洁净通道；手术室5（DSA 机房）西北面紧邻控制室、设备间，东北面紧邻洁净通道，东南面紧邻污物暂存间、器械预处理室、标本间，西南面紧邻污物通道；楼上紧邻净化机房、排放机房、UPS 房、屋面；楼下紧邻中心供应区。

### （3）选址及平面布局合理性

根据《溆浦县中医医院整体搬迁项目环境影响报告书》、《溆浦县中医医院整体搬迁项目环境影响报告书批复（怀环评【2022】23号）》（附件12），溆浦县中医医院整体搬迁项目建设符合国家产业政策，同意该项目在拟选地址建设。本项目未紧邻产科、儿科；本项目 DSA 机房进行了相应的辐射屏蔽设计，根据表11环境影响分析可知，经采取相应防护治理措施后，项目设备电离辐射对周围环境影响较小；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）相关要求，选址合理。综上所述，本项目选址可行。

本项目医护人员从电梯厅进入手术中心后，经换鞋、更衣、刷手通过洁净通道向东南方向进入 DSA 控制室，手术人员从控制室由医护防护门进入到 DSA 机房。患者从电梯厅向西南方向进入患者换床缓冲间，再经洁净通道从患者防护门进入 DSA 机房，术后原路返回；DSA 机房内的污物打包后通过污物防护门运出，经污物通道向东南方向再再左转至污物暂存间，每日手术中心会集中将污物转运至医疗废物暂存间，可实现了人污分离；区域划分明确，且项目区避开了人群较为集中的区域，所处位置相对独立，污物在当日手术结束后从污物间打包运出和医护人员、患者进行了隔离。

同时, DSA 手术室采取了有效屏蔽措施后对周围产生的环境影响是可以接受的, 因此, 项目平面布局合理。DSA 机房平面布置见图 1-1、附图 3。

## 1.6 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。

本项目的建设对保障健康、拯救生命有着十分重要的作用。项目运营以后, 将为病人提供一个优越的诊疗环境, 具有明显的社会效益, 同时将提高医院档次及服务水平, 吸引更多的就诊人员, 医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此, 本项目的实施对受照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。

## 1.7 现有核技术利用项目情况

### 1.7.1 现有许可种类和范围

医院辐射安全许可证编号为湘环辐证[02769](见附件 2), 有效期至 2029 年 9 月 13 日, 许可种类和范围: 使用 II 类、III 类射线装置。现有射线装置见表 1-5。

表 1-5 现有射线装置一览表

序号	装置名称	型号	类别	工作场所	环评手续	许可情况	验收情况
1	DR	DigitalDiagnost	III类	门诊楼四楼检查室(三)DR	无相关环评, 后由怀化市环境保护局下发的《辐射安全许可证》(许可证编号: 湘环辐证[N0003])许可	已许可	无需验收
2	DR	DigitalDiagnost	III类	门诊楼四楼检查室(二)DR		已许可	无需验收
3	移动式 C 型臂 X 射线机(小 C 臂)	Ziehm 8000	III类	住院楼十楼手术间 2	备案号: 201843122400000017	已许可	无需验收
4	CT	MX 16-slice 型	III类	门诊楼四楼检查室(一)		已许可	无需验收
5	牙科 X 射线机	ZLY-G 型	III类	门诊楼五楼牙片机房	备案号: 201843122400000017	已许可	无需验收
6	医用血管造影 X 射	Optima IGS	II类	门诊楼四楼	湘环评辐表	已许可	2019 年 4 月

	线机	330		介入导管室	(2018) 108号		12日进行了自主验收
7	数字乳腺 X 射线摄影设备	uMammo 890i	III类	门诊楼四楼乳腺机房	备案号: 202143122400000186	已许可	无需验收
8	X 射线骨密度测量仪	DEXXUM T	III类	门诊楼四楼骨密度机房	备案号: 202143122400000160	已许可	无需验收
9	X 射线计算机体层摄影设备	Optima CT680 Expert	III类	门诊楼四楼 128 层 CT 机房	备案号: 202143122400000160	已许可	无需验收

### 1.7.2 本项目与原有核技术利用项目的依托关系

本项目 2 台 DSA 主要是在 X 射线影像的指引下开展介入手术工作，与本项目有关的原有核技术利用项目主要为老院区原有的 1 台 DSA 设备，为北京通用电气华伦医疗设备有限公司型号为 Optima IGS 330 的 DSA，原项目 DSA 开展的介入手术类型主要有心血管介入、外周血管介入、神经介入。为保证医院正常工作运行，医疗综合楼五楼手术室 5（DSA 机房）正式投入使用后，老院区 DSA 才能搬迁至医疗综合楼五楼手术室 4（DSA 机房），原介入工作人员将调至本项目，本项目介入工作人员不从事其他项目辐射工作。

### 1.7.3 现有辐射工作人员

医院现有辐射工作人员 85 名。人员情况详见表 1-7。

从收集的资料可知，17 人取得了辐射安全培训证书，68 人参加了医院组织的自主培训并考核合格。2025 年 1 月至 2025 年 12 月一年的个人剂量监测报告结果未超过医院管理目标值和标准限值。根据 2025 年的体检和复查报告，76 人职业健康体检结论“可继续原放射工作”，9 人为“可从事放射工作”。

**表 1-6 医院辐射工作人员信息一览表**

辐射工作人员数量	85 人
个人剂量检测情况	通过查阅医院个人剂量检测报告，放射工作人员均按要求配备了个人剂量计，定期开展剂量检测。
职业健康检查	医院每两年进行一次职业健康体检，2025 年的体检和复查报告，76 人职业健康体检结论“可继续原放射工作”，9 人为“可从事放射工作”。体检总结报告见附件 8。
辐射安全与防护培训	医院每年均组织自主培训考核和核技术利用辐射安全与防护考核，主要针对无培训证书或证书即将过期的放射线装置工作人员，均已参加培训。

#### 1.7.4 现有辐射工作场所管理情况

医院在核技术项目进行过程中，基本落实了环评及批复的要求，制定了相关管理制度，采取必要的防护措施，医院现有辐射防护措施主要有以下几点：

##### (1) 射线装置

①屏蔽防护：各机房屏蔽防护措施满足要求；控制室和机房间设置对讲装置，方便医务人员和受检者沟通；每个机房周围外照射辐射水平符合相关标准规定的要求。

②警示标志：防护门上方有工作状态指示灯，防护门上粘贴有电离辐射警示标志。

③机房内通风：各机房通风良好。

##### (2) 放射性工作制度

①医院对现有射线装置严格按照各环保部门下达的要求，成立了辐射防护安全管理小组；制定了各射线装置操作规章制度、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素管理制度等；

②医院每年均委托有资质的单位对现有射线装置及核医学工作场所进行了周围剂量当量率监测，监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的要求。

#### 1.7.5 现有辐射工作存在问题

根据医院提供的资料，存在如下问题：

①个别员工未妥善佩戴个人剂量，存在个人剂量卡内卡数据大于外卡。

②医院现有辐射工作人员中部分工作个人剂量片丢失。

#### 1.7.6 现有辐射工作存在问题的整改措施

①医院应加强对辐射工作人员管理，日常监督辐射工作人员个人剂量计佩戴情况，要求辐射工作人员妥善佩戴个人剂量卡，避免个人剂量卡佩戴错误等。

②医院对部分辐射工作人员缺少个人剂量检测数据进行了调查，是由于辐射工作人员保存不当，导致个人剂量片丢失造成的，在今后工作中应加强对辐射工作人员管理，日常监督辐射工作人员个人剂量计佩戴情况并应指导辐射工作人员正确佩戴个人剂量计。

### 1.8 产业政策符合性

本项目 DSA 属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第一类第十三项“医药”中第 4 款“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊

断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

**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
/	/	/	/	/	/	/	/	/
	以下空白							

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		以下空白								

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	以下空白									

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	II	1	北京通用电气华伦医疗设备有限公司 Optima IGS 330	125	1000	介入诊疗	医疗综合楼五楼手术室 4 (DSA 机房)	已购
2	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	II	1	待定	125	1000	介入诊疗	医疗综合楼五楼手术室 5 (DSA 机房)	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 ( $\mu\text{A}$ )	中子强度 ( $\text{n/s}$ )	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					以下空白								



**表 6 评价依据**

<p>法规文件</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订，2015 年 1 月 1 日施行）；</li> <li>2、《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正，2018 年 12 月 29 日施行）；</li> <li>3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）；</li> <li>4、《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 6 月 21 日修订，2017 年 10 月 1 日起实施）；</li> <li>5、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日修订实施）；</li> <li>6、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（2021 年 1 月 1 日施行）；</li> <li>7、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修改）；</li> <li>8、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行）；</li> <li>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公告 2017 年第 66 号）；</li> <li>10、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环保总局公告〔2006〕145 号）；</li> <li>11、《产业结构调整指导目录（2024 年本）》；</li> <li>12、《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日）；</li> <li>13、《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训与考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）；</li> <li>14、《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号，2021 年 3 月 11 日）；</li> <li>15、《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行）。</li> </ol>
-------------	---

<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、《建设项目环境影响评价技术导则-总纲》（HJ2.1-2016）；</li> <li>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）；</li> <li>3、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</li> <li>4、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</li> <li>5、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</li> <li>6、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</li> <li>7、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</li> <li>8、《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）；</li> <li>9、《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）；</li> <li>10、《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）；</li> <li>11、《医用诊断数字减影血管造影（DSA）系统 X 射线辐射源》（JJG1067-2011）。</li> <li>12、<u>关于印发《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》的通知</u> <u>环办辐射函〔2025〕313 号。</u></li> </ol>
<p>其他</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、环境影响评价委托书（见附件 1）；</li> <li>2、李德平、潘自强主编《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》《辐射防护手册 第三分册 辐射安全》，原子能出版社，1987 年；</li> <li>3、湖南省环境监测中心站《湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护，第 11 卷第 2 期，1991 年 3 月）；</li> <li>4、《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）；</li> <li>5、《辐射防护导论》（原子能出版社，方杰）；</li> <li>6、联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告；</li> <li>7、医院提供的其他资料。</li> </ol>

表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

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）中“第 1.5 评价范围和保护目标：放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”。

本项目为医院核技术利用项目，DSA 为 II 类射线装置，设有单独的机房，运营过程中产生的电离辐射经有效的屏蔽后对周围影响较小，主要影响人员是 DSA 所在机房的辐射工作人员和工作场所周围的公众。因此本项目以 DSA 机房实体屏蔽外 50m 的区域为评价范围。

评价范围示意图见图 7-1、附图 2。

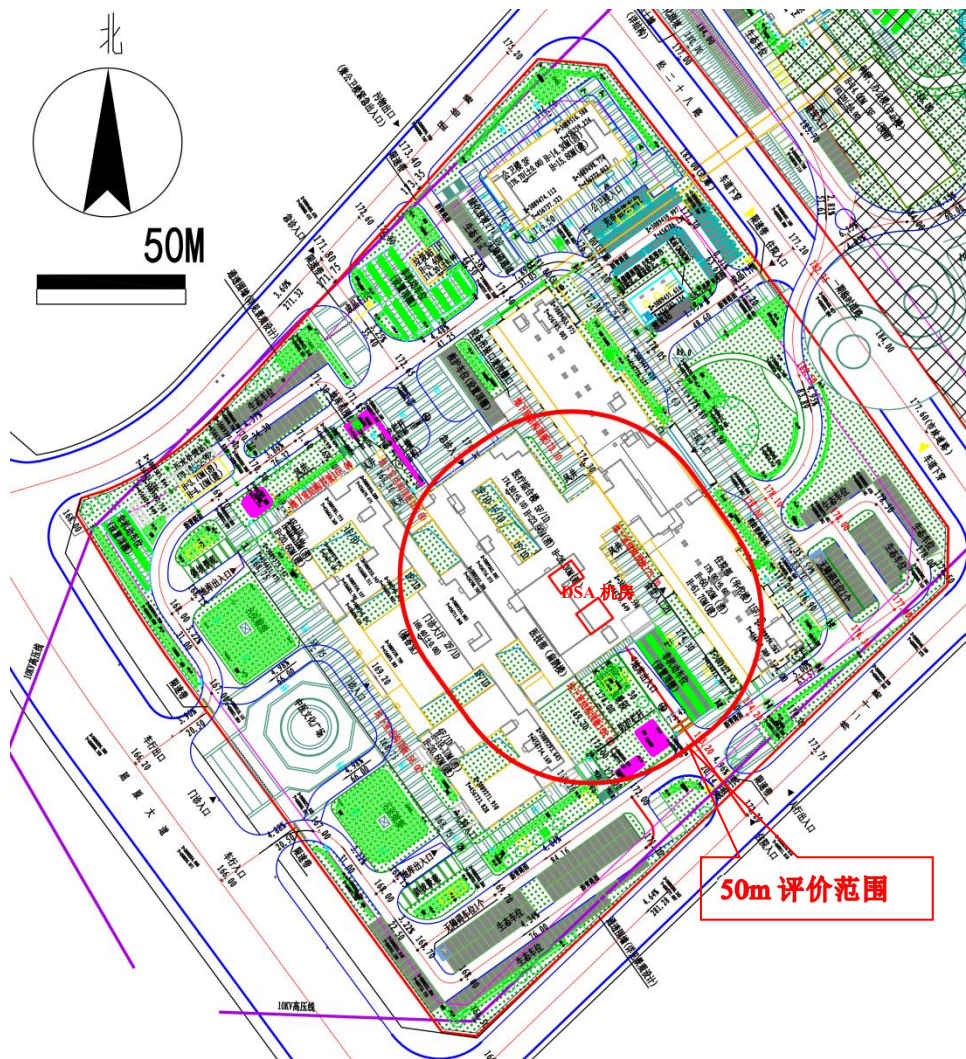


图 7-1 评价范围示意图

## 7.2 保护目标

本项目 DSA 机房位于溆浦县中医医院新院医疗综合楼医技部五楼，手术室 4（DSA 机房）东南面紧邻控制室、设备间，西南面紧邻污物通道，西北面紧邻强电、弱电、空调间，东北面紧邻洁净通道；手术室 5（DSA 机房）西北面紧邻控制室、设备间，东北面紧邻洁净通道，东南面紧邻污物暂存间、器械预处理室、标本间，西南面紧邻污物通道；楼上紧邻净化机房、排放机房、UPS 房；楼下紧邻中心供应区。本次辐射环境影响评价的环境保护目标为：本项目从事辐射工作的人员以及评价范围内的其他公众。根据本项目射线装置机房布局及外环境特征，确定本项目环境保护目标，见表 7-1 所示。

表 7-1 环境保护目标一览表

污染源	方位	距离	功能	影响人群	规模
手术室 4、 手术室 5 DSA	内部	/	DSA 机房	辐射工作人员	22 人
	两手术室 中间	紧邻	控制室	辐射工作人员	22 人
		紧邻	设备间	公众	约 2 人
	东南面	紧邻-8.2m	标本、污洗、污物暂存、器械预处理室、通道	公众	约 10 人
		8.2-50m	室外绿化带、道路	公众	若干
	西南面	紧邻-2m	污物通道	公众	约 2 人
		2-38m	其他手术室、通道、信息中心	公众	约 10 人
		38-50m	医疗综合楼门诊部屋面	公众	若干
	西北面	紧邻-1.2m	强电、弱电、空调间	公众	约 2 人
		1.2-46m	库房、护士站、通道、医生办公室、麻醉室、其他手术室等	公众	约 30 人
		46-50m	室外绿化带、道路	公众	若干
	东北面	紧邻-2m	洁净通道	公众	若干
		2-11m	候诊室、其他手术室通道等	公众	若干
		11-19m	室外悬空区域	公众	若干
		19-50m	住院楼	公众	若干
	楼下	紧邻	中心供应区	公众	约 10 人
	楼上	紧邻	净化机房、排放机房、UPS 房	公众	约 2 人

## 7.3 评价标准

### 1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全性。

#### （1）剂量限值

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

不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv 作为职业照射剂量限值。

#### B1.2 公众照射

##### B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量：1mSv；

b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

根据预估工作量，医院将辐射工作人员剂量管理目标值设为5.0mSv/a，公众剂量管理目标值设为0.1mSv/a。

公众剂量管理目标值 0.1mSv/a 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”的要求。

### 2、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）（节选）

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。

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。

5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20 cm 的装置。

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。

## 6. X 射线设备机房防护设施的技术要求

### 6.1 X 射线设备机房布局

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。

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（本报告中表 7-2）的规定。本项目 DSA 和机房参照单管头 X 射线设备机房的要求。

**表 7-2 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 m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备(含 C 形臂、乳腺 CBCT)	20	3.5

### 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（本报告中表 7-3）的规定。

**表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求**

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

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（本报告中表 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 2.5μSv/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 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。

#### 6.4 X 射线设备工作场所防护

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

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置, 并保持良好的通风。

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

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

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

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

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

#### 6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

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

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时, 应妥善存放, 不应折叠放置, 以防止断裂。

**表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求 (节选介入相关)**

放射检查 类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防

				护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床边防护帘/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。				

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。

7.8.1 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的防护安全操作要求。

7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有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。

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。

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 GBZ 128 的规定。

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。

综合上述标准，结合本项目拟使用的射线装置情况，确定本项目的年剂量管理目标值要求以及其他控制指标如下：

**表 7-5 本项目的年剂量管理目标值要求以及其他控制指标**

<b>一、年剂量管理目标值</b>		
项目	GB18871-2002 中年平均有效剂量限值 (mSv/a)	本项目年有效剂量管理目标值 (mSv/a)
职业人员	20	≤5
公众人员	1	≤0.1
<b>二、DSA 机房面积、尺寸要求</b>		
DSA 机房（单管头 X 射线设备机房）	机房内最小有效使用面积≥20m <sup>2</sup> ； 机房内最小单边长度≥3.5m。	
<b>三、DSA 机房屏蔽防护要求</b>		
DSA 机房屏蔽防护	有用线束方向铅当量≥2mmPb；	

铅当量厚度要求	非有用线束方向铅当量 $\geq 2\text{mmPb}$ 。
DSA 机房屏蔽体外 剂量水平	在透视条件下检测时，机房屏蔽体外周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

### 环境质量和辐射现状

为了解本次核技术利用项目周围辐射现状环境水平，湖南涌仁科技有限公司于 2026 年 2 月 11 日对溆浦县中医医院本项目位置及周边环境进行了现状监测，监测报告见附件 9。

#### 8.1 监测目的

掌握本项目 DSA 机房场址的辐射环境质量现状水平，为分析及预测项目运行时对职业人员、公众及周围环境的影响提供基础数据。

#### 8.2 监测依据

《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。

#### 8.3 监测因子

环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

#### 8.4 监测点位

项目所在地环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测的布点情况见图 8-1、图 8-2。

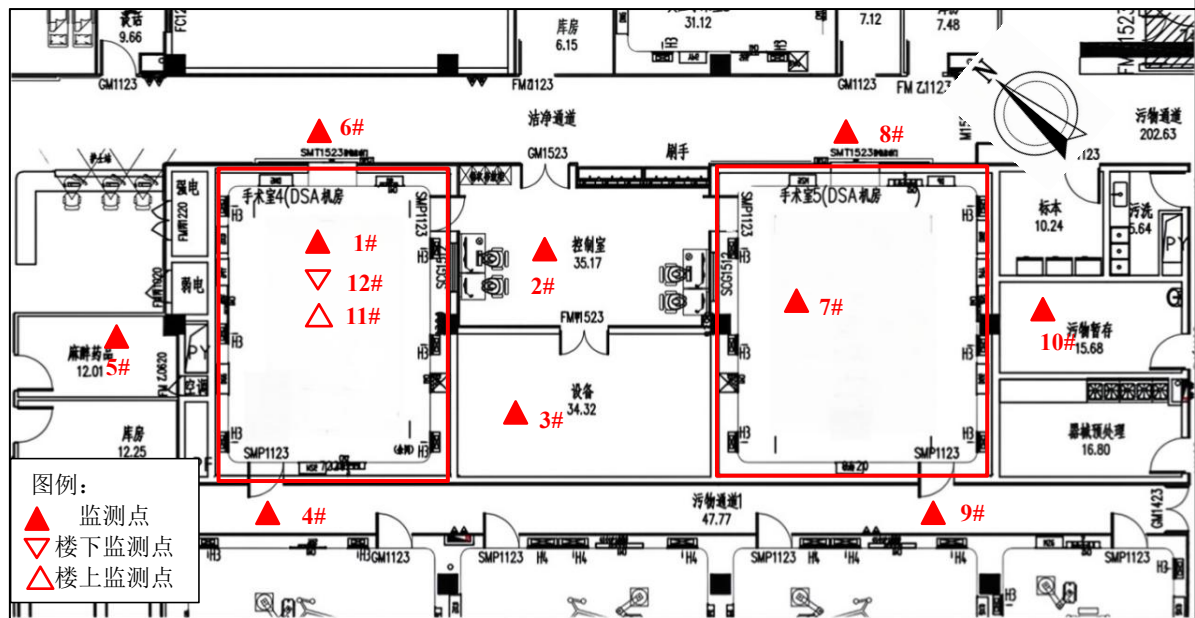


图 8-1 机房周边监测布点示意图

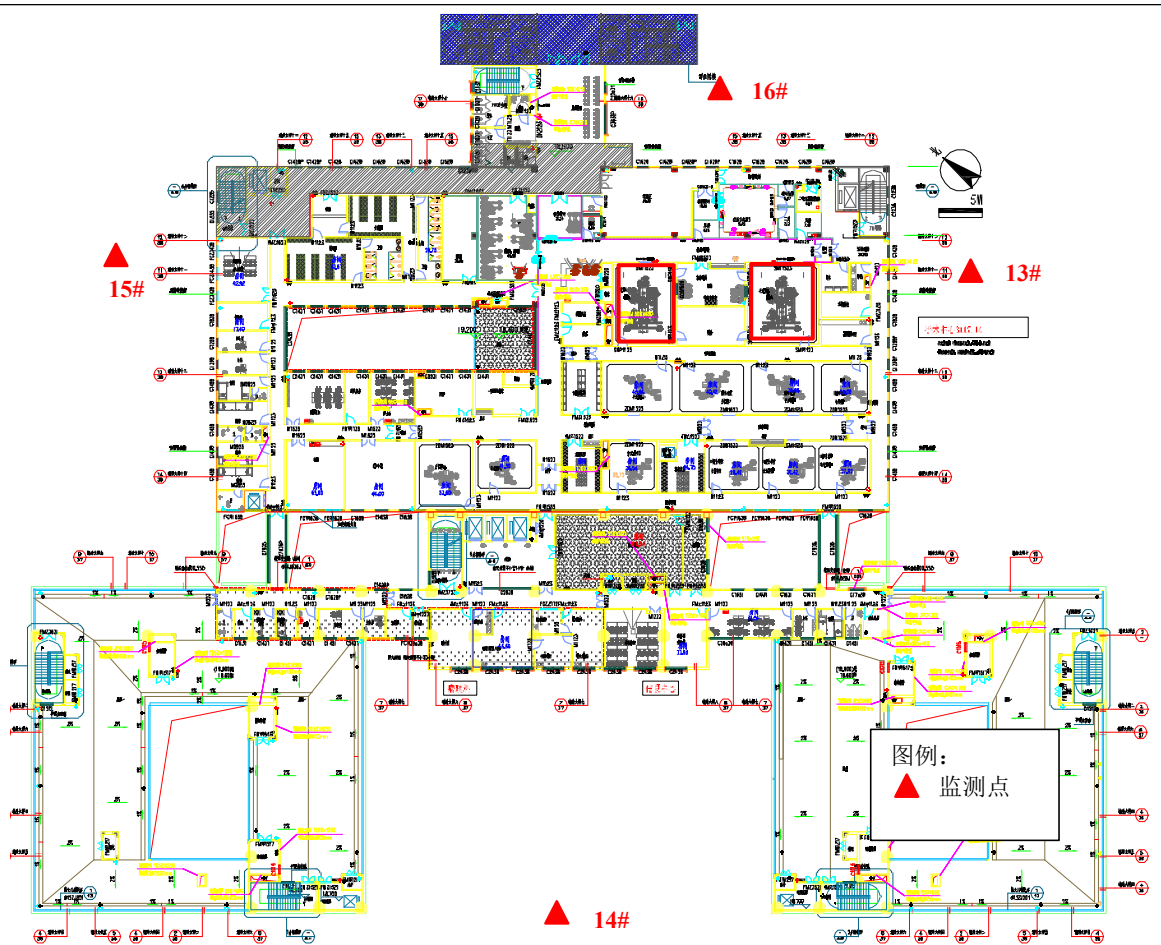


图 8-2 医疗综合楼四周监测布点示意图

## 8.5 监测仪器

本次监测仪器使用环境监测 X-γ辐射空气吸收剂量率仪，其具体情况见表 8-1。

表 8-1 检测所使用的仪器情况

检测仪器	仪器名称	环境监测 X-γ辐射空气吸收剂量率仪
	仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
	仪器编号	F-2-15
	量程	10nSv/h-99.9μSv/h
	能量响应	20keV-7MeV
	校准单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
	校准证书编号	2025H21-10-6042796001
	校准有效期	2025年8月3日-2026年8月4日

## 8.6 质量保证措施

该项目测量所用的仪器性能参数符合国家标准方法的要求，经国家计量部门检定合格，在有效期内，并有良好的日常质量控制程序。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并

按有关规定和要求进行三级审核。

## 8.7 监测结果及评价

项目所在场址辐射环境现状监测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目场所周边环境监测结果

序号	监测点位描述	监测结果 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)	备注
1	拟建手术室 4 (DSA 机房) 内	81	2	楼房
2	控制室	91	2	楼房
3	设备间	108	3	楼房
4	拟建手术室 4 (DSA 机房) 西南侧	71	2	楼房
5	拟建手术室 4 (DSA 机房) 西北侧	53	2	楼房
6	拟建手术室 4 (DSA 机房) 东北侧	71	2	楼房
7	拟建手术室 5 (DSA 机房) 内	85	3	楼房
8	拟建手术室 5 (DSA 机房) 东北侧	73	2	楼房
9	拟建手术室 5 (DSA 机房) 西南侧	71	2	楼房
10	拟建手术室 5 (DSA 机房) 东南侧	120	2	楼房
11	拟建 DSA 机房楼上	69	2	平房
12	拟建 DSA 机房楼下	56	3	楼房
13	医疗综合楼东南侧	56	2	道路
14	医疗综合楼西南侧	50	2	道路
15	医疗综合楼西北侧	50	2	道路
16	医疗综合楼东北侧	74	2	道路

注：(1)本底测量时，仪器探头垂直向下，距地面的高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

(2)监测区域中心经纬度：E 110°33'37.490"，N 27°55'2.474"，海拔 178m。仪器设备宇宙射线监测点经纬度：E 113°4'39.378"，N 29°23'32.91"，海拔 32m。根据 HJ61-2021 要求（海拔高度差别 ≤200m，经度差别 ≤5°，纬度差别 ≤2°），不需要进行修正。

(3)根据 HJ 1157-2021：监测结果按照  $D_{\gamma}=k_1 \times k_2 \times R_{\gamma} - k_3 \times D_c$  得出；

(4)仪器校准因子  $k_1$  为 1.07，效率因子  $k_2$  取 1，仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  进行校准，转换系数为 1.2Sv/Gy，宇宙射线的屏蔽修正因子  $k_3$ ：楼房取 0.8，平房取 0.9，道路取 1；

(5)表内监测结果已扣除宇宙射线响应值  $D_c$ ，仪器宇宙射线响应值为 27nGy/h。

由表 8-2 的监测结果可知，本项目拟建 DSA 机房所在地环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果为：道路 50~74nGy/h，室内 53~120nGy/h（已扣除宇宙射线的影响），根据《辐射防护》（第 11 卷，第 2 期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991 年 3 月）中，怀化市  $\gamma$  辐射剂量率数据见表 8-3。

**表 8-3 怀化市 $\gamma$ 辐射剂量率（单位：nGy/h）**

监测项目	原野	道路	室内
范围	32.1~128.6	39.6~119.4	45.3~143.5

根据《辐射防护》（第 11 卷，第 2 期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991 年 3 月）相关内容，引用监测数据已扣除宇宙射线响应。

对比上表可知：本项目拟建场所周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率的范围在本底范围内，表明拟建项目环境辐射环境质量状况未见异常。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 工程设备和工艺分析

#### 9.1 项目所含设备

溆浦县中医医院在新院医疗综合楼五楼新建 2 间 DSA 机房及其附属用房，附属用房包括控制室、设备间等区域，新购 1 台 DSA 配套使用，将老院 1 台 DSA 搬至手术室使用，DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，均属于 II 类射线装置。

#### 9.2 射线装置工作原理、工作流程、产污环节

##### 9.2.1 医用血管造影 X 射线机工作原理

医用血管造影 X 射线机（DSA）是采用 X 射线进行数字显像的技术设备。该设备中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，见图 9-1。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。



图 9-1 医用血管造影 X 射线机（DSA）

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 线信号的，由于人体各部组织、器官密度不同，对 X 线的衰减程度各不一样，成像装置根据接收到的不同信号，利用平板探测器将透过人体后已衰减的未造影图像的 X 线信号增强，再用高分辨率的摄像机对增强后的图像作一系列扫描。扫描本身就是把整个图像按一定的矩阵分成

许多小方块，即像素。所得到的各种不同的信息经模 / 数 (A / D) 转换成不同值的数字信号，然后存储起来。再把造影图像的数字信息与未造影图像的数字信息相减，所获得的不同数值的差值信号，经数 / 模 (D / A) 转制成各种不同的灰度等级，在监视器上构成图像。由此，骨骼和软组织的影像被消除，仅留下含有造影剂的血管影像，从而大大提高血管的分辨率。

### 9.2.2 设备组成及工作流程

#### (1) 系统组成

医用血管造影 X 射线机组成: Gantry, 俗称“机架”或“C 型臂”, 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油冷或水冷机控制温度; 图像处理系统。该项目设备采用平板探测器 (FD) 技术成像: D 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 技术是常规血管造影术和计算机处理技术相结合的产物, 其基本原理和技术为: X 线穿过人体各解剖结构形成荧光影像, 经影像增强器增强后为电视摄像管采集而形成视频影像。再经对数增幅和模/数转换形成数字影像。这些数字信息输入计算机处理后, 再经减影、对比度增强和数/模转换, 产生数字减影图像。

#### (2) 工作流程

诊疗时, 患者仰卧并进行无菌消毒, 局部麻醉后, 经皮穿刺血管, 送入引导钢丝及扩张管与外鞘, 退出钢丝及扩张管将外鞘保留于血管内, 经鞘插入导管, 推送导管, 在 X 线透视下将导管送达指定位置, 并留 X 线片记录, 探查结束, 撤出导管, 穿刺部位止血包扎。

DSA 在进行手术时分为两种情况:

第一种情况, 拍片。操作人员采取隔室操作的方式 (即操作医生在控制室内对病人进行曝光), 医生通过铅玻璃观察窗观察机房内病人情况, 并通过对讲系统与病人交流。此种情况实际运行中为个别情况, 占比很小。

第二种情况, 透视。病人需进行介入手术治疗时, 为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光, 并采用连续脉冲透视, 此时操作医生位于铅帘后身着铅服、铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的介入手术操作, 介入护士仅少数情况进入 DSA 机房

内，主要在未透视状态下进入。

### 9.2.3 产污环节分析

(1) 由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，该院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

(2) X 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物废气。少量的有害气体直接与大气接触、不累积，自然逸散，对环境影响可忽略不计。

(3) 医用 X 射线装置属清洁的物理诊断装置，在使用过程中自身不产生液态、固态等放射性废物，不存在放射性三废对环境的污染。

因此，在开机期间，X 射线主要污染因子。

介入设备具体工作流程及产污环节见图 9-2。

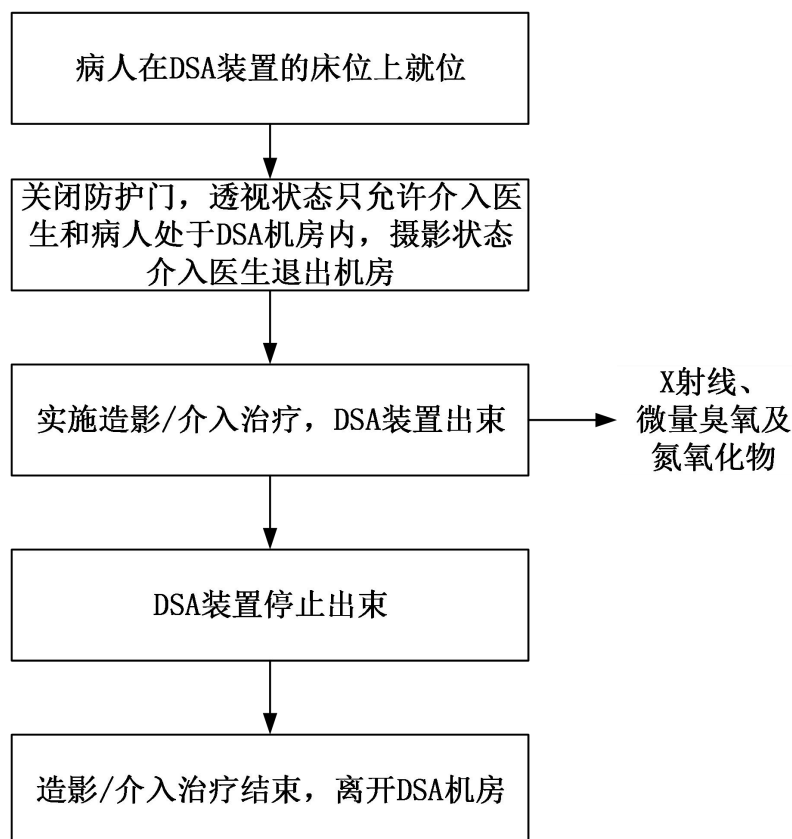


图 9-2 DSA 介入手术工作流程及产污环节示意图

在进行介入作业时，介入护士仅少数情况进入 DSA 机房内，主要在未透视状态下进入，处于辐射机房内的辐射工作人员需穿戴防护服，正确佩戴个人剂量计进行操作。

## 9.2.4 工作负荷

根据医院计划本项目建成后预计年手术量约 1500 台，其中医疗综合楼五楼手术室 5（DSA 机房）年开展手术台数约 1000 台，医疗综合楼五楼手术室 4（DSA 机房）年开展手术台数约 500 台。医院拟配置 16 名介入医生，平均每台手术配备 2 名医生，可分为 8 组，预计总手术台数不超过 1500 台，每组医生手术不超过 200 台/年，透视时医生位于机房内，则机房内单名介入医生每年总的最大受照时间为 66.7h，手术室 4 DSA 透视年出束时间均约为 166.7h、年摄影出束时间均约为 8.3h，手术室 5 DSA 透视年出束时间均约为 333.3h、年摄影出束时间均约为 16.7h；技师隔室操作。本项目 DSA 投入使用后，设备预估工作量及曝光时间见表 9-1。

表 9-1 DSA 工作负荷（出束时间）一览表

设备名称	年开展手术量	每台手术出束时间		年出束时间	手术类型
手术室 4 DSA	500 台/年	透视	约 20min	166.7h	心血管介入、外周 血管介入、神经内 科手术
		摄影	约 1min	8.3h	
手术室 5 DSA	1000 台/年	透视	约 20min	333.3h	
		摄影	约 1min	16.7h	

## 9.2.5 人流和物流的路径规划

医护路径：医护人员从电梯厅进入手术中心后，经换鞋、更衣、刷手通过洁净通道向东南方向进入 DSA 控制室，手术人员从控制室由医护防护门进入到 DSA 机房。

患者路径：患者从电梯厅向西南方向进入患者换床缓冲间，再经洁净通道从患者防护门进入 DSA 机房，术后原路返回。

污物路径：DSA 机房内的污物打包后通过污物防护门运出，经污物通道向东南方向再再左转至污物暂存间，每日手术中心会集中将污物转运至医疗废物暂存间。

本项目 DSA 机房人员和污物路径图见图 9-3、附图 5。

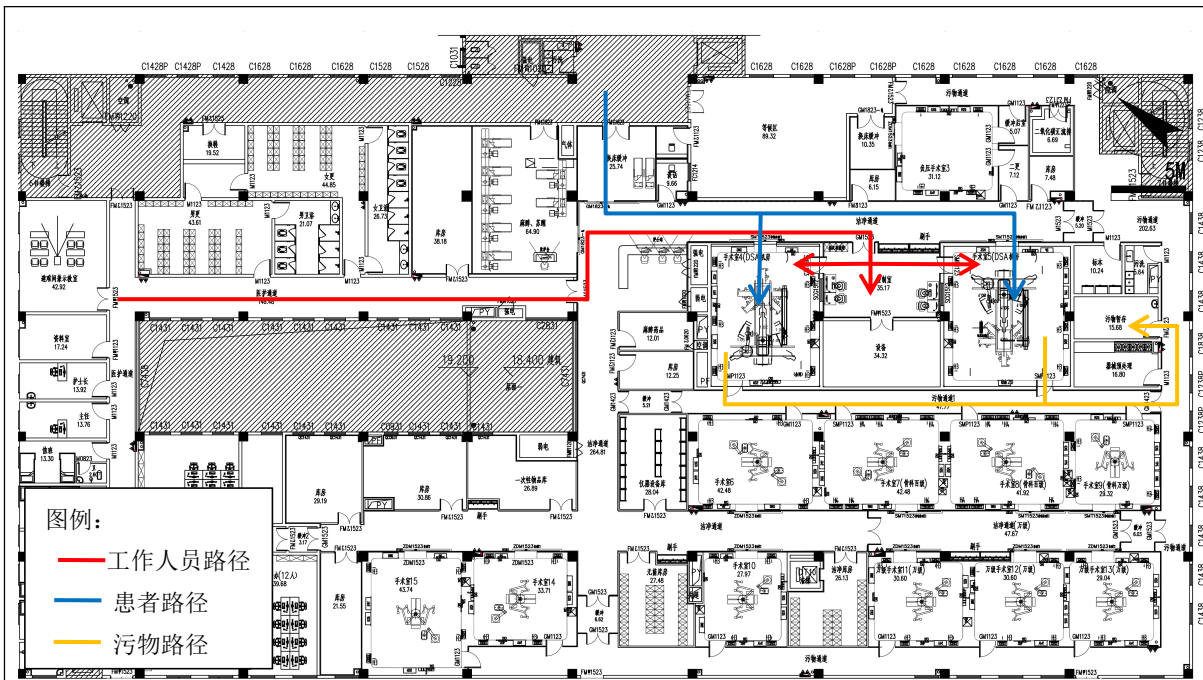


图 9-3 DSA 机房人员和污物路径图

## 污染源项描述

由 X 射线装置的工作原理可知，该院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。因此，在开机工作期间，X 射线是项目主要污染因子。

### (1) 正常工况

项目正常运行过程中，机房内部处于辐射场中，剂量率较高，机房四周及上下层等周围环境可能会受到射线装置发射的 X 射线影响。

### (2) 事故工况

根据医用诊疗射线装置的使用特点，在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到一定剂量 X 射线照射：

- ①门灯指示灯失效，X 射线机处于出线状态，人员误进入机房而受到误照射；
- ②工作人员进入机房后，未全部撤离，仍有人员滞留在机房内，且没有采取辐射防护措施，放射设备开始出束后，滞留人员受到不必要的照射；
- ③检修、维护人员误操作造成误照射；
- ④介入工作人员未穿戴铅防护用品进行手术，受到不必要的照射；
- ⑤诊疗设备年久或更换部件和维护、检修后，未进行质量控制检测，机器性能指

标发生变化，有可能在诊疗过程中使患者受到较大剂量的照射。

此外，射线装置在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无其他放射性废气、放射性废水和放射性固体废弃物产生。

## 表 10 辐射安全与防护

### 项目安全设施

#### 10.1 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定，将辐射场所分为控制区和监督区，以便辐射安全管理和职业照射控制，因此，建设单位应按如下划分辐射工作场所进行监督管理。

（1）控制区：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。本项目以 DSA 机房墙体、顶板、地板、防护门、窗为界，DSA 机房内为控制区。当处于开机状态时，区内无关人员不得滞留。控制区入口处设置醒目的电离辐射警示标识（工作状态指示灯，电离辐射警告标志）及其中文警示说明，并制定严格的管理制度保障此区的辐射安全。

（2）监督区：这种区域未被确定为控制区，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。本项目 DSA 机房周围及楼上、楼下临近区域及划为监督区，在该区域内需要对职业照射条件进行监督和评价，定期检查工作的状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

本项目 DSA 辐射工作场所分区见表 10-1 和图 10-1。

表 10-1 本项目辐射工作场所分区一览表

辐射工作场所	控制区	监督区
手术室 4（DSA 机房）、手术室 5（DSA 机房）	手术室 4、手术室 5 DSA 机房内	控制室、设备间、污物通道、护士站、麻醉药品房、库房、强电、弱电、空调间、洁净通道、污物暂存间、器械预处理室、标本间，楼上净化机房、排放机房、UPS 房、屋面；楼下中心供应区



图 10-1 DSA 项目分区示意图

## 10.2 辐射防护屏蔽设计

本项目 DSA 机房位于溆浦县中医医院新院医疗综合楼医技部五楼，各屏蔽体辐射防护措施见表 10-2。机房屏蔽材料密度分别为实心砖： $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ ，铅板： $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ ，混凝土： $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，铅玻璃： $4.2\text{g}/\text{cm}^3$ ，硫酸钡水泥： $3.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。拟在 2 间 DSA 机房四周墙体现有 240mm 实心砖结构墙体的基础上加 30mm 硫酸钡水泥，底板在现有 200mm 混凝土的基础上加 30mm 硫酸钡水泥，顶棚在现有 260mm 混凝土。手术室 4（DSA 机房）东南墙设置医护防护门和观察窗，西南墙设置污物防护门，东北墙设置患者防护门；手术室 5（DSA 机房）西北墙设置医护防护门和观察窗，西南墙设置污物防护门，东北设置患者防护门；门、窗铅当量均为 3mmPb。

施工方案：手术室墙体直接在墙体上进行打钢丝网，每个钉的距离为 50mm-200mm，然后批荡硫酸钡水泥。现有四周墙体为实心砖，经现场踏勘部分砖缝未完全饱满，并拟将原东侧预留门洞进行封堵，本次环评要求建设单位在施工建设时，应注意砖缝的施工情况，需将砖缝填实，另外线管穿墙处包裹 3mm 铅板作为补偿屏蔽，插座均不能等均不能破坏硫酸钡水泥防护层，防止射线泄露。

表 10-2

机房辐射防护措施一览表

机房名称	手术室 4 (DSA 机房)	手术室 5 (DSA 机房)
四周墙体	240mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥	240mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥
顶棚	260mm 混凝土	260mm 混凝土
地板	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
医护防护门	3mmPb 铅防护门	3mmPb 铅防护门
患者防护门	3mmPb 铅防护门	3mmPb 铅防护门
污物防护门	3mmPb 铅防护门	3mmPb 铅防护门
观察窗	3mmPb 铅玻璃观察窗	3mmPb 铅玻璃观察窗
材料密度： 实心砖：1.65g/cm <sup>3</sup> ；硫酸钡水泥：3.2g/cm <sup>3</sup> ；混凝土：2.35g/cm <sup>3</sup> ；铅板：11.3g/cm <sup>3</sup> ；铅玻璃：4.2g/cm <sup>3</sup> 。		

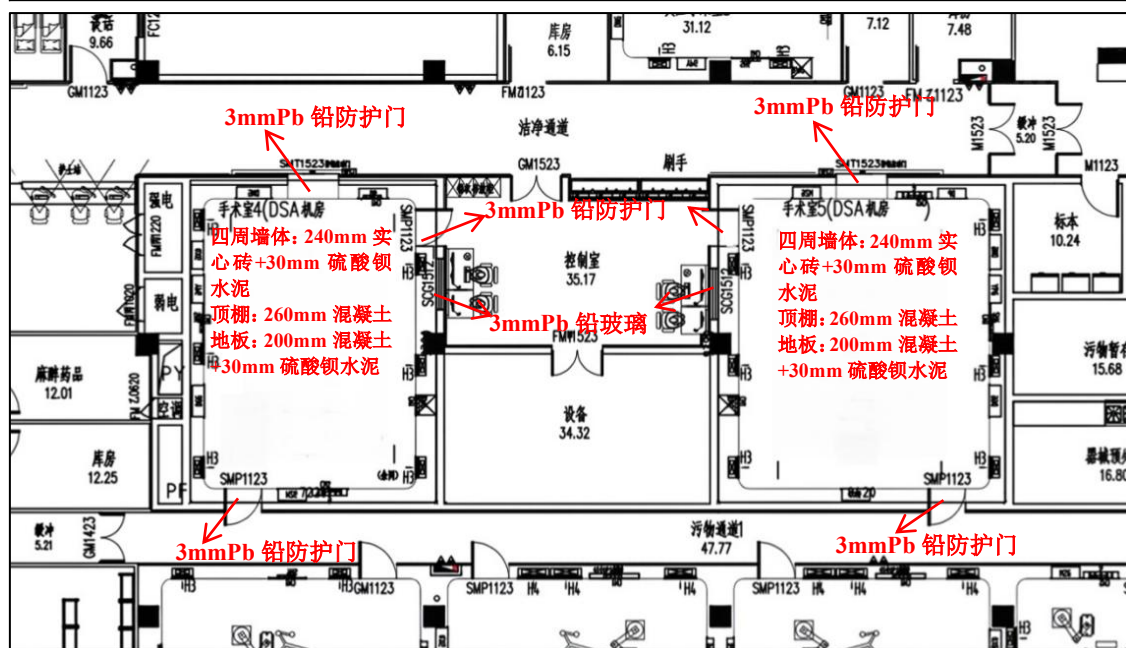


图 10-2 机房辐射防护措施图

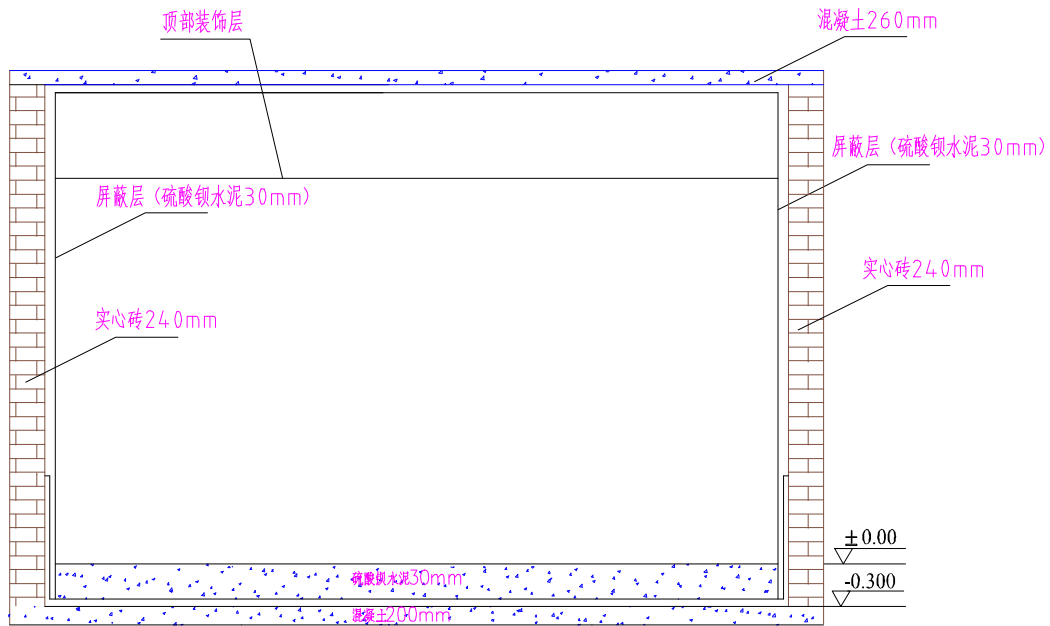
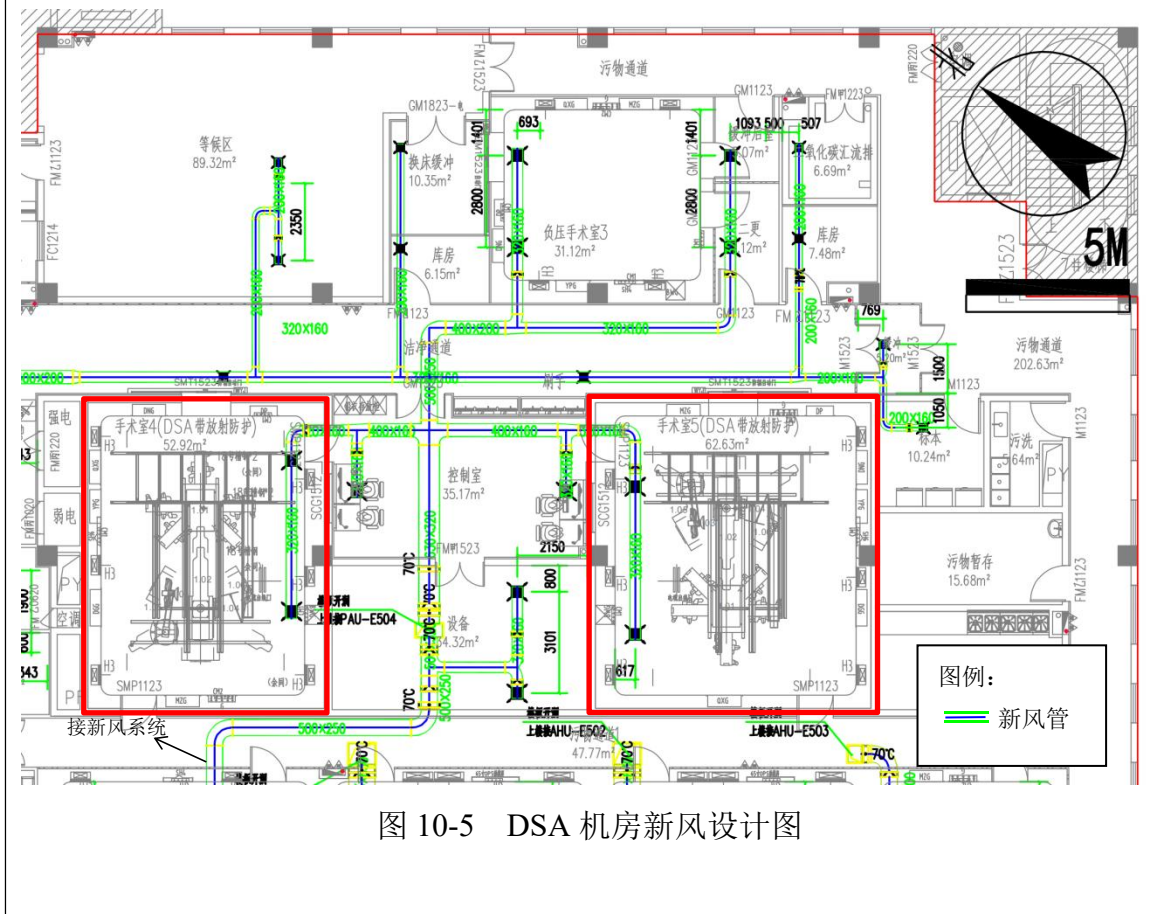
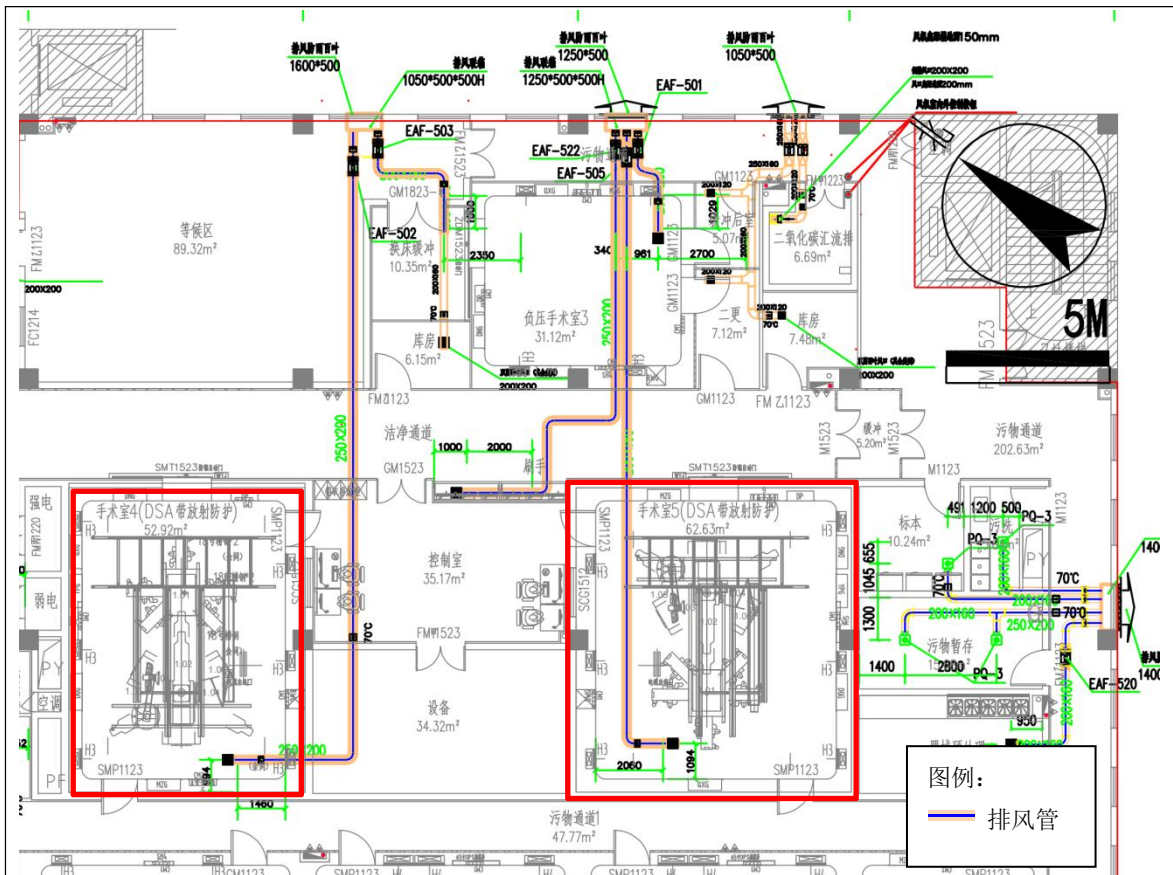


图 10-3 机房辐射防护剖面图

### 10.3 机房通风设计

根据医院提供的资料，DSA 机房所在楼层层高为 4.8m，通风管道平梁底安装，机房内侧通风管道穿墙处包裹 3mm 铅板作为补偿屏蔽。手术室 4（DSA 机房）在机房东角、东南墙中部吊顶处设置新风口，在西南墙中部吊顶处设置排风口。手术室 5（DSA 机房）在机房北角、西北墙中部吊顶处设置新风口，在西南墙中部吊顶处设置排风口。2 个 DSA 机房排风量均为 500m<sup>3</sup>/h，能满足机房内良好的通风，在医疗综合楼东侧设置排风口，两排口并列平吹朝外，新风、排风见图 10-4、5 和附图 5、6。



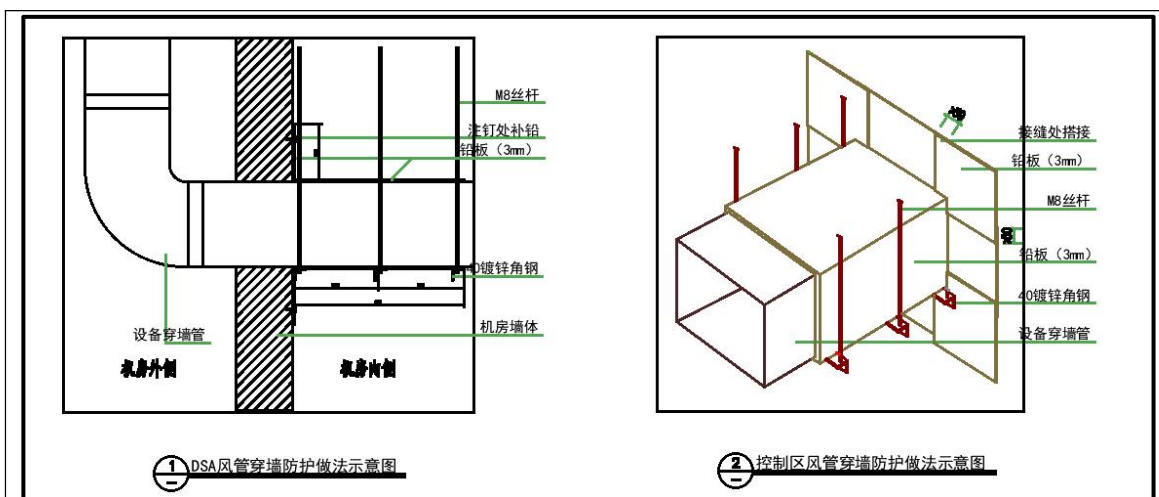


图 10-6 DSA 机房通风穿墙防护设计图

## 10.4 辐射安全与防护措施

### (1) 电离辐射警告标志

《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中要求“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”。

医院拟在 DSA 机房各防护门外醒目位置粘贴“当心电离辐射”、“禁止入内”、“禁止停留”等警告标志，患者防护门上方安装工作状态指示灯，工作状态指示灯与防护门有效关联，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句。在医护防护门上醒目位置粘贴“电离辐射”、“穿防护服”、“戴防护眼镜”等提示标志。

### (2) 对讲装置

医院拟在 DSA 控制室和机房内设对讲装置，以便控制室人员和介入手术医生之间更好的沟通，避免由于沟通不畅导致重复照射。

### (3) 紧急停止装置

手术床旁的控制面板上自带紧急停止开关，出现紧急情况的时候能够及时地切断电源，保护病人和医护人员的安全。

### (4) 消防措施

DSA 机房内吊顶处拟设置烟感报警器，拟配备惰性气体灭火器。

### (5) 其他防护措施

① DSA 机房医护防护门、污物防护门和污物防护门均为平开门，拟设置自动

闭门装置；患者防护门为电动推拉式防护门，上方安装工作状态指示灯，能与机房门有效关联。

②DSA 机房电动推拉门拟设置防夹装置。

③DSA 机房内不堆放与诊疗无关的杂物。

④为方便工作人员观察到机房内情况和患者防护门、污物防护门、医护防护门开闭开闭的情况，本环评建议在 DSA 机房内安装视频监控装置，将显示屏设在控制室，应便于观察受检者状态及各防护门开闭情况。

## 10.5 安全操作及管理措施

介入放射需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和介入医生来说辐射剂量较高，因此在评估介入放射的效应和操作时，其辐射损伤必须加以考虑。由于需要医务人员在机房内，X 射线球管工作时产生的散射线对医务人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，还应在以下方面加强对介入放射的防护工作：

①工作中合理设置设备曝光时的参数，减少透视时间和减少摄影的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量。医院应在工作量大于预期时，适当增加介入医生，对医生进行轮岗，减少工作人员的辐射剂量。

②一般说来，降低病人的剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入人员的培训，包括辐射防护的培训，参与介入的人员应该技术熟练、动作迅速，以减少病人和介入人员的剂量。

③所有在介入诊断的工作人员都应开展个人剂量监测，医院应结合工作人员个人剂量监测的数据采取措施，控制和减少工作人员的受照剂量。

④加强设备的质量保证工作，设备的球管与发生器、透视和数字成像的性能以及其他相关设备应该定期进行检测。

介入手术时，介入医生需站在设备床边操作，故操作人员除个人防护用品（铅衣、铅围脖、铅帽及铅眼镜等）外，应着重考虑 X 射线机操作侧的屏蔽，该屏蔽要做到既不影响操作者的操作，又能达到防护目的。

## 10.6 防护用品

本项目 DSA 机房防护用品部分为新购。个人防护用品和辅助防护设施配置要求见表 7-4，DSA 机房拟配置防护用品和监测仪器见表 10-3。根据 GBZ130-2020

的要求，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；其余防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb。拟配置防护用品和监测仪器满足标准和管理要求。

**表 10-3 DSA 机房现有及拟配置防护用品和监测仪器情况表**

场所	防护用品要求		单位	新增数量	现有数量	
DSA 机房	工作人员	铅橡胶围裙（不小于 0.5mmPb）	必配	件	4	2
		铅橡胶颈套（不小于 0.5mmPb）	必配	件	4	2
		铅防护眼镜（不小于 0.25mmPb）	必配	副	4	2
		介入防护手套（不小于 0.025mmPb）	必配	副	2	0
		铅橡胶帽子（不小于 0.25mmPb）	选配	顶	4	2
	受检者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾（不小于 0.5mmPb）	必配	件	1	1
		铅橡胶颈套（不小于 0.5mmPb）	必配	件	1	1
		铅橡胶帽子（不小于 0.5mmPb）	选配	顶	1	1
	辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘（不小于 0.5mmPb）	必配	个	1	1
		床侧防护帘/床侧防护屏（不小于 0.5mmPb）	必配	个	1	1
	监测仪器	辐射剂量报警仪	必配	台	1	1
X-γ辐射剂量检测仪		必配	台	1	0	
个人剂量计：介入医生、护士：2 个/人；技师：1 个/人。						

本项目环保投资一览表详见表 10-4。

**表 10-4 环保投资一览表**

序号	项目	费用（万元）
1	机房屏蔽（包括：墙体、顶棚、地板、防护门窗等）	100
2	辐射防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、介入防护手套、铅防护眼镜等）	10
3	电离辐射警告标志、工作状态指示灯、对讲装置、视频监控等	6
4	个人剂量报警仪	2
5	新风、排风系统	40
6	工作场所监测	2
7	环境管理（制度上墙、辐射工作人员培训、职业健康体检、个人剂量监测等）	10
合计		170

### 三废的治理

医院数字减影血管造影 X 射线机应用项目中 DSA 设备在运行时无放射性废气、放射性废水和放射性固体废弃物产生，主要污染物为 X 射线、少量臭氧和氮

氧化物。

X射线与空气作用会产生臭氧及氮氧化物,但 DSA 产生的 X 射线能量较低(几十 keV),且每天曝光时间较短,因此 DSA 设备的使用产生臭氧及氮氧化物是少量的。本项目机房建有机械动力进排风系统,通过设置于机房顶部的排风口及管道将机房内气体排出楼外。风管穿墙防护设置设计为 3mmpb 铅板防护。机房室内产生的少量臭氧和氮氧化物通过送排风系统和外界空气对流,可改善室内空气中臭氧及氮氧化物问题,满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中对于机房排风要求。

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目 DSA 机房施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物及设备安装及调试过程可能产生的放射性污染。本项目已进行了整体环评（见附件 13），在此不再进行详细分析。

#### 1、粉尘及防治措施

主要为机械敲打、墙体钻洞等产生的粉尘。为减小施工期间粉尘对外界环境的影响，施工单位应做到以下几点：加强施工现场管理，施工区域采用围挡。

#### 2、噪声及防治措施

施工期噪声主要来自机房装修，午休、夜间禁止产生噪声的施工。通过选取噪音低、振动小的设备降低噪声对周围其他科室的影响。

#### 3、固体废物及防治措施

施工期固体废物主要为建筑垃圾和装修垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的废物统一收集后，运输至合法堆场堆放。

#### 4、废水及防治措施

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水。生活污水依托医院的污水处理系统，经院内处理后进入市政管网。

#### 5、放射性污染及防治措施

设备安装及调试过程会产生放射性污染，因此 DSA 的安装应由专业人员进行，院方不得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，禁止无关人员靠近。

本项目工程量小，施工期短，影响是暂时的，随着机房建设的完成，影响也将消失。通过采取相应的防治措施后，对外界的影响小。

## 11.2 运行阶段对环境的影响

### 11.2.1 DSA 机房辐射屏蔽设计和评价

DSA 机房屏蔽设计与标准对比情况见表 11-1。

表 11-1 DSA 机房屏蔽设计及与标准对比情况

机房名称		屏蔽设计	折算铅当量	GBZ130-2020 中规定的要求	是否满足要求
手术室 4 (DSA 机房)	有效使用面积 m <sup>2</sup>	66.96	/	20	是
	最小单边长度 m	7.2	/	3.5	是
	四周墙体	240mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥	约 4mmPb	2mmPb	是
	顶棚	260mm 混凝土	约 3.5mmPb	2mmPb	是
	地面	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	约 4.4mmPb	2mmPb	是
	防护门	3 个防护门均为 3mmPb 铅防护门	3mmPb	2mmPb	是
	观察窗	3mmPb 铅玻璃观察窗	3mmPb	2mmPb	是
手术室 5 (DSA 机房)	有效使用面积 m <sup>2</sup>	78.12	/	20	是
	最小单边长度 m	8.4	/	3.5	是
	四周墙体	240mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥	约 4 mmPb	2mmPb	是
	顶棚	260mm 混凝土	约 3.5 mmPb	2mmPb	是
	地面	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	约 4.4 mmPb	2mmPb	是
	防护门	3 个防护门均为 3mmPb 铅防护门	3mmPb	2mmPb	是
	观察窗	3mmPb 铅玻璃观察窗	3mmPb	2mmPb	是

注：

根据医院和施工单位提供的资料，本项目采用的各种防护材料中：实心砖：1.65g/cm<sup>3</sup>；硫酸钡水泥：3.2g/cm<sup>3</sup>；混凝土：2.35g/cm<sup>3</sup>；铅板：11.3g/cm<sup>3</sup>；铅玻璃：4.2g/cm<sup>3</sup>。混凝土，砖根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 医用诊断 X 射线防护中不同屏蔽物质的铅当量，管电压（有用线束）为 125kV 时，采用附录 C 中的 C.1、C.2 公式进行拟合计算，计算公式如下：

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

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

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

$\beta$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\alpha$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——铅厚度。

b) 依据 NCRP147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  拟合值 C.2 公式的 B 值，使用式 (C.2) 计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X：

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

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

$\alpha$ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

#### 铅、混凝土、砖对 125 管电压下 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压 kV	铅			混凝土			砖		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
125 (主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974	0.02870	0.06700	1.346

#### 四周墙体铅当量厚度计算

机房名称	屏蔽物质	管电压 125kV (主束) 拟合参数			X 铅厚度 (mm)	B 屏蔽透射 因子	X 不同屏蔽 物质的铅当 量厚度
		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$			
四周墙体	实心红砖	0.02870	0.06700	1.346	240	4.17E-04	2.2
顶棚	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974	260	2.27E-05	3.5
地板	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974	200	1.87E-04	2.6

已知四周墙体为 240mm 实心红砖，顶棚为 260mm 厚混凝土，地板为 200mm 厚混凝土，将混凝土的厚度以及相应的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  拟合值代入 C.1 公式中即可得出相应厚度的屏蔽透射因子 (B)，将 B 值和铅的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  拟合值代入 C.2 中可得出不同屏蔽物质的铅当量厚度。因此可得 240mm 实心红砖相当于 2.2mm 铅当量，260mm 混凝土约等于 3.5mmPb 当量，200mm

混凝土约等于 2.6mmPb 当量。

根据《辐射防护手册 第三分册 辐射安全》（李德平、潘自强编著）中表 3.3（保守按照 150kV 对应的参数，33mm 硫酸钡水泥约等于 2mmPb 当量），根据内插法进行推算出：

$$X=X_1+(X_2-X_1)\times(Y-Y_1)/(Y_2-Y_1)$$

X: 某硫酸钡水泥厚度对应的铅当量；

X<sub>1</sub>: 15mm 硫酸钡水泥对应的铅当量（1mmPb 当量）；

X<sub>2</sub>: 33mm 硫酸钡水泥对应的铅当量（2mmPb 当量）；

Y: 某硫酸钡水泥厚度；

Y<sub>1</sub>: 15mm 硫酸钡水泥厚度；

Y<sub>2</sub>: 33mm 硫酸钡水泥厚度。

根据计算，20mm 硫酸钡水泥约等于 1.2mmPb 当量，30mm 硫酸钡水泥约等于 1.8mmPb 当量。

从表 11-1 的结果看，2 间 DSA 机房的最小有效使用面积及最小单边长度可以满足标准中规定的要求，四周墙体、顶棚、地板、各防护门、观察窗的屏蔽厚度设计方案能够符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准要求。

### 11.2.2 通风系统的设计评价

2 间 DSA 机房均设置新风和排风系统，排风量为 500m<sup>3</sup>/h，有效保证了 DSA 机房室内通风，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”要求。

### 11.2.3 个人剂量估算

DSA 设备在手术中分透视和摄影两种模式。DSA 摄影（拍片）模式是指 DSA 的 X 射线系统曝光时，工作人员位于操作间，即为隔室操作方式。DSA 透视模式是指在透视条件下，医护人员近台同室进行介入操作。本次评价分别对摄影、透视两种工况下 DSA 机房周围的辐射水平进行预测。

在介入手术过程中，机头有用线束直接照向患者，根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节指出，在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线，初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱，因此 DSA 屏蔽估算时可不考虑主束照射。因此，本次评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

根据 DSA 设备的工作原理，设备在正常工况时，本项目 DSA 设备参数无法同时达到最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，正常工况时，不同手术类型和不

同患者身体状况都会影响管电压和管电流的参数，实际使用时管电压通常在 90kV 以下，透视管电流通常为十几毫安，摄影时功率较大，管电流通常为几百毫安。根据目前一些医院的实际值统计，摄影模式下，普遍情况下 DSA 设备的管电压和管电流为 60~100kV/100~500mA；透视模式下管电压和管电流为 60~90kV/5~15mA，本环评采用临床使用较大的设备参数，摄影工况下为：管电压 100kV，管电流 500mA；透视工况下为：管电压 90kV，管电流 15mA（附件 10）。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），“除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl”，本项目购置正规生产厂家生产的设备，滤过参数满足标准要求，本次计算总滤过保守取 2.5mmAl。采用摄影工况下的设备参数：管电压 100kV，管电流 500mA；透视工况下的设备参数管电压 90kV，管电流 15mA。根据《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1（见图 11-1）可得到不同总滤过情况下不同电压下距靶 1m 处的空气比释动能，根据公式 11-1 计算可得到射线装置距靶 1m 处的最大剂量率。

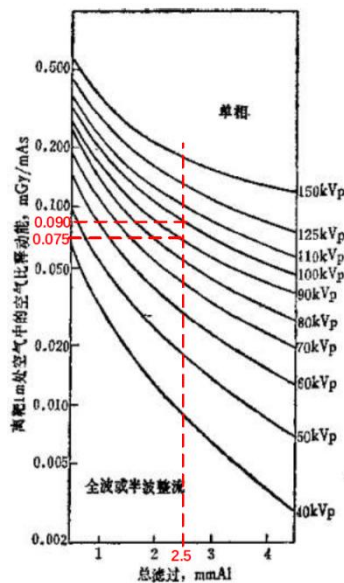


图 11-1 距 X 射线源 1m 处的照射量率随管电压及总滤过厚度变化的情况

根据《辐射防护导论》P69 射线装置距靶 1m 处的空气比释动能率，按公式 11-1 计算：

$$\dot{K} = I \times \delta_x \frac{r_0^2}{r^2}$$

式中：

$\dot{K}$ —离靶  $r$  (m) 处由 X 射线机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率, mGy/min;

$I$ —管电流, mA;

$\delta_x$ —管电流为 1mA, 距靶 1m 处的发射率常数, mGy/(mA·min);

$r_0$ —1m;

$r$ —源至关注点的距离, m。

依据《辐射防护导论》P70, 在 X 射线辐射场中, 同一点处以 Gy 为单位的比释动能与以 Sv 为单位的剂量当量, 数值上几乎相等。因此, 报告在屏蔽计算章节, 将 Gy 等同于 Sv。

表 11-2 本项目 DSA 不同管电压下距靶 1m 处最大剂量率一览表

设备	运行模式	滤过材料及厚度 (mm)	运行管电压 (kV)	距靶 1m 处的发射率常数 mGy/(mA·s)	运行管电流 (mA)	距靶 1m 处最大剂量率 ( $\mu$ Sv/h)
DSA	透视	Al, 2.5	90	0.075	15	4.05E+06
	摄影	Al, 2.5	100	0.09	500	1.62E+08

根据医院提供的相关参数和屏蔽防护方案, 对射线装置运行后周边的辐射环境影响进行理论计算。理论计算时, 取第一术者位, 第二术者位 (护士位), 控制室操作位, 各防护墙、防护门、观察窗外 30cm, 楼上离地 100cm 处, 楼下离地 170cm 处作为关注点。本项目 X 射线球管距地面约 0.3m, 患者散射面距离地面约 0.8m, 根据医院提供的机房安装位置, 设备安装后 DSA 球管最大可移动范围如图 11-2 蓝色框线内, 本项目现有 DSA 导管床规格为 2.5m×0.8m, 靶点中心距地面约 0.3m, 靶点至散射体的距离约 0.5m, 计算距离保守取关注点至球管可移动范围边界处最近距离。预测点位分布示意图详见图 11-2 和图 11-3。

计算本项目 DSA 机房内第一、第二术者位 (M, N) 时, 以患者所在位置为原点, 垂直方向为 Z 轴, 头至脚的方向为 X 轴, 身体左肩至右肩方向为 Y 轴建立坐标系。参考 WS76-2020 附录 I 中距离参数, 设备球管位于 Z 轴正下方, 距患者 0.5m, 距第一、二术者位均为 0.95m; X 轴方向, 第一术者位距原点距离为 0.3m, 第二术者位距原点距离为 0.9m; Y 轴上, 第一、二术者位距离均为 0.5m。R 为设备球管到术者位的距离。以 M 点的 R 为例, 运用勾股定理可算得  $R(M)=(0.3^2+0.5^2+0.95^2)^{0.5}\approx 1.1m$ ; 同理可得,  $R(N)\approx 1.4m$ ,  $d_s$  为患者到术者位的距

离，距第一、二术者位均为 0.45m，以 M 点的  $d_s$  为例，运用勾股定理可算得  $d_s(M)=(0.3^2+0.5^2+0.45^2)^{0.5}\approx 0.7m$ ；同理可得， $d_s(N)\approx 1.1m$ 。

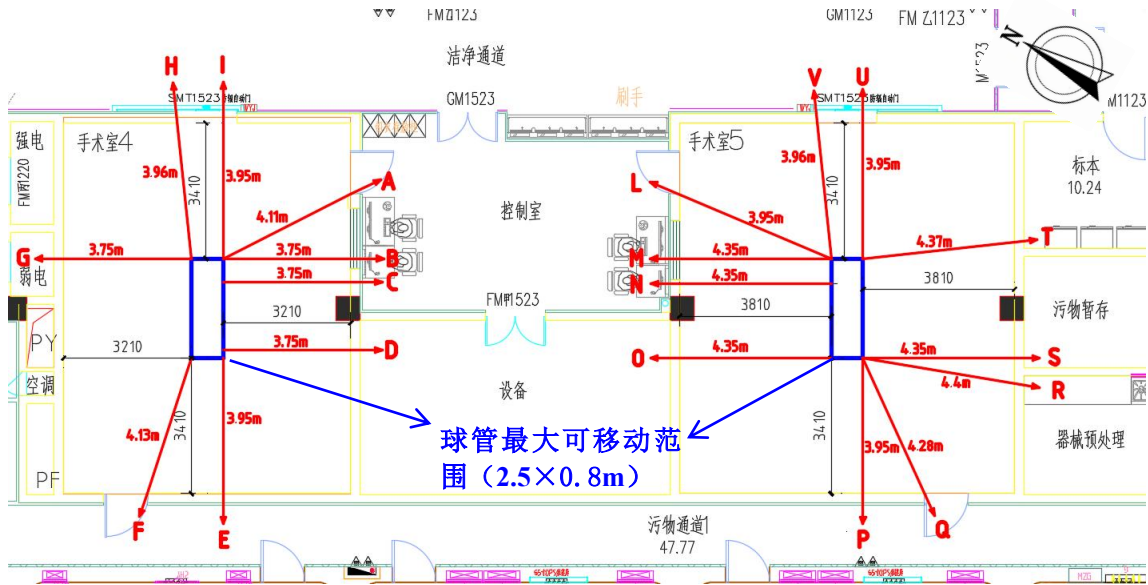


图 11-2 本项目 DSA 机房四周预测点位示意图

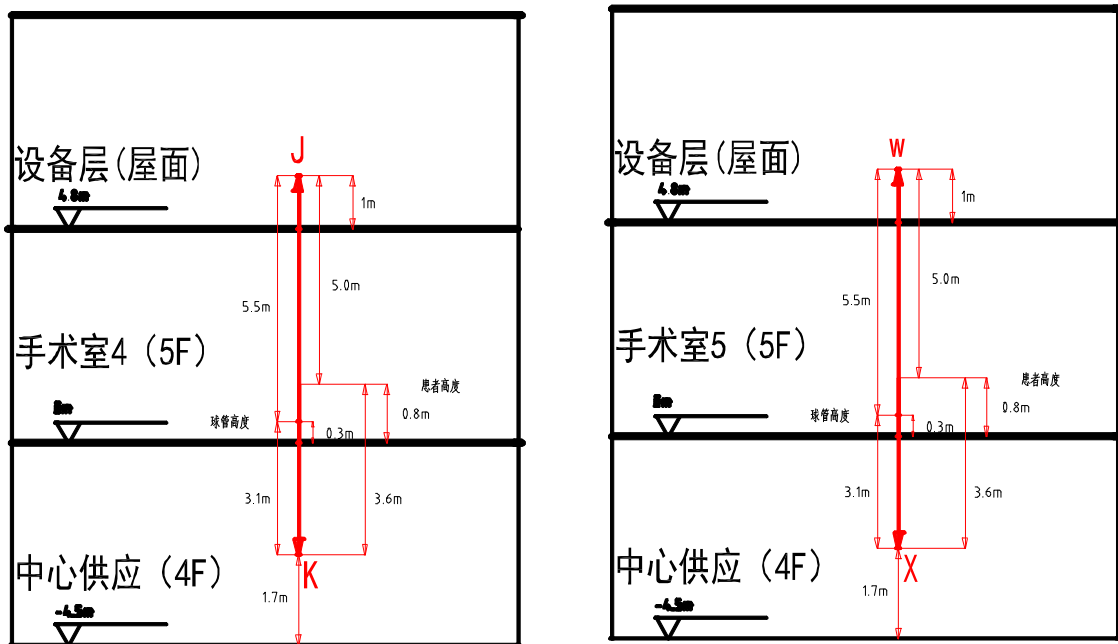


图 11-3 本项目 DSA 机房楼上、楼下预测点位示意图

### ① 泄漏辐射环境影响分析

本项目泄漏辐射剂量率按初级辐射束的 0.1% 计算，根据《辐射防护手册》第一分册（李德平、潘自强主编，原子能出版社，1987 年），计算公式如下式所示：

$$H = \frac{H_0 \cdot f \cdot B}{R^2}$$

式中：

$H$ ——预测点处的泄漏辐射剂量率，uSv/h；

$f$ ——泄漏射线比率，0.1%；

$H_0$ ——距靶点 1m 处 X 射线的漏射剂量率，uSv/h；

$R$ ——靶点距关注点的距离，考虑 DSA 机架旋转，取图中标注距离-源与患者距离，m；

$B$ ——屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中公式和参数计算，公式计算如下式：

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

式中：

$B$ ——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

$\beta$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\alpha$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ——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。

根据 GBZ 130-2020 附录 C 表 C.2 中给出的不同管电压 X 射线辐射在铅中衰减的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  拟合值，摄影工况  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  值保守取 100kV 对应值，透视工况  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  值保守取 90kV 对应值，不同能量  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  值见表 11-3。

表 11-3 X 射线辐射衰减拟合参数

管电压 (kV)	材料	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
90	铅	3.067	18.83	0.7726
100 (主束)	铅	2.500	15.28	0.7557
100 (散射)	铅	2.507	15.33	0.9124

各预测点位泄漏辐射剂量率计算结果见表 11-4。

表 11-4 各预测点泄露辐射剂量率计算结果一览表

工作模式	关注点	关注点位置描述	$H_0$	$f$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$X$	$R$	$B$	$H$
			uSv/h	%	/	/	/	mm	m	/	μSv/h
摄影	A	手术室 4 东南墙医护防护门外 30cm 处(控制室)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	3	4.11	4.14E-05	3.97E-01

B	手术室 4 东南墙观察窗外 30cm(控制室)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	3	3.75	4.14E-05	4.77E-01
C	手术室 4 东南墙 30cm 处(控制室)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	3.75	3.39E-06	3.90E-02
D	手术室 4 东南墙 30cm 处(设备间)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	3.75	3.39E-06	3.90E-02
E	手术室 4 西南墙外 30cm 处(污物通道)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	3.95	3.39E-06	3.52E-02
F	手术室 4 西南墙污物防护门外 30cm 处(污物通道)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	3	4.13	4.14E-05	3.93E-01
G	手术室 4 西北墙外 30cm 处(弱电间)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	3.75	3.39E-06	3.90E-02
H	手术室 4 东北墙外 30cm 处(洁净通道)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	3.96	3.39E-06	3.50E-02
I	手术室 4 东北墙患者防护门外 30cm 处(洁净通道)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	3	3.95	4.14E-05	4.30E-01
J	手术室 4 楼上距地面 100cm 处(设备层)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	3.5	5.5	1.18E-05	6.34E-02
K	手术室 4 楼下距地面 170cm 处(中心供应)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4.4	3.1	1.25E-06	2.10E-02
L	手术室 5 西北墙医护防护门外 30cm 处(控制室)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	3	3.95	4.14E-05	4.30E-01
M	手术室 5 西北墙观察窗外 30cm(控制室)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	3	4.35	4.14E-05	3.55E-01
N	手术室 5 西北墙 30cm 处(控制室)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	4.35	3.39E-06	2.90E-02
O	手术室 5 西北墙 30cm 处(设备间)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	4.35	3.39E-06	2.90E-02
P	手术室 5 西南墙外 30cm 处(污物通道)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	3.95	3.39E-06	3.52E-02
Q	手术室 5 西南墙污物防护门外 30cm 处(污物通道)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	3	4.28	4.14E-05	3.66E-01
R	手术室 5 东南墙外 30cm 处(器械预处理)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	4.4	3.39E-06	2.83E-02
S	手术室 5 东南墙外 30cm 处(污物暂存)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	4.35	3.39E-06	2.90E-02

		间)									
	T	手术室 5 东南墙外 30cm 处(标本间)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	4.37	3.39E-06	2.87E-02
	U	手术室 5 东北墙患者防护门外 30cm 处(洁净通道)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	3	3.95	4.14E-05	4.30E-01
	V	手术室 5 东北墙外 30cm 处(洁净通道)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	3.96	3.39E-06	3.50E-02
	W	手术室 5 楼上距地面 100cm 处(设备层)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	3.5	5.5	1.18E-05	6.34E-02
	X	手术室 5 楼下距地面 170cm 处(中心供应)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4.4	3.1	1.25E-06	2.10E-02
透 视	A	手术室 4 东南墙医护防护门外 30cm 处(控制室)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	3	4.11	7.93E-06	1.90E-03
	B	手术室 4 东南墙观察窗外 30cm(控制室)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	3	3.75	7.93E-06	2.29E-03
	C	手术室 4 东南墙 30cm 处(控制室)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	3.75	3.69E-07	1.06E-04
	D	手术室 4 东南墙 30cm 处(设备间)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	3.75	3.69E-07	1.06E-04
	E	手术室 4 西南墙外 30cm 处(污物通道)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	3.95	3.69E-07	9.58E-05
	F	手术室 4 西南墙污物防护门外 30cm 处(污物通道)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	3	4.13	7.93E-06	1.88E-03
	G	手术室 4 西北墙外 30cm 处(弱电间)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	3.75	3.69E-07	1.06E-04
	H	手术室 4 东北墙外 30cm 处(洁净通道)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	3.96	3.69E-07	9.53E-05
	I	手术室 4 东北墙患者防护门外 30cm 处(洁净通道)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	3	3.95	7.93E-06	2.06E-03
	J	手术室 4 楼上距地面 100cm 处(设备层)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	3.5	5.5	1.71E-06	2.29E-04
	K	手术室 4 楼下距地面 170cm 处(中心供应)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4.4	3.1	1.08E-07	4.56E-05
	L	手术室 5 西北墙医护防护门外 30cm 处(控制室)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	3	3.95	7.93E-06	2.06E-03
	M	手术室 5 西北墙观察窗外	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	3	4.35	7.93E-06	1.70E-03

	30cm(控制室)										
N	手术室 5 西北墙 30cm 处(控制室)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	4.35	3.69E-07	7.90E-05	
O	手术室 5 西北墙 30cm 处(设备间)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	4.35	3.69E-07	7.90E-05	
P	手术室 5 西南墙外 30cm 处(污物通道)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	3.95	3.69E-07	9.58E-05	
Q	手术室 5 西南墙污物防护门外 30cm 处(污物通道)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	3	4.28	7.93E-06	1.75E-03	
R	手术室 5 东南墙外 30cm 处(器械预处理)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	4.4	3.69E-07	7.72E-05	
S	手术室 5 东南墙外 30cm 处(污物暂存间)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	4.35	3.69E-07	7.90E-05	
T	手术室 5 东南墙外 30cm 处(标本间)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	4.37	3.69E-07	7.83E-05	
U	手术室 5 东北墙患者防护门外 30cm 处(洁净通道)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	3	3.95	7.93E-06	2.06E-03	
V	手术室 5 东北墙外 30cm 处(洁净通道)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	3.96	3.69E-07	9.53E-05	
W	手术室 5 楼上距地面 100cm 处(设备层)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	3.5	5.5	1.71E-06	2.29E-04	
X	手术室 5 楼下距地面 170cm 处(中心供应)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4.4	3.1	1.08E-07	4.56E-05	
Y	第一术者位(铅衣内)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	1	1.1	4.08E-03	1.36E+01	
Y	第一术者位(铅衣外)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	0.5	1.1	2.52E-02	8.42E+01	
Z	第二术者位(铅衣内)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	1	1.4	4.08E-03	8.42E+00	
Z	第二术者位(铅衣外)	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	0.5	1.4	2.52E-02	5.20E+01	

注：X 为屏蔽材料等效铅当量。术者位身穿 0.5mmPb 防护用品，在 0.5mmPb 铅防护帘或防护屏后操作。

## ② 散射辐射环境影响分析

对于病人体表的散射的 X 射线可以采用反照射率法估算，引用李德平、潘自强主编的《辐射防护手册》第一分册——《辐射源与屏蔽》（[M]北京：原子能出版社，1987）。

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2}$$

式中：

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

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

$\alpha$ ——患者对 X 射线的散射比；查《辐射防护手册》（第一分册）P437 表 10.1，摄影和透视均取 100kV 下的值： $\alpha=0.0013$ （ $90^\circ$ 散射）；

$s$ ——散射面积， $\text{cm}^2$ ，参照《医用诊断数字减影血管造影（DSA）系统 X 射线辐射源》（JJG1067-2011）中散射面积（ $10 \times 10$ ） $\text{cm}^2$ ，取值  $100\text{cm}^2$ ；

$d_0$ ——源与患者的距离，m，取 0.5m；

$d_s$ ——患者与预测点的距离，m；

$B$ ——屏蔽透射因子。

散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算结果列表见表 11-5。

表 11-5 散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算结果

工作模式	关注点	关注点位置描述	$H_0$	S	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$d_0$	X	ds	B	$H_s$
			$\mu\text{Sv/h}$	$\text{cm}^2$	/	/	/	m	mm	m	/	$\mu\text{Sv/h}$
摄影	A	手术室 4 东南墙医护防护门外 30cm 处（控制室）	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	3	4.11	6.31E-05	7.87E-01
	B	手术室 4 东南墙观察窗外 30cm（控制室）	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	3	3.75	6.31E-05	9.45E-01
	C	手术室 4 东南墙 30cm 处（控制室）	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	3.75	5.14E-06	7.70E-02
	D	手术室 4 东南墙 30cm 处（设备间）	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	3.75	5.14E-06	7.70E-02
	E	手术室 4 西南墙外 30cm 处（污物通道）	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	3.95	5.14E-06	6.94E-02
	F	手术室 4 西南墙污物防护门	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	3	4.13	6.31E-05	7.79E-01

	外 30cm 处 (污物通道)											
G	手术室 4 西北墙外 30cm 处 (弱电间)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	3.75	5.14E-06	7.70E-02	
H	手术室 4 东北墙外 30cm 处 (洁净通道)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	3.96	5.14E-06	6.90E-02	
I	手术室 4 东北墙患 者防护门 外 30cm 处 (洁净通道)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	3	3.95	6.31E-05	8.52E-01	
J	手术室 4 楼上距地 面 100cm 处 (设备 层)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	3.5	5	1.80E-05	1.52E-01	
K	手术室 4 楼下距地 面 170cm 处 (中心供 应)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4.4	3.6	1.89E-06	3.06E-02	
L	手术室 5 西北墙医 护防护门 外 30cm 处 (控制室)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	3	3.95	6.31E-05	8.52E-01	
M	手术室 5 西北墙观 察窗外 30cm (控 制室)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	3	4.35	6.31E-05	7.02E-01	
N	手术室 5 西北墙 30cm 处 (控制室)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	4.35	5.14E-06	5.72E-02	
O	手术室 5 西北墙 30cm 处 (设备间)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	4.35	5.14E-06	5.72E-02	
P	手术室 5 西南墙外 30cm 处 (污物通 道)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	3.95	5.14E-06	6.94E-02	
Q	手术室 5 西南墙污 物防护门 外 30cm 处 (污物通 道)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	3	4.28	6.31E-05	7.26E-01	
R	手术室 5 东南墙外	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	4.4	5.14E-06	5.59E-02	

		30cm 处 (器械预 处理)										
	S	手术室 5 东南墙外 30cm 处 (污物暂 存间)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	4.35	5.14E-06	5.72E-02
	T	手术室 5 东南墙外 30cm 处 (标本间)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	4.37	5.14E-06	5.67E-02
	U	手术室 5 东北墙患 者防护门 外 30cm 处 (洁净通 道)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	3	3.95	6.31E-05	8.52E-01
	V	手术室 5 东北墙外 30cm 处 (洁净通 道)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	3.96	5.14E-06	6.90E-02
	W	手术室 5 楼上距地 面 100cm 处(设备 层)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	3.5	5	1.80E-05	1.52E-01
	X	手术室 5 楼下距地 面 170cm 处(中心供 应)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4.4	3.6	1.89E-06	3.06E-02
透 视	A	手术室 4 东南墙医 护防护门 外 30cm 处 (控制室)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	3	4.11	7.93E-06	2.47E-03
	B	手术室 4 东南墙观 察窗外 30cm (控 制室)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	3	3.75	7.93E-06	2.97E-03
	C	手术室 4 东南墙 30cm 处 (控制室)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	3.75	3.69E-07	1.38E-04
	D	手术室 4 东南墙 30cm 处 (设备间)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	3.75	3.69E-07	1.38E-04
	E	手术室 4 西南墙外 30cm 处 (污物通 道)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	3.95	3.69E-07	1.25E-04
	F	手术室 4 西南墙污 物防护门	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	3	4.13	7.93E-06	2.45E-03

	外 30cm 处 (污物通道)											
G	手术室 4 西北墙外 30cm 处 (弱电间)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	3.75	3.69E-07	1.38E-04	
H	手术室 4 东北墙外 30cm 处 (洁净通道)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	3.96	3.69E-07	1.24E-04	
I	手术室 4 东北墙患 者防护门 外 30cm 处 (洁净通道)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	3	3.95	7.93E-06	2.68E-03	
J	手术室 4 楼上距地 面 100cm 处(设备 层)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	3.5	5	1.71E-06	3.60E-04	
K	手术室 4 楼下距地 面 170cm 处(中心供 应)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4.4	3.6	1.08E-07	4.40E-05	
L	手术室 5 西北墙医 护防护门 外 30cm 处 (控制室)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	3	3.95	7.93E-06	2.68E-03	
M	手术室 5 西北墙观 察窗外 30cm(控 制室)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	3	4.35	7.93E-06	2.21E-03	
N	手术室 5 西北墙 30cm 处 (控制室)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	4.35	3.69E-07	1.03E-04	
O	手术室 5 西北墙 30cm 处 (设备间)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	4.35	3.69E-07	1.03E-04	
P	手术室 5 西南墙外 30cm 处 (污物通 道)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	3.95	3.69E-07	1.25E-04	
Q	手术室 5 西南墙污 物防护门 外 30cm 处 (污物通 道)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	3	4.28	7.93E-06	2.28E-03	
R	手术室 5 东南墙外	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	4.4	3.69E-07	1.00E-04	

		30cm 处 (器械预处理)										
S		手术室 5 东南墙外 30cm 处 (污物暂存间)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	4.35	3.69E-07	1.03E-04
T		手术室 5 东南墙外 30cm 处 (标本间)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	4.37	3.69E-07	1.02E-04
U		手术室 5 东北墙患者防护门外 30cm 处 (洁净通道)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	3	3.95	7.93E-06	2.68E-03
V		手术室 5 东北墙外 30cm 处 (洁净通道)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	3.96	3.69E-07	1.24E-04
W		手术室 5 楼上距地面 100cm 处 (设备层)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	3.5	5	1.71E-06	3.60E-04
X		手术室 5 楼下距地面 170cm 处 (中心供应)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4.4	3.6	1.08E-07	4.40E-05
Y		第一术者位 (铅衣内)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	1	0.7	4.08E-03	4.38E+01
Y		第一术者位 (铅衣外)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	0.5	0.7	2.52E-02	2.70E+02
Z		第二术者位 (铅衣内)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	1	1.1	4.08E-03	1.77E+01
Z		第二术者位 (铅衣外)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	0.5	1.1	2.52E-02	1.09E+02

根据表 11-4 和表 11-5 的计算结果，将各个预测点的散射辐射和泄露辐射的总辐射剂量率统计于表 11-6。

表 11-6 各预测点的总辐射剂量率

工作模式	关注点	关注点位置描述	泄漏辐射剂量率	散射辐射剂量率	总辐射剂量率
			$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$
摄影	A	手术室 4 东南墙医护防护门	3.97E-01	7.87E-01	1.18E+00

		外 30cm 处 (控制室)			
	B	手术室 4 东南墙观察窗外 30cm (控制室)	4.77E-01	9.45E-01	1.42E+00
	C	手术室 4 东南墙 30cm 处 (控制室)	3.90E-02	7.70E-02	1.16E-01
	D	手术室 4 东南墙 30cm 处 (设备间)	3.90E-02	7.70E-02	1.16E-01
	E	手术室 4 西南墙外 30cm 处 (污物通道)	3.52E-02	6.94E-02	1.05E-01
	F	手术室 4 西南墙污物防护门外 30cm 处 (污物通道)	3.93E-01	7.79E-01	1.17E+00
	G	手术室 4 西北墙外 30cm 处 (弱电间)	3.90E-02	7.70E-02	1.16E-01
	H	手术室 4 东北墙外 30cm 处 (洁净通道)	3.50E-02	6.90E-02	1.04E-01
	I	手术室 4 东北墙患者防护门外 30cm 处 (洁净通道)	4.30E-01	8.52E-01	1.28E+00
	J	手术室 4 楼上距地面 100cm 处 (设备层)	6.34E-02	1.52E-01	2.15E-01
	K	手术室 4 楼下距地面 170cm 处 (中心供应)	2.10E-02	3.06E-02	5.16E-02
	L	手术室 5 西北墙医护防护门外 30cm 处 (控制室)	4.30E-01	8.52E-01	1.28E+00
	M	手术室 5 西北墙观察窗外 30cm (控制室)	3.55E-01	7.02E-01	1.06E+00
	N	手术室 5 西北墙 30cm 处 (控制室)	2.90E-02	5.72E-02	8.62E-02
	O	手术室 5 西北墙 30cm 处 (设备间)	2.90E-02	5.72E-02	8.62E-02
	P	手术室 5 西南墙外 30cm 处 (污物通道)	3.52E-02	6.94E-02	1.05E-01
	Q	手术室 5 西南墙污物防护门外 30cm 处 (污物通道)	3.66E-01	7.26E-01	1.09E+00
	R	手术室 5 东南墙外 30cm 处 (器械预处理)	2.83E-02	5.59E-02	8.43E-02
	S	手术室 5 东南墙外 30cm 处 (污物暂存间)	2.90E-02	5.72E-02	8.62E-02
	T	手术室 5 东南墙外 30cm 处 (标本间)	2.87E-02	5.67E-02	8.54E-02
	U	手术室 5 东北墙患者防护门外 30cm 处 (洁净通道)	4.30E-01	8.52E-01	1.28E+00
	V	手术室 5 东北墙外 30cm 处 (洁净通道)	3.50E-02	6.90E-02	1.04E-01
	W	手术室 5 楼上距地面 100cm 处 (设备层)	6.34E-02	1.52E-01	2.15E-01
	X	手术室 5 楼下距地面 170cm 处 (中心供应)	2.10E-02	3.06E-02	5.16E-02
透视	A	手术室 4 东南墙医护防护门外 30cm 处 (控制室)	1.90E-03	2.47E-03	4.38E-03
	B	手术室 4 东南墙观察窗外 30cm (控制室)	2.29E-03	2.97E-03	5.26E-03
	C	手术室 4 东南墙 30cm 处 (控制室)	1.06E-04	1.38E-04	2.45E-04
	D	手术室 4 东南墙 30cm 处 (设备间)	1.06E-04	1.38E-04	2.45E-04
	E	手术室 4 西南墙外 30cm 处 (污物通道)	9.58E-05	1.25E-04	2.20E-04
	F	手术室 4 西南墙污物防护门	1.88E-03	2.45E-03	4.33E-03

		外 30cm 处（污物通道）			
G		手术室 4 西北墙外 30cm 处（弱电间）	1.06E-04	1.38E-04	2.45E-04
H		手术室 4 东北墙外 30cm 处（洁净通道）	9.53E-05	1.24E-04	2.19E-04
I		手术室 4 东北墙患者防护门外 30cm 处（洁净通道）	2.06E-03	2.68E-03	4.74E-03
J		手术室 4 楼上距地面 100cm 处（设备层）	2.29E-04	3.60E-04	5.89E-04
K		手术室 4 楼下距地面 170cm 处（中心供应）	4.56E-05	4.40E-05	8.96E-05
L		手术室 5 西北墙医护防护门外 30cm 处（控制室）	2.06E-03	2.68E-03	4.74E-03
M		手术室 5 西北墙观察窗外 30cm（控制室）	1.70E-03	2.21E-03	3.91E-03
N		手术室 5 西北墙 30cm 处（控制室）	7.90E-05	1.03E-04	1.82E-04
O		手术室 5 西北墙 30cm 处（设备间）	7.90E-05	1.03E-04	1.82E-04
P		手术室 5 西南墙外 30cm 处（污物通道）	9.58E-05	1.25E-04	2.20E-04
Q		手术室 5 西南墙污物防护门外 30cm 处（污物通道）	1.75E-03	2.28E-03	4.03E-03
R		手术室 5 东南墙外 30cm 处（器械预处理）	7.72E-05	1.00E-04	1.78E-04
S		手术室 5 东南墙外 30cm 处（污物暂存间）	7.90E-05	1.03E-04	1.82E-04
T		手术室 5 东南墙外 30cm 处（标本间）	7.83E-05	1.02E-04	1.80E-04
U		手术室 5 东北墙患者防护门外 30cm 处（洁净通道）	2.06E-03	2.68E-03	4.74E-03
V		手术室 5 东北墙外 30cm 处（洁净通道）	9.53E-05	1.24E-04	2.19E-04
W		手术室 5 楼上距地面 100cm 处（设备层）	2.29E-04	3.60E-04	5.89E-04
X		手术室 5 楼下距地面 170cm 处（中心供应）	4.56E-05	4.40E-05	8.96E-05
Y		第一术者位（铅衣内）	1.36E+01	4.38E+01	5.74E+01
Y		第一术者位（铅衣外）	8.42E+01	2.70E+02	3.54E+02
Z		第二术者位（铅衣内）	8.42E+00	1.77E+01	2.62E+01
Z		第二术者位（铅衣外）	5.20E+01	1.09E+02	1.61E+02

由上表计算结果可知：本项目 DSA 射线装置在摄影模式下，机房外周围各关注点处的辐射剂量率最大值为 1.42 $\mu$ Sv/h；透视模式下，机房周围各关注点处的辐射剂量率最大值为 0.0053 $\mu$ Sv/h。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“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”的要求。根据辐射剂量率随距离衰减的原则，本项目 50m 范围内其他关注点受到本项目的辐射影响更低。

综上，该项目 DSA 在正常运行情况下，机房外各关注点的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“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”的要求。

#### 11.2.4 工作人员及公众个人剂量估算

根据医院计划本项目建成后预计年手术量约 1500 台，其中医疗综合楼五楼手术室 5（DSA 机房）年开展手术台数约 1000 台，医疗综合楼五楼手术室 4（DSA 机房）年开展手术台数约 500 台。医院拟配置 16 名介入医生，平均每台手术配备 2 名医生，可分为 8 组，预计总手术台数不超过 1500 台，每组医生手术不超过 200 台/年，透视时医生位于机房内，则机房内单名介入医生每年总的最大受照时间为 66.7h。手术室 4（DSA 机房）DSA 透视年出束时间均约为 166.7h、年摄影出束时间均约为 8.3h，手术室 5（DSA 机房）DSA 透视年出束时间均约为 333.3h、年摄影出束时间均约为 16.7h。技师隔室操作。

##### (1) DSA 机房外公众、操作间辐射工作人员年有效剂量估算

DSA 机房外公众、操作间辐射工作人员年有效剂量计算根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A 公式计算：

$$H_e = D_r \times T \times t \times 10^{-3}$$

式中：

$H_e$  —— X、 $\gamma$ 射线外照射人均年有效剂量值，mSv/a；

$D_r$  —— X、 $\gamma$ 射线周围剂量当量率， $\mu$ Sv/h；

$T$  ——居留因子，本报告对辐射工作人员和周边人员的剂量估算时的照射剂量率均取辐射工作场所四周、楼上及楼下位置的计算最大值，参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）；本项目控制室、楼下中心供应区居留因子取 1；东北侧洁净通道、西南侧污物通道、标本间、污物暂存间、器械预处理室，设备出束时人员部分居留，按部分居留考虑，居留因子取 1/5；弱电、空调强电、设备机房和楼上设备层，设备出束时人员偶尔停留，按偶然居留考虑，居留因子取 1/20。

$t$  —— X、 $\gamma$ 射线照射时间，h/a。

计算结果详见表 11-7 和表 11-8。

**表 11-7 DSA 机房外公众及操作间辐射工作人员年有效剂量估算结果**

工作模式	关注点	关注点位置描述	总辐射剂量率 H	年工作时间 t	居留因子 T	年有效剂量
			$\mu$ Sv/h	h	/	mSv
摄影	A	手术室 4 东南墙医护防护门外 30cm 处（控制室）	1.18E+00	8.30	1	9.83E-03

B	手术室4东南墙观察窗外30cm(控制室)	1.42E+00	8.30	1	1.18E-02
C	手术室4东南墙30cm处(控制室)	1.16E-01	8.30	1	9.63E-04
D	手术室4东南墙30cm处(设备间)	1.16E-01	8.30	1/20	4.81E-05
E	手术室4西南墙外30cm处(污物通道)	1.05E-01	8.30	1/5	1.74E-04
F	手术室4西南墙污物防护门外30cm处(污物通道)	1.17E+00	8.30	1/5	1.95E-03
G	手术室4西北墙外30cm处(弱电间)	1.16E-01	8.30	1/20	4.81E-05
H	手术室4东北墙外30cm处(洁净通道)	1.04E-01	8.30	1/5	1.73E-04
I	手术室4东北墙患者防护门外30cm处(洁净通道)	1.28E+00	8.30	1/5	2.13E-03
J	手术室4楼上距地面100cm处(设备层)	2.15E-01	8.30	1/20	8.93E-05
K	手术室4楼下距地面170cm处(中心供应)	5.16E-02	8.30	1	4.29E-04
L	手术室5西北墙医护防护门外30cm处(控制室)	1.28E+00	16.70	1	2.14E-02
M	手术室5西北墙观察窗外30cm(控制室)	1.06E+00	16.70	1	1.77E-02
N	手术室5西北墙30cm处(控制室)	8.62E-02	16.70	1	1.44E-03
O	手术室5西北墙30cm处(设备间)	8.62E-02	16.70	1/20	7.20E-05
P	手术室5西南墙外30cm处(污物通道)	1.05E-01	16.70	1/5	3.49E-04
Q	手术室5西南墙污物防护门外30cm处(污物通道)	1.09E+00	16.70	1/5	3.65E-03
R	手术室5东南墙外30cm处(器械预处理)	8.43E-02	16.70	1/5	2.81E-04
S	手术室5东南墙外30cm处(污物暂存间)	8.62E-02	16.70	1/5	2.88E-04
T	手术室5东南墙外30cm处(标本室)	8.54E-02	16.70	1/5	2.85E-04
U	手术室5东北墙患者防护门外30cm处(洁净通道)	1.28E+00	16.70	1/5	4.28E-03
V	手术室5东北墙外30cm处(洁净通道)	1.04E-01	16.70	1/5	3.47E-04
W	手术室5楼上距地面100cm处	2.15E-01	16.70	1/20	1.80E-04

		(设备层)				
	X	手术室 5 楼下距地面 170cm 处 (中心供应)	5.16E-02	16.70	1	8.62E-04
透视	A	手术室 4 东南墙医护防护门外 30cm 处 (控制室)	4.38E-03	166.7	1	7.29E-04
	B	手术室 4 东南墙观察窗外 30cm (控制室)	5.26E-03	166.7	1	8.76E-04
	C	手术室 4 东南墙 30cm 处 (控 制室)	2.45E-04	166.7	1	4.08E-05
	D	手术室 4 东南墙 30cm 处 (设 备间)	2.45E-04	166.7	1/20	2.04E-06
	E	手术室 4 西南墙外 30cm 处(污 物通道)	2.20E-04	166.7	1/5	7.35E-06
	F	手术室 4 西南墙污物防护门外 30cm 处 (污物通道)	4.33E-03	166.7	1/5	1.44E-04
	G	手术室 4 西北墙外 30cm 处(弱 电间)	2.45E-04	166.7	1/20	2.04E-06
	H	手术室 4 东北墙外 30cm 处(洁 净通道)	2.19E-04	166.7	1/5	7.31E-06
	I	手术室 4 东北墙患者防护门外 30cm 处 (洁净通道)	4.74E-03	166.7	1/5	1.58E-04
	J	手术室 4 楼上距地面 100cm 处 (设备层)	5.89E-04	166.7	1/20	4.91E-06
	K	手术室 4 楼下距地面 170cm 处 (中心供应)	8.96E-05	166.7	1	1.49E-05
	L	手术室 5 西北墙医护防护门外 30cm 处 (控制室)	4.74E-03	333.3	1	1.58E-03
	M	手术室 5 西北墙观察窗外 30cm (控制室)	3.91E-03	333.3	1	1.30E-03
	N	手术室 5 西北墙 30cm 处 (控 制室)	1.82E-04	333.3	1	6.06E-05
	O	手术室 5 西北墙 30cm 处 (设 备间)	1.82E-04	333.3	1/20	3.03E-06
	P	手术室 5 西南墙外 30cm 处(污 物通道)	2.20E-04	333.3	1/5	1.47E-05
	Q	手术室 5 西南墙污物防护门外 30cm 处 (污物通道)	4.03E-03	333.3	1/5	2.69E-04
	R	手术室 5 东南墙外 30cm 处(器 械预处理)	1.78E-04	333.3	1/5	1.18E-05
	S	手术室 5 东南墙外 30cm 处(污 物暂存间)	1.82E-04	333.3	1/5	1.21E-05
	T	手术室 5 东南墙外 30cm 处(标 本室)	1.80E-04	333.3	1/5	1.20E-05

U	手术室 5 东北墙患者防护门外 30cm 处 (洁净通道)	4.74E-03	333.3	1/5	3.16E-04
V	手术室 5 东北墙外 30cm 处 (洁净通道)	2.19E-04	333.3	1/5	1.46E-05
W	手术室 5 楼上距地面 100cm 处 (设备层)	5.89E-04	333.3	1/20	9.82E-06
X	手术室 5 楼下距地面 170cm 处 (中心供应)	8.96E-05	333.3	1	2.99E-05
Y	第一术者位 (铅衣内)	5.74E+01	66.7	1	3.83E+00
Y	第一术者位 (铅衣外)	3.54E+02	66.7	1	2.36E+01
Z	第二术者位 (铅衣内)	2.62E+01	66.7	1	1.74E+00
Z	第二术者位 (铅衣外)	1.61E+02	66.7	1	1.08E+01

各预测点位年有效剂量估算结果汇总于表 11-8。

**表 11-8 DSA 机房外职业人员及公众年有效剂量估算结果**

关注点	关注点位置描述	不同模式下年有效剂量		总年有效剂量 mSv	人员类型
		摄影	透视		
A	手术室 4 东南墙医护防护门外 30cm 处 (控制室)	9.83E-03	7.29E-04	1.06E-02	职业人员
B	手术室 4 东南墙观察窗外 30cm (控制室)	1.18E-02	8.76E-04	1.27E-02	职业人员
C	手术室 4 东南墙 30cm 处 (控制室)	9.63E-04	4.08E-05	1.00E-03	职业人员
D	手术室 4 东南墙 30cm 处 (设备间)	4.81E-05	2.04E-06	5.02E-05	公众人员
E	手术室 4 西南墙外 30cm 处 (污物通道)	1.74E-04	7.35E-06	1.81E-04	公众人员
F	手术室 4 西南墙污物防护门外 30cm 处 (污物通道)	1.95E-03	1.44E-04	2.09E-03	公众人员
G	手术室 4 西北墙外 30cm 处 (弱电间)	4.81E-05	2.04E-06	5.02E-05	公众人员
H	手术室 4 东北墙外 30cm 处 (洁净通道)	1.73E-04	7.31E-06	1.80E-04	公众人员
I	手术室 4 东北墙患者防护门外 30cm 处 (洁净通道)	2.13E-03	1.58E-04	2.29E-03	公众人员
J	手术室 4 楼上距地面 100cm 处 (设备层)	8.93E-05	4.91E-06	9.42E-05	公众人员
K	手术室 4 楼下距地面 170cm 处 (中心供应)	4.29E-04	1.49E-05	4.44E-04	公众人员
L	手术室 5 西北墙医护防护门	2.14E-02	1.58E-03	2.30E-02	职业人员

	外 30cm 处 (控制室)				
M	手术室 5 西北墙观察窗外 30cm (控制室)	1.77E-02	1.30E-03	1.90E-02	职业人员
N	手术室 5 西北墙 30cm 处(控制室)	1.44E-03	6.06E-05	1.50E-03	职业人员
O	手术室 5 西北墙 30cm 处(设备间)	7.20E-05	3.03E-06	7.50E-05	公众人员
P	手术室 5 西南墙外 30cm 处 (污物通道)	3.49E-04	1.47E-05	3.64E-04	公众人员
Q	手术室 5 西南墙污物防护门外 30cm 处 (污物通道)	3.65E-03	2.69E-04	3.92E-03	公众人员
R	手术室 5 东南墙外 30cm 处 (器械预处理)	2.81E-04	1.18E-05	2.93E-04	公众人员
S	手术室 5 东南墙外 30cm 处 (污物暂存间)	2.88E-04	1.21E-05	3.00E-04	公众人员
T	手术室 5 东南墙外 30cm 处 (标本室)	2.85E-04	1.20E-05	2.97E-04	公众人员
U	手术室 5 东北墙患者防护门外 30cm 处 (洁净通道)	4.28E-03	3.16E-04	4.60E-03	公众人员
V	手术室 5 东北墙外 30cm 处 (洁净通道)	3.47E-04	1.46E-05	3.62E-04	公众人员
W	手术室 5 楼上距地面 100cm 处 (设备层)	1.80E-04	9.82E-06	1.89E-04	公众人员
X	手术室 5 楼下距地面 170cm 处 (中心供应)	8.62E-04	2.99E-05	8.92E-04	公众人员

由表 11-8 可知, 经估算, 手术室 4 (DSA 机房) 外辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.013mSv, 手术室 5 (DSA 机房) 外辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.023mSv, 考虑到 2 间 DSA 机房剂量叠加的影响, 本项目 DSA 机房外辐射工作人员年有效剂量为 0.036mSv, 满足机房外工作人员管理目标值 2mSv/a 的要求。本项目 DSA 机房外公众年有效剂量最大值为 0.0046mSv, 满足公众管理目标值 0.1mSv/a 的要求。

根据剂量率与距离成平方反比的关系, 距离机房越远, 辐射剂量率越低, 本项目 50m 评价范围内其他公众受到本项目的辐射影响更低, 满足国家标准要求和本项目公众人员年有效剂量管理目标值。由此说明, 本项目 DSA 机房的防护设计满足要求, 其正常运行时产生的辐射影响在国家允许的范围以内。

## (2) DSA 机房内介入操作人员的外照射辐射年有效剂量估算

根据 DSA 手术的操作流程和特点，摄影时所有工作人员（包括介入医生、护士）均撤离手术室，手术期间需边进行手术操作、边透视，透视时间长、且同室近台操作，透视模式下的工作人员受照剂量率和受照时长远大于摄影模式，因此手术室内辐射工作人员受照剂量主要来自透视状态。

参加 DSA 手术的工作人员应按照要求佩戴个人防护用品，正确使用铅帘和铅屏。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，严格按照要求在铅围裙外领口锁骨对应领口位置和围裙内左胸口位置各佩戴一个剂量计。个人有效剂量可按照以下公式进行估算：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o$$

式中：

$E$ ——有效剂量中的外照射分量，单位为毫希沃特（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  $H_p(10)$ ，单位为毫希沃特（mSv）

$\beta$ ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

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

辐射工作人员在透视模式下进入 DSA 机房进行操作，将有关参数代入公式 11-6，计算第一术者、第二术者人员年有效剂量，结果列于表 11-9。

表 11-9 透视模式下介入人员年有效剂量估算结果

保护目标	$\alpha$	$\beta$	部位	辐射剂量率	年照射时间	年有效剂量 E
				$\mu\text{Sv/h}$	h	mSv
第一术者	0.79	0.051	铅衣内	5.74E+01	66.7	4.23
			铅衣外	3.54E+02	66.7	
第二术者			铅衣内	2.62E+01	66.7	1.93
			铅衣外	1.61E+02	66.7	

由表 11-9 可知，本项目 DSA 机房内的介入操作第一、第二术者操作位的年有效剂量分别为 4.23mSv、1.93mSv，叠加上摄影时手术室 4（DSA 机房）外辐射工作人员最大年有效剂量 0.013mSv 和手术室 5（DSA 机房）外辐射工作人员年有效剂量最大值 0.023mSv（见表 11-8），介入医生的最大年有效剂量值为 4.266mSv，介入护士仅少数情况进入 DSA 机房内，主要在未透视状态下进入，因此机房内介

入人员最大年有效剂量值均能满足剂量约束值 5mSv 的要求。

### 11.2.5 DSA 机房辐射防护措施符合性分析

医院 DSA 机房辐射措施合理性根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 进行分析, 辐射防护措施符合性分析结果见表 11-10。

**表 11-10 医院射线装置的辐射防护措施符合性分析表**

射线装置类型	标准防护要求	本项目方案	符合性
DSA	X 射线机应设有单独的机房, 机房应满足使用设备的空间要求。单管头 X 射线设备 (含 C 形臂) 机房最小有效使用面积为 20m <sup>2</sup> , 最小单边长度为 3.5m。	本项目机房为独立机房, 手术室 4 (DSA 机房) 建设后有效使用面积为 66.96m <sup>2</sup> , 最小单边长度为 7.2m, 手术室 5 (DSA 机房) 建设后有效使用面积为 78.12m <sup>2</sup> , 最小单边长度为 8.4m。	符合
	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。	机房与控制室之间设置铅玻璃观察窗, 在 DSA 机房内安装视频监控装置, 便于观察受检者状态及各防护门开闭情况。	符合
	介入 X 射线设备机房: 有用线束方向铅当量 2mmPb, 非有用线束方向铅当量 2mmPb。	各机房四周墙体、顶板、地板、各防护门、窗的铅当量≥3mmPb。	符合
	机房应设置动力排风装置, 保持良好的通风。	机房内设置新风排风系统, 能保持良好通风。	符合
	(1) 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。 (2) 平开机房门应有自动闭门装置; 电动推拉门宜设置防夹装置; 工作状态指示灯能与机房门有效关联。	(1) DSA 机房门外设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯, 灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句; 候诊区设置放射防护注意事项告知栏。 (2) 本项目为电动推拉门, 电动推拉门设置防夹装置, 工作状态指示灯和与患者防护门能有效关联。	符合
其他	配备适量的符合防护要求的各种辅助防护用品, 如铅衣、铅手套、铅围裙等。	医院为 DSA 机房配置数量足够, 规格符合标准要求的铅衣、铅眼镜、铅围脖等辐射防护用品。拟配个人剂量报警仪和 X、γ 辐射剂量检测仪。	符合

由表 11-9 可知, 医院 DSA 机房按相关标准要求设计, 机房的辐射防护措施可以满足相关规定要求。

### 11.2.6 建设单位从事辐射活动的技术能力评价

通过对医院的现场调查，结合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证所要求的申请条件，医院在各方面的执行情况见表 11-11。

**表 11-11 项目安全与辐射防护能力建设情况表**

标准要求	单位执行情况	符合情况
使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	医院成立了辐射安全与环境保护管理小组。	符合
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考核。	医院拟在本项目投入使用前安排辐射工作人员参加辐射安全和防护知识培训，取得合格证。	符合
放射性同位素与射线装置使用场所所有防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	机房门口拟设置电离辐射警告标志及工作状态指示灯。工作状态指示灯与机房门有效关联。	符合
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，包括辐射监测等仪器。	医院拟购置防护铅围裙、铅帽等防护用品，并为每个介入人员配备个人剂量计。拟配个人剂量报警仪和 X、 $\gamma$ 辐射剂量检测仪。	符合
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。	医院制定了一系列辐射防护管理制度包括《辐射工作场所安全管理制度》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射工作人员岗位职责》《医用射线装置检修维护制度》《台账管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员培训计划》《DSA 操作规程》等。	符合
有完善的辐射事故应急措施。	医院制定了辐射事故应急处理预案。	符合

由表 11-11 可知，医院在贯彻执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的过程中做了大量切合实际的工作，医院的辐射防护基本可满足相关要求，辐射管理制度合理可行。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第四十条，“根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四

个等级”，具体见表 11-12。

**表 11-12 国务院令 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	指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	指 III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	指 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

### 11.3.2 可能发生的辐射事故

本项目涉及 II 类射线装置的使用，可能发生的辐射事故等级见表 11-13。

**表 11-13 本项目的环境风险因子、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	危害结果	事故等级
DSA（II 类射线装置）	X 射线	①门灯指示失效，有人误入正在运行的射线装置机房； ②无关人员未撤离机房，操作人员启动设备； ③检修、维护人员误操作造成误照射； ④介入工作人员未穿戴铅防护用品进行手术； ⑤诊疗设备年久或更换部件和维护、检修后，未进行质量控制检测，机器性能指标发生变化；	导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故

### 11.3.3 事故预防措施

#### ①门灯指示失效风险预防措施

**原因分析：**门灯指示灯失效，X 射线机处于出线状态，人员误进入机房而受到误照射。

**预防措施：**按操作规程定期对门灯关联装置进行检查，发现故障及时清除，严禁在警示灯失效的情况下进行操作。

#### ②无关人员未撤离机房风险预防措施

**原因分析：**工作人员进入机房后，未全部撤离，仍有人员滞留在机房内，且没有采取辐射防护措施，放射设备开始出束后，滞留人员受到不必要的照射。

**预防措施：**手术前撤离机房时清点人数，必须按程序对机房进行全视角搜寻，对滞留机房内的无关人员进行劝离。有外来人员进入时，工作人员应根据情况，采取急停或相应措施，阻止外来人员受到误照射。

### ③检修、维护人员误操作风险预防措施

**原因分析：**由于工作人员缺乏防护知识，安全观念淡薄、无责任心，违反操作规程和有关规定，操作失误；管理不善、领导失察等，是人为造成辐射事故的最大原因。特别是对育龄妇女、孕妇、儿童等敏感人群照射前，没有按照规定告知、说明或者没有对敏感器官进行必要的屏蔽防护，造成辐射事故。

**预防措施：**严格执行设备的维护保养制度，定期组工作人员进入机房后，未全部撤离，仍有人员滞留在机房内，且没有采取辐射防护措施，放射设备开始出束后，滞留人员受到不必要的照射。组织辐射工作人员学习专业业务知识，不断提高业务水平。

### ④介入工作人员未穿戴铅防护用品进行手术风险预防措施

加强对辐射工作人员防护知识培训，提高防护技能，辐射工作人员在岗操作前，佩戴个人剂量计，定期开展个人剂量检测和职业健康体检，妥善保管个人剂量和职业健康体检结果，出现异常情况时，分析原因，并采取相应措施。严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

### ⑤未进行质量控制检测风险预防措施

**原因分析：**诊疗设备年久或更换部件和维护、检修后，未进行质量控制检测，机器性能指标发生变化，有可能在诊疗过程中使患者受到较大剂量的照射。

**预防措施：**建设单位按照规范要求在安装完成或大修后委托有资质的放射卫生技术服务机构进行验收检测，定期做好设备稳定性检测和状态检测，使设备及各项辐射防护安全措施始终保持在有效状态下工作。

## 11.3.4 应急方案的启动

1) 一旦发生辐射事故，及时启动《辐射事故应急处理预案》。发生辐射事故时，当事人应即刻报告科室负责人，科室负责人随即通知辐射事故应急处理小组有关成员采取应急响应救助措施。

2) 发生辐射事故时，应急处理小组各成员应认真履行职责，各相关部门应积极协调配合，以便妥善处理所发生的辐射事故。

- 3) 各应急救助物资应准备充分、调配及时。
- 4) 发生事故后应在 2 小时内报告生态环境、卫生行政部门。

## 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

#### 1、辐射安全与环境保护管理小组

医院根据相关规定成立了辐射安全与环境保护管理小组，由医院书记担任组长，院长、副院长担任副组长，相关科室工作人员为成员。辐射安全与环境保护管理小组全面负责医院的放射诊疗管理及相关工作，具体见附件 3。

#### 2、辐射工作人员

本项目拟配备 22 名介入工作人员，包括 16 名介入医生、4 名介入护士，2 名介入技师；设备搬迁至南院后，现有介入工作人员均调至新院从事本项目介入工作，已确定人员为 14 名介入医生、2 名介入护士、1 名介入技师，其他人员从外部招聘或者内部培养，暂未确定具体人员。本次评价要求拟调配的人员职业健康体检结果为“可从事放射工作”或“可继续从事放射工作”，个人剂量最近一年不超过 5mSv/a，取得辐射安全与防护培训合格证并在有效期内，已确定人员个人剂量最近一年均不超过 5mSv/a，均取得辐射安全与防护培训合格证并在有效期内。本项目介入工作人员不从事其他项目辐射工作。

医院应及时组织新增辐射工作人员进行上岗前职业健康体检、辐射安全与防护培训。确保人员体检合格且取得有效期内辐射安全与防护知识培训合格证书后方可上岗。

医院应按规定为辐射工作人员配发个人剂量计，对于介入医生、护士，应采用双剂量计监测方法，配备的 2 个剂量计应颜色对比强烈，易于分辨。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

为保障 DSA 设备正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，医院制定了一系列的规章制度（详见附件 4），部分规章制度名称如下：

- (1) 辐射工作场所安全管理制度
- (2) 辐射防护和安全保卫制度
- (3) 放射工作人员岗位职责
- (4) 医用射线装置检修维护制度
- (5) 台账管理制度

- (6) 辐射工作人员培训制度
- (7) 辐射工作人员培训计划
- (8) DSA 操作规程
- (9) 辐射事故应急处理预案

上述已制定的规章制度基本满足本项目的需求，医院将根据投入使用设备的具体型号完善详细的操作规程。医院应在今后工作中，不断总结经验，根据项目实际情况、生态环境管理部门的要求，对相关内容加以完善和补充，提高现有制度的可操作性，并确保各项制度的落实。

### 12.3 辐射监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）等要求，须对个人剂量、工作场所及周围环境进行监测。辐射监测内容包括个人剂量与工作场所及周围环境的监测。工作人员配发的个人剂量计，定期进行检测。医院委托有资质单位每年对工作场所辐射环境进行一次监测，对院内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日前在“辐射安全申报系统”中提交上一年度的辐射评估报告。此外，医院应根据本项目产生的污染因子特点，制定日常防护监测计划并进行自主监测。医院应对配备的X- $\gamma$ 辐射剂量检测仪和个人剂量报警仪按1次/年的频率进行校准。

#### (1) 个人剂量监测

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的要求：

a.辐射工作人员应配备个人剂量计，并定期（每3个月）送检；

b.介入手术操作的辐射人员手术时，辐射主要来自前方，外剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置，内剂量计应佩戴在铅围裙内躯干上，且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

c.医院落实个人剂量监测制度，统一管理个人剂量计，避免出现工作人员剂量计丢失等现象，定期将个人剂量计送至监测单位检查，并建立个人剂量管理档案。个人剂量监测档案包括辐射工作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。对辐射工作人员个人剂量档

案的保管，要求终生保存，辐射工作人员调动工作单位时，个人剂量档案应随其转给调入单位。

### (2) 工作场所和周围环境辐射监测

根据国家相关要求，使用射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，利用便携式监测仪开展至少每季度一次的辐射工作场所辐射监测，同时每年度应委托有资质的单位对辐射工作场所及周围环境进行辐射监测。具体监测点位如下

监测计划表详见表 12-1。

**表 12-1 监测计划一览表**

监测类别	监测项目	具体内容	监测频次
自主监测	周围剂量当量率	工作人员操作位、管线洞口、距墙体、防护门、观察窗表面 30cm 处；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm 周围剂量当量率；机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处周围剂量当量率。	每季度 1 次
委托监测	周围剂量当量率	工作人员操作位、管线洞口、距墙体、防护门、观察窗表面 30cm 处；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm 周围剂量当量率；机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处周围剂量当量率。	每年 1 次
	外照射个人剂量当量 $H_p(10)$	外照射个人剂量监测，进入 DSA 机房的医生、护士佩戴两个剂量计，1 个佩戴在铅衣（铅围裙）里面胸部位置，另外 1 个佩戴在铅衣（铅围裙）外面颈部位置，其他辐射工作人员配备单个剂量计	3 个月为一周期，一年监测 4 次

### (3) 辐射工作人员健康管理

医院建立了辐射工作人员上岗前、在岗期间、离岗时和应急的健康检查制度。按照规定，定期对辐射工作人员进行职业健康体检，并为辐射工作人员建立了个人职业健康档案，由专人统一管理。

## 12.4 辐射事故应急

### 1、辐射事故应急预案、辐射事故应急响应机构

为建立健全辐射事故应急机制，及时处置突发辐射事故，提高应急处置能力，最大程度地减少辐射事故及其可能造成的人员伤害和财产损失，医院根据国务院令 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射诊疗管理规定》等文件精神，制定了《辐射事故应急处理预案》（附件 5）。

《辐射事故应急预案》包括下列内容：应急处理领导小组与工作职责、辐射事故应急处理的责任划分、应急救护应遵循的原则、应急处理程序、辐射事故的调查、领导小组联系方式和各行政部门应急联系电话。

应急联系人及电话：向建文 19892987666

溆浦县卫生健康局：0745-3227076

市生态环境局：0745-2713819

市生态环境局溆浦分局：0745-3224931

省生态环境厅：0731—85698110

公安部门：110

建设单位的应急预案内容较完善，并且具有较好的针对性和可操作性，能够满足拟开展核技术利用项目的事故应急需求。

## 2、事故应急培训演习计划

(1) 事故应急演练：完善的预案、周到的准备和准确的事故处理必须依靠定期的应急演练来加以巩固和提高，从而真正发生时能够做到沉着应对、科学处置。医院的辐射事故应急处理预案及时修订，并定期组织应急演练，应急演练时注意以下几个方面：

①制定周密的演练方案：明确演练内容、目的、时间、地点、参演人员等。

②进行合理的人员分工：成立演练领导组、工作组、保障组等机构，进行角色分工，明确人员职责。

③做好充分的演练准备：维护仪器设备，配齐物资器材，找好演练场地。

④开展实战演练：按照事先预定的方案和程序，有条不紊地进行，演练过程中除非发生特殊情况，否则尽量不要随意中断。若出现问题，演练完毕后再进行总结。

⑤做好总结归纳：演练完毕要及时进行归纳总结，对于演练过程中出现的问题要认真分析，并加以改正，成功的经验要继续保持。

(2) 应急响应准备：包括建立辐射事故应急值班制度、开展人员培训、配备必要的应急物资和器材。

①应急处理领导小组建立完善的辐射事故应急预警机制，及时收集、分析辐射事故相关信息，协调下设小组人员开展辐射事故应急准备工作，定期开展事故

应急演练，提高应急处置能力。

②定期就辐射安全理论，辐射事故应急处理预案、程序和处置措施，以及应急监测技术等内容组织学习，必要时进行考核，以达到培训效果。

③根据医院核技术利用情况，可能发生的事故级别，做好事故应急装备的准备工作。主要包括交通、通讯、污染控制和安全防护等方面的物资和器材。

## 12.5 竣工环境保护验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目竣工后，建设单位自主或委托技术服务机构开展环保竣工验收工作，具体内容见表 12-2。

表 12-2 环境保护竣工验收一览表

序号	验收项目	验收内容	验收要求
1	环保文件	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具验收监测报告	各项资料齐全
2	环境管理制度、应急措施	成立管理机构，制定的辐射防护相关制度内容切实可行，具有可操作性，设备有操作规程，另有关制度需上墙。	有专门的辐射领导机构，制定并落实各项制度，有关制度上墙
3	辐射工作人员管理	所有辐射工作人员上岗前均应佩戴个人剂量计，进行职业健康体检并取得合格报告，参加辐射安全知识培训并集中考核合格，相关资料均按要求存档。	个人剂量计配备齐全、职业健康体检档案保存完整齐全，辐射工作人员取得辐射安全知识培训证书后持证上岗。
4	防护用品	防护监测设备和防护用品按报告表中（表 10-3）要求落实	防护用品按要求落实到位（规格、数量满足日常工作需要）。
5	辐射屏蔽设计及安全防护措施	①机房屏蔽防护按环评报告表的要求落实到位；②机房内不得堆放无关杂物，保持良好的通风；③机房防护门上方设置工作状态指示灯，并且指示灯工作正常，射线装置机房设置门灯有效关联。防护门上均贴辐射警告标志及中文说明。	①按要求落实机房屏蔽防护措施，屏蔽体外辐射剂量率满足标准要求；②机房内通风良好，无杂物；③按环评要求落实设备、机房各项安全措施，工作状态指示灯与机房门的关联有效。按要求在防护门上贴辐射警告标志及中文说明。
6	辐射监测	①委托有资质的单位对工作场所及周围环境进行常规监测，并出具监测报告；②配备相应的自检设备（辐射剂量报警仪）。	①委托有资质的单位对工作场所及周围环境进行常规监测，场所检测档案完整；②配备相应的自检设备（良好），自检数据存档。
7	剂量限值	辐射工作人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv}$ ；公众年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$	辐射工作人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv}$ ；机房场所防护定期检测，公众年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$

	屏蔽体外剂量率控制	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 处周围剂量当量率	设备透视状态运行时检测机房屏蔽体外的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h
8	室内	机房设置动力排风装置, 保持机房内通风良好	机房内设动力排风装置, 运行良好

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

溆浦县中医医院在新院医疗综合楼五楼新建 2 间 DSA 机房及其附属用房,附属用房包括控制室、设备间等区域,新购 1 台 DSA 配套使用,将老院 1 台 DSA 搬至手术室使用,在 DSA 机房内新安装空气净化系统。

#### 13.1.2 实践正当性分析

本项目的建设对保障健康、拯救生命起着十分重要的作用。项目运营以后提高了医院救治病人的效率,医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此,本项目的实施对受照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。

#### 13.1.3 产业政策符合性

本项目使用的 DSA 属于《产业结构调整指导目录(2024 年本)》中第一类第十三项“医药”中第 4 款“高端医疗器械创新发展:新型基因、蛋白和细胞诊断设备,新型医用诊断设备和试剂,高性能医学影像设备,高端放射治疗设备,急危重症生命支持设备,人工智能辅助医疗设备,移动与远程诊疗设备,高端康复辅助器具,高端植入介入产品,手术机器人等高端外科设备及耗材,生物医用材料、增材制造技术开发与应用”,属于国家鼓励类产业,符合国家产业政策。

#### 13.1.4 选址可行性分析

DSA 机房与其他场所分开,用房相对独立,项目营运期产生的电离辐射经有效屏蔽后对周围环境影响较小。通过对 DSA 项目周围环境的调查结果表明,本项目所在地 $\gamma$ 辐射剂量率在怀化市天然辐射范围内。从环境保护角度分析,项目选址可行。

#### 13.1.5 环境影响分析结论

(1) DSA 机房四周墙体、顶板、地板、各防护门、观察窗均采取了相应的辐射屏蔽措施,能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)标准要求。

(2) 根据理论推算可知:本项目 DSA 投入使用后,辐射工作人员所受到的年有效剂量低于医院提出的 5.0mSv/a 的管理目标值;机房外公众所受的年有效剂

量低于医院提出的 0.1mSv/a 的管理目标值。

(3) 医院拟按要求配备防护用品及检测仪器，防护用品的规格及数量能满足医院辐射工作的开展。

(4) 医院成立了辐射安全与环境保护管理小组，制定了相关的射线装置管理制度及辐射事故应急处理预案。

(5) 医院组织现有辐射工作人员进行了辐射防护知识培训、个人剂量监测、职业健康监护检查，并建立了相应的档案。

综上所述，溆浦县中医医院新院医用血管造影 X 射线机（DSA）建设项目实施符合相关法律法规和标准要求，医院认真贯彻落实本报告表中提到的环保措施后，从环境保护和辐射防护角度考虑，该项目的开展是可行的。

## 13.2 建议

(1) 建议在 DSA 机房内安装视频监控装置，将显示屏设在控制室，应便于观察受检者状态及各防护门开闭情况。

(2) 负责 DSA 介入手术的所有医生、护士、技师均应按辐射工作人员进行管理，参加集中考核并取得辐射安全与防护考核成绩报告单后方可上岗，到期后按要求进行复训。

(3) 医院应组织辐射工作人员到有职业健康检查资质的医疗机构进行职业健康检查，周期为 1~2 年，体检合格方可上岗。

(4) 医院应日常监督辐射工作人员个人剂量计佩戴情况，要求辐射工作人员妥善保管个人剂量卡，避免丢失、损坏。规范介入医生和护士个人剂量计的佩戴。进入手术室的医生、护士佩戴两个剂量计，1 个佩戴在铅衣（铅围裙）里面胸部位置，另外 1 个佩戴在铅衣（铅围裙）外面颈部位置。

(5) 在取得本次环评报告批复文件且工作场所达到使用标准后，医院应当按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定的许可证申请程序，重新申请领取《辐射安全许可证》，并按照规定自主开展竣工环境保护验收工作。

表 14 审批

生态环境部门预审意见:

经办人:

公章:

年 月 日

审批意见:

经办人:

公章:

年 月 日