

核技术利用建设项目

会同县人民医院第一中医医院分院

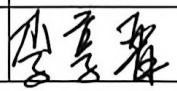
新增 1 台医用血管造影 X 射线机（DSA）项目

环境影响报告表



打印编号：1778655372000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	1ub657		
建设项目名称	会同县人民医院第一中医医院分院新增1台医用血管造影X射线机（DSA）项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	 会同县人民医院		
统一社会信用代码	12431225448464656H		
法定代表人（签章）	周宗永		
主要负责人（签字）	周宗永		
直接负责的主管人员（签字）	游满华		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	 湖南涌仁科技有限公司		
统一社会信用代码	91430111060108038K		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
李亨晋	20230503543000000020	BH052016	
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李亨晋	全文	BH052016	

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	12
表 3 非密封放射性物质	12
表 4 射线装置	13
表 5 废弃物（重点是放射性废物）	14
表 6 评价依据	15
表 7 保护目标与评价标准	17
表 8 环境质量和辐射现状	23
表 9 项目工程分析与源项	27
表 10 辐射安全与防护	32
表 11 环境影响分析	41
表 12 辐射安全管理	61
表 13 结论与建议	66
表 14 审批	68
附件 1 委托书	69
附件 2 辐射安全许可证	70
附件 3 关于调整辐射安全与环境保护管理小组的通知	77
附件 4 辐射防护相关制度（部分）	79
附件 5 辐射事故应急预案	90
附件 6 个人剂量监测报告	93
附件 7 环境辐射监测报告	124
附件 8 DSA 机房防护设计、人员及设备拟配置情况	135
附件 9 关于剂量管理目标值的确定文件	140
附件 10 拟建 DSA 机房设备球管最大可移动范围距离标示图	141
附件 11 相关环保手续	142
附件 12 确定为会同县人民医院分院的批复	148
附件 13 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）	149
附件 14 职业健康检查报告	159

附件 15 执行标准函169

附件 16 预审意见171

附件 17 专家评审意见173

附图 1 会同县人民医院第一中医医院分院地理位置图 175

附图 2 医院平面布局及评价范围示意图 176

附图 3 医疗保健综合楼一楼平面布置图 177

附图 4 医疗保健综合楼二楼平面布置图 178

附图 5 医疗保健综合楼负一层平面布置图 179

附图 6 现场照片180

表 1 项目基本情况

建设项目名称		会同县人民医院第一中医医院分院新增 1 台医用血管造影 X 射线机（DSA）项目			
建设单位		会同县人民医院			
法人代表		周宗永	联系人	周朝晖	联系电话 *****
注册地址		湖南省怀化市会同县林城镇改河街 208 号			
项目建设地点		会同县林城镇大石板汽车站旁会同县人民医院第一中医医院分院医疗保健综合楼一楼 DSA 机房			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		1000	项目环保投资（万元）	72	投资比例（环保投资/总投资） 7.2%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） /
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	项目概述 1.1 医院简介 会同县人民医院始建于 1939 年，经过八十多年的发展，已成为集医疗、保健、科研、教学、预防、康复于一体的“三级综合性医院”，为湖南省人民医院定点指导医院，湖南省脑科医院（湖南省第二人民医院）对口帮扶医院，湖南医药学院临床教学实践医院，湖南省助理全科医生培训基地，担负着全县及周边县、市近 50 万人口的医疗保健服务工作。医院始终秉承“恪守医德、人性关怀、严谨求精、创新致远”的办院宗旨，为百姓提供“诚挚、温馨、权威、便捷”的医疗健康保健服务。医院占地面积约 11 万平方米，业务用房 5.34 万平方米，预留用地 1.5 万平方米，编制床位 680 张，开放床位 1082 张。开设有临床、医技、职能科室共 49 个，拥有湖南省县域省级				

重点学科 1 个（骨科）；县域省级重点学科建设项目 2 个（呼吸与危重症医学科、心血管内科）；县域市级重点学科 11 个（普外科、心血管内科、呼吸与危重症科、神经内科、肾内科、神经外科、泌尿外科、妇产科、临床药学、检验科、影像科）。配备 GE1.5T 核磁共振、GE64 排 128 层 CT、飞利浦 DR、GE S10 彩超、飞利浦四维彩超、史赛克 1488 高清腹腔镜及电子胃、GEDSA、联影钼靶机、小儿或成人纤维支气管镜、移动式三维 C 臂、18 人高压氧舱等一大批先进的诊疗设备。目前建有急诊急救五大中心——胸痛中心、卒中中心、创伤中心、高危孕产妇抢救中心、新生儿救治中心。

1.2 任务由来

为响应国家中医药振兴政策、弥补地方中医服务短板、争取省级财政支持而启动的重点民生工程，旨在全面提升县域中医药服务能力。前期由会同县卫生健康局组织建设，会同县卫生健康局于 2018 年 1 月 26 日取得《怀化市环境保护局关于会同县中医医院改扩建项目环境影响报告书的批复（怀环审〔2018〕16 号）》（见附件 11）；由于项目名称变更，会同县卫生健康局申请对项目环评重新办理，2022 年 11 月 1 日，怀化市生态环境局会同分局关于对《会同县第一中医医院建设项目环境影响评价申请》进行复函（见附件 11），原环评文件继续有效。2026 年 4 月 14 日，会同县人民政府《关于同意将会同县第一中医医院明确为会同县人民医院分院的批复》（附件 12），会同县第一中医医院明确为会同县人民医院分院，后续由会同县人民医院进行运营。医院于 2022 年开始建设，现主体工程已基本建设完成，拟于 2026 年 10 月交付，还未进行环保竣工验收。

本次医院拟在医疗保健综合楼一楼建设 1 间 DSA 机房及其附属用房，拟新增 1 台医用血管造影 X 射线机（以下简称“DSA”）配套使用，目前已完成建筑基础建设。

根据环境保护部、国家卫生和计划生育委员会的公告（2017 年第 66 号）《关于发布<射线装置>分类的公告》，项目拟新增的医用血管造影 X 射线机属于 II 类射线装置，另根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号）“使用 III 类放射源的；使用 II 类射线装置的；乙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）”应编制环境影响报告表。因此，会同县人民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：会同县人民医院第一中医医院分院新增 1 台医用血管造影 X 射线机（DSA）项目

2.建设单位：会同县人民医院

3.建设性质：新建

4.建设地点：会同县林城镇大石板汽车站旁会同县人民医院第一中医医院分院医疗保健综合楼一楼 DSA 机房

5.建设内容：医院拟在会同县人民医院第一中医医院分院医疗保健综合楼一楼建设 1 间 DSA 机房及其附属用房，附属用房包括控制室、DSA 设备机房、患者缓冲间、导管间、污物间等区域，拟新购 1 台 DSA 配套使用，在 DSA 机房内安装新风和排风系统。本项目改建后平面布置图见图 1-1、附图 3。

本次环评的设备装置参数详见表 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
DSA	II	待定	125kV	1000mA	1	医疗保健综合楼一楼 DSA 机房	拟购

6、DSA 机房建设方案：

（1）拟建设区域现状

本项目拟在会同县人民医院第一中医医院分院医疗保健综合楼一楼建设 1 间 DSA 机房及其附属用房，现医疗保健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。医疗保健综合楼一楼拟建 DSA 机房现有四周墙体均为 370mm 实心砖结构，地板、顶板均为 150mm 混凝土结构。

（2）建设方案

拟在机房四周现有 370mm 实心砖结构墙体的基础上加 20mm 硫酸钡水泥；底板在现有 150mm 混凝土的基础上加 30mm 硫酸钡水泥；顶棚现为 150mm 混凝土厚，拟在顶棚下方增加 2mm 铅板。东墙设置患者防护门、医护防护门和观察窗，南墙设置污物防护门和导管室防护门，门、窗铅当量均为 4mmPb。

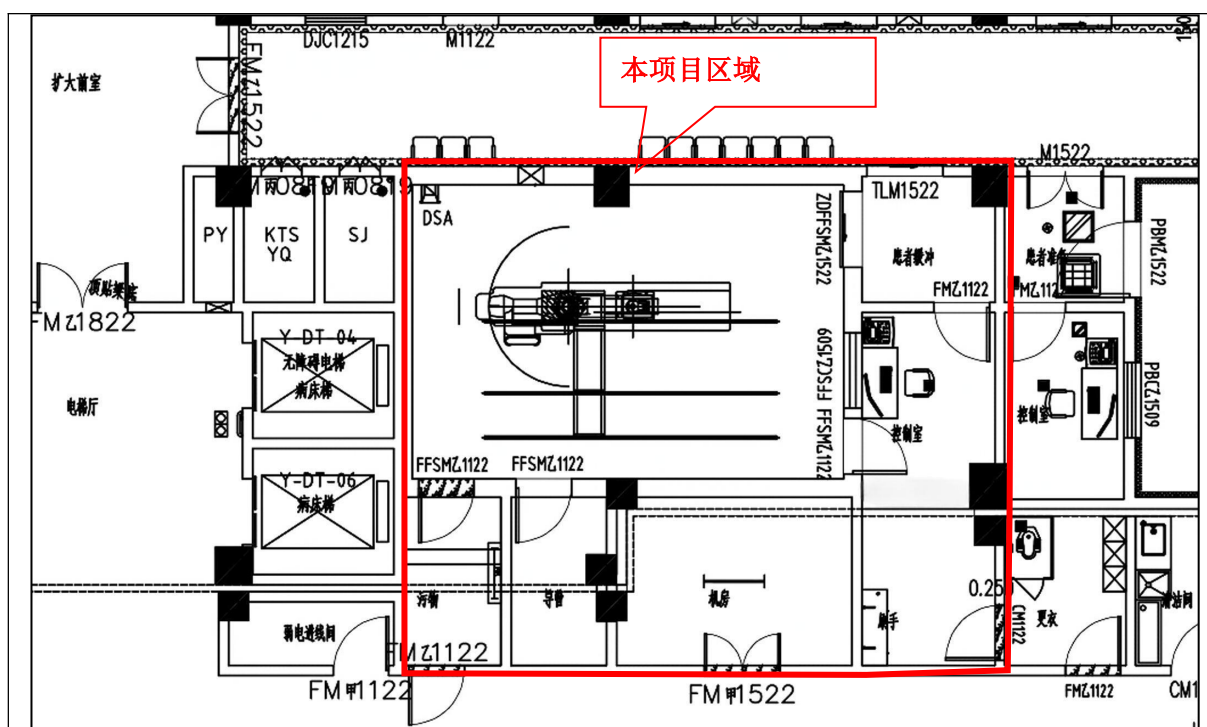


图 1-1 DSA 机房平面布置图

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	医疗保健综合楼一楼DSA机房
四周墙体	370mm实心砖+20mm硫酸钡水泥
顶棚	150mm混凝土+2mmPb铅板
地板	150mm混凝土+30mm硫酸钡水泥
医护防护门（东墙）	4mmPb铅防护门
患者防护门（东墙）	4mmPb 铅防护门
污物防护门（南墙）	4mmPb 铅防护门
导管室防护门（南墙）	4mmPb 铅防护门
观察窗（东墙）	4mmPb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	位于医疗保健综合楼一楼建设一间DSA机房，机房有效使用面积为49.3m ² ，长宽高为8.5m×5.8m×5.4m（层高）。	新建
	设备	DSA机房拟新增一台最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA的DSA，设备型号待定。	新增
辅助工程	附属用房	控制室、DSA设备机房、患者缓冲间、导管间、污物间等附属用房。	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	依托院内供水系统。	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机房设置新风和排风系统，DSA机房设1个新风口位于机房中间吊顶处，1个排风口位于机房西北角吊顶处，机房内、外侧通风管道穿墙处包裹2mm铅板作为补偿屏蔽，DSA机房新风量和排风量均为500m ³ /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门回收处理，产生的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。	依托

8、人员配置：本项目拟配备 12 名介入工作人员，包括 6 名介入医生、4 名介入护士、2 名介入技师，人员为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，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。

9、工作负荷：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，预计总手术台数不超过 500 台，每组医生手术不超过 200 台/年，平均每台手术曝光时间摄影约为 1min，透视约为 20min，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，DSA 透视年出束时间约为 166.7h、年摄影出束时间约为 8.3h。

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，根据人体不同组织和器官对 X 射线的吸收程度的不同，在有一束强度均匀的 X 射线穿过时，其内部结构信息会根据透过水平呈现出相应的影像。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）地理位置

会同县人民医院第一中医医院分院位于湖南省怀化市会同县林城镇大石板汽车站旁，地理位置见图 1-2、附图 1。



图 1-2 会同县人民医院第一中医医院分院地理位置图

本项目 DSA 机房位于会同县人民医院第一中医医院分院医疗保健综合楼一楼，项目周边平面布置见图 1-3、附图 2。

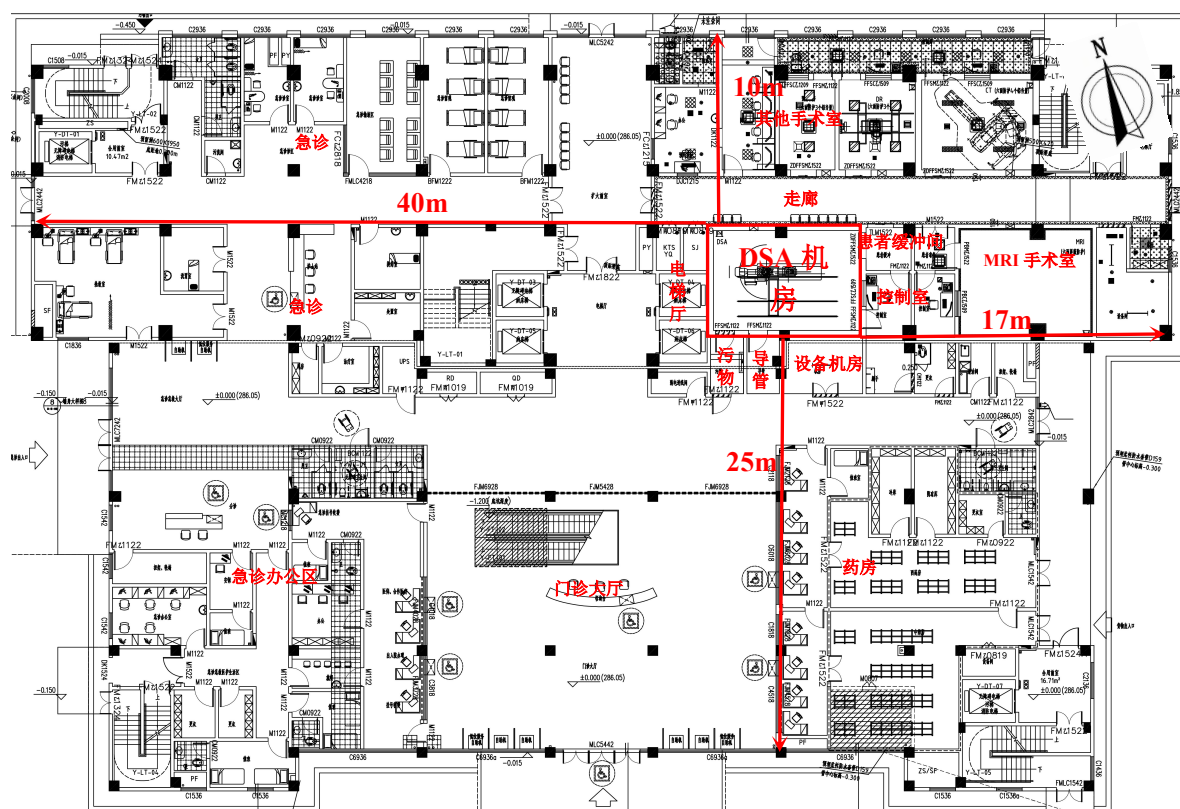


图 1-3 DSA 手术室所在楼层平面图

（2）工作场所周围环境

会同县人民医院第一中医医院分院东临双拥路，南临城市道路，西临将军北路，北临城市道路。

本项目 DSA 机房位于会同县人民医院第一中医医院分院医疗保健综合楼一楼，医疗保健综合楼位于院区西部，为一栋地上 13 层建筑，医疗保健综合楼东南西北侧均为院内道路。

DSA 机房位于医疗保健综合楼一楼东北部，机房东侧为控制室、患者缓冲间，南侧为设备机房、导管室、污物间，西侧为电梯厅，北侧为走廊；楼上为走廊和针灸推拿治疗室；楼下为地下停车场。

（3）选址及平面布局合理性

根据《会同县中医医院改扩建项目环境影响报告书》《怀化市环境保护局关于会同县中医医院改扩建项目环境影响报告书的批复（怀环审〔2018〕16 号）》和《怀化市生态环境局会同分局关于对会同县第一中医医院建设项目环境影响评价申请的复函》（附件 11），会同县第一中医医院建设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。

本项目医护从东门沿走廊向西进入换衣间刷手进入 DSA 控制室或 DSA 机房；患者从电梯厅出发沿走廊向北再向东通过手术区入口经患者缓冲间从患者防护门进入 DSA 机房，术后原路返回；DSA 机房内的污物打包后暂存于污物间，当日手术结束后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[00503]（见附件2），有效期至2029年7月20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	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置（CT）	SOMATOM Emotion 6	Ⅲ类	本部放射科	湘环评辐表（2018）106号	已许可	2019年4月进行了自主验收
2	X 射线计算机断层摄影设备（CT）	Optima ct680 expert	Ⅲ类	本部放射科		已许可	
3	数字乳腺 X 射线摄影系统（乳腺机）	uMammo 890i	Ⅲ类	本部放射科		已许可	
4	数字化医用 X 射线摄像系统（DR）	UDR 780i	Ⅲ类	本部放射科		已许可	
5	医用血管造影 X 射线机（DSA）	Optima CL323o	Ⅱ类	本部介入科		已许可	
6	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备（口腔 CT）	DENTRI-S	Ⅲ类	本部口腔科		已许可	
7	数字化 X 射线摄影系统（DR）	DTP580B-1	Ⅲ类	本部体检中心		已许可	
8	移动式 C 型臂 X 射线机	Ortho-A52	Ⅲ类	本部手术室	备案号：202043122500000004	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 1 台 DSA 主要是在 X 射线影像的指引下开展介入手术工作，为会同县人民医院第一中医医院分院，为新建项目，与原有核技术利用项目无依托关系，本项目建成以后，重新进行招聘工作人员。

1.7.3 现有辐射工作人员

医院现有辐射工作人员 62 名。人员情况详见表 1-7。

从收集的资料可知，20 人取得了辐射安全培训证书，42 人参加了医院组织的自主培训并考核合格。2025 年 1 月至 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 年的体检报告，51 人职业健康体检结论“可继续原放射工作”，11 人为“可从事放射工作”。医院辐射工作人员信息一览表见表 1-6，医院现有介入人员基本情况见表 1-7。

表 1-6 医院辐射工作人员信息一览表

辐射工作人员数量	62 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 年的体检报告，42 人职业健康体检结论“可继续原放射工作”，11 人为“可从事放射工作”。
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。

表 1-7 医院现有介入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	核技术利用辐射安全与防护考核
1	杨伟粮	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
2	董倩	女	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
3	刘炬坚	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
4	明晃	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
5	李青松	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
6	李茂查	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得

7	谭翔	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
8	李想	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
9	宋伟	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
10	栗富斌	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
11	兰子顺	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
12	丁平	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
13	李帆	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
14	张胜利	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
15	梁晶蓝	女	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
16	栗彦铭	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
17	杨鹏	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
18	林宇	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
19	罗成林	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得
20	刘威	男	介入放射学	未超过医院管理目标值	已取得

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程制度、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）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）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；

③通过查阅医院辐射安全申报系统，发现辐射工作人员数量与实际不一致。

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指导辐射工作人员正确佩戴个人剂量计。

③医院应及时在辐射安全申报系统中更新人员等信息。

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	待定	125	1000	介入诊疗	医疗保健综合楼一楼 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 (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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					以下空白								

表 5 废弃物（重点是放射性废物）

[illegible]

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

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

表 6 评价依据

法规文件	1、《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订，2015 年 1 月 1 日施行）； 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）； 3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）； 4、《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）； 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）； 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）； 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）； 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）； 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）； 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）； 11、《产业结构调整指导目录（2024 年本）》； 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）； 13、《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）； 14、《放射工作人员职业健康管理暂行办法》（卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行）。
技术标准	1、《建设项目环境影响评价技术导则-总纲》（HJ2.1-2016）； 2、《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件

	的内容和格式》（HJ10.1—2016）； 3、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 4、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 5、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 6、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； 7、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 8、《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）； 9、《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）； 10、《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）； 11、《医用诊断数字减影血管造影（DSA）系统 X 射线辐射源》（JJG1067-2011）； 12、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）； 13、关于印发《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》的通知环办辐射函〔2025〕313 号； 14、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）。
其他	1、环境影响评价委托书（见附件 1）； 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； 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）； 4、《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）； 5、《辐射防护导论》（原子能出版社，方杰）； 6、联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告； 7、医院提供的其他资料。

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。

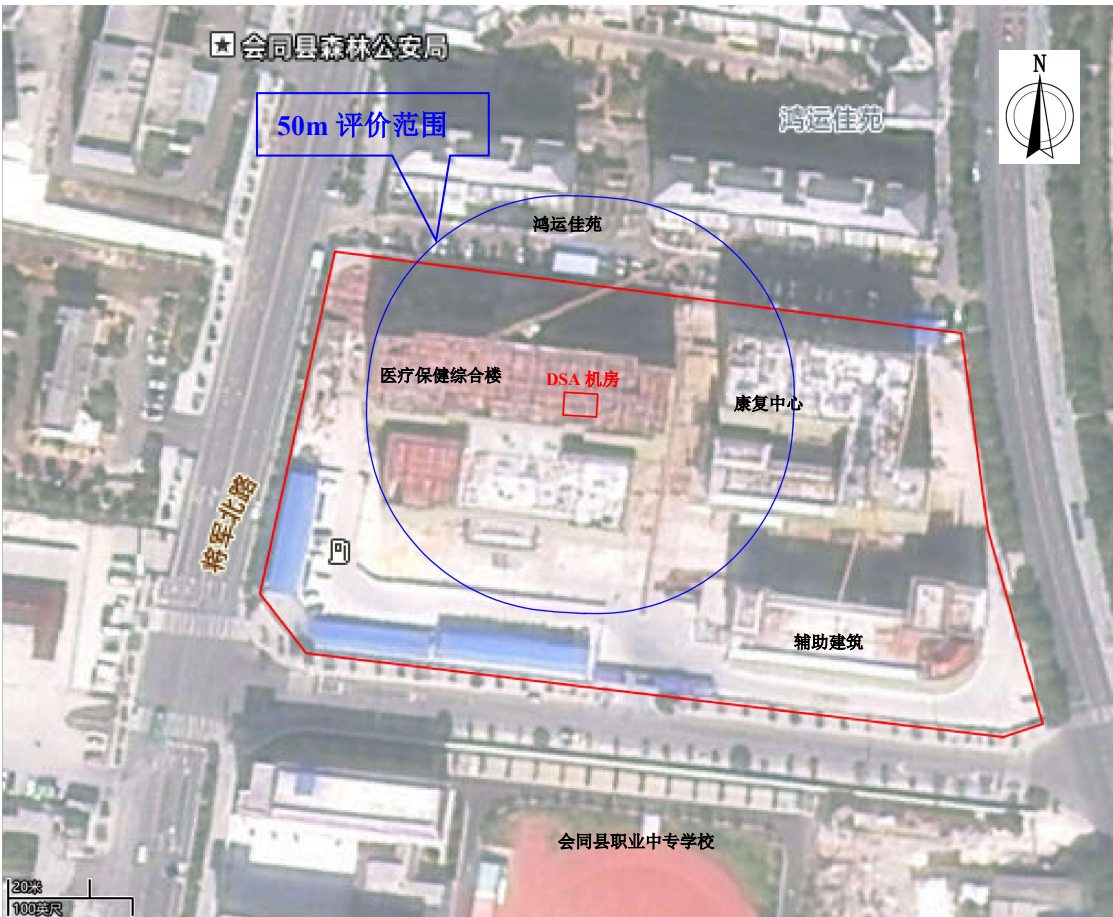


图 7-1 评价范围示意图

7.2 保护目标

DSA 机房位于医疗保健综合楼一楼东北部，机房东侧为控制室、患者通道，

南侧为设备机房、导管室、污物间，西侧为电梯间，北侧为走廊；楼上为走廊和针灸推拿治疗室；楼下为地下停车场。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公众。南面 100m 处为会同县职业中专学校，不在本项目评价范围内。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	功能	影响人群	距离	规模
DSA	内部	DSA 机房	辐射工作人员	/	约 12 人
	楼上	走廊和针灸推拿治疗室	公众	紧邻	约 50 人
	楼下	地下停车场	公众	紧邻	若干
	东侧	控制室、患者缓冲间	辐射工作人员	紧邻-2.8m	约 12 人
		MRI 手术室、MRI 控制室、MRI 患者缓冲间、MRI 设备间	公众	2.6-17m	约 20 人
		院内道路	公众	17-29m	若干
		康复中心	公众	29-50m	约 500 人
	南侧	设备机房、污物间	公众	紧邻-3.3m	约 2-3 人
		导管室	辐射工作人员	紧邻-3.3m	约 12 人
		走廊	公众	3.3-6m	约 20 人
		药房	公众	6-25m	约 10 人
		院内道路	公众	25-50m	若干
	西侧	电梯间	公众	紧邻-12m	若干
		急诊区	公众	12-40m	若干
		院内道路	公众	40-50m	若干
	北侧	走廊	公众	紧邻-2.8m	约 20 人
		其他手术室	公众	2.8-10m	若干
		院内道路	公众	10-30	若干
		室外道路	公众	30-48	若干
		鸿运佳苑居民楼	公众	48-50	约 50 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）

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

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2（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 ²	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 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。

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/铅防护吊帘、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。				

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

一、年剂量管理目标值		
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
二、DSA 机房面积、尺寸要求		

DSA 机房（单管头 X 射线设备机房）	机房内最小有效使用面积 $\geq 20\text{m}^2$ ； 机房内最小单边长度 $\geq 3.5\text{m}$ 。
三、DSA 机房屏蔽防护要求	
DSA 机房屏蔽防护 铅当量厚度要求	有用线束方向铅当量 $\geq 2\text{mmPb}$ ； 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 1 月 6 日对会同县人民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 7。

8.1 监测目的

掌握本项目拟建 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γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。

8.3 监测因子

环境γ辐射剂量率。

8.4 监测点位

项目所在地环境γ辐射剂量率监测的布点情况见图 8-1。

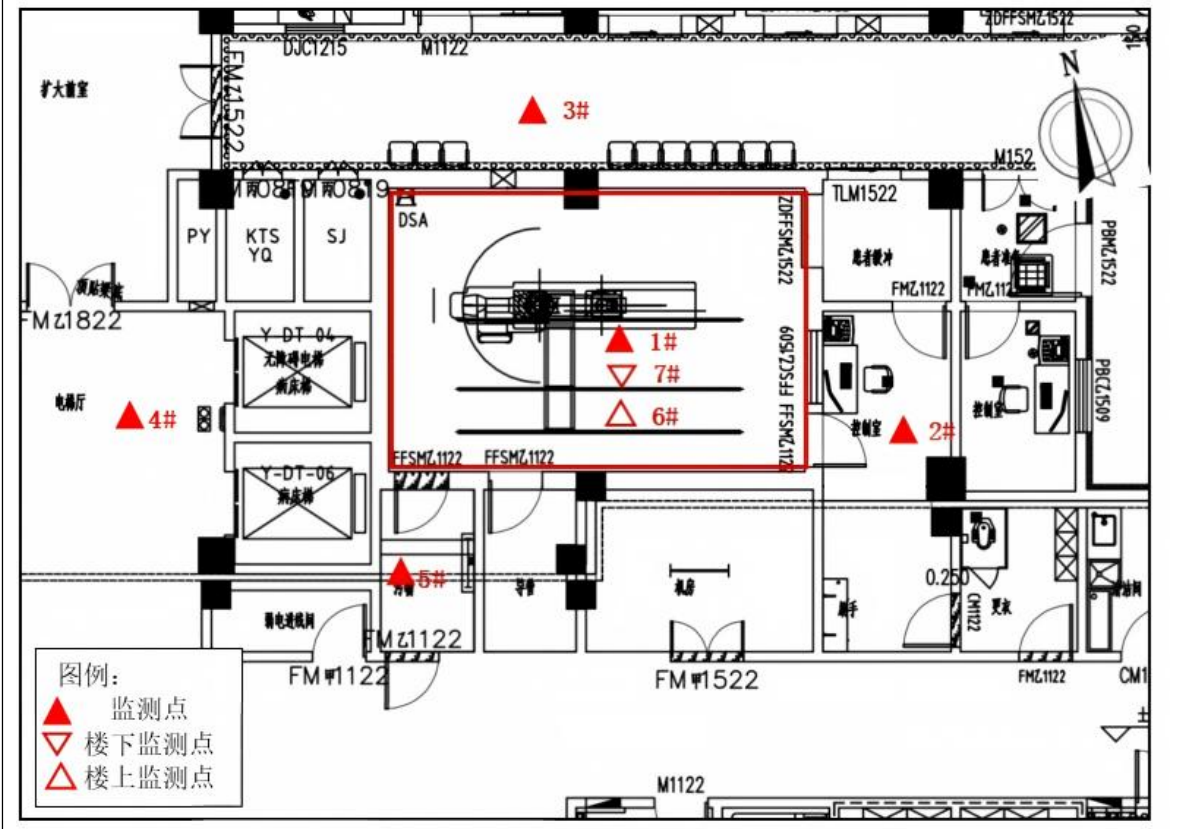


图 8-1 机房周边监测布点示意图

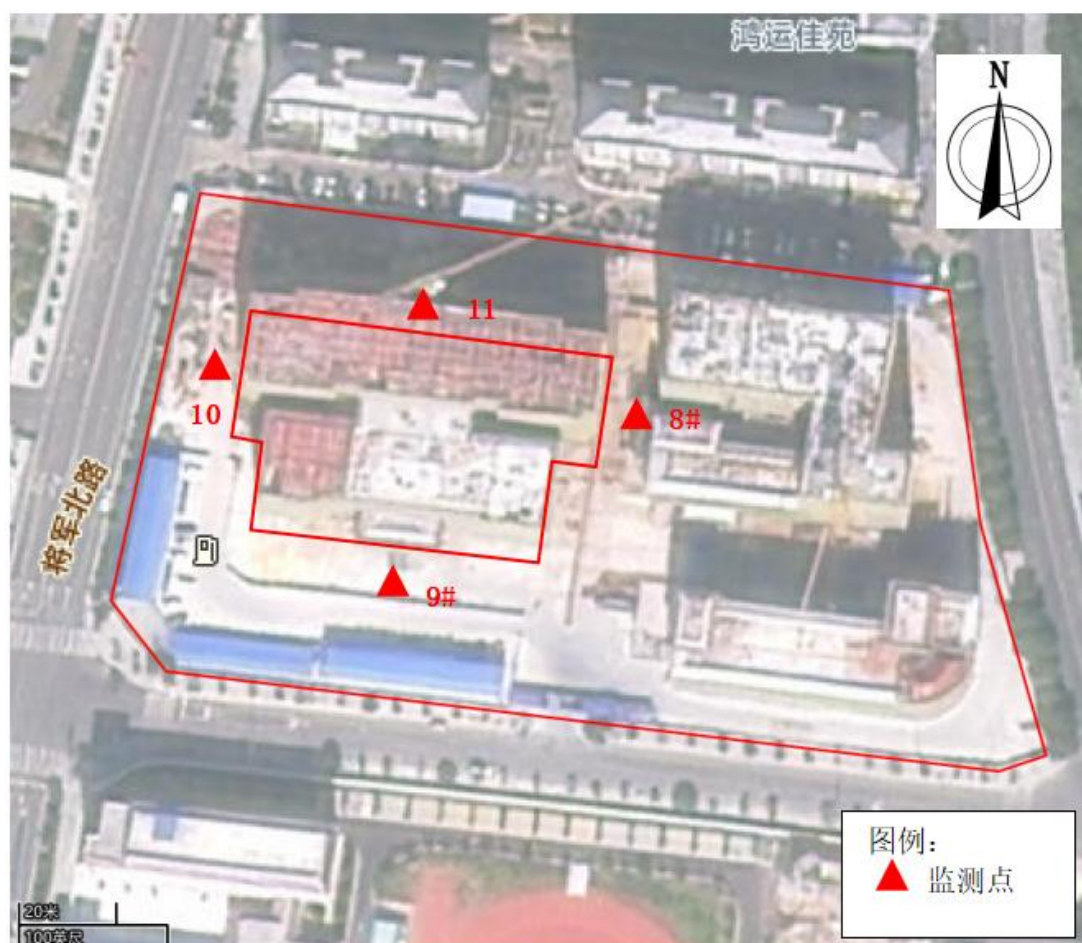


图 8-2 医疗保健综合楼四周监测布点示意图

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 4 日-2026 年 8 月 3 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，经国家计量部门校准合格，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 拟改建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 DSA 机房内	85	2	楼房
2	拟建 DSA 机房东侧控制室	99	1	楼房
3	拟建 DSA 机房北侧走廊	76	2	楼房
4	拟建 DSA 机房西侧电梯厅	83	3	楼房
5	拟建 DSA 机房南侧污物间	70	2	楼房
6	拟建 DSA 机房楼上（走廊）	84	2	楼房
7	拟建 DSA 机房楼下（地下停车场）	87	2	楼房
8	医疗保健综合楼东侧	45	3	道路
9	医疗保健综合楼南侧	49	2	道路
10	医疗保健综合楼西侧	45	3	道路
11	医疗保健综合楼北侧	51	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 109°44'14.639"，N 26°54'3.488"，海拔 282m。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，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}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，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 γ 辐射剂量率监测结果为：道路 45~51nGy/h，室内 70~99nGy/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 γ 辐射剂量率数据见表 8-3。

表 8-3 怀化市 γ 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γ辐射空气吸收剂量率在怀化市的本底调查范围内，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

医院拟在医疗保健综合楼一楼建设一间 DSA 机房，新购 1 台 DSA 配套使用，DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，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做一系列扫描。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 射线机系统组成：Gantry，俗称“机架”或“C 型臂”，由“L”臂、PIVOT、“C”臂组成，同时还包括数字平板探测器、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机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。

本项目 DSA 开展的介入手术类型主要有心血管介入、神经介入、外周血管介

入等。

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，对环境的影响可忽略不计。

(3) 医用 X 射线装置属于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。

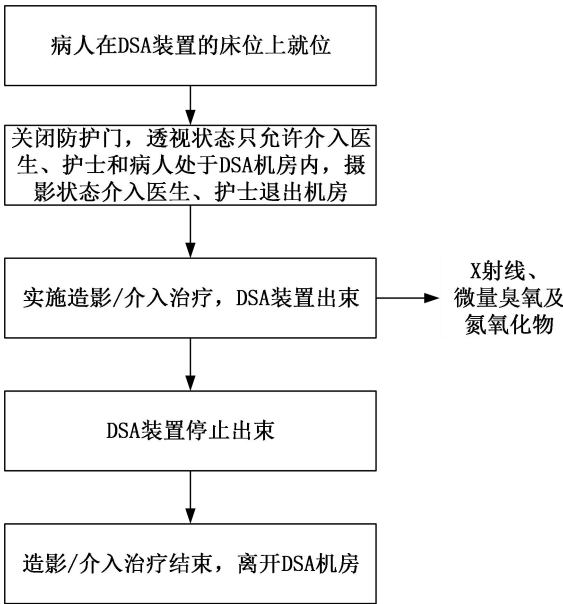


图 9-2 DSA 介入手术工作流程及产污环节示意图

在进行介入作业时，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

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，预计总手术台数不超过 500 台，每组医生手术不超过 200 台/年，平均每台手术曝光时间摄影约为 1min，透视约为 20min，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，DSA 透视年出束时间约为 166.7h、年摄影出束时间约为 8.3h。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
DSA	500 台/年	透视	约 20min	166.7h	心血管介入、外周血管介入、神经介入
		摄影	约 1min	8.3h	

9.2.5 人流和物流的路径规划

医护路径：医护从东门沿走廊向西进入换衣间刷手进入 DSA 控制室或 DSA 机房。

患者路径：患者从电梯厅出发沿走廊向北再向东通过手术区入口经患者缓冲间从患者防护门进入 DSA 机房，术后原路返回。

污物路径：DSA 机房内的污物打包后暂存于污物间，当日手术结束后转运至医疗废物暂存间，可实现了人污分离。

本项目 DSA 机房人员和污物路径图见图 9-3。

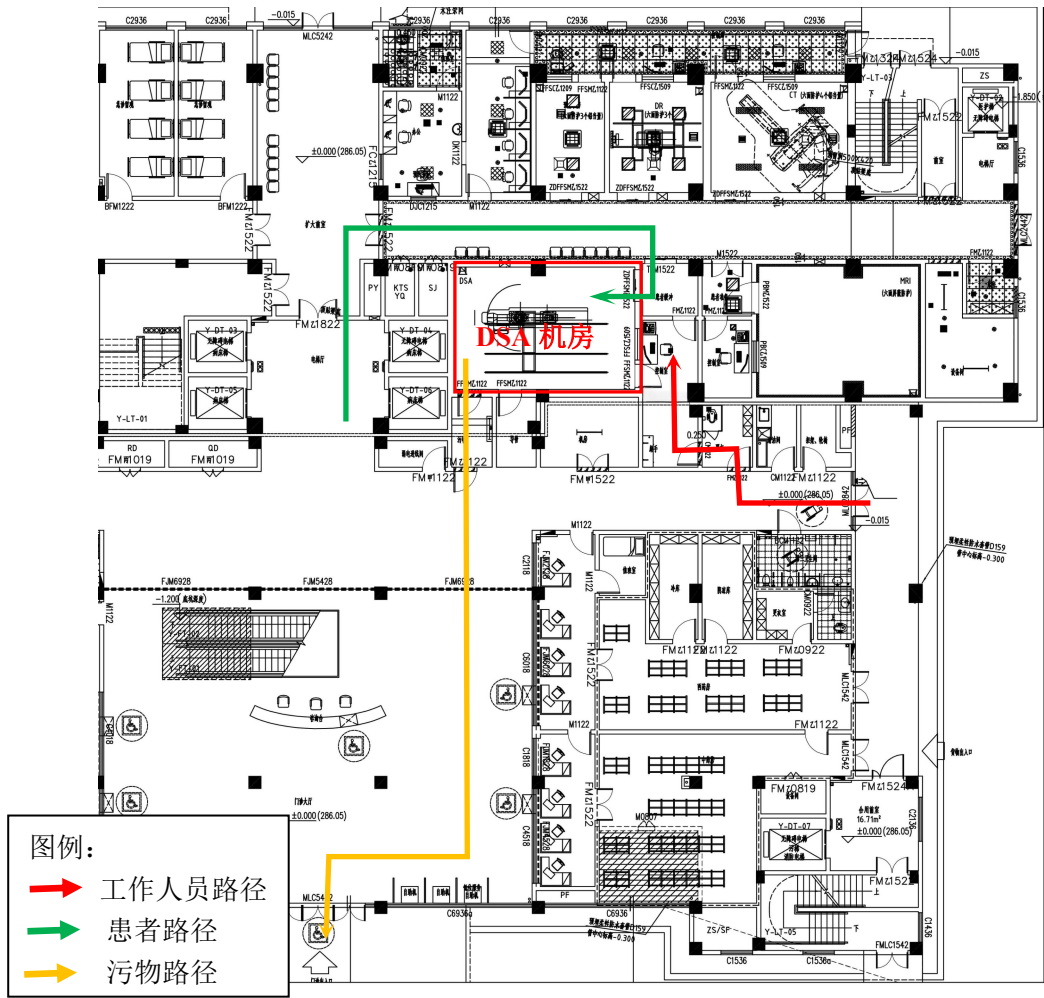


图 9-3 拟建 DSA 机房人员和污物路径图

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、顶棚、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、楼下邻近区域划为监督区，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。

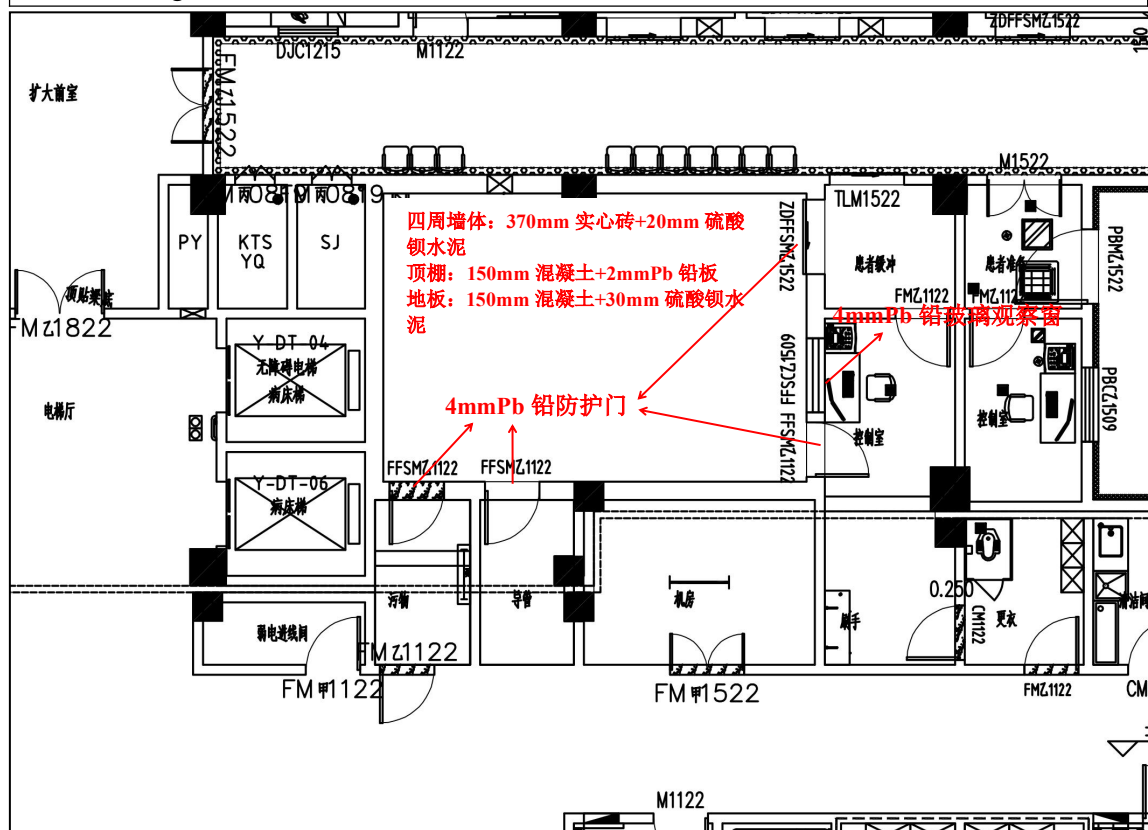
表 10-1 本项目辐射工作场所分区一览表

辐射工作场所	控制区	监督区
DSA 机房	DSA 机房内	东侧操作间、患者缓冲间，南侧设备机房、导管室、污物间，西侧电梯厅，北侧走廊，楼上走廊和针灸推拿治疗室，楼下为地下停车场

表 10-2

机房辐射防护措施一览表

机房名称	DSA 机房
机房尺寸	8.5m×5.8m×5.4m（层高）
四周墙体	370mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
顶棚	150mm 混凝土+2mmPb 铅板
地板	150mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
医护防护门（东墙）	4mmPb 铅防护门
患者防护门（东墙）	4mmPb 铅防护门
污物防护门（南墙）	4mmPb 铅防护门
导管室防护门（南墙）	4mmPb 铅防护门
观察窗（东墙）	4mmPb 铅玻璃观察窗
材料密度：	
实心红砖：1.65g/m ³ ；硫酸钡水泥：3.2g/cm ³ ；混凝土：2.35g/cm ³ ；铅板：11.3g/cm ³ ； 铅玻璃：4.2g/cm ³ 。	



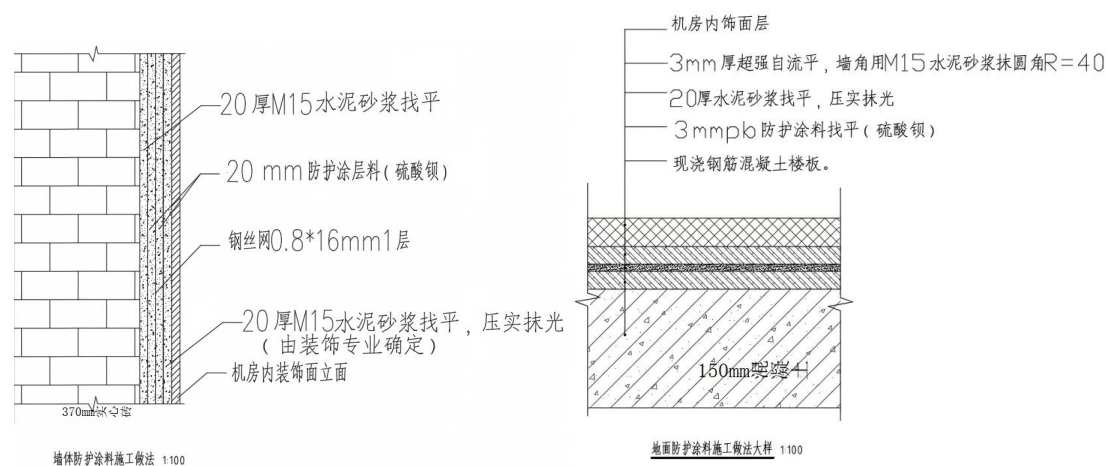


图 10-2 机房辐射防护措施及剖面图

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 5.4m，顶部楼板下方紧贴楼板采用 2mmPb 铅板作为防护层，通风管道平梁底安装，机房内、外侧通风管道穿墙处包裹 2mm 铅板作为补偿屏蔽，DSA 机房通风穿墙防护设计图见图 10-3。DSA 机房设 1 个新风口位于机房中间吊顶处，1 个排风口位于机房西北角吊顶处，DSA 机房新风量为 500m³/h，排风量为 500m³/h，能满足机房内良好的通风，通风设计见图 10-2。

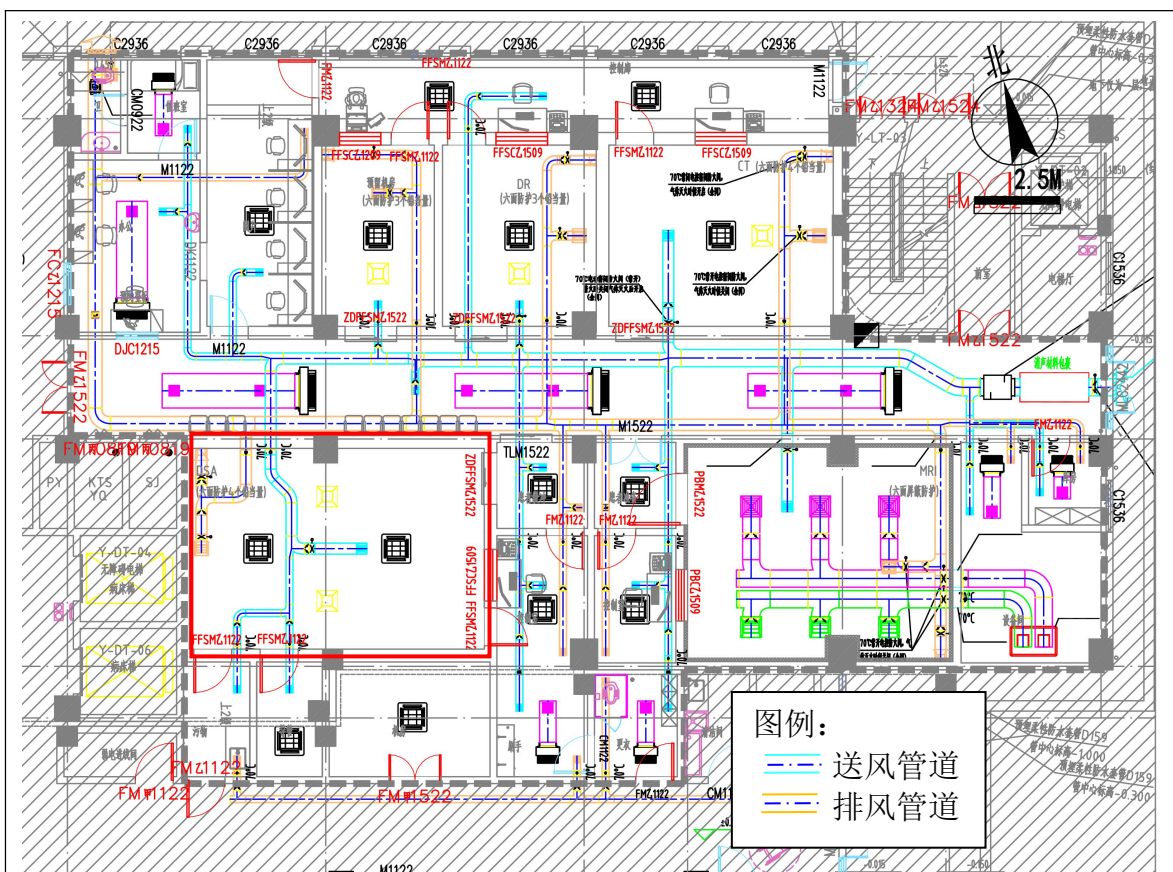


图 10-3 DSA 机房通风设计图

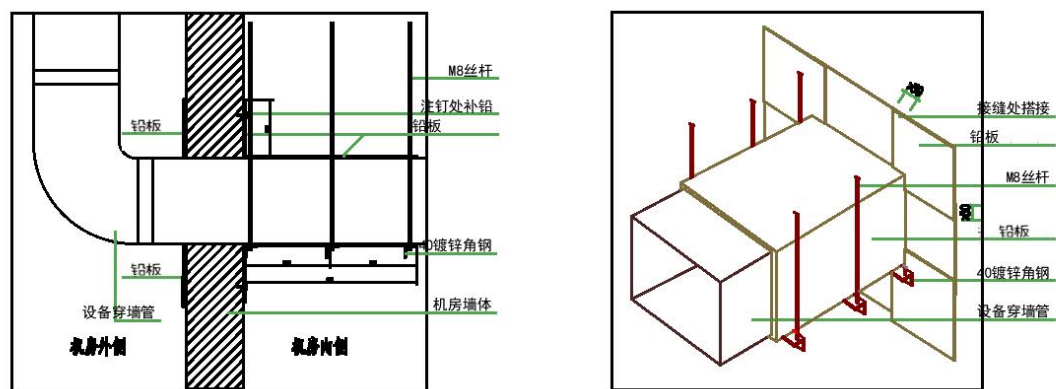


图 10-4 DSA 机房通风穿墙防护设计图

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地沟通，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

①DSA 机房医护防护门、洁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 机房防护用品全部为新购。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 机房拟配置防护用品和监测仪器

场所	防护用品要求			单位	新增数量
DSA 机房	工作人员	铅橡胶围裙（不小于 0.5mmPb）	必配	件	3
		铅橡胶颈套（不小于 0.5mmPb）	必配	件	3
		铅防护眼镜（不小于 0.25mmPb，个性化定制）	必配	副	3
		介入防护手套（不小于 0.025mmPb）	必配	副	2
		铅橡胶帽子（不小于 0.25mmPb）	选配	顶	3
	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
		铅橡胶颈套（不小于 0.5mmPb）	必配	件	1
		铅橡胶帽子（不小于 0.5mmPb）	选配	顶	1
	辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护帘（不小于 0.5mmPb）	必配	个	1
		床侧防护帘/床侧防护屏（不小于 0.5mmPb）	必配	个	1
	监测仪器	辐射剂量报警仪	必配	台	1
		X-γ辐射剂量检测仪	必配	台	1
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）	38
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）	8
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	3
4	个人剂量报警仪	1
5	新风、排风系统	10
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		72

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极少量的。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。机房内、外侧通风管道穿墙处包裹 2mm 铅板作为补偿屏蔽。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中可能产生的放射性污染。本项目已进行了整体环评（见附件 11），在此不再进行详细分析。

施工期主要的污染物有：粉尘、噪声、固体废物、施工人员产生的废水、设备安装及调试过程中可能产生的放射性污染。

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。通过选取噪声低、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 机房屏蔽设计情况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	DSA 机房	折算铅当量	GBZ130-2020中规定的要求	是否满足要求
面积 m ²	49.3	/	20	是
最小单边长度m	5.8	/	3.5	是
四周墙体	370mm实心砖+20mm硫酸钡水泥	约5.1mmPb	2mmPb	是
顶棚	150mm混凝土+2mmPb铅板	约3.8mmPb	2mmPb	是
地板	150mm混凝土+30mm硫酸钡水泥	约3.6mmPb	2mmPb	是
门	4个防护门均为4mmPb	4mmPb	2mmPb	是
窗	4mmPb观察窗	4mmPb	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：实心红砖：1.65g/cm³；硫酸钡水泥：3.2g/cm³；混凝土：2.35g/cm³；铅板：11.3g/cm³；铅玻璃：4.2g/cm³。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 α 、 β 、 γ 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；

β ——铅对不同管电压 x 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——铅厚度（屏蔽物质厚度）。

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 α 、 β 、 γ 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；

α ——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；

γ ——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		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
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
		α	β	γ			
四周墙体	实心红砖	0.02870	0.06700	1.346	370	9.99E-06	3.9
顶棚	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974	150	1.09E-03	1.8
地板	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974	150	1.09E-03	1.8

已知四周墙体为 370mm 实心红砖，顶棚为 150mm 厚混凝土，地板为 150mm 厚混凝土，将混凝土的厚度以及相应的 α 、 β 、 γ 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 α 、 β 、 γ 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 370mm 实心红砖相当于 3.9mm 铅当量，150mm 混凝土约等于 1.8mmPb 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_1 :15mm 硫酸钡水泥对应的铅当量（1mmPb 当量）；

X_2 :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_1 :15mm 硫酸钡水泥厚度；

Y_2 :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，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

DSA 机房拟设新风和排风系统，DSA 机房新风量为 500m³/h，排风量为 500m³/h，有效保证了 DSA 机房室内通风，通风管道穿墙处包裹 2mm 铅板作为补

偿屏蔽，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 设备在手术中分为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，工作人员位于控制室，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 8）。

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”，本项目拟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。

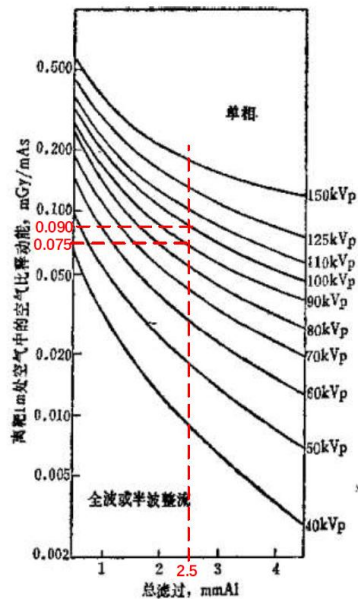


图 11-1 距 X 射线源 1m 处的照射量率随管电压及总滤过厚度变化的情况

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；

δ_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 (μSv/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 射线球管靶点中心距地面约 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,移动范围按 2m×1m,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(W, X)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 1.05m; 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 $R(W)=(0.3^2+0.5^2+1.05^2)^{0.5}\approx 1.2\text{m}$; 同理可得, $R(X)\approx 1.4\text{m}$, d_s 为患者到术者位的距离,以 M 点的 d_s 为例,运用勾股定理可算得 $d_s(W)=(0.3^2+0.5^2+0.45^2)^{0.5}\approx 0.7\text{m}$; 同理可得, $d_s(X)\approx 1.1\text{m}$ 。

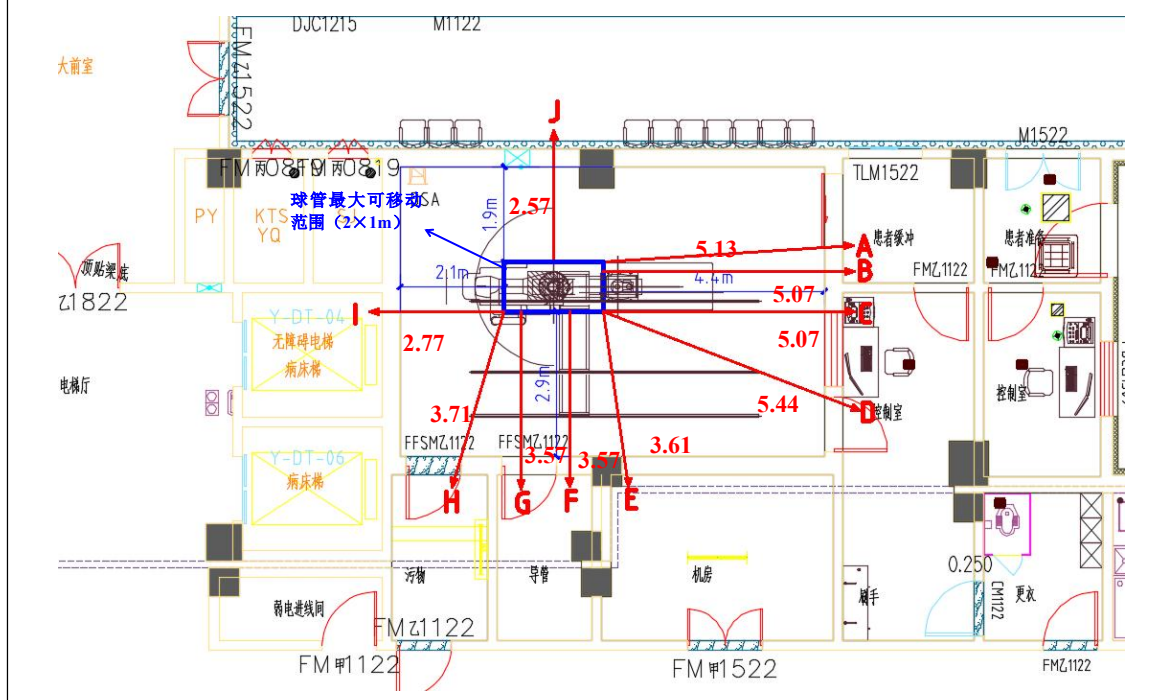


图 11-2 本项目 DSA 机房四周预测点位示意图

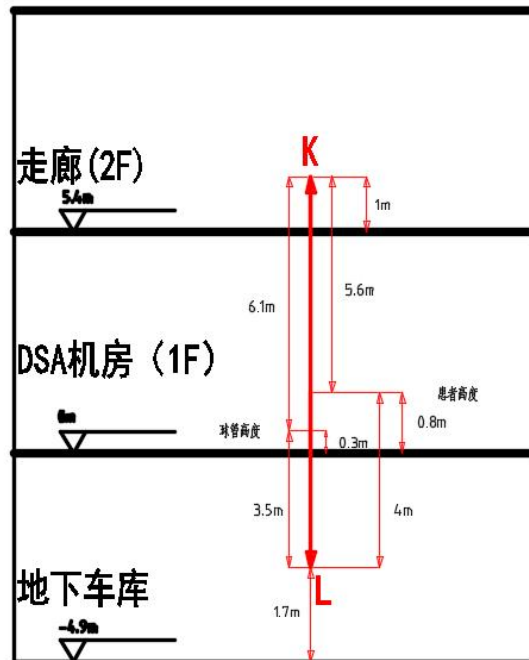


图 11-3 本项目 DSA 机房楼上、楼下预测点位示意图

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；

β ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；
 α ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；
 γ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；
 X ——铅厚度。

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 α 、 β 、 γ 拟合值，摄影工况 α 、 β 、 γ 值保守取 100kV 对应值，透视工况 α 、 β 、 γ 值保守取 90kV 对应值，不同能量 α 、 β 、 γ 值见表 11-4。

表 11-4 X 射线辐射衰减拟合参数

管电压 (kV)	材料	α	β	γ
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 11-5。

表 11-5 各预测点泄漏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	α	β	γ	X	R	B	H
			uSv/h	%	/	/	/	mm	m	/	μSv/h
摄影	A	东墙患者防护门外 30cm 处 (患者缓冲间)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	5.13	3.39E-06	2.09E-02
	B	东墙外 30cm 处 (患者缓冲间)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	5.1	5.07	2.16E-07	1.36E-03
	C	东墙观察窗外 30cm 处 (控制室)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	5.07	3.39E-06	2.13E-02
	D	东墙医护防护门外 30cm 处 (控制室)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	5.44	3.39E-06	1.85E-02
	E	南墙外 30cm 处 (设备机房)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	5.1	3.61	2.16E-07	2.69E-03
	F	南墙外 30cm 处 (导管室)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	5.1	3.57	2.16E-07	2.75E-03
	G	南墙导管室防护门外 30cm 处	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	3.57	3.39E-06	4.31E-02
	H	南墙污物防护门外 30cm 处	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	4	3.71	3.39E-06	3.99E-02
	I	西墙外 30cm 处 (电梯厅)	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	5.1	2.77	2.16E-07	4.57E-03
	J	北墙外 30cm	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	5.1	2.57	2.16E-07	5.31E-03

		处（走廊）									
	K	楼上距地面 100cm 处	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	3.8	6.1	5.59E-06	2.43E-02
	L	楼下距地面 170cm 处	1.62E+08	0.1	2.500	15.28	0.7557	3.6	3.5	9.21E-06	1.22E-01
透 视	A	东墙患者防护 门外 30cm 处 （患者缓冲 间）	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	5.13	3.69E-07	5.68E-05
	B	东墙外 30cm 处（患者缓冲 间）	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	5.1	5.07	1.26E-08	1.99E-06
	C	东墙观察窗外 30cm 处（控制 室）	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	5.07	3.69E-07	5.82E-05
	D	东墙医护防护 门外 30cm 处 （控制室）	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	5.44	3.69E-07	5.05E-05
	E	南墙外 30cm 处（设备机房）	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	5.1	3.61	1.26E-08	3.93E-06
	F	南墙外 30cm 处（导管室）	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	5.1	3.57	1.26E-08	4.02E-06
	G	南墙导管室防 护门外 30cm 处	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	3.57	3.69E-07	1.17E-04
	H	南墙污物防护 门外 30cm 处	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	4	3.71	3.69E-07	1.09E-04
	I	西墙外 30cm 处（电梯厅）	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	5.1	2.77	1.26E-08	6.68E-06
	J	北墙外 30cm 处（走廊）	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	5.1	2.57	1.26E-08	7.75E-06
	K	楼上距地面 100cm 处	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	3.8	6.1	6.82E-07	7.42E-05
	L	楼下距地面 170cm 处	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	3.6	3.5	1.26E-06	4.16E-04
	W	第一术者位 （铅衣内）	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	1	1.2	4.08E-03	1.15E+01
	W	第一术者位 （铅衣外）	4.05E+06	0.1	3.067	18.83	0.7726	0.5	1.2	2.52E-02	7.07E+01
	X	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
	X	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

对于患者体表的散射的 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）。

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

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， $\mu\text{Sv/h}$ ；

α ——患者对 X 射线的散射比；查《辐射防护手册》（第一分册）P437， $\alpha=a/400$

表 10.1， a （散射与入射 X 射线照射量之比）摄影和透视均取 100kV 下的值： $a=0.0013$ （90°散射）；

s ——散射面积， 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（10×10） cm^2 ，取值 100 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 11-6。

表 11-6 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	α	β	γ	d_0	X	ds	B	H_s
			$\mu\text{Sv/h}$	cm^2	/	/	/	m	mm	m	/	$\mu\text{Sv/h}$
摄影	A	东墙患者防护门外 30cm 处（患者缓冲间）	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	5.13	5.14E-06	4.11E-02
	B	东墙外 30cm 处（患者缓冲间）	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	5.1	5.07	3.26E-07	2.67E-03
	C	东墙观察窗外 30cm 处（控制室）	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	5.07	5.14E-06	4.21E-02
	D	东墙医护防护门外 30cm 处（控制室）	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	5.44	5.14E-06	3.66E-02
	E	南墙外 30cm 处（设备机房）	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	5.1	3.61	3.26E-07	5.27E-03
	F	南墙外 30cm 处（导管室）	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	5.1	3.57	3.26E-07	5.39E-03
	G	南墙导管室防护门外 30cm 处	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	3.57	5.14E-06	8.49E-02
	H	南墙污物防护门外 30cm 处	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	4	3.71	5.14E-06	7.86E-02

	I	西墙外 30cm 处 (电梯厅)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	5.1	2.77	3.26E-07	8.95E-03
	J	北墙外 30cm 处 (走廊)	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	5.1	2.57	3.26E-07	1.04E-02
	K	楼上距地 面 100cm 处	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	3.8	5.6	8.49E-06	5.70E-02
	L	楼下距地 面 170cm 处	1.62E+08	100	2.507	15.33	0.9124	0.5	3.6	4	1.40E-05	1.84E-01
透 视	A	东墙患者 防护门外 30cm 处 (患者缓 冲间)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	5.13	3.69E-07	7.38E-05
	B	东墙外 30cm 处 (患者缓 冲间)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	5.1	5.07	1.26E-08	2.59E-06
	C	东墙观察 窗外 30cm 处 (控制 室)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	5.07	3.69E-07	7.56E-05
	D	东墙医护 防护门外 30cm 处 (控制室)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	5.44	3.69E-07	6.57E-05
	E	南墙外 30cm 处 (设备机 房)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	5.1	3.61	1.26E-08	5.11E-06
	F	南墙外 30cm 处 (导管室)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	5.1	3.57	1.26E-08	5.22E-06
	G	南墙导管 室防护门 外 30cm 处	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	3.57	3.69E-07	1.52E-04
	H	南墙污物 防护门外 30cm 处	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	4	3.71	3.69E-07	1.41E-04
	I	西墙外 30cm 处 (电梯厅)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	5.1	2.77	1.26E-08	8.68E-06
	J	北墙外 30cm 处 (走廊)	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	5.1	2.57	1.26E-08	1.01E-05
	K	楼上距地 面 100cm 处	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	3.8	5.6	6.82E-07	1.14E-04
	L	楼下距地 面 170cm 处	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	3.6	4	1.26E-06	4.14E-04
	W	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
	W	第一术者	4.05E+06	100	3.067	18.83	0.7726	0.5	0.5	0.7	2.52E-02	2.70E+02

		位（铅衣外）										
	X	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
	X	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 11-5 和表 11-6 的计算结果，将各个预测点的散射辐射和泄漏辐射的总辐射剂量率统计于表 11-6。

表 11-7 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
			μSv/h	μSv/h	μSv/h
摄影	A	东墙患者防护门外 30cm 处（患者缓冲间）	2.09E-02	4.11E-02	6.20E-02
	B	东墙外 30cm 处（患者缓冲间）	1.36E-03	2.67E-03	4.04E-03
	C	东墙观察窗外 30cm 处（控制室）	2.13E-02	4.21E-02	6.35E-02
	D	东墙医护防护门外 30cm 处（控制室）	1.85E-02	3.66E-02	5.51E-02
	E	南墙外 30cm 处（设备机房）	2.69E-03	5.27E-03	7.96E-03
	F	南墙外 30cm 处（导管室）	2.75E-03	5.39E-03	8.14E-03
	G	南墙导管室防护门外 30cm 处	4.31E-02	8.49E-02	1.28E-01
	H	南墙污物防护门外 30cm 处	3.99E-02	7.86E-02	1.19E-01
	I	西墙外 30cm 处（电梯厅）	4.57E-03	8.95E-03	1.35E-02
	J	北墙外 30cm 处（走廊）	5.31E-03	1.04E-02	1.57E-02
	K	楼上距地面 100cm 处	2.43E-02	5.70E-02	8.13E-02
	L	楼下距地面 170cm 处	1.22E-01	1.84E-01	3.06E-01
透视	A	东墙患者防护门外 30cm 处（患者缓冲间）	5.68E-05	7.38E-05	1.31E-04
	B	东墙外 30cm 处（患者缓冲间）	1.99E-06	2.59E-06	4.58E-06
	C	东墙观察窗外 30cm 处（控制室）	5.82E-05	7.56E-05	1.34E-04
	D	东墙医护防护门外 30cm 处（控制室）	5.05E-05	6.57E-05	1.16E-04
	E	南墙外 30cm 处（设备机房）	3.93E-06	5.11E-06	9.04E-06
	F	南墙外 30cm 处（导管室）	4.02E-06	5.22E-06	9.24E-06
	G	南墙导管室防护门外 30cm 处	1.17E-04	1.52E-04	2.70E-04
	H	南墙污物防护门外 30cm 处	1.09E-04	1.41E-04	2.50E-04
	I	西墙外 30cm 处（电梯厅）	6.68E-06	8.68E-06	1.54E-05
	J	北墙外 30cm 处（走廊）	7.75E-06	1.01E-05	1.78E-05
	K	楼上距地面 100cm 处	7.42E-05	1.14E-04	1.89E-04
	L	楼下距地面 170cm 处	4.16E-04	4.14E-04	8.31E-04
	W	第一术者位（铅衣内）	1.15E+01	4.38E+01	5.53E+01
	W	第一术者位（铅衣外）	7.07E+01	2.70E+02	3.41E+02
	X	第二术者位（铅衣内）	8.42E+00	1.77E+01	2.62E+01
	X	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 0.31 μ 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 0.0008 μ 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 μ 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 μ Sv/h”的要求。

11.2.4 工作人员及公众个人剂量估算

医院拟配置 6 名介入医生、4 名护士和 2 名技师，共 12 名辐射工作人员参与本项目 DSA 诊疗工作。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，预计总手术台数不超过 500 台，每组医生手术不超过 200 台/年，平均每台手术曝光时间摄影约为 1min，透视约为 20min，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，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。技师隔室操作。

（1）DSA 机房外公众、控制室辐射工作人员年有效剂量估算

DSA 机房外公众、控制室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、 γ 射线外照射人均年有效剂量值，mSv/a；

D_r ——X、 γ 射线周围剂量当量率， μ 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）；本项目控制室内居留因子取 1；楼上为走廊（候诊区）和针灸推拿治疗室，居留因子取 1；北侧走廊，居留因子取 1/5；患者缓冲间、导管室和污物间，防护门外居留因子取 1/8；电梯厅、设备机房和楼下停车场，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、 γ 射线照射时间，h/a。

计算结果详见表 11-8 和表 11-9。

表 11-8 DSA 机房外公众及控制室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
			$\mu\text{Sv/h}$	h	/	mSv
摄影	A	东墙患者防护门外 30cm 处(患者缓冲间)	6.20E-02	8.30	1/8	6.43E-05
	B	东墙外 30cm 处(患者缓冲间)	4.04E-03	8.30	1/8	4.19E-06
	C	东墙观察窗外 30cm 处(控制室)	6.35E-02	8.30	1	5.27E-04
	D	东墙医护防护门外 30cm 处(控制室)	5.51E-02	8.30	1	4.58E-04
	E	南墙外 30cm 处(设备机房)	7.96E-03	8.30	1/20	3.30E-06
	F	南墙外 30cm 处(导管室)	8.14E-03	8.30	1/8	8.44E-06
	G	南墙导管室防护门外 30cm 处	1.28E-01	8.30	1/8	1.33E-04
	H	南墙污物防护门外 30cm 处	1.19E-01	8.30	1/8	1.23E-04
	I	西墙外 30cm 处(电梯厅)	1.35E-02	8.30	1/20	5.61E-06
	J	北墙外 30cm 处(走廊)	1.57E-02	8.30	1/5	2.61E-05
	K	楼上距地面 100cm 处	8.13E-02	8.30	1	6.75E-04
	L	楼下距地面 170cm 处	3.06E-01	8.30	1/20	1.27E-04
透视	A	东墙患者防护门外 30cm 处(患者缓冲间)	1.31E-04	166.7	1/8	2.72E-06
	B	东墙外 30cm 处(患者缓冲间)	4.58E-06	166.7	1/8	9.55E-08
	C	东墙观察窗外 30cm 处(控制室)	1.34E-04	166.7	1	2.23E-05
	D	东墙医护防护门外 30cm 处(控制室)	1.16E-04	166.7	1	1.94E-05
	E	南墙外 30cm 处(设备机房)	9.04E-06	166.7	1/20	7.53E-08
	F	南墙外 30cm 处(导管室)	9.24E-06	166.7	1/8	1.93E-07
	G	南墙导管室防护门外 30cm 处	2.70E-04	166.7	1/8	5.62E-06
	H	南墙污物防护门外 30cm 处	2.50E-04	166.7	1/8	5.21E-06
	I	西墙外 30cm 处(电梯厅)	1.54E-05	166.7	1/20	1.28E-07
	J	北墙外 30cm 处(走廊)	1.78E-05	166.7	1/5	5.95E-07
	K	楼上距地面 100cm 处	1.89E-04	166.7	1	3.14E-05
	L	楼下距地面 170cm 处	8.31E-04	166.7	1/20	6.92E-06

各预测点位年有效剂量估算结果汇总于表 11-9。

表 11-9 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	东墙患者防护门外 30cm 处（患者缓冲间）	6.43E-05	2.72E-06	6.70E-05	公众人员
B	东墙外 30cm 处（患者缓冲间）	4.19E-06	9.55E-08	4.28E-06	公众人员
C	东墙观察窗外 30cm 处（控制室）	5.27E-04	2.23E-05	5.49E-04	职业人员
D	东墙医护防护门外 30cm 处（控制室）	4.58E-04	1.94E-05	4.77E-04	职业人员
E	南墙外 30cm 处（设备机房）	3.30E-06	7.53E-08	3.38E-06	公众人员
F	南墙外 30cm 处（导管室）	8.44E-06	1.93E-07	8.64E-06	职业人员
G	南墙导管室防护门外 30cm 处	1.33E-04	5.62E-06	1.38E-04	职业人员
H	南墙污物防护门外 30cm 处	1.23E-04	5.21E-06	1.28E-04	公众人员
I	西墙外 30cm 处（电梯厅）	5.61E-06	1.28E-07	5.74E-06	公众人员
J	北墙外 30cm 处（走廊）	2.61E-05	5.95E-07	2.67E-05	公众人员
K	楼上距地面 100cm 处	6.75E-04	3.14E-05	7.06E-04	公众人员
L	楼下距地面 170cm 处	1.27E-04	6.92E-06	1.34E-04	公众人员

由表 11-9 可知，DSA 机房外辐射工作人员的年有效剂量最大值为 0.0005mSv，满足机房外工作人员管理目标值 5mSv/a 的要求；公众的年有效剂量最大值为 0.0007mSv，满足公众管理目标值 0.1mSv/a 的要求。根据剂量率与距离成反比的关系，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）

α ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

H_u ——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位为毫希沃特（mSv）

β ——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 11-7，计算第一术者、第二术者人员年有效剂量，结果列于表 11-10。

表 11-10 透视模式下介入人员年有效剂量估算结果

保护目标	α	β	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	5.53E+01	66.7	4.07
			铅衣外	3.41E+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 11-10 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 4.07mSv、1.93mSv，叠加上摄影时的最大年有效剂量 0.0005mSv（见表 11-7），介入医生的最大年有效剂量值为 4.0705mSv，第二术者操作位最大年有效剂量值为 1.9307mSv，均能满足机房内辐射工作人员管理目标值 5mSv/a 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 11-11。

表 11-11 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 ² ，最小单边长度为 3.5m。	本项目机房为独立机房，DSA 机房有效使用面积为 49.3m ² ，最小单边长度为 5.8m。	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，并且已建议在 DSA 机房内安装视频监控装置，要求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、顶棚、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。	机房内设置新风和排风系统，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）平开机房门拟设自动闭门装置，电动推拉门拟设置防夹装置，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 11-11 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 11-12。

表 11-12 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。工作状态指示灯和机房门能有效关联。	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。拟配备个人剂量报警仪和 X、 γ 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、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院制定了一系列辐射防护管理制度包括《辐射防护和安全管理度》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作人员培训制度》《设备检修维护制度》《监测方案》《DSA 操作规程》《设备检修维护制度》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预案。	符合

由表 11-12 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 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，定期组织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) 各应急救援物资应准备充分、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

10、本项目拟配备 12 名介入工作人员，包括 6 名介入医生、4 名介入护士、2 名介入技师，人员为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，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）辐射防护安全管理制度
- （2）辐射防护和安全保卫制度
- （3）辐射工作人员岗位职责
- （4）辐射工作人员培训制度
- （5）设备检修维护制度
- （6）DSA 操作规程

(8) 辐射事故应急预案

12.3 辐射监测

(1) 个人剂量监测

(2) 工作场所和周围环境辐射监测

监测计划表详见表 12-1。

表 12-1 监测计划一览表

62

		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。	
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 Hp(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

为提高医院对突发辐射事故的处理能力，预防和减少辐射事故的损害，贯彻落实《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射诊疗管理办法》等法律法规及文件精神，医院制定了《辐射事故应急预案》（附件5）。

《辐射事故应急预案》包括总则、组织机构与职责、应急响应等方面内容。领导小组和各行政部门应急联系电话如下：

应急联系人及电话：周*****

会同卫生健康局：0745-2232866

市生态环境局：0745-2713819

市生态环境局会同分局：0745-8822584

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$
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

会同县人民医院拟在医疗保健综合楼一楼建设 1 间 DSA 机房及其附属用房，附属用房包括控制室、DSA 设备机房、患者缓冲间、导管间、污物间等区域，新购 1 台 DSA（II类射线装置）用于介入诊疗工作。

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。项目营运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 γ 辐射剂量率在怀化市天然辐射调查范围内。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、顶棚、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，会同县人民医院第一中医医院分院新增 1 台医用血管造影 X 射线机（DSA）项目实施符合相关法律法规和标准要求，在医院认真贯彻落实本报告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