

核技术利用建设项目

兴县人民医院

使用 II 类射线装置项目

环境影响报告表

兴县人民医院

2023 年 5 月

生态环境部

核技术利用建设项目

兴县人民医院

使用 II 类射线装置项目

环境影响报告表

建设单位名称：兴县人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：陈天狮

通讯地址：山西省吕梁市兴县县城新区蔚汾北路

邮政编码：

联系人：冯昌辉

电子邮箱：

联系电话：

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	6
表 3 非密封放射性物质	6
表 4 射线装置	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	9
表 6 评价依据	10
表 7 保护目标与评价标准	12
表 8 环境质量和辐射现状	14
表 9 项目工程分析与源项	16
表 10 辐射安全与防护	20
表 11 环境影响分析	26
表 12 辐射安全管理	38
表 13 结论与建议	47
表 14 审批	50

附图：

附图 1：项目地理位置图

附图 2：兴县人民医院四邻关系图

附图 3：兴县人民医院总平面布置图

附图 4：门诊医技楼一层楼层平面和敏感保护目标分布图

附图 5：门诊医技楼二层楼层平面图

附图 6：门诊医技楼地下一层楼层平面图

附件：

附件 1：委托书

附件 2：兴县人民医院选址新建项目环境影响报告书的批复

附件 3：兴县人民医院使用III类射线装置项目环境影响登记表

附件 4：辐射安全许可证

附件 5：核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单

附件 6：个人剂量检测报告

附件 7：本项目环境现状检测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		兴县人民医院使用 II 类射线装置项目			
建设单位		兴县人民医院			
法人代表	陈天狮	联系人	冯昌辉	电话	13835805581
注册地址		山西省吕梁市兴县县城新区蔚汾北路			
项目建设地点		兴县人民医院门诊医技楼一层放射科			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	1129	项目环保投资 (万元)	30	投资比例(环保 投资/总投资)	2.66%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²)
应用 类 型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类(医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射 性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			

1、项目概述

1.1 建设单位概况

兴县医疗集团是由兴县人民医院、24 个乡镇卫生院(分院)、332 个村卫生室组建成一个独立法人的医疗集团,于 2017 年 9 月 29 日正式挂牌运行。兴县人民医院是全县唯一的县级综合医院,组建于一九四四年,其前身是“第六国际和平医院”和“晋西北人民医院”。新院区位于县城新区河北片核心区域,2020 年 7 月正式投入使用。新院区总建筑面积 88147.92 m²,其中地上面积 73635.42 m²,地下面积 14512.5 m²。业务用房包括门诊医技楼、住院楼、感染楼和办公楼等 4 个单体建筑,建筑面积分别为 46903.9 m²、32496.52 m²、4249 m²、4498.5 m²。设置床位 600 张,实际可开放床位 750 张,日可完成门急诊量 2000 人次。医院共设置科室 43 个,其中:行政后勤 19 个,医技科室 6 个,临床科室 18 个。

1.2 项目由来

为满足医院医疗和发展需求，兴县人民医院新院区拟在门诊医技楼 1 层新增 1 台 DSA。DSA 属于 II 类射线装置，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）等国家辐射环境管理相关法律法规的规定，兴县人民医院新增使用 DSA 项目应进行辐射环境影响评价并编制辐射环境影响报告表。为此，兴县人民医院委托山西清韵环保科技有限公司对该项目进行辐射环境影响评价（见附件 1）。接到委托后，评价单位进行了现场踏勘及收集有关资料，并按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了该项目的环境影响报告表。

1.3 项目概况及建设内容

（1）建设内容

本项目拟在门诊医技楼 1 层放射科安装 1 台 DSA 用于影像诊断和介入治疗，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，为 II 类射线装置。

本项目土建与防护设施与医院新院区门诊医技楼同步建设完成，医院新院区门诊医技楼在其整体规划与建设中预留 DSA 机房明确按 DSA 相关标准要求进行建设。

表 1-1 本次评价的射线装置参数表

装置名称	应用场所	生产厂家	设备型号	主要参数	数量
DSA	门诊医技楼 1 层 DSA 机房	西门子	Artis zee III ceiling	最大管电压 125kV 最大管电流 1000mA	1

（2）设备使用情况

本项目 DSA 年预计最大手术量为 120 台，主要开展心内科介入、脑血管介入、神经介入等手术。手术过程中需使用透视和拍片两种工作状态，平均每台手术透视时间 12min、拍片时间 3min，年最大出束时间约 30h。

（3）人员配备及工作制度

本项目 DSA 拟配置 11 名辐射工作人员，分别为医生 6 人、技师 2 人、护师 3 人，每台手术医生 2 人、护师 1 人、技师 2 人（手术各科室医生和护师不交叉，技师交叉）。均为新增辐射工作人员，需通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，并通过考核后方可上岗。

表 1-2 项目工程建设内容表

名称		建设内容及规模
主体工程	机房	机房有效使用面积为 65.6 m ² （长 8.2m×宽 8.0m×高 2.7m）
		机房四周墙体均为 200mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料（铅当量 4.73）
		顶棚为 200mm 混凝土+2mm 铅板（铅当量 4.63）
		地面为 200mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料（铅当量 4.25）
	设备	设置 1 个病人进出防护门、1 个工作人员进出防护门，铅当量均为 4mmPb。观察窗铅当量为 4mmPb。
辅助工程	配套用房	配置使用 1 台西门子 Artis zee III ceiling 型 DSA，最大电压为 125kV，最大电流为 1000mA，属于Ⅱ类射线装置，年出束时间为 30h。
公用工程	给水	控制室、设备间、更衣室、观察室、办公室等。
	排水	由城市供水管网提供，依托院区供水管网。
	供电	实行雨污分流。依托院区雨水管网及污水管网；雨水排入市政雨水管网；医疗废水经医院污水处理站处理后排入市政污水管网。
	通风	由市政电网供电，依托院区供配电系统。
环保工程	废水	机房设有排风系统，排风口位于机房屋顶，风量为 1000m ³ /h，通风次数约 4 次/h。
	固废	生活污水依托院区的污水管网收集至污水处理站处理后接入市政污水管网。
	废气	产生的医疗废物依托医院的医疗废物收集系统和危废暂存间暂存，交有资质单位处理。产生的生活垃圾依托医院的生活垃圾收集系统收集，统一交环卫部门处理。

注：等效铅当量计算见表 11。

1.4 核技术利用的目的

放射诊断是根据病人的病情需要对病人身体某些部位或全身进行显像，保存数字影像以供医学临床诊断，医生需要在 X 射线影像的指引下进行骨科复位、体内取异物等，本项目 DSA 主要利用医用 X 射线装置进行放射诊断及介入手术。

1.5 周边环境概况

（1）医院外环境

兴县人民医院位于兴县县城新区蔚汾北路，东侧为在建润泽国际广场和空地，南侧临道路和蔚汾河，西侧为小公园，北侧临蔚汾北路和蔡家崖居民小区。

（2）门诊医技楼外环境

门诊医技楼东侧和北侧为医院内部道路，东南侧为住院楼，南侧为空地，西侧为行政办公楼。

（3）DSA 介入中心外环境

DSA 机房拟设置在门诊医技楼 1 层。DSA 机房东侧 50m 范围内为住院候诊区和医院内部空地，南侧 50m 范围内为办公室和医院内部空地，西侧 50m 范围内为控制室、设

备间和门诊其他诊室，北侧 50m 范围内为走廊、更衣间、办公室和门诊楼内其他诊室。DSA 机房设在一层、楼下为消毒供应中心库房、楼上为乳腺检查室。

1.6 医院核技术利用现状

1、医院原有环保手续履行及医院辐射安全许可情况

兴县人民医院（旧院区）共安装使用 3 台Ⅲ类射线装置。兴县人民医院（旧院区）于 2014 年 11 月对其使用的 3 台射线装置编制了核技术应用项目环境影响登记表，并于 2014 年 12 月领取了辐射安全许可证，许可证编号为：晋环辐证[01002]，有效期至 2019 年 12 月 25 日。

兴县人民医院（旧院区）于 2019 年 12 月 26 日对辐射安全许可证进行了延续，许可证编号为：晋环辐证[01002]，有效期至 2024 年 12 月 25 日。

2、医院现有环保手续履行及医院辐射安全许可情况

兴县人民医院（新院区）目前共安装使用 14 台Ⅲ类射线装置。兴县人民医院（新院区）于 2023 年 4 月 4 日在网上“建设项目环境影响登记表备案系统”对拟新增的 14 台Ⅲ类射线装置进行了备案（备案号：202314112300000012）。

兴县人民医院（新院区）新增 14 台Ⅲ类射线装置和 1 台Ⅱ类射线装置（本次评价内容），在取得本项目环评批复后，按许可要求一并进行辐射安全许可证的重新申领。

3、医院现有辐射安全管理情况

兴县人民医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，配合各级生态环境部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

（1）医院成立有辐射安全与环境保护管理机构。领导小组负责制定放射防护管理的相关规定、监督放射防护管理工作小组工作和管理并监督放射诊疗项目的开展。工作小组负责办理《辐射安全许可证》申领变更、注销、办理放射诊疗新技术项目的审批工作、负责许可证书的保管工作。

（2）医院已制定完善的辐射事故应急预案。

（3）医院各射线装置工作场所均设置了通风装置，机房门口设置工作指示灯和规范张贴电离辐射警告标志。

(4) 医院配置防辐射铅衣、防辐射铅帽、防护眼镜、防护手套等防护用品。

(5) 培训情况：目前医院辐射工作人员总计 37 人，其中 20 人参加了辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，并取得了合格证；17 人参加了医院组织的自主考核。

(6) 体检情况：辐射工作人员均已进行职业健康体检。体检结果表明，医院辐射工作人员均体检合格，可继续从事辐射岗位工作。

医院应及时组织未进行职业健康体检人员进行体检，及时安排需复查人员进行体检复查，体检合格后方可继续从事辐射岗位工作。

(7) 个人剂量送检情况：医院为辐射工作人员配备了个人剂量计，并进行个人剂量检测，医院辐射工作人员个人剂量监测结果满足国家标准要求，人员健康体检合格，医院建立了个人剂量档案和职业健康监护档案。

(8) 年度评估报告：医院已在全国核技术利用辐射安全申报系统上传 2019 年、2020 年及 2022 年年度评估报告。

(9) 其他：医院运营至今未发生投诉和辐射事故。

4、现有核技术利用工程存在的环境问题和整改措施

(1) 现有核技术利用工程存在的环境问题

①医院未按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 年修改）（环境保护部第 3 号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（HAF 802-2011 环保部第 18 号令）和《生态环境部数字减影血管造影 X 射线装置（DSA）监督检查技术程序》的规定制定操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、监测方案等。

(2) “以新带老”整改措施

本环评要求：

①重新申领辐射安全许可证前，结合新增项目制定操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、监测方案等，并根据新增 II 类射线装置的防护要求等对《辐射事故应急预案》进行修订。

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

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	操作场所	贮存方式与地点

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

表 4 射线装置

(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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

医院已有射线装置明细表：

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	CT 机-X 射线计算机体层摄影设备(16 排)	III	1	SOMATOM go.Now	130	400	诊断	门诊楼一层 CT-1 室	
2	CT 机-X 射线计算机体层摄影设备(16 排)	III	1	SOMATOM go.Now	130	400	诊断	门诊楼一层体检中心	
3	CT 机-X 射线计算机体层摄影设备(64 排)	III	1	SOMATOM Perspective	130	345	诊断	门诊楼一楼 CT-2 室	
4	DR	III	1	Multix Fusion max	150	800	诊断	门诊楼一层 DR1 室	
5	DR	III	1	Optima XR648	150	800	诊断	门诊楼一层 DR2 室	
6	乳腺钼	III	1	DM-1	40	125	诊断	门诊楼一楼放射科	
7	数字胃肠机	III	1	DRF-5C	150	800	诊断	门诊楼一层胃肠机室	
8	骨密度仪	III	1	Prodigy Pro	76	3	诊断	门诊楼一层体检中心	
9	移动 DR	III	1	uDR 370i	150	400	诊断	门诊楼一层放射科	
10	移动式 C 形臂 X 射线机	III	1	ARCADIS Varic	110	23	诊断	门诊楼四层手术室	
11	移动式 C 形臂 X 射线机	III	1	Brivo OEC 785	110	20	诊断	门诊楼四层手术室	
12	移动式 G 形臂 X 射线影像系统	III	1	DigiArc 100AC	110	15	诊断	门诊楼四层手术室	
13	移动式数字化摄影 X 射线机	III	1	Hyperion X9	90	10	诊断	门诊楼四层口腔科	
14	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	III	1	Dentrix50	90	10	诊断	门诊楼四层口腔科	

医院拟新增射线装置明细表：

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	数字血管造影机 (DSA)	II	1	Artis zee III ceiling	125	1000	诊断	门诊医技楼一层 DSA 机房	

(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 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

[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/kg, 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日施行修订版； (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》，2017 年 10 月 1 日施行修订版； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019 年 3 月 2 日修订版； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（HAF 802-2011）环保部令第 18 号，2011 年 5 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》，2019 年 8 月 22 日修订版； (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起实施； (9) 《射线装置分类》，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行； (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》，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日施行； (11) 《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第 55 号）； (12) 《山西省环境保护条例》修正版，2020 年 3 月 15 日起实施； (13) 《山西省辐射事故应急预案》，2021 年 2 月 26 日发布施行； (14) 《吕梁市辐射事故应急预案》，2021 年 1 月 15 日发布施行； (15) 《兴县辐射事故应急预案》，2021 年 12 月 29 日发布施行； (16) 《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。
------	---

技术标准	(1) 《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》（HJ/10.1—2016），国家环境保护部； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）； (4) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； (5) 《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-209）； (6) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (8) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (9) 《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）
其他	(1) 建设项目环境影响评价委托书； (2) 建设单位环评批复； (3) 工作场所现状检测报告； (4) 建设单位提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围							
根据导则(HJ 10.1-2016)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质边界外 50m 的范围。” 本项目为医院核技术应用的环境影响评价，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，且主要影响人员是射线装置所在机房内介入工作人员、控制室操作人员、工作场所周围的公众。因此，本项目以 DSA 机房屏蔽体周围 50m 的区域为评价范围。							
7.2 保护目标							
项目环境保护目标为从事本项目介入手术的放射工作人员、DSA 机房周围 50 米范围内的其它非放射工作人员和公众成员。 评价范围内主要环境敏感目标统计见表 7-1。							
表 7-1 主要环境保护目标一览表							
环境影响因素	保护目标名称		人数	位置	方位	与射线装置距离(m)	
						垂直	水平
辐射环境	职业人员	手术医师 护士	9 人	DSA 机房	机房内	0	0.6
		辅助人员	2 人	DSA 操作室	机房西	0	4.2
	公众	其他工作人员 和公众	2 人	走廊、更衣室、办公室、 观察室	机房北	0	4.2~7.2
			20 人	核磁共振室、检查室、B 超室、办公室等	机房北	0	15.5~50
			3 人	住院候诊区	机房东	0	4.2
			2 人	办公室	机房南	0	4.2
			2 人	办公室	机房南	0	10
			4 人	胃肠造影室、DR 室等 其他诊室、办公室	机房西	0	8.5~50
			2 人	乳腺检查室	楼上	4	0
			2 人	消毒供应中心仓库	楼下	4	0

7.3 主要评价标准

(1) 剂量限值

根据《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》(GBZ 130-2020)要求,本项目公众年有效剂量取 0.1mSv 作为公众照射剂量约束值;工作人员中手术医生护师以年有效剂量不超过 5mSv 作为剂量约束值,控制室技师以年有效剂量不超过 2mSv 作为剂量约束值。DSA 手术医生手部年当量剂量不超过 200mSv 作为剂量约束值。

(2) 放射工作场所边界周围剂量率控制水平

按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)有关规定,本项目 DSA 使用场所在距离机房屏蔽体外表面 30cm 外,周围辐射剂量率应满足:控制目标值不大于 2.5 μ Sv/h。

(3) 非放射性污染物排放标准限值

根据《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》(GBZ 2.1-2019),工作场所空气中 O₃ 和 NO₂ 的浓度限值分别为 0.3mg/m³ 和 5mg/m³。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置

兴县人民医院位于山西省吕梁市兴县县城新区蔚汾北路，东侧为在建润泽国际广场和空地，南侧临道路和蔚汾河，西侧为小公园，北侧临蔚汾北路和蔡家崖居民小区。

DSA 机房拟设置在门诊医技楼 1 层。DSA 机房东侧 50m 范围内为住院候诊区和医院内部空地，南侧 50m 范围内为办公室和医院内部空地，西侧 50m 范围内为控制室、设备间和门诊其他诊室，北侧 50m 范围内为走廊、更衣间、办公室和门诊楼内其他诊室。DSA 机房设在一层、楼下为消毒供应中心库房、楼上为乳腺检查室。

8.2 评价区辐射环境质量现状监测

为评价本项目的辐射环境质量，医院委托了山西贝可勒环境检测有限公司对本次评价区域周围环境 γ 辐射剂量率进行了监测。

8.2.1 监测方法

按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021 及《辐射环境监测技术规范》HJ 61-2021 进行。

8.2.2 监测仪器

表 8-1 监测仪器信息表

监测仪器/型号/编号	量程	响应时间	能响范围	检定证书编号	检定证书有效期至
辐射剂量率仪/BY211D/0808	0.01 μ Gy/h–1mGy/h	1s	25keV–3MeV	检字第【2022】-LA062	2023 年 6 月 6 日

8.2.3 监测布点

参照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的方法布设监测点，根据本次项目周围环境现状，监测点位的选取兴县人民医院使用 II 类射线装置项目覆盖区域及周围公众人员工作区域。合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。

以拟用 DSA 机房为中心，机房内、四周、楼上分别布点，见图 8-1。（见下图）

8.2.4 质量保证措施

- ①监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- ②每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验。
- ③由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- ④监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

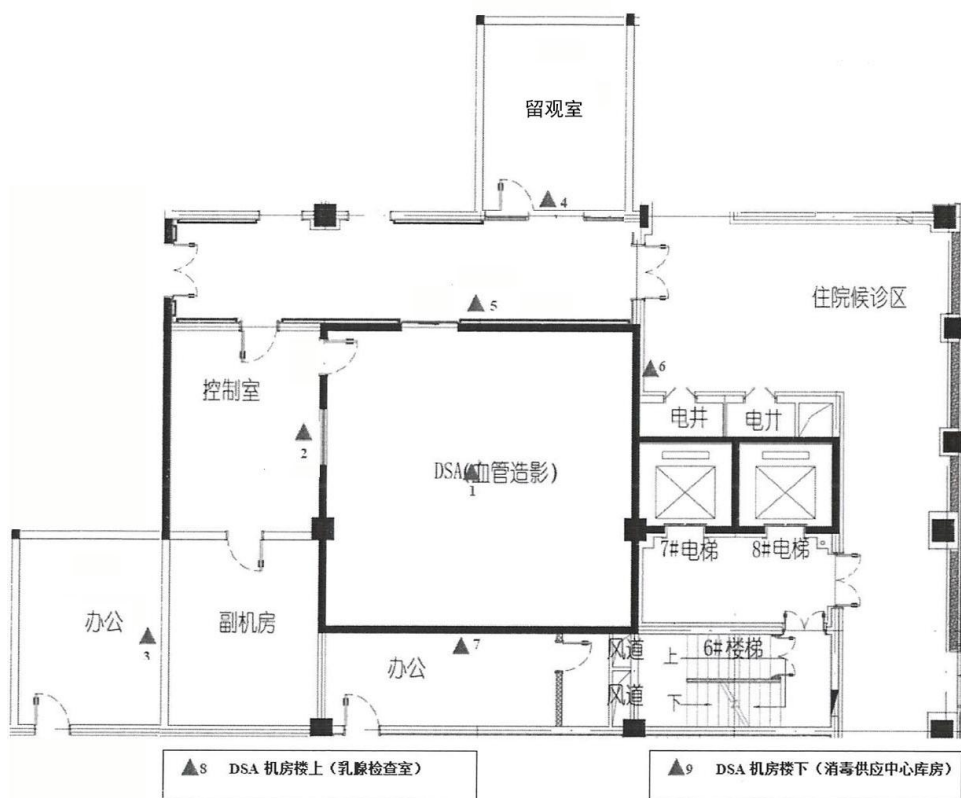


图 8-1 环境现状监测点位示意图

8.2.5 辐射环境监测数据

按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），每个监测点读取 5 个数据，计算平均值，使用仪器刻度因子和周围剂量转换系数进行修正，作为该监测点的剂量率。

表 8-2 DSA 机房四周环境 γ 辐射剂量率监测结果

序号	检测位置		检测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)
1	拟新增 DSA 机房	机房中央	0.07
2		机房西侧控制室	0.07
3		机房西南侧办公室	0.08
4		机房北侧留观室	0.06
5		机房北侧走廊	0.07
6		机房东侧候诊区	0.07
7		机房南侧办公室	0.06
8	楼上	DSA 机房楼上乳腺检查室	0.07
9	楼下	DSA 机房楼下消毒供应中心库房	0.07

由表 8-2 可知，该院拟用 DSA 机房周围现状环境 γ 辐射剂量率监测值在 0.06~0.08 $\mu\text{Gy/h}$ 之间（监测结果已扣除仪器对宇宙射线的响应），属于吕梁市正常的天然辐射本底水平 0.0461~0.1104 $\mu\text{Gy/h}$ （数据来源《中国环境天然放射性水平》2015 年 7 月，中国原子能出版社）。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目拟在新院区预留机房内安装 DSA，防护设施已建成，未安装设备，目前堆存有少量杂物。因此，项目施工期主要是设备安装、调试等。其工艺流程及产污环节见下图。

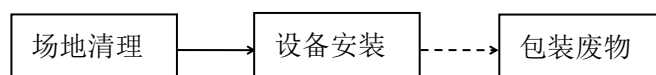


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节

9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

(1) 工作原理

DSA 的基本原理是先将没有注入造影剂和注入造影剂后通过人体 X 线信号进行成像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

(2) 系统组成

系统主要由 Gantry、专业手术床及 Atlas 机柜组成。

①Gantry，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。Gantry 的机械运动由床旁控制器控制，如机架各方向旋转、探测器的上下运动。

②专业手术床，通过床旁控制器控制床的上下升降，以及前后、左右的水平移动。在手术床的下方，安装有 Detector Power Supply，它是为数字平板探测器提供 5 组直流电压，从而使数字平板能够正常工作。

以上两个大部件都是由 Position 机柜总体控制，控制运动的电路板、交/直流电源、继电器等电路元器件都在该机柜中。

③Atlas 机柜，该机柜由 DL (Digital Leader，它从 RTAC 接收“干净”的图像，

存储并显示在监视器上，DL 用过算法对图像进行处理并允许用户浏览病人信息，回放图像，通过 DICOM 传输协议传到网络上，如支持 DICOM 的打印机、PACS 系统、图像后处理工作站等设备)、RTAC (Real Time Acquisition Controller, 获取并预处理图像，然后发送给 DL；通过控制病人接收剂量优化图像质量)、JEDI (发生器，控制球管的曝光) 构成。

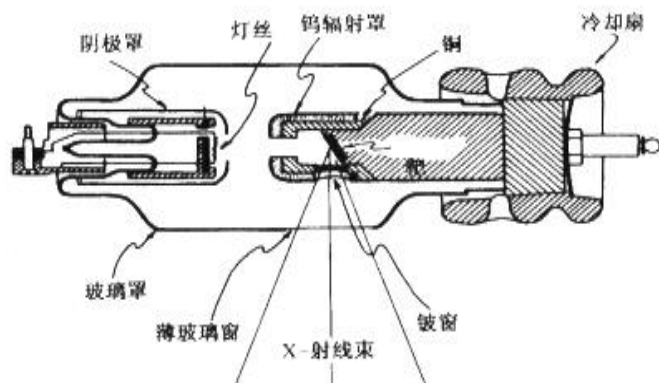


图 9-2 典型 X 射线管结构图

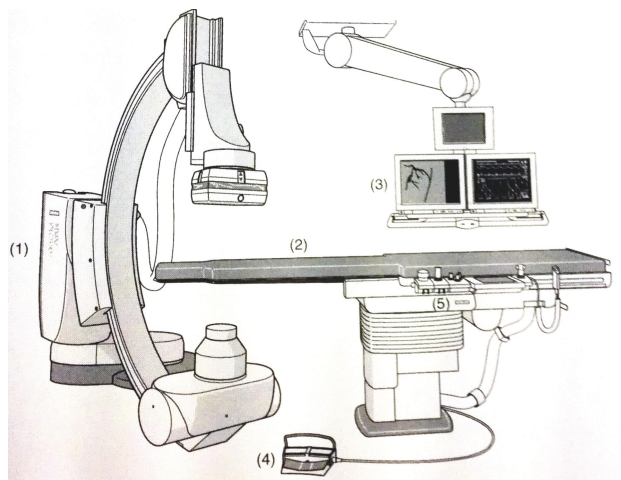


图 9-3 DSA 组成示意图

说明：(1)带有 C 臂、X 线球管装置以及 FD 的支架； (2)检查床； (3)带有 LCD 显示器和数据显示器的显示器天花板悬吊系统；(4)用于射线触发的脚闸；(5)用于控制支架、检查床以及成像系统的控制台。

(3) 工作流程

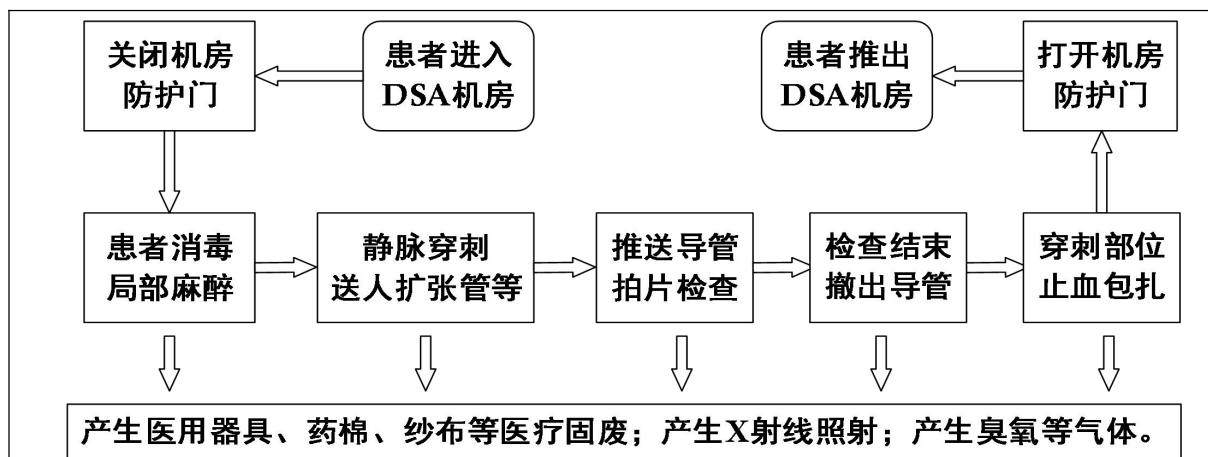


图 9-4 DSA 工作流程及产污环节流程图

DSA 在进行曝光时分摄影和透视两种工况：

① 摄影（拍片）：操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房中病人情况，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，占比较小，约 15%。

② 透视：病人需要进行介入治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时介入手术医生位于铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏等辅助防护设施后，并穿戴铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等个人防护用品，在介入手术室内对病人进行直接的介入手术操作。同室操作也存在摄影的情况。

隔室操作时间较短，所占比例较小，而同室操作时间占整台手术 DSA 出束时间所占比例较大，并且同室操作对医生等职业人员的影响更大，是本次评价关注的重点。

9.3 污染源项描述

9.3.1 施工期污染工序及产污情况

本项目施工活动主要为场地清理、DSA 设备安装和调试，故本报告对施工期的环境影响进行简要分析。

（1）废气

本项目施工活动对环境空气的主要影响表现为粉尘。场地清理过程中将会产生一定的粉尘污染。

（2）噪声

本项目施工期施工主要在室内进行，施工噪声主要为场地清理、设备安装等过程

产生的噪声，这些噪声源的噪声值在 60~80dB(A) 之间。

(3) 废水

本项目施工废水主要为施工人员产生的少量生活污水。

(4) 固体废物

施工期固体废物主要为设备安装过程产生的包装废物和少量生活垃圾。包装废物和生活垃圾由环卫部门统一处置。

本项目施工期结束后，对环境的影响也随之结束。

9.3.2 运行期污染工序及产污情况

(1) 放射性污染

DSA 的主要污染因子是 X 射线。

X 射线是随射线装置的开、关而产生和消失。因此，本项目 DSA 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放射 X 射线。在开机出束时，有用束和漏射、散射的 X 射线对周围环境造成辐射污染。在 X 射线装置使用过程中，X 射线贯穿机房的屏蔽设施进入外环境中，将对控制室操作人员及机房周围人员造成辐射影响。此外，X 射线与空气作用产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，但由于该项目医用 X 射线机工作时的管电压、管电流较小，电离能力弱，出线时间较短，因此产生的臭氧和氮氧化物也较少，对环境的影响可忽略。

(2) 非放射性污染

①废水

本项目 DSA 采用数字成像，不使用显影液、定影液，不产生废显影液、废定影液。医护人员在工作中产生少量生活污水。

②废气

本项目 DSA 在曝光过程中产生少量的臭氧和氮氧化物。

③固废

本项目 DSA 采用数字成像，成像结果刻入光盘贮存，或病人自行带走。介入手术时会产生医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物；医护人员在工作中产生少量生活垃圾和办公垃圾。

④噪声

机房空调工作时将产生一定的噪声，其噪声值约为 75~90dB(A)。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所平面布局

本项目新建 1 台 DSA，位于门诊医技楼 1 层。其四周布局见下表。

表 10-1 各机房位置及四周布局一览表

工作场所	位置	东	南	西	北	上	下
DSA 机房	门诊医技楼 1 层	住院候诊区	办公室	控制室、设备间	走廊、更衣间、办公室	乳腺检查室	消毒供应中心库房

本项目 DSA 辐射工作场所相对集中布置，设置有患者通道、医护通道，射线装置经过机房屏蔽后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，且手术室（机房）为洁净控制区，其周边采取人员隔离管控，对周围环境与人员辐射影响是可以接受的，因此本项目各机房平面布局合理可行。

10.1.2 辐射工作场所两区划分及管理

（1）两区划分

根据《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》（GBZ 130-2020）标准中对控制区和监督区的定义，本项目 DSA 机房两区划分如下：将 DSA 机房内部划为控制区；将与机房相邻的控制室、走廊、住院候诊区、办公室、楼上乳腺检查室、楼下消毒供应中心库房等划为监督区。

（2）分区管理

控制区：在正常诊疗的工作过程中，建设单位严格限制无关人员进出控制区，区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全。控制区设墙体、铅门等实体边界，控制区（边界张贴电离辐射警示标志、机房门外地面划设警戒线、张贴警示牌。

监督区：定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

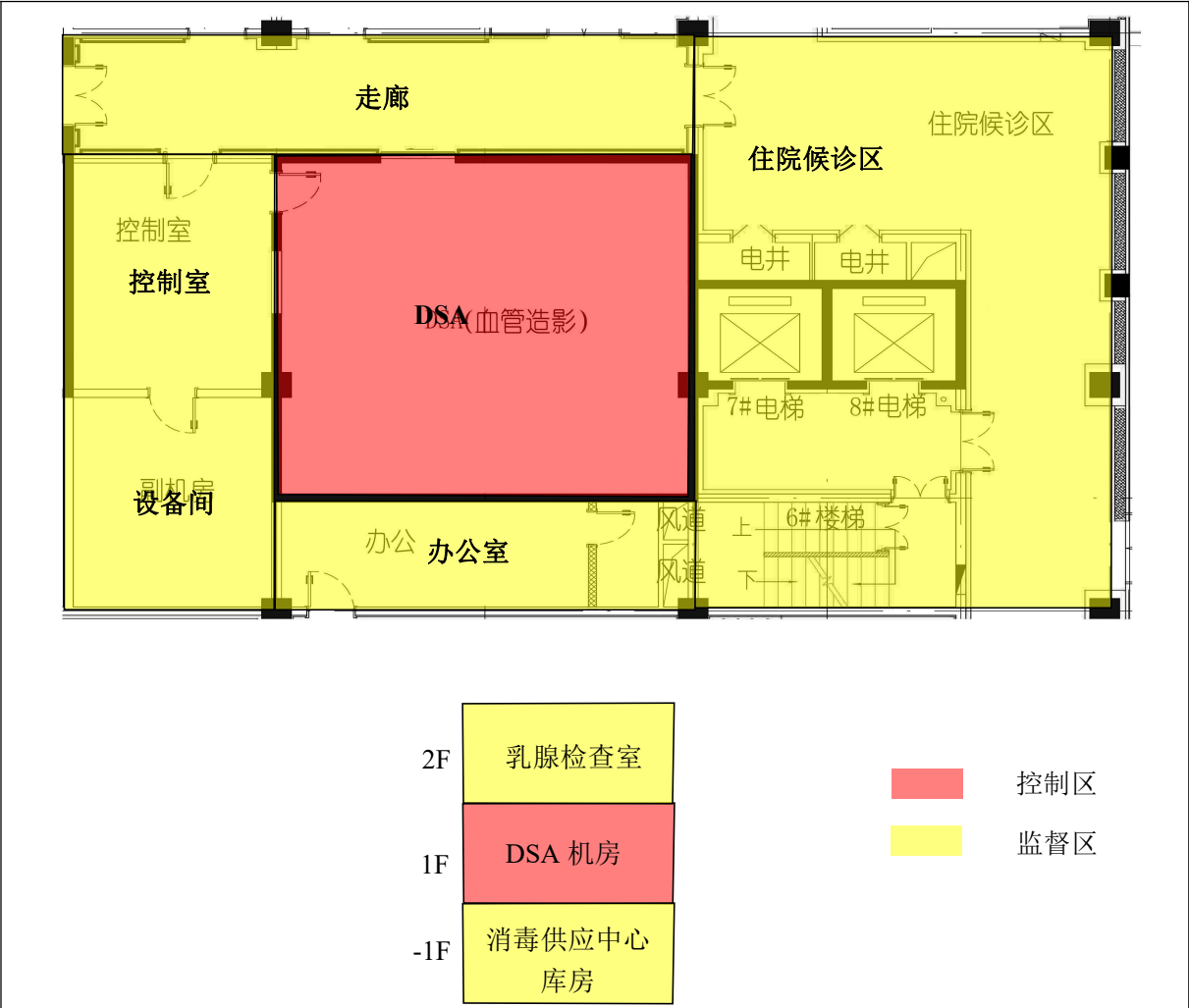


图 10-1 DSA 机房“两区”划分图

10.1.3 工作场所防护屏蔽设计

表 10-2 DSA 机房设计使用面积与评价一览表

机房名称	使用面积（机房尺寸）	标准要求（最小单边长）	符合性
DSA 机房	65.6 m ² （8.2m×8m）	20 m ² （4.5m）	符合

表 10-3 DSA 机房屏蔽防护参数

机房名称	屏蔽体	材料及规格（铅当量：mmPb）	标准要求	是否符合要求
DSA 机房	四周墙体	200mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料（4.73）	有用线束及非有用线束方向铅当量均为 2mmPb	是
	顶棚	200mm 混凝土+2mm 铅板（4.63）		
	地板	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料（4.25）		
	工作人员防护门	4mmPb 平开防护门（4.0）		
	受检者出入门	4mmPb 电动推拉式防护门（4.0）		
	观察窗	4mmPb 铅玻璃（4.0）		

由上表可知，本项目射线装置机房有效使用面积和屏蔽防护设计均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。

10.1.4 DSA 机房安全防护措施

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

（1）设备固有安全防护措施

本项目 DSA 拟从正规厂家购买，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对 X 射线设备防护性能的技术要求，设备本身采取了多种固有安全防护措施：

- ①设备具有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；
- ②采取栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉和余辉，起到消除软 X 射线，提高有用射线品质并减少脉冲宽度；
- ③采取光谱过滤技术：在 X 射线管头放置合适的铝过滤板，以消除软 X 射线及减少二次散射，优化有用 X 射线谱；
- ④采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰度，可减少透视剂量；
- ⑤采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留在监视器上显示，即称之为图像冻结，此技术可缩短总透视时间，达到减少不必要的照射；
- ⑥本项目 DSA 透视开关为常断式，并配有透视限时装置；机房内具有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。

（2）工作场所辐射安全防护措施

①门灯连锁：DSA 机房防护门上方设置醒目的工作状态指示灯；工作状态指示灯与机房门有效关联。

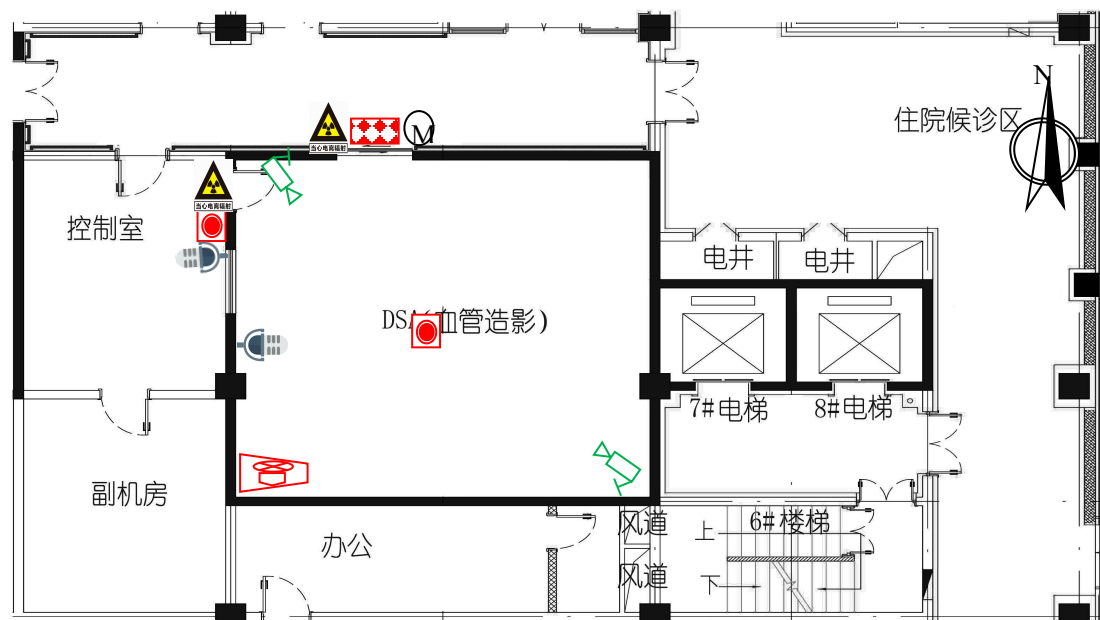
②急停装置：控制台上、介入手术床旁设置急停开关（各开关分别与 X 射线系统连接）。X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动任一个急停开关，均可停止 X 射线系统出束。

③视频监控和对讲装置：在 DSA 机房与控制室之间安装 1 套视频监控和对讲装置，控制室的工作人员通过对讲机与机房内的手术人员联系，同时可以实时监控机房内情况。

④警告标志：DSA 机房门外醒目位置设置电离辐射警告标志和中文说明。

⑤DSA 机房患者防护门为电动推拉门，且设有防夹装置。医护人员进出门设有自动闭门装置。

⑥受检者不在机房内候诊，候诊区设置放射防护注意事项告知栏。



 固定式辐射报警仪	1 套	 急停开关	2 个
 对讲系统	1 套	 电离辐射警示标志	2 个
 监控摄像头	2 个	 工作状态指示灯	1 个
		 门-机联锁	1 套

图 10-2 DSA 安全防护设施布置示意图

(3) 介入手术过程人员防护

①本项目 DSA 装置拟配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜各 3 套，防护用品铅当量均为 0.5mmPb，介入防护手套 3 套，防护用品铅当量为 0.025mmPb。

②本项目 DSA 装置拟配备铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏各 1 件，辅助防护设施具有 0.5mmPb。

③应根据实际情况，DSA 机房配备铅围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等个人防护用品，其中儿童和成人患者各 1 套，防护用品具有 0.5mmPb。

④在满足诊断要求的前提下，每次使用 DSA 进行诊疗之前，应根据诊疗要求和病人实际情况制定最优化的诊疗方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量

短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

⑤本项目 DSA 辐射工作人员必须按 GBZ128-2019 相关规定配备个人剂量计。

(4) 其他安全措施

①介入科医护人员等相关辐射工作人员应严格遵守操作规程，避免因使用不当而引起的机器故障。辐射工作人员应参加辐射安全与防护培训，持证上岗。

②合理设置管电流、管电压参数，控制介入工作时间，限制职业个人剂量，降低集体剂量。

③外聘手术医师个人剂量检测纳入医院辐射管理，并建立相应档案。

④DSA 机房及控制室应张贴相应的规章制度、操作规程。

⑤DSA 机房设置有动力排风装置，保证机房内良好通风。

⑥电缆应以地沟形式在地坪以下部位布设，并在非主射方向以“U”形从地坪下方穿越墙体。

表 10-4 本项目 DSA 机房其他辐射防护措施分析

项目	标准要求	本项目设计方案	是否符合
机房通风	机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。	机房设计排风装置，保证排风状况良好。	符合
机房内布局	机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	机房建设时避免有用线束直线照射管线口；机房内未设置与诊断工作无关的设施，保持机房内整洁、不堆放杂物。	符合
警示系统	机房门外应有电离辐射标志、辐射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句。	建设单位拟在机房外墙上张贴辐射防护注意事项，机房门外设置电离辐射标志，在机房门上方设置工作状态指示灯。	符合
安全联锁装置	机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效关联。	机房受检者通道门设联锁装置，保证工作状态指示灯与防护门实现联锁功能。医护人员进出门设有自动闭门装置。	符合
候诊区	不应在机房内候诊。	设有专用的患者候诊区，不在机房内候诊。	符合

10.2 “三废”治理措施

(1) 废气治理措施：DSA 在曝光过程中臭氧产生量很小，经通排风系统排出，避免在机房内累积，产生量较小，排出后不会对环境造成明显影响。

(2) 废水治理措施：本项目 DSA 采用数字成像，不使用显影液、定影液。医护人员产生的生活污水依托医院整体污水处理设施处置。

(3) 固体废物治理措施

①本项目根据病人的需要打印胶片，胶片打印出来后由病人带走并自行处理。

②手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料，采用专门的收集容器集中回收后，转移至医疗废物暂存室，由当地医疗废物处理机构定期统一回收处理。

③工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理。

（4）噪声治理措施：机房空调或通风装置工作时将产生一定的噪声，噪声源等级较低，在经过建筑屏蔽及距离衰减后，不会对周围环境造成明显影响。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工活动主要为室内清理、设备安装等。项目施工期主要环境影响有废气、废水、固废、噪声等。

11.1.1 废气

在场地清理过程中将会产生少量的粉尘污染。本项目施工过程中要注意洒水抑尘，将粉尘对周围环境产生的影响降低在可接受的范围内。

11.1.2 废水

本项目施工期间产生的废水主要为场地清洁废水、施工人员产生的少量生活污水，可依托医院现有的污水处理设施进行处理。

11.1.3 固体废物

(1) 建筑垃圾主要为设备安装过程中产生的包装废弃物和完工清场的固体废物，运至环卫部门指定的建筑垃圾填埋场倾倒，定时清运，以免造成环境污染和影响环境卫生。

(2) 施工人员生活垃圾集中收集后，由环卫部门统一清运，不得任意堆放和丢弃。
通过采取以上防治措施以后，施工期产生的固废基本不会对周围环境产生影响。

11.1.4 噪声

本项目施工期的噪声主要为设备安装过程产生的一些零星的敲打声、打孔机声、吆喝声等，多为瞬间噪声，这些噪声源噪声值在 75~90dB(A)之间，由于主要在室内进行施工，施工噪声对项目周围环境的影响较小。

但在此基础上，为减少施工噪声对周围环境的影响，本报告要求建设单位采取如下防治措施：

- (1) 按规定操作，尽量减少碰撞声音；
- (2) 减少人为噪声，合理安排施工流程、顺序，减少搬运过程中产生的碰撞声；
- (3) 合理安排施工时间，施工时间应安排在日间非休息时段。

在采取以上噪声防治措施后，可有效降低施工期噪声对周围环境的影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 机房符合性分析

本项目拟在门诊医技楼 1 层放射科安装 1 台 DSA 用于影像诊断和介入治疗，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中医用诊断 X 射线防护中不同屏蔽物质的铅当量的计算公式计算四周墙体及顶板、地板的等效屏蔽效果，公式如下：

a) 对给定的屏蔽物质厚度，依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中给出的不同管电压 X 射线辐射在屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值（见表 11-1）按下式计算屏蔽透射因子 B：

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

式中：

B——给定屏蔽物质厚度的屏蔽透射因子；

β ——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；

α ——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 ——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；

X——屏蔽物质厚度。

b) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中给出的不同管电压 X 射线辐射在铅中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值和 a) 计算出的 B 值，使用下式计算出给定屏蔽物质厚度的等效铅当量厚度。

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

式中：

X——给定屏蔽物质厚度的等效铅当量厚度；

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；

B ——给定屏蔽物质厚度的屏蔽透射因子。

表 11-1 铅、混凝土对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关三个拟合参数（节选）

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	0.0287	0.067	1.346

注：本表节选自《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)表 C.2 和表 C.3, 混凝土密度为 2.35g/cm^3 , 砖密度为 1.65g/cm^3 。

200mm 厚钢筋混凝土密度为 2.35g/cm^3 , 其等效铅当量厚度计算见下表。

表 11-2 200mm 厚钢筋混凝土屏蔽因子计算结果

管电压 kV	材料	X (mm)	α	β	γ	B
125 (有用线束)	200mm 厚混凝土	180	0.03502	0.07113	0.6974	1.865×10^{-4}

表 11-3 200mm 厚钢筋混凝土等效铅当量计算结果

材料	B	α	β	γ	X (mmPb)
200mm 厚混凝土(125kV)	1.865×10^{-4}	2.219	7.923	0.5386	2.63

由上表计算结果可知，对于 125kV（有用线束）200mm 厚混凝土等效为 2.63mm 铅当量。

经与医院核实情况，本项目 DSA 机房防护拟使用硫酸钡涂料的密度不低于 2.7g/cm^3 。

根据《辐射防护手册》第三分册（李德平、潘自强主编，原子能出版社）提供了不同屏蔽物质铅当量厚度，如下表所列。

表 11-4 《辐射防护手册》中不同厚度硫酸钡涂料(2.7g/cm^3)物质铅当量厚度

管电压 (kV)	1mmpb	2mmpb	3mmpb
	硫酸钡涂料 (mm)		
150	17	38	65

据此采用内插法计算得到 4cm 硫酸钡涂料（密度不低于 2.7g/cm^3 ）的等效屏蔽铅当量相当于 $2 + [(40-38) / (65-38)] \times (3-2) \approx 2.1\text{mmPb}$, 3cm 硫酸钡涂料（密度不低于 2.7g/cm^3 ）的等效屏蔽铅当量相当于 $1 + [(30-17) / (38-17)] \times (2-1) \approx 1.62\text{mmPb}$ 。

因此，根据医院提供屏蔽设计参数，本项目 DSA 机房四周墙体相当于 3.92mm 铅

当量防护，顶部相当于 3.06mm 铅当量防护，底板相当于 3.46mm 铅当量防护。

DSA 机房屏蔽措施达标分析见表 11-5。

表 11-5 DSA 机房屏蔽措施达标分析

机房	屏蔽结构	设计屏蔽厚度	等效屏蔽效果	标准要求	达标分析
DSA 机房	四周墙体	200mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	相当于 4.73mm 铅当量	2.0mm 铅当量	达标
	顶板	200mm 混凝土+2mm 铅板	相当于 4.63mm 铅当量	2.0mm 铅当量	达标
	底板	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料	相当于 4.25mm 铅当量	2.0mm 铅当量	达标
	防护门	4mm 铅当量	4mm 铅当量	2.0mm 铅当量	达标
	观察窗	4mm 铅当量	4mm 铅当量	2.0mm 铅当量	达标

依据上表分析内容，从 DSA 机房屏蔽措施达标分析可知，本项目 DSA 机房四周墙体、顶板、底板及防护门窗等拟采取防护措施均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）屏蔽铅当量的要求。

11.2.2 正常情况下辐射环境影响分析

本项目运营期的主要环境问题是 DSA 运行时产生的 X 射线污染，可能会对工作人员和公众的身体健康造成影响。

考虑 DSA 图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射，只需考虑次级辐射的屏蔽设计，因此，本次评价主要对 DSA 运行时泄漏辐射与散射辐射对周围环境的影响进行分析。

1、估算模式

（1）泄漏辐射剂量率（ $D_{\text{漏射}}$ ）

关注点处的泄漏辐射剂量率参考《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）中给出的公式计算。

$$D_{\text{泄露}} = \frac{f \bullet K_0 \bullet B}{R^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中： $D_{\text{泄露}}$ —关注点处的漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；
f—泄漏射线比率，取0.1%；
 K_0 —距靶点1m 处的最大剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；
R—靶点至关注点的距离，m；

按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C 中给出的公式计算屏蔽透射因子B

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

式中：B—屏蔽透射因子；X—屏蔽材料铅当量厚度，mmPb；

α 、 β 、 γ —铅对不同管电压X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数，根据DSA运行工况，本次评价取125kV时的参数（ α :2.233, β :7.888， γ :0.7295）。

（2）散射辐射剂量率（ $D_{\text{散射}}$ ）

关注点处的散射辐射剂量率参考《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）中给出的公式计算。

$$D_{\text{散射}} = \frac{K_0 \bullet \alpha \bullet B \bullet (S/400)}{(d_0 \bullet d_s)^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中： $D_{\text{散射}}$ —关注点处的散射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

K_0 —距靶点1m 处的最大剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

α —患者对X 射线的散射比，取自《辐射防护手册第一分册》P437 表10.1，125kV射线取0.0015（90°散射，相对于400cm² 散射面积）；

S—散射面积，取典型值100cm²；

d_0 —源与患者的距离，取0.3m；

d_s —患者与关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子，按式（11-2）计算。

（3）有效剂量 H_E

$$H = \mu \bullet D \bullet t \bullet T \bullet W \dots\dots\dots(11-4)$$

$$D = D_{\text{泄露}} + D_{\text{散射}} \dots\dots\dots (11-5)$$

式中：H：年有效剂量，Sv/a；

D：关注点附加剂量率，Gy/h；

μ ：转换因子，此处取 1；

T：居留因子，无量纲；

t：照射时间，h/a；

W：组织权重因子。取 1

2、设备辐射剂量

根据标准《医用血管造影 X 射线机专用技术条件》（YY/T 0740-2009）要求，在管电压和管电流的任意组合下，在距影像接收器表面 30cm 处透视空气比释动能率不能超过 100mGy/min；《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定，X 射线应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。由以上两个条件，可保守计算出距离靶点 1 米处主束透视最大空气比释动能率 K_0 为 0.54Gy/h。拍片状态下最大空气比释动能率高于透视，参考公司设备和实际工作过程中，可折算 1m 处 K_0 为 3.8Gy/h。选择低模式辐射剂量率较最高可减少 50%。本次剂量率计算按常规模式进行保守估算。

3、机房周围剂量率估算

本评价分别对摄影、透视两种工况下机房周围的贯穿辐射水平进行了预测估算。估算结果见表 11-6、11-7。

表 11-6 DSA 机房周围剂量当量率估算（透视工况）

序号	关注点位置 (30cm)	屏蔽厚度 mmPb	透射因子 (B)×10 ⁻⁶	毗邻场所名称	距离 m	剂量率 (μGy/h)		附加剂量率 (μGy/h)
						漏射	散射	
1	东墙	4.73	3.26	住院候诊区	4.2	0.0001	0.0004	0.0005
2	南墙	4.73	3.26	办公室	4.2	0.0001	0.0004	0.0005
3	西墙	4	16.67	DSA 操作室	4.2	0.0005	0.0021	0.0026
4	北墙	4.73	3.26	走廊	4.2	0.0001	0.0004	0.0005
5	医护门	4	16.67	DSA 操作室	4.3	0.0005	0.0020	0.0025
6	患者门	4	16.67	走廊	4.2	0.0005	0.0021	0.0026
7	观察窗	4	16.67	DSA 操作室	4.2	0.0005	0.0021	0.0026
8	楼上	4.63	4.08	乳腺检查室	4	0.0001	0.0006	0.0007
9	楼下	4.25	9.53	消毒供应中心 仓库	4	0.0003	0.0013	0.0017

表 11-7 主要环境保护目标剂量当量率估算（透视工况）

序号	保护目标		屏蔽厚度 mmPb	透射因子 (B) $\times 10^{-6}$	位置	距离 m	剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)		附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
							漏射	散射	
1	工作人员	辅助人员	4	16.67	DSA 操作室	4.2	0.0005	0.0021	0.0026
2	公众	附近其他职业人员和公众	4.73	3.26	走廊	4.2	0.0001	0.0004	0.0005
3			4.73	3.26	核磁共振室	15.5	0.00001	0.00003	0.00004
4			4.73	3.26	住院候诊区	4.2	0.0001	0.0004	0.0005
5			4.73	3.26	办公室	4.2	0.0001	0.0004	0.0005
6			4.73	3.26	办公室	10	0.0000	0.0001	0.0001
7			4	16.67	胃肠造影室	8.5	0.0001	0.0005	0.0006
8			4.63	4.08	乳腺检查室	4	0.0001	0.0006	0.0007
9			4.25	9.53	消毒供应中心仓库	4	0.0003	0.0013	0.0017

注：选取同方向所有保护目标中距离机房最近处进行计算。

表 11-8 DSA 机房周围剂量当量率估算（摄影工况）

序号	关注点位置 (30cm)	屏蔽厚度 mmPb	透射因子 (B) $\times 10^{-6}$	毗邻场所名称	距离 m	剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)		附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
						漏射	散射	
1	东墙	4.73	3.26	住院候诊区	4.2	0.0007	0.0029	0.0036
2	南墙	4.73	3.26	办公室	4.2	0.0007	0.0029	0.0036
3	西墙	4	16.67	DSA 操作室	4.2	0.0036	0.0150	0.0186
4	北墙	4.73	3.26	走廊	4.2	0.0007	0.0029	0.0036
5	医护门	4	16.67	DSA 操作室	4.3	0.0034	0.0143	0.0177
6	患者门	4	16.67	走廊	4.2	0.0036	0.0150	0.0186
7	观察窗	4	16.67	DSA 操作室	4.2	0.0036	0.0150	0.0186
8	楼上	4.63	4.08	乳腺检查室	4	0.0010	0.0040	0.0050
9	楼下	4.25	9.53	消毒供应中心仓库	4	0.0023	0.0094	0.0117

表 11-9 主要环境保护目标剂量当量率估算（摄影工况）

序号	保护目标		屏蔽厚度 mmPb	透射因子 (B) $\times 10^{-6}$	位置	距离 m	剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)		附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
							漏射	散射	
1	工作人员	辅助人员	4	16.67	DSA 操作室	4.2	0.0036	0.0150	0.0186
2	公众	附近其他职业人员和公众	4.73	3.26	走廊	4.2	0.0007	0.0029	0.0036
3			4.73	3.26	核磁共振室	15.5	0.0001	0.0002	0.0003
4			4.73	3.26	住院候诊区	4.2	0.0007	0.0029	0.0036
5			4.73	3.26	办公室	4.2	0.0007	0.0029	0.0036
6			4.73	3.26	办公室	10	0.0001	0.0005	0.0006
7			4	16.67	胃肠造影室	8.5	0.0009	0.0037	0.0045
8			4.63	4.08	乳腺检查室	4	0.0010	0.0040	0.0050
9			4.25	9.53	消毒供应中心仓库	4	0.0023	0.0094	0.0117

注：选取同方向所有保护目标中距离机房最近处进行计算。

评价：由表 11-6 和表 11-8 计算结果可知，本项目在采取设计的机房辐射屏蔽防护措施情况下，在距 DSA 机房屏蔽体外表面 0.3m 处，透视或摄影工况下，周围剂量率在 $0.0005 \sim 0.0186 \mu\text{Gy/h}$ ，小于 GBZ130-2020 的规定限值 $2.5 \mu\text{Gy/h}$ 。

由表 11-7 和表 11-9 计算结果可知，本项目在采取设计的机房辐射屏蔽防护措施情况下，透视或摄影工况下，环境保护目标剂量率在 $0.00004 \sim 0.0186 \mu\text{Gy/h}$ ，小于 GB18871-2002 和 GBZ130-2020 的规定限值要求。

4、术者位剂量当量率估算

术者位距离源强约为 0.6m，操作时身穿铅衣、戴铅帽、铅围脖、介入防护手套等，同时在铅悬挂防护屏和床侧防护帘后操作，受到了两次防护，防护能力为 1mm 铅当量。透射因子 B 以正常工作管电压 125kV 参数估算 ($\alpha:2.233, \beta:7.888, \gamma:0.729$)

表 11-10 术者位剂量估算

工况	位置	屏蔽厚度 mmPb	透射因子 B	距离 (m)		剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)		附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
				距源	距患者	漏射	散射	
透视	术者位	1	0.016937	0.6	0.3	25.43	105.96	131.39

5、工作人员和公众年附加有效剂量估算

本项目正式运行后，计划年 120 台手术，单台手术射线装置出线时间 15min，年出束时间约为 30h（透视为 24h，摄影为 6h）。3 个科室手术各科室医生不交叉，最大

年受照时间约为 12h（取年出束时间 40%）。操作室辅助人员交叉，年受照时间约为 30h。结果见下表。

表 11-11 DSA 运行所致工作人员和公众年附加有效剂量估算结果

序号	场所位置	居留因子	工况	照射时间 (h/a)	附加剂量率 (μGy/h)	有效剂量 (mSv/a)		备注
1	操作室	1	透视	24	0.0026	0.000063	0.000175	辅助人员
			摄影	6	0.0186	0.000111		
2	走廊	1.00	透视	24	0.0005	0.000012	0.000034	公众或其他 工作人员
			摄影	6	0.0036	0.000022		
3	核磁共振室	1.00	透视	24	0.00004	0.000001	0.000003	
			摄影	6	0.0003	0.000002		
4	住院候诊区	0.25	透视	24	0.0005	0.000003	0.000008	
			摄影	6	0.0036	0.000005		
5	办公室	1.00	透视	24	0.0005	0.000012	0.000034	
			摄影	6	0.0036	0.000022		
6	办公室	1.00	透视	24	0.0001	0.000002	0.000006	
			摄影	6	0.0006	0.000004		
7	胃肠造影室	1.00	透视	24	0.0006	0.000015	0.000042	
			摄影	6	0.0045	0.000027		
8	楼上乳腺检查室	1.00	透视	24	0.0007	0.000017	0.000047	
			摄影	6	0.0050	0.000030		
9	楼下消毒供应中心库房	1.00	透视	24	0.0017	0.000040	0.000110	
			摄影	6	0.0117	0.000070		
10	术者位	1	透视	9.6	131.3900	1.261344	1.261389	工作人员
		1	摄影	2.4	0.0186	0.000045		

注：各场所附加剂量率值均取临近机房侧最近处最大值。

由计算结果可知，DSA 在正常工作时所致工作人员的年附加有效剂量最大为 1.261389mSv/a，低于剂量管理约束限值 5mSv/a 的要求；辅助人员的年附加有效剂量最大为 0.000175mSv/a，低于剂量管理约束限值 2mSv/a 的要求；公众或其他工作人员的年附加有效剂量最大为 0.00011mSv/a，低于剂量管理约束限值 0.1mSv/a 的要求。

本次评价对辐射工作人员及公众剂量计算均较为保守，均采取可能的最大辐射量计算，而实际运行过程中医师会根据患者情况，选择不同的操作模式，尽量选择低辐射模式，以减少患者及辐射工作人员所受剂量。

6、术者腕部剂量估算

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），腕部的年当量剂量限值为 500mSv/a。

本项目 DSA 近台操作医生的腕部剂量计算参数为：每位医生年计划诊疗患者为 40 人，需近台操作最大占比 50%，约 20 人，每名患者手术照射时间为 12min，近台操作医生的腕部距射线管约为 1 英尺（0.3048m），根据图 11-1 所示，腕部剂量为 500mR/h（5mGy/h），居留因子和权重因子为 1，近台操作医生手腕部最大剂量为 25mSv/a，小于约束值 200mSv/a 要求。介入医师工作时要佩戴腕部剂量计，每个季度对腕部剂量进行监测，使得每年的当量剂量不超过 200mSv/a。

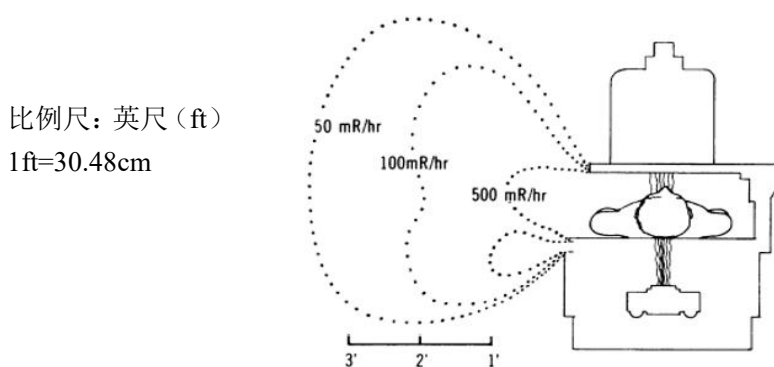


图 11-1 DSA 剂量分布示意图

综上所述可知，兴县人民医院使用医用Ⅱ类 X 射线装置项目在采取环评要求的防护措施情况下不会对职业人员及公众造成明显辐射影响。

11.2.3 非辐射环境影响分析

1、大气环境影响分析

DSA 设备运行时，机房室内产生的少量臭氧和氮氧化物，本项目 DSA 机房设有动力排风装置，独立排风系统，避免混合交叉，排风口位于房间天花板，通过单独排风管道将室内有害气体排出，项目有效排放量为 1000m³/h，机房有效容积约 177.12m³，通风换气次数不小于 4 次/h，能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。

2、水环境影响分析

本项目 DSA 采用数字成像，无废显、定影液产生，无需相关治理措施。医护人员产生的生活污水依托医院污水处理设施处置，兴县人民医院主体工程建设污水处理设

施，处理后排入市政污水管网，不会对周围环境造成明显影响。

3、固体废物治理措施

①本项目 DSA 采用数字成像，会根据病人的需要打印胶片，胶片打印出来后由病人带走并自行处理。

②手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料，集中回收至污物间后，转移至医疗废物暂存室，由当地医疗废物处理机构定期统一回收处理。

③工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理。

固体废物均得到合理处置，不会对周围环境造成明显影响。

4、声环境影响分析

机房空调噪声值噪声等级很低，在建筑隔声及距离衰减情况下，不会对周围环境造成明显影响。

综上所述，医院针对本项目 DSA 产生的各项污染物均采取了有效的污染防治措施。正常运行情况下在大气环境、水环境、声环境以及固体废物等方面均能做到合理处置，对环境造成的影响很小。

11.3 辐射事故分析和防范措施

11.3.1 可能发生的辐射事故

本项目 DSA 开机出束时的可能如下事故：

- （1）辐射工作人员违反放射操作规程或误操作，造成意外照射。
- （2）门灯联锁装置发生故障情况下，人员误入正在运行的射线装置机房。
- （3）其他非必要医护人员还未全部撤离机房，即进行曝光，人员受到不必要的照射。所受到的照射剂量与其所在位置有关，距离射线装置越近，受照剂量越大。
- （4）在防护门未关闭的情况下即进行曝光操作，可能给非介入工作人员和周围活动的人员造成不必要的照射。
- （5）职业人员防护不当或防护失效、装置管电流、管电压参数设置不合理、介入出线操作时间控制不当引发超剂量事故。

11.3.2 预防措施

- （1）对医用射线装置制定明确的操作规程，在放射诊断操作时，至少有 2 名操作

人员同时在场，操作人员严格按照操作规程进行操作。

（2）设备设有安全指示功能，当设备出现错误或故障时，应能中断照射，并有相应故障显示。

（3）在控制室内、机房手术床旁操作控制面板上分别设置急停按钮，当紧急情况发生时，按下任一个急停按钮或关闭设备间电源开关，会立即停止 X 射线出束。

（4）介入手术时，操作医生需要确认机房内无其他闲杂人等、铅防护门正常关闭之后才能开启曝光；

（5）放射工作人员在进行放射工作时必须穿戴防护用品，并佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，严禁在无任何防护措施情况下进行曝光。

（6）机房防护门外设置醒目的电离辐射危险标志及工作状态指示灯。

（7）患者通道防护门有外部止锁功能，可防止外部患者及其它人员误入。

（8）定期认真地对医院射线装置的安全和防护措施、设施及防护用品的安全防护效果进行检测或者检查，保障其有效性，监督各项管理制度的执行，发现安全隐患立即进行整改，严禁防护设施带病工作。

（9）优化介入手术方案，加强个人剂量监测，严格控制介入人员年工作时间。

11.3.3 应急处理措施

为避免 DSA 运行中其它人员误入等造成的辐射事故，工作时首先要检查防护门上门灯联锁是否正常，防护门的闭锁装置是否有效，若出现故障应立即修理。

在控制室的操作台、机房设备控制台均设置了紧急停机按钮，设备间设置电源总开关，一旦有人员误入等立即启动紧急停止按钮，切断电源、终止照射。并根据照射伤害情况启动应急预案。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置	
根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求，使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，且至少有 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。 兴县人民医院已成立了放射防护管理小组和放射卫生管理机构，并指定有辐射安全管理专职人员。放射防护管理领导小组负责制定放射防护管理的相关规定、监督放射防护管理工作小组工作和管理并监督放射诊疗项目的开展。放射防护管理工作小组负责办理《放射诊疗许可证》及变更、校验和注销、办理《辐射安全许可证》及变更、校验和注销、办理放射诊疗新技术项目的审批工作、负责许可证书的保管工作。	
12.2 辐射安全管理制度	
12.2.1 现有的辐射环境管理措施	
兴县人民医院现行主要规章制度包括： （1）《职业健康管理制度》 （2）《个人剂量监测规章制度》 （3）《人员培训计划》 （4）《应急处理预案》	
12.2.2 需完善的辐射环境管理措施	
根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 年修改）（环境保护部第 3 号令）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（HAF 802-2011 环保部第 18 号令）和《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序》的相关要求，兴县人民医院应当具备健全的操作规程、岗位职责、监测方案等。	
表 12-1 需完善的辐射安全管理制度一览表	
1	制定《操作规程》
2	制定《岗位职责》
3	制定《设备检修维护制度》
4	制定《辐射安全和防护设施的维护与维修制度》
5	制定《场所及环境监测方案》
6	制定《监测仪表使用管理制度》

7	制定《辐射工作人员培训/再培训管理制度》
8	制定《辐射工作人员个人剂量管理制度》
9	修订《辐射事故应急预案》

12.2.3 辐射安全许可证

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定，完成环评审批后应重新申领辐射安全许可证并及时进行验收。

12.2.4 年度评估报告

项目运营后应当对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关或环保部门提交上一年度的评估报告（包括纸质、电子版）。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 <http://rr.mee.gov.cn>)中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

- ①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- ②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- ③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训（简称“辐射安全培训”）

情况；

- ④射线装置台账；
- ⑤场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- ⑥辐射事故及应急响应情况；
- ⑦核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- ⑧存在的安全隐患及其整改情况；
- ⑨其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

12.3 辐射监测

兴县人民医院配备必要的监测仪器，对辐射工作场所进行日常监测，定期委托有资质的监测单位进行年度监测；对辐射工作人员配备个人剂量计，专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。

12.3.1 监测计划

(1) 工作场所监测:

①医院自行监测

配备便携式剂量监测仪, 可对工作场所周围进行辐射监测;

监测布点如下:

X射线机在运行前对屏蔽墙或窗外30cm处的X- γ 辐射空气吸收剂量率进行一次监测; 运行中, 对屏蔽墙或窗外30cm处的X- γ 辐射空气吸收剂量率进行巡测, 并选择部分关注点位开展 γ 辐射空气吸收剂量率(开关机时各测量一次)监测, 每季度1次。

②年度监测

医院应进行年度监测, 在年度监测中加入本项目DSA工作场所, 年度监测内容应包括所有射线装置工作场所X- γ 辐射空气吸收剂量率监测, 年度监测数据应于每年1月31日前报生态环境保护主管部门存档备案。

(2) 个人有效剂量检测

所有放射工作人员均须佩戴个人剂量计, 按照规定佩戴在左胸及左前领口。按每季度1次(一年4次)的频率进行个人剂量检测, 并按《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)和《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》(环保部18号令)的要求, 做好个人剂量管理工作, 将监测结果记录到个人剂量档案中。

辐射警示剂量水平(干预水平) 1.25mSv/季度; 若全年个人累积剂量超过5mSv/a, 必须要求企业进行调查干预, 结果上报辐射安全许可证发证主管部门的内容。年超过20mSv/a的剂量为事故剂量。

个人剂量监测工作应当由具备资质的个人剂量监测技术服务机构承担。

本项目监测方案具体见表 12-1 所示。

表 12-2 本项目监测方案

监测项目		监测频度	监测范围	监测设备
自行监测	周围环境 辐射剂量率	每季度一次	防护门、观察窗、操作位及 机房屏蔽墙外、楼上、楼下， 周围 50m 内选择部分关注 点位。	购置便携式 X- γ 辐射监测仪、按 照国家规定进行计量检定
年度监测		每年一次		外委或自行监测
个人剂量		每季度一次	介入室辐射工作人员	外委

12.4 辐射事故应急

12.4.1 应急预案的要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条及《放射性同位素与射

线装置安全和防护管理办法》有关规定，医院应制定辐射事故应急预案，医院应在以后辐射工作开展过程中定期进行演练，及时进行整改。同时医院应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (4) 辐射事故的调查、报告和处理程序。

12.4.2 辐射事故应急预案

为了加强对辐射治疗、诊断设备的安全管理，保障公众健康，保护环境，根据环发[2006]145号文件的规定，医院应制定辐射事故应急处理预案。

1、本项目应急预案应包含以下内容：

(1)应急机构和职责分工：

(2)事故报告、应急预案的启动、应急响应处置及解除；

(3)应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备：在预案中明确应急培训的内容、机构、频次等，同时根据事故类型配备与本单位最严重事故相适应的应急装备和物资。

(4)辐射事故分级与应急响应措施：根据本单位拥有的核技术利用项目情况，针对可能发生的每类事故事件，制定相应的响应措施。

2、针对本项目射线装置使用情况，应急响应措施主要包括：

(1)避免病人、医务人员和公众不必要的电离辐射剂量的紧急措施。

(2)防止非介入人员进入控制区的措施。

(3)一旦发生误照，立即切断电源，迅速安排受照人员远离辐射源，并实施医学检查或到指定的医院救治，并对现场进行保护，积极配合有关部门进行调查处理。对受照人员和应急工作人员做好个人剂量监测，要求应急工作人员佩戴热释光个人剂量计和报警式个人剂量计，并对应急工作人员做好个人防护措施。

3、辐射事故的调查、报告和处理程序。

根据国务院 449 号令和环保部第 18 号令的要求，事故单位应当将事故情况报告给相关部门，并规定调查和处理程序。

本项目一旦发生辐射事故，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要应急措施，并在 1 小时内向事发地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员辐射损伤照射的，还应同时向事发地卫生健康部门报告。有可疑故意引起的辐射事故应同时向公安部门报告，可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。不得隐瞒事故，不得拖延不报或者谎报。医院积极配合上级部门的调查工作和事故善后处理工作。

应急预案应有上级生态环境、卫生健康、公安等部门的联系电话和联系人，如有人事变动，及时更新。

4、辐射事故应急响应解除。

本项目射线装置意外辐射解除或降至规定限值以内，则辐射事故应急响应解除。

兴县人民医院需按照以上要求制定本单位辐射应急预案，目前医院核技术应用项目均为射线装置，在发生射线装置事故时，立即启动应急预案，关闭射线装置，切断电源、组织抢救，并上报各管理部门，可以满足应对辐射事故和突发性事件时应急处理要求。

12.4.3 应急人员的培训演习计划

(1) 制定周密的演练方案，明确演练内容、目的、时间、地点、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) 认真开展实战演练，按照事先预定的方案和程序进行。

(5) 演练完毕后及时进行总结归纳。

医院在落实本次环评提出的环境事故风险防范措施，并落实辐射事故应急预案中提出的各项应急措施和设施的前提下，本项目辐射事故影响可控制在可接受水平内。

12.5 环境保护投资估算及竣工验收

12.5.1 环保投资估算

根据项目建设和运行情况，本项目计划总投资1129万元，环保投资约30万元，占总投资的2.66%。

表 12-3 辐射防护措施及环保投资一览表

项目	措施		金额 (万元)
防护用品	医护人员个人防护	3 套铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜，介入防护手套若干	8
	医护人员辅助防护设施	1 套铅悬挂防护屏、护帘、床侧防护帘、移动铅防护屏风	8
	患者个人防护	2 套（儿童和成人患者各 1 套）铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	6
	个人剂量计	辐射工作人员每人配置 1 枚热释光个人剂量计（医生护士需配置 2 枚），主刀医生配置腕部剂量计。	/
监测仪器	个人剂量监测	拟配置 1 台个人剂量报警仪	2
	便携式 X 辐射监测仪	配备 1 台便携式 α - γ 剂量仪	3
辐射安全防护措施	四面墙体	200mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	列入施工投资
	顶棚	200mm 混凝土+2mm 铅板	
	地板	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料	
	铅门	4mmPb	
	铅窗	4mmPb	
	通风设施	1 套，设有通排风系统	设备配置
	紧急停机按钮	2 个，红色按钮，控制台、机架等设置急停开关，不能自动复位。紧急情况下便于终止治疗。	
	门灯连锁	1 套，拟配置门灯连锁装置	1
	对讲系统	1 套，拟配置对讲装置	0.5
	入口处电离辐射警告标志	2 张，在 DSA 机房入口处张贴电离辐射警告标志	0.5
	入口处机器工作状态显示	1 套，工作状态指示灯	1
合计			30

12.5.2 环保竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第682号（2017年10月1日起实施），该项目竣工后，建设单位应按照环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行竣工验收和监测，编制验收调查表；建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设情况和调试情况，不得弄虚作假；该项目配套建设的环境保护设施经验收合格，方可投入生产，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产。

表 12-4 项目环保验收内容建议表

验收内容	验收要求	
相关批复	环评批复文件是否齐备。	
工程内容	射线装置类型、数量、主要技术参数，辐射工作场所位置、布局与环评一致。	
剂量限值	在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h；所致人员剂量限值满足职业人员 5mSv/a、辅助人员 2mSv/a、公众 0.1mSv/a 的要求。	
防护用品 监测仪器	个人防护用品： 必备：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅防护眼镜； 选配：铅橡胶帽子。 辅助防护设施： 必配：悬吊式铅防护屏/帘，床侧防护帘/屏； 选配：移动式铅防护屏风。 监测仪器： 配备 1 台便携式 α 、 γ 辐射剂量仪； 辐射工作人员每人配置 1 枚热释光个人剂量计（医生护师需配置 2 枚），主刀医生配置腕部剂量计。	
人员培训	辐射工作人员通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习考核做到持证上岗。	
辐射安全防 护措施	四面墙体	200mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料
	顶棚	200mm 混凝土+2mm 铅板
	地板	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料
	铅门	4mmPb
	铅窗	4mmPb
	通风设施	1 套，设有通排风系统
	紧急停机按钮	2 个，红色按钮，控制台、机架等设置急停开关，不能自动复位。紧急情况下便于终止治疗。
	门灯联锁	1 套，拟配置门灯联锁装置
	对讲系统	1 套，拟配置对讲装置
	入口处电离辐射警告标志	2 张，在 DSA 机房入口处张贴电离辐射警告标志
	入口处机器工作状态显示	1 套，工作状态指示灯
环境管理及 规章制度	拟制定《操作规程》、《岗位职责》、《设备检修维护制度》、《辐射安全和防护设施的维护与维修制度》、《场所及环境监测方案》、《监测仪表使用管理制度》、《辐射工作人员培训/再培训管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》等，拟修订《辐射事故应急预案》。辐射安全管理制度得到宣贯和落实。	
应急预案	辐射事故应急预案应符合工作实际，明确应急处理组织机构及职责、应急人员的组织、培训，辐射事故分级及应急措施、辐射事故的调查、报告和处理程序等。	

12.6 从事辐射活动能力评价

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第18号）规定，现对兴县人民医院从事本项目辐射活动能力评价列于下表。

表 12-5 项目执行“《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》”要求对照表

序号	环保部 3 号令要求	本单位拟落实情况	评价
1	应当设有专门的辐射安全环境保护管理机构,或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作;其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	本项目为新增使用Ⅱ类 X 射线装置,医院已设置辐射安全防护领导小组,并指定 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。	符合
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	新增 DSA 涉及辐射工作人员 11 名,均为新聘辐射工作人员。环评要求安排操作Ⅱ类射线装置的未参加辐射安全与防护培训的人员参加培训并取得合格证。	符合
3	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	本项目 DSA 机房门采取电动门,设置门灯连锁装置,门外设置电离辐射警告标志和工作指示灯。	符合
4	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器,包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	本项目辐射人员均配备个人剂量计和个人剂量报警仪、拟配备固定式辐射报警装置和便携式辐射剂量仪。	符合
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	已制定人员培训计划,拟制定操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、监测方案等,拟修订辐射防护和安全保卫制度、辐射事故应急预案。	符合
6	有完善的辐射事故应急措施。	拟修订辐射事故应急处理预案。	符合

表 12-6 项目执行“环保部 18 号令”要求对照表

序号	环保部 18 号令要求	本单位拟落实情况	评价
1	第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所,应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志,其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求,设置安全和防护设施以及必要的防护安全连锁、报警装置或者工作信号。	DSA 机房患者门采取电动门,设置门灯连锁装置,门外设置电离辐射警告标志和工作指示灯。	符合
2	第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照国家环境监测规范,对相关场所进行辐射监测,并对监测数据的真实性、可靠性负责;不具备自行监测能力的,可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	拟购置辐射监测报警仪仪器设备,并定期委托有监测资质的单位对辐射工作场所及其周围环境进行监测。	符合
3	第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估,并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	每年 1 月 31 日前向环保部门提交年度环境影响评估报告。	符合
4	第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲,对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训,并进行考核;考核不合格的,不得上岗。	新增 DSA 涉及辐射工作人员 11 名,均为新聘辐射工作人员。环评要求安排操作Ⅱ类射线装置的未参加辐射安全与防护培训的人员参加培训并取得合格证。	符合
5	第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线	对所有从事放射性工作	符合

	装置的单位,应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准,对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测;发现个人剂量监测结果异常的,应当立即核实和调查,并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当安排专人负责个人剂量监测管理,建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁,或者停止辐射工作三十年。	的人员配备了个人剂量计,并安排专人负责个人剂量监测管理,同时建立辐射工作人员个人剂量档案。	
6	第二十四条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,不具备个人剂量监测能力的,应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。	委托有资质单位进行个人剂量监测(每年1次)。	符合

表 12-7 数字减影血管造影 X 射线装置(DSA)监督检查技术程序

辐射安全防护设施与运行				
序号	检查项目		建设单位拟落实情况	评价
1	A 场所 设施	单独机房	设置单独机房	符合
2		操作位局部屏蔽防护设施	机房顶安装可移动的悬吊式铅防护屏，手术床的床沿悬挂铅围帘	符合
3		医护人员的个人防护	拟配备防护铅衣等	符合
4		患者防护	拟配备防护铅衣等	符合
5		机房门窗防护	防护门和观察窗均为 4mmPb 铅当量	符合
6		闭门装置	患者防护门设置自动闭门装置	符合
7		入口处电离辐射警告标志	入口处拟贴电离辐射警告标志	符合
8		入口处机器工作状态显示	入口处拟安装机器工作状态显示灯	符合
9	B 其它	监测仪表	拟购置 1 台便携式 x、γ 辐射剂量仪， 拟购置 1 台固定式辐射报警装置	符合
10		个人剂量计	辐射工作人员每人配置 1 枚热释光 个人剂量计（医生护师需配置 2 枚）	符合
管理制度				
1	辐射安全与环境保护管理机构		已成立辐射安全与环境保护管理机构	符合
2	操作规程		拟制定《操作规程》	符合
3	辐射安全和防护设施的维护与维修制度 （包括机构人员、维护维修内容与频度）		拟制定《辐射安全和防护设施的维护与 维修制度》	符合
4	场所及环境监测方案		拟制定《场所及环境监测方案》	符合
5	监测仪表使用管理制度		拟制定《监测仪表使用管理制度》	符合
6	辐射工作人员培训/再培训管理制度		拟制定《辐射工作人员培训/再培训管理制度》	符合
7	辐射工作人员个人剂量管理制度		拟制定《辐射工作人员个人剂量管理制度》	符合
8	辐射事故应急预案		拟修订《辐射事故应急预案》	符合

以上分析可知,从事本项目辐射活动的技术能力符合相关法律法规的要求,也符合生态环境部(国家核安全局)“数字减影血管造影 X 射线装置(DSA)监督检查技术程序”(NNSA/HQ-08-JD-IP-035)2020年2月20日修订版的规定要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

1、项目概况

兴县人民医院使用II类射线装置项目为：新增 1 台血管造影机（DSA），拟安装于门诊医技楼 1 层东侧 DSA 室，项目总投资为 1129 万元，环保投资 30 万元。

拟新增血管造影机（DSA）最大管电压：125kV,最大管电流：1000mA，属于II类射线装置。

污染途径为 X 射线外照射。

2、实践正当性

医院开展诊疗工作目的是为救治病人，保障公众健康，社会和个人从中取得的利益远大于辐射所产生的危害。因此，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

3、“三线一单”符合性分析

环境准入负面清单：本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中第三十七项“卫生健康”中第 6 款“医疗卫生服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。因此项目不属于环境准入负面清单。

资源利用上线：本项目不属于资源开发类项目，项目运营期利用的资源主要为电力资源，资源消耗量很少，没有突破资源使用“天花板”。

环境质量底线：项目主要为辐射影响，区域辐射环境质量现状良好，项目运营后对区域环境质量影响很小。

生态保护红线：本项目利用门诊医技楼科室房间建设，不新增占地，无生态破坏，符合生态保护红线要求。

4、选址及平面布局的合理性

本项目新购 1 台II类医用血管造影机（DSA）位于门诊医技楼 1 层东侧。本项目 DSA 设备机房最小单边长度 8m，最小有效面积为：65.6 m²，符合标准 GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》的规定要求，通过环境现状监测，拟建场所环境本底为吕梁市环境本底范围，未发现异常；DSA 控制室实现了隔室操作，设置了设备间，各功能辅助场所分区明确、相对独立、互不交叉，人员进出操作流程顺畅，从辐射安全和

环境保护的角度考虑，本项目平面布局合理。

5、辐射安全与防护能力分析

（1）辐射安全防护措施结论

DSA 机房四侧墙体采用 200mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料进行屏蔽，各防护门均采用铅防护门，观察窗为铅玻璃，并配有个人防护用品，其屏蔽要求及个人防护用品配置均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

（2）辐射安全管理结论

兴县人民医院已成立辐射安全与环境保护管理机构，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作；该院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求；该院拟对辐射工作人员进行了职业健康监护和个人剂量监测，并建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

6、环境影响分析

（1）现状剂量率评价

本项目辐射环境现状监测结果可知，项目所在地的 γ 辐射空气吸收剂量率背景值属于吕梁市正常天然本底辐射水平。

（2）辐射环境影响预测评价

经模式预测，在正常工况下，本项目 DSA 机房各侧墙体及防护门外 30cm 处辐射剂量率均小于目标控制值，对周围环境影响较小；本项目所致工作人员年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“限值”要求，也低于本次评价提出的 5mSv 年剂量约束值；项目所致公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本次评价提出的 0.10mSv 年剂量约束值。

（3）非辐射环境影响分析

DSA 在曝光过程中产生少量臭氧和氮氧化物，由于射线装置 X 射线能量较低，因此产生臭氧、氮氧化物份额极少，经机房内机械排风系统排入大气环境后，臭氧经

自然分解，对周围环境影响很小。

7、辐射安全管理

医院设置辐射安全与环境保护管理机构，全面负责辐射安全管理相关工作，制定各项辐射防护管理制度及辐射事故应急预案，并对执行情况进行监督检查。设有辐射专职管理人员，具体负责日常辐射安全与环保工作，组织实施辐射安全防护措施和落实各项管理制度。可以满足辐射安全管理要求。

8、总结论

综上所述，兴县人民医院使用Ⅱ类射线装置项目在充分落实本报告提出的污染防治措施和管理措施后，将具备从事相应辐射工作的技术能力和安全防护措施，其运行期间对周围环境的辐射影响能符合环境保护的要求，故从辐射环保角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议

- (1) 配备各类受检者的个人防护用品；
- (2) 医院应加强受检者告知制度。
- (3) 合理设置管电流、管电压参数，控制介入工作时间，限制职业个人剂量，降低集体剂量。

以下空白

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日

