

表 1 项目基本情况

建设项目名称		澄城县中医医院新增 DSA 核技术利用项目			
建设单位		澄城县中医医院			
法人代表	杨栓牢	联系人	杨海霞	联系电话	13572728144
注册地址		陕西省渭南市澄城县县城东九路中段			
项目建设地点		陕西省渭南市澄城县东大街 34 号澄城县中医医院门诊楼一楼东南侧			
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)	20	投资比例(环保 投资/总投资)	2%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	133.84
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线 装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	/				
项目概述					
1.1 建设单位概况					
<p>澄城县中医医院始建于 1980 年，是一所集医疗、教学、科研、保健为一体的二级甲等中医医院，是全县中医适宜技术和中医药业务指导中心。</p> <p>澄城县中医医院原位于县城南大街北段 36 号，现位于县城东大街 34 号（原澄城县医院老院区），占地面积 10003 平方米，建筑面积 28509 平方米。现有职工 298 名，专业技术人员 257 名，中级以上职称 98 名。设置病床 300 张，实际开放 300 张。门诊开设肺病科、脾胃病科、心病科、乳腺病科、疼痛科、骨伤科、肛肠科、儿科、皮肤科、口腔科、眼科、中医馆、中医适宜技术区等 13 个诊室。医技医辅开设检验科、心电图室、放射科、B 超室、CT 室、磁共振室等 6 个科室。住院部开设内 1 科、内 2 科、内 3、康复 1、康复 3、外 1、外 2、妇产科 8 个病区。</p>					
1.2 核技术应用的目的和任务的由来					
<p>为了改善医院的医疗设施条件，满足患者就医需求，澄城县中医医院拟在门诊楼一楼东南侧将原抢救室、外科诊断室、护士站、重症监护室进行改造，重新布局，建设一</p>					

间介入手术室及其相应的辅助用房，并安装一台医用血管造影 X 射线系统（DSA），以开展介入诊疗工作。

根据《射线装置分类》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目拟安装的医用血管造影 X 射线机属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）本项目为“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”的核技术应用项目，应编制环境影响报告表。

本报告在现场踏勘和收集有关资料的基础上，依据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了本项目的辐射环境影响报告表。

1.3 项目建设规模

1.3.1 项目简介

项目名称：澄城县中医医院新增 DSA 核技术利用项目

建设单位：澄城县中医医院

建设地点：渭南市澄城县东大街 34 号澄城县中医医院门诊楼一楼东南侧

建设规模：建设 DSA 介入手术室 1 座，安装 1 台医用血管造影 X 射线机（DSA），配备相应的辅助用房

项目性质：改、扩建

1.3.2 本次环评建设内容及规模

澄城县中医医院拟对门诊楼一楼东南侧原抢救室、外科诊断室、护士站、重症监护室进行改造，重新布局，建设一间介入手术室及其相应的辅助用房，并安装一台医用血管造影 X 射线系统（DSA）以开展介入诊疗工作。项目涉及机房屏蔽体及辅助用房的改造，本项目医用血管造影 X 射线系统最大管电压 125kV、最大管电流 1000mA，属于 II 类射线装置。项目建设内容见表 1-1。

改造方案：本项目将抢救室、外科诊断室、护士站、重症监护室进行改造，原有四周墙体为 300mm 砖墙，本次改造四周墙体在原有砖墙基础上+3mmPb 当量的铅板，顶部为 120mm 现浇混凝土、本次改造顶部在 120mm 现浇混凝土基础上+2mmPb 当量的铅板。

表 1-1 项目组成一览表

类别	项目名称		建设内容	备注
主体工程	DSA 机房	改造前	抢救站（长×宽×高：7.58m×3m×3.6m）面积为 22.74m ² 、外科诊断室（长×宽×高：7.58m×6.38m×3.6m）面积为	改造前平面布置见

		48.36m ² 、护士站（长×宽×高：2.12m×7.58m×3.6m）面积为16.07m ² 、重症监护室1（长×宽×高：4.16m×7.58m×3.6m）面积为31.53m ²	附图4
		四周墙体	300mm 砖墙
		顶部	120mm 现浇混凝土
		底部	120mm 现浇混凝土
	改造后	DSA 介入手术室（内部净尺寸：长×宽×高：6.3m×6.3m×3.6m）面积为39.69m ² ，最小单边长度为6.3m。各屏蔽部位及防护情况如下：	改造
		屏蔽部位	防护情况
		四周墙体	300mm 砖墙+3mmPb 当量的铅板
		顶部	120mm 混凝土+2mm 当量的铅板
		底部	采用混凝土层
		患者出入防护门	3mmPb 当量电动推拉门
操作间防护门		3mmPb 当量手动平开门	
污物防护门	3mmPb 当量手动平开门		
观察窗	3mmPb 当量的铅玻璃		
辅助工程	操作间	位于手术室南侧，建筑面积 12.9m ²	改造
	设备间	位于手术室东北侧，建筑面积 10.5m ²	
	患者缓冲间	位于手术室西北侧，建筑面积 7.8m ²	
	污物缓冲间	位于手术室东南侧，建筑面积 3.23m ²	
	更衣室	位于操作间南侧，男更衣室建筑面积 2.99m ² ，女更衣室建筑面积 2.34m ²	
公用工程	给水工程	由医院内主供水管网接入	依托
	排水工程	医疗废水接入院内主排水管网	
	配供电工程	由院内配电室接入电源	
	通风系统	介入手术室排风量约为 1000m ³ /h，每小时通风次数为 7 次，可保持良好通风。	新建
环保工程	废水	医护人员及患者生活污水经院区污水处理系统处理后排往市政污水管网。	依托
	固废	医护人员生活垃圾收集后交由环卫部门统一处置，医疗废物交由有资质单位处置。	
	辐射防护	介入手术室周围采用符合要求的混凝土、铅板、铅玻璃及铅门进行防护。	改造

施工方案：

预置钢板：钢板尺寸（mm）：2400*1000*25，平整度和水平度 1mm/m,需固定在槽钢上与房间地面平齐，槽钢侧面需开穿线孔（300 长*80 宽）且保证钢板下方架空区域，

最小净高度 100mm。

设备走线：采用电缆沟，宽 300*深 200，盖板为活动盖板。

吊顶布局：监视器吊轨，铅屏风吊架，吊顶走线路径，吊顶开孔，墙边走线。

监视器吊架：准备 450x450x20（mm）钢板一块以悬挂铅屏风（重 260kg），铅屏风（含无影灯）基础设计承载重量应不小于 260kg。固定钢板的下表面和最终完成吊顶的上表面在同一水平面。吊顶走线及吊顶开口位置的预留

龙口铅屏风：悬吊屏底座安装，加强筋和支撑筒安装。

电源：变压器总容量、余量及变压器到机房的走线距离现在预计长度是 450 米，需要 2 根 240 平的并联。

1.3.3 设备情况

本项目涉及的医用射线装置见表 1-2。

表 1-2 医用射线装置参数一览表

名称	型号	生产厂家	设备参数	类别	安装位置
医用血管造影 X 射线机	Optima IGS Plus	GE	最大管电压 125kV 最大管电流 1000mA	II类	门诊楼一楼东南侧 DSA 介入手术室

1.3.4 劳动定员

根据医院提供资料，本项目 DSA 介入手术室拟配备辐射工作人员共 6 名，介入诊疗医生 2 名，护士 2 名，操作技师 2 名，均为医院新增辐射工作人员（仅操作本项目的 DSA 设备，不与其他科室人员岗位交叉）。环评要求新增辐射工作人员应参加医用 X 射线诊断与介入放射学专业辐射安全防护培训及考核，并持证上岗，上岗前进行职业健康检查。

1.3.5 工作负荷

根据医院提供资料，项目投入使用后，手术类型包括：外周血管的介入治疗、肿瘤介入治疗、心血管的介入治疗等。预计每年最多进行手术 300 台，每次手术开机照射时间包括透视 10min、摄影 1min，则本项目射线装置的预计年开机工作时间为透视 50h、摄影 5h。DSA 工作负荷见表 1-3。

表 1-3 工作负荷情况

位置	年开展工作量	平均每台手术曝光时间	年曝光时间
DSA 介入手术室	300 台	10min（透视）+1min（摄影）	50h（透视）+5h（摄影）

1.4 项目地理位置及周边环境概况

1.4.1 医院周边环境关系

澄城县中医医院位于渭南市澄城县城东大街 34 号，医院北侧为长宏广场、商铺，东侧为古徵街，南侧为秦岳雅居、商铺、城内小区及青年西路，西侧为杏林苑、星光园小区。周边交通便利，医院地理位置图见附图 1。医院周边四邻关系见附图 2。

1.4.2 项目所在地周边环境关系

本项目 DSA 介入手术室选址于澄城县中医医院门诊楼一楼东南侧。门诊楼共五层，门诊楼北侧为院内道路，东侧为院内道路，西侧为住院综合楼，南侧为院内道路。医院平面布置见附图 3。

1.4.3 DSA 介入手术室周边环境关系

本项目 DSA 介入手术室拟建于门诊楼一楼东南侧，DSA 介入手术室北侧为患者缓冲间、设备间，西侧为洁净通道，南侧为操作间、污物缓冲间、耗材间、医生办公室、男更衣室、女更衣室、卫生间，东侧为院内道路。楼上为护理站和门诊手术室，楼下无建筑（无地下室）。介入手术室位置较为独立，通过混凝土、硫酸钡防护材料、铅板、铅玻璃及铅门等隔离后对周边环境影响较小。

1.5 选址合理性分析

本项目位于陕西省渭南市澄城县中医医院门诊楼一楼东南侧，项目周围 50m 范围主要在医院内，介入手术室区域内一般出现的人员较少，介入科诊疗区域内人员主要为医院介入科的工作人员和需要手术的患者。根据设备工作特点，有用线束不直接照射防护门、观察窗及管线口位置，操作间与 DSA 介入手术室之间设置观察窗，便于观察患者状态，DSA 介入手术室屏蔽设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求，从满足安全诊疗和辐射安全与防护的角度分析，在装置运行时，可有效减少公众人员的照射剂量，也有利于科室射线装置管理，且本项目监督区和控制区划分明确，布局合理，因此项目选址合理可行。

1.6 核技术利用现状

1.6.1 现有核技术利用项目情况

(1) 现有核技术利用项目环保手续履行情况

2022 年 6 月 9 日，澄城县中医医院利用原澄城县医院旧址配套 4 台 III 类射线装置分别为：CT 机一台、DR 机一台、数字胃肠机一台、移动 C 型臂一台，办理了环境影响登记备案手续，备案号：202261052500000084，见附件 6。

综上所述，澄城县中医医院现有射线装置环保手续履行情况详见下表 1-4 所示。

表 1-4 医院现有核技术利用项目环保手续情况

序号	装置名称	规格型号	额定电压 kV	额定电流 mA	类别	场所	环评批复/竣工验收
1	X 射线计算机体层摄影设备 (CT 机)	RevolutionAce	140	1000	III	住院综合楼 1 楼放射科 CT 机房	备案时间： 2022.06.09； 备案号： 20226105250000084
2	医用诊断 X 射线透视摄影系统 (DR 机)	DX6920	150	1000	III	住院综合楼 1 楼放射科 DR 机房	
3	数字化透视摄影 X 射线机 (数字胃肠机)	DTP570B	150	1000	III	住院综合楼 1 楼放射科数字胃肠机机房	
4	高频移动式手术 X 射线机 (移动 C 型臂)	PLX112B	120	100	III	住院综合楼 9 楼手术室 1	

(2) 现有辐射安全许可证

澄城县中医医院于 2022 年 09 月 29 日取得现行《辐射安全许可证》(见附件 5)，有效期至 2027 年 09 月 28 日，许可种类和范围为：使用 III 类射线装置。辐射安全许可证核准的种类和范围见表 1-5。

表 1-5 已许可得射线装置一览表

序号	射线装置名称	类别	装置数量	备注
1	X 射线计算机体层摄影设备 (CT 机)	III 类	1 台	已许可，陕环辐证 [40091]
2	医用诊断 X 射线透视摄影系统 (DR 机)	III 类	1 台	
3	数字化透视摄影 X 射线机 (数字胃肠机)	III 类	1 台	
4	高频移动式手术 X 射线机 (移动 C 型臂)	III 类	1 台	

1.6.2 辐射安全与管理现状

澄城县中医医院严格遵守《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》及《陕西省放射性污染防治条例(2019 年修正)》等相关放射性法律、法规、条例，配合各级生态环境管理部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作的顺利开展，确保辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等良好运行。

(1) 管理制度

为了加强辐射安全和防护管理工作，澄城县中医医院已成立了辐射安全与防护管理

小组，明确了机构成员组成、相关工作职责，并安排专人负责医院的辐射安全管理工作。医院辐射工作管理逐步规范，制定了较为完善的规章制度。医院已制定的制度主要有：《放射防护安全管理制度》《X射线影像诊断质量保证方案》《放射诊疗设备质量控制制度》《放射诊疗设备状态及防护检测制度》《放射工作人员放射防护培训制度》《放射工作人员职业健康管理制度》《放射工作人员个人剂量监测管理制度》《放射防护档案管理制度》《放射防护用品管理制度》《受检者放射危害告知与防护制度》《放射诊疗设备管理制度》《放射诊疗设备保养维护管理制度》《放射诊疗设备维修管理制度》《放射诊疗操作规程》等，以及各辐射设备的操作规程等一系列规章制度，用于医院辐射安全管理。

(2) 辐射工作人员

医院现有辐射安全管理人员以及辐射工作人员共 11 人，其中 2 人均参加了生态环境部门组织的辐射防护与安全培训，接受了辐射防护安全知识与法律法规教育，并取得了培训合格证书；根据《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告 2021 年第 9 号）中“仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核”要求，医院已于 2022 年 7 月组织其余 9 名辐射工作人员参加了自行组织的辐射安全培训和考核，考试合格并颁发了合格证书。

表 1-6 医院现有辐射工作人员培训情况

序号	姓名	性别	出生日期	辐射安全与防护培训时间	培训证号
1	颜增兴	男	1994.01.14	2022.07	20220725002
2	寇悦怡	女	1999.03.08	2022.07	20220725001
3	冯泽兰	女	1997.04.07	2022.07	20220725003
4	余学忠	男	1961.02.22	2022.07	20220725008
5	刘百涛	男	1968.08.02	2022.07	20220725007
6	刘晓艳	女	1994.05.04	2022.07	20220725006
7	张欢	女	1998.08.17	2022.07	20220725005
8	张发	男	1996.05.01	2022.07	20220725004
9	索艺美	女	1998.05.28	2022.07	20220725009
10	高孝民	男	1975.06.20	2020.07	FS20SN0100279
11	雷民肖	男	1974.11.14	2019.07	陕 31916065G

本次评价涉及的辐射工作人员共计 6 人，均为医院新增辐射工作人员（仅操作本项目的 DSA 设备，不与其他科室人员岗位交叉），环评要求所有辐射工作人员均需取得辐射安全培训证书后方可上岗。

根据医院提供的职业健康检查结果，现有 11 名辐射工作人员均已进行了职业健康体检。环评要求：新增辐射工作人员应当在上岗前对其进行职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加放射工作。根据医院提供的职业健康检查结果，现有 11 名辐射工作人员职业健康检查结果均为“职业性健康体检未见职业禁忌证或疑似职业病”，均可继续从事原放射性工作。职业健康检查情况见下表。

表 1-7 医院现有辐射工作人员职业健康检查情况

姓名	职业健康检查情况		
	体检部门	体检时间	检查结果（是否适宜从事辐射工作）
颜增兴	渭南职业病防治院	2022.11.22	适宜
寇悦怡	渭南职业病防治院	2022.11.22	适宜
冯泽兰	渭南职业病防治院	2022.11.22	适宜
余学忠	渭南职业病防治院	2022.05.06	适宜
刘百涛	渭南职业病防治院	2022.05.06	适宜
刘晓艳	渭南职业病防治院	2022.04.01	适宜
张欢	渭南职业病防治院	2022.04.07	适宜
张发	渭南职业病防治院	2022.05.06	适宜
索艺美	渭南职业病防治院	2022.11.22	适宜
高孝民	渭南职业病防治院	2022.04.07	适宜
雷民肖	渭南职业病防治院	2022.04.01	适宜

医院本次 DSA 介入手术室拟安排 6 名辐射工作人员，新增 6 名辐射工作人员应当在上岗前对其进行职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加辐射工作；辐射工作人员上岗后应定期对其进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查；离岗前应当对其进行离岗前的职业健康检查。职业健康档案终生保存，档案应包括：1) 职业史、既往病史和职业照射接触史；2) 历次职业健康检查结果及评价处理意见；3) 职业性放射性疾病诊疗、医学随访观察等健康资料。

现有辐射工作人员工作期间佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立了个人剂量健康档案并存档。各辐射设备运行良好，无辐射安全事故发生。根据医院提供的职业性外照

射个人剂量检测报告（见附件 9），检测周期为 2022 年 4 月 07 日~2022 年 10 月 06 日医院相关辐射工作人员的连续一年的累积剂量为 0.02~1.11mSv/a，现有辐射工作人员所受的年附加有效剂量均低于医院设置的职业人员年剂量约束限值 5mSv/a。

（3）现有辐射工作场所

医院每年均对射线装置应用场所及周围环境进行一次辐射监测，并建立监测技术档案，并向相关部门提交了《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。

根据医院提供的现有射线装置工作场所辐射环境监测报告（报告编号：ZJDPFR-22160（F），见附件 10），16 排 CT、64 排 CT 在规定条件下，各机房的放射工作人员操作处、观察窗、人员门、更衣室门、杂物间门、四周墙体外及机房楼上、楼下的环境辐射水平均符合 GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》中 6.3.1b）条“机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”和 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的要求。数字胃肠机在规定条件下，机房的放射工作人员操作处、观察窗、人员门、更衣室门、四周墙体外及机房楼上的环境辐射水平均符合 GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》中 6.3.1a）条“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”和 6.3.1c）条“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ ”和 CB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的要求。DR 拍片机各机房的放射工作人员操作处、观察窗、人员门、更衣室门、四周墙体外及机房楼上的环境辐射水平均符合 GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》中 6.3.1c）条“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ”

综上所述，澄城县中医医院辐射安全与管理制度的完善，现有辐射工作人员所受的年附加有效剂量均低于医院设置的职业人员年剂量约束限值 5mSv/a。现有射线装置工作场所各屏蔽体外瞬时剂量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关限值要求。

此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）等相关要求，医院还应加强各辐射工作岗位人员能力的管理，应按照工作岗位要求配备具有相应工作能力的辐射工作人员，介入诊断工作人员（医生、护士）应采用双剂量计监测方法。

1.7 项目实践正当性分析

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。

医用血管造影 X 射线机(DSA)在医疗诊断和手术辅助等方面有其他技术无法替代的特点,对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。项目营运以后,将为病人提供一个优越的就医环境,具有明显的社会效益,同时将提高医院的档次及服务水平,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。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求,对环境的影响也在可接受范围内。

因此,该医用血管造影 X 射线机(DSA)的使用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害,项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

1.8 产业政策符合性

本项目主要使用医用血管造影 X 射线机(DSA)从事介入手术工作,根据《产业结构调整指导目录(2019 年本)》及其 2021 年 12 月 30 日《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录(2019 年本)>的决定》鼓励类中“十三 5、新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备,人工智能辅助医疗设备,高端放射诊疗设备,电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备,新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用,危重病用生命支持设备,移动与远程诊疗设备,新型基因、蛋白和细胞诊断设备”,本项目属于上述“数字化医学影像设备的应用”,属于鼓励类。

综上,本项目医用血管造影 X 射线机(DSA)的使用符合国家的产业政策。

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、医用诊断和诊疗、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	II类	1 台	Optima IGS PLUS	125	1000	介入诊疗	门诊楼一楼东南侧 DSA 介入手术室	新购
	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 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）； 2、《中华人民共和国环境影响评价法（2018 修正版）》（2018 年 12 月 29 日）； 3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）； 4、《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，2005 年 12 月 1 日施行，国务院令 709 号修订，2019 年 3 月 2 日起实施）； 5、《建设项目环境保护管理条例》（国务院 682 号令，2017 年 10 月 1 日）； 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 日起施行； 7、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部 18 号令，2011 年 5 月 1 日）； 8、《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日）； 9、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订），原国家环境保护总局令第 31 号及生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日； 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）； 11、《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 第 57 号，2020 年 1 月 1 日起实施）； 12、《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 第 9 号，2021 年 3 月 15 日起实施）； 13、《陕西省放射性污染防治条例（2019 年修正）》（2019 年 11 月 6 日）； 14、《关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29 号文，2018 年 6 月 6 日）。
<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； 5、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 6、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 7、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。
<p>其他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、澄城县中医医院委托开展环境影响评价的委托书； 2、其他与项目有关的资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目新增 1 台 II 类射线装置，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“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”的要求，结合本项目实际选址，确定该项目评价范围为 DSA 介入手术室屏蔽墙体外 50m 区域，DSA 介入手术室屏蔽墙体外 50m 区域环境影响评价范围见附图 6。

7.2 保护目标

本项目的保护目标分为职业照射人群及公众人群，职业照射人群为 DSA 射线装置操作人员及医护工作人员，公众人群为 DSA 射线装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 范围内其他工作人员及公众。其所接受的年附加有效剂量应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求和本次评价提出的剂量约束值。本项目保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护对象与保护目标一览表

保护对象	相对位置	环境保护目标	与 DSA 辐射源点的距离 (m)	规模	保护内容	控制目标	
职业人员	DSA 介入手术室	介入手术医护人员	0.5	4 人	年有效剂量	不大于 5mSv/a	
	操作间 (DSA 介入手术室南侧)	设备操作人员	3.58	2 人			
公众	北侧患者缓冲间	患者	3.37	1 人		年有效剂量	不大于 0.1mSv/a
	北侧设备间	设备检修人员	3.39	1 人			
	南侧污物缓冲间	医护人员	4.07	1 人			
	南侧医生办公室	医护人员	8.79	1 人			
	西侧洁净走廊	医护人员、患者	3.39	约 8 人			
	楼上护理站	其他医护人员及患者	2.77	约 2 人			
	楼上门诊手术室	其他医护人员及患者	2.77	约 3 人			
	门诊楼东侧院内道路	医护人员、患者	3~50	流动人员			
	门诊楼南侧院内道路	其他医护人员及患者	13~50	流动人员			
门诊楼北侧院内道路	其他医护人员及患者	19~50	流动人员				

门诊楼西侧门诊大厅	其他医护人员及患者	10~50	约 50 人		
医院北侧长宏广场	其他医护人员	27~50	流动人员		
医院东侧古徽街北段	流动人员	40~50	流动人员		
医院南侧青年西路	流动人员	40~50	流动人员		
本项目所在门诊楼	门诊楼内其他医护人员及患者和家属	0~50	约 80 人		

7.3 评价标准

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

1、标准相关内容

标准附录 B 剂量限值 and 表面污染控制水平

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限制：

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

20mSv；

- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

B1.2 公众照射

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的平均剂量估算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。

2、环评要求年剂量约束值及控制水平

综合考虑医院核技术利用项目的现状，并着眼于长期发展，为其他辐射设施和实践活动留有余地，本次评估分别对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值分别进行了设定：

(1) 取职业照射年有效剂量限值的 1/4，作为放射性工作人员的年受照剂量约束值，即 5mSv/a；

(2) 公众的年受照剂量约束值取 0.1mSv/a。

7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

5.8 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备防护性能的专用要求。

5.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

5.8.2 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

5.8.4 介入操作中,设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置,应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房,机房应满足使用设备的布局要求。

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 7-2 的规定。

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	介入手术室内最小有效使用面积 m ²	介入手术室内最小单边长度 m
单管头 X 射线机 ^b	20	3.5
.....

^b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。

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 7-3 的规定。

6.2.2 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4~表 C.7。

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

介入手术室类型	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 7-3 的要求。

6.2.4 距 X 射线设备表面 100cm 处的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时且 X 射线设备表面与机房墙体距离不小于 100cm 时，机房可不作专门屏蔽防护。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

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 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 当量；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb 当量；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5 mmPb 当量；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb 当量。

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 当量。

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

放射 检查类型	工作人员		患者和受检者	
	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、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—
注 1：“—”表示不做要求。				
注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。				

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

本项目位于陕西省渭南市澄城县中医医院门诊楼一楼东南侧，地理位置见附图 1。医院平面布置见附图 3，周边环境关系见附图 2。

8.2 环境质量和辐射现状

为掌握项目所在地辐射环境质量现状，2022 年 6 月 27 日，澄城县中医医院委托西安桐梓环保科技有限公司对 DSA 介入手术室建设地及周边环境进行了 γ 辐射剂量率监测，监测内容如下：

- (1) 监测项目： γ 辐射剂量率；
- (2) 监测仪器：监测仪器基本信息见表 8-1。

表 8-1 仪器设备基本信息

仪器名称	仪器型号	仪器编号	测量范围	检定证书编号	有效日期
X、 γ 射线检测仪	BG9512P	XATZ-YQ-002	0.01 μ Gy/h~ 30mGy/h	2021H21-20-320 4715001	2022 年 06 月 01 日~ 2023 年 05 月 31 日

- (3) 质量保证措施：

监测按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）等监测方法，实施全过程质量控制。

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设具有代表性、科学性和可比性；
- ②监测分析方法采用国家有关部门颁布的标准方法，监测人员持证上岗；
- ③所用监测仪器全部经过剂量部门检定并在有效期内；
- ④由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- ⑤监测数据严格实行审核制度。

- (4) 监测结果：监测结果见表 8-2。

表 8-2 DSA 介入手术室及周边 γ 辐射剂量率检测结果

序号	工作场所及设备名称	监测点位描述	γ 辐射剂量率 (μ Gy/h)	备注
			环境本底	
1	/	本次改建 DSA 机房内巡测	0.093	室内
2		门诊楼一楼东侧走廊巡测	0.092	
3		本次改建 DSA 机房正上方	0.086	
4		门诊楼东侧院内道路巡测	0.071	室外

备注：本次监测结果均已扣除宇宙射线响应值。

表 8-2 所列监测结果为经校准后的 γ 辐射剂量率值，所测地室内 γ 辐射剂量率为 0.086~0.093 $\mu\text{Gy/h}$ （已扣除宇宙射线），室外 γ 辐射剂量率为 0.071 $\mu\text{Gy/h}$ （已扣除宇宙射线），根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中“渭南市道路 γ 辐射剂量率范围为 35~104nGy/h，室内 γ 辐射剂量率范围为 77~160nGy/h”，属天然辐射本底波动水平。经对比，项目拟建地周边环境的 γ 辐射剂量率与渭南市天然环境 γ 辐射剂量率处于同一水平。

表9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

医用血管造影 X 射线机（DSA）因整体结构象大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，医用血管造影 X 射线机（DSA）由五部分组成：X 射线发射系统、影像检测和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统。医用血管造影 X 射线机（DSA）是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是 70 年代以来用于临床的一种崭新的 X 射线检查技术，是应用计算机程序两次成像完成的。常见血管造影机外观见图 9-1。

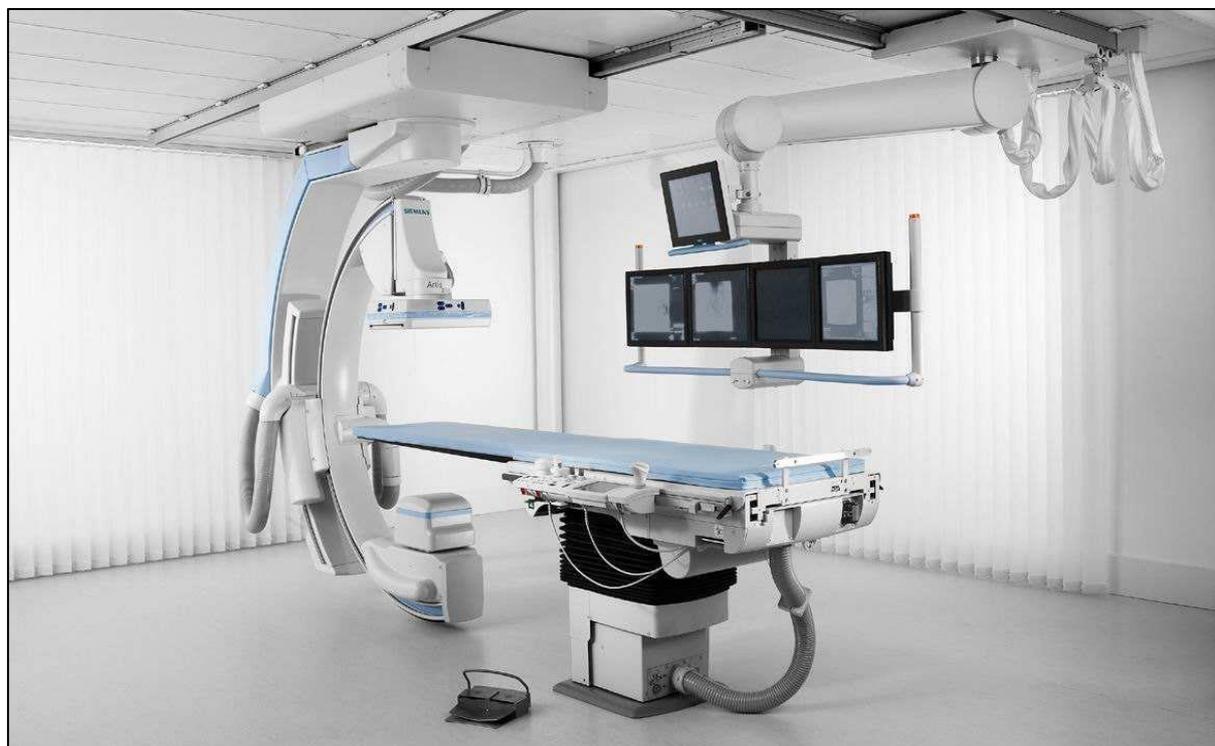


图 9-1 典型数字减影血管造影机外观图

9.1.2 X 射线机工作原理

X 射线机主要是由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成。

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，直接射向嵌在金属阳极中的靶体，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到很高的速度，这些高速电子轰击靶物质，与靶物质作用产生致韧辐射，释放出 X 射线。典型的 X 射线管结构图见 9-2。

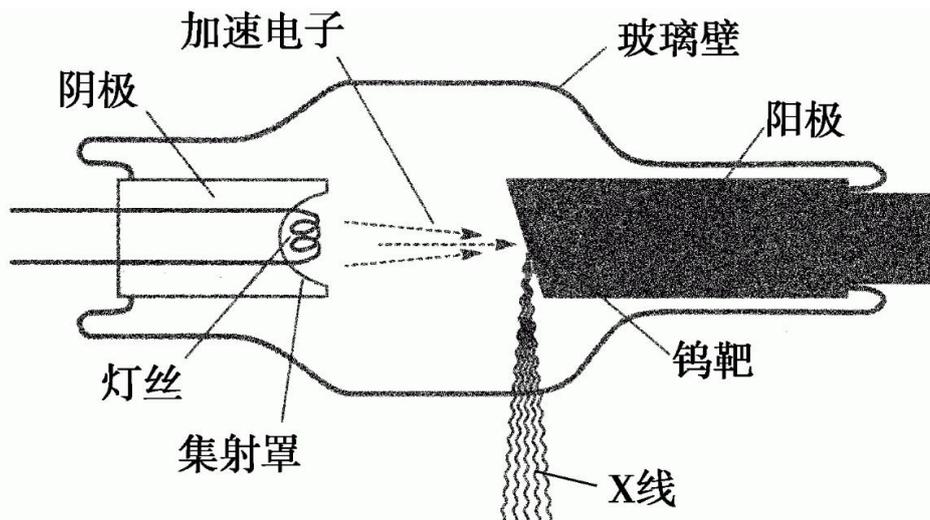


图 9-2 典型 X 射线管结构图

9.1.3 工作原理

医用血管造影 X 射线机 (DSA) 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法, 它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前, 首先进行第一次成像, 并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后, 再次成像并转换成数字信号。两次数相减, 消除相同的信号, 得到一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观, 一些精细的血管结构亦能显示出来, 对比度分辨率高, 减去了血管以外的背景, 尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示。在进行 DSA 介入手术时, 医务人员将介入导管经皮下静脉注入血管, 通过医用血管造影 X 射线机 (DSA) 自带的 X 射线成像系统, 将导管在血管内的影像显现出来。通过医用血管造影 X 射线机 (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。医用血管造影 X 射线机 (DSA) 工作示意图见图 9-3。

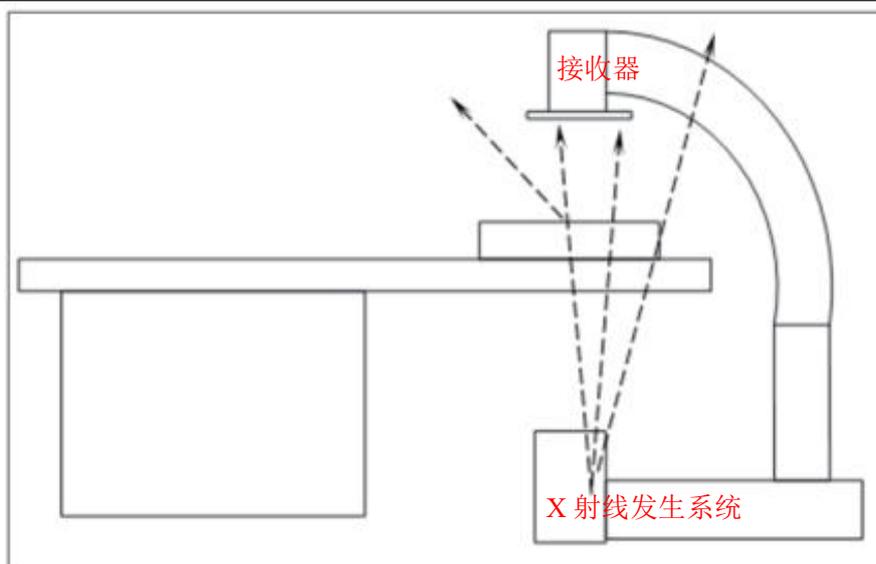


图 9-3 医用血管造影 X 射线机 (DSA) 工作示意图

9.1.4 操作流程

数字减影血管造影机 (DSA) 在进行曝光时分为检查和介入诊疗两种情况。

(1) DSA 检查

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

(2) DSA 介入诊疗

DSA 介入诊疗采用近台同室操作方式。通过控制 DSA 的 X 线系统曝光, 对患者的部位进行间歇式透视。具体方式是受检者位于手术床上, 介入手术医生、护士位于手术床一旁, 在非主射束方向, 配备个人防护用品 (如铅衣、铅眼镜、铅颈套、铅围裙等), 同时手术床旁设有铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏。介入诊疗中, 医生、护士佩戴防护用品, 医生根据操作需求, 踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视 (DSA 的 X 线系统连续发射 X 射线), 通过悬挂显示屏上显示的连续画面, 完成介入操作。每台手术 DSA 系统的 X 线系统进行透视的次数及每次透视时间因患者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术完后关机, 受检者离开手术室。

9.1.5 污染因子

DSA 的 X 射线诊断机曝光时, 项目污染因子为 DSA 工作时产生的 X 射线, 同时,

X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。本项目注入的造影剂不含放射性，同时 DSA 采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。医用血管造影 X 射线机（DSA）诊疗流程及产污环节如图 9-4 所示：

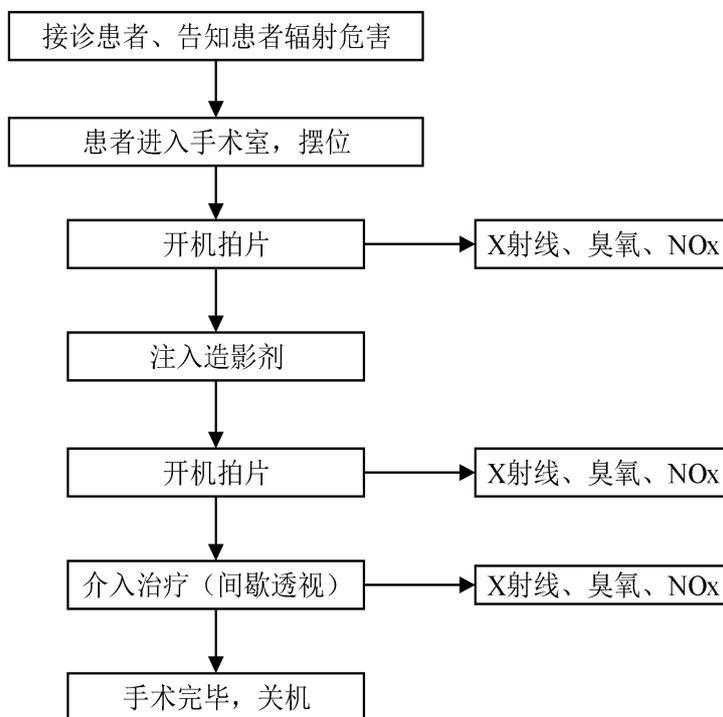


图 9-4 DSA 诊疗流程及产污环节示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 主要污染物

本项目医用血管造影 X 射线机（DSA）产生的放射性污染物为 X 射线。

9.2.2 正常工况下污染途径

本项目医用血管造影 X 射线机开机时发出 X 射线，X 射线贯穿机房的屏蔽墙进入外环境，对操作间职业人员及机房周围公众人员产生外照射影响；在介入手术过程中，对机房内操作的医护人员造成较高剂量的外照射。

此外，X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，本项目射线装置的管电压、管电流较小，产生的有害气体相对较少，本项目在机房拟安装通风装置，可满足机房通风换气要求。

9.2.3 事故工况下污染途径

本项目射线装置属于 II 类射线装置，运行过程中可能发生的辐射安全事故如下：

- ①射线装置发生控制系统错误，使受检者或职业人员受到超剂量照射。
- ②无关人员在防护门关闭后未撤离机房，射线装置开始运行，对其造成额外误照射。

③安全警示装置发生故障，人员误入正在运行的机房造成额外误照射。

④医生在机房内为患者摆位或进行其他术前准备工作时，控制台处操作人员误开机出束，对机房内医生造成额外误照射。

⑤医生未穿戴防护用品进入机房，或未配置合格的防护用品，使得医生受到较高剂量的附加照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射安全设施

10.1.1 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。本次环评根据国际放射防护委员会第 103 号出版物对控制区和监督区的定义：

控制区：把需要或可能需要专门防护手段或安全措施的限定区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防或限制潜在照射或潜在照射的范围。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

监督区：未被确定为控制区、通常不需采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

本项目采取上述分区原则划分控制区和监督区。具体划分见表 10-1，辐射工作场所分区见附图 7、附图 8。

表 10-1 本项目控制区、监督区划分表

分区类型	划分区域
控制区范围	DSA 介入手术室屏蔽体内
监督区范围	根据表 11-2、表 11-3 和表 11-4 可以看出，本项目 DSA 介入手术室防护体四周关注点瞬时剂量率预测值均已到达本底水平，但为了安全起见将 DSA 介入手术室西侧相邻区域（洁净走廊）、南侧相邻区域（操作间、污物缓冲间）、东侧相邻区域（院内道路）、北侧相邻区域（患者缓冲间、设备间）、楼上相邻区域（护理站、门诊手术室）划分为监督区。

根据上述分区，医院须采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：DSA 介入手术室内部，以防护门和屏蔽墙为界。针对控制区，医院拟采取一系列的放射防护与安全措施，设置门—灯联锁装置、工作状态指示灯及辐射警示标志等设施，严格限制无关人员随意进入控制区，医用血管造影 X 射线机（DSA）在运行过程中，对控制区进行严格控制，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全。

②监督区：操作间、污物缓冲间、设备间为医护人员工作场所，禁止无关人员进入。在监督区设置电离辐射警示标识，警告无关人员远离该区域。对该区不采取专门的防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量率。

③在监督区边界、控制区与监督区之间的穿墙管线等处开展定期监测工作。

评价分析认为项目工作场所控制区、监督区划分满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）分区管理的原则，工作场所分区合理。

10.1.2 医生、病人、污物流动路线

本项目的建设考虑了工作人员、病人进出及污物通道的布局，且各通道相对独立，医护、患者、污物路线图见附图 9。

(1) 医护人员：医护人员进入更衣室更换好工作服后，经医生办公室进入操作间，从医护人员进出防护门进入介入手术室。工作完成后，医护人员原路返回。

(2) 病人：病人经患者通道进入患者缓冲间，从患者进出防护门进介入手术室接受诊疗。手术完成后原路返回。

(3) 污物：介入诊疗产生的医疗废物经污物门暂存于污物缓冲间，定期转移至医院医疗废物暂存间。

本项目 DSA 介入手术室通过隔离门与其他诊疗区隔离，严禁无关人员进入；介入诊疗室设置有电离辐射警示标识及工作状态指示灯；患者设有专门的出入口，减少了对周围人员的干扰。

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

本项目医用血管造影 X 射线机(DSA)最大管电压为 125kV,最大管电流为 1000mA。DSA 介入手术室各面采取实体屏蔽，屏蔽厚度见表 10-2。

依据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录 C 的计算公式折算等效厚度。

①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 拟合值按下式计算屏蔽透射因子 B：

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

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。

②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 拟合值和①中的 B 值，使用下式计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X。

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

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。

β ——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；

根据①及②式计算，本项目 DSA 介入手术室屏蔽材料等效铅当量厚度折算见下表：

表 10-2 本项目 DSA 机房屏蔽体等效铅当量厚度计算表

不同材料 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数			
材料	拟合参数（125kV，主束）		
	α	β	γ
铅	2.219	7.923	0.5386
混凝土	0.03502	0.07113	0.6974
屏蔽体材料	屏蔽体材料厚度（mm）	屏蔽体材料密度（g/m ³ ）	等效铅厚度 X（mm）
混凝土	120	2.35	1.44（有用线束）
砖	300	1.65	3.02（有用线束）

DSA 介入手术室各面采取实体屏蔽，屏蔽状况见表 10-3。

表 10-3 本项目 DSA 介入手术室辐射屏蔽措施一览表

屏蔽防护体	屏蔽防护建设厚度	折算过程	总铅当量	标准要求	评价
四周墙体	300mm 砖墙+3mmPb 当量的铅板	300mm 砖墙等效于 3.02Pb+3mmPb 当量的铅板	6.02mmPb	2.0mmPb	符合
顶部	120mm 混凝土 +2mmPb 当量的铅板	120mm 混凝土等效于 1.44mmPb+2mmPb 当量的铅板	3.44mmPb	2.0mmPb	符合
患者出入防护门	3mmPb 当量电动平开门	3mmPb 当量电动平开门	3mmPb	2.0mmPb	符合
操作间防护门	3mmPb 当量电动平开门	3mmPb 当量电动平开门	3mmPb	2.0mmPb	符合
污物防护门	3mmPb 当量手动平开门	3mmPb 当量手动平开门	3mmPb	2.0mmPb	符合

观察窗	3mmPb 当量的铅玻璃	3mmPb 当量的铅玻璃	3mmPb	2.0mmPb	符合
-----	--------------	--------------	-------	---------	----

由表 10-3 可知，本项目 DSA 介入手术室采取的辐射防护措施可以满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“C 型臂 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”的防护要求。

10.1.4 机房面积

本项目医用血管造影 X 射线机（DSA）为单管头设备，介入手术室内空尺寸和标准要求见表 10-4 所示。

表 10-4 射线装置机房建设要求对比表

设备名称	机房设计		标准要求		是否满足要求
	最小单边长 (m)	有效使用面积 (m ²)	最小单边长 (m)	有效使用面积 (m ²)	
医用血管造影 X 射线机 (DSA)	6.3	39.69	≥3.5	≥20	满足

由 10-4 可知，本项目射线装置机房的最小单边长度和有效使用面积均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

10.1.5 辐射安全与防护措施

(1) 设备固有措施

本项目 DSA 装置自身拟采取多种固有安全防护措施：

①医用血管造影 X 射线机（DSA）具备工作人员在不变换操作位置情况下成功切换透视和摄影功能的控制键。

②配备辅助防护设施：设备采购时配备辅助防护设施，包括铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏，铅当量为 0.5mm。

③应急开关：DSA 设备上及控制台上设置急停开关，按下急停按钮，DSA 设备立即停止出束。

(2) 警示标识

本项目介入手术室患者进出防护门、医护人员进出防护门、污物防护门外醒目位置设置电离辐射警告标志，机房门上方安装醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，提醒周围人员尽量远离该区域，同时在介入手术室周边走廊设置电离辐射危害告知等提示信息。本项目拟设置的警示灯、警示标志样例如图 10-1 所示。



图 10-1 警示设施样例图

(3) 观察及对讲装置

DSA 介入手术室与操作间操作台之间安装铅玻璃观察窗, 便于医护人员观察患者和受检者状态及防护门开闭情况; DSA 介入手术室与操作间之间设置双向对讲装置, 便于医护人员与患者交流。

(4) 闭门、防夹装置

项目 DSA 介入手术室设置 3 个防护门, 患者进出防护门设计为脚踏式电动推拉门, 工作人员进出防护门设计为平开门, 污物防护门设计为平开门。

各平开式防护门设计安装自动闭门装置, 电动推拉式防护门设置防夹装置。

(5) 联锁系统

本项目介入手术室患者进出口防护铅门应设置有门灯联锁系统, 防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯, 灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句, 在防护门关闭时, 指示灯亮, 警示无关人员远离该区域。

(6) 通风

本项目 DSA 介入手术室采用空调通风系统进行通风换气，废气引至项目所在门诊楼楼顶排放。介入手术室额定排风风量为 1000m³/h，介入手术室容积为 142.884m³，则通风换气次数约 7 次/h，DSA 排风设计图见附图 10。本项目手术室、患者缓冲间、设备间、操作间、医生办公室、耗材间、男更衣室、卫生间均设置排气口，最终汇集到卫生间东侧排出。

(7) 管线进出口防护

电缆、管道等穿过机房防护墙的孔道应避开有用线束及人员经常驻留的区域，并采用 U 型管形式。管线进出口设置在机房底部并敷设钡水泥，管线槽上部同时使用铅板遮挡，不影响墙体的屏蔽防护效果。本项目电缆管道穿过 DSA 机房墙体处管线槽上方铅板铅当量为 3mmPb 当量的铅板。

本项目 DSA 介入手术室机房电缆管道等穿过机房墙面的孔道穿墙示意图如下。

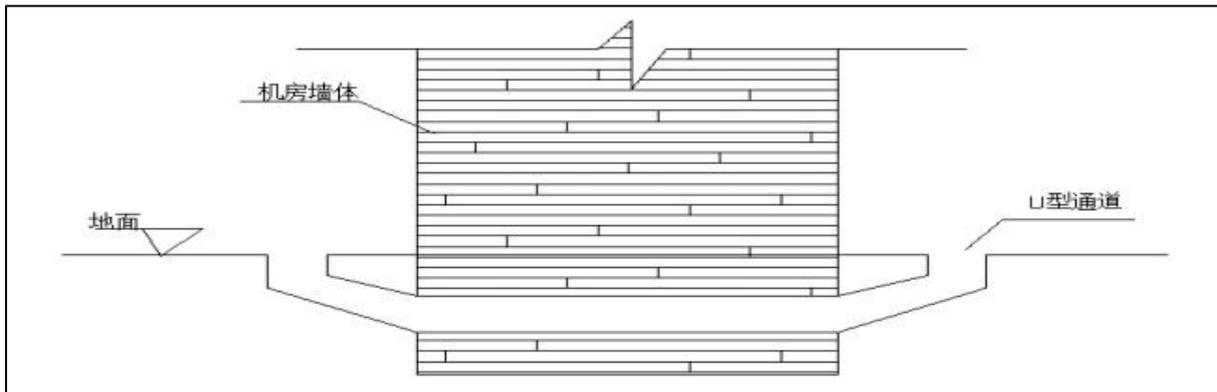


图 10-2 电缆穿墙示意图 (U 型管)

(8) 辐射防护用品

对于介入诊疗操作时工作人员和受检者需配备的个人防护用品须满足表 10-5 的要求。

表 10-5 介入诊疗操作时工作人员和受检者需配备的个人防护用品要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

注：“—”表示不要求。

备注：除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量不小于 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不小于 2mmPb，放射工作人员需要光学铅眼镜的另行单独配置。儿童防护用品和辅助防护设施的铅当量不小于 0.5mmPb。防护用品采用悬

挂或平铺方式存放，不折叠。

DSA 介入手术室内应配备铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏、移动铅防护屏风（选配）等防护用品，本项目介入手术室防护用品配备如表 10-6 所示。

表 10-6 本项目介入手术室防护用品配备一览表

序号	机房名称	防护名称	数量	铅当量	医院拟配备情况
1	介入手术室	铅悬挂防护屏/ 铅防护吊帘	1	≥0.5mmPb	设备采购时自带辅助防护设施，含铅防护吊帘和床侧防护帘，铅当量均为 0.5mmPb
2		床侧防护帘/ 床侧防护屏	1		

辐射工作人员应配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅橡胶帽子（选配）、铅橡胶防护衣等防护用品，本项目介入手术室拟配备个人防护用品如表 10-7 所示。

表 10-7 本项目介入手术室个人防护用品配备一览表

序号	机房	防护名称	数量/件	铅当量/mmPb	
1	介入 手术 室	患者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾	≥1	≥0.5
2			铅橡胶颈套	≥1	≥0.5
3			铅橡胶帽子（选配）	≥1	≥0.25
4			铅橡胶防护衣	≥1	≥0.25
5		工作 人员	铅橡胶围裙	≥3	≥0.25
6			铅橡胶颈套	≥3	≥0.5
7			铅防护眼镜	≥3	≥0.25
8			介入防护手套	≥3	≥0.025
9			铅橡胶帽子（选配）	≥3	≥0.25
10			铅橡胶防护衣	≥3	≥0.5

本项目受检者个人防护用品拟配备铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅橡胶防护衣。工作人员辅助防护设施拟配备铅防护吊帘和床侧防护帘，个人防护用品拟配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅橡胶帽子、铅橡胶防护衣。防护用品数量及铅当量均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关规定。

（9）其他

①医院在进行介入手术时，应制定最优化方案，在满足诊断前提下，选择合理可行尽量低的射线参数、尽量短的曝光时间，减少放射工作人员和相关公众的受照射时间，避免病人受到额外剂量的照射。

②医院应合理安排医疗废物运出时间，介入手术室工作时，严禁医疗废物运出；待介入手术室停止工作时，方可进行医疗废物运送。

③辐射工作人员应熟练掌握业务技术，自主学习放射防护和有关法律知 识，参加辐射安全与防护培训并通过考核。

④诊断床及控制台电源钥匙由专人保管，设置出束声音报警。操作间应张贴 DSA 介入手术室应急预案等规章制度。

⑤介入手术室内布局要合理，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。

⑥医院应配备便携式辐射剂量监测仪，定期对 DSA 介入手术室进行巡测并建立监测数据档案。

⑦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，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。

⑧机房采取实体屏蔽，保证透视状态下人员全居留场所、机房屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

⑨患者和受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪护人员不应滞留在机房内。

项目 DSA 机房介入手术室配备的个人防护用品和辅助防护设施要求见表 10-7。辐射安全设施布置示意图见图 10-3。

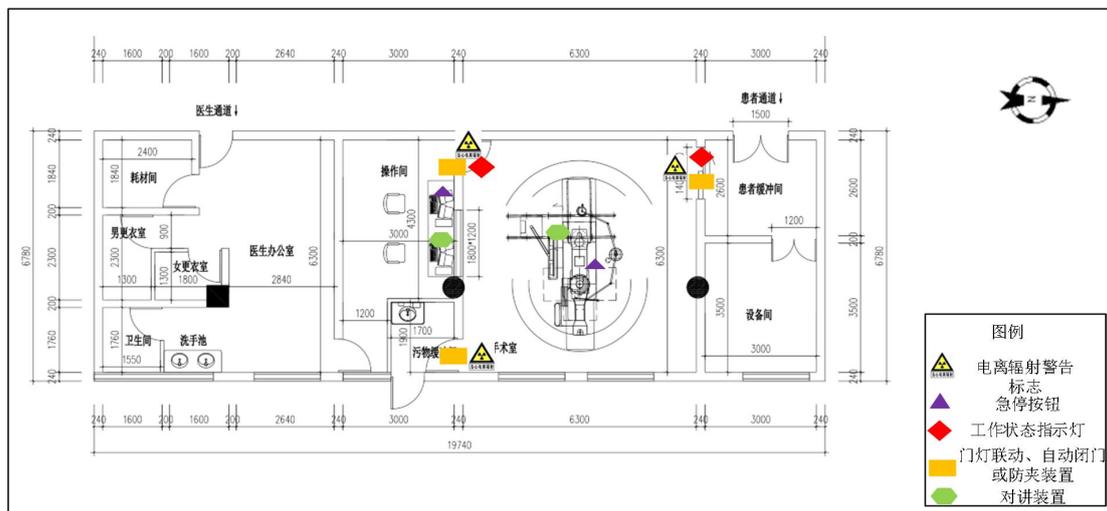


图 10-3 DSA 机房介入手术室辐射安全设施布置示意图

10.1.6 工作场所辐射防护设施符合性分析

依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求，DSA 介入手术室辐射防护设施符合性分析表见表 10-8。

表 10-8 DSA 介入手术室辐射防护设施符合性分析表

项目	辐射防护要求	设计情况	符合性
机房布局	①应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。②X 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。	①根据设备工作特点，有用线束不直接照射机房门、窗、管线口工作人员操作位。②项目 DSA 介入手术室拟建地点与其他非核技术利用科室相对隔离，并采取辐射安全与防护措施。	相符
工作场所防护	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。②机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。③机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。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。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电动推拉门宜设置防夹装置。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。	①机房与操作间之间设有观察窗，工作人员能够方便的观察到患者状态及防护门开闭情况。②机房内不堆放与诊断工作无关的杂物。③项目机房设计单独排风系统，用于排放项目运行产生的臭氧及氮氧化物，能保持良好的通风。④机房门上方设计安装醒目工作状态指示灯，灯箱上设置可视警示语句，受检者候诊区设置放射防护注意事项告知栏。⑤机房设置 3 个防护门，患者进出防护门设计为电动推拉式门，工作人员进出防护门设计为手动平开门，污物防护门设计为手动平开门。各平开式防护门设计安装自动闭门装置，电动推拉式防护门设置防夹装置。⑥受检者不在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不滞留在机房内。	相符
个人防护用品	①应为介入工作人员配备个人防护用品：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。②应为受检者配备个人防护用品：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。③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 0.5mm。④除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25 mmPb；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。	①项目计划为介入工作人员配备个人防护用品：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅橡胶防护衣，橡胶帽子。②项目计划为受检者配备个人防护用品：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶防护衣，铅橡胶帽子。③防护用品和辅助防护设施的铅当量均满足相关要求。	相符
辅助防护设施	应为介入工作人员配备辅助防护设施：铅悬挂防护屏或铅防护帘、	项目计划配备铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏。	相符

床侧防护帘或床侧防护屏，选配移动铅防护屏风。移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。		
---	--	--

分析表 10-8 内容可知，项目工作场所辐射防护设计情况，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中第 6 章关于 X 射线设备机房防护设施的技术要求。

10.2 三废的治理

10.2.1 废水

医用血管造影 X 射线机（DSA）不使用显影液和定影液进行洗片操作，所需胶片由专用打印机打印，无洗片废水、废定（显）影液产生。

10.2.2 废气

医用血管造影 X 射线机（DSA）在开机并处于出束状态时，会使介入手术室内空气电离产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体；本项目 DSA 介入手术室顶部设计有送风口和排风口，排风口额定风量为 1000m³/h，每小时通风 7 次，产生的臭氧、氮氧化物经过排风口进入排风系统，最后由排风管道排至室外，经室外空气稀释，将很快恢复到原来的空气浓度水平，对周围环境影响极小。

表 10-9 机房通风情况一览表

机房内空尺寸(长×宽×高,m)	有效使用容积 (m ³)	风量 (m ³ /h)	通风次数 (次/h)
6.3×6.3×3.6	142.884	1000	7

10.2.3 固体废物

项目采用先进的数字显影技术，不会产生废胶片。介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物，采用专用容器集中收集，经污物通道转移至污物缓冲间，然后就地打包、转移至医疗废物暂存间暂存后，定期交由有资质单位进行处置；生活垃圾经垃圾桶分类收集后，由环卫部门统一清运。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响简要分析

项目建设和安装阶段，无辐射产生，对周围环境没有辐射影响。

本项目射线装置安装前，需要对介入手术室进行施工装修。介入手术室装修过程中，对周围环境的影响主要是施工噪声影响、粉尘影响、建筑垃圾影响；对于施工期环境影响，建设单位可采取主要污染防治措施如下：

(1) 介入手术室装修时，施工单位应优化施工方案，选用低噪声设备，尽量减小施工作业对周边工作场所的影响。合理安排施工作业时间，减小噪声影响。

(2) 施工时，可能会产生少量无组织排放的粉尘，其产生量较少，必要时可采取临时围挡等防尘措施，限制施工粉尘影响范围。

(3) 施工期间产生的装修废物、建筑垃圾应分类收集，统一收集后，建筑垃圾拉运至建筑垃圾填埋场填埋，生活垃圾经垃圾桶分类收集后，由环卫部门统一清运。

(4) 施工人员产生的生活污水依托医院已建污水处理设施加以处理。

11.2 运行阶段环境影响分析

11.2.1 设计与标准要求

本项目 DSA 介入手术室净尺寸：6.3m（长）×6.3m（宽）×3.6m（高），满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关规定：介入手术室内最小有效使用面积 >20m²，介入手术室内最小单边长度 >3.5m。

DSA 介入手术室四周墙体的防护铅当量为 3mmPb，顶部的防护铅当量为 4.44mmPb，各防护门的防护铅当量均为 3mmPb，观察窗的防护铅当量为 3mmPb，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“C 型臂 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”的要求。DSA 介入手术室具体屏蔽情况见表 10-3。

11.2.2 辐射环境影响分析

(1) 预测模式

依据典型数字减影血管造影设备工作原理，设备图像增强器对 X 射线主束有防护作用。根据 NCRP147 号报告《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》第 4.1.6 节指出，医用血管造影 X 射线机（DSA）防护设计不需要考虑主束照射。因此，评价考虑泄漏辐射和散射辐射造成的辐射影响。

① 泄漏辐射

泄漏辐射剂量率计算公式参考《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）中给出的公式计算；对于给定的屏蔽物质，屏蔽透射因子参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 计算。

$$H_L = \frac{H_0 \times B \times f}{d^2} \quad (11-1)$$

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

式中： H_L ——距源点 R（m）处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

f ——设备射线泄漏率，取 0.1%；

H_0 ——离靶 1m 处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

d ——计算点距源点的距离，m；

B ——透射因子；

X ——铅厚度，mm；

② 散射辐射

对于散射 X 射线可以用反照率法估计。散射剂量率计算公式参考《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）P437：

$$H = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B(S/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (11-3)$$

式中： H ——关注点处的患者散射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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

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

S ——散射面积，400cm²；

d_0 ——源与患者的距离，取 0.5m；

d_s ——患者与关注点的距离，m；

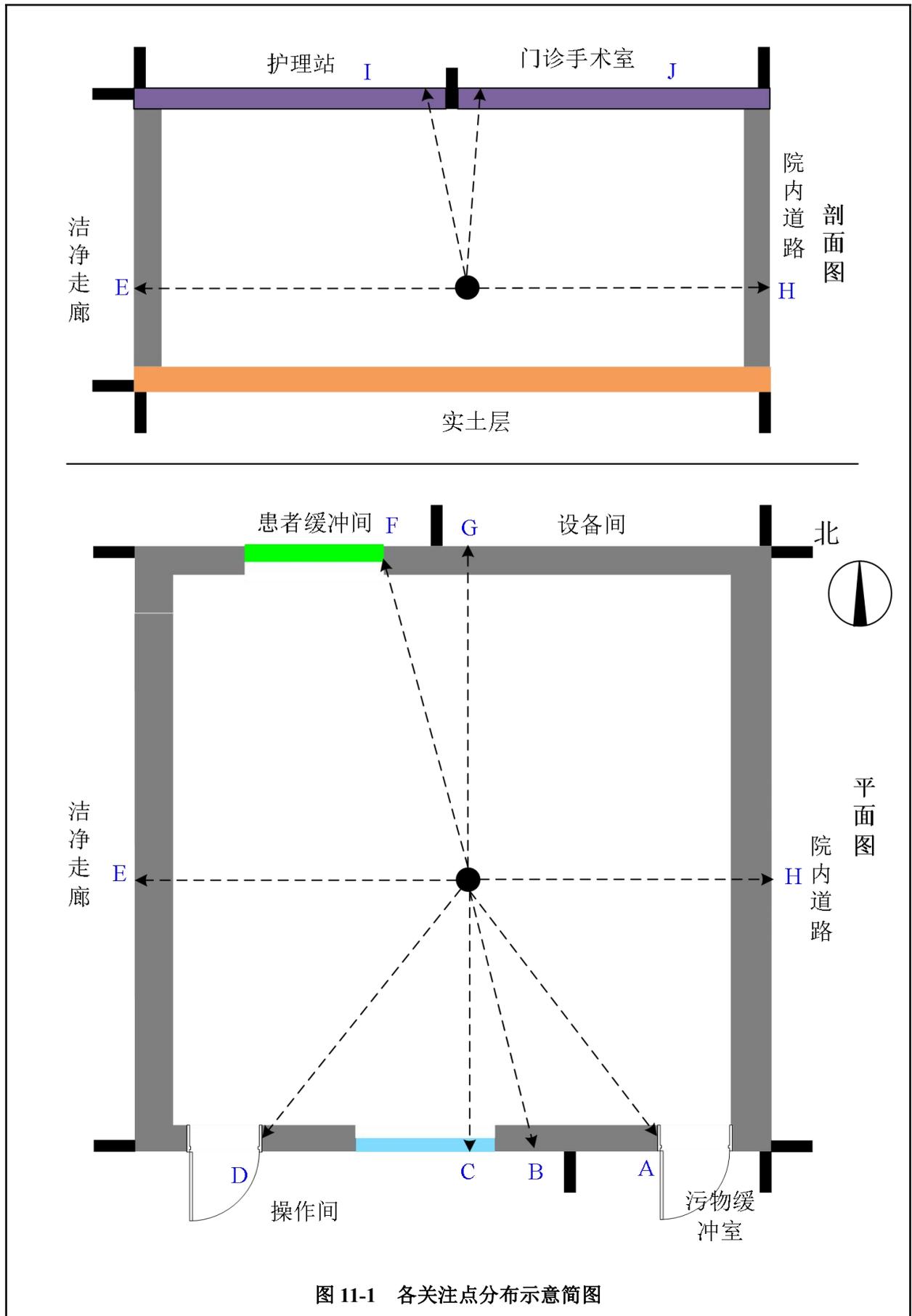
B ——屏蔽透射因子，按式 11-2 计算。

α 、 β 、 γ 为铅对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，见表 11-1。

表 11-1 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	材料	参数		
		α	β	γ
125kV（主束）	铅	2.219	7.923	0.5386

125kV (散射)	铅	2.233	7.888	0.7295
注: α 、 β 、 γ 取值参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录 C 表 C.2				
<p>(2) 关注区域选取</p> <p>评价选取 DSA 介入手术室实体防护外人员活动区域作为关注区域; 对于同室近台操作人员, 由于人员所处位置不固定, 防护水平及距射线源距离均有所不同, 评价选取第一术位、第二术位作为中 DSA 介入手术内关注区域。</p> <p>根据场所布局情况, 评价选取南侧污物缓冲间(污物防护门外 30cm 处)(A 点)、南侧操作间(墙外 30cm 处)(B 点)、南侧操作间(观察窗外 30cm 处)(C 点)、南侧操作间(医护人员防护门外 30cm 处)(D 点)、西侧洁净走廊(墙外 30cm 处)(E 点)、北侧患者缓冲间(患者防护门外 30cm 处)(F 点)、北侧设备间(墙外 30cm 处)(G 点)、东侧院内道路(墙外 30cm 处)(H 点)、楼上护理站距地面 1.0m 处(I 点)、楼上门诊手术室距地面 1.0m 处(J 点)等, 对泄漏辐射和散射辐射做出预测分析。本项目各关注点分布示意简图如图 11-1 所示。同时, 根据建设单位提供资料本项目 DSA 介入手术室内固定手术床, 因此手术过程中医用血管造影 X 射线机(DSA)固定在手术室中间, 距离各个关注点的距离见表 11-2、11-3。</p>				



根据设备厂家提供情况说明（见附件 2），该设备最高管电压为 125kV 时，最大管电流为 1000mA。医用血管造影 X 射线机（DSA）的过滤材料采用铜，透视状态下距靶 1m 处的输出剂量率为 67mGy/min（4020000 μ Gy/h），摄影状态下距靶 1m 处的输出剂量率为 540mGy/min（32400000 μ Gy/h）。工作人员穿戴个人防护用品、使用辅助防护设施，在术者位开展近台操作。利用公式 11-1, 11-2, 11-3 计算医用血管造影 X 射线机(DSA)向上照射过程中，工作场所辐射剂量率见表 11-2、表 11-3。

表 11-2 各关注点泄漏辐射剂量率估算结果

模式	编号	关注点位置描述	距离 R/m	铅当量 X/mm	透射因子 B	剂量率 μ Gy/h
透视模式	A	南侧污物缓冲间（污物防护门外 30cm 处）	4.37	3	7.97E-05	1.68E-02
	B	南侧操作间（墙外 30cm 处）	3.88	6.02	9.41E-08	2.51E-05
	C	南侧操作间（观察窗外 30cm 处）	3.69	3	7.97E-05	2.35E-02
	D	南侧操作间（医护人员防护门外 30cm 处）	4.37	3	7.97E-05	1.68E-02
	E	西侧洁净走廊（墙外 30cm 处）	3.69	6.02	9.41E-08	2.78E-05
	F	北侧患者缓冲间（患者防护门外 30cm 处）	3.97	3	7.97E-05	2.03E-02
	G	北侧设备间（墙外 30cm 处）	3.71	6.02	9.41E-08	2.75E-05
	H	东侧院内道路（墙外 30cm 处）	3.69	6.02	9.41E-08	2.78E-05
	I	楼上护理站距地面 1.0m 处	3.77	3.44	2.95E-05	8.35E-03
	J	楼上门诊手术室距地面 1.0m 处	3.77	3.44	2.95E-05	8.35E-03
摄影模式	A	南侧污物缓冲间（污物防护门外 30cm 处）	4.37	3	7.97E-05	1.35E-01
	B	南侧操作间（墙外 30cm 处）	3.88	6.02	9.41E-08	2.03E-04
	C	南侧操作间（观察窗外 30cm 处）	3.69	3	7.97E-05	1.90E-01
	D	南侧操作间（医护人员防护门外 30cm 处）	4.37	3	7.97E-05	1.35E-01
	E	西侧洁净走廊（墙外 30cm 处）	3.69	6.02	9.41E-08	2.24E-04
	F	北侧患者缓冲间（患者防护门外 30cm 处）	3.97	3	7.97E-05	1.64E-01
	G	北侧设备间（墙外 30cm 处）	3.71	6.02	9.41E-08	2.22E-04
	H	东侧院内道路（墙外 30cm 处）	3.69	6.02	9.41E-08	2.24E-04
	I	楼上护理站距地面 1.0m 处	3.77	3.44	2.95E-05	6.73E-02
	J	楼上门诊手术室距地面 1.0m 处	3.77	3.44	2.95E-05	6.73E-02

表 11-3 各关注点散射辐射剂量率估算结果

模式	编号	关注点位置描述	距离 R/m	铅当量 X/mm	透射因子 B	剂量率 μ Gy/h
透视模式	A	南侧污物缓冲间（污物防护门外 30cm 处）	4.37	3	1.56E-04	7.72E-02

	B	南侧操作间（墙外 30cm 处）	3.88	6.02	1.83E-07	1.14E-04
	C	南侧操作间（观察窗外 30cm 处）	3.69	3	1.56E-04	1.08E-01
	D	南侧操作间（医护人员防护门外 30cm 处）	4.37	3	1.56E-04	7.72E-02
	E	西侧洁净走廊（墙外 30cm 处）	3.69	6.02	1.83E-07	1.27E-04
	F	北侧患者缓冲间（患者防护门外 30cm 处）	3.97	3	1.56E-04	9.35E-02
	G	北侧设备间（墙外 30cm 处）	3.71	6.02	1.83E-07	1.25E-04
	H	东侧院内道路（墙外 30cm 处）	3.69	6.02	1.83E-07	1.27E-04
	I	楼上护理站距地面 1.0m 处	3.77	3.44	5.83E-05	3.87E-02
	J	楼上门诊手术室距地面 1.0m 处	3.77	3.44	5.83E-05	3.87E-02
	摄影模式	A	南侧污物缓冲间（污物防护门外 30cm 处）	4.37	3	1.56E-04
B		南侧操作间（墙外 30cm 处）	3.88	6.02	1.83E-07	9.23E-04
C		南侧操作间（观察窗外 30cm 处）	3.69	3	1.56E-04	8.73E-01
D		南侧操作间（医护人员防护门外 30cm 处）	4.37	3	1.56E-04	6.22E-01
E		西侧洁净走廊（墙外 30cm 处）	3.69	6.02	1.83E-07	1.02E-03
F		北侧患者缓冲间（患者防护门外 30cm 处）	3.97	3	1.56E-04	7.54E-01
G		北侧设备间（墙外 30cm 处）	3.71	6.02	1.83E-07	1.01E-03
H		东侧院内道路（墙外 30cm 处）	3.69	6.02	1.83E-07	1.02E-03
I		楼上护理站距地面 1.0m 处	3.77	3.44	5.83E-05	3.12E-01
J		楼上门诊手术室距地面 1.0m 处	3.77	3.44	5.83E-05	3.12E-01

分析预测结果，项目工作场所各关注区域剂量率见表 11-4。

表 11-4 各关注点辐射剂量率估算结果

关注点位置	透视状态			摄影状态			
	位置	泄漏辐射剂量率 H_L	散射辐射剂量率 H_S	总有效剂量率 H_R	泄漏辐射剂量率 H_L	散射辐射剂量率 H_S	总有效剂量率 H_R
单位		$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$
A: 南侧污物缓冲间(污物防护门外 30cm 处)	1.68E-02	7.72E-02	9.40E-02	1.35E-01	6.22E-01	7.57E-01	
B: 南侧操作间（墙外 30cm 处）	2.51E-05	1.14E-04	1.40E-04	2.03E-04	9.23E-04	1.13E-03	
C: 南侧操作间（观察窗外 30cm 处）	2.35E-02	1.08E-01	1.32E-01	1.90E-01	8.73E-01	1.06E+00	

D: 南侧操作间（医护人员防护门外 30cm 处）	1.68E-02	7.72E-02	9.40E-02	1.35E-01	6.22E-01	7.57E-01
E: 西侧洁净走廊（墙外 30cm 处）	2.78E-05	1.27E-04	1.54E-04	2.24E-04	1.02E-03	1.24E-03
F: 北侧患者缓冲间（患者防护门外 30cm 处）	2.03E-02	9.35E-02	1.14E-01	1.64E-01	7.54E-01	9.18E-01
G: 北侧设备间（墙外 30cm 处）	2.75E-05	1.25E-04	1.53E-04	2.22E-04	1.01E-03	1.23E-03
H: 东侧院内道路（墙外 30cm 处）	2.78E-05	1.27E-04	1.54E-04	2.24E-04	1.02E-03	1.24E-03
I: 楼上护士站距地面 1.0m 处	8.35E-03	3.87E-02	4.70E-02	6.73E-02	3.12E-01	3.79E-01
J: 楼上门诊手术室距地面 1.0m 处	8.35E-03	3.87E-02	4.70E-02	6.73E-02	3.12E-01	3.79E-01

由表 11-4 可知，在透视状态下，DSA 介入手术室各屏蔽体表面处 0.3m 处的辐射剂量率估算值为 $1.40 \times 10^{-4} \sim 0.132 \mu\text{Gy/h}$ ；在摄影状态下，DSA 介入手术室各屏蔽体表面处 0.3m 处的附加剂量率估算值为 $1.13 \times 10^{-3} \sim 1.06 \mu\text{Gy/h}$ ；有效剂量率与吸收剂量率换算系数，取 1Sv/Gy ，则本项目 DSA 介入手术室各屏蔽体表面外 0.3m 处的辐射剂量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。介入手术室各屏蔽面的防护效果较好。

（4）附加年有效剂量率

人员受到的附加年有效剂量可由式 11-4 计算得到。

$$H_w = H_R \times K \times T \times t \quad (11-4)$$

式中： H_w ——年受照剂量；

H_R ——计算点附加剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

K ——有效剂量与吸收剂量换算系数，取 1Sv/Gy ；

T ——人员居留因子；

t ——年曝光时间，h/a。

DSA 设备包括透视和摄影两种工作模式，根据医院提供信息，项目正常运行后，每年最多进行 300 台手术，手术开机照射时间估计为透视 10min，摄影 1min，则本项目射线装置的预计年开机工作时间如下：

表 11-5 不同工作模式下的预计开机时间

工作模式	每次照射时间	年最大工作量	年开机时间
透视	10min	300 台手术	50h
摄影	1min		5h

附加年有效剂量率估算见表 11-6。

表 11-6 各关注点附加年有效剂量估算结果表

关注点位置	透视状态		摄影状态		换算系数 K	人员居留因子 T	附加年有效剂量率 HW	年剂量约束限值
	总有效剂量率 HR	年曝光时间	总有效剂量率 HR	年曝光时间				
位置	μGy/h	h/a	μGy/h	h/a	Sv/Gy	/	mSv/a	mSv/a
A: 南侧污物缓冲间（污物防护门外 30cm 处）	9.40E-02	50	7.57E-01	5	1	1/8	1.06E-03	0.1
B: 南侧操作间（墙外 30cm 处）	1.40E-04	50	1.13E-03	5	1	1	1.26E-05	5
C: 南侧操作间（观察窗外 30cm 处）	1.32E-01	50	1.06E+00	5	1	1	1.19E-02	5
D: 南侧操作间（医护人员防护门外 30cm 处）	9.40E-02	50	7.57E-01	5	1	1/8	1.06E-03	5
E: 西侧洁净走廊（墙外 30cm 处）	1.54E-04	50	1.24E-03	5	1	1/5	2.79E-06	0.1
F: 北侧患者缓冲间（患者防护门外 30cm 处）	1.14E-01	50	9.18E-01	5	1	1/8	1.29E-03	0.1
G: 北侧设备间（墙外 30cm 处）	1.53E-04	50	1.23E-03	5	1	1/20	6.89E-07	0.1
H: 东侧院内道路（墙外 30cm 处）	1.54E-04	50	1.24E-03	5	1	1/40	3.48E-07	0.1
I: 楼上护理站距地面 1.0m 处	4.70E-02	50	3.79E-01	5	1	1	4.25E-03	0.1
J: 楼上门诊手术室距地面 1.0m 处	4.70E-02	50	3.79E-01	5	1	1/2	2.12E-03	0.1

备注：居留因子参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A。

①公众年附加有效剂量估算结果

根据上表可知，DSA 设备正常运行工况下，机房外公众所受的年附加有效剂量范围为 $3.48 \times 10^{-7} \text{mSv/a} \sim 1.06 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）年有效剂量基本限值（公众人员 1mSv/a ）及本次评价所取的年剂量约束值

(公众人员 0.1mSv/a) 要求。

②职业人员年附加有效剂量

a、操作人员年附加有效剂量

根据表 11-6 可知, DSA 设备正常工作状态下, 项目所致操作间内工作人员年附加有效剂量最大为 $1.19 \times 10^{-2} \text{mSv}$; 本项目 DSA 设备拟配备 2 名操作间操作人员, 故轮班后每组操作人员受到的年附加有效剂量最大为 $0.60 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

b、医护人员年附加有效剂量

根据《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020) 附录 B 中表 B.1X 射线透视设备的检测项目及技术要求“7、非直接荧光屏透视设备透视防护区检测平面上周围剂量当量率不大于 $400 \mu\text{Gy/h}$ ”, 因此本次评价保守按照 X 射线设备在确保铅屏风 and 床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下, 手术医生和护士铅衣外按照在透视防护区测试平面上的空气比释动能率为 $400 \mu\text{Gy/h}$ 进行计算。

根据公式 11-2 计算可知, 管电压 125kV 时, 手术医生、护士穿 0.5mm 厚铅衣的辐射透射因子 B 为 5.57×10^{-2} , 项目 DSA 手术透视情况下年累积出束时间 50h, 则介入手术所致手术室内操作医生、护士年剂量为 1.11mSv, 本项目 DSA 设备拟配备介入诊疗医师、护士各 2 名, 即 2 组医护人员轮班, 轮班后, 透视状态下介入手术所致手术室内操作医生、护士年剂量为 0.56mSv。采集过程中医护人员不在手术室, 因此不考虑摄影状态下医护人员的附加有效剂量率。

综上, DSA 设备正常工作状态下, 每组医生所受的年附加有效剂量为 0.56mSv/a, 护士受到的年附加有效剂量为 0.56mSv/a, 每组操作人员受到的年附加有效剂量最大为 $0.60 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。则介入手术医生和护士受到的附加年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中年剂量限值(职业人员 20mSv) 及本次评价所取的年剂量约束限值(职业人员 5.0mSv)。

事实上, 上述估算偏保守, 忽略了 DSA 设备材料的衰减作用和人体的吸收作用, 此外项目 DSA 设备床边操作系统、床边剂量控制系统等防护设施可实时显示剂量率、调节运行档位。因此, 项目 DSA 在正常运行情况下, 医护人员实际受到的年附加剂量率小于理论计算值。

11.2.2 屏蔽效果类比分析

为分析了解本项目 DSA 射线装置核技术利用项目建成投入运行后对周围环境所造

成的辐射影响，本评价选取《西安临潼开发区博仁医院使用 DSA 核技术利用项目辐射环境监测》进行类比评价，可比性分析详见表 11-7。

表 11-7 射线装置可比性分析

内容		类比对象	本项目
技术参数（最大管电压/管电流）		125kV/1000mA	125kV/1000mA
主要设备		GE Optima IGS 330	GE Optima IGS PLUS
机房面积（m ² ）		35.6m ²	39.69m ²
机房内最小单边长度 m		5.65m	6.3m
防护设施	四周墙体	240mm 黏土实心砖+20mm 硫酸钡防护砂浆（4mmPb）	300mm 砖墙+3mmPb 当量的铅板（6.02mmPb）
	观察窗	铅当量 3.0mm 有机铅玻璃	3mmPb 当量的铅玻璃
	防护门	铅当量 3.0mm 防护门	3mmPb 当量的防护门
	房顶	120mm 混凝土层+20mm 硫酸钡防护砂浆（3.59mmPb）	120mm 混凝土+2mmPb 当量的铅板（4.44mmPb）
	地板	120mm 混凝土层+20mm 硫酸钡防护砂浆（3.59mmPb）	120mm 混凝土+50mm 硫酸钡防护砂浆（4.44mmPb）

由类比分析可知，本项目拟使用的 DSA 与类比项目为同一公司不同设备，最大管电流管电压一致，本项目机房面积、机房最小单边长度均大于类比项目，防护水平基本一致，四周墙体防护小于类比项目。

综上所述，满足类比要求。通过类比对象的监测报告，可预测本项目运行后的辐射环境影响。

西安临潼开发区博仁医院使用 DSA 核技术利用项目监测时间为 2020 年 12 月 3 日，类比监测结果详见表 11-8，类比监测点位图详见图 11-2。类比检测报告见附件 9

表 11-8 类比介入室及周边环境空气吸收剂量率监测结果

序号	点位描述	监测结果（μSv/h）	备注
/	室内本底	0.114~0.118	未开机
	室外本底	0.107~0.110	
医用血管造影 X 射线机（型号：Optima IGS 330；工况：74kV，14.3mA）透视模式			
1	患者进出防护门中表面 30cm	0.120	开机
2	患者进出防护门上缝	0.120	
3	患者进出防护门下缝	0.120	
4	患者进出防护门左缝	0.120	
5	患者进出防护门右缝	0.121	
6	观察窗中表面 30cm	0.0973	

7	观察窗上缝	0.0977		
8	观察窗下缝	0.0975		
9	观察窗左缝	0.0979		
10	观察窗右缝	0.0979		
11	工作人员进出门中表面 30cm	0.0986		
12	工作人员进出门上缝	0.0992		
13	工作人员进出门下缝	0.0986		
14	工作人员进出门左缝	0.0986		
15	工作人员进出门右缝	0.0999		
16	污物暂存室防护门中表面 30cm	0.111		
17	污物暂存室防护门上缝	0.112		
18	污物暂存室防护门下缝	0.113		
19	污物暂存室防护门左缝	0.115		
20	污物暂存室防护门右缝	0.115		
21	机房北侧防护墙表面 30cm	0.124		
22	机房南侧防护墙表面 30cm	0.165		
23	机房西侧防护墙表面 30cm	0.134		
24	洁净走廊巡测	0.0988		
25	操作间巡测	0.0935		
26	穿墙管线洞口	0.104		
27	南侧办公室巡测	0.135		
28	机房上方距地面 1.0m 处(重症区)	0.112		
29	机房下方距地面 1.7m 处(办公区)	0.110		
30	第一术者位(隔铅帘)	12.3		
31	第二术者位(隔铅帘)	8.57		
32	第一术者位(隔铅帘, 隔铅服)	0.434		
33	第二术者位(隔铅帘, 隔铅服)	0.429		
医用血管造影 x 射线机(型号: Optima IGS 330; 工况 B: 80kV, 43.4mA) 减影模式				
序号	点位描述	监测结果(μSv/h)		备注
34	患者进出防护门中表面 30cm	0.116		开机
35	患者进出防护门上缝	0.116		
36	患者进出防护门下缝	0.117		
37	患者进出防护门左缝	0.119		
38	患者进出防护门右缝	0.122		
39	观察窗中表面 30cm	0.101		
40	观察窗上缝	0.0972		
41	观察窗下缝	0.0953		
42	观察窗左缝	0.0986		
43	观察窗右缝	0.0953		
44	工作人员进出门中表面 30cm	0.100		
45	工作人员进出门上缝	0.100		
46	工作人员进出门下缝	0.0977		
47	工作人员进出门左缝	0.0970		

48	工作人员进出门右缝	0.0959
49	污物暂存室防护门中表面 30cm	0.107
50	污物暂存室防护门，上缝	0.104
51	污物暂存室防护门下缝	0.103
52	污物暂存室防护门左缝	0.103
53	污物暂存室防护门右缝	0.103
54	机房北侧防护墙表面 30cm	0.119
55	机房南侧防护墙表面 30cm	0.136
56	机房西侧防护墙表面 30cm	0.122
57	洁净走廊巡测	0.0920
58	操作间巡测	0.0942
59	穿墙管线洞口	0.105
60	南侧办公室巡测	0.154
61	机房上方距地面 1.0m 处（重症区）	0.117
62	机房下方距地面 1.7m 处（办公区）	0.110
63	第一术者位（隔铅帘）	63.3
64	第二术者位（隔铅帘）	41.2
65	第一术者位（隔铅帘，隔铅服）	1.97
66	第二术者位（隔铅帘，隔铅服）	0.948

由监测数据可知，类比医院 DSA 在开机运行情况下，机房、防护门及铅玻璃外表面 30cm 处的最大吸收剂量率为 $0.165\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关条款要求（具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）（检测报告见附件 11）。

因此可类比得到，本项目 DSA 实际运行中，机房、防护门及铅玻璃外表面 30cm 处的最大吸收剂量率《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关条款要求（具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）。



图 11-2 监测点位图

11.2.3 废气环境影响分析

X 射线与空气作用可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，消除有害气体对 DSA 介入手术室的影响关键在于加强室内通风。本项目 DSA 介入手术室设计有排风系统，能满足 DSA 介入手术室通风换气需要。

本项目安装新风系统进行通风，介入手术室排风风量约为 1000m³/h，介入手术室容积为 142.884m³，每小时通风次数为 7 次，可保持良好通风，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）“6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的标准要求。

项目运行后，工作场所室内产生的少量臭氧和氮氧化物通过排风装置和外界空气对流，对人员和周围环境影响较小。

11.2.4 废水环境影响分析

本项目 DSA 装置采用先进的数字显影技术，注入的造影剂不含放射性，无废显影液和定影液产生；工作人员在工作中所产生的生活污水量较小，污水进入医院污水处理站，经处理达标后排入市政污水管网，对地表水环境影响很小。

11.2.5 固体废物影响分析

本项目 DSA 介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料，经专用医疗废物桶收集后转移至污物缓冲间内暂存，污物缓冲间内拟设置感染性废物和损伤性废物收集桶，相应类别的塑料桶旁墙上贴有中文标签，污物缓冲间储存的医疗废物经楼层指定污物线路送至医疗废物暂存间，定期送医疗废物集中处置单位处置。综上 DSA 工作场所的固体废物可以得到合理处置，对环境的影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故工况

DSA 射线装置诊断检查时，可能发生的事故风险主要是医疗设备及其安全装置遭到破坏而产生放射辐射事故，从而对医护人员、患者以及公众造成不利影响。其次是射线装置在管理上出现问题。

11.3.2 事故情况下剂量分析

本次评价假设 DSA 设备发生事故，公众误入介入手术室，在无任何屏蔽措施的情况下，受到透视时的 X 射线照射，1m 处漏射辐射剂量率估算为 240μGy/h，1m 处散射

辐射剂量率估算为 563 μ Gy/h，1m 处辐射剂量率估算为 803 μ Gy/h；受到摄影时的 X 射线照射，1m 处漏射辐射剂量率估算为 1650 μ Gy/h，1m 处散射辐射剂量率估算为 3870 μ Gy/h，1m 处辐射剂量率估算为 5520 μ Gy/h。即事故情况下，透视模式照射约 7.4min，摄影模式照射约 65.2 s 后公众受到的剂量率将高于 0.1mSv/a 的公众年有效剂量约束值。

因此，工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前按要求穿戴好各种辐射防护用品，并定期检查介入手术室的防护性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，避免无关人员误入正在使用的介入手术室。

11.3.3 辐射事故预防措施

为避免辐射事故发生及辐射事故发生时能采取有效防范措施降低辐射事故的危害，该单位需做好以下预防措施：

(1) 定期对射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，确认各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患及时采取有效措施，妥善处置。

(2) 针对单位使用射线装置制定相关的操作规程，并做到“制度上墙”（即将操作规程张贴在操作间醒目位置）。工作人员严格按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

(3) 定期检查门灯联锁装置，确保门灯联锁装置正常运行；定期对辐射工作场所的安全防护装置进行维护、保养。

(4) 加强辐射工作人员的管理，医用血管造影 X 射线机（DSA）开机前，必须确保无关人员全部撤离后才可开启；加强放射工作人员的业务培训，防止误操作，以避免工作人员和公众受到意外辐射。

(5) 射线装置发生故障而紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，不得重新启动射线装置。

(6) 介入手术室门外明显处应设置电离辐射警示标志，并安装醒目的工作状态指示灯。

(7) 辐射应急管理机构应对本单位的应急组织人员、救护计划和方法、救护器材和设备以及联络方式进行明确布置和安排，一旦事故发生时可立即执行。

(8) DSA 装置不能正常关机，可导致工作人员和误入的公众受到照射。定期检查，对出现故障的 DSA 装置及时进行维修。

(9) 工作状态指示灯、电离辐射警示标志等防护设施不完善或失灵，导致工作人

员和公众误入而受到照射。定期巡查，及时更换出现损坏的工作状态指示灯、电离辐射警示标志等防护设施。

11.3.4 事故应急措施

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

(1) 立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

(2) 及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

(3) 及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。这样，可缩小事故影响，减少事故损失。

(4) 在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

(5) 事故处理后应累积资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录，包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

(6) 对可能发生的辐射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理。同时上报生态环境管理部门和卫生部门。

(7) 配备必要的辐射监测仪器，对工作场所实施必要辐射环境监测，及时发现使用过程中可能存在的射线的泄漏。

(8) 射线装置设计有紧急停机按钮，医院应定期进行射线装置维修和维护，及时发现问题。

(9) 制定规范的操作规程，定期进行门灯联动装置、工作指示灯检查，防止人员误入；定期对工作状态指示灯等进行检修。

(10) 完善 DSA 的安全操作规程，加强人员辐射安全防护知识培训；配备必要的铅衣、铅帘等防护用品。

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

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《中华人民共和国环境保护法》《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I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作”等有关法律法规及主管部门的要求，医院应成立辐射安全管理机构，负责解决实践中出现的各种辐射安全与防护问题，确保射线机的正常运行。同时，设立专（兼）职辐射安全管理人员，负责对射线装置的常规检查和机房的辐射防护与安全工作，开展业务培训，组织应急演练，接受上级主管部门和卫生部门的检查。

12.1.2 辐射安全管理制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第六款的相关要求以及《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）相关要求，建议建设单位应针对 DSA 设备的操作特点完善制度，使相应制度更具可操作性。

建设单位在取得环评批复后，应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的相关要求，申领辐射安全许可证。

12.1.3 核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

根据陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知（陕环办发〔2018〕29号）的相关规定要求，医院应对制定的管理规章制度的执行情况及应急管理按表 12-1 的要求，逐项落实完善。

表 12-1 辐射安全管理标准化建设项目表（辐射安全管理部分）

管理内容	管理要求	医院情况
*制度执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整。	已建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度。
	建立射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立射线装置台账。	已建立射线装置管理制度。
	建立射线装置的岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记	已建立射线装置的操作规程制度，暂无岗位职责制度。

	录档案。	
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案。	已建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划制度，并建立了相关检查考核资料档案。
	建立辐射工作人员个人剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门，保证个人剂量检测档案的连续有效性。	已建立辐射工作人员个人剂量管理制度。
	建立辐射工作人员职业健康体检管理制度，定期进行辐射工作人员的职业健康体检，对体检异常人员及时复查，保证职业人员健康监护档案的连续有效性。	已建立辐射工作人员职业健康体检管理制度。
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度，包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等内容，并建立维护、维修记录档案。	已建立辐射安全防护设施的维护与维修制度。
	建立辐射环境监测制度，定期对场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案。	已建立辐射环境监测制度。
	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案。	已建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度。
*应急管理	结合本单位实际，制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行应急演练。	已制定澄城县中医院辐射安全事故应急预案（澄中医发〔2022〕73号）
	辐射事故应急预案应报所在地县级环境保护行政主管部门备案。应急预案应当包括下列内容：①可能发生的辐射事故及危害程度分析；②应急组织指挥体系和职责分工；③应急人员培训和应急物资准备；④辐射事故应急响应措施；⑤辐射事故报告和处理程序。	
注：表中标注有“*”内容为关键项，为强制性规范要求。		

环评要求医院补充岗位职责制度。

12.1.4 人员培训

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第16条第2款的要求，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。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第28条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

医用血管造影X射线机（DSA）属于II类射线装置，根据医院提供资料，本项目DSA介入手术室拟配备辐射工作人员共6名，介入诊疗医生2名，护士2名，操作技师2名，均为医院新增辐射工作人员（仅操作本项目的DSA设备，不与其他科室人员岗位交叉）。环评要求新增辐射工作人员应参加辐射安全防护培训及考核，并持证上岗。

12.1.5 个人剂量监测及职业健康检查

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修正）》第二十九条规定：生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

评价提出以下要求：

（1）监测、检查周期

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第4.3节要求，常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为1个月，最长不得超过3个月。

按照《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）第5.1.4条要求，放射工作人员在岗期间职业健康检查周期按照卫生行政部门的有关规定执行，一般为1a~2a，不得超过2a，必要时，可适当增加检查次数。

（2）个人剂量计佩戴

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第5.3节要求，对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。介入人员佩戴双剂量计，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计。

（3）记录要求

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第8.1.1条要求，准许工作人员查询本人职业照射记录；职业健康管理人員查询相关职业照射记录及有关资料。

（4）档案

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第8.2.2条要求，职业照射个人剂量档案终生保存。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。按照《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）第7.2条要求，放射工作单位应当为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。

12.1.6 档案管理

本项目放射工作人员到位后，应认真落实相关制度，将放射工作人员的健康体检报

告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案保存。档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

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

12.2 辐射监测

12.2.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第五款，“配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪”。澄城县中医医院应配备 1 台 X- γ 剂量率测量仪，为辐射工作人员配备个人剂量计。

12.2.2 监测方案

根据澄城县中医医院诊疗特点，制定辐射环境监测计划如下：

(1) 定期（不少于 1 次/年）委托有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并建立监测技术档案；监测数据纳入年度评估报告，并上报生态环境管理部门备案。医院日常监测计划如表 12-1 所示。

表 12-2 澄城县中医医院日常监测计划表

监测点位	监测因子	监测频次
DSA 手术室周围环境巡测	X. γ 辐射剂量率	每季度自检 1 次，每年由有资质单位监测一次
DSA 机房周围人员可达区域布点监测，包括：机房屏蔽墙体表面 30cm 处、防护门表面及缝隙 30cm 处、控制室操作位置，机房四周及顶部上方，管线洞口等		

(2) 项目建设后，建设单位应配备 1 台 X- γ 剂量率测量仪并对工作场所进行定期监测，并建立监测档案。

12.2.3 年度评估报告

每年 1 月 31 日之前，核技术应用单位应向有关生态环境管理部门提交上一年度的本单位辐射安全和防护状况年度评估报告。

12.2.4 环保投资估算

本项目总计投资 1000 万元，其中环保投资 20 万元，占总投资的 2%，主要用于环设施、辐射安全防护设施建设，个人防护用品购置等。环保投资估算见表 12-2。

表 12-3 项目环保投资估算表

项目	设施（措施）		金额（万元）	
安全装置	操作台“紧急制动”装置 1 套、对讲装置 1 套、门灯联锁装置 1 套		2.0	
监测仪器及警示装置	X-γ剂量率监测仪 1 台		1.0	
	2 名医生和 2 名护士均配备双个人剂量计（铅衣内和铅衣外）；2 名操作技师各配备 1 个人剂量计		2.0	
	警示标牌和工作警示灯 3 套		1.0	
个人防护用品及辅助防护设施	工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅橡胶帽子、铅衣各 2 套	4.0
		辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏各 1 套	
	患者和受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅衣各 1 套	1.0
通排风系统	通风系统 1 套		3.0	
监测	射线装置工作场所监测费用		2.0	
应急设备	应急和救助的物资准备		2.0	
其他	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训		2.0	
合计			20.0	

12.2.5 竣工环境保护验收内容及要求

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》要求，医院是项目竣工环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的程序和标准，及时对项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收报告；验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。

验收报告公示期满后 5 个工作日内，医院应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。项目建成后，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月。本项目竣工环境保护验收清单（建议）见表 12-4。

表 12-4 项目竣工环境保护验收清单（建议）

验收内容	验收要求	备注
环保文件	环评批复、验收监测报告等齐全	/
年有效剂量控制	放射工作人员年有效剂量<5mSv/a 机房外公众成员年有效剂量<0.1mSv/a	GB18871-2002 及医院管理要求
人员要求	在国家核技术利用辐射安全与培训平台上参加医用 X 射线诊断与介入放射学专业考试，并考核通过	原环境保护部令第 3 号、第 18 号、生态环境部 7 号令
剂量率控制	介入手术室四周墙体外 30cm 处、防护门外 30cm 处、观察窗外 30cm 处、操作台、机房外电缆穿越处，介入手术室正上方距地面 1.0m 处，透视状态下周围剂量当	GBZ130-2020

	量率不大于 2.5 μ Sv/h。		
设备数量	1 台医用血管造影 X 射线机 (DSA) (II类射线装置) 最大管电流 125kV, 最大管电压 1000mA。		/
防护用品	2 名医生和 2 名护士均配备双个人剂量计 (铅衣内和铅衣外); 2 名操作技师均配备 1 个人剂量计		
	工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅橡胶帽子、铅衣各 2 套; (除介入防护手套外, 防护用品和辅助防护设施的铅当量不小于 0.25mmPb; 介入防护手套铅当量不小于 0.025mmPb; 甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb)。
		辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏(辅助防护设施的铅当量不小于 0.5mmPb)。
患者和受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅衣各 1 套; (防护用品和辅助防护设施的铅当量不小于 0.25mmPb; 甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb)。	
监测设备	1 台 X- γ 剂量率测量仪		
辐射安全防护措施	<p>①机房各防护门上均设置电离辐射警告标志, 醒目的工作状态指示灯, 设置门灯连锁装置。</p> <p>②制度上墙(操作规程、人员岗位职责、应急程序等)。</p> <p>③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患者和受检者状态。</p> <p>④机房设置机械通风系统, 保持良好通风, 机房内不得堆放无关杂物。</p> <p>⑤设备上自带急停开关; 操作间与机房设对讲装置。</p> <p>⑥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, 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</p> <p>⑦防护用品与辅助防护设施齐全。</p> <p>⑧机房四周墙体、顶棚、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力。</p> <p>⑨穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。</p>		
辐射安全管理	健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、年度评估制度等。		

12.3 辐射事故应急

建设单位应根据《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与防护条例》等法律法规的要求, 制定《辐射事故应急预案》。

本次项目建成后, 建设单位应制定《辐射事故应急预案》并备案, 一旦发生辐射事故时, 能迅速采取必要和有效的应急响应行动, 保护工作人员、公众和环境的安全。该预案包括以下内容:

(1) 辐射事故应急处理机构与职责

①单位成立辐射事故应急处理领导机构, 组织开展风险事件的应急处理救援工作。

②应急处理领导小组职责

- a、定期对人员进行辐射防护情况自查和监测，发现事故隐患及时督导整改；
- b、发生人员超剂量照射事故，应启动辐射事故应急预案；
- c、事故发生后，立即组织有关部门和人员进行事故应急处理；
- d、负责向环保及卫生行政部门及时报告事故情况；
- e、负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；
- f、人员受照时，要通过个人剂量计或其他方法，迅速估算受照人员的受照剂量；
- g、负责迅速安置受照人员就医，及时控制事故影响。

(2) 辐射事故应急救援应遵循的原则

- ①迅速报告原则；
- ②科学施救，控制危险源，防止事故扩大化原则；
- ③保护现场，收集证据原则。

(3) 辐射事故应急处理程序

①事故发生后，当事人应立即通知同工作场所的工作人员离开，并及时上报辐射事故应急处理领导小组。

②应急处理领导小组召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案。

③事故处理必须在应急处理领导小组的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。

④各种事故处理后，必须组织相关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故的发生。

(4) 辐射事故报告程序

确认发生辐射事故后，现场人员立即通知应急处理领导小组，应急处理领导小组立即启动应急预案，及时组织各部门及各应急专业组开展应急救援工作。应急办公室立即向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地生态环境部门报告。

总之，为减少事故的发生，必须加强辐射安全管理，提高职业工作人员安全和技术水平，严格按照操作规程作业，认真落实应急预案，提高单位应急能力，加强设备检查和维修，减少故障发生，从而确保系统安全。

表 13 结论与建议

13.1 结论

(1)澄城县中医医院新增 DSA 核技术利用项目的建设对于改善医院医疗设施条件,促进医院的整体医疗水平的提高具有积极的意义;经评价分析,医院 DSA 射线装置的工作场所屏蔽措施满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中的相关要求,该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)辐射防护要求的“实践的正当性”要求。

(2)本项目位于澄城县中医医院内门诊楼一楼东南侧,2022 年 6 月 27 日建设单位已委托西安桐梓环保科技有限公司对澄城县中医医院 DSA 介入手术室拟建地及周边环境进行了空气吸收剂量率监测,监测结果表明,项目地的 γ 辐射剂量率处于辐射环境本底涨落范围内,属于正常环境水平。

(3)经模式预测与类比分析,本项目在正常工况下,对辐射工作人员造成的附加有效剂量低于 5mSv/a 的职业人员剂量管理限值;对机房外公众造成的附加有效剂量低于 0.1mSv/a 的公众人员剂量管理限值。

综上所述,澄城县中医医院在严格执行国家相关法律、法规及相关标准的要求,切实落实本报告表中提出的污染防治措施和建议后,该项目对放射性工作人员和公众产生的辐射影响可以控制在国家标准允许的范围之内。从环境保护和辐射防护角度分析,该项目是可行的。

13.2 建议和承诺

(1)建设单位应按照国家环境保护行政主管部门规定的标准和程序,所有设备及辅助设备应符合国家相关标准要求,及时对本项目配套建设的环境保护设施进行自主验收,编制验收监测报告。验收合格后,方可投入生产或使用。项目建成后,医院应申请辐射安全许可证。

(2)定期开展应急演练,做好演练记录、评价总结,不断完善预案内容,提高应急响应、处置能力,杜绝辐射事故发生。

(3)项目建成运行后,应严格执行辐射环境监测制度,每年应对医院射线装置应用的安全和防护状况进行年度评估,并于每年 1 月 31 日前向辐射安全许可证颁发部门报送上一年度辐射安全年度评估报告。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

公章

经办人

年 月 日

审批意见：

公章

经办人

年 月 日