

核技术利用建设项目

杨陵康复医院新增DSA装置应用项目
环境影响报告表

杨陵康复医院

2024年3月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

杨陵康复医院新增DSA装置应用项目 环境影响报告表

建设单位名称：杨陵康复医院

建设单位法人代表（签名或签章）：马德福

通讯地址：陕西省咸阳市杨陵示范区公园路 3 号

邮政编码：712199

联系人：贾镇馗

电子邮箱：14772983@qq.com

联系电话：13891876874

表 1 项目基本情况

建设项目名称		杨陵康复医院新增 DSA 装置应用项目			
建设单位		杨陵康复医院			
法人代表	马德福	联系人	贾镇旭	联系电话	13891876874
注册地址		陕西省咸阳市杨陵示范区公园路 3 号			
项目建设地点		杨陵康复医院 2 号住院楼一层 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）	50	投资比例（环保投资/总投资）
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	/			

1.1 建设单位简介

杨陵康复医院（以下简称“建设单位”）始建于 2000 年，地处杨陵区公园路三号：为杨陵示范区、杨陵区城镇职工医保，城乡居民医保定点医院。是在原杨陵区杨村乡卫生院的基础上成立的，历经扶风县人民医院杨陵协作医院、杨陵区医院多次改制重组。2010 年 3 月医疗体制改革后，重新恢复为杨陵康复医院。医院历经二十多年的发展，医院临床、医技科室设置完备，各种检查治疗设施齐全，医护人员定期在各大医院进修培训，技术力量均衡，诊断治疗科学、规范、严谨，服务便捷高效温馨，是杨陵及周边县区群众口碑相传可信赖的医院。目前现有职工 150 人，专业技术人员占职工总数 80%

以上，。医院开设病床 120 张，设置有内科、外科、妇产科、儿科、急诊科、中医科、五官科（眼科、口腔科、耳鼻喉科）、手术麻醉科、康复医学科等临床科室，开设有放射、检验、功能检查、药剂等医技科室。医院占地 10 亩，医疗用房 12000 余平方米，配备有万东 MRI 核磁共振、美国 GE16 排旋 CT、万东数字 DR、腹腔镜、电子胃肠镜、超声骨密度仪、全自动生化分析仪、飞利浦 H8G 彩超、心电工作站、乳透机、心电监护仪、微量元素分析仪等高端设备，医院各项管理制度健全，科室设置齐全，技术操作规范，病区实行集中供氧、呼叫系统、电子病历等现代化管理，内涵管理逐年加强，学科建设不断发展，专科特色进一步突出。医院坚持以病人中心，以医疗质量和医疗安全管理为重点，不断强化内涵建设，努力为广大群众提供优质、高效、安全、便捷的医疗服务。医院年门诊接诊病人 7 万余人次，住院病人 4000 余例，年实行手术 600 多例，两个效益逐年提高。

医院现为西安国际医学中心医院医联体成员单位，同时与西安交大二附院建立长期合作关系，两所三甲医院专家教授每周来院出诊、病区查房，使杨陵及周边县区的广大人民群众就近在我院享受到三级甲等医院专家教授的诊治。

1.2 任务由来和目的

1.2.1 任务由来

医院为适应发展，满足广大患者就医需要，医院拟在 2 号住院楼一层新建 DSA 机房 1 间，安装 1 台 DSA。为加强辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。对照《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），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目-使用 II 类射线装置”，本项目需编制环境影响评价报告表。杨陵康复医院特委托环评单位陕西经纬科技发展有限公司对该项目进行环境影响评价。评价单位接受委托后，组织了工程技术人员现场踏勘与调查，充分收集相关资料，依照有关法律法规编制完成了本项目辐射环境影响报告表。

1.2.2 评价目的

对项目拟建地及周围进行辐射环境质量现状监测，了解辐射环境现状水平，并对拟

开展的核技术应用项目运行后的环境影响进行预测评价,掌握其运行后项目周围的辐射水平,对不利影响和存在的问题提出防治措施,把环境影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”,为该项目的辐射环境管理提供科学依据,最终满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求。

1.3 建设内容及规模

根据医院提供的资料,医院拟将2号住院楼(地上共7层,地下1层)一层原住院检查室改建为DSA机房,体检中心部分区改建为操作间等相关辅助用房,拟在DSA手术室配置1台Optima IGS venus型DSA,属于II类医用射线装置(最大管电压125kV、最大管电流1000mA)。改建后包括DSA手术室、操作间、设备间、男女更衣室、办公室、休息室、换鞋区、谈话室、缓冲区、污物间、库房、无菌室、卫生间等。

本项目组成情况详见表1.3-1。

表 1.3-1 本项目项目组成及依托情况一览表

序号	项目名称		依托情况
1	主体结构		利用医院现有建筑,按照介入手术室标准建造;DSA机房1间,有效使用面积为41.22m ² ,尺寸为7.760m×5.312m,DSA设备安装。2号住院楼一层层高4.2m。
2	辅助工程		操作间、设备间、男女更衣室、办公室、休息室、换鞋区、谈话室、缓冲区、污物间、库房、无菌室、卫生间等
3	公用工程		依托医院原有给排水及供配电工程。
3	环保工程	废水处理站	本项目手术产生废水量极少,医院现有废水处理装置能接纳本项目废水。
4		医疗废物收运系统	本项目医疗废弃物产生量小,医疗废物在现有的医疗废物贮存间暂存,依托医院现有医疗废物收运系统并交有资质单位处置可行。
5		生活垃圾收运系统	本项目生活垃圾产生量小,依托医院现有生活垃圾收运系统并交环卫部门处置可行。

本项目使用射线装置情况见表1.3-2。

表 1.3-2 本项目射线装置情况

序号	装置名称	射线装置类别	数量	型号	参数	活动种类	工作场所名称
1	DSA	II类	1台	OPTIMA IGS VENUS	型号: 待定 最大管电压: 125kV 最大管电流: 1000mA	使用	2号住院楼一层DSA手术室

机房改造工程情况: 本项目拟利用医院2号住院楼一层原住院检查室改建为DSA机房,体检中心部分区改建为操作间等相关辅助用房,改造前各房间墙体材料及厚度见下表。医院2号住院楼一层改造前机房平面布局图见图1-1。

表 1.3-3 改造前各房间情况

名称	墙体厚度及材料	备注
----	---------	----

改造前 区域	住院检查 室	南墙	240mm 空心砖	利用
		西墙	240mm 空心砖	利用
		北墙	240mm 空心砖	/
		东墙	240mm 空心砖	/
		顶棚	120mm 混凝土	利用
		地坪	120mm 混凝土	利用
	体检中心	南墙	240mm 空心砖	利用
		西墙	240mm 空心砖	/
		北墙	240mm 空心砖	利用
		东墙	240mm 空心砖	利用
		顶棚	120mm 混凝土	利用
		地坪	120mm 混凝土	利用
改造后 DSA 机 房	DSA 机房	南墙	240mm 空心砖+60mm 硫酸钡防护涂料	/
		西墙	240mm 空心砖+60mm 硫酸钡防护涂料	/
		北墙	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	/
		东墙	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	/
		顶棚	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡板	/
		地板	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	/
		观察窗	3mmpb 铅玻璃	/
		防护门（3个）	3mmPb 铅板	/

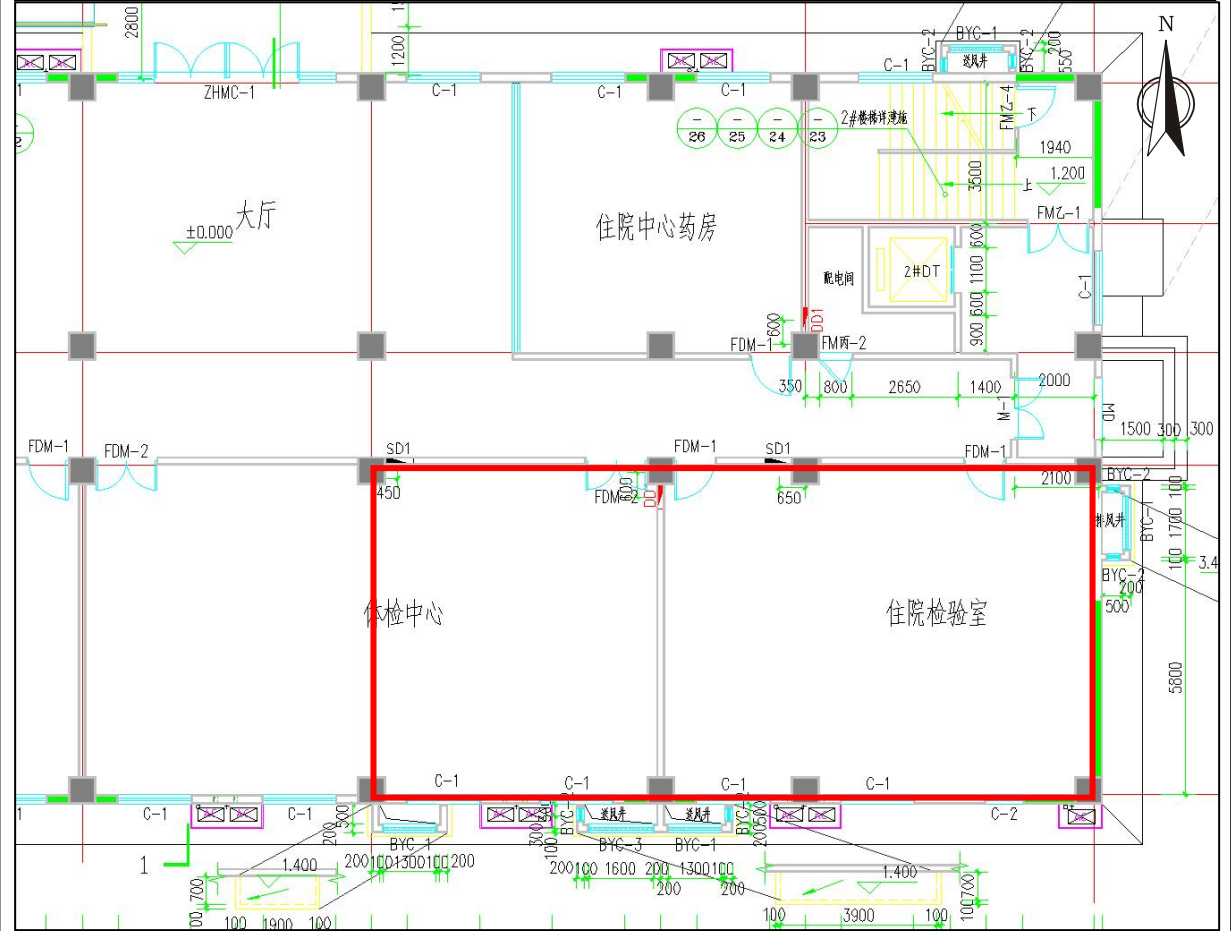


图 1-1 改造前机房平面布局图

1.4 项目劳动定员

本项目拟配备辐射工作人员人数 3 名，其中包括介入手术医生 3 名、技师 2 名、护士 4 名，手术医护人员共分为 2 组，采取轮岗制。本项目辐射工作人员均为新增，项目投入后，本项目放射工作人员不参与其他岗位的辐射工作。根据《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），本项目辐射工作人员应在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗，现有人员调配的在辐射安全与防护培训合格证书到期后按时接受再考核。同时，本项目辐射工作人员上岗前均应进行职业健康检查。

项目 DSA 运行包括透视和采集两种模式，根据医院提供的资料，本项目 DSA 每年最多手术 200 台，平均每台手术透视时间 10min，采集时间 1min。

1.5 项目选址及周边环境概述

1.5.1 地理位置

杨陵康复医院地址位于陕西省咸阳市杨陵示范区公园路 3 号，医院北面为公园路，隔路为杨陵街道公园路社区公园新村沿街商铺，医院东侧为华恒商务酒店和中国人民银行（杨陵支行）家属楼，医院南侧为卫生院小区、原杨陵区人民法院居民楼（现已空置），西侧为祥和路，隔路为公园路居民房和社保局家属院。医院地理位置见图 1-2，项目周边环境关系图见图 1-3，医院平面布置示意图详见附图 1。

1.5.2 住院楼（2 号）外环境关系

本项目拟建 1 间 DSA 手术室位于 2 号住院楼一层。2 号住院楼为一栋地下 1 层、地上 7 层的建筑物。2 号住院楼位于院区东南部，2 号住院楼东侧为院内道路，南侧为院内道路及医疗废物暂存间，西侧为院内道路，北侧为 2 号门诊楼和煎药房。

1.5.3 项目外环境关系

本项目位于杨陵康复医院 2 号住院楼一层 DSA 手术室，2 号住院楼为地下一层、地上七层建筑，医院平面布置见附图 1。

机房的四周环境为：机房东侧屏蔽墙外为设备间，机房西侧为操作间、谈话间、无菌室；机房南侧为医院内部道路，机房北侧为缓冲区、污物间；DSA 机房楼下为储藏室，楼上内科病房。机房平面布局及周边关系详见图 1-4。



图1-2 医院地理位置图

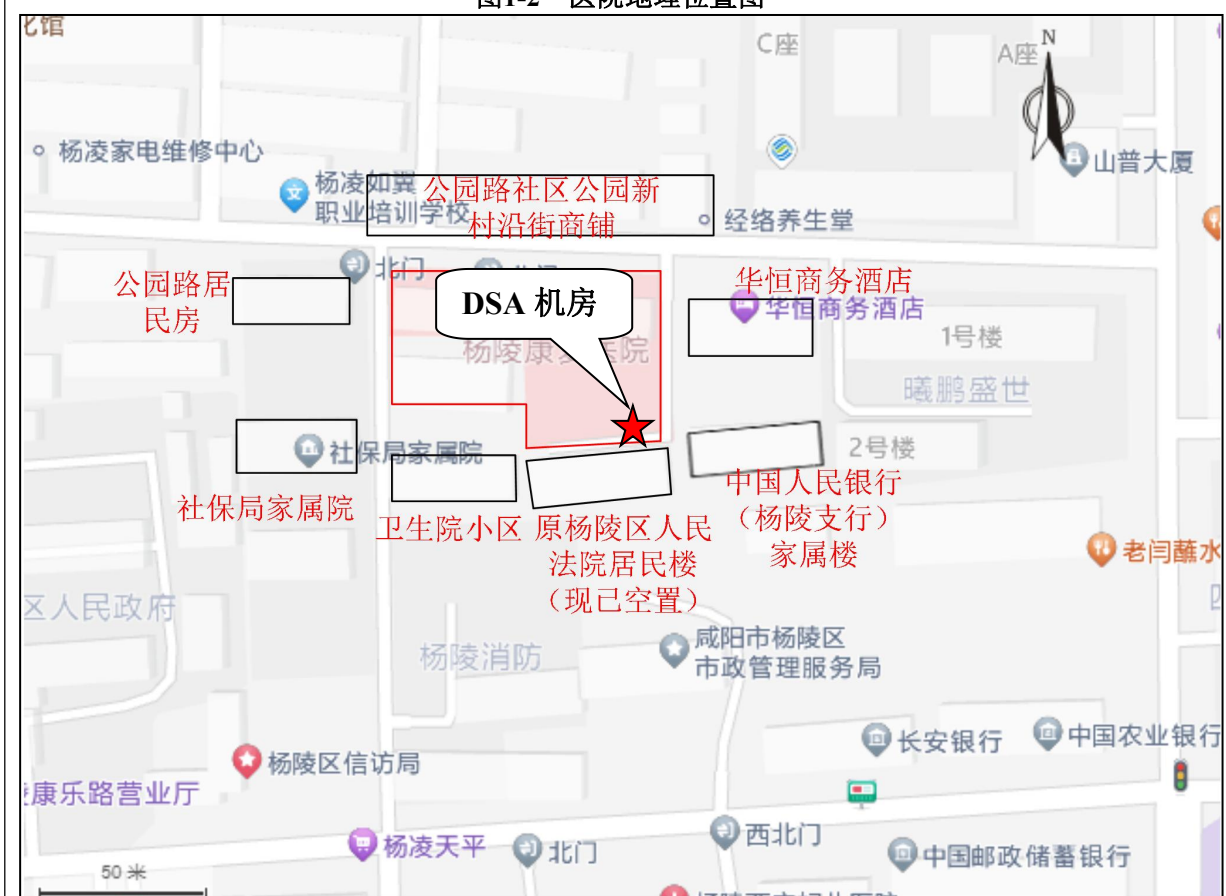


图1-3 医院周边环境关系图

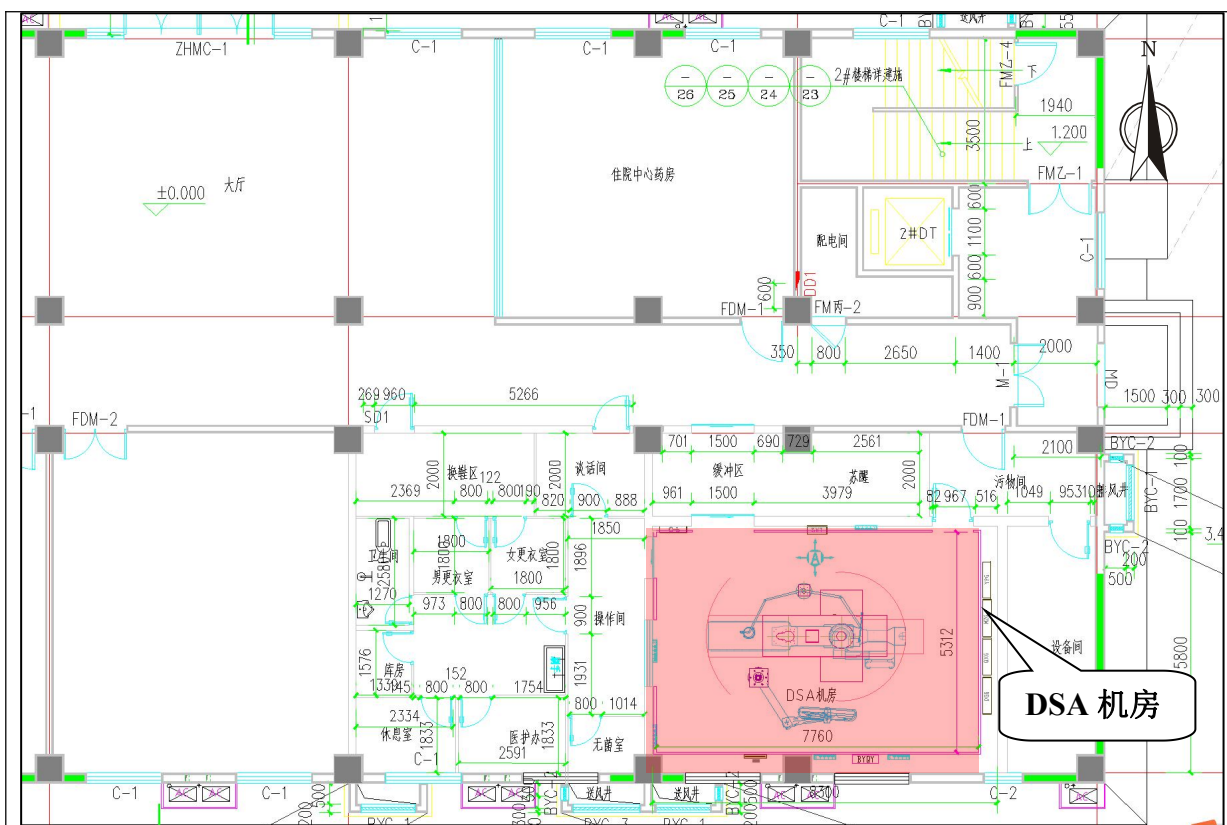


图1-4 机房平面布局及周边关系详见图

1.5.4 本项目选址合理性分析

根据医院提供的资料，拟改建的DSA手术室位于2号住院部一层，出入的人员主要为医务工作人员和需要手术的患者。机房四周墙体及防护门在采取本评价提出的屏蔽措施后能有效衰减射线的强度，减少对机房周边公众的影响，从满足安全治疗和辐射安全与防护的角度来看，DSA开机运行过程中产生的电离辐射，经过屏蔽防护和距离衰减后，对周围工作人员和公众所致的辐射剂量符合剂量约束限值的要求。

综上，项目选址合理。

1.6 原有核技术应用项目许可情况

(1) 原有核技术利用项目许可情况

医院首次取得《辐射安全许可证》的时间为2012年6月7日，2018年10月24日和2023年10月24日分别进行了延续，并取得了由杨陵示范区生态环境局核发的辐射安全许可证，证书编号：陕环辐证[00352]，许可的种类和范围：使用III类射线装置，有效期至2028年10月23日。辐射安全许可证核准的种类和范围见表1.6-1。

表 1.6-1 陕环辐证[00352]核准的核准的种类和范围

序号	活动种类和范围					使用范围		
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动	数量/台(套)	装置名称	规格型号	技术参数(最大)

				种类				
1	杨陵区公园路3号 康复医院门诊一楼 西影像中心CT室 (02室)	医用X射线计 算机断层扫描 (CT)装置	III 类	使用	1	GE16排 螺旋CT	太行 385	管电压 140kV 管电流 440mA
2	杨陵区公园路3号 康复医院门诊一楼 西影像中心DR室 (01室)	医用诊断X射 线装置	III 类	使用	1	DR	新东 方 1000	管电压 120kV 管电流 500mA

(2) 原有核技术利用项目管理情况

①原有辐射安全管理制度执行与落实情况

建设单位已根据陕西省生态环境厅核技术利用单位辐射安全管理标准化建设相关要求，以正式文件（杨陵医发〔2024〕03号）成立了关于《辐射安全管理小组》通知，任命代振兴为领导小组的组长，任命贾镇馗为副组长，成员为王辉。辐射安全与环境保护领导小组负责医院辐射安全管理工作。医院已制定了一系列辐射防护管理规章制度，主要有：《辐射工作人员岗位职责》、《放射性同位素与射线装置管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《辐射环境监测制度》、《辐射人员个人剂量制度》、《设备检修维护制度》、《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员健康管理制度》、《辐射事故应急预案》、《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《CT操作规程》《DR操作规程》等规章制度，并严格按照规章制度执行，保证日常工作的辐射安全和防护。

②辐射工作人员管理情况

a.辐射工作人员培训：

医院现有辐射工作人员5名，已对5名从事III类射线装置使用活动的辐射工作人员自行组织考核，5名工作人员均通过考核。医院规定自行考核结果的有效期为5年，医院每5年对从事III类射线装置的辐射工作人员组织再培训考核。

b.辐射工作人员个人剂量监测：

由医院提供的资料可知，医院现有辐射工作人员、辐射管理人员5名，均配备了个人剂量计，定期送检，并建立个人剂量档案。根据医院提供的2023年辐射工作人员个人年剂量检测报告（一季度～四季度），医院现有辐射工作人员年受照剂量最大值为0.1mSv，均满足不大于5mSv的剂量管理目标值。2023年度个人剂量监测报告见附件6。

c.辐射工作人员职业健康体检：

根据院方提供的资料,2023 年 5 月~6 月共有 5 名辐射工作人员参加了职业健康体检,建立了职业健康体检档案并存档,体检单位为延安大学咸阳医院,延安大学咸阳医院具备相应的卫生健康管理部门核发的职业健康体检资质。根据医院提供的 2023 年的辐射工作人员职业健康体检报告,体检结果表明现有从事 III 类射线装置的辐射工作人员可继续原辐射工作。

③工作场所监测情况

医院每年对工作场所及周围环境辐射水平进行监测,监测频次为 1 次/年,监测数据将记录存档,接受生态环境主管部门的监督检查。根据医院提供的《医用 X 射线诊断设备工作场所放射防护检测》(西安华辐检测技术有限公司,西安华辐检疾控(ZT)字(2023)第 0482 号,2023 年 6 月 14 日),检测报告显示,场所的周围剂量当量率均满足相关标准要求。详细监测结果见附件 6。

(3) 年度评估报告情况

医院已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求,每年对本单位射线装置安全和防护状况进行评估,并于每年1月31日前向管理部门提交年度评估报告。综上所述,杨陵康复医院辐射安全管理符合相关的法律法规的要求,基本满足院方目前运行中的各项管理要求。在从事多年辐射诊疗过程中,目前未发生过辐射安全事故,无原有辐射环境污染和环境遗留问题。

(4) 辐射环境监测设备及检定情况

医院目前没有配备X-γ剂量率仪,应配备1台X-γ剂量率仪。

综上所述,建设单位现有III类射线装置均办理了辐射安全许可证,按要求制定了辐射安全相关规章制度及应急预案;设置了辐射安全管理机构及管理人员,负责辐射安全与环境保护管理工作;为放射工作人员建立了个人剂量档案,定期组织健康体检;医院对现有辐射人员均进行了自行考核,考核成绩均合格;医院辐射场所明显位置张贴了电离辐射警告标志;医院每年委托有资质单位对各辐射工作场所进行检测,并编制年度评估报告,上报发证机关。医院未发生过辐射安全事故。杨陵康复医院辐射安全管理符合相关的法律法规的要求,基本满足医院现有辐射安全管理要求。

1.7 医院现存问题及提出的改进建议

(1) 医院现有问题

①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，医院应修订并完善辐射安全管理制度，并严格按照规章制度执行，保证日常工作的辐射安全和防护。

②医院暂时没有配备 X- γ 剂量率仪，未对辐射工作场所定期开展监测。

（2）改进建议

①医院修订完并善辐射安全管理制度，并严格按照规章制度执行，保证日常工作的辐射安全和防护。

②医院应配备 1 台 X- γ 剂量率仪，严格执行《辐射监测制度》，对辐射工作场所定期开展监测。

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
/	本次环评不涉及	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	本次环评不涉及	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（GB 18871-2002）。

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	装置名称	类别	数量	型号	加速 粒籽	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	本次环评 不涉及	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	装置名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电 流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	1	Optima IGS venus	125	1000	介入治疗	2 号住院楼一层 DSA 介入手术室	拟建

(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	
/	本次环评不 涉及	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
O ₃	气体	/	/	极少量	极少量	极低浓度	不暂存	经大气扩散稀释,其影响可不考虑。
NO _x	气体	/	/	极少量	极少量	极低浓度	不暂存	经大气扩散稀释,其影响可不考虑。
手术过程中产生的污染纱布绷带等废敷料,一次性手套、废弃的药品及器具等医疗废物	固体	/	/	约 6.67kg (200 台手术/年计)	约 80kg (200 台手术/年计)	/	暂 存 医 疗 废 物 暂 存 库	采用专门的收集容器集中回收后,转移至医疗废物暂存库,由当地医疗废物处理机构定期统一处理。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》(中华人民共和国主席令第 9 号, 2015 年 1 月 1 日起施行); (2)《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第 24 号 2018 年修订, 2018 年 12 月 29 日起施行); (3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第 6 号, 2003 年 10 月 1 日起施行); (4)《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号, 2017 年 10 月 1 日起施行); (5)《建设项目环境影响评价分类管理名录》(生态环境部令第 16 号, 2021 年 1 月 1 日起施行); (6)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号, 2005 年 12 月 1 日起施行, 2014 年 7 月 29 日第一次修订, 2019 年 3 月 2 日第二次修订); (7)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日, 国家环境保护总局令第 31 号公布, 2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改, 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改, 2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改, 2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改); (8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行); (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, 2017 年 12 月 5 日起施行); (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》(国家环保总局, 环发〔2006〕145 号); (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》(2019 年 12 月 23 日生态环境部发布, 自 2020 年 1 月 1 日起实施); (12)《陕西省放射性污染防治条例》(2019 年修正); (13)《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》(陕环办发〔2018〕29 号, 2018 年 6 月 6 日起执行);
------	---

	(14)《放射工作人员职业健康管理辦法》(卫生部令 第 55 号, 自 2007 年 11 月 1 日起施行)。
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》(HJ10.1-2016); (2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (3)《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020); (4)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021); (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)。
其 他	(1) 杨陵康复医院项目委托书; (2) 医院提供的与本项目有关的各种资料和项目设计图纸; (3)《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社, 2015 年)。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为使用 II 类射线装置，且项目场所有实体边界，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）规定的“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）”的要求，结合项目特点，确定本项目辐射环境评价范围为该项目核技术应用辐射工作场所实体屏蔽墙体外周围 50m 的区域，具体范围见附图 7-1。

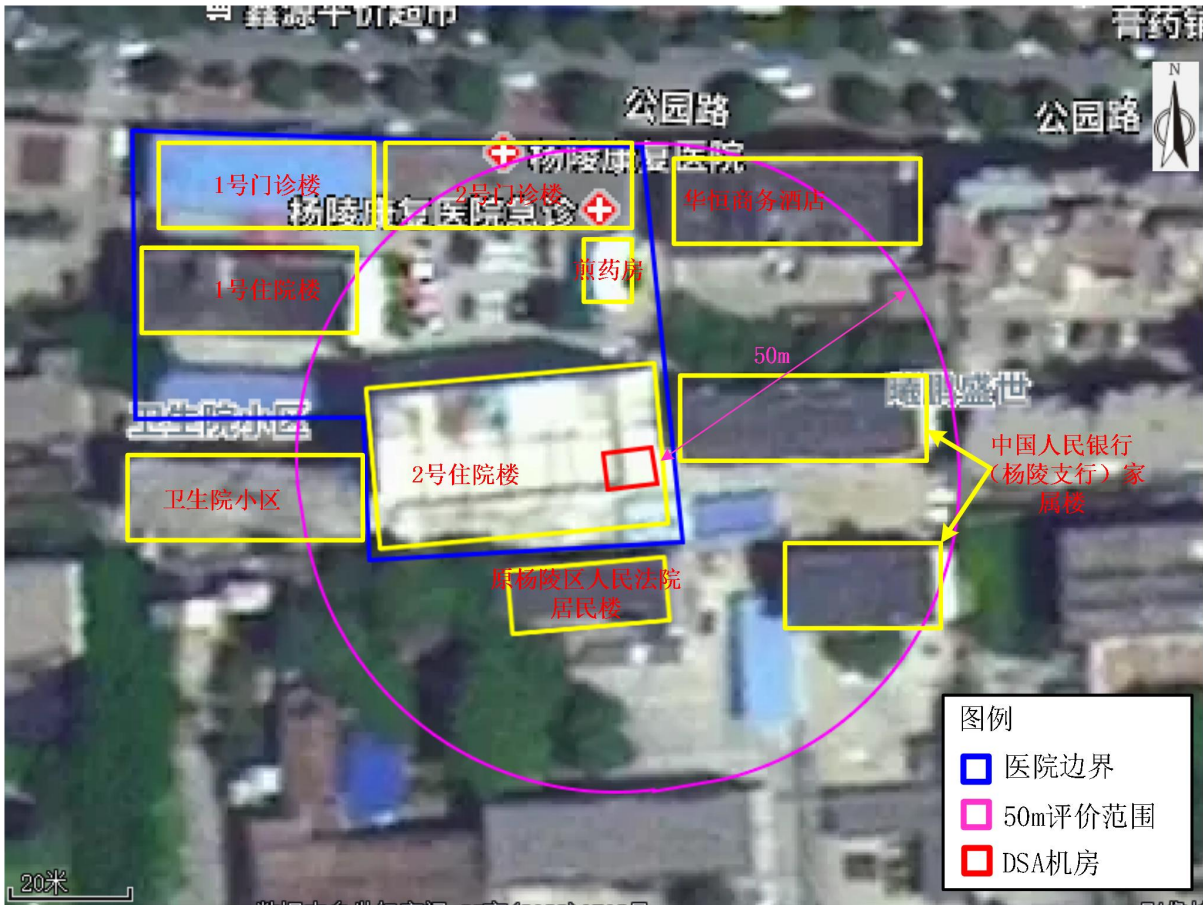


图7-1 评价范围示意图

7.2 保护目标

经现场调查，结合本项目的评价范围，确定本项目的环境保护目标是从事该项目辐射工作的医务人员及辐射工作场所周围 50m 范围内活动的非本项目工作人员和公众人员。本项目辐射环境保护目标信息详见表 7.2-1。

表7.2-1 辐射环境保护目标一览表

环境保护目标	方位	场所	主要的环境保护目标	距手术室最近距离	人口规模	年剂量约束值
职业人员	/	DSA 手术室	介入手术医护人员	0.5	介入手术医生 3 名、技师 2 名、护士 4 名	5mSv/a
	西侧	操作间、男女更衣室、休息室、卫生间、库房、医护办、无菌室、谈话间、换鞋区等	介入手术医护人员、操作间操作人员	紧邻		
公众	东侧	设备间	设备维修人员	紧邻	2 人	0.1mSv/a
	北侧	缓冲区	医务人员、患者、陪同家属等	紧邻	约 4 人	
		污物间	医务人员	紧邻	1 人	
		走廊	医务人员、患者、陪同家属等	约 2.2m	流动人员	
		住院中心药房、配电间	医务人员、设备操作人员	约 4.6m	约 5 人	
		医保科	医务人员	约 18.6m	约 5 人	
	西侧	会议室、西药房	医务人员	约 14.5m		
	楼上	住院病房	医务人员、患者、陪同家属等		约 100 人	
	/	2 号住院楼	医务人员、患者、陪同家属等	0-50m	约 120 人	
	楼下	储藏室	工作人员		约 2 人	
	北侧	煎药房	医务人员	约 23m	约 2 人	
		门诊楼（1 号和 2 号）	医务人员、患者、陪同家属等	约 35m	约 150 人	
		1 号住院楼		约 41m	约 100 人	
	东侧	卫生院小区	小区居民	约 40m	约 200 人	
	南侧	原杨陵区人民法院居民楼（现空置）	/	约 12m	/	
	东侧	华恒商务酒店	居住人员	约 33m	约 100 人	
		中国人民银行（杨陵支行）家属楼	小区居民	约 5m	约 150 人	
	四周	院内道路、空地	医务人员、患者、陪同家属等	50m 范围内	流动人员	

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)

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。

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当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B(标准的附录 B)中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

第 B1.1.1.1 款,应对任何工作人员的职业照射水平进行控制,使之不超过下述限值:

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;

本项目职业人员取其四分之一即不超过 5mSv 作为剂量约束值。

第 B1.2 款公众照射

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: 年有效剂量, 1mSv;

本项目取其十分之一即 0.1mSv 作为管理约束值。

6.4 辐射工作场所的分区

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。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区: 这种区域未被定为控制区,在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施,但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

7.3.2 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

本标准规定了放射诊断的防护要求,包括X射线影像诊断和介入放射学用设备防护性能、机房防护设施、防护安全操作要求及其相关防护检测要求。

5、X射线设备防护性能的技术要求

5.1一般要求

5.1.1 X射线设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。

5.1.2 X射线管组件上应有清晰的焦点位置标示。

5.1.3 X射线管组件上应标明固有滤过，所有附加滤过片均应标明其材料和厚度。

5.1.4 随机文件应说明下列与防护有关的性能：

- a) X射线管组件的固有滤过；
- b) X射线源组件的滤过；
- c) 滤过片的特性；
- d) 距焦点100cm远处球面上泄漏辐射的空气比释动能率；
- e) 限制有用线束的方法；
- f) 在焦点到影像接收器的各种距离下有用线束照射野尺寸；
- g) 焦点到影像接收面的最大和最小距离；
- h) 管电压和管电流加载条件；
- i) 各种使用条件下焦皮距的说明；
- j) 位于有用线束中床板和滤线栅对X射线束的衰减当量；

l) 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用X射线设备随机文件中应提供等剂量图，描述设备周围的杂散辐射的分布以及工作人员典型位置的杂散辐射值，便于工作人员选择防护方案；

5.1.5 在随机文件中关于滤过的内容，应符合：

a)除乳腺X射线摄影设备外，在正常使用中不可拆卸的滤过部件，应不小于0.5mmAl；

b)除乳腺X射线摄影设备外，应用工具才能拆卸的滤片和固有滤过（不可拆卸的）的总滤过，应不小于1.5mmAl；

c)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；

5.2 透视X射线设备防护性能的专用要求

5.2.1 C形臂X射线设备的最小焦皮距应不小于20cm，其余透视用X射线设备的最小焦皮距应不小于30cm。

5.2.2 透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。

5.2.3 用于介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）的X射线透视设备防

护性能专用要求见5.8。

5.3 摄影用X射线设备防护性能的专用要求

5.3.1 200mA及以上的摄影用X射线设备应有可安装附加滤过板的装置，并配备不同规格的附加滤过板。

5.3.2 X射线设备应有能调节有用线束照射野的限束装置，并提供可标示照射野的灯光野指示装置。

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；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防护要求。

6.1.4 移动式X射线机（不含床旁摄影机和急救车配备设备）在使用时，机房应满足相应布局要求。

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7.3-1的规定。

表7.3-1 X射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

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
双管头或多管头X射线机 ^a	30	4.5
^a 双管头或多管头X射线机的所有管球安装在同一间机房内		

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7-5.2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7.3-2 不同类型X射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
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7.3-2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2.5μSv/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2.5μSv/h；测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

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7.5-3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7.3-3 个人防护用品及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/铅防护帘、床侧防护屏/床侧防护帘 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。

8 X射线设备机房防护检测要求

8.1 X射线设备机房防护设施和机房周围辐射剂量检测应满足下列要求：

a) X射线设备机房防护检测指标和要求应符合6.3的规定；

b) X射线设备机房的防护检测应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。关注点应包括：四面墙体、地板、顶棚、机房门、操作室门、观察窗、采光窗/窗体、传片箱、管线洞口、工作人员操作位等，点位选取应具有代表性；

8.2 X射线设备机房放射防护安全设施应进行竣工验收，在使用过程中，应进行定期检查和检测，定期检测的周期为一年。

8.3 在正常使用中，医疗机构应每日对门外工作状态指示灯、机房门的闭门装置进行检查，对其余防护设施应进行定期检查。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和辐射工作场所概况

杨陵康复医院地址位于陕西省咸阳市杨陵示范区公园路 3 号，医院北面为公园路，隔路为杨陵街道公园路社区公园新村沿街商铺，医院东侧为华恒商务酒店和中国人民银行（杨陵支行）家属楼，医院南侧为卫生院小区、原杨陵区人民法院居民楼（现已空置），西侧为祥和路，隔路为公园路居民房和社保局家属院。医院地理位置见图 1-2，项目周边环境关系图见图 1-3，医院平面布置示意图详见附图 1-2。

本项目 DSA 机房位于杨陵康复医院 2 号住院楼一层 DSA 手术室，2 号住院楼为地下一层、地上七层建筑，医院平面布置见附图 1。DSA 机房东侧屏蔽墙外为设备间，机房西侧为操作间、谈话间、无菌室；机房南侧为医院内部道路，机房北侧为缓冲区、污物间；DSA 机房楼下为储藏室，楼上内科病房。机房平面布局及周边关系详见图 1-4。

8.2 辐射环境现状评价

为了解项目拟建位置周围的 X- γ 辐射环境现状水平，陕西经纬科技发展有限责任公司于 2024 年 3 月 7 日对拟建地的辐射环境本底进行了监测，监测报告见附件 7。

（1）监测目的

本次监测目的为了解项目拟建地周围辐射环境背景水平。

（2）监测项目

X- γ 辐射剂量率。

（3）监测方法

依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求和方法进行现场监测。

（4）监测点位

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况布设监测点。监测点位图详见图 8-1、8-2。

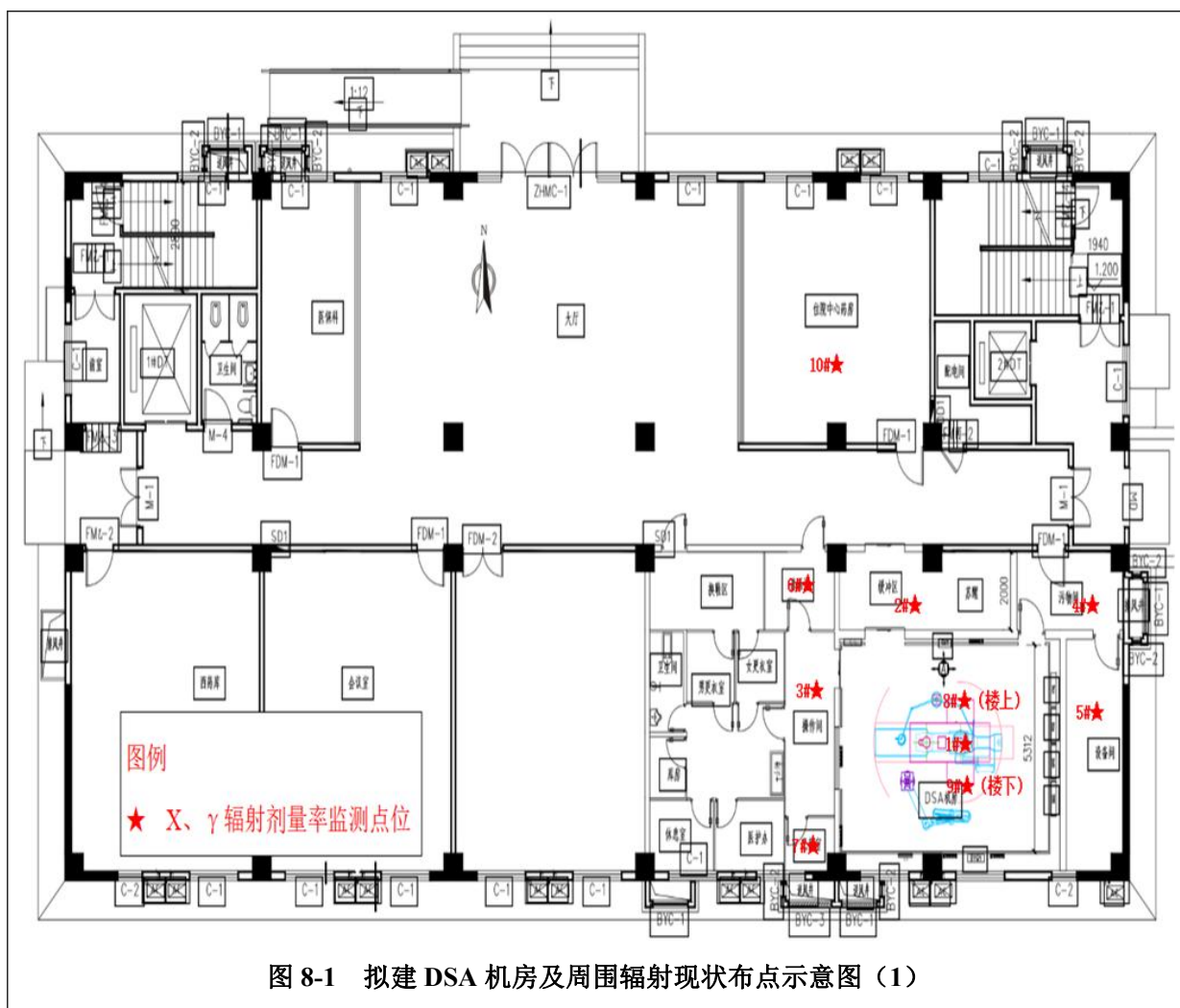




图 8-1 拟建 DSA 机房及周围辐射现状布点示意图（2）

（5）监测仪器

监测仪器的参数详见表 8.2-1。

表 8.2-1 监测仪器参数

监测仪器名称	环境监测用 X-γ 辐射空气比释动能仪
监测仪器型号	JB4000
监测仪器编号	SXJW-YQ-H01
仪器测量范围	0.01μGy/h~600μGy/h
计量证书编号	DLjl2023-04073
计量有效日期	2024 年 3 月 26 日
检定单位	中国计量科学研究院

（6）监测单位

陕西经纬科技发展有限公司。

（7）监测时间

2024 年 3 月 7 日。

（8）质量保证措施

①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。

- ②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。
- ③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- ④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- ⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- ⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术总负责人审定。

(9) 监测结果

本项目辐射环境现状监测结果详见表 8.2-2。

表 8.2-2 本项目辐射环境现状监测结果

编号	监测点位描述	监测结果 (nGy/h)	
		平均值	标准差
1	拟建 DSA 机房内部	84	8.2
2	拟建缓冲区	75	9.3
3	拟建操作间	85	9.1
4	拟建污物间	77	6.6
5	拟建设备间	81	9.6
6	拟建谈话间	83	6.3
7	拟建无菌室	76	8.0
8	拟建 DSA 机房楼上 (病房)	77	7.6
9	拟建 DSA 机房楼下 (储藏室)	80	8.5
10	住院中心药房	77	6.9
11	2 号住院楼北侧	71	6.4
12	2 号住院楼东侧	75	8.4
13	2 号住院楼南侧	74	7.8
14	2 号住院楼西侧	74	7.1
15	1 号住院楼东侧	71	5.4
16	1 号门诊楼南侧	74	5.7
17	2 号门诊楼南侧	74	7.8
18	煎药房南侧	72	4.1
19	华恒商务酒店西侧	73	6.3
20	中国人民银行 (杨陵支行) 家属楼西侧	70	8.1
21	原杨陵区人民法院居民楼北侧	78	8.4
22	卫生院小区东侧	73	7.4

备注：本结果仅对本次监测有效，监测结果已扣除仪器对宇宙射线的响应值。

由表 8.2-2 可知，本项目拟建机房周围的 X- γ 辐射剂量率在 70nGy/h~85nGy/h 之间。与《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中“咸阳市原野 γ 辐射剂量率范围为 48~68nGy/h，道路 γ 辐射剂量率范围为 32~68nGy/h，室内 γ 辐射剂量率范围为 87~123nGy/h”相当，表明项目所在地辐射剂量率处于正常环境本底水平，辐射环境质量现状无异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析及源污染分析

本项目位于杨陵康复医院 2 号住院楼一层，本项目施工只是进行简单防护装修和安装设备，施工工程量小、施工工艺简单、施工周期短，且施工期产生的少量废水和固体废物均可依托医院现有的处理措施进行处理，本项目夜间不施工，施工范围局限于 DSA 机房，能有效降低噪声对外界环境的影响，施工期的环境影响能降到最低程度。同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

9.2 运行期工程分析及源污染分析

9.2.1 设备组成

数字减影血管造影（DSA）是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术多种科技手段于一体的系统。DSA 主要组成部分包括带有直接数字 X 光成像板（DR）成像系统的 X 线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、操作台、干式激光相机。每个 X 射线发生系统均位于平板图像接收器正对方向。DSA 靶头位于 C 型臂上，C 型臂可自由全角度旋转，手术时主射方向为由下往上。控制台集合控制系统和设备状态显示等功能，位于操作间内。机房内控制装置一般为脚闸控制，通过设备电缆引出、位于地面。基本结构见图 9-1。

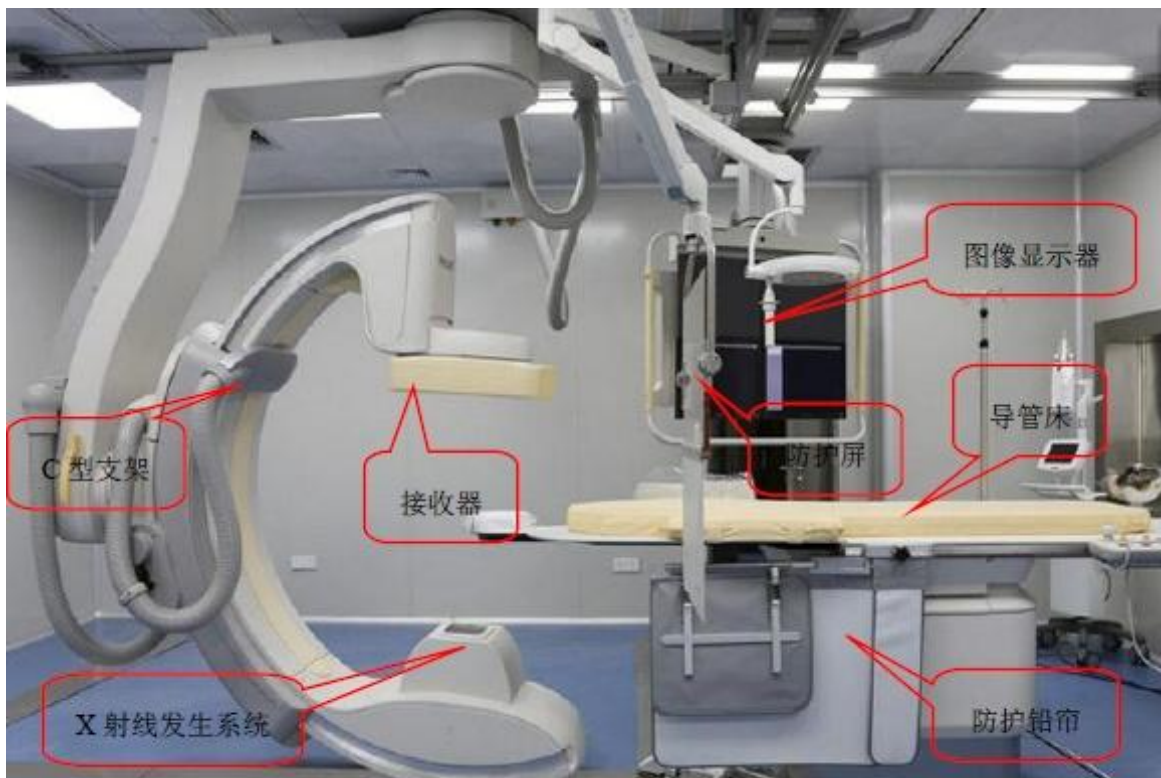


图 9-1 典型 DSA 射线装置整体外观示意图

(2) DSA

DSA基本设备包括X射线发生和显像系统、机械系统、图像数据采集和存储系统、计算机系统等，基本结构见图9-2。

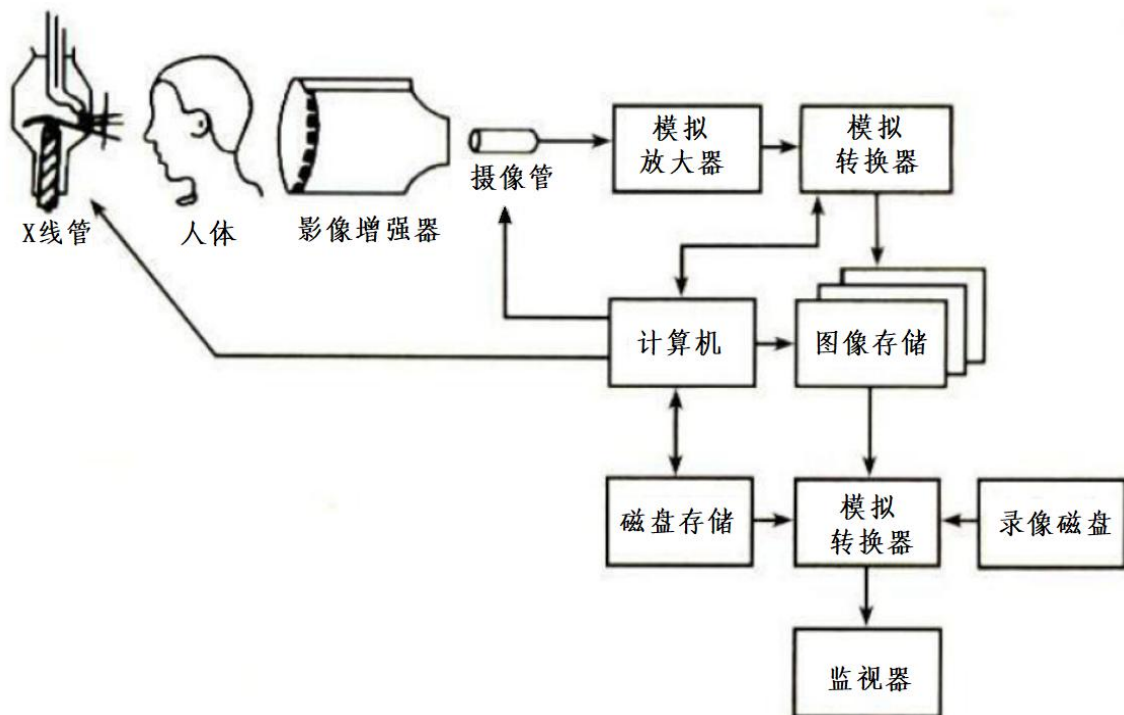


图 9-2 DSA 基本结构图

①X射线发生和显像系统

X线发生和显像系统包括X线管，高压发生器，影像增强器，电视摄像机，光学系统和监视器等。

其中X射线发生装置包括X线管、高压发生装置和控制装置。X射线管是整台射线装置的辐射源。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。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，高速电子轰击靶体产生X射线。典型X射线管结构图详见图9-3。

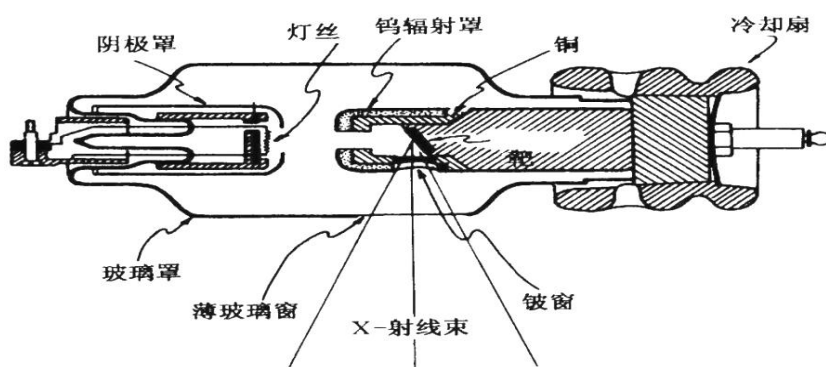


图9-3 典型X射线管结构图

②机械系统

机械系统主要包括机架和导管床。

③图像数据采集和存储系统

采集图像介质有胶片、硬盘、光磁盘等。

④计算机系统

在DSA系统中，计算机主要用于控制和图像后处理。

⑤辐射屏蔽系统

X线显像系统中的影像增强器本身就是一个有用线束的屏蔽设施，通常在影像增强器透射和摄影情况下，由于影像增强器对初始有用线束的屏蔽作用，介入手术机房的辐射屏蔽设计一般只需考虑次级屏蔽就足够了。此外，数字减影血管造影装置出厂将配备铅玻璃悬挂屏风和床侧防护铅帘等辅助防护设施，为从事介入手术近台操作的医务人员提供辐射屏蔽。

9.2.2 工作原理

DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，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。两次数字相减，消除相同的信号，得到只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示，在进行介入手术时更为安全。

9.2.3 操作流程

数字减影血管造影设备（DSA）在进行曝光时分 DSA 诊断和介入治疗两种情况。

①诊断：DSA 诊断采用隔室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后进入操作间，关好防护门。医师、操作人员通过操作间的电子计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

②介入治疗：DSA 介入治疗采用近合同室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间隙式透视。具体方法是受检者位于手术床上，介入手术医师位于手术床旁，距 DSA 的 X 线管 0.8~1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅手套等），同时手术床旁设有屏蔽挂帘和移动式防护帘。介入治疗中，医师、护士佩戴防护用品，医师根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视（DSA 的 X 线系统连续发射 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。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。介入手术结束后关机，病人离开介入室。

DSA 装置工作流程及产污环节如图 9-4 所示。



图 9-4 介入手术操作流程及产污环节示意图

9.2.4 本项目医护人员、患者、污染物路径分析

本项目医护人员、患者、污染 9-5 所示。

医护人员路径：本项目医护人员从 2 号住院楼一层走廊进入到换鞋区，经更衣室进入操作间，通过操作间进入 DSA 机房。

患者路径：患者在陪护人员陪同下病人经过缓冲区进出 DSA 机房，病人、医生互不交叉。

污物路径：手术过程中产生的医疗废物在打包后暂存于污物间，再从污物间运出。

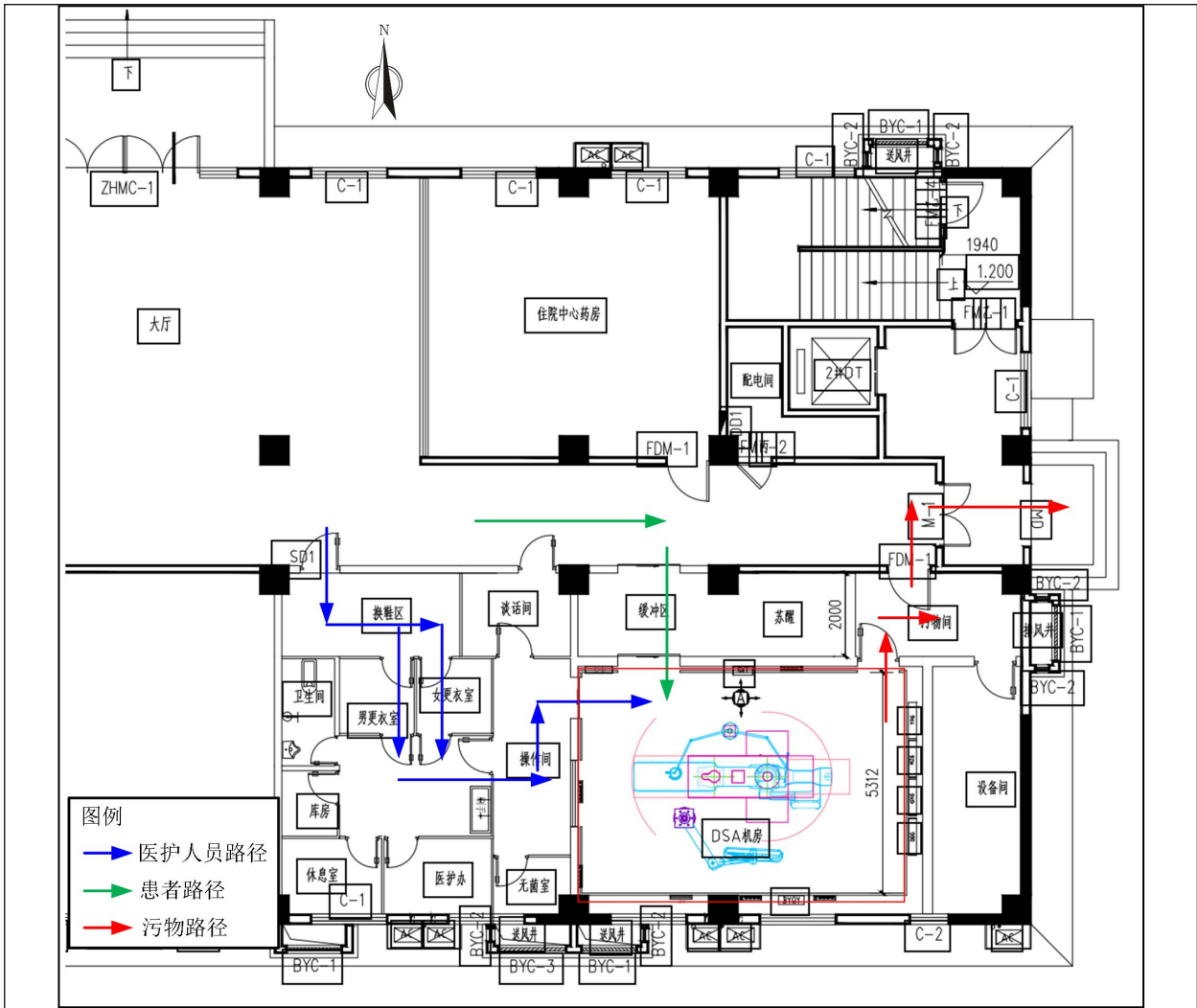


图9-5 医护人员、患者、污物流动路线示意图

9.2.5 污染源项描述

9.2.5.1 正常工况

①X 射线

DSA 装置为II类射线装置，其 X 射线诊断机曝光时产生 X 射线。X 射线是随机器的开关而产生和消失。因此，在非诊疗状态下不产生 X 射线，只有在开机处于出线状态时才会发出 X 射线。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。因此，DSA 在开机状态下，X 射线为污染环境的主要因子。

②废气

空气受到 X 线照射会产生一定量的臭氧和氮氧化物等有害气体，只要确保机房保持良好的通风，产生的臭氧和氮氧化物对机房内外环境影响较小。

③固体废物

手术过程中会产生污染纱布绷带等废敷料，一次性手套、废弃的药品及器具等医疗废物，一台介入手术约产生医疗废物药棉 0.1kg，纱布 0.1kg，手套及废弃器械 0.2kg，一年 1 间 DSA 手术室最多 200 台手术，则一年约产生医疗废物药棉 20kg，纱布 20kg，手套及废弃器械 40kg，总共每年约产生医疗废物 80kg。手术后采用专门的收集容积集中回收，转移至医疗废物暂存库，按照医疗废物执行转移联单制度，由当地医疗废物处理机构定期统一处理。

④废水

本项目 DSA 采用先进的实时成像系统，注入的造影剂不含放射性，无废显影液和定影液产生，不产生医疗废水；工作人员及病人会产生少量的生活污水，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。

9.2.5.2 事故工况

①医生在手术室内为患者摆位或进行其它术前准备工作时，控制台处操作人员误开机出束，对手术室内医生造成误照射。

②介入治疗时，医生未穿戴防护用品进入手术室，或未配置合格的防护用品，使医生受到较高剂量的附加照射。

③门灯联动装置发生故障，医护人员误入正在运行的手术室造成额外照射。

事故工况下的污染因子和污染途径与正常工况下基本相同，主要为 X 射线对辐射工作人员及周围公众造成外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

DSA 机房位于医院 2 号住院楼一层东南侧，机房的四周环境为：机房东侧屏蔽墙外为设备间，机房西侧为操作间、谈话间、无菌室；机房南侧为医院内部道路，机房北侧为缓冲区、污物间；DSA 机房楼下为储藏室，楼上内科病房。2 号住院楼一层平面布置图见附图 2。

本项目 DSA 机房平面布局与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求符合性见表 10.1-1。

表 10.1-1 本项目 DSA 机房平面布局情况及符合性分析一览表

序号	放射诊断放射防护要求	落实情况	是否符合要求
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。	机房内布局已避免有用线束直接照射关键区域。	符合
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。	通过后文分析，经辐射屏蔽措施后，对周围环境影响是可接受的。	符合
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。	DSA 设备设有单独机房，机房满足布局要求。	符合
4	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，其最小有效面积、最小单边长度应符合规定。	机房满足最小有效面积、最小单边长度要求。	符合

10.1.2 辐射工作场所分区管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），要求在辐射性工作场所内划出控制区和监督区。

（1）“两区”划分原则与依据

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

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

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

③应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

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

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

（2）“两区”划分

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的“两区”划分原则与依据，对 DSA 机房进行划分，控制区和监督区划分情况见表 10.1-2、图 10-1、图 10-2。

表 10.1-2 机房控制区和监督区划分情况

序号	场所名称	控制区	监督区
1	DSA 机房	手术室内部	操作间、谈话间、无菌室、设备间、污物间、缓冲区、内科病房（楼上）、储藏室（楼下）、DSA 机房南墙外 30cm 区域等

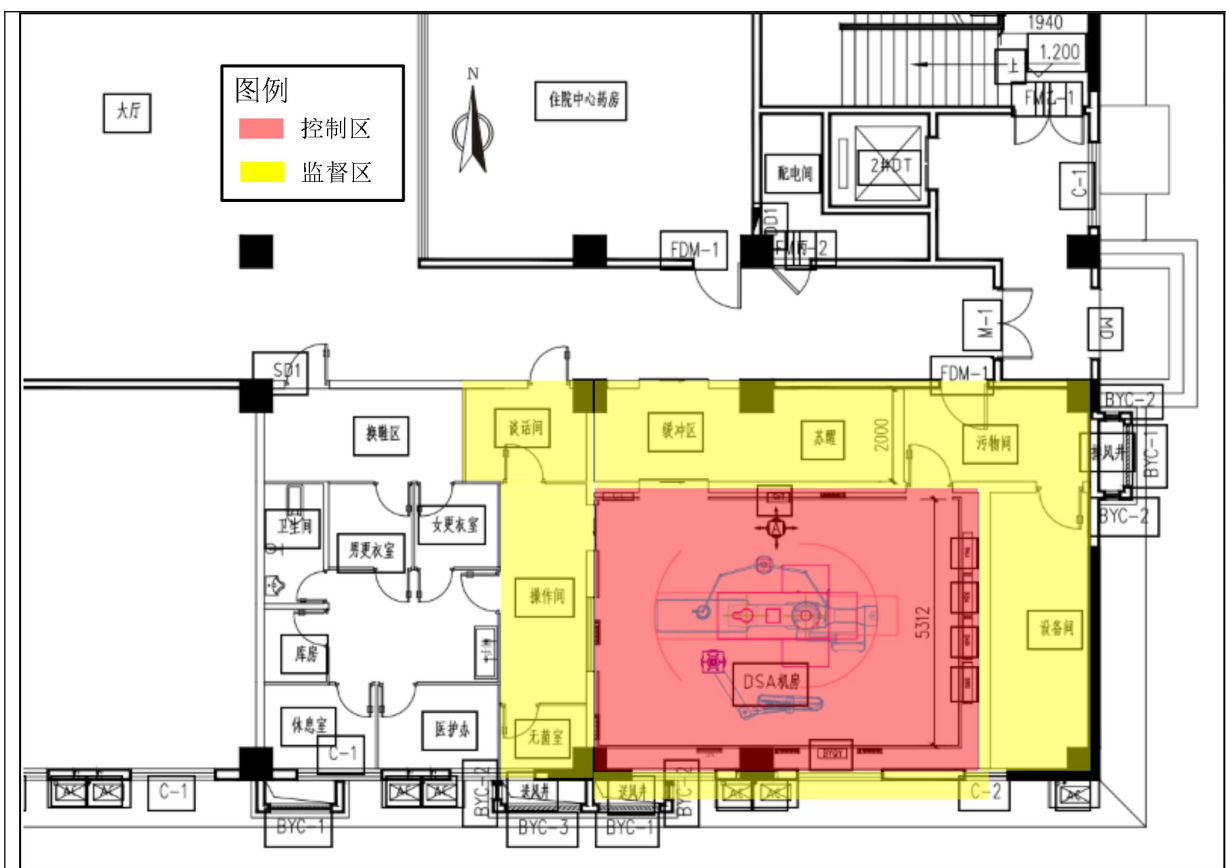


图 10-1 DSA 手术室分区管理示意图 1

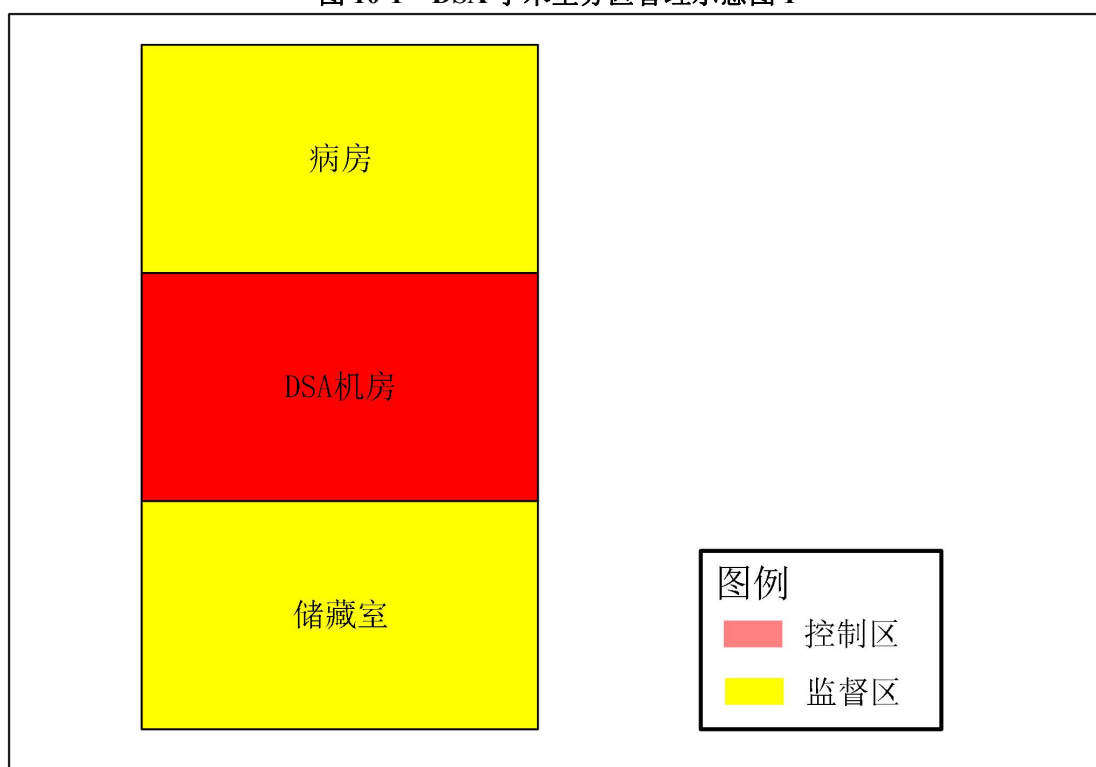


图 10-2 DSA 手术室分区管理示意图 2

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

(1) 机房屏蔽设计

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 公示 C.1 和 C.2，混凝土、铅和砖的 α 、 β 、 γ 取值自附录 C 表 C.2 和表 C.3。见表 10.1-3。

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

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

表 10.1-3 X 射线辐射衰减的有关拟合参数

电压	材料	α	β	γ
125kV	铅	2.219	7.923	0.5386
	砖	0.02870	0.06700	1.346
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974

计算得在管电压 125kV 下，240mm 实心砖等效铅当量约为 2.3mmPb，120mm 混凝土的等效铅当量为 1.4mmPb。根据辐射防护设计单位提供的资料，本项目硫酸钡防护涂料及硫酸钡板密度为不小于 3.2g/cm³，15mm 硫酸钡防护涂料（硫酸钡板）折合 1mmPb，经折算，30mm 硫酸钡防护涂料（硫酸钡板）相当于 2mm 铅当量，40mm 硫酸钡防护涂料（硫酸钡板）相当于 2.6mm 铅当量，60mm 硫酸钡防护涂料相当于 4mm 铅当量。

本项目 DSA 机房屏蔽设计与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求符合性见表 10.1-4。

表 10.1-4 本项目 DSA 机房屏蔽防护情况及符合性分析一览表

所在区域	防护屏蔽体	屏蔽防护设计厚度	总铅当量	标准要求	符合性分析
DSA 手术室	南墙	240mm 空心砖+60mm 硫酸钡防护涂料	4mmPb	有用线束方向铅当量和非有用线束方向铅当量均应 ≥2mm 铅当量	符合
	西墙	240mm 空心砖+60mm 硫酸钡防护涂料	4mmPb		符合
	北墙	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	4.3mmPb		符合
	东墙	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	4.3mmPb		符合
	顶棚	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡板	3.4mmPb		符合
	地板	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	4mmPb		符合
	观察窗	3mmPb 铅玻璃	3.0mmPb		符合
	防护门（3 个）	3mmPb 铅板	3.0mmPb		符合

备注：本项目保守考虑，不考空心砖的屏蔽。混凝土密度为 2.35g/cm³，铅密度为 11.3g/cm³，硫

酸钡防护涂料、硫酸钡板密度不低于 3.2g/cm^3 ，实心砖密度不低于 1.65g/cm^3 。

(2) 机房面积

表 10.1-5 本项目 DSA 机房面积符合性分析一览表

所在区域	防护屏蔽体	屏蔽防护设计参数	标准要求	符合性分析
DSA 手术室	最小单边长度 (m)	5.312	3.5	符合
	有效使用面积 (m^2)	41.22	20	符合

10.1.4 辐射安全与防护措施

(1) DSA 设备固有的安全性

①本项目使用的数字减影血管造影机购置于正规厂家，装置泄漏辐射满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相关技术要求，并且装可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。

②具有安全系统，当设备出现错误或故障时，能中断照射，并有相应故障显示。

③正常情况下，必须按规定程序并经控制台验证确认设置无误时，才能启动照射。

④设备配备紧急制动按钮。

⑤新增的 DSA 设备配备铅屏风等辅助防护用品与设施。

(2) DSA 手术室拟采取的安全防护措施

1、对讲交流系统：机房应安装观察窗，设置一套对讲系统，便于观察患者和受检者状态。

2、视频监控系统：机房内设置一套视频监控系统，便于观察。

3、紧急制动装置：在介入手术床体旁、控制室操作台上均设有“紧急制动”按钮，在 DSA 系统出束过程中，一旦发现异常情况，按任一个紧急制动按钮，均可停止 DSA 系统出束。

4、安全连锁：患者进出门、操作间门设置为电动推拉门并设置红外防夹装置，污物门设置自动闭门装置。且工作状态指示灯和与机房防护门能有效联动。

5、电离辐射警告标志和工作状态指示灯：机房门外有电离辐射警告标志、放射防护注意事项，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，设备处于工作状态时，机房门外顶部的工作状态指示灯变为红色，警示非工作人员不得入内。候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 的相关要求。

6、设备控制台上有权供授权人专用的钥匙，只有经过授权的医务人员才能使用钥匙开关开启控制台。

7、本项目辐射工作人员进行介入手术治疗时，机房内医生和医护人员必须佩带2枚个人剂量计，1枚佩戴于铅围裙外锁骨对应的领口位置，1枚佩带于铅围裙内躯干上，并且将内、外剂量计做明显标记（如以对比鲜明的颜色进行区分等），防止内、外剂量计反戴的情况发生。

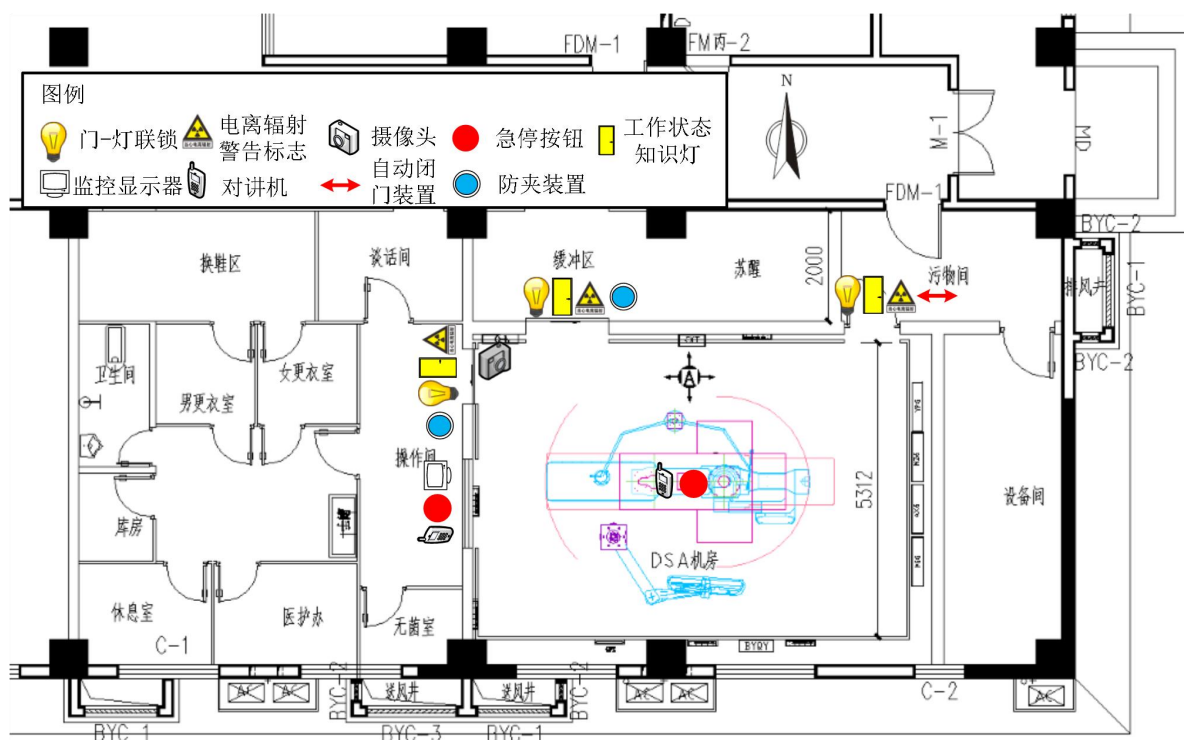
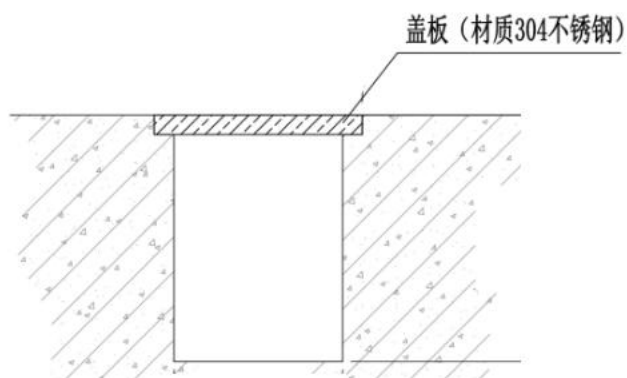


图 10-3 DSA 机房辐射安全设施安装位置示意图

8、电缆敷设设计：DSA 设备基座下方设置电缆沟，电缆布设在电缆沟内，电缆穿墙以“U”型管穿墙，通过地面下沉电缆沟穿出机房，不会影响防护墙体的防护效果。电缆沟截面图见图 10-4，电缆沟穿墙示意图 10-5。



电缆沟截面图

图 10-4 电缆沟示意图



地沟穿墙大样

图 10-5 电缆穿墙示意图

9、通风设置：机房内设置机械通风装置，在吊顶上装有独立的动力换气装置及排风口。排风管排风量为 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，排风管矩形截面尺寸高 200mm ，宽 200mm ，机房内废气经排风口汇聚至排气管内经机房南墙穿出排放，机房通风设置足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中关于通风要求。本项目 DSA 机房通排风图见附图 5。

10、手术室内布局要合理，尽量避免有用线束直接照射门、窗和管线口（包括线缆沟、通风管道等）位置和工作人员操作位。

11、个人防护用品：《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求，经与医

院确认，医院拟为 DSA 机房配置数量足够的铅衣、铅眼镜、铅围脖等辐射防护用品，具体个人防护用品配备情况如表 10.1-6 所示。

表 10.1-6 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

机房	人员类型	放射检查类型	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求		本项目拟配置情况		是否符合要求
			个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
DSA 手术室	工作人员	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	机房内配置 2 件铅橡胶围裙（0.5mmPb）、2 件铅橡胶颈套（0.5mmPb）、2 副铅防护眼镜（0.5mmPb）、2 个防护手套（0.025mmPb）、2 个铅橡胶帽子（0.5mmPb）	机房配置 1 个人铅悬挂防护屏（0.5mmPb）、1 个铅防护吊帘（0.5mmPb）、1 个床侧防护屏（0.5mmPb）、1 个移动铅屏风（2mmPb）	符合
	受检者		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	——	机房配置铅橡胶性腺防护围裙 1 件（0.5mmPb）、铅橡胶颈套 1 个（0.5mmPb）、铅橡胶帽子 1 个（0.5mmPb）	——	符合

12、放射防护用品使用过程中，每年应至少自行检查一次，防止因老化断裂或损伤而降低防护质量，若发现老化、断裂或损伤应自行及时更换；防护用品宜采用平铺的方式进行存放，不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，防止断裂。

13、建议建立健全防护用品登记台账，台账中应明确防护用品购置时间、数量、铅当量和使用场所等信息。

10.2 三废的治理

（1）废气

本项目无放射性废气的产生。DSA 工作过程中，会产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体，拟在机房顶部东南侧设置动力通风装置，机房内产生的臭氧、氮氧化物通过排风口经排风管道穿过南侧墙体，最终通过排风机排至室外，对环境影响很小。

（2）废水

本项目无放射性废水的产生。本项目运行期产生的生活污水依托医院现有的污水处

理设施处理后纳入市政污水管网。

(3) 固体废弃物

本项目射线装置采用计算机图像存储管理系统，电脑成像，激光打印，无洗片过程，打印出来的胶片由病人带走。本项目不涉及洗片，不会产生废弃X光片，设备维修更换的废旧X射线管，由设备厂家回收处置。

本项目一台介入手术约产生医疗废物药棉0.1kg，纱布0.1kg，手套0.2kg，一年1间DSA手术室最多200台手术，则一年约产生医疗废物药棉20kg，纱布20kg，手套及废弃器械40kg，总共每年约产生医疗废物80kg。手术后采用专门的收集容积集中回收，转移至医疗废物暂存库，最终委托有资质的单位处置。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾由医院进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理清运。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

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改造、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）介入手术室改造、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，运至指定的地点，交由环卫部门加以处置。

（4）施工人员产生的生活污水、生活垃圾依托医院已建污水处理设施、生活垃圾贮存设施加以处理。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 机房辐射防护能力分析

本项目在介入手术过程中，DSA 机头有用线束从下往上直接照向患者。DSA 透视时球管床下位，向上照射；影像采集时，机头机架旋转，多角度照射。本项目血管造影机主束照向患者，根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。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。

手术时，医生在待诊病人旁进行导管操作，操作过程中受到泄漏辐射及病人体表散射照射。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。

（1）关注点选取

结合场所布局，关注点的选取以 DSA 手术室中心位置作为辐射源点，选取 DSA 手术室屏蔽体外 30cm 处、操作间操作位、铅防护门外 30cm 处、楼上离地 100cm 处、楼下离地 170cm 处作为关注点位。本项目位于医院门 2 号住院楼一层，负一层层高 3.6m，一层层高 4.2m，二层层高 3.4m。泄漏辐射源点按机头距地面 0.5m 考虑，泄漏辐

射距楼上取 4.7m，距楼下取 2.4m；散射辐射源点按治疗床高 1.0m 考虑，散射辐射距楼上取 4.2m，距楼下取 2.9m。各关注点距射线装置靶点距离详见表 11.2-1，各关注点分布示意图见图 11-1 至图 11-2。

表11.2-1 本项目DSA手术室外预测点位

机房	关注点序号	位置	屏蔽设计	等效铅当量 (mmpb)	距离 (m)
DSA 手术室	1#	操作间防护门外（操作间）	3mm 铅板	3	5.2
	2#	西墙外（操作间）	240mm 空心砖墙+60mm 硫酸钡防护涂料	4	4.8
	3#	观察窗（操作间）	3mm 铅玻璃	3	4.6
	4#	无菌室	240mm 空心砖墙+60mm 硫酸钡防护涂料	4	5.1
	5#	南墙外（室外）	240mm 空心砖墙+60mm 硫酸钡防护涂料	4	3.3
	6#	设备间	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	4.3	4.7
	7#	污物间防护门外	3mm 铅板	3	4.9
	8#	北墙外（缓冲区）	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	4.3	3.5
	9#	患者防护门（缓冲区）	3mm 铅板	3	4.4
	10#	楼上距地 100cm（病房）	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡板	3.4	4.7（泄露） 4.2（散射）
	11#	楼下距地 170cm（储藏室）	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	4	2.4（泄露） 2.9（散射）
备注：本项目保守考虑，不考虑空心砖防护屏蔽。					

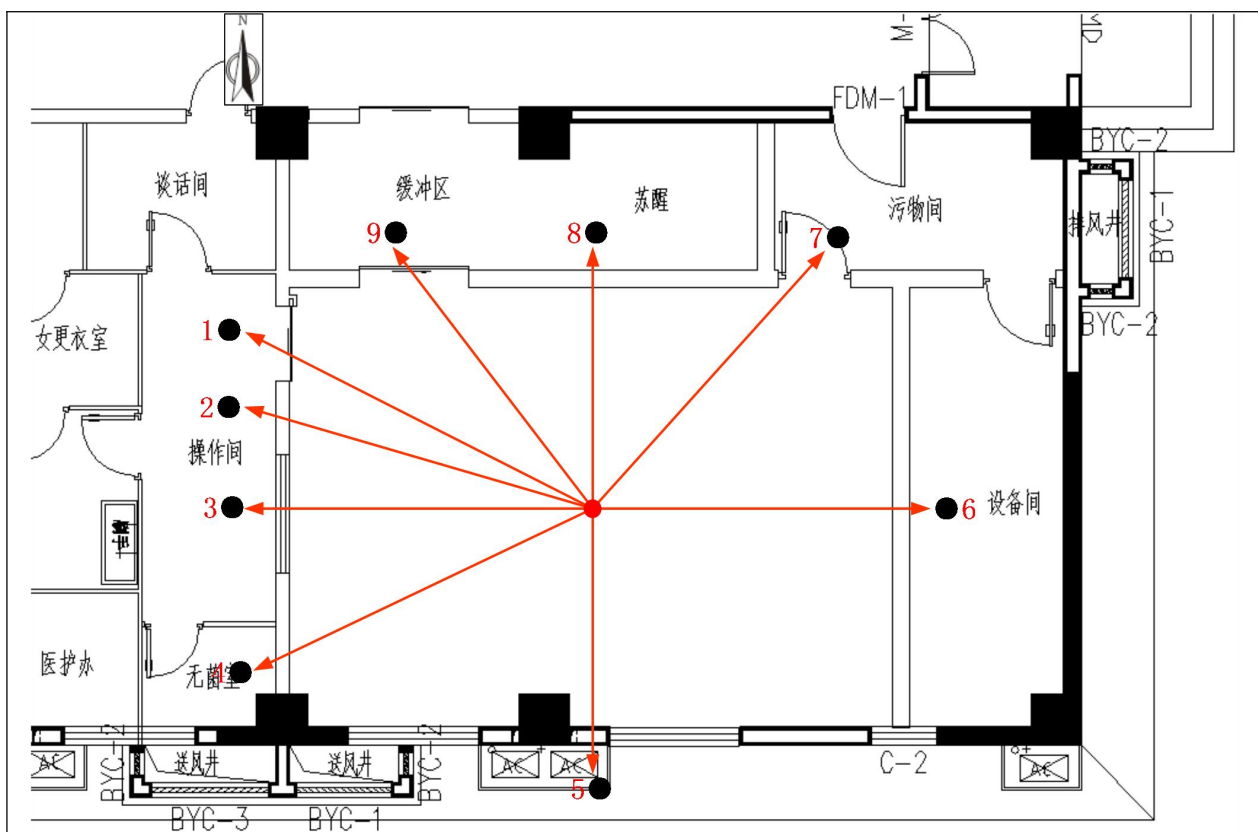


图 11-1 DSA 手术室平面关注点示意图

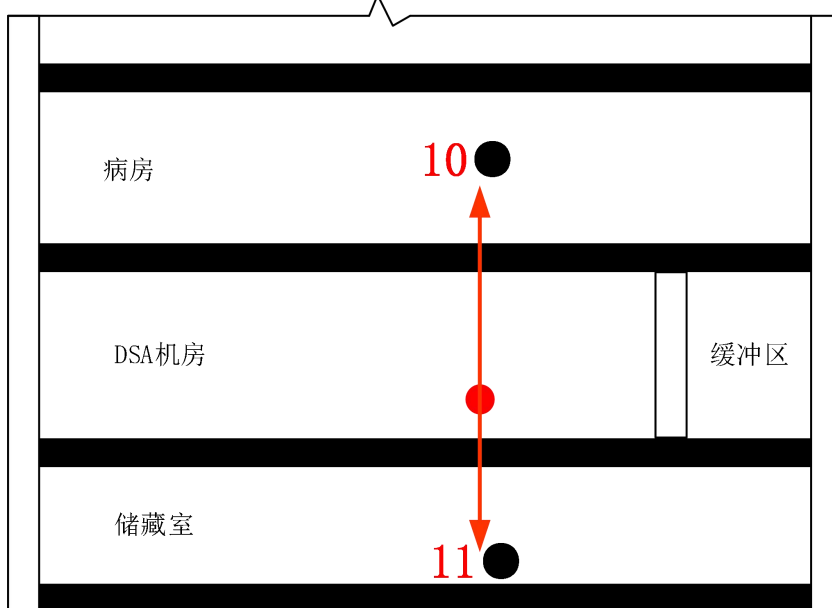


图 11-2 DSA 手术室剖面关注点示意图

(2) 辐射源强

医院拟在DSA手术室配置1台Optima IGS venus 型DSA（最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA）。根据设备厂家说明书，透视时最大管电压120kV（保守按125kV计算），管电流平均26.7mA；采集时最大管电压为125kV，管电流640mA。

DSA包括透视和采集两种工作模式。根据ICRP33《医用外照射源的辐射防护》P55

图2，管电压125kV时，2mmAl滤过下，离靶1m处的剂量率读值为11mGy/mA•min。

距靶点1m处的剂量率 H_0 (μGy/h) 为以mGy/mA•min为单位的剂量率读值乘以 6×10^4 ，再乘以工作电压下对应电流 (mA) 得出。则透视状态下 $H_0=11 \times 6 \times 10^4 \times 26.7=1.76 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$ ，采集状态下 $H_0=11 \times 6 \times 10^4 \times 640=4.22 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ 。

(2) 泄漏辐射环境影响分析

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，能子原出版社，1987年），计算公式如公式11-1所示：

$$H = \frac{f \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (\text{式11-1})$$

式中：

H —关注点处的泄漏辐射剂量率，μGy/h；周围剂量当量率与空气吸收剂量率换算系数在辐射屏蔽计算时通常取 1Sv/Gy。

f —泄漏射线比率，取 0.1%；

H_0 —距靶点 1m 处的最大剂量率，μGy/h；

R —靶点至关注点的距离，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，公式如下：

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

式中：

B —给定铅厚度的屏蔽透射因子；

X —屏蔽材料铅当量厚度，mm；

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（取自 GB130-2020 附录 C）。

各关注点处泄漏辐射 X-γ辐射剂量率计算参数及计算结果见表 11.2-2。

表 11.2-2 关注点处泄漏辐射 X-γ辐射剂量率计算参数及计算结果

模式	关注点	H_0	f	R	X	α	β	γ	$H_{\text{泄漏}}$
		μGy/h	/	m	mm	/	/	/	μSv/h
采集模式	1#	4.22×10^8	0.001	5.2	3	2.219	7.923	0.5386	1.24E+00
	2#	4.22×10^8	0.001	4.8	4	2.219	7.923	0.5386	1.54E-01

透视模式	3#	4.22×10^8	0.001	4.6	3	2.219	7.923	0.5386	1.59E+00
	4#	4.22×10^8	0.001	5.1	4	2.219	7.923	0.5386	1.37E-01
	5#	4.22×10^8	0.001	3.3	4	2.219	7.923	0.5386	3.26E-01
	6#	4.22×10^8	0.001	4.7	4.3	2.219	7.923	0.5386	8.23E-02
	7#	4.22×10^8	0.001	4.9	3	2.219	7.923	0.5386	1.40E+00
	8#	4.22×10^8	0.001	3.5	4.3	2.219	7.923	0.5386	1.48E-01
	9#	4.22×10^8	0.001	4.4	3	2.219	7.923	0.5386	1.74E+00
	10#	4.22×10^8	0.001	4.7	3.4	2.219	7.923	0.5386	6.17E-01
	11#	4.22×10^8	0.001	2.4	4	2.219	7.923	0.5386	6.17E-01
	1#	1.76×10^7	0.001	5.2	3	2.219	7.923	0.5386	5.18E-02
	2#	1.76×10^7	0.001	4.8	4	2.219	7.923	0.5386	6.43E-03
	3#	1.76×10^7	0.001	4.6	3	2.219	7.923	0.5386	6.63E-02
	4#	1.76×10^7	0.001	5.1	4	2.219	7.923	0.5386	5.70E-03
	5#	1.76×10^7	0.001	3.3	4	2.219	7.923	0.5386	1.36E-02
	6#	1.76×10^7	0.001	4.7	4.3	2.219	7.923	0.5386	3.43E-03
	7#	1.76×10^7	0.001	4.9	3	2.219	7.923	0.5386	5.84E-02
	8#	1.76×10^7	0.001	3.5	4.3	2.219	7.923	0.5386	6.19E-03
	9#	1.76×10^7	0.001	4.4	3	2.219	7.923	0.5386	7.24E-02
	10#	1.76×10^7	0.001	4.7	3.4	2.219	7.923	0.5386	2.57E-02
	11#	1.76×10^7	0.001	2.4	4	2.219	7.923	0.5386	2.57E-02

(3) 散射辐射环境影响分析

参考《辐射防护手册》第一分册（李德平、潘自强主编，能子原出版社，1987年），对于病人体表的散射的X射线可以采用反照射率法估算，按以下公式进行估算。

$$H_s = \frac{H_0 \cdot a \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

H_s —关注点处的患者散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；周围剂量当量率与空气吸收剂量率换算系数在辐射屏蔽计算时通常取 1Sv/Gy 。

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, 根据《辐射防护手册 第一分册》P437 表 10.1, 125kV 射线散射与入射 X、 γ 射线照射量之比值 α 为 0.0015 (90°散射, 相对于 400cm² 散射面积;

S —散射面积, 取典型值 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 —屏蔽因子, 计算方法见公式 (11-2)。

各预测点散射辐射 X- γ 辐射剂量率计算参数及结果见下表 11.2-3。

表 11.2-3 各预测点散射辐射 X- γ 辐射剂量率计算参数及结果

模式	关注点	H_0	α	S	d_0	d_s	X	α	β	γ	$H_{\text{散射}}$
		$\mu\text{Gy/h}$	/	cm ²	m	m	mm	/	/	/	$\mu\text{Sv/h}$
采集模式	1#	4.22×10^8	0.0015	400	0.5	5.2	3	2.233	7.888	0.7295	1.47E+01
	2#	4.22×10^8	0.0015	400	0.5	4.8	4	2.233	7.888	0.7295	1.83E+00
	3#	4.22×10^8	0.0015	400	0.5	4.6	3	2.233	7.888	0.7295	1.87E+01
	4#	4.22×10^8	0.0015	400	0.5	5.1	4	2.233	7.888	0.7295	1.62E+00
	5#	4.22×10^8	0.0015	400	0.5	3.3	4	2.233	7.888	0.7295	3.88E+00
	6#	4.22×10^8	0.0015	400	0.5	4.7	4.3	2.233	7.888	0.7295	9.77E-01
	7#	4.22×10^8	0.0015	400	0.5	4.9	3	2.233	7.888	0.7295	1.65E+01
	8#	4.22×10^8	0.0015	400	0.5	3.5	4.3	2.233	7.888	0.7295	1.76E+00
	9#	4.22×10^8	0.0015	400	0.5	4.4	3	2.233	7.888	0.7295	2.05E+01
	10#	4.22×10^8	0.0015	400	0.5	4.2	3.4	2.233	7.888	0.7295	9.16E+00
	11#	4.22×10^8	0.0015	400	0.5	2.9	4	2.233	7.888	0.7295	5.02E+00
透视模式	1#	1.76×10^7	0.0015	400	0.5	5.2	3	2.233	7.888	0.7295	6.11E-01
	2#	1.76×10^7	0.0015	400	0.5	4.8	4	2.233	7.888	0.7295	7.64E-02
	3#	1.76×10^7	0.0015	400	0.5	4.6	3	2.233	7.888	0.7295	7.81E-01
	4#	1.76×10^7	0.0015	400	0.5	5.1	4	2.233	7.888	0.7295	6.77E-02
	5#	1.76×10^7	0.0015	400	0.5	3.3	4	2.233	7.888	0.7295	1.62E-01
	6#	1.76×10^7	0.0015	400	0.5	4.7	4.3	2.233	7.888	0.7295	4.08E-02
	7#	1.76×10^7	0.0015	400	0.5	4.9	3	2.233	7.888	0.7295	6.88E-01
	8#	1.76×10^7	0.0015	400	0.5	3.5	4.3	2.233	7.888	0.7295	7.35E-02
	9#	1.76×10^7	0.0015	400	0.5	4.4	3	2.233	7.888	0.7295	8.54E-01
	10#	1.76×10^7	0.0015	400	0.5	4.2	3.4	2.233	7.888	0.7295	3.82E-01
	11#	1.76×10^7	0.0015	400	0.5	2.9	4	2.233	7.888	0.7295	2.09E-01

(4) 辐射环境影响预测结果分析

根据表 11.2-2 和表 11.2-3 的计算结果，将各个预测点的总的附加剂量率统计于下表。

表 11.2-4 各预测点泄漏和散射叠加辐射剂量率结果

工作模式	机房	序号	关注点位置描述	$H_{\text{泄漏}}$	$H_{\text{散射}}$	$H_{\text{总}}$
				$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$
采集	DSA 手术室	1#	操作间防护门外（操作间）	1.24E+00	1.47E+01	1.59E+01
		2#	西墙外（操作间）	1.54E-01	1.83E+00	1.98E+00
		3#	观察窗（操作间）	1.59E+00	1.87E+01	2.03E+01
		4#	无菌室	1.37E-01	1.62E+00	1.76E+00
		5#	南墙外（室外）	3.26E-01	3.88E+00	4.21E+00
		6#	设备间	8.23E-02	9.77E-01	1.06E+00
		7#	污物间防护门外	1.40E+00	1.65E+01	1.79E+01
		8#	北墙外（缓冲区）	1.48E-01	1.76E+00	1.91E+00
		9#	患者防护门（缓冲区）	1.74E+00	2.05E+01	2.22E+01
		10#	楼上距地 100cm（病房）	6.17E-01	9.16E+00	9.78E+00
		11#	楼下距地 170cm（储藏室）	6.17E-01	5.02E+00	5.64E+00
透视	DSA 手术室	1#	操作间防护门外（操作间）	5.18E-02	6.11E-01	6.63E-01
		2#	西墙外（操作间）	6.43E-03	7.64E-02	8.28E-02
		3#	观察窗（操作间）	6.63E-02	7.81E-01	8.47E-01
		4#	无菌室	5.70E-03	6.77E-02	7.34E-02
		5#	南墙外（室外）	1.36E-02	1.62E-01	1.76E-01
		6#	设备间	3.43E-03	4.08E-02	4.42E-02
		7#	污物间防护门外	5.84E-02	6.88E-01	7.46E-01
		8#	北墙外（缓冲区）	6.19E-03	7.35E-02	7.97E-02
		9#	患者防护门（缓冲区）	7.24E-02	8.54E-01	9.26E-01
		10#	楼上距地 100cm（病房）	2.57E-02	3.82E-01	4.08E-01
		11#	楼下距地 170cm（储藏室）	2.57E-02	2.09E-01	2.35E-01

由表 11.2-4 可知，本项目运行情况下：透视模式下，DSA 手术室外各关注点剂量率最大值为 0.926 $\mu\text{Sv/h}$ ，均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的屏蔽体表面 30cm 处剂量率不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的标准限值要求（剂量换算系数，Sv/Gy 取 1）。采集模式下，DSA 手术室外各关注点剂量率在最大值为 22.2 $\mu\text{Sv/h}$ ，设备采集状态下的最大管电压为 125KV，最大管电流为 640mA，按照 GBZ130-2020 归一至 100mA 时为 3.47 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足“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”的要求。

11.2.2 个人剂量估算

(1) 工作量

项目 DSA 运行包括透视和采集两种模式，根据医院提供的资料，本项目 DSA 每年最多手术 200 台，平均每台手术透视时间 10min，采集时间 1min。

根据建设单位提供的信息，本项目 DSA 正常运行后，本项目 DSA 手术室年手术量为 200 台。DSA 运行包括透视和采集两种模式，每台手术出束时间：透视状态最多 10min、采集状态最多 1min。本项目 DSA 在透视工况下年累计出束时间约 33.33h，采集工况下年累计出束时间约 3.33h。

(2) 估算模式

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）——2000 年报告附录 A，X 射线产生的外照射人均年当量剂量当量计算公式如下：

$$H_{Er}=D_{\gamma}\times t\times T\times 10^{-3} \quad (\text{mSv}) \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

H_{Er} 为 X 外照射人均年有效剂量，mSv；

D_{γ} 为预测关注点剂量率，μGy/h；

T 为居留因子；

t 为辐射照射时间，h。

(3) 估算结果分析

① 职业人员年附加剂量

1) 操作间内职业人员年附加有效剂量估算

根据表 11.2-4 计算结果，按照式 11-4，操作间内职业人员可能收到的年有效剂量结果如下。

表 11.2-5 操作间内职业人员附加年有效剂量估算结果一览表

关注点位置描述	透视状态		采集状态		居留因子	年有效剂量 估算 (mSv/a)
	总剂量率 (μSv/h)	出束时间 (h/a)	总剂量率 (μSv/h)	出束时间 (h/a)		
操作间防护门外 (操作间)	6.63E-01	33.33	1.59E+01	3.33	1	7.50E-02
西墙外(操作间)	8.28E-02	33.33	1.98E+00	3.33	1	9.35E-03
观察窗(操作间)	8.47E-01	33.33	2.03E+01	3.33	1	9.58E-02

根据表 11.2-6 可知，DSA 正常运行时，操作间内职业人员受到的附加年有效剂量最

大值为 0.958mSv，本项目操作间分两组实行轮班制工作，则操作间内每组辐射工作人员的年附加有效剂量为 0.004mSv，满足《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 5mSv）。

2）介入手术室医生年附加有效剂量估算

采集模式是为了给减影状态提供蒙片，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中7.8.3“除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留”。因此，采集模式下，介入手术医生和护士退出DSA机房在控制室内，采集模式下医护人员受照剂量按照操作间处的剂量率（表11.2-4）计算。

在透视模式下，手术医生和护士在DSA手术室内对患者进行手术。介入手术时医生、护士穿戴铅衣、铅帽、铅眼镜（医生佩戴介入防护手套）等防护用品，位于铅悬吊屏和床侧铅帘后。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.1 X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400μGy/h”，因此本次评价保守按照X射线设备在确保铅屏风和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400μGy/h进行计算。

表 11.2-6 DSA 手术室医生护士附加年有效剂量估算结果一览表

估算对象		剂量率 (μSv/h)	防护铅当量 (mmPb)	透射 因子	时间 (h)	年附加有效剂量总计 (mSv)	
医生护士	透视	400	0.5	0.0557	33.33	0.74	0.81
	采集	20.3	/	/	3.33	0.07	

由表11.2-8可知，DSA手术医护人员的年附加剂量为0.81mSv/a，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）。

②公众人员年附加剂量

根据表11.2-4计算结果，按照式11-4，公众人员可能收到的年有效剂量结果如下。

表 11.2-7 个人年有效剂量估算结果

关注点位置描述	采集模式		透视模式		居留 因子*	年有效剂量 (mSv/a)
	附加剂量率 (μGy/h)	出束时 间 (h)	附加剂量率 (μGy/h)	出束时 间 (h)		
南墙外（室外）	4.21E+00	33.33	1.76E-01	3.33	1/8	2.49E-03
设备间	1.06E+00	33.33	4.42E-02	3.33	1/16	3.13E-04

污物间防护门外	1.79E+01	33.33	7.46E-01	3.33	1/8	1.06E-02
北墙外（缓冲区）	1.91E+00	33.33	7.97E-02	3.33	1/8	1.13E-03
患者防护门（缓冲区）	2.22E+01	33.33	9.26E-01	3.33	1/8	1.31E-02
楼上距地 100cm（病房）	9.78E+00	33.33	4.08E-01	3.33	1/2	2.31E-02
楼下距地 170cm（储藏室）	5.64E+00	33.33	2.35E-01	3.33	1/20	1.33E-03

由表 11.2-9 可知，DSA 正常运行时，DSA 手术室周围公众受到的年有效剂量最大值为 0.231mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量限值（公众人员 1mSv）及本次评价所取的年剂量约束限值（公众人员 0.1mSv）。

11.3 其他环境影响分析

（1）废气环境影响分析

DSA 在开机并处于出束状态时，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，由于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。本项目动力排风装置，产生的 O₃ 和 NO_x 通过排风管道排出室外，满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)“6.4.3 机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”的标准要求，对大气环境影响很小。

（2）废水环境影响分析

本项目 DSA 采用先进的实时成像系统，注入的造影剂不含放射性，无废显影液和定影液产生，不产生医疗废水；工作人员及病人会产生少量的生活污水，本项目运行期产生的生活污水依托医院现有的污水处理设施处理后纳入市政污水管网，对地表水环境影响很小。

（2）固体废物影响分析

手术过程中会产生污染纱布绷带等废敷料，一次性手套、废弃的药品及器具等医疗废物，一台介入手术约产生医疗废物药棉0.1kg，纱布0.1kg，手套及废弃器械0.2kg，一年1间DSA手术室最多1000台手术，则一年约产生医疗废物药棉100kg，纱布100kg，手套及废弃器械200kg，总共每年约产生医疗废物400kg。手术后采用专门的收集容积集中回收，转移至医疗废物暂存库，按照医疗废物执行转移联单制度，由当地医疗废物处理机构定期统一处理。

11.4 事故影响分析

11.4.1 辐射事故

结合 DSA 装置工艺流程，项目存在的潜在事故风险因素主要有：

(1) 人员误入机房受到不必要的照射。人员误入 DSA 机房后, 受照剂量有限, 不会发生“受到大剂量照射”的辐射事故, 也不会对人体造成健康影响。

(2) 工作人员未撤离 DSA 机房, 控制室人员启动设备, 导致误照。

(3) DSA 出束时, 没有关闭防护门, 对附近经过或停留人员产生误照射。发生该类事件时, 误照人员的剂量很小, 不会对健康有影响。

(4) 医务人员违反操作规程和有关规定, 在从事介入手术期间, 未穿戴个人防护用品开展手术。该种情况可能导致辐射工作人员受到较大剂量的照射。

11.4.2 风险防范措施与事故应急处理措施

针对以上辐射事故, 本评价提出以下预防措施以避免辐射事故发生:

(1) 定期对 DSA 设备的安全和防护措施进行检查, 对发现的安全隐患及时采取有效措施, 妥善处置。

(2) DSA 设备应具有记录患者剂量的装置, 并尽可能将每次诊断后患者受照剂量记录在病历中, 需要时, 应能追溯到患者的受照剂量。

(3) 加强放射工作人员的管理与业务培训, 确认各项管理制度的执行情况。除存在临床不可接受的情况下, 图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留; 对患者实施照射时, 禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。针对 DSA 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控制室醒目位置), 放射工作人员必须严格按照操作规程进行操作, 以避免因误操作造成工作人员和公众受到意外辐射。

(4) 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。

(5) 介入医生做好个人防护, 介入手术前配备必要的铅衣、铅眼镜、铅围裙、铅屏风及铅帘等防护用品, 按照 GBZ128 规定正确佩戴个人剂量计。

(6) 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。定期检查门灯联锁装置, 确保门灯联锁装置正常运行, 防止人员误入。

(7) 定期对辐射工作场所的安全防护装置进行维护、保养。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露。

(8) 辐射应急管理机构应对本项目的应急组织人员、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。

倘若本项目发生了辐射事故, 医院应迅速、有效的采取以下应急措施:

(1) 当发生辐射后，医院应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

(2) 当发生上述意外人员受照事件后，应迅速将受照人员撤离现场，并估算人员受照剂量。如受照人员未携带个人剂量计，则可根据人员所在部位，DSA照射条件，初步估算人员受照剂量。根据初步剂量估算结果确定受照人员是否要进行医学观察及治疗。

(3) 一旦发现有其他无关人员误入介入手术间内，操作人员应立即利用最近的紧急停止开关切断设备电源。误入人员应在最短的时间内撤离机房，尽量缩短受照时间。同时，事故第一发现者应及时向医院的辐射安全管理领导小组及上级领导报告。辐射安全管理领导小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

(4) 对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境主管部门、卫生等主管部门。

(5) 迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

(6) 事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

一旦发生辐射事故，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。医院应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。应急预案中应明确向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生行政部门报告的值班电话，事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

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许可管理办法》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位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。

杨陵康复医院为了进一步加强辐射安全与环境保护管理，保障放射诊疗工作人员、患者和公众的健康权益，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许可管理办法》、《陕西省生态环境厅办公室关于印发新修订〈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》及相关要求，结合医院实际，医院设立了辐射安全与环境保护管理领导小组，成立以代振兴为组长，贾镇馥为副组长，下设辐射安全小组成员及办公室，具体负责辐射安全与防护工作，并指定由贾镇馥专职负责辐射安全管理工作。

医院现有辐射安全与防护管理领导小组人员配备和相关人员职责，能够满足对辐射安全与环境保护管理机构设置的管理要求，本项目投入使用后，将其纳入医院现有管理体系，并根据人事变动情况及时调整人员名单，明确相关人员职责。

12.2 辐射安全管理规章制度

(1) 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）的相关要求，核技术利用单位应进行辐射安全管理标准化建设。

医院现有的辐射安全管理与标准化建设的具体要求对照情况见表 12.2-1。

表 12.2-1 辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分

管理内容		管理要求	有/无
人员管理	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作。	有
		年初工作安排和年终工作总结，应包含辐射环境安全管理工作内容。	有
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。	有
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。	有
	辐射防护负责人	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识。	有

		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告。	有
		建立健全辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责。	有
		建立辐射安全管理档案。	有
		对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有完善的巡查及整改记录。	有
	直接从事放射工作的作业人员	岗前进行职业健康体检，结果无异常。	有
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。	有
		了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺。	有
		熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况后，能有效处理。	有
机构建设	设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员,以正式文件明确辐射安全与环境保护管理机构和负责人。	有	
制度建立与执行	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。	有	
	建立放射性同位素与射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立放射性同位素、射线装置台账。	有	
	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、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，建立检查记录档案。	有	
	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。	有	
	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，保证个人剂量监测档案的连续有效性。	有	
	建立辐射工作人员职业健康体检管理制度，定期对辐射工作人员进行职业健康体检，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。	有	
	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），并建立维护与维修工作记录档案（包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间）。	有	
	建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作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。	有	
	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。	有	
应急管理	结合本单位实际，制定具有可操作性的辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练。	有	
	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。	完善	

医院按照陕环办发〔2018〕29 号，已制定的辐射安全管理制度包括：《辐射工作人员岗位职责》、《放射性同位素与射线装置管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度及

培训计划》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《辐射环境监测制度》、《辐射人员个人剂量制度》、《设备检修维护制度》、《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员健康管理制度》、《辐射事故应急预案》、《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《CT 操作规程》《DR 操作规程》等规章制度，并严格按照规章制度执行。医院现有的辐射安全管理制度基本满足陕环办发〔2018〕29 号相关要求。

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“辐射安全管理”要求以及本次项目的建设内容，环评要求杨陵康复医院根据射线装置实际使用情况，根据本项目建设内容，医院还应制定 DSA 手术室的相关规章制度，包括《DSA 操作规程》，确保配备的辐射工作人员熟悉操作规程、人员岗位职责等，落实 DSA 的安全使用。同时完善并制定具有可操作性的辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练。

（2）辐射工作人员培训

医院现有辐射工作人员 5 名，已对 5 名从事 III 类射线装置使用活动的辐射工作人员自行组织考核，5 名工作人员均通过考核。医院规定自行考核结果的有效期为 5 年，医院每 5 年对从事 III 类射线装置的辐射工作人员组织再培训考核。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）第三章——人员安全和防护，使用 II 类射线装置的单位，其辐射工作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；考核不合格的，不得上岗。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号），本项目项目运行后，，医院应及时组织从事使用 II 类射线装置的辐射工作人员在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并取得合格成绩单，并按时接受再培训。

（3）职业健康体检

根据院方提供的资料，2023 年 5 月~6 月共有 5 名辐射工作人员参加了职业健康体检，建立了职业健康体检档案并存档，体检单位为延安大学咸阳医院，延安大学咸阳医院具备相应的卫生健康管理部门核发的职业健康体检资质。根据医院提供的 2023 年的辐射工作人员职业健康体检报告，体检结果表明现有从事 III 类射线装置的辐射工作人员可继续原辐射工作。

本项目运行后，新增的辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，建设单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

建设单位拟组织新增辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并建立个人健康档案。

（4）个人剂量监测

由医院提供的资料可知，医院现有辐射工作人员、辐射管理人员 5 名，均配备了个人剂量计，定期送检，并建立个人剂量档案。根据医院提供的 2023 年辐射工作人员个人年剂量检测报告（一季度～四季度），医院现有辐射工作人员年受照剂量最大值为 0.1mSv，均满足不大于 5mSv 的剂量管理目标值。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：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。个人剂量档案应当终生保存。

本项目运行后，杨陵康复医院依据相关规定对其新增人员进行个人剂量监测，纳入放射工作人员管理，为从事本项目辐射工作的人员配备个人剂量计，个人剂量监测周期不超过 3 个月，并委托有资质的机构开展个人剂量监测。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部令第 55 号）的要求，医院建立放射工作人员个人剂量档案并终生保存。

（5）年度评估报告

本项目射线装置应用项目正式开展后，医院对开展的辐射活动辐射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。

12.3 辐射监测

本项目建成投产后，应定期对新建的DSA手术室进行监测，监测要求如下：

（1）辐射工作场所环境监测

①委托有资质单位对本次新建的DSA手术室等工作场所进行监测，监测频次不小于 1次/年，辐射工作场所环境监测结果应详细记录并存档；

②医院应对手术室制定日常监测计划，配备1台X-γ辐射监测仪定期对新建的DSA手术室四周屏蔽体外进行监测，并填写《射线装置工作场所自主检测记录表》，若发现异常情况，应立即采取应急措施，停止辐射工作，并查找原因；

③将本次新建的DSA手术室等工作场所的检测 results 纳入医院辐射安全和防护状况年度评估报告中，在每年的1月31日之前上报项目辐射安全许可证发证机关。

（2）个人剂量监测

①项目放射工作人员从医院现有辐射工作岗位上调配，辐射工作人员已配备个人剂量计，应委托有资质单位定期对放射工作人员进行个人剂量检测，建立个人剂量检测档案；

②在每年的辐射安全和防护状况评估报告中，应包含放射工作人员个人剂量检测数据及安全评估的内容。

表 12.3-1 医院辐射安全管理与辐射环境监测方案

监测内容	监测区域及点位		监测频次
X-γ吸收剂量率	防护性能检测	透视条件下，机房屏蔽墙体外表面 30cm 处、防护门及缝隙外表面 30cm 处、工作人员操作位、管线口处及通风口处、顶棚上方距顶棚地面 100cm 处、机房地面下方距楼下地面 170cm 处	每月自检一次，每年由有资质的单位监测一次
	周围环境巡检	对放射性工作场所周围进行巡测	每月自检一次
安全联锁、警示标志	对各放射性工作场所的警示标志、声光报警、监视器、对讲机、紧急按钮等运行功能的检验		每月自检一次
个人剂量	辐射工作人员个人剂量监测		有资质的单位每三个月监测一次

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）、《放射性核素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，医院已制定《辐射事故应急预案》，本项目运行后，医院应对现有的《辐射事故应急预案》进行修订，将本项目可能发生的辐射事故纳入应急预案，修订后的辐射事故应急预案应符合《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）的应急管理要求。

一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急小组上报当地生态环境部门及省级生态环境

境部门，同时上报公安部门，造成或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，并及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

本项目环评要求项目正式运行后，还应做好以下工作：

（1）医院每年应组织人员进行应急演练，并记录；

（2）根据国家最新法律法规，结合医院实际情况，及时对应急预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

12.5 环保投资一览表

本项目总投资1000万元，主要用于医疗设备购置和辐射防护屏蔽和设施，其中安排用于环保方面的投资为50万元，占项目总投资的5%。本项目环保投资估算详见表12.5-1。

表 12.5-1 本项目环保投资概算一览表

项目	环保及安全防护措施名称	内容	投资额
辐射安全管理机构	设立辐射安全管理机构	已成立防护安全管理小组，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作	/
辐射安全防护措施和环保治理措施	屏蔽措施	DSA 等工作用房屏蔽	32
	安全措施	连锁装置、监控设施、警示标志、工作指示灯	3
	防护用品	配置铅围裙、铅围脖、铅帽等；配置铅防护帘、铅防护屏风等，性腺防护用品等、铅防护衣等	2
	废气治理	机房设置动力排风装置，保持良好通风	1
	固废治理	医疗固废暂存场所、一般固废暂存场所	/
	辐射监测仪器	X-γ 辐射监测仪	2
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	辐射工作人员均应参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，并在通过考核后方可从事相关工作	1
	个人剂量监测和职业健康监护	辐射工作人员应定期健康检查，定期进行个人剂量监测，医院建立个人职业健康监护档案盒个人剂量档案	2
辐射安全管理制度		结合项目实际情况，制定和完善操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记、台账管理制度、监测方案和辐射事故应急措施	/
环境影响评价及竣工环保验收			7

12.6 项目环境保护验收内容建议

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工

环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准,组织对配套建设的环境保护设施进行验收,编制验收报告,验收报告分为验收监测(调查)报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况,编制验收监测(调查)报告。建设单位不具备编制验收监测(调查)报告能力的,可以委托有能力的技术机构编制。验收监测(调查)报告编制完成后,建设单位应当根据验收监测(调查)报告结论,逐一检查是否存在验收不合格的情形,提出验收意见。存在问题的,建设单位应当进行整改,整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性,在提出验收意见的过程中,建设单位可以组织成立验收工作组,采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式,协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告书(表)编制机构、验收监测(调查)报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成,代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过3个月;需要对环境保护设施进行调试或者整改的,验收期限最长不超过12个月。

本项目环境保护验收内容列表 12.6-1。

表 12.6-1 项目竣工环境保护验收内容一览表

序号	验收内容	验收要求	要求
1	环保文件	项目建设的环评影响评价文件、环评批复、有资质单位出具验收监测报告。	齐全
2	环境管理制度、应急措施	成立专门的辐射领导机构,制定相应的规章制度和事故应急预案,具有可操作性,有相应的操作规程。	有专门的辐射领导机构,制定并落实各项制
3	辐射工作人员管理	1、医院应每季度对工作人员进行个人剂量监测,每2年进行放射人员健康体检并将资料存档管理。 2、辐射工作人员全部通过辐射安全与防护考核。	人员按要求配备到位,并具备相关的技术能力
4	防护用品	防护监测设备和防护用品按报告表中要求落实。	防护用品及设备可正常使用
5	辐射屏蔽设计及安全防护措施	1、DSA机房最小使用面积、最小单边长度满足相关标准要求。 2、DSA机房门外张贴醒目电离辐射警示标志,安装工作状态指示灯,并实行门灯联动。 3、各机房屏蔽防护均按环评报告表的要求落实到位。 4、DSA机房门满足闭门 5、各类制度上墙。 6、机房内不得堆放无关杂物,保持良好的通风。	机房各联动、指示灯正常运行、机房建设符合要求
6	辐射监测	1、制定监测计划,每年委托有资质的单位对放射工作场所进行辐射防护检测,并建立辐射监测档案。 2、医院配备相应的1台X-γ剂量率仪,每年委托有资质单位进行校准,并定期对机房周围辐射环境进行监测。	定期监测,档案完整

7	剂量当量率	DSA 设备运行时（透视状态下），DSA 机房周围（含墙外 30cm 处、防护门 30cm 处、观察窗 30cm 处、楼上 100cm 处、楼下距地面 170cm 处）的剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。	防护屏蔽效果良好
8	剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环评报告建议，公众照射剂量约束值执行 0.1mSv/a、职业照射剂量约束值执行 5mSv/a。	公众、职业人员剂量满足要求
9	废气	机房内设置动力通风装置，保持机房内通风良好。	通风装置运行良好

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

医院拟将 2 号住院楼（地上共 7 层，地下 1 层）一层原住院检查室改建为 DSA 机房，体检中心部分区改建为操作间等相关辅助用房，DSA 手术室内拟配备 1 台 Optima IGS venus 型数字减影血管造影设备（DSA），用于介入诊断及辅助治疗。

13.1.2 实践正当性

本项目的建设对于改善医院医疗设施条件，促进医院整体医疗水平的提高具有积极的意义，符合《放射诊断放射防护要求》（GB130-2020）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践正当性”的要求。

13.1.3 产业政策相符性与代价利益分析

根据《产业结构调整指导目录(2024 年本)，建设单位属于医疗机构，本项目为利用 DSA 开展医学诊断和介入治疗，属于：“一、鼓励类 十三、医药 4、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”之规定，本项目属于“介入设备的应用”类项目，属于鼓励类，符合国家产业政策。

13.1.4 选址合理性分析

杨陵康复医院位于陕西省咸阳市杨陵示范区公园路 3 号，本项目位于院内 2 号住院楼综一层。本项目 DSA 机房东侧最近距离约 5m 处为中国人民银行（杨陵支行）家属楼（评价范围涉及卫生院小区、原杨陵区人民法院居民楼（现空置）、华恒商务酒店等），为环境敏感目标，其他方位 50m 范围内为医院内建筑或周边道路。评价范围内不涉及国家级生态保护红线与生态空间管控区域及“国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区”等环境敏感区，项目选址合理。

本项目 DSA 设有单独机房，机房与控制室和设备间分开布置，机房满足拟使用设备的布局要求。有用线束不直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。DSA 机房有效使用面积、最小单边长度满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，

项目布局合理。

医院拟将 DSA 机房作为控制区，在各防护门显著处设置电离辐射警告标志及中文警示说明，采用联锁、门锁等方式防止非辐射工作人员误入；将与机房相邻的控制室、设备间、谈话间、无菌室及、缓冲区、设备间等区域作为监督区，在监督区的所有入口处设立表明监督区的标牌，限制无关人员进入，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的分区要求。

13.1.5 环境影响评价

（1）辐射环境质量现状评价结论

本项目拟建机房周围的 X- γ 辐射剂量率在 97nGy/h~121nGy/h 之间。根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年），咸阳市原野 γ 辐射剂量率范围为 48~68nGy/h，道路 γ 辐射剂量率范围为 32~68nGy/h，室内 γ 辐射剂量率范围为 87~123nGy/h，该项目环境放射性水平属天然辐射本底水平，未出现异常。

（2）辐射环境影响评价结论

按照设计单位给出的屏蔽设计方案，通过对拟建核技术利用项目的预测分析，本次评价项目在正常运行后，辐射工作人员和公众最大年附加有效剂量均满足根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）而设定的本项目的剂量管理约束值：辐射工作人员的年有效剂量不超过 5mSv，公众的年有效剂量不超过 0.1mSv。

13.1.6 辐射安全管理

医院已按照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29 号）要求，设置了辐射安全防护领导小组，制定了各项辐射安全管理规章制度。针对本项目，医院应制定相应的操作规范、岗位职责，及时更新完善辐射事故应急预案、并将本项目纳入现有辐射安全管理培训制度、监测制度等。在完善环评相关要求前提下，具备相应的辐射安全管理能力。

13.1.7 环保可行性结论

综上所述，医院在落实本报告提出的各项污染防治措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

根据项目情况本评价提出以下建议：

（1）加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施自觉性，杜绝放射性事故的发生。

（2）继续做好辐射防护工作档案，对辐射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康查体以及辐射防护检测等资料要分类保管并长期保存，严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，医院承诺：

（1）建立健全辐射防护管理制度的相关要求，完善操作规程。

（2）配备足够数量的防护用品，加强对辐射工作人员的防护。

（3）加强对辐射工作人员的管理，要求辐射工作人员正确佩戴个人剂量计，定期开展辐射防护教育。

（4）落实辐射防护设施定期检查制度，如检查机房工作状态指示灯、电离辐射警告标志等。

（5）在取得本次环评报告批复文件后，按要求做好工作场所的防护，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》。

（6）项目建成后，医院按照相关要求开展自主环保验收工作。

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