

目录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	12
表 3	非密封放射性物质	13
表 4	射线装置	14
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	15
表 6	评价依据	16
表 7	保护目标与评价标准	18
表 8	环境质量和辐射现状	24
表 9	项目工程分析与源项	27
表 10	辐射安全与防护	32
表 11	环境影响分析	35
表 12	辐射安全管理	61
表 13	结论与建议	69
表 14	审批	71
附件		
附件 1：委托书		
附件 2：本底环境检测报告		

表 1 项目基本情况

建设项目名称		西安三博脑科医院有限公司 DSA 核技术利用项目			
建设单位		西安三博脑科医院有限公司			
法人代表	马胜琦	联系人	杨维光	联系电话	██████████
注册地址		陕西省西安市莲湖区土门坊开远半岛 5 号楼 28 层 14 室			
项目建设地点		陕西省西安市莲湖区丰镐东路 258 号西安三博脑科医院手术楼 1 层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	600	项目环保投资 (万元)	20	投资比例 (环保投资/总投资)	3.33%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	50.33
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>西安三博脑科医院成立于 2021 年，隶属于三博医院管理集团，以“发展神经科学事业”为使命，践行博医、博教、博研的办院理念，秉承技术、服务、品质的服务信条，创新管理模式。医院位于西安市莲湖区丰镐东路 258 号，占地面积 12234m²，总建筑面积 15649m²，设置病床 300 张，内设科室包括门诊科、神经内科、神经外科、精神心理科、麻醉科、康复医学科、药剂科、医学检验科、医学影像科、手术室、病理科、输血科、消毒供应室、病案管理科、营养科等，承担着周边居民的医疗保健、职业病防治、健康体检工作。</p>					
1.2 核技术应用的目的是任务的由来					
<p>为满足人民群众对医疗卫生保健的需求，更好的提高医疗卫生服务质量，西安三博脑科医院拟在手术楼 1 层复合手术室内安装 1 台 DSA，以开展介入诊疗工作。</p>					
<p>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</p>					

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：西安三博脑科医院有限公司 DSA 核技术利用项目

建设单位：西安三博脑科医院有限公司

建设地点：西安三博脑科医院手术楼 1 层

建设规模：建设一间 DSA 介入手术室及其相应的辅助用房，新购置并安装 1 台医用血管造影 X 射线机（DSA）

项目性质：新建

1.3.2 本次环评建设内容及规模

西安三博脑科医院拟在手术楼 1 层建设一间 DSA 介入手术室及其相应的辅助用房，新购置并安装一台医用血管造影 X 射线机（DSA）。本项目医用血管造影 X 射线机最大管电压 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。

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 介入手术室	DSA 机房面积	48.72m ² (净尺寸：长×宽×高=8.7m×5.6m×3.0m)	新建
		最小单边长度	5.6m	
		四周墙体	3mmPb 硫酸钡板	
		顶部	100mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡板	
		底部	地面以下无地下建筑，不做防护	
		患者进出门	4mmPb 电动推拉铅防护门	
		医护进出门	4mmPb 手动平开铅防护门	
		污物进出门	4mmPb 手动平开铅防护门	
	观察窗	4mmPb 铅玻璃		
辅助工程	控制室	位于手术室西侧，建筑面积约 6.7m ²		新建
	设备间	位于手术室西侧，建筑面积约 8.9m ²		新建
	无菌器械间	位于手术室西南侧，建筑面积 13.3m ²		新建
	库房	位于控制室西侧，建筑面积约 1.9m ²		新建
	换床间	位于库房西侧，建筑面积约 14.5m ²		新建
	麻醉苏醒间	位于办公室西侧，建筑面积约 24.7m ²		新建
公用	给水工程	依托医院给水管网，供工作人员生活用		依托

工程	排水工程	医疗废水接入院内主排水管网	新建
	配供电工程	用电来源于市政供电，依托医院配电	
	通风工程	介入手术室排风风量约为 300m ³ /h，每小时通风次数为 2 次，可保持良好通风。	
环保工程	废气	本项目 DSA 介入手术室采用强制动力通风系统进行通风换气，废气经排风管道引至手术室北侧排出室外。	新建
	废水	医护人员及患者生活污水经院区化粪池和一体化污水处理装置处理后达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的预处理标准及《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）B 级标准排往市政污水管网。	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、硫酸钡板及铅玻璃、铅门进行防护。	新建

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	待定	待定	最大管电压 125kV 最大管电流 1000mA	II 类	西安三博脑科医院手术楼 1 层 DSA 介入手术室

1.3.4 劳动定员及工作负荷

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。本项目辐射工作人员确定后不兼职操作其它射线装置。环评要求 6 名辐射工作人员均应参加医用 X 射线诊断与介入放射学专业的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并配备个人剂量计。医生和护士均配备双个人剂量计（铅衣内和铅衣外）。

根据医院提供的资料，本项目介入科 DSA 手术室每周最多进行 24 台手术，年工作 50 周，则 DSA 每年最多进行 1200 台手术。每台手术平均曝光时间取 13min（透视时间 12min、摄影时间 1min），则 DSA 年曝光时间约为 260h，包括透视时间约 240h（医护人员在手术室内）及摄影时间约 20h。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	1200 台	12min（透视）+1min（摄影）	240h（透视）+20h（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

西安三博脑科医院位于陕西省西安市莲湖区丰镐东路 258 号，北侧紧邻丰镐东路 254 号院，隔居德二巷为喜来登大酒店；西侧为兰州空军太空花园小区，南侧为丰镐东路 26 号院，东侧为兰州空军企业局家属院。项目地理位置见图 1-1，医院四邻关系见图 1-2。

1.4.2 项目所在楼周边环境关系

本项目 DSA 介入手术室位于手术楼 1 层。手术楼北侧为住院楼，南侧为丰镐东路 26 号院，东侧为兰州空军企业局家属院，西侧隔院内道路为高压氧舱。医院平面布置及本项目评价范围示意图见图 1-3。

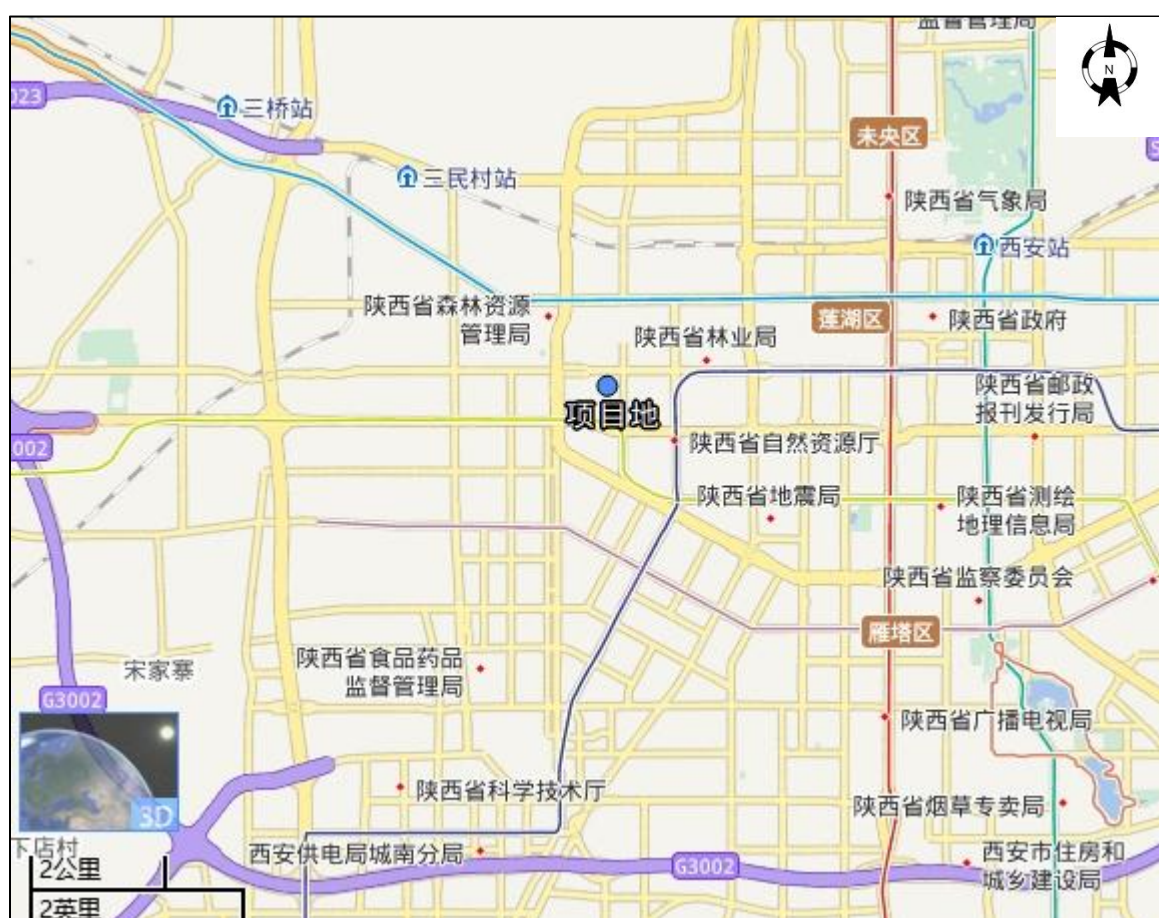


图 1-1 医院地理位置图



图 1-2 医院四邻关系图

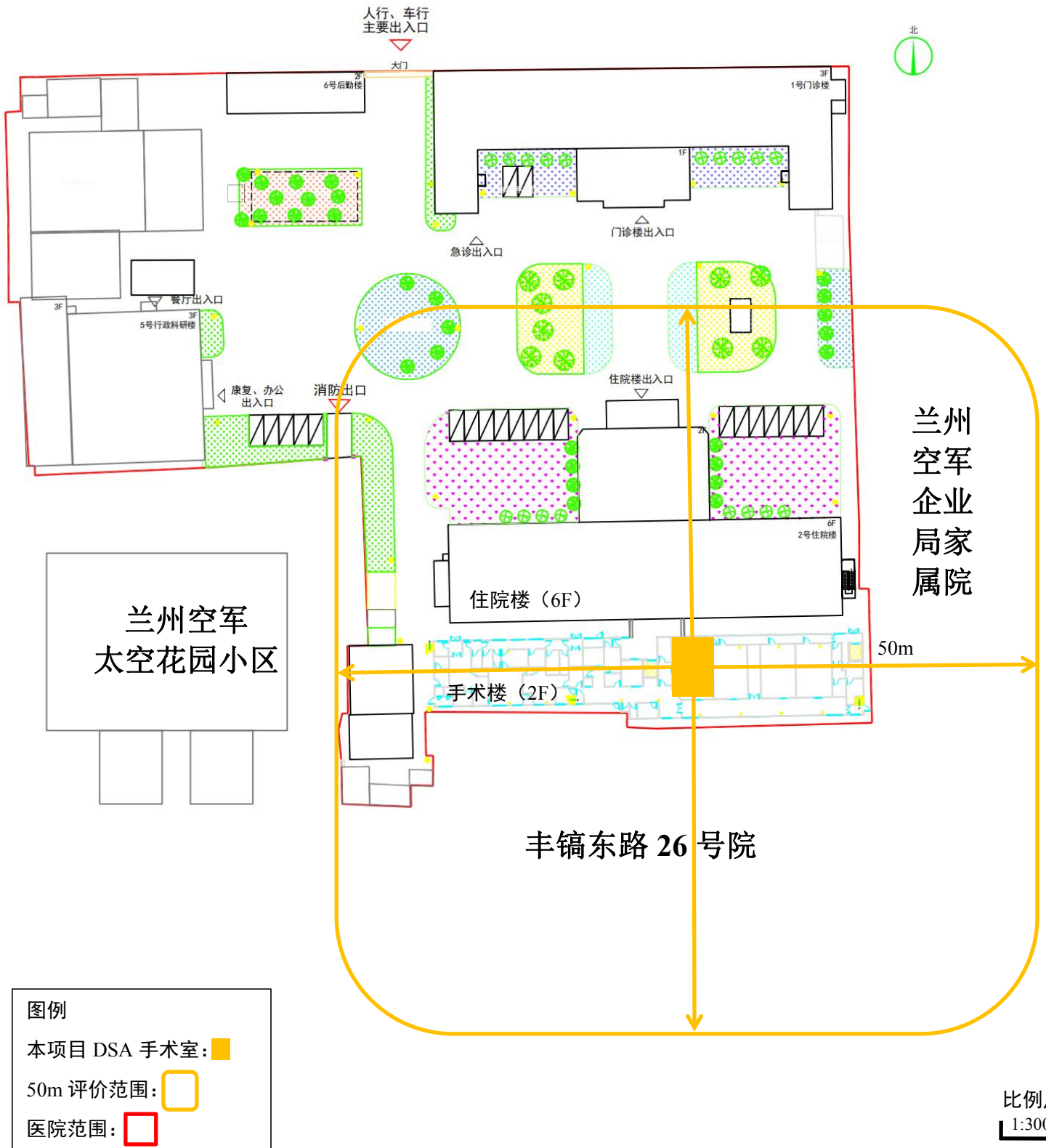


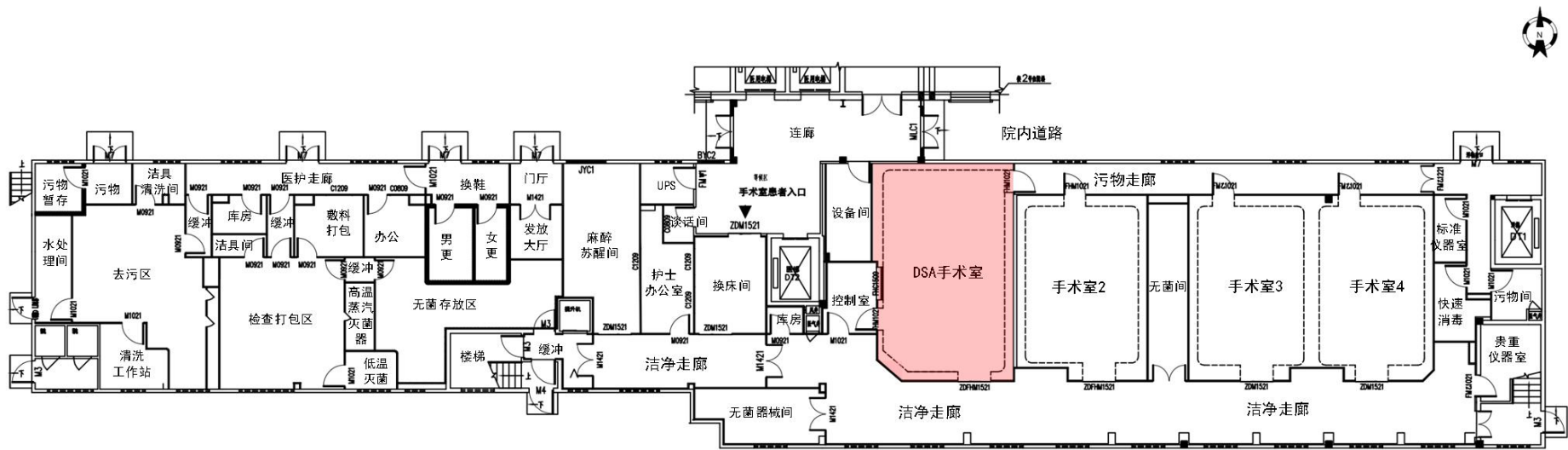
图 1-3 医院平面布置及本项目评价范围示意图

1.4.3 DSA 介入手术室周边环境关系

本项目 DSA 介入手术室位于手术楼 1 层。DSA 介入手术室东侧为手术室 2 和污物走廊，西侧为控制室和设备间，北侧为院内道路，南侧为洁净走廊，楼上为换鞋、男更衣室、女更衣室，楼下无建筑、为实土层。项目所在 DSA 介入手术室平面布置图见图 1-4。设备所在手术楼 1 层平面布置图见图 1-5，手术楼 2 层平面布置图见图 1-6。



图 1-4 项目所在 DSA 介入手术室平面布置图



丰镐东路26号院

图例
本项目DSA手术室：■

图 1-5 手术楼 1 层平面布置图

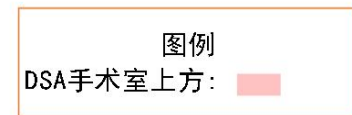
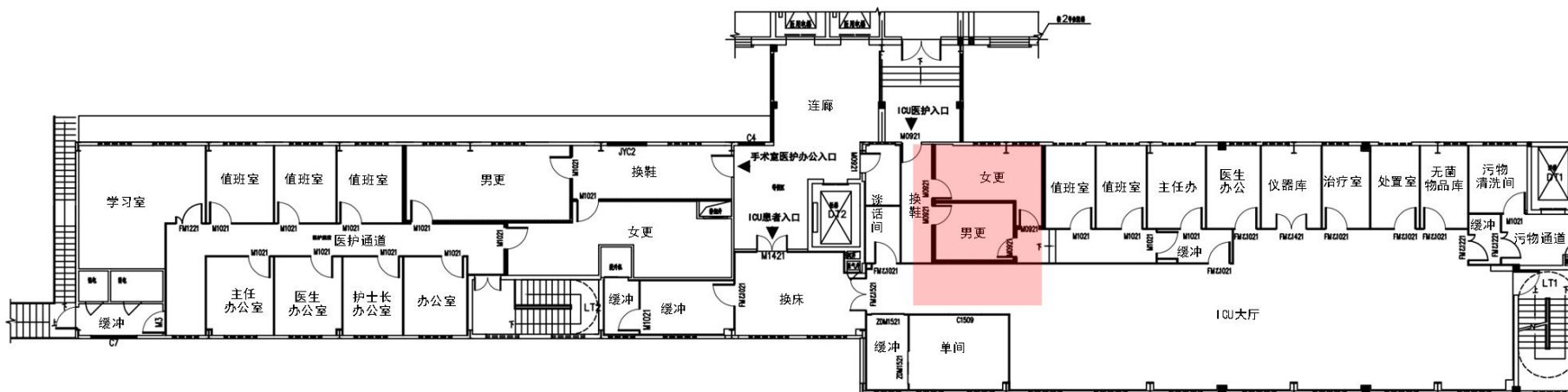


图 1-6 手术楼 2 层平面布置图

1.5 选址合理性分析

本项目位于西安三博脑科医院手术楼 1 层 DSA 手术室，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，且 DSA 机房相邻区域无儿科、妇产科等敏感人群。根据设备工作特点，有用线束不直接照射防护门，DSA 手术室各屏蔽体及防护门在采取本次环评提出的屏蔽措施后能有效降低射线的强度，减少对机房周边公众的影响。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，在射线装置运行时，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 医院现有核技术利用项目回顾

1.6.1 现有核技术利用项目情况

2023 年 3 月，西安三博脑科医院有限公司委托西安桐梓环保科技有限公司编制了《西安三博脑科医院建设项目环境影响报告表》，并于 2023 年 9 月 7 日取得了《西安市生态环境局莲湖分局关于西安三博脑科医院建设项目环境影响报告表的批复》（市环莲批复（2023）4 号）。目前西安三博脑科医院正在进行室内装修及部分设备设施安装，未开展竣工环保验收。

本医院为新建医院，目前尚未开展过相关核技术利用项目。

1.6.2 辐射安全与管理现状

本医院为新建医院，尚未申请过辐射安全许可证，目前未建立辐射安全管理体系。

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。项目运营以后，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）的使用在满足环评提出的辐射安全防护措施的前提下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）从事介入诊疗工作，根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本）鼓励类中“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”，本项目属于上述“高性能医学影像设备的应用”，为鼓励类。

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 (MV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
	以下空白									

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	医用血管造影 X 射线机	II 类	1 台	待定	125	1000	介入诊疗	西安三博脑科医院 手术楼 1 层	拟购
	以下空白								

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
	以下空白												

表 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 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），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）； 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）； 8、《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）； 9、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）。
<p>其他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、西安三博脑科医院有限公司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，项目评价范围图见图 1-3。

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	保护目标	控制目标
职业人员	DSA 介入手术室	介入手术医护人员	0.8	4 人	年有效剂量	不大于 5mSv/a
	控制室 (DSA 介入手术室西侧)	设备操作人员	3.5	2 人		
公众	北侧住院楼	其他医护人员及患者	7~50	约 200 人		不大于 0.1mSv/a
	北侧院内道路	流动人员	4.1	流动人员		
	东侧手术室	其他医护人员及患者	3.7	约 15 人		
	东侧无菌间	工作人员	9.4	约 2 人		
	东侧污物间	工作人员	26	约 2 人		
	东侧标本仪器室	工作人员	24	约 2 人		
	东侧贵重仪器室	工作人员	28	约 2 人		
	东侧消毒间	工作人员	25	约 2 人		
	东侧污物走廊	工作人员	4.2	约 2 人		
东侧兰州空军企业局家属院	居民	30~50	约 40 人			

南侧洁净走廊	其他医护人员 及患者	6.7	流动人员
南侧丰镐东路 26 号院	居民	15~50	约 40 人
西南侧无菌器械间	工作人员	9.6	流动人员
西侧设备间	工作人员	3.5	流动人员
西侧库房	工作人员	8.4	流动人员
西侧换床间	其他医护人员 及患者	10	流动人员
西侧护士办公室	工作人员	13	约 5 人
西侧谈话间	洽谈医护人员 及患者	12	约 2 人
西侧麻醉苏醒间	其他医护人员 及患者	16	流动人员
西侧发放大厅	工作人员	18	流动人员
西侧无菌存放区	工作人员	18	流动人员
西侧男更衣室	工作人员	20	流动人员
西侧女更衣室	工作人员	22	流动人员
西侧办公室	工作人员	25	约 5 人
西侧敷料打包区	工作人员	26	约 2 人
西侧检查打包区	工作人员	28	约 2 人
西侧洁具间	工作人员	31	流动人员
西侧洁具清洗间	工作人员	35	流动人员
西侧去污区	工作人员	35	约 2 人
西侧清洗工作站	工作人员	37	约 2 人
西侧水处理间	工作人员	40	约 2 人
西侧污物间	工作人员	40	约 2 人
西侧高压氧舱	工作人员	43	流动人员
西侧兰州空军太空花园小区道路	居民	50	流动人员
二层男更衣室、女更衣室、走廊	工作人员	4.3	流动人员
评价范围内其他区域的流动人员	其他医护人员 及患者	/	流动人员

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值和剂量约束值

1、剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关要求：

“标准附录 B 剂量限值和表面污染控制水平

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；

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 2 的规定。

表 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 射线设备 ^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 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 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 μ 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 μ 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 机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 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 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

环境质量和辐射现状

本项目位于西安三博脑科医院手术楼 1 层，为了解本项目的辐射环境质量现状，委托检测单位对项目所在地进行了环境地表 γ 辐射剂量率背景值监测。监测时间为 2024 年 5 月 20 日，监测报告见附件 2。

- (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

监测 仪器	仪器名称	仪器型号	仪器编号
	多功能射线检测仪	BG9512P/BG7030	XATZ-YQ-002
	测量范围	检定单位	检定证书编号及有效期
	0.01 μ Gy/h~ 30mGy/h	上海市计量测试技术研 究院华东国家计量测试 中心	检定证书编号： 2024H21-20-5254951001 有效期：2024 年 05 月 15 日~2025 年 05 月 14 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）、《环境监测用X、 γ 辐射测量仪 第一部分剂量率仪型》（EJ/T 984-95）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计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	监测点位描述	γ 辐射剂量率（ μ Gy/h）	备注
		环境本底	
1	项目拟建地	0.104	室内
2	项目拟建地东侧	0.101	
3	项目拟建地南侧	0.106	
4	项目拟建地西侧	0.103	

5	项目拟建地北侧	0.102	室外
6	项目拟建地楼上	0.104	
7	手术楼北侧室外道路	0.094	
8	手术楼东侧兰州空军企业局家属院	0.091	
9	手术楼南侧丰镐东路 26 号院	0.094	
10	手术楼西侧兰州空军太空花园小区	0.094	

以上所列监测结果均为经校准后的 γ 辐射剂量率值，所测地室内 γ 辐射剂量率为 0.101~0.106 $\mu\text{Gy/h}$ （已扣除宇宙射线），室外道路 γ 辐射剂量率为 0.091~0.094 $\mu\text{Gy/h}$ （已扣除宇宙射线）。

对照《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社），西安市道路 γ 辐射剂量率为 52~121nGy/h，室内 γ 辐射剂量率为 79~130nGy/h。经对比，本工程拟建场所辐射环境现状监测结果属于天然辐射环境本底波动水平。

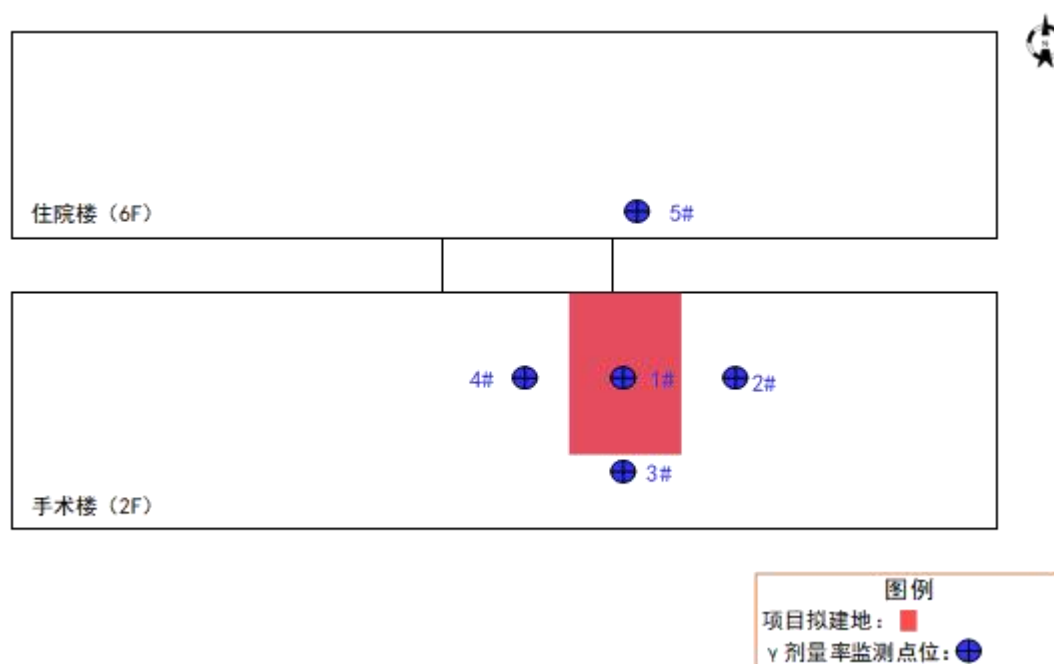


图 8-1 监测点位示意图（手术楼 1 层）

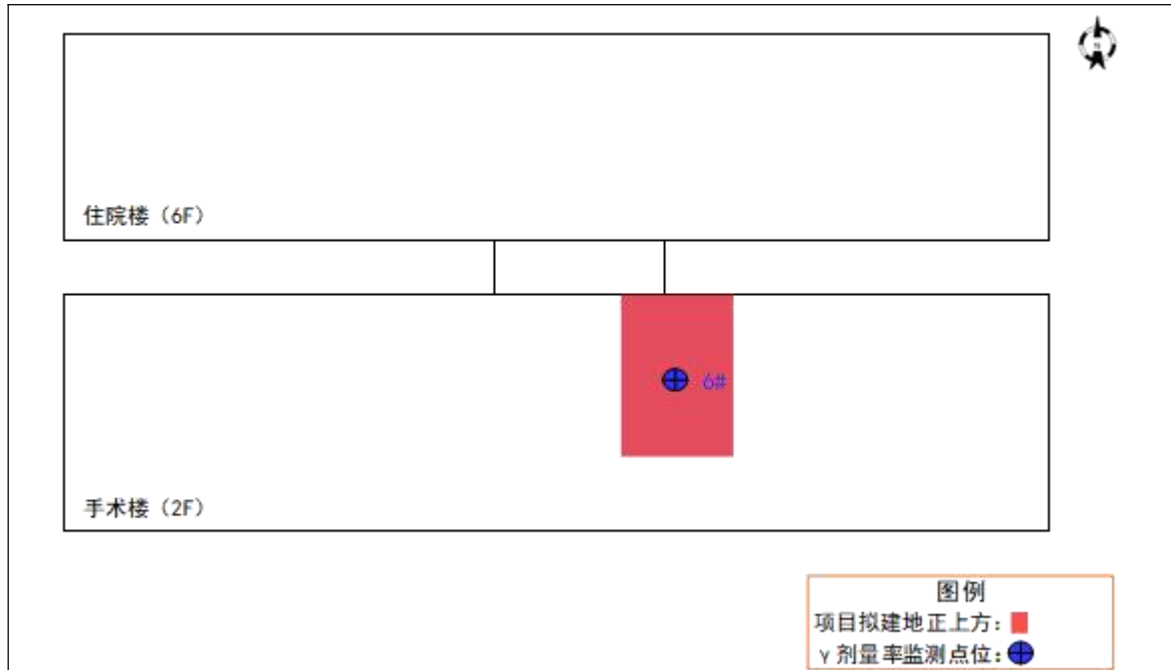


图 8-2 监测点位示意图（手术楼 2 层）



图 8-3 监测点位示意图（室外道路）

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）因整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，医用血管造影 X 射线机（DSA）由 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、防护屏及防护铅窗帘等构成。

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。

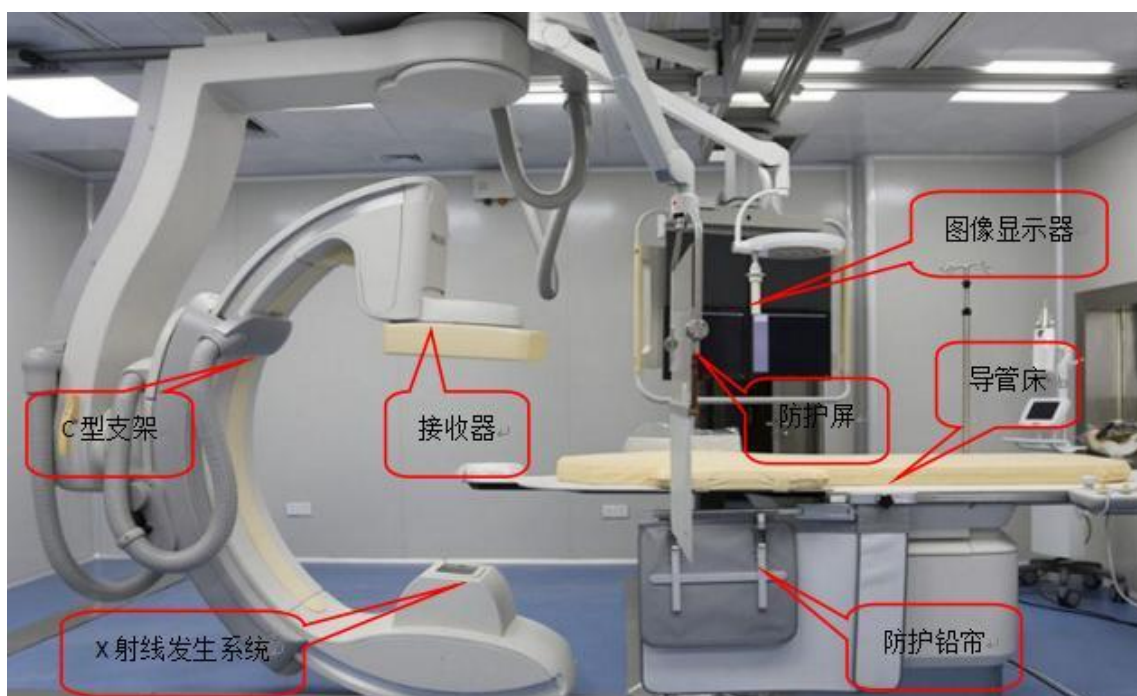


图 9-1 典型数字减影血管造影机外观图

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、钽等）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 射线管结构图见图 9-2。

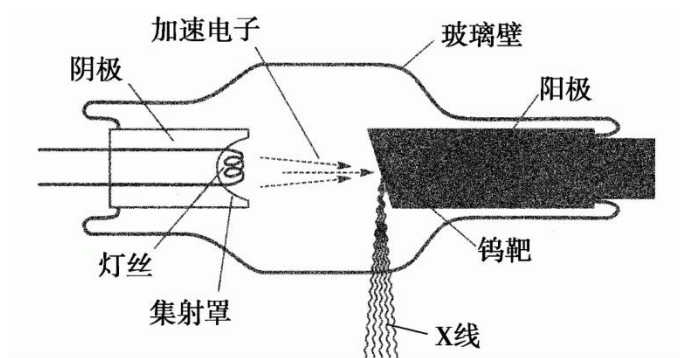


图 9-2 典型 X 射线管结构图

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。两次数字相减，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。

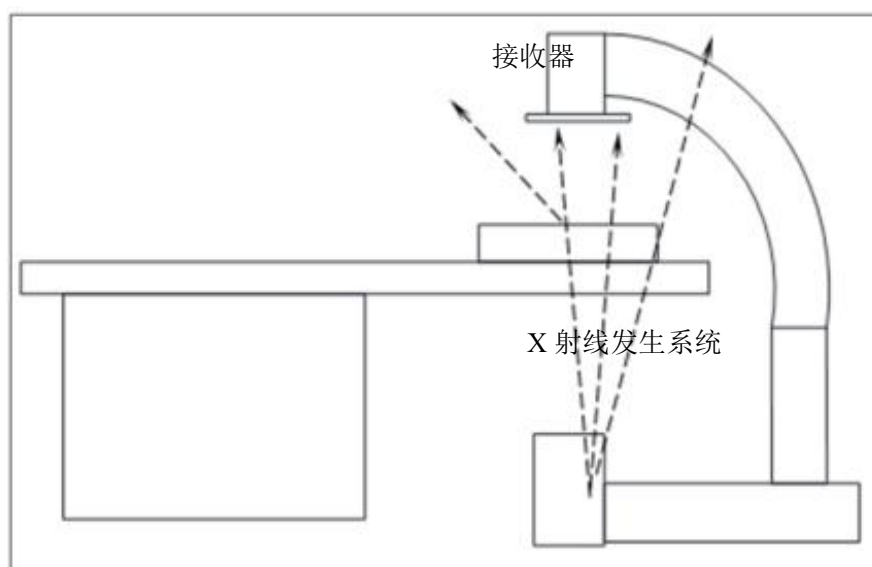


图 9-3 医用血管造影 X 射线机 (DSA) 工作示意图

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/铅防护吊帘、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）诊治流程及产污环节如图 9-4 所示：

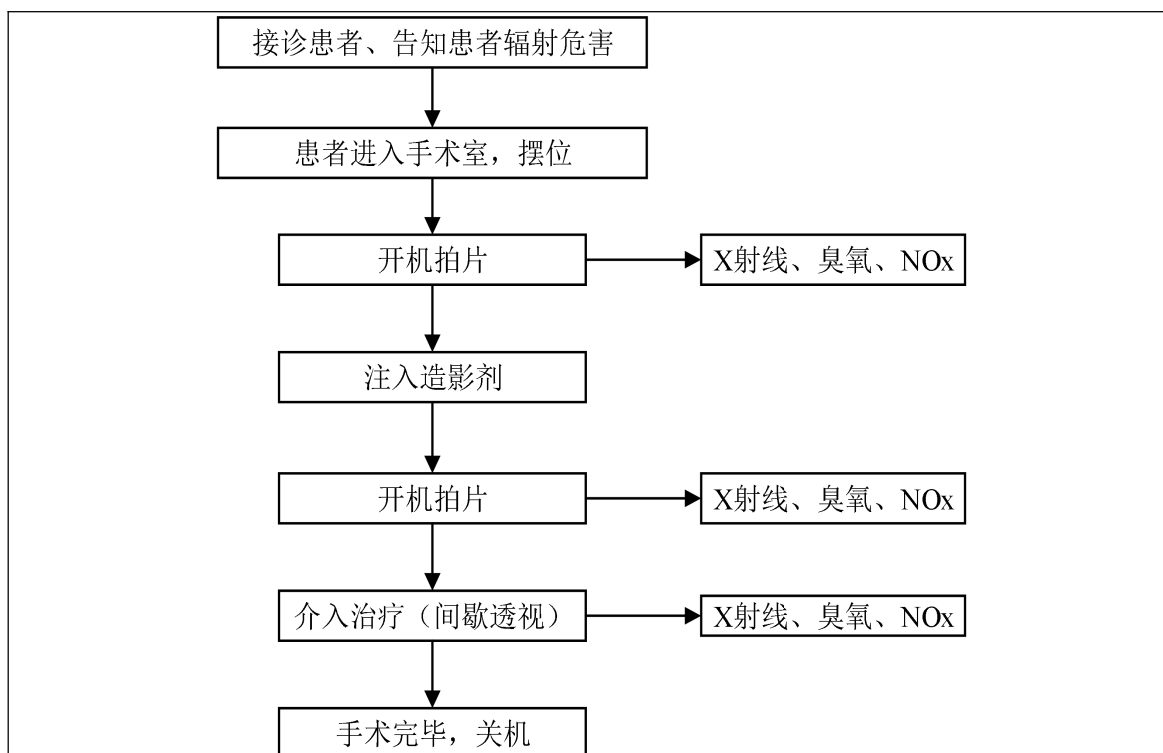


图 9-4 DSA 诊疗流程及产污环节示意图

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

运行期间项目医用血管造影 X 射线机发出的 X 射线与空气作用可以使气体分子或原子电离、激发产生 O₃ 和 NO_x 等废气；本项目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。本项目运行期间不产生废胶片，仅在介入手术中产生医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物。

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。

9.2.3 事故工况下污染途径

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。

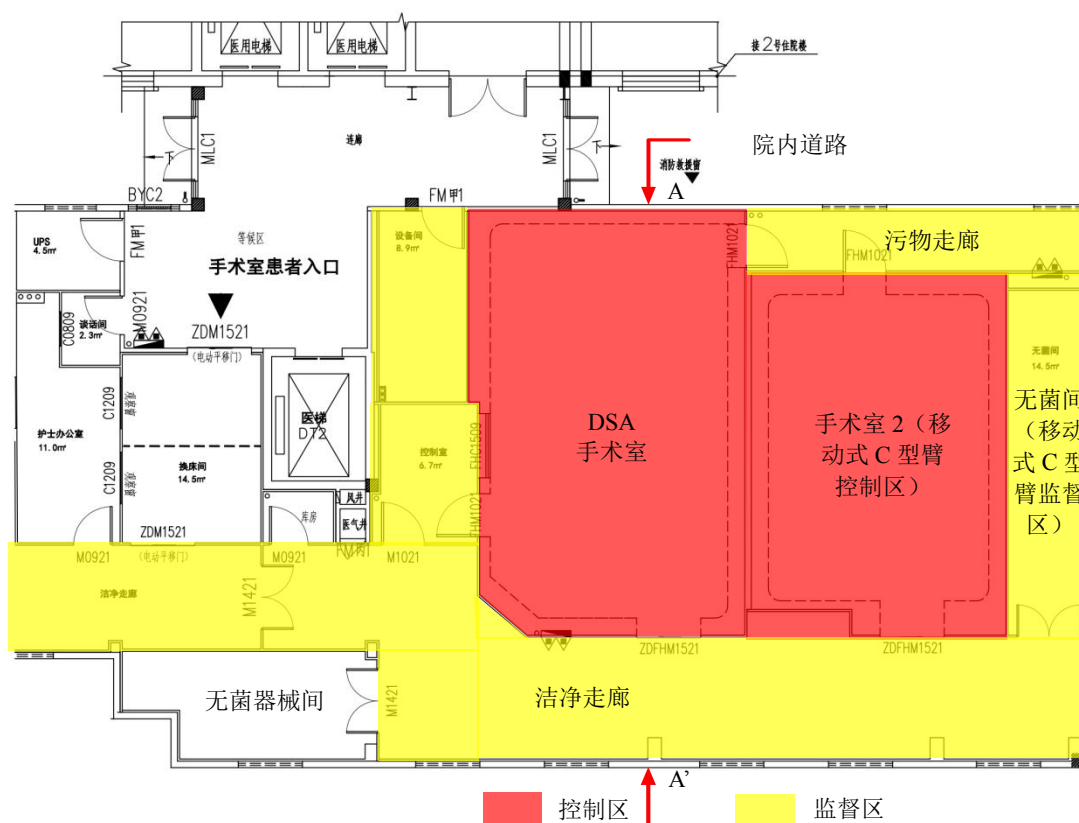
表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射安全设施

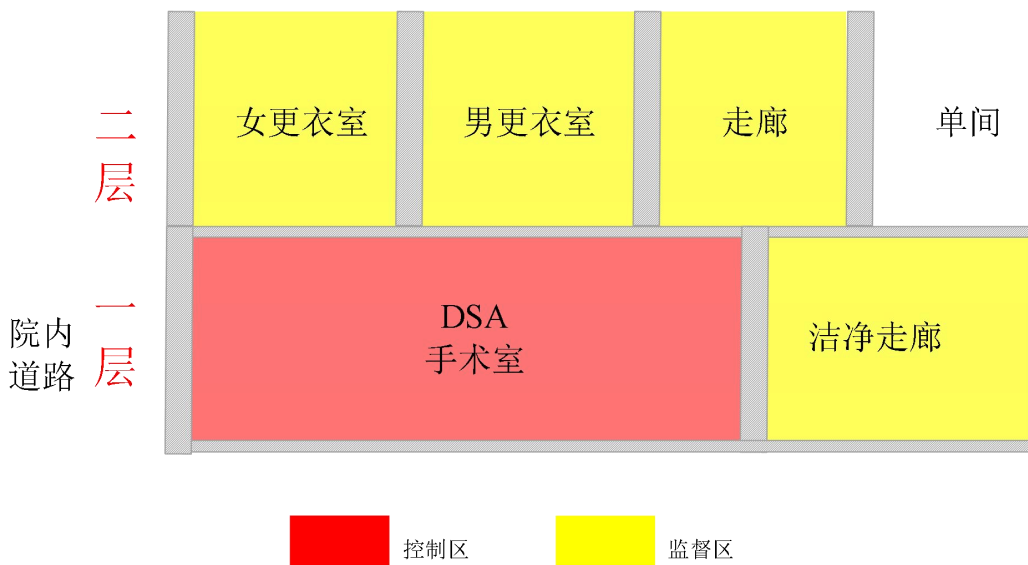
10.1.1 辐射工作场所分区

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。

本项目拟将工作场所划分控制区和监督区。辐射工作场所分区见图 10-1，具体划分见表 10-1。



a 平面图



b 剖面图

图 10-1 项目分区布置图

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	将 DSA 介入手术室东侧相邻区域（污物走廊）、南侧相邻区域（洁净走廊）、西侧相邻区域（控制室、设备间）、楼上相邻区域（女更衣室、男更衣室和走廊）划分为监督区。由于北侧相邻区域（院内道路）为室外区域人员流动无法避免，且周围剂量当量率远低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，因此不划分为监督区。

根据上述分区，医院需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：控制室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和安全措施，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。

(4) 在监督区边界张贴警示告知标语，因本项目西侧为控制室及设备间，南侧为洁净走廊，北侧为院内道路人员流动无法避免，因此采取在洁净走廊张贴电离辐射危害告知温馨提示牌，并在患者进出防护门上方安装醒目的工作状态指示灯，

警示无关人员远离该区域。

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、污物路线图见图 10-2。

（1）医护人员：医护人员在二层更衣室更换好工作服，经专用楼梯到一层，通过洁净走廊，刷手完成后操作人员进入控制室，医生和护士从医护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：病人经换床间进入患者通道，由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专用医疗废物桶收集后，在手术结束后由专人负责转移至手术楼东侧的污物间暂存，下班后转移至医院医疗废物暂存间。

本项目介入诊疗室拟设置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。

手术楼1层

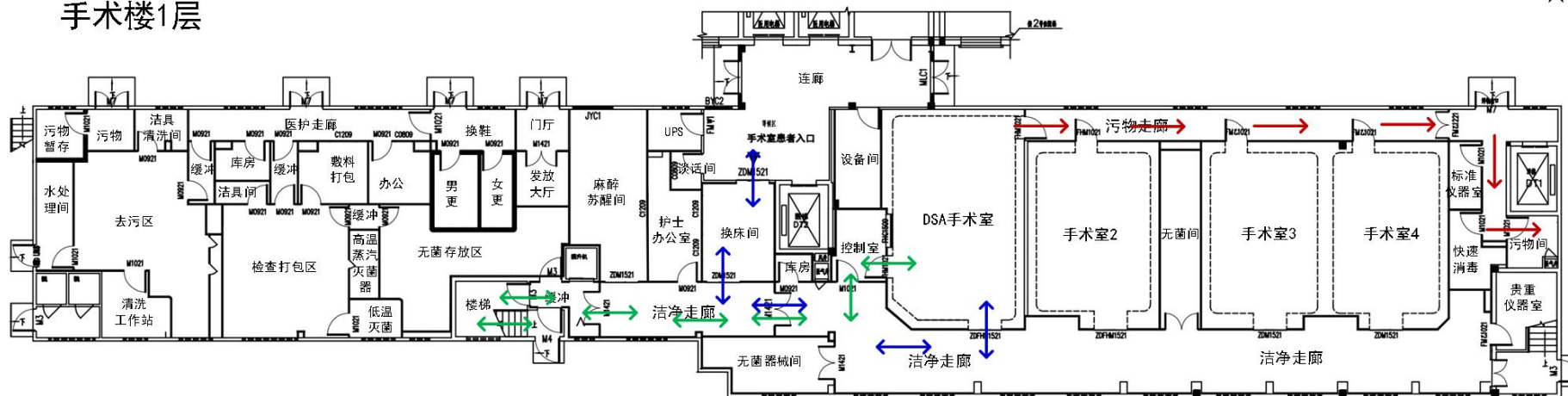
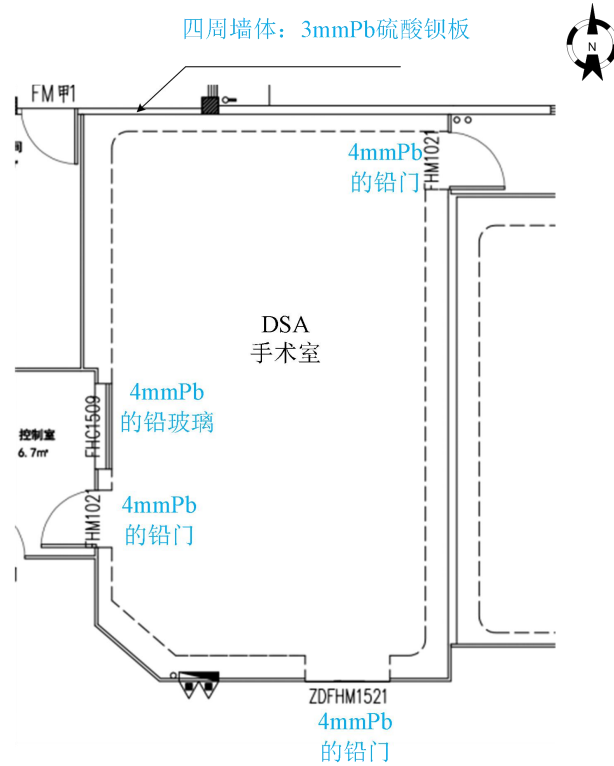


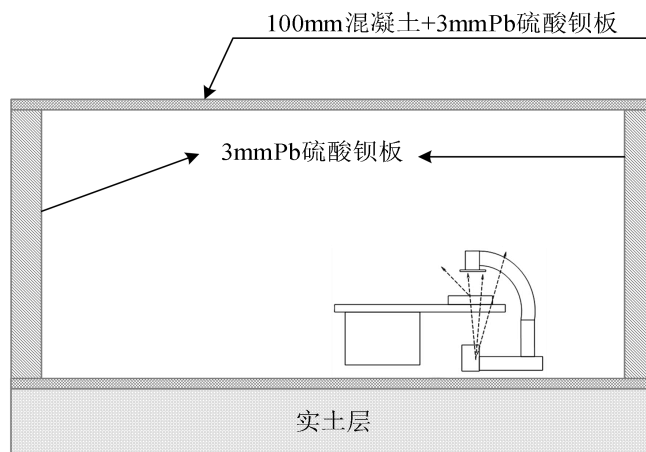
图 10-2 医护、患者、污物路线图

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 手术室各面采取实体屏蔽，屏蔽厚度见表 10-2。屏蔽设计见图 10-3。



a.平面图



b.剖面图

图 10-3 屏蔽设计图

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:

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

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。

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

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（砖和水泥钡砂层）等效铅当量厚度折算见下表 10-2:

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	100	2.35	1.1

(3) DSA 介入手术室各面采取实体屏蔽, 实体屏蔽的防护设计单位为北京航天震宇医疗科技有限公司, 通过后文表 11-4 核算, 该屏蔽体外各关注点剂量率均满足《放射诊断放射防护要求》(GB130-2020) 标准要求。设计的屏蔽措施见表 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	屏蔽防护具体参数	折算过程	总铅当量	标准要求	评价
四周墙体	采用 3mmPb 硫酸钡板	3mmPb 硫酸钡板	3mmPb	2.0mmPb	符合
顶部	采用 100mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡板	100mm 混凝土等效于 1.1mm 铅当量+3mmPb 硫酸钡板	4.1mmPb	2.0mmPb	符合
患者进出防护门	4mmPb 电动推拉门	4mmPb 电动推拉门	4mmPb	2.0mmPb	符合
医护进出防护门	4mmPb 手动平开门	4mmPb 手动平开门	4mmPb	2.0mmPb	符合
污物进出防护门	4mmPb 手动平开门	4mmPb 手动平开门	4mmPb	2.0mmPb	符合
观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	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 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, 介入手术室内空间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)	5.6	48.72	≥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 0.5mmPb。

③应急开关：DSA 设备上及控制台上各设置一个急停开关，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、医护进出防护门、污物进出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 10-4 所示。



图 10-4 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电动推拉门，医护进出防护门和污物通道防护门设计为手动平开门。

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，电动推拉门应设置防夹装置，工作状态指示灯能与机房门有效关联。

(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) 通排风

本项目 DSA 介入手术室采用强制动力通风系统进行通风换气，介入手术室设有 1 个送风口，8 个回风口，回风口用于回风，室内负荷一定时，需要给室内送的冷风量是一定的。在夏季，室内风相对于新风来说温度一般较低，所以利用回风道回一些风进空调箱与少量新风混合后，制成冷风送入室内，相对于全部用新风制冷风来说，可有效节能。1 个排风口引至手术室北侧排出，能够有效避开医院公众。介入手术室额定排风风量为 $300\text{m}^3/\text{h}$ ，介入手术室容积为 146.16m^3 ，通风换气次数约 2 次/h，可保持良好通风。DSA 通排风设计图见图 10-5。

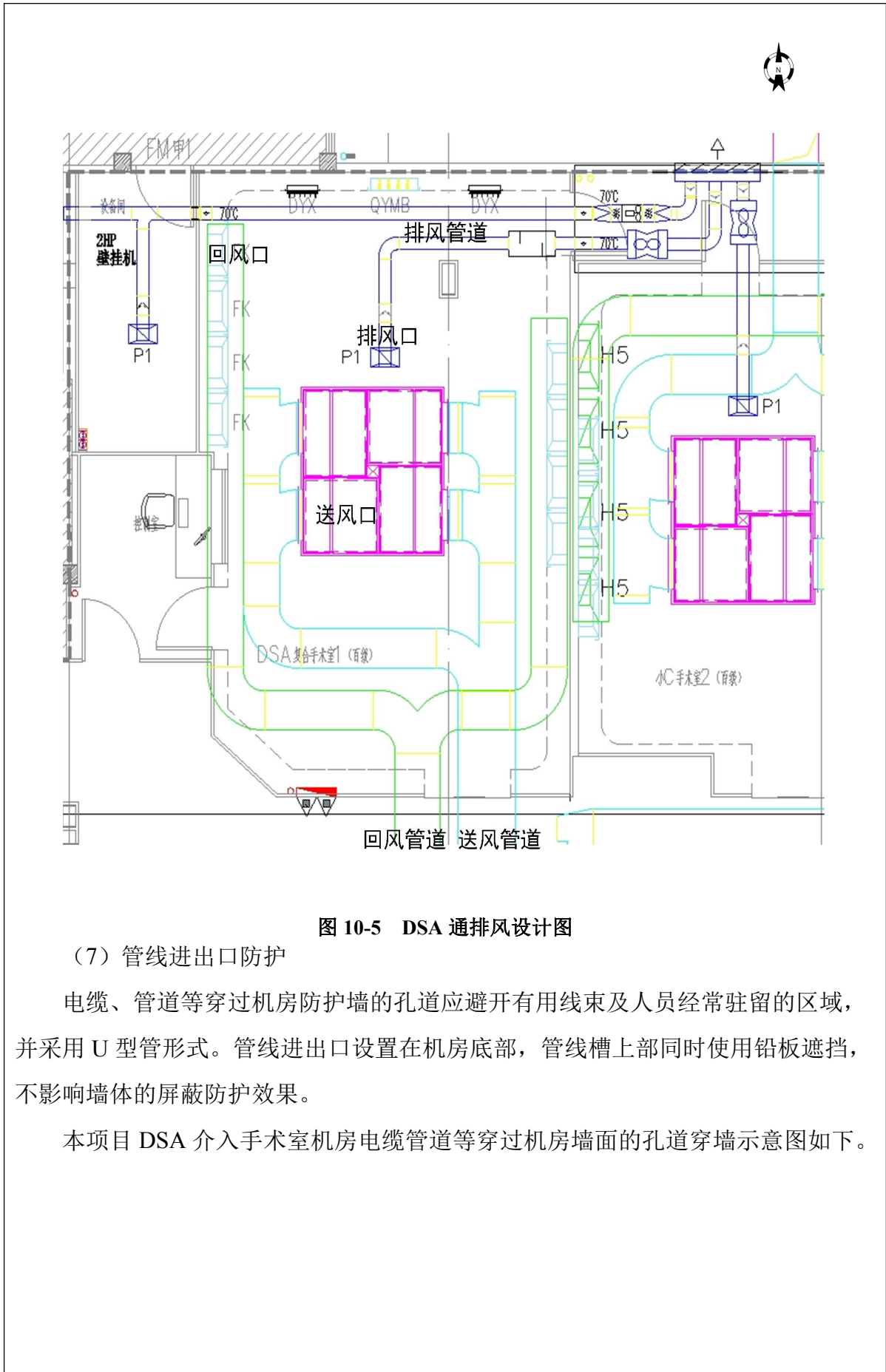


图 10-5 DSA 通排风设计图

(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，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 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。

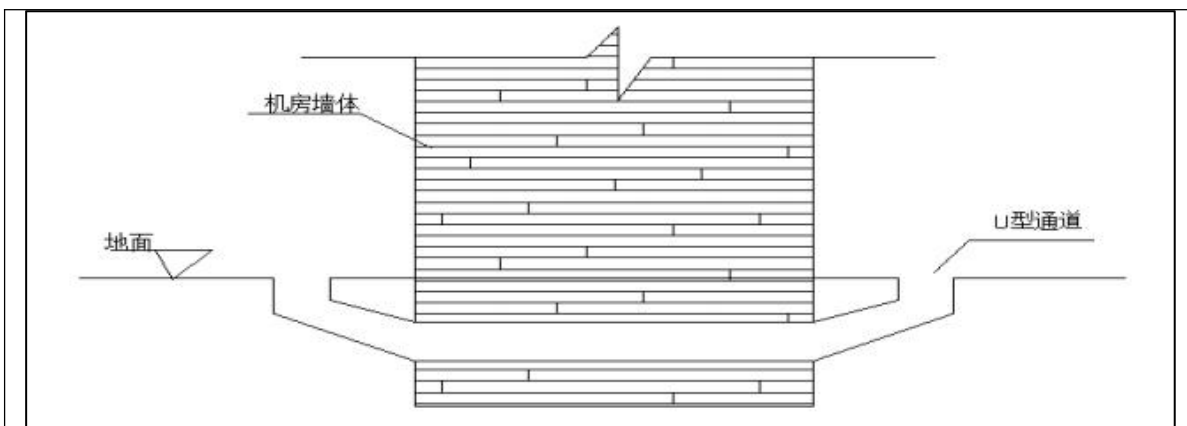


图 10-6 电缆、管道等穿屏蔽体示意图

(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：“—”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	1	≥0.25
4			铅橡胶防护衣	1	≥0.25
5			儿童铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾	1	≥0.5
6			儿童铅橡胶颈套	1	≥0.5
7			儿童铅橡胶帽子	1	≥0.5
8			儿童铅橡胶防护衣	1	≥0.5
9		工作 人员	铅橡胶围裙	2	≥0.25
10			铅橡胶颈套	2	≥0.5
11			铅防护眼镜	2	≥0.25
12			介入防护手套	2	≥0.025
13			铅橡胶帽子	2	≥0.25
14			铅橡胶防护衣	2	≥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。控制室应张贴 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。

⑧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 10-8。辐射安全设施布置示意图见图 10-7。

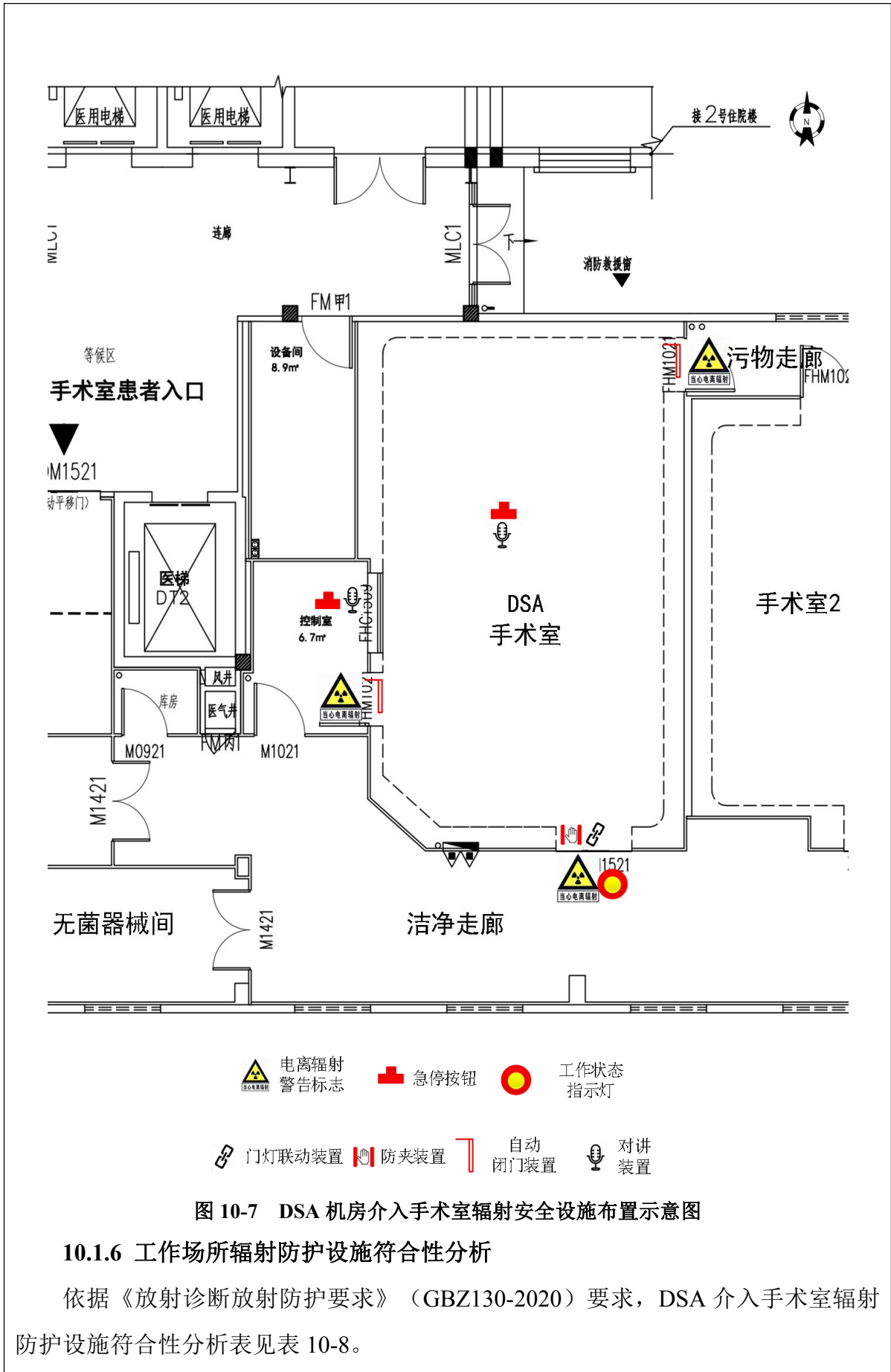


图 10-7 DSA 机房介入手术室辐射安全设施布置示意图

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	<p>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。</p>	<p>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。</p>	相符
工作场所防护	<p>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。</p>	<p>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的工作状态指示灯,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电动推拉门,医护进出防护门、污物进出防护门设计为手动平开门。平开式防护门设计安装自动闭门装置,推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施和防夹装置。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。</p>	相符
个人防护用品	<p>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 0.25mmPb;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。</p>	<p>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,及儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品 1 套。③防护用品和辅助防护设施的铅当量均满足相关要求。</p>	相符
辅助防护设施	<p>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、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。</p>	<p>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。</p>	相符

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。

本项目介入手术室设有 1 个送风口，8 个回风口，1 个排风口，排风口额定风量为 300m³/h，每小时通风 2 次，满足 GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》中 6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。产生的臭氧、氮氧化物经过排风口进入排风系统，废气经排风管道引至手术室北侧排出室外。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)
8.7×5.6×3.0	146.16	300	2

10.2.2 固废

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，转移至污物暂存间，然后就地打包、转移至医疗废物暂存间，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。

10.2.3 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；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。

表 11 环境影响分析

<p>11.1 建设阶段对环境的影响</p> <p>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。</p> <p>本项目射线装置安装前，需要对原有预留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：</p> <p>（1）大气环境影响分析</p> <p>装修过程中产生的废气污染物主要是粉尘，装修过程中采取湿法作业、加强通风或室内空气净化措施，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，可尽量降低粉尘对周围环境的影响。</p> <p>（2）水环境影响分析</p> <p>装修过程中施工人员会产生一定量的生活污水，按照陕西省《行业用水定额》（DB61/T 943-2020）中大城市城镇居民生活用水量为 120L/（人·d），施工人员为 5 人，产污系数为 0.8，则生活污水产生量为 0.48m³/d，依托医院已建污水处理设施加以处理，最终排入市政管网，不会对周围水环境产生不良影响。</p> <p>（3）声环境影响分析</p> <p>装修过程会产生一定噪声，主要为施工机械产生的噪声，本项目施工期为降低噪声对周围环境的影响拟采取以下措施：</p> <p>①加快工程施工速度以降低施工噪声持续时间，从而缩短对外环境产生的影响。</p> <p>②施工期间，施工单位应选用低噪声的施工设备，从源头上控制噪声排放；加强施工机械的维修、管理，保证施工机械处于低噪声、高效率的良好工作状态。</p> <p>③严格控制高噪声设备运行时段，严禁夜间 22：00～06：00 施工，午休期间禁止施工，避免对病人休息产生影响。</p> <p>经采取以上措施后，施工期噪声对周围环境影响较小，对周围环境及敏感保护目标的影响可以接受。</p> <p>（4）固体废物影响分析</p> <p>装修过程固体废弃物主要是生活垃圾、建筑垃圾。产生的废弃物如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等应妥善保管，及时回收处理；对于不可回收的建筑垃圾，应定点堆放，及时送当地指定的建筑垃圾堆放场；施工人员产生生活垃圾，</p>

产生量约为 0.5kg/（人·d），施工人员为 5 人，则生活垃圾产生量为 2.5kg/d，依托医院生活垃圾贮存设施收集后，定期交由环卫部门处理。

本项目装修施工期短，施工量小，在医院的严格监督下，施工方遵守合理施工原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 设计与标准要求

本项目 DSA 介入手术室净尺寸：长×宽=8.7m×5.6m，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。

根据表 10-4，本项目 DSA 手术室四周墙体铅当量为 3mmPb，顶部铅当量为 4.1mmPb，患者进出防护门、污物进出防护门和医护进出防护门均为 4mmPb，观察窗为 4mmPb，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。

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 0.8m；

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

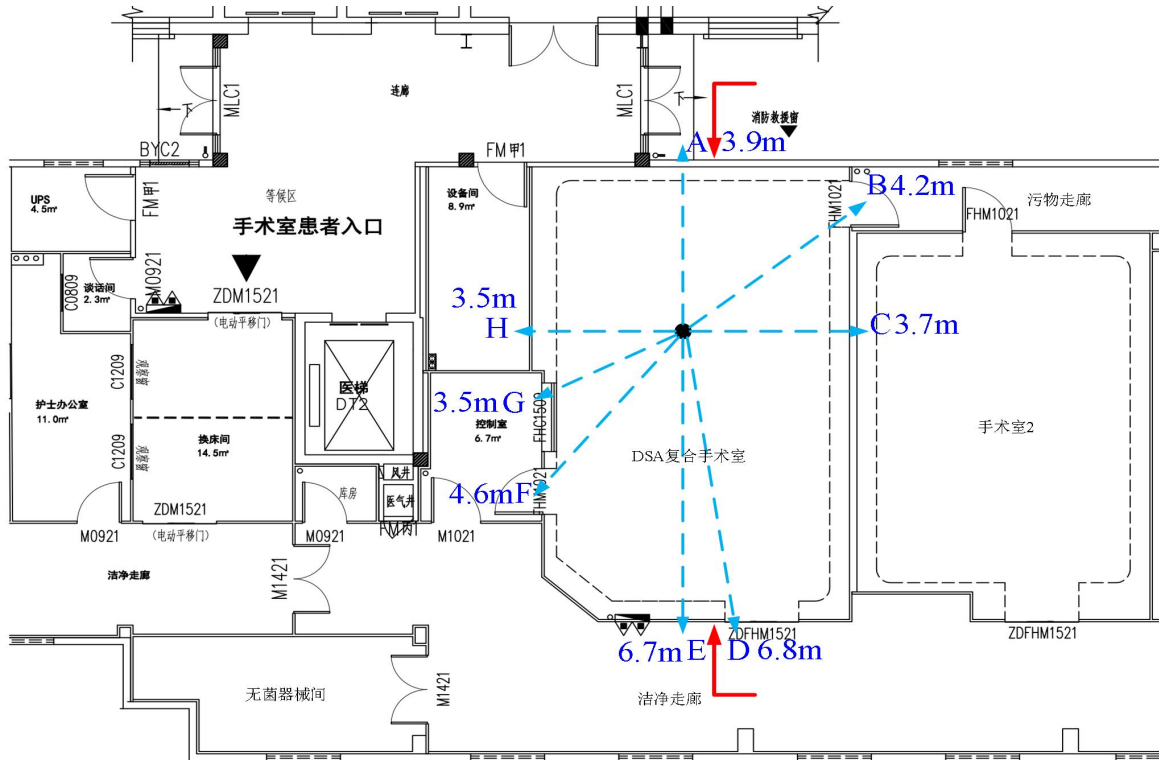
注： α 、 β 、 γ 取值参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 表 C.2

（2）关注区域选取

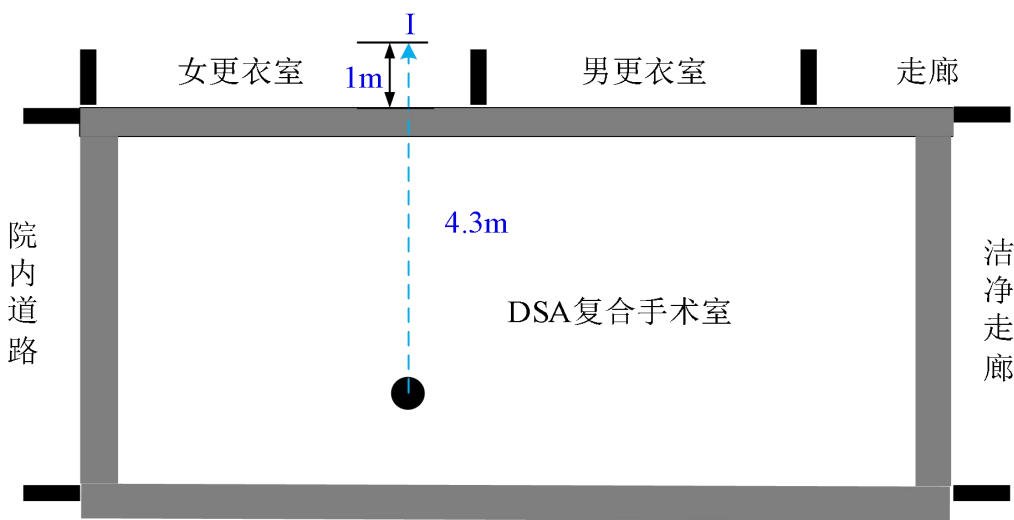
评价选取 DSA 介入手术室实体防护外人员活动区域作为关注区域；对于同室近台操作人员，由于人员所处位置不固定，防护水平及距射线源距离均有所不同，评价选取第一术位、第二术位作为中 DSA 介入手术内关注区域。

根据场所布局情况，评价选取北侧院内道路（墙外 30cm 处）（A 点）、东侧污物走廊（防护门外 30cm 处）（B 点）、东侧手术室 2（墙外 30cm 处）（C 点）、南侧洁净走廊（防护门外 30cm 处）（D 点）、南侧洁净走廊（墙外 30cm 处）（E 点）、西侧控制室（防护门外 30cm 处）（F 点）、西侧控制室（观察窗外 30cm 处）

(G点)、西侧设备间(墙外30cm处)(H点)、楼上女更衣室、男更衣室和走廊(距楼上地面1.0m处)(I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、表11-3。



a.平面图



b.剖面图

图 11-1 各关注点分布示意简图

(3) 预测结果分析

根据建设单位提供，拟采购的数字减影血管造影机 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，包括透视和摄影两种工作模式。

根据 ICRP33《医用外照射源的辐射防护》P55 图 2，管电压 125kV 时，2mmAl 过滤下，DSA 设备离靶 1m 处的发射率约为 11mGy/mA·min，参照其他 DSA 设备的医院提供的 DSA 运行经验数据，在该管电压运行状态下，DSA 透视、采集状态下管电流最大不会超过 25mA、520mA，则计算出 DSA 透视距靶点 1m 处的最大剂量率为 $1.65 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$ ；DSA 采集时距靶点 1m 处的最大剂量率为 $3.43 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ 。

利用公式计算医用血管造影 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 $\mu\text{Gy/h}$
透 视 模 式	A	北侧院内道路（墙外 30cm 处）	3.9	3	7.97E-05	8.64E-02
	B	东侧污物走廊（防护门外 30cm 处）	4.2	4	8.42E-06	7.87E-03
	C	东侧手术室 2（墙外 30cm 处）	3.7	3	7.97E-05	9.60E-02
	D	南侧洁净走廊（防护门外 30cm 处）	6.8	4	8.42E-06	3.00E-03
	E	南侧洁净走廊（墙外 30cm 处）	6.7	3	7.97E-05	2.93E-02
	F	西侧控制室（防护门外 30cm 处）	4.6	4	8.42E-06	6.56E-03
	G	西侧控制室（观察窗外 30cm 处）	3.5	4	8.42E-06	1.13E-02
	H	西侧设备间（墙外 30cm 处）	3.5	3	7.97E-05	1.07E-01
	I	楼上女更衣室、男更衣室和走廊（距楼上海面 1.0m 处）	4.3	4.1	6.73E-06	6.01E-03
摄 影 模 式	A	北侧院内道路（墙外 30cm 处）	3.9	3	7.97E-05	1.80E+00
	B	东侧污物走廊（防护门外 30cm 处）	4.2	4	8.42E-06	1.64E-01
	C	东侧手术室 2（墙外 30cm 处）	3.7	3	7.97E-05	2.00E+00
	D	南侧洁净走廊（防护门外 30cm 处）	6.8	4	8.42E-06	6.24E-02
	E	南侧洁净走廊（墙外 30cm 处）	6.7	3	7.97E-05	6.09E-01
	F	西侧控制室（防护门外 30cm 处）	4.6	4	8.42E-06	1.36E-01
	G	西侧控制室（观察窗外 30cm 处）	3.5	4	8.42E-06	2.36E-01
	H	西侧设备间（墙外 30cm 处）	3.5	3	7.97E-05	2.23E+00
	I	楼上女更衣室、男更衣室和走廊（距楼上海面 1.0m 处）	4.3	4.1	6.73E-06	1.25E-01

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 $\mu\text{Gy/h}$
透视模式	A	北侧院内道路（墙外 30cm 处）	3.9	3	1.56E-04	3.98E-01
	B	东侧污物走廊（防护门外 30cm 处）	4.2	4	1.67E-05	3.65E-02
	C	东侧手术室 2（墙外 30cm 处）	3.7	3	1.56E-04	4.42E-01
	D	南侧洁净走廊（防护门外 30cm 处）	6.8	4	1.67E-05	1.39E-02
	E	南侧洁净走廊（墙外 30cm 处）	6.7	3	1.56E-04	1.35E-01
	F	西侧控制室（防护门外 30cm 处）	4.6	4	1.67E-05	3.05E-02
	G	西侧控制室（观察窗外 30cm 处）	3.5	4	1.67E-05	5.26E-02
	H	西侧设备间（墙外 30cm 处）	3.5	3	1.56E-04	4.94E-01
	I	楼上女更衣室、男更衣室和走廊（距楼上海面 1.0m 处）	4.3	4.1	1.33E-05	2.79E-02
摄影模式	A	北侧院内道路（墙外 30cm 处）	3.9	3	1.56E-04	8.27E+00
	B	东侧污物走廊（防护门外 30cm 处）	4.2	4	1.67E-05	7.60E-01
	C	东侧手术室 2（墙外 30cm 处）	3.7	3	1.56E-04	9.19E+00
	D	南侧洁净走廊（防护门外 30cm 处）	6.8	4	1.67E-05	2.90E-01
	E	南侧洁净走廊（墙外 30cm 处）	6.7	3	1.56E-04	2.80E+00
	F	西侧控制室（防护门外 30cm 处）	4.6	4	1.67E-05	6.33E-01
	G	西侧控制室（观察窗外 30cm 处）	3.5	4	1.67E-05	1.09E+00
	H	西侧设备间（墙外 30cm 处）	3.5	3	1.56E-04	1.03E+01
	I	楼上女更衣室、男更衣室和走廊（距楼上海面 1.0m 处）	4.3	4.1	1.33E-05	5.79E-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 HL	散射辐射剂量率 HS	总有效剂量率 HR	泄漏辐射剂量率 HL	散射辐射剂量率 HS	总有效剂量率 HR
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	北侧院内道路（墙外 30cm 处）	8.64E-02	3.98E-01	4.84E-01	1.80E+00	8.27E+00	1.01E+01
B	东侧污物走廊（防护门外 30cm 处）	7.87E-03	3.65E-02	4.44E-02	1.64E-01	7.60E-01	9.23E-01
C	东侧手术室 2（墙外 30cm 处）	9.60E-02	4.42E-01	5.38E-01	2.00E+00	9.19E+00	1.12E+01

D	南侧洁净走廊 (防护门外 30cm 处)	3.00E-03	1.39E-02	1.69E-02	6.24E-02	2.90E-01	3.52E-01
E	南侧洁净走廊 (墙外 30cm 处)	2.93E-02	1.35E-01	1.64E-01	6.09E-01	2.80E+00	3.41E+00
F	西侧控制室(防 护门外 30cm 处)	6.56E-03	3.05E-02	3.70E-02	1.36E-01	6.33E-01	7.70E-01
G	西侧控制室(观 察窗外 30cm 处)	1.13E-02	5.26E-02	6.40E-02	2.36E-01	1.09E+00	1.33E+00
H	西侧设备间(墙 外 30cm 处)	1.07E-01	4.94E-01	6.01E-01	2.23E+00	1.03E+01	1.25E+01
I	楼上男更衣室、 女更衣室、走廊 (距楼上地面 1.0m 处)	6.01E-03	2.79E-02	3.39E-02	1.25E-01	5.79E-01	7.04E-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 $1.69 \times 10^{-2} \sim 5.38 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ ；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 $3.52 \times 10^{-2} \sim 12.5 \mu\text{Gy/h}$ ；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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，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 $25 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。介入手术室各屏蔽面的防护效果较好。

此外，上述评价是基于保守假设进行的，实际运行时，介入手术室(介入手术室外)的辐射剂量率水平可以维持在正常本底水平。

(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，本项目正常运行

后,每年最多进行 1200 台手术,每次手术开机照射时间估计为透视 12min,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	12min	1200 台手术	240h
摄影	1min		20h

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 H _w	年剂量约束限值
		总有效剂量率 HR	年工作时间	总有效剂量率 HR	年工作时间				
位置		μGy/h	h/a	μGy/h	h/a	Sv/Gy	/	mSv/a	mSv/a
A	北侧院内道路(墙外 30cm 处)	3.08E-01	240	1.01E+01	20	1	1/20	1.59E-02	0.1
B	东侧污物走廊(防护门外 30cm 处)	2.83E-02	240	9.23E-01	20	1	1/8	3.64E-03	0.1
C	东侧手术室 2(墙外 30cm 处)	3.42E-01	240	1.12E+01	20	1	1/4	8.82E-02	0.1
D	南侧洁净走廊(防护门外 30cm 处)	1.08E-02	240	3.52E-01	20	1	1/8	1.39E-03	0.1
E	南侧洁净走廊(墙外 30cm 处)	1.04E-01	240	3.41E+00	20	1	1/5	2.15E-02	0.1
F	西侧控制室(防护门外 30cm 处)	2.36E-02	240	7.70E-01	20	1	1/8	3.03E-03	5
G	西侧控制室(观察窗外 30cm 处)	4.07E-02	240	1.33E+00	20	1	1/5	8.39E-03	5
H	西侧设备间(墙外 30cm 处)	3.83E-01	240	1.25E+01	20	1	1/16	2.46E-02	0.1
I	楼上男更衣室、女更衣室、走廊(距楼上地面 1.0m 处)	2.16E-02	240	7.04E-01	20	1	1/5	4.44E-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,本项目 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 $1.39 \times 10^{-3} \text{mSv/a} \sim 8.82 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。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

本项目配备 DSA 设备拟开展心脑血管造影、外周血管造影、心脏介入等工作，医生 2 名、护士 2 名、操作技师 2 名。

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，本项目所致操作间内工作人员最大年附加有效剂量为 8.39×10^{-3} mSv；本项目 DSA 设备拟配备 2 名操作间操作人员，故轮班操作人员受到的年附加有效剂量为 4.20×10^{-3} mSv。

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 $400 \mu\text{Gy/h}$ 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 240h，则介入手术所致手术室内操作医生、护士年剂量为 8.35mSv。本项目 DSA 设备拟配备 2 名介入诊疗医师、2 名护士，每次手术配备 1 名医生与 1 名护士进行换班操作，透视状态下介入手术所致手术室内操作医生和护士年附加有效剂量为 4.18mSv。

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。

（5）对 50m 范围内环境保护目标的影响分析

DSA 介入手术室位于西安三博脑科医院手术楼 1 层中部，DSA 介入手术室东侧

为手术室 2 和污物走廊，西侧为控制室和设备间，北侧为院内道路，南侧为洁净走廊，楼上为女更衣室、男更衣室和走廊。

经表 11-6 计算，本项目 DSA 第三手术室屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率低于各关注点的剂量率参考水平，屏蔽体满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)标准要求。

同时本项目 DSA 运行后对周围公众成员的年附加有效剂量低于 0.1mSv/a，满足公众剂量约束值。表明 DSA 运行时对治疗室周围敏感目标产生的辐射影响较小，且 DSA 介入手术室与其他不相邻的环境保护目标之间有多道墙体屏蔽，评价范围内的公众除办公室工作人员，多为流动人员，居留因子小，故经距离衰减和墙体屏蔽后，DSA 运行对其他较远处的环境保护目标产生的影响将更小，环境影响可接受。

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。

本项目介入手术室设有 1 个送风口，8 个回风口，1 个排风口，排风口额定风量为 300m³/h，每小时通风 2 次，可保持良好通风。项目运行后，工作场所室内产生的少量臭氧和氮氧化物废气经排风管道引至手术室北侧排出室外，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，处理达标后经市政污水管网，本项目废水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 介入手术时产生的废医用器具和废药棉、废纱布、废手套等医用废物，经专用医疗废物桶收集后相应类别的塑料桶旁墙上贴有中文标签，转移至进污物暂存间暂存，下班后转移至医院医疗废物暂存间。定期由有资质单位运走集中处置。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，可能发生事故风险主要是医疗设备及其安全装置发生故障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 设备曝光时，手术室内有人员滞留或误入，在无任何屏蔽措施条件下受到 X 射线散射，透视时剂量率为 $5.52 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ ，摄影时剂量率为 $1.15 \times 10^6 \mu\text{Sv/h}$ ，则在透视模式下距离设备 1m 处 1min 受到的剂量为 0.92mSv，摄影模式下 1min 受到的剂量为 19.17mSv。同理，DSA 设备曝光时，手术室内有人员滞留或误入，在透视约 6.52s 或采集约 0.31s 后，误入人员受到的剂量将高于本次评价公众的年有效剂量约束值（0.1mSv）。

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) 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，应及时安排受照人员就医检查。

(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) 事故处理后应整理资料，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。

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《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。

环评要求西安三博脑科医院按照上述要求，以红头文件形式成立辐射安全领导小组，负责整个医院的放射防护工作与安全管理，辐射安全领导小组的具体职责包括：

- (1) 全面负责医院内的辐射安全管理工作。
- (2) 结合医院实际制定安全规章制度并检查监督实施。
- (3) 负责医院内辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训。
- (4) 检查安全环保设施，开展环保监测，对医院内使用的射线装置安全防护情况进行年度评估。
- (5) 实施辐射工作人员的健康体检并做好体检资料的档案管理工作。
- (6) 编制辐射事故应急预案，并妥善处理发生的辐射事故。
- (7) 定期向环境保护主管部门报告安全工作，接受环保部门的检查指导。

12.1.2 辐射安全管理规章制度

环评要求西安三博脑科医院制定辐射安全管理制度和操作规程，通过不断完善相关的辐射安全管理制度和人员培训，确保射线装置的安全运行。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工作项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）相关要求，在今后日常工作中应严格落实各项辐射安全管理制度，并根据实际工作对其进行不断完善，使之满足

辐射安全管理要求。

12.1.3 核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

根据原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）相关规定，对核技术利用单位辐射安全管理标准化建设提出要求，建设单位应按照文件要求进行建设，具体要求见表 12-1。

表 12-1 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
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。
		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。
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。
	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。
		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。
		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。
		建立辐射安全管理档案。
		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。
	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。
		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。
		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作出承诺。
		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。
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。	
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。	
	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。	
	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。	
	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。	
	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。	
	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。 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）。
	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。
	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。
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。 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。

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。

根据医院提供的资料，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，均为新增工作人员。

考虑到医院实际情况，环评要求医院应尽快组织辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的考核并获取辐射安全培训合格成绩单，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。

（1）监测、检查周期

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）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》（GBZ 128-2019）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。对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

(3) 记录要求

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）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有关资料。

(4) 档案

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）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

环评要求西安三博脑科医院应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定建立档案管理制度并严格执行。

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。

12.1.7 辐射安全管理执行情况

环评要求西安三博脑科医院成立辐射防护安全管理委员会和辐射防护安全管理小组，并指定专人负责医院现有核技术利用项目辐射安全和防护工作，医院应确保辐射环境管理制度贯彻落实，保障辐射工作人员安全。

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”“使用放射性同位素和射线装置开展诊断和诊疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作”。西安三博脑科医院应配备 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

根据西安三博脑科医院诊疗特点，制定监测计划如下：

(1) 辐射工作场所环境监测：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 12-2 所示。

(2) 个人剂量监测：定期（1 次/季度）委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行监测，并建立个人剂量监测档案。

表 12-2 西安三博脑科医院日常监测计划表

类别	监测点位	监测因子	监测频次
辐射工作场所 环境监测	DSA 手术室周围环境巡测	周围剂量当量率	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、操作间操作位置，机房四周及楼上女更衣室、男更衣间和走廊，管线洞口等		
个人剂量监测	辐射工作人员个人剂量计	个人剂量	1 次/季度

(3) 医院需每季度使用 X- γ 剂量率测量仪，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

环评要求西安三博脑科医院建立年度评估制度，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，年度评估报告包括射线装置及防护用品台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容。

12.2.4 环保投资估算

本项目总计投资 600 万元，其中环保投资 20 万元，占总投资的 3.33%，主要用于环保设施、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 12-3。

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、平开门自动闭门装置 1 套、电动推拉门防夹装置 1 套		8
监测仪器及警示装置	X-γ 剂量率监测仪 1 台		0.5
	2 名医生 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 枚个人剂量计		1
	电离辐射警告标志若干、工作状态指示灯 1 套		0.5
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	2
		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，儿童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
通排风系统	通排风系统 1 套		3
监测	射线装置工作场所监测费用		2
应急设备	应急（设备上自带急停开关，操作台设置急停按钮）和救助的物资准备		1
其他	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训		1
	合计		20

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 $\leq 5\text{mSv}$ 机房外公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$	GB18871-2002 及医院管理要求
人员要求	辐射工作人员进行辐射安全和防护知识培训，并进行考	原环境保护部令第

	核, 考核合格后持证上岗; 考核专业为“医用 X 射线诊断与介入放射学”。		3 号、第 18 号、生态环境部 7 号令
剂量率控制	在透视状态下, 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, 女更衣室、男更衣室和走廊(楼上)距机房顶棚地面 100cm。透视状态下周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h; 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 μ Sv/h。		GBZ130-2020
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 枚个人剂量计		
	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, 儿童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防护门上设置辐射警示标志和工作状态指示灯, 工作状态指示灯与 DSA 运行状态有效联动, 采用电动推拉防护门(应急时可手动), 防护门采取防夹装置。防护门设置门机联锁装置。</p> <p>②机房设有观察窗, 其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。</p> <p>③机房设置强制动力通风系统, 保持良好通风, 机房内不得堆放无关杂物。</p> <p>④设备上自带急停开关, 操作台设置急停按钮; 操作间与机房设对讲装置。</p> <p>⑤防护用品与辅助防护设施齐全。</p> <p>⑥机房四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗具有足够的屏蔽防护能力。</p> <p>⑦穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。</p>		
辐射安全管理制度	根据环评要求以及陕环办发(2018)29 号文件要求, 按照项目的实际情况, 建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度: 《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《射线装置管理制度》《射线装置岗位职责、操作规程》《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员健康体检管理制度》《辐射安全防护设施的维护与维修制度》《辐射环境监测制度》《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》《辐射事故应急预案》等规章制度。落实必要的应急物资, 有专人负责, 制度上墙, 并定期开展辐射事故应急演练。		

12.3 辐射事故应急

环评要求西安三博脑科医院应结合本项目 DSA 装置应用情况, 根据可能发生的辐射事故的风险, 制定辐射事故应急预案, 该应急预案主要内容应包括以下内容:

(1) 将医院辐射安全与环境保护领导小组作为医院辐射事故应急组织机构, 机

构组长由院领导担任，领导小组成员主要为放射性相关科室人员。

(2) 明确医院辐射事故应急组织机构主要职责。

(3) 分析医院可能发生的辐射事故，根据可能发生的辐射事故，制定了具体应急响应程序和处置措施。

(4) 规定应急状态的终止和恢复程序。

(5) 规定应急资金、应急设备、应急能力维护等内容。

(6) 明确信息的报送与处理程序。

西安三博脑科医院应依据国家相关法律法规、标准，定期对应急预案进行演练，提高事故应急处置能力。发生辐射事故时，立即启动应急预案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门和卫生主管部门报告。

表 13 结论与建议

13.1 结论

(1) “西安三博脑科医院有限公司 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) 本项目位于西安三博脑科医院手术楼 1 层，建设单位已委托西安桐梓环保科技有限公司于 2024 年 5 月 20 日对西安三博脑科医院 DSA 介入手术室拟建地及周边环境进行了 γ 辐射剂量率监测，监测结果表明，项目拟建地及周围环境的 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，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。

(4) 环评要求西安三博脑科医院有限公司成立辐射安全与防护管理小组，明确机构成员组成、相关工作职责，安排专人负责医院的辐射安全管理工作。

西安三博脑科医院有限公司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) 医院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，办理辐射安全许可证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。

(4) 本项目拟配备的 6 名辐射工作人员应进行辐射安全与防护培训并考核合格，考核类别为：医用 X 射线诊断与介入放射学，持证上岗。

(5) 医院应对配备的监测仪器每年进行检定或校准，确保仪器处于检定有效期范围之内。

