

表 1 项目基本情况

建设项目名称		杨陵惠仁医院有限责任公司 数字减影血管造影装置核技术利用项目			
建设单位		杨陵惠仁医院有限责任公司			
法人代表	曾来高	联系人	██████	联系电话	██████
注册地址		陕西省杨凌示范区渭惠路西段			
项目建设地点		陕西省杨凌示范区渭惠路西段 杨陵惠仁医院有限责任公司康养楼一层、八层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	700	项目环保投资（万元）	200	投资比例（环保投资/总投资）	28.57%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	210
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	/			

1.1 项目概述

1.1.1 项目背景

1.1.1.1 医院简介

杨陵惠仁医院有限责任公司（以下简称“医院”）坐落于国家级农业高新技术产业开发区一杨凌。医院成立于 2005 年，现已发展成为集医疗、康复、预防保健、慢病管理为一体的综合性二级乙等医院。

近年来，随着人口老龄化加剧和社会养老服务需求的增长，医院为整合医疗与养老资源，为老龄人群、慢病患者、半自理及失能失智老人提供生活协助和专业护理，决定启动杨陵惠仁医院医养结合养老院项目。

2024年5月27日，杨陵区行政审批服务局对杨陵惠仁医院医养结合养老院建设项目环境影响报告表作出批复（杨政审复〔2024〕18号），该项目是医院在现有范围的基础上向东侧扩建而来，主要建设内容为一栋康养楼，配套设施有中西医门诊、手术室、检验室、住院病房、体检中心以及餐厅、活动室、附属功能用房等，主要功能为康复养护、健康体检、中医理疗、健康膳食营养以及护理病房、养老病房、临终关怀等，可提供护养老床位270张，住院床位30张。目前，康养楼已完成主体结构施工，正在进行内部装饰装修工程。

1.1.1.2 项目目的和任务的由来

心脑血管疾病已成为严重影响居民健康的一个重要因素，而介入诊断治疗已成为这类疾病的主要诊疗手段。为推动医养结合养老事业的发展，更好地为老年人提供高品质的医养服务，医院拟在康养楼（地下一层，地上八层）一层设置介入科，八层设置手术部，并在一层东南角和八层南侧分别建设1间数字减影血管造影装置（以下简称DSA）手术室，拟在2间手术室内各配备1台DSA（型号待定），用于介入诊断及辅助治疗。

根据原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会《关于发布<射线装置分类>的公告》（公告2017年第66号）相关规定，血管造影用X射线装置属于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）》中“五十五、核与辐射”172、核技术利用建设项目”中“.....生产、使用II类射线装置的.....”应编制环境影响报告表。因此，杨陵惠仁医院有限责任公司数字减影血管造影装置核技术利用项目应编制环境影响报告表。

医院委托西安旭奥环境科技有限公司（环评单位）承担该项目的环境影响评价工作。接受委托后，环评单位组织技术人员进行现场勘察，收集、整理有关资料，对项目的建设情况进行了初步分析，并根据项目类型及项目所在地周围区域的环境特征，在现场勘察、资料收集、预测分析的基础上，按照《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的基本要求，编制了《杨陵惠仁医院有限责任公司数字减影血管造影装置核技术

利用项目环境影响报告表》。

1.1.2 实践正当性分析

本项目建成后，DSA 手术室将能够开展心脑血管透视介入治疗等多种诊疗活动。本项目能够提高医院的诊疗能力和医疗能力，保障病人健康，提升周边居民医疗水平，对病人和周边区域社会带来的利益远大于可能引起的辐射危害。因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”原则。

1.1.3 项目建设规模

医院拟在康养楼一层设置介入科，介入科东南角建设 1 间 DSA 手术室及控制室、设备间、无菌物品库、污物间等相关辅助用房，占地面积约为 104m²；八层设置手术部，手术部南端建设手术室四（DSA 手术室）及控制室、设备间、缓冲间等相关辅助用房，占地面积约为 106m²。

本项目 2 间手术室分别配备 1 台 DSA，项目拟配备的射线装置主要技术参数详见表 1-1，项目手术室的规划建设规模与辐射防护屏蔽参数见表 1-2。

表 1-1 本项目拟配备的射线装置主要技术参数一览表

设备	型号	主要参数	类别	数量	拟安装位置
DSA	待定	最大管电压：125kV 最大管电流：1250mA	II类	各 1 台	康养楼一层 DSA 手术室
					康养楼八层手术室四

表 1-2 项目手术室规划建设规模与辐射防护屏蔽设计一览表

	位置	规划建设规模/屏蔽措施	等效铅当量
康养楼一层 介入科： DSA 手术室	南北长 7.0m、东西宽 6.7m，建筑层高 4.5m，有效使用面积 46.9m ² 。		
	四周墙体	240mm 实心砖 ^① +30mm 硫酸钡 ^②	3.90mmPb
	屋顶	100mm 混凝土楼板 ^③ +30mm 硫酸钡 ^②	3.00mmPb
	地板	100mm 混凝土楼板 ^③ +40mm 硫酸钡 ^②	3.56mmPb
	患者门	4mmPb 电动推拉门	4.00mmPb
	工作人员门、无菌物品库门和污物门	4mmPb 手动单开门	4.00mmPb
	观察窗	4mmPb 防护玻璃板	4.00mmPb

康养楼八层 手术部： 手术室四	东西长 10.8m、南北宽 6.0m，建筑层高 4.8m，有效使用面积 64.8m ² 。		
	四周墙体	200mm 空心砖+4mm 铅板	4.00mmPb
	屋顶	100mm 混凝土楼板 ^① +30mm 硫酸钡 ^②	3.00mmPb
	地板	100mm 混凝土楼板 ^① +40mm 硫酸钡 ^②	3.56mmPb
	患者门	4mmPb 电动推拉门	4.00mmPb
	工作人员门	4mmPb 手动单开门	4.00mmPb
	缓冲间门	4mmPb 手动单开门	4.00mmPb
	观察窗	4mmPb 防护玻璃板	4.00mmPb

注：①根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.3，计算得管电压 125kV 下，240mm 实心砖墙等效铅当量约为 2.28mmPb；
 ②根据《辐射防护手册 第三分册》第 63 页表 3.4，在管电压 150kV 条件下，15mm 硫酸钡（密度 3.2g/cm³）相当于 1mmPb，33mm 硫酸钡（密度 3.2g/cm³）相当于 2mmPb，51mm 硫酸钡（密度 3.2g/cm³）相当于 3mmPb，内插法得 30mm 硫酸钡的等效铅当量保守取值约为 1.83mmPb，40mm 硫酸钡的等效铅当量保守取值约为 2.39mmPb。
 ③根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2，计算得管电压 125kV 下，100mm 混凝土的等效铅当量约为 1.17mmPb。

1.1.4 劳动定员及工作负荷

医院拟为本项目配备 6 名辐射工作人员，包括 2 名医生、2 名护士和 2 名影像技师。影像技师从现有辐射工作人员中调配，医生和护士均为新聘。介入科和手术部分别安排 1 名护士固定参与各自科室的介入手术，医生和影像技师轮岗参与本项目全部介入手术。

根据医院提供的资料，本项目工作负荷如下：

- （1）本项目投运后，预计每台 DSA 年最大手术台数均不超过 300 台。
- （2）本项目医生、护士和影像技师每人每年进行的 DSA 手术台数均不超过 300 台。

本项目投入运行后，2 名影像工作人员还将参与其他辐射工作，医生和护士不兼职参与其他辐射工作。

本项目拟配备工作人员情况见表 1-3。

表 1-3 本项目拟配备辐射工作人员情况

场所	职业类别	人数	新聘/调配
DSA 手术室、手术室四	医师	2	新聘
	护士	2	新聘
	影像技师	2	调配

1.1.5 项目选址及周边环境概况

1.1.5.1 医院地理位置及周边环境关系

医院位于陕西省杨凌示范区渭惠路西段，地理坐标为东经：108.056756°，北纬：34.265963°。本项目所在康养楼属于医院扩建部分，整体位于医院现有项目的东侧。医院北临渭惠路，隔路为空地；东侧与在建的渭惠路消防站相邻；西侧和南侧与耕地相邻，南侧约 15 米为西魏店村。

医院地理位置见图 1-1。医院周边环境见图 1-2。

1.1.5.2 医院总平面布置

医院由西北角门诊综合楼、南侧两栋住院楼、东侧康养楼，以及花园、活动场地、停车位等附属设施组成，本项目建设于医院康养楼，医院总平面布局见图 1-3。

1.1.5.3 项目机房选址

DSA 手术室位于康养楼一层东南角，DSA 手术室西侧为换床缓冲区，北侧为控制室，南侧自西向东依次为设备间、无菌物品库和污物间，正上方为技术室、诊断室、档案室和主任办公室，正下方为隔震层。

手术室四位于康养楼八层南侧，手术室西侧为控制室和设备间，北侧为走廊、缓冲通道和手术室三，东侧为缓冲间和标本间，南侧为污物通道，正上方为手术室机房，正下方为办公室、休息室、病房和走廊。

本项目 DSA 手术室平面布局示意图见图 1-4，DSA 手术室正上方和正下方的平面布局示意图分别见图 1-5 和图 1-6；手术室四平面布局示意图见图 1-7，手术室四正上方和正下方的平面布局示意图分别见图 1-8 和图 1-9。



图 1-1 医院地理位置图

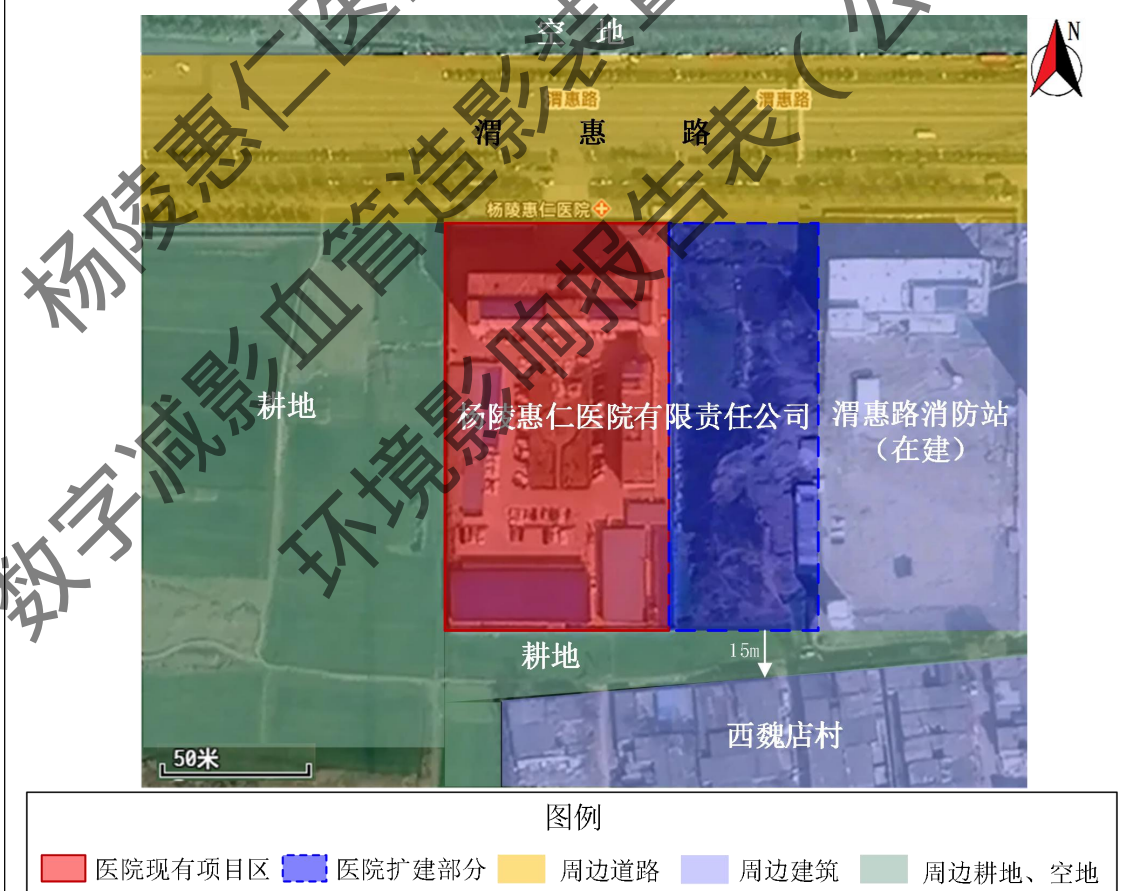


图 1-2 医院周边环境关系图

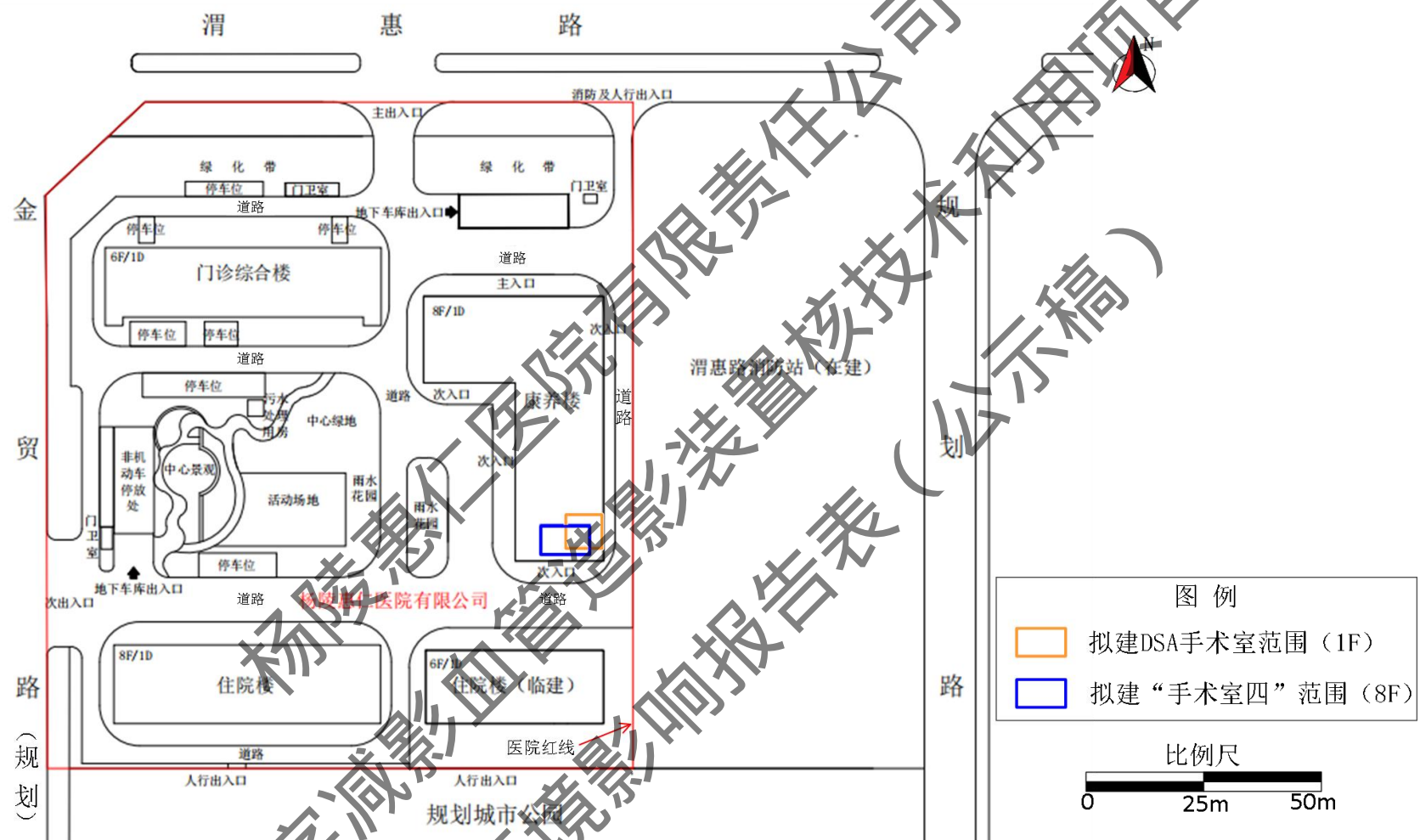
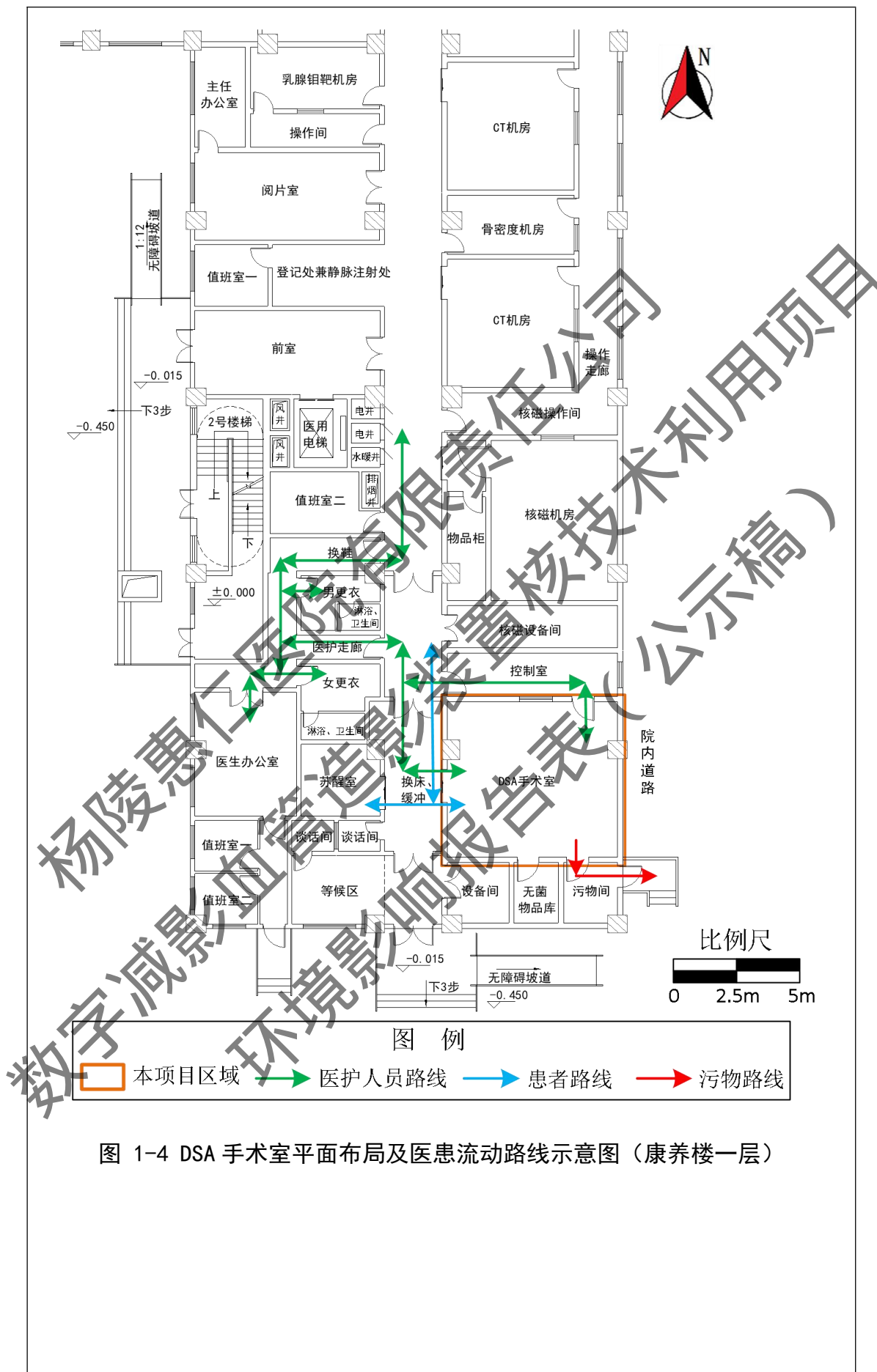


图 1-3 医院总平面布局示意图



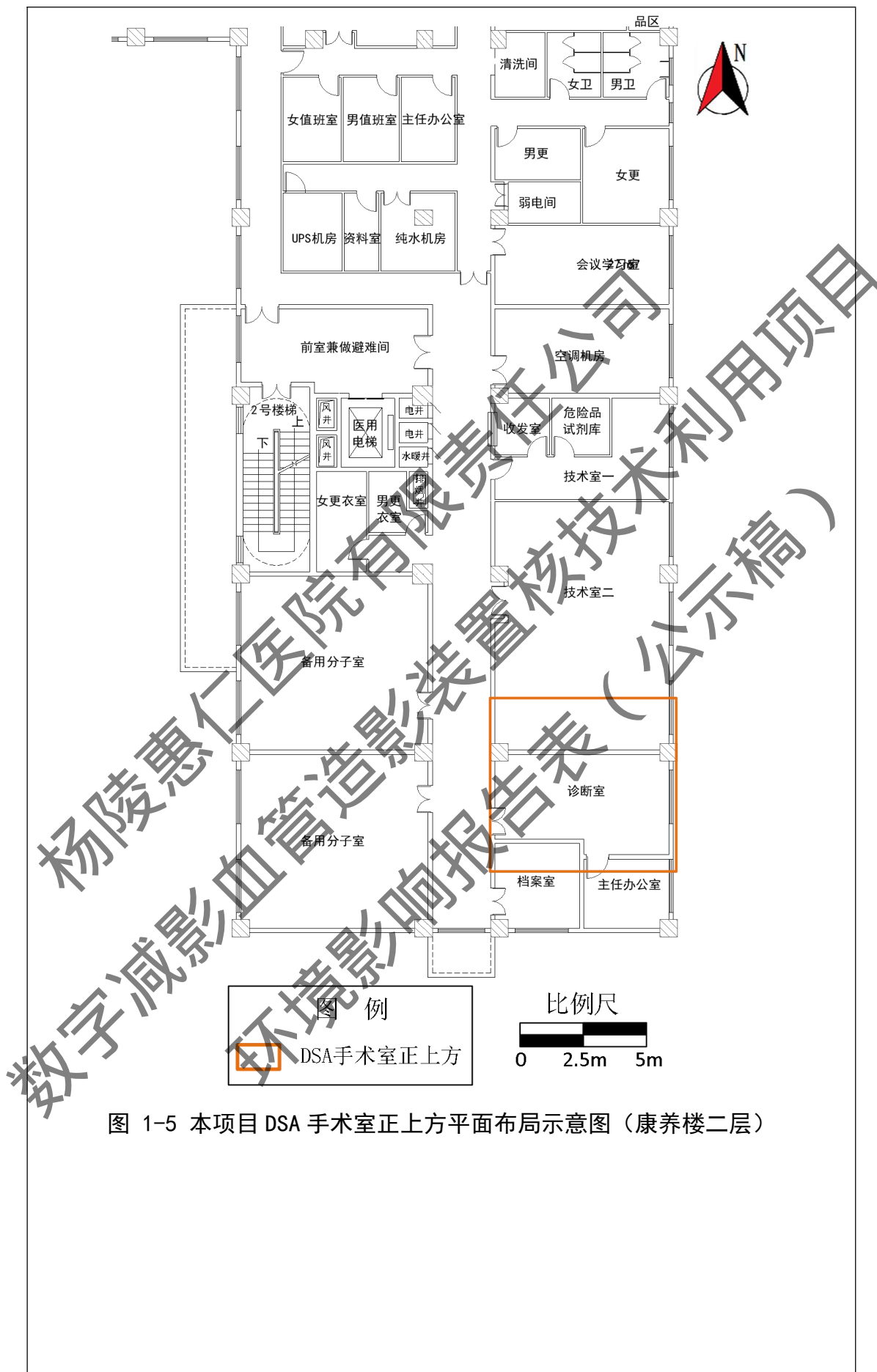




图 1-6 本项目 DSA 手术室正下方平面布局示意图（康养楼地下隔震层）

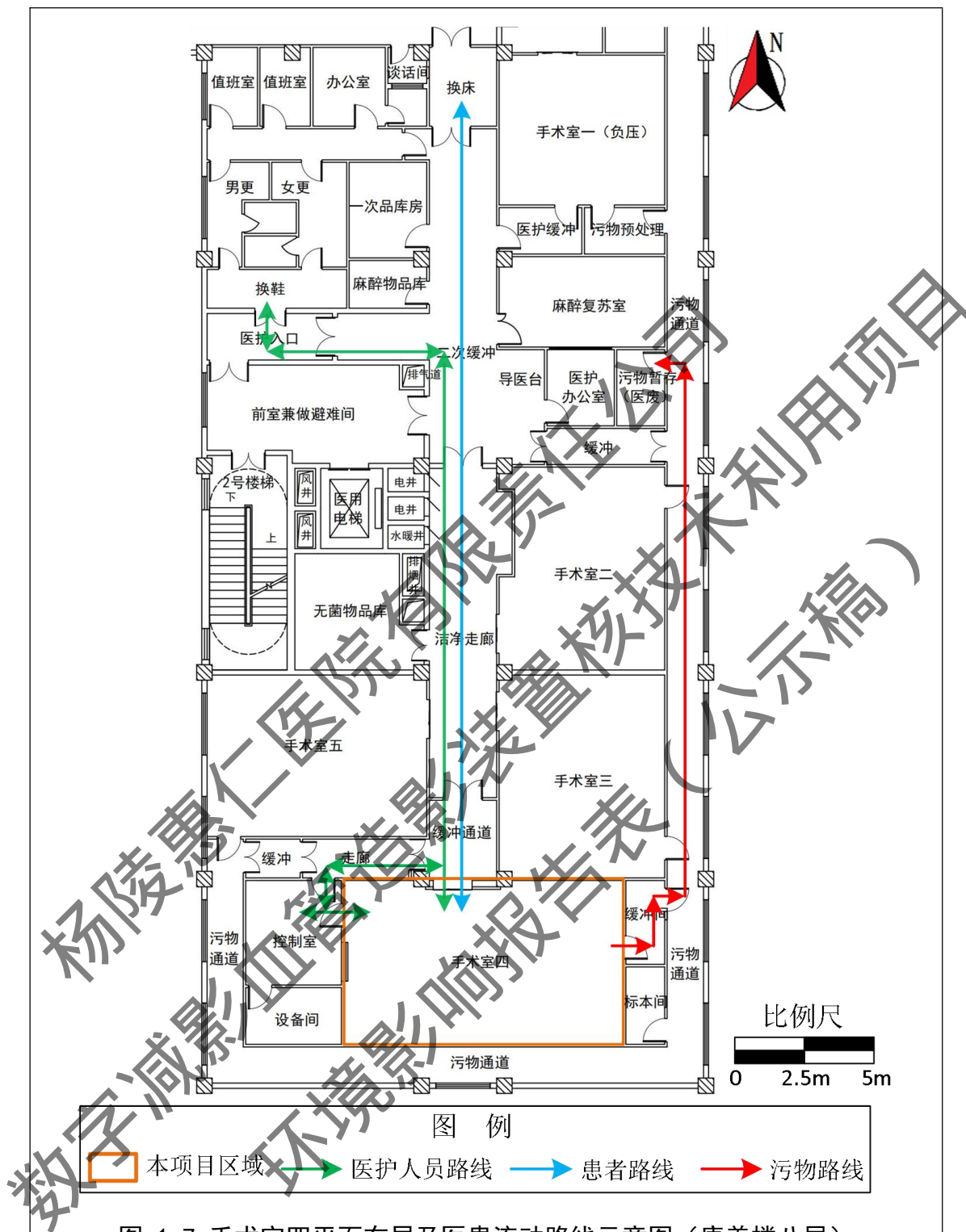
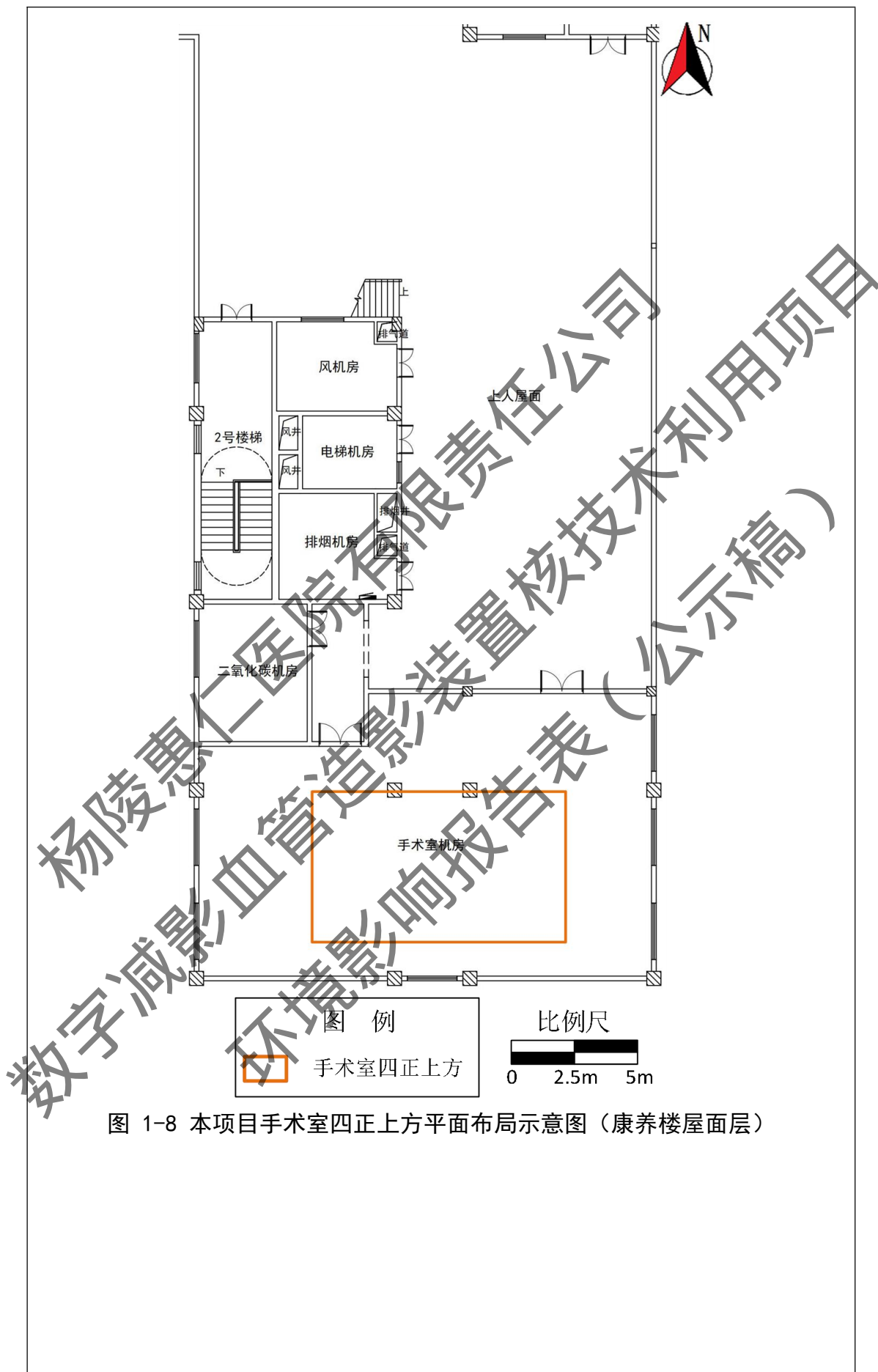
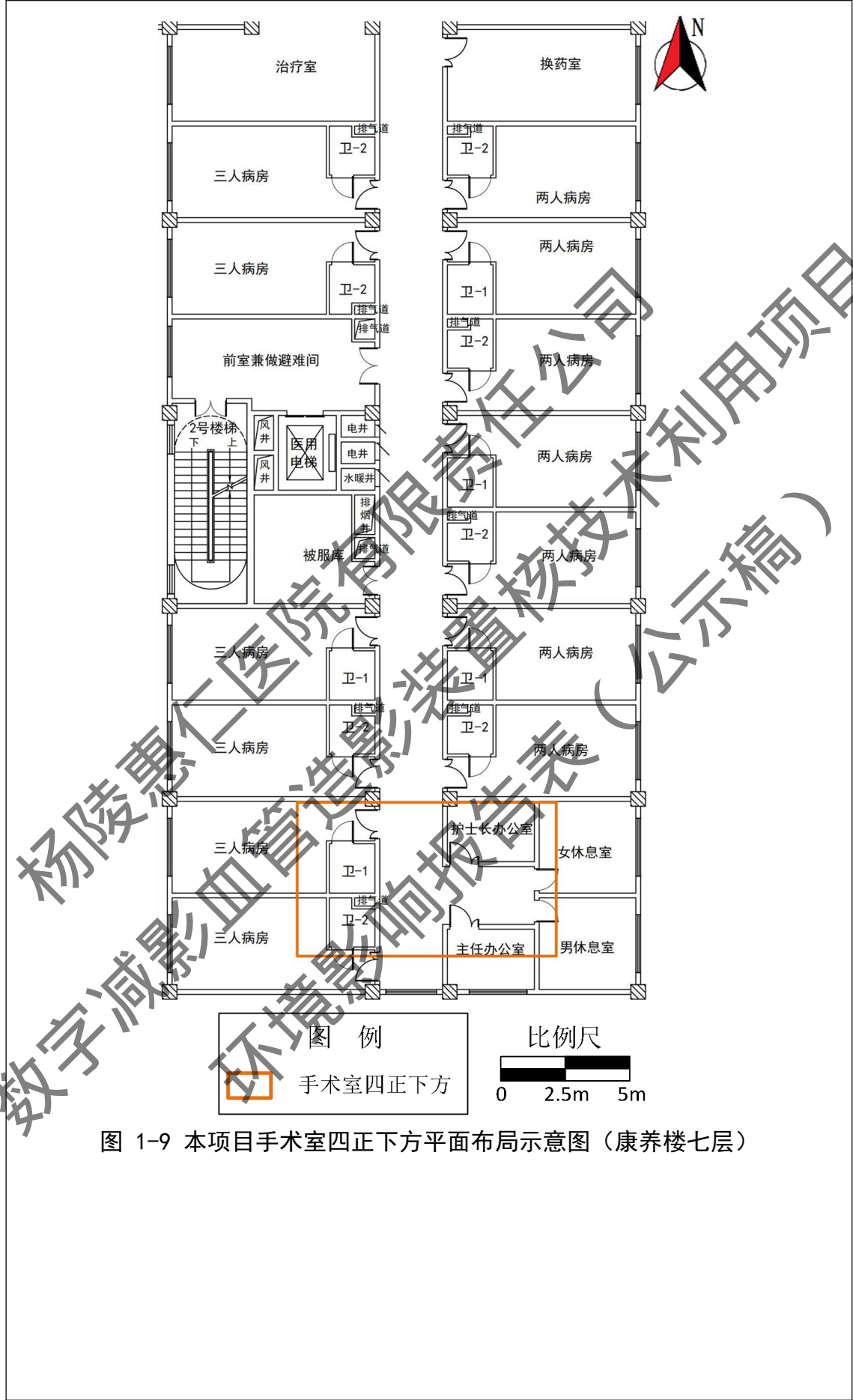


图 1-7 手术室四平面布局及医患流动路线示意图（康养楼八层）





1.1.5.4 项目选址合理性

本项目 DSA 手术室位于康养楼一层介入科东南角，手术室四位于康养楼八层手术部南端，手术区内出现的人员主要包括辐射工作人员、非辐射医务人员和患者，本项目屏蔽体外 50m 范围内包括项目所在康养楼、住院楼、院内道路、渭惠路消防站（在建）等区域。拟建辐射工作场所设计有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求，运行过程对周围环境辐射影响较小。

从满足安全治疗和辐射安全与防护的角度来分析，本项目选址合理。

1.2 现有核技术利用项目情况

1.2.1 环保手续履行情况

医院现有 3 台Ⅲ类射线装置，均已履行相应的环保手续。医院现有核技术利用项目所履行的环保审批手续见表 1-4。

表 1-4 医院现有核技术利用项目环保手续履行情况

编号	项目名称	环保手续
1	杨陵惠仁医院Ⅲ类射线装置新增项目	1 台 CT、1 台 DR、1 台牙片机于 2017 年 6 月 15 日进行了登记备案（备案编号：20176104030100000018）
2	杨陵惠仁医院Ⅲ类射线装置新增项目	1 台口腔 CBCT 于 2024 年 5 月 1 日进行了登记备案（备案编号：20246104030100000020）
注：1 台牙片机已停用并从辐安证注销。		

1.2.2 核技术利用现状及现有辐射安全许可证

医院现持有杨凌示范区生态环境局 2024 年 6 月 26 日核发的辐射安全许可证（陕环辐证[V0001]），有效期至 2029 年 6 月 25 日，许可种类和范围为：使用Ⅲ类射线装置。陕环辐证[V0001]许可内容详见表 1-5。

表 1-5 陕环辐证[V0001]号核准的种类和范围

序号	类别	装置名称	型号	技术参数（最大）	数量	辐射活动场所名称
1	Ⅲ类	DR 机	DR80U	380kV，158mA	1	门诊住院综合楼一层
2	Ⅲ类	16 排 CT 机	ACT	380kV，105mA	1	门诊住院综合楼一层
3	Ⅲ类	口腔 CBCT	Matix5000	220kV，9mA	1	行政楼一层

1.2.3 辐射安全管理现状

(1) 辐射防护管理机构设置情况

为加强辐射安全和防护管理工作，医院设立辐射防护安全领导小组，由院长担任组长，1 名兼职放射诊疗管理人员负责医院的放射防护工作。

(2) 规章制度建设及落实情况

医院已制定了较为完善的规章制度，主要有：《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》《辐射工作人员职业健康管理制度》《辐射工作岗位职责》《辐射环境监测制度》《辐射安全防护设施维护与维修制度》《辐射防护安全操作规程》等规章制度，并严格按照规章制度执行。医院已针对可能发生的辐射事故类型，制定了《辐射事故应急预案》，并于 2023 年 11 月 6 日在杨凌示范区生态环境局完成备案（备案编号：FS610403-2023-014-L），预案具备一定的辐射事故应急处置能力，能够基本满足辐射安全管理要求。

(3) 工作人员培训情况

根据医院提供的资料，医院现有辐射工作人员共 10 名，其中 2 人参加了国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的考核，取得了医用 X 射线诊断与介入放射学成绩报告单；8 人参加了医院统一组织的自主培训，考试成绩合格。

(4) 职业健康检查情况

2023 年 9 月、2024 年 10 月和 2024 年 12 月，医院组织全院辐射工作人员在有资质单位进行了职业健康体检，建立了职业健康体检报告档案并存档。根据医院提供的体检报告单，目前 3 名辐射工作人员已离岗，现有 10 名辐射工作人员的体检结果均显示可从事放射工作或可继续原放射工作。

(5) 个人剂量检测情况

医院为 10 名辐射工作人员及 2 名管理人员配备了个人剂量计，并委托有资质单位进行了个人剂量检测。根据 2024 年 3 月~2025 年 3 月的个人剂量检测报告，医院辐射工作人员中连续四个季度的个人剂量累积剂量最大值为 0.26mSv，因此医院所有辐射工作人员连续四个季度的个人剂量累积剂量均满足不大于 5mSv/a 的剂量管理目标值。

(6) 工作场所及辐射环境监测情况

2025 年 6 月，医院委托有资质单位对医院现有辐射工作场所进行了环境辐射水平年度检测，并出具了检测报告（报告编号：FHJC-SXGK-102025003，附件 6）。辐射水平年度检测结果见表 1-6：

表 1-6 辐射工作场所关注点最大 X- γ 辐射剂量率

序号	装置名称	型号	检测条件	最大周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	CT	Revolution ACT	电压 120kV，管电流时间积 200mAs	0.115	2.5
2	DR	DR80U	电压 120kV，电流 100mA，曝光时间 200ms	0.236	25
3	口腔 CT	Matrix 5000	口腔 CBCT 模式：电压 99kV，电流 9.7mA，出束时间 15.32s	0.62	2.5
			头颅摄影模式：电压 90kV，电流 10mA，出束时间 10.8s	0.245	2.5

根据医院提供的防护检测报告，口腔 CT 和 CT 在规定条件下，各机房的辐射工作人员操作处、观察窗、人员门、四周墙体外及机房楼上、楼下的环境辐射水平均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 6.3.1b）条“机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

DR 在规定条件下，机房的辐射工作人员操作位、观察窗、人员门、四周墙体外及机房楼上、楼下的环境辐射水平均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 6.3.1c）条“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(7) 其他

医院严格按照相关法律法规及陕西省生态环境厅的各项要求，认真履行各项规章制度。每年接受省、市生态环境主管部门的监督检查和辐射环境监测，并按及时提交年度评估报告。

表 2 放射源

序号	核素名称	放射性活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动类别	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 4 射线装置

X 射线机:

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	DSA 装置	II类	1 台	待定	125	1250	介入治疗	康养楼一层 DSA 手术室	新增
2	DSA 装置	II类	1 台	待定	125	1250	介入治疗	康养楼八层手术室四	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物

序号	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
1	臭氧、氮氧化物	气体	/	/	少量	/	/	/	通过动力通风装置，经排风管道穿手术室东墙后排至楼外
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（修订）》（中华人民共和国主席令第 9 号），2015 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（修订）》（第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第二次修正，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(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），自 2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号修改），2017 年 10 月 1 日发布施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 709 号第二次修订），2019 年第二次修订；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号），2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（修订）》（生态环境部令第 20 号第四次修改），2021 年 1 月 4 日；</p> <p>(8) 《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 6 日起施行；</p> <p>(9) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号），2018 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部部令第 16 号），2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展和改革委员会令第 7 号），2023 年 12 月 27 日；</p> <p>(12) 《陕西省放射性污染防治条例（2019 年修正）》（陕西省人大），2019 年 7 月 31 日起施行；</p> <p>(13) 陕西省环境保护厅关于印发新修订《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（陕西省环境保护厅，陕环办发〔2018〕29 号），2018 年 6 月 6 日起施行；</p>
------	--

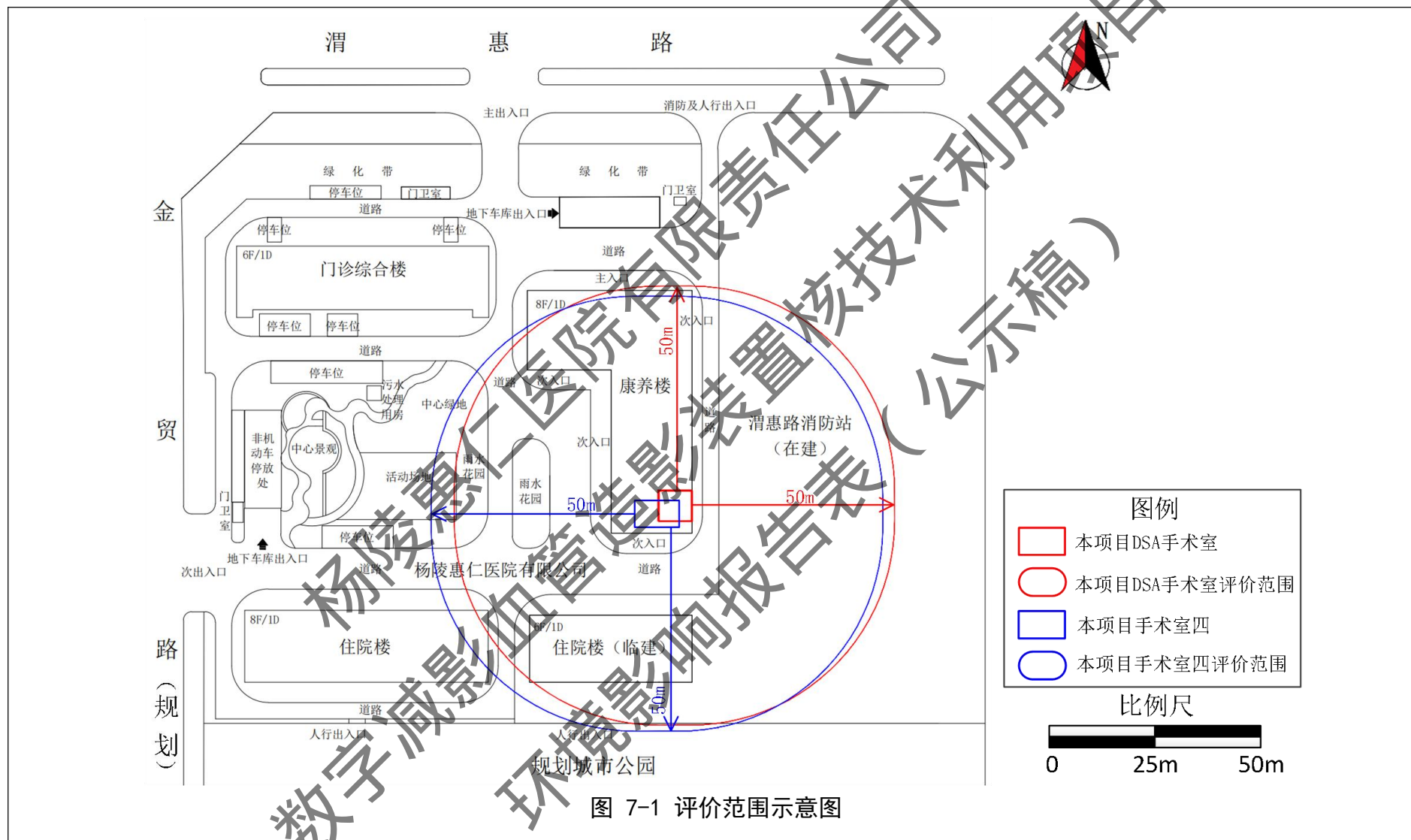
	<p>(14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号），自 2020 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号），自 2021 年 3 月 15 日起施行；</p> <p>(16) 《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部令第 55）号，2007 年 11 月 1 日施行。</p>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《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）；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(6) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》（HJ 1326-2023）；</p> <p>(7) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 建设单位提供的其他与本项目相关的资料。</p>

表 7 保护目标和评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中相关规定“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”。

根据上述要求并结合项目所涉及的工作场所布局和边界，给出相应辐射工作场所实体屏蔽外周围 50m 范围为项目环境影响评价范围，评价范围示意图详见图 7-1 至 7-3。



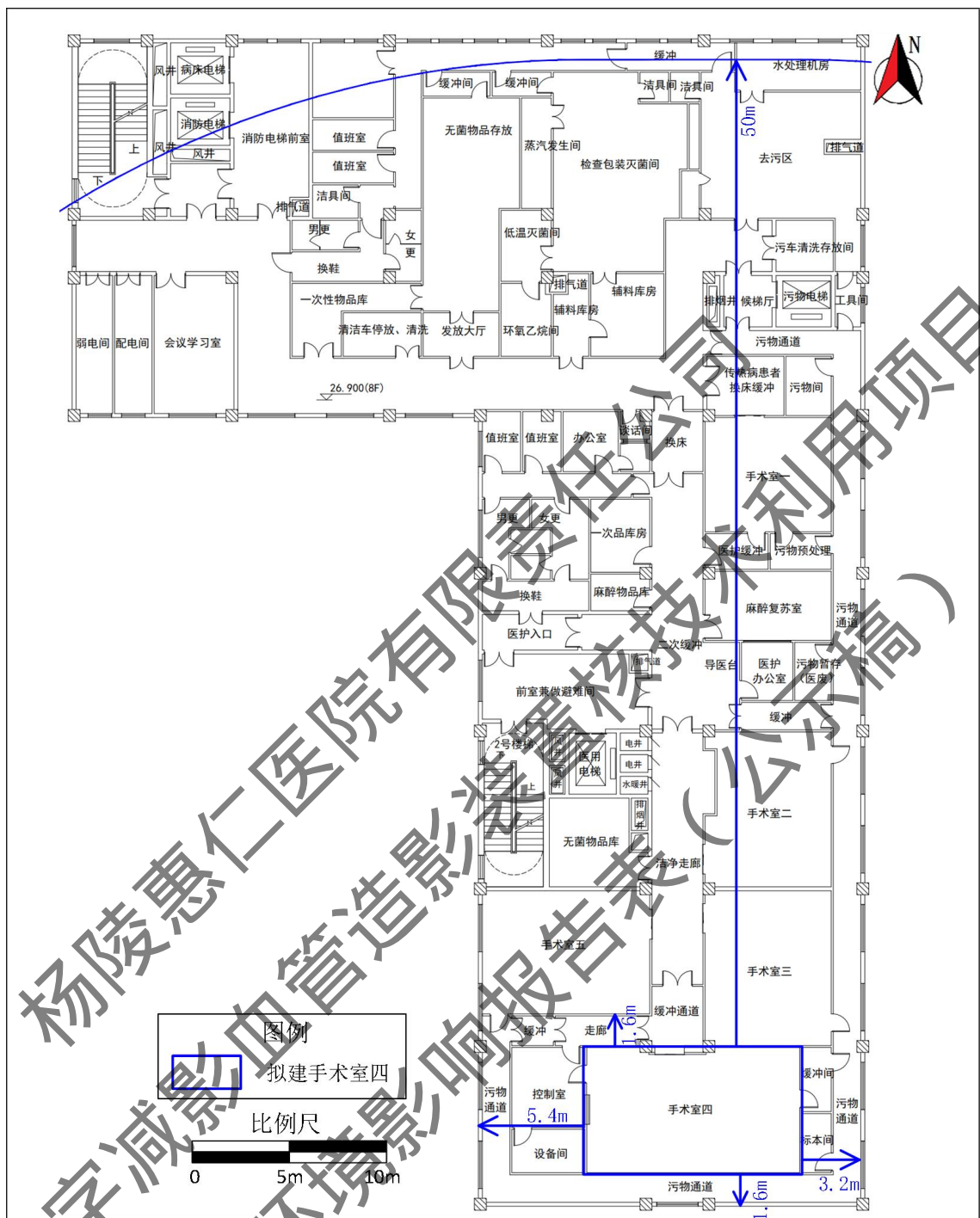


图 7-3 手术室四评价范围示意图（康养楼八层）

7.2 环境保护目标

项目环境保护目标主要为评价范围内的辐射工作人员、医院内活动的其他医护人员、患者、患者家属以及医院周边公众。

项目环境保护目标详见表 7-1。

表 7-1 项目环境保护目标一览表

序号	保护目标位置	方位	距屏蔽体外表面距离 (m)	人口数量	剂量约束值
1	DSA 手术室	内部	0.5m ^②	2 人 ^① (辐射工作人员)	5mSv/a (职业工作人员)
2	控制室	北	0.3	1 人 ^① (辐射工作人员)	
3	CT、DR 和骨密度操作走廊、乳腺钼靶操作间、阅片室	北	12~34	5 人 (其他辐射工作人员)	
4	设备间、无菌物品库、污物间等	南	0.3	2 名设备维修人员、2 名医务人员	0.1mSv/a (公众)
5	换床、缓冲区	西	0.3	流动人员	
6	院内道路	东	0.3	流动人员	
7	DSA 手术室 (一层)	北	2.2~50	约 15 名医务人员、患者及其陪同家属、流动人员	
8	核磁设备间、核磁机房、核磁操作间、登记处兼静脉注射处、急诊科输液区、急诊外科诊室、抢救室、清创缝合室、观察室、办公室、盥洗室等	西	2.6~11.4	约 4 名医务人员、患者及其陪同家属、流动人员	
9	苏醒室、谈话间、等候区、值班室、医生办公室、女更衣室等	上	1.0 ^③	2 名医务人员、患者及其陪同家属	
10	技术室二、诊断室、档案室、主任办公室	下	1.7 ^④	流动人员	
11	DSA 手术室外, 康养楼内 50m 范围内其他保护目标 (地下车库、生活水泵房、检验科实验室等)			20 名医务人员、患者及其陪同家属、流动人员	
12	院内道路、住院楼大厅等	南	3~50	30 名医务人员、流动人员	
13	院内道路	北	49~50	流动人员	

序号	保护目标位置		方位	距屏蔽体外表面距离 (m)	人口数量	剂量约束值
14		院内道路、雨水花园、活动场地、中心绿地等	西	11~50	流动人员	
15		院内道路，渭惠路消防站（在建）	东	0.3~50	流动人员	
16	手术室四（八层）	手术室四	内部	0.5m ^②	2人 ^① （辐射工作人员）	5mSv/a（职业工作人员）
17		控制室	西	0.3	1人 ^① （辐射工作人员）	
18		设备间、污物通道	西	0.3~5.4	2名设备维修人员及流动人员	0.1mSv/a（公众）
19		污物通道	南	0.3	流动人员	
20		缓冲间、标本间、污物通道	东	0.3~3.2	流动人员	
21		手术间三、缓冲通道、走廊	北	0.3	3名医务人员及流动人员	
22		洁净走廊、手术室五、手术室二、手术室一、值班室、无菌物品库、污物暂存间、一次性物品库、辅料库房、办公室、麻醉复苏室等	北	1.6~50	约30名医务人员、患者及其陪同家属、流动人员	
23		手术室机房	上	1.0 ^③	2名检修人员	
24		病房、办公室、休息室、走廊	下	1.7 ^④	3名医务人员、患者及其陪同家属、流动人员	
25		院内道路，渭惠路消防站（在建）	东	5.7~50	流动人员	
26		院内道路、住院楼大厅等	南	1.5~50	30名医务人员、流动人员	
27	手术室四向下投影至地平面	院内道路、雨水花园、活动场地、中心绿地等	西	11~50	流动人员	

序号	保护目标位置	方位	距屏蔽体外表面距离 (m)	人口数量	剂量约束值
28	核磁设备间、核磁机房、核磁操作间、登记处兼静脉注射处、急诊科输液区、急诊外科诊室、抢救室、清创缝合室、观察室、办公室、盥洗室等	北	0.3~50	约 15 名医务人员、患者及其陪同家属、流动人员	
注：①因本项目医生和影像技师实行轮岗制，因此 DSA 手术室内部和控制室环保目标的人口数量表示参加每台 DSA 手术的工作人员数量； ②表示距辐射源点距离； ③表示顶棚上方（楼上）距顶棚地面 1.0m； ④表示机房地面下方（楼下）距楼下地面 1.7m 处的距离； 其余距离均表示环保目标距屏蔽体外表面距离。					

7.3 评价标准

本项目的评价标准见如 7-2 所示。

表 7-2 本项目剂量限值及其他控制指标一览表

十、本项目剂量要求			执行标准
执行对象	辐射工作人员	公众	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 GB18871-2002
剂量限值（mSv/a）	20	5	
三、剂量率要求			执行标准
6.3.1 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。			《放射诊断放射防护要求》 GBZ130-2020
6.3.1 c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。			
三、场所分区			执行标准
控制区	把需要或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。		《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 GB18871-2002
监督区	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，但要经常对职业照射条件进行监督和评价。		
四、机房使用面积、单边长度控制			执行标准
设备名称	机房内最小有效使用面积（m ² ）	机房内最小单边长度（m）	《放射诊断放射防护要求》 GBZ130-2020
单管头X射线设备（含C形臂、乳腺CBCT）	20	3.5	

五、通风要求				执行依据	
X 射线设备 工作场所	机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。			《放射诊断放射防护要求》 GBZ130-2020	
六、防护用品				执行标准	
放射检查 类型	工作人员		受检者		《放射诊断放射防护要求》 GBZ130-2020
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助 防护 用品	
介入放射 性操作	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：“—”表示不需要。					

本次评价对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值分别进行了以下设定：

(1) 放射工作人员的年受照剂量约束值：5mSv；

(2) 周围公众的年受照剂量约束值：0.1mSv。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置及场所位置

8.1.1 医院地理位置

医院位于陕西省杨凌示范区渭惠路西段，地理坐标为东经：108.056756°，北纬：34.265963°。医院北临渭惠路，隔路为绿地；东侧与在建的渭惠路消防站相邻；西侧和南侧与耕地相邻，南侧耕地以南是西魏店村。

医院地理位置见图 1-1，医院总平面布置见图 1-3。

8.1.2 项目场所位置

医院拟在康养楼一层设置介入科，东南角建设 1 间 DSA 手术室；八层设置手术部，南侧建设手术室四，同时配套设置控制室、设备间、缓冲间等相关辅助用房。

本项目 DSA 手术室平面布局示意图见图 1-4，手术室四平面布局示意图见图 1-7。

8.2 辐射环境质量现状评价

8.2.1 监测方法

为了解项目拟建场地及周边环境 γ 辐射本底水平，本次评价委托陕西新高科辐射技术有限公司，于 2025 年 3 月 19 日对项目场地周边环境进行本底检测，检测结果见附件 4，《拟建 DSA 手术室及周围区域环境的 γ 辐射剂量率检测报告》（报告编号：EHJC-SXGK-102025001）中相关数据。监测方案见表 8-1。

表 8-1 辐射环境质量现状监测方案

监测因子	监测点位	监测频次
X- γ 剂量率	拟建 DSA 手术室 1（即 DSA 手术室）及周围相邻区域 1#~7#，楼上 8#，楼下 9#	每个点位连续监测 10 次
	拟建 DSA 手术室 1 周围 50m 范围内，10#~17#	
	拟建 DSA 手术室 2（即手术室四）及周围相邻区域 18#~28#，楼上 26#，楼下 27#	
监测方法：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）		

8.2.2 监测点位

环境 γ 辐射剂量率监测点位布设情况详见图 8-1 至图 8-2。

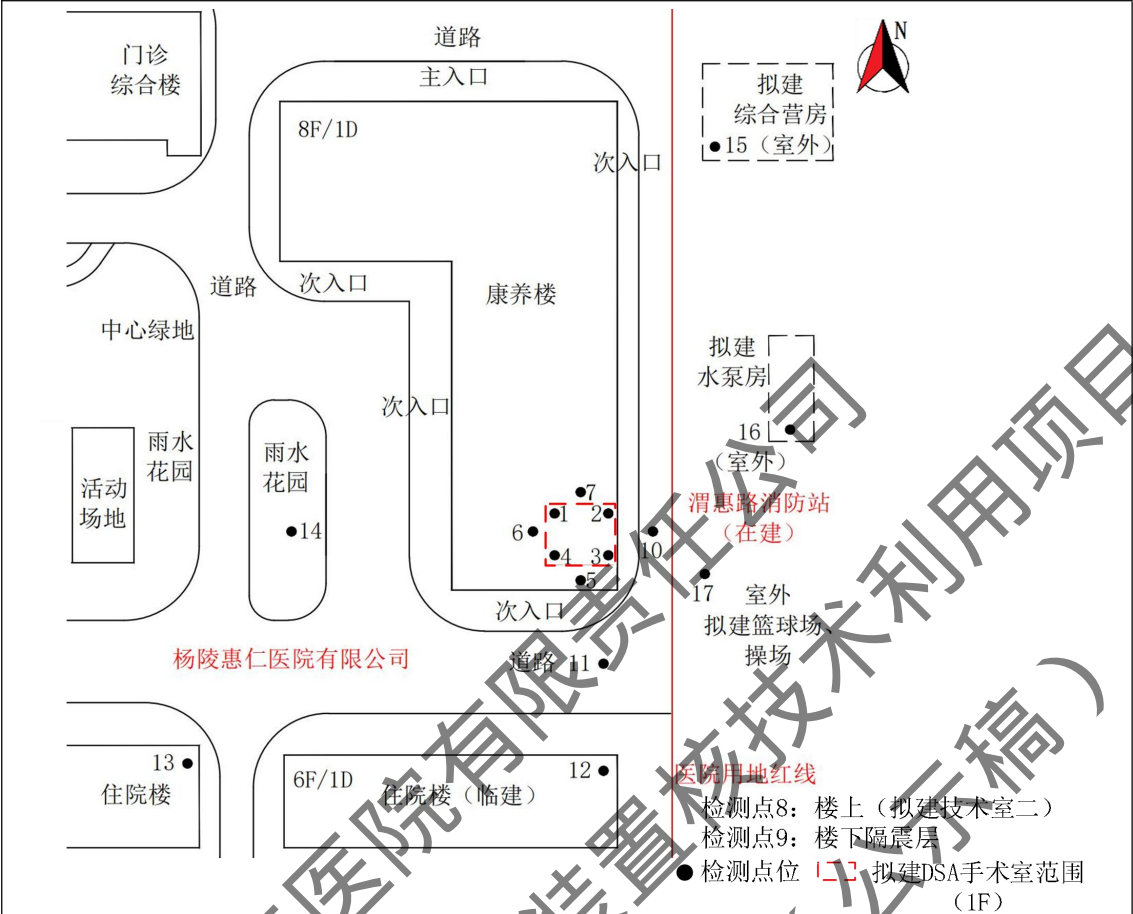


图 8-1 拟建 DSA 手术室及周围区域检测点位图

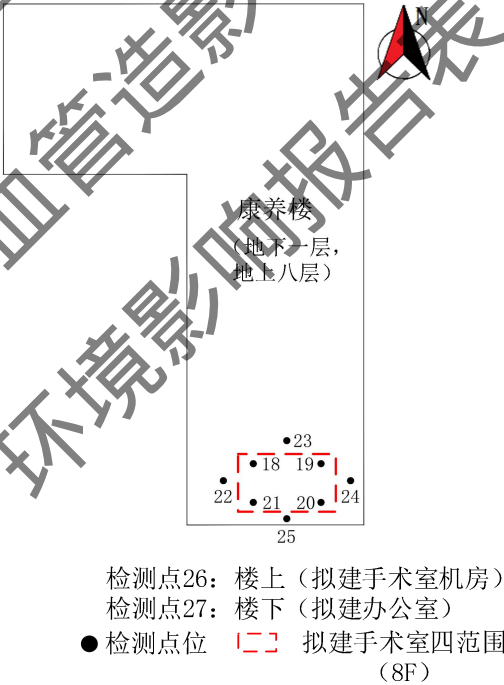


图 8-2 拟建手术室四及周围区域检测点位图

8.2.3 监测使用仪器

监测仪器相关情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器相关参数一览表				
检测仪器 名称、型号、编号	测量范围	检定单位	证书编号	证书有效期
环境监测用 X、 γ 辐射 空气比释动能率仪 FD-3013H-6882	0.01~200 $\mu\text{Gy/h}$	中国辐射防护研究 院放射性计量站	检字第 [2024]-L0593	2024.8.9~ 2025.8.8

8.2.4 质量保证措施

①结合现场实际情况及检测点位的可达性，在项目拟建场地周边环境布设检测点位，充分考虑检测点位的代表性和可重复性，以保证检测结果的客观性和公正性；

②严格按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）进行检测；

③检测仪器每年定期经有资质的计量部门检定、校准，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检测人员持证上岗；

⑥检测结果经三级审核，保证检测数据的准确。

8.2.5 监测结果及评价

项目拟建机房及周边环境 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-3。

表 8-3 环境 γ 辐射剂量率监测结果

点位 编号	点位描述	检测结果（ $\mu\text{Gy/h}$ ）	
		平均值	标准差
1	拟建 DSA 手术室 1 检测点 1	0.09	0.005
2	拟建 DSA 手术室 1 检测点 2	0.10	0.006
3	拟建 DSA 手术室 1 检测点 3	0.10	0.004
4	拟建 DSA 手术室 1 检测点 4	0.10	0.005
5	拟建 DSA 手术室 1 南侧	0.10	0.006
6	拟建 DSA 手术室 1 西侧	0.09	0.005
7	拟建 DSA 手术室 1 北侧	0.09	0.005
8	拟建 DSA 手术室 1 楼上（拟建技术室二）	0.09	0.005
9	拟建 DSA 手术室 1 楼下隔震层	0.09	0.005
10	拟建 DSA 手术室 1 东侧室外道路	0.07	0.005
11	康养楼南侧室外道路	0.07	0.007

点位 编号	点位描述	检测结果 (μGy/h)	
		平均值	标准差
12	康养楼南侧住院楼（临建）一层	0.09	0.004
13	康养楼南侧住院楼一层	0.10	0.007
14	康养楼西侧雨水花园	0.07	0.005
15	渭惠路消防站拟建综合营房（室外）	0.07	0.007
16	渭惠路消防站拟建水泵房（室外）	0.08	0.007
17	渭惠路消防站拟建篮球场、操场（室外）	0.07	0.005
18	拟建 DSA 手术室 2 检测点 1	0.10	0.007
19	拟建 DSA 手术室 2 检测点 2	0.10	0.007
20	拟建 DSA 手术室 2 检测点 3	0.09	0.005
21	拟建 DSA 手术室 2 检测点 4	0.10	0.007
22	拟建 DSA 手术室 2 西侧	0.08	0.005
23	拟建 DSA 手术室 2 北侧	0.08	0.005
24	拟建 DSA 手术室 2 东侧	0.08	0.004
25	拟建 DSA 手术室 2 南侧	0.09	0.005
26	拟建 DSA 手术室 2 楼上（拟建手术室机房）	0.08	0.005
27	拟建 DSA 手术室 2 楼下（拟建办公室）	0.08	0.009

注：表中数据已扣除宇宙射线响应值，此处宇宙射线响应值为 0.011 μGy/h，建筑物对宇宙射线的屏蔽因子按原野/道路取 1（点位 10，点位 11，点位 14-点位 17），点位 26 按平房取 0.9，其余点位按楼房取 0.8。

由表 8-3 可知，项目拟建辐射工作场所的环境γ辐射剂量率为 70~100nGy/h（已扣除宇宙射线响应值），由于项目所在地杨陵区隶属于咸阳市，因此拟建辐射工作场所的环境γ辐射剂量率与《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γ辐射剂量率调查结果（原野：48~68nGy/h，道路：32~68nGy/h，室内：87~123nGy/h）”相当，属天然辐射本底水平，辐射环境质量现状无异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

DSA（Digital Subtraction Angiography，数字减影血管造影设备）因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机。DSA 主要由 X 射线发生系统、影像接收器和显示系统、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、防护屏及防护铅帘等构成。

常见数字减影血管造影机外观见图 9-1。

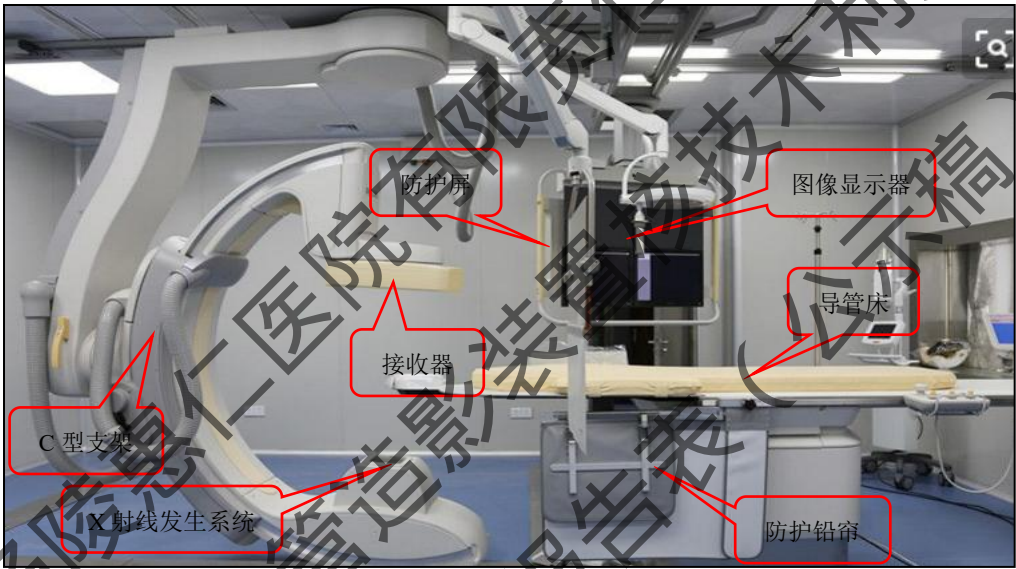


图 9-1 常见数字减影血管造影机外观图

9.1.2 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。由于造影剂用量少，浓度低，损伤小，较安全。通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。在进行 DSA 手术时，医务人员将介入导管经皮下血管注入，通过 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 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。

数字减影血管造影设备（DSA）工作示意图见图 9-2。

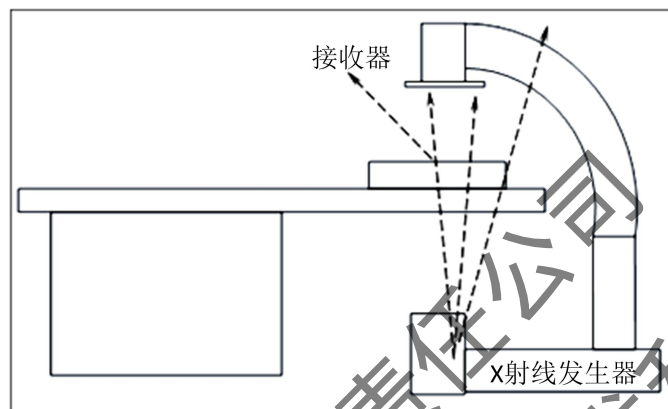


图 9-2 DSA 机工作示意图

9.1.3 操作流程

数字减影血管造影设备（DSA）在进行曝光时分为诊断和介入治疗两种情况。

（1）诊断

诊断采用隔室操作方式，通过控制 X 线系统曝光，对造影部位图像摄影。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，对造影部位图像摄影。医师根据该图像确诊患者病变范围、程度，选择治疗方案。

（2）介入治疗

DSA 介入治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 0.5m 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、介入防护手套等），同时手术床旁设有屏蔽挂帘和铅防护帘。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。

9.1.4 污染因子

DSA 在正常曝光期间主要的污染因子为 X 射线、臭氧、氮氧化物等。由于项目注入的造影剂不含放射性，不会产生放射性废物。射线装置采用数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。

DSA 操作流程及产污环节见图 9-3。

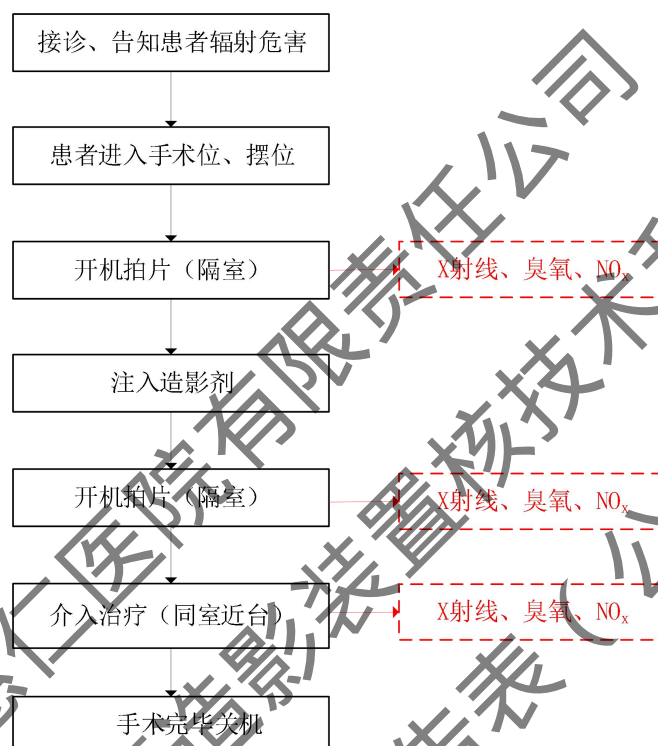


图 9-3 设备操作流程及产污环节示意图

9.1.5 医护、患者、污物流动路线

（1）医护人员流动路线：医护人员更衣后可经洁净走廊、缓冲通道进入控制室，再由工作人员防护门进入手术室，也可经缓冲通道通过患者防护门进入手术室。

（2）患者流动路线：患者通过换床、缓冲通道由患者防护门进入 DSA 手术室、手术室四。

（3）污物流动路线：DSA 手术室的污物在术后打包，由南侧污物门运出，暂存于污物间；手术四的污物经过东侧缓冲间，沿污物通道向北运至污物暂存间暂存，污物定期被送往医疗废物暂存点。污物转运必须在周边无患者或其他公众情况下运出，医院应做好院感防控方面的工作。

项目医护、患者、污物流动路线详见图 1-5、1-7。

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况下污染途径

①X 射线

DSA 机开机时发出 X 射线，X 射线贯穿手术室的屏蔽墙进入外环境，对控制室内职业工作人员及手术室周围公众产生外照射影响；在介入手术过程中，对手术室内医护人员造成较高剂量的外照射。X 射线为介入手术中心区域的主要污因子。

②废气

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。

③废水

本项目 DSA 使用的造影剂不含放射性，不排放放射性废水。显像设备采用数字显影技术，无废显影液和定影液产生。本项目辐射工作人员产生的生活污水均无放射性。

④固体废物

介入手术产生医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物。

9.2.2 事故工况下污染途径

项目 DSA 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或电器系统故障，使受检者或职业人员受到超剂量照射。

(2) 与诊疗无关的人员未撤离手术室，射线装置开始运行，对其造成额外误照射。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 安全警示装置发生故障时，患者门无法正常关闭，其他医护人员误入正在运行的手术室造成额外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射安全防护措施和设施

10.1.1 工作场所布局

本项目 DSA 手术室和手术室四的平面布局合理性分析见表 10-1。

表 10-1 DSA 手术室和手术室四平面布局合理性分析

法规标准	条目	标准要求	设计情况	评价
《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)	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。	本项目 DSA 设备拟安装位置，机房的门、窗和管线口位置均合理，有用线束未直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	符合要求
	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。	本项目 DSA 手术室和手术室四邻室（含楼上和楼下）无儿科病房、产房等特殊人群或人员密集区域和人员流动性大的商业活动区域。DSA 手术室四周墙体、屋顶、地板和门窗的防护铅当量厚度均大于 2mm 铅当量。	符合要求
	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。	本项目 DSA 均安装于单独的机房内，机房均满足设备的布局要求。	符合要求
	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，即单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）机房内最小有效使用面积为 20m ² ，机房内最小单边长度为 3.5m。	本项目 DSA 手术室最小单边长 6.70m，有效使用面积 46.90m ² ；手术室四最小单边长 6.00m，有效使用面积 64.80m ²	符合要求

因此，本项目 DSA 手术室和手术室四布局均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中关于 X 射线设备机房布局的规定。

10.1.2 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），辐射工作场所应分为控制区及监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：把需要或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。

监督区：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，但要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据本项目平面布局，将 DSA 手术室和手术室四防护屏蔽体（包括屏蔽墙、顶棚、地板、防护门、防护窗等）以内的区域划分为控制区，将 DSA 手术室北侧控制室，西侧换床、缓冲区，南侧设备间、无菌物品库和污物间划分为监督区；将手术室四西侧控制室和设备间，南侧污物通道，东侧缓冲间和标本间，北侧缓冲通道、走廊和手术室三划分为监督区。

项目分区管理示意图见图 10-1 至图 10-6。

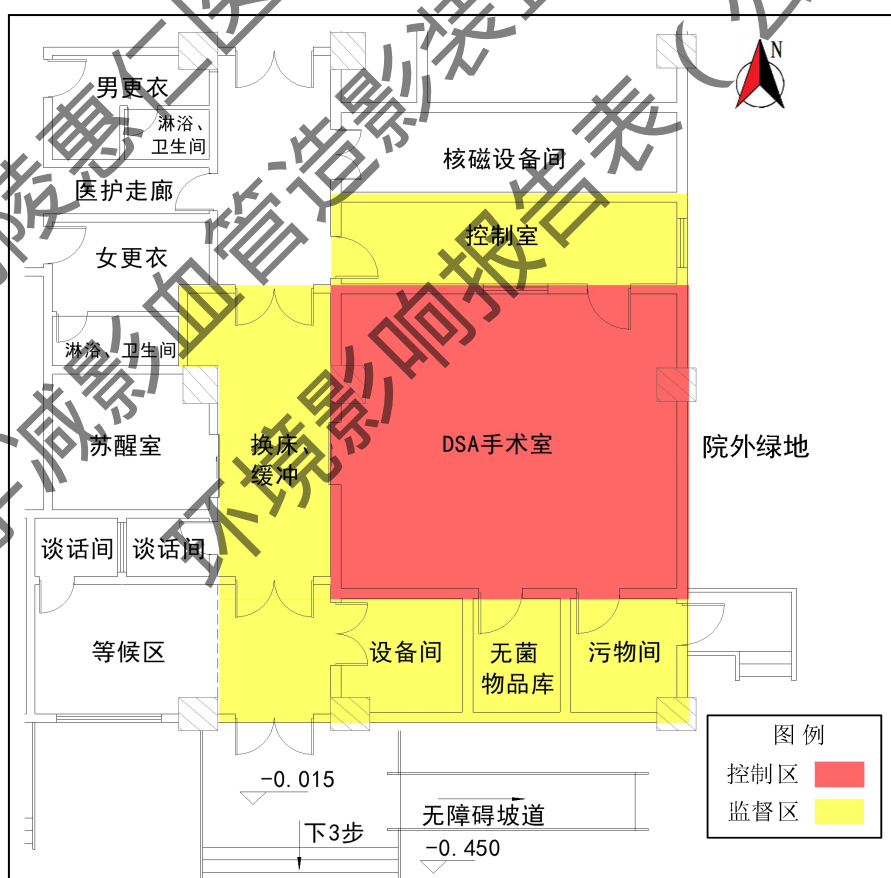


图 10-1 DSA 手术室分区管理示意图（一层）

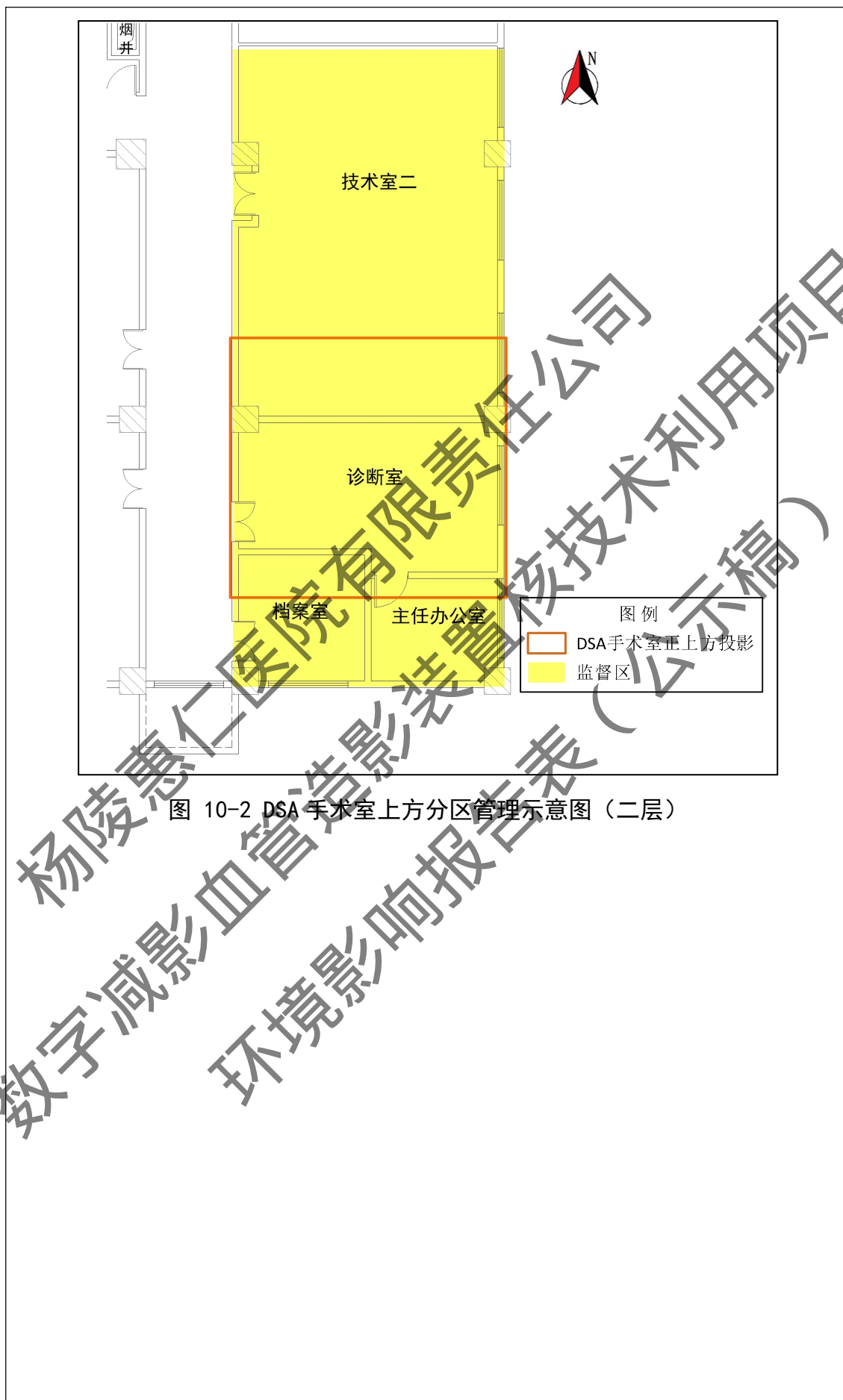


图 10-2 DSA 手术室上方分区管理示意图（二层）

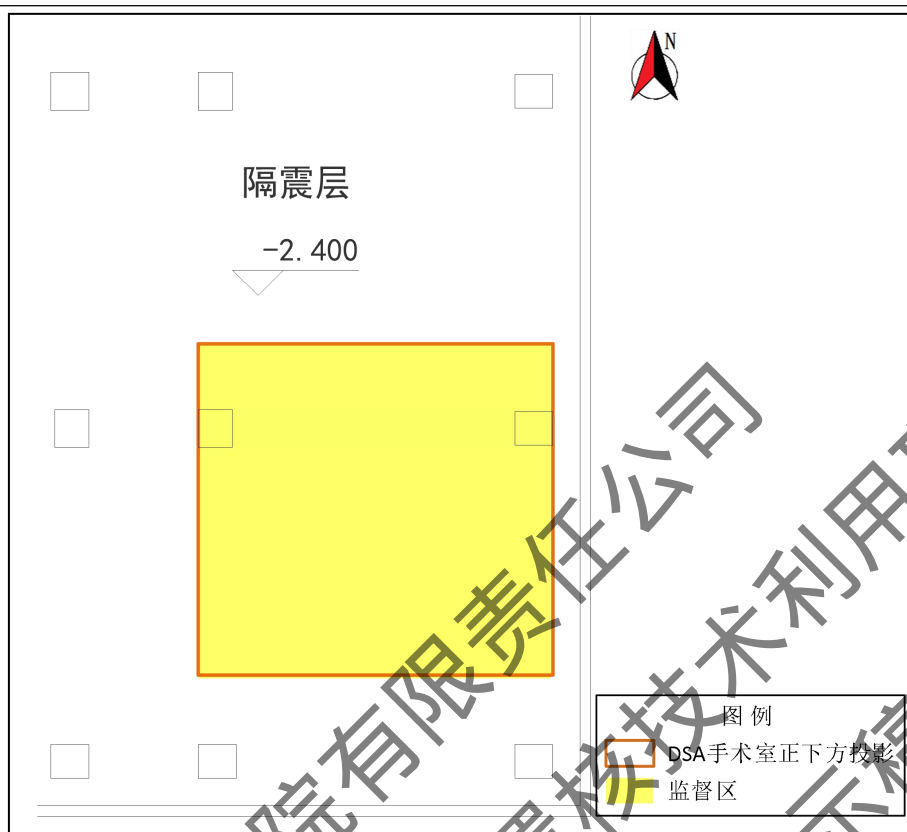


图 10-3 DSA 手术室下方分区管理示意图（隔震层）

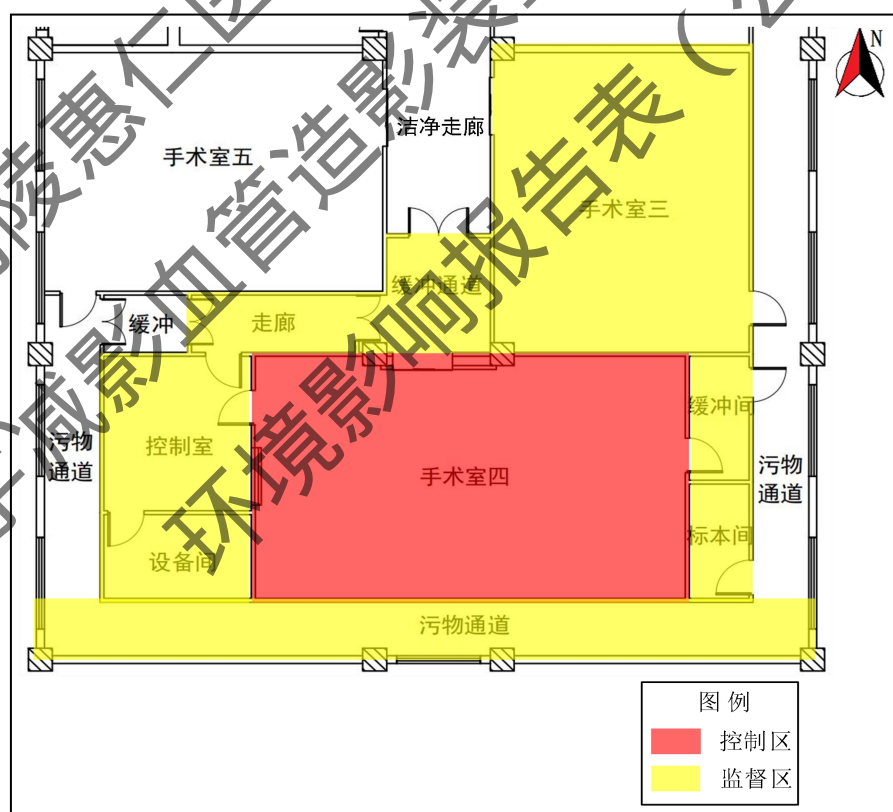


图 10-4 手术室四分区管理示意图（八层）

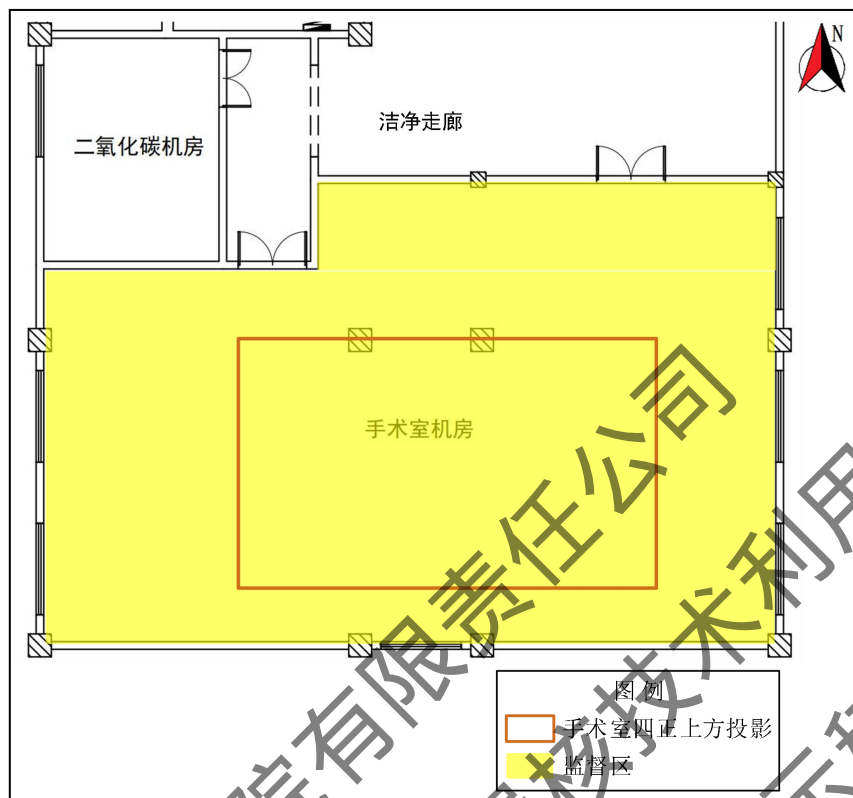


图 10-5 手术室四上方分区管理示意图（屋面层）

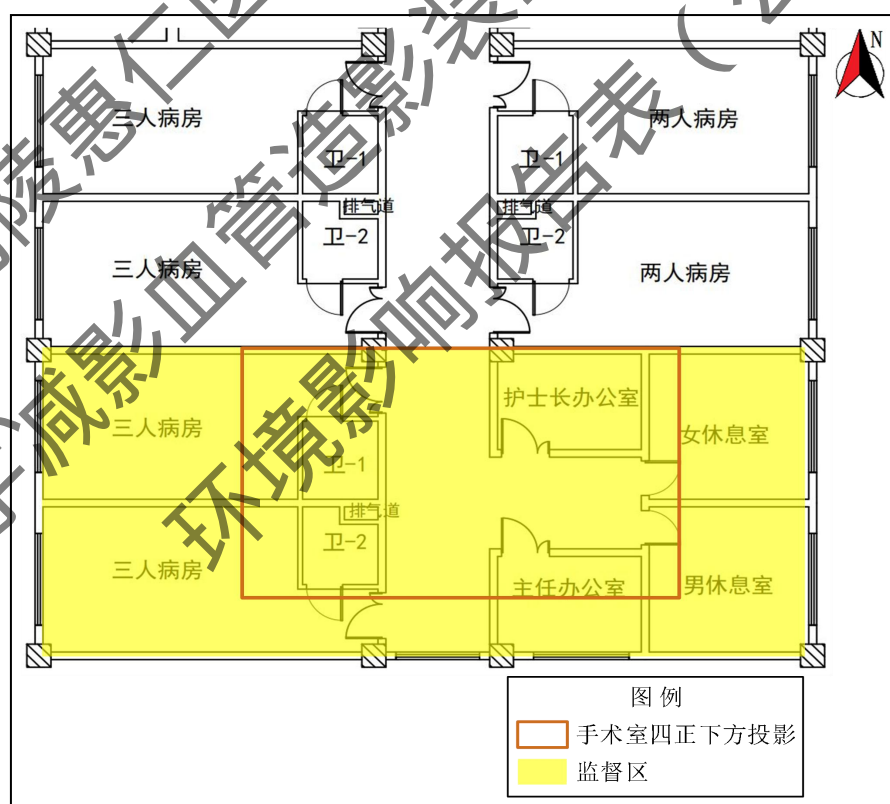


图 10-6 手术室四下方分区管理示意图（七层）

10.1.3 屏蔽设计情况

10.1.3.1 设备固有的主动防护技术

本项目拟配备的 DSA 机应配备但不限于以下主动防护技术：

- (1) 在手术室内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。
- (2) X 射线设备配备有能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。
- (3) 透视曝光开关为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。
- (4) 介入操作中，设备控制台和手术室内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光记录。

10.1.3.2 工作场所辐射屏蔽设计

本项目 DSA 手术室的建设规模及与《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 符合情况见表 10-2。

表 10-2 机房设计建设规模表

机房	参数	设计值	要求	评价
DSA 手术室	有效使用面积	46.9m ²	≥20m ²	符合
	最小单边长度	6.7m	3.5m	符合
手术室四	有效使用面积	64.8m ²	≥20m ²	符合
	最小单边长度	6.0m	3.5m	符合

本项目 DSA 手术室南北长度为 7.0m，东西宽度为 6.7m，有效使用面积为 46.9m²；手术室四东西长度为 10.8m，南北宽度为 6.0m，有效使用面积为 64.8m²。本项目 DSA 手术室和手术室四的有效使用面积和最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中对 C 型臂机房“机房内最小有效使用面积 20m²，机房内最小单边长度 3.5m”的要求。

DSA 手术室与手术室四的辐射屏蔽防护相关参数详见表 10-3。混凝土与实心砖墙在 125kV 下的等效铅当量计算根据 GBZ130-2020 附录 C 公式 C.1 和 C.2，α、β、γ取值自 NCRP147 和 GBZ130-2020，见表 10-3。

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

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

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

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。

表 10-3 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

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

注：α、β、γ取值自 GBZ130-2020 附录 C 表 C.2，DSA 参数取值为 125kV 主束状态下拟合参数。

计算得，在管电压 125kV 下，100mm 混凝土的等效铅当量约 1.17mmPb，240mm 实心砖墙等效铅当量约为 2.28mm 铅当量。

根据《辐射防护手册·第三分册》第 63 页表 3.4，在管电压 150kV 条件下，15mm 硫酸钡（密度 3.2g/cm³）相当于 1 个铅当量，33mm 硫酸钡相当于 2 个铅当量，51mm 硫酸钡相当于 3 个铅当量，内插法得 30mm 硫酸钡的等效铅当量保守取值约为 1.83mmPb，40mm 硫酸钡的等效铅当量保守取值约为 2.39mmPb。

根据医院提供的图纸，本项目 DSA 手术室的辐射防护屏蔽参数见表 10-4。

表 10-4 DSA 手术室辐射屏蔽防护参数一览表（125kV）

手术室	位置	屏蔽措施	等效铅当量	标准要求
DSA 手术室	四周墙体	240mm 实心砖+ 30mm 硫酸钡	3.90mmPb	2.0mmPb
	屋顶	100mm 混凝土楼板+ 30mm 硫酸钡	3.00mmPb	2.0mmPb
	地板	100mm 混凝土楼板+ 40mm 硫酸钡	3.56mmPb	2.0mmPb
	患者门	4mmPb 电动推拉门	4.00mmPb	2.0mmPb
	工作人员门、无菌 物品库门和污物门	4mmPb 手动单开门	4.00mmPb	2.0mmPb
	观察窗	4mmPb 防护玻璃板	4.00mmPb	2.0mmPb

手术室四	四周墙体	200 空心砖+4mm 铅板	4.00mmPb	2.0mmPb
	屋顶	100mm 混凝土楼板+ 30mm 硫酸钡	3.00mmPb	2.0mmPb
	地板	100mm 混凝土楼板+ 40mm 硫酸钡	3.56mmPb	2.0mmPb
	患者门	4mmPb 电动推拉门	4.00mmPb	2.0mmPb
	工作人员门	4mmPb 手动单开门	4.00mmPb	2.0mmPb
	缓冲间门	4mmPb 手动单开门	4.00mmPb	2.0mmPb
	观察窗	4mmPb 防护玻璃板	4.00mmPb	2.0mmPb

由表 10-4 可知，本项目 DSA 手术室四周墙体的等效铅当量均为 3.90mmPb，屋顶的等效铅当量为 3.00mmPb，地板的等效铅当量为 3.56mmPb，患者门、工作人员门、无菌物品库门和污物门的等效铅当量均为 4.00mmPb，观察窗的等效铅当量为 4.00mmPb。

手术室四四周墙体的等效铅当量均为 4.00mmPb，屋顶的等效铅当量为 3.00mmPb，地板的等效铅当量为 3.56mmPb，患者门、工作人员门和缓冲间门的等效铅当量均为 4.00mmPb，观察窗的等效铅当量为 4.00mmPb。

因此，DSA 手术室和手术室四的防护均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“C 形臂 X 射线设备机房有用线束方向铅当量 2mm，非有用线束方向铅当量 2mm”。

10.1.4 工作场所辐射安全防护措施

(1) 2 间 DSA 手术室拟采取以下安全防护措施：

①DSA 手术室的患者门、控制室门、无菌物品库门和污物门外均设置电离辐射警告标志，患者门上方设置醒目的工作状态指示灯，指示灯灯箱上设有“射线有害，灯亮勿入”的警示语句，指示灯与患者进出防护门有效联动，确保门灯联锁装置正常运行，防止无关人员误入。

②患者进出门设置为感应式电动推拉门，射线装置工作区域内手动防护门均设置自动闭门装置，电动推拉门建议设置光幕式红外防夹装置。

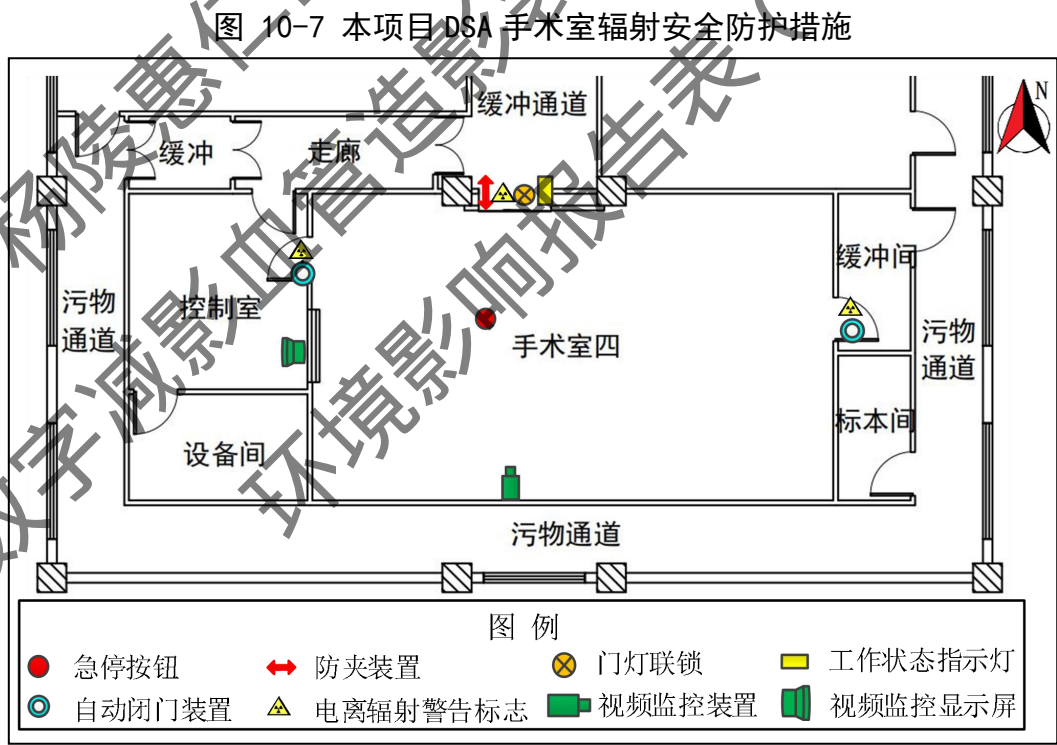
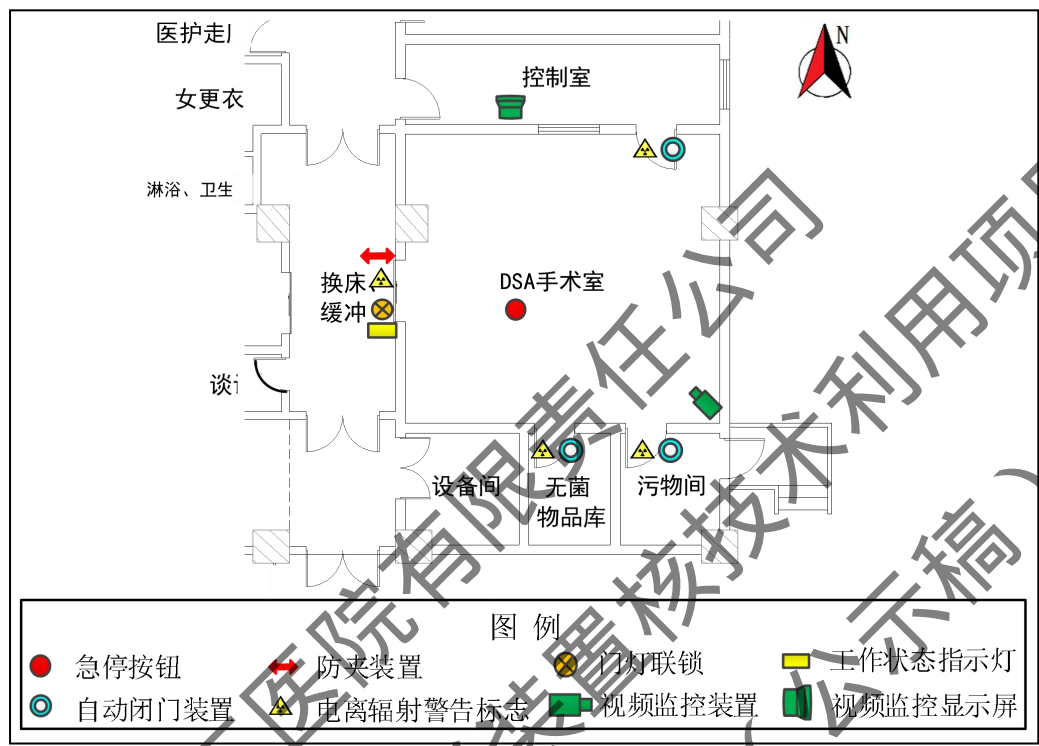
③手术室外候诊区设置放射防护注意事项告知栏。

④控制室设置有观察窗和摄像监控装置，操作人员通过观察窗和摄像监控观察手术室内工作人员及患者状态。

⑤在 DSA 手术室的治疗床旁设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，

能立即停止照射。

一层 DSA 手术室和八层手术室四的辐射安全防护设施位置示意分别见图 10-3 和 10-4。



本项目 2 台 DSA 设备基座下方均设置电缆沟，电缆布设在电缆沟内，电缆穿墙以“U”型管穿墙，穿墙位置采用与墙面屏蔽能力相当的屏蔽补偿，能够有

效防止射线泄漏,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,电缆管线穿墙示意图见图 10-5。

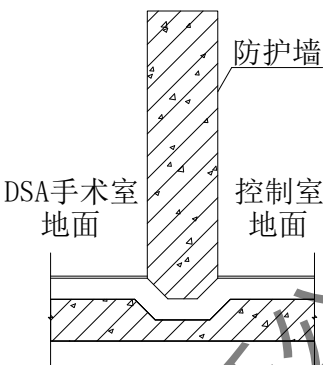


图 10-9 电缆管线穿墙示意图

(2) 项目拟采取的其他安全防护措施

①手术室内布局应合理,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。手术室内不堆放与诊断工作无关的杂物。

②手术室应设置有动力通风装置,设备运行时应打开以保持良好的通风。

③医院需配备 1 台 X-γ辐射剂量率监测仪,定期巡检并建立自行监测数据档案。

④辐射工作人员正确佩戴个人剂量计,介入手术医生和护士建议佩戴双剂量计(在铅围裙内外各佩戴一个剂量计)。

⑤根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)第 6.5 条的规定,医院应为 DSA 手术室患者和工作人员配备相应的个人防护用品和辅助防护设施,配置要求见表 10-5。

表 10-5 本项目个人防护用品和辅助防护设施配置要求

个人防护用品及辅助防护设施配备要求							
序号	个人防护用品	防护对象					
		成人受检者		儿童受检者		工作人员	
		铅当量 (mmPb)	数量 (件)	铅当量 (mmPb)	数量 (件)	铅当量 (mmPb)	数量 (件)
1	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾	≥0.5	≥1	≥0.5	≥1	—	—
2	铅橡胶颈套	≥0.5	≥1	≥0.5	≥1	≥0.5	≥4
3	铅橡胶围裙	—	—	—	—	≥0.5	≥4

个人防护用品及辅助防护设施配备要求							
序号	个人防护用品	防护对象					
		成人受检者		儿童受检者		工作人员	
		铅当量 (mmPb)	数量 (件)	铅当量 (mmPb)	数量 (件)	铅当量 (mmPb)	数量 (件)
4	铅防护眼镜	—	—	—	—	≥0.25	≥4
5	介入防护手套	—	—	—	—	≥0.025	≥2
6	铅橡胶帽子 (选配)	≥0.25	选配	≥0.25	选配	≥0.25	选配
序号	辅助防护设施	工作人员					
		铅当量 (mmPb)			数量 (件)		
1	铅悬挂防护屏/ 铅防护帘	≥0.25			≥1		
2	床侧防护帘/ 床侧防护屏	≥0.25			≥1		
3	移动铅防护屏风 (选配)	≥2.0			选配		

10.2 “三废”的治理

10.2.1 固体废物

介入手术时产生的废医用器具和废药棉、纱布、手套等医疗废物，采用专用容器集中收集，DSA 手术室的污物在术后打包，由南侧污物门运出，暂存于污物间；手术四的污物经过东侧缓冲间，沿污物通道向北运至污物暂存间暂存，污物定期被送往医疗废物暂存点。医院定期委托有资质的单位处置医疗废物。

本项目工作人员产生的生活垃圾与医院其他生活垃圾一起交由市政环卫部门处理。

10.2.2 废水

本项目工作人员产生的生活污水依托医院污水处理站统一处理达标后排入市政管网。

10.2.3 废气

DSA 设备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。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求：机房

应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

本项目 DSA 手术室与手术室四均设置有排风系统，DSA 手术室的容积约 211.05m^3 ，排风口（ $400\text{mm}\times 400\text{mm}$ ）设置于 DSA 手术室天花板的东侧；手术室四的容积约 311.04m^3 ，排风口（ $400\text{mm}\times 400\text{mm}$ ）设置于手术室四天花板的东侧，DSA 手术室排风口的设计排风量为 $900\text{m}^3/\text{h}$ ，手术室四排风口的设计排风量为 $1300\text{m}^3/\text{h}$ ，DSA 手术室与手术室四的排风次数均为 4 次/h。

DSA 手术室内产生的臭氧、氮氧化物经排风管道穿手术室东墙后直接排至楼外院内道路上空，排放口距地面不低于 3m，室外排风口设置 $250\times 200\text{mm}$ 防雨百叶；手术室四内产生的臭氧、氮氧化物经排风管道向东依次穿手术室四、缓冲间和污物通道墙体，最终排至楼外院内道路上空，排放口距地面不低于 30m，室外排风口设置 $200\times 200\text{mm}$ 防雨百叶。

本项目 DSA 手术室与手术室四的排风管道均采用 45 度斜向穿墙方式，风管穿墙洞口先用硫酸钡封堵，然后洞四周墙面用 4mm 铅当量铅皮包裹，铅皮长度超出管道两侧墙面各 400mm 以上，并与墙体铅防护层无缝搭接，接缝处采用铅板焊接封闭，确保射线不会通过缝隙漏射到手术室外。

本项目 DSA 手术室、手术室四排风管道路径示意图分别见图 10-6 和 10-7，屏蔽补偿措施示意图见图 10-8。

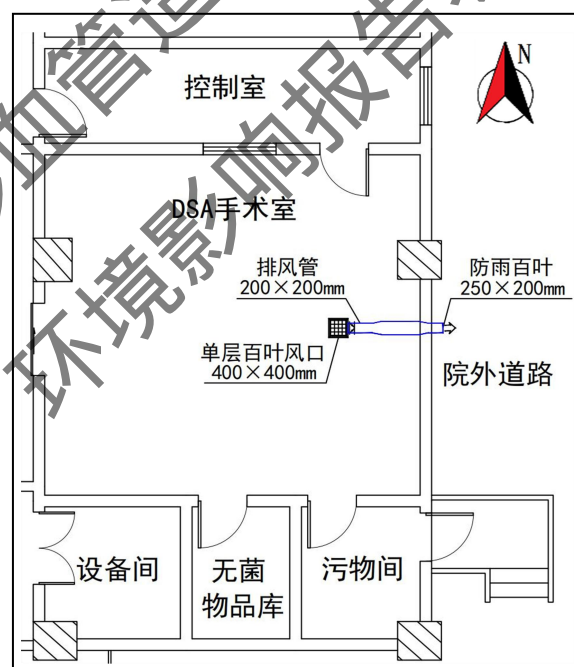


图 10-10 本项目 DSA 手术室排风管道示意图

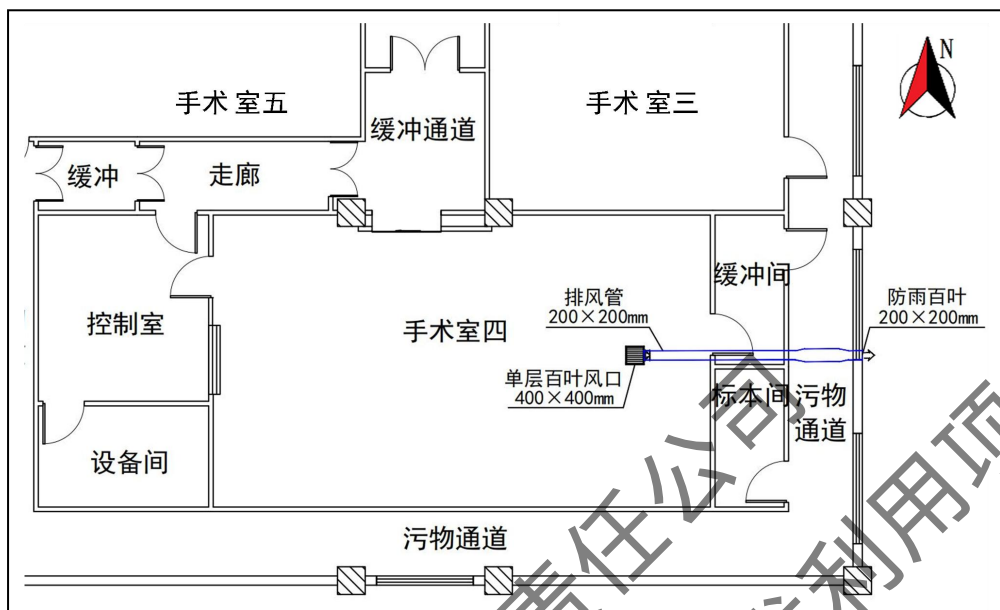


图 10-11 本项目手术室四排风管道示意图

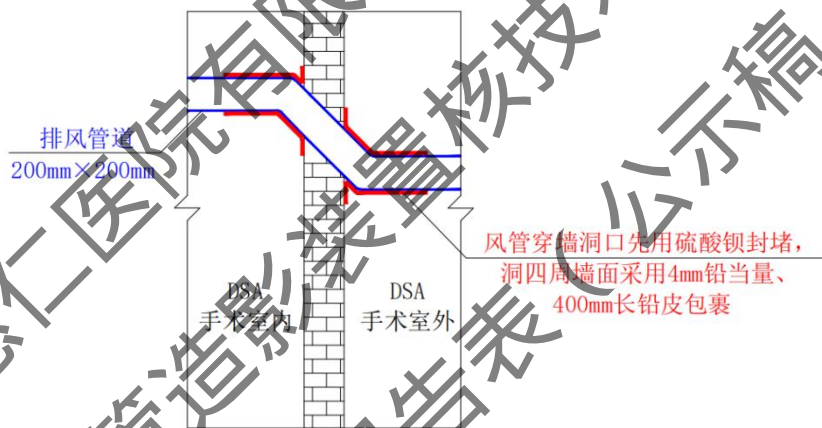


图 10-12 通风管道穿越屏蔽体方式示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 土建施工阶段

医院拟在康养楼一层设置介入科，介入科东南角建设 1 间 DSA 手术室及控制室、设备间、无菌物品库、污物间等相关辅助用房；八层设置手术部，手术部南端建设手术室四（DSA 手术室）及控制室、设备间、缓冲间等相关辅助用房。

本项目施工主要内容包括：辐射屏蔽措施施工、设备安装，电缆走线等。项目施工建设阶段对环境的影响主要为施工过程产生的废气、废水、噪声、建筑垃圾等。

（1）废气：施工期料堆应采取防尘措施，清扫过程做到先洒水再清扫，固体废物及时清运，运输物料车采取覆盖等防止散落措施。

（2）废水：施工期间的机械洗刷污水、生活污水。治理措施为：施工期间的机械洗刷污水应进行沉淀处理，然后回用于施工或施工场地洒水抑尘，严禁将施工泥浆排入下水道，以免引起排水不畅而导致周围积水内涝。生活污水依托医院内的污水处理站，处理达标后排入市政污水管网。

（3）噪声：施工现场如电钻、切割机等产生的噪声。治理措施为：①噪声专人专管；施工现场提倡文明施工。②降噪措施落实：施工设备相对集中，对施工设备可以屏蔽降噪，使用隔声性能好的隔声构件将施工机械噪声源与周围环境隔离，以减少环境污染范围与污染程度，尽量缩小噪声干扰范围，合理安排作业时间，限制夜间进行有强噪声污染的施工作业。

（4）固体废物：施工期间建筑垃圾以及建材包装的废包装材料和施工人员产生的生活垃圾等。治理措施为：施工期间的建筑垃圾应在指定的地点堆放，并及时清运；废包装材料和生活垃圾产生量少，分类收集于垃圾桶，由环卫部门统一清运。

项目施工期短，施工范围小，通过控制作业时间、加强施工现场管理等手段，施工期对周围环境影响较小，且施工期影响均为暂时影响，随着施工期的结束而消除。

11.1.2 设备安装调试阶段

项目设备安装、调试、检测和维修等均由设备供应商的工作人员负责。在安

装前设备供应商对机房进行初步的安装验收,在满足相关条件后再进行设备的安装、调试。在设备安装、调试阶段,医院及设备供应商应加强辐射防护管理,在此过程中应保证机房各屏蔽体屏蔽到位,关闭防护门,在辐射工作场所外设立电离辐射警告标志,禁止无关人员靠近。人员离开时机房应上锁并派人看守。在设备安装、调试过程中,不允许其他无关人员进入机房所在区域,防止辐射事故发生。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 机房防护墙体屏蔽厚度核算

11.2.1.1 关注点选取

关注点的选取以 DSA 手术室中心位置作为辐射源点;有用线束向上照射,设备机头正常位置距离地面 0.5m,治疗床高 1m,因此漏射线源距离地面 0.5m,散射线源距离地面 1m。防护门窗考虑安装位置角度。

关注点位距墙体、门、窗表面 0.3m。屋顶上方(楼上)距屋顶地面 1.0m,机房地面下方(楼下)距楼下地面 1.7m。

本项目 DSA 手术室位于医院康养楼一层,一层层高为 4.5m,地下隔震层层高为 2.4m;手术室四位于医院康养楼八层,八层层高为 4.8m,七层层高为 3.9m。

本项目所选关注点见图 11-1、11-2。

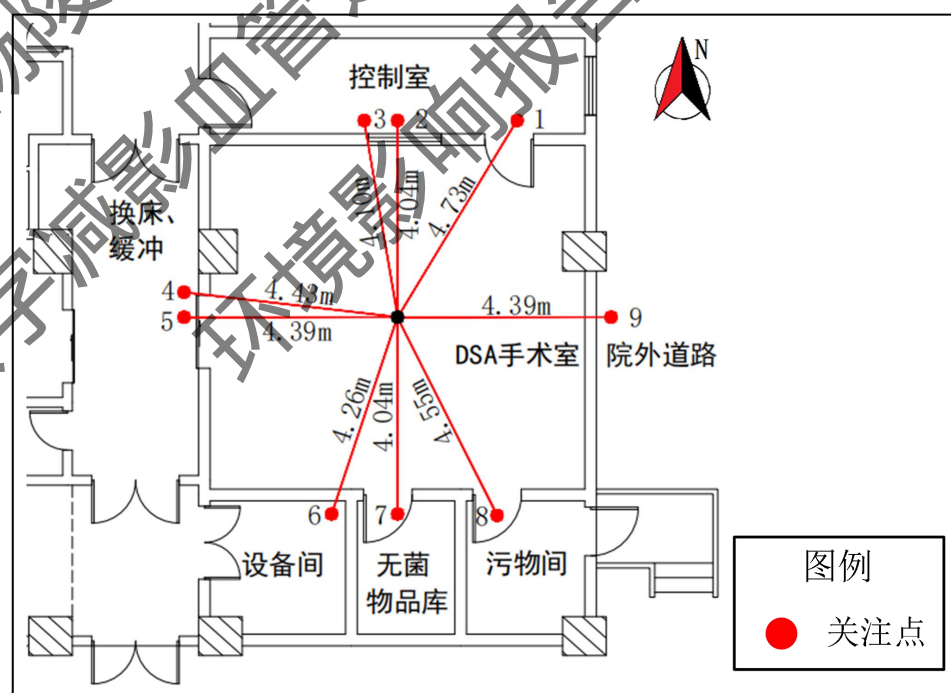


图 11-1 DSA 手术室平面各关注点分布简图

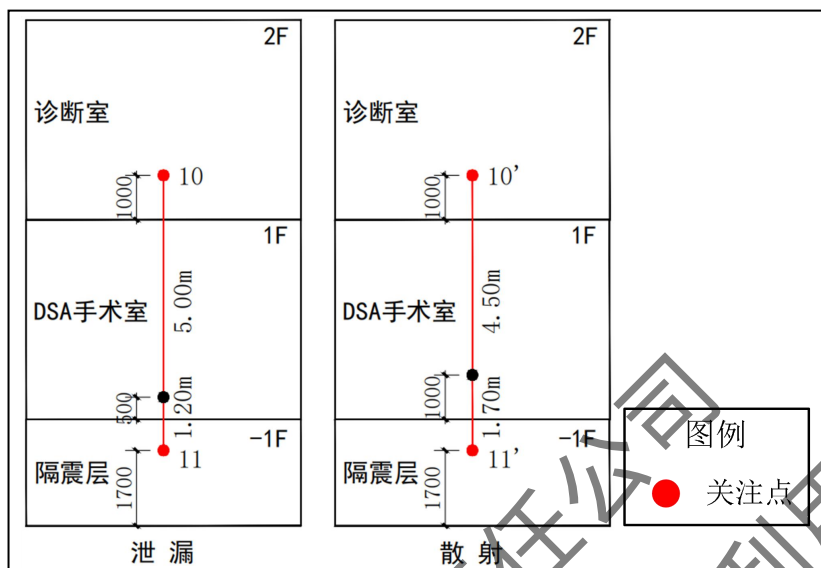


图 11-2 DSA 手术室剖面各关注点分布简图

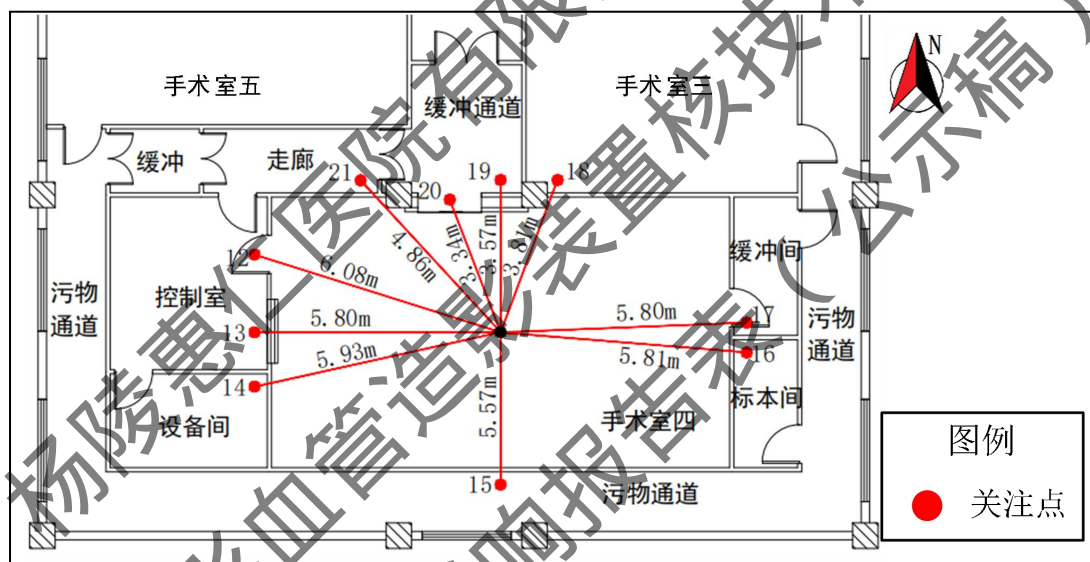


图 11-3 手术室四平面各关注点分布简图

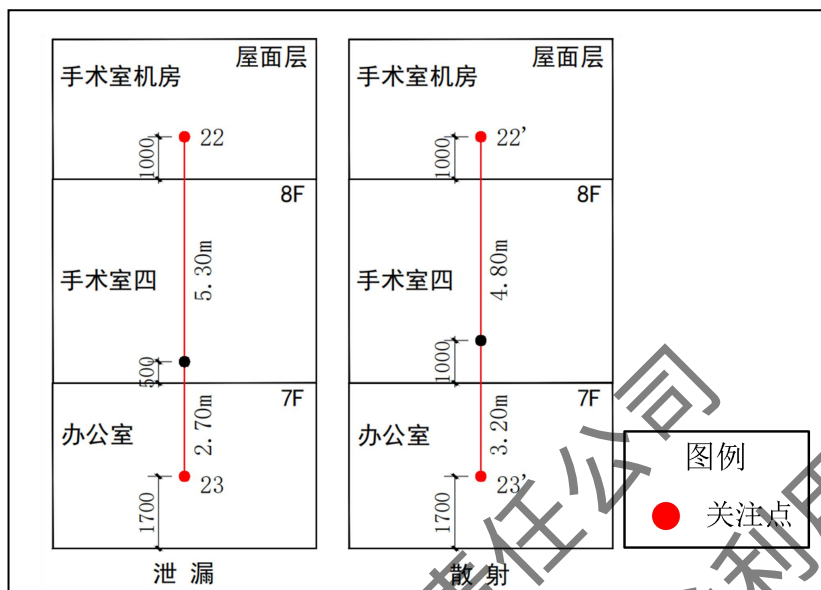


图 11-4 手术室四剖面各关注点分布简图

11.2.1.2 各关注点剂量率估算

本项目 DSA 手术室和手术室四分别配备1台 DSA（型号待定，拟定最大管电压均为125kV，拟定最大管电流均为1250mA）。

DSA 装置包括透视和摄影两种工作模式。根据《医用电气设备 第1-3 部分：基本安全和基本性能的通用要求 并列标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB 9706.103-2020）表 3 X 射线设备的半价层，X 射线管电压 90kV 下允许的最小第一半价层是 3.2mmAl，120kV 下允许的最小第一半价层是 4.3mmAl。因此，90kV 以上允许的最小第一半价层不小于 3.2mmAl。保守考虑，本项目参考 3mmAl 滤过。根据 ICRP 33《医用外照射源的辐射防护》P55 图 2，125kV 的 X 射线在 3mmAl 滤过下离靶 1m 处的剂量率保守取 9mGy/mA•min，因此本项目离靶 1m 处的剂量率保守取 9mGy/mA•min。

表 11-1 不同电压下离靶 1 米处的剂量率

电压	离靶 1m 处的剂量率读值（mGy/mA•min）
125kV	9

结合市场流通的设备机型及医院提供的资料，选取最大管电压下的最大工作电流进行估算，最大连续功率为 4kW，透视时管电压取 125kV，管电流取 32mA；摄影时最大功率不超过 100kW，管电压取 125kV，管电流取 800mA。本项目 DSA 设备不同运行条件下 1m 处剂量率见表 11-2。

表 11-2 DSA 机不同运行条件下的参数取值

设备	运行条件		距靶点 1m 处的剂量率 H_0 ($\mu\text{Gy/h}$)
DSA	透视	125kV, 32mA	1.73×10^7
	摄影	125kV, 800mA	4.32×10^8

DSA 机主束照向患者，各关注点处仅考虑泄漏线和散射线影响，一般射线泄漏率按 0.1%估算。

(1) 估算方法

1) 泄漏周围剂量当量率估算

泄漏周围剂量当量率计算公式参考《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》（李德平、潘自强主编，原子能出版社，1987）。对于给定的屏蔽物质，屏蔽透射因子依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 计算。

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

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

式中：H—关注点处的泄漏周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；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。

f—泄漏射线比率，取 0.1%；

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

R—靶点至关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子；

X—铅厚度，mm。

α 、 β 、 γ 为铅对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，见表 11-3。

表 11-3 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

电压	材料	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。

2) 散射周围剂量当量率

关注点处的散射周围剂量当量率参考《辐射防护手册第一分册》（李德平、潘自强主编，原子能出版社，1987）中给出的公式计算。

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

式中：H—关注点处的患者散射周围剂量当量率，μSv/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。

H₀—距靶点 1m 处的最大剂量率，μGy/h；

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

S—散射面积，取典型值 400cm²；

d₀—源与患者的距离，一般取 0.5m；

d_s—患者与关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子。

(2) 估算结果

DSA 手术室和手术室四的周围剂量当量率计算如下：

本项目 2 台 DSA 在透视和摄影状态下各关注点的泄漏辐射剂量率估算结果见表 11-4。

表 11-4 DSA 手术室和手术室四各关注点泄漏周围剂量当量率计算结果

工作模式	关注点位置描述		序号	屏蔽厚度 (mmPb)	R (m)	H ₀ (μSv/h)	B	H (μSv/h)
DSA 手术室								
透视	北侧	工作人员门	1	4.00	4.73	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	6.50×10 ⁻³
		观察窗	2	4.00	4.04	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	8.91×10 ⁻³
		控制室南墙	3	3.90	4.10	1.73×10 ⁷	1.05×10 ⁻⁵	1.08×10 ⁻²
	西侧	换床、缓冲区	4	3.90	4.43	1.73×10 ⁷	1.05×10 ⁻⁵	9.27×10 ⁻³
		患者门	5	4.00	4.39	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	7.55×10 ⁻³
	南侧	设备间	6	3.90	4.26	1.73×10 ⁷	1.05×10 ⁻⁵	1.00×10 ⁻²
		无菌物品库门	7	4.00	4.04	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	8.91×10 ⁻³
		污物门	8	4.00	4.55	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	7.03×10 ⁻³
	东侧	院外道路	9	3.90	4.39	1.73×10 ⁷	1.05×10 ⁻⁵	9.44×10 ⁻³
	上方	诊断室	10	3.00	5.00	1.73×10 ⁷	7.97×10 ⁻⁵	5.51×10 ⁻²
	下方	隔震层	11	3.56	1.20	1.73×10 ⁷	2.25×10 ⁻⁵	0.27
摄影	北侧	工作人员门	1	4.00	4.73	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.16
		观察窗	2	4.00	4.04	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.22

工作模式	关注点位置描述		序号	屏蔽厚度 (mmPb)	R (m)	H ₀ (μSv/h)	B	H (μSv/h)
	西侧	控制室南墙	3	3.90	4.10	4.32×10 ⁸	1.05×10 ⁻⁵	0.27
		换床、缓冲区	4	3.90	4.43	4.32×10 ⁸	1.05×10 ⁻⁵	0.23
		患者门	5	4.00	4.39	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.19
	南侧	设备间	6	3.90	4.26	4.32×10 ⁸	1.05×10 ⁻⁵	0.25
		无菌物品库门	7	4.00	4.04	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.22
		污物门	8	4.00	4.55	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.18
	东侧	院外道路	9	3.90	4.39	4.32×10 ⁸	1.05×10 ⁻⁵	0.24
	上方	诊断室	10	3.00	5.00	4.32×10 ⁸	7.97×10 ⁻⁵	1.38
	下方	隔震层	11	3.56	1.20	4.32×10 ⁸	2.25×10 ⁻⁵	6.76
手术室四								
透 视	西侧	工作人员门	12	4.00	6.08	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	3.93×10 ⁻³
		观察窗	13	4.00	5.80	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	4.32×10 ⁻³
		设备间	14	4.00	5.93	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	4.14×10 ⁻³
	南侧	污物通道	15	4.00	5.57	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	4.69×10 ⁻³
	东侧	标本间	16	4.00	5.81	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	4.31×10 ⁻³
		缓冲间门	17	4.00	5.80	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	4.32×10 ⁻³
	北侧	手术室三	18	4.00	3.81	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	1.00×10 ⁻²
		缓冲通道	19	4.00	3.57	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	1.14×10 ⁻²
		患者门	20	4.00	3.34	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	1.30×10 ⁻²
		走廊	21	4.00	4.86	1.73×10 ⁷	8.42×10 ⁻⁶	6.16×10 ⁻³
	上方	手术室机房	22	3.00	5.30	1.73×10 ⁷	7.97×10 ⁻⁵	4.90×10 ⁻²
	下方	办公室	23	3.56	2.70	1.73×10 ⁷	2.25×10 ⁻⁵	5.34×10 ⁻²
摄 影	西侧	工作人员门	12	4.00	6.08	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.10
		观察窗	13	4.00	5.80	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.11
		设备间	14	4.00	5.93	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.10
	南侧	污物通道	15	4.00	5.57	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.12
	东侧	标本间	16	4.00	5.81	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.11
		缓冲间门	17	4.00	5.80	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.25
	北侧	手术室三	18	4.00	3.81	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.29
		缓冲通道	19	4.00	3.57	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.33
		患者门	20	4.00	3.34	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.40
		走廊	21	4.00	4.86	4.32×10 ⁸	8.42×10 ⁻⁶	0.15
	上方	手术室机房	22	3.00	5.30	4.32×10 ⁸	7.97×10 ⁻⁵	1.23
	下方	办公室	23	3.56	2.70	4.32×10 ⁸	2.25×10 ⁻⁵	1.34
本项目 2 台 DSA 在透视和摄影状态下各关注点的散射辐射剂量率估算结果见表 11-5。								

表 11-5 DSA 手术室和手术室四各关注点散射周围剂量当量率计算结果

工作模式	关注点位置描述		序号	屏蔽厚度 (mmPb)	d _s (m)	H ₀ (μSv/h)	B	H (μSv/h)
DSA 手术室								
透视	北侧	控制室门	1	4.00	4.73	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	7.72×10 ⁻²
		观察窗	2	4.00	4.04	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	0.11
		控制室南墙	3	3.90	4.10	1.73×10 ⁷	2.08×10 ⁻⁵	0.13
	西侧	换床、缓冲区	4	3.90	4.43	1.73×10 ⁷	2.08×10 ⁻⁵	0.11
		患者门	5	4.00	4.39	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	8.97×10 ⁻²
	南侧	设备间	6	3.90	4.26	1.73×10 ⁷	2.08×10 ⁻⁵	0.12
		无菌物品库门	7	4.00	4.04	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	0.11
		污物门	8	4.00	4.55	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	8.35×10 ⁻²
	东侧	院外道路	9	3.90	4.39	1.73×10 ⁷	2.08×10 ⁻⁵	0.11
	上方	诊断室	10'	3.00	4.50	1.73×10 ⁷	1.56×10 ⁻⁴	0.80
	下方	隔震层	11'	3.56	1.70	1.73×10 ⁷	4.46×10 ⁻⁵	1.60
摄影	北侧	控制室门	1	4.00	4.73	4.32×10 ⁸	1.67×10 ⁻⁵	1.93
		观察窗	2	4.00	4.04	4.32×10 ⁸	1.67×10 ⁻⁵	2.65
		控制室南墙	3	3.90	4.10	4.32×10 ⁸	2.08×10 ⁻⁵	3.21
	西侧	换床、缓冲区	4	3.90	4.43	4.32×10 ⁸	2.08×10 ⁻⁵	2.75
		患者门	5	4.00	4.39	4.32×10 ⁸	1.67×10 ⁻⁵	2.24
	南侧	设备间	6	3.90	4.26	4.32×10 ⁸	2.08×10 ⁻⁵	2.98
		无菌物品库门	7	4.00	4.04	4.32×10 ⁸	1.67×10 ⁻⁵	2.65
		污物门	8	4.00	4.55	4.32×10 ⁸	1.67×10 ⁻⁵	2.09
	东侧	院外道路	9	3.90	4.39	4.32×10 ⁸	2.08×10 ⁻⁵	2.80
	上方	诊断室	10'	3.00	4.50	4.32×10 ⁸	1.56×10 ⁻⁴	20.03
	下方	隔震层	11'	3.56	1.70	4.32×10 ⁸	4.46×10 ⁻⁵	40.00
手术室四								
透视	西侧	工作人员门	12	4.00	6.08	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	5.71×10 ⁻²
		观察窗	13	4.00	5.80	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	6.28×10 ⁻²
		设备间	14	4.00	5.93	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	6.01×10 ⁻²
	南侧	污物通道	15	4.00	5.57	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	6.81×10 ⁻²
		东侧	标本间	16	4.00	5.81	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵
	缓冲间门		17	4.00	5.80	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	6.28×10 ⁻²
	北侧	手术室三	18	4.00	3.81	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	0.15
		缓冲通道	19	4.00	3.57	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	0.17
		患者门	20	4.00	3.34	1.73×10 ⁷	1.67×10 ⁻⁵	0.19

工作模式	关注点位置描述	序号	屏蔽厚度 (mmPb)	d_s (m)	H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	B	H ($\mu\text{Sv/h}$)
	走廊	21	4.00	4.86	1.73×10^7	1.67×10^{-5}	8.94×10^{-2}
	上方 手术室 机房	22'	3.00	4.80	1.73×10^7	1.56×10^{-4}	0.86
	下方 办公室	23'	3.56	3.20	1.73×10^7	4.46×10^{-5}	0.55
摄影	西侧	工作人员门	12	4.00	4.32×10^8	1.67×10^{-5}	1.17
		观察窗	13	4.00	4.32×10^8	1.67×10^{-5}	1.28
		设备间	14	4.00	4.32×10^8	1.67×10^{-5}	1.23
	南侧	污物通道	15	4.00	4.32×10^8	1.67×10^{-5}	1.39
	东侧	标本间	16	4.00	4.32×10^8	1.67×10^{-5}	1.28
		缓冲间门	17	4.00	4.32×10^8	1.67×10^{-5}	1.28
	北侧	手术室三	18	4.00	4.32×10^8	1.67×10^{-5}	2.98
		缓冲通道	19	4.00	4.32×10^8	1.67×10^{-5}	3.39
		患者门	20	4.00	4.32×10^8	1.67×10^{-5}	3.87
		走廊	21	4.00	4.32×10^8	1.67×10^{-5}	1.83
	上方 手术室 机房	22'	3.00	4.80	4.32×10^8	1.56×10^{-4}	17.60
	下方 办公室	23'	3.56	3.20	4.32×10^8	4.46×10^{-5}	11.29

本项目2台DSA在透视和摄影状态下各关注点的总辐射剂量率估算结果见表11-6。

表 11-6 DSA 手术室和手术室四不同工作模式下
各关注点总周围剂量当量率计算结果

工作模式	关注点位置描述	序号	泄漏剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
DSA 手术室					
透视	北侧	控制室门	6.50×10^{-3}	7.72×10^{-2}	8.37×10^{-2}
		观察窗	8.91×10^{-3}	0.11	0.11
		控制室南墙	1.08×10^{-2}	0.13	0.14
	西侧	换床、缓冲区	9.27×10^{-3}	0.11	0.12
		患者门	7.55×10^{-3}	8.97×10^{-2}	0.10
	南侧	设备间	1.00×10^{-2}	0.12	0.13
		无菌物品库门	8.91×10^{-3}	0.11	0.11
		污物门	7.03×10^{-3}	8.35×10^{-2}	9.05×10^{-2}
	东侧	院外道路	9.44×10^{-3}	0.11	0.12
	上方	诊断室	5.51×10^{-2}	0.80	0.86
	下方	隔震层	0.27	1.60	1.87

工作模式	关注点位置描述		序号	泄漏剂量率 (μSv/h)	散射剂量率 (μSv/h)	总剂量率 (μSv/h)
摄影	北侧	控制室门	1	0.16	1.93	2.09
		观察窗	2	0.22	2.65	2.87
		控制室南墙	3	0.27	3.21	3.48
	西侧	换床、缓冲区	4	0.23	2.75	2.98
		患者门	5	0.19	2.24	2.43
	南侧	设备间	6	0.25	2.98	3.23
		无菌物品库门	7	0.22	2.65	2.87
		污物门	8	0.18	2.09	2.26
	东侧	院外道路	9	0.24	2.80	3.04
	上方	诊断室	10	1.38	20.03	21.41
	下方	隔震层	11	6.76	40.00	46.76
手术室四						
透视	西侧	工作人员门	12	3.93×10^{-3}	5.71×10^{-2}	5.07×10^{-2}
		观察窗	13	4.32×10^{-3}	6.28×10^{-2}	5.57×10^{-2}
		设备间	14	4.14×10^{-3}	6.01×10^{-2}	5.33×10^{-2}
	南侧	污物通道	15	4.69×10^{-3}	6.81×10^{-2}	6.04×10^{-2}
	东侧	标本间	16	4.31×10^{-3}	6.26×10^{-2}	5.55×10^{-2}
		缓冲间门	17	4.32×10^{-3}	6.28×10^{-2}	5.57×10^{-2}
	北侧	手术室三	18	1.00×10^{-2}	0.15	0.13
		缓冲通道	19	1.14×10^{-2}	0.17	0.15
		患者门	20	1.30×10^{-2}	0.19	0.17
		走廊	21	6.16×10^{-3}	8.94×10^{-2}	7.93×10^{-2}
	上方	手术室机房	22	4.90×10^{-2}	0.86	0.75
	下方	办公室	23	5.34×10^{-2}	0.55	0.50
摄影	西侧	工作人员门	12	0.10	1.17	1.27
		观察窗	13	0.11	1.28	1.39
		设备间	14	0.10	1.23	1.33
	南侧	污物通道	15	0.12	1.39	1.51
	东侧	标本间	16	0.11	1.28	1.39
		缓冲间门	17	0.25	1.28	1.39
	北侧	手术室三	18	0.29	2.98	3.23
		缓冲通道	19	0.33	3.39	3.68
		患者门	20	0.40	3.87	4.20
		走廊	21	0.15	1.83	1.98
	上方	手术室机房	22	1.23	17.60	18.83
	下方	办公室	23	1.34	11.29	12.62

在透视状态下，DSA 手术室各屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 1.87μSv/h，手术室四各屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 0.75μSv/h，均满足《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 2.5μSv/h”的要求。

在摄影状态下，DSA 手术室各屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 46.76μSv/h，手术室四各屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 18.83μSv/h，设备摄影状态下的最大管电压为 125kV，最大管电流为 800mA，按照 GBZ130-2020 归一至 100mA 时分别为 5.85μSv/h 和 2.35μSv/h，均满足“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

11.2.2.1 工作量

根据医院提供的资料，本项目投运后，预计每台 DSA 年最大手术台数均不超过 300 台，平均每台手术透视状态下出束时间约为 10min，摄影状态下出束时间约为 0.5min。

医院拟为介入科和手术部分别安排 1 名护士，护士固定参与各自科室的介入手术；医生和影像技师轮岗参与本项目全部介入手术。本项目医生、护士和影像技师每人每年进行的 DSA 手术台数均不超过 300 台。本项目投入运行后，2 名影像工作人员还将参与其他辐射工作，医生和护士不兼职参与其他辐射工作。

11.2.2.2 估算方法

相关人员受到的年有效剂量计算公式如下：

$$H_w = H_R \cdot K \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中：H_w — 年有效剂量，mSv/a；

H_R — 手术室外周围剂量当量率，μSv/h；

K — 有效剂量与吸收剂量换算系数，取 1Sv/Gy；

t — 出束时间，h/a；

T — 人员居留因子，参照 GBZT201.1-2007 附录 A 取值。

11.2.2.3 估算结果

1) 职业人员年附加剂量

摄影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，图像摄影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”。一般情况下介入手术医生、护士是在控制室进行摄影，摄影模式下医护人员受照剂量按照控制室处的剂量率计算。

在摄影模式下，项目 DSA 手术室的控制室配备放射影像技师，采取隔室操作的方式，通过观察窗或操作台上监控装置观察手术室内病人情况；在透视模式下，项目 DSA 手术室内配备介入医生、护士，对患者进行手术。

介入手术时医生和护士穿戴铅衣、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。

①控制室内职业人员年附加有效剂量估算

本项目共配备 2 名影像技师。根据表 11-6 计算结果，结合公式 11-4，控制室内职业人员可能受到的附加年有效剂量见表 11-7。

表 11-7 DSA 所致控制室职业人员附加年有效剂量估算结果一览表

关注点位	透视状态		摄影状态		居留因子	附加年有效剂量估算 (mSv)	
	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	出束时间 (h/a)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	出束时间 (h/a)			
一层 DSA 手术室操作位	0.14	50	3.48	2.5	1	1.57×10^{-2}	2.20×10^{-2}
八层手术室四操作位	5.57×10^{-2}	50	1.39	2.5	1	6.27×10^{-3}	

由表 11-7 可知，本项目 2 台 DSA 运行时，控制室内辐射工作人员受到的附加年有效剂量总共为 $2.20 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，轮岗后约为 $1.10 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，叠加放射科辐射工作人员最近一年（最近四个季度）年有效剂量最大值 0.26mSv 后约为 0.27mSv ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中要求的工作人员连续 5 年年平均有效剂量（ 20mSv ），也满足本次环评提出的年剂量约束限值（ 5mSv ）。

②手术室医护人员年附加有效剂量估算

根据《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）中附录 B 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 $400\mu\text{Sv/h}$ ”，本次评价中 DSA 保守按照 X 射线设备在确保铅悬挂防护屏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检测平面上的周围剂量当量率为 $400\mu\text{Sv/h}$ 进行计算。

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，图像摄影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，摄影模式下，介入手术医生和护士退出手术室在控制室内，以控制室处的剂量率计算。

本项目 2 名医生在 DSA 手术室和手术室四轮岗，2 名护士不轮岗，医护人员均不兼职参与其他辐射工作。

根据公式 11-2 计算可知，DSA 手术透视状态下管电压 125kV 时，手术医生、护士穿 0.5mmPb 厚铅衣的辐射透射因子 B 为 5.57×10^{-2} 。手术室医生护士附加年有效剂量估算结果见表 11-8。

表 11-8 DSA 手术室和手术室四的医生护士附加年有效剂量估算结果一览表

场所	工作模式	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	防护铅当量 (mmPb)	透射因子	时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv)	
DSA 手术室	透视 (同室)	400	0.5	5.57×10^{-2}	50	1.11	1.12
	摄影 (隔室)	3.48	/	/	2.5	8.70×10^{-3}	
手术室四	透视 (同室)	400	0.5	5.57×10^{-2}	50	1.11	1.11
	摄影 (隔室)	1.39	/	/	2.5	3.48×10^{-3}	

根据计算，本项目医生所受附加年有效剂量总共为 2.23mSv，轮岗后约为 1.12mSv；DSA 手术室内护士所受附加年有效剂量为 1.12mSv，手术室四内护士所受附加年有效剂量为 1.11mSv。本项目医护人员所受附加年有效剂量均低于《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）。

上述估算并未考虑 DSA 自身材料的屏蔽作用，且 DSA 装置的床边操作系统、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，有效控制照射剂量。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将小于理论计算值。

2) 公众年附加剂量估算

根据前文计算结果, 结合公式 11-4, 项目正常运行时, 公众受到的年有效剂量见表 11-9。

表 11-9 手术室周边公众受到的年有效剂量估算结果一览表

关注点位置相对 DSA 手术室/手术室四			透视状态		摄影状态		居留因子	年有效剂量 (mSv)
			周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	出束时间 (h/a)	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	出束时间 (h/a)		
DSA 手术室	西侧	换床、缓冲区分区	0.12	50	2.98	2.5	1/5	2.69×10^{-3}
		患者门	0.10	50	2.43	2.5	1/8	1.37×10^{-3}
	南侧	设备间	0.13	50	3.23	2.5	1/20	7.26×10^{-4}
		无菌物品库门	0.11	50	2.87	2.5	1/8	1.61×10^{-3}
		污物门	9.05×10^{-2}	50	2.26	2.5	1/8	1.27×10^{-3}
	东侧	院外绿地	0.12	50	3.04	2.5	1/40	3.42×10^{-4}
	上方	诊断室	0.86	50	21.41	2.5	1/2	4.82×10^{-2}
	下方	隔震层	1.87	50	46.76	2.5	1/40	5.26×10^{-3}
手术室四	西侧	设备间	5.33×10^{-2}	50	1.33	2.5	1/20	3.00×10^{-4}
	南侧	污物通道	6.04×10^{-2}	50	1.51	2.5	1/5	1.36×10^{-3}
	东侧	标本间	5.55×10^{-2}	50	1.39	2.5	1/20	3.12×10^{-4}
		缓冲间门	5.57×10^{-2}	50	1.39	2.5	1/8	7.83×10^{-4}
	北侧	手术室三	0.13	50	3.23	2.5	1/2	7.26×10^{-3}
		缓冲通道	0.15	50	3.68	2.5	1/5	3.31×10^{-3}
		患者门	0.17	50	4.20	2.5	1/8	2.36×10^{-3}
		走廊	7.93×10^{-2}	50	1.98	2.5	1/5	1.78×10^{-3}
	上方	手术室机房	0.75	50	18.83	2.5	1/20	4.24×10^{-3}
	下方	办公室	0.50	50	12.62	2.5	1	5.68×10^{-2}

由表11-9可知, 本项目2台DSA正常运行时, DSA手术室和手术室四周围公众受到的年有效剂量最大值为 $5.68 \times 10^{-2} \text{mSv}$, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中公众年剂量限值(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)。

11.2.3 废气影响分析

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。项目在 DSA 手术室内部设置动力通风装置，产生的 O_3 和 NO_x 通过排风管道排至室外，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求，对大气环境影响很小。

11.2.4 废水影响分析

本项目辐射工作人员产生的生活污水依托医院污水处理站统一处理达标后排入市政管网。

11.2.5 固废影响分析

DSA 手术室产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物在手术室由专用包装袋、容器分类收集后由污物通道运出，暂存于污物暂存间，定期送往医疗废物暂存点，并定期委托有资质单位处置。

污物转运在周边无患者或其他工种情况下进行，项目产生的固体废物均得到妥善处置，对环境的影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 风险识别

（1）射线装置发生控制系统或电器系统故障，使受检者或职业人员受到超剂量照射。

（2）人员在防护门关闭后未撤离手术室，射线装置运行造成额外照射。

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

（4）介入治疗时，医生未穿戴防护用品进入手术室，使医生受到较高剂量的附加照射。

（5）安全警示装置发生故障，防护门打开，医护人员误入正在运行的手术室造成额外照射。

11.3.2 事故分析

结合本项目 DSA 可能发生的辐射事故类型，假设辐射工作人员位于非主射方向，未采取任何防护的情况下于射线束最近距离 0.5m 处进行介入手术操作；公众未采取任何防护的情况下，误入 DSA 正在运行的手术室内，位于射线装置

非主射方向，与射线束距离不超过 4.55m（一层污物间门处）或 5.80m（八层缓冲间门处），造成非主射方向的误照射。据此，分别估算 DSA 摄影、透视状态下，周围人员接受到有效剂量随时间和距离的关系，估算结果见表 11-10。

表 11-10 DSA 设备事故情况一定时间、距离处个人有效剂量

距 DSA 设备的距离 (m)	事故持续时间产生的 X 射线所致人员外照射剂量 (mSv) —摄影模式					
	0.1s	1s	3s	5s	10s	20s
0.5	0.336	3.360	10.080	16.800	33.600	67.200
4.55（一层污物间门）	0.004	0.041	0.122	0.203	0.406	0.811
5.80（八层缓冲间门）	0.002	0.025	0.075	0.125	0.250	0.499
距 DSA 设备的距离 (m)	事故持续时间产生的 X 射线所致人员外照射剂量 (mSv) —透视模式					
	1s	10s	30s	1min	3min	5min
0.5	0.135	1.346	4.037	8.073	24.220	40.367
4.55（一层污物间门）	0.002	0.016	0.049	0.097	0.292	0.487
5.80（八层缓冲间门）	0.001	0.010	0.030	0.060	0.180	0.300

根据表 11-10，本项目 DSA 运行过程中，假如发生公众误入机房的事故，人员在其附近逗留时间越长，接受的剂量也就越大，同时距离事故点距离越近，所受到的剂量越大。

摄影模式下，事故持续时间 3s（出束累计时长）时，距离 DSA 设备 4.55m 处辐射剂量为 0.122mSv；事故持续时间 5s（出束累计时长）时，距离 DSA 设备 5.80m 处辐射剂量为 0.125mSv。均达到公众年剂量约束值 0.1mSv。

透视模式下，人员距离 DSA 设备 0.5m 时，事故持续时间 1min 所致辐射剂量约 8.073mSv，超过职业人员年剂量约束值 5.0mSv。人员距离 DSA 设备 4.55m 时，事故持续时间 3min 所致辐射剂量约 0.292mSv；人员距离 DSA 设备 5.80m 时，事故持续时间 3min 所致辐射剂量约 0.180mSv，达到公众年剂量约束值 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，并定期检查机房的性能，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 X 射线装置的手术室。

11.3.3 事故预防措施

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) 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。

(3) 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。

(4) 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漏。

(5) 加强辐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。DSA 开机前，必须确保无关人员全部撤离；针对 DSA 制定相关的操作规程，并做好“制度上墙”，将操作规程张贴在控制室醒目位置，辐射工作人员应严格按照操作规程进行操作，避免因误操作造成工作人员和公众受到意外辐射。

(6) 介入医生做好个人防护，介入手术前配备必要的铅围裙、铅颈套、铅眼睛、介入防护手套、铅悬挂防护屏或铅防护吊帘、床侧防护帘或床侧防护屏等防护用品。同时按照 GBZ128-2019 规定正确佩戴个人剂量计。

(7) 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。

(8) 医院应不断完善辐射事故应急预案，定期组织医护人员加强应急演练。

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》第十六条规定：使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的工作单位，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；其他辐射工作单位应当具有 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和环境保护管理工作。

医院已按照相关要求在核技术利用项目运行时成立辐射安全和环境保护领导机构，明确辐射安全和环境保护管理机构成员，明确各机构成员的职责，做到职责分明。医院应根据陕西省环境保护厅《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）相关规定，加强决策层、辐射防护负责人、辐射工作人员管理，使之具备一定辐射安全能力。

表 12-1 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化机构建设、人员管理内容

管理内容		管理要求	执行完成情况
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。	良好
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。	良好
		年初工作安排的和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容。	良好
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。	良好
		提供确保辐射安全所需的人力资源和物质保障。	良好
	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。	良好
		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。	良好
		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。	良好
		建立辐射环境安全管理档案。	良好
		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。	良好
	直接从事放射工作的作用人员	岗前进行职业健康体检，结果无异常。	良好
		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。	良好

管理内容	管理要求	执行完成情况
	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。	良好
	熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况时，能够有效处理。	良好

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 辐射安全管理制度

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，核技术利用单位应对制定的管理规章制度的执行情况及应急管理按表12-2的要求，逐项落实完善。

表 12-2 辐射安全管理标准化建设项目表（辐射安全管理部分）

管理内容	管理要求	落实情况
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环境安全管理机构和负责人。	已落实
制度执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整。	已落实
	建立射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立射线装置台账。	已落实
	建立射线装置的岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案。	已落实
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案。	已落实
	建立辐射工作人员个人剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门，保证个人剂量检测档案的连续有效性。	已落实
	建立辐射工作人员职业健康体检管理制度，定期进行辐射工作人员的职业健康体检，对体检异常人员及时复查，保证职业人员健康监护档案的连续有效性。	已落实
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度，包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等内容，并建立维护、维修记录档案。	已落实
	建立辐射环境监测制度，定期对场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案。	已落实
	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。	正在完善

管理内容	管理要求	落实情况
	结合本单位实际，制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行应急演练。	已落实
应急管理	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。	已落实，需完善

医院已制定了一系列辐射防护管理规章制度，包括：《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》《辐射环境监测制度》《辐射安全防护设施维护与维修制度》《辐射防护安全操作规程》《辐射事故应急预案》等辐射安全管理制度。

本项目建成后，医院应针对本次新增的 DSA 制定相应的操作规程及岗位职责等。根据本项目运行中可能出现的辐射事故，完善现有的《辐射事故应急预案》。本项目验收投产前，应向辐射安全许可证发证机关重新申领辐射安全许可证。

12.2.2 人员管理

本项目拟配备 6 名辐射工作人员，包括 2 名影像技师、2 名医生和 2 名护士。

(1) 本项目影像技师为调配，医生和护士为新聘，均应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的考核，并取得成绩报告单后方可上岗。

(2) 医院需委托具有相关资质的个人剂量监测技术服务机构为本项目辐射工作人员进行个人剂量监测工作，辐射工作人员应按照辐射安全管理制度正确佩戴个人剂量计，防护服内的左胸前和防护服外的衣领上分别佩戴个人剂量计，个人剂量计的监测周期最长不得超过 3 个月。辐射工作人员的连续 4 个季度的个人剂量值应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业照射年有效剂量不大于 5mSv 限值要求。

(3) 本项目 6 名辐射工作人员应在上岗前进行职业健康检查。在今后的工作中，辐射工作人员应按照相应类别进行岗前、岗中和离岗职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的工作人员，方可参加相应的辐射工作；两次检查的时间间隔不应超过 2 年。

12.3 辐射监测

医院应配备 1 台 X- γ 剂量监测仪，定期巡检并建立监测数据档案。

医院应将本项目内容纳入辐射环境监测方案计划，每年委托有资质单位对辐射工作场所进行一次定期监测，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。按要求为辐射工作人员配备个人剂量计，委托有资质单位定期对辐射工作人员进行个人剂量检测并存档。

项目建成投运后，应定期对新建的机房进行监测，监测要求如下：

(1) 辐射工作场所环境监测：a、项目建成后，委托有资质的单位对其进行竣工环境保护验收监测，并及时组织竣工环境保护验收工作；委托有资质单位对本次新建的机房进行监测，监测频次不小于 1 次/年，监测结果应详细记录并存档；b、利用 X- γ 剂量检测仪定期对新建机房周边环境进行巡检，若发现异常情况，应立即采取应急措施，停止放射工作，并查找原因；c、将本次新建机房的检测结果纳入辐射安全和防护状况评估报告中，并在每年 1 月 31 日之前上报发证机关。

(2) 个人剂量监测：a、项目涉及的辐射工作人员应配备个人剂量计，每季度委托具有资质的个人剂量监测技术服务机构进行监测，建立个人剂量检测档案；b、在每年的辐射安全和防护状况评估报告中，应包含辐射工作人员个人剂量检测数据及安全评估的内容。

项目辐射监测计划见表 12-3。

表 12-3 项目辐射监测计划

位置	监测内容	监测点位	监测因子	监测频次
DSA 手术室、 手术室四	辐射水平	四周屏蔽墙外30cm处、控制室、防护门外30cm处、电缆沟，手术室顶棚距顶棚地面1.0m（诊断室），手术室地面下方距楼下地面1.7m	X、 γ 辐射剂量率	每季度自测一次， 委托有资质单位 每年监测一次
		术者位		委托有资质单位 每年监测一次
个人剂量计监测				
监测内容		监测范围	监测类别	监测频次
个人剂量当量		所有辐射工作人员	个人剂量监测	委托有资质单位 每季度监测一次

12.4 辐射事故应急

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，应及时安置受照人员就医检查。

(3) 及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理，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) 事故处理后应收集资料，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，应采取措施避免事故的发生。制定相关制度在事故发生时能妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理。同时上报生态环境主管部门和卫生部门。当发生辐射照射事故时，应在第一时间通报当地生态环境主管部门。

目前医院未曾发生过辐射事故，为预防辐射事故的发生，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，并做好记录；

(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完善，使其更能符合实际要求。

12.5 环境保护投资与“三同时”环保验收一览表

12.5.1 环保投资

项目总投资 700 万元，其中环保投资 200 万元，占总投资的 28.57%。环保投资主要用于辐射安全设施购置、辐射工作人员职业健康体检、个人防护用品采购以及个人剂量监测、工作场所监测等。项目环保投资明细一览表见表 12-4。

表 12-4 项目环保投资明细一览表

序号	项目		投资金额（万元）
1	辐射安全防护设施	防护门灯联锁装置、摄像监控装置、红外防夹装置、自动闭门装置、电离辐射警告标志、可视警示标志、放射防护注意事项告知栏、工作状态指示灯	35
		四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗等防护屏蔽措施	122
		动力通风装置等	20
2	个人防护用品	铅围裙、铅颈套、铅眼镜、介入防护手套等个人防护用品；	8

序号	项目		投资金额（万元）
		铅悬挂防护屏、床侧防护帘等辅助防护设施	
3	辐射监测仪器	X-γ剂量监测仪	2
4	职业健康体检	职业健康体检	1.5
5	工作人员培训	辐射安全和防护知识培训	/
6	个人剂量监测	个人剂量计	0.5
7	环境监测	工作场所监测	1
8	环保咨询	环保咨询费用	10
合计			200

12.5.2 竣工环境保护验收

为规范项目竣工环境保护验收的程序和标准，强化环境保护主体责任，根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第682号令，2017年10月1日起实施）以及《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定，项目竣工后应及时进行自主验收，编制验收监测报告。验收合格并取得新的辐射安全许可证后，方可投入生产或使用。项目竣工环境保护验收清单见表12-5。

表 12-5 项目竣工环境保护验收清单

序号	验收内容	验收方式
1	辐射安全管理机构	根据本项目建设内容，应将介入科成员纳入辐射安全与环境保护管理领导小组，并完善相应的工作职责。
2	辐射安全管理制度	依托现有辐射安全管理制度，针对本项目 DSA 制定相应的操作规程及岗位职责，并确保辐射环境管理制度贯彻落实，保障人员安全。
3	辐射安全防护措施	防护门外应有电离辐射警告标志、防护门上方应有醒目的工作状态指示灯、灯箱上应设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示标志、应设有门灯联锁装置、候诊区设有放射防护注意事项告知栏、手术室内应有动力通风装置、手术室应设有观察窗或摄像监控装置、电动推拉门应设有红外防夹装置、单开门应设有自动闭门装置。 DSA 手术室四周墙体、屋顶和门窗的防护铅当量厚度均应大于 2mmPb；电缆穿墙位置应采用与墙面屏蔽能力相当的屏蔽补偿；风管穿墙处应采用 4mm 厚铅皮进行包裹。
4	防护用品	个人剂量计（介入手术医护人员铅衣内外各配一个），介入手术医护人员与患者各配备一套铅衣、铅颈套、铅橡胶性腺防护围裙（方形）或 1.5m 长方巾，介入手术医护人员各配备一副铅眼镜和介入防护手套。
5	机房面积	DSA 手术室最小有效使用面积 $\geq 20\text{m}^2$ ，机房内最小单边长度 $\geq 3.5\text{m}$ 。

序号	验收内容	验收方式
6	环境监测仪器	配备 1 台 X-γ 辐射剂量率监测仪，定期对 DSA 手术室周围辐射环境进行监测，详细记录监测数据并归档；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，每年委托有资质单位进行检定或校准。
		配备与工作人员数量匹配的个人剂量计（建议介入手术医护人员铅衣内外各配 1 个）
7	职业教育培训	辐射工作人员应定期参加辐射安全和防护知识培训考核，取得成绩报告单后方能上岗。
8	个人剂量档案	为每名辐射工作人员配备个人剂量计，辐射工作时要求佩戴，定期送检并保存放射工作人员个人剂量监测档案。
9	健康档案	定期对辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康检查档案。
10	剂量限值	项目公众剂量约束值不超过 0.1mSv/a，职业工作人员剂量约束值不超过 5mSv/a。
	墙体剂量率控制	透视条件下，DSA 手术室屏蔽体外表面 30cm 处剂量率剂量率不大于 2.5μSv/h。
	术者位	手术室内术者位满足《医用 X 射线诊断设备质量控制检测》(WS76-2020)透视防护区检测平面上不大于 400μSv/h 的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为推动医养结合养老事业的发展，更好地为老年人提供高品质的医养服务，医院拟在康养楼（地下一层，地上八层）一层设置介入科，东南角建设 1 间 DSA 手术室；八层设置手术部，南侧建设手术室四，同时配套设置控制室、设备间、缓冲间等相关辅助用房，拟在 2 间手术室内各配备 1 台 DSA（II 类医用射线装置，型号待定，参数拟定最大管电压 125kV、最大管电流 1250mA）。

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》（GBZ130-2020）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 辐射环境质量现状

项目所在地空气吸收剂量率处于正常环境本底水平，辐射环境现状无异常。

13.1.4 辐射安全与防护分析结论

（1）根据项目位置平面布局，将 DSA 手术室防护屏蔽体（包括屏蔽墙、顶棚、地板、防护门、防护窗等）以内的区域划分为控制区，将 DSA 手术室周围相邻区域划分为监督区。

本项目分区满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定。

（2）本项目 DSA 手术室的有效使用面积、最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房内最小有效使用面积 20m²，机房内最小单边长度 3.5m”的要求。

（3）本项目 DSA 手术室四周墙体的等效铅当量均为 3.90mmPb，屋顶的等效铅当量为 3.00mmPb，地板的等效铅当量为 3.56mmPb，患者门、工作人员门、无菌物品库门和污物门的等效铅当量均为 4.00mmPb，观察窗的等效铅当量为 4.00mmPb。

手术室四四周墙体的等效铅当量均为 4.00mmPb，屋顶的等效铅当量为 3.00mmPb，地板的等效铅当量为 3.56mmPb，患者门、工作人员门和缓冲间门的等效铅当量均为 4.00mmPb，观察窗的等效铅当量为 4.00mmPb。

本项目 2 间 DSA 手术室均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“介入 X 射线设备机房有用线束方向铅当量 2mm，非有用线束方向铅当量 2mm”的要求。

（4）本项目 DSA 手术室在操作台处设置观察窗，手术室内设置摄像监控装置，工作人员通过观察窗和摄像监控装盒子观察手术室内患者状态；手术室防护门外设电离辐射警告标志、辐射安全注意事项和工作状态指示灯，灯箱处设警示语句；指示灯与患者门设置有效的联动装置。本项目患者防护门为电动推拉门，应设置红外防夹装置，平开门应设置自动闭门装置。

（5）医院按辐射工作人员和患者的数量配备足量的个人防护用品，手术室内配备铅悬挂防护屏、铅防护吊帘等辅助防护设施。医院需配备 1 台 X-γ 辐射剂量率仪，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；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。

（6）依据国家有关法规要求，医院制订有《辐射事故应急预案》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》《辐射环境监测制度》《辐射安全防护设施维护与维修制度》《辐射防护安全操作规程》等辐射安全管理制度。

本项目建成后，医院应针对本次新增的 DSA 制定相应的操作规程及岗位职责等，完善现有的辐射事故应急预案，并加强应急演练。

在落实以上辐射安全措施后，本项目辐射安全与防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对辐射防护和安全操作的要求。

13.1.5 环境影响分析

在透视状态下，DSA 手术室各屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 1.87μSv/h，手术室四各屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 0.75μSv/h，均满足《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 2.5μSv/h”的要求。

在摄影状态下，DSA 手术室各屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 $46.76\mu\text{Sv/h}$ ，手术室四各屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 $18.83\mu\text{Sv/h}$ ，设备摄影状态下的最大管电压为 125kV，最大管电流为 800mA，按照 GBZ130-2020 归一至 100mA 时分别为 $5.85\mu\text{Sv/h}$ 和 $2.35\mu\text{Sv/h}$ ，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 $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

本项目医生的年附加有效剂量约为 1.12mSv ，DSA 手术室内护士的年附加有效剂量为 1.12mSv ，手术室四内护士的年附加有效剂量为 1.11mSv 。影像技师的年附加有效剂量最大值为 $1.10\times 10^{-2}\text{mSv}$ ，叠加放射科辐射工作人员最近一年（最近四个季度）年有效剂量最大值 0.26mSv 后约为 0.27mSv 。

本项目辐射工作人员所受年有效剂量均低于《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 ）。

本项目 2 台 DSA 正常运行时，DSA 手术室和手术室四周围公众受到的年有效剂量最大值为 $5.68\times 10^{-2}\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众年剂量限值（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 ）。

综上所述，项目在采取的各项辐射防护措施后，对辐射工作人员和公众产生辐射剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则。

13.1.6 结论

杨陵惠仁医院有限责任公司数字减影血管造影装置核技术利用项目能为患者提供更好的医疗服务，符合实践正当性原则；项目严格按照国家有关辐射防护规定执行，切实落实辐射防护措施，能够使其对周边环境的辐射影响降到尽可能合理且低的水平，满足辐射防护最优化原则；项目运行所致职业人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则；从辐射环境保护角度，在严格落实各项辐射防护措施情况下，项目对环境的影响是可以接受的。

13.2 建议与承诺

（1）项目建设期间，严格按照《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订

的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）相关要求，建立健全各项辐射防护管理制度，规范管理与操作，认真开展自查自评工作，发现问题及时整改，竣工验收前须达到辐射安全管理标准化要求。

（2）项目竣工后，按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对项目配套建设的环境保护设施进行验收，取得辐射安全许可证后方可投入运行。

（3）加强射线装置的管理，建立台账制度，存档备查。

（4）项目建成运行后，应不断完善并严格执行辐射环境监测制度，每年应对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发证机关报送上一年度辐射安全年度评估报告。

杨陵惠仁医院有限责任公司
数字减影血管造影装置核技术利用项目
环境影响报告表（公示稿）

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