

表 1 项目基本情况

建设项目名称		西安大兴渭水园医院使用 DSA 机及 CT 机项目			
建设单位		西安大兴渭水园医院有限责任公司			
法人代表		贺建军	联系人	张敏刚	联系电话
注册地址		陕西省西安市经济技术开发区草滩镇草滩农场内			
项目建设地点		西安市经开区西安大兴渭水园医院西门诊医技综合楼负一层、东门诊医技综合楼一层、东门诊医技综合楼四层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		14700	项目环保投资 (万元)	556	投资比例 (环保投资/总投资)
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	5000
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		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III		
	其他	/			

1.1 项目概述

1.1.1 项目背景

1.1.1.1 医院简介

西安大兴渭水园医院由西安大兴渭水园医院有限责任公司负责投资建设，项目位于西安市经开区高铁新城草滩七路以西、尚林路以北。

西安大兴渭水园医院占地面积 136 亩（东侧医疗区约 86 亩，西侧康养区约 50 亩）。规划分 2 期建设完成，本项目为一期工程，一期工程占地 114 亩，主要建设门诊医技综合楼、住院楼、感染楼、康养中心、后勤楼、培训楼等，设置脑科、胃肠外科、肝胆外科等特色临床、医技科室约 47 个，床位 2000 张。

医院建成后拟设置的诊疗科目包括：预防保健科、全科医疗科、内科、外科、妇产科、儿科、眼科、耳鼻咽喉科、口腔科、皮肤科、肿瘤科、急诊医学科、康复医学科、麻醉科、医学检验科、病理科、医学影像科(X 线诊断专业、CT 诊断专业、磁共振成像诊断专业、核医学专业、超声诊断专业、心电诊断专业、脑电及脑血流图诊断专业、神经肌肉电图专业、介入放射学专业、放射治疗专业)、中医科、中西医结合科、重症医学科和传染科。建成后将是一个集防控、救治、疗养为一体的综合医疗中心，切实改善地区疾病医疗防治条件及水平，满足当地居民的就医需求，缓解当地医疗防治服务的供需矛盾，促进经开区卫生事业发展，积极服务周边群众，对建设和谐社会起到积极的推动作用。目前，该院核医学科与放疗科核技术利用项目环境影响评价报告表已同步向西安市生态环境局提出审批申请。

1.1.1.2 核技术应用的目的和任务

为了满足患者的诊疗需求和自身发展需要，西安大兴渭水园医院规划在西门诊医技综合楼负一层介入中心和东门诊医技综合楼一层介入中心建设 9 间 DSA 机房，拟使用 9 台 DSA 设备，用于开展外周介入手术、肿瘤介入手术、神经介入手术、心脏血管介入等介入诊疗项目；规划在东门诊医技综合楼四层手术中心建设 2 间复合手术室，拟使用 2 台 DSA 和 1 台 CT，用于开展各类复杂外科手术。本项目目前处于土建阶段，尚未取得《辐射安全许可证》。本项目建成后前期开展辐射活动的技术能力将依托西安大兴医院提供辐射安全管理方面的培训和指导。

1.1.1.3 任务由来

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，DSA 属于 II 类射线装置，CT 机为 III 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”的规定：使用 II 类射线装置的应编制环境影响报告表；使用 III 类射线装置的应编制环境影响登记表。建设项目符合两个以上级别的划分原则时，按较高级别的评价等级评价，因此，西安大兴渭水园医院使用 DSA 机及 CT 机项目应编制环境影响报告表。

2021 年 1 月 11 日，医院取得了陕西省卫生健康委员会《陕西省卫生健康委关于同意设置西安大兴渭水园医院的批复》（陕卫医函〔2021〕5 号）；已委托西安君润环保科技工程有限公司编制了《西安大兴渭水园医院有限责任公司西安大兴渭水园医院项目（一期）环境影响报告书》并于 2022 年 9 月 13 日取得了《西安经济技术开发区管委会行政审批服务局关于西安大兴渭水园医院有限责任公司西安大兴渭水园医院项目（一期）环境影响报告书的批复》，之后医院主体工程开工建设。

陕西万衡检测科技有限公司（环评单位）接受西安大兴渭水园医院有限责任公司委托，承担西安大兴渭水园医院使用 DSA 及 CT 机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，并根据建设项目的应用类型及所在地周围区域的环境特征，在现场勘察、资料调研、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《西安大兴渭水园医院使用 DSA 机及 CT 机项目环境影响报告表》。评价主要考虑 DSA 在使用过程中，对周围环境的辐射影响，对职业人员和公众的辐射影响。

1.1.1.4 评价目的

①对辐射活动场所周边进行辐射环境现状水平监测，以掌握辐射活动场所的辐射环境现状水平。

②分析项目运行过程中产生的辐射影响，预测辐射工作人员和公众所受的

年有效剂量。

③对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

④分析本项目是否满足国家和地方生态环境主管部门对核技术利用建设项目环境管理规定的要求，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

1.1.2 建设规模

本项目包括西门诊医技综合楼负一层介入中心 5 间 DSA 机房和 5 台 DSA，东门诊医技综合楼一层 DSA 介入中心 4 间 DSA 机房和 4 台 DSA，东门诊医技综合楼四层手术中心 2 间复合手术室和 2 台 DSA 及 1 台 CT。上述设备尚未采购，本次评价取同类设备最大技术参数。

本项目射线装置情况见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置情况

名称	型号	数量	类别	主要技术参数	工作场所
DSA 数字血管造影机	待定	5	II	最大管电压 125kV 最大管电流 1000mA	西门诊医技综合楼负一层介入中心
		4			东门诊医技综合楼一层 DSA 介入中心
		2			东门诊医技综合楼四层手术中心
CT 计算机断层采集	待定	1	III	最大管电压 140kV 最大管电流 800mA	东门诊医技综合楼四层手术中心

1.1.3 预期手术量及劳动定员

本项目预计每台 DSA 年手术量 2000 台，每间 DSA 机房拟配备手术医生 8 人，护士 4 人，技师 2 人，共 14 人，全部从院外招聘。人员分为 4 组，每台手术配备 2 名手术医生、2 名护士（4 人轮岗），1 名技师（2 人轮岗）。本项目设备的工作人员相对固定，不存在兼岗和操作其他射线装置情况。手术人员每年工作 250 天，实行一班制，8 小时一班。根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号），本项目辐射工作人员应当通过生态环境部培训平台组织的核技术利用辐射安全与防护考核，经考核合格后方可上岗，且需定期再培训。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 医院周边环境

西安大兴渭水园医院位于西安市经开区高铁新城草滩七路以西、尚林路以北，滨河大道（规划）以南。医院整体自东向西共分三个地块，中间由规划路隔开。本项目西门诊医技综合楼负一层介入中心位于中间地块，东门诊医技综合楼一层介入中心和四层复合手术室位于东地块。目前医院主体建筑结构已经建设完毕。西安大兴渭水园医院地理位置图见图 1-1，周边环境图见图 1-2。

1.2.2 本项目周边环境

本项目 11 间 DSA 机房周边六面布局见表 1-2，周围 50m 主要建筑见图 1-3、图 1-5、图 1-7。

表 1-2 建设项目各机房周边布局一览表

位置	机房名称	楼上	楼下	东侧	西侧	南侧	北侧
西门诊 医技 综合楼 负 1 层	DSA 机房(1)	楼外 空地	车库	设备间\污 物暂存	病人廊	病人廊	控制室
	DSA 机房(2)	楼外 空地	车库	值班室	设备间\ 污物暂存	病人廊	控制室
	DSA 机房(3)	楼外 空地	车库	DSA 机房 (4)	污物廊\设 备间	控制室	病人廊
	DSA 机房(4)	楼外 空地	车库	污物暂存\ 设备间\ 导管室	DSA 机房 (3)	控制室	病人廊
	DSA 机房(5)	楼外 空地	车库	医护廊	设备间\ 导管室	控制室	病人廊
东门诊 医技 综合楼 1 层	DSA 机房(1)	无建 筑物	餐厅	污物走廊	洁净走廊	控制室	设备间
	DSA 机房(2)	无建 筑物	厨房	洁净走廊	污物走廊	控制室	设备间
	DSA 机房(3)	诊室	餐厅	污物走廊	洁净走廊	设备间	控制室
	DSA 机房(4)	诊室	厨房	洁净走廊	污物走廊	设备间	控制室
东门诊 医技 综合楼 4 层	复合手术室 1	家属 等候 区	发 放 大厅\ 洁具\ 敷 料 打包	污物走廊	洁净走廊	CT 停车 库\ 设备间	控制室\ 设备间
东门诊 医技 综合楼 4 层	复合手术室 2	家属 等候 区	器 械 库房\ 敷 料 仓库	污物走廊	洁净走廊	控制室、 MR 检查 室	CT 停车 库\ 设备 间

1.2.3 项目选址合理性分析

本项目位于西安大兴渭水园医院东西门诊医技综合楼内，区域位置相对独立，周围无环境制约因素，各辐射工作场所周围 50m 评价范围内无学校、居民区等环境敏感点，也无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域。

本项目各辐射工作场所均有相应的屏蔽设计，通过后文环境影响分析可知，经辐射屏蔽措施后，本项目的运行对周围环境的影响是可接受的。

综上所述，本项目选址充分考虑了邻近周围场所的防护和安全。从辐射场所的楼层平面布局可知，各辐射场所与其配套单元间功能布局分区明确，不相互穿插、干扰，本项目选址合理。

1.3 项目建设正当性分析

介入放射学是基于影像诊断与介入性治疗为一体的学科，是现代影像学的重要组成部分。介入治疗具有创伤小、疗效迅速、恢复快等特点，是目前部分疾病的首选治疗方法。而先进的血管造影设备则是介入诊疗的重要手段。

西安大兴渭水园医院本次申请使用的 DSA 和 CT 均为成熟的医用 X 射线设备，DSA 是血管疾病检查治疗的必需设备，被广泛地应用在血管介入治疗中，CT 则在低对比诊断方面不可或缺，尽管 X 射线对人体有少许危害，但是借助上述设备可以辅助医学诊断治疗，所获利益远大于其危害，故上述设备的使用具有正当性。

1.4 产业政策相符性结论

本项目为满足患者医疗需求在院区新增介入治疗相关核技术利用项目，其建设性质符合《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改）中第十三项“医药”中第五条的“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，属于国家鼓励类产业，符合现行国家产业政策。

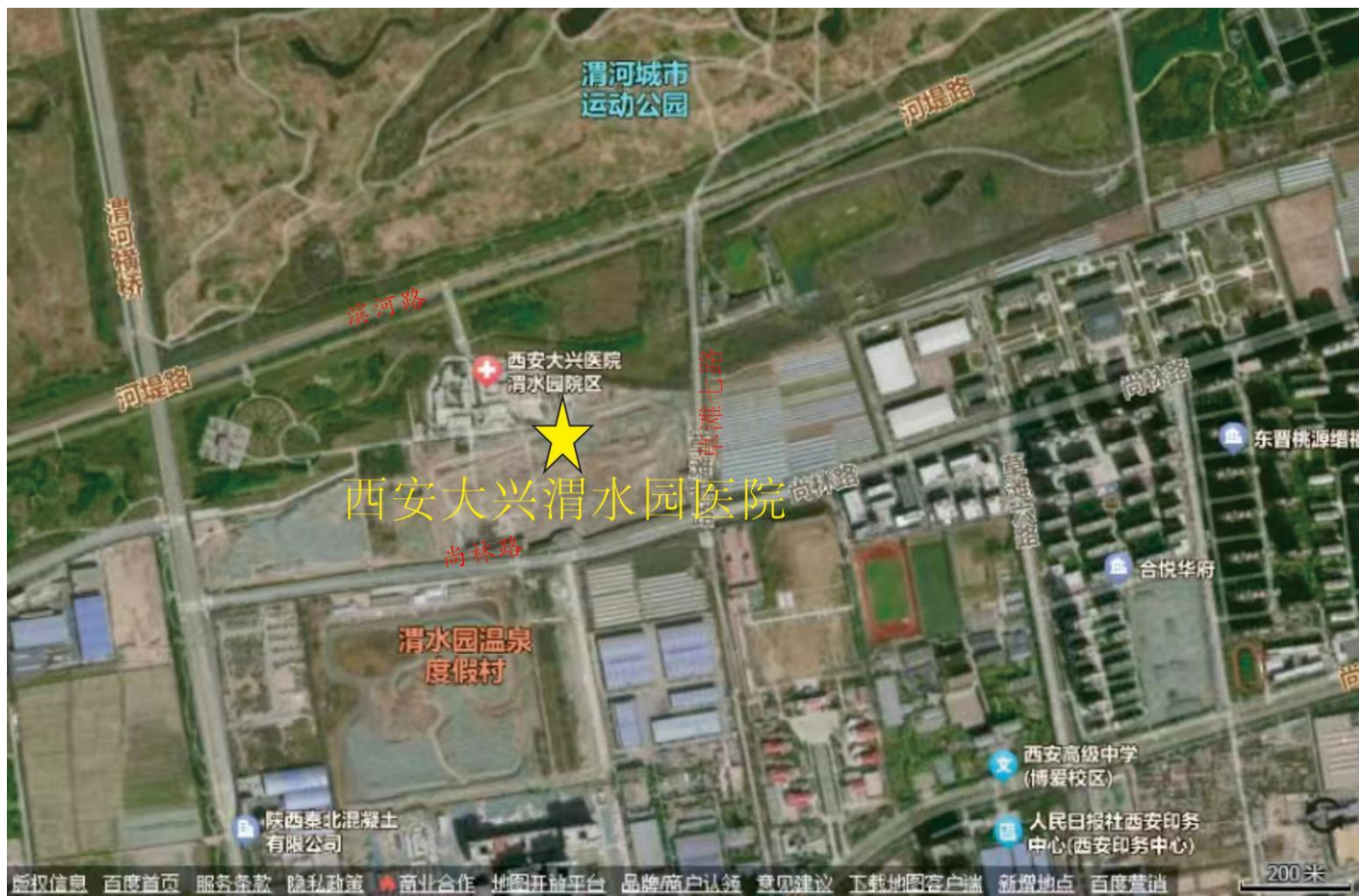


图 1-1 医院地理位置图

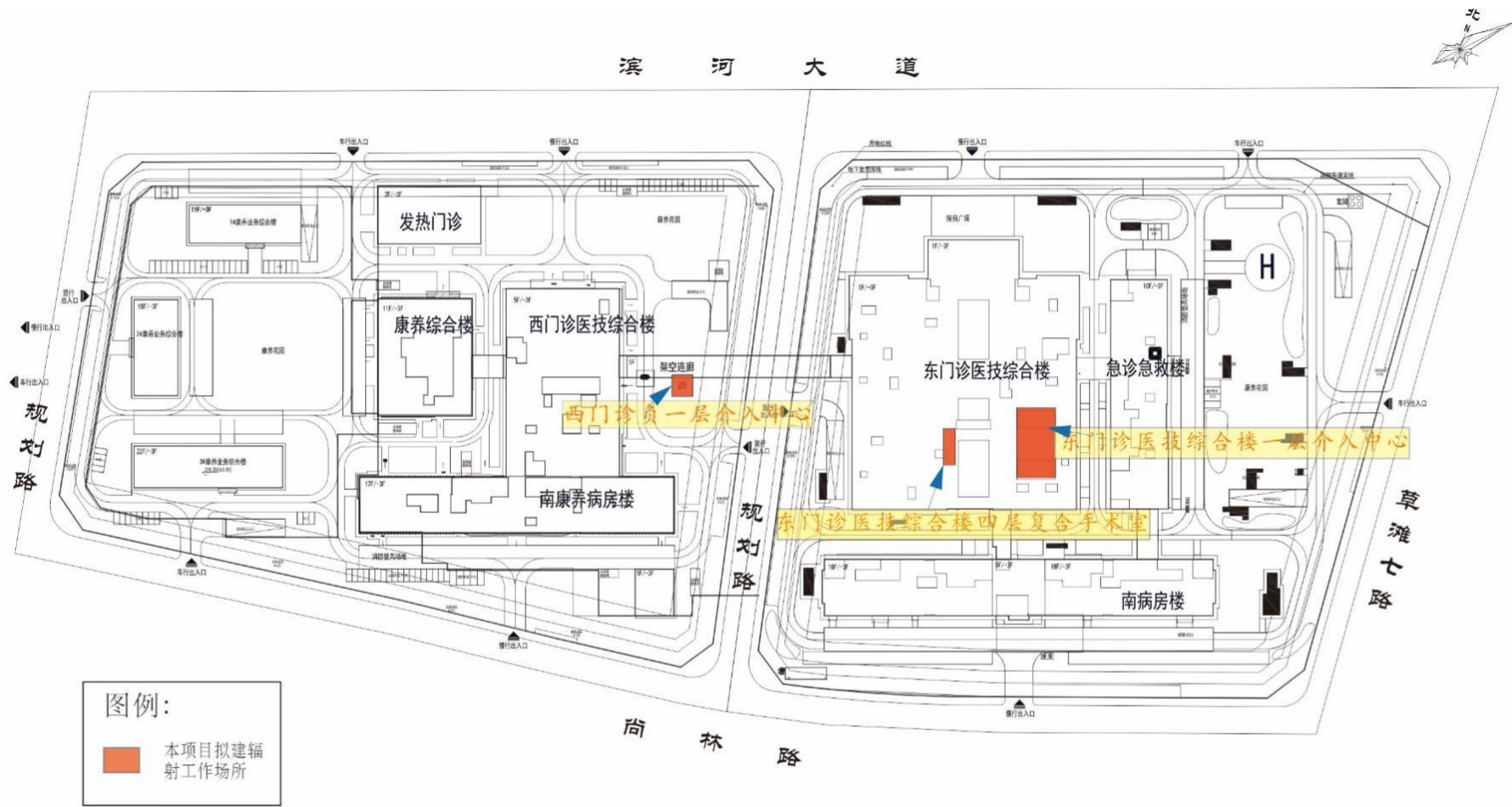


图 1-2 医院周边环境图

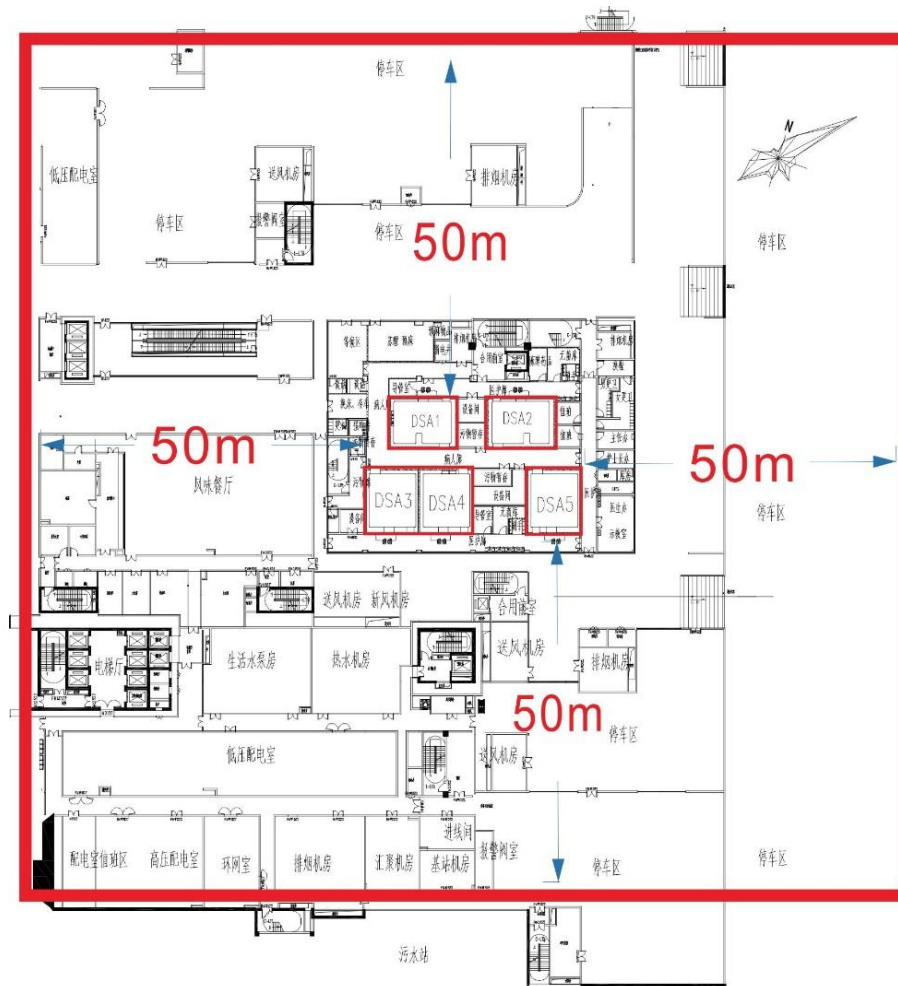


图 1-3 西门诊医技综合楼负一层 DSA 手术室周围 50m 范围内主要建筑

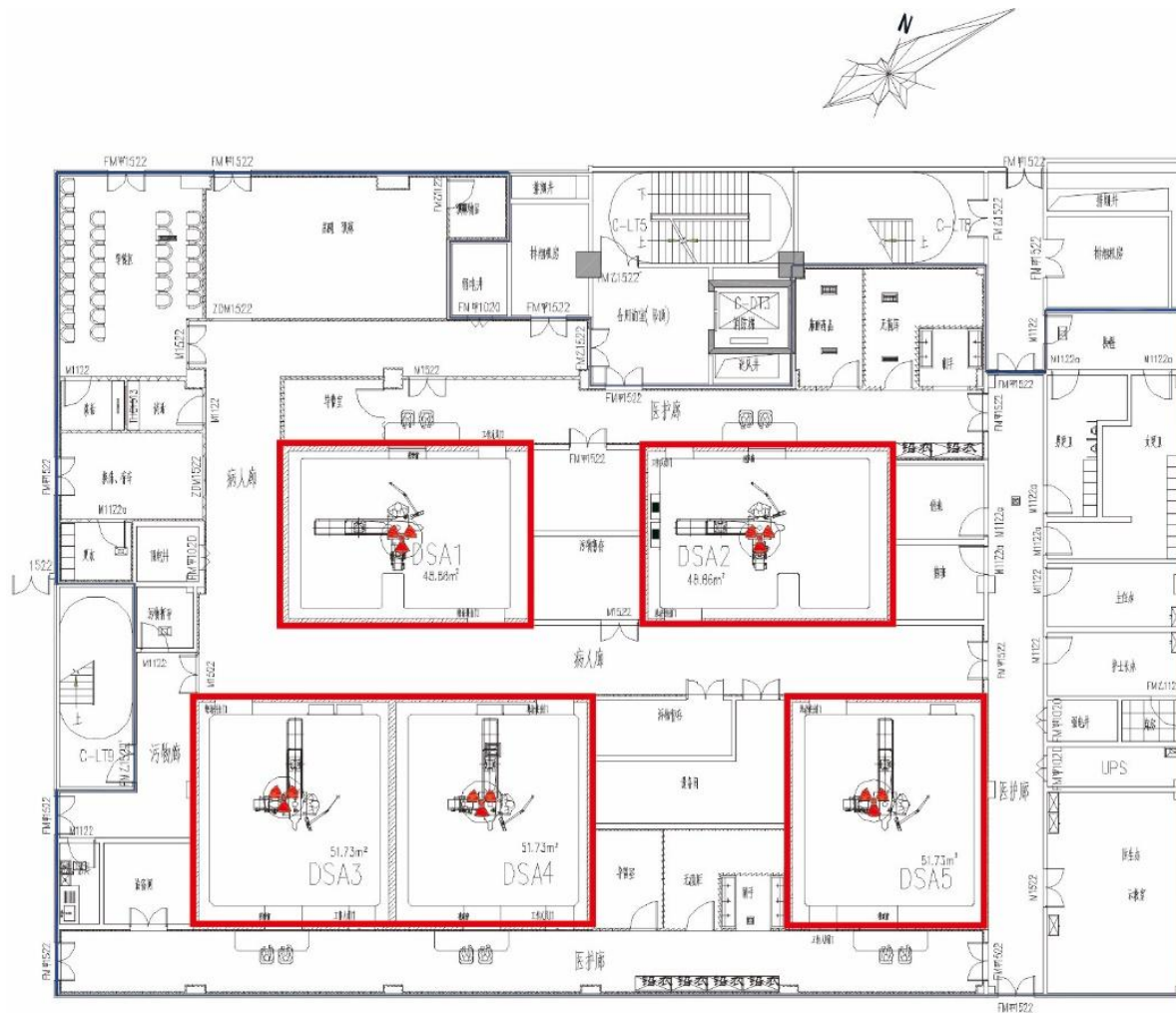


图 1-4 西门诊医技综合楼负一层 DSA 手术室四邻图（平面）

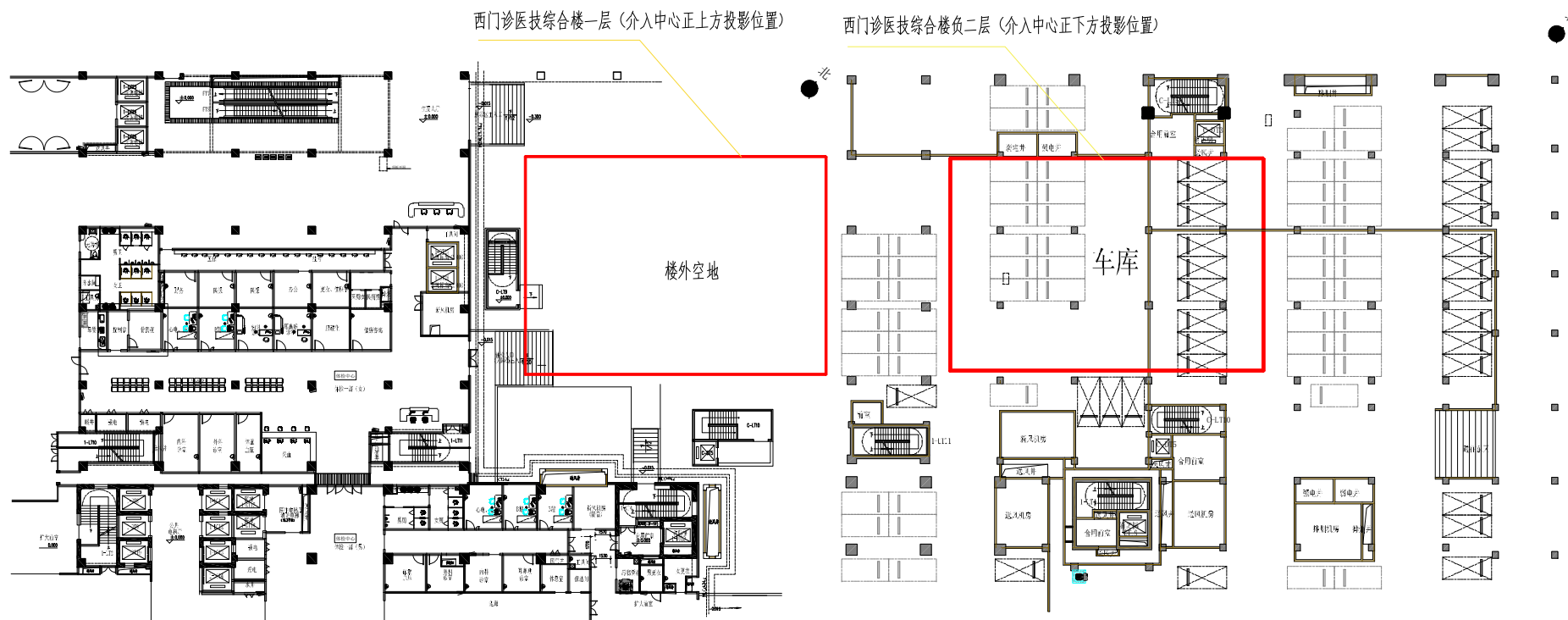


图 1-5 西门诊医技综合楼负一层 DSA 手术室四邻图（纵向）

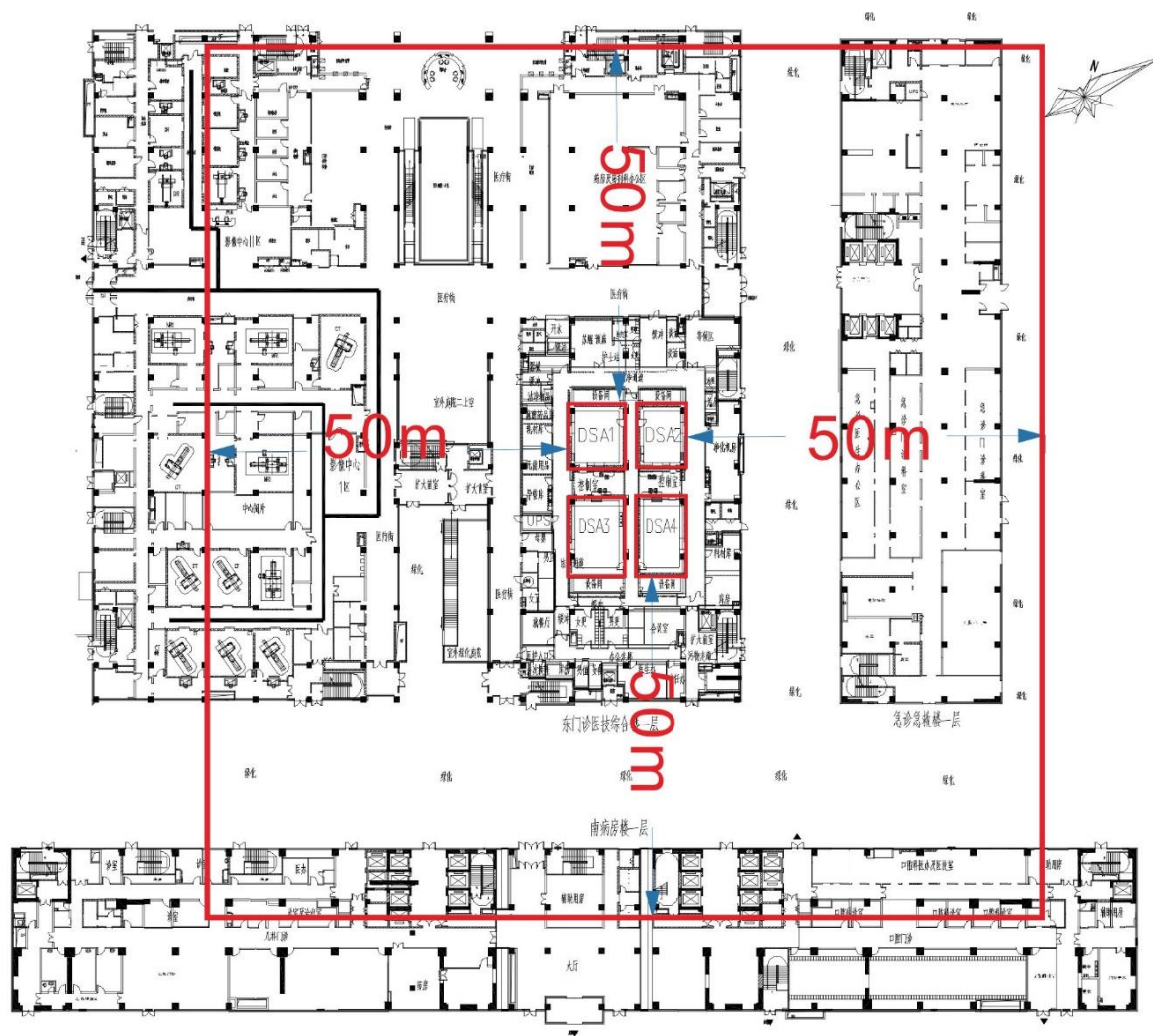
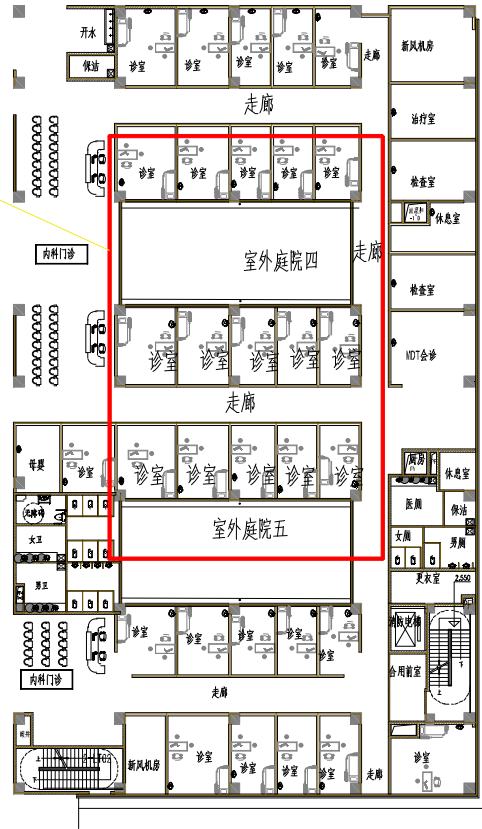


图 1-6 东门诊医技综合楼一层 DSA 手术室周围 50m 范围内主要建筑



图 1-7 东门诊医技综合楼一层 DSA 手术室四邻图（平面）

东门诊医技综合楼二层
(介入中心正上方投影位置)



东门诊医技综合楼负一层
(介入中心正下方投影位置)

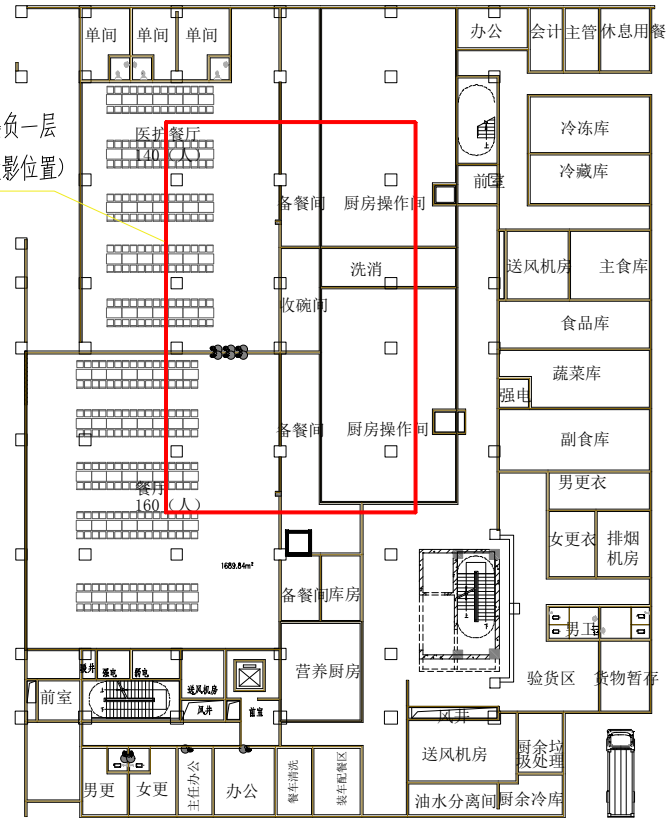


图 1-8 东门诊医技综合楼一层 DSA 手术室四邻图 (纵向)

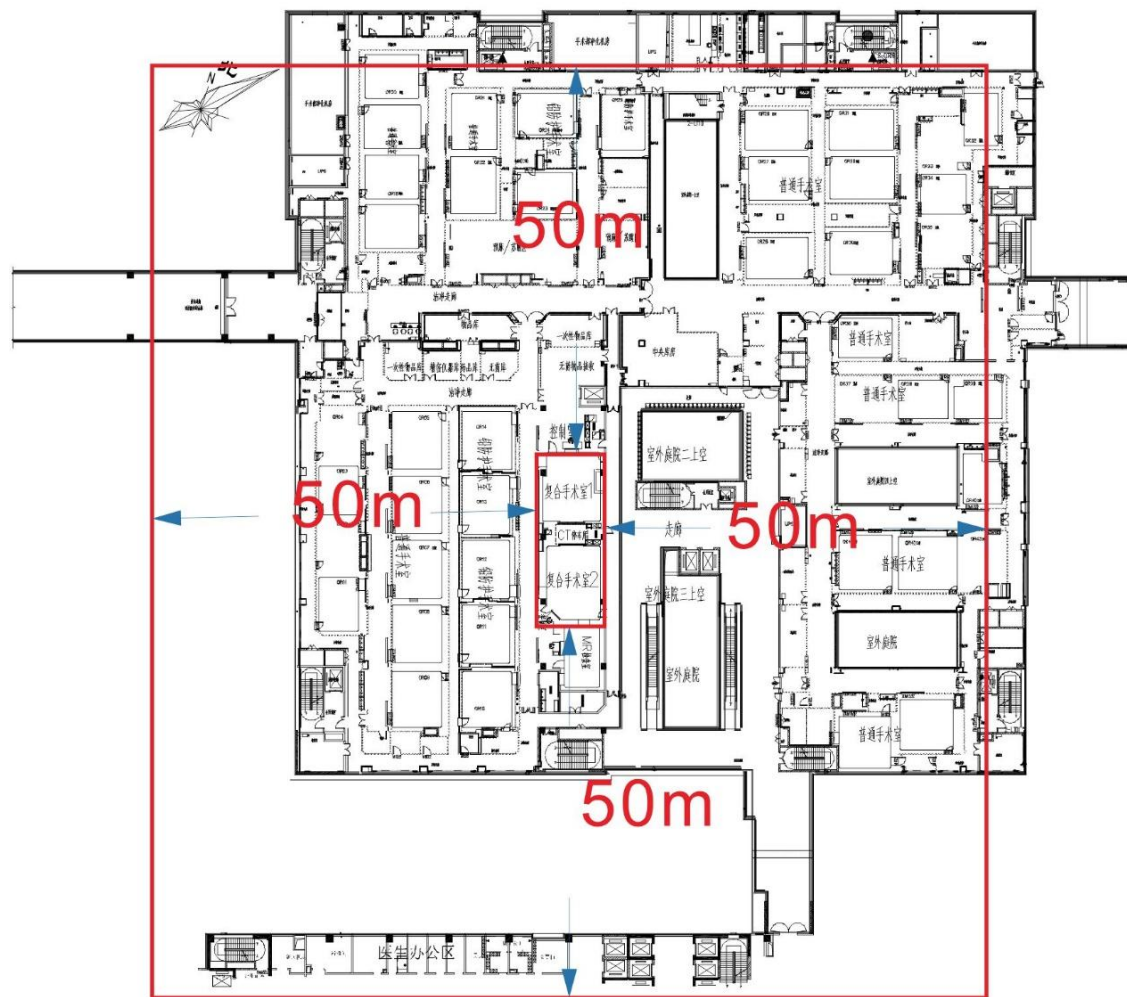


图 1-9 东门诊医技综合楼四层复合手术室周围 50m 范围主要建筑



图 1-10 东门诊医技综合楼四层复合手术室四邻图 (平面)

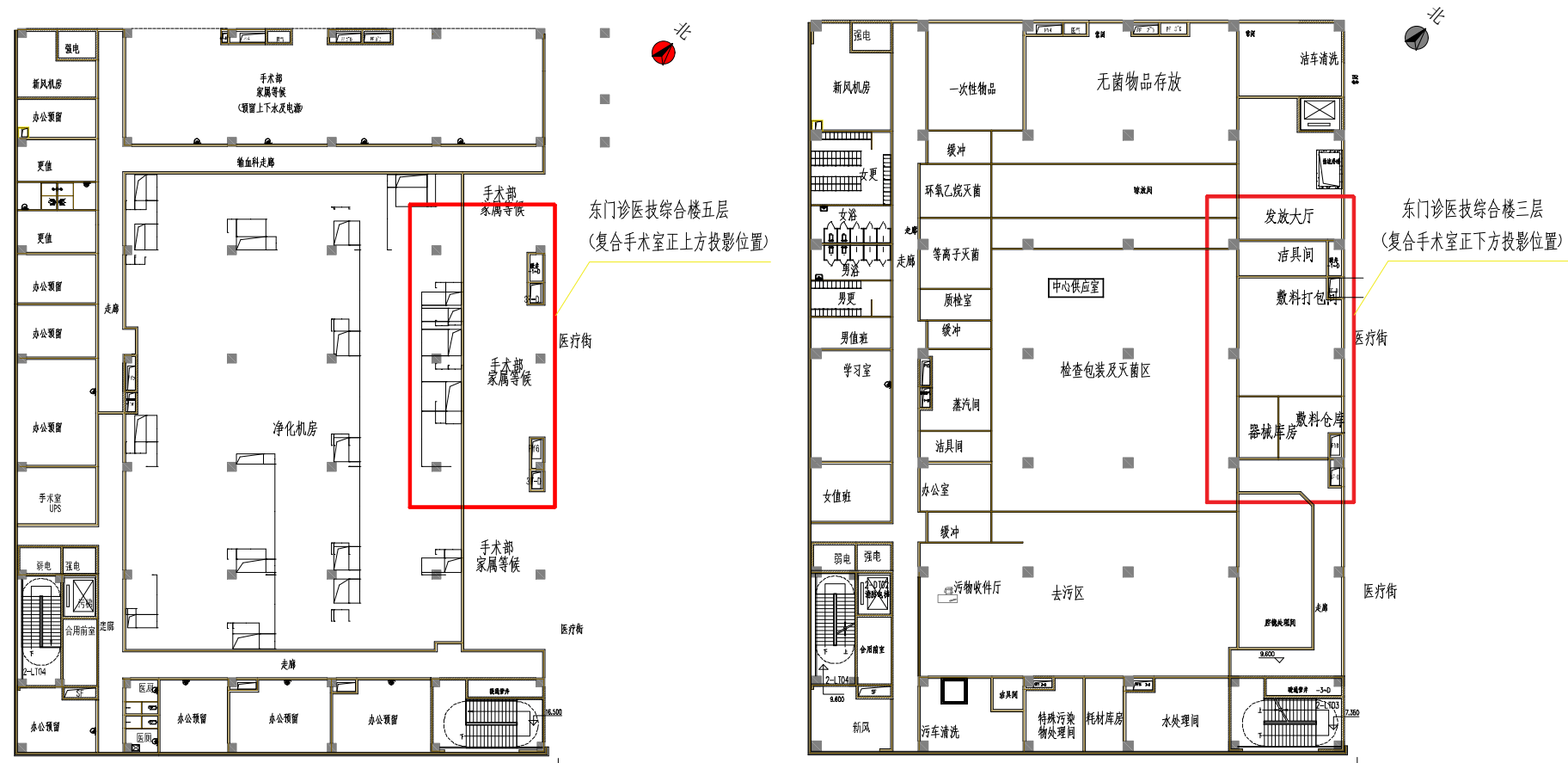


图 1-11 东门诊医技综合楼四层复合手术室四邻图（纵向）

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (Mev)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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	II类	11	待定	125	1000	介入诊疗	西门诊医技综合楼负一层、东门诊医技综合楼一层、东门诊医技综合楼四层	/
2	CT	III类	1	待定	140	800	影像诊断	东门诊医技综合楼四层	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作 场所	氚靶情况			备 注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过动力排风系统排入外环境
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要说明,其排放浓度/年排放总量分别用比活度(Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³)和活度(Bq)。

表 6 评价依据

法规 文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（修订）》，2015 年 1 月 1 日。</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（修正）》，2018 年 12 月 29 日。</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日。</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日。</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（修订）》，2019 年 3 月 2 日。</p> <p>(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。</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（修订）》，2021 年 1 月 4 日。</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 4 月 18 日。</p> <p>(9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部、国家卫生计生委公告第 66 号，2017 年 12 月 5 日。</p> <p>(10) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日。</p> <p>(11) 《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）。</p> <p>(12) 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》（陕环办发〔2018〕29 号），2018 年 6 月 6 日。</p>
----------	--

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016), 环境保护部。</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。</p> <p>(3) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)。</p> <p>(4) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)。</p> <p>(6) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)。</p> <p>(7) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999—2021)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) NCRP Report No.147: Structural Shielding Design and Evaluation for Medical X-Ray imaging Facilities, 2004。</p> <p>(2) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)。</p> <p>(3) 《放射防护实用手册》, 济南出版社, 2009 年 7 月。</p> <p>(4) 《辐射安全手册》, 科学出版社, 2011 年 11 月。</p> <p>(5) 医院提供的建筑结构设计图以及与建设项目相关的其他技术资料, 2024 年 1 月。</p>

表 7 保护目标和评价标准

7.1 评价范围

7.1.1 评价内容

本项目评价内容为西安大兴渭水园医院建设项目中西门诊医技综合楼负一层介入中心规划的 5 间 DSA 机房，配备 5 台 DSA；东门诊医技综合楼一层介入中心规划的 4 间 DSA 机房，配备 4 台 DSA；东门诊医技综合楼四层 2 间复合手术室，配备 2 台 DSA 和 1 台 CT。主要关注上述射线装置使用场所的屏蔽防护设计是否满足国家相关标准的要求，以及对该新设立医疗机构射线装置使用提出辐射安全管理和污染防治措施方面的要求。

7.1.2 评价范围

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）的规定，并结合该项目辐射为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定本项目评价范围为西门诊医技综合楼负一层 5 间 DSA 手术室、东门诊医技综合楼一层介入中心 4 间 DSA 手术室、东门诊医技综合楼四层 2 间复合手术室屏蔽体外周围 50m 区域，不同工作场所重合区域时取最大范围。

7.2 环境保护目标

本项目主要环境保护目标为该医院从事本项目所使用涉及射线装置操作的辐射工作人员和项目周边的其他医护、医务、后勤人员及患者、家属等公众。本项目西门诊医技综合楼负一层 5 间 DSA 手术室、东门诊医技综合楼一层介入中心 4 间 DSA 手术室、东门诊医技综合楼四层 2 间复合手术室均集中布置，与周边其他功能区有清晰的物理边界，50m 评价范围内均为医院内部。主要环境保护目标详见表 7-1，西门诊医技综合楼负一层 5 间 DSA 手术室周围 50m 范围内主要建筑物见图 1-3，周围毗邻关系见图 1-4、图 1-5，东门诊医技综合楼一层介入中心 4 间 DSA 手术室周围 50m 范围内主要建筑物见图 1-6，周围毗邻关系见图 1-7、图 1-8，东门诊医技综合楼四层 2 间复合手术室周围 50m 范围内主要建筑物见图 1-9，周围毗邻关系见图 1-10、图 1-11。

表 7-1 环境保护目标情况一览表

场所	环境保护目标		规模	方位及与屏蔽体外最近距离		剂量约束值
西门 诊医 技综 合楼 负一 层介 入中 心机 房及 四邻	职业 人员	DSA 机房内	20 人	内部	/	5mSv/a
		控制位	5 人	毗邻	0.3m	
	院区 公众	主任办公室	约 2 人	DSA2\5 东侧毗邻	6.5m	0.1mSv/a
		护士长办公室	约 2 人	DSA2\5 东侧毗邻	3.0m	
		医生办/示教办	约 30 人	DSA5 东侧毗邻	3.0m	
		值班室	约 10 人	DSA2 东侧毗邻	0.3m	
		男/女更卫	流动人群	DSA2 东侧毗邻	7.0m	
		南侧设备间 2	约 1 人	DSA3 西侧毗邻	0.3m	
		污物走廊	约 2 人	DSA3 西侧毗邻	0.3m	
		谈话间	约 40 人	DSA3 西侧毗邻	3.9m	
		换床存车间	约 30 人	DSA3 西侧毗邻	3.3m	
		北侧设备间	约 1 人	DSA1\2 之间毗邻	0.3m	
		南侧设备间 1	约 1 人	DSA4\5 之间毗邻	0.3m	
		病人走廊	约 30 人	DSA3\4\5 与 DSA1\2 之 间毗邻	0.3m	
		北侧污物暂存	约 2 人	DSA1\2 之间毗邻	0.3m	
		南侧污物暂存	约 2 人	DSA4\5 之间毗邻	0.3m	
		南侧无菌库	约 3 人	DSA4\5 之间毗邻	0.3m	
		北侧导管室	约 2 人	DSA1 北侧毗邻	0.3m	
		北侧无菌库	约 2 人	DSA2 北侧毗邻	3.0m	
		苏醒/预麻间	约 32 人	DSA1 北侧毗邻	5.5m	
		麻醉药品库	约 2 人	DSA2 北侧毗邻	3.0m	
		介入候诊区	约 70 人	DSA1 北侧毗邻	6.0m	
		北医护廊	流动人群	DSA1\2 北侧毗邻	0.3m	
		南医护廊	流动人群	DSA3\4\5 南侧毗邻	0.3m	
		空地	流动人群	DSA 中心楼上	0.3m	
		停车库	流动人群	DSA 中心楼上	3.5m	
		一层路面	流动人群	DSA1\2\3\4\5 楼上	0.3m	
负二层停车场	流动人群	DSA1\2\3\4\5 楼下	3.5m			
西门	院区	北侧停车场	流动人群	DSA1\2 北侧	11m	

诊医技综合楼负一层介入中心机房周边50m	公众	东侧停车场	流动人群	DSA5\2 东侧	20m	
		南侧停车场	流动人群	DSA5 南侧	21m	
		楼梯间	流动人群	DSA5 南侧	5.5m	
		水/暖/电/风机房	约 10 人	DSA3\4\5 南侧	13m	
		餐厅/大厅	流动人群	DSA3\1 西侧	8m	
		厨房	约 20 人	DSA3 西南侧	28m	
		楼梯间	流动人群	DSA3 西南侧	13m	
东门诊医技综合楼一层介入中心机房及四邻	职业人员	DSA 机房内	16 人	内部	/	5mSv/a
		控制位	4 人	毗邻	0.3m	
	院区公众	北侧设备间 1	约 1 人	DSA1 北侧毗邻	0.3m	0.1mSv/a
		北侧设备间 2	约 1 人	DSA2 北侧毗邻	0.3m	
		北侧洁净通道	流动人群	DSA1\2 北侧毗邻	3.1m	
		苏醒\预麻间\护站	约 25 人	DSA1 北侧毗邻	7.0m	
		缓冲\谈话间	约 30 人	DSA2 北侧毗邻	7.0m	
		介入候诊区	约 50 人	DSA2 东北侧毗邻	7.0m	
		器械\洁净物品	约 2 人	DSA1 西北侧毗邻	4.0m	
		无菌\麻醉\耗材库	约 5 人	DSA1 西侧毗邻	4.0m	
		导管室	约 2 人	DSA3 西侧毗邻	4.0m	
		西侧洁净通道	流动人群	DSA1\3 西侧毗邻	0.3m	
		南侧设备间 1	约 1 人	DSA3 南侧毗邻	0.3m	
		南侧设备间 2	约 1 人	DSA4 南侧毗邻	0.3m	
		男更女更	约 30 人	DSA3 南侧毗邻	5.5m	
		会议室	约 20 人	DSA4 南侧毗邻	5.5m	
		办公走廊	约 40 人	DSA3\4 南侧毗邻	11m	
		男值/女值班室	约 10 人	DSA3\4 南侧毗邻	13m	
		主任办公室	约 2 人	DSA4 南侧毗邻	13m	
		医生办公室	约 25 人	DSA4 南侧毗邻	13m	
		污物通道	约 2 人	DSA1\3 和 DSA2\4 之间	0.3m	
		耗材库/库房	约 4 人	DSA4 东侧毗邻	5.0m	
		诊室	约 4 人	DSA1\2 楼上	0.3m	
		屋面	流动人群	DSA2\4 楼上	0.3m	
		餐厅	流动人群	DSA1\3 楼下	6.3m	
		厨房	约 20 人	DSA2\4 楼下	6.3m	

		净化机房/库房	约 2 人	DSA2 东侧毗邻	5.0m	
东门 诊医 技综 合楼 一层 介入 中心 机房 周边 50m	院区 公众	医疗街	流动人群	DSA1\2 北侧	13m	
		药房/药剂科办公室	约 20 人	DSA1\2 北侧	22m	
		急诊急救楼一楼 医办\诊室医护	约 50 人	DSA2/4 东侧	24m	
		急诊急救楼一楼 患者	流动人群	DSA2/4 东侧	24m	
		南病房楼一楼医 办\诊室医护	约 100 人	DSA3/4 南侧	40m	
		南病房楼一楼医 办\诊室患者	流动人群	DSA3/4 南侧	45m	
		医疗街	流动人群	DSA1\3 西侧	8.0m	
		影像科机房及候 诊区	流动人群	DSA1\3 西侧	32m	
东门 诊医 技综 合楼 四层 复合 手术 室及 四邻	职业 人员	DSA 机房内	8 人	内部	/	5mSv/a
		控制位	2 人	毗邻	0.3m	
	院区 公众	设备间	约 1 人	复合手术室 1 北侧毗邻	0.3m	0.1mSv/a
		家属等候区	流动人群	复合手术室 1/2 楼上	0.3m	
		器械库/敷料库	约 10 人	复合手术室 1/2 楼下	3.8m	
		污物走廊	约 2 人	复合手术室 1/2 东毗邻	0.3m	
		MR 检查室患者	约 12 人	复合手术室 2 南侧毗邻	0.3m	
		MR 设备间	约 1 人	复合手术室 2 南侧毗邻	9.0m	
		洁净走廊	约 30 人	复合手术室 1/2 西毗邻	0.3m	
		手术室 10~14	约 30 人	复合手术室 1/2 西毗邻	4.5m	
		手术室 1~9	约 50 人	复合手术室 1/2 西毗邻	13.5m	
		设备间	约 1 人	复合手术室 1/2 之间	0.3m	
		手术室 36~45/药 品间/谈话间	约 80 人	复合手术室 1/2 东侧	24m	
		手术室 26~35/药 品间/谈话间	约 80 人	复合手术室 1 东北侧	32m	
		手术室 17~25/预 麻/苏醒/药品库	约 80 人	复合手术室 1 北侧	16m	
南病房楼四层医 办/护办	约 20 人	复合手术室 1 南侧	42m			
7.3 评价标准						

7.3.1 剂量限值及剂量约束值

7.3.1.1 基本剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值列于表 7-2。

表 7-2 个人剂量限值（GB18871-2002）

辐射工作人员	公众关键人群组成员
连续五年平均有效剂量 20mSv，且任何一年有效剂量 50mSv	年有效剂量 1mSv；但连续五年平均值不超过 1mSv 时，某一单一年可为 5mSv
眼晶体的当量剂量 150mSv/a 四肢或皮肤的当量剂量 500mSv/a	眼晶体的当量剂量 15mSv/a 皮肤的当量剂量 50mSv/a

7.3.1.2 剂量约束值

该项目职业照射剂量和公众约束值分别执行 5mSv/a 和 0.1mSv/a。对于辐射工作人员年受照剂量出现异常情况，单位应履行调查职责。

7.3.2 剂量率控制水平

根据 GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》，配备 DSA 这类同时具有透视和摄影功能的 X 射线设备机房的辐射屏蔽防护应满足：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；具有短时、高剂量率曝光的摄影程序机房外的周围剂量当量率应不大于 25 μ Sv/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。CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。

7.3.3 射线装置机房屏蔽防护基本要求

参照 GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》第 6.2 表 3，本项目 DSA 机房属于 C 型臂 X 射线设备机房，复合手术室使用 DSA 和 CT，屏蔽防护按照 CT 机房要求。因此，该项目 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求如下。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 (mm)	非有用线束方向铅当量 (mm)
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
CT 机房（不含头颅移动 CT）	2.5	

7.3.4 X 射线设备机房的面积要求

GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》第 6.1 条款指出：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；对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-4 的要求。

表 7-4 X 射线设备机房使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 (m ²)	机房内最小单边长度 (m)
单管头 X 射线设备 (含 C 型臂、乳腺 CBCT)	20	3.5
CT 机 (不含头颅移动 CT)	30	4.5

备注：本项目 DSA 为单管头 X 射线设备，CT 机非头颅移动 CT。

7.3.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》第 6.5 条款指出：每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7.5 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。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。

表 7-5 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	—
CT 体层扫描 (隔室)	—	—	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。

7.3.6 X 射线设备机房防护检测要求

① X 射线设备机房防护设施和机房周围辐射剂量检测应满足下列要求：

a) X 射线设备机房防护检测指标和要求应符合 6.3 的规定；

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

② X 射线设备机房放射防护安全设施应进行竣工验收，在使用过程中，应进行定期检查和检测，定期检测的周期为一年。

③在正常使用中，医疗机构应每日对门外工作状态指示灯、机房门的闭门装置进行检查，对其余防护设施应进行定期检查。

7.3.7 介入放射学用 X 射线设备防护性能的专用要求

《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）4.7 规定：

a) 透视曝光开关应为长断式开关，并配有透视限时装置；

b) 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采集功能的控制键。

c) X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

d) X 射线设备的受检者入射体表空气比释动能率应符合 WS76 的规定。

e) 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情况下，在透视防护区测试平面上的空气比释动能率不大于 400 μ Gy/h。

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

项目位于西安市经开区高铁新城草滩七路以西、尚林路以北，医院地理位置见图 1-1，医院平面布置见图 1-2。

8.1.2 项目场所位置

项目拟建机房位于医院西门诊医技综合楼负一层、东门诊医技综合楼一层、东门诊医技综合楼四层。项目场所位置详见图 1-3、图 1-5、图 1-6，现状见图 8-1~图 8-3。



图 8-1 西门诊医技综合楼负一层介入中心场地

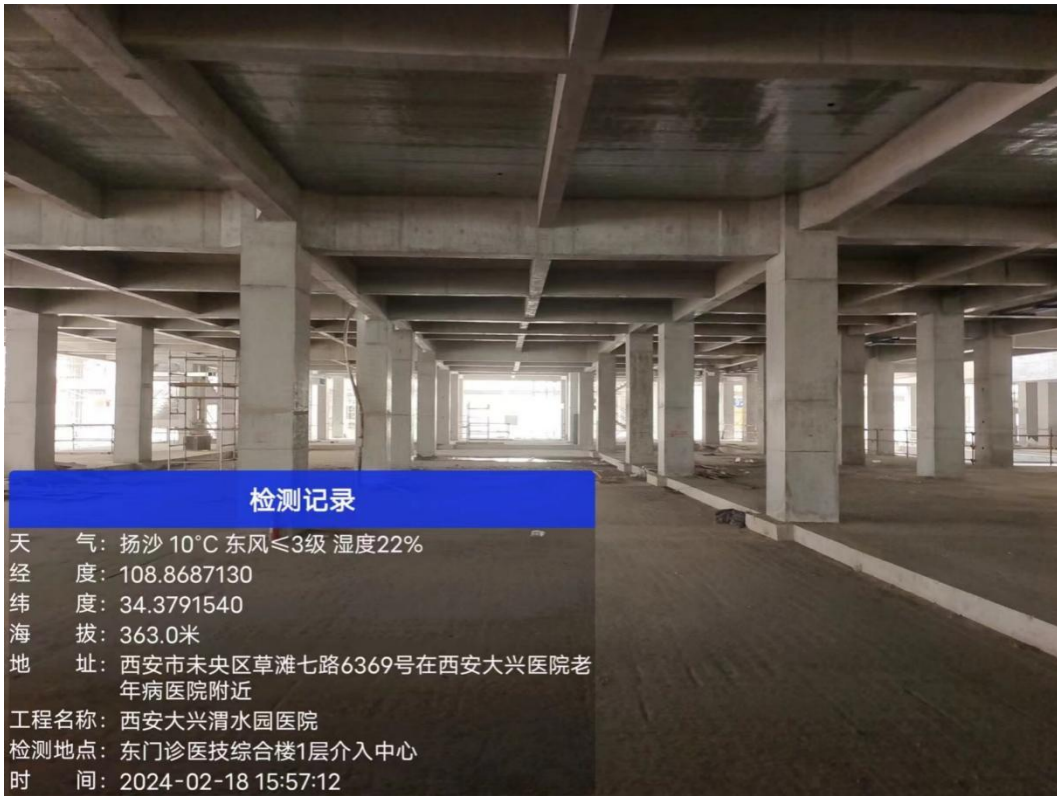


图 8-2 东门诊医技综合楼一层介入中心场地



图 8-3 东门诊医技综合楼四层复合手术室场地

8.2 辐射环境现状监测

8.2.1 监测方案

为了解本项目拟建场所及周边环境 γ 辐射本底水平，陕西万衡检测科技有限公司于2024年2月18日对拟建场所周边环境 γ 辐射剂量率进行了监测，并编制了检测报告（报告编号：万衡（2024）检字第（H0201）号，见附件6）。

环境 γ 辐射剂量率的监测方案见表8-1，布点示意图8-4~图8-6。

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
γ 辐射剂量率	拟建机房设置位置及楼层上下	每个点位连续监测10次
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8-4~图8-6。

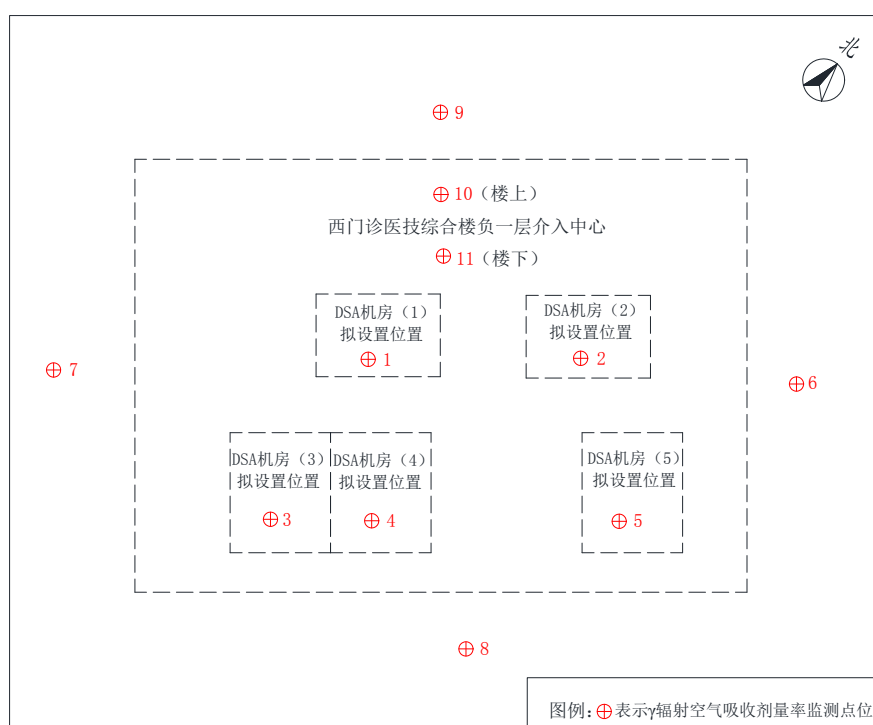


图 8-4 西门诊医技综合楼负一层介入中心场地监测点位示意图

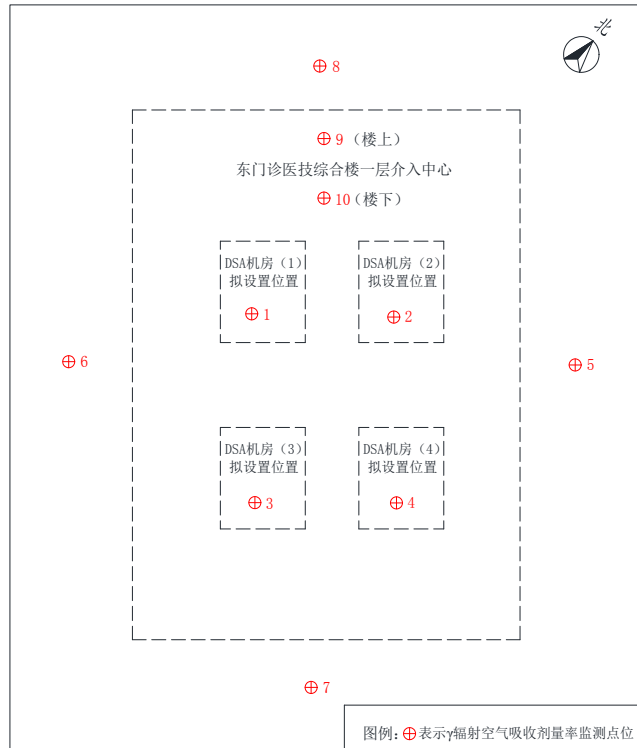


图 8-5 东门诊医技综合楼一层介入中心场地监测点位示意图

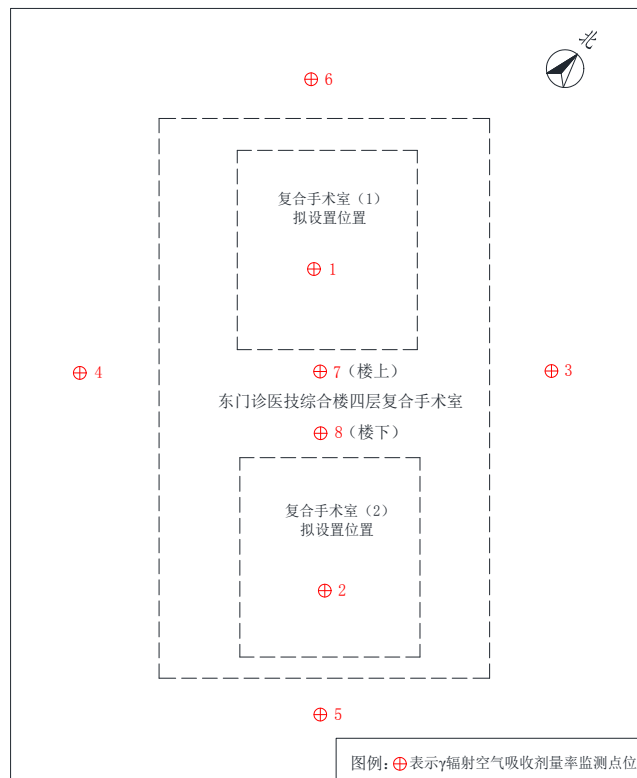


图 8-6 东门诊医技综合楼四层复合手术室场地监测点位示意图

8.2.3 监测仪器

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

仪器信息	量程范围	检定/校准单位	证书编号	证书有效期
环境 γ 辐射监测仪 6150AD/H+6150AD-b/H WHFJ-1402+1403	1nSv/h~ 99.9 μ Sv/h	中国辐射防 护研究院放 射性计量站	检字第 [2023]-L761	2023/11/17 ~ 2024/11/16

8.2.4 质量控制

根据《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中有关辐射环境监测质量保证一般程序和实验室的质量体系文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书）实行全过程质量控制，保证此次监测结果科学、有效。辐射环境监测质量保证主要内容有：

- 1.监测机构通过了计量认证。
- 2.监测前制定了详细的监测方案及实施细则。
- 3.合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- 4.监测所用仪器已通过计量部门校准、检定合格，且在校准、检定有效使用期内使用。监测仪器与所测对象在量程、响应时间等方面相符合，以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制，严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行。
- 5.监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- 6.每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- 7.现场监测严格按照规定的监测点位、方法、记录内容等进行，按照统计学原则处理异常数据和监测数据。
- 8.建立完整的文件资料。仪器校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查。
- 9.监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，签发。
- 10.监测结果评价：参照陕西省天然贯穿辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

8.2.5 监测结果及评价

项目拟建场所周边环境 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

场所	点号	监测点位描述	γ 辐射剂量率 (nGy/h)	
			范围值	均值 \pm 标准差
西门诊 医技综 合楼负 一层介 入中心 位置	1	DSA 机房 (1) 拟设置位置	59~68	64 \pm 4
	2	DSA 机房 (2) 拟设置位置	58~68	63 \pm 4
	3	DSA 机房 (3) 拟设置位置	57~70	63 \pm 5
	4	DSA 机房 (4) 拟设置位置	56~66	61 \pm 4
	5	DSA 机房 (5) 拟设置位置	59~65	63 \pm 3
	6	介入中心东侧位置	62~70	66 \pm 3
	7	介入中心西侧位置	60~69	66 \pm 4
	8	介入中心南侧位置	57~65	61 \pm 4
	9	介入中心北侧位置	59~68	64 \pm 4
	10	介入中心上方位置	39~45	42 \pm 2
	11	介入中心下方位置	61~67	63 \pm 2
东门诊 医技综 合楼一 层介入 中心位 置	1	DSA 机房 (1) 拟设置位置	47~54	50 \pm 3
	2	DSA 机房 (2) 拟设置位置	51~56	53 \pm 3
	3	DSA 机房 (3) 拟设置位置	48~55	52 \pm 3
	4	DSA 机房 (4) 拟设置位置	50~56	53 \pm 3
	5	介入中心东侧位置	52~61	57 \pm 3
	6	介入中心西侧位置	51~57	54 \pm 3
	7	介入中心南侧位置	52~60	56 \pm 3
	8	介入中心北侧位置	56~63	60 \pm 3
	9	介入中心上方位置	51~59	55 \pm 3
	10	介入中心下方位置	50~56	54 \pm 3
东门诊	1	复合手术室 (1) 拟设置位置	53~64	59 \pm 5

医技综合楼四层复合手术室位置	2	复合手术室（2）拟设置位置	54~65	60±5
	3	复合手术室东侧位置	52~61	57±4
	4	复合手术室西侧位置	53~60	57±3
	5	复合手术室南侧位置	52~59	56±3
	6	复合手术室北侧位置	50~58	54±3
	7	复合手术室上方位置	48~59	54±5
	8	复合手术室下方位置	65~72	68±3

注：1.Sv 与 Gy 间的转换参照 JJG 393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数为 1.20Sv/Gy,本报告监测数据均为进行换算后的数据；2.监测结果已扣除仪器对宇宙射线的响应值。

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 39~72nGy/h（已扣除宇宙射线响应值），与《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中“西安市 γ 辐射剂量率调查结果（室内：79~130nGy/h，室外：50~121nGy/h）”相当，属天然辐射本底水平。项目所在地辐射剂量率处于正常环境本底水平，项目所在区域辐射环境质量现状良好。

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 工作原理

9.1.1.1 数字血管造影（DSA）

数字减影血管造影系统(DSA)是利用 X 射线进行影像诊断和介入治疗的医疗设备。其基本结构都是由产生 X 射线的 X 射线管、供给 X 射线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 射线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置等设备组成。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，阳极靶则一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就蒸发出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压在 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，到达靶面被靶突然阻挡从而产生 X 射线，如图 9-1 示。

数字减影血管造影系统（DSA）主要采用时间减影法，即将造影剂未到达欲检部位前拍摄的蒙片与造影剂注入后拍摄的造影片在计算机中进行数字相减处理，仅显示有造影剂充盈的结构。利用 DSA 开展影像诊断和介入治疗的过程中，可以分别采用透视和采集两种曝光方式。DSA 作为一种 C 型臂结构的 X 射线装置，工作期间球管和探测器可以以患者的手术部位为中心绕 C 臂支架同步旋转，但照射野始终不会超出影像接收器的范围。DSA 设备为各种介入治疗提供了必备条件，广泛用于全身血管性疾病及肿瘤的检查及治疗，是各个临床科室如心内科、神经外科、肿瘤科、肝胆外科等介入治疗的关键设备。

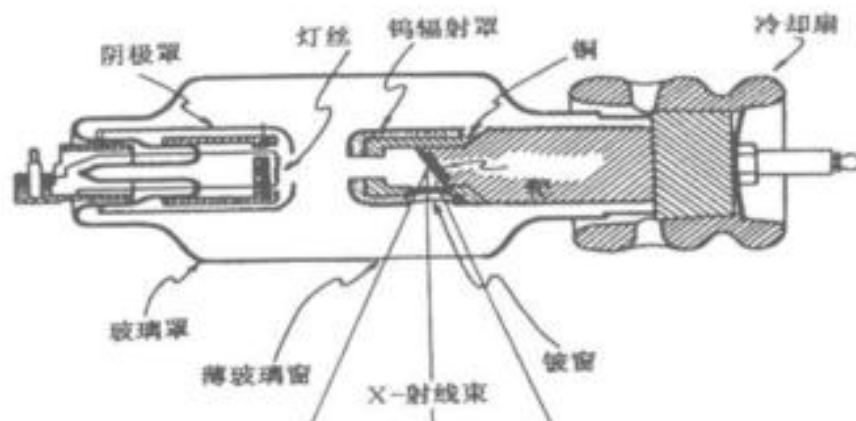


图 9-1 典型 X 射线管示意图

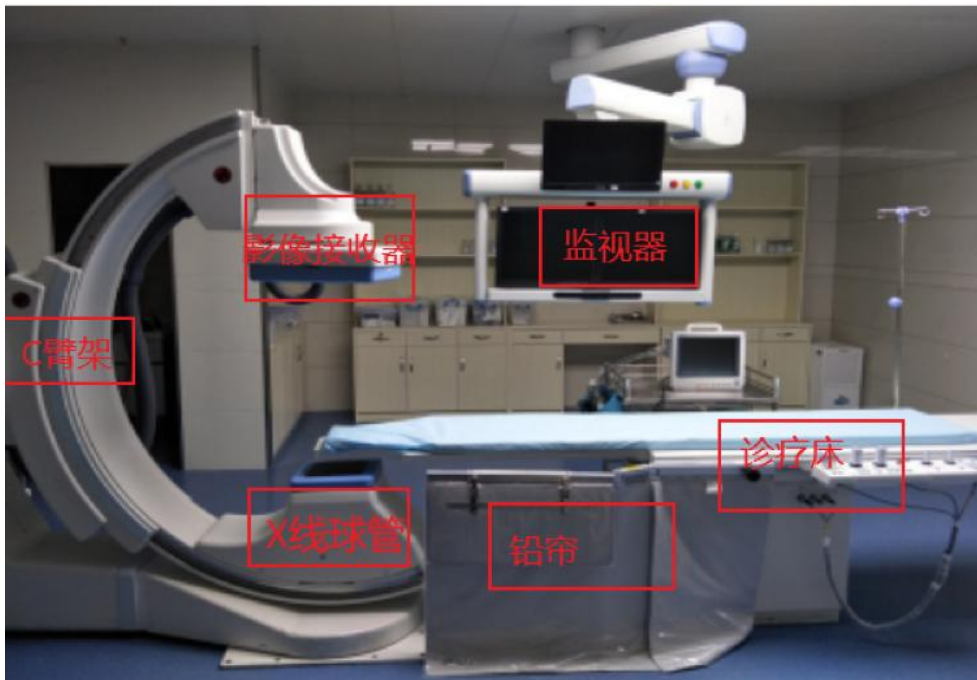


图 9-2 DSA 设备一般结构

9.1.1.2 计算机断层采集 (CT)

CT 系统一般由扫描部分（包括线阵排列的辐射探测器、高热容量 X 线球管、扫描架）、诊床、计算机硬件、图像处理系统及操作控制等几部分组成。其中 X 线球管、探测器均位于扫描架内，连续曝光过程中 X 线球管以诊床上的患者为轴心做周向运动。X 线束经过前准直器准直后，呈一定厚度的扇形，且不超过线阵探测器的最大径向宽度。CT 利用 X 射线束对人体某部位一定厚度的层面进行扫描，其强度因和不同密度的组织相互作用而产生相应的吸收和衰减，探测器接收透过该层面的 X 射线，先将其转变为可见光后，由光电转换变为电信号，再经模 / 数转换器 (A / D converter) 转换成数字信号输入计算机储存和处理。从而根据射线衰减值得到该层面各单位容积的 CT 值 (CT number)，并排列成数字矩阵 (Digital matrix)，即构成该层的横断 CT 图像。

此外，通过在 CT 机扫描孔径正反两侧架设屏蔽，也极大地降低了到达非扫描区域的漏射线和外散射线。



图 9-3 同类复合手术室 CT 布置图

9.1.2 操作流程

(1) DSA 诊断性造影检查

- ①医生根据患者预约安排诊断性造影检查；
- ②病人由专职人员通过受检者防护门接入检查室，由护理人员进行摆位，并做局部消毒处理；
- ③医生根据病人情况在透视条件下进行股动脉穿刺、脑脊髓外周血管超选造影检查；
- ④病人术后穿刺点压迫，通过受检者防护门自行离开，在休息区进行术后常规观察。

(2) 血管病变介入治疗

诊疗时，血管病变介入治疗患者仰卧并进行无菌消毒，局麻后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达上腔静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

- ①医生根据患者预约安排手术；
- ②病人由专职人员通过受检者防护门接入检查室，由护理人员进行摆位，并做局部消毒处理；
- ③医生根据手术性质在透视条件下进行手术，按照手术性质和医生手术水平不同，每台手术累计曝光时间多为几十分钟；

④介入治疗病人在手术完成后由专职人员负责送回病房。

(3) CT 影像定位

本项目复合手术室除使用 DSA 进行介入诊疗外，还使用 CT 进行患者的术前和术后评价（DSA 和 CT 设备共用一个手术床）。CT 平时停放在 CT 停车库，使用时通过滑轨精准移动至诊疗床位置。患者接受 DSA 介入治疗过程中，如果需要 CT 进行影像检查确认，无需更换手术床，直接进行 CT 扫描。扫描时与常规 CT 不同的是，CT 机架通过滑轨进入手术区域，这样，可以保证患者在不移动的情况下同时接受两种影像设备的检查，提高了治疗的效率及临床的安全性。CT 停车库在通往两间复合手术室的方向设有两道铅防护门，不使用 CT 的复合手术室的铅防护门始终处于关闭状态。

CT 模式：在复合手术室使用 CT 时，DSA 的 C 形臂须先处于远离 DSA 检查床的停止位并触发位置信号开关，此时才可将 CT 滑动机架从 CT 停放库停止位沿导轨移至复合手术室内工作位，到达工作区域时触发位置信号开关 CT 才可进行曝光操作；在复合手术室内使用 CT 模式下，因软硬件互锁 DSA 系统的所有移动和曝光功能均被禁用。因此两台设备同时在复合手术室时只有 CT 能曝光操作。

CT 模式改为 DSA 模式：CT 使用结束后，将 CT 滑动机架移出复合手术室内工作位后到达 CT 存放处的停止位并触发信号位置开关时，DSA 系统才可恢复正常使用。在 CT 和 DSA 手术联合使用期间，CT 和 DSA 不同时使用。

9.2 污染源描述

9.2.1 放射性污染物

本项目所使用的 DSA 和 CT 产生的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。在开机出束期间，X 射线是主要污染因子。辐射场中的 X 射线包括有用线束（主束）、漏射线和散射射线。由于射线能量较低，感生放射性影响可忽略。

(1) 有用线束

本项目 DSA 的有用线束透射方向为由下至上。有用线束所致空气比释动能与 X 射线管靶材、滤过、管电压及工作负荷有关。DSA 具有自动剂量率控制功能（ADRC），采集时会实时根据受检者体型自动调节管电压和电流时间积。

为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用中管电压和管电流通常留有一定的裕量。目前常用的 DSA 设备运行管电压为额定电压的极端情况时，透视模式下的电流不大于 110mA，采集模式下的电流不大于 1000mA；正常运行时，透视模式的工况为 (60~80) kV/ (5~100) mA，采集模式的工况为 (60~ 120) kV/ (300~800) mA。按照 NCRP 147 号报告附录 B 中图 B.1 提供的距离钨靶/铝滤过焦点 1m 处单位工作负荷时的主射线所致空气比释动能公式：

$$K_w^1(kVp) = 1.222 - 5.664 \times 10^{-2} kVp + 1.227 \times 10^{-3} kVp^2 - 3.136 \times 10^{-6} kVp^3 \quad \text{公式 9-1}$$

DSA 正常运行时，采集模式管电压均值为 100kV，则距靶 1m 处单位工作负荷主射线空气比释动能为 4.7mGy /mA · min，透视模式管电压均值约为 80kV，距靶 1m 处单位工作负荷主射线空气比释动能为 2.9mGy/mA · min，由于介入手术中照射野被限制在探测器范围内，患者身体、导管床、探测器、滤线栅对主射线进行了屏蔽和散射，所以一般不考虑主射线的辐射影响。

(2) 泄漏射线

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“ (77) 用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1 mGy/h” (在距离源 1m 处不超过 100cm² 的面积上或者在离管或源壳 5cm 处的 10cm² 面积上进行平均测量)，以及《医用电气设备 第一部分：安全通用要求 三、并列标准 诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》(GB9706.12-1997) 中 29.204.3 的相应要求，本项目 DSA 距焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率保守取 1.0 mGy/h。

(3) 散射线

本项目 DSA 的散射线主要来自于有用线束照射到受检者人体产生的侧向散射线，其强度与有用线束的 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射面积、SID、散射角及关注点与受检者受照部位的距离等有关。按照 NCRP 147 号报告附录 C 中图 C.1 提供的距离钨靶/铝滤过球管焦点 1m 的主射线射野内单位 cm² 散射体的不同散射角 θ 的散射系数计算公式，散射角保守取 135°。

$$a_1 = 1.6 \times 10^{-2} (kVp - 125) + 8.43 - 1.11 \times 10^{-1} \theta + 9.83 \times 10^{-4} \theta^2 - 1.74 \times 10^{-6} \theta^3 \quad \text{公式 9-2}$$

kVp 取 100kV 时， $\alpha_1 = 6.7E-6$ ，kVp 取 80kV 时， $\alpha_1 = 6.4E-6$ 。

9.2.2 污染途径

(1) DSA 工作场所人流及物流路径

①患者路径：本项目患者经麻醉苏醒室作缓冲后从病区通道门进入半洁净走廊，再进入 DSA 机房内接受治疗和检查。

②医生路径：本项目辐射工作人员经过专用通道进入更衣室更衣后沿洁净走廊分别进入 DSA 机房和控制室等区域。放射技师在控制室或控制廊内对 DSA 或 CT 设备进行隔室操作。

③污物路径：本项目手术过程中产生的医疗废物临时存放在机房内或附近污物通道上的医废暂存间，术后由保洁人员沿污物通道运至院内医废集中点。

本项目 DSA 人流及物流路径示意图见图 11-1~图 11-3。

(2) 正常工况时的污染途径

X 射线装置主要的放射性污染是 X 射线，污染途径是 X 射线外照射。X 射线装置只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。在开机出束时，有用束和漏射、散射的 X 射线对周围环境造成辐射污染。上述三种辐射来源对 DSA 机房内外的工作人员及公众影响各不相同，其中机房内从事 DSA 操作的医生可能受到有用线束、泄漏射线及散射线的照射，其他室内辅助人员可能受到泄漏射线及散射线的照射；控制室内的操作人员及周边其他公众可能会受到经过屏蔽后的泄漏射线及散射线所致的杂散射线照射。复合手术室使用 CT 时，工作人员均处于机房外，可能会受到经过屏蔽后的泄漏射线及散射线所致的杂散射线照射。

射线装置在运行时无其它放射性废气、废水和固体废弃物产生。本项目 DSA 机房使用中的产污环节示意图见图 9-5。

(3) 事故工况的污染途径

①射线装置发生控制系统或电器系统故障或人员疏忽，造成管电流、管电压设置错误，使得受检者或工作人员受到超剂量照射。

②防护门控制失灵或安全联锁装置故障，人员误入正在运行的机房内而造成辐射损伤。

③管理不善，无关人员在射线装置开机时进入机房或开机时未离开机房，从而受到不必要的较大剂量辐射照射。

9.2.3 非放射性污染

(1) 废气

X 射线与空气作用产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，但由于该项目 DSA 血管造影机和 CT 机工作时的管电压、管电流较小，因此产生的臭氧和氮氧化物也较少。通过 DSA 手术室排风系统排至室外，不会对公众及环境造成危害。

(2) 固体废物

①本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。

②本项目 DSA 手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾。这些医疗废物经分类收集打包好后暂存于医废间，医疗废物日产日清，交由资质单位处理。

③本项目工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，办公、生活垃圾经袋装收集后暂存于生活垃圾暂存间，日产日清，交由环卫部门清运处理。

本项目项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

(3) 废水

本项目 DSA 采用数字成像，手术中注入的造影剂不含放射性，无废显影液和定影液产生；工作人员及 DSA 手术中产生的少量的生活污水和医疗废水经化粪池预处理后排入医院污水处理系统，经处理达标后排入市政污水管网。

本项目涉及的 DSA 装置诊治流程及产污环节如图 9-4 所示：

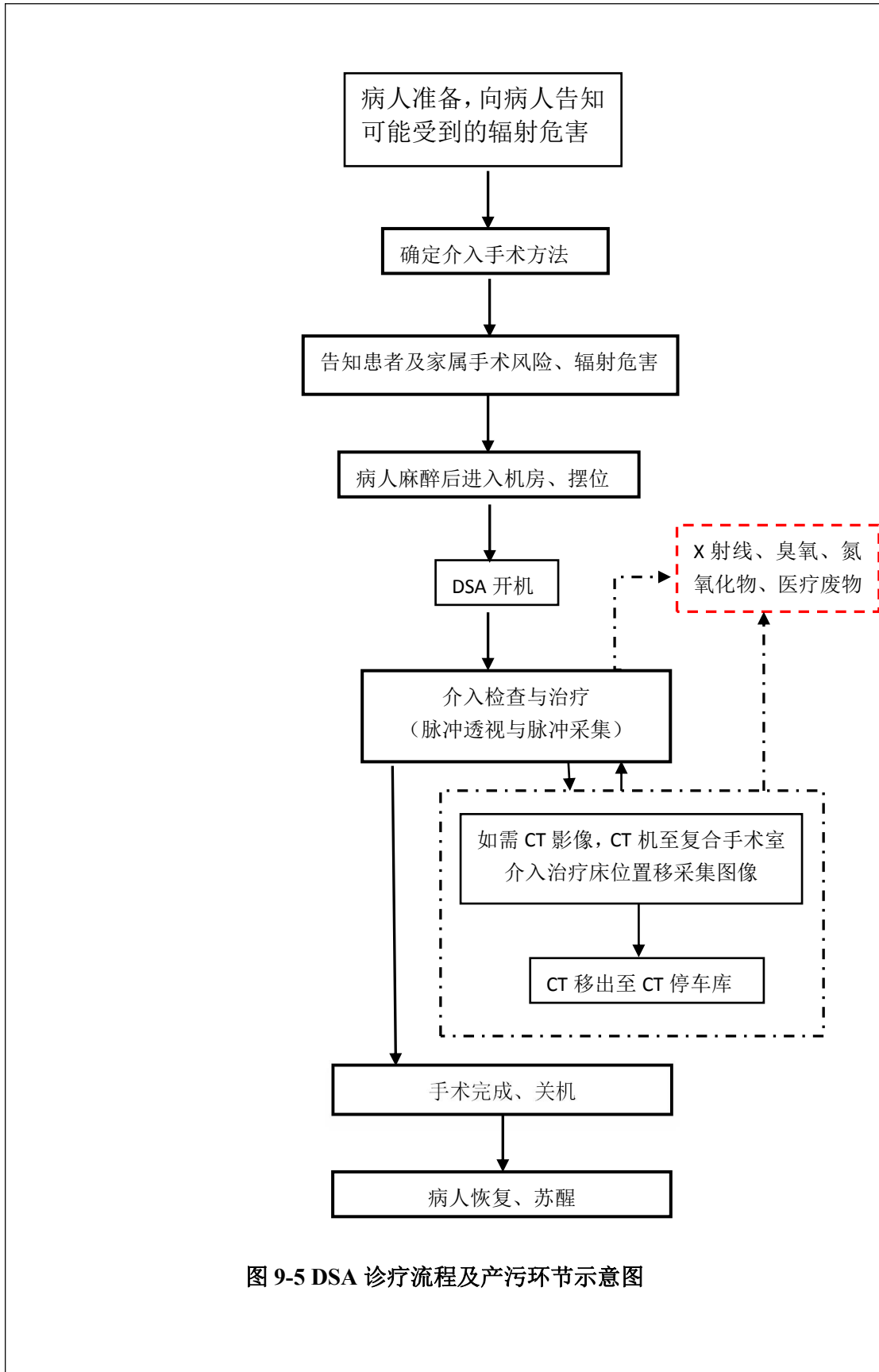


图 9-5 DSA 诊疗流程及产污环节示意图

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目建设内容

本项目拟建的西门诊医技综合楼负一层 5 间 DSA 机房均位于介入中心区域内，配备 5 台 DSA。DSA（1）和 DSA（2）两间机房的控制廊位于机房北侧，DSA（3）、DSA（4）和 DSA（5）三间机房的控制廊位于机房南侧，技师和护士通过控制廊上的铅玻璃观察窗和通话器听从介入医师的指令，刷手间和铅衣架设置在控制廊入口，工作人员通过控制廊上的带自闭功能的工作人员门进入机房。每间机房内床旁拟设置铅防护帘，床上方拟设置悬挂铅玻璃防护屏，配备移动式铅防护屏风 1 个。患者通过病人走廊上的患者进出门进入 DSA 机房，患者进出门为电动推拉门，门上方均设置工作状态指示灯和电离辐射标志。手术垃圾在污物暂存间临时存放，由保洁人员定时收集清理。

东门诊医技综合楼 4 间 DSA 机房位于东门诊医技综合楼一层介入中心区域内，配备 4 台 DSA。DSA（1）和 DSA（3）机房、DSA（2）和 DSA（4）机房各共用 1 间控制室，技师和护士通过控制室的铅玻璃观察窗和通话器听从介入医师的指令，刷手间和铅衣架设置在控制室入口附近，工作人员通过控制室带自闭功能的工作人员门进入机房。每间机房内床旁拟设置铅防护帘，床上方拟设置悬挂铅玻璃防护屏，配备移动式铅防护屏风 1 个。患者通过洁净走廊上的患者进出门进入 DSA 机房，患者进出门为电动推拉门，门上方均设置工作状态指示灯和电离辐射标志。手术垃圾由保洁人员定时收集清理，通过污物通道门经污物走廊转运出介入中心。

东门诊医技综合楼 2 间复合手术室位于东门诊医技综合楼四层手术中心区域，配备 2 台 DSA 和 1 台 CT。复合手术室（1）和复合手术室（2）各有 1 间控制室，技师和护士通过控制室的铅玻璃观察窗和通话器听从介入医师的指令，刷手间和铅衣架设置在洁净走廊上，工作人员通过控制室带自闭功能的工作人员门进入机房。每间机房内床旁拟设置铅防护帘，床上方拟设置悬挂铅玻璃防护屏，配备移动式铅防护屏风 1 个。患者通过洁净走廊上的患者进出门进入 DSA 机房，患者进出门为电动推拉门，门上方均设置工作状态指示灯和电离辐射标志。CT 机非工作时停放于复合手术室（1）和复合手术室（2）之间的停车库，使用时通过停车库与手术室间的防护门和地面轨道移动至治疗床位置，工作人员退出手术

室后，由技师在控制室内设置曝光条件并执行 CT 扫描。手术垃圾由保洁人员定时收集清理，通过污物通道门经污物走廊运出介入中心。

工作人员同室近台和位于控制间或控制廊操作设备，DSA 采集曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均拟退回到控制间或控制廊进行操作，DSA 透视曝光时，医师在手术间内近台操作，护士和技师通常不在手术间内。CT 曝光扫描时，工作人员均退出回操作间进行操作，机房采用空调通风，不设采光窗。

机房拟采取的屏蔽防护设施见下表 10-1。

表 10-1 机房屏蔽材料及厚度情况一览表

序号	位置	机房名称	机房有效使用面积	屏蔽部位	屏蔽材料及厚度	
1	西门 诊医 技综 合楼 负 1 层	DSA 机房 (1)	38.3m ²	屋顶	400mm 砵	
				地板	150mm 砵+20mm 硫酸钡	
2		DSA 机房 (2)	38.3m ²	四周墙体	240mm 水泥砖+10mm 硫酸钡	
3				DSA 机房 (3)	51.7m ²	工作人员门
4		DSA 机房 (4)	51.7m ²			患者进出门
5				DSA 机房 (5)	51.7m ²	观察窗
6		东门 诊医 技综 合楼 1 层	DSA 机房 (1)	50.6 m ²	屋顶	150mm 砵+20mm 硫酸钡
7					DSA 机房 (2)	42.0m ²
			8	DSA 机房 (3)		
9					DSA 机房 (4)	55.2m ²
	患者进出门		0.8mm 热熔镀锌钢板 +3.0mm 铅板			
10	东 门 诊 医 技 综 合 楼 4 层		复合手术 室 1	64.8 m ²	污物通道门	0.8mm 热熔镀锌钢板 +3.0mm 铅板
					观察窗	3.0mmPb 铅玻璃
屋顶					150mm 砵+20mm 硫酸钡	
				地板	150mm 砵+20mm 硫酸钡	
				四周墙体	240mm 水泥砖+20mm 硫酸钡	

				工作人员门	0.8mm 热熔镀锌钢板 +4.0mm 铅板
				患者进出门	0.8mm 热熔镀锌钢板 +4.0mm 铅板
				污物通道门	0.8mm 热熔镀锌钢板 +4.0mm 铅板
				CT 停车库防护 门	0.8mm 热熔镀锌钢板 +4.0mm 铅板
				观察窗	4.0mmPb 铅玻璃
11	复合手术 室 2	54.0 m ²	屋顶	150mm 砼+20mm 硫酸钡	
			地板	150mm 砼+20mm 硫酸钡	
			四周墙体	240mm 水泥砖+20mm 硫 酸钡	
			工作人员门	0.8mm 热熔镀锌钢板 +4.0mm 铅板	
			患者进出门	0.8mm 热熔镀锌钢板 +4.0mm 铅板	
			污物通道门	0.8mm 热熔镀锌钢板 +4.0mm 铅板	
			CT 停车库防护 门	0.8mm 热熔镀锌钢板 +4.0mm 铅板	
			MR 间防护墙	0.8mm 热熔镀锌钢板 +4.0mm 铅板	
			观察窗	4.0mmPb 铅玻璃	

注：水泥砖密度不低于 1.60g/cm³，混凝土密度不低于 2.35g/cm³，铅密度不低于 11.34g/cm³，硫酸钡水泥的密度不低于 2.79g/cm³

10.1.2 工作场所安全防护设施管理

本项目 DSA 工作场所安全与防护设施设计要求见表 10-2。

表 10-2 DSA 机房辐射安全与防护设施设计表

序号	检查项目	是否拟设置	备注
1	单独机房	√	每个场所均为单独机房
2	操作部位局部屏蔽防护设施	√	铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏、移动式铅防护屏风各 1 个
3	医护人员个人防护	√	每间机房拟配备橡胶围裙（分体式铅衣）、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子各 14 件；铅防护眼镜 8 副、介入防护手套 4 副
4	患者防护	√	每间机房拟配备铅橡胶性腺防护方巾、铅橡胶颈套各 1 件、铅橡胶帽子 1 顶
5	机房门窗防护	√	铅防护门、铅玻璃观察窗
6	闭门装置	√	工作人员门为感应式电动推拉门（拟配自闭器）、患者进出门为感应式电动推拉门、污物通道门为手动平开门（拟配自闭器）、复合手术室 CT 停车库两侧铅门拟配联锁装置（不同时开启）
7	入口处电离辐射警告标志	√	受检者门、污物通道门上粘贴电离辐射标志
8	入口处机器工作状态显示	√	拟安装工作状态指示灯
9	B 监测仪器	√	全院拟配备 2 台便携式辐射巡测仪
10	个人剂量计	√	所有工作人员配备 TLD 个人剂量计

注：A 场所设施拟设置的检查项目适用本项目所有 DSA 机房和复合手术室

本项目 DSA 工作场所安全与防护设施位置示意图见图 10-1~图 10-3。

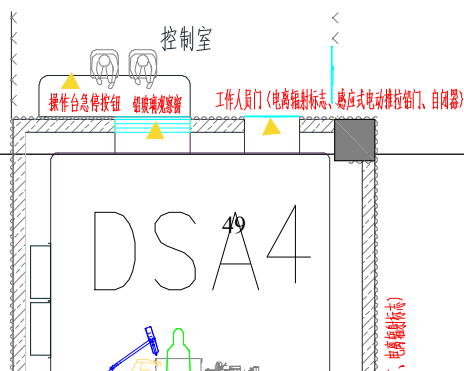


图 10-1 西门诊医技综合楼负一层介入中心机房安全防护措施设置示意图

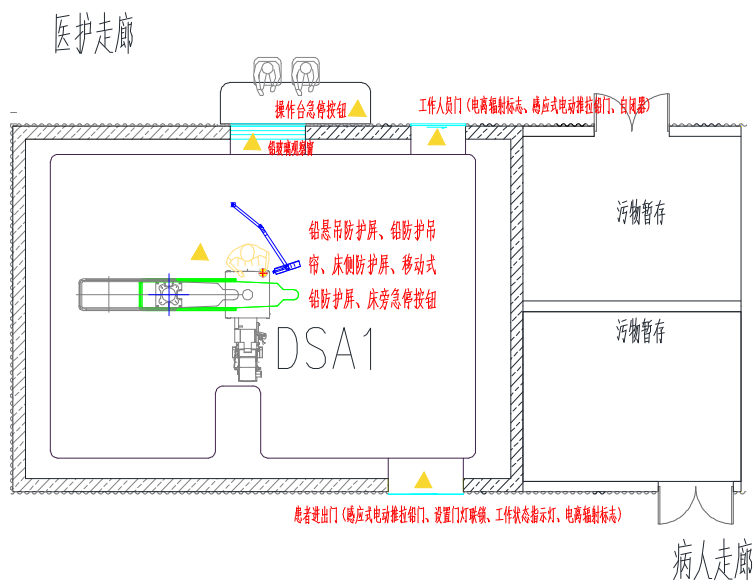


图 10-2 东门诊医技综合楼一层介入中心机房安全防护措施设置示意图

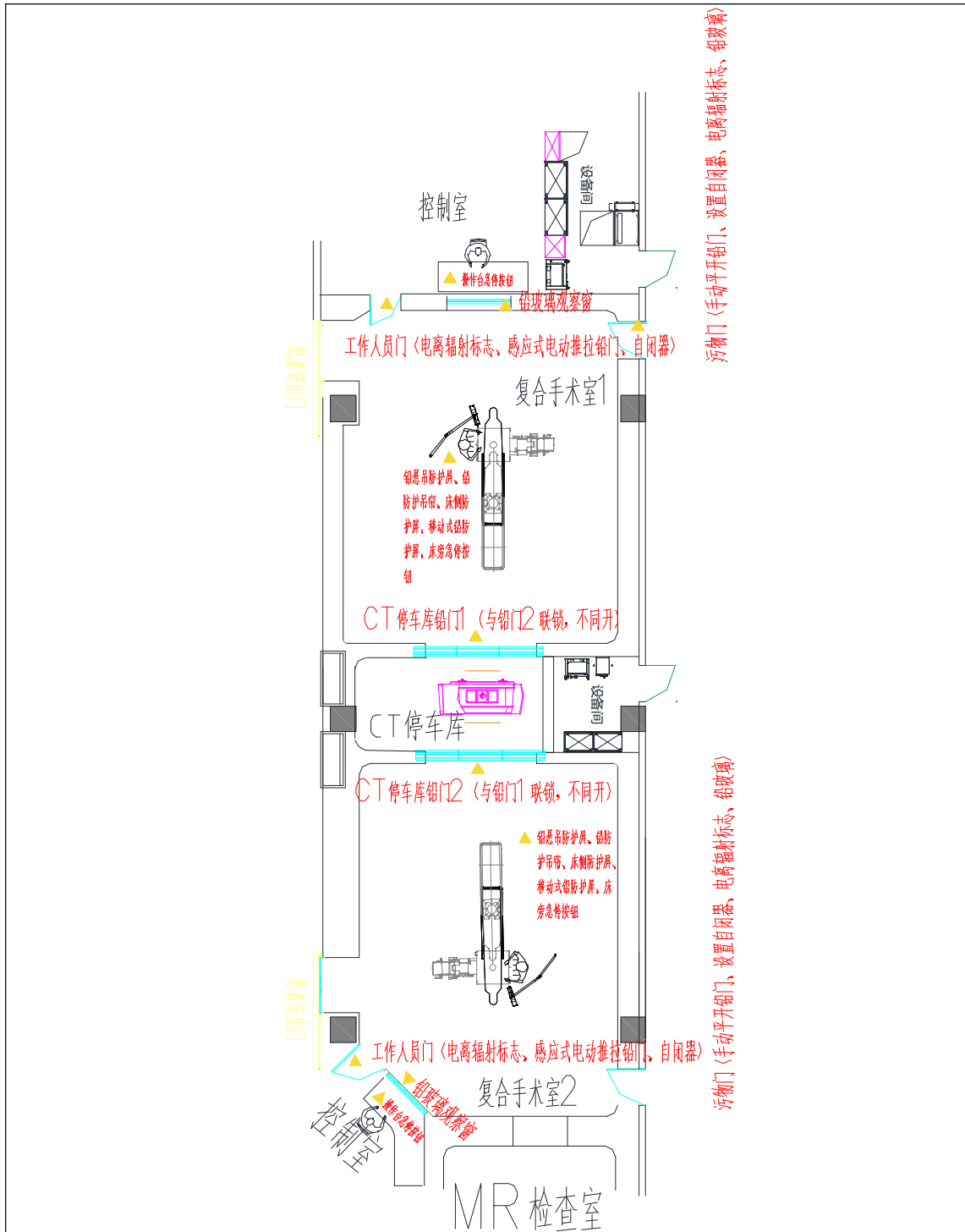


图 10-3 东门诊医技综合楼四层复合手术室安全防护措施设置示意图

10.1.3 机房辐射防护措施

(1) 本项目工作人员门拟设为电动感应手动平开门（复合手术室）和电动推拉门。患者进出口拟设为有自动延时关闭和防夹保护功能的电动推拉门，拟在

邻近推拉门内、外墙上设置脚控开关，用于控制机房门的开启和关闭，防夹装置为红外感应。为防止 X 射线机在运行过程中其他人员误入机房而受到不必要的照射，拟在该项目患者进出门外醒目位置设置电离辐射警告标志，并拟在机房患者进出门外上方安装工作状态指示灯，指示灯标志牌上拟设警示语“射线有害，灯亮勿入”。工作状态指示灯拟与工作人员进出门关联，指示灯拟由设备专用配电箱供电，指示灯电源拟与设备低压供电线路连接，当设备开启且工作人员防护门关闭时，患者进出门外指示灯亮起。垃圾通道门拟设为手动平开门，拟配自闭器。

(2) 每台 DSA 设备诊疗床上控制台拟设置紧急停机装置。

(3) 辐射工作人员均佩戴个人剂量计。

(4) 每间 DSA 机房设有观察窗和语音对讲系统。

(5) DSA 操作部位局部拟采取下列屏蔽防护设施：每台 DSA 均手术床床上拟配备可移动 0.5mm 铅当量的铅悬挂防护屏、床侧悬挂 0.5mm 铅当量的铅防护帘、床侧悬挂含 0.5mm 铅当量的床侧防护帘，机房内配 2mm 铅当量的移动式铅防护屏风各 1 个。

(6) 本项目拟配备符合防护要求的辅助防护用品：每间 DSA 机房拟配置 0.5mm 铅当量的橡胶围裙（分体式铅衣）14 件、0.5mm 铅当量的铅橡胶颈套 14 件、0.75mm 铅当量的铅防护眼镜 8 副、0.025mm 铅当量的介入防护手套 4 副、0.5mm 铅当量的铅橡胶帽子 14 顶；拟配置受检者防护用品，包括 0.5mm 铅当量的铅橡胶性腺防护方巾 1 件、0.5mm 铅当量的铅橡胶包裹式方巾 1 件、0.5mm 铅当量的铅橡胶颈套 1 件、0.5mm 铅当量的铅橡胶帽子 1 顶。

每间机房个人防护用品和辅助防护设施配置情况见表 10-4，满足 GBZ130-2020 标准相关要求。

(7) 项目拟购置便携式辐射检测仪，用于 DSA 机房日常自行辐射监测。

(8) 拟在家属等候区设置辐射防护注意事项告知牌和宣传栏；制定事故应急预案，尽可能地降低事故情况下对环境的污染。

(9) 机房配备火灾报警系统，配有灭火用品。

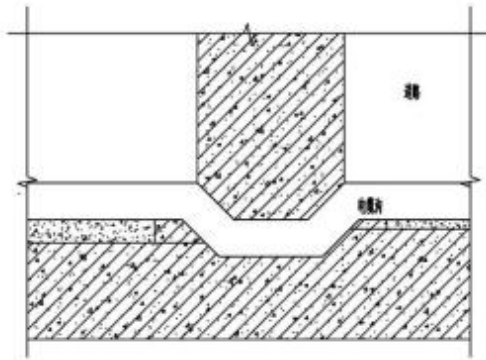
表 10-4 DSA 机房防护用品及辅助防护设施配备计划与评价依据对照表

防护对象	机房配备计划	标准要求	是否符合要求
------	--------	------	--------

工作人员	个人防护用品	每间 DSA 机房拟新配备橡胶围裙（分体式铅衣）、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子各 14 件；铅防护眼镜 8 副、介入防护手套 4 副	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、防护手套、铅防护眼镜，选配：铅橡胶帽子	是
	辅助防护设施	每间 DSA 机房拟配备铅悬挂防护屏、防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏、移动铅防护屏风	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	是
患者和受检者	个人防护用品	每间 DSA 机房拟新配备铅橡胶性腺防护方巾、铅橡胶颈套各 1 件、铅橡胶帽子 1 顶	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子 选配：阴影屏蔽器具	是

10.1.4 电缆敷设及风管出入口设计

本项目 DSA 设备和 CT 基座下方设置电缆沟，电缆布设在电缆沟内，电缆穿墙以“U”型管穿墙，通过地面下沉电缆沟穿出机房，不会影响防护墙体的防护效果。电缆沟穿墙示意图 10-4。



① 电缆沟穿防护墙大样图 1:50

图 10-4 电缆沟穿墙示意图

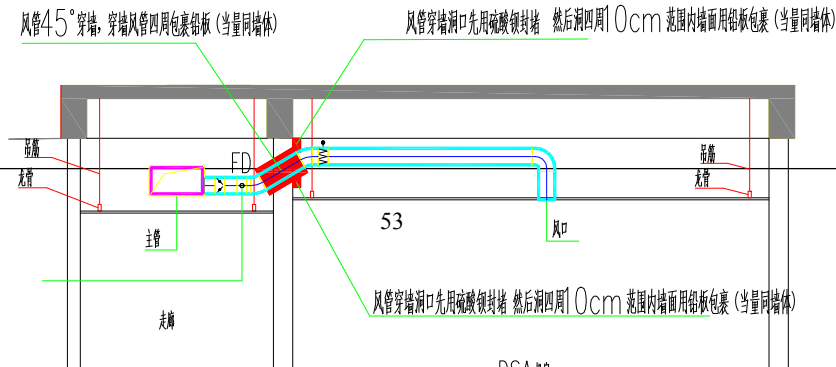


图 10-5 通风管道穿墙示意图（小尺寸风管）

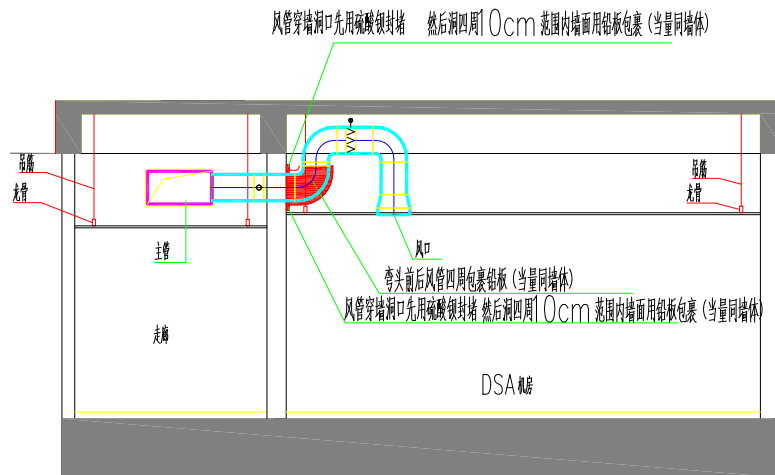


图 10-6 通风管道穿墙示意图（大尺寸风管）

本项目 DSA 机房设置机械进风、机械排风系统。在 DSA 机房内天棚装饰吊顶面设置 1 个排风口和 1 个进风口，废气经管道收集引至同层排风井（西门诊医技综合楼负一层介入中心）、排风口（东门诊医技综合楼一层介入中心）或引至楼顶（东门诊医技综合楼四层复合手术室）排放，DSA 机房排风口穿墙处距离 DSA 机房内外地面均约 3.2m。穿墙风管洞口先用硫酸钡封堵，小尺寸风管四周包裹铅板呈 45° 穿墙，大尺寸风管水平穿墙，洞口四周 10cm 范围内墙面用铅板包裹，铅当量与同侧墙体一致。包裹位置在机房内，不影响墙体的屏蔽防护效果。电缆管线和通风管道穿墙屏蔽补偿示意图见图 10-5 和图 10-6。

10.2 三废的治理

1. 废气治理措施

本项目产生的废气主要是微量臭氧和氮氧化物。机房内拟设置净化空调、新风系统和排风系统，排风次数设计参数大于 3 次/h，进风口及出风口拟设置于机房吊顶。以上设计能够满足 GBZ130-2020《放射诊断防护要求》6.4.3 款中 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”的要求。废气经管道收集引至同层排风井（西门诊医技综合楼负一层介入中心）、排风口（东门诊医技综合楼一层介入中心）或引至楼顶（东门诊医技综合楼四层复合手术室）排放，进入大气环境中，经自然分解，可达标排放，对周围环境影响较小。本项目各机房新风及排风口位置及管道图见图 10-7~图 10-9。

2. 固体废物治理措施

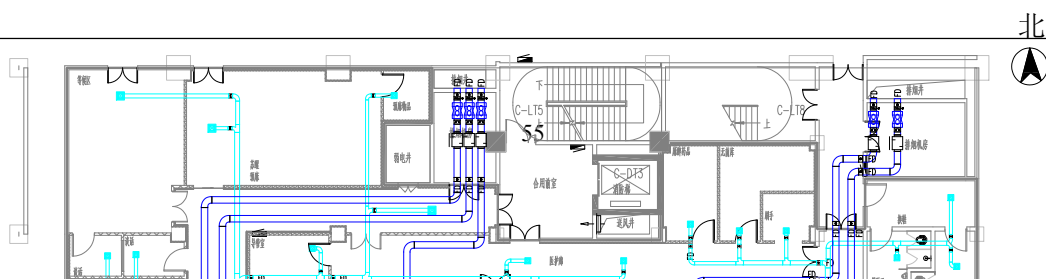
本项目固体废物由医院统一作为医疗废物处理，定期由有资质单位进行清运处理。

3. 废水治理措施

本项目工作人员及 DSA 手术中产生的少量的生活污水和医疗废水经化粪池预处理后排入医院污水处理站处理，达标后经市政管网最终排入西安市第四污水处理厂进一步处理。

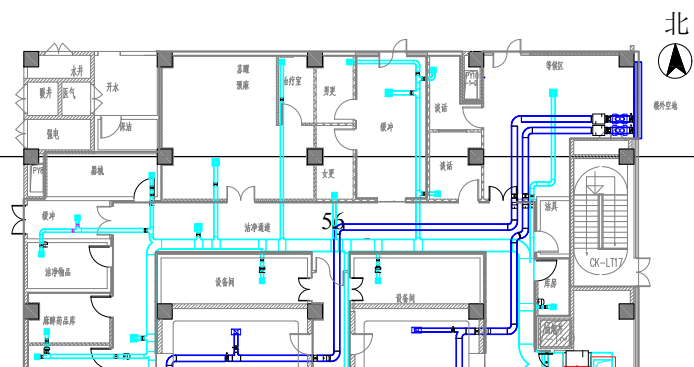
4. 噪声治理措施

本项目运行期产生的噪声污染源主要为通风系统风机运行时产生的噪声，本项目拟优先选用噪声低、振动小的风机设备，安装风机时拟设置减振基础，通风管采用软性接头，排风口处安装消声器。



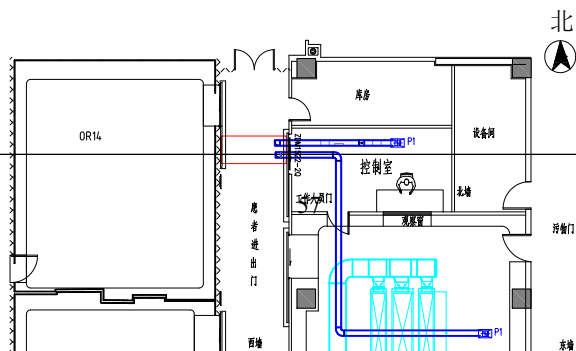
机房名称	设计排风量 (cm^3/h)	体积 (cm^3)	排风次数 (次/h)
DSA1	700	146.6	4.7
DSA2	700	146.6	4.7
DSA3	800	155.2	5.1
DSA4	800	155.2	5.1
DSA5	800	155.2	5.1

图 10-7 西门诊综合医技楼负一层介入中心机房通风管路图



机房名称	设计排风量 (cm^3/h)	体积 (cm^3)	排风次数 (次/h)
DSA1	700	151.8	4.6
DSA2	600	127.1	4.7
DSA3	1000	200.4	5
DSA4	800	166.4	4.8

图 10-8 东门诊综合医技楼一层介入中心机房通风管路图



机房名称	设计排风量 (cm^3/h)	体积 (cm^3)	排风次数 (次/h)
复合手术室 1	600	151.8	3.2
复合手术室 1	600	127.1	3.3

图 10-9 东门诊综合医技楼四层复合手术室通风管路图

表 11 环境影响分析

11.1 建设期环境影响

11.1.1 土建施工阶段

医院计划在西门诊医技综合楼负一层、东门诊医技综合楼一层和四层建设 DSA 机房。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：施工期物料堆场应定点定位，并采取洒水喷淋等防尘抑尘措施，废料堆及时清运。运输物料车避免超高超载，实行封闭运输，避免水泥沙土因颠簸撒漏。

(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、混凝土搅拌机等产生的噪声。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：选择使用噪声较小的施工设备和工艺，从源头降低噪声污染；优化施工方案，合理安排作业时间，选择对周围人群影响较小的时段施工；设置隔声屏等必要的噪声控制设施。

(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，在机房门外设立

电离辐射警告标志,禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。在设备安装、调试阶段,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 DSA 运行(使用)后对环境的影响

11.2.1 机房屏蔽防护设计符合性分析

(1) 本项目 DSA 机房各屏蔽部位的铅当量厚度核算

由表 10-1, 本项目 DSA 机房所使用的屏蔽材料, 有混凝土楼板、硫酸钡、铅板、铅玻璃。

DSA 设备主射线经患者进入影像增强器或平板探测器后即被屏蔽, 而球管泄漏、患者体表及探测器部件散射造成的次级射线是该类设备辐射环境的主要成因。本项目对保护目标的辐射环境影响依据 GBZ 130-2020《放射诊断放射防护要求》和 NCRP147 号报告中提供的次级射线的屏蔽防护方法进行计算, 即以工作场所 X 射线球管的周工作负荷经屏蔽衰减和距离衰减后在环境保护目标处的累计空气比释动能来计算 DSA 设备的辐射环境影响。

①混凝土等效铅当量厚度核算:

按照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 b) 给出的计算公式进行计算:

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

式中: X—不同屏蔽物质的铅当量厚度;

α 、 β 、 γ —相应屏蔽物质对相应管电压 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;

给定铅厚度的屏蔽透射因子 B 值对照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 a) 相应要求采用给出的计算公式进行计算:

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

式中:

B—给定铅厚度的屏蔽透射因子;

α 、 β 、 γ —铅对对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

X—铅厚度

由NCRP147号报告表C.1中心血管造影所致次级射线衰减的有关的拟合参数，列于表11-1：

表 11-1 心血管造影所致次级射线衰减的有关的相关拟合参数

工作负荷分布	屏蔽材料	α	β	γ
心血管造影	混凝土	3.710×10^{-2}	1.067×10^{-1}	5.733×10^{-1}
	铅	2.354	1.494×10	7.481×10^{-1}

②硫酸钡等效铅当量厚度核算：

本项目 DSA 机房地面及四周墙体屏蔽材料拟采用硫酸钡防护板（周围墙体）和硫酸钡水泥砂浆（地面）进行防护处理，硫酸钡防护板和硫酸钡水泥砂浆的密度均取 $2.79\text{g}/\text{cm}^3$ 。由于缺少不同管电压下硫酸钡的对射线衰减的拟合参数，其铅当量计算参考《放射防护实用手册》（赵兰才 张丹枫著）P105 表 6.14 低能 X 射线屏蔽材料的铅当量表，计算出硫酸钡水泥砂浆（ $\rho = 2.79\text{g}/\text{cm}^3$ ）在 80kV 时的比铅当量为 $0.076\text{mmPb}/\text{mm}$ ，同时考虑到在 80kV~120kV 使用范围内，80kV 时硫酸钡的比铅当量最低，因此，本评价报告以 $0.076\text{mmPb}/\text{mm}$ 保守估计硫酸钡砂浆和硫酸钡防护板的铅当量。

③水泥砖等效铅当量厚度核算：

本项目使用的水泥砖防护材料按《辐射防护导论》（方杰著）P88 给出的相应公式估算其等效混凝土厚度：

$$d_1/d_2 = \rho_2/\rho_1 \quad \text{公式 11-3}$$

式中：

d_1 —水泥砖厚度（mm）；

d_2 —水泥砖的等效混凝土厚度（mm）；

ρ_1 —水泥砖密度，本项目取 $1.60\text{g}/\text{cm}^3$ ；

ρ_2 —混凝土密度，取 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 。

在 120kV X 射线条件下，本项目所使用的 240mm 厚水泥砖的等效混凝土厚度为 163mm。

(3) DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性

根据前述各屏蔽材料的等效铅当量厚度核算情况，对本项目 DSA 机房各屏

蔽体等效铅当量进行汇总，各屏蔽部位均非主射线方向。结果见表 11-2。

表 11-2 DSA 机房屏蔽防护能力与评价依据对照表

位置	机房名称	屏蔽部位	屏蔽材料及厚度	等效铅当量	标准要求	是否符合标准要求
西门 门诊医 技综合 楼 1 层	DSA 机房 (1)	屋顶	400mm 砼	6.2mmPb	2.0mmPb	是
		地板	150mm 砼+20mm 硫酸钡	3.7mmPb		是
	DSA 机房 (2)	四周墙体	240mm 水泥砖 +10mm 硫酸钡	3.1mmPb		是
		工作人员 门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+3.0mm 铅板	3.0mmPb		是
	DSA 机房 (4)	患者进出 门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+3.0mm 铅板	3.0mmPb		是
	DSA 机房 (5)	观察窗	3.0mmPb 铅玻璃	3.0mmPb		是
	东门 门诊医 技综合 楼 1 层	DSA 机房 (1)	屋顶	150mm 砼+20mm 硫酸钡		3.7mmPb
地板			360mm 砼	5.5mmPb	是	
DSA 机房 (2)		四周墙体	240mm 水泥砖 +10mm 硫酸钡	3.1mmPb	是	
		工作人员 门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+3.0mm 铅板	3.0mmPb	是	
DSA 机房 (3)		患者进出 门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+3.0mm 铅板	3.0mmPb	是	
		污物通道 门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+3.0mm 铅板	3.0mmPb	是	
DSA 机房 (4)		观察窗	3.0mmPb 铅玻璃	3.0mmPb	是	
东门 门诊医		复合 手术 室 1	屋顶	150mm 砼+20mm 硫酸钡	3.7mmPb	2.5mmPb
	地板		150mm 砼+20mm 硫酸钡	3.7mmPb	是	

技 综 合 楼 4 层		四周墙体	240mm 水泥砖 +20mm 硫酸钡	3.9mmPb	2.5mmPb	是
		工作人员 门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+4.0mm 铅板	4.0mmPb		是
		患者进出 门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+4.0mm 铅板	4.0mmPb		是
		污物通道 门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+4.0mm 铅板	4.0mmPb		是
		CT 停车 库防护门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+4.0mm 铅板	4.0mmPb		是
		观察窗	4.0mmPb 铅玻璃	4.0mmPb		是
	复 合 手 术 室 2	屋顶	150mm 砼+20mm 硫酸钡	3.7mmPb	是	
		地板	150mm 砼+20mm 硫酸钡	3.7mmPb	是	
		四周墙体	240mm 水泥砖 +20mm 硫酸钡	3.9mmPb	是	
		工作人员 门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+4.0mm 铅板	4.0mmPb	是	
		患者进出 门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+4.0mm 铅板	4.0mmPb	是	
		污物通道 门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+4.0mm 铅板	4.0mmPb	是	
		CT 停车 库防护门	0.8mm 热熔镀锌钢 板+4.0mm 铅板	4.0mmPb	是	
		MR 间防 护墙	0.8mm 热熔镀锌钢 板+4.0mm 铅板	4.0mmPb	是	
		观察窗	4.0mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	是	
CT 停 车库	墙体	240mm 水泥砖 +20mm 硫酸钡	3.9mmPb	是		
注：①DSA 机房屏蔽能力为心血管造影工作负荷分布下的计算结果（约 100kV）； ②复合手术室屏蔽防护按照 CT 机房较大工作量要求。						
11.2.2 机房所在位置及平面布局合理性分析						

本项目拟建的西门诊医技综合楼介入中心 5 间 DSA 机房位于西门诊医技综合楼负一层，东门诊医技综合楼 DSA 介入中心 4 间 DSA 机房位于东门诊医技综合楼一层，东门诊医技综合楼手术中心 2 间复合手术室位于东门诊医技综合楼四层。以上机房 50m 评价范围内均为医院内部，距周围环境敏感点较远，评价范围内无学校、居民楼、养老院等敏感目标。

本项目各辐射工作场所施行控制区和监督区分区管理，机房出入口内的所有区域为控制区，机房周围紧邻区域为监督区，包括控制室、控制廊、设备间、导管室、值班室、污物暂存间、洁净走廊等。相关场所平面布局、人员动线、管理分区见图 11-1~图 11-3。两区分区合理，符合辐射防护要求。

由各 DSA 机房平面布局（图 1-4、图 1-6、图 1-8）可见，与射线装置相关的各辅助用房紧密布置于射线装置机房周围，整体布局紧凑，且患者通道、医护人员通道相对独立，功能分区明确，路线合理，有利于辐射防护。机房墙体、防护门、观察窗、楼板的屏蔽防护材料和厚度充分考虑了防护效果，能够有效降低电离辐射对工作人员和周围公众的辐射影响。

综合分析，本项目两区分区明确，平面布局既满足介入诊疗工作要求，又有利于辐射防护，评价认为本项目平面布局合理。



图 11-1 西门诊医技综合楼负一层介入中心分区图

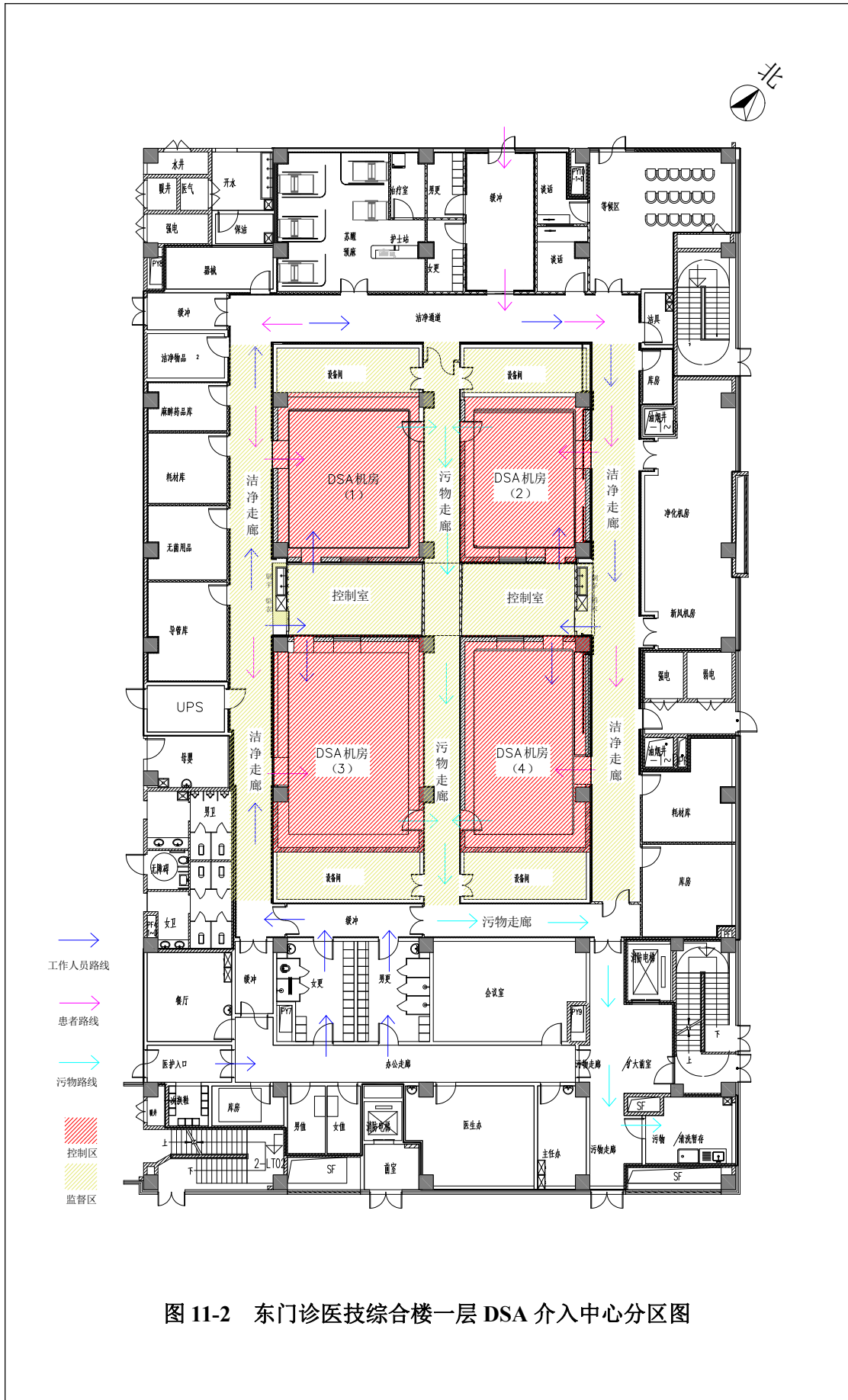


图 11-2 东门诊医技综合楼一层 DSA 介入中心分区图

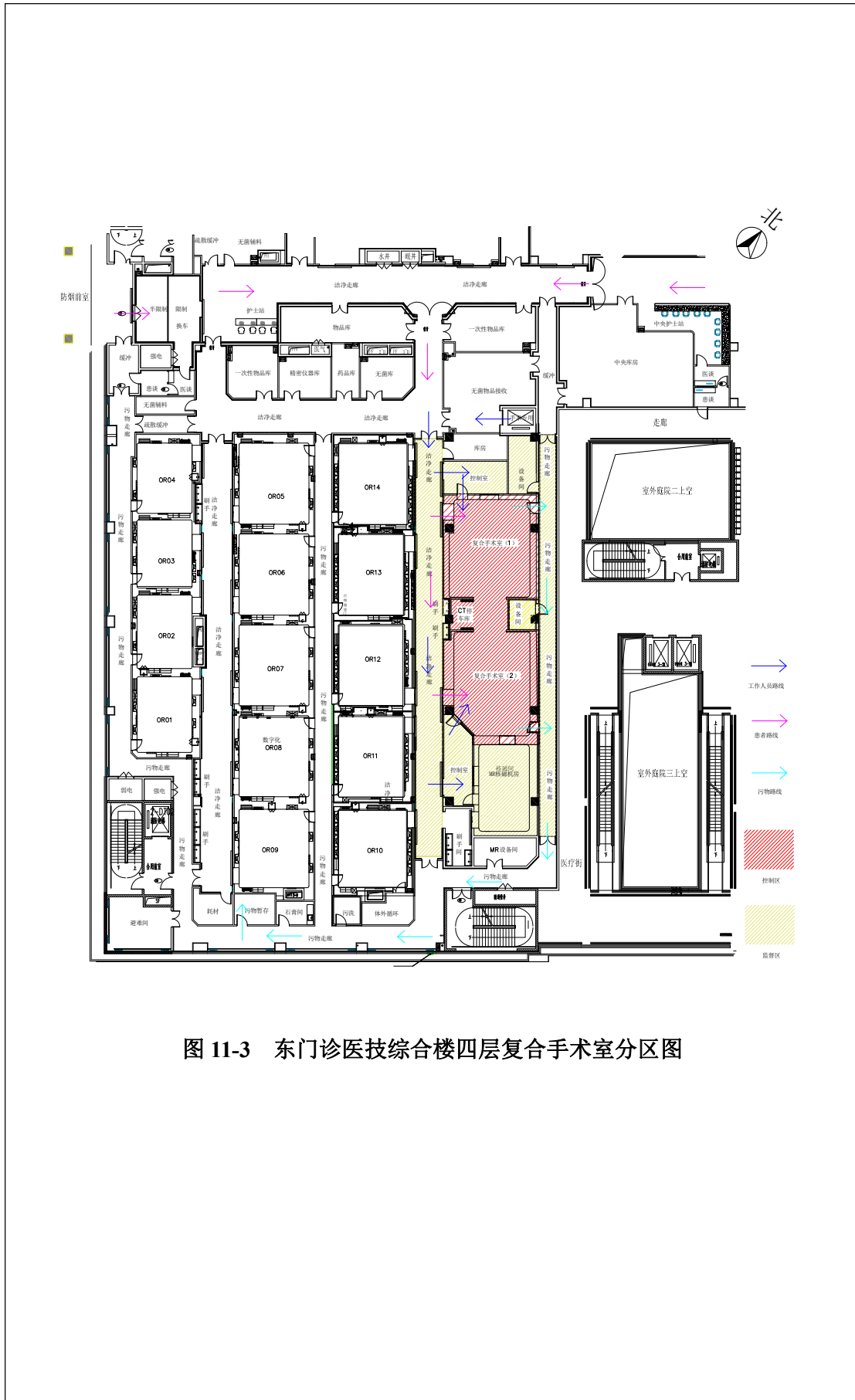


图 11-3 东门诊医技综合楼四层复合手术室分区图

11.2.3 设备参数和使用规划

(1) 设备技术参数

本项目拟配设备型号尚未确定，本次评价按照同类设备最大条件进行屏蔽防护计算，即数字血管造影机（DSA）最大管电压均为 125kV，最大管电流均为 1000mA；计算机断层采集机（CT）最大管电压均为 140kV，最大管电流均为 800mA。

(2) 使用规划

根据建设单位提供的资料，预计建成后每台 DSA 年手术量保守按 2000 例（平均每天 6 例），每间 DSA 机房拟配备人员手术医生 8 人，护士 4 人，技师 2 人，共 14 人，全部从院外招聘。人员分为 4 组，每台手术配备 2 名手术医生、2 名护士（4 人轮岗），控制室内固定配置 1 名技师（2 人轮岗），较大手术可能需跨组调剂护士，考虑到轮班等因素，每名介入手术医生保守按全年手术量 500 例进行剂量估算，护士和技师保守按全年手术量 1000 例进行剂量估算。

根据经验数据，每台 DSA 手术类型、工作量、曝光时间见表 11-3。

表 11-3 每台 DSA 手术类型、手术曝光时间预计

手术类型	透视时间 (min)	采集时间 (min)
冠状动脉造影+放置支架	12	1
心脏射频消融	5	0.5
心内起搏器植入	5	0.5
先天性心脏病介入治疗	5	1
脑血管介入治疗	10	1
外周介入治疗	10	2

根据 NCRP147 报告，心脏血管造影比外周血管造影和神经血管造影的工作负荷、泄漏辐射与侧向散射的空气比释动能都较大。因此，本项目透视以冠状动脉造影+放置支架模式，采集以外周介入治疗的工况进行保守估算。500 例手术透视和采集工作状态的累积出束时间分别 100h 和 16.7h，总计 116.7h。1000 例手术透视和采集工作状态的累积出束时间分别 200h 和 33.4h，总计 233.4h。

预计工作负荷情况见表 11-4。

表 11-4 预期 DSA 工作负荷

工作模式	年手术量 (台)	每台手术曝光时间 (min)	平均管电流 (mA)	帧率 (fps)	脉宽 (s)	年工作负荷 (mA·min)
透视	2000	12	50	15	0.01	180000
采集	2000	2	500	15	0.01	300000

11.2.4 辐射环境影响评价

11.2.4.1 DSA 机房外剂量率估算

DSA 设备的额定功率约 80~100kW。为防止球管烧毁及延长使用寿命，DSA 设备管电压和管电流都留有较大裕量，实际管电压通常在 100kV 以下，透视管电流通常为几十 mA，管电流通常为几百 mA，因此估算 DSA 机房外剂量率时需使用采集工况。另外，NCRP147 报告 4.1.6 章节指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射，只需考虑散漏射线的影响，机房外人员受到的贯穿辐射来自于 X 射线管球的泄漏辐射与介入患者的散射辐射。

(1) 关注点散射辐射剂量率估算方法

NCRP147 附录 C 给出了钨靶/铝滤过的医用 X 影像设备散射所致空气比释动能的计算公式：

$$K_s(x, \theta, kVp) = \frac{K_w^1(kVp)W(kVp)a_1(\theta, kVp) \times 10^{-6}}{d_s^2} \frac{F}{d_F^2} B(x, kVp) \quad \text{公式 11-4}$$

式中：

$K_s(x, \theta, kVp)$ ：峰值管电压为 kVp ，散射角为 θ ，屏蔽物厚度为 x 时，距离散射体 d_s 处的关注点的空气比释动能，mGy；

$K_w^1(kVp)$ ：峰值管电压为 kVp ，单位工作负荷时，主射线在焦点 1m 处的空气比释动能，计算方法见公式 9-1， $mGy \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ，采集时 $K_w^1(100) = 4.7 mGy / mA \cdot min$ ；

$W(kVp)$ ：工作负荷，本项目透视模式年工作负荷为 180000mAmin，采集模式年工作负荷为 300000mAmin；

$a_1(\theta, kVp)$ ：主射线范围内 1m，1cm²射野，峰值管电压 kVp 和散射角 θ 下的散射系数，前后向散射计算 θ 取 135°，采集条件 ($kVp=100kV$) 时取值为

6.7E-6;

F: 散射面积, 取 400cm^2 ;

d_s : 关注点与散射体间的距离, m;

d_r : 散射体与焦点间的距离, 取 90cm, m;

$B(x, kVp)$: NCRP147 附录表 C.1 心血管造影工作负荷下 (约 120kV) 时厚度为 X 的屏蔽体的透射因子, 计算方法见公式 11-2, 拟合参数取值见表 11-1。

(2) 关注点泄漏辐射剂量率估算方法

关注点因泄漏辐射所致的空气比释动能率按照下式计算:

$$K_L = \frac{K_L^1 \times e^{\left[\frac{-(\ln 2)X}{X_{1/2}(KVP)} \right]}}{d_t^2} \quad \text{公式 11-5}$$

式中:

K_L^1 : 距焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率, 本项目保守取 1.0 mGy/h;

$e^{\left[\frac{-(\ln 2)X}{X_{1/2}(KVP)} \right]}$: 泄漏辐射穿透屏蔽材料厚度为 X 后的透射系数, $X_{1/2}(kvp)$ 为屏蔽材料半值层, 查 NCRP147 附录图 A.1, 取 100kV 的铅半值层 0.3mmPb;

d_t : 关注点距离焦点的距离, m;

不同模式下各关注点处的泄漏辐射所致空气比释动能及空气比释动能率计算结果见表 11-6。

② 估算结果

根据表 10-3 中 DSA 机房屏蔽防护体的铅当量结果及各机房关注点的位置, 机房周围辐射剂量水平估算结果见后表, 计算中射线使用因子 $U=1$ 。

根据上述估算方法得出采集工况下本项目西门诊医技楼负一层 DSA 机房周围的剂量率估算结果如表 11-3 所示，估算点位见图 11-4，楼上、楼下剖面图见图 11-5；

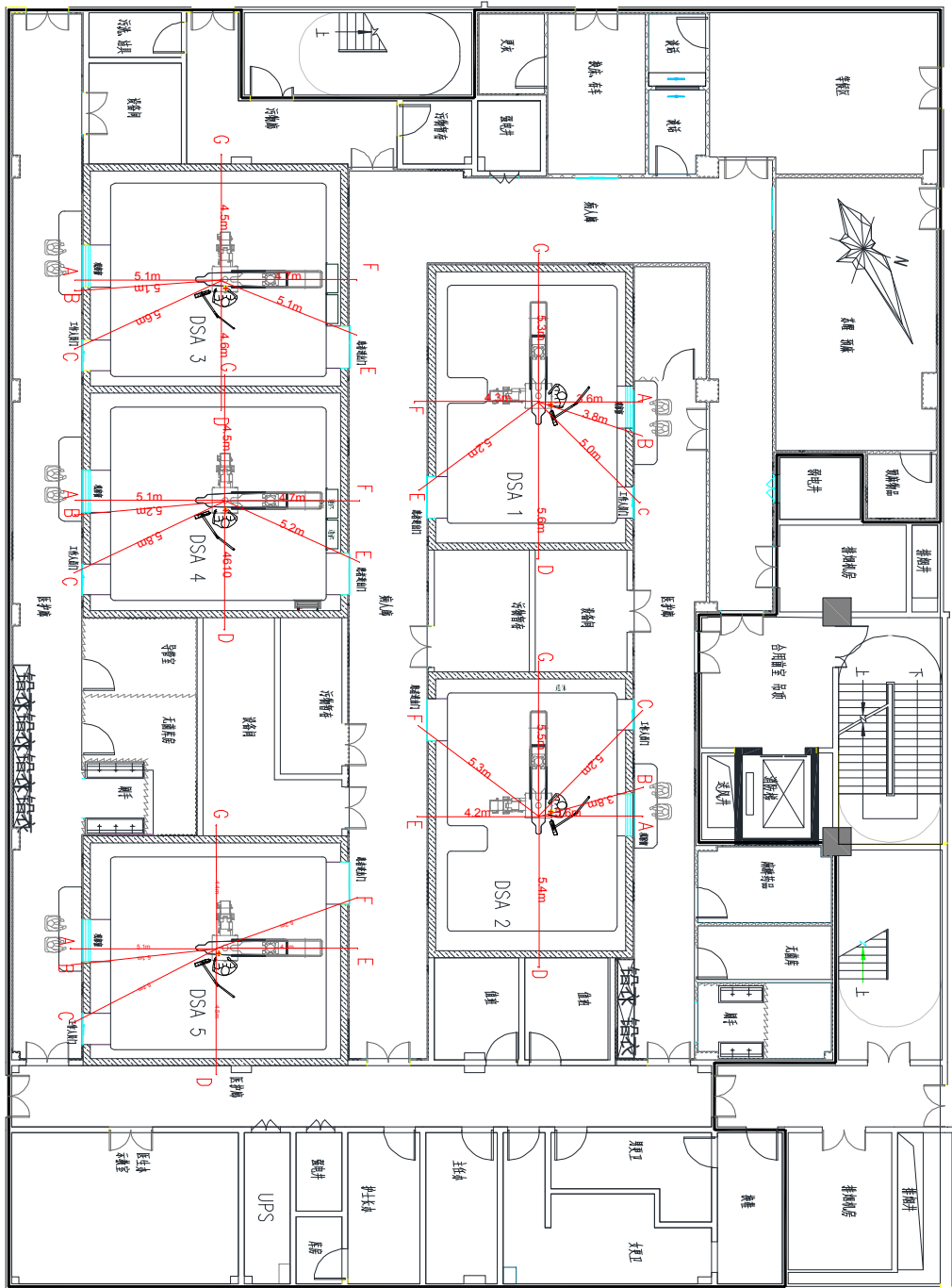


图 11-4 西门诊医技楼负一层 DSA 机房估算点位图（平面）

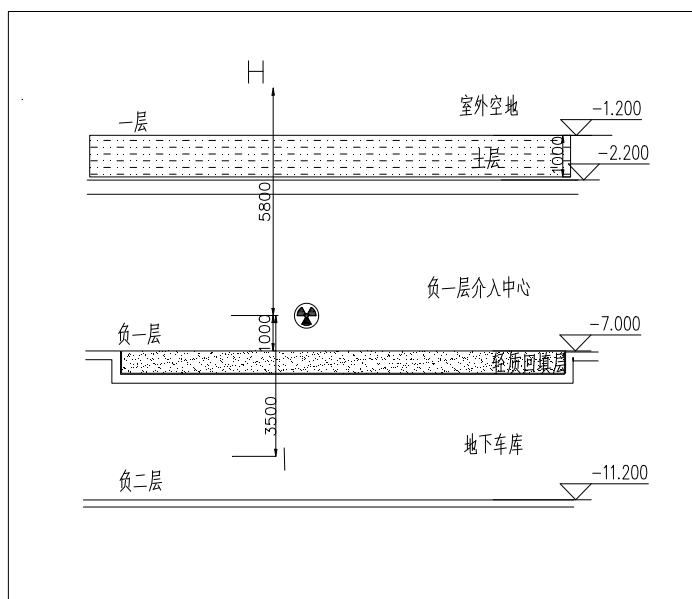


图 11-5 西门诊医技楼负一层 DSA 机房估算点位图（纵向）

表 11-5 采集工况下西门诊医技楼负一层 DSA 机房周围辐射剂量水平估算结果

场所名称	位置	铅当量 (mmPb)	射束	衰减因子 B	距源项 (m)	屏蔽后附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	关注点附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	备注
西门诊医技综合楼负 1 层 DSA 机房 (1)	观察窗外 A	3.0	散射	6.0E-05	3.6	3.2E-01	4.0E-01	医护廊
			泄漏	9.8E-04		7.5E-02		
	北墙外 B	3.1	散射	4.7E-05	3.8	2.3E-01	2.8E-01	医护廊
			泄漏	7.8 E-04		7.8E-04		
	工作人员门外 C	3.0	散射	6.0E-05	5.0	1.7E-01	2.1E-01	医护廊
			泄漏	9.8E-04		3.9E-02		
	东墙外 D	3.1	散射	4.7E-05	5.6	1.1E-01	1.3E-01	设备间/污物暂存间
			泄漏	7.8 E-04		2.5E-02		
	患者进出门外 E	3.0	散射	6.0E-05	5.2	1.5E-01	1.9E-01	病人廊
			泄漏	9.8E-04		3.6E-02		

	南墙 外 F	3.1	散射	4.7E-05	4.3	1.8E-01	2.2E-01	病人 廊	
			泄漏	7.8 E-04		4.2E-02			
	西墙 外 G	3.1	散射	4.7E-05	5.3	1.2E-01	1.5E-01	病人 廊	
			泄漏	7.8 E-04		2.8E-02			
	屋顶 上 H	6.2	散射	3.1E-08	5.8	6.6E-05	8.4E-05	楼外 空地	
			泄漏	6.0E-07		1.8E-05			
	地板 下 I	3.7	散射	1.1E-05	3.5	6.5E-02	8.1E-02	车库	
			泄漏	1.9E-04		1.6E-02			
	西门 诊医 技综 合楼 负1 层 DSA 机房 (2)	观察 窗外 A	3.0	散射	6.0E-05	3.6	3.2E-1	4.0E-01	医护 廊
				泄漏	9.8E-04		7.5E-2		
		北墙 外 B	3.1	散射	4.7E-05	3.8	2.3E-01	2.8E-01	医护 廊
				泄漏	7.8 E-04		7.8E-04		
工作 人员 门外 C		3.0	散射	6.0E-05	5.2	1.5E-01	1.9E-01	医护 廊	
			泄漏	9.8E-04		3.6E-02			
东墙 外 D		3.1	散射	4.7E-05	5.4	1.1E-01	1.4E-01	值班 室	
			泄漏	7.8 E-04		2.7E-02			
南墙 外 E		3.1	散射	4.7E-05	4.2	1.9E-01	2.3E-01	病人 廊	
			泄漏	7.8 E-04		4.4E-02			
患者 进出 门外 F		3.0	散射	6.0E-05	5.3	1.5E-01	1.8E-01	病人 廊	
			泄漏	9.8E-04		3.5E-02			
西墙 外	3.1	散射	4.7E-05	5.5	1.1E-01	1.3E-01	设备 间/污		

	G		泄漏	7.8 E-04		2.6E-02		物暂存间
	屋顶上 H	6.2	散射	3.1E-08	5.8	6.6E-05	8.4E-05	楼外空地
			泄漏	6.0E-07		1.8E-05		
	地板下 I	3.7	散射	1.1E-05	3.5	6.5E-02	8.1E-02	车库
			泄漏	1.9E-04		1.6E-02		
	西门 诊医 技综 合楼 负 1 层 DSA 机房 (3)	观察窗外 A	3.0	散射	6.0E-05	5.1	1.6E-01	2.0E-01
泄漏				9.8E-04	3.8E-02			
南墙外 B		3.1	散射	4.7E-05	5.1	1.3E-01	1.6E-01	医护廊
			泄漏	7.8 E-04		3.0E-02		
工作人员门外 C		3.0	散射	6.0E-05	5.6	1.3E-01	1.6E-01	医护廊
			泄漏	9.8E-04		3.1E-02		
东墙外 D		3.1	散射	4.7E-05	4.9	1.4E-01	1.7E-01	DSA 机房 (4)
			泄漏	7.8 E-04		3.2E-02		
患者进出门外 E		3.0	散射	6.0E-05	4.6	2.0E-01	2.4E-01	病人廊
			泄漏	9.8E-04		4.6E-02		
北墙外 F		3.1	散射	4.7E-05	5.1	1.3E-01	1.6E-01	病人廊
			泄漏	7.8 E-04		3.0E-02		
西墙外 G	3.1	散射	4.7E-05	4.5	1.6E-01	2.0E-01	设备间/污物暂存间	
		泄漏	7.8 E-04		3.8E-02			
屋顶上 H	6.2	散射	3.1E-08	5.8	6.6E-05	8.4E-05	楼外空地	
		泄漏	6.0E-07		1.8E-05			

	地板下 I	3.7	散射	1.1E-05	3.5	6.5E-02	8.1E-02	车库
			泄漏	1.9E-04		1.6E-02		
西门诊医综合楼负1层 DSA 机房 (4)	观察窗外 A	3.0	散射	6.0E-05	5.1	1.6E-01	2.0E-01	医护廊
			泄漏	9.8E-04		3.8E-02		
	南墙外 B	3.1	散射	4.7E-05	5.2	1.2E-01	1.5E-01	医护廊
			泄漏	7.8 E-04		2.9E-02		
	工作人员门外 C	3.0	散射	6.0E-05	5.8	1.2E-01	1.5E-01	医护廊
			泄漏	9.8E-04		2.9E-02		
	东墙外 D	3.1	散射	4.7E-05	4.6	1.6E-01	1.9E-01	设备间/污物暂存/导管室
			泄漏	7.8 E-04		3.7E-02		
	患者进出门外 E	3.0	散射	6.0E-05	5.2	1.5E-01	1.9E-01	病人廊
			泄漏	9.8E-04		3.6E-02		
北墙外 F	3.1	散射	4.7E-05	4.7	1.5E-01	1.8E-01	病人廊	
		泄漏	7.8 E-04		3.5E-02			
西墙外 G	3.1	散射	4.7E-05	4.5	1.6E-01	2.0E-01	DSA 机房 (3)	
		泄漏	7.8 E-04		3.8E-02			
屋顶上 H	6.2	散射	3.1E-08	5.8	6.6E-05	8.4E-05	楼外空地	
		泄漏	6.0E-07		1.8E-05			
地板下 I	3.7	散射	1.1E-05	3.5	6.5E-02	8.1E-02	车库	
		泄漏	1.9E-04		1.6E-02			
西门诊医	观察窗外	3.0	散射	6.0E-05	5.1	1.6E-01	2.0E-01	医护廊

技综合楼 负1层 DSA机房 (5)	A		泄漏	9.8E-04		3.8E-02		
	南墙 外 B	3.1	散射	4.7E-05	5.1	1.3E-01	1.6E-01	医护 廊
			泄漏	7.8 E-04		3.0E-02		
	工作 人员 门外 C	3.0	散射	6.0E-05	5.7	1.3E-01	1.6E-01	医护 廊
			泄漏	9.8E-04		3.0E-02		
	东墙 外 D	3.1	散射	4.7E-05	4.5	1.6E-01	2.0E-01	医护 廊
			泄漏	7.8 E-04		3.8E-02		
	北墙 外 E	3.1	散射	4.7E-05	4.9	1.4E-01	1.7E-01	病人 廊
			泄漏	7.8 E-04		3.2E-02		
	患者 进出 门外 F	3.0	散射	6.0E-05	5.2	1.5E-01	1.9E-01	病人 廊
泄漏			9.8E-4	3.6E-02				
西墙 外 G	3.1	散射	4.7E-05	4.4	1.7E-01	2.1E-01	设备 间/ 导管 室	
		泄漏	7.8 E-04		4.0E-02			
屋顶 上 H	6.2	散射	3.1E-08	5.8	6.6E-05	8.4E-05	楼外 空地	
		泄漏	6.0E-07		1.8E-05			
地板 下 I	3.7	散射	1.1E-05	3.5	6.5E-02	8.1E-02	车库	
		泄漏	1.9E-04		1.6E-02			

本项目东门诊医技楼一层介入中心 DSA 机房周围的剂量率估算结果如表 11-4 所示，估算点位见图 11-6，楼上、楼下剖面图见图 11-7；

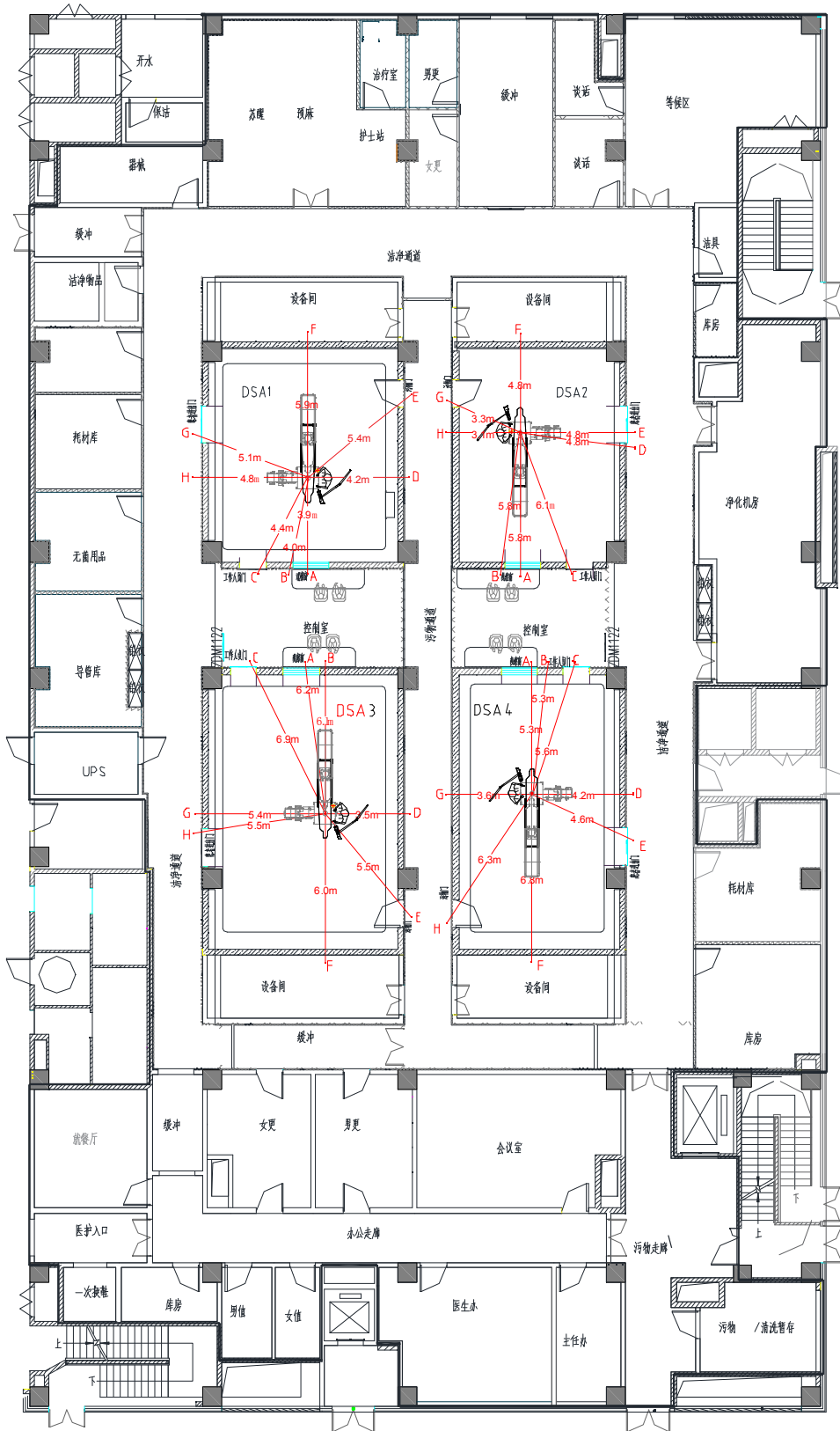


图 11-6 东门诊医技楼一层介入中心 DSA 机房估算点位图（平面）

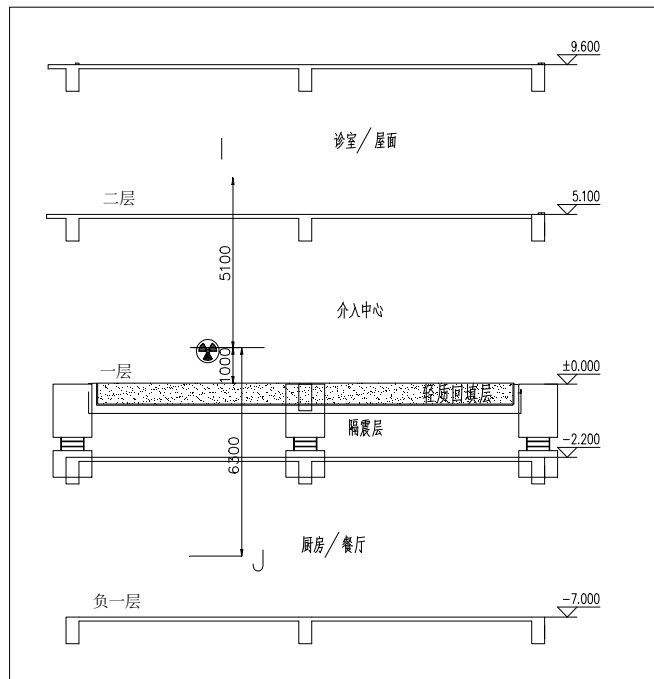


图 11-7 东门诊医技楼一层介入中心 DSA 机房估算点位图 (纵向)

表 11-6 采集工况下东门诊医技楼一层介入中心 DSA 机房
周围辐射剂量水平估算结果

场所名称	位置	铅当量 (mmPb)	射束	衰减因子 B	距源项 (m)	屏蔽后附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	关注点附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	备注
东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA 机房 (1)	观察窗外 A	3.0	散射	6.0E-5	3.9	2.7E-01	3.4E-01	控制室
			泄漏	9.8E-4		6.4E-02		
	南墙外 B	3.1	散射	4.7E-05	4.0	2.1E-01	2.5E-01	控制室
			泄漏	7.8E-04		4.9E-02		
	工作人员门外 C	3.0	散射	6.0E-5	4.4	2.2E-01	2.7E-01	控制室
			泄漏	9.8E-4		5.1E-02		
	东墙外 D	3.1	散射	4.7E-05	4.2	1.9E-01	2.3E-01	污物通道
			泄漏	7.8E-04		4.4E-02		
	污物门外 E	3.0	散射	6.0E-5	5.4	1.4E-01	1.8E-01	污物通道
			泄漏	9.8E-4		3.4E-02		
	北墙外 F	3.1	散射	4.7E-05	5.9	9.5E-02	1.2E-01	设备间
泄漏			7.8E-04	2.2E-02				
患者进出门 G	3.0	散射	6.0E-5	5.1	1.6E-01	2.0E-01	洁净走廊	
		泄漏	9.8E-4		3.8E-02			
西墙外 H	3.1	散射	4.7E-05	4.8	1.4E-01	1.8E-01	洁净走廊	
		泄漏	7.8E-04		3.4E-02			
屋顶上 I	3.7	散射	1.1E-05	5.1	3.1E-02	3.8E-02	屋面	
		泄漏	1.9E-04		7.5E-03			
地板	5.5	散射	1.7E-07	6.3	2.9E-04	3.7E-04	餐厅	

	下 J		泄漏	3.0E-06		7.6E-05		
东门 诊医 技综 合楼 一层 介入 中心 DSA 机房 (2)	观察 窗外 A	3.0	散射	6.0E-05	5.8	1.2E-01	1.5E-01	控制 室
			泄漏	9.8E-04		2.9E-02		
	南墙 外 B	3.1	散射	4.7E-05	5.8	9.8E-02	1.2E-01	控制 室
			泄漏	7.8E-04		2.3E-02		
	工作 人员 门外 C	3.0	散射	6.0E-05	6.1	1.1E-01	1.4E-01	控制 室
			泄漏	9.8E-04		2.6E-02		
	东墙 外 D	3.1	散射	4.7E-05	4.8	1.4E-01	1.8E-01	洁净 走廊
			泄漏	7.8E-04		3.4E-02		
	患者 进出 门外 E	3.0	散射	6.0E-05	4.8	1.8E-01	2.2E-01	洁净 走廊
			泄漏	9.8E-04		4.2E-02		
	北墙 外 F	3.1	散射	4.7E-05	4.0	2.1E-01	2.5E-01	设备 间
			泄漏	7.8E-04		4.9E-02		
	污物 门 G	3.0	散射	6.0E-05	3.3	3.8E-01	4.7E-01	污物 通道
			泄漏	9.8E-04		9.0E-02		
西墙 外 H	3.1	散射	4.7E-05	3.1	3.4E-01	4.2E-01	污物 通道	
		泄漏	7.8E-04		8.1E-02			
屋顶 上 I	3.7	散射	1.1E-05	5.1	3.1E-02	3.8E-02	屋面	
		泄漏	1.9E-04		7.5E-03			
地板 下 J	5.5	散射	1.7E-07	6.3	2.9E-04	3.7E-04	厨房	
		泄漏	3.0E-06		7.6E-05			

东门 诊医 技综 合楼 一层 介入 中心 DSA 机房 (3)	观察 窗外 A	3.0	散射	6.0E-05	6.2	1.1E-01	1.3E-01	控制 室
			泄漏	9.8E-04		2.5E-02		
	北墙 外 B	3.1	散射	4.7E-05	6.1	8.9E-02	1.1E-01	控制 室
			泄漏	7.8E-04		2.1E-02		
	工作 人员 门外 C	3.0	散射	6.0E-05	6.9	8.8E-02	1.1E-01	控制 室
			泄漏	9.8E-04		2.1E-02		
	东墙 外 D	3.1	散射	4.7E-05	3.5	2.7E-01	3.3E-01	污物 通道
			泄漏	7.8E-04		6.3E-02		
	污物 门外 E	3.0	散射	6.0E-05	5.5	1.4E-01	1.7E-01	污物 通道
			泄漏	9.8E-04		3.2E-02		
南墙 外 F	3.1	散射	4.7E-05	6.0	9.2E-02	1.1E-01	设备 间	
		泄漏	7.8E-04		2.2E-02			
西墙 外 G	3.1	散射	4.7E-05	5.4	1.1E-01	1.4E-01	洁净 走廊	
		泄漏	7.8E-04		2.7E-02			
患者 进出 门 H	3.0	散射	6.0E-05	5.5	1.4E-01	1.7E-01	洁净 走廊	
		泄漏	9.8E-04		3.2E-02			
屋顶 上 I	3.7	散射	1.1E-05	5.1	3.1E-02	3.8E-02	诊室	
		泄漏	1.9E-04		7.5E-03			
地板 下 J	5.5	散射	1.7E-07	6.3	2.9E-04	3.7E-04	餐厅	
		泄漏	3.0E-06		7.6E-05			
东门 诊医 技综	观察 窗外 A	3.0	散射	6.0E-05	5.3	1.5E-01	1.8E-01	控制 室
			泄漏	9.8E-04		3.5E-02		

合楼 一层 介入 中心 DSA 机房 (4)	北墙 外 B	3.1	散射	4.7E-05	5.3	1.2E-01	1.5E-01	控制 室
			泄漏	7.8E-04		2.8E-02		
	工作 人员 门外 C	3.0	散射	6.0E-05	5.6	1.3E-01	1.6E-01	控制 室
			泄漏	9.8E-04		3.1E-02		
	东墙 外 D	3.1	散射	4.7E-05	4.2	1.9E-01	2.3E-01	洁净 走廊
			泄漏	7.8E-04		4.4E-02		
	患者 进出 门外 E	3.0	散射	6.0E-05	4.6	2.0E-01	2.4E-01	洁净 走廊
			泄漏	9.8E-04		4.6E-02		
	南墙 外 F	3.1	散射	4.7E-05	6.8	7.1E-02	8.8E-02	设备 间
			泄漏	7.8E-04		1.7E-02		
	西墙 外 G	3.1	散射	4.7E-05	3.6	2.5E-01	3.1E-01	污物 通道
			泄漏	7.8E-04		6.0E-02		
	污物 门 H	3.0	散射	6.0E-05	6.3	1.1E-01	1.3E-01	污物 通道
			泄漏	9.8E-04		2.5E-02		
	屋顶 上 I	3.7	散射	1.1E-05	5.1	3.1E-02	3.8E-02	诊室
			泄漏	1.9E-04		7.5E-03		
	地板 下 J	5.5	散射	1.7E-07	6.3	2.9E-04	3.7E-04	厨房
			泄漏	3.0E-06		7.6E-05		

本项目东门诊医技楼四层复合手术室周围的剂量率估算结果如表 11-5 示，估算点位分布见图 11-8 和 11-9。图 11-8 中复合手术室 1 图例为 CT 工作状态。

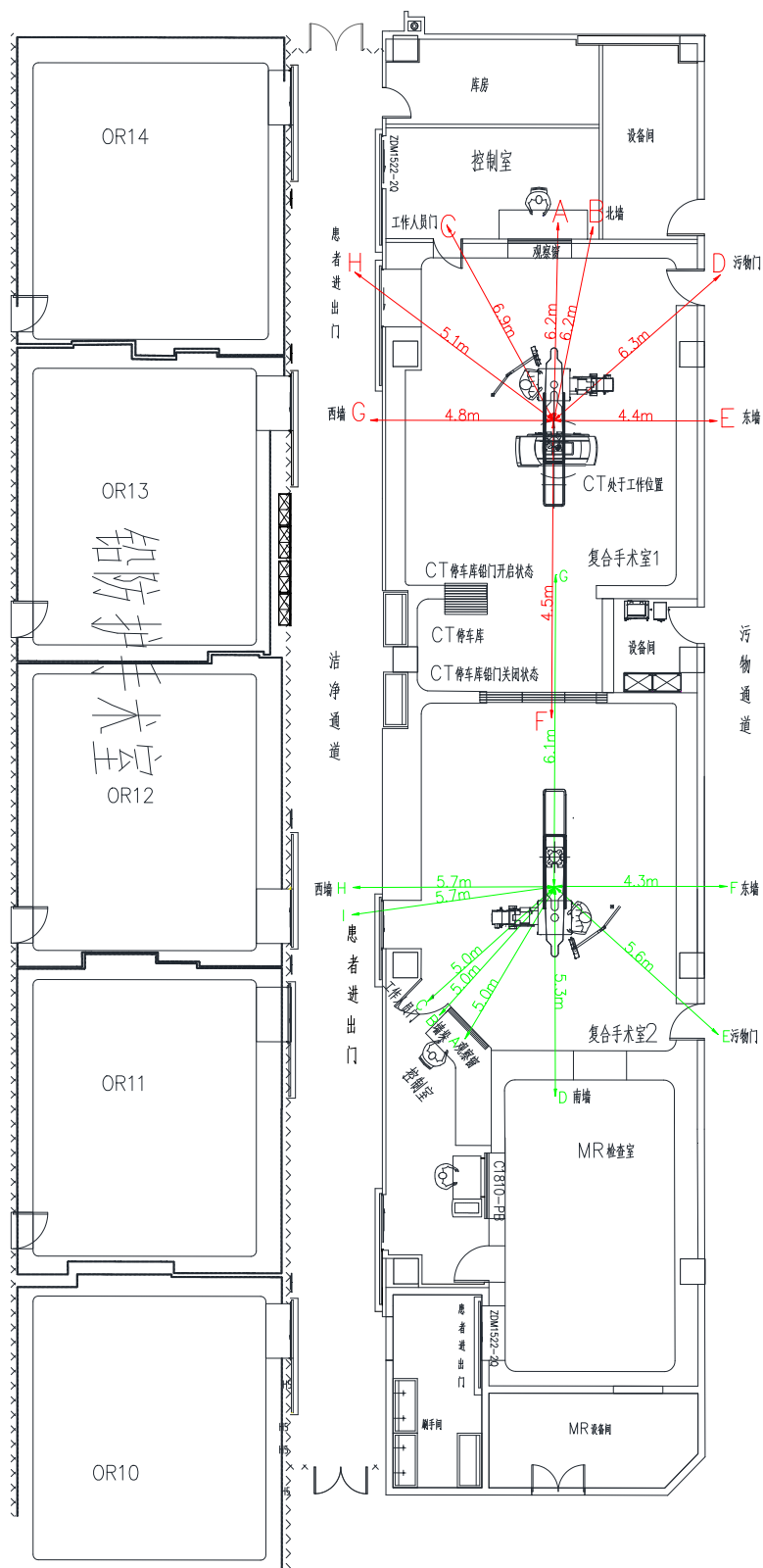


图 11-8 东门诊医技楼四层复合手术室估算点位图（平面）

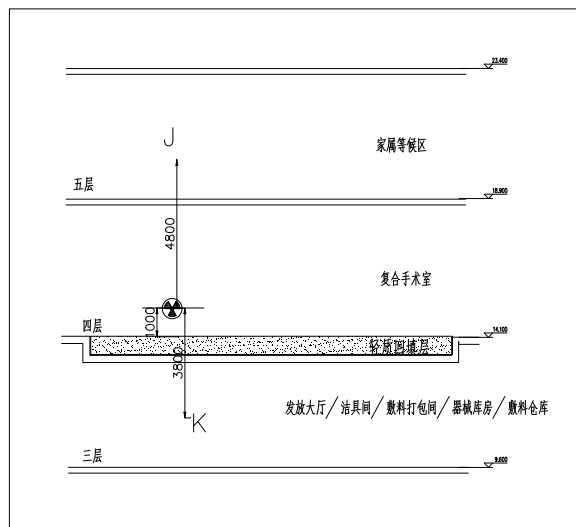


图 11-9 东门诊医技楼四层复合手术室估算点位图（纵向）

表 11-7 采集工况下东门诊医技楼四层复合手术室周围辐射剂量水平估算结果

场所名称	位置	铅当量 (mmPb)	射束	衰减因子 B	距源项 (m)	屏蔽后附加 剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	关注点附加 剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	备注
东门诊医技综合楼 四层复合手术室 (1)	观察窗外 A	4.0	散射	$5.7\text{E-}06$	6.2	$1.0\text{E-}02$	$1.3\text{E-}02$	控制室
			泄漏	$9.7\text{E-}05$		$2.5\text{E-}03$		
	北墙 外 B	3.9	散射	$7.2\text{E-}06$	6.2	$1.3\text{E-}02$	$1.6\text{E-}02$	控制室
			泄漏	$1.2\text{E-}04$		$3.2\text{E-}03$		
	工作人员 门外 C	4.0	散射	$5.7\text{E-}06$	6.9	$8.3\text{E-}03$	$1.0\text{E-}02$	控制室
			泄漏	$9.7\text{E-}05$		$2.0\text{E-}03$		
	污物 门外 D	4.0	散射	$5.7\text{E-}06$	6.3	$1.0\text{E-}02$	$1.2\text{E-}02$	污物通道
			泄漏	$9.7\text{E-}05$		$2.4\text{E-}03$		
	东墙 外 E	3.9	散射	$7.2\text{E-}06$	4.4	$2.6\text{E-}02$	$3.2\text{E-}02$	污物通道
			泄漏	$1.2\text{E-}04$		$6.3\text{E-}03$		

	CT 停车 库防 护门 外 F	4.0	散射	5.7E-06	4.5	2.0E-02	2.4E-02	设备 间
			泄漏	9.7E-05		4.8E-03		
	西墙 外 G	3.9	散射	7.2E-06	4.8	2.2E-02	2.7E-02	洁 净 走 廊
			泄漏	1.2E-04		5.3E-03		
	患者 进 出 门 H	4.0	散射	5.7E-06	5.1	1.5E-02	1.9E-02	洁 净 走 廊
			泄漏	9.7E-05		3.7E-03		
	屋 顶 上 I	3.7	散射	1.1E-05	4.8	3.5E-02	4.3E-02	家 属 等 候 区
			泄漏	1.9E-04		8.4E-03		
	地 板 下 J	3.7	散射	1.1E-05	3.8	5.5E-02	6.9E-02	辅 助 用 房
			泄漏	1.9E-04		1.3E-02		
东 门 诊 医 技 综 合 楼 四 层 复 合 手 术 室 (2)	观 察 窗 外 A	4.0	散射	5.7E-06	5.0	1.6E-02	2.0E-02	控 制 室
			泄漏	9.7E-05		3.9E-03		
	门 垛 B	3.9	散射	7.2E-06	5.0	2.0E-02	2.5E-02	控 制 室
			泄漏	1.2E-04		4.9E-03		
	工 作 人 员 门 外 C	4.0	散射	5.7E-06	5.0	1.6E-02	2.0E-02	控 制 室
			泄漏	9.7E-05		3.9E-03		
	MR 防 护 墙 外 D	4.0	散射	5.7E-06	5.3	1.4E-02	1.8E-02	控 制 室
			泄漏	9.7E-05		3.5E-03		
	污 物 通 道 门 外 E	4.0	散射	5.7E-06	5.6	1.3E-02	1.6E-02	污 物 通 道
			泄漏	9.7E-05		3.1E-03		
	东 墙 外 F	3.9	散射	7.2E-06	4.3	2.7E-02	3.4E-02	污 物

		泄漏	1.2E-04		6.6E-03		通道
CT 停车 库防 护门 外 G	4.0	散射	5.7E-06	6.1	1.1E-02	1.3E-02	设备 间
		泄漏	9.7E-05		2.6E-03		
西墙 外 H	3.9	散射	7.2E-06	5.7	1.5E-02	1.9E-02	洁 净 走 廊
		泄漏	1.2E-04		3.8E-03		
患者 进 出 门 I	4.0	散射	5.7E-06	5.7	1.2E-02	1.5E-02	洁 净 走 廊
		泄漏	9.7E-05		3.0E-03		
屋 顶 上 J	3.7	散射	1.1E-05	4.8	3.5E-02	4.3E-02	家 属 等 候 区
		泄漏	1.9E-04		8.4E-03		
地 板 下 K	3.7	散射	1.1E-05	3.8	5.5E-02	6.9E-02	辅 助 用 房
		泄漏	1.9E-04		1.3E-02		

本项目东门诊医技综合楼四层两间复合手术室使用 1 台 CT 机，用于介入手术过程中在不移动患者体位的情况下获取更多的脏器影像信息。CT 停车库通往两间 DSA 机房各设一道铅防护门且常闭，其中一间 DSA 机房需要使用 CT 时，该侧铅防护门开启，CT 通过轨道移动至患者位，医护人员退出机房后，由技师在控制室设置曝光条件并采集图像。

《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求 CT 机房的屏蔽防护厚度不低于 2.5mmPb，以满足机房屏蔽体外 30cm 处低于 2.5μSv/h 的剂量率控制水平。如表 10-3 所示，本项目复合手术室铅门设计厚度最小为 120kV/4mmPb，120kV 时铅的半值层约为 0.25mm，相当于比 CT 机房的 2.5mmPb 增加了 6 个半值层厚度。因此，本项目屏蔽防护设计满足 DSA 防护要求的同时，完全满足 CT 辐射防护的需要。预计实际运行时，机房周围的剂量率水平可以维持在正常本底水平。

从上述估算结果可知，DSA 设备在正常采集工况下，西门诊医技综合楼负一层 5 间 DSA 机房外周围附加剂量率最大值为 $4.0E-01\mu\text{Gy/h}$ ，东门诊医技综合楼一层 4 间 DSA 机房外周围附加剂量率最大值为 $4.7E-01\mu\text{Gy/h}$ ，东门诊医技综合楼四层 2 间复合手术室外周围附加剂量率最大值为 $6.9E-02\mu\text{Gy/h}$ 。在有效剂量与吸收剂量换算系数 Sv/Gy 取 1 的情况下，上述机房外周围附加剂量率转换为吸收剂量率均满足本项目所设定的机房屏蔽体外 30cm 处 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率控制水平，根据剂量率与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，则在上述 DSA 使用场所周围 50m 评价范围内的办公区、其他诊疗场所等公众长居留场所的剂量率远小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。上述剂量率的计算是基于保守假设进行的，实际工作中 X 射线机运行参数要小于 100kV/500mA，预计实际运行时，机房周围的剂量率水平可以维持在正常本底水平。

11.2.3.2 年附加剂量估算

(1) 工作人员年附加有效剂量

DSA 采集图像时，除存在临床不可接受的情况外医师护士均应退出机房。DSA 透视时，医师在手术室内近台操作，护士位于手术室铅屏风后躲避，技师位于控制室内。考虑到图像采集中有特殊工况医生需要在机房停留，本评价保守以透视和采集全居留模式下估算医师和护士的受照剂量。复合手术室医师和护士、技师在 CT 扫描期间均不在 DSA 机房内。

根据医院提供资料，每台手术通常由 2 名医师、1 名技师、2 名护士组成，每个医师在 DSA 设备上的年工作量最多不超过 500 台相关手术，年累积透视时间 100h，采集时间为 16.7h；每个护士每年参与不超过 1000 台相关手术，年累积透视时间 200h，采集时间为 33.4h；每个技师每年参与不超过 1000 台相关手术，年累积透视时间 200h，采集时间为 33.4h，均处于控制室。

参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）表 B.1 和图 L3 规定：透视防护区检测平面上周围剂量当量应不大于 $400\mu\text{Sv/h}$ 。保守假设：1) 透视工况下，手术位置的附加剂量率水平取值为 $400\mu\text{Sv/h}$ ；2) 按 15 帧/s、10ms/帧的采集工况考虑，医生所在位置的附加剂量率水平增加保守取 10 倍（即 $4000\mu\text{Sv/h}$ ）（kV 相同，球管发射率常数一定时，距离球管相同位置的空气比释动能率与 mA 值成正比）；3) 透视、采集条件下，人员居留因

子均保守取 1。

根据 GBZ130-2020，工作人员采取铅衣（0.5mm 铅当量）屏蔽措施，在透视和采集时，衰减系数约为 0.025，即医生在透视和采集工况下，经过铅衣屏蔽后的最大受照剂量率水平为 10 μ Gy/h 和 100 μ Gy/h；GBZ130-2020 规定，介入手术室需配备不低于 2mmPb 的移动铅屏风（在介入手术条件下，为 8 个铅 HVL 厚度），假定铅屏风距手术位 1m，护士除采取铅衣（0.5mm 铅当量）屏蔽措施外，还有移动铅屏风防护措施，保守估计手术中在以上位置停留概率各占 50%。

表 11-8 工作人员年附加剂量估算条件

岗位	曝光模式	出束时间		防护措施	最大受照剂量率
医师	透视	100h		铅衣	10 μ Gy/h
	采集	16.7h			100 μ Gy/h
护士	透视	200h	100h	铅衣	10 μ Gy/h
			100h	铅衣+铅屏风	0.04 μ Gy/h
	采集	33.4h	16.7h	铅衣	100 μ Gy/h
			16.7h	铅衣+铅屏风	0.4 μ Gy/h
技师	透视	200h		机房屏蔽	根据各机房屏蔽 计算结果
	采集	33.4h			

工作人员年附加有效剂量计算公式采用下式：

$$E = D \times t \times T \times K \quad \text{公式 11-6}$$

式中：

E—年有效剂量， μ Sv；

D—计算点附加剂量率， μ Gy/h；

t—DSA 年出束时间，h/a；

K—有效剂量与吸收剂量换算系数，Sv/Gy，本项目取 1.0；

T—居留因子。

职业人员附加年有效剂量估算结果见表 11-11 和表 11-12，其中透视情况

下的剂量率取采集工况下剂量率的 1/10。

本项目复合手术室 CT 曝光对职业人员的附加年有效剂量是由机房外泄漏的杂散射线造成的。杂散射线主要来自患者受照部位对主射线的散射。参照 NCRP147 报告 (P96)，散射线所造成的剂量由扫描部位、扫描长度、曝光参数 (kVp/mAs)、螺距和归一化的 $CTDI_{100}$ 决定：

$$k_{sec}^1 = k \frac{L}{p} mAs {}_n CTDI_{100} \quad \text{公式 11-7}$$

式中：

k_{sec}^1 —距离每名患者 1m 处的散射空气比释动能，mGy/人；

k ---每厘米散射分数， $k_{head}=9E-5/cm$ ， $k_{body}=3E-4/cm$ ；

L ---扫描长度，cm；

p ---扫描螺距，cm；

${}_n CTDI_{100}$ ---归一到单位 mAs 的 $CTDI_{100}$ ，mGy/mAs。

保守假设：本项目复合手术室年工作量最多不超过 2000 台相关手术，复合手术室 CT 扫描患者头、体部位各占 50%，人均扫描 2 次，即复合手术室 CT 机每年 2000 人次扫描头部，2000 人次扫描体部，扫描管电压均值为 120kVp，采用 64 排 CT 扫描。其他引用参数及见表 11-9：

表 11-9 CT 扫描散射空气比释动能计算参数表

扫描部位	头部	体部
扫描长度 L	20cm	50cm
电流时间积	300mAs	250 mAs
螺距 P	1	1.35
${}_n CTDI_{100}$	0.223 mGy/mAs	0.138 mGy/mAs
散射分数	9E-5/cm	3E-4/cm

$$k_{sec}^1(\text{头部})=9E-5/cm \times 20cm \times 300mAs \times 0.223 \text{ mGy/mAs}=0.12mGy/\text{人}$$

$$k_{sec}^1(\text{体部})=3E-4/cm \times \frac{50cm}{1.35} \times 250mAs \times 0.138 \text{ mGy/mAs}=0.38mGy/\text{人}$$

则距 CT 等中心 1m 未屏蔽的空气比释动能 k_{sec}^1 为：

$$k_{sec}^1=2000 \text{ 人/年} \times 0.12mGy/\text{人} + 2000 \text{ 人/年} \times 0.38mGy/\text{人} = 1000mGy/\text{年}$$

复合手术室控制间屏蔽体对散射线的透射因子 B 按照 NCRP147 报告的公

式计算，即本报告公式 11-2，即 $B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}}$ 。

α 、 β 、 γ 保守取 GBZ130-2020 表 C.2 中 CT 管电压 120kV 模式下的相关参数（混凝土：0.0383、0.0142、0.6580，铅：2.246、5.730、0.547）。

机房外距离等中心 R（m）处的空气比释动能 K 可按下式计算：

$$K = \frac{K_{sec}^1}{R^2} \times B \quad \text{公式 11-8}$$

本项目复合手术室使用 CT 机时，等中心位置与 DSA 手术病人处于同一位置，对机房周围环境的年附加剂量如表 11-10 所示。

表 11-10 CT 工况下东门诊医技楼四层复合手术室周围年附加剂量估算结果

场所名称	位置	铅当量 (mmPb)	衰减因子 (K^{-1})	射线束	距源项 m	屏蔽后年附加剂量 $\mu\text{Gy/yr}$	备注
东门诊医技综合楼四层复合手术室(1)	观察窗外 A	4.0mmPb 铅玻璃	1.25E-05	泄漏+散射	6.2	3.25E-01	控制室
	北墙外 B	240mm 水泥砖+20mm 硫酸钡	4.88E-04	泄漏+散射	6.2	1.27E+01	控制室
	工作人员门外 C	0.8mm 热熔镀锌钢板+4.0mm 铅板	1.25E-05	泄漏+散射	6.9	2.62E-01	控制室
	污物门外 D	0.8mm 热熔镀锌钢板+4.0mm 铅板	1.25E-05	泄漏+散射	6.3	3.15E-01	污物通道
	东墙外 E	240mm 水泥砖+20mm 硫酸钡	4.88E-04	泄漏+散射	4.4	2.52E+01	污物通道
	CT 停车库防护门外 F	0.8mm 热熔镀锌钢板+4.0mm 铅板	1.25E-05	泄漏+散射	4.5	6.16E-01	设备间
	西墙外 G	240mm 水泥砖+20mm 硫酸钡	4.88E-04	泄漏+散射	4.8	2.12E+01	洁净走廊
	患者进出门 H	0.8mm 热熔镀锌钢板+4.0mm 铅板	1.25E-05	泄漏+散射	5.1	4.80E-01	洁净走廊
	屋顶上 I	150mm 砼+20mm 硫酸钡	8.03E-04	泄漏+散射	4.8	3.49E+01	家属等候区
	地板下 J	150mm 砼+20mm 硫酸钡	8.03E-04	泄漏+散射	3.8	5.56E+01	辅助用房

东门 诊医 技综 合楼 四层 复合 手术 室(2)	观察窗外 A	4.0mmPb 铅玻 璃	1.25E-05	泄漏+ 散射	5.0	4.99E-01	控制 室
	门垛 B	240mm 水泥砖 +20mm 硫酸钡	4.88E-04	泄漏+ 散射	5.0	1.95E+01	控制 室
	工作人员 门外 C	0.8mm 热熔镀 锌钢板+4.0mm 铅板	1.25E-05	泄漏+ 散射	5.0	4.99E-01	控制 室
	MR 防护 墙外 D	0.8mm 热熔镀 锌钢板+4.0mm 铅板	1.25E-05	泄漏+ 散射	5.3	4.44E-01	MR 机 房
	污物通道 门外 E	0.8mm 热熔镀 锌钢板+4.0mm 铅板	1.25E-05	泄漏+ 散射	5.6	3.98E-01	污物 通道
	东墙外 F	240mm 水泥砖 +20mm 硫酸钡	4.88E-04	泄漏+ 散射	4.3	2.64E+01	污物 通道
	CT 停车 库防护门 外 G	0.8mm 热熔镀 锌钢板+4.0mm 铅板	1.25E-05	泄漏+ 散射	6.1	3.35E-01	设备 间
	西墙外 H	240mm 水泥砖 +20mm 硫酸钡	4.88E-04	泄漏+ 散射	5.7	1.50E+01	洁净 走廊
	患者进出 门 I	0.8mm 热熔镀 锌钢板+4.0mm 铅板	1.25E-05	泄漏+ 散射	5.7	3.84E-01	洁净 走廊
	屋顶上 J	150mm 砵 +20mm 硫酸钡	8.03E-04	泄漏+ 散射	4.8	3.49E+01	家属 等候 区
	地板下 K	150mm 砵 +20mm 硫酸钡	8.03E-04	泄漏+ 散射	3.8	5.56E+01	辅助 用房

据上述表 11-5~表 11-7 的机房周围辐射水平及职业人员工作时间和居留因子，以及表 11-10 中复合手术室使用 CT 所致附加剂量，职业人员年附加有效剂量估算结果见表 11-11。其中，有效剂量与空气比释动能换算 Sv/Gy，本项目取 1.0，本项目医师和护士年附加剂量保守取复合手术室周围洁净区内最大值。

表 11-11 DSA 机房工作人员年附加有效剂量

估算对象				剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	出束时间 (h/a)	居留 因子	年附加有效 剂量 (μSv)
西门诊医 技综合楼 负 1 层 DSA 机房 (1)	床旁	医师	透视	10	100	1	2670
			采集	100	16.7	1	
		护士	透视 ¹	10	100	1	2681
			采集 ²	100	16.7	1	
	透视 ³		0.04	100	1		
	采集 ⁴	0.4	16.7	1			
	控制室	技师	透视	4.0E-02	200	1	21.36
			采集	4.0E-01	33.4	1	
西门诊医 技综合楼 负 1 层 DSA 机房 (2)	床旁	医师	透视	10	100	1	2670
			采集	100	16.7	1	
		护士	透视 ¹	10	100	1	2681
			采集 ²	100	16.7	1	
	透视 ³		0.04	100	1		
	采集 ⁴	0.4	16.7	1			
	控制室	技师	透视	4.0E-02	200	1	21.36
			采集	4.0E-01	33.4	1	
西门诊医 技综合楼 负 1 层 DSA 机房 (3)	床旁	医师	透视	10	100	1	2670
			采集	100	16.7	1	
		护士	透视 ¹	10	100	1	2681
	采集 ²		100	16.7	1		
	透视 ³		0.04	100	1		

			采集 ⁴	0.4	16.7	1	
	控制室	技师	透视	2.0E-02	200	1	10.68
			采集	2.0E-01	33.4	1	
西门诊医 技综合楼 负1层 DSA 机房 (4)	床旁	医师	透视	10	100	1	2670
			采集	100	16.7	1	
		护士	透视 ¹	10	100	1	2681
			采集 ²	100	16.7	1	
	透视 ³		0.04	100	1		
	采集 ⁴	0.4	16.7	1			
	控制室	技师	透视	2.0E-02	200	1	10.68
			采集	2.0E-01	33.4	1	
西门诊医 技综合楼 负1层 DSA 机房 (5)	床旁	医师	透视	10	100	1	2670
			采集	100	16.7	1	
		护士	透视 ¹	10	100	1	2681
			采集 ²	100	16.7	1	
	透视 ³		0.04	100	1		
	采集 ⁴	0.4	16.7	1			
	控制室	技师	透视	2.0E-02	200	1	10.68
			采集	2.0E-01	33.4	1	
东门诊医 技综合楼 一层介入 中心 DSA 机房 (1)	床旁	医师	透视	10	100	1	2670
			采集	100	16.7	1	
		护士	透视 ¹	10	100	1	2681
			采集 ²	100	16.7	1	
			透视 ³	0.04	100	1	

			采集 ⁴	0.4	16.7	1		
	控制室	技师	透视	3.4E-02	200	1	18.16	
			采集	3.4E-01	33.4	1		
东门诊医 技综合楼 一层介入 中心 DSA 机房 (2)	床旁	医师	透视	10	100	1	2670	
			采集	100	16.7	1		
		护士	透视 ¹	10	100	1	2681	
			采集 ²	100	16.7	1		
	透视 ³		0.04	100	1			
	采集 ⁴		0.4	16.7	1			
	控制室	技师	透视	1.5E-02	200	1	8.01	
			采集	1.5E-01	33.4	1		
	东门诊医 技综合楼 一层介入 中心 DSA 机房 (3)	床旁	医师	透视	10	100	1	2670
				采集	100	16.7	1	
护士			透视 ¹	10	100	1	2681	
			采集 ²	100	16.7	1		
		透视 ³	0.04	100	1			
		采集 ⁴	0.4	16.7	1			
控制室		技师	透视	1.3E-02	200	1	6.94	
			采集	1.3E-01	33.4	1		
东门诊医		床旁	医师	透视	10	100	1	2670

技综合楼 一层介入 中心 DSA 机房 (4)		护士	采集	100	16.7	1	2681	
			透视 ¹	10	100	1		
			采集 ²	100	16.7	1		
			透视 ³	0.04	100	1		
			采集 ⁴	0.4	16.7	1		
	控制室	技师	透视	1.8E-02	200	1	9.61	
			采集	1.8E-01	33.4	1		
东门诊医 技综合楼 四层复合 手术室 (1)	床旁	医师	透视	10	100	1	2691	
			采集	100	16.7	1		
		CT	年附加剂量 21.2 μ Sv			2702		
		护士	透视 ¹	10	100		1	
			采集 ²	100	16.7		1	
	透视 ³		0.04	100	1			
	采集 ⁴	0.4	16.7	1	CT		年附加剂量 21.2 μ Sv	
	控制室	技师	透视	1.3E-02	400	1	26.58	
			采集	1.3E-01	66.8	1		
			CT	年附加剂量 12.7 μ Sv				
东门诊医 技综合楼 四层复合 手术室 (2)	床旁	医师	透视	10	100	1	2690	
			采集	100	16.7	1		
		CT	年附加剂量 19.5 μ Sv			2701		
	护士	透视	10	100	1			
		采集	100	16.7	1			

			透视	0.04	100	1	40.86
			采集	0.4	16.7	1	
			CT	年附加剂量 19.5 μ Sv			
	控制室	技师	透视	2.0E-02	400	1	
			采集	2.0E-01	66.8	1	
			CT	年附加剂量 19.5 μ Sv			

注：护士透视¹为透视时仅穿铅衣；采集²为采集时仅穿铅衣；透视³为透视时穿铅衣+铅屏防护；采集⁴为采集时穿铅衣+铅屏防护。

上述计算结果显示，按照规划的每间 DSA 机房的手术量，在不考虑机房间相互影响的情况下，介入治疗医师的年附加有效剂量最高约为 2.69mSv，护士的年附加剂量最高约为 2.70 mSv，技师的年附加剂量最高约为 0.04 mSv。本项目 11 间 DSA 机房分别位于 3 处位置，布置相对集中，存在机房间相互影响的可能。其中，西门诊医技综合楼负一层介入中心 DSA3 和 DSA4 机房间共用一道屏蔽墙、东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA1\DSA3 和 DSA2\DSA4 分别共用控制室，有可能导致工作人员受照剂量累加。计算方法、所采用的工作时间、居留因子均与表 11-11 相同。

表 11-12 机房相互间影响所致工作人员附加剂量计算表

受影响场所	主要影响来源		影响对象及附加剂量 (μ Sv)		年附加有效剂量 (μ Sv)	
			医师、护士	技师		
西门诊医技综合楼负一层介入中心 DSA 机房 (3)	西门诊医技综合楼负一层介入中心 DSA 机房 (4)	透视	28.5	6.71	35.2	35.30
		采集	0.08	0.02	0.10	
西门诊医技综合楼负一层介入中心 DSA 机房 (4)	西门诊医技综合楼负一层介入中心 DSA 机房 (3)	透视	19.9	4.68	24.6	24.72
		采集	0.10	0.02	0.12	

东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA 机房 (1)	东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA 机房 (3)	透视	-	6.6	6.6	17.19
		采集	-	10.59	10.59	
东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA 机房 (3)	东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA 机房 (1)	透视	-	7.84	7.84	20.93
		采集	-	13.09	13.09	
东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA 机房 (2)	东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA 机房 (4)	透视	-	8.69	8.69	22.62
		采集	-	13.93	13.93	
东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA 机房 (4)	东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA 机房 (2)	透视	-	9.42	9.42	25.15
		采集	-	15.73	15.73	

由于西门诊医技综合楼负一层介入中心 DSA3 和 DSA4 机房间共用一道屏蔽墙、东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA1\DSA3 和 DSA2\DSA4 分别共用控制室，相对于其他机房而言，临室间的相互影响较大。从表 11-10 理论计算结果看，上述机房相互间影响所致人员附加剂量较低，仅为最大 35.3 μ Sv/a，其他机房间的相互间影响所致人员附加剂量由于距离较远、屏蔽墙数量增加的缘故，人员附加剂量几乎可以忽略。

综上，本项目 DSA 机房介入治疗医师的年附加有效剂量不大于 2.69mSv，护士的年附加有效剂量不大于 2.70 mSv，技师的年附加有效剂量不大于 0.04 mSv，均小于建设单位所设定的职业人员剂量约束值 5mSv/a 要求。

(2) 公众年附加有效剂量

本项目西门诊医技病房综合楼负一层介入中心，东门诊医技综合楼一层介入中心均为独立区域，东门诊医技综合楼四层复合手术室位于医院手术部内。上述场所除辐射工作人员、患者及科室内部医护人员外，其他无关的公众人员不入内。项目运行对公众影响主要考虑机房正上方、正下方区域公众、科室工

作人员和患者。

根据表 11-5、11-6、11-7 中各 DSA 机房外主要关注点辐射剂量率水平，同时考虑每间导管室外公众居留情况估算出公众的年附加剂量见表 11-13，其中透视情况下的剂量率取采集工况下剂量率的 1/10。

表 11-13 本项目对周围公众人员的年附加剂量估算表

位置	关注点	公众类型	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		出束时间 (h/a)	居留 因子	年附加 有效剂 量 (μSv)
			采集	透视			
西门诊 医技综 合楼负 一层介 入中心 DSA1 周边	东墙外 D	设备维护/污 物清运工	采集	1.3E-1	400	1/16	3.3
			透视	1.3E-2	66.8	1/16	
	南墙外 F	患者/护士	采集	2.2E-1	400	1/16	5.6
			透视	2.2E-2	66.8	1/16	
	西墙外 G	患者/护士	采集	1.5E-1	400	1/16	3.8
			透视	1.5E-2	66.8	1/16	
	屋顶上 H	患者	采集	8.4E-5	400	1/16	2.1E-3
			透视	8.4E-6	66.8	1/16	
	地板下 I	患者/家属	采集	8.1E-2	400	1/16	2.1
			透视	8.1E-3	66.8	1/16	
西门诊 医技综 合楼负 一层介 入中心 DSA2 周边	东墙外 D	医护人员	采集	1.4E-1	400	1/8	7.1
			透视	1.4E-2	66.8	1/8	
	南墙外 E	患者/护士	采集	2.3E-1	400	1/16	5.8
			透视	2.3E-2	66.8	1/16	
	西墙外 G	设备维护/污 物清运工	采集	1.3E-1	400	1/16	3.3
			透视	1.3E-2	66.8	1/16	
	屋顶上 H	患者	采集	8.4E-5	400	1/16	2.1E-3
			透视	8.4E-6	66.8	1/16	
	地板下 I	患者/家属	采集	8.1E-2	400	1/16	2.1
			透视	8.1E-3	66.8	1/16	
西门诊 医技综 合楼负 一层介 入中心	北墙外 F	患者/护士	采集	1.6E-1	400	1/16	4.1
			透视	1.6E-2	66.8	1/16	
	西墙外 G	设备维护/污 物清运工	采集	2.0E-1	400	1/16	5.1
			透视	2.0E-2	66.8	1/16	
屋顶上	患者	采集	8.4E-5	400	1/16	2.1E-3	

DSA3 周边	H		透视	8.4E-6	66.8	1/16	
	地板下 I	患者/家属	采集	8.1E-2	400	1/16	2.1
			透视	8.1E-3	66.8	1/16	
西门诊 医技综 合楼负 一层介 入中心 DSA4 周边	东墙外 D	污物清运工/ 护士	采集	1.9E-1	400	1/16	4.8
			透视	1.9E-2	66.8	1/16	
	北墙外 F	患者/护士	采集	1.8E-1	400	1/16	4.6
			透视	1.8E-2	66.8	1/16	
	屋顶上 H	患者	采集	8.4E-5	400	1/16	2.1E-3
			透视	8.4E-6	66.8	1/16	
地板下 I	患者/家属	采集	8.1E-2	400	1/16	2.1	
		透视	8.1E-3	66.8	1/16		
西门诊 医技综 合楼负 一层介 入中心 DSA5 周边	东墙外 D	医护人员	采集	2.0E-1	400	1/16	5.1
			透视	2.0E-2	66.8	1/16	
	北墙外 E	患者/护士	采集	1.7E-1	400	1/16	4.3
			透视	1.7E-2	66.8	1/16	
	西墙外 G	设备维护/医 护人员	采集	2.1E-1	400	1/16	5.3
			透视	2.1E-2	66.8	1/16	
屋顶上 H	患者	采集	8.4E-5	400	1/16	2.1E-3	
		透视	8.4E-6	66.8	1/16		
地板下 I	患者/家属	采集	8.1E-2	400	1/16	2.1	
		透视	8.1E-3	66.8	1/16		
东门诊 医技综 合楼一 层介 入 中心 DSA1 周边	东墙外 D	污物清运工	采集	2.3E-1	400	1/16	5.8
			透视	2.3E-2	66.8	1/16	
	北墙外 F	设备维护	采集	1.2E-1	400	1/16	3.1
			透视	1.2E-2	66.8	1/16	
	西墙外 H	医护人员	采集	1.8E-1	400	1/16	4.6
			透视	1.8E-2	66.8	1/16	
屋顶 I	患者/家属	采集	3.8E-2	400	1/16	1.0	
		透视	3.8E-3	66.8	1/16		
地板下 J	就餐医护人员 /患者/家属	采集	3.7E-4	400	1/16	9.4E-3	
		透视	3.7E-5	66.8	1/16		
东门诊	东墙外	医护人员	采集	1.8E-1	400	1/16	4.6

医技综合楼一层介入中心 DSA2 周边	D		透视	1.8E-2	66.8	1/16	
	北墙外 F	设备维护	采集	2.5E-1	400	1/16	6.4
			透视	2.5E-2	66.8	1/16	
	西墙外 H	污物清运工	采集	4.2E-1	400	1/16	10.7
			透视	4.2E-2	66.8	1/16	
	屋顶 I	患者/家属	采集	3.8E-2	400	1/16	1.0
			透视	3.8E-3	66.8	1/16	
	地板下 J	餐饮职工	采集	3.7E-4	400	1	0.2
			透视	3.7E-5	66.8	1	
	东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA3 周边	东墙外 D	污物清运工	采集	3.3E-1	400	1/16
透视				3.3E-2	66.8	1/16	
南墙外 F		设备维护	采集	1.1E-1	400	1/16	2.8
			透视	1.1E-2	66.8	1/16	
西墙外 H		医护人员	采集	1.7E-1	400	1/16	4.3
			透视	1.7E-2	66.8	1/16	
屋顶 I		医生	采集	3.8E-2	400	1	15.5
			透视	3.8E-3	66.8	1	
地板下 J		就餐医护人员/患者/家属	采集	3.7E-4	400	1/16	0.2
			透视	3.7E-5	66.8	1/16	
东门诊医技综合楼一层介入中心 DSA4 周边	东墙外 D	医护人员	采集	2.3E-1	400	1/16	5.8
			透视	2.3E-2	66.8	1/16	
	南墙外 F	设备维护	采集	8.8E-2	400	1/16	7.8
			透视	8.8E-3	66.8	1/16	
	西墙外 H	污物清运工	采集	1.3E-1	400	1/16	2.2
			透视	1.3E-2	66.8	1/16	
	屋顶 I	医生	采集	3.8E-2	400	1	15.5
			透视	3.8E-3	66.8	1	
	地板下 J	就餐医护人员/患者/家属	采集	3.7E-4	400	1/16	0.2
			透视	3.7E-5	66.8	1/16	
东门诊医技综合楼四层复合	北墙外 B	设备维护	采集	1.6E-2	400	1/16	4.1
			透视	1.6E-3	66.8	1/16	
	东墙外 E	污物清运工	采集	3.2E-2	400	1/16	0.8
			透视	3.2E-3	66.8	1/16	

手术室 1 周边	西墙外 G	医护人员	采集	2.7E-2	400	1/16	0.7
			透视	2.7E-3	66.8	1/16	
	屋顶上 I	患者家属	采集	4.3E-2	400	1/16	1.1
			透视	4.3E-3	66.8	1/16	
	地板下 J	医护人员	采集	6.9E-2	400	1/16	1.8
			透视	6.9E-3	66.8	1/16	
东门诊 医技综 合楼四 层复合 手术室 2 周边	南墙外 D	MR 受检患者	采集	1.8E-2	400	1/16	0.5
			透视	1.8E-3	66.8	1/16	
	东墙外 F	污物清运工	采集	3.4E-2	400	1/16	0.9
			透视	3.4E-3	66.8	1/16	
	西墙外 H	医护人员	采集	1.9E-2	400	1/16	0.4
			透视	1.9E-3	66.8	1/16	
	屋顶上 J	患者家属	采集	4.3E-2	400	1/16	1.1
			透视	4.3E-3	66.8	1/16	
	地板下 K	医护人员	采集	6.9E-2	400	1/16	1.8
			透视	6.9E-3	66.8	1/16	

根据上述估算结果，本项目 DSA 机房外主要公众关注点年附加剂量最大点为为东门诊医技综合楼四楼 DSA 手术室楼上方的诊室，估算值为 15.5 μ Sv。各 DSA 机房四周水平方向上，存在手术期间护士转运其他 DSA 机房手术患者、护士分发手术耗材、污物清运工转运医疗垃圾等活动，可能造成上述人员受多机房曝光的影响，但考虑到上述岗位的工作均由多人轮岗完成，因此，其个人累积年附加剂量不会超过估算表中的叠加结果。所以，本项目公众年附加剂量满足本评价剂量约束目标值 0.1mSv 的要求。

11.2.4 三废的治理评价

(1) 废水

工作人员和部分病人产生的普通生活污水及手术中产生的医疗废水，由院内污水处理站统一处理。

(2) 废气

DSA 机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排入大气，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

(3) 固体废物

工作人员产生的一般生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

本项目 DSA 介入手术时产生的废医用器具和废药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医疗废物，暂存于 DSA 机房附近的污物暂存间，在污物暂存间采用专用包装袋、容器分类收集后就地打包，经污物走廊运至医院医废暂存间贮存，由医院统委托有资质单位进行处置。

11.3 辐射事故（件）影响分析

11.3.1 射线装置事故分析

(1) 安全联锁装置发生故障状况下，导致人员误入正在运行的手术室而造成 X 射线误照射；

(2) 操作介入手术的工作人员未佩戴铅围裙、防护手套、防护帽等防护用品，而受到超剂量的外照射；

(3) 工作人员在手术室内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，发生事故性出束，对工作人员造成辐射伤害；

(4) 维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。

(5) 射线装置失控，导致人员剂量超过年剂量限值。

本项目以上可能发生的辐射事故最高等级为一般辐射事故。

11.3.2 事故状况下的辐射危害评估

①设备维修中射线装置失控，人员近距离受照。

如本报告 9.2 节污染源分析中所述，DSA 正常运行时，采集模式管电压均值为 100kV，则距靶 1m 处单位工作负荷主射线空气比释动能为 4.7mGy /mA·min。考虑到射线装置失控，极端情况下，100kw 的球管管电压最大值为 125kV，管电流最大 800mA，则距靶 1m 处单位工作负荷主射线空气比释动能为 7.2mGy /mA·min。每分钟距靶 1m 处主射线空气比释动能为 5760mGy，处于有用线束中的人员，如未有任何防护，足以导致重大辐射事故的发生。

根据《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)表 1 的骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值 4.0~6.0Gy 界定是否会产生急性重度放射病，另根据《实用辐射安全手册》(第二版)(从慧玲，北京:原子能出版社)

表 2-13 急性效应与剂量关系中以 4Gy 作为重度放射病的阈值，以及表后“对低 LET 辐射，皮肤损伤的阈值量 3~5Gy，低于此剂量不会发生皮肤损伤”的相关描述以及急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系(见表 11-14)，从而以是否达到 3.5Gy 界定是否会发生较大辐射事故，以 5.5Gy 界定是否会发生重大辐射事故。

表 11-14 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

② 机房内工作人员未穿戴防护用品，人员近距离受照。

DSA 设备正常工作状况下，人员未穿戴防护用品，停留于机房内及 DSA 控制系统失灵，发生误照射。按照本项目 DSA 在 80kV、500mA 的采集工况，无铅衣铅屏风遮挡的情况下，距离患者 1m 处，1min 由于 135°散射线导致空气比释动能为 4582.7uGy。

针对公众而言，如果近距离（1m）停留长达约 13.1s，将超过公众年剂量限值，构成一般辐射事故。如果在距离患者 3m 的位置停留 2min，将超过公众年剂量限值，构成一般辐射事故。考虑到实际情况公众既无法停留半天以上，设备也无法进行长时间曝光，所以针对公众无法构成较大辐射事故甚至更严重事故。

针对职业人员而言，如果近距离（1m）停留长达 4.36min，将超过职业人

员年剂量限值，构成一般辐射事故；如果停留 7.28h，将 100%导致急性放射病发生，构成较大辐射事故。但实际因射线球管无法维持 5min 以上的拍片采集工况的曝光，故针对职业人员无法构成一般辐射事故甚至更严重事故。

11.3.3 预防和保障措施

(1) 为防止人员误入，机房门上应设置电离辐射警告标识和中文警示说明。防护门上方应设置工作状态指示灯，并且和防护门联锁，当防护门关闭准备出束时，警示灯自动点亮，以提醒室外人员注意。

(2) 为防止没有关闭防护门就出束，应加强操作人员安全意识教育和安全制度规章培训，规范工作秩序，严格执行《设备操作规程》，并定期性检查联锁装置是否完好。

(3) 辐射防护管理小组应定期检查安全规章和制度落实情况，发现问题及时纠正。

(4) 维修人员进入设备间时，应用剂量仪进行监测，确保安全后进行检修；维修人员应做好防护措施。

如果发现并确认射线装置失控导致人员长时间受照，当立即启动本单位的辐射事故应急预案，依照应急预案人员和职责、事故处理原则和处理程序等进行处理。

11.4 辐射环境影响评价

根据上述工作人员年剂量计算结果和主要关注点公众年剂量计算结果，以及剂量与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽等因素，预计本项目机房周围 50m 评价范围内工作人员和公众的年剂量能满足本评价剂量约束目标值（5mSv，0.1mSv）的要求。

因此，西安大兴渭水园医院使用 **DSA 机及 CT 机**项目，对周围环境的辐射影响在可接受范围之内。

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。

西安大兴渭水园医院应按照相关要求在核技术利用项目运行时应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，明确专/兼职辐射防护管理人员。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
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管理机构和负责人
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时，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。
		建立健全复审安全管理制度，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，并有完整的巡查及整改记录。
	直接从	岗前进行职业健康体检，结果无异常。

员 管 理	事放射 工作的 作用人 员	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，能够有效处理。

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《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要求，生产、销售和使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。第七款的要求，使用射线装置的单位有完善的辐射事故应急措施。

针对本项目实际情况，项目运行时应具有以下辐射安全管理规章制度和操作规程：《辐射安全管理规定》、《放射性同位素与射线装置管理制度》、《辐射工作场所分区管理规定》、《辐射安全与防护设施的维护与维修制度》、《安全保卫制度》、《患者管理规定》、《工作区域和环境辐射水平监测方案》、《监测仪表使用与检验管理制度》、《人员培训/再培训管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康管理制度》、《辐射事故应急预案》、《放射性“三废”管理规定》、《DSA 机操作流程》、《CT 机操作流程》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》、《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《环境监测设备使用与检定管理制度》、《放射防护安全保障制度》、《辐射监测计划》和《患者和受检者安全防护制度》等。

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）的相关规定要求项目运行时应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
*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。
	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。
	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,保证个人剂量检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。
	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。
	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。
*应急管理	结合本单位实际,制定可操作性的辐射事故应急预案,定期进行应急演练。
	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。应急预案当包括下列内容:①可能发生的辐射事故及危害程度分析:②应急组织指挥体系和职责分工:③应急人员培训和应急物资准备:④辐射事故应急响应措施:⑤辐射事故报告和处理程序。

注:表中标注有“*”内容为关键项,为强制性规范要求。

辐射安全管理规章制度和操作规程应落实到有关的工作岗位，并进行宣贯、培训、考核；应每年至少 1 次对辐射安全管理规章制度和操作规程的执行情况进行检查评估；应及时修订完善辐射安全管理规章制度和操作规程，确保其有效和适用，保证每个岗位所使用的为最新有效版本。

12.2.2 人员管理

本项目为新建项目，所有工作人员均为新招聘，本次评价针对新招聘的工作人员提出以下要求：

(1) 应组织辐射工作人员参加辐射安全与防护培训取得合格证书，持证上岗。辐射工作人员取得上岗证后，应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定，每五年进行再培训。项目运行期若新增人员，同样需要参加辐射安全培训并取得合格证书后持证上岗。

(2) 辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；上岗后的辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查；辐射工作人员脱离放射工作岗位时，应当对其进行离岗前的职业健康检查；工作人员职业健康检查工作应由职业健康检查机构承担。

(3) 辐射工作人员要接受个人剂量监测并建立个人剂量档案。辐射工作人员调动时，个人剂量档案将随其转给调入单位，个人剂量档案终身保存；个人剂量计的监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月；介入工作人员工作时每人应佩戴两个剂量计，在防护服内的左胸前和防护服外的衣领上分别佩戴，相关内外科的工作人员、护士应纳入辐射工作人员管理；工作人员个人剂量监测工作应委托具有相关资质的个人剂量监测技术服务机构进行。

(4) 应建立辐射工作人员培训档案、个人剂量监测档案和职业健康监护档案，其中培训档案应包括每次培训的课程名称、培训时间、考试或考核成绩等资料；个人剂量监测档案应包括：1) 历年常规监测的方法和结果等相关资料；2) 应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料；职业健康监护档案应包括：1) 职业史、既往病史和职业照射接触史；2) 历次职业健康检查结果及评价处理意见；3) 职业性放射性疾病诊疗、医学随访观察等健康资料。

12.3 辐射监测

12.3.1 个人剂量监测

本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；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。

12.3.2 工作场所和辐射环境监测

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；项目正式运营后，应定期对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。

12.3.3 自行监测方案

医院针对本次 DSA 项目，拟建立辐射环境自行监测方案，配备至少 2 台 α - γ 辐射巡测仪定期对机房周边环境进行巡检，发现异常应立即停止放射工作，并查找原因。监测方案如下：

(1) 监测项目：X 射线剂量率水平

(2) 监测设备：便携式辐射巡测仪

(3) 监测频次：建议每月 1 次

(4) 监测范围：工作场所周围及其楼上、楼下

(5) 监测布点和数据管理：点位包括机房所有防护门、铅玻璃及缝隙处，控制室、病患通道、医护通道、管线洞口、工作人员操作位、污物走廊、设备间。为保证辐射防护监测结果的合理性，在自主监测中应使用标准的检测条件，并尽量采用散射模体，模拟实际测量状况。对结果连同测量条件、测量方法和仪器、测量时间等一并记录并妥善保存，并根据标准要求，每年进行一次设备状态检测。监测计划见表 12-3。便携式辐射巡测仪应每年由法定计量单位进行一次检定校准。

(6) 监测质保：确保监测所用便携式辐射巡测仪经过检定校准并在计量周期内，利用委托监测获得的监测数据进行比对并建立比对档案。监测须采用国家颁布的标准方法或推荐方法并制定辐射环境监测管理制度。

表 12-3 项目辐射监测方案

监测因子	监测点位	监测方法	检测频次	检测条件
X/γ 空气吸收剂量率	每间 DSA 机房及复合手术手术室屏蔽墙体外表面 30cm 处（每侧至少两个点）、工作人员门、患者进出门、垃圾通道门、观察窗表面 30cm 处（上中下左中右九个点）、楼上距地 1.0m 处、楼下距地 1.7m 处，工作人员操作位、线缆口、锁眼及其他防护薄弱位置	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），使用便携式辐射巡测仪直读	建议 1 次/月	DSA:70kV、1mA、标准水模； CT：常用条件，准直宽度不小于 10mm、CT 体模

12.4 辐射事故应急

为有效防护、及时控制放射事故所致的伤害，加强射线装置安全监测和控制等管理工作，保障放射相关工作人员以及射线装置周围人员的健康安全，避免环境辐射污染，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）及其它有关法律、法规和职能部门要求，建设单位应建立辐射事故应急预案。应急预案应包括以下内容：

- （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。

依照《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）有关要求，针对可能发生的风险事故，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，执行辐射事故应急预案。

本评价针对项目的辐射事故应急提出以下要求：

医院应制定《辐射事故（件）应急预案》，包含对本项目使用 DSA 和 CT 机的辐射事故应急管理相关内容，依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、

《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，一旦发生辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理，保护工作人员和公众的健康与安全，同时在应急预案中进一步明确规定处理的组织机构及其职责分工、事故分级、应急措施、报告程序、联系方式等内容，能够满足医院实际辐射工作的需要。

发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。医院将每年至少组织一次应急演练。

12.5 环境保护投资估算

项目总投资 14700 万元，其中环保投资 556 万元，占总投资的 3.78%。环保投资主要用于辐射安全防护设施建设、辐射工作人员职业健康体检、个人防护用品及辐射监测仪器采购、工作人员上岗培训、个剂监测、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 本项目环保投资估算表

项目	设施（措施）	投资金额 （万元）
机房屏蔽防护	屏蔽墙、防护门、观察窗、顶地处理	350
安全与防护措施	电离辐射警告标志、工作状态指示灯、监控及对讲装置、制度上墙等	22
个人防护用品及辅助防护设施	辐射工作人员个人防护用品及辅助防护设施：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶帽子、介入防护手套、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 患者个人防护用品：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	66
通排风	通风系统、空气净化	88
辐射监测仪器	便携式辐射巡测仪	2
人员管理	人员体检、人员培训、个人剂量档案及健康档案	8
竣工验收	环境监测及竣工环境保护验收费用	20
合计		556

12.6 项目环保验收内容建议

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。验收合格后，并取得新的辐射安全许可证后，方可投入生产或使用。根据项目建设和运行情况，评价单位建议本项目竣工环境保护验收的内容见表 12-5。

表 12-5 环保设施竣工验收要求一览表

验收内容		验收要求	备注
环保资料		本项目审批后的环境影响报告表、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<5.0mSv；机房外公众成员年有效剂量<0.1mSv	GB18871-2002 及医院管理目标值要求
人员要求		辐射工作人员通过辐射安全与防护考核，放射体检无职业禁忌症	环境保护部令 第 3 号、第 18 号、生态环境部 7 号令
剂量率控制		DSA 介入手术室及复合手术室四周墙体外 30cm 处、防护门外 30cm 处、观察窗外 30cm 处、操作台、机房上方、机房下方、机房外电缆穿越处等，周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。	GBZ130-2020
设备数量及参数		DSA 设备数量及技术参数不超过本环评报告	/
个人剂量监测		每名介入手术放射工作人员在铅防护衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计；其他放射工作人员每人佩戴 1 枚个人剂量计。	/
监测仪器		便携式辐射巡测仪 2 台	
防护用品(每间 DSA 机房)	工作人员	辐铅橡胶围裙 14 个、铅橡胶颈套 14 个、铅橡胶帽子 14 个、铅防护眼镜 8 个	$\geq 0.5\text{mmPb}$
		介入防护手套 4 副	$\geq 0.025\text{mmPb}$
	患者	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾 1 个、	$\geq 0.25\text{mmPb}$

		铅橡胶颈套 1 个、铅橡胶帽子 1 个	
	硬件设施	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘 1 个、床侧防护帘/床侧防护屏 1 个	≥0.5mmPb
		移动铅防护屏风 1 个	≥2.0mmPb
辐射安全防护措施		<p>①机房各防护门上均设置电离辐射警告标志，醒目的工作状态指示灯，设置门灯连锁装置。</p> <p>②制度上墙（操作规程、人员岗位职责、应急程序等）。</p> <p>③机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。</p> <p>④机房设置机械通风系统，保持良好通风，机房内不得堆放无关杂物。</p> <p>⑤设备上自带急停开关；操作间与机房设对讲装置。</p> <p>⑥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。</p> <p>⑦防护用品与辅助防护设施齐全。</p> <p>⑧辐射工作场所建设和布局与环评报告表描述内容一致。辐射工作场所墙和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。</p> <p>⑨穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。</p>	
辐射安全管理		有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、年度评估制度等。	
应急预案		辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确了应急处理组织机构及职责、处理原则、信息传递、处理程序和处理技术方案等。配备必要的应急器材、设备。针对使用射线装置过程中可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急装备，进行过辐射事故（件）应急演练。	

表 13 结论与建议

结论

(1) 实践正当性

西安大兴渭水园医院拟新建 11 座 DSA 机房和配套设施用房，并安装 11 台 DSA(最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA)，1 台 CT(最大管电压 140kV，最大管电流 800mA)用于开展医疗影像诊断和引导介入治疗，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）辐射防护“实践正当性”原则。

(2) 选址合理性

西安大兴渭水园医院新建 11 间 DSA 机房分别位于院西门诊医技综合楼负一层介入中心、东门诊医技综合楼一层介入中心和东门诊医技综合楼四层手术部，与周围其他诊疗场所相对独立，50m 评价范围均为本院内部，周围无环境敏感点，项目运行后环境保护目标主要是辐射工作人员、其他医务人员、院内病患等。本项目射线装置机房与控制室分开，区域划分明确，选址及布局合理。

(3) 辐射环境现状

西安大兴渭水园医院项目所在地空气吸收剂量率为 39nGy/h~72nGy/h 之间，处于正常环境本底水平，辐射环境现状无异常。

(4) 环境影响评价

西安大兴渭水园医院使用 DSA 机及 CT 机项目拟采取的辐射防护屏蔽措施适当，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）相关要求。根据预测结果，在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下，本项目投入运行后对机房四周公众的年附加剂量最大为 84.59 μ Sv，即约 0.85mSv，对辐射工作人员的年附加剂量最大为 2.73mSv。能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众年有效剂量限值要求以及本项目管理目标限值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

(5) 辐射安全措施评价

本项目 DSA 机房入口处均拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态

指示灯并且和防护门联锁；DSA 机房设有闭门装置，射线装置机房内外均设置有急停按钮，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的要求。在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

（6）辐射安全管理评价

西安大兴渭水园医院使用 DSA 机及 CT 机项目为新建项目，项目运行前应按照环评要求完善各项规章制度，按照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29 号）的要求，设置辐射安全与环境保护管理机构，安排专（兼）职辐射安全管理人员，全面负责辐射安全管理相关工作，制定各项辐射安全管理规章制度，辐射安全管理人员和辐射工作人员持证上岗，建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。在完善环评相关要求的前提下，具备相应的辐射安全管理能力。

综上所述，西安大兴渭水园医院使用 DSA 机及 CT 机项目符合国家产业政策以及辐射防护实践正当性原则，选址合理。项目在严格落实本报告提出的各项辐射安全防护措施和辐射安全管理制度后，具备辐射活动相适应的核技术应用能力。项目运行期对周围环境的辐射影响可达到合理且尽可能低的水平，满足辐射防护最优化原则；项目运行所致辐射工作人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准限制要求，符合剂量限值约束原则。因此，从辐射安全和环境保护角度分析，项目建设可行。

建议

（1）本项目须在环评审批通过后，方可依据环评及批复的要求开工建设。

（2）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规章制度，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。

（3）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，经验收合格并取得辐射安全许可证后方可投入运行。

（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。

表 14 审批

<p>县（区）环保部门预审意见：</p>	
<p>经办人签字：</p>	<p>单位盖章：</p>
<p>年 月 日</p>	<p>年 月 日</p>
<p>市（地区）环保部门意见：</p>	
<p>经办人签字：</p>	<p>单位盖章：</p>
<p>年 月 日</p>	<p>年 月 日</p>