

表 1 项目基本情况

建设项目名称		乌鲁木齐友爱医院 DSA 核技术利用项目			
建设单位		乌鲁木齐友爱医院			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市会展大道东侧南邻奥体中心			
项目建设地点		乌鲁木齐友爱医院门诊楼三层			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资(万元)		950	项目环保投资(万元)	80	投资比例(环保投资/总投资) 8.42%
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 <sup>2</sup> )	277.36
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 建设单位简介

乌鲁木齐友爱医院（以下简称“医院”）是由乌鲁木齐城市建设投资（集团）有限公司承担建设、乌鲁木齐市妇幼保健院按照“一院两址”策略全面运营管理的以妇女儿童医疗特色突出的公立三级综合医院。

医院位于米东区会展大道 3838 号，占地 5.2 万平方米（约 78 亩），一期总建筑面积 6.2 万平方米。主要建筑包括：门急诊楼、医技楼、住院楼、生态大厅、230

个立体停车位系统等。医院配备有德国西门子 64 排螺旋 CT、美国 GE1.5T 核磁共振、飞利浦数字化 DR 摄片机、GE 骨密度扫描仪、移动数字 DR 等先进的放射诊断设备。

#### **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。为推动医院整体发展，更好地为患者服务，医院拟新增 1 台数字减影血管造影装置（以下简称 DSA），用于介入诊断及辅助治疗。

根据《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。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，乌鲁木齐友爱医院 DSA 核技术利用项目应编制环境影响报告表。

西安旭奥环境科技有限公司（环评单位）接受医院委托，承担该项目的环评工作。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《乌鲁木齐友爱医院 DSA 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 产业政策合理性**

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号，2023 年 12 月 27 日）鼓励类中“十三、医药-4. 高端医疗器械创新发展：……新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端

放射治疗设备……”，满足国家相关法律法规和政策规定，符合国家产业政策。

### 1.1.4 项目概况

#### 1.1.4.1 建设规模

医院拟将门诊楼（地上3层，地下1层）三层原库房、休闲区、值班室和会议室改造为 DSA 手术室和相关辅助用房，拟在 DSA 手术室配置 1 台 Artis Zee III Ceiling 型 DSA（II 类医用射线装置，最大管电压 125kV、最大管电流 1000mA）。改建后的工作场所包括 DSA 手术室、控制室、备品间、疏散走道、患者等候区、留观区、更衣室、淋浴间、医生通道、设备间、会议室等。

具体改造内容为：拟将原库房和休闲区部分区域改造为 DSA 手术室，屋顶和地板均维持现状，为扩大手术室使用面积，将原库房南墙拆除并重新设计，拟在机房南墙增加设计工作人员门和污物门，在机房东墙增加设计患者门，改造完成后 DSA 手术室南北长 7.8m，东西宽 7.6m。

原休闲区自西向东依次改造为疏散通道、控制室和备品间，原库房东侧值班室 1 自北向南依次改造为患者等候区、留观区及走道，值班室 2 自北向南依次改造为男更衣室、淋浴间、女更衣室、卫生间和医生通道，原休闲区东侧会议室改造为设备间和走道。

#### 1.1.4.2 主要技术参数

##### （1）设备主要技术参数

DSA 设备技术参数详见表 1-1。

表 1-1 DSA 设备主要技术参数一览表

设备	型号	主要参数	类别	拟放置位置
DSA	Artis Zee III Ceiling	最大管电压：125kV 最大管电流：1000mA	II 类	门诊楼三层 拟建 DSA 手术室

##### （2）DSA 手术室辐射防护屏蔽参数

根据医院提供的资料，项目 DSA 手术室的建设规模见表 1-2，辐射防护屏蔽参数详见表 1-3。

表 1-2 项目 DSA 手术室建设规模参数一览表

位置	建设规模
DSA 手术室	南北长 7.8m、东西宽 7.6m、高 2.71m，有效使用面积 59.28m <sup>2</sup>

注：机房装饰吊顶高度为 2.71m，建筑层高为 4.0m。

**表 1-3 DSA 手术室的辐射防护屏蔽参数一览表**

位置	原有屏蔽措施 (等效铅当量)	新增屏蔽措施	总屏蔽能力 (等效铅当量)
四周墙体	200mm 加气块墙	60mm 硫酸钡水泥 (3.33mmPb)	3.33mmPb
屋顶	140mm 混凝土 (1.73mmPb)	2mmPb 硫酸钡板	3.73mmPb
地板	140mm 混凝土+7mm 碳纤维加固层 (1.73mmPb)	30mm 硫酸钡水泥 (1.83mmPb)	3.56mmPb
患者门	/	4mmPb 电动推拉门	4mmPb
工作人员门	/	4mmPb 手动单开门	4mmPb
污物门	/	4mmPb 手动单开门	4mmPb
观察窗	/	4mmPb 铅玻璃和窗框	4mmPb

注：管电压 125KV 下，140mm 混凝土等效铅当量约为 1.73mmPb。

根据《辐射防护手册 第三分册》第 62 页表 3.3, 在管电压 150kV 条件下, 15mm 硫酸钡水泥(密度 3.2g/cm<sup>3</sup>)相当于 1mm 铅当量, 33mm 硫酸钡水泥(密度 3.2g/cm<sup>3</sup>)相当于 2mm 铅当量, 采用内插法计算得出 30mm 硫酸钡水泥 (密度 3.2g/cm<sup>3</sup>) 相当于 1.83mm 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, 38mm 硫酸钡水泥(密度 2.7g/cm<sup>3</sup>)相当于 2mm 铅当量, 65mm 硫酸钡水泥(密度 2.7g/cm<sup>3</sup>)相当于 3mm 铅当量, 采用内插法计算得出 60mm 硫酸钡水泥 (密度 2.7g/cm<sup>3</sup>) 相当于 2.81mm 铅当量。根据医院提供的资料, 本项目施工用硫酸钡水泥密度为 3.2g/cm<sup>3</sup>, 采用密度折算法得出 60mm 硫酸钡水泥(密度 3.2g/cm<sup>3</sup>)相当于(2.81/2.7)×3.2=3.33mm 铅当量。

### 1.1.5 劳动定员及工作负荷

#### 1.1.5.1 劳动定员

本项目拟配备 3 名辐射工作人员, 包括介入手术医生、护士和放射影像技师各 1 名。介入手术医生和护士均从医院现有临床科室调配, 影像技师从医院现有辐射工作岗位调配。项目投入运行后, 影像技师同时还将参与院内其他辐射工作, 介入手术医生和护士固定设置, 不兼职其他放射性工作。

本项目拟配备工作人员情况见表 1-4。

表 1-4 本项目拟配备工作人员情况

场所	职业类别	人数	新聘/调配
门诊楼三层 DSA 手术室	医师	1	从医院现有临床科室调配
	护士	1	
	影像技师	1	从医院现有辐射工作岗位调配

#### 1.1.5.2 工作负荷

本项目 DSA 投入使用后，预计每年最多手术 200 例，平均每台手术透视时间 10min，年累计出束时间 33.4h；摄影 0.5min，年累计出束时间 1.7h。

#### 1.1.6 项目选址及周边环境概况

##### 1.1.6.1 医院周边环境关系

医院位于新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市米东区会展大道 3838 号，地理坐标为东经：87°37'45"，北纬：43°53'36"。医院东侧和南侧均为空地，西邻会展大道，西侧隔路为红光山旅游景区，北侧为奥体中心。医院地理位置见图 1-1，医院周边环境关系见图 1-2。

##### 1.1.6.2 医院总平面布局

医院主体由一栋裙楼构成，主要包括门诊楼、住院楼和医技/后勤楼。医院污水处理站等其他配套设施单独建设。本项目拟建 DSA 手术室位于门诊楼三层，门诊楼东北侧为医技/后勤楼、东侧为生态中庭和住院楼，西南侧为污水处理站，南侧、西侧和北侧均为院内道路。医院总平面布局见图 1-3。

##### 1.1.6.3 项目所在区域的总平面布置

拟建 DSA 手术室东侧为走道和留观区，南侧为控制室和疏散通道，西侧为楼梯间，北侧为卫生间，楼上为屋顶，楼下为一层室外安全通道挑空区。拟建 DSA 手术室及周围区域改造前现状见图 1-4，拟建 DSA 手术室改造前平面布局示意图见图 1-5，改造后平面布局及医患流动路线示意图见图 1-6。

##### 1.1.6.4 项目选址合理性分析

本项目 DSA 手术室位于门诊楼三层，本项目 50m 范围内可能受影响的环保目标为门诊楼东北侧医技/后勤楼、生态中庭、住院楼，南侧院内道路、室外停车场和空地，西侧和北侧均在门诊楼范围内。本项目选址周围基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力、电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。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。



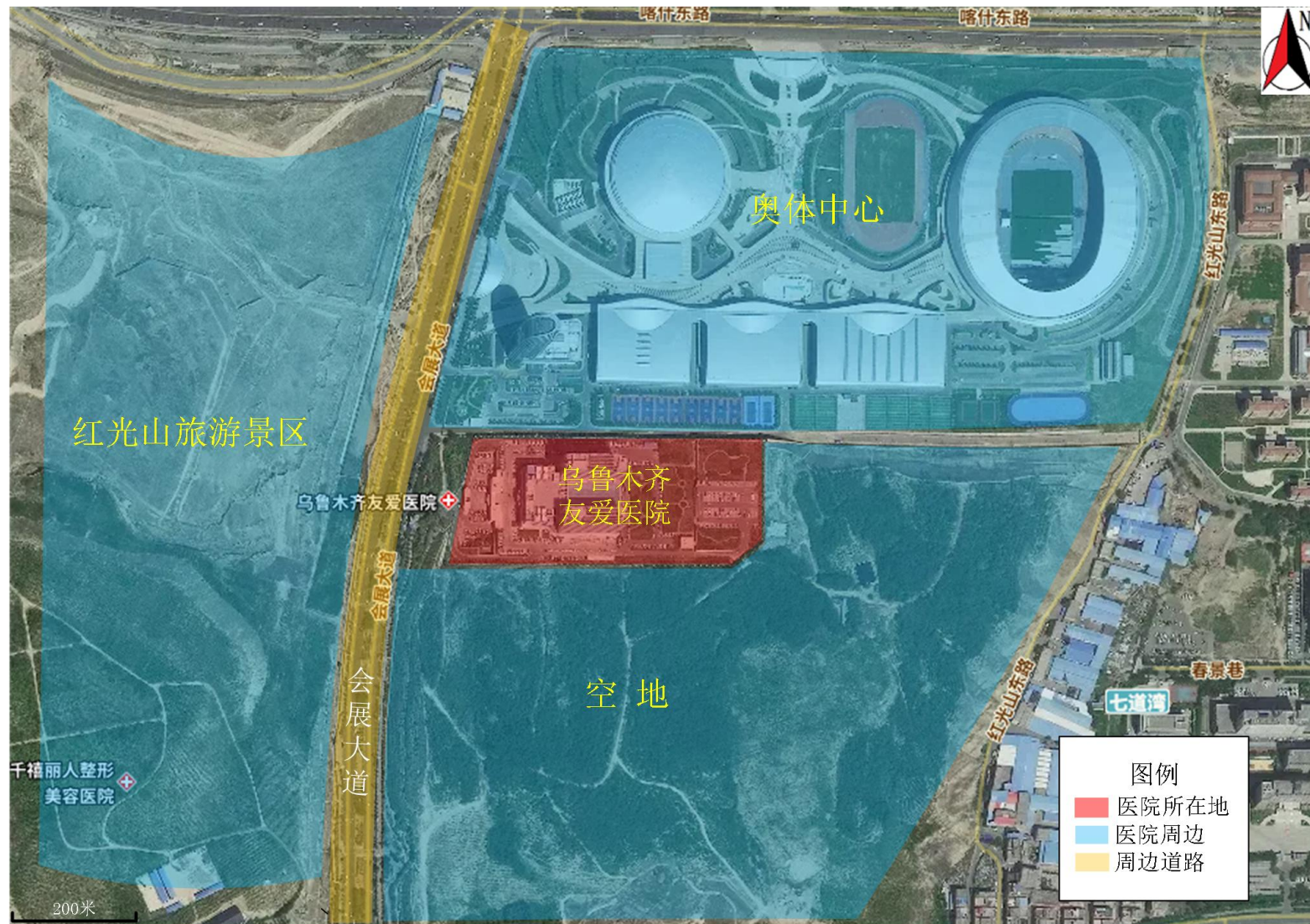


图 1-2 医院周边环境关系图



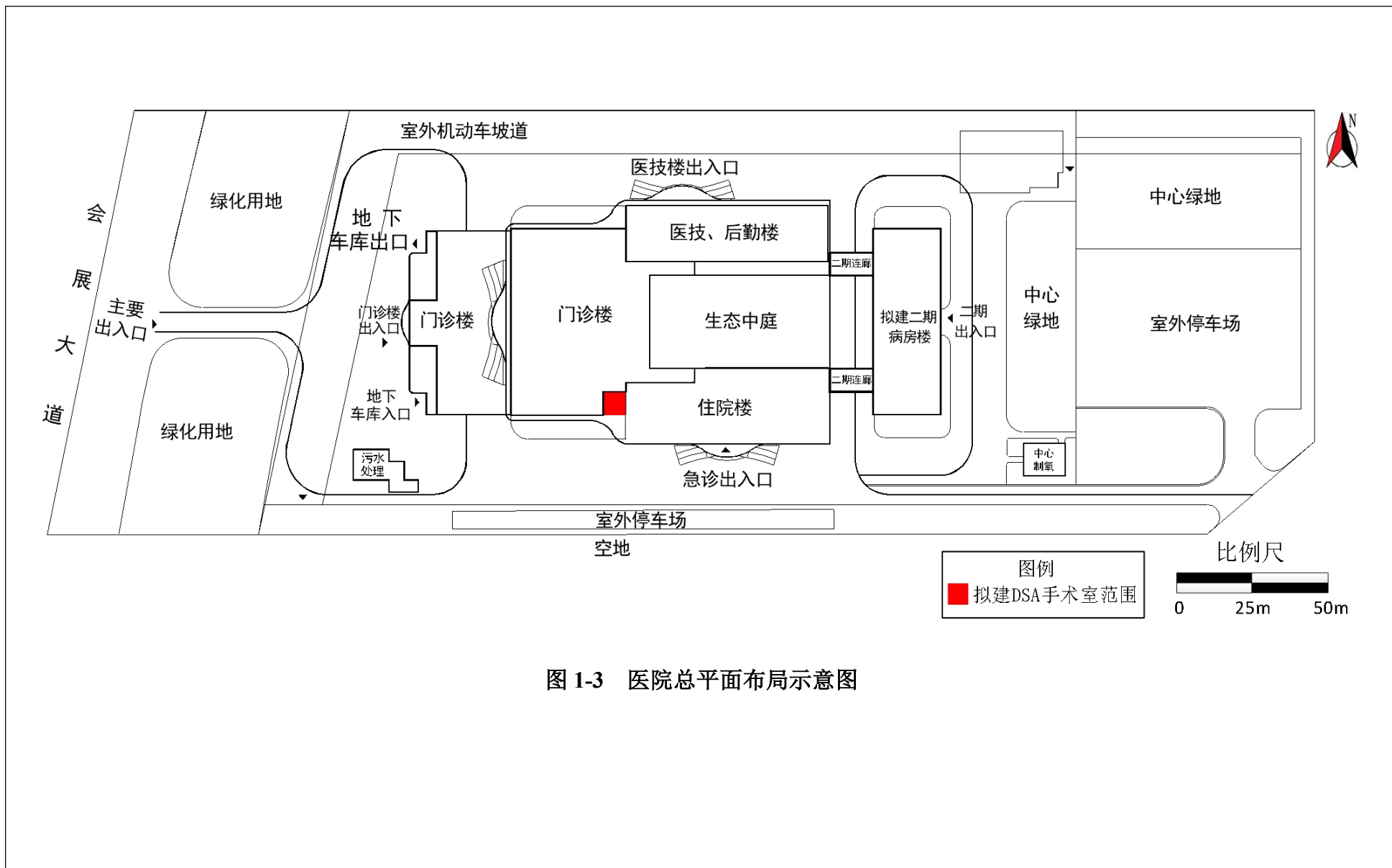


图 1-3 医院总平面布局示意图



原库房及休闲区

图 1-4 拟建 DSA 手术室及周围区域改造前现状（门诊楼三层）

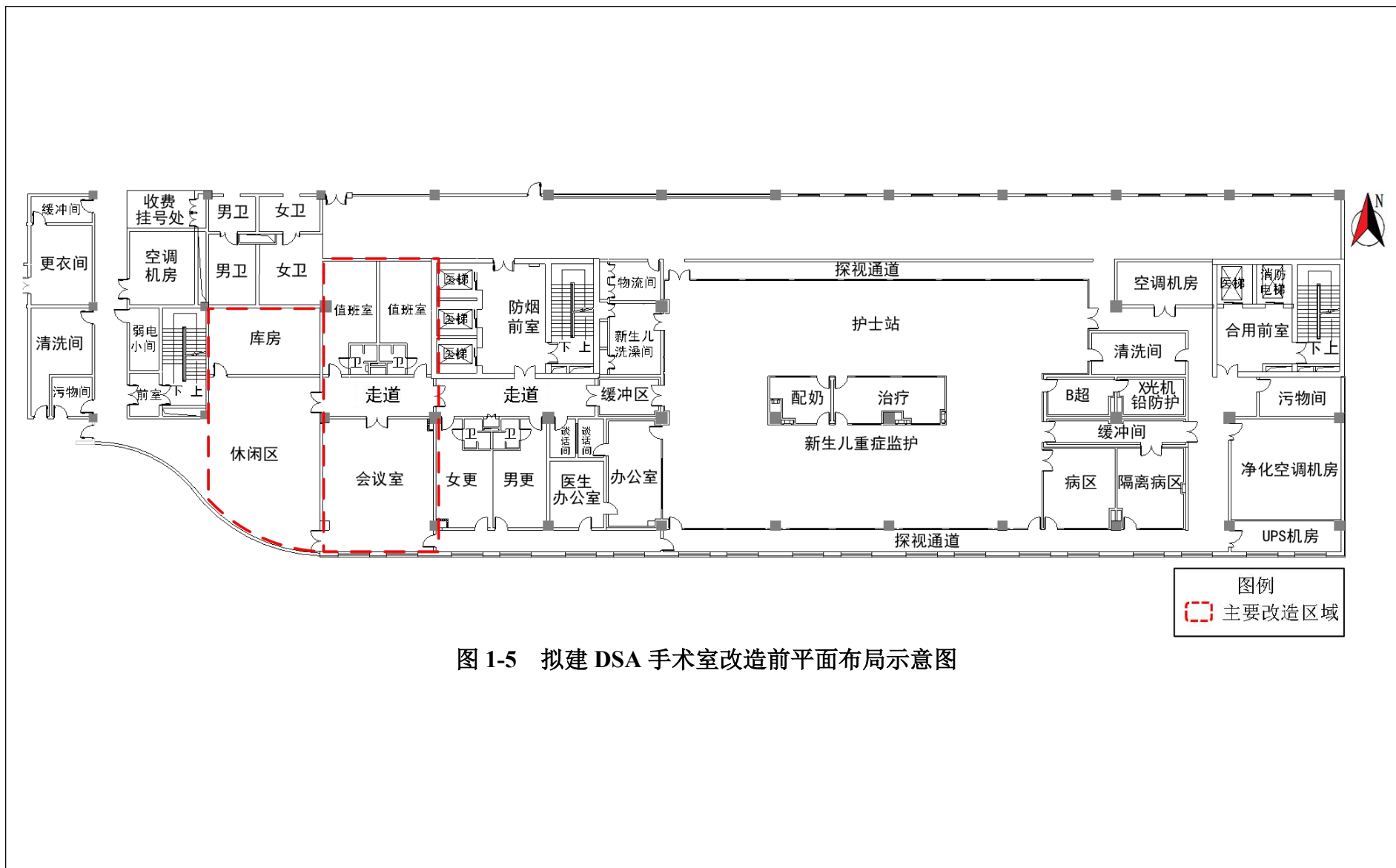


图 1-5 拟建 DSA 手术室改造前平面布局示意图

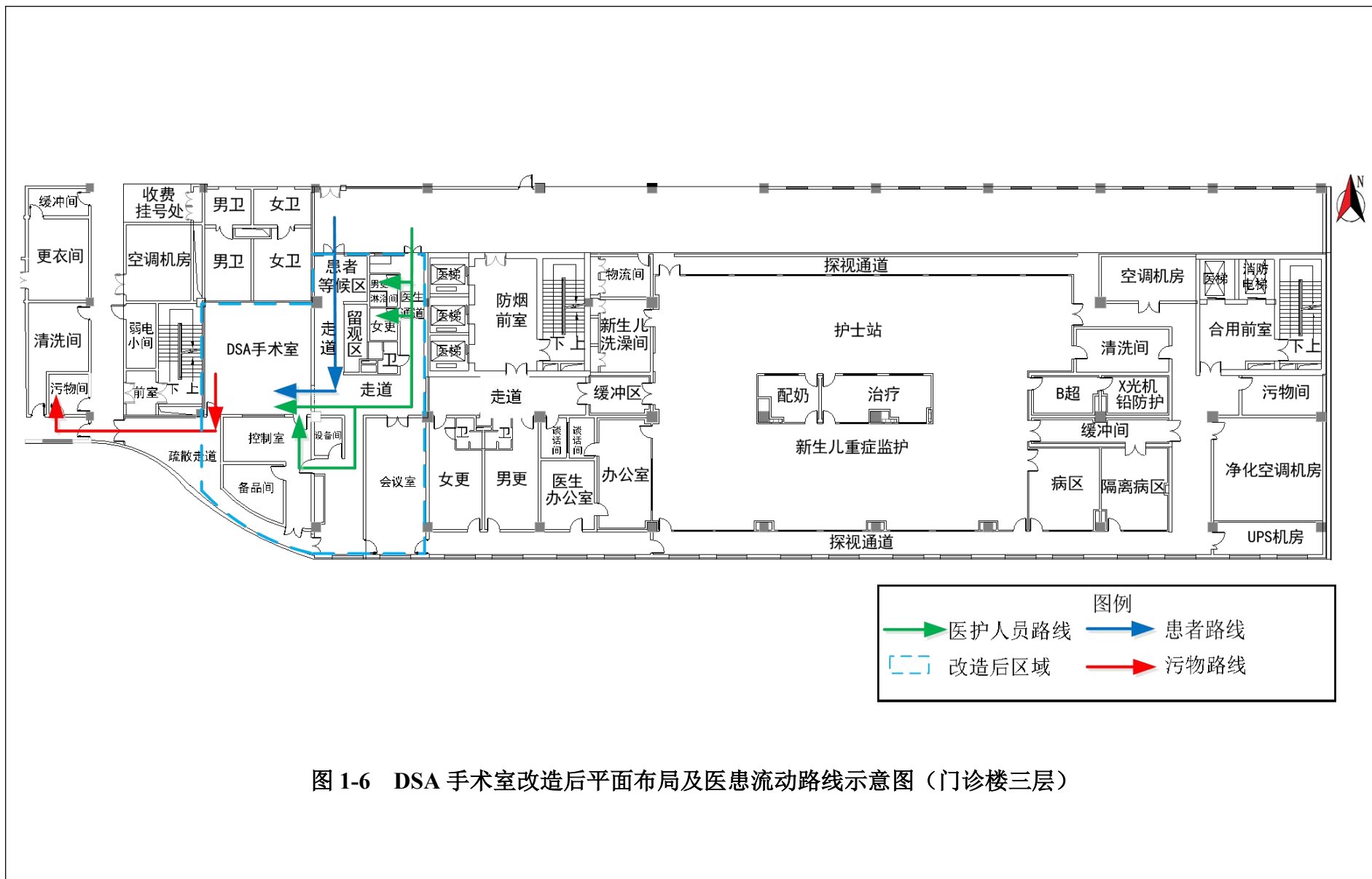


图 1-6 DSA 手术室改造后平面布局及医患流动路线示意图 (门诊楼三层)

## 1.2 已有核技术利用项目许可情况

### 1.2.1 环保手续履行情况

医院现有 12 台 III 类射线装置，环保手续履行情况见表 1-5。

表 1-5 现有核技术利用项目及其环保手续履行情况

序号	名称	型号	类别	环保手续履行情况	
1	移动 X 线摄影机	MobiEye 700T	III 类	备案号：201965010900000350	均已取得辐射安全许可证，新环辐证[G0181]。
2	X 射线牙片机	RAY68 (M)	III 类		
3	64 排螺旋 CT	SMATOM Definition AS	III 类		
4	数字化医用 X 射线摄影系统	DigitalDi agnost C50 65 HAT	III 类		
5	数字化医用 X 射线摄影系统	DigitalDi agnost C50 65 HAT	III 类		
6	X 射线骨密度检测仪	Lunar iDXA	III 类		
7	数字化乳腺 X 线摄影机	Selenia Dimensions	III 类		
8	多功能数字化胃肠机	FLEXAVISION PLUS	III 类		
9	40 排螺旋 CT	uCT550	III 类	备案号：202165010900000051	
10	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	PP3-1	III 类	备案号：202165010900000328	
11	移动式 C 型臂 X 射线机	OEC One ASD	III 类	备案号：202465010900000081	
12	车载式数字 X 射线摄影装置 (DR)	PLD3800D	III 类		

### 1.2.2 核技术利用现状及现有辐射安全许可证

医院现持有乌鲁木齐市生态环境局 2024 年 11 月 18 日核发的辐射安全许可证，（新环辐证[G0181]），许可的种类和范围：使用 III 类射线装置，有效期至 2029 年 11 月 17 日。

辐射安全许可证核准的种类和范围见表 1-6。

表 1-6 新环辐证[G0181]核准的种类和范围

序号	装置名称	型号	类别	管电压 (kV)	管电流 (mA)	装置数量	活动种类	安装位置
1	移动 X 线摄影机	MobiEye 700T	III 类	150	500	1 台	使用	门诊楼三楼 新生儿科拍片室
2	X 射线牙片机	RAY68 (M)	III 类	70	7	1 台	使用	门诊四楼 口腔科牙片室
3	64 排螺旋 CT	SMATOM Definition AS	III 类	140	666	1 台	使用	门诊一楼 放射科 CT2 室
4	数字化医用 X 射线摄影系统	DigitalDi agnost C50 65 HAT	III 类	150	1000	1 台	使用	门诊一楼 放射科 DR1 室
5	数字化医用 X 射线摄影系统	DigitalDi agnost C50 65 HAT	III 类	150	1000	1 台	使用	门诊一楼 放射科 DR2 室
6	X 射线骨密度检测仪	Lunar iDXA	III 类	100	2.5	1 台	使用	门诊一楼 放射科骨密度室
7	数字化乳腺 X 线摄影机	Selenia Dimensions	III 类	49	100	1 台	使用	门诊一楼放射科 乳腺钼靶室
8	多功能数字化胃肠机	FLEXAVISION PLUS	III 类	150	500	1 台	使用	门诊一楼放射科 胃肠透视室
9	40 排螺旋 CT	uCT550	III 类	140	380	1 台	使用	门诊一楼放射科 CT1 室
10	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	PP3-1	III 类	90	14	1 台	使用	门诊一楼放射科 口腔 CT 室
11	移动式 C 型臂 X 射线机	OEC One ASD	III 类	120	25	1 台	使用	南五楼手麻科 手术 2 室(住院楼)
12	车载式数字 X 射线摄影装置 (DR)	PLD3800D	III 类	150	630	1 台	使用	体检车

### 1.2.3 辐射安全管理现状

医院遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律、法规，配合各级生态环境保部门监督和指示，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度建立、落实以及档案管理等方面运行较好。

#### (1) 辐射防护管理机构设置情况

医院已成立辐射安全管理领导小组，任命院长为领导小组的组长，党委书记为副组长，成员为医务科主任、质量管理科负责人、设备科副主任、影像科负责

人，辐射防护管理领导小组办公室设在影像科，影像科负责人为兼职辐射安全管理人员，具体负责医院的辐射防护工作。

#### (2) 规章制度建设及落实情况

医院制定了一系列辐射防护管理规章制度包括辐射防护和安全保卫制度、操作制度、设备维修维护制度、辐射工作人员培训制度、辐射工作人员个人体检制度、工作场所环境辐射水平监测、辐射工作岗位职责、辐射事故应急预案等，能够满足医院现状管理要求，并严格按照规章制度执行。

#### (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 14 名，其中有 10 名辐射工作人员参加了国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的考核，4 名辐射工作人员参加了医院自行组织的辐射安全与防护培训自主考核，并对考核资料均进行了存档。

#### (4) 职业健康检查

医院从事辐射工作的 14 名工作人员分别于 2023 年 3 月、5 月、10 月、11 月和 2024 年 1 月、5 月在新疆维吾尔自治区职业病防治院进行了职业健康体检，建立了职业健康检查档案并存档。根据医院提供的 2023~2024 年度辐射工作人员职业健康体检报告单，14 名辐射工作人员体检结果均显示“可从事或可继续从事放射工作”。

#### (5) 个人剂量监测情况

医院为 14 名辐射工作人员均配备了个人剂量计，并委托新疆维吾尔自治区职业病防治院对其进行职业性外照射个人剂量监测，建立了个人剂量档案并存档。根据医院提供的 2023 年 9 月~2024 年 6 月的个人剂量检测报告显示，辐射工作人员连续四个季度的累积剂量最大值为 1.14mSv。因此，医院全部辐射工作人员连续四个季度的个人剂量累积值均满足不大于 5mSv 的剂量管理目标值。

#### (6) 工作场所及辐射环境监测情况

医院于 2024 年 6 月、9 月和 10 月分别委托新疆维吾尔自治区职业病防治院和新疆德海忠正检测技术服务有限公司对 11 台射线装置的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。检测结果汇总见表 1-7。

表 1-7 辐射工作场所关注点最大 X-γ辐射剂量率

序号	设备名称	规格型号	检测条件		最大周围剂量当量率 (μSv/h)	标准限值 (μSv/h)	场所位置
1	X 射线牙片机	RAY68 (M)	管电压 70kV、管电流 7mA、曝光时间 0.4s		0.14	2.5	门诊四楼口腔科牙片室
2	64 排螺旋 CT	SMATOM Definition AS	管电压 120kV、管电流时间积 350mAs、曝光时间 7.3s		0.26	2.5	门诊一楼放射科 CT2 室
3	数字化医用 X 射线摄影系统	DigitalDiagnost C50 65 HAT	管电压 117kV、管电流 100mA、曝光时间 0.2s		0.54	25	门诊一楼放射科 DR1 室
4	数字化医用 X 射线摄影系统	DigitalDiagnost C50 65 HAT	管电压 117kV、管电流 100mA、曝光时间 0.2s		0.72	25	门诊一楼放射科 DR2 室
5	X 射线骨密度检测仪	Lunar iDXA	管电压 100kV、管电流 2.5mA、曝光时间 47s		0.15	2.5	门诊一楼放射科骨密度室
6	数字化乳腺 X 线摄影机	Selenia Dimensions	管电压 35kV、管电流时间积 282mAs、曝光时间 1.29s		0.14	2.5	门诊一楼放射科乳腺钼靶室
7	多功能数字化胃肠机	FLEXAVISION PLUS	摄影模式检测条件	管电压 120kV、管电流 100mA、曝光时间 0.2s	4.69	25	门诊一楼放射科胃肠透视室
			透视模式检测条件	管电压 92kV、管电流 3.1mA、曝光时间 10s			
8	40 排螺旋 CT	uCT550	管电压 120kV、管电流时间积 350mAs、曝光时间 9.7s		0.29	2.5	门诊一楼放射科 CT1 室
9	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	PP3-1	管电压 90kV、管电流 10mA、曝光时间 14.5s		0.16	2.5	门诊一楼放射科口腔 CT 室
10	移动式 C 型臂 X 射线机	OEC One ASD	管电压 103kV、管电流 2.1mA		0.16	2.5	南五楼手麻科手术 2 室 (住院楼)
11	车载式数字 X 射线摄影装置 (DR)	PLD3800D	管电压 120kV、管电流 100mA、曝光时间 0.2s		2.19	25	体检车



根据检测报告可知，11 台射线装置工作场所的辐射防护检测结果均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准要求。1 台移动 DR 机（MobiEye700）无固定使用场所，故未进行防护检测。

（7）工作场所及辐射环境监测情况

医院尚未配备 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测仪。

#### **1.2.4 医院现存问题及提出的改进要求**

##### **1.2.4.1 医院现存问题**

医院尚未配备 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测仪。

##### **1.2.4.2 改进建议**

医院应配备 1 台 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测仪，每年将其送至有资质的计量站进行检定或校准，并将检定或校准证书存档。

**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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及生产的中子流强度（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：日最大等效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》（GB18871-2002）。

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	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	1台	Artis Zee III Ceiling	125	1000	介入诊断/辅助治疗	门诊楼三层 DSA 手术室	/

(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 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氘靶情况			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	气体	/	/	少量	/	/	/	通过动力通风装置排出手术室，最终排放至门诊楼门厅上空

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

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度年排放总量分别用比活度（Bq/L，或 Bq/kg，或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

**表 6 评价依据**

<p><b>法规 文件</b></p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（修订）》，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）》，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》，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449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》，原环保部令第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&lt;射线装置分类&gt;的公告》，原环境保护部、原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&lt;放射性废物分类&gt;的公告》；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》生态环境部令第16号，2021年1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，2006年9月26日起施行；</p> <p>(12) 《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>(13) 《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》，新疆维吾尔自治区人民政府令第192号，2015年7月1日施行；</p> <p>(14) 《新疆维吾尔自治区环境保护条例》，新疆维吾尔自治区第十三届人民代表大会常务委员会公告第11号，2018年9月21日修订；</p> <p>(15) 《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>(16) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告2021</p>
-------------------------	---

	<p>年第9号)，自2021年3月15日起施行；</p> <p>(17) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，原卫生部令第55号，2007年11月1日施行。</p>
技术标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(2) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(3) 《职业性外照射个人检测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(4) 《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>(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>
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

项目拟配置的 DSA 为 II 类射线装置，根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“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”，结合项目实际选址，确定项目辐射环境影响评价的范围为 DSA 手术室防护屏蔽墙体外 50m 内区域。项目环境影响评价范围见图 7-1。

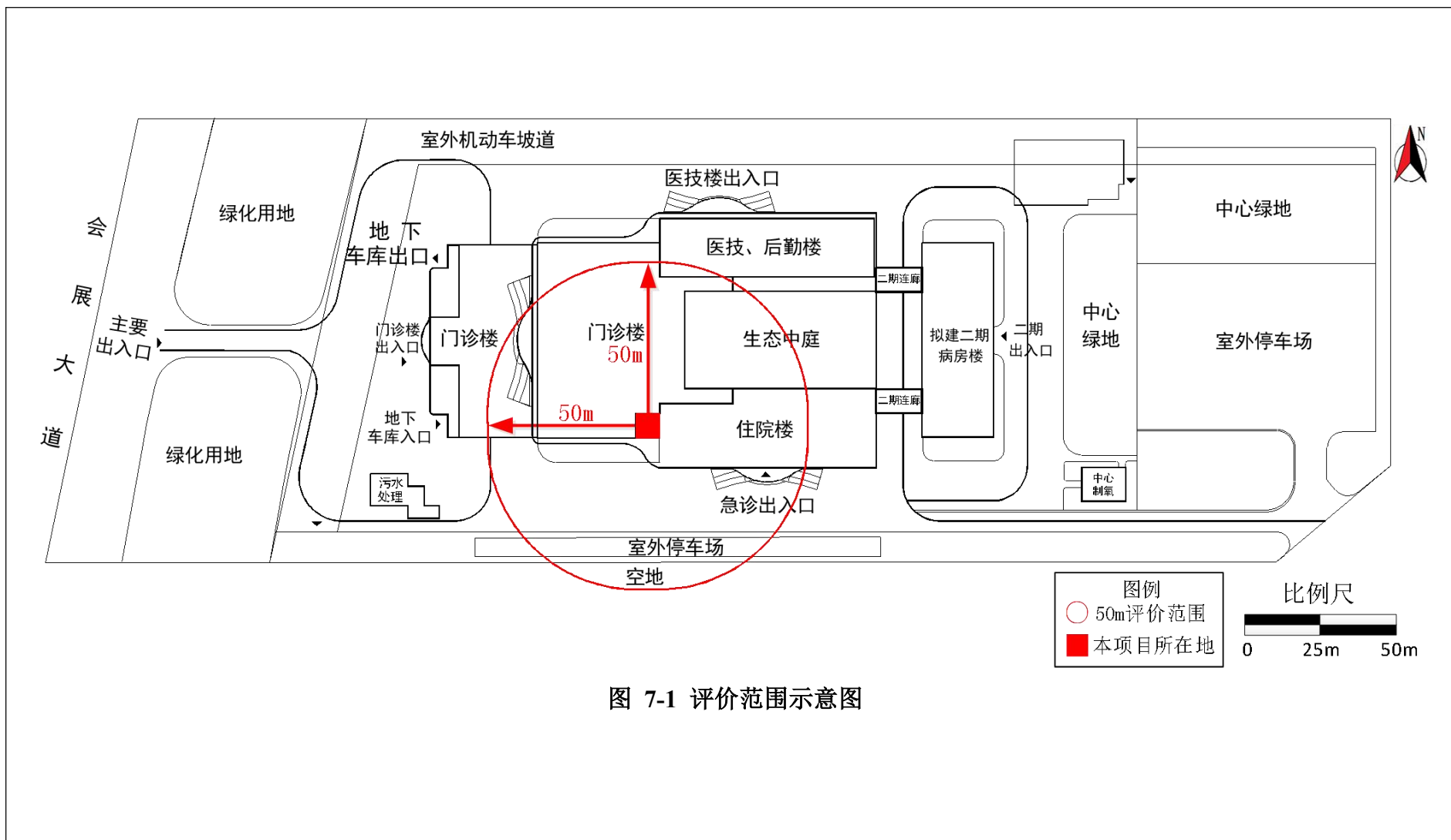


图 7-1 评价范围示意图



## 7.2 主要环境保护目标

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。

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 <sup>①</sup>	2 人 (辐射工作人员)	≤5mSv/a (职业工作人员)	
2	控制室	南	0.3m	1 人 (辐射工作人员)		
3	疏散走道	南	0.3m	流动人员	≤0.1mSv/a (公众人员)	
4	电梯间	西	0.3m	流动人员		
5	男卫生间	北	0.3m	流动人员		
6	女卫生间	北	0.3m	流动人员		
7	走道	东	0.3m	约2人 (公众)		
8	留观区	东	2.2m	约2人 (公众)		
9	屋顶	上	4.5m <sup>②</sup>	1~2人 (检修人员)		
10	一层安全通道挑空区	下	6.8m <sup>③</sup>	流动人员		
11	门诊楼三层 DSA 手术室 (三层)		门诊楼三层 DSA 手术室外, 门诊楼内其他 50m 范围内保护目标 (缓冲间、更衣间、清洗间、污物间、收费挂号处、空调机房、备品间、设备间、会议室、谈话间、医生办公室等)			
12	医技/后勤楼	东北	约 45m	约30名其他非辐射工作人员及流动人员		
13	生态中庭	东	9m	流动人员		
14	住院楼	东	0.3m	约40名其他非辐射工作人员及流动人员		
15	院内道路	南	10m	流动人员		
16	室外停车场	南	33m	流动人员		
17	空地	南	41m	流动人员		

注: <sup>①</sup>表示距辐射源点最近距离;

<sup>②</sup>表示顶棚上方 (楼上) 距顶棚地面 1.0m;

<sup>③</sup>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表 7-2 所示。

**表 7-2 本项目评价标准一览表**

一、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		
二、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 2.5 $\mu$ Sv/h; 测量时, X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。				《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 25 $\mu$ 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。					
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 <sup>2</sup> )		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。					

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“辐射防护安全与最优化原则”。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) 辐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

医院位于新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市会展大道东侧南邻奥体中心，地理坐标为东经：87°37'45"，北纬：43°53'36"。医院东侧和南侧均为空地，西邻会展大道，西侧隔路为红光山旅游景区，北侧为奥体中心。

医院地理位置见图 1-1，医院总平面布局见图 1-3。

#### 8.1.2 项目场所位置

项目拟在医院门诊楼三层建设一间 DSA 手术室。项目改造前的布局见图 1-5。

### 8.2 辐射环境质量现状

#### 8.2.1 监测方法

为了解项目拟建场地及周边环境 $\gamma$ 辐射本底水平，本次评价采用陕西新高科辐射技术有限公司于 2024 年 11 月 8 日对项目场地周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率检测报告中相关数据（检测报告编号：FHJC-SXGK-122024204）。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	监测日期和频次
$\gamma$ 剂量率	拟建 DSA 机房及周围区域 1#~20#	2024 年 11 月 8 日， 每个点位连续检测 10 次
监测方法：《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）		

#### 8.2.2 监测点位

环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测点位布设情况详见图 8-1。

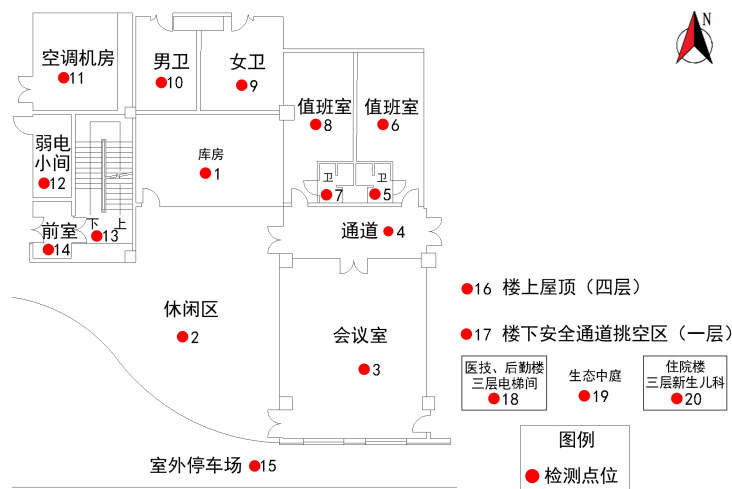


图 8-1 拟建 DSA 机房及周围区域检测点位图

### 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、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪 FD-3013H-5877	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]-L0133	2024.3.01~2025.2.28

### 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到达性，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 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）进行检测；

③检测仪器每年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 DSA 机房及周围区域环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果见表 8-3。

表 8-3 拟建 DSA 机房及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率检测结果

点位编号	点位描述	检测结果 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	
		平均值	标准差
1	库房内检测点	0.10	0.006
2	拟建 DSA 手术室南侧休闲区	0.10	0.008
3	拟建 DSA 手术室东南侧会议室	0.10	0.007
4	拟建 DSA 手术室东侧通道	0.11	0.008
5	拟建 DSA 手术室东侧卫生间①	0.11	0.007
6	拟建 DSA 手术室东侧值班室①	0.11	0.006
7	拟建 DSA 手术室东侧卫生间②	0.11	0.007
8	拟建 DSA 手术室东侧值班室②	0.10	0.006
9	拟建 DSA 手术室北侧女卫生间	0.10	0.007

10	拟建 DSA 手术室北侧男卫生间	0.10	0.007
11	拟建 DSA 手术室东北侧空调机房	0.10	0.008
12	拟建 DSA 手术室西侧弱电小间	0.10	0.007
13	拟建 DSA 手术室西侧电梯间	0.10	0.008
14	拟建 DSA 手术室西侧前室	0.11	0.008
15	拟建 DSA 手术室室外停车场	0.09	0.008
16	拟建 DSA 手术室楼上屋顶	0.10	0.007
17	拟建 DSA 手术室楼下安全通道挑空区	0.09	0.007
18	医技、后勤楼三层电梯间检测点	0.10	0.007
19	生态中庭检测点	0.10	0.008
20	住院楼三层新生儿科检测点	0.10	0.006
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 0.012 $\mu$ Gy/h，建筑物对宇宙射线的屏蔽因子按原野/道路取 1（点位 15、点位 16、点位 17、点位 1/9），其余点位按楼房取 0.8。			

由表 8-3 可知，拟建 DSA 机房及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率均值为 0.09~0.11 $\mu$ Gy/h（已扣除宇宙射线），即 90~110nGy/h，与《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中“乌鲁木齐市室内 $\gamma$ 辐射剂量率为 48.1~128.8nGy/h”基本处于同一水平，表明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 设备主要由 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。

本项目数字减影血管造影机外观图见图 9-1。

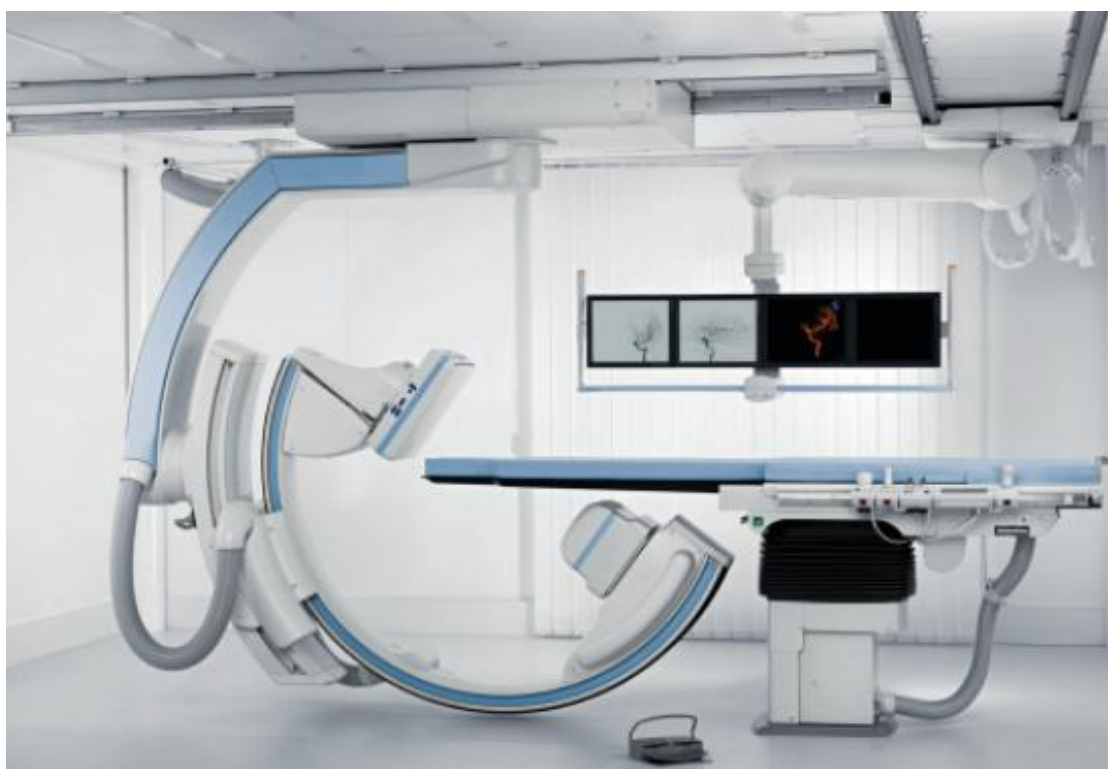


图 9-1 本项目数字减影血管造影机外观图

### 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。

数字减影血管造影设备（DSA）工作示意图见图9-2。

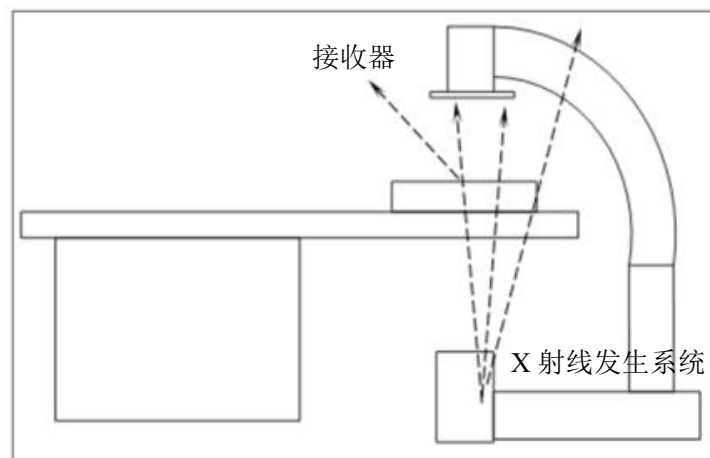


图 9-2 DSA 工作示意图

### 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，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后进入操作间，关好防护门。医师、操作人员通过操作间的电子计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医师根据该图像确诊患者病变范围、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。

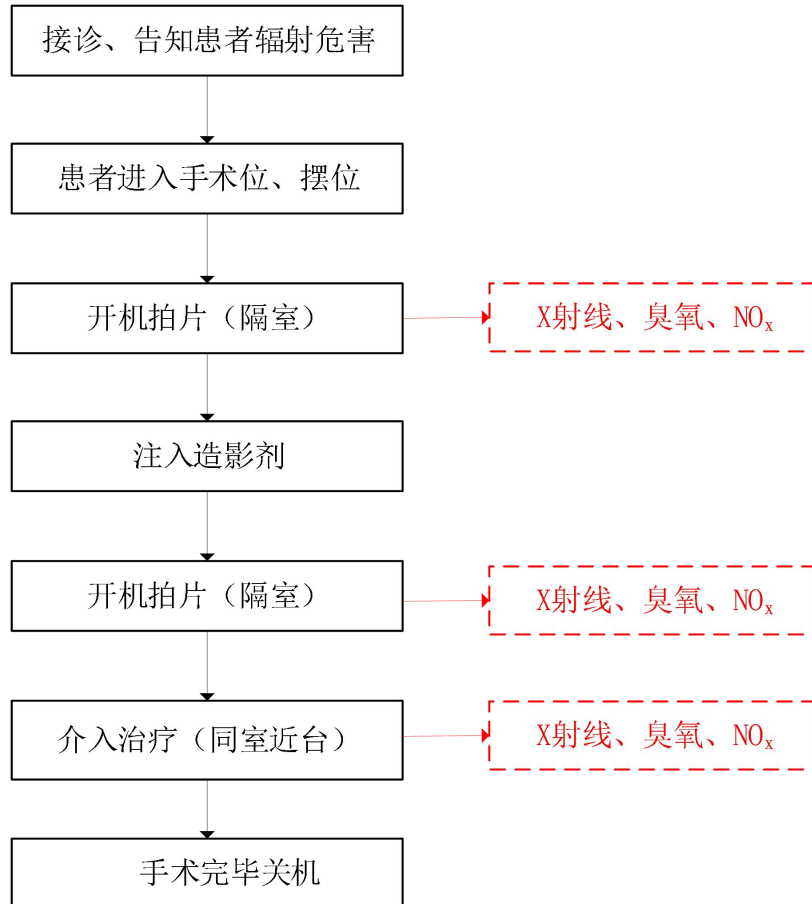


图 9-3 DSA 操作流程及产污环节示意图

#### 9.1.5 医护、患者、污物流动路线

(1) 医护人员流动路线：医护人员在更衣室更衣后经医生通道通过患者防护门进入 DSA 手术室；或沿走道进入控制室，再由工作人员防护门进入 DSA 手术室。

(2) 患者流动路线：患者由患者等候区经走道进入 DSA 手术室。

(3) 污物流动路线：DSA 手术室污物在术后打包，由南侧污物门运出至污物间存放，定期送往医疗废物中心，并委托有资质的单位处置。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 1-6。

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 正常工况下污染途径

#### (1) X 射线

DSA 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。

#### (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均为医院现有工作人员，故无废水增加。

#### (4) 固体废物

DSA 手术室主要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) 与诊疗无关的人员在未撤离手术室，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 项目安全设施

#### 10.1.1 平面布局

本项目 DSA 手术室的平面布局合理性分析见表 10-1。

表 10-1 机房设计建设规模表

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 设备拟安装位置合理，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 手术室已充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。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 安装于单独的机房内，机房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 <sup>2</sup> ，机房内最小单边长度为 3.5m。	本项目 DSA 手术室最小单边长 7.6m，有效使用面积 59.28m <sup>2</sup> 。	符合要求

因此，本项目 DSA 手术室布局符合《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 DSA 手术室平面布局，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，DSA 手术室东侧的通道、留观区，南侧的控制室和疏散走道，西侧的电梯间，北侧的男女卫生间以及 DSA 手术室正上方区域（屋顶）和 DSA 手术室正下方区域（安全通道挑空区）等划分为监督区。

DSA 手术室分区管理示意图见图 10-1。DSA 手术室楼下、楼上工作场所分区管理示意图见图 10-2、图 10-3。



图 10-1 门诊楼三层 DSA 手术室分区管理示意图

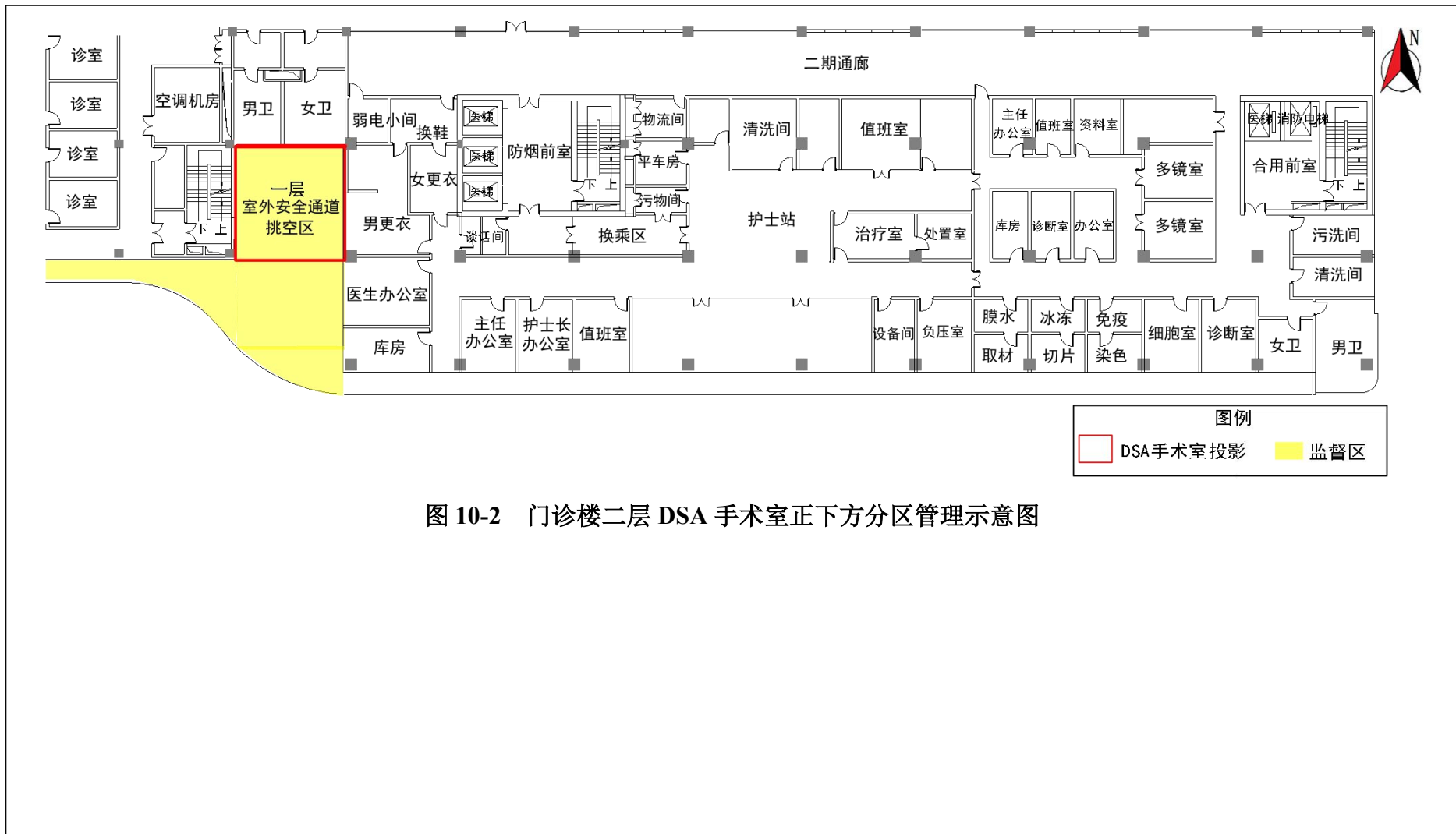


图 10-2 门诊楼二层 DSA 手术室正下方分区管理示意图



图 10-3 门诊楼四层 DSA 手术室正上方分区管理示意图

### 10.1.3 辐射防护屏蔽设计

#### 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先进的主动防护技术：

(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

拟建 DSA 手术室的建设规模参数见表 10-2。

表 10-2 DSA 手术室建设规模参数一览表

位置	建设规模
DSA 手术室	南北长 7.8m、东西宽 7.6m、高 2.71m，有效使用面积 59.28m <sup>2</sup>

注：机房装饰吊顶高度为 2.71m，建筑层高为 4.0m。

由表 10-2 可知，DSA 手术室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“机房内最小有效使用面积 20m<sup>2</sup>，机房内最小单边长度 3.5m”的要求。

DSA 手术室的辐射屏蔽防护相关参数详见表 10-4。140mm 混凝土在 125kV 下的等效铅当量计算根据 GBZ130-2020 附录 C 公式 C.1 和 C.2， $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 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；



$\beta$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\alpha$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ——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	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
125kV (主束)	铅	2.219	7.923	0.5386
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974

计算得，在管电压 125kV 下，140mm 混凝土的等效铅当量约 1.73mmPb。

根据《辐射防护手册 第三分册》第 62 页表 3.3，在管电压 150kV 条件下，15mm 硫酸钡水泥(密度 3.2g/cm<sup>3</sup>)相当于 1mm 铅当量，33mm 硫酸钡水泥(密度 3.2g/cm<sup>3</sup>)相当于 2mm 铅当量，采用内插法计算得出 30mm 硫酸钡水泥(密度 3.2g/cm<sup>3</sup>)相当于 1.83mm 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，38mm 硫酸钡水泥(密度 2.7g/cm<sup>3</sup>)相当于 2mm 铅当量，65mm 硫酸钡水泥(密度 2.7g/cm<sup>3</sup>)相当于 3mm 铅当量，采用内插法计算得出 60mm 硫酸钡水泥(密度 2.7g/cm<sup>3</sup>)相当于 2.81mm 铅当量。根据医院提供的资料，本项目施工用硫酸钡水泥密度为 3.2g/cm<sup>3</sup>，采用密度折算法得出 60mm 硫酸钡水泥(密度 3.2g/cm<sup>3</sup>)相当于 (2.81/2.7) × 3.2 = 3.33mm 铅当量。

**表 10-4 DSA 手术室的辐射屏蔽防护参数一览表**

位置	屏蔽措施	总屏蔽能力 (等效铅当量)
四周墙体	200mm 加气块墙+60mm 硫酸钡水泥	3.33mmPb
屋顶	140mm 混凝土+2mmPb 硫酸钡板	3.73mmPb
地板	140mm 混凝土+7mm 碳纤维加固层+30mm 硫酸钡水泥	3.56mmPb
患者门	4mmPb 电动推拉门	4mmPb
工作人员门	4mmPb 手动单开门	4mmPb
污物门	4mmPb 手动单开门	4mmPb
观察窗	4mmPb 铅玻璃和窗框	4mmPb

注：管电压 125KV 下，140mm 混凝土等效铅当量约为 1.73mmPb。

由表 10-4 可知，DSA 手术室四周墙体屏蔽防护的等效铅当量为 3.33mmPb，屋

顶屏蔽防护的等效铅当量为 3.73mmPb，地板屏蔽防护的等效铅当量为 3.56mmPb，患者门、工作人员门、污物门和观察窗的等效铅当量均为 4.0mmPb。

因此，DSA 手术室的防护均满足《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。

### 10.1.3.3 安全防护措施

(1) DSA 手术室拟采取以下安全防护措施：

① DSA 手术室患者进出门、工作人员门和污物门外设置电离辐射警告标志，患者进出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 手术部外候诊区设置放射防护注意事项告知栏。

④ 控制室设置观察窗，操作人员通过观察窗观察手术室内工作人员及患者状态。

⑤ 在手术室治疗床旁设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

DSA 手术室辐射安全防护设施位置示意图 10-4。

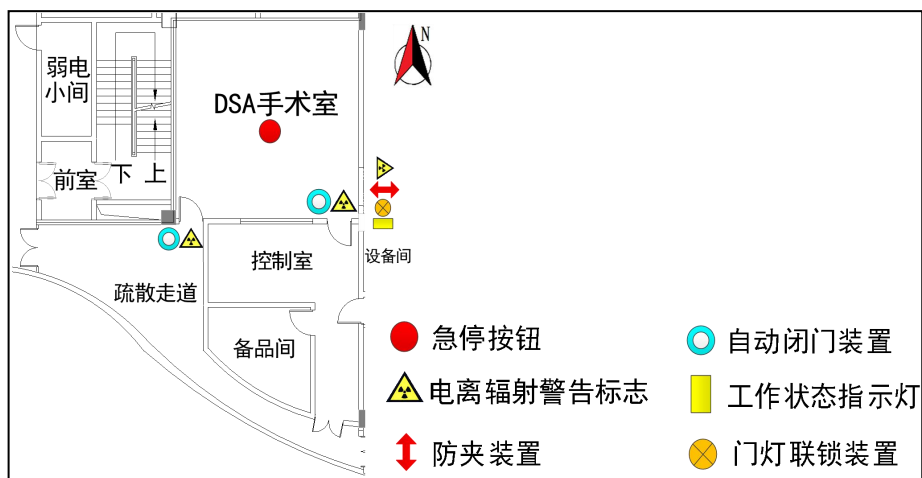


图 10-4 DSA 手术室辐射安全防护设施位置示意图

本项目 DSA 手术室电缆通过电缆地沟走线，从手术室南墙斜穿进入控制室和

设备间，穿墙位置采用 3mm 铅皮进行覆盖，能够有效防止射线泄漏，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。

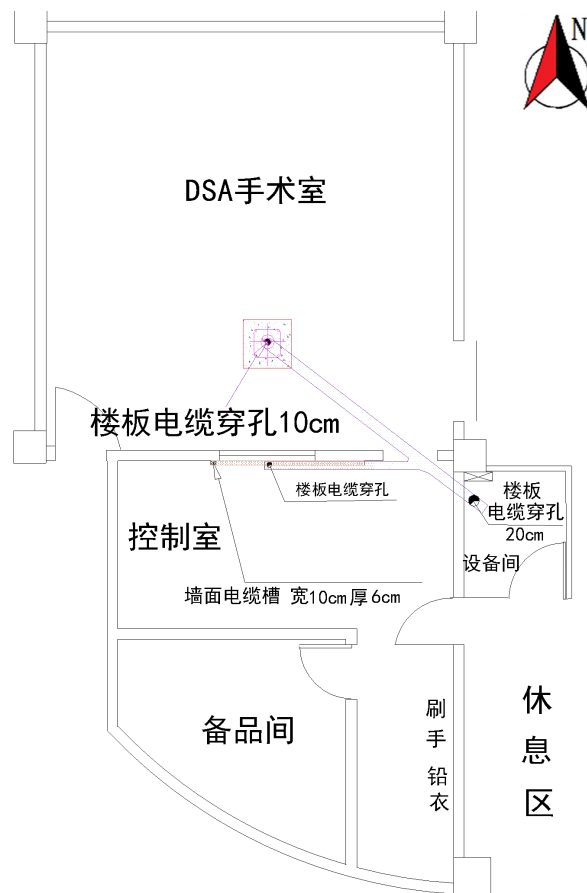


图 10-5 电缆管线穿墙示意图

#### (2) 项目拟采取的其他安全防护措施

①手术室内布局要合理，尽量避免有用线束直接照射门、窗和管线口（包括线缆沟、通风管道等）位置和工作人员操作位。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医院应配备 1 台 X、 $\gamma$ 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**

放射检查类型	工作人员			患者和受检者			
	个人防护用品	辅助防护设施		个人防护用品	辅助防护设施		
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘/ 床侧防护屏/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	不需要		
DSA 手术室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
2	铅橡胶颈套	≥0.5	≥1	≥0.5	≥1	≥0.5	≥2
3	铅橡胶围裙	—	—	—	—	≥0.5	≥2
4	铅防护眼镜	—	—	—	—	≥0.25	≥2
5	介入防护手套	—	—	—	—	≥0.025	≥2
6	铅橡胶帽子（选配）	≥0.25	≥1	≥0.25	≥1	≥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/ 铅防护吊帘	≥0.25			≥1		
2	床侧防护帘/ 床侧防护屏	≥0.25			≥1		

手术室内配备铅悬挂防护屏或铅防护吊帘、床侧防护帘或床侧防护屏等辅助防护设施，铅当量不小于 0.25mmPb。为手术室内医护人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、介入防护手套、铅防护眼镜、铅橡胶帽子（选配）等工作人员防护用品（配备数量如上表所示）。其中，铅防护眼镜、铅橡胶帽子（选配）铅当量不小于 0.25mmPb，介入防护手套铅当量不小于 0.025mmPb、其他个人防护用品铅当量不小于 0.5mmPb；计划配备铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套等受检者(成人及儿童)个人防护用品各 1 件，铅当量不小于 0.5mmPb。

⑥放射防护用品使用过程中，每年应至少自行检查一次，防止因老化断裂或损伤而降低防护质量，若发现老化、断裂或损伤应自行及时更换；防护用品宜采用平铺的方式进行存放，不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，防止断裂。

⑦建议建立健全防护用品登记台账，台账中应明确防护用品购置时间、数量、

铅当量和使用场所等信息。

## 10.2 “三废”的治理

项目注入的造影剂不含放射性，DSA 设备在运行过程中不产生放射性“三废”。

### 10.2.1 废水

项目采用数字显影技术，无废显影液和定影液产生。本项目辐射工作人员均为医院现有工作人员，无新增人员，无新增废水产生，不会对周围水环境产生不良影响。

### 10.2.2 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。

DSA 手术室设置有通风系统，通风系统利用原有设计改造，拟将通风口由机房内天花板东北侧移至天花板东南侧。DSA 手术室容积约 237m<sup>3</sup>，通风口风量约 600m<sup>3</sup>/h，通风次数约 2.5 次/h，手术室内产生的臭氧、氮氧化物经通风管道从南侧墙体穿出机房，再经过疏散走道向北排出，最终排放至门厅上空，通风管道与墙面交接处拟采用 3mm 铅皮进行封堵。本项目 DSA 手术室通风管道路径示意图见图 10-6，通风管道穿越屏蔽体方式示意图 10-7。

### 10.2.3 固体废物

本项目采用数字显影技术，不会产生废胶片。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，由南侧污物门运出至污物间存放，定期送往医疗废物中心，并委托有资质的单位处置，不会对周围环境产生不良影响。本项目工作人员均为医院现有人员，无新增生活垃圾产生。



图 10-6 DSA 手术室通风管道路径示意图

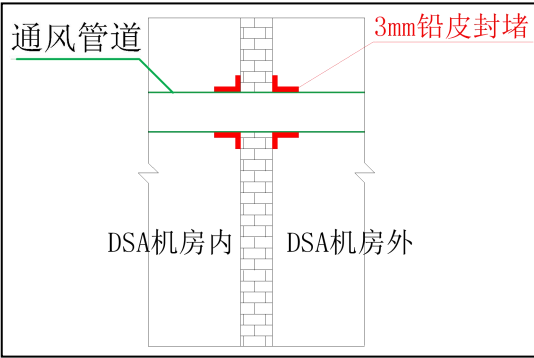


图 10-7 通风管道穿越屏蔽体方式示意图

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

医院拟将门诊楼三层的库房及休闲区部分区域改造为 DSA 手术室并配备 1 台 Artis Zee III Ceiling 型 DSA 设备；拟将原部分休闲区依次改造为疏散通道、控制室、备品间和刷手处；拟将原库房东侧值班室 1 改造为患者等候区、留观区及通道；拟将值班室 2 改造为男更衣室、淋浴间、女更衣室、卫生间和医生通道；拟将原休闲区东侧会议室改造为设备间和走道。

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的措施。

(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：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 辐射环境影响分析**

#### **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，设备机头距地面 0.5m，治疗床高 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 手术室位于医院门诊楼三层，一层至四层层高均为 4.0m。泄漏剂量分析时，楼上楼下关注点距离按机头位置距地面 0.5m，顶棚上方（楼上）距顶棚地面 1m，机房地面下方（楼下）距楼下地面 1.7m。散射剂量分析时，楼上楼下关注点距离按治疗床距地 1m，顶棚上方（楼上）距顶棚地面 1m，机房地面下方（楼下）距楼下地面 1.7m。本项目所选关注点见图 11-1 至图 11-2。



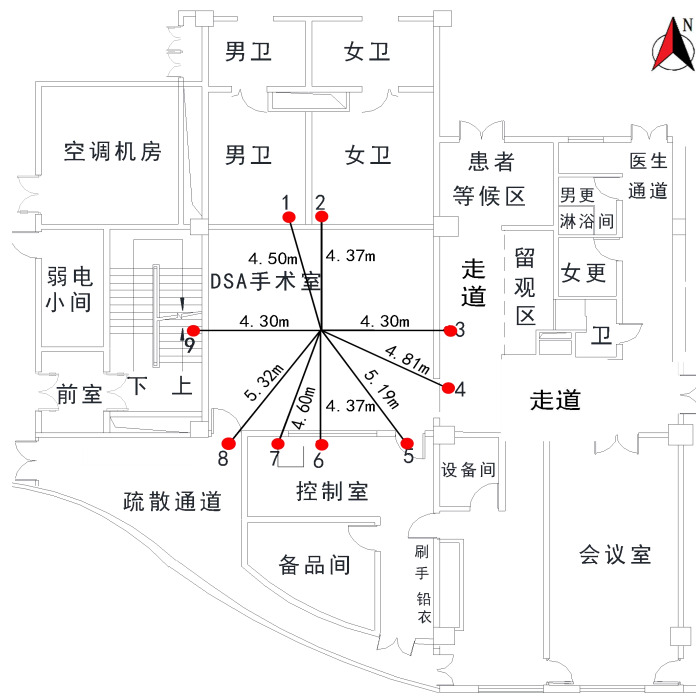


图 11-1 DSA 手术室平面各关注点分布简图

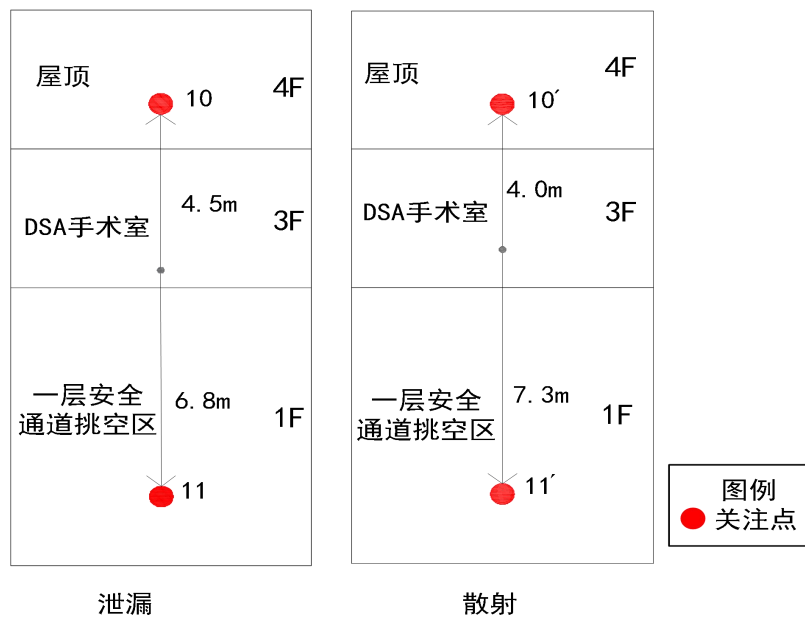


图 11-2 DSA 手术室剖面各关注点分布简图

### 11.2.1.2 各关注点剂量率估算

医院拟在 DSA 手术室配置 1 台 Artis Zee III Ceiling 型 DSA 设备（最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA）。DSA 包括透视和摄影两种工作模式，设备具有自动调强功能，能根据患者条件等差异，自动调节曝光参数和 X 射线辐射剂量。即如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，反之功率自动增强。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，DSA 实际使用时，管电压和功率通常预留 30% 的余量，即管

电压通常控制在 90kV 以下。本次保守以设备最大管电压 125kV 进行估算。

根据 ICRP 33 《医用外照射源的辐射防护》P55 图 2，当管电压为 125kV 时，2mmAl 滤过下，离靶 1m 处的剂量率读值见表 11-1。

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	11

本项目 DSA 设备瞬间工作时最大输出功率为 80kW，连续工作时最大输出功率为 3kW，因此最大管电压下的最大管电流经计算为 640mA (80kW÷125kV=640mA)，连续透视时最大管电流为 24mA (3kW÷125kV=24mA)，则透视时最大管电流取 24mA，摄影时最大管电流取 640mA。

距离靶 1m 处的剂量率  $H_0$  ( $\mu\text{Gy/h}$ ) 为以 mGy/mA·min 为单位的剂量率读值乘以  $6 \times 10^4$ ，再乘以工作电压下对应电流 (mA) 得出。则透视状态下  $H_0 = 11 \times 6 \times 10^4 \times 24 = 1.58 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$ ，摄影状态下  $H_0 = 11 \times 6 \times 10^4 \times 640 = 4.22 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ 。

本项目 DSA 不同运行条件下的参数取值见表 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, 24mA	$1.58 \times 10^7$
	摄影	125kV, 640mA	$4.22 \times 10^8$

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。

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

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

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  $1\text{Sv/Gy}$ 。

f—泄漏射线比率，取 0.1%；

$H_0$ —距焦点 1m 处的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

R—靶点至关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子；

X—铅厚度，mm。

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 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	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
125kV (主束)	铅	2.219	7.923	0.5386
125kV (散射)	铅	2.233	7.888	0.7295
	混凝土	0.0351	0.066	0.7832

注： $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 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估算

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， $\mu\text{Sv/h}$ ；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  $1\text{Sv/Gy}$ ；
- $H_0$  —— 距靶点 1m 处的最大剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；
- $\alpha$  —— 患者对 X 射线的散射比，取自《辐射防护手册 第一分册》P437 表 10.1，120kV 下参考 125kV 射线散射与入射 X- $\gamma$ 射线照射量之比值为 0.0015（90°散射，相对于  $400\text{cm}^2$  散射面积）；
- S —— 散射面积，取典型值  $400\text{cm}^2$ ；
- $d_0$  —— 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

本项目 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 手术室各关注点泄漏周围剂量当量率计算结果一览表

工作模式	关注点位置描述		序号	屏蔽厚度 (mmPb)	R (m)	H <sub>0</sub> (μSv/h)	B	H (μSv/h)
透视	北侧	男卫生间	1	3.33	4.5	1.58×10 <sup>7</sup>	3.78×10 <sup>-5</sup>	2.96×10 <sup>-2</sup>
		女卫生间	2	3.33	4.37	1.58×10 <sup>7</sup>	3.78×10 <sup>-5</sup>	3.13×10 <sup>-2</sup>
	东侧	走道	3	3.33	4.3	1.58×10 <sup>7</sup>	3.78×10 <sup>-5</sup>	3.24×10 <sup>-2</sup>
		患者门	4	4	4.81	1.58×10 <sup>7</sup>	8.42×10 <sup>-6</sup>	5.76×10 <sup>-3</sup>
	南侧	工作人员门	5	4	5.19	1.58×10 <sup>7</sup>	8.42×10 <sup>-6</sup>	4.95×10 <sup>-3</sup>
		观察窗	6	4	4.37	1.58×10 <sup>7</sup>	8.42×10 <sup>-6</sup>	6.98×10 <sup>-3</sup>
		控制室墙面	7	3.33	4.6	1.58×10 <sup>7</sup>	3.78×10 <sup>-5</sup>	2.83×10 <sup>-2</sup>
		污物门	8	4	5.32	1.58×10 <sup>7</sup>	8.42×10 <sup>-6</sup>	4.71×10 <sup>-3</sup>
	西侧	楼梯间	9	3.33	4.3	1.58×10 <sup>7</sup>	3.78×10 <sup>-5</sup>	3.24×10 <sup>-2</sup>
	楼上	屋顶	10	3.73	4.5	1.58×10 <sup>7</sup>	1.54×10 <sup>-5</sup>	1.20×10 <sup>-2</sup>
	楼下	一层 安全通道挑空区	11	3.56	6.8	1.58×10 <sup>7</sup>	2.25×10 <sup>-5</sup>	7.72×10 <sup>-3</sup>
摄影	北侧	男卫生间	1	3.33	4.5	4.22×10 <sup>8</sup>	3.78×10 <sup>-5</sup>	0.788
		女卫生间	2	3.33	4.37	4.22×10 <sup>8</sup>	3.78×10 <sup>-5</sup>	0.836
	东侧	走道	3	3.33	4.3	4.22×10 <sup>8</sup>	3.78×10 <sup>-5</sup>	0.863
		患者门	4	4	4.81	4.22×10 <sup>8</sup>	8.42×10 <sup>-6</sup>	0.154
	南侧	工作人员门	5	4	5.19	4.22×10 <sup>8</sup>	8.42×10 <sup>-6</sup>	0.132
		观察窗	6	4	4.37	4.22×10 <sup>8</sup>	8.42×10 <sup>-6</sup>	0.186
		控制室墙面	7	3.33	4.6	4.22×10 <sup>8</sup>	3.78×10 <sup>-5</sup>	0.754
		污物门	8	4	5.32	4.22×10 <sup>8</sup>	8.42×10 <sup>-6</sup>	0.126
	西侧	楼梯间	9	3.33	4.3	4.22×10 <sup>8</sup>	3.78×10 <sup>-5</sup>	0.863
	楼上	屋顶	10	3.73	4.5	4.22×10 <sup>8</sup>	1.54×10 <sup>-5</sup>	0.321
	楼下	一层 安全通道挑空区	11	3.56	6.8	4.22×10 <sup>8</sup>	2.25×10 <sup>-5</sup>	0.206

本项目 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 手术室各关注点散射周围剂量当量率计算结果一览表

工作模式	关注点位置描述		序号	屏蔽厚度 (mmPb)	d <sub>s</sub> (m)	H <sub>0</sub> (μSv/h)	B	H (μSv/h)
透视	北侧	男卫生间	1	3.33	4.5	1.58×10 <sup>7</sup>	7.46×10 <sup>-5</sup>	0.35
		女卫生间	2	3.33	4.37	1.58×10 <sup>7</sup>	7.46×10 <sup>-5</sup>	0.371

	东侧	走道	3	3.33	4.3	$1.58 \times 10^7$	$7.46 \times 10^{-5}$	0.384	
		患者门	4	4	4.81	$1.58 \times 10^7$	$1.67 \times 10^{-5}$	$6.85 \times 10^{-2}$	
	南侧	工作人员门	5	4	5.19	$1.58 \times 10^7$	$1.67 \times 10^{-5}$	$5.88 \times 10^{-2}$	
		观察窗	6	4	4.37	$1.58 \times 10^7$	$1.67 \times 10^{-5}$	$8.29 \times 10^{-2}$	
		控制室墙面	7	3.33	4.60	$1.58 \times 10^7$	$7.46 \times 10^{-5}$	0.335	
		污物门	8	4	5.32	$1.58 \times 10^7$	$1.67 \times 10^{-5}$	$5.60 \times 10^{-2}$	
	西侧	楼梯间	9	3.33	4.3	$1.58 \times 10^7$	$7.46 \times 10^{-5}$	0.384	
	楼上	屋顶	10'	3.73	4.0	$1.58 \times 10^7$	$3.05 \times 10^{-5}$	0.181	
	楼下	一层 安全通道挑空区	11'	3.56	7.3	$1.58 \times 10^7$	$4.46 \times 10^{-5}$	$7.95 \times 10^{-2}$	
	摄影	北侧	男卫生间	1	3.33	4.5	$4.22 \times 10^8$	$7.46 \times 10^{-5}$	9.34
			女卫生间	2	3.33	4.37	$4.22 \times 10^8$	$7.46 \times 10^{-5}$	9.91
东侧		走道	3	3.33	4.3	$4.22 \times 10^8$	$7.46 \times 10^{-5}$	10.2	
		患者门	4	4	4.81	$4.22 \times 10^8$	$1.67 \times 10^{-5}$	1.83	
南侧		工作人员门	5	4	5.19	$4.22 \times 10^8$	$1.67 \times 10^{-5}$	1.57	
		观察窗	6	4	4.37	$4.22 \times 10^8$	$1.67 \times 10^{-5}$	2.21	
		控制室墙面	7	3.33	4.6	$4.22 \times 10^8$	$7.46 \times 10^{-5}$	8.94	
		污物门	8	4	5.32	$4.22 \times 10^8$	$1.67 \times 10^{-5}$	1.49	
西侧		楼梯间	9	3.33	4.3	$4.22 \times 10^8$	$7.46 \times 10^{-5}$	10.2	
楼上		屋顶	10'	3.73	4.0	$4.22 \times 10^8$	$3.05 \times 10^{-5}$	4.83	
楼下		一层 安全通道挑空区	11'	3.56	7.3	$4.22 \times 10^8$	$4.46 \times 10^{-5}$	2.12	

本项目 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 手术室不同工作模式下各关注点总周围剂量当量率计算结果一览表

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 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
透视	北侧	男卫生间	1	$2.96 \times 10^{-2}$	0.35	0.38
		女卫生间	2	$3.13 \times 10^{-2}$	0.371	0.403
	东侧	走道	3	$3.24 \times 10^{-2}$	0.384	0.416
		患者门	4	$5.76 \times 10^{-3}$	$6.85 \times 10^{-2}$	$7.42 \times 10^{-2}$
	南侧	工作人员门	5	$4.95 \times 10^{-3}$	$5.88 \times 10^{-2}$	$6.38 \times 10^{-2}$
		观察窗	6	$6.98 \times 10^{-3}$	$8.29 \times 10^{-2}$	$8.99 \times 10^{-2}$
		控制室墙面	7	$2.83 \times 10^{-2}$	0.335	0.364
		污物门	8	$4.71 \times 10^{-3}$	$5.60 \times 10^{-2}$	$6.07 \times 10^{-2}$
	西侧	楼梯间	9	$3.24 \times 10^{-2}$	0.384	0.416
	楼上	屋顶	10	$1.20 \times 10^{-2}$	0.181	0.193

	楼下	一层 安全通道挑空区	11	$7.72 \times 10^{-3}$	$7.95 \times 10^{-2}$	$8.73 \times 10^{-2}$
摄影	北侧	男卫生间	1	0.788	9.34	10.128
		女卫生间	2	0.836	9.91	10.746
	东侧	走道	3	0.863	10.2	11.063
		患者门	4	0.154	1.83	1.984
	南侧	工作人员门	5	0.132	1.57	1.702
		观察窗	6	0.186	2.21	2.396
		控制室墙面	7	0.754	8.94	9.694
		污物门	8	0.126	1.49	1.616
	西侧	楼梯间	9	0.863	10.2	11.063
	楼上	屋顶	10'	0.321	4.83	5.151
楼下	一层 安全通道挑空区	11'	0.206	2.12	2.326	

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为  $0.416 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。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为  $11.063 \mu\text{Sv/h}$ ，设备摄影状态下的最大管电压为 125kV，最大管电流为 640mA，按照 GBZ130-2020 归一至 100mA 时为  $1.73 \mu\text{Sv/h}$ ，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。

## 11.2.2 个人剂量估算

### 11.2.2.1 工作量

项目 DSA 运行包括透视和摄影两种模式，项目投入运行后，预计每年最多手术 200 例，平均每台手术透视时间 10min，摄影 0.5min。

项目在不同工作模式下年开机时间见表 11-7。

表 11-7 不同工作模式下的开机时间一览表

设备名称	工作模式	单台手术 平均出束时间	年预计 手术次数(台)	年累积 出束时间
DSA	透视	10min	200	33.4h
	摄影	0.5min	200	1.7h

### 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：

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

式中：H<sub>w</sub>—年有效剂量，mSv/a；

H<sub>R</sub>—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

本项目控制室配备 1 名操作人员，操作人员仍参与其他辐射工作。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 11-8。

**表 11-8 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	附加有效剂量估算 (mSv/a)	
	总剂量率 (μSv/h)	出束时间 (h/a)	总剂量率 (μSv/h)	出束时间 (h/a)			
南侧	工作人员门	6.38×10 <sup>-2</sup>	33.4	1.702	1.7	1/8	6.28×10 <sup>-4</sup>
	观察窗	8.99×10 <sup>-2</sup>	33.4	2.396	1.7	1	7.08×10 <sup>-3</sup>
	控制室墙面	0.364	33.4	9.694	1.7	1	2.86×10 <sup>-2</sup>

由表11-8可知，DSA运行时，影像技师受到的附加有效剂量最大值为 $2.86 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，叠加辐射工作人员最近一年（最近四个季度）年有效剂量最大值1.14mSv后，有效剂量约为1.17mSv/a，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剂量约束限值（5mSv）。

### ②介入手术室医生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）附录B中表B.1 X射线透视设备的检测项目及技术要求“7、非直接荧光屏透视设备透视防护区检测平面上周围剂量当量率不大于 $400 \mu\text{Sv/h}$ ”，因此本次评价保守按照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DSA机房在控制室内，以控制室处的剂量率计算。

本项目拟配备的2名医护人员，不参与院内其他放射性工作。

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 $5.57 \times 10^{-2}$ 。手术室医生护士附加年有效剂量估算结果见表11-9。

**表 11-9 DSA 手术室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)	有效剂量 (mSv/a)	
DSA 手术室	透视(同室)	400	0.5	$5.57 \times 10^{-2}$	33.4	0.74	0.76
	摄影(隔室)	9.694	/	/	1.7	$1.65 \times 10^{-2}$	

根据计算，本项目医护人员附加有效剂量为0.76mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量限值（职业人员20mSv）及本次评价所取的年剂量约束限值（职业人员5.0mSv）。

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

根据表 11-6 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 11-10。

**表11-10 DSA手术室周边公众受到的年有效剂量估算结果一览表**

关注点位置描述		透视状态		摄影状态		居留因子	有效剂量估算 (mSv/a)
		周围剂量当量率 (μSv/h)	出束时间 (h/a)	周围剂量当量率 (μSv/h)	出束时间 (h/a)		
北侧	男卫生间	0.38	33.4	10.128	1.7	1/20	$1.5 \times 10^{-3}$
	女卫生间	0.403	33.4	10.746	1.7	1/20	$1.59 \times 10^{-3}$
东侧	走道	0.416	33.4	11.063	1.7	1/5	$6.54 \times 10^{-3}$
	患者门	$7.42 \times 10^{-2}$	33.4	1.984	1.7	1/8	$7.31 \times 10^{-4}$
南侧	污物门	$6.07 \times 10^{-2}$	33.4	1.616	1.7	1/8	$5.97 \times 10^{-4}$
西侧	楼梯间	0.416	33.4	11.063	1.7	1/40	$8.18 \times 10^{-4}$
楼上	屋顶	0.193	33.4	5.151	1.7	1/20	$7.6 \times 10^{-4}$
楼下	一层 安全通道挑空区	$8.73 \times 10^{-2}$	33.4	2.326	1.7	1/40	$1.72 \times 10^{-4}$

由表11-10可知，DSA正常运行时，手术室周围公众受到的有效剂量最大值为  $6.54 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中公众年有效剂量约束值(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)。对于表7-1所列的其他环境保护目标，由于距本项目距离更远，考虑其他功能房间多道墙体的屏蔽，人员停留位置处剂量率将更低。

**11.2.3 废气环境影响分析**

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。

本项目在DSA手术室内设置动力通风装置，产生的O<sub>3</sub>和NO<sub>x</sub>通过通风管道排出室外，满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)“6.4.3机房应设置动力排

风装置，并保持良好的通风”的标准要求，对大气环境影响很小。

#### 11.2.4 废水影响分析

项目采用数字显影技术，无废显影液和定影液产生，因此无放射性废水产生，非放射性废水主要来自于运行期间DSA机房辐射工作人员产生的少量生活污水。根据《新疆维吾尔自治区生活用水定额》中办公用排水定额，本项目辐射工作人员生活用水量为 $0.36\text{m}^3/\text{d}$ （ $90\text{m}^3/\text{a}$ ），生活污水排放量按用水量的80%计，则污水排放量为 $0.288\text{m}^3/\text{d}$ （ $72\text{m}^3/\text{a}$ ）。该部分废水经医院污水处理系统处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值中的预处理标准后，再经院区污水总排口进入市政污水管网至米东区污水处理厂，不会对周围水环境产生不良影响。

#### 11.2.5 固体废物影响分析

项目采用数字显影技术，不会产生废胶片。介入手术时会产生医用器具和药棉、纱布、手套、一次性卫生防护用品等医疗废物产生量约为 $0.5\text{kg}/\text{人}\cdot\text{次}$ ，本项目预计每年DSA设备最多手术200例，因此医疗废物产生量为 $100\text{kg}/\text{a}$ 。每次手术结束后产生的医疗废物在手术室由专用包装袋、容器分类收集后，由南侧污物门运出至污物间存放，定期送往医疗废物中心，并委托有资质的单位处置。

污物转运必须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，对环境影响较小。

### 11.3 事故影响分析

#### 11.3.1 风险识别及评价

结合本项目DSA设备工艺流程，项目存在的潜在事故风险因素主要有：

（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

若由于疏忽造成人员误入，误入人员距离辐射源点 0.5m 处的透视状态下泄漏剂量率为  $6.32 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ ，散射剂量率为  $3.79 \times 10^5 \mu\text{Sv/h}$ ，总剂量率为  $4.42 \times 10^5 \mu\text{Sv/h}$ ，本项目 DSA 透视最大时间为 10min，则在透视情况下距离辐射源点 0.5m 处 10min 受到的剂量为 73.73mSv。

由于 DSA 的 C 型臂可以切换到水平照射方式，存在 X 射线直接照射的可能，若误入人员受到 X 射线直接照射，距靶点 1m 处剂量率透视取  $1.58 \times 10^7 \mu\text{Sv/h}$ ，摄影取  $4.22 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$ ，则距靶点 1m 处达到确定性效应阈值下限（0.1Sv）的时间分别为透视约 22.78s、摄影约 0.85s。若设备曝光时，手术室内有人员滞留或误入，在无任何屏蔽措施条件下受到 X 射线照射，则在透视情况下距离设备 0.5m 处 1min 受到的剂量为 0.26Sv，摄影（约 0.5s）受到的剂量为 0.0586Sv。在前述条件下，透视约 0.23s 或摄影约 0.0085s 后，误入人员受到的剂量将高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中年剂量限值（公众人员 1mSv）；在透视约 4.56s 或摄影约 0.171s 后，误入人员受到的剂量将高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中年剂量限值（职业人员 20mSv）。

因此，职业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，进行放射工作前按要求穿戴好各种个人防护用品，并定期检查手术室的防护性能及有关安全警示标志是否正常，坚决杜绝人员受到有用线束的直接照射，避免无关人员误入正在曝光的手术室。

### 11.3.2 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）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，以避免因误操作造成工作人员和公众受到意外辐射。

（3）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。

(4) 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、铅眼镜、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。

(5) 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。

(6) 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。

(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，并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

为了保证项目设备调试和运行期的辐射防护措施落实情况,指导和督促从事放射诊断活动的科室和人员做好辐射安全和放射防护工作,医院应按照《中华人民共和国环境保护法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等要求,成立辐射安全管理机构,负责解决实践中出现的各种辐射安全与防护问题,确保射线装置的正常运行。同时,设立专(兼)职辐射安全管理人员,负责对射线装置的常规检查和手术室的辐射防护与安全工作,开展业务培训,组织应急演练,接受上级主管部门和卫生部门的检查。

医院已成立辐射安全管理领导小组,任命院长为领导小组的组长,党委书记为副组长,成员为医务科主任、质量管理科负责人、设备科副主任、影像科负责人,辐射防护管理领导小组办公室设在影像科,影像科负责人为兼职辐射安全管理人员,具体负责医院的辐射防护工作。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

#### 12.2.1 现有辐射安全管理规章制度

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。

医院已制定了一系列辐射防护管理规章制度,包括辐射防护和安全保卫制度、操作制度、设备维修维护制度、辐射工作人员培训制度、辐射工作人员个人体检制度、工作场所环境辐射水平监测、辐射工作岗位职责、辐射事故应急预案等,能够满足医院现状管理要求,并严格按照规章制度执行。

#### 12.2.2 本项目新增辐射安全管理制度分析

(1) 本项目 DSA 设备为 II 类射线装置,项目建成后将其纳入医院现有的辐射安全管理制度及辐射事故应急预案。

(2) 医院应针对本项目 DSA 制定相关制度,包括 DSA 操作规程、岗位职责等,落实辐射工作人员辐射安全培训、体检及个人剂量监测工作,在今后日常工作中应严格落实各项辐射安全管理制度中的内容,根据今后实际工作对其进行不断完

善，能够满足辐射安全管理的要求。

(3) 医院应落实全部辐射工作人员定期参加辐射安全与防护培训，项目拟配备的辐射工作人员应全部参加辐射安全与防护考核，并取得合格成绩单，持证上岗；上岗前应进行职业健康检查，检查合格者方能进行相关放射工作；应正确佩戴个人剂量计，并建立个人剂量档案；介入放射学医护人员建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内外各佩戴一个剂量计）。

(4) 医院应配备 X- $\gamma$  剂量监测仪，送至有资质的计量站进行检定或校准，并将检定或校准证书存档。

(5) 项目验收投产前，医院应及时向辐射安全许可证发证机关重新申领辐射安全许可证。

(6) 项目建成运行后，当 DSA 机房开机运行时，医院应使用自主监测仪器对门窗等部位定期进行自检。

(7) 医院应不断完善辐射事故应急预案，并加强应急演练。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 现有项目的辐射监测开展情况

#### (1) 个人剂量监测

医院为现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，并委托有资质单位每季度对辐射工作人员进行个人剂量检测并存档。

#### (2) 工作场所监测

医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，包括射线装置机房屏蔽体外和防护门等关注点。

### 12.3.2 本项目辐射监测计划

医院应配备一台 X- $\gamma$  剂量监测仪，并按照需要配备个人剂量报警仪，并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 DSA 手术室进行监测，监测要求如下：

(1) 辐射工作场所环境监测：

①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；

②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；

③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

①项目涉及的辐射工作人员应配备个人剂量计，每季度委托有资质单位定期对辐射工作人员进行个人剂量检测，建立个人剂量检测档案；

②在每年的辐射安全和防护状况评估报告中，应包含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 12-1。

表 12-1 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	场所检测	四周屏蔽墙外30cm处、手术室顶棚距顶棚地面1.0m、手术室地面下方距楼下地面1.7m控制室、防护门外30cm处、电缆沟	X、γ辐射剂量率	每月自测一次，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、为防止类似事故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 950 万元, 其中环保投资 80 万元, 占总投资的 8.42%。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剂监测、工作场所监测等。项目环保投资明细一览表见表 12-2。

表 12-2 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	防护门灯连锁装置、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	20
		四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗等防护屏蔽措施	38.5
		动力通风装置等	6
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; 铅悬挂防护屏、床侧防护帘等辅助防护设施	2



3	辐射监测仪器	X-γ剂量监测仪	1.0
4	职业健康体检	职业健康体检	0.6
5	工作人员培训	辐射安全和防护知识培训	0.6
6	个人剂量监测	个人剂量计	0.3
7	环境监测	工作场所监测	1
8	环保咨询	环保咨询费用	10.0
合计			80

### 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。验收合格后,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 12-3。

表 12-3 项目竣工环境保护验收清单

序号	项目	验收内容	效果和环境预期目标
1	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等、电动推拉门应设有红外防夹装置、平开门应设有自动闭门装置。	防护门外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,警告无关人员不要靠近,保护人员免受不必要的辐射;手术室内应设置紧急停机按钮;手术室内有动力通风装置保持良好的通风;手术室设有观察窗和摄像监控装置等、电动推拉门应设有红外防夹装置、平开门设有自动闭门装置,确保辐射工作人员、患者安全。
2	辐射安全管理机构	设立辐射安全管理机构并明确辐射管理专(兼)职人员和相关人员职责。	负责整个项目辐射安全与环境管理工作。
3	人员管理	检查辐射工作人员职业健康档案,疑似放射性疾病人员的调查、复检及处置结果。	确保辐射工作人员安全。
		检查辐射工作人员个人剂量档案是否完整、连续,个人剂量超标人员的调查、复检及处置结果。	确保辐射工作人员安全,项目年有效剂量管理目标值放射工作人员 5mSv,公众人员 0.1mSv。
		参加辐射安全和防护知识培训,考	确保辐射工作人员持证上岗。

		核合格方能上岗。	
4	防护用品	为辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入手套、铅橡胶帽子。为 DSA 手术室内配备铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏等辅助防护设施。为患者配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等防护用品。	辐射工作人员及受检者防护用品与辅助防护设施的数量应满足开展工作需要，保证辐射工作人员及公众安全。
5	监测仪器	配备 1 台 X-γ辐射剂量监测仪。	制定辐射监测计划，利用 X-γ辐射剂量率监测仪，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，每年委托有资质单位进行检定或校准。
		个人剂量计	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）。
6	辐射环境管理	辐射事故应急预案、射线装置管理制度、工作人员岗位职责、辐射工作人员培训管理制度、辐射工作人员剂量管理制度、辐射安全设施维护与维修制度、辐射环境监测制度、环境监测设备使用与检定管理制度、全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度、DSA 操作规程、DSA 工作人员岗位职责。	确保辐射环境管理制度贯彻落实，保障人员安全。
7	剂量率限制要求	按透视条件，介入手术室屏蔽体外进行防护检测，术者位进行剂量监测。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 2.5μSv/h 的标准限值。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。
8	环保文件	项目环评批复	加强落实档案管理，制定完善的档案管理制度，落实专人管理，定点存放，确保环保文件归档，并妥善保存。

**表 13 结论与建议**

## **13.1 结论**

### **13.1.1 项目概况**

为了满足广大患者的诊疗需求和自身发展需要，医院拟将门诊楼三层库房地和休闲区改造为DSA手术室，拟在DSA手术室内配置1台Artis Zee III Ceiling型数字减影血管造影设备（DSA），用于介入诊断及辅助治疗。

### **13.1.2 实践正当性**

本项目的建设对于改善医院医疗设施条件，促进医院整体医疗水平的提高具有积极的意义，符合《放射诊断放射防护要求》（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。

### **13.1.2 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，项目所在区域辐射环境现状质量良好。

### **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，将拟建 DSA 手术室防护屏蔽体（包括屏蔽墙、屋顶、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及上方和下方区域等划分为监督区。

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 20m<sup>2</sup>，机房内最小单边长度 3.5m”的要求。

（3）本项目 DSA 手术室四周墙体等效铅当量为 3.33mmPb，顶棚等效铅当量为 3.73mmPb，地板等效铅当量为 3.56mmPb，患者门、工作人员门、污物门和观察窗均等效铅当量为 4mmPb，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，工作人员通过观察窗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。本项目机房的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) 辐射工作人员和患者应配备足量的个人防护用品，手术室内配备铅悬挂防护屏、铅防护帘等辅助防护设施。医院应配备 1 台 X- $\gamma$ 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，医院制订有辐射防护和安全保卫制度、操作制度、设备维修维护制度、辐射工作人员培训制度、辐射工作人员个人体检制度、工作场所环境辐射水平监测、辐射工作岗位职责、辐射事故应急预案等辐射安全管理制度。

医院制定的辐射事故应急预案，已经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。根据本项目新增 DSA 设备，医院应重新修订辐射事故应急预案，针对性对可能发生的辐射事故提出有效应急措施，并根据今后工作实际情况不断完善，加强应急演练，做到有备无患。

在落实以上辐射安全措施后，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为0.416 $\mu$ Sv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的X射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于2.5 $\mu$ Sv/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为11.063 $\mu$ Sv/h，设备摄影状态下的最大管电压为125kV，最大管电流为640mA，按照GBZ130-2020归一至100mA时为1.73 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h”的要求。

本项目影像技师受到的附加有效剂量约为 $2.86 \times 10^{-2}$ mSv/a，叠加辐射工作人员最近一年（最近四个季度）年有效剂量最大值1.14mSv后，有效剂量约为1.17mSv/a；本项目医护人员不参与院内其他放射性工作，附加有效剂量为0.76mSv/a，因此，本项目影像技师、介入手术医生和护士受到的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）。

DSA正常运行时，手术室周围公众受到的有效剂量最大值约为 $6.54 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量限值（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

乌鲁木齐友爱医院 DSA 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

（1）项目建设期间，医院应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。

（2）项目竣工后，应按照国家生态环境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，编制验收报告，经验收合格并取得辐射安全许可证后方可投入运行。

（3）项目建成运行后，应严格执行辐射环境监测制度，每年应对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 日前向发证机关报送上一年度辐射安全年度评估报告。

（4）医院应根据相关规定为辐射工作人员和患者配备个人防护用品，强调在介入手术室时，医护人员必须穿戴防护用品。对于铅衣等防护用品建议平放，勿折叠。

（5）医院定期检查手术室的电离辐射警告标志是否脱落，检查工作状态指示灯和门灯联动装置，确保其处于正常工作状态。

(6) 医院应配备一台 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测仪，用于医院 X 射线工作场所放射防护的自主检测，应每年将该仪器送至计量站进行检定或校准，并将检定或校准证书存档。

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