

核技术利用建设项目

南医大常州医疗健康科技园（一期）

新增 1 台 DSA 机项目

环境影响报告表

（报批稿）

常州西太湖科技产业园管理委员会

2026 年 5 月

中华人民共和国生态环境部制

# 核技术利用建设项目

## 南医大常州医疗健康科技园（一期）

### 新增 1 台 DSA 机项目

### 环境影响报告表

建设单位名称：常州西太湖科技产业园管理委员会

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：常州市武进区延政西路绿杨路 8 号

邮政编码： /

联系人：

电子邮箱： /

联系电话：

## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	5
表 3 非密封放射性物质 .....	5
表 4 射线装置 .....	6
表 5 废弃物 .....	7
表 6 评价依据 .....	8
表 7 保护目标与评价标准 .....	10
表 8 环境质量和辐射现状 .....	15
表 9 项目工程分析与源项 .....	20
表 10 辐射安全与防护 .....	27
表 11 环境影响分析 .....	34
表 12 辐射安全管理 .....	46
表 13 结论与建议 .....	52
附表 .....	55

表 1 项目基本情况

建设项目名称	南医大常州医疗健康科技园（一期）新增 1 台 DSA 机项目				
建设单位	常州西太湖科技产业园管理委员会				
法人代表	孙洋	联系人及电话			
注册地址	常州市武进区延政西路绿杨路 8 号				
建设地点	江苏省常州市武进区南医大常州医疗健康科技园（一期）医药实验动物中心一楼 125 室				
立项审批部门	/	批准文号		/	
建设项目总投资（万元）	600	项目环保投资（万元）	30	投资比例	5%
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 <sup>2</sup> ）	57.3
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	/			
<p><b>1.项目概述</b></p> <p><b>1.1 建设单位概况</b></p> <p>南京医科大学常州校区位于江苏省常州市武进区西太湖科技产业园，是南京医科大学与常州市人民政府合作共建的重要办学载体之一。校区规划范围约1066亩，总建筑面积约40.4万平方米，分两期建设，定位为集医学教育、科研创新及医疗健康产业协同发展于一体的新医科校区。</p> <p>根据校地合作建设模式，校区前期建设工作由常州西太湖科技产业园管理委员会统筹推进实施。2023年1月，常州西太湖科技产业园管理委员会委托编制《南医大常州医疗健康科技园新建工程项目（一期）环境影响报告表》，并于2023年2月27日取</p>					

得批复（常武环审〔2023〕64号），目前项目仍在建设过程中。

其中，“南医大常州医疗健康科技园新建工程项目（一期）”为南京医科大学常州校区一期建设阶段所使用的工程项目名称，建设内容主要包括教学科研用房、实验平台及相关配套设施等。本次新增DSA项目位于医药实验动物中心内，属于一期建设内容中的配套科研设备。

## 1.2 建设目的和任务由来

为进一步完善南京医科大学常州校区医学教学、科研及实验技术平台功能，拟在园区医药实验动物中心配置1台数字减影血管造影装置（DSA）。

本项目由常州西太湖科技产业园管理委员会作为建设单位申报，该设备规划用于医疗器械的临床前验证服务等，主要开展心血管介入医疗器械的临床前动物实验研究。主要类型包括冠脉及外周血管支架植入、心脏瓣膜置换与修复（TAVI/TMVI）、以及各类先天性心脏病封堵器（PFO/VSD/ASD）的研发与验证测试等。

在具体实验操作中，DSA设备通过X射线管组件发射穿透性X射线，结合造影剂的注射，利用数字减影技术消除骨骼和软组织背景，从而实时、高清晰地显影动物活体内部的复杂血管结构（如微小血管、交叉血管及供血网络）。其提供的动态透视、路径图引导、三维血管重建及血流灌注图谱等功能，能够为实验人员提供精准的导丝轨迹追踪与植入器械定位，是评估医疗器械在活体内释放、贴壁及血流动力学变化不可或缺的工具。

对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（原环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号），DSA属于血管造影用X射线装置的分类范围，为II类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，环境影响评价类别为编制环境影响报告表。

为此，常州西太湖科技产业园管理委员会委托江苏常环环境科技有限公司承担“南医大常州医疗健康科技园（一期）新增1台DSA机项目”（以下简称“本项目”）的辐射环境影响评价工作。接受委托后，评价单位组织技术人员开展了现场踏勘、资料收集、环境现状调查及委托检测等工作，并依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）等相关技术规范要求，编制完成本项目环境影响报告表。

### 1.3 项目建设内容和规模

本项目拟建射线装置主要技术参数信息见下表。

表 1-1 本项目射线装置主要技术参数

型号	类别	数量	最大管电压	最大管电流
NeuAngio 30C	II类	1	125kV	800mA

### 2.项目周边保护目标及项目选址情况

南医大常州医疗健康科技园（一期）位于常州市武进区延政西大道999号。园区北侧为延政西大道，隔路为常州大学西太湖小区；东侧为空地；南侧为环湖北路，隔路为常州西太湖医院；西侧为云杉路。

DSA手术室位于园区医药实验动物中心大楼。大楼位于校区西北角，西侧、北侧均为园区道路，紧邻围墙；东侧为基础实验实训楼，南侧为实验废弃物暂存仓库。

医药实验动物中心大楼集动物饲养、实验操作、洗消灭菌及动力辅助于一体，共分为四层，无地下室：一层主要布置大动物饲养区、涵盖手术与防辐射影像设备的大仪器平台及公共配套设施；二层划分为小动物饲养屏障、涵盖病理与行为分析的大仪器平台以及办公教学区；三层集中布置小动物饲养屏障与配备大型设备的洗消解剖中心；四层则分布有常规小动物饲养屏障、P2级实验室屏障以及空压、水处理等核心动力设备用房，全楼层均统一配备了完善的基础水电及盥洗等辅助设施。

本项目DSA手术室位于医药实验动物中心大楼一层。周边50m评价范围内，东侧依次分布无菌手术室、缓冲操作间、实验气体存放区、办公室、接待室及园区道路等；南侧依次为园区道路与实验废弃物暂存间；西侧依次为变电站与园区道路；北侧则依次为设备室、操作间、麻醉准备室、动物饲养区、X光室、CT室及园区道路。

本项目50m评价范围全部位于园区内，评价范围内无居民区分布，主要环境保护目标为项目辐射工作人员、园区其他工作人员及学生。

### 3.单位原有核技术应用情况

本项目为南医大常州医疗健康科技园（一期）首次开展的核技术利用项目。DSA手术室北侧CT室、X光室拟建设施待确认后，将另行办理登记表手续。

### 4.实践正当性分析

本项目在运行期间会产生电离辐射，可能会提高建设地点周围的辐射水平，在采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效控制，其对周围环境辐射的影响能够满足相关标准要求。本项目的投入使用能满足实验评价诊断的需求，在做好辐射防护的基础

上，其所带来的利益能够弥补其可能产生的辐射危害，因此，该项目符合《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。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	1	NeuAngio 30C	125	800	动物诊断/介入治疗	南医大常州医疗健康科技园医药实验动物中心一楼	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 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
手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗固体废物	固态	/	/	10kg	120kg	/	暂存在医疗废物暂存点	医疗废物按照要求进行收集并委托有资质单位处理
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	不暂存	经排风系统排至大气，臭氧在常温下约50min可自行分解为氧气，对环境的影响较小
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m<sup>3</sup>，年排放总量用kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）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》（2014年修订版），国家主席令第9号公布，2015年1月1日起施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），2018年12月29日中华人民共和国主席令第24号修正</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第6号公布，2003年10月1日起施行</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订版），国务院令第682号，2017年10月1日起施行</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修订版），国务院令第709号第二次修订，2019年3月2日发布</p> <p>(6) 《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日起施行</p> <p>(7) 《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017年 第66号，2017年12月5日</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正版），2021年1月4日中华人民共和国生态环境部令第20号修正</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环保总局，环发〔2006〕145号，2006年9月26日</p> <p>(11) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行</p> <p>(12) 《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，2019年12月23日</p> <p>(13) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019年 第39号，2019年10月21日</p> <p>(14) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019年 第38号，2019年11月1日起施行</p>
------	--

	<p>(15) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正版），2018年3月28日江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议修正</p> <p>(16) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日</p> <p>(17) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日</p> <p>(18) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日</p> <p>(19) 江苏省自然资源厅关于常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函（苏自然资函〔2024〕777号）</p>
技术 标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）</p> <p>(6) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）</p>
其他	<p>与本项目相关附件：</p> <p>(1) 项目委托书（附件1）</p> <p>(2) 射线装置使用承诺书（附件2）</p> <p>(3) 辐射防护屏蔽设计说明（附件3）</p> <p>(4) 本项目辐射环境本底检测报告及检测单位资质（附件4）</p> <p>(5) 南医大常州校区环评批复（附件5）</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**评价范围**

本项目为使用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）中的要求，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。本项目评价范围应以DSA手术室的屏蔽墙为边界，外延50m的范围。

**保护目标**

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1号）及《江苏省自然资源厅关于常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕777号），本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。

本项目 50m 评价范围均在南医大常州医疗健康科技园内，主要环境保护目标为项目辐射工作人员、校内其他工作人员及学生等。本项目环境保护目标具体详见表7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标

名称	场所	环境保护目标	方位	距手术室最近距离	规模	照射类型	剂量约束值 (mSv/a)
本项目辐射工作人员	操作间、设备间、麻醉准备间	操作技师	DSA 手术室北侧	紧邻	2 名辐射工作人员	职业照射	5
	DSA 手术室	介入手术实验人员	/	/	2 名辐射工作人员	职业照射	5
评价范围内公众	无菌手术室	手术人员	东侧	紧邻	2 名工作人员	公众照射	0.1
	缓冲操作间	工作人员	东侧	5m	1 名工作人员		
	实验气体存放区	工作人员	东侧	5m	无人员逗留		
	强电间	工作人员	东侧	5m	无人员逗留		
	报警阀间	工作人员	东侧	5m	无人员逗留		
	业务接待室	工作人员	东侧	10m	4 名工作人员		
	办公室	工作人员	东侧	10m	8 名工作人员		
	校区道路	流动人员	东侧	36m	流动人员		
	监控室	工作人员	东北侧	12m	2 名工作人员		
	物管站	工作人员	东北侧	15m	1 名工作人员		
	动物饲养区、检疫区	工作人员	北侧	4m	4 名工作人员		
	淋浴、卫生间	工作人员	北侧	26m	流动人员		
	饲养员休息室	工作人员	北侧	27m	2 名工作人员		
	资料室	工作人员	北侧	26m	1 名工作人员		
	校区道路	流动人员	北侧	40m	流动人员		
	拟建 CT 室、X 光室	辐射工作人员	西北侧	6m	2 名辐射工作人员	职业照射	5
	纯水机房	工作人员	西北侧	28m	1 名工作人员	公众照射	0.1
	洗衣房	工作人员	西北侧	27m	1 名工作人员		
	变电间	工作人员	西侧	紧邻	1 名工作人员		
	楼梯间、电梯间	工作人员	西侧	18m	流动人员		
校区道路	流动人员	西侧	40m	流动人员			
校区道路	流动人员	南侧	6m	流动人员			
实验废弃物暂存间	工作人员	南侧	25m	无人员逗留			
大楼 2F~4F	工作人员	楼上	紧邻	15 名工作人员			

## 评价标准

### 1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

#### （1）剂量限值

##### ①职业人员

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

a) 由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），  
20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

##### ②公众人员

B1.2.1 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

b) 特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。

#### （2）剂量约束值

4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险限值的值。

本次评价以职业照射剂量限值的1/4即5mSv/a作为职业人员的剂量约束值，以公众照射剂量限值的1/10即0.1mSv/a作为公众人员的剂量约束值。

### 2. 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

本项目为动物医学实验项目，目前国内尚无专门针对动物X射线设备机房防护的国家标准。出于辐射防护保守性原则，本次评价参照执行《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关要求。

#### 6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于2.5  $\mu$  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；

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;

#### 6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

#### 6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于2mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 <sup>d</sup> m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 <sup>e</sup> m
单管头 X 射线机 <sup>b</sup> （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

注：b单管头、双管头或多管头X射线机的每个管球各安装在1个房间内；d机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形面积；e机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

表 7-3 本项目 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 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

### 3.辐射剂量约束值

综合考虑GB 18871-2002与GBZ 130-2020，本项目约束值为：

(1) 辐射剂量率约束值：DSA手术室四周墙体、顶部、防护门、观察窗外表面

30cm处辐射剂量率不大于2.5  $\mu$  Sv/h;

(2) 年有效剂量约束值：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。

#### 4.参考资料

- (1) 《辐射防护手册 第一分册》，李德平、潘自强主编；
- (2) 《辐射防护手册 第三分册》，李德平、潘自强主编；
- (3) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护第13卷第2期，1993年3月），江苏省环境监测站。

表 7-4 江苏省环境天然  $\gamma$  辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

类别	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差 (s)	7.0	12.3	14.0

注：1. 测量值已扣除宇宙射线响应值；2. 现状评价时，取测值范围为其评价参考范围，即原野天然  $\gamma$  辐射水平参考范围取(33.1~72.6)nGy/h，道路天然  $\gamma$  辐射水平参考范围取(18.1~102.3)nGy/h，室内天然  $\gamma$  辐射水平参考范围取(50.7~129.4) nGy/h。

表 8 环境质量和辐射现状

项目地理和场所位置

本项目DSA机位于常州市武进区南医大常州医疗健康科技园。南医大常州校区北侧为延政西大道，隔路为常州大学西太湖小区；东侧为空地；南侧为环湖北路，隔路为常州西太湖医院；西侧为云杉路。

DSA手术室周边50m评价范围内，东侧依次分布无菌手术室、缓冲操作间、实验气体存放区、办公室、接待室及园区道路等；南侧依次为园区道路与实验废弃物暂存间；西侧依次为变电站与园区道路；北侧则依次为设备室、操作间、麻醉准备室、动物饲养区、X光室、CT室及园区道路。

本项目DSA 手术室拟建址周围环境现状见下图。



DSA 手术室



DSA 手术室楼上



DSA 手术室所在医药实验动物中心大楼



医药实验动物中心南侧实验废弃物暂存间



医药实验动物中心西侧校区道路



医药实验动物中心南侧校区道路



医药实验动物中心东侧校区道路、基础实验楼



医药实验动物中心北侧校区道路

## 环境现状监测

本项目在进行现状调查时，主要调查DSA手术室拟建址及周围环境的辐射水平。

### 1.检测因子、检测方法

检测因子：X- $\gamma$  辐射剂量率

检测方法：按照《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中的要求进行，检测时仪器探头水平距离地面1m，每组读10个数据，取算术平均值计算结果。

### 2.监测点位布设

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点，共计布点12个，重点调查本项目DSA手术室拟建址及周围环境的X- $\gamma$ 辐射剂量率，具体点位见下图。



### 3.检测单位、检测时间和检测仪器

本次现状监测由具备 CMA 资质的常州苏测环境检测有限公司承担。现场使用的主要仪器技术参数如下：

仪器名称及型号：HA3200-E型X、 $\gamma$  辐射剂量率仪（探头型号HA3200M+RP9003）

量程与能量范围：测量范围为0.01  $\mu$  Gy/h~100mGy/h，能量响应范围涵盖 48keV ~ 3MeV

设备有效性与可靠性：该仪器在有效检定/校准期内（有效期至 2027年1月21日，设备编号 SCT-SB-FS-025）。此外，该仪器参加了2025年江苏省辐射防护协会组织的辐射监测比对， $\gamma$  辐射剂量率比对结果评估为“满意”（比对证书编号：2025006），证明了该设备在实际监测中各项参数（含本底及宇响检定）的准确性与高度稳定性。

### 4.质量保证措施

①委托的检测机构已通过计量认证（证书编号：221012340565），具备相应的检测资质和检测能力；

②委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③委托的检测机构所采用的监测设备均通过计量部门检定，并在检定有效期内；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核；

⑤检测仪器在使用前、后进行性能检查。

### 5.检测结果及评价

本项目环境现状监测结果见下表。

表 8-1 本项目DSA手术室周边  $\gamma$  辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

监测点编号	测量位置	监测结果	备注
1#	DSA 手术室	57.73	室内（楼房）
2#	CT 室	85.76	室内（楼房）
3#	DSA 手术室楼上	89.22	室内（楼房）
4#	无菌手术室	85.35	室内（楼房）
5#	DSA 操作间	91.77	室内（楼房）
6#	变电间外	85.14	室内（楼房）
7#	麻醉间	87.39	室内（楼房）
8#	DSA 设备间	90.55	室内（楼房）
9#	实验废弃物暂存间	56.45	室内（平房）

10#	医药实验动物中心西侧道路	61.14	道路
11#	医药实验动物中心北侧道路	59.92	道路
12#	医药实验动物中心东侧道路	60.84	道路

根据检测结果可知，本项目DSA手术室拟建址及周围环境辐射水平在56.45nGy/h~91.77nGy/h范围内。

其中室内环境 $\gamma$ 辐射剂量率在56.45nGy/h~91.77nGy/h，对照江苏省环境天然 $\gamma$ 辐射剂量率调查结果，本项目DSA手术室拟建址及周围室内环境辐射剂量率基本处于江苏省室内环境天然 $\gamma$ 辐射水平涨落范围。

道路环境 $\gamma$ 辐射剂量率为59.92nGy/h~61.14nGy/h，对照江苏省环境天然 $\gamma$ 辐射剂量率调查结果，本项目DSA手术室拟建址周围道路环境辐射剂量率处于江苏省道路环境天然 $\gamma$ 辐射水平涨落范围。

**\*监测数据处理及宇宙扣除情况说明**

本次监测严格按照《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）执行，监测数据的处理逻辑如下：

宇宙射线响应（宇宙）扣除情况：本次提交的检测报告表中的最终检测值，均已严格扣除了仪器自身的宇宙射线响应值，为净附加剂量率。具体扣除计算参数如下：经标定，本测量仪器的宇宙射线响应值为 $48.10 \pm 0.15$ nGy/h。针对室内外环境差异，引入了屏蔽修正因子：本项目1#~8#点位位于DSA机房及周边室内（多层楼房），宇宙射线屏蔽修正因子取0.8；9#~12#点位位于室外厂区道路，屏蔽修正因子取1.0。检测公司出具的最终数据均是在原测读数基础上，减去（ $48.10$ nGy/h $\times$ 对应屏蔽修正因子）后得到的净值，处理过程合规、数据真实有效。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、工程设备

DSA因其整体结构像大写的“C”，因此也称作C型臂X光机。DSA成像系统按功能和结构划分，主要由五部分构成：X线发生装置、影像检测和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和检查床、影像存储和传输系统。

1.X线发生装置

X线发生装置主要包括X线球管、高压发生器和X线遮光器。介入治疗需要连续发射X射线，要求有较高的球管热容量和散射率，因此DSA必须具有阳极热容量在1MHU以上、具有大小焦点的X线球管。此外，还需具有一个能产生高千伏、短脉冲和恒定输出的高压发生器、X线遮光器用来限制X线照射视野，避免患者接受不必要的辐射。

2.影像检测和显示系统

影像检测和显示系统用于将X线信息影像转换成可见影像。目前数字成像系统共有两种：影像增强器和平板探测器。影像增强器接收穿过人体的X线并转换为亮度增强数千倍的输出图像后，经摄像机转换为电子图像，再经A/D转换成数字图像；而平板探测器是直接接收穿过人体的X线信息后转换成数字图像。现代大型DSA设备普遍使用平板探测器，其转换环节少，减少了噪声，使X线光子信号的损失降到了最低限度，大大提高了光电转换效率。不但保证了优质的图像质量，而且降低了射线剂量。

3.影像处理和系统控制部分

DSA影像被数字化后，则需进行各种算术逻辑运算，并对减影的图像进行各种后处理。计算机系统是DSA的关键部件，具有快速处理能力，主要对数字影像进行对数变换处理、时间滤波处理和对比度增强处理。系统控制部分具有多种接口，用于协调X线机、机架、计算机处理器和外设联动等。

4.机架系统和检查床

机架系统有悬吊式和落地式两种，各有利弊，可根据工作特点和机房情况选择。检查床具有手术床和透视诊断床两种功能，多采用高强度、低衰减系统的碳素纤维床面，减少对X线的吸收。

5.影像存储和传输系统

影像存储和传输系统采用在线存储和近线存储两种存储方式，充分利用网络技术

实现影像资料的共享，方便随时调阅，更加高效地交流和管理DSA影像信息。

DSA在工作时，能够实现曝光采集及透视功能。目前主流的DSA多采用脉冲透视功能，能够实现短时间、低电压、大电流连续脉冲式动态采集。同时还能自动根据成像区衰减状态调整kV、mA等参数，使X射线管保持最佳负荷状态，在安全辐射剂量范围内获取最佳图像质量。

本项目DSA外观示意图9-1。



图9-1 本项目DSA设备外观示意图

## 二、工作原理及工作方式

### (1) 工作原理

数字减影血管造影技术是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA的成像基本原理为：将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影X射线荧光图像，经电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，最终获得去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过DSA处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

本项目拟配备的DSA属于平板探测器型，其成像原理为：①曝光前对非晶硒两面的偏置电极板预先施加1~5000V正向电压形成偏置电场，像素矩阵处于预置初始状

态；

②X线曝光时在偏置电场作用下形成电流→垂直运动→电荷采集电极→给储存电容充电；③读取TFT储存电容内的电荷→放大→A/D转换成数字信号→计算机运算→形成数字图像；④消除残存电荷。其系统结构图见图9-2。

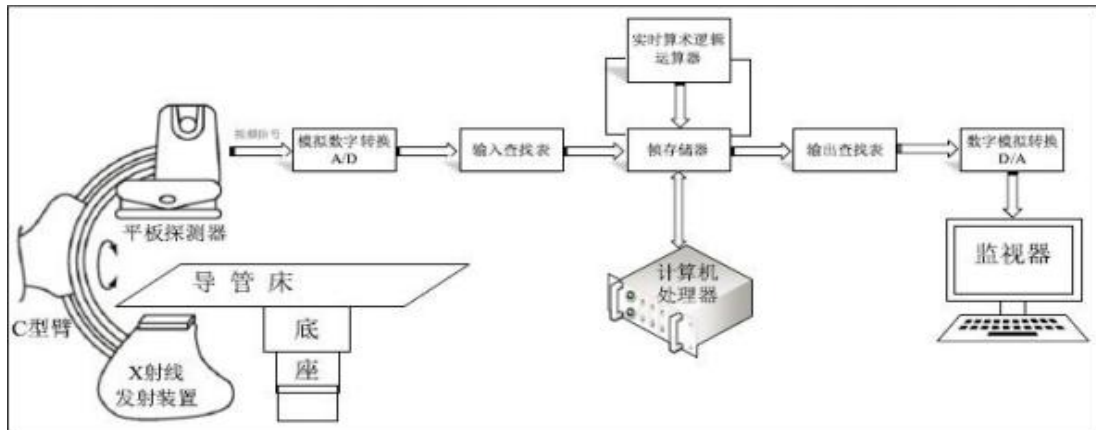


图9-2 平板探测器型 DSA 系统结构图

介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各种导管的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点。

### （2）工作方式

本项目DSA 在进行曝光时可分为摄影和透视两种情况：

摄影检查：摄影是操作人员采取隔室操作的方式（即操作技师在操作间内对动物进行曝光），介入手术实验人员通过铅玻璃观察窗和操作台观察手术室内动物情况，曝光并通过电子计算机处理后得到最终的减影图像，介入手术实验人员根据减影图像对动物的病情进行诊断。

介入手术实验：透视是为了评估医疗器械，在对动物进行介入手术时，为更清楚地了解动物情况时会有连续曝光，并采用脉冲透视，此时介入手术实验人员位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在手术室内对实验动物进行直接的介入手术操作。

### 三、工作流程及产污环节

本项目的实验对象为动物，包括兔、鼠、犬、猪、羊、猴、豚鼠。实验对象来源于医药实验动物中心饲养间。通过介入手术实验，对拟上市的介入医疗器械（球囊、导管、导丝、支架等）的性能及安全性进行评估。

#### （1）术前准备

实验动物术前麻醉、清理、固定在手术床上，由于本项目的实验对象是动物，因

此无需为“患者”配备个人防护用品。实验人员佩戴相关防护用品，开机，检测相关设备状态，按照介入实验操作部位及实验对象的特性制定检查模式、X医药实验动物中心线发生模式、采集频率、采集视野等。

### (2) 摄影检查/介入手术实验

首先，注射造影剂之前，X医药实验动物中心射线曝光一次，制作蒙片。注射造影剂，待造影剂分布均匀后，根据手术需要进行曝光，得到血管造影图像或实时图像，注射造影剂前及注射造影剂后的图像分别经图像增强器增益后，经医药实验动物中心DSA医药实验动物中心系统处理后，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织后的单纯血管影像。得到血管影像后，使用需评估的介入医疗器械（球囊、导管、导丝、支架等），开展动物介入手术实验，操作过程中会产生X射线和微量的臭氧、氮氧化物。

操作过程中，介入手术实验人员将根据获取图像的质量和检查需求，修正X射线的强度、照射野、采集频率、高压注射器速率等，以提高影像质量和减少实验人员受到的辐射。

### (3) 术后观察及器械评估

动物进行手术后，推至术后观察室继续进行观察术后反应，观察阶段不再进行二次手术。根据实验情况，记录医疗器械的性能参数，对介入医疗器械进行性能和安全性评估。

本项目采用先进的数字显影技术，电脑成像，不使用显（定）影液，不产生废显影液、废定影液和废胶片。注入的造影剂不含放射性。设备运行过程中产生的污染物主要为X射线、少量臭氧和氮氧化物以及手术过程中产生的医疗废物。本项目DSA医药实验动物中心工作流程及产污环节见图医药实验动物中心9-3。

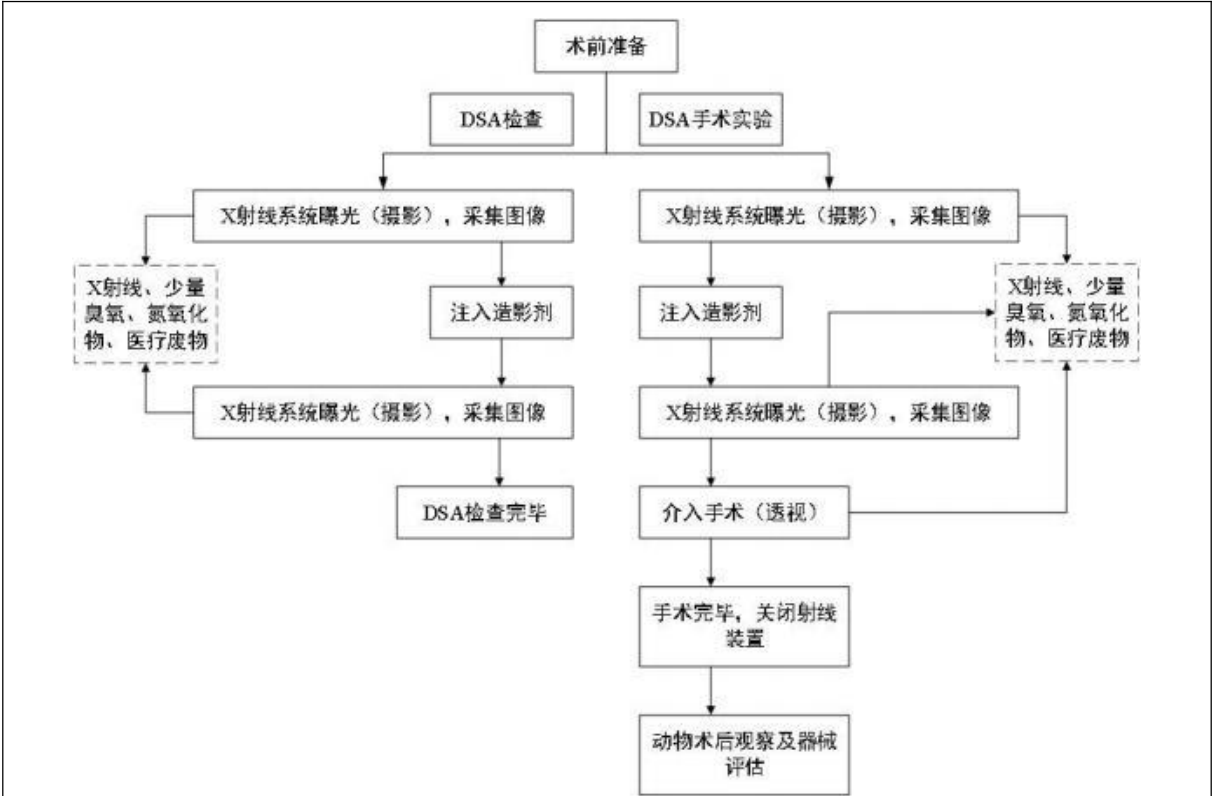


图9-3 本项目动物 DSA 工作流程及产污环节示意图

## 污染源项描述

### 一、放射性污染

由X射线装置的工作原理可知，X射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，本项目DSA在非工作状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出X射线。本项目DSA在开机出束期间主要辐射污染因子为X射线。本项目新增的DSA最大管电压为125kV，最大管电流为800mA。

辐射场中的X射线包括有用线束（主束）、漏射线和散射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

#### （1）有用线束

本项目DSA为下球管，有用线束投射方向为由下至上。有用线束的射线能量、强度与X射线管靶物质、管电压、管电流有关。DSA具有自动照射量控制调节功能(AEC)，摄影时，根据动物体型大小，自动调节功率。如果动物体型偏小，功率自动降低，照射量率减小；如果动物体型较大，功率自动增强，照射量率增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常留有一定的裕量。根据建设单位提供资料，本项目DSA设备的主要操作模式为透视及摄影，DSA正常运行时，透视模式的工况为60kV~80kV/5mA~20mA，摄影模式的工况为60kV~80kV/100mA~500mA，具体见表9-1。

表9-1 本项目DSA 实际运行工况一览表

设备型号	实际运行时最大管电压（kV）		实际运行时最大管电流（mA）	
	摄影	透视	摄影	透视
NeuAngio 30C	60-80	60-80	100-500	5-20

DSA运行时离靶1米处的X射线发射率根据运行时管电压和DSA的X射线管的过滤条件从《辐射防护手册第三分册》P58图3.1中查取。本项目DSA固有滤过为1.1mmAl+1.5mmAl+0.2mmCu，保守按照过滤材料为2.5mmAl进行剂量预测，DSA额定电压125kV时，离靶1米处的发射率为0.15mGy/mAs；正常运行时最大电压为80kV，离靶1米处的发射率约为0.06mGy/mAs。

#### （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1mGy/h”（在距离源1m处不超过100cm<sup>2</sup>的面积上或者在离管或源壳5cm处的10cm<sup>2</sup>

面积上进行平均测量)，以及《医用电气设备第1-3部分：安全通用要求三.并列标准诊断X射线设备辐射防护》(GB9706.103-2020)中的相应要求，本项目DSA离焦点1m处的泄漏辐射空气比释动能率为1.0mGy/h。

(3) 散射线

本项目DSA的散射线主要考虑有用线束照射到实验动物产生的侧向90°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、散射面积和距离等有关。

**工作负荷：**

根据建设单位提供的资料，本项目拟配备4名辐射工作人员（2名介入手术实验人员、2名操作技师）。年手术约100台，手术期间，DSA操作技师在操作间负责DSA的运行；DSA出束时不进入机房内；介入手术实验人员负责介入手术，在机房内进行介入手术（DSA透视模式）。手术时介入实验人员均位于手术床旁，站位顺序依次为第一术者、第二术者，其中第一术者距球管约0.5m处，负责为实验对象进行介入手术，第二术者距球管约1m处，负责辅助第一术者进行手术。

本项目DSA工作负荷见表9-2。

**表9-2 本项目DSA 保守工作量一览表**

场所名称	单台手术曝光时间		年手术台数	年出束时间		总计
	摄影	透视		摄影	透视	
DSA 手术室	1min	15min	100 台	1.67h	25h	26.67h

**二、非放射性污染**

(1) 废气

DSA开机出束时会产生X射线，X射线会使手术室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

(2) 废水

项目运行期产生的废水主要为辐射工作人员的生活污水。

(3) 噪声

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。

(4) 固体废物

项目运行期产生的固体废物主要为DSA手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等以及辐射工作人员产生的一般生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所布局与分区

1.工作场所布局

本项目设计有手术室、麻醉间、操作间、设备间，手术室与操作间分开单独设置，区域划分明确，且设备安装时主射线尽量避开门和窗，布局基本合理。

表10-1 本项目DSA 手术室有效使用面积、单边长度一览表

机房名称	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		评价
	本项目	标准要求	本项目	标准要求	
DSA 手术室	57.3	20	5.05	3.5	符合要求

从表10-1可知，本项目DSA手术室最小有效使用面积、最小单边长度能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“单管头X射线设备机房最小有效使用面积应不小于20m<sup>2</sup>、最小单边长度应不小于3.5m”的要求。

2.工作场所分区

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

本项目将DSA手术室划为辐射防护控制区，在各防护门入口处设置电离辐射警告标志，工作期间禁止除手术人员外的其他人员进入。

**监督区：**通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

本项目将操作间、设备间、麻醉间划为辐射防护监督区，监督区可不采取专门防护手段或安全措施，但要定期审查该区的条件，检测其辐射剂量率，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。在正常工作过程中，区内不得有无关人员滞留，工作期间禁止任何无关人员进入。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

**表10-2 项目“两区”划分表**

场所名称	两区划分	
DSA 手术室	控制区	DSA 手术室
	监督区	操作间、设备间、麻醉间

**二、辐射防护屏蔽设计**

本项目DSA手术室屏蔽防护设计方案见表10-3。

**表10-3 手术室屏蔽防护设计一览表**

屏蔽体	屏蔽参数
四周墙体	24cm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥+3mm 铅板
观察窗	3mm 铅当量防护玻璃
防护门	3mm 铅板
顶部	25cm 混凝土+3mm 铅板
地面	25cm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥

注：混凝土密度不小于2.35g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡水泥密度不小于3.5g/cm<sup>3</sup>；铅密度为11.34g/cm<sup>3</sup>。

为了避免辐射泄漏过大，手术室防护门设计安装时，应尽量减小防护门与搭接墙体之间的缝隙，防护门与屏蔽墙、地面之间的搭接宽度至少应为门缝的十倍；铅板防护安装时应确保铅板密拼，门、窗与墙搭接处应采用相同厚度的铅板包裹，铅板用螺丝等固定时，固定处应采用相同厚度的铅板包裹进行屏蔽补偿；穿墙管道应做成S形或U形，其开口应避免辐射源和人员经常停留处。

**三、辐射安全和防护措施分析**

本项目手术室拟采取的辐射安全防护措施主要有：

(1) 工作状态指示灯

防护门上方拟设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害，灯亮勿入”的警示语句，工作状态指示灯与各防护门拟设置门灯联锁装置。

(2) 防夹和闭门装置

手术室平开门设置有自动闭门装置，电动推拉门设置有防夹装置并设置曝光时关闭的管理措施。

(3) 电离辐射警告标志

手术室各防护门外表面醒目位置拟设置电离辐射警告标志，提醒无关人员勿靠近机房或在附近逗留。

(4) 监控与对讲装置

手术室设置有观察窗，同时拟设置实时监控装置和对讲装置，工作人员在操作间

内可及时观察动物情况及防护门开闭情况，防止意外情况的发生。

#### (5) 急停按钮

DSA操作台设置1个急停按钮，手术室内的检查床边操作面板自带1个急停按钮，各按钮分别与X射线系统连接，在出现紧急情况下，按下急停按钮，即可停止X射线系统出束。

#### (6) 防护用品

拟为本项目配备至少2套不低于0.5mmPb的铅衣、铅橡胶颈套、铅帽、铅防护眼镜和不低于0.025mmPb的介入防护手套个人防护用品，由于本项目“患者”为动物，无需为“患者”配备防护用品，防护用品不使用时存放于操作间内。

#### (7) 机房通风

为防止与其他房间产生交叉污染，本项目DSA手术室内配备独立的空调系统，采用层流罩送风（送风面积不低于9m<sup>2</sup>），洁净度为百级。手术室进、排风管道拟从手术室侧墙上部穿出（穿墙孔洞及缝隙处严格采用3mm铅当量材料进行防辐射屏蔽与封堵补偿），随后接入大楼预留的垂直通风管井（或专用管道通道），向上直达大楼楼顶排放。楼顶排风口及进风口所在区域空旷，无人员密集活动。本项目的有用线束向上照射，避开了管线穿墙口的位置，射线经通风管道多次散射后，室外管线口处的辐射泄漏可忽略不计。

本项目辐射安全措施、设施布置示意图见图10-1。

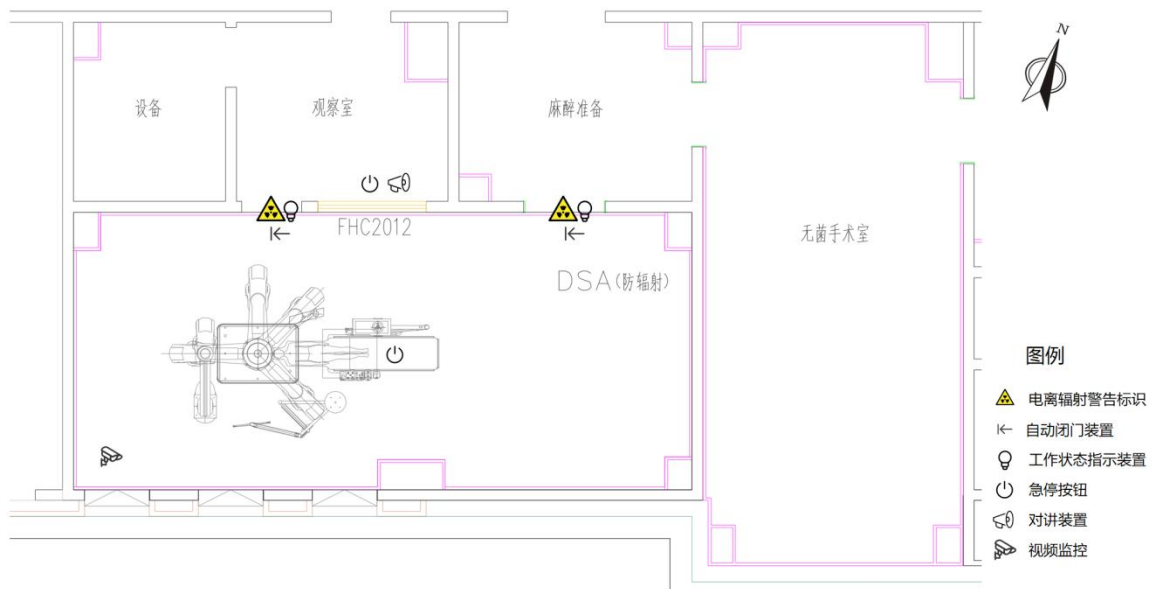


图 10-1 辐射安全措施、设施布置示意图

(8) 其他辐射安全措施

由于DSA介入手术实验需要长时间的透视和大量的摄片，X射线球管工作时产生的散射线对手术室内介入手术实验人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，建设单位还应在以下方面加强对介入手术实验的防护工作：

1) 操作中减少透视时间和减少照相的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入手术实验人员在操作时应尽量远离检查床；

2) 优化照射条件，在保证获取有效实验影像数据的前提下，尽可能降低对实验动物的照射剂量，以此同时降低散射线对介入手术工作人员的影响。；

3) 引入的DSA及配套设备必须符合国际的或者国家的标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；设备应该常规调节到满足低剂量的有效范围内，并尽可能提高图像质量；

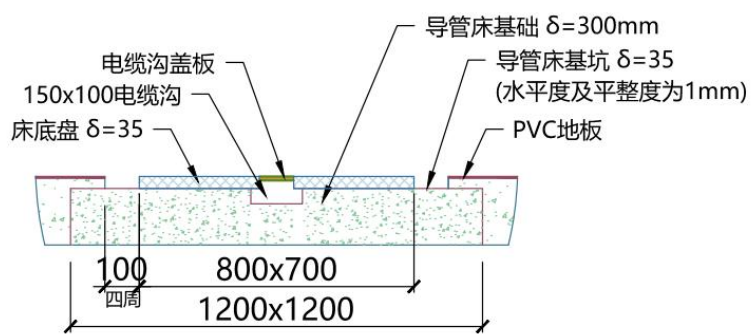
4) 临床介入手术时，采用床侧立地防护屏、防护手术手套、床侧竖屏及床上防护屏、床下帘幕、床侧帘幕等屏蔽防护措施，能够有效降低介入手术工作人员的吸收剂量。

本项目手术室拟配备的个人防护用品和辅助防护设施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中要求对照，均能够满足要求，具体对照符合性分析情况见下表。

**表10-3 本项目DSA 个人防护用品和辅助防护设施落实情况一览表**

类别	介入手术工作人员	
	个人防护用品	辅助防护设施
GBZ130-2020 要求	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/铅防护帘幕、床侧防护帘/床侧防护屏选配：移动铅防护屏风
	6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要。 6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。	
本项目 DSA 拟配备	配备 2 套不小于 0.5mmPb 的铅衣、铅橡胶颈套、铅帽、铅防护眼镜和 2 套不低于 0.025mmPb 介入防护手套	配备 1 套 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、床侧防护帘
对比结论	满足基本种类配备要求	





导管床基坑剖面图 3:1  
(适用于PVC地板地面)

图10-4 电缆沟做法示意图

### 三废治理

#### 1. 废气治理措施

项目运行期产生的废气主要为DSA运行时产生的X射线与空气发生相互作用产生的微量臭氧和氮氧化物。本项目拟为DSA手术室配备独立空调系统，防止与其他房间产生交叉污染。进风口位于厂房外部空中区域，排风口拟位于厂房外地面以上30cm处，排风口周围无人员密集场所。运行过程中产生的臭氧和氮氧化物可通过通风系统排出厂房外，臭氧常温下约50min可自行分解为氧气，对环境影响很小。

#### 2. 固体废物治理措施

项目运行期产生的固体废物主要为DSA手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等以及辐射工作人员工作中产生的少量办公垃圾。

医疗废物按要求收集后委托有资质单位进行处置；生活垃圾收集后，将交由城市环卫部门处理。

#### 3. 废水治理措施

项目运行期产生的废水主要为生活污水，依托建设单位已有污水处理系统，处理后排入城市污水管网。

#### 4. 噪声治理措施

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，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，极大减少风机产生的噪声，其运行产生的噪声对周围环境影响很小。

表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响**

《南医大常州医疗健康科技园新建工程项目（一期）环境影响报告表》已于2023年2月27日取得批复，文号为：常武环审〔2023〕64号。有关主体工程施工期环境影响内容详见《报告表》有关章节，本次评价不再进行相关的环境影响评价，目前医药实验动物中心大楼已完工，预计于2026年8月底投入使用。

射线装置只有在开机使用过程中才会产生射线，建设阶段不会对周围环境产生电离辐射影响。设备的安装、调试由设备厂家专业人员进行，校方不得自行安装及调试；由于设备在安装和调试时，机房各屏蔽防护措施已建设完成，经过墙体屏蔽和距离衰减后对环境的辐射影响能够达标。设备安装完成后，校方需及时回收包装材料及其它固体废物，并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

**运行阶段对环境的影响**

**一、辐射环境影响分析**

**1.DSA手术室的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性分析评价**

**（1）评价标准**

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表3规定，有用线束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均不小于2.0mmPb。

**（2）本项目手术室各屏蔽部位的铅当量厚度核算**

本项目 DSA 机房使用的屏蔽材料除铅以外，还涉及顶面的混凝土和和地坪的混凝土和硫酸钡，机房四侧的实心砖及观察窗的铅玻璃。本项目按额定管电压 125kV 的极端条件核算 DSA 机房各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。

**①屏蔽物质的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：

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

式中：X—不同屏蔽物质的铅当量厚度

α、β、γ—相应屏蔽物质（本项目为混凝土）对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关拟合参数；

B—减弱因子，参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 的 C.1.2

中式 (C.1) 及表 C.2 的相关参数进行计算。

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

式中：

$B$ ——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

$X$ ——铅厚度；

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ——铅对相应管电压 $X$ 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

由GBZ130-2020中表C.2查取125kV管电压工况下 $X$ 射线（散射）辐射衰减的有关的拟合参数，列于下表。

**表 11-1 不同管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数**

管电压	屏蔽材料	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
125kV（主束）	铅	2.219	7.923	0.5386
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6674
	实心砖	0.0287	0.067	1.346

本项目机房屏蔽部位涉及的25cm混凝土和24cm实心砖按以上公式计算其屏蔽透射因子 $B$ 、铅当量厚度，计算结果列于下表。

**表 11-2 屏蔽材料的屏蔽透射因子 $B$ 、铅当量厚度计算结果**

管电压	屏蔽材料	屏蔽透射因子 $B$	铅当量厚度 $X$ (mm)
125kV（主束）	25cm 混凝土	$3.09 \times 10^{-5}$	3.42
	24cm 实心砖	$4.17 \times 10^{-5}$	2.28

硫酸钡水泥的等效铅当量厚度：

按《辐射防护导论》（方杰著）P88 给出的相应公式估算硫酸钡涂层的等效混凝土厚度：

$$d_1/d_2 = \rho_1/\rho_2$$

式中：

$d_1$  ——相应屏蔽材料（本项目为硫酸钡水泥/实心砖）厚度（mm）；

$d_2$  ——相应屏蔽材料的等效混凝土厚度（mm）；

$\rho_1$ ——相应屏蔽材料密度，本项目硫酸钡水泥密度取  $2.79\text{g/cm}^3$ ，

$\rho_2$ ——混凝土密度，取  $2.35\text{g/cm}^3$ 。

计算结果列于下表。

**表 11-3 相应屏蔽材料的等效混凝土厚度计算结果**

相应屏蔽材料	相应屏蔽材料密度 (g/cm <sup>3</sup> )	混凝土密度 (g/cm <sup>3</sup> )	相应屏蔽材料厚度 (mm)	等效混凝土厚度(mm)
硫酸钡水泥	2.79	2.35	40	47.49
			20	23.74

**表 11-4 硫酸钡水泥的屏蔽透射因子B、铅当量厚度计算结果**

管电压	屏蔽材料	屏蔽透射因子 B	铅当量厚度 X (mm)
125kV (主束)	40mm 硫酸钡水泥	$5.24 \times 10^{-2}$	0.51
	20mm 硫酸钡水泥	$1.71 \times 10^{-1}$	0.24

根据前述等效铅当量厚度核算情况，可对本项目手术室的屏蔽体等效铅当量进行汇总，结果见表11-5。

**表 11-5 DSA 手术室屏蔽符合性分析**

屏蔽体	屏蔽设计参数	等效铅当量 mm	标准要求铅当 量 mm	评价结果
四周墙体	24cm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥 +3mm 铅板	5.52	2.0	满足要求
观察窗	3mm 铅当量防护玻璃	3	2.0	满足要求
防护门	3mm 铅板	3	2.0	满足要求
顶部	25cm 混凝土+3mm 铅板	6.42	2.0	满足要求
地面	25cm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥	3.93	2.0	满足要求

### (3) X射线设备机房布局要求

本项目DSA手术室长11.35m，宽5.05m，面积为57.3m<sup>2</sup>，满足GBZ 130-2020 中表 2 X射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求：单管头 X 射线机机房内最小有效新建面积不小于 20m<sup>2</sup>，单边长度不小于 3.5m。

### 2.DSA 运行阶段辐射影响预测

为进一步评价本项目DSA手术室的屏蔽防护效果，本项目采用理论预测的方法进行影响分析。本项目DSA设备主射线方向向上，介入手术过程中，DSA图像增强器对X射线主束有屏蔽作用，NCRP147号报告“Structural Shielding Design for Medical Imaging X-ray Facilities” 4.1.6节（Primary Barriers，P41-45）及5.1节（Cardiac Angiography，P72）指出，DSA进行估算时不需要考虑主束照射。因此本项目DSA需要屏蔽的辐射仅考虑泄漏辐射和散射辐射。

(1) 估算模式

① 泄漏辐射剂量率  $H_L$

$$H_L = \frac{H_i B k}{R^2}$$

式中： $H_L$ —关注点处泄漏辐射有效剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_i$ —距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率， $\text{mGy/h}$ ；本项目 1m 处泄漏射线的空气比释动能率取  $1.0\text{mGy/h}$ ；

$k$ —有效剂量与空气比释动能转换系数， $\text{Sv/Gy}$ ，从《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024）查取，对于本项目 DSA 运行时最大常用管电压  $80\text{kV}$ ， $k$  值取为 1.67；

$R$ —关注点至源点的距离， $\text{m}$ ；

$B$ —给定铅厚度的屏蔽透射因子，机房各屏蔽体的泄漏射线屏蔽透射因子。

给定铅厚度的屏蔽透射因子  $B$  值对照 GBZ130-2020 中 C.1.2a) 相应要求采用给出的计算公式进行计算：

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

式中：

$B$ ——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

$X$ ——铅厚度；

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ——铅对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；根据 GBZ130-2020 表 C.2 所列  $70\text{kV} \sim 100\text{kV}$  区间的 X 射线在铅中衰减的拟合参数  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  值，分别绘制  $\alpha$ -管电压拟合曲线、 $\beta$ -管电压拟合曲线、 $\gamma$ -管电压拟合曲线，由拟合曲线查取管电压为  $80\text{kV}$ （本项目正常运行最大管电压）时相应的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  值。

表 11-6 铅对管电压  $80\text{kV}$  的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	屏蔽材料	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
$80\text{kV}$ （主束）	铅	3.722	21.356	0.699

## ② 散射辐射剂量率 $H_s$

由《辐射防护手册（第一分册）》给出的X射线机散射线在关注点的周比释动能计算公式（公式10.10）进行推导，得到散射线在关注点处的辐射剂量率  $H_s$  的计算公式（推导中，将原公式中的使用因子、居留因子均取为1）：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s / 400) \cdot B_s \cdot K}{d_0^2 \cdot d_s^2}$$

式中： $H_s$ —关注点处散射辐射有效剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_0$ —X射线机发射率常数（当管电流为1mA时，距离阳极靶1m处由主束产生的比释动能率）， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，本项目正常使用的最大管电压为80kV、过滤条件保守取2.5mmAl（不考虑附加过滤条件，偏保守）从《辐射防护手册第三分册》P58图3.1查得本项目  $H_0$  取值  $0.06 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / \text{mAs} = 216000 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；

$I$ —管电流，mA；本项目透视、摄影模式下正常使用的最大管电流分取20mA、500mA；

$a$ —实验动物对X射线的散射照射量与入射照射量之比，查《辐射防护手册（第一分册）》表10.1，对于本项目DSA正常工作使用电压最大为80kV时的  $a$  查取值为0.0008（根据《辐射防护手册（第一分册）》表10.1中管电压为70kV、100kV、125kV对应散射角为90°的  $a$  值绘制拟合曲线，从曲线查取80kV对应的  $a$  值）；

$S$ —主束在受照体上的散射面积，考虑手术需要的最大照射面积，本项目常用照射面积取  $16 \times 16 = 256 \text{cm}^2$ ；

$d_0$ —源至受照点的距离，根据设备参数确定，本项目  $d_0$  为0.6m；

$d_s$ —受照体至关注点的距离；

$B_s$ —屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲。给定铅厚度的屏蔽透射因子，可根据前文公式进行计算，其中  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  为铅对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数，根据《辐射防护手册（第一分册）》康普顿散射线能量公式计算：

$$\frac{E}{E_0} = \frac{1}{1 + \frac{E_0}{0.511}(1 - \cos\theta)} = 0.865$$

散射后的X射线能量可按  $80 \text{kV} \times 0.865 = 69.2 \text{kV}$  的管电压X射线进行计算，本次散射后的X射线保守取值按70kV管电压X射线进行计算。查GBZ130-2020表C.2中70kV管电压  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  拟合数据，具体见下表。

表 11-7 铅对管电压70kV的X射线辐射衰减的拟合参数

管电压	屏蔽材料	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
70kV (主束)	铅	5.369	23.49	0.5881

注：对于 100kV 以下的低能 X 射线，规范未单列散射线的衰减拟合参数，其散射线穿透力近似等同于主束，故保守采用 70kV 主束参数计算。

$K$ —意义同前，按前述 90°方向一次散射线能量对应的 kV 值“70kV”，从《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T 830-2024) 查取查取，采用内插法取值为 1.60。

(2) 计算参数

本项目DSA的辐射影响构成情况见表11-8，手术室内辐射源点至手术室各侧屏蔽体的距离见图11-1，手术室内辐射源点至手术室外关注点的距离见表11-9。

表 11-8 本项目DSA的辐射影响构成情况

设备名称	操作模式	正常运行时最大工况	辐射影响对象
DSA	摄影模式	80kV/500mA	手术室外公众、操作间内操作技师
	透视模式	80kV/20mA	手术室外公众、操作间内操作技师，手术室内介入手术实验人员

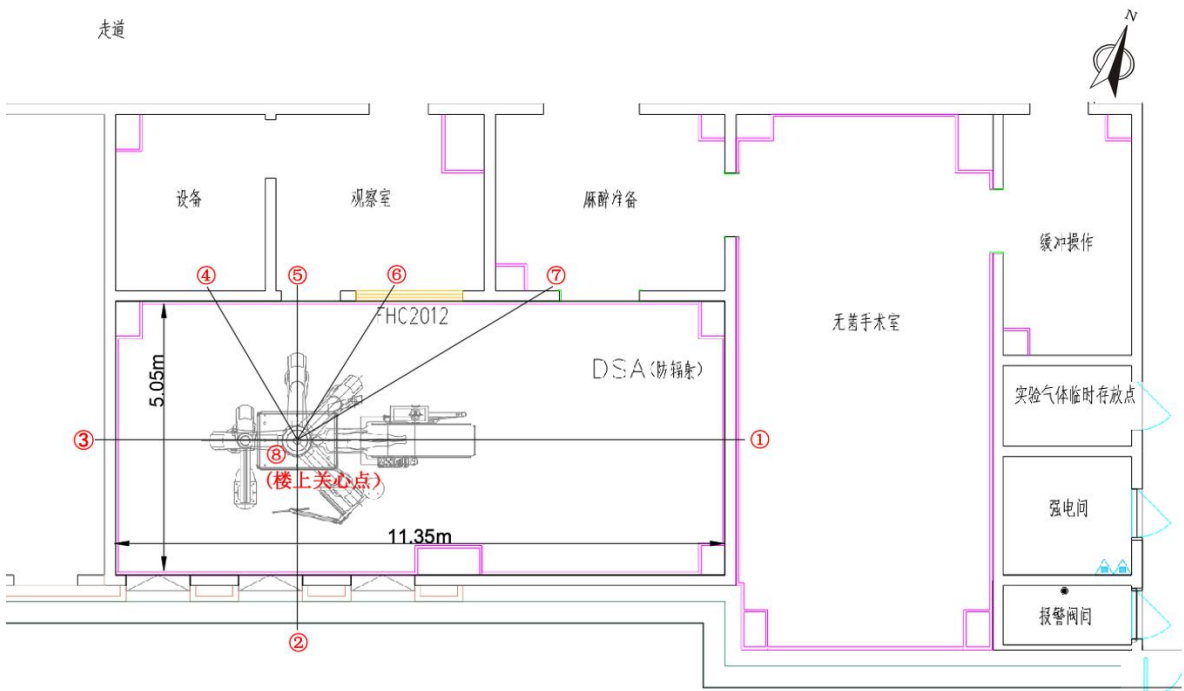


图11-1 本项目DSA手术室内辐射源点至各侧屏蔽体的距离

**表 11-9 DSA手术室内辐射源点至手术室外关注点的距离**

类别	点位	关注点位置	辐射源点至关注点距离 d (m)	防护情况	屏蔽厚度 (mmPb)	80kV 漏射屏蔽透射因子 B	70kV 散射线透射因子 B
手术室外	①	手术室东侧墙表面外 30cm (无菌手术室)	8.504	24cm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥+3mm 铅板	5.52	$6.47 \times 10^{-11}$	$7.69 \times 10^{-15}$
	②	手术室南侧墙表面外 30cm (室外草坪)	3.699		5.52	$6.47 \times 10^{-11}$	$7.69 \times 10^{-15}$
	③	手术室西侧墙表面外 30cm (变电间)	3.900		5.52	$6.47 \times 10^{-11}$	$7.69 \times 10^{-15}$
	④	手术室西北侧墙表面外 30cm (设备间)	3.495		5.52	$6.47 \times 10^{-11}$	$7.69 \times 10^{-15}$
	⑤	手术室防护门表面外 30cm (操作间)	3.100	3mm 铅板	3	$9.78 \times 10^{-7}$	$5.79 \times 10^{-9}$
	⑥	手术室观察窗表面外 30cm (操作间)	3.802	3mm 铅板	3	$9.78 \times 10^{-7}$	$5.79 \times 10^{-9}$
	⑦	手术室东北侧墙表面外 30cm (麻醉间)	5.924	3mm 铅板	3	$9.78 \times 10^{-7}$	$5.79 \times 10^{-9}$
	⑧	手术室楼上地面 100cm (办公室)	4.6	25cm 混凝土+3mm 铅板	6.42	$2.22 \times 10^{-12}$	$6.13 \times 10^{-17}$
手术室内	/	第一术者位置 (铅衣内)	0.5	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅防护吊帘	1	$1.72 \times 10^{-3}$	$3.03 \times 10^{-4}$
	/	第一术者位置 (铅衣外)	0.5	0.5mmPb 铅防护吊帘	0.5	$1.42 \times 10^{-2}$	$5.53 \times 10^{-3}$
	/	第二术者位置 (铅衣内)	1	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅防护吊帘	1	$1.72 \times 10^{-3}$	$3.03 \times 10^{-4}$
	/	第二术者位置 (铅衣外)	1	0.5mmPb 铅防护吊帘	0.5	$1.42 \times 10^{-2}$	$5.53 \times 10^{-3}$

注：关注点距离保守取各侧最短距离+0.3m；第一术者、第二术者均位于手术床旁，其中第一术者距球管约0.5m，第二术者距球管约1m。

### (3) 计算结果

将相关参数代入公式，手术室外各关注点、手术室内手术位处的泄漏辐射剂量率计算结果见下表。

表 11-10 DSA 手术室关注点处泄漏、散射辐射剂量率计算结果一览表

类别	关注点位置	距离(m)	操作模式	泄漏射线 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射射线 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	合计剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	目标限值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
室外	①东侧墙外 30cm (无菌手术室)	8.504	透视 摄影	$1.49 \times 10^{-9}$ $1.49 \times 10^{-9}$	$1.04 \times 10^{-12}$ $2.61 \times 10^{-11}$	$1.49 \times 10^{-9}$ $1.52 \times 10^{-9}$	2.5
	②南侧墙外 30cm (室外草坪)	3.699	透视 摄影	$7.90 \times 10^{-9}$ $7.90 \times 10^{-9}$	$5.52 \times 10^{-12}$ $1.38 \times 10^{-10}$	$7.90 \times 10^{-9}$ $8.04 \times 10^{-9}$	2.5
	③西侧墙外 30cm (变电间)	3.9	透视 摄影	$7.10 \times 10^{-9}$ $7.10 \times 10^{-9}$	$4.97 \times 10^{-12}$ $1.24 \times 10^{-10}$	$7.10 \times 10^{-9}$ $7.22 \times 10^{-9}$	2.5
	④西北侧墙外 30cm (设备间)	3.495	透视 摄影	$8.85 \times 10^{-9}$ $8.85 \times 10^{-9}$	$6.19 \times 10^{-12}$ $1.55 \times 10^{-10}$	$8.86 \times 10^{-9}$ $9.01 \times 10^{-9}$	2.5
	⑤防护门外 30cm (操作间)	3.1	透视 摄影	$1.70 \times 10^{-4}$ $1.70 \times 10^{-4}$	$5.92 \times 10^{-6}$ $1.48 \times 10^{-4}$	$1.76 \times 10^{-4}$ $3.18 \times 10^{-4}$	2.5
	⑥观察窗外 30cm (操作间)	3.802	透视 摄影	$1.13 \times 10^{-4}$ $1.13 \times 10^{-4}$	$3.94 \times 10^{-6}$ $9.84 \times 10^{-5}$	$1.17 \times 10^{-4}$ $2.11 \times 10^{-4}$	2.5
	⑦东北侧墙外 30cm (麻醉间)	5.924	透视 摄影	$4.65 \times 10^{-5}$ $4.65 \times 10^{-5}$	$1.62 \times 10^{-6}$ $4.05 \times 10^{-5}$	$4.81 \times 10^{-5}$ $8.70 \times 10^{-5}$	2.5
	⑧楼上地面 100cm (办公室)	4.6	透视 摄影	$1.75 \times 10^{-10}$ $1.75 \times 10^{-10}$	$2.85 \times 10^{-14}$ $7.12 \times 10^{-13}$	$1.75 \times 10^{-10}$ $1.75 \times 10^{-10}$	2.5
室内	第一术者位置(铅 衣内)	0.5	透视	11.49	11.91	23.40	/
	第一术者位置(铅 衣外)	0.5	透视	94.86	217.45	312.31	/
	第二术者位置(铅 衣内)	1	透视	2.87	2.98	5.85	/
	第二术者位置(铅 衣外)	1	透视	23.71	54.36	78.07	/

根据上表可知, 在高标准屏蔽下, 本项目 DSA 手术室外各关注点在最大工况(摄影模式)下, 总辐射剂量率最大为  $3.18 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$  (位于防护门外)。能够远低于“四周墙体、顶部、防护门、观察窗外表面 30cm 处辐射剂量率不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求。

## 二、辐射工作人员和公众剂量估算及评价

### (1) 控制室内操作技师及机房周围公众年有效剂量估算

采用联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附录 A 中的计算公式进行估算：

$$H_{Er} = D_r \times T \times t \times 10^{-3}$$

式中： $H_{Er}$ —射线外照射年有效剂量，mSv/a；

$D_r$ —关注点处空气比释动能率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$T$ —居留因子；

$t$ —照射时间，h。

将有关参数代入以上公式，估算 DSA 操作间内操作技师及手术室周围公众的年有效剂量，见表11-11。

表 11-11 DSA 手术室操作技师及周围公众年有效剂量估算结果

关注点位置	受照人群	居留因子 T	H 透视 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	t 透视/h	H 摄影 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	t 摄影/h	年有效剂量 $H_{Er}$ (mSv/a)
①东侧墙外 (无菌室)	公众	1	$1.49 \times 10^{-9}$	25	$1.52 \times 10^{-9}$	1.67	$3.98 \times 10^{-11}$
②南侧墙外 (室外草坪)	公众	1/16	$7.90 \times 10^{-9}$	25	$8.04 \times 10^{-9}$	1.67	$1.32 \times 10^{-11}$
③西侧墙外 (变电间)	公众	1/16	$7.10 \times 10^{-9}$	25	$7.22 \times 10^{-9}$	1.67	$1.18 \times 10^{-11}$
④西北墙外 (设备间)	公众	1/16	$8.86 \times 10^{-9}$	25	$9.01 \times 10^{-9}$	1.67	$1.48 \times 10^{-11}$
⑤防护门外 (操作间)	工作人员	1	$1.76 \times 10^{-4}$	25	$3.18 \times 10^{-4}$	1.67	$4.93 \times 10^{-6}$
⑥观察窗外 (操作间)	工作人员	1	$1.17 \times 10^{-4}$	25	$2.11 \times 10^{-4}$	1.67	$3.28 \times 10^{-6}$
⑦东北墙外 (麻醉间)	工作人员	1	$4.81 \times 10^{-5}$	25	$8.70 \times 10^{-5}$	1.67	$1.35 \times 10^{-6}$
⑧楼上(办公室)	公众	1	$1.75 \times 10^{-10}$	25	$1.76 \times 10^{-10}$	1.67	$4.67 \times 10^{-12}$

由上表可知，手术室外操作技师年有效剂量最大约为 $4.93 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ ，周围公众年有效剂量最大约为 $3.98 \times 10^{-11} \text{mSv/a}$ ，远远低于工作人员 $5 \text{mSv/a}$ 和公众 $0.1 \text{mSv/a}$ 的管理目标值。

(2) 手术室内介入手术实验人员年有效剂量估算

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），双剂量计估算公式为：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o$$

式中： $E$ —有效剂量中的外照射分量，单位为mSv；

$\alpha$ -系数，本项目取有甲状腺屏蔽时的系数0.79；

$H_u$ —铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $H_p$ （10），单位为mSv；

$\beta$ -系数，本项目取有甲状腺屏蔽时的系数0.051；

$H_o$ —铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 $H_p$ （10），单位为mSv。

本项目DSA前期拟配备2名介入手术实验人员，将相关参数代入公式，计算结果见表11-12。

表 11-12 DSA 介入手术实验人员年有效剂量估算结果

位置	铅衣内(μSv/h)	铅衣外(μSv/h)	年操作时间(h)	年有效剂量E(mSv/a)	管理目标(mSv/a)
第一术者	23.40	312.31	25	0.86	≤5.0
第二术者	5.85	78.07	25	0.22	≤5.0

本项目DSA手术室内的第一、第二术者操作位的年有效剂量预测值最大为0.86mSv/a，完全能够满足辐射工作人员项目管理目标5mSv/a的要求。由于实际介入手术管电压动态变化且个人手法不同，建设单位在投用后必须严格落实个人剂量双计佩戴制度，加强监测与排班管理，确保人员绝对安全。

三、电缆管道辐射防护影响分析

本项目手术室的控制电缆通过电缆沟连接至操作间，电缆布设采用U型设计，X线球管一般由下往上照射，X射线在经过至少一次散射后进入电缆通道，在电缆通道内至少经过2次散射才能通过电缆沟散射至手术室外（图11-2），不会破坏机房的整体屏蔽防护效果，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的屏蔽防护要求。

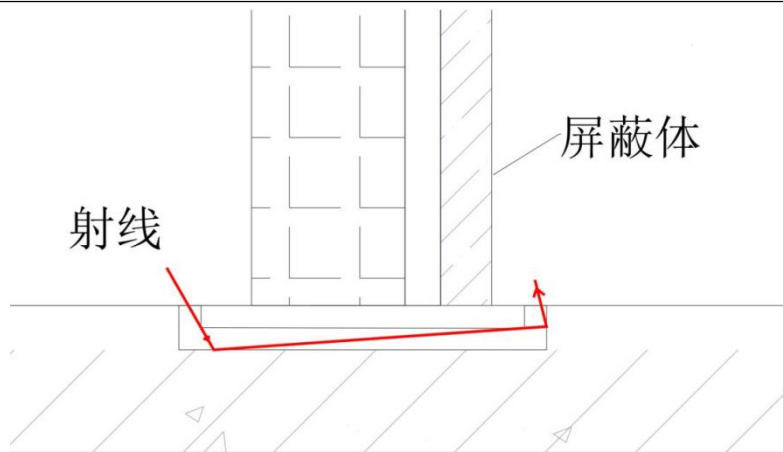


图11-2 电缆通道散射示意图

### 事故影响分析

1.本项目可能产生的辐射事故主要有：

- (1) DSA正常工作时，人员误留、误入机房，导致发生误照射；
- (2) 操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射；
- (3) 工作状态指示灯发生故障的情况下，人员误入DSA正在运行的机房。

2.辐射事故预防措施

(1) 定期对DSA手术室的安全和防护措施进行检查、检测，严格执行工作状态指示灯等辐射安全措施定期检查制度，并将检查结果记录备案。一旦发现工作状态指示灯存在故障，应立即停止工作，组织技术人员对其进行检查维修，只有在确认工作状态指示灯等辐射安全措施恢复正常后，设备方能重新投入使用。

(2) 加强对工作人员安全教育，严格按操作规程操作，每次开机运行前均确认机房内无其他无关人员，才能开机出束。

(3) 定期对DSA的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换，并建立维护、维修台账。

尽可能避免辐射事故的发生，避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射。

3.辐射事故处置方法

- (1) 切断电源，确保DSA停止工作；
- (2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；
- (3) 对可能受到大剂量照射的人员，应及时送医院检查和治疗。

建设单位应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善，加强对职工辐射防护知识的培训，定期检

查辐射安全措施的有效性，定期对工作场所进行检测，尽可能避免辐射事故的发生。

发生辐射事故时，应当立即启动事故应急预案，采取必要的防范措施，并在事故发生后1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，同时在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

**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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《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》等法律法规要求，使用射线装置、放射性同位素的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核；自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

建设单位应按上述规定成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员管理职责。

本项目运行后，拟配备4名辐射工作人员。为满足本项目要求（DSA，II类射线装置），拟配备的4名辐射工作人员及专职管理人员（辐射防护负责人）应当及时通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加辐射安全和防护专业知识培训，自主学习并报名参加与本项目相关的考核。根据国家核技术利用辐射安全与防护的考核大纲分类，本项目辐射防护负责人应参加“辐射安全管理”类考试。所有人员必须通过该类别的考核取得合格成绩后，方能从事相关辐射工作。

**辐射安全管理规章制度**

南医大常州校区应根据《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，制定辐射安全管理制度，主要包括《辐射防护和安全保卫制度》《操作规程》《岗位职责》《设备检修维护制度》《人员培训计划》《监测方案》《台账管理制度》《辐射事故应急预案》及《监测异常报告制度》等。现对建设单位应制定的辐射安全管理规章制度提出相应的建议和要求：

**辐射防护和安全保卫制度：**根据单位的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度。重点是：①定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；

②工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护；③做好辐射工作场所的安全保卫工作，并定期检查。

**操作规程：**明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中应采取的具体防护措施及步骤。重点是：①确保开展辐射工作时所有辐射安全措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；②从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

**岗位职责：**明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

**设备检修维护制度：**明确设备和辐射安全装置等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效运转；重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器等必须保持良好工作状态。

**放射性同位素、射线装置使用登记制度：**制定相应的使用登记制度，规范射线装置台账和使用登记记录，对购入的射线装置的使用情况进行专人登记和跟踪记录，确保正确无误、账物相符。

**人员培训计划：**明确辐射工作人员的培训内容、周期、方式以及考核办法等内容，内外结合，加强对培训档案的管理，做到有据可查。

**个人剂量监测方案和职业健康管理：**明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

**辐射环境监测方案：**购置辐射监测设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。每年对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上一年度的评估报告。

**事故应急方案：**针对可能产生的辐射事故制定辐射事故应急措施，该措施中应明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。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，采取必要的防范措施，并在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，同时在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射

的，还应当同时向卫生健康部门报告。

**监测异常报告制度：**明确按照相关标准要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测；当发现辐射工作场所及周围环境监测出现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告；当发现个人剂量监测结果异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。

本项目辐射工作人员应在建设单位辐射安全与防护领导小组的领导下，明确各人员岗位职责，严格落实辐射安全管理规章制度，定期对设备的辐射安全措施进行检查。建设单位在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各项管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。

## 辐射监测

### 1. 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

建设单位拟配备1台便携式辐射巡测仪，并将为本项目单独配备2台个人剂量报警仪，用于辐射工作过程中瞬时辐射剂量的报警，配备后将能够满足辐射监测仪器配置要求。

### 2. 监测方案

南医大常州校区应根据辐射管理要求，制定如下监测方案：

（1）请有资质单位定期对辐射工作场所周围环境辐射水平进行监测，每年1~2次；

（2）定期请有资质的单位对产生辐射的仪器设备进行防护监测，包括仪器设备防护性能的检测，每年1~2次；

（3）辐射工作人员佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于1次/三个月）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案；

（4）所有辐射工作人员上岗前进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于1次/2年），并建立个人职业健康档案；

（5）利用自配备的辐射监测仪器对建设单位的辐射工作场所定期进行自主监测，加强与手术室相邻区域（如西北侧手术室、东北侧工作走廊）的辐射监测，并记录档

案。

本项目具体监测方案如下：

#### (1) 个人剂量和职业健康监测

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求，每名介入手术实验人员需佩戴2枚个人剂量计，1枚佩戴在铅衣外锁骨对应的领口处，1枚佩戴在铅衣内躯干上，本项目为2名介入手术实验人员各配备2枚个人剂量计，为2名操作人员各配备1枚个人剂量计，保证所有从事辐射工作的人员专人佩戴，并定期（不少于1次/3个月）送有资质部门进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。个人剂量档案应当终生保存。

根据《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》和《放射工作人员健康要求及监护规范》中的相关要求，建设单位应组织辐射工作人员定期进行职业健康检查，职业健康检查包括上岗前、在岗期间、离岗时、受到应急照射或者事故照射时的健康检查，以及受到过量照射的辐射工作人员的医学随访观察；辐射工作人员在岗期间职业健康检查周期为1~2年，但不得超过2年，必要时可适当增加检查次数。建设单位应对从事辐射工作的工作人员建立并终生保存职业健康监护档案，并由专人负责管理。

建设单位应及时关注检测结果，若测量结果有异常或超过个人剂量管理限值，建设单位应及时查明原因并及时解决。

#### (2) 工作场所监测

①监测项目：X- $\gamma$  辐射剂量率；

②监测频次：请有资质的单位监测不少于1次/年，自主监测建议不少于1次/季度；

③自主监测参考点位：建议参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录B；

④自主监测仪器：自配备的便携式X- $\gamma$  辐射巡测仪。

本项目监测方案见表12-1。

**表12-1 本项目监测方案**

监测项目	监测类型	监测因子	监测单位和监测频次	监测点位
工作场所 监测	竣工环保验收 监测	X-γ辐射剂量 率	委托有资质单位监测。在依法 取得《辐射安全许可证》并投 入运行（或试运行）之日起的 3个月内完成	/
	年度监测	X-γ辐射剂量 率	请有资质单位监测，不少于1 次/年	/
	日常监测	X-γ辐射剂量 率	请有资质单位监测或自主监 测，建议不少于1次/季度	建议参考《放射诊断放射 防护要求》 (GBZ130-2020)附录B
个人剂量 监测	/	职业性外照射 个人剂量	定期送有资质部门进行监测， 不少于1次/3个月	/

**辐射事故应急**

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目事故多为开机误照射事故，通常情况下属于一般辐射事故。

针对可能发生的事故风险，建设单位应根据发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，制定辐射事故应急方案，应急预案内容主要包括：

- (1) 应急机构、组成人员以及职责分工；
- (2) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (3) 应急人员的组织、培训及联系方式；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 应急演习计划。

建设单位应依据《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号文）的要求，明确辐射事故应急领导小组的组织机构、组成人员及职责；明确应急人员培训内容及培训周期等；明确辐射应急救援响应措施；明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化；明确应急演练制度；加强管理，加强对职工辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，积极开展辐射应急演习，发现问题及时解决，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生，确保辐射工作安全有效运转。

根据《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》和《江苏省辐射污染防治条例》，发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的

辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，同时在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

DSA机是南医大常州医疗健康科技园医药实验动物中心的核心装备，可显著提升心脑血管、神经疾病、肿瘤、医疗器械与创新药物研究水平。本项目拟在园区医药实验动物中心一楼新建1间DSA手术室，并配备1台NeuAngio30C型DSA（最大管电压为125kV、最大管电流为800mA），为II类射线装置，主要用于开展相关动物介入教学实训与公共技术服务。

2、实践正当性评价

本项目在运行期间会产生电离辐射，可能会提高建设地点周围的辐射水平，在采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效控制，其对周围环境辐射的影响能够满足相关标准要求。本项目的投入使用能满足实验评价诊断的需求，在做好辐射防护的基础上，其所带来的利益能够弥补其可能产生的辐射危害，因此，该项目符合《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。

3、选址、布局合理性评价

南医大常州医疗健康科技园位于常州市武进区西太湖科技产业园，本项目DSA手术室位于医药实验动物中心一楼。本项目50m评价范围内无居民区分布，主要环境保护目标为项目辐射工作人员、校内其他工作人员及学生等。项目选址基本合理。本项目DSA手术室周边依次分布无菌手术室、缓冲操作间、实验废弃物暂存间、变电站、设备室等。本项目拟将DSA手术室划为辐射防护控制区，将周边的操作间、设备间等划为辐射防护监督区。DSA手术室区域划分明确，布局基本合理，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的规定。

4、辐射防护措施评价

本项目DSA机房四周墙体采用“24cm实心砖+20mm厚硫酸钡水泥+3mm铅板”进行屏蔽，顶部采用25cm混凝土+3mm铅板，地面采用25cm混凝土+40mm厚硫酸钡水泥；防护门及观察窗均达到3mmPb铅当量。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）及理论估算，本项目DSA手术室的辐射防护设计能够满足辐射防护要求。

5、辐射安全措施评价

本项目DSA手术室拟采取的辐射安全措施主要有：①防护门上方拟设置工作状态

指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，工作状态指示灯与机房防护门拟设置门机联锁装置；②机房内各防护门外表面醒目位置处拟设置电离辐射警告标志，提醒无关人员勿靠近机房或在附近逗留；③机房内配备紧急停机按钮；④为本项目介入手术实验人员配备铅衣、铅围脖、铅眼镜等个人防护用品。在落实以上措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全防护要求。

#### 6、保护目标剂量评价

根据理论估算，本项目DSA机房外各关注点总辐射剂量率最大预测值为 $3.18 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ （位于防护门外）。投入运行后，机房外公众年有效剂量最大约为 $4.93 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ ，室内介入手术人员（穿戴防护用品）年有效剂量最大约为 $0.86 \text{mSv/a}$ 。辐射工作人员和公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目管理目标（职业人员年有效剂量不超过 $5 \text{mSv}$ ，公众年有效剂量不超过 $0.1 \text{mSv}$ ）的剂量限值要求。

#### 7、通风措施评价

本项目DSA手术室设有机械排风系统，保持良好的通风状态。设备运行期间空气被电离产生的少量臭氧和氮氧化物可通过通风换气系统有效排出室外，对周围环境影响很小。

#### 8、辐射防护监测仪器

建设单位拟配备便携式辐射巡测仪及个人剂量报警仪，用于辐射工作过程中瞬时辐射剂量的报警，配备后将能够满足辐射监测仪器配置要求。

#### 9、辐射安全管理评价

南医大常州医疗健康科技园已成立辐射安全管理机构，指定专职管理人员负责辐射安全环保工作。本项目拟配备的辐射工作人员（包括介入人员和操作人员）均应参加生态环境部门认可的辐射安全与防护培训并取得合格证。介入手术实验人员需佩戴双剂量计（铅衣内外各一枚），操作人员配备单枚个人剂量计，并按规定周期进行检测。定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，建立个人剂量档案及职业健康档案。落实各项管理制度，确保辐射工作安全，满足生态环境保护管理要求。

**总结论：**综上所述，本项目拟在园区医药实验动物中心一楼新建1台动物实验DSA项目，在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响较小。故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

## 建议与承诺

(1) 该项目机房施工时应尽量减小防护门与搭接墙体之间的缝隙，防护门与屏蔽墙、地面之间的搭接宽度至少应为门缝的十倍；铅防护材料安装时应确保密拼，门、窗与墙搭接处应采取足量的屏蔽补偿；穿墙电缆管道应做成U形或S形，其开口应避免辐射源和人员经常停留处，确保不破坏整体屏蔽效能。

(2) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对辐射工作人员的培训，规范使用个人防护用品（特别是铅衣的定期检查与妥善存放），杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加照射，使对环境的影响降低到最低。

(3) 建设单位应定期或不定期对DSA装置的各种管理、操作、安全联锁等保安措施的落实情况进行检查，确保设施完好有效。

(4) 建设单位应认真建立并保管好DSA装置的台账档案、辐射工作人员个人剂量档案、职业健康监护档案以及定期的辐射环境监测报告，做到各种数据有据可查。

(5) 本项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，在设备投入正式运行前取得《辐射安全许可证》，并在规定期限内对配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收报告。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可正式投入使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入使用。

## 附表

### “三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资(万元)
辐射安全管理机构	建设单位应成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员的管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》使用放射性同位素和射线装置的单位需设置辐射安全与环境保护管理机构，或者指定专职人员负责辐射安全与环境保护管理工作的要求。	/
辐射安全和防护措施	<b>屏蔽措施：</b> 本项目 DSA 机房四周墙体采用“24cm 实心砖+20mm 厚硫酸钡水泥+3mm 铅板”进行屏蔽，顶部采用 25cm 混凝土+3mm 铅板，地面采用 25cm 混凝土+40mm 厚硫酸钡水泥；防护门及观察窗均达到 3mmPb 铅当量。	DSA 手术室周围环境辐射水平应满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 C 型臂 X 射线设备机房剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h，屏蔽防护铅当量厚度不小于 2mm 铅当量的要求。辐射工作人员和公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目剂量管理目标的限值要求（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）。	25
	<b>安全措施：</b> （1） <b>工作状态指示灯：</b> 防护门上方拟设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，工作状态指示灯与各防护门拟设置门灯连锁装置； （2） <b>防夹和闭门装置：</b> 手术室平开门拟设置自动闭门装置，电动推拉门拟设置防夹装置； （3） <b>电离辐射警告标志：</b> 机房各防护门外表面醒目位置处拟设置电离辐射警告标志，提醒无关人员勿靠近机房或在附近逗留； （4） <b>防护用品：</b> 为本项目辐射工作人员配备至少 2 套 0.5mmPb 防护铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅帽以及 2 套不低于 0.025mmPb 铅手套。	DSA 机房采取的辐射安全和防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的要求。	
	<b>通风措施：</b> DSA 手术室内安装有净化通风系统。	DSA 手术室内通风设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求。	

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资(万元)
人员配备	<b>辐射防护与安全培训：</b> 本项目辐射工作人员及专职管理人员均需参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核的管理要求。	1.0
	<b>个人剂量监测：</b> 本项目为介入手术实验人员各配备2枚个人剂量计，为操作人员各配备1枚个人剂量计，每3个月定期送检，并建立辐射工作人员个人剂量档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》辐射工作人员必须开展个人剂量监测的管理要求。	1.0
	<b>人员职业健康监护：</b> 本项目辐射工作人员均应定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》辐射工作人员必须开展职业健康体检的管理要求。	1.0
监测仪器和防护用品	拟配备1台辐射巡测仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》监测仪器配备要求。	2.0
	拟配备2台个人剂量报警仪。		
辐射安全管理制度	制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施、监测异常报告制度等辐射安全管理制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》使用放射性同位素和射线装置的单位须具有健全的辐射安全管理制度的管理要求。	/