

核技术利用建设项目  
南京医科大学第二附属医院  
迁建 1 台 DSA 项目  
环境影响报告表

南京医科大学第二附属医院  
2023 年 7 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

南京医科大学第二附属医院

迁建 1 台 DSA 项目

环境影响报告表

建设单位名称：南京医科大学第二附属医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：南京市鼓楼区姜家园 121 号



# 目 录

表 1	项目基本情况 .....	- 1 -
表 2	放射源 .....	- 6 -
表 3	非密封放射性物质.....	- 6 -
表 4	射线装置 .....	- 7 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	- 8 -
表 6	评价依据 .....	- 9 -
表 7	保护目标与评价标准.....	- 12 -
表 8	环境质量和辐射现状.....	- 17 -
表 9	项目工程分析与源项.....	- 22 -
表 10	辐射安全与防护.....	- 28 -
表 11	环境影响分析.....	- 32 -
表 12	辐射安全管理.....	- 48 -
表 13	结论与建议 .....	- 52 -
表 14	审批 .....	- 56 -

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		南京医科大学第二附属医院迁建 1 台 DSA 项目				
建设单位		南京医科大学第二附属医院 (统一社会信用代码: 12320000466002622W)				
法人代表		■	■	■	■	■
注册地址		南京市鼓楼区姜家园 121 号				
项目建设地点		江苏省南京市鼓楼区姜家园 121 号南京医科大学第二附属医院 姜家园院区 4 号楼 1 楼				
立项审批部门		南京市鼓楼区行政审批局		批准文号	2307-320106-89-05-217874	
建设项目总投资 (万元)		650	项目环保总投资 (万元)	25	投资比例(环保 投资/总投资)	3.8%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 其他			占地面积(m <sup>2</sup> )	/
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>项目概述:</b></p> <p><b>一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来</b></p> <p>南京医科大学第二附属医院(以下简称“医院”)是江苏省卫健委直属的三级甲等综合医院,担负着医疗、教学、科研、公益等重要任务。医院有三个院区:姜家园院区(本项目所在院区)、萨家湾院区和迈皋桥院区,占地面积共 83 亩,建筑面积 16 万平方米;编制床位数 1940 张,实际开放床位数 1940 张,开放病区 51 个,职工 2800</p>					

余人。

为了适应医院发展要求，服务患者，医院拟将姜家园园区内 4 号楼 1 楼的急诊输液室改建成 1 座数字减影血管造影机（Digital Subtraction Angiography，以下简称“DSA”）机房及配套设施用房，拟将 3 号楼 4 楼的 1 台 DSA（型号：Artis Zee Floor，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA）搬迁至该机房内，用于开展医疗诊断和介入治疗。本项目 1 台 DSA，拟配备 7 名辐射工作人员，包括 4 名医生、2 名护士、1 名技师，辐射工作人员年工作 250 天。

本项目拟搬迁的 DSA，已于 2013 年编制《新增 1 台并搬迁 1 台 DSA 项目环境影响报告表》并于 2014 年 2 月 8 日取得原江苏省环保厅《关于南京医科大学第二附属医院新增 1 台并搬迁 1 台 DSA 项目环境影响报告表的批复》，批复文号：苏环辐（表）审（2014）022 号；该 DSA 于 2017 年 12 月 13 日在医院开展的《南京医科大学第二附属医院新增 2 台 DSA 项目竣工环境保护验收》的工作中已竣工验收（详见附件 6）。

本项目已在江苏省投资项目在线审批监管平台完成备案，项目代码：2307-320106-89-05-217874，其登记信息表见附件 7。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《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》等法律法规的规定，南京医科大学第二附属医院迁建 1 台 DSA 项目需进行环境影响评价工作。受南京医科大学第二附属医院的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该单位迁建 1 台 DSA 项目的环境影响评价工作。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部部令第 16 号），本项目属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置的”项目，确定为编制环境影响报告表。我公司在资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。

## 二、项目选址情况

南京医科大学第二附属医院姜家园园区位于南京市鼓楼区姜家园 121 号，医院东侧依次为绿化地带、护城河，南侧为百花小区，西侧为姜家园道路，北侧为桃花源居小区。本项目地理位置示意图见图 1，南京医科大学第二附属医院姜家园园区平面布置和周围环境示意图见附图 2。

本项目位于医院姜家园院区 4 号楼，其东侧为 3 号楼，南侧为临时大楼（办公），西侧为行政楼（5 号楼），北侧为桃花源居小区。本项目 DSA 机房东侧为楼外，南侧为污物处置室、设备间、缓冲间、谈话间，西侧为急救通道，北侧为控制室（操作间），上方为办公室及走道，下方为管廊（仅供穿管使用，无法容纳人员进入通行，管廊下方为土层）。4 号楼 1 楼~2 楼平面布局及周围环境示意图见附图 3~附图 5。

本项目周围 50m 评价范围东侧至绿化地带、北侧至桃花源居小区，其余方向均位于医院内，项目运行后的环境保护目标主要是辐射工作人员、评价范围内其他医务人员、病患和公众及绿化地带（约 40m 处）、桃花源居小区（约 40m 处）部分公众等。

### 三、原有核技术利用项目许可情况

南京医科大学第二附属医院现持有江苏省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（见附件 4），证书编号：苏环辐证〔00277〕，有效期至 2027 年 11 月 6 日，许可种类和范围为：使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。医院原有核技术利用项目均已履行环保手续见表 1-1 及附件 3。

表 1-1 核技术利用项目基本情况一览表

射线装置							
序号	射线装置名称	规格型号	射线装置类别	工作场所名称	活动种类	环评、许可及验收情况	备注
1	全景机	OC2OOD	III类	口腔科	使用	已许可	/
2	直线加速器	ELEKTA PRECISE	II类	放疗科	使用	批复时间：2004-4 验收时间：2010-7-9	/
3	DSA	Innova 3100	II类	介入科	使用	批复时间： 2020-12-28 验收时间： 2022-11-16	/
4	DSA	Artis Zee Floor	II类	介入科	使用	批复时间：2014-2-8 验收时间： 2017-12-13	/
5	CT	SOMATOM Denfinition Flash	III类	放射科	使用	已许可	/
6	64 排 CT	Brilliance 64	III类	放射科	使用	已许可	/
7	骨密度仪	Discovery-W	III类	核医学科	使用	已许可	/
8	碎石机	HK.ESWL-V	III类	放射科	使用	已许可	/

9	移动 C 臂机	OEC9900ELite	III类	放射科	使用	已许可	/
10	移动 C 臂机	OEC9800	III类	放射科	使用	已许可	/
11	移动 C 臂机	Multimobile 5c	III类	放射科	使用	已许可	/
12	CT	Brilliance CT Big Bore	III类	放疗科	使用	已许可	/
13	乳腺机	Senographe pristina	III类	放射科	使用	已许可	/
14	全数字乳腺机	Senographe 2000D	III类	放射科	使用	已许可	/
15	DSA	Allura XperFD20	II类	介入科	使用	批复时间:2017-9-28 验收时间: 2017-12-13	/
16	DR	DRX Ascend	III类	体检中心	使用	已许可	/
17	CT	BrillianceiCT	III类	放射科	使用	已许可	/
18	DR	Diagnost Digital	III类	放射科	使用	已许可	/
19	DE3500	Kodak DirectView	III类	放射科	使用	已许可	/
20	直线加速器	Infinity	II类	放疗科	使用	批复时间: 2020-08-18 验收时间: 2021-12-30	/
21	DSA	Azurion 7M20	II类	介入科	使用	批复时间: 2020-12-28 验收时间: 2022-11-16	/
22	CT	Revolution CT	III类	放射科	使用	已许可	/
23	CT	Revolution Ace	III类	放射科	使用	已许可	/
24	数字胃肠机	Ultimax-iDREX-U I80	III类	放射科	使用	已许可	/
25	数字胃肠机	Easy Diagnost Eleva	III类	放射科	使用	已许可	/
26	DR	XR646HD	III类	放射科	使用	已许可	/
27	移动 DR 机	Optima XR220amx	III类	新生儿科	使用	已许可	/
28	移动 C 臂机	Cios Alpha	III类	肾脏中心	使用	已许可	/
29	口腔 CT 机	Planmeca ProMax 3D	III类	口腔科	使用	已许可	/
30	口腔牙片机	MSD-III	III类	口腔科	使用	已许可	/

31	CT	Revolution Ace	III类	放射科	使用	已许可	/
32	CT	SOMATOM go.Top	III类	放射科	使用	已许可	/
33	DSA	Azurion 7M20	II类	介入科	使用	批复时间： 2022-01-18 验收时间： 2023-06-25	/
34	CT	Revolution CT ES	III类	放射科	使用	已许可	/
35	CT	BrightSpeed Elite Select	III类	放射科	使用	已许可	/
36	CT	ANATOM Precision	III类	放射科	使用	已许可	/
37	DR	Optima XR646 HD	III类	放射科	使用	已许可	/
38	DR	Digital Diagnost	III类	放射科	使用	已许可	/
39	口腔 CBCT	Planmeca ProMax 3D	III类	口腔科	使用	已许可	/
40	牙片机	eXpert DC	III类	口腔科	使用	已许可	/
41	DR	Definium 6000	III类	放射科	使用	已许可	/
42	胃肠机	SONIALVISIO N-G4	III类	放射科	使用	已许可	/
43	数字胃肠机	DRF-3	III类	放射科	使用	已许可	/

#### 四、实践正当性分析

本项目的运行，可提高当地医疗卫生水平，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，其获得的利益远大于对环境的影响，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”的原则。

#### 五、“三线一单”相符性分析

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）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），本项目拟建址评价范围内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；根据现场监测和环境影响预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题；本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。



**表 2 放射源**

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

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

**表 3 非密封放射性物质**

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	1	Artis Zee Floor	125	1000	医用诊断/介入治疗	医院姜家园院区 4 号楼 1 楼 DSA 机房	本次环评
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温条件下约 50 分钟可分解为氧气
DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物	固体	/	/	10kg	120kg	/	暂存在机房内的废物桶	手术结束后集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（修订版），中华人民共和国主席令 第9号，2015年1月1日起实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令 第七十七号，2003年9月1号实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令 第六号，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《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，2005年12月1日起施行；2019年修改，国务院令 第709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（修订版），国务院令 第682号，2017年10月1日发布施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），生态环境部令 第20号 2021年1月4日起施行；</p> <p>(7) 《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>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(9) 《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日起施行；</p> <p>(10) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施；</p> <p>(11) 《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10月25日发布；</p> <p>(12) 《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25日发布；</p> <p>(13) 《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24日发布；</p>
----------	--

	<p>(14) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部部令 第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(15) 《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日发布；</p> <p>(16) 《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日发布；</p> <p>(17) 《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日发布；</p> <p>(18) 《江苏省辐射事故应急预案》(2020年修订版)，苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日发布；</p> <p>(19) 《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，江苏省生态环境厅办公室，2021年5月31日印发；</p> <p>(20) 《产业结构调整指导目录(2019年本)》(2021年修改)，国家发展和改革委员会2021年令 第49号，2021年12月30日起施行。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(2) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)；</p> <p>(3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)；</p> <p>(4) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(5) 《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>(6) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(7) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(8) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。</p>
<p>其他</p>	<p>附图：</p> <p>(1) 南京医科大学第二附属医院项目地理位置示意图；</p> <p>(2) 南京医科大学第二附属医院平面布置和周围环境示意图；</p> <p>(3) 南京医科大学第二附属医院4号楼1楼平面布局示意图；</p>

- (4) 南京医科大学第二附属医院 4 号楼 2 楼平面布局示意图；
- (5) 南京医科大学第二附属医院 4 号楼 1 楼、2 楼（局部）平面布局示意图；
- (6) 本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系图。

**附件：**

- (1) 项目委托书；
- (2) 射线装置使用承诺书；
- (3) 医院原有核技术项目情况一览表；
- (4) 辐射安全许可证正本；
- (5) 医院辐射环境现状监测报告；
- (6) 本项目拟搬迁 DSA 原环评、批复及验收情况；
- (7) 本项目登记信息单。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）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”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为本次迁建 1 台 DSA 项目工作场所实体屏蔽墙体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。

保护目标

本项目主要考虑 DSA 工作时可能对周围环境产生的辐射影响。本项目周围 50m 评价范围东侧至绿化地带、北侧至桃花源居小区，其余方向均位于医院内，项目运行后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、评价范围内其他医务人员、病患和公众及绿化地带（约 40m 处）、桃花源居小区（约 40m 处）部分公众等。详见表 7-1。

表 7-1 南京医科大学第二附属医院迁建 1 台 DSA 项目保护目标一览表

保护目标分类	保护目标名称	方位	最近距离	规模
辐射工作人员	DSA 机房	控制室/机房	毗邻	7 人
评价范围内公众	4 号楼	DSA 辐射工作场所四周及上方	约 1m~50m	约 200 人
	3 号楼	东侧	约 5m~40m	约 80 人
	院外绿化地带		约 40m~50m	流动人员,若干
	临时大楼（办公）	南侧	约 30m~50m	约 50 人
	桃花源居小区	北侧	约 40m~50m	约 20 人

评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：

工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射剂量限值	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： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。

公众照射 剂量限值	<p>实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：</p> <p>①年有效剂量，1mSv；</p> <p>②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。</p>
--------------	--

剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3 mSv/a）的范围之内。

### 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

#### 控制区：

注册者和许可证持有者应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。

#### 监督区：

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

## 二、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

5.8 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备防护性能的专用要求

5.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

5.8.2 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20 cm 的装置。

5.8.4 介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

6.1.4 移动式 X 射线机（不含床旁摄影机和急救车配备设备）在使用时，机房应满足相应布局要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。



表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

机房类型	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 射线设备 <sup>b</sup> (含 C 形臂, 乳腺 CBCT)	20	3.5

### 6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。

表 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

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

### 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 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；

c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv；

d) 车载式诊断 X 射线设备工作时，应在车辆周围 3m 设立临时控制区，控制区边界的周围剂量当量率应符合 6.3.1 中 a) ~c) 的要求。

### 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。

6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.4.11 车载式诊断 X 射线设备工作场所的选择应充分考虑周围人员的驻留条件，X 射线有用线束应避免人员停留和流动的路线。

6.4.12 车载式诊断 X 射线设备的临时控制区边界上应设立清晰可见的警告标志牌（例如：“禁止进入 X 射线区”）和电离辐射警告标志。临时控制区内不应有无关人员驻留。

#### 6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.2 车载式诊断 X 射线设备机房个人防护用品和辅助防护设施配置要求按照其安装的设备类型参照表 4 执行。

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

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

6.5.6 对于移动式 X 射线设备使用频繁的场合（如：重症监护、危重病人救治、骨科复位等场所），应配备足够数量的移动铅防护屏风。

#### 7 X 射线设备操作的防护安全要求

7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求。

7.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备的防护安全操作要求。

7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集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。

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ 128 的规定。

7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影像增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。

### 三、《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）；

4.1 建筑施工过程中场界环境噪声不得超过表 1 规定的排放限值。

表 1 建筑施工场界环境噪声排放限值 单位：dB (A)

昼间	夜间
70	55

#### 四、辐射环境评价标准

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的标准要求及本项目实际情况确定：

##### （一）剂量约束值

本项目职业人员剂量约束值不超过 **5mSv/a**，公众剂量约束值不超过 **0.1mSv/a**。

##### （二）辐射剂量率控制水平

**DSA** 机房屏蔽体、门、观察窗表面外 **30cm** 处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面 **100cm** 处、地面下方（楼下）距楼下地面 **170cm** 处的辐射剂量率目标控制值均为 **2.5 $\mu$ Sv/h**。

#### 五、参考资料：

（一）《辐射防护导论》，方杰主编。

（二）《辐射防护手册（第一分册）》，李德平、潘自强著。

（三）《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。

（四）《医用外照射源的辐射防护》，国际放射防护委员会第 33 号出版物。

江苏省环境天然  $\gamma$  辐射剂量率（单位：nGy/h）

	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
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

(均值 $\pm 3s$ ) *	50.4 $\pm$ 21.0	47.1 $\pm$ 36.9	89.2 $\pm$ 42.0
------------------	-----------------	-----------------	-----------------

注：\*测量值已扣除宇宙射线响应值，评价时采用“均值  $\pm 3s$ ”作为辐射现状评价的参考数值。

表 8 环境质量和辐射现状

## 环境质量和辐射现状

### 一、项目位置、布局和周边环境

南京医科大学第二附属医院姜家园院区位于南京市鼓楼区姜家园 121 号，医院东侧为绿化地带、护城河，南侧为百花小区，西侧为姜家园道路，北侧为桃花源居小区。

本项目位于医院姜家园院区 4 号楼，其东侧为 3 号楼，南侧为临时大楼（办公），西侧为行政楼（5 号楼），北侧为桃花源居小区。本项目 DSA 机房东侧为楼外，南侧为污物处置室、设备间、缓冲间、谈话间，西侧为急救通道，北侧为控制室（操作间），上方为办公室及走道，下方为管廊（仅供穿管使用，无法容纳人员进入通行，管廊下方为土层）。

本项目周围 50m 评价范围东侧至绿化地带、北侧至桃花源居小区，其余方向均位于医院内，项目运行后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、评价范围内其他医务人员、病患和公众及绿化地带（约 40m 处）、桃花源居小区（约 40m 处）部分公众等。本项目拟建址环境现状见图 8-1~图 8-6。



图 8-1 DSA 机房拟建址东侧（楼外）



图 8-2 DSA 机房拟建址南侧（走道）



图 8-3 DSA 机房拟建址西侧（走道）



图 8-4 DSA 机房拟建址北侧（拟建控制室）



图 8-5 DSA 机房拟建址上方（办公室）



图 8-6 DSA 机房拟建址下方（管廊）

## 二、辐射环境现状调查

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于医院迁建 1 台 DSA 项目拟建址周围进行布点，测量辐射现状剂量率，监测结果见表 8-1，监测点位示意图见图 8-7。

检测仪器：FH40G+FHZ 672-10 型 X- $\gamma$  辐射监测仪（设备编号：NJRS-103，检定有效期：2022 年 12 月 20 日~2023 年 12 月 19 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2022-0122228）

能量响应：40keV~4.4MeV

测量范围：1nSv/h~100 $\mu$ Sv/h

监测日期：2023 年 4 月 19 日

监测因子： $\gamma$  辐射剂量率

天气：多云

温度：25℃

湿度：56%

监测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

质量控制：本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过计量认证（检测资质见附件 5），具备有相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制。

数据记录及处理：开机预热，手持仪器。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。仪器读数稳定后，每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy。

监测人员、监测仪器及监测结果：监测人员均经过考核，监测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过校准或检验，监测报告实行三级审核。

表 8-1 南京医科大学第二附属医院迁建 1 台 DSA 项目拟建址周围现状辐射剂量率

测点编号	测点描述		测量结果 (nGy/h)
1	DSA 机房拟建址东侧（室外）		59
2	DSA 机房拟建址南侧	拟建污物处置室	75
3		拟建设备间	75
4		拟建缓冲间	74
5		拟建谈话间	74
6	DSA 机房拟建址西侧（急救通道）		62
7	DSA 机房拟建址北侧（拟建控制室）		62
8	DSA 机房拟建址内		51
9	DSA 机房拟建址上方（办公室）		67

10	医院东侧绿化地带	78
11	医院北侧桃花源居小区 35 号楼前道路	74

注：1、测量数据已扣宇宙射线响应值；

2、本项目现场检测时，DSA 机房北侧碎石机未开机。

由表 8-1 监测结果可知，南京医科大学第二附属医院迁建 1 台 DSA 项目拟建址周围天然环境  $\gamma$  辐射剂量率在  $51\text{nGy/h}\sim 78\text{nGy/h}$  之间，位于江苏省环境天然  $\gamma$  辐射水平涨落区间，属江苏省环境天然  $\gamma$  辐射本底水平。

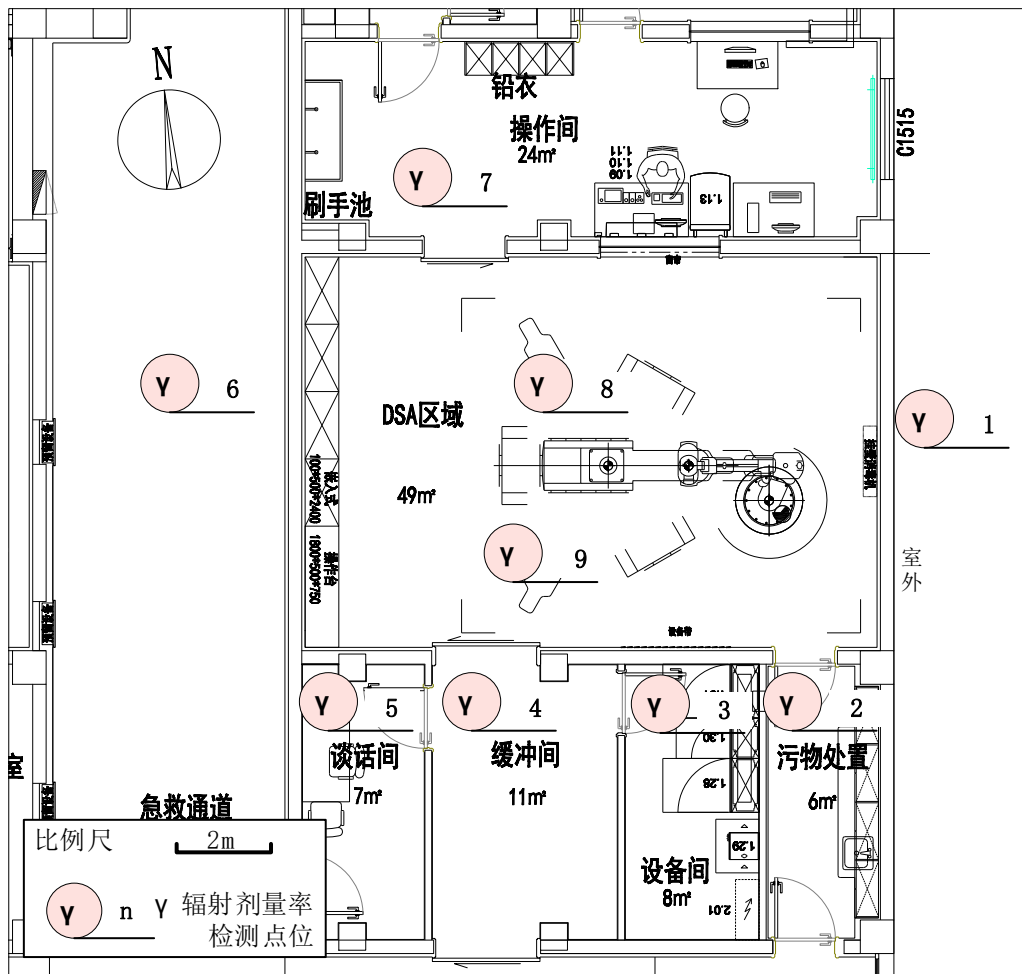






图 8-7 南京医科大学第二附属医院迁建 1 台 DSA 项目拟建址周围环境  $\gamma$  辐射监测点位示意图



表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备与工艺分析

### 一、工程设备

医院拟将姜家园院区内 4 号楼 1 楼的急诊输液室改建成 1 座 DSA 机房及配套设施用房，拟将 3 号楼 4 楼的 1 台 DSA（型号：Artis Zee Floor，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA）搬迁至该机房内，用于开展医疗诊断和介入治疗。

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，DSA 由 X 线发生装置，包括 X 线球管及其附件、高压发生器、X 线控制器等，和图像检测系统，包括光栅、影像增强管、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等部件组成。

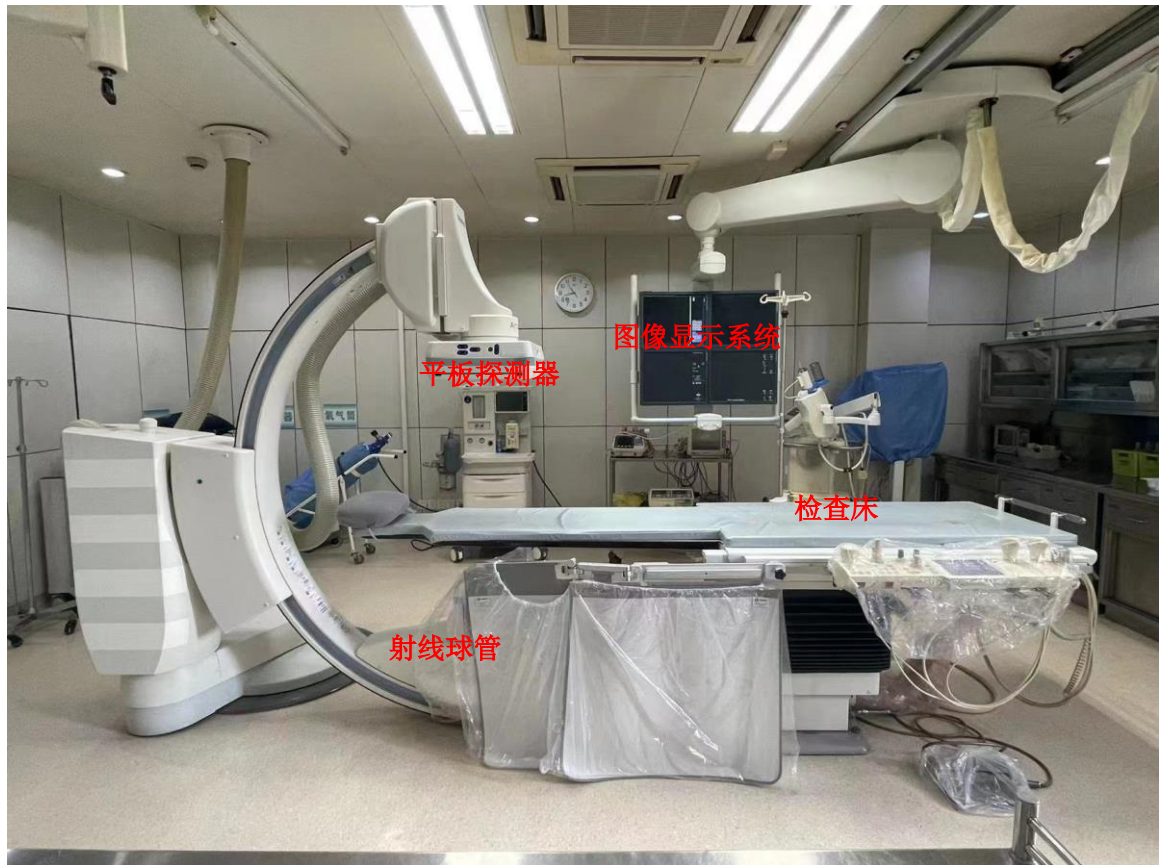


图 9-1 本项目 DSA 外观示意图

本项目的 DSA 外观示意图见图 9-1，主要设备技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 DSA 主要设备技术参数

指 标	技 术 参 数
型 号	Artis Zee Floor

额定管电压	125kV
额定管电流	1000mA
X 射线球管固有滤过	2.5mmAl
焦皮距	≥45cm
最大照射野	30cm×40cm

表 9-2 本项目 1 台 DSA 配套设备一览表

序号	名称	数量	用途	位置
1	电源柜	1 套	DSA 配电	设备间
2	高压发生柜	1 套	DSA 高压装置	设备间
3	系统控制柜	1 套	设备控制和数据传输	设备间
4	控制系统	1 套	DSA 设备操作	控制室

## 二、工作原理及工作流程

### (一) 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，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、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。DSA 系统结构图见图 9-2。

DSA 是引导介入放射治疗的重要医学影像设备，通过置入体内的各种导管（约 1.5-2 毫米粗）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，目前，基于数字血管造影系统指导的介入治疗医生已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、鼻管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

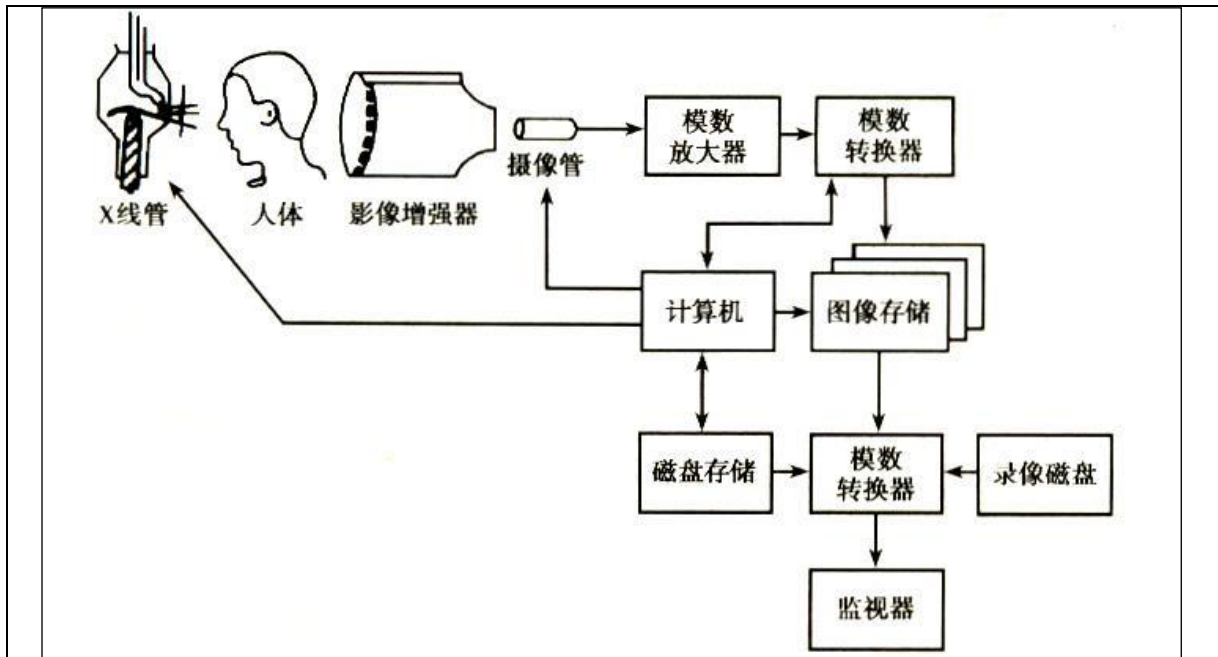


图 9-2 DSA 系统结构图

## (二) 工作流程及产污环节分析

患者在进行 DSA 诊断和在 DSA 引导下进行介入治疗时，先仰卧进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张血管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达静脉，按顺序取血测定静脉、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。本项目 DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况：血管减影检查。操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

第二种情况：引导介入治疗。病人需要进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在机房内对病人进行直接的介入手术操作。

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 工作流程及产污环节如下图 9-3：

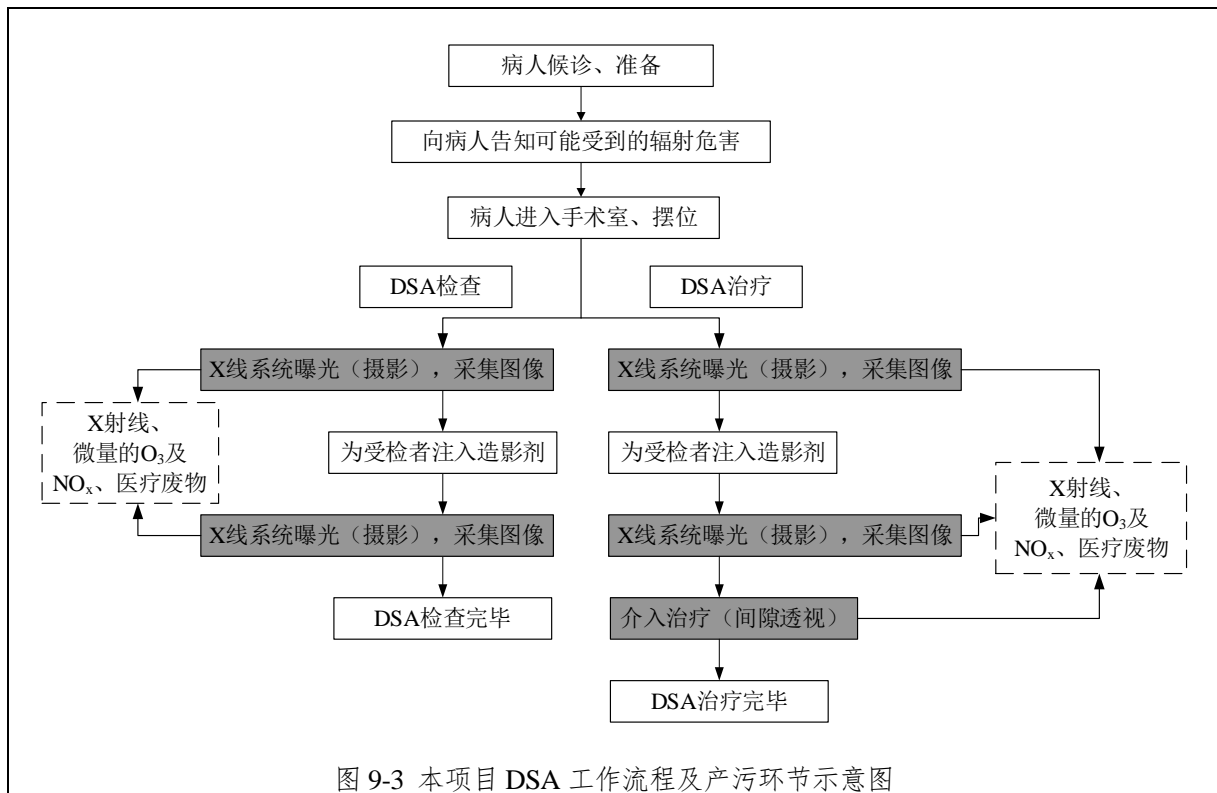


图 9-3 本项目 DSA 工作流程及产污环节示意图

## 污染源项描述

### 一、放射性污染

DSA 在工作状态下会发出 X 射线，本项目配置的 1 台 DSA，其主要用作血管造影检查及配合介入治疗，由于在荧光影像与视频影像之间有影像增强器，从而降低了造影所需的 X 射线能量，再加上一次血管造影检查需要时间很短，因此血管造影检查的辐射影响较小。而介入放射治疗需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员有一定的附加辐射剂量。

DSA 产生的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。在开机出束期间，X 射线是主要污染因子。辐射场中的 X 射线包括有用线束（主束）、漏射线和散射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

#### （一）有用线束

本项目 DSA 的有用线束透射方向为由下至上。有用线束的射线能量、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，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，照射量率减小；如果受检者体型较胖，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。根据医院提供资料，当 DSA 运行管电压为额定电压的

极端情况时，透视模式下的电流不大于 100mA，摄影模式下的电流不大于 500mA；DSA 正常运行时，透视模式的工况为（60~80）kV/（5~20）mA，摄影模式的工况为（60~80）kV/（100~500）mA。

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 射线管的滤过条件从《辐射防护导论》（方杰著）附图 3 中查取。本项目 DSA 滤过为 2.5mmAl，查《辐射防护导论》附图 3，本项目正常运行时最大电压为 80kV，离靶 1 米处的发射率约为 5mGy m<sup>2</sup>/mA·min。

### （二）泄漏射线

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1 mGy/h”（在距离源 1m 处不超过 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 第一部分：安全通用要求 三、并列标准 诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》（GB 9706.12-1997）中 29.204.3 的相应要求，取本项目 DSA 离焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率为 1.0mGy/h。

### （三）散射线

本项目 DSA 的散射线主要考虑有用线束照射到受检者人体产生的侧向散射线，其强度与有用线束的 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射面积和距离等有关。

工作负荷：根据医院提供的资料，每 1 台 DSA 的工作负荷情况见表 9-3。

表 9-3 1 台 DSA 工作负荷

(1) 透视					
手术类别	年开展工作量		每台手术 透视曝光时间	年透视 曝光时间	
心脏介入	210 台		约 20min	约 70h	
血管外科介入	300 台		约 20min	约 100h	
脑血管介入	65 台		约 30min	约 32.5h	
小计	/		/	约 202.5h	
(2) 摄影					
手术类别	年开展 工作量	单次采集时	单台手术 采集次数	单台手术最 大采集时间	年采集时间

心脏介入	210 台	0.5~1s	7~15 次	约 0.25min	约 0.88h
血管外科介入	300 台	0.5~1s	6~10 次	约 0.17min	约 0.85h
脑血管介入	65 台	0.5~1s	4~10 次	约 0.17min	约 0.19h
小计	/	/	/	/	约 2h
总 计					约 204.5h

本项目 1 台 DSA，拟配备 7 名辐射工作人员，包括 4 名医生、2 名护士、1 名技师，辐射工作人员年工作 250 天。

## 二、非放射性污染

(一) 废气：DSA 在工作状态时，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

(二) 废水：主要是工作人员和部分病人产生的医疗废水和生活污水。

(三) 固体废物：主要是工作人员产生的生活垃圾和 DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局及分区

本项目 DSA 机房东侧为楼外，南侧为污物处置室、设备间、缓冲间、谈话间，西侧为急救通道，北侧为控制室（操作间），上方为办公室及走道，下方为管廊（仅供穿管使用，无法容纳人员进入通行）。

本项目将 DSA 所在机房作为辐射防护控制区，与机房相邻的控制室、谈话间、缓冲间、设备间、污物处置室等划为监督区，在机房入口处粘贴电离辐射警告标志。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》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目 DSA 机房平面布置及辐射防护分区详见图 10-1。

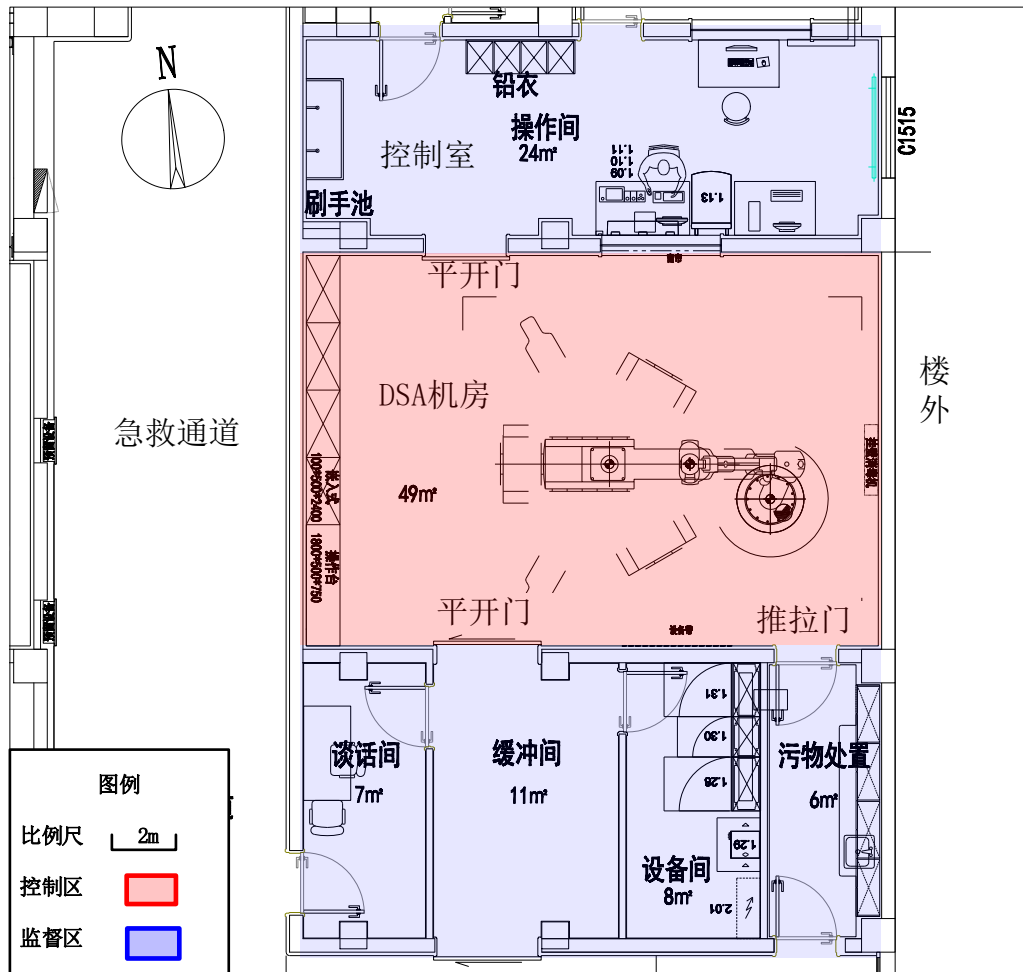


图 10-1 本项目 DSA 机房辐射工作场所布局及分区示意图

## 二、辐射防护屏蔽设计

南京医科大学第二附属医院 DSA 机房辐射防护设计见表 10-1。

表 10-1 本项目 1 座 DSA 机房屏蔽设计一览表

屏蔽体	屏蔽设计（屏蔽体厚度及材质）
四侧墙体	3mm 铅板
顶面	110mm 混凝土+3mm 铅板
地面	170mm 混凝土+50mm 硫酸钡
防护门	3mm 铅板
观察窗	3mm 铅当量铅玻璃

注：1、铅密度为  $11.3\text{g/cm}^3$ ，混凝土密度为  $2.35\text{g/cm}^3$ ，硫酸钡密度为  $3.2\text{g/cm}^3$ 。

## 三、辐射安全措施

### （一）电离辐射警告标志

DSA 机房入口处拟设置有“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明。

### （二）门灯联动

DSA 机房患者入口防护门上方拟设置工作状态指示灯，灯箱上拟设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。平开机房门应设有自动闭门装置，推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施。

### （三）急停按钮

DSA 控制室设置一个急停按钮，机房内的治疗床边操作面板自带一个急停按钮，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。

### （四）观察窗或摄像监控装置

DSA 机房设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态。

### （五）防护用品

医院拟为本项目工作人员配备的辐射防护装置及个人防护用品主要有防护铅衣、防护铅围脖、铅眼镜、铅帽、剂量报警仪、个人剂量计等。

### （六）人员监护

医院拟为本项目配备 7 名辐射工作人员（医院原有辐射工作人员），应为辐射工



作人员配备个人剂量计，定期送检且需做好个人剂量档案管理工作。该医院已开展辐射工作人员的职业健康监护，定期安排其在有相应资质医院体检，建立个人健康档案。

(七) 完善并落实射线装置相关的安全使用制度、管理制度，从事放射工作的医务人员均须参加放射工作的培训与辐射安全培训考核。医务人员在操作过程中遵守以上制度，严格按操作程序，避免发生事故。

(八) DSA 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

#### 四、监测仪器和防护用品

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II类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。

南京医科大学第二附属医院已配备辐射巡测仪 1 台，已为本项目配备个人剂量报警仪 2 台，已为辐射工作人员配备铅衣（不低于 0.5mm 铅当量）、铅围脖、铅帽、介入护手套（不低于 0.025mm 铅当量）及铅眼镜等个人防护用品。辐射工作人员工作时将佩带个人剂量计，以监测累积受照情况。医院定期组织辐射工作人员进行健康体检，并将按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

表 10-2 本项目个人防护用品和辅助防护设置配置符合性

设备名称	分项		《放射诊断放射防护要求》 (GBZ 130-2020) 要求	本项目拟采取措施
DSA	工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	4 件铅橡胶围裙、4 件铅橡胶围脖、4 顶铅橡胶帽子、4 副铅防护眼镜、4 副介入防护手套
		辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	1 件铅悬挂防护屏、1 件床侧防护帘
	受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	1 件铅橡胶围脖、1 顶铅橡胶帽子、1 件铅方巾
		辅助防护设施	/	/

### 三废治理

#### 非放射性三废

一、废水：工作人员和部分病人产生的医疗废水和生活污水，由院内污水处理站统一处理达标后排放至市政管网。

二、废气：DSA 机房空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体，通过动力排风装置排入大气，臭氧常温下约 50 分钟可自行分解为氧气。

三、固废：本项目 DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后统一集中收集，作为医疗废物委托有资质单位进行处置。工作人员和病人产生的生活垃圾经分类收集后，定期交市政环卫部门处置。

表 11 环境影响分析

## 建设阶段对环境的影响

本次迁建 1 台 DSA 项目机房建设时主要工作为建筑施工、墙体隔断与内饰装潢，将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

一、大气：本项目在建设施工期需进行的墙体隔断等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：及时清扫施工场地，设立围挡，并保持施工场地一定的湿度。

二、噪声：整个建筑施工阶段，如混凝土浇筑、墙体连接等施工中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

三、固体废物：项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托由有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

四、废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理后，回收用于施工场地洒水降尘。

医院在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在医院院区内部，对周围环境影响较小。

## 运行阶段对环境的影响

### 一、辐射环境影响分析

#### （一）DSA 机房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》（GBZ 130-2020）表 3 规定，主束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均应不小于 2.0mmPb。

##### 2、本项目 DSA 机房各屏蔽部位的铅当量厚度核算

由表 10-1，本项目 DSA 机房使用的屏蔽材料除铅以外，还涉及顶面（有用线束投射方向）的混凝土、地面（非有用线束投射方向）的混凝土、硫酸钡及北墙的铅玻

璃。本项目按额定管电压 125kV、80kV、70kV 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) 混凝土等效铅当量厚度核算

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

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

式中：X—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

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

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

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

式中：B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；

X—铅厚度。

由 GBZ 130-2020 中表 C.2 和 NCRP147 报告 TABLE A.1、TABLE C.1 查取 70kV 管电压工况下 X 射线（散射）辐射衰减的有关的拟合参数，80kV、125kV 管电压工况下 X 射线（主束）辐射衰减的有关的拟合参数，列于表 11-1：

表 11-1 各管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数


本项目机房屏蔽部位涉及的混凝土，分别按公式 11-2、公式 11-1 计算其屏蔽透射

因子  $B$ 、铅当量厚度  $X$ ，计算结果列于表 11-2。

表 11-2 混凝土屏蔽透射因子  $B$ 、铅当量厚度  $X$  计算结果

████	████	████████	██████████
████████	████████	████	██
████████		████	██
████████		████	██
████████	████████	████	██
████████		████	██
████████		████	██

2) 硫酸钡的等效铅当量厚度核算

本项目 DSA 机房地面屏蔽材料使用了硫酸钡，但 GBZ 130-2020 表 C.4~表 C.7 中缺相应数据，需采用以下方法估算相应的等效铅当量厚度：

首先按《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：

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

式中： $d_1$ —相应屏蔽材料（本项目为硫酸钡）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，由供应商提供，本项目硫酸钡密度取  $3.2\text{g/cm}^3$ ；

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

然后再根据相应屏蔽材料的等效混凝土厚度按公式 11-1 计算其铅当量厚度，计算结果列于表 11-3。

表 11-3 相应屏蔽材料的等效混凝土厚度计算结果

████████	████████	████████	████████	████████
██	██	██	██	██

分别按公式 11-2、公式 11-1 计算上述硫酸钡水泥的屏蔽透射因子  $B$ 、铅当量厚度  $X$ ，计算结果列于表 11-4。

表 11-4 相应屏蔽材料屏蔽透射因子  $B$ 、铅当量厚度计算结果

■	■	■	■
■	■	■	■
	■	■	■
	■	■	■

3、DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性

根据前述各屏蔽材料的等效铅当量厚度核算情况，可对本项目 DSA 机房屏蔽体等效铅当量进行汇总，结果见下表：

表 11-5 本项目 1 座 DSA 机房辐射防护设计一览表

■	■	■			■	■
		■	■	■		
■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■		■
■	■	■	■	■		■
■	■	■	■	■		■
■	■	■	■	■		■
■	■	■	■	■		■
■	■				■	■

- 注：1、屏蔽要求引自《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 3；  
 2、为非有用线束方向；  
 3、为有用线束方向。

由上表可知，本项目 1 座 DSA 机房屏蔽防护措施能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

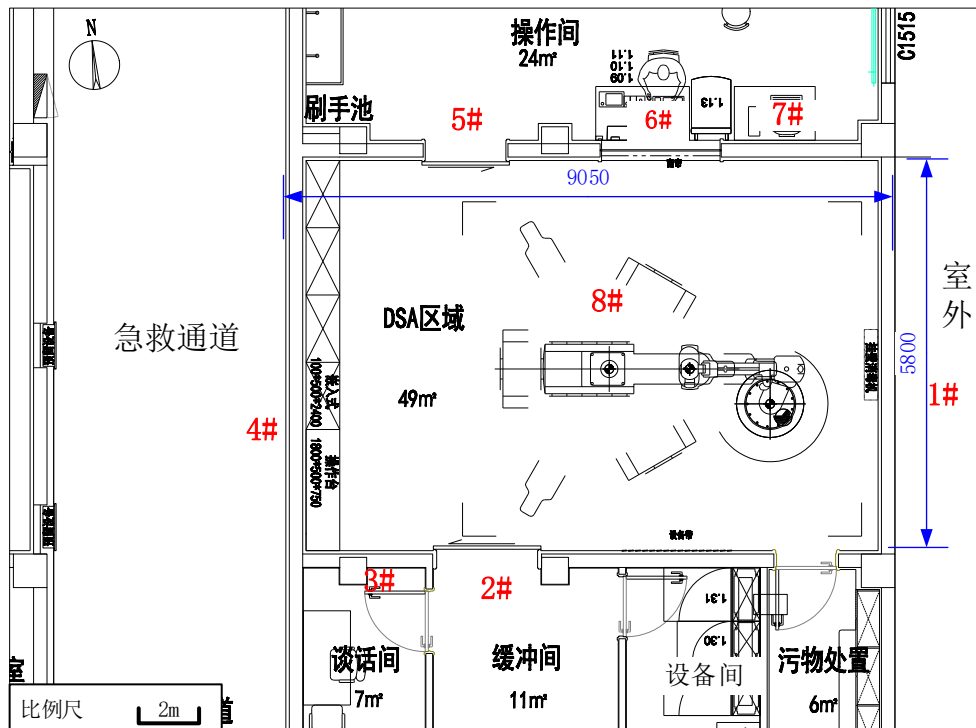
**（二）DSA 机房的辐射影响预测**

为了进一步评价屏蔽效果辐射防护效果，采用理论预测的方法进行影响分析。预测点选取如下：

- 1#-DSA 机房东侧屏蔽墙外 30cm，室外；
- 2#-DSA 机房南侧防护门外 30cm，缓冲间；

- 3#-DSA 机房南侧屏蔽墙外 30cm, 谈话间;
- 4#-DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm, 急救通道;
- 5#-DSA 机房北侧防护门外 30cm, 控制室;
- 6#-DSA 机房北侧观察窗外 30cm, 控制室;
- 7#-DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm, 控制室;
- 8#-DSA 机房距楼上地面 100cm, 办公室。

在 DSA 机房周围共布设 8 个预测点, 预测点布设见图 11-1 所示。



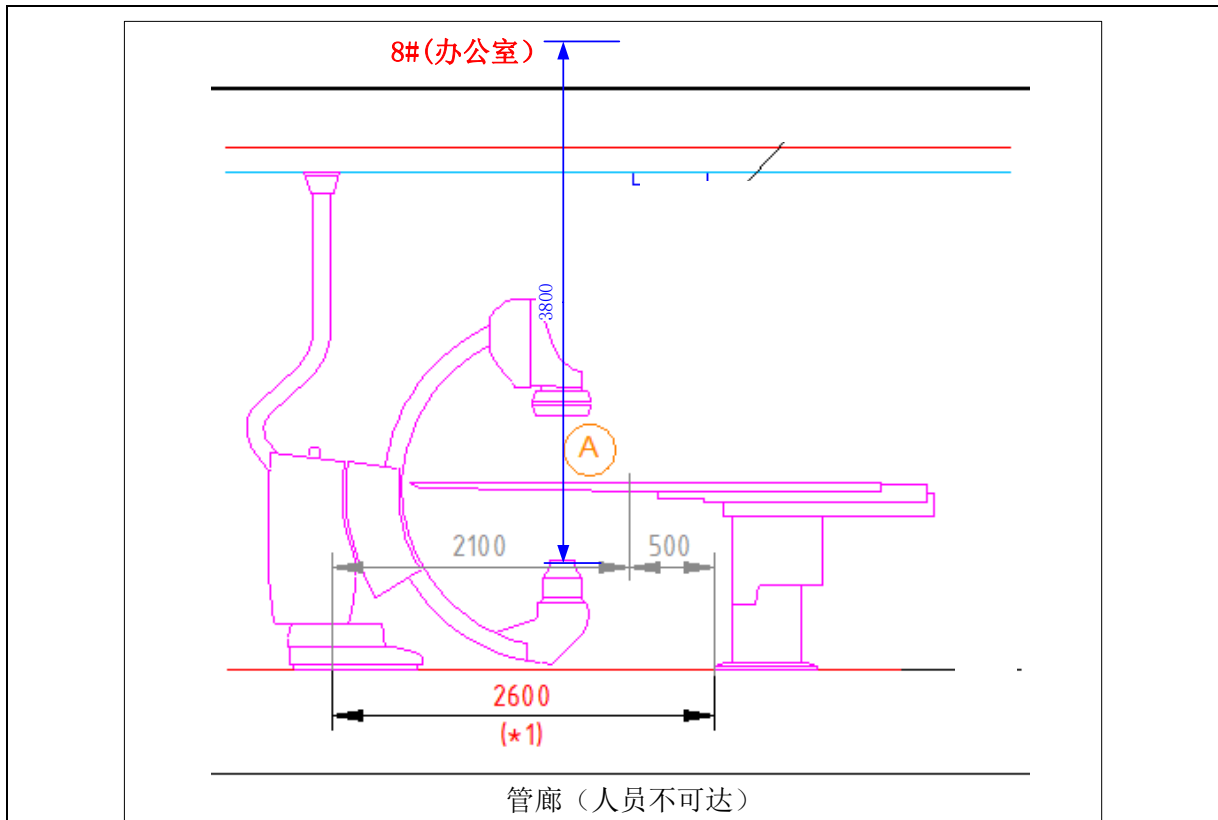


图 11-1 DSA 机房周围预测点布设示意图

本项目 DSA 的辐射影响情况见表 11-6。

表 11-6 本项目 DSA 的辐射影响情况


1、关注点处有用线束辐射剂量率计算

由《辐射防护手册（第一分册）》（李德平 潘自强著）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 10.8）进行推导，得到有用线束在关注点处的比释动能率  $H$  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）：

$$H = \frac{H_0 \cdot I \cdot B}{d^2} \cdot K \quad \text{公式 11-4}$$

式中： $H_0$ —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）， $\text{mGy m}^2 \text{mA}^{-1} \text{min}^{-1}$ ；具体数值可根据 X 射线机管电压、滤过等条件从《辐射防护导论》附图 3 查取，按本项目正常使用的最大管电压为 80kV、滤过为 2.5mmAl 的条件从《辐射防护导论》附图 3 由插值法查得  $H_0$  为



5mGy m<sup>2</sup> mA<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>, 即 300000μGy m<sup>2</sup> mA<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>;

*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别取 20mA、500mA;

*d*—关注点至 X 射线源的距离;

*B*—屏蔽材料对散射线的透射因子, 无量纲, 计算公式见公式 11-2:

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

式中: *X*—铅厚度, 本项目 DSA 机房屏蔽体的铅厚度见表 11-5;

*K*—有效剂量与空气比释动能转换系数, Sv/Gy, 查《用于光子外照射防护的剂量转换系数》(GBZ/T 144-2002) 表 B2, 对于本项目 DSA 运行时常用最大管电压 80kV, *K* 值取 1.67。

*α*、*β*、*γ*—铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数, 见表 11-1;

将 DSA 机房屏蔽体的铅厚度 *X* (表 11-5)、有关的拟合参数 *α*、*β*、*γ* 值 (表 11-1) 代入公式 11-2, 计算相应的屏蔽透射因子值, 将前述有关参数代入公式 11-4, 计算透视、摄影模式下 DSA 机房上方公众处有用线束辐射剂量率, 计算结果见表 11-7。

表 11-7 关注点处有用线束辐射剂量率计算结果

████████	████████	████████	████████	████████	█	████████	████████
████████	████████	████████	█	████████	████████	█	████████
████████	████████	████████	█	█	████████	█	████████
████████	████████	████████	█	████████	████████	█	████████

## 2、关注点处散射辐射剂量率预测计算

由《辐射防护手册(第一分册)》(李德平、潘自强著)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<sub>s</sub>* 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):

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s/400) \cdot B_s \cdot K}{d_0^2 \cdot d_s^2} \quad \text{公式 11-5}$$

式中: *H<sub>0</sub>*—X 射线机发射率常数(当管电流为 1mA 时, 距离阳极靶 1 m 处由主束产生的比释动能率), mGy m<sup>2</sup> mA<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>, 本项目取 300000μGy m<sup>2</sup> mA<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>;

*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;

$a$ —人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比值，由《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中查取。本项目最大常用管电压为 80kV，对于散射线向机房四侧墙体投射的情况，从《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中采用内插法查取散射角 90°时 80kV 对应的  $a$  值为 0.0008(该取值适用于机房四侧关注点相应预测计算)；对于散射线向机房底面投射的情况，本项目机房下方人员不可达，故不予计算；

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

$K$ —有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表 B2，按前述 90°方向一次散射线能量对应的 kV 值为 70kV， $K$  值取 1.60。

$d_0$ —源至受照点的距离，根据设备参数确定，本项目取  $d_0$  取最小值 0.45m（符合 ICRP 33 号报告第 98 段关于使用固定式 X 线透视检查设备的焦皮距的要求）；

$d_s$ —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，计算公式见式 11-2：

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

式中： $X$ —铅厚度，本项目 DSA 机房屏蔽体的铅厚度见表 11-5；

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

本项目最大常用管电压（80kV，即 0.08MV）下有用线束（初级 X 射线）的散射线，其能量偏保守取有用线束侧向（散射角  $\theta=90^\circ$ ）的一次散射线能量，可借鉴康普顿散射定律计算一次散射线能量  $E$  与入射的初级 X 射线能量  $E_0$  之比值  $E/E_0 = 1/[1 + E_0(1 - \cos\theta)/0.511] = 1/[1 + 0.08 \times (1 - \cos 90^\circ)/0.511] = 0.865$ ，继而计算一次散射线能量  $E$  对应的 kV 值为  $80 \text{kV} \times 0.865 = 69.2 \text{kV}$ ，近似取为 70kV，70kV 的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  数值具体见表 11-1：

将 DSA 机房屏蔽体的铅厚度  $X$ （表 11-5）、有关的拟合参数  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  值（表 11-1）代入公式 11-2，计算相应的散射辐射屏蔽透射因子值。同时，利用公式 11-2 对 DSA 机房内介入操作人员防护用品与辅助防护设施的散射辐射屏蔽透射因子进行计算。将前述有关参数代入公式 11-5，计算透视模式、摄影模式下 DSA 机房外公众、操作台操



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

$B$ —机房各屏蔽体的泄漏射线屏蔽透射因子, 本项目 DSA 管电压为 80kV (本项目正常运行最大管电压) 工况下 DSA 手术间四周屏蔽墙及地面的泄漏射线屏蔽透射因子见表 11-9;

$K$ —有效剂量与空气比释动能转换系数, Sv/Gy, 查《用于光子外照射防护的剂量转换系数》(GBZ/T 144-2002) 表 B2, 对于本项目 DSA 运行时常用最大管电压 80kV,  $K$  值取 1.67。

将有关参数代入公式 11-6, 计算 DSA 机房周围关注点处、机房内介入操作人员操作位关注点处的泄漏辐射剂量率, 计算结果见表 11-9。

表 11-9 关注点处漏辐射剂量率计算结果

[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

#### 4、关注点处预测计算结果汇总

综上所述, DSA 机房外关注点处的辐射剂量率理论估算结果汇总见表 11-10。

表 11-10 关注点处辐射剂量率计算统计结果

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

		■	■	■	■
■	■		■	■	■
■	■		■	■	■
■	■		■	■	■
■	■		■	■	■
■	■		■	■	■
■	■		■	■	■
■	■		■	■	■
■	■		■	■	■
■	■		■	■	■
■	■		■	■	■
■	■		■	■	■
■	■	■			■
■	■	■			■
■	■	■		■	■
■	■	■		■	■

根据表 11-10 计算统计结果，本项目 DSA 机房外关注点处的辐射剂量率最大为 0.033 $\mu$ Sv/h（主束方向），满足 GB 130-2020 的标准要求

### （三）周围公众及辐射工作人员年有效剂量估算

#### 1、年有效剂量估算模式

DSA 机房周围公众、操作间辐射工作人员年有效剂量计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：

$$H_{Er} = H_r \times T \times t \quad \text{公式 11-7}$$

式中： $H_{Er}$ —X射线外照射年有效剂量，mSv/a；

$H_r$ —关注点处辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$T$ —居留因子；

$t$ —年照射时间，h；

机房内介入操作人员的外照射辐射年有效剂量计算借鉴《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）给出的公式进行估算：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad \text{公式 11-8}$$

式中： $\alpha$ —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

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

$\beta$ —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

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

## 2、年有效剂量估算

将有关参数代入公式 11-7，估算 DSA 机房四周公众及操作间辐射工作人员的年附加剂量，见表 11-11。

表 11-11 DSA 机房四周公众及操作间辐射工作人员的年附加剂量

██████████	██████████	██████████	█	██████████	██████████	
██████████	██████████	██████████	█	██████████	██████████	██████████
██████████	██████████	█	█	██████████	██████████	
██████████	██████████	██████████	█	██████████	██████████	██████████
██████████	██████████	█	█	██████████	██████████	
██████████	██████████	██████████	█	██████████	██████████	██████████
██████████	██████████	█	█	██████████	██████████	

[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	
[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	
[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	
[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	

由表 11-11，DSA 机房四周公众的年附加剂量最大 $<0.001\text{mSv}$ ，满足公众年剂量约束  $0.1\text{mSv}$  的要求；控制室辐射工作人员的年附加剂量 $<0.001\text{mSv}$ ，满足工作人员年剂量约束  $5\text{mSv}$  的要求。

将有关参数代入公式 11-8，计算第一术者、第二术者年有效剂量，结果列于表 11-12。

表 11-12 介入操作人员年有效剂量估算结果

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]			[REDACTED]	[REDACTED]
				[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
			[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
			[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		

由表 11-12，本项目 DSA 机房内第一术者操作位的年有效剂量为  $12.24\text{mSv}$ ，医院拟安排 3 名第一术者医生轮流操作，则单名第一术者医生的年有效剂量不会超过工作人员年剂量约束值  $5\text{mSv}$  的要求；本项目 DSA 机房内第二术者操作位的年有效剂量为  $3.06\text{mSv}$ ，第二术者操作位由 1 人承担，手术室内护士保守参考第二术者操作位估算年有效剂量，满足工作人员年剂量约束值  $5\text{mSv}$  的要求。

对于介入手术，由于其实际工作中 DSA 透视工况及操作时间的不确定性，辐射工作人员需要依靠佩戴个人剂量计进行跟踪性监测才能准确的测定其受照剂量的大小，按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）要求进行佩戴，医院应加

强对介入手术工作人员的个人剂量监测管理，在日常检测中发现个人剂量异常的，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。介入手术工作人员均按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）穿戴防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等），并充分利用自带的铅悬挂防护屏及床侧防护帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

#### （四）保护目标年有效剂量估算

本项目 1 台 DSA 机房周围 50m 评价范围东侧至绿化用地、北侧至桃花源居小区，其余方向均位于医院内，本项目保护目标所受辐射剂量见下表。

表 11-13 DSA 机房周围 50m 评价范围内环境保护目标处辐射剂量率及公众年有效剂量

序号	名称	经纬度	与机房距离/m	辐射剂量率/mSv/a	年有效剂量/mSv/a
1	桃花源居小区	113.1111, 30.1111	50	6.82E-03	6.82E-03
2	绿化用地	113.1111, 30.1111	50	6.82E-03	6.82E-03
3	医院内	113.1111, 30.1111	50	6.82E-03	6.82E-03
4	医院内	113.1111, 30.1111	50	6.82E-03	6.82E-03

由表 11-13 计算结果可知，本项目机房 50m 评价范围内环境保护目标处公众受照剂量最大为 6.82E-03mSv/a，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对公众的年剂量约束值 0.1mSv 要求。

综上所述，根据上述理论估算结果，本项目 DSA 机房在经实体屏蔽后，对 DSA 机房外辐射工作人员和周围公众的环境影响较小，同时在开展介入工作时，在采取有效的辐射防护措施和医院良好的管理情况下，辐射工作人员的年有效剂量可以满足标准限值要求。

## 二、非放射性“三废”影响分析

### （一）废气

DSA 机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体，通过动力排风装置排入大气，臭氧常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，对环境影响较小。

### （二）废水



工作人员和部分患者产生的医疗废水和生活污水，由院内污水处理站统一处理，对环境影响较小。

### （三）固体废物

工作人员和病人产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理。

本项目 DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置，对环境影响较小。

## 事故影响分析

本项目 DSA 为II类射线装置。医院在开展放射治疗和诊断过程中，如果安全管理或防护不当，可能对人员产生误照射。因此本项目主要事故风险为：

一、DSA 工作状态下，未按工作流程进行清场，人员误留、误入机房内，导致发生误照射。

二、操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。

三、使用 DSA 的医生或护士在手术室内曝光时未穿戴铅围裙、铅防护手套、铅防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射；

四、DSA 检修时，误开机，维修人员受到意外的照射伤害。

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的处理措施：

一、发生误照射（人员误留、误入机房内；操作人员违反操作规程或误操作），应立即按下急停开关，确保 DSA 停止工作。

二、迅速安排受照人员接受医学检查和救治。

三、对发生事故的射线装置，请有关供货单位或相关检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，并提出改进意见。

四、医院应定期对 DSA 机房辐射安全措施进行检查、维护，发现问题及时维修；每次工作前均应检查相应辐射安全装置的有效性，定期对工作场所进行检测。医院还应在平时工作中加强工作人员的辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

五、严禁无关人员进入，防止事故蔓延和扩大。

六、事故发生后，积极配合生态环境等管理部门做好事故调查和善后处理工作。医院应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在

事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 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；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

表 12 辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

南京医科大学第二附属医院拟在姜家园院区内迁建 1 台 DSA 项目。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用 II 类射线装置的单位，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 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核。

根据上述要求，南京医科大学第二附属医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，由副院长做小组组长，组员覆盖各辐射科室，并以文件形式明确管理人员职责。医院应根据本次迁建 1 台 DSA 项目修订相关文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。医院拟为本项目配备 7 名辐射工作人员（医院原有辐射工作人员），项目开展后，DSA 机房内和机房外辐射工作不进行轮换，且不兼职其它辐射工作。辐射管理人员及辐射工作人员须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，辐射安全管理人员应参加“辐射安全管理”辐射防护上岗考核，辐射工作人员应参加“医学 X 射线诊断与介入放射学”辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗；同时如有辐射培训证书到期人员还应及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。

### 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，使用射线装置的单位要“有健全操作规程、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，并有完善的辐射事故应急措施”。目前南京医科大学第二附属医院已制定相关辐射安全与防护管理制度，如《岗位职责》《放射工作人员健康管理制》《放射工作人员个人剂量监测管理制度》《X 射线影像诊断质量保证方案》《介入放射学质量保证方案》《射线装置使用登记、台帐管理制度》《放

射工作人员培训制度》《放射防护安全管理制度》《辐射事故应急预案》及不同设备相应的《操作规程》等。医院现有管理制度内容较为全面，基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求，拟根据本次迁建 1 台 DSA 项目的特点及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

**一、操作规程：**明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。重点是：

（一）确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；

（二）从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

（三）在工作场所严禁吸烟、进食。

**二、岗位职责：**明确射线装置工作人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

**三、辐射防护和安全保卫制度：**根据射线装置的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度。重点是：

（一）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，确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；

（二）工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

**四、设备维修制度：**明确射线装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线检测装置、安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯、急停按钮）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

**五、人员培训计划和健康管理制：**明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《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》，辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。医院应组织辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

**六、监测方案：**明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管

部门。为了确保Ⅱ类射线装置的辐射安全，该单位应制定监测方案，重点是：

（一）明确监测项目和频次；

（二）辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，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；

（三）医院应当按照有关标准、规范的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，发现异常情况的，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行政主管部门报告；

（四）委托有资质监测单位对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

## 辐射监测

根据辐射管理要求，南京医科大学第二附属医院已配备辐射巡测仪1台、已为本项目配备个人剂量报警仪2台，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，已制定如下监测计划：

一、委托有资质的单位定期对项目周围环境X-γ辐射剂量率进行监测，周期：1~2次/年；

二、辐射工作人员配备个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于1次/季）送有资质机构进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；

三、定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录；

四、所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检，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；

五、出现外照射事故，立即采取应急措施，并在1小时之内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

南京医科大学第二附属医院已根据上述监测计划，明确监测项目，定期（不少于1次/季）使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录，每年委托有资质的单位定期对项目周围环境X-γ辐射剂量率进行监测，监测结果上报生态环

境行政主管部门。

南京医科大学第二附属医院已为辐射工作人员配备个人剂量计，组织辐射工作人员进行个人剂量监测（1次/季）和职业健康体检（1次/2年），医院公共卫生科负责全院人员个人剂量的收发和管理，职业健康监护、个人剂量监测档案均存放于公共卫生科。

南京医科大学第二附属医院2022年编写射线装置安全和防护状况年度评估报告，包括射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，已上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，未发现问题。

## 辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急预案应明确以下几个方面：

- 一、应急机构和职责分工；
- 二、应急的具体人员和联系电话；
- 三、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- 四、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- 五、辐射事故调查、报告和处理程序。

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况的，医院应根据《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》（原国家环保总局，环发[2006]145号）和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，并在事故发生后1小时内向所在地生态环境和公安部门报告，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；并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政部门报告。

医院已经制定了《辐射事故应急预案》，该预案已包括成立辐射事故应急处理领导小组、应急预案领导小组的职责、放射性事故应急处理的责任划分、放射性事故应急处理程序和放射性事故的调查等内容。由辐射事故应急处理领导小组组织各相关科室，定期（1次/年）开展应急培训演练，在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均加以落实。医院开展核技术利用项目至今，未发生过辐射事故。

表 13 结论与建议

## 结论

### 一、项目概况

南京医科大学第二附属医院医院拟将姜家园院区内 4 号楼 1 楼的急诊输液室改建成 1 座 DSA 机房及配套设施用房,拟将 3 号楼 4 楼的 1 台 DSA(型号: Artis Zee Floor, 最大管电压 125kV, 最大管电流 1000mA) 搬迁至该机房内, 用于开展医疗诊断和介入治疗。

### 二、项目建设的必要性及产业政策符合性

本项目的建设, 有着重要临床应用价值, 可为患者提供放射诊断及治疗服务, 并可提高当地医疗卫生水平。对照《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(2021 年修正), 不属于“限制类”或“淘汰类”项目, 符合国家现行的产业政策。

### 三、实践正当性

本项目的运行, 具有良好的社会效益和经济效益, 经落实辐射防护屏蔽设计和安全管理措施后, 本项目的建设和运行对受照个人和社会公众所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) “实践的正当性”的原则。

### 四、选址合理性

南京医科大学第二附属医院姜家园院区位于南京市鼓楼区姜家园 121 号, 医院东侧依次为绿化地带、护城河, 南侧为百花小区, 西侧为姜家园道路, 北侧为桃花源居小区。

本项目位于医院姜家园院区 4 号楼, 其东侧为 3 号楼, 南侧为临时大楼(办公), 西侧为行政楼(5 号楼), 北侧为桃花源居小区。本项目 DSA 机房东侧为楼外, 南侧为污物处置室、设备间、缓冲间、谈话间, 西侧为急救通道, 北侧为控制室(操作间), 上方为办公室及走道, 下方为管廊(仅供穿管使用, 无法容纳人员进入通行, 管廊下方为土层)。

本项目周围 50m 评价范围东侧至绿化地带、北侧至桃花源居小区, 其余方向均位于医院内, 项目运行后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、评价范围内其他医务人员、病患和公众及绿化地带(约 40m 处)、桃花源居小区(约 40m 处)部分公众等。

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）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），本项目拟建址评价范围内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；根据现场监测和环境影响预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题；本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

本项目 DSA 机房与控制室分开，区域划分明确，选址及布局合理。

## 五、辐射环境现状评价

本项目拟建址周围环境辐射剂量率在 51nGy/h~78nGy/h 之间，与江苏省环境天然  $\gamma$  辐射水平调查结果相比较，未见异常。

## 六、环境影响评价

根据预测估算结果，南京医科大学第二附属医院迁建 1 台 DSA 项目在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下：

**辐射防护影响预测：**DSA 机房屏蔽体、门、观察窗表面外 30cm 处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm 处、地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处的辐射剂量率目标控制值均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）相关要求。

**剂量约束值：**本项目辐射工作人员和公众所受辐射剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对本项目职业人员和公众剂量约束值要求（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）。

## 七、“三废”的处理处置

DSA 机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体，通过动力排风装置排入大气，臭氧常温下约 50 分钟可自行分解为氧气；工作人员和部  
分患者产生的生活污水，由院内污水处理站统一处理；工作人员和病人产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理；本项目 DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。

## 八、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

医院拟搬迁的 1 台 DSA，最大管电压为 125kV、最大管电流为 1000mA，DSA 开



机期间，产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素。本项目 DSA 机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态灯，DSA 机房设有闭门装置，射线装置机房内外均设置有急停按钮，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的安全管理要求。

### 九、辐射安全管理评价

南京医科大学第二附属医院已设立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，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院拟制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建立符合本院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

医院需为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。医院已配备辐射巡测仪 1 台、个人剂量报警仪 2 台。此外，医院应根据相关标准要求，为本项目工作人员和受检者配备足够数量的个人防护用品和辅助防护设施。

综上所述，南京医科大学第二附属医院迁建 1 台 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，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

### 建议和承诺

一、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，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影响，使对环境的影响降低到最低。

二、根据防护与安全的最优化原则，进一步优化完善辐射工作场所屏蔽措施。

三、各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

四、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

五、医院取得本项目环评批复后，应及时申请辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，最长不超过 12 个月。

## 辐射污染防治“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	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于 1 名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：DSA 机房四侧墙体采用铅板、顶面采用铅板加混凝土、地面采用硫酸钡加混凝土进行防护，各防护门均采用铅防护门，观察窗为铅玻璃观察窗进行辐射防护。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中对职业人员和公众的剂量约束值要求。	25
	DSA 机房入口处均拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯；DSA 机房设有闭门装置，机房内外均设置有急停按钮。	满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)的相关要求。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员均需通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	/
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过 3 个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立放射工作人员职业健康档案。		
监测仪器和防护用品	已配备辐射巡测仪 1 台	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	/
	已配备个人剂量报警仪 2 台		
	DSA 介入治疗医生配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等，同时设置铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏等。	满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)的相关要求。	/
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、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	满足《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》有关要求。	/
总计	/	/	25

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

**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