

核技术利用建设项目

医用血管造影 X 射线机 (DSA)

应用项目

环境影响报告表

兴安两江医院

二〇二二年四月

广西南宁德星工程咨询有限公司

核技术利用建设项目

医用血管造影 X 射线机 (DSA)

应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：兴安两江医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：

邮政编码：

电子邮箱：

联系人：

联系电话：

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	7
表 3 非密封放射性物质.....	7
表 4 射线装置.....	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	10
表 6 评价依据.....	11
表 7 保护目标与评价标准.....	13
表 8 环境质量和辐射现状.....	18
表 9 项目工程分析与源项.....	25
表 10 辐射安全与防护.....	29
表 11 环境影响分析.....	36
表 12 辐射安全管理.....	40
表 13 结论与建议.....	45
表 14 审批.....	47

附件：

附件 1 委托书

附件 2 登记信息单

附件 3 辐射安全许可证

附件 4 辐射安全培训证书

附件 5 环境现状检测报告

附件 6 个人剂量检测报告

附件 7 医院辐射安全相关管理制度

表 1 项目基本情况

建设项目名称		医用血管造影 X 射线机 (DSA) 应用项目			
建设单位		兴安两江医院			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址					
项目建设地点					
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)		项目环保投资(万元)		投资比例(环保投资/总投资)	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m ²)	105
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 项目概况					
1.1.1 项目来由和目的					
兴安两江医院创立于 2004 年 3 月, 是一家集医疗、急救、预防、保健、健康体检、科教为一体的二级综合性医院。医院位于县城中心, 双拥路口, 新门诊病房综合楼建筑面积达 13000m ² 。医院开放病床 200 多张, 现设有十个临床科室, 设有 (有层流手术室 5 间)、					

药剂科、临床检验科、医学影像科等四个科室。为加快医院学科建设步伐，在兴安两江医院2楼介入室新增1套医用血管造影X射线机（简称：DSA），用于开展放射诊断。

根据《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），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。受兴安两江医院委托，我公司对该核技术利用建设项目进行环境影响评价。根据《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），本项目属于“五十五、核与辐射 172、核技术利用建设项目”，根据项目情况，环境影响评价文件形式应为环境影响报告表。

1.1.2 项目规模

（1）原有辐射项目概况

兴安两江医院各科室在用的医用诊断X射线机共7台，设备基本参数信息、位置及使用情况详见表1-1。

表 1-1 医院已许可射线信息一览表

序号	名称	型号	数量(台)	类别	使用场所	使用情况	环评情况	环评验收情况
1	X射线机	RAY68(m)	1	III类	综合大楼2层：牙科	在用	已环评	已验收
2	X射线机	KD-C5000	1	III类	综合大楼6层：手术室	在用	已环评	已验收
3	X射线机	HF52-2A	1	III类	综合大楼1层：放射科	在用	已环评	已验收
4	X射线机	RLX101	1	III类	综合大楼1层：放射科	在用	已环评	已验收
5	X射线机	SONTU 100-FDR	1	III类	综合大楼1层：放射科	在用	已环评	已验收
6	X射线机	BTX-9800B	1	III类	综合大楼1层：放射科	在用	已环评	已验收
7	螺旋CT机	Insitum 64s	1	III类	综合大楼1层：放射科	在用	已环评	已验收

（2）新建辐射项目（本项目）概况

兴安两江医院拟新建医用血管造影X射线机（DSA）应用项目，具体建设内容为：在医院综合大楼2层介入室（111.35m²）安装使用1套医用血管造影X射线机，用于放射诊断，并建设配套的辐射防护设施，属于使用II类射线装置项目。新增设备基本参数信息见表1-2。

表 1-2 拟用设备基本信息一览表

名称	型号	类别	数量 (台)	最大管电压	最大管电流	使用位置	用途
DSA	CGO-2100plus	II类	1	125kV	1000mA	综合大楼 2层介入室	放射诊断

1.1.3 项目地理位置及周边环境概况

(1) 项目地理位置

兴安两江医院位于桂林市兴安县双拥路 2 号，医院地理位置图详见图 1.1。



图 1.1 项目地理位置图

(1) 本项目所在建筑物外环境关系

本项目的介入室设置在医院综合大楼 2 层。综合大楼 (7F) 东北侧 14m 为商铺和居民楼 (6F)，西南侧 12m 为怡兴花苑 (7F)，东南侧与双拥路相连，西北侧 5m 为停车场。项目所在区域详见图 1.2，项目周围环境现状详见图 1.3，兴安两江医院总平面布置情况详见图 1.4。

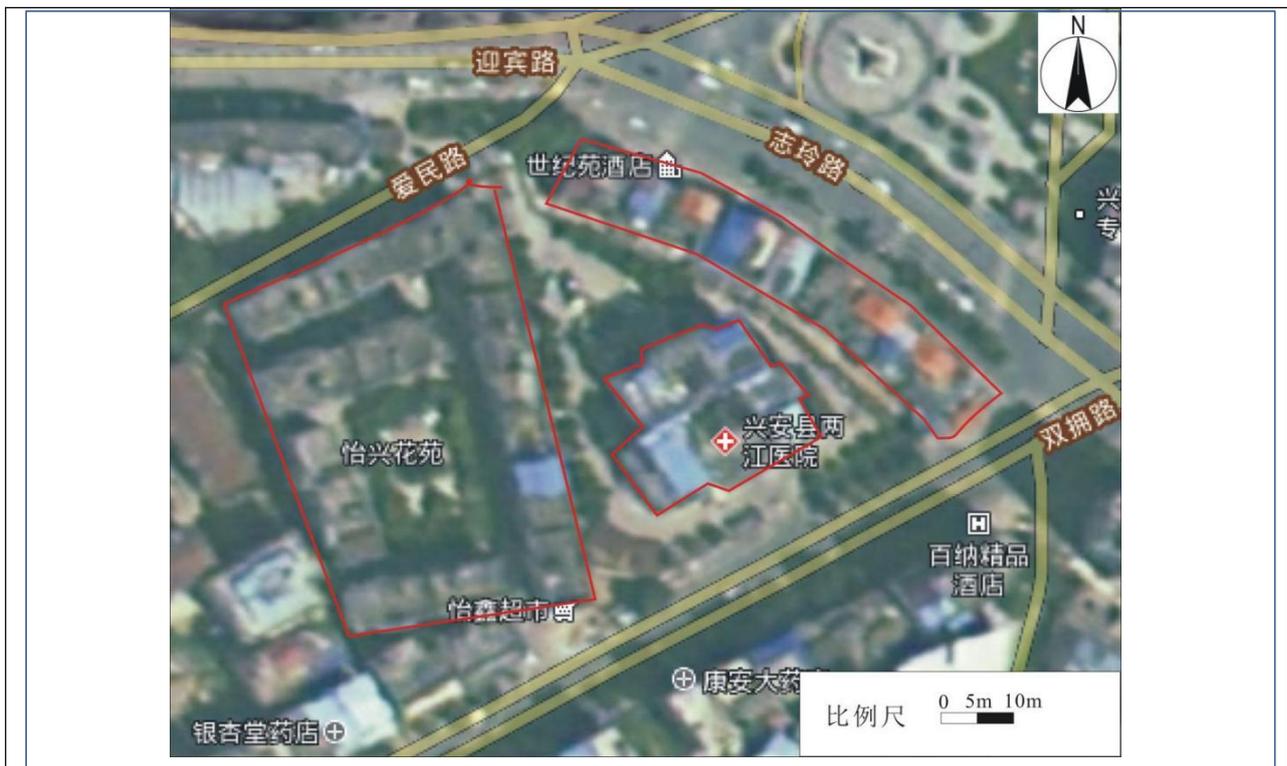


图 1.2 项目所在区域图



图 1.3 项目周围环境现状图

(2) 介入室所在楼层布置情况

介入室设置在综合大楼 2 层，东北侧为电梯间、走廊、耳鼻喉科、妇科诊疗、总务科；东侧为产科、妇科、妇检；东南侧为走廊、体检 B 超室、彩超室、心电图室；西南侧为公用卫生间；西北侧为空房间、口腔科、口腔诊疗、体检、门诊、X 光室、值班室；北侧为收费处、检验科；下方为急诊科和抢救室，上方为儿科病房。介入室所在楼层布置情况详见图 1.5。

(3) 介入室布置情况

DSA 机房东北侧为操作间、缓冲区；西南侧为公用卫生间；东南侧为走廊；北侧为物品间；西北侧为空房间；下方为急诊科和抢救室；上方为儿科病房。介入室布置情况详见图 1.6，介入室下方楼层（综合大楼 1 层）平面布置情况详见图 1.7，介入室上方楼层（综合大楼 3 层）平面布置情况详见图 1.8。

1.2 选址合理性分析

本项目以介入室边界为起点 50m 范围区域为评价范围，主要涉及 DSA 机房所在的综合大楼、综合大楼东北侧居民楼、综合大楼西南侧怡兴花苑、综合大楼西北侧停车场。介入室设置防护铅门及防护墙体，在门口设置电离辐射警告标志，将 DSA 机房划分为控制区，无关人员不得进入。DSA 开机运行过程中产生的电离辐射，经过屏蔽防护和距离衰减后，对周围工作人员和公众所致的辐射剂量符合剂量约束限值的要求。通过以上场所独立、划分区域等措施，本项目不会产生交叉污染。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于“源的选址与定位”规定，国家只对“具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定，对其它源的选址未作明文规定。本项目在正常运行和事故工况下，均不会造成大量放射性物质释放。因此，本项目选址合理。

1.3 原有核技术利用项目许可情况

1.3.1 原有辐射安全许可证情况

兴安两江医院取得了辐射安全许可证（证号：桂环辐证[C7502]），许可范围为使用 III 类射线装置，许可证有效期至 2026 年 09 月 16 日。许可使用射线装置共 7 台（列表见表 1-1），辐射安全许可证见附件 3。

1.3.2 原有辐射安全管理情况

医院遵守《放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等辐射法律法规，配合各级生态环境部门监督检查，辐射防护设施运行良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理方面运行良好。

(1) 医院制定了一系列辐射防护管理制度包括《放射事件应急处理预案》、《放射诊疗安全防护管理制度》、《放射诊疗安全防护操作规程》、《放射工作人员健康管理制度》等一系列制度，详见附件 7。并严格按照规章制度执行。

(2) 为加强对辐射安全和防护管理工作，医院成立了辐射安全与环境保护管理领导小组，明确辐射防护责任，并加强了对射线装置的监督和管理，见附件 7。

(3) 医院定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，并持证上岗。

(4) 辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受职业外照射剂量监测，建立剂量健康档案并存档。2021 年医院委托广西居里安检测技术服务有限公司对 15 名辐射工作人员开展个人剂量监测，医院现有辐射工作人员最近一年的受照剂量均未超过职业人员年剂量管理限值 5mSv/a，监测报告见附件 6。

(5) 医院放射性工作场所均设置有电离辐射警示牌和工作指示灯，并根据不同项目进行分区管理。

(6) 医院制定了设备定期保养维护制度，定期自行检测设备状况，记录设备日常运行和异常情况。

(7) 近年来医院对放射性同位素与射线装置安全和防护状况进行评估，并向生态环境主管部门提交上一年度安全评估报告。

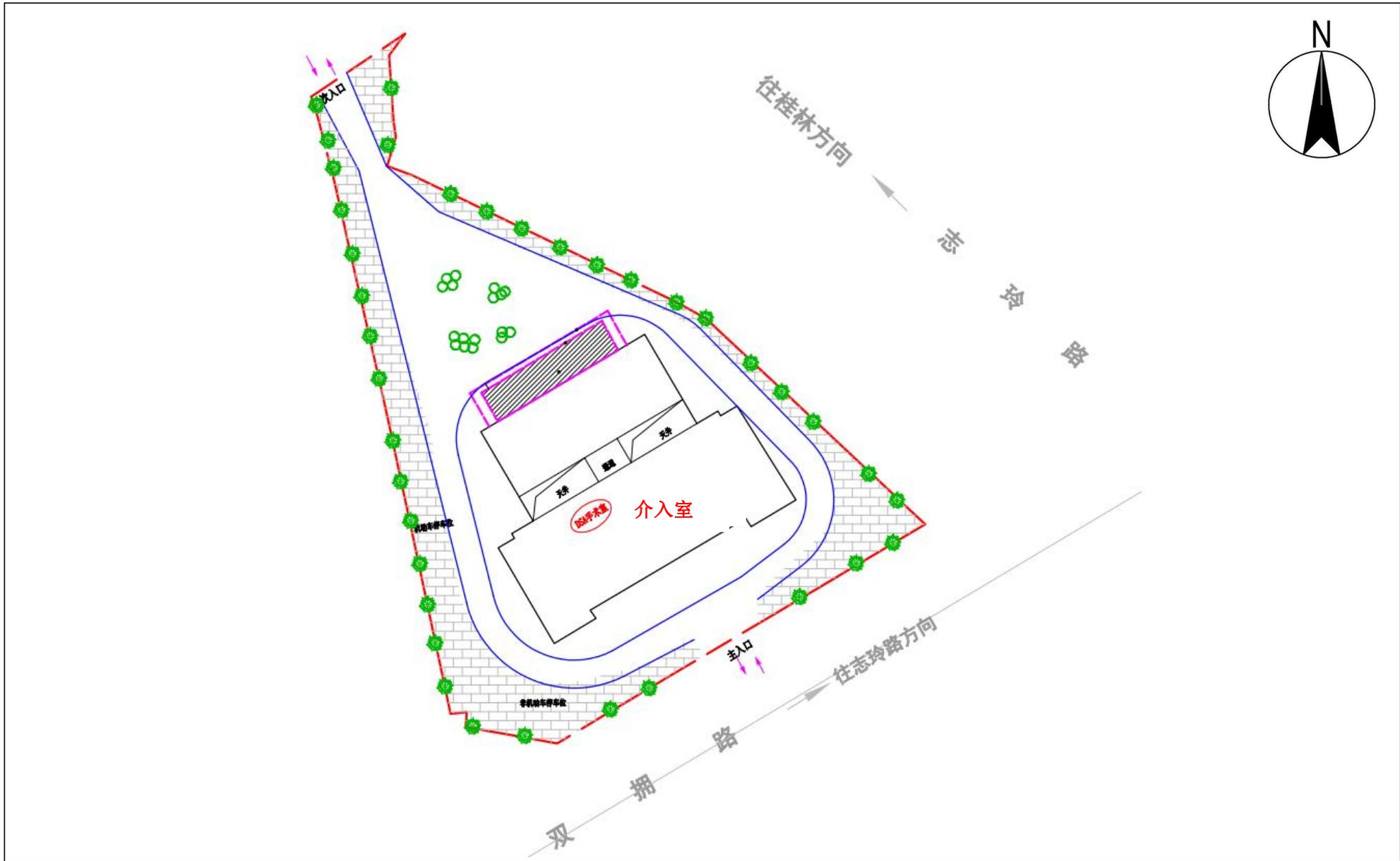


图 1.4 兴安两江医院总平面布置图

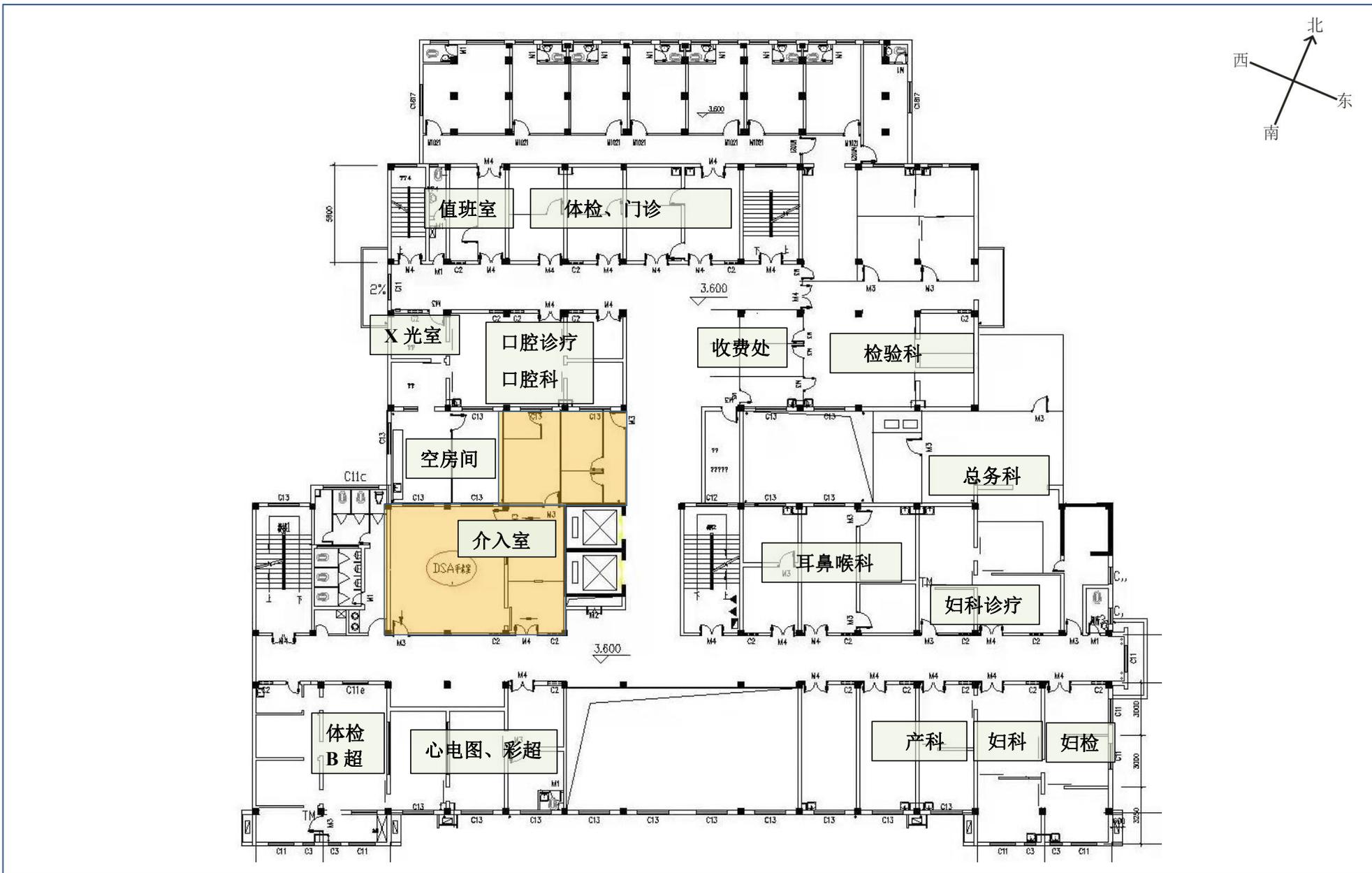


图 1.5 介入室所在楼层（综合大楼 2 层）平面布置图

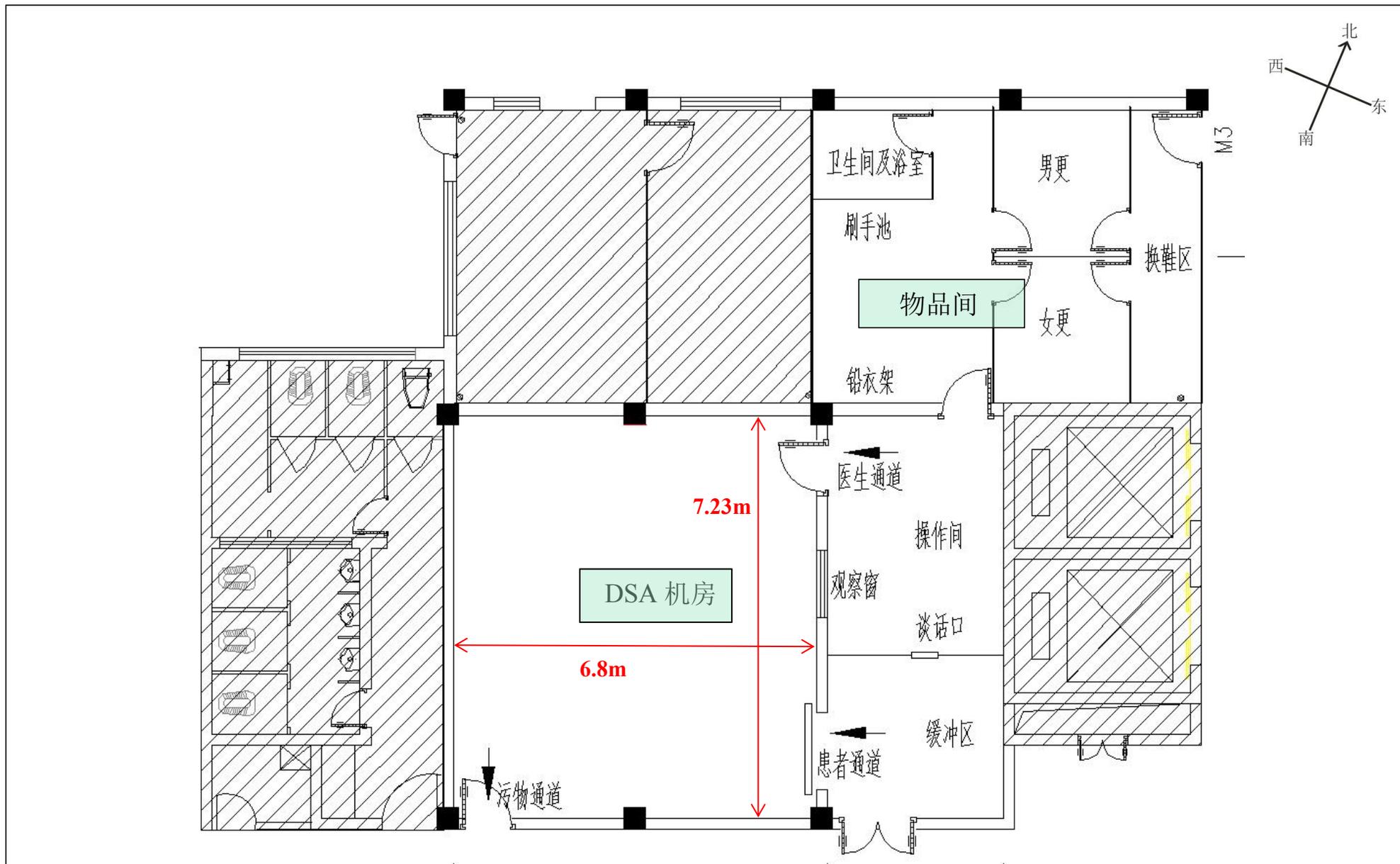


图 1.6 介入室平面布置图

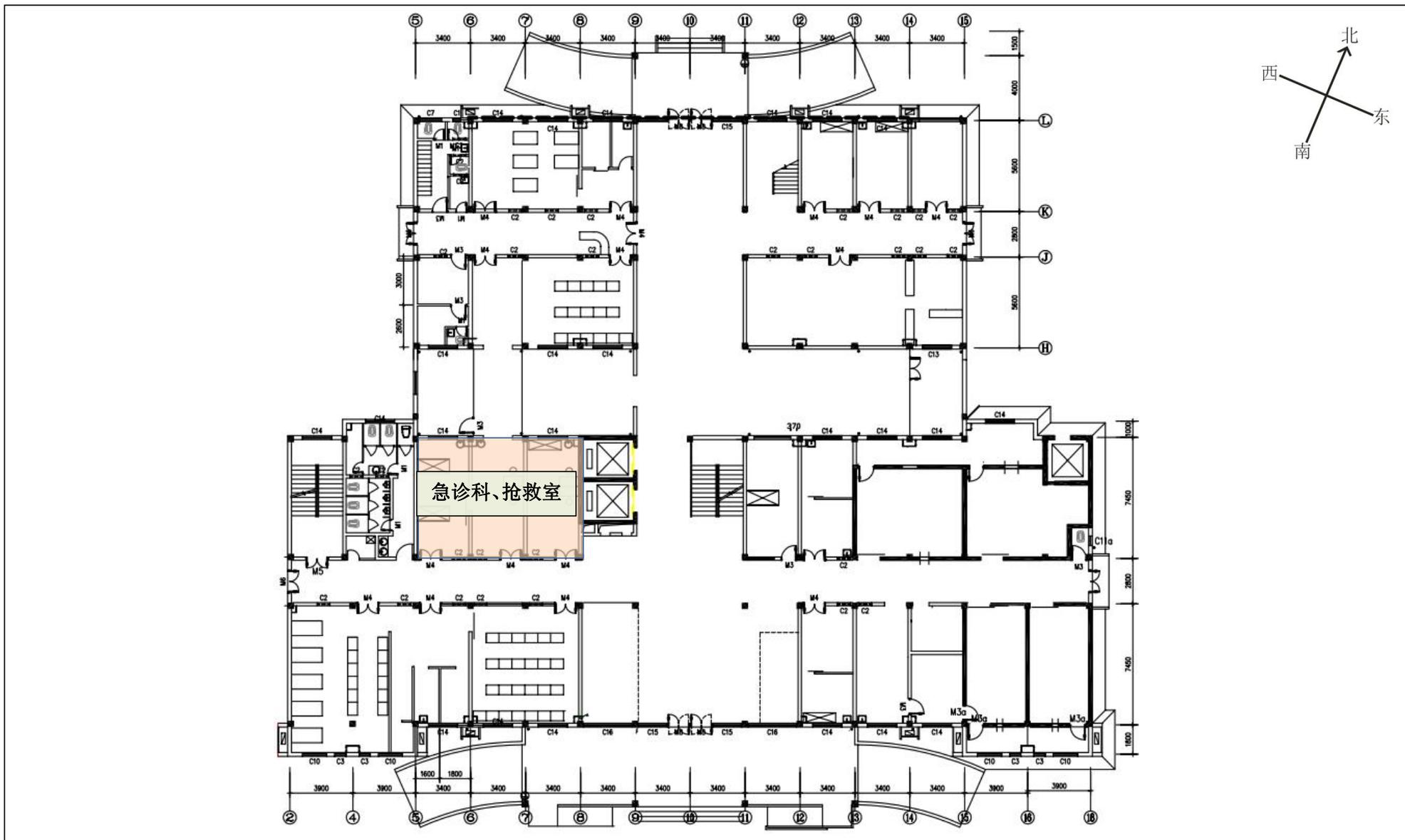


图 1.7 DSA 机房下方楼层（综合大楼 1 层）平面布置图

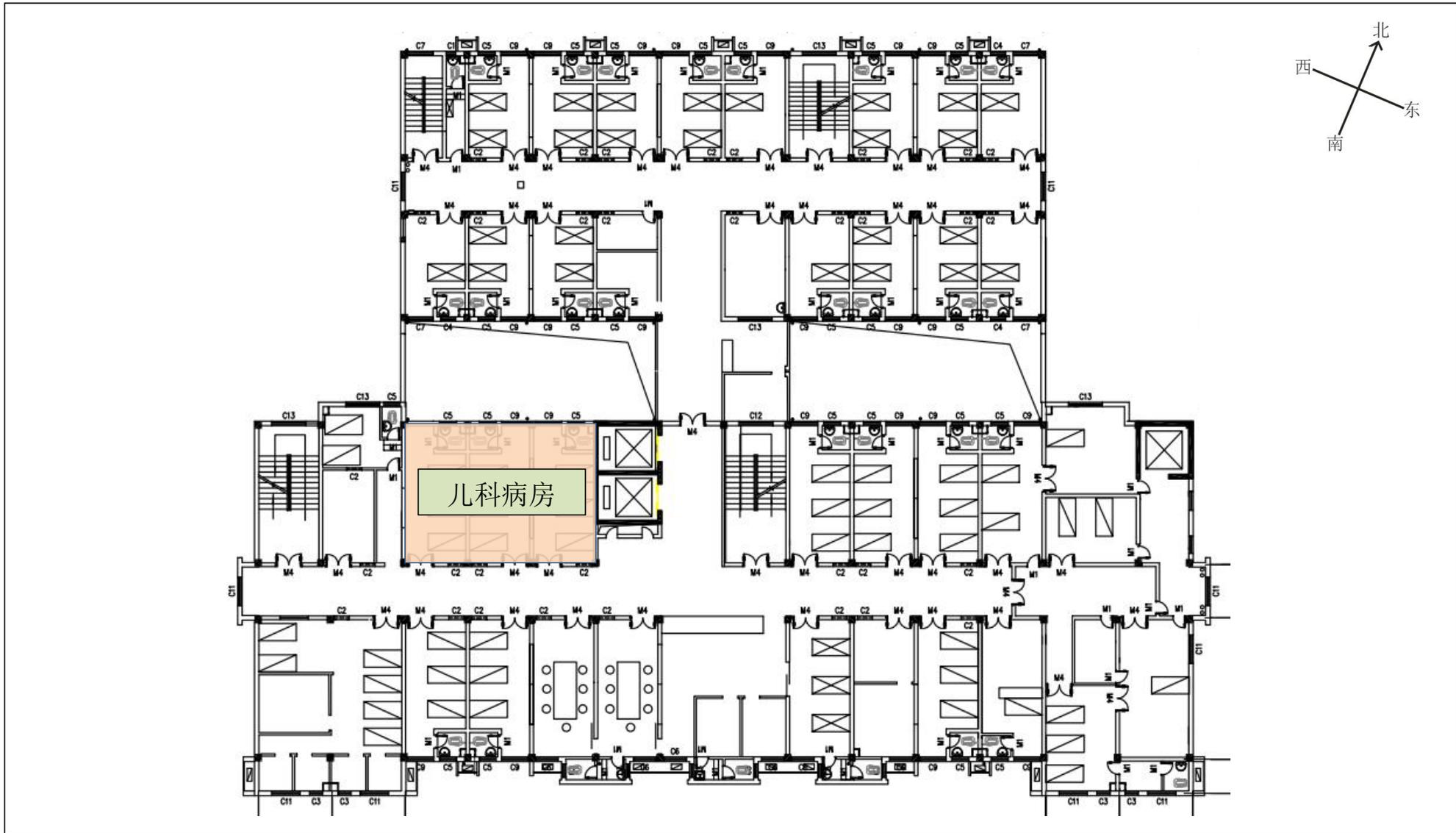


图 1.8 DSA 机房上方楼层（综合大楼 3 层）平面布置图

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(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 (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	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	II 类	1	CGO-2100plus	125	1000	放射诊断	综合大楼 2 层介入室	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (μ A)	中子强度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排出介入室，弥散在大气环境中
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），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日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订版），国务院令第709号，2019年3月18日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订），2017年10月1日起实施</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正版），生态环境部令第20号，自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) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号，自2020年1月1日起施行；</p> <p>(10) 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>(11) 《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》国家环保总局，（环发〔2006〕145号）；</p> <p>(12) 《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>(13) 《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>(14) 《生态环境部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日生成；</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，2020年1月1日起施行；</p>
------	---

<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《<u>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</u>》(HJ 10.1-2016)，环境保护部；</p> <p>(2) 《<u>核辐射环境质量评价一般规定</u>》(GB 11215-89)；</p> <p>(3) 《<u>环境γ辐射剂量率测量技术规范</u>》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(4) 《<u>辐射环境监测技术规范</u>》(HJ 61-2021)；</p> <p>(5) 《<u>电离辐射防护与辐射源安全基本标准</u>》(GB 18871-2002)；</p> <p>(6) 《<u>放射诊断放射防护要求</u>》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(7) 《<u>职业性外照射个人剂量监测规范</u>》(GBZ 128-2019)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) <u>项目委托书</u> (详见附件 1)</p> <p>(2) <u>登记信息单</u> (详见附件 2)</p> <p>(2) <u>医院辐射安全许可证正副本复印件</u> (详见附件 3)</p> <p>(3) <u>医院相关工作人员辐射安全培训证书</u> (详见附件 4)</p> <p>(4) <u>环境现状检测报告</u> (详见附件 5)</p> <p>(5) <u>个人剂量检测报告</u> (详见附件 6)</p> <p>(6) <u>医院辐射安全管理规章制度</u> (详见附件 7)</p>

7.2 保护目标

环境保护目标为兴安两江医院新建医用血管造影 X 射线机（DSA）应用项目辐射工作人员，医院内的其他非辐射工作人员、评价范围内流动的公众成员，使他们受到的辐射照射低于各自的辐射照射管理约束值。项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标

环境保护目标		位置描述	规模	年有效剂量要求
职业 人员	DSA 介入手术操作 医生、护士	介入室	6 人	连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均 20mSv；本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理约束值。
	DSA 控制室操作人员	DSA 机房相邻控制室内	3 人	
公众 成员	综合大楼介入室以外的工作人员	介入室同一栋楼	约 100 人	年有效剂量，1mSv；本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理约束值。
	怡兴花苑常住居民	介入室西侧 50m 范围内	约 50 人	
	东北侧居民楼常住居民	介入室东北侧 50m 范围内	约 20 人	
	医院大门、双拥路流动人员	介入室南侧 50m 范围内	流动人口	
	停车场流动人员	介入室西北侧 50m 范围内	流动人口	

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

该标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

第 4.3.2.1 款关于剂量限制的规定：应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值，不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：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；本次评价从辐射防护最优化原则出发，使职业人员尽量避免不必要的附加剂量照射，取其四分之一即 5mSv 作为职业人员的年剂量管理约束值。

第 B1.2 款，公众照射

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；本评价取其四分之一即 0.25mSv 作为公众成员年剂量管理约

束值。

2、辐射分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，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。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 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。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 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。

3、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

本标准规定了放射诊断的防护要求，包括 X 射线影像诊断和介入放射学用设备防护性能、介入室防护设施、防护安全操作要求及其相关防护检测要求。

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

放射治疗和核医学中的 X 射线成像设备参照本标准执行。

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。

6.1.5 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 7-2 的规定。

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度（节选与本项目相关）

设备类型	机房内最小有效使用面积 d (m ²)	机房内最小单边长度 e (m)
单管头 X 射线设备(含 C 形臂)	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 7-3 的规定。

6.2.2 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4~表 C.7。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

设备类型	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	2

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（本报告按顺序标为“表 7-3”）的要求。

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 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

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；

6.3.3 宜使用能够测量短时间出束和脉冲辐射场的设备进行测量，若测量仪器达不到响应时间要求，则应对其读数进行响应时间修正，修正方法参见附录 D。

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

6.5.1 每台X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表7-4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。

6.5.3 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。

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求（节选与本项目相关）

设备类型	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、床侧防护帘、床侧防护屏 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、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	—

注 1：“—”表示不做要求。

注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

兴安两江医院位于桂林市兴安县双拥路 2 号，本项目建设的介入室设置在综合大楼 2 层。

医院地理位置详见图 1.1，兴安两江医院总平面布置情况详见图 1.4，介入室布置情况详见图 1.6，DSA 机房下方楼层（综合大楼 1 层）平面布置情况详见图 1.7，DSA 机房上方楼层（综合大楼 3 层）平面布置情况详见图 1.8。

8.2 环境现状评价的对象

环境现状评价的对象为医用血管造影 X 射线机（DSA）应用项目场址（综合大楼 2 层介入室）周围辐射环境现状。

8.3 辐射环境现状监测

1、辐射环境现状监测目的

对 DSA 项目应用场所进行辐射剂量率本底监测，以掌握场址的辐射环境质量现状水平，为现状评价提供基础数据。

2、监测对象：本项目现状评价对象为项目场址的辐射环境现状水平。

3、监测因子及频次

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率；监测频率：1 次。

4、监测点位

参考《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）有关布点原则“测量点位应依据测量目的布设”，根据上述布点原则，结合本次 DSA 射线装置所在楼层的各功能场所人员数量和居留时间情况以及四周建筑功能情况，本次共布点 17 个，监测布点详见图 8.1。

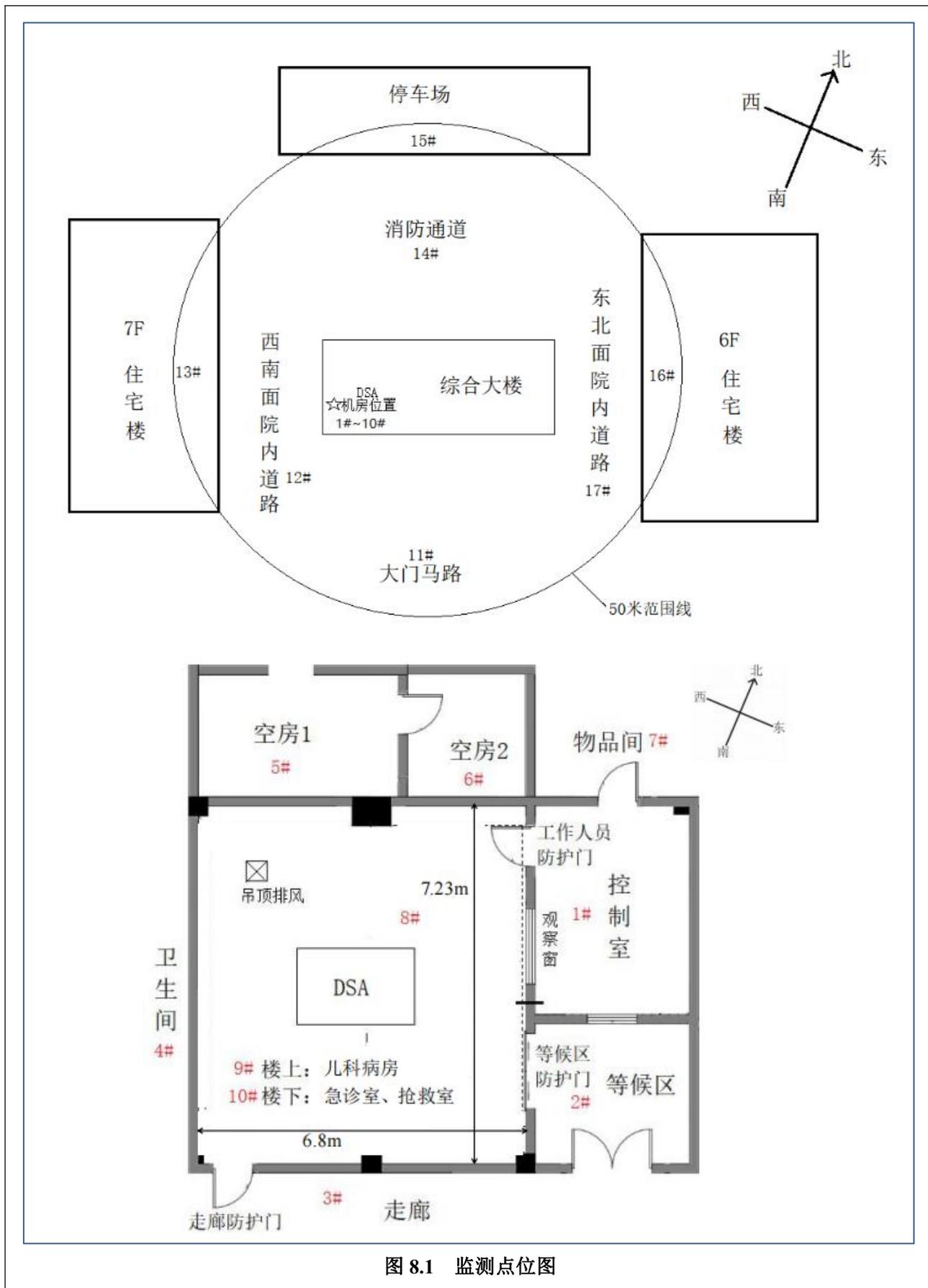


图 8.1 监测点位图

5、监测仪器与监测规范

监测仪器的参数与监测所依据的规范见表 8-1。

表 8-1 X- γ 辐射剂量率仪监测仪器参数与规范

监测项目	γ 辐射空气吸收剂量率
仪器名称	SCK-200 型多功能辐射监测仪
仪器型号	21001
生产厂家	上海钴景环境科技有限公司
能量响应	20keV~7MeV
量程	1nGy/h~100 μ Gy/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院
证书编号	2021H21-20-3562189001
校准有效期	2022 年 09 月 26 日止
监测规范	《辐射环境监测技术规范》 HJ 61-2021 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

6、质量保证措施

- (1) 监测人员经考核合格并持有合格证书上岗；
- (2) 监测前制定监测方案，合理布设监测点位，选择监测点位时充分考虑使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；
- (3) 监测所用仪器经国家法定计量检定部门检定合格，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；
- (4) 经常参加上级技术部门及同类单位组织的仪器比对；通过仪器的期间核查或绘制质量控制图等质控手段保证仪器设备的正常运行；
- (5) 监测实行全过程的质量控制，严格按照监测单位《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定实行；
- (6) 包括异常数据在内的所有监测结果按统计学要求进行处理；
- (7) 建立完整的现状监测资料档案，资料内容包括仪器的校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序及结果等，以备复查；
- (8) 监测报告严格按相关技术规范编制，报告编制人需为持监测上岗合格证人员、监测报告经由授权签字人审核，最后授权签字人签发，报告审核与签发人不能为同一人。

7、监测结果

监测单位于 2022 年 2 月 23 日对该项目开展现状监测，监测结果见表 8-2。

表 8-2 环境现状监测结果

监测点	测量位置	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1#	DSA 机房东北侧墙外 (控制室)			室内
2#	DSA 机房东北侧墙外 (等候区)			室内
3#	DSA 机房东南侧墙外 (走廊)			室内
4#	DSA 机房西南侧墙外 (卫生间)			室内
5#	DSA 机房西北侧墙外 (空房 1)			室内
6#	DSA 机房西北侧墙外 (空房 2)			室内
7#	DSA 机房北侧墙外 (物品间)			室内
8#	DSA 机房内			室内
9#	DSA 机房正对楼上位置 (急诊室和抢救室)			室内
10#	DSA 机房正对楼下位置 (儿科病房)			室内
11#	大门马路			室外
12#	西南面院内道路			室外
13#	7F 住宅楼 (怡兴花苑)			室内
14#	消防通道			室外
15#	停车场			室外
16#	6F 住宅楼			室内
17#	东北面院内道路			室外
	室内测量范围			/
	室外测量范围			/

注：监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值。

8、结果评价

由表 8-2 的监测结果可知，项目介入室场所及周围区域环境现状监测中室内测点测值范围为 53~128nGy/h，室外地面测点 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为 54~86nGy/h，根据《中国环境天然放射性水平》可知，广西原野 γ 辐射空气吸收剂量率在 10.7~238.7nGy/h 范围，室内 γ 辐射剂量率范围在 53~128nGy/h 内。可见，本项目建设场址各监测点位 γ 辐射空气吸收剂量率仍然在其范围内，辐射环境质量状况未见异常。

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

医用血管造影 X 射线机 (DSA) 是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法,是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术多种科技手段于一体的系统。DSA 射线装置主要由 X 射线发生系统、C 型支架、接收器、图像显示器、导管床、操作台等系统组成。X 射线发生系统位于接收器正对方向;操作台集合控制系统和设备状态显示等功能,位于控制室内;介入室内控制装置一般为脚闸控制,通过设备电缆引出、位于地面,基本结构详见图 9.1。

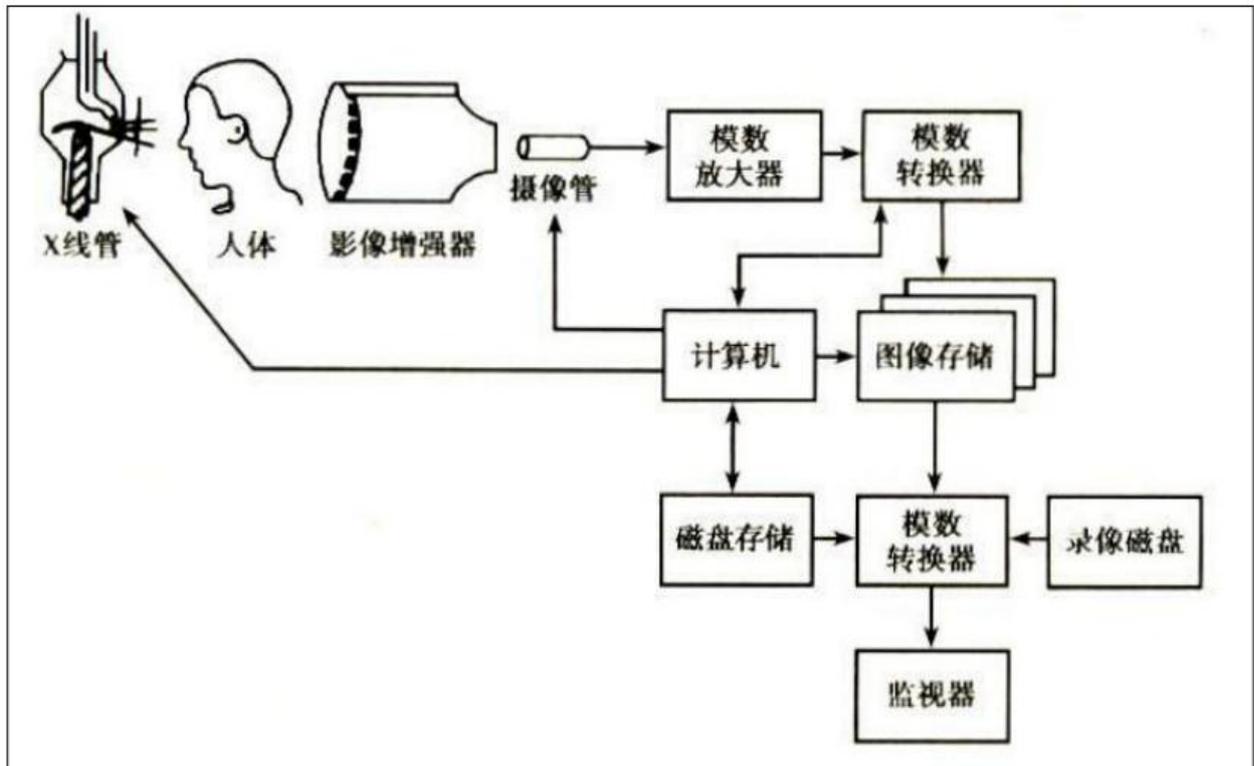


图 9.1 DSA 基本结构图

(1) X 射线发生和显像系统

X 射线发生和显像系统包括 X 线管,高压发生器,影像增强器,电视摄像机,光学系统和监视器等。

其中 X 射线发生装置包括 X 线管、高压发生装置和控制装置。X 射线管是整台射线装置的辐射源。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成,阴极是钨制灯丝,它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时,电子就“蒸发”出来,而聚焦杯使这些电子聚集成束,

直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，高速电子轰击靶体产生 X 射线，典型 X 射线管结构详见图 9.2。

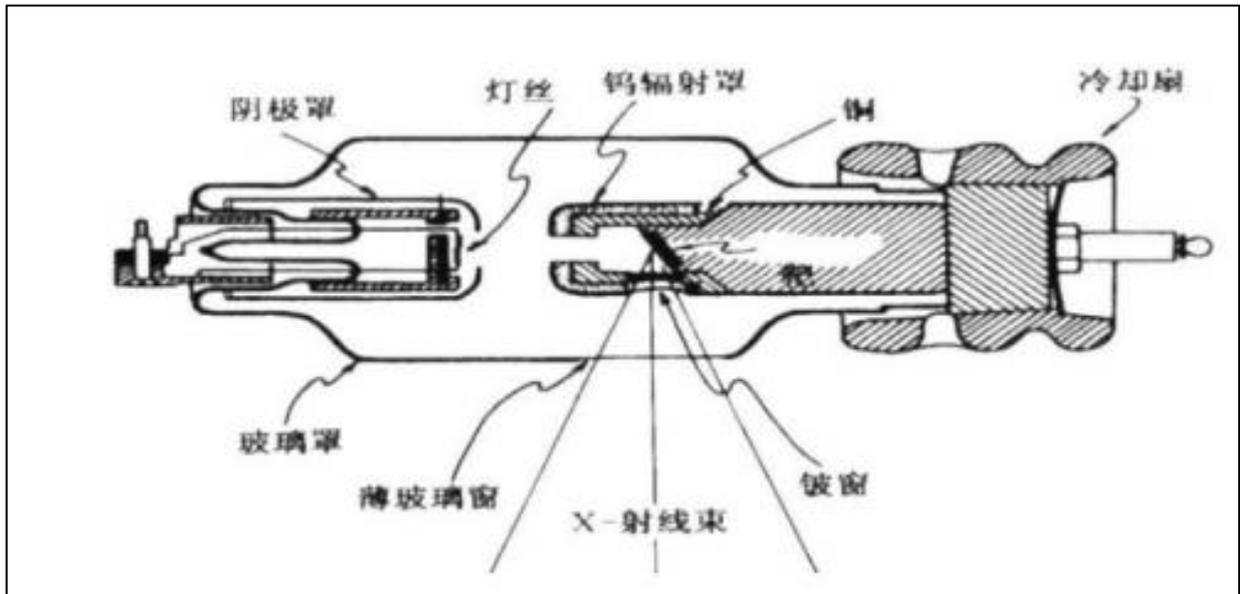


图 9.2 典型 X 射线管结构图

(2) 机械系统

机械系统主要包括机架和导管床。

(3) 图像数据采集和存储系统

采集图像介质有胶片、硬盘、光磁盘等。

(4) 计算机系统

在 DSA 系统中，计算机主要用于控制和图像后处理。

(5) 辐射屏蔽系统

X 射线显像系统中的影像增强器本身就是一个有用线束的屏蔽设施，通常在影像增强器透射和摄影情况下，由于影像增强器对初始有用线束的屏蔽作用，DSA 机房的辐射屏蔽设计一般只需考虑次级屏蔽就足够了。此外，医用血管造影 X 射线机装置出厂将配备铅玻璃悬挂屏风和床侧防护铅帘等辅助防护设施，为从事介入手术近台操作的医务人员提供辐射屏蔽。

9.1.2 工作原理

介入治疗是利用现代高科技手段进行的一种微创性治疗，其应用数字技术，扩大医生视野，借助导管、导丝延长了医生的双手，它的切口（穿刺点）仅有米粒大小，不用切开人体组织，就可治疗许多过去无法治疗、必须手术治疗或内科治疗疗效欠佳的疾病，如肿

瘤、血管瘤、各种出血等。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点。DSA 常应用于介入治疗，其能指导介入手术时医生快速、精确地操作；医生在 DSA 医学影像学设备的引导下，利用特殊的穿刺针、导管、导丝、支架和栓塞剂等器械代替传统的手术刀，对疾病进行诊断和局部治疗。

医用血管造影 X 射线机 (DSA) 技术是计算机与常规 X 射线血管造影相结合的一种新的检查方法。DSA 的成像基本原理是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、肌肉和其它软组织，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 处理后的图像，血管影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

9.1.3 工作流程

本项目 DSA 工作流程及产污环节如下所示：

(1) 病人候诊、准备、检查：由主管医生写介入诊疗申请单；介入接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间。

(2) 向病人告知可能受到的辐射危害：介入主管医生向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等。

(3) 设置参数，病人进入 DSA 机房、摆位：根据不同手术及检查方案，设置 DSA 系统的相关技术参数，以及其他监护仪器的设定；引导病人进入 DSA 机房并进行摆位。

(4) 根据不同的治疗方案，医师及护士密切配合，完成介入手术或检查。

(5) 治疗完毕关机：手术医师应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片；对单纯接受介入造影检查的病人，手术医师应在 24 小时内将诊断报告写出由病人家属取回交病房病历保管。

其中 DSA 具体操作流程为：诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于动脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达目标部位，进行介入诊断，留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。在手术过程中，操作人员必须在床旁并在 X 线导

视下进行。

DSA 在进行曝光时分两种情况：

第一种情况隔室操作（摄影）：操作人员采取隔室操作的方式，在 DSA 机房外的操作间对病人进行曝光，介入手术医生及护士撤出 DSA 机房，医生位于操作室通过铅玻璃观察窗观察 DSA 机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

第二种情况同室操作（透视）：医生需要进行手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采取连续脉冲透视，此时介入手术医师在 DSA 机房内同室操作，位于铅屏风或铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

本项目 DSA 工作流程及产污环节详见图 9.3。

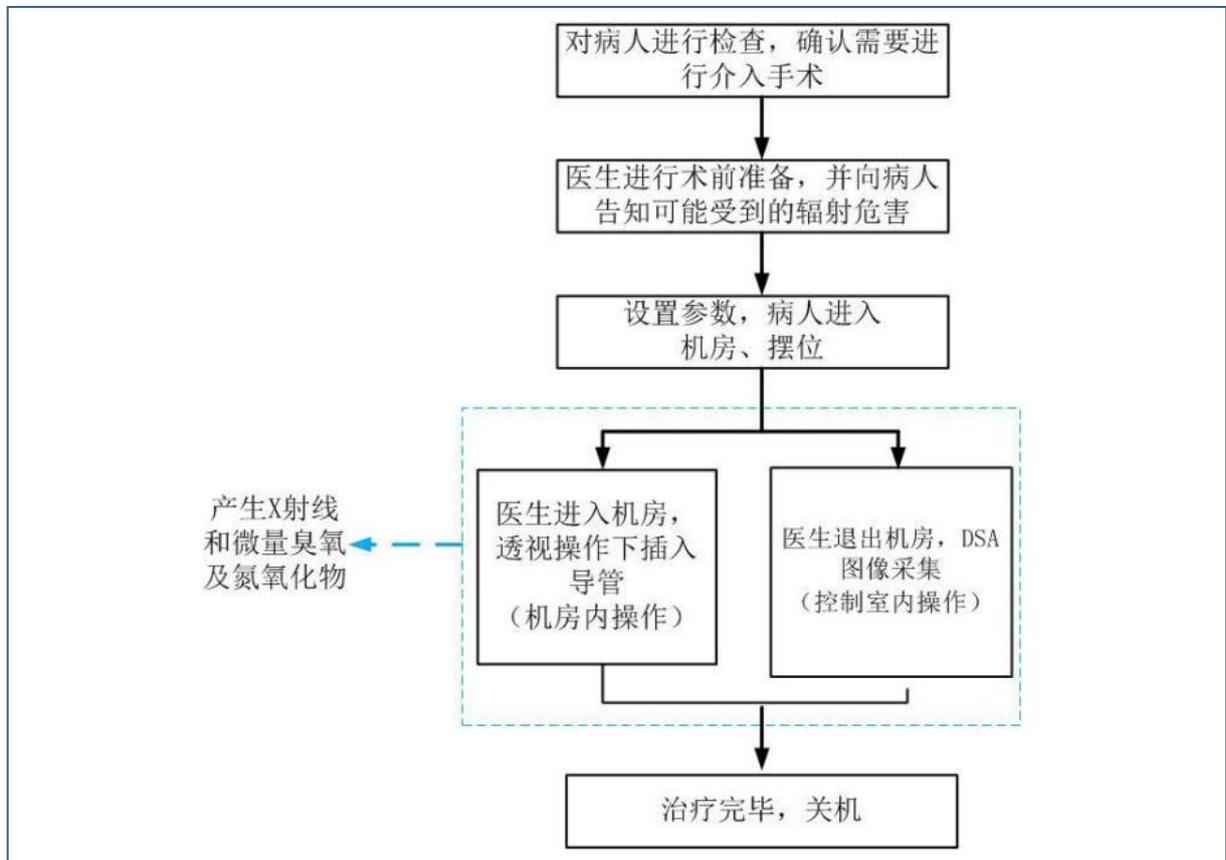


图 9.3 DSA 工作流程及产污环节图

9.1.4 工作人员配备情况

医院初步估计，DSA 投入使用后，预计平均每年完成约 400 台介入手术，共计介入手术操作医师共 6 名，项目配备 3 名医技人员在控制室操作，从事近台介入手术操作的医师个人操作时间最长约 300 台/年，平均每例手术中使用医用血管造影 X 射线机（DSA）装置出束时间：透视约为 30min/台，摄影约为 2min/台。

9.2 污染源项描述

由 DSA 机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生、消失。因此，该院使用的 DSA 机在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。在诊断过程中，X 射线在辐射场中可分为三种射线：由 X 射线管窗口出射的用于诊断检查的有用射线；由 X 射线管防护套泄漏出来的漏射线；以及由上述两种射线在诊断床、受检者身体上产生的散射线。对于 X 射线造影装置来说，有用射束基本被探测器（影像增强器）屏蔽，影响周围环境的污染因子主要考虑泄漏和散射产生的 X 射线。

本项目介入室拟用 DSA 最大管电压为 125kV、最大管电流为 1000mA，实际使用时，为防止球管烧毁并延长使用寿命，管电压和管电流通常会预留约 30% 余量。经医院核实，透视模式下 DSA 的管电压在 50~70kV 范围内、管电流在 5~60mA 范围内；摄影模式下 DSA 的管电压在 70~100kV 范围内、管电流在 50~500mA 范围内。

本评价从保守角度考虑，均按上述范围的最大值进行估算。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），DSA 的等效总滤过不小于 2.5mmAl，因此本评价 DSA 的等效总滤过保守按 2.5mmAl 考虑。根据《辐射防护手册》（第三分册）图 3.1（本评价中图 9.4）可知，当球管工作参数为（70kV、60mA）时，距靶 1m 处的空气比释动能率约为 $0.045\text{mGy}/(\text{mA}\cdot\text{s})=0.045\times 60\times 3600\times 1000=9.72\times 10^6\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；当球管工作参数为（100kV、500mA）时，距靶 1m 处的空气比释动能率约 $0.09\text{mGy}/(\text{mA}\cdot\text{s})=0.09\times 500\times 3600\times 1000=1.62\times 10^8\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

参照 GBZ/T 201.1-2007 的第 4.8.3 款，为了 DSA 机房屏蔽剂量估算和评价的方便及统一，在辐射屏蔽及其设计范畴内，不进行诸物理量（周围剂量当量 Sv、空气比释动能 Gy、有效剂量 Sv）之间的转换系数修正。

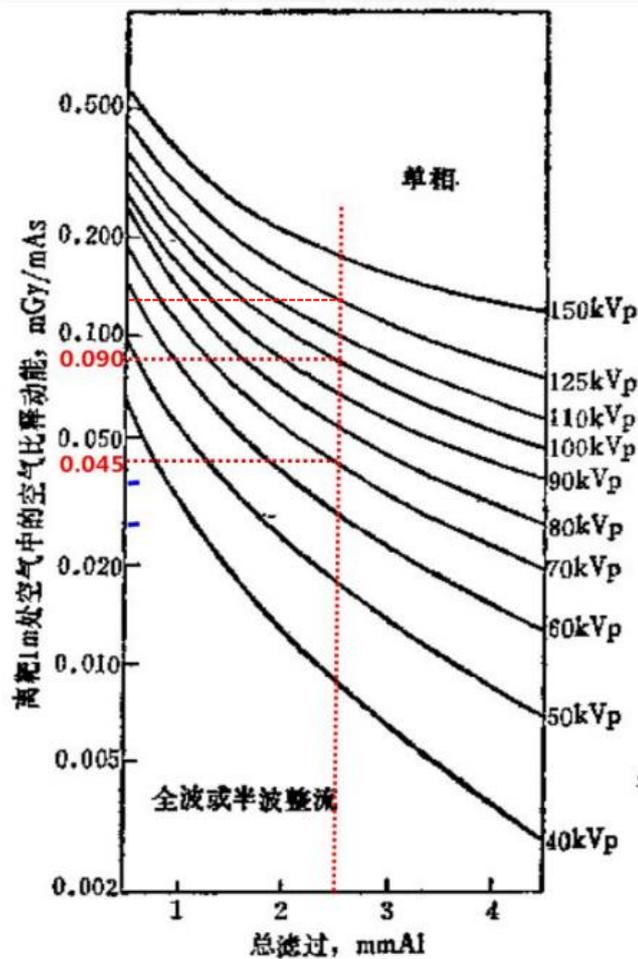


图 9.4 距 X 射线 1m 处的照射量率随管电压及总过滤厚度变化的情况

9.2.1 正常工况

DSA 是在 DSA 机房中使用，在射线装置正常运行时，主要有 X 射线产生，但 DSA 机房采取了辐射防护设计，在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，大部分 X 射线被屏蔽在 DSA 机房内，因此对 DSA 机房外的工作人员（DSA 技师等）及公众受到的 X 射线照射非常有限。由于介入手术中，DSA 机房内进行手术操作的医生和护士需要在 X 射线造影装置出束的状态下（透视模式）进行手术操作，属于同室近台操作，会受到来自于漏射线和散射线所致的外照射影响。

X 射线造影装置是在显示屏上观察显像结果，不会产生含有重金属银的废显影水、废定影水。DSA 装置发射的 X 射线与空气因辐射作用会产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。

9.2.2 事故工况

(1) X 射线装置发生控制系统或安全保护系统故障或人员疏忽，造成管电流、管电压

设置错误，使得受检者或工作人员受到超剂量照射；

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

(3) 操作介入手术的工作人员未穿戴铅围裙、铅衣、防护帽等个人防护用具，而受到超剂量的外照射；

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

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施及措施

10.1.1 项目工作场所布局

本项目建设的介入室设置在综合大楼 2 层，介入室东北侧为电梯间、走廊、耳鼻喉科、妇科诊疗、总务科；东侧为产科、妇科、妇检；东南侧为走廊、体检 B 超室、彩超室、心电图室；西南侧为公用卫生间；西北侧为空房间、口腔科、口腔诊疗、体检、门诊、X 光室、值班室；北侧为收费处、检验科；下方为急诊科和抢救室，上方为儿科病房。兴安两江医院总平面布置情况详见图 1.4，介入室布置情况详见图 1.6，DSA 机房下方楼层（综合大楼 1 层）平面布置情况详见图 1.7，DSA 机房上方楼层（综合大楼 3 层）平面布置情况详见图 1.8。

本项目 DSA 机房和控制室之间设置有防护铅玻璃窗及防护门。DSA 机房设置防护铅门及防护墙体，在门口设置电离辐射警告标志，将 DSA 机房内区域划分为控制区，无关人员不得进入。DSA 开机运行过程中产生的电离辐射，经过屏蔽防护和距离衰减后，对周围工作人员和公众所致的辐射剂量符合剂量约束限值的要求。通过以上场所独立、划分区域等措施，本项目不会产生交叉污染。

因此，本项目选址及布局是合理可行的。

10.1.2 工作场所分区原则和区域划分情况

(1) 分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警告标志；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区

的边界。

(2) 本项目分区管理情况

将介入室划分为控制区（见图 10.1 红色区域）；DSA 机房。DSA 机房下方为急诊科和抢救室，上方为儿科病房。将与 DSA 机房东北侧相邻的操作间、缓冲区，西南侧的公用卫生间，东南侧的走廊，西北侧的物品间等相邻区域划分为监督区（见图 10.1 黄色区域）。拟在监督区边界地面标注标志，同时设立警示标牌。

控制区在射线使用期间禁止无关人员入内，并设置明显的电离辐射标志；监督区不需要专门的防护手段或安全措施，但应定期对环境辐射水平进行监测。医院在进入控制区的两处通道处均设有门禁系统，非允许，无关人员不得进入。

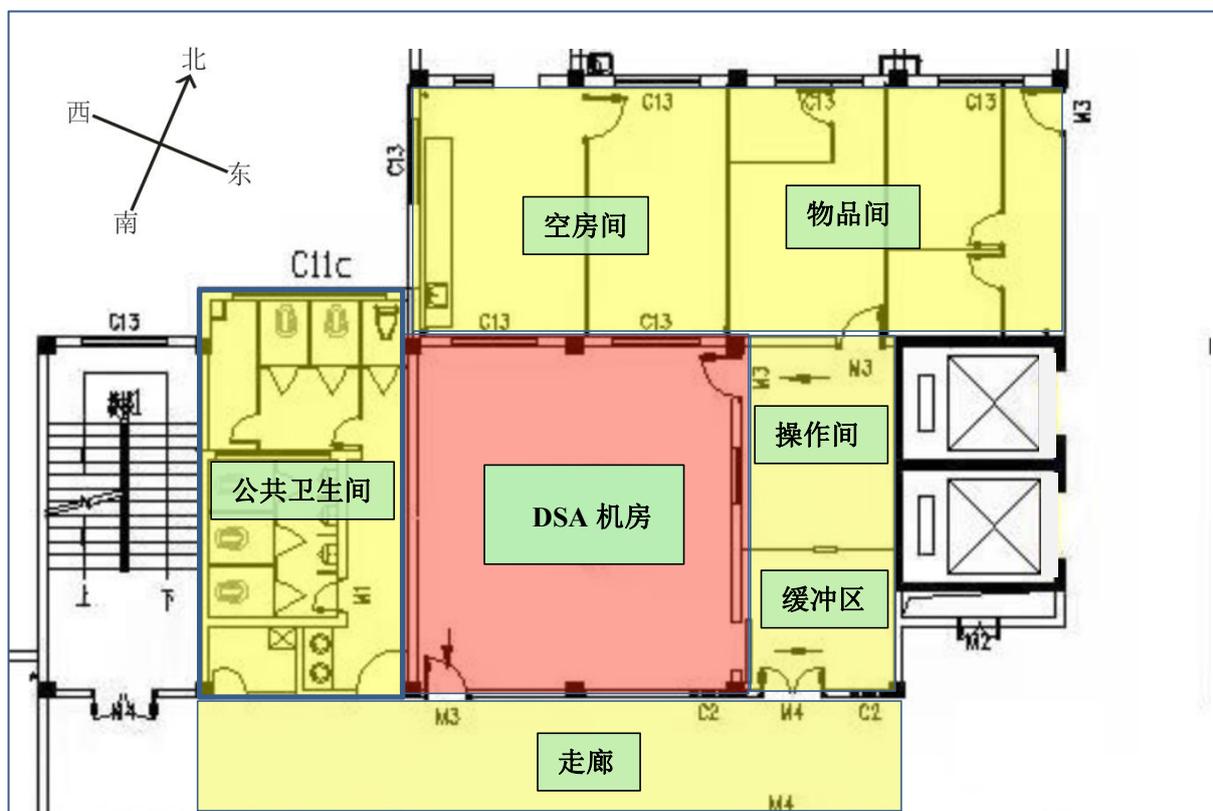


图 10.1 介入室分区管理示意图

10.1.3 辐射安全措施设计

本项目 DSA 机房采取的主要辐射屏蔽措施有：四侧墙体均为 24cm 实心粘土砖加铺 4cm 厚硫酸钡涂料，DSA 机房地板为 12cm 混凝土加铺 4cm 厚硫酸钡涂料，顶棚为 12cm 混凝土加铺 4cm 厚硫酸钡涂料，出入 DSA 机房门均为内铺 3mmPb 铅板外包不锈钢的防护门，控制室与 DSA 机房间建 3mmPb 铅玻璃观察窗。

本评价中，硫酸钡的等效铅当量依据《辐射防护手册 第三册》表 3.3 转换（保守

按 100kV 对应的参数），实心砖、混凝土的等效铅当量依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 C 转换，转换时电压均按 100kV 计。本项目 DSA 机房拟采取的防护设计情况见表 10-1。

表 10-1 DSA 机房拟采取的防护设计情况

屏蔽体	拟采取的屏蔽措施	等效铅当量 mmPb
四面墙体	24cm 厚实心砖墙 (2.5mmPb) +4cm 厚硫酸钡涂料 (3mmPb)	5.5
天花板	12cm 厚混凝土 (1.5mmPb) +4cm 厚硫酸钡涂料 (3mmPb)	4.5
地板	12cm 厚混凝土 (1.5mmPb) +4cm 厚硫酸钡涂料 (3mmPb)	4.5
防护门	3mmPb	3
窗	3mmPb	3
DSA 机房内空间：长×宽×高	6.8m×7.23m×3.6m	/
使用面积	49.16m ²	/
注：实心砖密度不小于 1.65g/cm ³ ，硫酸钡防护材料密度不小于 3.2g/cm ³ ，混凝土密度不小于 2.35g/cm ³ 。		

防护门上方设“当心电离辐射”警示标志，以防人员误入；候诊区设置放射防护注意事项。DSA 机房配备个人防护用品：铅防护服 (0.5mmPb) 4 套、铅围裙 (0.5mmPb) 4 套、铅围脖 (0.5mmPb) 4 个、铅眼镜 (0.35mmPb) 3 副、铅帽 (0.5mmPb) 3 顶、铅手套 1 双。DSA 床旁射线防护帘和悬吊式射线防护屏（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）。

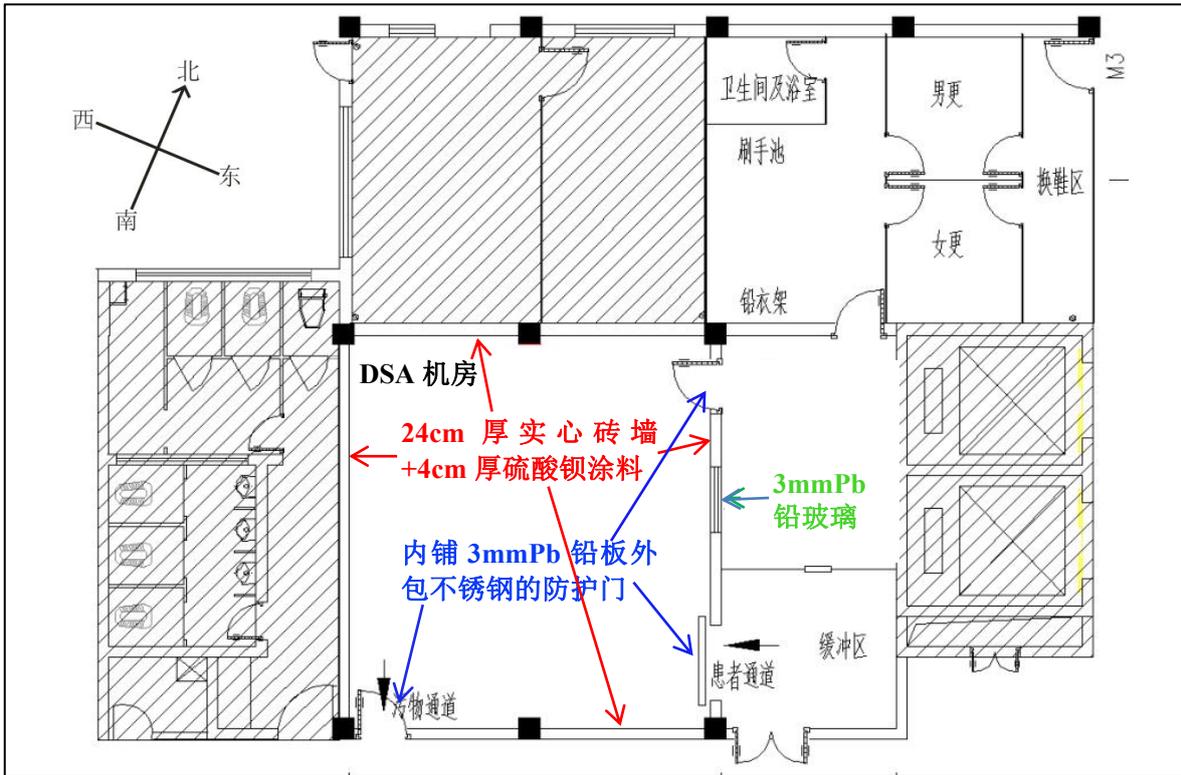


图 10.2 DSA 机房防护设计平面示意图

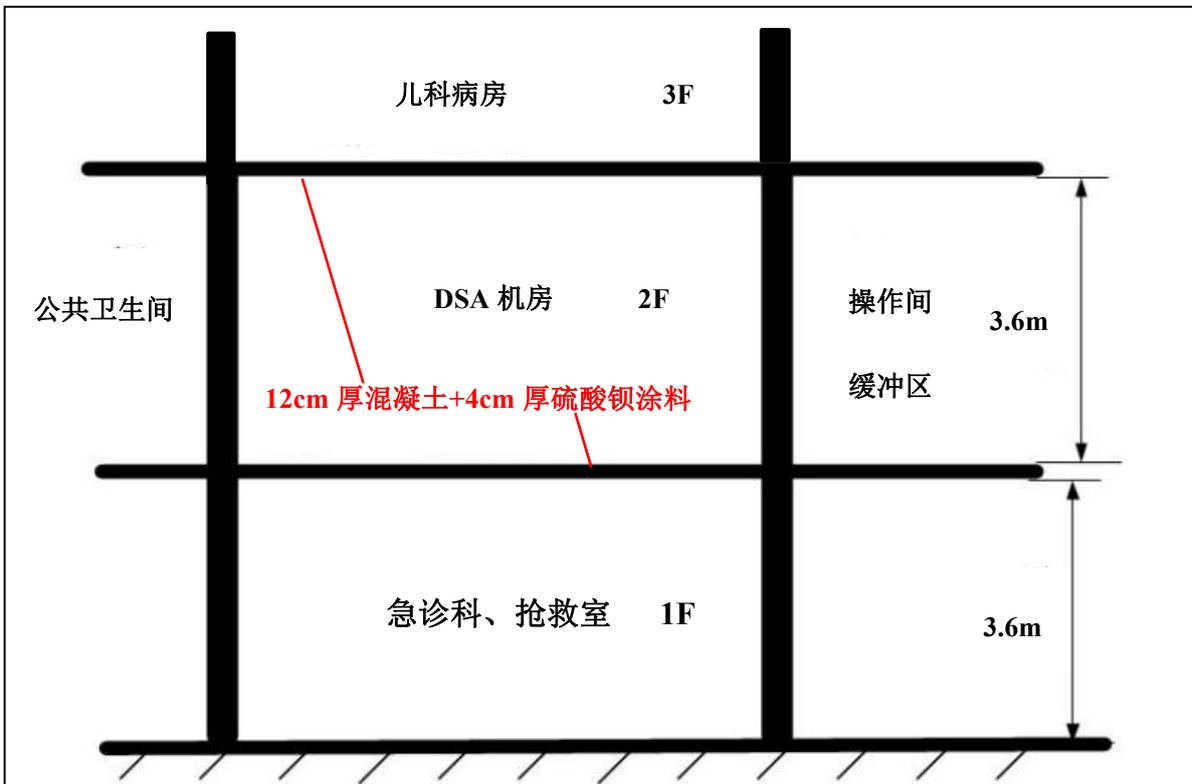


图 10.3 DSA 机房防护设计立面示意图

10.2 辐射安全防护措施

10.2.1 DSA 机房辐射防护措施符合性分析

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求，DSA 机房辐射防护措施符合性分析表见表 10-2。

表 10-2 DSA 项目辐射防护措施符合性分析表

装置类型	标准防护要求	本项目方案	符合性
DSA	每台固定使用的 X 射线机应设有单独的 DSA 机房，DSA 机房应满足使用设备的空间要求。单管头 X 射线设备（含 C 形臂）DSA 机房面积应不小于 20m ² ，单边长度不小于 3.5m。	本项目介入室设置有独立 DSA 机房，DSA 机房使用面积约 49.16m ² ，最小单边长度为 6.8m。	符合
	介入 X 射线设备 DSA 机房：有用线束方向铅当量 2mm，非有用线束方向铅当量 2mm。	通过设计方案可知，DSA 机房四侧墙体、顶棚、地面的铅当量不小于 3mmpb，防护门窗铅当量均为 3mmpb。	符合
	在距 DSA 机房屏蔽体外表面 0.3m 处，DSA 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：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 2.5μSv/h，摄片条件下 DSA 机房周边关注点辐射剂量率均不大于 25μSv/h。	通过理论估算，DSA 在透射条件下，DSA 机房周边关心点辐射剂量率均不大于 2.5μSv/h；摄片条件下 DSA 机房周边关注点辐射剂量率均不大于 25μSv/h。	符合
	DSA 机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；DSA 机房应设置动力排风装置，保持良好的通风。	本项目 DSA 有用线束未直接照射门、窗和管线口位置，未堆放与该设备诊断工作无关的杂物，DSA 机房内设置通风装置。	符合
	DSA 机房门外应有电离辐射标志；DSA 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。	DSA 机房门外预设置电离辐射警告标志和工作指示灯，并在 DSA 机房大门旁醒目位置张贴放射防护注意事项；在 DSA 机房外醒目位置设置公告栏。	符合
	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 DSA 机房门有效关联。	本项目设有电动防护门和推拉式防护门，防护门拟设置有自动开、闭门装置、防夹装置；DSA 机房大门外工作状态指示灯与 DSA 机房门设置有联动装置。	符合
	机房应设有观察窗或摄影装置，其设置的位置便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	DSA 机房与控制室之间设置铅玻璃观察窗，便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	符合
其他	配备适量的符合防护要求的各种辅助防护用品，如铅衣、铅手套、铅围裙等。	医院拟为介入室配置数量足够的铅衣、铅眼镜、铅围脖等辐射防护用品。	符合

由表 10-2 可知，医院介入室的辐射防护措施均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

10.2.2 人员辐射安全措施

(1) 辐射工作人员、患者

①时间防护

在满足诊疗要求的前提下，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择可行尽量低的射线装置参数，以尽量缩短曝光时间和减少照相的次数，减少辐射工作人员和患者的受辐射剂量。

一般说来，降低患者的剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入手术工作人员的培训，包括辐射防护的培训，参与介入手术的工作人员应该技术熟练、动作迅速，以减少患者和介入手术工作人员的剂量。

②距离防护

在满足诊疗要求的前提下，人员保持与射线源尽可能大的距离，使距离最大化。

③屏蔽防护

介入操作人员是近距离接触 X 射线辐射源的人员，在介入手术中，医院为工作人员配备铅橡胶性腺防护围裙 4 套，铅围脖 4 个，铅眼镜 3 副，铅帽 3 顶，介入防护手套 1 双等个人防护用品。此外，DSA 系统自带床旁射线防护帘和悬吊式射线防护屏。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、床侧帘等屏蔽防护措施，能够有效降低介入手术工作人员的吸收剂量。

④剂量防护

为了确保医护人员的安全，操作人员在操作期间，必须佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪。安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射职业人员个人剂量档案。个人剂量仪委托有资质单位定期进行监测，并对监测报告进行存档。

(2) 公众

公众主要依托辐射场所的屏蔽墙体、防护门屏蔽射线；同时，通过对辐射工作场所的分区管理，增加公众与辐射源的防护距离，减少其受到的 X 射线辐射。

10.2.3 设备固有的安全性

(1) 本项目使用的数字减影血管造影机购置于正规厂家，并且装可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。

(2) 具有安全系统，当设备出现错误或故障时，能中断照射，并有相应故障显示。

(3) 正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设置无误时，才能启动照

射。

(4) 设备配备紧急制动按钮（控制室操作台、手术床边各设置 1 个）。

(5) DSA 设备配备床下铅帘、悬吊铅帘、铅挡板等辅助防护用品与设施。

10.2.4 其它的辐射安全措施

(1) 对讲装置：DSA 机房与控制室之间设置对讲系统，便于与 DSA 机房内工作人员或患者沟通。

(2) 监控系统：DSA 机房与控制室之间设置铅玻璃观察窗，便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

(3) 紧急制动装置：在介入手术床边、控制室操作台上均设有“紧急制动”按钮，在 DSA 系统出束过程中，一旦发现异常情况，按任一个紧急制动按钮，均可停止出束。

(4) 安全联锁：DSA 机房防护门设有闭门装置、防夹装置，且工作状态指示灯与 DSA 机房防护门能有效联动。

(5) 警示标志：设备处于工作状态时，DSA 机房门外顶部的工作状态指示灯变为红色，警示非工作人员不得入内。DSA 机房门外有电离辐射标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处设警示语句。电离辐射标志和电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 的相关要求。

10.2 三废的治理

医院血管造影用 X 射线装置（DSA）在运行时无放射性废气、废水和固体废弃物产生。X 射线与空气作用会产生臭氧及氮氧化物，但 DSA 产生的 X 射线能量较低（几十 keV），且每天曝光时间较短，因此 DSA 设备的使用会产生臭氧及氮氧化物是极少量的。本项目所在 DSA 机房采用排风系统进行送、排风，DSA 机房换气次数按照不少于 4 次/h 设计，DSA 机房室内产生的少量臭氧和氮氧化物通过 DSA 机房内的排风系统和外界空气对流，可改善室内空气中臭氧及氮氧化物问题，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对于 DSA 机房排风要求，通过换风方式将臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）排出 DSA 机房外，可以最大限度降低有害气体的浓度。

表 11 环境影响分析

11.1 建设、调试阶段对环境的影响

11.1.1 建设阶段

本核技术应用项目在《建设项目环境影响评价分类管理名录》中属于使用 II 类射线装置项目，活动种类为“使用”。对于本项目而言，主要的建设阶段是在现有的综合大楼内进行简单的室内辐射防护施工及设备安装活动，对室外环境和周围人群的影响较小。目前该项目已完成室内装修，在建设期间主要的污染因子有：噪声、扬尘、固体废物。

(1) 噪声及防治措施

施工期噪声主要来自于 DSA 机房装修，由于介入室在综合大楼建设规划时预留的专用房间，因此装修过程无需拆墙，只是简单地铺设防护材料及其他一般室内装修。并通过合理安排施工时间等措施大大减轻施工对介入室周边科室的噪声影响。

(2) 扬尘及防治措施

施工期扬尘主要为介入室装修时的敲打、钻洞等产生的粉尘。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，在施工时采取了施工区域围挡、现场洒水等措施，并加强施工现场管理，避免无关人员进入施工区。施工期间几乎对介入室周边科室没有扬尘影响。

(3) 废水及防治措施

施工期间产生的废水主要为施工人员的生活污水。生活污水依托医院的污水处理系统，经院内处理后进入市政管网。

(4) 固体废物及防治措施

施工期固体废物主要为装修垃圾。施工期产生的固体废物已妥善处理，统一收集后运输至合法堆场堆放。

11.1.2 调试阶段

DSA 只有在曝光过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的。因此，在建设期，DSA 对周围环境无辐射影响，亦无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

在设备调试阶段，虽会产生射线，但调试时间很短。而且，此时介入室屏蔽设施已建好，因此不会对调试人员及周围公众产生明显的辐射影响。DSA 的安装调试应由厂家专业人员进行，该活动属于厂家辐射安全管理范围，不纳入本项目影响范围。

11.3 运行阶段对环境的影响

医院初步估计，共计介入手术操作医师共6名，项目配备3名医技人员在控制室操作，其中从事近台介入手术操作的医师个人操作时间最长约300台/年，平均每例手术中使用数字减影血管造影装置出束时间：透视约为30min/台，摄影约为2min/台；医师个人操作出束时间：透视约为150h/年，摄影约为10h/年。

DSA摄影模式曝光时，工作人员位于控制室，即为隔室操作方式；DSA透视模式条件下，医护人员近台同室进行介入操作。本次评价分别对摄影、透视两种工况下介入室周围的辐射水平进行了预测。

11.3.1 辐射环境影响分析

1、关注点情况

在介入手术过程中，机头有用线束直接照向患者，根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147号出版物）第4.1.6节指出，在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线，初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱，因此DSA屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此，本次评价重点考虑泄露辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。手术时，医生在待诊病人旁进行导管操作，操作过程中受到泄漏辐射及病人体表散射照射。因此，本次评价重点考虑泄露辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

由医院提供的设计可知，并结合场所布局，选取DSA机房屏蔽体外30cm处为关注点，DSA机房正上方地面1m及DSA机房正下方地面1.7m分别为楼上楼下关注点；手术床离地距离按1m、球管（射线源点）与病人（散射体）距离按0.5m。DSA机房各关注点距射线装置出束点距离详见表11-1，关注点分布情况详见图11.1、图11.2。

表 11-1 DSA 机房周围各关注点位情况

关注点	关注点位置描述	与射线 出束点 距离 (m)	屏蔽设计	总等效铅 当量 X(mmPb)	备注
1-1#	控制室观察窗 30cm (控制室)	3.6	3mmPb 铅玻璃观察窗 (3mmPb)	3	职业 照射
1-2#	DSA 机房东北侧墙 30cm (控制室)	4.0	24cm 厚实心砖墙(2.5mmPb)+4cm 厚硫酸钡涂料 (3mmPb)	5.5	
1-3#	DSA 机房东北侧防护门 30cm (控制室)	4.6	3mmPb 铅防护门 (3mmPb)	3	
1-4#	DSA 机房东南侧防护门 30cm (缓冲区)	4.5	3mmPb 铅防护门 (3mmPb)	3	
1-5#	DSA 机房西南侧污物通道门外 30cm (走廊)	5.3	3mmPb 铅防护门 (3mmPb)	3	
2-1#	DSA 机房北侧墙外 30cm	4.1	24cm 厚实心砖墙(2.5mmPb)+4cm 厚硫酸钡涂料 (3mmPb)	5.5	公众 照射
2-2#	DSA 机房南侧墙外 30cm (走廊)	4.2	24cm 厚实心砖墙(2.5mmPb)+4cm 厚硫酸钡涂料 (3mmPb)	5.5	
2-3#	DSA 机房西南侧墙外 30cm (公共卫生间)	4.0	24cm 厚实心砖墙(2.5mmPb)+4cm 厚硫酸钡涂料 (3mmPb)	5.5	
3-1#	DSA 机房正上方 (高 3F 地面 1m)	3.8	12cm 厚混凝土 (1.5mmPb) +4cm 厚硫酸钡涂料 (3mmPb)	4.5	
3-2#	DSA 机房正下方 (2F 地面下 1.7m)	2.9	12cm 厚混凝土 (1.5mmPb) +4cm 厚硫酸钡涂料 (3mmPb)	4.5	

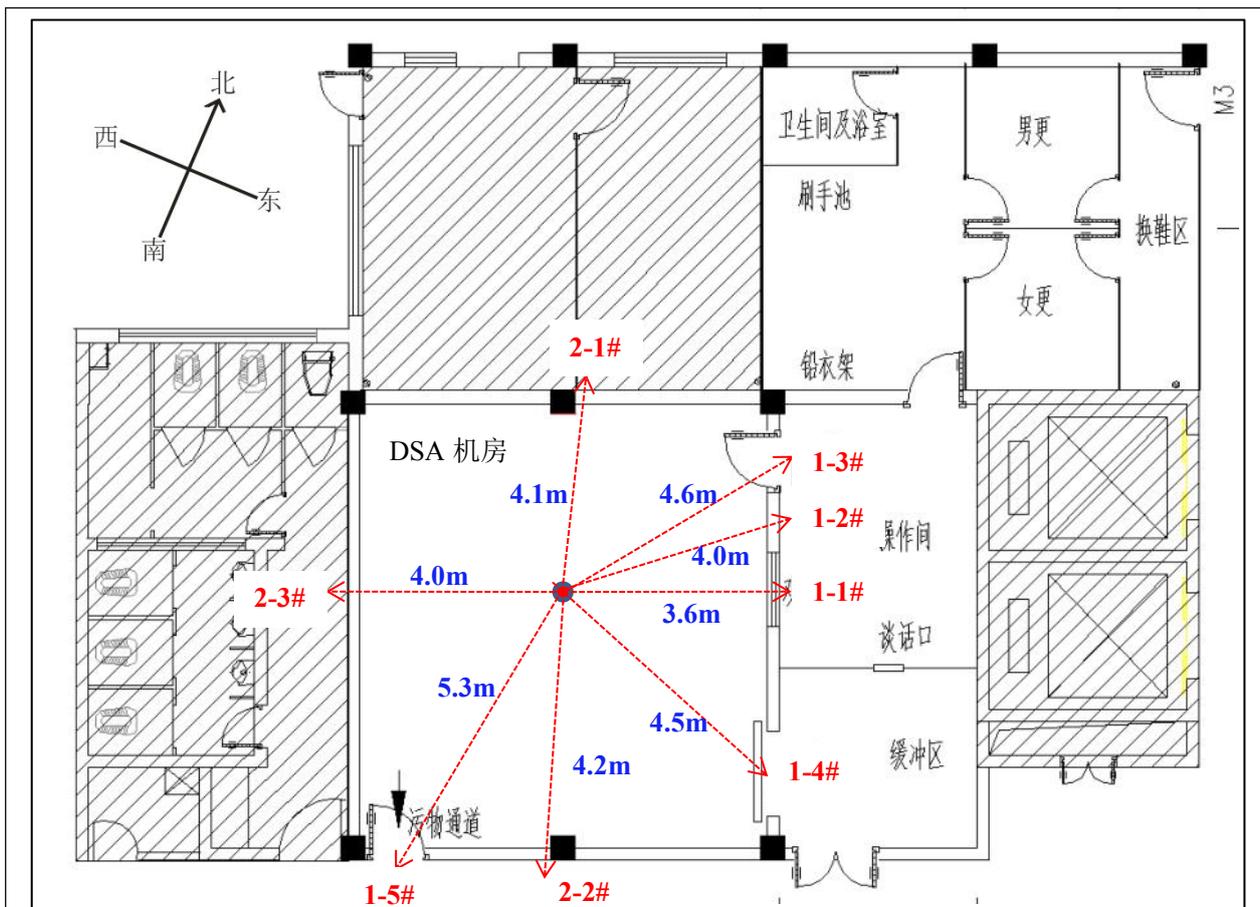


图 11.1 DSA 机房平面关注点示意图

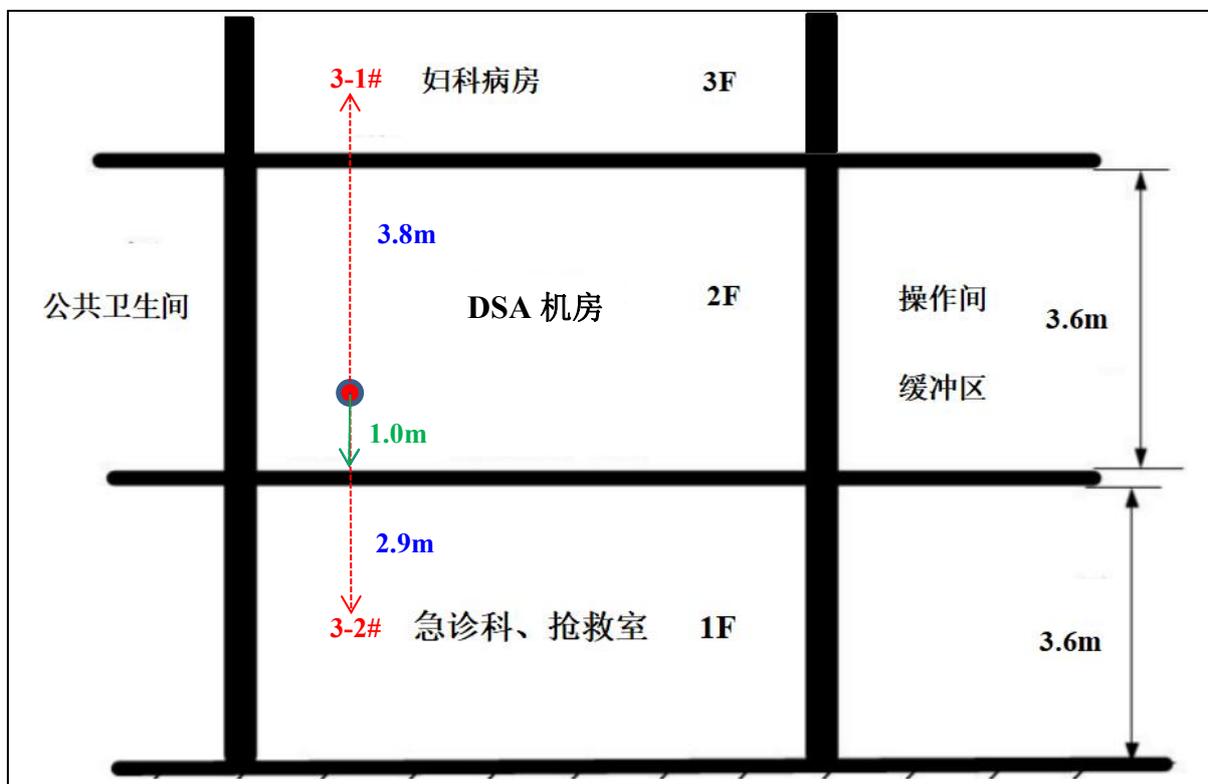


图 11.2 DSA 机房立面关注点示意图

本项目 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，实际使用时，为防止球管烧毁并延长使用寿命，管电压和管电流通常会预留约 30%余量。经与医院核实，透视模式下 DSA 的管电压在 50~70kV 范围内、管电流在 5~60mA 范围内；摄影模式下 DSA 的管电压在 70~100kV 范围内、管电流在 50~500mA 范围内。

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020), DSA 的等效总滤过不小于 2.5mmAl, 本项目 DSA 为正规厂家的合格产品, 因此满足次项要求, 此处该 DSA 的等效总滤过按 2.5mmAl 考虑; 根据《辐射防护手册》(第三分册)图 3.1 (本评价中图 9-4) 以及《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 可知源项及屏蔽透射因子 B 拟合参数具体见表 11-2。

表 11-2 源项大小及屏蔽透射因子 B 拟合参数

运行模式	运行管电压 (kV)	运行管电流 (mA)	距靶 1m 处输出量 (mGy/(mA·s))	H_0 (μ Gy/h)	α	β	γ	备注
摄影	100	500	0.09	1.62×10^8	2.500	15.28	0.7557	主束
					2.507	15.33	0.9124	散射
透视	70	60	0.045	9.72×10^6	5.369	23.49	0.5881	/

参照 GBZ/T 201.1-2007 的第 4.8.3 款, 为了 DSA 机房屏蔽剂量估算和评价的方便及统一, 在辐射屏蔽及其设计范畴内, 不进行诸物理量 (周围剂量当量 Sv、空气比释动能 Gy、有效剂量 Sv) 之间的转换系数修正。

(1) 泄漏辐射

泄漏辐射剂量率计算, 参考《辐射防护手册第一分册》(李德平、潘自强主编) 中给出的公式计算。透射因子的计算模式, 参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 附录 C 中给出的公式。

$$H_L = \frac{H_0 \cdot B \cdot f}{d^2} \quad (\text{公式 1})$$

式中:

- H_L ——关注点漏射剂量率, μ Gy/h;
- f ——设备射线泄漏率, 0.1%;
- H_0 ——距焦点 1m 处剂量率, μ Gy/h;
- d ——关注点至靶点距离, m;
- B ——透射因子。

透射因子 B 按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 中给出的公式

计算：

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

(公式 2)

式中：

B——透射因子；

X——屏蔽材料铅当量厚度，mm；

α 、 β 、 γ ——对不同管电压 X 射线辐射衰减拟合参数（取自 GBZ 130-2020 附录 C）。

根据公式计算各关注点处泄漏辐射 X- γ 辐射剂量率见表 11-3。

11-3 各关注点处泄漏辐射 X- γ 辐射剂量率估算结果

运行模式	关注点	H_0	f	d	X	B	α	β	γ	H_L ($\mu\text{Gy/h}$)
透视模式	1-1#	9.72×10^6	0.1%	3.6	3	5.79×10^{-9}	5.369	23.49	0.5881	4.34×10^{-6}
	1-2#	9.72×10^6	0.1%	4.0	5.5	8.58×10^{-15}	5.369	23.49	0.5881	5.21×10^{-12}
	1-3#	9.72×10^6	0.1%	4.6	3	5.79×10^{-9}	5.369	23.49	0.5881	2.66×10^{-6}
	1-4#	9.72×10^6	0.1%	4.5	3	5.79×10^{-9}	5.369	23.49	0.5881	2.78×10^{-6}
	1-5#	9.72×10^6	0.1%	5.3	3	5.79×10^{-9}	5.369	23.49	0.5881	2.00×10^{-6}
	2-1#	9.72×10^6	0.1%	4.1	5.5	8.58×10^{-15}	5.369	23.49	0.5881	4.96×10^{-12}
	2-2#	9.72×10^6	0.1%	4.2	5.5	8.58×10^{-15}	5.369	23.49	0.5881	4.73×10^{-12}
	2-3#	9.72×10^6	0.1%	4.0	5.5	8.58×10^{-15}	5.369	23.49	0.5881	5.21×10^{-12}
	3-1#	9.72×10^6	0.1%	3.8	4.5	1.84×10^{-12}	5.369	23.49	0.5881	1.24×10^{-9}
	3-2#	9.72×10^6	0.1%	2.9	4.5	1.84×10^{-12}	5.369	23.49	0.5881	2.13×10^{-9}
摄影模式	1-1#	1.62×10^8	0.1%	3.6	3	1.20×10^{-7}	2.500	15.28	0.7557	0.518
	1-2#	1.62×10^8	0.1%	4.0	5.5	9.7×10^{-7}	2.500	15.28	0.7557	0.001
	1-3#	1.62×10^8	0.1%	4.6	3	6.31×10^{-5}	2.500	15.28	0.7557	0.317
	1-4#	1.62×10^8	0.1%	4.5	3	6.31×10^{-5}	2.500	15.28	0.7557	0.331
	1-5#	1.62×10^8	0.1%	5.3	3	6.31×10^{-5}	2.500	15.28	0.7557	0.239
	2-1#	1.62×10^8	0.1%	4.1	5.5	1.20×10^{-7}	2.500	15.28	0.7557	0.001
	2-2#	1.62×10^8	0.1%	4.2	5.5	1.20×10^{-7}	2.500	15.28	0.7557	0.001
	2-3#	1.62×10^8	0.1%	4.0	5.5	1.20×10^{-7}	2.500	15.28	0.7557	0.001
	3-1#	1.62×10^8	0.1%	3.8	4.5	1.47×10^{-6}	2.500	15.28	0.7557	0.011
	3-2#	1.62×10^8	0.1%	2.9	4.5	1.47×10^{-6}	2.500	15.28	0.7557	0.019

(2) 散射辐射

散射辐射剂量率计算，参考《辐射防护手册第一分册》（李德平、潘自强主编）中给出的公式计算。

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \delta \cdot S \cdot B}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{公式 3})$$

式中：

H_s ——关注点散射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 ——距焦点 1m 处剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

δ ——患者对 X 射线的散射比，本项目设备透视模式下 DSA 的最大管电压为 70kV，查《辐射防护基础》表 5-12，a 取值为 0.0005（90°散射）， $\delta=a/400=1.25 \times 10^{-6}$ ；摄影模式下 DSA 的最大管电压为 100kV，查《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1，a 取值为 0.0013（90°散射）， $\delta=a/400=3.25 \times 10^{-6}$ ；

S——散射面积，取典型值 100cm^2 ；

d_0 ——源与病人的距离，取 0.5m；

d_s ——病人与预测点的距离，m；

B——透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中给出的公式（C.1）计算；

X——铅屏蔽厚度，mm；

α 、 β 、 γ ——针对不同管电压 X 射线辐射衰减拟合参数（取自 GBZ 130-2020 附录 C）。

根据公式计算各关注点处散射辐射 X- γ 辐射剂量率见表 11-4。

表 11-4 各关注点处散射辐射 X- γ 辐射剂量率估算结果

运行模式	关注点	H_0	δ	S	B	d_0	ds	α	β	γ	Hs ($\mu\text{Gy/h}$)
透视模式	1-1#	9.72×10^6	1.25×10^{-6}	100	5.79×10^{-9}	0.5	3.6	5.369	23.49	0.5881	2.17×10^{-6}
	1-2#	9.72×10^6	1.25×10^{-6}	100	1.84×10^{-12}	0.5	4.0	5.369	23.49	0.5881	2.61×10^{-12}
	1-3#	9.72×10^6	1.25×10^{-6}	100	5.79×10^{-9}	0.5	4.6	5.369	23.49	0.5881	1.33×10^{-6}
	1-4#	9.72×10^6	1.25×10^{-6}	100	5.79×10^{-9}	0.5	4.5	5.369	23.49	0.5881	1.39×10^{-6}
	1-5#	9.72×10^6	1.25×10^{-6}	100	5.79×10^{-9}	0.5	5.3	5.369	23.49	0.5881	1.00×10^{-6}
	2-1#	9.72×10^6	1.25×10^{-6}	100	1.84×10^{-12}	0.5	4.1	5.369	23.49	0.5881	2.48×10^{-12}
	2-2#	9.72×10^6	1.25×10^{-6}	100	1.84×10^{-12}	0.5	4.2	5.369	23.49	0.5881	2.36×10^{-12}
	2-3#	9.72×10^6	1.25×10^{-6}	100	1.84×10^{-12}	0.5	4.0	5.369	23.49	0.5881	2.61×10^{-12}
	3-1#	9.72×10^6	1.25×10^{-6}	100	3.95×10^{-10}	0.5	3.8	5.369	23.49	0.5881	6.20×10^{-10}
	3-2#	9.72×10^6	1.25×10^{-6}	100	3.95×10^{-10}	0.5	2.9	5.369	23.49	0.5881	1.06×10^{-9}
摄影模式	1-1#	5.04×10^8	3.25×10^{-6}	100	4.14×10^{-5}	0.5	3.6	2.507	15.33	0.9124	1.026
	1-2#	5.04×10^8	3.25×10^{-6}	100	9.7×10^{-7}	0.5	4.0	2.507	15.33	0.9124	0.002
	1-3#	5.04×10^8	3.25×10^{-6}	100	4.14×10^{-5}	0.5	4.6	2.507	15.33	0.9124	0.628
	1-4#	5.04×10^8	3.25×10^{-6}	100	4.14×10^{-5}	0.5	4.5	2.507	15.33	0.9124	0.656
	1-5#	5.04×10^8	3.25×10^{-6}	100	4.14×10^{-5}	0.5	5.3	2.507	15.33	0.9124	0.473
	2-1#	5.04×10^8	3.25×10^{-6}	100	9.7×10^{-7}	0.5	4.1	2.507	15.33	0.9124	0.001
	2-2#	5.04×10^8	3.25×10^{-6}	100	9.7×10^{-7}	0.5	4.2	2.507	15.33	0.9124	0.001
	2-3#	5.04×10^8	3.25×10^{-6}	100	9.7×10^{-7}	0.5	4.0	2.507	15.33	0.9124	0.002
	3-1#	5.04×10^8	3.25×10^{-6}	100	1.83×10^{-5}	0.5	3.8	2.507	15.33	0.9124	0.021
	3-2#	5.04×10^8	3.25×10^{-6}	100	1.83×10^{-5}	0.5	2.9	2.507	15.33	0.9124	0.037

(3) 辐射环境影响预测结果分析

分析预测结果，DSA 工作场所各关注点处辐射剂量率见表 11-5 所示。

表 11-5 DSA 工作场所各关注点处 X-γ 辐射剂量率

运行模式	关注点	关注点描述	泄漏辐射剂量率 $H_L(\mu\text{Sv/h})$	散射辐射剂量率 $H_s(\mu\text{Sv/h})$	总附加剂量率 $H_r(\mu\text{Sv/h})$
透视模式	1-1#	控制室观察窗 30cm (控制室)	4.34×10^{-6}	2.17×10^{-6}	6.51×10^{-6}
	1-2#	DSA 机房东侧墙 30cm (控制室)	5.21×10^{-12}	2.61×10^{-12}	7.82×10^{-12}
	1-3#	DSA 机房东北侧防护门外 30cm (控制室)	2.66×10^{-6}	1.33×10^{-6}	3.99×10^{-6}
	1-4#	DSA 机房东南侧防护门外 30cm (缓冲区)	2.78×10^{-6}	1.39×10^{-6}	4.17×10^{-6}
	1-5#	DSA 机房西南侧污物通道门外 30cm (走廊)	2.00×10^{-6}	1.00×10^{-6}	3.01×10^{-6}
	2-1#	DSA 机房北侧墙外 30cm	4.96×10^{-12}	2.48×10^{-12}	7.44×10^{-12}
	2-2#	DSA 机房南侧墙外 30cm (走廊)	4.73×10^{-12}	2.36×10^{-12}	7.09×10^{-12}
	2-3#	DSA 机房西侧墙外 30cm (公共卫生间)	5.21×10^{-12}	2.61×10^{-12}	7.82×10^{-12}
	3-1#	DSA 机房正上方 (高 3F 地面 1m)	1.24×10^{-9}	6.20×10^{-10}	1.86×10^{-9}
	3-2#	DSA 机房正下方 (2F 地面下 1.7m)	2.13×10^{-9}	1.06×10^{-9}	3.19×10^{-9}
摄影模式	1-1#	控制室观察窗 30cm (控制室)	0.518	1.026	1.543
	1-2#	DSA 机房东侧墙 30cm (控制室)	0.001	0.002	0.002
	1-3#	DSA 机房东北侧防护门外 30cm (控制室)	0.317	0.628	0.945
	1-4#	DSA 机房东南侧防护门外 30cm (缓冲区)	0.331	0.656	0.988
	1-5#	DSA 机房西南侧污物通道门外 30cm (走廊)	0.239	0.473	0.712
	2-1#	DSA 机房北侧墙外 30cm	0.001	0.001	0.002
	2-2#	DSA 机房南侧墙外 30cm (走廊)	0.001	0.001	0.002
	2-3#	DSA 机房西侧墙外 30cm (公共卫生间)	0.001	0.002	0.002
	3-1#	DSA 机房正上方 (高 3F 地面 1m)	0.011	0.021	0.032
	3-2#	DSA 机房正下方 (2F 地面下 1.7m)	0.019	0.037	0.055

由表 11-5 可知，本项目在正常运行期间，透视模式下 DSA 机房外各关注点处 X-γ 辐射剂量率最大为 $(6.51 \times 10^{-6}) \mu\text{Sv/h}$ ，可以认为透视模式下基本不会对 DSA 机房外围环境产生 X-γ 外照射影响，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中规定的透视模式下屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求；摄影模式下 DSA 机房外各关注点处 X-γ 辐射剂量率最大为 $1.543 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中规定的“短时、高剂量率曝光的摄影程序”下屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。

11.2.2 DSA 机房周围人员辐射影响分析

(1) 估算模式

X-γ 射线产生的外照射致人年有效剂量计算公式如下。

$$E_r = H_r \times t \times T \times 1 \times 10^{-3} \quad (\text{公式 4})$$

式中：

E_r ——X-γ 射线外照射年有效剂量，mSv；

H_r ——X-γ 辐射周围剂量当量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

t ——X-γ 照射时间，h；

T ——居留因子；

1 ——剂量换算系数，Sv/Gy

(2) 个人剂量估算结果分析

医院初步估计，DSA 投入使用后，预计平均每年完成约 400 台介入手术，我院共计介入手术操作医师共 6 名，从事近台介入手术操作的医师个人操作时间最长约 300 台/年，平均每例手术中使用数字减影血管造影装置出束时间：透视约为 30min/台，摄影约为 2min/台。因此，DSA 年最大出束时间透视 200h、摄影 13.3h，每位工作人员最大出束时间透视 150h、摄影 10h。

由表 11-5 可知，透视模式下基本不会对 DSA 机房外围环境产生 X-γ 外照射影响，因此估算对 DSA 机房周围环境人员受照射剂量时只需考虑摄影模式。依据上述（公式 4）对项目运行后，致职业人员、公众的个人剂量估算结果，见表 11-6。

表 11-6 个人剂量估算结果

预测点位置	摄影模式		居留因子 T	年有效剂量 Er (mSv/a)	照射类型
	附加剂量率 Hr (μSv/h)	出束时间 t (h)			
1-1#	1.543	0.033	1	5.09×10 ⁻⁵	职业照射
1-2#	0.002	0.033	1	6.60×10 ⁻⁸	
1-3#	0.945	0.033	1	3.12×10 ⁻⁵	
1-4#	0.988	0.033	1	3.26×10 ⁻⁵	
1-5#	0.712	0.033	1	2.35×10 ⁻⁵	
2-1#	0.002	0.033	1/16	4.13×10 ⁻⁹	公众照射
2-2#	0.002	0.033	1/4	1.65×10 ⁻⁸	
2-3#	0.002	0.033	1/16	4.13×10 ⁻⁹	
3-1#	0.032	0.033	1	1.06×10 ⁻⁶	
3-2#	0.055	0.033	1	1.82×10 ⁻⁶	

由表 11-6 可知，项目运行后 DSA 控制室职业人员最大年剂量为 (5.09×10⁻⁵) mSv/a，远低于职业人员年剂量管理约束值 (5mSv) 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 对职业人员剂量限值 (20mSv) 的要求；公众受照年剂量最大为 (1.82×10⁻⁶) mSv/a，远低于公众成员年剂量管理约束值 (0.25mSv) 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 对公众成员剂量限值 (1mSv) 的要求。

因此，本项目 DSA 工作场所的防护设计满足要求，正常运行后产生的辐射影响满足标准要求，对人员产生的辐射影响较小。

11.2.3 DSA 机房内医生辐射影响分析

(1) 预测模式

年有效剂量根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）中计算公式：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad (5)$$

式中：

E——有效剂量中的外照射分量，单位为毫希沃特（mSv）；

α ——系数，取 0.79；

H_u ——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 Hp(10)，单位为毫希沃特（mSv），本次估算通过计算职业人员铅衣内的受照剂量获得；

β ——系数，取 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 Hp(10)，单位为毫希沃特（mSv），本次估算通过计算职业人员铅衣外的受照剂量获得。

(2) 预测参数

关注点位及辐射防护措施

经医院核实，手术中，医生如需透视则在室内直接操作曝光，如需摄片（减影）则移步到控制室内，由控制室技术人员隔室操作曝光。DSA 机房内操作曝光透视，以第一术者为代表估算室内操作人员受照射剂量。设备系统自带床旁射线防护帘和悬吊式射线防护屏不少于 0.5mm 铅当量，医生所穿铅服为 0.5mmPb，第一术者胸部位置距离球管为 1m、距离病人距离为 0.5m。根据上述参数及公式计算室内第一术者位置处泄漏 X- γ 辐射剂量率见表 11-7、表 11-8。主刀医生及其助手仅在透视模式下在 DSA 机房内，摄影模式为隔室操作。

(3) 预测结果

根据上述参数及公式计算室内第一术者位置处泄漏 X- γ 辐射剂量率见表 11-7。

11-7 透视模式下第一术者位置处泄漏辐射 X-γ 辐射剂量率估算结果

防护情况	$H_0(\mu\text{Sv/h})$	f	d	X	B	α	β	γ	$H_L(\mu\text{Sv/h})$
有铅服	9.72×10^6	0.1%	1	1	2.83×10^{-4}	5.369	23.49	0.5881	2.75
无铅服	9.72×10^6	0.1%	1	0.5	5.34×10^{-3}	5.369	23.49	0.5881	51.95

根据上述参数及公式计算室内第一术者位置处散射 X-γ 辐射剂量率见表 11-8。

11-8 透视模式下第一术者位置处散射辐射 X-γ 辐射剂量率估算结果

防护情况	H_0	δ	S	B	d_0	d_s	X	α	β	γ	$H_s(\mu\text{Sv/h})$
有铅服	9.72×10^6	3.25×10^{-6}	10^2	2.83×10^{-4}	0.5	0.5	1	5.369	23.49	0.5881	14.32
无铅服	9.72×10^6	3.25×10^{-6}	10^2	5.34×10^{-3}	0.5	0.5	0.5	5.369	23.49	0.5881	270.12

综上所述，室内第一术者位置处总辐射剂量率见表 11-9 所示。

11-9 室内第一术者位置处总 X-γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

工作模式	总附加剂量率 (有铅服)	总附加剂量率 (无铅服)
透视模式	17.08	322.07

根据表 11-9 剂量率结果及公式 5，可估算出以第一术者为代表的一名手术医生因本项目运行受照剂量： $(0.79 \times 17.08 \times 150 + 0.051 \times 322.07 \times 150) \div 1000 = 4.49$ (mGy)，保守按 $1\text{Sv} = 1\text{Gy}$ 换算，即年受照剂量为 4.49mSv，低于职业人员年有效剂量管理约束值(5mSv)和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)对职业人员剂量限值(20mSv)的要求。

11.3 建设单位从事辐射活动的技术能力评价

结合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证所要求的申请条件，医院在各方面的执行情况见表 11-9。

11-9 使用射线装置单位申请领取许可证条件评价表

标准要求	单位执行情况	符合情况
使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	本项目 II 类射线装置，医院成立了放射卫生防护管理工作小组，机构成员由院领导、放射科等科室主任和成员组成，详见附件 7。	符合
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。	医院已安排 4 位辐射工作人员参加了医用 X 射线诊断与介入放射学辐射安全和防护考核，成绩合格，详见附件 4。 医院将安排其他放射工作人员参加辐射全和防护培训，逐步实现全员持合格证上岗。	落实后符合
放射性同位素与射线装置使用场所所有防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	DSA 机房门口设置电离辐射警告标志及工作指示灯。	符合
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。	医院拟购置个人剂量报警仪，并为每个辐射工作人员配备个人剂量计，定期委托专业机构对 DSA 机房周围环境开展辐射监测。	落实后符合
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院制定了一系列辐射防护管理制度包括《放射诊疗安全防护管理制度》、《放射诊疗安全防护操作规程》、《放射工作人员健康管理制度》等，详见附件 7。	符合
有完善的辐射事故应急措施。	医院制定了《放射事件应急处理预案》，详见附件 7。	符合

由表 11-9 可知，医院在贯彻执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的过程中做了大量切合实际的工作，医院的辐射防护基本可满足相关要求，辐射管理制度合理可行。

11.4 产业政策符合性

DSA 项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及修改清单中第十三项“医药”中第 5 款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等

高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

11.3 事故影响分析

该射线装置仅在运行时产生 X 射线，停机后射线就会消失，因此，只有在开机且运行曝光的状态下，射线装置产生的 X 射线才会可能贯穿屏蔽设施进入外环境，从而对环境和人体带来一定的辐射影响。项目运行中存在潜在危险和风险事故，本次评价对其进行分析和预测，说明项目运营中可能发生的事故或突发事件对人身安全和环境的损害和影响程度，并针对具体事项提出行之有效的防范及应急措施，以避免事故发生、减少事故损失，使其对环境的影响达到可接受的水平。

11.3.1 事故识别

- (1) 射线装置出束时，DSA 机房内有其他无关人员滞留，从而受到误照射。
- (2) 辐射工作人员因违反操作规程或操作失误，从而造成意外照射。
- (3) 维修调试过程中，因工作人员操作失误而导致设备以外出束，发生误照射。
- (4) 警示标志设置不合理、监督区与外环境之间门禁失效、DSA 机房门灯联锁失效等原因，使无关人员进入 DSA 机房，从而造成误照射。

11.3.2 误照事故防范措施

要避免误照事故的发生及发生后能采取立即采取有效防范措施，建设单位需做好以下防范措施：

- (1) 定期对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。
- (2) 凡涉及对医用射线装置进行操作，必须有明确的操作规程，并做到“制度上墙”（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在放射诊断操作时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。
- (3) 定期检查门灯联锁装置，确保正常运行；定期对使用射线装置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需及时更换。
- (4) 加强放射工作人员的管理，医用射线装置开机前，必须确保无关人员全部撤离后才可开启；加强放射工作人员的业务培训，防止误操作，以避免工作人员和公众受到意外辐射。

(5) 加强控制区和监督区管理。

(6) 检修人员准备进入 DSA 机房时，必须携带个人剂量计或个人剂量报警仪。

(7) 检查系统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。

(8) 调试和维修时，应保证切断射线装置出束状态。

(9) 调试和维修必须解除安全连锁时，需经负责人同意并通告有关人员。工作结束后，先恢复安全连锁并经确认系统正常后再行使用。

(10) DSA 机房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。

11.3.3 辐射事故防范措施和应急预案

1、辐射事故防范措施

辐射安全必须依靠必要的体制和管理，良好的设施和完整的工作制度等。引起意外（或事故）的不安全因素有两大类：一类是物的不安全因素，另一类是人的不安全行为。从我国多年内所发生的放射事故来看，人为因素造成的责任事故占事故总数的 80%以上。责任事故主要由管理不善、领导失职、安全观念淡漠引起。建设单位应从加强管理和提高安全意识两方面促进辐射防护工作，通过宣传培训等手段，提高安全文化素质，增强辐射防护意识，使辐射工作人员自觉服从管理，主动采取防护措施，控制不安全行为，预防辐射意外（或事故）的发生。建设单位需完善以下辐射事故防范措施：

(1) 各级领导需把辐射防护工作放到重要议事日程，制定严格的管理制度，安排操作人员接受安全防护教育和培训。定期组织相关辐射防护知识培训学习，告知相关人员辐射危害。

(2) 辐射安全工作领导小组应对本单位的应急组织人员、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，并在统一部署下定期组织演练，一旦事故发生时可立即执行。

(3) 操作人员需持证上岗，确保岗位责任制度的落实，严肃查处违规作业。

(4) 必须严格按照操作规程，正确操作仪器，对违规和粗疏管理的行为必须及时纠正。

(5) 为有效地控制操作人员接受辐射的累积剂量，确保剂量不超过规定的剂量限值，操作人员在工作时必须佩带便携式个人剂量计或个人剂量报警仪。

(6) 加强职工安全和辐射防护知识的教育，并定期进行考核。对操作人员建立健康档案，定期进行体检，并对健康档案进行终身保存。

(7) 全体工作人员必须时刻保持高度警惕，平时练为战的思想，认真学习、掌握各项技能，做好随时应对重大事故的思想准备。

(8) 每日做好设备运行记录，认真填写设备维护记录表。任何人对设备部件进行更换、升级等操作时，都必须上报主管领导，得到回复后，方可进行，操作后详细填写故障处理联络单。

(9) 加强辐射安全管理，严格落实使用时需两人在场管理体制。

2、辐射事故应急预案

(1) 事故应急行动

一旦发生辐射事故，建设单位应立即采取措施防止事故继续发生和蔓延而扩大危害范围，并在第一时间向领导小组报告，同时启动应急指挥系统，具体程序如下：

①启动与报告

发生事故的科室立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，必须立即将发生事故的性质、时间、地点、科室名称、联系人、电话等报告给辐射事故应急领导小组办公室，办公室立即将情况向放射事故应急领导指挥中心汇报，并做好准备。辐射事故应急领导小组办公室必须在2小时内将有关信息报告当地生态环境部门、公安、卫生等部门。

②协调与联络发生辐射事故时，事故应急指挥组负责事故应急状态下的协调与联络工作，保证联络渠道明确畅通，尽职尽责。

③现场控制

现场处置小组接到事故发生报告后，立即赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；负责现场警戒，划定紧急隔离区，不让无关人员进入，保护好现场；迅速、准确判断事件性质，将事故情况报告应急指挥中心。

若是发生射线装置失控导致大剂量射线误照，应立即进行现场救助，采取措施，使人员损伤、环境污染降到最小，组织人力将受照人员送往医院病区，并同时请辐射检测中心进行检测。

若是射线装置丢失、被盗，可以组织人力在单位内进行排查，并将射线装置的名称、状态、特性、危害等进行通告，广泛引起本院职工与公众的重视，最大限度降低危害。

④事故调查和处理程序

配合上级有关部门对现场进行勘查以及环保安全技术处理，检测等工作，查找事故发生的原因。事故调查遵循实事求是的原则，对事故发生的时间、地点、起因、过程和人员伤害情况及财产损失情况进行细致的调查分析，并认真做好调查记录，记录妥善保管。此外，还应协助卫生行政部门、公安部门、生态环境主管部门进行事故调查、处理等相关事宜。

⑤应急响应终止条件

符合下列条件之一的，即满足应急终止条件：辐射污染源的泄漏或释放已降至规定限值以内；事故所造成的危害已经被彻底消除，无继发可能；事故现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要。

⑥总结报告

总结经验教训，制定或修改防范措施，加强日常环境安全管理，杜绝类似事故发生。

(2) 辐射事故应急措施

当发生误照射事故时，应采取以下措施：

①立刻停止作业。

②启动应急预案。

③对受照人员进行相应的医疗救助；将事故情况上报当地生态环境主管部门、卫生部门，公安部门。

(3) 辐射事故应急救援预案要求

事故应急救援预案需满足如下要求：

①制定有针对性的辐射事故应急预案，事故应急预案的内容需包括有效的组织结构、通畅的通信联络系统、事故报告程序、事故处理及监测、应急车辆等。需满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（第 449 号令）中对辐射事故应急预案的要求。

②辐射事故应急救援预案应当包括以下内容：应急机构和职责分工；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；辐射事故分级应急响应措施；辐射事故调查、报告和处理程序。

③定期组织相关会议，总结辐射工作经验，深化事故分析，提高辐射事故处理能力；

④定期组织演练，提高应对辐射事故的软实力。

⑤根据国家有关部门出台的制度及时更新辐射事故应急预案，及时明确项目所在地

生态环境主管部门、公安部门、卫生部门联系方式。

(4) 一旦事故发生，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

①确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。

②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。

③现场处置任务的工作人员应佩带防护用具及个人剂量计和剂量报警仪。

④应尽可能记录下现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤事故处理后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款：使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院已成立了辐射安全防护管理领导小组，并明确了相关成员名单及职责（详见附件 7），小组组成人员如下：

组长：杨青（执行院长）

副组长：黄慧（副院长）

成员：张涓（放射科主任）、陈辉（放射科副主任）、覃汉颖（医务科主任）

领导小组职责主要是负责医院辐射防护与环境安全日常管理工作；定期检查各放射工作场所、设施、射线装置、防护用品等运行情况；检查各项制度、防护措施的贯彻落实情况；督促从事放射工作人员按时完成个人剂量监测、健康体检、辐射防护知识及法律法规培训；对发生的辐射事件进行紧急处理、组织救援及日常预防；负责完成上级管理部门或党委赋予的其他职责。

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，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。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）的相关要求，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，应当通过生态环境部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。医院应及时安排本项目未参加培训并考核合格的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训，考核合格后方可上岗（考核成绩合格有效期五年）。医院共计介入手术操作医师共 6 名，其中 4 人已通过考核（详见附件 4）。

12.2 辐射安全管理规章制度

医院为加强以对射线装置安全和防护的监督管理，促进射线装置的安全应用，保证医疗质量和医疗安全，保障放射诊疗工作人员、患者和公众的人体健康，医院建立了相应的管理制度（包括操作规程、岗位职责、人员培训计划、监测方案等）和辐射事故应急预案。针对辐射活动规模扩大的变化情况，提出如下要求：

（1）补充制定新增设备使用的《操作规程》和相应的《岗位职责》。

（2）要求组织所有新增的辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，并按要求进行复训，同时应为辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康档案。

（3）环评批复后，需及时向相关部门申请办理辐射安全许可证。

12.3 辐射监测

根据国家相关法律法规要求，开展辐射工作的单位应当对其设备性能、工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测，以保障辐射工作的正常开展以及人员的健康和安全。建设单位需根据要求制定以下辐射监测计划。

12.3.1 个人剂量监测

建设单位应定期委托有资质的单位定期对辐射工作人员个人剂量计进行监测（监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天），并按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》的要求建立个人剂量记录及监测档案管理制度，并对职业照射个人监测档案终生保存。

按照《放射工作人员健康标准》的相关规定，医院应为辐射工作人员建立个人健康档案，对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检报告，合格者才能上岗；对从事放射工作的工作人员建立职业健康监护档案，档案要终生保存，工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。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；在本单位从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也应进行健康体检。

12.3.2 辐射环境监测

建设单位应委托有资质的单位定期（每年常规监测一次）对设备周围环境进行辐射环境监测，并建立监测技术档案。监测要求：

（1）监测范围：射线装置 50m 范围内、人员活动位置处等。

(2) 监测项目：X-γ辐射剂量率。

(3) 监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

12.3.3 年度安全评估报告

每年1月31日之前，核技术应用单位应向辐射安全许可证发证机关及当地生态环境主管部门提交上一年度的本单位辐射安全和防护状况年度评估报告。

12.4 辐射事故应急

本项目使用的射线装置属II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条之规定，结合单位的实际情况和表11中“事故影响分析”，医院应建立完善的《辐射事故应急处理预案》，包括以下内容：

(1) 应急机构和职责分工。

(2) 应急人员的组织、培训以及应急。

(3) 可能发生辐射事故类别与应急响应措施。

(4) 辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。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处理预案，采取必要的防范措施。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

兴安两江医院已制定了辐射事故应急预案，该预案包括了适用范围、组织机构、辐射应急事件的监测与报告、重大辐射事件的应急响应和终止、善后处理、保障措施等内容。

建议定期进行辐射事故应急演练，对演练效果进行评估，提交演练报告，重点说明演练过程中发现的问题，列出不符合项，及时整改。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

本期项目建设内容为：在兴安两江医院的综合大楼 2 层介入室新建 1 套医用血管造影 X 射线机（DSA）以及配套的辐射防护设施，属于使用 II 类射线装置项目。

13.1.2 实践的正当性分析

医用血管造影 X 射线机（DSA）应用项目具有以下优点：

①先进性。数字减影血管造影技术是一种新的 X 线成像系统，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，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；

②不可取代性。由于 DSA 手段在医疗诊断方面有其他技术无法替代的特点，使医院对疾病的诊断迈上了一个新台阶。对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。医院为病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时 DSA 等项目的实施提高了医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，因而，医院在保障病人健康的同时也创造了更大的经济效益。因此，医院新建医用血管造影 X 射线机（DSA）应用项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.3 产业政策符合性

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及修改清单中第十三项“医药”中第 5 款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

13.1.4 选址合理性分析

本项目建设的介入室设置在综合大楼 2 层，该楼位于医院西部。该楼东侧为商铺和居民楼，南侧为医院大门和双拥路，西侧为怡兴花苑，北侧为医院绿化区，再往北是医院后门。DSA 机房设置防护铅门及防护墙体，在门口设置电离辐射警告标志，将 DSA 机房内区域划分为控制区，无关人员不得进入。DSA 开机运行过程中产生的电离辐射，

经过屏蔽防护和距离衰减后，对周围工作人员和公众所致的辐射剂量符合剂量约束限值的要求。通过以上场所独立、划分区域等措施，本项目不会产生交叉污染。因此，本项目选址及布局是合理可行的。

13.1.5 辐射环境影响现状评价

医院数字减影血管造影系统应用项目 DSA 机房场址周围环境的辐射水平未见异常。

13.1.6 项目 DSA 机房辐射屏蔽能力评价

医院严格按设计要求建造 DSA 项目用房及防护门、观察窗，其防护能力均可满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。

13.1.7 职业人员及公众成员年有效剂量评价

从偏保守角度考虑，预计采取辐射防护措施后，工作人员受照的年有效剂量符合职业人员年有效剂量管理约束值（5mSv），同时符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的限值要求。预计公众成员因为该 DSA 项目的运行而受到额外的年有效剂量符合公众成员年有效剂量管理约束值（0.25mSv）的要求，同时符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的限值要求，

13.1.8 辐射环境管理制度

（1）医院为了加强医院环境保护工作领导，规范医院射线装置辐射安全及管理，成立了辐射安全与环境保护管理领导小组。

（2）医院为了加强以对射线装置安全和防护的管理，促进射线装置的安全应用，保证医疗质量和医疗安全，保障放射诊疗工作人员、患者和公众的人体健康，医院建立了相应的管理制度（包括操作规程、岗位职责、人员培训、监测方案等）和辐射事故应急预案。

（3）医院为应对出现的辐射突发事件，成立了辐射安全事件应急处理领导小组。

13.1.9 安全培训及健康管理

（1）对所有从事辐射工作的人员进行辐射安全与防护知识教育培训，培训考核合格方能上岗，使工作人员熟练掌握操作技能，减少操作时间，从而达到减少受照剂量。

（2）所有辐射工作人员均应进行个人累积剂量的监测并建立个人档案，每两年进行一次健康体检。

13.1.10 综合性结论

综上所述，医用血管造影 X 射线机 (DSA) 应用项目符合产业政策要求，在落实项目实施方案和本报告中提出的污染防治措施和辐射环境管理完善建议的前提下，项目正常运行对周围环境产生的辐射影响，在国家允许的标准范围内，符合环境保护的要求。因此，从辐射环境保护的角度分析认为本项目可行。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

根据项目情况本评价提出以下建议：

- (1) 按照辐射安全许可证的许可内容从事辐射工作。
- (2) 不断完善辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。
- (3) 继续做好辐射防护工作档案，对放射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康查体和辐射防护检测等资料要分类保管并长期保存，严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。
- (4) 做好职业工作人员的个人剂量监测和健康管理；做好辐射工作人员培训和再培训。按照辐射事故应急预案和报告制度的要求，定期进行演习。
- (5) 落实辐射防护设施定期检查制度，如检查 DSA 机房工作警示灯、辐射警示标记等等。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，兴安两江医院承诺：

- (1) 按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》（环保部 18 号令）要求开展个人剂量监测、工作场所监测以及对本单位射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关及当地生态环境部门提交上一年度的评估报告。
- (2) 接受生态环境部门的监督检查并及时整改检查中发现的问题。
- (3) 完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行。
- (4) 按要求开展竣工环境保护验收。

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