

# 核技术利用建设项目

2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机应用项目

## 环境影响报告表

(公示稿)

右江民族医学院附属医院

二〇二一年六月

广西北部湾环境影响评价有限公司

# 核技术利用建设项目

2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机应用项目

## 环境影响报告表

(公示稿)

建设单位名称：右江民族医学院附属医院

建设单位法人代表：唐毓金

通讯地址：百色市右江区中山二路 18 号

邮政编码：533000

联系人：李华

电子邮箱：awar520@126.com

联系电话：15278671122

# 目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	8
表 3 非密封放射性物质.....	8
表 4 射线装置.....	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	9
表 6 评价依据.....	10
表 7 保护目标与评价标准.....	12
表 8 环境质量和辐射现状.....	16
表 9 项目工程分析与源项.....	21
表 10 辐射安全与防护.....	27
表 11 环境影响分析.....	35
表 12 辐射安全管理.....	43
表 13 结论与建议.....	53
表 14 审批.....	56

## 附件：

- 附件 1 委托书
- 附件 2 备案证明
- 附件 3 辐射安全许可证
- 附件 4 现状监测报告
- 附件 5 成立放射防护管理委员会的通知
- 附件 6 辐射事故应急预案
- 附件 7 个人剂量监测报告

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机应用项目			
建设单位		右江民族医学院附属医院			
法人代表	唐毓金	联系人	**	联系电话	*****
注册地址		百色市右江区中山二路 18 号			
项目建设地点		右江民族医学院附属医院医技综合大楼三楼介入诊疗室（导管室 3）			
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>1.1 医院概述</b></p> <p>右江民族医学院附属医院（临床医学院）创建于 1980 年，是国家三级甲等医院。医院坚持“根植老区为人民，医者患者一家人”的服务宗旨，塑造医院品牌，打造桂滇黔交界区高水准的医疗、教学、科研中心，成为面向东盟、国内知名、省内一流、特色鲜明的大型现代化医院。</p> <p>医院编制床位 1460 张，开放床位 2000 张，现有职工 2400 多人，有正、副教授 380 多人，博、硕士近 270 人，其中专任教师 415 人，国家二级教授 3 人，博士生导师 9 人，硕士生导师 70 人。设有 35 个行政职能科室、55 个临床医技科室、16 个教研室和 1 个临床实践能力培训中心，其中国家中医药管理局重点建设学科 1 个(中医康复学)、首批广西临床医学研究中心 1 个(广西肝胆疾病临床</p>					

医学研究中心)、广西重点学科 6 (内科学、外科学、神经病学、小儿肾脏病学、病原生物学、人体解剖与组织胚胎学)、广西临床重点专科 6 个(儿科、肾内科、急诊科、重症医学科、神经内科、神经外科、麻醉、产科、感染科)、广西卫生厅重点建设学科 1 个(神经病学); 国家中医药管理局二、三级实验室各 1 个、广西高校重点实验室 6 个、广西高校重点建设实验室 1 个。

医院拥有德国西门子 128 层螺旋 CT、大型 C 臂(数字化 X 射线血管造影系统)、美国 GE 公司 Silent MRI 静音 3.0T 磁共振、1.5T 超导型核磁共振成像系统(MRI)、SPECT/CT 诊断系统, 国际顶级德国鹰视酷眼准分子激光治疗仪、大型高压氧舱等尖端医疗和科研设备。率先在桂西地区开展心脏冠脉搭桥手术、脊柱侧弯矫正术、断指再植术、阴茎离断 14 小时成活再植术、舌再造术等各种国内外高难度手术, 在心脑血管疾病、肿瘤、急危重症及疑难疾病等方面的诊治逐步形成特色优势, 在桂滇黔三省交界区属于领先地位。并先后与暨南大学、中山大学、广西医科大学签订全面合作协议, 全方位提高医院医疗技术水平。

医院先后荣获“全国文明单位”、“全国百姓放心示范医院”、“全国医药卫生系统创先争优活动先进集体”、“全国卫生系统医院文化建设创新奖”、“全国卫生系统最具特色科室文化建设奖”、““进一步改善医疗服务行动计划”示范医院”、2019 年度改善医疗服务创新医院、“2016 年医疗扶贫贡献奖”、“全国 2014 年最受患者好评医院”、“广西继续医学教育先进单位”、“全区卫生系统行风建设目标管理责任状一等奖”、“家文化建设医院文化载体建设富有特色的典型”等诸多荣誉称号。

## 1.2 项目概况

为加强医院对心血管, 脑血管, 肿瘤等多种病症的诊断和治疗手段, 使微创和介入治疗得到完善, 更多的挽救和改善危重患者的生命和生存质量, 右江民族医学院附属医院 2021 年新建设数字减影血管造影 X 射线机应用项目, 具体建设内容为: 在医院医技综合楼三楼介入诊疗室(导管室 3)建设 1 套数字减影血管造影 X 射线机(以下简称 DSA)以及配套的辐射防护设施, 属于使用 II 类射线装置项目, 用于开展影像诊断和介入治疗项目。本次环评内容具体见表 1-1。

**表 1-1 本次环评的射线装置一览表**

序号	设备名称	数量(台)	型号	类别	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	项目性质	用途	设备位置
1	DSA	1	UNIQ FD20	II	125	1000	新建	介入 治疗	医技综合 大楼三楼 介入诊疗 室(导管室 3)

### 1.3 任务由来

因 DSA 设备运行时产生的 X 射线可能对周围环境造成辐射影响，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订版）、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）等国家辐射环境管理相关法律法规的规定和广西壮族自治区生态环境主管部门的要求，右江民族医学院附属医院 2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机应用项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》中 172 核技术利用建设项目中使用 II 类射线装置项目，必须编制辐射环境影响报告表，办理辐射环境影响评价审批手续。为保护环境，保障公众健康，右江民族医学院附属医院委托广西北部湾环境影响评价有限公司对该项目进行辐射环境影响评价。

环评单位接受委托后，立即对该项目进行了现场踏勘和资料收集，在工程分析及环境影响分析基础上，结合工程的具体情况以及辐射危害特征，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的要求，编制了《右江民族医学院附属医院 2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机应用项目辐射环境影响报告表》。

### 1.4 医院原有核技术应用项目概况

经核实，医院原有项目环境保护审批手续完备，右江民族医学院附属医院取得了自治区生态环境厅颁发的辐射安全许可证（证号：桂环辐证[L0253]，具体见附件 3），目前在用的证有效期至 2025 年 1 月 8 日，许可范围为使用 II 类及 III 类射线装置，使用 V 类密封放射源，使用乙级、丙级非密封放射源工作场所。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号）的规定，本次新增的 1 台 II 类 X 射线装置在获得环评批复后，应由右江民族医学院附属医院及时向广西壮族自治区生态环境厅重新办理《辐射安全许可证》。医院现有射线装置清单详见表 1-2。

表 1-2 医院现有射线装置清单

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	工作场所
1	数字减影血管造影 X 线机	Artis Zee Floor	II类	血管造影用 X 射线装置	放射科：内科楼一楼介入诊疗室
2	8 层螺旋 CT	Light speed	III 类	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT)装置	放射科：内科楼 1 楼 CT 检查室
3	SPECT/CT	Symbia T2	III 类	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT)装置	核医学科：核医学科
4	移动式 X 射线机	MUX-100J	II类	医用诊断 X 射线装置	放射科：外科楼 6 楼
5	移动 C 形臂 X 射线机	Cios Select SI	III 类	医用诊断 X 射线装置	放射科：外科楼 4 楼
6	直接数字化 X 射线摄影系统(DR)	Definium 6000	III 类	医用诊断 X 射线装置	放射科：医技综合楼 2 楼 DR 室
7	64 层螺旋 CT 机	SOMATOM DefinitionA S	III 类	医用诊断 X 射线装置	放射科：内科楼 1 楼 CT 检查室
8	数字胃肠机	D-VISION PLUS 50	III 类	医用诊断 X 射线装置	放射科：医技综合楼 2 层
9	乳腺 X 射线机	Senographe Essentia	III 类	医用诊断 X 射线装置	放射科：外科楼 2 楼
10	全景 X 射线机	Planmeca Proline XC	III 类	医用诊断 X 射线装置	放射科：医技综合楼 2 楼

在历年运行过程中，医院严格遵守了《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，配合各级生态环境部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

①医院制定了《右江民族医学院附属医院辐射防护和安全管理规程》，其中包括《安全操作规程》、《射线装置使用登记制度》、《安全与防护设施检查与维护制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射源安全管理制度》等规章制度，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及放射性同位素的监督和管理。

③医院从事辐射工作的工作人员定期参加了生态环境部门组织的上岗培训，

接受辐射防护安全知识和法律法规教育，提高守法和自我防护意识。

④辐射工作期间，辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立剂量健康档案并存档。

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。

⑥医院委托广西辐射环境监督管理站对放射性工作场所开展辐射环境年度监测，并按照有关规定每年向生态环境主管部门提交放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告。

### 1.5 项目地理位置及周边环境概况

右江民族医学院附属医院位于百色市右江区中山二路 18 号，地理位置见图 1-1。



图 1-1 项目地理位置图

本次新建数字减影血管造影 X 射线机项目位于右江民族医学院附属医院医技综合楼三楼介入室，该楼东侧为内科楼、南侧为 1#居民楼、西侧为 2#居民楼、北侧为内科第二住院部（感染性疾病科）。医院总平面布置图见图 1-2，机房周围环境实物图见图 1-3。



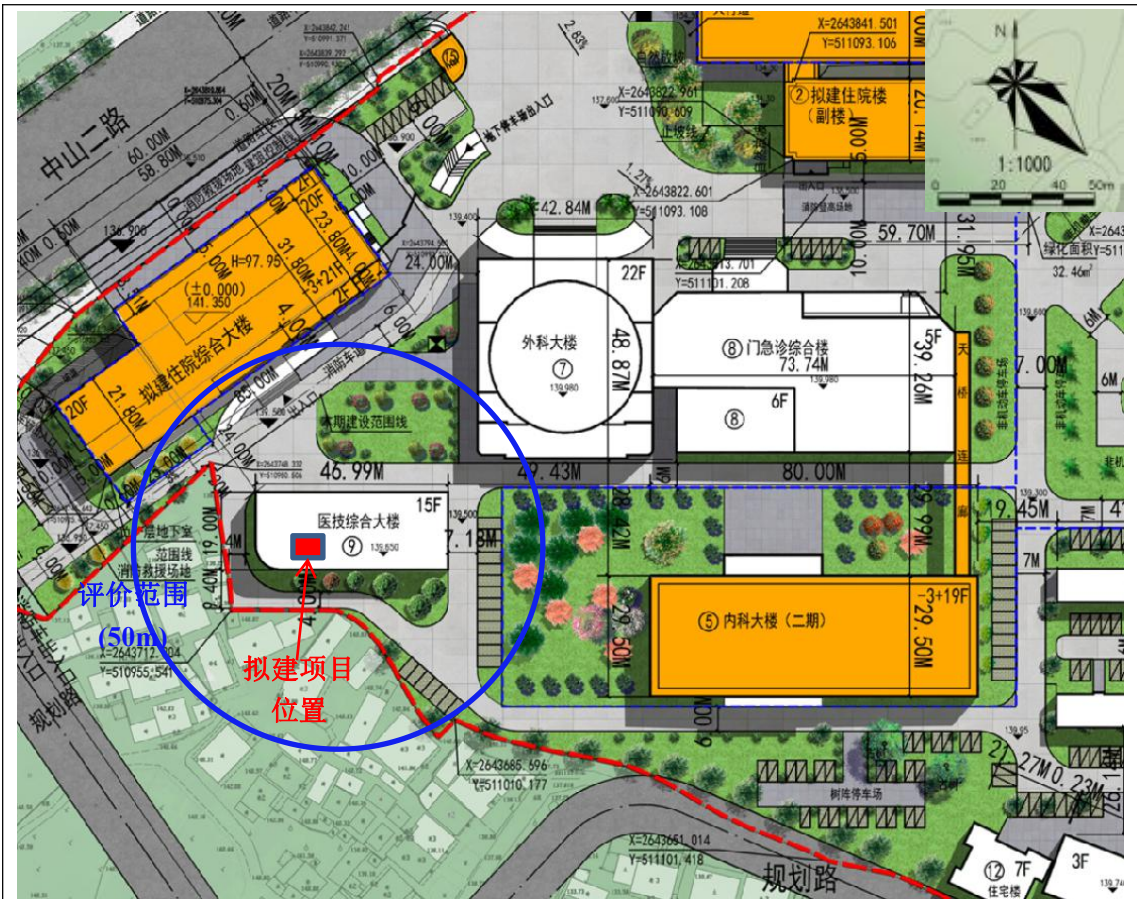


图 1-2 医院总平面图及项目四至图

项目机房周围 50m 区域除南、西侧跨过医院边界处，其余区域均在医院内部，即本项目主要保护目标为项目辐射工作人员、机房周边 50m 范围内医院工作人员、评价范围内逗留的公众成员（包括评价范围内南侧、西侧的居民楼居住人员）。



新建 DSA 机房现状



东侧环境现状（外科综合楼）



图1-3 项目所在建筑周围环境现状

本项目 DSA 机房东侧为控制室，南侧为室外悬空，西侧为饭厅（休息室），北侧为走廊通道；正上层为生殖科注射抽血室，下层为放射科 DR 检查室。DSA 机房平面布置图见图 1-4。

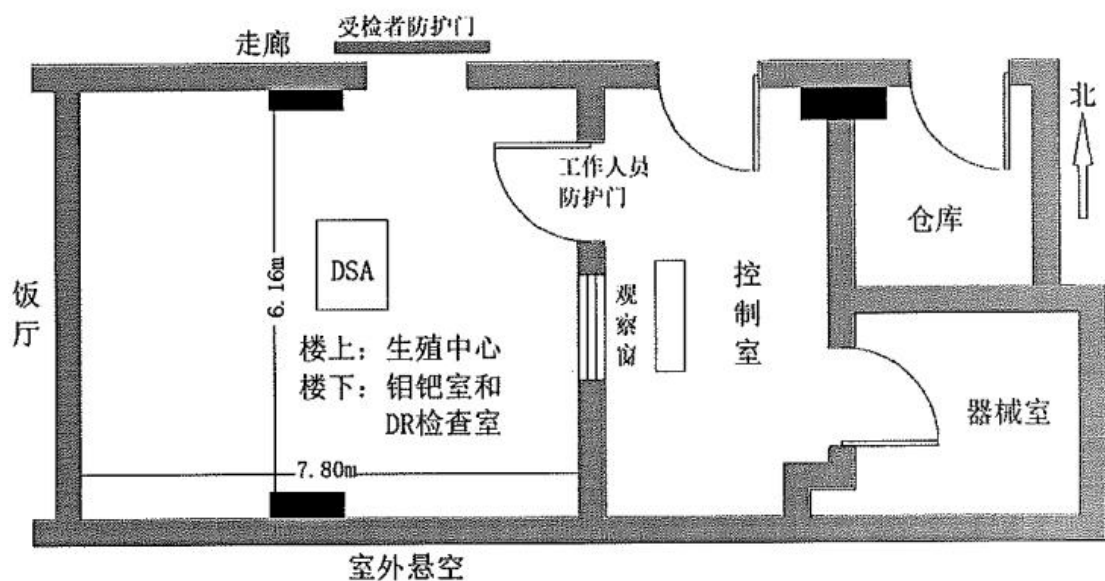


图 1-4 DSA 机房平面图

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	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

序号	名称	类别	数量	型号	厂家	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所
1	数字减影血管造影 X 射线机 (DSA)	II类	1	UNIQ FD20	飞利浦医疗系统荷兰有限公司	125	1000	放射诊断	医技综合大楼三楼介入诊疗室 (导管室 3)

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	备注
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：本项目为使用医用诊断 X 射线机项目，不产生放射性废弃物。

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年），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》（2018 年修订版），2018 年 12 月 29 日起实施；</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 6 号），2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《中华人民共和国职业病防治法》（2018 年版），2018 年 12 月 29 日起实施；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月起实施；</p> <p>(6) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》（卫生部第 55 号令，2007 年），2007 年 11 月 1 日起实施；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（中华人民共和国生态环境部令第 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条例》（2019 年 3 月 2 日修订版）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订版）；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号），2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(11) 《关于射线装置分类办法的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(12) 《产业结构调整指导目录》（2019 年修订，国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令）；</p> <p>(13) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号，自 2017 年 11 月 20 日发布并施行）；</p> <p>(14) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）。</p>
-------------	---

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016), 环境保护部;</p> <p>(2) 《核辐射环境质量评价一般规定》(GB11215-89);</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(6) 《放射诊断放射防护要求》(CBZ 130-2020);</p> <p>(7) 《职业性外照射个人剂量监测规范》(GBZ 128-2019)。</p>
<p>其他</p>	<p>附件 1. 委托书</p> <p>附件 2. 备案证明</p> <p>附件 3. 辐射安全许可证</p> <p>附件 4. 现状监测报告</p> <p>附件 5. 放射事故应急预案</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《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）的相关规定，并结合 DSA 装置能量流污染特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以医院 2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机应用项目机房周围 50m 作为本项目的评价范围，包括上下层区域。

### 7.2 保护目标

环境保护目标为该医院 2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机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。

本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

环境保护对象		位置描述	规模	年剂量管理约束值要求
职业人员	DSA 介入手术操作医生、护士	机房内或控制室内	4 人	5mSv
	DSA 控制室操作人员	机房相邻控制室内	1 人	
公众成员	机房所在医技综合楼本项目以外的工作人员	同一栋楼	约 200 人	0.25mSv
	项目场址东侧内科楼工作人员	机房东侧约 8m	约 150 人	
	项目场址南侧居民楼	机房南侧约 5m	约 50 人	
	项目场址西侧居民楼	机房西侧约 5m	约 80 人	
	项目场址北侧感染科病房工作人员	机房北侧约 7m	约 100 人	
	评价范围内医院其他工作人员及公众	机房各屏蔽墙外 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）

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，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当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。

该标准第 B1.1.1.1 款，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：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）， $20\text{mSv}$ ；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  $5\text{mSv}$  作为职业人员的年剂量管理约束值。

该标准中第 B1.2 款关于公众照射剂量限值的规定，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：年有效剂量， $1\text{mSv}$ ；本评价取其四分之一即  $0.25\text{mSv}$  作为公众成员年剂量管理约束值。

## （2）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

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、机房防护设施、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。

第 6 款 X 射线设备机房防护设施的技术要求。

第 6.1 款 X 射线设备机房布局

第 6.1.1 款 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 款 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 款 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。

第 6.1.5 款 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（本报告按顺序标为“表 7-2”）规定。



**表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求**

设备类型	机房内最小有效使用面积 m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备 <sup>b</sup> （含 C 型臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
<sup>b</sup> 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。 <sup>c</sup> 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。 <sup>d</sup> 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。		

**第 6.2 款 X 射线设备机房屏蔽**

第 6.2.1 款 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 3（本报告按顺序标为“表 7-3”）的规定。

**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（节选介入有关）**

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

第 6.2.3 款 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。

**第 6.3 款 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平**

**6.3.1 款 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；

**第 6.4 款 X 射线设备工作场所防护**

第 6.4.1 款 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。

第 6.4.2 款 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

第 6.4.3 款 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

第 6.4.4 款 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。

第 6.4.5 款 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。

第 6.4.6 款 电动推拉门宜设置防夹装置。

第 6.4.7 款 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。

第 6.4.10 机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。

第 6.5 款 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

第 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（本报告按顺序标为“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。

第 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。

第 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。

第 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

放射检查 类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护 设施
介入放射 学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床边防护帘/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 选配：铅橡胶帽子	—

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**

右江民族医学院附属医院位于百色市右江区中山二路 18 号,本项目位于医院医技综合大楼三楼介入诊疗室(导管室 3)。

**8.2 环境现状评价的对象**

环境现状评价的对象为医院 2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机应用项目场址(医技综合大楼三楼介入诊疗室)周围辐射环境现状。

**8.3 环境现状辐射监测**

本项目场址周围环境现状辐射水平采用现场监测的方法进行调查,评价单位委托有资质监测机构对本项目拟用机房周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率水平进行监测,监测报告见附件 4。

(1) 监测目的

掌握该医院 2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机应用项目场址的辐射环境质量现状水平,为分析及预测项目运行时对职业人员、公众人员及周围环境的影响提供基础数据。

(2) 监测因子

监测因子为 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率。

(3) 监测点位布设

对项目机房场址,机房上方评价范围内及医技楼室外环境(根据现场环境情况,部分监测点超出机房边界 50m 范围),根据现场条件,合理布点。监测布点图见图 8-1~图 8-2。

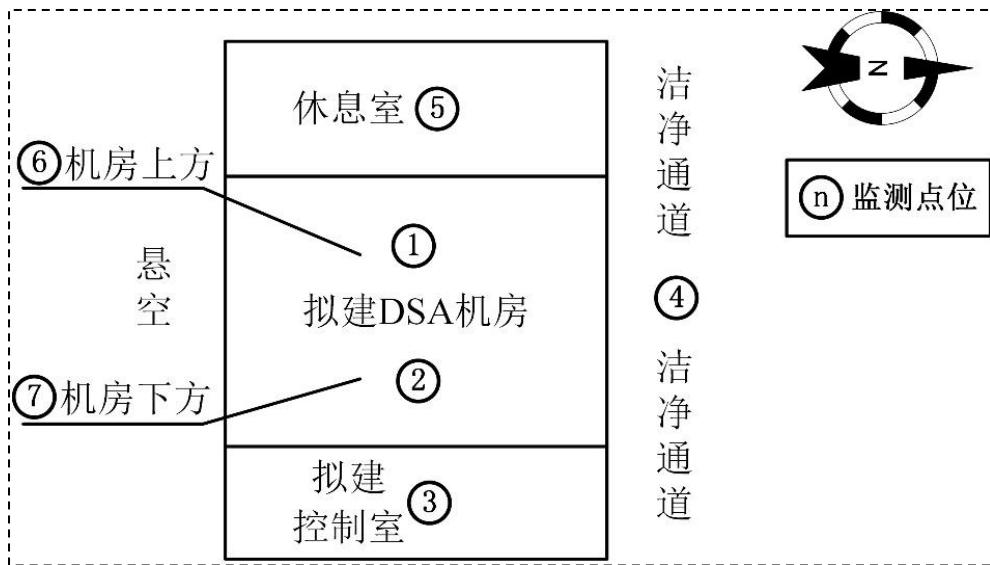


图 8-1 项目拟建场所及周围环境现状监测点位图

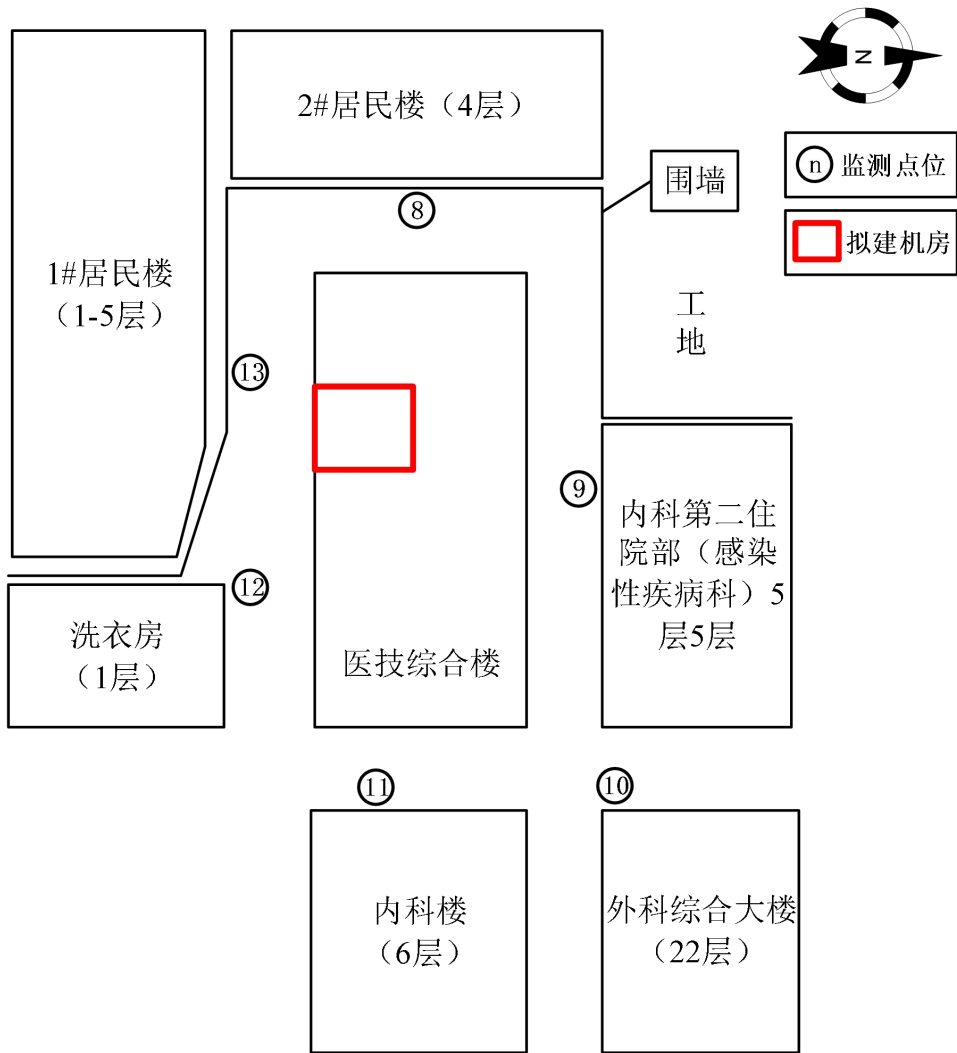


图 8-2 项目拟建场所及周围环境现状监测点位图

(4) 监测频次

监测一次。

(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剂量率仪参数与监测规范

监测项目	γ辐射空气吸收剂量率
仪器名称	X-γ辐射剂量率仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E-10
仪器编号	030645+11352
生产厂家	Thermo 公司
能量响应范围	40keV~4.4MeV
量 程	1nGy/h~100μGy/h
校准证书及校准日期	检定证书编号：DLjl2020-07799（中国计量科学研究院），校准日期：2020年10月12日。
监测规范	《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）

(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 2021 年 3 月 18 日对该项目开展现状监测，监测结果见表 8-2。

**表 8-2 项目建设场所及周围环境现状 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测结果\***

点位	监测位置	点位描述	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率 (单位: nGy/h)		备注
			平均值	标准差	
①	DSA 机房内及周围环境	拟建 DSA 机房 1#	50.4	0.5	室内
②		拟建 DSA 机房 2#	50.9	0.4	
③		拟建控制室	54.8	0.6	
④		洁净通道	52.3	0.5	
⑤		休息室	56.2	0.6	
⑥		拟建 DSA 机房上方 (注射抽血室)	43.7	0.2	
⑦		拟建 DSA 机房下方 (DR 检查室 9)	46.9	0.4	
⑧	医技综合楼外	2#居民楼前	71.0	0.4	室外
⑨		内科第二住院部 (感染性疾病科) 楼前	60.5	0.3	
⑩		外科综合大楼前	72.7	0.5	
⑪		内科楼前	62.5	0.3	
⑫		洗衣房前	62.9	0.5	
⑬		1#居民楼前	61.2	0.6	
室内测值范围			43.7~56.2	/	/
室外测值范围			60.5~72.7	/	/

\*注：监测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应值。

由表 8-2 的监测结果可知，项目机房场所及周围区域环境现状监测中室内测点测值范围为 43.7~56.2nGy/h (未扣除宇宙射线响应)，室外地面测点 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率测值范围为 60.5~72.7nGy/h (未扣除宇宙射线响应)。根据《广西壮族自治区环境天然贯穿辐射水平调查报告》可知，广西原野 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率范围为 10.7~238.7nGy/h (已扣除宇宙射线影响)，室内 $\gamma$ 辐射剂量率范围

为 11.0~304.3nGy/h（已扣除宇宙射线影响）。由以上数据比对可知，未扣除宇宙射线响应值的监测结果在广西天然放射性水平范围内，扣除宇宙射线后监测结果数值会更低，由此可见，本项目拟建场所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

DSA 基本设备包括 X 射线发生和显像系统、机械系统、图像数据采集和存储系统、计算机系统等，DSA 基本结构见图 9-1。

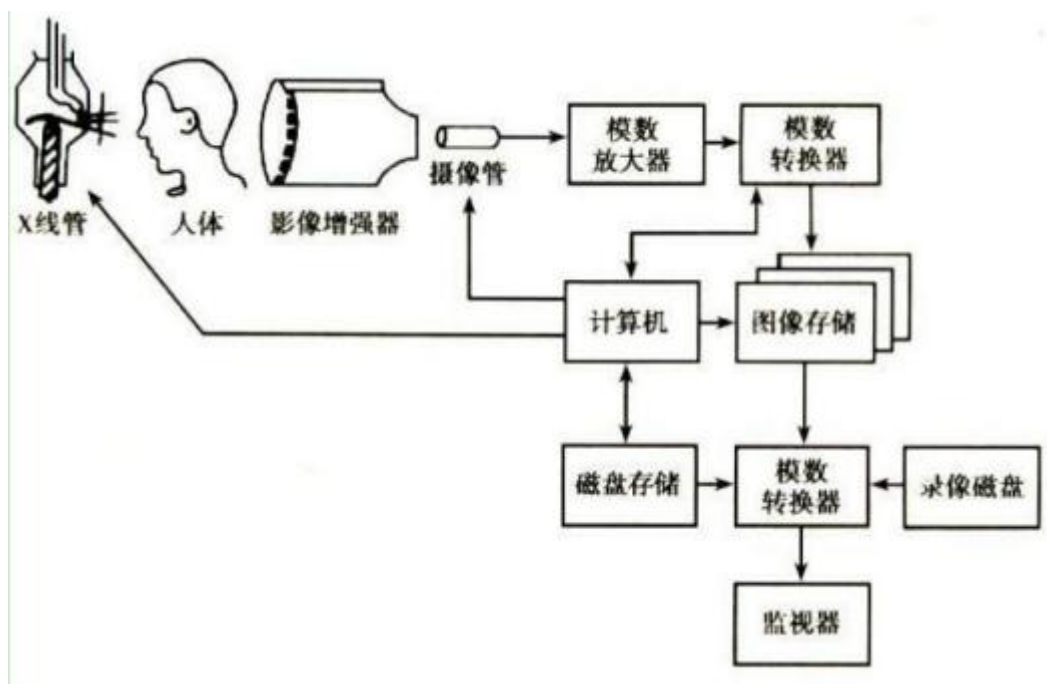


图9-1 DSA 基本结构图

#### (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 射线管结构图详见图 9-2。



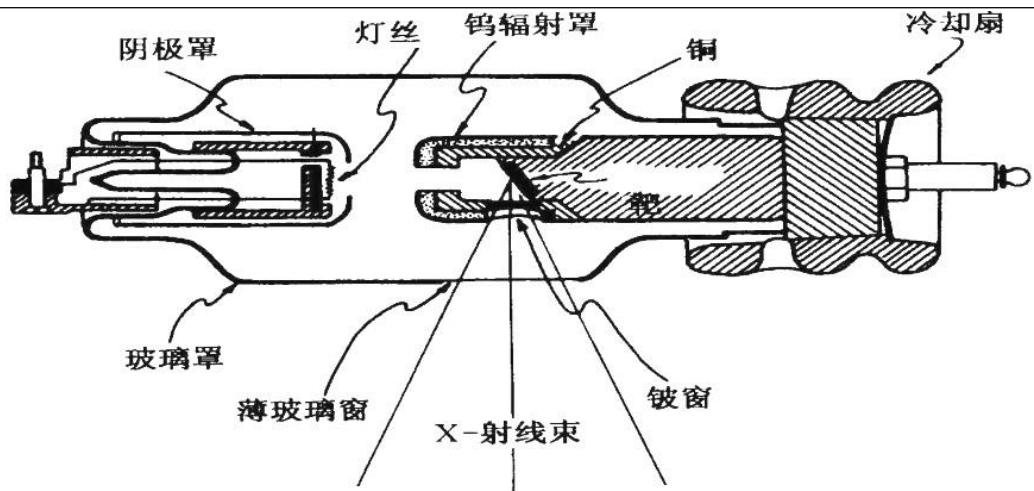


图 9-2 X 射线管结构原理图

### (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 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，介入手术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，数字减影血管造影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。

数字减影血管造影（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 操作流程及产污环节

操作流程：诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，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，顺序取血测定静、动脉，并留X线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。在进行介入手术治疗过程中医生需留在机房，为更清楚的了解病人情况，有时会连续曝光，此时采用脉冲透视。其中在透视模式工作过程中，操作人员在机房内床旁操作，在摄影模式下，操作人员采取隔室操作的方式（即医师在DSA机房外的操作间对病人进行曝光）。

产物环节分析：项目DSA装置在工作时，主要污染因子为X射线。注入造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。项目操作流程及产物环节图详见图9-3。

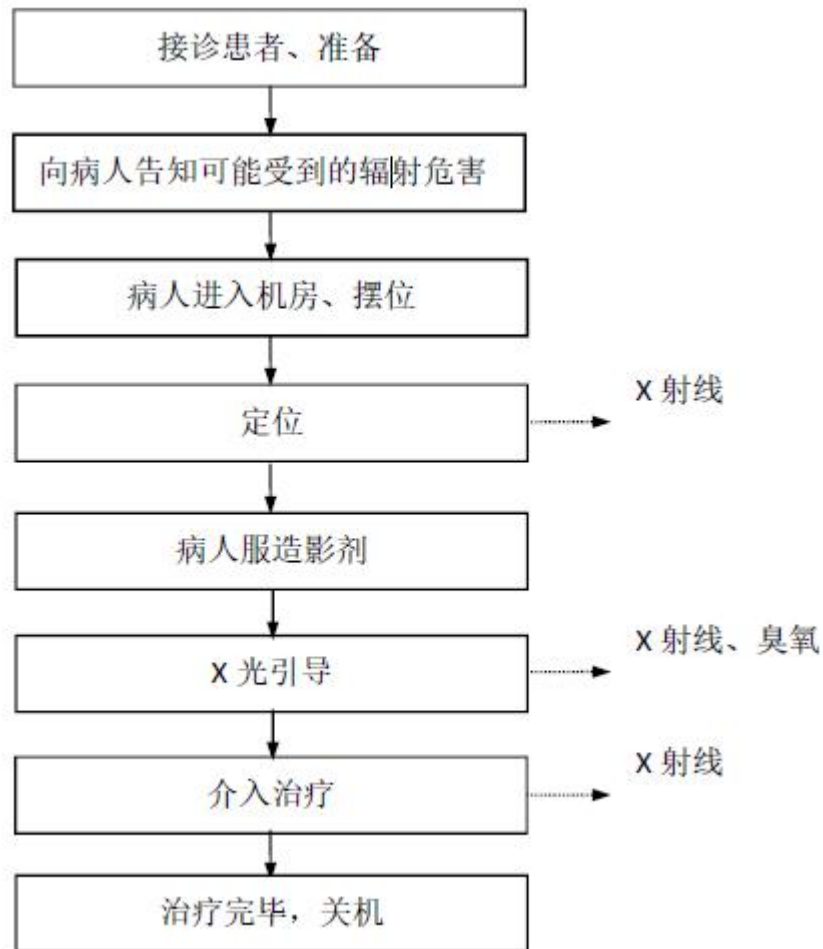


图 9-3 DSA 操作流程及产污环节

#### 9.1.4 工作人员配备情况

医院心内科、外科、神经科等临床科室按需求到本项目机房开展介入手术，介入操作医生、护士等辐射工作人员为4人，项目配备1名医技人员在控制室操作。

医院初步计划，本项目的DSA投入使用后预计平均每年完成约800例介入手术，其中从事近台介入手术操作的医生中个人操作时间最长的约400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10min/台，摄影约为1min/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射线和散射线。

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，该DSA透视模式下管电压在50~70kV范围内、管电流在5~60mA范围内，采集（摄片）模式下管电压在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》（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 可知，透视模式（70kV/50mA）时距1m处的输出量约为0.05mGy/(mA·s)（ $9.0 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$ ），采集模式（90kV/400mA）时距靶1m处的输出量约为0.08mGy/(mA·s)（ $1.15 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ ）。本评价报告在辐射屏蔽核算时，不进行诸物理量之间的转换系数修正，即取 1Gy/h=1Sv/h。

### 9.2.1 正常工况

数字减影血管造影装置是在机房中使用，在射线装置正常运行时，主要有 X 射线产生，但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 射线被屏蔽与射线机房内，因此对机房外的工作人员（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，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进行手术操作，属于同室近台操作，会受到来自于有用射束，漏射线和散射线外照射。

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。

数字减影血管造影装置发射的 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**

**10.1.1 项目工作场所布局**

本项目建设的 DSA 机房设置在医技综合大楼三楼介入诊疗室（导管室 3），该医技综合大楼位于医院西部。DSA 机房的东侧为控制室，南侧为室外悬空，西侧为饭厅（休息室），北侧为走廊通道；正上层为生殖科注射抽血室，下层为放射科 DR 检查室。本项目 DSA 机房和操作间之间设置有防护铅玻璃窗，机房和污物间之间设置有平开防护门，机房和术前准备间、刷手间之间分别设置有电动平移防护门。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 辐射工作场所分区**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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。按照分区管理的原则，医院本项目划分为控制区和监督区。将 DSA 机房划分为控制区（见图 10-1 红色区域），将与 DSA 机房相邻的机房东侧控制室，西侧休息室、饭厅，北侧通道及南侧防护墙处 30cm 区域等相邻区域划分为监督区（见图 10-1 黄色区域）。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。

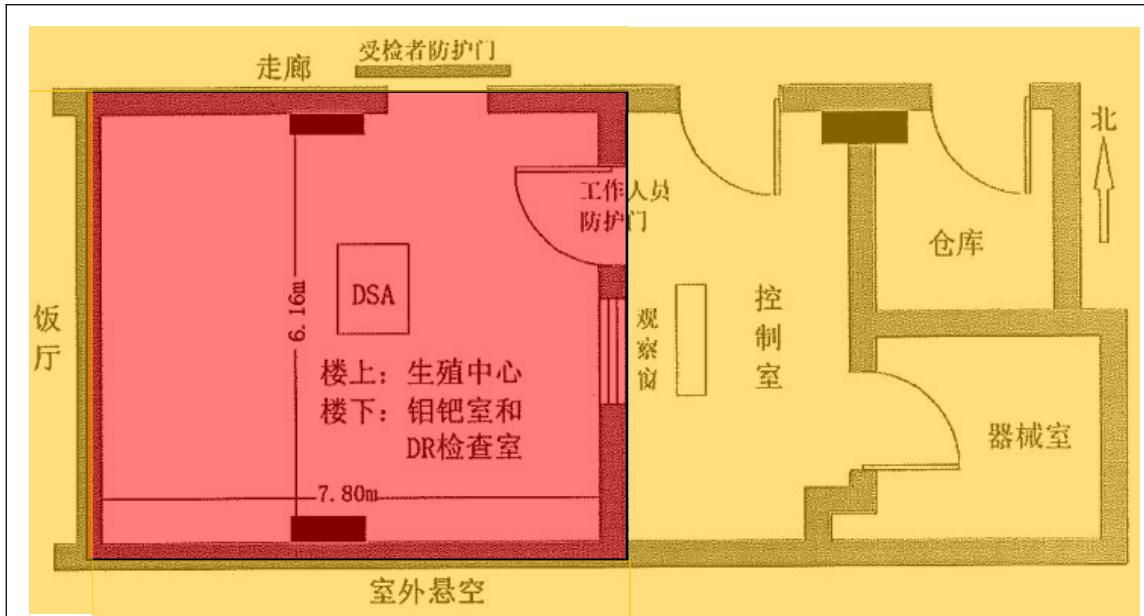


图 10-1 DSA 机房区域划分图

### 10.1.3 项目机房采取辐射屏蔽措施

机房墙体采用实心粘土实心砖（密度不小于  $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ ）结构，墙体厚度为 24cm，机房顶棚核地板采用 12cm 混凝土（密度不小于  $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ）结构，机房内壁和顶棚均设有 3cm 硫酸钡防护层（密度不小于  $3.2\text{g}/\text{cm}^3$ ，约 2mm 铅当量）；机房地面采用 12cm 混凝土结构且地面设有 3cm 硫酸钡防护层（约 2mm 铅当量）。控制室与 DSA 机房为隔室操作，控制室设在机房的南侧。机房与控制室间的观察窗厚度为 1.8cm 的防护铅玻璃观察窗（约 3mm 铅当量）。机房拟建 2 处均为 3mm 铅当量（125kV）的防护门。机房使用面积  $48.04\text{m}^2$ ，机房内空长宽高分别为  $7.8\text{m}\times 6.16\text{m}\times 2.92\text{m}$ 。机房平面布置图见图 10-2，机房剖面图见图 10-3。

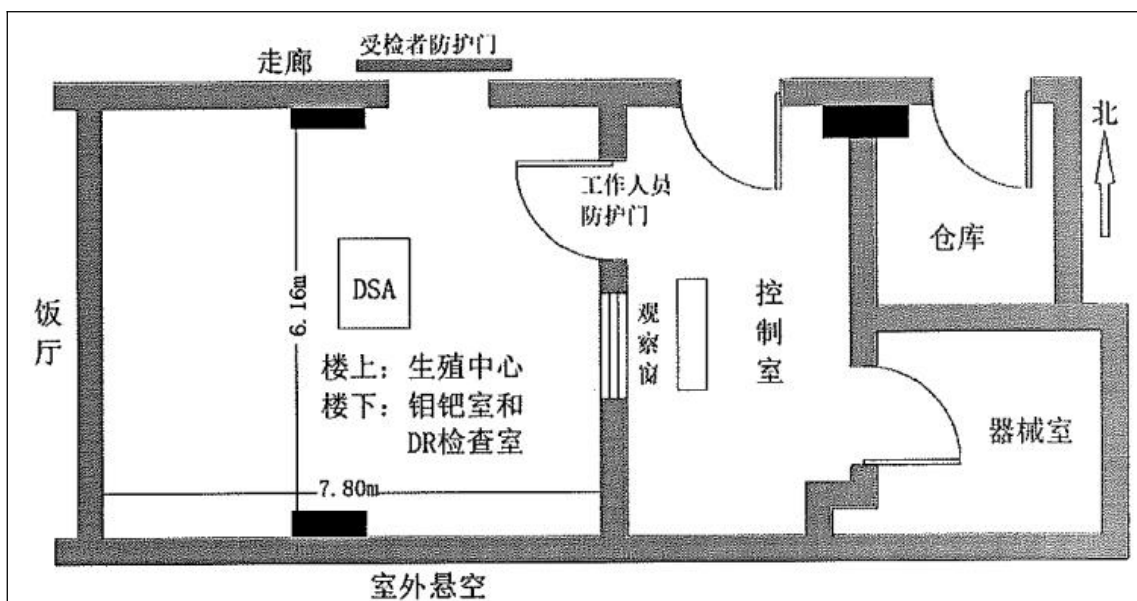


图 10-2 机房平面布置图

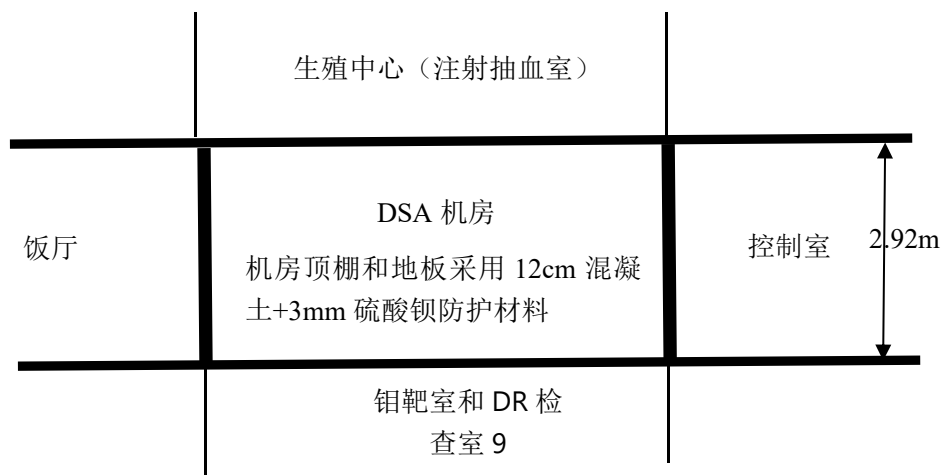


图 10-3 机房剖面图

防护门上方设有“当心电离辐射”警示标志，以防人员误入。

机房配备个人防护用品，其中铅橡胶服(0.5mmPb)6件、铅橡胶帽(0.5mmPb)6顶、铅围裙(0.5mmPb)6套、铅橡胶颈套(0.5mmPb)6个、铅防护眼镜(面罩)(0.5mmPb)6副。

DSA系统自带床旁射线防护帘和悬吊式射线防护屏(均为0.5mmPb)，配备移动铅防护屏风(5mmPb)。

本项目机房的辐射防护设计情况见表 10-1。



**表 10-1 医院 DSA 机房防护设施一览表**

序号	项目	屏蔽设计	铅当量	符合性
1	四侧墙体	240mm 厚实心红砖+3mmPb 硫酸钡涂料	4mmPb	符合《放射诊断放射防护要求》 (CBZ130-2020)的要求。
2	顶棚	120mm 厚混凝土+3mmPb 硫酸钡涂料	3mmPb	
3	地板	120mm 厚混凝土+3mmPb 硫酸钡涂料	3mmPb	
4	防护门	3mmPb 不锈钢夹铅板	3mmPb	
5	观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mmPb	

注：该项目防护建设使用的实心砖密度不小于 1.69g/cm<sup>3</sup>、硫酸钡防护材料的密度不低于 3.2g/cm<sup>3</sup>、混凝土的密度不低于 2.35g/cm<sup>3</sup>。

## 10.2 辐射安全措施

### 10.2.1 设备固有安全性

(1) 本项目使用的数字减影血管造影机从专业生产厂家进行采购，满足质检要求，机头泄漏辐射满足国家规定的限值。

(2) 采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

(3) 采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和过滤板。

(4) 采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

(5) 采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结 (last image hold, LIH)。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

(6) 配备相应的表征剂量的指示装置：配备能在线监测表征输出剂量的指示装置，例如剂量面积乘积 (DAP) 仪等。

(7) 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，才能由"启动"键启动照射；同时在操作台和床体上均设置有“紧急止动”按钮一旦发现异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。

(8) 配备辅助防护设施：DSA 配备床下铅帘和悬吊铅帘等辅助防护用品与设施，在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。

### 10.2.2 人员辐射安全措施

#### (1) 辐射工作人员

##### 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，减少辐射工作人员和患者的受照射时间。

##### 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。

##### ③屏蔽防护

拟为职业人员配备个人防护用品（包括铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜等）。此外，DSA 系统自带床旁射线防护帘和悬吊式射线防护屏。

##### 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。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，并对档案终身保存。

#### (2) 患者

##### ①源项控制

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，选择能达到诊疗要求最低的射线照射参数，使射线强度最小化。

##### ②时间防护

在满足诊疗要求的前提下，尽量缩短照射时间，照射时间最小化。

##### ③距离防护

在满足诊疗要求的前提下，使患者和受检者离射线源尽可能远。

##### ④屏蔽防护

患者和受检者需配有相应防护厚度的铅帽、铅围脖、铅围裙等个人防护用品。

#### (3) 公众

公众主要依托辐射场所的屏蔽墙体、防护门屏蔽射线。通过对射线装置工作

场所辐射防护分区管理，增加公众与辐射源的防护距离，减少辐射影响。

### 10.2.3 其它辐射安全措施

#### (1) 安全联锁装置

门-灯联锁：开机出束，机房防护门关闭良好，工作状态指示灯亮；停止出束时，指示灯熄灭，机房防护门打开。

#### (2) 紧急止动装置

紧急停机开关：在手术床（拟设 1 个开关）、控制室内控制台上（拟设 1 个开关）设紧急停机开关。紧急停机开关应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。在误操作或出现紧急情况时，按下开关即可随时切断供电电源。

#### (3) 警示装置

①工作状态显示装置：在介入手术室防护门外设 1 个工作状态指示灯或工作状态指示灯箱，具备显示开机、停机的功能，并与机房防护门联锁。

②电离辐射警示标志：在介入手术室防护门外醒目位置张贴电离辐射警告标志及中文警示说明。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》（GB 18871-2002）附录 F 要求。如图 10-4。

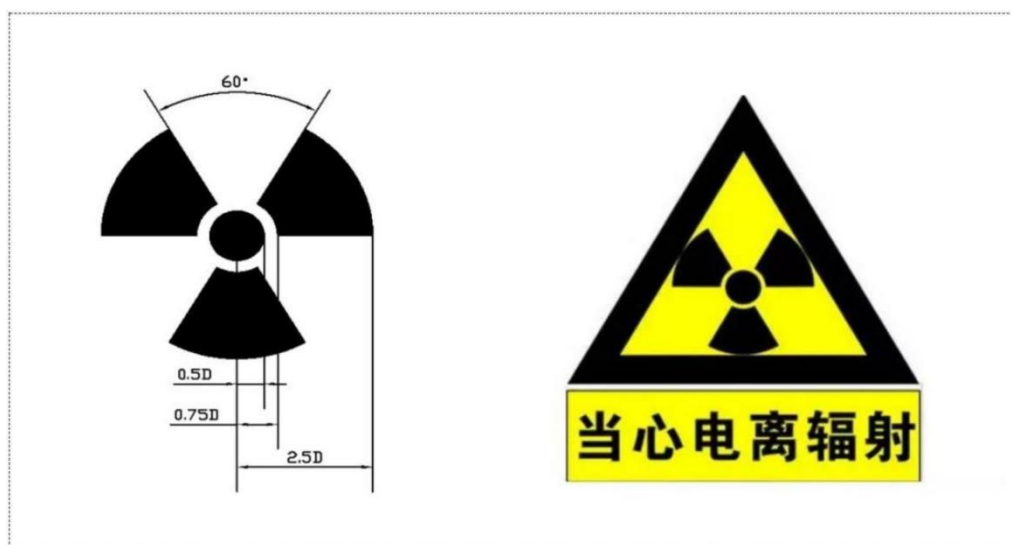


图 10-4 电离辐射标志和电离辐射警示标志

#### (4) 监测设备

个人剂量监测仪：按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）要求，从事 DSA 介入治疗的辐射工作人员（包括技师和医生、助手）配备个人剂

量计，手术室内辐射工作人员 2 个/人、1 内 1 外。要求在岗期间必须正确佩戴个人剂量计。

辐射监测设备：医院拟购买 1 台便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪。

(5) 对讲装置

对讲系统：介入手术室和控制室内拟设 1 套扩音与对讲装置，便于控制室的工作人员与机房内的工作人员、患者联系。

(6) 通风设施

本项目 DSA 治疗室为手术室，医院为满足手术室内无菌环境要求，不设排风口，内部加装空调及紫外线消毒设备，保证治疗室内空气质量。

**10.2.4 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**

射线装置类型	标准防护要求	本项目方案	符合性
DSA	每台 X 射线机应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。单管头 X 射线机机房面积应不小于 20m <sup>2</sup> ，单边长度不小于 3.5m。	本项目 DSA 为独立机房，机房使用面积为 48.04m <sup>2</sup> ，最小单边长度为 6.16 米。	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患者和受检者的状态。	DSA 机房与控制室之间设置铅玻璃观察窗，且观察窗位于墙面中间位置，便于观察。	符合
	介入 X 射线设备机房：有用线束方向铅当量 2mm，非有用线束方向铅当量 2mm。	通过设计方案可知，DSA 墙体的铅当量不少于 3mmpb/125kV，防护门铅当量均为 3mmpb/125kV，观察窗铅当量为 3 mmpb/125kV。	符合
	在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，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于 2.5 $\mu$ Sv/h。	通过理论估算，DSA 在正常使用条件下，机房周边关注点辐射剂量率均与未开机时环境本底水平相当。	符合

	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；机房应设置动力排风装置，保持良好的通风。	通过设计方案可知，DSA有用线束未直接照射门和管线口位置，机房内设置通风装置。通风装置主要功能为将 X 射线出束时产生微量的臭氧等有害气体。	符合
	机房门外应有电离辐射标志；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。	本项目在机房大门外设置电离辐射警告标志，拟在手术室防护门外顶部设置工作状态指示灯，显示“工作中，射线有害，灯亮勿入”，以警示人员注意安全；并在机房大门旁醒目位置张贴放射防护注意事项；在机房外醒目位置设置公告栏。	符合
	机房门外应有电离辐射标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相同的门能有效联动。	DSA 机房门外预设置电离辐射警告标志和工作指示灯，机房门有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相同的门能有效联动。	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 DSA 机房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 DSA 机房按相关标准要求进行了设计，机房的辐射防护措施均符合相关规定要求，医院应严格按照设计方案进行建设。

本项目机房面积、最小边长、墙体等屏蔽能力、防护用品配备情况等均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

### 10.3 三废治理

医院 2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机应用项目中射线装置在运行时无其它废气、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。本项目所在机房采用新风系统进行送、排风，机房换气次数按照不少于 4 次/h 设计，机房室内产生的少量臭氧和氮氧化物通过送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）中对于机房排风要求。

**表 11 环境影响分析**

**11.1 建设、调试阶段对环境的影响**

医用诊断用 X 射线机只有在医疗诊断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，因此，在建设期这些医用诊断用 X 射线机对环境无辐射影响，亦无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

射线装置安装调试会产生 X 射线，但时间很短，辐射影响很小。安装调试由厂商进行，建设单位不得执行拆卸、安装设备。安装调试期间，应加强辐射防护管理，保证各屏蔽体屏蔽到位，在机房周围设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近，在人员离开机房并保证周围的视频监控正常运行情况下进行调试。安装调试结束后，项目建设阶段影响将随之消除。

**11.2 运行阶段对环境的影响**

在进行介入手术时，通常需要三部分人员合作完成，即临床手术医生、手术辅助人员（护士）、DSA 设备操作人员。三部分人员在完成手术过程中活动区域不同，所受照射剂量也不尽相同，临床手术医生、手术辅助人员（护士）位于手术室（机房）内，手术过程中暴露在曝光区域，会受到不同程度的照射。DSA 设备操作人员位于控制室，与手术室（机房）为隔室操作，基本不会受到额外照射。

依据建设单位提供资料，本项目运行后，医院使用该设备的有内科、外科、妇科、脑科等科室，DSA 配备的手术医生为 2 人，该手术室护士 2 人，技师 1 人。该 DSA 机房预计年手术量为 800 台。因此，使用该设备的辐射工作人员单人年手术量不超过 400 台。该数字减影血管造影 X 射线机主要有透视、采集（摄影）两种工作模式，每台手术出束时间：透视状态平均 10min、摄影状态最多 1min。

**11.2.1 机房辐射防护能力分析**

本项目血管造影机主束照向患者，根据《StructuralShielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节指出，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。

结合场所布局，选取手术室屏蔽体外 0.3m 处，各关注点距射线装置出束点距离详见表 11-1，各关注点分布示意图见图 11-1。

表11-1 本项目运行各关注点位

关注点	位置	与射线装置出束点距离 (m)	屏蔽设计	备注
1#	控制室操作位	3.54	铅玻璃 3mmPb	职业照射
2#		3.54	铅防护门 3mmPb	
3#	走廊	2.5	24cm 厚实心砖 (2.2mmPb) 加铺 3cm 硫酸钡防护材料 (1.8 mmPb), 总等效防护能力 4.0mmPb	公众照射
4#	饭厅	3.9	24cm 厚实心砖 (2.2mmPb) 加铺 3cm 硫酸钡防护材料 (1.8 mmPb), 总等效防护能力 4.0mmPb	
5#	室外	3.9	24cm 厚实心砖 (2.2mmPb) 加铺 3cm 硫酸钡防护材料 (1.8 mmPb), 总等效防护能力 4.0mmPb	
6#	机房正下方	2.4	12cm 厚混凝土 (1.2 mmPb) 加铺 3cm 硫酸钡防护材料 (1.8mmPb), 总等效防护能力 3.0mmPb	
7#	机房正上方	3.1		

注：不同屏蔽物质的铅当量转换以管电压 125kV(主束)X 射线辐射衰减的有关的拟合参数计。

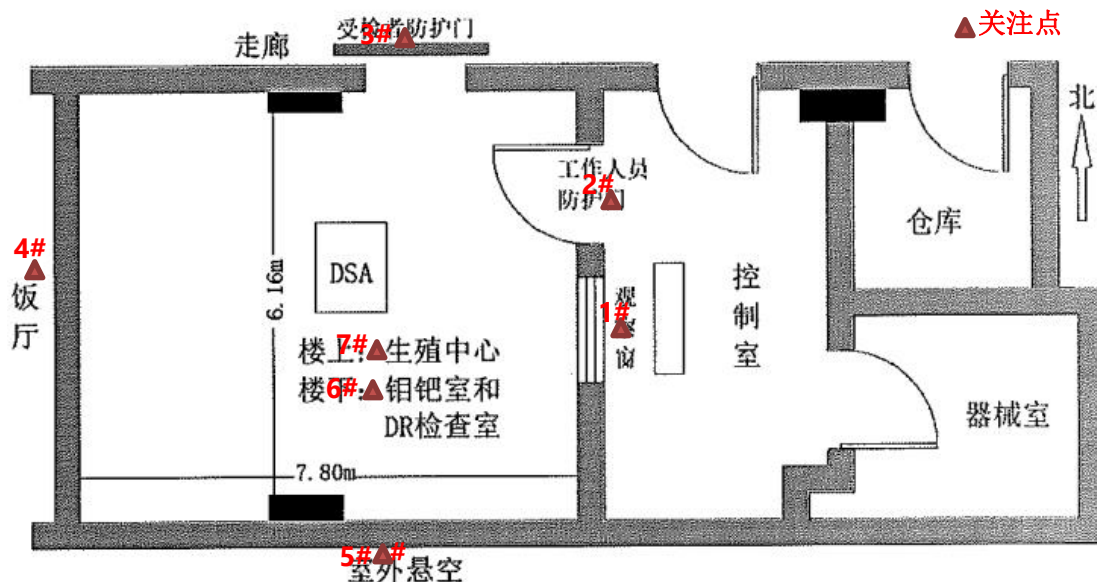


图11-1 平面关注点分布示意图

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，该 DSA 透视模式下管电压在 50~70kV 范围内、管电流在 5~60mA

范围内，采集模式下管电压在 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》(GBZ130-2020), 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 可知, 当球管工作参数为 (70kV、50mA) 时, 距靶 1m 处的输出量约为 0.05mGy/(mA·s) (9.0×10<sup>6</sup>μGy/h); 当球管工作参数为 (90kV、400mA) 时, 距靶 1m 处的输出量约为 0.09mGy/(mA·s) (1.15×10<sup>8</sup>μGy/h)。

(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》(GBZ 130-2020)附录 C 中给出的公式。

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

式中:

- $H_L$  ——关注点漏射剂量率, μGy/h;
- $f$  ——设备射线泄漏率, 0.1%;
- $H_0$  ——距焦点 1m 处剂量率, μGy/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;

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

式中:

- $B$  ——透射因子;
  - $X$  ——屏蔽材料铅当量厚度, mm;
  - $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  ——对不同的管电压 X 射线辐射衰减拟合参数 (取自 GB130-2020 附录 C)。
- 铅对辐射线辐射衰减的有关的三个拟合参数  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  取值见表 11-2。

表 11-2 铅对辐射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压 (kV)	铅		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
100(主束)	2.500	15.28	0.7557



100(散射)	2.507	15.33	0.9124
70	5.369	23.49	0.5881

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。

表 11-3 各关注点处泄漏辐射 X-γ辐射剂量率估算结果

工作模式	关注点	$H_0$	$f$	$d$	$X$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$H$
透视模式	1#	$9.0 \times 10^6$	0.001	3.54	3.5	5.369	23.49	0.5881	$2.84 \times 10^{-7}$
	2#	$9.0 \times 10^6$	0.001	3.54	3.5	5.369	23.49	0.5881	$2.84 \times 10^{-7}$
	3#	$9.0 \times 10^6$	0.001	2.5	4	5.369	23.49	0.5881	$3.89 \times 10^{-8}$
	4#	$9.0 \times 10^6$	0.001	3.9	4	5.369	23.49	0.5881	$1.60 \times 10^{-8}$
	5#	$9.0 \times 10^6$	0.001	3.9	4	5.369	23.49	0.5881	$1.60 \times 10^{-8}$
	6#	$9.0 \times 10^6$	0.001	2.4	4	5.369	23.49	0.5881	$4.22 \times 10^{-8}$
	7#	$9.0 \times 10^6$	0.001	3.1	4	5.369	23.49	0.5881	$2.53 \times 10^{-8}$
采集模式	1#	$1.15 \times 10^8$	0.001	3.54	3.5	2.507	15.33	0.9124	$1.65 \times 10^{-1}$
	2#	$1.15 \times 10^8$	0.001	3.54	3.5	2.507	15.33	0.9124	$1.65 \times 10^{-1}$
	3#	$1.15 \times 10^8$	0.001	2.5	4	2.507	15.33	0.9124	$9.46 \times 10^{-2}$
	4#	$1.15 \times 10^8$	0.001	3.9	4	2.507	15.33	0.9124	$3.89 \times 10^{-2}$
	5#	$1.15 \times 10^8$	0.001	3.9	4	2.507	15.33	0.9124	$3.89 \times 10^{-2}$
	6#	$1.15 \times 10^8$	0.001	2.4	4	2.507	15.33	0.9124	$1.03 \times 10^{-1}$
	7#	$1.15 \times 10^8$	0.001	3.1	4	2.507	15.33	0.9124	$6.15 \times 10^{-2}$

## (2) 散射辐射

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。

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

式中：

$H_s$  ——关注点散射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_0$  ——距焦点 1m 处剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$\delta$  ——患者对 X 射线的散射比（取自《辐射防护手册（第一分册）》）P437 表 10.1，此处射线散射与入射 X、 $\gamma$ 射线照射量之比值 a 为 0.0013（90°散射）， $\delta=a/400$ ；

$S$  ——散射面积，取典型值  $100\text{cm}^2$ ；

$d_0$ ——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 D 中给出的公式（C.1）计算；

$X$  ——铅屏蔽厚度，mm；

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ——针对不同管电压 X 射线辐射衰减拟合参数（取自 GB130-2020 附录 C）。

根据公式计算各关注点处散射辐射 X- $\gamma$ 辐射剂量率见表 11-4。

表 11-4 各关注点处散射辐射 X- $\gamma$ 辐射剂量率估算结果

工作模式	关注点	$H_0$	$\delta$	S	$d_0$	$d_s$	X	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$H_s$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
透视模式	1#	$9.0 \times 10^6$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	3.54	3.5	5.369	23.49	0.5881	$3.69 \times 10^{-7}$
	2#	$9.0 \times 10^6$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	3.54	3.5	5.369	23.49	0.5881	$3.69 \times 10^{-7}$
	3#	$9.0 \times 10^6$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	2.5	4	5.369	23.49	0.5881	$5.05 \times 10^{-8}$
	4#	$9.0 \times 10^6$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	3.9	4	5.369	23.49	0.5881	$2.08 \times 10^{-8}$
	5#	$9.0 \times 10^6$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	3.9	4	5.369	23.49	0.5881	$2.08 \times 10^{-8}$
	6#	$9.0 \times 10^6$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	2.4	4	5.369	23.49	0.5881	$5.48 \times 10^{-8}$
	7#	$9.0 \times 10^6$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	3.1	4	5.369	23.49	0.5881	$3.29 \times 10^{-8}$
采集模式	1#	$1.15 \times 10^8$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	3.54	3.5	2.507	15.33	0.9124	$2.15 \times 10^{-1}$
	2#	$1.15 \times 10^8$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	3.54	3.5	2.507	15.33	0.9124	$2.15 \times 10^{-1}$
	3#	$1.15 \times 10^8$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	2.5	4	2.507	15.33	0.9124	$1.23 \times 10^{-1}$
	4#	$1.15 \times 10^8$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	3.9	4	2.507	15.33	0.9124	$5.05 \times 10^{-2}$
	5#	$1.15 \times 10^8$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	3.9	4	2.507	15.33	0.9124	$5.05 \times 10^{-2}$
	6#	$1.15 \times 10^8$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	2.4	4	2.507	15.33	0.9124	$1.33 \times 10^{-1}$
	7#	$1.15 \times 10^8$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.5	3.1	4	2.507	15.33	0.9124	$8.00 \times 10^{-2}$

### （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

工作模式	关注点	位置	泄漏辐射剂量率 (μSv/h)	散射辐射剂量率 (μSv/h)	总附加剂量率 (μSv/h)
透视模式	1#	控制室操作位	2.84×10 <sup>-7</sup>	3.69×10 <sup>-7</sup>	6.53×10 <sup>-7</sup>
	2#	控制室操作位	2.84×10 <sup>-7</sup>	3.69×10 <sup>-7</sup>	6.53×10 <sup>-7</sup>
	3#	走廊	3.89×10 <sup>-8</sup>	5.05×10 <sup>-8</sup>	8.94×10 <sup>-8</sup>
	4#	饭厅	1.60×10 <sup>-8</sup>	2.08×10 <sup>-8</sup>	3.67×10 <sup>-8</sup>
	5#	室外	1.60×10 <sup>-8</sup>	2.08×10 <sup>-8</sup>	3.67×10 <sup>-8</sup>
	6#	机房正下方	4.22×10 <sup>-8</sup>	5.48×10 <sup>-8</sup>	9.70×10 <sup>-8</sup>
	7#	机房正上方	2.53×10 <sup>-8</sup>	3.29×10 <sup>-8</sup>	5.81×10 <sup>-8</sup>
采集模式	1#	控制室操作位	1.65×10 <sup>-1</sup>	2.15×10 <sup>-1</sup>	3.80×10 <sup>-1</sup>
	2#	控制室操作位	1.65×10 <sup>-1</sup>	2.15×10 <sup>-1</sup>	3.80×10 <sup>-1</sup>
	3#	走廊	9.46×10 <sup>-2</sup>	1.23×10 <sup>-1</sup>	2.18×10 <sup>-1</sup>
	4#	饭厅	3.89×10 <sup>-2</sup>	5.05×10 <sup>-2</sup>	8.94×10 <sup>-2</sup>
	5#	室外	3.89×10 <sup>-2</sup>	5.05×10 <sup>-2</sup>	8.94×10 <sup>-2</sup>
	6#	机房正下方	1.03×10 <sup>-1</sup>	1.33×10 <sup>-1</sup>	2.36×10 <sup>-1</sup>
	7#	机房正上方	6.15×10 <sup>-2</sup>	8.00×10 <sup>-2</sup>	1.41×10 <sup>-1</sup>

由表 11-5 可知，本项目在正常运行期间，透视模式下机房外各关注点处 X-γ 辐射剂量率在 (3.67×10<sup>-8</sup>~6.53×10<sup>-7</sup>) μSv/h 之间、采集模式下机房外各关注点处 X-γ 辐射剂量率在 (8.94×10<sup>-2</sup>~3.80×10<sup>-1</sup>) μSv/h 之间，满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中规定的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 2.5μSv/h 的限值要求。

此外，上述评价是基于保守假设进行的。实际运行时，DSA 工作场所周围的附加剂量率水平可以维持在正常本底水平。

### 11.2.2 机房周围人员辐射影响分析

#### (1) 估算模式

按照联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) --2000 年报告附录 A，X-γ 射线产生的外照射人均年当量剂量当量计算公式如下。

$$H_{E-r} = D_r \times t \times T \times 1 \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(公式 4)}$$

式中：

$H_{E-r}$  ——X-γ 射线外照射人均年剂量，mSv；

$D_r$  ——X- $\gamma$ 射线空气吸收剂量率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$t$  ——X- $\gamma$ 照射时间, h;

$T$  ——居留因子;

$l$  ——剂量换算系数, Sv/Gy。

### (2) 个人剂量估算结果分析

根据建设单位提供的信息, 本项目正常运行后, 预计每年最大工作量为 800 台手术, 每位手术医生每年手术量按 400 台计。因此, DSA 年最大出束时间透视 133.3 小时、采集 13.3 小时, 每位手术医生每年手术量 DSA 出束时间透视 66.7 小时、采集 6.67 小时。

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	透视模式		采集模式		居留因子 (T)	年有效剂量 (mSv/a)	照射类型
		附加剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	出束时间 (h)	附加剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	出束时间 (h)			
1#	控制室操作位	$6.53 \times 10^{-7}$	133.3	$8.35 \times 10^{-6}$	13.3	1	$1.98 \times 10^{-7}$	职业照射
2#	控制室操作位	$6.53 \times 10^{-7}$	133.3	$8.35 \times 10^{-6}$	13.3	1	$1.98 \times 10^{-7}$	
3#	走廊	$8.94 \times 10^{-8}$	133.3	$1.14 \times 10^{-6}$	13.3	1/4	$6.77 \times 10^{-9}$	公众照射
4#	饭厅	$3.67 \times 10^{-8}$	133.3	$4.69 \times 10^{-7}$	13.3	1/4	$2.78 \times 10^{-9}$	
5#	室外	$3.67 \times 10^{-8}$	133.3	$4.69 \times 10^{-7}$	13.3	1/4	$2.78 \times 10^{-9}$	
6#	机房正下方	$9.70 \times 10^{-8}$	133.3	$1.24 \times 10^{-6}$	13.3	1	$2.94 \times 10^{-8}$	
7#	机房正上方	$5.81 \times 10^{-8}$	133.3	$1.41 \times 10^{-1}$	13.3	1	$1.88 \times 10^{-8}$	

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  $1.98 \times 10^{-7} \text{mSv/a}$ , 远低于职业人员年剂量管理约束值 ( $5 \text{mSv}$ ) 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 ( $20 \text{mSv}$ ) 的要求; 公众年剂量最大为  $2.94 \times 10^{-8} \text{mSv/a}$ , 远低于公众成员年剂量管理约束值 ( $0.25 \text{mSv}$ ) 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 ( $1 \text{mSv}$ ) 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 手术室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：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \dots \dots \dots \text{（公式 5）}$$

式中：

$E$  ——有效剂量中的外照射分量，单位为毫希沃特（mSv）；

$\alpha$  ——系数，取 0.79；

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

$\beta$  ——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  $H_p(10)$ ，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

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。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。主刀医生及其助手仅在透视模式下在手术室内，采集模式为隔室操作。

### （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。

**表 11-7 主刀医生及其助手受照剂量分析**

预测点位置	工作模式	屏蔽铅当量	距离 (m)	泄露辐射剂量率 (μSv/h)	散射辐射剂量率 (μSv/h)	总附加剂量率 (μSv/h)	年照射时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
主刀医生位	透视 (铅衣内)	1	0.5	10.2	13.3	23.5	66.7	2.7418369
	透视 (铅衣外)	0.5	0.5	192	250	442		
助手位	透视 (铅衣内)	5.5	1.5	$3.43 \times 10^{-11}$	$4.46 \times 10^{-11}$	$7.89 \times 10^{-11}$	66.7	$8.09 \times 10^{-12}$
	透视 (铅衣外)	5.0	1.5	$5.03 \times 10^{-10}$	$6.54 \times 10^{-10}$	$1.16 \times 10^{-9}$		

根据表 11-7 剂量率结果可知第一术者为代表的一名手术医生因本项目运行受照剂量为 **2.74mSv**，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》（GB18871-2002）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

通过对医院的现场调查，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 11-8。

**表 11-8 使用射线装置单位申请领取许可证条件对比表**

标准要求	单位执行情况	符合情况
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。	医院已成立了辐射安全和放射防护管理领导小组，小组成员由院领导、各涉源、使用射线部门主任和成员组成。	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。	医院已安排现有辐射工作人员参加辐射安全和防护培训，取得合格证；医院拟安排新增辐射工作人员参加培训考核，逐步达到全员考核及格的要求。	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。	医院为本项目配备有足够数量的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等防护用品，并为每个辐射工作人员配备个人剂量计，计划购置购置便携式辐射监测仪一台。	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、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院制定的放射防护管理制度有：《放射安全事件应急预案和流程》、《DSA 操作规程》、《放射工作人员岗位职责》、《介入放射人员培训及考核制度》等制等。	符合
有完善的辐射事故应急措施。	医院制定了辐射事故应急预案。	符合

由表 11-7 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 事故影响分析

射线装置仅在运行时产生 X 射线，停机后射线就会消失，故只有在开机状态下，射

线装置产生的 X 射线才会贯穿屏蔽设施进入外环境，从而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，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。

#### 11.4.1 事故识别

- (1) 辐射工作人员违反放射操作规程或误操作，造成意外照射；
- (2) 操作时其他无关人员滞留介入机房内，受到照射；
- (3) 维修调试过程中，因维修人员误操作导致设备出束，可能发生误照射；
- (4) 维修调试过程中，虽关闭了设备高压，但未切断电源，由于暗电流而造成的误照射。
- (5) 警示标志不合理、门机联锁失效或射线报警器发生故障而使无关人员进入机房造成误照射。

#### 11.4.2 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) 定期认真地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) 定期检查门机联锁装置和门灯连锁装置，确保安全联锁装置正常运行；每月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，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

(6) 检修人员准备进入机房时，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，不得重新启动辐射源。

(8) 调试和维修时，应保证切断辐射源出束状态。

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

(10) 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。

### **11.4.3 辐射事故防范措施和应急预案**

#### **11.4.3.1 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和个人剂量报警仪。

(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。

#### **11.4.3.2 辐射事故应急预案**

##### **(1) 事故报告程序**

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 迅速报告**

发生事故的科室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区环保、公安、卫生等部门。

##### **② 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。

##### **③ 启动应急系统**

辐射事故应急指挥中心接到现场报告后，立即启动应急指挥系统，指挥其他各应急小组迅速赶赴现场，开展工作；后勤保障组同时进行物资准备。

##### **④ 现场报告**

根据现场情况，由本单位应急指挥中心将事故发生时间、地点、造成事故的及射线装置的名称、危害程度和范围等主要情况报告生态环境部门、卫生健康部门、公安部门等相关部门以及上级行政主管部门。

##### **⑤ 现场处置**

等待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小。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救治。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，广泛引起医院职工与公众的重视，最大限度降低危害。

#### ⑥查找事故原因

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，进行调查处理。将事故处理结果及时报上级卫生行政主管部门。

#### ⑦应急响应终止条件

#### ⑧警报解除

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环保部门、公安部门、卫生部门联系方式。

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**

为做好工作过程中的辐射安全与防护管理工作，防止辐射污染环境，保障公众的健康，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相应的规定，遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，建设单位需制定相应的辐射安全管理制度。

**12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构**

根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等有关法律法规及国家标准的要求，为了加强射线装置的安全和防护的监督管理，促进射线装置的安全应用，正确应对突发性辐射事故，确保事故发生后能快速有效地进行现场应急处理、处置，维护和保障工作人员和公众的生命安全和财产，右江民族医学院附属医院应将本项目纳入已成立的放射防护领导小组管理范围，小组全面负责辐射工作的管理和领导工作，统一领导、统一指挥。放射防护领导小组应明确主要职责，其主要职责是：

- (1) 贯彻执行国家辐射安全与环境保护各项法规相关文件精神；
- (2) 负责本院辐射安全与环境保护管理；
- (3) 组织制定本院辐射安全与环境保护管理办法，做好管理工作；
- (4) 组织人员参加辐射安全与环境保护培训和应急演练；
- (5) 安排从事射线装置工作的辐射工作人员参加环境保护系统组织的关于辐射安全和防护的培训和考核。
- (6) 检查辐射安全设施，开展辐射安全环保监测，对射线装置的安全与防护情况进行年度评估；
- (7) 实施辐射工作人员的健康体检，个人剂量监测；并做好相应资料的档案管理工作；
- (8) 定期向环保等主管部门报告辐射安全工作，接受环保监督、监测部门的检查指导。

**12.1.2 人员配备与职能**

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、使用活动的职业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。

本项目辐射工作人员应参加辐射安全防护培训并取得相应证书。

## 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、监测方案等）和放射事故应急预案（见附件6）。

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》、相应的《岗位职责》。

（2）要求组织所有新增的辐射工作人员参加有资质单位的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，并按每4年一次的要求进行复训，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重新办理辐射安全许可证，并更改副本内容。

## 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；对从事辐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

#### (1) 建设单位自检

建设单位需利用自备的辐射剂量检测仪对工作场所进行定期定制度监测，并建立档案。

#### (2) 年度监测

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。监测数据每年年底向当地生态环境主管部门上报备案。

#### (3) 监测要求

监测范围：射线装置 50m 范围内、人员活动位置处等。

监测项目：X- $\gamma$ 辐射剂量率。

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，包括下列内容：

(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，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。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。

医院应该制定《右江民族医学院附属医院放射科辐射事故应急处理预案》，规定组织机构、适用范围、事故管理、事故报告的程序、方式和内容、应急处理程序等。

医院本项目运行后，还应做好以下工作：

- (1) 医院每年应组织人员进行应急演练，并记录；
- (2) 医院应定期修改完善应急预案等相关规章制度。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

右江民族医学院附属医院 2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机应用项目建设内容为：安装使用 1 套数字减影血管造影 X 射线机以及建设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

右江民族医学院附属医院 2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机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，右江民族医学院附属医院 2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机应用项目符合《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

DSA 项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中第十三项“医药”中 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 DSA 机房为边界往外 50m 范围区域，南、西侧部分区域为居民楼，其余方位区域均属医院内部区域。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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于“源物质大量释放的源”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，符合相关标准要求。

#### **13.1.5 辐射环境影响现状评价**

本项目现状监测结果表明，拟建场址环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率的范围在广西本底的范围内，拟建项目辐射环境现状未见异常。

#### **13.1.6 辐射环境影响分析**

根据机房周围各关注点的辐射剂量率预测结果可知，若机房按照现有设计方案施工、并保障工程质量，则机房周围各关注点的辐射剂量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中规定的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的限值要求。

#### **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（ $5\text{mSv}$ ），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（ $0.25\text{mSv}$ ）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 综合性结论**

综上所述，右江民族医学院附属医院 2021 年新建数字减影血管造影 X 射线机应用项目，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 建议和承诺

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，定期进行熟练演习。
- (5) 落实辐射防护设施定期检查制度，如检查机房工作警示灯、辐射警示标记等。

医院承诺做好以下工作：

- (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) 按要求开展竣工环保自主验收。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：	
	公 章
经办人	年 月 日
审批意见：	
	公 章
经办人	年 月 日