

核技术利用建设项目

新建数字减影血管造影 X 射线机 (DSA) 应用
项目环境影响报告表
(报批稿)

柳州市柳江区人民医院

二〇二一年二月

广西北部湾环境影响评价有限公司

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	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.....	17
表 9 项目工程分析与源项.....	21
表 10 辐射安全与防护	24
表 11 环境影响分析.....	29
表 12 辐射安全管理.....	43
表 13 结论与建议	47
表 14 审批.....	50

附件:

附件 1 委托书

附件 2 备案证明

附件 3 现状监测报告

附件 4 辐射安全许可证

附件 5 辐射安全与环境保护管理领导小组

附件 6 应急预案

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新建数字减影血管造影 X 射线机 (DSA) 应用项目			
建设单位		柳州市柳江区人民医院			
法人代表	***	联系人	***	联系电话	***
注册地址		柳州市柳江区拉堡镇乐都路 335 号			
项目建设地点		柳州市柳江区拉堡镇乐都路 335 号			
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)	180
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>1.1 医院概述</p> <p>柳州市柳江区人民医院成立于 1956 年, 是柳江区唯一一所集医疗、预防、保健、科研、教学为一体的综合性二级甲等医院, 设立有柳江区急救中心、120 指挥中心, 是区域老百姓看病就医的主要场所, 其医疗服务覆盖人口约 50 万人, 床位编制数 499 张, 全院共有干部职工 856 人, 其中在编人员 378 人, 聘用人员为 478 人, 退休人员为 143 人, 具有高级专业技术职称 30 人, 中级职称 206 人。年服务门诊病人约 45 万人次, 服务住院病人 3.1 万人次, 住院手术近 5000 例。是临床疑难常见病、多发病以及急危重症病人的救治中心, 是柳州市柳江区医疗服务龙头。</p>					

2012年，医院列为第二批县级公立医院综合改革试点单位。医院不断深化改革，加快发展，积极进行资源整合和职业内部结构调整。此外，与广西壮族自治区人民医院、柳州市人民医院、柳州市工人医院结为协作医院和教学医院，其医疗服务能力不断提高。2016年8月医院与柳州市工人医院正式成立为医疗联合体。通过医改，医院将不断优化服务环境，突出学科建设，强化科学管理，提升综合服务实力，基本满足人民群众基本医疗、公共卫生服务需求，努力为“县域内就诊率提高到90%左右，基本实现大病不出区”的医改目标做出贡献。医院的医疗设备、技术水平、服务质量、医院管理、精神文明等，在本地区同级医院中名列前茅。柳江区人民医院环境幽雅、安静舒适，设施完善，始终是病人的最佳选择，以精湛的医术、高尚的医德和整体化的护理，竭诚为广大患者提供优质服务。

1.2 项目概况

为改善病人诊疗条件，提高医院服务水平，更多的挽救和改善危重患者的生命和生存质量，医院新建数字减影血管造影 X 射线机（DSA）应用项目，具体建设内容为：在门诊住院综合楼一楼介入室建设 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	类别	数量 (台)	型号	最高管电压 (kV)	最大输出电 流 (mA)	用途
1	DSA	II	1	UNIQ FD20C	125	1000	放射诊断

1.3 任务由来

医院因业务发展需要，新建数字减影血管造影 X 射线机（DSA）应用项目。因数字减影血管造影 X 射线机（DSA）应用项目运行时产生的 X 射线可能对周围环境造成辐射影响，依据《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》（2019年3月2日修订版）、《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）、《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，医院新建数字减影血管造影 X 射线机（DSA）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，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。

环评单位在现场调查和理论计算的基础上，按照国家有关建设项目辐射环境影响报告表的内容和格式，编制柳州市柳江区人民医院新建数字减影血管造影 X 射线机(DSA)应用项目辐射环境影响报告表。

1.4 项目地理位置及周边环境概况

柳州市柳江区人民医院位于柳州市柳江区拉堡镇乐都路 335 号，医院地理位置图见图 1-1。

本项目建设的 DSA 机房设置在门诊住院综合楼一楼介入室，该门诊住院综合楼位于医院北部。本项目 DSA 工作场所边界 50m 半径评价范围均在医院内，东侧为门诊住院综合楼 1 层其它业务用房，南侧为核酸采集登记室、3 号楼（放射科楼），西侧为停车场，北侧为 1#综合楼。本项目评价范围及项目四至图见图 1-2，周围环境实物图见 1-4~图 1-6。

本项目 DSA 机房东侧为设备房、缓冲间，南侧为绿化带，西侧为楼外道路，北侧为控制室、洗手区。机房上层为医技业务用房，下层为土层（未涉及地下停车场区域）。机房和控制室之间设置有控制室防护门和观察窗，机房和走廊之间设置有机房大门。DSA 机房所在区域楼层平面示意图见图 1-3。

1.5 原有核技术利用项目许可情况、存在的主要问题

柳州市柳江区人民医院取得了辐射安全许可证（证号：桂环辐证[B6029]），许可范围为使用 III 类射线装置，现使用射线装置共 7 台，辐射安全许可证见附件 4。

在历年运行过程中，医院在辐射安全管理方面做了一下工作：

①医院建立《辐射防护和安全保卫制度》、《操作规程》、《射线装置使用登记制度》、《辐射事故报告制度》、《自行检查和年度评估制度》及《辐射事故应急预案》等制度，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的监督和管理。

③医院从事辐射工作的工作人员定期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，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近年来医院已委托有资质单位对医院辐射工作人员进行个人剂量监测，对核技术利用项目工作场所开展辐射环境监测，并按照有关规定每年向生态环境主管部门提交年度安全评估报告。

存在的主要问题：

(1) 医院持有的辐射安全许可证有效期截至 2020 年 10 月 22 日，现已过期。由于原许可证为市级主管部门颁发，而医院新增本 DSA 项目后，医院辐射安全许可证转由自治区生态环境厅颁发。医院计划待本项目环评批复后，及时向自治区生态环境厅申请办理辐射安全许可证。

(2) 医院目前尚有部分辐射工作人员未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。拟从事该 DSA 项目的辐射工作人员正在参加相关培训，考试合格后上岗。



图 1-1 柳州市柳江区人民医院地理位置图

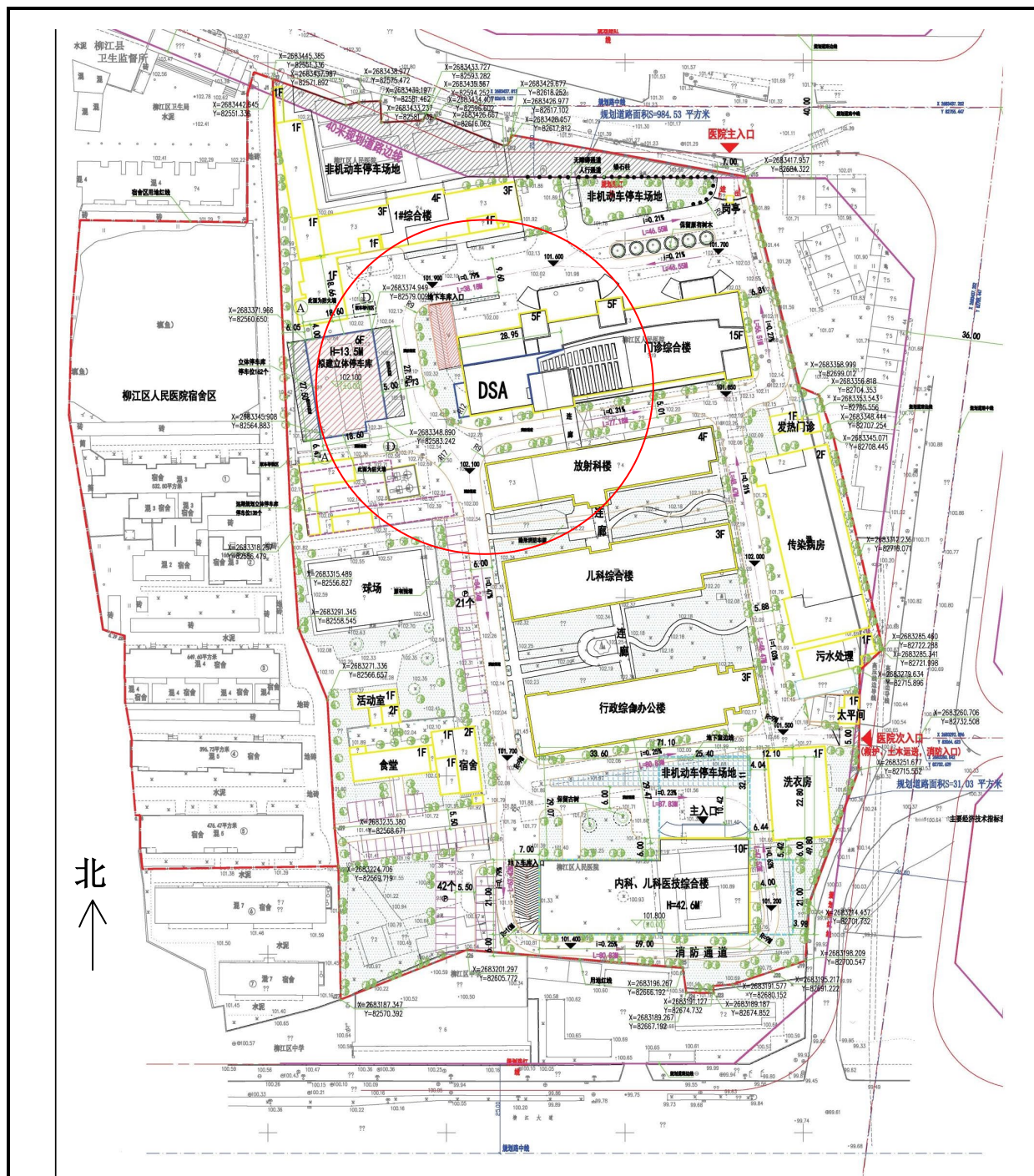


图 1-2 柳州市柳江区人民医院总平面图及项目四周图

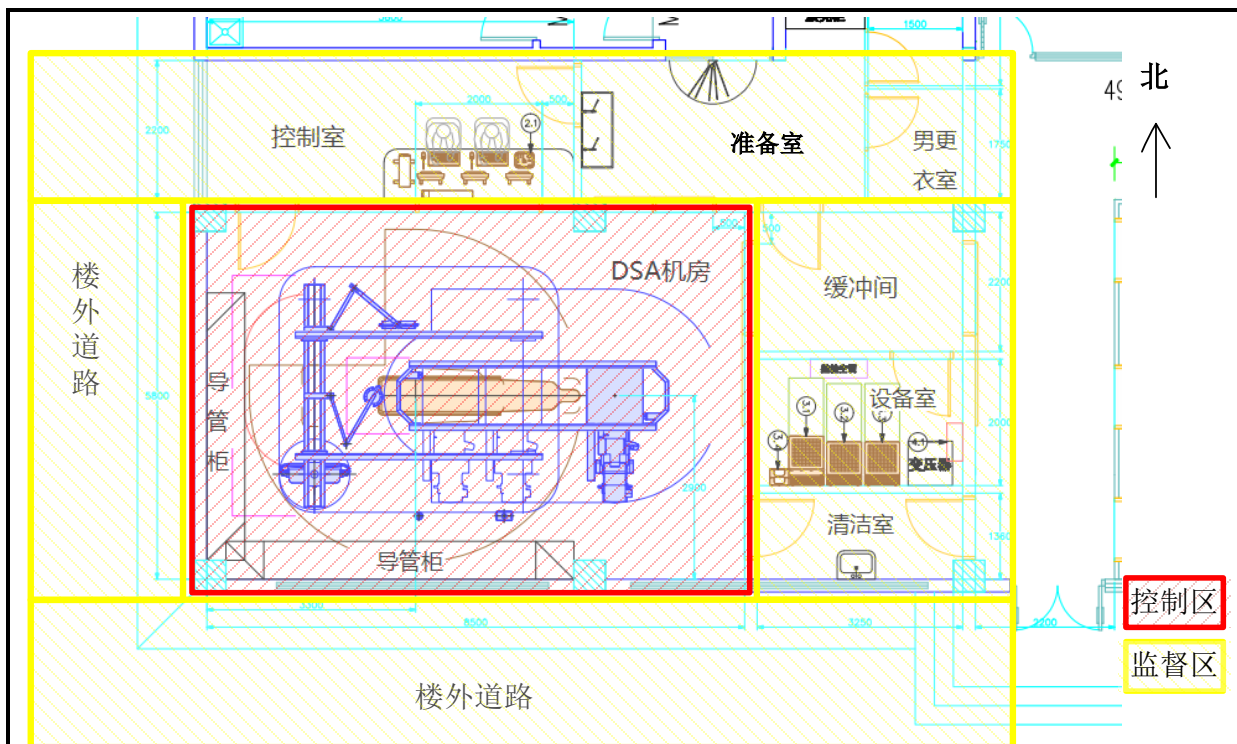


图 1-3 门诊住院综合楼一楼介入室所在区域平面布置图



图 1-4 项目建设场址南侧 3 号楼



图 1-5 项目建设场址西侧停车场



图 1-6 项目建设场址北侧道路及 1 号楼

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
无	/	/	/	/	/	/	/	/

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
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	1	UNIQ FD20C	飞利浦医疗系统 荷兰有限公司	125	1000	放射诊断	门诊住院综合 楼一楼介入室

表 5 废弃物

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
无	/	/	/	/	/	/	/	/

注：本项目使用的是射线装置，项目运行不会产生放射性废弃物。

表 6 评价依据

法规文件	<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九号, 于 2014 年 4 月 24 日修订, 自 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》, 自 2003 年 9 月 1 日起施行, 根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第六号, 2003 年发布, 2003 年 10 月 1 日起施行);</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》, 1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令第 253 号发布; 根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订, 2017 年 10 月 1 日起施行;</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令, 于 2005 年 9 月 14 日公布, 自 2005 年 12 月 1 日起施行; 国务院于 2014 年 7 月 29 日发布《国务院关于修改部分行政法规的决定》(国令第 653 号)对本条例部分条款进行了修改; 国务院于 2019 年 3 月 18 日发布《国务院关于修改部分行政法规的决定》(国令第 709 号)对本条例部分条款进行了修改);</p> <p>(6) 《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, 于 2021 年 1 月 4 日经《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》(生态环境部令第 20 号)对本条例部分条款进行了修改);</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令部令第 18 号, 2011 年发布, 2011 年 5 月 1 日起施行)。</p> <p>(8) 《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>(9) 《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>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) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；</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》（GBZ 130-2020）。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 委托书，见附件 1；</p> <p>(2) 备案证明，见附件 2；</p> <p>(3) 现状监测报告，见附件 3；</p> <p>(4) 辐射安全许可证，见附件 4；</p> <p>(5) 辐射安全与环境保护管理领导小组，见附件 5；</p> <p>(6) 辐射事故应急预案，见附件 6；</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（使用 II 类射线装置），同时结合《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，确定本项目的评价范围为 DSA 机房周围 50m 内区域。

7.2 保护目标

环境保护目标主要为该医院从事放射诊断的工作人员、机房周围其他非辐射工作人员和公众成员，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	距离	规模	年有效剂量要求
职业 人员	DSA 介入手术操作 医生、护士	机房内或控制 室内	/	20 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	机房相邻控制 室内	/	2 人	
公众 成员	DSA 机房周边医疗 用房工作人员	机房各屏蔽墙 外，以及机房 上层	0~50m	流动 人口	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。
	路过机房周边公众	机房各屏蔽墙 外，以及机房 上层	0~50m	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、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。

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。

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

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

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、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 ^b （含 C 形臂）	20	3.5
^a 双管头或多 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。 ^b 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。 ^c 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5mA 的 X 射线设备。 ^d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。 ^e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。		

6.2 X 射线设备机房屏蔽

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

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 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 形臂 X 射线设备机房	2	2

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

6.2.4 距 X 射线设备表面 100cm 处的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h 时且 X 射线设备表面与机房墙体距离不小于 100cm 时，机房可不作专门屏蔽防护。

6.2.5 车载机房应有固定屏蔽，除顶部和底部外，屏蔽应满足表 3 中屏蔽防护铅当量厚度要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

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

6.3.2 机房的辐射屏蔽防护检测方法按第 8 章和附录 B 的要求。

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 机房出入口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 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 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）

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏、铅防护帘、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 环境质量和辐射现状

1、辐射环现状环境监测

医院新建数字减影血管造影X射线机（DSA）应用项目场址辐射环境质量现状水平采用现场监测的方法进行调查。

（1）监测目的

掌握该医院新建数字减影血管造影X射线机（DSA）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）监测内容

根据污染因子分析，评价单位委托广西壮族自治区辐射环境监督管理站对本项目拟用机房周围辐射剂量率现状水平进行监测，监测报告见附件3。

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率，监测频率：1次。

（3）监测点位

对项目机房场址，根据现场条件，合理布点，监测布点图见图8-1和图8-2。

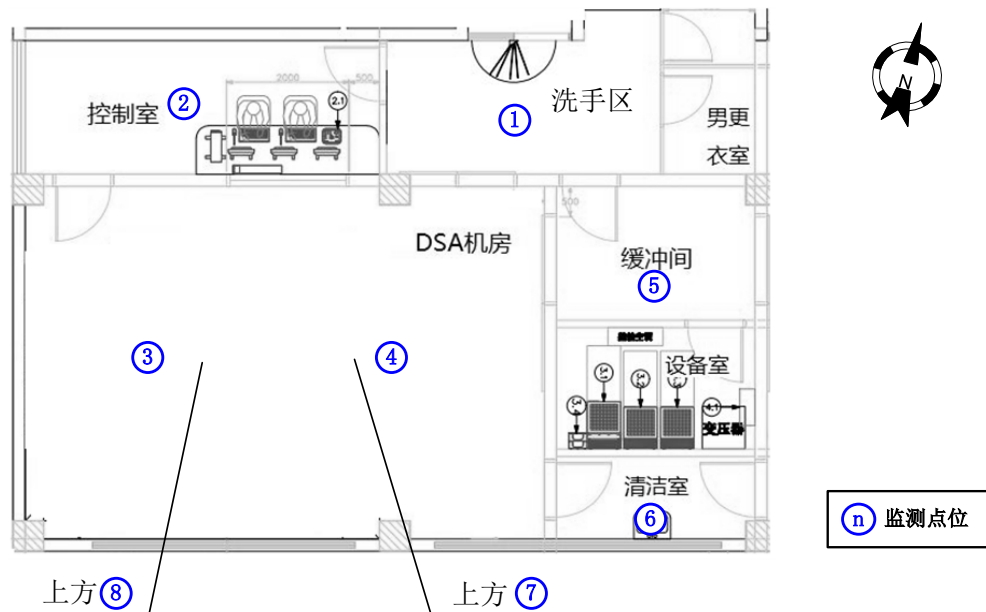


图8-1 医院DSA应用项目场所现状监测点位图（1）

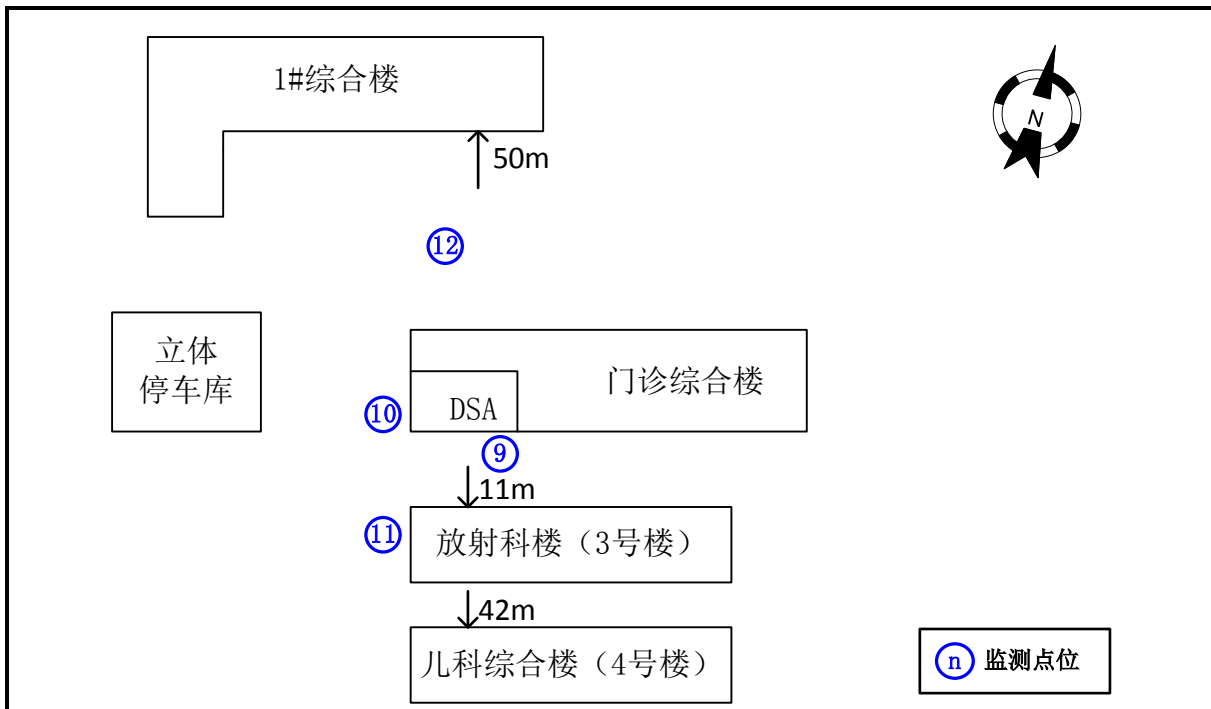


图8-2 医院DSA应用项目场所现状监测点位图（2）

（4）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	X-γ 辐射剂量率仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E-10
出厂编号	031562+11311
生产厂家	Thermo 公司
能量响应	40keV~4.4MeV
量 程	1nSv/h~100μSv/h
校准证书	校准证书编号：2020H21-10-2414432002（校准单位：上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心），发布日期：2020年04月03日。
监测依据	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）

（5）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。

(6) 监测结果

监测单位于 2021 年 1 月 20 日对该项目开展现状监测，监测结果见表 8-2。

表 8-2 DSA 项目拟建场所及周围环境现状 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果*

点位	点 位 描 述	γ 辐射空气吸收剂量率* (单位: nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
①	洗手区内	101	1.0	室内
②	控制室内	107	1.0	
③	机房内 1#	60	1.7	
④	机房内 2#	61	1.0	
⑤	缓冲间	104	1.2	
⑥	清洁室	113	2.0	
⑦	机房上方 (胃肠镜室 2)	114	1.0	
⑧	机房上方 (内镜清洗室)	100	1.2	

⑨	机房南侧绿化带	120	1.0	室外
⑩	机房西侧楼梯	63	1.3	
⑪	放射科楼西侧门口	62	0.7	
⑫	门诊住院综合楼北侧道路	62	1.2	
室内测值范围		60~114	/	/
室外测值范围		62~120	/	/

*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点位测值范围为60~114nGy/h，室外点位 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为62~120nGy/h。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 γ 辐射空气吸收剂量率范围为10.7~238.7nGy/h（已扣除宇宙射线），室内 γ 辐射剂量率范围为11.0~304.3nGy/h（已扣除宇宙射线）。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

1、设备组成

DSA 基本设备包括 X 线发生器、影像增强器、电视透视、高分辨力摄像管、模 / 数转换器、电子计算机和图像储存器等，DSA 基本结构见图 9-1。

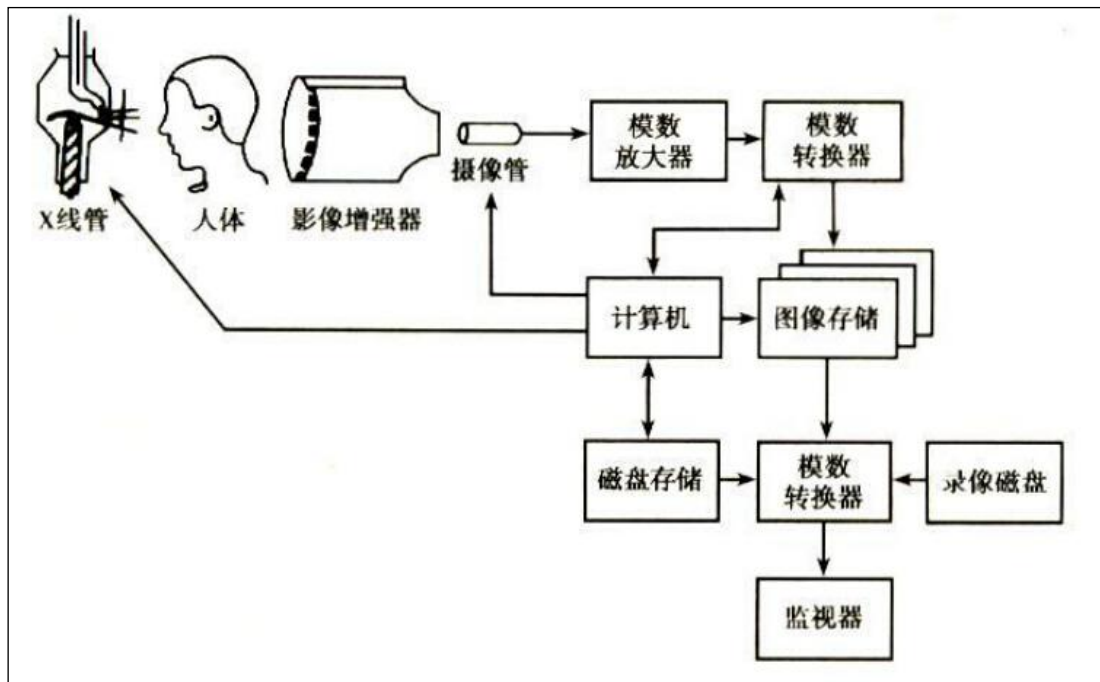


图 9-1 DSA 基本结构图

2、工作原理

DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得到一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来，且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示。由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全，节省胶片使造影价格低于常规造影。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。

3、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。本 DSA 项目具体流程见图 9-2。

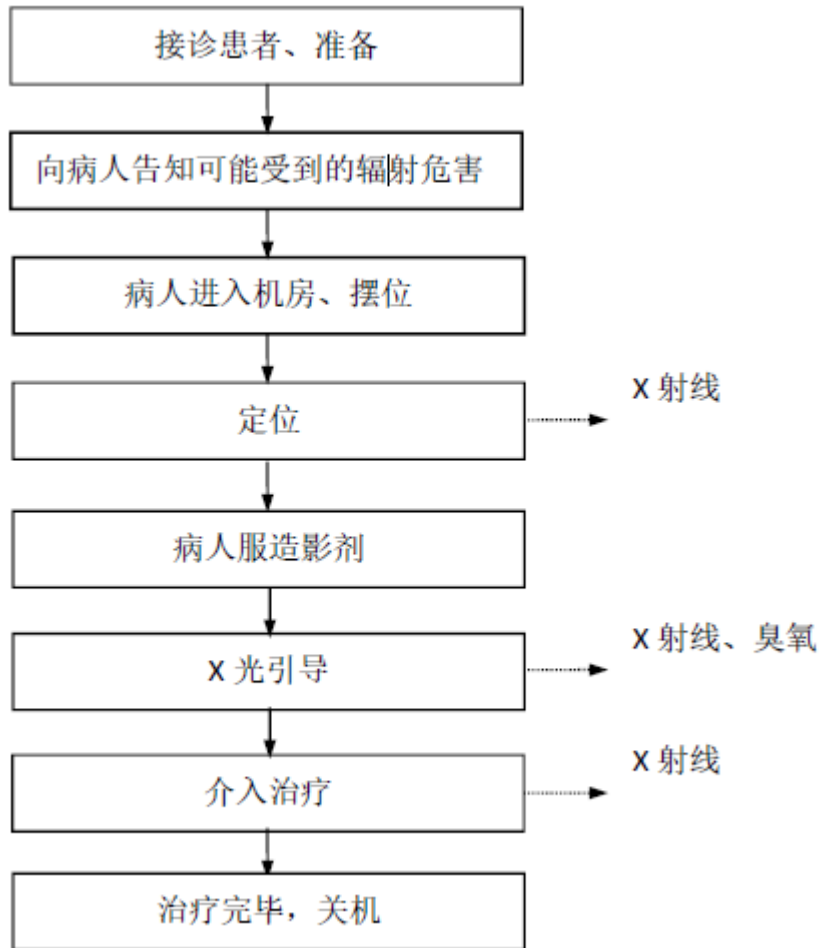


图 9-2 DSA 项目具体流程

4、工作人员配备情况

本项目涉及到心内科、神经内科、神经外科、外周内科等临床科室，每个科室配备的辐射工作人员均为 4 人左右。

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 800~1000 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 150 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 15min/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。

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 机房设置在门诊住院综合楼一楼介入室，该门诊住院综合楼位于医院北部。本项目 DSA 工作场所边界 50m 半径评价范围均在医院内，东侧为门诊住院综合楼 1 层其它业务用房，南侧为核酸采集登记室、3 号楼（放射科楼），西侧为停车场，北侧为 1#综合楼。DSA 机房东侧为设备房、缓冲间，南侧为绿化带，西侧为楼外道路，北侧为控制室、洗手区。机房上层为医技业务用房，下层为土层（未涉及地下停车场区域）。

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 分区原则和区域划分情况

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 1-3 红色区域），将与 DSA 机房相关的控制室、缓冲间、清洁室及机房西侧墙外 1m、南侧墙外 1m 等机房墙外相邻区域分为监督区（见图 1-3 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。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。

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 1.65g/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 2.35g/cm^3 ）结构，机房内壁和顶棚均设有 4mm 铅当量的硫酸钡（密度不小于 3.2g/cm^3 ）防护材料。控制室与 DSA 机房为隔室操作，控制室设在机房的西侧。机房与控制室间的观察窗为 4mm 铅当量的防护铅玻璃观察窗。机房拟建 4 处均为 4mm 铅当量（125kV）的防护门。机房使用面积

49.3m²，机房内空长宽高分别为 8.5m×5.8m×2.9m。

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，其中铅防护服（0.5mmPb）、铅围裙（0.5mmPb）6套、铅围脖（0.5mmPb）10个、铅眼镜（0.5mmPb）5副、铅帽（0.5mmPb）10个，系统自带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）。

10.2 辐射安全措施

10.2.1 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 10-1。

表 10-1 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空间要求。单管头 X 射线设备（含 C 形臂）机房面积应不小于 20m ² ，单边长度不小于 3.5m。	本 DSA 项目为独立机房，机房使用面积约 49.3m ² ，最小单边长度为 5.8m。	符合
	机房应设有观察窗或摄像监控装置，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。	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 4mmpb/125kV，防护门窗铅当量均为 4mmpb/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 2.5μSv/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，本项目机房拟设置有动力通风装置，保持了良好的通风，机房布局合理，四周配套有不同的功能房间。	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	符合	

		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。	
	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。	本项目设有电动防护门和推拉式防护门，防护门均设置有自动开、闭门装置，机房大门外工作状态指示灯与机房门设置有联动装置。	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 10-1 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。

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，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，医院应为人员配备有个人防护用品（包括铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜等）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、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) 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；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：机房与控制室之间设置对讲系统，便于与手术室内工作人员或患者沟通。

(2) 视频监控系统：机房与控制室之间设有铅玻璃观察窗，并在机房内设置视频监控系统，便于观察患者和受检者状态。

(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) 安全连锁：机房防护门设有闭门装置，且工作状态指示灯与机房防护门能有效联动。

(5) 警示标志：设备处于工作状态时，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。

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。

(6) 通排风系统：机房设 1 套机械通排风系统。

(7) 设备控制台上仅有授权人专用的钥匙，只有经过授权的医务人员才能使用钥匙开关开启控制台。

(8) 每名工作人员至少配备 1 枚个人剂量计。

(9) 机房内需安装火灾自动报警装置，配备灭火器材，火灾报警装置与通风连锁。机房设置必要的应急照明设备和紧急出口标志。

本项目通过工作场所布局、分区；设备自身的辐射防护屏蔽设计；设备固有安全性、安全连锁装置、紧急制动开关、视频监控装置、安全警示标志、警示系统等辐射防护措施进行辐射安全防护，能够满足辐射防护需求。

三废的治理

医院新建数字减影血管造影 X 射线机 (DSA) 应用项目中射线装置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

1、建设阶段

医用诊断 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、关而产生和消失的，因此，在建设期，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。

2、调试阶段

在设备调试阶段，虽会产生射线，但调试时间很短，而且，此时机房屏蔽设施已建好，因此不会对调试人员及周围公众产生明显的辐射影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

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心内科、神经内科、神经外科、外周内科等科室，每个科室配备的手术医生均为4人左右，该手术室护士约4人，技师约2人。该DSA机房预计年手术量为800~1000台，其使用最多的是心内科，每年约500~600台手术。因此，使用该设备的辐射工作人员单人年手术量不超过150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：透视状态最多15min、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《Structural Shielding 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 本项目介入手术室外预测点位

关心点 位编号	位置	与射线装置出束 点距离（m）	屏蔽设计	备注
1#-1	控制室操作位	3.2	实心红砖 240mm+硫酸钡 4mmPb（共约 6mmPb）	职业 照射

1#-2		3.2	铅玻璃观察窗 4mmPb	公众照射
2#	控制室防护门外	5.0	铅防护门 4mmPb	
3#	机房西侧墙外	4.5	实心红砖 240mm+硫酸钡 4mmPb (共约 6mmPb)	
4#	机房南侧墙外	3.2	实心红砖 240mm+硫酸钡 4mmPb (共约 6mmPb)	
5#	清洁室	4.8	实心红砖 240mm+硫酸钡 4mmPb (共约 6mmPb)	
6#	设备室	4.5	实心红砖 240mm+硫酸钡 4mmPb (共约 6mmPb)	
7#	缓冲间	4.8	实心红砖 240mm+硫酸钡 4mmPb (共约 6mmPb)	
8#	准备室	3.5	实心红砖 240mm+硫酸钡 4mmPb (共约 6mmPb)	
9#	机房正上方	3.7	混凝土 120mm+硫酸钡 4mmPb (共约 5.5mmPb)	
10#	机房正下方	3.0	混凝土 120mm+硫酸钡 4mmPb (共约 5.5mmPb)	

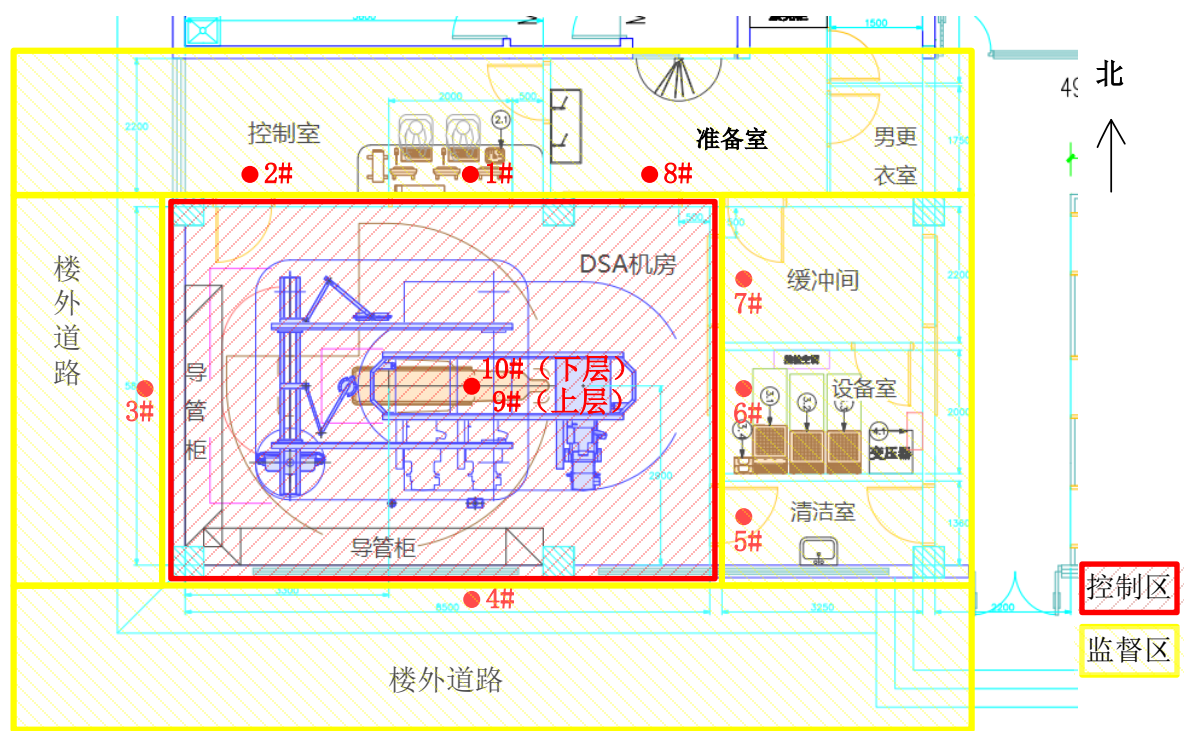


图 11-1 各关注点点位示意图

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、60mA)时,距靶 1m 处的输出量约为 0.05mGy/(mA·s) ($1.08 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$);当球管工作参数为(100kV、500mA)时,距靶 1m 处的输出量约为 0.09mGy/(mA·s) ($1.62 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$)。

(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, $\mu\text{Gy/h}$;

f ——设备射线泄漏率, 0.1%;

H_0 ——距焦点 1m 处剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

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;

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

式中:

B ——透射因子;

X ——屏蔽材料铅当量厚度, mm;

α 、 β 、 γ ——对不同管电压 X 射线辐射衰减拟合参数(取自 GB130-2020 附录 D)。

根据公式计算各关注点处泄漏辐射 X- γ 辐射剂量率见表 11-2。

表 11-2 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	α	β	γ	H_L
透视模式	1#-1	1.08E+07	0.001	3.2	6	5.369	23.49	0.5881	6.18E-13
	1#-2	1.08E+07	0.001	3.2	4	5.369	23.49	0.5881	2.85E-08
	2#	1.08E+07	0.001	5.0	4	5.369	23.49	0.5881	1.17E-08
	3#	1.08E+07	0.001	4.5	6	5.369	23.49	0.5881	3.12E-13
	4#	1.08E+07	0.001	3.2	6	5.369	23.49	0.5881	6.18E-13
	5#	1.08E+07	0.001	4.8	6	5.369	23.49	0.5881	2.75E-13
	6#	1.08E+07	0.001	4.5	6	5.369	23.49	0.5881	3.12E-13
	7#	1.08E+07	0.001	4.8	6	5.369	23.49	0.5881	2.75E-13
	8#	1.08E+07	0.001	3.5	6	5.369	23.49	0.5881	5.16E-13
	9#	1.08E+07	0.001	3.7	5.5	5.369	23.49	0.5881	6.77E-12
10#	1.08E+07	0.001	3.0	5.5	5.369	23.49	0.5881	1.03E-11	
采集模式	1#-1	1.62E+08	0.001	3.2	6	2.507	15.33	0.9124	5.40E-04
	1#-2	1.62E+08	0.001	3.2	4	2.507	15.33	0.9124	8.13E-02
	2#	1.62E+08	0.001	5.0	4	2.507	15.33	0.9124	3.33E-02
	3#	1.62E+08	0.001	4.5	6	2.507	15.33	0.9124	2.73E-04
	4#	1.62E+08	0.001	3.2	6	2.507	15.33	0.9124	5.40E-04
	5#	1.62E+08	0.001	4.8	6	2.507	15.33	0.9124	2.40E-04
	6#	1.62E+08	0.001	4.5	6	2.507	15.33	0.9124	2.73E-04
	7#	1.62E+08	0.001	4.8	6	2.507	15.33	0.9124	2.40E-04
	8#	1.62E+08	0.001	3.5	6	2.507	15.33	0.9124	4.52E-04
	9#	1.62E+08	0.001	3.7	5.5	2.507	15.33	0.9124	1.42E-03
10#	1.62E+08	0.001	3.0	5.5	2.507	15.33	0.9124	2.15E-03	

(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, $\mu\text{Gy/h}$;

δ ——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、 γ 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 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 D 中给出的公式即公式 2 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 GB130-2020 附录 D)。

根据公式计算各关注点处散射辐射 X- γ 辐射剂量率见表 11-3。

表 11-3 各关注点处散射辐射 X- γ 辐射剂量率估算结果

工作模式	关注点	H_0	δ	S	d_0	d_s	X	α	β	γ	H_s ($\mu\text{Sv/h}$)
透视模式	1#-1	1.08E+07	1.25×10^{-5}	100	0.5	3.2	6	5.369	23.49	0.5881	8.03E-13
	1#-2	1.08E+07	1.25×10^{-5}	100	0.5	3.2	4	5.369	23.49	0.5881	3.70E-08
	2#	1.08E+07	1.25×10^{-5}	100	0.5	5	4	5.369	23.49	0.5881	1.52E-08
	3#	1.08E+07	1.25×10^{-5}	100	0.5	4.5	6	5.369	23.49	0.5881	4.06E-13
	4#	1.08E+07	1.25×10^{-5}	100	0.5	3.2	6	5.369	23.49	0.5881	8.03E-13
	5#	1.08E+07	1.25×10^{-5}	100	0.5	4.8	6	5.369	23.49	0.5881	3.57E-13
	6#	1.08E+07	1.25×10^{-5}	100	0.5	4.5	6	5.369	23.49	0.5881	4.06E-13
	7#	1.08E+07	1.25×10^{-5}	100	0.5	4.8	6	5.369	23.49	0.5881	3.57E-13
	8#	1.08E+07	1.25×10^{-5}	100	0.5	3.5	6	5.369	23.49	0.5881	6.71E-13
	9#	1.08E+07	1.25×10^{-5}	100	0.5	3.7	5.5	5.369	23.49	0.5881	8.80E-12
10#	1.08E+07	1.25×10^{-5}	100	0.5	3	5.5	5.369	23.49	0.5881	1.34E-11	
采集模式	1#-1	1.62E+08	3.25×10^{-6}	100	0.5	3.2	6	2.507	15.33	0.9124	7.02E-04
	1#-2	1.62E+08	3.25×10^{-6}	100	0.5	3.2	4	2.507	15.33	0.9124	1.06E-01
	2#	1.62E+08	3.25×10^{-6}	100	0.5	5	4	2.507	15.33	0.9124	4.33E-02

3#	1.62E+08	3.25×10 ⁻⁶	100	0.5	4.5	6	2.507	15.33	0.9124	3.55E-04
4#	1.62E+08	3.25×10 ⁻⁶	100	0.5	3.2	6	2.507	15.33	0.9124	7.02E-04
5#	1.62E+08	3.25×10 ⁻⁶	100	0.5	4.8	6	2.507	15.33	0.9124	3.12E-04
6#	1.62E+08	3.25×10 ⁻⁶	100	0.5	4.5	6	2.507	15.33	0.9124	3.55E-04
7#	1.62E+08	3.25×10 ⁻⁶	100	0.5	4.8	6	2.507	15.33	0.9124	3.12E-04
8#	1.62E+08	3.25×10 ⁻⁶	100	0.5	3.5	6	2.507	15.33	0.9124	5.87E-04
9#	1.62E+08	3.25×10 ⁻⁶	100	0.5	3.7	5.5	2.507	15.33	0.9124	1.84E-03
10#	1.62E+08	3.25×10 ⁻⁶	100	0.5	3	5.5	2.507	15.33	0.9124	2.80E-03

(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 11-4 所示。

表 11-4 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#-1	控制室操作位	6.18E-13	3.09E-12	3.71E-12
	1#-2	控制室操作位	2.85E-08	1.42E-07	1.71E-07
	2#	控制室防护门外	1.17E-08	5.83E-08	6.99E-08
	3#	机房西侧墙外	3.12E-13	1.56E-12	1.87E-12
	4#	机房南侧墙外	6.18E-13	3.09E-12	3.71E-12
	5#	清洁室	2.75E-13	1.37E-12	1.65E-12
	6#	设备室	3.12E-13	1.56E-12	1.87E-12
	7#	缓冲间	2.75E-13	1.37E-12	1.65E-12
	8#	准备室	5.16E-13	2.58E-12	3.10E-12
	9#	机房正上方	6.77E-12	3.38E-11	4.06E-11
10#	机房正下方	1.03E-11	5.15E-11	6.18E-11	
采集模式	1#-1	控制室操作位	5.40E-04	7.02E-04	1.24E-03
	1#-2	控制室操作位	8.13E-02	1.06E-01	1.87E-01
	2#	控制室防护门外	3.33E-02	4.33E-02	7.66E-02
	3#	机房西侧墙外	2.73E-04	3.55E-04	6.28E-04
	4#	机房南侧墙外	5.40E-04	7.02E-04	1.24E-03
5#	清洁室	2.40E-04	3.12E-04	5.52E-04	

6#	设备室	2.73E-04	3.55E-04	6.28E-04
7#	缓冲间	2.40E-04	3.12E-04	5.52E-04
8#	准备室	4.52E-04	5.87E-04	1.04E-03
9#	机房正上方	1.42E-03	1.84E-03	3.26E-03
10#	机房正下方	2.15E-03	2.80E-03	4.95E-03

由表 11-4 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 (1.65E-12~1.71E-07) μGy/h 之间、采集模式下机房外各关注点处 X-γ 辐射剂量率在 (5.52E-03~1.87E-01) μGy/h 之间,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 2.5μSv/h 的要求。

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比估算值更小。

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-γ 射线空气吸收剂量率, μGy/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

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 1000 台手术,因此,DSA 年最大出束时间透视 250 小时、采集 16.7 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 11-5。

表 11-5 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	年有效剂量 (mSv/a)	照射类型
	附加剂量率 (μSv/h)	出束时间 (h)	附加剂量率 (μSv/h)	出束时间 (h)			
1#-1	3.71E-12	250	1.24E-03	16.7	1	2.07E-05	职业照射
1#-2	1.71E-07	250	1.87E-01	16.7	1	3.12E-03	
2#	6.99E-08	250	7.66E-02	16.7	1	1.28E-03	
3#	1.87E-12	250	6.28E-04	16.7	1/8	1.31E-06	公众照射
4#	3.71E-12	250	1.24E-03	16.7	1/8	2.59E-06	
5#	1.65E-12	250	5.52E-04	16.7	1/4	2.31E-06	
6#	1.87E-12	250	6.28E-04	16.7	1/4	2.62E-06	
7#	1.65E-12	250	5.52E-04	16.7	1	9.22E-06	
8#	3.10E-12	250	1.04E-03	16.7	1	1.73E-05	
9#	4.06E-11	250	3.26E-03	16.7	1	5.44E-05	
10#	6.18E-11	250	4.95E-03	16.7	1	8.27E-05	

由表 11-5 可知，项目运行后 DSA 控制室职业人员最大年剂量为 3.12E-03mSv/a，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；公众年剂量最大为 8.72E-05mSv/a，低于公众成员年有效剂量管理约束值（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 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：

$$E = \alpha H_u + \beta H_0 \dots\dots\dots \text{（公式 5）}$$

式中：

E ——有效剂量中的外照射分量，单位为毫希沃特（mSv）；

α ——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；

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 $H_p(10)$ ，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

(1) 关注点位及辐射防护措施

室内手术操作时，一般主刀医生操作位置距主射束轴线距离约 0.5m，手术助手位距主射束轴线距离约 2.5m 处。

床旁手术期间，医生和手术助手在手术室内操作时须穿铅衣、铅帽、铅眼镜等个人防护用品，这些个人防护用品的不少于 0.5mm 铅当量，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。

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。

(2) 1m 处的辐射剂量率

根据《辐射防护手册》（第三分册）图 3.1 可知，当管电压为 70kV 时距靶 1m 处的输出量约为 0.05mGy/(mA·s) ($1.08 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$)。

(3) 照射时间

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 1000 台手术，每名辐射工作人员使用该设备的年手术量不超过 150 台。从长远发展考虑，本次评价保守按照单人年手术量 450 台进行估算，即手术室内工作人员因受该 DSA 透视的影响时间为 75h/年。

3、预测结果

表 11-6 主刀医生及其助手受照剂量分析

预测点位置	屏蔽铅当量	距离 (m)	泄露辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年照射时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
主刀医生位 (铅衣内)	1	0.5	12.2	15.9	28.1	75	3.70
主刀医生位 (铅衣外)	0.5	0.5	231	300	531	75	
助手位 (铅衣内)	1	2.5	4.90E-01	6.37E-01	1.13	75	0.15
助手位	0.5	2.5	9.23E+00	1.20E+01	21.2	75	

(铅衣外)							
-------	--	--	--	--	--	--	--

由表 11-6 可知，项目运行后 DSA 机房内主刀医生受照剂量为 3.70mSv/a，助手医生受照剂量为 0.15mSv/a，均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 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，只有在开机状态下且运行的状态下，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，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、机房门机联锁失效等原因，使无关人员进入机房，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，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。

11.3.3 辐射事故防范措施和应急预案

11.3.3.1 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戴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。

11.3.3.2 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环境保护主管部门、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和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。

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，柳州市柳江区人民医院应将本项目纳入已成立的辐射防护与环境保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。辐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) 辐射工作人员定期开展健康体检，并持续进行个人剂量监测；做好相应资料的档案管理工作；
- (8) 定期向生态环境主管部门报告辐射安全工作，接受生态环境监督、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。根据环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第三章——人员安全和防护，使用 II 类射线装置的单位，其辐射工作人员应当接受由省级以上人民政府环境保护主管部门评估并推荐的辐射安全培训的单位组织的初级辐射安全培训。

根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发的《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》，新增加或原有培训合格证到期的辐射工作人员必须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，通过考核后凭考核合格后的成绩单上岗。

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。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

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，应首先向当地环境保护部门报告，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。

柳州市柳江区人民医院已制定了《柳州市柳江区人民医院辐射事故应急预案》，该预案包括了适用范围、组织机构、应急处置流程等内容。

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：医院在门诊住院综合楼一楼介入室建设1套数字减影血管造影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

医院新建数字减影血管造影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，医院新建数字减影血管造影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）》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 DSA 机房设置在门诊住院综合楼一楼介入室，该门诊住院综合楼位于医院北部。本项目 DSA 工作场所边界 50m 半径评价范围均在医院内，东侧为门诊住院综合楼 1 层其它业务用房，南侧为核酸采集登记室、3 号楼（放射科楼），西侧为停车场，北侧为 1#综合楼。

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。因此，本项目选址是合理可行的。

13.1.5 辐射环境影响现状评价

医院新建数字减影血管造影X射线机（DSA）应用项目机房场址周围环境的辐射水平未见异常。

13.1.6 项目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）的机房周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 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。

预计公众成员不会因为该DSA项目的运行而受到额外的照射剂量，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故，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，柳州市柳江区人民医院新建数字减影血管造影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，柳州市柳江区人民医院承诺：

- 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:		
		公 章
经办人		年 月 日
审批意见:		
		公 章
经办人		年 月 日