

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

（公示本）

扶绥县中医医院

二〇二二年三月

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	11
表 3 非密封放射性物质	11
表 4 射线装置	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标与评价标准	15
表 8 环境质量和辐射现状	19
表 9 项目工程分析与源项	24
表 10 辐射安全与防护	28
表 11 环境影响分析	37
表 12 辐射安全管理	53
表 13 结论与建议	56
表 14 审批	59

附件：

附件 1. 委托书

附件 2. 项目备案

附件 3. 辐射安全许可证

附件 4. 现状监测报告

附件 5. 部分个人剂量监测报告

附件 6. 放射事故应急预案

附件 7. 关于调整放射防护管理委员会、辐射安全防护小组、放射事故应急处理小组成员的通知

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		扶绥县中医医院				
法人代表		唐友明	联系人	/	联系电话	/
注册地址		崇左市扶绥县新宁镇空港大道 28 号				
项目建设地点		扶绥县中医医院门诊医技综合楼负一楼 DSA 机房				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		1116.05	项目环保投资 (万元)	51	投资比例 (环 保投资/总投 资)	4.6%
项目性质		■新建 □改建 □扩建 □其他			占地面积 (m ²)	/
应用 类型	放射源	□销售	□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类			
		□使用	□I类 (医疗使用) □II类 □III类 □IV类 □V类			
	非密封放 射性物质	□生产	□制备 PET 用放射性药物			
		□销售	/			
		□使用	□乙 □丙			
	射线装置	□生产	□II类 □III类			
		□销售	□II类 □III类			
		■使用	■II类 □III类			
	其他					

1.1 医院概述

2012 年, 经自治区卫生厅、发改委、崇左市扶绥县政府等部门批准, 扶绥县中医医院整体移交广西中医药大学附属瑞康医院并成立空港院区, 瑞康医院总部将空港院区与华东院区实行一体化, 同质化管理。扶绥县中医医院原地址在崇左市扶绥县新宁镇临江街 149 号, 现已搬到崇左市扶绥县新宁镇空港大道 28 号广西中医药大学附属瑞康医院空港院区。医院是一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复为一体的综合性二级甲等中医医院, 是职工医保、城乡医保定点医院, 是国家心血管病中心高血压专病医联体县级分中心、广西第一批中医药特色医养结合示范基地、广西中医类别助理全科医生培训基地、广西中医药文化宣传教育基地。

院区坐落于扶绥县新宁镇空港大道 28 号, 一期总占地面积 4 万平方米, 建筑面积约 8 万平方米, 开放床位 600 张, 已经投入使用。

医院拥有较雄厚的中西医专家阵容，目前在职职工 500 人，其中医学博士 3 人，硕士研究生 21 人，教授、主任医师 7 人，副教授、副主任医师 34 人，放射副主任医师 1 人，检验副主任技师 2 人，副主任护师 8 人。

医院配备 SuperMark 1.5T 超导磁共振成像系统、美国通用 GE Optima CT670 64 排 128 层螺旋 CT、美国通用 GE Optima IGS330 医用血管造影 x 射线机、迈瑞 R8 高端彩色多普勒超声诊断仪（四维彩超）、gy3200D1-G3 高压氧舱（20 人舱）等大型高精尖设备。

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，扶绥县中医医院新建 1 套数字减影血管造影 X 射线机（以下简称 DSA）项目，具体建设内容为：扶绥县中医医院在门诊医技综合楼负一楼 DSA 机房放置一台数字减影血管造影 X 射线机（DSA）及配套医疗设备、医务人员办公室等其他附属设施。该项目为使用 II 类射线装置项目。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	Optima IGS330	II	125	1000	新建	介入治疗	门诊医技综合楼负一楼 DSA 机房

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，扶绥县中医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，扶绥县中医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，编制扶绥县中医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 医院原有核技术应用项目概况

经核实，医院取得了由生态环境部门颁发的辐射安全许可证，证号为桂环辐证[F6017]，许可范围及内容为：使用Ⅲ类射线装置。有效期至 2023 年 4 月 2 日，许可射线装置 2 台设备。详见表 1-2。

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医院已建立《辐射安全防护小组》、《放射事故应急处理预案》、《放射防护管理委员会》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领导小组，明确了小组组成人员和相关职责，并加强了对射线装置与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及辐射工作场所辐射环境监测，并按照有关规定每年向生态环境主管部门提交辐射环境年度评估报告。

表 1-2 医院已许可射线装置列表

序号	设备名称	型号	工作场所	状态
1	医用 X 射线 CT 机	SOMATOM	放射科一楼 CT 室	在用
2	医用 X 射线 DR 机	NOVA-FA	放射科一楼 DR 室	在用

1.5 项目地理位置及周边环境概况

扶绥县中医医院位于崇左市扶绥县新宁镇空港大道 28 号，地理位置见图 1-1，总平面图及 50m 评价范围图见图 1-2。

（1）本项目所在建筑物外环境关系

本项目建设的 DSA 机房设置在门诊医技综合楼负一楼 DSA 机房，项目 50m 范围内主要涉及东侧路面停车场、南侧项目所在门诊医技综合楼及广场、西侧项目所在门诊医技综合楼、北侧项目所在门诊医技综合楼及电动车停车场。门诊医技综合楼位于医院北部，东侧为路面停车场，南侧为广场，北侧为电动车停车场。

（2）DSA 机房周围环境关系

本项目建的 DSA 的机房东侧为通道，南侧为设备间和污物间，西侧为控制室、洁净通道、男医生更衣室、女医生更衣室、换鞋间、洗手间、谈话间，西南侧为术后休息室、缓冲间、导管材料室，北侧为核磁共振等候室。DSA 机房正上层为药房，正下层为地下停车场，DSA 机房平面布置图见图 1-3。

（3）选址合理性分析

本项目以 DSA 机房为边界往外 50m 范围内主要涉及东侧路面停车场、南侧项目所在门诊医技综合楼及广场、西侧项目所在门诊医技综合楼、北侧项目所在门诊医技综合楼及电动车停车场。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，本项目选址合理可行。

（4）周边保护目标

本项目以 DSA 机房为边界往外 50m 范围内主要涉及东侧路面停车场、南侧项目所在门诊医技综合楼及广场、西侧项目所在门诊医技综合楼、北侧项目所在门诊医技综合楼及电动车停车场。详见图 1-2。本项目主要保护目标为项目辐射工作人员、评价范围内其他工作人员、评价范围内逗留或经过的公众成员等。

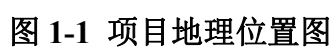




图 1-2 医院总平面及 50m 评价范围图

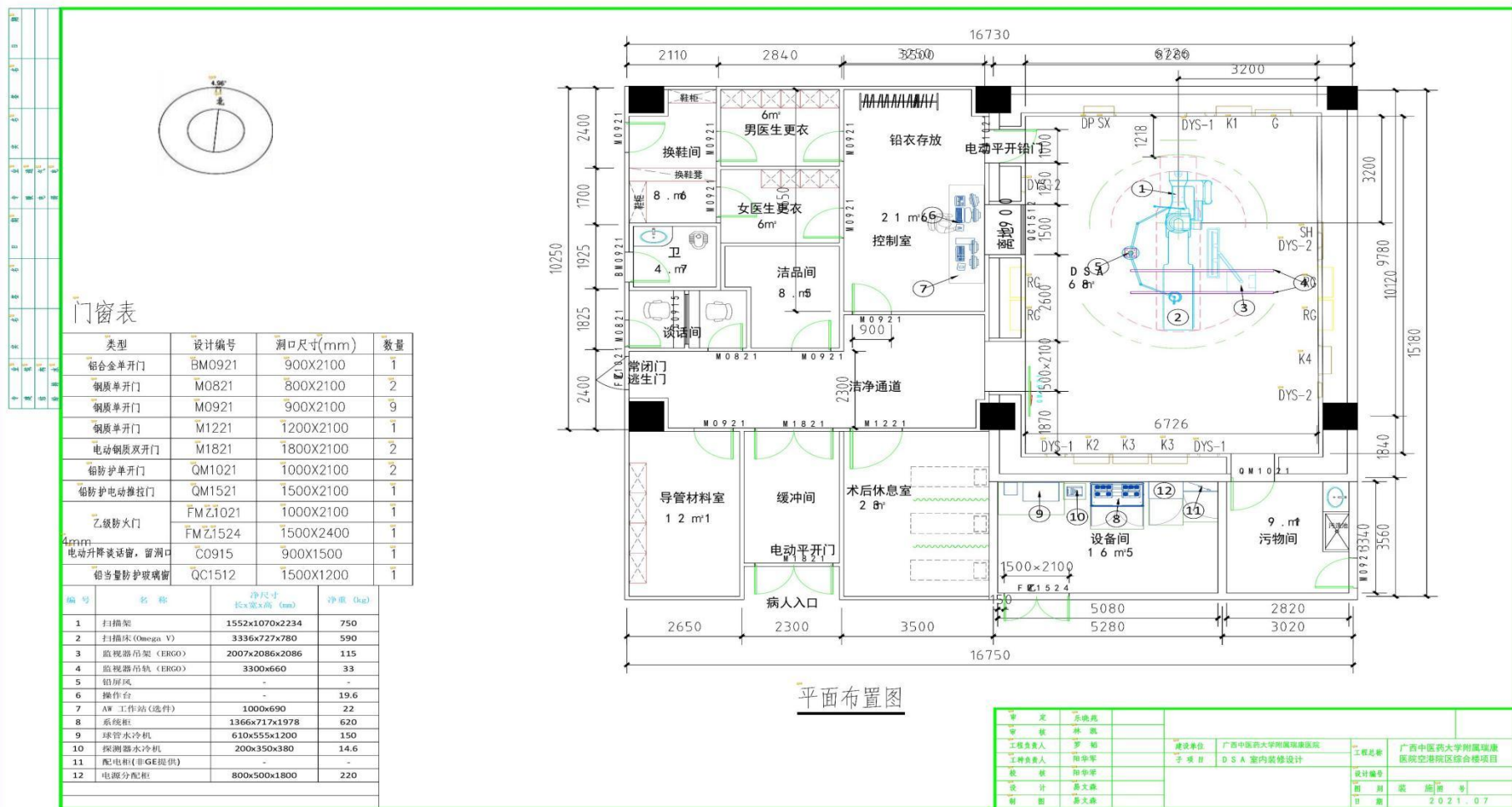


图 1-3 DSA 机房平面布置图



图 1-6 东面路面停车场



图 1-7 南面广场



图 1-8 西面门诊医技综合楼



图 1-9 北面电动车停车场



图 1-10 项目现状图

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	DSA	II类	1	Optima IGS330	HealthyImagination 通用电气（中国） 医疗集团	125	1000	介入治疗	门诊医技综合楼负一 楼 DSA 机房

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

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 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) 《关于印发辐射安全许可座谈会会议纪要的函》（国家环境保护总局办公厅 环办函[2006]629 号）；</p> <p>(8) 《建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度》（环发[2006]145 号）；</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>(10) 《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>(11) 《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>(12) 《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>(13) 《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>(14) 《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>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》(HJ 1157-2021);</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. 项目备案</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. 部分个人剂量监测报告</p> <p>附件 6. 放射事故应急预案</p> <p>附件 7. 关于调整放射防护管理委员会、辐射安全防护小组、放射事故应急处理小组成员的通知</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，并参考《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）对射线装置使用的辐射监测技术要求，确定本项目辐射环境影响评价的范围：以 DSA 机房实体屏蔽体边界向外扩展 50m 的区域作为评价范围，均在医院内部。具体见图 1-2。

7.2 保护目标

本项目的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。

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		相对方位	距离	规模	年有效剂量要求
职业工作人员	DSA介入手术操作医生、护士	机房内或控制室内	/	4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	/	1人	
公众成员	医技门诊综合楼患者、工作人员	同一栋楼	/	约200人	年有效剂量，1mSv；本项目取其四分之一即 0.25 mSv 作为管理约束值。
	评价范围内路过的患者、陪护、其他工作人员等公众成员	机房各屏蔽墙外，以及机房上下层	0~50m	流动人员	

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。

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：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理约束值。

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：

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。

（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》（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 ²	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备 ^b （含 C 型臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
^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。 ^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。		

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 机房出入门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、床边防护帝/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 环境质量和辐射现状

(1) 项目地理和场所位置

本项目监测期间项目地址位于崇左市扶绥县新宁镇空港大道东 20 号，相关部门现把该地址规划为崇左市扶绥县新宁镇空港大道 28 号。地理位置见图 1-1，本项目建设的 DSA 机房设置在门诊医技综合楼负一楼，DSA 机房平面布置图见图 1-3。

(2) 环境现状评价的对象

本项目环境现状评价的对象为新建 DSA 项目场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率现状水平。

(3) 监测因子

本项目环境现状监测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

(4) 监测目的

对新建辐射诊断设备使用地址进行背景监测，以掌握使用场址的辐射环境质量现状水平，为现状评价提供基础数据。根据污染因子分析，评价单位委托广西福卫安环保科技有限公司对本项目场址周围进行辐射剂量率水平监测。

(5) 监测点位

对项目机房场址，根据现场条件，合理布点，现状监测布点图见图 8-1、图 8-2。

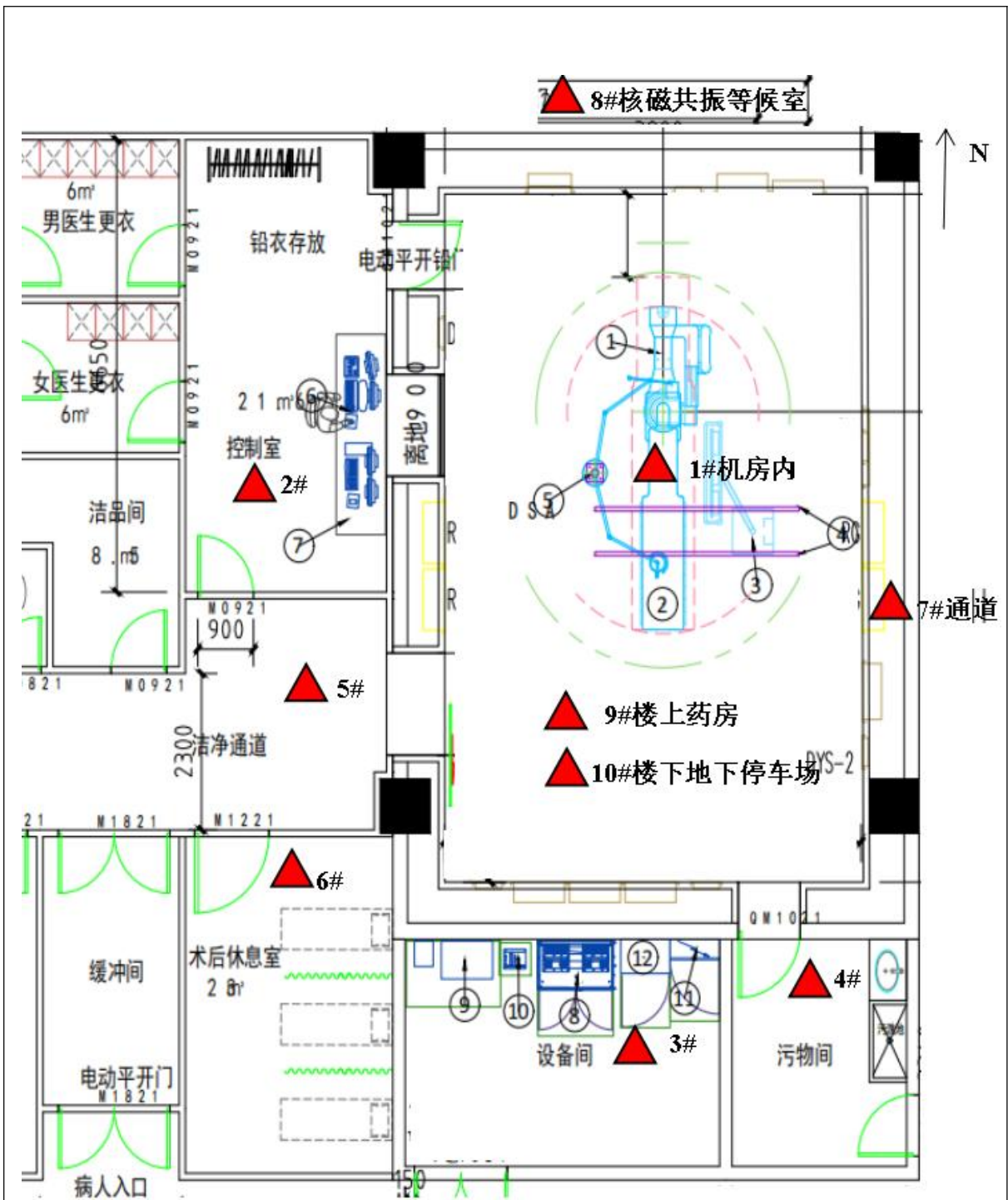


图 8-1 DSA 项目场所环境现状 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位图

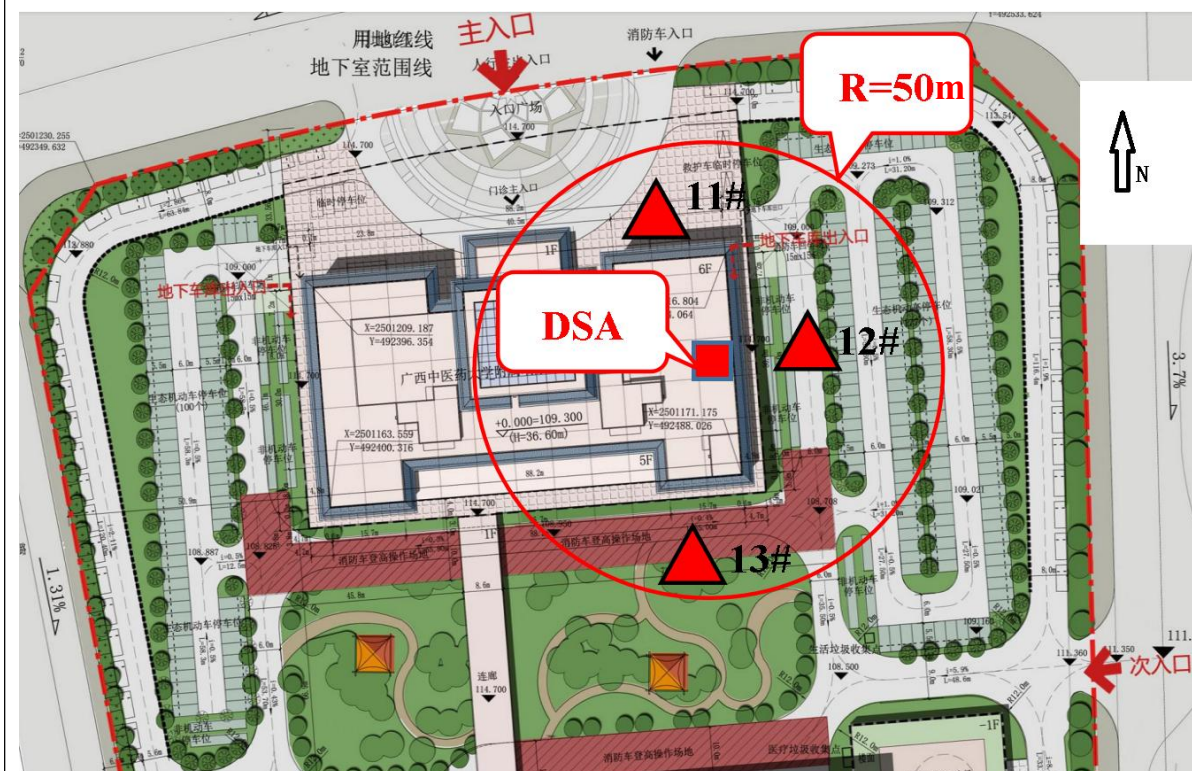


图 8-2 DSA 项目周围环境现状 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位图

(6) 监测仪器与规范

监测仪器的参数与规范见表 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	SCK-200 型多功能辐射监测仪
仪器编号	21001
生产厂家	Thermo 公司
能量响应范围	20keV \sim 7MeV
量程	1nSv/h \sim 100 μ Sv/h
校准证书	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
监测规范	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

(5) 质量保证措施

a、合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。

- b、监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证上岗。
- c、监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- d、每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- e、由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- f、监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

(6) 监测结果

项目建设场址辐射剂量率背景水平监测结果见表 8-2。

表 8-2 DSA 项目场所及周围环境现状 γ 辐射剂量率监测结果

监测点号	测量位置	γ 射线剂量率 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1#	DSA 机房	25	1.9	室内
2#	控制室	28	1.0	室内
3#	设备间	36	1.7	室内
4#	污物间	51	3.3	室内
5#	通 道	26	1.4	室内
6#	术后休息室	26	1.0	室内
7#	通 道	42	1.7	室内
8#	核磁共振等候室	43	2.9	室内
9#	楼上 (药 房)	31	3.7	室内
10#	楼下 (地下停车场)	19	2.1	室内
11#	电动车停车场	36	2.8	室外
12#	路面停车场	34	3.6	室外
13#	南面广场	28	1.6	室外
室内测量范围		19~51	/	/
室外测量范围		28~36	/	/

注：监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值（该仪器响应值为 10nGy/h），室内监测点位考虑屏蔽因子为 0.8，室外监测点位考虑屏蔽因子为 1。

由表 8-2 的监测结果可知，项目建设场址室内辐射剂量率监测结果值范围为 19~51nGy/h 之间，室外辐射剂量率监测结果值为 28~36nGy/h，根据《中国环境天然放射性水平》可知，广西壮族自治区室内 γ 辐射剂量率范围在 11.0~304.3nGy/h（扣除宇宙射线响应值）内，原野 γ 辐射剂量率在 10.7~238.7 Gy/h（扣除宇宙射线响应值）范围内，本项目场所现状环境监测结果在广西天然放射性水平范围内，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

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。

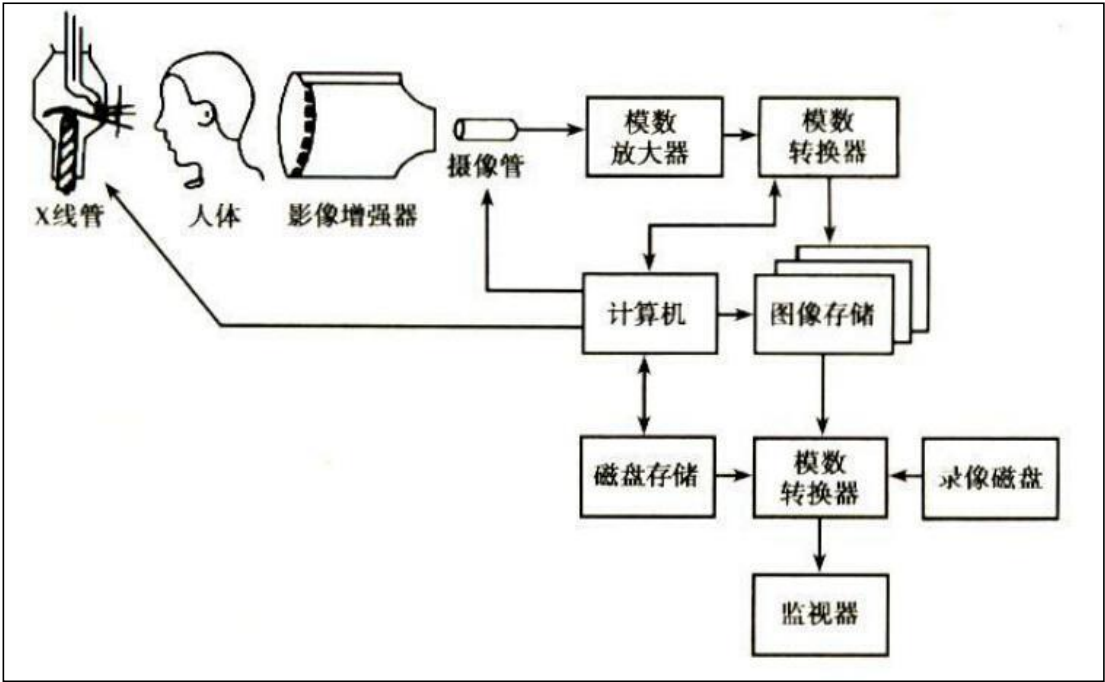


图 9-1 DSA 基本结构图

9.1.2 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。

9.1.3 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。

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）。本 DSA 项目具体流程见图 9-2。

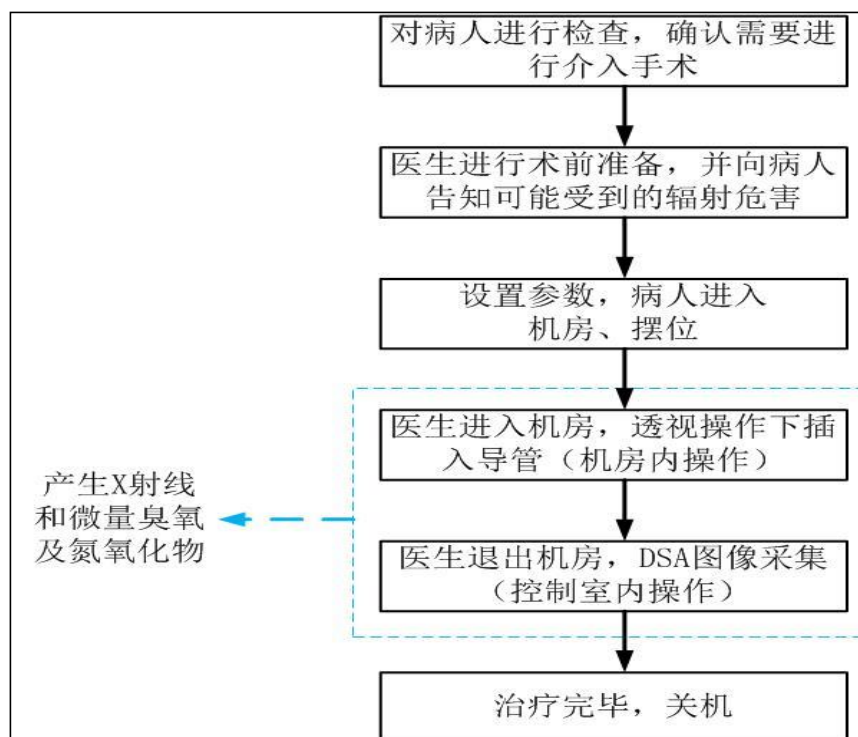


图 9-2 DSA 项目具体流程

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 500 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 500 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和散射产生的 X 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，当球管工作参数为（70kV、60mA）时，距靶 1m 处的输出量约为 $0.05\text{mGy}/(\text{mA}\cdot\text{s})=0.05\times 60\times 3600\times 1000=1.08\times 10^7\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；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。

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（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。

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 机房设置在门诊医技综合楼负一楼。本项目 DSA 机房东侧为通道，南侧为设备间和污物间，西侧为控制室、洁净通道、男医生更衣室、女医生更衣室、换鞋间、洗手间、谈话间，西南侧为术后休息室、缓冲间、导管材料室，北侧为核磁共振等候室。DSA 机房正上层为药房，正下层为地下停车场。本项目 DSA 机房和控制室之间设置有防护铅玻璃窗及铅防护门。

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，将本项目区域划分为控制区和监督区。将 DSA 机房划为控制区（图 10-1 中红色区域），在机房门口处设立醒目的、符合 GB18871-2002 附录 F（标准的附录）规定的警告标志，禁止无关人员进入；将核磁共振等候室、控制室、洁净通道、术后休息室、设备间、污物间、通道 DSA 机房相邻区域划为监督区（图 10-1 中黄色区域），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。在洁净通道应划出监督区的边界和设立表明监督区的标牌。

10.1.3 项目机房采取辐射屏蔽措施

根据医院提供的设计资料，本项目机房墙体采用 24cm 实心砖结构（密度不小于 1.65g/cm^3 ）并设有 2cm 硫酸钡防护层（密度不小于 3.2g/cm^3 ），机房顶棚和地板采用 12cm 混凝土结构（密度不小于 2.35g/cm^3 ）并设有 2cm 硫酸钡防护层（密度不小于 3.2g/cm^3 ），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厚度为 3mmPb 的铅玻璃观察窗，机房内衬 3mmPb 铅防护门。机房使用面积 68.11m^2 ，机房内空长宽高分别为 $6.73\text{m}\times 10.12\text{m}\times 3.50\text{m}$ 。

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 3.4 转换（保守按照 150kV 对应的参数，即 10mm=硫酸钡 1mmPb，21mm=硫酸钡 2mmPb），实心砖、混凝土的等效铅当量依据 GBZ130-2020 表 C 转换，转换时电压均按 100kV 计。详见表 10-1。

表 10-1 医院 DSA 机房防护设施一览表

屏蔽体	采取的屏蔽措施	预计铅当量 (mmPb)	GBZ130-2020 标准要求	符合 情况
观察窗	3mmPb 铅玻璃	3	有用线束方向 2mmPb，非有 用线束方向 2mmPb。	符合
三个防护门	内衬 3mmPb 铅板防护门	3		符合
四侧墙体	24cm 厚实心砖+2cm 硫酸钡	4		符合
天棚和地板	12cm 厚混凝土+2cm 硫酸钡	3.5		符合

防护门上方设有“当心电离辐射”警示标志，以防人员误入。候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

机房配备个人防护用品，其中铅防护衣 6 套（0.5mmPb）、铅围裙 6 件（0.5mmPb）、防护铅帽 6 顶（0.5mmPb）、防护围领 6 条（0.5mmPb）、铅防护眼镜 6 副（0.5mmPb）。DSA 设备自带 0.5mmPb 悬挂防护屏和床侧防护帘。

本项目机房防护设计平面示意图见图 10-2，机房防护设计立面示意图见图 10-3。

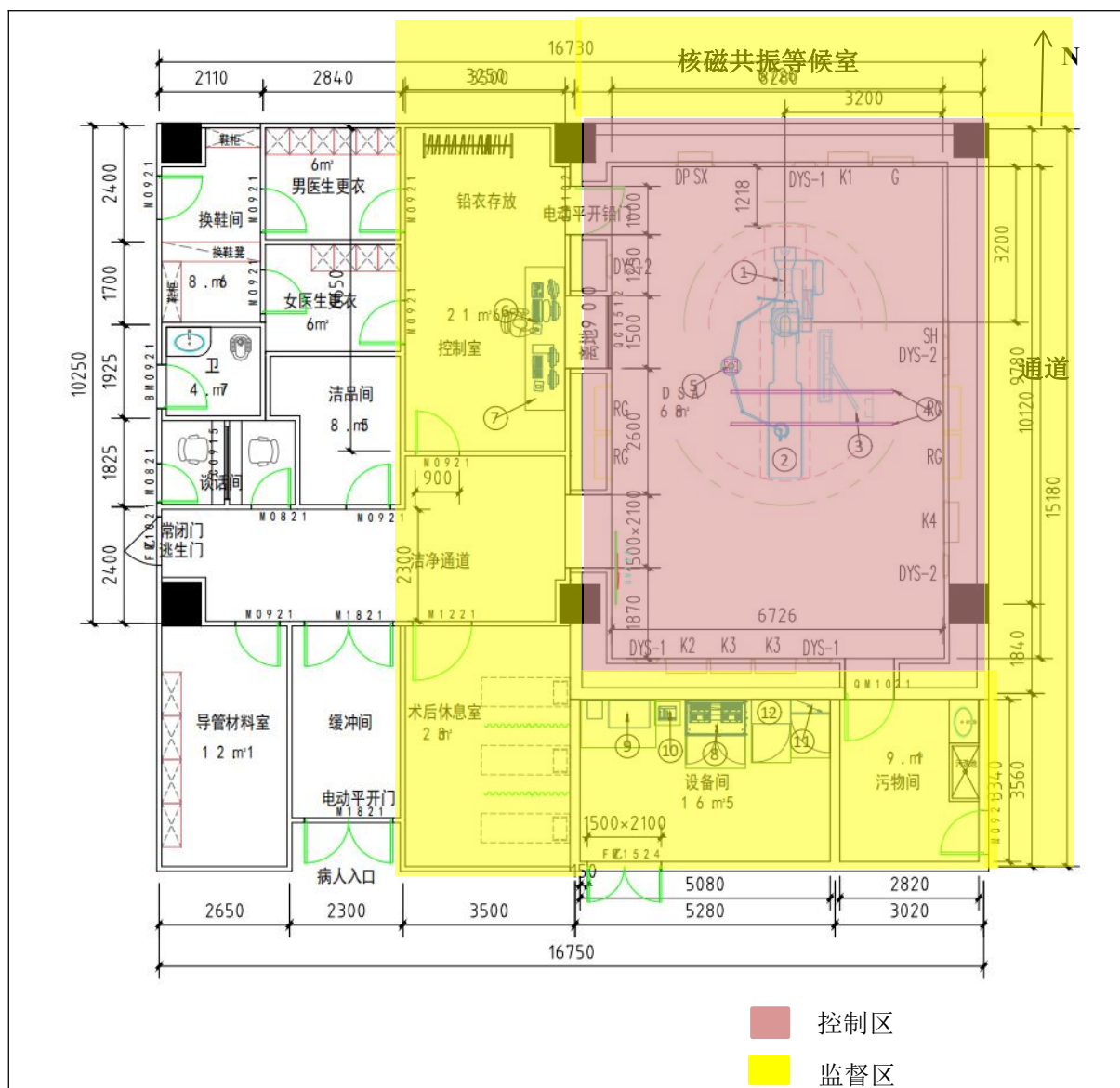


图 10-1 分区管理示意图

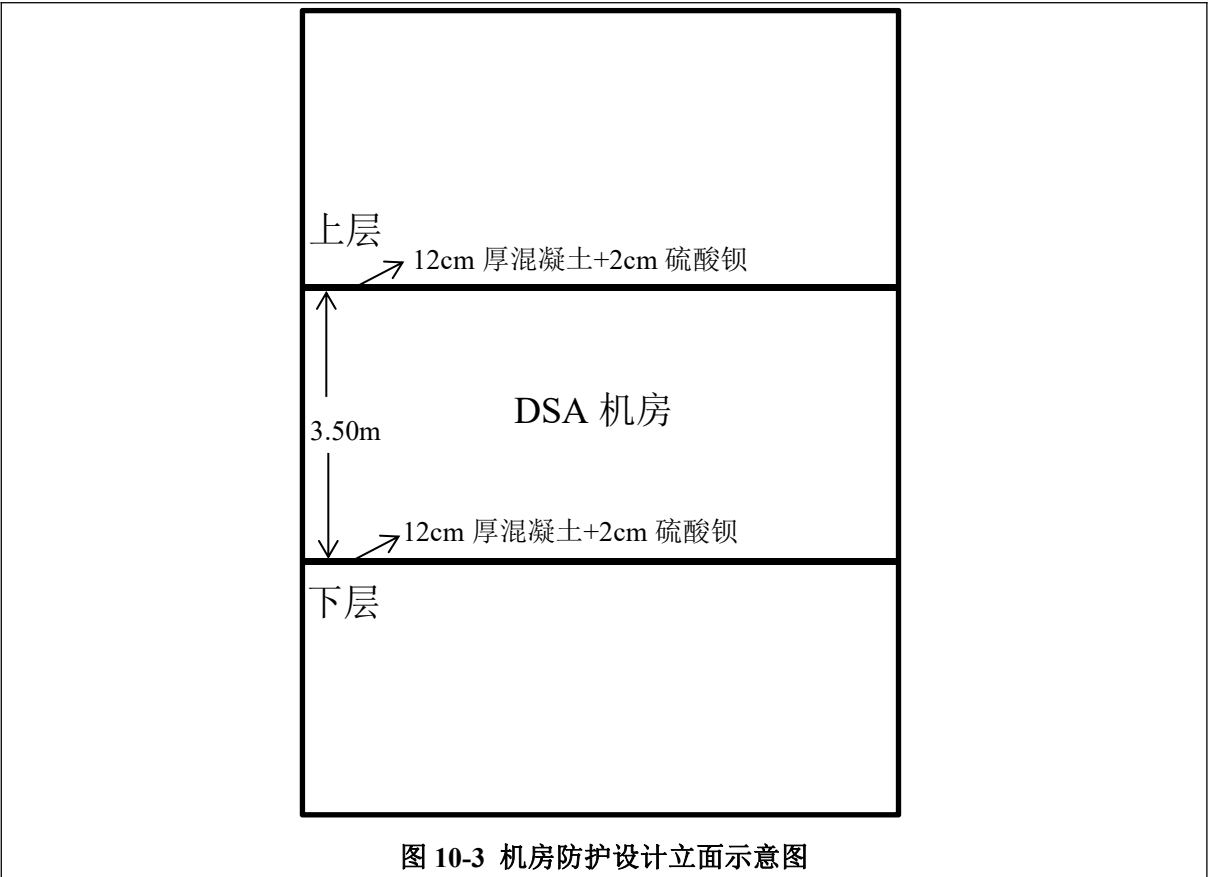


图 10-3 机房防护设计立面示意图

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 10-2。

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 ² ，单边长度不小于 3.5m。	本项目 DSA 为独立机房，机房使用面积约为 68.11m ² ，最小单边长度为 6.73m。	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 四侧墙体及顶棚的铅当量不小于 2mmpb，防护门窗铅当量均为 3mmpb。	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, 摄片条件下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 在透视条件下, 机房周边关注点辐射剂量率均不大于 2.5μSv/h; 摄片条件下机房周边关注点辐射剂量率均不大于 25μSv/h。	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, 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
	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。	
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 10-2 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《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 的要求, 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（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）。

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）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两区划分管理，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) 设备配备紧急止动按钮（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) 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：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：机房内设置中央新风系统，能够有效保证机房内的通风换气。

(7) 设备控制台上有一仅供授权人专用的钥匙，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) 为每名工作人员至少配备 1 枚个人剂量计。机房需配备满足操作设备人员数量的个人剂量报警仪，和环境 X、 γ 辐射监测仪。

(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、安全联锁装置、紧急止动开关、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。

10.2.5 三废治理

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中央空调进行送、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 建设阶段对环境的影响

医院新建的 DSA 装置只有在开机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。在建设过程中，射线装置未通电运行，故不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废物产生。

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

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、脑科等科室。初期规划配备手术医生为 3 人、护士 1 人、技师 1 人。该 DSA 机房预计年手术量最大为 500 台，使用该设备开展介入手术的医生、护士单人年手术量不超过 500 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

1、机房周围剂量率预测

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。

由医院提供的安装设计可知，DSA 的等中心点位于距离东侧内墙面 3.2m、距离南侧内墙面 6.92m、距离西侧内墙面 3.53m、距离北侧内墙面 3.2m 的位置。结合场所布局，选取机房内部手术操作医生位置（胸部距离射线源点 1m、胸部距离病床病人（散射点）0.5m），以及机房屏蔽体外 0.3m 处为关注点，手术床离地距离按 1m、球管（射线源点）与病人（散射体）距离按 0.4m。各关注点距射线装置出束点距离详见表 11-1，关注点分布示意图见图 11-1、图 11-2。

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	等效铅当 量(mmPb)	备注
1#	控制室防护门外 30cm	5.32	内衬 3mmPb 铅板防护门	3	职业 照射
1-1#	控制室观察窗前 30cm	4.09	3mmPb 铅玻璃	3	
1-2#	机房西侧墙外 30cm(控制室)	4.09	24cm 厚实心砖+2cm 硫酸钡	4	
2#	机房西南侧防护门外 30cm (洁净通道)	6.72	内衬 3mmPb 铅板防护门	3	公众 照射
3#	机房南侧墙外 30cm(设备间)	7.48	24cm 厚实心砖+2cm 硫酸钡	4	
4#	污物间防护门外 30cm	7.48	内衬 3mmPb 铅板防护门	3	
4-1#	机房南侧墙外 30cm (污物间)	8.18	24cm 厚实心砖+2cm 硫酸钡	4	
5#	机房东侧墙外 30cm(通道)	3.76	24cm 厚实心砖+2cm 硫酸钡	4	
6#	机房北侧墙外 30cm(核磁共振侯检室)	3.76	24cm 厚实心砖+2cm 硫酸钡	4	
7#	机房正上方 (地面 1m)	3.64	12cm 厚混凝土+2cm 硫酸钡	3.5	
8#	机房正下方 (地面 1.7m)	2.94	12cm 厚混凝土+2cm 硫酸钡	3.5	

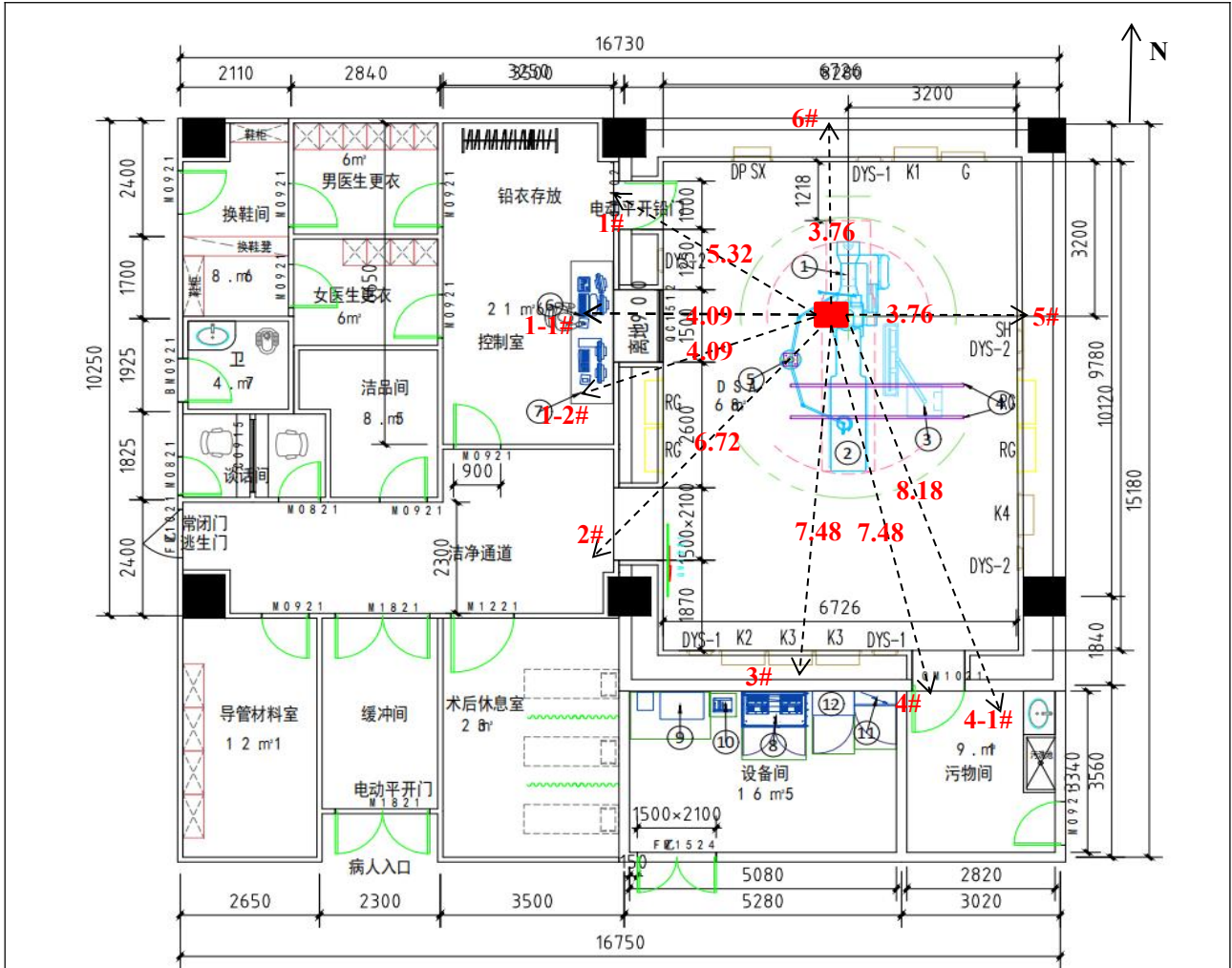


图 11-1 平面关注点示意图

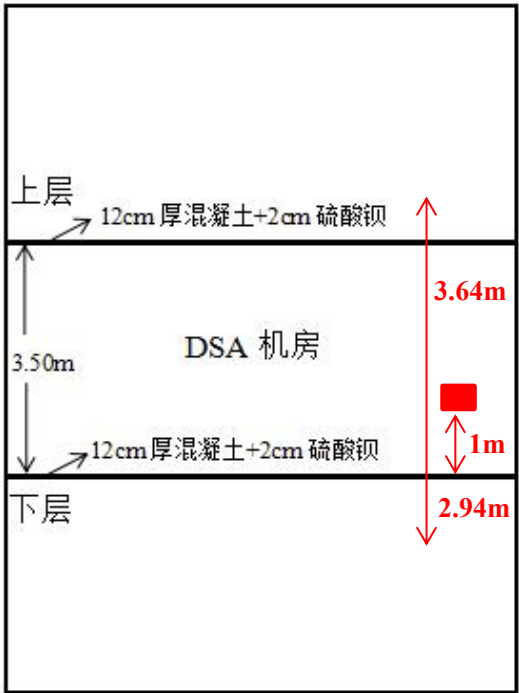


图 11-2 立面关注点示意图

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，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，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，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 $0.05\text{mGy}/(\text{mA}\cdot\text{s})=0.05\times 60\times 3600\times 1000=1.08\times 10^7\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；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》（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， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

f ——设备射线泄漏率，0.1%；

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

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 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 11-2。

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 ($\mu\text{Sv/h}$)	f (%)	d (m)	X (mm)	α	β	γ	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)
透视模式	1#	1.08E+07	0.1	5.32	3	5.369	23.49	0.5881	2.21E-06
	1-1#	1.08E+07	0.1	4.09	3	5.369	23.49	0.5881	3.74E-06
	1-2#	1.08E+07	0.1	4.09	4	5.369	23.49	0.5881	1.74E-08
	2#	1.08E+07	0.1	6.72	3	5.369	23.49	0.5881	1.39E-06
	3#	1.08E+07	0.1	7.48	4	5.369	23.49	0.5881	5.21E-09
	4#	1.08E+07	0.1	7.48	3	5.369	23.49	0.5881	1.12E-06
	4-1#	1.08E+07	0.1	8.18	4	5.369	23.49	0.5881	4.36E-09
	5#	1.08E+07	0.1	3.76	4	5.369	23.49	0.5881	2.06E-08
	6#	1.08E+07	0.1	3.76	4	5.369	23.49	0.5881	2.06E-08
	7#	1.08E+07	0.1	3.64	3.5	5.369	23.49	0.5881	3.22E-07
	8#	1.08E+07	0.1	2.94	3.5	5.369	23.49	0.5881	4.94E-07
采集模式	1#	1.62E+08	0.1	5.32	3	2.500	15.28	0.7557	3.61E-01
	1-1#	1.62E+08	0.1	4.09	3	2.500	15.28	0.7557	6.11E-01
	1-2#	1.62E+08	0.1	4.09	4	2.500	15.28	0.7557	4.98E-02
	2#	1.62E+08	0.1	6.72	3	2.500	15.28	0.7557	2.26E-01
	3#	1.62E+08	0.1	7.48	4	2.500	15.28	0.7557	1.49E-02
	4#	1.62E+08	0.1	7.48	3	2.500	15.28	0.7557	1.83E-01
	4-1#	1.62E+08	0.1	8.18	4	2.500	15.28	0.7557	1.24E-02
	5#	1.62E+08	0.1	3.76	4	2.500	15.28	0.7557	5.89E-02
	6#	1.62E+08	0.1	3.76	4	2.500	15.28	0.7557	5.89E-02
	7#	1.62E+08	0.1	3.64	3.5	2.500	15.28	0.7557	2.20E-01
	8#	1.62E+08	0.1	2.94	3.5	2.500	15.28	0.7557	3.37E-01

（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， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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100 cm^2 ；

d_0 ——源与病人的距离，取0.4m；

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11-3。

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 ($\mu\text{Sv/h}$)	δ	S (cm^2)	d_0 (m)	d_s (m)	X (mm)	α	β	γ	H_s ($\mu\text{Sv/h}$)
透视模式	1#	1.08E+07	3.25E-06	100	0.4	5.32	3	5.369	23.49	0.5881	4.49E-06
	1-1#	1.08E+07	3.25E-06	100	0.4	4.09	3	5.369	23.49	0.5881	7.60E-06
	1-2#	1.08E+07	3.25E-06	100	0.4	4.09	4	5.369	23.49	0.5881	3.54E-08
	2#	1.08E+07	3.25E-06	100	0.4	6.72	3	5.369	23.49	0.5881	2.81E-06
	3#	1.08E+07	3.25E-06	100	0.4	7.48	4	5.369	23.49	0.5881	1.06E-08
	4#	1.08E+07	3.25E-06	100	0.4	7.48	3	5.369	23.49	0.5881	2.27E-06
	4-1#	1.08E+07	3.25E-06	100	0.4	8.18	4	5.369	23.49	0.5881	8.85E-09
	5#	1.08E+07	3.25E-06	100	0.4	3.76	4	5.369	23.49	0.5881	4.19E-08
	6#	1.08E+07	3.25E-06	100	0.4	3.76	4	5.369	23.49	0.5881	4.19E-08
	7#	1.08E+07	3.25E-06	100	0.4	3.64	3.5	5.369	23.49	0.5881	6.55E-07
	8#	1.08E+07	3.25E-06	100	0.4	2.94	3.5	5.369	23.49	0.5881	1.00E-06

采集模式	1#	1.62E+08	3.25E-06	100	0.4	5.32	3	2.507	15.33	0.9124	7.34E-01
	1-1#	1.62E+08	3.25E-06	100	0.4	4.09	3	2.507	15.33	0.9124	1.24E+00
	1-2#	1.62E+08	3.25E-06	100	0.4	4.09	4	2.507	15.33	0.9124	1.01E-01
	2#	1.62E+08	3.25E-06	100	0.4	6.72	3	2.507	15.33	0.9124	4.60E-01
	3#	1.62E+08	3.25E-06	100	0.4	7.48	4	2.507	15.33	0.9124	3.02E-02
	4#	1.62E+08	3.25E-06	100	0.4	7.48	3	2.507	15.33	0.9124	3.71E-01
	4-1#	1.62E+08	3.25E-06	100	0.4	8.18	4	2.507	15.33	0.9124	2.53E-02
	5#	1.62E+08	3.25E-06	100	0.4	3.76	4	2.507	15.33	0.9124	1.20E-01
	6#	1.62E+08	3.25E-06	100	0.4	3.76	4	2.507	15.33	0.9124	1.20E-01
	7#	1.62E+08	3.25E-06	100	0.4	3.64	3.5	2.507	15.33	0.9124	4.47E-01
	8#	1.62E+08	3.25E-06	100	0.4	2.94	3.5	2.507	15.33	0.9124	6.86E-01

(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#	控制室防护门外 30cm	2.21E-06	4.49E-06	6.70E-06
	1-1#	控制室观察窗前 30cm	3.74E-06	7.60E-06	1.13E-05
	1-2#	机房西侧墙外 30cm (控制室)	1.74E-08	3.54E-08	5.28E-08
	2#	机房西南侧防护门外 30cm(洁净通道)	1.39E-06	2.81E-06	4.20E-06
	3#	机房南侧墙外 30cm (设备间)	5.21E-09	1.06E-08	1.58E-08
	4#	污物间防护门外 30cm	1.12E-06	2.27E-06	3.39E-06
	4-1#	机房南侧墙外 30cm (污物间)	4.36E-09	8.85E-09	1.32E-08
	5#	机房东侧墙外 30cm (通道)	2.06E-08	4.19E-08	6.25E-08
	6#	机房北侧墙外 30cm (核磁共振侯检室)	2.06E-08	4.19E-08	6.25E-08
	7#	机房正上方(地面 1m)	3.22E-07	6.55E-07	9.77E-07
	8#	机房正下方(地面)	4.94E-07	1.00E-06	1.50E-06

		1.7m)			
采集模式	1#	控制室防护门外 30cm	3.61E-01	7.34E-01	1.10E+00
	1-1#	控制室观察窗前 30cm	6.11E-01	1.24E+00	1.85E+00
	1-2#	机房西侧墙外 30cm (控制室)	4.98E-02	1.01E-01	1.51E-01
	2#	机房西南侧防护门 外 30cm(洁净通道)	2.26E-01	4.60E-01	6.86E-01
	3#	机房南侧墙外 30cm (设备间)	1.49E-02	3.02E-02	4.51E-02
	4#	污物间防护门外 30cm	1.83E-01	3.71E-01	5.54E-01
	4-1#	机房南侧墙外 30cm (污物间)	1.24E-02	2.53E-02	3.77E-02
	5#	机房东侧墙外 30cm (通道)	5.89E-02	1.20E-01	1.79E-01
	6#	机房北侧墙外 30cm (核磁共振侯检室)	5.89E-02	1.20E-01	1.79E-01
	7#	机房正上方(地面 1m)	2.20E-01	4.47E-01	6.67E-01
	8#	机房正下方(地面 1.7m)	3.37E-01	6.86E-01	1.02E+00

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辐射剂量率最大为（1.13E-05）μSv/h，可以认为透视模式下基本不会对机房外围环境产生 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 2.5μSv/h 的要求。采集模式下机房外各关注点处 X-γ辐射剂量率最大为（1.85E+00）μSv/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 25μSv/h 的要求。

11.2.2 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。

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

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，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 500 台手术, 每位手术医生每年手术量按 500 台计。因此, DSA 年最大出束时间透视 83.3 小时、采集 8.3 小时, 每位手术医生每年手术量 DSA 出束时间透视 83.3 小时、采集 8.33 小时。

由表 11-4 可知, 透视模式下基本不会对机房外围环境产生 X- γ 外照射影响, 因此估算对机房周围环境人员受照射剂量时只需考虑采集模式。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 11-5。

表 11-5 个人剂量估算结果

预测点位置	采集模式		居留因子	年有效剂量 (mSv/a)	照射类型
	附加剂量率 (μ Sv/h)	出束时间 (h)			
1#	1.10E+00	8.33	1	9.16E-03	职业照射
1-1#	1.85E+00	8.33	1	1.54E-02	
1-2#	1.51E-01	8.33	1	1.26E-03	
2#	6.86E-01	8.33	1/4	1.43E-03	公众照射
3#	4.51E-02	8.33	1/4	9.39E-05	
4#	5.54E-01	8.33	1/4	1.15E-03	
4-1#	3.77E-02	8.33	1/4	7.85E-05	
5#	1.79E-01	8.33	1/4	3.73E-04	
6#	1.79E-01	8.33	1/4	3.73E-04	
7#	6.67E-01	8.33	1	5.56E-03	
8#	1.02E+00	8.33	1	8.50E-03	

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 (1.54E-02) 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; 公众年剂量最大为 (8.50E-03) 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 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_0 ——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

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。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 11-6、表 11-7。

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 11-6。

表11-6 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 (μSv/h)	F (%)	D (m)	X (mm)	α	β	γ	H_L (μSv/h)
有铅服	1.08E+07	0.1	1	1	5.369	23.49	0.5881	3.06E+00
无铅服	1.08E+07	0.1	1	0.5	5.369	23.49	0.5881	5.77E+01

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 11-7。

表11-7 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 ($\mu\text{Sv/h}$)	δ	S (cm^2)	d_0 (m)	d_s (m)	X (mm)	α	β	γ	H_s ($\mu\text{Sv/h}$)
有铅服	1.08E+07	3.25×10^{-6}	100	0.4	0.5	1	5.369	23.49	0.5881	2.49E+01
无铅服	1.08E+07	3.25×10^{-6}	100	0.4	0.5	0.5	5.369	23.49	0.5881	4.69E+02

综上所述，室内第一术者位置处总辐射剂量率见表 11-8 所示。

表11-8 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	2.80E+01	5.27E+02

根据相关参数、表 11-8 剂量率结果及公式 4、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： $[0.79 \times (2.80\text{E}+01) \times 83.3 + 0.051 \times (5.27\text{E}+02) \times 83.3] / 1000 = 4.08 \text{ (mSv)}$ ，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 11-9。

表 11-9 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。	医院成立了辐射安全与环境管理机构，机构成员由院领导、放射科等科室主任和成员组成。	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；医院计划根据新的培训要求，安排相关放射工作人员参加辐射安全和防护培训，并取得合格证，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。	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,定期委托专业机构对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。	医院制定了一系列辐射防护管理制度包括《辐射防护安全防护管理制度》、《医院个人剂量监测制度》、《放射防护检测和评价制度》、《放射事故应急处理预案》、《操作规程》、《岗位职责》等规章制度。	符合
有完善的辐射事故应急措施。	医院制定了放射事故应急处理预案。	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)》(2019 年修订,国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令)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。

11.5 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。

11.5.1 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、控制区与外环境之间门禁失效、机房门灯连锁失效等原因，使无关人员进入机房，从而造成误照射。

11.5.2 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) 定期检查门机连锁装置和门灯连锁装置，确保安全连锁装置正常运行；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，不得重新启动射线装置。

(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) 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。

11.5.3 辐射事故防范措施和应急预案

11.5.3.1 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。

(8) 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。

11.5.3.2 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。

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。

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

为把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，扶绥县中医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。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 and 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。

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的成绩单上岗。

12.2 辐射安全管理规章制度

医院为加强以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。

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）要求组织本项目新增加或原有培训合格证到期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重新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，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。

扶绥县中医医院已制定了辐射事故应急处理预案，该预案包括了组织机构、适用范围、应急处理程序等内容。

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：在扶绥县中医门诊医技综合楼负一楼新建 1 套数字减影血管造影 X 射线机（DSA）应用项目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

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 范围主要涉及东侧路面停车场、南侧项目所在门诊医技综合楼及广场、西侧项目所在门诊医技综合楼、北侧项目所在门诊医技综合楼及电动车停车场。本项目建设的 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 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，DSA 机房的墙体、铅玻璃观察窗以及防护门的防护措施均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的机房防护要求。

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，成立了放射防护领导小组。

（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）为应对医院出现的辐射突发事件，医院成立了成立放射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，扶绥县中医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 建议和承诺

建议项目建设单位认真做好以下几项工作：

(1) DSA 机房应严格按照设计方案进行建设，并根据相关标准，在机房及其周边设置各项辐射防护措施。

(2) 医院应加强对辐射工作人员管理，工作人员进入辐射工作场所时，应正确佩戴好个人剂量计、铅衣、铅帽等防护用品，以降低 DSA 应用过程中对人员的影响。

(3) 医院应定期对 DSA 机房周边辐射环境情况进行监测，并记录存档。

(4) 定期检查放射工作场所设置的电离辐射标志、工作指示灯和安全联锁装置。

(5) 在取得生态环境行政主管部门对该报告表批复后，医院应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订版）中的有关规定尽快向广西壮族自治区生态环境厅申请更换辐射安全许可证。

医院承诺做好以下工作：

(1) 遵守辐射安全管理相关法律法规。

(2) 按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 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

(3) 按要求开展竣工环保验收。

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