

编号：GXFWA/HP2025-007

核技术利用建设项目

容县中医医院

新建医用血管造影 X 射线机应用项目

环境影响报告表

(公示)

容县中医医院（盖章）

二〇二六年一月

生态环境部监制

仅限用于项目环境影响评价审批公示

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	13
表 3 非密封放射性物质	13
表 4 射线装置	13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	14
表 6 评价依据	15
表 7 保护目标与评价标准	17
表 8 环境质量和辐射现状	21
表 9 项目工程分析与源项	25
表 10 辐射安全与防护	32
表 11 环境影响分析	43
表 12 辐射安全管理	58
表 13 结论与建议	67
表 14 审批	70
附件 1 委托书	
附件 2 项目备案证明	
附件 3 医疗机构执业许可证和辐射安全许可证	
附件 4 现状监测报告	
附件 5 关于调整辐射安全与防护管理领导小组成员的通知	
附件 6 辐射事故应急处理预案	
附件 7 医院辐射安全相关管理制度	
附件 8 关于医疗机构名称与公章不相符的情况说明	
附件 9 个人剂量监测报告	
附件 10 辐射安全和防护状况年度评估报告（2025 年度）	

表 1 项目基本情况

建设项目名称	容县中医医院新建医用血管造影 X 射线机应用项目				
建设单位	容县中医医院				
法定代表人	余其先	联系人	***	联系电话	***
注册地址	容县容州镇峽山路 781 号				
项目建设地点	容县容州镇峽山路 781 号医院门诊综合楼 12 楼 DSA 介入室				
立项审批部门	玉林市容县发展和改革局		批准文号	2509-450921-04-05-977365	
建设项目总投资(万元)	1200	项目环保投资(万元)	78	投资比例(环保投资/总投资)	6.5%
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)	63.67
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
其他	/				

1.1 医院概述

容县中医医院创建于 1979 年，属于广西第一批建立的县级中医院。经过 40 多年的发展，医院已成为以中医为特色、中西医并重，集医疗、预防、教学、科研、康复为一体的国家二级甲等中医医院，是国家级爱婴医院、广西中医药大学第一附属医院技术协作单位、全县基层中医药适宜技术推广基地。容县中医医院已于 2025 年 3 月 18 日取得经玉林市卫

生健康委审批下发的“医疗机构执业许可证”，证件上的名称已更改为“容县中医医院”；辐射安全许可证上的名称，在本评价项目取得批复后，向生态环境行政主管部门申请办理变更手续。医疗机构执业许可证详见附件 3。

医院设有新老两个院区，老院区位于容州镇新南街 22 号；新院区位于容州镇峽山路 781 号，占地面积 120 亩，在建门诊楼一栋 2.5 万平方米（预计 2026 年投入使用）。医院在职职工 459 人，其中高级职称 41 人，中级职称 90 人。医院全年门诊量约 20 万人次，出院量约 2 万人次。

医院拥有国内先进的 CT、DR 机、核磁共振仪、国内顶尖高清彩色电子胃肠镜、彩色经颅多普勒超声诊断仪、无创肝纤维化诊断系统、高压氧舱、眩晕中心眼震视图检查系统、SCSY-I 良性阵发性位置性眩晕诊疗系统等设备，可开展检验项目 120 多项。

医院设有急诊科、门诊部、内科、外科、妇产科、脑病科、心肺病科、脾胃（肝）病科、综合科、康复医学科、针灸推拿科、高压氧科、检验科、血液净化室、医学影像科、康复大厅、消化内镜室、眩晕工作室、名中医工作室等 10 多个临床和医技科室。拥有脑病科、中医妇科、内分泌科、脾胃病科等 4 个省级重点专科；其中，脑病科作为广西农村医疗机构中医民族医特色专科建设项目、玉林市脑卒中急救定点单位、容县中风病治疗中心。多年来，在群众中享有“中医院，医中风”的金字口碑，该科突出溶栓术、颅内血肿微创清除术及介入治疗，中西医结合治疗与康复一体化，疗效显著。2023 年被中国中西医结合学会、脑心同治专业委员会授予《脑心同治防治慢性病临床基地》称号。

1.2 项目建设规模、评价目的和任务由来

为满足业务发展需要，提高医院的医疗服务水平，改善患者的诊疗条件，医院计划在新院区门诊综合楼 12 楼新建医用血管造影 X 射线机应用项目，拟购 1 台医用血管造影 X 射线机，为单球管设备。具体内容为：拟在新院区门诊综合楼 12 楼建设 1 间 DSA 介入室及配套功能用房，安装使用 1 台医用血管造影 X 射线机（以下简称 DSA），用于开展介入治疗。本评价项目规模具体见表 1-1。

根据现场踏勘，目前，本项目 DSA 机房正在进行基础的防护工程建设，DSA 设备尚未采购，待项目履行相关环保手续后才投入使用。项目已在广西投资项目在线审批监管平台进行备案登记，项目代码为 2509-450921-04-05-977365，具体详见附件 2。

表 1-1 拟用设备基本信息一览表

序号	名称	型号	类别	数量 (台)	最大管 电 (kV)	最大管电 流 (mA)	使用位置
1	医用血管造影 X 射线机	待定	II类	1	125	1000	门诊综合楼 12 楼 DSA 介入室

本项目拟使用的射线装置为II类射线装置，本项目的污染因子为射线装置使用时产生的电离辐射、臭氧及氮氧化物。本次评价采用 X-γ辐射剂量率及年有效剂量作为评价因子，重点评价电离辐射对周围环境及周围环境敏感目标的影响。

开展环境影响评价的目的：

①通过对医院拟建辐射工作场所及周边区域辐射环境现状进行现场调查和监测，以掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状；

②通过环境影响评价，预测建设项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目的工程设计和环境管理提供科学依据；

③针对本项目提出合理的环境管理要求，对不利影响和存在的问题提出防治措施，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求。

对照《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），医用血管造影 X 射线机属于II类射线装置。

为保护环境，保障职业人员及周围公众健康，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“172 核技术利用建设项目中使用II类射线装置项目”，应编制辐射环境影响报告表。为此，医院委托广西辐卫安环保科技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，组织了相关技术人员开展资料收集、现场勘察等工作，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《容县中医医院新建医用血管造影 X 射线机应用项目环境影响报告表》。

1.3 原有核技术利用项目概况

1.3.1 原有核技术利用项目许可情况

医院已取得了由玉林市生态环境局颁发的辐射安全许可证，证书编号为：桂环辐证 [K6066]，许可种类和范围为：使用III类射线装置；有效期至 2027 年 11 月 10 日，详见附件 3。医院已许可射线装置见表 1-2。

表 1-2 医院已许可射线装置一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	工作场所	使用状态
1	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	uCT530+	III 类	CT 室	在用
2	医用诊断 X 射线装置	BTR-X640	III 类	DR 室	在用

1.3.2 原有核技术利用项目辐射安全管理情况

医院遵守《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与防护条例》、《放射诊疗管理规定》等辐射法律法规，配合各级生态环境部门监督检查，辐射防护设施运行良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理方面运行良好。

(1) 医院制定了一系列辐射防护管理制度包括《辐射事故应急处理预案》、《辐射环境及个人剂量监测方案》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《辐射人员培训计划》、《设备检修维护制度》等一系列制度，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防护管理领导小组，明确辐射防护责任，并加强了对射线装置的监督和管理，见附件 5。

(3) 医院定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，且均持证上岗。现有在岗 III 类射线装置辐射工作人员均已参加并通过由医院组织的辐射安全与防护自主考核。医院已计划对本项目拟配备的 8 名辐射工作人员组织参加辐射安全与防护专业知识培训，考核合格后方可上岗。

(4) 辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受职业外照射剂量监测，建立剂量健康档案并存档。医院现有辐射工作人员个人剂量检测报告详见附件 9。

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

(6) 医院每年委托有资质机构对医院辐射工作场所开展辐射环境监测，监测结果均满足相关标准要求，并对医院放射性同位素与射线装置安全和防护状况进行评估，并于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交上一年度安全评估报告。

医院 2025 年度辐射工作场所委托有资质机构进行了场所辐射环境监测，医院各场所辐射安全和防护设施运行无异常，防护设备定期检查与维护；定期开展了辐射安全应急演练，目前医院运行中没有发生过辐射安全事件。

综上所述，医院在用射线装置均办理了辐射安全许可证，制定了相关规章制度并严格

执行，医院各场所辐射安全和防护设施运行无异常，防护设备定期检查与维护，并定期开展了辐射安全应急演练，落实了辐射环境监测及个人剂量监测，且监测结果符合相关标准要求，因此可以认为医院具备新增 DSA 应用项目及辐射安全管理基础能力。

1.4 项目地理位置、周边环境概况

1.4.1 地理位置

容县中医医院新院区位于容县容州镇峽山路 781 号，医院地理位置图详见图 1-1。

1.4.2 项目周边环境概况

(1) 本项目机房与外部建筑物环境关系

本项目设置在医院门诊综合楼 12 楼 DSA 介入室，该楼主体为地面 12 层、地下一层建筑。门诊综合楼东侧为综合业务楼，南侧为院内空地，西侧为门诊综合楼项目部临时用房，北侧为公路。本项目在医院总平图中位置见图 1-2。

以 DSA 介入室四周边界为起点 50m 范围区域环境状况为：东侧 0-42m 为门诊综合楼、42-50m 为院内道路；南侧 0-12m 为门诊综合楼、12-50m 为院内空地；西侧 0-22m 为门诊综合楼、22-36m 为院内道路、36m-50m 为门诊综合楼项目部临时用房；北侧 0-16m 为门诊综合楼裙楼、16-44m 为院内道路、44m-50m 为公路。项目场址及周围环境现状详见图 1-3 至图 1-15，50m 评价范围区域详见图 7-1。

(2) 本项目机房相邻环境关系

DSA 介入室东侧为设备间、控制室，南侧为洁净走廊，西侧为手术室，北侧为悬空；DSA 介入室楼上为天台；楼下为 ICU 病房。项目机房平面布置图详见图 1-3。

1.4.3 项目选址合理性

本评价辐射工作场所实体屏蔽物边界外 50m 评价范围内为门诊综合楼以及门诊综合楼项目部临时用房、公路。本项目辐射工作场拟采取满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求的屏蔽措施和安全防护措施，本项目建成后运行过程产生的电离辐射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。

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

1.5 实践的正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的社会危害时，该实践才是正当的。”

医用血管造影技术是一种新的 X 射线成像系统，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，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。项目在采取屏蔽防护措施后符合相关标准要求，对环境的影响在可接受范围内。容县中医医院新建医用血管造影 X 射线机应用项目用于介入治疗，本项目建成后具有良好的社会效益，其建设有利于提高容县的医疗服务水平，满足容县日益增长的医疗保障需求，促进容县医疗卫生事业发展，同时完善城市功能，为容县的社会经济快速发展提供有力的民生保障。在落实本次环评提出的各项污染防治措施后其获得的利益远大于辐射所造成的损害，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。

1.6 产业政策符合性

本项目使用的射线装置属于国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》“鼓励类”中第十三项“医药”中第 4 款其中“高性能医学影像设备”，属于国家鼓励类产业，项目符合国家产业政策。

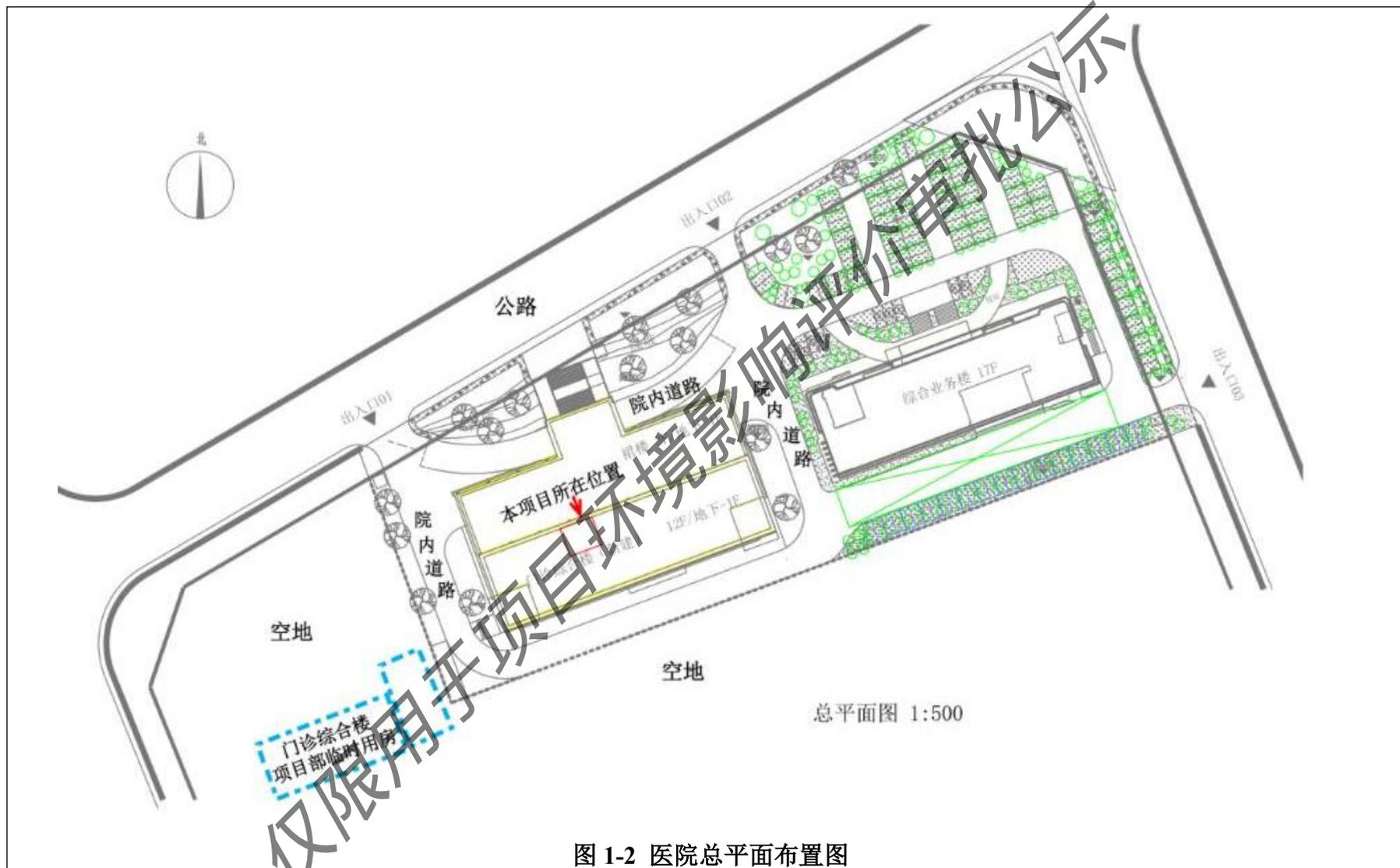


图 1-2 医院总平面布置图



图 1-3 门诊综合楼十二层平面布置图 (虚线框 DSA 机房所在楼层)

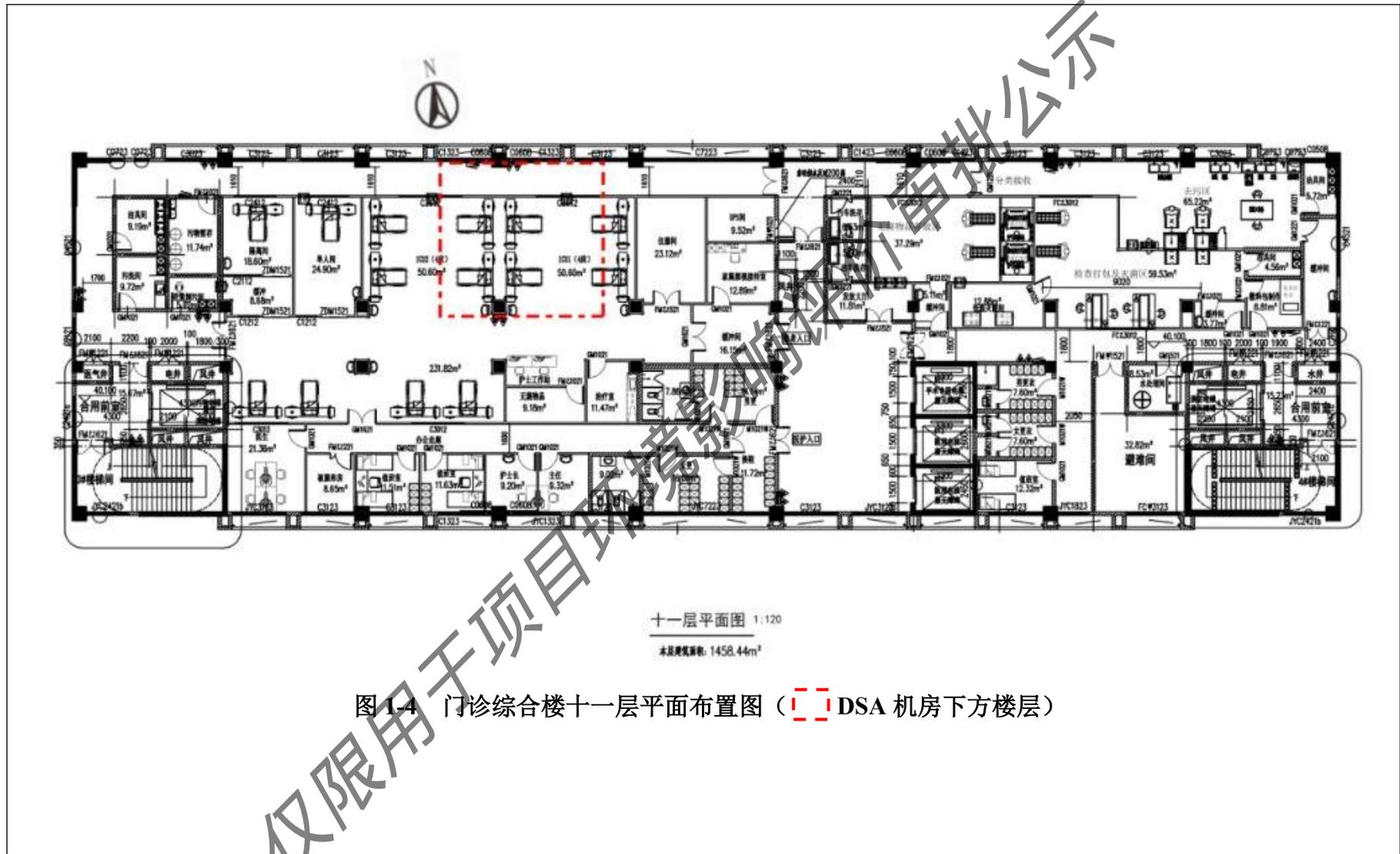


图 1-4 门诊综合楼十一层平面布置图 (DSA 机房下方楼层)



图 1-5 拟建 DSA 机房现状 1



图 1-6 拟建 DSA 机房现状 2



图 1-7 十一层 ICU 病房现状 3
(拟建 DSA 机房楼下)



图 1-8 天台 (拟建 DSA 机房楼上)



图 1-9 拟建项目东侧院内道路

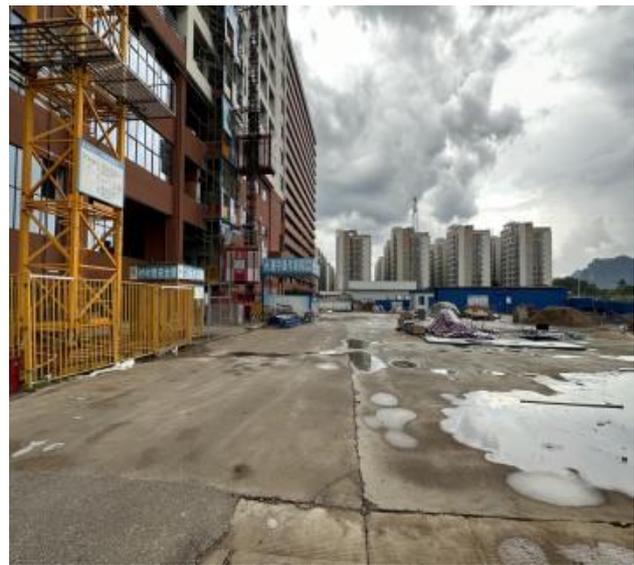


图 1-10 拟建项目南侧空地



图 1-11 拟建项目西侧院内道路



图 1-12 拟建项目西侧门诊综合楼项目部



图 1-13 拟建项目北侧院内道路



图 1-14 拟建项目北侧公路



图 1-15 门诊综合楼现状（项目所在楼）

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	医用血管造影 X 射线机	II	1	待定	125	1000	介入治疗	门诊综合楼 12 楼 DSA 介入室	单球管

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧(O ₃)、氮氧化物(NO _x)	气态		/	微量	微量	/	/	通过排风系统排到室外，弥散在大气环境中分解。

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

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

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，2014 年修订，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》（中华人民共和国主席令第四十八号，2018 年修改，2018 年 12 月 29 日起施行）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号），2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号，2019 年 3 月 2 日修订）；</p> <p>(6) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 682 号，2017 年 7 月 16 日修订，自 2017 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日总局令 第 31 号，2021 年第四次修正）</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 4 月 18 日环境保护部令 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）；</p> <p>(9) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(10) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号），自 2021 年 3 月 15 日起施行。</p> <p>(11) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号），2017 年 11 月 20 日施行；</p> <p>(12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令 9 号），2019 年 11 月 1 日施行；</p> <p>(13) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 7 号，2024 年 2 月 1 日施行）；</p> <p>(14) 《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>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(2) 《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>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人剂量监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(6) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 委托书，附件 1；</p> <p>(2) 项目备案证明，附件 2；</p> <p>(3) 医疗机构执业许可证和辐射安全许可证，附件 3；</p> <p>(4) 现状监测报告，附件 4；</p> <p>(5) 关于调整辐射安全与防护管理领导小组成员的通知，附件 5；</p> <p>(6) 辐射事故应急处理预案，附件 6；</p> <p>(7) 医院辐射安全相关管理制度，附件 7；</p> <p>(8) 关于医疗机构名称与公章不相符的情况说明，附件 8；</p> <p>(9) 个人剂量监测报告，附件 9；</p> <p>(10) 辐射安全和防护状况年度评估报告(2025 年度)，附件 10；</p> <p>(11) 《辐射防护手册(第一分册)~(第五分册)》，李德平，潘自强等编著；</p> <p>(12) 《StructuralShielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities 》(NCRP147 号出版物)；</p> <p>(13) 联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)-2000 年报告；</p> <p>(14) 《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社，2015 年)。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中对核技术利用建设项目环境影响报告书项目评价范围的相关规定，“射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，并结合项目特点，将本项目辐射评价范围确定为：门诊综合楼 12 楼 DSA 介入室实体边界外 50m 范围内区域。本项目评价范围及环境保护目标示意图详见图 7-1。

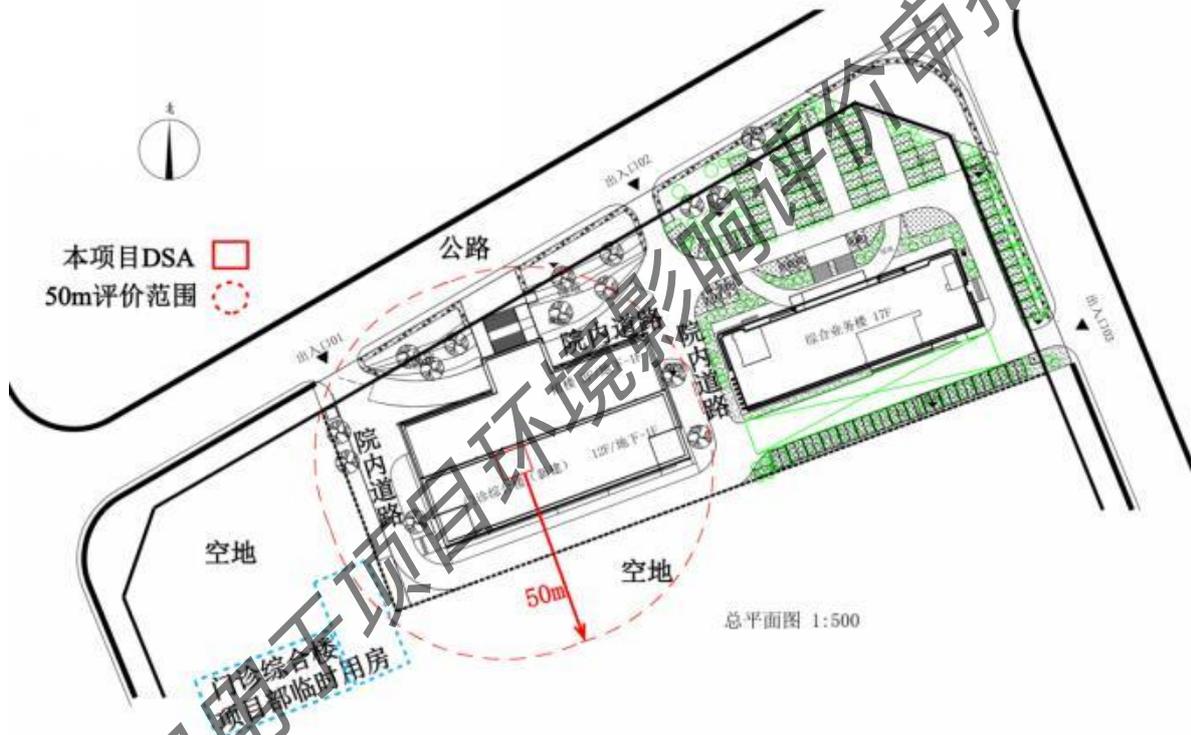


图 7-1 评价范围及环境保护目标示意图

7.2 保护目标

本项目主要环境保护目标为项目辐射工作人员、就诊患者及陪护家属、院内其他工作人员以及公众成员。本项目环境保护目标见表 7-1 和图 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标

环境保护目标		方位	最近距离	规模	年有效剂量、管理约束值要求
职业人员	DSA 介入手术操作医生	机房内	机房内	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。
	护士	机房内	机房内	2 人	
	DSA 控制室操作人员	机房东侧	紧邻	2 人	
公众成员	门诊综合楼除本项目以外的 工作人员	与 DSA 机房 同一建筑	0-50m	约 100 人	年有效剂量, 1mSv; 本项目取其十分之一即 0.1mSv 作为管理约束值。
	门诊综合楼患者 及陪护家属	与 DSA 机房 同一建筑	0-50m	约 200 人	
	评价范围内患者及陪护家 属、院内道路及公路经过 或者逗留的其他人员	DSA 机房屏蔽 墙外四周 50m 范围内	50m 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) 节选

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项目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:

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;

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;

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。

2、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）（节选）

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

6.1.5 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、新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（本报告表 7-2）的规定。

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

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^d （m ² ）	机房内最小单边长度 ^e （m）
单管头 X 射线设备 ^b （含 C 形臂）	20	3.5

b 单管头、双管头或多管头 X 射线机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。

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（本报告表 7-3）的规定。

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

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

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

6.3 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 μ 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 μ 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。

6.4 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

个人防护用品和辅助防护设施配置要求如表 4（本报告表 7-4）的规定。

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	类别	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风
	受检者	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：“—”表示不做要求。

3、本次新建 DSA 核技术利用项目限值要求汇总

表 7-5 本评价项目限值要求汇总

工作场所	人员年受照剂量	机房要求	控制区外 30cm 处
介入手术室	辐射工作人员不大于 5mSv/a； 公众人员不大于 0.1mSv/a	最小有效使用面积不小于 20m ² ， 最小单边长度不小于 3.5m	1) 透视条件下周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h； 2) 摄影条件下周围剂量当量率应不大于 25μSv/h。
		机房屏蔽防护铅当量不小于 2.0mmPb	
		设置动力通风装置	
标准依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)	

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

容县中医医院新院区位于容县容州镇峽山路 781 号，医院地理位置详见图 1-1。

本项目建设在新院区门诊综合楼 12 楼，该楼主体为地面 12 层、地下一层建筑。门诊综合楼东侧为综合业务楼，南侧为空地，西侧为门诊综合楼项目部临时用房，北侧为公路。本项目在医院总平图中位置见图 1-2。

8.2 环境现状评价的对象

环境现状评价的对象为容县中医医院新建医用血管造影 X 射线机应用项目场址（门诊综合楼 12 楼 DSA 介入室）周围辐射环境现状。

8.3 辐射环境现状监测

1、辐射环境现状监测目的

掌握 DSA 项目应用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、监测对象：项目场址的辐射环境现状水平。

3、监测因子及频次

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率；监测频率：1 次。

4、监测点位

依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中 4.2.2 中的“位于同一网格点的建筑物、道路和原野点位”，结合拟建 DSA 机房所在楼层的各功能场所人员数量和居留时间情况以及四周建筑功能情况，以 DSA 拟建址边界为中心约 50m 范围内布点，本次共布点 15 个，监测布点详见图 8-1、图 8-2。

5、监测仪器与监测规范

监测仪器的参数与监测所依据的规范见表 8-1。

表 8-1 X- γ 辐射剂量率仪监测仪器参数与规范

监测项目	γ 辐射空气吸收剂量率
仪器名称	多功能辐射监测仪
仪器型号	SCK-200+SCK-2002
仪器编号	21002+21001

生产厂家	上海钴景环境科技有限公司
能量范围	20keV~7MeV
量程	1nGy/h~100μGy/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院
证书编号	2024H21-20-5681057001-01
校准有效期	2024年12月26日-2025年12月25日
校准因子	1.02
相对固有误差	2.1%（技术要求不超过±15%）
监测规范	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

6、质量保证措施

a、结合现场实际情况及监测点的可达性，在项目拟建场址内和评价范围内工作人员活动区域、人流量相对较大的区域布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性和可重复性，以保证监测结果的科学性和可比性。

b、依据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）采用即时测量方法进行测量。

c、监测仪器每年经有资质的计量部门检定、校准，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、本次监测实行全过程的质量控制，严格按照监测机构《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

f、监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人批准。

7、监测结果

于2025年8月26日对该项目开展现状监测，监测结果见表8-2、表8-3。现状监测报告详见附件4。

表 8-2 环境现状监测条件

监测条件	监测时段	天气情况	环境温度（°C）	环境相对湿度（%）
参数	15:30-16:36	阴	26	65%

表 8-3 环境现状监测结果

监测点号	测量位置	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1#	DSA 介入室 (拟建 DSA 机房)	50	1.7	室内
2#	控制室 (拟建 DSA 机房东侧)	36	1.7	室内
3#	设备间 (拟建 DSA 机房东北侧)	35	1.2	室内
4#	洁净通道 (拟建 DSA 机房南侧)	37	2.1	室内
5#	手术室 (拟建 DSA 机房西侧)	49	1.7	室内
6#	污物通道 (拟建 DSA 机房西北侧)	40	1.2	室内
7#	拟建 DSA 机房上方天台	26	2.0	室外
8#	拟建 DSA 机房下方 ICU 病房	38	1.7	室内
9#	项目东侧院内道路	36	1.6	室外
10#	项目南侧空地	40	1.5	室外
11#	项目西侧院内道路	47	2.1	室外
12#	项目北侧院内道路	32	1.6	室外
13#	项目北侧公路	37	1.7	室外
14#	项目西侧门诊综合楼项目部临时用房	40	1.5	室内
15#	项目西侧空地	38	1.5	室外
室内测量范围		35~50	/	/
室外测量范围		26~47	/	/

注：①监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值，仪器对宇宙射线的响应值为 22nGy/h，建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子，楼房取值为 0.8，道路取 1。

②仪器对宇宙射线的响应通过以下方法获得：在广西南宁大王滩水库(经度: 108°18'24", 纬度:22°35'7", 海拔高度为 71.6m)使用多功能辐射监测仪进行宇宙射线响应监测，在水面上仪器 100 次读数的平均值经校准后为 22nGy/h，本项目所在地容县中医医院门诊综合楼 12 楼(经度:110°32'41", 纬度:22°50'1", 海拔高度为 154.8m)。根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021):如果测点的海拔高度、经纬度与湖(库)水面相差不大(海拔高度差别<200m, 经度差别<5°, 纬度差别<2°), 可以不进行修正。

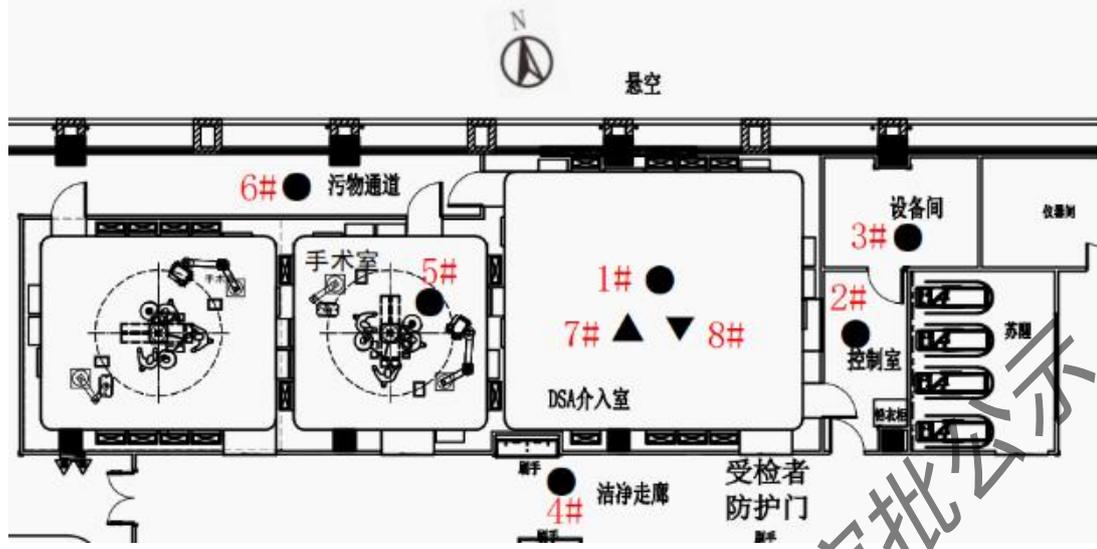


图 8-1 监测点位图

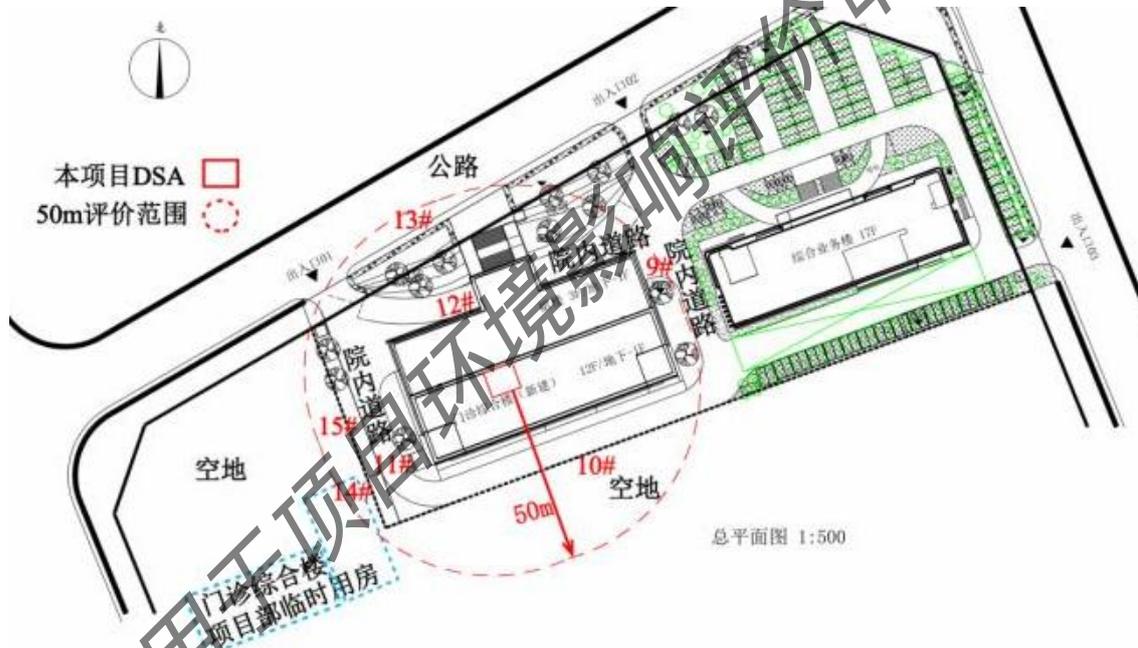


图 8-2 监测点位图

8. 结果评价

由表 8-2 的监测结果可知，拟建项目场所及周围区域环境现状监测中室内测点测值范围为 35~50nGy/h（已扣除宇宙射线响应），室外地面测点 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为 26~47nGy/h（已扣除宇宙射线响应）。根据《中国环境天然放射性水平》可知，广西原野 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 10.7~238.7nGy/h（已扣除宇宙射线影响），室内 γ 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，项目各监测点 γ 辐射空气吸收剂量率在广西天然放射性水平范围内，本项目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

本项目拟用 DSA 设备为单球管型，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 整体外观图见图 9-1，DSA 基本结构见图 9-2。



图 9-1 DSA 整体外观图

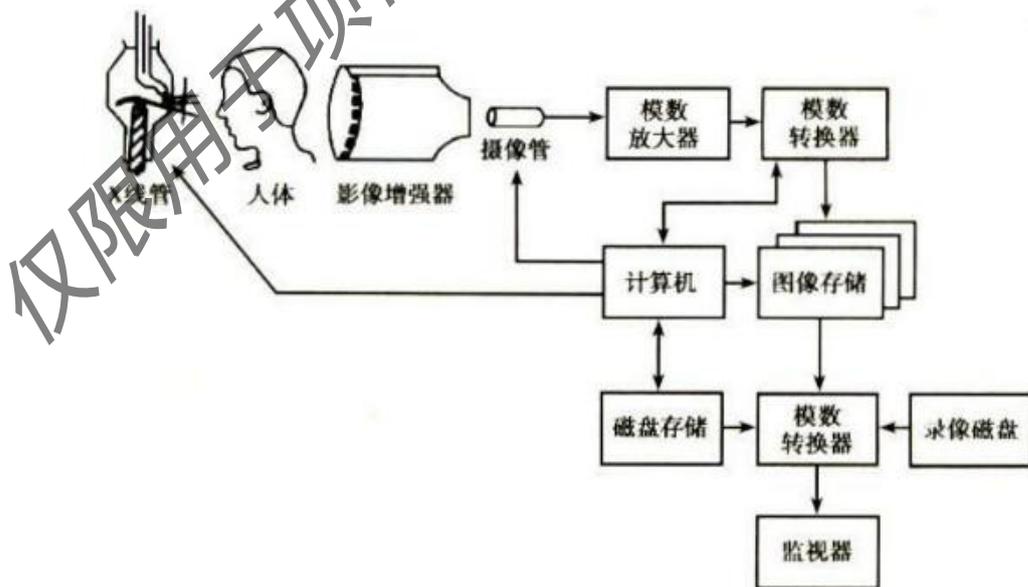


图 9-2 DSA 基本结构见图

9.1.2 工作原理

产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，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。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。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，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型 X 射线管结构详见图 9-3。

DSA 射线装置的成像基本原理是将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。因此，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。

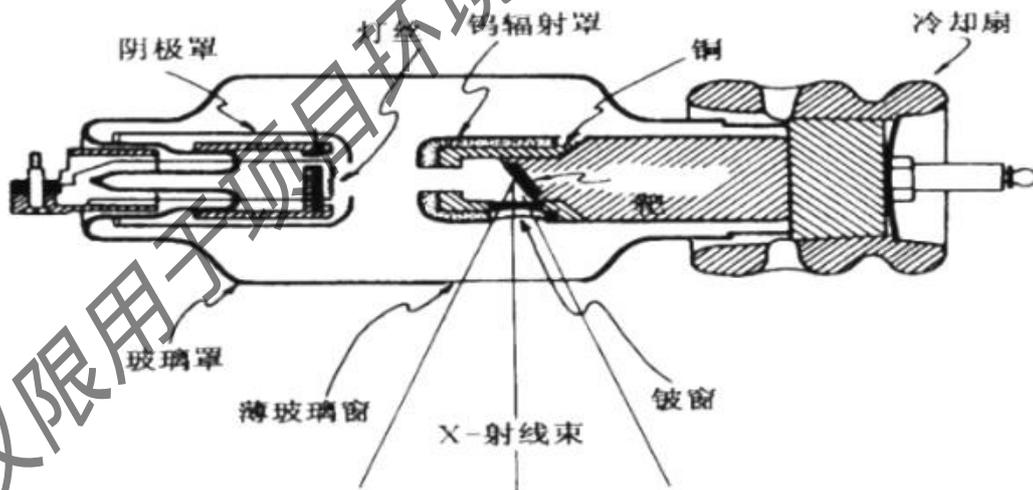


图 9-3 典型 X 射线管结构图

9.1.3 工作流程及产污环节

本项目 DSA 工作流程及产污环节如下所示：

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

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

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

(4) 根据不同的治疗方案，医生及护士密切配合，完成介入手术或检查。

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

其中 DSA 具体操作流程为：

①术前准备：医生及患者佩戴相关防护用品。开机，检测相关设备状态，按照病人的个体情况、治疗部位的特性制定检查模式、X 线发生模式、采集频率、采集视野等。

②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。

产污环节分析：DSA 的 X 射线诊断机曝光时，主要污染因子为 X 射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字成像技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。X 射线与空气发生作用可能会产生少量臭氧、氮氧化物，本项目机房内设置机械排风系统，可确保机房内有良好通风。

DSA 在进行曝光时分两种情况：

第一种情况隔室操作（摄影）：操作人员采取隔室操作的方式，医生、护士和技师均不在机房内，技师在控制室内操作设备进行曝光，护士在控制室进行手术记录，医生在控制室通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况。

第二种情况同室操作（透视）：医生需要进行手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续脉冲透视曝光，此时技师在 DSA 机房外的控制室。介入手术医生和护士在 DSA 机房内同室操作，位于铅屏风或铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等，对病人进行直接的手术操作。

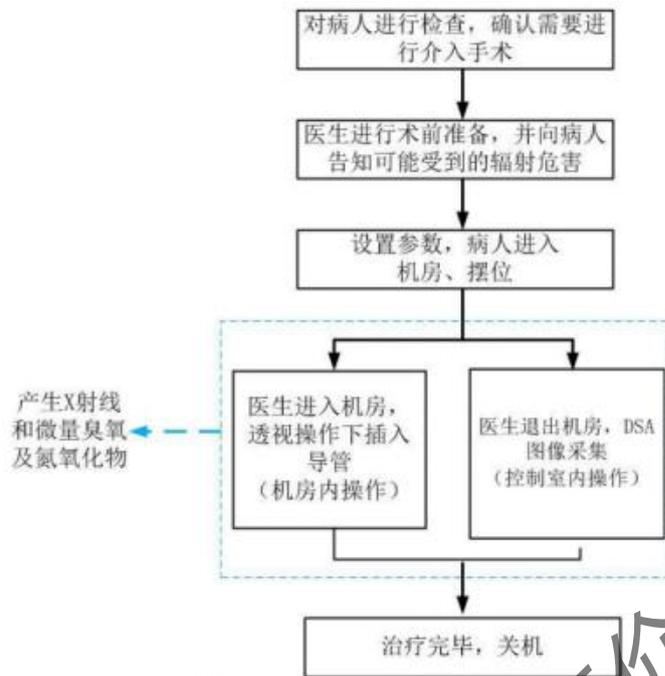


图 9-4 工作流程及产污环节示意图

9.1.4 工作人员配备情况及工作负荷

因本项目为医院新建项目，医院尚未配有介入手术项目辐射工作人员。

医院计划调配 8 名辐射工作人员（其中医生 4 人、技师 2 人、护士 2 人）从事本项目 DSA 介入手术，以上调配人员不再从事原有辐射工作。本项目的辐射工作人员均需在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗。

医院初步计划，本项目投入使用后，预计每年最多完成介入手术 500 台。采取两个班组轮岗工作方式，其中医生与护士主要在手术室进行手术，技师在控制室操作设备，平均每台手术中使用 DSA 曝光出束时间：透视按 20min/台，摄影按 2min/台。从事近台手术操作的医生、护士每组工作量最大为 250 台/年，在控制室内操作的技师每年工作量最大为 250 台。

9.2 污染源项描述

由 DSA 机的工作原理可知，使用的 DSA 机在非出束状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会产生 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。

本项目拟用 DSA 最大管电压为 125kV、最大管电流为 1000mA。根据 DSA 设备的工作原理，设备在正常工况时，不同手术类型和不同患者身体状况都会影响设备使用时的管电压和管电流的参数，透视模式下 DSA 的管电压在 50~70kV 范围内、管电流在 5~60mA 范围内；摄影模式下 DSA 的管电压在 70~100kV 范围内、管电流在 50~500mA 范围内。本评价从保守角度考虑，均按上述范围的最大值进行估算。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），DSA 的等效总滤过不小于 2.5mmAl，因此本评价 DSA 的等效总滤过保守按 2.5mmAl 考虑。由《辐射防护手册》（第三分册）图 3.1（本评价中图 9-4）可查知离靶 1m 处空气中的空气比释动能值（mGy/mA·s），并根据该图 3.1 的注释，保守按三相电源考虑源项，即图中值乘以 1.8；再按《辐射防护手册》（第一分册）式 4.4， $\dot{X} = I \cdot \dot{X}_0 \cdot \left(\frac{r_0}{r}\right)^2$ 计算可得（R/min）式中 \dot{X}_0 为 X 射线机的输出量，可用 R/mA·min 表示，即在距 X 射线管焦斑某一固定距离 r_0 米处每毫安管电流产生的 X 射线的照射量率， I 为管电流（mA）。

得出距靶 1m 处 X 射线照射量率可按下式计算：

$$\dot{X} = I \cdot \dot{X}_0 \quad (\text{式 9-1})$$

式中：

\dot{X}_0 ---- X 射线机的输出量，mGy/（mA·s）；

I ---- 管电流，mA；

其中 1mGy=10³μGy。

当球管工作参数为（70kV、60mA）时，距靶 1m 处的空气比释动能率约为 0.045×1.8×60×3600×1000=1.75×10⁷μGy/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 0.090×1.8×500×3600×1000=2.92×10⁸μGy/h。

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

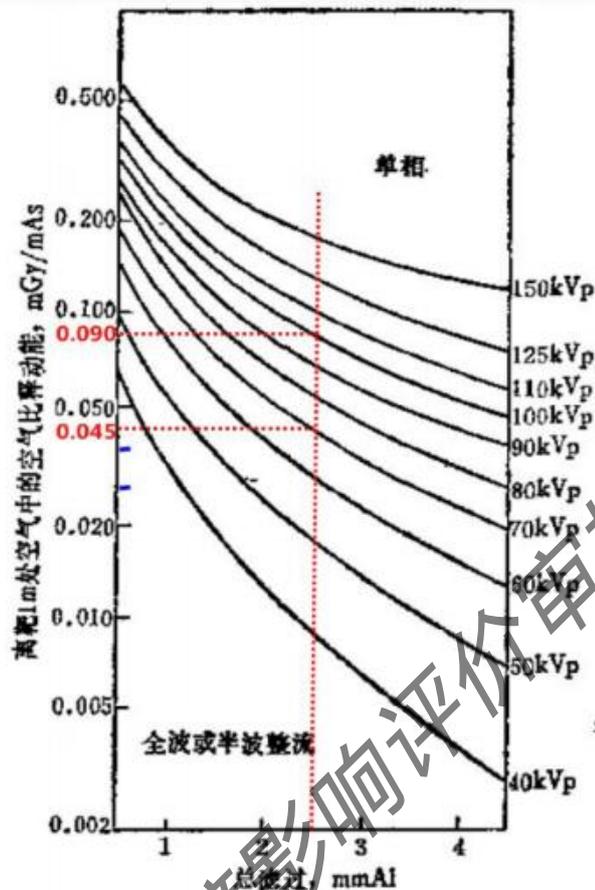


图 9-4 距 X 射线 1m 处的照射量率随管电压及总过滤厚度变化的情况

9.2.1 正常工况

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

本项目不涉及放射性废气、放射性废水及放射性固体废物。

X 射线与空气作用会产生少量臭氧及氮氧化物，但 DSA 产生的 X 射线能量较低，且机房内设置排风系统，可确保机房内有良好通风。

项目 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，手术前或手术后产生的生活污水、医疗废水不含放射性，包括医护人员产生的生活污水依托医院现有的污水处理设施达标处理后，再排入市政污水管网。

介入手术时产生的药棉、纱布、手套及医用器具等医疗废物经专人收集、登记，暂存于污物间，定期交由有医疗废物处置资质的机构统一收集处理。

9.2.2 事故工况

① DSA 投入运行后，由于 DSA 设备故障、操作不当、没有穿戴防护用品等情况下，医生在同室操作时可能受到超剂量的 X 射线照射；

② 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；

③ 手术室内无关人员未全部撤出手术室，控制台处操作人员操作失误启动射线装置，造成人员误照射；

④ 门灯联锁装置和闭门装置发生故障状况的情况下，人员误入正在运行的 X 射线装置机房受到外照射；

⑤ 检查或维修状态下，维修人员违反操作规程或误操作，造成人员误照射。

仅限用于项目环境影响评价审批公示

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施及措施

10.1.1 项目工作场所布局

本项目拟建的 DSA 机房设置在容县中医医院新院区门诊综合楼 12 楼 DSA 介入室。项目主要用房相邻区域布局情况见表 10-1，机房平面布置图详见图 1-3。

表 10-1 本项目 DSA 机房相邻周边情况

场所名称	机房相邻环境					
	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
DSA 介入室	设备间、控制室	洁净走廊	手术室、污物通道	悬空	楼上天台	ICU 病房

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

因此，本项目布局是合理可行的。

10.1.2 工作场所分区及管理

(1) 分区依据和原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

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

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

(2) 本项目分区管理情况

按照分区管理的原则，本项目划分为控制区和监督区。将 DSA 介入室划分为控制区（见图 10-1 红色部分区域），控制区通过实体屏蔽措施、设置防护门的门灯连锁装置以及设置电离辐射警示标志等进行控制管理，保障在正常治疗的工作过程中，除介入治疗的医护人员和患者外，禁止其他人员进入；将与 DSA 介入室相邻区域划分为监督区（图 10-1 黄色部分区域），监督区通过设置辐射危险警示标志提醒人员尽量避开该区域，并定期监测监督区内的辐射剂量水平，为评价周围辐射环境是否安全提供依据。

因此，本项目控制区和监督区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

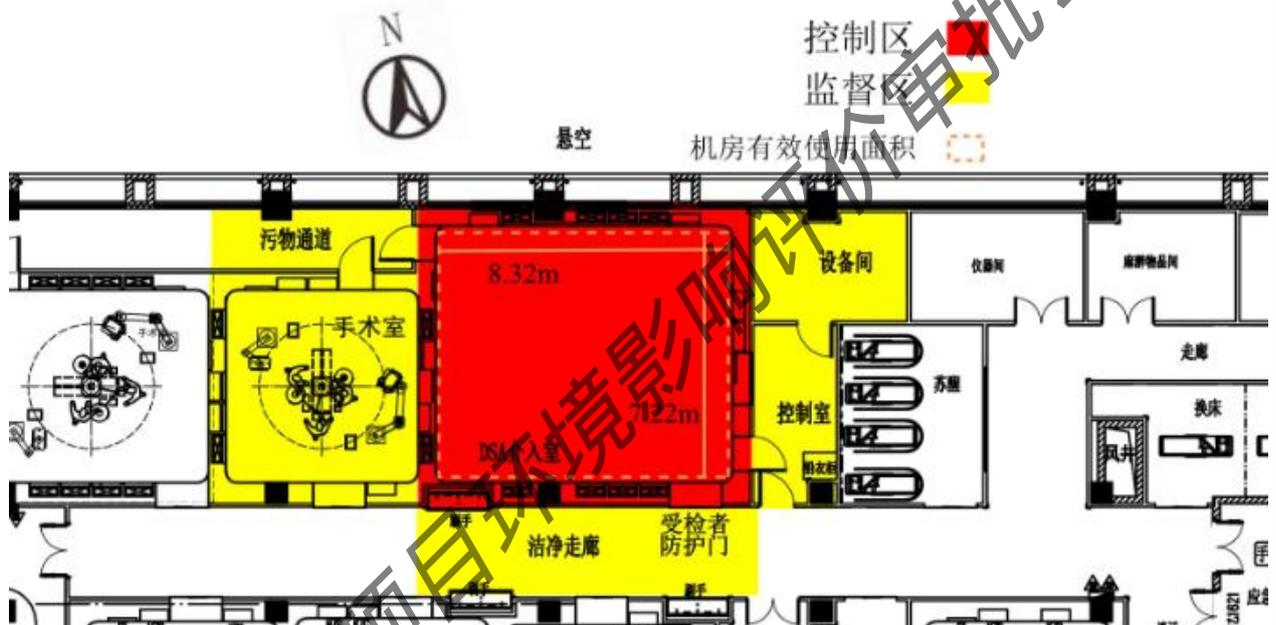


图 10-1 分区管理示意图

10.1.3 辐射安全屏蔽措施

项目 DSA 机房北墙采用 19cm 多孔砖+3mmPb 铅板（医院未能提供多孔砖密度，本次报告保守考虑，不考虑多孔砖防护），其余三面墙体为轻钢龙骨隔板+3mmPb 铅板，天棚为 10cm 混凝土+3mmPb 铅板，地板为 10cm 混凝土+4cm 硫酸钡涂料，出入 DSA 机房的 3 个房门均为内衬 3mmPb 铅板外包不锈钢的防护门，控制室与 DSA 机房之间建 3mmPb 铅玻璃观察窗。

本评价中，混凝土的等效铅当量参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 的 C.1.2 中（式 C.1）及（式 C.2）进行等效铅当量厚度的计算，转换时电压均按 125kV 计；10cm 混凝土（密度不小于 2.35g/cm³）按 1mmPb；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），本项目 4cm 硫酸钡涂

料（密度不小于 3.2g/cm³）按 3mmPb。本项目拟采取的防护设计情况见表 10-2，DSA 机房防护设计平面示意图见图 10-3，防护设计立面示意图见图 10-4。

表 10-2 本项目 DSA 机房拟采取屏蔽措施及分析

屏蔽体	拟采取的屏蔽措施	等效铅当量 mmPb	标准要求铅当量 mmPb	结论
北面墙体	19cm 多孔砖+3mm 铅板	3	有用线束方向铅当量和非有用线束方向铅当量 ≥2mmPb	满足
其余三面墙体	轻钢龙骨隔板+3mm 铅板	3		满足
顶棚	10cm 厚混凝土+3mm 铅板	4		满足
地板	10cm 厚混凝土+涂 4cm 硫酸钡涂料（3mmPb）	4		满足
3 个防护门	3mm 铅板防护门	3		满足
观察窗	3mmPb 铅玻璃	3		满足
最小有效使用面积	8.32m×7.22m = 60.07m ²	最小有效使用面积不小于 20m ² ，最小单边长不小于 3.5 m		满足
最小单边长度	7.22m		满足	

本项目充分考虑邻室（含楼上楼下）场所的人员防护与安全，对 DSA 机房四周墙体、顶棚、地板、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，且屏蔽厚度符合标准要求，从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 DSA 机房的屏蔽措施设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关屏蔽措施的技术要求。

10.1.4 通风设置

本项目 DSA 机房拟设置“空调+机械排风”的动力通风系统。DSA 机房和控制室共用一套新风净化系统，风机设计风量共为 12000m³/h，在 DSA 机房吊顶处设置有 3 个新风口，新风风量为 1500m³/h，新风管道从楼顶地面下穿至 DSA 机房，将室外新鲜空气引至 DSA 机房内；同时在 DSA 机房单独设置 1 个吊顶排风口，排风机设计风量为 500m³/h，排风管道从机房天花板上穿出，将废气排至室外。机房内风管穿墙防护拟采用 3mmPb 铅板无缝包裹（铅板包裹至墙面，并与墙面形成有效搭接），防止射线泄漏，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对于机房排风要求。机房排风系统布置示意图见图 10-2。

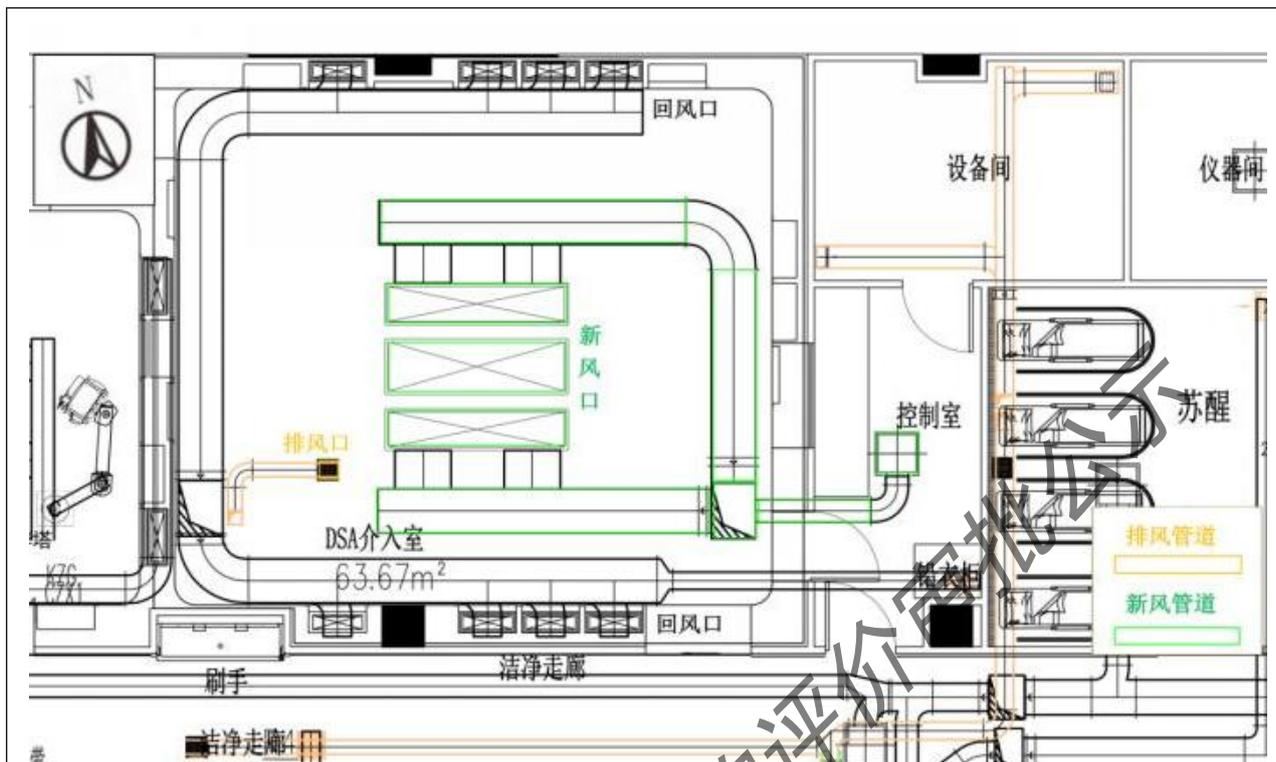


图 10-2 机房通风示意图



图 10-3 DSA 机房防护平面示意图



图 10-4 DSA 机房防护剖面示意图

10.1.5 人流、物流路线

医护路线：工作人员从医护人员入口进入换鞋间，换鞋、更衣后经办公走廊到达各自岗位区域，技师在控制室内进行设备操作，手术医护人员在 DSA 机房内部进行手术。

患者路线：患者从患者入口进入到换床间，从换床间经洁净走廊进入 DSA 机房，手术结束后原路返回。

污物路线：DSA 机房内产生的医疗废物通过 DSA 机房西侧的污物通道运至污物间暂存，每天手术结束后由专人清洁、打包处理，从污物间南侧的污物电梯运出。人流、物流路线具体见图 10-5。

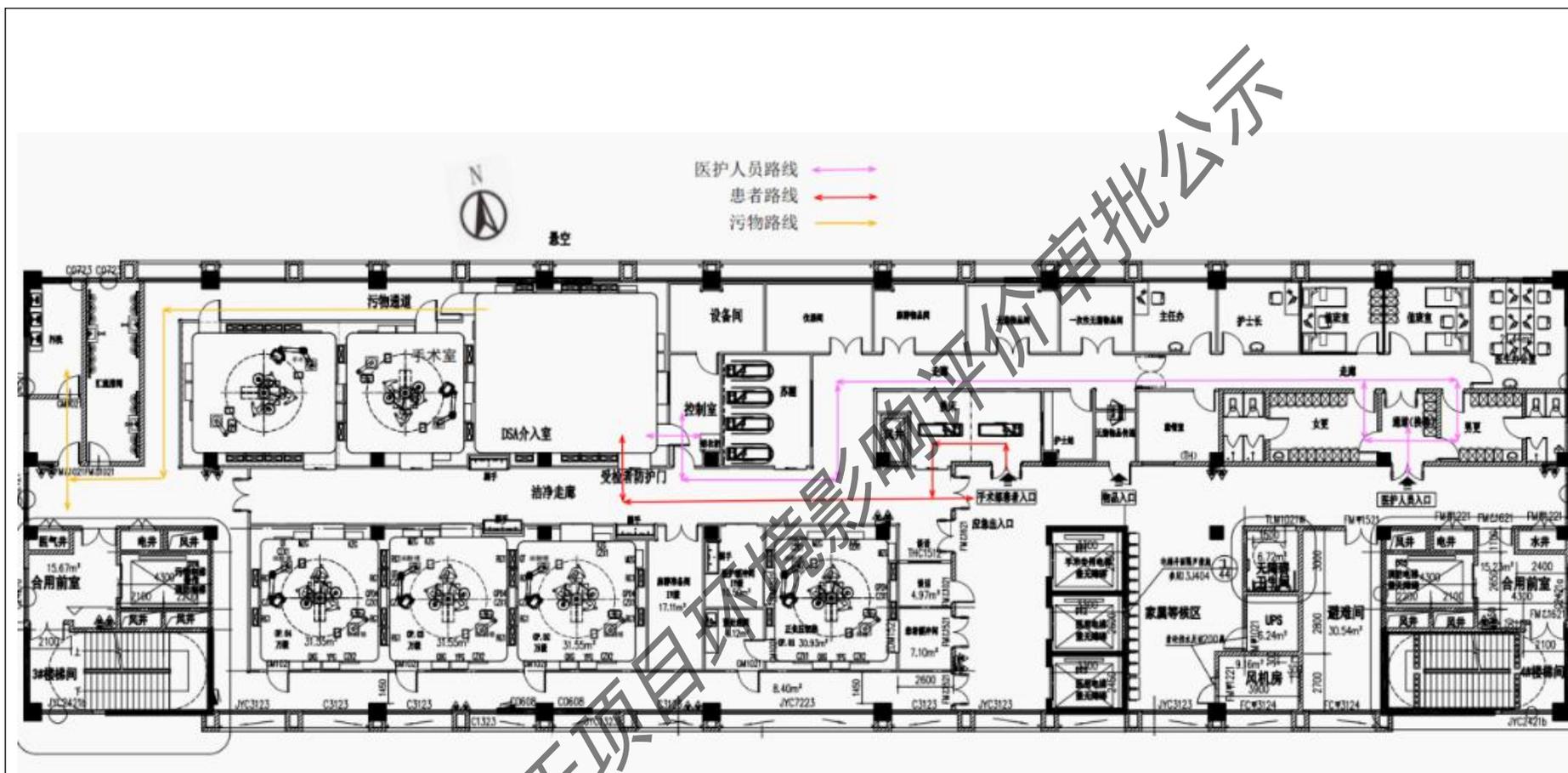


图 10-5 人流、物流路线图

10.2 辐射安全防护措施

10.2.1 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和减少照相的次数，减少辐射工作人员和患者的受辐射剂量。

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（铅橡胶颈套、铅橡胶围裙、铅防护眼镜、介入防护手套等）。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）。临床介入手术时，采用床侧立地防护屏、介入防护手套、床侧竖屏及床上防护屏、床下帘幕、床侧帘幕等屏蔽防护措施，能够有效降低介入手术工作人员的吸收剂量。

④剂量防护

为了确保医护人员的安全，操作人员在操作期间，必须佩戴个人剂量计。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时间防护

在满足诊疗要求的前提下，尽量缩短照射时间，使照射时间最小化。

②距离防护

在满足诊疗要求的前提下，应使受检者与射线源保持尽可能大的距离。

③屏蔽防护

受检者和陪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（含儿童个人防护用品），配备防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

④剂量防护

介入操作中，控制室操作台和机房内显示器上可显示当前受检者的辐射剂量测定指示

和多次曝光剂量记录。设备具有记录受检者剂量的装置，医院将每次诊疗后受检者受照剂量记录在手术记录手册中，需要时，能追到受检者的受照剂量。

(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。

10.2.2 设备固有的安全性

(1) 本项目使用的 DSA 装置购置于正规厂家，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 X 射线设备防护性能的技术要求。

(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。

10.2.3 防护用品

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“6.5 款”，医院拟为辐射工作人员和受检者分别配备相应的个人防护用品，同时拟使用医用血管造影 X 射线系统出厂配备的铅悬挂防护屏和床侧防护帘等辅助防护设施配置，详见表 10-3。

表 10-3 本项目配备防护用品一览表

使用对象	拟使用的防护用品和辅助防护设施	数量	标准要求	符合性
工作人员	铅橡胶围裙 (0.5mmPb)	4 件	铅橡胶围裙 ($\geq 0.5\text{mmPb}$)、 铅橡胶颈套 ($\geq 0.5\text{mmPb}$)、 铅防护眼镜 ($\geq 0.25\text{mmPb}$)、 介入防护手套 ($\geq 0.025\text{mmPb}$) 选配：铅橡胶帽子 ($\geq 0.25\text{mmPb}$)	符合要求
	铅橡胶颈套 (0.5mmPb)	4 件		
	铅防护眼镜 (0.5mmPb)	4 副		
	铅橡胶帽子 (0.5mmPb)	4 顶		
	介入防护手套 (0.025mmPb)	4 副		
辅助防护设施	铅防护吊帘 (0.5mmPb)、 床侧防护帘 (0.5mmPb)	1 块	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘 ($\geq 0.25\text{mmPb}$)、 床侧防护帘/床侧防护屏 ($\geq 0.25\text{mmPb}$)	
受检者	铅橡胶围裙 (0.5mmPb)	成人：1 件 儿童：1 件	铅橡胶围裙 ($\geq 0.5\text{mmPb}$)、 铅橡胶颈套 ($\geq 0.5\text{mmPb}$) 选配：铅橡胶帽子 ($\geq 0.25\text{mmPb}$)	
	铅橡胶颈套 (0.5mmPb)	成人：1 件 儿童：1 件		

项目防护用品配备符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关要求。

10.2.4 其它的辐射安全措施

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

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

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

(4) 安全联锁：DSA 机房平开防护门应有自动闭门装置，推拉式防护门应设有曝光时关闭机房门的管理措施，工作状态指示灯应与机房门能有效联动。

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

(6) 电缆设置：DSA 机房电缆沟拟采用 U 形连通加铅板防护设计。地沟线槽为埋地设计，地沟线槽采用不锈钢盖板覆盖，拟在管线穿墙处用墙体同等厚度铅板包裹管道（铅板包裹至墙面，并与墙面形成有效搭接），确保防护墙的有效防护厚度。

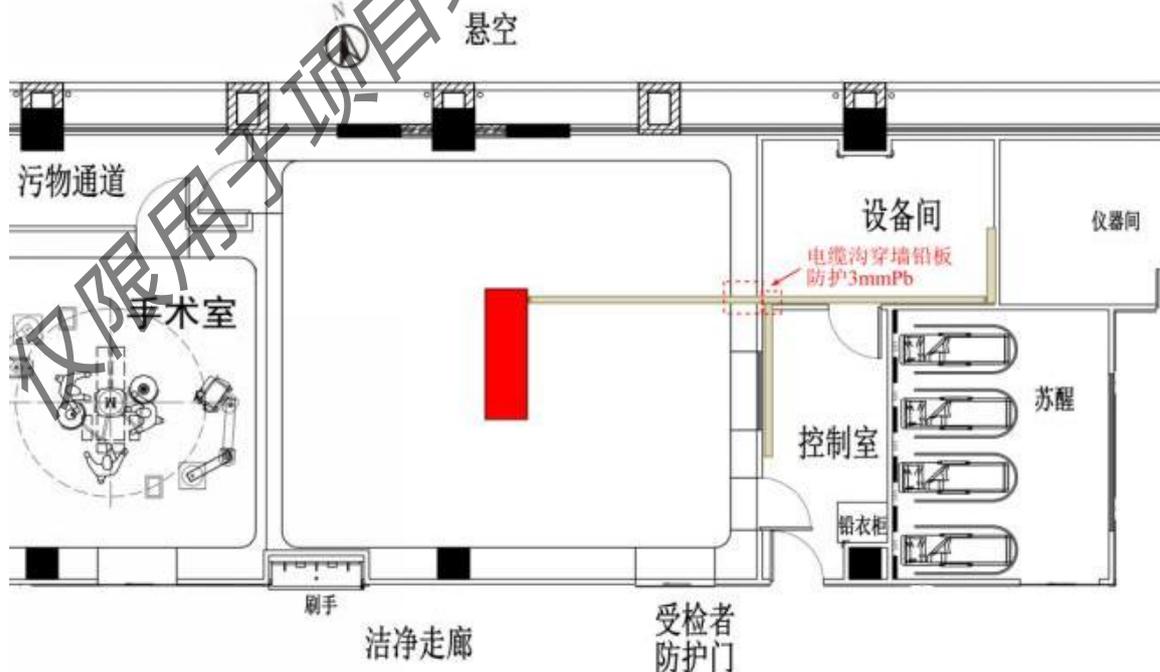


图 10-6 机房电缆沟拟设计示意图

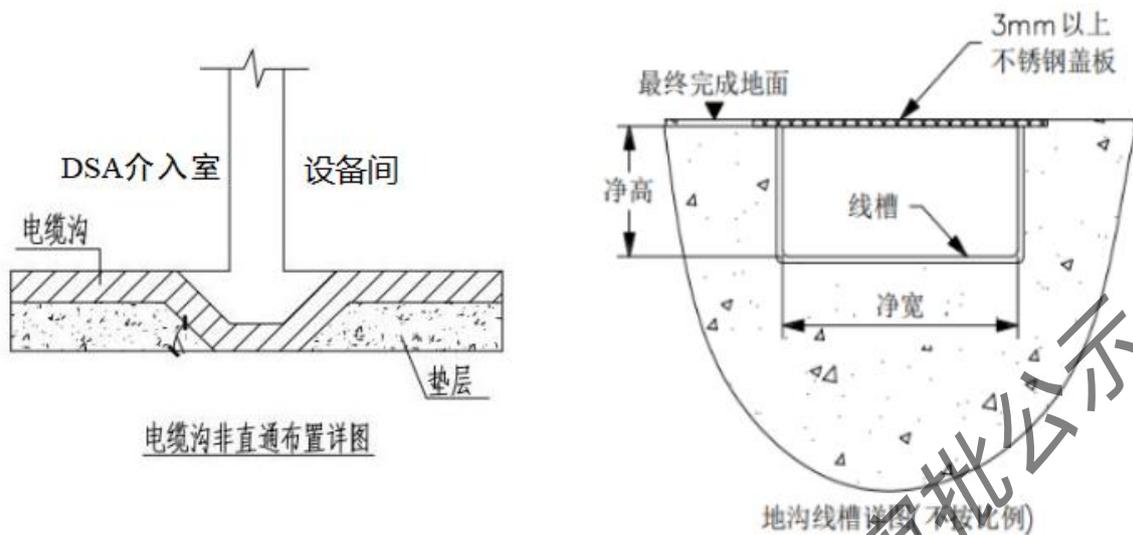


图 10-7 电缆沟穿墙防护设计示意图

10.2.5 DSA 机房辐射防护措施符合性分析

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求，DSA 机房辐射防护措施符合性分析表见表 10-4。

表 10-4 DSA 项目辐射防护措施符合性分析表

项目	标准防护要求	本项目方案	符合性
防护措施	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。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。	本项目 DSA 为独立机房，DSA 机房有效使用面积约 60.07m ² ，最小单边长度为 7.22m。	符合
	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。	本项目 DSA 机房与控制室之间设置铅玻璃观察窗，便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	符合
	平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与 DSA 机房门有效关联。	本项目污物通道和控制室出入机房防护门为平开门，设置有自动闭门装置；患者出入机房防护门为电动推拉门，设置有防夹装置，患者出入机房防护门与该门外工作状态指示灯设置有联动装置。	符合
	DSA 机房门外应有电离辐射标志；DSA 机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	本项目 DSA 机房门外拟设置电离辐射警告标志和工作指示灯，并在 DSA 机房大门旁醒目位置张贴放射防护注意事项；拟在候诊区设置相关放射防护注意事项告知栏。	符合
	在距 DSA 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 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大 2.5μSv/h，	通过理论估算，本项目 DSA 在透视条件下，DSA 机房周边关注点辐射剂量率均不大于 2.5μSv/h；摄片条件下 DSA 机房周边关注点辐射剂量率	符合

	摄片条件下机房周边关注点辐射剂量率均不大于 25 μ Sv/h。	均不大于 25 μ Sv/h。具体详见“ 第 11.2.1 节辐射环境影响分析 ”。	
	介入 X 射线设备机房：有用线束方向铅当量 2mmPb，非有用线束方向铅当量 2mmPb。	本文 第 10.1.3 节 辐射安全屏蔽措施中，DSA 机房四侧墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗的等效铅当量均大于 2mmPb。	符合
机房通风	机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风	本项目 DSA 机房拟采用机械排风方式，拟在机房吊顶处设置 1 个机械排风扇，使机房保持良好的通风。	符合
其他	配备适量的符合防护要求的各种辅助防护用品，如铅橡胶防护衣、铅橡胶颈套、围裙等。	医院为本项目配置数量足够符合防护要求的铅橡胶防护衣、铅橡胶颈套、围裙等辐射防护用品。详见 第 10.2.3 节 防护用品	符合
	受检者不应在机房内候诊	本项目设置有家属等候区，患者严禁在机房内候诊	符合

由表 10-4 可知，医院 DSA 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。

10.3 三废的治理

医院新建医用血管造影 X 射线机应用项目中射线装置在运行时无放射性废气、放射性废水及放射性固体废物产生。

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（最高 125keV），因此 DSA 设备使用产生的臭氧及氮氧化物是极少量的。本项目机房采用机械排风方式，通过设置于机房吊顶排风口及排风管道从天花板上穿出，将废气排至楼顶。DSA 机房内产生的少量臭氧和氮氧化物通过排风系统排出室外，结合自然通风，机房通风情况良好。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中关于“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求。

本项目 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，手术前或手术后产生的生活污水、医疗废水不含放射性生活污水，依托医院现有污水处理系统。

介入手术时产生的药棉、纱布、手套及医用器具等医疗废物经专人收集，暂存于污物间，定期交由有医疗废物处置资质的机构统一收集处理。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院进行统一收集并交由环卫部门统一处理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设、调试阶段对环境的影响

11.1.1 建设阶段

本项目建设阶段主要为建筑机房主体结构、辐射防护施工及设备安装活动，不涉及射线装置的使用，主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物，对室外环境和周围人群的影响较小。

(1) 噪声防治措施

施工过程中设备安装、车辆运输、各类施工机械等将对周围环境产生噪声影响。为降低施工期声环境影响，为降低施工期产生的噪声影响，建设单位应采取切实有效的降噪措施，尽可能的降低施工机械设备和运输车辆产生的噪声对周边环境的影响，通过合理安排施工时间，对施工机械采取消声降噪措施，施工噪声可得到较好的控制。

(2) 扬尘防治措施

施工期扬尘主要为机房及相邻辅助用房等施工时产生的粉尘。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应采取施工区域围挡、现场洒水等措施，并加强施工现场管理，避免无关人员进入施工区。

(3) 废水防治措施

施工期间产生的废水主要为施工人员的生活污水。生活污水依托医院的污水处理系统，经医院内污水处理设施处理后排入市政管网。

(4) 固体废物防治措施

施工期固体废物主要为建筑垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。建筑垃圾委托有资质的公司清运，施工人员产生的生活垃圾，医院统一收集交由环卫部门处理。

11.1.2 调试阶段

DSA 只有在开机并处于出线状态时才会产生 X 射线。因此，在建设期射线装置对环境无辐射影响，亦无放射性废气、无放射性废水及无放射性固体废物产生。在设备调试阶段，虽会产生射线，但调试时间很短。而且，此时 DSA 机房等屏蔽设施已建好，因此不会对调试人员及周围公众产生明显的辐射影响。DSA 的安装调试应由厂家专业人员进行，该活动属于厂家辐射安全管理范围，不纳入本次环评内容。

11.2 运行阶段对环境的影响

根据医院提供信息，本项目 DSA 投入使用后预计每年最多完成 500 台介入手术，计划配备 8 名辐射工作人员（其中医生 4 人、技师 2 人、护士 2 人）从事本项目 DSA 介入手术，调配后工作人员不再承担其他辐射工作。其中从事近台介入手术的医生、护士个人操作时间最长约 250 台/年，平均每台手术中使用医用血管造影 X 射线机（DSA）出束时间：透视约为 20min/台，摄影约 2min/台。

DSA 在手术中分透视和摄影两种模式，DSA 摄影模式曝光时，医护人员位于控制室，即为隔室操作方式；DSA 透视模式条件下，医护人员近台同室进行介入操作。本次评价分别对摄影、透视两种工况下机房周围的辐射水平进行了预测。

11.2.1 辐射环境影响分析

11.2.1.1 关注点情况

在介入手术过程中，机头有用线束直接照向患者，根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节指出，在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线，初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱，因此 DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。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。

因本项目设备未确定设备厂家以及型号，无法确定准确的球管位置，偏保守考虑，源点与各侧墙体、防护门、观察窗的距离按照 2.5m×0.8m 手术床曝光区域边界为起点（即按最短距离计算）。并根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 B.2 款，选取 DSA 机房屏蔽体外 30cm 处为关注点，DSA 机房顶棚上方（楼上）地面 100cm 为楼上关注点，DSA 机房地面下方（楼下）地面 170cm 为楼下关注点；手术床离地距离按 1m、球管（射线源点）与病人（散射体）距离按 0.6m。机房关注点与射线出束点距离=出束点到屏蔽体的距离+屏蔽体厚度+屏蔽体外关注点距离。本项目 DSA 机房各关注点距射线装置出束点距离详见表 11-1，关注点分布情况详见图 11-1、11-2。

表 11-1 本项目 DSA 机房周围各关注点位情况

关注点	关注点位置描述	机房关注点与射线出束点距离 (m)	屏蔽设计	总等效铅当量 X(mmPb)	备注
1#	控制室观察窗外 30cm (操作台)	4.65	3mmPb 铅玻璃	3	职业照射
2#	控制室防护门外 30cm (控制室)	4.79	3mm 铅防护门	3	
3#	DSA 介入室东侧墙外 30cm (设备间)	4.65	轻钢龙骨隔板+3mm 铅板 (3mmPb)	3	公众照射
4#	受检者防护门外 30cm	4.06	3mm 铅防护门	3	
5#	DSA 介入室南侧墙外 30cm (洁净走廊)	3.45	轻钢龙骨隔板+3mm 铅板 (3mmPb)	3	
6#	DSA 介入室西侧墙外 30cm (手术室)	4.45	轻钢龙骨隔板+3mm 铅板 (3mmPb)	3	
7#	污物通道防护门外 30cm	5.01	3mm 铅防护门	3	
8#	DSA 介入室北侧墙外 30cm (悬空)	3.45	19cm 多孔砖+3mm 铅板 (3mmPb)	3	
9#	DSA 介入室上方地面 1m (天台)	5.30 (漏射) 4.70 (散射)	10cm 厚混凝土 (1mmPb) + 3mm 铅板 (3mmPb)	4	
10#	DSA 介入室下方地面 1.7m (ICU 病房)	3.44 (漏射) 4.04 (散射)	10cm 厚混凝土 (1mmPb) + 4cm 硫酸钡涂料 (3mmPb)	4	

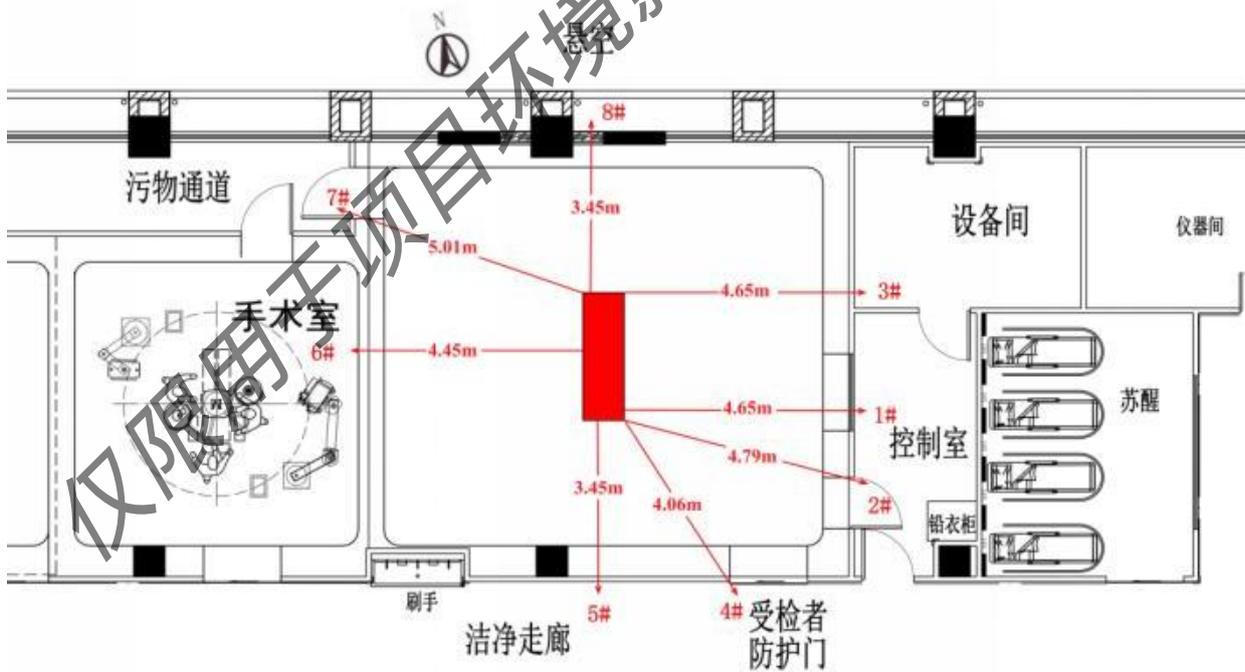


图 11-1 DSA 介入室平面关注点示意图

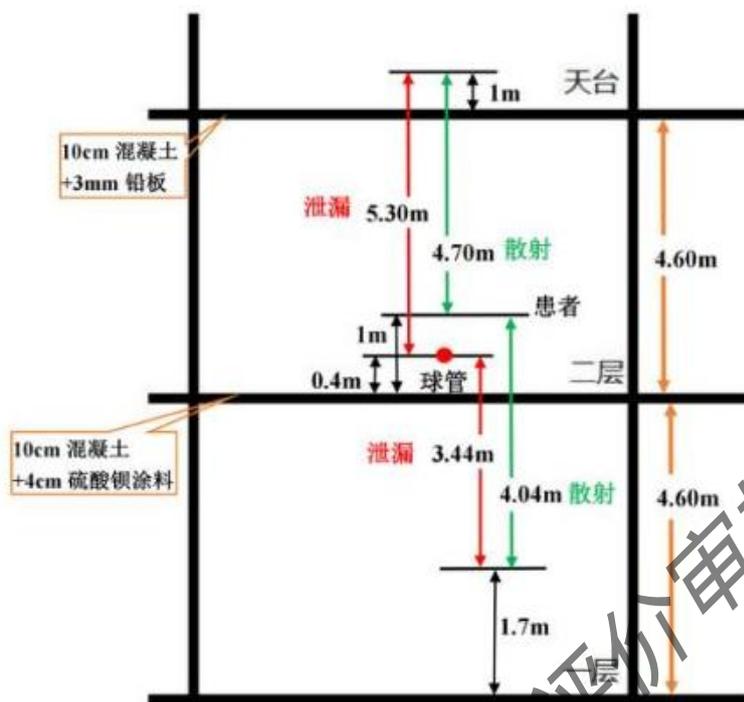


图 11-2 DSA 介入室立面关注点示意图

2、机房辐射屏蔽估算

(1) 泄漏辐射环境影响分析

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：

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

式中： H_L ——关注点漏射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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 中的公式计算：

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

式中： B ——透射因子；

X——屏蔽材料铅当量厚度，mm；

α 、 β 、 γ ——针对不同管电压 X 射线辐射衰减拟合参数（取自 GBZ 130-2020 附录 C）。本项目取值见表 11-2。

表 11-2 不同管电压 X 射线辐射衰减拟合参数

运行模式	运行管电压 (kV)	屏蔽材料	α	β	γ	备注
透视	70	铅	5.369	23.49	0.5881	/
摄影	100	铅	2.500	15.28	0.7557	主束
			2.507	15.33	0.9124	散射

注：透视模式下，散射及漏射均按 70kV 对应的参数；摄影模式下，漏射按 100kV（主束）对应的参数，散射按 100kV（散射）对应的参数。

(2) 散射辐射环境影响分析

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

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

式中： H_s ——关注点散射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 ——距焦点 1m 处剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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

S ——散射面积，取典型值 100cm^2 ；

d_0 ——源与病人的距离，取 0.6m；

d_s ——病人与预测点的距离，m；

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

X ——铅屏蔽厚度，mm；

α 、 β 、 γ ——针对不同管电压 X 射线辐射衰减拟合参数（取自 GBZ 130-2020 附录 C），具体参照表 11-2。

3、机房周围关注点剂量率

(1) 根据公式计算各关注点处泄漏辐射 X- γ 辐射剂量率估算结果见表 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

运行模式	关注点	H ₀ (μSv/h)	X	d	B	H _L (μSv/h)
透视模式	1#	1.75E+07	3	4.65	5.79E-09	4.69E-06
	2#		3	4.79	5.79E-09	4.42E-06
	3#		3	4.65	5.79E-09	4.69E-06
	4#		3	4.06	5.79E-09	6.15E-06
	5#		3	3.45	5.79E-09	8.52E-06
	6#		3	4.45	5.79E-09	5.12E-06
	7#		3	5.01	5.79E-09	4.04E-06
	8#		3	3.45	5.79E-09	8.52E-06
	9#		4	5.30	2.70E-11	1.68E-08
	10#		4	3.44	2.70E-11	3.99E-08
摄影模式	1#	2.92E+08	3	4.65	4.14E-05	5.59E-01
	2#		3	4.79	4.14E-05	5.27E-01
	3#		3	4.65	4.14E-05	5.59E-01
	4#		3	4.06	4.14E-05	7.34E-01
	5#		3	3.45	4.14E-05	1.02E+00
	6#		3	4.45	4.14E-05	6.11E-01
	7#		3	5.01	4.14E-05	4.82E-01
	8#		3	3.45	4.14E-05	1.02E+00
	9#		4	5.30	3.39E-06	3.52E-02
	10#		4	3.44	3.39E-06	8.36E-02

(2) 根据公式计算各关注点处散射辐射 X- γ 辐射剂量率估算结果见表 11-4。

表 11-4 各关注点处散射辐射 X- γ 辐射剂量率估算结果

运行模式	关注点	H ₀ (μSv/h)	X	d ₀	d _s	B	H _s (μSv/h)
透视模式	1#	1.75E+07	3	0.6	4.65	5.79E-09	1.63E-06
	2#		3	0.6	4.79	5.79E-09	1.53E-06

	3#	1.75E+07	3	0.6	4.65	5.79E-09	1.63E-06		
	4#		3	0.6	4.06	5.79E-09	2.14E-06		
	5#		3	0.6	3.45	5.79E-09	2.96E-06		
	6#		3	0.6	4.45	5.79E-09	1.78E-06		
	7#		3	0.6	5.01	5.79E-09	1.40E-06		
	8#		3	0.6	3.45	5.79E-09	2.96E-06		
	9#		4	0.6	4.70	2.70E-11	7.42E-09		
	10#		4	0.6	4.04	2.70E-11	1.00E-08		
	摄影模式		1#	2.92E+08	3	0.6	4.65	6.31E-05	7.69E-01
			2#		3	0.6	4.79	6.31E-05	7.25E-01
3#		3	0.6		4.65	6.31E-05	7.69E-01		
4#		3	0.6		4.06	6.31E-05	1.01E+00		
5#		3	0.6		3.45	6.31E-05	1.40E+00		
6#		3	0.6		4.45	6.31E-05	8.40E-01		
7#		3	0.6		5.01	6.31E-05	6.63E-01		
8#		3	0.6		3.45	6.31E-05	1.40E+00		
9#		4	0.6		4.70	5.14E-06	6.13E-02		
10#		4	0.6		4.04	5.14E-06	8.30E-02		

(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估算结果见表 11-5。

表 11-5 DSA 工作场所各关注点处 X-γ 辐射剂量率估算结果

运行模式	关注点	关注点描述	泄漏辐射剂量率 H _L (μSv/h)	散射辐射剂量率 H _s (μSv/h)	总附加剂量率 H _r (μSv/h)
透视模式	1#	控制室观察窗外 30cm (操作台)	4.69E-06	1.63E-06	6.32E-06
	2#	控制室防护门外 30cm (控制室)	4.42E-06	1.53E-06	5.95E-06
	3#	DSA 介入室东侧墙外 30cm (设备间)	4.69E-06	1.63E-06	6.32E-06
	4#	受检者防护门外 30cm	6.15E-06	2.14E-06	8.29E-06
	5#	DSA 介入室南侧墙外 30cm (洁净走廊)	8.52E-06	2.96E-06	1.15E-05
	6#	DSA 介入室西侧墙外 30cm (手术室)	5.12E-06	1.78E-06	6.90E-06

	7#	污物通道防护门外 30cm	4.04E-06	1.40E-06	5.44E-06
	8#	DSA 介入室北侧墙外 30cm (悬空)	8.52E-06	2.96E-06	1.15E-05
	9#	DSA 介入室上方地面 1m (天台)	1.68E-08	7.42E-09	2.42E-08
	10#	DSA 介入室下方地面 1.7m (ICU 病房)	3.99E-08	1.00E-08	4.99E-08
摄影模式	1#	控制室观察窗外 30cm (操作台)	5.59E-01	7.69E-01	1.33E+00
	2#	控制室防护门外 30cm (控制室)	5.27E-01	7.25E-01	1.25E+00
	3#	DSA 介入室东侧墙外 30cm (设备间)	5.59E-01	7.69E-01	1.33E+00
	4#	受检者防护门外 30cm	7.34E-01	1.01E+00	1.74E+00
	5#	DSA 介入室南侧墙外 30cm (洁净走廊)	1.02E+00	1.40E+00	2.42E+00
	6#	DSA 介入室西侧墙外 30cm (手术室)	6.11E-01	8.40E-01	1.45E+00
	7#	污物通道防护门外 30cm	4.82E-01	6.63E-01	1.15E+00
	8#	DSA 介入室北侧墙外 30cm (悬空)	1.02E+00	1.40E+00	2.42E+00
	9#	DSA 介入室上方地面 1m (天台)	3.52E-02	6.13E-02	9.65E-02
	10#	DSA 介入室下方地面 1.7m (ICU 病房)	8.36E-02	8.30E-02	1.67E-01

由表 11-5 可知，本项目在正常运行期间，透视模式下 DSA 介入室外各关注点处 X- γ 辐射剂量率估算结果最大值为 $1.15 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中规定的透视模式下屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求；摄影模式下 DSA 介入室外各关注点处 X- γ 辐射剂量率估算结果最大值为 $2.42 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中规定的“短时、高剂量率曝光的摄影程序”下屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。

11.2.2 工作人员和公众人员有效剂量估算

1、剂量估算公式

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 射线产生的外照射致人年有效剂量计算公式如下：

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

式中： E_r ——X- γ 射线外照射年有效剂量，mSv；

Hr——X-γ辐射周围剂量当量率，μSv/h；

t——X-γ照射时间，h；

T——居留因子。

2、个人剂量估算结果分析

根据医院提供的信息，本项目投入使用后，预计每年最多完成介入手术500台。配备医生4名，护士2名，技师2名，采取两个班组轮岗工作方式，其中医生与护士主要在手术室进行手术，技师在控制室操作机器。平均每台手术中使用医用血管造影X射线机（DSA）装置出束时间：透视约为20min/台，摄影约为2min/台。

表 11-6 本项目工作负荷统计一览表

射线装置	工作状态	平均每台手术出束时间	年手术量	年累计出束时间	单名工作人员年最大受照射时间
DSA 介入室	透视	20min	500 台	166.7h	83.3h
	摄影	2min		16.7h	8.3h

(1) 机房周围工作人员、周围公众年有效剂量

依据表11-5估算结果以及公式4来估算项目运行对机房周围环境人员受照射剂量，估算结果见表11-7。

表 11-7 DSA 机房周围关注点个人剂量估算结果

关注点	透视模式		摄影模式		居留因子	年有效剂量 (mSv/a)	照射类型
	总附加剂量率 (μSv/h)	时间(h)	总附加剂量率 (μSv/h)	时间(h)			
1#	6.32E-06	166.7	1.33E+00	16.7	1	2.22E-02	职业照射
2#	5.95E-06	166.7	1.25E+00	16.7	1	2.09E-02	
3#	6.32E-06	166.7	1.33E+00	16.7	1/4	5.55E-03	公众照射
4#	8.29E-06	166.7	1.74E+00	16.7	1/4	7.26E-03	
5#	1.15E-05	166.7	2.42E+00	16.7	1/4	1.01E-02	
6#	6.90E-06	166.7	1.45E+00	16.7	1/2	1.21E-02	
7#	5.44E-06	166.7	1.15E+00	16.7	1/4	4.80E-03	
8#	1.15E-05	166.7	2.42E+00	16.7	1/40	1.01E-03	
9#	2.42E-08	166.7	9.65E-02	16.7	1/16	1.01E-04	
10#	4.99E-08	166.7	1.67E-01	16.7	1	2.79E-03	

由表 11-7 可知，项目运行后，DSA 控制室职业人员估算最大年有效剂量为 $2.22 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于职业人员年剂量管理约束值（5mSv）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员剂量限值（20mSv）的要求；公众受照年有效剂量最大为 $1.21 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于公众成员年剂量管理约束值（0.1mSv）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。

本项目环境保护对象主要为同一楼层和楼下一层的公众人员，同一层楼公众人员距离手术室较远，楼下一层也有物理隔断和相应屏蔽防护，根据剂量率与距离平方成反比的关系，若考虑距离衰减因素，距离机房越远，辐射剂量率越低，由以上分析结果可知，本评价公众人员受照剂量满足国家标准要求和本项目公众人员年有效剂量约束值。

因此，本项目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，对机房外周围环境人员产生的辐射影响较小。

11.2.3 DSA 机房内工作人员辐射影响分析

1、预测模式

本项目手术医生、护士是在穿戴铅围裙、铅颈套等防护用品的条件下进行手术，故手术室内医生、护士所受辐射剂量估算参照《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019) 中外照射个人监测剂量评价方法“6.2.4 佩戴铅围裙内、外两个剂量计时，宜采用公式（5）估算有效剂量率”。

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

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

经医院核实，手术中，医生如需透视则在室内直接操作曝光，如需摄片（减影）则移步到控制室内，由控制室技术人员隔室操作曝光。DSA 机房内操作曝光透视，其中第一术者距离射线机球管最近，因此以第一术者为代表估算室内操作人员受照射剂量；隔

室操作时，采用观察窗外辐射剂量率进行计算。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 0.6m。

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、散射辐射 X-γ辐射剂量率估算结果见表 11-8、表 11-9。

表 11-8 透视模式下第一术者位置处泄漏辐射 X-γ辐射剂量率估算结果

防护情况	$H_0(\mu\text{Sv/h})$	f	d	X	B	α	β	γ	$H_L(\mu\text{Sv/h})$
有铅服	1.75E+07	0.1%	1	1	2.83E-04	5.369	23.49	0.5881	4.95
无铅服	1.75E+07	0.1%	1	0.5	5.34E-03	5.369	23.49	0.5881	93.45

表 11-9 透视模式下第一术者位置处散射辐射 X-γ辐射剂量率估算结果

防护情况	H_0	δ	S	B	d_0	d_s	X	α	β	γ	$H_s(\mu\text{Sv/h})$
有铅服	1.75E+07	1.25E-06	10 ²	2.83E-04	0.6	0.6	1	5.369	23.49	0.5881	4.78
无铅服	1.75E+07	1.25E-06	10 ²	5.34E-03	0.6	0.6	0.5	5.369	23.49	0.5881	90.13

室内第一术者位置处总辐射剂量率估算结果见表 11-10 所示。

表 11-10 室内第一术者位置处总 X-γ辐射剂量率估算结果

工作模式	第一术者位（有铅服） 总附加剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	第一术者位（无铅服） 总附加剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）
透视模式	4.95+4.78=9.73	93.45+90.13=183.58

根据机房外关注点剂量率和机房内剂量率估算结果，医生同室操作时采用第一者位辐射剂量率进行估算；隔室操作时，采用观察窗外辐射剂量率进行计算。结合医院提供的年工作负荷情况，对本项目 DSA 机房职业人员受到的附加年有效剂量进行理论计算，详见表 11-11。

表 11-11 本项目 DSA 机房内职业人员受到的附加年有效剂量计算结果

职业人员	工作模式	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	受照时间 (h/a)	居留因子	年附加有效剂量 (mSv/a)	辐射剂量约束值
手术室内第一术者位	同室透视	第一术者位 铅衣内	9.74	83.3	1.42	5mSv/a
		第一术者位 铅衣外	183.58			
	隔室摄影	控制室	1.33	8.3	0.01	

综上所述，本项目机房内操作的医护人员穿戴铅衣屏蔽的情况下附加年有效剂量估算值低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）对职业人员剂量限值（20mSv）的要求，也同时低于本评价设定的职业人员年有效剂量管理约束值 5mSv/a。

11.2.4 介入手术中防护要求

（1）需做到持证上岗、岗前培训，不断提高辐射防护和诊疗技术水平，全面掌握辐射防护法规与技术知识；

（2）严格按照规定佩戴 2 枚个人剂量计，开展介入手术医生的个人剂量监测。对于介入放射学全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计(如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等)；

（3）时间防护：熟悉机器性能和介入操作技术，尽量减少照射和采集时间，避免与诊疗无关的曝光情况；

（4）缩小照射野：在满足影像采集质量和诊疗需要的前提下，尽量缩小照射野、调节透视脉冲频率至最低状态；

（5）缩短物片距：尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线；

（6）充分利用各种防护用品：操作者穿戴铅橡胶防护衣、铅橡胶围脖、铅橡胶帽、介入防护手套、铅防护眼镜等；使用床侧防护帘及铅悬挂防护吊帘等防护器材。

11.3 事故影响分析

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

11.3.1 辐射事故情况

DSA 射线装置可能发生的辐射事故情况如下：

（1）DSA 投入运行后，由于 DSA 设备故障、操作不当、没有穿戴防护用品等情况下，医生在同室操作时可能受到超剂量的 X 射线照射。

(2) 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。

(3) 门灯连锁装置和闭门装置发生故障状况的情况下，人员误入正在运行的 X 射线装置机房受到外照射。

(4) 检查或维修状态下，维修人员违反操作规程或误操作，造成人员误照射。

11.3.2 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。责任事故主要由管理不善、领导失职、安全观念淡漠引起。医院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。医院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) 应急处理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 2 枚个人剂量计。

(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) 全院放射工作人员必须时刻保持高度警惕，定期培训，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 辐射事故应急处理

(1) 事故报告程序

一旦发生辐射事故，医院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，并在第一时间向应急处理领导小组报告，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处理领导小组，并立即组织本科工作人员营救受照人员。辐射事故应急处理领导小组必须在 2 小时内将有关信息报告区生态环境、公安、卫生健康等部门。

2. 现场控制

辐射事故应急处理领导小组接到事故发生报告后，立即赶赴现场，进行指挥，采取正确、有效的措施，保护现场，疏散无关人员，防止事故蔓延，避免更大伤害。

3. 启动应急系统

辐射事故应急处理领导小组接到现场报告后，立即赶赴现场，首先组织有关人员受照人员及可能受照人员尽快进行初期医学处理，对可能受放射损伤的人员，立即采取暂时隔离，并实施医学检查和救治。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。

4. 现场报告

根据现场情况，由本单位辐射事故应急处理领导小组将事故发生时间、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局、卫健委、公安局等相关部门以及上级行政主管部门。协助上级有关部门迅速开展检测，确定现场的辐射强度、影响范围，切断一切可能扩大污染范围的环节。污染现场尚未达到安全水平以前，不得解除封锁。

5. 查找事故原因

积极协助卫生行政部门、公安部门及生态环境部门进行事故调查、处理等各方面的相关事宜。

6. 应急响应终止

辐射事故应急处置工作结束后，各部门要积极组织后续救治、医院秩序的恢复重建工作。对于重点部位和特殊区域，要认真分析研究，提出解决建议和意见。

（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. 立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

2. 启动应急预案。当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组组长，组长随即通知辐射事故应急处理小组有关成员，采取应急相应救助措施。

3. 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。

4. 及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

5. 及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理，可缩小事故影响，减少事故损失。

6. 事故处理后应整理资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

（3）辐射事故应急预案要求

1. 制定有针对性的辐射事故应急预案，需满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（第 449 号令）中对辐射事故应急预案的要求；

2. 辐射事故应急救援预案应当包括以下内容：应急机构和职责分工；应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；辐射事故分级应急响应措施；辐射事故调查、报告和处理程序；

3. 定期组织相关会议，总结辐射工作经验，深化事故分析，提高辐射事故处理能力；

4. 定期组织演练，提高应对辐射事故的软实力；

5. 根据国家有关部门出台的制度及时更新辐射事故应急预案，及时明确项目所在地生态环境部门、公安部门、卫生部门联系方式。

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

12.1.1 放射防护质量安全管理小组

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

容县中医医院对辐射安全与防护管理领导小组成员进行了调整，并明确了相关成员名单及职责（详见附件5）。

一、辐射安全与防护管理领导小组

组长：*** 副院长（主持全面工作）

副组长：*** 分管副院长

组员：*** 医务科科长 *** 放射科主任 *** 感染管理科科长
 *** 护理部主任 *** 急诊科主任 *** 检验科主任
 *** 设备科科长 *** 药剂科科长 *** 总务科科长

二、辐射安全与防护管理领导小组职责

- 1.评估辐射防护措施计划；
- 2.审核辐射工作人员操作能力及资格；
- 3.定期核对辐射防护措施计划，对不完善之处及时修订；
- 4.定期组织对放射诊疗场所、设备和人员的放射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时落实整改措施；
- 5.制定辐射防护演练并督导实施；
- 6.多渠道规划并开展各种辐射防护学习培训；
- 7.定期（至少每年一次）召开辐射防护委员会，检讨全院辐射安全作业；
- 8.审核医疗设备各项采购案和评价工作场所及各项配置是否符合辐射安全规定；
- 9.督导各辐射工作科室做好应急预案，并严格按照规定处理全院发生的各类辐射意外事件，并将发生原因，处理经过与所采用的改善措施等作出报告。

12.1.2 辐射工作人员

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019年，第57号）的相关要求，自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

本项目规划调配8名辐射工作人员。该8名辐射工作人员均需参加国家核技术利用辐射安全与防护培训，考核合格后方可上岗（考核成绩合格有效期五年）。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（环境保护部2008年第3号令），使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

医院已开展放射诊疗工作多年，制定了相应的管理制度主要包括：

- （1）《辐射安全与防护管理领导小组》；
- （2）《辐射事故应急处理预案》；
- （3）《放射诊疗质量保证方案》；
- （4）《放射诊疗安全防护操作规程》；
- （5）《辐射环境及个人剂量监测方案》；
- （6）《放射工作人员职业健康管理制度》；
- （7）《辐射人员培训计划》；
- （8）《设备检修维护制度》等。

医院已制定的各项管理制度具有较好的可行性，从辐射防护和安全管理、辐射人员培训计划等方面分别做了明确要求和规定，同时制定了较为符合实际情况的、切实可行的辐射事故应急处理预案，保障了从事辐射工作的人员和公众的健康与安全。本评价项目为医院核技术利用新建项目，针对本项目，医院制定了相应的岗位职责及DSA操作规程

等基本规章制度。医院只要在日常工作中严格落实各项规章制度，即能够满足核技术利用项目的管理，并承诺从以下几方面做好辐射安全管理工作：

1、本项目运行前，各项规章制度、操作规程必须张贴上墙，防护用品必须配备齐全，所有辐射工作场所均必须有电离辐射警示标志；

2、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；

3、加强对各工作场所的安全和防护情况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改，医院应对本项目的辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的年度评估报告。

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能的避免事故的发生，医院必须培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，提出如下辐射环境管理要求：

(1) 依据《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十八条和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》之规定，该医院必须向生态环境部门申请重新办理安全许可证等相关环保手续。

(2) 医院操作人员必须遵守各项操作规程，检查仪器安全并做好当班记录，严格执行交接班制度，发现异常及时处理。

(3) 各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；机房门上必须有电离辐射警示标志，机房门屏蔽门上方还必须要有工作指示灯，警告标志的张贴必须规范。

(4) 每年应至少进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，医院工作人员应持证上岗，定期进行辐射防护知识和法规知识的培训 and 安全教育，检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。对个人剂量超过或接近管理目标的放射工作人员应暂离岗位，并在今后的工作中增加监测频率。对放射工作人员每两年进行身体健康体检并形成制度。进入机房的工作人员佩带个人剂量计，记录个人所受的射线剂量。

(5) 制定事故状态下的应急处理计划，其内容包括事故的报告，事故区域的封闭，事故的调查和处理及工作人员的受照剂量估算和医学处理等。

(6) 应当加强对本单位与射线装置安全和防护状况的日常检查，定期检查机房的报警装置系统、防护仪表和 X 射线输出剂量误差，发现问题及时解决；发现安全隐患的，应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停

止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的环境保护主管部门（以下简称“发证机关”），经发证机关检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

（7）对医院辐射装置的安全和防护状况进行年度评估，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。

（8）安装、维修或者更换与辐射源有关部件的设备，应当向有关部门申请，进行防护监测验收，确定合格后方可启用，以杜绝放射事故的发生。

（9）建设项目竣工环境保护验收涉及的辐射监测，应委托有相应资质的辐射环境监测机构进行。

（10）医院在依法被撤销、依法解散、依法破产或者因其他原因终止前，应当确保环境辐射安全，妥善实施辐射工作场所或者设备的退役，并承担退役完成前所有的安全责任。

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。医院需根据要求制定以下辐射监测计划。

12.3.1 个人剂量监测

医院应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（监测周期最长不应超过 3 个月），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。

12.3.2 辐射环境监测

（1）常规监测

医院应委托有资质的机构定期（每年常规监测一次）对项目工作场所及周围环境进行辐射监测，并建立监测技术档案。监测方案要求如下：

①监测范围：DSA 机房周围墙体、防护门、观察窗等人员可达区域，以及机房周围 50m 范围内环境关注点。

②监测项目：X- γ 周围当量剂量率；

③监测频次：每年至少一次；

④监测仪器：使用的仪器应与本项目源项特征相适应（由监测机构负责）；

⑤监测报告所包含信息应清晰、准确、完整，并纳入档案进行保存。

医院拟配备辐射监测仪定期对射线装置机房四周环境进行自主监测，发现问题及时整改。所有监测记录，存档备查，并编制年度辐射安全防护评估报告上报发证机关。

(2) 防护性能监测

在设备初次投入使用或大修及更换关键组件时，医院需要委托有资质的单位进行设备防护性能检测，以保证符合有关标准的要求。在使用过程中，需要委托有资质的单位进行状态检测，检测频度为每年不少一次。

表 12-1 监测计划要求一览表

监测对象	具体内容	监测频率	监测因子
辐射工作人员	个人剂量监测	3 个月为一周期，连续监测。	外照射个人剂量当量
工作场所和周围环境	屏蔽墙或自屏蔽体外 30 cm 处（包括机房四周及楼下、防护门外、观察窗外），以及 DSA 设备透视防护区测试平面。	运行前、运行中各监测 1 次，每年 1-2 次。	X-γ辐射剂量率
		院内自主监测	常规监测，委托有资质的机构进行（每年至少一次）
设备	放射性设备性能的稳定性和质量控制检测	每年一次；设备初次投入使用、大修及更换关键组件时。	质量控制性能及防护检测

12.3.3 放射工作人员健康管理

按照《放射工作人员健康标准》的相关规定，医院应为放射工作人员建立个人健康档案，对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检报告，合格者才能上岗；对从事放射工作的工作人员建立职业健康监护档案，档案要终生保存，工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。职业健康检查周期为 1~2 年，但不得超过 2 年，必要时可适当增加检查次数。

医院应严格按每两年一个周期对医院放射工作人员进行健康检查，体检不合格人员要及时复查，复查不合格人员应暂时脱离放射工作岗位，待体检合格后方可继续从事放射工作。在本单位从事过放射工作的人员在离开该工作岗位时也应进行健康体检。

12.4 辐射事故应急

12.4.1 医院放辐射事故应急处理预案

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》（国务院令 449 号）第四十条、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令 18 号）第四十三条等有关规定，医院应制定辐射事故应急预案。

医院设置有辐射事故应急处理预案（详见附件6），设立了以副院长为组长的应急领导小组，成员由放射科、急诊科、总务科等各部门主要负责人组成。

一、应急处理领导小组职责：

- 1.贯彻执行国家辐射应急的方政策和辐射应急工作；
- 2.负责与上级主管部门和当地生态环境部门的联络、报告应急处理工作，配合做好事故调查和审定；
- 3.组织制订医院应急响应方案，做好应急准备工作；
- 4.组织人员参加辐射应急人员应急演练；
- 5.负责辐射事故应急处理期间的后勤保障工作；
- 6.采取各种快速有效措施，做好善后处理，最大限度地消除对医院的负面影响。

二、辐射事故的处理

1.事故发生后，当事人应立即通知同工作场所的人员及患者离开，封闭现场，并及时上报辐射应急处理领导小组启动本预案。

2.当事人向科室负责人报告，科室立即上报医院有关部门；科室进入应急状态，协调分工，相关处理人员应立即穿戴防护用品，开始处理事件。

3.应急处理领导小组立即召集专业人员，根据具体情况迅速指定事故处理方案，及时采取措施进行应急处理，有效控制事态扩大，并在2小时内填写初始报告，向当地环保部门报告，同时还应向当地人民政府、公安部门和卫生部门报告。

4.事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行，未取得防护检测人员的允许不得进入事故区。

5.技师迅速使用剂量仪对辐射及安全区域进行检测，确认放射性辐射范围。对估计剂量比较大，可能发生急性放射损伤的人员应尽快由医生进行初期医学处理，然后视情况请专家主持相关治疗工作。

6.经过以上处理后，待辐射场所放射性强度恢复本底水平，经相关职能部门以及院放射防护领导小组同意后，方可解除预案，同时解除场所的封闭，恢复日常工作。并组织有关人员事故发生原因进行分析，从中吸取经验教训，并公布必要的信息以及处理结果。

三、辐射事故的报告

发生或发现辐射事故的科室或个人，必须立即向院办公室报告。院办公室应立即向主管领导汇报，采取应急措施，并在两小时内填写初始报告及时收集整理相关处理情况向当

地人民政府环境保护主管部门报告,同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。

四、应急人员的培训演习计划

- 1、定期参加区、市疾控中心举办的辐射防护培训,考核合格后上岗。
- 2、每年对放射工作人员进行一次院内的安全和防护知识教育培训,主要内容为学习使用射线装置的相应法律法规。
- 3、定期安排放射工作人员参加相关诊疗知识学习,不断提高诊疗水平。
- 4、定期组织全体员工学习相关的应急救援预案、应急救援知识、本岗位职责的宣传教育,每年进行一次应急救援演习,增强安全意识,提高应急救援能力。

12.4.2 医院现有核技术利用项目应急预案执行情况

医院制定了《辐射事故应急处理预案》并成立辐射事故应急处理小组职责,且严格按照应急预案中明确的组织指挥体系开展放射安全事故应急处置工作。医院各场所辐射安全和防护设施运行无异常,未发生过辐射安全事件,防护设备定期检查与维护,定期开展了辐射事故的应急演练,医院运行多年未发生过辐射安全事件。

12.5 建设单位从事辐射活动的技术能力评价

结合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证所要求的申请条件,医院在各方面的执行情况见表 12-2。

表 12-2 使用射线装置单位申请领取许可证条件评价表

标准要求	单位执行情况	符合情况
使用I类、II类、III类放射源,使用I类、II类射线装置的,应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构,或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	医院已设立辐射安全与防护管理领导小组,成员满足相应学历,机构成员由院领导、放射科、设备科、急诊科、总务科等相关科室负责人组成,详见附件 5。	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。	医院已计划对本项目拟配备的 8 名辐射工作人员组织参加辐射安全与防护专业知识培训,考核合格后方可上岗。	符合
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护度、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《DSA 操作规程》、《辐射人员培训计划》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《介入室手术医生职责》、《辐射环境与个人剂量监测方案》、《设备检修维护制度》等,详见附件 7。	符合
有完善的辐射事故应急措施。	医院已制定《辐射事故应急处理预案》,设立辐射事故应急处理小组,明确辐射事故应急处理程序及应急处置措施。详见附件 6。	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	本项目拟建屏蔽墙体、防护门、铅玻璃窗,机房门口拟设置电离辐射警告标志及工作指示灯,	符合

安全措施。	能有效防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器,包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	医院拟为从事辐射活动的人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪,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;医院拟配备辐射监测仪定期对射线装置机房周围环境进行自主监测。	落实后符合

由表 12-2 可知,在各项措施落实完成后医院具备从事辐射活动的能力和条件。

12.6 环保投资及辐射环境保护“三同时”验收要求

本项目环保投资估算及辐射环境保护“三同时”验收要求见下表 12-3。

表 12-3 本项目环保投资和辐射环境保护“三同时”验收要求一览表

序号	措施	本项目验收内容	验收标准	预计投资(万元)
1	剂量控制	辐射工作人员年有效剂量<5mSv; 周围的公众成员年有效剂量 <0.1mSv	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求。	/
2	辐射安全和防护措施	<p>屏蔽措施: 本项目 DSA 机房北侧墙体为 19cm 多孔砖+3mm 铅板,其余三侧墙体为轻钢龙骨隔板+3mm 铅板,顶面为 10cm 混凝土+3mm 铅板,地面为 10cm 混凝土+4cm 硫酸钡涂料,各防护门均采用铅防护门,观察窗为铅玻璃观察窗。</p> <p>安全措施: ①DSA 机房病人进出防护门设置门灯连锁系统,防护门外上方拟设置醒目的工作状态指示灯,灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句,在防护门关闭时,指示灯亮,警示无关人员远离该区域。 ②DSA 机房各防护门外均设置电离辐射警告标志,提醒周围人员尽量远离该区域,同时在病人通道入口设置放射防护注意事项告知栏。 ③制度上墙(DSA 操作规程、介入室手术医生、护士职责等)。 ④机房设置机械通风系统,保持良好通风,机房内不得堆放无关杂物。 ⑤设备上自带急停开关;控制台设置急停开关;控制室与机房设对讲装置;防护用品与辅助防护设施齐全。</p>	满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)相关要求	60

3	监测仪器	1台个人剂量报警仪、1台X-γ辐射检测仪	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	3
4	防护用品	按表 10-2 执行，具体为：铅橡胶围裙 6 件、铅橡胶颈套 6 件、铅防护眼镜 4 副、铅橡胶帽子 4 顶、介入防护手套 4 副、铅悬挂防护屏、床侧防护帘各 1 块。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）相关要求	3
5	人员配备	<p>辐射工作人员按规范佩戴个人剂量计，并定期送检（每 3 个月监测一次），建立个人剂量档案。</p> <p>辐射工作人员均参加辐射安全与防护学习及培训，考核合格后上岗。</p> <p>辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立辐射工作人员职业健康档案。</p>	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	4
6	管理	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、辐射人员培训计划、辐射环境与个人剂量监测方案制度等。	《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全管理办法〉的决定》（环境保护部 2008 第 3 号令）	/
7	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全	/	8
环保投资合计				78

仅限用于项目环境影响评价审批公示

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

容县中医医院拟在新院区门诊综合楼 12 楼建设 1 间 DSA 介入室及配套功能用房，安装使用 1 台医用血管造影 X 射线机，为单球管设备，用于开展介入治疗。

13.1.2 项目可行性分析结论

(1) 实践的正当性分析

医用血管造影技术是一种新的 X 射线成像系统，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，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。本项目建成后具有良好的社会效益，其建设有利于提高容县的医疗服务水平，满足容县日益增长的医疗保障需求，促进容县医疗卫生事业发展，同时完善城市功能，为容县的社会经济快速发展提供有力的民生保障。在落实本次环评提出的各项污染防治措施后其获得的利益远大于辐射所造成的损害，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。

(2) 产业政策符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》“鼓励类”中第十三项“医药”中第 4 款“新型医用诊断设备，高性能医学影像设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

(3) 选址合理性分析

本项目辐射工作场拟采取满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求的屏蔽措施和安全防护措施，本项目建成后运行过程产生的电离辐射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。按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于“源的选址与定位”规定，国家只对“具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定，对其它源的选址未作明文规定。本项目在正常运行和事故工况下，均不会造成大量放射性物质释放。因此，本项目选址合理。

13.1.3 环境影响分析结论

(1) 辐射环境影响现状评价:

根据监测报告,容县中医医院新建医用血管造影 X 射线机应用项目机房场址周围环境辐射水平未见异常。

(2) 辐射环境影响分析:

根据表 11 环境影响分析可知,本项目在正常运行期间,摄影模式下 DSA 机房外各关注点处 X- γ 辐射剂量率满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中规定的“短时、高剂量率曝光的摄影程序”下屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 25 μ Sv/h 的要求;透视模式下 DSA 机房外各关注点处 X- γ 辐射剂量率满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中规定的透视模式下屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的要求;

预计采取辐射防护措施后,工作人员受照的年有效剂量满足职业人员年有效剂量管理约束值(5mSv),同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的限值要求;公众成员因为该 DSA 项目的运行而受到额外的年有效剂量满足公众成员年有效剂量管理约束值(0.1mSv)的要求,同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的限值要求。

13.1.4 辐射安全与防护分析结论

本项目充分考虑邻室(含楼上和楼下)场所的人员防护与安全,对 DSA 机房的四面墙体、天面、地面、防护门以及观察窗拟采取相应辐射屏蔽措施,屏蔽厚度符合标准要求;按照分区管理的原则,拟划分为控制区和监督区,拟设置防护门的门灯连锁装置以及设置电离辐射警示标志等进行控制管理,满足《放射诊断放射防护要求》

(GBZ130-2020)相关屏蔽措施的技术要求;本项目 DSA 机房拟设置机械排风系统,满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中关于“机房应设置动力通风装置,并保持良好的通风”的要求。

13.1.5 辐射安全管理分析结论

医院成立了辐射安全防护管理领导小组和辐射事故应急处理小组,明确了成员组成及职责要求,建立了相应的管理制度。医院拟计划安排本项目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,培训考核合格方能上岗;医院拟委托有资质机构按照规范要求对辐射工作人员开展个人剂量监测,每两年进行一次健康体检,并做好档案管理。

医院应根据本单位核技术利用项目开展的情况,不断对各项管理制度进行调整和完

善，并在以后的实际工作中落实执行。

13.1.6 综合性结论

综上所述，容县中医医院新建医用血管造影 X 射线机应用项目符合实践的正当性、选址合理性、产业政策的要求，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

- (1) 医院应加强施工中的监理及管理，确保按设计要求进行施工。
- (2) 按照辐射安全许可证的许可内容从事辐射工作。
- (3) 做好辐射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，对辐射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、职业健康体检等资料要分类保管并长期保存。
- (4) 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。

13.2.2 承诺

- (1) 项目取得环评批复后，在运行前向生态环境行政主管部门变更辐射安全许可证；项目建成后，按要求及时组织竣工环境保护验收工作。
- (2) 按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》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。
- (3) 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。

