核技术利用建设项目

德化县中医院1台DSA机项目

生态环境影响报告表

（公示本）

德化县中医院（盖章）

2026年11月

核技术利用建设项目

德化县中医院1台DSA机项目

生态环境影响报告表

建设单位名称： 德化县中医院

建设单位法人代表（签名或签章）： 郭群辉

通讯地址： 福建省泉州市德化县龙浔镇龙湖街399号

邮政编码： 362500　　**联系人：** ****

电子邮箱： **********　　**联系电话：** **********

目　录

表1 项目基本情况 1
表2 放射源 21
表3 非密封放射性物质 21
表4 射线装置 22
表5 废弃物（重点是放射性废弃物） 23
表6 评价依据 24
表7 保护目标与评价标准 26
表8 环境质量和辐射现状 32
表9 项目工程分析与源项 38
表10 辐射安全与防护 45
表11 环境影响分析 60
表12 辐射安全管理 88
表13 结论与建议 97

表1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">德化县中医院1台DSA机项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">德化县中医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>郭群辉</td><td>联系人</td><td>***</td><td>联系电话</td><td colspan="2">**********</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">福建省泉州市德化县龙浔镇龙湖街399号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">福建省泉州市德化县龙浔镇龙湖街399号3号楼1层</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>1000</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>86</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">8.6%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □ 其它</td><td>占地面积（m^2）</td><td colspan="2">45.26</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□I类（医疗使用） □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="5">□制备PET用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

1.1 项目概述

1.1.1建设单位基本情况

德化县中医院位于福建省泉州市德化县龙浔镇龙湖街399号，前身为1954年创建的德化城关中西医联合诊所，1981年4月经原福建省卫生厅批准正式成立，2016年6月整体搬迁至现址新院区，是一所集医疗、教学、预防、保健、康复为一体的公立二级甲等中医医院，系福建中医药大学和泉州医学高等专科学校教学医院，承担德化县域及周边群众的基本医疗、急诊急救与公共卫生服务任务。医院现有占地面积52.96亩，业务用房面积约35000 m^2；新建1幢3号楼（地上15层、地下1层，建筑面积约42000 m^2 ）已于2025年12月通过竣工联合验收，新增开放床位200张。全院现有职工401人，实际开放床位350张，设急诊科、内科、外科、骨科、妇产科、儿科、重症医学科、针灸康复科、血液净化科、治未病科等11个病区，以及心血管、老年病、肾病、内分泌、脾胃病、肺病等12个专科专病门诊，配备医学

影像科、医学检验科、超声科、心电图室、内镜室、病理科、手术室等11个医技科室。

1.1.2项目建设规模

为满足心血管等专科介入诊疗需求、提升县域急危重症救治能力，医院拟在3号楼1层南侧区域建设DSA机房及其配套设施，并在DSA机房内配备1台医用血管造影X射线系统（DSA，属于Ⅱ类射线装置），用于开展放射诊断和介入治疗。本项目核技术利用情况见表1.1-1。

表1.1-1　拟建项目射线装置参数一览表

名称	型号	最大管电压①（kV）	最大管电流①（mA）	球管数量	类别	数量（台）	设备拟安装位置	用途	备注
DSA	待定	125	1000	单球管	Ⅱ	1	德化县中医院3号楼1层南侧DSA机房	放射诊断和介入治疗	新增设备
注：①最大管电压和最大管电流数据由建设单位提供，若实际采购设备的技术参数超出上述取值，应重新评价或补充论证。									

项目拟建工程主要建设内容详见下表：

表1.1-2 拟建项目工程内容一览表

序号	类别	工程名称	主要内容		备注
1	主体工程	DSA机房	设备	1台医用血管造影X射线系统（DSA，型号待定）	现状为院内预留的空房间，未隔断未装修
			占地规模	东西长7.3m，南北宽6.2m，有效使用面积45.26m^2	
2	辅助工程	控制室	位于DSA机房南侧，与机房之间设铅玻璃观察窗，有效使用面积约25.24m^2		
3	公用工程	供电系统	依托现有医院供配电系统		依托现有
		给排水系统	依托现有医院给水管网为辐射工作人员供水		
		排风系统	本项目排风系统独立设计并投入使用		新建
4	环保工程	安全措施	在控制室操作台处设置观察窗；在控制室和机房内分别设置急停按钮；机房门外设置电离辐射警告标志、辐射安全注意事项；机房门上设置工作状态指示灯、门灯联锁装置、红外防夹装置和警示语句；机房大门为铅防护钢质电动推拉门，拟设置防夹装置并制定曝光时关闭机房门的管理措施；医护通道门、污物通道门为平开式铅防护门，均设置自动闭门装置。		新建
		废气处置	在DSA机房东南侧顶部设置1个排风口，产生的废气由排气扇经排风管道排放至楼外。		
		生活污水	项目无废显影液和定影液产生。辐射工作人员为医院现有医务人员，不会新增生活污水。		依托现有

		生活垃圾	项目不会产生废胶片。辐射工作人员为医院现有医务人员，不会新增生活垃圾。	

1.2任务由来和评价目的

1.2.1 任务由来

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国生态环境法典》、《建设项目环境保护管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，本项目应开展核技术利用项目环境影响评价。根据《关于发布<射线装置分类办法>的公告》（生态环境部、国家卫生健康委员会，公告2026年第44号），DSA属于“介入近台操作用X射线装置”，属于II类射线装置；根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目为使用II类射线装置，应编制生态环境影响报告表。

德化县中医院于2026年10月委托福建宏邦检测技术有限公司（以下简称“我公司”）对德化县中医院1台DSA机项目（以下简称“本项目”）进行环境影响评价工作（委托书见附件1）。我公司接受委托后，立即组织工程专业技术人员对项目场地及周围环境进行实地调查，收集相关基础资料，根据国家、省市有关环保法规和《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），编制了本项目生态环境影响报告表。本次环境影响评价是建立在相关审查机构对项目建筑结构安全审查合格的基础上，重点对项目在施工和运营过程中可能产生的环境影响进行分析，并在此基础上提出相应的环境保护措施，为生态环境主管部门和建设单位提供环境保护管理的依据。

1.2.2 评价目的

本项目评价目的主要包括以下几个方面：

（1）对辐射活动场所周边进行辐射环境现状水平监测，以掌握辐射活动场所的辐射环境现状水平。

（2）分析项目运行过程中产生的辐射影响，预测辐射工作人员和公众所受的年有效剂量。

（3）对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

（4）分析本项目是否满足国家和地方生态环境主管部门对核技术利用建设项目环境管理规定的要求，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

1.3项目选址及周边环境保护目标

1.3.1本项目外环境关系

德化县中医院位于福建省泉州市德化县龙浔镇龙湖街399号，本项目DSA机房位于医院3号楼1层南侧。3号楼位于院区西南侧，3号楼东北侧为德化汽车站，西北侧为兴达路，西南侧和东南侧均为山体。

1.3.2本项目周围环境关系

本项目DSA机房位于医院3号楼1层南侧。机房东北侧为DSA控制室，西北侧为楼内通道，西南侧和东南侧均为污物通道；正上方（3号楼二层）为口腔科，正下方（3号楼负一层）为疏散通道和战时移动柴油电站。

表 1.3-1　拟建 DSA 机房四周毗邻关系表

机房名称	东北侧	东南侧	西南侧	西北侧	正上方	正下方
DSA 机房	DSA 控制室	污物通道	污物通道	楼内通道	口腔科	疏散通道和战时移动柴油电站

本项目医院地理位置详见图1.3-1，项目周边关系及敏感目标分布见图1.3-2，3号楼1层总体平面布局见图1.3-3，拟建DSA机房周边布局图详见图1.3-4，3号楼二层平面布局示意图详见图1.3-5，3号楼负一层平面布局示意图详见图1.3-6，医院现场照片详见图1.3-7。



图1.3-1　项目地理位置图



图1.3-2 项目周边关系及敏感目标分布图



图1.3-3　3号楼1层总体平面布局图

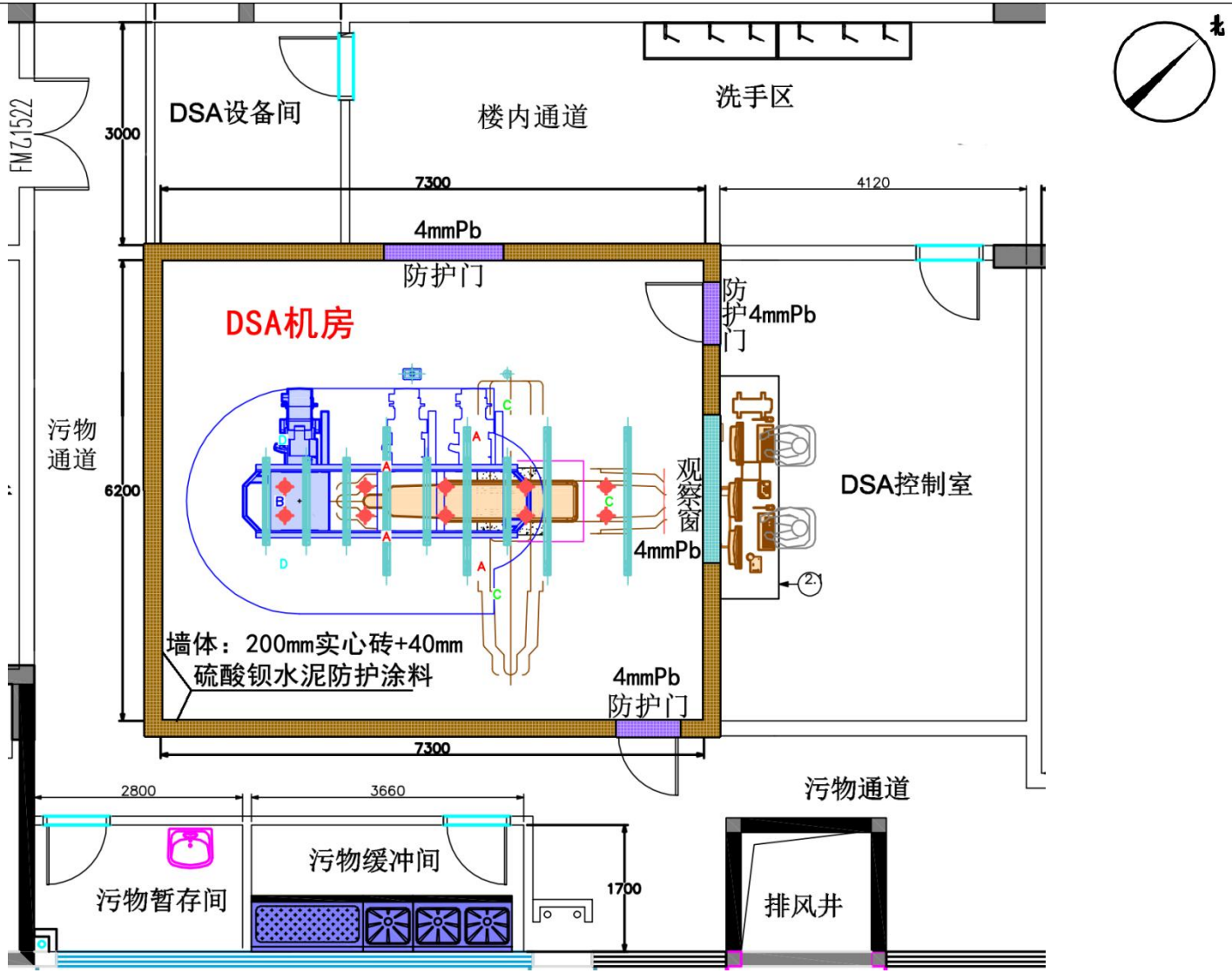


图1.3-4　拟建DSA机房周边布局图

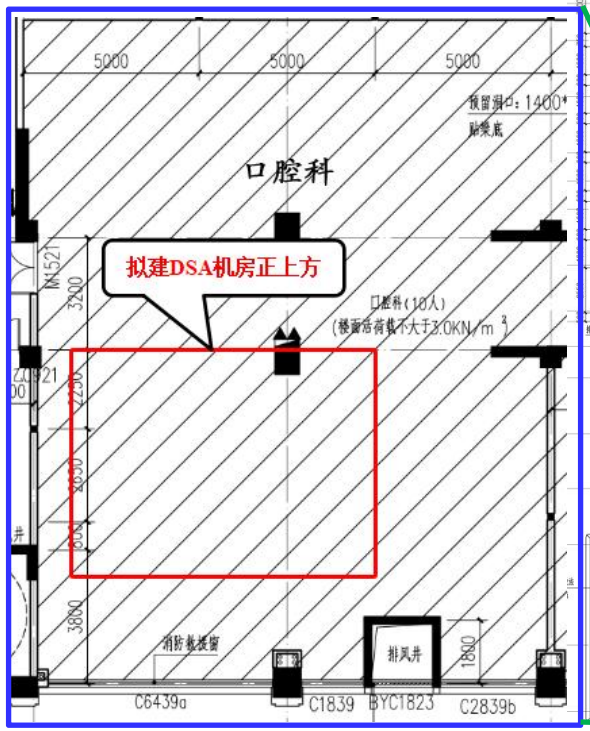


图1.3-5　3号楼二层平面示意图

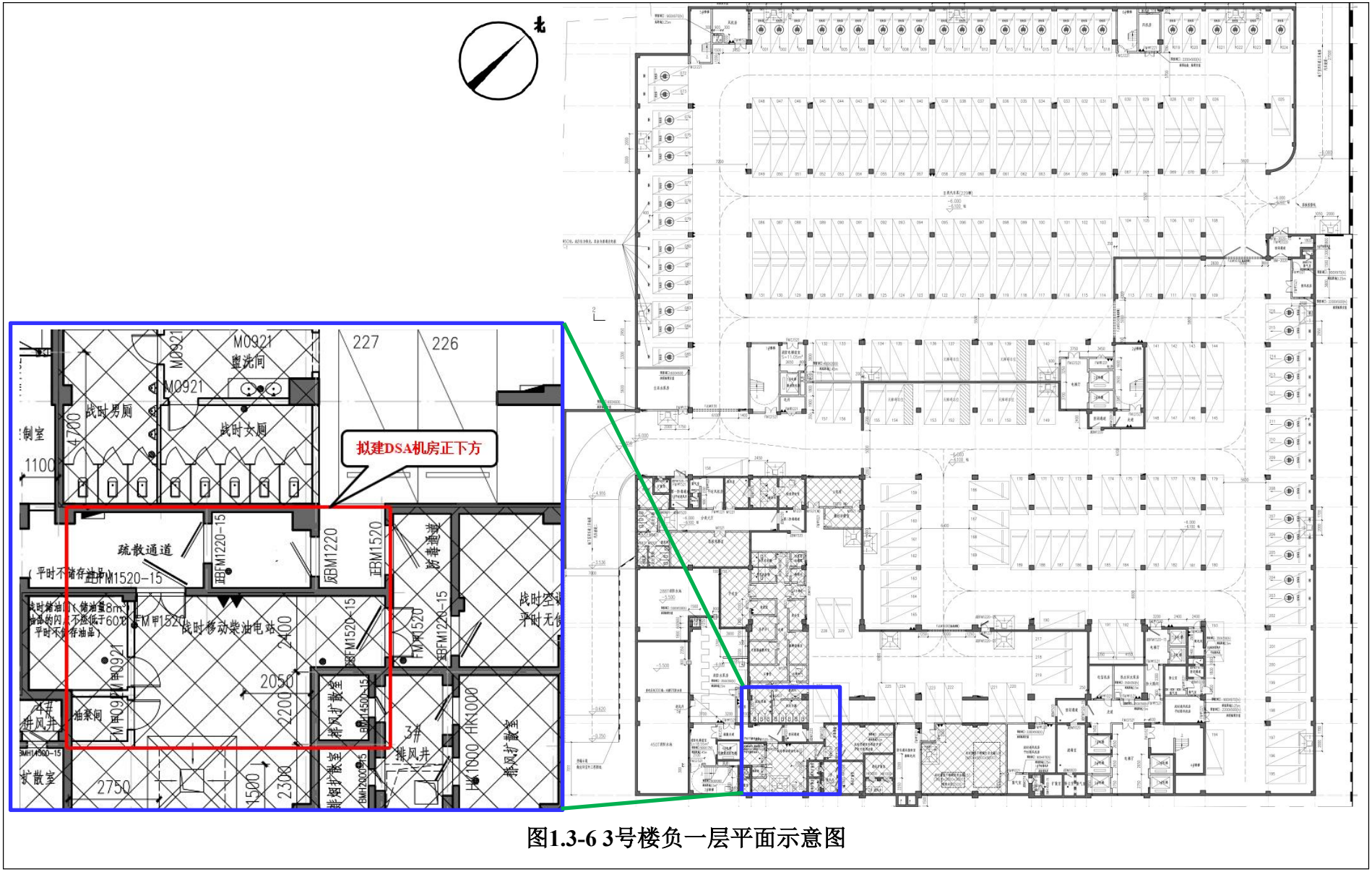


图1.3-6 3号楼负一层平面示意图



德化县中医院3号楼（正面）



德化县中医院3号楼（背面）



德化县中医院3号楼东南侧（院内道路和山体）



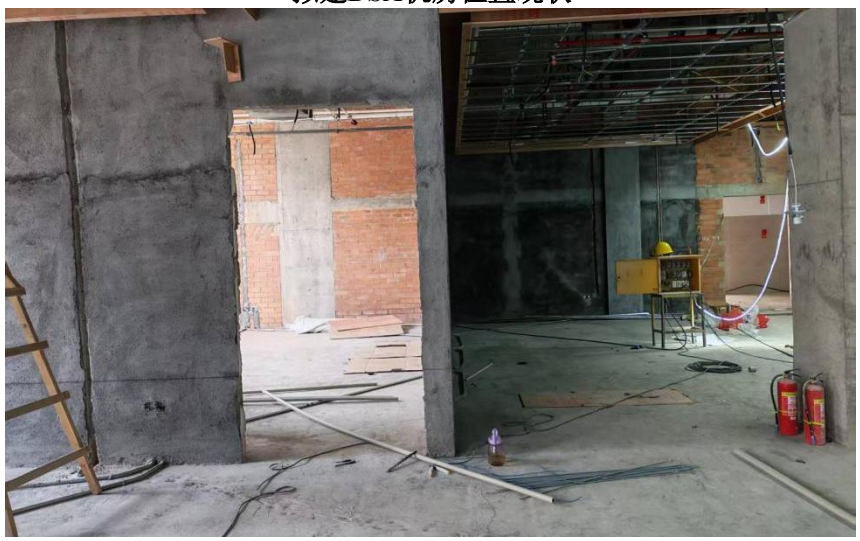
德化县中医院3号楼东侧（停车场、食堂）



拟建DSA机房位置现状



拟建DSA机房西北侧现状（楼内通道）



拟建DSA机房正上方二层现状



拟建DSA机房正下方现状

图1.3-7　医院现场照片

1.3.3“生态环境分区管控”符合性分析

本项目“生态环境分区管控”符合性分析一览表见表 1.3-2。根据福建省生态环境分区管控平台综合查询结果可知，项目属于“德化县重点管控单元 1”（编码：ZH35052620007），该环境管控单元准入要求见附件 12。

表 1.3-2　本项目“生态环境分区管控”符合性分析一览表

生态保护红线	项目位于福建省泉州市德化县龙浔镇龙湖街399号，选址不涉及饮用水水源保护区、风景名胜区、自然保护区等生态保护区，不属于国家级和省级禁止开发区域及其他需要纳入红线的保护地范围。本项目位于德化县中医院 3 号楼内，属于公共服务设施用地，不在优先保护单元、中心城区重要生态空间保护范围。综上，项目建设符合生态保护红线控制要求。
环境质量底线	经现场监测，本项目 DSA 机房拟建址及周围环境的辐射本底水平未见异常。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。项目无放射性废气、废水和固体废弃物产生，DSA 运行时产生的少量氮氧化物和臭氧，通过机械通风可满足相关要求，符合环境质量底线要求。
资源利用上线	本项目运营过程中会消耗一定量的水、电资源，主要来自工作人员的日常生活用水和设施用电，项目用水用电均来自市政供应，建设规模小，用水、用电量不大，不涉及高污染燃料使用，不属于高耗水高耗能项目。因此项目不会突破区域资源利用上线要求。
环境管控单元准入要求	本项目为核技术利用建设项目，主要为医疗放射诊断和介入治疗，不属于空间布局约束中危险化学品生产企业，不涉及开发利用土地，不属于大气污染型项目，不具有土壤污染环境风险，不新增 VOCs 等污染物排放，不涉及燃用高污染燃料，符合环境准入清单要求。

1.3.4 选址合理性分析

本项目位于德化县中医院3号楼1层南侧，拟建位置现为院内预留的空房间，本次建设不新增用地。本项目建设有独立的固定机房，周围无环境制约因素。本项目拟建机房周边50m评价范围内环境敏感目标主要为医院3号楼、食堂、停车场、院内通道等院内区域和院外的山林地区域。评价范围内不涉及儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，也不涉及人员流动性大的商业活动区域。本项目拟建的DSA机房将按要求设置相应的屏蔽防护措施，根据环境影响分析可知，经辐射屏蔽措施后，本项目的运行对周围环境的影响是可接受的。

综上所述，本项目选址充分考虑了周围场所的防护和安全。从辐射场所的楼层平面布局可知，各辐射场所与其配套单元间功能布局分区明确，不相互穿插、干扰，本项目选址合理。

1.4 项目建设的必要性

介入治疗技术是融合了影像诊断和临床治疗等多专业、多层次的综合技术体系，介入治疗全过程在影像设备的引导和监视下进行，能够直接到达病变局部位置，因此具有准确、安全、高效、创伤小、并发症少等优点，现已成为全身血管性疾病及肿瘤的首选治疗方法，在治疗方案构成中具有必要性和重要性。

德化县中医院现有射线装置均为III类射线装置，尚未配置数字减影血管造影系统（DSA），不具备开展心血管、神经及外周血管介入诊疗的条件。县域内心血管急危重症患者需转诊至泉州、厦门等地医疗机构，转诊途中存在延误救治时机的风险，医院也无法满足急诊介入24h待命和突发公共卫生事件应急处置的需要。

本项目新增DSA为医院首台数字减影血管造影系统，主要承担心血管内科心脏介入手术，同时兼顾神经介入、外周血管介入及急诊介入任务，承担胸痛中心、卒中中心急救绿色通道的介入诊疗工作，项目实施可填补医院介入诊疗能力空白，不存在重复配置和闲置。

在上述背景下，德化县中医院拟在3号楼1层南侧新增1台DSA机，该项目建设能够有效补齐医院介入诊疗能力短板，缩短患者等待时间，提升胸痛、卒中中心等急救绿色通道的救治能力，进一步提高医院医疗服务体系水平，为病人提供更方便、快捷、专业的治疗，更好地服务于社会。因此，本项目建设是十分必要的。

1.5 项目实践的正当性

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可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊疗能力，具有良好的社会效益和经济效益。根据本报告分析，项目经辐射防护和安全管理后，可保证项目辐射环境剂量率和人员辐射剂量满足项目管理目标要求。项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此本项目的建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

1.6 产业政策符合性

本项目属于核技术在医学领域内的运用。根据《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第7号），本项目属于“鼓励类”中“十三、医药”中的“4.高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，**高性能医学影像设备**，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”，以及“三十七、卫生健康”中的“1.医疗服务设施建设：预防保健、卫生应急、卫生监督服务设施建设，**医疗卫生服务设施建设**，传染病、儿童、精神卫生专科医院和康复医院（中心）、护理院（中心）、安宁疗护中心、全科医疗设施与服务，医养结合设施与服务”项目。因此，本项目的建设符合国家产业政策。

1.7 原有核技术利用项目基本情况

1.7.1 原有核技术利用项目许可情况

德化县中医院原有核技术利用项目已取得由福建省生态环境厅发放的辐射安全许可证（见附件4），证书编号：闽环辐证[C0183]；有效期至：2029年9月12日；许可的种类和范围：使用III类射线装置。医院原有核技术利用情况见表1.7-1。

表1.7-1 医院原有的射线装置情况一览表

序号	装置名称	规格型号	技术参数	类别	数量/台（套）	辐射活动场所名称	环评手续	环保验收	许可情况
1	双能X射线骨密度仪	Dexa Pro-I	管电压85 kV，管电流0.45 mA	III类	1	2号楼2层1号室	已备案，登记表备案号：202435052600000007，见附件8	/	已许可
2	数字化医用X射线摄影系统	Brivo XR575	管电压150 kV，管电流630 mA	III类	1	2号楼2层2号室		/	
3	医用诊断X射线机	DRF-5D型	管电压150 kV，管电流800 mA	III类	1	2号楼2层3号室		/	
4	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	Smart3D-Xs	管电压100 kV，管电流10 mA	III类	1	2号楼2层4号室		/	
5	X射线计算机体层摄影设备	Optima CT680 Expert	管电压140 kV，管电流600 mA	III类	1	2号楼2层5号室		/	
6	X射线计算机体层摄影设备	Optima CT520	管电压130 kV，管电流400 mA	III类	1	2号楼2层6号室		/	
7	乳腺X线摄影系统	GIOTTO IMAGE 3D	管电压32 kV，管电流150 mA	III类	1	2号楼2层8号室		/	

8	移动式数字化X 射线摄影系统	MU-200D	管电压133 kV，管电流100 mA	III类	1	1号楼6层11号室	已备案，登记表备案号：202435052600000012，见附件8	/	
9	移动式C形臂X射线机	OEC One CFD	管电压110 kV，管电流25 mA	III类	1	2号楼4层1号手术间		/	
10	移动式C形臂X射线机	Brivo OEC 715	管电压110 kV，管电流20 mA	III类	1	2号楼4层1号手术间		/	
11	数字化医用X射线摄影系统	6600	管电压150 kV，管电流640 mA	III类	1	车载DR车牌号：闽C819KB		/	

根据德化县中医院提供的及辐射安全许可证（闽环辐证〔C0183〕），目前院内在用射线装置共11台，全部为III类射线装置，均已取得辐射安全许可（见附件4），相关核技术利用项目已按要求履行环境影响评价（环境影响登记表备案）手续（详见附件8）。医院目前不涉及Ⅱ类射线装置、放射源及非密封放射性物质的使用。

1.7.2 辐射工作人员培训、职业健康监护和个人剂量监测档案情况

德化县中医院现有辐射工作人员共计14人（截至2026年10月），目前仅使用III类射线装置，按《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）的规定，仅从事III类射线装置使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核，医院已按该要求组织院内自主培训考核并将考核结果存档（考核成绩合格证明见附件9）。

本项目拟配备辐射工作人员8人，其中医生4名、护士2名、技师2名，人员名单待定。因DSA属Ⅱ类射线装置，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》（生态环境部公告 2019 年第57号），不属于可自行组织考核的范围，医院已更新本院的《辐射工作人员培训计划》（见附件6），将按要求组织本项目辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台中的医用X射线诊断与介入放射学培训考核，取得考核合格证书后方可上岗；未取证人员不得从事DSA机相关操作工作。医院应及时组织新增的8名辐射工作人员完成上岗前的职业健康检查，并委托相应具有资质的检测机构开展个人剂量检测。

德化县中医院现有辐射工作人员均已配备个人剂量计，已定期（3个月）送有资质单位（福建省一准医学检测科技发展有限公司）进行个人剂量监测，建立了个人剂量监

测档案。根据德化县中医院提供的医院辐射工作人员2025年9月7日-2026年9月6日个人剂量监测报告（详见附件10），医院现有的辐射工作人员年度有效剂量监测结果最大值为0.12mSv（陈桂林），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业照射的剂量限值要求。德化县中医院每两年组织现有辐射工作人员进行职业健康体检一次，并建立辐射工作人员职业健康监护档案，满足环保相关管理要求。

1.7.3 辐射工作场所监测情况

德化县中医院每季度至少对工作场所自测一次，每年委托具有检测资质的机构对辐射工作场所进行一次场所周围辐射环境水平检测。严格落实为辐射工作人员配置热释光个人剂量元件，定期每年检测四个周期，每周期三个月，并进行个人累积剂量登记，将监测结果存档。定期对所有射线装置进行辐射安全检查，包括防护门联锁装置是否正常工作、各紧急开关是否正常工作等。

根据医院2025年度辐射工作场所检测报告，院内各辐射场所监测均未出现超标情况。

1.7.4 辐射监测仪器和防护用品

医院现有的辐射监测仪器主要为2台个人剂量报警仪，防护用品详见下表：

表1.7-2 医院现有的防护用品

防护用品名称	数量
铅衣	9件
铅手套	4副
铅围裙	11件
铅屏风	1个
铅帽	6个
铅眼镜	2副
铅围脖	11个
个人剂量计	14个

相关防护用品、监测仪器以及工作场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的措施等材料情况详见附件11。

1.7.5辐射安全管理现状

（1）辐射安全与防护管理机构

德化县中医院已成立了辐射安全管理小组（见附件6），并明确了相应的职责。辐射安全管理小组以郭群辉为组长、庄建德、许振森、林明渊为副组长，成员有曾台福、陈仁聪、郑新制、李新蔚、郭诚思、李章灿、吴苍埚、陈亨栋、林传旭、许长峰、江壮志、苏国昌、周东炬、柯维巡、曾庆福、苏雪华、郑玉芳、林耀毅、赖礼炼、林瑞旺、吕雅君等。主要职责分工如下：

①组长：全面负责辐射安全防护及放射诊疗相关工作

②副组长：协助组长协调和指导成员完成各项工作。

③医务科成员职责：整理放射诊疗许可相关法规。

④总务科成员职责：委托具有省级以上卫生行政部门资质认可的放射卫生技术服务机构进行放射诊疗建设项目评价，办理放射诊疗建设项目预防性审查和竣工验收。

⑤设备科成员职责：负责放射诊疗设备的维护维修管理。

⑥放射科成员职责：负责组织制定和更新辐射工作人员管理制度等一系列规章制度。

⑦安办成员职责：根据医院应急体系的总预案要求指导放射科制定医院《辐射安全应急预案》，协助放射科、辐射相关临床科室、紧急医疗救治组、保卫科、后勤保障部门、宣传部门的应急预案进行定期演练、总结和改进，协助应急事故的现场处置和应急事故后的事故分析、总结、改进。

⑧放射诊疗相关临床科室成员职责：积极参加放射科、医务科等组织的放射工作人员院内外培训，认真执行放射人员工作证件更新、个人剂量监测、工作人员职业健康管理等，参加辐射相关应急预案的演练。

以上具体职责内容见附件6。

（2）辐射安全管理规章制度

德化县中医院已针对现有核技术利用项目制定以下相关制度：

①辐射防护和安全保卫管理制度；

②辐射工作场所监测方案；

③设备检修维护制度；

④辐射工作人员培训计划；

⑤放射诊疗质量保证方案与管理制度；

⑥个人剂量监测管理制度；

⑦放射科岗位职责；

⑧口腔CT机安全防护操作规程；

⑨DR机操作规程；

⑩数字胃肠机器操作规程；

⑪CT机操作规程；

⑫钼靶操作规程；

⑬双能X射线骨密度仪操作规程；

⑭移动式DR操作规程

⑮个人防护制度及安全措施；

⑯放射工作人员职业健康管理制度。

以上相关制度具体内容详见附件6。此外，项目建设完成后德化县中医院将会新增使用DSA设备，已按规定要求增加《介入治疗防护要求》《DSA操作规程》制度（详见附件6）。

德化县中医院制定的辐射安全管理规章制度较完备且具有一定的可行性，满足现有核技术利用项目和本项目对辐射安全管理规章制度的需求。德化县中医院能够按照辐射安全管理规章制度进行管理，辐射工作人员也能够严格按照各项规章制度开展工作，满足环保相关管理要求。

本项目建成后，可依托医院现有比较健全的管理组织机构开展工作。医院目前配置的领导小组人员大部分为本科学历，都具有一定的管理能力，本项目开展后，辐射管理成员为同一套班子成员，目前医院的管理人员也能满足配置要求。

（3）年度评估报告情况

德化县中医院已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，每年对本单位射线装置安全和防护状况进行评估，并于每年1月31日前向管理部门提交上年度评估报告（详见附件5）。

（4）应急预案情况

德化县中医院已按规定要求编制完成《辐射事故应急预案》（详见附件7），已成立辐射事件处置应急领导小组。医院已按预案要求每年至少组织一次辐射事故应急演练和应急培训，相关应急演练材料详见德化县中医院辐射安全和防护状态年度评估报告（2025年，附件5），演练后已形成《辐射事故应急演练总结》，并针对演练中发现的问题完成了整改。

（5）运行情况

医院日常按照制定的一系列规章制度开展辐射工作管理，按时提交年度安全评估报告；建立个人剂量计档案和职业健康体检档案，并指定专人管理，定期委托有资质的单位开展个人剂量计检测，组织辐射工作人员进行职业健康体检；医院安排责任科室日常定时巡查、检测设备性能。据调查，截至目前，德化县中医院运行期间未发生过辐射安全事故，也未收到相关环保投诉。

根据以上汇总，德化县中医院的辐射安全管理现状良好。

1.7.5与原有核技术利用项目依托情况

（1）辐射工作人员依托关系说明

项目辐射工作人员全部为新增人员，整个DSA操作团队合计为8人，拟配备的辐射工作人员数量可满足本项目人员配置要求。本项目配置的辐射工作人员为医院DSA专职工作人员，除操作DSA装置外，不存在操作其他射线装置的情况。

（2）辐射安全管理制度依托关系说明

医院已建立较为完善的辐射安全与防护管理制度体系，涵盖辐射安全防护、个人剂量监测、健康管理、应急响应、设备维护管理等方面。本项目投入运行后，医院将结合日常运行实践，根据国家法律法规、标准规范的制修订情况以及项目运行中出现的新情况、新问题，及时对现有管理制度进行评估、修订和补充，并适时新增必要的管理细则和操作规程，确保制度与实际工作相适应。在日常工作中严格落实各项制度要求，可满足本核技术利用项目的辐射安全与防护管理需要。

此外，项目所需的辐射监测设备、个人防护用品、电离辐射警告标志、工作状态指示灯等辐射安全装置均为新配置，与现有的不存在依托关系。

表2 放射源

序号	核素名称	放射性活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	类别	活动类别	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.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：日最大等效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

（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	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	DSA	II	1台	待定	125	1000	介入治疗	德化县中医院3号楼1层南侧DSA机房	新增设备，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(mA)	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、氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	/	不暂存	经排风管道引至室外排放，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气
医疗废物（医用器具、药棉、纱布、手套等医用敷料）	固态	/	/	33.33kg	400kg	/	暂存	医院危废贮存库内暂存
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固态为mg/kg，气态为mg/m^3；年排放总量用kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m^3）和活度（Bq）。

表6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国生态环境法典》（2026年3月12日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，2026年8月15日起施行）； （2）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005年9月14日中华人民共和国国务院令第449号公布，根据2019年3月2日国务院令第709号《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订）； （3）《建设项目环境保护管理条例》（1998年11月29日中华人民共和国国务院令第 253号发布，根据2017年7月16日国务院令第682号《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》修订）； （4）《关于发布<射线装置分类办法>的公告》，生态环境部、国家卫生健康委员会，公告2026年第44号，2026年10月14日起施行； （5）《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； （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第18号，2011 年5月1日起施行； （7）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正版），生态环境部令第 20 号，自2021年1月4日起施行； （8）《放射工作人员职业健康管理办法》（2007年6月3日卫生部令第55号发布，自2007年11月1日起施行）； （9）《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第7号，自2024年2月1日起施行； （10）《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145号，2006年9月26日； （11）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行； （12）《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019年第39号，2019年10月21日发布；

	（13）《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； （14）《突发环境事件应急管理办法》（环境保护部令第34号，2015年6月5日起施行）； （15）《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>（试行）的通知》，闽环保辐射〔2013〕10 号，2013 年 3 月 15 日印发； （16）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，环境保护部，国环规环评〔2017〕4号，2017年11月20日发布，自发布之日起施行； （17）《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，2021年3月11日发布，自2021年3月15日起实施。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ 2.1-2016）； （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）； （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （5）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； （6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （7）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； （8）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （9）《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）； （10）《医用血管造影X射线机专用技术条件》（YY/T0740-2022）； （11）《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）； （12）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）。
其他	（1）项目委托书（见附件1）； （2）德化县中医院现有环保手续、辐射安全许可证、个人剂量检测报告等相关资料； （3）《中国环境天然放射性水平》（原子能出版社出版，2015年）； （4）建设单位提供的其他技术资料。

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》（HJ 10.1-2016）的相关规定：“放射源和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50m的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围），对于I类放射源或I类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大。”考虑项目的实际情况，本项目射线装置属于II类，因此本项目评价范围为DSA机房屏蔽墙体外50m，详见图1.3-2。

7.2 保护目标

根据现场调查和图1.3-2可知，本项目DSA机房周围50m范围内的环境敏感区域主要为医院3号楼、食堂、停车场、院内通道等院内区域和院外的山林地区域，环境保护目标主要是医院内就诊公众人员、院内非辐射工作人员以及院外停留的公众人员。本项目环境保护目标情况见表7.2-1。

表7.2-1 主要环境保护目标一览表

保护目标		场所	相对位置关系		规模/人	人员类别	年有效剂量约束值
			方位	距离（m）			
辐射工作人员		DSA机房内	机房内	/	6人	职业	≤5mSv
		控制室	东北侧	0~4	2人	职业	
公众人员	3号楼内其他非辐射工作人员和公众	日间手术室、苏醒区/缓冲区	东北侧	4~12	4人	公众	≤0.1mSv
		医生休息区、值班室、谈话间、医生更衣室		12~16	6人	公众	
		急诊病房、留观室		16~28	流动人员	公众	
		消防控制室、护士站		28~35	流动人员	公众	
		电梯间		35~46	流动人员	公众	
		杂物间、卫生间		46~50	流动人员	公众	
		门诊大厅		10~50	流动人员	公众	
		会议室、观察室、诊室		37~50	流动人员	公众	
		楼内通道	西北侧	0~3	流动人员	公众	

		CT、DR及其控制室		3~10	6人	公众	
		楼内过道		10~13	流动人员	公众	
		中西药房		13~50	流动人员	公众	
		污物通道	东南侧	0~4	流动人员	公众	
		污物暂存间、污物缓冲间		2~4	流动人员	公众	
		污物通道	西南侧	0~2	流动人员	公众	
		电梯、卫生间		2~10	流动人员	公众	
		二层口腔科	楼上	相邻楼层	10人	公众	
		疏散通道和战时移动柴油电站	楼下	相邻楼层	流动人员	公众	
	院内流动人员	院内通道	东南侧	4~13	流动人员	公众	
		院内停车场		13~42	流动人员	公众	
		院内通道	西南侧	10~40	流动人员	公众	
	院外流动人员	山林地	东南侧	18~50	流动人员	公众	
		山林地	西南侧	40~50	流动人员	公众	

7.3 评价标准

7.3.1《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关内容

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关规定，在实践过程中，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作为任何追溯性平均），20mSv。实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量1mSv。

在环境影响评价中，出于“防护与安全的最优化”原则，对于某单一项目的剂量控制，可以取剂量限值的几分之一进行管理，本项目辐射工作人员的剂量约束值取年平均有效剂量四分之一，即不超过5mSv/a。对于单个伴有辐射的“实践”项目，剂量约束值通常应在公众照射剂量限值的10%～30%（即0.1mSv/a-0.3mSv/a）。根据项目及周围环境状况，本项目对公众照射的剂量约束值取每年0.1mSv。

本项目辐射环境影响评价标准具体见表7.3-1。

表7.3-1 本项目剂量约束值及辐射评价标准汇总表

分类	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值	本次评价剂量约束值
职业照射	20	5
公众照射	1	0.1

7.3.2《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

6 X射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置X射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的X射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式X射线设备和车载式诊断X射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的X射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2（即表 7.3-2）的规定。

表7.3-2（表2）X射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度要求

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

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（即表7.3-3）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7.3-3（表3）不同类型X射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

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

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表3（即表7.3-3）的要求。

6.3 X射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

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

6.4 X射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置,其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置;推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表4（即表7.3-4）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。

表7.3-4（表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		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——
注：“——”表示不要求。				

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于2mmPb。

6.5.4 应为儿童的X射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

7 X射线设备操作的防护安全要求

7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用X射线设备操作的防护安全要求

7.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用X射线设备应满足其相应设备的防护安全操作要求。

7.8.2 介入放射学用X射线设备应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合GBZ 128的规定。

7.3.3 本项目限值要求汇总

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等要求，本项目相关限值要求汇总如下：

表 7.3-5 本项目相关限值要求汇总一览表

项目		标准要求		标准依据
人员年受照剂量约束值		辐射工作人员	不大于5mSv/a	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）
		公众人员	不大于0.1mSv/a	
DSA机房	面积和单边长度要求	DSA机房最小有效使用面积不小于20m^2，最小单边长度不小于3.5m		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）
	防护要求	DSA机房屏蔽防护铅当量不小于2.0mmPb		
	剂量率限值要求	（1）透视模式下，机房外30cm处周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h； （2）摄影模式下，机房外30cm处周围剂量当量率应不大于25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于0.25 mSv。		
	排风要求	设置动力通风装置，并保持良好的通风		

表8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

德化县中医院位于福建省泉州市德化县龙浔镇龙湖街399号，本项目DSA机房位于医院3号楼1层南侧。机房东北侧为DSA控制室，西北侧为楼内通道，西南侧和东南侧均为污物通道；正上方（3号楼二层）为口腔科，正下方（3号楼负一层）为疏散通道和战时移动柴油电站。机房周围50m评价范围内的环境敏感点主要为医院3号楼、食堂、停车场、院内通道等院内区域和院外的山林地区域。

本项目医院地理位置详见图1.3-1，项目周边关系及敏感目标分布见图1.3-2，3号楼1层总体平面布局见图1.3-3，拟建DSA机房周边布局图详见图1.3-4，3号楼二层平面布局示意图详见图1.3-5，3号楼负一层平面布局示意图详见图1.3-6。

8.2 辐射环境质量现状评价

（1）环境现状评价对象：项目拟建址及周围辐射环境现状。

（2）检测单位：福建宏邦检测技术有限公司（证书编号：23131205A029）。

（3）检测因子：环境γ辐射剂量率。

（4）检测时间：2026年10月23日。

（5）布点原则：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）“5.3.3.2 射线机的辐射环境监测：X射线机（包括CT机）在运行前对屏蔽墙或自屏蔽体外30cm处的X-γ辐射空气吸收剂量率进行一次监测”和《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）“4.2 测量要求：开展道路测量时，点位应设置在道路中心线。开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位置或者室内中心位置”有关布点原则进行布点，并结合项目评价范围（DSA机房边界外50m范围），在项目设备位置及周围布设代表性点。

（6）检测点位：检测点位及检测结果见表8.2-1，检测点位布设见图8.2-1至图8.2-4。

表8.2-1 本项目拟建DSA机房及周围监测点位及检测结果

序号	检测点位	检测结果（nGy/h）	位置属性
1#	拟建DSA手术室中部	173±4	室内（多层楼房）
2#	拟建DSA控制室（位于手术室东北侧）	179±6	室内（多层楼房）
3#	拟建DSA手术室东南侧污物通道	167±4	室内（多层楼房）

4#	拟建DSA手术室西南侧污物通道	174±2	室内（多层楼房）
5#	拟建DSA手术室西北侧DSA设备间	160±6	室内（多层楼房）
6#	拟建DSA手术室西北侧楼内通道	177±2	室内（多层楼房）
7#	拟建DSA手术室正上方（口腔科）	163±4	室内（多层楼房）
8#	拟建DSA手术室正下方（疏散走道）	163±4	室内（多层楼房）
9#	拟建DSA手术室正下方 （战时移动柴油电站）	163±2	室内（多层楼房）
10#	3号楼内取药房	159±2	室内（多层楼房）
11#	3号楼内电梯间	155±2	室内（多层楼房）
12#	院内食堂	151±2	室内（多层楼房）
13#	院内停车场	98±2	道路
14#	德化县中医院南侧山林地	105±2	原野
15#	3号楼东南侧院内通道	102±3	道路
16#	3号楼西南侧院内通道	100±2	道路

注：（1）检测时间：2026年10月23日，天气：晴；温度、湿度：24℃/48%RH；海拔：509.23m；
（2）测量时探头距离地面约1m，检测方式为每个测量点测量十次，取平均值；
（3）以上测量结果均已扣除测量点处的宇宙射线响应值：30nGy/h。（注：根据附件3中的宇宙射线响应值监测报告，福清市东张水库水面上的空气吸收剂量率监测值为28nGy/h，本项目位置位于福建省泉州市德化县龙浔镇龙湖街399号。依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）附录D 宇宙射线响应值修正方法计算，得到测量点处的宇宙射线响应值为30nGy/h）；
（4）根据HJ1157-2021，空气比释动能和周围剂量当量的换算系数取1.20Sv/Gy（^{137}Cs作为检定参考辐射源）；
（5）根据HJ1157-2021，环境γ辐射剂量率=仪器测量读数值均值*校准因子k1*仪器检验源效率因子k2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子k3*测量点宇宙射线响应值Dc。其中，校准因子k1为0.97，仪器使用^{137}Cs进行校准；源效率因子k2取1，换算系数为1.20Sv/Gy；屏蔽修正因子k3取0.8（楼房）、1（原野、道路）；宇宙射线响应值Dc为30nGy/h。

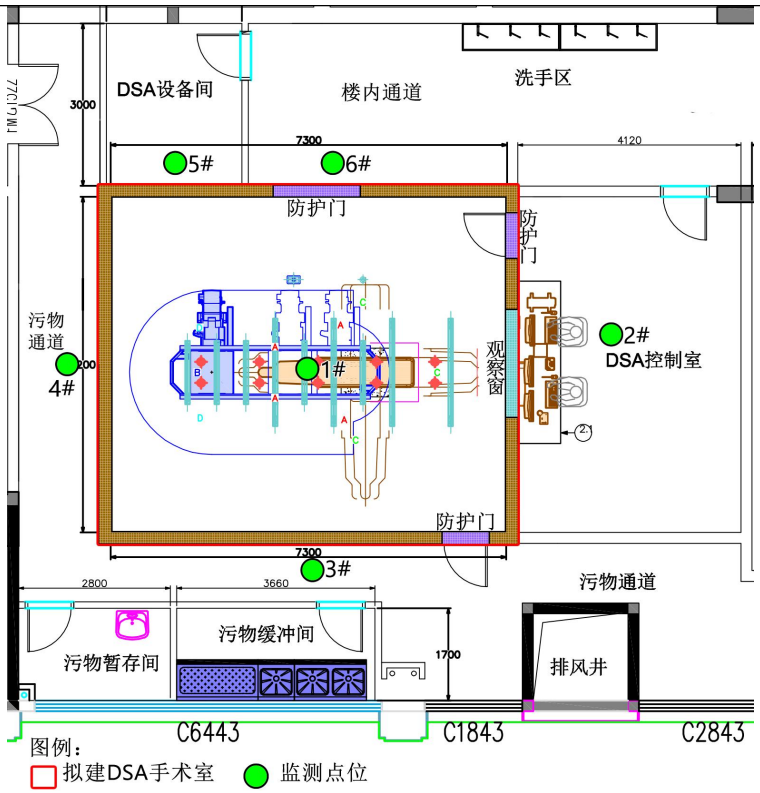


图8.2-1 拟建DSA机房周边检测点位图

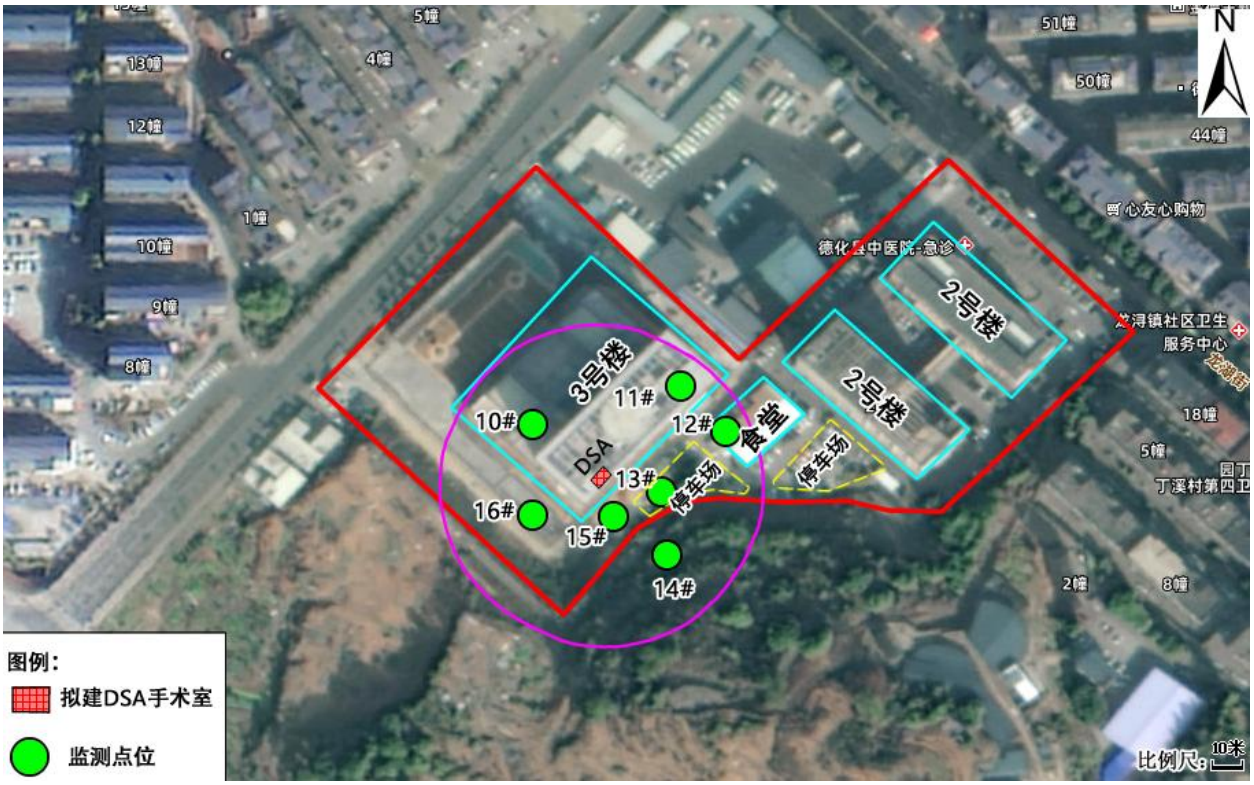


图8.2-2 3号楼周边监测点位图

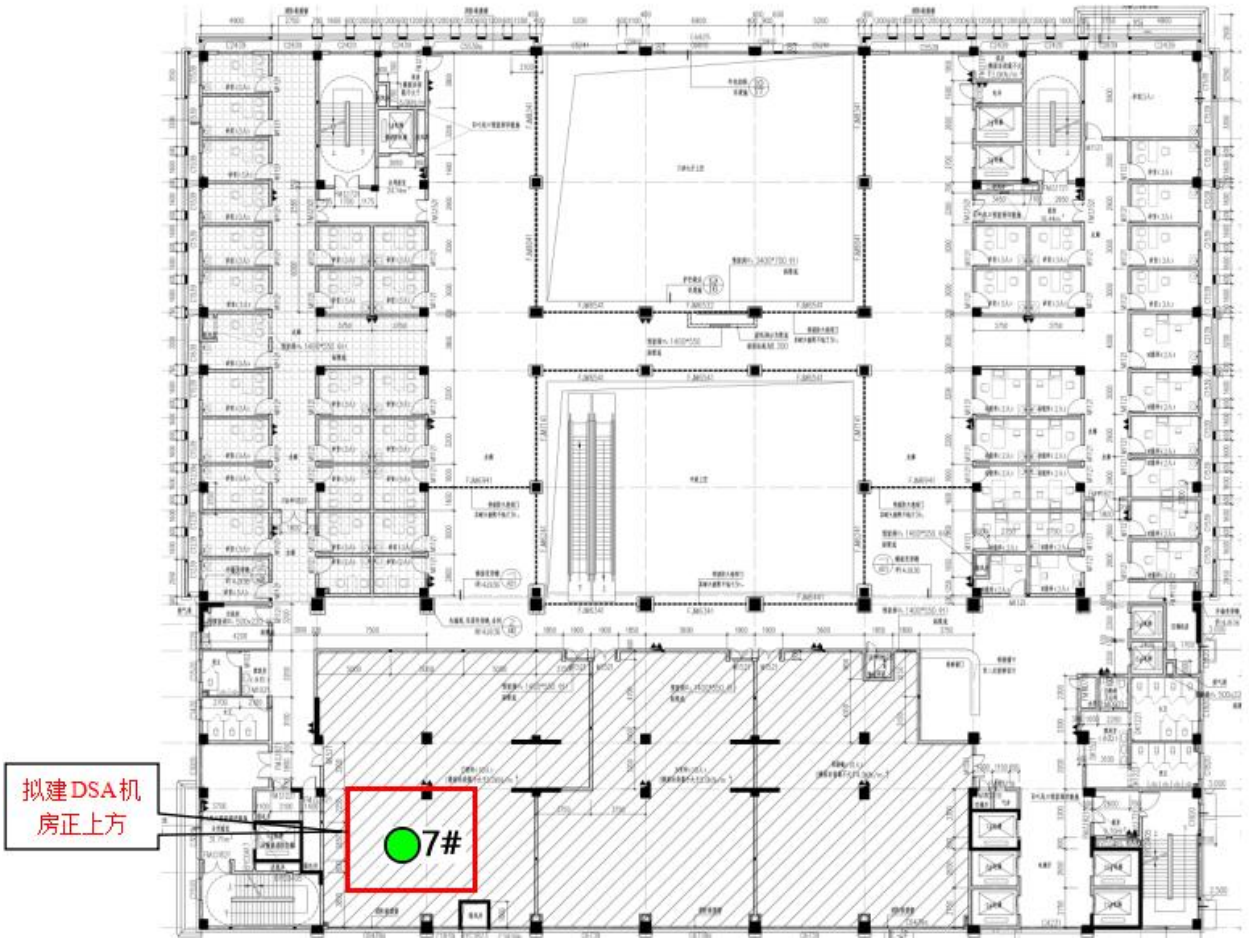


图8.2-3　3号楼二层监测点位图

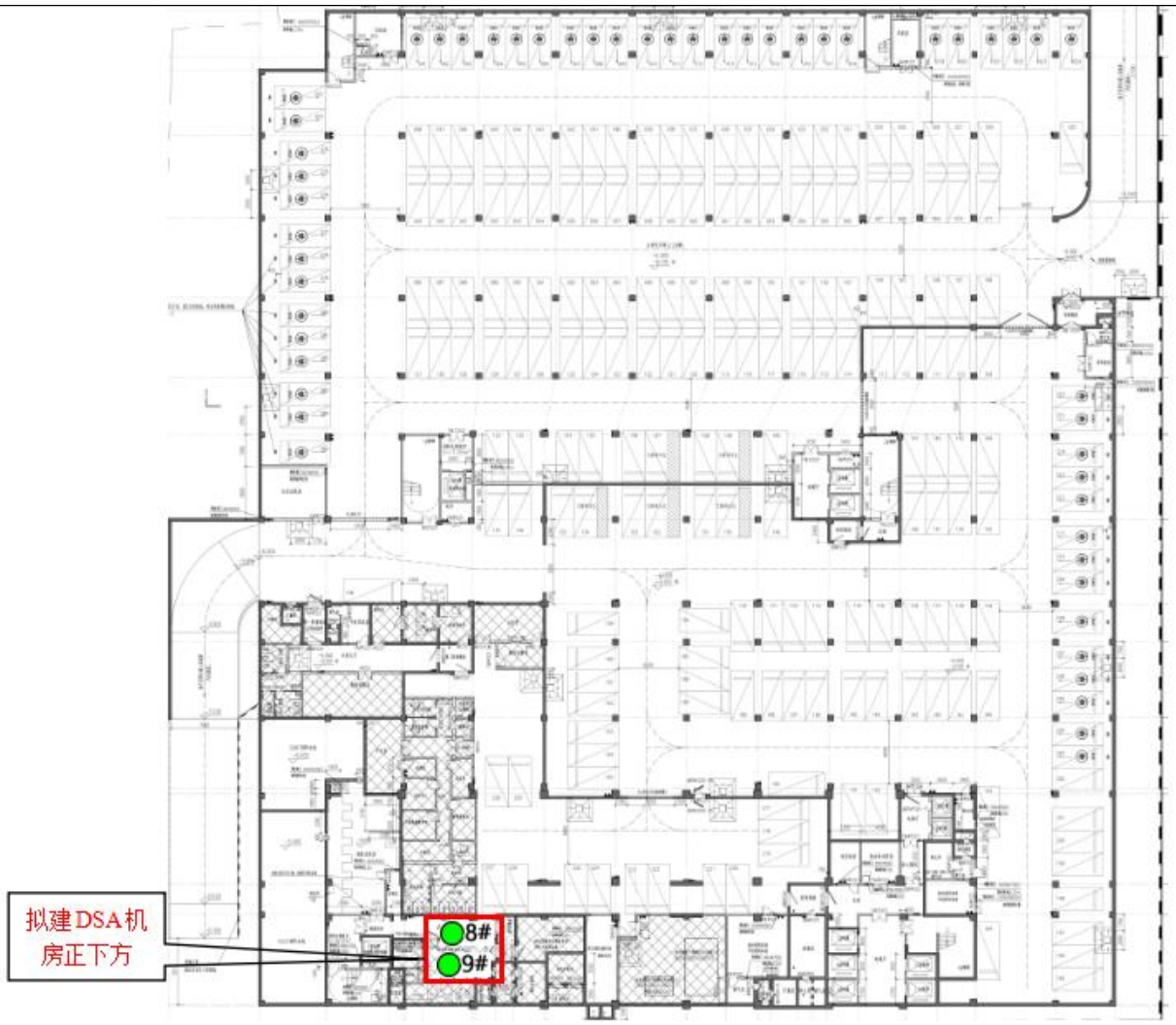


图8.2-4　3号楼负一层监测点位图

（7）检测仪器参数与规范

检测仪器参数与规范见表8.2-2，监测报告、资质认定证书、检定/校准证书见附件3，资质认定证书、检定证书均在有效期内。

表8.2-2 监测仪器参数与规范

仪器名称	便携式X、γ辐射周围剂量当量率仪
型号/规格	6150 AD 6+6150 AD-b/H
出厂编号	111213+127619
管理编号	FJHB021
制造单位	AUTOMESS
仪器量程	5nSv/h-99.99μSv/h
能量响应范围	20keV-7MeV

检定/校准单位	天津市电离辐射计量站
检定/校准证书编号	TRMSj1-2026-0085
检定/校准依据	JJG 521-2024《环境监测用X、γ辐射空气比释动能率仪检定规程》
检定/校准有效日期	2026年10月14日至2027年10月13日
监测方法	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

8.3质量保证措施

（1）监测单位取得检验检测机构资质认定证书（CMA：23131205A029，发证日期：2023年7月4日，有效期至：2029年7月3日），在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证其合法性。

（2）监测单位有完整的组织机构且分工明确。

（3）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书上岗。

（4）监测现场由专业人员按照操作规程操作监测仪器，并认真做好记录。

（5）本次监测仪器于2026年10月14日经计量部门检定，检定有效期一年，监测期间监测仪器处于有效期内。

（6）根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点，保证各监测点位布设的科学性和可比性。

（7）监测报告严格实行三级审核制度，经报告编制人、审核人、签发人审核签字后报出。

8.4 监测结果及分析

表8.2-1监测结果表明：本项目DSA机房周边室内环境（点位1#～12#）的环境γ辐射剂量率在151～179nGy/h之间；3号楼周边道路环境（点位13#、15#、16#）的γ辐射剂量率在98～102nGy/h之间，原野环境（点位14#）的γ辐射剂量率为105nGy/h。

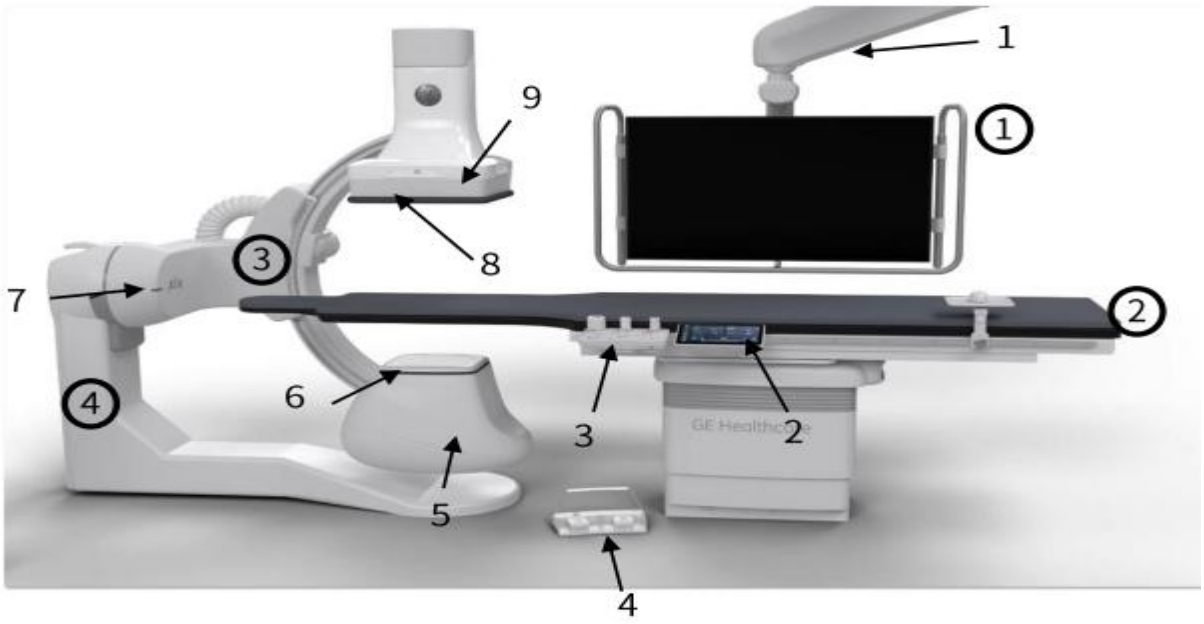
根据《中国环境天然放射性水平》（2015年7月第1版），泉州市室内辐射环境本底范围值为96.6nGy/h～193.4nGy/h，道路辐射环境本底范围值为10.2nGy/h～102.3nGy/h，原野辐射环境本底范围值为25.9nGy/h～107.0nGy/h。即本项目拟建地点的环境γ辐射水平处于当地天然辐射水平范围之内，未见异常。

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 DSA设备组成

数字减影血管造影系统（DSA）是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA射线装置主要由X射线发生系统、C型支架、接收器、图像显示器、导管床、操作台等系统组成。X射线发生系统位于接收器正对方向；操作台集合控制系统和设备状态显示等功能，位于控制室内；手术室内控制装置一般为脚闸控制，通过设备电缆引出、位于地面。本项目DSA设备型号待定（最大管电压125kV、最大管电流1000mA），整体外观图如图9.1-1所示。



1 监视器
1. 监视器吊架

2 检查床
2. 触摸面板
3. 控制面板
4. 脚踏开关

3 扫描架：C形臂
5. X射线管
6. 限束器/准直器
7. X射线就绪指示灯
8. 防散射光栅
9. 数字平板探测器

4 扫描架：L形臂

图9.1-1 DSA设备外观示意图

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构成。阴极通常为钨制灯丝，并置于聚焦杯内。当灯丝通电加热时，电子通过热发射方式从灯丝表面逸出，聚焦杯将这些电子聚集成束，使其直接射向嵌在金属阳极中的靶体。靶体一般采用高原子序数的难熔金属（如钨）制成。高电压加在 X 射线管两极之间，使电子在到达靶体前被加速至很高的速度。这些高速电子在靶面被突然阻挡，通过韧致辐射和特征辐射机制产生 X 射线。典型X射线管结构详见图9.1-2。

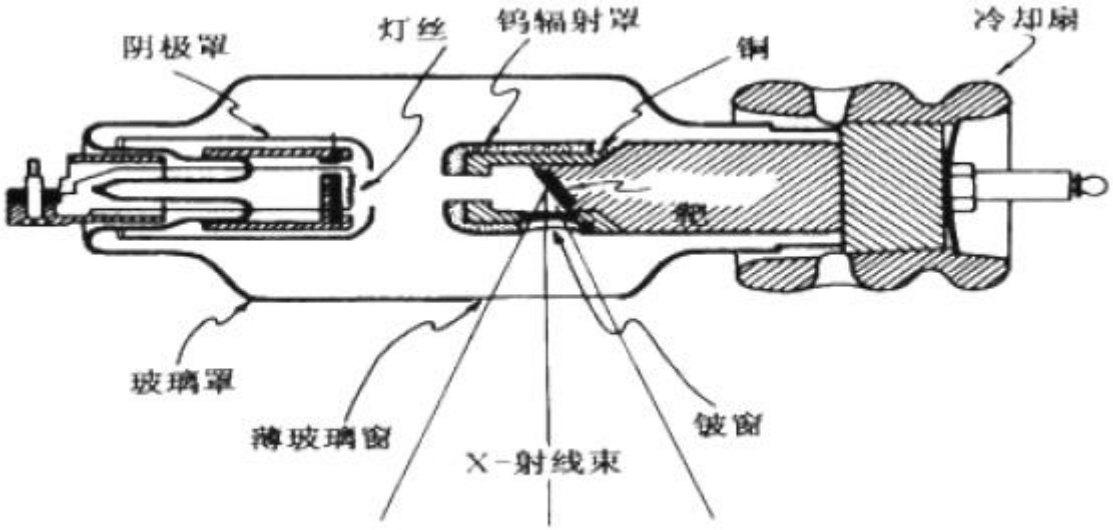


图9.1-2 典型X射线管结构图

虽然不同用途的X射线机因诊疗目的不同有较大的差别，但其基本结构都是由产生X射线的X射线管、供给X射线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制X射线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置组成。

DSA 成像的基本原理是将受检部位在注入造影剂前后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增强后，由高分辨率的数字探测器（CCD 或 CMOS）扫描，将图像分割成许多小方格并形成数字化矩阵，得到由像素组成的视频图像。图像信号经对数放大和模/数转换为数字信号，形成数字图像并分别存储。随后输入计算机进行处理，将两幅图像的数字信息相减，得到差值信号。该信号再经对比度增强和数/模转换为模拟信号，从而去除骨骼、肌肉和其他软组织，仅保留血管影像，并通过显示器显示。

9.1.3 操作流程及产污环节分析

（1）工作流程

①接诊病人后，向病人告知可能受到的辐射危害；

②病人准备完毕进入机房摆位、固定，然后进入机房内对病人进行局部消毒处理和局部防护处理；

③医生退出机房，通过控制室操作台对病人进行拍片操作；

④医生穿着防护服进入DSA机房，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；

⑤配合射线装置透视推送导管，并将导管送入指定位置；

⑥完成后进行导管加压，将造影剂注入病人体内；

⑦完成造影剂注入后，医生退出机房，通过控制室操作台对病人进行拍片操作，并进行减影处理后，得到病人最终的高清血管影像资料；

⑧完成减影后，医生再次进入机房，配合射线装置透视对病人病灶部位进行相应介入手术。

本项目DSA出束曝光分为两种情况：

①摄影：操作人员一般采取隔室操作的方式（即操作技师或医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

②透视：病人需进行介入手术治疗时，为更清楚地了解病人情况，会有间歇或连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时医生位于射线装置配备的铅帘后面，穿戴铅服、铅眼镜等，在机房内进行同室操作。

DSA操作流程如图9.1-3所示。

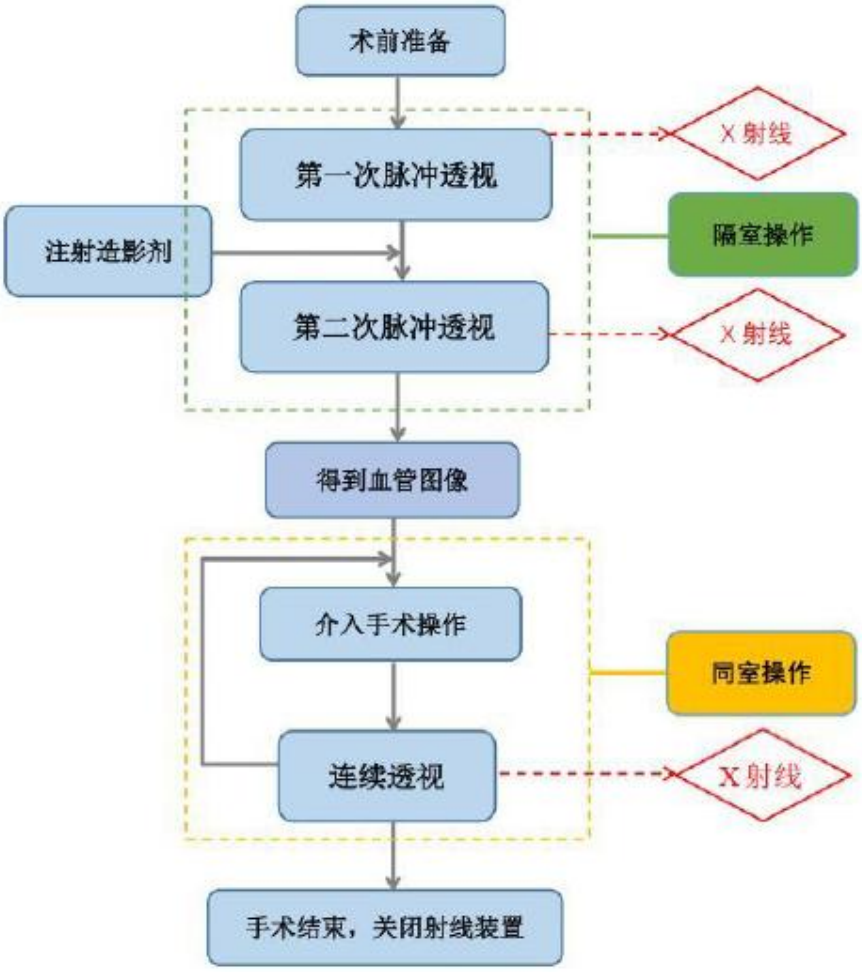


图9.1-3 DSA操作流程示意图

（2）产污环节分析

使用DSA手术时，注入的造影剂不含放射性，DSA采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片，介入手术中会产生一些医疗废物。DSA进行摄影、透视时，高压发生器将高电压加在X射线管的两极之间，高速运动的电子撞击物质而突然受阻时产生X射线。X射线使空气电离产生臭氧和氮氧化物。DSA工作流程及产污环节如图9.1-4所示。

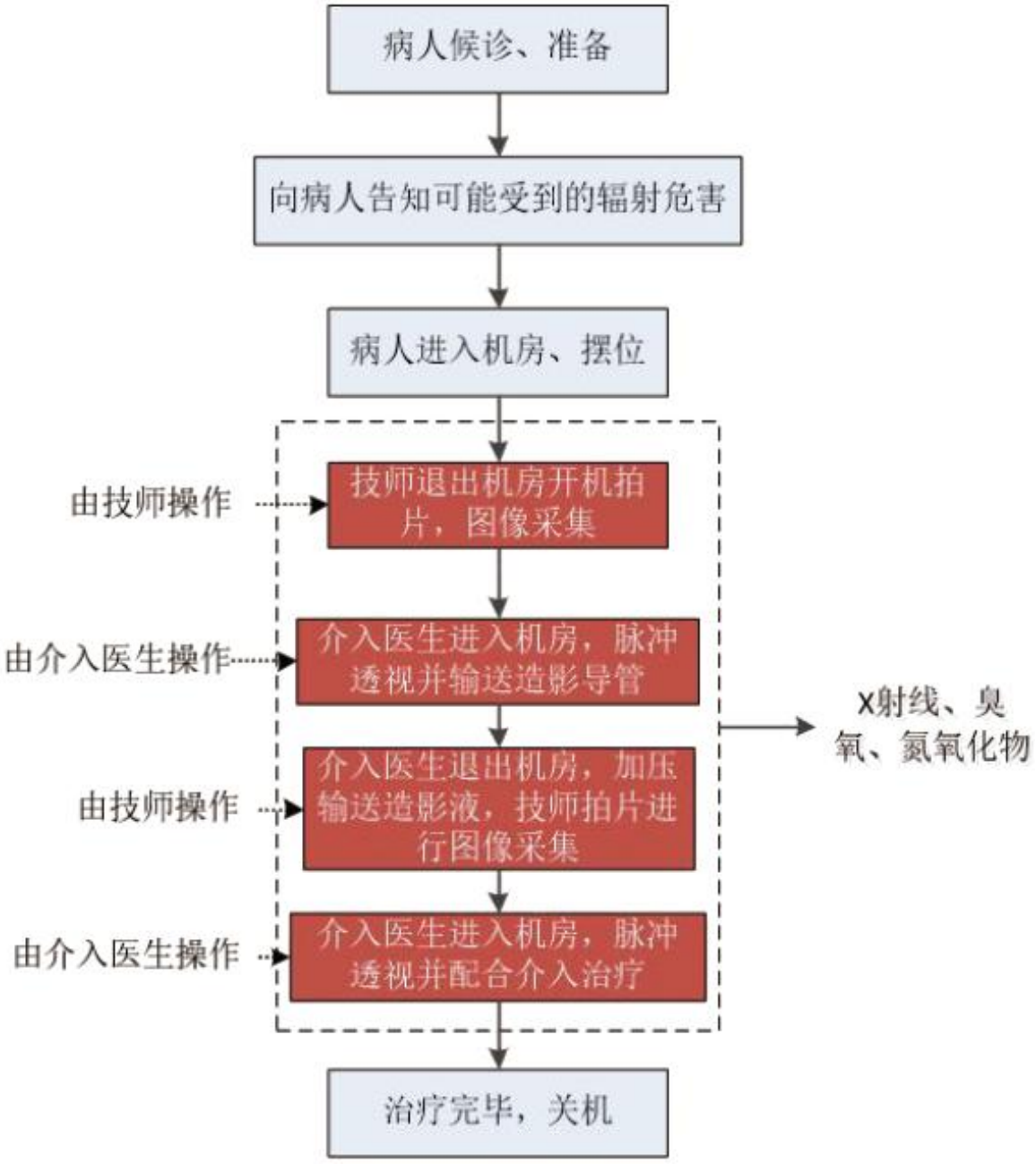


图9.1-4　DSA工作流程及产污环节示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1施工期工艺流程简述

本项目在施工过程中伴有施工噪声、装修垃圾、施工废水和建筑粉尘产生。本项目工程量小，施工安装时间短，施工单位合理安排好施工时间，能够满足施工场界噪声规定限

值要求；施工所产生的少量生活废水和施工废水经本院污水处理站处理后排入管网；在建设施工中采取低噪声工具及湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响；建设施工所产生的少量建筑废渣以及设备安装产生的包装废物送院方指定的建筑垃圾储存场，定时定点清运。

9.2.2 运行阶段污染源项

本项目DSA属于II类X射线装置，X射线伴随着机器的开、关而产生和消失。其在使用过程中主要污染因子是对辐射工作人员及公众造成外照射的X射线；其次，本项目运行过程中会因X射线与空气发生电离作用产生少量臭氧及氮氧化物废气；另外，在介入诊疗过程中会产生少量的医疗废物和医疗废水。本项目使用过程中不产生放射性废气、放射性废水以及放射性固体废弃物。

（1）正常情况下的污染途径

①电离辐射

射线装置运行时，在放射工作人员按照规范操作的条件下，放射工作人员、受检者和公众可能受到射线装置运行时产生的包括有用射线、散射线和漏射线等X射线的外照射。X射线照射到生物机体时，可使生物细胞受到抑制、破坏甚至坏死，致使机体发生不同程度的生理、病理和生化等方面的改变。介入手术需要在DSA设备引导下操作，手术室内的医护人员会暴露于X射线有用线束、散射线的环境中，需要穿戴相应的防护用品（如铅围裙、铅帽、铅橡胶颈套、铅眼镜、铅橡胶手套等）或借助辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏等）以减少辐照引起的剂量。同时，穿透屏蔽体的X射线会对操作人员和机房周围留居人员造成一定的辐照危害。

②废气

X射线装置在出束过程中会与空气产生电离作用，空气吸收辐射能量，通过电离离子的作用可产生臭氧和氮氧化物。由于DSA产生的X线输出功率低，剂量小，光子能量低，每次曝光时间短，因此，臭氧和氮氧化物产生量极少。本项目机房采取机械通风并保证换气次数，机房内有害气体经通风稀释后由排风口排出，排出后再经大气扩散进一步稀释，排放浓度与排放总量均很小，不会改变区域环境空气质量达标状况，运行期有害气体环境影响可接受。

③废水

项目运行后，废水主要为辐射工作人员的生活污水和医疗废水。经过医院已建的污水处理设施消毒处理后排入市政管网。

④固体废物

本项目DSA采用数字成像，不打印胶片。介入手术时会产生医用器具、药棉、纱布、手套等医用敷料。每台手术约产生1kg医疗废物，每年约进行400台介入手术，医疗废物年产生量为400kg。工作人员会产生少量的生活垃圾。

（2）事故情况下的污染途径

本项目在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到意外照射：

①曝光时防护门未关闭，此时防护门外人员可能受到X射线照射。

②曝光时受检者未对非受检部位（尤其是甲状腺、性腺、眼晶体）采取屏蔽防护，导致受检者的受检部位外的部分受到不必要的照射。

③曝光过程中，因警示灯失效或其他情况，其他人员误入DSA机房受到意外照射。

④因设备防护性能问题可能导致受检者接受额外照射。

⑤同室近台工作人员未按要求正确地穿戴个人防护用品，可能导致工作人员接受额外照射。

⑥因预置条件不当，发生误操作事件，可能会导致相关人员受到不必要的照射。

⑦控制系统出现故障，照射无法停止，病人受到计划外照射。

⑧紧急停机系统故障，无法通过紧急停机开关使运行中的射线装置停止运行，造成人员误照射。

本项目射线装置在异常或事故状态下的辐射源项与正常运行时是一样的，即中、低能X射线，但在异常或事故状态下对人员的伤害可能会超过正常运行状态。

表10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局合理性分析

本项目拟建DSA机房位于医院3号楼1层南侧，机房东北侧为DSA控制室，西北侧为楼内通道，西南侧和东南侧均为污物通道；正上方（3号楼二层）为口腔科，正下方（3号楼负一层）为疏散通道和战时移动柴油电站。观察窗设置于机房东北侧墙体（控制室侧），能有效观察手术室内情况。本项目新增DSA设备为单管头C形臂结构，有用线束主要方向垂直向上（影像接收器方向），有用线束不会直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。因此，DSA机房布局相对合理。

本项目DSA机房平面布局与《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相关要求的符合性分析详见表10.1-1：

表10.1-1 本项目 DSA 机房平面布局情况及符合性分析一览表

序号	《GBZ130-2020》要求	本项目情况	符合性
1	应合理设置X射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	本项目DSA 有用线束主要朝向机房顶部（影像接收器方向），机房布局已避免有用线束直接照射门、窗、管线口及工作人员操作位。	符合
2	X射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。	根据本次评价分析，经采取辐射屏蔽措施后，本项目DSA机房在运行时产生的辐射影响对周围环境是可接受的。	符合
3	每台固定使用的X射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。	本项目拟安装1台DSA机，设置有独立的机房，机房满足布局要求。	符合
4	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，其最小有效面积、最小单边长度应符合规定。	本项目DSA机房最小有效面积为45.26m^2，最小单边长度为6.2m，满足最小有效面积20m^{2}和最小单边长度3.5m的要求。	符合
5	电动推拉门宜设置防夹装置。	本项目机房电动推拉门拟设置防夹装置。	符合
6	平开机房门应有自动闭门装置。	本项目机房平开门拟设置自动闭门装置。	符合
7	受检者不应在机房内候诊。	受检者在DSA机房外的缓冲/换车间内候诊，不在机房内候诊。	符合

由上表可知，本项目DSA机房平面布局可以满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。

10.1.2 辐射工作场所分区管理

（1）分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：在正常工作情况下，控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置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，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

建设单位根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）对控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护情况，确定本项目辐射工作场所分区情况见图10.1-1。辐射工作场所两区划分情况如下：

控制区：DSA机房内部区域；

监督区：DSA机房东北侧的控制室，西北侧的DSA设备间、楼内通道（与机房距离30cm的范围内），西南侧和东南侧的污物通道（与机房距离30cm的范围内），以及机房正上方二层口腔科正投影区域、正下方负一层对应的疏散通道和战时移动柴油电站正投影区域。

本项目控制区通过实体屏蔽措施、警示标志等进行管理。在射线装置使用时，除介入治疗的医护人员和患者进入手术室的情况外，禁止其他人员进入；监督区通过地面划警示线的方式提醒人员尽量避开该区域。建设单位需定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常，应立即进行整改，整改完成且经监测满足要求后方可继续使用射线装置，有必要时更改监督区的边界。



图10.1-1 本项目DSA机房控制区与监督区划分图

10.1.3人流、物流路径规划

项目DSA工作场所设有独立的医护路径、患者路径和污物路径。操作技师在更衣间更衣后进入控制室，在控制室操作台处操作DSA机；介入手术人员先在换鞋区换鞋，进入男更衣室/女更衣室更衣，在更衣区穿戴铅衣等个人防护用品后进入控制室，从医护人员通道防护门进入机房为患者进行介入手术；患者进入苏醒区/缓冲区等待，接到呼叫后通过楼内通道进入机房接受介入治疗。每台手术结束后，手术污物经污物通道防护门及时转出、不在机房内暂存，直接送入污物缓冲间；在缓冲间内完成打包、封扎及外表面清洁消毒后，临时存放于污物暂存间，选择人流较少时段将一天的污物转运至医院危险废物贮存间。污

物的打包、封扎、消毒等产污作业均不在DSA机房内进行，既保证机房可连续接台、不影响设备正常使用，又避免了污物在机房内停留造成的污染扩散与交叉感染风险；全程与医护、患者及洁净物品流线分开，实现洁污分流。本项目人流、物流路径规划详见图10.1-2。

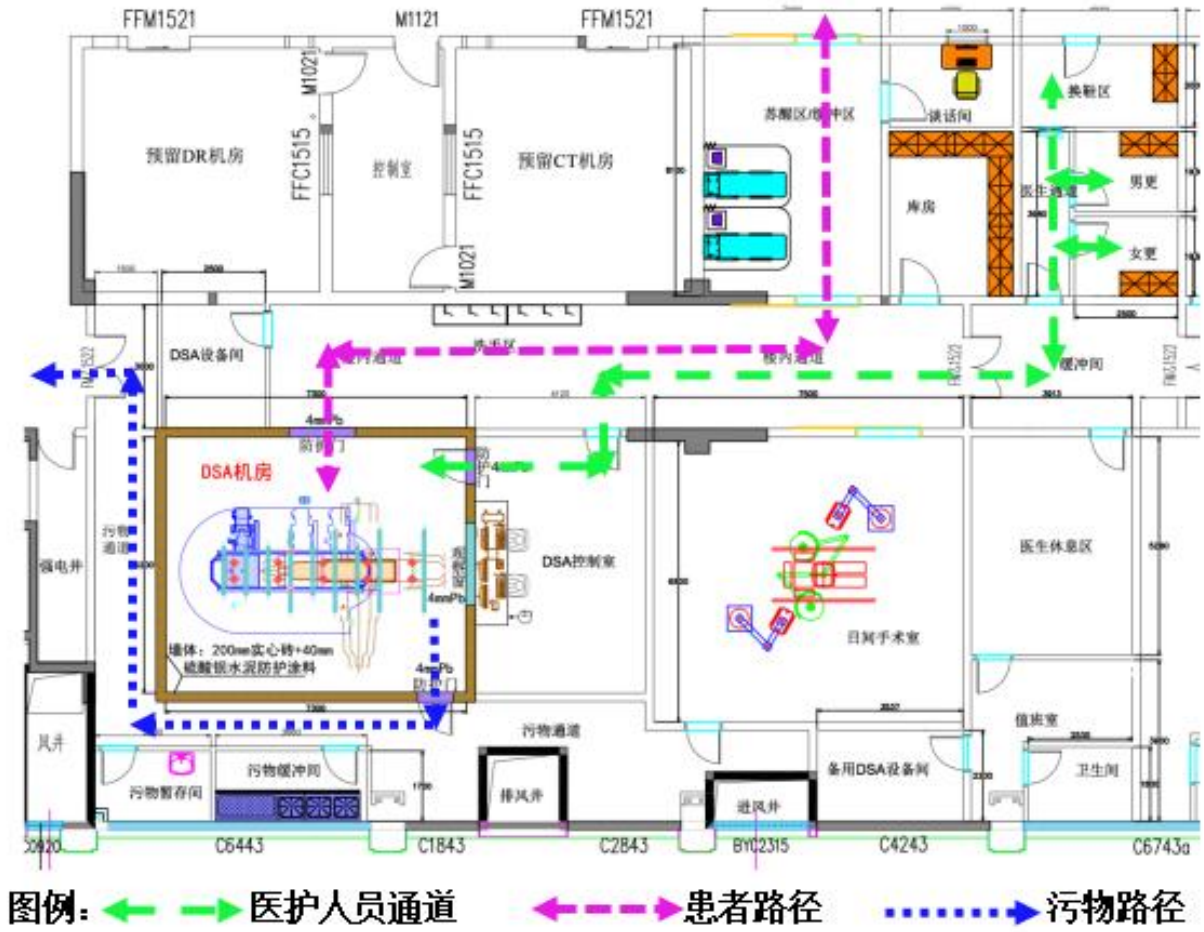


图10.1-2 本项目DSA机房人流、物流路径示意图

10.1.4 辐射防护屏蔽设计

（1）机房屏蔽设计符合性分析

项目DSA机房拟采取的屏蔽设计情况见下表：

表 10.1-2 本项目DSA机房屏蔽防护设计情况一览表

项目区域	屏蔽体	屏蔽防护设计方案
DSA机房	四面墙体	200mm实心砖+40mm硫酸钡水泥防护涂料
	顶棚	100mm混凝土+30mm硫酸钡水泥防护涂料
	地面	120mm混凝土+30mm硫酸钡水泥防护涂料

	机房大门	4mmPb防护门
	医护人员通道门	4mmPb防护门
	污物通道门	4mmPb防护门
	观察窗	4mmPb铅玻璃
注：本项目混凝土密度不低于2.35g/cm^3；铅密度不低于11.3g/cm^3；实心砖密度不低于1.65g/cm^3；硫酸钡水泥密度不低于2.80g/cm^3；下同。		

①砖、混凝土铅当量等效计算

砖、混凝土的等效铅当量厚度参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录C进行计算，见下式。

$$X=\frac{1}{\alpha\gamma}ln\left(\frac{B^{1-\gamma}+\frac{\beta}{\alpha}}{1+\frac{\beta}{\alpha}}\right) \quad （式10.1-1）$$

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α——不同屏蔽物质对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ——不同屏蔽物质对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

β——不同屏蔽物质对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子，采用下式进行计算。

$$B=\left[\left(1+\frac{\beta}{\alpha}\right)e^{\alpha\gamma x}-\frac{\beta}{\alpha}\right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad （式10.1-2）$$

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

β——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X-----铅厚度。

本项目 DSA 的最大管电压为 125kV，查《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录C表C.2和C.3，可知铅、混凝土、砖对管电压为125kV（主束方向）X射线辐射衰减的有关的拟合参数，具体见表10.1-3。

表10.1-3 铅、混凝土、砖对不同管电压 X 射线辐射衰减的拟合参数（节选）

管电压kV	铅			混凝土			砖		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
125（主束）	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974	0.02870	0.06700	1.346

根据式10.1-1及式10.1-2计算，混凝土和砖的等效铅当量厚度详见表10.1-4。

表10.1-4 混凝土、砖在125kV管电压下等效铅当量厚度一览表

管电压kV	材料	材料厚度	屏蔽透射因子B	等效铅当量厚度
125（主束）	混凝土	100mm	6.70E-03	1.17
125（主束）	混凝土	120mm	3.21E-03	1.44
	砖	200mm	1.31E-03	1.80

②硫酸钡水泥铅当量等效计算

本项目拟使用的硫酸钡水泥密度不低于2.8t/m^3，参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）P105（见图10.1-3）进行铅当量等效。



图10.1-3 低能X射线屏蔽材料的铅当量

本项目DSA设备型号待建设单位采购确定，摄影模式下DSA设备的管电压为60kV～100kV，透视模式下管电压为60kV～90kV。本项目四面墙体、顶棚、地面设计的硫酸钡水

泥防护涂料厚度分别为40mm、30mm、30mm，结合图10.1-3中给出的参数和DSA的常规工作条件，四面墙体40mm硫酸钡水泥等效铅当量保守取值为3.0mmPb，顶棚和地面30mm硫酸钡水泥等效铅当量保守取值为2.0mmPb。

③屏蔽防护措施符合性分析

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对X射线机房防护设计的技术要求和本次评价项目的防护设计规格对照分析，结果见表10.1-5。

表 10.1-5 本项目 DSA 机房屏蔽防护设计情况及符合性分析一览表

项目区域	屏蔽体	屏蔽防护设计方案	等效铅当量（mmPb）	标准要求（mmPb）	符合性
DSA机房	四面墙体	200mm实心砖+40mm硫酸钡水泥防护涂料①	4.80	2	符合
	顶棚	100mm混凝土+30mm硫酸钡水泥防护涂料②	3.17		符合
	地面	120mm混凝土+30mm硫酸钡水泥防护涂料③	3.44		符合
	机房大门	4mmPb防护门	4.0		符合
	医护人员通道门	4mmPb防护门	4.0		符合
	污物通道门	4mmPb防护门	4.0		符合
	观察窗	4mmPb铅玻璃	4.0		符合

备注：①200mm实心砖等效铅当量为1.80mmPb，40mm硫酸钡水泥防护涂料等效铅当量保守取3.0mmPb，合计4.80mmPb。
②100mm混凝土等效铅当量为1.17mmPb，30mm硫酸钡水泥防护涂料等效铅当量保守取2.0mmPb，顶棚合计3.17mmPb。
③120mm混凝土等效铅当量为1.44mmPb，30mm硫酸钡水泥防护涂料等效铅当量保守取2.0mmPb，地面合计3.44mmPb。

根据表10.1-5可知，本项目DSA机房防护屏蔽设计可满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关要求。

（2）硫酸钡水泥防护涂料施工注意事项

①施工前：

A.为保证涂抹的均匀性，必须对墙面进行清理，清除表面颗粒及疏松的附着物；表面细小的孔洞、凹陷、缝隙需用水泥浆补平。

B.在需要涂抹的墙面上挂钢丝网。

②施工时：

A.严格按工艺配比拌料：水泥、硫酸钡、胶水，确保硫酸钡防护材料密度不低于2.8g/cm^3。

B.每次抹层厚度以10mm为宜，以防涂抹墙面砂浆下垂影响质量。

C.为防止接茬处出现裂纹，要在接茬处进行拉毛施工后再继续涂抹。

D.第二次涂抹硫酸钡防护材料时须待前施工层完全干后才可进行。

E.在施工层完全干后，再在墙面用耐碱玻璃纤维网格布和水泥砂浆做5mm的罩面层，罩面层要做平整，阴角阳角要垂直。

10.1.5 管线设计及穿墙位置屏蔽补偿

（1）电缆沟穿墙线管防护设计

本项目DSA机房内穿越防护墙的电缆导线拟采用“U”形电缆沟，通过地面下沉电缆沟穿出机房，穿越防护墙的电缆导线、导管进出口设置在机房墙底部，并在管线口上方敷设4mmPb铅板，不影响墙体的屏蔽防护效果。项目电缆沟穿墙线管防护示意图见图10.1-4。

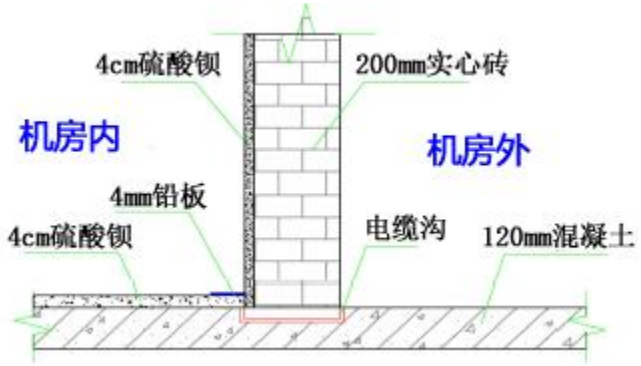


图10.1-4 电缆沟穿墙线管防护示意图

（2）穿墙风管设计

通风管道均直穿墙体，位于吊顶上方。DSA新风管道从机房西北侧墙体穿入，排风管道从机房东南侧墙体穿出，穿墙处拟采用包裹“L”形的4mmPb铅板，包裹长度大于穿墙通风管道直径的2.5倍，用于通风管道穿越机房墙体处的屏蔽补偿，能保证机房的屏蔽能力；射线经多次散射后对机房外的剂量满足要求，不影响墙体的屏蔽防护效果。进风管与排风管穿墙防护措施一致，本项目风管穿墙防护示意图见图10.1-5。

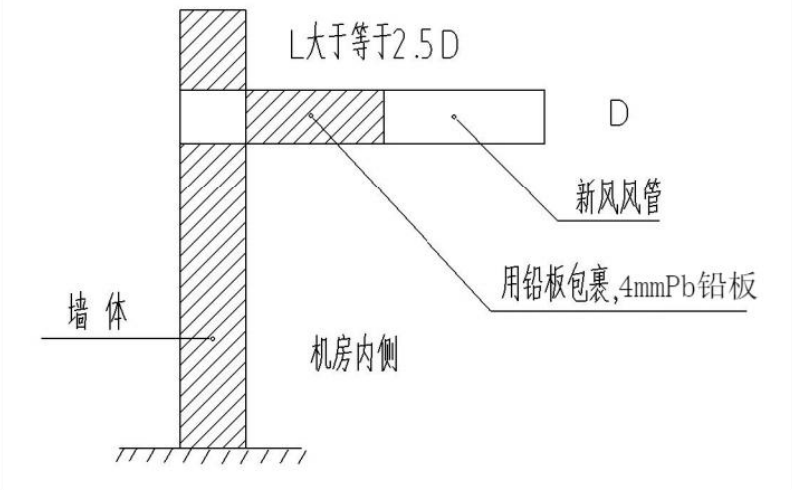


图10.1-5 风管穿墙防护示意图

图10.1-6 新风和排风管道示意图

10.1.6 辐射安全与防护措施设计

（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》（GBZ130-2020）要求，本项目 DSA 机房辐射防护措施符合性分析表见表10.1-6。

表10.1-6 本项目辐射防护措施符合性分析一览表

射线装置	《GBZ130-2020》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。	本项目拟建DSA机设置单独的机房，机房尺寸和大小满足使用设备的空间要求。	符合
	单管头X射线设备（含C型臂，乳腺CBCT）机房面积应不小于20m^2，单边长度不小于 3.5m。	本项目拟建DSA机房有效使用面积为45.26m^2，最小单边长度为6.2m。	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。	本项目在控制室内靠近DSA机房的一侧设置有铅玻璃观察窗，同时拟设置对讲装置，工作人员在控制室内可及时观察患者情况及防护门开闭情况，防止意外情况的发生。	符合
	C型臂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。	根据建设单位提供的设计方案可知，本项目DSA机房四面墙体等效铅当量为4.80mmPb，顶棚等效铅当量为3.17mmPb，地面等效铅当量为3.44mmPb，防护门、窗的铅当量均为4mmPb。	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，具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于25μSv/h。	通过理论计算可知，DSA机在正常使用条件下，机房周边关注点辐射剂量率均未超过标准要求。	符合
	机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力通风装置，保持良好的通风。	机房布局合理，通过设计方案可知，有用线束未直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位，机房内拟设置动力通风装置。	符合
	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；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	本项目机房大门（患者通道）为电动推拉式铅防护门，拟制定并严格执行“曝光时关闭机房门”的管理措施，纳入《德化县中医院DSA操作规程》，由控制室操作技师在曝光前通过视频监控与门灯联锁信号确认各防护门处于关闭状	符合

	作状态指示灯能与机房门有效关联。	态后方可出束，并在手术登记本上记录；电动推拉门拟设置防夹装置。医护人员通道门、污物通道门为平开式铅防护门，拟设置自动闭门装置。工作状态指示灯与机房门有效关联。	
	每台X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表4（即表7.3-4）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	医院拟为本项目DSA机房配置数量足够的铅衣、铅围裙、铅帽、铅围脖、铅眼镜、铅手套等辐射防护用品，详见表10.1-7。	符合
	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。	受检者在DSA机房外的缓冲/换车间候诊，不在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中，陪检者不允许留在机房内。	符合

由表10.1-6可知，本项目拟建的 DSA 机房已按相关标准要求进行了设计，机房的辐射防护措施均符合相关规定要求，建设单位应严格按照设计方案进行建设。

（2）个人防护用品

经与建设单位确认，建设单位拟为本项目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，对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目DSA机房的个人防护用品配备情况相符性分析详见表10.1-7所示。

表10.1-7 个人防护用品和辅助防护设施配置符合性分析一览表

机房	防护对象	《GBZ130-2020》要求		本项目情况			符合性
		防护用品名称	铅当量（mmPb）	防护用品名称	铅当量（mmPb）	数量	
本项目DSA机房	成人受检者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾	≥0.5	铅橡胶性腺防护围裙（方形）	0.5	1件	符合
		铅橡胶帽子（选配）	≥0.25	铅橡胶帽子	0.5	1件	符合
		铅橡胶颈套	≥0.5	铅橡胶颈套	0.5	1件	符合
	儿童受检者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾	≥0.5	铅橡胶性腺防护围裙	0.5	1件	符合
		铅橡胶帽子（选配）	≥0.25	铅橡胶帽子	0.5	1件	符合
		铅橡胶颈套	≥0.5	铅橡胶颈套	0.5	1件	符合
	工作人员	铅橡胶围裙	≥0.25	铅橡胶围裙	0.5	6件	符合
		铅橡胶颈套	≥0.5	铅橡胶颈套	0.5	6件	符合
		铅防护眼镜	≥0.25	铅防护眼镜	0.5	6副	符合
		介入防护手套	≥0.025	介入防护手套	0.025	6副	符合
		铅橡胶帽子（选配）	≥0.25	铅橡胶帽子	0.5	6件	符合

		铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	≥0.25	铅悬挂防护屏	0.5	1件	符合
		床侧防护帘/屏	≥0.25	床侧防护帘	0.5	1件	符合
		移动铅屏风（选配）	≥2	移动铅屏风	2	1件	符合

由表10.1-7可知，本项目拟配备的个人防护用品可满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关要求。

（3）DSA 设备固有的安全性

①本项目DSA设备购置于正规厂家，装置泄漏辐射满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关技术要求，并且安装可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。

②本项目DSA设备具有安全系统，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验证确认设置无误时，才能启动照射。

④本项目DSA设备配备紧急制动按钮。

（4）其他的辐射安全措施

①工作状态指示灯：DSA机房患者通道防护门上方拟设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，工作状态指示灯与机房门之间拟设置门灯联锁装置，用于显示机房内设备运行状态。

②防夹和闭门装置：DSA机房平开防护门拟设置自动闭门装置，电动推拉防护门拟设置防夹装置，并拟设置曝光时关闭的管理措施。

③电离辐射警告标志：DSA 机房各防护门外表面、通道门口均拟设置电离辐射警告标志，提醒无关人员勿靠近机房或在附近逗留。

④观察窗、视频监控与对讲装置：DSA机房设置有观察窗，同时拟设置实时视频监控和对讲装置，工作人员在控制室内可及时观察患者情况及防护门开闭情况，防止意外情况的发生。

同时机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物，具体辐射安全措施拟布置点位示意见下图：

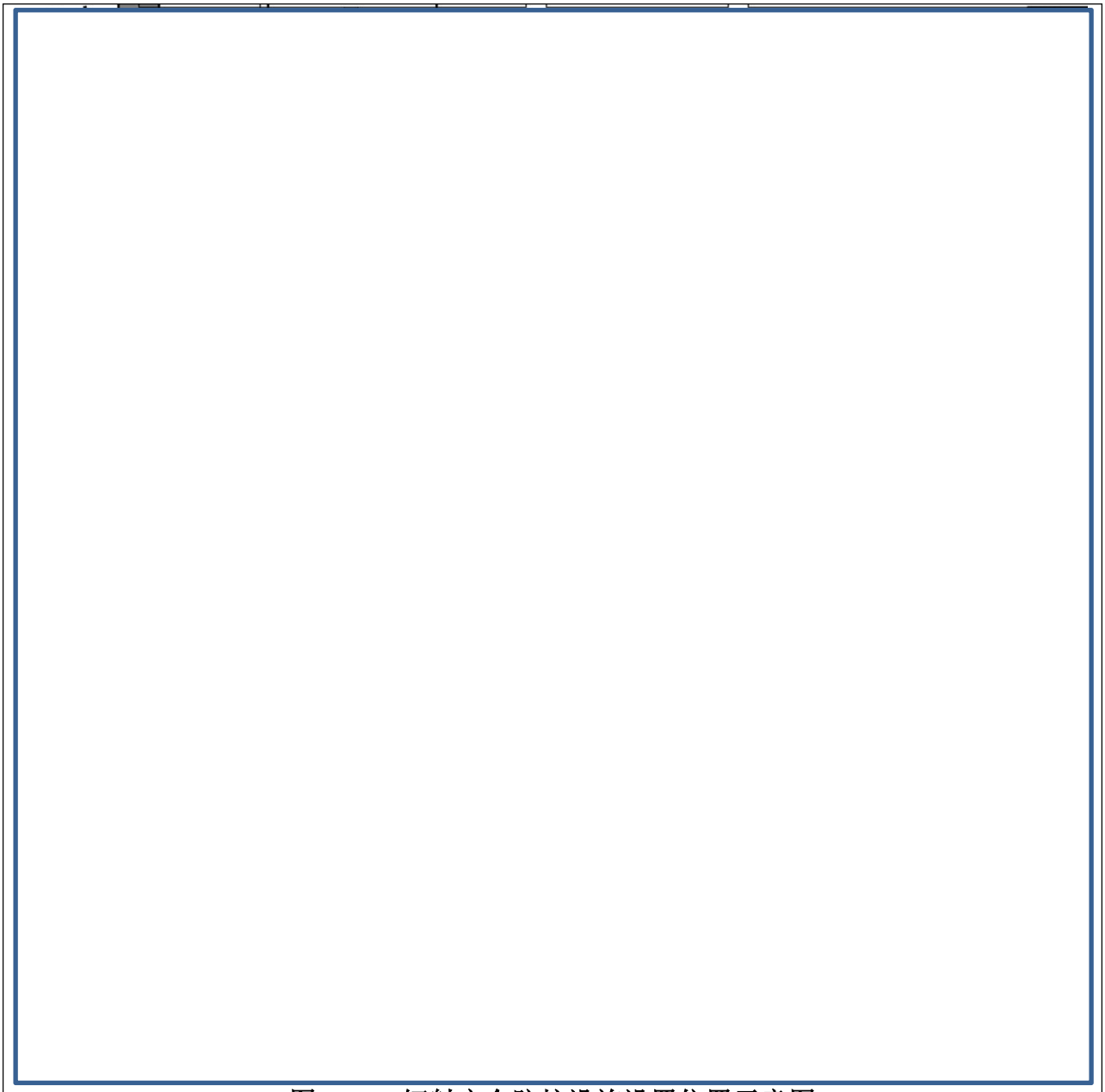


图10.1-7 辐射安全防护设施设置位置示意图

10.2 辐射安全防护设施与法律法规及标准技术要求对比分析评价

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令第 18 号）防护相关技术要求，对本项目进行对照分析，拟采取的防护措施与法律法规详细对照分析表见表 10.2-1。

表10.2-1　本项目拟采取的防护措施与法律法规对照分析表

项目	要求	设计情况	评价结果
场所安全和防护	生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	拟设置电离辐射警告标志、门灯联锁装置、工作状态指示灯、辐射安全注意事项等。	按要求落实后可符合
人员安全和防护	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。	本项目拟配备的辐射工作人员尚未取得国家考核合格证书；建设单位承诺在 DSA 设备投运前完成国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核并取得成绩报告单，考核不合格者不得上岗。	按要求落实后可符合
	生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。	拟配备的辐射工作人员均进行个人剂量监测，个人剂量计每 3 个月送检一次，数据归档；拟按要求进行职业健康检查，并对检查结果存档。	按要求落实后可符合
辐射事故应急	生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。	建设单位制定有相应的辐射事故应急预案。	按要求落实后可符合
评估报告	生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素、射线装置的安全和防护状况进行年度评估。发生安全隐患的，应当立即进行整改。	拟按要求于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	按要求落实后可符合

10.3三废的治理

10.3.1 废气治理措施

本项目产生的废气主要是微量臭氧和氮氧化物。DSA机房设置动力排风系统，能保持机房内良好的通风，氮氧化物及臭氧通过送排风系统经排气管道排放到大气环境，经自然分解和稀释，对周围环境影响较小。

10.3.2 固体废物治理措施

本项目运行期产生的固体废物主要为医疗废物和生活垃圾，院内医疗废物将委托有资质单位进行清运处理，生活垃圾由当地环卫部门统一清运。

10.3.3 废水治理措施

本项目运行期产生的污水将经院区污水管道进入院内污水处理站，经预处理满足接管要求后接入市政污水管网。

10.3.4 噪声治理措施

本项目运行期产生的噪声污染源主要为通风系统风机运行时产生的噪声，本项目拟优先选用噪声低、振动小的风机设备，安装风机时拟设置减振基础，通风管采用软性接头，排风口处安装消声器。

10.4辐射环境保护投资

本项目总投资约1000万元，环境保护投资约86万元，占本项目总投资额的8.6%。详见表10.4-1。

表 10.4-1 本项目环境保护投资一览表

类 别	环保措施	投资（万元）
辐射防护主体设计施工	墙体、顶棚、地板辐射防护处理	40
控制室人员防护设计施工	防护门（4mmPb当量）、观察窗（4mmPb当量）	20
通风设备	动力通风系统、空气净化器、中央空调	3
人员防护用品	铅衣、铅围裙、铅围脖、铅帽、铅眼镜、介入防护手套、移动铅防护屏风等	8
辐射监测设备	辐射剂量率仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等	5
其他	辐射安全制度上墙、环评和验收费用	10
合计		86

表11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目为新建项目，涉及建筑装修、设备安装等，在项目的建设过程中，应采取污染防治措施，减轻对医院及周边地区的环境影响。项目施工时会产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，对环境会产生如下影响：

（1）大气：本项目在建设施工期，由于涉及建筑装修、设备安装，施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域和大楼周边路面。针对上述大气污染采取以下措施：

①及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；

②车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；

③施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

（2）噪声：整个施工阶段，施工设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。因此，在施工时严格执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时应避免在中午休息时间施工，另外考虑院区周围公众，严禁夜间进行噪声作业。本项目施工工期相对较短，在严格执行噪声标准，并且合理安排施工时间的情况下，噪声对周围人群的影响是暂时的。

（3）固体废物：施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，医院应委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

（4）废水：项目施工期间，会有少量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水不可随意外排，应统一收集后由医院进行处理。

综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 DSA运行阶段辐射影响分析

DSA设备在手术中分为透视和摄影两种模式。DSA摄影模式是指DSA的X射线系统曝

光时，工作人员位于控制室，即为隔室操作方式。DSA透视模式是指在透视条件下，医护人员近台同室进行介入操作。本次评价分别对摄影、透视两种工况下手术室周围的辐射水平进行预测。

DSA装置的辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线。本项目DSA装置拟配备单管头设备，图像增强器对X射线主束有屏蔽作用，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屏蔽估算时可不考虑主束照射。因此，本次评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

本项目DSA设备型号待定（最大管电压125kV、最大管电流1000mA），摄影模式下，DSA设备的管电压为60kV～100kV，管电流为300mA～500mA；透视模式下管电压为60kV～90kV、管电流为5mA～15mA，本环评拟进行保守估算，采用摄影工况下的设备参数：管电压100kV，管电流500mA；透视工况下的设备参数：管电压90kV，管电流15mA。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），介入设备等效总滤过不小于2.5mmAl，本次计算总滤过取2.5mmAl保守读数。根据ICRP33号报告《医用外照射源的防护》图2（见图11.2-1），查得管电压为90kV状态下的离靶1m处发射率常数为6mGy/mA·min，管电压为100kV状态下的离靶1m处发射率常数为7.5mGy/mA·min。

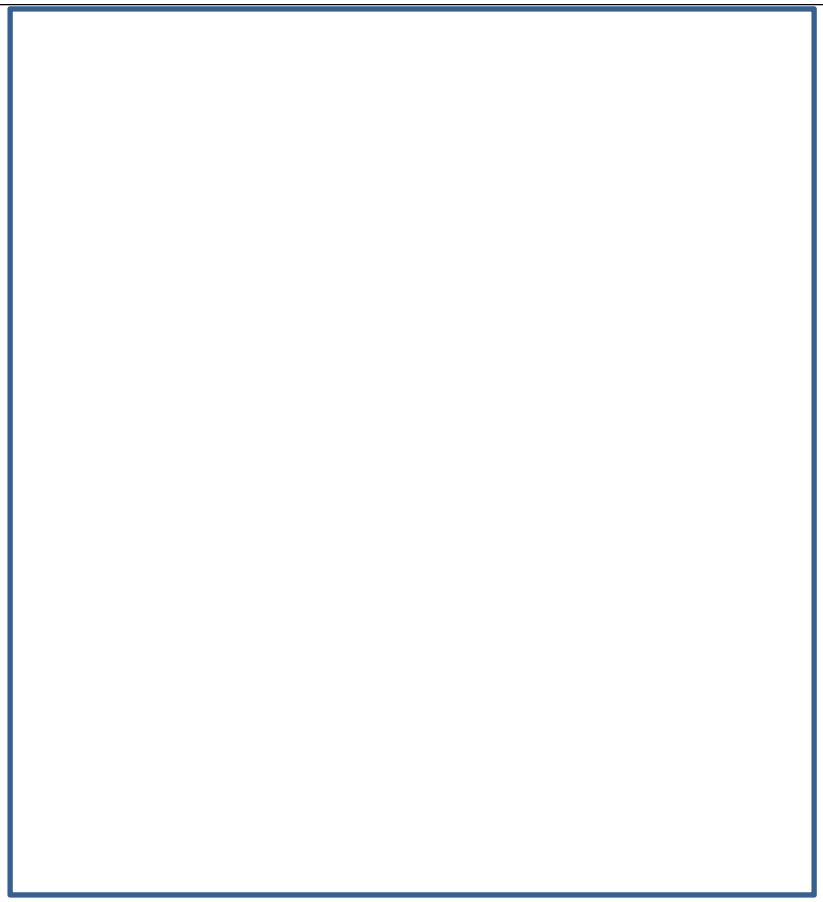


图 11.2-1 离靶1m处的发射率常数随管电压及总滤过厚度变化的情况

根据《辐射防护导论》（方杰主编）中X射线机剂量率计算公式（3.1），计算对距离靶点r（m）处由X射线机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率，按公式11.2-1计算：

$$\dot{K} = I \cdot \delta_x \frac{r_o^2}{r^2}$$（式11.2-1）

式中：

$\acute{K}$——离靶r（m）处由X射线机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率，μGy/h；

I—管电流，mA；

δ_x——发射率常数，mGy/mA·min，见图11.2-1；

r_0——取1 m；

r——距离靶点r（m）处由X 射线机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率，计算1m处剂量率时，取1m。

根据公式11.2-1计算距离靶点1m处由X射线机产生的初级X射线束造成的空气比释动

能率，见表11.2-1。

表11.2-1　DSA不同管电压下距靶1m处最大剂量率一览表

装置名称	工作状态	滤过材料及厚度（mm）	运行管电压（kV）	运行管电流（mA）	离靶1m处发射率常数（mGy/mA·min）	距靶1m处的空气比释动能率（μGy/h）
DSA	摄影	Al,2.5	100	500	7.5	2.25E+08
	透视	Al,2.5	90	15	6	5.40E+06

11.2.2　DSA机房周围辐射影响理论计算

（一）关注点的选取

评价选择DSA机房实体屏蔽墙体防护外人员活动区域作为关注区域；对于同室近台操作人员，由于人员所处位置不固定，防护水平及距射线球管均有所不同，评价选取X射线球管距地面0.3m，源与患者的距离取0.7m。

根据DSA机房布局情况，本次评价关注点选取机房东北侧观察窗铅玻璃外30cm处（A点）、机房东北侧防护墙体外30cm处（B点）、机房东北侧防护门外30cm处（C点）、机房西北侧防护门外30cm处（D点）、机房西北侧防护墙体外30cm处（E点）、机房西南侧防护墙体外30cm处（F点）、机房东南侧防护墙体外30cm处（G点）、机房东南侧防护门外30cm处（H点）和地板正下方距楼下地面170cm处（I点）、顶棚正上方距顶棚地面100cm处（J点）进行计算分析，医生手术位（第一术者位）和护士协助位（第二术者位）分别取K点、L点进行计算分析。根据屏蔽防护措施相同的情况下，关注点处辐射剂量率随关注点距离辐射源点距离增加而减小的规律，在DSA机房相邻四周以外的地方，其受到的辐射剂量率更小，因此本次评价不再将其他地方列为关注点进行预测。本次评价DSA机房周围各关注点平面分布图如图11.2-2和11.2-3所示。

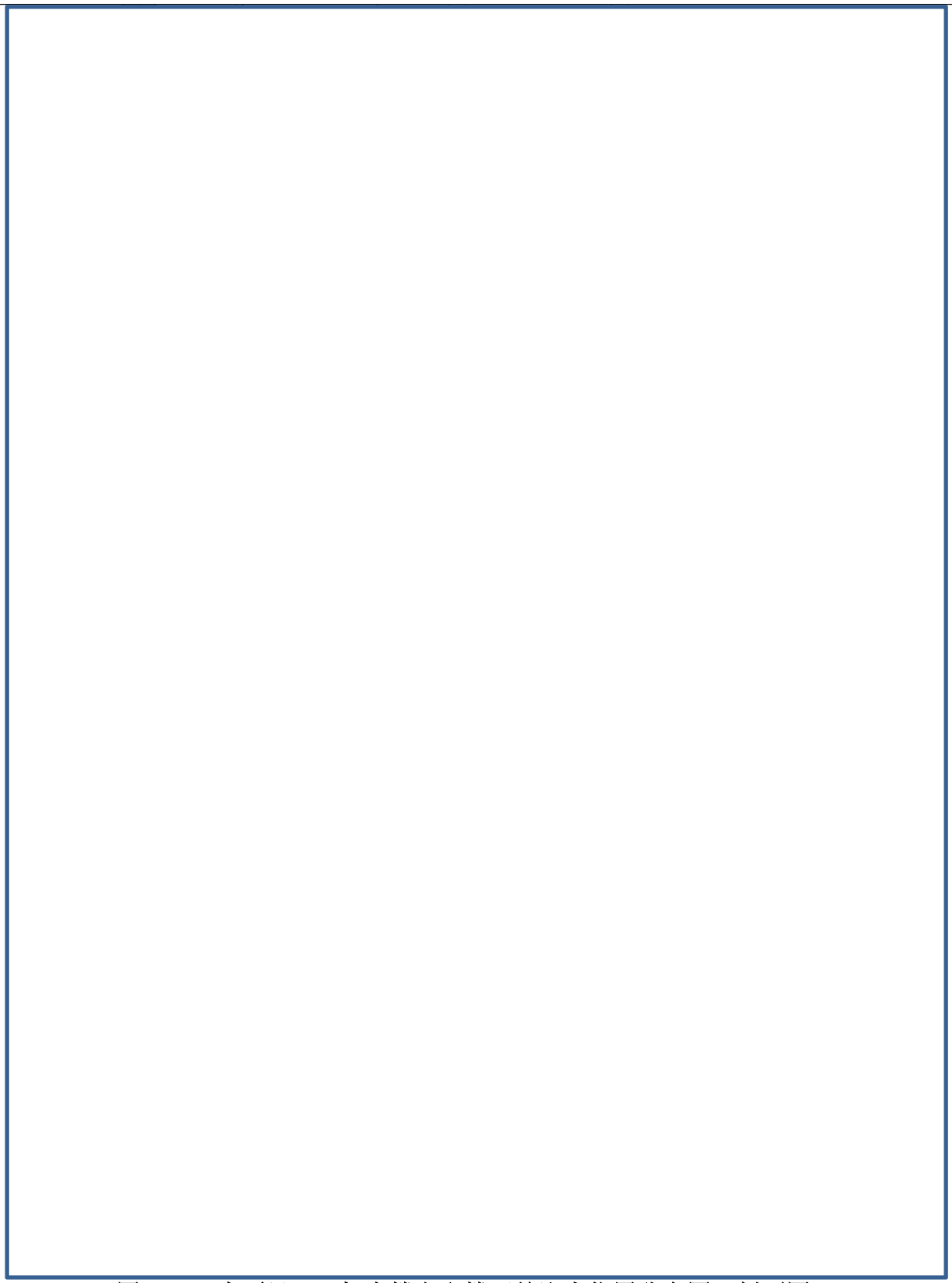


图11.2-3 本项目DSA机房楼上和楼下关注点位置分布图（剖面图）

本项目DSA设备出厂配置有床侧防护帘（0.5mmPb）、铅悬挂防护屏（0.5mmPb）等辅助防护设施，根据相关经验描述，辐射工作人员进行同室介入手术时，机房内工作人员配备0.5mmPb的铅衣、铅眼镜等防护用品，手部穿戴0.025mmPb的介入防护手套，在进行介入手术过程中，第一、第二术者位医师一般平行站位于床旁防护用品后，手术医师距球管靶点水平垂直距离约60cm，胸部距诊断床垂直距离约25cm，其中医生手术位漏射辐射距离（即球管靶点距医生手术位距离）为（$0.6^2+0.3^2+0.95^2$）$^{0.5}$=1.16m（本评价取1m计算）、散射辐射距离（即诊断床患者距医生手术位距离）为（$0.6^2+0.3^2+0.25^2$）$^{0.5}$=0.72m（本评价取0.7m计算）；同理，护士手术位漏射辐射距离为（$0.6^2+0.8^2+0.95^2$）$^{0.5}$=1.38m（本评价取1.3m计算）、散射辐射距离为（$0.6^2+0.8^2+0.25^2$）$^{0.5}$=1.03m（本评价取1m计算），医生和护士手术位距离示意见图11.2-4。

图11.2-4 医生和护士手术位距离示意图

各关注点位置情况详见下表：

表11.2-2　项目关注点位置情况表

关注点	位置	与源点的距离（m）	与患者之间距离（m）
A	机房东北侧观察窗铅玻璃外30cm处（控制室侧）	4.2	4.2
B	机房东北侧防护墙体外30cm处	4.4	4.4
C	机房东北侧防护门外30cm处	4.6	4.6
D	机房西北侧防护门外30cm处（楼内通道侧）	3.6	3.6
E	机房西北侧防护墙体外30cm处（楼内通道侧）	3.7	3.7
F	机房西南侧防护墙体外30cm处（污物通道侧）	4.1	4.1
G	机房东南侧防护墙体外30cm处（污物通道侧）	3.6	3.6
H	机房东南侧防护门外30cm处（污物通道侧）	4.4	4.4
I	地板正下方距楼下地面170cm处	3.1	3.8
J	顶棚正上方距顶棚地面100cm处	5.2	4.5
K	医生手术位（第一术者位）	1.0	0.7
L	护士协助位（第二术者位）	1.3	1.0

（二）辐射影响理论计算

（1）泄漏辐射

泄漏辐射剂量率计算公式参考李德平、潘自强主编《辐射防护手册第一分册辐射源与屏蔽》（[M]北京：原子能出版社，1987）中P436中X射线机周照射量计算公式（10.8）进行推导（推导过程中居留因子n、利用因子u均取为1），则可推导出泄漏辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H}_Z = \frac{\dot{H}_0 \cdot B \cdot f}{d^2} \quad （式11.2-2）$$

式中：$\dot{H}_Z$——关注点漏射剂量率，μGy/h；

$\dot{H}_0$——距靶点1m处的最大剂量率，μGy/h，详见表11.2-1；

d——机头至各关注点的距离，m；

f——设备射线泄漏率，参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）及常规低电压医用放射诊断设备的情况，通常取 0.1%；

B——透射因子，按照《GBZ130-2020》附录C计算，见（式11.2-3）；

$$B = \left[\left(1+\frac{\beta}{\alpha}\right)e^{\alpha\gamma x} - \frac{\beta}{\alpha}\right]^{-\frac{1}{\gamma}} \qquad \text{（式11.2-3）}$$

式中：X——铅当量；

α、β、γ——对不同管电压X射线辐射衰减拟合参数，无量纲。采用《GBZ130-2020》附录C中表C.2数据获得，详见下表。

表11.2-3 铅对X射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压kV	铅		
	α	β	γ
90	3.067	18.83	0.7726
100（主束）	2.500	15.28	0.7557
100（散射）	2.507	15.33	0.9124

经计算可知，本项目DSA机房外各关注点处泄漏辐射剂量率详见表11.2-4所示。

表11.2-4 本项目DSA机房外各关注点处泄漏辐射剂量率一览表

工作模式	关注点		等效铅当量（mmPb）	d(m)	$\dot{H}_0$ (μGy/h)	α	β	γ	透射因子B	$\dot{H}_Z$（μGyh）
	编号	位置								
摄影	A	机房东北侧观察窗铅玻璃外30cm处（控制室侧）	4.0	4.2	2.25E+08	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06	4.32E-02
	B	机房东北侧防护墙体外30cm处	4.8	4.4	2.25E+08	2.5	15.28	0.7557	4.58E-07	5.33E-03
	C	机房东北侧防护门外30cm处	4.0	4.6	2.25E+08	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06	3.60E-02
	D	机房西北侧防护门外30cm处	4.0	3.6	2.25E+08	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06	5.88E-02
	E	机房西北侧防护墙体外30cm处	4.8	3.7	2.25E+08	2.5	15.28	0.7557	4.58E-07	7.53E-03
	F	机房西南侧防护墙体外30cm处	4.8	4.1	2.25E+08	2.5	15.28	0.7557	4.58E-07	6.13E-03
	G	机房东南侧防护墙体外30cm处	4.8	3.6	2.25E+08	2.5	15.28	0.7557	4.58E-07	7.96E-03
	H	机房东南侧防护门外30cm处	4.0	4.4	2.25E+08	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06	3.94E-02
	I	地板正下方距楼下地面1.7m处	3.44	3.1	2.25E+08	2.5	15.28	0.7557	1.38E-05	3.22E-01

	J	顶棚正上方距顶棚地面100cm处	3.17	5.2	2.25E+08	2.5	15.28	0.7557	2.70E-05	2.25E-01
透视	A	机房东北侧观察窗铅玻璃外30cm处（控制室侧）	4.0	4.2	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07	1.13E-04
	B	机房东北侧防护墙体外30cm处	4.8	4.4	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.17E-08	8.85E-06
	C	机房东北侧防护门外30cm处	4.0	4.6	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07	9.42E-05
	D	机房西北侧防护门外30cm处	4.0	3.6	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07	1.54E-04
	E	机房西北侧防护墙体外30cm处	4.8	3.7	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.17E-08	1.25E-05
	F	机房西南侧防护墙体外30cm处	4.8	4.1	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.17E-08	1.02E-05
	G	机房东南侧防护墙体外30cm处	4.8	3.6	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.17E-08	1.32E-05
	H	机房东南侧防护门外30cm处	4.0	4.4	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07	1.03E-04
	I	地板正下方距楼下地面1.7m处	3.44	3.1	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	2.06E-06	1.16E-03
	J	顶棚正上方距顶棚地面100cm处	3.17	5.2	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	4.71E-06	9.40E-04
	K	手术室内医生手术位（铅衣外）	0.5	1.0	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02	1.36E+02
		手术室内医生手术位（铅衣内）	1.0	1.0	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03	2.20E+01
	L	手术室内护士协作位（铅衣外）	0.5	1.3	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02	8.04E+01
		手术室内护士协作位（铅衣内）	1.0	1.3	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03	1.30E+01

（2）散射辐射

对于病人体表的散射X射线可以用反照率法估计。散射剂量率采用李德平、潘自强主编《辐射防护手册第一分册辐射源与屏蔽》（[M]北京：原子能出版社，1987）中P437页给出的公式计算：

$$\dot{H}_S = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha \cdot S}{d_0^2 \cdot d_s^2} \cdot B \qquad （式11.2-4）$$

式中：$\dot{H}_S$——散射剂量率，μGy/h；

$\dot{H}_0$——距出束点1m处的剂量率水平，μGy/h；

α——患者对入射X射线的散射比，α=a/400，其中α是相对于400cm^{2}散射面积

的受照物体对入射X射线的散射比，查《辐射防护手册第一分册》P437 表10.1，100kV下X射线90°散射因子a取0.0013（90°散射角）；

S——散射面积，cm^2；考虑到手术需要的最大照射面积，本项目取值100cm^2；

d_0——X射线机靶点与患者的距离，m，此处取0.7m；

d_S——患者与关注点的距离，m。

其他参数所代表意义同上。

经计算可知，本项目DSA机房外各关注点处的散射辐射剂量率详见表11.2-5所示。

表11.2-5 本项目DSA机房外各关注点处的散射辐射剂量率一览表

工作模式	关注点		等效铅当量（mmPb）	d_0(m)	d_s(m)	$\dot{H}_0$（μGy/h）	α	β	γ	透射因子B	$\dot{H}_S$（μGy/h）
	编号	位置									
摄影	A	机房东北侧观察窗铅玻璃外30cm处（控制室侧）	4.0	0.7	4.2	2.25E+08	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06	4.35E-02
	B	机房东北侧防护墙体外30cm处	4.8	0.7	4.4	2.25E+08	2.507	15.33	0.9124	6.92E-07	5.33E-03
	C	机房东北侧防护门外30cm处	4.0	0.7	4.6	2.25E+08	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06	3.63E-02
	D	机房西北侧防护门外30cm处	4.0	0.7	3.6	2.25E+08	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06	5.92E-02
	E	机房西北侧防护墙体外30cm处	4.8	0.7	3.7	2.25E+08	2.507	15.33	0.9124	6.92E-07	7.54E-03
	F	机房西南侧防护墙体外30cm处	4.8	0.7	4.1	2.25E+08	2.507	15.33	0.9124	6.92E-07	6.14E-03
	G	机房东南侧防护墙体外30cm处	4.8	0.7	3.6	2.25E+08	2.507	15.33	0.9124	6.92E-07	7.96E-03
	H	机房东南侧防护门外30cm处	4.0	0.7	4.4	2.25E+08	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06	3.96E-02
	I	地板正下方距楼下地面1.7m处	3.44	0.7	3.8	2.25E+08	2.507	15.33	0.9124	2.09E-05	2.16E-01
	J	顶棚正上方距顶棚地面100cm处	3.17	0.7	4.5	2.25E+08	2.507	15.33	0.9124	4.12E-05	3.04E-01
透视	A	机房东北侧观察窗铅玻璃外30cm处（控制室侧）	4.0	0.7	4.2	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07	7.49E-05
	B	机房东北侧防护墙体外30cm处	4.8	0.7	4.4	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.17E-08	5.87E-06
	C	机房东北侧防护门外30cm处	4.0	0.7	4.6	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07	6.25E-05

	D	机房西北侧防护门外30cm处	4.0	0.7	3.6	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07	1.02E-04
	E	机房西北侧防护墙体外30cm处	4.8	0.7	3.7	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.17E-08	8.30E-06
	F	机房西南侧防护墙体外30cm处	4.8	0.7	4.1	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.17E-08	6.76E-06
	G	机房东南侧防护墙体外30cm处	4.8	0.7	3.6	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.17E-08	8.77E-06
	H	机房东南侧防护门外30cm处	4.0	0.7	4.4	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07	6.83E-05
	I	地板正下方距楼下地面1.7m处	3.44	0.7	3.8	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	2.06E-06	5.10E-04
	J	顶棚正上方距顶棚地面100cm处	3.17	0.7	4.5	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	4.71E-06	8.33E-04
	K	手术室内医生手术位（铅衣外）	0.5	0.7	0.7	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02	1.84E+02
		手术室内医生手术位（铅衣内）	1.0	0.7	0.7	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03	2.98E+01
	L	手术室内护士协作位（铅衣外）	0.5	0.7	1.0	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02	9.01E+01
		手术室内护士协作位（铅衣内）	1.0	0.7	1.0	5.40E+06	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03	1.46E+01

（3）DSA机房外各关注点总剂量率

根据表11.2-4和表11.2-5，该项目DSA机房各关注点总辐射剂量率见表11.2-6所示。计算得出的总剂量率单位为μGy/h，根据《电离辐射剂量学》，X射线辐射Sv与Gy之间的转换因子取1。通过转换因子计算得到机房周围剂量当量率，单位为μSv/h。

表11.2-6 本项目DSA机房外各关注点处总辐射剂量率一览表

工作模式	关注点		泄漏辐射剂量率（μGy/h）	散射辐射剂量率（μGy/h）	总剂量率（μGy/h）	周围剂量当量率（μSv/h）
	编号	位置				
摄影	A	机房东北侧观察窗铅玻璃外30cm处（控制室侧）	4.32E-02	4.35E-02	8.67E-02	8.67E-02
	B	机房东北侧防护墙体外30cm处	5.33E-03	5.33E-03	1.07E-02	1.07E-02
	C	机房东北侧防护门外30cm处	3.60E-02	3.63E-02	7.23E-02	7.23E-02
	D	机房西北侧防护门外30cm处	5.88E-02	5.92E-02	1.18E-01	1.18E-01
	E	机房西北侧防护墙体外30cm处	7.53E-03	7.54E-03	1.51E-02	1.51E-02
	F	机房西南侧防护墙体外30cm处	6.13E-03	6.14E-03	1.23E-02	1.23E-02
	G	机房东南侧防护墙体外30cm处	7.96E-03	7.96E-03	1.59E-02	1.59E-02
	H	机房东南侧防护门外30cm处	3.94E-02	3.96E-02	7.90E-02	7.90E-02

	I	地板正下方距楼下地面1.7m处	3.22E-01	2.16E-01	5.38E-01	5.38E-01
	J	顶棚正上方距顶棚地面100cm处	2.25E-01	3.04E-01	5.29E-01	5.29E-01
透视	A	机房东北侧观察窗铅玻璃外30cm处（控制室侧）	1.13E-04	7.49E-05	1.88E-04	1.88E-04
	B	机房东北侧防护墙体外30cm处	8.85E-06	5.87E-06	1.47E-05	1.47E-05
	C	机房东北侧防护门外30cm处	9.42E-05	6.25E-05	1.57E-04	1.57E-04
	D	机房西北侧防护门外30cm处	1.54E-04	1.02E-04	2.56E-04	2.56E-04
	E	机房西北侧防护墙体外30cm处	1.25E-05	8.30E-06	2.08E-05	2.08E-05
	F	机房西南侧防护墙体外30cm处	1.02E-05	6.76E-06	1.70E-05	1.70E-05
	G	机房东南侧防护墙体外30cm处	1.32E-05	8.77E-06	2.20E-05	2.20E-05
	H	机房东南侧防护门外30cm处	1.03E-04	6.83E-05	1.71E-04	1.71E-04
	I	地板正下方距楼下地面1.7m处	1.16E-03	5.10E-04	1.67E-03	1.67E-03
	J	顶棚正上方距顶棚地面100cm处	9.40E-04	8.33E-04	1.77E-03	1.77E-03
	K	手术室内医生手术位（铅衣外）	1.36E+02	1.84E+02	3.20E+02	3.20E+02
		手术室内医生手术位（铅衣内）	2.20E+01	2.98E+01	5.18E+01	5.18E+01
	L	手术室内护士协作位（铅衣外）	8.04E+01	9.01E+01	1.70E+02	1.70E+02
		手术室内护士协作位（铅衣内）	1.30E+01	1.46E+01	2.76E+01	2.76E+01

由表11.2-6计算结果可知：本项目DSA射线装置在摄影模式下，机房外周围各关注点处的辐射剂量率最大值为5.38E-01μSv/h（地板正下方I点）；透视模式下，机房外各关注点处的辐射剂量率最大值为1.77E-03μSv/h（顶棚正上方J点）。机房外周围各关注点处的辐射剂量率能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“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；具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于25μSv/h”的要求。

11.2.3 类比分析

本项目类比分析采用《泉州市第一医院核技术利用项目（分期验收）竣工环境保护验收监测报告表》中有关检测数据，该项目已于2024年12月通过竣工环保验收。

（1）类比可行性分析

本次拟建的DSA项目与类比项目DSA技术参数、防护措施对比情况见表11.2-7。

表11.2-7 本项目DSA与类比对象DSA对比条件一览表

项目	本项目	类比对象	类比结果
运营单位	德化县中医院	泉州市第一医院	/
最大管电压	125kV	125kV	一致
最大管电流	1000mA	1000mA	一致
四周墙体屏蔽铅当量	200mm实心砖+40mm硫酸钡水泥防护涂料（4.80mmPb）	240mm实心砖+30mm硫酸钡水泥（4.56mmPb）	本项目略优于类比对象
防护门铅当量	4mmPb	3mmPb	本项目略优于类比对象
观察窗铅当量	4mmPb	3mmPb	本项目略优于类比对象
楼上（顶棚）铅当量	100mm混凝土+30mm硫酸钡水泥防护涂料（3.17mmPb）	250mm混凝土（3.4mmPb）	本项目略差于类比对象
楼下（地板）铅当量	120mm混凝土+30mm硫酸钡水泥防护涂料（3.44mmPb）	250mm混凝土（3.4mmPb）	与类比对象基本相当
机房面积	45.26m^2	49.72m^2	均满足GBZ130-2020要求

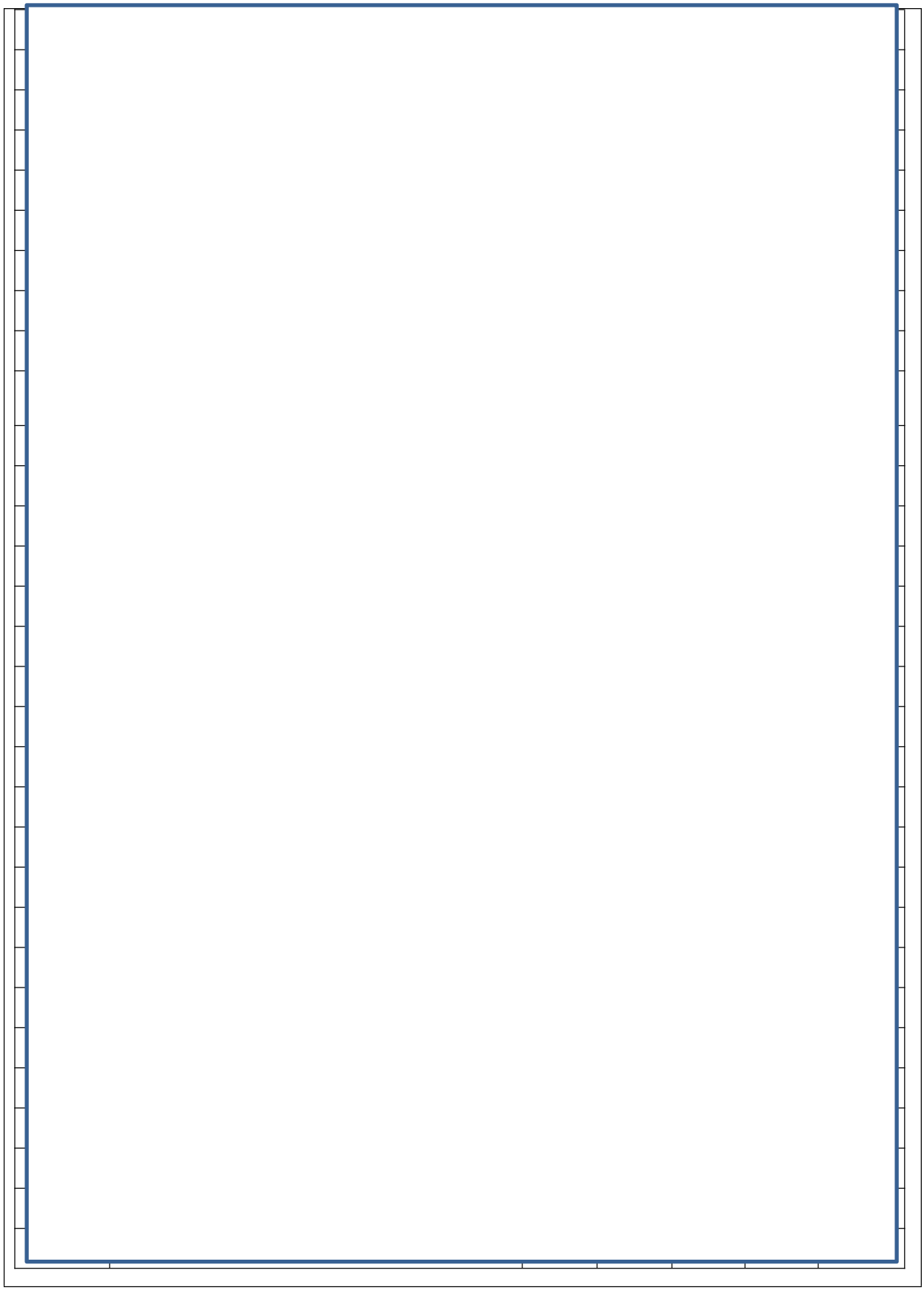
由表11.2-7可知，本项目DSA的最大管电压、最大管电流与类比对象均一致，DSA机房面积略小于类比对象，四周墙体及防护门、观察窗的屏蔽防护优于类比对象，顶棚屏蔽略差于类比对象，楼下（地板）屏蔽与类比对象基本相当，因此采用该项目作为本项目的类比对象可行。

（2）类比监测结果

根据《泉州市第一医院核技术利用项目（分期验收）竣工环境保护验收监测报告表》的检测报告，类比对象DSA机房周边检测结果见表11.2-8所示，类比对象检测点位示意图见图11.2-5。

表11.2-8 类比对象周围剂量率监测结果一览表

测点编号	检测点位描述	检测结果（μSv/h）		
		透视模式开机	摄影模式开机	关机



37	介入手术室内第二术者位腹部	*235.47	#42.03	*247.45	#41.55	0.13
38	介入手术室内第二术者位下肢	*83.71	#15.91	*84.99	#13.83	0.13
39	介入手术室内第二术者位足部	*16.76	#3.69	*17.36	#3.25	0.13

注：1.测量结果未扣除本底值。

2.透视模式监测工况：管电压80kV、管电流9.7mA；摄影模式监测工况：管电压68kV、管电流296mA。

3.*标注结果为无0.5mmPb铅衣屏蔽，#标注结果为有0.5mmPb铅衣屏蔽。

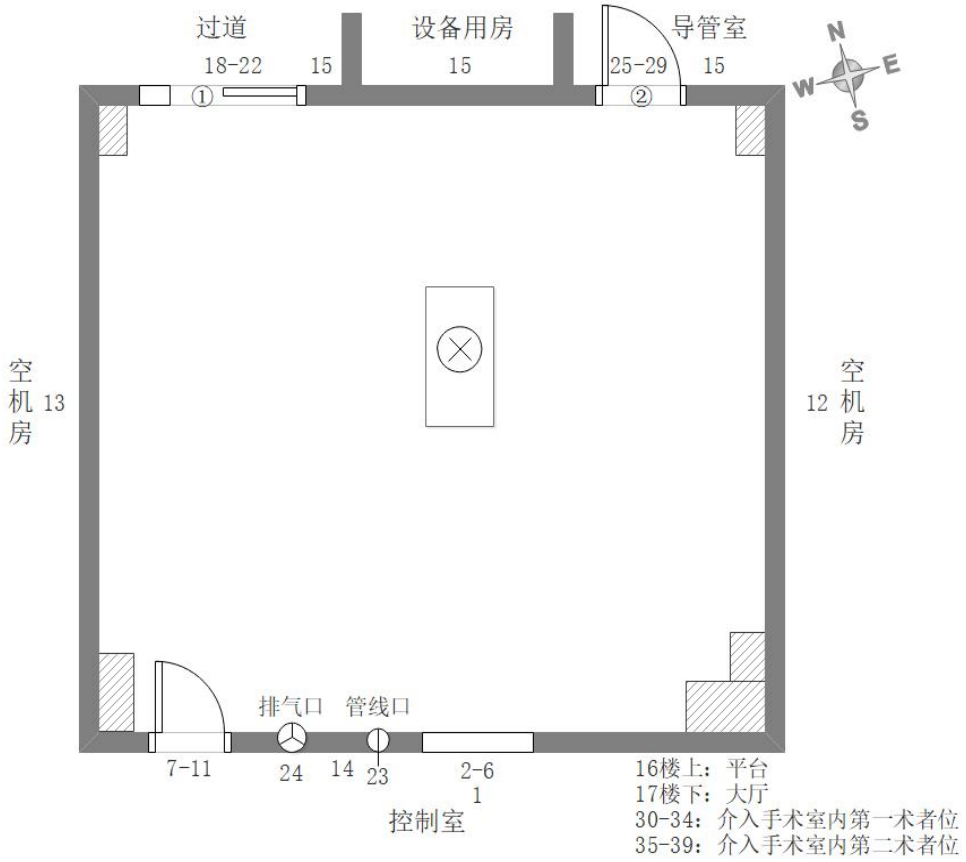


图11.2-5 类比对象检测点位示意图

由表11.2-8可知，类比项目DSA在正常运行时，透视模式下机房周围的X-γ辐射剂量当量率检测结果为0.14μSv/h-0.61μSv/h，摄影模式下机房周围的X-γ辐射剂量当量率检测结果为0.15μSv/h-0.60μSv/h。本项目DSA的最大管电压、最大管电流与类比项目一致，除顶棚外，其余方位屏蔽措施总体略优于类比项目，故可预测本项目DSA装置正常运行后周围各关注点辐射剂量率可满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.2.4 辐射工作人员年有效剂量估算

（1）DSA工作负荷

根据医院提供的资料，预计本项目DSA每年进行手术约400台。DSA介入手术透视时间一般在 15min～20min，摄影时间一般在0.5min～1min，本次评价采取保守估计，每台手术透视时间按20min计算，摄影时间按1min计算；即本项目DSA年透视时间最多8000min（133.33h），摄影时间最多400min（6.67h）。

经与建设单位沟通，医院年手术台数最多为400台，共配备4名医师、2名护士、2名技师，单名医师最多安排200台手术，单名护士最多安排400台手术，单名技师最多安排400台手术，医生手术过程中需通过透视影像辅助进行手术，因此医生同室操作时间为透视模式总时间；护士在手术过程中承担记录手术情况、传递医疗器械及辅助医生手术的工作，既有同室操作又有隔室操作，非必要情况下在设备透视曝光过程中可处于手术室外，同室时间按透视模式总时间的1/3考虑；技师只需在控制室操作设备，因此技师年受照时间均为隔室操作时间。

本项目DSA各岗位辐射工作人员工作负荷详见下表。

表11.2-10 本项目DSA工作负荷一览表

射线装置	岗位	出束模式	操作方式	平均每台手术曝光时间（min）	每名人员年手术最大量（台）	年受照时间（h）
DSA	医生	摄影	隔室操作	1	200	3.3
		透视	同室操作	20		66.7
	护士	摄影	隔室操作	1	400	6.7
		透视	隔室操作	2/3×20		88.9
			同室操作	1/3×20		44.4
	技师	摄影	隔室操作	1	400	6.7
		透视	隔室操作	20		133.3

（2）辐射工作人员年有效剂量估算结果

根据《职业性外照射个人监测规范》GBZ 128-2019给出的公式进行估算：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \qquad （式11.2-5）$$

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，有甲状腺屏蔽时，取0.79；无屏蔽时，取0.84。DSA机房内配备有个人防护用品，因此取0.79；

β——系数，有甲状腺屏蔽时，取0.051；无屏蔽时，取0.100。DSA机房内配备有个人防护用品，因此取0.051；

H_u——铅围裙内个人剂量计测得的Hp（10），单位为毫希沃特（mSv）；

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）。

本项目DSA设备辐射工作人员年有效剂量结果见下表11.2-11。

表11.2-11 职业人员有效剂量中的外照射分量估算结果

工作人员	模式	操作方式	剂量率（μSv/h）	年工作时间（h）	年有效剂量（mSv）	剂量约束值（mSv）	评价
医生	透视	同室操作（铅衣外）	320	66.7	3.82	5	符合
		同室操作（铅衣内）	51.8				
	摄影	隔室操作	8.67E-02	3.3			
护士	透视	同室操作（铅衣外）	170.00	44.4	1.35	5	符合
		同室操作（铅衣内）	27.60				
		隔室操作	1.88E-04	88.9			
	摄影	隔室操作	8.67E-02	6.7			
技师	透视	隔室操作	1.88E-04	133.3	6.03E-04	5	符合
	摄影	隔室操作	8.67E-02	6.7			

注：①摄影模式下隔室操作剂量率取表11.2-6中摄影模式下计算出的控制室观察窗铅玻璃处周围剂量当量率8.67E-02μSv/h；
②透视模式下隔室操作剂量率取表11.2-6中透视模式下计算出的控制室观察窗铅玻璃处周围剂量当量率1.88E-04μSv/h。

根据表11.2-11可知，本项目拟建DSA机房辐射工作人员年有效剂量最大约为3.82mSv（介入手术医师），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作人员职业照射剂量应不超过“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”的限值要求，同时满足本项目辐射工作人员年有效剂量不大于5mSv的剂量约束值要求。

本项目设备运行时的X射线辐射剂量率保守按最小固有滤过2.5mmAl进行计算，未考虑附加滤过材料的影响，因此估算结果是偏保守的。DSA射线装置在固有滤过材料的基础上，均配备有A1、Cu等附加滤过材料，实际运行过程中，辐射工作人员只要严格

按照操作规程规范使用设备、正确使用防护用品和设施，正常情况下辐射工作人员实际年有效剂量值将小于上述保守预测结果。

11.2.5 周围公众年有效剂量估算

本次评价对关注点人员的有效剂量估算参照《辐射防护导论》（方杰主编）中的计算公式，如下：

$$D_{Eff} = D_r \times t \times T \times U \qquad （式11.2-6）$$

式中：D_{Eff}——辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

Dr——辐射剂量率，Sv/h；

t——年工作时间，h；

T——居留因子；

U——使用因子，以点源考虑，本次评价取1。

不同场所的居留因子参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录A选取，详见表11.2-12所示。

表11.2-12 居留因子选取一览表

场所	居留因子（T）		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区域
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5：走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8：各治疗室门 1/20：公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40：仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场，车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

根据DSA机房周围环境保护范围内公众的可到达性及停留时间对公众的年受照剂量进行分析。据表11.2-6计算结果，取DSA机房外各保护目标预测的剂量率进行分析。本项目DSA机房透视年出束时间为133.3h，摄影年出束时间为6.7h。公众年有效剂量计算结果见下表。

表11.2-13 本项目周围公众年有效剂量估算结果一览表

保护目标	射线类型	年出束时间（h）	居留因子T	辐射剂量率（μSv/h）	年有效剂量（mSv）	
机房西北侧楼内通道公众人员	透视模式	133.3	1/4	2.56E-04	8.53E-06	2.06E-04
	摄影模式	6.7		1.18E-01	1.98E-04	
机房西北侧DSA设备间公众人员	透视模式	133.3	1/16	2.08E-05	1.73E-07	6.48E-06
	摄影模式	6.7		1.51E-02	6.31E-06	
西南侧污物通道公众人员	透视模式	133.3	1/5	1.70E-05	4.52E-07	1.69E-05
	摄影模式	6.7		1.23E-02	1.64E-05	
东南侧污物通道公众人员	透视模式	133.3	1/5	1.71E-04	4.57E-06	1.10E-04
	摄影模式	6.7		7.90E-02	1.06E-04	
正上方二层口腔科公众人员	透视模式	133.3	1	1.77E-03	2.36E-04	3.78E-03
	摄影模式	6.7		5.29E-01	3.54E-03	
正下方地下层公众人员	透视模式	133.3	1/16	1.67E-03	1.39E-05	2.39E-04
	摄影模式	6.7		5.38E-01	2.25E-04	

由表11.2-13计算可知，本项目DSA机房周围环境保护目标处公众所受年有效剂量最大为3.78E-03mSv（机房正上方二层口腔科），满足本项目公众所受年有效剂量不超过0.1mSv的年剂量约束值要求。

对于本项目DSA机房实体屏蔽体边界外50m以内的其他公众，由于剂量率与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，随着距离的增加，周围50m范围内公众所受年有效剂量更小，能够满足本项目DSA机房周围公众所受1年有效剂量不超过0.1mSv的年剂量约束值要求。

综上所述，本项目DSA机房的辐射屏蔽防护设计满足要求，其正常运行后产生的辐射影响在国家标准允许的范围以内。上述估算仅是理论计算，实际应用时，工作人员的受照剂量应以佩戴的个人剂量计检测结果为准。

11.2.6 废气影响

本项目运行时，DSA在开机过程中发射的X射线接触空气，会产生微量臭氧及氮氧化物等有害气体（主要为臭氧），本项目拟在DSA机房设计机械排风系统，可保证手术室内良好的通风效果，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）关于通风的要

求。

11.2.7 介入治疗过程的防护要求

介入手术需要工作人员近距离同室操作，其受照剂量大小与设备曝光时间、患者病情状况等均密切相关，同时也与手术操作人员的工作习惯、技术水平有关。因此，医院在开展DSA介入手术过程中还应严格落实以下要求：

（1）手术医生的要求

①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结合诊疗项目实际情况，治疗前应制定和优化治疗方案，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施，以减少受照剂量；

③根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求，DSA辐射工作人员建议佩戴2枚个人剂量计，并且将内、外剂量计做明显标记（如以对比鲜明的颜色进行区分等），1枚佩戴在铅围裙内躯干上，1枚佩戴在铅围裙外锁骨对防止内、外剂量计反戴的情况发生；

④严格开展介入手术医生的个人剂量监测，发现问题及时调查、整改。

（2）介入治疗时的防护要求

①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。特别避免未操作时仍踩脚闸；

②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；

③短物片距：尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线；

④充分利用各种防护器材：操作者穿戴铅衣、铅颈套、铅帽和铅眼镜；处于生育年龄者还可加穿铅橡胶性腺防护方巾；使用铅悬挂防护屏及床侧防护帘；重大手术需要技师、护师或其他人员在手术室内时，除佩戴上述物品，应配有铅屏风，让上述人员在屏风后待命，并做好其他个人防护。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号，根据2019

年3月2日国务院令第709号修订）及《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》的有关规定，辐射事故按其性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，各等级的判定条件见表11.3-1。

表11.3-1 辐射事故分级及判定条件一览表

事故等级	判定条件
特别重大辐射事故（I级）	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡
重大辐射事故（II级）	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾
较大辐射事故（III级）	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故（IV级）	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

本项目拟使用1台DSA装置，属II类射线装置，不涉及放射性同位素（放射源）的使用与贮存，不存在放射源丢失、被盗、失控以及放射性物质泄漏、散失等事故情形。结合表11.3-1的判定条件，本项目可能发生的辐射事故类型仅为“射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”，对应事故分级为一般辐射事故（IV级）。

11.3.2 可能发生的辐射事故

11.3.2.1 事故风险危害识别

本项目DSA机属于II类射线装置，只有当设备开机并处于出束状态时才会产生X射线，设备关机时不会产生X射线；因此，本项目辐射事故多为人员误留或误入机房产生的误照射事故。按事故诱因可归纳为以下四类：

（1）安全联锁与警示设施失效类

①当工作状态指示灯、门灯联锁、声光警示装置损坏时，公众、检查管理人员或检修维护人员在DSA处于出束状态时误入手术室，在不知情的情况下在机房内停留或在机房周围活动，致使人员受到额外的X射线照射。

② DSA在不停机或铅玻璃老化、铅门破损未及时维修情况下，给周围活动人员及辐射工作人员造成额外的X射线照射。

③ 曝光时防护门未关闭或门灯联锁失效，导致防护门外停留人员受到意外的X射线

照射。

（2）违章操作类

①因违章操作，控制室操作人员在病人及医护人员未撤离手术室时进行曝光，给病人及医护人员造成额外的X射线照射。

②进行介入手术的医护人员未穿戴铅围裙、铅围脖、铅帽、铅眼镜、介入防护手套等个人防护用品而受到不必要的X射线照射；未为非受检部位（尤其是性腺、甲状腺、眼晶体等敏感器官）采取屏蔽防护，致使患者受到不必要的X射线照射。

（3）设备失控类

在曝光结束后，DSA设备不能正常停止出束（透视或摄影无法终止），给病人及医护人员造成额外的照射。

（4）应急处置失效类

在发生事故时，紧急停止开关失灵，未能及时终止出束，给病人及医护人员造成额外的照射。

11.3.2.2 事故工况下的辐射影响分析

（1）事故情景筛选

上述各类情景的受照对象及其防护状态不同，所对应的辐射场参数与受照持续时间亦不相同。为估算事故工况下人员可能受到的最大剂量，按受照人群分别筛选代表性的最不利情景，见表11.3-2。

表11.3-2 事故工况最大剂量估算情景筛选表

情景编号	受照人群	事故情景描述	事故点位周围剂量当量率取值
A	职业人员（介入手术医生、护士）	未按规定穿戴铅围裙等个人防护用品，在DSA工作期间全程位于第一术者位	1.27E+04μSv/h（透视模式）；5.30E+05μSv/h（摄影模式）。
B	公众/非辐射工作人员	门灯联锁及声光警示失效，在DSA出束期间误入机房并滞留至透视/摄影结束	1.27E+04μSv/h（透视模式）；5.30E+05μSv/h（摄影模式）。
C	公众	曝光时防护门未关闭或门灯联锁失效，人员于防护门外停留	6.93E+02μSv/h（透视模式）；2.89E+04μSv/h（摄影模式）。
注：事故工况按最不利情况考虑，即无任何防护措施情况考虑，事故点位周围剂量当量率取值根据式11.2-2、式11.2-3、式11.2-4计算得出，其中A和B情景下事故点与机头距离取1m，与患者之间距离取0.7m计算；C情景事故点设为机房患者出入口防护门处，与机头和患者距离取3.6m计算。			

（2）估算模式

事故工况下人员所受外照射剂量按下式估算：

$$D = \dot{H} * (10) \times t \times 10^{-3}$$

式中：D——事故工况下受照人员所受外照射剂量，单位为毫希沃特（mSv）；

Ḣ*(10)——事故点位周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时（μSv/h）；

t——受照持续时间，单位为小时（h）。

（3）参数选取与计算结果

各情景参数取值及计算结果见表11.3-3。其中，单台手术透视出束时间取20min，摄影出束时间取1min。

表11.3-3 事故工况下人员最大受照剂量估算结果

情景	受照人群	剂量率（μSv/h）	受照持续时间（min）	受照剂量（mSv）	年剂量限值（mSv/a）
A	医生（未穿戴铅衣，单台手术）	1.27E+04	20	4.24	20
		5.30E+05	1	8.83	20
B	公众误入机房	1.27E+04	20	4.24	1
		5.30E+05	1	8.83	1
C	防护门外停留公众	6.93E+02	20	0.23	1
		2.89E+04	1	0.48	1

（4）事故后果评价

由表11.3-3的估算结果分析如下：

①情景A：介入手术医生未按规定穿戴个人防护用品完成一台介入手术（透视出束20min），所受外照射剂量约为4.24mSv；介入手术医生未按规定穿戴个人防护用品位于第一术者位（摄影出束1min），所受外照射剂量约为8.83mSv，高于本项目职业人员年剂量约束值5mSv/a，但低于GB18871-2002规定的职业照射剂量限值（20mSv/a），不构成辐射事故。

②情景B：公众或非辐射工作人员误入机房并滞留至透视结束（20min）或摄影结束（1min），所受外照射剂量最大约为8.83mSv，超过GB18871-2002规定的公众照射剂量限值（1mSv/a），构成一般辐射事故。

参考《实用辐射安全手册第二版》关于急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（见表11.3-4），该情景下所受外照射剂量不会造成急性重度放射病或局部器官残疾，因此不会构成较大辐射事故。

表11.3-4 急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量（Gy）	急性放射病发生率（%）	辐射剂量（Gy）	死亡率（%）
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

③情景C：防护门外停留人员在单次摄影曝光期间所受剂量约为0.48mSv，单次透视期间所受剂量约为0.23mSv，低于GB18871-2002规定的公众照射剂量限值（1mSv/a），不构成一般辐射事故。

综合上述分析，本项目在事故工况下，单次事故所致人员最大受照剂量约为8.83mSv，超过GB18871-2002规定的公众照射剂量限值（1mSv/a），对照表11.3-1，属于一般辐射事故（IV级）。

11.3.3 辐射事故预防措施

根据上述分析，本项目可能发生的辐射事故及风险主要源于安全管理不到位和操作规程执行不严格。为最大限度降低事故发生概率、控制事故后果，建设单位应采取以下预防措施：

（1）组织管理措施

①建立辐射安全与环境保护管理机构，完善辐射安全管理制度、DSA操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、人员培训计划和辐射工作场所现场监测制度等，并在实际工作中严格贯彻执行。

②制定并定期修订《辐射事故应急预案》，明确应急组织体系、应急处置流程、响应时限和责任分工；每年至少组织一次辐射事故应急演练和应急培训。

③严格落实辐射工作人员培训考核、职业健康监护和个人剂量监测制度，确保所有辐射工作人员持证上岗。

（2）工程与设施措施

①机房防护门与工作状态指示灯、声光警示装置实现有效联锁，并每月检查不少于一次，发现失效立即停用修复，严禁在联锁失效状态下出束。

②机房内及控制台设置紧急停止开关，实现双点位紧急停机，并每季度测试一次；设备应具备多重出束终止方式，确保任一环节均可切断高压、终止出束。

③按GBZ130-2020要求配齐铅悬挂防护屏（0.5mmPb）、床侧防护帘（0.5mmPb）等辅助防护设施，并定期检查其完好性。

④机房设置机械排风系统，保证室内通风良好。

⑤每年委托有资质单位对辐射工作场所进行一次年度检测，对防护门缝隙、观察窗、穿墙管线口等薄弱部位重点巡测。

（3）人员防护措施

①为介入手术工作人员配备数量充足、铅当量满足要求的个人防护用品，包括铅衣、铅橡胶围裙、铅围脖、铅帽、铅眼镜（均为0.5mmPb）及介入防护手套（0.025mmPb）等，并定期检查、及时更换。

②建立术前个人防护用品穿戴核查制度，未按规定穿戴者不得进入机房参与介入手术。

③介入手术工作人员配备双剂量计，1枚佩戴于铅围裙内躯干部位，1枚佩戴于铅围裙外锁骨对应的衣领位置，严格执行个人剂量监测规定。

④优化介入操作技术，熟悉设备性能，缩短照射与采集时间，避免未操作时踩踏脚闸；在满足诊疗需要的前提下尽量缩小照射野、降低透视脉冲频率、缩短物片距，以减少散射线。

（4）应急处置与报告措施

①曝光前严格执行机房清场与语音提示，确认无关人员撤离、防护门关闭后方可出束，并做好手术登记。

②一旦发生人员误入、误留或设备失控，应立即切断电源终止出束，组织人员撤离，

划定警戒范围并设置明显的电离辐射警告标志，禁止公众入内。

③及时估算受照人员剂量，必要时安排医学检查与救治，并按规定时限向当地生态环境主管部门、公安部门报告，在造成或可能造成人员超剂量照射的同时上报当地卫生健康主管部门。各类事故的应急处置流程、响应时限和责任分工见表11.3-5。

表11.3-5 本项目所涉及的事故类别及处理措施一览表

可能发生的辐射事故	应急处置流程	响应时限	责任分工
①DSA 机正常工作时，陪检人员滞留机房导致发生误照射； ②工作状态指示灯、门灯联锁等安全联锁装置发生故障失效的状况下，人员误入 DSA 机正在运行的机房，导致发生误照射。	①一旦发现有人员误入或误留机房，工作人员应立刻切断电源，确保射线装置停止工作； ②误入或误留人员应在最短的时间内撤离机房。机房外划出警戒范围，设置明显的电离辐射警告标志，禁止公众人员入内； ③对可能受到超剂量照射的人员，应及时安排其接受检查或在指定的医疗机构救治； ④发现上述事故者应立即报告医院辐射事故应急小组，由医院辐射事故应急小组上报当地生态环境部门和公安部门，在造成或可能造成人员超剂量照射的同时上报当地卫生健康部门； ⑤事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。	①发现人员滞留后 1 分钟内切断电源并启动撤离； ②撤离完成后 10 分钟内完成现场警戒； ③30 分钟内上报医院辐射事故应急小组； ④医院辐射事故应急小组接到报告后 1 小时内上报生态环境、公安及卫生健康部门。	①机房操作人员：第一时间切断电源、组织撤离、报告现场情况； ②科室负责人：启动现场警戒，联系医疗救治； ③医院辐射事故应急小组：统筹上报、组织后续调查与整改。
③操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。	①操作人员一旦发现因违反操作规程或误操作导致的意外照射情况，应立刻切断电源，确保射线装置停止工作； ②机房内非相关人员应在最短的时间内撤离机房。机房外划出警戒范围，设置明显的电离辐射警告标志，禁止公众人员入内； ③对可能受到超剂量照射的人员，应及时安排其接受检查或在指定的医疗机构救治； ④发现上述事故者应立即报告医院辐射事故应急小组，由医院辐射事故应急小组上报当地生态环境部门和公安部门，在造成或可能造成人员超剂量照射的同时上报当地卫生健康部门； ⑤事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。	①发现误操作后 1 分钟内切断电源； ②10 分钟内完成人员撤离与现场管控； ③30 分钟内上报医院辐射事故应急小组； ④医院辐射事故应急小组 1 小时内完成外部上报。	①涉事操作人员：立即停机、报告事件、配合调查； ②科室质控员：协助评估事件影响、收集操作记录； ③医院辐射事故应急小组：组织事件处置、落实整改措施。

④介入手术工作人员未穿戴铅衣等个人防护用品进入机房进行介入手术，受到不必要的照射。	①一旦发现介入手术工作人员未穿戴铅衣等个人防护用品进入机房进行介入手术情况，应立即报告医院辐射事故应急小组； ②辐射事故应急小组应立刻停止其辐射工作，及时安排其接受检查或在指定的医疗机构救治； ③辐射事故应急小组应立即将事故情况上报当地生态环境部门和公安部门，在造成或可能造成人员超剂量照射的同时上报当地卫生健康部门； ④事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。	①发现违规行为后 5 分钟内报告并停止其工作； ②15 分钟内启动医学检查流程； ③医院辐射事故应急小组 1 小时内完成外部上报。	①现场医护人员：及时发现并报告违规行为； ②医院辐射事故应急小组：暂停涉事人员工作、协调医学检查； ③质控部门：完善防护用品穿戴核查制度。
⑤紧急停止开关失灵，如曝光无法停止等。	紧急停止开关可能失灵，当按下紧急停止开关之后，如果未能听到驱动电机的声音，说明紧急停止线路没有起作用，应采取以下措施： ①立即断开主电路器的电源（即关掉整机电源）； ②有病人在治疗床上，应将病人迅速从治疗床移开，并记录病人的照射剂量； ③操作人员不得试图再次开机，应联系设备维修人员进行维修，确保机器能够正常工作和紧急停止开关正常时才能正常开机。 ④辐射事故应急小组应立即将事故情况上报当地生态环境部门和公安部门，在造成或可能造成人员超剂量照射的同时上报当地卫生健康部门； ⑤事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。	①发现曝光无法停止后 30 秒内切断整机电源； ②5 分钟内转移病人并记录照射剂量； ③10 分钟内通知设备维修人员到场； ④医院辐射事故应急小组 1 小时内完成外部上报。	①机房操作人员：执行紧急断电、转移病人、记录剂量； ②设备维修组：紧急抢修设备、验证安全功能； ③医院辐射事故应急小组：协调事件处置、评估病人受照风险。
⑥门灯联锁装置失效（机房门开启时射线装置未停止照射）	①发现联锁失效后立即按下设备急停按钮，切断射线输出； ②撤离机房内所有人员，设置物理隔离与警示标识并安排专人值守； ③对受照人员进行剂量估算并安排医学检查； ④上报医院应急小组并由其完成外部上报； ⑤维修人员全面检修联锁系统，经辐射防护人员验证合格后恢复设备使用； ⑥调查组分析失效原因，增加巡检频次。	30 秒内触发急停；5 分钟内完成撤离与隔离；20 分钟内完成剂量估算并联系医疗机构；医院应急小组 1 小时内完成外部上报。	①机房操作人员：触发急停、组织撤离、初步评估； ②设备维修组：负责联锁装置检修与验证； ③辐射防护组：负责剂量评估与设备恢复前的安全验证； ④医院辐射事故应急小组：统筹事件处置与整改。

事故发生后，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戴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。

⑥以上应急响应流程医院应每年组织演练一次。

11.4达到报废年限后对环境的影响

DSA机在达到设备使用年限时，产生的废旧X射线管属于危险废物，应当委托有资质的单位处置。拆除X射线管的DSA机在任何情况下均不会再产生 X 射线，医院可按照一般设备报废的相关规定进行处置。

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 机构设置

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》第十六条第（一）项的要求，使用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。

德化县中医院已根据《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》等有关法律法规的要求，成立了辐射安全管理小组（见附件6），小组组成人员如下：

组　长：郭群辉

副组长：庄建德、许振森、林明渊

成　员：曾台福、陈仁聪、郑新制、李新蔚、郭诚思、李章灿、吴苍埚、陈亨栋、林传旭、许长峰、江壮志、苏国昌、周东炬、柯维巡、曾庆福、苏雪华、郑玉芳、林耀毅、赖礼炼、林瑞旺、吕雅君等。

文件中明确了管理组织成员组成及相关职责，涵盖了核技术利用项目辐射安全管理的主要内容，故建设单位现有的辐射安全管理机构能够满足辐射安全与环保管理工作的要求，在框架上基本符合要求。在日后运行过程中，建设单位应根据人事变动情况及时调整机构组成。

12.1.2 辐射安全管理规章制度

根据《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》，使用射线装置的单位应当具备健全的操作规程、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、辐射工作场所现场监测制度方案等。医院已制定了以下相关制度：

表12.1-1 德化县中医院制度制定情况一览表

序号	检查项目		是否制定	执行情况	备注
1	综合管理	辐射防护和安全制度	已制定	《辐射防护和安全保卫管理制度》	见附件 6
2		安全操作规程	已制定	《口腔 CT 机安全防护操作规程》、《DR 机操作规程》《数字胃肠机器操作规程》《CT 机操作规程》《钼靶操作规程》《双能 X 射线骨密度仪操作规程》《DSA 操作规程》《移动式 DR 操作规程》	见附件6
3		设备检修维护制度	已制定	《设备检修维护制度》	见附件6
4		辐射安全管理机构设置	已制定	《德化县中医院关于调整充实辐射安全防护及放射诊疗工作管理领导小组成员的通知》	见附件6
5		核医学操作人员防护制度	/	/	不涉及
6		放射源使用管理登记制度	/	/	不涉及
7		非密封放射性物质管理制度	/	/	不涉及
8	监测	场所监测制度	已制定	《辐射工作场所监测方案》	见附件6
9		工作人员监测制度	已制定	《个人剂量监测管理制度》	见附件6
10	人员管理	辐射工作人员防护制度及安全措施	已制定	《个人防护制度及安全措施》	见附件6
11		辐射工作人员岗位职责管理	已制定	《放射科岗位职责》	见附件6
12		辐射工作人员健康管理制度	已制定	《放射工作人员职业健康管理制度》	见附件6
13		辐射工作人员个人剂量管理	已制定	《个人剂量监测管理制度》	见附件6
14		辐射工作人员培训考核制度	已制定	《辐射工作人员培训计划》	见附件6
15	介入防护	介入治疗防护要求	已制定	《介入治疗防护要求》	见附件6
16	事故应急	辐射事故应急管理制度	已制定	《辐射事故应急预案》	见附件 7

综上，医院制定的各种安全管理制度较全面，具有可行性。医院需根据实际运行情况，按上述要求修订人员培训制度、人员资质管理制度、辐射监测方案；不断调整完善各项规章制度，并落实专人负责；按照制定的辐射安全管理规章制度严格落实，定期对辐射安全控制效果进行评议；从事辐射诊疗的工作人员必须严格按照制定的规章制度和应急处理措

施进行辐射诊疗工作；对于操作规程、岗位职责和辐射事故应急流程等制度应张贴于工作场所墙面醒目处。

12.1.3 辐射工作人员的培训与体检

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。

根据《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）的相关要求，仅从事III类射线装置使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。医院已按标准要求执行医院内部的考核，并将考核结果存档。

本项目拟配备辐射工作人员8人，其中医生4名、护士2名、技师2名，人员名单待定，医院已更新本院的《辐射工作人员培训计划》（见附件6），将按要求组织本项目辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台中的医用X射线诊断与介入放射学培训考核，取得考核合格证书后方可上岗；未取证人员不得从事DSA机相关操作工作。医院应及时组织新增的8名辐射工作人员完成上岗前的职业健康检查并建立监护档案，并委托相应具有资质的检测机构开展个人剂量检测。

12.1.4 年度评估情况

本次评价的核技术利用项目正式运行后，建设单位应每年委托有相关监测资质的机构对辐射工作场所进行监测，对本单位核技术利用项目的安全防护状况进行评估，同时按要求每年编制辐射安全与防护状况年度评估报告，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。

12.2 辐射监测

根据《中华人民共和国生态环境法典》及《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，医院须对使用射线装置、辐射工作场所及辐射从业人员开展辐射监测工作，以确保辐射从业人员的职业健康，控制放射性物质的照射，保障环境安全，规范辐射工作防护管理。

12.2.1 竣工验收要求

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告分为验收监测（调查）报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，建设单位可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、生态环境影响报告书（表）编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对环境保护设施进行调试或整改的，验收期限最长不超过12个月。

竣工验收监测应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽进行重点检测，关注点应包括：机房四面墙体、顶棚、机房大门、医护人员通道门、污物通道门、观察窗、管线洞口、工作人员操作位等。

12.2.2 辐射工作人员个人剂量监测

建设单位已要求从事辐射工作的工作人员均佩戴个人剂量计上岗，并定期送相应资质单位检测。根据建设单位提供的医院现有工作人员个人剂量监测结果，辐射工作人员职业照射年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员职业照射剂量的相关要求，也满足职业照射剂量约束值不超过5mSv/a的要求。

本项目将为全部辐射工作人员配备个人剂量计，参与介入治疗的医护人员配备双剂量计，1枚佩戴在铅围裙内躯干上，1枚佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置，并规定其必须

佩戴个人剂量计上岗，同时医院将在院内组织所有辐射工作人员加强相关辐射安全与防护方面的学习，加强辐射工作人员的安全意识，保证所有辐射工作人员均能够严格执行个人剂量监测的相关规定和方法，正确使用个人剂量计。

12.2.3个人剂量超标处置上报程序

医院应将各季度发送的个人剂量计定期（最长不得超过 3个月）送往有资质的单位进行检测。如果在单个季度出现个人剂量超过1.25mSv时，医院需进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并经当事人签字。年剂量超过5mSv的管理限值时，医院应暂停该辐射工作人员继续从事放射工作，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，经当事人签字，并上报当地生态环境主管部门。年剂量超过20mSv标准时，构成辐射事故，医院立即启动应急预案，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》由辐射安全与环境保护管理领导小组上报当地生态环境主管部门。检测报告及有关调查报告应存档备查。

个人剂量监测报告（连续四个季度）应当连同辐射工作场所年度监测报告一起作为《辐射安全与防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

辐射工作人员个人剂量档案内容应包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等信息，个人剂量档案应保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作后三十年。

12.2.4 辐射工作场所监测计划

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定，医院拟新配备1台满足标准要求的X、γ辐射检测仪用于开展本项目的辐射日常监测，本项目建设完成后依托拟购买的辐射检测仪，能满足日常的辐射工作场所常规辐射水平自行检测的需求。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关规定，X射线设备机房的防护检查应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测；X射线设备机房放射防护安全设施在项目竣工时应进行验收检测。在使用过程中，应按规定进行定期检测；X射线设备及其机房防护检测合格并符合国家有关规定后方可投入使用。

针对本项目运行后的监测，建设单位制定了辐射监测计划（表12.2-1），并将每次监测结果记录存档备查。

表12.2-1 本项目辐射监测计划

监测类别	工作场所	监测因子	监测频率	监测设备	监测范围	监测单位
年度监测	DSA机房	X-γ辐射周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	机房外距墙体表面30cm处；防护门及门缝、观察窗表面30cm处；顶棚上方（楼上）距顶棚地面100cm处；地板下方（楼下）距地面170cm处及周围需要关注的监督区；控制室操作位、电缆/空调风管穿墙处等周围需要关注的监督区；医护人员手术位等。	委托有资质单位监测
日常监测			1次/季度	按照国家规定进行计量检定		自行监测
验收监测			项目建成、设备调试正常后，监测1次	按照国家规定进行		委托有资质单位监测
个人剂量监测	/	个人剂量当量	每三个月1次	个人剂量计	所有辐射工作人员	委托有资质单位监测

医院需定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。委托有资质监测单位进行监测，其仪器必须在检定有效期内，监测工作人员必须持证上岗；对监测中出现辐射超标问题，及时向院方提出，并提出整改意见，在院方整改完成后，进行复测，直至符合要求，提供满足要求的检测报告。医院自主监测时，所用仪器须按国家规定进行剂量检定，检测时须按《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）制定检测方案及其实施细则执行。

12.2.5 竣工验收一览表

根据《建设项目环境保护管理条例》，本项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收报告，“三同时”验收清单见表12.2-2。

表12.2-2 本项目“三同时”验收一览表

项目	“三同时”验收内容	验收要求
防护措施	四面墙体：200mm实心砖+40mm硫酸钡水泥防护涂料（4.80mmPb） 顶棚：100mm混凝土+30mm硫酸钡水泥防护涂料（3.17mmPb） 地面：120mm混凝土+30mm硫酸钡水泥防护涂料（3.44mmPb） 机房大门：4mmPb防护门 医护人员通道门：4mmPb防护门 污物通道门：4mmPb防护门 观察窗：4mmPb铅玻璃	检查辐射防护达标情况和监测结果达标情况；监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标；辐射环境剂量率控制水平：DSA透视时机房屏蔽体外表面30cm处的周围剂量当量率不大于2.5μSv/h，摄影时机房屏蔽体外表面30cm处的周围剂量当量率不大于25μSv/h；辐射剂量控制水平：职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv。

安全措施	（1）工作状态指示灯 病人通道防护门上方设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，工作状态指示灯与病人通道防护门设置门灯联锁装置，用于显示机房内设备运行状态。 （2）防夹和闭门装置 病人通道防护门（电动推拉门）设置曝光时关闭机房门的管理措施和防夹装置，医护人员通道防护门和污物通道门（平开门）设置自动闭门装置。 （3）电离辐射警告标志 DSA机房各防护门外表面均设置电离辐射警告标志。 （4）监控与对讲装置 DSA机房设计有观察窗和对讲装置，工作人员在控制室内可及时观察病人情况及防护门开闭情况，防止意外情况的发生。 （5）个人防护用品 医院为本项目辐射工作人员和受检者配备相应的个人防护用品与辅助防护设施。	检查落实情况。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关辐射安全要求和开展本项目的辐射安全需求。
人员配备	本项目所有辐射工作人员上岗前均应参加生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的培训和学习，并通过考核后再上岗，每五年应接受一次再培训。	检查落实情况。满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中人员培训要求。
	所有辐射工作人员均配备个人剂量计，并定期（不超过3个月）送有资质检测机构进行监测，医院建立个人累积剂量档案。	检查落实情况。满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《职业性外照射个人监测规范》中个人剂量监测的要求。
	本项目所有辐射工作人员均定期（间隔不超过2年）进行职业健康体检，医院建立职业健康监护档案。	检查落实情况。满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中职业健康体检的要求。
管理措施	已制定了一系列辐射安全管理规章制度，主要包括： ①辐射防护和安全保卫管理制度； ②辐射工作场所监测方案； ③设备检修维护制度； ④辐射工作人员培训计划； ⑤放射诊疗质量保证方案与管理制度； ⑥个人剂量监测管理制度； ⑦放射科岗位职责； ⑧口腔CT机安全防护操作规程； ⑨DR机操作规程； ⑩数字胃肠机器操作规程； ⑪CT机操作规程； ⑫钼靶操作规程； ⑬双能X射线骨密度仪操作规程； ⑭移动式DR操作规程	检查落实情况。满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规中辐射安全管理的要求，满足本项目辐射工作需要。

	⑮个人防护制度及安全措施； ⑯放射工作人员职业健康管理制度。	
监测仪器和防护用品	①医院是否配备有辐射巡测仪用于开展自主监测，巡测仪是否进行了检定/校准。 ②辐射工作人员，介入手术人员每人配备2枚个人剂量计，技师每人配备1枚个人剂量计。 ③设备自带1个铅悬挂防护屏、1件床侧防护帘（均为0.5mmPb）、医院配备1个移动铅防护屏风（2mmPb）。 ④医院是否为本项目DSA机房工作人员配置6件铅衣（0.5mmPb）、6件铅橡胶围裙（0.5mmPb）、6个铅橡胶颈套（0.5mmPb）、6副铅防护眼镜（0.5mmPb）、6副介入防护手套（0.025mmPb）、6个铅橡胶帽子（0.5mmPb）、配备1台个人剂量报警仪。 ⑤医院是否为本项目介入手术受检者成人和儿童各配备1件铅围裙（0.5mmPb）、1个铅橡胶颈套（0.5mmPb）、1个铅橡胶帽子（0.5mmPb）。	检查落实情况。满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中监测仪器和防护用品配备的要求。
环境监测	委托有资质的单位每年对DSA机房周围辐射环境进行检测。	检查落实情况。

12.3 辐射事故应急

12.3.1辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）第四十一条及《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）第四十三条关于「生产、销售、使用单位应当制定本单位的应急方案、做好应急准备」的要求，并按照《福建省环保厅关于印发〈核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲〉（试行）的通知》（闽环保辐射〔2013〕10号），结合本院核技术利用活动实际，参照上述条款所列应急预案要素，本单位辐射事故应急方案宜包括下列内容：

（1）应急机构和职责分工；

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（3）辐射事故分级与应急响应措施；

（4）辐射事故的调查、报告和处理程序；

（5）辐射事故信息公开、公众宣传方案；

（6）可能引发辐射事故的运行故障的应急响应措施及其调查、报告和处理程序。

医院已制定有《辐射事故应急预案》（见附件7），成立了辐射事件处置应急领导小组。

对照上述要求，现有辐射事故应急预案已基本完善，医院应当在今后预案实施过程中，根据国家新发布的相关法规内容，结合医院实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。同时医院应根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故事件情景，演练参与人员等。此外，该院应加强管理，加强职工辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，发现问题及时解决，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生，还应经常监测辐射工作场所的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

12.3.2 辐射事故上报的要求

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》等要求，向生态环境主管部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并根据要求在2h内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。

表13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为满足患者的就医需求，提升当地和周边区域群众的医疗服务水平，德化县中医院拟在院区3号楼1层南侧新建DSA机房及其配套设施，机房净尺寸为东西长7.3m、南北宽6.2m（有效使用面积45.26m^2），并在机房内配备1台医用血管造影X射线系统（DSA，属于Ⅱ类射线装置），用于开展放射诊断和介入治疗。本项目核技术利用情况见表1.1-1。

13.1.2 项目选址及合理性分析

本项目位于德化县中医院 3 号楼 1 层南侧，拟建位置现为院内预留的空房间，本次建设不新增用地。本项目评价范围（DSA 机房屏蔽体外 50m 范围）内环境敏感目标主要为医院 3 号楼、食堂、停车场、院内通道等院内区域和院外的山林地区域。评价范围内不涉及儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，也不涉及人员流动性大的商业活动区域。本项目拟建的 DSA 机房将按要求设置相应的屏蔽防护措施，根据环境影响分析可知，经辐射屏蔽措施后，本项目的运行对周围环境的影响是可接受的。

本项目不涉及生态保护红线，不会突破区域环境质量底线、资源利用上线，符合“生态环境分区管控”要求。因此，项目选址合理。

13.1.3 辐射安全与防护分析结论

本项目拟建DSA机房的屏蔽防护设计方案能达到《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等标准的要求。本项目辐射工作场所拟采取的屏蔽措施均能够满足辐射防护的要求，符合机房的辐射屏蔽规范。

13.1.4 环境影响分析结论

根据本报告表对本次核技术利用项目对周边环境及人员的辐射影响分析可知，在正常情况下，项目对周围环境中的工作人员和公众的辐射影响均能满足本报告提出的剂量约束值：工作人员年有效剂量约束值不超过 5mSv，公众年有效剂量约束值不超过0.1mSv，同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求。

13.1.5 辐射安全管理分析结论

管理机构：医院成立了辐射安全管理小组、辐射事件处置应急领导小组，明确小组各成员的职责，并将加强监督管理。

规章制度：医院已制定了包括《辐射事故应急预案》在内的一系列管理制度。医院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、补充和完善，并在以后的实际工作中落实执行。

医院已对现有辐射工作人员进行了职业健康检查和个人剂量监测，并建立了个人职业健康医院现有14名辐射工作人员仅从事III类射线装置使用活动，按《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）由医院自行组织辐射安全考核并存档，符合规定。本项目拟配备的8名辐射工作人员须在设备投运前完成国家平台考核取证、上岗前职业健康检查与岗位授权，医院应同步重新申领辐射安全许可证（增加使用Ⅱ类射线装置）。在上述事项全部落实后，医院管理机构、规章制度及辐射工作人员的管理可满足辐射安全管理的要求。

13.1.6 可行性分析结论

（1）产业政策符合性

本项目属于核技术在医学领域的运用，根据《产业结构调整指导目录》（2024年本），本项目属于鼓励类，符合国家产业政策。

（2）实践的正当性

本项目新增使用1台DSA，目的在于开展放射诊疗工作、治病救人，实践过程中采取了辐射防护措施，在患者得到诊疗预期效果的同时，对周围环境、工作人员以及公众人员的辐射影响满足国家法律法规及标准的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于辐射项目的“实践正当性”要求。

综上所述，在完成8名辐射工作人员取证、职业健康检查与岗位授权、重新申领辐射安全许可证（增加使用II类射线装置），并落实本报告提出的各项污染防治、辐射安全防护措施和辐射安全管理制度后，德化县中医院1台DSA机项目运营期对周围环境及辐射工作人员、周围公众的辐射影响符合国家法律法规及标准要求，从辐射安全和环境保护角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2建议

（1）环境影响评价文件审批完成后，应根据有关规定及时重新申领辐射安全许可证。

（2）建设项目运行期间，医院应每2年组织一次在岗职业健康检查，检查结果符合辐射工作人员健康标准方可重新上岗。

（3）建设项目竣工后，医院应按照相关法规要求及时进行竣工环保验收，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

（4）DSA设备投入使用前，应完成拟配备的8名辐射工作人员的培训取证、职业健康检查和岗位授权，未取得国家考核合格证书的人员不得独立操作设备。