编号：ZFHK-FB22220182

核技术利用建设项目

衢州市第二人民医院
一台DSA核技术利用项目
环境影响报告表

衢州市第二人民医院

2023年2月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

衢州市第二人民医院
一台DSA核技术利用项目
环境影响报告表

建设单位名称：衢州市第二人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：詹银楚

通讯地址：衢州市衢江区信安大道 **338** 号

邮政编码：**324000**　　联系人：[redacted]

电子邮箱：[redacted]　联系电话：[redacted]

目录

表 1 项目基本情况.....1
表 2 放射源.....10
表 3 非密封放射性物质.....10
表 4 射线装置.....11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....12
表 6 评价依据.....13
表 7 保护目标与评价标准.....15
表 8 环境质量和辐射现状.....19
表 9 项目工程分析与源项.....23
表 10 辐射安全与防护.....29
表 11 环境影响分析.....36
表 12 辐射安全管理.....57
表 13 结论与建议.....62
表 14 审批.....65

附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 周边环境关系示意图

附图 3 医院总平图布置图

附图 4 本项目 DSA 机房平面布局及两区划分图

附图 5 本项目 DSA 机房上方位置图

附图 6 本项目 DSA 机房下方位置图

附图 7 本项目改建前区域图

附图 8 衢州市环境管控单元分类图

附图 9 衢州市生态保护红线

附图 10 本项目周边现场照片

附件

附件 1 环评委托书

附件 2 事业单位法人证书

附件 3 辐射安全许可证

附件 4 衢州市第二人民医院二期工程项目环保手续

附件 5 衢州市第二人民医院原有辐射环保手续

附件 6 本底监测报告

附件 7 医院辐射防护安全管理委员会文件

附件 8 辐射工作人员个人剂量报告

附件 9 辐射安全与防护管理制度

附件 10 放射安全事件应急预案

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">衢州市第二人民医院一台 DSA 核技术利用项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">衢州市第二人民医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>詹银楚</td><td>联系人</td><td>[redacted]</td><td>联系电话</td><td>[redacted]</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">浙江省衢州市衢江区信安大道 338 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">衢州市衢江区信安大道 338 号衢州市第二人民医院内医技楼 3 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="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>1250</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>50</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>4.0%</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>/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="4">☐Ⅰ类☐Ⅱ类☐Ⅲ类☐Ⅳ类☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐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="4">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐乙☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐Ⅱ类☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">☐Ⅱ类☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑Ⅱ类☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位概况

衢州市第二人民医院（以下简称“医院”）创建于 1955 年，曾先后命名为衢县中西医联合医院、衢州市红十字会医院、衢县人民医院、衢江区人民医院、衢州市第二人民医院，现已发展成为一家集医疗、急救、教学、科研、保健于一体的全民所有制三级乙等综合性医院，是浙大二院在省内的首家分院——浙大二院衢州分院。2019 年牵头组建衢州市第二人民医院医共体，辖有杜泽、廿里等 15 家分院。

医院现“一院两址”运行，拥有本部、分部两大院区，本部（即新院区）位于衢州市衢江区信安大道 338 号，分部（即老院区）位于衢州市坊门街 213 号。医院核定床位

600 张，可开放床位 1180 张；职工 1200 余人，中高级职称 450 余人，高级职称 170 余人；学科建设齐全、特色明显，拥有临床、医技科室三十余个；配有德国西门子核磁共振及 64 排 128 层螺旋 CT、DSA、德国蔡司全飞秒近视激光手术治疗系统等一系列先进设备。本项目位于衢州市第二人民医院本部（新院区）。

衢州市第二人民医院现持有浙江省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为：浙环辐证[H2057]（见附件3）；发证日期：2022年06月28日，有效期至：2027年06月27日；种类和范围为：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。

1.1.2 建设目的和任务由来

医院现有 1 台 DSA 已无法满足手术需求，为了方便患者就诊，更好地开展放射诊断工作，衢州市第二人民医院拟将本部医技楼 3 层 11 号手术室及其西侧机房，改建成 1 间 DSA 机房及其配套功能用房，并新购 1 台数字减影血管造影机（以下简称 DSA）。DSA 机房所在医技楼已编制《衢州市第二人民医院二期工程项目环境影响报告书》，该报告书已取得原衢州市衢江区环境保护局批复，批复文号为衢江环建〔2016〕45 号，并于 2021 年 8 月 22 日通过了自主验收。环评批复及自主验收意见等相关环保手续见附件 4。

对照《关于发布〈射线装置分类〉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），DSA 属于血管造影用 X 射线装置的分类范围，为 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）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，环境影响评价类别应为环境影响报告表。

为此，衢州市第二人民医院委托中辐环境科技有限公司开展“衢州市第二人民医院一台 DSA 核技术利用项目”（简称“本项目”）的环评工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集、委托辐射环境质量现状监测等工作，并结合项目特点，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》（HJ10.1-2016）等规定要求编制完成本项目环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

医院拟对医技楼（地上 4 层，地下 2 层）3 层 11 号手术室及其西侧机房进行改造（改建前平面布局见附图 7），将 11 号手术室改建为 1 间 DSA 机房，将西侧机房改建为操作间和设备间，并在 DSA 机房内安装使用 1 台 DSA，DSA 装置型号为飞利浦 Azurion 7M20。改造过程中，主要利用原 11 号手术室四侧、顶面和地面墙体，增加相应的防

护；原西侧机房中间增加一堵墙和一扇门，分隔为操作间和设备间；北侧和南侧门更换为防护门，西侧新增一扇防护门和一扇观察窗，改建后平面布局见附图 4。改造后，DSA 机房防护方案为：四侧墙体为轻钢龙骨板+4mm 铅板，顶棚为 12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料，地坪为 12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料，污物防护门和患者防护门为内衬 3mm 铅板，工作人员防护门为内衬 4mm 铅板，观察窗为 20mm 铅玻璃。改造后机房防护情况见表 1-1。拟购 1 台 DSA，主束方向由下朝上，为II类射线装置。主要技术参数具体见表 1-2。

表 1-1 DSA 机房防护情况表

改造后机房防护	墙体	轻钢龙骨板+4mm 铅板
	顶棚	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料
	地坪	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料
	污物防护门和患者防护门	内衬 3mm 铅板
	工作人员防护门	内衬 4mm 铅板
	观察窗	20mm 铅玻璃

表1-2本项目射线装置主要技术参数

设备名称	型号	类别	数量	用途	主要参数	场所
DSA	飞利浦 Azurion 7M20	II类	1	影像诊断和介入治疗	最大管电压 125kV 最大管电流 1000mA	医技楼 3 层拟建 DSA 机房

1.1.4 项目工作负荷及人员配置

（1）劳动定员：本项目DSA机房拟配备手术医生10名、护士10名，操作间配备4名技师，共24名辐射工作人员，均对外招聘，工作人员相对固定，不存在兼岗和操作其他射线装置情况。

（2）工作制度：每天工作8小时，每年工作250天。

（3）工作负荷：根据医院提供资料，医院现有1台DSA，单台设备每年最大手术量为1000台，因此本项目运行以后，预计年最大手术量为1000台。一般情况下，每台手术配备1名手术医生和1名护士，控制室内固定配置1名技师（4人轮岗），人员配置情况见表1-3。较大手术可能需要跨组调剂护士，考虑到医生和护士可能存在实际工作量不均衡的情况，本次评价保守按手术医生和护士单人承担最大手术台数为200台、技师单人承担最大手术台数为250台考虑。DSA主要开展心血管，神经血管，外周血管介入等手术。因每台手术患者情况和手术要求不同，1台手术中DSA的减影时间和透视时间也较大差别，运行工况也不完全相同。评价保守按每台手术减影曝光时间1min、透视时间20min作为本项目DSA设备出束时间。DSA最大工作负荷详见表1-4。

表1-3本项目拟建DSA机房人员配置情况

/	本项目DSA机房
技师配置	每台手术配备1名技师
医生和护士配置	每台手术配备1名手术医生，1名护士

表1-4本项目拟建DSA最大工作负荷

射线装置	工作状态	平均手术最长出束时间（min）	全年开展手术量（台）	设备年总出束时间（h）	单个医生年最大受照时间（h）	单个护士年最大受照时间（h）	单个技师年最大受照时间（h）
DSA	减影	1	1000	16.7	3.33	3.33	4.17
	透视	20		333.3	66.67	66.67	83.33

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

本项目位于浙江省衢州市衢江区信安大道 338 号，衢州市第二人民医院本部。医院东侧为霞飞路，隔路为居民区宝红·四季澜庭；南侧为信安大道，隔路为居民区东方香舍；西侧为香元路，隔路为空地；北侧为衢江区残疾人康复综合服务中心和求知路，隔路为居民区衢江花苑。项目地理位置见附图 1，周边环境关系图见附图 2。

1.2.2 项目周边环境关系

1.2.2.1 项目机房与外部建筑环境关系

本项目 DSA 机房位于医技楼 3 层。医技楼东北侧距本项目 DSA 机房约 70m 处为餐厅；东南侧 33m 处为住院楼 1，70m 处为急诊楼；南侧 30m 处为门诊楼；西南侧 114m 处为感染楼；西侧 30m 处为住院楼 2；西北侧 125m 为衢江区残疾人康复综合服务中心；北侧 38m 处为后勤楼，48m 处为求知路。详细情况见附图 3。

1.2.2.2 项目机房四至环境关系

本项目 DSA 机房位于医技楼 3 层，DSA 机房东侧为 12 号手术室和器械间；南侧为洁净走廊；西侧为操作间、设备间、污洗间；北侧为污物走廊。正上方为医生办公室、护士办公室、办公走廊和女更衣室，正下方为彩超室、B 超室和电脑间。DSA 机房平面布局详见附图 4。DSA 机房对应楼上、楼下区域位置情况分别见附图 5、附图 6。

1.2.3 项目周边环境保护目标及选址合理性

本项目为核技术利用项目，位于医院内医技楼3层，不新增土地，项目用地属于医

疗卫生用地，周围无环境制约因素；根据医院平面布局及现场调查，本项目拟建辐射工作场所实体边界外50m评价范围内主要为医院内部建筑和北侧外部道路求知路，主要环境保护目标为从事本项目辐射工作的职业人员及上述区域内活动的其他医患人员等公众，评价范围内无居民区、学校、自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区。项目运营过程产生的电离辐射，经采取满足标准要求的辐射防护及管理措施后，对周围环境与公众造成的影响是可接受的，故本项目的选址合理。

1.3 产业政策符合性

根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019年本）》（自2020年1月1日起施行，根据2021年12月27日第20次委务会议审议通过《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019年本）>的决定》修改，2021年12月30日起施行），本项目属于第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、**数字化医学影像设备**，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，属于鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

1.4 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院购买正规设备，对射线装置的使用场所采取满足相关标准要求的辐射安全防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的操作规程和辐射安全规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.5 衢州市“三线一单”生态环境分区管控方案符合性分析

根据《衢州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于衢州市衢江区信安大道 338 号，属于浙江省衢州市衢江区浮石城镇生活重点管控区（ZH33080320005），衢州市环境管控单元分类图见附图 8，浙江省衢州市衢江区浮石城

镇生活重点管控区的生态环境准入清单符合性分析见表 1-5。

表 1-5 生态环境准入清单符合性分析表

“三线一单”生态环境准入清单要求		本项目情况	是否符合
空间布局约束	禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业项目搬迁关闭。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目，现有二类工业项目改建、扩建，不得增加管控单元污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定。推进城镇绿廊建设，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系	本项目为医院核技术利用项目，不属于三类或环境健康风险较大的二类工业项目。	是
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河入湖排污口，现有的入河入湖排污口应限期拆除，但相关法律法规和标准规定必须单独设置排污口的除外。加快污水处理设施建设与提标改造，加快完善城乡污水管网，加强对现有雨污合流管网的分流改造，推进生活小区“零直排”区建设。加强噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟治理，严格施工扬尘监管。加强土壤和地下水污染防治与修复。	本项目为医院核技术利用项目，不涉及工业污染物总量排放；本项目依托医院现有污水处理站，不新建排污口；本项目无明显噪声，不产生明显臭气异味，符合污染物排放管控要求。	是
环境风险防控	合理布局工业、商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局	本项目为医院核技术利用项目，产生的污染因子主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物，不属于污染排放较大的建设项目，符合环境风险防控要求。	是
资源开发效率要求	全面开展节水型社会建设，推进节水产品推广普及，限制高耗水服务业用水，到 2020 年，县级以上城市公共供水管网漏损率控制在 10%以内。	本项目使用水量极少，不属于高耗水服务业，符合资源开发效率要求。	是

综上所述，本项目符合衢州市“三线一单”生态环境分区管控方案要求。

根据《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见》（试行）（环环评〔2021〕108 号），要求实施“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）生态环境分区管控制度，深入打好污染防治攻坚战、加强生态环境源头防控。加强对“三线一单”生态环境分区管控制度实施和落地应用，筑牢生态优先、绿色发展的底线，强化综合治理、系统治理、精准治理，推动构建新发展格局。

（1）生态保护红线

本项目位于衢州市衢江区信安大道 338 号，属于浙江省衢州市衢江区浮石城镇生活重点管控区（ZH33080320005），不在当地饮用水源、风景区、自然保护区等生态保护

区内。本项目不涉及生态保护红线，具体见附图 9。

（2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目工作场所周围环境γ辐射剂量率处于正常本底范围。在落实本报告提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

本项目主要水源为自来水，由市政自来水管网供给，占比量较小，市政自来水管网有能力为本项目提供水资源保障；本项目主要能源为电能，项目电能主要依托市政电力管网。总体而言，本项目符合能源资源利用上线和水资源利用上线要求。

（4）生态环境准入清单

本项目为医院核技术利用项目，不属于工业项目。结合本项目所在环境管控单元的环境准入清单，本项目满足生态环境准入清单的要求。

综上所述，本项目能够符合“三线一单”的管控要求。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

1.6.1原有核技术利用项目许可情况

衢州市第二人民医院现持有浙江省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为：浙环辐证[H2057]（见附件3）；发证日期：2022年06月28日，有效期至：2027年06月27日；许可的辐射工作种类和范围为：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。

医院现有核技术利用项目及环保手续履行情况具体见表1-6。现有核技术利用项目的环保手续文件见附件5。

表 1-6 医院现有射线装置清单

序号	设备名称	规格型号	安装位置	类别	环评情况	验收情况
1	CT	Brilliance16	放射科	Ⅲ类	衢江环辐[2014]02号	衢江环辐验[2015]4号
2	DR	MultixFusion	放射科		衢江环辐[2014]02号	衢江环辐验[2015]4号
3	数字胃肠机	SONIAVISON VERSA 80	放射科		衢江环辐[2014]02号	衢江环辐验[2015]4号
4	口腔全景机	PlanmecaProMax	放射科		衢江环辐[2014]02号	衢江环辐验[2015]4号
5	牙片机	Planmeca Intra	口腔科		衢江环辐[2014]02号	衢江环辐验[2015]4号

6	移动式医用诊断 X 射线机	HM-32	放射科		备案号：201933080300000162	
7	CT	SOMATOM Definition Edge	放射科		备案号：202233080300000085	
8	CT	Aquilion Lightning TSX-035A	放射科		备案号：202133080300000003	
9	CT	MX 16-slice	放射科		备案号：202133080300000003	
10	移动 CT	MCT-I	手术室		备案号：202233080300000085	
11	移动 DR	udr 370i	放射科		备案号：202033080300000077	
12	车载 DR	AKHX- 55H-RAD	放射科		备案号：202233080300000041	
13	DR	Mercury	放射科		备案号：201933080300000162	
14	DR	RADIOTEXFH	放射科 1		备案号：201833080300000401	
15	C 臂机	Cios Spin	手术室		备案号：202233080300000085	
16	C 臂机	Brivo OEC 865	手术室		备案号：201933080300000162	
17	C 臂机	Brivo OEC 865	手术室		备案号：201933080300000162	
6	DSA	UNIQ FD20	放射科	II类	衢环辐[2018]6号	2019年12月27日通过自主验收

1.6.2 原有核技术利用项目管理情况

（1）医院已成立了辐射安全与环境保护管理机构，制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括《放射科各类人员职责》、《放射科设备维修保养制度》、《放射诊疗设备管理制度》、《医学装备辐射安全与防护管理制度》、《介入放射诊疗辐射防护制度》、《放射安全事件应急预案》等。

医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。现有规章制度基本能够满足医院从事相关辐射活动的辐射安全和防护管理要求。

（2）辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，建立剂量健康档案并终生存档保存，个人剂量计最长不超过三个月送检一次。医院开展了辐射工作人员剂量监测，个人剂量剂均为完好状态。由 2021.07.01 至 2022.06.30 医院辐射工作人员的个人剂量检测报告（见附件 8）可知，辐射工作人员年受照剂量监测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值，也低于工作人员年剂量约束值 5mSv。

（3）根据《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》（浙环函［2019］248 号），各单位对辐射工作人员的辐射安全与防护培训或放射

诊疗培训互相认可。医院已组织现有辐射工作人员参加衢州市卫生监督所或者浙江省卫生监督协会组织的放射防护知识培训并考核合格。医院应组织辐射工作人员按时接受再培训。

（4）医院对现有辐射工作人员开展有健康监护，并建有职业健康档案。辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行职业健康体检，在岗期间体检周期不超过 2 年。医院已委托衢州市人民医院于2022年6月对现有辐射工作人员进行职业健康体检，根据医院提供的职业健康检查报告，现有辐射工作人员均可继续从事放射岗位工作。

（5）医院现有辐射工作场所均实行“两区”管理，划分明确的监督区和控制区；控制区入口设置有电离辐射警告标志；工作场所均按要求设置有门灯联锁和工作状态指示灯等设施。

（6）医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。

（7）辐射事故应急和年度评估

医院已制定有《放射安全事件应急预案》，在核技术利用项目开展过程中，采取了相应的辐射事故预防措施，经医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

医院执行年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，医院对现有射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，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。

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	DSA	II	1	飞利浦 Azurion 7M20	125	1000	影像诊断和介入治疗	医技楼 3 层拟建 DSA 机房	新购

（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（μA）	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
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	少量	不暂存	直接进入大气，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m^3；年排放总量用 kg；

2、含有放射性的废物要标明，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）《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日起施行）； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日通过，中华人民共和国主席令第 77 号公布，自 2003 年 9 月 1 日起施行；2016 年 7 月 2 日第一次修正；2018 年 12 月 29 日第二次修正）； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起施行）； （4）《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 9 月 14 日经国务院令第 449 号公布，2014 年 7 月 29 日经国务院令第 653 号修改，2019 年 3 月 2 日经国务院令第 709 号修改）； （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日经国家环境保护总局令第 31 号公布，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改；2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改）； （7）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号），2011 年 5 月 1 日起施行； （8）《关于发布<射线装置分类>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 日起施行； （9）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号），自 2021 年 1 月 1 日起施行； （10）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（国家环保总局，环发[2006]145 号）； （11）《浙江省生态环境保护条例》（2022 年 8 月 1 日起施行）； （12）《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布，根据 2014 年 3 月 13 日浙江省人民政府令第 321 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省林地管理办法〉等 9 件规章的决定》第

	一次修正，根据 2018 年 1 月 22 日浙江省人民政府令第 364 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省建设项目环境保护管理办法〉的决定》第二次修正，根据 2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省价格监测预警办法〉等 9 件规章的决定》第三次修正）； （13）《浙江省辐射环境管理办法》（2011 年 12 月 18 日浙江省人民政府令第 289 号公布，根据 2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省价格监测预警办法〉等 9 件规章的决定》修正）； （14）浙江省生态环境厅关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2019 年本）》的通知（浙环发[2019]22 号）； （15）《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》（浙江省生态环境厅浙江省卫生健康委员会，浙环函[2019]248 号）。
技术标准	（1）《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （5）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （6）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （7）《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）。
其他	（1）环境影响评价委托书； （2）医院提供的其它与本项目有关的技术资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，本次辐射环境评价范围取拟建的 DSA 机房的实体屏蔽边界外延 50m 为评价范围，评价范围示意图详见附图 3。

7.2 保护目标

本项目DSA机房位于医技楼3层。根据现场踏勘，本项目DSA机房的实体边界外50m评价范围内主要为医院内部建筑物和北侧外部道路求知路。主要环境保护目标为从事本项目辐射工作的职业人员及上述区域内活动的其他医患人员等公众。

表 7-1 本项目评价范围内环境保护目标情况一览表

环境保护目标	方位	规模	与机房边界的距离（m）		人员类别	年剂量约束值（mSv/a）
			水平	垂直		
介入医护人员	机房内	20 人	机房内	/	职业	5
操作间操作人员	西侧	4 人	紧邻	/		
12 号手术室人员	东侧	约 10 人/d	紧邻	/	公众	0.1
器械间人员	东侧	约 5 人/d	紧邻	/		
洁净走廊人员	南侧	约 20 人/d	紧邻	/		
设备间人员	西侧	约 2 人/d	紧邻	/		
污洗间人员	西侧	约 20 人/d	紧邻	/		
污物走廊人员	北侧	约 30 人/d	紧邻	/		
彩超室等人员	上方	约 20 人/d	/	+3.6		
医生办公室等人员	下方	约 20 人/d	/	-3.6		
住院楼 1 人员	东南侧	约 500 人/d	33	/		
门诊楼人员	南侧	约 1000 人/d	30	/		
住院楼 2 人员	西侧	约 500 人/d	30	/		
后勤楼人员	北侧	约 500 人/d	38	/		
求知路人员	北侧	约 500 人/d	48	/		
评价范围内其他医患人员及公众	四周	约 2000 人/d	0~50	/		

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）

（1）剂量限值

①职业人员

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录B（标准的附录B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a）由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

b）任何一年中的有效剂量，50mSv；

c）四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv；

②公众人员

B1.2.1 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；

b）特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

（2）年剂量约束值

对辐射工作人员、公众的剂量控制不仅要满足剂量限值的要求，而应依据辐射防护最优化原则，按照剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，把辐射水平降低到低于剂量限值的一个合理达到的尽可能低的水平。因此，本次评价采用的年剂量约束值如下：

①对于职业人员，取年有效剂量限值的四分之一，即不超过5mSv作为年剂量约束值，手部取四肢年当量剂量限值的四分之一，即不超过125mSv作为手部年当量剂量约束值。

②对于公众，本项目取年有效剂量限值 1mSv 的十分之一，即不超过 0.1mSv 作为年剂量约束值。

（3）分区

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。

7.3.2《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

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

6.1.5 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、改建和新建项目和技术改造、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 1 的规定。

6.2X 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 2 的规定。

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：

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 μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

6.5X 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 3 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

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

表 1 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

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

表 2 不同类型 X 射线装置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**
标称 125kV 及以下的摄影机房	2.0	1.0
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

表 3 个人防护用品好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 1："——"表示不需要求。

注 2：各类个人防护用品和肤质防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。

7.3.3《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

4.3.1 常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月。

5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等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。

5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，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)。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于浙江省衢州市衢江区信安大道338号，衢州市第二人民医院本部。医院东侧为霞飞路，隔路为居民区宝红·四季澜庭；南侧为信安大道，隔路为居民区东方香舍；西侧为香元路，隔路为空地；北侧为衢江区残疾人康复综合服务中心和求知路，隔路为居民区衢江花苑。本项目DSA机房位于医技楼3层，项目地理位置见附图1，周边环境关系图见附图2，场所位置见附图3。

8.2 辐射环境质量现状评价

8.2.1 监测目的

了解项目拟建地及周围辐射环境背景水平

8.2.2 监测项目

γ辐射剂量率

8.2.3 监测依据

①《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；

②《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）。

8.2.4 监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点，共计布点 20 个，分别布置于拟建场地及周围建筑物内。监测点位详见图 8-1 和 8-2。

8.2.5 监测仪器

监测仪器的参数详见表 8-1。

表 8-1 监测设备信息

仪器型号	便携式 X、γ辐射周围剂量当量率仪
仪器名称	FH40G-L10+FHZ672E-10
生产厂家	Thermo SCIENTIFIC
仪器编号	05035404
能量响应范围	40KeV～4.4MeV
剂量率范围	主机：10nSv/h～100mSv/h；探头：1nSv/h～100μSv/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心
检定证书	2022H21-10-3832004001
校准有效期	2022 年 3 月 1 日～2023 年 2 月 28 日

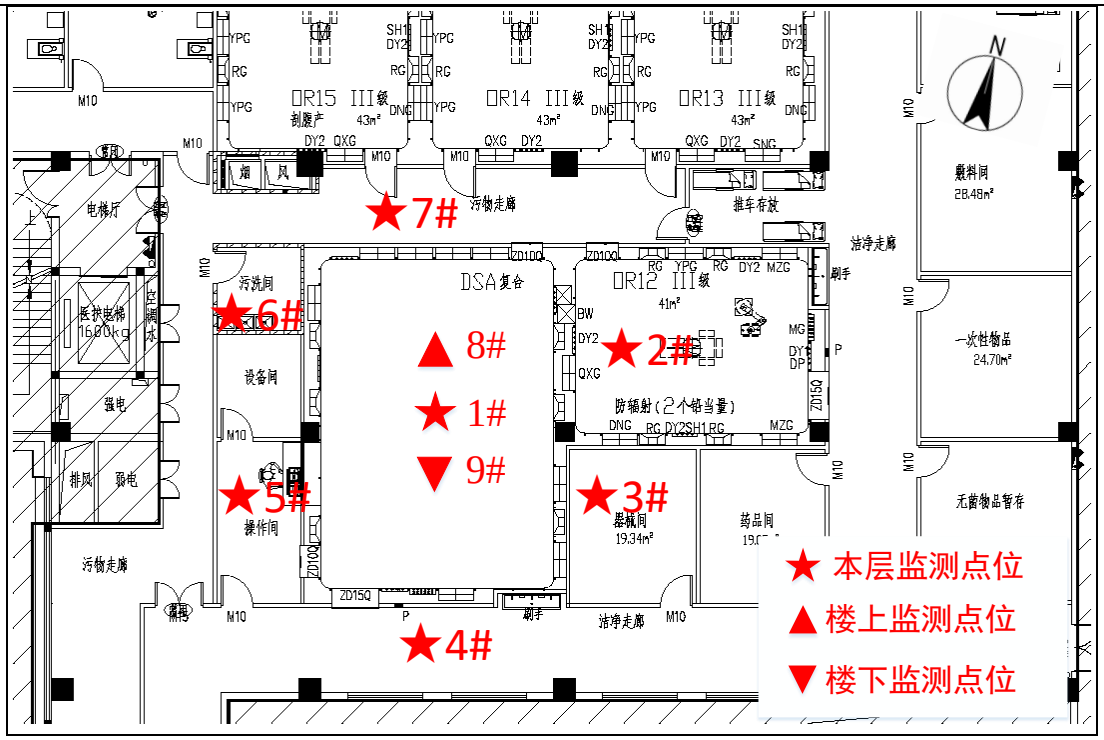

图 8-1 项目拟建场址本底监测点位图（1）

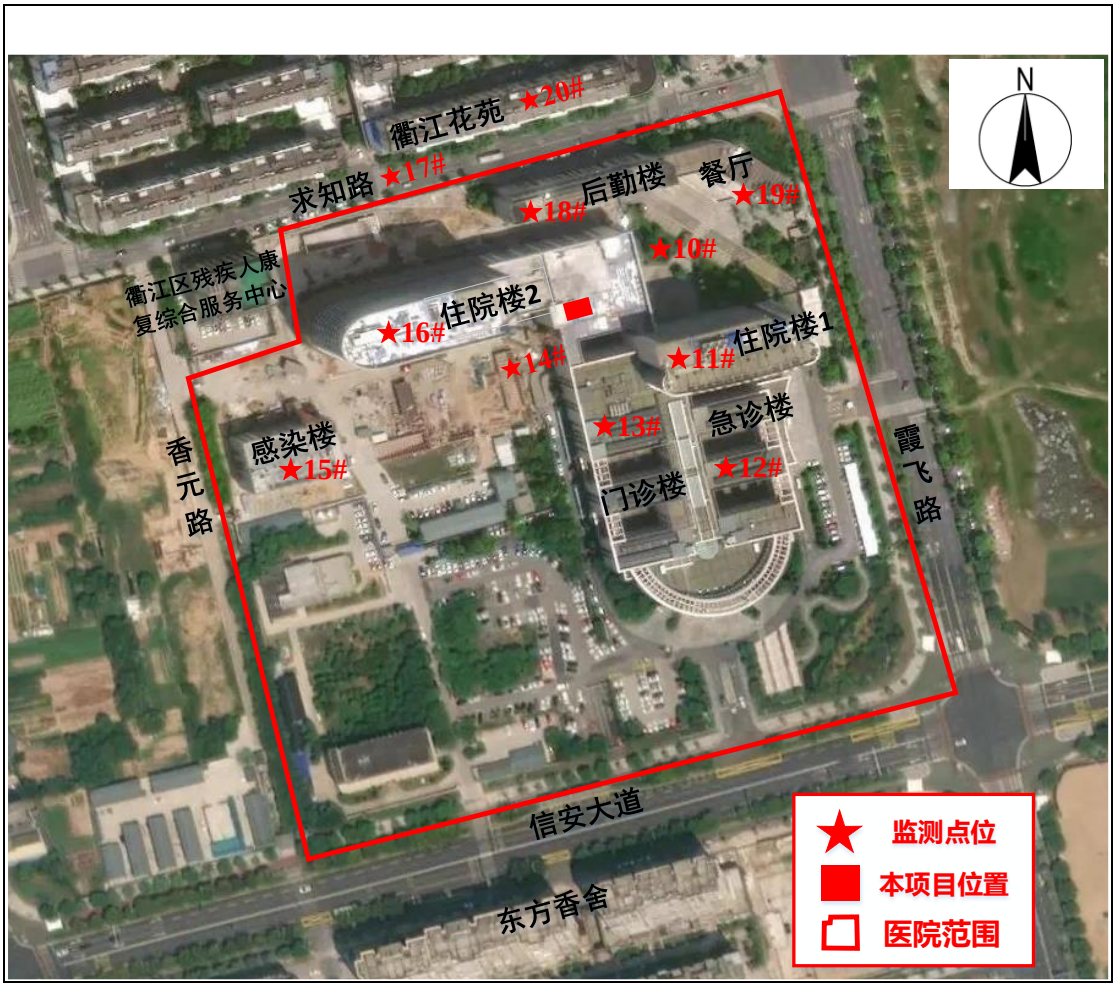

图 8-2 项目拟建场址本底监测点位图（2）

8.2.6 监测单位

浙江建安检测研究院有限公司

8.2.7 监测时间

2022 年 12 月 14 日

8.2.8 质量保证措施

①本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

②采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由技术总负责人审定。

8.2.9 监测结果

本项目辐射工作场所拟建场址辐射环境监测结果详见表 8-2。

表 8-2 拟建场所及周围 γ 辐射剂量率监测结果

监测点编号	监测点位置	监测结果（nGy/h）		备注
		测量值	标准差	
1#	本项目 DSA 机房	114	2	室内楼房
2#	东侧 12 号手术室	104	2	室内楼房
3#	东侧器械间	118	3	室内楼房
4#	南侧洁净走廊	116	2	室内楼房
5#	西侧操作间	120	3	室内楼房
6#	西侧污洗间	150	3	室内楼房
7#	北侧污物走廊	105	3	室内楼房
8#	楼上办公走廊	144	2	室内楼房
9#	楼下彩超室	130	3	室内楼房
10#	东侧绿地	146	4	室外道路
11#	东南侧住院楼 1	133	3	室内楼房

12#	东南侧急诊楼	136	6	室内楼房
13#	南侧门诊楼	98	5	室内楼房
14#	西南侧绿地	99	2	室外道路
15#	西南侧感染楼	117	1	室内楼房
16#	西侧住院楼 2	126	2	室内楼房
17#	北侧求知路	118	2	室外道路
18#	北侧后勤楼	115	3	室内楼房
19#	东北侧餐厅	136	3	室内楼房
20#	北侧衢江花苑	119	1	室内楼房

注：1、测量时探头距离地面约 1m；
2、每个监测点测量 10 个数据取平均值；
3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k_1×仪器检验源效率因子 k_2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3×测量点宇宙射线响应值 Dc，校准因子 k_1 为 1.12，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy，k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 9nGy/h。

由表 8-2 监测结果可知，本项目 DSA 机房相关工作用房及周边室内 γ 辐射剂量率范围为 98nGy/h~150nGy/h，即 9.8×10^{-8}Gy/h~15.0×10^{-8}Gy/h；室外道路 γ 辐射剂量率范围为 99nGy/h~146nGy/h，即 9.9×10^{-8}Gy/h~14.6×10^{-8}Gy/h。

由《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，金华地区（含衢州）室内 γ 辐射剂量率在 6.2×10^{-8}Gy/h~46.7×10^{-8} Gy/h 之间，衢州市室外道路 γ 辐射剂量率在 4.7×10^{-8}Gy/h~17.7×10^{-8} Gy/h 之间，可见，本项目拟建场所各监测点位 γ 辐射剂量率处于衢州市天然辐射本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目无新增建筑物，施工内容主要为 DSA 机房及其配套用房的防护改造和装修。项目施工期工艺流程及产污环节见图 9-1。

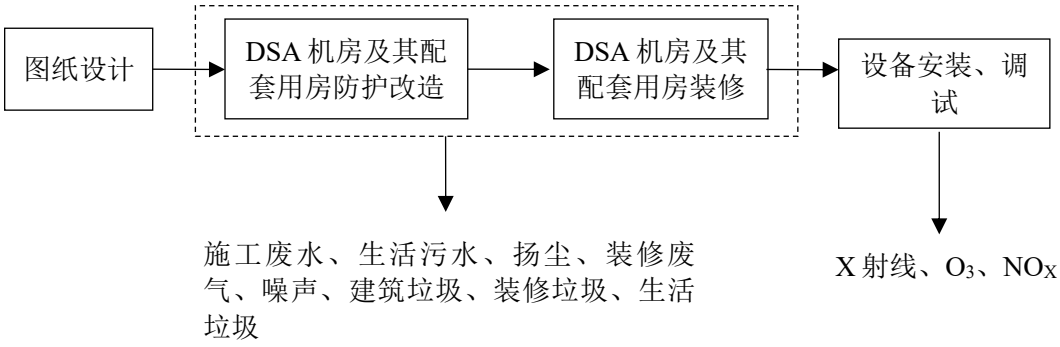

图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

本项目施工期污染物主要包括：

（一）废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和生活污水，施工废水仅为建筑物料拌合过程可能产生的废水，通过进入物料而自然蒸发耗散，后续不再分析；生活污水产量较小，可依托医院现有生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网。

（二）废气

施工过程中会产生扬尘和装修废气，为无组织排放。

（三）噪声

施工期噪声主要包括少量运输车辆的噪声以及改造、装修使用的小型施工设备产生的噪声。

（四）固体废物

施工过程中会产生建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾。建筑垃圾、装修垃圾由施工单位外运至建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

（五）设备的安装、调试

新购DSA的安装、调试均由设备厂家专业人员进行，安装、调试过程会产生X射线、少量臭氧和氮氧化物。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 设备组成

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 射线装置主要由影像探测器、X 线管头、显示器、导管床、高压注射器、操作台、控制装置及工作站系统组成。典型 DSA 装置整体外观示意图如图 9-2 所示。

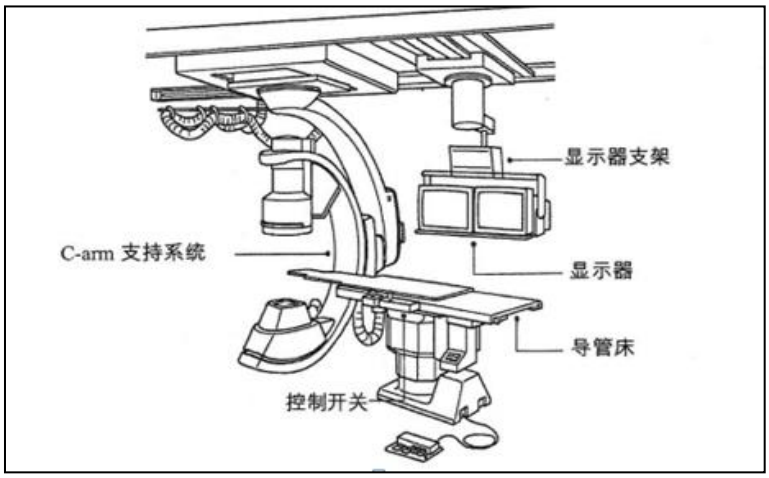

图9-2 典型DSA装置整体外观示意图

9.2.2 工作原理

产生 X 射线的装置（DSA）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。

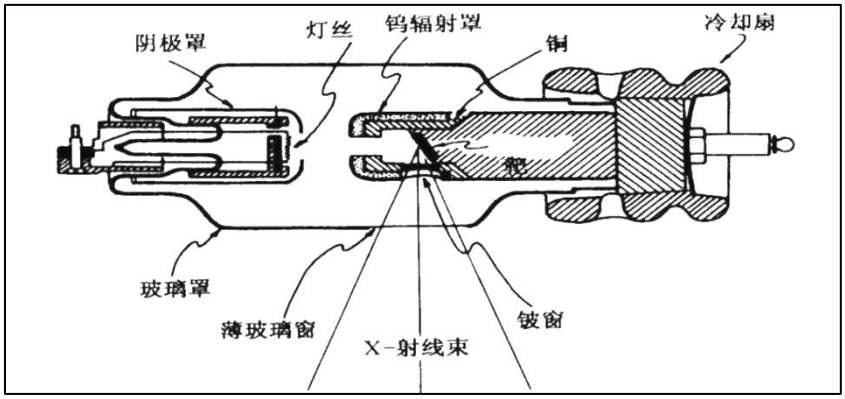

图 9-3 典型 X 射线管结构图

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注入造影剂之前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储存起来，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/模转换为普通的模拟信号，获得去除骨骼、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。

9.2.3操作流程及产污环节

（1）操作流程

接诊患者后根据其病情确认诊疗方法，告知患者及家属采用 DSA 治疗的辐射危害。患者进入机房后，技师或护士协助摆位后离开机房（患者留下）。开启 DSA 设备，技师在操作间内首次减影初步确认病灶部位后，手术医护人员穿戴好防护用品进入机房，在透视操作下插入导管，输入造影剂，之后离开机房，技师在操作间内再次减影，当确诊病灶部位后，手术医护人员穿戴好防护用品后再次进入机房进行介入治疗直到治疗结束，关机。DSA 在进行曝光时都分为两种情况：

第一种情况，透视。进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时手术医护人员位于铅帘后身着铅橡胶围裙、铅防护眼镜在曝光室内对病人进行直接的介入手术操作。该种情况在实际运行中占绝大多数，是本次评价的重点。

第二种情况，减影。操作人员采取隔室操作的方式（即技师在操作间内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况。

（2）产污环节分析

DSA 为 II 类射线装置，射线装置运行时，主要污染因子为 X 射线，注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用数字显像技术，不使用胶片冲洗显影，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。本项目 DSA 在曝光过程中，由于 X 射线与空气电

离作用，会有少量臭氧和氮氧化物产生。射线装置操作流程及产污环节如图 9-4 所示。

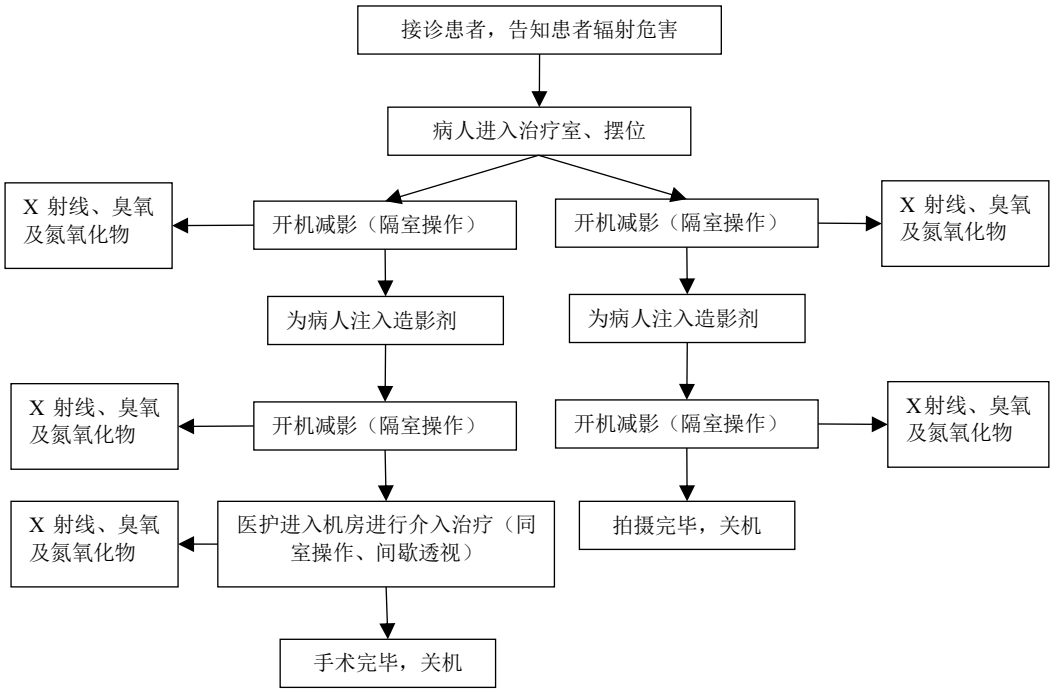

图9-4 DSA操作和DSA杂交手术操作流程及产污环节示意图

综上可知，DSA 在开机状态下，产生的污染因子主要为 X 射线，其次为臭氧和氮氧化物，无其他放射性废气、废水及固体废物产生。

9.2.4人员和物流路径规划

（1）患者路径

患者经过洁净走廊，通过 DSA 机房南侧防护门进入机房。治疗结束后，患者可按原路离开。

（2）工作人员路径

工作人员先进入洁净走廊，从南侧进入操作间，技师在操作间进行设备操作，介入医护人员通过 DSA 机房西侧防护门进入机房进行手术。治疗结束后，工作人员可按原路离开。

（3）污物路径

本项目介入手术会产生药棉、纱布和手套等医疗废物，这些医疗废物采用专用容器收集后，待手术结束后从 DSA 机房北侧防护门运出，暂存于污物间。

具体人员和物流路径规划如图 9-5。

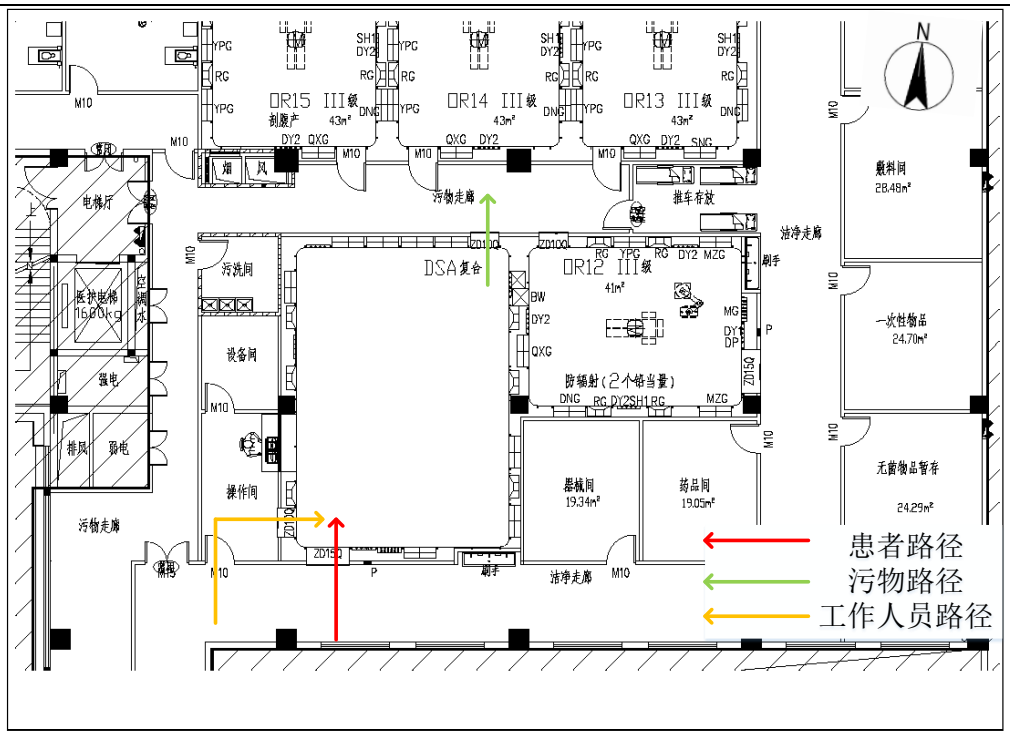

图 9-5 人员和物流路径规划图图列

9.3 污染源项描述

X射线装置在辐射场中产生的射线通常分为二类：一类为有用线束（又称初级辐射），是直接由X射线管出射口发出，经限束装置准直能使受检部位成像的辐射线束；另一类为非有用线束（又称次级辐射），包括有用线束照射到受检者身体或诊断床等其他物体时产生的散射线和球管源组件防护套泄漏发出的漏射线。

有用线束能量相对较高，剂量较大，而散射线和漏射线的辐射剂量相对较小。X射线装置在使用过程中产生的主要辐射影响及影响途径如下：

9.3.1正常工况

正常工作状况下，X 线管产生 X 射线。X 射线在开机时产生，关机时消失。X 射线防护所要考虑的是 X 射线的直射、散射和泄漏辐射。直射、散射和泄漏射线可能会穿透 DSA 机房屏蔽对隔室操作的工作人员产生辐射影响，介入手术中机房内手术医生、护理人员与患者同室，受到 X 射线的外照射。X 射线装置运行时，机房内会有微量臭氧、氮氧化物等有害气体产生。

另外，DSA 在运行时诊断结果在显示屏上观察或采用数字技术进行打印，不使用胶片冲洗显影，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。

9.3.2 事故工况

本评价项目使用 DSA 射线装置时，可能发生的辐射事故有以下几种：

（1）装置在运行时，由于门灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；

（2）工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射；

（3）工作人员误操作，在没有关闭防护门的情况下，进行 DSA 出束操作，对门外人员造成误照射。

事故工况产生的污染物与正常工况下相同。

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 DSA 机房位于医技楼 3 层，布局见附图 4，DSA 机房上方布局见附图 5，DSA 机房下方布局见附图 6。本次环评辐射工作场所位置及四周布局见表 10-1。

表 10-1 机房周边场所布局一览表

所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
医技楼 3 层	DSA 机房	东	12 号手术室和器械间
		南	洁净走廊
		西	操作间、设备间和污洗间
		北	污物走廊
		楼上	医生办公室、护士办公室、办公走廊和女更衣室
		楼下	彩超室、B 超室和电脑间

（1）本项目 DSA 机房位于医技楼 3 层，DSA 机房和配套房间均集中布置，相对独立且人流较少，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素。

（2）医院拟为 DSA 机房设置了病人通道、医生通道，相互不交叉，病人通道的宽度满足病人手推车辆的通行，方便治疗。

（3）本项目的建设不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

拟建机房布局与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对照分析见下表。

表 10-2 机房布局设置与标准对照分析

项目	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	本项目设置情况	是否满足要求
机房布局	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	本项目拟新增使用的 DSA 手术室为单独的机房，机房最小使用面积及最小单边长均满足设备的布局要求	满足
	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	DSA 手术室位于医技楼三层，采取了相应的屏蔽防护措施，考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全	满足
	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	本项目新增 DSA 设备有用线束主要垂直向上，有用线束不会直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	满足

受检者候诊区	受检者不应在机房内候诊	DSA 项目受检者在机房北侧等候区候诊，不在机房内候诊	满足
机房尺寸	最小有效使用面积不小于 20m²，最小单边长不小于 3.5m	DSA 手术室： 10.4（m）×6.8（m）=70.72（m²）	满足

经对照分析可知，拟建 DSA 手术室的设置满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）平面布局的要求，采取了防辐射的屏蔽措施，能够满足放射诊疗需求，并且充分考虑了相邻场所的防护安全，因此，本项目工作场所布局合理。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，既有机联系，又互不干扰，且避开了人流量较大的门诊区或其它人员集中活动区域，并同时兼顾了病员就诊的方便性，所以总平面布置是合理的。

10.1.2 辐射防护分区原则及区域划分

（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》（GB18871-2002）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辐射危险警示标记；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

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关标准对控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护情况，本项目辐射工作场所分区情况见表 10-3 和附图 4。

表 10-3 项目“两区”划分表

场所名称	控制区	监督区
本项目 DSA 机房	机房内部	西侧操作间、西侧设备间、南侧患者防护门外 1m 区域

控制区通过实体屏蔽措施、警示标志等进行控制管理，在射线装置使用时，除介入治疗的医护人员和患者外，禁止其他人员进入；监督区通过辐射危险警告标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位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，整改完成后方可继续使用射线装置。

10.1.3 辐射安全及防护措施

本项目 DSA 射线装置污染因子主要为 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对 X 射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

（1）设备固有安全性

本项目 DSA 射线装置已确定于购置于正规厂家，采用目前较先进的技术，设备各项安全措施齐备，仪器本身具备多种安全防护措施。

①采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适的过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和过滤板。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视（如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择），改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

④采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结（last image hold，LIH）。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，减少不必要的照射。

⑤配备相应的表征剂量的指示装置：配备有相应的表征剂量的指示装置，当机房内出现超剂量照射时会出现报警提醒。

⑥射线装置透视开关为常断式，并配有透视限时装置；机房内具有工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

（2）本项目机房辐射屏蔽设计

依据建设单位提供的 DSA 机房防护设计方案，将本项目机房屏蔽体的主要技术

参数列表分析，并根据《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、最小有效使用面积及最小单边长度的要求，对本项目屏蔽措施进行对照分析，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。结果见表 10-4、表 10-5。

$$B=\left[\left(1+\frac{\beta}{\alpha}\right)e^{\alpha\gamma X}-\frac{\beta}{\alpha}\right]^{-\frac{1}{\gamma}}$$ 式（10-1）

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透视因子；

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。

$$X=\frac{1}{\alpha\gamma}\ln\left(\frac{B^{-\gamma}+\frac{\beta}{\alpha}}{1+\frac{\beta}{\alpha}}\right)$$ 式（10-2）

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；

B——给定铅厚度的屏蔽透视因子。

表 10-4 铅、混凝土、砖对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	铅			混凝土		
	α	β	γ	α	β	γ
125kV (主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974
125kV (散射)	2.233	7.888	0.7295	0.03510	0.06600	0.7832

表 10-5 屏蔽透射因子计算结果、等效铅当量折算

场所	屏蔽体	屏蔽材料	屏蔽材料厚度	屏蔽透射因子	等效铅当量
DSA 机房	顶棚(主束)	混凝土	12cm	3.21×10^{-3}	1.44mmPb
	地坪(散射)	混凝土	12cm	3.96×10^{-3}	1.59mmPb

表 10-6 本项目辐射工作场所拟采取屏蔽防护措施分析

机房类型（数量）	防护设施	屏蔽材料及厚度（铅当量：mmPb）	标准要求	符合性评价
DSA 机房（1 间）	四周墙体	轻钢龙骨板+4mm 铅板（4.0）	有用线束方向铅当量为 2mmPb，非有用线束方向铅当量为 2mmPb	符合
	顶棚	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料（5.44）		符合
	地坪	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料（5.59）		符合
	污物防护门和患者防护门	内衬 3mm 铅板（3.0）		符合
	工作人员防护门	内衬 4mm 铅板（4.0）		符合
	观察窗	20mm 铅玻璃（4.0）		符合

注：1、参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）表 6.14，硫酸钡涂料取 2.79g/cm^3 核算等效屏蔽厚度，40mm 硫酸钡涂料折算为 4mmPb，但实际装修中，若建设单位采购的硫酸钡密度无法达到 2.79g/cm^3，建设单位应当适当增加硫酸钡防护涂料的厚度，以保证屏蔽达到要求。

2、铅玻璃按取 4.6g/cm^3 核算等效屏蔽厚度，5mm 铅玻璃折算为 1mmPb。

3、轻钢龙骨板不作为辐射防护屏蔽措施考虑，不折算铅当量

表 10-7 本项目机房规格与标准对照表

机房名称	拟设置情况		标准要求		符合性评价
	最小单边长度（m）	有效使用面积（m^2）	最小单边长度（m）	最小有效使用面积（m^2）	
DSA 机房	6.8	70.72	3.5	20	符合

通过表 10-6、表 10-7 可知，本项目的 DSA 机房面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、顶棚、地坪、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上及楼下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 DSA 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

（3）距离防护

周边公众主要依托机房的屏蔽墙体、防护门和楼板屏蔽射线，同时机房将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房人员防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

（4）时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊疗之前，根据诊疗要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照时间，也避免病人受到额外

剂量的照射。另外，合理安排进行介入治疗手术的医生和护士的手术台数，降低某一工作人员因长时间操作所致剂量。当介入手术医生季度个人剂量超过 1.25mSv 或年剂量超过 5mSv，医院应进行调查，并出具调查报告，在查明原因之前应限制或暂停该工作人员工作时间。

（5）其他辐射安全防护措施

①DSA 机房门外设电离辐射警告标志，机房上方设有醒目的工作状态指示灯，灯箱设有“射线有害，灯亮勿入”的可视警示语句；本项目机房门为电动推拉式，设有曝光时关闭机房门的管理措施和防夹装置；工作状态指示灯能与机房门有效关联；在监督区、控制区墙体合适位置张贴监督区、控制区警示标识。

②操作间墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

③DSA 设备配备可升降的含铅挡板或悬挂防护屏，为受检人的非检查部位提供遮挡，尽量减少受照剂量。床侧配套防护铅帘，以减少对手术医生的受照剂量。

④机房受检者出入口门外应设置黄色警戒线，警告无关人员请勿靠近。手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。

⑤本项目所有辐射工作人员必须配备个人剂量计：建议采用双剂量计检测方法（分别佩戴于铅橡胶围裙外锁骨对应的领口位置、铅橡胶围裙内躯干上）；医院已配置 1 台环境辐射巡测仪可对机房周围辐射水平进行自行监测。

⑥机房内分别设置视频和对讲装置各 1 套，监视器位于操作位。在控制台上、介入手术床旁设置急停开关（各按钮串联并与 X 射线系统连接），一旦出现异常，按动任一个急停开关，均可停止 X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

⑦机房操作间内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换减影和透视功能的控制键。

⑧机房拟采用动力通风装置进行通风，进风口及排风口均设置于机房吊顶，保证机房内有良好的通风。设备管线等均拟穿行在地面凹槽内并上盖钢板，穿越墙体至操作间，操作间管线所在位置覆盖钢板。

⑨机房内不堆放与本项目诊断无关的杂物。

⑩机房候诊区设置辐射防护注意事项告知栏。

⑪DSA 机房应配备相应的防护用品与辅助防护设施，其配置要求需求按照《放

射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求进行配制。

表 10-8 本项目拟配备个人防护用品与标准对照表

机房名称	人员类型	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求		本项目拟配置情况		是否符合要求
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
DSA机房	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	配备防护铅当量为0.5mmPb的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜3套，防护铅当量不低于0.025mmPb的介入防护手套3套	防护铅当量为0.5mmPb的铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏各1件	符合
	患者和受检者	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	——	防护铅当量为0.5mmPb的方巾1套，防护铅当量为0.5mmPb的铅橡胶颈套、铅橡胶帽子含儿童、成人尺寸各1套	——	符合

10.2 “三废”治理措施

根据工艺分析，本项目运行期间无放射性废水、放射性废气及固体废物产生。本项目DSA机房设置动力通风装置，排风量为1200m^3/h，根据计算每小时换气约4.5次。机房内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。本项目辐射场所内产生的臭氧和氮氧化物经机房内的排风口进入排风管道，到达医技楼三层西侧排风百叶窗口，最终从医技楼三层西侧立面排放，臭氧可在 50 分钟后自然分解，氮氧化物只有臭氧产生量的 1/3，对环境影响较小。

按照《浙江省辐射环境管理办法》要求，本项目 DSA 需要报废处理时，建设单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境主管部门核销。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期环境影响分析

医院拟将医技楼 3 层 11 号手术室及其西侧机房，改建成 1 间 DSA 机房及其配套功能用房。本项目无新增建筑物，施工内容主要为 DSA 机房及其配套用房的防护改造和装修。

（1）水环境影响分析

施工人员产生的生活污水产量较小，经医院现有生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

（2）大气环境影响分析

本项目在施工期会产生扬尘、装修废气。本项目主要为室内改建，施工期产生的扬尘量较小，对项目周围大气环境影响较小；装修废气通过采用“环保型”油漆，加强通风或室内净化措施，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

（3）声环境影响分析

本项目施工期噪声源主要有施工机械和设备，由于本项目工程量小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，机械设备的使用较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。因此，本项目施工对周围声环境影响时间和强度均较小，但必须重视对施工期噪声的控制，特别是应减小噪声对医技楼内及周边的不利影响。

施工期间，施工机械、设备的噪声时起时停，针对施工期声环境影响，施工期噪声污染防治措施具体有：

（a）合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工。

（b）优先选择低噪音设备，日常应注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态。

经采取上述有效措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

（4）固体废物影响分析

本项目在施工期会产生建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾。建筑垃圾、装修垃圾

应定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

综上所述，本项目施工范围较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

11.1.2设备安装调试期间的环境影响分析

DSA 射线装置的安装调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1DSA 射线装置辐射环境影响分析

（1）理论预测环境影响分析

本项目新增的 DSA 装置拟建于医技楼 3 层 DSA 机房内，设备尚未投入使用，本报告对 DSA 机房周围辐射环境影响采用理论计算模式预测的方法进行影响分析。

根据医院提供资料，DSA设备参数与工况、机房防护情况如表11-1。

表11-1 本项目DSA设备参数与工况及防护情况

<table>
<tr><td colspan="2">设备</td><td colspan="3">DSA</td></tr>
<tr><td colspan="2">技术参数</td><td colspan="3">最大管电压 125kV/最大管电流 1000mA</td></tr>
<tr><td colspan="2">过滤材料</td><td colspan="3">2.5mmAl</td></tr>
<tr><td colspan="2">最大照射野</td><td colspan="3">100cm^2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">工况模式</td><td>减影</td><td>工况下
最大常用电压 100kV
最大常用电流 500mA</td><td rowspan="2">发射率常数</td><td>0.09mGy/mA·s</td></tr>
<tr><td>透视</td><td>工况下
最大常用电压 90kV
最大常用电流 15mA</td><td>0.075mGy/mA·s</td></tr>
<tr><td colspan="2">泄漏辐射源强</td><td colspan="3">离靶点 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过 1mGy/h</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">机房尺寸</td><td colspan="3">DSA 机房</td></tr>
<tr><td colspan="3">长 10.4m×宽 7.1m×高 3.6m</td></tr>
</table>

防护设施	顶棚	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料
	地坪	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料
	四侧墙体	轻钢龙骨板+4mm 铅板
	污物防护门和患者防护门	内衬3mm铅板
	工作人员防护门	内衬4mm铅板
	观察窗	20mm铅玻璃
	辅助防护设施	工作人员配备铅衣、铅围脖、铅眼镜等防护用品（0.5mmPb）、介入防护手套（0.025mmPb）；铅悬挂防护屏/铅防护吊帘（0.5mmPb）、床侧防护帘/床侧防护屏（0.5mmPb）
注：1.参考《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1，当 2.5mmAl 作为过滤材料时，得 100kV 电压下，发射率常数为 0.09 mGy/mA·s，90kV 电压下，发射率常数为 0.075mGy/mA·s； 2.参考国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过 1 mGy/h”。		

根据《辐射防护导论》射线装置距靶1m处的空气比释动能率，按公式11-1计算：

$$\dot{K} = I \cdot \delta_x \frac{r_0^2}{r^2}$$（式 11-1）

式中：

$\dot{K}$—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，mGy/min；

I—管电流（mA）；

δ_x—管电流为 1mA，距靶 1m 处的发射率常数，mGy/(mA·min)；

r_0=1m；

r—源至关注点的距离，m。

表 11-2 DSA 不同运行模式下距靶 1m 处空气比释动能率一览表

设备	运行模式	过滤材料厚度	距靶 1m 处的发射率常数（mGy/mA·s）	最大常用电压（kV）	最大常用电流（mA）	距靶 1m 处的空气比释动能率（μGy/h）
DSA	减影	2.5 mm Al	0.09	100	500	1.62E+08
	透视	2.5 mm Al	0.075	90	15	4.05E+06

取医生手术位、观察窗外 30cm 处、防护墙外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处、楼上离地 100cm 处、楼下距楼下地面 170cm 处为预测点位，预测点位见图 11-1 和表 11-3。

表11-3本项目DSA机房预测关注点位

预测点位		方位	距辐射源点（靶点）最近距离（m）
1#术者位	第一术者位（手部）	机房内	0.6（0.4）
	第二术者位	机房内	0.9
2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）		东侧	4.8
3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）		南侧	5.9
4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）		南侧	6.2
5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）		西侧	5.9
6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）		西侧	4.6
7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）		北侧	6.1
8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）		北侧	6.7
9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）		上方	4.6
10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）		下方	1.9
11#东南侧住院楼 1		东南侧	33
12#南侧门诊楼		南侧	30
13#西侧住院楼 2		西侧	30
14#北侧后勤楼		北侧	38
15#北侧求知路		北侧	48
注：11#12#13#14#15#与辐射源点（靶点）最近距离保守按与机房边界的最近距离考虑。			

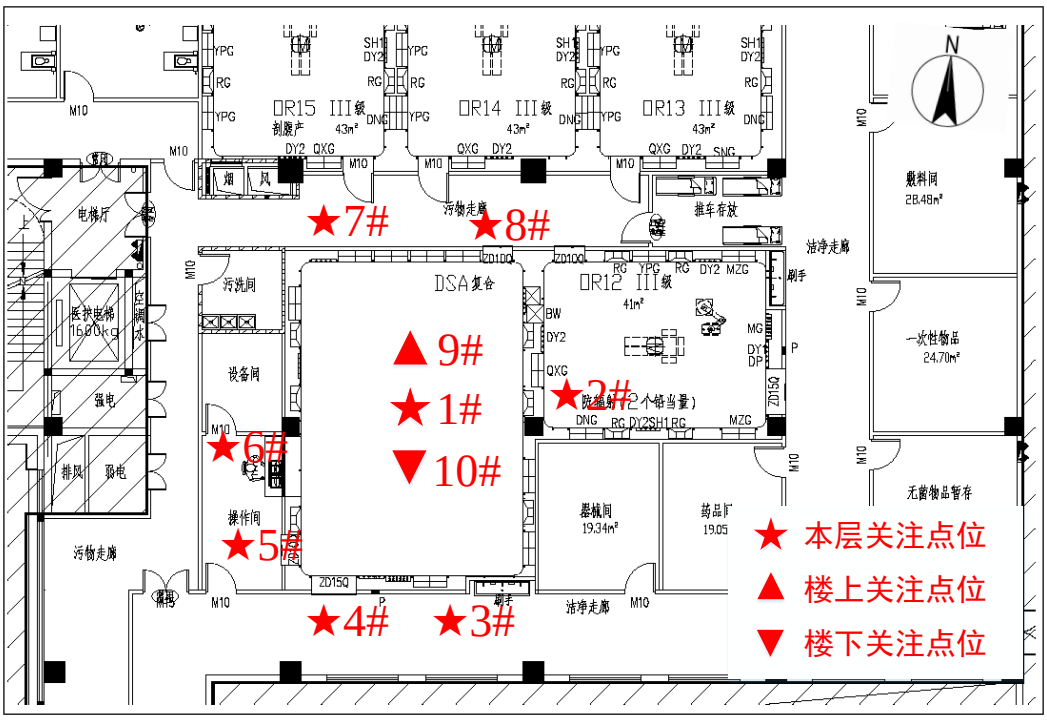

图 11-1 DSA 机房预测关注点位示意图（11#12#13#14#15#因距离较远关系未在图中标示）

DSA 图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用，NCRP147 号报告“Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities”4.1.6 节（Primary Barriers，P41~P45）及 5.1 节（Cardiac Angiography，P72）指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此，DSA 设备运行主要是泄漏和散射辐射对周围环境的影响。

①病人体表散射屏蔽估算

以下公式根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽）中公式（10.8）、（10.9）、（10.10）等公式演化而来。

$$H_S = \frac{H_0 \cdot a \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad \text{（式 11-2）}$$

式中：

H_S----预测点处的散射剂量率，μGy/h；

H_0----距靶 1m 处初级 X 射线束造成的空气比释动能率，μGy/h；

α----患者对 X 射线的散射比；根据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 查表取 0.0013；

s----散射面积，cm^2，取 $100cm^2$；

d_0----源与病人的距离，m，取 0.7m；

d_S----病人与预测点的距离，m；

B----屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C中公式和参数计算，公式计算同式10-1。其中：α、β、γ——屏蔽材料对100kV（散射）、90kV管电压X射线泄漏辐射衰减的有关的三个拟合参数，具体见表11-3。

表 11-3 铅对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	铅		
	α	β	γ
100kV (主束)	2.5	15.28	0.7557
100kV (散射)	2.507	15.33	0.9124
90kV	3.067	18.83	0.7726

散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果列表见表11-4、表11-5。

表 11-4 100kV 减影工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
2#东侧防护墙外30cm 处（12 号手术室）	轻钢龙骨板+4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
3#南侧防护墙外30cm 处（洁净走廊）	轻钢龙骨板+4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
4#南侧防护门外30cm 处（洁净走廊）	3mm 铅板	3mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31E-05
5#西侧防护门外30cm 处（操作间）	4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
6#西侧观察窗外30cm 处（操作间）	20mm 铅玻璃	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
7#北侧防护墙外30cm 处（污物走廊）	轻钢龙骨板+4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
8#北侧防护门外30cm 处（污物走廊）	3mm 铅板	3mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31E-05
9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料	5.44mmPb	2.507	15.33	0.9124	1.39E-07
10#楼下距楼下地面170 cm（彩超室等）	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料	5.89mmPb	2.507	15.33	0.9124	4.50E-08
11#东南侧住院楼 1	3mm 铅板	3mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31E-05
12#南侧门诊楼	3mm 铅板	3mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31E-05
13#西侧住院楼 2	4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
14#北侧后勤楼	3mm 铅板	3mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31E-05
15#北侧求知路	3mm 铅板	3mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31E-05

表 11-5 90kV 透视工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
1#第一术者位（身体铅衣内）	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1#第一术者位（身体铅衣外）	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
1#第一术者位（手部）	0.025mmPb 铅手套+0.5mmPb 防护帘	0.525 mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.27E-02
1#第二术者位（身体铅衣内）	0.5mm 铅衣+0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1#第二术者位（身体铅衣外）	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）	轻钢龙骨板+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07

3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	轻钢龙骨板+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06
5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）	4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）	20mm 铅玻璃	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）	轻钢龙骨板+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06
9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料	5.44mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.46E-09
10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料	5.89mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.12E-09
11#东南侧住院楼 1	3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06
12#南侧门诊楼	3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06
13#西侧住院楼 2	4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
14#北侧后勤楼	3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06
15#北侧求知路	3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06

各预测点位散射辐射剂量计算参数及结果见下表11-6。

表 11-6 各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	H_0	α	s	d_0	d_S	B	H_S
		μGy/h	/	cm^2	m	m	/	μGy/h
减影	2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）	1.62E+08	0.0013	100	0.7	4.8	5.14E-06	2.40E-02
	3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	1.62E+08	0.0013	100	0.7	5.9	5.14E-06	1.59E-02
	4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	1.62E+08	0.0013	100	0.7	6.2	6.31E-05	1.76E-01
	5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）	1.62E+08	0.0013	100	0.7	5.9	5.14E-06	1.59E-02
	6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）	1.62E+08	0.0013	100	0.7	4.6	5.14E-06	2.61E-02
	7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）	1.62E+08	0.0013	100	0.7	6.1	5.14E-06	1.48E-02
	8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	1.62E+08	0.0013	100	0.7	6.7	6.31E-05	1.51E-01

	9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	1.62E+08	0.0013	100	0.7	4.6	1.39E-07	7.06E-04
	10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）	1.62E+08	0.0013	100	0.7	1.9	4.50E-08	1.34E-03
	11#东南侧住院楼 1	1.62E+08	0.0013	100	0.7	33	6.31E-05	6.23E-03
	12#南侧门诊楼	1.62E+08	0.0013	100	0.7	30	6.31E-05	7.53E-03
	13#西侧住院楼 2	1.62E+08	0.0013	100	0.7	30	5.14E-06	6.14E-04
	14#北侧后勤楼	1.62E+08	0.0013	100	0.7	38	6.31E-05	4.70E-03
	15#北侧求知路	1.62E+08	0.0013	100	0.7	48	6.31E-05	2.94E-03
透视	1#第一术者位（身体铅衣内）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.6	4.08E-03	30.44
	1#第一术者位（身体铅衣外）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.6	2.52E-02	188.04
	1#第一术者位（手部）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.4	2.27E-02	381.11
	1#第二术者位（身体铅衣内）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.9	4.08E-03	13.53
	1#第二术者位（身体铅衣外）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.9	2.52E-02	83.56
	2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	4.8	3.69E-07	4.30E-05
	3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	5.9	3.69E-07	2.85E-05
	4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	6.2	7.93E-06	5.54E-04
	5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	5.9	3.69E-07	2.85E-05
	6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	4.6	3.69E-07	4.68E-05
	7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	6.1	3.69E-07	2.66E-05
	8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	6.7	7.93E-06	4.75E-04
	9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	4.6	4.46E-09	5.66E-07
	10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）	4.05E+06	0.0013	100	0.7	1.9	1.12E-09	8.33E-07
	11#东南侧住院楼 1	4.05E+06	0.0013	100	0.7	33	7.93E-06	1.96E-05

	12#南侧门诊楼	4.05E+06	0.0013	100	0.7	30	7.93E-06	2.37E-05
	13#西侧住院楼 2	4.05E+06	0.0013	100	0.7	30	3.69E-07	1.10E-06
	14#北侧后勤楼	4.05E+06	0.0013	100	0.7	38	7.93E-06	1.48E-05
	15#北侧求知路	4.05E+06	0.0013	100	0.7	48	7.93E-06	9.25E-06

②泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用式 11-3 进行计算。

$$H_L = \frac{H_0 \cdot B}{d^2} \quad \text{（式 11-3）}$$

式中：

H_L—预测点处的泄漏辐射剂量率，μGy/h；

H_0—距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率，μGy/h，本项目取 1mGy/h；

d—靶点距关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中公式和参数计算，公式计算同式 10-1。

泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表 11-7、表 11-8。

表 11-7 100kV 减影工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）	轻钢龙骨板+4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	轻钢龙骨板+4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	3mm 铅板	3mmPb	2.5	15.28	0.7557	4.14E-05
5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）	4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）	20mm 铅玻璃	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）	轻钢龙骨板+4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	3mm 铅板	3mmPb	2.5	15.28	0.7557	4.14E-05
9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料	5.44mmPb	2.5	15.28	0.7557	9.25E-08
10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料	5.89mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.00E-08
11#东南侧住院楼 1	3mm 铅板	3mmPb	2.5	15.28	0.7557	4.14E-05

12#南侧门诊楼	3mm 铅板	3mmPb	2.5	15.28	0.7557	4.14E-05
13#西侧住院楼 2	4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
14#北侧后勤楼	3mm 铅板	3mmPb	2.5	15.28	0.7557	4.14E-05
15#北侧求知路	3mm 铅板	3mmPb	2.5	15.28	0.7557	4.14E-05

表 11-8 90kV 透视工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
1#第一术者位（身体铅衣内）	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1#第一术者位（身体铅衣外）	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
1#第一术者位（手部）	0.025mmPb 铅手套+0.5mmPb 防护帘	0.525 mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.27E-02
1#第二术者位（身体铅衣内）	0.5mm 铅衣+0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1#第二术者位（身体铅衣外）	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）	轻钢龙骨板+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	轻钢龙骨板+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06
5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）	4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）	20mm 铅玻璃	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）	轻钢龙骨板+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06
9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料	5.44mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.46E-09
10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）	12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料	5.89mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.12E-09
11#东南侧住院楼 1	3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06
12#南侧门诊楼	3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06
13#西侧住院楼 2	4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
14#北侧后勤楼	3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06
15#北侧求知路	3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06

各预测点位泄漏辐射剂量计算参数及结果见下表11-9。

表 11-9 各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	H_0	d	B	H_L
		μGy/h	m	/	μGy/h
减影	2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）	1000	4.8	5.14E-06	1.47E-04
	3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	1000	5.9	5.14E-06	9.73E-05
	4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	1000	6.2	6.31E-05	1.08E-03
	5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）	1000	5.9	5.14E-06	9.73E-05
	6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）	1000	4.6	5.14E-06	1.60E-04
	7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）	1000	6.1	5.14E-06	9.10E-05
	8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	1000	6.7	6.31E-05	9.22E-04
	9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	1000	4.6	1.39E-07	4.37E-06
	10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）	1000	1.9	4.50E-08	8.32E-06
	11#东南侧住院楼 1	1000	33	6.31E-05	3.80E-05
	12#南侧门诊楼	1000	30	6.31E-05	4.60E-05
	13#西侧住院楼 2	1000	30	5.14E-06	3.76E-06
	14#北侧后勤楼	1000	38	6.31E-05	2.87E-05
	15#北侧求知路	1000	48	6.31E-05	1.80E-05
透视	1#第一术者位（身体铅衣内）	1000	0.6	4.08E-03	11.33
	1#第一术者位（身体铅衣外）	1000	0.6	2.52E-02	70.00
	1#第一术者位（手部）	1000	0.4	2.27E-02	141.88
	1#第二术者位（身体铅衣内）	1000	0.9	4.08E-03	5.04
	1#第二术者位（身体铅衣外）	1000	0.9	2.52E-02	31.11
	2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）	1000	4.8	3.69E-07	1.60E-05
	3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	1000	5.9	3.69E-07	1.06E-05
	4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	1000	6.2	7.93E-06	2.06E-04
	5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）	1000	5.9	3.69E-07	1.06E-05
	6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）	1000	4.6	3.69E-07	1.74E-05
	7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）	1000	6.1	3.69E-07	9.92E-06
	8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	1000	6.7	7.93E-06	1.77E-04
	9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	1000	4.6	4.46E-09	2.11E-07
	10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）	1000	1.9	1.12E-09	3.10E-07
	11#东南侧住院楼 1	1000	33	7.93E-06	7.28E-06
	12#南侧门诊楼	1000	30	7.93E-06	8.81E-06
	13#西侧住院楼 2	1000	30	3.69E-07	4.10E-07

	14#北侧后勤楼	1000	38	7.93E-06	5.49E-06
	15#北侧求知路	1000	48	7.93E-06	3.44E-06

③漏射和散射总辐射剂量率估算

根据表 11-6 和表 11-9 的计算结果，将各个预测点的总辐射剂量率统计于下表 11-10。

表11-10 各个预测点的总辐射剂量率

场所	工作模式	关注点位置描述	散射辐射剂量率	泄漏辐射剂量率	总辐射剂量率
			μGy/h	μGy/h	μGy/h
DSA机房	减影	2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）	2.40E-02	1.47E-04	2.41E-02
		3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	1.59E-02	9.73E-05	1.60E-02
		4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	1.76E-01	1.08E-03	1.77E-01
		5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）	1.59E-02	9.73E-05	1.60E-02
		6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）	2.61E-02	1.60E-04	2.63E-02
		7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）	1.48E-02	9.10E-05	1.49E-02
		8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	1.51E-01	9.22E-04	1.52E-01
		9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	7.06E-04	4.37E-06	7.10E-04
		10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）	1.34E-03	8.32E-06	1.35E-03
		11#东南侧住院楼 1	6.23E-03	3.80E-05	6.26E-03
		12#南侧门诊楼	7.53E-03	4.60E-05	7.58E-03
		13#西侧住院楼 2	6.14E-04	3.76E-06	6.17E-04
		14#北侧后勤楼	4.70E-03	2.87E-05	4.72E-03
		15#北侧求知路	2.94E-03	1.80E-05	2.96E-03
	透视	1#第一术者位（身体铅衣内）	30.44	11.33	41.8
		1#第一术者位（身体铅衣外）	188.04	70.00	258.0
		1#第一术者位（手部）	381.11	141.88	523.0
		1#第二术者位（身体铅衣内）	13.53	5.04	18.6
		1#第二术者位（身体铅衣外）	83.57	31.11	114.7
		2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）	4.30E-05	1.60E-05	5.90E-05
		3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	2.85E-05	1.06E-05	3.91E-05

		4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	5.54E-04	2.06E-04	7.60E-04
		5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）	2.85E-05	1.06E-05	3.91E-05
		6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）	4.68E-05	1.74E-05	6.43E-05
		7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）	2.66E-05	9.92E-06	3.66E-05
		8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	4.75E-04	1.77E-04	6.51E-04
		9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	5.66E-07	2.11E-07	7.77E-07
		10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）	8.33E-07	3.10E-07	1.14E-06
		11#东南侧住院楼 1	1.96E-05	7.28E-06	2.68E-05
		12#南侧门诊楼	2.37E-05	8.81E-06	3.25E-05
		13#西侧住院楼 2	1.10E-06	4.10E-07	1.51E-06
		14#北侧后勤楼	1.48E-05	5.49E-06	2.02E-05
		15#北侧求知路	9.25E-06	3.44E-06	1.27E-05

由表 11-10 计算结果可知，透视工况下，第一术者位（铅衣内）总辐射剂量率为 41.8μGy/h，第一术者位（铅衣外）总辐射剂量率为 258.0μGy/h，第一术者位（手部）总辐射剂量率为 523.0μGy/h，第二术者位（铅衣内）总辐射剂量率为 18.6μGy/h，第二术者位（铅衣外）总辐射剂量率为 114.7μGy/h。

减影工况下，操作间的辐射剂量率最大为 2.63E-02μGy/h，机房外辐射剂量率最大为 1.77E-01μGy/h；透视工况下，操作间的辐射剂量率为 6.43E-05μGy/h，机房外辐射剂量率最大 7.60E-04μGy/h。

故该项目 DSA 在正常运行情况下，机房外操作间、四周防护墙外、楼上、楼下及防护门外的辐射剂量率均不大于 2.5μSv/h，能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中相关规定的要求（剂量换算系数，Sv/Gy 取 1）。

（2）工作人员及公众个人剂量估算

DSA减影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均回到操作间进行操作，DSA透视曝光时，医师和护士在手术间内近台操作，技师在操作间进行操作，因此，该项目主要考虑透视模式下近台操作医师和护士的受照剂量（减影模式下近台操作医师和护士的受照剂量按照操作间内最大受照剂量考虑）。

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000年报告附录A公式以及居留因子的选取，对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot l \cdot 10^{-3}$$ （式 11-4）

式中：H_1—X射线外照射有效剂量当量，mSv；

H_0—X射线束造成的空气比释动能率，μGy/h；

T—居留因子

t—X射线年照射时间，h/a；

l—剂量换算系数，Sv/Gy 取 1。

本项目的居留因子参照《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121—2020）选取，具体数值见表 11-11。

表 11-11 居留因子的选取

场所	居留因子（T）		停留位置
	典型值	范围	
全停留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗操作间、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
部分停留	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
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8：各治疗室房门 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：仅有来往行人车辆的户外区域、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

计算结果详见表11-12。

表11-12 职业人员及公众年有效剂量估算结果

场所	工作模式	关注点位置描述	总辐射剂量率 H_0	年工作时间 t	居留因子 T	年有效剂量 H_1	涉及人员类型
			μGy/h	h	/	mSv	
DSA机房	减影	2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）	2.41E-02	16.7	1/2	2.01E-04	公众人员
		3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	1.60E-02	16.7	1/4	6.66E-05	公众人员
		4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	1.77E-01	16.7	1/4	7.41E-04	公众人员
		5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）	1.60E-02	4.17	1	6.66E-05	职业人员
		6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）	2.63E-02	4.17	1	1.10E-04	职业人员
		7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）	1.49E-02	16.7	1/4	6.23E-05	公众人员
		8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	1.52E-01	16.7	1/4	6.34E-04	公众人员

		9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	7.10E-04	16.7	1	1.19E-05	公众人员
		10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）	1.35E-03	16.7	1	2.25E-05	公众人员
		11#东南侧住院楼 1	6.26E-03	16.7	1	1.05E-04	公众人员
		12#南侧门诊楼	7.58E-03	16.7	1	1.27E-04	公众人员
		13#西侧住院楼 2	6.17E-04	16.7	1	1.03E-05	公众人员
		14#北侧后勤楼	4.72E-03	16.7	1	7.89E-05	公众人员
		15#北侧求知路	2.96E-03	16.7	1/4	1.24E-05	公众人员
	透视	1#第一术者位（身体铅衣内）	41.8	66.67	1	2.79	职业人员
		1#第一术者位（身体铅衣外）	258.0	66.67	1	17.2	职业人员
		1#第二术者位（身体铅衣内）	18.6	66.67	1	1.24	职业人员
		1#第二术者位（身体铅衣外）	114.7	66.67	1	7.65	职业人员
		2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）	5.90E-05	333.3	1/2	9.84E-06	公众人员
		3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	3.91E-05	333.3	1/4	3.26E-06	公众人员
		4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	7.60E-04	333.3	1/4	6.34E-05	公众人员
		5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）	3.91E-05	83.33	1	3.26E-06	职业人员
		6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）	6.43E-05	83.33	1	5.36E-06	职业人员
		7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）	3.66E-05	333.3	1/4	3.05E-06	公众人员
		8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	6.51E-04	333.3	1/4	5.43E-05	公众人员
		9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	7.77E-07	333.3	1	2.59E-07	公众人员
		10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）	1.14E-06	333.3	1	3.81E-07	公众人员
		11#东南侧住院楼 1	2.68E-05	333.3	1	8.95E-06	公众人员
		12#南侧门诊楼	3.25E-05	333.3	1	1.08E-05	公众人员
		13#西侧住院楼 2	1.51E-06	333.3	1	5.04E-07	公众人员
		14#北侧后勤楼	2.02E-05	333.3	1	6.75E-06	公众人员
		15#北侧求知路	1.27E-05	333.3	1/4	1.06E-06	公众人员

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中对于介入放射工作人员穿戴铅围裙估算有效剂量的计算方法，采用公式 11-5 进行估算。

$$E=\alpha H_u+\beta H_o \quad (11\text{-}5)$$

式中：

E——有效剂量中的外照射分量，单位：mSv；

α——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79；

β——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051；

H_u——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 Hp（10），单位：mSv；

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 Hp（10），单位：mSv。

由表 11-12 可知，第一术者位（身体铅衣内）年有效剂量为 2.79mSv，第一术者位（身体铅衣外）年有效剂量为 17.2mSv，第二术者位（身体铅衣内）年有效剂量为 1.24mSv，第二术者位（身体铅衣外）年有效剂量为 7.65mSv，则由式 11-5 计算可知，第一手术位（身体）的受照的年有效剂量为 3.08mSv，第二手术位（身体）的受照的年有效剂量为 1.37mSv。

各预测点位年有效剂量估算结果汇总于表11-13。

表11-13 职业人员及公众年有效剂量估算结果

场所	关注点位置描述	减影	透视	年有效剂量	人员类型
		mSv	mSv	mSv	
DSA 机房	1#第一术者位	1.10E-04*	3.08	3.08	职业人员
	1#第二术者位	1.10E-04*	1.37	1.37	职业人员
	2#东侧防护墙外 30cm 处（12 号手术室）	2.01E-04	9.84E-06	2.11E-04	公众人员
	3#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	6.66E-05	3.26E-06	6.99E-05	公众人员
	4#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	7.41E-04	6.34E-05	8.04E-04	公众人员
	5#西侧防护门外 30cm 处（操作间）	6.66E-05	3.26E-06	6.99E-05	职业人员
	6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）	1.10E-04	5.36E-06	1.15E-04	职业人员
	7#北侧防护墙外 30cm 处（污物走廊）	6.23E-05	3.05E-06	6.54E-05	公众人员
	8#北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	6.34E-04	5.43E-05	6.89E-04	公众人员
	9#楼上离地 100cm 处（医生办公室等）	1.19E-05	2.59E-07	1.21E-05	公众人员
	10#楼下距楼下地面 170 cm（彩超室等）	2.25E-05	3.81E-07	2.29E-05	公众人员
	11#东南侧住院楼 1	1.05E-04	8.95E-06	1.14E-04	公众人员
	12#南侧门诊楼	1.27E-04	1.08E-05	1.37E-04	公众人员

	13#西侧住院楼 2	1.03E-05	5.04E-07	1.08E-05	公众人员
	14#北侧后勤楼	7.89E-05	6.75E-06	8.56E-05	公众人员
	15#北侧求知路	1.24E-05	1.06E-06	1.34E-05	公众人员
*注：减影模式下，手术医护人员退出介入机房，进入操作间，因此减影模式下需考虑手术医护人员在操作间内的受照剂量，受照剂量取西侧操作间内最大值，即 6#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）。					

手术医生在 DSA 机房内进行介入手术时，会穿铅衣、戴铅眼镜、铅围脖等防护用品，但是仍然有部分佩服暴露在射线下受到照射，在手术过程中，手术医生手部距离射线最近。因在不考虑其它屏蔽因素的情况下，X 射线辐射剂量率随关注点与辐射源点之间距离的增加呈现衰减趋势，故以手术医生手部剂量估算结果进行核算医护人员皮肤照射年当量剂量的估算。

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），有辐射场空气比释动能率信息时，皮肤吸收剂量用下式进行估算：

$$D_S = C_{KS}(\dot{k} \bullet t) \bullet 10^{-3} \quad （11\text{-}6）$$

$$H = D_S \cdot W_R \quad （11\text{-}7）$$

式中：

D_S：皮肤吸收剂量（mGy）；

C_{kS}：空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数（Gy/Gy）；

$\dot{k}$：X-γ 辐射场的空气比释动能率（μGy/h）；

t：人员累积受照时间，h，；

H：关注点的当量剂量，mSv；

W_R：辐射权重因数，X 射线取 1。

由表 11-10 可知，DSA 机房内手术医生在透视工况下手部所受的最大空气比释动能率为 523.0μGy/h。本项目 DSA 可近似视为垂直入射，而且是 AP 入射方式，从《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表 A.4 和表 A.5 可查得，90kV 电压下空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数 C_{ks} 最大为 1.156mGy/mGy（由于无 90kV 电压下数据，按两表 80kV、100kV 中的最大值考虑），手术医生累积年受照时间为 66.67h。根据式 11-6 和 11-7 计算得手术医生手部皮肤受到的当量剂量为 40.3mSv/a。

由上述计算可知：本项目 DSA 在正常运行时，机房内医生、机房内护士和技师

受照的最大有效剂量分别为 3.08mSv/a、1.37mSv/a 和 5.36E-06mSv/a，满足本项目辐射工作人员年有效剂量不高于 5mSv 的年剂量约束值要求；医生手部的年当量剂量为 40.3mSv，满足本项目辐射工作人员手部当量剂量不高于 125mSv 的年当量剂量约束值要求。DSA 机房周围公众人员受照的有效剂量最大为 8.04E-04mSv/a，满足本项目公众人员年有效剂量不高于 0.1mSv 的年剂量约束值要求。

由此说明，本项目 DSA 机房的防护设计满足要求，其正常运行后产生的辐射影响均低于本环评要求的年剂量约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。上述估算仅是理论推算，实际应用时，工作人员的受照剂量应以佩戴的个人剂量剂检测结果为准。

11.2.2 臭氧和氮氧化物影响分析

本项目 DSA 射线装置在曝光过程中，会有少量臭氧和氮氧化物产生。本项目 DSA 机房设置动力通风装置进行通排风，排风量为 1200m^3/h。本项目辐射场所内产生的臭氧和氮氧化物经机房内的排风口进入排风管道，到达医技楼三层西侧排风百叶窗口，最终从医技楼三层西侧立面排放。DSA 机房内空气中氧受 X 射线电离而产生臭氧，臭氧其产率和浓度可用下面公式分别计算。

$$Qo=6.5\times10^{-3}G\cdot So\cdot R\cdot g \quad （式 11-6）$$

式中：

Qo—臭氧产率 mg/h；

G—射束在距离源点 1m 处的剂量率 Gy.m^2/h，由表 11-2 可知，本项目透视工况下距靶 1m 处的空气比释动能率为 4.05E+06μGy.m^2/h，即 4.05Gy.m^2/h；

So—射束在距离源点 1m 处的照射面积 m^2，取（最大射野 10×10cm^2）0.01m^2；

R—射束径迹长度 m，取 1m；

g—空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O^3 的分子数，本项目取 10。

由式 11-6 计算可知，臭氧产率为 2.63E-03mg/h。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C=QoTv/V \quad （式 11-7）$$

式中：

C—室内臭氧浓度，mg/m^3；

Qo—臭氧产率 mg/h；

Tv—臭气有效清除时间，h；

V—治疗室空间体积，本项目 DSA 机房体积约为 266m^3。

$$Tv = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a}$$

式中：

t_v—每次换气间，0.25h；

t_α—臭氧分解时间，取值为 0.83h。

DSA 机房拟采用动力通风装置进行通排风，排风量为 1200m^3/h，根据计算每小时换气约 4.5 次，保守考虑按每小时换气 4 次计算，本项目 DSA 机房内臭气平衡浓度为 1.90E-06mg/m^3，满足臭氧室内浓度限值《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中“臭氧最高容许浓度 0.3mg/m^3”的要求。机房内产生的臭氧通过动力通风装置排放，其浓度远低于大气环境质量标准中臭氧浓度限值（《环境空气质量标准》(GB3095-2012)，二级浓度限值（1h 平均）为 0.2mg/m^3），且在会自行分解，在外界太阳光照射条件下加速分解，基本不会对周围大气环境产生影响。而氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，对周围环境的影响更小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射事故类型

根据污染源分析，射线装置主要环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射，射线装置只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源便不会再有射线产生。

本项目可能发生的辐射事故类型如下：

（1）装置在运行时，由于安全联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；

（2）工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射；

（3）工作人员误操作，在没有关闭防护门的情况下，进行 DSA 出束操作，对门外人员造成误照射。

11.3.2 事故防范措施

（1）制定经常性自检制度，对门-灯联锁、监视器、工作状态指示灯、电离辐射警告标志灯等防护设施进行经常性检查，如发现这些防护设施不够完善或失灵，立即维护、修复；

（2）制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，减少意外照射事故的发生；

（3）医务人员必须严格按照 X 射线装置操作程序进行诊断，确定机房内工作人员及病人家属均离开机房后方可开机，以避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射；

（4）医护人员进行DSA手术前，一定要配置铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等防护物品佩戴个人剂量计后方可进行手术作业；

（5）项目应严格遵循所用辐射设备的安全使用年限，避免机械故障造成辐射事故，严禁超期使用；

（6）严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如验收监测及年度监测结果表明外墙、防护门缝隙、观察窗、孔洞等处辐射水平偏高时，应立即停机，查明原因并优化屏蔽设计和施工，未整改到位前，设备不得开机。

（7）制定辐射事故应急预案，并定期进行演练；发现问题，及时进行整改。

11.3.3 辐射事故应急处理及报告

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，采取应急措施，并在两小时内填写初始报告，向当地生态环境主管部门报告。若造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

一旦发生辐射事故，应按以下基本原则进行处理：

（1）第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

（2）及时检查、估算受照人员的受照剂量，根据估算结果，必要时及时安置受照人员就医检查。

（3）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。

（4）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。

医院在落实本次环评提出的环境事故风险防范措施，并落实辐射事故应急预案中提出的各项应急措施和设施的前提下，本项目辐射事故影响可控制在可接受水平内。

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》相关要求，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，且至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院成立了辐射防护安全管理委员会，全面负责医院的辐射安全管理工作及相关工作，见附件 7。该辐射安全与环境保护管理机构的基本组成涵盖射线装置的管理与使用等相关部门，明确了组成人员及相关职责，故建设单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足辐射管理工作的要求。运行过程中应根据人事变动及时更新。

12.1.2 辐射工作人员管理

（1）职业健康检查情况

本项目 24 名新增辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，建立职业健康档案，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

（2）辐射工作人员培训

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）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。根据《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号），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。考核成绩有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。核技术利用单位应妥善留存本单位相关辐射工作人员自行考核记录。

另根据《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》（浙环函［2019］248 号），各单位对辐射工作人员的辐射安全与防护培训或放射诊疗培训互相认可。

本项目 DSA 为II类射线装置，医院应组织本项目的辐射工作人员在生态环境部培训平台报名参加相应类别的核技术利用辐射安全与防护培训学习，报名参加相应类别的考核或参加衢州市卫生监督所或者浙江省卫生监督协会组织的放射防护知识培训，考核合格后方可上岗，并按时再培训。

（3）个人剂量检测

本项目辐射工作人员均为新增辐射工作人员，医院应为本项目的辐射工作人员配备个人剂量计，根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），建议为参与同室介入诊疗的辐射工作人员配备双剂量计，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。同时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，正确佩戴使用个人剂量计。定期（最长不得超过 3 个月）送检，建立个人剂量监测档案。

医院应做到以下几个方面：

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人监测档案应终生保存。建设单位应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量监测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

12.1.3年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，辐射工作单位应当编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，于每年 1 月 31 日前报发证机关。医院年度评估报告包括：射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，医院已按照要求执行年度评估。

本项目正式开展后，医院应将本项目 DSA 纳入现有年度评估报告，按规定时间报发证机关。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1原有辐射防护工作管理制度情况

根据医院提供的辐射防护工作管理制度，医院已制定的辐射防护工作制度有：《放射科各类人员职责》、《放射科设备维修保养制度》、《放射诊疗设备管理制度》、《医学装备辐射安全与防护管理制度》、《介入放射诊疗辐射防护制度》、《放射安全事件应急预案》等规章制度。

医院已制定的辐射防护相关环境管理办法与制度，内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

12.2.2 医院应补充的辐射防护工作管理制度

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》等法律法规要求，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、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，完善的辐射应急措施，还应制定质量保证大纲”。

本项目新增 1 台 DSA，用于开展影像诊断和介入治疗，医院应完善和补充以下制度：

（1）操作规程：针对新增的DSA，医院应制定相应的操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及操作程序等，重点是工作时必须佩戴个人剂量计。

（2）岗位职责：针对新增的DSA，医院应明确辐射管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

（3）质量保证大纲：制定相应的质量保证大纲，明确放射诊断和介入治疗过程中的质量保证。

建设单位在按照环评要求对制度、人员、场所、设施等进行补充完善后，项目符合辐射安全及环境保护要求。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，医院已配备 1 台 X-γ 辐射剂量率巡检仪，每个辐射工作人员均配备个人剂量计，并建立个人剂量档案。

12.3.2 监测计划

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，医院应按国家相关规范对辐射工作场所进行监测。医院应委托有资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测，监测数据每年年底须向生态环境部门上报备案。监测点位可以参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 B 中 B.2.1。

表12-1 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	本项目DSA机房	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行	防护门外、门缝、观察窗、操作间操作位、各侧屏蔽墙外30cm处、顶棚100cm处，楼下170cm处、管线洞口及周围需要关注的监督区	委托监测
日常监测	本项目DSA机房	周围剂量当量率	1次/季度	按照国家规定进行		自行监测
验收监测	本项目DSA机房	周围剂量当量率	项目完成3个月内	按照国家规定进行		委托监测
个人剂量检测	/	个人剂量	不超过3个月	个人剂量计	所有辐射工作人员	委托监测

建设单位制定了辐射监测计划，并将每次监测结果记录存档备查。

12.4 环保竣工验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、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成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可

投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.5 辐射事故应急

12.5.1 应急预案的要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

（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。

医院已制定《放射安全事件应急预案》（见附件 9），内容包括：应急机构和职责分工、应急人员的组织、辐射事故应急措施和处理程序等，该应急预案除缺少应急事故分级、辐射事故的调查和报告、应急联系电话、应急人员的培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备等相关内容外，其他内容基本能满足本项目应急需要。

经核实，医院未发生过辐射事故。医院应当根据以上要求，完善应急预案相关内容，在今后预案实施过程中，应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。

12.5.2 辐射事故上报的要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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，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》，向当地生态环境主管部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向当地卫生行政部门报告。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1项目概况

本项目位于浙江省衢州市衢江区信安大道 338 号，衢州市第二人民医院本部，拟将医技楼（地上 4 层，地下 2 层）3 层 11 号手术室及其西侧机房，改建成 1 间 DSA 机房及其配套功能用房，并新购 1 台 DSA，DSA 装置型号为飞利浦 Azurion 7M20，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属于II类射线装置，用于影像诊断和介入治疗。

13.1.2辐射安全与防护分析结论

（1）辐射安全防护措施结论

本项目 DSA 机房四侧墙体为轻钢龙骨板+4mm 铅板，顶棚为 12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料，地坪为 12cm 混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料，污物防护门和患者防护门为内衬 3mm 铅板，工作人员防护门为内衬 4mm 铅板，观察窗为 20mm 铅玻璃，屏蔽厚度满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

DSA 机房控制台拟张贴相应的各项规章制度、操作规程。DSA 机房门外拟设电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯，灯箱处拟设警示语句；DSA 设有急停开关、工作状态指示灯与机房门联锁等安全设施。

DSA 机房拟配备相应的防护用品与辅助防护设施，其配置要求需按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求进行配制。

（2）辐射安全管理结论

医院已成立辐射安全管理委员会，负责辐射安全与环境保护管理工作；该院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

医院现有辐射工作人员均已参加衢州市卫生监督所或者浙江省卫生监督协会组织的放射防护知识培训并考核合格，且在有效期内。医院将组织辐射工作人员定期再培训。医院已对现有辐射工作人员进行了职业健康监护和个人剂量监测，并建立了个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

13.1.3环境影响分析结论

（1）根据理论计算分析，DSA 机房四周屏蔽墙体、地面、顶棚、地板及观察窗外辐射剂量率均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求的 X 射线设备机房屏蔽体外表面 30cm 处的辐射剂量率不大于 2.5μSv/h 的要求。

（2）经计算，本项目 DSA 机房内职业人员和周围工作人员、公众可能受到的最大年有效剂量均满足本次评价提出的 5mSv 和 0.1mSv 的年剂量约束值的要求，手术医生手术位手部皮肤受到的年当量剂量满足本次评价提出的 125mSv 的手部年当量剂量约束值。

（3）本项目 DSA 机房设置动力通风装置，能够保证机房内良好的通风效果，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对 X 射线设备工作场所的通风要求。本项目没有放射性废气、废水和固废。

13.1.4可行性分析结论

（1）产业政策符合性分析

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修订）中第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、**数字化医学影像设备**，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，属于鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

（2）实践正当性分析

医院实施本项目，目的在于开展放射诊疗工作，最终是为了治病救人，在项目运行时采取了相应的屏蔽、个人防护和辐射安全管理等措施，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）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

综上所述，衢州市第二人民医院一台 DSA 核技术利用项目的建设符合产业政策、实践正当性，在落实本报告提出的各项辐射管理、辐射防护措施后，其对周围环境和人员的影响能够满足辐射环境保护相关标准的要求，因此从环境保护和辐射安全角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

医院应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）医院承诺本项目环评审批后，及时重新申领辐射安全许可证。

（2）医院承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、辐射安全许可制度，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）的要求自行验收，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

（3）医院承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。加强对辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。

（4）医院承诺加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

（5）医院承诺制定完善各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。按照应急预案处理和上报辐射事故，并及时将应急预案向生态环境主管部门备案。

（6）医院承诺严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：