

编号：ZFHK-FB22220159

核技术利用建设项目

温州市中西医结合医院

DSA射线装置建设项目

环境影响报告表

(报批稿)

温州市中西医结合医院

2023年2月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

温州市中西医结合医院

DSA射线装置建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：温州市中西医结合医院

建设单位法人代表（签名或签章）：沈淑蓉

通讯地址：浙江省温州市鹿城区锦绣路 75 号

邮政编码：325000

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目 录

表 1 项目基本情况.....	I
表 2 放射源.....	14
表 3 非密封放射性物质.....	12
表 4 射线装置.....	15
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	16
表 6 评价依据.....	17
表 7 保护目标与评价标准.....	19
表 8 环境质量和辐射现状.....	24
表 9 项目工程分析与源项.....	28
表 10 辐射安全与防护.....	34
表 11 环境影响分析.....	42
表 12 辐射安全管理.....	63
表 13 结论与建议.....	68
表 14 审批.....	71

附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 医院周边环境关系示意图
- 附图 3 医院总平面布局图及 50m 评价范围图
- 附图 4 本项目 DSA 机房上方位置图（手术室的前室）
- 附图 5 本项目 DSA 机房下方位置图（大厅）
- 附图 6 温州市区环境管控单元分类图
- 附图 7 温州市生态保护红线图
- 附图 8 本项目 DSA 机房周围环境现状照片
- 附图 9 项目负责人现场踏勘照片

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 现有核技术利用项目环评批复和竣工验收批复
- 附件 5 环境本底监测报告
- 附件 6 辐射安全与防护管理委员会成立文件
- 附件 7 辐射安全与防护管理制度
- 附件 8 医院现有辐射工作人员个人剂量报告
- 附件 9 医院现有辐射工作人员培训情况
- 附件 10 医院放射事故应急处理预案
- 附件 11 原有 DSA 检测报告
- 附件 12 专家意见及修改说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		温州市中西医结合医院 DSA 射线装置建设项目				
建设单位		温州市中西医结合医院				
法人代表		■	联系人	■	联系电话	■
注册地址		温州市锦绣路 75 号				
项目建设地点		温州市鹿城区锦绣路 75 号温州市中西医结合医院住院大楼 3 层				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		800	项目环保投资 (万元)	30	投资比例 (环保投资/总投资)	3.75%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
	其他	/				
	1.1 项目概述					
1.1.1 建设单位概况						
<p>温州市中西医结合医院（浙江中医药大学附属温州中西医结合医院、上海大学附属中西医结合医院，以下称医院）成立于 1958 年，如今已发展为集医疗、科研、教学、预防、保健、康复于一体的唯一一所市属公立国家三级甲等中西医结合医院。医院开放床位 870 张，开设急诊科、重症监护室、心血管内科、消化内科、肾内科、神经内科、呼吸与危重症医学科、内分泌科、普外科、肿瘤血液科、神经外科、儿科、新生儿科、产科、妇科、骨伤科、康复科、治未病科、男科、泌尿外科、肛肠外科、眼科、耳鼻喉科、口腔科、针灸推拿等专科。</p> <p>温州市中西医结合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</p>						

为：浙环辐证[C2088]（见附件3）；发证日期：2022年01月12日，有效期至：2027年01月11日；种类和范围：使用II类、III类射线装置。

1.1.2 建设目的和任务由来

医院现有一间在用的 DSA 机房，现有 DSA 机房已达满负荷运行，为更好地开展放射诊断工作，拟新增一间 DSA 机房，将现有 DSA 机房西南侧的谈话区、等候区、男更、女更、操作间、铅衣放置区等改造成本项目 DSA 机房及其配套功能用房。并在该 DSA 机房内安装使用 1 台数字减影（DSA）血管造影装置。

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”，环境影响评价文件形式应为环境影响报告表。

为此，温州市中西医结合医院委托中辐环境科技有限公司开展“温州市中西医结合医院 DSA 射线装置建设项目”（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、资料收集和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）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

本项目将医院住院大楼 3 层现有 DSA 机房西南侧的谈话区、等候区、男更、女更、操作间、铅衣放置区等区域进行改造，并新建 1 间 DSA 机房及其配套功能用房，并在该 DSA 机房内安装使用 1 台 DSA 设备，型号为 NeuAngio 30C，DSA 最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，主射线方向由下向上，属于 II 类射线装置。

本项目射线装置主要技术参数详见表 1-2。

表 1-2 本项目射线装置主要技术参数

序号	射线装置名称	型号	数量	拟安装位置	类别	主要技术参数	备注
1	DSA	NeuAngio 30C	1 台	住院大楼 3 层 DSA 机房	II 类	最大管电压 125kV， 最大管电流 1000mA	新增

本次改造内容如下：将现有 DSA 机房东北侧热疗区调整为男更、女更、谈话间、

工作人员通道；西南侧谈话区、等候区、男更、操作间调整为本项目 DSA 机房，辅助设备间调整为现有 DSA 机房操作间，铅衣放置区和防护门处调整为本项目操作间；污洗间向北侧调整为本项目建成后共有的污洗间。

根据本项目 DSA 建设需要对原有区域相关墙体、顶棚、地坪、防护门和观察窗等进行改建及附加屏蔽措施，为清晰的描述相关改造内容，对改造区域进行了编号，具体见表 1-1、图 1-1 和图 1-2。

表 1-1 本项目改造前后内容一览表

对应编号	改造前	改造后	备注
1	空区	储藏室	/
2	女更	本项目设备间	/
3	通道	墙体，240mm 实心砖+40mm 硫酸钡涂料	改造后满足辐射防护要求
4	现有 DSA 机房谈话区、等候区、男更、操作间	本项目 DSA 机房	/
5	普通门	工作人员防护门	防护门铅当量为：4mmPb
6	现有 DSA 机房操作间通道、门及铅衣放置区	本项目 20mm 厚观察窗，观察窗以外区域为 240mm 实心墙体+40mm 硫酸钡涂料	防护门拆除，满足辐射防护要求
7	现有 DSA 机房辅助设备间	现有 DSA 项目操作台及观察窗	现有 DSA 机房操作间调整至本项目 DSA 机房东南侧操作间的同一区域，并在墙体上重新修建一处观察窗，且观察窗安装与柱子平齐，能保证现有 DSA 机房的有效面积不变且观察窗屏蔽效果（为 4mm 铅当量的玻璃）优于辅助设备间原墙体屏蔽效果（ ^① 3.5mm 铅当量防护涂料），辐射防护效果增强。机房内管线走线不变，机房外管线从原操作间延长至调整后东南侧操作间。
8	现有 DSA 机房操作间（20mm 厚铅玻璃）	20mm 厚铅玻璃	现有观察窗保留，不作调整；操作间调整至图中编号 7
9	现有 DSA 机房通道及医护防护门（ ^① 铅当量为：3.5mmPb）	240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡涂料	医护防护门拆除，用实心砖封堵，附加防护涂料，墙体屏蔽效果优于原防护门屏蔽效果
10	通道	240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡涂料	用实心砖封堵，附加防护涂料
11	240mm 实心砖墙	240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡涂料	附加防护涂料
12	热疗区	本项目与现有项目的男更、女更、谈话间及工作人员通道	热疗区已搬迁

13	污洗	污洗间	原污洗间拆除,向北侧调整为本项目建成后共有的污洗间
14	现有工作人员通道蓝色线	现有工作人员通道蓝色线	工作人员通道路径变化

注: ①数据来源于《温州市中西医结合医院 DSA 等射线装置应用(迁扩建)》竣工环境保护验收监测表(GABG-YB17700003)及竣工环境保护验收意见。

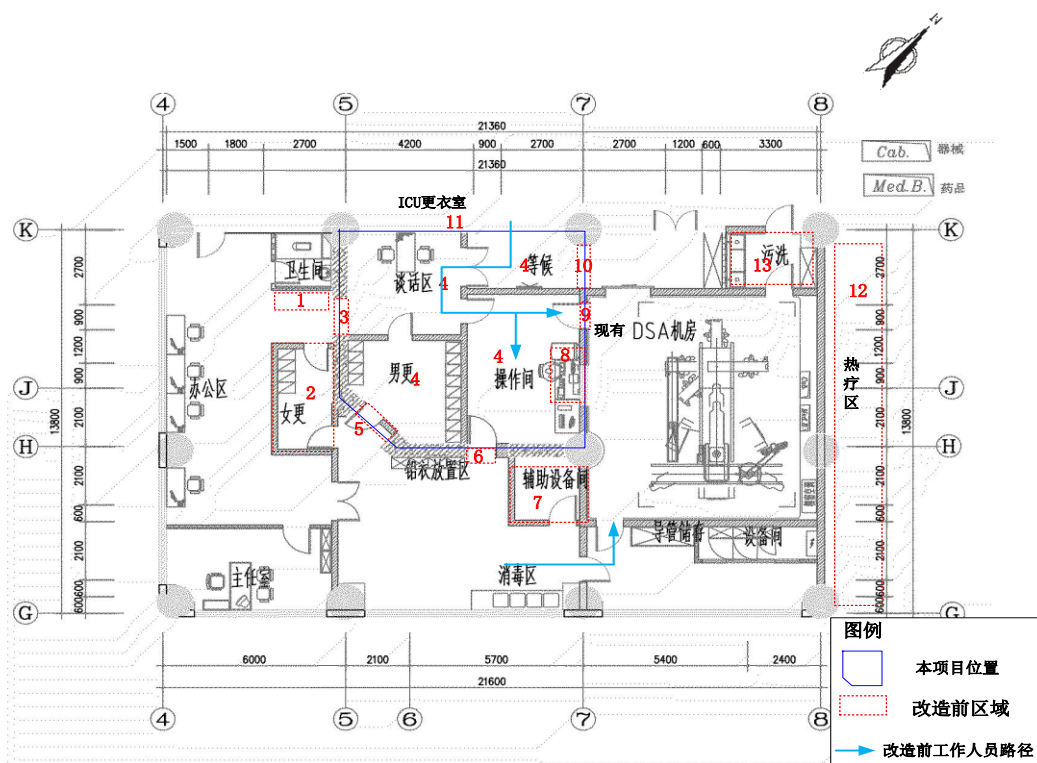


图 1-1 本项目改造前平面布置图

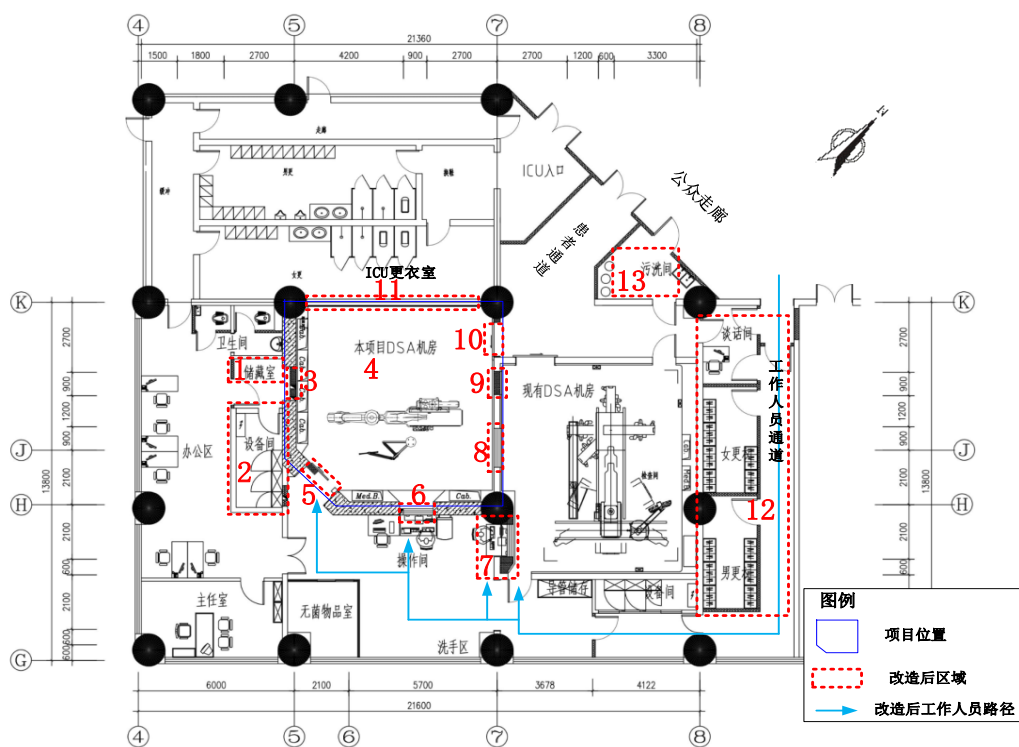


图 1-2 本项目改造后平面布置图

表 1-2 本项目改造前后辐射防护情况表

屏蔽体	本项目改造前后机房防护情况		备注
	改造前	改造后	
东北侧墙体	3.5mm 铅当量防护涂料	①封堵处：240mm 实心砖+40mm 硫酸钡防护涂料（6mmPb）； 其他处：3.5mm 铅当量防护涂料	其中现有 DSA 机房通道处用实心砖封堵并附加防护涂料
东北侧墙体的观察窗（保留）	20mm 厚铅玻璃	20mm 厚铅玻璃（4mmPb）	不变
本项目患者防护门（东北侧）	/	内衬 4mm 铅板（4mmPb）	增加
东南侧墙体	500mm 混凝土	500mm 混凝土（7.54mmPb）	不变
	800mm 混凝土	800mm 混凝土（12.25mmPb）	
本项目观察窗（东南侧）	/	20mm 厚铅玻璃（4mmPb）	通道、防护门、铅衣放置区改为本项目操作间的观察窗
本项目工作人员防护门（东南侧）	/	内衬 4mm 铅板（4mmPb）	增加
西南侧墙体	530mm 混凝土	改造处为：240mm 实心砖+40mm 硫酸钡防护涂料（6mmPb）；其余墙体仍为 530mm 混凝土（8.01mmPb）	通道处用实心砖封堵并附加防护涂料，屏蔽方案满足辐射防护要求
	800mm 混凝土	800mm 混凝土（12.25mmPb）	
西北侧墙体	240mm 实心砖	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡防护涂料（6mmPb）	增加
顶棚	120mm 混凝土	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料（5.44mmPb）	增加
地坪	120mm 混凝土	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料（5.59mmPb）	增加

注：1、工作人员防护门按照东南侧来描述；2、①封堵处指图 1-2 中编号 9。

根据《温州市中西医结合医院医用 X 射线影像诊断设备质量控制和辐射工作场所检测》（GABG-XF/CF21235562），铅玻璃观察窗外表面 30cm 处（中央）检测结果为 <0.20 μ Sv/h，小于检测下限；现有 DSA 机房操作间调整至本项目 DSA 机房东南侧操作间。根据现场踏勘及医院提供资料，现有机房 DSA 设备参数、运行工况不变；根据《温州市中西医结合医院 DSA 等射线装置应用（迁扩建）》竣工环境保护验收监测表（GABG-YB17700003）及竣工环境保护验收意见，现有 DSA 机房墙体辐射防护效果为 3.5mm 铅当量防护涂料，而重新调整后的观察窗辐射防护效果为 4mm 铅当量的铅玻璃，屏蔽效果增强；因此，现有 DSA 机房运行时周围剂量率仍能满足辐射标准要求。

1.1.4 项目工作负荷及人员配置

(1) 劳动定员

本项目拟配备辐射工作人员22名，包括现有13名辐射工作人员（10名医生，2名护士和1名技师）以及对外新招聘6名医生、2名护士和1名技师。本项目建成后，22名辐射工作人员（16名医生，4名护士，2名技师）共同承担全院两台DSA手术。

本项目辐射工作人员每天工作8小时，每年工作250天。现有辐射工作人员配置情况见表1-3。

表1-3 本项目辐射工作人员情况

序号	姓名	岗位	是否兼职其他射线装置(是/否)
1	陈达开	手术医生	是
2	周新浪	手术医生	是
3	郑祥	手术医生	是
4	吴一凡	手术医生	是
5	王舒舒	手术医生	是
6	黎哲凡	手术医生	是
7	张煜程	手术医生	是
8	孙孟坊	手术医生	是
9	陆世凯	手术医生	是
10	陈烁	手术医生	是
11	杨丽云	技师	是
12	许绵绵	护士	是
13	朱静	护士	是

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），医院尽快组织本项目新增辐射工作人员在生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上进行报名和培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期培训/再培训。

(2) 工作负荷

根据医院提供资料，现有一台DSA已满负荷运行，年最大手术量不超过1000台。因此本项目运行后，预计本项目DSA设备最大年手术量不超过1000台。

本项目DSA主要开展心内科介入手术。因每台手术患者和手术要求不同，1台手术中DSA的减影时间和透视时间有较大差别，运行工况也不完全相同。评价按每台手术减影曝光时间1min，透视时间20min作为本项目射线装置出束时间进行保守考虑。本项目辐射工作人员手术医生和护士采取轮班制。每天工作8小时，每年工作250天。根据本项目设备参数情况及年计划最大手术台数，本项目DSA最大运行工况和工作负荷详见下表。

表1-4 本项目DSA最大运行工况和工作负荷

设备	手术量	运行工况		曝光时间 (h)	单台手术最长曝光时间 (min)		年出束时间 (h)
					减影	透视	
DSA	1000台/年	减影	最大常用电压 100kV， 最大常用电流 500mA	16.67	1	30	350
		透视	最大常用电压 90kV， 最大常用电流 15mA	333.33	1	30	

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

温州市中西医结合医院位于浙江省温州市鹿城区锦绣路75号，医院东侧为府西路，隔路为绣山公园；南侧为横渎联建小区；西侧为惠民路，隔路为横渎秀苑；北侧为锦绣路，隔路为南国大厦和温州市第二十九中学教学楼。项目地理位置图见附图1。

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

目前医院拥有门诊大楼（1号楼）、住院大楼（3号楼）、急诊综合楼（5号楼）和温州市皮肤整形医院（2号楼）四栋主体建筑。本项目DSA机房位于住院大楼3层（3号楼，地上25F，无地下层）。住院大楼东侧为门诊楼（1号楼）；南侧为院内道路，隔路为体检中心、急诊楼等综合楼（5号楼）；西侧为医院外边界；北侧为医院外边界。

本项目DSA机房东侧距1号楼约98m，距绣山公园约147m；南侧距5号楼约36m，距横渎联建小区约83m；西侧距横渎秀苑及商铺约129m；北侧距南国大厦约81m，距温州市第十九中学教学楼约153m；东南侧距2号楼约118m。见附图2和见附图3。

1.2.2.2 项目机房四至环境关系

本项目DSA机房位于住院大楼3层，东北侧为现有DSA机房、患者通道、污洗间和公众走廊；东南侧为操作间、无菌物品室、洗手区；西南侧为设备间、储藏室、主任

室、卫生间和办公区；西北侧为 ICU 更衣室。正上方为手术室的前室，正下方为大厅。

1.2.3 项目周边环境保护目标及选址合理性分析

本项目 DSA 机房选址于医院内住院大楼 3 层原有 DSA 机房西南侧，便于介入手术流程顺畅、集中开展，减少患者转运等，本项目不新增土地，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，50m 评价范围主要为院内其他医疗用房及院内道路，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，评价范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。项目运营过程产生的电离辐射，经采取满足标准要求辐射防护及管理措施后对周围环境辐射影响是可接受的，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，为鼓励类产业，符合国家产业政策。

1.4 实践正当性分析

本项目建设目的在于开展放射诊疗工作，最终是为了治病救人。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，该核技术应用实践具有正当性，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 温州市“三线一单”生态环境分区管控方案符合性分析

根据《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于浙江省温州市鹿城区生活重点管控单元（ZH33030220004），温州市区环境管控单元分类图见附图

6, 浙江省温州市鹿城区生活重点管控单元的生态环境准入清单符合性分析见表 1-6。

表 1-6 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	禁止在鹿城轻工产业园区以外新建三类工业。禁止未经法定许可占用水域；除防洪、重要航道必须的护岸外，禁止非生态型河湖堤岸改造；建设项目不得影响河道自然形态和河湖水生生态（环境）功能。	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；本项目依托医院现有污水处理站，不新建排污口。	是
污染物排放管控	新建二类、三类工业项目污染物排放水平需达到同行业国内先进水平。	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，符合污染物排放管控要求。	是
环境风险防控	严禁“四无”企业（作坊）和低效经营企业生产。工业用地与生活用地之间按照规范设置绿化隔离带。	本项目为医院核技术利用项目，不属于“四无”企业（作坊）和低效经营企业生产。	是
资源开发效率要求	到 2020 年，规上工业企业亩均税收、亩均增加值分别达到 32 万元/亩、170 万元/亩。亩均税收 1 万元以下的低效企业全部出清。	/	/

综上所述，本项目符合温州市“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知道意见（试行）》（环环评[2021]108 号），要求落实“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”（以下简称“三线一单”）约束，现分析如下：

（1）生态保护红线

本项目位于浙江省温州市鹿城区锦绣路 75 号，项目用地为医疗卫生用地，项目不在当地饮用水源、风景区、自然保护区等生态保护区内，不涉及《温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》等相关文件划定的生态保护红线。同时根据温州市生态保护红线图(见附图 7)，项目不涉及生态保护红线范围。

（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 X-γ 辐射剂量率属于正常本底范围。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，项目建设符合《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）中“三线一单”的要求。

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

温州市中西医结合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[C2088]（见附件3）；发证日期：2022年01月12日，有效期至：2027年01月11日；种类和范围：使用II类、III类射线装置。

医院已许可射线装置情况见表1-7，现有射线装置的环评及环保验收手续文件见附件4。

表 1-7 医院已许可射线装置情况

序号	装置名称	规格型号	数量(台)	类别	场所	环评审批/备案	环保验收
1	牙科全景机	OC200D	1	III类	门诊口腔科	温鹿环函(2012)55号	验收申请登记卡(温鹿环函2012第55号)
2	DSA	ArtisZeeIII Ceiling	1	II类	住院大楼二楼介入中心	温环辐(2014)7号；温鹿环辐(2014)44号	自主验收 2017.12.22
3	CT机	BrightSpeedElite	1	III类	急诊大楼二楼CT室	温鹿环辐(2016)42号	/
4	CT机	Brilliance16	1	III类	门诊二楼CT室	温鹿环函(2012)55号	验收申请登记卡(温鹿环函2012第55号)
5	口腔CT	NEWTOM Giano	1	III类	门诊口腔科	2019.7.25 自主备案 20193303020000407	/
6	体外碎石机	HK.ESWL-V	1	III类	门诊碎石室	2019.7.25 自主备案 20193303020000407	验收申请登记卡(温鹿环函2012第55号)
7	CT机	SOMATOM Definition AS	1	III类	门诊一楼CT室	温鹿环辐(2016)42号	验收申请登记卡(温鹿环函2012第55号)

8	X射线机	DT570S	1	Ⅲ类	急诊大楼二楼拍片室	温鹿环辐(2016)42号	/
9	X射线机	DT580B-2	1	Ⅲ类	急诊大楼四楼体检中心	温鹿环辐(2016)42号	/
10	数字胃肠机	TU-51R	1	Ⅲ类	门诊二楼造影室	2017.9.1 自主备案 20173303020000332	/
11	移动式X射线机	MobiEye 700A	1	Ⅲ类	门诊放射科	2020.7.16 自主备案 20203303020000499	/
12	X射线机	DigitalDiagnost	1	Ⅲ类	门诊二楼拍片室	2020.12.17 自主备案 20203303020000732	/
13	X射线机	Ysio	1	Ⅲ类	门诊一楼拍片室	温环辐(2014)7号; 温鹿环辐(2014)44号	自主验收 2017.12.22;
14	体外碎石机	JDPN-VC	1	Ⅲ类	门诊碎石室	温鹿环函(2012)55号	验收申请登记卡(温鹿环函2012第55号)
15	骨密度仪	ProdigyPrimo	1	Ⅲ类	门诊五楼骨密度室	温环辐(2014)7号; 温鹿环辐(2014)44号	自主验收 2017.12.22;
16	移动DR	SM-50HF-B-D	1	Ⅲ类	住院大楼二楼新生儿	温环辐(2014)7号; 温鹿环辐(2014)44号	验收申请登记卡(温鹿环函2012第55号)
17	移动C臂机	SiremobileCompactL	1	Ⅲ类	住院大楼四楼病区手术室	2017.9.1 自主备案 20173303020000332	/
18	移动C臂机	Cios select S1	1	Ⅲ类	住院大楼四楼病区手术室	2017.9.1 自主备案 20173303020000332	/
19	移动C臂机	Cios select	1	Ⅲ类	住院大楼四楼病区手术室	2021.12.27 自主备案 20213303020000213	/
20	移动C臂机	BV-Libra	1	Ⅲ类	住院大楼四楼病区手术室	温环函(2007)21号	/
21	移动C	BV-Libra	1	Ⅲ类	住院大	温环函(2007)	/

	臂机				楼四楼 病区手 术室	21 号	
--	----	--	--	--	------------------	------	--

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，其中包括放射事故应急处理预案、放射工作人员职业健康管理制度、放射工作人员的管理制度、受检者告知制度、放射诊疗质量保证制度、放射事故预防措施、放射防护安全管理制度、设备操作规程等。

医院现有管理制度内容较为全面，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。

(2) 医院所有人员均配备了个人剂量计，且个人剂量计定期送检，并建立了个人剂量档案，由医院 2021 年 10 月~2022 年 9 月年度个人剂量检测报告可知，辐射工作人员的年受照剂量监测结果均低于工作人员剂量约束值 5mSv/a。

(3) 医院已组织现有辐射工作人员参加温州市卫生监督所组织的放射防护知识培训并于温州市放射工作人员放射防护知识培训平台考核合格。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。根据医院提供的职业健康体检报告，辐射工作人员职业病危害因素为电离辐射，根据报告结果可知，在岗辐射工作人员均可继续从事放射性工作。

(5) 医院现有辐射工作场所均采取了符合标准要求的屏蔽防护措施，机房设置有电离辐射警告标志、报警装置和工作状态指示灯并与防护门联锁。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

(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) 辐射事故应急演练和年度评估

医院已制定《放射事故应急处理预案》，医院每年均定期开展辐射事故应急演练，

并对演练结果进行总结，及时对放射事故应急处理预案进行完善和修订。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》，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监测、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	NeuAngio 30C	125	1000	影像诊断和介入治疗	病房大楼 3 层	新增

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	少量	不暂存	通过动力通风系统接入大楼总排风管，由楼顶排放

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

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

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第 9 号, 2015 年 1 月 1 日起施行);</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(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);</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第 6 号, 2003 年 10 月 1 日起施行);</p> <p>(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);</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 709 号修订, 2019 年 3 月 2 日起施行);</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法(2021 年修订版)》, 2021 年 1 月 4 日公布并施行;</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令第 18 号), 2011 年 5 月 1 日起施行;</p> <p>(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;</p> <p>(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;</p> <p>(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);</p> <p>(11) 《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);</p>
------------------	---

	<p>(12) 《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);</p> <p>(13) 《浙江省生态环境保护条例》(2022年8月1日起施行);</p> <p>(14) 浙江省环保厅关于发布《省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2015年本)》,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);</p> <p>(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)。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(7) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 《放射防护实用手册》,赵兰才、张丹枫;</p> <p>(3) 医院提供的其他与本项目有关的技术资料;</p> <p>(4) 《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》(2000年)。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，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“射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，因此本项目取拟建 DSA 机房实体屏蔽物边界外 50m 以内区域为评价范围，详见附图 3。

7.2 保护目标

本项目 DSA 机房位于病房大楼 3 层，根据现场踏勘，本项目 DSA 机房的实体屏蔽边界外 50m 评价范围主要为医院内部建筑物。

本项目环境保护目标为 50m 评价范围内从事本项目辐射工作的职业人员及评价范围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

工作场所	环境保护目标		方位	规模	距离本项目实体边界最近距离		年剂量约束值 (mSv/a)
					水平 (m)	垂直 (m)	
本项目 DSA 机房	辐射工作人员	介入工作人员	机房内	22 人	/	/	职业人员：5
		本项目 DSA 机房操作间操作人员	东南侧	1 人	0	/	职业人员：5
	公众	患者通道	东北侧	4 人/天	0	/	公众人员：0.1
		现有 DSA 机房	东北侧	22 人	0	/	职业人员：5
		现有 DSA 机房操作间操作人员	东南侧	1 人	0	/	职业人员：5
		办公区	西南侧	约 6 人次/天	0	/	公众人员：0.1
		设备间	西南侧	约 1 人次/天	0	/	公众人员：0.1
		储藏室	西南侧	约 1 人次/天	0	/	公众人员：0.1
		ICU 更衣室	西北侧	约 10 人次/天	0	/	公众人员：0.1
		手术室	上方	约 20 人次/天	0	4	公众人员：0.1
		大厅	下方	约 20 人次/天	0	-4	公众人员：0.1
		急诊综合楼（5 号楼）	南侧	约 100 人次/天	36	0	公众人员：0.1
		50m 评价范围内其他公众	/	流动人员	0	0	公众人员：0.1

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；
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 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。职业人员手部取四肢年当量剂量限值的四分之一，即不超过 125mSv 作为年当量剂量约束值。

②对于公众，综合考虑《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）相关要求，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》（GBZ130-2020）

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

6.2 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

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

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

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^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 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。

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
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

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于

2.5 μ Sv/h；测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

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

6.5.1 每台X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表7-3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0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于2mmPb。

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

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

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GBZ128的规定。

7.2.3 《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

温州市中西医结合医院位于温州市鹿城区锦绣路 75 号，医院东侧为府西路，隔路为绣山公园；南侧为横渎联建小区；西侧为惠民路，隔路为横渎秀苑；北侧为锦绣路，隔路为南国大厦。项目地理位置见附图 1。本项目 DSA 机房位于住院大楼 3 层，场所位置图详见附图 2。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- (1) 环境现状评价对象：拟建辐射项目区域及周边环境
- (2) 监测因子： γ 辐射剂量率
- (3) 监测点位

① DSA 机房及其周边

根据项目的平面布局和周围环境情况，监测布点位见图 8-1、8-2。

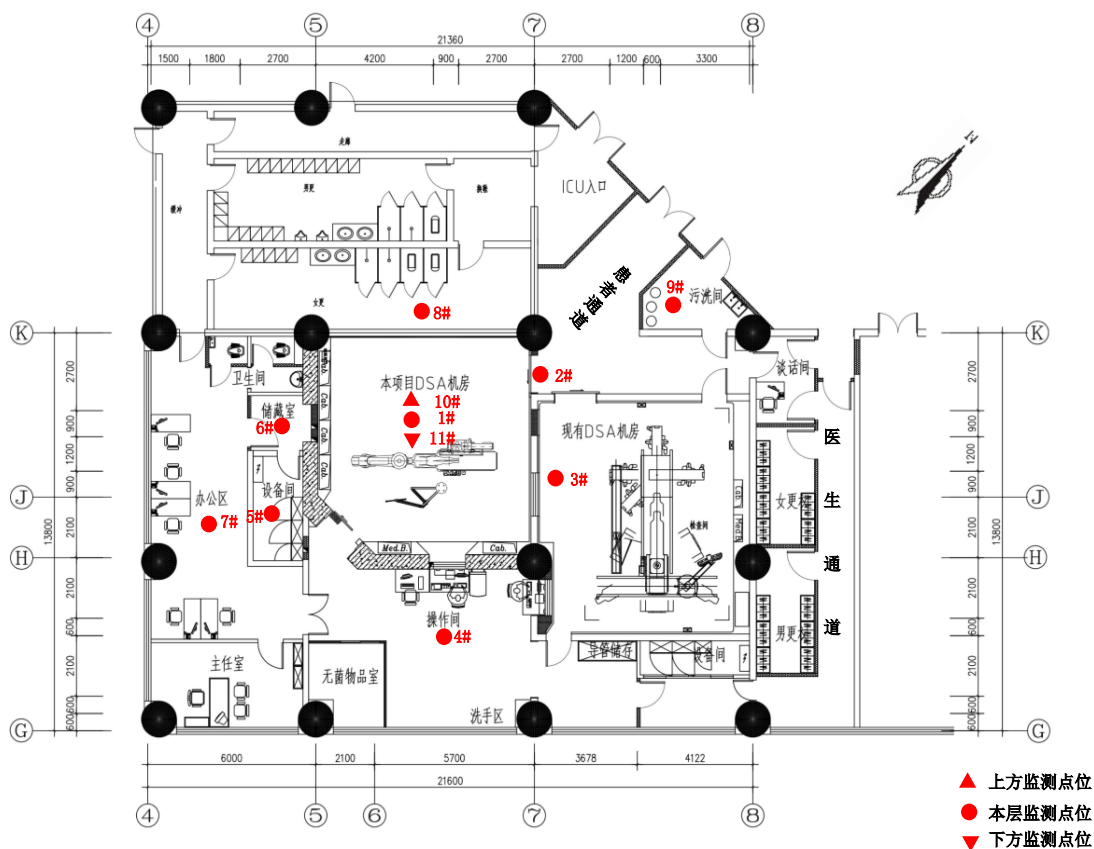
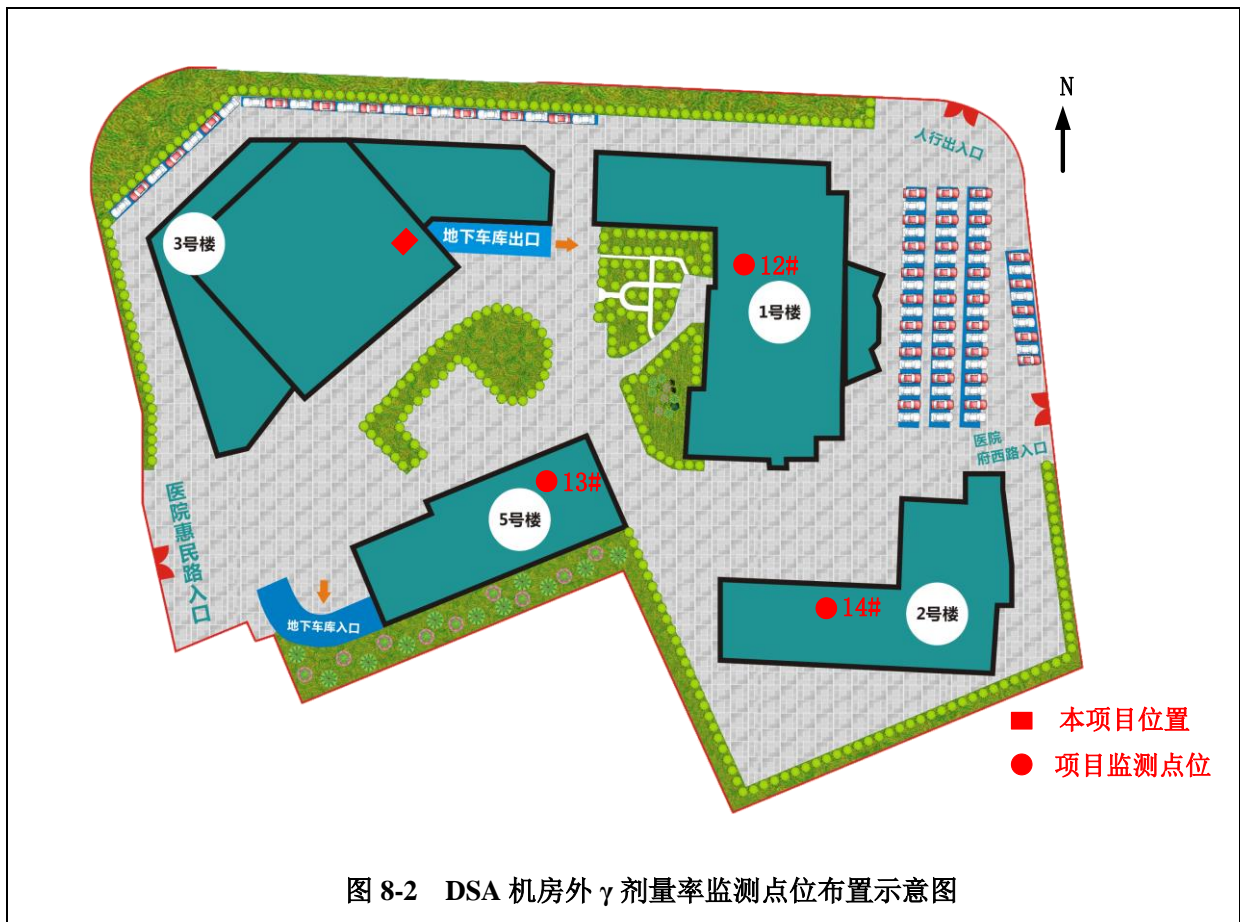


图 8-1 DSA 机房区域及四周 γ 剂量率监测点位布置示意图



8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2022 年 10 月 13 日
- (3) 监测方式：现场监测
- (4) 监测依据：《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》（HJ61-2021）
- (5) 监测频次：依据标准予以确定
- (6) 监测工况：辐射环境本底（东北侧现有 DSA 机房设备未运行）
- (7) 天气环境条件：天气：多云；温度：25℃；相对湿度：51%。
- (8) 主要监测仪器

表 8-1 监测仪器的参数

仪器型号	FH40G-L10+FHZ672E-10
仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
生产厂家	Thermo SCIENTIFIC

仪器编号	05035404
能量范围	40KeV~4.4MeV
测量范围	主机：10nSv/h-100μSv/h；探头：1nSv/h-100μSv/h；
校准单位	上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心
校准证书	2022H21-10-3832004001
校准有效期	2022年3月1日~2023年2月28日

8.3.2 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。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2 拟建 DSA 机房区域及四周 γ 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
		平均值	标准差	
1#	本项目 DSA 机房内	128	2	室内
2#	患者通道处	132	3	室内
3#	现有 DSA 机房	120	2	室内
4#	操作间	131	1	室内
5#	设备间	129	3	室内
6#	储藏室	139	3	室内
7#	办公区	150	2	室内
8#	ICU 更衣室	136	2	室内
9#	污洗间	116	2	室内
10#	本项目 DSA 机房上方手术室	112	1	室内

11#	本项目 DSA 机房下方大厅	117	1	室内
12#	东侧 1 号楼	109	1	室内
13#	南侧 5 号楼	103	2	室内
14#	东南侧 2 号楼	106	1	室内

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，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；
 3、环境 X-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 D_c ，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 11nGy/h；
 4、监测时现有 DSA 机房内 DSA 未运行。

8.4 环境现状评价

由表 8-2 监测结果可知，本项目拟建 DSA 机房及周围室内 γ 辐射剂量率范围为 103nGy/h ~150nGy/h，即 $10.3 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 15.0 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 。

由《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，温州市室内的 γ 辐射剂量率在 $7.3 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 19.8 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间；可见，本项目拟建场所各监测点位 γ 辐射剂量率处于温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，辐射屏蔽防护方案见表 10-3。项目施工期工艺流程及产污环节见图 9-1。

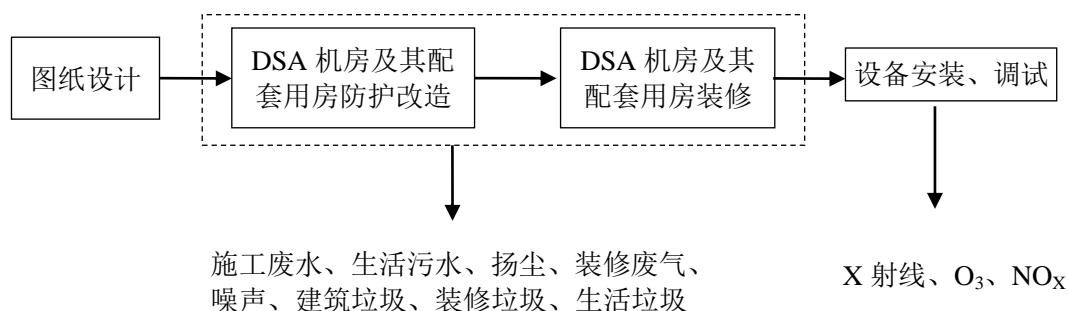


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

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射线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 (为韧致辐射)。典型 X 射线管结构详见图 9-3。

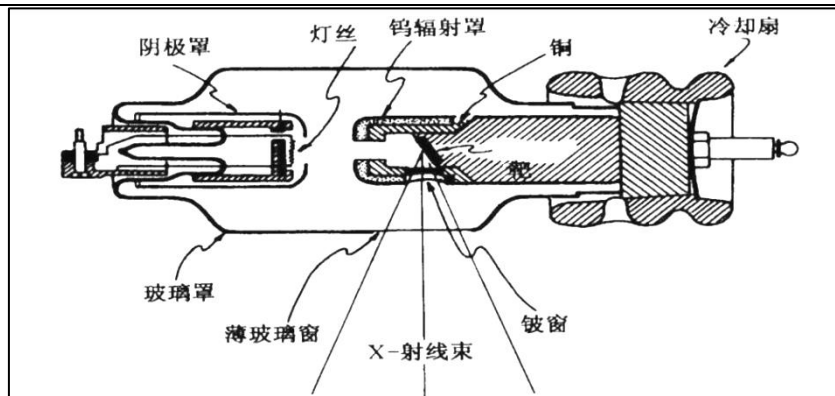


图 9-3 典型 X 射线管结构图

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、肌肉和其他软组织，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，手术医生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，手术医生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，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时医生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。

(3) 产污环节分析

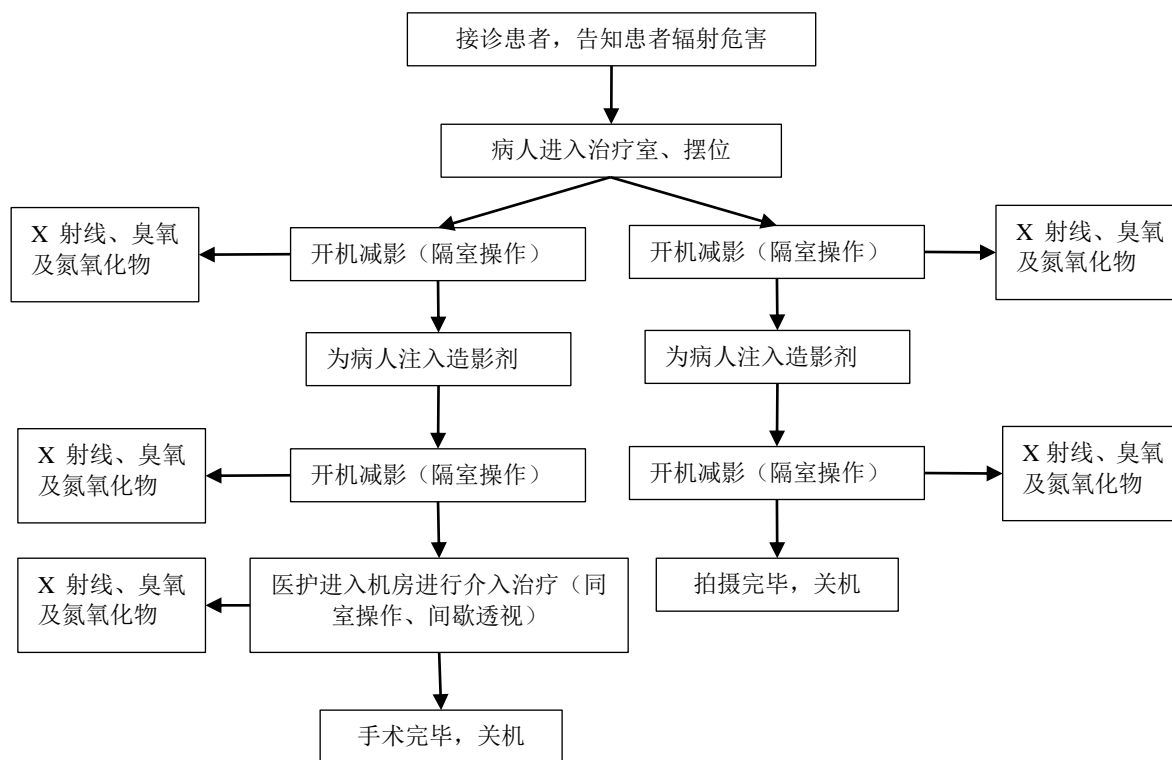


图 9-4 DSA 操作流程及产污环节图

DSA 为 II 类射线装置，DSA 射线装置运行时，主要污染因子为 X 射线；DSA 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。射线装置操作流程及产污环节如图 9-4 所示。

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。

综上所述，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 DSA 机房人员、物流路径规划

(1) 患者路径

患者先通过患者通道，经过 DSA 机房东北侧防护门进入机房。治疗结束后，患者可按原路离开。

(2) 工作人员路径

工作人员先进入医生通道，通过医生通道进入更衣室更衣，穿好铅衣后，由操作

间进入操作位，技师在操作间进行设备操作，介入工作人员通过 DSA 机房东南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，待手术结束后从本项目 DSA 机房东北侧防护门运出进入污洗间，再经过污洗间运出，送至医院污物间。

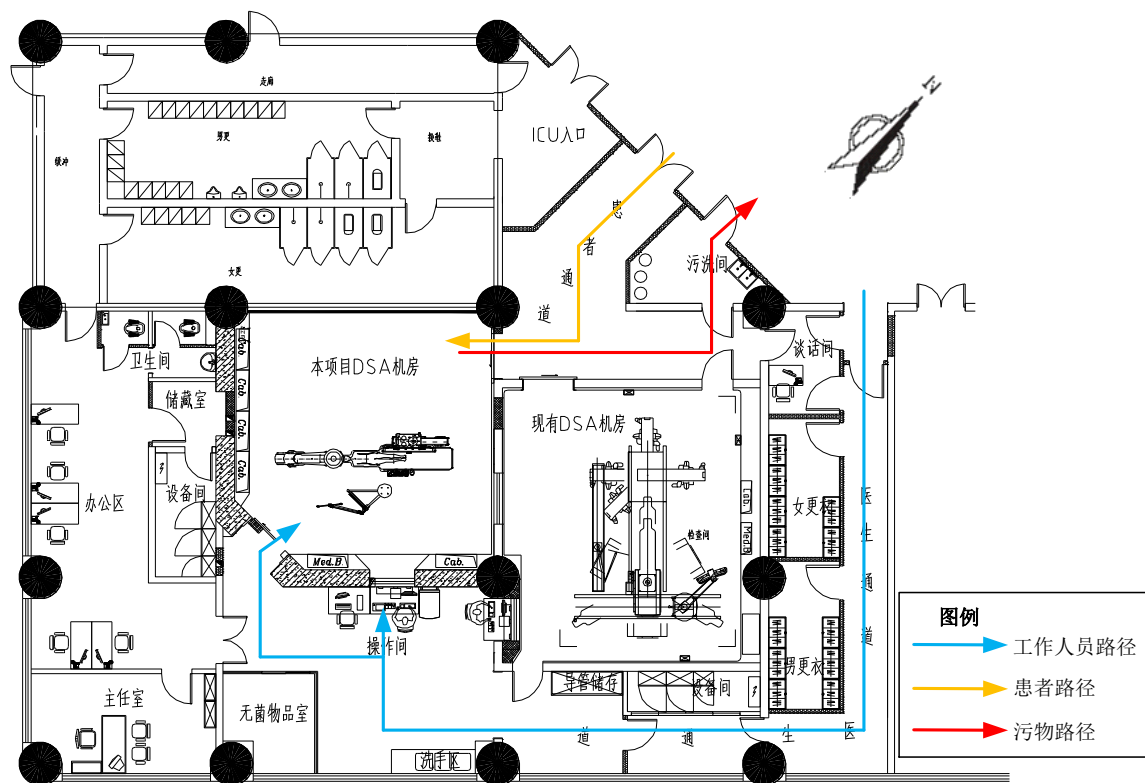


图 9-4 本项目辐射工作场所人员、物流路径图

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两类：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

(1) 采取隔室操作，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，射

线装置机房外的工作人员及公众基本上不会受到 X 射线的照射。

(2) 进行介入手术治疗时，机房内进行手术操作的医生和工作人员会受到一定程度的 X 射线外照射。

本项目 DSA 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（定）影液、废胶片和报废感光原料。

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。

9.2.2 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) 工作人员或病人家属尚未完全撤离 DSA 机房时，设备开机，会对工作人员或病人家属产生不必要的 X 射线照射；

(2) 工作人员误入正在运行的机房引起误照射；

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

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 机房位于住院大楼（3 号楼）3 层，东北侧为现有 DSA 机房、患者通道；东南侧为操作间、无菌物品室和洗手区；西南侧为设备间、储藏室、卫生间和办公区；西北侧为 ICU 更衣室。正上方为手术室的前室，正下方大厅。本项目 DSA 机房布局见图 1-2，DSA 机房上方布局见附图 4，DSA 机房下方布局见附图 5。本次环评辐射工作场所位置及四周布局见表 10-1。

表 10-1 本项目 DSA 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
住院大楼 (3 号楼) 3 层	本项目 DSA 机房	东北侧	现有 DSA 机房、患者通道、公众走廊
		东南侧	本项目 DSA 机房与现有 DSA 机房的操作间、无菌物品室、洗手区
		西南侧	办公区、主任室、设备间、储藏室和卫生间
		西北侧	ICU 更衣室
		楼上	手术室的前室
		楼下	大厅

(1) 本项目 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 机房设置了患者通道、工作人员通道，相互不交叉，患者通道的宽度满足患者手推车辆的通行，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 机房为单独的机房，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 机房位于 3 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	本项目新增 DSA 设备有用线束主要垂直	满足

	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	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	
受检者候诊区	受检者不应在机房内候诊	本项目 DSA 受检者在机房东北侧缓冲区候诊, 不在机房内候诊	满足
机房尺寸	最小有效使用面积不小于 20m ² , 最小单边长不小于 3.5m	本项目 DSA 手术室: 6.8 (m) × 5.8 (m) = 39.5 (m ²)	满足

经对照分析可知, 拟建 DSA 机房的设置满足《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。

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 (包括门锁和门-灯联锁装置) 限制进出控制区, 并定期控制区的实际状况, 确认是否需要改变该区的防护手段或安全措施, 或是更改该区的边界。

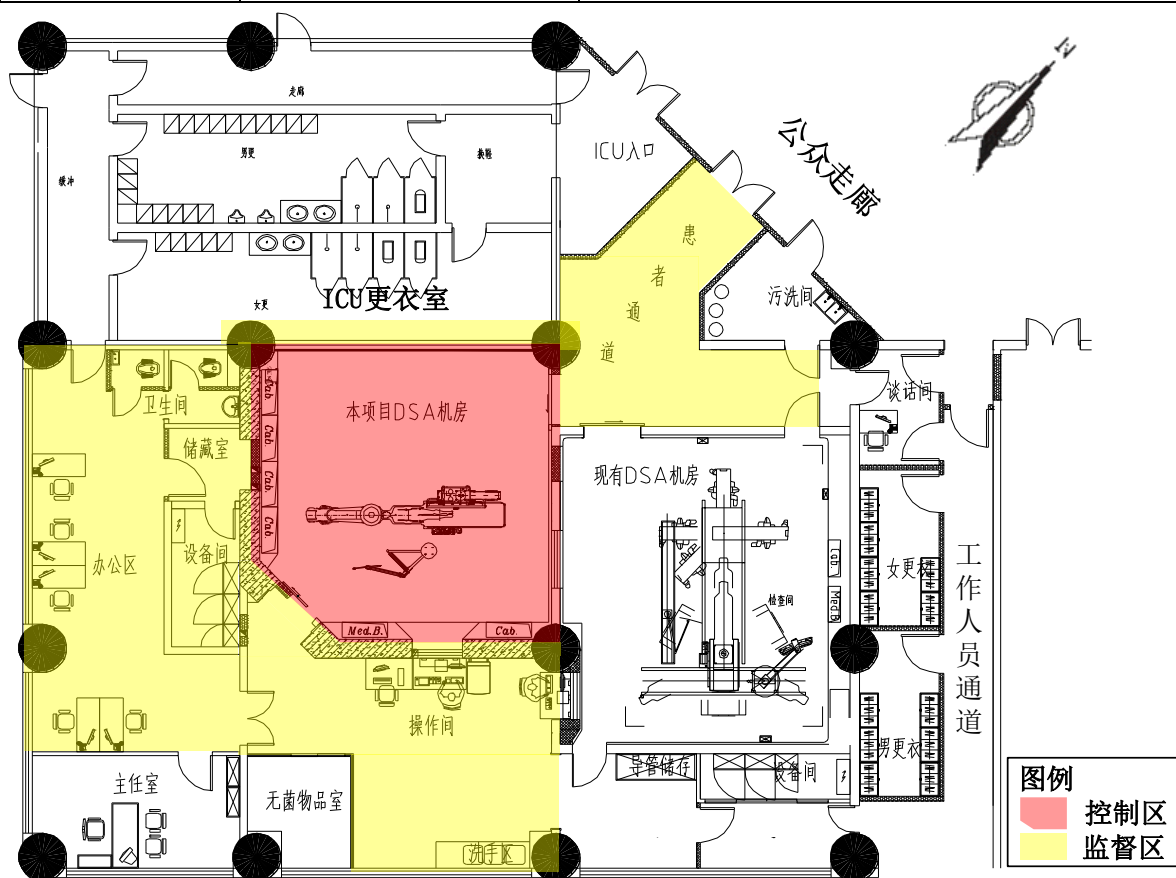
监督区: 未被确定为控制区, 正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施, 但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置设立表明监督区的标牌; 并定期检查该区工作状况, 确认是否需要采取防护措施和做出安全规定, 或是否需要更改监督区的边界。

(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表 10-3, 分区详见图 10-1。

表 10-3 本项目“两区”划分表

场所名称	控制区	监督区
本项目 DSA 机房	本项目机房内部	患者通道、操作间、设备间、储藏室、卫生间、西北侧墙外 30cm 以内区域、办公区



注：现有 DSA 机房是属于控制区，在本项目“两区”划分图中不体现。

图 10-1 本项目 DSA 机房“两区”划分图

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，除介入治疗的工作人员和患者外，禁止其他人员进入；监督区通过辐射危险警示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 射线装置已确定于正规厂家购买，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急停开关装置：介入手术床旁设置急停开关（各开关串联并与 X 射线系统连接）。X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动急停开关，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介入放射操作设备透视曝光开关为常断式开关，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，结果见表 10-4、表 10-5。

表 10-4 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	屏蔽材料及铅当量厚度	标准要求	符合性评价
DSA 机房（1 间）	东北侧墙体	封堵处：240mm 实心砖+40mm 硫酸钡防护涂料（6mmPb）； 其他处：3.5mm 铅当量防护涂料	有用线束方向铅当量及非有用线束方向铅当量均为	符合
	东北侧墙体的观察窗（保留）	20mm 厚铅玻璃（4mmPb）		符合
	本项目患者防护门（东北侧）	内衬 4mm 铅板（4mmPb）		符合
	东南侧墙体	500mm 混凝土（7.54mmPb）		符合

		800mm 混凝土 (12.25mmPb)	2mmPb	符合
	本项目观察窗 (东南侧)	20mm 厚铅玻璃 (4mmPb)		符合
	本项目工作人员防护门 (东南侧)	内衬 4mm 铅板 (4mmPb)		符合
	西南侧墙体	改造处为: 240mm 实心砖+40mm 硫酸钡防护涂料 (6mmPb); 其余墙体仍为 530mm 混凝土 (8.01mmPb)		符合
		800mm 混凝土 (12.25mmPb)		符合
	西北侧墙体	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡防护涂料 (6mmPb)		符合
	顶棚	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料 (5.44mmPb)		符合
	地坪	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料 (5.59mmPb)		符合

注: (1) 混凝土密度取 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 核算等效屏蔽厚度, 折算铅当量参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 中附录 C 中式 (C.1)、式 (C.2) 及表 C.2, 得顶棚 120mm 混凝土 (主束方向) 折算为 1.44mmPb, 地坪 120mm 混凝土 (散射方向) 折算为 1.59mmPb, 墙体 500mm 混凝土 (散射方向) 折算为 7.54mmPb, 墙体 530mm 混凝土 (散射方向) 折算为 8.01mmPb, 墙体 800mm 混凝土 (散射方向) 折算为 12.25mmPb。

(2) 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 $2.79\text{g}/\text{cm}^3$ 核算等效屏蔽厚度, 10mm 厚度等效为 1mmPb; 铅玻璃按取 $4.6\text{g}/\text{cm}^3$ 核算等效屏蔽厚度, 5mm 铅玻璃折算为 1mmPb。

(3) 参考《放射防护实用手册》表 6.14, 实心砖密度不低于 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$, 按照 12cm 实心砖等效为 1mmPb 进行铅当量折算。

(4) 硫酸钡涂料密度参考《放射防护实用手册》(主编赵兰才、张丹枫) 表 6.14 取 $2.79\text{g}/\text{cm}^3$ 。但实际装修中, 若建设单位采购的硫酸钡密度无法达到 $2.79\text{g}/\text{cm}^3$, 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。

表 10-5 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)	最小有效使用面积 (m^2)	最小单边长度 (m)	最小有效使用面积 (m^2)	
本项目 DSA 机房	5.8	39.5	3.5	20	符合

通过表 10-4、表 10-5 可知, 本项目的 DSA 机房最小有效使用面积、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) 机房内布局及屏蔽能力

机房内布局合理, 避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置; 项目 DSA 机房屏蔽情况详见表 10-4。可见, 机房防护能力符合相关标准要求。

(4) 距离防护

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。

(5) 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，对进行介入治疗手术的医生和护士分组，降低某一工作人员因长时间操作所致剂量。当介入治疗医生单个监测周期(3个月)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。

10.1.4 辐射安全防护措施

本项目 DSA 机房拟按照标准要求设置相应的辐射安全防护措施，详见表 10-6。

表 10-6 射线装置机房拟设置的辐射安全防护措施

机房名称	项目	数量(个)	拟设置情况	评价
DSA 机房	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。	1	在拟建机房东南侧设置 1 扇观察窗，能直接观察到受检者状态及防护门开闭情况。现有机房操作间调整后，需在现有 DSA 机房外设置一摄像监控装置，能观察到受检者状态及防护门开闭情况	符合要求
	机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	/	机房内不堆放与设备诊断工作无关的杂物。	
	机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	1	机房拟设置动力通风装置，能够保持良好的通风。	
	机房门外应有电离辐射警告标志。	1	拟在 DSA 机房患者防护门上设置 1 个“当心电离辐射”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。	2	拟在防护门上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上方设置“射线有害，灯亮勿入”警示语句；防护门与指示灯有效关联，门开灯灭，闭门灯亮。	
	候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	1	拟在机房东北侧患者通道门上及机房外墙上张贴放射防护注意事项。	
	在本项目机房内人员易接触的位置设置紧急止动按钮	1	在本项目机房内人员设备手术床旁位置设置紧急止动按钮并设明显标志，供紧急停止使用。	
	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。	1	DSA 机房患者通道门拟设置电动推拉门，并设有曝光时关闭机房门的管理措施，设备运行前，辐射工作人员确认该门关闭；操作间、设备间防护门拟设置手动平开门，并拟设置自动闭门装置。	
	电动推拉门宜设置防夹装置。	1	DSA 手术室患者通道门拟设置防夹装置。	

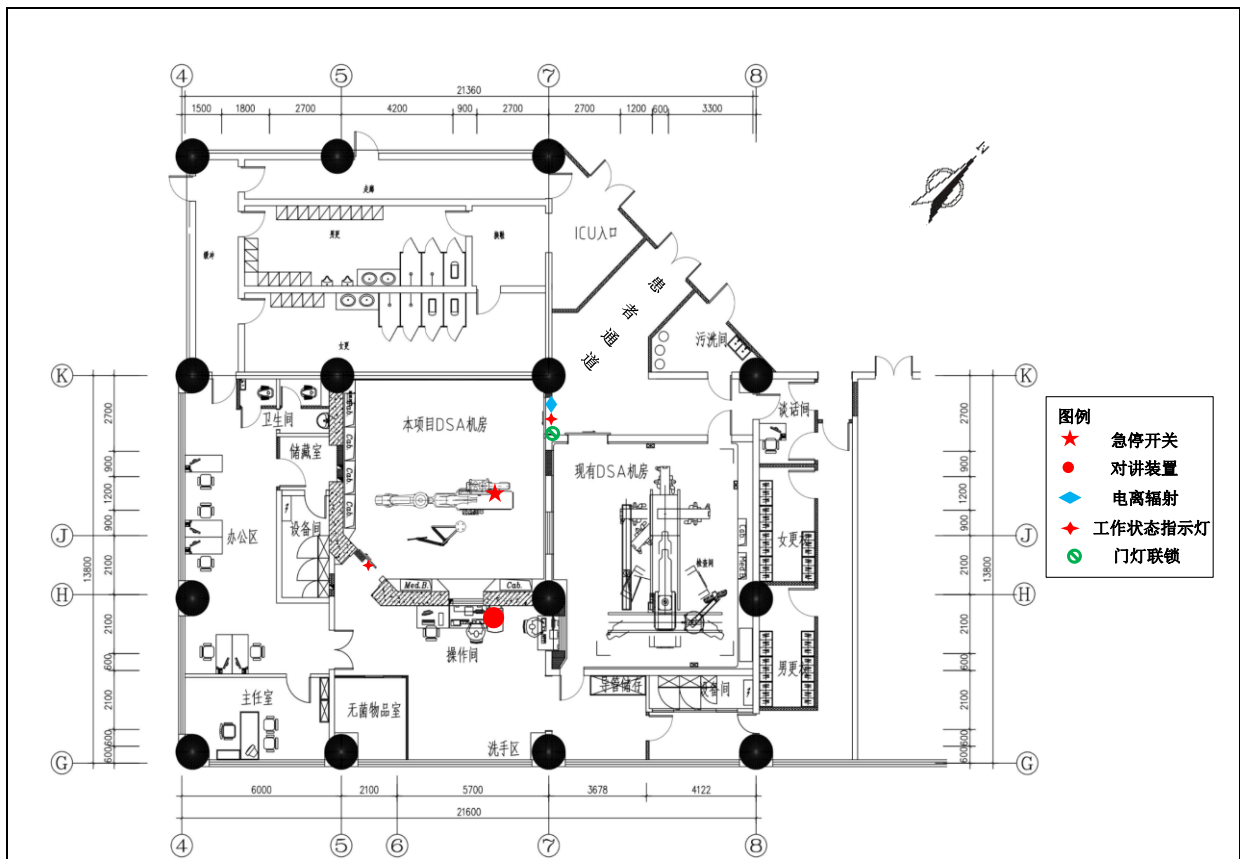


图 10-2 本项目 DSA 机房防护设计图

表 10-7 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

通过以上辐射安全防护措施，本项目机房拟建 DSA 机房的防护措施、DSA 机房应配备相应的防护用品与辅助防护设施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关技术要求。

10.2 “三废”治理措施

(1) 废气治理措施

本项目为医用 X 射线装置的应用，在开机出束状态下产生 X 射线，断开电源后，X 射线随即消失。在装置使用过程中无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生，但辐射工作中因 X 射线对空气的电离产生微量非放射性的臭氧和氮氧化物，本项目 DSA 机房动力通风装置拟采用带有通风功能的空调新风系统进行通风，排风口和送风口均位于机房吊顶处，管道布设于机房吊顶处，最终连接至建筑总排风井，能够保证机房内有效地通风换气，设置情况满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中第 6.4.3 款“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求。

(2) 射线装置报废处理

按照《浙江省辐射环境管理办法》要求：本项目 DSA 装置报废时，建设单位应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

本项目无新增建筑物，施工内容主要是对医院住院大楼（3号楼）3层现有 DSA 机房西南侧区域进行改造，包括防护门安装、部分墙体砌砖建筑、防护涂料施工等，本项目施工时间短，施工范围小，施工过程会产生施工噪声、施工人员生活污水、建筑垃圾和施工人员生活垃圾。

（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造，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病房大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

设备的安装、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

11.2.1 本项目 DSA 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 DSA 装置位于住院大楼 3 层，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

设备		DSA		
技术参数		管电压 125kV/管电流 1000mA		
过滤材料		2.5mmAl		
最大照射野		100cm ²		
工况模式	减影	工况下 最大常用电压 100kV 最大常用电流 500mA	离靶 1m 处空气中的空气比释动能	0.09mGy/mA s
	透视	工况下 最大常用电压 90kV 最大常用电流 15mA		0.075mGy/mA s
泄漏辐射源强		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		
机房尺寸		DSA 机房		
		长 6.8m×宽 5.8m×高 3.5m		
防护	东北侧墙体 ^①	3.5mm 铅当量防护涂料		

设施	东北侧墙体的观察窗（保留）	20mm 厚铅玻璃（4mmPb）
	本项目患者防护门（东北侧）	内衬 4mm 铅板（4mmPb）
	东南侧墙体	500mm 混凝土（7.54mmPb）
		800mm 混凝土（12.25mmPb）
	本项目观察窗（东南侧）	20mm 厚铅玻璃（4mmPb）
	本项目工作人员防护门（东南侧）	内衬 4mm 铅板（4mmPb）
	西南侧墙体	改造处为：240mm 实心砖+40mm 硫酸钡防护涂料（6mmPb）；其余墙体仍为 530mm 混凝土（8.01mmPb）
		800mm 混凝土（12.25mmPb）
	西北侧墙体	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡防护涂料（6mmPb）
	顶棚	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料（5.44mmPb）
	地坪	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料（5.59mmPb）
	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 100kVp 电压下，离靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.09 mGy/mA s，90kV 电压下，离靶 1m 处空气中的空气比释动能为 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”；

3、表中①按照最不利原则，东北侧墙体防护设施选取 3.5mm 铅当量防护参与计算。

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：

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

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)；

$r_0=1\text{m}$ ；

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	1.62×10^8
	透视	2.5 mm Al	0.075	90	20	4.05×10^6

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、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	1#第一术者位	机房内	0.6
	1#第一术者位(手部)	机房内	0.4
	1#第一术者位(眼部)	机房内	0.9
	1#第二术者位	机房内	0.9
2#东北侧防护门外 30cm 处(患者通道处)		东北侧	5
3#东北侧防护墙外 30cm 处(现有 DSA 机房)		东北侧	4.4
4#东北侧观察窗外 30cm 处(现有 DSA 机房)		东北侧	4.4
5#东南侧防护墙外 30cm 处(操作间)		东南侧	5.2
6#东南侧操作间操作位		东南侧	5.2
7#东南侧防护门外 30cm 处(操作间)		东南侧	3.9
8#西南侧防护墙外 30cm 处(储藏室)		西南侧	4.3
9#西北侧防护墙外 30cm 处(ICU 更衣室)		西北侧	4.9
10#DSA 机房楼上离地 100cm 处(手术室的前室)		上方	3.2
11#DSA 机房楼下离地 170cm 处(办公室)		下方	4.5
12#住院大楼南侧 5 号楼		南侧	36

注：12#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。

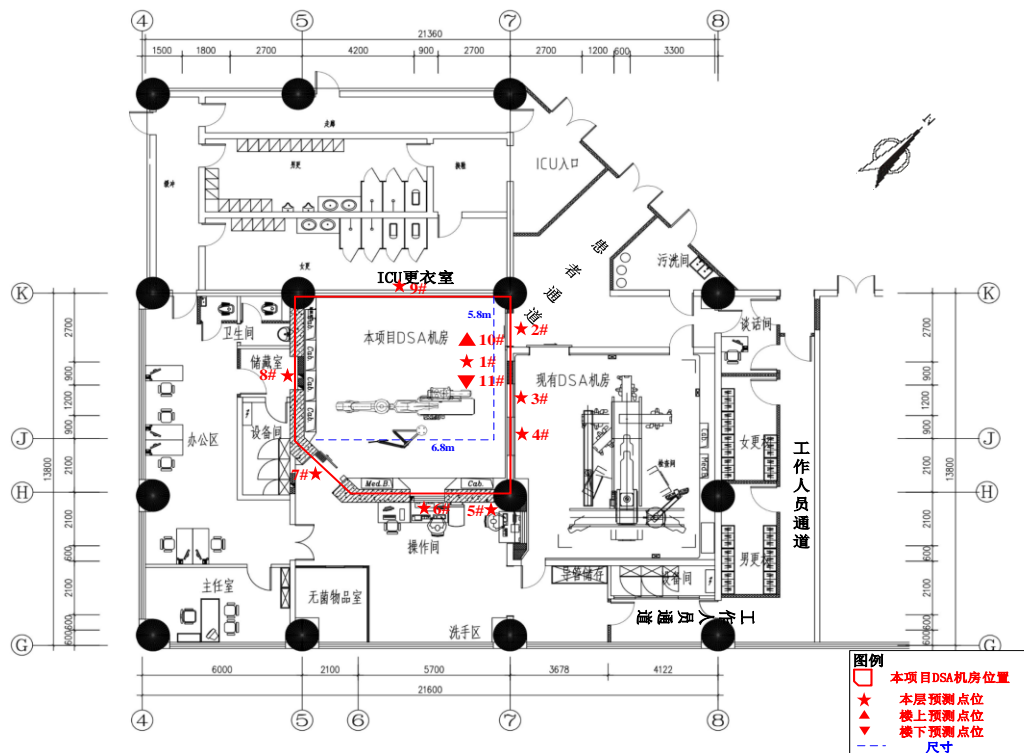


图 11-1 DSA 机房预测关注点位示意图

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。

①主射方向屏蔽估算

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

式中：

H_s ----预测点处的散射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 ----距靶 1m 处初级 X 射线束造成的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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 ---减弱因子，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）及表 C.2 的相关参数进行计算。

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha\gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 11-2})$$

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。

表 11-4 铅对 100kV、90kV 的 X 射线衰减的有关的拟合参数

管电压 kV	铅		
	α	β	γ
100kV (主束)	2.5	15.28	0.7557
100kV (散射)	2.507	15.33	0.9124
90	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11-5、表11-6。

表 11-5 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	铅当量厚度 (mmPb)	α	β	γ	B
2#东北侧防护门外 30cm 处(患者通道 处)	内衬 4mm 铅板	4	2.507	15.33	0.9124	5.14×10^{-6}
3#东北侧防护墙外 30cm 处(现有 DSA 机房)	3.5mm 铅当量硫酸钡 防护涂料	3.5	2.507	15.33	0.9124	1.80×10^{-5}
4#东北侧观察窗外 30cm 处(现有 DSA 机房)	20mm 铅玻璃	4	2.507	15.33	0.9124	5.14×10^{-6}
5#东南侧防护墙外 30cm 处(操作间)	500mm 混凝土	7.54	2.507	15.33	0.9124	7.19×10^{-10}
6#东南侧操作间操 作位	20mm 铅玻璃	4	2.507	15.33	0.9124	5.14×10^{-6}
7#东南侧防护门外 30cm 处(操作间)	内衬 4mm 铅板	4	2.507	15.33	0.9124	5.14×10^{-6}
8#西南侧防护墙外 30cm 处(储藏室)	改造处为: 240mm 实 心砖+40mm 硫酸钡防 护涂料; 其余墙体仍 为 530mm 混凝土 (8.01mmPb)	6 ^①	2.507	15.33	0.9124	3.41×10^{-8}
9#西北侧防护墙外 30cm 处(ICU 更衣 室)	240mm 实心砖 +40mm 硫酸钡防护涂 料	6	2.507	15.33	0.9124	3.41×10^{-8}
10#DSA 机房楼上 离地 100cm 处(手 术室的前室)	120mm 混凝土 +40mm 硫酸钡防护涂 料	5.44	2.507	15.33	0.9124	1.39×10^{-7}
11#DSA 机房楼下 离地 170cm 处(办 公室)	120mm 混凝土 +40mm 硫酸钡防护涂 料	5.59	2.507	15.33	0.9124	9.54×10^{-8}
12#住院大楼南侧 5 号楼	/	4 ^②	2.507	15.33	0.9124	5.14×10^{-6}

注: ①西南侧防护铅当量按照最不利原则选取改造处的铅当量厚度参与本项目计算, 下同; ②防护铅当量按照最不

利原则选取东南侧防护门或者观察窗处的铅当量厚度参与本项目计算，下同。

表 11-6 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	铅当量厚度 (mmPb)	α	β	γ	B
1#第一术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅侧帘	1	3.067	18.83	0.7726	4.08×10^{-3}
1#第一术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅侧帘	0.5	3.067	18.83	0.7726	2.52×10^{-2}
1#第一术者位 (手部)	0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 铅侧帘	0.525	3.067	18.83	0.7726	2.27×10^{-2}
1#第一术者位 (眼部)	0.5mmPb 铅眼镜 +0.5mmPb 铅侧帘	1	3.067	18.83	0.7726	4.08×10^{-3}
1#第二术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅侧帘	1	3.067	18.83	0.7726	4.08×10^{-3}
1#第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅侧帘	0.5	3.067	18.83	0.7726	2.52×10^{-2}
2#东北侧防护门 外 30cm 处(患者 通道处)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
3#东北侧防护墙 外 30cm 处(现有 DSA 机房)	3.5mm 铅当量硫酸钡 防护涂料	3.5	3.067	18.83	0.7726	1.71×10^{-6}
4#东北侧观察窗 外 30cm 处(现有 DSA 机房)	20mm 铅玻璃	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
5#东南侧防护墙 外 30cm 处(操作 间)	500mm 混凝土	7.54	3.067	18.83	0.7726	7.11×10^{-12}
6#东南侧操作间 操作位	20mm 铅玻璃	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
7#东南侧防护门 外 30cm 处(操作 间)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
8#西南侧防护墙 外 30cm 处(储藏 室)	改造处为: 240mm 实 心砖+40mm 硫酸钡防 护涂料; 其余墙体仍为 530mm 混凝土 (8.01mmPb)	6 ^①	3.067	18.83	0.7726	8.00×10^{-10}
9#西北侧防护墙 外 30cm 处(ICU 更衣室)	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡防护涂料	6	3.067	18.83	0.7726	8.00×10^{-10}
10#DSA 机房楼 上离地 100cm 处 (手术室的前 室)	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	5.44	3.067	18.83	0.7726	4.46×10^{-9}
11#DSA 机房楼 下离地 170cm 处 (办公室)	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	5.59	3.067	18.83	0.7726	2.81×10^{-9}

12#住院大楼南侧5号楼	/	4 ^②	3.067	18.83	0.7726	3.69×10 ⁻⁷
--------------	---	----------------	-------	-------	--------	-----------------------

各预测点位散射辐射剂量计算参数及结果见下表11-7。

表 11-7 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#东北侧防护门外30cm处(患者通道处)	1.62×10 ⁸	0.0013	100	0.7	5	5.14×10 ⁻⁶	2.21×10 ⁻²
	3#东北侧防护墙外30cm处(现有DSA机房)	1.62×10 ⁸	0.0013	100	0.7	4.4	1.80×10 ⁻⁵	9.99×10 ⁻²
	4#东北侧观察窗外30cm处(现有DSA机房)	1.62×10 ⁸	0.0013	100	0.7	4.4	5.14×10 ⁻⁶	2.85×10 ⁻²
	5#东南侧防护墙外30cm处(操作间)	1.62×10 ⁸	0.0013	100	0.7	5.2	7.19×10 ⁻¹⁰	2.86×10 ⁻⁶
	6#东南侧操作间操作位	1.62×10 ⁸	0.0013	100	0.7	5.2	5.14×10 ⁻⁶	2.04×10 ⁻²
	7#东南侧防护门外30cm处(操作间)	1.62×10 ⁸	0.0013	100	0.7	3.9	5.14×10 ⁻⁶	3.63×10 ⁻²
	8#西南侧防护墙外30cm处(储藏室)	1.62×10 ⁸	0.0013	100	0.7	4.3	3.41×10 ⁻⁸	1.98×10 ⁻⁴
	9#西北侧防护墙外30cm处(ICU更衣室)	1.62×10 ⁸	0.0013	100	0.7	4.9	3.41×10 ⁻⁸	1.53×10 ⁻⁴
	10#DSA机房楼上离地100cm处(手术室的前室)	1.62×10 ⁸	0.0013	100	0.7	3.2	1.39×10 ⁻⁷	1.46×10 ⁻³
	11#DSA机房楼下离地170cm处(办公室)	1.62×10 ⁸	0.0013	100	0.7	4.5	9.54×10 ⁻⁸	5.06×10 ⁻⁴
	12#住院大楼南侧5号楼	1.62×10 ⁸	0.0013	100	0.7	36	5.14×10 ⁻⁶	4.26×10 ⁻⁴
透视	1#第一术者位(铅衣内)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	0.6	4.08×10 ⁻³	30.41
	1#第一术者位(铅衣外)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	0.6	2.52×10 ⁻²	187.69
	1#第一术者位(手部)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	0.4	2.27×10 ⁻²	380.98
	1#第一术者位(眼部)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	0.9	4.08×10 ⁻³	13.52
	1#第二术者位(铅衣内)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	0.9	4.08×10 ⁻³	13.52

1#第二术者位(铅衣外)	4.05×10^6	0.0013	100	0.7	0.9	2.52×10^{-2}	83.42
2#东北侧防护门外 30cm 处(患者通道处)	4.05×10^6	0.0013	100	0.7	5	3.69×10^{-7}	3.97×10^{-5}
3#东北侧防护墙外 30cm 处(现有 DSA 机房)	4.05×10^6	0.0013	100	0.7	4.4	1.71×10^{-6}	2.37×10^{-4}
4#东北侧观察窗外 30cm 处(现有 DSA 机房)	4.05×10^6	0.0013	100	0.7	4.4	3.69×10^{-7}	5.12×10^{-5}
5#东南侧防护墙外 30cm 处(操作间)	4.05×10^6	0.0013	100	0.7	5.2	7.11×10^{-12}	7.06×10^{-10}
6#东南侧操作间操作位	4.05×10^6	0.0013	100	0.7	5.2	3.69×10^{-7}	3.67×10^{-5}
7#东南侧防护门外 30cm 处(操作间)	4.05×10^6	0.0013	100	0.7	3.9	3.69×10^{-7}	6.52×10^{-5}
8#西南侧防护墙外 30cm 处(储藏室)	4.05×10^6	0.0013	100	0.7	4.3	8.00×10^{-10}	1.16×10^{-7}
9#西北侧防护墙外 30cm 处(ICU 更衣室)	4.05×10^6	0.0013	100	0.7	4.9	8.00×10^{-10}	8.95×10^{-8}
10#DSA 机房楼上离地 100cm 处(手术室的前室)	4.05×10^6	0.0013	100	0.7	3.2	4.46×10^{-9}	1.17×10^{-6}
11#DSA 机房楼下离地 170cm 处(办公室)	4.05×10^6	0.0013	100	0.7	4.5	2.81×10^{-9}	3.73×10^{-7}
12#住院大楼南侧 5 号楼	4.05×10^6	0.0013	100	0.7	36	3.69×10^{-7}	7.65×10^{-7}

(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， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 —距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ，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。

泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表 11-8、表 11-9。

表 11-8 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	铅当量厚度 (mmPb)	α	β	γ	B
2#东北侧防护门外 30cm 处 (患者通道处)	内衬 4mm 铅板	4	2.5	15.28	0.7557	3.39×10^{-6}
3#东北侧防护墙外 30cm 处 (现有 DSA 机房)	3.5mm 铅当量硫酸钡防护涂料	3.5	2.5	15.28	0.7557	1.18×10^{-5}
4#东北侧观察窗外 30cm 处 (现有 DSA 机房)	20mm 铅玻璃	4	2.5	15.28	0.7557	3.39×10^{-6}
5#东南侧防护墙外 30cm 处 (操作间)	500mm 混凝土	7.54	2.5	15.28	0.7557	4.85×10^{-10}
6#东南侧操作间操作位	20mm 铅玻璃	4	2.5	15.28	0.7557	3.39×10^{-6}
7#东南侧防护门外 30cm 处 (操作间)	内衬 4mm 铅板	4	2.5	15.28	0.7557	3.39×10^{-6}
8#西南侧防护墙外 30cm 处 (储藏室)	改造处为: 240mm 实心砖 +40mm 硫酸钡防护涂料 (6mmPb); 其余墙体仍为 530mm 混凝土 (8.01mmPb)	6 ^①	2.5	15.28	0.7557	2.28×10^{-8}
9#西北侧防护墙外 30cm 处 (ICU 更衣室)	240mm 实心砖 +40mm 硫酸钡防护涂料	6	2.5	15.28	0.7557	2.28×10^{-8}
10#DSA 机房楼上离地 100cm 处 (手术室的前室)	120mm 混凝土 +40mm 硫酸钡防护涂料	5.44	2.5	15.28	0.7557	9.25×10^{-8}
11#DSA 机房楼下离地 170cm 处 (办公室)	120mm 混凝土 +40mm 硫酸钡防护涂料	5.59	2.5	15.28	0.7557	6.36×10^{-8}
12#住院大楼南侧 5 号楼	/	4 ^②	2.5	15.28	0.7557	3.39×10^{-6}

表 11-9 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	铅当量厚度 (mmPb)	α	β	γ	B
1#第一术者位(铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅侧帘	1	3.067	18.83	0.7726	4.08×10^{-3}
1#第一术者位(铅衣外)	0.5mmPb 铅侧帘	0.5	3.067	18.83	0.7726	2.52×10^{-2}

1#第一术者位（手部）	0.025mmPb 铅手套+0.5mmPb 铅侧帘	0.525	3.067	18.83	0.7726	2.27×10^{-2}
1#第一术者位（眼部）	0.5mmPb 铅眼镜+0.5mmPb 铅侧帘	1	3.067	18.83	0.7726	4.08×10^{-3}
1#第二术者位(铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅侧帘	1	3.067	18.83	0.7726	4.08×10^{-3}
1#第二术者位(铅衣外)	0.5mmPb 铅侧帘	0.5	3.067	18.83	0.7726	2.52×10^{-2}
2#东北侧防护门外30cm 处（患者通道处）	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
3#东北侧防护墙外30cm 处(现有 DSA 机房)	3.5mm 铅当量硫酸钡防护涂料	3.5	3.067	18.83	0.7726	1.71×10^{-6}
4#东北侧观察窗外30cm 处(现有 DSA 机房)	20mm 铅玻璃	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
5#东南侧防护墙外30cm 处（操作间）	500mm 混凝土	7.54	3.067	18.83	0.7726	7.11×10^{-12}
6#东南侧操作间操作位	20mm 铅玻璃	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
7#东南侧防护门外30cm 处（操作间）	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
8#西南侧防护墙外30cm 处（储藏室）	改造处为：240mm 实心砖+40mm 硫酸钡防护涂料（6mmPb）；其余墙体仍为 530mm 混凝土（8.01mmPb）	6 ^①	3.067	18.83	0.7726	8.00×10^{-10}
9#西北侧防护墙外30cm 处（ICU 更衣室）	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡防护涂料	6	3.067	18.83	0.7726	8.00×10^{-10}
10#DSA 机房楼上离地 100cm 处（手术室的前室）	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	5.44	3.067	18.83	0.7726	4.46×10^{-9}
11#DSA 机房楼下离地 170cm 处（办公室）	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	5.59	3.067	18.83	0.7726	2.81×10^{-9}
12#住院大楼南侧5号楼	/	4 ^②	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}

各预测点位泄漏辐射剂量计算参数及结果见下表11-10。

表 11-10 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#东北侧防护门外 30cm 处 (患者通道处)	1000	5	3.39×10^{-6}	1.36×10^{-4}
	3#东北侧防护墙外 30cm 处 (现有 DSA 机房)	1000	4.4	1.18×10^{-5}	6.11×10^{-4}
	4#东北侧观察窗外 30cm 处 (现有 DSA 机房)	1000	4.4	3.39×10^{-6}	1.75×10^{-4}
	5#东南侧防护墙外 30cm 处 (操作间)	1000	5.2	4.85×10^{-10}	1.80×10^{-8}
	6#东南侧操作间操作位	1000	5.2	3.39×10^{-6}	1.25×10^{-4}
	7#东南侧防护门外 30cm 处 (操作间)	1000	3.9	3.39×10^{-6}	2.23×10^{-4}
	8#西南侧防护墙外 30cm 处 (储藏室)	1000	4.3	2.28×10^{-8}	1.23×10^{-6}
	9#西北侧防护墙外 30cm 处 (ICU 更衣室)	1000	4.9	2.28×10^{-8}	9.50×10^{-7}
	10#DSA 机房楼上离地 100cm 处(手术室的前室)	1000	3.2	9.25×10^{-8}	9.03×10^{-6}
	11#DSA 机房楼下离地 170cm 处(办公室)	1000	4.5	6.36×10^{-8}	3.14×10^{-6}
	12#住院大楼南侧 5 号楼	1000	36	3.39×10^{-6}	2.61×10^{-6}
	透视	1#第一术者位(铅衣内)	1000	0.5	4.08×10^{-3}
1#第一术者位(铅衣外)		1000	0.5	2.52×10^{-2}	69.87
1#第一术者位(手部)		1000	0.4	2.27×10^{-2}	141.83
1#第一术者位(眼部)		1000	0.9	4.08×10^{-3}	5.03
1#第二术者位(铅衣内)		1000	0.9	4.08×10^{-3}	5.03
1#第二术者位(铅衣外)		1000	0.9	2.52×10^{-2}	31.05
2#东北侧防护门外 30cm 处 (患者通道处)		1000	5	3.69×10^{-7}	1.48×10^{-5}
3#东北侧防护墙外 30cm 处 (现有 DSA 机房)		1000	4.4	1.71×10^{-6}	8.84×10^{-5}
4#东北侧观察窗外 30cm 处 (现有 DSA 机房)		1000	4.4	3.69×10^{-7}	1.91×10^{-5}
5#东南侧防护墙外 30cm 处 (操作间)		1000	5.2	7.11×10^{-12}	2.63×10^{-10}
6#东南侧操作间操作位		1000	5.2	3.69×10^{-7}	1.37×10^{-5}
7#东南侧防护门外 30cm 处 (操作间)		1000	3.9	3.69×10^{-7}	2.43×10^{-5}
8#西南侧防护墙外 30cm 处 (储藏室)		1000	4.3	8.00×10^{-10}	4.33×10^{-8}
9#西北侧防护墙外 30cm 处 (ICU 更衣室)		1000	4.9	8.00×10^{-10}	3.33×10^{-8}
10#DSA 机房楼上离地 100cm 处(手术室的前室)		1000	3.2	4.46×10^{-9}	4.35×10^{-7}
11#DSA 机房楼下离地 170cm 处(办公室)		1000	4.5	2.84×10^{-9}	1.39×10^{-7}
12#住院大楼南侧 5 号楼	1000	36	3.69×10^{-7}	2.85×10^{-7}	

(3) 漏射和散射总辐射剂量率估算

根据表 11-7 和表 11-10 的计算结果, 将各个预测点的总辐射剂量率统计于下表

11-11。

表11-11 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
本项目 DSA 机房	减影	2#东北侧防护门外 30cm 处（患者通道处）	2.21×10^{-2}	1.36×10^{-4}	2.22×10^{-2}
		3#东北侧防护墙外 30cm 处（现有 DSA 机房）	9.99×10^{-2}	6.11×10^{-4}	1.01×10^{-1}
		4#东北侧观察窗外 30cm 处（现有 DSA 机房）	2.85×10^{-2}	1.75×10^{-4}	2.87×10^{-2}
		5#东南侧防护墙外 30cm 处（操作间）	2.86×10^{-6}	1.80×10^{-8}	2.87×10^{-6}
		6#东南侧操作间操作位	2.04×10^{-2}	1.25×10^{-4}	2.05×10^{-2}
		7#东南侧防护门外 30cm 处（操作间）	3.63×10^{-2}	2.23×10^{-4}	3.65×10^{-2}
		8#西南侧防护墙外 30cm 处（储藏室）	1.98×10^{-4}	1.23×10^{-6}	2.00×10^{-4}
		9#西北侧防护墙外 30cm 处（ICU 更衣室）	1.53×10^{-4}	9.50×10^{-7}	1.54×10^{-4}
		10#DSA 机房楼上离地 100cm 处（手术室的前室）	1.46×10^{-3}	9.03×10^{-6}	1.47×10^{-3}
		11#DSA 机房楼下离地 170cm 处（办公室）	5.06×10^{-4}	3.14×10^{-6}	5.10×10^{-4}
		12#住院大楼南侧 5 号楼	4.26×10^{-4}	2.61×10^{-6}	4.29×10^{-4}
		透视	1#第一术者位（铅衣内）	30.41	11.32
	1#第一术者位（铅衣外）		187.69	69.87	257.56
	1#第一术者位（手部）		380.98	141.83	522.81
	1#第一术者位（眼部）		13.52	5.03	18.55
	1#第二术者位（铅衣内）		13.52	5.03	18.55
	1#第二术者位（铅衣外）		83.42	31.05	114.47
	2#东北侧防护门外 30cm 处（患者通道处）		3.97×10^{-5}	1.48×10^{-5}	5.44×10^{-5}
	3#东北侧防护墙外 30cm 处（现有 DSA 机房）		2.37×10^{-4}	8.84×10^{-5}	3.26×10^{-4}
	4#东北侧观察窗外 30cm 处（现有 DSA 机房）		5.12×10^{-5}	1.91×10^{-5}	7.03×10^{-5}
	5#东南侧防护墙外 30cm 处（操作间）		7.06×10^{-10}	2.63×10^{-10}	9.69×10^{-10}
	6#东南侧操作间操作位		3.67×10^{-5}	1.37×10^{-5}	5.03×10^{-5}
	7#东南侧防护门外 30cm 处（操作间）		6.52×10^{-5}	2.43×10^{-5}	8.95×10^{-5}
	8#西南侧防护墙外 30cm 处（储藏室）	1.16×10^{-7}	4.33×10^{-8}	1.60×10^{-7}	
9#西北侧防护墙外 30cm 处（ICU 更衣室）	8.95×10^{-8}	3.33×10^{-8}	1.23×10^{-7}		
10#DSA 机房楼上离地 100cm 处（手术室的前室）	1.17×10^{-6}	4.35×10^{-7}	1.60×10^{-6}		
11#DSA 机房楼下离地 170cm 处（办公室）	3.73×10^{-7}	1.39×10^{-7}	5.12×10^{-7}		
12#住院大楼南侧 5 号楼	7.65×10^{-7}	2.85×10^{-7}	1.05×10^{-6}		

由表 11-11 计算结果可知：减影时，东南侧操作间操作位的辐射剂量率为 $2.05 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $1.01 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 。透视时，东南侧操作间操作位的辐射剂量率为 $5.03 \times 10^{-5} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $3.26 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ 。

综上，本项目 DSA 在正常运行情况下，机房外操作间操作位、四周防护墙外、楼上、楼下及防护门外的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中规定的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的标准限值（剂量换算系数，Sv/Gy 取 1）。

2、工作人员及公众个人剂量估算

(1) 工作人员负荷

本项目DSA机房项目运行以后，22名辐射工作人员共同承担全院两台DSA手术。根据医院提供资料，全院年最大手术量不超过2000台。根据不同手术类型，每台手术配备医生2名、护士1名、技师1名。根据建设单位提供资料及现有DSA手术量情况，考虑到医生和护士可能存在实际工作量不均衡的情况，结合本项目辐射工作人员配备计划，考虑2台DSA年最大手术量，预计手术医生单人年手术台数最大不超过250台，单个技师年最大手术台数不超过1000台，单个护士年最大手术台数不超过500台。

表11-12 工作人员工作负荷

设备	运行模式	本项目 DSA 曝光时间(h)	单个医生年最大受照射时间 (h) ①	单个技师年最大受照射时间 (h) ②	单个护士年最大受照射时间 (h) ③
DSA	减影	16.67	4.17	16.67	8.33
	透视	333.33	83.33	333.33	166.67

注：①单个医生负责2台DSA设备的年最大手术量250台与单台手术曝光时间乘积；②单个技师负责2台DSA设备的年最大手术量1000台与单台手术曝光时间乘积；③单个护士负责2台DSA设备的年最大手术量500台与单台手术曝光时间乘积。

(2) 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，医生在手术间内近台操作，护士和技师通常不在手术间内（或位于移动铅防护屏风后）。

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。

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

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， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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11-13。

表 11-13 居留因子的选取

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、治疗控制区、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

计算结果详见表11-14。

表11-14 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	^① 总辐射剂量率 H ₀	年工作时间	居留因子 T	年有效剂量 H ₁
			μGy/h			
本项目 DSA 机房	减影	2#东北侧防护门外 30cm 处 (患者通道处)	2.22×10 ⁻²	16.67	1/4	9.26×10 ⁻⁵
		3#东北侧防护墙外 30cm 处 (现有 DSA 机房)	1.01×10 ⁻¹	16.67	1	1.68×10 ⁻³
		4#东北侧观察窗外 30cm 处 (现有 DSA 机房)	2.87×10 ⁻²	16.67	1	4.78×10 ⁻⁴
		5#东南侧防护墙外 30cm 处 (操作间)	2.87×10 ⁻⁶	16.67	1	4.79×10 ⁻⁸
		6#东南侧操作间操作位	2.05×10 ⁻²	16.67	1	3.42×10 ⁻⁴
		7#东南侧防护门外 30cm 处 (操作间)	3.65×10 ⁻²	16.67	1	6.09×10 ⁻⁴
		8#西南侧防护墙外 30cm 处 (储藏室)	2.00×10 ⁻⁴	16.67	1/16	2.08×10 ⁻⁷
		9#西北侧防护墙外 30cm 处 (ICU 更衣室)	1.54×10 ⁻⁴	16.67	1/4	6.41×10 ⁻⁷
		10#DSA 机房楼上离地 100cm 处 (手术室的前室)	1.47×10 ⁻³	16.67	1	2.45×10 ⁻⁵
		11#DSA 机房楼下离地 170cm 处 (办公室)	5.10×10 ⁻⁴	16.67	1	8.49×10 ⁻⁶
		12#住院大楼南侧 5 号楼	4.29×10 ⁻⁴	16.67	1	7.15×10 ⁻⁶
		透视	1#第一术者位(铅衣内)	41.73	83.33	1
	1#第一术者位(铅衣外)		257.56	83.33	1	21.46
	1#第一术者位 (手部)		522.81	83.33	1	43.57
	1#第一术者位 (眼部)		18.55	83.33	1	1.55
	1#第二术者位(铅衣内)		18.55	166.67	1	3.09
	1#第二术者位(铅衣外)		114.47	166.67	1	19.08
	2#东北侧防护门外 30cm 处 (患者通道处)		5.44×10 ⁻⁵	333.33	1/4	4.54×10 ⁻⁶
	3#东北侧防护墙外 30cm 处 (现有 DSA 机房)	3.26×10 ⁻⁴	333.33	1	1.09×10 ⁻⁴	

	4#东北侧观察窗外 30cm 处（现有 DSA 机房）	7.03×10^{-5}	333.33	1	2.34×10^{-5}
	5#东南侧防护墙外 30cm 处（操作间）	9.69×10^{-10}	333.33	1	3.23×10^{-10}
	6#东南侧操作间操作位	5.03×10^{-5}	333.33	1	1.68×10^{-5}
	7#东南侧防护门外 30cm 处（操作间）	8.95×10^{-5}	333.33	1	2.98×10^{-5}
	8#西南侧防护墙外 30cm 处（储藏室）	1.60×10^{-7}	333.33	1/16	3.32×10^{-9}
	9#西北侧防护墙外 30cm 处（ICU 更衣室）	1.23×10^{-7}	333.33	1/4	1.02×10^{-8}
	10#DSA 机房楼上离地 100cm 处（手术室的前室）	1.60×10^{-6}	333.33	1	5.35×10^{-7}
	11#DSA 机房楼下离地 170cm 处（办公室）	5.12×10^{-7}	333.33	1	1.71×10^{-7}
	12#住院大楼南侧 5 号楼	1.05×10^{-6}	333.33	1	3.50×10^{-7}

注：①本项目 DSA 设备参数与现有 DSA 设备技术参数相近，运行工况相近，因此选取本项目 DSA 机房辐射剂量率进行辐射工作人员兼岗操作年有效剂量估算。

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。

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

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，无屏蔽时，取 0.84，本项目取 **0.79**；

β ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100，本项目取 **0.051**；

H_u ——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，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 $H_p(10)$ ，单位：mSv。

由表 11-14 可知，第一术者位（身体铅衣内）年有效剂量为 3.48mSv，第一术者位（身体铅衣外）年有效剂量为 21.46mSv，第二术者位（身体铅衣内）年有效剂量为 3.09mSv，第二术者位（身体铅衣外）年有效剂量为 19.08mSv，则由式 11-5 计算可知，第一手术位（身体）的受照的有效剂量为 3.84mSv/a，第二手术位（身体）的受照的有效剂量为 3.42 mSv/a。

各预测点位年有效剂量估算结果汇总于表 11-15。

表 11-15 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	$3.42 \times 10^{-4*}$	3.84	3.84	职业人员
	1#第二术者位	$3.42 \times 10^{-4*}$	3.42	3.42	职业人员
	2#东北侧防护门外 30cm 处 (患者通道处)	9.26×10^{-5}	4.54×10^{-6}	9.71×10^{-5}	公众人员
	3#东北侧防护墙外 30cm 处 (现有 DSA 机房)	1.68×10^{-3}	1.09×10^{-4}	1.78×10^{-3}	职业人员
	4#东北侧观察窗外 30cm 处 (现有 DSA 机房)	4.78×10^{-4}	2.34×10^{-5}	5.02×10^{-4}	职业人员
	5#东南侧防护墙外 30cm 处 (操作间)	4.79×10^{-8}	3.23×10^{-10}	4.82×10^{-8}	职业人员
	6#东南侧操作间操作位	$3.42 \times 10^{-4*}$	1.68×10^{-5}	3.59×10^{-4}	职业人员
	7#东南侧防护门外 30cm 处 (操作间)	6.09×10^{-4}	2.98×10^{-5}	6.39×10^{-4}	职业人员
	8#西南侧防护墙外 30cm 处 (储藏室)	2.08×10^{-7}	3.32×10^{-9}	2.11×10^{-7}	公众人员
	9#西北侧防护墙外 30cm 处 (ICU 更衣室)	6.41×10^{-7}	1.02×10^{-8}	6.51×10^{-7}	公众人员
	10#DSA 机房楼上离地 100cm 处 (手术室的前室)	2.45×10^{-5}	5.35×10^{-7}	2.50×10^{-5}	公众人员
	11#DSA 机房楼下离地 170cm 处 (办公室)	8.49×10^{-6}	1.71×10^{-7}	8.66×10^{-6}	公众人员
12#住院大楼南侧 5 号楼	7.15×10^{-6}	3.50×10^{-7}	7.50×10^{-6}	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操作位内的受照剂量，受照剂量同操作间工作人员。

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，但是仍然有部分暴露在射线受到照射，在手术过程中，手术医生手部距离射线最近，因 X 射线随距离的增加呈现衰减趋势，故以手术医生腕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、当量剂量估算用下式进行计算：

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

$$H = D_S W_R \quad (11-7)$$

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），从表 A.5 查空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 $C_{KS}=1.156\text{Gy/Gy}$ ；

\dot{k} ：X、 γ 辐射场的空气比释动能率（ $\mu\text{Gy/h}$ ），为 $329\mu\text{Gy/h}$ ；

t : 人员累积受照时间, h, 医生年受照时间为 83.33h;

H : 关注点的当量剂量, mSv;

W_R : 辐射权重因数, X 射线取 1。

由上述计算可知: 根据式 11-6 和 11-7 计算得医生手部皮肤受到的当量剂量为 31.69mSv/a, 满足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。全院 DSA 正常运行时, 机房内医生、护士和技师受照的最大有效剂量分别为 3.84mSv/a、3.42mSv/a 和 1.78×10^{-3} mSv/a, 满足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; 公众身体受照的年有效剂量最大为 9.71×10^{-5} mSv, 满足公众年有效剂量不高于 0.1mSv 的年剂量约束值要求。

4、叠加分析

①考虑现有机房运行时对本项目辐射影响

因本项目 DSA 机房东北侧与现有 DSA 机房紧邻, 根据浙江建安检测研究院有限公司出具的《温州市中西医结合医院医用 X 射线影像诊断设备质量控制和辐射工作场所检测报告》(报告编号: GABG-XF/CF21235562, 见附件 11) 可知, 东侧 DSA 机房周边放射工作场所检测处于本底水平, 故本项目不考虑东北侧现有 DSA 机房射线装置运行时对本项目辐射工作人员和公众的叠加影响。

②考虑本项目机房运行时对现有 DSA 机房工作人员的辐射影响

东北侧现有 DSA 机房的辐射工作人员在其机房承担辐射工作的同时, 还会受到本项目的辐射影响。其叠加分析具体见下表 11-16。

表11-16 其他位置职业人员叠加分析

编号	位置	人员年有效剂量 (mSv)	年有效剂量估算值 (mSv)	工作人员最大年有效 剂量 (mSv)
1	东北侧现有 DSA 机房内	3.84	① 1.78×10^{-3}	3.84
2	东北侧现有 DSA 机房的操作间	3.59×10^{-4}	② 4.82×10^{-8}	3.59×10^{-4}

注: ①取值为表 11-15 中 3#东北侧防护墙外 30cm 处 (现有 DSA 机房) 的年有效剂量估算值; ②取值为表 11-15 中 5#东南侧防护墙外 30cm 处 (操作间) 的年有效剂量估算值。

综上所述, 在考虑叠加影响后的辐射工作人员身体受照的年有效剂量最大为 3.84mSv, 仍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。

11.2.2 DSA运营期臭氧影响分析

本项目 DSA 射线能量低, 电离产生的臭氧和氮氧化物额度非常低, 且臭氧可自然分解为氧气, DSA 机房拟采用带有动力通风功能的空调新风系统进行通风, 能够保证

机房内有效的通风换气，设置情况满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中第 6.4.3 款“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求，废气经通排风系统排出机房外，经自然分解后对周围大气环境影响很小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射事故情况

DSA 装置可能发生的辐射事故情况如下：

(1) 工作人员或病人家属尚未完全撤离 DSA 机房时，设备开机，会对工作人员或病人家属产生不必要的 X 射线照射；

(2) 工作人员误入正在运行的机房引起误照射；

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

本项目为医用II类射线装置使用项目，X 射线能量较低，根据上述主要事故类型情况，可能发生的辐射事故为一般辐射事故。

11.3.2 辐射事故预防措施

X 射线诊疗项目可能发生的辐射事故主要是存在管理问题，建设单位应加强对相关放射防护法规的学习，提高辐射安全防护观念和水平。在项目运营过程中采取以下辐射事故预防措施：

(1) 建立健全辐射安全管理机构，加强管理

医院成立了辐射安全与防护管理委员会，负责制定放射诊疗管理相关制度与预案，拟定工作计划组织实施；对全院辐射安全管理工作进行监督、检查，定期对放射诊疗安全事件进行演练，针对演练不足进行持续改进。

(2) 完善各项管理制度

医院制定了放射事故应急处理预案、电离辐射危害告知、放射工作人员职业健康管理制度、受检者告知制度、放射诊疗质量保证制度、放射事故预防措施、放射防护安全管理制度放射工作人员的管理制度、操作规程等。要求医院对已有制度修订更新，将本项目所涉及的射线装置纳入辐射防护管理，各辐射工作场所日常工作中严格按照各种制度执行，防止辐射事故的发生。

(3) 定期对设备进行维护保养，使设备处于良好的工作状态。

(4) 机房应当设置信号指示灯和门灯联锁装置，划分警戒控制区和监督区。

如果职业人员在防护门关闭后未撤离机房，则可利用机房防护门内与操作间设置的人工紧急停机、开门按钮，避免事故发生。防护门与设备之间设置门机联锁装置，防护门上设置警示信号灯。每当打开防护门时，立即断电并停机，不致出现误照射。

(5) 建设单位认真组织辐射工作人员参加辐射防护培训及专业技术的知识学习，使用射线装置的工作人员必须在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗；辐射工作人员配备符合标准要求的个人防护用品，并正确指导受检者穿戴。

(6) 对辐射工作场所定期开展巡查工作，主动询问辐射工作人员及时发现问题，定期联系有资质单位做好防护检测工作及机器性能检测。

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、有计划地进行处理，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。

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。

建设单位已成立辐射安全与防护管理委员会，落实安全责任制度，并明确了相关成员名单及职责，组成人员如下：

主任：薛继雄

副主任：展利军、王献敏、潘芙蓉

委员：王大川、厉彬曙、陈达开、邵绍丰、徐艳、潘才钰、薛洋洋

下设办公室成员：董旭升、徐真、谢尚志、杨丽云、秦尔

成立文件中明确了管理委员会成员组成及相关职责，故建设单位原有辐射安全与环境保护管理机构能够满足本项目辐射安全管理工作的需求，在核技术利用项目运行过程中，建设单位应根据人事变动情况及时调整机构组成。

12.1.2 辐射工作人员管理

(1) 职业健康检查情况

本项目拟配备辐射工作人员 22 名，包括现有 13 名辐射工作人员（10 名医生，2 名护士和 1 名技师）以及对外新招聘 6 名医生、2 名护士和 1 名技师。根据医院提供的职业健康体检报告，现有 13 名辐射工作人员均可继续从事放射性工作。

本项目 9 名新增辐射工作人员应进行岗前、在岗期间职业健康检查，每两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案。

(2) 辐射安全和防护专业知识培训

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。

目前医院现有78名辐射工作人员，均参加了温州市卫生监督所组织的温州市放射工作人员网络培训并考核合格，考核成绩均在2年有效期内。

本项目计划新增9名辐射工作人员，从事使用II类射线装置，应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，并报名参加相应类别的考核或在温州市卫生监督所组织的温州市放射工作人员培训平台参加放射工作人员在岗考试，考核合格后方可上岗，并按时复训。

（3）个人剂量检测

本项目拟配备辐射工作人员22名，包括现有13名辐射工作人员。医院已委托浙江正安检测技术有限公司对医院所有辐射工作人员进行长期个人剂量监测。检测结果低于工作人员剂量约束值5mSv/a。

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、个人剂量档案三个文件上的人员信息应统一；个人剂量档案应保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。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：放射性同位素与射线装置台账、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。

针对本项目新增的 DSA 辐射工作场所，医院应将本项目辐射工作场所纳入现有年度评估报告，每年 1 月 31 日前报发证机关。

12.2 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》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、辐射防护制度、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、台账管理制度和监测方案，并有完善的辐射事故应急措施”。

医院已制定：《辐射安全与防护管理委员会》、《射线装置维护制度》、《放射工作人员培训管理制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《辐射监测制度》、《放射科工作人员岗位职责》、《医院辐射安全事件应急预案》，内容较为全面，符合相关要求，新增本项目后，现有规章制度仍能够满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。本项目为使用 II 类射线装置。医院应根据本项目的情况，尽快建立健全和落实相应的规章制度和操作规程，并根据本项目特点更新辐射事故应急预案，明确 DSA 工作人员的岗位职责，加强对辐射工作人员的安全防护培训和意识教育。

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。具体应补充和完善的情况如下：

- (1) 安全管理制度：根据项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度；
- (2) 岗位职责：根据项目的具体情况制定介入放射学岗位职责；
- (3) 人员管理：从事 II 类射线装置的辐射工作人员在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核合格，并按时接受再培训。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

本项目 DSA 属 II 类射线装置，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》及相关管理要求，医院应配备个人防护用品和监测仪器，同时配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

本项目仅使用射线装置，医院已配备1台辐射巡测仪，能够满足项目运行过程中辐射工作场所的日常自行监测需求。

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	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、顶棚上方100cm处，楼下距地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	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	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	/	个人有效剂量	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

医院已经制定了《医院辐射安全事件应急预案》，预案中对应急措施、事故后续处理等作出要求，明确了应急预案启动的条件。

医院既有放射事件应急处理预案包括了下列内容：①应急组织及职责；②放射事件应急预案的启动；③放射事件应急响应处理。

管理委员会的主要职责是：负责放射事件发生时的应急处理工作，包括应急处理预案的启动、应急响应处置及解除。

一旦发生辐射事故，医院应立即启动应急预案，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》，由辐射事故应急处理领导小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，同时上报公安部门；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，并及时组织专业技术人员排除事故；配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定：应急预案中还应补充以下内容：

- ①应急机构人员职责分工及联系方式；
- ②应急人员的培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- ③辐射事故等级划分；
- ④补充应急人员培训和演习或演练计划

经核实，医院未发生过辐射环境污染事件。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。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

温州市中西医结合医院位于温州市锦绣路 75 号, 现有 DSA 机房位于医院住院大楼 3 层, 本次改造将现有 DSA 机房东北侧热疗区调整为男更、女更、谈话间、工作人员通道; 西南侧谈话区、等候区、男更、操作间调整为本项目 DSA 机房, 辅助设备间调整为现有 DSA 机房操作间, 铅衣放置区和防护门处调整为本项目操作间; 污洗间向北侧调整为本项目建成后共有的污洗间。拟在本项目机房内安装使用 1 台 DSA 设备, 型号为 NeuAngio 30C, 最大管电压 125kV, 最大管电流 1000mA, , 主射线方向由下向上, 属于 II 类射线装置。

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

拟建 DSA 机房的设置满足《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。

(2) 辐射安全管理结论

管理机构: 医院已成立了辐射安全与防护管理委员会、明确了相关职责, 并将加强监督管理。

医院已制定了包括《医院辐射安全事件应急预案》在内的一系列管理制度, 并适时进行修订、完善。医院应根据本单位项目开展的情况, 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严格落实执行; 医院按要求安排辐射工作人员参加辐射安全与防护培训, 考核合格后方能上岗, 并且按时安排人员参加培训/再培训。

13.1.2 环境影响分析结论

(1) 经计算分析, 机房外操作间操作位、四周防护墙外、楼上、楼下及防护门外的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中规定的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的标准限值。

(2) 经估算, 本项目 DSA 机房内职业人员和周围公众人员可能受到的最大年有效剂量分别满足本次评价提出的不超过 5mSv 和不超过 0.1mSv 的年剂量约束值的要求, 医生手部年当量剂量不超过 125mSv 的年当量剂量约束值的要求。

(3) DSA机房内设具有动力通风功能的空调新风系统，能够保证机房内良好的通风效果，运行过程中产生的臭氧和氮氧化物经动力排风系统排出，经自然分解和稀释后对周围大气环境影响很小。

13.1.3 可行性分析结论

(1) 产业政策符合性分析结论

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，属于国家鼓励类产业，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。

(3) 温州市“三线一单”生态环境分区管控方案符合性分析

根据《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于浙江省温州市鹿城区生活重点管控单元（ZH33030220004），本项目符合温州市“三线一单”生态环境分区管控方案要求，并且能够符合“三线一单”的管控要求。

(4) 相关规划及选址合理性结论

本项目用地属于医疗卫生用地，本项目DSA机房位于医院内住院大楼3层，用房性质为医疗用房。本项目评价范围内主要环境保护目标为从事本项目的辐射工作人员、医院其他非辐射工作人员和公众成员。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后，对周围环境与公众造成的影响是可接受的，故本项目的选址是合理的。

(5) 项目可行性结论

综上所述，温州市中西医结合医院 DSA 射线装置建设项目的建设符合产业政策、实践正当性和“三线一单”的管控要求，选址合理合法；项目符合产业政策和实践正当性，在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，

运营期对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求，对辐射工作人员及周围公众造成的影响满足辐射环境保护相关标准的要求。因此，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 建议与承诺

13.2.1 建议

- (1) 辐射监测仪器和其他辐射防护设备要落实专人负责定期检查、维护；
- (2) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，进行核与辐射安全知识宣传，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，医院承诺：

- (1) 提高辐射安全防护观念和水平，尽快安排落实辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护培训，考核合格上岗。
- (2) 本项目取得环评批复后，严格按照已批复的环评文件进行建设，并及时重新申领辐射安全许可证；项目竣工后，按照国家相关法律法规尽快自主组织竣工环保验收。
- (3) 按照国家相关法律法规及环评报告的要求补充和更新相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，保证各种规章制度和操作规程的有效执行，并对应急预案定期进行演练、总结。
- (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。并接受生态环境主管部门的监督检查。
- (5) 在实施诊治之前，事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响。
- (6) 按要求每年向发证机关提交本单位辐射安全和防护年度评估报告。
- (7) 在项目建设、运行等过程中不违规操作、不弄虚作假。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人：

公章
年 月 日

审批意见：

经办人：

公章
年 月 日

