

核技术利用建设项目

宁波市镇海区中医医院 新增1台DSA射线装置项目 环境影响报告表

建设单位名称：宁波市镇海区龙赛医疗集团

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省宁波市镇海区招宝山街道环城西路 51 号

邮政编码：315200

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	11
表 3 非密封放射性物质	11
表 4 射线装置	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6 评价依据	14
表 7 保护目标与评价标准	17
表 8 环境质量和辐射现状	22
表 9 项目工程分析与源项	26
表 10 辐射安全与防护	31
表 11 环境影响分析.....	39
表 12 辐射安全管理	60
表 13 结论与建议	65
表 14 审批	69

附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 医院总平面图及周边环境关系
- 附图 3 机房平面布置图（一层）
- 附图 4 机房正上方区域（二层）
- 附图 5 宁波市“三线一单”生态环境管控分区方案图

附件

- 附件 1 委托书
- 附件 2 事业单位法人证书及情况说明
- 附件 3 辐射安全许可证
- 附件 4 现有核技术利用项目环保手续
- 附件 5 辐射环境质量现状监测报告
- 附件 6 放射防护管理委员会
- 附件 7 放射安全事故应急预案
- 附件 8 个人剂量检测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		宁波市镇海区中医医院新增 1 台 DSA 射线装置项目			
建设单位		宁波市镇海区龙赛医疗集团			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省宁波市镇海区招宝山街道环城西路 51 号			
项目建设地点		浙江省宁波市镇海区招宝山街道环城西路 51 号 宁波市镇海区中医医院急诊医技楼一层西侧			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		500	项目环保投资 (万元)	50	投资比例(环保投资/总投资) 10%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		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 建设单位简介					
<p>宁波市镇海区中医医院(以下简称“医院”)位于宁波市镇海区招宝山街道环城西路 51 号,是一所集中医医疗、教学、科研、预防于一体的浙江省二级甲等中医医院。医院占地面积 10733 平方米,总建筑面积 34615 平方米,实际开放床位数 450 张,开设 11 个病区。医院科室设置齐全,现设有内、外、妇、儿、急诊、ICU、肿瘤、肛肠、骨伤等 30 个临床科室和放射、检验等 11 个医技科室。</p> <p>2019 年全面推进医共体建设,作为牵头医院成立镇海区龙赛医疗集团,下属镇海龙赛医院(现转型康复专科医院)、招宝山街道社区卫生服务中心和蛟川街道社区卫生服务中心,医疗服务辐射辖区及周边近 30 万人口。根据相关文件要求,目前医院作为医共体成员单位,其事业单位法人证冻结,医疗机构保留。</p> <p>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</p>					

(B2076)；发证日期：2023年07月31日，有效期至：2028年07月30日，许可种类和范围为使用III类射线装置。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

近年来，随着医疗服务对象的扩大及人民群众对医疗服务质量要求的提高，为促进城市建设和经济发展的需要，进一步改善当地医疗环境，更好的治病救人，为患者提供更好的医疗环境，宁波市镇海区中医医院拟对急诊医技楼一层西侧原肠道门诊相关场所等进行改造，建设1间DSA机房及其配套控制室等附属用房，并在DSA机房内新增1台数字减影（DSA）血管造影装置。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律要求，本项目需进行环境影响评价。

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编制环境影响报告表。

因此，宁波市镇海区中医医院委托中辐环境科技有限公司开展“宁波市镇海区中医医院新增射线装置项目（简称‘本项目’）”的环境影响评价工作（委托书见附件1）。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）等规定要求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

宁波市镇海区中医医院拟将急诊医技楼（地上3层，无地下室）一层西侧原肠道门诊相关场所改建为1间DSA机房及其配套功能用房。改建区域原各墙体均为轻质隔断墙且布局变动，均拆除并重新砌筑相关用房隔墙。拟建DSA机房四侧墙体均采用240mm实心砖重新砌筑并附加40mm防护涂料防护，顶棚在原有120mm混凝土的基础上增加3mm铅板。DSA机房内安装使用1台DSA装置，型号待定，最大管电压为150kV，最大管电流为1250mA，使用时主束方向主要由下朝上，属于II类射线装置。

本项目射线装置主要技术参数详见表1-1，DSA机房及其配套功能用房改建前平面

布局图见图 1-1，改建后平面布局见图 1-2。

表 1-1 本项目建设内容和规模一览表

名称	型号	数量	拟安装位置	类别	主要参数	备注
DSA	待定	1 台	急诊楼医技楼一层 DSA 机房	II类	最大管电压：150kV 最大管电流：1250mA	新增， 单管头设备

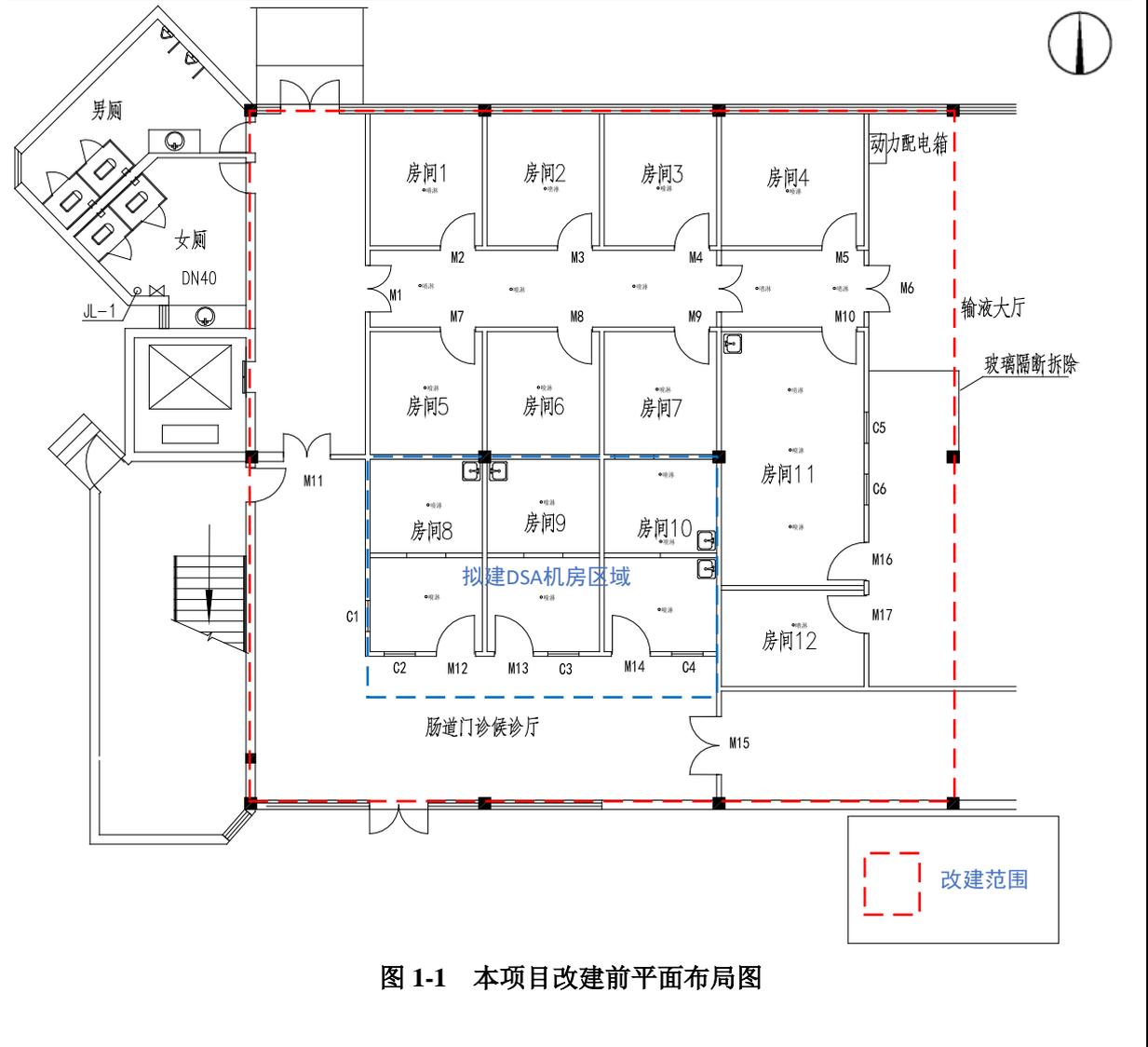


图 1-1 本项目改建前平面布局图

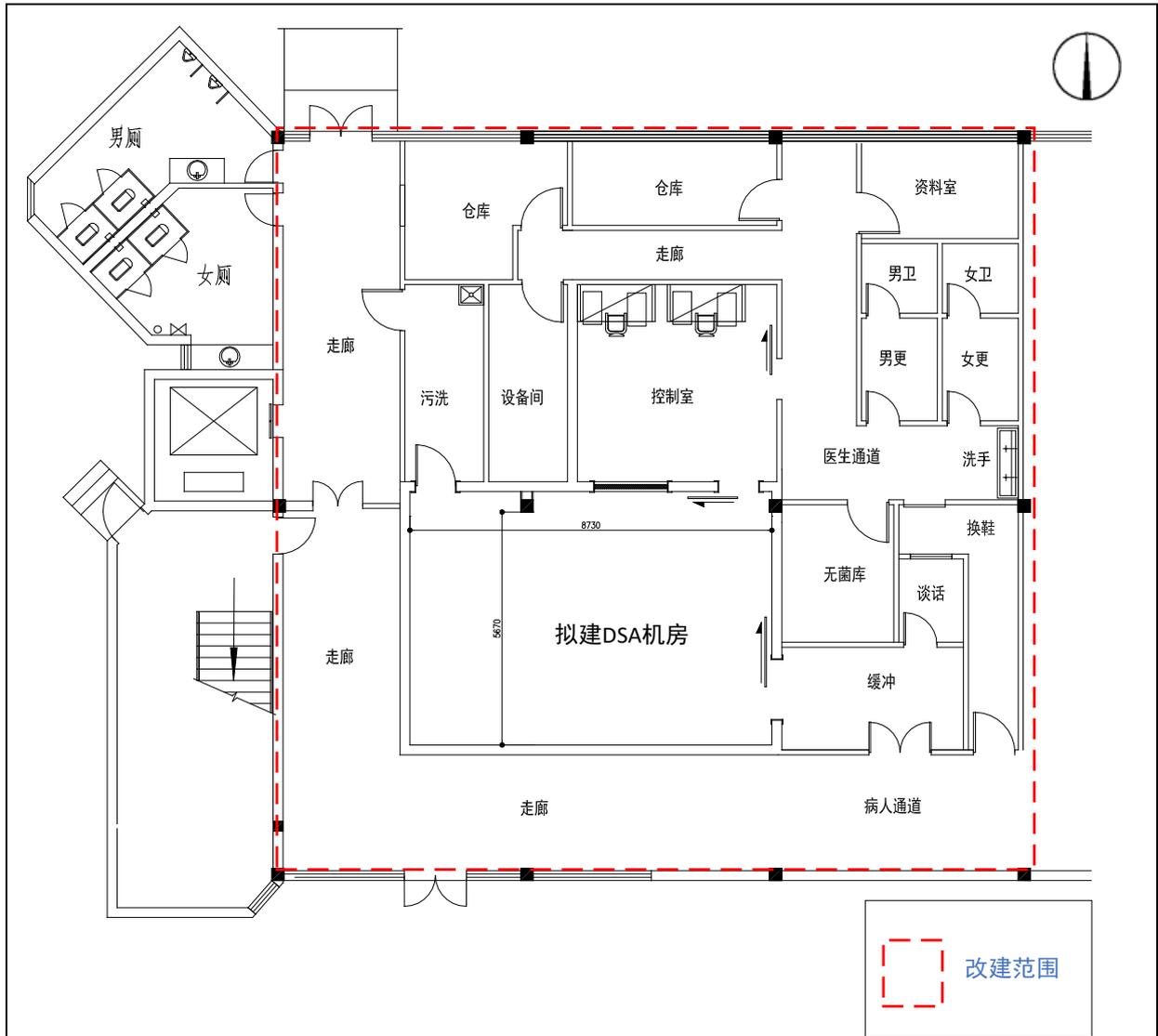


图 1-2 本项目改建后平面布局图

1.1.4 项目工作负荷及人员配置

(1) 工作负荷

根据医院提供资料，本项目1台DSA年最大手术量总共为500台，DSA主要开展手术涉及心内科-心脏介入手术，神外科、神内科-脑血管及胸主动脉弓上血管的介入手术，血管外科-除去心脏及脑血管外其他外周血管的介入手术，肿瘤科、呼吸科-肿瘤相关的介入手术。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。评价按单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。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表1-2。

表1-2 本项目DSA最大运行工况和工作负荷

设备	手术量	最大运行工况		曝光时间	年出束时间
DSA	500 台/年	减影	100kV, 500mA	8.33h	175h
		透视	90kV, 15mA	166.67h	

(2) 人员配置

本项目DSA装置拟配备辐射工作人员10名，包括4名手术医生，4名护士，2名技师，相关人员均拟新聘。一般情况下，每台手术配备1~2名手术医生、1~2名护士和1名技师，考虑到可能存在实际工作量不均衡的情况，本次评价保守按医护人员单人承担最大手术台数为150台考虑，技师单人承担最大手术台数为300台考虑，则介入医护人员减影过程年最大受照时间为2.5h，透视过程年最大受照时间为50h；技师减影过程年最大受照时间为5h，透视过程年最大受照时间为100h。

1.2 项目选址及周围环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

宁波市镇海区中医医院位于浙江省宁波市镇海区招宝山街道环城西路 51 号，东侧为环城西路，西侧和南侧为茗园公园，北侧为大西门路。医院地理位置图见附图 1。

1.2.2 项目周围环境概况

(1) 项目机房与外部建筑四周环境关系

本项目 DSA 机房位于医院急诊医技楼一层西侧。DSA 机房东侧约 85m 为环城西路；东南侧约 10m 为裙楼，约 35m 为住院综合楼；西南侧约 48m 为住院楼；西侧约 25m 为门诊楼；北侧约 28m 为大西门路，约 46m 为医院停车场，约 50m 为居民楼。医院周边环境关系示意图详见附图 2。

(2) 项目机房四至环境关系

DSA 机房东侧为无菌库及缓冲间，西、南两侧均为走廊，北侧为污洗间、设备间及控制室。正上方为针灸科诊室、煎药备用间和走廊，正下方无建筑为岩土层。

机房平面布局见附图 3，机房上方布局见附图 4。

1.3 选址合理性分析

本项目为核技术利用项目，位于医院内急诊医技楼一层，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，本项目机房实体边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑（门诊楼、急诊医技综合楼、裙楼、住院楼、住院综合楼）、道路和绿化，部分涉及院外道路（大西门路）、居民楼、医院停

车场。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。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辐射影响是可接受的，故本项目的选址合理。

1.4 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（2024年本）》，本项目属于第一类 鼓励类、第十三项“医药”中第4条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”项目，符合国家现行产业政策。

1.5 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。

医院在放射诊断和介入治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。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。

1.6 “三线一单”生态环境分区管控方案符合性分析

根据《宁波市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于宁波市镇海经济开发区产业集聚重点管控单元（ZH33021120001），宁波市环境管控单元分类图见附图5，浙江省宁波市镇海经济开发区产业集聚重点管控单元的生态环境准入清单符合性分析见表 1-3。

表 1-3 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	根据产业集聚区块的功能定位，建立分区差别化的产业准入条件。严格控制重要水系源头地区和重要生态功能区三类工业项目准入。优化完善区	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

	域产业布局，合理规划布局三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	不涉及工业污染物总量排放，不在禁止新建、扩建项目之列。	
污染物排放管控	定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境健康风险。强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。	本项目依托医院污水处理站，不新建排污口；本项目不产生臭气异味；本项目为医院核技术利用项目，主要为电离辐射影响，非辐射影响较小，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辐射影响是可接受的。	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。	本项目位于医院已有建筑物内，不新增用地；本项目污染排放小。	是
资源开发效率要求	推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。	本项目主要开展介入治疗，主要为医护人员生活污水，用水量很少。	是

综上所述，本项目符合宁波市“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

本项目位于浙江省宁波市镇海区招宝山街道环城西路51号，属于浙江省宁波市镇海经济开发区产业集聚重点管控单元，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。

（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 辐射剂量率属于正常本底波动范围。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；本项目主要使用能源为电能，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

本项目位于浙江省宁波市镇海经济开发区产业集聚重点管控单元（ZH33021120001），本项目属于医院核技术利用项目，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知道意见（试行）》（环环评[2021] 108号）中“三线一单”的要求。

1.7 医院原核技术利用许可情况

1.7.1 现有核技术利用许可情况

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[B2076]；发证日期：2023年07月31日，有效期至：2028年07月30日，许可种类和范围为使用III类射线装置。

医院核技术利用项目环保履行情况具体见表 1-4。

表 1-4 医院现有射线装置清单

序号	装置名称	型号	数量	类别	工作场所名称	环评、验收情况
1	全景机	ORTHOPOS XG5 DSCEPH	1	III类	放射科机房：X光2室	备案号：202433021100000053
2	CT	Optima CT620	1	III类	放射科机房：3号机房	备案号：202333021100000071
3	螺旋 CT	Optima CT540	1	III类	放射科机房：4号机房	备案号：202333021100000105
4	移动 DR	MobiEye 700T	1	III类	放射科机房：移动使用	备案号：202333021100000105
5	双板 DR	Digial Diagnost	1	III类	放射科机房：2号机房	备案号：202333021100000104
6	DR	Digial Diagnost	1	III类	放射科机房：1号机房	备案号：202433021100000053
7	C 臂机	Bv libra	1	III类	放射科机房：5号手术室	备案号：202433021100000053
8	移动 X 光机	VISITOR T15	1	III类	放射科机房：移动使用	备案号：202433021100000053
9	双能 X 线骨密度机	Discovery Wi	1	III类	放射科机房：骨密度机房	备案号：202333021100000105

1.7.2 现有射线装置管理情况

（1）医院已成立了放射防护管理领导小组，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、放射职业防护措施、放射诊疗质量保证制度、受检者告知制度、放射防护安全管理制度、放射工作人管理制度、职业健康管理制度等。

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本项目辐射安全和防护管理要求。

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

(2) 医院现有辐射工作人员 22 人，均配备了个人剂量计。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，个人剂量计每三个月送检一次。医院开展了辐射工作人员剂量监测，根据宁波市疾病预防控制中心出具的医院最近连续四个监测周期（2022.12-2023.12）的个人剂量检测报告（见附件 8），结果显示：辐射工作人员个人剂量监测结果（最大值为许轲：0.09mSv）均符合《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，也低于辐射工作人员的年剂量约束值 5mSv。

(3) 医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。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），在双证同发的前提下，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。目前医院现有辐射工作人员均参加了国家核技术利用辐射安全与防护培训平台或宁波市卫生监督所组织的放射防护培训考核，并考核合格，且均在有效期内。

(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。医院定期安排辐射工作人员进行职业健康检测，现有辐射工作人员最近一次体检时间为 2022 年 10 月，根据医院提供的职业健康检查报告（宁波市第一医院），现有辐射工作人员均可继续原放射工作。

(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；射线装置机房均按要求设置有门灯联锁和工作状态指示灯等设施，机房防护和个人防护用品满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关要求。

(6) 医院每年定期委托有资质的单位（上一年度为浙江建安检测研究院有限公司）对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据医院提供的监测报告，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《放射事故应急处理预案》，经核实，医院定期开展放射事故应急演练，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，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
	以下空白							

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
	以下空白									

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB 18871-2002)

表 4 射线装置

(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	加速粒籽	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
	以下空白									

(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	待定	150	1250	影像诊断与介入治疗	急诊楼一楼西侧 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	
	以下空白												

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/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》（1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过；2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订），中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过，自 2003 年 9 月 1 日起施行；2016 年 7 月 2 日第一次修订；2018 年 12 月 29 日第二次修订），中华人民共和国主席令第 48 号，2018 年 12 月 29 日施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 6 月 28 日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过），中华人民共和国主席令第六号，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令第 253 号发布施行；2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令修订），自 2017 年 10 月 1 日起施行修订版；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，（2005 年 9 月 14 日经中华人民共和国国务院令第 449 号公布，2014 年 7 月 29 日经中华人民共和国国务院令第 653 号修订，2019 年 3 月 2 日经中华人民共和国国务院令第 709 号修订），自 2019 年 3 月 2 日起施行修订版；</p> <p>(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 号修正，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修正，2019 年 7 月 11 日经生态环境部令第 7 号修改，2020 年 12 月 25 日经生态环境部令第 20 号修改），2021 年 1 月 4 日施行修改版；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 4 月 18 日环境保护部令第 18 号），自 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），自 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</p>
------	--

和国生态环境部令第16号），自2021年1月1日起施行；

(10) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年12月27日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号公布），自2024年2月1日起施行；

(11) 《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），自2020年1月1日起施行；

(12) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告2021年第9号），自2021年3月15日起施行；

(13) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，自2019年11月1日起施行；

(14) 《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》（环发[2006]145号），自2006年9月26日起施行；

(15) 《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》（环评[2021]108号），自2021年11月19日起施行；

(16) 《浙江省生态环境保护条例》2022年5月27日浙江省第十三届人民代表大会常务委员会第三十六次会议通过，自2022年8月1日起施行；

(17) 《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；2014年3月13日浙江省人民政府令第321号第一次修订；2018年1月22日浙江省人民政府令第364号第二次修订；2021年2月10日浙江省人民政府令第388号第三次修订，自2011年12月1日起施行；

(18) 《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，2021年2月10日浙江省人民政府令第388号修订，自2012年2月1日起施行；

(19) 《浙江省生态环境厅、浙江省卫生健康委员会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；

(20) 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（2023年本）》的通知（浙环发〔2023〕33号），自2023年9月9日起施行；

(21) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》国环规环评[2017]4号，2017年12月1日起施行；

	<p>(22) 《宁波市“三线一单”生态环境分区管控方案》甬环发[2020]56号，自2020年12月19日起施行。</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>(8) 《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》(GBZ/T301-2017)；</p> <p>(9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 医院提供的其它与本项目有关的技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目是在固定有实体边界的机房内使用 II 类射线装置，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)对射线装置应用项目的评价范围的相关规定，将本项目 DSA 机房实体屏蔽物外 50m 的区域作为评价范围。评价范围示意图见附图 2。

7.2 保护目标

根据本项目周边环境情况调查，本项目机房实体边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑（急诊医技楼、裙楼、门诊楼、住院楼、住院综合楼）、道路和绿化，部分涉及院外道路（大西门路）、居民楼、医院停车场。

本项目保护目标包括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。具体见表 7-1。

表 7-1 本项目主要保护目标

区域	环境保护目标	规模	方位	距离本项目实体边界最近距离		人员类别	剂量约束值
				水平(m)	垂直(m)		
DSA 机房	控制室内工作人员	2 人	北侧	紧邻	/	职业	5mSv/a
	DSA 机房内工作人员	8 人	内部	/	/	职业	
	设备间人员	约 1 人	北侧	紧邻	/	公众	0.1mSv/a
	污洗间人员	约 1 人	北侧	紧邻	/	公众	
	无菌库人员	约 1 人	东侧	紧邻	/	公众	
	缓冲间人员	约 1 人	东侧	紧邻	/	公众	
	走廊人员	流动人员	西侧、南侧	紧邻	/	公众	
上方针灸科诊室人员	约 10 人	楼上	/	+3.6	公众		
周边区域	急诊医技楼内其他人员	约 500 人	四周	0~50	/	公众	0.1mSv/a
	裙楼内人员	约 500 人	南侧	10~50	/	公众	
	住院综合楼内人员	约 500 人	南侧	35~50	/	公众	
	住院楼内人员	约 500 人	西南侧	48~50	/	公众	
	门诊楼内人员	约 500 人	西侧	25~50	/	公众	
	大西门路	流动人员	北侧	0~50	/	公众	
	居民楼	约 500 人	北侧	0~50	/	公众	
	医院停车场	约 500 人	北侧	50	/	公众	
50m 范围内其他公众	约 1000 人	四周	0~50	/	公众		

注：“+”表示建筑 1F 地面或房间地面高于项目用房地面。

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；

c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；

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；

② 对于公众，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）照射剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，剂量约束值通常应在公众照射剂量限值的 10%-30% 范围之内，根据本项目特点并遵循辐射防护最优化原则，从严管理的要求，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 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

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 7-2 的规定。

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备(不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备)机房的屏蔽防护应不低于表 7-3 的规定。

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 7-3 的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ；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 $\mu\text{Sv/h}$ ，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25 mSv ；

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者

应至少配备铅橡胶防护衣。

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。

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

6.5.5 个人防护用品不使用时,应妥善存放,不应折叠放置,以防止断裂。

7.8 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。

表 7-2 X 射线设备机房(照射室)使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^d m ²	机房内最小单边长度 ^e m
单管头 X 射线机 ^b	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。

本项目 C 臂机为单管头 X 射线设备,其机房最小有效使用面积和最小单边长度按《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中“单管头 X 射线设备(含 C 形臂,乳腺 CBCT)”的要求执行。

表 7-3 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 以上的摄影机房	3.0	2.0
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		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	——
注 1：“——”表示不要求。				
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。				

7.2.3 《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、手部剂量计、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

宁波市镇海区中医医院位于浙江省宁波市镇海区招宝山街道环城西路 51 号，东侧为环城西路，西南侧为茗园公园，北侧为大西门路。医院地理位置图见附图 1。本项目 DSA 机房位于医院急诊医技楼一层，场所位置见附图 2。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

为了解项目所在地辐射现状水平，本次评价委托浙江建安检测研究院有限公司对本项目辐射工作场所及周围的辐射环境本底进行了监测。

- (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

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 和图 8-2。

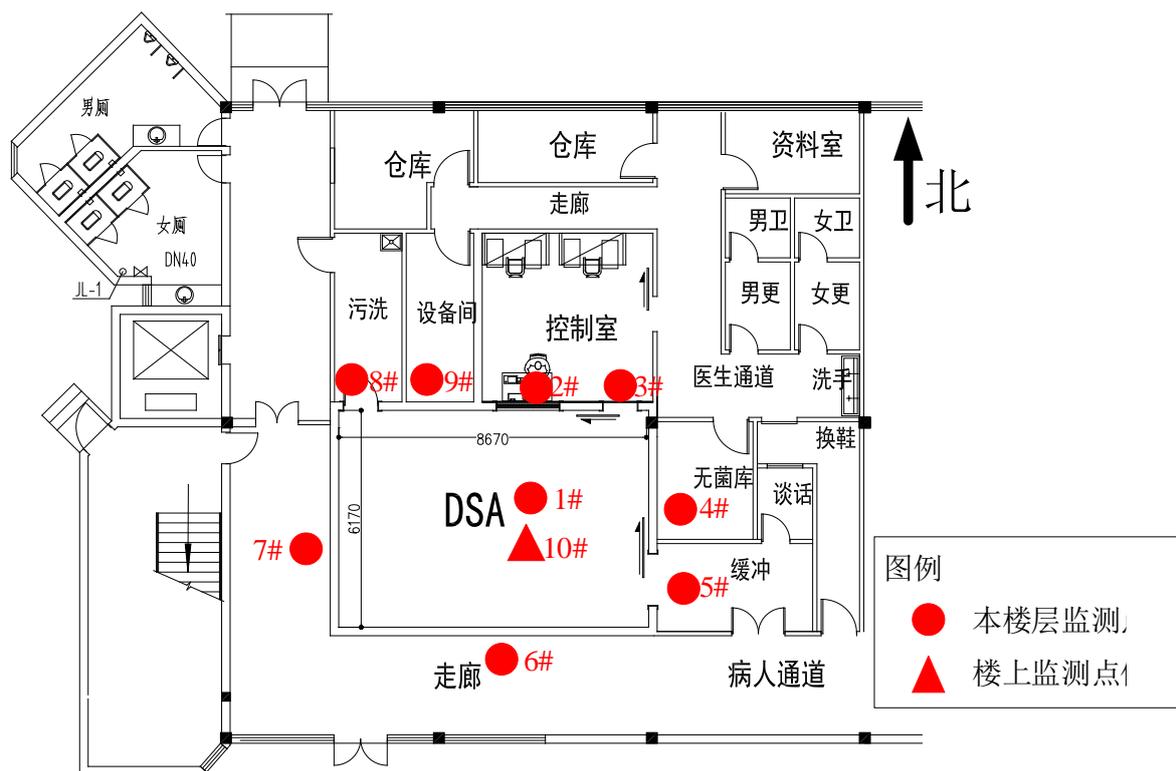


图 8-1 本项目辐射环境质量现状监测点位图 1

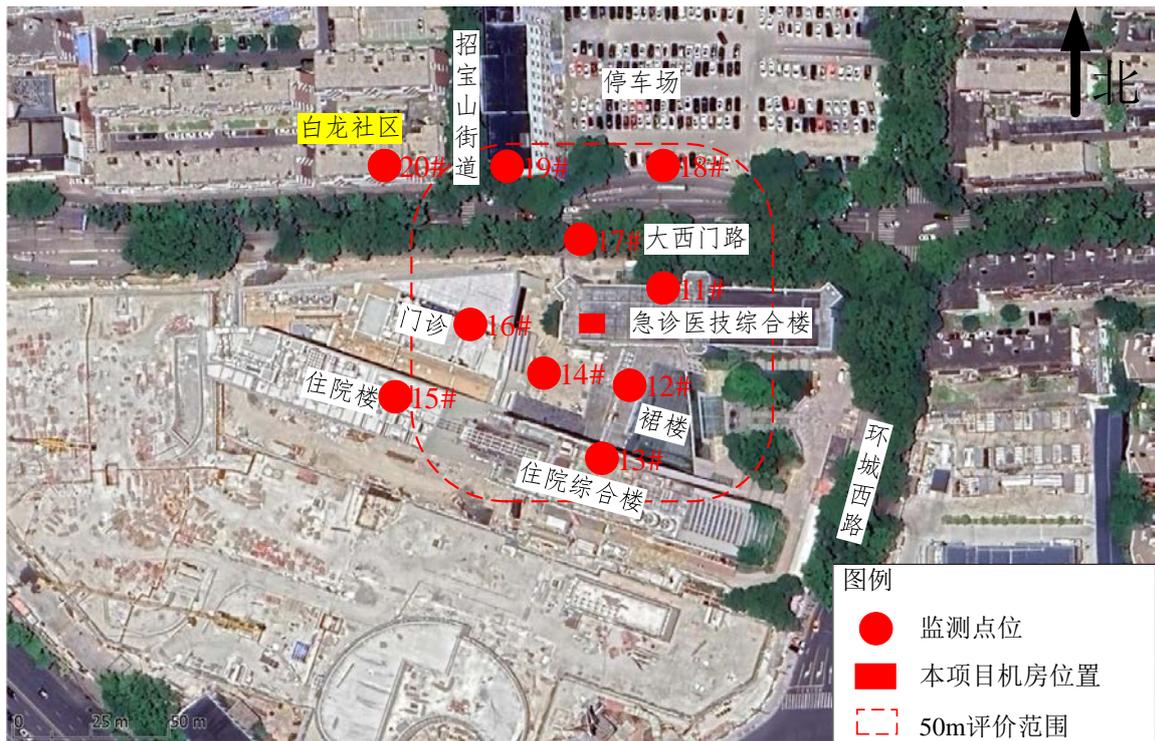


图 8-2 本项目辐射环境质量现状监测点位图 2

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：2024 年 4 月 8 日
- (3) 监测方式：现场监测
- (4) 监测依据：
 - ① 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）
 - ② 《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
- (7) 天气环境条件：天气：阴；温度：14℃；相对湿度：63%。
- (8) 监测报告编号：BG-GAHJ24380064-R（附件 5）
- (9) 主要监测仪器

表 8-1 监测仪器参数

仪器型号	FH 40G-L10+FHZ 672E-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
能量响应范围	40KeV~4.4MeV
测量范围	主机：10nSv/h~100mSv/h；探头：1nSv/h~100 μ Sv/h
校准单位	上海市计量测试技术研究院
校准证书	2024H21-10-5119258001
校准有效期	2024 年 03 月 05 日~2025 年 03 月 04 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，具有浙江省市场监督管理局颁发的资质认定证书，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，最后由授权签字人审定。

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 机房辐射环境现状监测布点及结果一览表

监测点编号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)
1#	拟建 DSA 机房内	192 \pm 2
2#	控制室 (观察窗外)	185 \pm 2
3#	控制室 (防护门外)	184 \pm 2
4#	无菌库	182 \pm 2

5#	缓冲区	185±2
6#	患者走廊（机房南侧）	183±1
7#	患者走廊（机房西侧）	187±2
8#	污洗间	186±3
9#	设备间	192±2
10#	拟建 DSA 机房上方	176±3
11#	急诊医技综合楼	183±2
12#	裙楼	123±1
13#	住院综合楼	180±1
14#	急诊医技综合楼南侧院内道路	104±2
15#	住院楼	190±2
16#	门诊楼	183±2
17#	大西门路	107±1
18#	停车场	108±1
19#	招宝山街道居民区	109±2
20#	白龙社区	100±1

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 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 1.23，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 。

8.4 环境现状调查结果的评价

由表 8-2 监测结果可知，本项目拟建 DSA 机房及周围室内的 γ 辐射剂量率范围为 $123\text{nGy/h} \sim 192\text{nGy/h}$ ，即 $12.3 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 19.2 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，拟建 DSA 机房及周围室外的 γ 辐射剂量率范围为 $100\text{nGy/h} \sim 109\text{nGy/h}$ ，即 $10.0 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 10.9 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 。

由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，宁波市建筑物室内的 γ 辐射剂量率在 $8.0 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 19.4 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间；宁波市道路的 γ 辐射剂量率在 $6.4 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 12.8 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间。可见，本项目拟建场所各监测点位 γ 辐射剂量率处于当地天然辐射水平范围。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

DSA 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 9-1 所示。

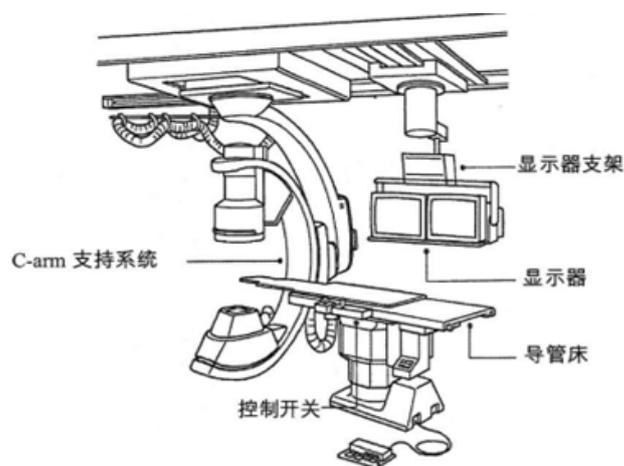


图 9-1 DSA 射线装置整体外观示意图

9.1.2 工作原理

产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，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 9-2。

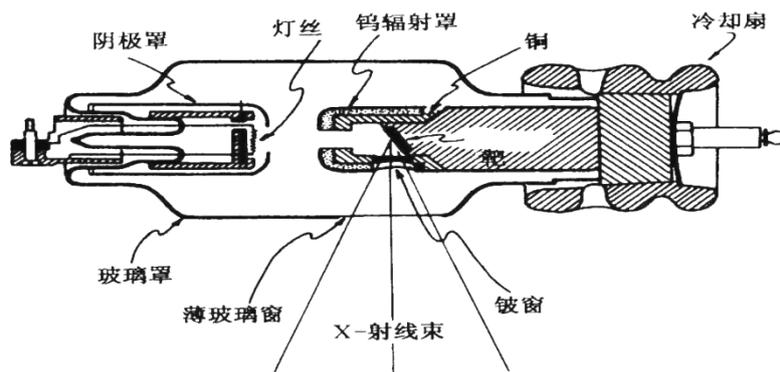


图 9-2 典型 X 射线管结构图

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

DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全；节省胶片使造影价格低于常规造影。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

9.1.3 操作流程及产污环节

(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，技师在控制室内首次减影初步确认病灶部位后，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，技师在控制室内再次减影，当确诊病灶部位后，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、铅防护眼镜在机房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），医生和护士退出机房，在操作间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先进的数字显影技术，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 9-3 所示。

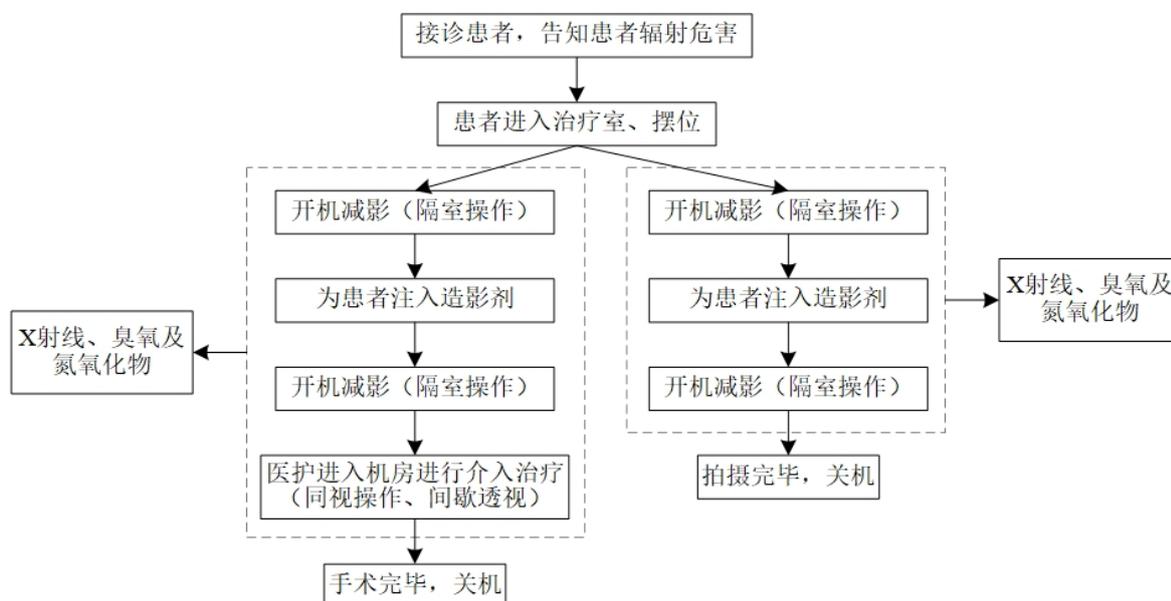


图 9-3 DSA 操作流程及产污环节图

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。

9.1.4 DSA 机房人员、物流路径规划

(1) 患者路径

患者在南侧走廊候诊，经过缓冲间，通过 DSA 机房东侧防护门进入 DSA 机房。诊疗结束后，患者可按原路离开。

(2) 工作人员路径

工作人员从南侧大门进入，经过走廊，先在更衣室更衣、换鞋后，从东侧进入控制室，技师在控制室进行设备操作，介入医护人员通过 DSA 机房北侧防护门进入 DSA 机房进行手术。工作结束后，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，暂存于污洗间内，结束当天工作后统一运出。

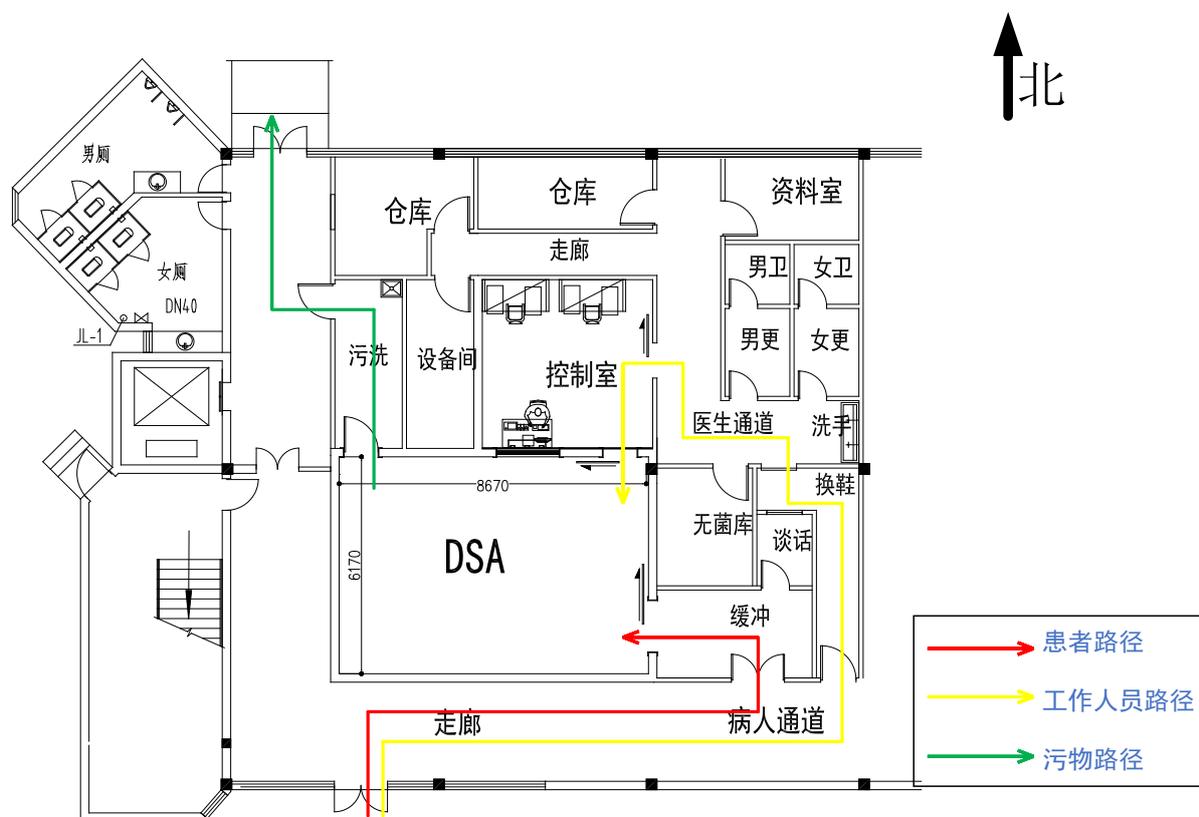


图 9-4 本项目辐射工作场所人员、物流路径图

9.2 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辐射影响分正常工况和事故工况两种情况，主要辐射影响及影响途径如下：

9.2.1 正常工况

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。

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）DSA 的 X 射线装置工作状态下，操作人员违反操作规程，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

（4）维修人员在射线装置过程维修中，设备意外出束时，可能造成维修人员受意外照射。

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 机房位于急诊医技楼一层，急诊医技楼地上共 3 层，无地下室。机房六面情况（东、南、西、北、上、下）如表 10-1 所示。机房平面布局见附图 3，机房上方布局见附图 4，机房下方布局见附图 5。

表 10-1 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
急诊医技楼一层	DSA 机房	东	无菌库、缓冲间
		南	走廊
		西	走廊
		北	污洗间、设备间、控制室
		楼上	针灸科诊室、煎药备用间和走廊
		楼下	地下土层

(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，机房内有效使用面积及最小单边长均满足标准要求及设备安装使用的	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 机房位于急诊医技楼一层，采取了相应的屏蔽防护措施，考虑了邻室（含楼上）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 设备有用线束主要照向患者及对侧影像接收器，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 项目受检者在机房南侧候诊区候诊，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	DSA 机房：8.7m×5.6m = 48.72m ²	满足

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，并同时兼顾了病人就诊的方便性，所以 DSA 机房的布局是合理可行的。

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（包括门锁和门-灯联锁装置）限制进出控制区，并定期审查控制区的实际状况，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；并定期审查该区的条件，以确定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 项目“两区”划分表

场所名称	控制区	监督区
DSA 机房	本项目机房内部	污洗间、设备间、控制室、医生通道、无菌库、缓冲间、走廊

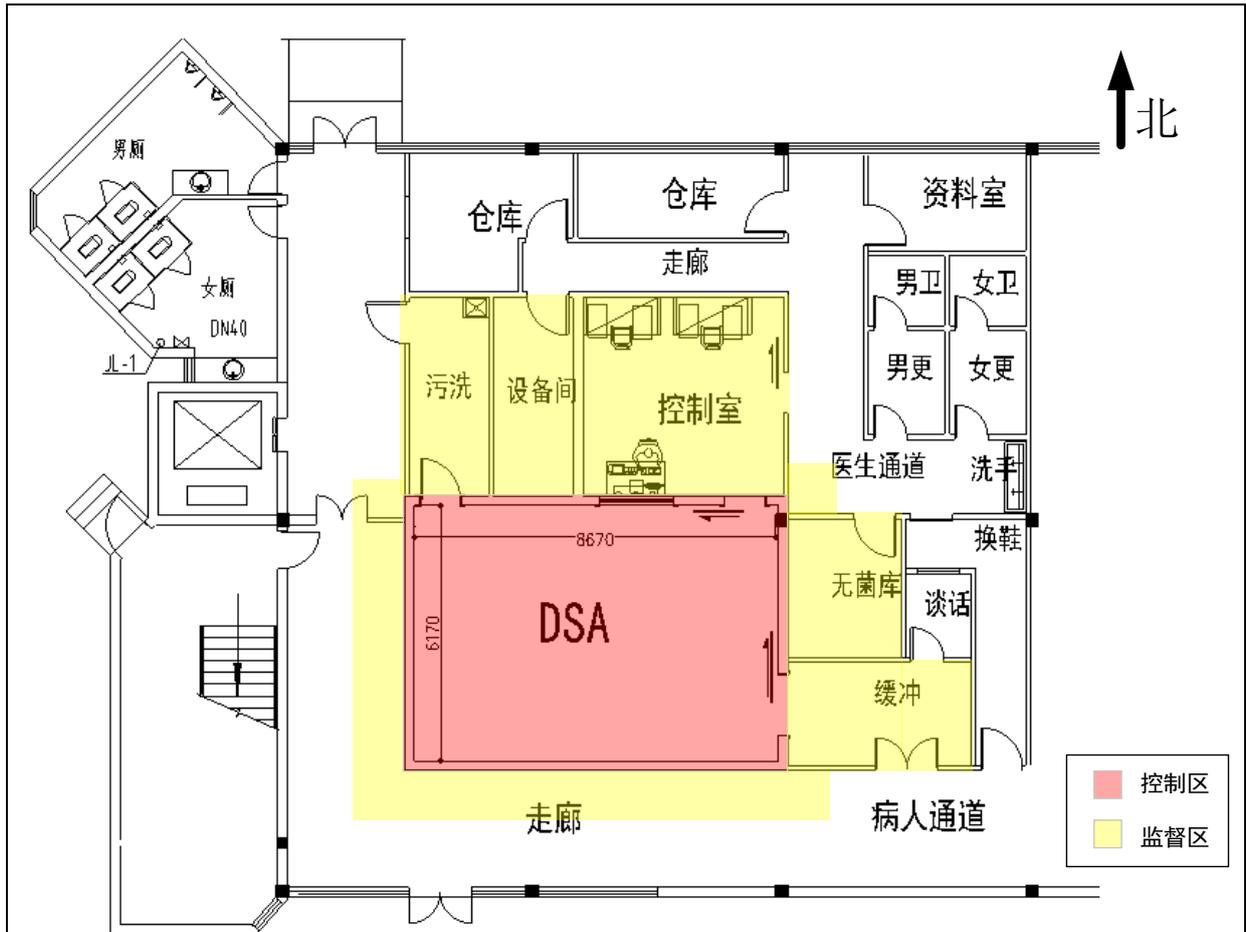


图 10-1 本项目DSA机房“两区”划分图

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。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射线装置主要污染因子为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 射线装置拟购买于正规厂家，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 DSA 机房辐射屏蔽设计

依据医院提供的 DSA 机房防护设计方案，将机房各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	屏蔽体	拟设计屏蔽材料及厚度 (总铅当量 mmPb)	标准要求 (mmPb)	符合性评价
DSA 机房	四侧墙体	240mm 实心砖+40mm 防护涂料 (6.0)	有用线束方向铅当量为 3mmPb；非有用线束方向铅当量为 2mmPb	符合
	工作人员门	内衬 4.5mm 铅板 (4.5)		符合
	观察窗	4.5mmPb 铅玻璃 (4.5)		符合
	污物通道门	内衬 4.5mm 铅板 (4.5)		符合
	受检者门	内衬 4mm 铅板 (4.0)		符合
	顶棚	140mm 混凝土+3mm 铅板 (3.3)		符合

注：混凝土密度取 2.35g/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 中式表 C.4，在 150kV（有用线束）电压下，106mm 混凝土折算为 1mmPb。

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)	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	5.6	48.72	3.5	20	符合

通过表 10-4、表 10-5 可知，本项目的 DSA 机最小有效使用面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、顶棚、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

本项目 DSA 装置有用线束主要照向患者及对侧影像接收器，不会直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。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，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。当辐射工作人员单个监测周期（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。

（6）通排风管道和电缆沟屏蔽措施

电缆应以地沟形式在地坪以下部位布设，并在非主射方向以“U”形从地坪下方穿越墙体。医院拟在电缆穿墙处地面铺设 4mm 铅板进行屏蔽补偿，不影响机房的整体屏蔽效果。

本项目 DSA 机房拟设的动力通风装置。

(7) 其他辐射安全防护措施

①各机房设有观察窗、视频装置和双向交流对讲系统各 1 套，观察窗和视频监控探头位置能够观察到受检者状态及防护门开闭情况，监视器位于控制室操作位。

②机房内不堆放与本项目诊断无关的杂物。

③本项目机房采用动力通风装置进行通风，能够满足机房的通风换气要求。

④本项目机房门外设电离辐射警告标志，机房防护门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；在监督区墙体合适位置设立表明监督区的标志，在控制区其他合适位置设置电离辐射警告标志。

⑤本项目机房受检者防护门、工作人员防护门为电动推拉式门，污洗间防护门为手动平开式防护门；机房门墙间均进行了有效搭接，防止射线的泄漏；电动推拉式机房门设有防夹装置和自动闭门装置，手动平开门设置自动闭门装置；缓冲间病人防护门设有门-灯联锁装置，工作状态指示灯能与机房门有效关联。

⑥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。

⑦控制室墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

⑧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。受检者不在各机房内候诊，手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。

⑨本项目所有辐射工作人员必须配备个人剂量计：本项目医生和护士采用双剂量计检测方法（分别佩戴于铅围裙外锁骨对应的领口位置、铅围裙内躯干上），技师佩戴 1 枚个人剂量计。个人剂量报警仪开机前应对仪器状态进行仔细检查，按操作规程依次开机，并检查是否运行正常，确认正常后方可使用，如发现异常及时汇报相关负责人。使用时必须严格遵守使用规定，不得超范围使用，使用完毕后关机并及时清理保持整洁，妥当保存。并定期检查设备是否能正常使用。

⑩机房候诊区设置放射防护注意事项告知栏。

本项目将按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求配备个人防护用品和辅助防护设施，见表 10-6，本项目拟采取的辐射安全措施示意图 10-2。

表 10-6 本项目拟配备个人防护用品和辅助防护措施一览表

机房名称	防护人员		拟配备的防护用品
DSA 机房	工作	个人防护用品	铅橡胶围脖 3 件，0.5mmPb

	人员		铅衣 3 件, 0.5mmPb	
			铅橡胶帽子 3 件, 0.5mmPb	
			铅防护眼镜 3 副, 0.5mmPb	
			铅橡胶手套 3 双, 0.025mmPb	
	辅助防护设施		铅悬挂防护屏/铅防护吊帘 1 块, 0.5mmPb	
			床侧防护帘/床侧防护屏 1 块, 0.5mmPb	
			移动铅防护屏风 1 个, 2mmPb	
患者	个人防护用品		铅橡胶性腺防护方巾 2 件, 0.5mmPb	含儿童、成人尺寸各 1 套
			铅橡胶颈套 2 件, 0.5mmPb	
			铅橡胶帽子 2 件, 0.5mmPb	
	辅助防护设施		/	

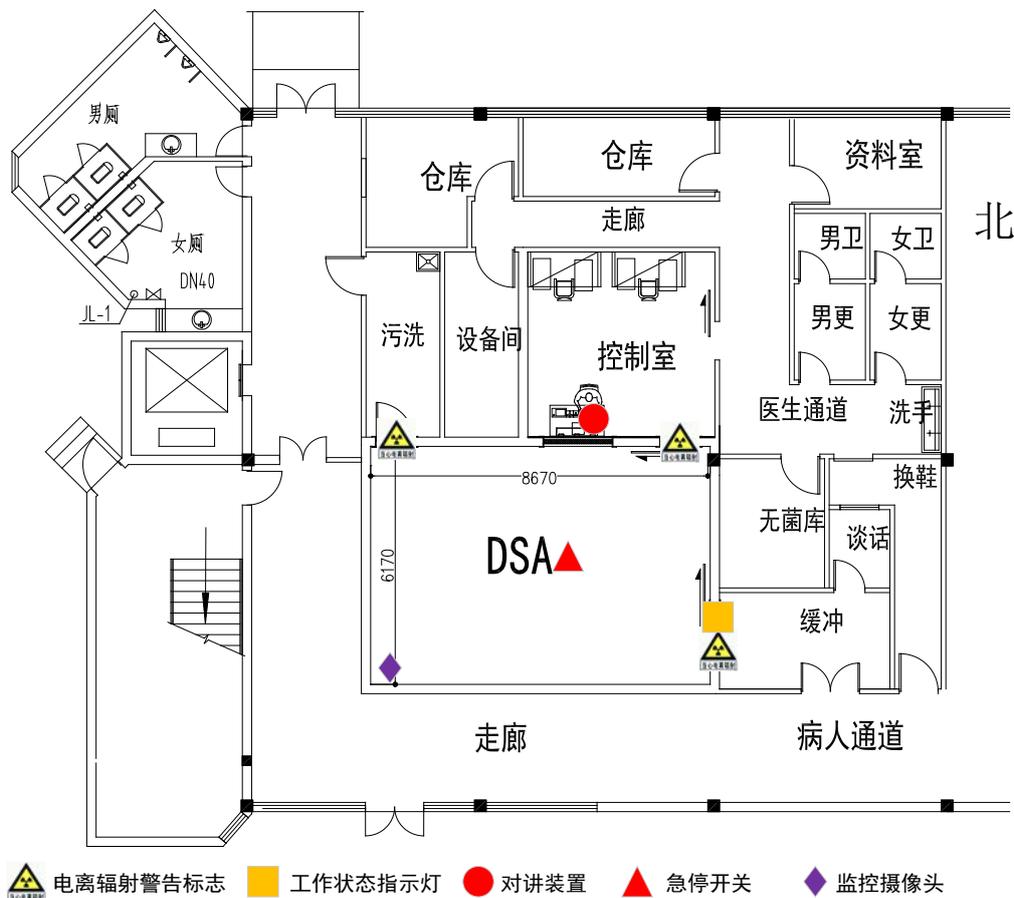


图 10-2 DSA 机房拟采取的辐射安全措施分布示意图

10.2 “三废”治理措施

(1) 废气治理措施

本项目 DSA 机房拟设置动力通风装置, 能够保证机房内良好通风。本项目电离产生的臭氧和氮氧化物额度非常低, 臭氧可自然分解, 氮氧化物产生量为臭氧的 1/3, 经机房内的排风口进入排风管道, 最终从急诊医技楼北侧排放, 排放高度约 3m, 排风口

外为室外绿化，不朝向人流密集区域，均对周围环境影响的极小。

(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，医院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保护部门核销。

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

宁波市镇海区中医医院拟将急诊医技楼一层肠道门诊相关场所改建为 1 间 DSA 机房及其配套功能用房。本项目无新增建筑物，施工内容主要为射线装置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急诊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，对环境的影响较小，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 DSA 射线装置额定参数为管电压 150kV，管电流 1250mA。为了分析 DSA 装置建成投入运行后对周围工作人员所造成的影响，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		最大管电压 150kV/最大管电流 1250mA		
过滤材料		2.5mmAl		
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	发射率常数	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 8.7m×宽 5.6m×高 3.6m		

四侧墙体	240mm 实心砖+40mm 防护涂料 (6.0)
顶棚	140mm 混凝土+3mm 铅板
防护门	北侧污物通道、控制室: 4.5mm 铅板 东侧缓冲间: 4.0mmPb
观察窗	4.5mmPb
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/铅防护帘 (0.5mmPb)、床侧防护帘/床侧防护屏 (0.5mmPb)、移动铅防护屏风 (2.0mmPb)

注: ①根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)“5.1.5 在随机文件中关于滤过的内容,应符合: c) 除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外, X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过, 应不小于 2.5mmAl”, 故本项目保守考虑 X 射线过滤材料为 2.5mmAl;
②参考《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;
③《医用电气设备第 1-3 部分: 基本安全和基本性能的通用要求并列标准: 诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》(GB9706.103-2020) 中“12.4 加载状态下的泄漏辐射”, 取本项目 DSA 距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率为 1.0mGy/h。

根据《辐射防护导论》射线装置距靶 r (m) 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/s;

I—管电流 (mA);

δ_x —距靶 1m 处的发射率常数, mGy/(mA·s);

$r_0=1\text{m}$;

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(Al)厚度 (mm)	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 ($\mu\text{Gy/h}$)
DSA	减影	2.5	0.09	100	500	1.62×10^8
	透视	2.5	0.075	90	15	4.05×10^6

取医生手术位、控制室操作位、防护墙外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处、顶棚上方 (楼上) 距顶棚地面 100cm 处, 预测点位见图 11-1 和表 11-3。

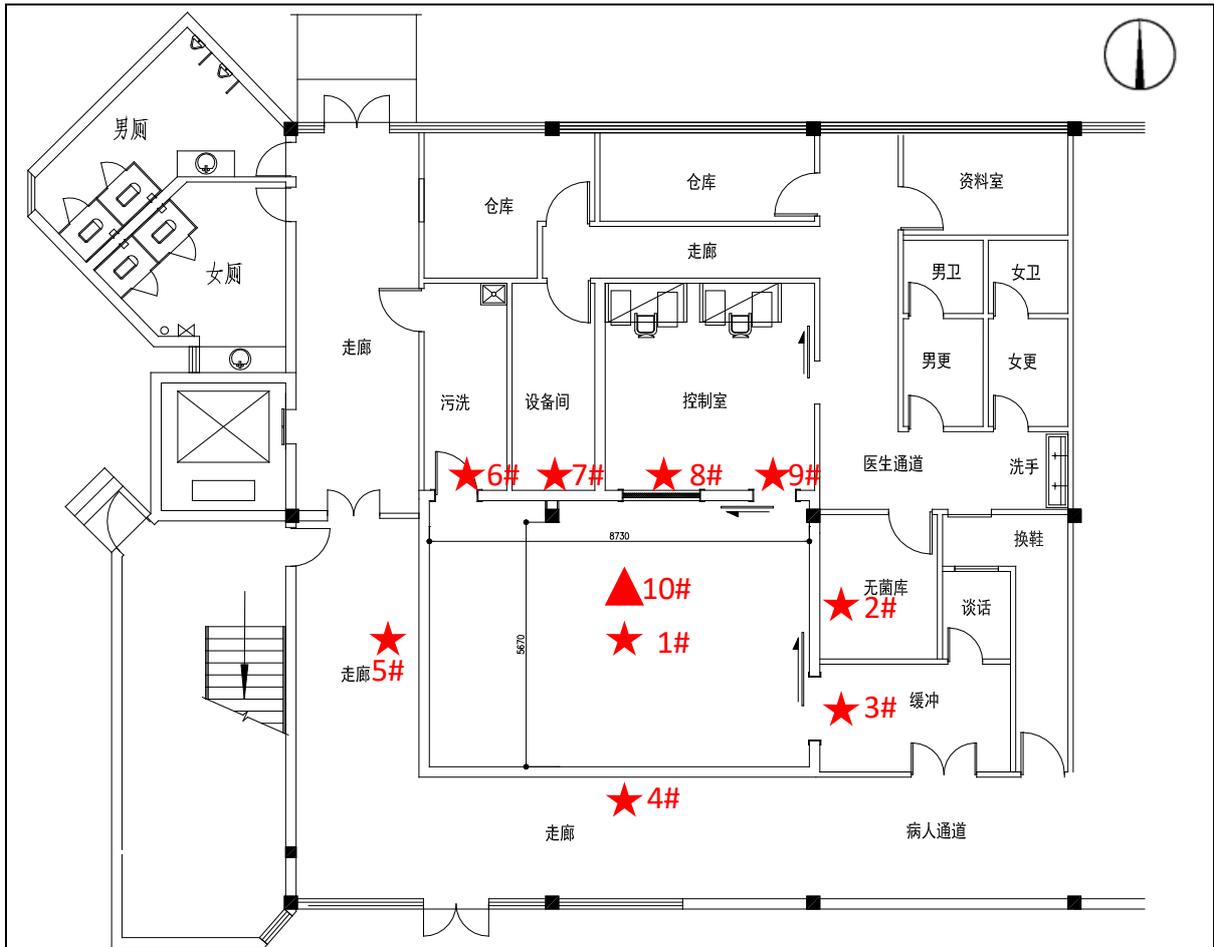


图 11-1 DSA机房预测关注点位示意图（11#12#13#14#因距离较远关系未在图中标示）

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/散射体最近距离 (m)	
			漏射	散射
1#DSA 机房 术者位	1#第一术者位	机房内	0.6	0.5
	1#第一术者位（手部）	机房内	0.8	0.5
	1#第一术者位（眼部）	机房内	1.2	0.7
	1#第二术者位	机房内	1.0	0.9
2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处（无菌库）		东侧	3.9	3.9
3#DSA 机房东侧受检者防护门外 30cm 处（缓冲间）		东侧	4.1	4.1
4# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处（走廊）		南侧	3.1	3.1
5# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处（走廊）		西侧	4.1	4.1
6# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处（污洗间）		北侧	4.2	4.2
7# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处（设备间）		北侧	3.2	3.2
8# DSA 机房北侧观察窗外 30cm 处（控制室）		北侧	3.1	3.1
9# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处（控制室）		北侧	4.2	4.2
10# DSA 机房楼上离地 100cm 处（针灸科诊室等）		楼上	4.3	3.6
11# 裙楼		南侧	10	10
12# 住院综合楼		南侧	35	35
13# 住院楼		西南侧	48	48
14# 门诊楼		西侧	25	25
15# 招宝山街道居民楼		西北侧	50	50

16# 医院停车场	东北侧	46	46
-----------	-----	----	----

注：11#~16#与辐射源点/散射体最近距离保守按与机房边界的最近距离考虑。

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 设备运行主要考虑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。

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

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 ---屏蔽透视因子，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。

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 11-3})$$

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 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

各预测点屏蔽透射因子计算结果列表见表11-5和表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	屏蔽厚度	α	β	γ	B
2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处（无菌库）	240mm 实心砖+40mm 防护涂料	6mmPb	2.507	15.33	0.9124	3.41E-08
3# DSA 机房东侧受检者防护门外 30cm 处（缓冲间）	4.0mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
4# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处（走廊）	240mm 实心砖+40mm 防护涂料	6mmPb	2.507	15.33	0.9124	3.41E-08
5# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处（走廊）	240mm 实心砖+40mm 防护涂料	6mmPb	2.507	15.33	0.9124	3.41E-08
6# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处（污洗间）	4.5mm 铅板	4.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	1.47E-06
7# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处（设备间）	240mm 实心砖+40mm 防护涂料	6mmPb	2.507	15.33	0.9124	3.41E-08
8# DSA 机房北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	4.5mmPb 铅玻璃	4.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	1.47E-06
9# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处（控制室）	4.5mm 铅板	4.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	1.47E-06
10# DSA 机房楼上离地 100cm 处（针灸科诊室等）	140mm 混凝土+3mm 铅板	4.3mmPb	2.507	15.33	0.9124	2.42E-06
11# 裙楼	4.0mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
12# 住院综合楼	4.0mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
13# 住院楼	4.0mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
14# 门诊楼	4.0mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
15# 招宝山街道居民楼	4.0mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
16# 医院停车场	4.0mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06

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	屏蔽厚度	α	β	γ	B
1#第一术者位 (身体铅衣内)	0.50mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅防护帘	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1#第一术者位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅防护帘	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 铅防护帘	0.525 mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.27E-02
1#第一术者位 (眼部)	0.5mmPb 铅眼镜	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1#第二术者位 (身体铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅防护帘	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1#第二术者位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅防护帘	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
2# DSA 机房东侧防 护墙外 30cm 处 (无 菌库)	240mm 实心砖+40mm 防护涂料	6mmPb	3.067	18.83	0.7726	8.00E-10
3#DSA 机房东侧受 检者防护门外 30cm 处 (缓冲间)	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
4# DSA 机房南侧防 护墙外 30cm 处 (走 廊)	240mm 实心砖+40mm 防护涂料	6mmPb	3.067	18.83	0.7726	8.00E-10
5# DSA 机房西侧防 护墙外 30cm 处 (走 廊)	240mm 实心砖+40mm 防护涂料	6mmPb	3.067	18.83	0.7726	8.00E-10
6# DSA 机房北侧防 护门外 30cm 处 (污 洗间)	4.5mm 铅板	4.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.96E-08
7# DSA 机房北侧防 护墙外 30cm 处 (设 备间)	240mm 实心砖+40mm 防护涂料	6mmPb	3.067	18.83	0.7726	8.00E-10
8# DSA 机房北侧观 察窗外 30cm 处 (控 制室)	4.5mmPb 铅玻璃	4.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.96E-08
9# DSA 机房北侧防 护门外 30cm 处 (控 制室)	4.5mm 铅板	4.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.96E-08
10#DSA 机房楼上离 地 100cm 处 (针灸科 诊室等)	140mm 混凝土+3mm 铅 板	4.3mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.47E-07
11# 裙楼	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
12# 住院综合楼	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
13# 住院楼	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
14# 门诊楼	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
15# 招宝山街道居	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07

民楼						
16# 医院停车场	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07

各预测点位散射辐射剂量计算参数及结果见表 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# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处(无菌库)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	3.9	3.41E-08	2.41E-04
	3#DSA 机房东侧受检者防护门外 30cm 处(缓冲间)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	4.1	5.14E-06	3.29E-02
	4# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处(走廊)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	3.1	3.41E-08	3.82E-04
	5# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处(走廊)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	4.1	3.41E-08	2.18E-04
	6# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处(污洗间)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	4.2	1.47E-06	8.94E-03
	7# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处(设备间)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	3.2	3.41E-08	3.58E-04
	8# DSA 机房北侧观察窗外 30cm 处(控制室)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	3.1	1.47E-06	1.64E-02
	9# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处(控制室)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	4.2	1.47E-06	8.94E-03
	10#DSA 机房楼上离地 100cm 处(针灸科诊室等)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	3.6	2.42E-06	2.01E-02
	11# 裙楼	1.62E+08	0.0013	100	0.7	10	5.14E-06	5.52E-03
	12# 住院综合楼	1.62E+08	0.0013	100	0.7	35	5.14E-06	4.51E-04
	13# 住院楼	1.62E+08	0.0013	100	0.7	48	5.14E-06	2.40E-04
	14# 门诊楼	1.62E+08	0.0013	100	0.7	25	5.14E-06	8.84E-04
	15# 招宝山街道居民楼	1.62E+08	0.0013	100	0.7	50	5.14E-06	2.21E-04
16# 医院停车场	1.62E+08	0.0013	100	0.7	46	5.14E-06	2.61E-04	
透视	1#第一术者位(身体铅衣内)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.5	4.08E-03	43.79
	1#第一术者位(身体铅衣外)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.5	2.52E-02	270.27

1#第一术者位 (手部)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.5	2.27E-02	243.83
1#第二术者位 (眼部)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.7	4.08E-03	137.89
1#第二术者位 (身体铅衣内)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.9	4.08E-03	13.52
1#第二术者位 (身体铅衣外)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.9	2.52E-02	83.42
2# DSA 机房东侧 防护墙外 30cm 处(无菌库)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	3.9	8.00E-10	1.41E-07
3#DSA 机房东侧 受检者防护门外 30cm 处(缓冲间)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	4.1	3.69E-07	5.90E-05
4# DSA 机房南侧 防护墙外 30cm 处(走廊)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	3.1	8.00E-10	2.24E-07
5# DSA 机房西侧 防护墙外 30cm 处(走廊)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	4.1	8.00E-10	1.28E-07
6# DSA 机房北侧 防护门外 30cm 处(污洗间)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	4.2	7.96E-08	1.21E-05
7# DSA 机房北侧 防护墙外 30cm 处(设备间)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	3.2	8.00E-10	2.10E-07
8# DSA 机房北侧 观察窗外 30cm 处(控制室)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	3.1	7.96E-08	2.23E-05
9# DSA 机房北侧 防护门外 30cm 处(控制室)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	4.2	7.96E-08	1.21E-05
10#DSA 机房楼 上离地 100cm 处 (针灸科诊室 等)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	3.6	1.47E-07	3.05E-05
11# 裙楼	4.05E+06	0.0013	100	0.7	10	3.69E-07	9.92E-06
12# 住院综合楼	4.05E+06	0.0013	100	0.7	35	3.69E-07	8.09E-07
13# 住院楼	4.05E+06	0.0013	100	0.7	48	3.69E-07	4.30E-07
14# 门诊楼	4.05E+06	0.0013	100	0.7	25	3.69E-07	1.59E-06
15# 招宝山街道 居民楼	4.05E+06	0.0013	100	0.7	50	3.69E-07	3.97E-07
16# 医院停车场	4.05E+06	0.0013	100	0.7	46	3.69E-07	1.27E+00

(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 11-4 进行计算。

$$H_L = \frac{H_0 \cdot B}{d^2} \quad (\text{式 11-4})$$

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和表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	屏蔽厚度	α	β	γ	B
2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处（无菌库）	240mm 实心砖 +40mm 防护涂料	6mmPb	2.5	15.28	0.7557	2.28E-08
3# DSA 机房东侧受检者防护门外 30cm 处（缓冲间）	4.0mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
4# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处（走廊）	240mm 实心砖 +40mm 防护涂料	6mmPb	2.5	15.28	0.7557	2.28E-08
5# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处（走廊）	240mm 实心砖 +40mm 防护涂料	6mmPb	2.5	15.28	0.7557	2.28E-08
6# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处（污洗间）	4.5mm 铅板	4.5mmPb	2.5	15.28	0.7557	9.70E-07
7# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处（设备间）	240mm 实心砖 +40mm 防护涂料	6mmPb	2.5	15.28	0.7557	2.28E-08
8# DSA 机房北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	4.5mmPb 铅玻璃	4.5mmPb	2.5	15.28	0.7557	9.70E-07
9# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处（控制室）	4.5mm 铅板	4.5mmPb	2.5	15.28	0.7557	9.70E-07
10# DSA 机房楼上离地 100cm 处（针灸科诊室等）	140mm 混凝土 +3mm 铅板	4.3mmPb	2.5	15.28	0.7557	1.60E-06
11# 裙楼	4.0mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
12# 住院综合楼	4.0mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
13# 住院楼	4.0mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
14# 门诊楼	4.0mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
15# 招宝山街道居民楼	4.0mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
16# 医院停车场	4.0mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06

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	屏蔽厚度	α	β	γ	B
1#第一术者位 (身体铅衣内)	0.50mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅防护帘	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1#第一术者位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅防护帘	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 铅防护帘	0.525 mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.27E-02
1#第一术者位 (眼部)	0.5mmPb 铅眼镜	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1#第二术者位 (身体铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅防护帘	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1#第二术者位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅防护帘	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
2# DSA 机房东侧防 护墙外 30cm 处 (无 菌库)	240mm 实心砖+40mm 防护涂料	6mmPb	3.067	18.83	0.7726	8.00E-10
3#DSA 机房东侧受 检者防护门外 30cm 处 (缓冲间)	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
4# DSA 机房南侧防 护墙外 30cm 处 (走 廊)	240mm 实心砖+40mm 防护涂料	6mmPb	3.067	18.83	0.7726	8.00E-10
5# DSA 机房西侧防 护墙外 30cm 处 (走 廊)	240mm 实心砖+40mm 防护涂料	6mmPb	3.067	18.83	0.7726	8.00E-10
6# DSA 机房北侧防 护门外 30cm 处 (污 洗间)	4.5mm 铅板	4.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.96E-08
7# DSA 机房北侧防 护墙外 30cm 处 (设 备间)	240mm 实心砖+40mm 防护涂料	6mmPb	3.067	18.83	0.7726	8.00E-10
8# DSA 机房北侧观 察窗外 30cm 处 (控 制室)	4.5mmPb 铅玻璃	4.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.96E-08
9# DSA 机房北侧防 护门外 30cm 处 (控 制室)	4.5mm 铅板	4.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.96E-08
10#DSA 机房楼上离 地 100cm 处 (针灸科 诊室等)	140mm 混凝土+3mm 铅 板	4.3mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.47E-07
11# 裙楼	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
12# 住院综合楼	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
13# 住院楼	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
14# 门诊楼	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
15# 招宝山街道居	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07

民楼						
16# 医院停车场	4.0mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07

各预测点位漏射辐射剂量计算参数及结果见表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
		$\mu\text{Gy/h}$	m	/	$\mu\text{Gy/h}$
减影	2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处 (无菌库)	1000	3.9	2.28E-08	1.50E-06
	3# DSA 机房东侧受检者防护门外 30cm 处 (缓冲间)	1000	4.1	3.39E-06	2.02E-04
	4# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	1000	3.1	2.28E-08	2.37E-06
	5# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	1000	4.1	2.28E-08	1.36E-06
	6# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处 (污洗间)	1000	4.2	9.70E-07	5.50E-05
	7# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	1000	3.2	2.28E-08	2.23E-06
	8# DSA 机房北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	1000	3.1	9.70E-07	1.01E-04
	9# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处 (控制室)	1000	4.2	9.70E-07	5.50E-05
	10# DSA 机房楼上离地 100cm 处 (针灸科诊室等)	1000	3.6	1.60E-06	1.23E-04
	11# 裙楼	1000	10	3.39E-06	3.39E-05
	12# 住院综合楼	1000	35	3.39E-06	2.77E-06
	13# 住院楼	1000	48	3.39E-06	1.47E-06
	14# 门诊楼	1000	25	3.39E-06	5.42E-06
	15# 招宝山街道居民楼	1000	50	3.39E-06	1.36E-06
	16# 医院停车场	1000	46	3.39E-06	1.60E-06
	透视	1# 第一术者位(铅衣内)	1000	0.5	4.08E-03
1# 第一术者位(铅衣外)		1000	0.5	2.52E-02	69.87
1# 第一术者位 (手部)		1000	0.5	2.27E-02	35.46
1# 第二术者位(眼部)		1000	0.7	4.08E-03	17.47
1# 第二术者位(铅衣内)		1000	0.9	4.08E-03	4.08
1# 第二术者位(铅衣外)		1000	0.9	2.52E-02	25.15
2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处 (无菌库)		1000	3.9	8.00E-10	5.26E-08
3# DSA 机房东侧受检者防护门外 30cm 处 (缓冲间)		1000	4.1	3.69E-07	2.20E-05
4# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处 (走廊)		1000	3.1	8.00E-10	8.33E-08
5# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处 (走廊)		1000	4.1	8.00E-10	4.76E-08
6# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处 (污洗间)		1000	4.2	7.96E-08	4.52E-06
7# DSA 机房北侧防护墙外	1000	3.2	8.00E-10	7.81E-08	

	30cm 处 (设备间)				
	8# DSA 机房北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	1000	3.1	7.96E-08	8.29E-06
	9# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处 (控制室)	1000	4.2	7.96E-08	4.52E-06
	10# DSA 机房楼上离地 100cm 处 (针灸科诊室等)	1000	3.6	1.47E-07	1.13E-05
	11# 裙楼	1000	10	3.69E-07	3.69E-06
	12# 住院综合楼	1000	35	3.69E-07	3.01E-07
	13# 住院楼	1000	48	3.69E-07	1.60E-07
	14# 门诊楼	1000	25	3.69E-07	5.91E-07
	15# 招宝山街道居民楼	1000	50	3.69E-07	1.48E-07
	16# 医院停车场	1000	46	3.69E-07	1.74E-07

(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# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处 (无菌库)	2.41E-04	1.50E-06	2.43E-04
		3# DSA 机房东侧受检者防护门外 30cm 处 (缓冲间)	3.29E-02	2.02E-04	3.31E-02
		4# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	3.82E-04	2.37E-06	3.84E-04
		5# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	2.18E-04	1.36E-06	2.20E-04
		6# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处 (污洗间)	8.94E-03	5.50E-05	8.99E-03
		7# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	3.58E-04	2.23E-06	3.61E-04
		8# DSA 机房北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	1.64E-02	1.01E-04	1.65E-02
		9# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处 (控制室)	8.94E-03	5.50E-05	8.99E-03
		10# DSA 机房楼上离地 100cm 处 (针灸科诊室等)	2.01E-02	1.23E-04	2.02E-02
		11# 裙楼	5.52E-03	3.39E-05	5.56E-03
		12# 住院综合楼	4.51E-04	2.77E-06	4.54E-04
		13# 住院楼	2.40E-04	1.47E-06	2.41E-04
		14# 门诊楼	8.84E-04	5.42E-06	8.89E-04
		15# 招宝山街道居民楼	2.21E-04	1.36E-06	2.22E-04
		16# 医院停车场	2.61E-04	1.60E-06	2.63E-04
		透视	1# 第一术者位(铅衣内)	43.79	11.32
	1# 第一术者位(铅衣外)		270.27	69.87	340.15
	1# 第一术者位 (手部)		243.83	35.46	279.29
	1# 第一术者位(眼部)		137.89	17.47	155.36

	1#第二术者位(铅衣内)	13.52	4.08	17.59
	1#第二术者位(铅衣外)	83.42	25.15	108.57
	2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处 (无菌库)	1.41E-07	5.26E-08	1.94E-07
	3# DSA 机房东侧受检者防护门外 30cm 处 (缓冲间)	5.90E-05	2.20E-05	8.09E-05
	4# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	2.24E-07	8.33E-08	3.07E-07
	5# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	1.28E-07	4.76E-08	1.75E-07
	6# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处 (污洗间)	1.21E-05	4.52E-06	1.66E-05
	7# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	2.10E-07	7.81E-08	2.88E-07
	8# DSA 机房北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	2.23E-05	8.29E-06	3.06E-05
	9# DSA 机房北侧防护门外 30cm 处 (控制室)	1.21E-05	4.52E-06	1.66E-05
	10# DSA 机房楼上离地 100cm 处 (针灸科诊室等)	3.05E-05	1.13E-05	4.18E-05
	11# 裙楼	9.92E-06	3.69E-06	1.36E-05
	12# 住院综合楼	8.09E-07	3.01E-07	1.11E-06
	13# 住院楼	4.30E-07	1.60E-07	5.91E-07
	14# 门诊楼	1.59E-06	5.91E-07	2.18E-06
	15# 招宝山街道居民楼	3.97E-07	1.48E-07	5.44E-07
	16# 医院停车场	4.69E-07	1.74E-07	6.43E-07

由表 11-11 计算结果可知：本项目 DSA 在正常运行情况下，透视时，机房屏蔽体外辐射剂量率最大为 8.09E-05 μ Gy/h；减影时，机房屏蔽体外辐射剂量率最大为 3.31E-02 μ Gy/h。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对具有透视功能的 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；具有短时、高剂量率曝光的摄影程序机房外的周围剂量当量率应不大于 25 μ Sv/h。”的要求。

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，医生和护士在机房内近台操作，技师通常不在机房内。

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。

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot I \cdot 10^{-3}$$

（式 11-5）

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， μ Gy/h；

T —居留因子

t —X射线年照射时间, h;

l —剂量换算系数, Sv/Gy 取 1。

本项目的居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)选取,具体数值见表 11-12。

表 11-12 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、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区域
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗室门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场, 车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

根据表1-2所列DSA曝光时间。本项目DSA机房辐射工作人员预测点位计算结果详见表11-13。

表 11-13 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	保护目标	总辐射剂量率 H_0 ($\mu\text{Gy/h}$)	年工作时间 t (h)	居留因子 T	年有效剂量 H_1 (mSv)	涉及人员类型
本项目 DSA 机房	减影	2#	2# DSA 机房 东侧防护墙外 30cm 处(无菌库)	2.43E-04	8.33	1/4	5.06E-07	公众人员
		3#	3# DSA 机房东 侧受检者防护 门外 30cm 处 (缓冲间)	3.31E-02	8.33	1/8	3.45E-05	公众人员
		4#	4# DSA 机房 南侧防护墙外 30cm 处(走廊)	3.84E-04	8.33	1/4	8.00E-07	公众人员
		5#	5# DSA 机房 西侧防护墙外 30cm 处(走廊)	2.20E-04	8.33	1/4	4.58E-07	公众人员
		6#	6# DSA 机房 北侧防护门外 30cm 处(污洗 间)	8.99E-03	8.33	1/8	9.36E-06	公众人员
		7#	7# DSA 机房 北侧防护墙外	1.26E-03	8.33	1/8	1.31E-06	公众人员

		30cm 处（设备间）					
	8#	8# DSA 机房 北侧观察窗外 30cm 处（控制 室）	1.65E-02	5	1	8.25E-05	职业人员 （技师）
2.5				1	4.13E-05	职业人员 （手术医生）	
2.5				1	4.13E-05	职业人员 （护士）	
	10#	10#DSA 机房 楼上离地 100cm 处（针 灸科诊室等）	5.77E-03	8.33	1	4.81E-05	公众人员
	11#	裙楼	3.69E-05	8.33	1	3.07E-07	公众人员
	12#	住院综合楼	3.01E-06	8.33	1	2.51E-08	公众人员
	13#	住院楼	1.60E-06	8.33	1	1.33E-08	公众人员
	14#	门诊楼	5.91E-06	8.33	1	4.92E-08	公众人员
	15#	招宝山街道居 民楼	1.48E-06	8.33	1	1.23E-08	公众人员
	16#	医院停车场	1.74E-06	8.33	1/8	1.81E-09	公众人员
透 视	1#	第一术者位 （身体铅衣 内）	60.10	50	1	3.01	职业人员 （手术医生）
	1#	第一术者位 （身体铅衣 外）	370.89	50	1	18.5	职业人员 （手术医生）
	1#	第二术者位 （身体铅衣 内）	18.55	50	1	0.93	职业人员 （护士）
	1#	第二术者位 （身体铅衣 外）	114.47	50	1	5.72	职业人员 （护士）
	2#	2# DSA 机房 东侧防护墙外 30cm 处（无菌 库）	1.94E-07	166.67	1/4	8.08E-09	公众人员
	3#	3#DSA 机房东 侧受检者防护 门外 30cm 处 （缓冲间）	8.09E-05	166.67	1/8	1.69E-06	公众人员
	4#	4# DSA 机房 南侧防护墙外 30cm 处（走廊）	3.07E-07	166.67	1/4	1.28E-08	公众人员
	5#	5# DSA 机房 西侧防护墙外 30cm 处（走廊）	1.75E-07	166.67	1/4	7.29E-09	公众人员
	6#	6# DSA 机房 北侧防护门外 30cm 处（污洗	1.66E-05	166.67	1/8	3.46E-07	公众人员

		间)					
7#	7# DSA 机房 北侧防护墙外 30cm 处 (设备 间)	1.33E-06	166.67	1/8	2.77E-08	公众人员	
8#	8# DSA 机房 北侧观察窗外 30cm 处 (控制 室)	3.06E-05	100	1	3.06E-06	职业人员 (技师)	
10#	10#DSA 机房 楼上离地 100cm 处 (针 灸科诊室等)	9.03E-06	166.67	1	1.51E-06	公众人员	
11#	裙楼	2.95E-08	166.67	1	4.92E-09	公众人员	
12#	住院综合楼	2.41E-09	166.67	1	4.02E-10	公众人员	
13#	住院楼	1.28E-09	166.67	1	2.13E-10	公众人员	
14#	门诊楼	4.72E-09	166.67	1	7.87E-10	公众人员	
15#	招宝山街道居 民楼	1.18E-09	166.67	1	1.97E-10	公众人员	
16#	医院停车场	1.39E-09	166.67	1/8	2.90E-11	公众人员	

根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)要求,当介入放射工作人员佩戴铅围裙内、外两个剂量计时,宜采用公式 11-6 估算有效剂量。

$$E=\alpha H_u+\beta H_o \quad (\text{式 11-6})$$

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;本项目为医护人员配备铅围脖,因此,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;本项目为医护人员配备铅围脖,因此本项目取 **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。

本项目根据理论预测计算得医护人员铅衣内外剂量率情况,利用上式估算佩戴双剂量计情况下人员的有效剂量。由表 11-12 可知,第一术者位(身体铅衣内)年有效剂量为 3.01mSv,第一术者位(身体铅衣外)年有效剂量为 18.5mSv,第二术者位(身体铅衣内)年有效剂量为 0.93mSv,第二术者位(身体铅衣外)年有效剂量为 5.72mSv,

则由式 11-6 计算可知，第一手术位（身体）的受照的有效剂量为 3.32mSv/a，第二手术位（身体）的受照的有效剂量为 1.03mSv/a。

各预测点位年有效剂量估算结果汇总于表 11-14。

表11-14 职业人员及公众年有效剂量估算结果汇总

场所	保护目标	关注点位置	减影	透视	年有效剂量	人员类型
			mSv	mSv	mSv	
本项目 DSA 机房	机房内工作人员	1#(第一手术者位)	4.13E-05	3.32	3.32	职业人员
	机房内工作人员	1#(第二手术者位)	4.13E-05	1.03	1.03	职业人员
	控制室工作人员	8#	8.25E-05	3.06E-06	8.56E-05	职业人员
	无菌库人员	2#	5.06E-07	8.08E-09	5.14E-07	公众人员
	缓冲间人员	3#	3.45E-05	1.69E-06	3.62E-05	公众人员
	南侧走廊人员	4#	8.00E-07	1.28E-08	8.13E-07	公众人员
	西侧走廊人员	5#	4.58E-07	7.29E-09	4.65E-07	公众人员
	污洗间人员	6#	9.36E-06	3.46E-07	9.71E-06	公众人员
	设备间人员	7#	1.31E-06	2.77E-08	1.34E-06	公众人员
	针灸科诊室人员	10#	4.81E-05	1.51E-06	4.96E-05	公众人员
	裙楼	11#	3.07E-07	4.92E-09	3.12E-07	公众人员
	住院综合楼	12#	2.51E-08	4.02E-10	2.55E-08	公众人员
	住院楼	13#	1.33E-08	2.13E-10	1.35E-08	公众人员
	门诊楼	14#	4.92E-08	7.87E-10	5.00E-08	公众人员
	招宝山街道居民楼	15#	1.23E-08	1.97E-10	1.25E-08	公众人员
	医院停车场	16#	1.81E-09	2.90E-11	1.84E-09	公众人员

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下受到照射，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、当量剂量估算用下式进行计算：

$$D_s = C_{KS} (\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-7})$$

$$H = D_s \cdot W_R \quad (\text{式 11-8})$$

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（mGy/mGy），根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表 A.5，保守取 0.07MeV~0.15MeV 中最大值 1.156mGy/mGy；

\dot{k} ：X、 γ 辐射场的空气比释动能率（ $\mu\text{Gy/h}$ ），为 334.6 $\mu\text{Gy/h}$ ；

t ：人员累积受照时间，h，医生年受照时间为 50h；

H ：关注点的当量剂量，mSv；

W_R ：辐射权重因数，X 射线取 1。

根据式 11-7 和 11-8 计算得医生手部皮肤受到的当量剂量为 19.3mSv/a。

对于眼晶状体剂量，根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）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，眼晶状体吸收剂量用下式进行估算：

$$D_L = C_{KL} \cdot k \cdot t \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-9})$$

$$H = D_L \cdot W_R \quad (\text{式 11-10})$$

式中：

D_L —眼晶状体吸收剂量，mGy；

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

C_{KL} —空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数，mGy/mGy；

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 11-11 可知，DSA 机房内手术医生在透视工况下眼晶状体处的最大空气比释动能率为 189.23 $\mu\text{Gy/h}$ 。根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）表 A.4，空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数 C_{KL} 保守取 0.07MeV~0.15MeV 中最大值 1.55mGy/mGy，手术医生累积年受照时间为 50h。根据式 11-8 和 11-9 计算得手术医生眼晶体受到的当量剂量为 14.7mSv/a。

由上述计算可知：本项目 DSA 在正常运行时，机房内辐射工作人员受照的最大有效剂量为 3.32mSv/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。

手术医生手部皮肤受到的当量剂量为 19.3mSv/a，满足本项目辐射工作人员手部当量剂量不高于 500mSv 的年当量剂量限值要求。

手术医生眼晶体受到的当量剂量为 14.7mSv/a，满足本项目辐射工作人员眼晶体当量剂量不高于 150mSv 的年当量剂量限值要求。

DSA 机房周围公众人员受照的有效剂量最大为 0.068mSv/a，由于剂量率与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，随着距离的增加，周边 50m 范围内公众（如急诊医技楼人员、裙楼人员、门诊楼人员、住院楼人员、住院综合楼人员、大西门路人员等）所受年有效剂量更小，故本项目 DSA 机房周围公众人员最大剂量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。

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。

11.3 DSA运营期臭氧影响分析

本项目 DSA 机房拟设置动力通风装置，能够保证机房内良好通风。本项目电离产生的臭氧和氮氧化物额度非常低，臭氧可自然分解，氮氧化物产生量为臭氧的 1/3，经机房内的排风口进入排风管道，最终从门急诊楼北侧排放，排放高度约 3m，排风口外为过道，不朝向人流密集区域，对周围环境影响的极小。

11.4 事故影响分析

11.4.1 辐射事故情况

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）DSA 的 X 射线装置工作状态下，操作人员违反操作规程，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

（4）维修人员在射线装置过程维修中，设备意外出束时，可能造成维修人员受意外照射。

11.4.2 辐射事故防范措施

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，医院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

医院成立了放射防护管理领导小组，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、放射职业防护措施、放射诊疗质量保证制度、受检者告知制度、放射防护安全管理制度、放射工作人管理制度、职业健康管理制等。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，使设备处于保持良好的工作状态。

(4) 机房应当设置信号指示灯和门灯连锁装置，划分警戒控制区。

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控制室设置的人工紧急停机、开门按钮，避免事故发生。防护门上设置警示信号灯。

(5) 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。

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

医院成立了放射防护管理领导小组，全面负责医院的辐射安全管理工作及相关工作，见附件 6。该放射防护管理领导小组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，故医院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 辐射人员管理

(1) 职业健康检查情况

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，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。

本项目辐射工作人员均为新聘，应做好相应岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托有相关资质的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

本项目新增辐射工作人员，上岗前应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn>) 的辐射防护与安全考核，并按时接受再培训与考核。

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），在双证同发的前提下，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。

医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。目前医院现有辐射工作人员均参加了宁波市卫生监督所组织的放射工作人员放射防护培训考核，并考核合格。医院应组织辐射工作人员按时接受再培训。

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），在双证同发的前提下，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。

医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。目前医院现有辐射工作人员均参加了国家核技术利用辐射安全与防护培训平台或浙江省卫生监督协会组织的“全省医疗卫生机构放射工作人员放射防护网络培训”考核，并考核合格。医院应组织辐射工作人员按时接受再培训。

（3）个人剂量检测

本项目辐射工作人员均拟新聘相关辐射工作人员，医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，严格规定其必须佩戴个人剂量计上岗，并且每三个月委托宁波市疾病预防控制中心进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。根据医院提供的连续四个监测周期（2023.2-2023.12）的个人剂量监测结果，本项目辐射工作人员年累积受照剂量均不超过职业照射年剂量约束值 5mSv。

医院拟为新增辐射工作人员应配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。

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，或者停止辐射工作后三十年。医院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 年度评估报告

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。

宁波市镇海区中医医院已按要求对开展的核技术利用项目进行了辐射安全与防护状况评估，每年定期上报至发证机关。

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、人员培训计划、监测方案等，还应有完善的辐射应急措施”。

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：放射事故应急处理预案、放射职业防护措施、放射诊疗质量保证制度、受检者告知制度、放射防护安全管理制度、放射工作人员管理制度、职业健康管理制度等规章制度。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。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本项目 DSA 相应的规章制度和操作规程，明确 DSA 工作人员的岗位职责，将本项目相关辐射安全管理制度、操作规程和应急措施内容纳入原有管理体系，加强对辐射工作人员的安全防护培训和意识教育。

12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，项目单位需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

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。

医院已配备 1 台 X- γ 辐射剂量率巡检仪，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；且为每位辐射工作人员配备个人剂量计。

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。医院已配置 X-γ 辐射剂量率巡检仪，具有自行监测能力，医院应采用 X-γ 辐射剂量率巡检仪对本项目辐射工作场所进行定期监测，频次不少于 1 次/季度，以确保屏蔽防护性能的良好，监测记录建档保存。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	监测项目	监测频度	监测设备	监测范围	监测方法依据	监测类型
年度监测	DSA 机房	周围剂量当量率	1次/年	X-γ 辐射剂量率巡检仪	防护门外、门缝、观察窗、控制室操作位、各侧屏蔽墙外30cm处、顶棚上方距顶棚地面100cm处、地坪下方距下一层地面170cm处、管线洞口及周围需要关注的监督区	《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)和《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)	委托监测
日常监测		周围剂量当量率	1次/季度				自行监测
验收监测		周围剂量当量率	项目完成3个月内				委托监测
个人剂量检测	/	个人剂量当量	至少每三个月1次	个人剂量计	所有辐射工作人员	《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)	委托监测

医院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 辐射事故应急

12.4.1 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。

12.4.2 医院现有应急预案存在的问题与不足

医院已按相关规定制定了《放射事故应急处理预案》，但医院原有应急预案内容较为简单，为增强应急预案的可操作性和针对性，医院应根据国家有关法规的要求，针对核技术利用项目的具体情况重新制定在事故情况下的应急响应计划，以便能够快速

速有效地处理辐射事故，将放射危害的影响降低到最低水平。建议更新和完善制定的辐射事故应急计划应包括：

（1）应急人员的培训及应急响应练习：应急人员应进行辐射安全知识的培训；医院应定期组织辐射事故应急响应演习，确保各部门在事故发生后，有组织有条理的应对；

（2）应急物资：包括通讯设备、应急响应文件、救助的装备、资金、物资准备等；

（3）辐射事故分级：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级；

（4）放射事件应急预案的解除。

一旦发生辐射事故，医院应根据国家规定立即启动应急预案，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，还应同时向当地卫健委报告，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。

经核实，医院定期开展辐射事故应急演练，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。

12.5 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设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）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。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

宁波市镇海区中医医院位于宁波市镇海区招宝山街道环城西路 51 号，医院拟将急诊医技楼一层西侧原肠道门诊相关用房等改建为 1 间 DSA 机房及其配套功能用房，并在 DSA 机房内安装使用 1 台 DSA 装置，型号待定，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1250mA，使用时有用线束主要朝上，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

辐射防护设计：DSA 机房四侧墙体均采用实心砖+防护涂料，顶棚采用混凝土+铅板作为屏蔽材料；配备防护门 3 扇，北侧工作人员防护门及污物通道防护门、东侧受检者防护门均采用内铅板的铅防护门；配备 1 扇铅玻璃观察窗。屏蔽厚度满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

辐射防护设施：DSA 机房的控制室拟张贴相应的各项规章制度、操作规程。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 射线装置均设有急停开关、工作状态指示灯与机房门联锁等安全设施。DSA 机房应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。

在严格落实以上辐射安全措施，并在实际工作中规范操作后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全防护的要求。

(2) 辐射安全管理结论

管理机构：医院已成立放射防护管理领导小组，明确了相关职责，并将加强监督管理。

辐射安全管理制度：医院已制定了包括《放射事故应急处理预案》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，以适应当前环保的管理要求，并在以后的实际工作中严格落实执行。

辐射与防护培训：医院拟安排本项目辐射工作人员参加辐射安全和防护培训考核或放射工作人员放射防护培训考核，考核合格后方能上岗。辐射工作人员应按相关标

准要求定期再培训和考核。

职业健康监护：医院拟对新增辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并建立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) 经理论计算分析，机房外屏蔽体外关注点处的周围剂量当量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中规定的相关限值要求。

(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；同室操作的手术医师手部年当量剂量满足不超过 500mSv 的年当量剂量限值的要求；职业人员眼晶体年当量剂量不高于 150mSv 的年当量剂量限值要求。

(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。

13.1.4 可行性分析结论

(1) 选址合理性结论

本项目为核技术利用项目，位于医院内急诊医技楼一层，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，本项目机房实体边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑（急诊医技楼、裙楼、门诊楼、住院楼、住院综合楼）、道路和绿化，部分涉及院外道路（大西门路）、医院停车场、居民楼。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的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。

(2) 产业政策符合性分析结论

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（2024年本）》，本项目拟使用的数字减影血管造影装置（DSA）属于医药类项目中的**高性能医学影像设备**，为鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

(3) 实践正当性分析结论

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。

（4）宁波市“三线一单”生态环境分区管控方案符合性分析结论

根据《宁波市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于宁波市镇海经济开发区产业集聚重点管控单元（ZH33021120001），本项目符合宁波市“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。

（5）项目可行性分析结论

综上所述，宁波市镇海区中医医院新增射线装置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 建议和承诺

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，确保其状况良好，以确保监测数据的可靠，为单位辐射防护提供可靠依据；

（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) 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

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公章

年 月 日

审批意见：

经办人：

公章

年 月 日