

编号：ZFHK-FB23220073

核技术利用建设项目

平阳县中医院

DSA 射线装置建设项目

环境影响报告表

(公示版)

平阳县中医院

2023年10月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

平阳县中医院 DSA 射线装置建设项目 环境影响报告表

建设单位名称：平阳县中医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：平阳县鳌江镇兴鳌西路 516 号

邮政编码：325800

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	10
表 3 非密封放射性物质	12
表 4 射线装置	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标与评价标准	16
表 8 环境质量和辐射现状	21
表 9 项目工程分析与源项	25
表 10 辐射安全与防护	30
表 11 环境影响分析	38
表 12 辐射安全管理	56
表 13 结论与建议	62
表 14 审批	65

附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 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 医疗综合楼住院部五层平面布局图（本项目 DSA 机房上一层）
- 附图 5 医疗综合楼住院部四层平面布局图（本项目 DSA 机房所在层）
- 附图 6 医疗综合楼住院部三层平面布局图（本项目 DSA 机房下一层）
- 附图 7 平阳县环境管控单元图
- 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 医院建设环评批复及原有射线装置环保手续
- 附件 5 环境本底监测报告
- 附件 6 辐射安全与环境管理小组成立文件
- 附件 7 辐射事故应急预案
- 附件 8 现有辐射工作人员个人剂量报告
- 附件 9 现有辐射工作人员培训情况
- 附件 10 职业健康体检报告
- 附件 11 辐射安全相关制度
- 附件 12 平阳县中医院住院楼 4 层手术中心防护方案
- 附件 13 修改说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		平阳县中医院 DSA 射线装置建设项目			
建设单位		平阳县中医院			
法人代表		██████	联系人	██████	联系电话
注册地址		平阳县鳌江镇兴鳌中路 107 号			
项目建设地点		温州市平阳县鳌江镇兴鳌西路 516 号，平阳县中医院新院区医疗综合楼住院部四层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		1000	项目环保投资（万元）	50	投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)
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>平阳县中医院（以下简称“医院”）坐落于平阳县鳌江镇兴鳌中路 107 号，是经平阳县卫生健康局批准设立的一家非营利性中医综合医院。始建于 1984 年，是一所集医疗、教学、科研、保健、康复为一体、中西医科室门类齐全、具有鲜明中医特色和中医医疗优势的现代化综合性三级乙等中医综合医院。</p> <p>随着广大群众对医药卫生服务的需求，平阳县中医院现有的院区已不能满足医院的发展需求，故平阳县中医院拟在温州市平阳县鳌江镇兴鳌西路 516 号建设平阳县中医院新院区。建设一幢医疗综合楼，包括门诊楼，住院部和医技楼；一幢行政综合楼；一幢</p>					

传染病，总用地面积 67289m²，总建筑面积 108208m²。新院区建成后核定床位 800 床（其中 200 张为康复床位），预计年门诊量为 90 万人次，年住院量 2.1 万人次。本项目位于新院区内。待新院区建设完成运行后，老院所在地块归还给鳌江镇政府。

《平阳县中医院迁扩建工程环境影响报告书》已于 2018 年取得平阳县环境保护局批复，批复文号：平环建[2018]128 号（见附件 4），主体建设已完成，目前新院区为试运行阶段，未满足验收条件，暂未进行竣工环保验收。

平阳县中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[C2292]（见附件3）；发证日期：2019年6月17日，有效期至：2024年6月16日；种类和范围：使用III类射线装置。

1.1.2 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，为更好地开展放射诊断工作，进一步改善当地医疗环境，方便患者就诊，平阳县中医院拟在医疗综合楼住院部四层新建一间 DSA 机房及其配套用房并新增 1 台数字减影血管造影系统（以下简称“DSA”）DSA 型号 Artist Zee III Ceiling，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价。

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”，环境影响评价类别为编制环境影响报告表。

为此，平阳县中医院委托中辐环境科技有限公司开展“平阳县中医院 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

本项目拟于医院医疗综合楼住院部四层新建 1 间 DSA 机房及其配套功能用房，包括 1 间设备间，1 间操作间，并在该 DSA 机房内新增安装使用 1 台 DSA 设备，型号 Artist Zee III Ceiling，DSA 最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，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。

表 1-1 本项目射线装置主要技术参数

序号	射线装置名称	型号	球管配置	数量	拟安装位置	类别	主要技术参数	备注
1	DSA	Artist Zee III Ceiling	单管头	1 台	医疗综合楼住院部四层	II 类	最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA	新增

1.1.4 项目工作负荷及人员配置

(1) 劳动定员

根据医院提供资料，本项目 DSA 拟配备工作人员 14 名，包括手术医生 8 人，护士 4 人，技师 2 人，其中 1 名技师（苏强）拟由医院放射科现有辐射工作人员调配，并兼岗原有放射科工作，其他人员均为新增。DSA 机房操作间 2 名技师根据情况轮岗操作设备，每台手术配备 2 名手术医生和 1 名护士。

(2) 工作制度：每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

(3) 工作负荷

根据医院提供的资料，本项目 DSA 年最大手术量不超过 600 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。本项目按照每台手术常规出束时间考虑，即减影曝光时间 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，预计每组手术医生或护士年手术台数不大于 150 台，单个技师年最大手术台数不超过 300 台。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 1-2 本项目拟建 DSA 最大工作负荷

射线装置	运行模式	单台手术最长出束时间 (min)	全年开展手术量(台)	设备年总出束时间 (h)	单个医生年最大受照时间 (h) ①	单个技师年最大受照时间 (h) ②	单个护士年最大受照时间 (h) ③
DSA	减影	1	600	10	2.5	5	2.5
	透视	20		200	50	100	50

注：①单个医生负责本项目 DSA 设备的年最大手术量 150 台与单台手术曝光时间乘积；②单个技师负责本项目 DSA 设备的年最大手术量 300 台与单台手术曝光时间乘积；③单个护士负责本项目 DSA 设备的年最大手术量 150 台与单台手术曝光时间乘积。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

平阳县中医院位于温州市平阳县鳌江镇兴鳌西路 516 号，医院东侧为雁门河，隔河为居民区；南侧为江滨西路，隔路为空地；西侧为兴鳌西路，隔路为空地；北侧为大桥路。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

本项目拟建 DSA 机房位于医疗综合楼住院部四层，住院部为地上 14 层，地下 1 层。机房东侧 19m 为院内道路，45m 为医院边界，边界外为雁门河；机房南侧 27m 为院内道路及停车场，43m 为医院边界，边界外为江滨西路；机房西侧 90m 为医疗综合楼门诊楼；机房北侧与医疗综合楼医技楼紧邻，部分临空；机房东北侧 37m 为高压氧舱，医院周边环境关系图及总平面布局图详见附图 2 和附图 3。

1.2.2.2 项目机房四至环境关系

本项目 DSA 机房位于医院医疗综合楼住院部四层，DSA 机房东侧为污物走廊、污物间、污梯及其前室；南侧为洁净走廊；西侧为设备间和操作间；北侧部分紧邻医技楼，部分临空；正上方为会议示教室；正下方为检查包装及灭菌区。DSA 机房平面布局及四至环境关系详见附图 5。

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 机房选址于医院医疗综合楼住院部四层，不新增土地，项目用地属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素。根据医院平面布局及现场调查，本项目拟建 DSA 机房实体屏蔽物边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑及院内道路，部分涉及医院南侧江滨西路，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及院外道路上的流动人员等公众成员，评价范围内无自然保护区、风景名胜、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。

1.2.4 总平面布置的合理性分析

本项目 DSA 机房位于医疗综合楼四层，为集中手术区域，便于介入手术流程顺畅、集中开展和保证净化需求，DSA 机房及配套功能用房相对集中，设置有患者通道、医

护通道和污物通道。射线装置采取实体屏蔽措施后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，对周围环境及人员影响是可以接受的，因此 DSA 机房及配套功能用房的平面布局合理可行。

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）》（2021年修订），本项目属于第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗器械设备和试剂、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，在使用过程中，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 “三线一单”符合性分析

根据《平阳县“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平阳县鳌江城市生活重点管控单元（ZH33032620010），平阳县环境管控单元图见附图 7，浙江省温州市平阳县鳌江城市生活重点管控单元的生态环境准入清单符合性分析见表 1-3。

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	禁止新建、改建、扩建三类工业。经县级人民政府认定的工业园区（工业集聚点）和小微园区，可以发展二类工业。工业园区（工业集聚点）和小微园区以外的区域，在不加大环境影响、符合污染物总量控制的基础上，原有的工业用地在土地性质调整之前，可以从事符合当地产业定位的二类工业。合理规划布局工业、商业、居住、科	本项目为医院核技术利用项目，不属于三类工业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

	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。		
污染物排放管控	现有二类工业项目改建，只能在原址基础上，并须符合污染物总量替代要求，且不得增加污染物排放总量，不得加重恶臭、噪声等环境影响。严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大建设项目。	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	推进城镇绿廊建设，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。	本项目为医院核技术利用项目，无重大环境风险源项。	是
资源开发效率要求	/	/	/

综上所述，本项目符合“三线一单”生态环境分区管控方案要求。

根据《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》（环环评[2021]108号），要求落实“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

生态保护红线是生态空间范围内具有特殊重要生态功能必须实行强制性严格保护的区域。本项目位于温州市平阳县鳌江镇兴鳌西路516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，根据《平阳县“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。项目所在地属于温州市平阳县鳌江城市生活重点管控单元（ZH33032620010）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 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。经与项目所在环境管控单元的生态环境准入清单对照分析，本项目满足生态环境准入清单的要求。

综上，本项目不涉及生态保护红线、符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，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

平阳县中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[C2292]（见附件3）；发证日期：2019年6月17日，有效期至：2024年6月16日；种类和范围：使用III类射线装置。医院已许可射线装置情况见表1-4，备案登记（见附件4）。

表 1-4 医院已许可射线装置情况

序号	装置名称	规格型号	类别	场所	环保手续
1	CT	Brilliance 16	III类	门诊楼放射科 CT 机房	备案登记，备案号： 20233303260000 144
2	DR	Ysio	III类	门诊楼放射科 DR 机房	
3	乳腺钼靶机	Selena Dimensions	III类	门诊楼放射科乳腺机房	
4	口腔全景机	Planmeca ProMax	III类	口腔科全景机房	

注：①以上设备均为平阳县中医院老院区设备，位于平阳县鳌江镇兴鳌中路 107 号；②以上设备仍在老院区内使用，目前医院不搬迁至新院区。

1.7 现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。

（2）辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，建立剂量健康档案，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，根据浙江建安检测研究院有限公司出具的 2022 年度个人剂量检测报告及 2023 年第一、二季度个人剂量检测报告（见附件 8），并统计了医院现有辐射工作人员最近连续四个监测周期个人剂量。结果显示：个人剂量计均为完好状态，最近连续四个监测周期的辐射工作人员个人剂量监测结果均符合《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。

(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。目前医院现有辐射工作人员均参加了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，并考核合格处于有效期内。医院应组织辐射工作人员按时接受再培训。今后，医院将按照《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）及《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（中华人民共和国生态环境部公告 2021 年第 9 号）的要求，对于仅使用Ⅲ类射线装置的辐射工作人员组织开展院内的自主辐射安全与防护考核，对于其他辐射工作人员则统一参加生态环境部组织的辐射安全与防护考核，考核合格方可上岗，并在有效期（五年）届满前重新参加考核。

(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。医院分别于 2022 年 6 月和 2022 年 7 月安排现有辐射工作人员在温州市人民医院进行职业健康体检，根据温州市人民医院出具的 2022 年职业健康体检报告（见附件 10）结果可知，辐射工作人员职业病危害因素为电离辐射，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识；射线装置机房均按要求设置有工作状态指示灯等设施，工作状态指示灯能与机房门有效关联，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《辐射事故应急方案》，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，及时对辐射事故应急方案进行完善和修订。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	Artist Zee III Ceiling	125	1000	影像诊断和介入治疗	医疗综合楼住院部四层	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，排放至大气外环境中。

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, 自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, 自2018年12月29日起施行修订版;</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, 自2003年10月1日起施行;</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) 《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>(7) 《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>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011年4月18日环境保护部令第18号), 自2011年5月1日起施行;</p> <p>(9) 《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), 自2021年1</p>
------------------	---

月 4 日起施行修改版；

(10) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号），自 2017 年 11 月 20 日起施行；

(11) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2019 年 10 月 30 日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号公布，自 2020 年 1 月 1 日起施行；2021 年 12 月 30 日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 49 号修改），自 2021 年 12 月 30 日起施行修改版；

(12) 《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；

(13) 《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；

(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》（浙江省第十三届人民代表大会公告 2022 年第 71 号），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，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）；

(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，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）；

(19) 《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

	<p>年9月9日起实施；</p> <p>(20) 《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)。</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>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) 《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》；</p> <p>(4) 医院提供的其他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

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 机房位于医院医疗综合楼住院部四层，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	
					水平 (m)	垂直 (m)
本项目 DSA 机房	辐射工作人员	工作人员	机房内	12 人	0	0
		本项目 DSA 机房操作间操作人员	西侧	2 人	0	0
	公众	住院部公众	本项目辐射工作场所四周	约 500 人次/天	/	/
		污物间及污物走廊公众	东侧	2 人次/天	紧邻	0
		污梯前室公众	东侧	2 人次/天	紧邻	0
		洁净走廊公众	南侧	4 人次/天	紧邻	0
		内部道路公众	东侧	约 100 人次/天	19	-14.4
		内部道路及地面停车场公众	南侧	约 150 人次/天	27	-14.4
		院外道路（江滨西路）公众	南侧	约 150 人次/天	43	-14.4
		设备间公众	西侧	约 1 人次/天	紧邻	0
		医技楼公众	北侧	约 500 人次/天	紧邻	0
		高压氧舱公众	东北侧	50 人次/天	37	-14.4
		会议示教室公众	上方	10 人次/天	0	4.5
		检查包装及灭菌区公众	下方	约 5 人次/天	0	-4.5
		50m 评价范围内其他公众	/	约 1000 人次/天	/	/

注：“+”表示该建筑物 1F 地面或房间地面高于本项目机房地面，“-”表示该建筑物 1F 地面或房间地面低于项目用地地面。

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。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。职业人员眼晶体取不超过 20mSv 作为年当量剂量约束值。

②对于公众，取年有效剂量限值的十分之一，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 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 2 的规定。

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。

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。

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

表 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

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

6.3 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 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 0.25mmPb；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。

5.3.2 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

平阳县中医院位于温州市平阳县鳌江镇兴鳌西路 516 号，医院东侧为雁门河，隔河为居民区；南侧为江滨西路，隔路为空地；西侧为兴鳌西路，隔路为空地；北侧为大桥路。项目地理位置见附图 1。本项目 DSA 机房位于医院医疗综合楼住院部四层（该楼地上共 14 层，地下 1 层），本项目辐射工作场所位置详见附图 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。

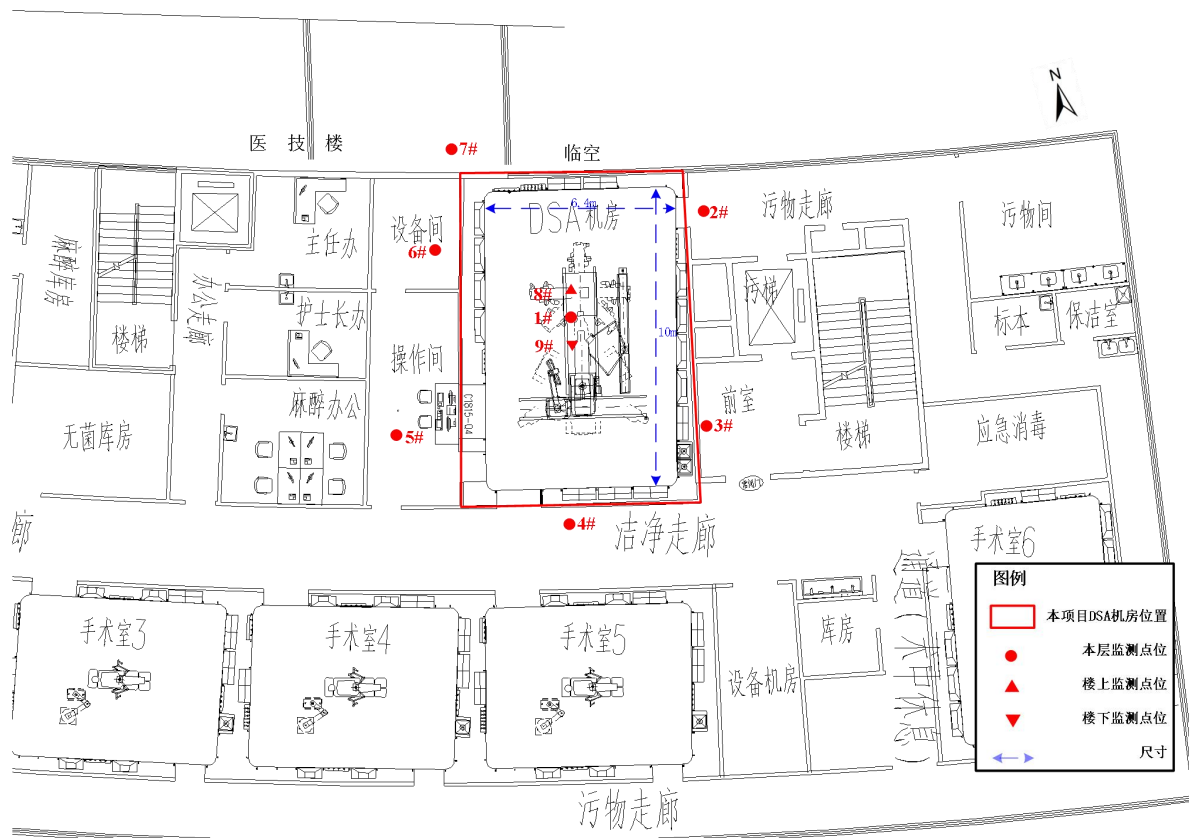
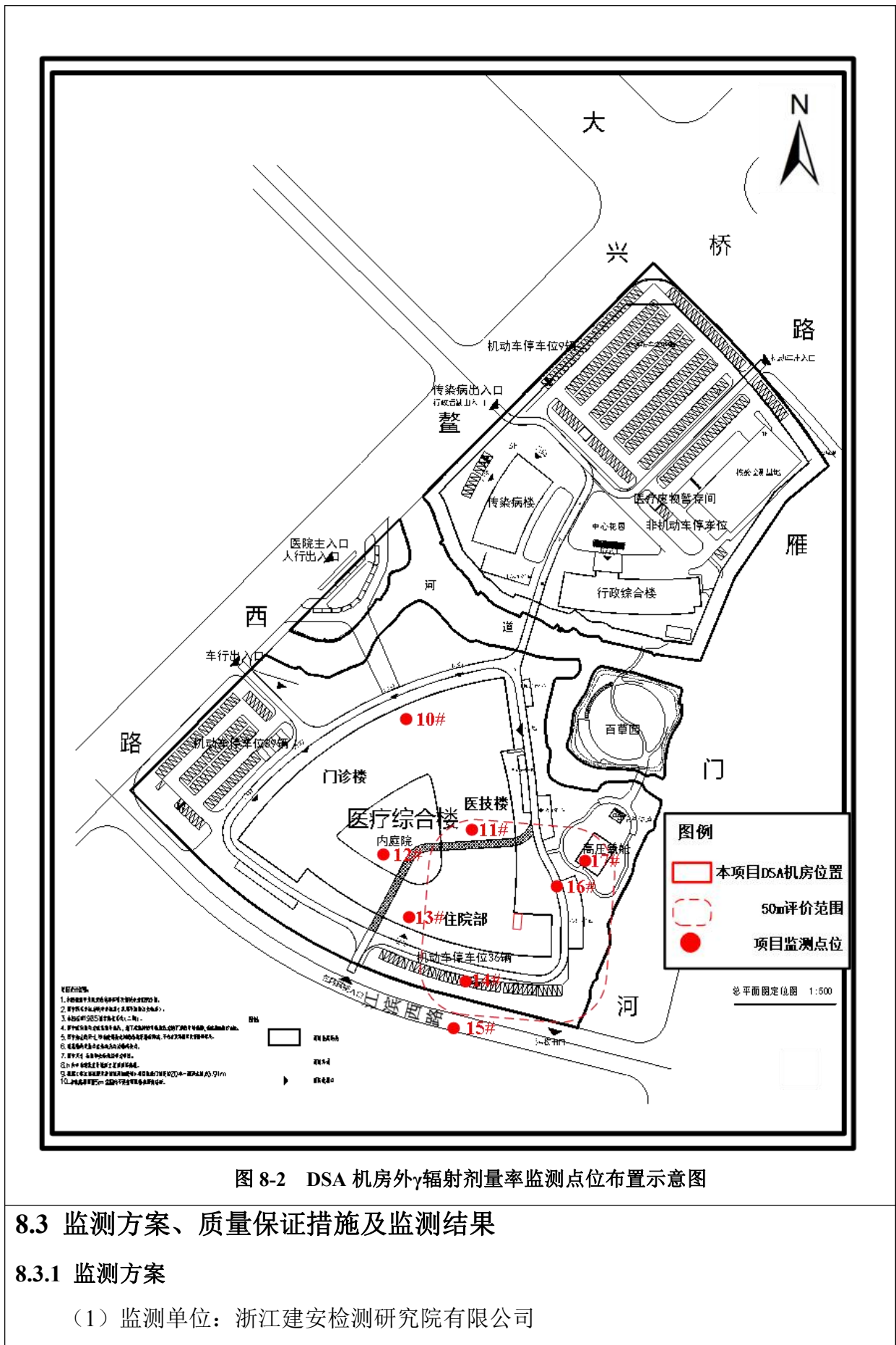


图 8-1 DSA 机房区域及四周 γ 剂量率监测点位布置示意图



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：2023 年 7 月 25 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
- (7) 天气环境条件：天气：晴；温度：32℃；相对湿度：70%。
- (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-100 μ Sv/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	2023H21-10-4416128002
校准有效期	2023 年 2 月 17 日~2024 年 2 月 16 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	111	3	室内
2#	东侧污物通道	122	3	室内
3#	东侧前室	165	3	室内
4#	洁净走廊	109	2	室内
5#	操作间	103	2	室内
6#	设备间	112	3	室内
7#	医技楼四层近住院部 DSA 机房处	118	2	室内
8#	DSA 机房上方会议示教室	130	2	室内
9#	DSA 机房下方检查包装及灭菌区	108	3	室内
10#	门诊楼大厅	136	3	室内
11#	医技楼大厅	134	3	室内
12#	内庭院	151	2	室外
13#	住院部大厅	157	2	室内
14#	内部停车场	147	2	室外
15#	住院部南侧院外道路(江滨西路)	160	2	室外
16#	住院部北侧内部道路	160	3	室外
17#	高压氧舱	125	2	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 k₁×仪器检验源效率因子 k₂÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k₃×测量点宇宙射线响应值 D_c，校准因子 k₁ 为 1.19，仪器使用 ¹³⁷Cs 进行校准，效率因子 k₂ 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy，k₃ 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 ~165nGy/h，即 $10.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 16.5 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ；室外 γ 辐射剂量率范围为 147nGy/h ~160nGy/h，即 $14.7 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 16.0 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 。

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，温州市道路上 γ 辐射剂量率为 $3.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 15.4 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，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涨落范围内。

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 典型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。

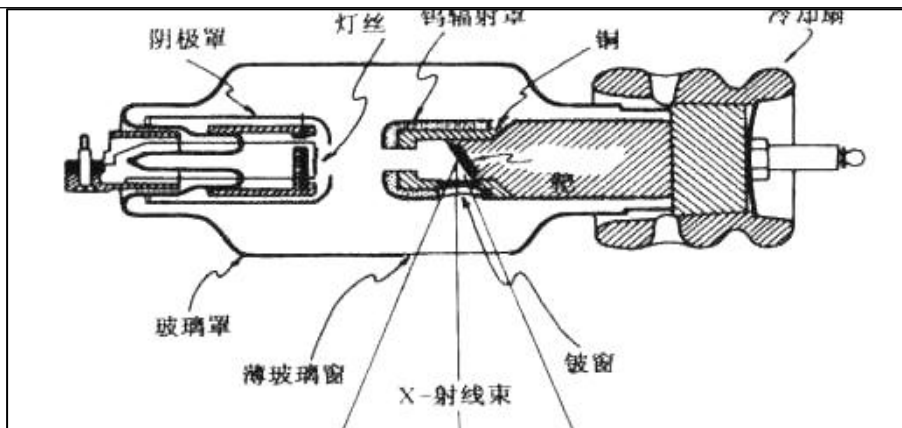


图 9-2 典型 X 射线管结构图

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。

9.1.3 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

DSA 为 II 类射线装置，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 9-3 所示。

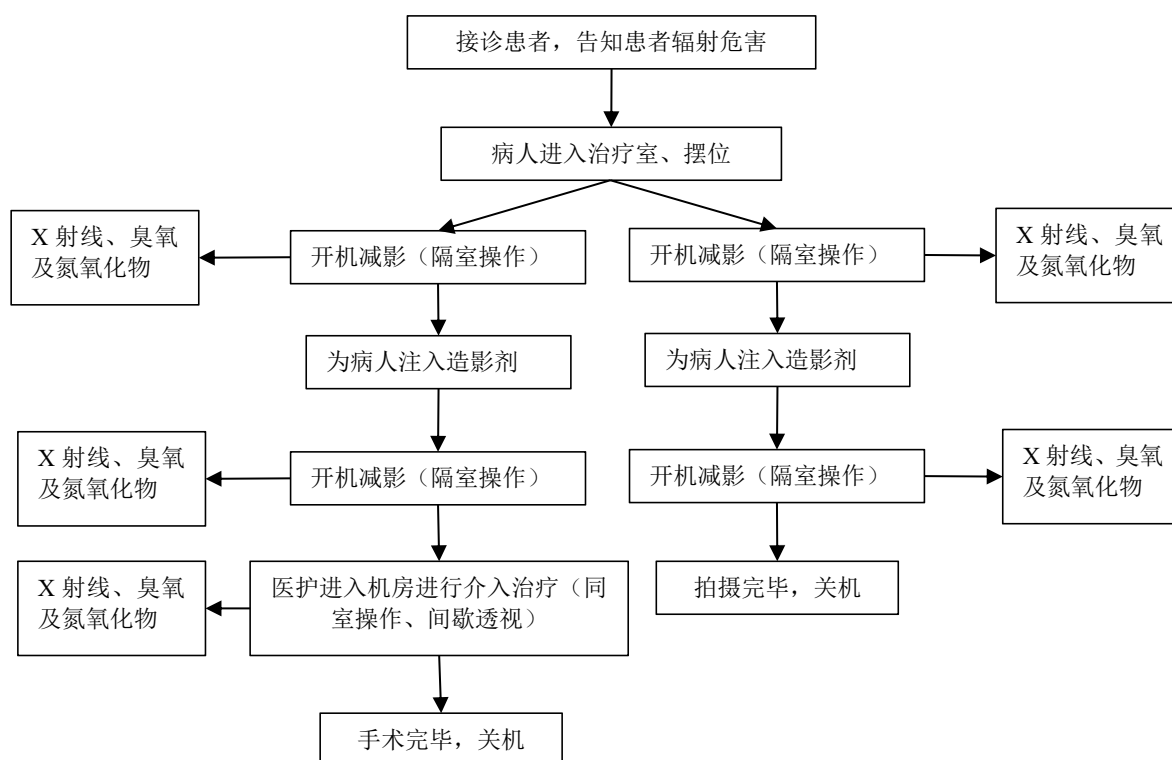


图 9-3 DSA 操作流程及产污环节图

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

患者经至手术室西侧进入换车间通过洁净走廊，从 DSA 机房南侧防护门进入机房。治疗结束后，患者可按原路离开。

(2) 工作人员路径

工作人员通过五层办公走廊进入换鞋间换鞋，更衣间更衣穿好铅衣后，经过缓冲间从楼梯下至四层经办公走廊、洁净走廊进入操作间进入操作位，技师在操作间进行设备操作，介入工作人员通过 DSA 机房西侧防护门进入机房进行手术。治疗结束后，工作人员可按原路离开。

(3) 污物路径

本项目介入手术会产生药棉、纱布和手套等医疗废物，这些医疗废物采用专用容器收集，待手术结束后从本项目 DSA 机房东侧防护门运出送至污物间，通过污梯送至医院医疗废物暂存间。

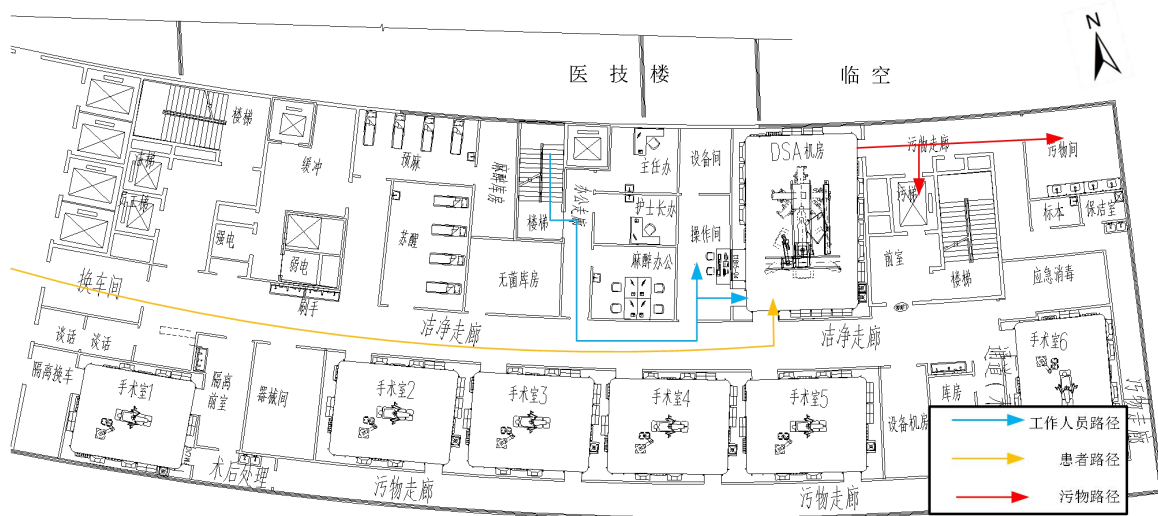


图 9-4 本项目辐射工作场所人员、物流路径图

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主要辐射影响及影响途径如下：

9.2.1 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 机房位于医院医疗综合楼住院部四层，东侧为污物走廊、污物间、污梯及其前室；南侧为洁净走廊；西侧为设备间和操作间；北侧部分紧邻医技楼，部分临空。正上方为会议示教室，正下方为检查包装及灭菌区。本项目 DSA 机房布局见附图 5，DSA 机房上方布局见附图 4，DSA 机房下方布局见附图 6。本次环评辐射工作场所位置及四周布局见表 10-1。

表 10-1 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
医疗综合楼住院部四层	本项目 DSA 机房	东侧	污物走廊、污物间、污梯及其前室
		南侧	洁净走廊
		西侧	设备间、操作间
		北侧	医技楼、部分临空
		楼上	会议示教室
		楼下	检查包装及灭菌区

(1) 本项目 DSA 机房和配套房间均集中布置且相对独立，周围无人员密集区和长停留场所，降低了公众受到照射的可能性，无明显环境制约因素。

(2) DSA 机房设置了洁净走廊，规划的患者路径、工作人员路径、污物路径相对独立，配合辐射安全管理措施能够有效避免产生交叉，洁净走廊的宽度满足患者转运推车的通行，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》（GBZ 130-2020）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 机房位于四层，采取了相应的屏蔽防护措施，考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全	满足

	应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	本项目新增 DSA 设备有用线束主要垂直向上，有用线束不会直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	满足
受检者候诊区	受检者不应在机房内候诊	本项目 DSA 受检者在机房西侧大厅候诊，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： 6.4 (m) × 10 (m) = 64 (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	操作间、设备间、洁净走廊、污物走廊、污物间、污梯及其前室

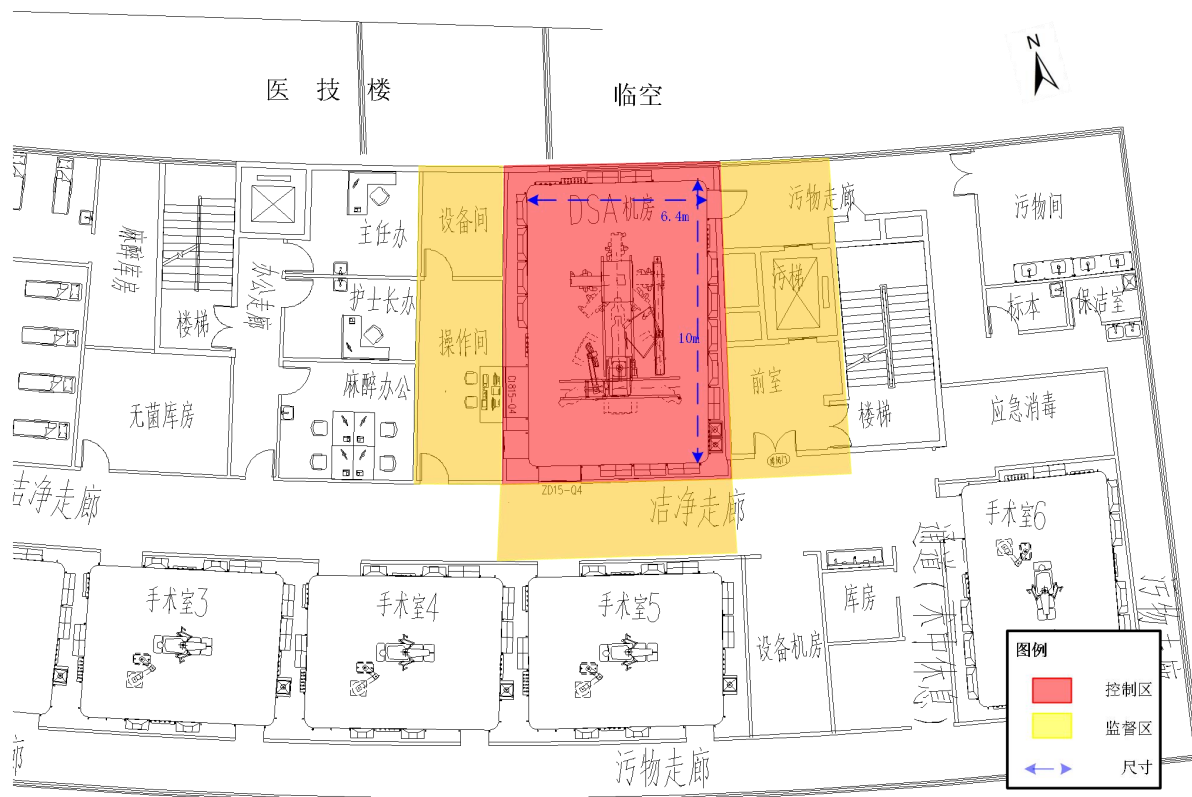


图 10-1 本项目 DSA 机房“两区”划分图

控制区通过实体屏蔽措施、电离辐射警告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；监督区通过设置标明监督区的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设备具有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；

②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。

③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。

④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。

⑤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。

⑥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。

⑦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；

⑧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（见附件 17），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)	四侧墙体	轻钢龙骨+4mm 铅板 (4.0 mmPb)	有用线束方向铅当量及非有用线束方向铅当量均为 2mmPb	符合
	本项目污物防护门 (东侧)	内衬 4mm 铅板 (4.0 mmPb)		符合
	本项目患者防护门 (南侧)	内衬 4mm 铅板 (4.0 mmPb, 局部 4.0 mmPb 铅玻璃窗)		符合
	本项目工作人员防护门 (西侧)	内衬 4mm 铅板 (4.0 mmPb)		符合
	观察窗 (西侧)	4mmPb 铅玻璃 (4.0mmPb)		符合
	顶棚	120mm 混凝土+3mm 铅板 (4.44mmPb)		符合

	地坪	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥 (5.44mmPb)		符合
<p>注：（1）混凝土密度取 2.35g/cm³ 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，保守考虑地坪 120mm 混凝土（主束方向）折算为 1.44mmPb。</p> <p>（2）参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）表 6.14，硫酸钡水泥取 2.79g/cm³ 核算等效屏蔽厚度，10mm 厚硫酸钡水泥等效为 1mmPb；若建设单位采购的硫酸钡密度无法达到 2.79g/cm³，建设单位应当适当增加硫酸钡水泥的厚度，以保证屏蔽达到要求。</p>				

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)	
本项目 DSA 机房	6.4	64	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，（考虑到手术区域洁净要求及后期改造便捷性，故本项目机房的墙体、顶棚辐射屏蔽设计中采用铅板），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	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。	在拟建机房西侧设置 1 扇观察窗,能直接观察到受检者状态及防护门开闭情况。	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。	机房拟设置动力通风装置,能够保持良好的通风。新风系统进行通风,进风口及排风口均设置于机房吊顶,保证机房内有良好的通风。设备管线等均拟以“U”型穿过墙体。	
	机房门外应有电离辐射警告标志。	拟在 DSA 机房患者防护门上设置“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。	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。	拟在机房南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	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。	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;操作间防护门拟设置手动平开门,并拟设置自动闭门装置;污物进出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。	DSA 手术室患者通道门拟设置防夹装置。	

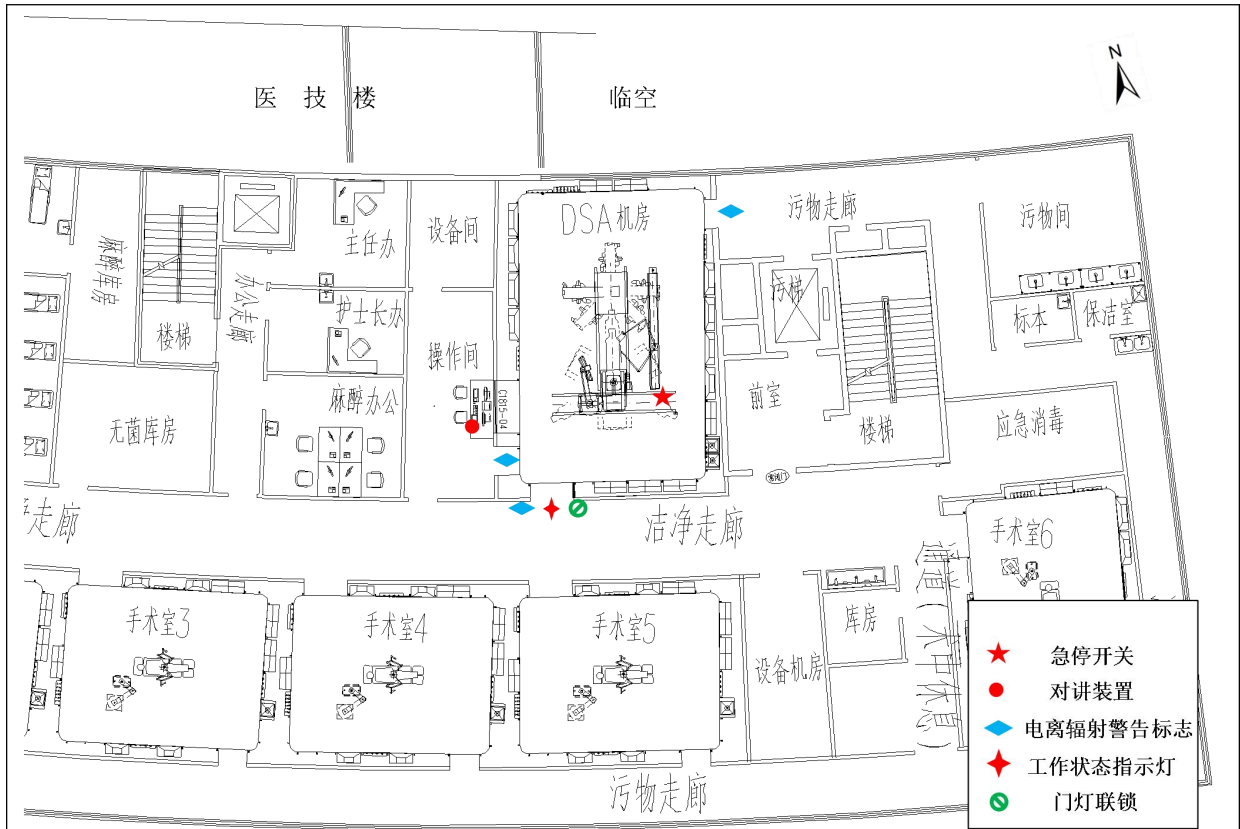


图 10-2 本项目 DSA 机房防护设计图

DSA 机房拟按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关要求配备防护用品和辅助防护设施，具体情况见下表。

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

建设单位在配置防护用品时应考虑辐射工作人员具体情况，如配置不同的铅防护眼镜形式，防护用品和设施应妥善规范保管。

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，在辐射工作中因 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 机房拟设置带有动力通风功能的空调新风系统进行通风，进风口和排风口呈对角布置，能够保证机房内有效地通风换气，最终连接至建筑总排风井，经自然分解，排放进入大气外环境中，对周围环境影响较小。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

本项目主体土建工程环评报告书《平阳县中医院迁建工程环境影响报告书》已由平阳县环境保护局以平环建[2018]128号进行了批复。报告书中施工期环境影响评价已包含本项目拟建的 DSA 及辅助用房等土建、装修期间的环境影响，因此，本次评价不再分析本项目机房建设施工期的影响，有关施工期影响详见医院主体工程报告书。

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 装置位于医院综合楼住院部四层，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 90kV 最大常用电流 500mA	离靶 1m 处空气中的空气比释动能	0.075mGy/mA·s
	透视	工况下 最大常用电压 90kV		0.075mGy/mA·s

		最大常用电流 15mA		
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 10m×宽 6.4m×高 4.5m		
防护设施	四侧墙体	轻钢龙骨+4mm 铅板 (4.0 mmPb)		
	本项目污物防护门 (东侧)	内衬 4mm 铅板 (4.0 mmPb)		
	本项目患者防护门 (南侧)	内衬 4mm 铅板 (4.0 mmPb)		
	本项目工作人员防护门 (西侧)	内衬 4mm 铅板 (4.0 mmPb)		
	观察窗 (西侧)	4mmpb 铅玻璃 (4.0mmpb)		
	顶棚	120mm 混凝土+3mm 铅板 (4.44mmPb)		
	地坪	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥 (5.44mmPb)		
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，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”；				

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	0.075	90	500	1.35×10 ⁸
	透视	2.5 mm Al	0.075	90	15	4.05×10 ⁶

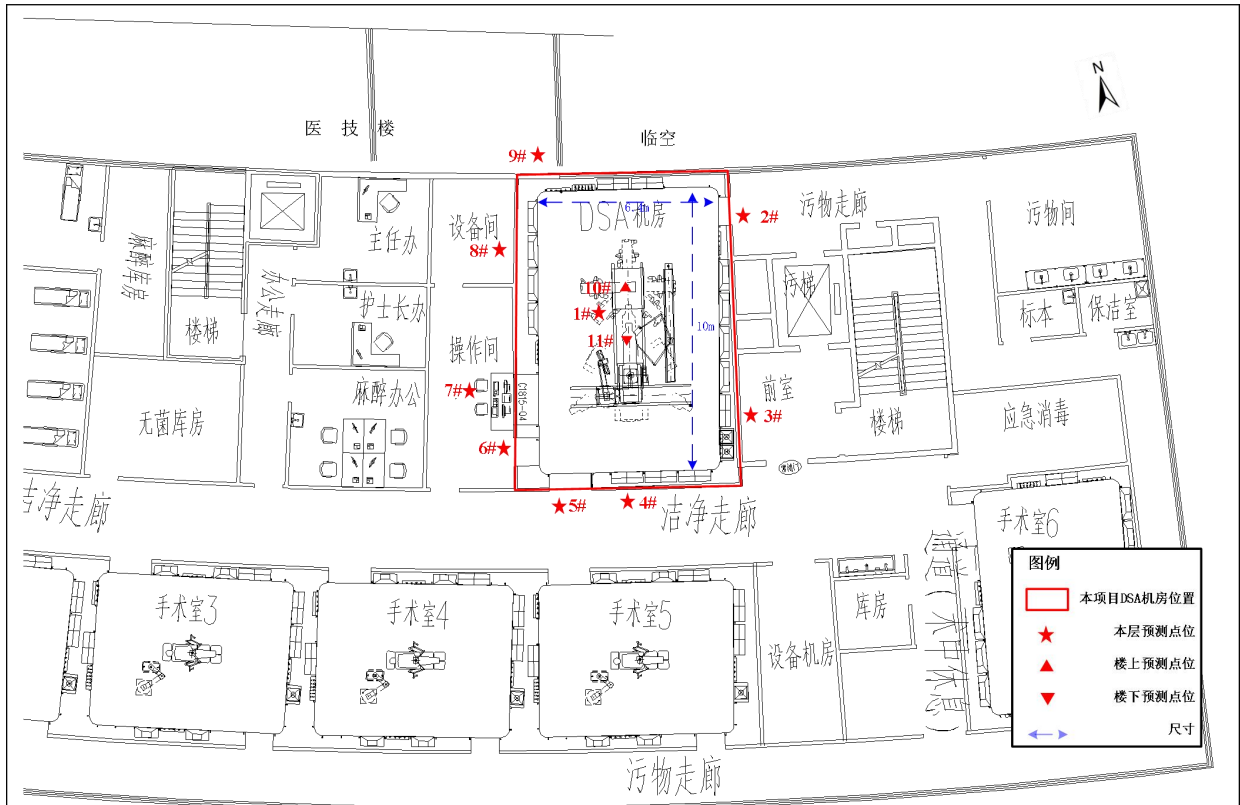
取医生手术位、观察窗外 30cm 处、防护墙外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处、楼

上离地 100cm 处、距楼下地面 170cm 处以及 50m 内关注区域为预测点位，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	0.7
	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#东侧防护门外 30cm 处（污物通道处）		东侧	3.5
3#东侧防护墙外 30cm 处（前室）		东侧	3.5
4#南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）		南侧	5.3
5#南侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）		南侧	5.3
6#西侧防护门外 30cm 处（操作间）		西侧	3.5
7#西侧观察窗外 30cm 处（操作间）		西侧	3.5
8#西侧防护墙外 30cm 处（设备间）		西侧	3.5
9#医技楼		北侧	5.3
10# DSA 机房楼上离地 100cm 处（会议示教室）		上方	4.2
11# DSA 机房楼下离地 170cm 处（检查包装及灭菌区）		下方	4.1
12#院外道路		南侧	43
13#内部道路及地面停车场		南侧	27
14#内部道路		东侧	19
15#高压氧舱		东北侧	37

注：12#~15#与辐射源点（靶点）最近距离保守按与机房边界的最近水平距离考虑，不考虑垂直方向上距离衰减。



注：12#~15#与辐射源点（靶点）因距离关系，未标示于本图。

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，cm²，取 100cm²;

d₀----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。

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

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 90kV 的 X 射线衰减的有关的拟合参数

管电压 kV	铅		
	α	β	γ
90	3.067	18.83	0.7726

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 90kV 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#东侧防护门外 30cm 处 (污物通道处)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	5.09×10 ⁻⁸
3#东侧防护墙外 30cm 处 (前室)	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	5.09×10 ⁻⁸
4#南侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊)	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	5.09×10 ⁻⁸
5#南侧防护门外 30cm 处 (洁净走廊)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	5.09×10 ⁻⁸
6#西侧防护门外 30cm 处 (操作间)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	5.09×10 ⁻⁸
7#西侧观察窗外 30cm 处 (操作间)	4mmPb 铅玻璃	4	3.067	18.83	0.7726	5.09×10 ⁻⁸
8#西侧设备间防护墙外 30cm 处	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	5.09×10 ⁻⁸

9#医技楼	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	5.09×10^{-8}
10# DSA 机房楼上离地 100cm 处 (会议示教室)	120mm 混凝土+3mm 铅板	4.44	3.067	18.83	0.7726	1.04×10^{-8}
11# DSA 机房楼下离地 170cm 处 (检查包装及灭菌区)	120mm 混凝土 +40mm 硫酸钡水泥	5.44	3.067	18.83	0.7726	2.82×10^{-10}
12#院外道路	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	5.09×10^{-8}
13#内部道路及地面停车场	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	5.09×10^{-8}
14#内部道路	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	5.09×10^{-8}
15#院外道路	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	5.09×10^{-8}

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#东侧防护门外 30cm 处 (污物通道处)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
3#东侧防护墙外 30cm 处 (前室)	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
4#南侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊)	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
5#南侧防护门外 30cm 处 (洁净走廊)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
6#西侧防护门外 30cm 处 (操作间)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
7#西侧观察窗外 30cm 处 (操作间)	4mmPb 铅玻璃	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
8#西侧设备间防护墙外 30cm 处	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
9#医技楼	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
10# DSA 机房楼上离地 100cm 处 (会议示教室)	120mm 混凝土+3mm 铅板	4.44	3.067	18.83	0.7726	9.54×10^{-8}
11# DSA 机房楼下离地 170cm 处 (检查包)	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥	5.44	3.067	18.83	0.7726	4.46×10^{-9}

装及灭菌区)							
12#院外道路	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10 ⁻⁷	
13#内部道路及地面 停车场	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10 ⁻⁷	
14#内部道路	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10 ⁻⁷	
15#院外道路	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	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#东侧防护门外 30cm 处(污物通 道处)	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	3.5	5.09×10 ⁻⁸	3.72×10 ⁻⁴
	3#东侧防护墙外 30cm 处(前室)	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	3.5	5.09×10 ⁻⁸	3.72×10 ⁻⁴
	4#南侧防护墙外 30cm 处(洁净走 廊)	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	5.3	5.09×10 ⁻⁸	1.62×10 ⁻⁴
	5#南侧防护门外 30cm 处(洁净走 廊)	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	5.3	5.09×10 ⁻⁸	1.62×10 ⁻⁴
	6#西侧防护门外 30cm 处(操作间)	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	3.5	5.09×10 ⁻⁸	3.72×10 ⁻⁴
	7#西侧观察窗外 30cm 处(操作间)	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	3.5	5.09×10 ⁻⁸	3.72×10 ⁻⁴
	8#西侧设备间防 护墙外 30cm 处	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	3.5	5.09×10 ⁻⁸	3.72×10 ⁻⁴
	9#医技楼	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	5.3	5.09×10 ⁻⁸	1.62×10 ⁻⁴
	10# DSA 机房楼 上离地 100cm 处 (会议示教室)	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	4.2	1.04×10 ⁻⁸	5.26×10 ⁻⁵
	11# DSA 机房楼 下离地 170cm 处 (检查包装及灭 菌区)	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	4.1	2.82×10 ⁻¹⁰	1.50×10 ⁻⁶
	12#院外道路	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	43	5.09×10 ⁻⁸	2.46×10 ⁻⁶
	13#内部道路及 地面停车场	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	27	5.09×10 ⁻⁸	6.25×10 ⁻⁶
	14#内部道路	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	19	5.09×10 ⁻⁸	1.26×10 ⁻⁶
	15#高压氧舱	1.35×10 ⁸	0.0013	100	0.7	37	5.09×10 ⁻⁸	3.33×10 ⁻⁶
	透视	1#第一术者位	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	0.7	4.08×10 ⁻³
1#第一术者位		4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	0.7	2.52×10 ⁻²	137.89
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		4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	0.9	4.08×10 ⁻³	13.52
1#第二术者位		4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	0.9	2.52×10 ⁻²	83.42

2#东侧防护门外30cm处(污物通道处)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	3.5	3.69×10 ⁻⁷	8.09×10 ⁻⁵
3#东侧防护墙外30cm处(前室)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	3.5	3.69×10 ⁻⁷	8.09×10 ⁻⁵
4#南侧防护墙外30cm处(洁净走廊)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	5.3	3.69×10 ⁻⁷	3.53×10 ⁻⁵
5#南侧防护门外30cm处(洁净走廊)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	5.3	3.69×10 ⁻⁷	3.53×10 ⁻⁵
6#西侧防护门外30cm处(操作间)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	3.5	3.69×10 ⁻⁷	8.09×10 ⁻⁵
7#西侧观察窗外30cm处(操作间)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	3.5	3.69×10 ⁻⁷	8.09×10 ⁻⁵
8#西侧设备间防护墙外30cm处	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	3.5	3.69×10 ⁻⁷	8.09×10 ⁻⁵
9#医技楼	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	5.3	3.69×10 ⁻⁷	3.53×10 ⁻⁵
10# DSA 机房楼上离地100cm处(会议示教室)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	4.2	9.54×10 ⁻⁸	1.45×10 ⁻⁵
11# DSA 机房楼下离地170cm处(检查包装及灭菌区)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	4.1	4.46×10 ⁻⁹	7.12×10 ⁻⁷
12#院外道路	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	43	3.69×10 ⁻⁷	5.36×10 ⁻⁷
13#内部道路及地面停车场	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	27	3.69×10 ⁻⁷	1.36×10 ⁻⁶
14#内部道路	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	19	3.69×10 ⁻⁷	2.75×10 ⁻⁶
15#高压氧舱	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.7	37	3.69×10 ⁻⁷	7.24×10 ⁻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 11-4 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、表 11-9。

表 11-8 90kV 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#东侧防护门外 30cm 处 (污物通道处)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
3#东侧防护墙外 30cm 处 (前室)	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
4#南侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊)	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
5#南侧防护门外 30cm 处 (洁净走廊)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
6#西侧防护门外 30cm 处 (操作间)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
7#西侧观察窗外 30cm 处 (操作间)	4mmpb 铅玻璃	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
8#西侧设备间防护墙外 30cm 处	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
9#医技楼	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
10# DSA 机房楼上离地 100cm 处 (会议示教室)	120mm 混凝土+3mm 铅板	4.44	3.067	18.83	0.7726	9.54×10^{-8}
11# DSA 机房楼下离地 170cm 处 (检查包装及灭菌区)	120mm 混凝土 +40mm 硫酸钡水泥	5.44	3.067	18.83	0.7726	4.46×10^{-9}
12#院外道路	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
13#内部道路及地面停车场	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
14#内部道路	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
15#高压氧舱	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}

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#东侧防护门外	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}

30cm 处(污物通道处)						
3#东侧防护墙外30cm 处(前室)	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
4#南侧防护墙外30cm 处(洁净走廊)	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
5#南侧防护门外30cm 处(洁净走廊)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
6#西侧防护门外30cm 处(操作间)	内衬 4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
7#西侧观察窗外30cm 处(操作间)	4mmpb 铅玻璃	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
8#西侧设备间防护墙外 30cm 处	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
9#医技楼	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
10# DSA 机房楼上离地 100cm 处(会议示教室)	120mm 混凝土+3mm 铅板	4.44	3.067	18.83	0.7726	9.54×10^{-8}
11# DSA 机房楼下离地 170cm 处(检查包装及灭菌区)	120mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥	5.44	3.067	18.83	0.7726	4.46×10^{-9}
12#院外道路	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
13#内部道路及地面停车场	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
14# 内部道路	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
15#高压氧舱	轻钢龙骨+4mm 铅板	4	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
		$\mu\text{Gy/h}$	m	/	$\mu\text{Gy/h}$
减影	2#东侧防护门外 30cm 处(污物通道处)	1000	3.5	3.69×10^{-7}	3.01×10^{-5}
	3#东侧防护墙外 30cm 处(前室)	1000	3.5	3.69×10^{-7}	3.01×10^{-5}
	4#南侧防护墙外 30cm 处(洁净走廊)	1000	5.3	3.69×10^{-7}	1.31×10^{-5}
	5#南侧防护门外 30cm 处(洁净走廊)	1000	5.3	3.69×10^{-7}	1.31×10^{-5}
	6#西侧防护门外 30cm 处(操作间)	1000	3.5	3.69×10^{-7}	3.01×10^{-5}
	7#西侧观察窗外 30cm 处(操作间)	1000	3.5	3.69×10^{-7}	3.01×10^{-5}
	8#西侧设备间防护墙外 30cm 处	1000	3.5	3.69×10^{-7}	3.01×10^{-5}
	9#医技楼	1000	5.3	3.69×10^{-7}	1.48×10^{-7}
	10# DSA 机房楼上离地 100cm 处(会议示教室)	1000	4.2	9.54×10^{-8}	5.41×10^{-6}
	11# DSA 机房楼下离地 170cm 处(检查包装及灭菌区)	1000	4.1	4.46×10^{-9}	2.65×10^{-7}
	12#院外道路	1000	43	3.69×10^{-7}	2.00×10^{-7}
	13#内部道路及地面停车场	1000	27	3.69×10^{-7}	5.06×10^{-7}
	14#内部道路	1000	19	3.69×10^{-7}	1.02×10^{-7}
	15#高压氧舱	1000	37	3.69×10^{-7}	2.70×10^{-7}

透视	1#第一术者位(铅衣内)	1000	0.7	4.08×10^{-3}	8.32
	1#第一术者位(铅衣外)	1000	0.7	2.52×10^{-2}	51.33
	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#东侧防护门外 30cm 处(污物通道处)	1000	3.5	3.69×10^{-7}	3.01×10^{-5}
	3#东侧防护墙外 30cm 处(前室)	1000	3.5	3.69×10^{-7}	3.01×10^{-5}
	4#南侧防护墙外 30cm 处(洁净走廊)	1000	5.3	3.69×10^{-7}	1.31×10^{-5}
	5#南侧防护门外 30cm 处(洁净走廊)	1000	5.3	3.69×10^{-7}	1.31×10^{-5}
	6#西侧防护门外 30cm 处(操作间)	1000	3.5	3.69×10^{-7}	3.01×10^{-5}
	7#西侧观察窗外 30cm 处(操作间)	1000	3.5	3.69×10^{-7}	3.01×10^{-5}
	8#西侧设备间防护墙外 30cm 处	1000	3.5	3.69×10^{-7}	3.01×10^{-5}
	9#医技楼	1000	5.3	3.69×10^{-7}	1.31×10^{-5}
	10# DSA 机房楼上离地 100cm 处(会议示教室)	1000	4.2	9.54×10^{-8}	5.41×10^{-6}
11# DSA 机房楼下离地 170cm 处(检查包装及灭菌区)	1000	4.1	4.46×10^{-9}	2.65×10^{-7}	
12#院外道路	1000	43	3.69×10^{-7}	2.00×10^{-7}	
13#内部道路及地面停车场	1000	27	3.69×10^{-7}	5.06×10^{-7}	
14#内部道路	1000	19	3.69×10^{-7}	1.02×10^{-6}	
15#高压氧舱	1000	37	3.69×10^{-7}	2.70×10^{-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
			$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$
本项目 DSA 机房	减影	2#东侧防护门外 30cm 处(污物通道处)	3.72×10^{-4}	3.10×10^{-5}	4.02×10^{-4}
		3#东侧防护墙外 30cm 处(前室)	3.72×10^{-4}	3.10×10^{-5}	4.02×10^{-4}
		4#南侧防护墙外 30cm 处(洁净走廊)	1.62×10^{-4}	1.31×10^{-5}	1.75×10^{-4}
		5#南侧防护门外 30cm 处(洁净走廊)	1.62×10^{-4}	1.31×10^{-5}	1.75×10^{-4}
		6#西侧防护门外 30cm 处(操作间)	3.72×10^{-4}	3.10×10^{-5}	4.02×10^{-4}
		7#西侧观察窗外 30cm 处(操作间)	3.72×10^{-4}	3.10×10^{-5}	4.02×10^{-4}
		8#西侧设备间防护墙外 30cm 处	3.72×10^{-4}	3.10×10^{-5}	4.02×10^{-4}
		9#医技楼	1.62×10^{-4}	1.31×10^{-5}	1.75×10^{-4}
		10# DSA 机房楼上离地 100cm 处(会议示教室)	5.26×10^{-6}	5.41×10^{-6}	5.80×10^{-5}
		11# DSA 机房楼下离地 170cm 处(检查包装及灭菌区)	1.50×10^{-5}	2.65×10^{-7}	1.77×10^{-6}
		12#院外道路	2.46×10^{-6}	2.00×10^{-7}	2.66×10^{-6}
		13#内部道路及地面停车场	6.25×10^{-6}	5.06×10^{-7}	6.76×10^{-6}
		14#内部道路	1.26×10^{-5}	1.02×10^{-6}	1.36×10^{-5}
		15#高压氧舱	3.33×10^{-6}	2.70×10^{-7}	3.60×10^{-6}
	透		1#第一术者位(铅衣内)	22.34	8.32

视	1#第一术者位(铅衣外)	137.89	51.33	189.23
	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#东侧防护门外 30cm 处(污物通道处)	8.09×10^{-5}	3.01×10^{-5}	1.11×10^{-4}
	3#东侧防护墙外 30cm 处(前室)	8.09×10^{-5}	3.01×10^{-5}	1.11×10^{-4}
	4#南侧防护墙外 30cm 处(洁净走廊)	3.53×10^{-5}	1.31×10^{-5}	4.84×10^{-5}
	5#南侧防护门外 30cm 处(洁净走廊)	3.53×10^{-5}	1.31×10^{-5}	4.84×10^{-5}
	6#西侧防护门外 30cm 处(操作间)	8.09×10^{-5}	3.01×10^{-5}	1.11×10^{-4}
	7#西侧观察窗外 30cm 处(操作间)	8.09×10^{-5}	3.01×10^{-5}	1.11×10^{-4}
	8#西侧设备间防护墙外 30cm 处	8.09×10^{-5}	3.01×10^{-5}	1.11×10^{-4}
	9#医技楼	3.53×10^{-5}	1.31×10^{-5}	4.84×10^{-5}
	10# DSA 机房楼上离地 100cm 处(会议示教室)	1.45×10^{-5}	5.41×10^{-6}	1.99×10^{-5}
	11# DSA 机房楼下离地 170cm 处(检查包装及灭菌区)	7.12×10^{-7}	2.65×10^{-7}	9.77×10^{-7}
12#院外道路	5.36×10^{-7}	2.00×10^{-7}	7.36×10^{-7}	
13#内部道路及地面停车场	1.36×10^{-6}	5.06×10^{-7}	1.87×10^{-6}	
14#内部道路	2.75×10^{-6}	1.02×10^{-6}	3.77×10^{-6}	
15#高压氧舱	7.24×10^{-7}	2.70×10^{-7}	9.94×10^{-7}	

由表 11-11 计算结果可知：减影时，西侧操作室操作位的辐射剂量率为 $4.02 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $4.02 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ 。透视时，西侧操作室操作位的辐射剂量率为 $1.11 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $1.11 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ 。依据《辐射防护导论》，在 X 射线辐射场中，同一点处以 Gy 为单位的比释动能与以 Sv 为单位的剂量当量，数值上几乎相等，因此，报告在屏蔽计算章节，将 Gy 等同于 Sv。

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》(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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；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 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。”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。

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot l \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-5})$$

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， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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 ^a	
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11-13。

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	保护目标	关注点	总辐射剂量率 H_0	年工作时间 t	居留因子 T	年有效剂量 H_1
				$\mu\text{Gy/h}$	h	/	mSv
本项目 DSA 机房	减影	污物间公众	2#	4.02×10^{-4}	10.00	1/4	1.01×10^{-6}
		污梯前室公众	3#	4.02×10^{-4}	10.00	1/4	1.01×10^{-6}
		洁净走廊公众	4#	1.75×10^{-4}	10.00	1/4	4.38×10^{-7}
		操作间技师	6#	4.02×10^{-4}	10.00	1	4.02×10^{-6}
		设备间公众	8#	4.02×10^{-4}	10.00	1/4	1.01×10^{-6}
		医技楼公众	9#	1.75×10^{-4}	10.00	1	1.75×10^{-6}
		会议示教室公众	10#	5.80×10^{-5}	10.00	1/2	2.90×10^{-7}
		检查包装及灭菌区公众	11#	1.77×10^{-6}	10.00	1	1.77×10^{-8}
		院外道路	12#	2.66×10^{-6}	10.00	1/40	6.66×10^{-10}
		内部道路及地面停车场公众	13#	6.76×10^{-6}	10.00	1/40	1.69×10^{-9}
		内部道路公众	14#	1.36×10^{-5}	10.00	1/40	3.41×10^{-9}
	高压氧舱公众	15#	3.60×10^{-6}	10.00	1	3.60×10^{-8}	
	透视	第一术者位(铅衣内)	1#	30.66	50	1	1.53
		第一术者位(铅衣外)	1#	189.23	50	1	9.46
		第二术者位(铅衣内)	1#	18.55	50	1	0.93
第二术者位(铅衣外)		1#	114.47	50	1	5.72	
污物间公众		2#	1.11×10^{-4}	200	1/4	5.55×10^{-6}	
污梯前室公众	3#	1.11×10^{-4}	200	1/4	5.55×10^{-6}		

	洁净走廊公众	4#	4.84×10^{-5}	200	1/4	2.42×10^{-6}
	操作间技师	6#	1.11×10^{-4}	100	1	1.11×10^{-5}
	设备间公众	8#	1.11×10^{-4}	200	1/4	5.55×10^{-6}
	医技楼公众	9#	4.84×10^{-5}	200	1	9.69×10^{-6}
	会议示教室公众	9#	1.99×10^{-5}	200	1/2	1.99×10^{-6}
	检查包装及灭菌区公众	10#	9.77×10^{-7}	200	1	1.95×10^{-7}
	院外道路	12#	7.36×10^{-7}	200	1/40	3.68×10^{-9}
	内部道路及地面停车场公众	13#	1.87×10^{-6}	200	1/40	9.33×10^{-9}
	内部道路公众	14#	3.77×10^{-6}	200	1/40	1.88×10^{-8}
	高压氧舱公众	15#	9.94×10^{-7}	200	1	1.99×10^{-7}

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），佩戴铅围裙内、外两个剂量计时，工作人员有效剂量得计算方法，采用公式 11-6 进行估算。

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

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 11-13 可知，第一术者位（身体铅衣内）年受照剂量估算值为 1.53mSv，第一术者位（身体铅衣外）年受照剂量估算值为 9.46mSv，第二术者位（身体铅衣内）年受照剂量估算值为 0.93mSv，第二术者位（身体铅衣外）年受照剂量估算值为 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 1.69mSv/a，第二手术位（身体）的受照的有效剂量为 1.02mSv/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

场所	保护目标	关注点	减影	透视	年有效剂量	人员类型
			mSv	mSv	mSv	
D S A 机 房	第一术者位	1#	4.02×10^{-6} *	1.69	1.69	职业人员
	第二术者位	1#	4.02×10^{-6} *	1.02	1.02	职业人员
	污物间公众	2#	1.01×10^{-6}	5.55×10^{-6}	6.56×10^{-6}	公众人员
	污梯前室公众	3#	1.01×10^{-6}	5.55×10^{-6}	6.56×10^{-6}	公众人员
	洁净走廊公众	4#	4.38×10^{-7}	2.42×10^{-6}	2.86×10^{-6}	公众人员
	操作间技师	6#	4.02×10^{-6}	1.11×10^{-5}	1.51×10^{-5}	职业人员
	设备间公众	8#	1.01×10^{-6}	5.55×10^{-6}	6.56×10^{-6}	公众人员
	医技楼公众	9#	1.75×10^{-6}	9.69×10^{-6}	1.14×10^{-5}	公众人员
	会议示教室公众	10#	2.90×10^{-7}	1.99×10^{-6}	2.28×10^{-6}	公众人员

检查包装及灭菌区公众	11#	1.77×10^{-8}	1.95×10^{-7}	2.13×10^{-7}	公众人员
院外道路	12#	6.66×10^{-10}	3.68×10^{-9}	4.35×10^{-9}	公众人员
内部道路及地面停车场公众	13#	1.69×10^{-9}	9.33×10^{-9}	1.10×10^{-8}	公众人员
内部道路公众	14#	3.41×10^{-9}	1.88×10^{-8}	2.23×10^{-8}	公众人员
高压氧舱公众	15#	3.60×10^{-8}	1.99×10^{-7}	2.35×10^{-7}	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。

3、工作人员手部剂量估算

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（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 $C_{KS}=1.156\text{Gy/Gy}$ （由于无 90kV 电压下数据，按两表 80kV、100kV 中的最大值考虑）；

\dot{k} ：X、 γ 辐射场的空气比释动能率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）（散射+漏射），为 $522.81\mu\text{Gy/h}$ ；

t ：人员累积受照时间，h，单个医生最大年受照时间为 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 30.22mSv/a ，满足项目辐射工作人员手部当量剂量不高于 125mSv/a 的年当量剂量约束值要求。

4、工作人员眼晶体剂量估算

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：

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

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

D_L ：眼晶状体吸收剂量，mGy；

C_{KL} ：一空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数，mGy/mGy，根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）表 A.4，保守取 0.07MeV~0.15MeV 中最大值 1.55；

k ：X、 γ 辐射场的空气比释动能率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）（散射+漏射），为 18.55 $\mu\text{Gy/h}$ ；

t ：人员累积受照时间，h，单个医生最大年受照时间为 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 11-9 和 11-10 计算得医生眼晶体年当量剂量为 1.44mSv/a，满足本项目辐射工作人员眼晶体当量剂量不高于 20mSv/a 的剂量约束值要求。

由上述计算可知：本项目 DSA 正常运行时，机房内医生、护士和技师的受照剂量分别为 1.69mSv/a、1.02mSv/a 和 $1.51 \times 10^{-5}\text{mSv/a}$ ，考虑到辐射工作人员可能存在实际工作量不均衡的情况，因此本项目辐射工作人员的受照剂量保守取 1.5 倍考虑，则机房内医生、护士和技师的受照剂量分别为 2.54mSv/a、1.54mSv/a 和 $2.26 \times 10^{-5}\text{mSv/a}$ ，满足本项目辐射工作人员年有效剂量不高于 5mSv 的年剂量约束值要求；医生手部受到的年当量剂量为 30.22mSv/a，同上考虑 1.5 倍系数后为 45.33mSv/a，满足本项目辐射工作人员手部当量剂量不高于 125mSv 的年当量剂量约束值要求。医生眼晶体受到的年当量剂量为 1.44mSv/a，同上考虑 1.5 倍系数后为 2.16mSv/a，满足本项目辐射工作人员眼晶体当量剂量不高于 20mSv 的年当量剂量约束值要求。公众身体的受照剂量最大为 $1.14 \times 10^{-5}\text{mSv}$ ，满足公众年有效剂量不高于 0.1mSv 的年剂量约束值要求。

5、叠加分析

本项目拟配备辐射工作人员 14 名，其中 1 名技师（苏强）为医院现有辐射工作人员调配，并兼任原岗位工作。考虑到叠加影响，故叠加上苏强个人剂量监测（最近连续四个监测周期）医院辐射工作人员最大个人剂量监测数据 0.31mSv/a（详见附件 8 中辐射工作人员苏强），则叠加后工作人员所受年有效剂量最大为 $2.26 \times 10^{-5}\text{mSv} + 0.31\text{mSv} = 0.31\text{mSv}$ ，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。

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

11.2.2 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 机房拟设置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辐射防护法规的学习，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) 机房应当设置工作状态指示灯和警示语句，并确保指示灯与防护门有效关联，划分控制区和监督区。操作间操作台和床侧设有设备急停按钮，一旦出现异常情况，可快速紧急停机，避免较长时间误照射。防护门与设备之间设置门灯联锁装置，防护门上设置警示信号灯。

(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 DSA 的工作人员必须在国家核技术利用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。

(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和公安部门报告。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环境管理小组，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：

组长：叶国庆

副组长：李梅红

成员：李传洁、温从军、苏强、林天军

成立文件中明确了辐射安全与环境管理小组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 14 名，包括手术医生 8 人，护士 4 人，技师 2 人。其中一名技师为医院现有辐射工作人员，其余均为对外新招聘人员。

辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查。该项目建成后，医院拟安排辐射工作人员每两年到有资质的单位进行职业健康检查，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，医院现有放射工作人员，均已进行在岗期间职业健康检查，每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，已建立职业健康档案。

(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，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护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 22 名辐射工作人员，均参加了浙江省卫生监督协会组织的放射防护知识培训并考核合格，考核成绩均在 2 年有效期内。本项目建成后计划配备 14 名辐射工作人员，调配 1 名现有辐射工作人员（苏强），新增 13 名辐射工作人员，从事使用Ⅱ类射线装置，应在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加相应类别的培训学习，并报名参加相应类别的考核，考核合格后方可上岗，并按时复训。

（3）个人剂量检测

医院已委托浙江建安检测研究院有限公司对医院所有辐射工作人员进行个人剂量监测。

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。

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。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。

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：《设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训计划》、《放射职业防护管理制度》、《辐射监测方案》、《放射作业人员岗位职责》、《辐射事故应急方案》，内容较为全面，具有较好的可行性，能够满足医院现有相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。鉴于建设单位目前尚未有介入放射学相关防护管理制度，在本项目建设后运行中，建设单位应根据本项目核技术利用项目的特点，补充制定《DSA 操作规程》、《DSA 岗位职责》、《DSA 设备检修维护制度》等管理制度，并对现有制度进行补充和完善，以保证核技术利用项目安全有序开展。

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) 操作规程：制定 DSA 设备操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。操作规程应张贴在操作人员可看到的显眼位置，防止误操作；

(2) 岗位职责制度：明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，可具体按照核医学科设置情况具体制定，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实；

(3) 设备检修维护制度：制定设备检修维护制度，明确监控设备以及监测仪器在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，剂量报警仪和监测仪器必须保持良好工作状态，并按要求定期进行检定或校准等；对可能引起射线装置操作失灵的关键零配件及时进行更换；

(4) 安全管理制度：射线装置机房应有门灯联锁等安全装置、工作状态指示灯，

电离辐射警告标志及中文警示说明、监督区警示线等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施；

(2) 人员管理：从事II类射线装置的辐射工作人员应参加国家核技术利用辐射防护与安全培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）的辐射防护与安全培训并考核合格，并在实际开展工作过程中按时接受再培训。考核成绩全国有效，有效期五年。

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，医院应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备与辐射类型、辐射水平相适应的防护用品和监测仪器。

医院拟配备1台X- γ 辐射剂量率巡检仪，每个辐射工作人员均配备个人剂量计，从事介入手术的辐射工作人员配备双剂量计，并建立个人剂量档案，能够满足相关监测要求。

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

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

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。

根据医院提供的资料，医院已经制定了《辐射事故应急方案》（见附件7），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）应急组织及职责：含辐射事故应急指挥领导小组构成，相关科室、部门工作职责；

（2）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；医院应定期组织一次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；

（3）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；

（4）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；

(5) 放射事件应急响应处理：含辐射事故报告，辐射事故调查处理，后期处置，辐射事故应急值班电话。

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

平阳县中医院（新院区）位于浙江省温州市平阳县鳌江镇兴鳌西路 516 号，本项目拟在医院医疗综合楼住院部（共 15 层，地上 14 层，地下 1 层）四层新建一间 DSA 机房及其配套用房。拟在本项目机房内安装使用 1 台 DSA 设备，型号为 Artist Zee III Ceiling，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，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

本项目 DSA 机房屏蔽设计四周墙体使用轻钢龙骨+铅板，顶棚使用混凝土+铅板，地坪使用混凝土+硫酸钡水泥，机房设有铅防护门窗，屏蔽厚度满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）平面布局的要求。

机房内拟配置辐射工作人员和患者个人防护用品；机房设置内衬铅板的防护门，并按要求设置防夹装置和管理措施，防护门上方设置工作状态指示灯，并与机房门连锁；防护门外拟设置电离辐射警告标志。设备设置急停开关等，辐射安全防护措施配置满足相关要求。

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》（GBZ130-2020）的要求进行配置。

（2）辐射安全管理结论

管理机构：医院已成立了辐射安全与环境管理小组、明确了相关职责，并将加强监督管理。

医院已制定了包括《辐射事故应急预案》在内的一系列管理制度，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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；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) 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项目提出的不超过 5mSv 和不超过 0.1mSv 的年剂量约束值的要求,医生手部和眼部年当量剂量不超过 125mSv 和不超过 20mSv 的约束值的要求。

(3) DSA机房内设置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通风装置排出,经自然分解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“新型医用诊断医疗器械设备和试剂、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) “三线一单”生态环境分区管控方案符合性分析

根据《平阳县“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平阳县鳌江城市生活重点管控单元(ZH33032620010),本项目符合平阳县“三线一单”生态环境分区管控方案要求,不涉及生态保护红线,符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求,满足“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机房位于医院医疗综合楼住院部四层,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的职业人员、其他医患人员及院外道路上的流动人员等公众成员。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，对周围环境及人员造成的辐射影响能够满足标准要求，故本项目的选址是合理的。

(5) 项目可行性结论

综上所述，平阳县中医院 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由专人负责定期检查、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