

核技术利用建设项目

龙泉市人民医院
核技术利用建设项目
环境影响报告表
(报批稿)

龙泉市人民医院（龙泉市人民医院医共体）

2022年8月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

龙泉市人民医院
核技术利用建设项目
环境影响报告表

建设单位名称：龙泉市人民医院（龙泉市人民医院医共体）

建设单位法人代表（签名或签章）：徐宇

通讯地址：龙泉市东茶路 699 号

邮政编码：323799

联系人：周吉祥

电子邮箱：/

联系电话：18268909902

环评项目负责人职业资格证书（复印件）

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



编号: HP 00017214
No.



持证人签名:
Signature of the Bearer

管理号: 2015035430352013439901000596
File No.

姓名: 李昭龙
Full Name
性别: 男
Sex
出生年月: 1974年7月
Date of Birth
专业类别: /
Professional Type
批准日期: 2015年5月23日
Approval Date

签发单位盖章:
Issued by
签发日期: 2015 年 10 月 30 日
Issued on

04040217

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	8
表 3 非密封放射性物质	9
表 4 射线装置	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据	12
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	18
表 9 项目工程分析与源项	22
表 10 辐射安全与防护	26
表 11 环境影响分析.....	33
表 12 辐射安全管理	52
表 13 结论与建议	58

附图

- 附图 1 本项目地理位置示意图
- 附图 2 医院周边环境及评价范围示意图
- 附图 3 DSA 机房所在楼层平面局部布局图（1 层）
- 附图 4 DSA 机房所在楼层楼上平面局部布局图（2 层）
- 附图 5 DSA 机房布局图
- 附图 6 “三线一单”图
- 附图 7 龙泉市生态红线图

附件

- 附件 1 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 环评批复及验收文件
- 附件 5 不动产权证
- 附件 6 医院辐射工作制度
- 附件 7 辐射工作人员培训证明
- 附件 8 个人剂量监测报告
- 附件 9 辐射环境本底监测报告
- 附件 10 类比验收监测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		龙泉市人民医院核技术利用建设项目				
建设单位		龙泉市人民医院（龙泉市人民医院医共体）				
法人代表		徐**	联系人	周吉祥	联系电话	1***
注册地址		龙泉市东茶路 699 号				
项目建设地点		龙泉市东茶路 699 号医疗综合楼 1 层				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		779.5	项目环保投资（万元）	13	投资比例（环保投资/总投资）	1.67%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m ²)	-
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类			
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类			
	其他	/				

1.1 项目概况

1.1.1 建设单位简介

（龙泉市人民医院（龙泉市人民医院医共体），以下简称“医院”）创建于 1940 年 9 月，2006 年创建为二级甲等综合性医院，系浙江大学医学院附属第二医院龙泉分院、丽水市人民医院龙泉分院。

获首届宋庆龄最美基层呼吸医生奖 1 人，全国及省级优秀基层呼吸医师 1 人，入选“138”人才培养工程 2 人，省市医坛新秀培养对象 2 人，丽水市绿谷名医(名护士)8 人，丽水市“最美医生(护士)”2 人，龙泉市级名医(名护士)20 人。

医院有 1 个浙江省县级龙头学科：呼吸内科；4 个丽水市级重点医学扶持(建设)学科：内分泌与代谢病学、肾脏病学、骨外科学、内科护理学。中国创伤救治联盟成员单位、国家心血管病中心高血压专病医联体龙泉分中心，设有浙医二院呼吸科主任沈华浩

教授工作站。

医院已取得辐射安全许可证，证书编号：浙环辐证〔K2036〕，种类和范围：使用Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。有效期至2023年07月15日，见附件3。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

为了更好地为患者服务，经充分调研论证，医院拟在医疗综合楼1层建设1间DSA机房等配套用房，新增1台DSA射线装置，型号Azurion7M20，最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA，属于Ⅱ类射线装置。

按照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目——使用Ⅱ类射线装置”，环境影响评价文件形式应为环境影响报告表。

为此，医院委托杭州卫康环保科技有限公司对“龙泉市人民医院核技术利用建设项目”开展环境影响评价工作（委托书见附件1）。评价单位接受委托后对项目现场进行了踏勘，实地调查了项目所在地的环境情况，在收集项目相关资料、分析后，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）的相关要求，编制完成了《龙泉市人民医院核技术利用建设项目环境影响报告表》。

1.1.3 建设内容及规模

医院拟在医疗综合楼1层建设1间DSA机房等配套用房，机房原为预留机房（原机房四侧墙体为24cm实心砖墙，门为普通门，顶棚为16cm混凝土，无地下层），新增1台DSA射线装置，管电压125kV，管电流1000mA，为单球管设备，主射方向为南、北、顶棚和地面，大部分时间为由下朝上，属于Ⅱ类射线装置，用于摄影检查和介入手术，DSA装置的参数详见表4射线装置（二）X射线机。本项目DSA介入诊疗项目建设内容及规模一览表见表1-1。

表1-1 DSA介入诊疗项目建设内容及规模一览表

所在建筑	射线装置	类别	数量（台）	使用场所
医疗综合楼1层	DSA	Ⅱ	1	医疗综合楼1层DSA机房

1.2 项目选址与环境保护目标

1.2.1 医院地理位置

医院位于龙泉市东茶路699号，医院东侧为农田及闲置厂房；南侧为龙泉公共卫生

应急救治中心；西侧为东茶路，隔路为佰佳公寓、将军大酒店、龙泉亚丁精品酒店等，北侧为贤良路，隔路为城东花园小区，地理位置示意图见附图 1。

1.2.2 项目周边环境关系

本项目 DSA 机房位于医疗综合楼 1 层，DSA 机房东侧相邻为过道，东侧约 46m 为院内道路，东侧约 180m 为医院边界；南侧相邻为控制室、设备间，南侧约 100m 为医院边界；西侧相邻为谈话间、过道，西侧约 35m 为停车场，西侧约 75m 为医院边界；北侧相邻为创伤复苏单元（普通手术室）、刷手室，北侧约 17m 为院内道路，北侧约 55m 为医院边界；DSA 手术室楼上为浙二专家诊室；DSA 机房楼下为土层。本项目周围环境关系示意图见附图 2。

本项目辐射工作场所实体边界外 50m 评价范围主要为医院内部建筑、内部道路、停车场。本项目环境保护目标主要为辐射工作人员、机房周围的其他工作人员和公众人员。

1.2.3 选址合理性分析

本项目拟建地址位于医院内，不新增建筑面积和用地，根据不动产权证（附件 5），用地性质为医疗卫生用地，项目选址符合龙泉市主体功能区划及土地利用规划。本项目辐射工作场所实体边界外 50m 评价范围主要为医院内部建筑、内部道路、停车场，本项目不在生态保护红线范围内，且项目选址周边均无自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区以及基本农田保护区、基本草原、森林公园、地质公园、重要湿地等敏感点存在。环境影响预测分析表明，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施前提下，本项目的开展对周围环境造成的辐射影响在可接受范围内，故本项目的选址是合理的。

1.2.4“三线一单”符合性分析

根据《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评〔2016〕150 号），要求强化“三线一单”约束作用，建立“三挂钩”机制，“三管齐下”切实维护群众的环境权益。项目“三线一单”符合性如下：

（1）生态保护红线

本项目位于龙泉市东茶路 699 号，对照《龙泉市生态保护红线划分方案》，本项目不属于龙泉市生态保护红线范围内，因此，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，本项目拟建场址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率水平

属于正常本底范围。在落实本环评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

本项目运营过程中主要消耗一定量的电能，消耗量相对区域资源利用总量较少，且项目不使用高耗能、低效率的设备，符合资源利用上线的要求。

(4) 生态环境准入清单

根据《龙泉市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目属于重点管控区，项目所在地属于浙江省丽水市龙泉市中心城区城镇生活重点管控区（ZH33118120036）。

表1-2 本项目所在管控单元分类准入清单

序号	内容		符合性分析	是否符合
1	空间布局引导	禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业项目搬迁关闭。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目。现有二类工业项目改建、扩建，不得增加管控单元污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定。推进城镇绿廊建设，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。	本项目不属于工业项目；项目不属于畜禽养殖，满足该区“空间布局约束”	是
2	污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河（或湖）排污口，现有的入河（或湖）排污口应限期拆除，但相关法律法规和标准规定必须单独设置排污口的除外。加快污水处理设施建设与提标改造，加快完善城乡污水管网，加强对现有雨污合流管网的分流改造，推进生活小区“零直排”区建设。加强噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟治理，严格施工扬尘监管。加强土壤和地下水污染防治与修复。	本项目不属于工业项目，不涉及废水排放，曝光过程中产生的极少量的臭氧、氮氧化物等气体经排风口排出，臭氧在常温下20-50分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。综合上述分析，项目实施后能满足该区“污染物排放管控”要求。	是
3	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。	项目位于龙泉市东茶路699号，曝光过程中产生的极少量的臭氧、氮氧化物等气体经排风口排出，臭氧在常温下20-50分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。符合该区“环境风险防控”要求。	是
4	资源开发效率	全面开展节水型社会建设，推进节水产品推广普及，限制高耗水服务业用水，到2020年，县级以上城市公共供水管网漏损率控制在10%以内。	项目使用清洁能源，运行过程推进清洁生产理念，节约资源，提高能源	是

	要求		有效利用。	
综上所述，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，本项目的建设符合三线一单的要求。 1.3 产业政策符合性和实践正当性分析 1.3.1 产业政策符合性 本项目属于核技术在医学领域内的运用。本项目 DSA 机房建设属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及国家发展和改革委员会第 49 号令《关于修改<产业结构调整指导目录(2019 年本)>的决定》，中第十三项“医药”中第 5 款“新型医用诊断设备和试剂、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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。 1.3.2 实践正当性结论 本项目的目的在于开展放射诊疗工作、治病救人，实践过程中采取了可能的辐射防护措施，在患者得到诊疗预期效果的同时，对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，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“实践正当性”的要求。 1.4 劳动定员及工作制度 1.4.1 劳动定员 本项目拟配备辐射工作人员 6 名，其中医生 2 名、技师 2 名和护士 2 名，本项目辐射工作人员均为新增。 1.4.2 工作制度 本项目辐射工作人员每天工作 8 小时，每年工作 250 天。DSA 正常运行后，保守预计每年最大工作量为 300 台手术，每台需要手术医生 1 名，护士 1 名，技师 1 名。预计参与 DSA 介入手术的医生每年最大手术量约为 150 台，参与介入手术的护士年最大手术量约为 150 台，参与介入手术的技师年最大手术量约为 150 台。每次手术 DSA 的最大出束时间包括透视 20 分钟、减影 2 分钟。 本项目 DSA 运行工况减影模式为$\leq 100\text{kV}$，$\leq 500\text{mA}$；透视模式为$\leq 80\text{kV}$，$\leq 10\text{mA}$。最大工作负荷统计见表 1-3。 表 1-3 本项目拟建 DSA 最大工作负荷				

射线装置	工作状态	平均每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)	单个护士年最大受照时间 (h)	单个技师年最大受照时间 (h)
DSA	减影	2	300	10	5	5	5
	透视	20		100	50	50	50

1.5 原有核技术利用项目情况

1.5.1 原有核技术利用许可情况

医院已取得《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证〔K2036〕（见附件3）；发证日期：2018年7月16日，有效期至2023年07月15日；许可的种类和范围：使用Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。

1.5.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

医院现有12台Ⅲ类射线装置，通过了相关环保审批。医院现有射线装置详情及环保手续履行情况见表1-4。

表 1-4 医院现有已许可的射线装置一览表

序号	设备名称	类别	数量	型号	工作场所位置	环保手续情况
1	DR	Ⅲ类	1	西门子 Aristorvxplus	放射科3号机房	已备案
2	DR	Ⅲ类	1	西门子 FLC-RADFD	放射科4机房	已备案
3	移动DR	Ⅲ类	1	DRXR-1	移动	已备案
4	16排CT	Ⅲ类	1	Brilliance16	放射科5机房	已备案
5	16排CT	Ⅲ类	1	SOMATOM go.Now	发热门诊旁	已备案
6	口腔CT	Ⅲ类	1	SS-X9010DP	放射科2机房	已备案
7	数字乳腺钼靶	Ⅲ类	1	Mammomat 1000Nova	放射科7机房	已备案
8	C臂机	Ⅲ类	1	NHC-50	8号手术室	已备案
9	C臂机	Ⅲ类	1	BV-endvrz	9号手术室	已备案
10	X线碎石机	Ⅲ类	1	ZH-VC	医疗综合楼裙楼1层	已备案
11	骨密度仪	Ⅲ类	1	Prodigyprimo	医疗综合楼裙楼3层	已备案
12	64排CT	Ⅲ类	1	Revolution Ace	放射科1号机房	已备案

注：现有12台射线装置均已在辐射安全许可证上登记。现有许可射线装置与医院实际使用射线装置一致，医院每年定期对射线装置工作场所辐射水平进行监测，每年定期提交放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告。

表 1-5 医院现有非密封放射性物质一览表

序号	工作场所名称	场所	核素	日等效最大操作量	年最大用量	活动种类	环评情况
----	--------	----	----	----------	-------	------	------

		等级		作量（贝可）	（贝可）		
1	放射科CT室	丙级	^{125}I (粒子源)	1.11E+7	2.22E+11	使用	已备案，备案号： 201833118100000199
注：现有 ^{125}I （粒子源）已在辐射安全许可证上登记。							

1.5.3 原有核技术利用项目管理情况

（1）医院已成立了放射安全防护小组，制定了一系列的辐射工作管理制度：《辐射安全管理制度》、《安全管理制度》、《设备操作规程》、《放射科各级各类人员岗位职责》、《龙泉市人民医院关于成立放射防护管理小组的通知》、《放射安全事件应急预案》、《仪器维护使用制度》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）医院现有26名辐射工作人员均配备了个人剂量计。根据医院提供的最近1年职业外照射个人剂量监测报告，全院现有辐射工作人员除陈正华年累积受照剂量超过5mSv外，其余均不超过职业年照射剂量约束值5mSv，超标原因为2021年第三季度因个人剂量计曾经被留置于放射工作场所内导致个人剂量超标，医院缺失相关个人剂量管理制度，要求医院完善相关管理制度，组织员工培训，加强辐射工作人员安全防范意识，保证人员健康。医院已组织现有辐射工作人员进行了职业健康体检，根据检测报告结果，除周彦美需进行职业健康体检复查外，其余辐射工作人员的职业健康体检报告结论均为“可继续原放射工作”。现周彦美尚未进行复查，要求医院完善相关职业健康管理制，在辐射工作人员需要复查时，及时组织辐射工作人员进行复查。医院现有26名辐射工作人员均参加了放射工作人员在岗培训考试并考核合格。

（3）医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作状态指示灯等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

（4）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，历年均未发生辐射事故。

（5）根据医院提供的资料，医院已按要求编写了放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，各工作场所年度监测均达标，每年定期上报至发证机关。

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
无	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（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	装置名称	类别	数量	型号	加速 粒籽	最大能量 (MeV)	活动 种类	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	装置名称	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	Azurion7M20	125	1000	介入治疗和 影像诊断	医院医疗综合楼 1 层	本次 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 (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	
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	排放口浓度	月排放量	年排放总量	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	不暂存	排放至大气外环境中，经大气扩散稀释。臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气。

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	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日起施行）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第 24 号，2018 年 12 月 29 日起施行）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起施行）； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）； (5) 《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； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 709 号修订，2019 年 3 月 2 日施行）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修正本）》（生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日施行）； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）； (9) 《放射工作人员职业健康管理办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 3 月 23 日经卫生部部务会议讨论通过，自 2007 年 11 月 1 日起施行； (10) 《关于发布射线装置分类的公告》（原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行）； (11) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日施行； (12) 《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 10 月 24 日施行； (13) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日施行； (14) 《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，2019 年 12 月 24 日施行； (15) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的
------	---

	通知》（国家环保总局，环发[2006]145号）； （16）《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2021年省政府令第388号修订，2021年2月10日修订； （17）《浙江省辐射环境管理办法》，2021年省政府令第388号，2021年2月10日修订； （18）《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》（2019年7月18日公布并施行）。
技术标准	（1）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （5）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （6）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （7）《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）； （8）《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）。
其他	（1）环评委托书； （2）建设单位提供的其它相关技术资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，确定本项目的评价范围为 DSA 机房实体墙边界外 50m 范围内，评价范围详见附图 2。

7.2 保护目标

本项目环境保护目标为本项目辐射工作人员、周围其他非辐射工作人员和公众成员。具体详见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

方位	敏感点位置描述	环境保护目标	规模	与 DSA 机房边界最近距离
DSA 机房内	DSA 机房	辐射工作人员	4 人	/
南侧	控制室	辐射工作人员	6 人	相邻
东侧	过道	公众	约 100 人次/天	相邻
西侧	谈话间、过道	公众	约 100 人次/天	相邻
北侧	创伤复苏单元（普通手术室）	公众	约 20 人次/天	相邻
上方	浙二专家诊室	公众	约 20 人次/天	相邻
DSA 机房 50 米范围内	东侧	院内道路	约 1000 人次/天	46m
	西侧	停车场	约 1000 人次/天	35m
	北侧	院内道路	约 1000 人次/天	17m
	四周	医疗综合楼	约 1000 人次/天	3-50m
注：DSA 配套设施只为开展介入手术服务，手术期间其他人员不得进入，介入医护人员在术前术后在配套设施区域活动，各司其职，因此设备间和刷手室不作为环境保护目标。				

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 and 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

表 7-2 剂量限值和剂量约束值的相关内容

内容	相关条款	具体内容
剂量限值	B1.1 职业照射	B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。
	B1.2	B1.2.1 实践使公众中有关关键人群的成员所受到的平均剂量估计值不应超

	公众照射	过下述限值： ①有效剂量，1mSv； ②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。
剂量约束值	辐射工作人员和公众人员取国家标准的 1/4 作为剂量约束值（即：辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，眼晶体当量剂量不超过 37.5 mSv，手部年当量剂量不超过 125 mSv；公众人员年有效剂量不超过 0.25mSv）。	

(2) 分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，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》（GBZ130-2020）

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

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

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

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

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 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 m ²	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线机 ^b	20	3.5

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。

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 mm	非有用线束方向铅当量 mm
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
标称 125kV 及以下的摄影机房	2.0	1.0

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

b) CT 机、乳房摄影、乳房 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景牙科摄影、口腔 CBCT、和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h。

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防护衣。

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	——

7.3.3 辐射工作人员个人剂量监测

根据《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。

5.2.3 对于强贯穿辐射和弱贯穿辐射的混合辐射场，弱贯穿辐射的剂量贡献≤10%时，一般可只监测Hp(10)；弱贯穿辐射的剂量贡献>10%时，宜使用能识别两者的鉴别式个人剂量计，或用躯体剂量计和局部剂量计分别测量Hp(10)和Hp(0.07)。

5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干

前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。

5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计(如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

本项目 DSA 机房位于医疗综合楼 1 层，DSA 机房东侧相邻为过道，东侧约 46m 为院内道路；南侧相邻为控制室、设备间；西侧相邻为谈话间、过道，西侧约 35m 为停车场；北侧相邻为创伤复苏单元（普通手术室）、刷手室，北侧约 17m 为院内道路；DSA 手术室楼上为浙二专家诊室；DSA 机房楼下为土层。本项目周围环境关系示意图见附图 2。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1 环境现状评价对象

辐射工作场所周围环境辐射水平。

8.2.2 监测因子

γ 辐射空气吸收剂量率。

8.2.3 监测点位

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况布设监测点，监测点位见图 8-1~图 8-2。

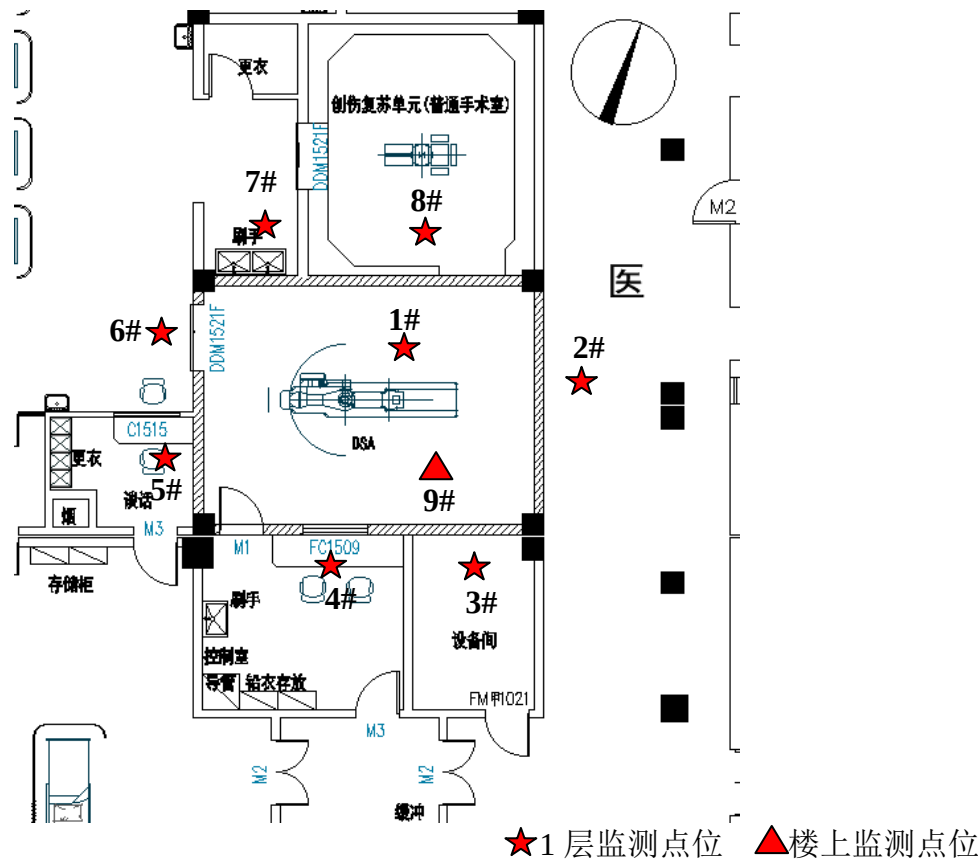


图 8-1 医疗综合楼 1 层监测点位

表 8-1 监测设备

检测仪器	X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H (内置探头: 6150 AD-b/H 外置探头: 6150 AD 6/H)
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	内置探头: 0.05 μ Sv/h~99.99 μ Sv/h 外置探头: 0.01 μ Sv/h~10mSv/h
能量范围	内置探头: 20keV-7MeV $\leq\pm 30\%$ 外置探头: 60keV-1.3MeV $\leq\pm 30\%$
检定证书编号	2020H21-20-2925395002
检定证书有效期	2022 年 02 月 18 日至 2023 年 02 月 17 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
校准因子 C_f /表面活度响应	1.19
探测限	≥ 10 nSv/h

8.3.2 质量保证措施

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)和《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)中有关辐射环境监测质量保证一般程序和实验室的质量体系文件(包括质量手册、程序文件、作业指导书)实行全过程质量控制,保证此次监测结果科学、有效。本次环境现状监测质量保证主要内容有:

- ①监测机构通过了计量认证;
- ②监测前制定了详细的监测方案及实施细则;
- ③合理布设监测点位,保证各监测点位布设的科学性和可比性;
- ④监测所用仪器已通过计量部门校准、检定合格,且在校准、检定有效使用期内使用。监测仪器与所测对象在量程、响应时间等方面相符合,以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制,严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行;
- ⑤监测方法采用国家有关部门颁布的标准,监测人员经考核并持有合格证书上岗;
- ⑥每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常;
- ⑦现场监测严格按照规定的监测点位、方法、记录内容等进行,按照统计学原则处理异常数据和监测数据;
- ⑧建立完整的文件资料。仪器校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留,以备复查;
- ⑨监测报告严格实行三级审核制度,经过校对、审核,签发。

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 辐射剂量检测结果

检测的环境条件	天气：多云	环境温度：27°C	相对湿度：84%
点位编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率(nGy/h)	
		平均值	标准差
1#	DSA 拟建机房	81	5
2#	过道	145	3
3#	设备间	143	3
4#	控制室	143	4
5#	谈话间	109	3
6#	过道	146	5
7#	缓冲间	133	2
8#	创伤复苏单元（普通手术室）	123	1
9#	理疗室	143	2
10#	院内道路	118	3
11#	停车场	91	1
12#	院内道路	120	1

注：1、本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

2、上表所列检测值均已扣除宇宙射线响应值 30nGy/h；

3、本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393,使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；

8.4 辐射环境现状评价

由监测结果可知，各监测点位室内的 γ 辐射剂量率在（81~146）nGy/h 之间，室外的 γ 辐射剂量率在（91~120）nGy/h 之间；根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，丽水市室内 γ 辐射剂量率范围为（76~205）nGy/h，丽水市道路上 γ 辐射剂量率范围为（68-175）nGy/h，可见项目所在地的天然贯穿辐射水平相当。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目土建等主体工程的施工期环境影响已在《龙泉市人民医院迁建工程（一期）项目环境影响报告表》进行了具体分析与评价，因此，本项目不对土建施工的环境影响进行具体分析。本项目 DSA 机房原为预留机房（原机房四侧墙体为 24cm 实心砖墙，门为普通门，顶棚为 16cm 混凝土，无地下层），还需在原有基础上，四侧墙体增加 5cm 厚硫酸钡防护涂料，顶棚吊顶上方增加 2mm 铅板，用内衬 4mm 铅板的防护门替换原有普通门，增加 4mmPb 铅玻璃的观察窗。不涉及土建施工，施工期主要是进行装修和设备安装调试。本项目施工期工艺流程及产污环节如下：

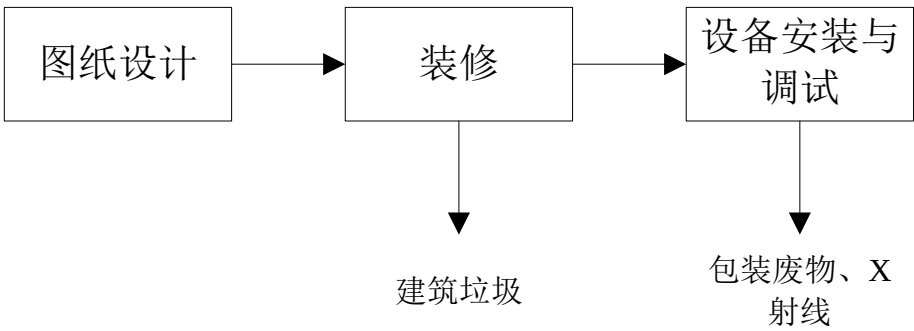


图 9-1 本项目施工期工艺流程及产污环节图

本项目调试阶段 DSA 会产生 X 射线，调试期间不涉及使用放射性核素，同时装修时会产生少量建筑垃圾，设备安装完成后，会产生少量的废包装材料。调试阶段在已经做好辐射防护的机房内进行，张贴辐射警示标识，避免无关人员靠近，经墙体的屏蔽及距离衰减后对环境的影响可以接受的。

9.2 营运期工程分析

医院拟在医疗综合楼1层建设1间DSA机房等配套用房，新增1台DSA射线装置，型号Azurion7M20，最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA，用于介入和微创手术。

9.2.1 设备组成及工作原理

（1）设备组成

DSA主要组成部分：带有影像增强器电视系统的X射线诊断机、高压注射器、电子计算机图象处理系统、治疗床、操作台、磁盘或磁带机、多幅照相机。本项目DSA的整体外观示意图如图9-2所示。



图9-2 DSA射线装置整体外观示意图

(2) 工作原理

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。两次数值相减,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。

9.2.2劳动定员和工作负荷

本项目辐射工作人员每天工作 8 小时,每年工作 250 天。DSA 正常运行后,保守预计每年最大工作量为 300 台手术,每台需要手术医生 1 名,护士 1 名,技师 1 名。

9.2.3人流路径规划

(1) DSA机房

工作人员路径:医护人员及技师从南侧进入DSA机房控制室,技师在控制室内进行设备操作,手术医护人员在DSA机房内部进行手术。

患者路径:患者需工作人员推床由DSA机房患者防护门进入DSA机房内部进行手

术。

污物路径：手术结束后，由工作人员将污物从DSA机房西侧运出，运送至污物间。

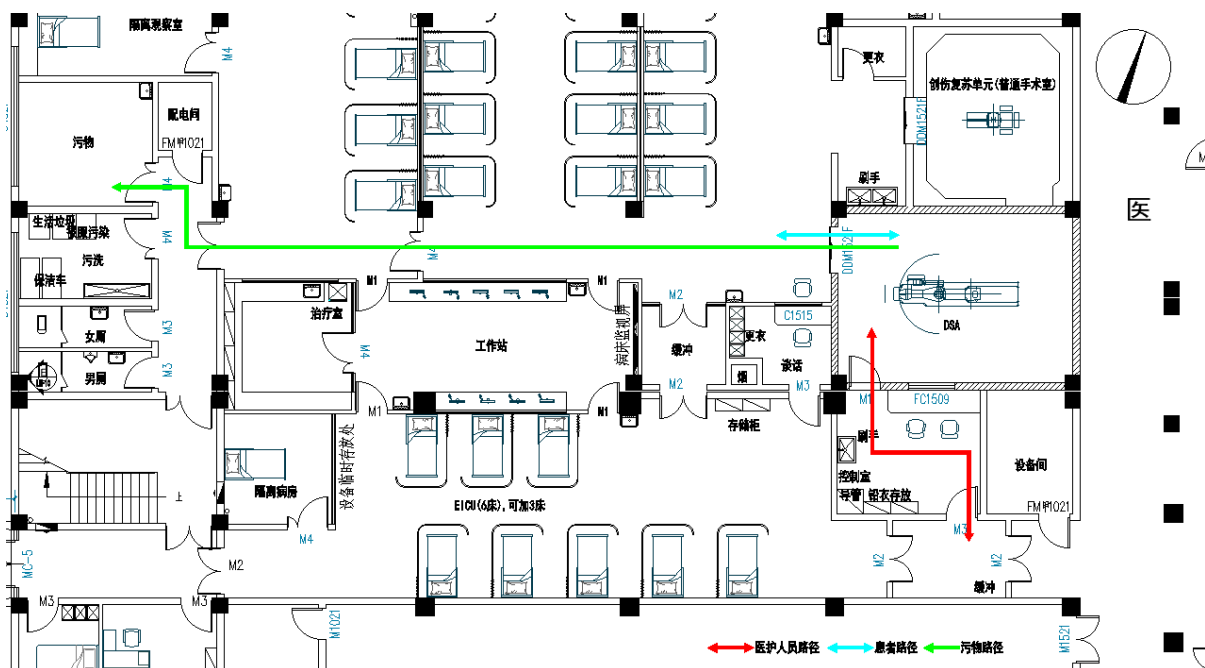


图9-3 DSA机房人流路径规划示意图

9.2.4 操作流程及产污环节

(1) 操作流程

病人按医生要求从患者防护门进入机房，医生按程序完成所有准备工作。DSA设备分为减影模式和透视模式。

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

②透视：医生需进行手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅帘后并身着铅服、戴铅眼镜等防护用品，在曝光室内对病人进行直接的手术操作。医生在X射线透视下，通过动脉（静脉）将导管送达指定部位，先给病人病变部位拍摄普通片，再给病人病变部位注射造影剂，接着进行拍摄造影。

摄影完成后，由医生根据专业知识诊断或治疗，诊疗结束后，病人和医生离开机房。

DSA治疗流程及产污环节示意图见图9-4。

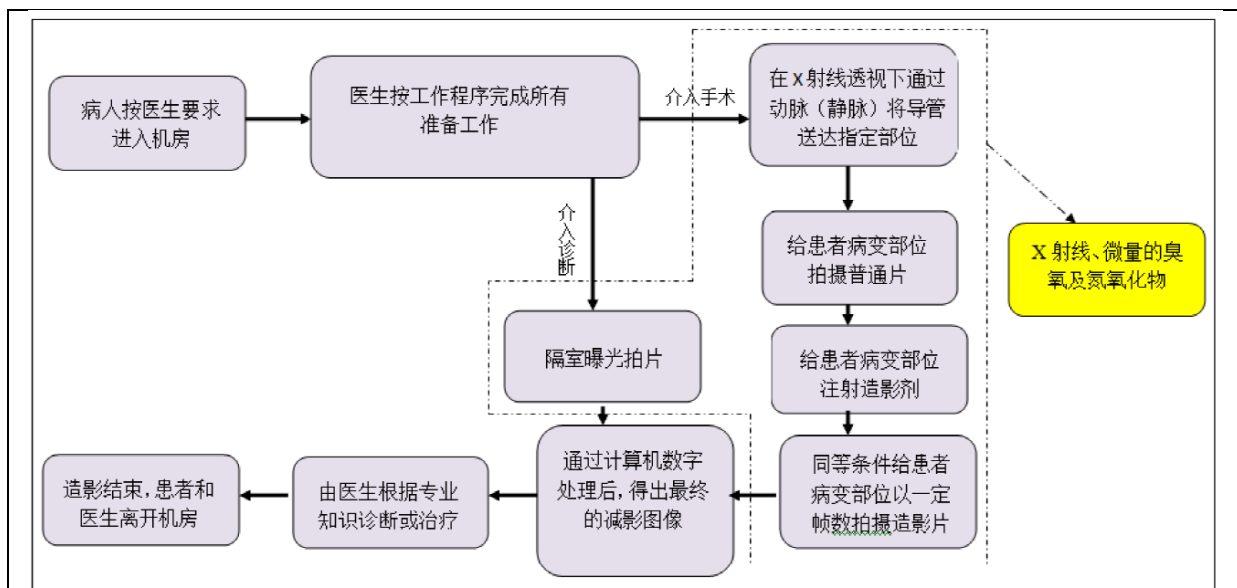


图9-4 DSA工作流程及产污环节示意图

9.3 污染源项描述

9.3.1 正常工况

(1) X 射线

由工程分析可知，DSA 运行过程中的主要污染源项为 X 射线，只有在开机状态下才产生，关机状态下消失。

(2) 废气

X 射线因与空气发生电离作用产生少量臭氧和氮氧化物。

9.3.2 事故工况

DSA 在事故工况下的污染因子和污染途径与正常工况下基本相同，发生事故的主要原因有：

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

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

(3) 医用射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；

(4) X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

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

本项目涉及 1 台 DSA 装置，于医疗综合楼 1 层建设 1 间 DSA 机房等配套用房。DSA 机房东侧相邻为过道；南侧相邻为控制室、设备间；西侧相邻为谈话间、过道；北侧相邻为创伤复苏单元（普通手术室）、刷手室；DSA 手术室楼上为浙二专家诊室；DSA 机房楼下为土层。

周边 50m 范围内均无人员较集中的场所，避免了射线对周围公众的辐射影响。对本项目进行了控制区、监督区的明确划分，在进出口均了设置门禁，其他无关人员无法进入。

表 10-1 本项目 DSA 机房设置及四周布局一览表

序号	辐射场所	东	南	西	北	上	下
1	DSA 机房	过道、院内道路	控制室、设备间	谈话间、过道、停车场	创伤复苏单元（普通手术室）、刷手室、院内道路	浙二专家诊室	土层

10.1.2 辐射分区管理

（1）分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

（2）本项目分区管理情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关标准对控

制区和监督区的定义，结合项目辐射防护情况，本项目两区划分详尽表 10-2。

表 10-2 本项目控制区和监督区划分情况

场所名称	控制区	监督区
DSA	DSA 机房	控制室、设备间、谈话间、创伤复苏单元（普通手术室）、 刷手室、DSA 机房门外 1m 处

控制区通过实体屏蔽措施、警示标志等进行控制管理，在射线装置使用时，除介入治疗的医护人员和患者外，禁止其他人员进入；监督区通过电离辐射警告标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常应立即进行整改，整改完成后方可继续使用射线装置。

本项目 DSA 机房的两区划分图见图 10-1。

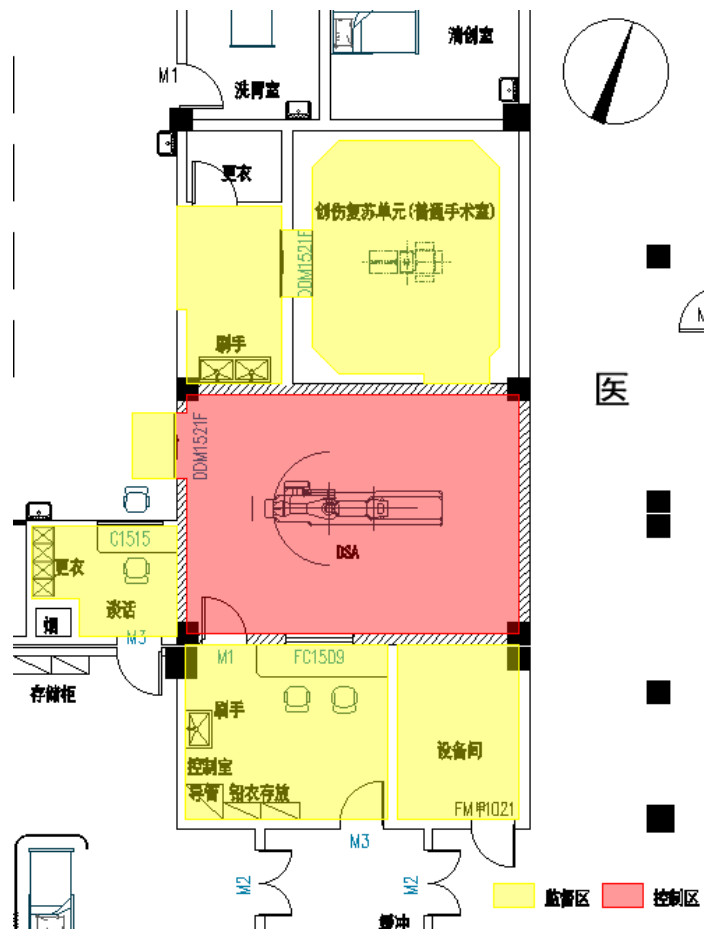


图 10-1 DSA 机房两区划分

10.1.3 辐射屏蔽设计

本项目 DSA 机房采用实体防护，采取的辐射防护与屏蔽措施见表 10-3。

表 10-3 DSA 机房屏蔽设计情况

工作场所	设计面积 (m ²)	屏蔽体	设计值 (防护当量)	GBZ 130-2020 标准要求	符合性分析
DSA 机房	41.28	四侧墙体	24cm 实心砖+5cm 硫酸钡防护涂料 (4.83mmPb)	有用线束及非有用线束方向铅当量均为 2mmPb	符合
		顶棚	16cm 混凝土+2mm 铅板 (3.84mmPb)		符合
		地坪	土层		符合
		工作人员防护门 (1 扇)	内衬 4mm 铅板 (4mmPb)		符合
		患者防护门 (1 扇)	内衬 4mm 铅板 (4mmPb)		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃 (4mmPb)		符合
注：防护材料：硫酸钡涂料（密度≥3.8g/cm ³ ）；混凝土（密度≥2.35g/cm ³ ）；铅板纯度不低于 99.9%。不同材料的屏蔽厚度等效铅当量转化均在 125kV（有用）条件下保守换算。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 C.4，16cm 混凝土保守等效为 1.84mmPb，24cm 实心砖保守等效为 1.89mmPb。参考《放射防护实用手册》表 6.14，150kV 条件下，1.7cm 硫酸钡防护涂料等效 1mmPb 进行铅当量折算。					

表 10-4 DSA 机房设计符合性分析

场所名称	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 要求	设计情况	是否满足要求
机房面积	不小于20m ² , 单边长度不小于3.5m	本项目DSA机房面积为 41.28m ² , 单边长度最小为 5.46m	满足
机房位置	X射线设备机房 (照射室) 应充分考虑邻室 (含楼上和楼下) 及周围场所的人员防护与安全	根据表11核算结果, 本项目 DSA机房充分考虑了邻室 (含楼上和楼下) 及周围场所的人员防护与安全	满足
机房布局	要合理, 不得堆放与诊断工作无关的杂物; 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患者和受检者状态	合理, 无杂物	满足
机房通风	机房应设置动力排风装置, 并保持良好的通风	设有新风系统, 保持良好的通风	满足
标志、指示灯	机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯, 灯箱处应设警示语句; 机房门应有闭门装置, 且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动	本项目共2扇机房防护门, 均内衬4mm铅板, 其中南侧的工作人员防护门为平开机房门, 拟设置自动闭门装置。患者防护门为电动推拉门, 拟设置防夹装置, 拟在患者防护门口设电离辐射警告标志, 放射防护注意事项等, 机房门上方拟设置醒目的工作状态指示灯, 灯箱上设置如“射线有害, 灯亮勿入”的可视警示语句, 且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动	满足
候诊区	候诊区应设置放射防护注意事项告知栏	拟在候诊区设置放射防护注意事项告知栏	满足

本项目 DSA 机房场所功能齐全, 人流、物流分开, 充分考虑了相邻工作场所人员的防护和安全, DSA 机房面积、最小边长、屏蔽防护措施均满足《放射诊断放射防护

要求》（GBZ130-2020）要求。

10.1.4 辐射安全措施

（1）DSA设备防护性能

- ①设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。
- ②X射线管组件上应有清晰的焦点位置标示。
- ③X射线管组件上应标明固有滤过，所有附加滤过片均应标明其材料和厚度。
- ④DSA应带有说明防护有关的性能的随机文件。
- ⑤X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。
- ⑥设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。
- ⑦设备在机房内应具备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。
- ⑧设备应配备能阻止使用焦皮距小于20cm的装置。
- ⑨介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。治疗床和控制台配有急停按钮。
- ⑩DSA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。
- ⑪DSA 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。

本项目DSA设备拟购买于正规厂家，设备各项安全措施齐备，均能满足以上要求。

（2）DSA机房防护设施

- ①本项目拟合理设置DSA机房的门、窗和管线口位置，电缆穿墙处地面铺设4mm铅板进行屏蔽补偿，通排风管道包裹4mm铅皮进行屏蔽补偿。本项目有用线束方向大部分时间由下朝上，避免了有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。
- ②本项目DSA机房拟采用新风系统进行通风，排风口设置于机房吊顶，排风管道接入大楼主排风管道，最终从楼顶排出，保证机房内有良好的通风。
- ③工作人员防护门为平开机房门，设置有自动闭门装置；患者防护门为电动推拉门，拟设置防夹装置；拟设置工作状态指示灯（术中灯和射线装置工作指示灯）与机房门连锁等安全设施。
- ④对讲系统：机房和控制室之间安装有对讲系统，控制室内能通过对讲系统与室内人员联系，以便于医师在操作室观察患者在机房内的状况、及时处理意外情况。

⑤机房门外拟设电离辐射警告标志；机房门上方有醒目的工作状态指示灯，灯箱上拟设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区拟设置放射防护注意事项告知栏，警告无关人员请勿靠近。手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。

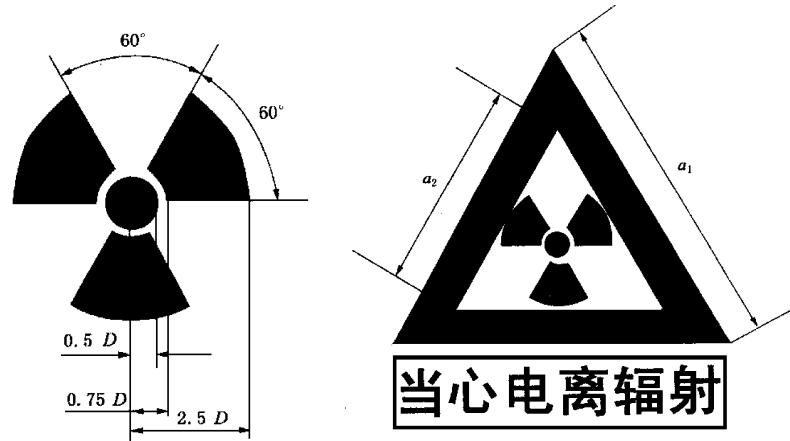


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

本项目DSA设有单独的机房，机房内布局合理，避免了有用线束直接照射门、窗和管线口位置和工作人员操作位，充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全，机房设计均能满足以上要求。

（3）DSA机房工作场所防护用品及防护设施配置

①本项目拟按要求配备辐射工作人员和患者防护用品，配置情况详见表10-5，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。

②本项目所有辐射工作人员拟配备个人剂量计：建议本项目医生、护士采用双剂量计检测（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，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反），技师采用单剂量计检测。每个季度及时对剂量计送检，建立个人剂量健康档案，并长期保存。

个人防护用品配备情况详见表 10-5。

表 10-5 本项目 DSA 机房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	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅手套，各3套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘，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	——	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子，成人与儿	——	符合

				童各1套		
注：防护手套不小于 0.025mmPb；铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜铅当量不小于 0.5mmPb；铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾铅当量不小于 0.5mmPb；儿童防护用品铅当量不小于 0.5mmPb；铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘铅当量不小于 0.5mmPb。						
（4）设备操作管理的防护要求 ①放射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律知识培训，满足放射工作人员岗位要求。 ②根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。 ③合理选择各种操作参数，在确保达到预期诊断目标条件下，使受检者所受到的照射剂量最低。 ④如设备具有儿童检查模式可选项时，对儿童实施检查时应使用该模式；如无儿童检查模式，应适当调整照射参数（如管电压、管电流、照射时间等），并严格限制照射野。 ⑤X射线设备曝光时，应关闭与机房相通的门、窗。 ⑥放射工作人员应按《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求接受个人剂量监测。 ⑦在进行病例示教时，不应随意增加曝光时间和曝光次数。 ⑧不应使用加大摄影曝光条件的方法，提高过期胶片的显影效果。 ⑨工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。 ⑩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）其他安全措施 ①控制室拟张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。 ②候诊区拟设置放射防护注意事项告知栏。						
10.2 三废的治理 本项目的 DSA 装置使用过程中不产生放射性废水、废气，整个过程亦无放射性固体废物产生。在开机运行时，产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧和氮氧化物。机房内部设有动力排风装置，排风系统按照标准手术间设计，废气可及时排出室外，臭氧在常温下可自行分解成氧气，对环境影响较小。						

10.3 射线装置报废后的环境保护措施

对拟报废的射线装置，医院应根据《浙江省辐射环境管理办法》（2021 年修正）第十八条规定，需要报废 X 射线装置的，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境主管部门核销。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期环境影响分析

本项目 DSA 机房原为预留机房（原机房四侧墙体为 24cm 实心砖墙，门为普通门，顶棚为 16cm 混凝土，无地下层），还需在原有基础上，四侧墙体增加 5cm 厚硫酸钡防护涂料，顶棚吊顶上方增加 2mm 铅板，用内衬 4mm 铅板的防护门替换原有普通门，增加 4mmPb 铅玻璃的观察窗。本项目施工期仅为图纸设计、装修及设备安装调试，不涉及土建施工。

医院新增设备的安装、调试请设备厂家专业人员进行，医院方不自行安装及调试。在设备安装调试阶段，将加强辐射防护管理，保证各屏蔽体及防护措施到位，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体及防护门窗的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。装修与设备安装完成后，医院方会及时将产生的固体废物作为一般固体废物进行处置，不随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 机房屏蔽合理性分析

依据建设单位提供的 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》（GBZ130-2020）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 11-1、表 11-2。

表 11-1 本项目机房屏蔽合理性分析

机房名称	屏蔽体	屏蔽材料及厚度	折算后铅当量 (mmPb)	标准要求*	是否符合要求
DSA 机房	四侧墙体	24cm 实心砖+5cm 硫酸钡防护涂料	4.83	有用线束方向铅当量为 2mmPb，非有用线束方向铅当量为 2mmPb	是
	顶棚	16cm 混凝土+2mm 铅板	3.84		是
	地坪	土层	/		是
	防护门	内衬 4mm 铅板	4		是
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4		是

注：*DSA 机房根据 GBZ130-2020 中表 3 C 型臂 X 射线设备取值；

防护材料：硫酸钡涂料（密度 $\geq 3.8\text{g/cm}^3$ ）；混凝土（密度 $\geq 2.35\text{g/cm}^3$ ）；铅板纯度不低于 99.9%。不同材料的屏蔽厚度等效铅当量转化均在 125kV（有用）条件下换算。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 C.4，16cm 混凝土保守等效为 1.84mmPb，24cm 实心砖保守等效为

1.89mmPb。参考《放射防护实用手册》表 6.14, 150kV 条件下, 1.7cm 硫酸钡防护涂料等效 1mmPb 进行铅当量折算, 铅板纯度不低于 99.9%。

表 11-2 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)	有效使用面积 (m ²)	
DSA 机房	5.46	41.28	3.5	20	符合

通过表 11-1、表 11-2 可知, 本项目的 DSA 机房面积、最小单边长度均大于标准要求, 其四面墙体、顶棚、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(含楼上和楼下)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》(GBZ130-2020)中的相关防护设施的技术要求。

11.2.2 DSA 机房周围关注点剂量率预测

本项目 DSA 机房周围关注点剂量率预测采用类比分析与理论计算的方法。

11.2.2.1 DSA 辐射环境影响类比分析

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, 本报告表采用浙江求是心血管病医院 3 号 DSA 机房的验收监测数据进行类比评价, 类比项目检测报告见附件 11, DSA 射线装置类比可行性分析见表 11-3。

表 11-3 DSA 装置类比可行性分析

类比内容		类比对象 (浙江求是心血管病医院3号DSA机房)	本项目 DSA机房
设备参数		150kV, 1000mA	125kV, 1000mA
设备型号		Azurion 7 M20	Azurion7M20
主束方向		南、北、顶棚和地面, 大部分时间为由下朝上	东、西、顶棚和地面, 大部分时间为由下朝上
运行工况*		减影模式: 105kV, 598.2mA 透视模式: 81kV, 12.3mA	减影模式: ≤100kV, ≤500mA 透视模式: ≤80kV, ≤10mA
机房面积 (m ²)		33.36	41.28
屏蔽防护	四侧墙体	4mm铅板+方管龙骨支撑 (4mmPb)	24cm实心砖+5cm硫酸钡防护涂料 (4.83mmPb)
	防护门	内衬4.0mm铅板 (4mmPb)	内衬4mm铅板 (4mmPb)
	观察窗	4.0mm铅当量铅玻璃 (4mmPb)	4mmPb铅玻璃 (4mmPb)
	顶棚	12cm 现浇混凝土+3mm 铅板 (4.1mmPb)	16cm混凝土+2mm铅板 (3.84mmPb)
	地坪	12cm 现浇混凝土+3mm 铅当量硫酸钡涂料 (4.1mmPb)	土层

由上表可以看出, 本项目 DSA 射线装置设备参数管电压与管电流小于或等于类比对

象，运行工况管电压与管电流均小于类比对象，机房的实际面积大于类比对象，机房防护水平与类比对象相当。因此本项目DSA机房与类比对象有很好的可比性，通过对类比对象的监测，可以预测本项目DSA射线装置运行后的辐射环境影响。

类比监测点位示意图见图11-1，类比监测结果见表11-4。

表 11-4 浙江求是心血管病医院 3 号 DSA 机房剂量率监测结果

检测条件		减影模式：105kV，598.2mA，6.3s；透视模式：81kV，12.3mA；模体：标准水模+1.5mm 铜板		
检测点号	检测地点	检测方向	检测结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	
			减影模式	透视模式
1	操作位（北侧）	主射束朝东	0.14	0.14
2	操作位（中部）		0.17	0.18
3	操作位（南侧）		0.21	0.20
4	观察窗外表面（北侧）30cm		0.16	0.16
5	观察窗外表面（中部）30cm		0.22	0.20
6	观察窗外表面（南侧）30cm		0.14	0.14
7	观察窗外表面（上端）30cm		0.17	0.16
8	观察窗外表面（下端）30cm		0.23	0.21
9	工作人员防护门外表面（北侧）30cm		0.22	0.21
10	工作人员防护门外表面（中部）30cm		0.22	0.22
11	工作人员防护门外表面（南侧）30cm		0.21	0.20
12	工作人员防护门外表面（上端）30cm		0.26	0.23
13	工作人员防护门外表面（下端）30cm		0.22	0.20
14	受检者防护门外表面（西侧）30cm	主射束朝上	0.19	0.17
15	受检者防护门外表面（中部）30cm		0.18	0.17
16	受检者防护门外表面（东侧）30cm		0.23	0.20
17	受检者防护门外表面（上端）30cm		0.15	0.14
18	受检者防护门外表面（下端）30cm		0.16	0.15
19	污物通道防护门外表面（北侧）30cm	主射束朝西	0.24	0.21
20	污物通道防护门外表面（中部）30cm		0.18	0.17
21	污物通道防护门外表面（南侧）30cm		0.24	0.20
22	污物通道防护门外表面（上端）30cm		0.23	0.21
23	污物通道防护门外表面（下端）30cm		0.21	0.19
24	设备间防护门外表面（北侧）30cm	主射束朝西	0.25	0.24
25	设备间防护门外表面（中部）30cm		0.22	0.22
26	设备间防护门外表面（南侧）30cm		0.14	0.14
27	设备间防护门外表面（上端）30cm		0.22	0.21
28	设备间防护门外表面（下端）30cm		0.15	0.15
29	东侧防护墙外表面（北侧）30cm	主射束朝东	0.26	0.23
30	东侧防护墙外表面（中部）30cm		0.13	0.13

31	西侧防护墙外表面（中部）30cm	主射束朝西	0.19	0.19	
32	西侧防护墙外表面（南侧）30cm		0.26	0.24	
33	北侧防护墙外表面（中部）30cm	主射束朝上	0.19	0.19	
34	北侧防护墙外表面（东侧）30cm		0.19	0.19	
35	六层地面上方 100cm（西侧）		0.14	0.13	
36	六层地面上方 100cm（东侧）		0.14	0.14	
37	四层地面上方 170cm（西侧）	主射束朝下	0.15	0.15	
38	四层地面上方 170cm（东侧）		0.18	0.16	
				已佩戴防护用品	未佩戴防护用品
39	第一手术位距地高度 105cm（腹部）	主射束朝上	/	19	56
40	第一手术位距地高度 125cm（胸部）		/	20	61
				未佩戴防护用品	
41	第一手术位距地高度 20cm（足部）	主射束朝上	/	40	
42	第一手术位距地高度 80cm（下肢）		/	47	
43	第一手术位距地高度 155cm（头部）		/	58	
44	第一手术位手部		/	1122	
				已佩戴防护用品	未佩戴防护用品
45	第二手术位距地高度 105cm（腹部）	主射束朝上	/	12	33
46	第二手术位距地高度 125cm（胸部）		/	14	59
				未佩戴防护用品	
47	第二手术位距地高度 20cm（足部）	主射束朝上	/	24	
48	第二手术位距地高度 80cm（下肢）		/	30	
49	第二手术位距地高度 155cm（头部）		/	36	
本底均值		0.11-0.16			
注：1.以上检测结果均未扣除本底值，检测结果取最大值。					
2.该机房位于综合楼五层，机房正上方为手术室，机房正下方为眼科。					
3.检测仪器响应时间小于检测时间，无需进行响应时间修正。					

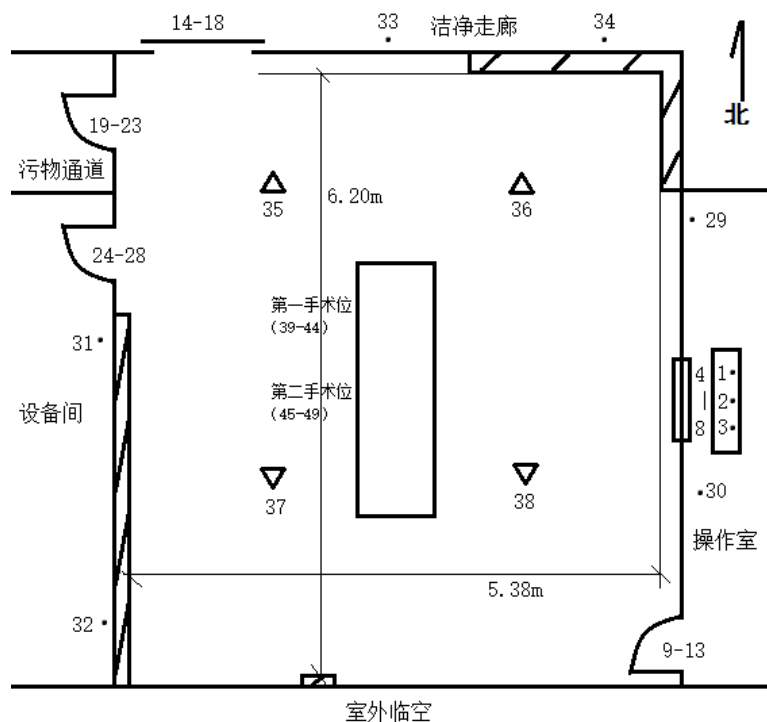


图 11-1 浙江求是心血管病医院 3 号 DSA 机房检测布点示意图

表中手术位位于 DSA 机房内，受到的辐射剂量较大。根据表 11-4 可知，类比项目 DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

本项目屏蔽措施整体与类比项目相当，由此可推断，只要按照屏蔽设计方案严格施工，采取满足标准的防护措施后，本项目正常运行时 DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率可满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求；根据辐射剂量率随距辐射源的距离增加而衰减的规律，亦可进一步预测本项目建成后，设备在正常运行时机房外 50m 范围内其它关注点的周围剂量当量率也可满足标准要求。

11.2.2.2 DSA辐射环境影响理论计算分析

本次理论计算仅对机房外进行计算，机房内根据类比监测数据对介入手术医生所受年有效剂量进行保守估算。

本项目 DSA 工作场所拟建于医疗综合楼 1 层，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11-5。

表11-5 本项目DSA设备参数与工况及防护情况

厂家型号		Azurion7M20	
技术参数		最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA	
过滤材料		0.5mmCu	
最大照射野		100cm ²	
工况模式	减影	工况下，最大常用电压 100kV， 最大常用电流 500mA	距靶点 1m 处的空气比释动能率为 $5.1 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$
	透视	工况下，最大常用电压 80kV，最 大常用电流 10mA	距靶点 1m 处的空气比释动能率为 $4.8 \times 10^5 \mu\text{Gy/h}$
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		长 7.56m×宽 5.46m×高 4.20m	
防护设施	四周墙体	24cm 实心砖+5cm 硫酸钡防护涂料（4.83mmPb）	
	防护门	内衬 4mm 铅板（4mmPb）	
	观察窗	4mmPb铅玻璃（4mmPb）	
	顶棚	16cm混凝土+2mm铅板（3.84mmPb）	
	地坪	土层	
	铅屏风	0.5mmPb 铅板（0.5mmPb）	
	医生	铅衣、铅围脖、铅眼镜等防护用品（0.5mmPb）、介入防护手套 （0.025mmPb）	

注：①本项目 X 射线过滤材料以 0.5mmCu 计，根据《辐射防护导论》附图 3 可知，X 射线过滤材料为 0.5mmCu，100kV 电压下，发射率常数为 $1.7\text{mGy m}^2/(\text{mA min})$ ，80kV 电压下，发射率常数为 $0.8\text{mGy m}^2/(\text{mA min})$ 。

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不超过 1mGy/h”。

取控制室操作位、各防护墙外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处为预测点位、楼上离地 100cm 处。

α ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——不同屏蔽物质厚度。

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

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

式中：

H ---预测点处的透射辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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

d —靶点距关注点的距离，m；

B ---屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C中公式和参数计算，公式计算同式11-1。主射方向预测点屏蔽透射因子计算结果列表见表11-6。

表 11-6 主射方向各预测点透射计算参数及结果

工作模式	预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
减影	10#楼上离地 100cm 处（浙 二专家诊室）	16cm 混凝 土+2mm 铅板	160mm	0.03925	0.08567	0.4273	7.20×10 ⁻⁸
			2mm	2.500	15.28	0.7557	
透视			160mm	0.04228	0.1137	0.4690	1.31×10 ⁻⁸
			2mm	3.067	18.83	0.7726	

注：减影电压取 100kV，透视电压保守取 90kV。预测点位以防护最薄弱与距离最短为原则选定关注点的位置。

主射方向预测点屏蔽透射因子计算结果列表见表11-7。

表 11-7 主射辐射预测点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
		$\mu\text{Gy/h}$	m	/	$\mu\text{Gy/h}$
减影	10#楼上离地 100cm 处（浙二专家诊室）	5.1×10^7	4.36	7.20×10^{-8}	1.93×10^{-1}
透视		4.8×10^5		1.31×10^{-8}	3.31×10^{-4}

②病人体表散射屏蔽估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot a \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 11-3})$$

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 查表本项目减影、透视保守取 0.0013;

s ----散射面积, cm^2 , 取 100cm^2 ;

d_0 ----源与病人的距离, m, 取 0.8m;

d_s ----病人与预测点的距离, m;

B ----屏蔽透射因子, 按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 附录C中公式和参数计算, 公式计算同式11-1。散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果列表见表 11-8。

表 11-8 散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

工作模式	预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
减影	1#控制室操作位	4mmPb 铅玻璃	4.0mm	2.507	15.33	0.9124	5.14×10^{-6}
	2#东侧防护墙外 30cm 处 (过道)	24cm 实心砖	240mm ^①	0.03520	0.0880	1.149	5.29×10^{-9}
		5cm 硫酸钡防护涂料	2.94mm ^②	2.507	15.33	0.9124	
	3#南侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	24cm 实心砖	240mm	0.03520	0.0880	1.149	5.29×10^{-9}
		5cm 硫酸钡防护涂料	2.94mm	2.507	15.33	0.9124	
	4#南侧防护门外 30cm 处 (控制室)	内衬 4mm 铅板	4.0mm	2.507	15.33	0.9124	5.14×10^{-6}
	5#西侧防护墙外 30cm 处 (谈话间)	24cm 实心砖	240mm	0.03520	0.0880	1.149	5.29×10^{-9}
		5cm 硫酸钡防护涂料	2.94mm	2.507	15.33	0.9124	
	6#西侧防护门外 30cm 处 (过道)	内衬 4mm 铅板	4.0mm	2.507	15.33	0.9124	5.14×10^{-6}
	7#北侧防护墙外 30cm 处 (创伤复苏单元 (普通手术室))	24cm 实心砖	240mm	0.03520	0.0880	1.149	5.29×10^{-9}
		5cm 硫酸钡防护涂料	2.94mm	2.507	15.33	0.9124	
透视 ^③	1#控制室操作位	4mmPb 铅玻璃	4.0mm	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
	2#东侧防护墙外 30cm 处 (过道)	24cm 实心砖	240mm	0.03750	0.08200	0.8920	3.21×10^{-10}
		5cm 硫酸钡防护涂料	2.94mm	3.067	18.83	0.7726	
	3#南侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	24cm 实心砖	240mm	0.03750	0.08200	0.8920	3.21×10^{-10}
		5cm 硫酸钡防护涂料	2.94mm	3.067	18.83	0.7726	

4#南侧防护门外 30cm 处（控制 室）	内衬 4mm 铅板	4.0mm	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
5#西侧防护墙外 30cm 处（谈话 间）	24cm 实心砖	240mm	0.03750	0.08200	0.8920	3.21×10^{-10}
	5cm 硫酸钡防护 涂料	2.94mm	3.067	18.83	0.7726	
6#西侧防护门外 30cm 处（过道）	内衬 4mm 铅板	4.0mm	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
7#北侧防护墙外 30cm 处（创伤复 苏单元（普通手 术室））	24cm 实心砖	240mm	0.03750	0.08200	0.8920	3.21×10^{-10}
	5cm 硫酸钡防护 涂料	2.94mm	3.067	18.83	0.7726	

注：①由于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.3 中没有砖的 100kV（90°非有用线束）的拟合参数，本项目保守取 100kV（有用线束）的拟合参数进行预测。
②参考《放射防护实用手册》表 6.14，150kV 条件下，1.7cm 硫酸钡防护涂料等效 1mmPb 进行铅当量折算。
③由于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2、C.3 中无 80kV 条件下的拟合参数，本项目保守取 90kV 条件下的拟合参数进行预测。
④预测点位以防护最薄弱与距离最短为原则选定关注点的位置。

散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果列表见表11-9。

表 11-9 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
		$\mu\text{Gy/h}$	/	cm^2	m	m	/	$\mu\text{Gy/h}$
减影	1#控制室操作位	5.1×10^7	0.0013	100	0.8	3.27	5.14×10^{-6}	1.24×10^{-2}
	2#东侧防护墙外 30cm 处（过道）	5.1×10^7	0.0013	100	0.8	4.32	5.29×10^{-9}	7.33×10^{-6}
	3#南侧防护墙外 30cm 处（设备间）	5.1×10^7	0.0013	100	0.8	3.27	5.29×10^{-9}	1.28×10^{-5}
	4#南侧防护门外 30cm 处（控制室）	5.1×10^7	0.0013	100	0.8	3.27	5.14×10^{-6}	1.24×10^{-2}
	5#西侧防护墙外 30cm 处（谈话间）	5.1×10^7	0.0013	100	0.8	4.32	5.29×10^{-9}	7.33×10^{-6}
	6#西侧防护门外 30cm 处（过道）	5.1×10^7	0.0013	100	0.8	4.32	5.14×10^{-6}	7.13×10^{-3}
	7#北侧防护墙外 30cm 处（创伤复苏单元（普 通手术室））	5.1×10^7	0.0013	100	0.8	3.27	5.29×10^{-9}	1.28×10^{-5}
透视	1#控制室操作位	4.8×10^5	0.0013	100	0.8	3.27	3.69×10^{-7}	8.41×10^{-6}
	2#东侧防护墙外 30cm 处（过道）	4.8×10^5	0.0013	100	0.8	4.32	3.21×10^{-10}	4.19×10^{-9}
	3#南侧防护墙外 30cm 处（设备间）	4.8×10^5	0.0013	100	0.8	3.27	3.21×10^{-10}	7.32×10^{-9}
	4#南侧防护门外 30cm 处（控制室）	4.8×10^5	0.0013	100	0.8	3.27	3.69×10^{-7}	8.41×10^{-6}
	5#西侧防护墙外 30cm 处（谈话间）	4.8×10^5	0.0013	100	0.8	4.32	3.21×10^{-10}	4.19×10^{-9}

	6#西侧防护门外 30cm 处（过道）	4.8×10^5	0.0013	100	0.8	4.32	3.69×10^{-7}	4.82×10^{-6}
	7#北侧防护墙外 30cm 处（创伤复苏单元（普通手术室））	4.8×10^5	0.0013	100	0.8	3.27	3.21×10^{-10}	7.32×10^{-9}

注：透视模式下， α 保守取 100kV 下的 0.0013。

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， $\mu\text{Gy/h}$ ，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不超过 1mGy/h ”本项目取 1mGy/h ；

d —靶点距关注点的距离，m；

B —屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中公式和参数计算，公式计算同式 11-1。泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表 11-10。

表 11-10 泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

工作模式	预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
减影	1#控制室操作位	4mmPb 铅玻璃	4.0mm	2.500	15.28	0.7557	3.39×10^{-6}
	2#东侧防护墙外 30cm 处（过道）	24cm 实心砖	240mm	0.03520	0.0880	1.149	3.47×10^{-9}
		5cm 硫酸钡防护涂料	2.94mm ^①	2.500	15.28	0.7557	
	3#南侧防护墙外 30cm 处（设备间）	24cm 实心砖	240mm	0.03520	0.0880	1.149	3.47×10^{-9}
		5cm 硫酸钡防护涂料	2.94mm	2.500	15.28	0.7557	
	4#南侧防护门外 30cm 处（控制室）	内衬 4mm 铅板	4.0mm	2.500	15.28	0.7557	3.39×10^{-6}
	5#西侧防护墙外 30cm 处（谈话间）	24cm 实心砖	240mm	0.03520	0.0880	1.149	3.47×10^{-9}
		5cm 硫酸钡防护涂料	2.94mm	2.500	15.28	0.7557	
	6#西侧防护门外	内衬 4mm 铅板	4.0mm	2.500	15.28	0.7557	3.39×10^{-6}

透视 ②	30cm 处（过道）						
	7#北侧防护墙外 30cm 处（创伤复 苏单元（普通手术 室））	24cm 实心砖	240mm	0.03520	0.0880	1.149	3.47×10 ⁻⁹
		5cm 硫酸钡防 护涂料	2.94mm	2.500	15.28	0.7557	
	1#控制室操作位	4mmPb 铅玻璃	4.0mm	3.067	18.83	0.7726	3.69×10 ⁻⁷
	2#东侧防护墙外 30cm 处（过道）	24cm 实心砖	240mm	0.03750	0.08200	0.8920	3.21×10 ⁻¹⁰
		5cm 硫酸钡防 护涂料	2.94mm	3.067	18.83	0.7726	
	3#南侧防护墙外 30cm 处（设备间）	24cm 实心砖	240mm	0.03750	0.08200	0.8920	3.21×10 ⁻¹⁰
		5cm 硫酸钡防 护涂料	2.94mm	3.067	18.83	0.7726	
	4#南侧防护门外 30cm 处（控制室）	内衬 4mm 铅板	4.0mm	3.067	18.83	0.7726	3.69×10 ⁻⁷
	5#西侧防护墙外 30cm 处（谈话间）	24cm 实心砖	240mm	0.03750	0.08200	0.8920	3.21×10 ⁻¹⁰
		5cm 硫酸钡防 护涂料	2.94mm	3.067	18.83	0.7726	
	6#西侧防护门外 30cm 处（过道）	内衬 4mm 铅板	4.0mm	3.067	18.83	0.7726	3.69×10 ⁻⁷
	7#北侧防护墙外 30cm 处（创伤复 苏单元（普通手术 室））	24cm 实心砖	240mm	0.03750	0.08200	0.8920	3.21×10 ⁻¹⁰
		5cm 硫酸钡防 护涂料	2.94mm	3.067	18.83	0.7726	
	注：①参考《放射防护实用手册》表 6.14，150kV 条件下，1.7cm 硫酸钡防护涂料等效 1mmPb 进行铅当量折算。						
②由于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2、C.3 中无 80kV 条件下的拟合参数，本项目保守取 90kV 条件下的拟合参数进行预测。							
③预测点位以防护最薄弱与距离最短为原则选定关注点的位置。							

各预测点位泄漏辐射剂量计算参数及结果见下表11-11。

表 11-11 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	1#控制室操作位	1000	3.27	3.39×10^{-6}	3.17×10^{-4}
	2#东侧防护墙外 30cm 处（过道）	1000	4.32	3.47×10^{-9}	1.86×10^{-7}
	3#南侧防护墙外 30cm 处（设备间）	1000	3.27	3.47×10^{-9}	3.24×10^{-7}
	4#南侧防护门外 30cm 处（控制室）	1000	3.27	3.39×10^{-6}	3.17×10^{-4}
	5#西侧防护墙外 30cm 处（谈话间）	1000	4.32	3.47×10^{-9}	1.86×10^{-7}
	6#西侧防护门外 30cm 处（过道）	1000	4.32	3.39×10^{-6}	1.82×10^{-4}
	7#北侧防护墙外 30cm 处（创伤复苏单元（普通手术室））	1000	3.27	3.47×10^{-9}	3.24×10^{-7}
透视	1#控制室操作位	1000	3.27	3.69×10^{-7}	3.45×10^{-5}
	2#东侧防护墙外 30cm 处（过道）	1000	4.32	3.21×10^{-10}	1.72×10^{-8}
	3#南侧防护墙外 30cm 处（设备间）	1000	3.27	3.21×10^{-10}	3.00×10^{-8}
	4#南侧防护门外 30cm 处（控制室）	1000	3.27	3.69×10^{-7}	3.45×10^{-5}

	5#西侧防护墙外 30cm 处（谈话间）	1000	4.32	3.21×10^{-10}	1.72×10^{-8}
	6#西侧防护门外 30cm 处（过道）	1000	4.32	3.69×10^{-7}	1.98×10^{-5}
	7#北侧防护墙外 30cm 处（创伤复苏单元（普通手术室））	1000	3.27	3.21×10^{-10}	3.00×10^{-8}

③总辐射剂量率估算

根据表 11-7、11-9 和表 11-11 的计算结果，将各个预测点的总辐射剂量率统计于下表 11-12。

表11-12各个预测点的总辐射剂量率

工作模式	关注点位置描述	主射辐射剂量率	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	μGy/h
减影	1#控制室操作位	/	1.24×10^{-2}	3.17×10^{-4}	1.27×10^{-2}
	2#东侧防护墙外 30cm 处（过道）	/	7.33×10^{-6}	1.86×10^{-7}	7.52×10^{-6}
	3#南侧防护墙外 30cm 处（设备间）	/	1.28×10^{-5}	3.24×10^{-7}	1.31×10^{-5}
	4#南侧防护门外 30cm 处（控制室）	/	1.24×10^{-2}	3.17×10^{-4}	1.27×10^{-2}
	5#西侧防护墙外 30cm 处（谈话间）	/	7.33×10^{-6}	1.86×10^{-7}	7.52×10^{-6}
	6#西侧防护门外 30cm 处（过道）	/	7.13×10^{-3}	1.82×10^{-4}	7.31×10^{-3}
	7#北侧防护墙外 30cm 处（创伤复苏单元（普通手术室））	/	1.28×10^{-5}	3.24×10^{-7}	1.31×10^{-5}
	8#楼上离地 100cm 处（浙二专家诊室）	1.93×10^{-1}	/	/	1.93×10^{-1}
透视	1#控制室操作位	/	8.41×10^{-6}	3.45×10^{-5}	4.29×10^{-5}
	2#东侧防护墙外 30cm 处（过道）	/	4.19×10^{-9}	1.72×10^{-8}	2.14×10^{-8}
	3#南侧防护墙外 30cm 处（设备间）	/	7.32×10^{-9}	3.00×10^{-8}	3.73×10^{-8}
	4#南侧防护门外 30cm 处（控制室）	/	8.41×10^{-6}	3.45×10^{-5}	4.29×10^{-5}
	5#西侧防护墙外 30cm 处（谈话间）	/	4.19×10^{-9}	1.72×10^{-8}	2.14×10^{-8}
	6#西侧防护门外 30cm 处（过道）	/	4.82×10^{-6}	1.98×10^{-5}	2.46×10^{-5}
	7#北侧防护墙外 30cm 处（创伤复苏单元（普通手术室））	/	7.32×10^{-9}	3.00×10^{-8}	3.73×10^{-8}
	8#楼上离地 100cm 处（浙二专家诊室）	3.31×10^{-4}	/	/	3.31×10^{-4}

由表 11-12 计算结果可知：透视时，控制室操作位的辐射剂量率为 $4.29 \times 10^{-5} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $3.31 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ 。减影时，控制室操作位的辐射剂量率为 $1.27 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $1.93 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ 。

综上，该项目 DSA 在正常运行情况下，机房外控制室、四周防护墙外及防护门外

的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中规定的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 2.5μSv/h 的标准限值（剂量换算系数，Sv/Gy，保守取 1，本项目机房周边辐射剂量率经转化后最大为 $1.93 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ，满足要求）。

11.2.3 有效剂量估算

（1）操作间工作人员与公众有效剂量估算公式

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控制室进行操作，DSA透视曝光时，医师在手术间内近台操作，护士和技师通常不在手术间内，因此，该项目主要考虑透视模式下近台操作医师的受照剂量（不考虑减影模式下近台操作医师的受照剂量）。

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。

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

式中：

H_1 ：X射线外照射有效剂量当量，mSv；

H_0 ：X射线束造成的辐射剂量率，μSv/h；

T ：居留因子；

t ：X射线年照射时间，h/a。

（2）机房内工作人员有效剂量估算公式

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中对于介入放射工作人员穿戴铅围裙估算有效剂量的计算方法，保守按不戴铅橡胶颈套进行估算，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；

β ：系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

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。

（3）手部和眼晶体当量剂量估算公式

手术医生和护士在 DSA 机房内进行介入手术时，皮肤当量剂量保守按不戴铅手套

进行估算，眼晶体当量剂量保守按不戴铅眼镜进行估算。

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）、《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，皮肤当量剂量用式 11-7 进行估算，眼晶体当量剂量用式 11-8 进行计算，有辐射场周围剂量当量率的测量数据时，用式 11-9 换算辐射场的空气比释动能率，再通过式 11-7、11-8、11-10 进行预测。

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

$$D_L = C_{KL}(\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \text{ (式 11-8)}$$

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}^*(10)}{C_{kH^*}} \text{ (式 11-9)}$$

$$H = D \cdot W_R \text{ (式 11-10)}$$

式中：

D_S ：皮肤吸收剂量，单位为毫戈瑞，mGy；

C_{KS} ：空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数，单位为 mGy/mGy，从《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表 A.5 查空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 $C_{KS}=1.156\text{mGy/mGy}$ （0.08MeV，AP 入射方式）；

D_L ：眼晶体吸收剂量，单位为毫戈瑞，mGy；

C_{KL} ：空气比释动能到眼晶体吸收剂量的转换系数，单位为 mGy/mGy，从《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）表 A.4 查空气比释动能到眼晶体吸收剂量的转换系数 $C_{KL}=1.550\text{mGy/mGy}$ （0.08MeV，AP 入射方式）；

$\dot{k}$ ：X、 γ 辐射场的空气比释动能率，单位为微戈瑞每小时（ $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ）；

$H^*(10)$ ：X、 γ 辐射场的周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ）；

C_{kH^*} ：空气比释动能到周围剂量当量的转换系数(手部参见《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）附录 A 中表 A.9，本项目取 1.72；眼晶体参见《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）附录 A 中表 A.7，本项目取 1.72)，单位为希沃特每戈瑞（Sv/Gy）。

t ：人员累积受照时间，单位为小时，h；

H ：关注点的当量剂量，mSv；

D ：皮肤吸收剂量或眼晶体吸收剂量，单位为毫戈瑞，mGy；

W_R : 辐射权重因数, X 射线取 1。

本项目的居留因子参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007) 选取, 具体数值见表11-13。

表 11-13 居留因子的选取

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

DSA 机房有效剂量估算结果见表 11-14。

表 11-14 DSA 机房有效剂量估算结果

关注人员	工 况	关注点 最大剂 量率	铅衣 内剂 量率	铅衣 外剂 量率	受照 时间	空气 比释 动能 到皮 肤吸 收剂 量的 转换 系数	空气 比释 动能 到眼 晶 体吸 收剂 量的 转换系 数	W_R	C_k H^*	居 留 因 子	有效剂量 或当量剂 量
		$\mu\text{Sv/h}^*$			h	mGy/mGy			Sv /G y		mSv
控制室内 工作人员	减影	0.15	/	/	6.25	/	/	/	/	1	3.94×10^{-3}
	透视	0.12	/	/	25	/	/	/	/	1	
机房内工 作人员 (身体)	减影	0.12	/	/	6.25	/	/	/	/	1	0.57
	透视	/	19.8 9	60.8 9	25	/	/	/	/	1	
机房内工 作人员 (手部)	透 视	1121.8 9	/	/	25	1.156	/	1	1. 72	1	18.85
机房内工 作人员 (眼晶 体)	透 视	57.89	/	/	25	/	1.550	1	1. 72	1	1.30
机房外一 般公众人	减影	0.15	/	/	12.5	/	/	/	/	1/4	2.09×10^{-3}

员（东侧过道）	透视	0.13	/	/	50	/	/	/	/	1/4	
机房外非辐射工作人员（南侧设备间）	减影	0.15	/	/	12.5	/	/	/	/	1/16	5.23×10 ⁻⁴
	透视	0.13	/	/	50	/	/	/	/	1/16	
机房外一般公众人员（西侧谈话间）	减影	0.15	/	/	12.5	/	/	/	/	1	8.38×10 ⁻³
	透视	0.13	/	/	50	/	/	/	/	1	
机房外非辐射工作人员（北侧创伤复苏单元（普通手术室））	减影	0.15	/	/	12.5	/	/	/	/	1	8.38×10 ⁻³
	透视	0.13	/	/	50	/	/	/	/	1	
机房上方非辐射工作人员（浙二专家诊室）	减影	0.19	/	/	12.5	/	/	/	/	1	3.88×10 ⁻³
	透视	0.03	/	/	50	/	/	/	/	1	
注：1、*代表引用剂量率已扣除本底值，并取最大值； 2、本项目关注点剂量率保守取理论计算与类比监测的最大值，其中减影模式下，机房上方非辐射工作人员（浙二专家诊室）关注点剂量率取理论计算值，其余均取类比计算值。											
综上所述，本项目 DSA 机房内辐射工作人员年有效剂量最大为 0.57mSv，操作间辐射工作人员年有效剂量最大为 3.94×10 ⁻³ mSv，满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求；医生年手部皮肤当量剂量为 18.85mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员四肢要求的剂量限值 500mSv/a 和本项目目标管理值 125mSv/a 的要求；医生年眼晶体当量剂量为 1.30mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员眼晶体要求的剂量限值 150mSv/a 和本项目目标管理值 37.5mSv/a 的要求。											
由计算结果可知，本项目 DSA 机房外公众年受照剂量最大为 8.38×10 ⁻³ mSv/a，满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.25mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a 的剂量限值要求。根据剂量率与距离平方成反比的关系，距离机房越远，辐射剂量率越低，机房附近公众受照剂量满足要求，因此机房外 50m											

范围内环境保护目标公众受照剂量也能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的剂量限值 1mSv/a 和本项目目标管理值 0.25mSv/a 的要求。

11.2.4 “三废”影响分析

本项目使用的 DSA 设备曝光时产生的臭氧与氮氧化物量很少，本项目 DSA 机房拟采用新风系统，排风口拟从吊顶经排风管道最终连接至建筑总排风井，通过所在大楼楼顶排放至周围环境中。曝光过程中产生的极少量的臭氧、氮氧化物等气体经排风口排出，经大气扩散稀释，臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。

11.3 事故影响分析

（1）DSA 可能的事故工况主要包括：

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

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

③医用射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；

④X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

（2）预防措施

DSA 将放置于专用机房内，机房墙体采用铅板进行屏蔽，观察窗采用铅玻璃，并设置控制廊防护铅门、受检者防护铅门。受检者防护门处安装工作状态指示灯、设置电离辐射警告标志，防护门关闭时，工作状态指示灯亮，警示人员勿入，同时装置操作台处设置紧急停机按钮，操作人员可通过急停按钮等停机操作来确保人员安全。因此 DSA 发生的辐射事故及风险主要原因是管理上出的问题，工作人员平时必须严格执行各项管理制度，遵守操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求穿戴好各种辐射防护用品，并定期检查设备性能及有关安全警示标志和设施是否正常。对可能发生的辐射事故，应及时采取应急措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，同时上报生态环境部门和卫生部门，并接受监督部门的处理。

（3）应急措施

一旦发生辐射事故，应按以下基本原则进行处理：

①第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，根据估算结果，必要时及时安置受照人员

就医检查。

③及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理，可缩小事故影响，减少事故损失。

④事故处理后应整理资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

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》、《关于做好2020年核技术利用辐射安全与防护培训考核工作有关事项的通知》等法律法规要求，使用 II 类射线装置的单位应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。

医院已经成立了放射防护管理小组，并明确了领导小组及各成员的职责。小组成员大部分为本科以上学历，其人员设置满足辐射安全与环境保护管理工作要求。

放射防护管理小组的主要职责是：负责起草、制定及修订医院辐射防护和环境保护的相关规章制度；负责对医院放射诊疗项目的立项、建设、放射设备引进及防护设施配置进行论证和监管；负责协调和监督各相关科室贯彻落实医院放射诊疗和防护管理制度及日常管理工作。

本项目建成后，医院的科室、人员均会有一定调整，要求医院根据人事变动情况及时调整，明确人员职责，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并应以文件形式明确各成员管理职责。

12.1.2 辐射人员管理

1、根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019年，第57号）的相关要求，自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）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。

医院应根据人员变动情况，及时安排新增人员和未参与培训的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台上参加培训，考核合格后方可上岗；在项目运行过程中按要求定期组织辐射工作人员进行再培训和考核，确保所有辐射工作人员培训合格后上岗。

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，无需重复培训。

2、本项目所有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检测，并建立个人剂量档案。

3、应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，在岗期间每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案；个人剂量档案和职业健康档案应终生保存。

12.1.3 年度评估报告

建设单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，每年对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度评估报告。

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，并有完善的辐射应急措施”。

医院本次项目包括：Ⅱ类射线装置。医院应根据本项目新增的Ⅱ类射线装置，结合辐射工作人员变更情况，尽快建立健全和落实相应的规章制度和操作规程，加强对辐射工作人员的安全防护培训和意识教育。

应完善和补充的制度主要内容如下：

（1）操作规程：针对本项目新增的DSA机房等制定相应的操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及操作程序等，重点是工作时必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。

（2）岗位职责：明确本项目新增辐射管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位职责，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）辐射防护和安全保卫制度：根据本项目新增的辐射工作和设备，制定针对性的辐射防护和安全保卫制度，规定专人负责辐射防护与安全保卫工作，定期对辐射防护与安全保卫相关的用品、仪器进行检查。

（4）设备维修制度：根据本项目新增的DSA等设备更新医院设备维护保养制度，补充完善监测仪器维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时

采取的措施，并做好记录。确保本项目新增设备的安全装置、安全联锁、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

(5) 根据本项目建设内容制定台帐管理制度，建立射线装置台账，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项。

(6) 事故应急预案：根据本项目建设内容完善辐射事故应急预案。

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》，本项目拟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，包括个人剂量计等仪器，用于对DSA机房周围的辐射水平进行巡测。

12.3.2 监测计划

医院可委托有资质的单位，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。监测计划见表12-1。

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	监测依据
年度监测	DSA机房	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	防护门外、门缝、控制室、各侧屏蔽墙外30cm处、楼上离地100cm，管线孔洞处及周围需要关注的监督区	委托监测	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）
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	防护门外、门缝、控制室、各侧屏蔽墙外30cm处、楼上离地100cm，管线孔洞处及周围需要关注的监督区	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	防护门外、门缝、控制室、各侧屏蔽墙外30cm处、楼上离地100cm，管线孔洞处及周围需要关注的监督区	委托监测	
个人剂量检测	/	个人剂量当量	常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月	个人剂量计	所有辐射工作人员	委托监测	《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

建设单位拟将DSA工作场所的监测方案纳入原有监测制度，并将每次监测结果记录存档备查。

12.4 环保措施竣工验收

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管理办法》（环境保护部令第18号）第四十三条规定，应急预案主要包括以下内容：

- （一）应急机构和职责分工（具体人员和联系电话）；
- （二）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；
- （三）辐射事故分级与应急响应措施；
- （四）辐射事故的调查、报告和处理程序；
- （五）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

医院应对现有辐射应急预案进行补充和完善，内容应包括：应急机构和职责分工、应急和救助装备、物资准备、辐射事故分级、辐射事故应急救援应遵循的原则、辐射事故应急措施和处理程序（含射线装置、核医学科）、辐射事故的调查和报告、人员培训和演习计划、应急联系电话和应急处理流程图等。

环评要求：

- （1）完善后的辐射事故应急预案，应报送生态环境主管部门备案。
- （2）在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

12.6“三同时”验收一览表

表 12-2 “三同时”验收一览表

项目	“三同时”措施	验收要求
辐 射 安 全 管 理 机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派 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	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。
辐 射 安 全 和 防 护 措施	DSA 机房墙体屏蔽措施： 四侧墙体为 24cm 实心砖+5cm 硫酸钡防护涂料，防护门内衬 4mm 铅板，观察窗为 4mmPb 铅玻璃，顶棚为 16cm 混凝土+2mm 铅板，地坪为土层。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求（具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h），本项目 DSA 介入手术人员年有效剂量不超过 5mSv，公众人员年有效剂量不超过 0.25mSv。
	本项目 DSA 机房拟设置门灯连锁、自动闭门装置、急停按钮、监控装置与对讲系统等多项安全防护措施，机房防护门出入口拟设计电离辐射警告标志等。本项目拟配备 10 支个人剂量计。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。
人 员 配 备	本项目辐射工作人员为新增，均需参加辐射防护培训并取得合格证书或成绩报告单。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。
	本项目辐射工作人员已配置个人剂量计，个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过 3 个月，并建立个人剂量监测档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。
	本项目辐射工作人员为新增，均需进行职业健康检查，并建立了个人健康档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。
监 测 仪 器 和 防 护 用品	本项目依托已有辐射巡测仪，配备个人剂量计。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。
辐 射 安 全 管 理 制度	建设单位已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定了一系列辐射安全管理制度，内容包括《辐射安全管理制度》、《安全管理制度》、《设备操作规程》、《岗位职责》、《龙泉市人民医院关于成立放射防护管理小组的通知》、《放射安全事件应急预案》、《仪器维护使用制度》等辐射管理制度。建设单位应补充针对本项目新增的 DSA 制定相应的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备维修制度、台帐管理制度、事故应急预案、人员培训制度和监测方案等辐射管理制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急预案。

12.8 环保投资估算一览表

本项目总投资 779.5 万元，主要用于设备采购、场所屏蔽部分防护改造和防护用品采购，其中项目环保投资约 13 万元，占项目总投资的 1.67%。该项目具体环保投资估算详见表 12-4。

表 12-3 环保投资估算一览表

项目		设施（措施）	金额（万元）
DSA 机房	辐射屏蔽措施	DSA 机房 1 间（含铅防护门）	10
	安全措施	工作状态指示灯（门-灯联锁）2 套	0.5
		自动闭门装置	0.5
		急停按钮 3 个	0.1
	废气处理设施	通排风系统	1
	监测仪器及 警示装置	个人剂量计	0.5
		电离辐射警告标志、监督区、控制区标识若干	0.1
		对讲装置 1 套	0.3
合计			13

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

(1) 辐射安全管理结论

①医院已成立放射防护管理小组，负责辐射安全与环境保护管理工作。医院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

②医院新增辐射工作人员均需进行放射防护知识培训。医院需对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测。

(2) 辐射安全防护措施结论

本项目的DSA机房面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、顶棚、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（含楼上和楼下）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》（GBZ130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

13.1.2 环境影响分析结论

(1) 主要污染因子

本项目DSA产生的主要污染因子是X射线。

(2) 辐射剂量率预测结论

本项目 DSA 在正常运行情况下，机房外控制室、四周防护墙外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)中规定的屏蔽体外表面30cm 处剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的标准限值。

(3) 有效剂量预测结论

DSA 机房内辐射工作人员年有效剂量最大为 0.57mSv，操作间辐射工作人员年有效剂量最大为 3.94×10^{-3} mSv，满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求；医生年手部皮肤当量剂量为 18.85mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员四肢要求的剂量限值 500mSv/a 和本项目目标管理值 125mSv/a 的要求；医生年眼晶

体当量剂量为 1.30mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员眼晶体要求的剂量限值 150mSv/a 和本项目目标管理值 37.5mSv/a 的要求。

DSA 机房外公众年受照剂量最大为 8.38×10^{-3} mSv/a，满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.25mSv/a 的要求，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a 的剂量限值要求。

（3）“三废”影响分析

本项目使用的 DSA 设备曝光时产生的臭氧与氮氧化物量很少。本项目 DSA 机房拟采用新风系统，曝光过程中产生的极少量的臭氧、氮氧化物等气体经通排风系统在排风口排出。臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。

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 DSA 属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及国家发展和改革委员会第 49 号令《关于修改〈产业结构调整指导目录(2019 年本)〉的决定》，第十三项“医药”中第 5 款中“数字化医学影像设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

（2）实践正当性分析结论

本项目的目的在于开展放射诊疗工作、治病救人，实践过程中采取了可能的辐射防护措施，在患者得到诊疗预期效果的同时，对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，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“实践正当性”的要求。

（3）选址合理性分析

本项目拟建地址位于医院现有院区内，不新增建筑面积和用地，用地性质为医疗卫生用地，项目选址符合龙泉市主体功能区划及土地利用规划。本项目辐射工作场所实体边界外 50m 评价范围主要为医院内部建筑、内部道路、停车场，本项目不在生态保护红线范围内，且项目选址周边均无自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区以及基本农田保护区、基本草原、森林公园、地质公园、重要湿地等敏感点存在。环境影响预测分析表明，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施前提下，本项目的开展对周围环境造成的辐射影响在可接受范围内，故本项目的选址是合理的。

(4) “三线一单”符合性分析

根据《龙泉市“三线一单”生态环境分区管控方案》，项目所在地属于浙江省丽水市龙泉市中心城区城镇生活重点管控区（ZH33118120036），本项目不涉及生态保护红线、符合环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单的要求，本项目的建设符合龙泉市“三线一单”的要求。

(5) 项目可行性

综上所述，项目在落实本报告提出的各项辐射防护措施、污染防治措施和辐射环境管理要求后，具备从事相应辐射活动的技术能力，本项目射线装置运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议和承诺

1、医院承诺将根据报告表和生态环境主管部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求，尤其是对病人及其家属的日常辐射安全管理要求。

2、环评报批后并建成，医院承诺及时向生态环境主管部门重新申领辐射安全许可证。

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