

编号：ZFHK-FB22220139

核技术利用建设项目

杭州市钱塘医院
DSA射线装置建设项目
环境影响报告表

（报批稿）

杭州市钱塘医院

2022年12月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

杭州市钱塘医院 DSA射线装置建设项目 环境影响报告表

建设单位名称：杭州市钱塘医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：杭州市杭州经济技术开发区下沙路 368 号

邮政编码：310018

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.....	12
表 3 非密封放射性物质.....	12
表 4 射线装置.....	13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	14
表 6 评价依据.....	15
表 7 保护目标与评价标准.....	18
表 8 环境质量和辐射现状.....	22
表 9 项目工程分析与源项.....	26
表 10 辐射安全与防护.....	31
表 11 环境影响分析.....	37
表 12 辐射安全管理.....	50
表 13 结论与建议.....	56
表 14 审批.....	59

表 1 项目基本情况

建设项目名称		杭州市钱塘医院 DSA 射线装置建设项目			
建设单位		杭州市钱塘医院			
法人代表	■	联系人	■	联系电话	■
注册地址		杭州市杭州经济技术开发区下沙路 368 号			
项目建设地点		杭州市杭州经济技术开发区下沙路 368 号医疗综合楼一层			
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)	5%
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	/				
<p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位概况</p> <p>杭州市钱塘医院（即浙江大学医学院附属邵逸夫医院钱塘院区，原杭州市下沙医院，以下简称为“医院”），是一家集临床、教学、科研、预防为一体的公立非营利性三级甲等综合性医院，由杭州市人民政府、浙江大学、杭州经济技术开发区管委会共同组建。医院总床位 1200 张，总占地面积 196 亩，建设用地面积 145.7 亩，总建筑面积 17.5 万平方米，设有普外科、神经外科、骨科、泌尿外科、呼吸内科、肿瘤内科、康复医学科等 20 个科室（包括专家门诊）。院筹建于 2008 年，于 2013 年正式营业，目前由浙江大学医学院附属邵逸夫医院全权管理，杭州市钱塘医院与浙江大学医学院附属邵逸夫医院为同一套领导班子，两院在人员、制度、培训、计划等方面均采用一</p>					

体化管理。

1.1.2 建设目的和任务由来

为满足附近区域日益增加的医疗需求，向人民群众提供更好的医疗服务，杭州市钱塘医院拟在医疗综合楼一层南侧预留的1间DSA机房（5号导管室）内新增1台Azurion 7 M20型DSA，设备最大管电压125kV，最大管电流1000mA。

对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号），DSA属于血管造影用X射线装置的分类范围，为II类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（中华人民共和国生态环境部令第16号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，环境影响评价文件形式应为环境影响报告表。

为此，杭州市钱塘医院委托中辐环境科技有限公司开展“杭州市钱塘医院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、资料收集等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制完成本环评报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

本项目建设内容为：医院拟在医疗综合楼一层南侧预留DSA机房（5号导管室）内新增1台DSA，用于影像诊断和介入治疗，型号为Azurion 7 M20，主束方向由下朝上。射线装置主要技术参数信息见表1-1。DSA工作场所包括1间DSA机房（5号导管室）、1间控制廊（与1-4号导管室共用）、1间设备间等附属配套用房。

表1-1 本项目射线装置主要技术参数

设备名称	型号	类别	数量	用途	主要参数	场所
DSA	Azurion 7 M20	II类	1	影像诊断和介入治疗	125kV， 1000mA	医疗综合楼一层 DSA机房（5号 导管室）

1.1.4 人员配置及工作负荷

根据医院提供资料，本项目DSA年最大手术量为400台，主要开展心内科介入等手术。1台手术减影时间最大为1分钟，透视时间最大为20分钟。

本项目DSA拟配备工作人员14名，均为医院心内科工作人员调配，包括手术医生8人，护士4人，技师2人。DSA机房配置的工作人员总共分为4组，控制廊操作位固定

配置2名技师，每台手术配备2名手术医生和1名护士，每组手术医生年手术台数不大于100台，则每组手术医生透视过程年最大受照时间为33.33h。本项目手术医生、护士和技师均相对固定，不存在兼岗和操作其他射线装置情况。

DSA最大运行工况和工作负荷详见表1-2。

表1-2 本项目DSA最大运行工况和工作负荷

设备	手术量	最大运行工况		曝光时间 (h)	每组医生年最大受照时间 (h)	单个技师年最大受照时间 (h)	年出束时间 (h)
DSA	400 台/年	减影	100kV 500mA	6.67	1.67	6.67	140
		透视	90kV 15mA	133.33	33.33	133.33	

注：DSA机房配置的工作人员总共分为4组，每组医生每年手术量不超过100台，即每组手术医生透视过程年最大受照时间不超过33.33h。

根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019年第57号）和《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》（浙江省生态环境厅 浙江省卫生健康委员会，浙环函【2019】248号），本项目所有辐射工作人员均为医院心内科调配，均持有辐射安全与防护考核合格成绩单或放射诊疗培训合格证书，其中部分人员培训即将到期，医院应尽快组织辐射工作人员定期复训。医院已委托浙江省疾病预防控制中心进行个人剂量监测，并在2021年12月—2022年3月期间，安排本项目辐射工作人员在浙江大学医学院附属第一医院进行在岗期间体检。本项目辐射工作人员信息汇总见下表。

表 1-3 本项目相关辐射工作人员情况表

姓名	性别	培训合格证号	最近一年度累积个人剂量	在岗期间体检情况
	男		0.08mSv	合格
	男		0.08mSv	合格
	男		0.08mSv	合格
	男		0.08mSv	合格
	男		0.08mSv	合格
	男		0.08mSv	合格
	男		0.08mSv	合格
	女		0.08mSv	合格
	女		0.08mSv	合格
	男		0.08mSv	合格

	女		0.415mSv	合格
	女		0.08mSv	合格
	女		0.08mSv	合格
	男		0.08mSv	合格
注：本项目辐射工作人员最近一年度个人剂量检测报告见附件 9（已标黄），职业健康体检报告见附件 13（已标黄）。				

工作人员每天工作8小时，每年工作250天。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 医院地理位置

杭州市钱塘医院位于杭州经济技术开发区下沙路 368 号，分南北两区。医院地理位置见附图 1。

北区东侧为聚雅巷；南侧为通海街，隔通海街为南区；西侧为七格北路，隔路为月雅河小区；北侧为顺新街。南区东侧为河道，隔河道为幸福南路；南侧为下沙路；西侧为七格北路；北侧为海通街，隔通海街为北区。周边环境关系见附图 2。

1.2.2 项目周边环境关系

（1）项目机房所在建筑四至环境关系

本项目 DSA 机房（5 号导管室）建于医疗综合楼一层南侧。

医疗综合楼东侧距机房约 150m 为院内绿化园林；南侧距机房约 4m、100m 分别为院内广场、下沙路；西侧距机房约 120m 为七格北路；北侧距机房约 95m、81m 分别为海通街、肿瘤治疗中心楼。DSA 机房边界 50m 范围内主要为医院内部建筑物和广场。

（2）项目机房四至环境关系

DSA 机房东侧为办公室和楼梯间，南侧为院内绿化，西侧为控制廊和设备间，北侧为 4 号导管室和病人走廊。楼上为办公室，楼下为地下停车场，DSA 机房平面布局详见附图 3。

1.2.3 相关规划及选址合理性分析

（1）土地利用规划符合性

本项目所在地块位于杭州市江干区下沙中心城区控规单元（JS04），本项目选址在医院规划的医疗用房内，属于规划的允许建设区范围内，符合杭州市钱塘新区经济技术开发区土地利用总体规划，用地性质为医院用地（A5），见附图 7。

(2) 污染物达标排放符合性

经下文辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射和废气经采取一定的辐射防护和治理措施后，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的，可以做到达标排放。

(3) 选址合理性分析

本项目为核技术利用项目，位于医院医疗综合楼一层，本项目拟建辐射工作场所实体边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑物、内部道路和广场等。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后，对周围环境与公众造成的影响是可接受的，故本项目的选址是合理的。

1.3 产业政策符合性分析

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修订）中第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗器械设备和试剂、**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。

1.4 实践正当性分析

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

医院在放射诊断和介入治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.5 杭州市生态环境分区管控方案符合性分析

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，项目所在地属于“江干区下沙城镇生活重点管控单元”，环境管控单元编码为 ZH33010420001。该单元空间布局

引导为：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。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，不得增加污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定。本项目为医院核技术利用项目，隶属于医疗服务项目，不属于工业项目，因此符合杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案的要求。

1.6“三线一单”原则符合性分析

（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。根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》和《浙江省人民政府关于发布浙江省生态保护红线的通知》（浙政发[2018]30号），项目所在地属于“江干区下沙城镇生活重点管控单元”，环境管控单元编码为ZH33010420001，不涉及浙江省生态保护红线。

（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 辐射剂量率属于正常本底范围。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，不会突破当地环境质量底线。

（3）资源利用上线

本项目水、电等公共资源由当地专门部门供应，项目用地为医院用地；且整体而言本项目所用资源相对较小，也不占用当地其他自然资源和能源，因此本项目符合资源利用上限的要求。

（4）生态环境准入清单

本项目位于“江干区下沙城镇生活重点管控单元”，为医院核技术利用建设项目，满足管控措施，不在环境功能区负面清单内，符合生态环境准入清单的要求。具体符合性分析见表1-4。

表 1-4 生态环境准入清单符合性分析一览表

“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	1、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，鼓励现有三类工业迁出或关闭。	本项目为核技术利用项目，不属于三类或环境健康风险较大的二类工业项目；项目运营时只产生 X 射线和微量臭氧、氮氧化物。	符合
	2、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，不得增加污染物排		

	放总量。		
	3、严格执行畜禽养殖禁养区规定。		
污染物排放管控	1、推进生活小区“零直排区”建设。	本项目运营过程产生的微量臭氧和氮氧化物采用排放系统排放至大气环境中，不涉及其他污染物的排放。	符合
	2、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。		
环境风险防控	合理布局工业、商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。	本项目不属于污染排放较大项目。	符合
资源开发效率要求	/	/	/

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”要求。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

1.7.1 原有核技术利用项目许可情况

杭州市钱塘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[A0146]（见附件3）；发证日期：2022年11月25日，有效期至：2024年6月19日；许可的辐射工作种类和范围为使用Ⅲ类、V类放射源；使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

1.7.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

杭州市钱塘医院原有核技术利用项目许可情况见表1-5～表1-7。

表 1-5 医院现有密封源清单

序号	核素名称	出厂活度 (贝可)	实时活度 (贝可)	类别	状态	工作场所	环评情况	验收情况
1	Sr-90 (Y-90)	1.11E+9	/	V类	医院未开展，未购入放射源			
2	Ir-192	3.7E+11	/	Ⅲ类				
3	Ge-68	5.5E+7	6.10E+6	V类	使用	SPECT-CT 机房	杭环辐评批【2017】17号	自主验收 2019.06
4	Ge-68	3.5E+6	3.88E+5	V类	使用	SPECT-CT 机房	备案号： 20193301610000052	

表 1-6 医院现有非密封性放射性物质清单

序号	工作场所名称	核素	日等效最大操作量 (贝克)	年最大用量 (贝克)	环评情况	验收情况
1	SPECT-CT 机房	Tl-201	3.7E+6	3.848E+10	杭环辐评批【2017】17号	自主验收 2019.06
2	SPECT-CT 机房	Tc-99m	3.7E+7	8.14E+12		
3	SPECT-CT 机房	Sr-89	2.96E+7	1.776E+10		

4	SPECT-CT 机房	Sm-153	6.22E+8	7.464E+11		
5	肿瘤中心三楼病房	P-32	1.48E+7	1.776E+10		
6	SPECT-CT 机房	Ga-67	3.7E+5	3.848E+10		
7	SPECT-CT 机房	F-18	1.11E+7	2.442E+12		
8	肿瘤中心三楼病房	I-131	3.7E+9	3.85E+12	杭环辐评批【2014】19号	杭环辐验【2016】17号
					杭环辐评批【2017】17号	自主验收2019.06
9	综合四楼5号手术室或放射科7号机房	I-125(粒子源)	3.7E+6	4.44E+11	备案号：201933016100000050	

表 1-7 医院现有射线装置清单

序号	名称	类别	型号	工作场所	环评情况	验收情况
1	牙片机	III类	X-MIND DC	4F牙片机房	备案号：201933016100000051	
2	直线加速器	II类	Infinity	直线加速器1号机房	杭环钱环评批【2019】40号	正在组织竣工验收，已进行环保验收会
3	直线加速器	II类	Trilogy	直线加速器2号机房	杭环辐评批【2014】11号	杭环辐验【2016】5号
4	DSA	II类	Innova 4100-IQ	11号DSA机房	杭环辐评批【2010】0029号	杭环辐验【2015】18号
5	DSA	II类	Artis zee III ceiling	2F呼吸区域中心DSA机房	杭环钱环评批【2022】4号	正在组织竣工验收，已进行环保验收会
6	DSA	II类	Artis zee III biplane	门诊一楼；1号导管室	杭环辐评批【2016】43号	自主验收2019.06
7	DSA	II类	Allura Xper FD10	门诊一楼；4号导管室	杭环辐评批【2016】43号	自主验收2019.06
8	DSA	II类	Artis zee III ceiling	门诊一楼；2号导管室	杭环辐评批【2016】43号	自主验收2019.06
9	DSA	II类	Allura Xper FD10	门诊一楼；3号导管室	杭环辐评批【2016】43号	自主验收2017.12
10	CT	III类	SOMTO M go.Top	15号机房	备案号：202033016100000127	
11	双螺旋CT	III类	SOMATOM Force	16号机房	备案号：201933016100000054	
12	移动CT	III类	NL4000	20号机房	备案号：201733016100000023	
13	口腔CT	III类	pan exam plus	4F口腔CT机房	杭环辐评批【2016】43号	自主验收2017.12
14	CT	III类	Lightspees VCT	6号机房	备案号：201933016100000248	

15	CT	III类	Revolution Maxima	7号机房	备案号: 201933016100000054	
16	SPECT/CT	III类	Discovery NM/CT 670 Pro	SPECT-CT机房	杭环辐评批【2017】17号	自主验收 2019.06
17	大孔径CT	III类	SOMOTOM Definition AS	大孔径CT机房	杭环辐评批【2010】0029号	杭环辐验【2015】18号
18	CT	III类	uCT530	发热门诊	备案号: 202133016100000060	
19	DR	III类	Staray 5000Super_DB	13号机房	备案号: 202033016100000087	
20	CT	III类	ScintCare 776 Honor	14号机房	备案号: 202133016100000061	
21	DR	III类	Ysio	1号机房	杭环辐评批【2010】0029号	杭环辐验【2015】18号
22	DR	III类	DigiEye 680E	2号机房	杭环辐评批【2010】0029号	杭环辐验【2015】18号
23	C臂机	III类	OEC Fluorostar Compact D	C臂机房	备案号: 201933016100000053	
24	移动DR	III类	Mobilett Mira	放射科(移动)	备案号: 201933016100000054	
25	移动DR	III类	Mobieye 700A	移动(手术室)	备案号: 201933016100000054	
26	移动DR	III类	uDR370I	移动(手术室)	备案号: 201933016100000054	
27	全身骨密度仪	III类	Prodigy Advance	骨密度房	备案号: 201933016100000053	
28	全数字平板乳腺摄影系统	III类	Senographe Essential	乳腺机房	杭环辐评批【2010】0029号	杭环辐验【2016】5号
29	DR	III类	Udr 588i	入院准备中心	备案号: 201933016100000049	
30	DR	III类	Definium 6000	体检中心	备案号: 201933016100000054	
31	数字平板胃肠机	III类	AXIOM Lu minos	17号胃肠机房	杭环辐评批【2010】0029号	杭环辐验【2015】18号
32	移动C臂机	III类	OEC ONE	移动(手术室)	备案号: 201933016100000054	
33	移动DR	III类	CiosAlpha	移动(手术室)	备案号: 201933016100000054	
34	移动C臂机	III类	OEC ONE	移动(手术室)	备案号: 201933016100000054	
35	移动C臂机	III类	GE OEC Fliorostar Compect D	移动(手术室)	杭环辐评批【2010】0029号	杭环辐验【2016】5号
36	PET/CT	III类	Discovery MI	PET-CT机房	杭环辐评批【2017】17号	自主验收 2019.06
37	数字平板胃	III	Ultimax-I	10号胃肠机房		

	肠机	类	DREX-UI-80			
--	----	---	------------	--	--	--

1.7.3 医院现有辐射安全管理情况

(1) 医院已成立了放射安全与防护委员会，制定了一系列的辐射工作管理制度，包括辐射安全与防护管理制度、操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、辐射防护和安全保卫制度、突发辐射事故应急预案等管理规章制度。

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现有相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。

(2) 医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，每三个月委托浙江省疾病预防控制中心进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。根据医院提供的最近一个年度辐射工作人员个人剂量监测报告，有 6 名辐射工作人员存在个人累计剂量超标的情况，医院已进行个人剂量异常原因调查，并对上述 6 位辐射工作人员个人剂量异常原因进行汇总，其中韩国灿一季度的测量剂量值为 2.841mSv，医院已及时对其采取调岗，暂停本年度的放射治疗工作等处理措施。个人剂量异常原因报告见附件 10。

建议医院在今后工作中加强个人剂量计管理，建议工作人员工作期间正确佩戴个人剂量计，非工作期间个人剂量计远离辐射工作场所存放，并规范佩戴个人剂量计。

(3) 医院现有辐射工作人员均持有辐射安全与防护考核合格成绩单或放射诊疗培训合格证书。

根据《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）和《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），医院应及时组织本项目辐射工作人员按时接受复训。

(4) 医院为现有辐射工作人员建有职业健康档案，辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行了职业健康检查，在岗期间体检周期不超过 2 年。根据医院提供的职业健康检查报告，现有辐射工作人员均可继续从事放射岗位工作。

(5) 医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警告标志、报警装置和工作状态指示灯。

(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，根据医院提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。

(7) 辐射应急演练和年度评估

医院已制定《放射事故与核事故应急处理预案》，医院定期开展放射事故应急演练，并对演练结果进行总结。

医院已编制《辐射安全与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、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，并定期提交至发证机关。

经与医院核实，医院历年均未发生辐射事故。

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	Azurion 7 M20	125	1000	影像诊断和介入治疗	医疗综合楼一层 DSA 机房 (5 号导管室)	新购
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	/	微量	微量	不暂存	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.含有放射性的废弃物要标明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2014 年），自 2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第 48 号 2016 年修订，2016 年 9 月 1 日起施行）及《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》（第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议，2018 年 12 月 29 日）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年），自 2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年），自 2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(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；</p> <p>(6) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环保总局第 31 号令；根据 2017 年 12 月 20 日环境保护部部务会议通过《环境保护部关于修改部分规章的决定》修正；根据 2019 年 7 月 11 日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修正；根据 2021 年 1 月 4 日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件决定》修正）；</p> <p>(8) 《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，原国家环保总局、公安部、卫生部文件），自 2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(9) 《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 日实施；</p> <p>(10) 《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号，2012 年），自 2012 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2011 年 10 月 25 日浙江省</p>
------------------	--

	<p>人民政府令第 288 号公布，根据 2014 年 3 月 13 日浙江省人民政府令第 321 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省林地管理办法〉等 9 件规章的决定》第一次修正，根据 2018 年 1 月 22 日浙江省人民政府令第 364 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省建设项目环境保护管理办法〉的决定》第二次修正，根据 2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省价格监测预警办法〉等 9 件规章的决定》第三次修正）；</p> <p>（12）《浙江省辐射环境管理办法》（2011 年 12 月 18 日浙江省人民政府令第 289 号公布，根据 2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省价格监测预警办法〉等 9 件规章的决定》修正）；</p> <p>（13）《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》（浙江省生态环境厅 浙江省卫生健康委员会，浙环函【2019】248 号）；</p> <p>（14）《浙江省生态环境厅关于发布〈省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2019 年本）〉的通知》（浙环发[2019]22 号）；</p> <p>（15）《浙江省环境保护厅关于发布〈省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2015 年本）〉及〈设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015 年本）〉的通知》；</p> <p>（16）《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）。</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>其 他</p>	<p>（1）环境影响评价委托书；</p> <p>（2）医院提供的其他资料；</p> <p>（3）《辐射防护手册》，李德平、潘自强主编；</p>

- | | |
|--|--|
| | <p>(4) 《放射防护实用手册》，赵兰才、张丹枫主编；</p> <p>(5) 《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》。</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，本次辐射环境评价范围取本项目 DSA 机房（5 号导管室）的实体屏蔽边界外延 50m 为评价范围，评价范围详见附图 2。

7.2 保护目标

根据现场踏勘情况，本项目 DSA 机房实体边界 50m 范围主要为医院内部建筑物、内部道路和广场，无居民区、学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点，评价范围示意图详见附图 2。

本项目环境保护目标为评价范围内从事本项目的辐射工作人员、医院其他非辐射工作人员和公众成员。具体详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内环境保护目标情况一览表

环境保护目标		方位	与场所边界的最近距离（m）		规模	人员类别
			水平	垂直		
DSA 机房 (5 号导管室)	介入医护人员	机房内	0	0	12 人	职业人员
	DSA 控制廊人员	西侧	紧邻	0	2 人	职业人员
	办公室	东侧	紧邻	0	约 60 人次/天	公众人员
	楼梯间	东侧	紧邻	0	约 50 人次/天	公众人员
	设备间	西侧	紧邻	0	约 2 人次/天	公众人员
	4 号导管室	北侧	紧邻	0	约 20 人次/天	职业人员
	病人走廊	北侧	紧邻	0	约 40 人次/天	公众人员
	办公室	楼上	0	+3.9	约 20 人次/天	公众人员
	地下停车场	楼下	0	-3.9	约 50 人次/天	公众人员
	评价范围 50m 内其他公众人员	/	0~50	/	约 800 人次/天	公众人员

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）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得

在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。

(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) 四肢 (手和足) 或皮肤的年当量剂量，500mSv；

②公众人员

B1.2.1 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

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

(2) 年剂量约束值

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

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

②对于公众，本项目取年有效剂量限值 1mSv 的十分之一，即不超过 0.1mSv 作

为年剂量约束值。

(3) 分区

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和新建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 1 的规定。

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备(不含床旁摄影设备和便携式 x 射线设备)机房的屏蔽防护应不低于表 2 的规定。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 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。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；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”的可示警示语句；候诊区应设置放射防护注

意事项告知栏。

6.4.5 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；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.5 X射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 3 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

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

表 1 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^d m ²	机房内最小单边长度 ^e m
单管头 X 射线机 ^b （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内；
d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形面积；
e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

表 2 不同类型 X 射线装置设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向 铅当量 mmPb	非有用线束方向 铅当量 mmPb
标称 125kV 及以下的摄影机房	2.0	1.0
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

表 3 个人防护用品好辅助防护设施配置要求

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

注 1：“——”表示不要求。

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

杭州市钱塘医院位于杭州经济技术开发区下沙路 368 号，分南北两区。北区东侧为聚雅巷；南侧为通海街，隔通海街为南区；西侧为七格北路，隔路为月雅河小区；北侧为顺新街。南区东侧为河道，隔河道为幸福南路；南侧为下沙路；西侧为七格北路；北侧为海通街，隔通海街为北区。医院地理位置见附图 1。

8.2 环境电离辐射现状

根据《浙江省生态环境状况公报（2021 年）》，全省环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。 γ 辐射空气吸收剂量率和累积剂量处于当地天然本底涨落范围内。

8.3 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：本项目 DSA 机房及周边区域
- (2) 监测因子： γ 辐射剂量率
- (3) 监测点位

环境本底监测报告考虑兼顾点位现状可到达性的条件下，在 DSA 机房拟建址区域及四周布设点位。具体监测点位布置见图 8-1。评价范围内共布设了 11 个点位，所布点位能反映本项目评价范围内拟建场所的辐射环境现状水平。因此，监测点位布设是合理的。

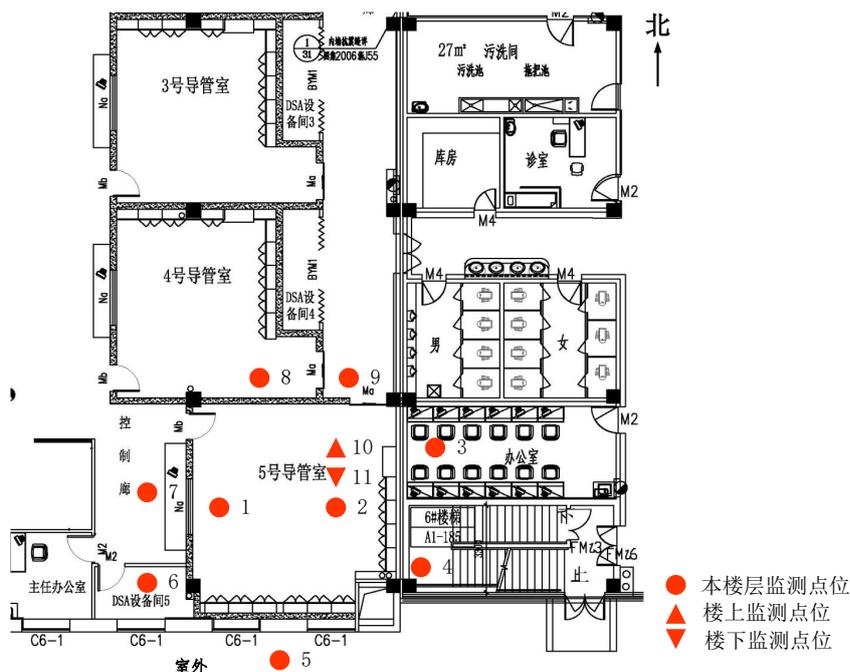


图 8-1 本项目 DSA 机房及四周辐射质量现状监测点位图

8.4 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.4.1 监测方案

(1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司

(2) 监测日期：2022 年 9 月 16 日

(3) 监测方式：现场监测

(4) 监测因子： γ 辐射剂量率

(5) 监测依据：

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

(6) 监测频次：依据 HJ 1157-2021 标准予以确定

(7) 监测方法：测量时探头距离地面约 1m，仪器读数稳定后，每个监测点测量 10 个数据取平均值。

(8) 监测工况：辐射环境本底

(9) 天气环境条件：天气：晴；温度：22℃；相对湿度：56%。

(10) 监测设备

表 8-1 监测设备参数表

仪器型号	FH 40G-L10+ FHZ 672E-10
仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
生产厂家	Thermo SCIENTIFIC
仪器编号	05035404
能量范围	40KeV~4.4MeV
测量范围	主机：10nSv/h~100mSv/h；探头：1nSv/h~100 μ Sv/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院
校准证书	2022H21-10-3832004001
检定日期	2022 年 03 月 01 日

8.3.2 质量保证措施

a 结合现场实际情况及监测点的可到达性，在项目拟建场址内和评价范围内工作人员活动区域、公众人员相对集中的区域及周边建筑布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性和可重复性，以保证监测结果的科学性和可比性。

b 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。

c 监测仪器每年定期经有资质的计量部门检定，检定合格后方可使用。

d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

e 本次监测委托浙江建安检测研究院有限公司开展，该公司持有浙江省质量技术监督局认定的检验检测机构资质认定证书（证书编号：221112050970），监测实行全过程的质量控制，严格按照公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

f 监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术总负责人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目机房及周边辐射环境现状监测结果表

监测点编号	监测点位置	监测结果（nGy/h）
1#	DSA 机房 1	125±2
2#	DSA 机房 2	125±2
3#	机房东侧办公室	142±2
4#	机房东侧楼梯间	146±2
5#	机房南侧室外绿化	125±3
6#	机房西侧设备间	106±1
7#	机房西侧控制廊	114±2
8#	机房北侧 4 号导管室	119±2
9#	机房北侧病人走廊	106±3
10#	机房上方办公室	130±2
11#	机房下方地下停车场	131±3

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；

3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 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 Dc，校准因子 k1 为 1.12，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 11nGy/h。

8.6 环境现状评价

根据监测结果可知，本项目 DSA 机房及周边室内 γ 辐射剂量率范围为 106nGy/h~146nGy/h。由《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（《中国环境天然放射性水平》罗国桢主编，中国原子能出版社，2015 年 07 月出版，P351-P354）可知浙江省陆地 γ 辐射剂量率在 11.3nGy/h~150.6nGy/h 之间，可见本项目 DSA 机房及周边 γ 辐射

剂量率全部处于当地本底水平范围之内，未见异常。

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、介入床、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。

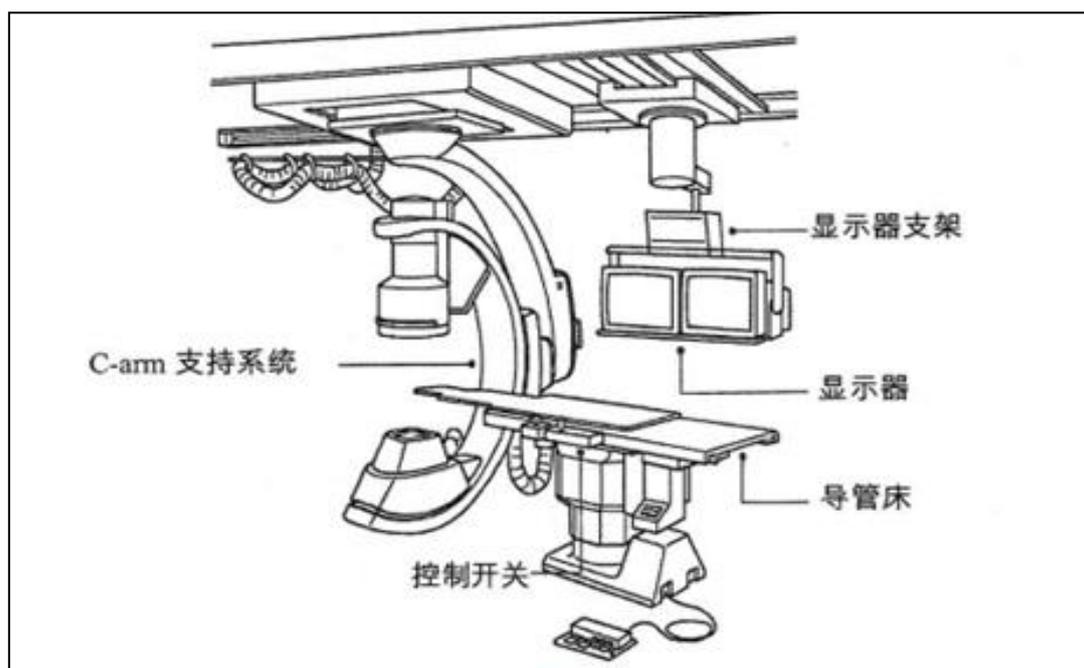


图9-1 典型DSA装置整体外观示意图

9.1.2 工作原理

产生 X 射线的装置（DSA）主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型 X 射线管结构详见图 9-2。

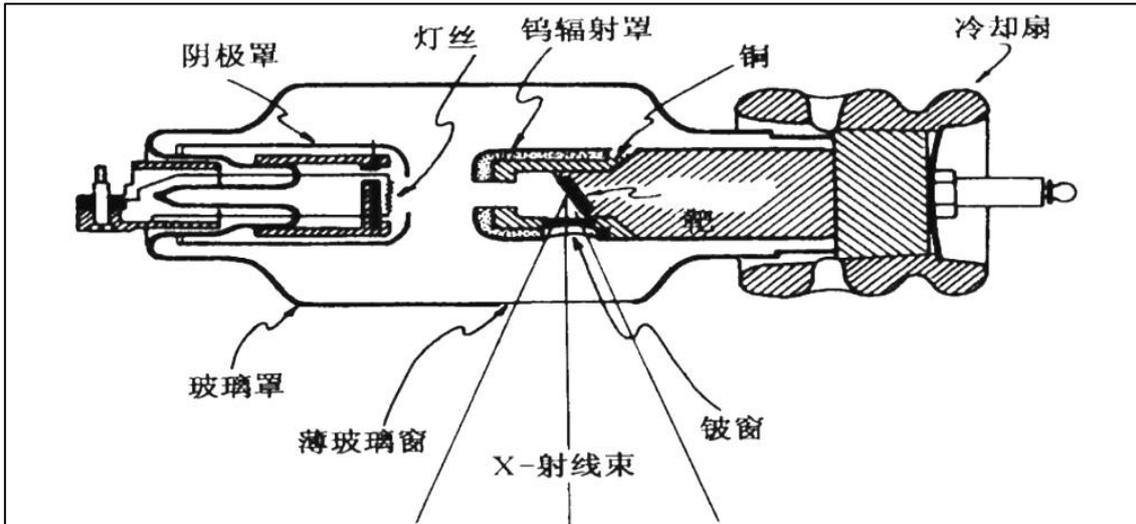


图 9-2 典型 X 射线管结构图

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、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。

9.1.3 操作流程及产污环节

(1) 操作流程

接诊患者后根据其病情确认诊疗方法，告知患者及家属采用 DSA 治疗的辐射危害。患者进入机房后，技师或护士协助摆位后离开机房（患者留下）。开启 DSA 设备，技师在控制廊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，技师在控制廊内再次减影，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（即技师在控制廊内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况。

(2) 产污环节分析

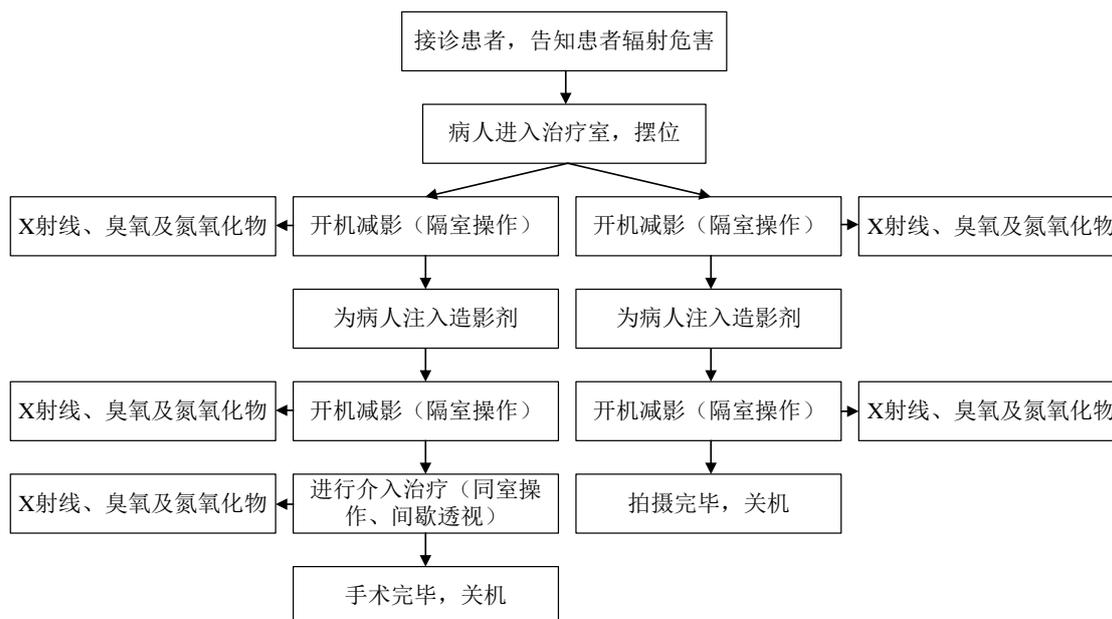


图9-3 DSA操作流程及产污环节图

DSA 为 II 类射线装置，射线装置运行时，主要污染因子为 X 射线，注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不使用胶片冲洗显影，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。射线装置操作流程及产污环节如图 9-3 所示。

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 人流、物流路径规划

本项目 DSA 路径主要是工作人员（包括医护人员、技师）路径、患者路径及污物路径，路径图见附图 3。

工作人员路径：医护人员及技师从西侧医护人员出入口经更衣间更衣后，进入控制廊，技师在控制廊内进行设备操作，手术医护人员经控制廊由 DSA 机房西侧防护门进入 DSA 机房（5 号导管室）内部进行手术。

患者路径：患者需工作人员推床从北侧病人走廊经 DSA 机房北侧防护门进入

DSA 机房内部进行手术。手术治疗结束后，患者可按原路离开。

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，手术结束后，由工作人员将污物从 DSA 机房北侧防护门运出 DSA 机房。

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况

(1) 辐射污染因子

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线随机器的开、关而产生和消失。医院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，评价因子主要为 X 射线。由于 X 射线贯穿能力强，将对工作人员、公众及周围环境造成一定的辐射污染，包含以下几种 X 射线辐射：

①有用线束

通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像或者对患者的部位进行间歇式透视。

②泄漏辐射

由靶向外从各个方向穿过辐射头泄漏出来的射线称为漏射线。漏射线遍布机架各处。

③散射辐射

当有用线束射入治疗床上的人体时，会产生散布于各个方面上的次级散射辐射，这种射线的能量和剂量率比有用线束低得多，剂量率大小决定于被照区域，初级射线能量和散射角度。

根据医院提供的资料，本项目 DSA 的技术参数见表 9-2。

表9-2 本项目DSA设备参数与工况

设备		医疗综合楼一层新增 DSA	
技术参数		管电压 125kV/管电流 1000mA	
过滤材料		2.5mmAl	
最大照射野		100cm ²	
工况模式	减影	工况下 最大常用电压 100kV 最大常用电流 500mA	0.09mGy/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
<p>注：1.参考《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1，当 2.5mmAl 作为过滤材料时，得 100kV 电压下，发射率常数为 0.09 mGy/mA·s，90kV 电压下，发射率常数为 0.075mGy/mA·s；</p> <p>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 1 mGy/h”。</p>	
<p>(2) 其他污染物</p> <p>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。</p> <p>另外，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，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。</p> <p>9.2.2 事故工况</p> <p>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：</p> <p>(1) 装置在运行时，由于门-灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；</p> <p>(2) 工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，控制廊人员启动设备，造成滞留人员的误照射；</p> <p>(3) 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。</p> <p>事故工况产生的污染物与正常工况下相同。</p>	

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（5 号导管室）建于杭州市钱塘医院医疗综合楼一层。机房六面情况（东、南、西、北、上、下）如表 10-1 所示。

表 10-1 机房周边场所布局一览表

所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
医疗综合楼一层	DSA 机房 (5号导管室)	东	办公室、楼梯间
		南	院内绿化
		西	控制廊、设备间
		北	4 号导管室、病人走廊
		楼上	办公室
		楼下	地下停车场

本项目辐射工作场所相对集中布置，主要由 DSA 机房、控制廊和设备间组成。DSA 机房设置避开了人群较多的办公场所，且 DSA 设备工作过程中产生的 X 射线经过机房实体屏蔽体屏蔽后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，对周围辐射环境及人员影响是可以接受的，因此本项目机房平面布局合理可行。

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-灯连锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

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

督区的边界。

(2) 本项目分区管理情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)等相关标准对控制区和监督区的定义,结合项目辐射防护情况,本项目辐射工作场所分区情况表 10-2,分区详见图 10-1。

表 10-2 项目“两区”划分表

场所名称	控制区	监督区
DSA 机房 (5号导管室)	机房内部	控制廊、设备间、病人走廊、东侧墙体外表面 30cm 和南侧墙体外表面 30cm

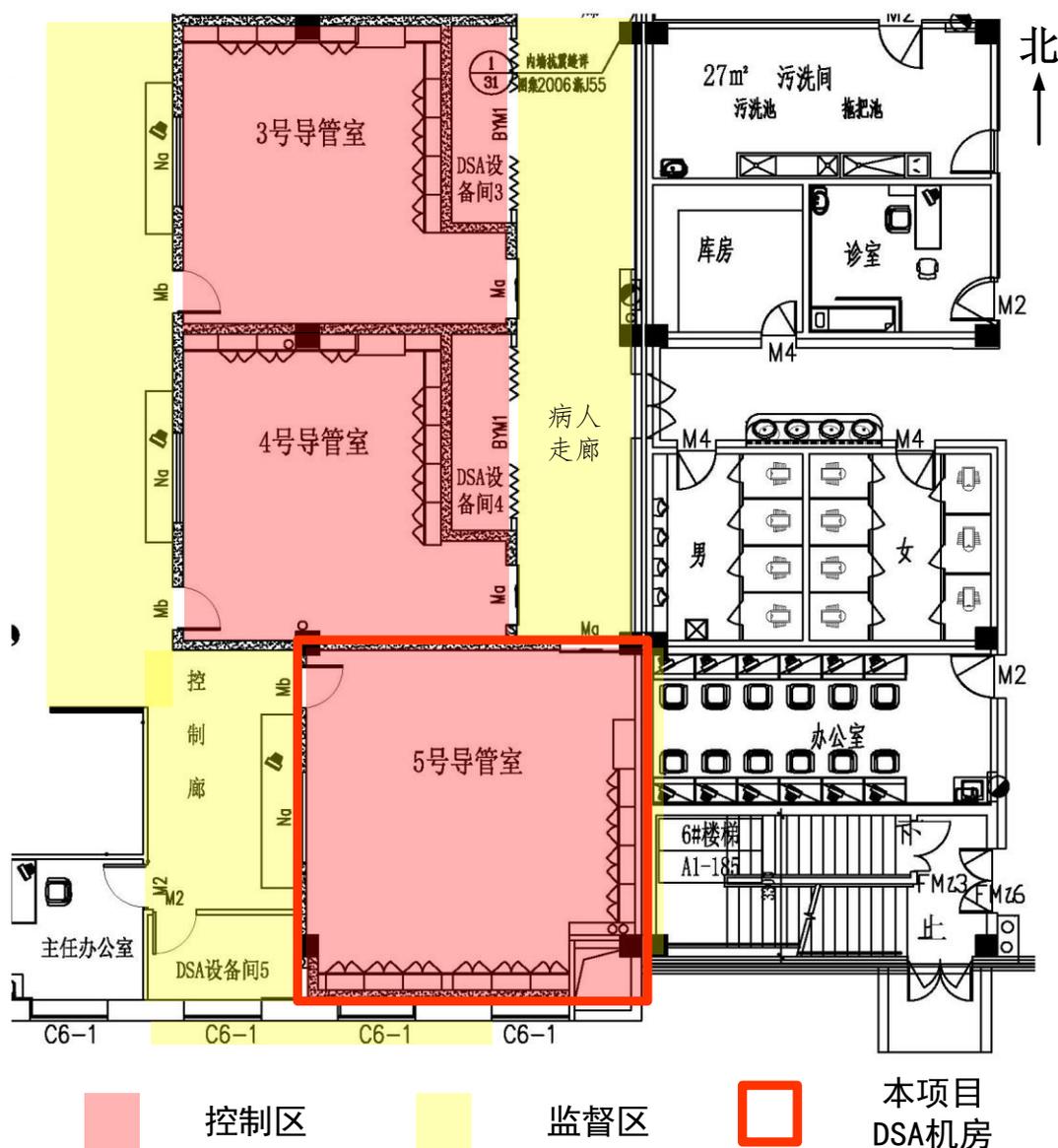


图 10-1 本项目及原有项目两区划分图

控制区通过实体屏蔽措施、警示标志等进行控制管理,在射线装置使用时,除介

入治疗的医护人员和患者外，禁止其他人员进入；监督区通过辐射危险警示标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常应立即进行整改，整改完成后方可继续使用射线装置。

10.1.3 辐射安全及防护措施

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

(1) 设备固有安全性

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

①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采取栅控技术：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和余辉，起到消除软 X 射线，提高有用射线品质并减少脉冲宽度；

③采取光谱过滤技术：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；

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，改善图像清晰度，可减少透视剂量；

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在监视器上显示，即称之为图像冻结，此技术可缩短总透视时间，达到减少不必要的照射；

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

(2) 本项目机房辐射屏蔽设计

依据建设单位提供的 DSA 机房防护设计方案，将机房各屏蔽体的主要技术参数列表分析，并根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对 X 射线机房防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度的要求，对本项目屏蔽措施进行对照分析，结果见表 10-3、表 10-4。

表 10-3 本项目辐射工作场所拟采取屏蔽防护措施分析

机房类型	防护设施	屏蔽材料及厚度（铅当量：mmPb）	标准要求	符合性评价
DSA 机房（5号）	四侧墙体	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料（4.0）	有用线束方向铅当量为 2mmPb，非有	符合

导管室)	顶棚	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡防护涂 料 (2.9)	用线束方向铅当量 为 2mmPb	符合
	地坪	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂 料 (3.6)		符合
	防护门 (2 扇)	内衬 4mm 铅板 (4.0)		符合
	观察窗	4mmPb 铅玻璃 (4.0)		符合
<p>注：1.实心砖密度为 1.65g/cm³，参考《放射防护实用手册》表 6.14，保守计算 240mm 实心砖等效 2mmPb 进行铅当量折算。</p> <p>2.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 中表 C.4，得顶棚 120mm 混凝土（主束方向）折算为 1.4mmPb 当量，地坪 120mm 混凝土（散射方向）折算为 1.6mmPb 当量。</p> <p>3.硫酸钡防护涂料密度不低于 2.79g/cm³，参考《放射防护实用手册》表 6.14，10mm 硫酸钡防护涂料等效 1mmPb 进行铅当量折算。</p>				

表 10-4 本项目机房规格与标准对照表

机房名称	拟设置情况		标准要求		符合性评价
	最小单边长度 (m)	最小有效使用 面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	最小有效使用 面积 (m ²)	
DSA 机房	7.6	60.04	3.5	20	符合

通过表 10-3、表 10-4 可知，本项目的 DSA 机房面积、最小单边长度均大于标准要求，其四侧墙体、顶棚、地坪、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上及楼下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 DSA 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

(3) 距离防护

机房将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房人员防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

(4) 时间防护

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

(5) 其他辐射安全防护措施

① DSA 机房门外设电离辐射警告标志，机房上方设有醒目的工作状态指示灯，灯

箱设有“射线有害，灯亮勿入”的可视警示语句；本项目机房门为电动推拉式，设有曝光时关闭机房门的管理措施和防夹装置；工作状态指示灯能与机房门有效关联；在监督区、控制区墙体合适位置张贴监督区、控制区警示标识。

②控制廊墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

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

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

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

⑥机房内设置对讲装置 1 套。在控制台上、介入手术床旁设置急停开关（各按钮串联并与 X 射线系统连接），一旦出现异常，按动任一个急停开关，均可停止 X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

⑦机房拟采用新风系统进行通风，进、出风口均设置于机房吊顶，保证机房内有良好的通风。设备管线等均拟穿行在地面凹槽内并上盖钢板，穿越墙体至控制廊，控制廊管线所在位置覆盖钢板。

⑧机房内不堆放与本项目诊断无关的杂物。

⑨机房候诊区设置辐射防护注意事项告知栏。

⑩DSA 机房应配备相应的防护用品与辅助防护设施，其配置要求需求按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求进行配制。

表 10-5 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	铅橡胶性腺防护围裙（方形）	——	防护铅当量为 0.5mmPb 的方巾 1	——	符合

	检者	或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子		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		
--	----	-----------------------	--	--	--	--

10.2“三废”治理措施

根据工艺分析，本项目运行期间无放射性废水、放射性废气及固体废物产生。DSA拟采用新风系统进行通风，进、出风口拟设置于机房吊顶，保证机房内有良好的通风。

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

10.3 环保措施及其投资估算

项目环保投资估算详见表 10-6。

表 10-6 本项目环保投资估算一览表

类别	环保设施措施	金额（万元）
屏蔽措施	DSA等工作用房屏蔽	35.0
安全装置	操作台、对讲装置和介入手术床旁“急停开关”装置	设备自带
	辐射工作人员配备防护铅当量为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	4.0
	患者配备防护铅当量为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	2.0
	设备配备防护铅当量为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	/
废气处理	依托医院现有新风系统	/
监测仪器	依托医院现有便携式X-γ辐射剂量监测仪	/
个人防护用品	为每名辐射工作人员配备个人剂量计	1.0
监测	委托第三方机构常规监测和自主环境保护竣工验收监测	5.0
人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训	1.0
警示标识	电离警示标识等	0.5
辐射应急	辐射应急物资、人员培训、应急演练	1.0
其他	辐射相关规章制度上墙	0.5
	合计	50

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

本项目辐射工作场所建于医疗综合楼一层南侧，施工期内容主要为机房装修（含防护涂料、铅防护门、铅玻璃窗安装，对讲以及门-灯联锁装置等安全装置安装，配套用房装修），DSA射线装置的安装调试等内容。

（1）水环境影响分析

本项目在施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，不再进行分析；施工人员产生的生活污水产量较小，经医院污水处理站处理后纳入市政污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

（2）大气环境影响分析

本项目在施工期会产生扬尘、装修废气。装修过程中会产生扬尘，通过湿法作业，外围设置围挡，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小；机房装修过程会产生少量装修废气，采用“环保型”油漆，加强通风或室内净化措施，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

（3）声环境影响分析

本项目施工期的噪声源主要是机房装修产生的噪声，针对施工期声环境影响，具体防治措施有：

合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工；优先选择低噪音设备，日常应注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态；对施工人员进场进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗。

经上述防治措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

（4）固体废物影响分析

本项目在施工期会产生装修垃圾和生活垃圾。装修垃圾应在定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

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

境影响将随之消除。

11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析

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

11.2 运营阶段对环境的影响

本项目位于医疗综合楼一层，设备尚未安装和使用，因此，对 DSA 机房辐射环境影响评价采用类比分析结合模式预测的方法进行影响分析。

11.2.1 类比分析预测对本项目周边人员的影响

(1) 类比项目可行性分析

本项目 DSA 射线装置额定参数为管电压 125kV，管电流 1000mA，主射方向朝上。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，本评价选取浙江医院分院（浙江省老年医疗中心）1 台 UNIQ FD20 型 DSA 装置（最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA，主射方向由下朝上）的竣工环境保护验收监测报告（GABG-YB18705012）进行类比评价。DSA 射线装置类比可行性分析见表 11-1。

表 11-1 DSA 射线装置类比可行性分析

类比内容		类比 DSA 机房 (浙江医院医技楼一层 DSA 机房) (PHILIPS UNIQFD20)	本项目 DSA 机房 (杭州市钱塘医院)
设备参数 (最大管电压/管电流)		150kV/1000mA	125kV/1000mA
运行工况		减影模式：75kV，682mA 透视模式：87kV，17.1mA	减影模式：100kV，500mA 透视模式：90kV，15mA
机房实际面积		38.9m ²	60.04m ²
防护设施	四侧墙体	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料
	防护门	内衬 3mm 铅板	内衬 4mm 铅板

观察窗	3mmPb铅玻璃	4mmPb铅玻璃
医生手术位	铅帘具有 0.5mm 铅当量防护水平，铅悬挂防护屏具有 0.5mm 铅当量防护水平	铅帘具有 0.5mm 铅当量防护水平，铅悬挂防护屏具有 0.5mm 铅当量防护水平

由上表可以看出，本项目DSA射线装置设备管电压参数小于类比对象，管电流参数与类比对象相当；运行电压均大于类比对象，运行电流均略小于类比对象；四侧墙体、防护门、观察窗、顶棚和地坪防护水平均优于或相当于类比对象；机房实际面积略大于类比对象，个人防护用品相当。整体上这两个项目有很好的可比性，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。

综上所述，本次选用浙江医院分院（浙江省老年医疗中心）在用1台DSA作为类比对象是可行的，本项目DSA的辐射影响可参照类比DSA监测数据。

（2）类比项目监测结果分析

类比监测结果见表11-2，类比监测点位示意图见图11-1。

表 11-2 类比 DSA 机房周围 X-γ 辐射剂量率监测结果

监测 点位 序号	监测点位描述	周围剂量当量率监测结果（nSv/h）			
		装置未运行时		装置运行时	
		平均值	标准差	平均值	标准差
减影模式检测工况：运行电压 75kV，运行电流 682mA。					
1	工作人员操作位	175	4	242	2
2	电缆地沟口外表面 30cm	177	2	240	4
3	铅玻璃 观察窗外表面 30cm（左侧）	186	2	251	3
4	铅玻璃观察窗外表面 30cm（中部）	184	4	251	2
5	铅玻璃观察窗外表面 30cm（右侧）	187	3	250	3
6	铅玻璃观察窗外表面 30cm（上端）	184	4	250	2
7	铅玻璃观察窗外表面 30cm（下端）	185	4	251	3
8	防护门 M1 外表面 30cm（左侧）	177	1	243	3
9	防护门 M1 外表面 30cm（中部）	177	3	239	2
10	防护门 M1 外表面 30cm（右侧）	175	4	250	4
11	防护门 M1 外表面 30cm（上端）	178	2	248	1
12	防护门 M1 外表面 30cm（下端）	176	1	250	4
13	防护门 M2 外表面 30cm（左侧）	185	1	200	2
14	防护门 M2 外表面 30cm（中部）	184	5	199	1
15	防护门 M2 外表面 30cm（右侧）	187	3	202	5

16	防护门 M2 外表面 30cm (上端)	181	1	0.46 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.01 ($\mu\text{Sv/h}$)
17	防护门 M2 外表面 30cm (下端)	188	2	0.34 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.02 ($\mu\text{Sv/h}$)
18	东墙外表面 30cm (左侧)	174	4	210	2
19	东墙外表面 30cm (中部)	175	2	209	2
20	东墙外表面 30cm (右侧)	173	1	216	2
21	南墙外表面 30cm (左侧)	184	3	240	3
22	南墙外表面 30cm (中部)	185	2	238	4
23	南墙外表面 30cm (右侧)	185	4	240	4
24	西墙外表面 30cm (左侧)	185	4	190	2
25	西墙外表面 30cm (中部)	185	4	201	2
26	西墙外表面 30cm (右侧)	186	2	212	3
27	北墙外表面 30cm (左侧)	175	3	213	4
28	北墙外表面 30cm (中部)	172	2	210	2
29	北墙外表面 30cm (右侧)	177	2	211	1
30	防护门 M3 外表面 30cm (左侧)	174	4	201	1
31	防护门 M3 外表面 30cm (中部)	174	3	200	2
32	防护门 M3 外表面 30cm (右侧)	173	4	199	2
33	防护门 M3 外表面 30cm (上端)	174	3	198	2
34	防护门 M3 外表面 30cm (下端)	185	2	199	3
35	防护门 M4 外表面 30cm (左侧)	186	3	200	2
36	防护门 M4 外表面 30cm (中部)	185	5	199	3
37	防护门 M4 外表面 30cm (右侧)	187	3	199	2
38	防护门 M4 外表面 30cm (上端)	186	2	199	3
39	防护门 M4 外表面 30cm (下端)	174	3	199	3
40	机房正上方距地面 30cm ^①	174	4	208	3
41	机房正下方距地面 170cm	174	2	199	2
透视模式检测工况：运行电压 87kV，运行电流 17.1mA。					
42	第一术者位 ^②	174	3	203 ($\mu\text{Sv/h}$)	2 ($\mu\text{Sv/h}$)
注：①由于类比项目验收监测时间早于《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)，因此上方监测点位取机房正上方距地面 30cm 处作为监测点位；②第一术者位监测值无铅衣隔档。					

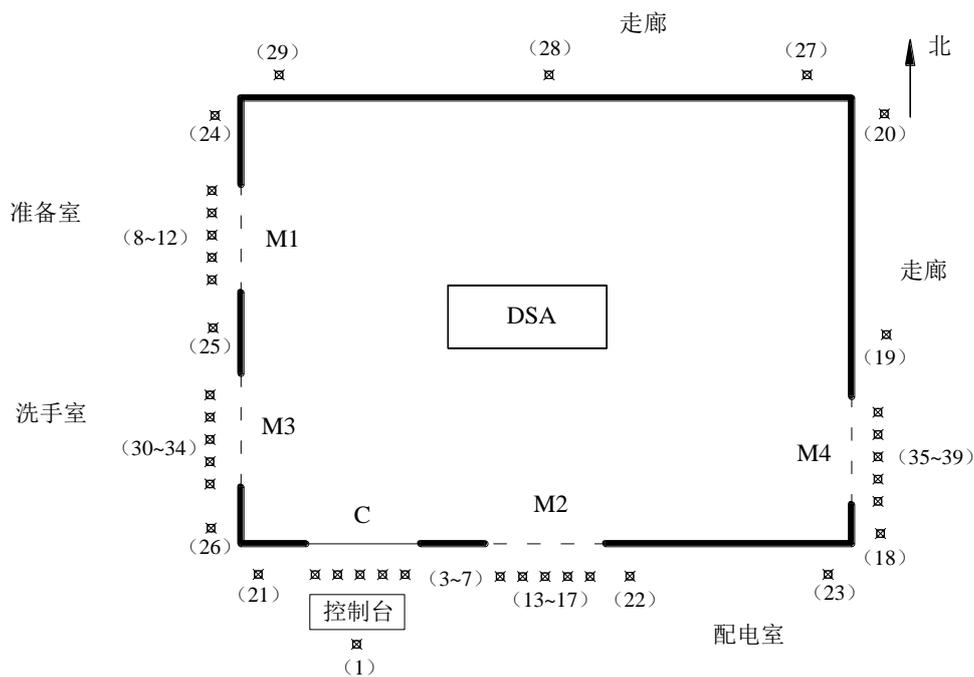


图 11-1 类比项目 DSA 机房监测点位示意图

由表 11-2 和图 11-1 可以看出：

由类比分析可知，类比 DSA 装置正常运行时机房外辐射剂量率与本底值相比未显著提高，远低于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制目标值。本项目 DSA 机房屏蔽设计整体上优于类比设备，因此，本项目正常运行时满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求的 X 射线设备机房屏蔽体外表面 30cm 处的辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求，对周围辐射环境影响在可接受范围内。

（3）本项目辐射工作人员剂量类比预测分析

根据类比 DSA 监测报告得出 X- γ 空气吸收剂量率附加值，并根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A 中公式，对各点位处公众及辐射工作人员的年有效剂量进行计算。X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量计算公式如下：

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot l \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-1})$$

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, 对于光子, Sv/Gy=1。

本项目的居留因子参照《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121—2020)选取, 具体数值见表 11-3。

表 11-3 居留因子的选取

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

根据医院预计最大工作量保守假设, DSA 每年的病手术量为 400 台, 每台手术减影曝光时间取 1min, 透视过程最大曝光时间取 20min, 工作人员介入操作过程穿戴好个人防护用品。本项目 DSA 机房拟配备医护工作人员 14 人, 其中控制廊固定配备 2 名技师轮岗。DSA 手术配备 8 名医生与 4 名护士, 共分为 4 组, 每组手术工作人员每年受到透视照射时间最大为 33.33h。

①机房外辐射工作人员年有效剂量

按上述条件, 并根据类比 DSA 监测结果的周围剂量当量率计算得到本项目 DSA 对机房外辐射工作人员所致年有效剂量见表 11-4。

表 11-4 DSA 所致本项目机房外辐射工作人员年有效剂量

本项目机房点位		类比对象点位		居留因子	X-γ 剂量率增幅 (nSv/h)	受照时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
编号	关注点位	编号	点位描述				
2#	工作人员操作位	1#	工作人员操作位	1	67	140	9.38×10^{-3}
3#	铅玻璃观察窗	4#	铅玻璃观察窗外表面 30cm (中部)	1	67		9.38×10^{-3}
4#	控制廊防护门	16#	防护门 M2 外表面 30cm (上端)	1	279		3.91×10^{-2}
5#	控制廊内	21#	南墙外表面 30cm (左侧)	1	56		7.84×10^{-3}

②机房内辐射工作人员年有效剂量

透视时，医生在机房内直接对病人进行手术操作，在近距离操作，因此 X- γ 辐射剂量率较高，身体所受辐射剂量率参照类比点位“42#第一术者位”（无铅衣隔挡），其辐射剂量率为 203 μ Sv/h。考虑防护铅衣（0.5mmPb）的情况下，依据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中式 C.1 和表 C.2，保守按 100kV（散射）情况下考虑，算得屏蔽透射因子 B 为 4.71×10^{-2} ，则医生所受的辐射剂量率为 $203 \times 4.71 \times 10^{-2} = 9.56 \mu\text{Sv/h}$ ，手术室内每组手术工作人员受照的总时间最大为 33.33h，居留因子取 1，根据式 11-1 计算得：医生在透视手术时的年有效剂量最大为 0.32mSv。

减影拍片时，保守考虑医生全部回到控制廊等待，按控制廊内 X- γ 剂量率增幅最大类比点位“16#防护门 M2 外表面 30cm(上端)”考虑，则 X- γ 剂量率增幅为 279nSv/h，受照时间为 1.67h，居留因子取 1，算得医生在减影拍片时的年有效剂量为最大为 $279 \times 1.67 \times 10^{-6} = 4.66 \times 10^{-4} \text{mSv}$ 。

根据上述计算，介入手术医生受到的总年有效剂量为 $0.32 + 4.66 \times 10^{-4} = 0.32 \text{ mSv}$ ，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。机房外辐射工作人员类比了 1#、4#、16#、21#监测点，通过类比计算，年有效剂量最大为 $3.91 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，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。

上述手术工作人员类比分析的结果是基于手术过程中医生全程位于第一术者位的假设之上，然而，在实际操作过程中，手术量会根据医生工作时间、技术水平等因素进行不均等分配，医生和护士也不会固定在第一术者位或第二术者位。因此，本项目 DSA 实际运行时对机房内工作人员的累积剂量应更小，更能够满足评价标准要求。

③辐射工作人员腕部皮肤年有效剂量估算

由于类比数据无介入术者位手部剂量率，因此介入医护人员手部剂量采用理论计算。手部受照剂量主要来自于透视操作过程设备漏射辐射和病人体表散射辐射影响。医护人员在机房内操作时，会配置铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等防护物品，其中铅悬挂防护屏铅当量按 0.5mmPb 计算，介入防护手套按 0.025mmPb 计算。

体表散射辐射和散射计算公式参考李德平、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) 病人体表散射屏蔽估算

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

式中:

H_s ——预测点处的散射剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

H_0 ——距靶 1m 处的空气比释动能率, $\mu\text{Gy/h}$;

a ——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, 因表中无 90kV 条件下的数据, 故严格按 70kV 时选取 0.005;

s ——散射面积, cm^2 , 取 100cm^2 ;

d_0 ——源与病人的距离, m, 取 0.6m;

d_s ——病人与预测点的距离, 取 0.4m;

B ——屏蔽透射因子

本项目 DSA 的透视工况取电压为 90kV, 电流为 15mA。根据《辐射防护手册》(第三分册)图 3.1, 当等效总滤过为 2.5mmAl, 电压为 90kV, 离靶 1m 处空气中的空气比释动能取值为 0.075mGy/mAs , 则透视工况距靶点 1m 处的最大剂量率为 $4.05 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$ 。

透视模式下 (90kV) 辅助防护设施 0.5mmPb+介入防护手套 0.025mmPb 的透射屏蔽因子取 0.0227。根据式 11-2, 医生手术位 (腕部) 预测点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-6。

表 11-6 医生手术位 (腕部) 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	源点到散射点距离+散射点到关注点距离	屏蔽材料及厚度	散射面积 (cm^2)	B	辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
透视	医生手术位 (腕部)	0.6m+0.4m	0.5mmPb 铅悬挂防护屏 +0.025mmPb 介入防护手套	100	0.0227	2434.6

2) 泄漏辐射剂量估算

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 ”。

泄漏辐射剂量率利用点源辐射进行计算, 医生手术位 (腕部) 点位的泄漏辐射剂

量率可用下式进行计算。

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

式中：

H_L —预测点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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

d —靶点距关注点的距离，m；

B ——屏蔽透射因子。透视模式下（90kV）屏蔽透射因子取 0.0227。

根据式 11-3，医生手术位（腕部）预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-7。

表 11-7 医生手术位（腕部）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	与源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	B	辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
透视	医生手术位 (腕部)	0.7	0.5mmPb 铅悬挂防护屏 +0.025mmPb 介入防护手套	0.0227	0.046

介入手术医生在 DSA 机房内进行介入手术时，会配置铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等防护物品，但是仍然有部分皮肤暴露在射线下受到照射，在手术过程中，手术医生腕部距离射线最近，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有效剂量的估算，根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）中的公式估算 DSA 机房手术医生年皮肤当量剂量：

$$D_s = C_{ks} \times \dot{k} \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-4})$$

$$H = D_s \cdot W_R \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

D_s —皮肤吸收剂量，mGy；

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

C_{ks} —空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数（Gy/Gy）；

t —人员累积年受照时间，h；

H ：关注点的当量剂量，mSv；

W_R ：辐射权重因数，X 射线取 1。

由表 11-6 和表 11-7 可知，DSA 机房内手术医生和护士在透视工况下手部所受的

最大空气比释动能率为 $2434.6+0.046=2434.646\mu\text{Gy/h}$ 。本项目 DSA 可近似视为垂直入射,而且是 AP 入射方式,从《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017)表 A.4 和 A.5 可查得,保守按 80kV 考虑,空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数最大为 $C_{ks}=1.156\text{mGy/mGy}$,人员累积年受照时间为 33.33h,根据式 11-4 和式 11-5 可以求得手术医生和护士手术位手部皮肤所受的年当量剂量最大为 93.81mSv,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。

综上所述,本项目辐射工作人员所受的年有效剂量均低于本环评要求的年剂量约束值,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求。

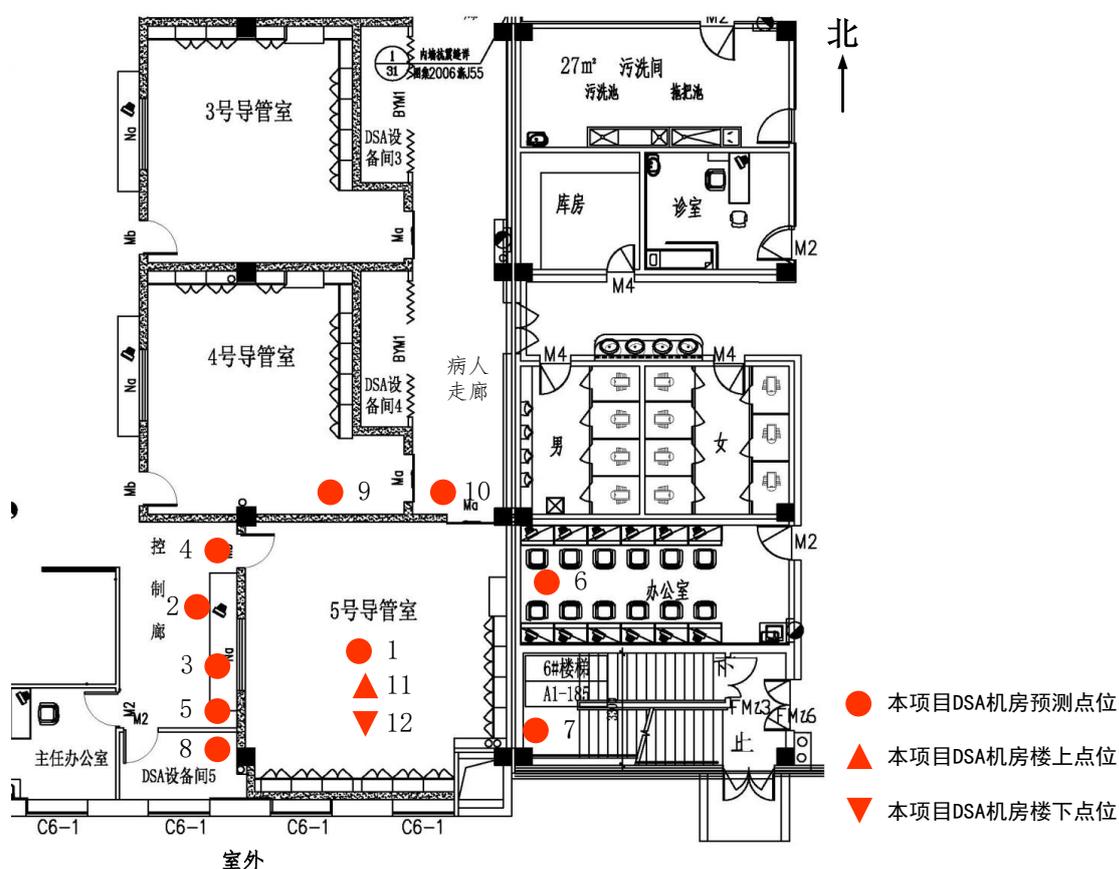


图 11-2 DSA 机房工作人员预测点位图

(4) 本项目所致公众年有效剂量类比预测分析

① 本项目所致公众年有效剂量估算

对于表 7-1 中本项目主要环境保护目标,本次采用类比预测法评价 DSA 机房周围的保护目标所受年有效剂量。对机房外(四侧墙体外区域)公众影响的辐射剂量率增幅最大处出现在“21#南墙外表面 30cm(左侧)”类比监测点位,其辐射剂量率增

幅为 56nSv/h；对于机房楼上区域公众影响参照类比监测点位“40#机房正上方距地面 30cm”，其辐射剂量率增幅为 34nSv/h；对于机房楼下区域公众影响参照类比监测点位“41#机房正下方距地面 170cm”，其辐射剂量率增幅为 25nSv/h。仅考虑距离衰减（辐射剂量率与距离的平方成反比），不考虑其他墙体的屏蔽作用，居留因子的选取同上参考表 11-3。结果如表 11-8 所示。

表 11-8 DSA 所致本项目保护目标年有效剂量

区域	保护目标		距离 (m)	类比 监测 点位	居留 因子	X-γ 辐射剂 量率增幅 (nSv/h)	年出束 时间 (h)	年有效剂 量 (mSv/a)
	编号	关注点位						
医疗 综合 楼	6#	东侧办公室公众人员	紧邻	21#	1	56	140	7.84×10^{-3}
	7#	东侧楼梯间公众人员	紧邻		1/40			1.96×10^{-4}
	8#	西侧设备间公众人员	紧邻		1/4			1.96×10^{-3}
	9#	北侧 4 号导管室非本项目辐 射工作人员	紧邻		1/2			3.92×10^{-3}
	10#	北侧病人走廊公众人员	紧邻		1/4			1.96×10^{-3}
	11#	楼上办公室公众人员	紧邻	40#	1	34		4.76×10^{-3}
	12#	楼下地下停车场公众人员	紧邻	41#	1/40	25		8.75×10^{-5}

DSA 机房周围公众人员年有效剂量最大为东侧办公室和楼上办公室公众人员，为 $7.84 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，满足本项目公众人员年有效剂量不高于 0.1mSv 的年剂量约束值要求。

(5) 人员年有效剂量叠加估算

由于本项目 DSA 机房（5 号导管室）和医院原有 DSA 机房（4 号导管室）紧邻，因此需要考虑原有 DSA 机房（4 号导管室）对本项目的辐射叠加影响。

根据医院 2021 年度辐射工作场所监测报告（GABG-XF/CF21235539-1）可知，4 号导管室机房外表面 30cm 处监测结果在 $<0.21 \mu\text{Sv/h} \sim 0.24 \mu\text{Sv/h}$ 之间，与监测报告中本底值水平相当，因此对本项目辐射工作人员和公众的辐射叠加影响可忽略不计。

11.2.2 DSA 运营期臭氧影响分析

本项目 DSA 机房拟采用新风系统进行通风，换气次数不小于 4 次/h，机房面积保守按 250m^3 计算，则通排风量为 $1000 \text{m}^3/\text{h}$ ，进、出风口拟设置于机房吊顶，产生的臭氧最终从医疗综合楼侧面排放。DSA 机房内空气中氧受 X 射线电离而产生臭氧，臭氧其产率和浓度可用下面公式分别计算。

$$Q_o = 6.5 \times 10^{-3} G \cdot S_o \cdot R \cdot g \quad (\text{式 11-6})$$

式中：

Q_o —臭氧产率 mg/h；

G —射束在距离源点 1m 处的剂量率 Gy.m²/h，本项目 DSA 取 162；

S_o —射束在距离源点 1m 处的照射面积 m²，取（最大射野 10×10cm²）0.01m²；

R —射束径迹长度 m，取 3.9m；

g —空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O³ 的分子数，本项目取 10。

经计算，臭氧产率为 4.10×10⁻¹mg/h。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C=Q_oT_v/V \quad (\text{式 11-7})$$

式中：

C —室内臭氧浓度，mg/m³；

Q_o —臭氧产率 mg/h；

T_v —臭气有效清除时间，h；

V —治疗室空间体积，本项目 DSA 机房体积约为 250m³。

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \quad (\text{式 11-8})$$

式中：

t_v —每次换气间，0.25h；

t_a —臭氧分解时间，取值为 0.83h。

根据上式计算，本项目 DSA 机房内臭气平衡浓度为 3.12×10⁻⁴mg/m³，满足臭氧室内浓度限值《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中“臭氧最高容许浓度 0.3mg/m³”的要求。臭氧可在 50 分钟后自然分解，氮氧化物只有臭氧产生额的 1/3，DSA 产生的废气排出机房后对周围环境影响很小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射事故情况

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

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

(3) 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。

11.3.2 事故影响防范措施

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

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

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

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

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

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

(7) 制定辐射事故应急预案，并定期进行演练；发现问题，及时进行整改。

11.3.3 辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关规定，医院应制定辐射事故应急预案，医院应在以后辐射工作开展过程中定期进行演练，及时进行整改。同时医院应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管和公安部门报告。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。

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

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求，使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，且至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

杭州市钱塘医院与浙江大学医学院附属邵逸夫医院实行一体化管理，由浙江大学医学院附属邵逸夫医院全权管理，杭州市钱塘医院与浙江大学医学院附属邵逸夫医院为同一套领导班子，两院工作人员统一安排管理。浙江大学医学院附属邵逸夫医院成立了放射安全与防护委员会（见附件8），全面负责浙江大学医学院附属邵逸夫医院和杭州市钱塘医院的辐射安全管理工作及相关工作，成员名单如下：

主 席：张松英

副主席：乔凯、沈水珍、胡红杰

秘书：沈水珍（兼）

专管员：沈水珍（庆春院区）、翁宁远（下沙院区）

放射安全与防护委员会在院长领导下，具体负责医院放射防护管理工作，职责如下：

1、根据国家法律和各级行政管理部門的管理规定，负责建立和完善医院放射性同位素及射线装置的管理和防护，放射性同位素的转让许可审批和安全使用、保管，放射性废物、废水的处理等工作制度。

2、负责对新建、改扩建、拆迁有关放射、防护工程进行前期可行性研究并报批卫生主管部门、生态环境部门和公安部门。

3、定期实施工作环境和相关工作人员的放射防护监测，监管、布置和检查放射性同位素与射线装置等放射防护管理工作的落实情况并完成年度评估报告。

4、组织放射诊疗工作人员接受专业技术、放射防护知识及有关规定的培训、健康检查及个人剂量检测。

5、负责各级行政部門的检查接待工作和各项问题的整改及落实。

6、组织及落实全院放射防护用品统一检测，周期为每年两次。

7、放射安全与防护委员会会议为定期会议，每季度召开一次。

8、在每年的2月、5月、8月、11月安排两院区的放射安全与防护巡查。

评价认为项目单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足本项目环保管理工作的需求。若辐射安全与环境保护管理机构成员发生变动，建设单位应及时更新、调整管理机构的人员组成。

12.1.2 辐射工作人员管理

(1) 职业健康检查

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

本项目辐射工作人员均为原有辐射人员，原有辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托有相关资质的单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案。

(2) 辐射工作人员培训

医院拥有较稳定的放射诊疗技术队伍，本项目的辐射工作人员均已参加浙江省辐射安全与防护培训学习或在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核合格，成绩均在有效期内。本项目沿用原有辐射工作人员，无新增人员。

(3) 个人剂量检测

医院辐射工作人员全部配备了个人剂量计。每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。根据医院提供的最近一个年度辐射工作人员个人剂量监测报告，有6名辐射工作人员存在个人累计剂量超标的情况，医院已进行个人剂量异常原因调查。个人剂量异常原因报告见附件10。

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

态环境主管部门档案检查的要求。

12.1.3 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用放射性同位素的单位，应当对本单位放射性同位素和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的评估报告。年度评估报告应当包括：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。年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

杭州市钱塘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。本项目建成运行后，医院应将本项目纳入年度评估报告，定期上报至发证机关。经与医院核实，医院历年未发生辐射事故。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用放射性同位素、射线装置的单位，应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，还应有完善的辐射应急措施”。

为了保护辐射工作人员、公众及环境的安全，促进辐射实践的正当性和辐射防护的最优化，规范工作人员的操作规程，根据相关法律、法规、规范的要求，杭州市钱塘医院已制定了辐射安全与防护管理制度、操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、辐射防护和安全保卫制度、突发辐射事故应急预案等管理规章制度。

杭州市钱塘医院已制定的辐射防护相关环境管理办法与制度，内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院应认真落实各项规章制度，并根据本项目特点，对已制定的相关规章制度进行更新和完善。

12.3 辐射监测

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

12.3.1 监测仪器和防护设备

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

12.3.2 监测计划

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。

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	DSA 机房四侧屏蔽墙外30cm处、顶棚30cm处，楼下170cm处及周围需要关注的监督区、机房防护门及门缝、观察窗、控制廊操作位、手术位、电缆/空调/风管穿墙处等	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	/	个人剂量当量	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 辐射应急

12.5.1 应急预案的要求

根据国务院第 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- (1) 应急机构和职责分工；

- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (4) 辐射事故的调查、报告和处理程序。

12.5.2 医院现有应急预案存在的问题与不足

医院已按相关规定制定了《放射事故与核事故应急处理预案》，对应急措施、事故后续处理等作出要求，明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。医院制定的预案包括如下内容：

- (1) 应急组织及职责；
- (2) 放射事件应急预案的启动；
- (3) 放射事件应急响应处理；

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。

辐射事故应急响应流程如图 12-1 所示。

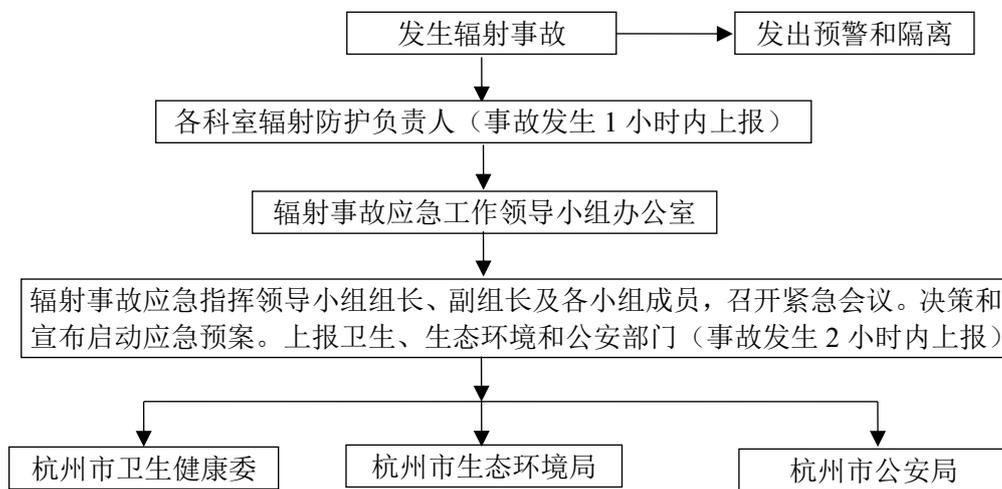


图 12-1 辐射事故应急响应流程示意图

杭州市钱塘医院制定的辐射事故应急预案较为全面，具有一定的可操作性，应急预案中还应补充以下内容：

- ① 应急机构人员职责分工；
- ② 应急人员的培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

- ③辐射事故等级划分；
- ④辐射事故调查和处理程序；
- ⑤放射事件应急预案的解除。

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。

12.5.3 辐射事故上报的要求

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》等要求，向生态环境主管部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并根据要求在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生部门报告。

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) 辐射安全防护措施结论

本项目 DSA 机房四侧墙体为 240mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料(4.0mmPb)；顶棚为 120mm 混凝土+15mm 硫酸钡防护涂料 (2.9mmPb)；地坪为 120mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料 (3.6mmPb)，防护门 (2 套) 均为内衬 4mm 铅板，观察窗为 4.0mmPb 铅玻璃，屏蔽厚度满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 的要求。

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

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

(2) 辐射安全管理结论

医院已成立了放射安全与防护委员会，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；

医院已对辐射工作人员进行了职业健康监护和个人剂量监测，并建立了个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

本项目辐射安全管理措施符合相关管理要求。

13.1.2 环境影响分析结论

(1) 根据类比计算分析，DSA 机房四侧屏蔽体、地面、顶棚、地坪及观察窗外辐射剂量率均能满足本次评价采用的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的目标控制值，对周围环境影响较小。

(2) 经计算，本项目 DSA 机房内职业人员和周围工作人员、公众可能受到的最大年有效剂量均满足本次评价提出的 5mSv 和 0.1mSv 的年剂量约束值的要求。

(3) DSA 机房内产生的臭氧和氮氧化物经机房内通排风系统排出，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) 实践正当性结论

医院实施本项目,目的在于开展放射诊疗工作,最终是为了治病救人,在项目运行时采取了相应的屏蔽、个人防护和辐射安全管理等措施,其获得的利益远大于辐射所造成的损害,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

(3) 选址的合理性结论

①土地利用规划符合性

本项目所在地块位于杭州市江干区下沙中心城区控规单元(JS04),本项目选址在医院规划的医疗用房内,属于规划的允许建设区范围内,符合杭州市钱塘新区经济技术开发区土地利用总体规划,用地性质为医院用地(A5)。

②《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》符合性

本项目位于“江干区下沙城镇生活重点管控单元”,环境管控单元编码为ZH33010420001,符合杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案的要求,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”的要求。

③污染物达标排放符合性

经辐射环境影响预测表明,本项目运营过程中产生的电离辐射和废气经采取一定的辐射防护和治理措施后,对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的,可以做到达标排放。

④选址合理性分析结论

本项目为核技术利用项目,位于医院医疗综合楼一层,本项目拟建辐射工作场所

实体边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑物、内部道路和广场等。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后，对周围环境与公众造成的影响是可接受的，故本项目的选址是合理的。

(4) 项目可行性结论

综上所述，杭州市钱塘医院 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辐射管理、辐射防护措施后，其运行时对周围环境和人员的影响能够满足辐射环境保护相关标准的要求，因此从环境保护和辐射安全角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

医院应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

13.2.2 承诺

(1) 医院承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

(2) 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。

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

(4) 医院承诺严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

(5) 医院承诺本项目环评审批后，及时重新申领辐射安全许可证。

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