

编号：ZFHK-FB22220132

核技术利用建设项目

浙江大学医学院附属第二医院

DSA射线装置扩建项目

环境影响报告表

(报批稿)

浙江大学医学院附属第二医院

2022年12月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

浙江大学医学院附属第二医院

DSA射线装置扩建项目

环境影响报告表

建设单位名称：浙江大学医学院附属第二医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市上城区解放路 88 号

邮政编码：310000

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.....	9
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.....	19
表 9 项目工程分析与源项.....	22
表 10 辐射安全与防护.....	27
表 11 环境影响分析.....	33
表 12 辐射安全管理.....	45
表 13 结论与建议.....	50
表 14 审批.....	54

## 附图

附图 1 地理位置图

附图 2 周边环境关系示意图

附图 3 总平面布置图

附图 4 3B 号楼（放射楼）一层局部平面布置图

附图 5 3B 号楼（放射楼）二层局部平面布置图

附图 6 原 3B 号楼（放射楼）二层局部平面布置图

附图 7 本项目 DSA 机房平面布置图

附图 8 3B 号楼（放射楼）三层局部平面布置图

附图 9 杭州市市辖区环境管控单元分类图

## 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 原有项目环评批文

附件 5 原有项目验收批文

附件 6 环境本底监测报告

附件 7 周边射线装置机房工作场所监测报告

附件 8 辐射安全管理委员会成立文件

附件 9 辐射安全与防护管理制度

附件 10 放射（辐射）事故应急管理预案

附件 11 个人剂量监测结果及体检结果汇总表

附件 12 培训证书（部分）

附件 13 国有土地使用证

附件 14 专家意见及修改说明

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		浙江大学医学院附属第二医院 DSA 射线装置扩建项目			
建设单位		浙江大学医学院附属第二医院			
法人代表	王伟林	联系人	**	联系电话	*****
注册地址		浙江省杭州市上城区解放路 88 号			
项目建设地点		浙江省杭州市上城区解放路 88 号 3B 号楼（放射楼）二层			
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 type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m <sup>2</sup> )	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			

**1.1 项目概述**

**1.1.1 建设单位概况**

浙江大学医学院附属第二医院（简称“浙大二院”）创建于 1869 年，是浙江省西医发源地，全国首批三级甲等医院。连续两年位居三级公立医院绩效考核全国前十，“自然指数”全球百强、全国第四；是 G20 杭州峰会医疗保障定点单位及驻点单位。

浙大二院现有国家临床重点专科 14 个、国家重点学科 2 个，除首批国家区域医疗中心建设单位(心血管病、创伤、骨科(培育)、神经疾病(培育))外，眼科、肿瘤、烧伤科、呼吸内科、重症医学科、麻醉科、健康管理、核医学科、超声医学科等均为优势学科，多个专科长期位列复旦排行榜前十。医院拥有 973 首席科学家及杰青、

长江学者、“四青”等国家级高层次人才数十人，始终围绕重大临床难题，探索基础与临床深度融合创新，建有国内最大规模从基础到临床的完整科研链及专病研究所；率先探索形成“医-学-政-企”多方高效合作“创新中心”机制，获国家科学技术进步奖 9 项，国家基金项目中标数连续 11 年蝉联浙江省医院榜首，2021 年全国第 2。以重大疾病综合救治和医疗质量精细化管理闻名海内外。树立经导管心脏瓣膜置换“杭州方案”、微小切口复杂白内障手术、大肠肿瘤规范诊治及群体重度创伤救治等全国标杆，儿童肝移植围手术期存活率居国际领先水平；全国率先全面开展日间手术和快速康复，发起并倡导“效率医疗”发展路径，是国内效率最高的大型综合性公立医院之一，也是广受认可的全国“互联网+医疗”的先行者和医疗精准帮扶的领跑者。

### 1.1.2 建设目的和任务由来

为满足治疗的需要，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，浙江大学医学院附属第二医院拟将 3B 号楼（放射楼）二层示教室、内走廊及更衣换鞋区等区域改建为 DSA 手术区，并建设 1 间 DSA 机房及配套功能用房，并新增 1 台 DSA，型号为 UNIQ 20C 最大管电压为 125kV，最大管电流为 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），本项目 DSA 设备属于血管造影用 X 射线装置的分类范围，应为 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），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，浙江大学医学院附属第二医院委托中辐环境科技有限公司开展“浙江大学医学院附属第二医院 DSA 射线装置扩建项目”（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：建设单位拟于 3B 号楼（放射楼）二层部分区域进行改造并建设 1 间 DSA 机房。DSA 机房内新增使用 1 台 DSA，型号为 UNIQ 20C，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，属 II 类射线装置，本项目建设规模见表 1-1。

表 1-1 本项目建设规模汇总表

序号	名称	型号	数量	拟安装位置	主射方向	类别	额定参数	备注
1	DSA	UNIQ 20C	1 台	3B 号楼（放射楼） 二层 DSA 机房	由下向上	II类	125kV/1000mA	新增

(1) 工作负荷及人员配备

根据医院提供的资料，本项目 DSA 年最大手术量为 800 台。DSA 主要开展心内科介入手术，因每台手术患者和手术要求不同，1 台手术中 DSA 的减影时间和透视时间也不大相同。本项目按照 1 台手术常规出束时间考虑，即减影时间按 1 分钟，透视时间按 20 分钟进行估算，则 DSA 减影过程年总曝光时间均为 13.3h，透视过程年总曝光时间均为 266.7h。DSA 最大运行工况和工作负荷详见表 1-2。

本项目 DSA 拟配备工作人员 14 名，均为现有辐射人员调配而来，负责本项目 1 台 DSA 操作，且兼任其余 DSA 设备的手术。人员包括手术医生 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，控制廊内固定配置 2 名技师，每台手术配备 2 名手术医生和 1 名护士，每组手术医生或护士年手术台数不大于 200 台，则介入医护人员透视最大年照射时间为 66.7h，减影最大年照射时间为 3.3h。工作人员每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

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)	每组医护年最大受照射时间 (h)	单个技师年最大受照射时间 (h)	年出束时间 (h)
DSA	800 台	减影	100kV, 500mA	13.3	3.3	13.3	280
		透视	90kV, 15mA	266.7	66.7	266.7	

备注：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 200 台，即每组手术医生透视过程年最大受照时间不超过 66.7h。

## 1.2 项目选址及周边环境保护目标

### 1.2.1 项目地理位置

浙江大学医学院附属第二医院位于浙江省杭州市上城区解放路 88 号，医院东侧是直大方伯路、东河，隔路为东河家园；南侧为解放路，隔路为天工艺苑及天清城市酒店；西侧是马市街，隔马市街为小营巷社区；北侧是方谷园路，隔路为小营巷社区和银枪新村。

项目地理位置见附图 1，周边环境关系见附图 2。

## 1.2.2 项目周边环境关系

### 1.2.2.1 项目机房与外部建筑四至环境关系

3B 号楼（放射楼）共 5 层，均为地上建筑，本项目 DSA 机房位于 3B 号楼（放射楼）二层。3B 号楼东侧距 DSA 机房约 8m 处为 6 号楼，约 138m 处为东河；南侧 48m 处为解放路，隔路距 DSA 机房约 83m 处为天工艺苑及天清城市酒店；西侧距 DSA 机房约 14m 处为 8 号楼，隔马市街距机房约 160m 处为小营巷社区；北侧距 DSA 机房约 34m、37m、73m 处分别为 2 号楼和 1 号楼及方谷园路，隔方谷园路距机房约 76m 处为银枪新村；项目周围环境详见附图 2，医院总平面布置图见附图 3。

### 1.2.2.2 项目机房四至环境关系

本项目 3B 号楼 DSA 机房东侧为控制廊，南侧为会议室，西侧为过道和术前准备，北侧为原有 DSA 机房，机房上方为 2#CT 机房及其控制室，下方为 X 射线 3 号机房。本项目 DSA 机房平面布局详见附图 6。

## 1.2.3 相关规划及选址合理性分析

### （1）总体规划符合性

目前，《杭州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》未获得批准，本次评价仅分析本项目与《杭州市城市总体规划（2001-2020 年）》（2016 年修订）符合性。

根据《杭州市城市总体规划（2001-2020 年）》（2016 年修订），杭州市坚持“城市东扩，旅游西进，沿江开发，跨江发展”的空间策略，延续“一主三副六组团六条生态带”的空间结构。其中“一主三副”即主城和江南城、临平城和下沙城三个副城。本项目位于上城区解放路 88 号，属于规划中的主城，主城以疏解人口、降低居住密度为重点，增加公共开敞空间及公共服务设施配套，推进城中村改造、危房改造，提升居住环境品质。本项目为医疗服务项目，为城市居民提供医疗卫生服务，可方便人民享受便利的基本公共服务，有利于促进社会服务、基础设施建设等城市功能的建设完善，与规划是相符的。

### （2）土地利用规划符合性

本项目所在地块位于杭州市上城区解放路 88 号，本项目选址在院区现有的医疗用房内，属于规划的允许建设区范围内。

### （3）杭州市生态环境分区管控方案符合性

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“上城区城镇

生活重点管控单元，环境管控单元编码为 ZH33010210004”。该单元空间布局引导为：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。本项目不涉及污染物总量，各污染物经本项目提出的防护措施治理后均可达标排放，符合污染物排放管控要求；本项目为医院核技术利用项目，属于医疗服务项目，不属于工业项目，也不属于噪声、恶臭油烟等污染排放较大的建设项目，资源利用效率较高，符合环境风险防控和资源开发效率要求。因此项目符合杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案的要求。

#### （4）污染物达标排放符合性

经下文环境影响预测，本项目运营过程中污染物达标。

#### （5）选址合理性分析

本项目用地属于医疗卫生用地，拟建 DSA 机房辐射工作场所位于 3B 号楼（放射楼）二层，用房性质为医疗用房，项目周围无环境制约因素。项目建设符合《杭州市城市总体规划（2001-2020 年）》（2016 年修订）、土地利用总体规划、《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》和国家产业政策。本项目拟建 DSA 机房实体边界外 50m 评价范围主要为医院内部的建筑物和道路，无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等其他环境敏感区。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。

### 1.2.4 “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），“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单”，项目建设应强化“三线一单”约束作用。

#### （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》和浙江省生态保护红线图，项目所在地属于“上城区城镇生活重点管控单元，环境管控单元编码为

ZH33010210004，未涉及杭州市生态保护红线。

### (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  $\gamma$  辐射剂量属于正常本底范围。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，不会突破环境质量底线。

### (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，因此不会突破资源利用上线。

### (4) 生态环境准入清单

本项目位于“上城区城镇生活重点管控单元”（ZH33010210004），本项目属于核技术利用项目，不属于高污染、高能耗工业，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。

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。

## 1.2.5 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 利用符合《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）第一类——鼓励类>>十三、医药>5、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。因此，本项目符合国家产业政策要求。

## 1.2.6 “四性五不准”符合性分析

对照《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）中的第九条“环境保护行政主管部门审批环境影响报告书、环境影响报告表，应当重点审查建设项目的环境可行性、环境影响分析预测评估的可靠性、环境保护措施的有效性、环境影响评价结论的科学性等”及第十一条“建设项目有下列情形之一的，环境保护行政主管部门应当对环境影响报告书、环境影响报告表作出不予批准的决定”，本项目与

“四性五不批”相符性分析如下。

表 1-3 本项目与“四性五不批”符合性分析

内容		建设项目情况	符合性
四性	建设项目的环境可行性	本项目符合总体规划、土地利用规划的要求，不触及生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，不在负面清单内，因此符合建设项目的环境可行性。	符合
	环境影响分析预测评估的可靠性	本项目环境影响分析预测依据国家相关规范及建设项目的设计资料进行影响分析，符合环境影响分析预测评估的可靠性。	符合
	环境保护措施的有效性	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。本项目采取的环境保护措施有效。	符合
	环境影响评价结论的科学性	本项目选址合理，采取的环境保护措施合理可行，排放的污染物符合国家、省规定的污染物排放标准，因此本项目符合环境影响评价结论的科学性。	符合
五不批准	(一) 建设项目类型及其选址、布局、规模等不符合环境保护法律法规和相关法定规划	本项目选址、布局符合国家产业政策，符合“杭州市三线一单”生态管控要求，符合环境保护法律法规和相关法定规划。	不属于不予批准情形
	(二) 所在区域环境质量未达到国家或者地方环境质量标准，且建设项目拟采取的措施不能满足区域环境质量改善目标管理要求	根据《2021年度杭州市生态环境状况公报》，杭州市区臭氧(O <sub>3</sub> )略超过《环境空气质量标准》(GB3095-2012)修改单二级标准，属于不达标区。为改善区域大气环境质量，杭州市出台《杭州市重点领域机动车清洁化三年行动方案(2021-2023年)》，强化实施《杭州市大气污染防治日常工作机制(试行)》，本项目采取优化流程等方式减少臭氧产生，且臭氧很快分解，以上措施能满足区域环境质量改善目标管理要求。	不属于不予批准情形
	(三) 建设项目采取的污染防治措施无法确保污染物排放达到国家和地方排放标准，或者未采取必要措施预防和控制生态破坏	建设项目采用的污染防治措施可确保污染物排放达到国家排放标准	不属于不予批准情形
	(四) 改建、扩建和技术改造项目，未针对项目原有环境污染和生态破坏提出有效防治措施	本项目为核利用项目，不存在原有辐射影响。	不属于不予批准情形
	(五) 建设项目的环境影响报告书、环境影响报告表的基础资料数据明显不实，内容存在重大缺陷、遗漏，或者环境影响评价结论不明确、不合理	本项目根据建设单位提供的基础资料，按照现行导则进行编制，不存在基础资料数据明显不实，内容存在重大缺陷、遗漏，或者环境影响评价结论不明确、不合理等情况。	不属于不予批准情形

### 1.3 原有核技术利用项目许可情况

#### 1.3.1 原有核技术利用项目许可情况

浙江大学医学院附属第二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[A0120]（见附件3）；发证日期：2020年12月30日，有效期至：2023年12月13日；许可种类和范围使用V类放射源，使用II类、III类射线装置，生产、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

#### 1.3.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

建设单位放射性同位素及放射性装置许可情况详见表1-4~1-6。

表 1-4 医院原有核技术应用项目射线装置清单

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	许可证情况
1	PHILIPSDR	III类	1	D.D.CS	150	800	放射诊断	1号机房	已上证
2	东软肠胃机	III类	1	NX500	150	800	放射诊断	2号机房	已上证
3	PHILIPSDR	III类	1	DDVS-TH	150	800	放射诊断	3号机房	已上证
4	PHILIPSDR	III类	1	DDVS	150	800	放射诊断	4号机房	已上证
5	PHILIPSDR	III类	1	D.D.CS	150	800	放射诊断	5号机房	已上证
6	普通 X 光机	III类	1	AXIOM Luminos dRF	150	800	放射诊断	备用机房	已上证
7	CT	III类	1	uCT 550	150	800	放射诊断	8号机房	已上证
8	GE 钼靶	III类	1	SENOGRAPHY	40	300	放射诊断	8号机房	已上证
9	牙科全景机	III类	1	OP100	150	500	放射诊断	8号机房	已上证
10	VILLA 胃肠机	III类	1	MERCURY332	150	800	放射诊断	9号机房	已上证
11	16排 X 线 CT	III类	1	SENSITATION	150	800	放射诊断	1号机房	已上证
12	4排 X 线 CT	III类	1	VOLUMN	150	800	放射诊断	2号机房	已上证
13	40排 X 线 CT	III类	1	Somatom/definition/AS	150	800	放射诊断	3号机房	已上证
14	大口径 CT	III类	1	LightspeedRT16	150	800	放射诊断	4号机房	已上证
15	DSA	II类	1	Allura Xper FD 20	125	1100	放射诊断和介入治疗	5楼	已上证
16	DSA	II类	1	Allura Xper FD10	125	1100	放射诊断和介入治疗	5楼	已上证
17	PHILIPSDR	III类	1	D.D.TH	150	800	放射诊断	3楼 311	已上证
18	新双源 CT	III类	1	Somatom/definition/flash	150	800	放射诊断	3楼	已上证
19	CT	III类	1	SOMATOM Force	150	800	放射诊断	CT 机房	已上证
20	PHILIPSDR	III类	1	D.D.TH	150	800	放射诊断	6号机房	已上证
21	直线加速器	II类	1	Oncor	15MV		放射治疗	地下 2 楼	已上证
22	DR	III类		Definium6000	150	800	放射诊断	一楼	已上证
23	西门子小 C 臂	III类	1	POLYMOBIL	125	300	放射诊断和介入治疗	手术室	已上证
24	飞利浦 C 臂机	III类	1	BVLibra	125	300	放射诊断和介入治疗	手术室	已上证

							疗			
25	飞利浦 C 臂机	III类	1	BVLibra	125	300	放射诊断和介入治疗	门诊楼	手术室	已上证
26	C 臂机	III类	1	BVLibra	125	300	放射诊断和介入治疗		手术室	已上证
27	X 线泌尿床	III类	1	X 线泌尿床	150	800	放射诊断		手术室	已上证
28	数字全景机	III类	1	数字全景机	150	500	放射诊断		保健体检中心	已上证
29	口内 X 光机	III类	1	SIGMA-FOCUS	70	7	放射诊断		2 楼	已上证
30	X 线骨密度仪	III类	1	PRODIGY	90	5	放射诊断		2 楼	已上证
31	飞利浦肠胃机	III类	1	EasyDiagnost	150	800	放射诊断		4 楼	已上证
32	ERCP	III类	1	ProxiDiagnost N90	150	800	放射诊断		7 楼	已上证
33	医用津岛床边机	III类	1	MC125L	125	500	放射诊断		移动使用	已上证
34	医用津岛床边机	III类	1	MU125P	125	500	放射诊断		移动使用	已上证
35	GE 床边机	III类	1	TMX	125	320	放射诊断		移动使用	已上证
36	西门子床边机	III类	1	SM-50HF-B-D	125	320	放射诊断		移动使用	已上证
37	PHILIPSDR	III类	1	D.D.TH	150	800	放射诊断		保健中心 3 楼	已上证
38	模拟定位机	III类	1	SIMVIEW3000	120	800	放射诊断	3 号楼 1 楼	已上证	
39	直线加速器	II类	1	TRILOGY	10MV		放射治疗		已上证	
40	医用西门子床边机	III类	1	POLYMOBIL	125	500	放射诊断	门诊楼	已上证	
41	医用津岛床边机	III类	1	MU126P	125	500	放射诊断	门诊楼	已上证	
42	回旋加速器	II类	1	CYTRISHM-12S	8~17MeV		生产放射性药物	脑科中心地下二楼	已上证	
43	钼靶机	III类	1	Hologicselemlia	150	300	放射诊断	放射科 1 楼 2 号机房	已上证	
44	CT	III类	1	OptimaCT540	140	450	放射诊断	放射科 6 楼 6 号机房	已上证	
45	小动物 PETCT	III类	1	小动物 PETCT	130	1	放射诊断	放射楼	已上证	
46	牙科摄片装置	III类	1	SM-X-28	75	30	放射诊断	门诊 2 楼	已上证	
47	牙科摄片装置	III类	1	X550	80	10	放射诊断	门诊 2 楼	已上证	
48	DSA	II类	1	PHILIPSD20	125	1100	放射诊断和介入治疗	放射科 2 楼 11 号机房	已上证	
49	DSA	II类	1	PHILIPSCV9	150	1000	放射诊断和介入治疗	放射科 2 楼 12 号机房	已上证	
50	DSA	II类	1	PHILIPSD20	125	1100	放射诊断和介入治疗	脑科中心 5 楼 4 号机房	已上证	
51	DSA	II类	1	BiplaneMN	160	1250	放射诊断和介入治疗	脑科中心 5 楼 5 号机房	已上证	

表 1-5 医院原有放射源使用情况

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
1	<sup>22</sup> Na	3.7 × 10 <sup>6</sup> Bq × 1	V 类	使用	敷贴器	6 号楼负二楼 PETCT 中心	专用贮存室	已上证

2	<sup>68</sup> Ge	2.1×10 <sup>7</sup> Bq×1	V类	使用	刻度/校准源	6号楼负二楼PETCT中心	专用贮存室	已上证
3	<sup>68</sup> Ge	1.48×10 <sup>8</sup> Bq×1	V类	使用	刻度/校准源	6号楼负二楼PETCT中心	专用贮存室	已上证
4	<sup>68</sup> Ge	5.55×10 <sup>7</sup> Bq×2	V类	使用	刻度/校准源	6号楼负二楼PETCT中心	专用贮存室	已上证
5	<sup>68</sup> Ge	1.11×10 <sup>8</sup> Bq×1	V类	使用	刻度/校准源	6号楼负二楼PETCT中心	专用贮存室	已上证
6	<sup>68</sup> Ge	3.7×10 <sup>7</sup> Bq×1	V类	使用	刻度/校准源	6号楼负二楼PETCT中心	专用贮存室	已上证

表 1-6 医院原有放射同位素使用情况

序号	核素名称	理化性质	活动种类	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	备注
1	<sup>99m</sup> Tc	液态, 半衰期 6.02h,	使用	5.55×10 <sup>8</sup>	1.33×10 <sup>13</sup>	一般器官显像	很简单操作	ECT 内使用	根据使用量订购, 暂存于通风柜中	已上证
2	<sup>131</sup> I	液态, 物理半衰期 8.02d	使用	3.7×10 <sup>8</sup>	3.55×10 <sup>11</sup>	甲状腺治疗	简单操作			
3	<sup>89</sup> Sr	液态, 半衰期 50.53d	使用	2.96×10 <sup>7</sup>	2.84×10 <sup>10</sup>	肿瘤骨转移治疗	简单操作			
4	<sup>153</sup> Sm	液态, 半衰期 46.8h	使用	2.96×10 <sup>8</sup>	1.42×10 <sup>11</sup>	肿瘤骨转移治疗	简单操作			
5	<sup>32</sup> P	液态, 半衰期 14.3d	使用	4.40×10 <sup>7</sup>	5.28×10 <sup>9</sup>	血液系统疾病治疗	简单操作			
6	<sup>18</sup> F	液态, 半衰期 109.8min	生产和使用	5.60×10 <sup>8</sup>	1.40×10 <sup>13</sup>	PET 显像	很简单操作	PET 内使用, 回旋加速器生产	根据使用量生产, 不暂存	已上证
7	<sup>68</sup> Ge ( <sup>68</sup> Ga )	液态, 半衰期 270.8d	生产和使用	3.7×10 <sup>6</sup>	4.44×10 <sup>10</sup>	PET 显像	简单操作			
8	<sup>11</sup> C	液态, 半衰期 20min	生产和使用	1.90×10 <sup>8</sup>	4.75×10 <sup>12</sup>	PET 显像	简单操作			
9	<sup>13</sup> N	液态, 半衰期 10min	生产和使用	7.40×10 <sup>7</sup>	1.85×10 <sup>12</sup>	PET 显像	简单操作			
10	<sup>125</sup> I	液态, 半衰期 60.14d	使用	2.3×10 <sup>4</sup>	5.6×10 <sup>7</sup>	放免实验	很简单操作	放免实验室		
11	<sup>68</sup> Ga	液态, 半衰期 68.3min	使用 ( 淋洗 )	7.40×10 <sup>7</sup>	3.55×10 <sup>10</sup>	心肌显像	简单操作	PET 内使用, <sup>68</sup> Ge 发生器洗脱	发生器每月订购 1 次, 贮存于 PET 中心分装柜内	已上证
12	<sup>125</sup> I ( 粒子源 )	固态, 半衰期 60.14d	使用	1.665×10 <sup>7</sup>	9.99×10 <sup>11</sup>	肿瘤治疗	很简单操作	放射科 3 楼、急诊中心 5 楼手术室当天使用	外购, ECT 储源室贮存	已上证

#### 1.4 现有射线装置管理情况

(1) 医院已成立了放射(辐射)防护安全管理委员会, 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。

医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

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

(2) 医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，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 2020 年第四季度~2021 年第三季度（4 个检测周期）个人剂量检测统计结果表明，全院现有辐射工作人员年累积受照剂量均不超过职业年剂量约束值 5mSv。个人剂量检测结果及体检结果汇总表见附件 11。

(3) 医院拥有较稳定的放射诊疗技术队伍，本项目辐射工作人员拟从现有辐射工作人员中调用，医院现有辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训并培训合格。本项目辐射工作人员拟从现有辐射工作人员中调用。

(4) 医院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职业健康体检，在岗期间体检周期不超过 2 年。根据医院提供的职业健康体检报告，在岗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均实行“两区”管理，划分明确的监督区和控制区；控制区入口设置有电离辐射警示标识；现有辐射设备辐射安全防护措施在竣工验收时已进行查验，通过环保验收，且每年均进行检查并委托有资质单位进行场所检测，近三年监测结果均满足标准要求，医院现有辐射工作场所辐射安全防护措施满足要求。

(6) 医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据浙大二院提供的监测报告，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（辐射）事故应急管理预案》，医院每年均定期开展辐射事

故应急演练，并对演练结果进行总结，及时进行完善和修订《放射（辐射）事故应急管理预案》。经医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

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、放射源、非密封放射性物质工作场所防护状况、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，并及时提交至发证机关。

## 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
	无									

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
	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	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	UNIQ 20C	125kV	1000mA	影像诊断和介入治疗	3B 号楼 (放射楼) DSA 机房	新购

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

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	通过排风系统接入大楼总排风管，由楼顶排放

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg；

2、含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）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) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 709 号修订, 2019 年 3 月 2 日起施行);</p> <p>(7) 《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>(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;</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法(2021 年修订版)》, 2021 年 1 月 4 日公布并施行;</p> <p>(10) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》(环境保护部国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号, 2017 年), 自 2017 年 12 月 5 日起施行;</p> <p>(11) 《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>(12) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》(2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布, 根据 2014 年 3 月 13 日浙江省人民政府令第 321 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省林地管理办法〉等 9 件规章的决定》第一次修正, 根据 2018 年 1 月 22 日浙江省人民政府令第 364 号公布的《浙江省</p>
------------------	---

	<p>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>（13）《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>（14）《浙江省生态环境保护条例》（2022 年 8 月 1 日起施行）；</p> <p>（15）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>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 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>（6）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>（7）《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）。</p>
<p>其 他</p>	<p>（1）环境影响评价委托书；</p> <p>（2）浙江大学医学院附属第二医院提供的其他资料；</p> <p>（3）《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拟建的 DSA 机房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

根据附图 2 可知，本项目拟建 DSA 机房实体边界外 50m 评价范围主要为医院内部的建筑物和道路，无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等其他环境敏感区，不涉及杭州市生态保护红线。

本项目环境保护目标为评价范围内医院其他非辐射工作人员和公众成员。

表 7-1 本项目评价范围内环境保护目标情况一览表

项目	环境保护目标	规模	方位	距离本项目实体边界最近距离 (m)		人员类别	剂量约束值
				水平	垂直		
3B 号楼 (放射楼) 2 层 DSA 机房	DSA 机房辐射工作人员	12 人	内部	0	0	职业	5mSv/a
	控制廊辐射工作人员	2 人	东侧	0	0	职业	5mSv/a
	6 号楼公众	2000 人/天	东侧	8	0	公众	0.1mSv/a
	会议室公众	约 20 人/天	南侧	0	0	公众	0.1mSv/a
	过道公众	约 20 人/天	西侧	0	0	公众	0.1mSv/a
	8 号楼公众	2000 人/天	西侧	14	0	公众	0.1mSv/a
	北侧 DSA 机房工作人员	约 20 人/天	北侧	0	0	职业	5mSv/a
	2 号楼公众	2000 人/天	北侧	34	0	公众	0.1mSv/a
	1 号楼公众	2000 人/天	北侧	37	0	公众	0.1mSv/a
	CT 机房工作人员	约 20 人/天	上方	0	+4	职业	5mSv/a
	X 射线机房工作人员	约 20 人/天	下方	0	-4	职业	5mSv/a
	50m 范围内区域公众	4000 人/天	四周	0~50	/	公众	0.1mSv/a

注：北侧 DSA 机房、上方 CT 机房及下方 X 射线机房，主要为辐射工作人员操作及停留，因此其剂量约束值为 5mSv/a。

## 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;
- d) 四肢 (手和足) 或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。

##### ② 公众人员

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

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

#### (2) 年剂量约束值

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

约束值如下：

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

②对于公众，本项目取年有效剂量限值 1mSv 的十分之一，即不超过 0.1mSv 作为年剂量约束值。

### (3) 分区

#### 6.4.1 控制区

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

#### 6.4.2 监督区

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

### 7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

本标准适用于医用诊断 X 射线机的生产和使用。

#### 6X 射线设备机房防护设施的技术要求

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

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；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

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。

6.2 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

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

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

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

6.2.4 距 X 射线设备表面 100cm 处的周围剂量当量率不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  时且 X 射线设备表面与机房墙体距离不小于 100cm 时，机房可不作专门屏蔽防护。

**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 <sup>d</sup> m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 <sup>e</sup> m
单管头 X 射线机 <sup>b</sup> (含 C 形臂, 乳腺 CBCT)	20	3.5

a 双管头或多管头 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。  
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 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求**

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

### 6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

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

6.3.2 机房的辐射屏蔽防护检测方法及检测条件按第 8 章和附录 B 的要求。

6.3.3 宜使用能够测量短时间出束和脉冲辐射场的设备进行测量，若测量仪器达不到响应时间要求，则应对其读数进行响应时间修正，修正方法参见附录 D。

### 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 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

**表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求**

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

7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求

7.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备的防护安全操作要求。

7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ128 的规定。

### 7.3.3 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

本标准规定了职业性外照射个人监测的要求和方法。

本标准适用于职业性外照射个人监测。

#### 4 监测要求

#### 4.3 监测周期或频次

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，最长不应

超过3个月。

## 5 监测系统与使用要求

### 5.2 剂量计

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 $\leq 10\%$ 时，一般可只监测  $H_p(10)$ ；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  $H_p(10)$ 和  $H_p(0.07)$ 。

### 5.3 佩戴

5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

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

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

**表 8 环境质量和辐射现状**

**8.1 项目地理和场所位置**

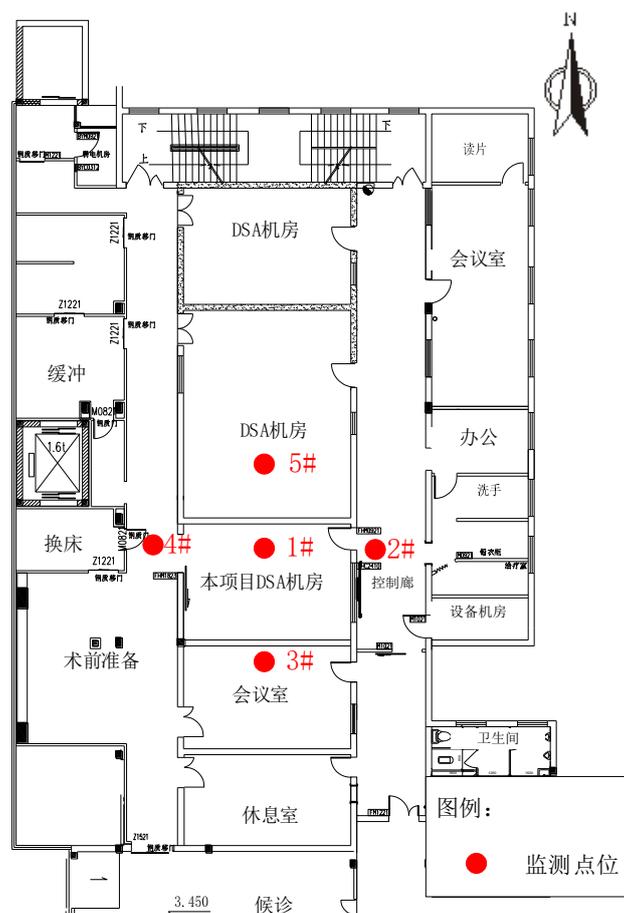
浙江大学医学院附属第二医院位于浙江省杭州市上城区解放路 88 号，医院东侧是直大方伯路、东河，隔路为东河家园；南侧为解放路，隔路为天工艺苑及天清城市酒店；西侧是马市街，隔马市街为小营巷社区；北侧是方谷园路，隔路为小营巷社区和银枪新村。医院总平面图见附图 3。本项目 DSA 机房位于 3B 号楼（放射楼）二层 DSA 机房。

**8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位**

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

① DSA 机房及其周边

根据项目的平面布局和周围环境情况，监测布点位见图 8-1 至 8-4。



**图 8-1 DSA 机房所在层  $\gamma$  剂量率监测点位布置示意图**

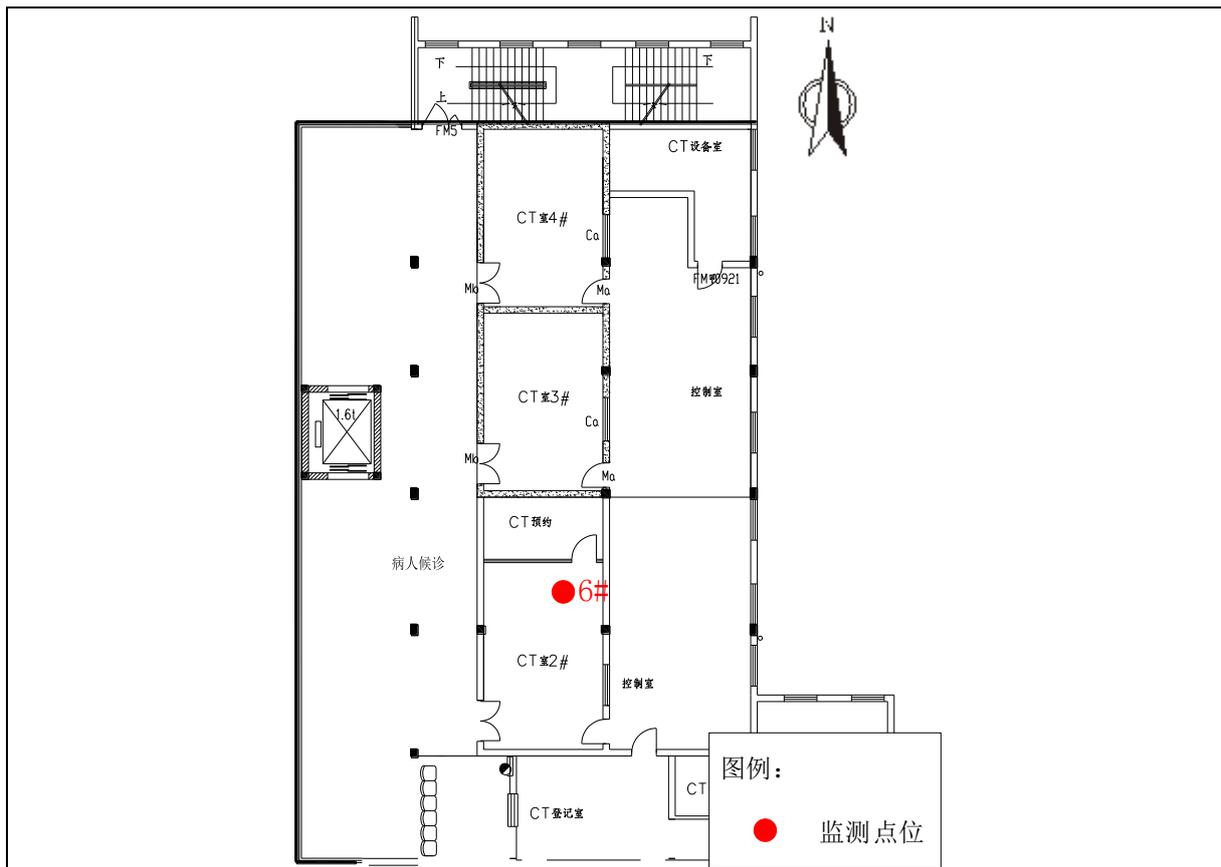


图 8-2 DSA 机房上方  $\gamma$  剂量率监测点位布置示意图

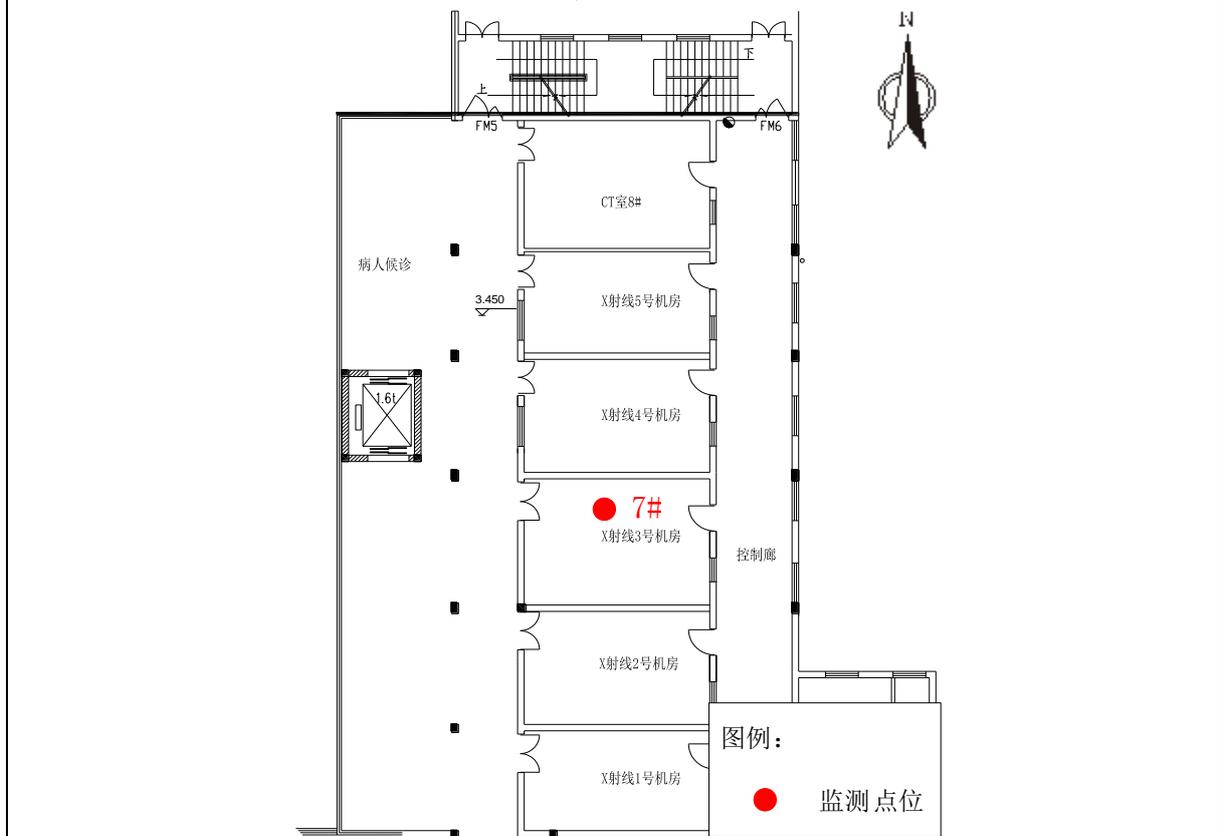
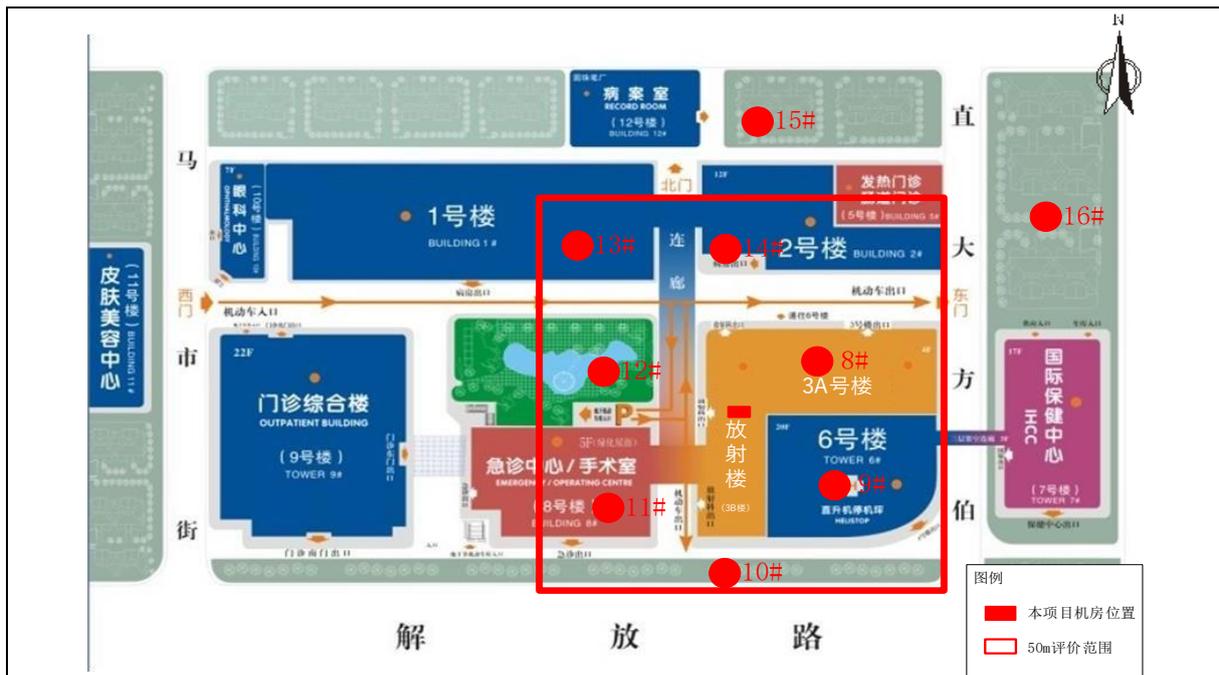


图 8-3 DSA 机房下方  $\gamma$  剂量率监测点位布置示意图



### 8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

#### 8.3.1 监测方案

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2022 年 11 月 15 日
- (3) 监测方式：现场监测
- (4) 监测依据：HJ1157-2021《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》、《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)
- (5) 监测频次：依据标准予以确定
- (6) 监测工况：辐射环境本底（北侧 DSA 机房设备未运行、上方 CT 机房及下方 X 射线机房设备处于运行状态）
- (7) 天气环境条件：天气：阴；温度：16℃；相对湿度：61%。
- (8) 监测设备

表 8-1 监测设备参数表

仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
仪器名称	便携式 X、 $\gamma$ 辐射周围剂量当量率仪
生产厂家	Automess
仪器编号	05037405
能量范围	40KeV~4.4MeV
剂量率范围	主机：10nSv/h-100mSv/h；探头：1nSv/h-100 $\mu$ Sv/h；

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
检定证书	2022H21-20-4031202001
检定有效期	2022年8月5日~2023年8月4日

### 8.3.2 质量保证措施

- (1) 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；
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁发的标准，监测人员经考核并持合格证书上岗；
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；
- (4) 每次测量前、后均检查仪器工作状态是否正常；
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 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 拟建 DSA 机房区域及四周  $\gamma$  剂量率监测结果

监测点编号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1#	本项目 DSA 机房	113	4	室内
2#	控制廊	108	3	室内
3#	会议室	115	4	室内
4#	患者通道	110	2	室内
5#	DSA 机房	100	3	室内
6#	放射楼 (3B 号楼) 3 楼 CT 机房	114	4	室内
7#	放射楼 (3B 号楼) 1 楼 X 射线机房	79	3	室内
8#	3A 号楼 (一楼大厅)	110	2	室内
9#	6 号楼 (一楼大厅)	100	4	室内
10#	放射楼 (3B 号楼) 南侧解放路	97	2	室外
11#	8 号楼 (一楼大厅)	112	2	室内
12#	放射楼 (3B 号楼) 西侧绿化	77	3	室外
13#	1 号楼 (一楼大厅)	82	2	室内

14#	2 号楼（一楼大厅）	115	3	室内
15#	银枪新村	117	2	室外
16#	东河家园	82	3	室外

注：1、测量时探头距离地面约 1m；  
 2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；  
 3、环境 X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率=读数平均值 $\times$ 校准因子  $k_1$  $\times$ 仪器检验源效率因子  $k_2$  $\div$ 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子  $k_3$  $\times$ 测量点宇宙射线响应值  $D_c$ ，校准因子  $k_1$  为 1.14，仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  进行校准，效率因子  $k_2$  取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， $k_3$  楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 27nGy/h。

#### 8.4 环境现状评价

由表 8-2 监测结果可知，本项目各监测点位室内  $\gamma$  辐射剂量率范围为 79nGy/h~115nGy/h，即  $7.9\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ~ $11.5\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ；室外  $\gamma$  辐射剂量率范围为 77nGy/h~117nGy/h，即  $7.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ~ $11.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 。

杭州市室内的  $\gamma$  辐射剂量率在  $5.6\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ~ $44.3\times 10^{-8}\text{Gy/h}$  之间，室外的  $\gamma$  辐射剂量率在  $2.8\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ~ $22.0\times 10^{-8}\text{Gy/h}$  之间。可见，本项目拟建场所各监测点位  $\gamma$  辐射剂量率处于杭州市天然辐射本底水平。

根据浙江建安检测研究院有限公司出具的《浙江大学医学院附属第二医院医用 X 射线影像诊断设备质量控制和辐射工作场所检测》（GABG-XF/CF21235630、GABG-XF/CF21235630-15，检测报告见附件 7），本项目北侧 DSA 机房、上方 CT 机房及下方 X 射线机房周边放射工作场所检测结果在  $0.16\mu\text{Sv/h}$ ~ $0.27\mu\text{Sv/h}$ （即  $16\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ~ $27\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，Sv/Gy 取 1）之间，与本底水平相当。因此本项目北侧 DSA 机房、上方 CT 机房及下方 X 射线机房内射线装置的运行不会对本项目监测结果产生影响。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备和工艺分析

#### 9.1.1 设备组成

DSA 是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA 射线装置主要由影像探测器、X 线管头、显示器、导管床、高压注射器、操作台、控制装置及工作站系统组成。典型 DSA 装置整体外观示意图如图 9-1 所示。

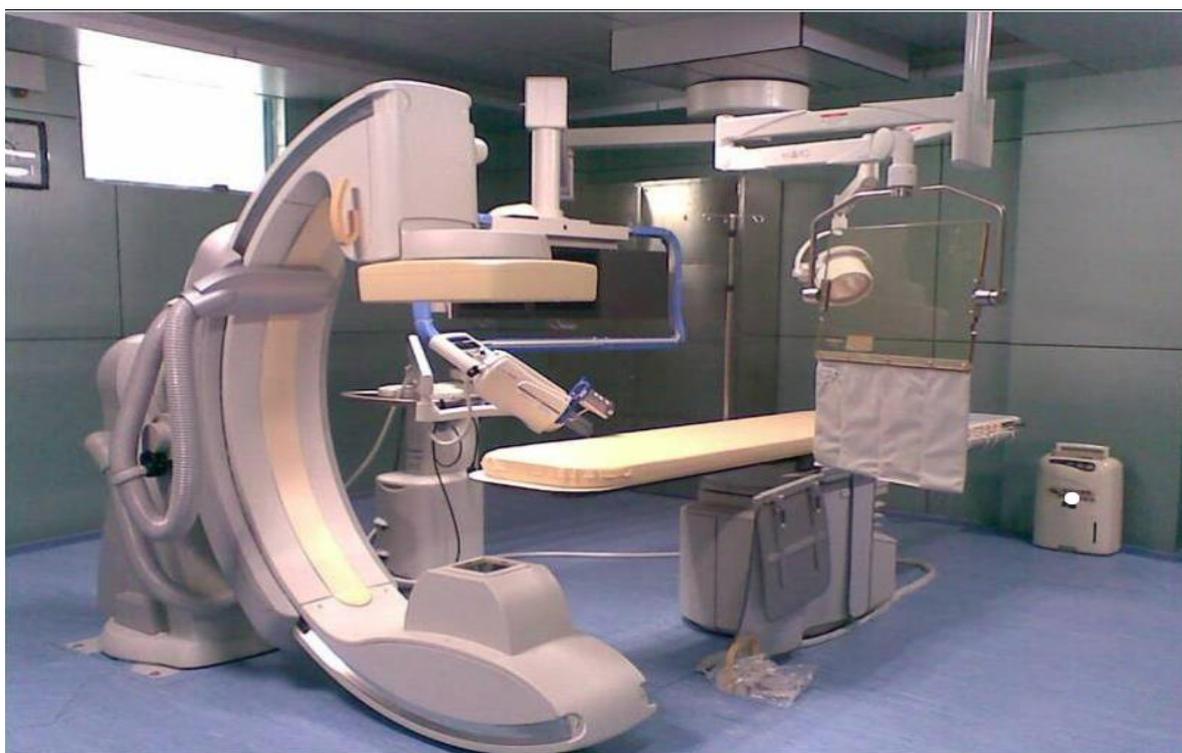


图 9-1 DSA 装置整体外观示意图

#### 9.1.2 工作原理

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

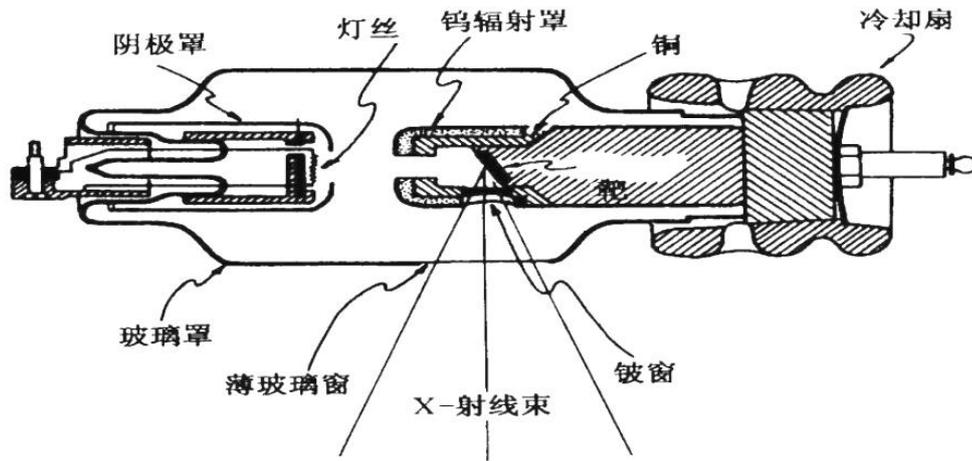


图 9-2 典型 X 射线管结构图

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

DSA 成像的基本原理是将受检部位注入造影剂（造影剂主要成分为碘帕醇，是为增强影像观察效果而注入（或服用）到人体组织或器官的化学制品，不含有放射性）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，手术医护人员穿戴好防护用品进入机房，在透视操作下插入导管，输入造影剂，之后离开机房，技师在控制廊内再次减影，当确诊病灶部位后，手术医护人员穿戴好防护用品后再次进入机房进行

介入治疗直到治疗结束，关机。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

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，此时操作医师位于铅帘后身着铅服、铅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

DSA 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，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。DSA 操作流程及产污环节如图 9-3 所示。

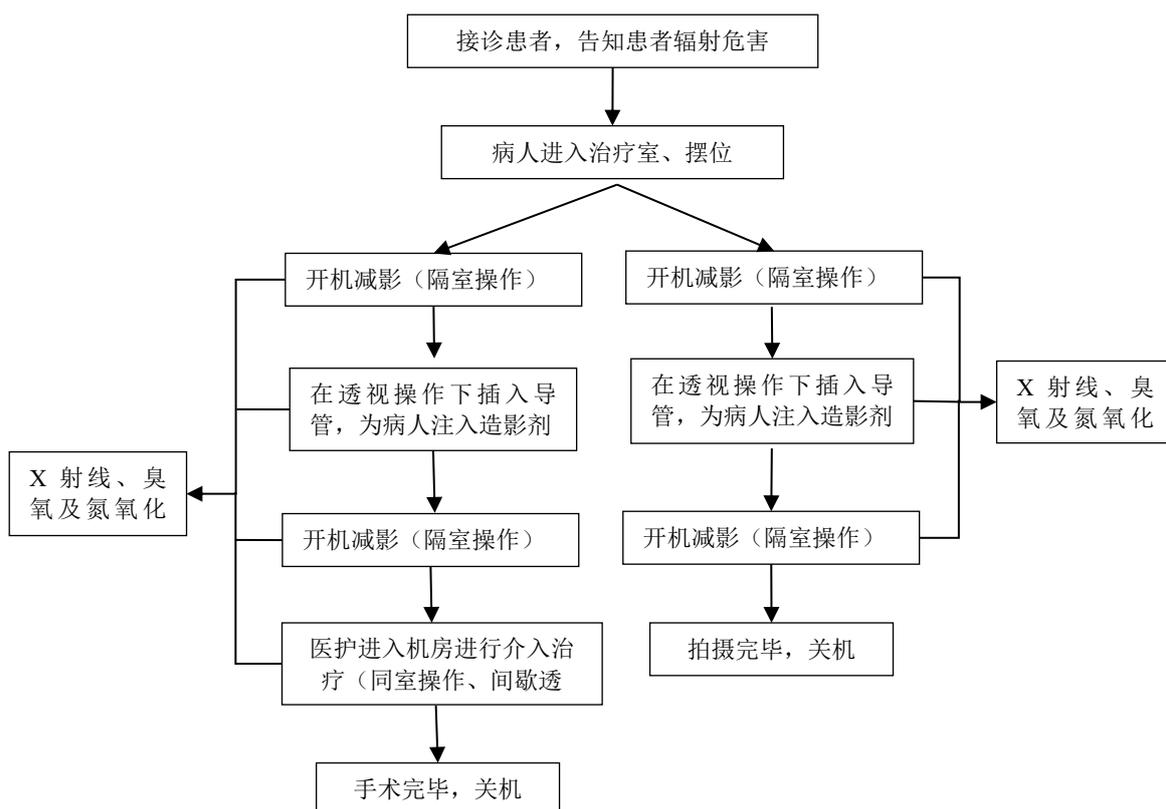


图9-3 DSA操作流程及产污环节示意图

综上所述，DSA 在开机状态下，产生的污染因子主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物，无其他放射性废气、废水及固体废物产生。

### 9.1.4 DSA 机房人流、物流路径规划

#### (1) 患者路径

患者从西侧术前准备区经过道，从西侧防护门进入本项目 DSA 机房。

#### (2) 医护路径

医护人员从北侧进入控制廊后，在洗手铅衣区洗手更衣后，从东侧防护门进入本项目 DSA 机房。技师由北侧进入控制廊后在操作台进行设备操作。

#### (3) 污物路径

本项目介入手术会产生药棉、纱布和手套等医疗废物，这些医疗废物采用专用容器收集后，待手术结束后从西侧防护门运出机房，转运暂存于医院的医疗废物暂存间。

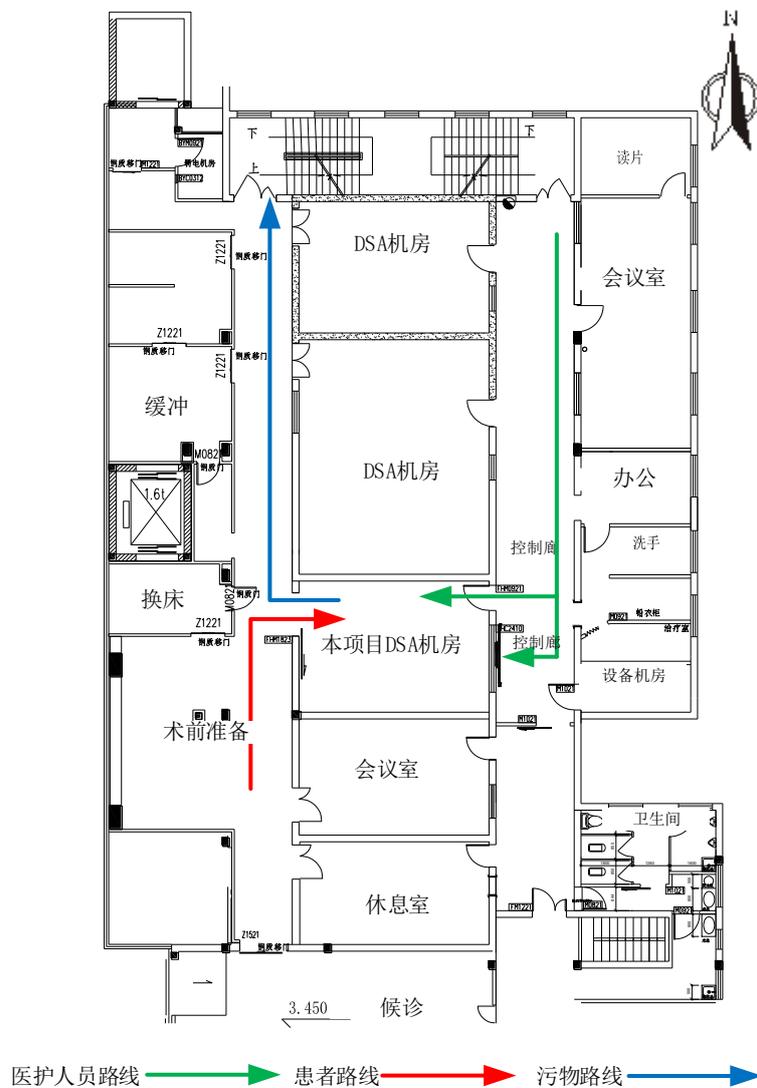


图9-4 人流物流路线图

## 9.2 污染源项描述

X射线装置在辐射场中产生的射线通常分为二类：一类为有用线束（又称初级辐射），是直接由X射线管出射口发出，经限束装置准直能使受检部位成像的辐射线束；另一类为非有用线束（又称次级辐射），包括有用线束照射到受检者身体或诊断床等其他物体时产生的散射线和球管源组件防护套泄漏发出的漏射线。

有用线束能量相对较高，剂量较大，而散射线和漏射线的辐射剂量相对较小。X射线装置在使用过程中产生的主要辐射影响及影响途径如下：

### 9.2.1 正常工况

#### (1) 辐射污染因子

①采取隔室操作，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，射线装置机房外的工作人员及公众基本上不会受到 X 射线的照射。

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

根据医院提供的资料，本项目 DSA 的技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 DSA 设备参数与工况

设备	3B 号楼（放射楼）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 <sup>2</sup>			
工况模式	减影	工况下，最大常用电压 100kV，最大常用电流 500mA	发射率常数	0.09mGy/mA·s
	透视	工况下，最大常用电压 90kV，最大常用电流 15mA		0.075mGy/mA·s
泄露辐射源强	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			
注：1.根据《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； 2.参考国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过 1 mGy/h”。				

#### (2) 其他污染物

本项目 DSA 运行时诊断结果在显示屏上观察或采用数字技术进行打印，不使用胶片冲洗显影，不会产生废显（定）影液、废胶片和报废感光原料。

#### ① 废气

本项目 DSA 机房拟采用机械通风，通风换气次数应达到 4 次/h。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。

$$Q_0=6.5 \times 10^{-3} \times G \times S_0 \times R \times g \quad (\text{式 9-1})$$

式中：

$Q_0$ —臭氧产率 mg/h；

$G$ —射束在距离源点 1m 处的剂量率 Gy.m<sup>2</sup>/h，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；管电流保守取 15mA，本项目 DSA 1m 处的剂量率为 4050mGy.m<sup>2</sup>/h；

$S_0$ —射束在距离源点 1m 处的照射面积 m<sup>2</sup>，取（最大射野 10×10cm<sup>2</sup>）0.01m<sup>2</sup>；

$R$ —射束源点至机房内壁距离，m，取 2.8m；

$g$ —空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O<sub>3</sub> 的分子数，本项目取 10。

经计算，臭氧产率为 7.36×10<sup>-3</sup>mg/h。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C=Q_0 \times T_v / V \quad (\text{式 9-2})$$

式中：

$C$ —室内臭氧浓度，mg/m<sup>3</sup>；

$Q_0$ —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 机房为 125.9m<sup>3</sup>。

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \quad (\text{式 9-3})$$

式中：

$t_v$ —每次换气间，0.25h；

$t_a$ —臭氧分解时间，取值为 0.83h。

本项目 DSA 机房拟安装动力通风系统，保守考虑按每小时换气 4 次计算，DSA 机房内臭气平衡浓度最大为 1.1×10<sup>-5</sup>mg/m<sup>3</sup>。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/m<sup>3</sup>”的要求。

机房内产生的臭氧通过动力通风系统排放，浓度远低于大气环境质量标准中臭氧浓度限值（《环境空气质量标准》（GB3095-2012），二级浓度限值（1h 平均）为 0.2mg/m<sup>3</sup>），且在会自行分解，在外界太阳光照射条件下加速分解，基本不会对周

围大气环境产生影响。而氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，对周围环境的影响更小。

### ②废水

本项目投入运营后，产生的非放射性废水主要来自运行期间 DSA 机房辐射工作人员的生活废水和少量医疗废水。

本项目拟配置辐射工作人员 14 名，每年工作 250 天，辐射工作人员生活用水按每人每天 100L 计，排污系数取 0.85，则生活污水产生量约 298m<sup>3</sup>/a；本项目年最大手术量约 800 台，医疗废水按 100L/台手术，排污系数取 0.85，医疗废水产生量为 68m<sup>3</sup>/a。则本项目废水总产生量约 366m<sup>3</sup>/a（1.5m<sup>3</sup>/d）。该部分废水进入医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网。

### ③固废

本项目运营期产生非放射性医疗废物包括药棉、纱布、手套等医用辅料，根据医院提供数据，本项目年最大手术量约 800 台，每台手术产生约 0.4kg 医疗废物，则本项目固体废物产生量为 0.32t/a。采用专门的收集容器集中收集后暂存于污物间，以不低于 1 次/天的频率转移至医院医疗废物暂存间，与本院其他医疗废物一起委托有处置资质的单位进行妥善安全处置。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医护人员生活垃圾产生系数按 0.5kg/（人·天）计，则本项目工作人员生活垃圾产生量为 1.75t/a。生活垃圾由医院进行统一集中收集并交由环卫部门统一清运。

## 9.2.2 事故工况

本评价项目使用 DSA 射线装置主要可能发生的辐射事故有以下几种：

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

（2）工作人员误入正在运行的机房引起误照射；

（3）DSA 的 X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

事故工况产生的污染物与正常工况下相同。

## 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 位于 3B 号楼（放射楼）二层，DSA 机房所在 3B 号楼（放射楼）二层布局见附图 5，DSA 机房下方布局见附图 4，DSA 机房上方布局见附图 7。本次环评辐射工作场所位置及四周布局见表 10-1。

表 10-1 DSA 机房周边场所布局一览表

所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
3B 号楼二层	DSA 机房	东	控制廊
		南	会议室
		西	过道、术前准备区
		北	北侧原有 DSA 机房
		楼上	CT 机房
		楼下	X 射线机房

本项目机房采取了防辐射的屏蔽措施，能够满足放射诊疗需求，并且保证相邻场所的防护安全，因此，本项目工作场所布局合理。

#### 10.1.2 辐射防护分区原则及区域划分

##### （1）分区依据和原则

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

**控制区：**在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）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，将本项目 DSA 机房内部区域划为控制区，将控制廊、机房西侧 30cm 处等区域划为监督区。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 本项目“两区”划分表

场所名称	控制区	监督区
DSA 机房	本项目机房内部	控制廊、会议室、机房西侧 30cm 处
备注：北侧 DSA 机房为射线装置机房，已划分为控制区，故在本项目中不再进行“两区”划分		

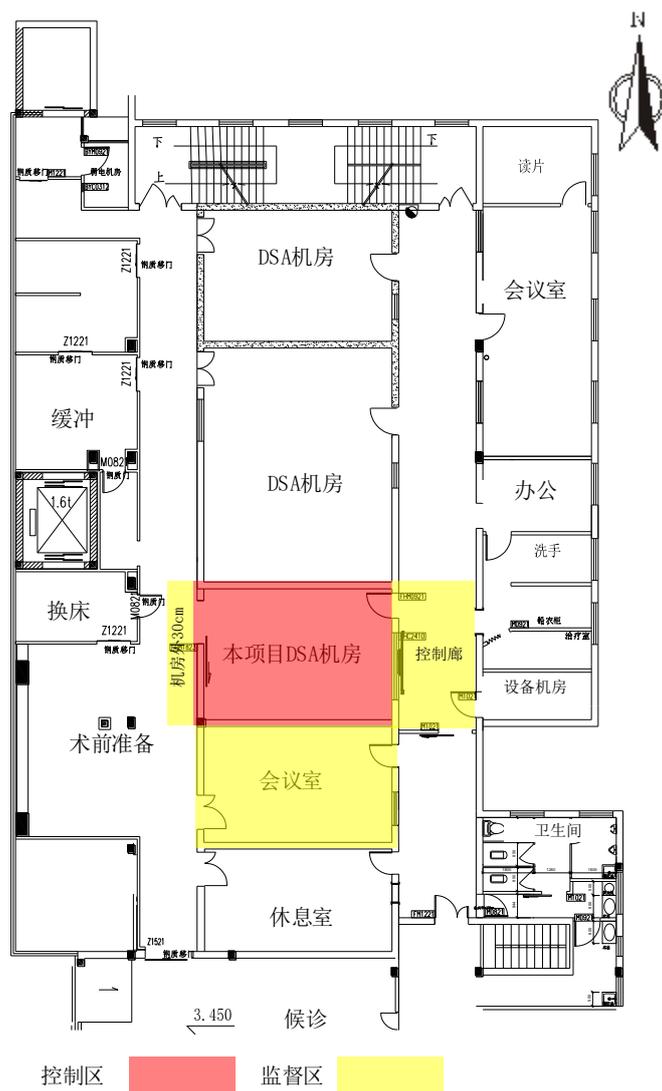


图 10-1 本项目“两区”划分图

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。

### 10.1.3.3 工作场所防护屏蔽设计

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，机房屏蔽方案示意图见图 10-2、图 10-3。

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	四周墙体	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡涂料（5.5）	有用线束及非有用线束方向铅当量均为 2mmPb	符合
	顶棚	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡涂料（3.3）		符合
	地坪	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡涂料（3.6）		符合
	防护门	内衬 4.0mm 铅板（4.0）		符合
	观察窗	20mm 铅玻璃（4.0）		符合

注：（1）混凝土密度取  $2.35\text{g}/\text{cm}^3$  核算等效屏蔽厚度，折算铅当量参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C 中式（C.1）、式（C.2）及表 C.2，得顶棚 120mm 混凝土（125kV 主射方向）折算为 1.4mmPb 当量，地坪 120mm 混凝土（125kV 散射方向）折算为 1.6mmPb 当量，四周墙体 240mm 混凝土（125kV 散射方向）算为 3.5mmPb 当量  
 （2）参考《放射防护实用手册》表 6.14，硫酸钡防护涂料密度不低于  $3.8\text{g}/\text{cm}^3$ ，10mm 厚度等效为 1mmPb。  
 （3）铅玻璃按取  $4.6\text{g}/\text{cm}^3$  核算等效屏蔽厚度，5mm 铅玻璃折算为 1mmPb。

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（ $\text{m}^2$ ）	最小单边长度（m）	最小有效使用面积（ $\text{m}^2$ ）	
DSA 机房	4.66	30.94	3.5	20	符合

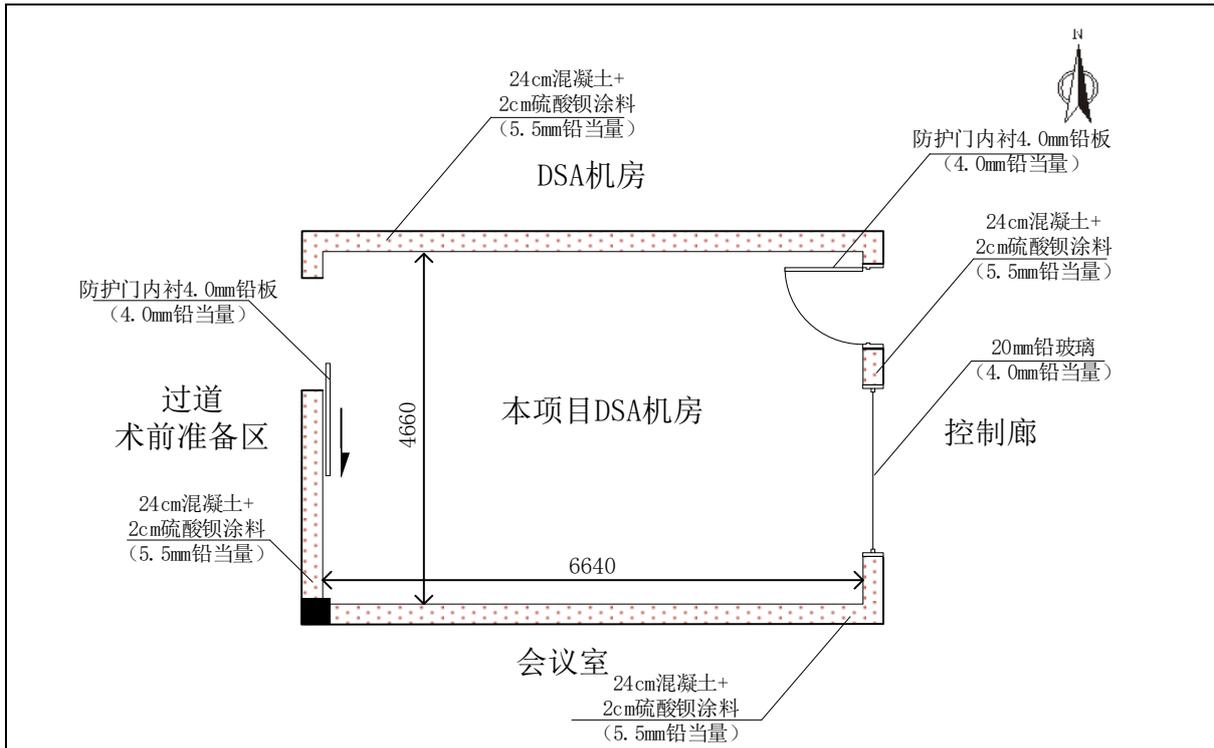


图 10-2 DSA 机房屏蔽方案平面示意图

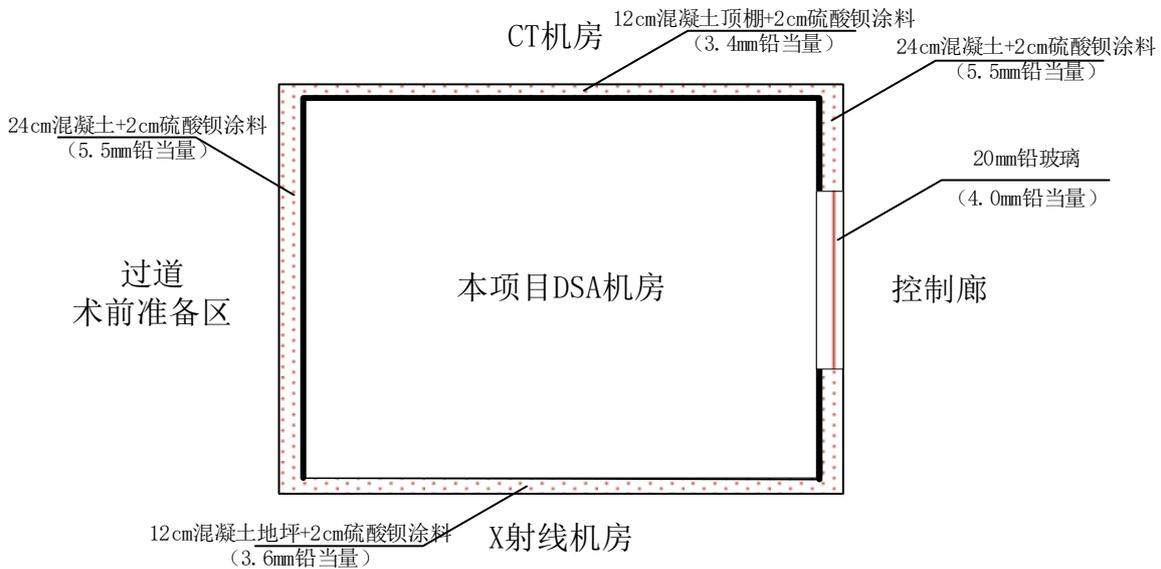


图 10-3 DSA 机房屏蔽方案东-西剖示意图

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，其四面墙体、顶棚、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上及楼下）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。

#### 10.1.4 辐射安全及防护措施

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

##### （1）设备固有安全性

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

①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 射线管头放置合适的铝过滤板，以消除软 X 射线及减少二次散射，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配备相应的表征剂量的指示装置：配备有相应的表征剂量的指示装置，当机房内出现超剂量照射时会出现报警提醒。

⑦本项目 DSA 透视脚踏开关为常断式，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减影功能的控制键。

##### （2）距离防护

周边公众主要依托放射工作场所的屏蔽墙体、防护门和楼板屏蔽射线，同时机房将严格按照控制区和监督区的划分实行“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。

### (3) 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断之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照时间，也避免病人受到额外剂量的照射。另外，对进行介入治疗手术的医生和护士分组，降低某一工作人员因长时间操作所致剂量。当介入治疗医生季度个人剂量超过 1.25mSv 或年剂量超过 5mSv，医院应进行调查，并出具调查报告，在查明原因之前应限制或暂停该工作人员工作时间。

### (4) 其他辐射安全防护措施

①本项目各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；本项目各机房门为电动推拉式或平开式门，机房门墙间均进行了有效搭接，防止射线的泄漏，设有曝光时关闭机房门的管理措施和防夹装置，同时设置有曝光时关闭机房门的管理措施，包括工作状态指示灯（术中灯和射线装置工作指示灯）与机房门联锁等安全设施，可以保证开门状态设备扫描停止，防止无关照射；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控制室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，为介入医生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机房患者防护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和控制区。

⑤本项目 DSA 辐射工作人员必须配备个人剂量计，其中介入医护人员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。拟建 DSA 机房应配置 1 台环境辐射巡测仪。拟建 DSA 机房依托医院现有环境辐射巡测仪对机房周围辐射水平进行自行监测。

机房内分别设置视频和对讲装置各 1 套，监视器位于操作位。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。

⑥机房控制室内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换减影和透视功能的控制键。

⑦机房拟采用动力通风系统进行通风，进风口及排放口均设置于机房吊顶，保证机房内有良好的通风。设备管线等均拟以“U”型穿过墙体。

⑧机房内不堆放与本项目 DSA 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 GBZ130-2020 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	放射检查类型	《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	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	配备防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 3 套，防护铅当量不低于 0.025mmPb 的介入防护手套各 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，防护铅当量为 2mmPb 的移动护屏风 1 件	符合
	患者和受检者		铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——	防护铅当量为 0.5mmPb 的方巾 1 套，防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶颈套、铅橡胶帽子含儿童、成人尺寸各 1 套	——	符合

表 10-6 本项目机房其他辐射防护措施分析

《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求	本项目设计	是否符合
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。	各机房内均拟设置语音对讲装置 1 套，监视器位于操作位。且控制室面向机房一侧有观察窗，可以方便医护人员随时观察患者状态和防护门开闭情况。	符合

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	本项目设有专门的耗材储物室和耗材柜，各机房内不堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	符合
6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	本项目各机房拟采用动力通风系统进行通风，进风口及排放口均设置于机房吊顶，保证机房内有良好的通风。	符合
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”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	本项目各机房门外均拟设电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门拟设闭门装置，工作状态指示灯与机房门连锁等安全设施；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。	符合
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。		符合
6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。		符合
6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	本项目不涉及。	符合

## 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。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。

非放射性废物治理措施如下：

### (1) 废气

本项目各 DSA 机房拟采用带有排风功能的新风系统进行通风，通风次数不低于 4 次/h，进风口及排风口拟设置于机房吊顶，保证机房内有良好的通风。产生的少量臭氧和氮氧化物经通排风系统收集后最终排放至大气外环境中，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，因此本项目 DSA 射线装置产生的废气排出机房后对周围环境影响很小。

### (2) 废水

本项目投入运营后，产生的废水主要为 DSA 机房辐射工作人员的生活废水和少量医疗废水。手术器械等清洗产生的医疗废水依托医院现有污水处理设施预处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 预处理排放标准要求后，医护人员产生的生活污水经化粪池处理后，均纳入市政污水管网集中处理。

### (3) 固废

本项目运营期产生非放射性医疗废物包括药棉、纱布、手套等医用辅料，采用

专门的收集容器集中收集后暂存于污物间，以不低于 1 次/天的频率转移至医院医疗废物暂存间，与本院其他医疗废物一起委托有处置资质的单位进行妥善安全处置。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，生活垃圾由医院进行统一集中收集并交由环卫部门统一清运。

#### （4）噪声

本项目设备选用低噪声设备，噪声源主要为风机噪声，设备基础采取减振措施，进出风管加装软接、高效消声器、消声弯头等降噪措施，经距离衰减后，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

综上所述，DSA 机房采取的“三废”防治和噪声治理措施均符合国家相关标准的要求。

## 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

本项目施工期主要是对3B 号楼（放射楼）二层部分区域进行简单改造，同时进行少量的装修装饰，施工期短，施工范围小，通过对施工时段的控制以及施工现场严格管理等手段，可使本项目施工期环境影响的范围和强度进一步减小。因此，本项目不对施工期的环境影响进行具体分析。项目建设阶段不会产生电离辐射影响。

#### 11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析

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

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 辐射环境影响分析

##### (1) 理论预测环境影响分析

本项目 DSA 射线装置型号为 UNIQ 20C，最大管电压125kV，最大管电流1000mA，设备尚未投入使用，本报告对 DSA 机房周围辐射环境影响采用理论计算模式预测的方法进行影响分析。

根据医院提供资料，DSA 设备参数与工况、机房防护情况见表11-1。

表 11-1 本项目 DSA 设备参数与工况及防护情况

内容	本项目DSA机房			
设备参数 (最大管电压/最大管电流)	125kV/1000mA			
型号	UNIQ 20C			
过滤材料	2.5mmAl			
最大照射野	100cm <sup>2</sup>			
运行	减影	工况下	发射率常	0.09mGy/mA·s

工况		最大常用电压 100kV 最大常用电流500mA	数	
	透视	工况下 最大常用电压 90kV 最大常用电流15mA		0.075mGy/mA·s
泄露辐射源强		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		
机房有效面积		30.94m <sup>2</sup>		
防护设施	防护门	4mm铅当量		
	铅玻璃窗	4mm铅当量		
	四周墙体	240mm混凝土+20mm硫酸钡防护涂料		
	顶棚	120mm混凝土+20mm硫酸钡防护涂料		
	地坪	120mm混凝土+20mm硫酸钡防护涂料		
	个人防护用品	铅防护衣、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套各3件，辅助防护用品：悬挂铅防护屏、悬挂铅防护帘、床侧铅防护屏、床侧铅防护帘各1件，铅当量均不低于0.5mmPb，防护铅当量为2mmPb的移动护屏风1件		

根据《辐射防护导论》射线装置距靶1m处的空气比释动能率，按公式11-1计算：

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

式中：

$\dot{K}$ —离靶r (m) 处由X射线机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率，mGy/min；

I—管电流 (mA)；

$\delta_x$ —管电流为 1mA，距靶 1m 处的发射率常数，mGy/(mA·min)；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 100kV，离靶 1m 处空气中的空气比释动能率取值为 0.09mGy/mA·s，电压为 90kV 时，离靶 1m 处空气中的空气比释动能取值为 0.075mGy/mA·s。

$r_0=1\text{m}$ ；

r—源至关注点的距离，m。

表 11-2 DSA 不同运行模式下距靶 1m 处空气比释动能率一览表

设备	运行模式	过滤材料厚度	距靶 1m 处的发射率常数 (mGy/mA·s)	最大常用电压 (kV)	最大常用电流 (mA)	距靶 1m 处的空气比释动能率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
DSA	减影	2.5mmAl	0.09	100	500	$1.62 \times 10^8$
	透视	2.5mmAl	0.075	90	15	$4.05 \times 10^6$

取医生手术位、控制廊操作位、防护墙外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处、楼上离地 100cm 处、楼下距楼下地面 170cm 处为预测点位，预测点位见图 11-1 和表 11-3。

表 11-3 本项目 DSA 机房预测关注点位

预测点位		方位	距辐射源点 (靶点)最近 距离 (m)
1#术者位	第一术者位 (手部)	机房内	0.6 (0.4)
	第二术者位	机房内	0.9
2#控制廊操作位		东侧	3.6
3#东侧防护门外 30cm 处 (控制廊)		东侧	3.6
4#南侧防护墙外 30cm 处 (会议室)		南侧	2.8
5#西侧防护墙外 30cm 处 (过道)		西侧	3.6
6#北侧防护门外 30cm 处 (北侧 DSA 机房)		北侧	2.8
7#楼上离地 100cm 处 (CT 机房)		上方	3.2
8#楼下距楼下地面 170cm 处 (X 射线机房)		下方	3.6
9# 6 号楼 (一楼大厅)		东侧	8
10# 8 号楼 (一楼大厅)		西侧	14
11# 2 号楼 (一楼大厅)		北侧	34
12# 1 号楼 (一楼大厅)		北侧	37

注：9#10#11#12#与辐射源点 (靶点) 最近距离保守按与机房边界的最近距离考虑。

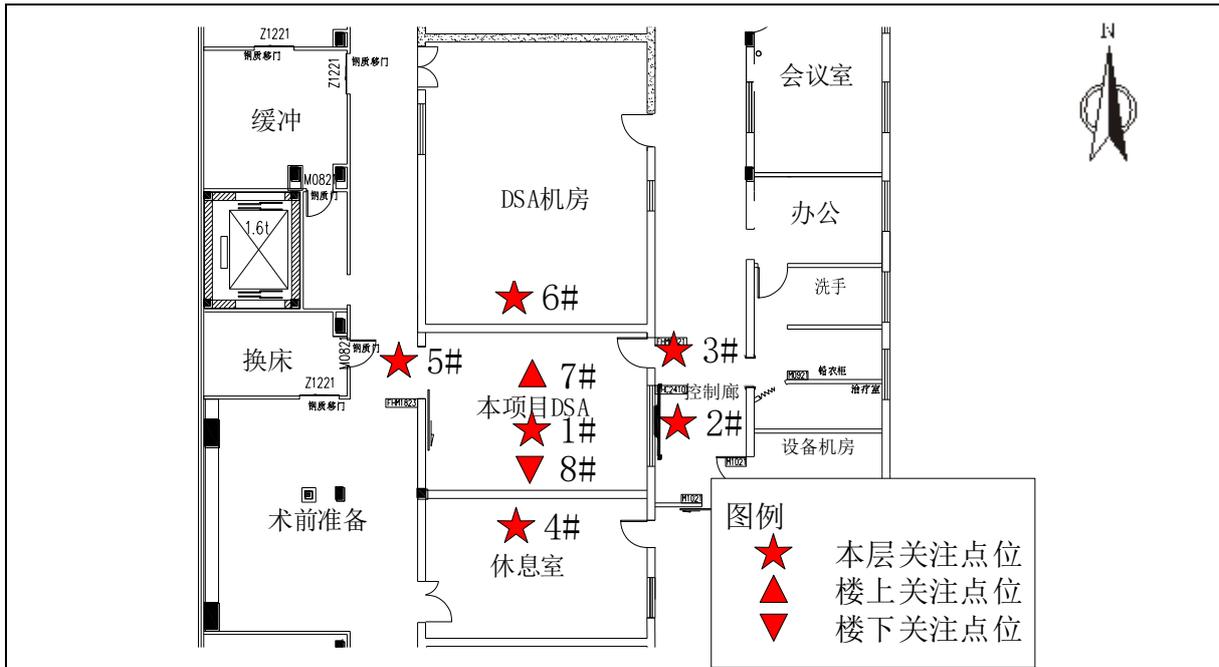


图 11-1 本项 DSA 机房预测关注点位示意图 (9#10#11#12#因距离较远关系未在图中标示)

DSA 图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用, NCRP147 号报告“Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities”4.1.6 节 (Primary Barriers, P41~P45) 及 5.1 节 (Cardiac Angiography, P72) 指出, DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此, DSA 设备运行主要是泄漏和散射辐射对周围环境的影响。

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

$\alpha$ ---患者对 X 射线的散射比; 根据《辐射防护手册》(第一分册) 表 10.1 查表取 0.0013;

$s$ ---散射面积,  $\text{cm}^2$ , 取  $100\text{cm}^2$ ;

$d_0$ ---源与病人的距离, m, 取 1m;

$d_s$ ---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。其中： $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ——屏蔽材料对100kV、90kV管电压X射线泄漏辐射衰减的有关的三个拟合参数，具体见表11-4。

表 11-4 铅对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	铅		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
100kV (主束)	2.5	15.28	0.7557
100kV (散射)	2.507	15.33	0.9124
90kV	3.067	18.83	0.7726

散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果列表见表11-5、表11-6。

表 11-5 100kV 减影工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$B$
2#控制廊操作位	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
3#东侧防护门外 30cm 处（控制 廊）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	$1.20 \times 10^{-7}$
4#南侧防护墙外 30cm 处（会议 室）	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	$1.20 \times 10^{-7}$
5#西侧防护墙外 30cm 处（过道）	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	$1.20 \times 10^{-7}$
6#北侧防护门外 30cm 处（北侧 DSA 机房）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
7#楼上离地 100cm 处（CT 机房）	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	3.3mmPb	2.507	15.33	0.9124	$2.97 \times 10^{-5}$
8#楼下距楼下地面 170cm 处（X 射线 机房）	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	3.6mmPb	2.507	15.33	0.9124	$1.40 \times 10^{-5}$
9# 6 号楼（一楼大 厅）	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	$1.20 \times 10^{-7}$
10# 8 号楼（一楼 大厅）	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	$1.20 \times 10^{-7}$
11# 2 号楼（一楼 大厅）	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	$1.20 \times 10^{-7}$
12# 1 号楼（一楼 大厅）	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	$1.20 \times 10^{-7}$

表 11-6 90kV 透视工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$B$
1#第一术者位 (身体铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$4.08 \times 10^{-3}$
1#第一术者位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.52 \times 10^{-2}$
1#第一术者位 (手部)	0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 防护帘	0.525 mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.27 \times 10^{-2}$
1#第二术者位 (身体铅衣内)	0.5mm 铅衣+0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$4.08 \times 10^{-3}$
1#第二术者位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.52 \times 10^{-2}$
2#控制廊操作位	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
3#东侧防护门外 30cm 处(控制 廊)	内衬 4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$
4#南侧防护墙外 30cm 处(会议 室)	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$
5#西侧防护墙外 30cm 处(过道)	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$
6#北侧防护门外 30cm 处(北侧 DSA 机房)	内衬 4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
7#楼上离地 100cm 处(CT 机 房)	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	3.3mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.16 \times 10^{-6}$
8#楼下距楼下地 面 170cm 处(X 射线机房)	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	3.6mmPb	3.067	18.83	0.7726	$1.26 \times 10^{-6}$
9# 6 号楼(一楼 大厅)	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$
10# 8 号楼(一 楼大厅)	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$
11# 2 号楼(一 楼大厅)	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$
12# 1 号楼(一 楼大厅)	240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$

各预测点位散射辐射剂量计算参数及结果见下表11-7。

表 11-7 各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作 模式	关注点位置描述	$H_0$	$\alpha$	$s$	$d_0$	$d_s$	$B$	$H_s$
		$\mu\text{Gy/h}$	/	$\text{cm}^2$	m	m	/	$\mu\text{Gy/h}$
减影	2#控制廊操作位	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.6	$5.14 \times 10^{-6}$	$2.09 \times 10^{-2}$
	3#东侧防护门外 30cm	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.6	$5.14 \times 10^{-6}$	$2.09 \times 10^{-2}$

	处（控制廊）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.6	$1.20 \times 10^{-7}$	$4.86 \times 10^{-4}$
	4#南侧防护墙外 30cm 处（会议室）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	2.8	$1.20 \times 10^{-7}$	$8.03 \times 10^{-4}$
	5#西侧防护墙外 30cm 处（过道）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.6	$1.20 \times 10^{-7}$	$4.86 \times 10^{-4}$
	6#北侧防护门外 30cm 处（北侧 DSA 机房）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	2.8	$5.14 \times 10^{-6}$	$3.45 \times 10^{-2}$
	7#楼上离地 100cm 处（CT 机房）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.2	$2.97 \times 10^{-5}$	$1.53 \times 10^{-1}$
	8#楼下距楼下地面 170cm 处（X 射线机房）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.6	$1.40 \times 10^{-5}$	$5.69 \times 10^{-2}$
	9# 6 号楼（一楼大厅）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	8	$1.20 \times 10^{-7}$	$9.84 \times 10^{-5}$
	10# 8 号楼（一楼大厅）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	14	$1.20 \times 10^{-7}$	$3.21 \times 10^{-5}$
	11# 2 号楼（一楼大厅）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	34	$1.20 \times 10^{-7}$	$5.45 \times 10^{-6}$
	12# 1 号楼（一楼大厅）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	37	$1.20 \times 10^{-7}$	$4.60 \times 10^{-6}$
透视	1#第一术者位（身体铅衣内）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.6	$4.08 \times 10^{-3}$	14.9
	1#第一术者位（身体铅衣外）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.6	$2.52 \times 10^{-2}$	92.0
	1#第一术者位（手部）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.4	$2.27 \times 10^{-2}$	187
	1#第二术者位（身体铅衣内）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.9	$4.08 \times 10^{-3}$	6.62
	1#第二术者位（身体铅衣外）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.9	$2.52 \times 10^{-2}$	40.9
	2#控制廊操作位	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.75 \times 10^{-5}$
	3#东侧防护门外 30cm 处（控制廊）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.75 \times 10^{-5}$
		$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.6	$3.71 \times 10^{-9}$	$3.77 \times 10^{-7}$
	4#南侧防护墙外 30cm 处（会议室）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	2.8	$3.71 \times 10^{-9}$	$6.23 \times 10^{-7}$
	5#西侧防护墙外 30cm 处（过道）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.6	$3.71 \times 10^{-9}$	$3.77 \times 10^{-7}$
	6#北侧防护门外 30cm 处（北侧 DSA 机房）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	2.8	$3.69 \times 10^{-7}$	$6.20 \times 10^{-5}$
	7#楼上离地 100cm 处（CT 机房）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.2	$3.16 \times 10^{-6}$	$4.06 \times 10^{-4}$
	8#楼下距楼下地面 170cm 处（X 射线机房）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.6	$1.26 \times 10^{-6}$	$1.28 \times 10^{-4}$
	9# 6 号楼（一楼大厅）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	8	$3.71 \times 10^{-9}$	$7.63 \times 10^{-8}$
10# 8 号楼（一楼大厅）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	14	$3.71 \times 10^{-9}$	$2.49 \times 10^{-8}$	

11# 2 号楼（一楼大厅）	4.05×10 <sup>6</sup>	0.0013	100	1	34	3.71×10 <sup>-9</sup>	4.22×10 <sup>-9</sup>
12# 1 号楼（一楼大厅）	4.05×10 <sup>6</sup>	0.0013	100	1	37	3.71×10 <sup>-9</sup>	3.57×10 <sup>-9</sup>

### ②泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用式 11-3 进行计算。

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

式中：

$H_L$ —预测点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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

$d$ —靶点距关注点的距离，m；

$B$ —屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中公式和参数计算。

泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表 11-8、表 11-9。

表 11-8 100kV 减影工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$B$
2#控制廊操作位	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
3#东侧防护门外 30cm 处（控制廊）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	2.5	15.28	0.7557	$7.96 \times 10^{-8}$
4#南侧防护墙外 30cm 处（会议室）	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	2.5	15.28	0.7557	$7.96 \times 10^{-8}$
5#西侧防护墙外 30cm 处（过道）	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	2.5	15.28	0.7557	$7.96 \times 10^{-8}$
6#北侧防护门外 30cm 处（北侧 DSA 机房）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
7#楼上离地 100cm 处（CT 机房）	120mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防护涂料	3.3mmPb	2.5	15.28	0.7557	$1.95 \times 10^{-5}$
8#楼下距楼下一地面 170cm 处（X 射线机房）	120mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防护涂料	3.6mmPb	2.5	15.28	0.7557	$9.21 \times 10^{-6}$
9# 6 号楼（一楼大厅）	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防护涂料	5.5mmPb	2.5	15.28	0.7557	$7.96 \times 10^{-8}$

10# 8 号楼（一楼大厅）	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防 护涂料	5.5mmPb	2.5	15.28	0.7557	$7.96 \times 10^{-8}$
11# 2 号楼（一楼大厅）	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防 护涂料	5.5mmPb	2.5	15.28	0.7557	$7.96 \times 10^{-8}$
12# 1 号楼（一楼大厅）	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防 护涂料	5.5mmPb	2.5	15.28	0.7557	$7.96 \times 10^{-8}$

表 11-9 90kV 透视工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$B$
1#第一术者位 （身体铅衣内）	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$4.08 \times 10^{-3}$
1#第一术者位 （身体铅衣外）	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.52 \times 10^{-2}$
1#第一术者位 （手部）	0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 防护帘	0.525 mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.27 \times 10^{-2}$
1#第二术者位 （身体铅衣内）	0.5mm 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$4.08 \times 10^{-3}$
1#第二术者位 （身体铅衣外）	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.52 \times 10^{-2}$
2#控制廊操作位	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
3#东侧防护门外 30cm 处（控制廊）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防 护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$
4#南侧防护墙外 30cm 处（会议室）	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防 护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$
5#西侧防护墙外 30cm 处（过道）	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防 护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$
6#北侧防护门外 30cm 处（北侧 DSA 机房）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
7#楼上离地 100cm 处 （CT 机房）	120mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防 护涂料	3.3mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.16 \times 10^{-6}$
8#楼下距楼下地面 170cm 处（X 射线机 房）	120mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防 护涂料	3.6mmPb	3.067	18.83	0.7726	$1.26 \times 10^{-6}$
9# 6 号楼（一楼大 厅）	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防 护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$
10# 8 号楼（一楼大 厅）	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防 护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$

11# 2号楼（一楼大厅）	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防 护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$
12# 1号楼（一楼大厅）	240mm 混凝土 +20mm 硫酸钡防 护涂料	5.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.71 \times 10^{-9}$

各预测点位泄漏辐射剂量计算参数及结果见下表11-10。

表 11-10 各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	$H_0$	$d$	$B$	$H_L$
		$\mu\text{Gy/h}$	m	/	$\mu\text{Gy/h}$
减影	2#控制廊操作位	$1 \times 10^3$	3.6	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.61 \times 10^{-4}$
	3#东侧防护门外 30cm 处（控制廊）	$1 \times 10^3$	3.6	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.61 \times 10^{-4}$
		$1 \times 10^3$	3.6	$7.96 \times 10^{-8}$	$6.14 \times 10^{-6}$
	4#南侧防护墙外 30cm 处（会议室）	$1 \times 10^3$	2.8	$7.96 \times 10^{-8}$	$1.02 \times 10^{-5}$
	5#西侧防护墙外 30cm 处（过道）	$1 \times 10^3$	3.6	$7.96 \times 10^{-8}$	$6.14 \times 10^{-6}$
	6#北侧防护门外 30cm 处（北侧 DSA 机房）	$1 \times 10^3$	2.8	$3.39 \times 10^{-6}$	$4.32 \times 10^{-4}$
	7#楼上离地 100cm 处（CT 机房）	$1 \times 10^3$	3.2	$1.95 \times 10^{-5}$	$1.91 \times 10^{-3}$
	8#楼下距楼下地面 170cm 处（X 射线机房）	$1 \times 10^3$	3.6	$9.21 \times 10^{-6}$	$7.11 \times 10^{-4}$
	9# 6 号楼（一楼大厅）	$1 \times 10^3$	8	$7.96 \times 10^{-8}$	$1.24 \times 10^{-6}$
	10# 8 号楼（一楼大厅）	$1 \times 10^3$	14	$7.96 \times 10^{-8}$	$4.06 \times 10^{-7}$
	11# 2 号楼（一楼大厅）	$1 \times 10^3$	34	$7.96 \times 10^{-8}$	$6.89 \times 10^{-8}$
	12# 1 号楼（一楼大厅）	$1 \times 10^3$	37	$7.96 \times 10^{-8}$	$5.82 \times 10^{-8}$
透视	1#第一术者位 （身体铅衣内）	$1 \times 10^3$	0.6	$4.08 \times 10^{-3}$	11.3
	1#第一术者位 （身体铅衣外）	$1 \times 10^3$	0.6	$2.52 \times 10^{-2}$	69.9
	1#第一术者位 （手部）	$1 \times 10^3$	0.4	$2.27 \times 10^{-2}$	142
	1#第二术者位 （身体铅衣内）	$1 \times 10^3$	0.9	$4.08 \times 10^{-3}$	5.03
	1#第二术者位 （身体铅衣外）	$1 \times 10^3$	0.9	$2.52 \times 10^{-2}$	31.1
	2#控制廊操作位	$1 \times 10^3$	3.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.85 \times 10^{-5}$
	3#东侧防护门外 30cm 处（控制廊）	$1 \times 10^3$	3.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.85 \times 10^{-5}$
		$1 \times 10^3$	3.6	$3.71 \times 10^{-9}$	$2.86 \times 10^{-7}$
	4#南侧防护墙外 30cm 处（会议室）	$1 \times 10^3$	2.8	$3.71 \times 10^{-9}$	$4.73 \times 10^{-7}$
	5#西侧防护墙外 30cm 处（过道）	$1 \times 10^3$	3.6	$3.71 \times 10^{-9}$	$2.86 \times 10^{-7}$
6#北侧防护门外 30cm 处（北侧 DSA 机房）	$1 \times 10^3$	2.8	$3.69 \times 10^{-7}$	$4.71 \times 10^{-5}$	

7#楼上离地 100cm 处 (CT 机房)	$1 \times 10^3$	3.2	$3.16 \times 10^{-6}$	$3.09 \times 10^{-4}$
8#楼下距楼下地面 170cm 处 (X 射线机房)	$1 \times 10^3$	3.6	$1.26 \times 10^{-6}$	$9.71 \times 10^{-5}$
9# 6 号楼 (一楼大厅)	$1 \times 10^3$	8	$3.71 \times 10^{-9}$	$5.79 \times 10^{-8}$
10# 8 号楼 (一楼大厅)	$1 \times 10^3$	14	$3.71 \times 10^{-9}$	$1.89 \times 10^{-8}$
11# 2 号楼 (一楼大厅)	$1 \times 10^3$	34	$3.71 \times 10^{-9}$	$3.21 \times 10^{-9}$
12# 1 号楼 (一楼大厅)	$1 \times 10^3$	37	$3.71 \times 10^{-9}$	$2.71 \times 10^{-9}$

### ③漏射和散射总辐射剂量率估算

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

表11-11 各个预测点的总辐射剂量率

场所	工作模式	关注点位置描述	散射辐射剂量率	泄漏辐射剂量率	总辐射剂量率
			$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$
3B号楼 (放射楼) 二层 DSA 机房	减影	2#控制廊操作位	$2.09 \times 10^{-2}$	$2.61 \times 10^{-4}$	$2.11 \times 10^{-2}$
		3#东侧防护门外 30cm 处 (控制廊)	$2.09 \times 10^{-2}$	$2.61 \times 10^{-4}$	$2.11 \times 10^{-2}$
			$4.86 \times 10^{-4}$	$6.14 \times 10^{-6}$	$4.92 \times 10^{-4}$
		4#南侧防护墙外 30cm 处 (会议室)	$8.03 \times 10^{-4}$	$1.02 \times 10^{-5}$	$8.13 \times 10^{-4}$
		5#西侧防护墙外 30cm 处 (过道)	$4.86 \times 10^{-4}$	$6.14 \times 10^{-6}$	$4.92 \times 10^{-4}$
		6#北侧防护门外 30cm 处 (北侧 DSA 机房)	$3.45 \times 10^{-2}$	$4.32 \times 10^{-4}$	$3.49 \times 10^{-2}$
		7#楼上离地 100cm 处 (CT 机房)	$1.53 \times 10^{-1}$	$1.91 \times 10^{-3}$	$1.55 \times 10^{-1}$
		8#楼下距楼下地面 170cm 处 (X 射线机房)	$5.69 \times 10^{-2}$	$7.11 \times 10^{-4}$	$5.76 \times 10^{-2}$
		9# 6 号楼 (一楼大厅)	$9.84 \times 10^{-5}$	$1.24 \times 10^{-6}$	$9.96 \times 10^{-5}$
		10# 8 号楼 (一楼大厅)	$3.21 \times 10^{-5}$	$4.06 \times 10^{-7}$	$3.25 \times 10^{-5}$
	11# 2 号楼 (一楼大厅)	$5.45 \times 10^{-6}$	$6.89 \times 10^{-8}$	$5.52 \times 10^{-6}$	
	12# 1 号楼 (一楼大厅)	$4.60 \times 10^{-6}$	$5.82 \times 10^{-8}$	$4.66 \times 10^{-6}$	
	透视	1#第一术者位 (身体铅衣内)	14.9	11.3	26.2
		1#第一术者位 (身体铅衣外)	92.0	69.9	162
		1#第一术者位 (手部)	187	142	329
		1#第二术者位 (身体铅衣内)	6.62	5.03	11.7
		1#第二术者位 (身体铅衣外)	40.9	31.1	72.0

	2#控制廊操作位	$3.75 \times 10^{-5}$	$2.85 \times 10^{-5}$	$6.60 \times 10^{-5}$
	3#东侧防护门外 30cm 处（控制廊）	$3.75 \times 10^{-5}$	$2.85 \times 10^{-5}$	$6.60 \times 10^{-5}$
		$3.77 \times 10^{-7}$	$2.86 \times 10^{-7}$	$6.63 \times 10^{-7}$
	4#南侧防护墙外 30cm 处（会议室）	$6.23 \times 10^{-7}$	$4.73 \times 10^{-7}$	$1.10 \times 10^{-6}$
	5#西侧防护墙外 30cm 处（过道）	$3.77 \times 10^{-7}$	$2.86 \times 10^{-7}$	$6.63 \times 10^{-7}$
	6#北侧防护门外 30cm 处（北侧 DSA 机房）	$6.20 \times 10^{-5}$	$4.71 \times 10^{-5}$	$1.09 \times 10^{-4}$
	7#楼上离地 100cm 处（CT 机房）	$4.06 \times 10^{-4}$	$3.09 \times 10^{-4}$	$7.15 \times 10^{-4}$
	8#楼下距楼下地面 170cm 处（X 射线机房）	$1.28 \times 10^{-4}$	$9.71 \times 10^{-5}$	$2.25 \times 10^{-4}$
	9# 6 号楼（一楼大厅）	$7.63 \times 10^{-8}$	$5.79 \times 10^{-8}$	$1.34 \times 10^{-7}$
	10# 8 号楼（一楼大厅）	$2.49 \times 10^{-8}$	$1.89 \times 10^{-8}$	$4.38 \times 10^{-8}$
	11# 2 号楼（一楼大厅）	$4.22 \times 10^{-9}$	$3.21 \times 10^{-9}$	$7.43 \times 10^{-9}$
	12# 1 号楼（一楼大厅）	$3.57 \times 10^{-9}$	$2.71 \times 10^{-9}$	$6.27 \times 10^{-9}$

由表 11-11 计算结果可知：控制廊操作位的辐射剂量率为  $6.60 \times 10^{-5} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为  $7.15 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ 。减影时，控制廊操作位的辐射剂量率为  $2.11 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为  $1.55 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ 。

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

## (2) 工作人员及公众个人剂量估算

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廊进行操作，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（或位于移动铅防护屏风后）。

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A 公式以及居留因子的选取，对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

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

式中： $H_1$ —X 射线外照射有效剂量当量，mSv；

$H_0$ —X 射线束造成的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$T$ —居留因子

$t$ —X射线年照射时间, h/a;

$l$ —剂量换算系数, Sv/Gy 取 1。

本项目的居留因子参照《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121—2020) 选取, 具体数值见表11-12。

表 11-12 居留因子的选取

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

计算结果详见表11-13。

表11-13 职业人员及公众年有效剂量估算结果

场所	工作模式	关注点位置描述	总辐射剂量率 $H_0$	年工作时间 $t$	居留因子 $T$	年有效剂量 $H_1$	涉及人员类型
			$\mu\text{Gy/h}$	h		mSv	
3B号楼(放射楼)二层 DSA 机房	减影	2#控制廊操作位	$2.11 \times 10^{-2}$	13.3	1	$2.81 \times 10^{-4}$	职业人员
		3#东侧防护门外30cm处(控制廊)	$2.11 \times 10^{-2}$	13.3	1	$2.81 \times 10^{-4}$	职业人员
			$4.92 \times 10^{-4}$	13.3	1	$6.56 \times 10^{-6}$	职业人员
		4#南侧防护墙外30cm处(会议室)	$8.13 \times 10^{-4}$	13.3	1/4	$2.70 \times 10^{-6}$	公众人员
		5#西侧防护墙外30cm处(过道)	$4.92 \times 10^{-4}$	13.3	1/4	$1.64 \times 10^{-6}$	公众人员
		6#北侧防护门外30cm处(北侧DSA机房)	$3.49 \times 10^{-2}$	13.3	1/2	$2.32 \times 10^{-4}$	职业人员
		7#楼上离地100cm处(CT机房)	$1.55 \times 10^{-1}$	13.3	1/2	$1.03 \times 10^{-3}$	职业人员
		8#楼下距楼下地面170cm处(X射线机房)	$5.76 \times 10^{-2}$	13.3	1/2	$3.83 \times 10^{-4}$	职业人员
		9# 6号楼(一楼大厅)	$9.96 \times 10^{-5}$	13.3	1	$1.33 \times 10^{-6}$	公众人员
		10# 8号楼(一楼大厅)	$3.25 \times 10^{-5}$	13.3	1	$4.33 \times 10^{-7}$	公众人员
	11# 2号楼(一楼大厅)	$5.52 \times 10^{-6}$	13.3	1	$7.34 \times 10^{-8}$	公众人员	
	12# 1号楼(一楼大厅)	$4.66 \times 10^{-6}$	13.3	1	$6.20 \times 10^{-8}$	公众人员	
透视	1#第一术者位(身体铅衣内)	26.2	66.7	1	1.75	职业人员	
	1#第一术者位(身体铅衣外)	162.0	66.7	1	10.8	职业人员	

1#第二术者位 (身体铅衣内)	11.7	66.7	1	$7.77 \times 10^{-1}$	职业人员
1#第二术者位 (身体铅衣外)	72.0	66.7	1	4.80	职业人员
2#控制廊操作位	$6.60 \times 10^{-5}$	266.7	1	$1.76 \times 10^{-5}$	职业人员
3#东侧防护门外30cm处 (控制廊)	$6.60 \times 10^{-5}$	266.7	1	$1.76 \times 10^{-5}$	职业人员
	$6.63 \times 10^{-7}$	266.7	1	$1.76 \times 10^{-7}$	职业人员
4#南侧防护墙外30cm处 (会议室)	$1.10 \times 10^{-6}$	266.7	1/4	$7.30 \times 10^{-8}$	公众人员
5#西侧防护墙外30cm处 (过道)	$6.63 \times 10^{-7}$	266.7	1/4	$4.42 \times 10^{-8}$	公众人员
6#北侧防护门外30cm处 (北侧DSA机房)	$1.09 \times 10^{-4}$	266.7	1/2	$1.45 \times 10^{-5}$	职业人员
7#楼上离地100cm处 (CT机房)	$7.15 \times 10^{-4}$	266.7	1/2	$9.53 \times 10^{-5}$	职业人员
8#楼下距楼下地面 170cm处(X射线机房)	$2.25 \times 10^{-4}$	266.7	1/2	$3.00 \times 10^{-5}$	职业人员
9# 6号楼(一楼大厅)	$1.34 \times 10^{-7}$	266.7	1	$3.58 \times 10^{-8}$	公众人员
10# 8号楼(一楼大厅)	$4.38 \times 10^{-8}$	266.7	1	$1.17 \times 10^{-8}$	公众人员
11# 2号楼(一楼大厅)	$7.43 \times 10^{-9}$	266.7	1	$1.98 \times 10^{-9}$	公众人员
12# 1号楼(一楼大厅)	$6.27 \times 10^{-9}$	266.7	1	$1.67 \times 10^{-9}$	公众人员

根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)中对于介入放射工作人员穿戴铅围裙估算有效剂量的计算方法,采用公式 11-5 进行估算。

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

式中:

$E$ ——有效剂量中的外照射分量,单位: mSv;

$\alpha$ ——系数,有甲状腺屏蔽时,取 0.79,无屏蔽时,取 0.84,本项目取 0.79;

$\beta$ ——系数,有甲状腺屏蔽时,取 0.051,无屏蔽时,取 0.100,本项目取 0.051;

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

$H_o$ ——铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ,单位: mSv。

由表 11-13 可知,第一术者位(身体铅衣内)年有效剂量为 1.75mSv,第一术者位(身体铅衣外)年有效剂量为 10.8mSv,第二术者位(身体铅衣内)年有效剂量为 0.78mSv,第二术者位(身体铅衣外)年有效剂量为 4.8mSv,则由式 11-5 计算可知,第一手术位(身体)的受照的有效剂量为 1.93mSv/a,第二手术位(身体)的受照的有效剂量为 0.86 mSv/a。

各预测点位年有效剂量估算结果汇总于表11-14。

表11-14 职业人员及公众年有效剂量估算结果

场所	关注点位置描述	减影	透视	年有效剂量	人员类型
		mSv	mSv	mSv	
3B号楼 (放射楼) 二层 DSA机房	1#第一术者位	2.81×10 <sup>-4*</sup>	1.93	1.93	职业人员
	1#第二术者位	2.81×10 <sup>-4*</sup>	0.86	0.86	职业人员
	2#控制廊操作位	2.81×10 <sup>-4</sup>	1.76×10 <sup>-5</sup>	2.99×10 <sup>-4</sup>	职业人员
	3#东侧防护门外 30cm 处 (控制廊)	2.81×10 <sup>-4</sup>	1.76×10 <sup>-5</sup>	2.99×10 <sup>-4</sup>	职业人员
		6.56×10 <sup>-6</sup>	1.76×10 <sup>-7</sup>	6.74×10 <sup>-6</sup>	职业人员
	4#南侧防护墙外 30cm 处 (会议室)	2.70×10 <sup>-6</sup>	7.30×10 <sup>-8</sup>	2.78×10 <sup>-6</sup>	公众人员
	5#西侧防护墙外 30cm 处 (过道)	1.64×10 <sup>-6</sup>	4.42×10 <sup>-8</sup>	1.68×10 <sup>-6</sup>	公众人员
	6#北侧防护门外 30cm 处 (北侧 DSA 机房)	2.32×10 <sup>-4</sup>	1.45×10 <sup>-5</sup>	2.47×10 <sup>-4</sup>	职业人员
	7#楼上离地 100cm 处 (CT 机房)	1.03×10 <sup>-3</sup>	9.53×10 <sup>-5</sup>	1.12×10 <sup>-3</sup>	职业人员
	8#楼下距楼下地面 170cm 处 (X 射线机房)	3.83×10 <sup>-4</sup>	3.00×10 <sup>-5</sup>	4.13×10 <sup>-4</sup>	职业人员
	9# 6 号楼 (一楼大厅)	1.33×10 <sup>-6</sup>	3.58×10 <sup>-8</sup>	1.36×10 <sup>-6</sup>	公众人员
	10# 8 号楼 (一楼大厅)	4.33×10 <sup>-7</sup>	1.17×10 <sup>-8</sup>	4.44×10 <sup>-7</sup>	公众人员
	11# 2 号楼 (一楼大厅)	7.34×10 <sup>-8</sup>	1.98×10 <sup>-9</sup>	7.53×10 <sup>-8</sup>	公众人员
12# 1 号楼 (一楼大厅)	6.20×10 <sup>-8</sup>	1.67×10 <sup>-9</sup>	6.36×10 <sup>-8</sup>	公众人员	

\*注：减影模式下，手术医护人员退出介入机房，进入控制廊，因此减影模式下需考虑手术医护人员在控制廊内的受照剂量，受照剂量同控制廊工作人员。

手术医生在 DSA 机房内进行介入手术时，会穿铅衣、戴铅眼镜、铅围脖等防护用品，但是仍然有部分佩服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当量剂量的估算。

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017)和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，有辐射场空气比释动能率信息时，皮肤吸收剂量用下式进行估算：

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

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

式中：

$D_S$ ：皮肤吸收剂量 (mGy)；

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

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

$t$ : 人员累积受照时间, h, 医生年受照时间为 66.7h;

$H$ : 关注点的当量剂量, mSv;

$W_R$ : 辐射权重因数, X 射线取 1。

根据式 11-6 和 11-7 计算得医生腕部皮肤受到的当量剂量为 25.4mSv/a, 满足本项目辐射工作人员手部当量剂量不高于 125mSv/a 的年当量剂量约束值要求。

综上所述, 本项目控制廊工作人员身体受照的年有效剂量最大为  $2.99\times 10^{-4}\text{mSv}$ , 介入医护人员身体受照的年有效剂量最大为 1.93mSv, 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; 介入医护人员手部皮肤所受的年当量剂量最大为 25.4mSv, 满足本项目辐射工作人员手部年当量剂量不高于 125mSv 的年当量剂量约束值要求; 公众身体受照的年有效剂量最大为  $2.78\times 10^{-6}\text{mSv}$ , 满足公众年有效剂量不高于 0.1mSv 的年剂量约束值要求。

### 11.2.2 叠加分析

本项目 DSA 工作人员均为医院心内科人员调配而来, 负责本项目 1 台 DSA 操作, 仍需兼任原其余 DSA 设备手术及心内科工作。心内科人员原有工作辐射影响可根据往年心内科个人剂量累积最高值考虑。故根据医院现有浙江大学医学院附属第二医院辐射工作人员 2020 年第四季度~2021 年第三季度一整年度个人剂量监测报告可知, 心内科介入工作人员年个人累积剂量值最高为 1.892mSv(429#工作人员), 叠加本项目工作人员年有效剂量估算值, 则本项目工作人员最大年有效剂量约为 3.822mSv。

因本项目 DSA 机房北侧与原有 DSA 机房紧邻, 上方为 CT 机房, 下方为 X 射线机房。根据浙江建安检测研究院有限公司出具的《浙江大学医学院附属第二医院医用 X 射线影像诊断设备质量控制和辐射工作场所检测》(GABG-XF/CF21235630、GABG-XF/CF21235630-15, 检测报告见附件 7) 可知, 北侧 DSA 机房、上方 CT 机房及下方 X 射线机房周边放射工作场所检测结果与本底水平相当, 故本项目不考虑北侧 DSA 机房、上方 CT 机房及下方 X 射线机房内射线装置运行时对本项目辐射工作人员和公众的叠加影响。

另外，北侧 DSA 机房、上方 CT 机房及下方 X 射线机房的辐射工作人员在其机房承担辐射工作的同时，还会受到本项目的辐射影响。其叠加分析具体见下表。

**表11-15 其他位置职业人员叠加分析**

编号	位置	年度个人累计剂量最高值 (mSv)	年有效剂量估算值 (mSv)	工作人员最大年有效剂量 (mSv)
1	北侧 DSA 机房	1.892 (心内科 429# 工作人员)	$2.47 \times 10^{-4}$	1.892
2	上方 CT 机房	3.428 (放射科 62# 工作人员)	$1.12 \times 10^{-3}$	3.429
3	下方 X 射线机房		$4.13 \times 10^{-4}$	3.428

根据表 11-15 可知，北侧 DSA 机房、上方 CT 机房及下方 X 射线机房辐射工作人员在考虑本项目射线装置叠加影响后的年有效剂量最大为 3.429mSv 仍满足辐射工作人员年有效剂量不高于 5mSv 的年剂量约束值要求。

综上所述，在考虑叠加影响后的辐射工作人员身体受照的年有效剂量最大为 3.822mSv，仍满足本项目辐射工作人员年有效剂量不高于 5mSv 的年剂量约束值要求。

### 11.3 事故影响分析

#### 11.3.1 辐射事故情况

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

(2) 工作人员误入正在运行的机房引起误照射；

(3) DSA 的 X 射线装置工作状态下，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、监视器、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，一定要穿好防护铅服，戴铅眼镜，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) 制定事故应急预案，并每年定期进行演练；发现问题，及时进行整改。

### **11.3.3 辐射事故应急**

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》等有关法律法规，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，专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核。

浙江大学医学院附属第二医院成立了放射（辐射）防护安全管理委员会，全面负责浙江大学医学院附属第二医院的辐射安全管理工作及相关工作，见附件 8。该管理机构的基本组成涵盖射线装置的管理与使用等相关部门，机构明确了组成人员及相关职责，故建设单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足环保管理工作的要求。

#### 12.1.2 辐射工作人员管理

##### （1）职业健康检查

本项目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。医院现有放射工作人员均已定期在浙江大学医学院附属第一医院进行职业健康检查，已建立职业健康档案，符合要求。

##### （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，现有辐射工作人员均参加浙江卫生计生监督微信公众号的辐射防护与安全培训，保证所有辐射工作人员持证上岗。本项目沿用原有放射工作人员，原放射工作人员均按时接受再培训，符合要求。

##### （3）个人剂量检测

医院辐射工作人员均配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案，现有辐射工作人员个人剂量监测汇总见附件 11。根据 2020 年第四季度~2021 年第三季度（4 个检测周期）个人剂量检测统计结果显示，全院现有辐射工作人员年累积受照剂量均不超过职业年剂量约束值 5mSv。个人剂量检测结果及体检结果汇总表见附件 11。

医院应强化管理、加强辐射工作人员的培训学习，个人剂量计应严格按照规定

正确佩戴。

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，使用射线装置的单位，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，编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，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。医院年度评估报告包括：放射性同位素与射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，医院已按照要求执行年度评估。

浙江大学医学院附属第二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，针对本项目新增的 DSA 辐射工作场所，医院应将本项目辐射工作场所纳入现有年度评估报告，定期报发证机关。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许可管理办法》等法律法规要求，使用放射性同位素、射线装置的单位，应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护制度、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、台账管理制度和监测方案，并有完善的辐射事故应急措施”。

医院已有正在使用的 DSA 设备多台，从事介入放射学经验丰富，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，新增本项目后，现有规章制度仍能够满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。本项目为使用II类射线装置。医院应根据本项目的情况，尽快建立健全和落实相应的

规章制度和操作规程，并根据本项目特点更新辐射事故应急预案，明确 DSA 工作人员的岗位职责，加强对辐射工作人员的安全防护培训和意识教育。

建设单位在按照环评要求对制度、人员、场所、设施等进行补充完善后，项目符合辐射安全及环境保护要求。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 监测仪器和防护设备

本项目 DSA 属II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求，医院应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备与辐射类型、辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、X- $\gamma$  辐射巡测仪等。

医院已配备 1 台辐射巡测仪，能够满足相关辐射防护相关要求。

### 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	按照国家规定进行计量检定	DSA机房四周屏蔽墙外30cm处、顶棚距地100cm处，楼下距地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 辐射事故应急

根据国务院令 第 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，医院按照对应急措施、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。医院已制定《突发辐射事故应急预案》，预案包括如下内容：

- (1) 制定依据与目的；
- (2) 组织体系；
- (3) 运行机制；
- (4) 应急保障；
- (5) 辐射事故等级划分；
- (6) 应急报警电话。

辐射事故应急工作领导小组成员构成：

- 1) 组长：分管院长
- 2) 成员：各科室主要负责人及其它相关人员。
- 3) 主要职责：监督检查放射安全工作，防止辐射事故的发生；针对防范措施失效和未落实防范措施的部门提出整改意见；对已发生辐射事故的现场进行组织协调、安排救助、并向放射工作人员与公众通报；负责向上级行政主管部门报告辐射事故发生和应急救援情况，负责恢复正常秩序、稳定受照人员情绪等方面的工作。

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。

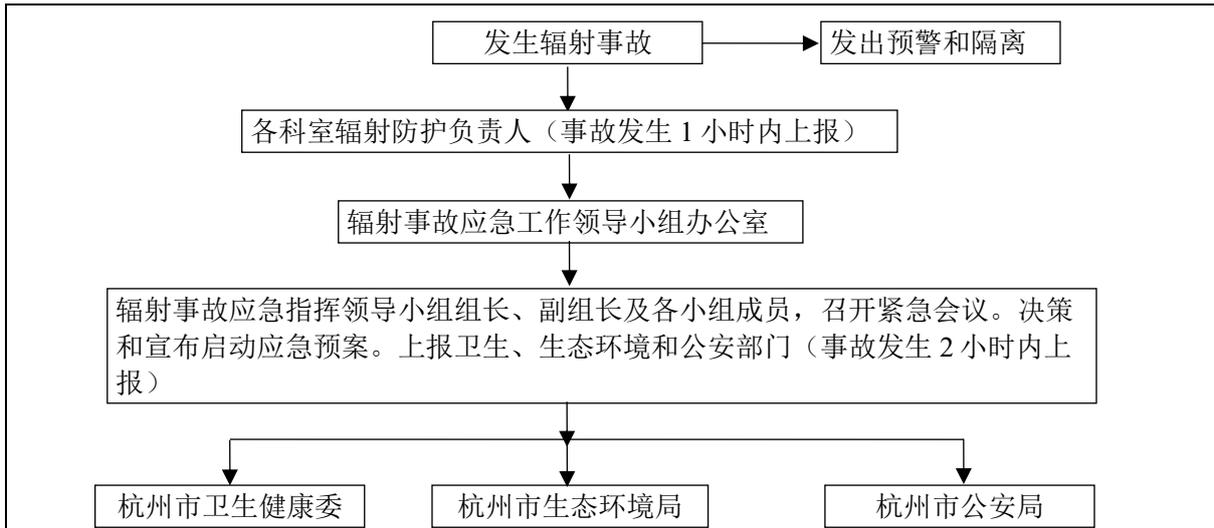


图 12-1 辐射事故应急响应流程示意图

建设单位制定的辐射事故应急预案较为全面，具有一定的可操作性，医院未发生过辐射环境污染事件。

(1) 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。

安全医疗，重在防范，医院必须严格遵守《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和防护管理办法》等相关规定，按照医院的相关规章制度执行，将安全和防范措施落实到工作中的各个细节，防患于未然。

## 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 机房屏蔽设计四侧墙体使用 240mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料，顶棚为 120mm 现浇混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料，地坪为 120mm 混凝土+20mm 硫酸钡涂料，机房设有 4mmPb 铅当量铅防护门和防护窗，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 设有急停按钮，机房门拟设闭门装置，设工作状态指示灯与机房门联锁等安全设施，各机房设有视频监控和对讲装置。

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

浙江大学医学院附属第二医院成立了放射（辐射）防护安全管理委员会，全面负责浙江大学医学院附属第二医院的辐射安全管理工作及相关工作。该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；该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。

#### 13.1.2 环境影响分析结论

(1) 根据理论分析，DSA 机房四周屏蔽墙体、地面、顶棚、地板及观察窗外辐射剂量率均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的 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 $\mu$ Sv/h 的要求。

(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，手术医生手术位手部皮肤受到的年当量剂量满足本次评价提出的 125mSv 的年当量剂量约束值。现有辐射工作人员均参加浙江卫生计生监督微信公众号的辐射防护与安全培训，保证所有辐射工作人员持证上岗。

(3) 本项目拟采用带有排风功能的新风系统进行通风, 换气次数不低于 4 次/h, 产生的少量臭氧和氮氧化物经通排风系统收集后最终排放至大气外环境中, 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, 废气排出机房后对周围环境影响很小。

### 13.1.3 可行性分析结论

#### (1) 产业政策符合性分析结论

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(2021 年修订)中第一类—鼓励类>>十三、医药>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。

#### (2) 实践正当性分析

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

#### (3) 相关规划及选址合理性结论

##### ①《杭州市城市总体规划(2001-2020 年)》(2016 年修订)符合性

根据《杭州市城市总体规划(2001-2020 年)》(2016 年修订), 杭州市坚持“城市东扩, 旅游西进, 沿江开发, 跨江发展”的空间策略, 延续“一主三副六组团六条生态带”的空间结构。其中“一主三副”即主城和江南城、临平城和下沙城三个副城。本项目位于上城区解放路 88 号, 属于规划中的主城, 主城以疏解人口、降低居住密度为重点, 增加公共开敞空间及公共服务设施配套, 推进城中村改造、危房改造, 提升居住环境品质。本项目为医疗服务项目, 为城市居民提供医疗卫生服务, 可方便人民享受便利的基本公共服务, 有利于促进社会服务、基础设施建设等城市功能的建设完善, 与规划是相符的。

##### ②土地利用规划符合性

本项目所在地块位于杭州市上城区解放路 88 号, 本项目选址在院区现有的医疗

用房内，属于规划的允许建设区范围内。

#### ③杭州市生态环境分区管控方案符合性

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“上城区城镇生活重点管控单元，环境管控单元编码为 ZH33010210004”。该单元空间布局引导为：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。本项目不涉及污染物总量，各污染物经本项目提出的防护措施治理后均可达标排放，符合污染物排放管控要求；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，也不属于噪声、恶臭油烟等污染排放较大的建设项目，资源利用效率较高，符合环境风险防控和资源开发效率要求。因此项目符合杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案的要求。

#### ④污染物达标排放符合性

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。

#### ⑤选址合理性分析结论

本项目用地属于医院用地，拟建 DSA 机房辐射工作场所位于 3B 号楼（放射楼）二层，用房性质为医疗用房，项目周围无环境制约因素。项目建设符合《杭州市城市总体规划（2001-2020 年）》（2016 年修订）、土地利用总体规划、《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》和国家产业政策。本项目拟建 DSA 机房实体边界外 50m 评价范围主要为医院内部的建筑物和道路，无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等其他环境敏感区。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，浙江大学医学院附属第二医院 DSA 射线装置扩建项目的建设符合城市主体功能区划和土地利用规划，符合环境功能区划，符合“三线一单”要求，选址合法合理；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**

(1) 加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员辐射防护意识，杜绝辐射事故发生。

(2) 辐射监测仪器和其他辐射防护设备要落实专人负责定期检查、维护，确保其状况良好，以确保监测数据的可靠，为单位辐射防护提供可靠依据；

(3) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，进行核与辐射安全知识宣传，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

### **13.2.2 承诺**

(1) 按照国家相关法律法规及环评报告的要求补充和更新相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，保证各种规章制度和操作规程的有效执行，并对应急预案定期进行演练、总结。

(2) 医院承诺加强辐射工作人员的管理，相关辐射工作人员配备个人剂量仪，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；相关辐射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对其进行职业健康检查，建立职业健康档案。

(3) 严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

(4) 在本次环评报告取得批复后及时重新申领辐射安全许可证；在本项目新增 DSA 装置调试正常后，及时组织开展项目工程竣工环境保护验收，编制验收报告，经验收合格后方可正式投入运行。

## 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