

编号：ZFHK-FB23220108

核技术利用建设项目

浙江大学医学院附属第二医院
3B 号楼（放射楼）二层 DSA 机房 12
新增 1 台 DSA 射线装置扩建项目

环境影响报告表

（公示稿）

浙江大学医学院附属第二医院

2024 年 3 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

3B 号楼（放射楼）二层 DSA 机房 12

新增 1 台 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.....	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.....	32
表 11 环境影响分析.....	39
表 12 辐射安全管理.....	53
表 13 结论与建议.....	57
表 14 审批.....	61

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 3B 号楼（放射楼）二层 DSA 机房 12 新增 1 台 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		■	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		杭州市上城区解放路 88 号 3B 号楼（放射楼）二层 DSA 机房 12				
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）	10	投资比例（环保投资/总投资）	1.0%
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 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	/				
<h3>1.1 项目概述</h3> <h4>1.1.1 建设单位概况</h4> <p>浙江大学医学院附属第二医院（以下简称“建设单位”或“医院”）创建于 1869 年，是浙江省西医发源地，全国首批三级甲等医院。医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。</p> <p>医院现持有浙江省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号：浙环辐证[A0120]，有效期至 2028 年 06 月 20 日，许可的种类和范围：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。</p>						

1.1.2 建设目的和任务由来

医院 3B 号楼 2 层 DSA 机房 12 内原有 1 台 DSA 设备，该 DSA 设备于 2018 年 8 月 6 日取得原杭州市环境保护局批复，批复文号：杭环辐评批[2018]16 号，且登记于 2020 年 12 月 30 日颁发的辐射安全许可证中，并于 2021 年 7 月 16 日完成自主验收。

由于原 DSA 设备使用年限已久，已于 2023 年 5 月停用，并已完成相应射线装置报废流程，设备已拆除，DSA 机房 12 闲置。由于在 2023 年 6 月前，DSA 机房 12 内无新设备安装计划，因此在最新申领的辐射安全许可证中，DSA 机房 12 及其设备已取消许可。根据医院最新规划，医院拟在 DSA 机房 12 内新增 1 台 DSA 设备，设备型号为 UNIQ FD20，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。

由于医院现持有的辐射安全许可证中，已取消 DSA 机房 12 的登记情况，DSA 机房 12 不再属于已纳入辐射安全许可证管理的辐射工作场所，对照《关于<建设项目环境影响评价分类管理名录>中免于编制环境影响评价文件的核技术利用项目有关说明的函》（环函办〔2015〕1758 号）中“一、免于编制环境影响评价文件的核技术利用项目的范围”，本项目不在该范围内。因此，本项目重新开展对 DSA 机房 12 的环境影响评价。

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

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 3B 号楼（放射楼）二层 DSA 机房 12 新增 1 台 DSA 射线装置扩建项目”（简称“本项目”）的环境影响评价工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集和委托辐射环境质量现状监测等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制了本项目环境影响评价报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

由于本项目为在原有已闲置的 DSA 机房 12 内新增 1 台 DSA 设备，原有机房屏蔽体完好，本次项目不进行屏蔽体的更新和施工等内容。

本项目建设内容为：医院拟在 3B 号楼 2 层 DSA 机房 12 机房内新增 1 台 DSA，

用于影像诊断和介入治疗，设备型号为 UNIQ FD20，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，为II类射线装置。本次新增的 DSA 设备型号参数见表 1-1。

表 1-1 DSA 设备参数一览表

装置名称	型号	数量	最大管电压	最大管电流	管头数量	类别	使用位置	备注
DSA	UNIQ FD20	1 台	125kV	1000mA	单管头	II类	3B 号楼 2 层 DSA 机房 12	本次新增

1.1.4 项目工作负荷及人员配置

(1) 工作负荷

根据医院提供资料，本项目 DSA 年最大手术量为 600 台（与原有 DSA 年手术量相同），主要开展心内科介入手术、神经介入等手术。因每台手术类型不同，1 台手术中 DSA 的减影和透视 X 射线出束时间也不尽相同。本项目按照常规手术出束时间考虑，即减影按每台手术时间 1min，透视按每台手术时间 20min 进行分析。

(2) 人员配置

本项目 DSA 配备工作人员 14 名，均为现有辐射人员，负责本项目 1 台 DSA 操作。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 150 台。根据实际情况本项目辐射工作人员可能兼任其它 DSA 设备的手术，且考虑到辐射工作人员可能存在实际工作量不均衡的情况，因此本项目保守考虑每组手术医生年手术台数最大为 200 台。

本项目单名医生及护士年最大手术台数为 200 台，则透视过程年最大受照时间为 66.67h；单名技师年最大手术台数预计为 600 台，则减影过程年最大出束时间为 10h，透视过程年最大出束时间为 200h，DSA 最大运行工况和工作负荷详见表 1-2。

表 1-2 本项目 DSA 最大运行工况和工作负荷

设备	手术量	最大运行工况		曝光时间	年曝光时间	每组医护年最大受照时间	单个技师年最大受照时间
DSA	600 台/年	减影	90kV, 500mA	1min	10h	3.34h	10h
		透视	90kV, 15mA	20min	200h	66.67h	200h

注：减影时，医护人员退出 DSA 机房进入控制廊，由控制廊技师隔室进行操作。

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），医院应组织本项目辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台相应类别的培训并参加考核，考核合格后方可上岗，并定期复训。

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杭州市上城区解放路 88 号，医院东北侧为直大方伯和东河家园，东侧为东河，南侧为解放路，西侧为马市街，北侧为小营江南红巷景区和银枪新村。项目地理位置见附图 1，医院周边环境见附图 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）位于医院东南侧，共 5 层，均为地上建筑。

本项目 DSA 机房 12 位于 3B 号楼 2 层，机房东侧距离 3A 号楼约 8m，距离直大方伯约 60m；东南侧距离 6 号楼约 25m；西南侧距离 8 号楼约 30m；西侧距离院内道路/连廊约 6m，距离绿地约 16m；西北侧距离 1 号楼约 21m；北侧距离院内道路约 3m，距离 2 号楼约 12m；东北侧距离 5 号楼约 44m。本项目 50m 评价范围内主要为医院内部建筑和道路。医院平面布置见附图 3。

1.2.2.2 项目机房四至环境关系

本项目 DSA 机房 12 东侧为控制廊，南侧为 DSA 机房 11，西侧为走廊，北侧为楼梯间，正上方为 CT 室 4、设备室和控制室，正下方为 CT 室 8。DSA 所在楼层平面布局图见附图 4。

1.3 相关规划及选址合理性分析

1.3.1 总体规划符合性

目前，《杭州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》暂未批准发布，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”即主城区和江南城、临平城和下沙城三个副城。本项目位于上城区解放路 88 号，属于规划中的主城区，主城区以疏解人口、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。

1.3.2 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，选址位于院区现有的医疗用地内，属于规划的允许建设区范围内。

1.3.3 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。

1.3.4 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排放达标。

1.3.5 选址合理性分析

本项目用地属于医疗卫生用地，本项目 DSA 机房 12 位于 3B 号楼二层，不新增用地，项目周围无环境制约因素。本项目的建设符合《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 DSA 机房 12 实体边界外 50m 评价范围主要为医院内部建筑和道路，无自然保护区、风景名胜區、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。

1.3.6 “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）和《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》（环环评[2021]108 号），“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，本项目所在地位于“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 γ 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。

1.3.7 “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 ₃)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	本项目为核技术利用项目，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

1.4 产业政策符合性

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

1.5 实践正当性分析

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

项目的实践是必要的。

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

1.6 原有核技术利用项目许可情况

1.6.1 原有核技术利用项目许可情况

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：浙环辐证[A0120]，有效期至2028年06月20日。许可的种类和范围：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。

1.6.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

医院原有核技术利用项目及环保手续见下表。

表 1-4 医院原有放射源使用情况

序号	核素	数量	活度	类别	工作场所	环评情况	验收情况
1	^{22}Na	1 枚	$3.7 \times 10^4 \text{Bq}$	V 类	6 号楼地下 2 楼	浙环建 [2004]158 号	浙环辐验 [2015]120 号
2	^{68}Ge	1 枚	$4.625 \times 10^7 \text{Bq}$	V 类	6 号楼地下 2 楼	浙环辐 (2011) 26 号	
3	^{68}Ge	1 枚	$9.25 \times 10^7 \text{Bq}$	V 类	6 号楼地下 2 楼	杭上环辐批 [2013]01 号	杭上环辐验 [2016]001 号
4	^{68}Ge	1 枚	$4.625 \times 10^7 \text{Bq}$	V 类	6 号楼地下 2 楼		
5	^{68}Ge	1 枚	$3.7 \times 10^7 \text{Bq}$	V 类	6 号楼地下 2 楼	201833010200000177	

表 1-5 医院原有非密封放射性物质使用情况

序号	核素	技术参数		类别	使用场所	环评情况	验收情况
		日等效操作量 Bq	年最大用量 Bq				
1	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	5.55×10^8	1.33×10^{13}	乙级	3A 号楼 2 楼	浙环辐 (2011) 26 号	浙环辐验 [2015]120 号
2	^{131}I	3.7×10^8	3.55×10^{11}	乙级	3A 号楼 2 楼		
3	^{89}Sr	2.96×10^7	2.84×10^{10}	乙级	3A 号楼 2 楼		
4	^{153}Sm	2.96×10^8	1.42×10^{11}	乙级	3A 号楼 2 楼		
5	^{32}P	4.40×10^7	5.28×10^9	乙级	3A 号楼 2 楼		
6	^{68}Ge (^{68}Ga)	3.7×10^6	4.44×10^{10}	乙级	6 号楼地下 2 楼	浙环辐 (2011) 26 号	浙环辐验 [2017]64 号
7	^{11}C	1.90×10^8	4.75×10^{12}	乙级	6 号楼地下 2 楼	浙环建	浙环辐验

8	¹⁸ F	5.60×10 ⁸	1.40×10 ¹³	乙级	6号楼地下2楼	[2004]158号	[2006]18号
9	¹³ N	7.40×10 ⁷	1.85×10 ¹²	乙级	6号楼地下2楼		
10	¹²⁵ I	2.3×10 ⁴	5.6×10 ⁷	丙级	3A号楼2楼		
11	⁶⁸ Ga	7.40×10 ⁷	3.55×10 ¹⁰	乙级	6号楼地下2楼		
12	¹²⁵ I(粒子源)	1.665×10 ⁷	9.99×10 ¹¹	乙级	3A号楼2楼	202033010200000160	

表 1-6 医院原有射线装置使用情况

序号	射线装置	规格型号	数量	最大工况	类别	工作场所	环评情况	验收情况
1	模拟定位机	ACUITY	1	125kV, 200mA	III类	3A号楼1楼	202333010200000119	
2	口腔 CBCT	X550	1	90kV, 10mA	III类	3B楼2楼 CBCT机房	202233010200000122	
3	牙科全景机	X550	1	80kV, 10mA	III类	门诊2楼	201833010200000055	
4	口腔 X 光 射线机	SM-X-28	1	60kV, 10mA	III类	门诊2楼	201833010200000055	
5	直线加速器	Trilogy	1	10MV 20MeV	II类	3号楼1楼	浙环辐(2011) 26号	浙环辐验 [2015]120号
6	回旋加速器	Cytrishm-12S	1	12MeV	II类	6号楼地下2楼	浙环建 [2004]158号	浙环辐验 [2006]18号
7	双向 DSA	Allura Xper FD20/20	1	125kV, 1100mA	II类	3B号楼2楼11 号	杭环辐评批 [2018]16号	2021年7月16 日自主验收
8	DSA	UNIQ FD20	1	125kV, 1250mA	II类	3B号楼2楼10 号机房	杭环上评批 [2023]1号	2023年8月30 日自主验收
9	DSA	Allura Xper FD10	1	150kV, 1100mA	II类	心血管介入中 心2号	浙环辐 [2011]26号	浙环辐验 [2015]120号
10	DSA	Allura Xper FD20	1	150kV, 1100mA	II类	心血管介入中 心1号	浙环辐 [2011]26号	浙环辐验 [2015]120号
11	DSA	Allura Xper FD20	1	150kV, 1100mA	II类	心血管介入中 心4号	杭环辐评批 [2018]16号	2021年7月16 日自主验收
12	双向 DSA	Biplane MN	1	160kV, 1250mA	II类	心血管介入中 心5号	杭环辐评批 [2018]16号	2021年7月16 日自主验收
13	DSA	UNIQ FD20	1	125kV, 1000mA	II类	心血管介入中 心3号机房	浙环辐 [2011]26号	浙环辐验 [2015]120号
14	DSA	UNIQ FD20	1	125kV, 1250mA	II类	急诊中心四层 DSA手术室	浙环辐 [2011]26号	浙环辐验 [2015]120号
15	CT	uCT 760	1	140kV, 667mA	III类	10号楼2楼 CT10号机房	202333010200000120	
16	SPECT	Infinia	1	140kV, 2.5mA	III类	3A号楼2楼	201833010200000055	
17	SPECT	ECAM	1	150kV, 800mA	III类	3A号楼2楼	201833010200000055	
18	40排 CT	Somatom/ definition As	1	150kV, 1000mA	III类	3B号楼3楼3 号	202233010200000122	
19	大口径 CT	Light speed RT	1	150kV, 800mA	III类	3B号楼3楼CT 室4	浙环辐 [2011]26号	浙环辐验 [2015]120号
20	CT	Optima CT540	1	140kV, 450mA	III类	3B号楼1楼 CT7号	201833010200000055	
21	CT机	SOMATOM Perspective	1	130kV, 345mA	III类	3B号楼三层1 号CT机房	202033010200000161	
22	CT	uCT550	1	140kV, 420mA	III类	3B楼1楼CT8 号机房	202233010200000122	
23	CT	SOMATOM Definition AS	1	140kV, 800mA	III类	3B楼3楼CT2 号机房	浙环辐 [2011]26号	浙环辐验 [2015]120号
24	CT机	SOMATOM Force	1	150kV, 1300mA	III类	6号楼3楼6号 机房	202033010200000162	

25	新双源 CT	Somatom definition flash	1	150kV, 1000mA	III类	6号楼3楼5号机房	202033010200000161	
26	PET-CT	Biograph mCTx	1	115kV	III类	6号楼地下2楼	浙环建 [2004]158号	浙环辐验 [2006]18号
27	数字胃肠机	Axiom Luminos DRF	1	150kV, 800mA	III类	3B号楼2楼	201833010200000055	
28	移动式X线机	SM-50HF-B-D	1	150kV, 500mA	III类	3B号楼	202333010200000119	
29	数字乳腺机	Hologic Selenia	1	150kV, 300mA	III类	3B号楼1楼2号	201833010200000055	
30	Philips DR	D.D.CS	1	150kV, 800mA	III类	3B号楼1楼1号	浙环辐 [2011]26号	浙环辐验 [2015]120号
31	Philips DR	D.D.CS	1	150kV, 800mA	III类	3B号楼1楼5号	浙环辐 [2011]26号	浙环辐验 [2015]120号
32	Philips DR	D.D.VS	1	150kV, 800mA	III类	3B号楼1楼4号	浙环辐 [2011]26号	浙环辐验 [2015]120号
33	Philips DR	D.D.CS	1	150kV, 800mA	III类	3B号楼1楼3号	浙环辐 [2011]26号	浙环辐验 [2015]120号
34	移动式X线机	MobiEye700T	1	150kV, 630mA	III类	3B号楼	202333010200000119	
35	移动拍片机	MUX-200D	1	133kV, 320mA	III类	3B号楼	202033010200000162	
36	Philips DR	D.D.TH	1	150kV, 800mA	III类	6号楼3楼	浙环辐 [2011]26号	浙环辐验 [2015]120号
37	DR	Definium 6000	1	150kV, 800mA	III类	急诊中心1楼	201833010200000055	
38	X线骨密度检测仪	Prodigy Advance	1	76kV, 3mA	III类	门诊楼3楼骨密度室	202233010200000122	
39	飞利浦数字胃肠机	ProxiDiagnost N90	1	150kV, 714.3mA	III类	门诊8楼内镜中心10号机房	202333010200000119	
40	C臂机	OEC Elite MiniView	1	80kV, 0.16mA	III类	8号楼4-5楼、6号楼6楼共13个手术室	202333010200000119	
41	移动式C臂机	Cios Select Diamond	1	110kV, 24mA	III类	8号楼4-5楼、6号楼6楼共13个手术室	202333010200000119	
42	移动式C臂机	Cios Flow	1	110kV, 25mA	III类	8号楼4-5楼、6号楼6楼共13个手术室	202333010200000119	
43	C臂X光机	BV endura	1	110kV, 3mA	III类	手术室	202033010200000162	
44	C臂机	BV Endura	1	110kV, 20mA	III类	手术室	202333010200000119	
45	C臂机	BV Endura	1	110kV, 20mA	III类	手术室	202033010200000162	
46	C臂机	ARCADIS Orbic	1	110kV, 23mA	III类	手术室	202033010200000162	
47	C臂机	BV Libra	1	110kV, 7.2mA	III类	手术室	202033010200000162	

1.7 原有核技术利用项目管理情况

(1) 辐射防护管理机构

医院已成立了放射（辐射）防护安全管理委员会，并明确人员名单及职责。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）辐射工作制度

医院已制定一系列的辐射工作管理制度，并运行射线装置多年。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。

（3）辐射安全与防护培训情况

医院现有辐射工作人员均参加国家和技术利用辐射安全与防护培训平台和杭州市放射工作人员放射防护知识培训平台的培训，并考核合格，且成绩均在有效期内。

（4）个人剂量监测及职业健康体检情况

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 2022 年第四季度~2023 年第三季度（4 个监测周期）个人剂量监测统计结果表明，全院现有辐射工作人员年累积受照剂量最大值均不超过职业年剂量约束值 5mSv。

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，医院现有辐射工作人员均可继续从事放射岗位工作。

（5）现有辐射工作场所管理

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监测，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）辐射事故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 FD20	125	1000	影像诊断和介入治疗	3B 号楼二楼 DSA 机房 12	新增

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	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.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(1989年12月26日第七届全国人民代表大会常务委 员会第十一次会议通过;2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委 员会第八次会议修订), 中华人民共和国主席令第9号, 2015年1月 1日施行修订版;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2002年10月28日第九届全国人民 代表大会常务委 员会第三十次会议通过, 自2003年9月1日起施行;2016年 7月2日第一次修订;2018年12月29日第二次修订), 中华人民共和国主席令 第48号, 2018年12月29日施行修订版;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003年6月28日中华人民共 和国第十届全国人民代表大会常务委 员会第三次会议通过), 中华人民共和国主 席令第六号, 2003年10月1日施行;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(1998年11月29日中华人民共和国国 务院令 第253号发布施行;2017年7月16日中华人民共和国国务院第682号令 修订), 自2017年10月1日起施行修订版;</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005年9月14日经中 华人民共 和国国务院令 第449号公布, 2014年7月29日经中华人民共和国国务院 令第653号修订, 2019年3月2日经中华人民共和国国务院令 第709号修订), 自2019年3月2日起施行修订版;</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006年1月18日国 家环境保 护总局令 第31号公布, 2008年12月6日经环境保护部令 第3号修正, 2017年12月20日经环境保护部令 第47号修正, 2019年7月11日经生态环境 部令 第7号修改, 2020年12月25日经生态环境部令 第20号修改), 2021年1 月4日施行修改版;</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011年4月18日 环境保护 部令 第18号), 自2011年5月1日起施行;</p> <p>(8) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》(环境保护部 国家卫生和计划生 育委员会 公告 2017年第66号), 自2017年12月5日起施行;</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(中华人民共</p>
------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

和国生态环境部令第 16 号），自 2021 年 1 月 1 日起施行；

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

（11）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号），自 2006 年 9 月 26 日起施行；

（12）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号），自 2020 年 1 月 1 日起施行；

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

（14）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》（生态环境部公告 2019 年第 38 号），自 2019 年 11 月 1 日起施行；

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

（16）《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布，2014 年 3 月 13 日浙江省人民政府令第 321 号第一次修正，2018 年 1 月 22 日浙江省人民政府令第 364 号公布第二次修正，2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布第三次修正），自 2021 年 2 月 10 日起施行修正版；

（17）《浙江省辐射环境管理办法》（2011 年 12 月 18 日浙江省人民政府令第 289 号公布，2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号修正），自 2021 年 2 月 10 日起施行修正版；

（18）《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），自 2019 年 7 月 18 日起施行；

（19）《浙江省生态环境厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2023 年本）>的通知》（浙环发[2023]33 号），自 2023 年 9 月 9 日起实施；

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

<p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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)《浙江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 机房的实体屏蔽物边界外延 50m 为评价范围，评价范围详见附图 3。

7.2 保护目标

根据附图 3 可知，本项目 DSA 机房实体屏蔽物边界 50m 范围内主要为医院内部建筑和道路。本项目评价范围内主要环境保护目标为从事本项目的辐射工作人员、评价范围内活动的工作人员和公众。

表 7-1 本项目评价范围内环境保护目标情况一览表

保护目标	方位	规模	与机房边界的距离 (m)		年剂量约束值	
			水平	垂直		
DSA 机房 12	介入医护人员	机房内	12 人	机房内	/	职业： 5.0mSv
	控制廊操作人员	东侧	2 人	紧邻	/	
	DSA 机房 11 工作人员	南侧	8 人/d	紧邻	/	
	CT 室 4 及控制室工作人员	上层	2 人	/	+1	
	CT 室 8 工作人员	下层	2 人	/	-1.7	
	走廊公众	西侧	30 人/d	紧邻	/	公众： 0.1mSv
	楼梯间公众	北侧	20 人/d	紧邻	/	
	3A 号楼工作人员及公众	东侧	300 人/d	8	/	
	6 号楼工作人员及公众	东南侧	300 人/d	25	/	
	8 号楼工作人员及公众	西南侧	300 人/d	30	/	
	院内道路/连廊公众	西侧	500 人/d	6	/	
	绿地公众	西侧	100 人/d	16	/	
	1 号楼工作人员及公众	西北侧	300 人/d	21	/	
	院内道路公众	北侧	500 人/d	3	/	
	2 号楼工作人员及公众	北侧	300 人/d	12	/	
	5 号楼工作人员及公众	东北侧	100 人/d	44	/	
	CT 室 4 患者及陪同人员、设备室检修维护人员	上层	50 人/d	/	+1	
	CT 室 8 患者及陪同人员	下层	50 人/d	/	-1.7	

注：以本项目机房地面为参照面，“+”表示关注点位置高于参照面，“-”表示关注点位置低于参照面。

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

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，取连续 5 年的年平均有效剂量限值的四分之一，即不超过 5mSv 作为年剂量约束值。

②对于公众，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：

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

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

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 0.25mmPb;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。

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

由于本项目 DSA 为 C 形臂 X 射线设备,因此本项目保守采用“C 形臂 X 射线设备机房”的屏蔽防护铅当量厚度要求作为本次评价 DSA 机房 12 的执行标准。

表 3 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配:铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配:移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套 选配:铅橡胶帽子	——
注 1:“——”表示不要求。 注 2:各类个人防护用品和肤质防护设施,指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品,特别是非铅介入防护手套。				

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杭州市上城区解放路 88 号。本项目 DSA 机房 12 位于 3B 号楼 2 层，机房东侧为控制廊，南侧为 DSA 机房 11，西侧为走廊，北侧为楼梯间，正上方为 CT 室 4、设备室和控制室，正下方为 CT 室 8。项目地理位置见附图 1，DSA 机房 12 所在楼层平面布局图见附图 4。



图 8-1 本项目 DSA 机房 12 周围环境现状照片

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

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

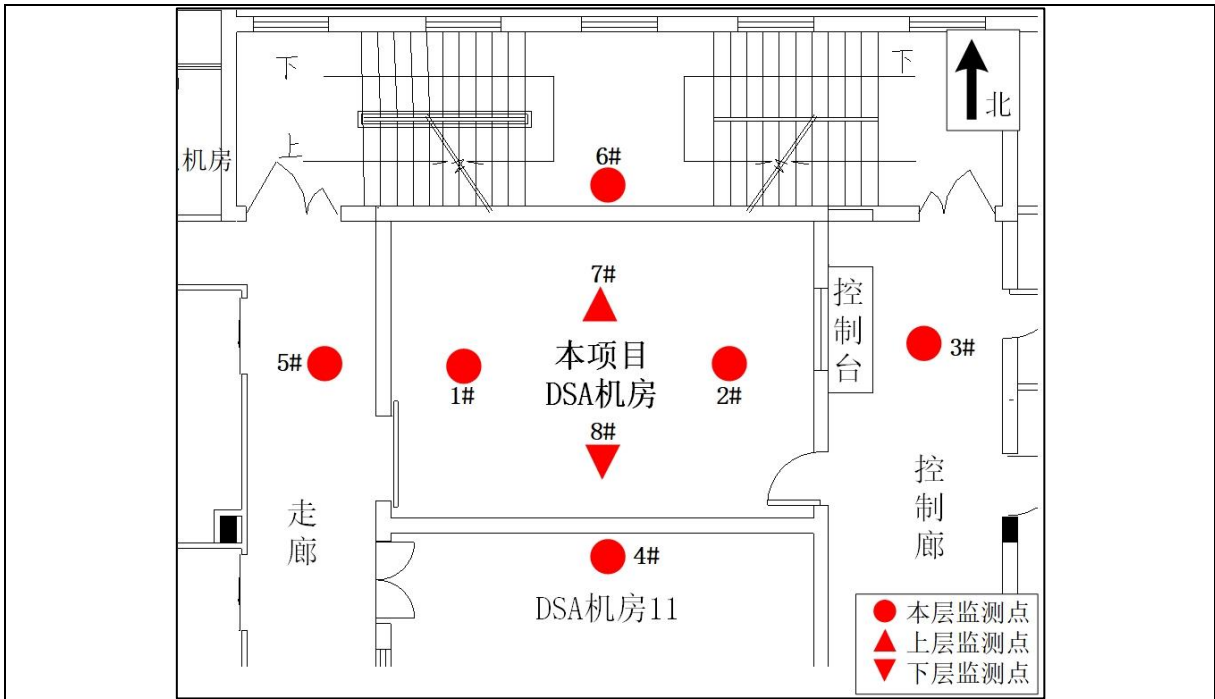


图 8-2 本项目拟建 DSA 机房及四周辐射质量现状监测点位图 1

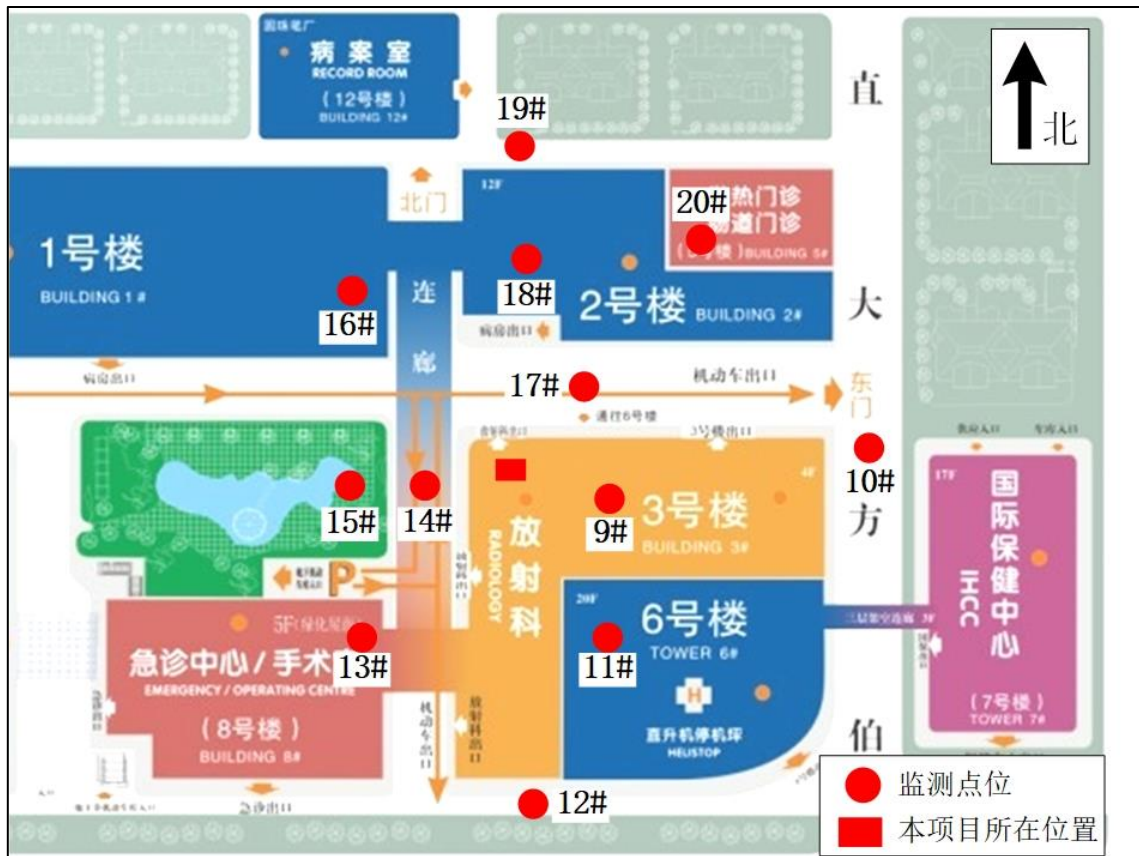


图 8-3 本项目拟建 DSA 机房及四周辐射质量现状监测点位图 2

本次监测在 DSA 机房内及四周可到达区域布设点位，监测点位见图 8-2、8-3。评价范围及周边共布设了 20 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。

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2023 年 12 月 22 日
- (3) 监测方式：现场监测
- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
- (5) 监测频次：依据标准予以确定
- (6) 监测工况：辐射环境本底
- (7) 天气环境条件：温度：19℃；相对湿度：51%，晴
- (8) 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
校准单位	上海市计量测试技术研究院
校准证书	2023H21-10-4416128002
校准有效期	2023 年 2 月 17 日~2024 年 2 月 16 日

8.3.2 质量保证措施

①本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性；

②采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目 DSA 机房区域及四周辐射现状监测结果

监测点编号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)
1#	DSA 机房点位 1	111±2
2#	DSA 机房点位 2	114±2
3#	东侧控制廊	139±1
4#	南侧 DSA 机房 11	124±2
5#	西侧走廊	126±2
6#	北侧楼梯间	152±2
7#	DSA 机房上层点位控制室	118±2
8#	DSA 机房下层 CT 室 8	109±1
9#	东侧 3 号楼	140±2
10#	东侧直大方伯	83±2
11#	东南侧 6 号楼	148±2
12#	南侧院内道路	97±2
13#	西南侧 8 号楼	150±2
14#	西侧连廊	84±1
15#	西侧绿地	96±2
16#	西北侧 1 号楼	105±2
17#	3 号楼北侧院内道路	101±3
18#	北侧 2 号楼	148±2
19#	2 号楼北侧道路	129±2
20#	东北侧 5 号楼	126±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 X-γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k_1 ×仪器检验源效率因子 k_2 ÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3 ×测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 1.19，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 9nGy/h。

8.4 环境现状评价

由监测结果可知，本项目 DSA 机房及四周区域室内 γ 辐射剂量率范围为 105nGy/h~152nGy/h，即 $10.5 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 15.2 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ；DSA 机房四周区域室外道路 γ 辐射剂量率范围为 83nGy/h~129nGy/h，即 $8.3 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 12.9 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 。

由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知杭州市室内的 γ 辐射剂量率在 $5.6 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 44.3 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间；道路的 γ 辐射剂量率在 $2.8 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 22.0 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间。可见本项目所在区域的 γ 辐射水平处于当地天然辐射水平范围之内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

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

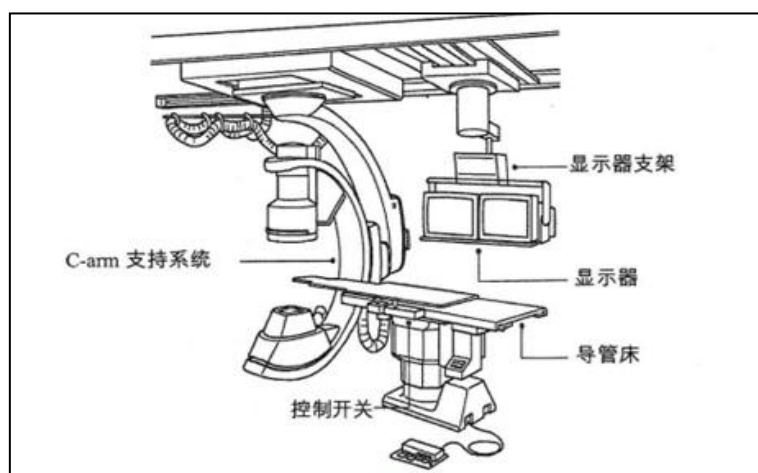


图9-1 典型DSA装置整体外观示意图

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。

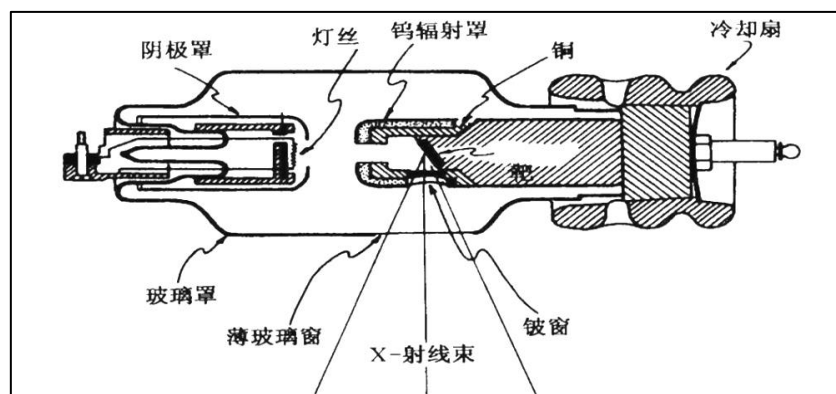


图 9-2 典型 X 射线管结构图

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，技师在控制室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，技师在控制室内再次减影，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、铅防护眼镜在机房内对病人进行直接的介入手术操作。该情况在实际运行中占绝大多数，是本次评价的重点。

第二种情况，减影。操作人员采取隔室操作的方式（即技师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况。

(2) 产污环节分析

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

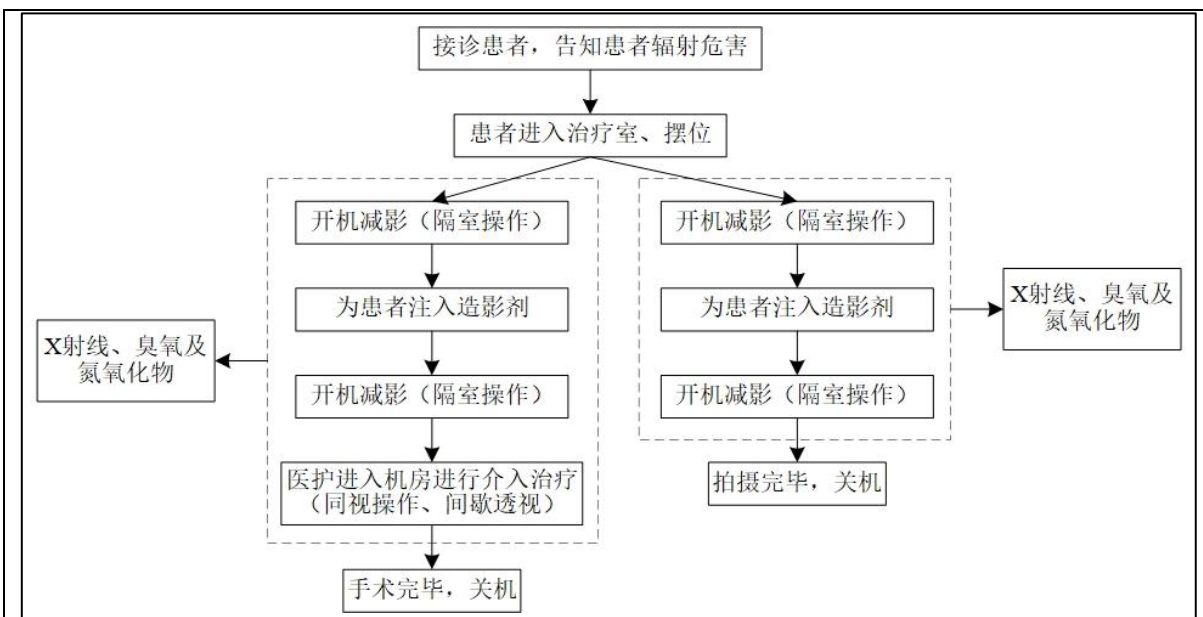


图 9-3 DSA 操作流程及产污环节图

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

(1) 患者路径

患者由南侧进入术前准备区，经换床后继续向北，由 DSA 机房 12 西侧防护门进入本项目 DSA 机房。手术结束后，患者可沿原路返回。

(2) 医护路径

医护人员从南侧进入控制廊，在洗手、铅衣区洗手更衣后，继续向北，到达本项目控制台处，技师在控制台处操作设备；医护人员由本项目 DSA 机房 12 东侧防护门进入机房内部进行手术。手术结束后，医护人员可沿原路返回。

(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，手术结束后，由工作人员将污物从 DSA 机房 12 西侧防护门送出，运至机房西侧污物间内暂存。

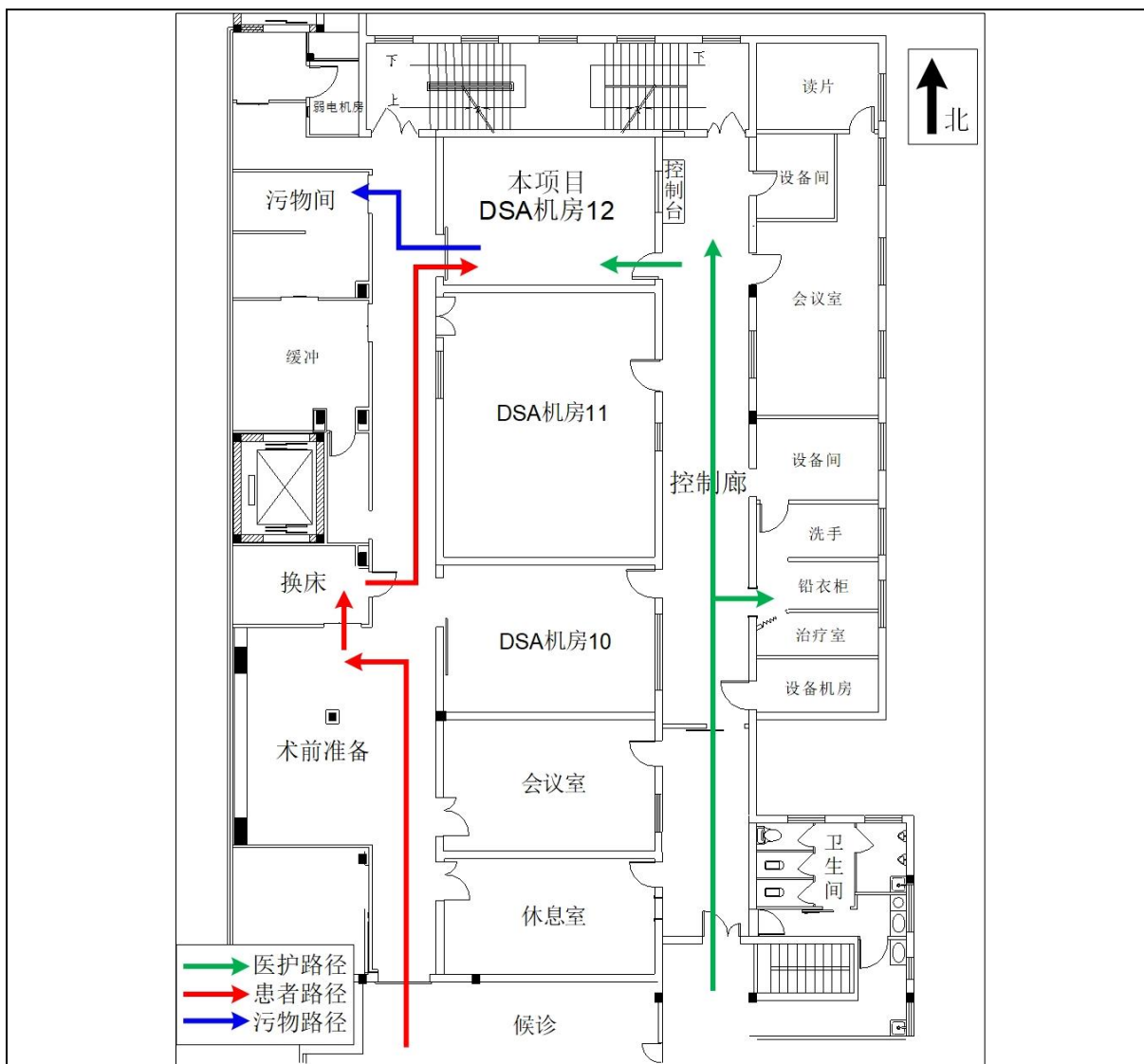


图 9-4 本项目 DSA 人员、物流路径图

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。

根据医院提供的资料，本项目 DSA 的技术参数见下表。

表9-2 本项目 DSA 设备参数与工况

机房	DSA 机房 12
厂家型号	UNIQ FD20
技术参数	管电压 125kV/管电流 1000mA

过滤材料	2.5mmAl ^①		
最大照射野	100cm ²		
工况模式	减影	工况下,最大常用电压 90kV,最大常用电流 500mA ^②	距靶点 1m 处的空气比释动能率为 1.35×10 ⁸ μGy/h ^②
	透视	工况下,最大常用电压 90kV,最大常用电流 15mA ^②	距靶点 1m 处的空气比释动能率为 4.05×10 ⁶ μGy/h ^②
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 ^③		
注: ①本项目 DSA 购置正规生产厂家生产的设备,但暂未取得设备厂商提供的相应资料,因此参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中 5.1.5C)“除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外,X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过,应不小于 2.5mmAl”的要求,本次计算总滤过取 2.5mmAl 保守读数。 ②根据《辐射防护导论》(第三分册)图 3.1 可知,X 射线过滤材料为 2.5mmAl,90kV 电压下,发射率常数为 0.075mGy/mAs; ③根据《医用电气设备 第 1-3 部分:基本安全和基本性能的通用要求 并列标准:诊断 X 射线设备辐射防护》(GB9706.103-2020)中“12.4 加载状态下的泄漏辐射”,取本项目 DSA 距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率为 1.0mGy/h。			

(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,不会产生废显影液、废定影液和废胶片。

本项目运营过程中无放射性废气、放射性废水及放射性固体废物产生。

①废气:本项目 DSA 在曝光过程中,由于 X 射线与空气电离作用,会有少量臭氧和氮氧化物产生。DSA 机房设置动力通风装置,以保持机房内良好通风。

②废水:本项目运营过程中产生的废水主要为医疗废水和辐射工作人员的生活污水。本项目 DSA 年最大手术量为 600 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 51m³/a;本项目辐射工作人员 14 名,每年工作 250 天,辐射工作人员生活用水按 100L/人/天计,排污系数取 0.85,生活污水产生量约 297.5m³/a。则本项目产生废水共 348.5m³/a,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固体废物:本项目运营过程中产生的固体废物主要为医疗废物和辐射工作人员的生活垃圾。本项目年最大手术量约 600 台,每台手术产生约 0.4kg 医疗废物,则产生医疗废物约 0.24t/a,医疗废物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;医护人员生活垃圾按 0.5kg/(人·d)计,则产生生活垃圾约 1.75t/a,生活垃圾由医院内设置的垃圾桶收集,并由环卫部门统一清运。

④噪声:本项目噪声源主要为 DSA 机房配备的动力通风装置产生的噪声,采用低噪声设备,产生强度为 65~70dB。

9.2.2 事故工况

本评价项目使用 DSA 射线装置时,可能发生的辐射事故有以下几种:

(1) 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，控制室人员启动设备，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；

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

事故工况产生的电离辐射影响与正常工况下的污染因子相同。

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 机房 12 位于浙江大学医学院附属第二医院解放医院 3B 号楼 2 层，本项目所在裙楼共 6 层，地上 4 层，地下 2 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
3B 号楼 2 层	DSA 机房 12	东侧	控制廊
		南侧	DSA 机房 11
		西侧	走廊
		北侧	楼梯间
		上层	CT 室 4、设备间、控制室
		下层	CT 室 8

(1) 本项目 DSA 机房 12 位于 3B 号楼 2 层放射科，和配套房间均集中布置，避开了人流较大的场所；

(2) DSA 机房西侧走廊入口处设有门禁，除患者和医护外无关人员无法靠近 DSA 机房，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素；

(3) 本项目的建设不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，既有机联系，又互不干扰，且避开了人流量较大的门诊区或其它人员集中活动区域，并同时兼顾了病人就诊的方便性，所以 DSA 机房 12 的布局是合理可行的。

10.1.2 辐射防护分区原则及区域划分

(1) 分区依据和原则

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

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

锁装置)限制进出控制区,并定期审查控制区的实际状况,确认是否需要改变该区的防护手段或安全措施,或是更改该区的边界。

监督区:未被确定为控制区,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标明监督区的标牌;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 本项目“两区”划分表

场所名称	控制区	监督区
DSA 机房	DSA 机房内部	控制廊、西侧防护门外 1m

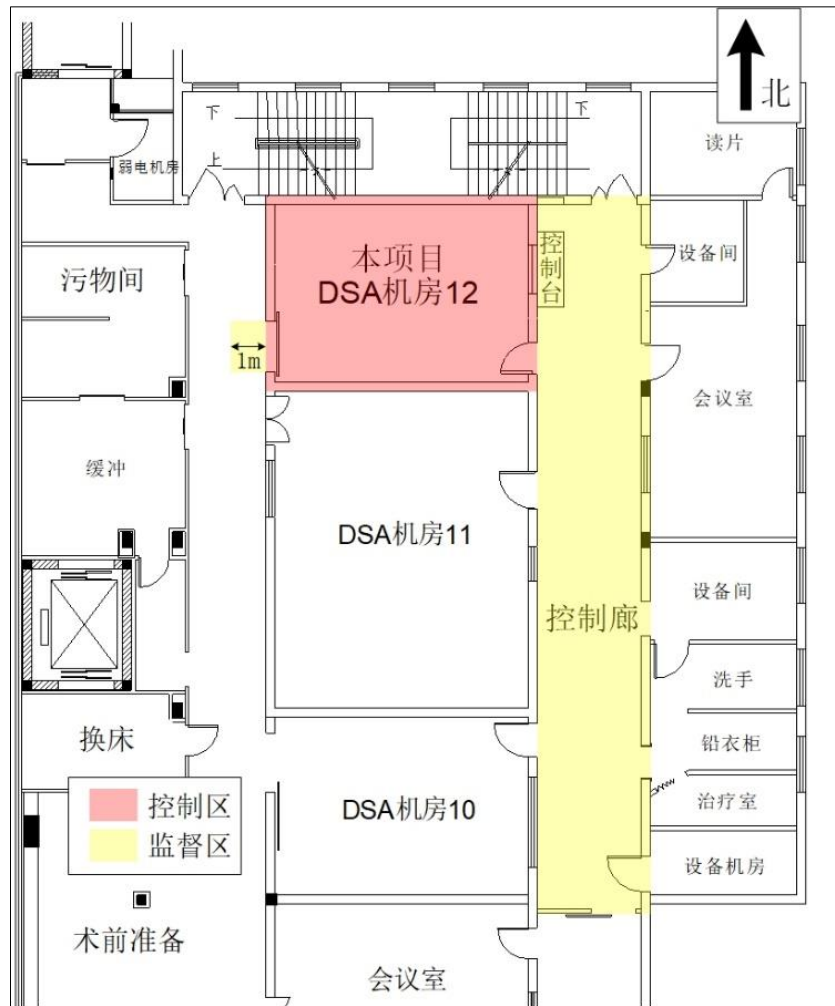


图 10-1 本项目两区划分图

(由于机房 10~12 均投入使用,且东侧控制廊为连通的走廊,因此将东侧控制廊均划为监督区。)

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

10.1.3 辐射安全及防护措施

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

(1) 设备固有安全性

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

①设备具有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；

②采取栅控技术：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，以此消除软 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紧急停机开关：DSA 导管床旁及显示屏侧方设置急停开关（各开关串联并与 X 射线系统连接）。X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动急停开关，可停止 X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示；

⑦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 DSA 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》（GBZ130-2020）中对 X 射线机房防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度的要求，对本项目屏蔽措施进行对照分析，结果见表 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	防护设施	屏蔽材料及厚度（铅当量）	标准要求	符合性评价
DSA 机房 12	四侧墙体	280mm 混凝土（3.8mmPb）	有用线束方向铅当量为 2mmPb，非有用线束方向铅当量为 2mmPb	符合
	顶棚	160mm 混凝土（2.0mmPb）		符合
	地坪	160mm 混凝土（2.0mmPb）		符合
	防护门（2 扇）	内衬 3mm 铅板（3.0mmPb）		符合
	观察窗（1 扇）	3mmPb 铅玻璃（3.0mmPb）		符合
注：混凝土密度取 2.35g/cm ³ ，核算等效屏蔽厚度，折算铅当量参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中附录 C 中表 C.2，得 125kV（主束）时 280mm 混凝土折算为 3.8mmPb；125kV（主束）时 160mm 混凝土折算为 2.0mmPb。				

表 10-4 本项目机房规格与标准对照表

机房名称	设置情况		标准要求		符合性评价
	最小单边长度	有效使用面积	最小单边长度	最小有效使用面积	
DSA 机房 12	4.7m	31.5m ²	3.5m	20m ²	符合

通过表 10-3、表 10-4 可知，本项目的 DSA 机房有效使用面积、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，且屏蔽厚度均满足有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 DSA 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

（3）机房内布局及屏蔽能力

本项目 DSA 装置为 C 形臂结构，影像探测器始终正对 X 射线球管出束方向，有用线束不会直接照射机房各防护门和观察窗和管线口位置，机房内布局合理，本项目 DSA 机房 12 屏蔽情况详见表 10-3。可见，机房防护能力符合相关标准要求。

（4）距离防护

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

（5）时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊疗之前，根据诊疗要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照时间，也避免病人受到额外剂量的照射。另外，对进行介入治疗手术的医生和护士分组，降低某一工作人员因长时间操

作所致剂量超标。当辐射工作人员单个监测周期（3个月）个人剂量超过 1.25mSv 或年剂量超过 5mSv，医院应进行调查，并出具调查报告，在查明原因之前应限制或暂停该工作人员从事辐射工作。

（6）其他辐射安全防护措施

①DSA 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“灯亮勿入，当心辐射”的可视警示语句；本项目机房防护门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；在监督区墙体合适位置张贴标明监督区的标志，在控制区合适位置设置电离辐射警告标志。

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，陪护人员禁止进入控制区。

⑤本项目所有 DSA 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本项目 DSA 机房设有观察窗，并配备视频装置和双向交流对讲系统各 1 套，观察窗和视频监控探头位置能够观察到受检者状态及防护门开闭情况，监视器位于控制廊操作位。

⑦本项目 DSA 机房设有动力通风装置，位于机房顶棚东南角，以保持机房良好的通风。设备电缆等均穿行在地面凹槽内并上盖钢板，穿越墙体下方至控制廊，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 机房已配备相应的防护用品与辅助防护设施，其配置情况按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求进行配置。

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	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床	配备防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围	防护铅当量为 0.5mmPb 的铅屏	符合

12		护眼镜、介入防护手套； 选配：铅橡胶帽子	侧防护帘/床侧防护屏； 选配：移动铅防护屏风	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 3 套	风、床侧防护帘各 1 件	
	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

10.2 “三废”治理措施

根据工艺分析，本项目 DSA 运营过程无放射性废气、废水、固废产生，仅在曝光过程产生少量臭氧和氮氧化物以及运营期内介入手术产生的药棉、纱布、手套等医疗废物、医护人员产生的生活污水和生活垃圾等。本项目 DSA 不使用胶片冲洗显影，不产生废显影液、废定影液和废胶片。

10.2.1 废气

本项目为医用 X 射线装置的应用，在开机出束状态下产生 X 射线，断开电源后，X 射线随即消失。辐射工作中因 X 射线对空气的电离产生微量非放射性的臭氧和氮氧化物，本项目 DSA 机房内机房顶棚东南角设置动力通风装置，设置情况满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中第 6.4.3 款“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求。产生的臭氧及氮氧化物最终从 3B 号楼楼顶排放，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。

10.2.2 废水

本项目产生废水共 348.5m³/a，废水进入医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网。

10.2.3 固体废物

本项目运营过程中产生医疗废物约 0.24t/a，医疗废物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；医护人员产生生活垃圾约 1.75t/a，生活垃圾由医院内设置的垃圾桶收集，并由环卫部门统一清运。

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。

10.2.4 噪声

本项目噪声源主要为 DSA 机房配备的动力通风装置产生的噪声，采用低噪声设备，产生强度为 65~70dB。

10.3 环保措施及其投资估算

本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）
辐射屏蔽措施	四侧墙体：280mm混凝土砖； 顶棚：160mm混凝土； 地坪：160mm混凝土；	原有
	铅防护门 2 套；	
	铅玻璃观察窗 1 套；	
安全装置	介入手术床旁“急停开关”装置；	设备已配备
	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；	原有
	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；	原有
	设备配备防护铅当量为 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏各 1 件；	原有
废气处理	医院设置动力通风装置；	原有
监测仪器	便携式 X-γ 辐射剂量监测仪 1 台	依托医院原有
个人防护用品	为每名辐射工作人员配备个人剂量计；	0.5
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；	0.5
警示标识	电离辐射警告标志等；	0.5
辐射应急	辐射应急物资、人员培训、应急演练；	3.0
其他	辐射相关规章制度上墙。	0.5
	合计	10

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 2 层 DSA 机房 12 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 DSA 射线装置辐射环境影响分析

本项目所在 3B 号楼（放射楼）二层 DSA 机房 12 内原有 DSA 设备已报废，本项目拟在 DSA 机房 12 内新增 1 台 DSA 设备，更新后的 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，主束方向向上。本报告对 DSA 机房 12 周围辐射环境影响采用理论计算结合类比分析的方法进行影响分析。

(1) 设备参数

根据医院提供资料，本项目 DSA 设备参数与工况、机房防护情况如表 11-1。

表 11-1 本项目 DSA 设备参数与工况及防护情况

机房	DSA 机房 12	
厂家型号	UNIQ FD20	
技术参数	管电压 125kV/管电流 1000mA	
过滤材料	2.5mmAl ^①	
最大照射野	100cm ²	
工况模式	减影	工况下，最大常用电压 90kV，最大常用电流 500mA ^② 距靶点 1m 处的空气比释动能率为 1.35×10 ⁸ μGy/h ^②

	透视	工况下,最大常用电压 90kV,最大常用电流 15mA ^②	距靶点 1m 处的空气比释动能率为 4.05×10 ⁶ μGy/h ^②
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 ^③	
机房尺寸		长 6.7m×宽 4.7m×高 3.7m	
防护设施	四周墙体	280mm 混凝土	
	防护门	3mmPb	
	观察窗	3mmPb	
	顶棚	160mm混凝土	
	地坪	160mm混凝土	
	铅屏风	0.5mmPb铅板	
	个人防护用品	铅衣、铅围脖、铅眼镜等防护用品(0.5mmPb)、介入防护手套(0.025mmPb)	
注:①本项目 DSA 购置正规生产厂家生产的设备,但暂未取得设备厂商提供的相应资料,因此参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中 5.1.5C)“除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外,X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过,应不小于 2.5mmAl”的要求,本次计算总滤过取 2.5mmAl 保守读数。 ②根据《辐射防护导论》(第三分册)图 3.1 可知,X 射线过滤材料为 2.5mmAl,90kV 电压下,发射率常数为 0.075mGy/mAs; ③根据《医用电气设备 第 1-3 部分:基本安全和基本性能的通用要求 并列标准:诊断 X 射线设备辐射防护》(GB9706.103-2020)中“12.4 加载状态下的泄漏辐射”,取本项目 DSA 距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率为 1.0mGy/h。			

根据《辐射防护导论》射线装置距靶 1m 处的空气比释动能率,按下式计算:

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

式中:

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

I—管电流 (mA);

δ_x —管电流为 1mA,距靶 1m 处的发射率常数, mGy/(mA·min);

$r_0=1\text{m}$;

r—源至关注点的距离, m。

表 11-2 DSA 不同运行模式下距靶 1m 处空气比释动能率一览表

设备	运行模式	过滤材料厚度	距靶 1m 处的发射率常数 (mGy/mA·s)	最大常用电压 (kV)	最大常用电流 (mA)	距靶 1m 处的空气比释动能率 (μGy/h)
DSA	减影	2.5mm Al	0.075	90	500	1.35×10 ⁸
	透视	2.5mm Al	0.075	90	15	4.05×10 ⁶

(2) 预测点位

本次评价取医生手术位、各防护墙外 30cm 处、防护门外 30cm 处、观察窗外 30cm 处(控制台)、楼上离地 100cm 处、楼下离地 170cm 处为预测点位,预测点位见图 11-1。

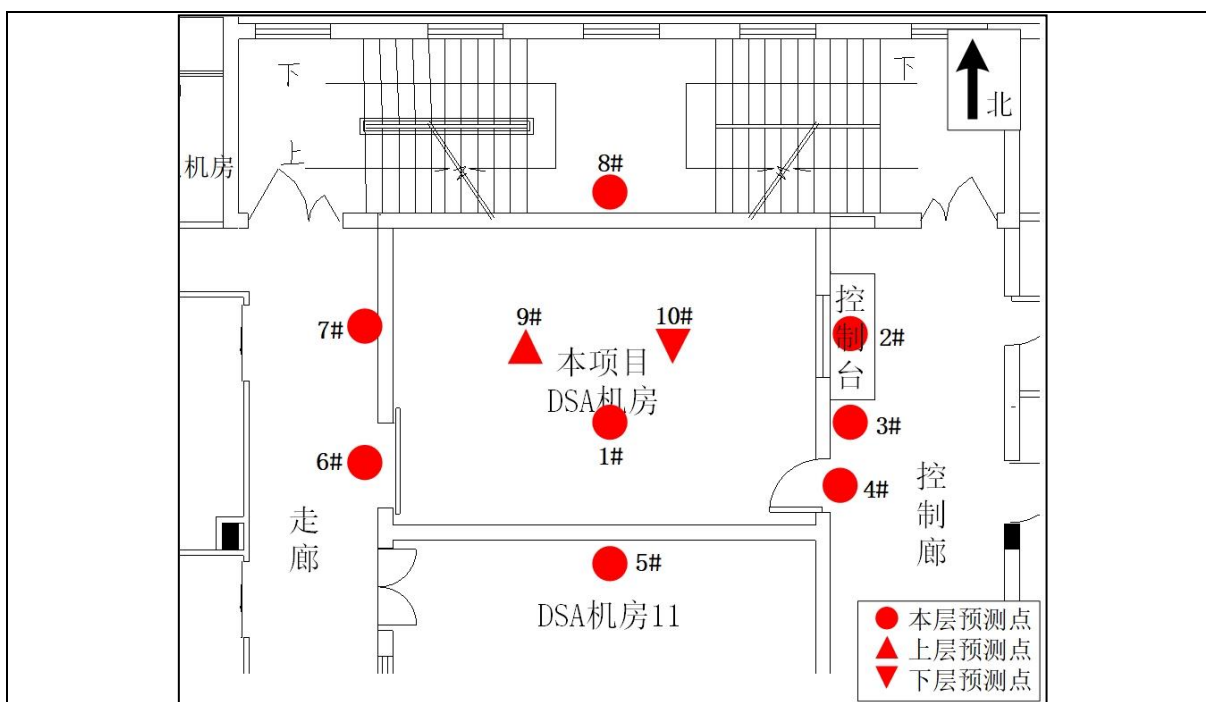


图 11-1 本项目 DSA 机房预测点布置示意图

(3) 预测模式

本项目 DSA 射线装置主束方向由下朝上，介入手术过程中，导管床、患者和 DSA 图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用。且 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

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

式中：

H_s ——预测点处的散射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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

α ——患者对 X 射线的散射比；由于《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 中无 90kV 下数值，因此保守取 100kV 时 0.0013；

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，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： α 、 β 、 γ ——屏蔽材料对 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 11-3。

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

式中：

B ——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

β ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X ——铅厚度。

表 11-3 90kV 下铅、混凝土对 X 射线衰减的有关的拟合参数

管电压	铅			混凝土		
	α	β	γ	α	β	γ
90kV	3.067	18.83	0.7726	0.04228	0.1137	0.4690

根据表 11-3 和式 11-3，90kV 下各预测点的屏蔽透射因子计算结果见下表。

表 11-4 90kV 下各预测点屏蔽透射因子计算结果

场所	预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
DSA 机房 12	1#第一术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅防护 帘	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08×10^{-3}
	1#第一术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅防护帘	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52×10^{-2}
	1#第一术者位 (手部)	0.5mmPb 铅防护帘 +0.025mmPb 介 入防护手套	0.525mm Pb	3.067	18.83	0.7726	2.27×10^{-2}
	1#第二术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅防护 帘	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08×10^{-3}
	1#第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅防护帘	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52×10^{-2}
	2#东侧观察窗外 30cm 处(控制台)	3.0mm 铅玻璃	3.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.94×10^{-6}
	3#东侧防护墙外 30cm 处(控制廊)	280mm 混凝土	280mm 混凝土	0.04228	0.1137	0.4690	4.49×10^{-7}
	4#东侧防护门外 30cm 处(控制廊)	3.0mm 铅板	3.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.94×10^{-6}
	5#南侧防护墙外 30cm 处(DSA 机房 11)	280mm 混凝土	280mm 混凝土	0.04228	0.1137	0.4690	4.49×10^{-7}

6#西侧防护门外 30cm 处 (走廊)	3.0mm 铅板	3.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.94×10^{-6}
7#西侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	280mm 混凝土	280mm 混凝土	0.04228	0.1137	0.4690	4.49×10^{-7}
8#北侧防护墙外 30cm 处 (楼梯间)	280mm 混凝土	280mm 混凝土	0.04228	0.1137	0.4690	4.49×10^{-7}
9#楼上离地 100cm 处 (CT 室 4、设备室、控制室)	160mm 混凝土	160mm 混凝土	0.04228	0.1137	0.4690	7.62×10^{-5}
10#楼下距楼下地面 170cm 处 (CT 室 8)	160mm 混凝土	160mm 混凝土	0.04228	0.1137	0.4690	7.62×10^{-5}

根据表 11-4 和式 11-2，各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表。

表 11-5 各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

场所	模式	预测点位描述	H_0	α	s	d_0	ds	B	Hs
			$\mu\text{Gy/h}$	/	cm^2	m	m	/	$\mu\text{Gy/h}$
DSA 机房 12	减影	2#东侧观察窗外 30cm 处 (控制台)	1.35×10^8	0.0013	100	0.6	3.95	7.94×10^{-6}	6.20×10^{-2}
		3#东侧防护墙外 30cm 处 (控制廊)	1.35×10^8	0.0013	100	0.6	3.95	4.49×10^{-7}	3.51×10^{-3}
		4#东侧防护门外 30cm 处 (控制廊)	1.35×10^8	0.0013	100	0.6	3.95	7.94×10^{-6}	6.20×10^{-2}
		5#南侧防护墙外 30cm 处 (DSA 机房 11)	1.35×10^8	0.0013	100	0.6	2.95	4.49×10^{-7}	6.29×10^{-3}
		6#西侧防护门外 30cm 处 (走廊)	1.35×10^8	0.0013	100	0.6	3.95	7.94×10^{-6}	6.20×10^{-2}
		7#西侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	1.35×10^8	0.0013	100	0.6	3.95	4.49×10^{-7}	3.51×10^{-3}
		8#北侧防护墙外 30cm 处 (楼梯间)	1.35×10^8	0.0013	100	0.6	2.95	4.49×10^{-7}	6.29×10^{-3}
		9#楼上离地 100cm 处 (CT 室 4、设备室、控制室)	1.35×10^8	0.0013	100	0.6	3.7	7.62×10^{-5}	6.79×10^{-1}
		10#楼下距楼下地面 170cm 处 (CT 室 8)	1.35×10^8	0.0013	100	0.6	3.0	7.62×10^{-5}	1.03
	透视	1#第一术者位 (铅衣内)	4.05×10^6	0.0013	100	0.6	0.6	4.08×10^{-3}	41.40
		1#第一术者位 (铅衣外)	4.05×10^6	0.0013	100	0.6	0.6	2.52×10^{-2}	255.48
		1#第一术者位 (手部)	4.05×10^6	0.0013	100	0.6	0.3	2.27×10^{-2}	921.92
		1#第二术者位 (铅衣内)	4.05×10^6	0.0013	100	0.6	1.0	4.08×10^{-3}	14.90
		1#第二术者位 (铅衣外)	4.05×10^6	0.0013	100	0.6	1.0	2.52×10^{-2}	91.97
		2#东侧观察窗外 30cm 处 (控制台)	4.05×10^6	0.0013	100	0.6	3.95	7.94×10^{-6}	1.86×10^{-3}
3#东侧防护墙外 30cm 处 (控制廊)	4.05×10^6	0.0013	100	0.6	3.95	4.49×10^{-7}	1.05×10^{-4}		
4#东侧防护门外 30cm 处	4.05×10^6	0.0013	100	0.6	3.95	7.94×10^{-6}	1.86×10^{-3}		

	(控制廊)							
	5#南侧防护墙外 30cm 处 (DSA 机房 11)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.6	2.95	4.49×10 ⁻⁷	1.89×10 ⁻⁴
	6#西侧防护门外 30cm 处 (走廊)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.6	3.95	7.94×10 ⁻⁶	1.86×10 ⁻³
	7#西侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.6	3.95	4.49×10 ⁻⁷	1.05×10 ⁻⁴
	8#北侧防护墙外 30cm 处 (楼梯间)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.6	2.95	4.49×10 ⁻⁷	1.89×10 ⁻⁴
	9#楼上离地 100cm 处(CT 室 4、设备室、控制室)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.6	3.7	7.62×10 ⁻⁵	2.04×10 ⁻²
	10#楼下距楼下地面 170cm 处 (CT 室 8)	4.05×10 ⁶	0.0013	100	0.6	3.0	7.62×10 ⁻⁵	3.10×10 ⁻²

③泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用式 11-4 进行计算。

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

式中：

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

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

d ——靶点距预测点的距离，m；

B ——屏蔽透射因子。

根据表 11-4 和式 11-4，各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表。

表11-6 各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果

场所	模式	预测点位描述	H_0	B	ds	Hs
			$\mu\text{Gy/h}$	/	m	$\mu\text{Gy/h}$
DSA 机房 12	减影	2#东侧观察窗外 30cm 处 (控制台)	1×10 ³	7.94×10 ⁻⁶	3.95	5.09×10 ⁻⁴
		3#东侧防护墙外 30cm 处 (控制廊)	1×10 ³	4.49×10 ⁻⁷	3.95	2.88×10 ⁻⁵
		4#东侧防护门外 30cm 处 (控制廊)	1×10 ³	7.94×10 ⁻⁶	3.95	5.09×10 ⁻⁴
		5#南侧防护墙外 30cm 处 (DSA 机房 11)	1×10 ³	4.49×10 ⁻⁷	2.95	5.16×10 ⁻⁵
		6#西侧防护门外 30cm 处 (走廊)	1×10 ³	7.94×10 ⁻⁶	3.95	5.09×10 ⁻⁴
		7#西侧防护墙外 30cm 处 (走廊)	1×10 ³	4.49×10 ⁻⁷	3.95	2.88×10 ⁻⁵
		8#北侧防护墙外 30cm 处 (楼梯间)	1×10 ³	4.49×10 ⁻⁷	2.95	5.16×10 ⁻⁵
		9#楼上离地 100cm 处 (CT 室 4、设备室、控制室)	1×10 ³	7.62×10 ⁻⁵	3.7	5.57×10 ⁻³
		10#楼下距楼下地面 170cm 处 (CT 室 8)	1×10 ³	7.62×10 ⁻⁵	3	8.47×10 ⁻³
	透	1#第一术者位 (铅衣内)	1×10 ³	4.08×10 ⁻³	0.6	11.32

视	1#第一术者位（铅衣外）	1×10 ³	2.52×10 ⁻²	0.6	69.87
	1#第一术者位（手部）	1×10 ³	2.27×10 ⁻²	0.3	252.15
	1#第二术者位（铅衣内）	1×10 ³	4.08×10 ⁻³	1.0	4.08
	1#第二术者位（铅衣外）	1×10 ³	2.52×10 ⁻²	1.0	25.15
	2#东侧观察窗外 30cm 处（控制台）	1×10 ³	7.94×10 ⁻⁶	3.95	5.09×10 ⁻⁴
	3#东侧防护墙外 30cm 处（控制廊）	1×10 ³	4.49×10 ⁻⁷	3.95	2.88×10 ⁻⁵
	4#东侧防护门外 30cm 处（控制廊）	1×10 ³	7.94×10 ⁻⁶	3.95	5.09×10 ⁻⁴
	5#南侧防护墙外 30cm 处（DSA 机房 11）	1×10 ³	4.49×10 ⁻⁷	2.95	5.16×10 ⁻⁵
	6#西侧防护门外 30cm 处（走廊）	1×10 ³	7.94×10 ⁻⁶	3.95	5.09×10 ⁻⁴
	7#西侧防护墙外 30cm 处（走廊）	1×10 ³	4.49×10 ⁻⁷	3.95	2.88×10 ⁻⁵
	8#北侧防护墙外 30cm 处（楼梯间）	1×10 ³	4.49×10 ⁻⁷	2.95	5.16×10 ⁻⁵
	9#楼上离地 100cm 处 （CT 室 4、设备室、控制室）	1×10 ³	7.62×10 ⁻⁵	4.3	4.12×10 ⁻³
	10#楼下距楼下地面 170cm 处（CT 室 8）	1×10 ³	7.62×10 ⁻⁵	2.4	1.32×10 ⁻²

③总辐射剂量率估算

根据表 11-5、11-6 的计算结果，将各个预测点的总的辐射剂量率统计于表 11-7。

表 11-7 各个预测点的总辐射剂量率

场所	模式	预测点位置描述	散射辐射 剂量率	泄漏辐射 剂量率	总辐射 剂量率
			μSv/h	μSv/h	μSv/h
DSA 机房 12	减影	2#东侧观察窗外 30cm 处（控制台）	6.20×10 ⁻²	5.09×10 ⁻⁴	6.25×10 ⁻²
		3#东侧防护墙外 30cm 处（控制廊）	3.51×10 ⁻³	2.88×10 ⁻⁵	3.54×10 ⁻³
		4#东侧防护门外 30cm 处（控制廊）	6.20×10 ⁻²	5.09×10 ⁻⁴	6.25×10 ⁻²
		5#南侧防护墙外 30cm 处（DSA 机房 11）	6.29×10 ⁻³	5.16×10 ⁻⁵	6.34×10 ⁻³
		6#西侧防护门外 30cm 处（走廊）	6.20×10 ⁻²	5.09×10 ⁻⁴	6.25×10 ⁻²
		7#西侧防护墙外 30cm 处（走廊）	3.51×10 ⁻³	2.88×10 ⁻⁵	3.54×10 ⁻³
		8#北侧防护墙外 30cm 处（楼梯间）	6.29×10 ⁻³	5.16×10 ⁻⁵	6.34×10 ⁻³
		9#楼上离地 100cm 处（CT 室 4、设备室、控制室）	6.79×10 ⁻¹	5.57×10 ⁻³	6.84×10 ⁻¹
		10#楼下距楼下地面 170cm 处（CT 室 8）	1.03	8.47×10 ⁻³	1.04
		透视	1#第一术者位（铅衣内）	41.40	11.32
	1#第一术者位（铅衣外）		255.48	69.87	325.35
	1#第一术者位（手部）		921.92	252.15	1174.07
	1#第二术者位（铅衣内）		14.90	4.08	18.98
	1#第二术者位（铅衣外）		91.97	25.15	117.13
	2#东侧观察窗外 30cm 处（控制台）		1.86×10 ⁻³	5.09×10 ⁻⁴	2.37×10 ⁻³
	3#东侧防护墙外 30cm 处（控制廊）		1.05×10 ⁻⁴	2.88×10 ⁻⁵	1.34×10 ⁻⁴
	4#东侧防护门外 30cm 处（控制廊）		1.86×10 ⁻³	5.09×10 ⁻⁴	2.37×10 ⁻³
	5#南侧防护墙外 30cm 处（DSA 机房 11）		1.89×10 ⁻⁴	5.16×10 ⁻⁵	2.40×10 ⁻⁴
	6#西侧防护门外 30cm 处（走廊）	1.86×10 ⁻³	5.09×10 ⁻⁴	2.37×10 ⁻³	

	7#西侧防护墙外 30cm 处（走廊）	1.05×10^{-4}	2.88×10^{-5}	1.34×10^{-4}
	8#北侧防护墙外 30cm 处（楼梯间）	1.89×10^{-4}	5.16×10^{-5}	2.40×10^{-4}
	9#楼上离地 100cm 处（CT 室 4、设备室、控制室）	2.04×10^{-2}	4.12×10^{-3}	2.45×10^{-2}
	10#楼下距楼下地面 170cm 处（CT 室 8）	3.10×10^{-2}	1.32×10^{-2}	4.42×10^{-2}

由表 11-7 计算结果可知：减影工况下，控制台处的辐射剂量率为 $6.25 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，机房外辐射剂量率最大为 $1.04 \mu\text{Sv/h}$ ；透视工况下，控制廊操作位的辐射剂量率为 $2.37 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，机房外辐射剂量率最大 $4.42 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 。

结合区域辐射环境背景水平，可以得出本项目 DSA 机房 DSA 射线装置在正常运行情况下，机房外控制台、四侧防护墙外、楼上、楼下、防护门及观察窗外的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；具有短时、高剂量率曝光的摄影程序机房外的周围剂量当量率应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。”的要求。

11.2.2 工作人员及公众个人剂量估算

根据医院预计最大工作量保守假设，本项目 DSA 机房每年最大手术量约为 600 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铅防护用品。本项目每台手术配置医生 2 人，护士 1 人，技师固定配置 2 人。

减影曝光时，介入医护人员均回到控制廊，由技师于控制台处隔室操作；透视曝光时，技师位于控制台处操作，介入医护人员在机房内近台同室操作。因此，本项目主要考虑透视模式下近台操作医生的受照剂量。

预测点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{\text{Eff}} = D_r \times t \times T \times U \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

D_{Eff} ——辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

D_r ——辐射剂量率，Sv/h；

t ——一年工作时间，h；

U ——使用因子，U 取 1；

T ——居留因子。

本项目的居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）选取，具体数值见表 11-8。

表 11-8 不同场所的居留因子

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

本项目保护目标年有效剂量估算详见表11-9。

表 11-9 本项目保护目标年有效剂量估算

场所	模式	职业类型	保护目标	对应点位	对应点位辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	与保护目标对应距离 m	年照射时间 h	居留因子	年有效剂量 mSv
DSA 机房 12	减影	辐射工作人员	东侧控制廊操作人员	2#	6.25×10^{-2}	/	10	1	6.25×10^{-4}
			东侧控制廊医护人员	2#	6.25×10^{-2}	/	3.34	1	2.09×10^{-4}
			南侧 DSA 机房 11 工作人员	5#	6.34×10^{-3}	/	10	1	6.34×10^{-5}
			上层 CT 室 4 及控制室工作人员	9#	6.84×10^{-1}	/	10	1	6.84×10^{-3}
			下层 CT 室 8 工作人员	10#	1.04	/	10	1	1.04×10^{-2}
	减影	其他工作人员及公众	西侧走廊公众	6#	6.25×10^{-2}	/	10	1/8	7.81×10^{-5}
			北侧楼梯间公众	8#	6.34×10^{-3}	/	10	1/8	7.93×10^{-6}
			上层 CT 室 4 患者及陪同人员、设备室检修维护人员	9#	6.84×10^{-1}	/	10	1	6.84×10^{-3}
			下层 CT 室 8 患者及陪同人员	10#	1.04	/	10	1	1.04×10^{-2}
			东侧 3A 号楼工作人员及公众	2#	6.25×10^{-2}	8	10	1	9.77×10^{-6}
			东南侧 6 号楼工作人员及公众	2#	6.25×10^{-2}	25	10	1	1.00×10^{-6}
			西南侧 8 号楼工作人员及公众	6#	6.25×10^{-2}	30	10	1	6.94×10^{-7}
			西侧院内道路/连廊公众	6#	6.25×10^{-2}	6	10	1/8	2.17×10^{-6}
			西侧绿地公众	6#	6.25×10^{-2}	16	10	1/16	1.53×10^{-7}
			西北侧 1 号楼工作人员及公众	6#	6.25×10^{-2}	21	10	1	1.42×10^{-6}
			北侧院内道路公众	8#	6.34×10^{-3}	3	10	1/8	8.81×10^{-7}
			北侧 2 号楼工作人员及公众	8#	6.34×10^{-3}	12	10	1	4.41×10^{-7}
			东北侧 5 号楼工作人员及公众	8#	6.34×10^{-3}	44	10	1	3.28×10^{-8}
			透视	辐射工作人员	第一术者位 (铅衣内)	1#	52.72	/	66.67
第一术者位 (铅衣外)	1#	325.35			/	66.67	1	21.69	
第二术者位 (铅衣内)	1#	18.98			/	66.67	1	1.27	
第二术者位 (铅衣外)	1#	117.13			/	66.67	1	7.81	

员	东侧控制廊操作人员	2#	2.37×10^{-3}	/	200	1	4.74×10^{-4}	
	南侧 DSA 机房 11 工作人员	5#	2.40×10^{-4}	/	200	1	4.81×10^{-5}	
	上层 CT 室 4 及控制室工作人员	9#	2.45×10^{-2}	/	200	1	4.90×10^{-3}	
	下层 CT 室 8 工作人员	10#	4.42×10^{-2}	/	200	1	8.84×10^{-3}	
	其他工作人员及公众	西侧走廊	6#	2.37×10^{-3}	/	200	1/8	5.92×10^{-5}
		北侧楼梯间	8#	2.40×10^{-4}	/	200	1/8	6.01×10^{-6}
		上层 CT 室 4 患者及陪同人员、设备室检修维护人员	9#	2.45×10^{-2}	/	200	1	4.90×10^{-3}
		下层 CT 室 8 患者及陪同人员	10#	4.42×10^{-2}	/	200	1	8.84×10^{-3}
		东侧 3A 号楼工作人员及公众	2#	2.37×10^{-3}	8	200	1	7.40×10^{-6}
		东南侧 6 号楼工作人员及公众	2#	2.37×10^{-3}	25	200	1	7.58×10^{-7}
		西南侧 8 号楼工作人员及公众	6#	2.37×10^{-3}	30	200	1	5.26×10^{-7}
		西侧院内道路/连廊公众	6#	2.37×10^{-3}	6	200	1/8	1.64×10^{-6}
		西侧绿地公众	6#	2.37×10^{-3}	16	200	1/16	1.16×10^{-7}
		西北侧 1 号楼工作人员及公众	6#	2.37×10^{-3}	21	200	1	1.07×10^{-6}
	北侧院内道路公众	8#	2.40×10^{-4}	3	200	1/8	6.68×10^{-7}	
	北侧 2 号楼工作人员及公众	8#	2.40×10^{-4}	12	200	1	3.34×10^{-7}	
	东北侧 5 号楼工作人员及公众	8#	2.40×10^{-4}	44	200	1	2.48×10^{-8}	

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 11-6 进行估算。

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

式中:

E ——有效剂量中的外照射分量,单位:mSv;

α ——系数,有甲状腺屏蔽时,取 0.79,无屏蔽时,取 0.84,本项目取 **0.79**;

β ——系数,有甲状腺屏蔽时,取 0.051,无屏蔽时,取 0.100,本项目取 **0.051**;

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

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

则第一术者位(身体)的受照的有效剂量为 3.88mSv/a;则第二术者位(身体)的受照的有效剂量为 1.40mSv/a。

各预测点位年有效剂量估算结果汇总于表 11-10。

表 11-10 职业人员及公众年有效剂量估算结果

场所	保护目标	减影 mSv/a	透视 mSv/a	年有效剂量 mSv	年剂量 约束值 mSv
DSA	介入医生	2.09×10^{-4}	3.88	3.88	职业

机房 12	介入护士	2.09×10^{-4}	1.40	1.40	人员 5.0
	东侧控制廊操作人员	6.25×10^{-4}	4.74×10^{-4}	1.10×10^{-3}	
	南侧 DSA 机房 11 工作人员	6.34×10^{-5}	4.81×10^{-5}	1.12×10^{-4}	
	上层 CT 室 4 及控制室工作人员	6.84×10^{-3}	4.90×10^{-3}	1.17×10^{-2}	
	下层 CT 室 8 工作人员	1.04×10^{-2}	8.84×10^{-3}	1.92×10^{-2}	
	西侧走廊其他工作人员及公众	7.81×10^{-5}	5.92×10^{-5}	1.37×10^{-4}	
	北侧楼梯间其他工作人员及公众	7.93×10^{-6}	6.01×10^{-6}	1.39×10^{-5}	
	上层 CT 室 4 患者及陪同人员、设备室检修维护人员	6.84×10^{-3}	4.90×10^{-3}	1.17×10^{-2}	
	下层 CT 室 8 患者及陪同人员	1.04×10^{-2}	8.84×10^{-3}	1.92×10^{-2}	
	东侧 3A 号楼工作人员及公众	9.77×10^{-6}	7.40×10^{-6}	1.72×10^{-5}	
	东南侧 6 号楼工作人员及公众	1.00×10^{-6}	7.58×10^{-7}	1.76×10^{-6}	
	西南侧 8 号楼工作人员及公众	6.94×10^{-7}	5.26×10^{-7}	1.22×10^{-6}	
	西侧院内道路/连廊公众	2.17×10^{-6}	1.64×10^{-6}	3.81×10^{-6}	
	西侧绿地公众	1.53×10^{-7}	1.16×10^{-7}	2.68×10^{-7}	
	西北侧 1 号楼工作人员及公众	1.42×10^{-6}	1.07×10^{-6}	2.49×10^{-6}	
	北侧院内道路公众	8.81×10^{-7}	6.68×10^{-7}	1.55×10^{-6}	
	北侧 2 号楼工作人员及公众	4.41×10^{-7}	3.34×10^{-7}	7.74×10^{-7}	
东北侧 5 号楼工作人员及公众	3.28×10^{-8}	2.48×10^{-8}	5.76×10^{-8}		

由上述计算结果可知：本项目 DSA 射线装置在正常运行时，所致机房内职业人员年受照最大有效剂量为 3.88mSv；控制廊内职业人员年受照的最大有效剂量为 1.10×10^{-3} mSv，满足本项目年剂量约束值 5mSv 的要求。本项目已保守考虑每组手术医生年手术台数最大为 200 台，即为医护人员在本院的所有工作量，因此无须考虑 DSA 机房 12 医护人员和控制廊操作人员年受照剂量的叠加影响。

公众人员受照的有效剂量最大为 1.92×10^{-2} mSv/a，满足本项目年剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

11.2.3 叠加分析

因本项目 DSA 机房 12 南侧与原有 DSA 机房 11 紧邻，上方为 CT 机房 4，下方为 CT 机房 8。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 X 射线计算机体层摄影装置（CT）辐射工作场所检测》（GABG-CF20225133）和《浙江大学医学院附属第二医院医用 X 射线影像诊断设备辐射工作场所检测》（GABG-CF22235652，检测报告见附件 5）可知，南侧 DSA 机房 11、上方 CT 机房 4 及下方 CT 机房 8 内设备开机正常运行情况下，辐射工作场所屏蔽体外剂量率监测结果与本底水平相当，故本项目不考虑南侧 DSA 机房 11、上方 CT 机房 4 及下方 CT

机房 8 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。

本项目 DSA 工作人员均为医院心内科人员原有辐射工作人员，根据实际情况本项目辐射工作人员可能兼任其它 DSA 设备的手术，且考虑到辐射工作人员可能存在实际工作量不均衡的情况，因此上述理论预测已保守考虑每组手术医生年手术台数最大为 200 台，根据理论预测分析，本项目 DSA 机房 12 辐射工作人员年受照剂量最大值为介入医生 3.88mSv、介入护士 1.40mSv。

另外，根据医院提供的近四个季度辐射工作人员个人剂量检测报告，心内科原有辐射工作人员年受照剂量最大值为 0.816mSv。综上，实际运行情况下的个人剂量监测结果及本项目预测结果，均满足辐射工作人员年受照剂量不超过 5mSv 的年剂量约束值，因此本项目辐射工作人员工作负荷及分组合理。

本项目考虑极端最不利情况，将监测结果和理论预测结果进行叠加，即本项目辐射工作人员年受照剂量最大值为介入医生 $0.816+3.88=4.696\text{mSv}$ 、介入护士 $1.40+0.816=2.216\text{mSv}$ 。

另外，南侧 DSA 机房 11、上方 CT 机房 4 及下方 CT 机房 8 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 11-11 其他位置职业人员叠加分析

序号	位置	年度个人累计剂量最大值 (mSv)	年有效剂量估算值 (mSv)	工作人员最大年有效剂量 (mSv)
1	南侧 DSA 机房 11	0.816 (心内科工作人员)	1.12×10^{-4}	0.816
2	上方 CT 机房 4	2.296 (放射科工作人员)	1.17×10^{-2}	2.31
3	下方 CT 机房 8		1.92×10^{-2}	2.32

表 11-12 本项目职业人员年有效剂量

场所	保护目标	年有效剂量 mSv	年剂量约束值 mSv
DSA 机房 12	介入医生	4.696	职业人员 5.0
	介入护士	2.216	
	东侧控制廊操作人员	1.10×10^{-3}	
	南侧 DSA 机房 11 工作人员	0.816	
	上层 CT 室 4 及控制室工作人员	2.31	
	下层 CT 室 8 工作人员	2.32	

根据表 11-12 可知，本项目 DSA 机房 12 辐射工作人员年受照剂量最大值为 4.696mSv，南侧 DSA 机房 11、上方 CT 机房 4 及下方 CT 机房 8 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 2.32mSv，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 “三废”影响分析

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。

本项目为原有 DSA 机房内射线装置更新，根据医院提供资料，原有 DSA 年手术量约为 600 台，本项目不增加工作量，因此不新增废水、废气和固废。

本项目 DSA 射线能量低，电离产生的臭氧和氮氧化物额度非常低，且臭氧可自然分解为氧气，DSA 机房内顶棚东南侧设置动力通风装置，以保持机房内良好通风，废气经通风系统排出机房，经自然分解，对周围环境的影响极小。

本项目产生的废水进入医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网，对环境影响较小；产生的医疗废物采用专用容器分类收集后，暂存于污物间，定期转移至医院医疗废物暂存间，并委托有资质的单位进行妥善安全处置；工作人员产生的生活垃圾由医院内设置的垃圾桶收集，并由环卫部门定时清运。本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

11.4 事故影响分析

11.4.1 辐射事故情况

- (1) 装置在运行时，由于安全连锁系统失效，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，控制室人员启动设备，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；
- (4) 维修人员在射线装置过程维修中，设备意外出束时，可能造成维修人员受意外照射。

11.4.2 事故影响防范措施

- (1) 制定经常性自检制度，对门-灯连锁、监视器、工作状态指示灯、电离辐射警告标志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) 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) 对辐射工作人员造成额外照射时，应及时检测个人剂量计，剂量超标则人员应及时就医检查并调岗；

(8) 对发生事故的 DSA 设备故障，应请设备厂家或相关单位专业人员进行检测或维修，分析事故发生原因，不得擅自进行维修；

(9) 制定辐射事故应急预案，并定期进行演练；发现问题，及时整改。

11.4.3 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。

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

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 7。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均为原有辐射工作人员，医院现有辐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。

（2）辐射工作人员培训

本项目辐射工作人员均为原有辐射工作人员，医院现有辐射工作人员均参加国家和技术利用辐射安全与防护培训平台和杭州市放射工作人员放射防护知识培训平台的培训的辐射防护与安全培训，保证所有辐射工作人员持证上岗，且证书均在有效期内。

（3）个人剂量监测

本项目辐射工作人员均为原有辐射工作人员，医院已为每名辐射工作人员配备个人剂量计（建议为 DSA 辐射工作人员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），每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。医院应做到以下几个方面：

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人监测剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。建设单位应设专人进行环保档案的整

理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量监测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

12.1.3 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，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”。

医院已制定《设备操作规程》《岗位职责》《放射（辐射）安全管理制度》《医疗设备巡检制度》《放射工作人员职业健康管理制度》《放射（辐射）事故应急管理预案》等制度，医院已有管理制度内容较为全面，符合相关要求，原有规章制度基本满足建设单位从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求，且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。

建设单位在按照本项目要求对制度、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-γ 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	DSA 机房四侧墙外 30cm 处、顶棚上方距地面 100cm 处，楼下距地面 170cm 处、周围需要关注的监督区、机房防护门、门缝、观察窗、控制室操作位、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
个人剂量监测	/	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	委托监测

建设单位制定了辐射监测计划，并将每次监测结果记录存档备查。

12.4 环保竣工验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工

作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关要求，医院已制定《放射（辐射）事故应急管理预案》，预案中对应急措施、事故后续处理等作出要求，明确了应急预案启动的条件。

医院既有放射（辐射）事故应急管理预案包括了下列内容：

①目的；②范围；③责权；④定义；⑤预案范围；⑥应急程序；⑦急救小组成员名单；

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。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定：应急预案中还应补充以下内容：

- ①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；
- ②辐射事故分级；
- ③辐射事故调查、报告和处理程序。

经核实，医院未发生过辐射环境污染事件。医院应当根据以上要求，完善应急预案相关内容，在今后预案实施过程中，应根据国家新发布的相关法规内容，结合医院实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

医院拟在已闲置的 3B 号楼 2 层 DSA 机房 12 内新增使用 1 台 DSA，用于影像诊断和介入治疗。DSA 型号为 UNIQ FD20，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属于 II 类射线装置。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

(1) 辐射安全防护措施结论

本项目 DSA 机房四侧墙体：280mm 混凝土（3.8mmPb）；顶棚：160mm 混凝土（2.0mmPb）；地坪：160mm 混凝土（2.0mmPb）；防护门（2 扇）均为内衬 3mmPb 铅板；观察窗（1 扇）为 3mmPb 玻璃。本项目 DSA 机房平面布局和屏蔽防护设计方案满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

本项目 DSA 机房控制廊张贴相应的各项规章制度、操作规程。DSA 机房门外设有电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯，灯箱处设置警示语句；DSA 设有急停开关、工作状态指示灯与机房门联锁等安全设施，机房设有视频监控和对讲装置。

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

(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。医院应根据实际情况及本项目要求，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；医院已对现有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。

13.1.3 环境影响分析结论

(1) 根据理论预测分析，本项目 DSA 机房四侧屏蔽墙体、顶棚、地坪、防护门及观察窗外各关注点辐射剂量率均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h；具有短时、高剂量率曝光的摄影程序机房外的周围剂量当量率应不大于 25 μ Sv/h。”的要求。

(2) 经计算，本项目 DSA 辐射工作人员可能受到的最大年有效剂量满足本项目职业人员年剂量约束值 5mSv 的要求；公众可能受到的最大年有效剂量满足本项目公众年剂量约束值 0.1mSv 的要求。

(3) 本项目 DSA 机房设置动力通风装置，以保持机房内良好通风，运行过程中产生的臭氧和氮氧化物经动力排风系统排出，经自然分解后对周围大气环境影响很小。

(4) 本项目产生的废水进入医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网，对环境的影响较小。

(5) 本项目产生的医疗废物采用专门的收集容器集中收集后暂存于污物间，定时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；生活垃圾由医院内设置的垃圾桶收集，并由环卫部门统一清运。本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

13.1.4 可行性分析结论

(1) 产业政策符合性分析结论

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

(2) 实践正当性分析

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

(3) 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

本项目所在地属于“上城区城镇生活重点管控单元”，环境管控单元编码为 ZH33010210004。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

本项目用地属于医疗卫生用地，本项目 DSA 机房 12 位于 3B 号楼二层，不新增用地，项目周围无环境制约因素。本项目的建设符合《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 DSA 机房 12 实体边界外 50m 评价范围主要为医院内部建筑和道路，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 3B 号楼（放射楼）二层 DSA 机房 12 新增 1 台 DSA 射线装置扩建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

加强辐射安全教育培训，提高辐射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) 提高辐射安全防护观念和水平，安排落实辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。

(2) 本项目取得环评批复后，严格按照已批复的环评文件进行建设，并及时重新申领辐射安全许可证；项目竣工后，按照国家相关法律法规尽快自主组织竣工环保验收。

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

(4) 医院承诺加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。并接受生态环境主管部门的监督检查。

(5) 在实施诊治之前，事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响。

(6) 按要求每年向发证机关提交本单位辐射安全和防护年度评估报告。

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