

编号：ZFHK-FB22220114

核技术利用建设项目

浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院）

DSA射线装置建设项目

环境影响报告表

（报批稿）

浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院）

2023年3月

生态环境部监制

## 核技术利用建设项目

浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院）

## DSA射线装置建设项目

## 环境影响报告表

建设单位名称：浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：杭州市拱墅区半山镇康健弄1号

邮政编码



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.....	14
表 3 非密封放射性物质.....	14
表 4 射线装置.....	15
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	16
表 6 评价依据.....	17
表 7 保护目标与评价标准.....	20
表 8 环境质量和辐射现状.....	25
表 9 项目工程分析与源项.....	31
表 10 辐射安全与防护.....	37
表 11 环境影响分析.....	44
表 12 辐射安全管理.....	64
表 13 结论与建议.....	69
表 14 审批.....	73

## 表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院） DSA 射线装置建设项目			
建设单位		浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院）			
法人代表	郑其龙	联系人	████████	联系电话	████████
注册地址		杭州市拱墅区半山镇康健弄 1 号			
项目建设地点		杭州市拱墅区半山镇康健弄 1 号住院大楼四层			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	780	项目环保投资 (万元)	40	投资比例（环保 投资/总投资）	5.1%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m <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	/				
<h3>1.1 项目概述</h3> <h4>1.1.1 建设单位概况</h4> <p>浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院，统一社会信用代码为 12330100MB0T87691M，以下简称为“医院”），始建于 1957 年，现为杭州医学院附属医院、浙江省肿瘤医院协作医院、杭州市卫健委直管医院。是一所集医疗、急救、教学、科研、预防、保健、康复于一体的二级甲等综合性医疗机构，下设华丰诊所、西苑诊所、大关卫生所三个诊所。2016 年在省委、省政府的主导下融入浙江省健康产业主平台——浙江省医疗健康集团。医院院区占地面积 13000 平方米，建筑面积 28000 平方米，开设内科、外科、妇科、产科、儿科、康复等 13 个病区，开放床位 500 余张。医院现有在岗员工 551 人，其中高级职称 57 人，中级职称 195 人，本科以上学历 323 人，博士及硕士以上学历 32 人，</p>					

在省市各类专业委员会担任委员 30 余人拥有进口 GE1.5T 磁共振成像仪（MRI）、螺旋 CT、全数字平板 DR、GE 移动 C 型臂 X 射线机、钬激光、意大利 TecnoBody 步态分析跑台、荷兰 SilverFit 虚拟情景康复系统、支气管镜、关节镜、椎间孔镜、膀胱镜、体腔热灌注治疗机、体外高频热疗机、介入治疗热灌注系统、毫米波治疗仪、奥林巴斯 290 胃肠镜系统等先进的医疗设备。

### 1.1.2 建设目的和任务由来

为满足附近区域日益增加的医疗需求，向人民群众提供更好的医疗服务，医院拟对住院大楼四层北侧区域进行改造，其中拟将原有 1 间 5 号手术室、1 间器械打包间和 1 间污物通道改建为 1 间 DSA 机房、1 间控制室和 1 间设备间，并在拟建 DSA 机房内安装使用一台数字减影（DSA）血管造影系统，DSA 设备型号待定，设备最大管电压 125kV，最大管电流 1250mA。

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

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

为此，浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院）委托中辐环境科技有限公司开展“浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院）DSA 射线装置建设项目”（简称“本项目”）的环评工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集和辐射环境现状委托监测等工作，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）等规定要求编制完成本项目环境影响报告表。

### 1.1.3 项目建设内容和规模

医院拟对住院大楼四层北侧区域进行改造，其中拟将原有 1 间 5 号手术室、1 间器械打包间和 1 间污物通道改建为 1 间 DSA 机房、1 间控制室和 1 间设备间，并在拟建 DSA 机房

内安装使用一台数字减影（DSA）血管造影系统，DSA 设备型号待定，设备最大管电压 125kV，最大管电流 1250mA，主束方向由下朝上，为 II 类射线装置，用于影像诊断和介入治疗。射线装置主要技术参数信息见表 1-1。DSA 工作场所包括 1 间 DSA 机房、1 间控制室、1 间设备间等附属配套用房。

表1-1 本项目射线装置主要技术参数

名称	型号	类别	数量	用途	主要参数	场所
DSA	待定	II类	1	影像诊断和介入治疗	最大管电压：125kV 最大管电流：1250mA	住院大楼四层拟建 DSA 机房

拟建 DSA 机房东侧新砌实心砖墙，保留南、西侧原有墙体，北侧保留大楼外墙及窗户，仅对装饰墙进行拆除重建，并在拟建 DSA 机房东墙新建一扇铅防护门和一扇铅玻璃观察窗，在机房南墙新建一扇铅防护门和一扇传递窗。拟建 DSA 机房拆旧示意图 1-1，拟建后 DSA 机房屏蔽设计示意图 1-2。

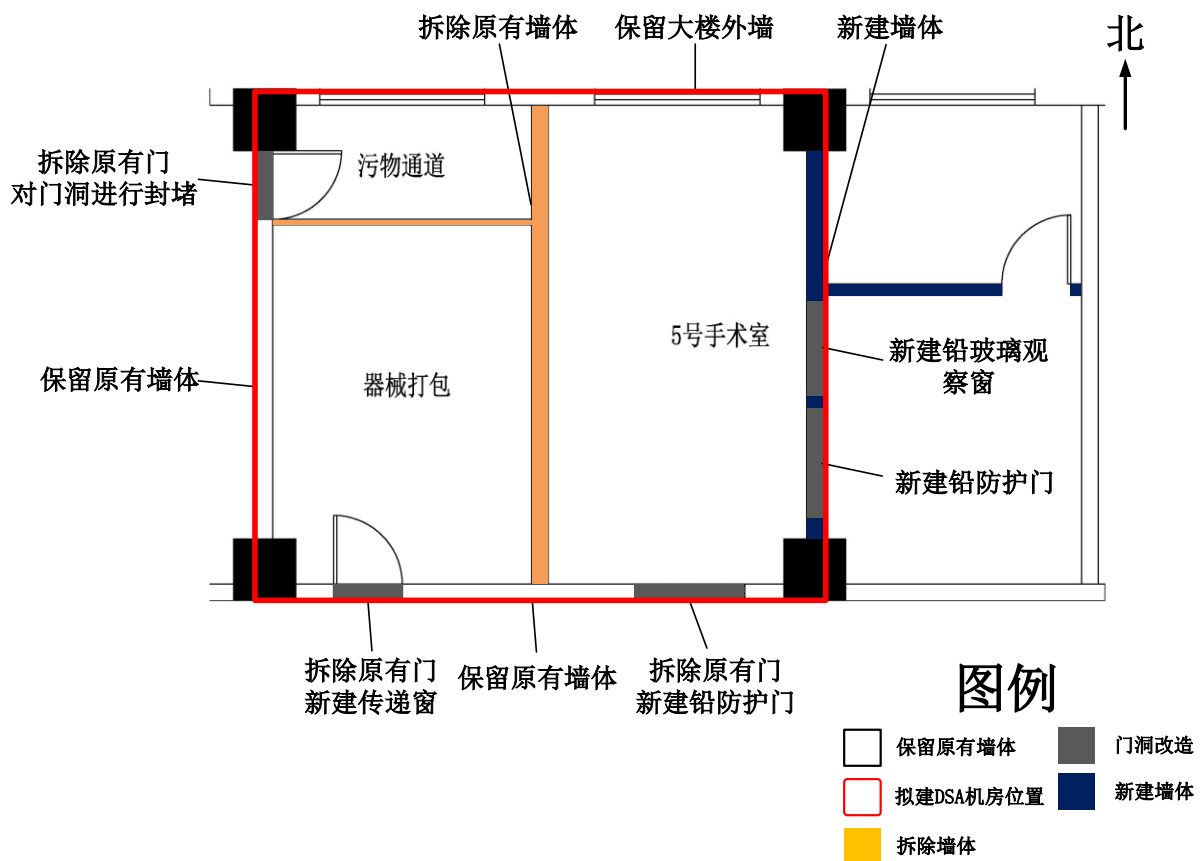


图1-1 本项目拟建DSA机房拆旧示意图

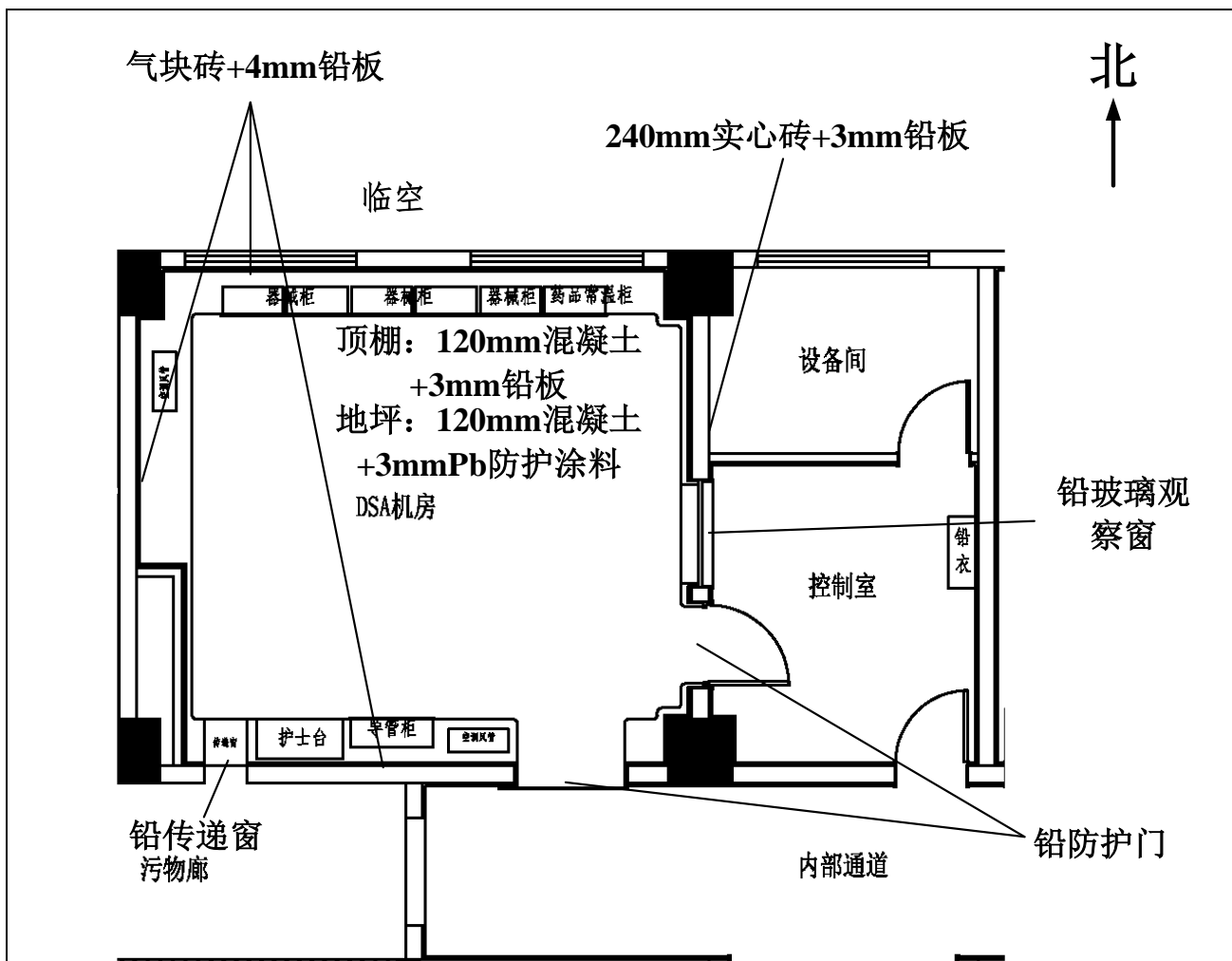


图1-2 本项目拟建DSA机房屏蔽设计示意图

#### 1.1.4 人员配置及工作负荷

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

本项目DSA拟配备工作人员14名，均为医院从外部招聘，包括手术医生8人，护士4人，技师2人。一般情况下，每台手术配备1~2名手术医生和1~2名护士，控制室内固定配置1名技师（2人轮岗），较大手术可能需要跨组调剂护士，考虑到医生和护士可能存在实际工作量不均衡的情况，本次评价保守按介入医护人员单人承担最大手术台数为200台考虑，则介入医护人员单人透视过程年最大受照时间为66.67h。

DSA最大运行工况和工作负荷详见下表。

**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)	介入医护人员 单人年最大受 照时间 (h)	技师单人年 最大受照时 间 (h)	年最大出 束时间 (h)
		减影	100kV 500mA				
DSA	400 台/年	透视	90kV 15mA	6.67	3.33	3.33	140
		减影	100kV 500mA	133.33	66.67	66.67	

经与医院核实，本项目所有辐射工作人员均为医院从外部招聘，根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019年第57号）和《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》（浙江省生态环境厅 浙江省卫生健康委员会，浙环函[2019]248号），医院应尽快组织本项目从事使用II类射线装置的辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训或进行放射诊疗培训并考核合格，并在从事辐射工作过程中按时进行再培训。

工作人员每天工作8小时，每年工作250天。

## 1.2 项目选址及周边环境保护目标

### 1.2.1 项目地理位置

浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院）位于杭州市拱墅区半山镇康健弄1号。项目地理位置见附图1。

医院东侧为半山公园旅游咨询中心和杭州天禄堂中医康复医院；南侧为山前路，隔路为杭钢北苑（5幢、11幢）；西侧为杭钢北苑（18幢、19幢）和杭州北苑实验中学；北侧为杭州半山国家森林公园。周边环境关系见附图2。

### 1.2.2 项目周边环境关系

#### （1）项目机房与外部建筑环境关系

本项目 DSA 机房拟建于医院住院大楼四层北侧。

住院大楼东侧距机房约43m为半山公园旅游咨询中心；南侧距机房约80m、40m和70m分别为医院综合大楼、后勤办公楼和杭州天禄堂中医康复医院；西侧距机房约33m为杭州北苑实验中学；北侧距机房约22m为杭州半山国家森林公园。DSA机房边界50m范围内主要为医院内部建筑物、半山公园旅游咨询中心、杭州北苑实验中学和杭州半山国家森林公园。医院总平面布置及周围环境关系见附图3。

#### （2）项目机房四至环境关系

拟建 DSA 机房东侧为控制室和设备间，南侧为内部通道和污物廊，西侧为器械室和辅



料打包间，北侧临空。楼上为药剂科办公室，楼下为走廊、男值班室、女值班室和病房，DSA 机房平面布局详见附图 7。

### 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”即主城区和江南城、临平城和下沙城三个副城。本项目位于杭州市拱墅区半山康弄1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

本项目位于杭州市拱墅区半山康弄1号，本项目选址在医院规划的医疗用房内，属于规划的允许建设区范围内，用地性质为医院用地（A5）。

#### (3) 污染物达标排放符合性

经下文辐射环境影响预测分析，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，对周围环境与公众人员健康的辐射影响是可接受的，可以做到达标排放。

#### (4) 选址合理性分析

本项目拟建 DSA 机房所在医院住院大楼建设项目环境影响报告表已于 2003 年取得原杭州市环境保护局批复，批复文号为环评批复[2003]083 号，批复建设内容为建设 15 层的住院楼；并于 2006 年完成环保竣工验收，验收批复文号为杭环验[2006]第 0084 号，住院大楼环评及验收批复见附件 10。

本项目为核技术利用项目，位于医院住院大楼四层，不新增土地，项目用地属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素，医院住院大楼现有中华人民共和国国有土地使用证见附件 11。根据医院平面布局及现场调查，本项目拟建辐射工作场所实体边界外 50m 评价范围

内主要为医院内部建筑物、半山公园旅游咨询中心、杭州北苑实验中学和杭州半山国家森林公园，主要环境保护目标为从事本项目辐射工作的职业人员及上述区域内活动的其他公众人员。项目运营过程产生的电离辐射，经采取满足标准要求的辐射防护及管理措施后，对周围环境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 “四性五不批”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”相符性分析见下表。

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，对周围环境与公众人员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，省美丽浙江建设领导小组办公室出台《浙江省臭氧污染防治攻坚三年行动方案》，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	不属于不予批准情形

		环境质量改善目标管理要求。	
	(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	本项目为新建核技术利用项目, 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 项目与相关规划、条例符合性分析

由于医院始建时间（1957年）远早于杭州半山国家森林公园的设立时间（2011年），且本项目不新增用房，仅在医院原有的建筑内进行室内改造。根据《国家级森林公园管理办法》（国家林业局令第 27 号）、《浙江省公益林和森林公园条例》（2018 年浙江省人大常委会）与《杭州半山国家森林公园总体规划》（2018~2027 年）的相关规定，本项目与规划、条例符合性分析见下表。

表 1-4 本项目与相关规划、条例符合性分析

规划或条例	规划或条例的相关规定	本项目与规定符合性分析
《国家级森林公园管理办法》	在国家级森林公园内禁止从事擅自采折、采挖花草、树木、药材等植物、非法猎捕、杀害野生动物与未经处理直接排放生活污水和超标准的废水、废气，乱倒垃圾、废渣、废物及其他污染物等活动。	本项目不位于杭州半山国家森林公园内，且本项目产生的废水与固废不向公园排放，产生的臭氧可在 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。
《浙江省公益林和森林公园条例》	森林公园内除法律、法规禁止的行为外，禁止下列行为： （一）新建、改建坟墓； （二）擅自围、填、堵、截自然水系； （三）擅自建设建筑物、构筑物 and 工程设施。	本项目距离杭州半山国家森林公园 22m，不位于杭州半山国家森林公园内，不涉及相关行为。
《杭州半山国家森林公园总体规划》	（一）森林公园内严禁乱砍滥伐，尽量保持森林植被的原生状态； （二）森林公园内禁止大填大挖、大平大造，严禁大面积改变原地地貌； （三）森林公园内严禁焚烧垃圾、树叶、枯草污染空气。	本项目距离杭州半山国家森林公园 22m，不位于杭州半山国家森林公园内，不涉及相关行为。

综上所述，本项目的建设符合《国家级森林公园管理办法》（国家林业局令第 27 号）、

《浙江省公益林和森林公园条例》（2018年浙江省人大常委会）与《杭州半山国家森林公园总体规划》（2018~2027年）的相关规定。

### 1.5 产业政策符合性分析

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修订）中第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗器械设备和试剂、**数字化医学影像设备**，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，为国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

### 1.6 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，对射线装置的使用场所采取满足相关标准要求的辐射安全防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的操作规程和辐射安全规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目运行产生的经济和社会效益远大于其可能引起的辐射影响及采取辐射安全防护措施所付出的代价，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

### 1.7 杭州市生态环境分区管控方案符合性分析

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，项目所在地属于“拱墅区一般管控单元”，环境管控单元编码为 ZH33010530001。该单元空间布局引导为：原则上禁止新建三类工业项目，现有三类工业项目扩建、改建不得增加污染物排放总量并严格控制环境风险。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放的二类工业项目；禁止在工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外新建其他二类工业项目，一二产业融合的加工类项目、利用当地资源的加工项目、工程项目配套的临时性项目等确实难以集聚的二类工业项目除外；工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外现有其他二类工业项目改建、扩建，不得增加管控单元污染物排放总量。本项目为医院核技术利用项目，隶属于医疗服务项目，不属于工业项目，因此符合杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案的要求。

## 1.8 “三线一单”原则符合性分析

### (1) 生态保护红线

生态保护红线是生态空间范围内具有特殊重要生态功能必须实行强制性严格保护的区域。根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》和《浙江省人民政府关于发布浙江省生态保护红线的通知》（浙政发[2018]30号），项目所在地属于“拱墅区一般管控单元”，环境管控单元编码为ZH33010530001，不涉及浙江省生态保护红线。

### (2) 环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率属于正常本底范围。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，不会突破当地环境质量底线。

### (3) 资源利用上线

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

### (4) 生态环境准入清单

本项目为医院核技术利用建设项目，不属于高污染、高能耗工业，满足管控措施，符合生态环境准入清单的要求。具体符合性分析见下表。

表 1-5 生态环境准入清单符合性分析一览表

“三线一单”生态环境准入清单要求		本项目情况	是否符合
空间布局约束	1、禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业迁出或关闭。	本项目为核技术利用项目，不属于三类或环境健康风险较大的二类工业项目；项目运营时只产生 X 射线和微量臭氧、氮氧化物。	符合
	2、除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目，现有二类工业项目改建、扩建，不得增加污染物排放总量。		
	3、严格执行畜禽养殖禁养区规定。		
污染物排放管控	1、推进生活小区“零直排区”建设。	本项目运营过程产生的微量臭氧和氮氧化物采用排放系统排放至大气环境中，不涉及其他污染物的排放。	符合
	2、加强噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟治理，严格施工扬尘监管。		
环境风险防控	合理布局工业、商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。	本项目不属于污染排放较大项目。	符合
资源开发效率要求	/	/	/

综上所述，本项目不涉及生态保护红线，符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，本项目的建设符合“三线一单”要求。

## 1.9 原有核技术利用项目情况

### 1.9.1 原有核技术利用项目许可情况

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[A3482]（见附件3）；发证日期：2020年12月4日，有效期至：2025年12月3日；种类和范围：使用III类射线装置。

### 1.9.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

医院目前许可使用的III类射线装置共9台，均进行了环境影响登记表备案，其中1台碎石机已进行拆机报废，医院应及时更新辐射安全许可证，现有辐安证登记设备具体情况见下表。

表 1-6 医院原有核技术利用项目清单

序号	名称	数量	类别	型号	工作场所	登记表备案号	备注
1	CT机	1	III类	Opmtima CT540	放射科1号机房：住院一楼	202033010500000323	在用
2	CT机	1	III类	bright Speed 16	放射科2号机房：住院一楼	202033010500000323	在用
3	床边机	1	III类	Optima XR240amx	病房：住院楼	202033010500000323	在用
4	DR	1	III类	MIS MXHF-1500	放射科4号机房：住院一楼	202033010500000323	在用
5	碎石机	1	III类	HK ESWL-V	放射科碎石机房	202033010500000323	已拆机报废
6	口腔CT	1	III类	ORTHOPHOS XG 3D Ceph	口腔科口腔CT机房：门诊四楼	202033010500000323	在用
7	牙片机	1	III类	HELIODENT D3507	口腔科牙片机房：门诊一楼	202033010500000323	在用
8	C臂机	1	III类	BV Endura	手术室1：住院四楼	202033010500000323	在用
9	DR	1	III类	RAD SPEEDMFH	放射科3号机房；住院一楼	202033010500000323	在用

### 1.9.3 医院现有核技术利用项目管理情况

#### (1) 辐射安全防护管理机构与辐射工作制度

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

医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事现有相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。

#### （2）个人剂量检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，每三个月委托浙江亿达检测技术有限公司进行个人剂量检测，并建立个人剂量档案。根据医院提供的最近一个年度辐射工作人员个人剂量检测报告，检测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值。医院现有辐射工作人员最近一年度个人剂量检测报告见附件7。

医院已为现有辐射工作人员建有职业健康档案，辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行了职业健康检查，在岗期间体检周期不超过2年。医院已委托杭州市职业病防治院分别于2022年8月、12月和2023年1月对现有辐射工作人员进行职业健康体检。根据医院提供的职业健康检查报告，现有辐射工作人员均可继续从事放射岗位工作。医院辐射工作人员职业健康体检报告见附件8。

#### （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了由医院自行组织的辐射安全与防护考核，并取得了合格成绩，并建立成绩档案。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019年第57号）、《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第2021年第9号）和《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办理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），医院应尽快组织本项目从事使用II类射线装置的辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训或进行放射诊疗培训并考核合格，并在从事辐射工作过程中按时进行再培训。

#### （4）辐射工作场所情况

医院现有辐射工作场所均采取了符合标准要求的屏蔽防护措施，机房设置有电离辐射警告标志、报警装置和工作状态指示灯并与防护门联锁。根据不同项目的实际情况，医院划分有辐射防护控制区和监督区，并采取了分区管理，进行了积极、有效的管控。

医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据医院提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工

作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。医院 2021 年度辐射工作场所监测报告见附件 9。

(5) 辐射应急演练和年度评估

医院已制定《辐射事故应急预案》，医院定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结。

医院已编制辐射安全与防护状况年度评估报告，对现有射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

经与医院核实，医院原有核技术利用项目运行以来未曾发生过辐射事故。



**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

**表 3 非密封放射性物质**

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	1	待定	125	1250	影像诊断和介入治疗	住院大楼四层拟建 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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

**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	设置动力排风装置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/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**

<p><b>法规文件</b></p>	<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》(2005 年 9 月 14 日经国务院令第 449 号公布, 2014 年 7 月 29 日经国务院令第 653 号修改, 2019 年 3 月 2 日经国务院令第 709 号修改);</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日经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 号修改; 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改, 2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改, 2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改);</p> <p>(8) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(环发[2006]145 号, 原国家环保总局、公安部、卫生部文件), 自 2006 年 9 月 26 日起施行;</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环境保护部令第 18 号), 2011 年 5 月 1 日实施;</p> <p>(10) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》(原环境保护部 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) 《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》(原</p>
--------------------	---

	<p>环境保护部，环环评[2016]150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)《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>(15)《浙江省生态环境厅关于发布&lt;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)&gt;的通知》(浙环发[2019]22号)；</p> <p>(16)《浙江省环境保护厅关于发布&lt;省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2015年本)&gt;及&lt;设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单(2015年本)&gt;的通知》。</p>
<p><b>技术标准</b></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>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 医院提供的其他资料;</p> <p>(3) 《辐射防护手册》, 李德平、潘自强主编;</p> <p>(4) 《放射防护实用手册》, 赵兰才、张丹枫主编;</p> <p>(5) 《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》(《中国环境天然放射性水平》罗国桢主编, 中国原子能出版社, 2015年07月出版)。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，本次辐射环境评价范围取本项目 DSA 机房的实体屏蔽物边界外延 50m 为评价范围，评价范围详见附图 2。

### 7.2 保护目标

根据现场踏勘情况，本项目 DSA 机房实体屏蔽物边界外 50 米范围内主要为医院内部建筑物、半山公园旅游咨询中心、杭州北苑实验中学和杭州半山国家森林公园。

本项目环境保护目标为评价范围内从事本项目的辐射工作人员及评价范围内活动的其他公众人员。具体详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内环境保护目标情况一览表

环境保护目标	方位	与场所边界的最近距离 (m)	规模	人员类别	年剂量约束值
介入医护人员	机房内	/	12 人	职业人员	5mSv
控制室人员	东侧	紧邻	2 人		
设备间人员	东侧	紧邻	约 5 人次/天	公众人员	0.1mSv
内部通道人员	南侧	紧邻	约 25 人次/天		
污物廊人员	南侧	紧邻	约 10 人次/天		
辅料打包间人员	西侧	紧邻	约 3 人次/天		
器械室人员	西侧	紧邻	约 2 人次/天		
药剂科办公室人员	楼上	紧邻	约 5 人次/天		
走廊、男值班室、女值班室和病房人员	楼下	紧邻	约 20 人次/天		
半山公园旅游咨询中心人员	东侧	43	约 50 人次/天		
杭州北苑实验中学人员	西侧	33	约 150 人次/天		
医院后勤办公楼人员	西侧	40	约 50 人次/天		
杭州半山国家森林公园人员	北侧	22	约 100 人次/天		
评价范围 50m 内其他人员	/	0~50	约 200 人次/天		

## 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) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，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，而且应依据辐射防护最优化原则，按照剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，把辐射水平降



低到低于剂量限值的一个合理达到的尽可能低的水平。因此，本次评价采用的年剂量约束值如下：

①对于职业人员，取年有效剂量限值的四分之一，即不超过 5mSv 作为年剂量约束值，手部取四肢年当量剂量限值的四分之一，即不超过 125mSv 作为手部年当量剂量约束值，眼晶体取不超过 20mSv 作为眼晶体年当量剂量约束值。

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

### (3) 分区

#### 6.4.1 控制区

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

#### 6.4.2 监督区

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

### 7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

#### 6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

##### 6.1 X 射线设备机房布局

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

##### 6.2 X 射线设备机房屏蔽

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

##### 6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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 $\mu$ 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 $\mu$ 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。

#### 6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可示警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

#### 6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

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

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；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 <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
<sup>b</sup> 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； <sup>d</sup> 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形面积； <sup>e</sup> 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。		

表 2 不同类型 X 射线装置设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

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

表 3 个人防护用品好辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——
注 1：“——”表示不需要求。				
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。				

### 7.3.3 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

4.3.1 常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月。

5.3.1 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

浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院）位于杭州市拱墅区半山镇康健弄 1 号。医院东侧为半山公园旅游咨询中心和杭州天禄堂中医康复医院；南侧为山前路，隔路为杭钢北苑（5 幢、11 幢）；西侧为杭钢北苑（18 幢、19 幢）和杭州北苑实验中学；北侧为杭州半山国家森林公园。医院地理位置见附图 1，本项目拟建 DSA 所在位置见附图 4。

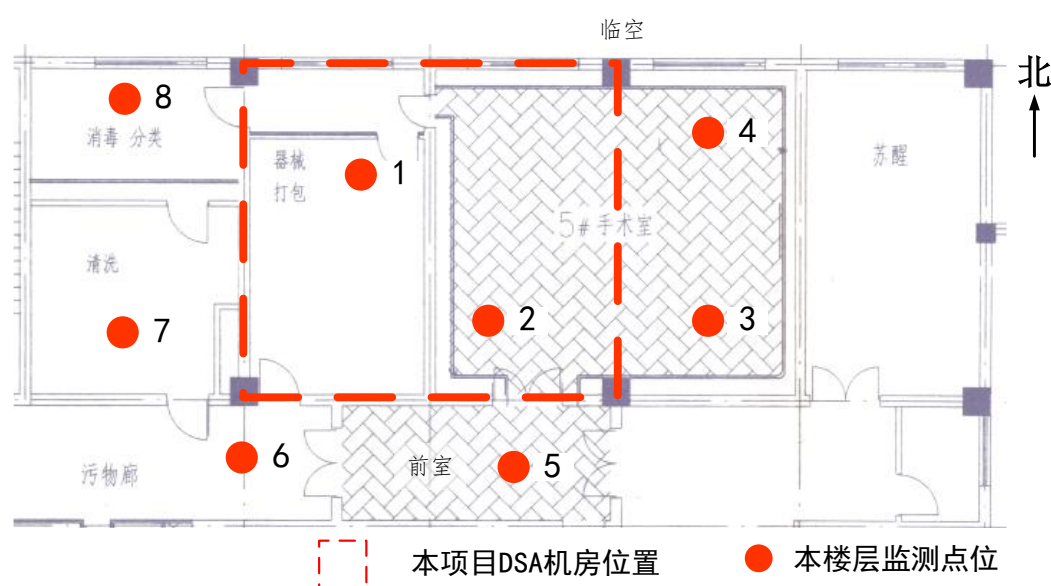
### 8.2 环境电离辐射现状

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

### 8.3 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- （1）环境现状评价对象：本项目 DSA 机房及周边区域
- （2）监测因子： $\gamma$  辐射剂量率
- （3）监测点位

环境本底监测报告考虑兼顾点位现状可到达性的条件下，在 DSA 机房拟建位置楼上、楼下及外围关注区域布设点位。具体监测点位布置见图 8-1 至 8-4。评价范围内共布设了 19 个点位，所布点位能反映本项目评价范围内拟建场所的辐射环境现状水平。因此，监测点位布设是合理的。



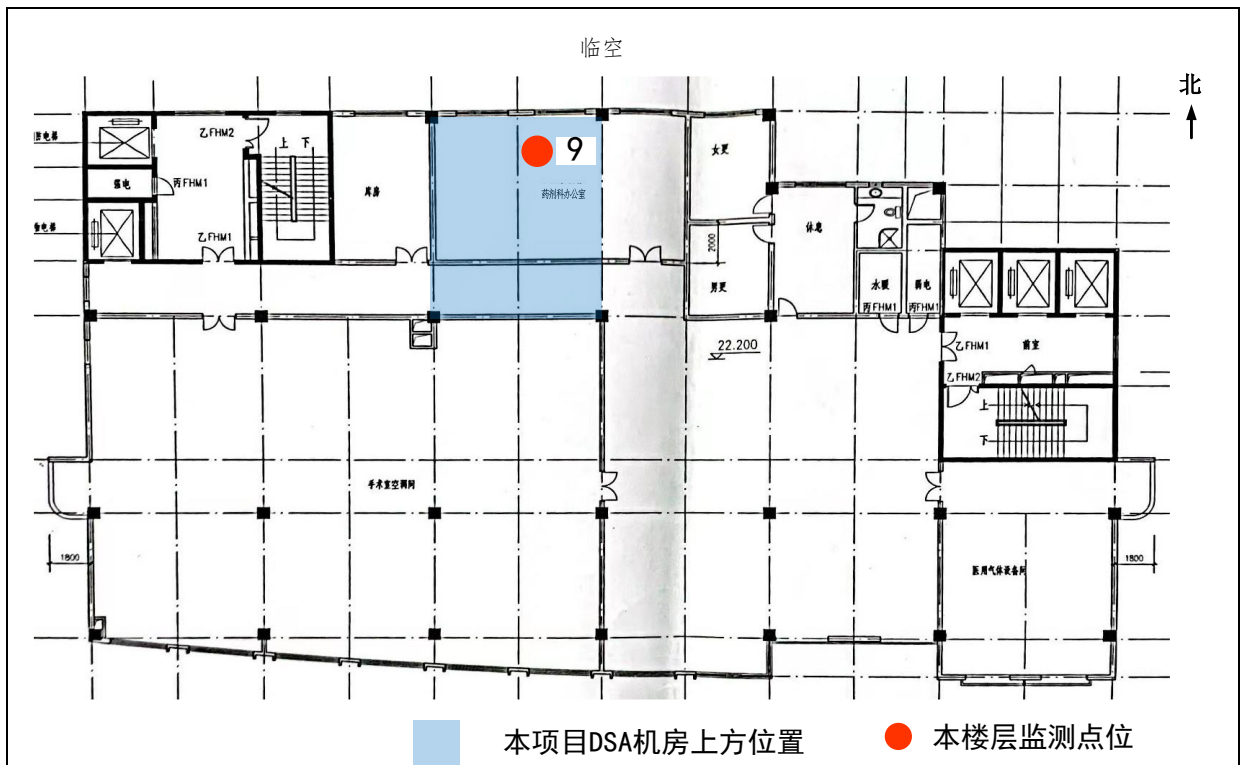


图 8-2 本项目 DSA 机房及四周辐射环境质量现状监测点位图

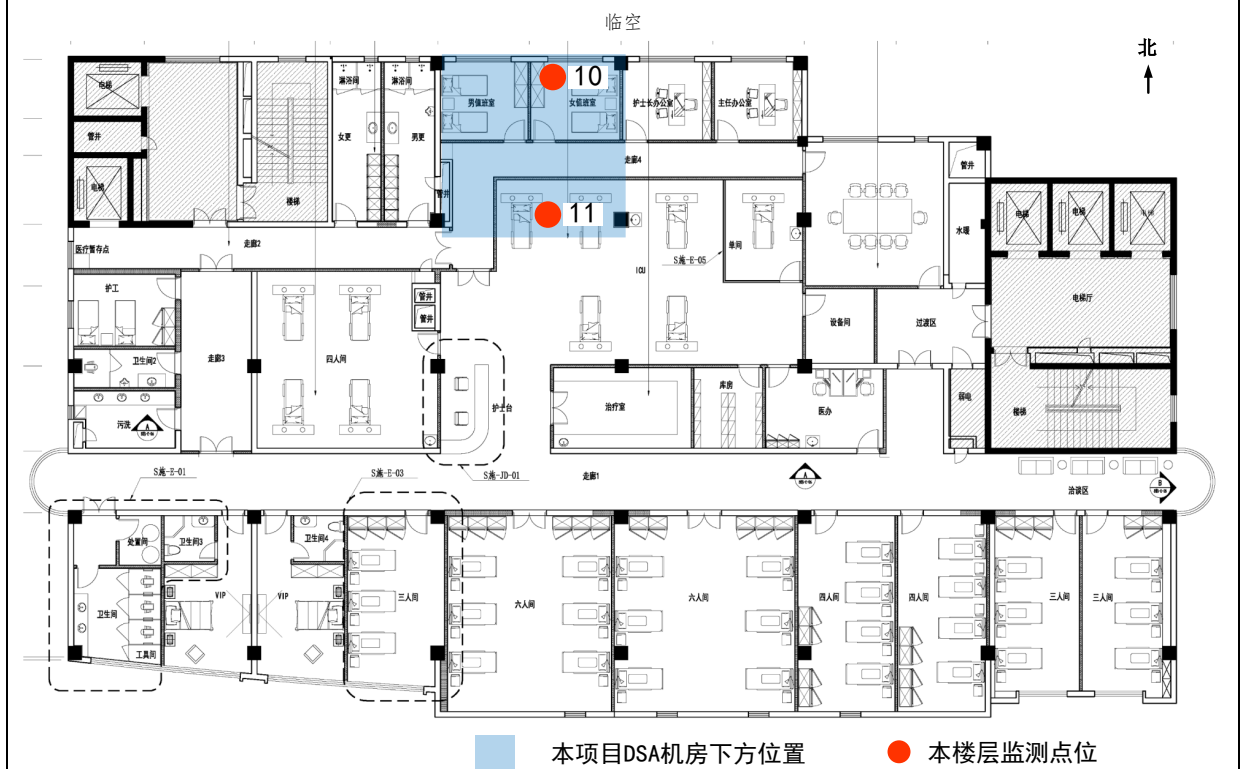


图 8-2 本项目 DSA 机房及四周辐射环境质量现状监测点位图



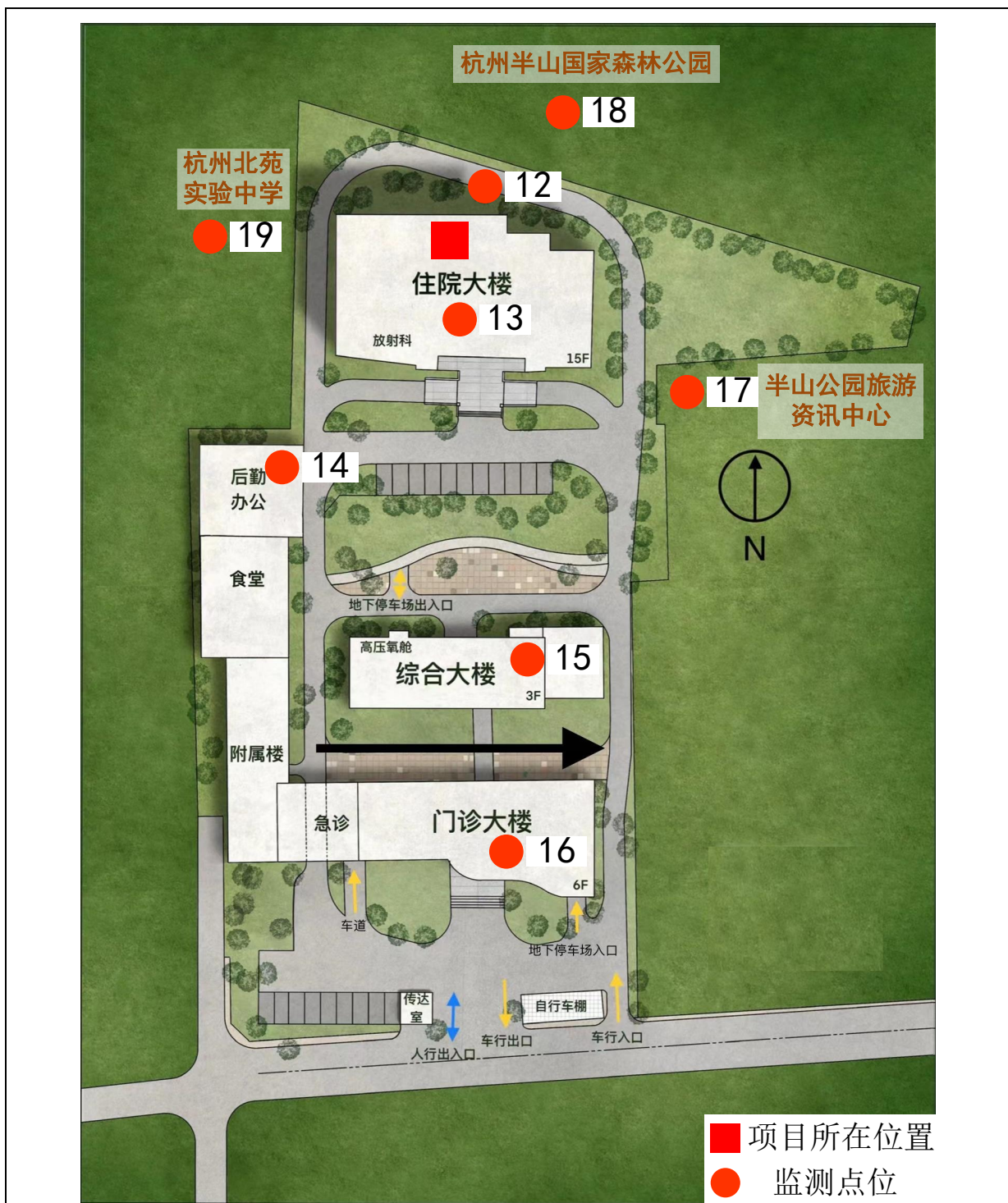


图 8-4 本项目 DSA 机房及四周辐射环境质量现状监测点位图

## 8.4 监测方案、质量保证措施及监测结果

### 8.4.1 监测方案

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2022 年 12 月 16 日
- (3) 监测方式：现场监测

(4) 监测因子： $\gamma$  辐射剂量率

(5) 监测依据：

《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)

《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)

(6) 监测频次：依据 HJ 1157-2021 标准予以确定

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

(8) 监测工况：辐射环境本底

(9) 天气环境条件：天气：雨；温度：20℃；相对湿度：60%。

(10) 监测设备

表 8-1 监测设备参数表

仪器型号	FH 40G-L10+ FHZ 672E-10
仪器名称	便携式 X、 $\gamma$ 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 $\mu$ 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
校准证书	2022H21-10-3832004001
校准有效期	2022 年 3 月 1 日~2023 年 2 月 28 日

#### 8.4.2 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，最后由技术总负责人审定。

### 8.4.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目机房及周边辐射环境现状监测结果表

序号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)	备注
1#	拟建 DSA 机房点位 1	142±5	室内
2#	拟建 DSA 机房点位 2	131±2	
3#	拟建控制室	142±6	
4#	拟建设备间	140±3	
5#	拟建内部通道	133±3	
6#	污物廊	135±3	
7#	拟建辅料打包间	144±2	
8#	拟建器械室	136±4	
9#	楼上药剂科办公室	142±4	
10#	楼下女值班室	120±2	
11#	楼下病房	131±4	
12#	住院大楼北侧医院内部道路	68±4	室外 (道路)
13#	住院大楼	96±4	室内
14#	后勤办公楼	107±5	
15#	综合大楼	80±1	
16#	门诊大楼	93±2	
17#	半山公园旅游咨询中心	90±3	
18#	杭州半山国家森林公园	62±2	室外 (道路)
19#	杭州北苑实验中学	95±1	

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

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

3、环境 X-γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k1×仪器检验源效率因子 k2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k3×测量点宇宙射线响应值 Dc，校准因子 k1 为 1.12，仪器使用 137Cs 进行校准，效率因子 k2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy，k3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 9nGy/h。

### 8.5 环境现状评价

根据监测结果可知，本项目 DSA 机房周边各监测点位室内 γ 辐射剂量率范围为 80 nGy/h~144nGy/h，即  $8.0 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 14.4 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，室外（道路）γ 辐射剂量率范围为 6



2nGy/h~95nGy/h，即  $6.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 9.5 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 。由《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知杭州地区室内  $\gamma$  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  $\gamma$  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 DSA 机房及周边  $\gamma$  辐射剂量率全部处于当地本底水平范围之内，未见异常。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备和工艺分析

#### 9.1.1 设备组成

DSA 是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA 射线装置主要由影像探测器、X 线管头、显示器、导管床、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。

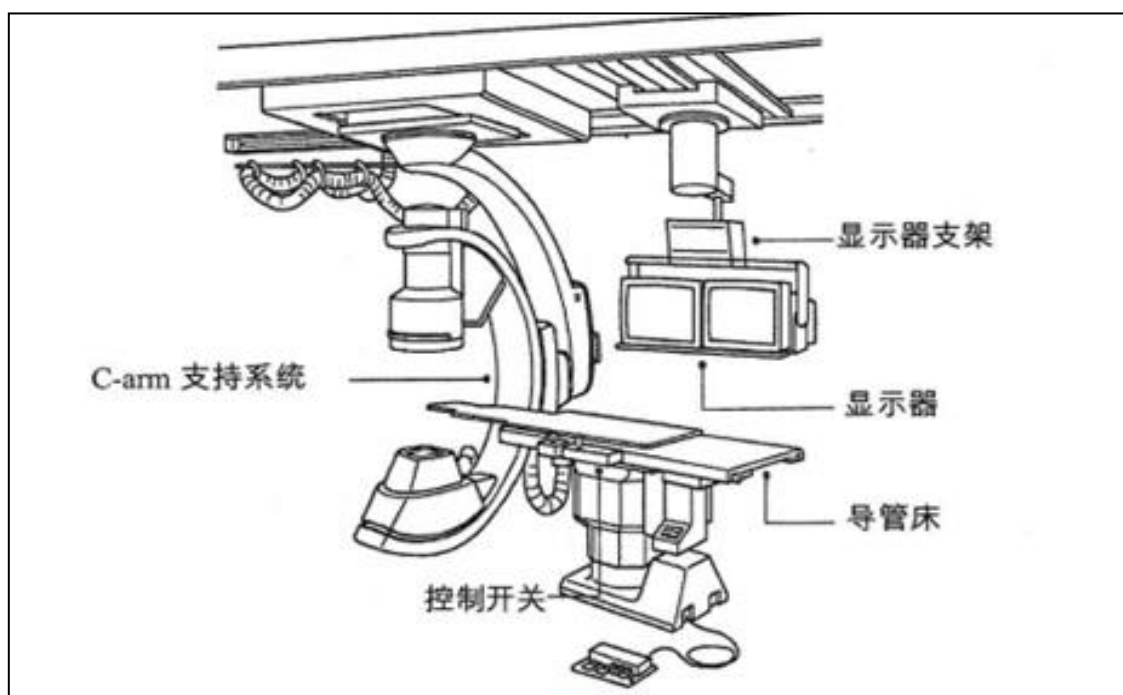


图9-1 典型DSA装置整体外观示意图

#### 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。

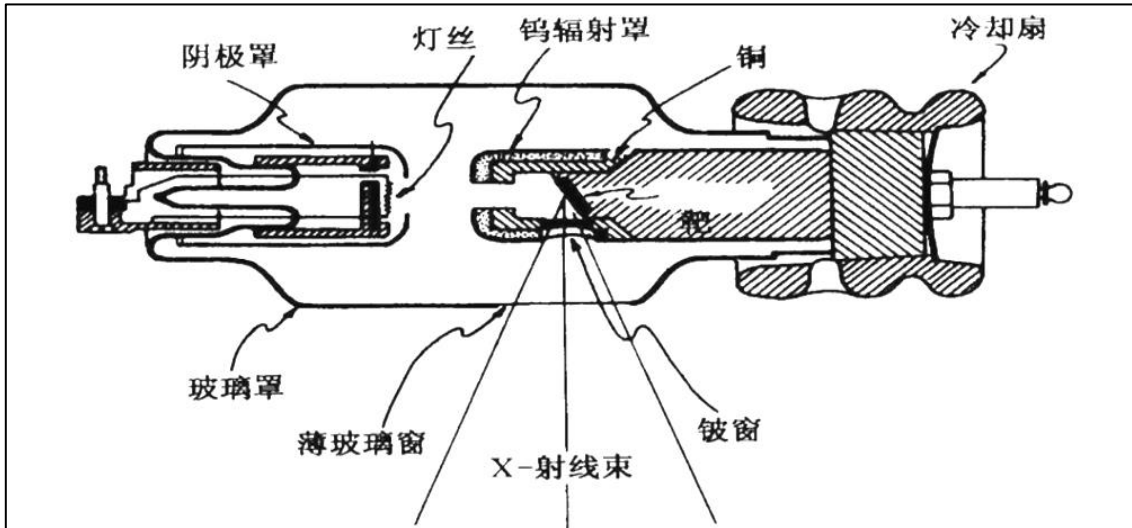


图 9-2 典型 X 射线管结构图

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。

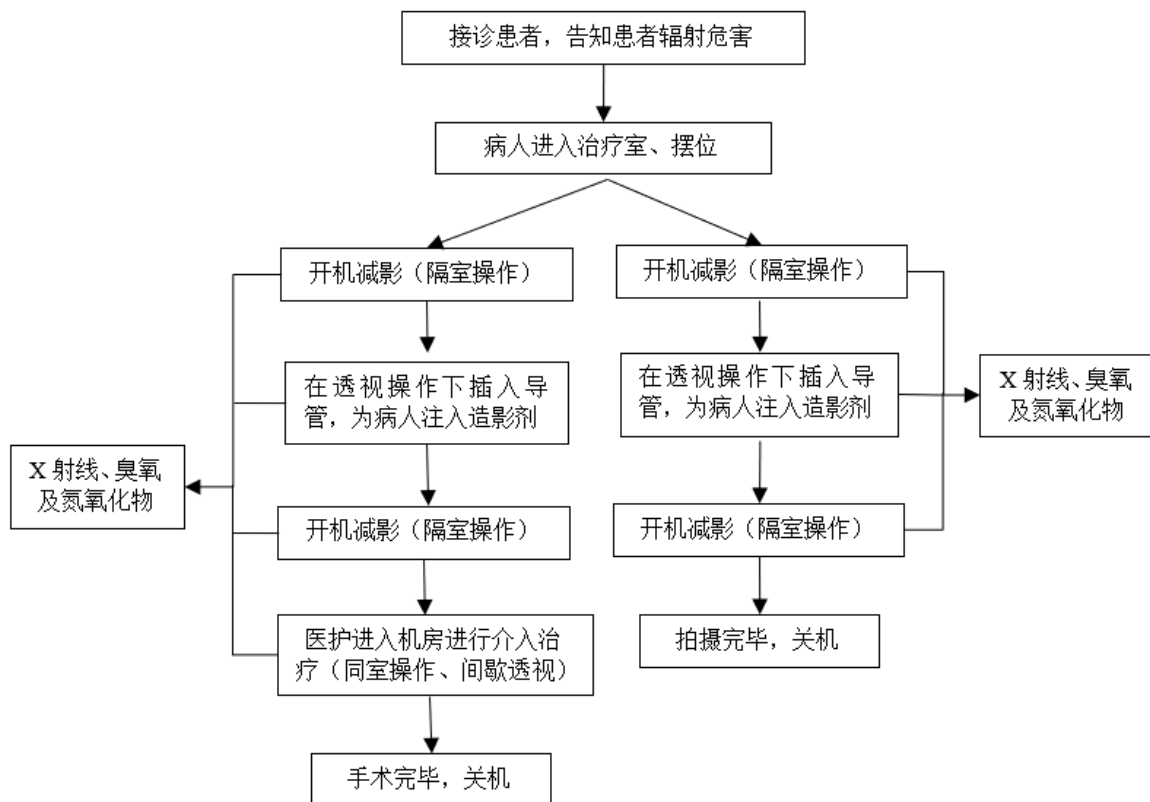


图9-3 DSA操作流程及产污环节图

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 人员、物流路径规划

本项目人员、物流路径主要是工作人员（包括医护人员、技师）路径、患者路

径及污物路径，路径见图 9-4。

工作人员路径：医护人员及技师在南侧换鞋、更衣区进行换鞋、更衣后，经机房南侧内部通道进入机房东侧控制室内，技师在控制室内进行设备操作，手术医护人员在控制室内穿戴好铅衣等防护用品后，经控制室由 DSA 机房东侧防护门进入 DSA 机房内部进行手术。

患者路径：患者需工作人员推床在南侧换床间换床后，从机房南侧防护门进入 DSA 机房内部进行手术。手术治疗结束后，患者可按原路离开。

污物路径：本项目介入手术会产生药棉、纱布和手套等医疗废物，这些医疗废物采用专用容器收集，手术结束后，由工作人员将污物从 DSA 机房南侧的传递窗送出 DSA 机房，沿污物廊通过西侧污物电梯运至医院医疗废物暂存间。

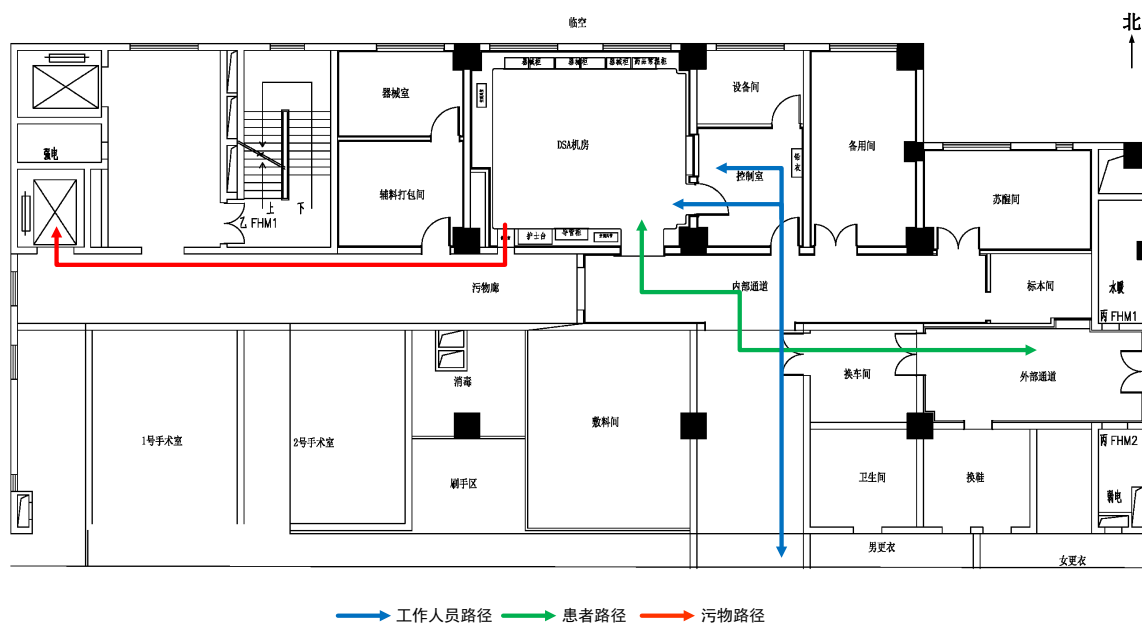


图9-4 本项目DSA人员、物流路径图

## 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，包含以下几种 X 射线辐射：

#### ①有用线束

通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像或者对患者的部位进行短时摄影。

② 泄漏辐射

由靶向外从各个方向穿过辐射头泄漏出来的射线称为漏射线。漏射线遍布机架各处。

③ 散射辐射

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

结合医院提供的资料及相关参考资料，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		住院大楼四层新增 DSA		
技术参数		最大管电压 125kV/最大管电流 1250mA		
过滤材料		不小于 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	空气比释动能	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		

注：1.参考《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1，当 2.5mmAl 作为过滤材料时，得 100kV 电压下，空气比释动能为 0.09mGy/mA·s，90kV 电压下，空气比释动能为 0.075mGy/mA·s；  
2.参考国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“(77) 用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h”。

(2) 其他污染物

X 射线装置运行时，机房内会有微量臭氧、氮氧化物等有害气体产生。

另外，DSA 运行时诊断结果在显示屏上观察或采用数字技术进行打印，不使用胶片冲洗显影，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。

9.2.2 事故工况

本项目使用 DSA 射线装置时，可能发生的辐射事故主要有以下几种：

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

(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。

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 机房拟建于浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院）住院大楼四层。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

工作场所	方位	周边房间及场所
住院大楼 DSA 机房	东	控制室和设备间
	南	内部通道和污物廊
	西	器械室和辅料打包间
	北	临空
	楼上	药剂科办公室
	楼下	走廊、男值班室、女值班室和病房

(1) 本项目 DSA 机房位于住院大楼四层，DSA 机房和配套房间均集中布置，相对独立且人流较少，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。

(2) 医院拟为 DSA 机房设置了病人通道、医生通道，相互不交叉，病人通道的宽度满足病人手推车辆的通行，方便治疗。

(3) 本项目的建设不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。拟建机房布局与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对照分析见下表。

表 10-2 机房布局设置与标准对照分析

项目	《放射诊断放射防护要求》 （GBZ130-2020）要求	本项目设置情况	是否满足要求
机房 布局	每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求	本项目拟新增使用的 DSA 机房为单独的机房，机房最小使用面积及最小单边长均满足设备的布局要求	满足
	X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全	DSA 机房位于四层，采取了相应的屏蔽防护措施，考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全	满足
	应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管	本项目新增 DSA 设备有用线束主要垂直向上，有用线束不会直接照射门、	满足



	线口和工作人员操作位	窗、管线口和工作人员操作位	
受检者候诊区	受检者不应在机房内候诊	DSA 项目受检者在机房东南侧等候区候诊，不在机房内候诊	满足

经对照分析可知，拟建 DSA 机房的设置满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）平面布局的要求，采取了防辐射的屏蔽措施，能够满足放射诊疗需求，并且充分考虑了相邻场所的防护安全，因此，本项目工作场所布局合理。

### 10.1.2 辐射防护分区原则及区域划分

#### （1）分区依据和原则

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

**控制区：**在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和门-灯联锁装置）限制进出控制区，并定期控制区的实际状况，确认是否需要改变该区的防护手段或安全措施，或是更改该区的边界。

**监督区：**未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置设立表明监督区的标牌；并定期检查该区工作状况，确认是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

#### （2）本项目分区管理情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关标准对控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护情况，本项目辐射工作场所分区情况见表 10-3 和图 10-1。

表 10-3 本项目分区管理情况表

场所名称	控制区	监督区
DSA 机房	机房内部	控制室、设备间、患者防护门外 1m 处、器械室和辅料打包间

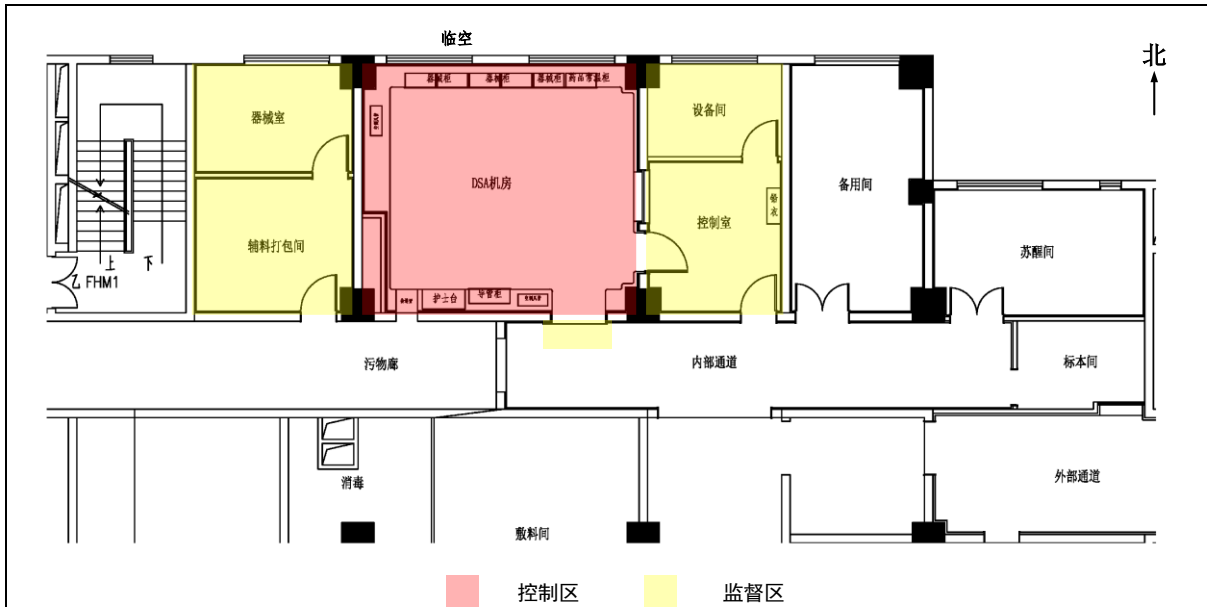


图 10-1 本项目分区管理情况图

控制区通过实体屏蔽措施、电离辐射警告标志等进行控制管理，在射线装置使用时，除介入治疗的医护人员和患者外，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 射线装置拟从正规厂家购买，采用目前较先进的技术，设备各项安全措施齐备，仪器本身具备多种安全防护措施。

①设备具有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；

②采取栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉和余辉，起到消除软 X 射线，提高有用射线品质并减少脉冲宽度；

③采取光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适的过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱；

④采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰

度，可减少透视剂量；

⑤采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留在监视器上显示，即称之为图像冻结，此技术可缩短总透视时间，达到减少不必要的照射；

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

(2) 本项目机房辐射屏蔽设计

依据建设单位提供的 DSA 机房防护设计方案，将机房各屏蔽体的主要技术参数列表分析，并根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 中对 X 射线机房防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度的要求，对本项目屏蔽措施进行对照分析，结果见表 10-4、表 10-5。

表 10-4 本项目辐射工作场所拟采取屏蔽防护措施分析

机房类型	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	东侧	墙体: 240mm 实心砖+3mm 铅板 (5.0mmPb)	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
	南侧	墙体: 气块砖+4mm 铅板 (4.0mmPb) 传递窗: 4mmPb 铅玻璃 (4.0mmPb)		符合
	西侧	墙体: 气块砖+4mm 铅板 (4.0mmPb)		符合
	北侧	墙体: 气块砖+4mm 铅板 (4.0mmPb)		符合
	顶棚	120mm 混凝土+3mm 铅板 (4.4mmPb)		符合
	地坪	120mm 混凝土+3mmPb 防护涂料 (4.6mmPb)		符合
	防护门 (2 扇)	内衬 4mm 铅板 (4.0mmPb)		符合
	观察窗	4mmPb 铅玻璃 (4.0mmPb)		符合

注: 1.实心砖密度为 1.65g/cm<sup>3</sup>, 参考《放射防护实用手册》表 6.14, 保守计算 240mm 实心砖等效 2mmPb 进行铅当量折算。  
2.混凝土密度取 2.35g/cm<sup>3</sup> 核算等效屏蔽厚度, 折算铅当量参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 中附录 C 中表 C.4, 得顶棚 120mm 混凝土 (125kV 主束方向) 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。  
3.由于气块砖的密度较小, 故本评价不考虑气块砖的屏蔽作用。

表 10-5 本项目机房规格与标准对照表

机房名称	拟设置情况		标准要求		符合性评价
	最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m <sup>2</sup> )	最小单边长度 (m)	最小有效使用面积 (m <sup>2</sup> )	
DSA 机房	5.6	38.08	3.5	20	符合

通过表 10-4、表 10-5 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，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 DSA 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

### （3）距离防护

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

### （4）时间防护

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

### （5）其他辐射安全防护措施

① DSA 机房门外设电离辐射警告标志，机房上方设有醒目的工作状态指示灯，灯箱设有“射线有害，灯亮勿入”的可视警示语句；本项目机房门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 控制室墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

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

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

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

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

射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

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

⑧机房内不堆放与本项目诊断无关的杂物。

⑨机房候诊区设置辐射防护注意事项告知栏。

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

表 10-6 本项目拟配备个人防护用品与标准对照表

机房名称	人员类型	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求		本项目拟配置情况		是否符合要求
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
DSA 机房	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套； 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏； 选配：移动铅防护屏风	配备防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 4 套，防护铅当量不低于 0.025mmPb 的介入防护手套 4 套	防护铅当量为 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏各 1 件	符合
	患者和受检者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——	防护铅当量为 0.5mmPb 的方巾 1 套，防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶颈套、铅橡胶帽子含儿童、成人尺寸各 1 套	——	符合

## 10.2 “三废”治理措施

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

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

## 10.3 环保措施及其投资估算

项目环保投资估算详见表 10-7。

表 10-7 本项目环保投资估算一览表

类别	环保设施措施	金额（万元）
屏蔽措施	DSA 等工作用房屏蔽	26.0
安全装置	操作台、对讲装置和介入手术床旁“急停开关”装置	设备自带
	辐射工作人员配备防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜 4 套，防护铅当量不低于 0.025mmPb 的介入防护手套 4 套	3.0
	患者配备防护铅当量为 0.5mmPb 的方巾 1 套，防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶颈套、铅橡胶帽子含儿童、成人尺寸各 1 套	2.0
	设备配备防护铅当量为 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏各 1 件	/
废气处理	依托医院现有新风系统	/
监测仪器	依托医院现有便携式 X-γ 辐射剂量监测仪	/
个人防护用品	为每名辐射工作人员配备个人剂量计	1.0
监测	委托第三方机构常规监测和自主环境保护竣工验收监测	5.0
人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训	1.0
电离辐射警告标志	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	1.0
其他	辐射相关规章制度上墙	0.5
合计		40

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

#### 11.1.1 施工期环境影响分析

本项目辐射工作场所建于住院大楼四层北侧，施工期内容主要为墙体的拆除、重建，机房装修（含铅板、铅防护门、铅玻璃窗和铅传递窗安装，对讲以及门-灯连锁装置等安全装置安装，配套用房装修），DSA射线装置的安装调试等内容。

##### （1）水环境影响分析

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

##### （2）大气环境影响分析

本项目在施工期会产生扬尘、装修废气。装修过程中会产生扬尘，通过湿法作业，外围设置围挡，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小。

##### （3）声环境影响分析

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

合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工；优先选择低噪音设备，日常应注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态；对施工人员进场进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗。经上述防治措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

##### （4）固体废物影响分析

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

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

### 11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析

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

## 11.2 运营阶段对环境的影响

### 11.2.1 运行期正常工况环境影响分析

#### (1) 理论预测环境影响分析

本项目新增的 DSA 拟置于住院大楼四层 DSA 机房内，设备型号待定，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。

根据医院提供的资料并结合相关参考材料，本 DSA 设备参数与工况、机房防护情况如表 11-1。

表 11-1 本项目 DSA 设备参数与工况及防护情况

设备		住院大楼四层 DSA		
技术参数		最大管电压 125kV/最大管电流 1250mA		
过滤材料		不小于 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	空气比释动能	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
泄漏辐射源强		离靶点 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过 1mGy/h		
机房有效面积尺寸		长 7.5m×宽 6.6m×高 4.0m		
防护设施	顶棚	120mm 混凝土+3mm 铅板		
	地坪	120mm 混凝土+3mmPb 防护涂料		
	东侧	墙体：240mm 实心砖+3mm 铅板		
	南侧	墙体：气块砖+4mm 铅板 传递窗：4mmPb 铅玻璃		
	西侧	墙体：气块砖+4mm 铅板		



北侧	墙体：气块砖+4mm 铅板
防护门 (2扇)	内衬4mm铅板
观察窗、 传递窗	4mmPb铅玻璃
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)

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)；

$\delta_x$ —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 处的空气比释动能 (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	2.5mmAl	0.09	100	500	1.62×10 <sup>8</sup>
	透视	2.5mmAl	0.075	90	15	4.05×10 <sup>6</sup>

取医生手术位、控制室操作位、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 处及评价范围内保护目标处作为预测点位。

本项目预测点位见图 11-1，预测点位情况见表 11-3。

表11-3 本项目DSA机房预测点位情况

预测点位		方位	距离 (m)
1#术者位	第一术者位	机房内	0.5
	第一术者位 (手部)	机房内	0.4
	第一术者位 (眼晶体)	机房内	0.6
	第二术者位	机房内	0.9
2#控制室操作位		东侧	3.9

3#东侧防护墙外 30cm 处（设备间、控制室）	东侧	3.9
4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	东侧	3.9
5#南侧防护墙外 30cm 处（内部通道、污物廊）	南侧	3.6
6#南侧防护门外 30cm 处（内部通道）	南侧	3.6
7#南侧传递窗外 30cm 处（污物廊）	南侧	3.6
8#西侧防护墙外 30cm 处（辅料打包间、器械室）	西侧	4.0
9#楼上离地 100cm 处（药剂科办公室）	上方	3.8
10#楼下距楼下地面 170cm 处（走廊等）	下方	3.2
11#半山公园旅游咨询中心	东侧	43
12#杭州北苑实验中学	西侧	33
13#医院后勤办公楼	西侧	40
14#杭州半山国家森林公园	北侧	22

注：11#12#13#14#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。

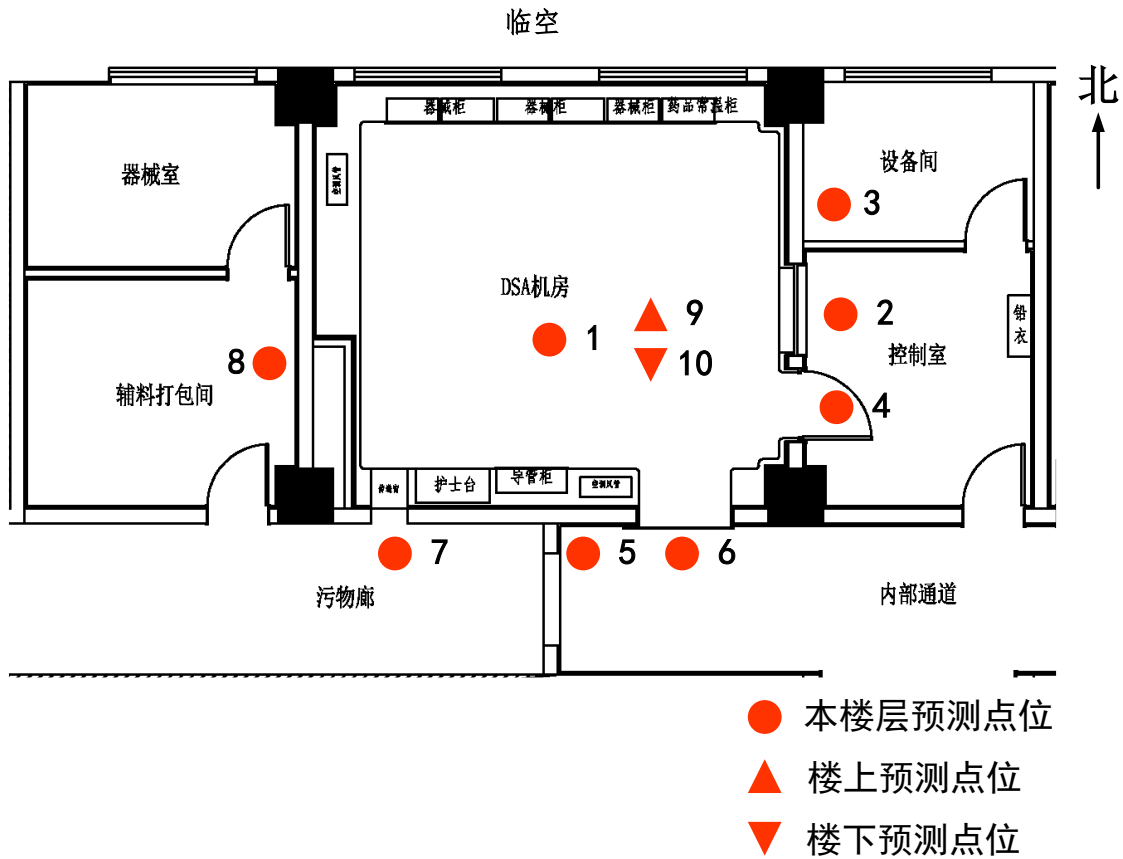


图 11-1 DSA 机房预测关注点位示意图（11#12#13#14#因距离较远关系未在图中标示）

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中的公式（C.1）和表C.2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#控制室操作位	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
3#东侧防护墙外 30cm 处（设备间、 控制室）	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5mmPb	2.507	15.33	0.9124	$4.19 \times 10^{-7}$
4#东侧防护门外	内衬 4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$

30cm 处（控制室）						
5#南侧防护墙外 30cm 处（内部通道、污物廊）	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
6#南侧防护门外 30cm 处（内部通道）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
7#南侧传递窗外 30cm 处（污物廊）	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
8#西侧防护墙外 30cm 处（辅料打包间、器械室）	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
9#楼上离地 100cm 处 （药剂科办公室）	120mm 混凝土 +3mm 铅板	4.4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$1.89 \times 10^{-6}$
10#楼下距楼下地面 170cm 处（走廊等）	120mm 混凝土 +3mmPb 防护涂料	4.6mmPb	2.507	15.33	0.9124	$1.14 \times 10^{-6}$
11#半山公园旅游咨 询中心	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5mmPb	2.507	15.33	0.9124	$4.19 \times 10^{-7}$
12#杭州北苑实验 中学	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
13#医院后勤办公楼	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
14#杭州半山国家森 林公园	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$

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#第一术者位 （眼晶体）	0.5mmPb 防护帘	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.52 \times 10^{-2}$
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#控制室操作位	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
3#东侧防护墙外 30cm 处（设备间、控制 室）	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$1.72 \times 10^{-8}$
4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
5#南侧防护墙外 30cm 处（内部通道、污物 廊）	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$

6#南侧防护门外 30cm 处（内部通道）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
7#南侧传递窗外 30cm 处（污物廊）	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
8#西侧防护墙外 30cm 处（辅料打包间、器械室）	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
9#楼上离地 100cm 处（药剂科办公室）	120mm 混凝土+3mm 铅板	4.4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$1.08 \times 10^{-7}$
10#楼下距楼下地面 170cm 处（走廊等）	120mm 混凝土+3mmPb 防护涂料	4.6mmPb	3.067	18.83	0.7726	$5.86 \times 10^{-8}$
11#半山公园旅游咨询中心	240mm 实心砖+3mm 铅板	5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$1.72 \times 10^{-8}$
12#杭州北苑实验中学	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
13#医院后勤办公楼	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
14#杭州半山国家森林公园	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$

各预测点位散射辐射剂量计算参数及结果见下表11-7。

表 11-7 各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	$H_0$	$\alpha$	$s$	$d_0$	$d_s$	$B$	$H_s$
		$\mu\text{Gy/h}$	/	$\text{cm}^2$	m	m	/	$\mu\text{Gy/h}$
减影	2#控制室操作位	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.9	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.78 \times 10^{-2}$
	3#东侧防护墙外 30cm 处（设备间、控制室）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.9	$4.19 \times 10^{-7}$	$1.45 \times 10^{-3}$
	4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.9	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.78 \times 10^{-2}$
	5#南侧防护墙外 30cm 处（内部通道、污物廊）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.6	$5.14 \times 10^{-6}$	$2.09 \times 10^{-2}$
	6#南侧防护门外 30cm 处（内部通道）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.6	$5.14 \times 10^{-6}$	$2.09 \times 10^{-2}$
	7#南侧传递窗外 30cm 处（污物廊）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.6	$5.14 \times 10^{-6}$	$2.09 \times 10^{-2}$
	8#西侧防护墙外 30cm 处（辅料打包间、器械室）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	4.0	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.69 \times 10^{-2}$
	9#楼上离地 100cm 处（药剂科办公室）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.8	$1.89 \times 10^{-6}$	$6.87 \times 10^{-3}$
	10#楼下距楼下地面 170cm 处（走廊等）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.2	$1.14 \times 10^{-6}$	$5.87 \times 10^{-3}$
	11#半山公园旅游咨询中心	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	43	$4.19 \times 10^{-7}$	$1.19 \times 10^{-5}$
	12#杭州北苑实验中学	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	33	$5.14 \times 10^{-6}$	$2.48 \times 10^{-4}$

	13#医院后勤办公楼	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	40	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.69 \times 10^{-4}$
	14#杭州半山国家森林公园	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	22	$5.14 \times 10^{-6}$	$5.59 \times 10^{-4}$
透视	1#第一术者位（身体铅衣内）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.5	$4.08 \times 10^{-3}$	21.5
	1#第一术者位（身体铅衣外）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.5	$2.52 \times 10^{-2}$	133
	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#第一术者位（眼晶体）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.6	$2.52 \times 10^{-2}$	92.0
	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	$2.52 \times 10^{-2}$	40.8
	2#控制室操作位	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.9	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.19 \times 10^{-5}$
	3#东侧防护墙外 30cm 处（设备间、控制室）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.9	$1.72 \times 10^{-8}$	$1.49 \times 10^{-6}$
	4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.9	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.19 \times 10^{-5}$
	5#南侧防护墙外 30cm 处（内部通道、污物廊）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.75 \times 10^{-5}$
	6#南侧防护门外 30cm 处（内部通道）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.75 \times 10^{-5}$
	7#南侧传递窗外 30cm 处（污物廊）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.75 \times 10^{-5}$
	8#西侧防护墙外 30cm 处（辅料打包间、器械室）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	4.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.04 \times 10^{-5}$
	9#楼上离地 100cm 处（药剂科办公室）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.8	$1.08 \times 10^{-7}$	$9.87 \times 10^{-6}$
	10#楼下距楼下地面 170cm 处（走廊等）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.2	$5.86 \times 10^{-8}$	$7.53 \times 10^{-6}$
	11#半山公园旅游咨询中心	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	43	$1.72 \times 10^{-8}$	$1.22 \times 10^{-8}$
12#杭州北苑实验中学	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	33	$3.69 \times 10^{-7}$	$4.46 \times 10^{-7}$	
13#医院后勤办公楼	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	40	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.04 \times 10^{-7}$	
14#杭州半山国家森林公园	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	22	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.00 \times 10^{-6}$	

### 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，公式计算同式 10-2。

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#控制室操作位	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
3#东侧防护墙外 30cm 处（设备间、控 制室）	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5mmPb	2.5	15.28	0.7557	$2.78 \times 10^{-7}$
4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
5#南侧防护墙外 30cm 处（内部通道、 污物廊）	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
6#南侧防护门外 30cm 处（内部通道）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
7#南侧传递窗外 30cm 处（污物廊）	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
8#西侧防护墙外 30cm 处（辅料打包 间、器械室）	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
9#楼上离地 100cm 处 （药剂科办公室）	120mm 混凝土 +3mm 铅板	4.4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$1.25 \times 10^{-6}$
10#楼下距楼下地面 170cm 处（走廊等）	120mm 混凝土 +3mmPb 防护涂料	4.6mmPb	2.5	15.28	0.7557	$7.56 \times 10^{-7}$
11#半山公园旅游咨 询中心	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5mmPb	2.5	15.28	0.7557	$2.78 \times 10^{-7}$
12#杭州北苑实验 中学	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
13#医院后勤办公楼	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
14#杭州半山国家森 林公园	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$

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 铅护帘	0.525mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.27 \times 10^{-2}$
1#第一术者位（眼晶体）	0.5mmPb 铅护帘	0.525mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.52 \times 10^{-2}$
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#控制室操作位	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
3#东侧防护墙外 30cm 处（设备间、控制室）	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$1.72 \times 10^{-8}$
4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
5#南侧防护墙外 30cm 处（内部通道、污物廊）	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
6#南侧防护门外 30cm 处（内部通道）	内衬 4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
7#南侧传递窗外 30cm 处（污物廊）	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
8#西侧防护墙外 30cm 处（辅料打包间、器械室）	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
9#楼上离地 100cm 处（药剂科办公室）	120mm 混凝土 +3mm 铅板	4.4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$1.08 \times 10^{-7}$
10#楼下距楼下地面 170cm 处（走廊等）	120mm 混凝土 +3mmPb 防护涂料	4.6mmPb	3.067	18.83	0.7726	$5.86 \times 10^{-8}$
11#半山公园旅游咨询中心	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$1.72 \times 10^{-8}$
12#杭州北苑实验中学	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
13#医院后勤办公楼	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
14#杭州半山国家森林公园	气块砖+4mm 铅板	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$

各预测点位泄漏辐射剂量计算参数及结果见下表11-10。



表 11-10 各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	$H_0$	$d$	$B$	$H_L$
		$\mu\text{Gy/h}$	m	/	$\mu\text{Gy/h}$
减影	2#控制室操作位	$1 \times 10^3$	3.9	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.23 \times 10^{-4}$
	3#东侧防护墙外 30cm 处（设备间、控制室）	$1 \times 10^3$	3.9	$2.78 \times 10^{-7}$	$1.83 \times 10^{-5}$
	4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	$1 \times 10^3$	3.9	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.23 \times 10^{-4}$
	5#南侧防护墙外 30cm 处（内部通道、污物廊）	$1 \times 10^3$	3.6	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.61 \times 10^{-4}$
	6#南侧防护门外 30cm 处（内部通道）	$1 \times 10^3$	3.6	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.61 \times 10^{-4}$
	7#南侧传递窗外 30cm 处（污物廊）	$1 \times 10^3$	3.6	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.61 \times 10^{-4}$
	8#西侧防护墙外 30cm 处（辅料打包间、器械室）	$1 \times 10^3$	4.0	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.12 \times 10^{-4}$
	9#楼上离地 100cm 处（药剂科办公室）	$1 \times 10^3$	3.8	$1.25 \times 10^{-6}$	$8.63 \times 10^{-5}$
	10#楼下距楼下地面 170cm 处（走廊等）	$1 \times 10^3$	3.2	$7.56 \times 10^{-7}$	$7.38 \times 10^{-5}$
	11#半山公园旅游咨询中心	$1 \times 10^3$	43	$2.78 \times 10^{-7}$	$1.50 \times 10^{-7}$
	12#杭州北苑实验中学	$1 \times 10^3$	33	$3.39 \times 10^{-6}$	$3.11 \times 10^{-6}$
	13#医院后勤办公楼	$1 \times 10^3$	40	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.12 \times 10^{-6}$
	14#杭州半山国家森林公园	$1 \times 10^3$	22	$3.39 \times 10^{-6}$	$7.00 \times 10^{-6}$
	透视	1#第一术者位（身体铅衣内）	$1 \times 10^3$	0.5	$4.08 \times 10^{-3}$
1#第一术者位（身体铅衣外）		$1 \times 10^3$	0.5	$2.52 \times 10^{-2}$	101
1#第一术者位（手部）		$1 \times 10^3$	0.4	$2.27 \times 10^{-2}$	142
1#第一术者位（眼晶体）		$1 \times 10^3$	0.6	$2.52 \times 10^{-2}$	69.9
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#控制室操作位		$1 \times 10^3$	3.9	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.43 \times 10^{-5}$
3#东侧防护墙外 30cm 处（设备间、控制室）		$1 \times 10^3$	3.9	$1.72 \times 10^{-8}$	$1.13 \times 10^{-6}$
4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）		$1 \times 10^3$	3.9	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.43 \times 10^{-5}$
5#南侧防护墙外 30cm 处（内部通道、污物廊）		$1 \times 10^3$	3.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.85 \times 10^{-5}$
6#南侧防护门外 30cm 处（内部通道）		$1 \times 10^3$	3.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.85 \times 10^{-5}$
7#南侧传递窗外 30cm 处（污物廊）		$1 \times 10^3$	3.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.85 \times 10^{-5}$
8#西侧防护墙外 30cm 处（辅料打包间、器械室）		$1 \times 10^3$	4.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.31 \times 10^{-5}$
9#楼上离地 100cm 处（药剂科办公室）		$1 \times 10^3$	3.8	$1.08 \times 10^{-7}$	$7.50 \times 10^{-6}$
10#楼下距楼下地面 170cm 处（走廊等）	$1 \times 10^3$	3.2	$5.86 \times 10^{-8}$	$5.72 \times 10^{-6}$	

11#半山公园旅游咨询中心	$1 \times 10^3$	43	$1.72 \times 10^{-8}$	$9.29 \times 10^{-9}$
12#杭州北苑实验中学	$1 \times 10^3$	33	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.39 \times 10^{-7}$
13#医院后勤办公楼	$1 \times 10^3$	40	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.31 \times 10^{-7}$
14#杭州半山国家森林公园	$1 \times 10^3$	22	$3.69 \times 10^{-7}$	$7.63 \times 10^{-7}$

### ③漏射和散射总辐射剂量率估算

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

表11-11 各个预测点的总辐射剂量率

场所	工作模式	关注点位置描述	散射辐射剂量率	泄漏辐射剂量率	总辐射剂量率
			$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$
DSA 机房	减影	2#控制室操作位	$1.78 \times 10^{-2}$	$2.23 \times 10^{-4}$	$1.80 \times 10^{-2}$
		3#东侧防护墙外 30cm 处（设备间、控制室）	$1.45 \times 10^{-3}$	$1.83 \times 10^{-5}$	$1.47 \times 10^{-3}$
		4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	$1.78 \times 10^{-2}$	$2.23 \times 10^{-4}$	$1.80 \times 10^{-2}$
		5#南侧防护墙外 30cm 处（内部通道、污物廊）	$2.09 \times 10^{-2}$	$2.61 \times 10^{-4}$	$2.11 \times 10^{-2}$
		6#南侧防护门外 30cm 处（内部通道）	$2.09 \times 10^{-2}$	$2.61 \times 10^{-4}$	$2.11 \times 10^{-2}$
		7#南侧传递窗外 30cm 处（污物廊）	$2.09 \times 10^{-2}$	$2.61 \times 10^{-4}$	$2.11 \times 10^{-3}$
		8#西侧防护墙外 30cm 处（辅料打包间、器械室）	$1.69 \times 10^{-2}$	$2.12 \times 10^{-4}$	$1.71 \times 10^{-2}$
		9#楼上离地 100cm 处（药剂科办公室）	$6.87 \times 10^{-3}$	$8.63 \times 10^{-5}$	$6.96 \times 10^{-3}$
		10#楼下距楼下地面 170cm 处（走廊等）	$5.87 \times 10^{-3}$	$7.38 \times 10^{-5}$	$5.95 \times 10^{-3}$
		11#半山公园旅游咨询中心	$1.19 \times 10^{-5}$	$1.50 \times 10^{-7}$	$1.21 \times 10^{-5}$
		12#杭州北苑实验中学	$2.48 \times 10^{-4}$	$3.11 \times 10^{-6}$	$2.52 \times 10^{-4}$
		13#医院后勤办公楼	$1.69 \times 10^{-4}$	$2.12 \times 10^{-6}$	$1.71 \times 10^{-4}$
		14#杭州半山国家森林公园	$5.59 \times 10^{-4}$	$7.00 \times 10^{-6}$	$5.66 \times 10^{-4}$
	透视	1#第一术者位（身体铅衣内）	21.5	16.3	37.8
		1#第一术者位（身体铅衣外）	133	101	234
		1#第一术者位（手部）	187	142	329
		1#第一术者位（眼晶体）	92.0	69.9	162
		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）	40.8	31.1	71.9
	2#控制室操作位	$3.19 \times 10^{-5}$	$2.43 \times 10^{-5}$	$5.62 \times 10^{-5}$	

	3#东侧防护墙外 30cm 处（设备间、控制室）	$1.49 \times 10^{-6}$	$1.13 \times 10^{-6}$	$2.62 \times 10^{-6}$
	4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	$3.19 \times 10^{-5}$	$2.43 \times 10^{-5}$	$5.62 \times 10^{-5}$
	5#南侧防护墙外 30cm 处（内部通道、污物廊）	$3.75 \times 10^{-5}$	$2.85 \times 10^{-5}$	$6.60 \times 10^{-5}$
	6#南侧防护门外 30cm 处（内部通道）	$3.75 \times 10^{-5}$	$2.85 \times 10^{-5}$	$6.60 \times 10^{-5}$
	7#南侧传递窗外 30cm 处（污物廊）	$3.75 \times 10^{-5}$	$2.85 \times 10^{-5}$	$6.60 \times 10^{-5}$
	8#西侧防护墙外 30cm 处（辅料打包间、器械室）	$3.04 \times 10^{-5}$	$2.31 \times 10^{-5}$	$5.34 \times 10^{-5}$
	9#楼上离地 100cm 处（药剂科办公室）	$9.87 \times 10^{-6}$	$7.50 \times 10^{-6}$	$1.74 \times 10^{-5}$
	10#楼下距楼下地面 170cm 处（走廊等）	$7.53 \times 10^{-6}$	$5.72 \times 10^{-6}$	$1.33 \times 10^{-5}$
	11#半山公园旅游咨询中心	$1.22 \times 10^{-8}$	$9.29 \times 10^{-9}$	$2.15 \times 10^{-8}$
	12#杭州北苑实验中学	$4.46 \times 10^{-7}$	$3.39 \times 10^{-7}$	$7.85 \times 10^{-7}$
	13#医院后勤办公楼	$3.04 \times 10^{-7}$	$2.31 \times 10^{-7}$	$5.34 \times 10^{-7}$
	14#杭州半山国家森林公园	$1.00 \times 10^{-6}$	$7.63 \times 10^{-7}$	$1.77 \times 10^{-6}$

由表 11-11 计算结果可知：透视时，控制室操作位的辐射剂量率为  $5.62 \times 10^{-5} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为  $6.60 \times 10^{-5} \mu\text{Gy/h}$ 。减影时，控制室操作位的辐射剂量率为  $1.80 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为  $2.11 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 。

综上，该项目 DSA 在正常运行情况下，机房外控制室、四周防护墙外、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， $\text{Sv/Gy}$  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室进行操作，DSA 透视曝光时，医师在手术间内近台操作，护士和技师通常不在手术间内（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， $\text{mSv}$ ；

$H_0$ —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

根据医院预计最大工作量保守假设, DSA每年的最大手术量为400台。本项目 DSA最大运行工况和工作负荷详见表1-2。

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	
DSA 机房	减影	2#控制室操作位	$1.80 \times 10^{-2}$	6.67	1	$1.20 \times 10^{-4}$	职业人员
		3#东侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	$1.47 \times 10^{-3}$	6.67	1/16	$6.12 \times 10^{-7}$	公众人员
		4#东侧防护门外 30cm 处 (控制室)	$1.80 \times 10^{-2}$	6.67	1	$1.20 \times 10^{-4}$	职业人员
		5#南侧防护墙外 30cm 处 (内部通道、污物廊)	$2.11 \times 10^{-2}$	6.67	1	$1.41 \times 10^{-4}$	公众人员
		6#南侧防护门外 30cm 处 (内部通道)	$2.11 \times 10^{-2}$	6.67	1/4	$3.53 \times 10^{-5}$	公众人员
		7#南侧传递窗外 30cm 处 (污物廊)	$2.11 \times 10^{-3}$	6.67	1/4	$3.53 \times 10^{-5}$	公众人员
		8#西侧防护墙外 30cm 处 (辅料打包间、器械室)	$1.71 \times 10^{-2}$	6.67	1/16	$7.14 \times 10^{-6}$	公众人员

透视	9#楼上离地 100cm 处 (药剂科办公室)	$6.96 \times 10^{-3}$	6.67	1/4	$1.16 \times 10^{-6}$	公众人员
	10#楼下距楼下地面 170cm 处 (走廊等)	$5.95 \times 10^{-3}$	6.67	1	$3.97 \times 10^{-5}$	公众人员
	11#半山公园旅游咨询 中心	$1.21 \times 10^{-5}$	6.67	1	$8.06 \times 10^{-8}$	公众人员
	12#杭州北苑实验中学	$2.52 \times 10^{-4}$	6.67	1	$1.68 \times 10^{-6}$	公众人员
	13#医院后勤办公楼	$1.71 \times 10^{-4}$	6.67	1	$1.14 \times 10^{-6}$	公众人员
	14#杭州半山国家森林 公园	$5.66 \times 10^{-4}$	6.67	1	$3.78 \times 10^{-6}$	公众人员
	1#第一术者位 (身体铅衣内)	37.8	66.67	1	2.52	职业人员
	1#第一术者位 (身体铅衣外)	234	66.67	1	15.54	职业人员
	1#第二术者位 (身体铅衣内)	11.7	66.67	1	0.78	职业人员
	1#第二术者位 (身体铅衣外)	71.9	66.67	1	4.80	职业人员
	2#控制室操作位	$5.62 \times 10^{-5}$	66.67	1	$3.75 \times 10^{-6}$	职业人员
	3#东侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	$2.62 \times 10^{-6}$	133.33	1/16	$2.18 \times 10^{-8}$	公众人员
	4#东侧防护门外 30cm 处 (控制室)	$5.62 \times 10^{-5}$	133.33	1	$7.49 \times 10^{-6}$	职业人员
	5#南侧防护墙外 30cm 处 (内部通道、污物 廊)	$6.60 \times 10^{-5}$	133.33	1	$8.80 \times 10^{-6}$	公众人员
	6#南侧防护门外 30cm 处 (内部通道)	$6.60 \times 10^{-5}$	133.33	1/4	$2.20 \times 10^{-6}$	公众人员
	7#南侧传递窗外 30cm 处 (污物廊)	$6.60 \times 10^{-5}$	133.33	1/4	$2.20 \times 10^{-6}$	公众人员
	8#西侧防护墙外 30cm 处 (辅料打包间、器 械室)	$5.34 \times 10^{-5}$	133.33	1/16	$4.45 \times 10^{-7}$	公众人员
	9#楼上离地 100cm 处 (药剂科办公室)	$1.74 \times 10^{-5}$	133.33	1/4	$5.79 \times 10^{-7}$	公众人员
	10#楼下距楼下地面 170cm 处 (走廊等)	$1.33 \times 10^{-5}$	133.33	1	$1.77 \times 10^{-6}$	公众人员
	11#半山公园旅游咨询 中心	$2.15 \times 10^{-8}$	133.33	1	$2.87 \times 10^{-9}$	公众人员
12#杭州北苑实验中学	$7.85 \times 10^{-7}$	133.33	1	$1.05 \times 10^{-7}$	公众人员	
13#医院后勤办公楼	$5.34 \times 10^{-7}$	133.33	1	$7.12 \times 10^{-8}$	公众人员	
14#杭州半山国家森林 公园	$1.77 \times 10^{-6}$	133.33	1	$2.36 \times 10^{-7}$	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**；

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

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

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

则第一手术位（身体）的受照的有效剂量为 2.78mSv/a，第二手术位（身体）的受照的有效剂量为 0.86mSv/a。

各预测点位人员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	
DSA 机房	1#第一术者位	$1.20 \times 10^{-4}$ *	2.78	2.78	职业人员
	1#第二术者位	$1.20 \times 10^{-4}$ *	0.86	0.86	职业人员
	2#控制室操作位	$1.20 \times 10^{-4}$	$3.75 \times 10^{-6}$	$1.24 \times 10^{-4}$	职业人员
	3#东侧防护墙外 30cm 处（设备间、控制室）	$6.12 \times 10^{-7}$	$2.18 \times 10^{-8}$	$6.34 \times 10^{-7}$	公众人员
	4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	$1.20 \times 10^{-4}$	$7.49 \times 10^{-6}$	$1.28 \times 10^{-4}$	职业人员
	5#南侧防护墙外 30cm 处（内部通道、污物廊）	$1.41 \times 10^{-4}$	$8.80 \times 10^{-6}$	$1.50 \times 10^{-4}$	公众人员
	6#南侧防护门外 30cm 处（内部通道）	$3.53 \times 10^{-5}$	$2.20 \times 10^{-6}$	$3.75 \times 10^{-5}$	公众人员
	7#南侧传递窗外 30cm 处（污物廊）	$3.53 \times 10^{-5}$	$2.20 \times 10^{-6}$	$3.75 \times 10^{-5}$	公众人员
	8#西侧防护墙外 30cm 处（辅料打包间、器械室）	$7.14 \times 10^{-6}$	$4.45 \times 10^{-7}$	$7.58 \times 10^{-6}$	公众人员
	9#楼上离地 100cm 处（药剂科办公室）	$1.16 \times 10^{-6}$	$5.79 \times 10^{-7}$	$1.74 \times 10^{-6}$	公众人员
	10#楼下距楼下地面 170cm 处（走廊等）	$3.97 \times 10^{-5}$	$1.77 \times 10^{-6}$	$4.14 \times 10^{-5}$	公众人员
	11#半山公园旅游咨询中心	$8.06 \times 10^{-8}$	$2.87 \times 10^{-9}$	$8.34 \times 10^{-8}$	公众人员
	12#杭州北苑实验中学	$1.68 \times 10^{-6}$	$1.05 \times 10^{-7}$	$1.78 \times 10^{-6}$	公众人员
	13#医院后勤办公楼	$1.14 \times 10^{-6}$	$7.12 \times 10^{-8}$	$1.21 \times 10^{-6}$	公众人员
14#杭州半山国家森林公园	$3.78 \times 10^{-6}$	$2.36 \times 10^{-7}$	$4.01 \times 10^{-6}$	公众人员	

\*注：减影模式下，介入医护人员退出介入机房，进入控制室，因此减影模式下需考虑介入医护人员在控制室内的受照剂量，受照剂量同控制室工作人员。

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，手术医生手部距离射线最近，因在不考虑其它屏蔽因素的情况下，X 射线辐射剂量率随关注点与辐射源点之间距离的增加呈现衰减趋势，故以手术医生手部剂量估算结果进行核算医护人员皮肤照射年当量剂量的估算。

### (3) 工作人员手部剂量估算

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

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

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

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《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017)表 A.4 和表 A.5 可查得，90kV 电压下空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数  $C_{KS}$  最大为 1.156mGy/mGy (由于无 90kV 电压下数据，按两表 80kV、100kV 中的最大值考虑)；

$\dot{k}$ ：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，单个医生最大年受照时间为 66.67h；

$H$ ：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 计算得医生手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 的年剂量当量约束值要求。

### (4) 工作人员眼晶体剂量估算

根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》(GBZ/T301-2017)和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，有辐射场空气比释动能率信息时，眼晶状体吸收剂量用下式进行估算：

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

$$H = D_L \cdot W_R \quad (11-9)$$

式中：

$D_S$ ：眼晶状体吸收剂量，mGy；

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

$k$ ：X、 $\gamma$  辐射场的空气比释动能率（ $\mu\text{Gy/h}$ ），为 162 $\mu\text{Gy/h}$ ；

$t$ ：人员累积受照时间，h，单个医生最大年受照时间为 66.67h；

$H$ ：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 11-8 和 11-9 计算得医生眼晶体受到的有效剂量当量为 16.7mSv/a，满足本项目辐射工作人员眼晶体当量剂量不高于 20mSv/a 的剂量约束值要求。

由上述计算可知：本项目 DSA 在正常运行时，机房内职业人员受照的最大有效剂量为 2.78mSv/a，控制室内职业人员受照的最大有效剂量为  $1.24 \times 10^{-4}$ mSv/a，满足本项目辐射工作人员年有效剂量不高于 5mSv 的年剂量约束值要求；医生手部受照的当量剂量为 25.4mSv/a，满足本项目辐射工作人员手部当量剂量不高于 125mSv 的年当量剂量约束值要求。医生眼晶体受照的有效剂量当量为 16.7mSv/a，满足本项目辐射工作人员眼晶体当量剂量不高于 20mSv 的年当量剂量约束值要求。

DSA 机房周围公众人员受照的有效剂量最大为  $1.50 \times 10^{-4}$ mSv/a，本项目西侧杭州北苑实验中学公众人员受照的有效剂量最大为  $1.78 \times 10^{-6}$ mSv/a，满足本项目公众人员年有效剂量不高于 0.1mSv 的年剂量约束值要求。

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

### 11.2.2 DSA运营期臭氧和氮氧化物影响分析

本项目 DSA 机房拟采用新风系统进行通风，换气次数不小于 4 次/h，进、出风口拟设置于机房吊顶，产生的臭氧最终从住院大楼屋顶排放。DSA 机房内空气中氧受 X 射线电离而产生臭氧，臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境



影响较小。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 辐射事故情况

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

(2) 工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，控制室人员启动设备，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。

### 11.3.2 事故影响防范措施

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

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

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

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

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

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

(7) 制定辐射事故应急预案，并定期进行演练；发现问题，及时进行整改，必要时修订应急预案。

### 11.3.3 辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关规定，医院应制定辐射事故应急预案，医院应在以后辐射工作开展过程中定期进行演练，及时进行整改。同时医院应配置必

要的应急装备、器材以及应急资金。发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

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

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

#### 12.1.1 机构设置

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

医院已成立了辐射防护管理工作小组（见附件 5），全面负责辐射安全管理工作及相关工作。

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

#### 12.1.2 辐射工作人员管理

##### （1）职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应当先进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。医院已委托杭州市职业病防治院分别于 2022 年 8 月、12 月和 2023 年 1 月对现有辐射工作人员进行职业健康体检。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

本项目辐射工作人员均为医院从外部招聘，医院应及时组织辐射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托有相关资质的单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案。

##### （2）辐射工作人员培训

医院现有辐射工作人员均参加了由医院自行组织的辐射安全与防护考核，并取得了合格成绩，并建立成绩档案。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）、《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号）和《关于开展医疗机构辐

射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》(浙江省生态环境厅 浙江省卫生健康委员会,浙环函[2019]248号),医院应尽快组织本项目从事使用II类射线装置的辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训或进行放射诊疗培训并考核合格,并在从事辐射工作过程中按时进行再培训。

### (3) 个人剂量检测

医院现有辐射工作人员全部配备了个人剂量计。每三个月委托有资质单位进行个人剂量检测,并建立个人剂量档案。根据医院提供的最近一个年度辐射工作人员个人剂量检测报告,监测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中对辐射工作人员要求的剂量限值。

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、个人剂量检测档案三个文件上的人员信息应统一;职业照射个人检测档案应保存至75岁。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、个人剂量检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监督检查的要求。

#### 12.1.3 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求,辐射工作单位应当对本单位放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度评估,并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。年度评估报告应当包括:射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。年度评估发现安全隐患的,应当立即整改。

医院已按要求对开展的核技术利用项目进行了辐射安全与防护状况评估,每年定期上报至发证机关。本项目建成运行后,医院应将本项目纳入年度评估报告,定期上报至发证机关。经与医院核实,医院原有核技术利用项目运行以来未曾发生过辐射事故。

#### 12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置

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

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

鉴于本项目为新增使用II类射线装置，建设单位目前尚未有介入放射学，尚未有相关的放射防护管理制度，在本项目建设后运行中，建设单位应根据本项目介入放射学项目的特点，制定和完善以下方面的管理制度，并对现有制度进行补充和完善，以保证介入放射学工作安全有序开展。

(1) 安全管理制度：根据项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度；

(2) 岗位职责：根据项目的具体情况制定介入放射学岗位职责；

(3) DSA 使用和管理制度以及 DSA 设备的操作规程；

(4) 人员管理：从事II类射线装置的辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格，并按时接受再培训。

## 12.3 辐射监测

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

### 12.3.1 监测仪器和防护设备

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

### 12.3.2 监测计划

医院可委托有资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测。

表12-1 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	DSA机房	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行	DSA机房四侧屏蔽墙外 30cm 处、顶棚 100cm处，楼下170cm处及周围需要关注的监督区、机房防护门及门缝、观察窗、控制室操作位、手术位、电缆/空调/风管穿墙处等	委托监测
日常监测		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		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	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 辐射应急

### 12.5.1 应急预案的要求

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

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

### 12.5.2 医院现有应急预案存在的问题与不足

医院已按相关规定制定了《辐射事故应急预案》，对应急措施、事故后续处理等

作出要求，明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。医院制定的预案包括如下内容：

- (1) 应急组织及职责；
- (2) 辐射事故应急预案的启动；
- (3) 辐射事故应急响应处置；
- (4) 辐射事故调查和处理程序。

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。

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

- (1) 应急人员的培训；
- (2) 辐射事故等级划分；
- (3) 放射事件应急预案的解除；
- (4) 应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (5) 应急演练；
- (6) 应急联系方式。

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

### **12.5.3 辐射事故上报的要求**

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

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

医院拟对住院大楼四层北侧区域进行改造，其中拟将原有 1 间 5 号手术室、1 间器械打包间和 1 间污物通道改建为 1 间 DSA 机房、1 间控制室和 1 间设备间，并在 DSA 机房内安装使用一台数字减影（DSA）血管造影系统，DSA 设备型号待定，设备最大管电压 125kV，最大管电流 1250mA，主束方向由下朝上，为 II 类射线装置，用于影像诊断和介入治疗。

#### 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 机房东侧墙体为 240mm 实心砖+3mm 铅板，南、西、北侧墙体为气块砖+4mm 铅板；南侧传递窗为 4mmPb 铅玻璃；顶棚为 120mm 混凝土+3mm 铅板；地坪为 120mm 混凝土+3mmPb 防护涂料，防护门（2 套）均为内衬 4mm 铅板，观察窗为 4.0mmPb 铅玻璃，屏蔽厚度满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

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

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

##### （2）辐射安全管理结论

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

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

本项目辐射安全管理措施符合相关管理要求。

#### 13.1.3 环境影响分析结论

（1）根据理论预测计算，DSA 机房四侧屏蔽墙体、地面、顶棚、地坪及观察窗



外辐射剂量率均能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)要求的 X 射线设备机房屏蔽体外表面 30cm 处的辐射剂量率不大于 2.5 $\mu$ 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。医生眼晶体受照的有效剂量当量满足本项目辐射工作人员眼晶体当量剂量不高于 20mSv 的年当量剂量约束值要求。

(3) DSA 机房内产生的臭氧和氮氧化物经机房内新风系统至住院大楼屋顶排出, 对周围大气环境影响很小。

### 13.1.4 可行性分析结论

#### (1) 产业政策符合性结论

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录(2019年本)》(2021年修订)中第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、数字化医学影像设备, 人工智能辅助医疗设备, 高端放射治疗设备, 电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备, 新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用, 危重病用生命支持设备, 移动与远程诊疗设备, 新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目, 为国家鼓励类产业, 符合国家现行产业政策。

#### (2) 实践正当性结论

医院实施本项目, 目的在于开展放射诊疗工作, 最终是为了治病救人, 在项目运行时采取了相应的屏蔽、个人防护和辐射安全管理等措施, 其运行产生的经济和社会效益远大于其可能引起的辐射影响及采取辐射安全防护措施所付出的代价, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

#### (3) 选址的合理性结论

##### ① 土地利用规划符合性

本项目位于杭州市拱墅区半山镇康健弄 1 号, 本项目选址在医院规划的医疗用房内, 属于规划的允许建设区范围内, 用地性质为医院用地(A5)。

##### ② 《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》符合性

本项目位于“拱墅区一般管控单元”, 环境管控单元编码为 ZH33010530001, 符

合杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案的要求，不涉及生态保护红线、符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，满足“三线一单”的要求。

### ③污染物达标排放符合性

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

### ④选址合理性分析结论

本项目为核技术利用项目，位于医院住院大楼四层，本项目拟建辐射工作场所实体边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑物、半山公园旅游咨询中心、杭州北苑实验中学和杭州半山国家森林公园等。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后，对周围环境与公众造成的影响是可接受的，故本项目的选址是合理的。

## (4) 项目可行性结论

综上所述，浙江省医疗健康集团杭州医院（杭州杭钢医院）DSA 射线装置建设项目的建设符合产业政策、实践正当性和“三线一单”的管控要求，选址合理合法；项目符合产业政策和实践正当性，在落实本报告提出的各项辐射管理、辐射防护措施后，其运行时对周围环境和人员的影响能够满足辐射环境保护相关标准的要求，因此从环境保护和辐射安全角度分析，该项目的建设是可行的。

## 13.2 建议与承诺

### 13.2.1 建议

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

### 13.2.2 承诺

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

(2) 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、个人剂量检测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

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

(4) 严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

(5) 本项目环评审批后，及时重新申领辐射安全许可证，并组织自主验收。

## 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