

核技术利用建设项目

杭州邦尔医院有限公司
DSA 射线装置应用项目
环境影响报告表
(报批稿)

杭州邦尔医院有限公司

2022 年 02 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

杭州邦尔医院有限公司 DSA 射线装置应用项目 环境影响报告表

建设单位名称：杭州邦尔医院有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市临平区东湖街道新丝路 10 号 1 幢、2 幢

邮政编码：311199

联系人：

电子邮箱：/

联系电话：

目录

表 1 项目基本概况.....1

表 2 放射源.....8

表 3 非密封放射性物质.....8

表 4 射线装置.....9

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）10

表 6 评价依据.....11

表 7 保护目标与评价标准.....13

表 8 环境质量和辐射现状.....17

表 9 项目工程分析与源项.....20

表 10 辐射安全与防护.....25

表 11 环境影响分析.....32

表 12 辐射安全管理.....45

表 13 结论与建议.....52

表 14 审批.....56

表 1 项目基本概况

建设项目名称		杭州邦尔医院有限公司 DSA 射线装置应用项目			
建设单位		杭州邦尔医院有限公司			
法人代表			联系人		联系电话
注册地址		浙江省杭州市临平区东湖街道新丝路 10 号 1 幢、2 幢			
项目建设地点		浙江省杭州市临平区东湖街道新丝路 10 号 1 幢			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)			项目环保投资 (万元)		投资比例（环保 投资/总投资）
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） /
应用 类 型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位简介

杭州邦尔医院有限公司(以下简称“医院”)原址位于杭州余杭经济开发区新天路 81 号,由于原址租赁期限已满,医院实施整体迁建工程,新址位于浙江省杭州市临平区东湖街道新丝路 10 号,新院区已于 2022 年 1 月底启用。医院原名为杭州余杭邦尔医院有限公司,于 2022 年 1 月 14 日更名为杭州邦尔医院有限公司,并于 2022 年 1 月 18 日变更住所,由杭州余杭经济开发区新天路 81 号变更为浙江省杭州市临平区东湖街道新丝路 10 号 1 幢、2 幢。

医院新建一幢门诊、病房综合楼,总用地面积 7551 平方米,按照二级甲等综合性医院的标准,设置内科、外科、创伤骨科、中医骨伤科、手足外科、脊柱外科、关节外科、妇产科、儿科、五官科、急诊医学科、重症医学科、康复医学科、放射科(CT/MRI)、B 超、药剂科等科室,并按照科室设置购置相应医疗设备及办公设备,设置床位 200 张。

医院主体工程环评《杭州邦尔医院有限公司建设项目环境影响评价报告表》已于 2018 年 7 月 9 日获得杭州市余杭区环境保护局批复(环评批复[2018]229 号)。医院已取得辐射安全

许可证，证书编号：浙环辐证[A3189]，种类和范围：使用Ⅲ类射线装置，有效期至 2026 年 03 月 15 日。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

为进一步提高医院医疗服务水平，更好地满足人民群众的医疗服务需求，医院拟于杭州市临平区东湖街道新丝路 10 号新建的门诊、病房综合楼 3 楼西北侧新建 1 间 DSA 机房及配套用房，并配套新增 1 台数字减影血管造影系统（DSA 射线装置）。

对照《射线装置分类》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），该设备属于血管造影用 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）》，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目——使用Ⅱ类射线装置”，环境影响评价文件形式应为环境影响报告表。

因此，杭州邦尔医院有限公司委托杭州卫康环保科技有限公司开展“杭州邦尔医院有限公司 DSA 射线装置应用项目”（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）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

本项目拟于杭州市临平区东湖街道新丝路 10 号新建的门诊、病房综合楼（地上 10 层，地下 1 层）3 楼西北侧新建 1 间 DSA 机房及配套用房，机房内新增 1 台 DSA 射线装置，其最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA，为单球管设备，主射线方向为南、北、顶棚与地面，大部分为由下朝上，属于Ⅱ类射线装置，其基本情况见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置基本情况

设备名称	类别	数量	型号	设备参数	工作场所位置	用途
DSA	Ⅱ类	1 台	待定	150kV 1000mA	门诊、病房综合楼 3 楼 西北侧	放射诊断与介入治疗

1.2 项目选址及周边保护目标

1.2.1 项目地理位置

杭州邦尔医院有限公司位于杭州市临平区东湖街道新丝路 10 号。

医院东侧为河流，隔河为农田；南侧为杭州邦尔医院二期拟建址；西侧为新丝路，隔路为枣李家园小区；北侧为临平街道社区卫生服务中心。

1.2.2 项目周边环境概况

本项目 DSA 工作场所拟建于医院门诊、病房综合楼 3 楼西北侧，门诊、病房综合楼东侧为河流，距 DSA 机房约 95m，隔河为农田；南侧为杭州邦尔医院二期拟建址，距 DSA 机房约 69m；西侧为枣李家园小区，距 DSA 机房约 80m；北侧为临平街道社区卫生服务中心，距 DSA 机房约 43m。

DSA 机房东侧为控制室和走廊，南侧为走廊和医办（预留）室，西侧、北侧临空，机房正上方为屋顶（不上人），机房正下方为检验科。

根据《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》（HJ 10.1-2016）的相关规定，确定以 DSA 机房实体边界外 50m 范围作为评价范围。根据现场调查分析可知，本次评价项目机房实体边界外 50m 范围内主要为医院内部与临平街道社区卫生服务中心，不涉及生态保护红线。因此，本项目保护目标主要为辐射工作人员、机房周围的非辐射工作人员与公众。

1.2.3 选址合理性分析

本项目位于浙江省杭州市临平区东湖街道新丝路 10 号，根据不动产权证，属于医卫慈善用地。

本项目辐射工作场所实体边界外 50m 范围内主要为医院内部和东湖街道社区卫生服务中心，不涉及生态保护红线；环境影响预测分析表明，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施前提下，本项目的开展对周围环境与公众造成的辐射影响在可接受范围内，故本项目的选址是合理的。

1.2.4 本项目人员配置及工作制度

（1）本项目拟配备手术医生 2 名、护士 2 名，控制室配备 2 名技师，共 6 名辐射工作人员。辐射工作人员均从原有辐射工作人员调剂，不存在兼职其他辐射工作场所岗位情况。

（2）工作制度：每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

（3）工作负荷：本项目 DSA 包括透视和减影两种模式，根据建设单位提供的信息并留有发展余量，本项目正常运行后，保守预计每年最大工作量为 300 台手术，每台需要手术医生 1 名，护士 1 名，技师 1 名。预计参与 DSA 介入手术的医生每年最大手术量约为 150 台，参与介入手术的护士年最大手术量约为 150 台，参与介入手术的技师年最大手术量约为 150 台。每次手术 DSA 的最大出束时间包括透视 20 分钟、减影 2 分钟。本项目 DSA 最大工作负荷统计见表 1-2。

表 1-2 本项目拟建 DSA 最大工作负荷

射线装置	工作状态	平均每台手术 最长出束时间 (min)	全年开展 手术量 (台)	设备年总 出束时间 (h)	单个医生 年最大受 照时间(h)	单个护士 年最大受 照时间(h)	单个技师 年最大受 照时间(h)
DSA	减影	2	300	10	5	5	5
	透视	20		100	50	50	50

1.3 产业政策符合性、实践正当性、“三线一单”符合性分析

1.3.1 产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2021 年本）》中第十三项“医药”中第 5 款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

1.3.2 实践正当性分析

本项目的建设目的在于开展放射诊疗工作，最终是为了治病救人。医院在使用过程中，将按照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。

1.3.3 “三线一单”符合性分析

（1）与“生态保护红线”的符合性分析

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目所在地属于城镇生活重点管控单元（ZH33011020001 余杭区临平副城-良渚组团城镇生活重点管控单元），不涉及生态保护红线。

表 1-3 本项目所在管控单元生态环境准入清单

序号	管控要求		符合性分析	是否符合
1	空间布局引导	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	本项目不属于工业项目和畜禽养殖，满足该区“空间布局引导”。	是

		禽养殖禁养区规定。		
2	污染物排放管控	推进生活小区“零直排区”建设。加强噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟治理，严格施工扬尘监管。	本项目不属于工业项目。本项目 DSA 机房拟采用层流净化系统，保证机房内有良好的通风，废气通过排风管道引至楼顶高空排出，可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单中的二级标准（臭氧为 0.20mg/m ³ ，氮氧化物为 0.25mg/m ³ ）的要求。项目符合“污染物排放管控”要求。	是
3	环境风险防控	加强环境风险防控，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染物排放。	项目位于浙江省杭州市临平区东湖街道新丝路 10 号，曝光过程中产生的极少量的臭氧、氮氧化物等气体经排风系统排出，可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单中的二级标准（臭氧为 0.20mg/m ³ ，氮氧化物为 0.25mg/m ³ ）的要求，符合该区“环境风险防控”要求。	是
4	资源开发效率要求	全面开展节水型社会建设，推进节水产品推广普及，限制高耗水服务业用水。	项目运行过程推进清洁生产理念，节约资源，提高能源利用效率。	是

（2）与“环境质量底线”的符合性分析

本项目施工期对大气的主要影响因素为施工扬尘，在采取湿法施工等措施后，本工程对周围环境空气基本无影响。本项目运营期臭氧、氮氧化物等废气产生量很小，可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单中的二级标准（臭氧为 0.20mg/m³，氮氧化物为 0.25mg/m³）的要求。因此，本项目的建设符合大气环境质量底线的要求。

本项目施工人员较少，少量生活污水可纳入当地已有的化粪池；运营期产生的少量废水接入市政污水管网，不外排。故本项目的建设不会导致沿线地表水环境质量下降，符合水环境质量底线的要求。

本项目院区种植低矮乔灌木，用以恢复土壤功能。故本项目的建设符合土壤环境风险防控底线。

（3）与“资源利用上线”的符合性分析

本项目运行过程中会消耗一定量的水、电等资源，施工期仅使用少量的砂、石料及防护装修材料，不存在资源过度使用的情况，符合资源利用上限要求。

（4）与环境准入清单的符合性分析

本项目不属于生产型项目，不属于《浙江省工业污染项目（产品、工艺）禁止和限制发展目录（第一批）》中规定的禁止类和限制类项目；本工程不涉及饮用水水源保护区；本项目属于服务加工类项目，不属于一、二、三类工业企业类项目；项目施工产生的施工废水不排放，经处理后不会对周围水环境造成影响；运营期产生的少量废水接入市政污水管网，不

外排，不涉及污染物总量控制。结合本项目所在环境管控单元的环境准入清单（见表 1-3），可知本项目满足环境准入清单的要求。

综上所述，本项目的建设符合《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案》的要求。

1.4 医院原核技术利用许可情况

1.4.1 现有核技术利用许可情况

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：浙环辐证[A3189]，种类和范围为使用Ⅲ类射线装置，有效期至 2026 年 03 月 15 日。

1.4.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

医院现有 9 台Ⅲ类射线装置，通过了相关环保审批。医院原有 3 台移动 C 臂机、1 台移动 X 射线机、1 台 CT 机、1 台 DR 机、1 台骨密度仪和 1 台车载 DR，已于 2021 年 2 月在建设项目环境影响登记表备案系统上进行了备案，备案号：202133011000000035，均已登记在辐射安全许可证（浙环辐证[A5431]）上。医院新院区新增 1 台 CT 机和 1 台 DR 机，已于 2022 年 1 月在建设项目环境影响登记表备案系统上进行了备案，备案号：202233011300000016，还未上证和投入使用，并在新院区利用原有的 JZ06-1 移动式 C 形臂高频 X 射线机和 MULTIMOBIL 10 移动式摄影 X 射线机。医院现有射线装置详情及环保手续履行情况见表 1-4。

表 1-4 医院现有已许可的射线装置一览表

序号	设备名称	类别	数量	型号	工作场所位置	环评情况
1	移动式 C 型臂 X 射线机	Ⅲ类	1	SIREMOBIL Compact L	手术室	备案号：202133011000000035
2	移动式 C 型臂高频 X 射线机	Ⅲ类	1	JZ06-1	新院区手术室	备案号：202233011300000016
3	移动式摄影 X 射线机	Ⅲ类	1	MULTIMOBIL 10	新院区 ICU	备案号：202233011300000016
4	CT 机	Ⅲ类	1	SOMATOM Emotion16	CT 机房	备案号：202133011000000035
5	DR 机	Ⅲ类	1	HF50-RA	DR 机房	备案号：202133011000000035
6	移动式 C 型臂 X 射线机	Ⅲ类	1	Cios Spin	手术室	备案号：202133011000000035
7	双能 X 射线骨密度仪	Ⅲ类	1	EXA-3000	骨密度机房	备案号：202133011000000035
8	车载数字化医用 X 射线摄影系统	Ⅲ类	1	TD-CZ LIGHYUE 6000	车载 DR 机房	备案号：202133011000000035
9	CT	Ⅲ类	1	Optima CT620	新院区 CT 机房	备案号：202233011

						300000016
10	DR	III类	1	新东方 1000FA	新院区 DR 机房	备案号: 202233011 300000016

1.4.3 原有核技术利用项目管理情况

(1) 医院已成立了辐射安全管理小组，制定了一系列的辐射工作管理制度：《辐射安全防护和管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射事件应急处理预案》、《操作规程》、《人员培训计划》、《监测方案》等。医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好。

(2) 医院现有 33 名辐射工作人员，均配备了个人剂量计。根据医院提供的最近 1 年职业外照射个人剂量监测报告，全院现有辐射工作人员年累积受照剂量均不超过职业年照射剂量约束值 5mSv（2021 年 1 季度有 2 人个人剂量监测异常，杨敬彤、唐贺东有掉落个人剂量计在机房内的情况，从而导致个人剂量仪超标，已做个人剂量监测结果异常调查表）。医院已组织现有辐射工作人员进行了职业健康体检，根据检测报告结果，可继续从事放射工作。医院现有辐射工作人员均参加了放射防护培训并考核合格。

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

(4) 医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求，历年均未发生辐射事故。

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

表 2 放射源

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

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类	1 台	待定	150	1000	放射诊断和 介入治疗	门诊、病房综合楼 3 楼西北侧 DSA 机 房	新增，本次环评

(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 (μ A)	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	排放口 浓度	月排 放量	年排放 总量	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风管道引至楼顶高空排放至大气外环境中，可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单中的二级标准（臭氧为 0.20mg/m ³ ，氮氧化物为 0.25mg/m ³ ）的要求。

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第九号，2015 年 1 月 1 日起施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日起施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (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，2017 年 12 月 5 日起施行； (9) 《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，原国家环境保护总局，2006 年 9 月 26 日起施行； (10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (11) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日施行； (12) 《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 10 月 24 日； (13) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日； (14) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2021 年省政府令第 388 号修订，
------	--

	2021 年 2 月 10 日施行； （15）《浙江省辐射环境管理办法》，省政府令第 289 号，2021 年 2 月 10 日修订； （16）关于发布《省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2015 年本）》及《设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015 年本）》的通知，浙环发〔2015〕38 号，原浙江省环境保护厅，2015 年 10 月 23 日起施行； （17）关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2019 年本）》的通知，浙环发〔2019〕22 号，浙江省生态环境厅，2019 年 12 月 20 日起施行； （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》，浙环函〔2019〕248 号，浙江省生态环境厅、浙江省卫生健康委员会，2019 年 7 月 18 日； （19）《关于印发浙江省辐射事故应急预案的通知》，浙政办发〔2018〕92 号，浙江省人民政府办公厅，2018 年 9 月 28 日印发。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； （2）《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）； （3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （4）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （5）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （6）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （7）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （8）《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）； （9）《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）。
其他	（1）环评委托书； （2）院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目是在固定有实体边界的机房内使用II类射线装置，根据《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）的规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，结合本项目的辐射污染特点，确定本项目的评价范围为 DSA 机房边界外 50m 区域。

7.2 保护目标

结合医院总平面图及现场勘查情况，本项目评价范围 50m 内主要为医院内部和临平街道社区卫生服务中心，本项目评价范围内主要环境保护目标为评价范围内从事本项目的辐射工作人员、周围其他非辐射工作人员与公众人员。

表 7-1 项目环评范围内环境保护目标一览表

保护人员性质	所在位置	方位	最近距离(m)	规模(人)	年剂量约束值(mSv)
职业人员	DSA 机房内	/	/	4	5
	控制室	东侧	紧邻	2	
公众人员	控制室、污物通道	东侧	紧邻	约 7 人次/天	0.25
	医办（预留）室、走廊	南侧	紧邻	约 10 人次/天	
	临空	西侧	紧邻	/	
	临平街道社区卫生服务中心	北侧	43	共 4 层，约 100 人次/天	
	屋顶（不上人）	楼上	紧邻	/	
	检验科	楼下	紧邻	约 10 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照的防护和实践中源的安全。

第 4.3.2.1 款 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。

附录 B

B1.1 职业照射

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

- 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。

本环评中 DSA 辐射工作人员取年有效剂量限值的 1/4 作为辐射工作人员年剂量约束值，即职业人员年有效剂量不超过 5mSv，其中四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 125mSv，眼晶体年当量剂量不超过 37.5mSv。

B1.2 公众照射

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。

本项目取其四分之一，即不超过 0.25mSv 作为公众的年照射剂量约束值。

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。放射治疗和核医学中的 X 射线成像设备参照本标准执行。

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

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

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

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

6.1.5 除床旁减影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

机房类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备（含 C 臂机、乳腺 CBCT）	20	3.5

备注：本项目 DSA 属于单管头 X 射线机。

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

表 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
标称 125kV 以上的摄影机房	3	2
C 型臂 X 射线设备机房	2	2

备注：本项目 DSA 机房属于标称 125kV 以上的摄影机房。

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

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。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

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“射线有盖、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

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。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

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

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

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

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

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

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

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

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

本项目 DSA 工作场所拟建于医院门诊、病房综合楼 3 楼西北侧，门诊、病房综合楼东侧为河流，距 DSA 机房约 95m，隔河为农田；南侧为杭州邦尔医院二期拟建址，距 DSA 机房约 69m；西侧为枣李家园小区，距 DSA 机房约 80m；北侧为临平街道社区卫生服务中心，距 DSA 机房约 43m。

DSA 机房东侧为控制室和走廊，南侧为走廊和医办（预留）室，西侧、北侧临空，机房正上方为屋顶（不上人），机房正下方为检验科。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1 辐射现状评价对象

DSA 机房及周围环境

8.2.2 监测因子

γ 辐射剂量率

8.2.3 监测点位

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况布设监测点，布点情况见图 8-1。



图 8-1 辐射工作场所辐射本底检测点位示意图

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

- (1) 检测单位：浙江亿达检测技术有限公司
- (2) 检测时间：2021 年 12 月 15 日
- (3) 检测方式：现场检测
- (4) 检测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）等
- (5) 检测频次：根据 HJ1157-2021 标准予以确定
- (6) 检测工况：辐射环境本底
- (7) 天气环境条件：天气：阴；温度：17℃；相对湿度：67%
- (8) 检测仪器

表 8-1 监测仪器的参数与规范

检测仪器	X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6（内置探头：6150 AD-b/H 外置探头：6150 AD 6/H）
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	内置探头：0.05 μ Sv/h~99.99 μ Sv/h 外置探头：0.01 μ Sv/h~10mSv/h
能量范围	内置探头：20keV-7MeV $\leq\pm 30\%$ 外置探头：60keV-1.3MeV $\leq\pm 30\%$
检定证书编号	2020H21-20-2925395002
检定证书有效期	2020 年 12 月 24 日至 2021 年 12 月 23 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

8.3.2 质量保证措施

- (1) 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- (2) 检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持合格证上岗。
- (3) 检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 检测报告严格实行三级审核制度，经过校准、审核，最后由技术负责人审定。

8.3.3 监测结果

DSA 机房及周围环境辐射本底水平检测结果见表 8-2。

表 8-2 DSA 机房周围环境 X- γ 辐射剂量率背景监测结果

点位编号	点位描述	监测结果 (nGy/h)	
		平均值	标准差
1#	DSA 机房内	133	2
2#	DSA 机房东侧墙体外 (控制室)	141	2
3#	DSA 机房南侧墙体外 (走廊)	125	2
4#	DSA 机房西侧墙体外 (临空)	121	2
5#	DSA 机房北侧墙体外 (临空)	114	3
6#	DSA 机房正上方 (屋顶)	122	2
7#	DSA 机房正下方 (检验科)	132	1
8#	临平街道社区卫生服务中心	117	1
注：1、上表所列检测值均未扣除宇宙射线响应； 2、本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393, 使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy； 3、检测点位见图 8-1。			

8.4 环境现状调查结果的评价

由上述监测结果可知，本项目射线装置工作场所室内 X- γ 辐射剂量率范围为 (125-141) nGy/h，室外 X- γ 辐射剂量率范围为 (114-122) nGy/h，根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，杭州市室内 γ 辐射剂量率范围为 (56-443) nGy/h，杭州市道路上 γ 辐射剂量率范围为 (28-220) nGy/h，可见项目所在地的天然贯穿辐射水平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 施工期工程分析

本项目土建等主体工程的施工期环境影响已在《杭州邦尔医院有限公司建设项目环境影响评价报告表》进行了分析与评价，因此本项目施工期主要是机房防护与装修施工、设备安装，最后进行竣工验收，施工期工艺流程及产污环节如下：

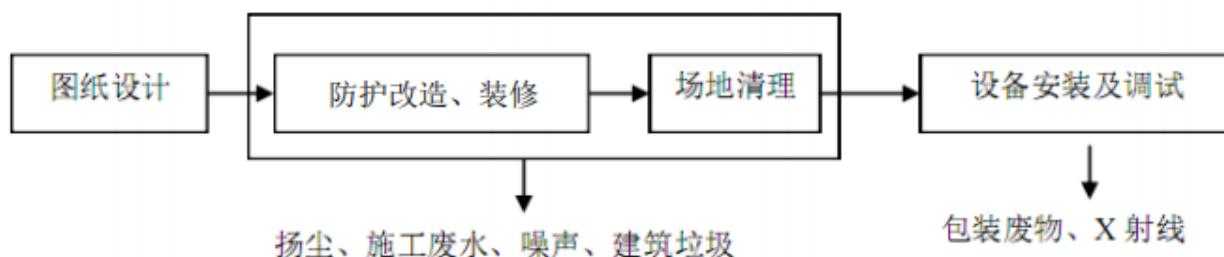


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

本项目施工期污染物主要包括：

（1）扬尘

由于本项目施工期工程量较小，均为防护改造和装修装饰，故产生扬尘量较小。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

（2）噪声

施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工产生的噪声，由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程防止机械噪声的超标。

（3）废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，产生量较小，可依托建设单位化粪池等污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

（4）固体废物

装修过程中产生的装修垃圾和施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。施工产生的废弃物应妥善保管，及时回收处理。

（5）X 射线

本项目射线装置安装调试不涉及放射性药物的使用，仅调试阶段 DSA 会产生 X 射线，同时设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。调试阶段应在已经做好辐射防护的机房内进

行，张贴辐射警示标识，避免无关人员靠近，经墙体的屏蔽及距离衰减后对环境的影响是可以接受的。

9.2 营运期工程分析

9.2.1 设备组成

DSA 是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA 射线装置主要由影像探测器、X 线管头、显示器、导管床、介入床、高压注射器、操作台、控制装置及工作站系统组成。DSA 的整体外观示意图如图 9-2 所示。

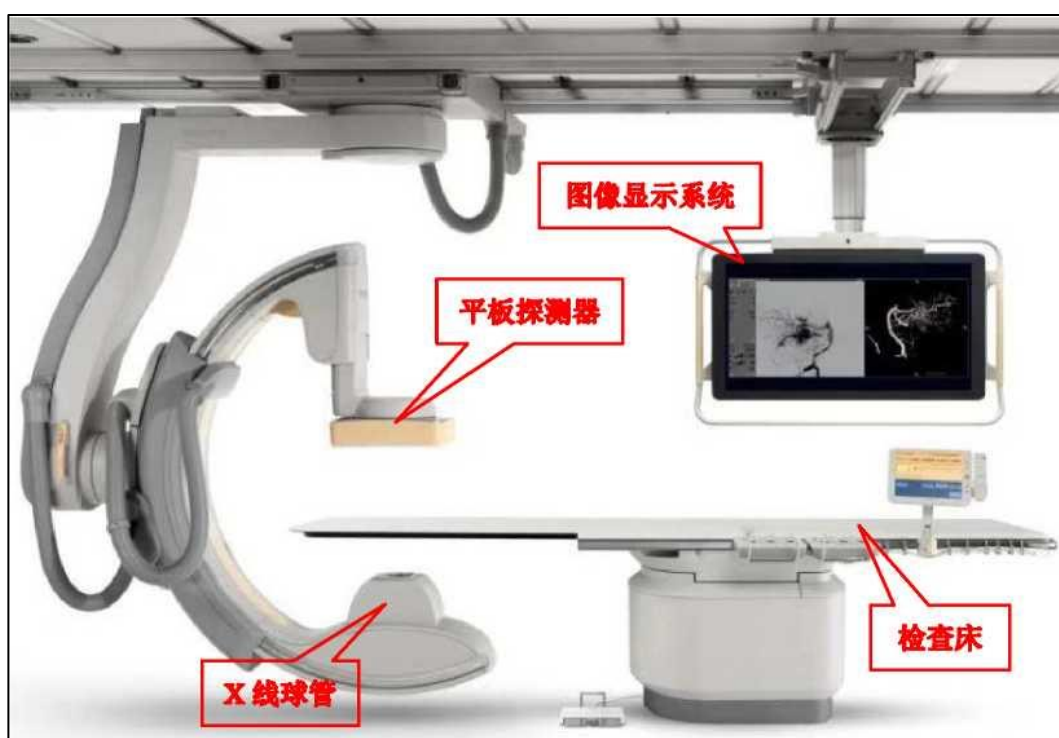


图 9-2 DSA 射线装置整体外观示意图

9.2.2 DSA 工作原理

X 射线诊断装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管和两极之间，使电子在射到靶体之前被加速到很高的速度，这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡从而产生 X 射线。典型 X 射线管结构详见图 9-3。

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。

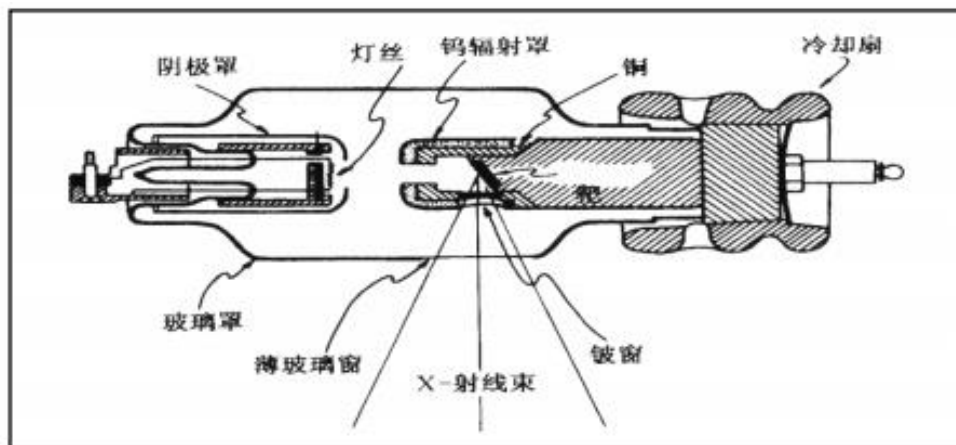


图 9-3 典型 X 射线管结构图

9.2.3 DSA 路径分析

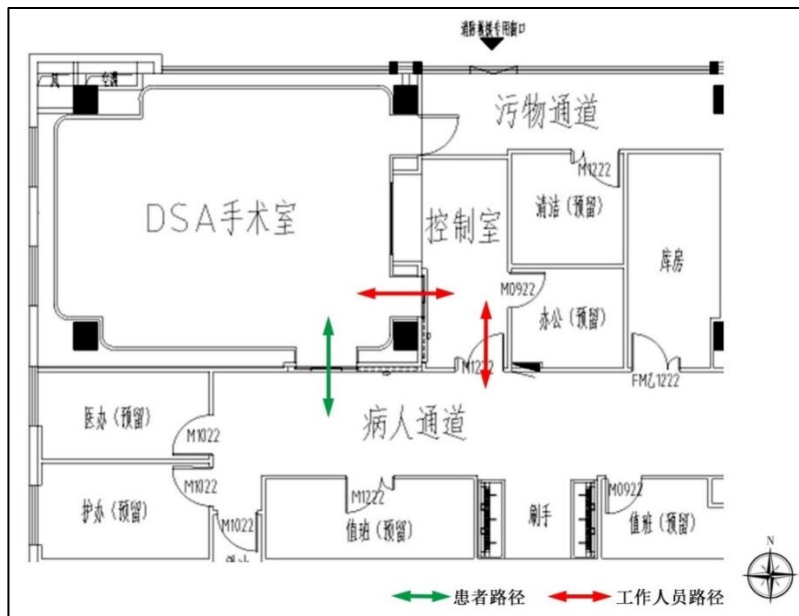


图 9-4 本项目辐射工作场所人流物流示意图

本项目 DSA 路径主要是工作人员（包括医护人员、技师）路径和患者路径。

工作人员路径：工作人员从南侧入口进入 DSA 机房控制室，技师在控制室内进行设备操作，

手术医护人员由 DSA 机房东侧工作人员防护门进入 DSA 机房内部进行手术。

患者路径：患者需工作人员推床经过病人通道，从 DSA 机房南侧患者防护门进入 DSA 机房内部进行手术。

9.2.4 操作流程及产污环节

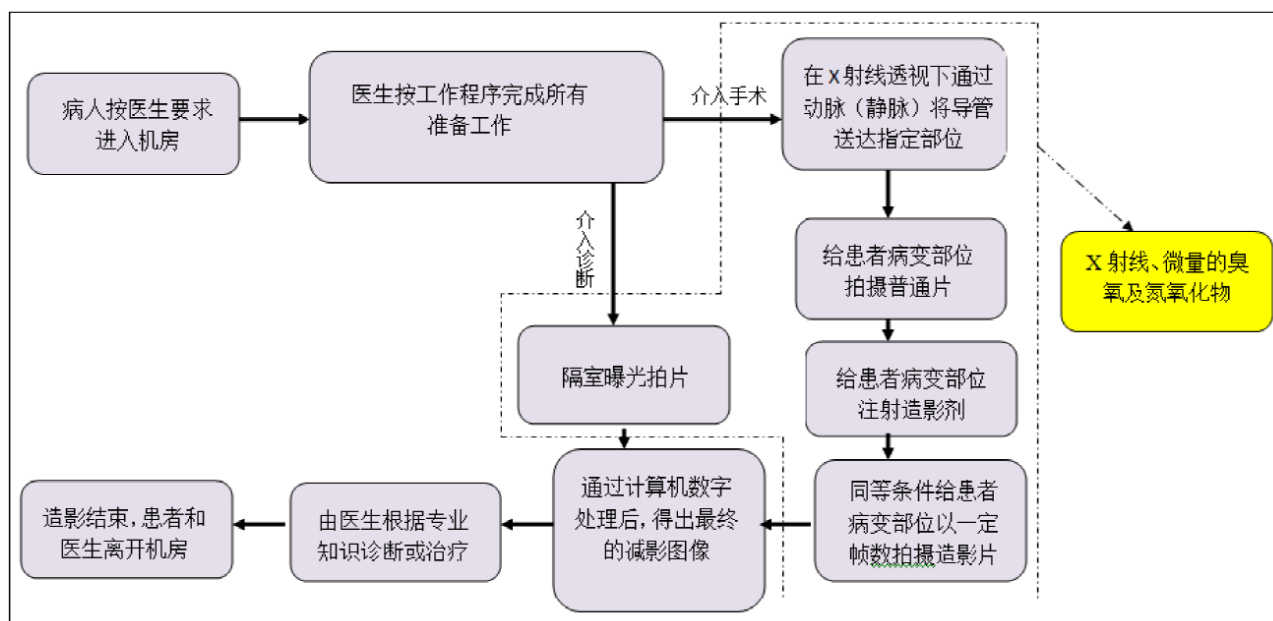


图 9-5 DSA 操作流程及产污环节示意图

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况（透视）：医生需进行手术治疗时，采用近台同室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间歇或连续式透视。具体方式是受检者位于机房手术床上，介入手术医生位于手术床旁，距 DSA 的 X 线管 0.3~1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅围脖、铅手套等），同时手术床旁设有屏蔽挂帘，介入治疗中医师根据操作需求踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视（DSA 的 X 线系统连续发射 X 射线），通过显示屏上显示的连续画面，完成介入操作，医生、护士佩戴防护用品。

第二种情况（减影）：操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在操作间内对病人进行曝光），通过控制 DSA 的 X 射线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于机房检查床上，医护人员调整好 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后进入操作间，

关好防护门。医生、操作人员通过操作间的电子计算机系统控制 DSA 的 X 射线系统曝光，采集造影部位图像。医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。DSA 的诊疗流程及产污环节如图 9-5 所示。

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

9.3 污染源项描述

9.3.1 正常工况源项

（1）辐射污染因子

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

①有用线束

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

②泄漏辐射

由靶向外从各个方向穿过辐射头泄漏出来的射线称为漏射线。漏射线遍布机架各处。

③散射辐射

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

（2）非放射性废气

DSA 运行过程中，在 X 射线的作用下，空气吸收辐射能量并通过电离产生少量的臭氧和氮氧化物。

9.3.2 事故工况源项

- （1）工作人员或病人家属尚未撤离 DSA 机房时误开机，造成滞留人员的误照射；
- （2）安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的 DSA 机房而造成误照射；
- （3）医用射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；
- （4）DSA 的 X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

事故工况下污染源项与正常工况下相同。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局合理性分析

本项目 DSA 机房拟建于医院门诊、病房综合楼 3 楼西北侧，机房六面情况（东、南、西、北、上、下）如表 10-1 所示。

表 10-1 DSA 机房周边场所布局一览表

所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
门诊、病房综合楼 3 楼西北侧	DSA 机房	东	控制室、污物通道
		南	医办（预留）室、走廊
		西	临空
		北	临空
		楼上	屋顶
		楼下	检验科

（1）本项目 DSA 机房位于门诊、病房综合楼 3 楼西北侧，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）本项目 DSA 有用线束不照射门、窗、管线口与工作人员操作位，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

（3）病人通道的宽度满足病人手推车辆的通行，方便治疗。

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，并同时兼顾了病员就诊的方便性，所以总平面布置是合理的。

10.1.2 辐射防护分区原则及区域划分

（1）“两区”划分

建设单位拟按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，把工作场所分为控制区、监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。其定义为“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域”。本项目 DSA 机房控制区、监督区划分情况见表 10-2。

表 10-2 本项目控制区和监督区划分情况

场所名称	控制区	监督区
DSA	DSA 机房	DSA 机房控制室、医办（预留）室、患者防护门外 1m 区域

除考虑职业照射外，本项目拟将 DSA 机房四周除监督区外紧邻的房间及楼上、楼下对应区域作为辐射环境影响关注区，建设单位在运行期须加强对上述辐射环境影响关注区的定期监测、年度监测和验收监测，发现问题及时处理。

（2）“两区”管控要求

①控制区防护手段与安全措施

a、控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志（图10-1）并以红色地标线警示控制区的边界；

b、制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

c、运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁、门禁和联锁装置）限制进出控制区；

d、定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界；

②监督区防护手段与安全措施

a、以黄线警示监督区的边界；

b、在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

c、定期检查该区的条件，以确定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。

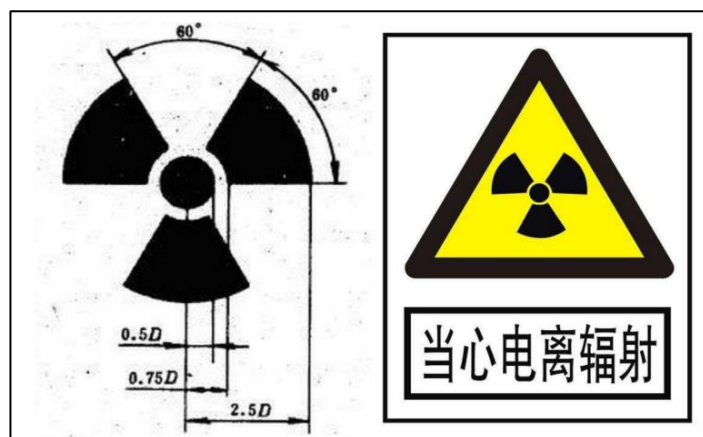


图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

10.1.3 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

机房名称	屏蔽体	屏蔽材料及厚度	折算后 铅当量	GBZ130-2020 标准要求	符合性 分析
DSA 机房 (150kV)	东墙	轻钢龙骨钢架支撑 2mm 铅板 +2mmPb 钡板	4.0	本项目 DSA 射线装置额定参数为管电压 150kV，管电流 1000mA。有用线束方向铅当量为 3mmPb，非有用线束方向铅当量为 2mmPb	符合
	南墙	轻钢龙骨钢架支撑 2mm 铅板 +2mmPb 钡板	4.0		符合
	西墙	轻钢龙骨钢架支撑 2mm 铅板 +2mmPb 钡板	4.0		符合
	北墙	轻钢龙骨钢架支撑 2mm 铅板 +2mmPb 钡板	4.0		符合
	病人通道 防护门	内衬 4.0mm 铅板	4.0		符合
	工作人员 防护门	内衬 4.0mm 铅板	4.0		符合
	污物通道 防护门	内衬 4.0mm 铅板	4.0		符合
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃	4.0		符合
	顶棚	15cm 混凝土现浇板 +3mmPb 硫酸钡防护涂料	4.4		符合
	地坪	15cm 混凝土现浇板 +3mmPb 硫酸钡防护涂料	4.4		符合

注：混凝土密度不低于 2.35g/cm³，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C，150kV（有用线束）下，10.6cm 混凝土等效为 1mmPb；硫酸钡防护涂料密度不低于 3.8g/cm³；铅板纯度不低于 99.9%。

表 10-4 本项目机房规格与标准对照表

机房名称	拟设置情况		标准要求		符合性 评价
	最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m ²)	
DSA 机房	5.01	40.08	3.5	20	符合

通过表 10-3、表 10-4 可知，本项目的 DSA 机房面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、顶棚、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 DSA 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

10.1.4 辐射安全措施

（1）DSA 设备防护性能

①设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。

②X射线管组件上应有清晰的焦点位置标示。

③X射线管组件上应标明固有滤过，所有附加滤过片均应标明其材料和厚度。

④随机文件应说明下列与防护有关的性能：

A、X射线管组件的固有滤过；

B、X射线源组件的滤过；

C、滤过片的特性；

D、距焦点100cm远处球面上泄漏辐射的空气比释动能率；

E、限制有用线束的方法；

F、在焦点到影像接收器的各种距离下有用线束照射野尺寸；

G、焦点到影像接收面的最大和最小距离；

H、管电压和管电流加载条件；

I、各种使用条件下焦皮距的说明；

J、位于有用线束中床板和滤线栅对X射线束的衰减当量；

K、X射线设备随机文件中应提供等剂量图，描述设备周围的杂散辐射的分布以及工作人员典型位置的杂散辐射值，便于工作人员选择防护方案；

⑤设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

⑥设备在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

⑦设备应配备能阻止使用焦皮距小于20cm的装置。

⑧介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

本项目DSA设备拟购买于正规厂家，设备各项安全措施齐备，均能满足以上要求。

（2）DSA机房防护设施

①本项目拟合理设置DSA、机房的门、窗和管线口位置，避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

②机房拟设置动力通风装置，并保持良好的通风。

③机房门外拟设电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区拟设置放射防护注意事项告知栏，警告无关人员请勿靠近。

④工作人员防护门为平开机房门，设置有自动闭门装置；患者防护门为电动推拉门，拟设置防夹装置；拟设置工作状态指示灯（术中灯和射线装置工作指示灯）与机房门联锁等安全设施。

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

（3）DSA机房屏蔽

①根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求：标称125kV以上的摄影机房有用线束方向机房的屏蔽防护铅当量不低于3mmPb，非有用线束方向机房的屏蔽防护铅当量不低于2mmPb；

②机房的门和窗关闭时应满足以上要求。

本项目所设计DSA机房墙体、门和窗（关闭时）辐射防护屏蔽能力均能满足辐射环境保护要求。

（4）DSA机房工作场所防护用品及防护设施配置

①DSA设备根据工作内容，现场应配备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。

②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。

③应为儿童的X射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.5mmPb。

④个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

本项目个人防护用品配备情况详见表 10-5。

表 10-5 本项目拟配备个人防护用品与标准对照表

机房名称	人员类型	《放射诊断放射防护要求》 （GBZ130-2020）要求		本项目拟配置情况		是否符合要求
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
DSA机房	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅手套，各 6 套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘，各 1 件	符合

	患者和受检者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子，成人与儿童各1套	—	符合
--	--------	------------------------------------	---	---------------------------------------	---	----

注：防护手套不小于 0.025mmPb 当量；铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜铅当量不小于 0.5mmPb；铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾铅当量不小于 0.5mmPb；儿童防护用品铅当量不小于 0.5mmPb；铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘铅当量不小于 0.5mmPb。

（5）设备操作的防护安全

①放射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律知识的培训，满足放射工作人员岗位要求。

②根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。

③合理选择各种操作参数，在确保达到预期诊断目标条件下，使受检者所受到的照射剂量最低。

④如设备具有儿童检查模式可选项时，对儿童实施检查时应使用该模式；如无儿童检查模式，应适当调整照射参数（如管电压、管电流、照射时间等），并严格限制照射野。

⑤X射线设备曝光时，应关闭与机房相通的门、窗。

⑥放射工作人员应按《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求接受个人剂量监测。

⑦在进行病例示教时，不应随意增加曝光时间和曝光次数。

⑧工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并通过观察窗等密切观察受检者状态。

⑨DSA应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

⑩除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

（6）其他安全措施

①视频监控系统、对讲系统。机房和控制室之间安装有监视、对讲系统，控制室内能通过监控显示系统可观察机房内的情况，并通过对讲系统与室内人员联系，以便于医师在操作室观察患者在机房内的状况、及时处理意外情况。

②本项目所有辐射工作人员拟配备个人剂量计：必须采用双剂量计检测方法（分别佩戴于铅围裙外锁骨对应的领口位置、铅围裙内躯干上），另外DSA手术人员还将在腕部佩戴个人剂

量计，以显示手部皮肤所受剂量。

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，以减少手术医生的受照剂量。射线装置均装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，减少泄漏辐射。

表 10-6 本项目 DSA 机房辐射防护措施与标准对比分析

项目	标准要求	本项目设计方案	是否符合
机房通风	机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。	机房设计了层流净化系统，保证通风状况良好。	符合
机房内布局	机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	DSA 机房设计避免有用线束直接照射管线口；DSA 设备有用线束不直接照射门、窗；机房内未设置与诊断工作无关的设施，保持机房内整洁、不堆放杂物。	符合
警示系统	机房门外应有电离辐射标志、辐射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句。	建设单位拟在 DSA 机房外墙上张贴辐射防护注意事项，机房门外设置电离辐射标志，在机房门上方设置工作状态指示灯、灯箱设置警示语句。	符合
安全联锁装置	机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。	DSA 机房患者防护门设门灯联锁装置，保证工作状态指示灯与防护门实现联锁功能。	符合
候诊区	不应在机房内候诊。	DSA 候诊区未设置在 DSA 机房内区域。	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，仅有少量臭氧、氮氧化物等有害气体，加强通风有利于改善工作场所空气质量。

本项目 DSA 机房拟采用层流净化系统进行通风，保证机房内有良好的通风，废气通过排风管道引至楼顶高空排出，可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单中的二级标准（臭氧为 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ，氮氧化物为 $0.25\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求。

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保护部门核销。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

医院土建等主体工程的施工期环境影响已在《杭州邦尔医院有限公司建设项目环境影响评价报告表》进行了具体分析与评价，本项目施工期主要是机房防护与装修施工、设备安装。

11.1.1 装修施工环境影响

本项目施工期间可能产生的污染物主要为扬尘、废水、噪声、废渣和废气等。

(1) 大气环境影响分析

本项目施工期产生废气的主要为装修时产生的扬尘及废气等。本项目施工期间产生的扬尘量较小，通过建设施工中采取湿法作业，尽量降低粉尘对周围环境的影响，施工期产生的少量扬尘对项目周围大气环境影响较小。装修过程中产生的废气污染物相对较少，加强通风或室内空气净化措施，严格按《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）控制室内环境，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

(2) 水环境影响分析

本项目施工期间，施工人员日常生活会排放一定量的生活污水，可依托医院主体工程建设的污水处理系统收集处理，经处理后污水进入城市污水管网，处置措施可行。

(3) 声环境影响分析

本项目施工方式主要为人工施工，切割机等设备的使用较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。因此，本项目施工对周围声环境影响时间和强度均较小，但必须重视对施工期噪声的控制，特别是应减小对其他工作单元的不利影响。

针对本项目而言，施工期噪声污染防治措施具体有：

①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，22：00~6：00禁止施工作业。

②优先选用低噪声设备，日常应注意对施工机械、设备的维修、保养，使其保持良好的运行状态。

经采取上述有效措施后，可有效降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

(4) 固体废物

固体废弃物主要是生活垃圾、设备包装废弃物及少量建筑垃圾。

生活垃圾及包装废物由项目设置的垃圾箱集中收集后由环卫部门定期清运。项目产生建筑垃圾主要是建筑废渣和一些包装袋、包装箱、碎木块、废水泥等。首先对其中可回收利用部分

进行回收，其次对建筑垃圾要定点堆放，依托主体工程外运至绍兴市指定的建筑垃圾堆放场。

11.1.2 设备安装调试环境影响

本环评要求 DSA 设备的安装与调试应请设备厂家专业人员进行，建设单位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，防止辐射事故的发生。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以接受的。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物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 屏蔽合理性分析

依据建设单位提供的 DSA 机房防护设计方案，将机房各屏蔽体的主要技术参数列表分析，并根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对 X 射线机房防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度的要求，对本项目屏蔽措施进行对照分析，结果见表 11-1、表 11-2。

表 11-1 本项目辐射工作场所拟采取屏蔽防护措施分析

机房名称	屏蔽体	屏蔽材料及厚度	折算后铅当量	GBZ130-2020 标准要求	符合性分析
DSA 机房 (150kV)	四侧墙体	轻钢龙骨钢架支撑 2mm 铅板 +2mmPb 钡板	4.0	本项目 DSA 射线装置额定参数为管电压 150kV，管电流 1000mA。有用线束方向铅当量为 3mmPb，非有用线束方向铅当量为 2mmPb	符合
	防护门	内衬 4.0mm 铅板	4.0		符合
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃	4.0		符合
	顶棚	15cm 混凝土现浇板+3mmPb 硫酸钡防护涂料	4.4		符合
	地坪	15cm 混凝土现浇板+3mmPb 硫酸钡防护涂料	4.4		符合

注：混凝土密度不低于 2.35g/cm³，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C，150kV（有用线束）下，10.6cm 混凝土等效为 1mmPb；硫酸钡防护涂料密度不低于 3.8g/cm³；铅板纯度不低于 99.9%。

表 11-2 本项目机房规格与标准对照表

机房名称	拟设置情况		标准要求		符合性评价
	最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m ²)	
DSA 机房	5.01	40.08	3.5	20	符合

通过表 11-1、表 11-2 可知，本项目的 DSA 机房面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、顶棚、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上和楼下）

及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 DSA 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

11.2.2 辐射环境影响分析

本项目 DSA 射线装置额定参数为管电压 150kV，管电流 1000mA。为了分析 DSA 装置建成投入运行后对周围工作人员所造成的影响，本报告表采用浙江求是心血管病医院 3 号 DSA 机房的验收监测数据进行类比评价，DSA 射线装置类比可行性分析见表 11-3。

表 11-3 DSA 装置类比可行性分析

类比内容		类比对象 (浙江求是心血管病医院 3 号 DSA 机房)	本项目 DSA 机房
主要设备参数		150kV, 1000mA	150kV, 1000mA
设备型号		Azurion 7 M20	未定
主束方向		南、北、顶棚和地面，大部分为由下朝上	南、北、顶棚和地面，大部分为由下朝上
运行工况		减影模式：105kV, 598.2mA 透视模式：82kV, 328mA	减影模式：100kV, 500mA 透视模式：80kV, 20mA
机房面积 (m ²)		33.36	40.08
屏蔽 防护	四侧 墙体	4mm 铅板+方管龙骨支撑 (4mmPb 当量)	轻钢龙骨钢架支撑 2mm 铅板+2mmPb 钡板 (4mmPb 当量)
	防护门	内衬 4.0mm 铅板 (4mmPb 当量)	内衬 4.0mm 铅板 (4mmPb 当量)
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃 (4mmPb 当量)	4.0mmPb 铅玻璃 (4mmPb 当量)
	顶棚	12cm 现浇混凝土+3mm 铅板 (4.1mmPb 当量)	15cm 混凝土现浇板+3mmPb 硫酸钡防护涂 料 (4.4mmPb 当量)
	地坪	12cm 现浇混凝土+3mm 铅当量硫酸钡涂料 (4.1mmPb 当量)	15cm 混凝土现浇板+3mmPb 硫酸钡防护涂 料 (4.4mmPb 当量)

由上表可以看出，本项目 DSA 射线装置设备参数与类比对象相同，主束方向相同，机房的实际面积大于类比对象，机房防护水平稍高于类比对象，类比 DSA 机房运行工况在摄影模式下电压大于本项目，电流大于本项目，透视模式下电压大于本项目，电流大于本项目。因此本项目 DSA 机房与类比对象有很好的可比性，通过对类比对象的监测，可以预测本项目 DSA 射线装置运行后的辐射环境影响。

类比监测点位示意图见图 11-1，类比监测结果见表 11-4。

表 11-4 浙江求是心血管病医院 3 号 DSA 机房剂量率监测结果

检测 点号	检测地点	检测方向	检测结果 (μSv/h)	
			减影模式	透视模式
1	操作位 (北侧)	主射束朝东	0.14	0.14
2	操作位 (中部)		0.17	0.18

3	操作位（南侧）		0.21	0.20		
4	观察窗外表面（北侧）30cm		0.16	0.16		
5	观察窗外表面（中部）30cm		0.22	0.20		
6	观察窗外表面（南侧）30cm		0.14	0.14		
7	观察窗外表面（上端）30cm		0.17	0.16		
8	观察窗外表面（下端）30cm		0.23	0.21		
9	工作人员防护门外表面（北侧）30cm		0.22	0.21		
10	工作人员防护门外表面（中部）30cm		0.22	0.22		
11	工作人员防护门外表面（南侧）30cm		0.21	0.20		
12	工作人员防护门外表面（上端）30cm		0.26	0.23		
13	工作人员防护门外表面（下端）30cm		0.22	0.20		
14	受检者防护门外表面（西侧）30cm		主射束朝上	0.19	0.17	
15	受检者防护门外表面（中部）30cm			0.18	0.17	
16	受检者防护门外表面（东侧）30cm	0.23		0.20		
17	受检者防护门外表面（上端）30cm	0.15		0.14		
18	受检者防护门外表面（下端）30cm	0.16		0.15		
19	污物通道防护门外表面（北侧）30cm	主射束朝西	0.24	0.21		
20	污物通道防护门外表面（中部）30cm		0.18	0.17		
21	污物通道防护门外表面（南侧）30cm		0.24	0.20		
22	污物通道防护门外表面（上端）30cm		0.23	0.21		
23	污物通道防护门外表面（下端）30cm		0.21	0.19		
24	设备间防护门外表面（北侧）30cm	主射束朝西	0.25	0.24		
25	设备间防护门外表面（中部）30cm		0.22	0.22		
26	设备间防护门外表面（南侧）30cm		0.14	0.14		
27	设备间防护门外表面（上端）30cm		0.22	0.21		
28	设备间防护门外表面（下端）30cm		0.15	0.15		
29	东侧防护墙外表面（北侧）30cm	主射束朝东	0.26	0.23		
30	东侧防护墙外表面（中部）30cm		0.13	0.13		
31	西侧防护墙外表面（中部）30cm	主射束朝西	0.19	0.19		
32	西侧防护墙外表面（南侧）30cm		0.26	0.24		
33	北侧防护墙外表面（中部）30cm	主射束朝上	0.19	0.19		
34	北侧防护墙外表面（东侧）30cm		0.19	0.19		
35	六层地面上方 100cm（西侧）		0.14	0.13		
36	六层地面上方 100cm（东侧）		0.14	0.14		
37	四层地面上方 170cm（西侧）	主射束朝下	0.15	0.15		
38	四层地面上方 170cm（东侧）		0.18	0.16		
			已佩戴防护用品		未佩戴防护用品	
39	第一手术位距地高度 105cm（腹部）	主射束朝上	/	19	56	

40	第一手术位距地高度 125cm（胸部）		/	20	61
				未佩戴防护用品	
41	第一手术位距地高度 20cm（足部）	主射束朝上	/	40	
42	第一手术位距地高度 80cm（下肢）		/	47	
43	第一手术位距地高度 155cm（头部）		/	58	
44	第一手术位手部		/	1122	
				已佩戴防护 用品	未佩戴防 护用品
45	第二手术位距地高度 105cm（腹部）	主射束朝上	/	12	33
46	第二手术位距地高度 125cm（胸部）		/	14	59
				未佩戴防护用品	
47	第二手术位距地高度 20cm（足部）	主射束朝上	/	24	
48	第二手术位距地高度 80cm（下肢）		/	30	
49	第二手术位距地高度 155cm（头部）		/	36	
	本底均值	0.11-0.16			

注：1.以上检测结果均未扣除本底值，检测结果取最大值。

2.该机房位于综合楼五层，机房正上方为手术室，机房正下方为眼科。

3.检测仪器响应时间小于检测时间，无需进行响应时间修正。

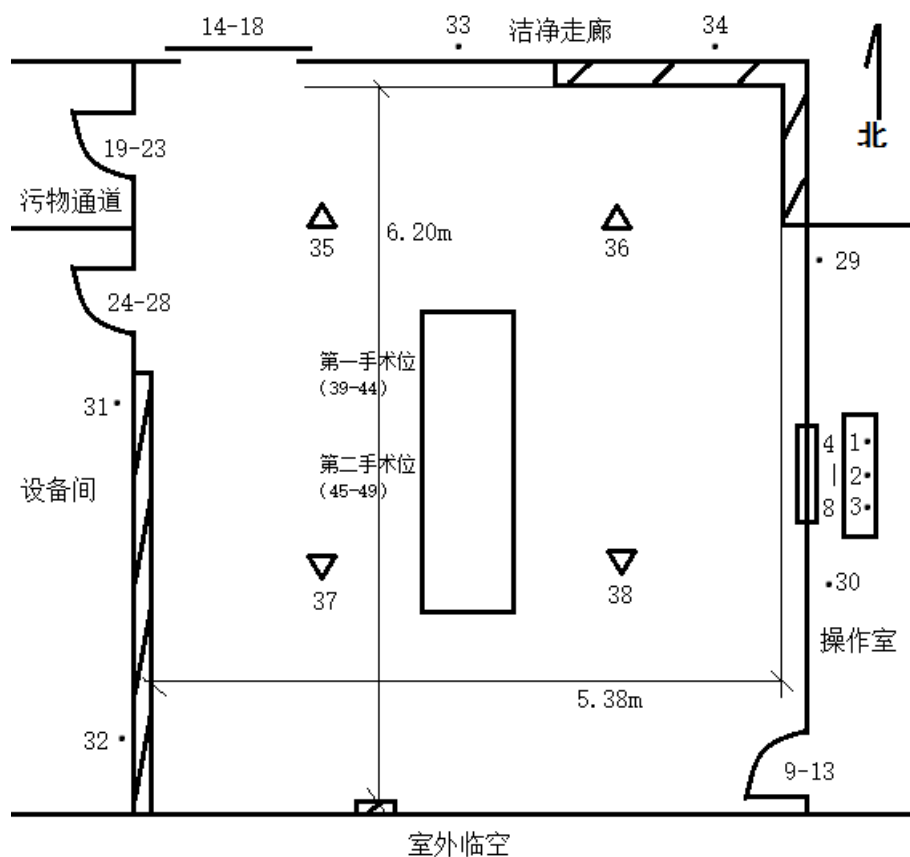


图 11-1 浙江求是心血管病医院 3 号 DSA 机房检测布点示意图

由表 11-4 监测结果可知，DSA 装置运行时机房外辐射剂量率未显著提高，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制目标值。本项目 DSA 机房屏蔽设计与类比项目机房相当，因此本项目机房屏蔽设计能够符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.2.3 有效剂量估算

（1）操作间工作人员与公众有效剂量估算公式

DSA 减影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均回到控制室进行操作，DSA 透视曝光时，医师在手术间内近台操作，护士和技师通常不在手术间内，因此，该项目主要考虑透视模式下近台操作医师的受照剂量（不考虑减影模式下近台操作医师的受照剂量）。

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

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

式中：

H_1 ——X 射线外照射有效剂量当量，mSv；

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

T ——居留因子；

t ——X 射线年照射时间，h/a。

本项目的居留因子参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）选取，具体数值见表 11-5。

表 11-5 居留因子的选取

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

（2）机房内工作人员有效剂量估算公式

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中对于介入放射工作人员穿戴铅围裙估算有效剂量的计算方法，保守按不戴铅橡胶颈套进行估算，采用公式 11-2 进行估算。

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad (\text{式 11-2})$$

式中：

E ——有效剂量中的外照射分量，单位：mSv；

α ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

β ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

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

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

(3) 手部和眼晶体当量剂量估算公式

手术医生和护士在 DSA 机房内进行介入手术时，皮肤当量剂量保守按不戴铅手套进行估算，眼晶体当量剂量保守按不戴铅眼镜进行估算。

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017)、《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》(GBZ/T301-2017)和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，有辐射场空气比释动能率信息时，皮肤当量剂量用式 11-3 和式 11-5 进行估算，眼晶体当量剂量用式 11-4 和式 11-5 进行估算。

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

$$D_L = C_{KL}(\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-4})$$

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

式中：

D_S ——皮肤吸收剂量，单位为毫戈瑞，mGy；

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

D_L ——眼晶体吸收剂量，单位为毫戈瑞，mGy；

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

$\dot{k}$ ——X、 γ 辐射场的空气比释动能率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ，本项目取类比报告中的相关数据，保守取 $1\text{Sv}=1\text{Gy}$ ；

t ——人员累积受照时间，单位为小时，h，辐射工作人员年受照时间为减影 5h，透视 50h，公众年受照时间为减影 10h，透视 100h；

H ——关注点的当量剂量，mSv；

D ——皮肤吸收剂量或眼晶体吸收剂量，单位为毫戈瑞，mGy；

W_R ——辐射权重因数，X 射线取 1。

有效剂量估算结果见表 11-6。

表 11-6 有效剂量估算结果

关注人员	工况	关注点 最大剂 量率	铅衣 内剂 量率	铅衣 外剂 量率	受 照 时 间	空气比释 动能到皮 肤吸收剂 量的转换 系数	空气比释 动能到眼 晶体吸收 剂量的转 换系数	W _R	居留 因子	有效剂量 或当量剂 量
		μSv/h*			h	mGy/mGy				mSv
控制室内工 作人员	减影	0.12	/	/	5	/	/	/	1	5.6×10 ⁻³
	透视	0.10	/	/	50	/	/	/	1	
机房内工作 人员（身体）	减影	0.12	/	/	5	/	/	/	1	1.14
	透视	/	19.89	60.89	50	/	/	/	1	
机房内工作 人员（手部）	透视	1121.89	/	/	50	1.156	/	1	1	64.85
机房内工作 人员（眼晶 体）	透视	57.89	/	/	50	/	1.550	1	1	4.49
东侧污物通 道公众人员	减影	0.15	/	/	10	/	/	/	1/4	3.63×10 ⁻³
	透视	0.13	/	/	100	/	/	/	1/4	
南侧医办（预 留）室公众人 员	减影	0.15	/	/	10	/	/	/	1	1.45×10 ⁻²
	透视	0.13	/	/	100	/	/	/	1	
南侧走廊公 众人员	减影	0.15	/	/	10	/	/	/	1/4	3.63×10 ⁻³
	透视	0.13	/	/	100	/	/	/	1/4	
西侧公众人 员（临空）	减影	0.15	/	/	10	/	/	/	/	/
	透视	0.13	/	/	100	/	/	/	/	
北侧公众人 员（临空）	减影	0.15	/	/	10	/	/	/	/	/
	透视	0.13	/	/	100	/	/	/	/	
上方屋顶（不 上人）公众人 员	减影	0.03	/	/	10	/	/	/	1/16	2.06×10 ⁻⁴
	透视	0.03	/	/	100	/	/	/	1/16	
下方检验科 公众人员	减影	0.07	/	/	10	/	/	/	1	5.7×10 ⁻³
	透视	0.05	/	/	100	/	/	/	1	

注：*代表引用剂量率已扣除本底值，并取最大值。

综上所述，本项目机房内辐射工作人员年有效剂量最大为 1.14mSv，操作间辐射工作人员年有效剂量最大为 5.6×10^{-3} mSv，满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求；医生年手部皮肤当量剂量为 64.85mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员四肢要求的剂量限值 500mSv/a 和本项目目标管理值 125mSv/a 的要求；医生年眼晶体当量剂量为 4.49mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员眼晶体要求的剂量限值 150mSv/a 和本项目目标管理值 37.5mSv/a 的要求。

由计算结果可知，本项目机房外公众年受照剂量最大为 1.45×10^{-2} mSv/a，满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.25mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a 的剂量限值要求。根据剂量率与距离平方成反比的关系，距离机房越远，辐射剂量率越低，机房附近公众受照剂量满足要求，因此机房外 50m 范围内环境保护目标（临平街道社区卫生服务中心）公众受照剂量也能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的剂量限值 1mSv/a 和本项目目标管理值 0.25mSv/a 的要求。

由于本项目介入治疗手术过程中辐射工作人员的受照剂量受多种不确定因素的影响，工作人员的受照射情况复杂多变，难以准确估算其年有效剂量。因此上述理论估算结果只能大致反映出工作人员受辐射照射程度。本项目参与介入手术的医务人员在手术过程中均应佩戴个人剂量计，医院应根据个人剂量检测结果对工作人员工作岗位进行调整，确保其年有效剂量满足本项目的目标管理值要求。

11.2.4 “三废”影响分析

11.2.4.1 臭氧浓度预测

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 B，空气在辐射照射下产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）等有害气体。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，所以主要是考虑臭氧的产生及其防护。

本项目 DSA 机房拟设置层流净化系统，通风换气次数大于 4 次/h。DSA 机房内空气中氧受 X 射线电离而产生臭氧，臭氧产率和浓度可用下面公式分别计算。

$$Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} G \cdot S_0 \cdot R \cdot g \quad (\text{式 11-6})$$

式中：

Q_0 ——臭氧产率 mg/h;

G ——射束在距离源点 1m 处的剂量率 $Gy \cdot m^2/h$, 查《辐射防护导论》附图 3, 过滤材料为 0.5mmCu, 透射管电压取 80kV, 透射管电流取 20mA, 本项目 DSA1m 处的剂量率为 $0.96Gy \cdot m^2/h$;

S_0 ——射束在距离源点 1m 处的照射面积 m^2 , 取 (最大射野 $10 \times 10cm^2$) $0.01m^2$;

R ——射束径迹长度 m, 取 1m;

g ——空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O_3 的分子数, 本项目取 10。

经计算, 臭氧产率为 $6.24 \times 10^{-4}mg/h$ 。

室内臭氧饱和浓度由下式计算:

$$C = Q_0 \cdot T_v / V \quad (\text{式 11-7})$$

式中:

C ——室内臭氧浓度, mg/m^3 ;

Q_0 ——臭氧产率, mg/h ;

T_v ——臭气有效清除时间, h;

V ——治疗室空间体积, 本项目 DSA 机房为 $164m^3$ 。

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

式中:

t_v ——每次换气时间, 0.25h;

t_α ——臭氧分解时间, 取值为 0.83h。

保守按每小时换气 4 次计算, DSA 机房内臭气平衡浓度最大为 $7.31 \times 10^{-7}mg/m^3$ 。

11.2.4.2 废气预测

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)要求, 选择附录 A 中推荐模式中估算模型进行计算污染源的最大环境影响, 再按评价工作进行分级。本项目采用 AERSCREEN 估算模式进行大气环境评价等级判断。

(1) 评价因子和评价标准

表 11-7 评价因子和评价标准表

评价因子	平均时段	标准值	标准来源
臭氧 (O_3)	1 小时平均	200 ($\mu g/m^3$)	《环境空气质量标准》(GB3095-2012)

(2) 估算模型参数

表 11-8 估算模型参数表

参数		取值
城市/农村选项	城市/农村	城市
	人口数（城市选项时）	1190 万
最高环境温度/°C		42.9
最低环境温度/°C		-17.4
土地利用类型		城市
区域湿度条件		潮湿气候
是否考虑地形	考虑地形	☐ 是 ☒ 否
	地形数据分辨率/m	/
是否考虑岸线熏烟	考虑岸线熏烟	☐ 是 ☒ 否
	岸线距离/km	/
	岸线方向/°	/

（3）源强参数

本项目选取臭氧进行大气环境影响预测，采用 HJ2.2-2018 推荐模式清单中的估算模式 AERSREEN 判断评价等级。项目有组织排放点源参数清单见表 11-9。本项目无组织废气产生量较小，对环境影响较小，故不进行无组织废气预测。

表 11-9 点源参数表

编号	名称	排气筒底部中心坐标/m		排气筒底部海拔高度/m	排气筒高度/m	排气筒出口内径/m	烟气流速/(m/s)	烟气温度/°C	年排放小时数/h	排放工况	污染物排放速率/(kg/h)
		X	Y								臭氧
1#	排气筒	242700	3370410	7	39	0.8	0.83	25	2000	正常排放	1.10×10^{-9}

（4）估算模型计算结果

在正常排放情况下，本项目有组织点源污染物排放的估算模型计算结果见表 11-10。

表 11-10 正常排放废气有组织排放预测结果表

排气筒	污染物	最大落地点		
		距离（m）	浓度（mg/m ³ ）	最大占标率（%）
1#	臭氧	26	3.72×10^{-11}	0.00

注：由于结果较小，软件显示最大占标率为 0.00%。

由大气污染物预测结果可见，本项目投产后各污染物排放的最大占标率均＜1%；各污染物下风向最大浓度均小于标准要求，对周围大气环境影响较小，不会改变区域环境空气质量等级。

（5）大气环境防护距离

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），对于项目厂界浓度满足大气污

染物厂界浓度限值，但厂界外大气污染物短期浓度贡献值超过环境质量浓度限值的，可以自厂界向外设置一定范围的大气环境防护区域，以确保大气环境防护区域外的污染物贡献浓度满足环境质量标准。

结合表 11-10 预测结果，本项目大气污染物浓度未超过环境质量浓度限值，不需设置大气环境防护距离。

综上所述，本项目 DSA 机房采用层流净化系统进行通风，通排风量大于 $1500\text{m}^3/\text{h}$ ，机房通风设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.4.3 条款规定：“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的标准要求；项目运行后，DSA 机房内臭氧浓度和氮氧化物浓度满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中的限值要求（臭氧为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ，氮氧化物为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ）；DSA 机房内产生的少量臭氧和氮氧化物通过排风管道引至医院楼顶高空排放，可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单中的二级标准（臭氧为 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ，氮氧化物为 $0.25\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险分析

- （1）工作人员或病人家属尚未撤离 DSA 机房时误开机，造成滞留人员的误照射；
- （2）安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的 DSA 机房而造成误照射；
- （3）医用射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；
- （4）DSA 的 X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

11.3.2 辐射事故应急预案

为了防止事故的发生，医院在辐射防护设施方面应做好以下工作：

- （1）购置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗设备；
- （2）实施介入诊疗的质量保证；
- （3）做好医生的个人防护；
- （4）做好病人非投照部位的防护工作；

（5）DSA 安装调试和检修维护人员在工作过程中，应按要求配戴个人剂量计和按要求携带个人剂量报警仪。调试和维修期间，本项目辐射工作人员需将设备的控制权暂时移交给设备厂家工作人员，不参与设备的控制与维修，防止维修期间工作人员在 DSA 机房误照射。

对于上述可能发生的各种事故，医院方面除了配齐硬件、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

(1) 建立全院安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。

(2) 建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

(3) 制定全院重大事故处理预案，完善组织、落实经费、准备物资、加强演练，时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等有关法律法规，使用 II、III 类 X 射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全与防护培训或放射诊疗培训，经培训合格后方可上岗。

本项目建设单位已按照国务院令第 709 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等有关法律法规，结合卫生、环保等行政主管部门的规章制度，建设单位已成立放射防护管理小组，并明确了相关职责。

主要职责：组长负责组织学习有关放射防护法律法规，严格执行国家规定，切实做好放射防护工作，杜绝放射事故的发生，对放射防护方面事宜总负责，相应成员负责日常工作防护，文件归档保存、协调等相关工作。

12.1.2 辐射人员管理

（1）个人剂量管理

医院现有辐射工作人员均配置了个人剂量计，每三个月送往杭州普洛塞斯检测科技有限公司进行检测，并建立了个人剂量档案。根据医院最近 1 年度个人剂量监测报告显示个人剂量情况正常，均低于工作人员目标管理值 5mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的个人剂量限值 20mSv/a 的要求，也满足本项目提出的工作人员年有效剂量目标管理值 5mSv/a 的要求。

本项目辐射工作人员从现有辐射工作人员调剂，均已配备个人剂量计，并严格规定其必须佩戴个人剂量计上岗，个人剂量计定期（最长不得超过三个月）送检，建立个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，个人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。建设单位已按照相关要求，对本单位内辐射工作人员个人剂量档案保存，辐射工作人员可查看本人个人剂量档案。

所有辐射工作人员应正确佩戴个人剂量计，建设单位应定期送检，所有辐射工作人员个人剂量计佩戴及送检时间不得超过三个月。个人剂量计的佩戴要求参照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，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）。

（2）职业健康体检

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

医院已为辐射工作人员进行了上岗前、在岗期间职业健康检查，由杭州市职业病防治院承担。对新上岗工作人员应做好上岗前的健康体检，体检合格才能上岗，且至少每 2 年为辐射工作人员进行一次职业健康检查，建立职业健康监护档案。

医院拟继续安排辐射工作人员到有资质的单位进行职业健康检查，每 2 年一次，符合要求。

（3）辐射安全与防护培训

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第18号令）第三章——人员安全和防护，使用Ⅱ类射线装置的单位，其辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核；考核不合格的，不得上岗。

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）和《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）精神，医院应及时组织辐射工作人员到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核，考核合格方可上岗。

根据《浙江省生态环境厅、浙江省卫生健康委关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》（浙环函〔2019〕248 号）文件精神，简化医疗机构辐射工作人员（放射诊疗人员）培训要求，互相认可辐射安全与防护培训或放射诊疗培训结果。

目前医院共有33名辐射工作人员，均参加了放射防护培训并考核合格。

12.1.3 年度评估报告

根据医院提供的资料，医院已按要求编写了放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，每年定期上报至发证机关。

本项目 DSA 射线装置应用项目正式开展后，医院应将本项目射线装置纳入辐射安全与防护评估报告，定期上报至发证机关。

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（2019 年修改）》、《放射性同位素与射

线装置安全许可管理办法》与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

12.2.1 现有规章制度及完善性分析

医院已制定《辐射安全防护和管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射事件应急处理预案》、《操作规程》、《人员培训计划》、《监测方案》等规章制度，内容健全完善且合理规范，并在相关辐射工作场所张贴上墙，可以满足现有核技术利用项目的管理需要。

12.2.2 本项目规章制度要求

本次新增 1 台 DSA，医院应结合本次评价的辐射设备特点，对原有辐射安全管理制度进行补充、完善，使之切实可又符合相关管理规定，并付诸严格执行。

拟完善、补充的内容如下：

- (1) DSA 安全操作规程；
- (2) DSA 辐射工作人员岗位职责；
- (3) DSA 使用登记和管理台账；
- (4) DSA 工作场所的监测方案纳入原有监测制度；
- (5) DSA 工作场所的风险内容及应急措施纳入原有放射事件应急预案。

医院根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际的情况，制定《DSA 安全操作规程》、《DSA 辐射工作人员岗位职责》、《DSA 使用登记和管理台账》等制度和对原有的规章制度进行修订，将 DSA 工作场所的监测方案纳入原有监测制度和 DSA 工作场所的风险内容及应急措施纳入原有放射事件应急预案，符合相应环保要求。

医院所有相关制度应以医院正式文件形式制定，并将各项管理制度、操作规程等悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

本项目 DSA 属II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括辐射剂量巡测仪、个人剂量计等仪器，用于对 DSA 机房周围的辐射水平进行巡测。

12.3.2 监测计划

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位须当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。

医院应制定监测计划，并将每次监测结果记录存档备查。医院可委托有资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测，监测数据每年年底须向生态环境部门上报备案。监测计划见表 12-1。

表 12-1 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	DSA 机房	周围剂量当量率	1 次/年	按照国家规定进行计量检定	防护门外、门缝、控制室、各侧屏蔽墙外 30cm 处、上方屋顶、下方检验科及周围需要关注的监督区	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	防护门外、门缝、控制室、各侧屏蔽墙外 30cm 处、上方屋顶、下方检验科及周围需要关注的监督区	自行监测
验收监测	DSA 机房	周围剂量当量率	项目完成 3 个月内	按照国家规定进行	防护门外、门缝、控制室、各侧屏蔽墙外 30cm 处、上方屋顶、下方检验科及周围需要关注的监督区	委托监测
个人剂量检测	/	个人剂量当量	不超过 3 个月	个人剂量计	所有辐射工作人员	委托监测

12.4 辐射事故应急

医院目前已制定《放射事件应急处理预案》，设置了应急组织机构，规定了应急组织机构成员及职责、辐射事故应急处理物资与设备、事件现场应急处置流程、辐射事故的报告程序、应急联系电话等内容，以上部分符合国家相关法律法规的要求。

本评价根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关规定，建议医院对现有事故应急预案进行修订完善，增加辐射事故等级划分及适用范围，一旦发生辐射事故，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，还应同时向当地卫生行政部门报告，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。

12.5 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素、辐射装置单位应具备相应的条件，本项目从事辐射活动能力评价详见表 12-2。

表 12-2 本项目从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
（一）使用I类放射源，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	建设单位已成立辐射安全管理小组，并明确了相关职责。
（二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	医院现有 33 名辐射工作人员，参加了放射防护培训并考核合格，医院拟及时组织新增辐射工作人员参加辐射安全与防护培训或放射诊疗培训，考核合格方可上岗，并按照规定每五年参加一次培训。
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备	不涉及。
（四）放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施	本项目拟按设计要求建设专用机房，拟设置门灯联锁、急停开关、对讲系统、工作警示灯及电离辐射警告标志等辐射防护措施。
（五）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪	医院现配备有 1 台 X-γ 辐射检测仪，根据相关要求及工作实际需要配备工作人员使用的铅衣等防护用品和配备患者使用的辅助防护用品。根据要求配备个人剂量计。
（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	已制订或需新增完善。
（七）有完善的辐射事故应急措施	已制订，需完善。
（八）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	不涉及。

综上所述，杭州邦尔医院有限公司在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

12.6 竣工验收

医院应根据项目的开展情况，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）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。

表 12-3 “三同时”验收一览表

项目	“三同时”措施	验收要求
辐射安全管理机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	建设单位按规定成立辐射安全管理小组，并以文件形式明确了放射防护管理工作小组的工作职责。
辐射安全和防护措施	DSA 机房墙体屏蔽措施： 四侧墙体采用轻钢龙骨钢架支撑 2mm 铅板+2mmPb 钨板，顶棚和地坪采用 15cm 混凝土现浇板+3mmPb 硫酸钡防护涂料，防护门采用符合屏蔽要求厚度的铅防护门，防护当量为 4.0mmPb，观察窗采用 4.0mmPb 铅玻璃。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求（具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h），本项目职业人员年有效剂量不超过 5mSv，其中四肢（手和足）或皮肤的当量剂量不超过 125mSv，眼晶体年当量剂量不超过 37.5mSv。公众人员年有效剂量不超过 0.25mSv。
	本项目 DSA 机房拟设置门灯联锁、自动闭门装置、急停按钮、监控装置与对讲系统、辐射监测装置等多项安全防护措施，机房防护门出入口拟设计电离辐射警告标志等。每位手术医生、护士在铅围裙外锁骨对应的位置和铅围裙内躯干上各佩戴 1 枚个人剂量计，技师配备 1 枚个人剂量计。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。
人员配备	本项目 6 名辐射工作人员拟参加放射防护培训，考核合格方可上岗，并按照要求每五年参加一次培训。	辐射工作人员取得合格证书或合格成绩单。
	本项目 6 名辐射工作人员拟配置个人剂量计，个人剂量计监测周期一般为一个月，最长为一个季度，并建立个人剂量监测档案。	按要求佩戴、送检，不超过三个月。
	本项目 6 名辐射工作人员拟进行职业健康检查，并建立个人健康档案。	定期体检并建立职业健康监护档案，体检周期为 2 年/次。
监测仪器和防护用品	本项目拟配备 1 台辐射巡测仪、若干个人剂量计。	满足工作场所日常监测要求。
辐射安全管理制度	医院已制定了一系列的辐射工作管理制度，包括《辐射安全防护和管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射事件应急处理预案》、《操作规程》、《人员培训计划》、《监测方案》等，应结合本次评价的辐射设备特点，对原有辐射安全管理制度进行补充、完善。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急预案。

12.7 环保投资

本项目总投资 500 万元，主要用于设备采购、场所屏蔽部分防护改造和防护用品采购，其中项目环保投资约 15 万元，占项目总投资的 3%。该项目具体环保投资估算详见表 12-4。

表 12-4 环保投资估算一览表

项目		设施（措施）	金额（万元）
DSA 机房	辐射屏蔽措施	DSA 屏蔽机房 1 间（含铅防护门）	4.0
	安全措施	工作状态指示灯（门-灯联锁）1 套	1.0
		自动闭门装置	0.5
		急停按钮 2 个	0.5
	废气处理设施	通排风系统	2.0
	监测仪器及 警示装置	辐射检测仪 1 台	1.0
		个人剂量计	利用原有设备
		电离辐射警告标志、监督区、控制区标识若干	1.0
		视频监控系统及对讲装置 1 套	2.0
环评与验收		3.0	
合计		15	

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

(1) 项目概况

本项目拟于杭州市临平区东湖街道新丝路 10 号新建的门诊、病房综合楼 3 楼西北侧新建 1 间 DSA 机房及配套用房，机房内新增 1 台 DSA 射线装置，其最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA，为单球管设备，主射线方向为南、北、顶棚与地面，大部分为由下朝上，属于 II 类射线装置。

(2) 项目位置

本项目 DSA 工作场所拟建于医院门诊、病房综合楼 3 楼西北侧，门诊、病房综合楼东侧为河流，距 DSA 机房约 95m，隔河为农田；南侧为杭州邦尔医院二期拟建址，距 DSA 机房约 69m；西侧为枣李家园小区，距 DSA 机房约 80m；北侧为临平街道社区卫生服务中心，距 DSA 机房约 43m。

DSA 机房东侧为控制室和走廊，南侧为走廊和医办（预留）室，西侧、北侧临空，机房正上方为屋顶（不上人），机房正下方为检验科。

(3) 项目分区及布局

建设单位拟将 DSA 机房内区域划分为控制区，在正常工作过程中，控制区内不得有无关人员进入。将控制室、医办（预留）室、患者防护门外 1m 区域等区域划为监督区，对该区不采取专门防护手段，但要定期检测其辐射剂量率。在正常工作过程中，监督区内不得有无关人员滞留。由上述可知，本项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定。

(4) 辐射安全防护措施结论

DSA 机房四侧墙体采用轻钢龙骨钢架支撑 2mm 铅板+2mmPb 钡板，顶棚和地坪采用 15cm 混凝土现浇板+3mmPb 硫酸钡防护涂料，防护门采用符合屏蔽要求厚度的铅防护门，防护当量为 4.0mmPb，观察窗采用 4.0mmPb 铅玻璃。

机房防护门上方均拟设置工作状态指示灯、电离辐射警告标识和文字说明，且拟设置门灯联锁装置。控制室拟设对讲系统等装置。拟配备相应的铅衣、铅围脖等个人防护用品，为辐射工作人员配备了个人剂量计等；定期对辐射工作人员开展个人剂量监测和职业健康检查监护。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

(5) 辐射安全管理结论

医院已成立了放射防护管理小组、明确了相关职责，并将加强监督管理，医院已制定了包括《放射事件应急处理预案》在内的一系列管理制度，并适时进行修订、完善。医院应根据本单位项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中严格落实执行；现有 33 名辐射工作人员，均参加了放射防护培训并考核合格，且均在有效期内。建设单位已委托有资质的单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。建设单位拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测。

建设单位成立了辐射防护管理领导小组、建立健全相应的辐射管理制度和操作规程后，能够具备从事辐射活动的的能力。本项目在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

13.1.2 环境影响分析结论

(1) 辐射剂量率影响预测结论

本项目 DSA 在正常运行情况下，机房外操作间、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（剂量换算系数近似取 $1\text{Gy}=1\text{Sv}$ ）。

(2) 个人剂量影响预测结论

经理论计算分析，职业人员受照的有效剂量最大为 1.14mSv/a ，满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求；医生手部受照的有效剂量当量为 64.85mSv ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员四肢要求的剂量限值 500mSv/a 和本项目目标管理值 125mSv/a 的要求；医生年眼晶体当量剂量为 4.49mSv ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员眼晶体要求的剂量限值 150mSv/a 和本项目目标管理值 37.5mSv/a 的要求。

公众人员受照的有效剂量最大为 $1.45\times 10^{-2}\text{mSv/a}$ ，满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.25mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a 的剂量限值要求。根据剂量率与距离平方成反比的关系，距离机房越远，辐射剂量率越低，机房附近公众受照剂量

满足要求，因此机房外 50m 范围内环境保护目标（临平街道社区卫生服务中心）公众受照剂量也能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的剂量限值 1mSv/a 和本项目目标管理值 0.25mSv/a 的要求。

（3）非辐射环境影响分析结论

本项目 DSA 机房拟采用层流净化系统，通排风量大于 1500m³/h，机房通风设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.4.3 条款规定：“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的标准要求；项目运行后，DSA 机房内臭氧浓度和氮氧化物浓度满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中的限值要求（臭氧为 0.3mg/m³，氮氧化物为 5mg/m³）；DSA 机房内产生的少量臭氧和氮氧化物通过排风管道引至医院楼顶高空排放，可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单中的二级标准（臭氧为 0.20mg/m³，氮氧化物为 0.25mg/m³）的要求。

13.1.3 可行性分析结论

（1）产业政策符合性分析结论

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2021 年本）》中第十三项“医药”中第 5 款“新型医用诊断设备和试剂、**数字化医学影像设备**，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

（2）实践正当性分析结论

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，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

（3）选址合理性分析

本项目位于浙江省杭州市临平区东湖街道新丝路 10 号，根据不动产权证，属于医卫慈善用地。本项目辐射工作场所实体边界外 50m 范围内主要为医院内部和东湖街道卫生服务中心。通过建筑墙体屏蔽、距离衰减及辐射安全管理措施的基础上，并经环境影响预测分析，本项目对公众的辐射影响符合《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》（GBZ18871-2002）中关于公众人员“剂量限值”的要求。因此，选址是合理可行的。

（4）项目可行性

综上所述，本项目选址合理，该项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，建设单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

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

13.2.2 承诺

（1）医院在本项目取得批复后，承诺及时向生态环境主管部门重新申领辐射安全许可证。

（2）医院承诺在本项目 DSA 装置正式运行前根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号），在规定的验收期限内（一般不超过 3 个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（3）医院承诺按照国家相关法律法规及本报告的要求，补充更新《放射性事故应急预案》及辐射安全管理规章制度。

（4）医院承诺本项目新增辐射工作人员应参加辐射安全与防护培训或放射诊疗培训，经考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。新增辐射工作人员均配备个人剂量仪，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案；新增辐射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每两年委托相关资质单位对放射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
公 章	
经办人（签字）：	年 月 日

审批意见：	
公 章	
经办人（签字）：	年 月 日

