

报告编号: WKFHP-24040

核技术利用建设项目

浙江迦南肿瘤医院有限公司数字减影血管造
影系统(DSA)建设项目

环境影响报告表

(报批稿)

浙江迦南肿瘤医院有限公司

2024年11月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江迦南肿瘤医院有限公司数字减影血管造
影系统（DSA）建设项目

环境影响报告表



建设单位名称：浙江迦南肿瘤医院有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省嘉兴市海宁市海昌街道文苑路500号1幢211室

邮政编码：314499

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	7
表 3 非密封放射性物质	7
表 4 射线装置	8
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	9
表 6 评价依据	10
表 7 保护目标与评价标准	12
表 8 环境质量和辐射现状	17
表 9 项目工程分析与源项	21
表 10 辐射安全与防护	26
表 11 环境影响分析	33
表 12 辐射安全管理	50
表 13 结论与建议	54
表 14 审批	57

表1 项目基本情况

建设项目名称		浙江迦南肿瘤医院有限公司数字减影血管造影系统（DSA）建设项目			
建设单位		浙江迦南肿瘤医院有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省嘉兴市海宁市海昌街道文苑路 500 号 1 幢 211 室			
项目建设地点		浙江省嘉兴市海宁市丁桥镇海宁大道西侧、辛江塘南侧医院住院楼三层手术部			
立项审批部门		——		批准文号	——
建设项目总投资（万元）		575	项目环保投资（万元）	60	投资比例（环保投资/总投资） 10.4%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） 不新增
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 项目建设单位情况 浙江迦南肿瘤医院有限公司（以下简称“医院”），成立于 2020 年 11 月 16 日，是一所二级肿瘤专科医院，注册地址为浙江省嘉兴市海宁市海昌街道文苑路 500 号 1 幢 211 室。 医院希望通过引入国际前沿肿瘤治疗概念、技术与知识经验，在海宁人民的家门口建立起一家与发达国家肿瘤医学中心比肩的，属于海宁人民的二级肿瘤专科医院，并于 2022 年 11 月委托编制完成了《浙江迦南肿瘤医院有限公司新建浙江迦南肿瘤医院项目环境影响报告表》，于 2022 年 11 月 28 日取得嘉兴市生态环境局的审查意见，审批文号：嘉环海建〔2022〕139 号（见附件 4），该项目现处于建设中，暂不具备验收条件。 医院在住院楼地下一层建设了放疗中心和核医学科，放疗中心主要使用医用直线加速器开展放射治疗，核医学科主要使用放射性核素 ¹⁸F 开展 PET/CT 显像诊断和放射				

性核素 ^{99m}Tc 开展 SPECT/CT 显像诊断，于 2023 年 6 月委托编制完成了《浙江迦南肿瘤医院有限公司新建放射诊疗项目环境影响报告表》，于 2023 年 7 月 4 日取得嘉兴市生态环境局的审查意见，审批文号：嘉环海建〔2023〕3 号，（见附件 5），该项目现处于建设中，暂不具备验收条件。

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，医院拟在住院楼三层手术部设置 1 间 DSA 手术室，并配套建设辅助用房，购置 1 台数字减影血管造影系统（以下简称 DSA）用于放射诊断和介入治疗。本项目 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部，国家卫生和计划生育委员会公告，公告 2017 年第 66 号），本项目 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）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行），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 类射线装置的”，需进行环境影响评价，环评类别为环境影响报告表，并在环评批复后及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，医院委托卫康环保科技（浙江）有限公司对本项目进行环境影响评价工作，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过现场勘察和资料收集等工作，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》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的的环境影响报告表，供建设单位上报审批。

1.3 项目建设内容与规模

本项目位于医院住院楼三层手术部，项目建设内容为新建 1 间 DSA 手术室，并配套建设辅助用房，新购 1 台 DSA，射线装置型号为 uAngio AVIVA CX，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，为单球管设备，主射方向由下朝上，属于 II 类射线装置，用于放射诊断和介入治疗。经与建设单位核实，本次评价规模见下表。

表 1-1 本项目建设内容与规模

设备名称	类别	规格型号	数量	最大管电压	最大管电流	用途	工作场所
DSA	II 类	uAngio AVIVA CX	1 台	125kV	1000mA	放射诊断和介入治疗	住院楼三层手术部

1.4 项目选址与周边保护目标

1.4.1 项目地理位置及周围环境关系

医院位于浙江省嘉兴市海宁市丁桥镇海宁大道西侧、辛江塘南侧，项目地理位置见附图 1。医院东侧为海宁大道，隔道路为农田；南侧为农田；西侧为海宁市丁桥基督教堂，西南侧为龙兴桥；北侧为辛江塘河，隔河为农田。医院周围环境关系见附图 2，工程师现场勘查及项目周围环境实景见附图 3。

1.4.2 DSA 手术室位置及周围环境概况

本项目 DSA 手术室拟设置于住院楼（所属建筑共 12 层，其中地上 11 层，地下 1 层）三层手术部，手术室东侧紧邻设备机房和医生办公室，南侧紧邻过道，隔过道为万级手术室和器械间，西侧紧邻操作间和污物通道，北侧临空，正上方为大输液库房，正下方为 PCR 专用走廊、报告室、样本冷库、库房、UPS、净水间和自动流水线操作设备间，DSA 手术室所在楼层及相邻楼层（含楼上及楼下）的部分平面布局分别见附图 6～附图 7。

1.4.3 环境保护目标

本项目环境保护目标为 DSA 手术室实体边界外 50m 范围内活动的辐射工作人员、公众人员。

1.4.4 相关规划符合性分析

1、土地利用总体规划符合性

本项目位于浙江省嘉兴市海宁市丁桥镇海宁大道西侧、辛江塘南侧，医院拟在住院楼三层手术部建设 1 间 DSA 手术室。根据建设单位提供的不动产权证（见附件 3），本项目用地属于医疗卫生用地，符合土地利用规划的要求。

2、“三线一单”符合性

根据《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》（浙环发〔2024〕18 号），生态环境分区管控是以改善生态质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定生态环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建生态环境分区管控体系。本项目“三线一单”符合性判定情况见下表。

表 1-2 本项目“三线一单”符合性判定

内容	符合性分析
生态保护红线	根据《海宁市生态环境分区管控动态更新方案》（海政办发〔2024〕60 号）、《海宁市生态保护红线划定方案》（见附图 10）及海宁市“三区三线”图（附图 12），项目位于浙江省嘉兴市海宁市一般管控单元（编码：ZH33048130001），属于一般管控单元，因此，本项目不涉及生态保护红线。
环境质量底线	根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场所周围环境 γ 辐射空气吸收

	剂量属于正常本底范围。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此，本项目符合环境质量底线要求。
资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常办公和设施用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。
生态环境准入清单	根据《海宁市生态环境分区管控动态更新方案》（海政办发〔2024〕60号），本项目所在地属于浙江省嘉兴市海宁市一般管控单元（编码：ZH33048130001），属于一般管控单元，该管控单元生态环境准入清单内容要求如下： 一、空间布局约束 1.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。2.禁止新建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放的二类工业项目，改建、扩建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放的二类工业项目不得增加管控单元污染物排放总量；禁止在工业功能区（小微园区、工业集聚点）外新建其他二类工业项目，一二产融合的加工类项目、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（小微园区、工业集聚点）外现有二类工业项目改建、扩建，不得增加污染物排放总量。3.建立集镇居住商业区、耕地保护区与工业功能区等集聚区块之间的防护带。4.严格执行畜禽养殖禁养区规定，根据区域用地和消纳水平，合理确定养殖规模。5.加强基本农田保护，严格限制非农项目占用耕地。 二、污染物排放管控 1.加强工业污染物排放管控，原则上管控单元内工业污染物排放总量不得增加。2.加强农业面源污染治理，严格控制化肥农药施用量，合理水产养殖布局，控制水产养殖污染，逐步削减农业面源污染物排放量，推动农业领域减污降碳协同。3.依法严禁秸秆露天焚烧。4.因地制宜选择适宜的技术模式对农田退水进行科学治理，有序推进农田退水“零直排”工程建设。 三、环境风险防控 1、加强生态公益林保护与建设，防止水土流失。2、禁止向农用地排放重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥，以及可能造成土壤污染的清淤底泥、尾矿、矿渣等。3、加强农田土壤、灌溉水的监测及评价，对周边或区域环境风险源进行评估。 四、资源开发率要求 1、实行水资源消耗总量和强度双控，推进农业节水，提高农业用水效率。2、优化能源结构，加强能源清洁利用。 综上所述，本项目属于核技术利用建设项目，不属于工业项目。本项目DSA设备运行时产生的臭氧与氮氧化物量很少，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。本项目使用清洁能源，运行过程推进清洁生产理念，节约资源，提高能源有效利用。因此，本项目的实施符合《海宁市生态环境分区管控动态更新方案》中生态环境准入清单的管控要求。

因此，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，本项目建设能够符合“三线一单”的管控要求。

1.4.5 选址合理性分析

本项目手术室边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑物，医院内部与外部道路以及北侧辛江塘，不涉及生态保护红线、优先保护单元；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。

1.5 产业政策符合性分析

结合国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于第三十七项“卫生健康”中第 1 款的医疗卫生服务设施建设，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策的要求。

1.6 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，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。

医院在使用射线装置过程中，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。

1.7 医院原核技术利用许可情况

1.7.1 原有核技术利用项目许可、环保手续履行情况

医院已于 2023 年 6 月委托编制完成了《浙江迦南肿瘤医院有限公司新建放射诊疗项目环境影响报告表》，该项目现处于建设中，尚未取得《辐射安全许可证》。

医院已环评批复的放射源、非密封放射性物质及射线装置情况见表 1-3~表 1-5。

表 1-3 医院已环评批复放射源基本情况一览表

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	环评情况
1	⁶⁸ Ge	5.5×10 ⁷ ×1	V类	使用	校准源	住院楼地下一层西侧核医学科	核医学科 储源室	嘉环海辐 （2023）3 号
2	⁶⁸ Ge	3.5×10 ⁶ ×2	V类	使用	校准源		核医学科 储源室	嘉环海辐 （2023）3 号

表 1-4 医院已环评批复非密封放射性物质基本情况一览表

序号	核素名称	理化性质	活动种类	工作场所等级	实际日最大操作量(Bq)	日等效最大操作量(Bq)	年最大操作量(Bq)	用途	使用场所	环评情况
1	¹⁸ F	液态/低毒 半衰期 109.7min	使用	丙级	7.40×10 ⁹	7.40×10 ⁶	3.70×10 ¹²	PET/CT 显像	住院楼地下一层西侧核医学科	嘉环海辐 （2023）3 号
2			备药		1.48×10 ¹⁰	1.48×10 ⁶		备药		
3	^{99m} Tc	液态/低毒 半衰期 6.02h	使用		7.40×10 ⁹	7.40×10 ⁶	1.85×10 ¹²	SPECT/CT 显像		

表 1-5 医院已环评批复射线装置技术参数基本情况一览表

序号	装置名称	型号	类别	数量	主要参数	用途	工作场所	环评情况
1	PET/CT	未定	III类	1	150kV, 1000mA	显像诊断	住院楼地下一层西侧核医学科	嘉环海辐 (2023) 3 号
2	SPECT/CT	未定	III类	1	150kV, 1000mA	显像诊断		
3	医用直线加速器	未定	II类	2	X 射线: 6/10MV 电子线: ≤22MV	放射治疗	住院楼地下一层东侧放疗中心放疗机房	

1.7.2 辐射安全管理现状

浙江迦南肿瘤医院有限公司新建放射诊疗项目目前仍在施工阶段，医院暂未申领取得《辐射安全许可证》，尚未开展任何辐射相关的活动，因此，本小节所涉及到的辐射管理工作医院正在积极安排中，医院承诺会严格按照环境影响报告表、环评批复及国家相关标准要求落实各项辐射安全措施，做好辐射安全管理和应急预案工作，保证辐射活动正常运行。

由《浙江迦南肿瘤医院有限公司新建放射诊疗项目环境影响报告表》中可知：

（1）医院拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。

（2）医院拟制定《辐射防护和安全保卫制度》、《操作规程》、《岗位职责》、《设备检修维护制度》、《射线装置使用登记制度》、《人员培训计划》、《个人剂量检测方案》、《辐射环境监测方案》、《辐射事故应急预案》等规章制度。

（3）医院拟配备 16 名辐射工作人员，其中医用直线加速器 8 名、核医学科 8 名，根据相关法律法规，辐射工作人员须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，考核合格后方可上岗。医院拟定期组织辐射工作人员进行个人剂量检测和职业健康监护，并建立个人剂量和职业健康体检档案。

（4）医院每年拟对院内放射科相关工作场所的安全与防护状态进行年度评估，并定期委托有资质单位进行年度检测，定期在全国核技术利用辐射安全申报系统上进行辐射安全与防护状况年度报告的申报。

（5）医院拟制定《辐射事故应急预案》。医院应每年定期开展辐射事故应急预案演练，并加以总结，及时对辐射事件应急处理预案进行完善和修订。

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
本项目不涉及								

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)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
本项目不涉及										

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》（GB 18871-2002）。

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
本项目不涉及										

（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	uAngio AVIVA CX	125kV	1000mA	放射诊断和介入治疗	医院住院楼三层手术部	新增，本次评价

（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	
本项目不涉及													

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	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	经手术室排风系统引至大气外环境中，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气

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) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行； (2) 《中华人民共和国环境保护法》，1989 年 12 月 26 日会议通过，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行； (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2002 年 10 月 28 日会议通过，2003 年 9 月 1 日起施行，2016 年 7 月 2 日第一次修正，2018 年 12 月 29 日起修正； (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》，2005 年 9 月 14 日国务院令第 449 号公布，2005 年 12 月 1 日起施行，2014 年 7 月 29 日第一次修订，2019 年 3 月 2 日第二次修订； (6) 《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； (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) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2005 年 12 月 30 日会议通过，2006 年 3 月 1 日起施行；2008 年 12 月 6 日修改，2017 年 12 月 20 日修改，2021 年 1 月 4 日修改； (9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，原环境保护部、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； (10) 《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； (11) 《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； (12) 《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； (13) 《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； (14) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，国家发展和改革委员会令第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行；
------	--

	(15) 《浙江省生态环境保护条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 71 号，2022 年 8 月 1 日起施行； (16) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布，2011 年 12 月 1 日起施行，2014 年 3 月 13 日第一次修正，2018 年 1 月 22 日第二次修正，2021 年 2 月 10 日第三次修正； (17) 《浙江省辐射环境管理办法》，2021 年省政府令第 388 号修订，2021 年 2 月 10 日修订； (18) 《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； (19) 《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； (20) 浙江省生态环境厅关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2023 年本）》的通知，浙环发〔2023〕33 号，浙江省生态环境厅，2023 年 9 月 9 日实施； (21) 关于印发《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》的通知，浙环发〔2024〕18 号，浙江省生态环境厅，2024 年 3 月 28 日起施行； (22) 关于印发《嘉兴市生态环境分区管控动态更新方案》的通知，嘉环发〔2024〕39 号，嘉兴市生态环境局，2024 年 8 月 30 日起施行； (23) 关于印发《海宁市生态环境分区管控动态更新方案》的通知，海政办发〔2024〕60 号，海宁市人民政府，2024 年 10 月 19 日起施行。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (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) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (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) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）。
其他	(1) 院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料； (2) 环评委托书。

表7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

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（无实物边界项目具体情况而定，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 手术室实体边界外 50m 区域，评价范围示意图见附图 2。

7.2 保护目标

本项目主要环境保护目标为评价范围 50m 内活动的辐射工作人员、公众人员，具体见下表。

表 7-1 本项目辐射工作场所主要环境保护目标

保护人员性质	相对方位	所在位置	与 DSA 边界最近距离		人员规模
			水平	垂直	
辐射工作人员	/	DSA 手术室	/	/	10 人
	西侧	操作间	紧邻	/	
公众人员	东侧	医生办公室、设备机房	紧邻	/	约 5 人/d
		无菌物品间	约 2m	/	约 2 人/d
		主任/护士长办公室	约 5m	/	约 2 人/d
		缓冲区	约 6m	/	约 2 人/d
		住院楼三层其他区域	约 8m	/	约 50 人/d
	东南侧	普通手术室	约 4m	/	约 2 人/d
		器械间等其他功能用房	约 17m	/	约 50 人/d
	南侧	过道	紧邻	/	约 100 人/d
		万级手术室和器械间	约 3m	/	约 10 人/d
		医疗综合楼	约 9m	/	约 100 人/d
	西南侧	万级手术室	约 3m	/	约 5 人/d
		C 臂间	约 8m	/	约 5 人/d
		污洗间、污物暂存间、洁具间	约 13m	/	约 5 人/d
	西侧	污物通道	紧邻	/	约 5 人/d
		设备机房	约 2m	/	约 2 人/d
		合用前室	约 7m	/	约 5 人/d
		医院内部道路	约 16m	/	约 200 人/d
		空地（医院内规划机动车停车位及绿化区）	约 23	/	约 10 人/d
	北侧	医院内部道路	紧邻	/	约 200 人/d
	正上方	四层大输液库房	/	紧邻	约 5 人/d
		五层及以上住院部	/	约 4m	约 100 人/d
	正下方	二层 PCR 专用走廊、报告室、库房、样本冷库、UPS、净水间和自动流水线操作设备间	/	紧邻	约 10 人/d
		一层住院大厅	/	约 4m	约 100 人/d
		地下一层停车室	/	约 7m	约 100 人/d

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》（GB 18871-2002）

本标准规定了对电离辐射防护和辐射源安全的基本要求，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。

（1）防护与安全的最优化

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）。

（2）剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

表 7-2 剂量限值的相关内容

相关条款	具体内容
B1.1 职业照射	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： ①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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv；
B1.2 公众照射	B1.2.1 实践使公众中有关关键人群的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①有效剂量，1mSv； ②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。

（3）剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，同时遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，本次评价取职业照射剂量限值的 25%、公众照射剂量限值的 25%分别作为本项目剂量约束值管理目标，具体见下表。

表 7-3 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5.0mSv/a
公众照射有效剂量	0.25mSv/a

（4）辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，应把手术室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

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）

本标准规定了放射诊断的防护要求，包括 X 射线影像诊断和介入放射学用设备防护性能、机房防护设施、防护安全操作要求及相关防护检测要求，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 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合下表的规定。

表 7-4 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 ^d m ²	机房内最小单边长度 ^e m
单管头 X 射线设备 ^b （含 C 臂机、乳腺 CBCT）	20	3.5

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

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（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于下表的规定。

表 7-5 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 及以下摄影机房	2.0	1.0
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

备注：本项目 DSA 最大管电压为 125kV，主要用于放射介入手术，属于 C 型臂 X 射线设备，还具有摄影功能，故本次评价按照“有用线束与非有用线束方向铅当量均≥2mmPb”作为 DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度要求。

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

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

6.4 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“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

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 7-6 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 7-6 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 GBZ 128 的规定。

7.3.3 项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）等评价标准，确定本项目的管理目标如下：

（1）周围剂量当量率

本项目 DSA 设备在透视工况下，DSA 手术室周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；在摄影工况下，DSA 手术室周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

（2）个人剂量约束值

本项目职业人员照射剂量约束值为 5mSv/a ；

本项目公众照射剂量约束值为 0.25mSv/a 。

表8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

医院位于浙江省嘉兴市海宁市丁桥镇海宁大道西侧、辛江塘南侧。医院东侧为海宁大道，隔道路为农田；南侧为农田；西侧为海宁市丁桥基督教堂，西南侧为龙兴桥；北侧为辛江塘河，隔河为农田。

本项目 DSA 手术室拟设置于住院楼三层手术部，手术室东侧紧邻设备机房和医生办公室，南侧紧邻过道，隔过道为万级手术室和器械间，西侧紧邻操作间和污物通道，北侧临空，正上方为大输液库房，正下方为 PCR 专用走廊、报告室、库房、样本冷库、UPS、净水间和自动流水线操作设备间。

8.2 环境现状评价对象

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）的规定：“对其他射线装置、放射源应用项目及非密封放射性物质工作场所，应提供评价范围内贯穿辐射水平”，故本项目环境现状评价主要针对评价范围内的区域辐射环境质量进行评价，评价对象为 DSA 手术室及周围环境。

8.3 辐射环境质量现状

8.3.1 检测目的

通过现场检测的方式掌握项目区域环境质量和辐射水平现状，为分析及预测本项目运行时对职业人员、公众成员及周围环境的影响提供基础数据。

8.3.2 检测因子

根据项目污染因子特征，环境检测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

8.3.3 检测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）要求，结合现场条件、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 8-2，监测报告及监测单位资质证书见附件 7。

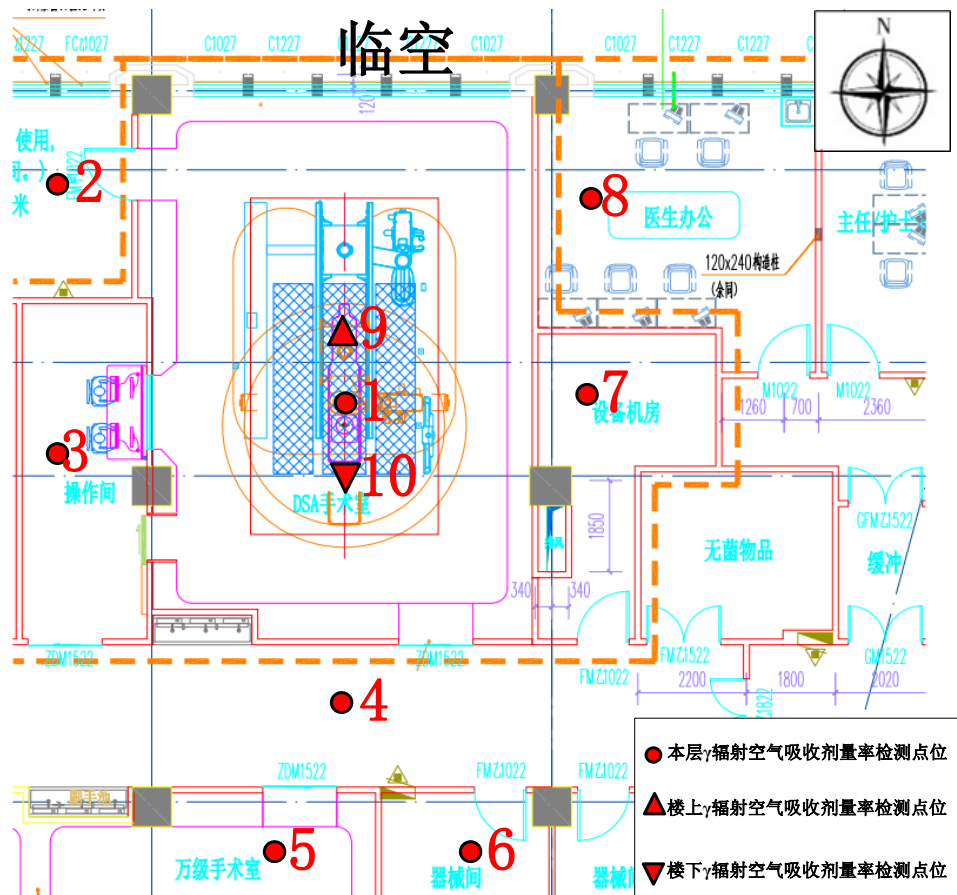


图 8-1 DSA 手术室周围辐射环境质量现状监测点位示意图



图 8-2 住院楼周围辐射环境质量现状监测点位示意图

8.3.4 监测方案

- (1) 监测单位：浙江亿达检测技术有限公司
- (2) 监测时间：2024 年 07 月 25 日
- (3) 监测方式：现场检测

- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）
- (5) 检测方法：测量时仪器探头垂直向下，仪器探头离地 1m，待仪器读数稳定后，通常以约 10s 的间隔读取数据
- (6) 监测工况：辐射环境本底
- (7) 天气环境条件：天气：晴；室外温度：35℃；室内温度：32℃；相对湿度：73%；
- (8) 监测仪器：

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/H (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	2024H21-20-5106288001
检定证书有效期	2024 年 02 月 23 日至 2025 年 02 月 22 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
校准因子 Cf	1.04
探测限	10nSv/h

8.3.5 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持合格证上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器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) 监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。

8.3.6 监测结果

本项目 DSA 手术室及周围环境辐射监测结果见下表。

表 8-2 拟建 DSA 手术室周围环境 γ 射线剂量率检测结果

检测点 编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率(nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1	住院楼三层 DSA 手术室内	93	4	室内
2	DSA 手术室西侧污物通道	97	2	室内
3	DSA 手术室西侧操作间	108	3	室内
4	DSA 手术室南侧过道	104	2	室内
5	DSA 手术室南侧万级手术室	100	2	室内
6	DSA 手术室南侧器械间	100	2	室内
7	DSA 手术室东侧设备机房	94	3	室内
8	DSA 手术室东侧医生办公室	94	2	室内
9	DSA 手术室正上方（四层）	84	1	室内
10	DSA 手术室正下方（二层）	82	3	室内
11	住院楼北侧医院内部道路	100	4	室外
12	住院楼西侧停车场	100	3	室外
13	住院楼南侧医疗综合楼	99	4	室内

注：1.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；
2. γ 辐射空气吸收剂量均已扣除宇宙射线响应值 31.3nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，11#、12#点位取 1，其余点位取 0.8；

8.4 环境现状调查结果评价

由表可知，本项目 DSA 手术室周围环境各室内检测点位的 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 82nGy/h~108nGy/h，室外 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 100nGy/h。由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，嘉兴市建筑物室内 γ 辐射剂量率范围为（76~271）nGy/h，嘉兴市道路上 γ 辐射剂量率为（28~117）nGy/h。因此，本项目辐射工作场所拟建址及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工程分析

9.1.1 建设项目工艺流程和污染源项

医院拟在医院住院楼三层手术部建设 1 间 DSA 手术室及配套用房。项目建设阶段内容主要为防护装修（含铅防护门、配套用房装修等），DSA 射线装置的安装调试等内容。本项目建设阶段工艺流程及产污环节如下：

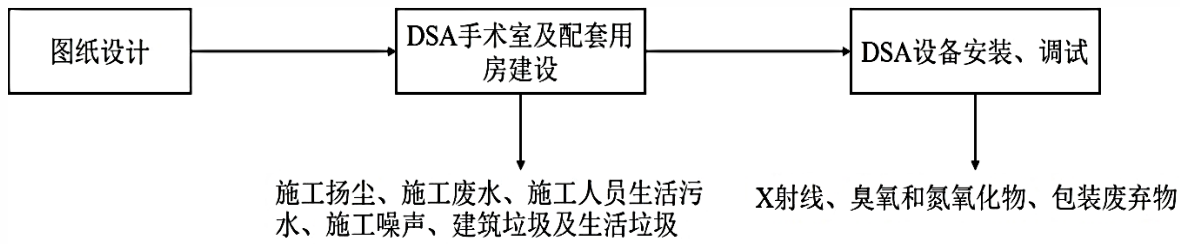


图 9-1 本项目施工期工艺流程及产污环节示意图

项目建设阶段产生的污染物主要包括：

- （1）扬尘
施工过程中会产生扬尘，主要是防护装修过程中产生的扬尘（TSP）。
- （2）噪声
施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声。
- （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。
- （4）固体废物
施工中产生的废弃物（如废材料、建筑垃圾等）以及施工人员产生的生活垃圾。
- （5）臭氧、氮氧化物
设备调试阶段产生的废气主要为少量臭氧、氮氧化物。
- （6）X 射线
本项目射线装置安装调试阶段会产生 X 射线，同时设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

9.2 工艺设备和工艺分析

9.2.1 设备组成及工作原理

- （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下图所示。

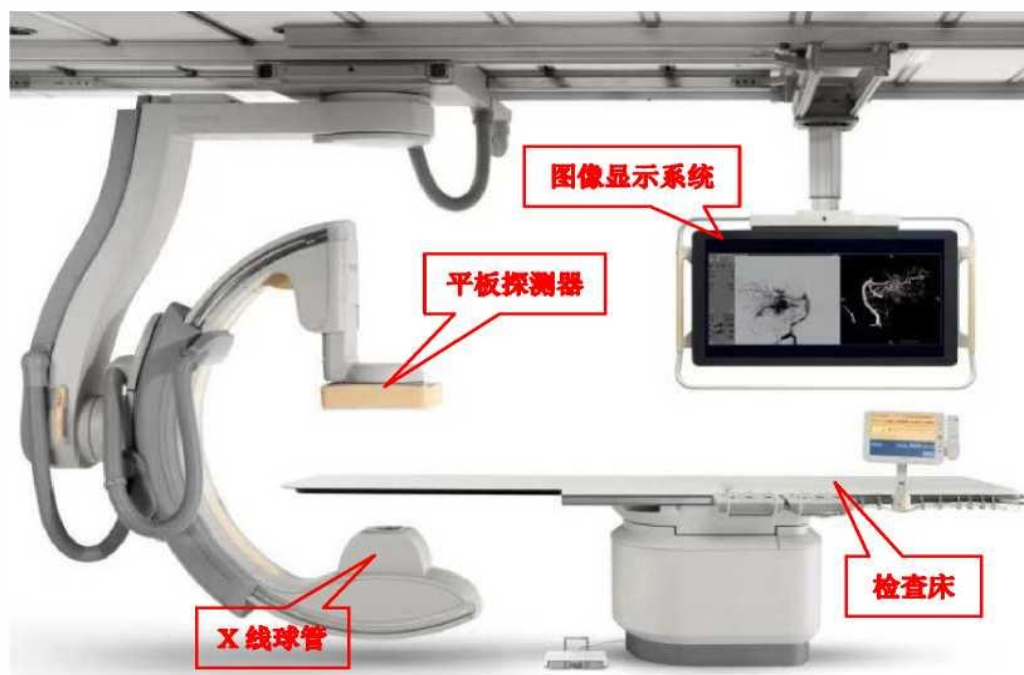


图 9-2 DSA 射线装置整体外观示意图

（2）工作原理

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摄影图像，通过显示器显示出来。

X 射线诊断装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属（如钨、铂、金、钽等）制成。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。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。典型的 X 射线管结构图见图 9-3。

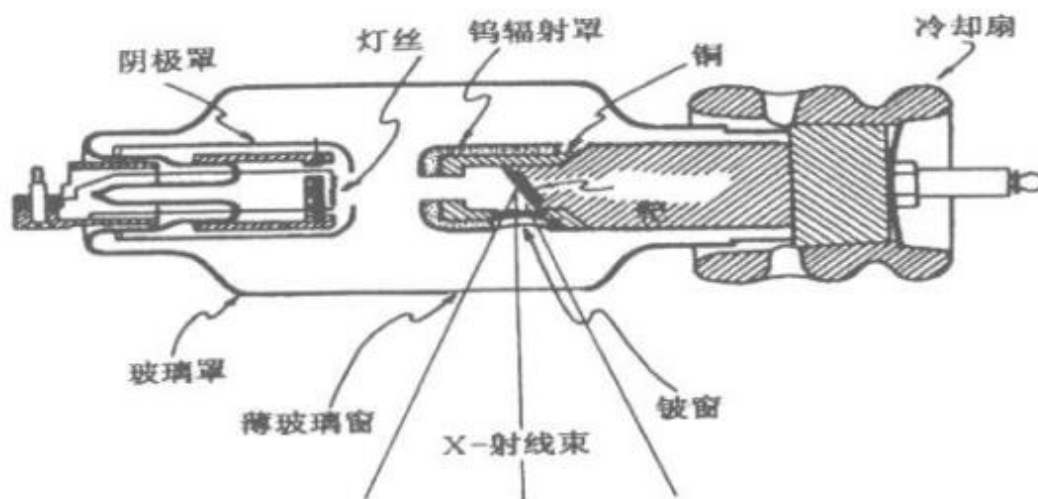


图 9-3 典型 X 射线管结构图

9.2.2 劳动定员及工作负荷

(1) 本项目 DSA 手术室拟配备手术医生 4 名、护士 4 名，控制室配备 2 名技师，共 10 名辐射工作人员，均为医院新增辐射工作人员。辐射工作人员均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 包括透视和摄影两种模式，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 DSA 手术室每年最大工作量为 500 台手术。单台手术需要医生 2 名，护士 2 名，技师 1 名，每次手术 DSA 的最大出束时间包括透视 20min、摄影 2min。本项目 DSA 设备使用情况见表 9-1，本项目辐射工作人员最大工作时间见下表。

表 9-1 本项目拟建 DSA 手术室工作量

人员配置			单台手术最长曝光时间 (min)		年预计最大手术量	年最大出束时间 (h)		
医生	护士	技师	摄影	透视		摄影	透视	小计
4	4	2	2	20	500 台	16.7	166.7	183.3

表 9-2 本项目辐射工作人员工作负荷

单名介入医护人员		单名技师	
年预计最大手术量 (台)	年透视时间 (h/a)	年摄影时间 (h/a)	年透视时间 (h/a)
250	83.3	8.3	83.3

9.2.3 操作流程及产物环节

(1) 操作流程

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 在进行曝光时分为摄影和透视两种情况：

摄影：操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光，医生和护士均退出手术室在控制室观察），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察手术室内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

透视：医生需进行手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师身着铅橡胶围裙、铅防护眼镜等防护用品，在手术室内对病人进行直接的手术操作。

（2）污染因子

DSA 的 X 射线诊断机曝光时，主要污染因子为 X 射线。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。DSA 治疗流程及产污环节如下图所示。

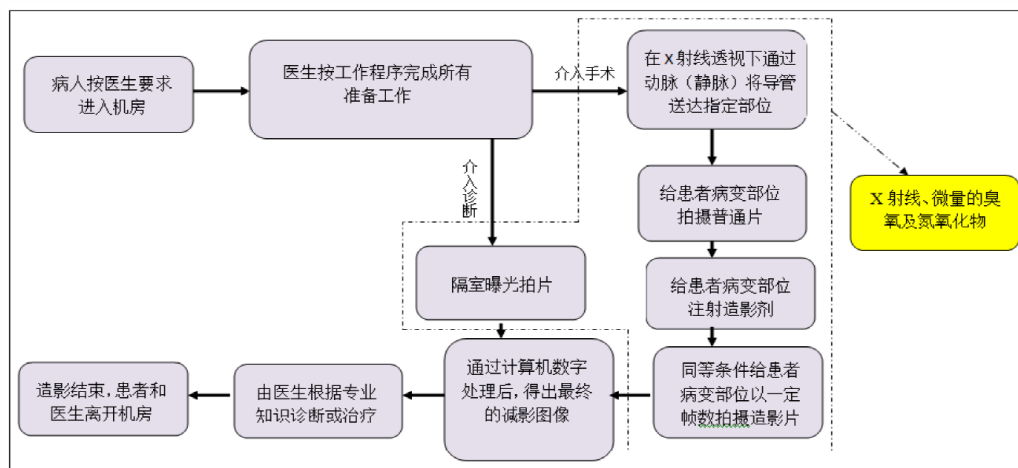


图 9-4 DSA 操作流程及产污环节示意图

综合可知，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

（1）X 射线

据 X 射线装置工作原理，项目主要污染因子为 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

DSA 的散射线主要考虑有用线束照射到受检者人体产生的侧向散射线，其强度与有用线束的 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射面积和距离等有关。

本项目 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，透视模式最大工况为 80kV、20mA；摄影模式最大工况为 100kV、500mA。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《辐射防护导论》（方杰主编）与《医用外照射源的辐射防护》，本项目 DSA 设备 X 射线的源项数据见下表。

表 9-3 本项目 X 射线的源项数据

工作场所	设备名称	主射线或散射线源项（距辐射源点 1m 处输出量）		漏射线源项（辐射源点 1m 处泄漏辐射剂量率）
		摄影工况	透视工况	
DSA 手术室	DSA 射线装置	$5.4 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	$3.6 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	1000 $\mu\text{Gy/h}$

注：①根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）第 5.1.5 条款，除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl，故本项目过滤片保守取为 2.5mmAl。参考《辐射防护导论》（方杰主编）P342 页附图 3，仅有过滤片 2mmAl 和 3mmAl 的曲线图，本次评价保守按过滤片为 2mmAl 进行取值，则摄影（100kV）时 X 射线发射率常数 $\delta_{100\text{kV}} = 9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，则 $H_0(100\text{kV}) = 5.4 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；透视（80kV）时 X 射线发射率常数 $\delta_{80\text{kV}} = 6 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，则 $H_0(80\text{kV}) = 3.6 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

②根据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》P23 页：“（77）用于诊断目的的每一个 X 线管必须封闭在管套内，以使得位于该套内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1 米处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1 毫戈瑞/小时。”，故本项目保守取值为 1000 $\mu\text{Gy/h}$ 。

（2）臭氧和氮氧化物

本项目 DSA 设备在开机并处于出束状态下，空气在 X 射线作用下会分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。本项目 DSA 拟采用独立层流净化系统进行通风换气，层流净化系统的进风口位于手术室吊顶，回风口位于西侧和东侧防护墙离地约 1m 处，手术室内另外安装一个通风量为 500m³/h 的排风装置，排风管道穿墙口位于吊顶上方，废气通过排风管道引至住院楼屋顶高空排出，能保持手术室内良好通风。

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

医院拟在住院楼三层手术部建设 1 间 DSA 手术室及配套用房，布局情况说明见下表。

表 10-1 本项目 DSA 手术室四周布局一览表

DSA 手术室位置	辐射场所	方位	周边房间及场所
医技住院楼三层	DSA 手术室	东侧	医生办公室、设备机房
		南侧	过道
		西侧	操作间、污物通道
		北侧	临空
		楼上	大输液库房
		楼下	PCR 专用走廊、报告室、库房、样本冷库 UPS、净水间和自动流水线操作设备间

结合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）第 6.1 条款的要求，本项目 DSA 手术室布局评价情况如下：

（1）本项目 DSA 有用线束照射方向自下向上，不直接照射门、窗、管线口与工作人员操作位，满足第 6.1.1 条款的要求；

（2）本项目 DSA 手术室位于住院楼三层，DSA 手术室及辅助用房均集中布置，且 DSA 手术室六侧经实体屏蔽后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，对邻室及周围场所的人员影响是可以接受的，满足第 6.1.2 条款的要求；

（3）本项目 DSA 手术室最小单边长度为 6.7m，有效使用面积约 65.36m²，满足第 6.1.5 的要求。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，所在位置便于就诊，能够降低人员受到意外照射的可能性，故本项目 DSA 工作场所平面布局合理可行。

10.1.2 辐射分区管理

（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，在手术室内划出控制区和监督区。该标准规定“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”，“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，但需要经常以职业照射条件进行监督和评价”。

本项目 DSA 手术室两区划分详见下表，两区划分图见附图 8。

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 手术室 (住院楼三层)	DSA 手术室内部	DSA 手术室东侧设备机房和医生办公室，南侧过道，西侧操作间和污物通道

(2) “两区”管控要求

①控制区防护手段与安全措施

- a、控制区进出口及其适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志（图 10-1）；
- 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）

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。

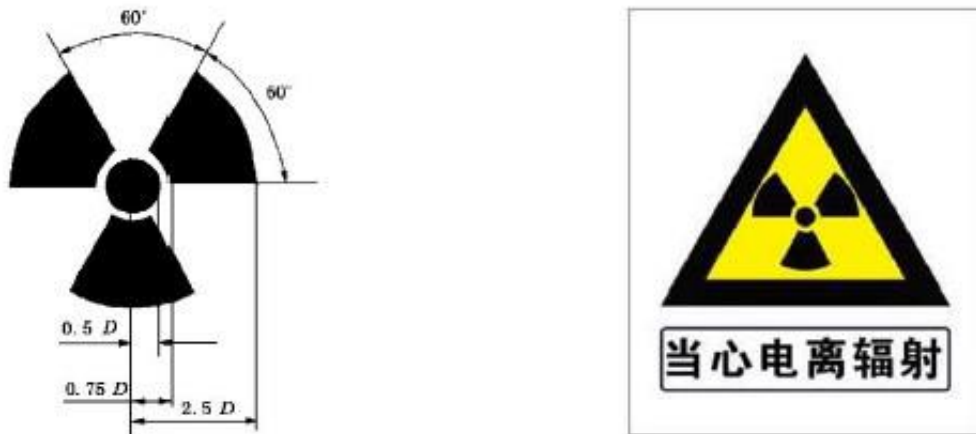


图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

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、在监督区的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，以确保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。

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

依据医院提供的 DSA 手术室各屏蔽体的主要技术参数，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，DSA 手术室的屏蔽状况见表 10-3，手术室最小单边长及有效使用面积见表 10-4。

表 10-3 DSA 手术室屏蔽设计情况

工作场所	屏蔽体	设计值（等效铅当量）	GBZ 130-2020 标准要求	符合性分 析
DSA 手术 室（住院 楼三层手 术部）	北侧墙体	12cm 实心砖+2.0mm 铅板 （3mmPb）	本项目 DSA 射 线装置额定参 数为管电压 125kV，管电流 1000mA。有用 线束及非有用 线束方向铅当 量均为 2mmPb	符合
	东、西、南侧墙体	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡 防护涂料（3.2mmPb）		符合
	医护人员防护门	电动推拉门，内衬 4.0mm 铅板（4mmPb）		符合
	污物通道防护门	手动平开门，内衬 4.0mm 铅板（4mmPb）		符合
	病人出入防护门	电动推拉门，内衬 4.0mm 铅板（4mmPb）		符合
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃 （4mmPb）		符合
	顶棚	12cm 现浇混凝土+30mm 硫 酸钡防护涂料（涂抹于相应 上层地面）（3.2mmPb）		符合
	地坪	12cm 现浇混凝土+30mm 硫 酸钡防护涂料（3.2mmPb）		符合

注：①铅板密度不低于 $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ ，1mm 铅板等效为 1mmPb；铅玻璃密度不低于 $4.6\text{g}/\text{cm}^3$ ；混凝土密度不低于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ；硫酸钡防护涂料密度不低于 $3.2\text{g}/\text{cm}^3$ ；实心砖密度不低于 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ ；
②根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 表 C.4 和表 C.5 可知，在 125kV 管电压下（有用线束），87mm 混凝土等效为 1mmPb，158mm 混凝土等效为 2mmPb，由内插法可得在 125kV 管电压下，12cm 混凝土保守等效为 1.5mmPb；在 125kV 管电压下（有用线束），127mm 砖等效为 1mmPb，因此，125kV 管电压下，12cm 实心砖近似等效为 1.0mmPb；
③硫酸钡防护涂料密度不低于钡水泥密度即 $2.79\text{g}/\text{cm}^3$ ，本项目 DSA 最大管电压为 125kV，根据《放射防护实用手册》（赵兰才 张丹枫编著）表 6.14，本次评价保守按照 150kV 进行取值。150kV 管电压下，38mm 钡水泥密度等效 2mmPb，150kV 管电压下，65mm 钡水泥密度等效 3mmPb，由内插法可得，在 150kV 管电压下，30mm 硫酸钡防护涂料保守等效为 1.7mmPb，45mm 硫酸钡防护涂料保守等效为 2.2mmPb。

表 10-4 手术室面积及单边长度一览表

序号	手术室名称	拟设置情况		GBZ130 表 2 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 ）	
1	DSA 手术室	6.7	65.36	3.5	20	符合

由表 10-3、表 10-4 可知，本项目 DSA 手术室的最小有效使用面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、顶棚、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上及楼下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽防护水平均高于标准要求。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 DSA 手术室防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相关要求。

10.1.4 辐射安全和防护措施

1、设备自带辐射安全防护措施

本项目 DSA 设备具备以下辐射安全防护措施：

- (1) DSA 设备配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置；
- (2) 在手术室内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；
- (3) 控制台和手术室内显示器上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；
- (4) 透视曝光开关为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置；
- (5) DSA 设备配有可安装附加滤过板的装置，并配备不同规格的附加滤过板；
- (6) DSA 设备配备可调节有用线束照射野的限束装置，并提供可标示照射野的灯光野指示装置；
- (7) 控制台与介入手术床旁设有急停按钮（各按钮分别与 X 射线系统串联）。DSA 系统的 X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动任一个急停按钮，均可停止 X 射线系统出束。

本项目 DSA 设备各项技术指标满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）对设备性能的相关要求。

2、场所辐射安全防护措施

(1) 对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）与《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），本项目在设备自带辐射安全防护措施基础上，医院 DSA 工作场所需具备以下辐射安全防护措施：

①DSA 手术室拟设观察窗，其位置便于观察到受检者状态与防护门关闭情况；DSA 手术室内拟设有摄像监控装置，与控制台处显示屏相联，便于观察室内情况。

②DSA 手术室内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

③本项目 DSA 拟采用独立层流净化系统进行通风换气，层流净化系统的进风口位于手术室吊顶，回风口位于西侧和东侧防护墙离地约 1m 处，手术室内另外安装一个通风量为 500m³/h 的排风装置，废气通过排风管道引至住院楼屋顶高空排出。本项目 DSA 机房的排风管道穿墙口位于吊顶上方，穿墙方式为直接穿墙，穿墙口处的通排风管道外包裹 4.0mm 铅皮进行屏蔽补偿，确保通排风管道穿墙孔外侧的辐射剂量将在控制范围内。电缆拟通过电缆沟槽从地坪下方穿越墙体，穿墙方式为直接穿墙，电缆管道穿墙处拟设 4.0mm 铅皮进行屏蔽补偿，管道底部敷设 4.0mm 铅板进行屏蔽补偿。

④DSA 手术室防护门醒目位置拟张贴电离辐射警告标志及中文警示说明；污物通道、医护人员防护门和病人通道防护门上方拟设置有醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，且与防护门有效关联；候诊区应设

置放射防护注意事项告知栏。

⑤本项目 DSA 手术室设计 3 扇防护门，分别为南侧 1 扇病人出入防护门（拟采用电动推拉门），西侧 1 扇医护人员防护门（拟采用电动推拉门）和西侧 1 扇污物通道防护门（拟采用手动平开门），平开门拟设置自动闭门装置，电动推拉门拟设置防夹装置；拟设曝光时关闭手术室门的管理措施。

⑥受检者不应在 DSA 手术室内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在 DSA 手术室内。

（2）为了更好地做好辐射工作场所安全防护管理，医院在 GBZ 130-2020 基础上设以下辐射安全防护措施：

①DSA 手术室防护门采取屏蔽防护时，注意防护门与墙体的搭接应不小于缝隙距离的 10 倍。

②控制室内张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

③对讲装置：在 DSA 手术室与控制室之间安装对讲装置，控制室的工作人员通过对讲机与 DSA 手术室内的手术人员联系。

④DSA 手术室受检者出入口门外拟设置 1m 黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。

本项目 DSA 工作场所的辐射安全设施布置方案见附图 9。

3、辐射防护用品清单

（1）DSA 手术室应配备相应的防护用品与辅助防护设施，其配置要求需求按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求进行配备。个人防护用品配备情况详见下表。

表 10-5 本项目 DSA 手术室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 手术室	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、铅防护眼镜、介入防护手套，配备 5 套	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏、移动铅防护屏风，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	——	铅橡胶颈套、铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾，成人与儿童各 1 套	——	符合

注：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套铅当量不小于 0.5mmPb；铅防护眼镜铅当量不小于 0.25mmPb；介入防护手套不小于 0.025mmPb；铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏铅当量不小于 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、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏铅当量不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量不小于 2mmPb。

(2) 个人防护检测用品

医院拟为核医学科和放疗科各配置 1 台便携式 X-γ 辐射巡测仪，本项目可依托核医学科和放疗科配置的便携式 X-γ 辐射巡测仪，拟配置 5 台个人剂量报警仪，为每名手术医生、护士拟配备 2 枚个人剂量计，包括内、外双个人剂量计，分别佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置及铅围裙内躯干位置，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反；每名技师配备 1 枚个人剂量计，为外个人剂量计。每个季度及时对个人剂量计送检，建立个人剂量健康档案，并长期保存。

4、辐射安全防护措施和设施标准对照

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求，DSA 手术室辐射防护措施符合性分析表见下表。

表 10-6 DSA 手术室设计符合性分析

项目	《放射诊断放射防护要求》 （GBZ130-2020）要求	设计情况	符合性
手术室面积	不小于 20m ² ，单边长度不小于 3.5m。	本项目 DSA 手术室面积最小为 65.36m ² ，单边长度最小为 6.7m。	符合
手术室位置	X 射线设备机房（照射室）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。	根据表 11 核算结果，本项目 DSA 手术室充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。	符合
手术室布局	机房内布局要合理，应避开有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与诊断工作无关的杂物；受检者不应在机房内候诊。	DSA 手术室设计避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；保持 DSA 手术室内整洁、不堆放杂物；DSA 手术室内区域未设置候诊区。	符合
工作人员防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套。	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套，配备不少于 5 套。	符合
手术室辐射防护设施	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。	拟按照标准要求进行设置。	符合
	机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	本项目 DSA 拟采用独立层流净化系统进行通风换气，层流净化系统的进风口位于手术室吊顶，回风口位于西侧和东侧防护墙离地约 1m 处，手术室内另外安装一个通风量为 500m ³ /h 的排风装置，排风管道穿墙口位于吊顶上方，废气通过排风管道引至住院楼屋顶高空排出，能保持手术室内良好通风。	符合
	机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；工作状态指示灯能与机房门有效关联。	拟在 DSA 机房防护门外设电离辐射警告标志、工作状态指示灯等，并设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句；工作状态指示灯和与机房相通的门能有效关联。	符合

医院拟建的 DSA 手术室按相关标准要求进行了设计，DSA 手术室的辐射防护措施均符合相关规定要求，医院应严格按照设计方案进行建设。

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、放射性废气产生，仅有少量臭氧、氮氧化物等有害气体产生，加强通风有利于改善工作场所空气质量。

本项目 DSA 拟采用独立层流净化系统进行通风换气，层流净化系统的进风口位于手术室吊顶，回风口位于西侧和东侧防护墙离地约 1m 处，手术室内另外安装一个通风量为 500m³/h 的排风装置，排风管道穿墙口位于吊顶上方，废气通过排风管道引至住院楼屋顶高空排出，且臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。

10.3 射线装置报废管理要求

本项目后期投入使用后，对拟报废的射线装置，医院应按照《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》中第十八条要求，需要报废 X 射线装置的，使用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。

表11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工阶段环境影响简要分析

本项目 DSA 手术室拟建于住院楼三层手术部，施工期主要是对手术室进行防护装修、装饰施工、设备安装，通过对施工时段的控制以及施工现场严格管理等手段，可使本项目施工期环境影响的范围和强度进一步减小。

(1) 扬尘

施工过程中会产生扬尘，主要是防护装修过程中产生的扬尘（TSP）。建设单位应加强施工区域管理，对施工场地采取围挡措施。施工时采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境和公众的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应及时清理，以免对患者和医院工作人员造成不便。

(2) 废水

本项目施工期产生的废水主要为施工人员的生活污水，生活污水产量较小，生活污水依托医院主体工程化粪池预处理满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中三级标准，其中氨氮、总磷入网执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）中 B 级标准）后纳入市政污水管网，送至海宁市丁桥污水处理厂处理，处理后排放污染物中氨氮、总磷符合浙江省地方标准《城镇污水处理厂主要水污染排放标准》（DB 33/2169-2018）的要求，其余污染物排放达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准排入钱塘江。

(3) 噪声

施工期的噪声主要是由各种施工机械设备产生的噪声，尽量避免在夜间施工且应考虑选择低噪音设备，使施工期间产生的噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中相关标准。

(4) 固体废物

建设过程中产生的装修垃圾堆放在指定的地点，严禁随意堆放和倾倒。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。

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 调试阶段环境影响简要分析

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，在手术室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手术室内进行，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 DSA 手术室周围辐射环境影响评价

1、手术室屏蔽体合理性分析

本项目 DSA 额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，主射方向由下往上。DSA 设备在手术中分摄影和透视两种模式。DSA 摄影（拍片）模式是指 DSA 的 X 射线系统曝光时，工作人员位于控制室，即为隔室操作方式。DSA 透视模式是指在透视条件下，工作人员近台同室进行介入操作。本次评价采用理论计算的方法分别对摄影、透视两种工况下手术室周围的辐射水平进行了预测。

1、预测点位

在介入手术过程中，机头有用线束直接照向患者，根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节指出，在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线，初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱，因此 DSA 屏蔽估算时可不考虑主束照射。因此，本次评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 B 中 B.2.1 条款，计算关注点的位置选取原则为：距墙体、门、窗 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚 100cm，手术室地面下方（楼下）距楼下地面 170cm。

本项目 DSA 手术室周围关注点分布及环境特征情况见表 11-2，预测点位示意图 11-1~图 11-2。

表 11-1 本项目预测点位分布及环境特征

点位编号	点位描述	环境特征	需考虑的辐射类型
1	DSA 手术室第一术者位	DSA 手术室内	泄漏辐射、散射辐射
2	DSA 手术室第二术者位	DSA 手术室内	泄漏辐射、散射辐射
3	DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处	医生办公室	泄漏辐射、散射辐射
4	DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处	设备机房	泄漏辐射、散射辐射
5	DSA 手术室南侧防护门外 30cm 处	过道	泄漏辐射、散射辐射

6	DSA 手术室南侧防护墙外 30cm 处	过道	泄漏辐射、散射辐射
7	DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处	操作间	泄漏辐射、散射辐射
8	DSA 手术室西侧观察窗外 30cm 处	操作间	泄漏辐射、散射辐射
9	DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处	操作间	泄漏辐射、散射辐射
10	DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处	污物通道	泄漏辐射、散射辐射
11	DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处	污物通道	泄漏辐射、散射辐射
12	DSA 手术室北侧防护墙外 30cm 处	临空	泄漏辐射、散射辐射
13	DSA 手术室正上方（楼上）距地面 100cm 处	大输液库房	泄漏辐射、散射辐射
14	DSA 手术室正下方（楼下）距地面 170cm 处	样本冷库	泄漏辐射、散射辐射

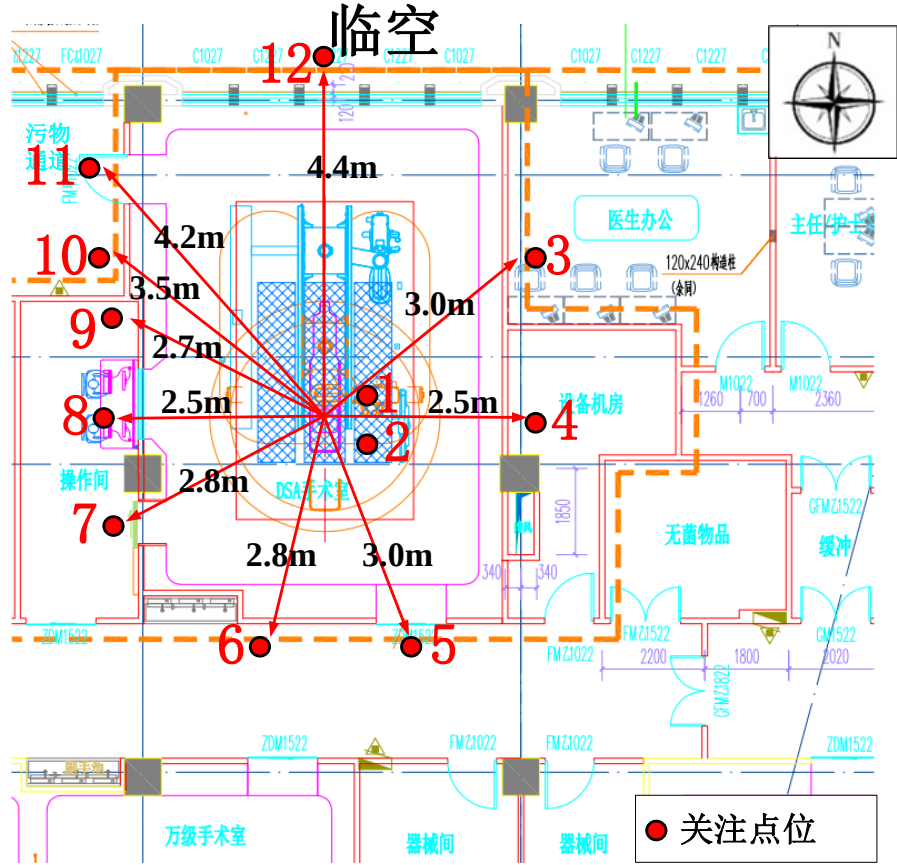


图 11-1 本项目 DSA 手术室平面布局预测点位示意图

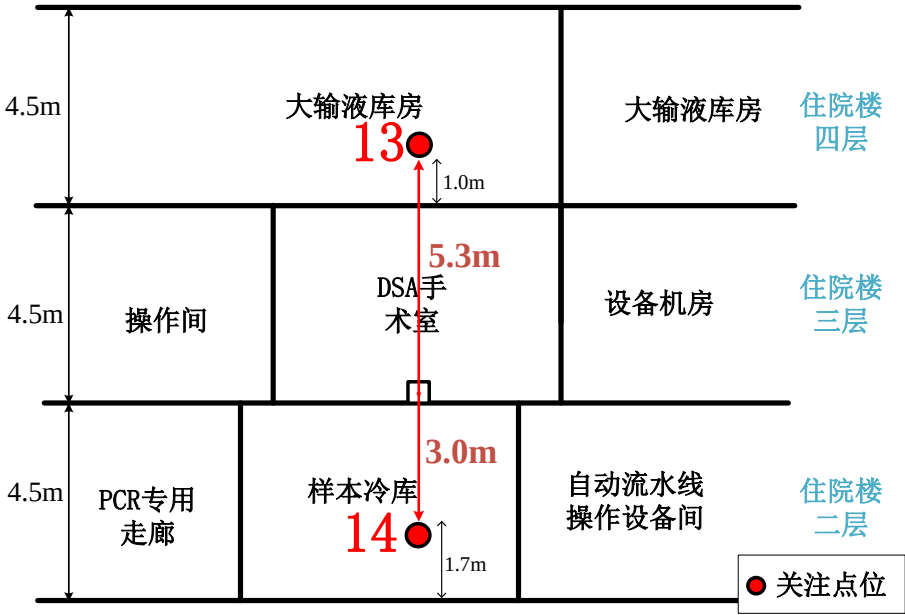


图 11-2 本项目 DSA 手术室剖面布局及预测点位示意图

2、预测工况

根据建设单位提供的资料，本项目DSA设备运行的典型工况见下表。

表 11-2 本项目 DSA 设备运行的典型工况

设备名称	摄影常用最大工况		透视常用最大工况	
	管电压 (kV)	管电流 (mA)	管电压 (kV)	管电流 (mA)
DSA	100	500	80	20

3、预测模式

参考《辐射防护手册——第一分册》（李德平、潘自强主编）P436～P437 页式（10.8）、（10.9）、（10.10），将原公式中的利用因子、占用因子均取为 1，可推导出以下计算公式。

（1）泄漏辐射剂量估算

$$H = \frac{H_L \cdot B}{d^2} \quad (\text{式 11-1})$$

式中：H：关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_L ：距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；根据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》P23 页：“（77）用于诊断目的的每一个 X 线管必须封闭在管套内，以使得位于该套内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1 米处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1 毫戈瑞/小时。”，故本项目保守取值为 $1000\mu\text{Gy/h}$ 。

d：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B：给定屏蔽物质的屏蔽透射因子，取值见表 11-3。

（2）散射辐射剂量估算

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

H_s ：关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

I：管电流，mA；本项目摄影工况管电流为 500mA，透射工况管电流为 20mA；

H_0 ：距靶点 1m 处的 X 射线输出量， $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）第 5.1.5 条款，除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl，故本项目过滤片保守取为 2.5mmAl。参考《辐射防护导论》（方杰主编）P342 页附图 3，仅有过滤片 2mmAl 和 3mmAl 的曲线图，本次评价保守按过滤片为 2mmAl 进行取值，则摄影（100kV）时 X 射线发射率常数为 $\delta_{100\text{kV}} = 9\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，则 $H_{0(100\text{kV})} = 5.4 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；透视（80kV）时 X 射线发射率常数为 $\delta_{80\text{kV}} = 6\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，则 $H_{0(80\text{kV})} = 3.6 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

α : 患者对入射 X 射线的散射比, 根据《辐射防护手册——第一分册》(潘自强、李德平编) P437 页, $\alpha=a/400$, 其中 a 为人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比。对照该手册的表 10.1, 本项目摄影和透视工况下均取入射能量为 100kV 时 90°散射, 则 a 保守取值 0.0013, 即 $\alpha=3.25\times 10^{-6}$;

S: 散射面积, 根据《放射防护使用手册》P305, DSA 射线装置一般的照射野为 9cm×9cm, 本项目保守取 100cm²;

d_0 : 源与患者的距离, 根据《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020) 图 1.3, 本项目取 0.8m;

d_s : 散射体(患者)与关注点的距离, m;

B: 给定屏蔽物质的屏蔽透射因子。

(3) 屏蔽透射因子预测公式

依据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 中第 C.1.2 条款, 对给定的铅厚度, 不同管电压 X 射线辐射在屏蔽材料中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值见表 C.2~表 C.3, 按式 11-3 计算屏蔽透射因子:

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

其中: B: 不同屏蔽材料的屏蔽透射因子;

α 、 β 、 γ : 不同屏蔽材料对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

X: 屏蔽材料厚度。

本项目摄影工况按 100kV 取值, 透视工况保守按 90kV 取值 (GBZ 130-2020 附录 C 表 C.2 中仅有管电压 70kV 和 90kV 的参数取值, 无 80kV 的参数取值), 泄漏辐射、散射辐射屏蔽透射因子计算如下表所示。

表 11-3 本项目屏蔽透射因子结果一览表

辐射类型	工作模式	关注点位置描述	防护情况	屏蔽厚度 (mm)	α	β	γ	B
泄漏辐射	摄影	3# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处医生办公室	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅: 3.2	2.500	15.28	0.7557	2.51E-05
		4# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处设备机房	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅: 3.2	2.500	15.28	0.7557	2.51E-05
		5# DSA 手术室南侧防护门外 30cm 处过道	内衬 4.0mm 铅板	铅: 4.0	2.500	15.28	0.7557	3.39E-06
		6# DSA 手术室南侧防护墙外 30cm 处过道	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅: 3.2	2.500	15.28	0.7557	2.51E-05
		7# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处操作间	内衬 4.0mm 铅板	铅: 4.0	2.500	15.28	0.7557	3.39E-06
		8# DSA 手术室西侧观察窗外 30cm 处操作间	4.0mmPb 铅玻璃	铅: 4.0	2.500	15.28	0.7557	3.39E-06
		9# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处操作间	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅: 3.2	2.500	15.28	0.7557	2.51E-05
		10# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处污物通道	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅: 3.2	2.500	15.28	0.7557	2.51E-05
		11# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处污物通道	内衬 4.0mm 铅板	铅: 4.0	2.500	15.28	0.7557	3.39E-06
		12# DSA 手术室北侧防护墙外 30cm 处临空	12cm 实心砖+2.0mm 铅板	铅: 3.0	2.500	15.28	0.7557	4.14E-05
		13# DSA 手术室正上方 (楼上) 距地面 100cm 处大输液库房	12cm 现浇混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料	铅: 1.7 混凝土: 120	2.500 0.03925	15.28 0.08567	0.7557 0.4273	8.37E-07
		14# DSA 手术室正下方 (楼下) 距地面 170cm 处样本冷库	12cm 现浇混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料	铅: 1.7 混凝土: 120	2.500 0.03925	15.28 0.08567	0.7557 0.4273	8.37E-07
	透视	1# 1 号术者位 (铅橡胶围裙外) 2# 2 号术者位 (铅橡胶围裙外)	0.5mmPb 铅悬挂帘	铅: 0.5	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
		1# 1 号术者位 (铅橡胶围裙内) 2# 2 号术者位 (铅橡胶围裙内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	铅: 0.5 铅: 0.5	3.067 3.067	18.83 18.83	0.7726 0.7726	6.33E-04
		3# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处医生办公室	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅: 3.2	3.067	18.83	0.7726	4.30E-06
		4# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处设备机房	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅: 3.2	3.067	18.83	0.7726	4.30E-06
		5# DSA 手术室南侧防护门外 30cm 处过道	内衬 4.0mm 铅板	铅: 4.0	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
		6# DSA 手术室南侧防护墙外 30cm 处过道	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅: 3.2	3.067	18.83	0.7726	4.30E-06
		7# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处操作间	内衬 4.0mm 铅板	铅: 4.0	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
		8# DSA 手术室西侧观察窗外 30cm 处操作间	4.0mmPb 铅玻璃	铅: 4.0	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
		9# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处操作间	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅: 3.2	3.067	18.83	0.7726	4.30E-06
		10# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处污物通道	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅: 3.2	3.067	18.83	0.7726	4.30E-06
		11# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处污物通道	内衬 4.0mm 铅板	铅: 4.0	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
		12# DSA 手术室北侧防护墙外 30cm 处临空	12cm 实心砖+2.0mm 铅板	铅: 3.0	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06
		13# DSA 手术室正上方 (楼上) 距地面 100cm 处大输液库房	12cm 现浇混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料	铅: 1.7 混凝土: 120	3.067 0.04228	18.83 0.1137	0.7726 0.4690	1.96E-07

散射 辐射		14# DSA 手术室正下方（楼下）距地面 170cm 处样本冷库	12cm 现浇混凝土+30mm 硫酸钡防 护涂料	铅：1.7 混凝土：120	3.067 0.04228	18.83 0.1137	0.7726 0.4690	1.96E-07
		3# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处医生办公室	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅：3.2	2.507	15.33	0.9124	3.82E-05
	摄影	4# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处设备机房	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅：3.2	2.507	15.33	0.9124	3.82E-05
		5# DSA 手术室南侧防护门外 30cm 处过道	内衬 4.0mm 铅板	铅：4.0	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
		6# DSA 手术室南侧防护墙外 30cm 处过道	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅：3.2	2.507	15.33	0.9124	3.82E-05
		7# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处操作间	内衬 4.0mm 铅板	铅：4.0	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
		8# DSA 手术室西侧观察窗外 30cm 处操作间	4.0mmPb 铅玻璃	铅：4.0	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
		9# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处操作间	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅：3.2	2.507	15.33	0.9124	3.82E-05
		10# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处污物通道	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅：3.2	2.507	15.33	0.9124	3.82E-05
		11# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处污物通道	内衬 4.0mm 铅板	铅：4.0	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
		12# DSA 手术室北侧防护墙外 30cm 处临空	12cm 实心砖+2.0mm 铅板	铅：3.0	2.507	15.33	0.9124	6.31E-05
		13# DSA 手术室正上方（楼上）距地面 100cm 处大输液库房	12cm 现浇混凝土+30mm 硫酸钡防 护涂料	铅：1.7 混凝土：120	2.507 0.03925	15.33 0.08567	0.9124 0.4273	1.26E-06
		14# DSA 手术室正下方（楼下）距地面 170cm 处样本冷库	12cm 现浇混凝土+30mm 硫酸钡防 护涂料	铅：1.7 混凝土：120	2.507 0.03925	15.33 0.08567	0.9124 0.4273	1.26E-06
	透视	1# 1 号术者位（铅橡胶围裙外） 2# 2 号术者位（铅橡胶围裙外）	0.5mmPb 铅悬挂帘	铅：0.5	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
		1# 1 号术者位（铅橡胶围裙内） 2# 2 号术者位（铅橡胶围裙内）	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	铅：0.5 铅：0.5	3.067 3.067	18.83 18.83	0.7726 0.7726	6.33E-04
		3# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处医生办公室	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅：3.2	3.067	18.83	0.7726	4.30E-06
		4# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处设备机房	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅：3.2	3.067	18.83	0.7726	4.30E-06
		5# DSA 手术室南侧防护门外 30cm 处过道	内衬 4.0mm 铅板	铅：4.0	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
		6# DSA 手术室南侧防护墙外 30cm 处过道	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅：3.2	3.067	18.83	0.7726	4.30E-06
		7# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处操作间	内衬 4.0mm 铅板	铅：4.0	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
		8# DSA 手术室西侧观察窗外 30cm 处操作间	4.0mmPb 铅玻璃	铅：4.0	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
		9# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处操作间	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅：3.2	3.067	18.83	0.7726	4.30E-06
		10# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处污物通道	12cm 实心砖+45mm 硫酸钡防护涂料	铅：3.2	3.067	18.83	0.7726	4.30E-06
		11# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处污物通道	内衬 4.0mm 铅板	铅：4.0	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
		12# DSA 手术室北侧防护墙外 30cm 处临空	12cm 实心砖+2.0mm 铅板	铅：3.0	3.067	18.83	0.7726	7.93E-06
		13# DSA 手术室正上方（楼上）距地面 100cm 处大输液库房	12cm 现浇混凝土+30mm 硫酸钡防 护涂料	铅：1.7 混凝土：120	3.067 0.04228	18.83 0.1137	0.7726 0.4690	1.96E-07
		14# DSA 手术室正下方（楼下）距地面 170cm	12cm 现浇混凝土+30mm 硫酸钡防	铅：1.7	3.067	18.83	0.7726	1.96E-07

		处样本冷库	护涂料	混凝土: 120	0.04228	0.1137	0.4690	
--	--	-------	-----	----------	---------	--------	--------	--

4、预测结果

(1) 各关注点漏射辐射剂量率计算参数及结果见下表。

表 11-4 本项目泄漏辐射预测结果一览表

工作模式	关注点位置描述	H _L (μGy/h)	d (m)	B	H (μGy/h)
摄影	3# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处医生办公室	1000	3.0	2.51E-05	2.79E-03
	4# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处设备机房	1000	2.5	2.51E-05	4.01E-03
	5# DSA 手术室南侧防护门外 30cm 处过道	1000	3.0	3.39E-06	3.76E-04
	6# DSA 手术室南侧防护墙外 30cm 处过道	1000	2.8	2.51E-05	3.20E-03
	7# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处操作间	1000	2.8	3.39E-06	4.32E-04
	8# DSA 手术室西侧观察窗外 30cm 处操作间	1000	2.5	3.39E-06	5.42E-04
	9# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处操作间	1000	2.7	2.51E-05	3.44E-03
	10# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处污物通道	1000	3.5	2.51E-05	2.05E-03
	11# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处污物通道	1000	4.2	3.39E-06	1.92E-04
	12# DSA 手术室北侧防护墙外 30cm 处临空	1000	4.4	4.14E-05	2.14E-03
	13# DSA 手术室正上方(楼上)距地面 100cm 处大输液库房	1000	5.3	8.37E-07	2.98E-05
	14# DSA 手术室正下方(楼下)距地面 170cm 处样本冷库	1000	3.0	8.37E-07	9.30E-05
透视	1# 1 号术者位(铅橡胶围裙外)	1000	0.6	2.52×10 ⁻²	70
	1# 1 号术者位(铅橡胶围裙内)	1000	0.6	6.33×10 ⁻⁴	1.76
	2# 2 号术者位(铅橡胶围裙外)	1000	1.2	2.52×10 ⁻²	17.5
	2# 2 号术者位(铅橡胶围裙内)	1000	1.2	6.33×10 ⁻⁴	4.39E-01
	3# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处医生办公室	1000	3.0	4.30E-06	4.78E-04
	4# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处设备机房	1000	2.5	4.30E-06	6.88E-04
	5# DSA 手术室南侧防护门外 30cm 处过道	1000	3.0	3.69E-07	4.10E-05
	6# DSA 手术室南侧防护墙外 30cm 处过道	1000	2.8	4.30E-06	5.48E-04
	7# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处操作间	1000	2.8	3.69E-07	4.71E-05
	8# DSA 手术室西侧观察窗外 30cm 处操作间	1000	2.5	3.69E-07	5.90E-05
	9# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处操作间	1000	2.7	4.30E-06	5.90E-04
	10# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处污物通道	1000	3.5	4.30E-06	3.51E-04
	11# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处污物通道	1000	4.2	3.69E-07	2.09E-05
	12# DSA 手术室北侧防护墙外 30cm 处临空	1000	4.4	7.93E-06	4.10E-04

	13# DSA 手术室正上方（楼上）距地面 100cm 处大输液库房	1000	5.3	1.96E-07	6.98E-06
	14# DSA 手术室正下方（楼下）距地面 170cm 处样本冷库	1000	3.0	1.96E-07	2.18E-05

（2）各关注点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表。

表 11-5 本项目散射辐射预测结果一览表

工作模式	关注点位置描述	H_0 ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	I (mA)	α	S (cm^2)	d_0 (m)	d_s (m)	B	H_s ($\mu\text{Gy/h}$)
摄影	3# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处医生办公室	5.40E+05	500	3.25E-06	100	0.8	3	2.51E-05	3.82E-01
	4# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处设备机房	5.40E+05	500	3.25E-06	100	0.8	2.5	2.51E-05	5.50E-01
	5# DSA 手术室南侧防护门外 30cm 处过道	5.40E+05	500	3.25E-06	100	0.8	3	3.39E-06	5.16E-02
	6# DSA 手术室南侧防护墙外 30cm 处过道	5.40E+05	500	3.25E-06	100	0.8	2.8	2.51E-05	4.39E-01
	7# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处操作间	5.40E+05	500	3.25E-06	100	0.8	2.8	3.39E-06	5.92E-02
	8# DSA 手术室西侧观察窗外 30cm 处操作间	5.40E+05	500	3.25E-06	100	0.8	2.5	3.39E-06	7.43E-02
	9# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处操作间	5.40E+05	500	3.25E-06	100	0.8	2.7	2.51E-05	4.72E-01
	10# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处污物通道	5.40E+05	500	3.25E-06	100	0.8	3.5	2.51E-05	2.81E-01
	11# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处污物通道	5.40E+05	500	3.25E-06	100	0.8	4.2	3.39E-06	2.63E-02
	12# DSA 手术室北侧防护墙外 30cm 处临空	5.40E+05	500	3.25E-06	100	0.8	4.4	4.14E-05	2.93E-01
	13# DSA 手术室正上方（楼上）距地面 100cm 处大输液库房	5.40E+05	500	3.25E-06	100	0.8	5.3	8.37E-07	4.08E-03
	14# DSA 手术室正下方（楼下）距地面 170cm 处样本冷库	5.40E+05	500	3.25E-06	100	0.8	3	8.37E-07	1.27E-02
透视	1# 1 号术者位（铅橡胶围裙外）	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	0.6	2.52×10^{-2}	255
	1# 1 号术者位（铅橡胶围裙内）	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	0.6	6.33×10^{-4}	6.43
	12# 2 号术者位（铅橡胶围裙外）	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	1.2	2.52×10^{-2}	63.87
	12# 2 号术者位（铅橡胶围裙内）	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	1.2	6.33×10^{-4}	1.61
	3# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处医生办公室	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	3	2.72×10^{-7}	1.75E-03
	4# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处设备机房	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	2.5	2.72×10^{-7}	2.52E-03
	5# DSA 手术室南侧防护门外 30cm 处过道	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	3	7.96×10^{-8}	1.50E-04
	6# DSA 手术室南侧防护墙外 30cm 处过道	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	2.8	7.96×10^{-8}	2.01E-03
	7# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处操作间	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	2.8	2.72×10^{-7}	1.72E-04
	8# DSA 手术室西侧观察窗外 30cm 处操作间	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	2.5	2.72×10^{-7}	2.16E-04
	9# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处操作间	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	2.7	7.96×10^{-8}	2.16E-03
	10# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处污物通道	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	3.5	2.72×10^{-7}	1.28E-03
	11# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处污物通道	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	4.2	2.72×10^{-7}	7.65E-05

	12# DSA 手术室北侧防护墙外 30cm 处临空	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	4.4	2.72×10^{-7}	1.50E-03
	13# DSA 手术室正上方（楼上）距地面 100cm 处大输液库房	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	5.3	1.43×10^{-7}	2.55E-05
	14# DSA 手术室正下方（楼下）距地面 170cm 处样本冷库	3.60E+05	20	3.25E-06	100	0.8	3	1.43×10^{-7}	7.96E-05

（3）综上，将各个预测点的总辐射剂量率统计于下表。

表 11-6 各个预测点的总辐射剂量率一览表

工作模式	关注点位置描述	泄漏辐射剂量率($\mu\text{Gy/h}$)	散射辐射剂量率($\mu\text{Gy/h}$)	总辐射剂量率($\mu\text{Gy/h}$)
摄影	3# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处医生办公室	2.79E-03	3.82E-01	3.85E-01
	4# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处设备机房	4.01E-03	5.50E-01	5.54E-01
	5# DSA 手术室南侧防护门外 30cm 处过道	3.76E-04	5.16E-02	5.20E-02
	6# DSA 手术室南侧防护墙外 30cm 处过道	3.20E-03	4.39E-01	4.42E-01
	7# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处操作间	4.32E-04	5.92E-02	5.96E-02
	8# DSA 手术室西侧观察窗外 30cm 处操作间	5.42E-04	7.43E-02	7.48E-02
	9# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处操作间	3.44E-03	4.72E-01	4.75E-01
	10# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处污物通道	2.05E-03	2.81E-01	2.83E-01
	11# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处污物通道	1.92E-04	2.63E-02	2.65E-02
	12# DSA 手术室北侧防护墙外 30cm 处临空	2.14E-03	2.93E-01	2.95E-01
	13# DSA 手术室正上方（楼上）距地面 100cm 处大输液库房	2.98E-05	4.08E-03	4.11E-03
	14# DSA 手术室正下方（楼下）距地面 170cm 处样本冷库	9.30E-05	1.27E-02	1.28E-02
透视	1# 1 号术者位（铅橡胶围裙外）	70	255	325
	1# 1 号术者位（铅橡胶围裙内）	1.76	6.43	8.19
	12# 2 号术者位（铅橡胶围裙外）	17.5	63.87	81.4
	12# 2 号术者位（铅橡胶围裙内）	4.39E-01	1.61	2.05
	3# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处医生办公室	4.78E-04	1.75E-03	2.22E-03
	4# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处设备机房	6.88E-04	2.52E-03	3.20E-03
	5# DSA 手术室南侧防护门外 30cm 处过道	4.10E-05	1.50E-04	1.91E-04
	6# DSA 手术室南侧防护墙外 30cm 处过道	5.48E-04	2.01E-03	2.55E-03
	7# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处操作间	4.71E-05	1.72E-04	2.19E-04
	8# DSA 手术室西侧观察窗外 30cm 处操作间	5.90E-05	2.16E-04	2.75E-04
	9# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处操作间	5.90E-04	2.16E-03	2.75E-03
	10# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处污物通道	3.51E-04	1.28E-03	1.63E-03

	11# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处污物通道	2.09E-05	7.65E-05	9.74E-05
	12# DSA 手术室北侧防护墙外 30cm 处临空	4.10E-04	1.50E-03	1.91E-03
	13# DSA 手术室正上方（楼上）距地面 100cm 处大输液库房	6.98E-06	2.55E-05	3.25E-05
	14# DSA 手术室正下方（楼下）距地面 170cm 处样本冷库	2.18E-05	7.96E-05	1.01E-04

由上表可知：本项目 DSA 射线装置在正常运行情况下，DSA 手术室周围各关注点处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“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”与“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序手术室外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h”的要求。

11.2.2 年有效剂量估算

1、年有效剂量估算

①估算公式

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。

$$E = D_r \cdot U \cdot T \cdot K \cdot t \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

E——X 射线外照射年有效剂量，mSv/a；

D_r ——关注点处空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

U——关注点位置的方向使用因子，全部取 1；

T——人员在关注点位置的居留因子；

k——Sv/Gy 剂量转换系数，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），光子的辐射权重因子 $WR=1$ ，则本项目 k 取值 1；

t——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，具体数值见下表。

表 11-7 不同场所的居留因子

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估算结果

根据（式 11-4）与表 11-6，本项目理论预测环境影响分析下保护目标的年有效剂量估算结果详见下表。由于摄影时，医护人员均退出 DSA 手术室，在控制室内观察，故医护人员在 DSA 摄影工况下受到的辐射照射与控制室人员相当。

表 11-8 各预测点年有效剂量估算结果

工作模式	关注点位置描述	总辐射剂量率(μGy/h)	年受照时间(h)	居留因子	年有效剂量(mSv)	涉及人员类型
摄影	3# DSA 手术室东侧防护墙外30cm 处医生办公室	3.85E-01	16.7	1	6.43E-03	公众
	4# DSA 手术室东侧防护墙外30cm 处设备机房	5.54E-01		1/16	5.78E-04	
	5# DSA 手术室南侧防护门外30cm 处过道	5.20E-02		1/4	2.17E-04	
	6# DSA 手术室南侧防护墙外30cm 处过道	4.42E-01		1/4	1.85E-03	
	7# DSA 手术室西侧防护门外30cm 处操作间	5.96E-02	8.3	1	4.95E-04	职业
	8# DSA 手术室西侧观察窗外30cm 处操作间	7.48E-02		1	6.21E-04	
	9# DSA 手术室西侧防护墙外30cm 处操作间	4.75E-01		1	3.95E-03	
	10# DSA 手术室西侧防护墙外30cm 处污物通道	2.83E-01	16.7	1/4	1.18E-03	公众
	11# DSA 手术室西侧防护门外30cm 处污物通道	2.65E-02		1/4	1.11E-04	
	13# DSA 手术室正上方（楼上）距地面 100cm 处大输液库房	4.11E-03		1/16	4.29E-06	
	14# DSA 手术室正下方（楼下）距地面 170cm 处样本冷库	1.28E-02		1/16	1.34E-05	
透视	1#1 号术者位（铅橡胶围裙外）	325	83.3	1	27.11	职业 (手术室内)
	1#1 号术者位（铅橡胶围裙内）	8.19		1	6.82E-01	
	2#2 号术者位（铅橡胶围裙外）	81.4		1	6.78	
	2#2 号术者位（铅橡胶围裙内）	2.05		1	1.70E-01	
	3# DSA 手术室东侧防护墙外30cm 处医生办公室	2.22E-03	166.7	1	3.71E-04	公众
	4# DSA 手术室东侧防护墙外30cm 处设备机房	3.20E-03		1/16	3.34E-05	
	5# DSA 手术室南侧防护门外30cm 处过道	1.91E-04		1/4	7.96E-06	
	6# DSA 手术室南侧防护墙外30cm 处过道	2.55E-03		1/4	1.06E-04	
	7# DSA 手术室西侧防护门外30cm 处操作间	2.19E-04	83.3	1	1.83E-05	职业
	8# DSA 手术室西侧观察窗外30cm 处操作间	2.75E-04		1	2.29E-05	
	9# DSA 手术室西侧防护墙外30cm 处操作间	2.75E-03		1	2.29E-04	
	10# DSA 手术室西侧防护墙外30cm 处污物通道	1.63E-03	166.7	1/4	6.81E-05	公众
	11# DSA 手术室西侧防护门外30cm 处污物通道	9.74E-05		1/4	4.06E-06	
	13# DSA 手术室正上方（楼上）距地面 100cm 处大输液库房	3.25E-05		1/16	3.39E-07	
	14# DSA 手术室正下方（楼下）距地面 170cm 处样本冷库	1.01E-04		1/16	1.06E-06	
备注：DSA 手术室北侧临空，因此不进行年有效剂量估算。						

表 11-9 DSA 手术室对本项目保护目标的年有效剂量贡献值估算结果

关注点位置描述	摄影 (mSv/a)	透视 (mSv/a)	总年有效剂 量(mSv)	涉及人 员类型
3# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处医生办公室	6.43E-03	3.71E-04	6.80E-03	公众
4# DSA 手术室东侧防护墙外 30cm 处设备机房	5.78E-04	3.34E-05	6.11E-04	
5# DSA 手术室南侧防护门外 30cm 处过道	2.17E-04	7.96E-06	2.25E-04	
6# DSA 手术室南侧防护墙外 30cm 处过道	1.85E-03	1.06E-04	1.96E-03	
7# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处操作间	4.95E-04	1.83E-05	5.13E-04	职业
8# DSA 手术室西侧观察窗外 30cm 处操作间	6.21E-04	2.29E-05	6.44E-04	
9# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处操作间	3.95E-03	2.29E-04	4.18E-03	
10# DSA 手术室西侧防护墙外 30cm 处污物通道	1.18E-03	6.81E-05	1.25E-03	公众
11# DSA 手术室西侧防护门外 30cm 处污物通道	1.11E-04	4.06E-06	1.15E-04	
13# DSA 手术室正上方（楼上）距地面 100cm 处 大输液库房	4.29E-06	3.39E-07	4.63E-06	
14# DSA 手术室正下方（楼下）距地面 170cm 处 样本冷库	1.34E-05	1.06E-06	1.45E-05	
备注：DSA 手术室北侧临空，因此不进行年有效剂量估算。				

根据上表可知，本项目 DSA 控制室辐射工作人员最大年剂量为 4.18E-03mSv，低于职业人员年有效剂量约束值（5mSv）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员剂量限值（20mSv）的要求。

本项目 DSA 手术室周围公众年剂量最大为 6.80E-03mSv，低于公众成员年有效剂量约束值（0.25mSv）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众成员剂量限值（1mSv）的要求。

50m 评价范围内的其他保护目标均位于上述预测关注点离 DSA 手术室更远的区域，根据辐射剂量率与距离平方成反比的原理，其所受辐射影响不大于靠近手术室的预测关注点，同样满足年有效剂量约束值要求。

因此，本项目 DSA 工作场所的防护设计满足要求，正常运行后产生的辐射影响满足标准要求，对人员产生的辐射影响较小。

2、手术室内介入医护人员年有效剂量

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。

$$E=\alpha H_u+\beta H_o \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

E：有效剂量中的外照射分量，单位：mSv；

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

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

H_o ：铅橡胶围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位：mSv；

H_0 : 铅橡胶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。

$$H_u = \dot{H}_u \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-6)$$

式中: $\dot{H}_u$ ——铅围裙内腰部附近的辐射水平, $\mu\text{Sv/h}$ 。

t ——单名介入手术医生年透视时间, 根据医院提供的资料, 本项目 DSA 手术室单名介入手术医护人员年手术台数为 250 台, 每台手术平均透视时间为 20min, 则单名手术医生年透视时间为 83.3h/a。

$$H_0 = \dot{H}_0 \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中: $\dot{H}_0$ ——铅围裙外锁骨对应的衣领附近的辐射水平, $\mu\text{Sv/h}$ 。

t ——意义和取值均同上。

根据 GBZ 130-2020) 第 6.5.1 条款和第 6.5.3 条款, 本项目介入工作人员必须配置铅橡胶颈套, 且铅当量不小于 0.5mmPb, 则本项目系数 α 取值 0.79, β 取值 0.051。根据公式 (11-5) ~ 公式 (11-7), 本项目手术室内介入医护人员的年有效剂量估算结果见下表。

表 11-10 手术室内介入医护人员透视模式年有效剂量估算结果

人员属性	α	H_u (mSv)	β	H_0 (mSv)	E (mSv)
手术医生 (第一术者位)	0.79	6.82E-01	0.051	27.11	1.92E+00
手术医生 (第二术者位)		1.70E-01		6.78	4.80E-01

表 11-11 手术室内介入医护人员年有效剂量估算结果

人员属性	摄影 (mSv)	透视 (mSv)	年有效剂量 (mSv)
介入医生 (第一术者位)	6.21E-04	1.92E+00	1.92E+00
介入医生 (第二术者位)	6.21E-04	4.80E-01	4.81E-01

由上表可知, 本项目介入手术室内的辐射工作人员年有效剂量最大为 1.92mSv, 满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求。

根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) 中 6.1.3 规定: “当放射工作人员的年个人剂量当量小于 20mSv 时, 一般只需将个人剂量当量 $H_p(10)$ 视为有效剂量进行评价, 无需对辐射人员的眼晶状体、皮肤和四肢的剂量进行评价。” 因此, 本报告不对眼晶体、皮肤与四肢进行评价。

综上所述, 本项目 DSA 手术室经实体屏蔽后, 对 DSA 手术室外辐射工作人员与周围公众的环境影响较小。同时在开展手术时, 在采取有效的辐射防护措施和医院良好的管理情况下, 辐射工作人员的年有效剂量均可以满足标准剂量限值与本项目剂量约束值的要求。

11.2.3 “三废”影响分析

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水和放射性固废产生, “三废”主要

为臭氧和氮氧化物等非放射性气体。

本项目使用的 DSA 射线装置曝光时产生的臭氧与氮氧化物量很少，本项目 DSA 手术室拟采用独立层流净化系统进行通风换气，且另外安装一个通风量为 500m³/h 的排风装置，排风管道穿墙口位于吊顶上方，曝光过程中产生的极少量的臭氧、氮氧化物等气体通过排风管道引至住院楼屋顶高空排出，臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境的影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射风险识别

(1) DSA 控制室操作人员或病人家属在防护门关闭后未撤离手术室，而射线装置出束时造成的误照射，引发辐射事故；

(2) DSA 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，引发辐射事故；

(3) DSA 手术室安全联锁装置发生故障状况下，人员误入正在运行的 DSA 手术室，造成有关人员被误照射，引发辐射事故。

11.3.2 风险防范措施

为减少辐射事故的发生，医院需做好以下防范措施：

(1) DSA 放置于专用手术室内使用，手术室采用实体屏蔽进行辐射防护，防护当量满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。

(2) 工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求穿戴好各种辐射防护用品；定期检查手术室的性能，检查门灯联锁装置和闭门装置是否完好，检查有关的安全警示标志是否正常工作；操作曝光前应检查手术室内有无无关人员逗留，手术室防护门是否关闭到位，避免无关人员误入正在使用 X 射线装置的手术室。

(3) 设备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。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，本项目辐射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手术室误照射。

医院对可能发生的辐射事故，应及时采取应急措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，同时上报生态环境部门和卫生主管部门，并接受监督部门的处理。

11.3.3 应急处置预案

针对以上可能发生的事故风险，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和防护管理办法》等有关规定，医院应制定辐射事故应急方案，并定期进行演练，及时整改，同时还应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。

一旦发生辐射事故，应按以下基本原则进行处理：

①第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，根据估算结果，必要时及时安置受照人员就医检查。

③及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理，可缩小事故影响，减少事故损失。

④事故处理后应整理资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

⑤当发生或发现辐射事故，当事人应立即向医院的辐射安全负责人和法定代表人报告。当事故发生时，医院应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向卫生主管部门报告。

表12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置 12.1.1 机构设置 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等有关法律法规，使用Ⅱ类 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，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；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。 根据相关法律法规，医院拟应成立辐射安全管理领导小组，由于《浙江迦南肿瘤医院有限公司新建放射诊疗项目环境影响报告表》中根据相关标准，要求医院拟应成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。该辐射安全管理领导小组成立后可满足本次项目环保管理工作的需求，因此，本次评价不额外要求成立辐射安全管理领导小组。 12.1.2 辐射工作人员管理 （1）根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，医院应及时组织本项目辐射工作人员进行个人剂量检测（常规监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天）与职业健康体检（不少于 1 次/2 年），个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年；职业健康监护档案应长期保存。 （2）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》（2019 年，第 57 号）的相关要求，自 2020 年 1 月 1 日起，医院拟组织从事辐射活动的工作人员，通过生态环境部培训平台（http://fushe.mee.gov.cn）报名并参加考核，经考核合格取得合格证后方可持证上岗，并按时接受再培训。 12.1.3 年度评估报告 医院应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 http://rr.mee.gov.cn）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

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管理办法》等有关要求，使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并制定完善的辐射事故应急措施。

《浙江迦南肿瘤医院有限公司新建放射诊疗项目》目前仍在施工阶段，医院暂未申领取得《辐射安全许可证》，尚未开展任何辐射相关的活动，因此，本小节所涉及到的辐射管理工作医院正在积极安排中，医院承诺会严格按照环境影响报告表、环评批复及国家相关标准要求落实各项辐射安全措施，做好辐射安全管理和应急预案工作，保证辐射活动正常运行。《浙江迦南肿瘤医院有限公司新建放射诊疗项目环境影响报告表》中已要求医院根据相关标准制定《辐射防护和安全保卫制度》、《操作规程》、《岗位职责》、《设备检修维护制度》、《射线装置使用登记制度》、《人员培训计划》、《个人剂量检测方案》、《辐射环境监测方案》、《辐射事故应急预案》等规章制度。

结合考虑到医院为首次配置 DSA 设备，本次评价建议医院结合本项目开展特点，对相关辐射安全管理制度进行针对性的补充、完善，重新制定相关规章制度后张贴于本项目 DSA 相关辐射工作现场，使之切实可行又符合相关管理规定，并付诸严格执行。拟补充、完善的内容如下：

- ①DSA 操作规程；
- ②射线装置报废管理制度；
- ③辐射安全档案管理制度；
- ④DSA 工作场所的监测方案纳入监测制度；
- ⑤结合 DSA 运行时的辐射风险，完善辐射事故应急预案。

综上所述，医院在落实上述制度后，能够确保本项目 DSA 装置的安全使用，满足国家相关的辐射安全管理及技术层面要求。在日后的工作实践中，医院应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，并严格按照制度进行。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》中第十六条

规定，使用Ⅱ类射线装置的单位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。

本项目便携式 X-γ 巡测仪可依托核医学科和放疗科配置的，医院为辐射工作人员拟配置 5 台个人剂量报警仪，本项目每位手术医生、护士配备 2 枚个人剂量计，技师每人配备 1 枚个人剂量计，并建立个人剂量档案。

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 1 月 31 日前须向生态环境部门上报备案。监测计划见下表。

表 12-1 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类型	监测因子	监测频次	监测方式	监测布点	监测依据
验收监测	周围剂量当量率	验收期间，监测 1 次	委托监测	（1）防护门外及四侧屏蔽墙外 30cm，距地面 1m 处、管孔穿墙处； （2）手术室上方（楼上）距地 100cm 处； 手术室地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处； （3）周围需要关注的监督区。	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）
常规监测		1 次/年	自行监测		
年度监测		1 次/年	委托监测		

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第四十一条的规定，医院应成立相应的辐射事故应急机构，负责本单位的放射事故应急管理工作，主要包括下列内容：

- （1）应急机构和职责分工（具体人员和联系电话）；
- （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）辐射事故调查、报告和处理程序；
- （5）生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- （6）编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

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，采取必要的防

范措施并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生行政部门报告，当发生人为破坏行为时，应及时向公安部门报备，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。

医院现阶段处于建设中，暂未有辐射事故应急有关的人员实施培训和演练，本次评价建议医院在《浙江迦南肿瘤医院有限公司新建放射诊疗项目环境影响报告表》要求制定的《辐射事故应急预案》中补充完善 DSA 设备相关应急内容，并应每年对与辐射事故应急有关的人员实施培训和演练，以验证该预案的有效性。为降低事故发生概率，医院必须加强管理力度，提高辐射工作人员技术水平，严格按规范操作，认真落实应急预案，加强设备检查维修，提高单位应急能力。

12.5 竣工环保验收

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）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）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 浙江迦南肿瘤医院有限公司在住院楼三层手术部建设 1 间 DSA 手术室及配套用房，拟新增 1 台 DSA，射线装置型号为 uAngio AVIVA CX，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，为单球管设备，主射方向由下朝上，属于II类射线装置，用于放射诊断和介入治疗。本项目 DSA 手术室实体边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑物，医院内部与外部道路，不涉及生态保护红线、优先保护单元。 2、辐射安全与防护结论 （1）本项目 DSA 手术室六面墙体、防护门与观察窗均采取辐射屏蔽措施，室内有效使用面积与最小单边长度均满足标准要求，各组成部分功能区明确，能够降低人员受到意外照射的可能性，本项目 DSA 工作场所屏蔽防护能力与平面布局基本合理可行。 （2）本项目 DSA 设备已具备一定的安全防护措施，医院拟根据相关要求落实辐射工作场所的各项安全防护措施并配置相关防护与检测用品，以上措施可满足本项目辐射安全与防护的要求。 3、环境影响分析结论 （1）主要污染因子 DSA 装置的污染因子主要考虑 X 射线、臭氧和氮氧化物等非放射性气体。 （2）辐射环境影响预测 经理论预测，在正常工况下，本项目 DSA 手术室摄影和透视工况下周围环境辐射剂量率均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中规定的 25μSv/h（摄影）、2.5μSv/h（透视）的限值要求；辐射工作人员的年有效剂量约束值（职业人员年有效剂量≤5mSv/a）；公众成员年有效剂量低于公众成员的年剂量约束值（0.25mSv/a），均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中有关“剂量限值”的要求。 （3）“三废”影响分析 本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水和放射性固废产生，“三废”主要为臭氧和氮氧化物等非放射性气体。本项目 DSA 手术室拟采用独立层流净化系统进行
--

通风换气，且另外安装一个通风量为 500m³/h 的排风装置，排风管道穿墙口位于吊顶上方，曝光过程中产生的极少量的臭氧、氮氧化物等气体通过排风管道引至住院楼屋顶高空排出，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。

4、辐射安全管理结论

（1）医院应按规定拟成立辐射防护管理领导小组，拟根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定一系列辐射安全管理制度。

（2）建设单位拟组织本项目新增辐射工作人员参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训，考核合格后方能上岗，并拟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）请有资质的单位对手术室和周围环境的辐射水平进行监测。

（3）建设单位在成立放射安全管理小组、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。

5、可行性分析结论

（1）规划符合性与选址合理性分析结论

本项目位于浙江省嘉兴市海宁市丁桥镇海宁大道西侧、辛江塘南侧医院住院楼三层，用地性质为医疗卫生用地，且周围无环境制约因素，符合土地利用规划要求。本项目符合海宁市“三线一单”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。本项目运行过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众成员的辐射影响是可接受的。因此，本项目的选址基本合理可行。

（2）产业政策符合性分析结论

结合国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于第三十七项“卫生健康”中第 1 款的医疗卫生服务设施建设，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策的要求。

（3）实践正当性分析结论

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。在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术

应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

（4）环保可行性结论

综上所述，本项目的建设符合土地利用规划和“三线一单”的建设要求，项目选址基本合理，符合国家产业政策和实践正当性，在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求后，医院将具备相应从事的辐射活动的技术能力，本次评价的 1 台 DSA（125kV，1000mA）运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求，故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 建议和承诺

1、医院承诺将根据报告表的要求和生态环境主管部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求。

2、本项目环评报批后，医院需及时向生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

3、建设项目竣工后，医院应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

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