

编号：ZFHK-FB23220068

核技术利用建设项目

建德市第一人民医院

DSA射线装置建设项目

环境影响报告表

(公示稿)

建德市第一人民医院

2024年3月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

建德市第一人民医院 DSA射线装置建设项目 环境影响报告表

建设单位名称：建德市第一人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省建德市新安江街道严州大道 599 号

邮政编码：311600

联系人：***

电子邮箱：8*****1@qq.com

联系电话：130*****38

目 录

| | |
|-------------------------|----|
| 表 1 项目基本情况..... | 1 |
| 表 2 放射源..... | 9 |
| 表 3 非密封放射性物质..... | 9 |
| 表 4 射线装置..... | 10 |
| 表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）..... | 11 |
| 表 6 评价依据..... | 12 |
| 表 7 保护目标与评价标准..... | 14 |
| 表 8 环境质量和辐射现状..... | 20 |
| 表 9 项目工程分析与源项..... | 26 |
| 表 10 辐射安全与防护..... | 33 |
| 表 11 环境影响分析..... | 44 |
| 表 12 辐射安全管理..... | 81 |
| 表 13 结论与建议..... | 86 |
| 表 14 审批..... | 90 |

附图

- 附图 1 地理位置图
- 附图 2 周边环境关系示意图
- 附图 3 医院总平图
- 附图 4 二期综合楼-1 层平面布局图
- 附图 5 二期综合楼 1 层平面布局图
- 附图 6 二期综合楼 2 层平面布局图
- 附图 7 二期综合楼 3 层平面布局图图
- 附图 8 二期综合楼设备层平面布局图
- 附图 9 二期综合楼 13 层平面布局图
- 附图 10 二期综合楼 14 层平面布局图
- 附图 11 二期综合楼 15 层平面布局图
- 附图 12 本项目 DSA1 机房平面布置图
- 附图 13 本项目杂交手术室平面布置图
- 附图 14 本项目 DSA2 机房平面布置图
- 附图 15 环境管控单元分类图（建德市）
- 附图 16 机房及周围环境现状图

附件

- 附件 1 委托书
- 附件 2 事业单位法人证书
- 附件 3 辐射安全许可证
- 附件 4 医院二期工程环境影响报告书审查意见的函
- 附件 5 辐射环境质量现状监测报告
- 附件 6 放射（辐射）防护安全管理委员会成立文件
- 附件 7 辐射安全与防护管理制度
- 附件 8 放射（辐射）事故应急预案
- 附件 9 职业健康检查
- 附件 10 现有辐射工作人员培训合格证明（部分）
- 附件 11 2023~2024 年度个人剂量监测报告
- 附件 12 函审意见及修改说明

附件 13 中介技术服务承诺书

附件 14 建设单位承诺书

附件 15 环评文件确认书

表 1 项目基本情况

| | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|---|
| 建设项目名称 | | 建德市第一人民医院 DSA 射线装置建设项目 | | | | |
| 建设单位 | | 建德市第一人民医院 | | | | |
| 法人代表 | *** | 联系人 | *** | 联系电话 | 130*****38 | |
| 注册地址 | | 浙江省建德市新安江街道严州大道 599 号 | | | | |
| 项目建设地点 | | 浙江省杭州市建德市新安江街道严州大道 599 号建德市第一人民医院二期综合楼 | | | | |
| 立项审批部门 | | / | | 批准文号 | / | |
| 建设项目总投资 (万元) | 3000 | 项目环保投资 (万元) | 150 | 投资比例 (环保投资/总投资) | 5% | |
| 项目性质 | | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它 | | | 占地面积(m ²) | / |
| 应用类型 | 放射源 | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类 | | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类 | | | |
| | 非密封放射性物质 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物 | | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | / | | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙 | | | |
| | 射线装置 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 | | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 | | | |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> 使用 | <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 | | | |
| | 其他 | / | | | | |
| <h3>1.1 项目概述</h3> <h4>1.1.1 建设单位概况</h4> <p>建德市第一人民医院（以下简称“医院”）位于建德市新安江街道严州大道 599 号，医院创建于 1968 年 11 月，是建德乃至浙西县市唯一一家国家三级乙等综合性医院，是浙江医学高等专科学校（杭州医学院）附属医院，也是浙江省文明医院、浙江省绿色医院、浙江省健康促进医院、浙江省平安医院及国家爱婴医院和国际紧急救援网络医院。</p> <p>为扩大医院规模和就医患者提供更好的医疗服务，建德市第一人民医院计划投资 60105.60 万元建设建德市第一人民医院二期工程。二期工程紧邻现有医院的西</p> | | | | | | |

侧，整体用地面积约 30 亩。总建筑面积约 79900m²，其中地上建筑面积 41900m²，地下建筑面积 38000m²。二期工程综合楼 37800m²，设病床 400 张；公共卫生临床中心 5600m²，设病床 100 张；120 急救指挥中心 1400m²。

1.1.2 建设目的和任务由来

近年来，随着医疗服务对象的扩大及人民群众对医疗服务质量要求的提高，进一步为人民身体健康提供医疗与护理保健服务，医院拟在二期综合楼 1 层、14 层分别建设 1 间 DSA 手术室（以下简称“DSA1 机房”和“DSA2 机房”）及其配套用房并分别新增 1 台数字减影血管造影系统（以下简称“DSA”）；3 层建设 1 间杂交手术室及其配套用房并分别新增 1 台 DSA；3 台 DSA 管电压均为 125kV，最大管电流均为 1000mA。

本项目所在二期综合楼建设项目，医院已委托编制了《建德市第一人民医院二期工程环境影响报告书》，该报告书于 2022 年 8 月通过杭州市生态环境局审批，批复文件号：杭环建批[2022]073 号，详见附件 4。目前医院二期工程正在建设，二期综合楼主体建筑已完工，未投入使用。

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），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。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，环境影响评价类别为编制环境影响报告表。

为此，建德市第一人民医院委托中辐环境科技有限公司开展“建德市第一人民医院 DSA 射线装置建设项目”（简称“本项目”）的环评工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集、委托辐射环境质量现状监测等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制完成本环评报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

医院拟在二期综合楼（地上 17 层，地下 2 层）1 层急诊科新建 1 间 DSA1 机房并配套建设 1 间控制室、1 间缓冲室、1 间更衣室、1 间休息室、1 间导管材料室、1 间设备室、1 间污物间等；3 层手术中心新建 1 间杂交手术室并配套建设 1 间控制室、1 间设备间、1 污物通道、1 洁净走廊等；14 层心内科新建 1 间 DSA2 机房并配套建设

1 间控制室、1 间导管室、1 间设备间、1 间污物间、1 间缓冲间等。DSA1 机房、杂交手术室及 DSA2 机房内均使用 1 台 DSA 设备，型号未定，均为单管头 X 射线机，DSA 最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属于 II 类射线装置。建成后的 DSA1 机房有效面积为 54.1m²；杂交手术室有效面积为 47.7m²；DSA2 机房有效面积为 51.8m²。

表 1-1 本项目建设规模汇总表

| 序号 | 名称 | 型号 | 数量 | 拟安装位置 | 类别 | 最大管电压/最大管电流 | 管头配置数量 | 备注 |
|----|-----|----|-----|--------------------|------|--------------|--------|----|
| 1 | DSA | 待定 | 1 台 | 二期综合楼 1 层 DSA1 机房 | II 类 | 125kV/1000mA | 单管头 | 新增 |
| 2 | DSA | 待定 | 1 台 | 二期综合楼 3 层杂交手术室 | II 类 | 125kV/1000mA | 单管头 | 新增 |
| 3 | DSA | 待定 | 1 台 | 二期综合楼 14 层 DSA2 机房 | II 类 | 125kV/1000mA | 单管头 | 新增 |

(1) 工作负荷及人员配备

根据医院提供资料，医院现有 1 台 DSA 位于放射科，于 2017 年投入使用至今，该设备往年年手术量约为 1000 台，因此本项目单台 DSA 最大手术量保守按 1000 台考虑，主要开展心内科介入等手术。因每台手术患者和手术要求不同，1 台手术中 DSA 的减影时间和透视时间也不大相同。本项目均按每台手术常规出束时间考虑，即减影时间按 1 分钟，透视时间按 20 分钟进行估算，则每台 DSA 减影过程年总曝光时间均为 16.67h，透视过程年总曝光时间为 333.33h，详见表 1-2。

本项目 3 台 DSA 拟配备工作人员 42 名，包括手术医生 24 人，护士 12 人，技师 6 人。单台 DSA 拟配备工作人员 14 名，包括手术医生 8 人，护士 4 人，技师 2 人。DSA 机房及杂交手术室配置的医护工作人员总共分为 4 组，每台手术配备 2 名手术医生和 1 名护士，控制室内固定配置 1 名技师，两人轮岗。每组手术医生或护士年手术台数不大于 250 台，则介入医护人员透视过程年最大受照时间为 83.34h。

表 1-2 本项目 DSA 最大运行工况和工作负荷

| 设备 | 手术量 | 最大运行工况 | | 曝光时间 (h) | 介入医护人员单人年最大受照时间 (h) | 技师年最大受照时间 (h) | 年最大出束时间 (h) |
|-----|----------|--------|--------------|----------|---------------------|---------------|-------------|
| DSA | 1000 台/年 | 减影 | 100kV, 500mA | 16.67 | 4.17 | 8.34 | 350 |
| | | 透视 | 90kV, 15mA | 333.33 | 83.34 | 166.67 | |

本项目辐射工作人员均为新增辐射人员，由医院满足岗位配置要求的非辐射工作人员经培训后转岗或外部新聘人员。工作人员相对固定，不存在兼岗和操作其他射线装置情况。工作人员每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019年第57号），医院尽快组织本项目新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上进行报名和培训并进行集中考核，经考核合格后方可上岗，并定期再培训。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

建德市第一人民医院位于浙江省建德市新安江街道严州大道 599 号。医院东临广兴路、康安路，隔路为山水华庭小区及康安新村；南临严州大道，隔路绿城美好广场、玉兰花园小区、香溢新安家园小区及绿城春江明月小区；西侧紧邻凤凰家园小区及公交车首末站；北侧为凤凰山公园及建德市疾病预防控制中心。项目地理位置见附图 1。

1.2.2 项目周边环境关系

1.2.2.1 项目机房与外部建筑四周环境关系

本项目 DSA1 机房、杂交手术室、DSA2 机房分别位于二期综合楼 1 层、3 层、14 层。东侧为医院病房楼，距机房最近距离约为 75m；南侧为严州大道，距机房最近距离约为 35m，隔路约 50m 处为香溢新安家园小区；西侧为 120 急救中心及凤凰家园小区，距机房最近距离分别约为 26m、45m；北侧为公共卫生临床中心及凤凰山公园，距机房最近距离分别约为 24m、47m。机房实体屏蔽物边界外 50m 范围环境关系示意图见附图 3。

1.2.2.2 项目机房四周环境关系

本项目 DSA1 机房东侧为过道；南侧为控制室、缓冲间；西侧为更衣室、休息室、导管材料室、设备室、污物间；北侧为过道、电梯等候室、风管室；上方为预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS 室等；下方为检查包装及灭菌区、缓冲区及过道。杂交手术室东侧为控制室；南侧为护士办公区、设备间、污物通道；西侧为 ORB5 室；北侧为洁净走廊；上方为设备夹层；下方为留观室、过道等。本项目 DSA2 机房东侧为设备间、冷煤管井、污物间；南侧为控制室、缓冲间；西侧临空；北侧为导管室；上方为新风机房、污物暂存及工友室、过道、预留病房等；下方为新风机房、污物暂存及工友室、过道、预留病房等。平面布局详见附图 12、附图 13、附图 14，各机房所在楼层及上下楼层详见附图 4~附图 11。

1.2.3 选址合理性分析

本项目拟建 DSA1 机房、杂交手术室及 DSA2 机房分别位于二期综合楼 1 层、3 层及 14 层，不新增土地，项目用地属于医疗卫生用地，满足医院相关医疗流程规划，便于患者诊疗活动的开展。本项目拟建 DSA1 机房、杂交手术室及 DSA2 机房实体屏蔽物边界外 50m 评价范围主要为医院内部的建筑物和道路，及香溢新安家园小区、凤凰家园小区、凤凰山公园部分区域。项目运营过程产生的电离辐射，经采取满足标准要求的防护治理措施后对周围环境辐射影响是可接受的，故本项目的选址是合理的。

1.2.4 “三线一单”符合性分析

根据《建德市“三线一单”生态环境分区管控方案》，项目所在地属于建德市建德中心城区城镇生活重点管控单元（ZH33018220001）。管控要求如下：

（1）空间布局约束

除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目，现有二类工业项目改建、扩建，不得增加污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定。

（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。加强土壤和地下水污染防治与修复。

（3）环境风险管控

加强环境风险防控，合理布局工业、商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。

（4）资源开发利用效率要求

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。

本项目为核技术利用项目，不属于二类工业项目，项目主要污染因子为电离辐射及少量臭氧、氮氧化物，不涉及噪声和臭气异味，且电离辐射采取了辐射防护措施和辐射安全管理措施，符合实践正当性和防护最优化的原则，同时也不属于所在生态环境分区中禁止建设项目。因此，本项目符合建德市“三线一单”生态环境分区管控方案要求。

1.2.5 产业政策符合性

根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于第一类 鼓励类、第十三项“医药”中第 4 条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”项目，符合国家现行产业政策。

1.3 原有核技术利用项目许可情况

1.3.1 原有核技术利用项目许可情况

建德市第一人民医院现持有辐射安全许可证，证书编号为：浙环辐证[A0147]（见附件3）；发证日期：2022年10月19日，有效期至：2026年6月21日；许可的种类和范围为使用II、III类射线装置。

1.3.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

建设单位射线装置许可情况详见表1-4。

表 1-4 医院原有核技术应用项目射线装置清单

| 序号 | 装置名称 | 类别 | 规格型号 | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|----|---------|------|----------------|----------------------|------|--------------------------------------------------------------|
| 1 | 口腔全景机 | III类 | OC200D | 口腔（牙科）X 射线装置 | 口腔科 | 备案号： 202033018200000152 |
| 2 | 数字牙片机 | III类 | focos | 口腔（牙科）X 射线装置 | 口腔科 | 备案号： 202033018200000152 |
| 3 | 电子直线加速器 | II类 | VitalBeam | 粒子能量小于100兆电子伏的医用加速器 | 肿瘤中心 | 杭环辐评批（2020）1号，2021年已自主验收 |
| 4 | DSA | II类 | FD-20 | 血管造影用 X 射线装置 | 放射科 | 杭环辐评批（2013）0004号，于2017年通过了杭州市环境保护局竣工环境保护验收，批文号：杭环辐验（2017）67号 |
| 5 | 螺旋 CT | III类 | Optima | 医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置 | 放射科 | 备案号： 202033018200000152 |
| 6 | CT | III类 | DISCOVERYRT | 医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置 | 肿瘤中心 | 备案号： 202133018200000084 |
| 7 | DR | III类 | MIS MXHF-1500R | 医用诊断 X 射线装置 | 放射科 | 备案号： 202033018200000152 |

| | | | | | | |
|----|---------|------|---------------------------|-----------------|------|----------------------------|
| 8 | DR | III类 | ETB2x/R TM702Hs | 医用诊断 X 射 线装置 | 放射科 | 备案号： 202033018200000152 |
| 9 | 床边机 | III类 | PLX101C | 医用诊断 X 射 线装置 | 放射科 | 备案号： 202033018200000152 |
| 10 | 钼靶机 | III类 | MX-300 | 医用诊断 X 射 线装置 | 放射科 | 备案号： 202033018200000152 |
| 11 | 移动 CR | III类 | uDR370i | 医用诊断 X 射 线装置 | 放射科 | 备案号： 202133018200000084 |
| 12 | X 线胃肠机 | III类 | KXO-80N | 医用诊断 X 射 线装置 | 放射科 | 备案号： 202033018200000152 |
| 13 | 双板 DR | III类 | Digital Aiagnost3 | 医用诊断 X 射 线装置 | 放射科 | 备案号： 202033018200000152 |
| 14 | 移动 X 线机 | III类 | MULTIM OBIL-10 | 医用诊断 X 射 线装置 | 放射科 | 备案号： 202033018200000152 |
| 15 | 64 排 CT | III类 | SOMATO M Definition | 医用诊断 X 射 线装置 | 放射科 | 备案号： 202033018200000152 |
| 16 | CR | III类 | MXHF- 1500R | 医用诊断 X 射 线装置 | 感染科 | 备案号： 202033018200000152 |
| 17 | 口腔 CT 机 | III类 | KaVo 3D eXami | 医用诊断 X 射 线装置 | 口腔科 | 备案号： 202033018200000152 |
| 18 | C 臂机 | III类 | BV Pulsera | 医用诊断 X 射 线装置 | 内镜中心 | 备案号： 202033018200000152 |
| 19 | C 臂机 | III类 | Ziehm800 0 | 医用诊断 X 射 线装置 | 手术室 | 备案号： 202033018200000152 |
| 20 | C 臂机 | III类 | BV Eendura | 医用诊断 X 射 线装置 | 手术室 | 备案号： 202033018200000152 |

1.4 现有射线装置管理情况

(1) 医院已成立了放射（辐射）防护安全管理委员会，制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括放射安全管理制度、放射事故预防管理制度、放射（辐射）事故应急预案、放射防护用品管理规范、放射防护管理制度、放射防护告知制度、放射职业健康管理制度等。

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，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档

案管理等方面运行较好。

(2) 医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，且个人剂量计定期送检，并建立了个人剂量档案，由医院2023年1月~2024年1月连续四个周期的个人剂量检测报告可知，辐射工作人员的个人剂量监测结果均低于职业照射的剂量约束值5mSv/a。

(3) 目前医院现有辐射工作人员，均在杭州市职业病防治院进行上岗前和在岗期间的职业健康检查，检查结果为“可继续原放射工作”。该项目建成后，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。

(4) 目前医院现有辐射工作人员，从事II、III类射线装置的使用，于2022年9月，取得杭州市放射工作人员放射防护知识培训合格证。根据《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），各单位对辐射工作人员的辐射安全与防护培训或放射诊疗培训互相认可，医院辐射工作人员辐射安全与防护培训满足相关要求。

(5) 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。

(6) 医院每年定期委托浙江建安检测研究院有限公司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。

(7) 辐射事故应急预案和年度评估

医院已制定有《放射（辐射）事故应急预案》，该预案职责明确，流程清晰，对有关科室的人员不断强化辐射管理与防护知识培训，建立健全必要的规章制度，认真履行定期督查与监测管理职能，加强有关人员对职业暴露的防护意识及对公共放射危害的认识教育，自觉管好、用好放辐射设备，严防放射性危害事件的发生。

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

经与医院核实，医院原有核技术利用项目运行以来未曾发生过辐射事故。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压 (kV) | 最大管电流 (mA) | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|----|-----|----|----|----|------------|------------|----|--------------------|----|
| 1 | DSA | II | 1 | 待定 | 125 | 1000 | 使用 | 二期综合楼 1 层 DSA1 机房 | 新增 |
| 2 | DSA | II | 1 | 待定 | 125 | 1000 | 使用 | 二期综合楼 3 层杂交手术室 | 新增 |
| 3 | DSA | II | 1 | 待定 | 125 | 1000 | 使用 | 二期综合楼 14 层 DSA2 机房 | 新增 |

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

| 名称 | 状态 | 核素名称 | 活度 | 月排放量 | 年排放总量 | 排放口浓度 | 暂存情况 | 最终去向 |
|---------|----|------|----|------|-------|-------|------|----------------------|
| 臭氧和氮氧化物 | 气态 | / | / | 微量 | 微量 | / | 不暂存 | 通过排风系统接入大楼总排风管，由楼顶排放 |

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

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

表 6 评价依据

| | |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 法 规 文 件 | <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（1989年12月26日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过；2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订），中华人民共和国主席令第9号，2015年1月1日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2002年10月28日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过，自2003年9月1日起施行；2016年7月2日第一次修订；2018年12月29日第二次修订），中华人民共和国主席令第48号，2018年12月29日施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年6月28日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过），中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（1998年11月29日中华人民共和国国务院令 第253号发布施行；2017年7月16日中华人民共和国国务院第682号令修订），自2017年10月1日起施行修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（中华人民共和国生态环境部令 第16号），自2021年1月1日起施行；</p> <p>(6) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第7号），自2024年2月1日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，（2005年9月14日经中华人民共和国国务院令 第449号公布，2014年7月29日经中华人民共和国国务院令 第653号修订，2019年3月2日经中华人民共和国国务院令 第709号修订），自2019年3月2日起施行修订版；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011年4月18日环境保护部令 第18号），自2011年5月1日起施行；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006年1月18日国家环境保护总局令 第31号公布，2008年12月6日经环境保护部令 第3号修正，2017年12月20日经环境保护部令 第47号修正，2019年7月11日经生态环境部令 第7号修改，2020年12月25日经生态环境部令 第20号修改），2021</p> |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>年1月4日施行修改版；</p> <p>(10) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告 2017年第66号），自2017年12月5日起施行；</p> <p>(11) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2011年10月25日浙江省人民政府令第288号公布，2014年3月13日浙江省人民政府令第321号第一次修正，2018年1月22日浙江省人民政府令第364号公布第二次修正，2021年2月10日浙江省人民政府令第388号公布第三次修正），自2021年2月10日起施行修正版；</p> <p>(12) 《浙江省辐射环境管理办法》（2011年12月18日浙江省人民政府令第289号公布，2021年2月10日浙江省人民政府令第388号修正），自2021年2月10日起施行修正版；</p> <p>(13) 《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》（浙江省生态环境厅 浙江省卫生健康委员会，浙环函[2019]248号），自2019年7月18日起施行；</p> <p>(14) 浙江省生态环境厅关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2023年本）》的通知（浙环发〔2023〕33号），自2023年9月9日起施行。</p> |
| <p style="text-align: center;">技 术 标 准</p> | <p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(7) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）；</p> <p>(8) 《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）。</p> |
| <p style="text-align: center;">其 他</p> | <p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 辐射安全许可证，证书编号“浙环辐证[A0147]”；</p> <p>(3) 《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》；</p> <p>(4) 建德市第一人民医院提供的其他资料。</p> |

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) 的相关规定“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”，因此将本项目拟建 DSA1 机房、杂交手术室、DSA2 机房实体屏蔽物边界外 50m 的区域作为评价范围。评价范围示意图见附图 3。

7.2 保护目标

根据周围环境调查，本次核技术利用建设项目评价范围内主要为医院内部的建筑物和道路，部分涉及严州大道、香溢新安家园小区、凤凰家园小区、凤凰山公园。

本项目环境保护目标为从事本项目的辐射工作人员及评价范围内医院其他非辐射工作人员和公众成员。

表 7-1 本项目评价范围内环境保护目标情况一览表

| 工作场所 | 环境保护目标 | 规模 | 方位 | 距离本项目实体边界最近距离 (m) | | |
|-------------------|----------|--------------------------|-----------|-------------------|----|----|
| | | | | 水平 | 垂直 | |
| DSA1 机房 | 辐射工作人员 | 手术医生及医护人员 | 12 人 | 机房内 | 0 | 0 |
| | | DSA 操作人员 | 2 人 | 南侧 | 0 | 0 |
| | 公众 | 过道公众 | 约 100 人/天 | 东侧 | 0 | 0 |
| | | 缓冲间公众 | 约 10 人/天 | 南侧 | 0 | 0 |
| | | 休息室公众 | 约 2 人/天 | 西侧 | 0 | 0 |
| | | 导管材料室公众 | 约 2 人/天 | 西侧 | 0 | 0 |
| | | 设备室公众 | 约 2 人/天 | 西侧 | 0 | 0 |
| | | 污物间公众 | 约 2 人/天 | 西侧 | 0 | 0 |
| | | 120 急救中心公众 | 约 300 人/天 | 西侧 | 40 | 0 |
| | | 过道公众 | 约 100 人/天 | 北侧 | 0 | 0 |
| | | 电梯等候室公众 | 约 100 人/天 | 北侧 | 0 | 0 |
| | | 公共卫生临床中心公众 | 约 500 人/天 | 北侧 | 36 | 0 |
| | | 预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS 室等公众 | 约 50 人/天 | 上方 | 0 | +5 |
| 检查包装及灭菌区、缓冲区及过道公众 | 约 50 人/天 | 下方 | 0 | -5.2 | | |
| 杂交手术 | 辐射工作 | 手术医生及医护人员 | 12 人 | 机房内 | 0 | 0 |
| | | DSA 操作人员 | 2 人 | 东侧 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|-----------|-----|------|------|
| 室 | 人员 | | | | | |
| | 公众 | 护士办公区公众 | 约 20 人/天 | 南侧 | 0 | 0 |
| | | 设备间公众 | 约 2 人/天 | 南侧 | 0 | 0 |
| | | 污物通道公众 | 约 2 人/天 | 南侧 | 0 | 0 |
| | | 严州大道公众 | 约 500 人/天 | 南侧 | 35 | -9.3 |
| | | 香溢新安家园小区公众 | 约 500 人/天 | 南侧 | 50 | -9.3 |
| | | ORB5 室公众 | 约 20 人/天 | 西侧 | 0 | 0 |
| | | 120 急救中心公众 | 约 300 人/天 | 西侧 | 40 | -9.3 |
| | | 洁净走廊公众 | 约 20 人/天 | 北侧 | 0 | 0 |
| | | 设备夹层公众 | 约 2 人/天 | 上方 | 0 | +4.2 |
| 留观室、过道等公众 | | 约 50 人/天 | 下方 | 0 | -4.3 | |
| DSA2 机房 | 辐射 工作 人员 | 手术医生及医护人员 | 12 人 | 机房内 | 0 | 0 |
| | | DSA 操作人员 | 2 人 | 南侧 | 0 | 0 |
| | 公众 | 设备间公众 | 约 2 人/天 | 东侧 | 0 | 0 |
| | | 冷媒管井公众 | 约 2 人/天 | 东侧 | 0 | 0 |
| | | 污物间公众 | 约 2 人/天 | 东侧 | 0 | 0 |
| | | 缓冲间公众 | 约 10 人/天 | 南侧 | 0 | 0 |
| | | 120 急救中心公众 | 约 300 人/天 | 西侧 | 26 | -60 |
| | | 凤凰家园小区公众 | 约 500 人/天 | 西侧 | 45 | -60 |
| | | 导管室公众 | 约 2 人/天 | 北侧 | 0 | 0 |
| | | 公共卫生临床中心公众 | 约 500 人/天 | 北侧 | 24 | 0 |
| | | 凤凰山公园公众 | 约 300 人/天 | 北侧 | 47 | -60 |
| | | 新风机房、污物暂存及工友室、过道、预留病房等公众 | 约 50 人/天 | 上方 | 0 | +4 |
| 新风机房、污物暂存及工友室、过道、预留病房等公众 | 约 50 人/天 | 下方 | 0 | -4 | | |
| 50m 范围内其他区域公众 | | 约 1000 人/天 | / | 50 | ±50 | |
| 备注：“+”表示该建筑物 1F 地面或房间地面高于本项目机房地面，“-”表示该建筑物 1F 地面或房间地面低于本项目机房地面。 | | | | | | |

7.3 评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。

(1) 剂量限值

①职业人员

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

- a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；
- c) 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不超过 500mSv。

②公众人员

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

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

(2) 年剂量约束值

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

①对于职业人员，取年有效剂量限值的四分之一，即不超过 5mSv 作为年剂量约束值。

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

(3) 分区

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

本标准适用于医用诊断 X 射线机的生产和使用。

6X 射线设备机房防护设施的技术要求

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

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

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

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

6.2 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

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

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

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

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

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

| 设备类型 | 机房内有效使用面积 m ² | 机房内最小单边长度 m |
|------|--------------------------|-------------|
|------|--------------------------|-------------|

| | | |
|--------------------------------------------------|----|-----|
| 单管头 X 射线机 ^b (含 C 形臂, 乳腺 CBCT) | 20 | 3.5 |
| ^b 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。 | | |

表 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

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

注：DSA 机房各方向屏蔽防护厚度均按不小于 2.0mmPb 考虑的要求执行。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μ 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 μ Sv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv；

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

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

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

| 放射检查类型 | 工作人员 | | 患者和受检者 | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 个人防护用品 | 辅助防护设施 | 个人防护用品 | 辅助防护设施 |
| | | | | |

| | | | | |
|---------|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|----|
| 介入放射学操作 | 铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子 | 铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风 | 铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子 | —— |
|---------|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|----|

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

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

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

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

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

7.3.3 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

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

5.2.3 对于强贯穿辐射和弱贯穿辐射的混合辐射场，弱贯穿辐射的剂量贡献 $\leq 10\%$ 时，一般可只监测 Hp(10)；弱贯穿辐射的剂量贡献 $> 10\%$ 时，宜使用能识别两者的鉴别式个人剂量计，或用躯体剂量计和局部剂量计分别测量 Hp(10)和 Hp(0.07)。

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

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

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

建德市第一人民医院位于浙江省建德市新安江街道严州大道 599 号。医院东临广兴路、康安路，隔路为山水华庭小区及康安新村；南临严州大道，隔路绿城美好广场、玉兰花园小区、香溢新安家园小区及绿城春江明月小区；西侧紧邻凤凰家园小区及公交车首末站；北侧为凤凰山公园及建德市疾病预防控制中心。详见附件 1、附图 2、附图 3。本项目拟建 DSA1 机房、杂交手术、DSA2 机房分别位于二期综合楼 1 层、3 层、14 层，场所位置见附图 5、附图 7、附图 9。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

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

① DSA 机房及其周边

根据项目的平面布局和周围环境情况，监测点位见图 8-1、8-2、8-3、8-4。

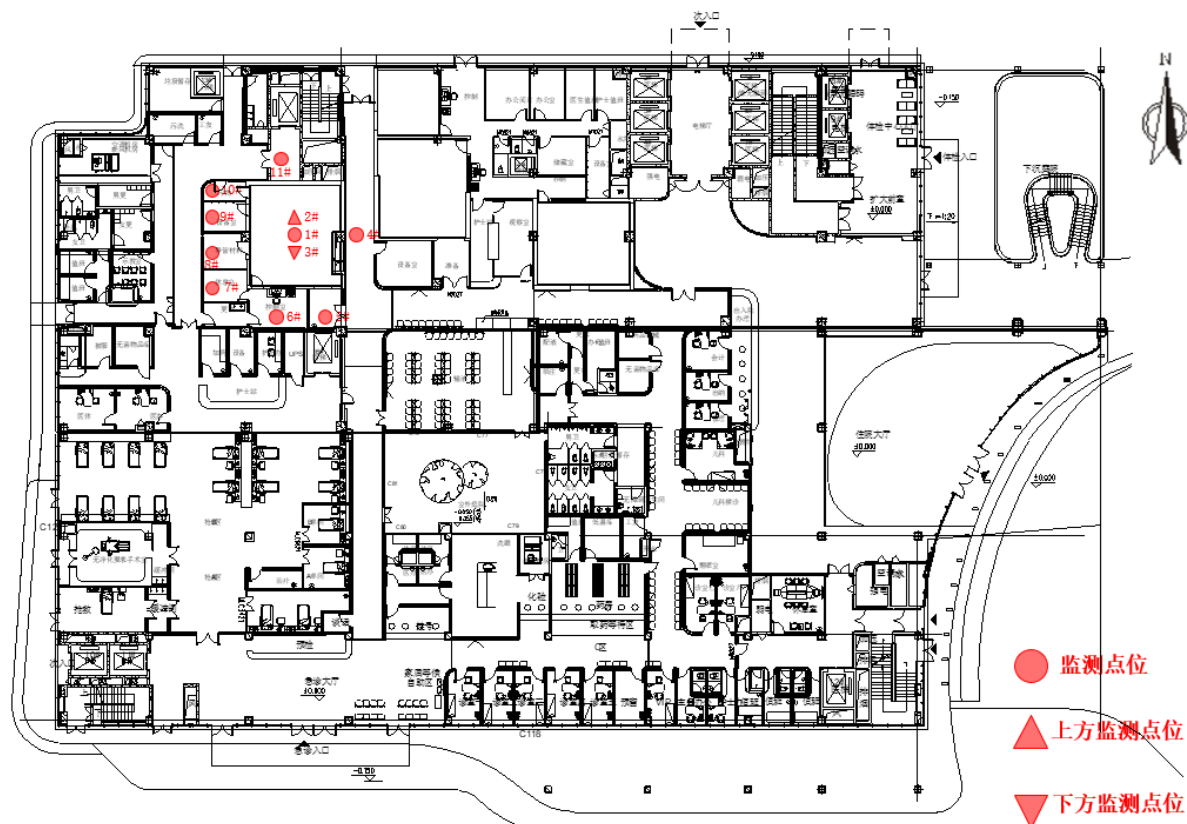


图 8-1 监测点位示意图 1

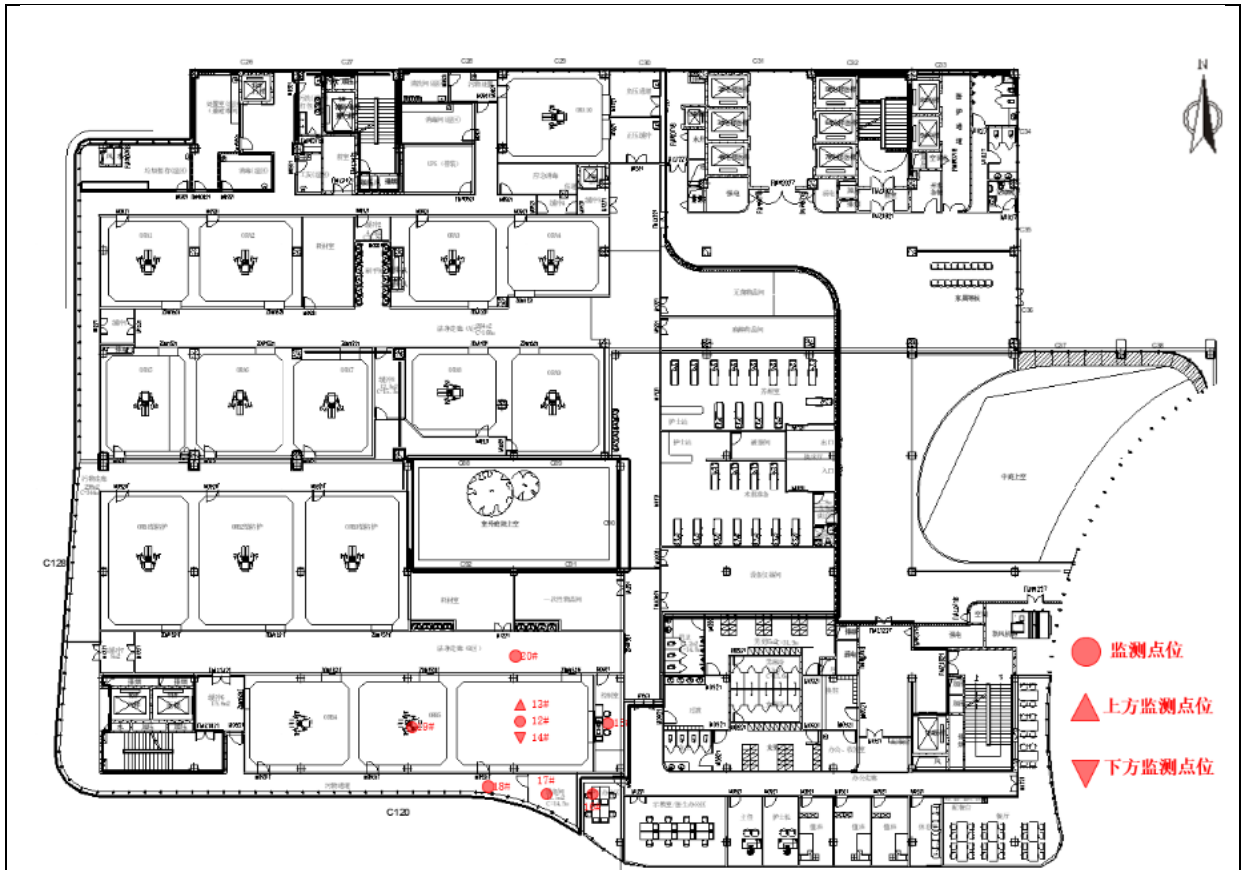


图 8-2 监测点位示意图 2

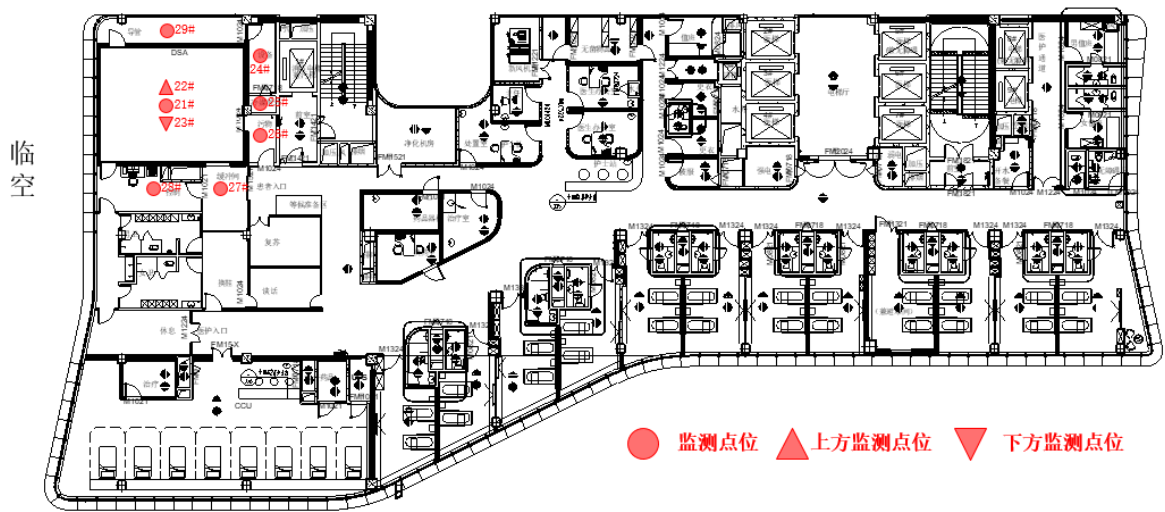


图 8-3 监测点位示意图 3

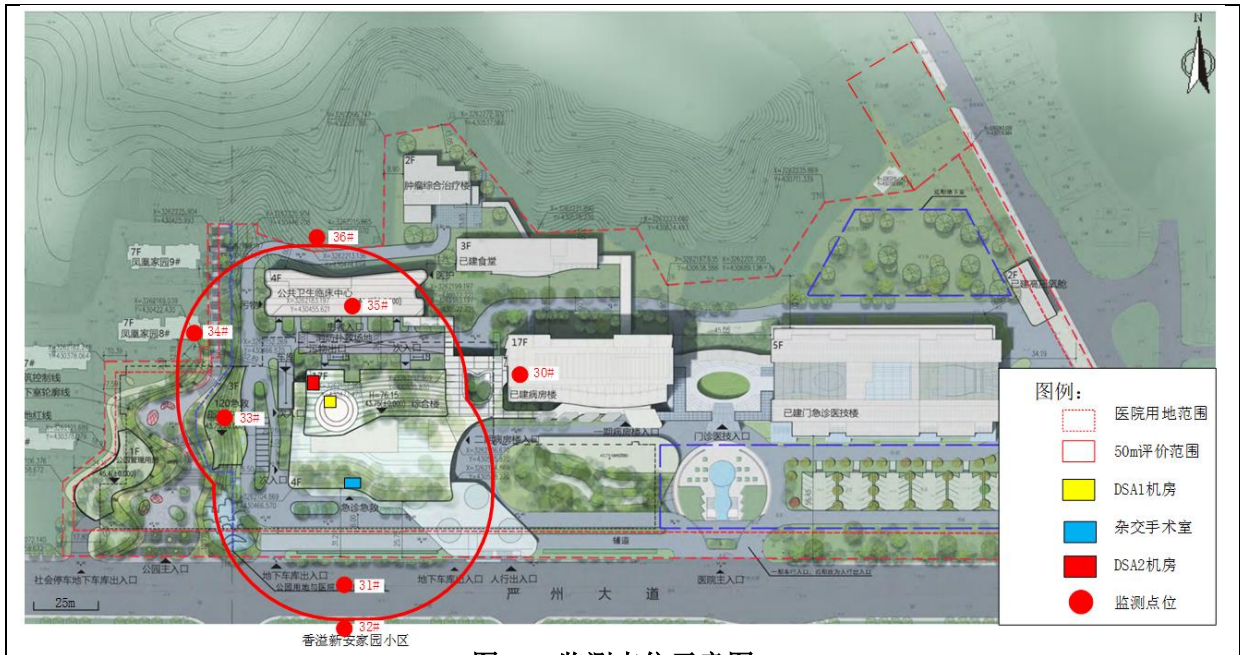


图 8-4 监测点位示意图 4

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2024 年 1 月 22 日
- (3) 监测方式：现场监测
- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
- (5) 监测频次：依据标准予以确定
- (6) 监测工况：辐射环境本底
- (7) 天气环境条件：天气：阴；温度：2℃；相对湿度：71%。
- (8) 监测设备

表 8-1 监测设备参数表

| | |
|-------|---------------------------------------------------------|
| 仪器名称 | 便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪 |
| 仪器型号 | 6150AD6/H+6150AD-b/H |
| 生产厂家 | AUTOMESS |
| 仪器编号 | 05038417 |
| 能量范围 | 38KeV~7MeV |
| 剂量率范围 | 模拟量程：10nSv/h-100 μ Sv/h；数字量程：1nSv/h-99.9 μ Sv/h |
| 检定单位 | 上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心 |

| | |
|-------|-------------------------|
| 检定证书 | 2023H21-20-4708006001 |
| 检定有效期 | 2023年07月24日~2024年07月23日 |

8.3.2 质量保证措施

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

②采用国家有关部门颁布的监测标准方法，监测人员持有合格证书上岗。

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

⑤监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

⑥监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2 DSA 机房区域及四周 γ 剂量率监测结果

| 监测点编号 | 监测点位置 | 监测结果 (nGy/h) | | 备注 |
|-------|---------------------|--------------|-----|----|
| | | 平均值 | 标准差 | |
| 1# | DSA1 机房 | 72 | 2 | 室内 |
| 2# | 二期综合楼 2 层 DSA1 机房上方 | 83 | 2 | 室内 |
| 3# | 二期综合楼-1 层 DSA1 机房下方 | 83 | 2 | 室内 |
| 4# | 过道 | 91 | 2 | 室内 |
| 5# | 缓冲间 | 76 | 1 | 室内 |
| 6# | 控制室 | 76 | 2 | 室内 |
| 7# | 休息室 | 74 | 2 | 室内 |
| 8# | 导管材料室 | 78 | 1 | 室内 |
| 9# | 设备室 | 74 | 1 | 室内 |
| 10# | 污物间 | 66 | 2 | 室内 |
| 11# | 电梯等候室 | 73 | 2 | 室内 |

| | | | | |
|-----|----------------------|-----|---|----|
| 12# | 杂交手术室 | 79 | 1 | 室内 |
| 13# | 二期综合楼 4 楼杂交手术室上方 | 82 | 3 | 室内 |
| 14# | 二期综合楼 2 楼杂交手术室下方 | 87 | 2 | 室内 |
| 15# | 控制室 | 92 | 2 | 室内 |
| 16# | 护士办公区 | 78 | 3 | 室内 |
| 17# | 设备间 | 85 | 2 | 室内 |
| 18# | 污物通道 | 92 | 1 | 室内 |
| 19# | ORB5 室 | 87 | 2 | 室内 |
| 20# | 洁净走廊 | 91 | 2 | 室内 |
| 21# | DSA2 机房 | 67 | 1 | 室内 |
| 22# | 二期综合楼 15 层 DSA2 机房上方 | 95 | 2 | 室内 |
| 23# | 二期综合楼 13 层 DSA2 机房下方 | 82 | 3 | 室内 |
| 24# | 设备间 | 72 | 2 | 室内 |
| 25# | 冷媒管井 | 113 | 2 | 室内 |
| 26# | 污物间 | 105 | 2 | 室内 |
| 27# | 缓冲间 | 71 | 2 | 室内 |
| 28# | 控制室 | 59 | 1 | 室内 |
| 29# | 导管室 | 52 | 2 | 室内 |
| 30# | 病房楼 | 112 | 1 | 室外 |
| 31# | 严州大道 | 75 | 2 | 室外 |
| 32# | 香溢新安家园小区 | 73 | 2 | 室外 |
| 33# | 120 急救中心 | 111 | 2 | 室外 |
| 34# | 凤凰家园小区 | 77 | 2 | 室外 |
| 35# | 公共卫生临床中心 | 93 | 1 | 室外 |
| 36# | 凤凰山公园 | 101 | 3 | 室外 |

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

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

3、环境 X-γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k_1 ×仪器检验源效率因子 k_2 ÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3 ×测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 1.04，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 30nGy/h。

8.4 环境现状评价

由表 8-2 监测结果可知，本项目各监测点位室内 γ 辐射剂量率为 52nGy/h~113nGy/h，即 5.2×10^{-8} Gy/h~ 11.3×10^{-8} Gy/h；室外 γ 辐射剂量率为 73nGy/h~112nGy/h，即 7.3×10^{-8} Gy/h~ 11.2×10^{-8} Gy/h。

根据《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，杭州市室内的 γ 辐射剂量率在 5.6×10^{-8} Gy/h~ 44.3×10^{-8} Gy/h 之间，道路的 γ 辐射剂量率在 2.8×10^{-8} Gy/h~ 22.0×10^{-8} Gy/h 之间。可见，本项目拟建场所各监测点位 γ 辐射剂量率与杭州市天然辐射本底水平相比，在本底正常涨落范围内，项目选址辐射环境现状良好。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

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



图 9-1 DSA 射线装置整体外观示意图

9.1.2 工作原理

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

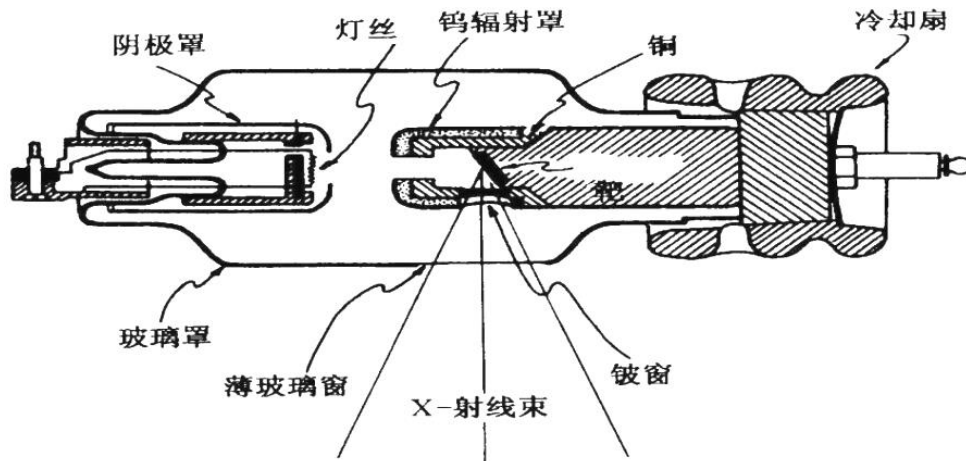


图 9-2 典型 X 射线管结构图

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

DSA 成像的基本原理是将受检部位注入造影剂（造影剂主要成分为碘帕醇，是为增强影像观察效果而注入（或服用）到人体组织或器官的化学制品，不含有放射性）之前和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别储存起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换为普通的模拟信号，获得去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，并通过显示器显示出来。

9.1.3 操作流程及产污环节

(1) 操作流程

接诊患者后根据其病情确认诊疗方法，告知患者及家属采用 DSA 治疗的辐射危害。患者进入机房后，技师或护士协助摆位后离开机房（患者留下）。开启 DSA 设备，技师在控制室内首次减影初步确认病灶部位后，两名手术医生穿戴好防护用品进入机房，在透视操作下插入导管，输入造影剂，之后离开机房，技师在控制室内再次减影，当确诊病灶部位后，手术医生穿戴好防护用品后再次进入机房进行介入

治疗直到治疗结束，关机。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，透视。进行介入手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在曝光室内对病人进行直接的介入手术操作。该情况在实际运行中占绝大多数，是本次评价的重点。

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

(2) 产污环节分析

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

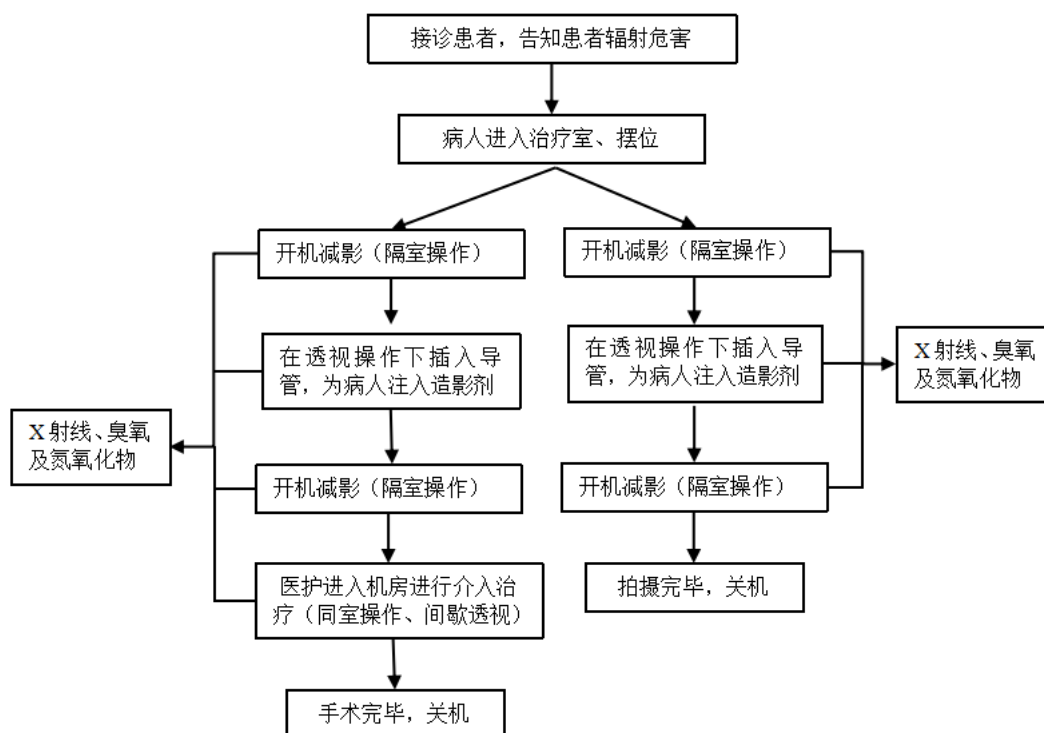


图9-3 DSA操作流程及产污环节示意图

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

9.1.4 DSA 机房人员、物流路径规划

本项目人员、物流路径主要是工作人员（包括医护人员、技师）路径、患者路

径及污物路径，路径见图 9-4。

工作人员路径：

①DSA1 机房：医护人员及技师在西侧更衣室进行换鞋、更衣后，进入机房南侧控制室内，技师在控制室内进行设备操作，手术医护人员在控制室内穿戴好铅衣等防护用品后，经控制室由DSA1 机房南侧防护门进入DSA1 机房内部进行手术。

②杂交手术室：医护人员及技师由南侧医护办公区换鞋、更衣后，过杂交手术室北侧洁净走廊，技师由控制室北侧防护门进入杂交手术室东侧控制室，技师在控制室内进行设备操作，手术医护人员由杂交手术室北侧防护门进入杂交手术室内部进行手术。

③DSA2 机房：医护人员及技师在南侧换鞋区、男卫、女卫进行换鞋、更衣后，进入机房南侧控制室内，技师在控制室内进行设备操作，手术医护人员在控制室内穿戴好铅衣等防护用品后，经控制室由DSA2 机房南侧防护门进入DSA2 机房内部进行手术。

患者路径：

①DSA1 机房：患者需工作人员推床经东侧病人缓冲间，从机房南侧防护门进入DSA1 机房内部进行手术。手术治疗结束后，患者可按原路离开。

②杂交手术室：患者需工作人员推床从北侧患者区，经北侧洁净走廊，从机房北侧防护门进入杂交手术室内部进行手术。手术治疗结束后，患者可按原路离开。

③DSA2 机房：患者需工作人员推床经南侧病人缓冲间，从机房南侧防护门进入DSA2 机房内部进行手术。手术治疗结束后，患者可按原路离开。

污物路径：

①DSA1 机房：本项目介入手术会产生药棉、纱布和手套等医疗废物，这些医疗废物会被暂存于 DSA1 机房西北侧污物间，专人收集后，再通过污梯转移至医院的医疗废物暂存间。

②杂交手术室：本项目介入手术会产生药棉、纱布和手套等医疗废物，这些医疗废物采用专用容器收集，手术结束后，由工作人员将污物从杂交手术室南侧防护门送出杂交手术室，沿污物通道运出，最终运至医院医疗废物暂存间。

③DSA2 机房：本项目介入手术会产生药棉、纱布和手套等医疗废物，这些医疗废物会被暂存于 DSA2 机房东南侧污物间，专人收集后，再通过污梯转移至医院

的医疗废物暂存间。

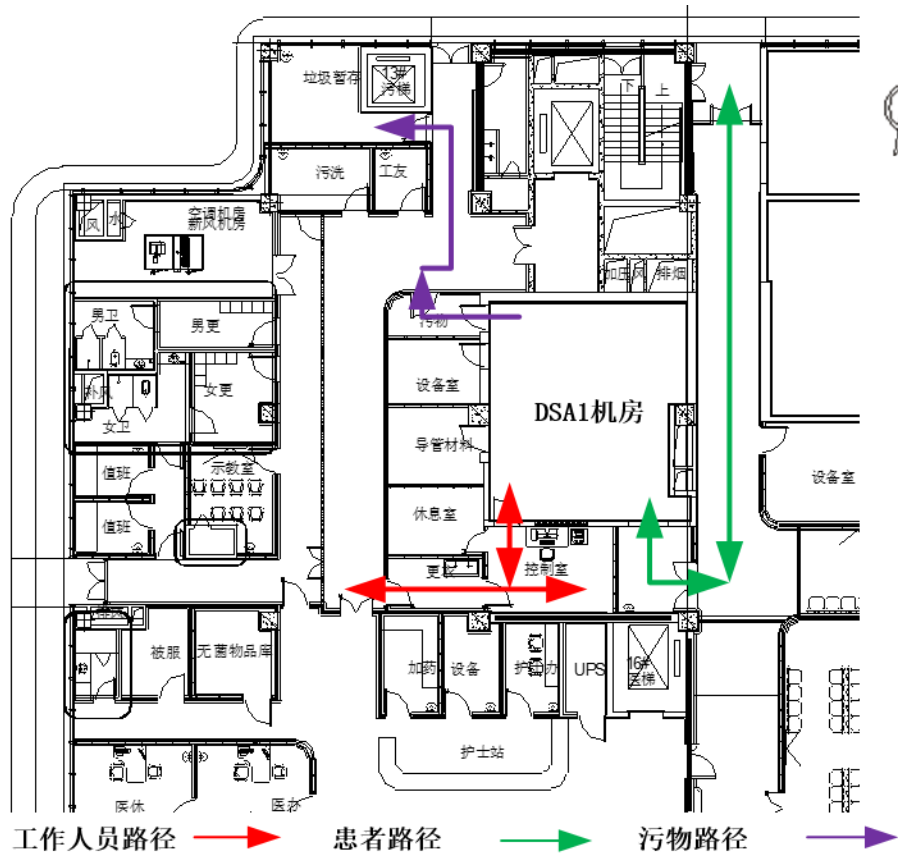


图 9.4.1 DSA1 机房人员物流路径图

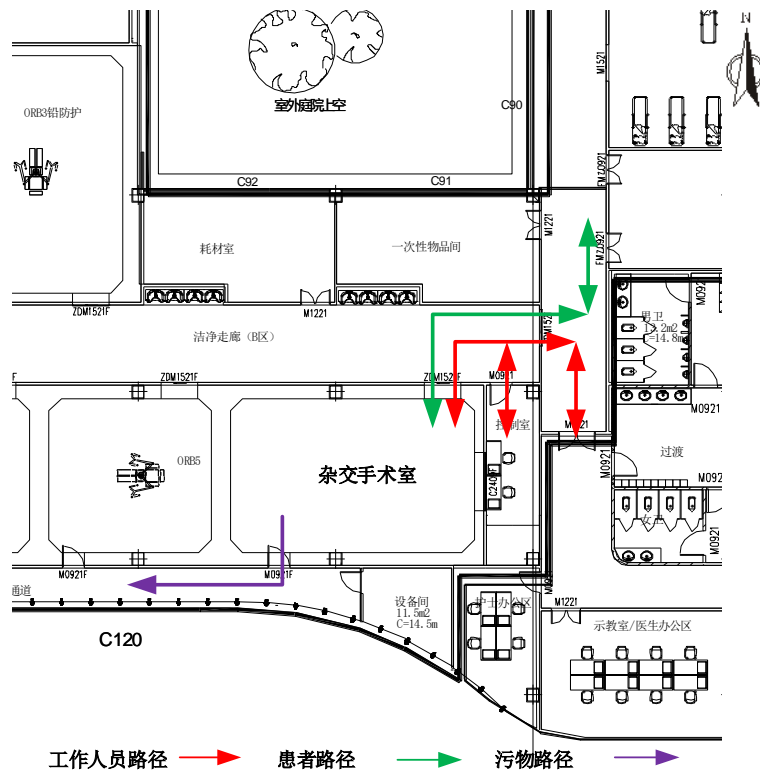
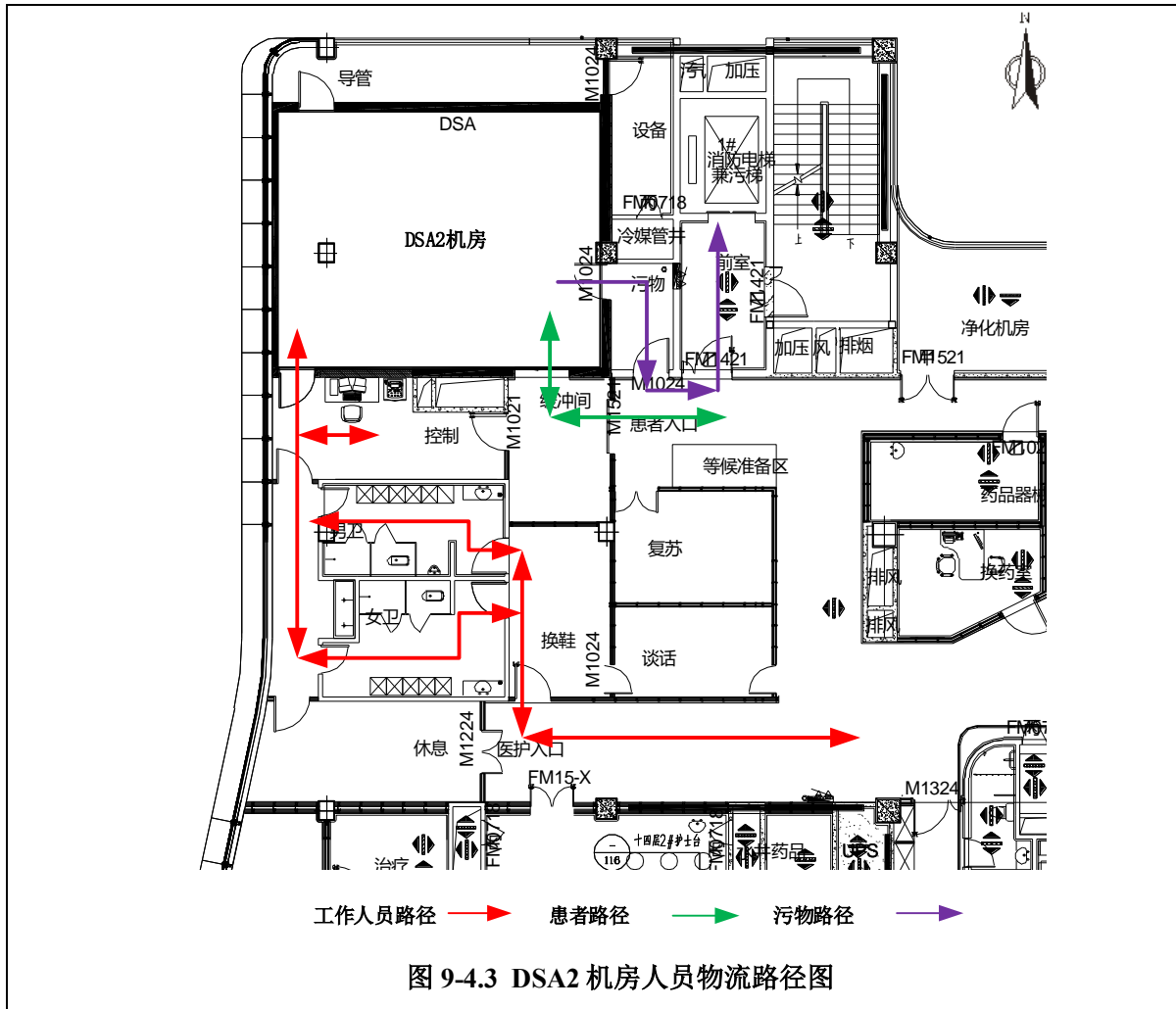


图 9.4.2 杂交手术室人员物流路径图



9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况

(1) 辐射污染因子

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

① 有用线束

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

② 泄漏辐射

由靶向外从各个方向穿过辐射头泄漏出来的射线称为漏射线。漏射线遍布机架各处。

③ 散射辐射

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

结合医院提供的资料及相关参考资料，本项目 DSA 的技术参数见表 9-1。

表9-1 本项目DSA设备参数与工况

| 设备 | | DSA | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------|--------|---------------|
| 技术参数 | | 最大管电压 125kV/最大管电流 1000mA | | |
| 过滤材料 | | 不小于 2.5mmAl | | |
| 最大照射野 | | 100cm ² | | |
| 工况模式 | 减影 | 工况下 最大常用电压 100kV 最大常用电流 500mA | 空气比释动能 | 0.09mGy/mA·s |
| | 透视 | 工况下 最大常用电压 90kV 最大常用电流 15mA | | 0.075mGy/mA·s |
| 泄漏辐射源强 | | 离靶点 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过 1mGy/h | | |
| 注：1.参考《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1，当 2.5mmAl 作为过滤材料时，100kV 电压下，空气比释动能为 0.09mGy/mA·s，90kV 电压下，空气比释动能为 0.075mGy/mA·s； 2.《医用电气设备第 1-3 部分：基本安全和基本性能的通用要求并列标准：诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》（GB9706.103-2020）中“12.4 加载状态下的泄漏辐射”，取本项目 DSA 距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率为 1.0mGy/h。 | | | | |

(2) 其他污染物

X 射线装置运行时，机房内会有微量臭氧、氮氧化物等有害气体产生。

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

9.2.2 事故工况

本评价项目使用 DSA 射线装置主要可能发生的辐射事故有以下几种：

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

(2) 工作人员误入正在运行的机房引起误照射；

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

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

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局合理性分析

本项目 DSA 分别位于二期综合楼 1 层、3 层、14 层，各机房所在楼层及上下楼层布局见附图 4~附图 11。本次环评辐射工作场所位置及四周布局见表 10-1。

表 10-1 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 |
|------------|---------|----|------------------------|
| 二期综合楼 1 层 | DSA1 机房 | 东 | 过道 |
| | | 南 | 控制室、缓冲间 |
| | | 西 | 更衣室、休息室、导管材料室、设备室、污物间 |
| | | 北 | 过道、电梯等候室、风管室 |
| | | 楼上 | 预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS 室等 |
| | | 楼下 | 检查包装及灭菌区、缓冲区及过道 |
| 二期综合楼 3 层 | 杂交手术室 | 东 | 控制室 |
| | | 南 | 护士办公区、设备间、污物通道 |
| | | 西 | ORB5 室 |
| | | 北 | 洁净走廊 |
| | | 楼上 | 设备夹层 |
| | | 楼下 | 留观室、过道等 |
| 二期综合楼 14 层 | DSA2 机房 | 东 | 设备间、冷煤管井、污物间 |
| | | 南 | 控制室、缓冲间 |
| | | 西 | 临空 |
| | | 北 | 导管室 |
| | | 楼上 | 新风机房、污物暂存及工友室、过道、预留病房等 |
| | | 楼下 | 新风机房、污物暂存及工友室、过道、预留病房等 |

(1) 本项目辐射工作场所相对集中布置，相对独立且人流较少，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素。

(2) 医院拟为机房设置了相对独立的医护通道、病人通道、污物通道，病人通道的宽度满足病人手推车辆的通行，方便治疗。

(3) 本项目的建设不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

拟建机房布局与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对照分析见下表。

表 10-2 机房布局设置与标准对照分析

| 项目 | 《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求 | 本项目设置情况 | 是否满足要求 |
|----|----------------------------------|-------------------------------------|--------|
| 机房 | 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 | 本项目拟新增使用的 DSA 机房为单独的机房，机房最小使用面积及最小单 | 满足 |

| 布局 | 设备的布局要求 | 边长均满足设备的布局要求 | |
|--------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| | X 射线设备机房（照射室）的设置应考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全 | DSA1 机房位于 1 层，杂交手术位于 3 层，DSA2 机房位于 14 层，均采取了相应的屏蔽防护措施，考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全 | 满足 |
| | 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位 | 本项目 DSA 设备为 C 形臂结构，运行时设备有用线束直接照向患者，并被正对方向的影像接收器及其支撑结构所阻挡，有用线束不会直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位 | 满足 |
| 受检者候诊区 | 受检者不应在机房内候诊 | 本项目受检者均不在机房内候诊 | 满足 |

经对照分析可知，拟建 DSA1 机房、杂交手术室、DSA2 机房的设置满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）平面布局的要求，采取了防辐射的屏蔽措施，能够满足放射诊疗需求，并且充分考虑了相邻场所的防护安全，因此，本项目工作场所布局合理。

10.1.2 辐射防护分区原则及区域划分

（1）分区依据和原则

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

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

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴标明监督区的标牌；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

(2) 本项目分区管理情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)等相关标准对控制区和监督区的定义,结合项目辐射防护情况,本项目辐射工作场所分区情况表10-3,分区详见图10-1、图10-2、图10-3。

表 10-3 本项目“两区”划分表

| 场所名称 | 控制区 | 监督区 |
|---------|------|---------------------------------------------------|
| DSA1 机房 | 机房内部 | 控制室、东侧过道、缓冲间、更衣室、休息室、导管材料室、设备室、污物间、北侧过道、电梯等候室、风管室 |
| 杂交手术室 | 机房内部 | 控制室、护士办公区、设备间、污物通道、ORB5 室、洁净走廊 |
| DSA2 机房 | 机房内部 | 控制室、设备间、冷煤管井、污物间、缓冲间、导管室 |

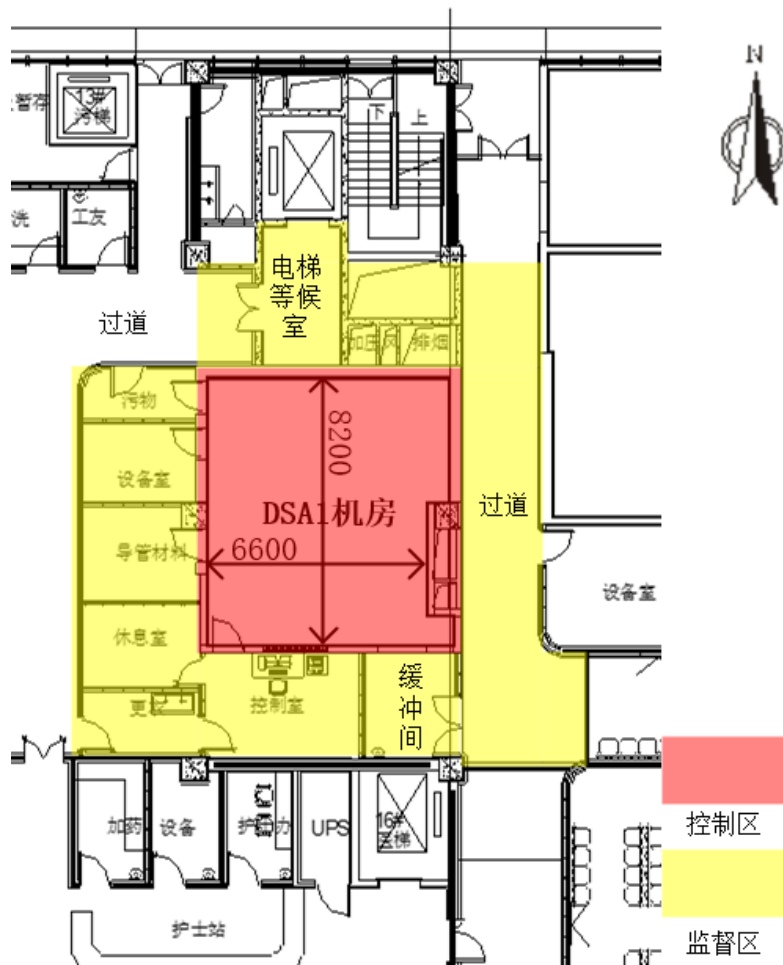


图 10-1 DSA1 机房“两区”划分图

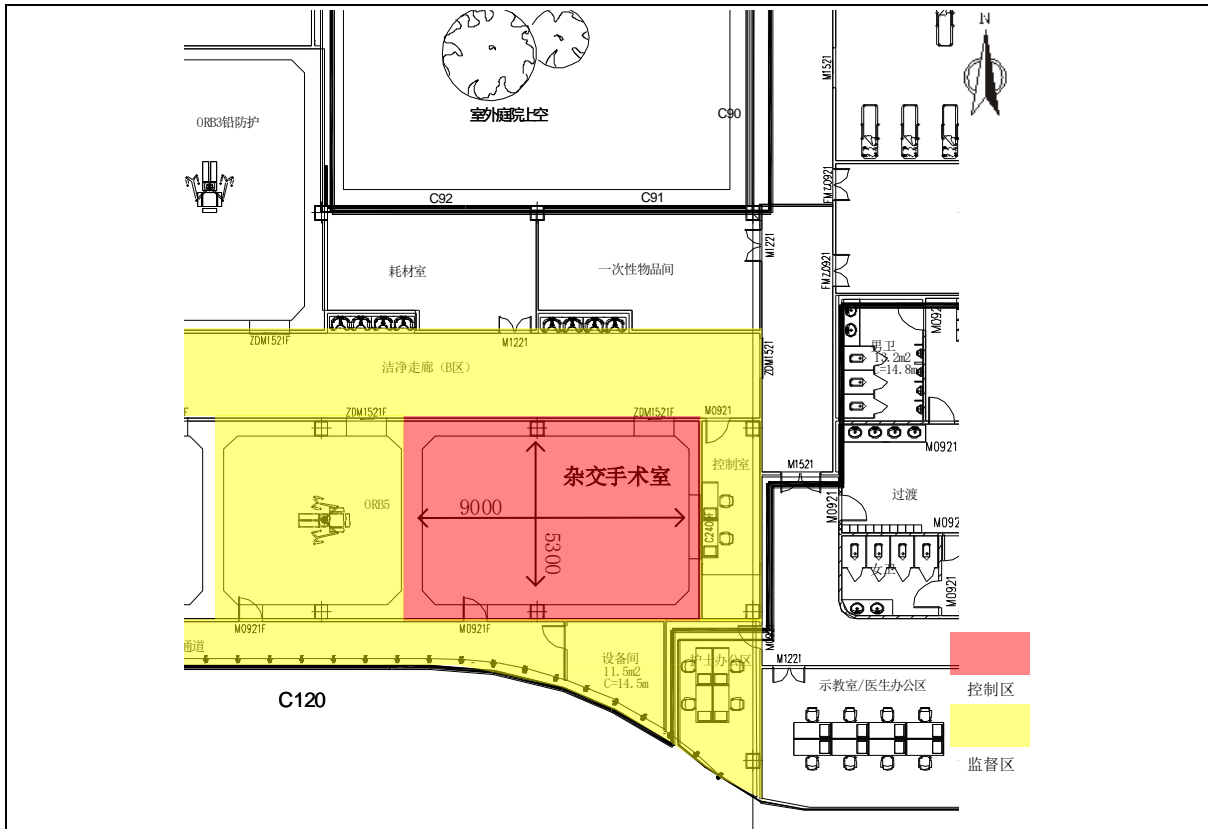


图 10-2 杂交手术室“两区”划分图

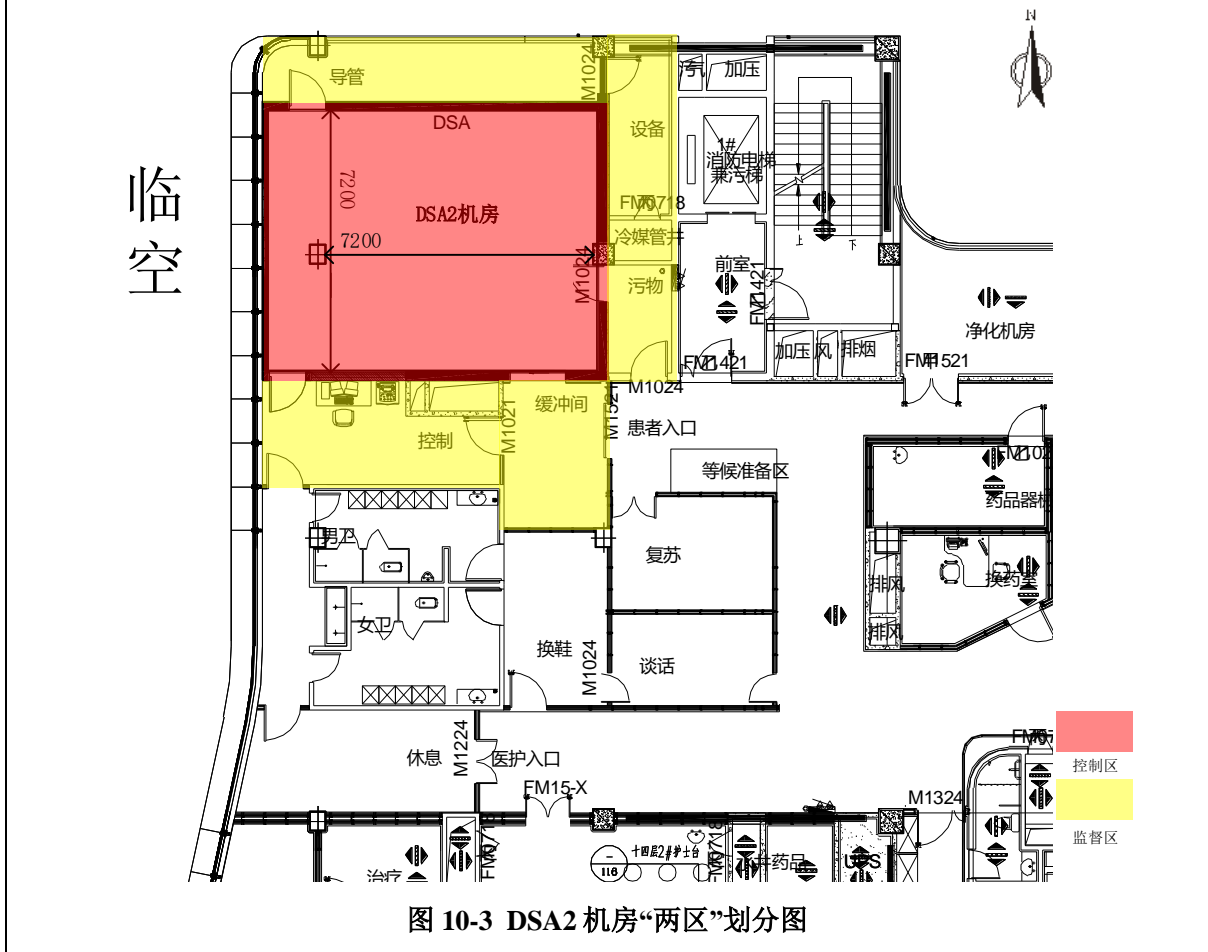


图 10-3 DSA2 机房“两区”划分图

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

10.1.3 工作场所防护屏蔽设计

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

表 10-4 本项目辐射工作场所拟采取屏蔽防护措施分析

| 机房类型 | 防护设施 | 屏蔽材料及厚度（总铅当量：mmPb） | 标准要求 | 符合性评价 |
|---------|----------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------|
| DSA1 机房 | 东侧墙体 | 360mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料（5.0mmPb）/240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料（4.0mmPb） | 有用线束方向铅当量为 2mmPb，非有用线束方向铅当量为 2mmPb | 符合 |
| | 南侧墙体 | 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料（4.0mmPb） | | 符合 |
| | 西侧墙体 | 360mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料（6.0mmPb）/240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料（5.0mmPb） | | 符合 |
| | 北侧墙体 | 360mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料（6.0mmPb） | | 符合 |
| | 顶棚 | 120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡防护涂料（3.9mmPb） | | 符合 |
| | 地坪 | 180mm 混凝土+1.8mmPb 硫酸钡防护涂料（4.1mmPb） | | 符合 |
| | 防护门（5 扇） | 内衬 4.5mm 铅板（4.5mmPb） | | 符合 |
| | 观察窗 | 4.5mmPb 铅玻璃（4.5mmPb） | | 符合 |
| 杂交手术室 | 四侧墙体 | 镀锌方管+3mmPb 铅板（3mmPb） | 有用线束方向铅当量为 2mmPb，非有用线束方向铅当量为 2mmPb | 符合 |
| | 顶棚 | 120mm 混凝土+镀锌方管+3mmPb 铅板（4.4mmPb） | | 符合 |
| | 地坪 | 120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防护涂料（4.4mmPb） | | 符合 |
| | 防护门（2 扇） | 内衬 3.0mm 铅板（3.0mmPb） | | 符合 |
| | 观察窗 | 3.0mmPb 铅玻璃（3.0mmPb） | | 符合 |

| | | | | |
|---------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------|----|
| DSA2 机房 | 东侧墙体 | 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料 (4.0mmPb) | 有用线束方向铅当量为 2mmPb, 非有用线束方向铅当量为 2mmPb | 符合 |
| | 南侧墙体 | 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料 (4.0mmPb) | | 符合 |
| | 西侧墙体 | 120mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料 (4.0mmPb) | | 符合 |
| | 北侧墙体 | 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料 (4.0mmPb) | | 符合 |
| | 顶棚 | 120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡防护涂料 (3.9mmPb) | | 符合 |
| | 地坪 | 120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡防护涂料 (3.9mmPb) | | 符合 |
| | 防护门 (4 扇) | 内衬 4.5mm 铅板 (4.5mmPb) | | 符合 |
| | 观察窗 | 4.5mmPb 铅玻璃 (4.5mmPb) | | 符合 |

注：1.实心砖要求质地密实、密度不小于 1.65g/cm³，参考《放射防护实用手册》表 6.14，保守计算 120mm 实心砖等效 1mmPb 进行铅当量折算。
2.混凝土密度取 2.35g/cm³ 核算等效屏蔽厚度，折算铅当量参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中附录 C 中表 C.4，得 120mm 混凝土（125kV 主束方向）折算为 1.4mmPb 当量，180mm 混凝土（125kV 主束方向）折算为 2.3mmPb 当量。
3.DSA1 机房位于二期综合楼 1 层急诊科、杂交手术室位于 3 层手术中心、DSA2 机房位于 14 层心内科，由于各个楼层的结构承重不同，设计时综合考虑屏蔽和使用面积因素，因此相同 DSA 屏蔽不同。

防护门合理性分析：DSA1 机房医护人员及技师由东侧过更衣室到控制室后，由控制室的北侧防护门进入 DSA1 机房；患者经南侧缓冲间，由缓冲间北侧防护门进入 DSA1 机房；污物由 DSA1 机房西侧防护门出机房；为方便进出设备室和导管材料室分别于 DSA1 机房西侧设置 2 扇防护门。杂交手术室医护人员及患者过洁净走廊后，由杂交手术室北侧防护门进入杂交手术室；技师过洁净走廊后，由控制室北侧门进入控制室；污物由杂交手术室南侧防护门出手术室进入污物通道。DSA2 机房医护人员由控制室北侧防护门进入 DSA2 机房；患者由缓冲间北侧防护门进入 DSA2 机房；污物由 DSA2 机房东侧防护门出机房；为方便进出 DSA2 机房北侧导管室及设备间，在 DSA2 机房北侧设置 1 扇防护门，因此，本项目防护门设置合理。

防护涂料施工方案：涂抹防护涂料各层必须黏结牢固,避免出现空鼓、裂缝。每层厚度根据情况控制，在第一层初凝时可抹第二层，每层抹防护涂料要连续施工，不得留施工缝。每次抹防护涂料后，要喷水保养，整个抹防护涂料完毕后，完成的防护涂料层成麻面，地面要浇水，使室内有足够湿度，并喷水养护。

表 10-5 本项目机房规格与标准对照表

| 机房名称 | 拟设置情况 | | 标准要求 | | 符合性评价 |
|------|------------|--------------------------|------------|----------------------------|-------|
| | 最小单边长度 (m) | 有效使用面积 (m ²) | 最小单边长度 (m) | 最小有效使用面积 (m ²) | |
| | | | | | |

| | | | | | |
|---------|-----|------|-----|----|----|
| DSA1 机房 | 6.6 | 54.1 | 3.5 | 20 | 符合 |
| 杂交手术室 | 5.3 | 47.7 | 3.5 | 20 | 符合 |
| DSA2 机房 | 7.2 | 51.8 | 3.5 | 20 | 符合 |

通过表 10-4、表 10-5 可知，本项目的 DSA1 机房、杂交手术室、DSA2 机房面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、顶棚、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上及楼下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 DSA1 机房、杂交手术室、DSA2 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

10.1.4 辐射安全及防护措施

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

（1）设备固有安全性

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

①设备具有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；

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

③采取光谱过滤技术：在 X 射线管头放置合适的铝过滤板，以消除软 X 射线及减少二次散射，优化有用 X 射线谱；

④采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰度，可减少透视剂量；

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

⑥配备相应的表征剂量的指示装置：配备有相应的表征剂量的指示装置，当机房内出现超剂量照射时会出现报警提醒；

⑦紧急停机开关：介入手术床旁及控制室操作台设置急停开关（各开关串联并

与 X 射线系统连接)。X 射线系统出束过程中, 一旦出现异常, 按动急停开关, 可停止 X 射线系统出束, 并在急停开关旁设置醒目的中文提示:

⑧本项目 DSA 透视脚踏开关为常断式, 并配有透视限时装置; 机房内具有工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和减影功能的控制键。

(2) 距离防护

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

(3) 时间防护

在满足诊断要求的前提下, 在每次使用射线装置进行诊断之前, 根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案, 选择合理可行尽量低的射线照射参数, 以及尽量短的曝光时间, 减少工作人员和相关公众的受照时间, 也避免病人受到额外剂量的照射。

(4) 其他辐射安全防护措施

①DSA 机房门外设电离辐射警告标志, 机房上方设有醒目的工作状态指示灯, 灯箱设有“射线有害, 灯亮勿入”的可视警示语句; 本项目机房门设有曝光时关闭机房门的管理措施和防夹装置; 工作状态指示灯能与机房门有效关联; 在监督区墙体合适位置张贴标明监督区的标志, 在控制区合适位置设置电离辐射警告标志。

②控制室墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

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

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

⑤本项目所有辐射工作人员配备个人剂量计; 医院已配置 1 台环境辐射巡测仪可对机房周围辐射水平进行自行监测。

⑥本项目 DSA 机房设有观察窗, 并配备视频装置和双向交流对讲系统各 1 套, 观察窗和视频监控探头位置能够观察到受检者状态及防护门开闭情况, 监视器位于控制室操作位。

⑦机房采用动力通风系统进行通风, 进、出风口均设置于机房吊顶, 保证机房

内有良好的通风。风管穿墙处和通、排风管道与吊顶接口处均包裹 4mm 铅板，作为风管穿墙的辐射屏蔽补偿，不影响机房的整体屏蔽效果。设备电缆等均拟穿行在地面凹槽内并上盖钢板，穿越墙体下方至控制室，穿墙处进行不低于各机房墙体的辐射屏蔽补偿，控制室管线所在位置覆盖钢板。

⑧机房内不堆放与本项目诊断无关的杂物。

⑨机房候诊区设置辐射防护注意事项告知栏。

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

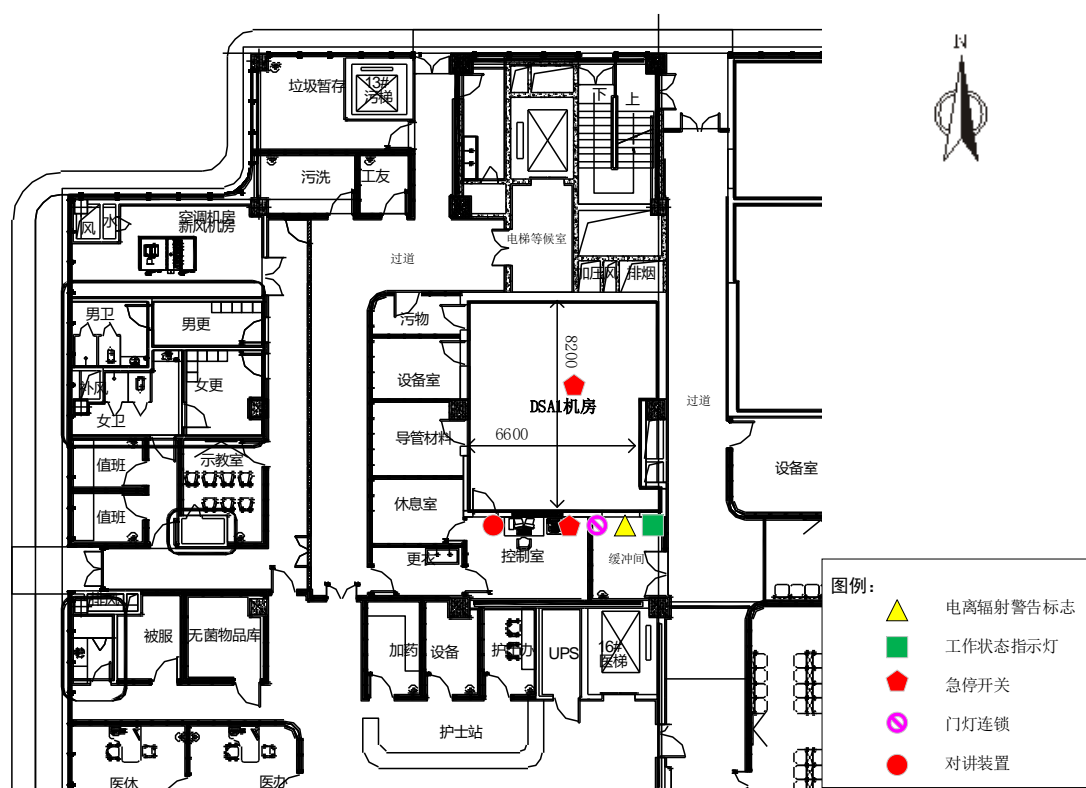


图 10-4 DSA1 机房防护设计图

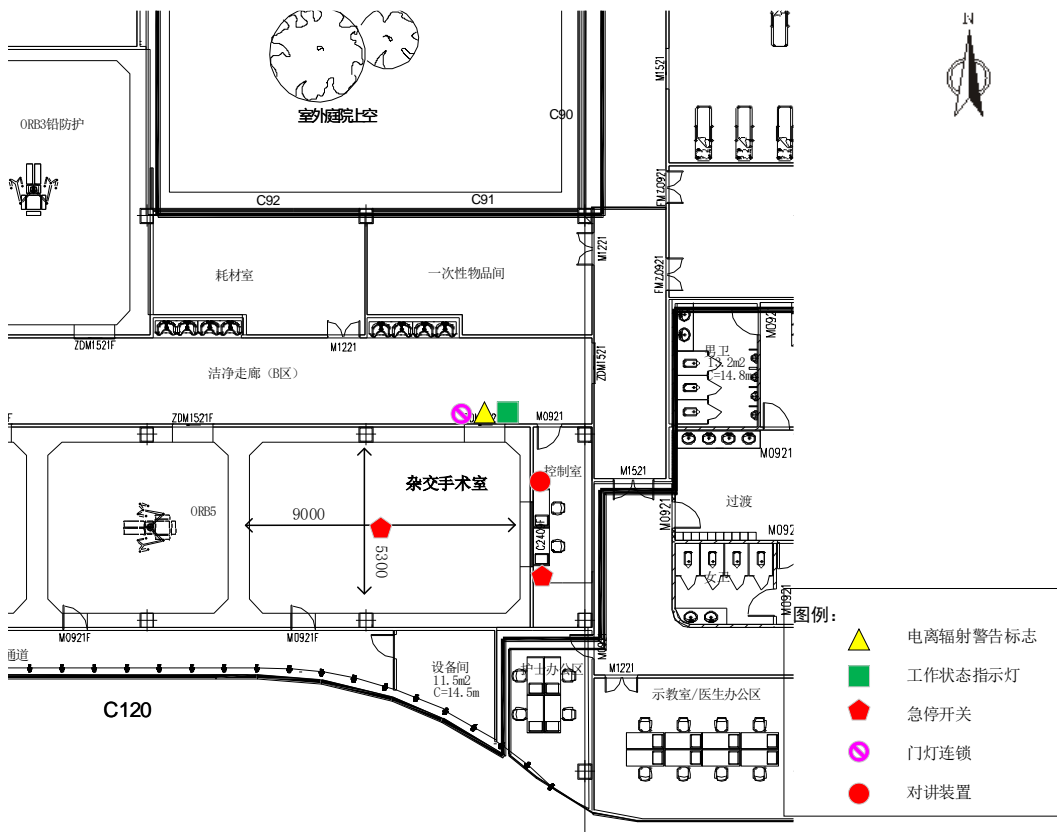


图 10-5 杂交手术室防护设计图

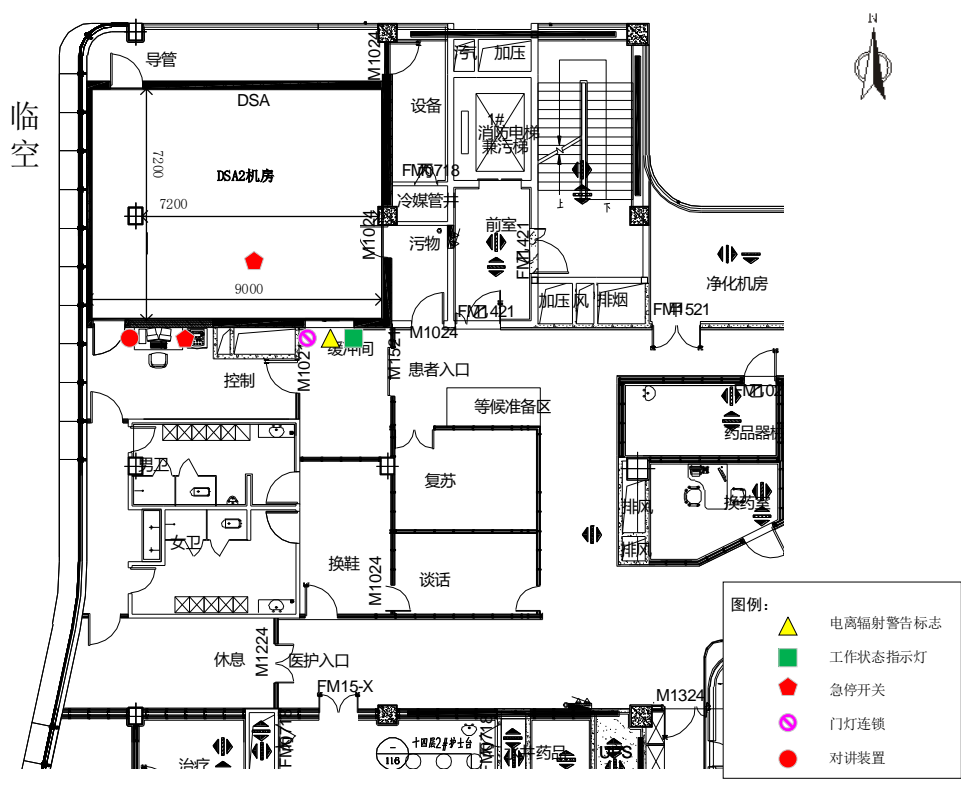


图 10-6 DSA2 机房防护设计图

表 10-6 本项目拟配备个人防护用品与标准对照表

| 机房名称 | 人员类型 | 《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求 | | 本项目拟配置情况 (每间) | | 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 1 机房、 杂交手术室、 DSA 2 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、铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏； 选配：移动铅防护屏风 | 配备防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 4 套，防护铅当量不低于 0.025mmPb 的介入防护手套各 4 套 | 防护铅当量为 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏各 1 件 | 符合 |
| | 患者和受检者 | 铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子 | —— | 防护铅当量为 0.5mmPb 的方巾 1 套，防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶颈套、铅橡胶帽子含儿童、成人尺寸各 1 套 | —— | 符合 |

10.2 “三废”治理措施

根据工艺分析，本项目 DSA 射线装置运营过程无放射性废气、废水、固废产生，仅在曝光过程产生少量臭氧和氮氧化物以及运营期内介入手术产生的药棉、纱布、手套等医疗废物、医护人员产生的生活污水和生活垃圾等。本项目产生的废水、固体废物及噪声已在《建德市第一人民医院二期工程环境影响报告书》有关章节进行分析，因此，本项目不再考虑其影响，本项目产生的废气治理措施如下：

本项目为医用 X 射线装置的应用，在开机出束状态下产生 X 射线，断开电源后，X 射线随即消失。辐射工作中因 X 射线对空气的电离产生微量非放射性的臭氧和氮氧化物，本项目 DSA 机房拟采用动力通风装置进行通风，排风口和送风口均位于机房吊顶处，管道布设于机房吊顶处，通风次数不低于 4 次/h，废气经通排风系统排出，最终在机房所在楼楼顶高空排放，能够保证机房内有效地通风换气，设置情况满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中第 6.4.3 款“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求。

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部门核销。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

《建德市第一人民医院二期工程环境影响报告书》已于 2022 年 8 月 25 日取得杭州市生态环境局批复，文号为：杭环建批〔2022〕073 号。有关主体工程施工期环境影响内容详见《建德市第一人民医院二期工程环境影响报告书》有关章节，本次评价不再做相关的环境影响评价，目前二期综合楼主体建筑已完工，暂未投入使用。

射线装置只有在项目建成、开机使用过程中才会产生射线，建设阶段不会对周围环境产生电离辐射影响。设备的安装、调试由设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试；由于设备在安装和调试时，机房各屏蔽防护措施已建设完成，经过墙体屏蔽和距离衰减后对环境的辐射影响能够达标。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物，并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射环境影响分析

本项目 DSA 射线装置最大管电压 125kV，最大管电流 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，本报告对 DSA 机房周围辐射环境影响采用理论计算模式预测的方法进行影响分析。根据医院提供的资料并结合相关参考材料，本项目 DSA 设备参数与工况、机房防护情况如表 11-1。

表 11-1 本项目 DSA 设备参数与工况及防护情况

| | | | | |
|----------|----|------------------------------------|------------|---------------|
| 设备 | | DSA | | |
| 设备参数 | | 最大管电压125kV/最大管电流1000mA | | |
| 过滤材料 | | 不小于2.5mmAl | | |
| 最大照射野 | | 100cm ² | | |
| 运行工况 | 减影 | 工况下 最大常用电压 100kV 最大常用电流500mA | 空气比 释动能 | 0.09mGy/mA·s |
| | 透视 | 工况下 最大常用电压 90kV 最大常用电流15mA | | 0.075mGy/mA·s |
| 泄漏辐射源强 | | 离靶点1m处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过1mGy/h | | |
| 机房有效面积尺寸 | | 长8.2m×宽6.6m×高5.0m | | |

| | | | |
|------------|------------|-------------|---------------------------------------------|
| DSA1 机房 | 防护设施 | 东侧墙体 | 360mm实心砖+2mmPb硫酸钡防护涂料/240mm实心砖+2mmPb硫酸钡防护涂料 |
| | | 南侧墙体 | 240mm实心砖+2mmPb硫酸钡防护涂料 |
| | | 西侧墙体 | 360mm实心砖+3mmPb硫酸钡防护涂料/240mm实心砖+3mmPb硫酸钡防护涂料 |
| | | 北侧墙体 | 360mm实心砖+3mmPb硫酸钡防护涂料 |
| | | 顶棚 | 120mm混凝土+2.5mmPb硫酸钡防护涂料 |
| | | 地坪 | 180mm混凝土+1.8mmPb硫酸钡防护涂 |
| | | 防护门 (5扇) | 内衬4.5mm铅板 |
| | | 观察窗 | 4.5mmPb铅玻璃 |
| 杂交 手术室 | 机房有效面积尺寸 | | 长9.0m×宽5.3m×高4.0m |
| | 防护设施 | 四侧墙体 | 镀锌方管+3mmPb铅板 |
| | | 顶棚 | 120mm混凝土+镀锌方管+3mmPb铅板 |
| | | 地坪 | 120mm混凝土+3mmPb硫酸钡防护涂料 |
| | | 防护门 (2扇) | 内衬3.0mm铅板 |
| 观察窗 | 3.0mmPb铅玻璃 | | |
| DSA2 机房 | 机房有效面积尺寸 | | 长7.2m×宽7.2m×高4.2m |
| | 防护设施 | 东侧墙体 | 240mm实心砖+2mmPb硫酸钡防护涂料 |
| | | 南侧墙体 | 240mm实心砖+2mmPb硫酸钡防护涂料 |
| | | 西侧墙体 | 120mm实心砖+3mmPb硫酸钡防护涂料 |
| | | 北侧墙体 | 240mm实心砖+2mmPb硫酸钡防护涂料 |
| | | 顶棚 | 120mm混凝土+2.5mmPb硫酸钡防护涂料 |
| | | 地坪 | 120mm混凝土+2.5mmPb硫酸钡防护涂 |
| | | 防护门 (4扇) | 内衬4.5mm铅板 |
| 观察窗 | 4.5mmPb铅玻璃 | | |

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

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

式中：

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

I—管电流 (mA) ；

δ_x —距靶1m处的发射率常数，mGy/(mA·min)；

$r_0=1\text{m}$ ；

r—源至关注点的距离，m。

表 11-2 DSA 不同运行模式下距靶 1m 处空气比释动能率一览表

| 设备 | 运行模式 | 过滤材料厚度 | 距靶 1m 处的空气比释动能 (mGy/mA·s) | 最大常用电压 (kV) | 最大常用电流 (mA) | 距靶 1m 处的空气比释动能率 (μGy/h) |
|-----|------|---------|---------------------------|-------------|-------------|-------------------------|
| DSA | 减影 | 2.5mmAl | 0.09 | 100 | 500 | 1.62×10 ⁸ |
| | 透视 | 2.5mmAl | 0.075 | 90 | 15 | 4.05×10 ⁶ |

取医生手术位、控制室操作位、防护墙外30cm处、铅防护门外30cm处、楼上离地100cm处、楼下距楼下地面170cm处及评价范围内保护目标处作为预测点位。本项目预测点位见图11-1、图11-2、图11-3，预测点位情况见表11-3。

表11-3 本项目DSA机房预测点位情况

| 预测点位 | | 方位 | 距辐射源点 (靶点) 最近距离 (m) |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|---------------------|
| DSA1 机房 | 1-1#术者位 | 第一术者位 (身体) | 机房内 0.6 |
| | | 第一术者位 (手部) | 机房内 0.8 |
| | | 第一术者位 (眼晶体) | 机房内 1.2 |
| | | 第二术者位 | 机房内 1.0 |
| | 1-2#控制室操作位 (防护窗外) | 南侧 | 4.6 |
| | 1-3#控制室操作位 (防护墙外) | 南侧 | 4.6 |
| | 1-4#南侧防护门外 30cm 处 (缓冲间) | 南侧 | 4.6 |
| | 1-5#东侧防护墙外 30cm 处 (过道) | 东侧 | 4.3 |
| | 1-6#北侧防护墙外 30cm 处 (电梯等候室) | 北侧 | 4.6 |
| | 1-7#西侧防护墙外 30cm 处 (设备室) | 西侧 | 4.3 |
| | 1-8#西侧防护门外 30cm 处 (导管材料室) | 西侧 | 4.3 |
| | 1-9#西侧防护墙外 30cm 处 (休息室) | 西侧 | 4.3 |
| | 1-10#楼上离地 100cm 处 (预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS 室等) | 上方 | 5.6 |
| 1-11#楼下距楼下地面 170cm 处 (检查包装及灭菌区、缓冲区及过道) | 下方 | 3.9 | |
| 杂交手术室 | 2-1#术者位 | 第一术者位 (身体) | 机房内 0.6 |
| | | 第一术者位 (手部) | 机房内 0.8 |
| | | 第一术者位 (眼晶体) | 机房内 1.2 |
| | | 第二术者位 | 机房内 1.0 |
| | 2-2#控制室操作位 (防护窗外) | 东侧 | 5.8 |
| | 2-3#控制室操作位 (防护墙外) | 东侧 | 5.8 |
| | 2-4#南侧墙外 30cm 处 (设备间) | 南侧 | 4.1 |

| | | | | |
|------------|-------------------------------|------------------------|-----|-----|
| | 2-5#南侧防护门外 30cm 处（污物通道） | 南侧 | 4.1 | |
| | 2-6#西侧防护墙外 30cm 处（ORB5 室） | 西侧 | 5.8 | |
| | 2-7#北侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊） | 北侧 | 4.1 | |
| | 2-8#北侧防护门外 30cm 处（洁净走廊） | 北侧 | 4.1 | |
| | 2-9#楼上离地 100cm 处（设备层） | 上方 | 4.8 | |
| | 2-10#楼下距楼下地面 170cm 处（留观室、过道等） | 下方 | 3.0 | |
| DSA2 机房 | 3-1#术者位 | 第一术者位（身体） | 机房内 | 0.6 |
| | | 第一术者位（手部） | 机房内 | 0.8 |
| | | 第一术者位（眼晶体） | 机房内 | 1.2 |
| | | 第二术者位 | 机房内 | 1.0 |
| | | 3-2#控制室操作位（防护窗外） | 南侧 | 2.9 |
| | | 3-3#控制室操作位（防护墙外） | 南侧 | 2.9 |
| | | 3-4#南侧防护门外 30cm 处（缓冲间） | 南侧 | 2.9 |
| | | 3-5#东侧防护墙外 30cm 处（污物间） | 东侧 | 5.7 |
| | | 3-6#东侧防护门外 30cm 处（污物间） | 东侧 | 5.7 |
| | | 3-7#东侧防护墙外 30cm 处（设备间） | 东侧 | 5.7 |
| | | 3-8#北侧防护墙外 30cm 处（导管室） | 北侧 | 5.3 |
| | | 3-9#北侧防护门外 30cm 处（导管室） | 北侧 | 5.3 |
| | | 3-10#西侧防护墙外 30cm 处（临空） | 西侧 | 4.3 |
| | | 3-11#楼上离地 100cm 处（设备层） | 上方 | 3.6 |
| | 3-12#楼下距楼下地面 170cm 处（留观室、过道等） | 下方 | 2.7 | |

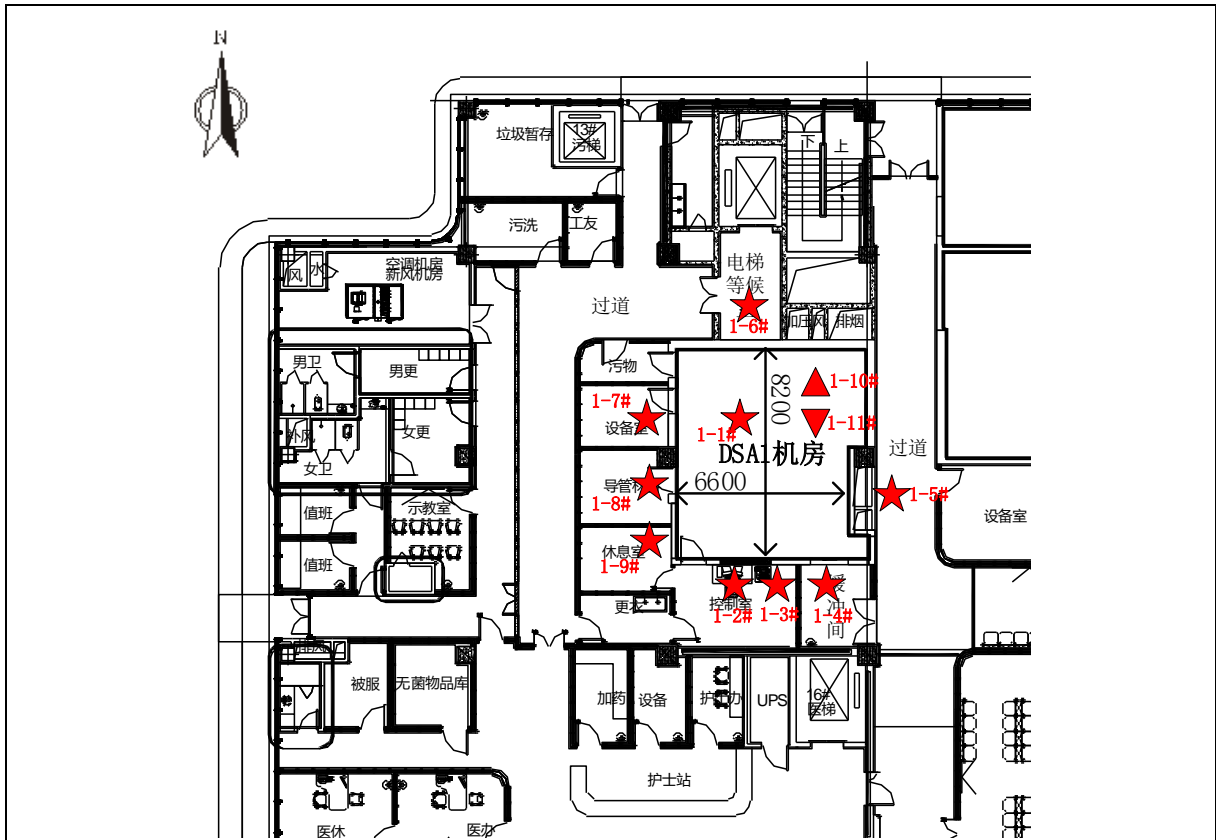


图 11-1 DSA1 机房预测关注点位示意图

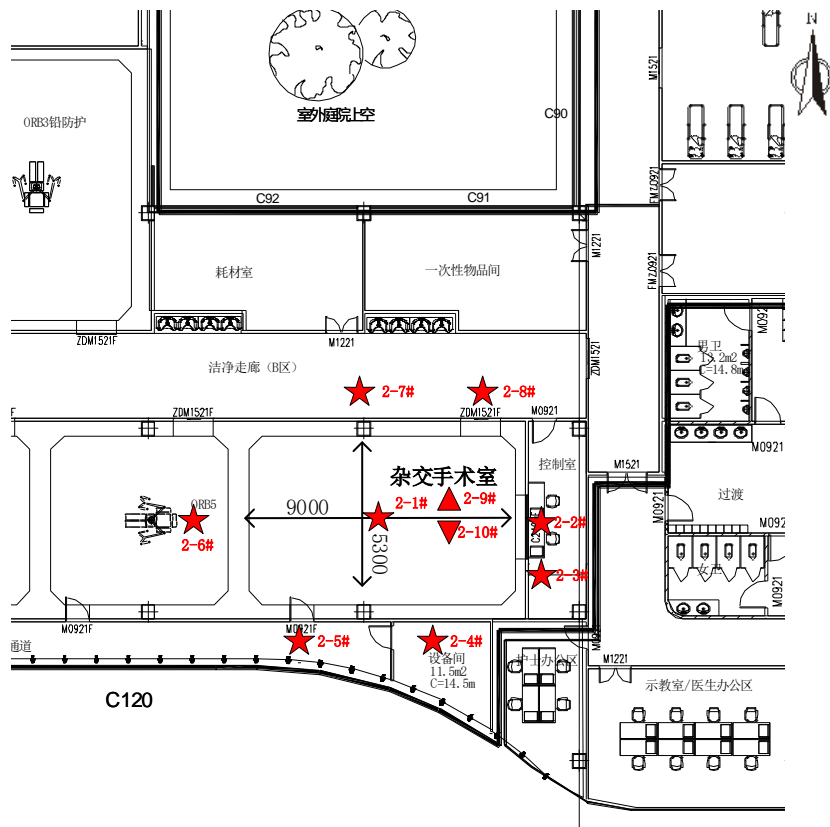


图 11-2 杂交手术室预测关注点位示意图

临空

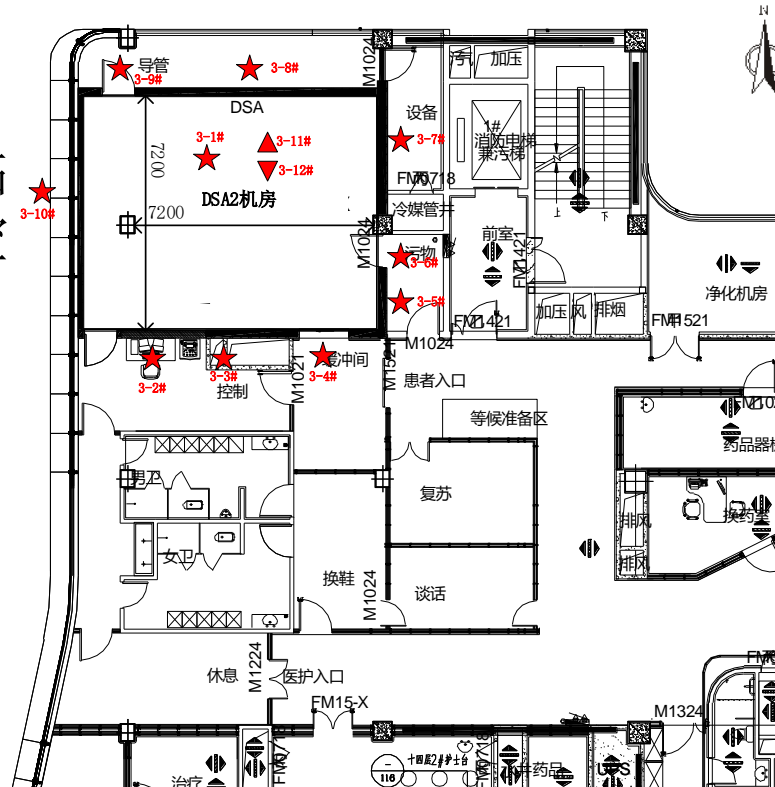


图 11-3 DSA2 机房预测关注点位示意图

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

以下公式根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽) 中公式 (10.8)、(10.9)、(10.10) 等公式演化而来。

①病人体表散射屏蔽估算

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

H_s ----预测点处的散射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$;

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

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

s ----散射面积， cm^2 ，取 100cm^2 ;

d_0 ----源与病人的距离，m，取 0.8m；

d_s ----病人与预测点的距离，m；

B ----屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C中的公式（C.1）和表C.2计算。

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

式中：

B ——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

β ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X ——铅厚度。

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

表 11-4 铅对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

| 管电压 | 铅 | | |
|---------------|----------|---------|----------|
| | α | β | γ |
| 100kV (主束) | 2.5 | 15.28 | 0.7557 |
| 100kV (散射) | 2.507 | 15.33 | 0.9124 |
| 90kV | 3.067 | 18.83 | 0.7726 |

散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果列表见表11-5、表11-6。

表 11-5 100kV 减影工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

| 预测点位 | | 防护情况 | 屏蔽厚度 | α | β | γ | B |
|------------|---------------------------|---------------------------------|---------|----------|---------|----------|-----------------------|
| DSA1 机房 | 1-2#控制室操作位 | 4.5mmPb 铅玻璃 | 4.5mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 1.47×10^{-6} |
| | 1-3#控制室操作位 | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫酸 钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 5.14×10^{-6} |
| | 1-4#南侧防护门外 30cm 处（缓冲间） | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 1.47×10^{-6} |
| | 1-5#东侧防护墙外 30cm 处（过道） | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫酸 钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 5.14×10^{-6} |
| | 1-6#北侧防护墙外 30cm 处（电梯等候 | 360mm 实心 砖+3mmPb 硫 | 6.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 3.41×10^{-8} |

| | | | | | | | |
|----------------------|----------------------------------------|---------------------------|-------------|---------|-------|--------|-----------------------|
| | 室) | 酸钡防护涂料 | | | | | |
| | 1-7#西侧防护墙外30cm处(设备室) | 360mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料 | 6.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 3.41×10^{-8} |
| | 1-8#西侧防护门外30cm处(导管材料室) | 内衬 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 1.47×10^{-6} |
| | 1-9#西侧防护墙外30cm处(休息室) | 240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料 | 5.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 4.19×10^{-7} |
| | 1-10#楼上离地100cm处(预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS室等) | 120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡防护涂料 | 3.9mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 6.60×10^{-6} |
| | 1-11#楼下距楼下地面170cm处(检查包装及灭菌区、缓冲间及过道) | 180mm 混凝土+1.8mmPb 硫酸钡防护涂料 | 4.1mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 4.00×10^{-6} |
| 杂交手术室 | 2-2#控制室操作位(防护窗外) | 3.0mmPb 铅玻璃 | 3.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 6.31×10^{-5} |
| | 2-3#控制室操作位(防护墙外) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 6.31×10^{-5} |
| | 2-4#南侧墙外30cm处(设备间) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 6.31×10^{-5} |
| | 2-5#南侧防护门外30cm处(污物通道) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 6.31×10^{-5} |
| | 2-6#西侧防护墙外30cm处(ORB5室) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 6.31×10^{-5} |
| | 2-7#北侧防护墙外30cm处(洁净走廊) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 6.31×10^{-5} |
| | 2-8#北侧防护门外30cm处(洁净走廊) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 6.31×10^{-5} |
| | 2-9#楼上离地100cm处(设备层) | 120mm 混凝土+镀锌方管+3mmPb 铅板 | 4.4mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 1.89×10^{-6} |
| | 2-10#楼下距楼下地面170cm处(留观室、过道等) | 120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防护涂料 | 4.4mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 1.89×10^{-6} |
| | DSA2机房 | 3-2#控制室操作位(防护窗外) | 4.5mmPb 铅玻璃 | 4.5mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 |
| 3-3#控制室操作位(防护墙外) | | 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 5.14×10^{-6} |
| 3-4#南侧防护门外30cm处(缓冲间) | | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 1.47×10^{-6} |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|----------|-------|-------|--------|-----------------------|
| 3-5#东侧防护墙外 30cm处(污物间) | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫 酸钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 5.14×10^{-6} |
| 3-6#东侧防护门外 30cm处(污物间) | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 1.47×10^{-6} |
| 3-7#东侧防护墙外 30cm处(设备间) | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫 酸钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 5.14×10^{-6} |
| 3-8#北侧防护墙外 30cm处(导管室) | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫 酸钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 5.14×10^{-6} |
| 3-9#北侧防护门外 30cm处(导管室) | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 1.47×10^{-6} |
| 3-10#西侧防护墙外 30cm处(临空) | 120mm 实心 砖+3mmPb 硫 酸钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 5.14×10^{-6} |
| 3-11#楼上离地 100cm处(设备 层) | 120mm 混凝 土+2.5mmPb 硫酸钡防护涂 料 | 3.9 mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 6.60×10^{-6} |
| 3-12#楼下距楼下地 面 170cm处(留观 室、过道等) | 120mm 混凝 土+2.5mmPb 硫酸钡防护涂 料 | 3.9 mmPb | 2.507 | 15.33 | 0.9124 | 6.60×10^{-6} |

表 11-6 90kV 透视工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

| 预测点位 | | 防护情况 | 屏蔽厚度 | α | β | γ | B |
|------------|----------------------|----------------------------------------|-----------|----------|---------|----------|-----------------------|
| DSA1 机房 | 1-1#第一术者位 (身体铅衣内) | 0.5mmPb 铅 衣+0.5mmPb 铅屏风 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 1-1#第一术者位 (身体铅衣外) | 0.5mmPb 铅 屏风 | 0.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.52×10^{-2} |
| | 1-1#第一术者位 (手部) | 0.025mmPb 铅 手 套 +0.5mmPb 防 护帘 | 0.525mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.27×10^{-2} |
| | 1-1#第一术者位 (眼晶体) | 0.5mmPb 防 护 帘 +0.5mmPb 铅 防护眼镜 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 1-1#第二术者位 (身体铅衣内) | 0.5mm 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 1-1#第二术者位 (身体铅衣外) | 0.5mmPb 铅 屏风 | 0.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.52×10^{-2} |
| | 1-2#控制室操作位 | 4.5mmPb 铅 玻璃 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} |
| | 1-3#控制室操作位 | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫酸钡防护 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.69×10^{-7} |

| | | | | | | | |
|---------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------|-------|-------|--------|------------------------|
| | | 涂料 | | | | | |
| | 1-4#南侧防护门外 30cm处(缓冲间) | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} |
| | 1-5#东侧防护墙外 30cm处(过道) | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.69×10^{-7} |
| | 1-6#北侧防护墙外 30cm处(电梯等候 室) | 360mm 实心 砖+3mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 6.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 8.00×10^{-10} |
| | 1-7#西侧防护墙外 30cm处(设备室) | 360mm 实心 砖+3mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 6.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 8.00×10^{-10} |
| | 1-8#西侧防护门外 30cm处(导管材料 室) | 内衬 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} |
| | 1-9#西侧防护墙外 30cm处(休息室) | 240mm 实心 砖+3mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 5.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 1.72×10^{-8} |
| | 1-10#楼上离地 100cm处(预留房 间、缓冲间、过 道、仪器室、UPS 室等) | 120mm 混凝 土+2.5mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 3.9mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 5.02×10^{-7} |
| | 1-11#楼下距楼下地 面 170cm处(检查 包装及灭菌区、缓 冲区及过道) | 180mm 混凝 土+1.8mmPb 硫酸钡防护 涂 | 4.1mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.27×10^{-7} |
| 杂交 手术 室 | 2-1#第一术者位 (身体铅衣内) | 0.5mmPb 铅 衣+0.5mmPb 铅屏风 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 2-1#第一术者位 (身体铅衣外) | 0.5mmPb 铅 屏风 | 0.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.52×10^{-2} |
| | 2-1#第一术者位 (手部) | 0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 防护帘 | 0.525mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.27×10^{-2} |
| | 2-1#第一术者位 (眼晶体) | 0.5mmPb 防 护帘 +0.5mmPb 铅防护眼镜 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 2-1#第二术者位 (身体铅衣内) | 0.5mm 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 2-1#第二术者位 (身体铅衣外) | 0.5mmPb 铅 屏风 | 0.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.52×10^{-2} |
| | 2-2#控制室操作位 | 3.0mmPb 铅 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |

| | | | | | | | |
|------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------|-------|-------|--------|-----------------------|
| | (防护窗外) | 玻璃 | | | | | |
| | 2-3#控制室操作位 (防护墙外) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |
| | 2-4#南侧墙外 30cm 处 (设备间) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |
| | 2-5#南侧防护门外 30cm 处 (污物通 道) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |
| | 2-6#西侧防护墙外 30cm 处 (ORB5 室) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |
| | 2-7#北侧防护墙外 30cm 处 (洁净走 廊) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |
| | 2-8#北侧防护门外 30cm 处 (洁净走 廊) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |
| | 2-9#楼上离地 100cm 处 (设备层) | 120mm 混 凝土+镀锌方 管+3mmPb 铅板 | 4.4mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 1.08×10^{-7} |
| | 2-10#楼下距楼下地 面 170cm 处 (留观 室、过道等) | 120mm 混 凝土+3mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 4.4mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 1.08×10^{-7} |
| DSA2 机房 | 3-1#第一术者位 (身体铅衣内) | 0.5mmPb 铅 衣+0.5mmPb 铅屏风 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 3-1#第一术者位 (身体铅衣外) | 0.5mmPb 铅 屏风 | 0.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.52×10^{-2} |
| | 3-1#第一术者位 (手部) | 0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 防护帘 | 0.525mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.27×10^{-2} |
| | 3-1#第一术者位 (眼晶体) | 0.5mmPb 防 护帘 +0.5mmPb 铅防护眼镜 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 3-1#第二术者位 (身体铅衣内) | 0.5mm 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 3-1#第二术者位 (身体铅衣外) | 0.5mmPb 铅 屏风 | 0.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.52×10^{-2} |
| | 3-2#控制室操作位 (防护窗外) | 4.5mmPb 铅 玻璃 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} |
| | 3-3#控制室操作位 (防护墙外) | 240mm 实 心 砖+2mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.69×10^{-7} |
| | 3-4#南侧防护门外 | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} |

| | | | | | | | |
|----------------------------------------|--------------------------------------|----------|-------|-------|--------|-----------------------|--|
| 30cm 处 (缓冲间) | | | | | | | |
| 3-5#东侧防护墙外 30cm 处 (污物间) | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.69×10^{-7} | |
| 3-6#东侧防护门外 30cm 处 (污物间) | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} | |
| 3-7#东侧防护墙外 30cm 处 (设备间) | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.69×10^{-7} | |
| 3-8#北侧防护墙外 30cm 处 (导管室) | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.69×10^{-7} | |
| 3-9#北侧防护门外 30cm 处 (导管室) | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} | |
| 3-10#西侧防护墙外 30cm 处 (临空) | 120mm 实心 砖+3mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.69×10^{-7} | |
| 3-11#楼上离地 100cm 处 (设备 层) | 120mm 混凝 土+2.5mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 3.9 mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 5.02×10^{-7} | |
| 3-12#楼下距楼下地 面 170cm 处 (留观 室、过道等) | 120mm 混凝 土+2.5mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 3.9 mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 5.02×10^{-7} | |

各预测点位散射辐射剂量计算参数及结果见下表11-7。

表 11-7 各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

| 工作 模式 | 关注点位置描述 | H_0 | α | s | d_0 | d_s | B | H_s |
|------------------------|----------------------------------|--------------------|----------|---------------|-------|-------|-----------------------|-----------------------|
| | | $\mu\text{Gy/h}$ | / | cm^2 | m | m | / | $\mu\text{Gy/h}$ |
| 减影 (DS A1机 房) | 1-2#控制室操作位 | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.6 | 1.47×10^{-6} | 5.70×10^{-3} |
| | 1-3#控制室操作位 | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.6 | 5.14×10^{-6} | 2.00×10^{-2} |
| | 1-4#南侧防护门外 30cm 处 (缓冲间) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.6 | 1.47×10^{-6} | 5.70×10^{-3} |
| | 1-5#东侧防护墙外 30cm 处 (过道) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.3 | 5.14×10^{-6} | 2.29×10^{-2} |
| | 1-6#北侧防护墙外 30cm 处 (电梯等候 室) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.6 | 3.41×10^{-8} | 1.33×10^{-4} |
| | 1-7#西侧防护墙外 30cm 处 (设备室) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.3 | 3.41×10^{-8} | 1.52×10^{-4} |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|--------|-----|-----|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| | 1-8#西侧防护门外30cm处(导管材料室) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.3 | 1.47×10^{-6} | 6.53×10^{-3} |
| | 1-9#西侧防护墙外30cm处(休息室) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.3 | 4.19×10^{-7} | 1.86×10^{-3} |
| | 1-10#楼上离地100cm处(预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS室等) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.6 | 6.60×10^{-6} | 1.73×10^{-2} |
| | 1-11#楼下距楼下地面170cm处(检查包装及灭菌区、缓冲区及过道) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 3.9 | 4.00×10^{-6} | 2.16×10^{-2} |
| 透视 (DS A1机 房) | 1-1#第一术者位(身体铅衣内) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.5 | 4.08×10^{-3} | 33.53 |
| | 1-1#第一术者位(身体铅衣外) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.5 | 2.52×10^{-2} | 206.93 |
| | 1-1#第一术者位(手部) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.5 | 2.27×10^{-2} | 186.68 |
| | 1-1#第一术者位(眼晶体) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.7 | 4.08×10^{-3} | 17.11 |
| | 1-1#第二术者位(身体铅衣内) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.9 | 4.08×10^{-3} | 10.35 |
| | 1-1#第二术者位(身体铅衣外) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.9 | 2.52×10^{-2} | 63.87 |
| | 1-2#控制室操作位 | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.6 | 7.96×10^{-8} | 7.74×10^{-6} |
| | 1-3#控制室操作位 | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.6 | 3.69×10^{-7} | 3.59×10^{-5} |
| | 1-4#南侧防护门外30cm处(缓冲间) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.6 | 7.96×10^{-8} | 7.74×10^{-6} |
| | 1-5#东侧防护墙外30cm处(过道) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.3 | 3.69×10^{-7} | 4.11×10^{-5} |
| | 1-6#北侧防护墙外30cm处(电梯等候室) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.6 | 8.00×10^{-10} | 7.78×10^{-8} |
| | 1-7#西侧防护墙外30cm处(设备室) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.3 | 8.00×10^{-10} | 8.90×10^{-8} |
| | 1-8#西侧防护门外30cm处(导管材料室) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.3 | 7.96×10^{-8} | 8.86×10^{-6} |
| | 1-9#西侧防护墙外30cm处(休息室) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.3 | 1.72×10^{-8} | 1.91×10^{-6} |
| | 1-10#楼上离地100cm处(预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS室等) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.6 | 5.02×10^{-7} | 3.29×10^{-5} |
| 1-11#楼下距楼下地面170cm处(检查包装及灭菌区、缓冲区及过道) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 3.9 | 2.27×10^{-7} | 3.67×10^{-5} | |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------|--------|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 减影 (杂 交手 术室) | 2-2#控制室操作位 (防护窗外) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.8 | 6.31×10^{-5} | 1.54×10^{-1} |
| | 2-3#控制室操作位 (防护墙外) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.8 | 6.31×10^{-5} | 1.54×10^{-1} |
| | 2-4#南侧墙外 30cm 处 (设备间) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.1 | 6.31×10^{-5} | 3.09×10^{-1} |
| | 2-5#南侧防护门外 30cm 处 (污物通道) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.1 | 6.31×10^{-5} | 3.09×10^{-1} |
| | 2-6#西侧防护墙外 30cm 处 (ORB5 室) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.8 | 6.31×10^{-5} | 1.54×10^{-1} |
| | 2-7#北侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.1 | 6.31×10^{-5} | 3.09×10^{-1} |
| | 2-8#北侧防护门外 30cm 处 (洁净走廊) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.1 | 6.31×10^{-5} | 3.09×10^{-1} |
| | 2-9#楼上离地 100cm 处 (设备层) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.8 | 1.89×10^{-6} | 6.73×10^{-3} |
| | 2-10#楼下距楼下地面 170cm 处 (留观室、 过道等) | 1.62×10^8 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 3.0 | 1.89×10^{-6} | 1.72×10^{-2} |
| | 透视 (杂 交手 术室) | 2-1#第一术者位 (身体铅衣内) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.5 | 4.08×10^{-3} |
| 2-1#第一术者位 (身体铅衣外) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.5 | 2.52×10^{-2} | 206.93 |
| 2-1#第一术者位 (手部) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.5 | 2.27×10^{-2} | 186.68 |
| 2-1#第一术者位 (眼晶体) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.7 | 4.08×10^{-3} | 17.11 |
| 2-1#第二术者位 (身体铅衣内) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.9 | 4.08×10^{-3} | 10.35 |
| 2-1#第二术者位 (身体铅衣外) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.9 | 2.52×10^{-2} | 63.87 |
| 2-2#控制室操作位 (防护窗外) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.8 | 7.93×10^{-6} | 4.85×10^{-4} |
| 2-3#控制室操作位 (防护墙外) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.8 | 7.93×10^{-6} | 4.85×10^{-4} |
| 2-4#南侧墙外 30cm 处 (设备间) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.1 | 7.93×10^{-6} | 9.71×10^{-4} |
| 2-5#南侧防护门外 30cm 处 (污物通道) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.1 | 7.93×10^{-6} | 9.71×10^{-4} |
| 2-6#西侧防护墙外 30cm 处 (ORB5 室) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.8 | 7.93×10^{-6} | 4.85×10^{-4} |
| 2-7#北侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.1 | 7.93×10^{-6} | 9.71×10^{-4} |
| 2-8#北侧防护门外 30cm 处 (洁净走廊) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.1 | 7.93×10^{-6} | 9.71×10^{-4} |
| 2-9#楼上离地 100cm 处 (设备层) | | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.8 | 1.08×10^{-7} | 9.66×10^{-6} |
| 2-10#楼下距楼下地面 170cm 处 (留观室、 过道等) | 4.05×10^6 | 0.0013 | 100 | 0.8 | 3.0 | 1.08×10^{-7} | 2.74×10^{-5} | |

| | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------|-----|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 减影 (DS A2 机房) | 3-2#控制室操作位 (防护窗外) | 1.62×10 ⁸ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 2.9 | 1.47×10 ⁻⁶ | 1.44×10 ⁻² |
| | 3-3#控制室操作位 (防护墙外) | 1.62×10 ⁸ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 2.9 | 5.14×10 ⁻⁶ | 5.03×10 ⁻² |
| | 3-4#南侧防护门外 30cm处(缓冲间) | 1.62×10 ⁸ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 2.9 | 1.47×10 ⁻⁶ | 1.44×10 ⁻² |
| | 3-5#东侧防护墙外 30cm处(污物间) | 1.62×10 ⁸ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.7 | 5.14×10 ⁻⁶ | 1.30×10 ⁻² |
| | 3-6#东侧防护门外 30cm处(污物间) | 1.62×10 ⁸ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.7 | 1.47×10 ⁻⁶ | 3.72×10 ⁻³ |
| | 3-7#东侧防护墙外 30cm处(设备间) | 1.62×10 ⁸ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.7 | 5.14×10 ⁻⁶ | 1.30×10 ⁻² |
| | 3-8#北侧防护墙外 30cm处(导管室) | 1.62×10 ⁸ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.3 | 5.14×10 ⁻⁶ | 1.51×10 ⁻² |
| | 3-9#北侧防护门外 30cm处(导管室) | 1.62×10 ⁸ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.3 | 1.47×10 ⁻⁶ | 4.30×10 ⁻³ |
| | 3-10#西侧防护墙外 30cm处(临空) | 1.62×10 ⁸ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.3 | 5.14×10 ⁻⁶ | 2.29×10 ⁻² |
| | 3-11#楼上离地100cm 处(设备层) | 1.62×10 ⁸ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 3.6 | 6.60×10 ⁻⁶ | 4.19×10 ⁻² |
| | 3-12#楼下距楼下地面 170cm处(留观室、 过道等) | 1.62×10 ⁸ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 2.7 | 6.60×10 ⁻⁶ | 7.45×10 ⁻² |
| 透视 (DS A2 机房) | 3-1#第一术者位 (身体铅衣内) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.5 | 4.08×10 ⁻³ | 33.53 |
| | 3-1#第一术者位 (身体铅衣外) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.5 | 2.52×10 ⁻² | 206.93 |
| | 3-1#第一术者位 (手部) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.5 | 2.27×10 ⁻² | 186.68 |
| | 3-1#第一术者位 (眼晶体) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.7 | 4.08×10 ⁻³ | 17.11 |
| | 3-1#第二术者位 (身体铅衣内) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.9 | 4.08×10 ⁻³ | 10.35 |
| | 3-1#第二术者位 (身体铅衣外) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 0.9 | 2.52×10 ⁻² | 63.87 |
| | 3-2#控制室操作位 (防护窗外) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 2.9 | 7.96×10 ⁻⁸ | 1.95×10 ⁻⁵ |
| | 3-3#控制室操作位 (防护墙外) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 2.9 | 3.69×10 ⁻⁷ | 9.03×10 ⁻⁵ |
| | 3-4#南侧防护门外 30cm处(缓冲间) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 2.9 | 7.96×10 ⁻⁸ | 1.95×10 ⁻⁵ |
| | 3-5#东侧防护墙外 30cm处(污物间) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.7 | 3.69×10 ⁻⁷ | 2.34×10 ⁻⁵ |
| | 3-6#东侧防护门外 30cm处(污物间) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.7 | 7.96×10 ⁻⁸ | 5.04×10 ⁻⁶ |
| | 3-7#东侧防护墙外 30cm处(设备间) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.7 | 3.69×10 ⁻⁷ | 2.34×10 ⁻⁵ |
| 3-8#北侧防护墙外 30cm处(导管室) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.3 | 3.69×10 ⁻⁷ | 2.70×10 ⁻⁵ | |

| | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------|--------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------------------|
| 3-9#北侧防护门外30cm处(导管室) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 5.3 | 7.96×10 ⁻⁸ | 5.83×10 ⁻⁶ |
| 3-10#西侧防护墙外30cm处(临空) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 4.3 | 3.69×10 ⁻⁷ | 4.11×10 ⁻⁵ |
| 3-11#楼上离地100cm处(设备层) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 3.6 | 5.02×10 ⁻⁷ | 7.96×10 ⁻⁵ |
| 3-12#楼下距楼下地面170cm处(留观室、过道等) | 4.05×10 ⁶ | 0.0013 | 100 | 0.8 | 2.7 | 5.02×10 ⁻⁷ | 1.42×10 ⁻⁴ |

②泄漏辐射剂量估算

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

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

式中：

H_L —预测点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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

d —靶点距关注点的距离，m；

B —屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中公式和参数计算，公式计算同式 11-3。

泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表 11-8、表 11-9。

表 11-8 100kV 减影工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

| 预测点位 | | 防护情况 | 屏蔽厚度 | α | β | γ | B |
|------------|------------------------|-------------------------|---------|----------|---------|----------|-----------------------|
| DSA1 机房 | 1-2#控制室操作位 | 4.5mmPb 铅玻璃 | 4.5mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 9.70×10 ⁻⁷ |
| | 1-3#控制室操作位 | 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 3.39×10 ⁻⁶ |
| | 1-4#南侧防护门外30cm处(缓冲间) | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 9.70×10 ⁻⁷ |
| | 1-5#东侧防护墙外30cm处(过道) | 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 3.39×10 ⁻⁶ |
| | 1-6#北侧防护墙外30cm处(电梯等候室) | 360mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料 | 6.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 2.28×10 ⁻⁸ |
| | 1-7#西侧防护墙外30cm处(设备室) | 360mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料 | 6.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 2.28×10 ⁻⁸ |
| | 1-8#西侧防护门外30cm处(导管材料) | 内衬 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 9.70×10 ⁻⁷ |

| | | | | | | | |
|----------------------|----------------------------------------|---------------------------|-------------|---------|-------|--------|-----------------------|
| | 室) | | | | | | |
| | 1-9#西侧防护墙外30cm处(休息室) | 240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料 | 5.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 2.78×10^{-7} |
| | 1-10#楼上离地100cm处(预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS室等) | 120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡防护涂料 | 3.9mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 4.35×10^{-6} |
| | 1-11#楼下距楼下地面170cm处(检查包装及灭菌区、缓冲间及过道) | 180mm 混凝土+1.8mmPb 硫酸钡防护涂 | 4.1mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 2.64×10^{-6} |
| 杂交手术室 | 2-2#控制室操作位(防护窗外) | 3.0mmPb 铅玻璃 | 3.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 4.14×10^{-5} |
| | 2-3#控制室操作位(防护墙外) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 4.14×10^{-5} |
| | 2-4#南侧墙外30cm处(设备间) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 4.14×10^{-5} |
| | 2-5#南侧防护门外30cm处(污物通道) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 4.14×10^{-5} |
| | 2-6#西侧防护墙外30cm处(ORB5室) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 4.14×10^{-5} |
| | 2-7#北侧防护墙外30cm处(洁净走廊) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 4.14×10^{-5} |
| | 2-8#北侧防护门外30cm处(洁净走廊) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 4.14×10^{-5} |
| | 2-9#楼上离地100cm处(设备层) | 120mm 混凝土+镀锌方管+3mmPb 铅板 | 4.4mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 1.25×10^{-6} |
| | 2-10#楼下距楼下地面170cm处(留观室、过道等) | 120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防护涂料 | 4.4mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 1.25×10^{-6} |
| | DSA2机房 | 3-2#控制室操作位(防护窗外) | 4.5mmPb 铅玻璃 | 4.5mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 |
| 3-3#控制室操作位(防护墙外) | | 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 3.39×10^{-6} |
| 3-4#南侧防护门外30cm处(缓冲间) | | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 9.70×10^{-7} |
| 3-5#东侧防护墙外30cm处(污物间) | | 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 3.39×10^{-6} |
| 3-6#东侧防护门外30cm处(污物间) | | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 9.70×10^{-7} |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|----------|-----|-------|--------|-----------------------|
| 3-7#东侧防护墙外 30cm处(设备间) | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫酸 钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 3.39×10^{-6} |
| 3-8#北侧防护墙外 30cm处(导管室) | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫酸 钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 4.35×10^{-6} |
| 3-9#北侧防护门外 30cm处(导管室) | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 9.70×10^{-7} |
| 3-10#西侧防护墙外 30cm处(临空) | 120mm 实心 砖+3mmPb 硫酸 钡防护涂料 | 4.0mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 3.39×10^{-6} |
| 3-11#楼上离地 100cm处(设备 层) | 120mm 混凝 土+2.5mmPb 硫酸钡防护涂 料 | 3.9 mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 4.35×10^{-6} |
| 3-12#楼下距楼下地 面 170cm处(留观 室、过道等) | 120mm 混凝 土+2.5mmPb 硫酸钡防护涂 料 | 3.9 mmPb | 2.5 | 15.28 | 0.7557 | 4.35×10^{-6} |

表 11-9 90kV 透视工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

| 预测点位 | 防护情况 | 屏蔽厚度 | α | β | γ | B | |
|------------|--------------------------|----------------------------------------|-----------|---------|----------|--------|-----------------------|
| DSA1 机房 | 1-1#第一术者位 (身体铅衣内) | 0.5mmPb 铅 衣+0.5mmPb 铅屏风 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 1-1#第一术者位 (身体铅衣外) | 0.5mmPb 铅 屏风 | 0.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.52×10^{-2} |
| | 1-1#第一术者位 (手部) | 0.025mmPb 铅 手 套 +0.5mmPb 防 护帘 | 0.525mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.27×10^{-2} |
| | 1-1#第一术者位 (眼晶体) | 0.5mmPb 防 护 帘 +0.5mmPb 铅 防护眼镜 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 1-1#第二术者位 (身体铅衣内) | 0.5mm 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 1-1#第二术者位 (身体铅衣外) | 0.5mmPb 铅 屏风 | 0.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.52×10^{-2} |
| | 1-2#控制室操作位 | 4.5mmPb 铅 玻璃 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} |
| | 1-3#控制室操作位 | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.39×10^{-7} |
| | 1-4#南侧防护门外 30cm处(缓冲间) | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} |
| | 1-5#东侧防护墙外 30cm处(过道) | 240mm 实心 砖+2mmPb | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.39×10^{-7} |

| | | | | | | | |
|-------|----------------------------------------|---------------------------|-----------|-------|-------|--------|------------------------|
| | | 硫酸钡防护涂料 | | | | | |
| | 1-6#北侧防护墙外30cm处（电梯等候室） | 360mm 实心砖+3mmPb硫酸钡防护涂料 | 6.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 8.00×10^{-10} |
| | 1-7#西侧防护墙外30cm处（设备室） | 360mm 实心砖+3mmPb硫酸钡防护涂料 | 6.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 8.00×10^{-10} |
| | 1-8#西侧防护门外30cm处（导管材料室） | 内衬 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} |
| | 1-9#西侧防护墙外30cm处（休息室） | 240mm 实心砖+3mmPb硫酸钡防护涂料 | 5.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 1.72×10^{-8} |
| | 1-10#楼上离地100cm处（预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS室等） | 120mm 混凝土+2.5mmPb硫酸钡防护涂料 | 3.9mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 5.02×10^{-7} |
| | 1-11#楼下距楼下地面170cm处（检查包装及灭菌区、缓冲区及过道） | 180mm 混凝土+1.8mmPb硫酸钡防护涂 | 4.1mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.27×10^{-7} |
| 杂交手术室 | 2-1#第一术者位（身体铅衣内） | 0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅屏风 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 2-1#第一术者位（身体铅衣外） | 0.5mmPb 铅屏风 | 0.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.52×10^{-2} |
| | 2-1#第一术者位（手部） | 0.025mmPb 铅手套+0.5mmPb 防护帘 | 0.525mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.27×10^{-2} |
| | 2-1#第一术者位（眼晶体） | 0.5mmPb 防护帘+0.5mmPb 铅防护眼镜 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 2-1#第二术者位（身体铅衣内） | 0.5mm 铅衣+0.5mmPb 铅屏风 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 2-1#第二术者位（身体铅衣外） | 0.5mmPb 铅屏风 | 0.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.52×10^{-2} |
| | 2-2#控制室操作位（防护窗外） | 3.0mmPb 铅玻璃 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |
| | 2-3#控制室操作位（防护墙外） | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |
| | 2-4#南侧墙外30cm处（设备间） | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |

| | | | | | | | |
|------------|------------------------------|---------------------------|-----------|-------|-------|--------|-----------------------|
| | 2-5#南侧防护门外30cm处(污物通道) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |
| | 2-6#西侧防护墙外30cm处(ORB5室) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |
| | 2-7#北侧防护墙外30cm处(洁净走廊) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |
| | 2-8#北侧防护门外30cm处(洁净走廊) | 3.0mmPb 铅板 | 3.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.93×10^{-6} |
| | 2-9#楼上离地100cm处(设备层) | 120mm 混凝土+镀锌方管+3mmPb 铅板 | 4.4mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 1.08×10^{-7} |
| | 2-10#楼下距楼下一地面170cm处(留观室、过道等) | 120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防护涂料 | 4.4mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 1.08×10^{-7} |
| DSA2 机房 | 3-1#第一术者位(身体铅衣内) | 0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅屏风 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 3-1#第一术者位(身体铅衣外) | 0.5mmPb 铅屏风 | 0.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.52×10^{-2} |
| | 3-1#第一术者位(手部) | 0.025mmPb 铅手套+0.5mmPb 防护帘 | 0.525mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.27×10^{-2} |
| | 3-1#第一术者位(眼晶体) | 0.5mmPb 防护帘+0.5mmPb 铅防护眼镜 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 3-1#第二术者位(身体铅衣内) | 0.5mm 铅衣+0.5mmPb 铅屏风 | 1.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 4.08×10^{-3} |
| | 3-1#第二术者位(身体铅衣外) | 0.5mmPb 铅屏风 | 0.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 2.52×10^{-2} |
| | 3-2#控制室操作位(防护窗外) | 4.5mmPb 铅玻璃 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} |
| | 3-3#控制室操作位(防护墙外) | 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.69×10^{-7} |
| | 3-4#南侧防护门外30cm处(缓冲间) | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} |
| | 3-5#东侧防护墙外30cm处(污物间) | 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.69×10^{-7} |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|----------|-------|-------|--------|-----------------------|
| 3-6#东侧防护门外 30cm处(污物间) | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} |
| 3-7#东侧防护墙外 30cm处(设备间) | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.69×10^{-7} |
| 3-8#北侧防护墙外 30cm处(导管室) | 240mm 实心 砖+2mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.69×10^{-7} |
| 3-9#北侧防护门外 30cm处(导管室) | 4.5mm 铅板 | 4.5mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 7.96×10^{-8} |
| 3-10#西侧防护墙外 30cm处(临空) | 120mm 实心 砖+3mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 4.0mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 3.69×10^{-7} |
| 3-11#楼上离地 100cm处(设备 层) | 120mm 混凝 土+2.5mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 3.9 mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 5.02×10^{-7} |
| 3-12#楼下距楼下地 面 170cm处(留观 室、过道等) | 120mm 混凝 土+2.5mmPb 硫酸钡防护 涂料 | 3.9 mmPb | 3.067 | 18.83 | 0.7726 | 5.02×10^{-7} |

各预测点位泄漏辐射剂量计算参数及结果见下表11-10。

表 11-10 各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果

| 工作 模式 | 关注点位置描述 | H_0 | d | B | H_L |
|------------------------|-----------------------------------------|------------------|-----|-----------------------|-----------------------|
| | | $\mu\text{Gy/h}$ | m | / | $\mu\text{Gy/h}$ |
| 减影 (DS A1机 房) | 1-2#控制室操作位 | 1×10^3 | 4.6 | 9.70×10^{-7} | 4.59×10^{-5} |
| | 1-3#控制室操作位 | 1×10^3 | 4.6 | 3.39×10^{-6} | 1.60×10^{-4} |
| | 1-4#南侧防护门外 30cm处(缓冲间) | 1×10^3 | 4.6 | 9.70×10^{-7} | 4.59×10^{-5} |
| | 1-5#东侧防护墙外 30cm处(过道) | 1×10^3 | 4.3 | 3.39×10^{-6} | 1.83×10^{-4} |
| | 1-6#北侧防护墙外 30cm处(电梯等候室) | 1×10^3 | 4.6 | 2.28×10^{-8} | 1.08×10^{-6} |
| | 1-7#西侧防护墙外 30cm处(设备室) | 1×10^3 | 4.3 | 2.28×10^{-8} | 1.23×10^{-6} |
| | 1-8#西侧防护门外 30cm处(导管材料室) | 1×10^3 | 4.3 | 9.70×10^{-7} | 5.25×10^{-5} |
| | 1-9#西侧防护墙外 30cm处(休息室) | 1×10^3 | 4.3 | 2.78×10^{-7} | 1.50×10^{-5} |
| | 1-10#楼上离地 100cm处(预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS室等) | 1×10^3 | 5.6 | 4.35×10^{-6} | 1.39×10^{-4} |
| | 1-11#楼下距楼下地面 170cm处(检查包装及灭菌区、缓冲区及过道) | 1×10^3 | 3.9 | 2.64×10^{-6} | 1.73×10^{-4} |
| 透视 (DS A1机 房) | 1-1#第一术者位 (身体铅衣内) | 1×10^3 | 0.6 | 4.08×10^{-3} | 11.32 |
| | 1-1#第一术者位 (身体铅衣外) | 1×10^3 | 0.6 | 2.52×10^{-2} | 69.87 |

| | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------------------|-----------------|-----|------------------------|-----------------------|
| | 1-1#第一术者位 (手部) | 1×10^3 | 0.8 | 2.27×10^{-2} | 35.46 |
| | 1-1#第一术者位 (眼晶体) | 1×10^3 | 1.2 | 4.08×10^{-3} | 2.83 |
| | 1-1#第二术者位 (身体铅衣内) | 1×10^3 | 1.0 | 4.08×10^{-3} | 4.08 |
| | 1-1#第二术者位 (身体铅衣外) | 1×10^3 | 1.0 | 2.52×10^{-2} | 25.15 |
| | 1-2#控制室操作位 | 1×10^3 | 4.6 | 7.96×10^{-8} | 3.76×10^{-6} |
| | 1-3#控制室操作位 | 1×10^3 | 4.6 | 3.69×10^{-7} | 1.74×10^{-5} |
| | 1-4#南侧防护门外 30cm 处 (缓冲间) | 1×10^3 | 4.6 | 7.96×10^{-8} | 3.76×10^{-6} |
| | 1-5#东侧防护墙外 30cm 处 (过道) | 1×10^3 | 4.3 | 3.69×10^{-7} | 2.00×10^{-5} |
| | 1-6#北侧防护墙外 30cm 处 (电梯等候室) | 1×10^3 | 4.6 | 8.00×10^{-10} | 3.78×10^{-8} |
| | 1-7#西侧防护墙外 30cm 处 (设备室) | 1×10^3 | 4.3 | 8.00×10^{-10} | 4.33×10^{-8} |
| | 1-8#西侧防护门外 30cm 处 (导管材料室) | 1×10^3 | 4.3 | 7.96×10^{-8} | 4.31×10^{-6} |
| | 1-9#西侧防护墙外 30cm 处 (休息室) | 1×10^3 | 4.3 | 1.72×10^{-8} | 9.29×10^{-7} |
| | 1-10#楼上离地 100cm 处 (预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS 室等) | 1×10^3 | 5.6 | 5.02×10^{-7} | 1.60×10^{-5} |
| | 1-11#楼下距楼下地面 170cm 处 (检查包装及灭菌区、缓冲区及过道) | 1×10^3 | 3.9 | 2.27×10^{-7} | 1.79×10^{-5} |
| 减影 (杂 交手 术室) | 2-2#控制室操作位 (防护窗外) | 1×10^3 | 5.8 | 4.14×10^{-5} | 1.23×10^{-3} |
| | 2-3#控制室操作位 (防护墙外) | 1×10^3 | 5.8 | 4.14×10^{-5} | 1.23×10^{-3} |
| | 2-4#南侧墙外 30cm 处 (设备间) | 1×10^3 | 4.1 | 4.14×10^{-5} | 2.46×10^{-3} |
| | 2-5#南侧防护门外 30cm 处 (污物通道) | 1×10^3 | 4.1 | 4.14×10^{-5} | 2.46×10^{-3} |
| | 2-6#西侧防护墙外 30cm 处 (ORB5 室) | 1×10^3 | 5.8 | 4.14×10^{-5} | 1.23×10^{-3} |
| | 2-7#北侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊) | 1×10^3 | 4.1 | 4.14×10^{-5} | 2.46×10^{-3} |
| | 2-8#北侧防护门外 30cm 处 (洁净走廊) | 1×10^3 | 4.1 | 4.14×10^{-5} | 2.46×10^{-3} |
| | 2-9#楼上离地 100cm 处 (设备层) | 1×10^3 | 4.8 | 1.25×10^{-6} | 5.41×10^{-5} |
| | 2-10#楼下距楼下地面 170cm 处 (留观室、过道等) | 1×10^3 | 3.0 | 1.25×10^{-6} | 1.38×10^{-4} |
| 透视 (杂 交手 术室) | 2-1#第一术者位 (身体铅衣内) | 1×10^3 | 0.6 | 4.08×10^{-3} | 11.32 |
| | 2-1#第一术者位 (身体铅衣外) | 1×10^3 | 0.6 | 2.52×10^{-2} | 69.87 |
| | 2-1#第一术者位 (手部) | 1×10^3 | 0.8 | 2.27×10^{-2} | 35.46 |
| | 2-1#第一术者位 (眼晶体) | 1×10^3 | 1.2 | 4.08×10^{-3} | 2.83 |
| | 2-1#第二术者位 (身体铅衣内) | 1×10^3 | 1.0 | 4.08×10^{-3} | 4.08 |
| | 2-1#第二术者位 (身体铅衣外) | 1×10^3 | 1.0 | 2.52×10^{-2} | 25.15 |

| | | | | | |
|------------------------|-------------------------------|-----------------|-----|-----------------------|-----------------------|
| | 2-2#控制室操作位（防护窗外） | 1×10^3 | 5.8 | 7.93×10^{-6} | 2.36×10^{-4} |
| | 2-3#控制室操作位（防护墙外） | 1×10^3 | 5.8 | 7.93×10^{-6} | 2.36×10^{-4} |
| | 2-4#南侧墙外 30cm 处（设备间） | 1×10^3 | 4.1 | 7.93×10^{-6} | 4.72×10^{-4} |
| | 2-5#南侧防护门外 30cm 处（污物通道） | 1×10^3 | 4.1 | 7.93×10^{-6} | 4.72×10^{-4} |
| | 2-6#西侧防护墙外 30cm 处（ORB5 室） | 1×10^3 | 5.8 | 7.93×10^{-6} | 2.36×10^{-4} |
| | 2-7#北侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊） | 1×10^3 | 4.1 | 7.93×10^{-6} | 4.72×10^{-4} |
| | 2-8#北侧防护门外 30cm 处（洁净走廊） | 1×10^3 | 4.1 | 7.93×10^{-6} | 4.72×10^{-4} |
| | 2-9#楼上离地 100cm 处（设备层） | 1×10^3 | 4.8 | 1.08×10^{-7} | 4.70×10^{-6} |
| | 2-10#楼下距楼下地面 170cm 处（留观室、过道等） | 1×10^3 | 3.0 | 1.08×10^{-7} | 1.20×10^{-5} |
| 减影 (DS A2 机房) | 3-2#控制室操作位（防护窗外） | 1×10^3 | 2.9 | 9.70×10^{-7} | 1.15×10^{-4} |
| | 3-3#控制室操作位（防护墙外） | 1×10^3 | 2.9 | 3.39×10^{-6} | 4.03×10^{-4} |
| | 3-4#南侧防护门外 30cm 处（缓冲间） | 1×10^3 | 2.9 | 9.70×10^{-7} | 1.15×10^{-4} |
| | 3-5#东侧防护墙外 30cm 处（污物间） | 1×10^3 | 5.7 | 3.39×10^{-6} | 1.04×10^{-4} |
| | 3-6#东侧防护门外 30cm 处（污物间） | 1×10^3 | 5.7 | 9.70×10^{-7} | 2.99×10^{-5} |
| | 3-7#东侧防护墙外 30cm 处（设备间） | 1×10^3 | 5.7 | 3.39×10^{-6} | 1.04×10^{-4} |
| | 3-8#北侧防护墙外 30cm 处（导管室） | 1×10^3 | 5.3 | 3.39×10^{-6} | 1.21×10^{-4} |
| | 3-9#北侧防护门外 30cm 处（导管室） | 1×10^3 | 5.3 | 9.70×10^{-7} | 3.45×10^{-5} |
| | 3-10#西侧防护墙外 30cm 处（临空） | 1×10^3 | 4.3 | 3.39×10^{-6} | 1.83×10^{-4} |
| | 3-11#楼上离地 100cm 处（设备层） | 1×10^3 | 3.6 | 4.35×10^{-6} | 3.36×10^{-4} |
| | 3-12#楼下距楼下地面 170cm 处（留观室、过道等） | 1×10^3 | 2.7 | 4.35×10^{-6} | 5.97×10^{-4} |
| 透视 (DS A2 机房) | 3-1#第一术者位 (身体铅衣内) | 1×10^3 | 0.6 | 4.08×10^{-3} | 11.32 |
| | 3-1#第一术者位 (身体铅衣外) | 1×10^3 | 0.6 | 2.52×10^{-2} | 69.87 |
| | 3-1#第一术者位 (手部) | 1×10^3 | 0.8 | 2.27×10^{-2} | 35.46 |
| | 3-1#第一术者位 (眼晶体) | 1×10^3 | 1.2 | 4.08×10^{-3} | 2.83 |
| | 3-1#第二术者位 (身体铅衣内) | 1×10^3 | 1.0 | 4.08×10^{-3} | 4.08 |
| | 3-1#第二术者位 (身体铅衣外) | 1×10^3 | 1.0 | 2.52×10^{-2} | 25.15 |
| | 3-2#控制室操作位（防护窗外） | 1×10^3 | 2.9 | 7.96×10^{-8} | 9.47×10^{-6} |
| | 3-3#控制室操作位（防护墙外） | 1×10^3 | 2.9 | 3.69×10^{-7} | 4.39×10^{-5} |
| | 3-4#南侧防护门外 30cm 处（缓冲间） | 1×10^3 | 2.9 | 7.96×10^{-8} | 9.47×10^{-6} |
| | 3-5#东侧防护墙外 30cm 处（污物间） | 1×10^3 | 5.7 | 3.69×10^{-7} | 1.14×10^{-5} |
| | 3-6#东侧防护门外 30cm 处（污物间） | 1×10^3 | 5.7 | 7.96×10^{-8} | 2.45×10^{-6} |

| | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-----|-----------------------|-----------------------|
| 3-7#东侧防护墙外 30cm 处（设备间） | 1×10^3 | 5.7 | 3.69×10^{-7} | 1.14×10^{-5} |
| 3-8#北侧防护墙外 30cm 处（导管室） | 1×10^3 | 5.3 | 3.69×10^{-7} | 1.31×10^{-5} |
| 3-9#北侧防护门外 30cm 处（导管室） | 1×10^3 | 5.3 | 7.96×10^{-8} | 2.84×10^{-6} |
| 3-10#西侧防护墙外 30cm 处（临空） | 1×10^3 | 4.3 | 3.69×10^{-7} | 2.00×10^{-5} |
| 3-11#楼上离地 100cm 处（设备层） | 1×10^3 | 3.6 | 5.02×10^{-7} | 3.87×10^{-5} |
| 3-12#楼下距楼下地面 170cm 处（留观室、过道等） | 1×10^3 | 2.7 | 5.02×10^{-7} | 6.88×10^{-5} |

③漏射和散射总辐射剂量率估算

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

表11-11 各个预测点的总辐射剂量率

| 场所 | 工作模式 | 关注点位置描述 | 散射辐射剂量率 | 泄漏辐射剂量率 | 总辐射剂量率 |
|------------|------|-------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | $\mu\text{Gy/h}$ | $\mu\text{Gy/h}$ | $\mu\text{Gy/h}$ |
| DSA1 机房 | 减影 | 1-2#控制室操作位 | 5.70×10^{-3} | 4.59×10^{-5} | 5.75×10^{-3} |
| | | 1-3#控制室操作位 | 2.00×10^{-2} | 1.60×10^{-4} | 2.01×10^{-2} |
| | | 1-4#南侧防护门外 30cm 处（缓冲间） | 5.70×10^{-3} | 4.59×10^{-5} | 5.75×10^{-3} |
| | | 1-5#东侧防护墙外 30cm 处（过道） | 2.29×10^{-2} | 1.83×10^{-4} | 2.31×10^{-2} |
| | | 1-6#北侧防护墙外 30cm 处（电梯等候室） | 1.33×10^{-4} | 1.08×10^{-6} | 1.34×10^{-4} |
| | | 1-7#西侧防护墙外 30cm 处（设备室） | 1.52×10^{-4} | 1.23×10^{-6} | 1.53×10^{-4} |
| | | 1-8#西侧防护门外 30cm 处（导管材料室） | 6.53×10^{-3} | 5.25×10^{-5} | 6.58×10^{-3} |
| | | 1-9#西侧防护墙外 30cm 处（休息室） | 1.86×10^{-3} | 1.50×10^{-5} | 1.88×10^{-3} |
| | | 1-10#楼上离地 100cm 处（预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS 室等） | 1.73×10^{-2} | 1.39×10^{-4} | 1.75×10^{-2} |
| | | 1-11#楼下距楼下地面 170cm 处（检查包装及灭菌区、缓冲区及过道） | 2.16×10^{-2} | 1.73×10^{-4} | 2.18×10^{-2} |
| | 透视 | 1-1#第一术者位（身体铅衣内） | 33.53 | 11.32 | 44.85 |
| | | 1-1#第一术者位（身体铅衣外） | 206.93 | 69.87 | 276.80 |
| | | 1-1#第一术者位（手部） | 186.68 | 35.46 | 222.14 |
| | | 1-1#第一术者位（眼晶体） | 17.11 | 2.83 | 19.94 |
| | | 1-1#第二术者位（身体铅衣内） | 10.35 | 4.08 | 14.43 |
| | | 1-1#第二术者位（身体铅衣外） | 63.87 | 25.15 | 89.02 |
| | | 1-2#控制室操作位 | 7.74×10^{-6} | 3.76×10^{-6} | 1.15×10^{-5} |

| | | | | | | |
|--------------------------------|-------|--------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | 1-3#控制室操作位 | 3.59×10^{-5} | 1.74×10^{-5} | 5.33×10^{-5} | |
| | | 1-4#南侧防护门外 30cm 处 (缓冲间) | 7.74×10^{-6} | 3.76×10^{-6} | 1.15×10^{-5} | |
| | | 1-5#东侧防护墙外 30cm 处 (过道) | 4.11×10^{-5} | 2.00×10^{-5} | 6.10×10^{-5} | |
| | | 1-6#北侧防护墙外 30cm 处 (电梯等候室) | 7.78×10^{-8} | 3.78×10^{-8} | 1.16×10^{-7} | |
| | | 1-7#西侧防护墙外 30cm 处 (设备室) | 8.90×10^{-8} | 4.33×10^{-8} | 1.32×10^{-7} | |
| | | 1-8#西侧防护门外 30cm 处 (导管材料室) | 8.86×10^{-6} | 4.31×10^{-6} | 1.32×10^{-5} | |
| | | 1-9#西侧防护墙外 30cm 处 (休息室) | 1.91×10^{-6} | 9.29×10^{-7} | 2.84×10^{-6} | |
| | | 1-10#楼上离地 100cm 处 (预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS 室等) | 3.29×10^{-5} | 1.60×10^{-5} | 4.89×10^{-5} | |
| | | 1-11#楼下距楼下地面 170cm 处 (检查包装及灭菌区、缓冲区及过道) | 3.67×10^{-5} | 1.79×10^{-5} | 5.46×10^{-5} | |
| | 杂交手术室 | 减影 | 2-2#控制室操作位 (防护窗外) | 1.54×10^{-1} | 1.23×10^{-3} | 1.56×10^{-1} |
| | | | 2-3#控制室操作位 (防护墙外) | 1.54×10^{-1} | 1.23×10^{-3} | 1.56×10^{-1} |
| 2-4#南侧墙外 30cm 处 (设备间) | | | 3.09×10^{-1} | 2.46×10^{-3} | 3.11×10^{-1} | |
| 2-5#南侧防护门外 30cm 处 (污物通道) | | | 3.09×10^{-1} | 2.46×10^{-3} | 3.11×10^{-1} | |
| 2-6#西侧防护墙外 30cm 处 (ORB5 室) | | | 1.54×10^{-1} | 1.23×10^{-3} | 1.56×10^{-1} | |
| 2-7#北侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊) | | | 3.09×10^{-1} | 2.46×10^{-3} | 3.11×10^{-1} | |
| 2-8#北侧防护门外 30cm 处 (洁净走廊) | | | 3.09×10^{-1} | 2.46×10^{-3} | 3.11×10^{-1} | |
| 2-9#楼上离地 100cm 处 (设备层) | | | 6.73×10^{-3} | 5.41×10^{-5} | 6.79×10^{-3} | |
| 2-10#楼下距楼下地面 170cm 处 (留观室、过道等) | | | 1.72×10^{-2} | 1.38×10^{-4} | 1.74×10^{-2} | |
| 透视 | | | 2-1#第一术者位 (身体铅衣内) | 33.53 | 11.32 | 44.85 |
| | | 2-1#第一术者位 (身体铅衣外) | 206.93 | 69.87 | 276.80 | |
| | | 2-1#第一术者位 (手部) | 186.68 | 35.46 | 222.14 | |
| | | 2-1#第一术者位 (眼晶体) | 17.11 | 2.83 | 19.94 | |
| | | 2-1#第二术者位 (身体铅衣内) | 10.35 | 4.08 | 14.43 | |
| | | 2-1#第二术者位 (身体铅衣外) | 63.87 | 25.15 | 89.02 | |
| | | 2-2#控制室操作位 (防护窗外) | 4.85×10^{-4} | 2.36×10^{-4} | 7.21×10^{-4} | |
| | | 2-3#控制室操作位 (防护墙外) | 4.85×10^{-4} | 2.36×10^{-4} | 7.21×10^{-4} | |
| | | 2-4#南侧墙外 30cm 处 (设备间) | 9.71×10^{-4} | 4.72×10^{-4} | 1.44×10^{-3} | |
| | | 2-5#南侧防护门外 30cm 处 (污物通道) | 9.71×10^{-4} | 4.72×10^{-4} | 1.44×10^{-3} | |

| | | | | | |
|------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | 2-6#西侧防护墙外 30cm 处 (ORB5 室) | 4.85×10^{-4} | 2.36×10^{-4} | 7.21×10^{-4} |
| | | 2-7#北侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊) | 9.71×10^{-4} | 4.72×10^{-4} | 1.44×10^{-3} |
| | | 2-8#北侧防护门外 30cm 处 (洁净走廊) | 9.71×10^{-4} | 4.72×10^{-4} | 1.44×10^{-3} |
| | | 2-9#楼上离地 100cm 处 (设备层) | 9.66×10^{-6} | 4.70×10^{-6} | 1.44×10^{-5} |
| | | 2-10#楼下距楼下地面 170cm 处 (留观室、过道等) | 2.74×10^{-5} | 1.20×10^{-5} | 3.68×10^{-5} |
| DSA2 机房 | 减影 | 3-2#控制室操作位 (防护窗外) | 1.44×10^{-2} | 1.15×10^{-4} | 1.45×10^{-2} |
| | | 3-3#控制室操作位 (防护墙外) | 5.03×10^{-2} | 4.03×10^{-4} | 5.07×10^{-2} |
| | | 3-4#南侧防护门外 30cm 处 (缓冲间) | 1.44×10^{-2} | 1.15×10^{-4} | 1.45×10^{-2} |
| | | 3-5#东侧防护墙外 30cm 处 (污物间) | 1.30×10^{-2} | 1.04×10^{-4} | 1.31×10^{-2} |
| | | 3-6#东侧防护门外 30cm 处 (污物间) | 3.72×10^{-3} | 2.99×10^{-5} | 3.75×10^{-3} |
| | | 3-7#东侧防护墙外 30cm 处 (设备间) | 1.30×10^{-2} | 1.04×10^{-4} | 1.31×10^{-2} |
| | | 3-8#北侧防护墙外 30cm 处 (导管室) | 1.51×10^{-2} | 1.21×10^{-4} | 1.52×10^{-2} |
| | | 3-9#北侧防护门外 30cm 处 (导管室) | 4.30×10^{-3} | 3.45×10^{-5} | 4.33×10^{-3} |
| | | 3-10#西侧防护墙外 30cm 处 (临空) | 2.29×10^{-2} | 1.83×10^{-4} | 2.31×10^{-2} |
| | | 3-11#楼上离地 100cm 处 (设备层) | 4.19×10^{-2} | 3.36×10^{-4} | 4.23×10^{-2} |
| | | 3-12#楼下距楼下地面 170cm 处 (留观室、过道等) | 7.45×10^{-2} | 5.97×10^{-4} | 7.51×10^{-2} |
| | | 透视 | 3-1#第一术者位 (身体铅衣内) | 33.53 | 11.32 |
| | 3-1#第一术者位 (身体铅衣外) | | 206.93 | 69.87 | 276.80 |
| | 3-1#第一术者位 (手部) | | 186.68 | 35.46 | 222.14 |
| | 3-1#第一术者位 (眼晶体) | | 17.11 | 2.83 | 19.94 |
| | 3-1#第二术者位 (身体铅衣内) | | 10.35 | 4.08 | 14.43 |
| | 3-1#第二术者位 (身体铅衣外) | | 63.87 | 25.15 | 89.02 |
| | 3-2#控制室操作位 (防护窗外) | | 1.95×10^{-5} | 9.47×10^{-6} | 2.89×10^{-5} |
| | 3-3#控制室操作位 (防护墙外) | | 9.03×10^{-5} | 4.39×10^{-5} | 1.34×10^{-4} |
| | 3-4#南侧防护门外 30cm 处 (缓冲间) | | 1.95×10^{-5} | 9.47×10^{-6} | 2.89×10^{-5} |
| | 3-5#东侧防护墙外 30cm 处 (污物间) | | 2.34×10^{-5} | 1.14×10^{-5} | 3.47×10^{-5} |
| | 3-6#东侧防护门外 30cm 处 (污物间) | | 5.04×10^{-6} | 2.45×10^{-6} | 7.49×10^{-6} |
| | 3-7#东侧防护墙外 30cm 处 (设备间) | 2.34×10^{-5} | 1.14×10^{-5} | 3.47×10^{-5} | |

| | | | | |
|--|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 3-8#北侧防护墙外 30cm 处（导管室） | 2.70×10^{-5} | 1.31×10^{-5} | 4.02×10^{-5} |
| | 3-9#北侧防护门外 30cm 处（导管室） | 5.83×10^{-6} | 2.84×10^{-6} | 8.67×10^{-6} |
| | 3-10#西侧防护墙外 30cm 处（临空） | 4.11×10^{-5} | 2.00×10^{-5} | 6.10×10^{-5} |
| | 3-11#楼上离地 100cm 处（设备层） | 7.96×10^{-5} | 3.87×10^{-5} | 1.18×10^{-4} |
| | 3-12#楼下距楼下地面 170cm 处（留观室、过道等） | 1.42×10^{-4} | 6.88×10^{-5} | 2.10×10^{-4} |

由上表计算结果可知：DSA1 机房透视时，DSA1 机房控制室操作位的辐射剂量率最大为 $5.33 \times 10^{-5} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $6.10 \times 10^{-5} \mu\text{Gy/h}$ ；减影时，DSA1 机房控制室操作位的辐射剂量率最大为 $2.01 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $2.31 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 。杂交手术室透视时，杂交手术室控制室操作位的辐射剂量率最大为 $7.21 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $1.44 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ ；减影时，杂交手术室控制室操作位的辐射剂量率最大为 $1.56 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $3.11 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ 。DSA2 机房透视时，DSA2 机房控制室操作位的辐射剂量率最大为 $1.34 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $2.10 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ ；减影时，DSA2 机房控制室操作位的辐射剂量率最大为 $5.07 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $7.51 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 。

综上，本项目DSA在正常运行情况下，机房外控制室操作位、四周防护墙外及防护门外、观察窗外、顶棚和地坪外的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中对“具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；具有短时、高剂量率曝光的摄影程序机房外的周围剂量当量率应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。”的要求。

11.2.2 人员年有效剂量估算

DSA减影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均回到控制室进行操作，DSA透视曝光时，医师在手术间内近台操作，技师位于控制室内操作设备。

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

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot l \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

H_1 —X射线外照射有效剂量当量，mSv；

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

T —居留因子

t —X射线年照射时间，h/a;

l —剂量换算系数，Sv/Gy 取 1。

本项目的居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A 选取。

根据医院预计最大工作量保守假设，DSA每年的最大手术量为1000台。本项目 DSA最大运行工况和工作负荷详见表1-2。

计算结果详见表11-12。

表11-12 职业人员及公众年有效剂量估算结果

| 场所 | 工作模式 | 保护目标 | 关注点 | 与关注点距离 | 总辐射剂量率 H_0 | 年工作时间 t | 居留因子 T | 年有效剂量 H_1 | 涉及人员类型 |
|------------------|-------|------------|-----------------------|--------|-----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|--------|
| | | | | | $\mu\text{Gy/h}$ | h | / | mSv | |
| DSA1 机房 | 减影 | 控制室操作人员 | 1-3# | 紧邻 | 2.01×10^{-2} | 8.34 | 1 | 1.68×10^{-4} | 职业人员 |
| | | 控制室介入医护人员 | 1-3# | 紧邻 | 2.01×10^{-2} | 4.17 | 1 | 8.40×10^{-5} | 职业人员 |
| | | 东侧过道公众 | 1-5# | 紧邻 | 2.31×10^{-2} | 16.67 | 1/4 | 9.61×10^{-5} | 公众人员 |
| | | 缓冲间公众 | 1-3# | 紧邻 | 2.01×10^{-2} | 16.67 | 1/4 | 8.39×10^{-5} | 公众人员 |
| | | 休息室公众 | 1-9# | 紧邻 | 1.88×10^{-3} | 16.67 | 1/4 | 7.83×10^{-6} | 公众人员 |
| | | 导管材料室公众 | 1-8# | 紧邻 | 6.58×10^{-3} | 16.67 | 1/16 | 6.86×10^{-6} | 公众人员 |
| | | 设备室公众 | 1-8# | 紧邻 | 6.58×10^{-3} | 16.67 | 1/16 | 6.86×10^{-6} | 公众人员 |
| | | 污物间公众 | 1-8# | 紧邻 | 6.58×10^{-3} | 16.67 | 1/16 | 6.86×10^{-6} | 公众人员 |
| | | 120 急救中心公众 | 1-8# | 40m | 6.58×10^{-3} | 16.67 | 1 | 6.86×10^{-8} | 公众人员 |
| | | 北侧过道公众 | 1-6# | 紧邻 | 1.34×10^{-4} | 16.67 | 1/4 | 5.58×10^{-7} | 公众人员 |
| | | 电梯等候室公众 | 1-6# | 紧邻 | 1.34×10^{-4} | 16.67 | 1/4 | 5.58×10^{-7} | 公众人员 |
| | | 公共卫生临床中心公众 | 1-6# | 36m | 1.34×10^{-4} | 16.67 | 1 | 1.72×10^{-9} | 公众人员 |
| 上方预留房间、缓冲间、过道、仪器 | 1-10# | 紧邻 | 1.75×10^{-2} | 16.67 | 1 | 2.91×10^{-4} | 公众人员 | | |

| | | | | | | | | | |
|----|----------------------------|---------------------|-------|-----------------------|-----------------------|--------|-----------------------|------------------------|------|
| | | 室、UPS 室等公众 | | | | | | | |
| | | 下方检查包装及灭菌区、缓冲间及过道公众 | 1-11# | 紧邻 | 2.18×10^{-2} | 16.67 | 1 | 3.64×10^{-4} | 公众人员 |
| 透视 | | 第一术者位（身体铅衣内） | 1-1# | 紧邻 | 44.85 | 83.34 | 1 | 3.74 | 职业人员 |
| | | 第一术者位（身体铅衣外） | 1-1# | 紧邻 | 276.80 | 83.34 | 1 | 23.07 | 职业人员 |
| | | 第二术者位（身体铅衣内） | 1-1# | 紧邻 | 14.43 | 83.34 | 1 | 1.22 | 职业人员 |
| | | 第二术者位（身体铅衣外） | 1-1# | 紧邻 | 89.02 | 83.34 | 1 | 7.51 | 职业人员 |
| | | 控制室操作人员 | 1-3# | 紧邻 | 5.33×10^{-5} | 333.33 | 1 | 1.78×10^{-5} | 职业人员 |
| | | 东侧过道公众 | 1-5# | 紧邻 | 6.10×10^{-5} | 333.33 | 1/4 | 5.09×10^{-6} | 公众人员 |
| | | 缓冲间公众 | 1-3# | 紧邻 | 5.33×10^{-5} | 333.33 | 1/4 | 4.44×10^{-6} | 公众人员 |
| | | 休息室公众 | 1-9# | 紧邻 | 2.84×10^{-6} | 333.33 | 1/4 | 2.37×10^{-7} | 公众人员 |
| | | 导管材料室公众 | 1-8# | 紧邻 | 1.32×10^{-5} | 333.33 | 1/16 | 2.74×10^{-7} | 公众人员 |
| | | 设备室公众 | 1-8# | 紧邻 | 1.32×10^{-5} | 333.33 | 1/16 | 2.74×10^{-7} | 公众人员 |
| | | 污物间公众 | 1-8# | 紧邻 | 1.32×10^{-5} | 333.33 | 1/16 | 2.74×10^{-7} | 公众人员 |
| | | 120 急救中心公众 | 1-8# | 40m | 1.32×10^{-5} | 333.33 | 1 | 4.39×10^{-6} | 公众人员 |
| | | 北侧过道公众 | 1-6# | 紧邻 | 1.16×10^{-7} | 333.33 | 1/4 | 9.63×10^{-9} | 公众人员 |
| | | 电梯等候室公众 | 1-6# | 紧邻 | 1.16×10^{-7} | 333.33 | 1/4 | 9.63×10^{-9} | 公众人员 |
| | | 公共卫生临床中心公众 | 1-6# | 36m | 1.16×10^{-7} | 333.33 | 1 | 2.97×10^{-11} | 公众人员 |
| | 上方预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS 室等公众 | 1-10# | 紧邻 | 4.89×10^{-5} | 333.33 | 1 | 1.63×10^{-5} | 公众人员 | |
| | 下方检查包装及灭菌区、缓冲间及过道公众 | 1-11# | 紧邻 | 5.46×10^{-5} | 333.33 | 1 | 1.82×10^{-5} | 公众人员 | |

| | | | | | | | | | |
|------------|------|------------------|-----------------------|--------|-----------------------|-----------------------|------|-----------------------|------|
| 杂交手术室 | 减影 | 控制室操作人员 | 2-2# | 紧邻 | 1.56×10^{-1} | 8.34 | 1 | 1.30×10^{-3} | 职业人员 |
| | | 控制室操介入医护人员 | 2-2# | 紧邻 | 1.56×10^{-1} | 4.17 | 1 | 6.49×10^{-4} | 职业人员 |
| | | 护士办公区公众 | 2-4# | 紧邻 | 3.11×10^{-1} | 16.67 | 1 | 5.19×10^{-3} | 公众人员 |
| | | 设备间公众 | 2-4# | 紧邻 | 3.11×10^{-1} | 16.67 | 1/16 | 3.24×10^{-4} | 公众人员 |
| | | 污物通道公众 | 2-4# | 紧邻 | 3.11×10^{-1} | 16.67 | 1/4 | 1.30×10^{-3} | 公众人员 |
| | | 严州大道公众 | 2-4# | 35 m | 3.11×10^{-1} | 16.67 | 1/4 | 1.06×10^{-6} | 公众人员 |
| | | 香溢新安家园小区公众 | 2-4# | 50 m | 3.11×10^{-1} | 16.67 | 1 | 2.08×10^{-6} | 公众人员 |
| | | ORB5 室公众 | 2-6# | 紧邻 | 1.56×10^{-1} | 16.67 | 1/2 | 1.30×10^{-3} | 公众人员 |
| | | 120 急救中心公众 | 2-6# | 40 m | 1.56×10^{-1} | 16.67 | 1 | 1.62×10^{-6} | 公众人员 |
| | | 洁净走廊公众 | 2-7# | 紧邻 | 3.11×10^{-1} | 16.67 | 1/4 | 1.30×10^{-3} | 公众人员 |
| | | 上方设备夹层公众 | 2-9# | 紧邻 | 6.79×10^{-3} | 16.67 | 1/16 | 7.07×10^{-6} | 公众人员 |
| | | 下方留观室、过道等公众 | 2-10# | 紧邻 | 1.74×10^{-2} | 16.67 | 1 | 2.90×10^{-4} | 公众人员 |
| | 透视 | 第一术者位 (身体铅衣内) | 2-1# | 紧邻 | 44.85 | 83.34 | 1 | 3.74 | 职业人员 |
| | | 第一术者位 (身体铅衣外) | 2-1# | 紧邻 | 276.80 | 83.34 | 1 | 23.07 | 职业人员 |
| | | 第二术者位 (身体铅衣内) | 2-1# | 紧邻 | 14.43 | 83.34 | 1 | 1.22 | 职业人员 |
| | | 第二术者位 (身体铅衣外) | 2-1# | 紧邻 | 89.02 | 83.34 | 1 | 7.51 | 职业人员 |
| | | 控制室操作人员 | 2-2# | 紧邻 | 7.21×10^{-4} | 333.33 | 1 | 2.40×10^{-4} | 职业人员 |
| | | 护士办公区公众 | 2-4# | 紧邻 | 1.44×10^{-3} | 333.33 | 1 | 4.81×10^{-4} | 公众人员 |
| | | 设备间公众 | 2-4# | 紧邻 | 1.44×10^{-3} | 333.33 | 1/16 | 3.01×10^{-5} | 公众人员 |
| | | 污物通道公众 | 2-4# | 紧邻 | 1.44×10^{-3} | 333.33 | 1/4 | 1.20×10^{-4} | 公众人员 |
| 严州大道公众 | 2-4# | 35 m | 1.44×10^{-3} | 333.33 | 1/4 | 9.81×10^{-8} | 公众人员 | | |
| 香溢新安家园小区公众 | 2-4# | 50 m | 1.44×10^{-3} | 333.33 | 1 | 1.92×10^{-7} | 公众人员 | | |
| ORB5 室公众 | 2-6# | 紧邻 | 7.21×10^{-4} | 333.33 | 1/2 | 1.20×10^{-4} | 公众人员 | | |

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|-----------------------|--------|-----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| DSA2 机房 | | 120 急救中心 公众 | 2-6# | 40 m | 7.21×10^{-4} | 333.33 | 1 | 1.50×10^{-7} | 公众 人员 |
| | | 洁净走廊公众 | 2-7# | 紧邻 | 1.44×10^{-3} | 333.33 | 1/4 | 1.20×10^{-4} | 公众 人员 |
| | | 上方设备夹层 公众 | 2-9# | 紧邻 | 1.44×10^{-5} | 333.33 | 1/16 | 2.99×10^{-7} | 公众 人员 |
| | | 下方留观室、 过道等公众 | 2-10# | 紧邻 | 3.68×10^{-5} | 333.33 | 1 | 1.23×10^{-5} | 公众 人员 |
| | 减影 | 控制室操作人 员 | 3-3# | 紧邻 | 5.07×10^{-2} | 8.34 | 1 | 4.23×10^{-4} | 职业 人员 |
| | | 控制室操介入 医护人员 | 3-3# | 紧邻 | 5.07×10^{-2} | 4.17 | 1 | 2.11×10^{-4} | 职业 人员 |
| | | 设备间公众 | 3-7# | 紧邻 | 1.31×10^{-2} | 16.67 | 1/16 | 1.37×10^{-5} | 公众 人员 |
| | | 冷媒管井公众 | 3-7# | 紧邻 | 1.31×10^{-2} | 16.67 | 1/16 | 1.37×10^{-5} | 公众 人员 |
| | | 污物间公众 | 3-5# | 紧邻 | 1.31×10^{-2} | 16.67 | 1/16 | 1.37×10^{-5} | 公众 人员 |
| | | 缓冲间公众 | 3-3# | 紧邻 | 5.07×10^{-2} | 16.67 | 1/4 | 2.11×10^{-4} | 公众 人员 |
| | | 120 急救中心 公众 | 3-10# | 26 m | 2.31×10^{-2} | 16.67 | 1 | 5.68×10^{-7} | 公众 人员 |
| | | 凤凰家园小区 公众 | 3-10# | 45 m | 2.31×10^{-2} | 16.67 | 1 | 1.90×10^{-7} | 公众 人员 |
| | | 导管室公众 | 3-8# | 紧邻 | 1.52×10^{-2} | 16.67 | 1/16 | 1.58×10^{-5} | 公众 人员 |
| | | 公共卫生临床 中心公众 | 3-8# | 24 m | 1.52×10^{-2} | 16.67 | 1 | 4.39×10^{-7} | 公众 人员 |
| | | 凤凰山公园公 众 | 3-8# | 47 m | 1.52×10^{-2} | 16.67 | 1 | 1.15×10^{-7} | 公众 人员 |
| | | 上方新风机 房、污物暂存 及工友室、过 道、预留病房 等公众 | 3-11# | 紧邻 | 4.23×10^{-2} | 16.67 | 1 | 7.04×10^{-4} | 公众 人员 |
| 下方新风机 房、污物暂存 及工友室、过 道、预留病房 等公众 | 3-12# | 紧邻 | 7.51×10^{-2} | 16.67 | 1 | 1.25×10^{-3} | 公众 人员 | | |
| 透视 | 第一术者位 (身体铅衣 内) | 3-1# | 紧邻 | 44.85 | 83.34 | 1 | 3.74 | 职业 人员 | |
| | 第一术者位 (身体铅衣 外) | 3-1# | 紧邻 | 276.80 | 83.34 | 1 | 23.07 | 职业 人员 | |
| | 第二术者位 (身体铅衣 内) | 3-1# | 紧邻 | 14.43 | 83.34 | 1 | 1.22 | 职业 人员 | |

| | | | | | | | |
|----------------------------|-------|------|-----------------------|--------|------|-----------------------|------|
| 第二术者位 (身体铅衣外) | 3-1# | 紧邻 | 89.02 | 83.34 | 1 | 7.51 | 职业人员 |
| 控制室操作人员 | 3-3# | 紧邻 | 1.34×10^{-4} | 333.33 | 1 | 4.47×10^{-5} | 职业人员 |
| 设备间公众 | 3-7# | 紧邻 | 3.47×10^{-5} | 333.33 | 1/16 | 7.23×10^{-7} | 公众人员 |
| 冷媒管井公众 | 3-7# | 紧邻 | 3.47×10^{-5} | 333.33 | 1/16 | 7.23×10^{-7} | 公众人员 |
| 污物间公众 | 3-5# | 紧邻 | 3.47×10^{-5} | 333.33 | 1/16 | 7.23×10^{-7} | 公众人员 |
| 缓冲间公众 | 3-3# | 紧邻 | 1.34×10^{-4} | 333.33 | 1/4 | 1.12×10^{-5} | 公众人员 |
| 120 急救中心公众 | 3-10# | 26 m | 6.10×10^{-5} | 333.33 | 1 | 3.01×10^{-8} | 公众人员 |
| 凤凰家园小区公众 | 3-10# | 45 m | 6.10×10^{-5} | 333.33 | 1 | 1.00×10^{-8} | 公众人员 |
| 导管室公众 | 3-8# | 紧邻 | 4.02×10^{-5} | 333.33 | 1/16 | 8.37×10^{-7} | 公众人员 |
| 公共卫生临床中心公众 | 3-8# | 24 m | 4.02×10^{-5} | 333.33 | 1 | 2.32×10^{-8} | 公众人员 |
| 凤凰山公园公众 | 3-8# | 47 m | 4.02×10^{-5} | 333.33 | 1 | 6.06×10^{-9} | 公众人员 |
| 上方新风机房、污物暂存及工友室、过道、预留病房等公众 | 3-11# | 紧邻 | 1.18×10^{-4} | 333.33 | 1 | 3.94×10^{-5} | 公众人员 |
| 下方新风机房、污物暂存及工友室、过道、预留病房等公众 | 3-12# | 紧邻 | 2.10×10^{-4} | 333.33 | 1 | 7.01×10^{-5} | 公众人员 |

备注：对于南侧严州大道公众及香溢新安家园小区公众、西侧 120 急救中心公众及凤凰家园小区公众、北侧公共卫生临床中心公众及凤凰山公园公众，本项目保守仅考虑水平距离的辐射衰减，不考虑垂直距离的辐射衰减。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中对于介入放射工作人员穿戴铅围裙估算有效剂量的计算方法，采用公式 11-6 进行估算。

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

式中：

E ——有效剂量中的外照射分量，单位：mSv；

α ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 **0.79**，无屏蔽时，取 **0.84**；本项目配备铅防护颈套，取 **0.79**；

β ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 **0.051**，无屏蔽时，取 **0.100**；本项目配备铅防

护颈套，取 0.051；

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

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

则第一手术位（身体）的受照的有效剂量为 4.13mSv/a，第二手术位（身体）的受照的有效剂量为 1.34mSv/a。

各预测点位人员年有效剂量估算结果汇总于表11-13。

表11-13 职业人员及公众年有效剂量估算结果

| 场所 | 关注点位置描述 | 减影 | 透视 | 年有效剂量 | 人员类型 |
|---------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------|
| | | mSv | mSv | mSv | |
| DSA1 机房 | 第一术者位 | 8.40×10^{-5} | 4.13 | 4.13 | 职业人员 |
| | 第二术者位 | 8.40×10^{-5} | 1.34 | 1.34 | 职业人员 |
| | 控制室操作人员 | 1.68×10^{-4} | 1.78×10^{-5} | 1.86×10^{-4} | 职业人员 |
| | 东侧过道公众 | 9.61×10^{-5} | 5.09×10^{-6} | 1.01×10^{-4} | 公众人员 |
| | 缓冲间公众 | 8.39×10^{-5} | 4.44×10^{-6} | 8.84×10^{-5} | 公众人员 |
| | 休息室公众 | 7.83×10^{-6} | 2.37×10^{-7} | 8.07×10^{-6} | 公众人员 |
| | 导管材料室公众 | 6.86×10^{-6} | 2.74×10^{-7} | 7.13×10^{-6} | 公众人员 |
| | 设备室公众 | 6.86×10^{-6} | 2.74×10^{-7} | 7.13×10^{-6} | 公众人员 |
| | 污物间公众 | 6.86×10^{-6} | 2.74×10^{-7} | 7.13×10^{-6} | 公众人员 |
| | 120 急救中心公众 | 6.86×10^{-8} | 4.39×10^{-6} | 4.46×10^{-6} | 公众人员 |
| | 北侧过道公众 | 5.58×10^{-7} | 9.63×10^{-9} | 5.67×10^{-7} | 公众人员 |
| | 电梯等候室公众 | 5.58×10^{-7} | 9.63×10^{-9} | 5.67×10^{-7} | 公众人员 |
| | 公共卫生临床中心公众 | 1.72×10^{-9} | 2.97×10^{-11} | 1.75×10^{-9} | 公众人员 |
| | 上方预留房间、缓冲间、过道、仪器室、UPS 室等公众 | 2.91×10^{-4} | 1.63×10^{-5} | 3.07×10^{-4} | 公众人员 |
| | 下方检查包装及灭菌区、缓冲 区及过道公众 | 3.64×10^{-4} | 1.82×10^{-5} | 3.82×10^{-4} | 公众人员 |
| 杂交 手术 室 | 第一术者位 | 6.49×10^{-4} | 4.13 | 4.13 | 职业人员 |
| | 第二术者位 | 6.49×10^{-4} | 1.34 | 1.34 | 职业人员 |
| | 控制室操作人员 | 1.30×10^{-3} | 2.40×10^{-4} | 1.54×10^{-3} | 职业人员 |
| | 护士办公区公众 | 5.19×10^{-3} | 4.81×10^{-4} | 5.67×10^{-3} | 公众人员 |
| | 设备间公众 | 3.24×10^{-4} | 3.01×10^{-5} | 3.54×10^{-4} | 公众人员 |
| | 污物通道公众 | 1.30×10^{-3} | 1.20×10^{-4} | 1.42×10^{-3} | 公众人员 |
| | 严州大道公众 | 1.06×10^{-6} | 9.81×10^{-8} | 1.16×10^{-6} | 公众人员 |

| | | | | | |
|------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------|
| | 香溢新安家园小区公众 | 2.08×10^{-6} | 1.92×10^{-7} | 2.27×10^{-6} | 公众人员 |
| | ORB5 室公众 | 1.30×10^{-3} | 1.20×10^{-4} | 1.42×10^{-3} | 公众人员 |
| | 120 急救中心公众 | 1.62×10^{-6} | 1.50×10^{-7} | 1.77×10^{-6} | 公众人员 |
| | 洁净走廊公众 | 1.30×10^{-3} | 1.20×10^{-4} | 1.42×10^{-3} | 公众人员 |
| | 上方设备夹层公众 | 7.07×10^{-6} | 2.99×10^{-7} | 7.37×10^{-6} | 公众人员 |
| | 下方留观室、过道等公众 | 2.90×10^{-4} | 1.23×10^{-5} | 3.02×10^{-4} | 公众人员 |
| DSA2 机房 | 第一术者位 | 2.11×10^{-4} | 4.13 | 4.13 | 职业人员 |
| | 第二术者位 | 2.11×10^{-4} | 1.34 | 1.34 | 职业人员 |
| | 控制室操作人员 | 4.23×10^{-4} | 4.47×10^{-5} | 4.67×10^{-4} | 职业人员 |
| | 设备间公众 | 1.37×10^{-5} | 7.23×10^{-7} | 1.44×10^{-5} | 公众人员 |
| | 冷媒管井公众 | 1.37×10^{-5} | 7.23×10^{-7} | 1.44×10^{-5} | 公众人员 |
| | 污物间公众 | 1.37×10^{-5} | 7.23×10^{-7} | 1.44×10^{-5} | 公众人员 |
| | 缓冲间公众 | 2.11×10^{-4} | 1.12×10^{-5} | 2.22×10^{-4} | 公众人员 |
| | 120 急救中心公众 | 5.68×10^{-7} | 3.01×10^{-8} | 5.99×10^{-7} | 公众人员 |
| | 凤凰家园小区公众 | 1.90×10^{-7} | 1.00×10^{-8} | 2.00×10^{-7} | 公众人员 |
| | 导管室公众 | 1.58×10^{-5} | 8.37×10^{-7} | 1.66×10^{-5} | 公众人员 |
| | 公共卫生临床中心公众 | 4.39×10^{-7} | 2.32×10^{-8} | 4.62×10^{-7} | 公众人员 |
| | 凤凰山公园公众 | 1.15×10^{-7} | 6.06×10^{-9} | 1.21×10^{-7} | 公众人员 |
| | 上方新风机房、污物暂存及工友室、过道、预留病房等公众 | 7.04×10^{-4} | 3.94×10^{-5} | 7.44×10^{-4} | 公众人员 |
| | 下方新风机房、污物暂存及工友室、过道、预留病房等公众 | 1.25×10^{-3} | 7.01×10^{-5} | 1.32×10^{-3} | 公众人员 |

根据表 11-13 可知本项目 DSA1 机房 DSA 在正常运行时，机房内职业人员受照的最大有效剂量为 4.13mSv/a ，控制室内职业人员受照的最大有效剂量为 $1.86 \times 10^{-4}\text{mSv/a}$ ；杂交手术室 DSA 在正常运行时，机房内职业人员受照的最大有效剂量为 4.13mSv/a ，控制室内职业人员受照的最大有效剂量为 $1.54 \times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ；DSA2 机房 DSA 在正常运行时，机房内职业人员受照的最大有效剂量为 4.13mSv/a ，控制室内职业人员受照的最大有效剂量为 $4.67 \times 10^{-4}\text{mSv/a}$ ；满足本项目辐射工作人员年有效剂量不高于 5mSv 的年剂量约束值要求；DSA1 机房、杂交手术室、DSA2 机房周围公众人员受照的有效剂量最大为 $5.67 \times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ，满足本项目公众人员年有效剂量不高于 0.1mSv 的年剂量约束值要求。

由此说明，本项目 DSA1 机房、杂交手术室、DSA2 机房的防护设计满足要求，其正常运行后产生的辐射影响在国家允许的范围以内。上述估算仅是理论推算，实

际应用时，工作人员的受照剂量应以佩戴的个人剂量计检测结果为准。

11.2.3 工作人员手部年当量剂量估算

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

$$D_s = C_{ks} (\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad (11-7)$$

$$H = D_s \cdot W_R \quad (11-8)$$

式中：

D_s ：皮肤吸收剂量（mGy）；

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

\dot{k} ：X、 γ 辐射场的空气比释动能率（ $\mu\text{Gy/h}$ ），为 222.14 $\mu\text{Gy/h}$ ；

t ：人员累积受照时间，h，单个医生最大年受照时间为 83.34h；

H ：关注点的当量剂量，mSv；

W_R ：辐射权重因数，X 射线取 1。

根据式 11-7 和 11-8 计算得医生手部皮肤受到的当量剂量为 21.40mSv/a，满足本项目辐射工作人员手部年当量剂量不高于 500mSv 的限值要求。

11.2.4 工作人员眼晶体剂量估算

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

$$D_L = C_{ks} (k \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad (11-9)$$

$$H = D_L \cdot W_R \quad (11-10)$$

式中：

D_s ：眼晶状体吸收剂量，mGy；

C_{ks} ：—空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数，mGy/mGy，根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）表 A.4，保守取

0.07MeV~0.15MeV 中最大值 1.55;

k: X、 γ 辐射场的空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)，为 $19.94\mu\text{Gy/h}$;

t: 人员累积受照时间, h, 单个医生最大年受照时间为 83.34h;

H: 关注点的当量剂量, mSv;

W_R : 辐射权重因数, X 射线取 1。

根据式 11-9 和 11-10 计算得医生眼晶体受到的有效剂量当量为 2.58mSv/a , 满足本项目辐射工作人员眼晶体年当量剂量不高于 150mSv 的限值要求。

由上述计算可知: 医生手部受照的当量剂量均为 21.40mSv/a , 满足本项目辐射工作人员手部年当量剂量不高于 500mSv 的限值要求。医生眼晶体受照的有效剂量当量均为 2.58mSv/a , 满足本项目辐射工作人员眼晶体年当量剂量不高于 150mSv 的限值要求。

综合上述, 经理论计算可知, 本项目各机房 DSA 辐射工作人员可能受到的最大年有效剂量均满足本次评价提出的 5mSv 年剂量约束值的要求, 周围公众人员受照的最大年有效剂量均满足本项目公众人员年有效剂量不高于 0.1mSv 的年剂量约束值要求, 医生手部受照的当量剂量均满足本项目辐射工作人员手部年当量剂量不高于 500mSv 的限值要求, 医生眼晶体受照的有效剂量当量均满足本项目辐射工作人员眼晶体年当量剂量不高于 150mSv 的限值要求。

11.2.5 DSA运营期臭氧影响分析

本项目 DSA 射线能量低, 电离产生的臭氧和氮氧化物额度非常低, 且臭氧可自然分解为氧气, DSA 机房拟采用动力通风系统, 废气经通排风系统排出机房外, 经自然分解后对周围大气环境影响很小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射事故情况

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

(2) 工作人员误入正在运行的机房引起误照射;

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

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

意外照射。

11.3.2 辐射事故预防措施

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

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

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

(4) 医护人员进行DSA手术前，一定要穿好防护铅服，戴铅眼镜，佩戴个人剂量计后方可进行手术作业；

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

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

(7) 制定事故应急预案，并每年定期进行一次演练；发现问题，及时进行整改。

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》第十六条第一款的要求，使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，且至少有 1 名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

本项目建设单位已按照《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、生态环境等行政主管部门的规章制度，成立了放射（辐射）防护安全管理委员会，落实安全责任制，并明确了相关成员名单及职责，故建设单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足辐射管理工作的要求。

若辐射安全与环境保护管理机构成员发生变动，建设单位应及时更新、调整管理机构的人员组成。

12.1.2 辐射工作人员管理

(1) 辐射安全和防护专业知识培训

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）和《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号），医用应及时组织从事使用II类射线装置的辐射工作人员在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核合格，并按时接受再培训。仅从事III类射线装置的辐射工作人员应参加医院自行组织的辐射安全与防护考核，并取得合格成绩，并建立成绩档案。

另根据《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），各单位对辐射工作人员的辐射安全与防护培训或放射诊疗培训互相认可。

目前医院现有辐射工作人员，从事使用II、III类射线装置，于 2022 年 9 月，取得杭州市放射工作人员放射防护知识培训合格证。

本项目计划新增的 42 名辐射工作人员，从事使用II类射线装置，应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台培训或参加放射工作人员在岗考试，并考核合格

后方可上岗，并按时再培训。

(2) 职业健康检查

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。

医院现有辐射工作人员，均在杭州市职业病防治院进行上岗前和在岗期间的职业健康检查，检查结果为“可继续原放射工作”。

本项目计划新增的 42 名新增辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案。

(3) 个人剂量管理

医院应委托具有相应资质的单位对本单位辐射工作人员进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案，并保存职业照射记录。

医院已委托浙江建安检测研究院有限公司对医院所有辐射工作人员进行长期个人剂量监测，符合要求。由医院2023年1月~2024年1月连续四个周期的个人剂量检测报告可知，辐射工作人员的个人剂量监测结果均低于职业照射的剂量约束值 5mSv/a。满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的标准要求。

医院辐射工作人员个人剂量监测结果均无超标情况。本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量检测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人检测档案应保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。建设单位应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量检测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门监督检查的要求。

12.1.3 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用射线装置的

单位，应当对本单位放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。医院年度评估报告包括：射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，医院已按照要求执行年度评估。本项目建成运行后，医院应将本项目纳入年度评估报告，定期上报至发证机关。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用放射性同位素、射线装置的单位，应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护制度、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、台账管理制度和监测方案，并有完善的辐射事故应急措施”。

本项目为新增使用 II 类射线装置项目，射线装置类别和类型不超出医院原有已许可使用的射线装置范围，医院已制定相关辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案，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，本项目运行前将根据本次配备设备情况制定针对性的操作规程，并将相关制度上墙。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

本项目 DSA 属 II 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求，医院配备与辐射类型、辐射水平相适应的防护用品和监测仪器。

医院已配备 X-γ 辐射剂量率巡检仪，能够满足相关监测要求。

12.3.2 监测计划

医院可委托有资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测，监测数据每年年底须向生态环境部门上报备案。

表12-1 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

| 监测类别 | 工作场所 | 监测因子 | 监测频率或时限 | 监测设备 | 监测范围 | 监测类型 |
|------|----------|---------|---------|--------------|-----------------------------------------|------|
| 年度监测 | DSA1 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、控制室操作位、各侧屏蔽墙外30cm处、顶棚距地100cm处，楼 | 委托监测 |

| | | | | | | |
|--------|--------------|---------|----------|--------------|----------------------|------|
| 日常监测 | 杂交手术室、DSA2机房 | 周围剂量当量率 | 1次/半年 | 按照国家规定进行计量检定 | 下距地170cm处及周围需要关注的监督区 | 自行监测 |
| 验收监测 | | 周围剂量当量率 | 项目完成3个月内 | 按照国家规定进行计量检定 | | 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 |

建设单位制定了辐射监测计划，并将每次监测结果记录存档。

12.4 竣工环保验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.5 辐射事故应急

12.5.1 应急预案的要求

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

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

12.5.2 医院现有应急预案存在的问题与不足

医院已经制定了《放射（辐射）事故应急预案》，明确了事故应急处理小组成员，以保证本单位一旦发生辐射意外事件时，即能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理辐射事故，保护工作人员和公众的健康与安全。医院原有应急预案内容较为简单，包含目的、应急处理机构与职责、应急处理程序等内容，医院应根据人事变动情况及时调整事故应急处理小组成员，并明确应急小组成员紧急联系电话。

为增强应急预案的可操作性和针对性，医院应根据国家有关法规的要求，针对核技术利用项目的具体情况重新制定在事故情况下的应急响应计划，以便能够快速有效的处理辐射事故，将放射危害的影响降低到最低水平。建议更新制定的辐射事故应急计划应包括：

（1）应急人员的培训及应急响应练习：应急人员应进行辐射安全知识的培训；医院应每半年组织一次辐射事故应急响应演习，确保各部门在事故发生后，有组织有条理的应对；

（2）应急物资：包括应急响应文件等；

（3）辐射事故分级：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

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

12.5.3 辐射事故上报的要求

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

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

医院拟在二期综合楼 1 层新建 1 间 DSA1 机房及其配套用房；3 层新建 1 间杂交手术室及其配套用房；14 层新建 1 间 DSA2 机房及其配套用房。DSA1 机房、杂交手术室及 DSA2 机房内均使用 1 台 DSA 设备，型号未定，均为单管头 X 射线机，DSA 最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属于 II 类射线装置。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

(1) 辐射安全防护措施结论

本项目 DSA1 机房屏蔽设计四周墙体使用实心砖+防护涂料，顶棚使用混凝土+防护涂料、地坪使用混凝土+防护涂料，机房设有铅防护门及铅玻璃观察窗；杂交手术室机房屏蔽设计四周墙体使用镀锌方管+铅板，顶棚使用混凝土+铅板、地坪使用混凝土+防护涂料，机房设有铅防护门及铅玻璃观察窗；DSA2 机房四周墙体使用实心砖+防护涂料，顶棚使用混凝土+防护涂料、地坪使用混凝土+防护涂料，机房设有铅防护门及铅玻璃观察窗；屏蔽厚度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

各机房均拟配置辐射工作人员和患者个人防护用品；各机房设置自动闭门装置和防夹装置，防护门上方设置工作状态指示灯，并与机房门连锁；防护门外拟设置电离辐射警告标志。设备设置急停开关等，辐射安全防护措施配置满足相关要求。

DSA1 机房、杂交手术室、DSA2 机房应配备相应的防护用品与辅助防护设施，其配置要求需按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求进行配制。

(2) 辐射安全管理结论

管理机构：医院已成立了放射（辐射）防护安全管理委员会、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（辐射）事故应急预案》、《放射安全管理制度》、《放射事故预防管理制度》、《放射防护用品管理规范》《放射防护管理制度》、《放射防护告知制度》、《放射职业健康管理制度》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；医院按要求安排辐射工作人

员参加辐射安全和防护培训，考核合格后方可上岗，并且按时安排人员参加再培训。

13.1.3 环境影响分析结论

(1) 根据计算，DSA1 机房、杂交手术室、DSA2 机房四周屏蔽墙体、顶棚、地板及观察窗外辐射剂量率均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

(2) 经估算，DSA1 机房、杂交手术室、DSA2 机房职业人员可能受到的最大年有效剂量满足本次评价提出的 5mSv 的年当量剂量约束值的要求，医生手部受照的当量剂量满足本项目辐射工作人员手部年当量剂量不高于 500mSv 的限值要求，医生眼晶体受照的有效剂量当量满足本项目辐射工作人员眼晶体年当量剂量不高于 150mSv 的限值要求，周围公众人员可能受到的最大年有效剂量满足本次评价提出的 0.1mSv 的年剂量约束值的要求。

(3) 本项目电离产生的臭氧和氮氧化物额度非常低，废气经通排风系统排出机房外，经自然分解后对周围大气环境影响很小。

13.1.4 可行性分析结论

(1) 产业政策符合性分析结论

本项目属于高性能医学影像设备应用项目，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类项目，符合国家现行产业政策。

(2) 实践正当性分析

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

(3) 选址的合理性结论

本项目拟建 DSA1 机房、杂交手术室及 DSA2 机房位于二期综合楼分别位于二期综合楼 1 层、3 层及 14 层，不新增土地，项目用地属于医疗卫生用地。本项目拟建 DSA1 机房、杂交手术室及 DSA2 机房实体屏蔽物边界外 50m 评价范围主要为医院内部的建筑物和道路，及香溢新安家园小区、凤凰家园小区、凤凰山公园部分区域。项目运营过程产生的电离辐射，经采取满足标准要求的防护治理措施后对周围环境

辐射影响是可接受的，故本项目的选址是合理的。

(4) “三线一单”要求符合性结论

根据《建德市“三线一单”生态环境分区管控方案》，项目所在地属于建德市建德中心城区城镇生活重点管控单元（ZH33018220001），属于重点管控单元。符合建德市“三线一单”生态环境分区管控方案的要求，不涉及生态保护红线，符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，满足“三线一单”的要求。

(5) 项目可行性结论

综上所述，建德市第一人民医院 DSA 射线装置建设项目的建设符合城市主体功能区划和土地利用规划，符合环境功能区划，符合“三线一单”要求，选址合法合理；项目符合产业政策和实践正当性，在落实本报告提出的各项辐射管理、辐射防护措施后，其运行时对周围环境和人员的影响能够满足辐射环境保护相关标准的要求，因此从环境保护和辐射安全角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

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

(2) 在单位内部进行核与辐射安全知识宣传，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

13.2.2 承诺

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

(2) 及时组织 DSA 设备相关辐射工作人员参加辐射安全与防护培训合格证后方可上岗，并按时接受再培训。相关辐射工作人员配备个人剂量仪，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案；相关辐射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对其进行职业健康检查，建立职业健康档案。

(3) 严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

(4) 在本次环评报告取得批复后及时重新申领辐射安全许可证；在本项目 DSA

装置安装并调试正常后，及时组织开展项目工程竣工环境保护验收，编制验收报告，经验收合格后方可正式投入运行。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人：

公章
年 月 日

审批意见：

经办人：

公章
年 月 日