

核技术利用建设项目

江西省人民医院 射线装置应用项目 环境影响报告表

(报批稿)

江西省人民医院 (盖章)

二〇二五年三月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江西省人民医院

射线装置应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：江西省人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：陈志平

通讯地址：江西省南昌市爱国路 152 号

邮政编码：330006

联系人：林伟

电子邮箱：/

联系电话：/

基础材料真实性承诺书

我方已对《江西省人民医院射线装置应用项目》报告表内容认真核对，确认项目相关基础资料均为我方提供，可以上报生态环境行政主管部门。由于我方提供资料真实性造成的法律责任由我方承担。特此承诺！

建设单位（公章）

2025年1月17日



目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	23
表 3	非密封放射性物质	23
表 4	射线装置	23
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	24
表 6	评价依据	25
表 7	保护目标与评价标准	27
表 8	环境质量和辐射现状	32
表 9	项目工程分析与源项	38
表 10	辐射安全与防护	51
表 11	环境影响分析	62
表 12	辐射安全管理	92
表 13	结论与建议	99
表 14	审批	101
附件 1	委托书	102
附件 2	辐射安全许可证	103
附件 3	辐射工作人员个人剂量检测报告	116
附件 4	放（辐）射防护管理工作领导小组	177
附件 5	医院辐射相关规章制度	179
附件 6	年度评估报告证明文件	200
附件 7	本项目现状监测报告、检验检测机构资质认定证书及监测仪器校准证书	203
附件 8	本项目拟配备设备及其主要性能参数说明	216
附件 9	常规环评批复	221
附件 10	医院辐射工作人员名单	225
附件 11	监测资质、仪器检定证书和宇宙射线响应监测报告	236
附件 12	医院最近一次监督检查及整改材料	248
附件 13	专家意见、修改清单及修改确认函	254

表 1 项目基本情况

建设项目名称		江西省人民医院射线装置应用项目				
建设单位		江西省人民医院				
法人代表		陈志平	联系人	林伟	联系电话	/
注册地址		江西省南昌市爱国路 92 号				
项目建设地点		江西省南昌市丰和北大道 266 号医疗中心大楼四楼介入手术室（1 号、2 号、3 号）和复合手术室（1 号、2 号）				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		5250	项目环保投资（万元）	250	投资比例（环保投资/总投资）	4.76%
项目性质		□新建 □改建 ☒ 扩建 □其它			占地面积（m²）	394.2
应用类型	放射源	□销售	□Ⅰ类 □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类			
		□使用	□Ⅰ类（医疗使用） □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类			
	非密封放射性物质	□生产	□制备 PET 用放射性药物			
		□销售	/			
		□使用	□乙 □丙			
	射线装置	□生产	□Ⅱ类 □Ⅲ类			
		□销售	□Ⅱ类 □Ⅲ类			
		☒ 使用	☒ Ⅱ类 ☒ Ⅲ类			
	其他	/				

1.核技术利用项目情况

1.1 建设单位情况简述

江西省人民医院创建于 1897 年，前身是美国卫理公会创办的教会医院，是南昌地区第一所西医医院，集医疗、保健、科研、教学和体检于一体，是江西乃至中部地区具有重要影响的三级甲等综合性医院。医院分为本部、阳明路门诊部及红谷分院。医院本部位于南昌市爱国路 152 号，阳明路门诊部位于南昌市阳明路 392 号，红谷分院位于南昌市红谷滩区丰和北大道 266 号。医院本部占地约 47 亩，医疗用房建筑面积 12.02 万平方米，开放床位 1500 张；红谷分院占地约 126 亩，一期工程建筑总面积约 17.26 万平方米，开放床位 1500 张。

本项目位于医院红谷分院，红谷分院地理坐标为北纬 28°42'21.66"，东经 115°52'22.67"，地理位置详见图 1-1。医院红谷分院主要分为已建工程（住院楼和医疗综合楼）、本期工程（医疗中心大楼）及远期工程。本期工程为医疗中心大楼（地下 3 层，地上 21 层建筑物），该医疗中心大楼已进行主体建设施工，尚未进行机房辐射防护施工。本项目位于医疗中心大楼 4 楼介入手术室和复合手术室。

1.2 项目建设规模、目的和任务的由来

随着医院发展及广大患者的就医需求，中南大学湘雅医院和江西省人民医院合作共建中南大学湘雅医院江西医院，故江西省人民医院拟在红谷分院新建一栋医疗中心大楼，该医疗中心大楼已履行环评手续，并于 2024 年 2 月 9 日取得了南昌市生态环境局关于对《中南大学湘雅医院江西医院（国家神经系统区域医疗中心）一期建设项目环境影响报告书》的批复（洪环环评【2024】38 号），见附件 9。

本项目环评内容为：医院拟在红谷分院新建一栋医疗中心大楼，在医疗中心大楼 4 楼建设介入手术室 1 号、2 号、3 号和复合手术室 1 号（DSA 复合手术室）、2 号（普通外科手术室）。医院拟购置 4 台数字减影血管造影仪（DSA），型号未定，其中介入手术室 1 号、2 号、3 号拟使用的 DSA 为双球管设备，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，带类 CT 成像功能，属于 II 类射线装置；复合手术室 1 号拟使用的 DSA 为单球管设备，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，带类 CT 成像功能，属于 II 类射线装置；医院拟购置 1 台滑轨 CT 机，型号未定，最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，属于 III 类射线装置，使用场所位于医疗中心大楼 4 楼复合手术室 1 号、2 号。

本项目 DSA 和滑轨 CT 机辐射工作人员均依托医院现有辐射工作人员，本项目 DSA 拟调配 16 名辐射工作人员（介入医师 8 人，护士 4 人，技师 4 人，分成四组，具体见表 11-16），调配后的辐射工作人员仅从事本项目安排的辐射工作，不再从事原有放射工作；本项目滑轨 CT 机拟调配 2 名辐射工作人员（不分组，具体见表 11-16），调配后的辐射工作人员仅从事本项目安排的辐射工作，不再从事原有放射工作；本项目拟调配的辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）参加辐射安全与防护培训，参加相关考试并通过考核或通过了医院自主考核，均做到持证上岗。

表 1-1 本项目辐射工作人员情况一览表

序号	姓名	岗位	考核类别	辐射安全与防护 培训证书编号	有效期至	体检结果
1	曹文锋	医师	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS21JX0101460	2026 年 12 月 20 日	可继续原放射 工作
2	饶伟	医师	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS20JX0102205	2025 年 12 月 31 日	可继续原放射 工作
3	吴凌峰	医师	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS20JX0101636	2025 年 12 月 18 日	可继续原放射 工作
4	张于云	医师	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS23JX0101532	2028 年 10 月 27 日	可从事放射工 作

5	上官青	医师	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS21JX0101542	2026 年 12 月 20 日	可从事放射工作
6	蔡恒烁	医师	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS21JX0101405	2026 年 12 月 18 日	可继续原放射工作
7	龚志斌	医师	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS20JX0102315	2025 年 12 月 31 日	可继续原放射工作
8	余志强	医师	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS20JX0102314	2025 年 12 月 31 日	可继续原放射工作
9	何宇	技师	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS20JX0100102	2025 年 08 月 06 日	可继续原放射工作
10	邹毛毛	技师	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS20JX0100223	2025 年 09 月 09 日	可继续原放射工作
11	鲁玉冰	技师	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS20JX0101244	2025 年 11 月 17 日	可继续原放射工作
12	邬远志	技师	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS20JX0102141	2025 年 12 月 31 日	可继续原放射工作
13	朱芳鑫	护士	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS21JX0100479	2026 年 04 月 02 日	可继续原放射工作
14	周蓓	护士	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS21JX0101406	2026 年 12 月 18 日	可继续原放射工作
15	黄茜	护士	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS21JX0101498	2026 年 12 月 20 日	可继续原放射工作
16	刘喜林	护士	医用 X 射线诊断 与介入放射学	FS21JX0101495	2026 年 12 月 20 日	可继续原放射工作
17	郭泽灵	技师	自主培训		2029 年 12 月 6 日	可从事放射工作
18	陈炜华	技师	自主培训		2029 年 12 月 6 日	可继续原放射工作

根据医院最新统计结果可知，医院现已运行 11 台 DSA，配备辐射工作人员共 51 人。医院考虑本次新增 4 台 DSA 和 1 台滑轨 CT 机房布置相对集中，对医院现有辐射工作人员合理统筹管理，每台 DSA 拟配备 3~4 名辐射工作人员。投运后若出现人员缺口则考虑新增辐射工作人员。

根据项目需要，本项目的辐射工作人员由医院统筹安排，预计每台 DSA 从现有辐射人员中调配 4 人（介入医生 2 人，护士、技师各 1 人），滑轨 CT 从现有辐射工作人员中调配 2 人（技师 2 人），滑轨 CT 在复合手术室 1 号操作时依托复合手术室 1 号的操作技师，滑轨 CT 在复合手术室 2 号操作时依托复合手术室 2 号的操作技师，调配后的辐射工作人员不

再从事原岗位工作。

本项目具体情况见表 1-2。

表 1-2 本次环评射线装置一览表

序号	设备名称	数量(台)	型号	类别	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	应用目的和任务	工作场所
1	DSA	1	待定	II类	125	1000	介入治疗	红谷分院医疗中心大楼四楼介入手术室1号
2	DSA	1	待定	II类	125	1000	介入治疗	红谷分院医疗中心大楼四楼介入手术室2号
3	DSA	1	待定	II类	125	1000	介入治疗	红谷分院医疗中心大楼四楼介入手术室3号
4	DSA	1	待定	II类	125	1000	介入治疗	红谷分院医疗中心大楼四楼复合手术室1号
5	滑轨CT机	1	待定	III类	150	1000	放射诊断	红谷分院医疗中心大楼四楼复合手术室1号、复合手术室2号

注：本项目医疗中心大楼4楼介入手术室1号、2号、3号拟使用的 DSA 为双球管设备，带类 CT 功能；复合手术室1号拟使用的 DSA 为单球管设备，带类 CT 功能；本项目拟使用的滑轨 CT 主要安装在复合手术室2号内使用，如复合手术室1号中需要用到术中 CT 扫描，则滑轨 CT 通过滑轨移至复合手术室1号进行术中 CT 扫描。

由“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）”可知，本项目 DSA 属于 II 类射线装置，滑轨 CT 机属于 III 类射线装置。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》可知，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”，江西省人民医院射线装置应用项目应进行辐射环境影响评价并编制辐射环境影响报告表。为此，江西省人民医院于 2024 年 10 月正式委托江西省地质局实验测试大队进行辐射环境影响评价。江西省地质局实验测试大队则立即组织人员进行了现场踏勘和资料收集等相关工作，在此基础上编制完成了该项目的辐射环境影响报告表。

2.项目周边环境概况及选址合理性分析

江西省人民医院红谷分院位于南昌市红谷滩区丰和北大道 266 号，医院东面为丰和北大道及凤凰新天小区，南面为濠江路，西面为凤凰北大道及市政用地（规划），北面为珠江路。

医院拟在红谷分院西面新建一栋医疗中心大楼，医疗中心大楼东面为医院内部道路，南面为医院内部道路及远期规划，西面为医院内部道路，北面为医院内部道路。

本项目拟建的介入手术室1号、2号、3号和复合手术室1号（DSA复合手术室）、2号（普通外科手术室）均位于红谷分院医疗中心大楼四楼。

本项目介入手术室1号东面为介入手术室2号，南面为洁净走廊（操作间），西面为换车间，北面为污物走廊，楼上为设备层，楼下为普通清洗间、抗肿瘤药物调配区、抗生素药物调配区、患者走廊、营养药物调配间。

介入手术室2号东面为介入手术室3号，南面为洁净走廊（操作间），西面为介入手术室1号，北面为污物走廊，楼上为设备层，楼下为抗生素药物调配区、患者走廊、营养药物调配间、一更、二更。

介入手术室3号东面为设备间，南面为洁净走廊（操作间），西面为介入手术室2号，北面为污物走廊，楼上为设备层，楼下为二更、洁洗间、一更、审方打印区、耗材库、患者走廊、口服摆药、大输液库。

复合手术室1号东面为外走廊，南面临空，西面为复合手术室2号，北面为洁净走廊（操作间），楼上为设备层，楼下为阴凉库、冷库、缓冲间及住院药库。

复合手术室2号东面为复合手术室1号，南面临空，西面为设备间和缓冲间，北面为洁净走廊（操作间），楼上为设备层，楼下为住院药库。

本项目介入手术室1号、2号、3号由西向东呈一字排列，按最不利情况考虑，介入手术室3号东侧屏蔽体外0~25m为医疗中心大楼，25~50m为医院内部道路；介入手术室1号、2号、3号南侧屏蔽体外0~50m均为医疗中心大楼；介入手术室1号西侧屏蔽体外0~40m为医疗中心大楼，40~50m为医院内部道路；介入手术室1号、2号、3号北侧屏蔽体外0~3m均为医疗中心大楼，3~27m为医院内部道路，27~50m为规划路和市政公共用地（远期）。

复合手术室1号东侧屏蔽体外0~16m为医疗中心大楼，16~50m为医院内部道路；南侧屏蔽体外0~50m为医疗中心大楼；西侧屏蔽体外0~50m为医疗中心大楼；北侧屏蔽体外0~15m为医疗中心大楼，15~39m为医院内部道路，39~50m为规划路和市政公共用地（远期）。

复合手术室2号东侧屏蔽体外0~29m为医疗中心大楼，29~50m为医院内部道路；南侧屏蔽体外0~50m为医疗中心大楼；西侧屏蔽体外0~50m为医疗中心大楼；北侧屏蔽体外0~15m为医疗中心大楼，15~39m为医院内部道路，39~50m为规划路和市政公共用地（远期）。

本项目红谷分院医疗中心大楼四楼介入手术室1号、2号、3号和复合手术室1号（DSA复合手术室）、2号（普通外科手术室）选址充分考虑了邻室（含楼上）及周围场所的人员防护与安全。介入手术室北侧0~27m范围位于医院内，27~50m范围位于医院外（规划路和市政公共用地），东侧、南侧、西侧50m评价范围均位于医院内；复合手术室北侧0~39m

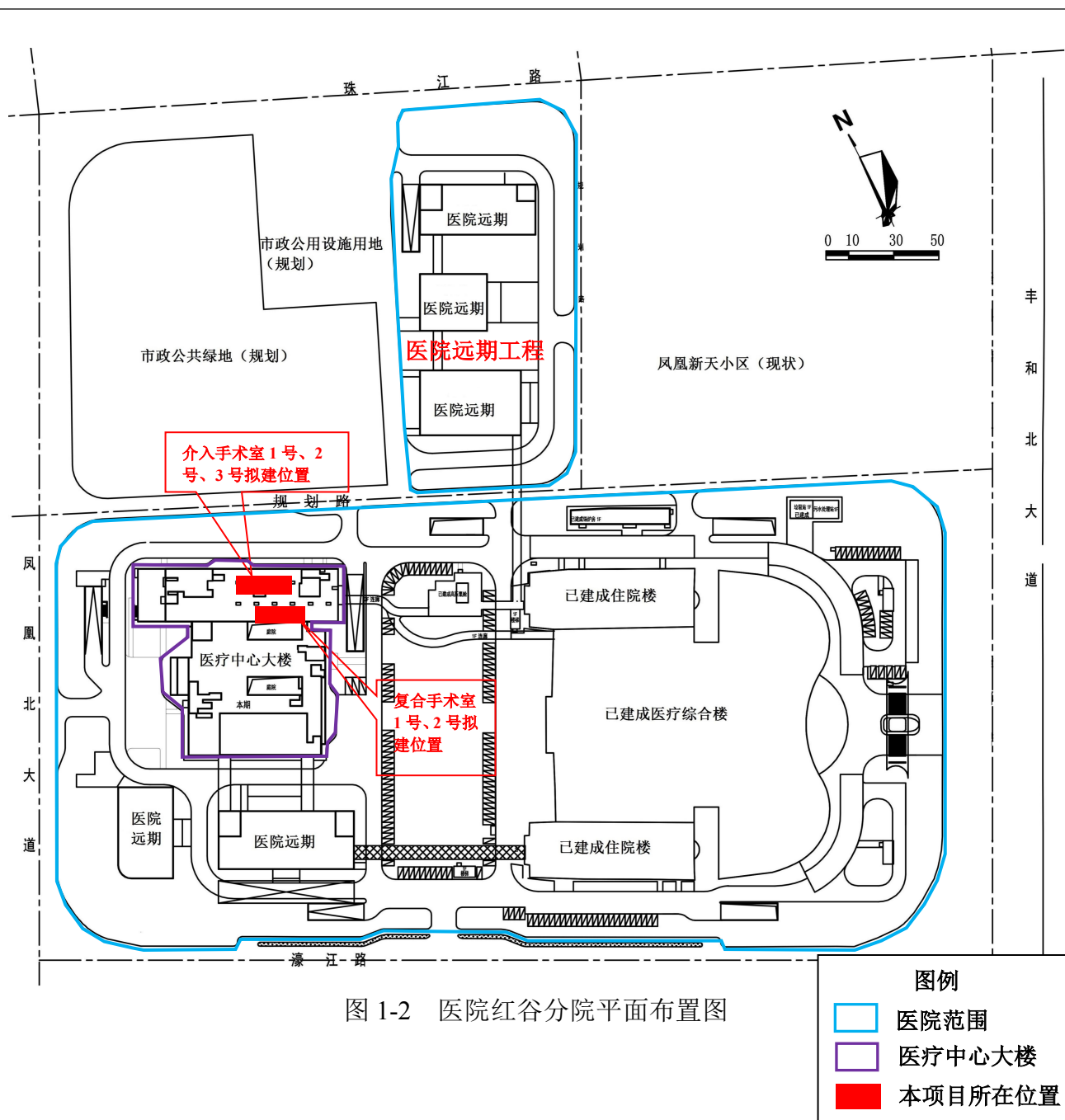
范围位于医院内，39~50m 范围位于医院外（规划路和市政公共用地），东侧、南侧、西侧 50m 评价范围均位于医院内。本项目辐射工作场所周围 50m 评价范围内主要环境敏感目标为医院用房，无学校、居民区等敏感目标，选址合理可行。

本项目机房的选址充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全，项目四周公众人员较少停留，机房大小、屏蔽物质厚度等符合相关标准要求。机房与操作间分开单独设置，布局符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，布局合理可行。

建设项目地理位置见图 1-1，医院红谷分院平面布置见图 1-2，本项目外环境关系见图 1-3，本项目周围环境现状照片见图 1-4，本项目介入手术室和复合手术室所在大楼四楼平面布置图（局部）见图 1-5，本项目介入手术室和复合手术室楼上（架空层）平面布置图（局部）见图 1-6，本项目介入手术室和复合手术室楼下平面布置图（局部）见图 1-7，红谷分院医疗中心大楼四楼平面布置见图 1-8。



图 1-1 建设项目地理位置图



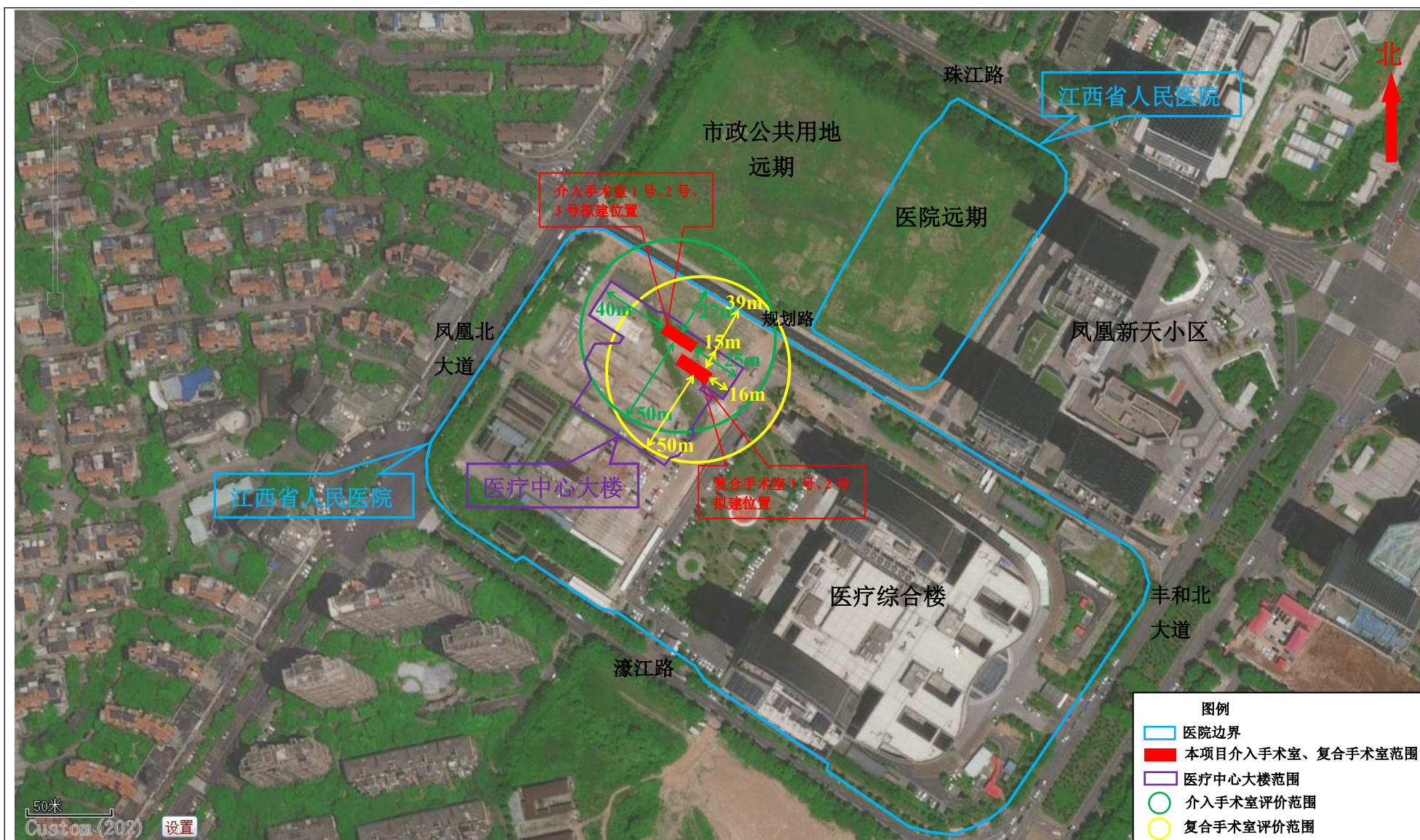
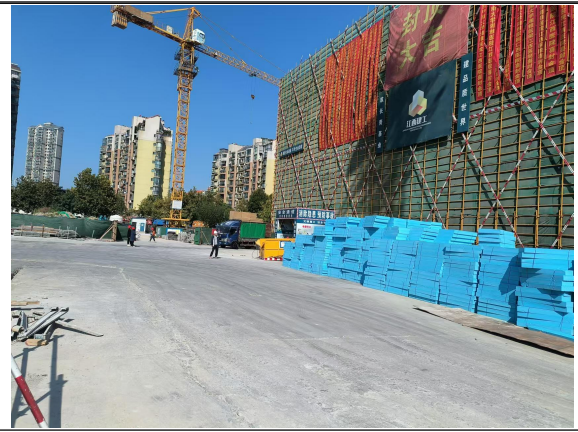


图 1-3 本项目外环境关系图



医疗中心大楼东侧



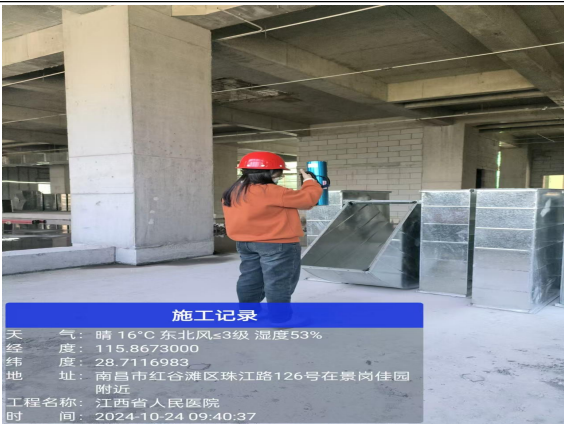
医疗中心大楼南侧



医疗中心大楼西侧



医疗中心大楼北侧



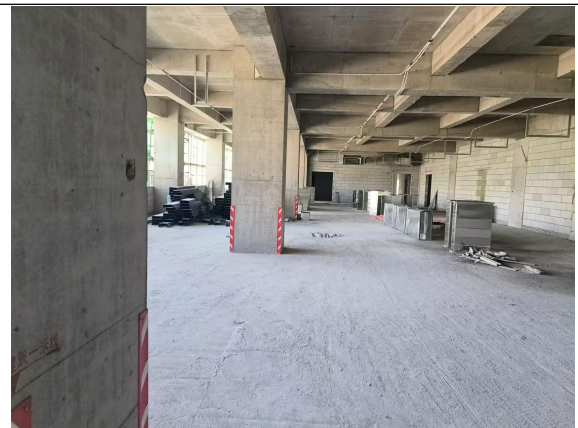
拟建介入手术室 1 号



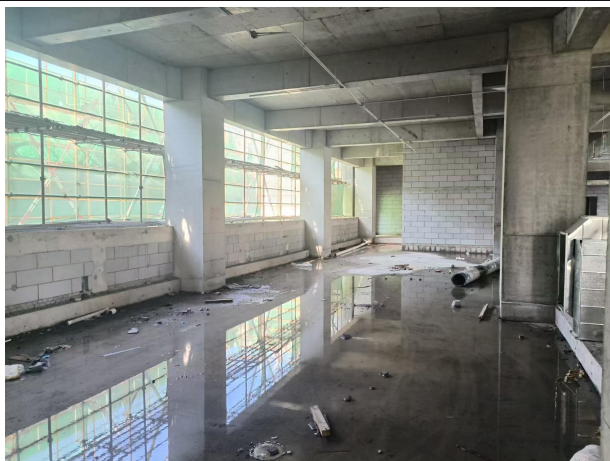
拟建介入手术室 2 号、3 号



拟建介入手术室 1 号、2 号、3 号楼上



拟建介入手术室 1 号、2 号、3 号楼下



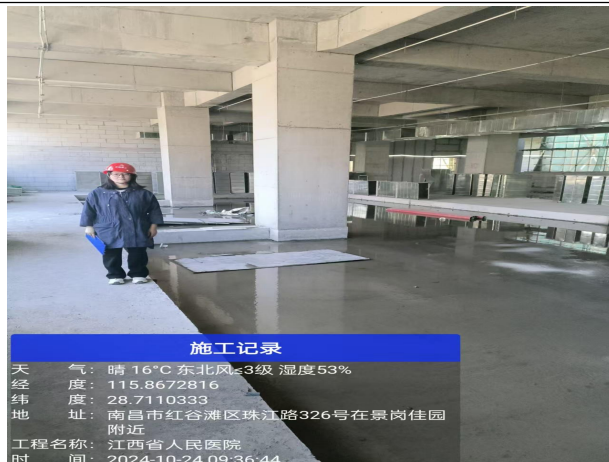
拟建复合手术室1号、2号



拟建复合手术室1号、2号楼上



拟建复合手术室1号、2号楼下



环评工程师现场踏勘

图 1-4 本项目周围环境现状照片

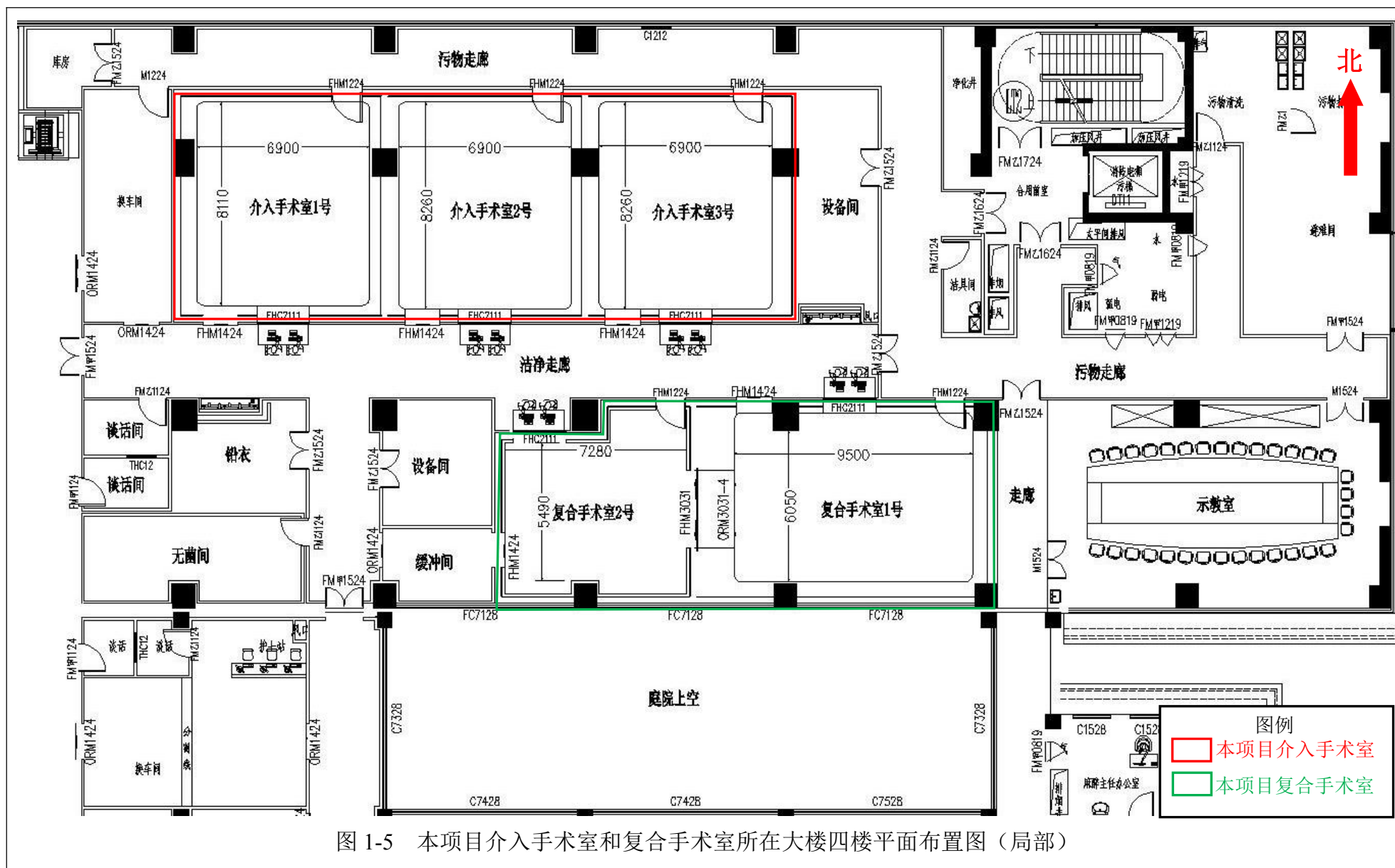
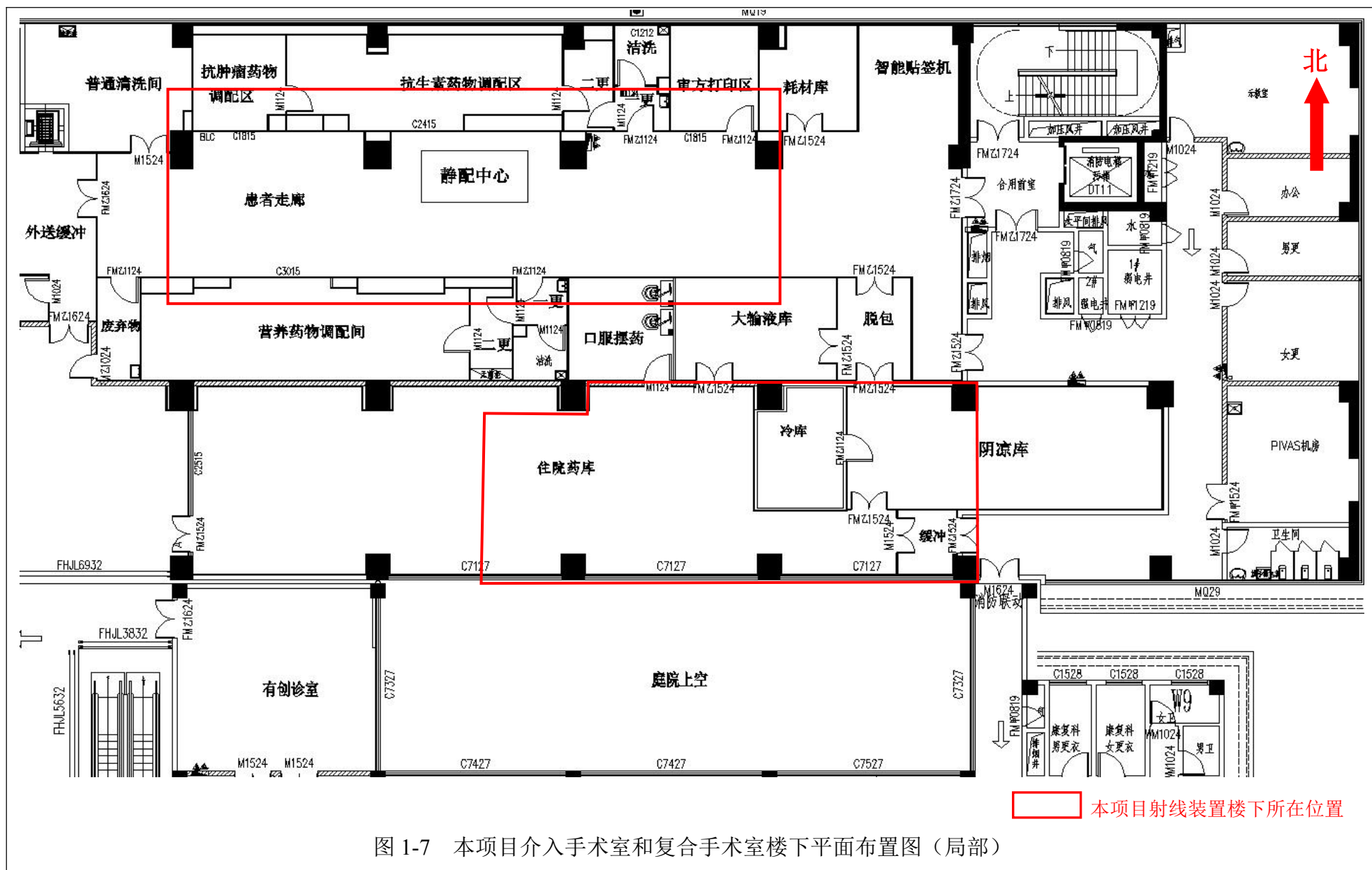


图 1-5 本项目介入手术室和复合手术室所在大楼四楼平面布置图（局部）



3.医院核技术应用项目概况

3.1 原有核技术项目回顾

医院现有III类射线装置 43 台：口腔摄影设备 8 台、CT 机 7 台、DR 机 6 台、移动 C 形臂 X 射线机 5 台、移动 X 光机 4 台、骨密度仪 3 台、模拟定位机 2 台、移动 CT、车载 CT、定位小 C 臂机、SPECT-CT、PET-CT、数字胃肠机、钼靶乳腺机、X 射线血液辐照仪各 1 台；现有 II 类射线装置 14 台：回旋加速器 1 台、DSA 11 台、直线加速器 2 台；现使用 $^{68}\text{Ge}(5.5\times10^7\text{Bq})$ 1 枚，属于 V 类放射源；现使用 $^{192}\text{Ir}(3.7\times10^{11}\text{Bq})$ 1 枚，属于 III 类放射源；院本部乙级非密封放射性物质工作场所（使用放射性核素 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）和丙级非密封放射性物质工作场所（使用放射性核素 ^{18}F ）各 1 处；新院乙级非密封放射性物质工作场所（使用放射性核素 ^{125}I 粒子源、 ^{131}I 、 ^{153}Sm 、 ^{89}Sr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）和丙级非密封放射性物质工作场所（使用放射性核素 ^{125}I ）各 1 处。

医院上述放射性同位素与射线装置均已履行环评手续，医院于 2024 年 5 月 27 日更换了辐射安全许可证（见附件 2），证书编号为赣环辐证[A2466]，发证日期为 2024 年 5 月 27 日，有效期至 2029 年 6 月 19 日。

医院现有辐射安全许可证许可种类和范围和使用 III 类、V 类放射源；使用 II、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。医院原有并运行的放射性同位素与射线装置已按相关要求先后履行了竣工环保验收手续。

医院现有非密封放射性物质情况见表 1-3，射线装置情况见表 1-4，密封源情况见表 1-5。

表 1-3 医院现有非密封放射性物质一览表

序号	核素名称	使用场所	年最大用量 (Bq/a)	日等效最大操作量 (Bq)	活动种类和范围	环评情况	验收情况
1	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	院本门诊部	8.88×10^{11}	1.85×10^8	使用、乙级非密封放射性物质工作场所	环审 [2007]316 号	赣环辐字 [2014]15 号
2	^{131}I		4.44×10^{11}	1.85×10^9			
3	^{89}Sr		8.88×10^9	4.44×10^7			
4	^{125}I		2.88×10^{10}	1.84×10^7			
5	^{18}F	院本部 PET-CT 室	1.35×10^9	1.11×10^7	使用、丙级非密封放射性物质工作场所	环审 [2007]316 号	赣环辐函 [2017]4 号
6	^{125}I	新院医技楼	5.55×10^7	2.22×10^4	使用、丙级非密封放射性物质工作场所	赣环辐字 [2018]63 号	/
7	^{89}Sr		7.40×10^9	7.40×10^7	使用、乙级非密封放射性物质工作场所		2023.08 自主验收
8	^{153}Sm		3.7×10^{10}	3.7×10^8	使用、乙级非密封放射性物质工作场所		

9	^{99m}Tc		1.42×10^{12}	2.96×10^7			
10	^{131}I		9.324×10^{11}	2.59×10^9			
11	^{125}I (粒子源)		3.70×10^{11}	7.40×10^6		备案号: 2018360100 0100000281	/

表 1-4 医院现有射线装置一览表

序号	设备名称	型号	安装位置	类别	环评情况	验收情况
1	医用直线加速器	ONCOR Impression Plus	院本部放疗室：直线加速器机房	II 类	环审 [2007]316 号	赣环辐函 [2014]15 号
2	DSA	Innova2100	院本部住院部：南 5 楼介入室一机房	II 类		
3	DSA	Innova2100 IQ	院本部住院部：南 5 楼介入室二机房	II 类		
4	移动 X 光机	Sirius 130hp	院本部住院部：南 1 楼放射科	III 类	环审 [2007]316 号	赣环辐函 [2014]15 号
5	数字胃肠机	Uni-vision	院本部住院部：南 1 楼放射科胃肠机房	III 类		
6	钼靶乳腺机	AMULET f24X30	院本部住院部：南 1 楼放射科钼靶乳腺机房	III 类		
7	双源 CT 机	Somtom Definition	院本部门诊部：1 楼 CT 室 2 机房	III 类		
8	口腔 CT	KAVO 3D EXAMi	院本部门诊部：5 楼口腔 CT 机房	III 类		
9	DR 机	RAD NEXT50	院本部住院部：南 1 楼放射科一机房	III 类	环审 [2007]316 号	
10	回旋加速器	minitrace	院本部 PET-CT 室：地下室回旋加速器房	II 类		
11	PET-CT 机	Discovery ST16	院本部 PET-CT 室：1 楼 PET-CT 机房	III 类	赣环辐字 [2014]32 号	赣环辐函 [2017]4 号
12	全景牙片机	Kodak 8000C	院本部门诊部：4 楼全景机房	III 类		
13	放射治疗模拟定位机	Simulix HQ	院本部放疗室：模拟定位机房	III 类		
14	骨密度测量仪	MetriScan TM	院本部体检中心：2 楼骨密度室	III 类		
15	骨密度测量仪	DISCOVERYA	院本部门诊部：1 楼骨密度室	III 类		
16	DSA	Allura Xper FD20	院本部住院部：南 5 楼介入室三机房	II 类	已备案	/
17	定位小 C 臂机	HB-ESWL	院本部住院部：南 5 楼体外碎石室	III 类		

18	口腔 X 射线装置	Kodak2100	院本部门诊部：4 楼牙片机房	Ⅲ类		
19	医用血管造影 X 射线机	Innova IGS 520	新院医技楼：四楼介入室 DSA 检查室 1	Ⅱ类	赣环辐字 [2018]63 号	2023.08 自主验收
20	医用血管造影 X 射线系统	AZurion 7 M12	新院医技楼：四楼介入室 DSA 检查室 2	Ⅱ类		
21	医用血管造影 X 射线系统	AZurion 7 M12	新院医技楼：四楼介入室 DSA 检查室 3	Ⅱ类		
22	医用血管造影 X 射线机	Innova IGS 5	新院医技楼：四楼介入室 DSA 检查室 4	Ⅱ类		
23	医用血管造影 X 射线机	Innova IGS 5	新院医技楼：四楼介入室 DSA 检查室 5	Ⅱ类		
24	医用血管造影 X 射线机	Innova IGS 520	新院医技楼：四楼介入室 DSA 检查室 6	Ⅱ类		
25	医用血管造影 X 射线机	Innova IGS 530	新院医技楼：四楼介入室 DSA 检查室 7	Ⅱ类		
26	单光子发射及 X 射线计算机断层成像系统	Symbia Intevo16	新院医技楼：一楼核医学科	Ⅲ类	备案号： 201836010001 00000407	
27	X 射线计算机断层摄影设备	Brilliance iCT	新院医技楼：一楼放射科 CT1 机房	Ⅲ类	备案号： 201836010001 00000281	/
28	X 射线计算机体层摄影设备	Revolution CT	新院医技楼：一楼放射科 CT4 机房	Ⅲ类		
29	数字化医用 X 射线摄影系统	Digital Diagnost	新院医技楼：一楼放射科 DR2 机房	Ⅲ类		
30	数字化医用 X 射线摄影系统	Digital Diagnost	新院医技楼：一楼放射科 DR1 机房	Ⅲ类		
31	数字化 X 射线摄影透视系统	Luminos dRF MaX	新院医技楼：一楼放射科数字胃肠机房	Ⅲ类		
32	移动式数字摄影 X 射线机	DX-D100	新院住院部：病房	Ⅲ类		
33	移动式数字摄影 X 射线机	DX-D100	新院门诊部：病房	Ⅲ类		
34	高频直流牙科 X 射线机	FT-H1	新院门诊部：五楼口腔科牙片机房	Ⅲ类		
35	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	NewTom GiANO	新院门诊部：五楼口腔科口腔 CT 机房	Ⅲ类		
36	移动式 C 型臂 X 射线机	Cios Select	新院医技楼：手术室	Ⅲ类		
37	移动式 C 型臂 X 射线机	DG3310C1	新院医技楼：手术室	Ⅲ类		

38	移动 C 型臂 X 射线机	Cios fusion	新院医技楼：内镜中心	Ⅲ类		
39	移动 CT 机	NL 3000	新院医技楼：手术室	Ⅲ类	备案号： 201836010001 00000281	/
40	车载 CT	ScintCare CT 128	新院医技楼：1 楼场地	Ⅲ类	备案号： 202136010001 00000066	
41	64 排 CT	Ingenuity Core 128	院本部 2 号楼：CT 室	Ⅲ类	备案号： 202136010200 000035	
42	CT 模拟定位机	Discovery RT	院本部肿瘤科放疗中心一楼 CT 模拟定位机房	Ⅲ类	备案号： 202336010001 00000079	
43	数字 X 线机	新东方 1000NB	院本部体检中心：2 楼 DR 机房	Ⅲ类	备案号： 202336010200 000035	
44	CT 机	Optima CT660	院本部住院部：南楼 1 楼 CT 机房	Ⅲ类		
45	X 射线骨密度仪	Lunar iDXA	院本部一部：一楼骨密度室	Ⅲ类		
46	医用电子直线加速器	True Beam	新院住院部：地下一层 直线加速器机房 1	Ⅱ类	赣环辐射 [2022]33 号	2023.11 自主验收
47	CT 机	Spectral CT	新院医技楼：一楼放射 科 CT2 机房	Ⅲ类	备案号： 202336010001 00000076	/
48	CT 机	Revolution Apex	院本部一部 1 楼 CT 机 房	Ⅲ类	备案号： 202236010200 000134	
49	移动 C 形臂 X 线机	cios select	院本部住院部：南 3 楼 手术室	Ⅲ类	备案号： 202436010200 000010	
50	移动 C 形臂 X 线机	Cios Spin	院本部住院部：南 4 楼 手术室	Ⅲ类	备案号： 202436010200 000008	
51	口内 X 射线机	FOCUS	院本部一部楼二楼口 腔科	Ⅲ类		
52	口腔颌面曲面体层 X 射线机	ORTHOPHOS XGS Ceph	院本部一部楼二楼口 腔科	Ⅲ类		

53	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	KaVo OP 3D Vision	院本部一部楼二楼口腔科	Ⅲ类		
54	摄影 X 射线机	新东方 1000FB	院本部住院部	Ⅲ类		
55	移动 X 光机	IVY-1800M	院本部住院部	Ⅲ类		
56	X 射线血液辐照仪	RS3400	2 号楼	Ⅲ类	备案号： 202436010001 00000033	/
57	医用血管造影 X 射线机	ARTIS icono biplane	新院医技楼：四楼介入室 DSA 检查室 8	Ⅱ类	赣环辐字 [2018]63 号	2024.08 自主验收

表 1-5 医院现有密封源一览表

序号	核素名称	场所	出厂活度 (Bq)	活动种类和范围	用途	环评情况	验收情况
1	⁶⁸ Ge	院本部 PET-CT 室	5.5×10 ⁷ ×1 枚	使用 V 类放射源	刻度/校准源	环审 [2007]316 号	/
2	¹⁹² Ir	新院住院部	3.7×10 ¹¹ Bq× 1 枚	使用 Ⅲ类放射源	后装治疗机	赣环辐射 [2022]33 号	2024.01 自主验收

注：①上表中“/”为未进行竣工环保验收，根据生态环境部“关于环评登记表项目是否要进行环保验收的回复”可知，按照现行法律规章，对编制环境影响登记表的建设项目没有作出竣工环保验收要求。②新院为红谷分院。

3.2 医院辐射安全管理现状

医院根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，在辐射防护设施运行、维护、检测、辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面完成了以下工作：

（1）辐射安全与环境保护管理机构

医院成立了放（辐）射防护管理工作领导小组（见附件 4），并以文件形式明确了放（辐）射防护管理工作领导小组主要职责，满足环保相关管理要求。

（2）辐射安全管理规章制度

根据国家法律法规的要求，医院制定了与已开展核技术利用项目（核医学、放射治疗、放射诊断、介入治疗）相符的辐射安全管理规章制度，主要包括《放射工作人员职业健康管理规定》《辐射安全与防护管理制度》《辐射监测计划》《辐射工作人员岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《射线装置台账管理制度》《设备检修维护制度》《辐射工作人员培

训制度》《介入室放射安全管理制度》《DSA 操作规程》《介入质量保证方案》等规章制度（见附件 5），且张贴在相关操作室墙上，工作人员严格按规章制度要求执行。医院制定的辐射安全管理规章制度满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求，满足环保相关管理要求。

医院制定了《江西省人民医院放（辐）射事故应急预案（2021 年修订版）》（附件 5），成立了放（辐）射事故防治工作领导小组。医院配备了相应的应急物资并每年按照《江西省人民医院放（辐）射事故应急预案（2021 年修订版）》相关要求进行辐射事故应急演练，通过应急演练熟悉应急处理步骤并不断完善《江西省人民医院放（辐）射事故应急预案（2021 年修订版）》，医院自运行以来，未发生辐射事故。

（3）现有辐射工作人员情况

①个人剂量监测与职业健康体检

医院为所有辐射工作人员建立了职业健康体检档案，所有辐射工作人员均已进行了职业健康体检，体检结果为可继续原放射工作或可从事放射工作，符合《放射工作人员职业健康管理规定》的有关规定，体检结果见附件 10。医院现有辐射工作人员均已配备了个人剂量计，定期送有资质部门进行个人剂量监测，建立了个人剂量档案。根据医院提供的辐射工作人员个人剂量检测报告（附件 3）可知，医院现有辐射工作人员 2023 年 10 月-2024 年 9 月期间，医院辐射工作人员个人累积剂量最大为 1.10mSv/a，低于年剂量约束值 5mSv/a，满足相关标准要求。

②辐射安全和防护知识培训

根据医院提供资料，医院专职辐射安全管理人员和辐射工作人员均已按相关法律法规要求参加省辐射站组织的培训考试或参加医院内部自主培训并考核，所有辐射工作人员均考核合格且成绩单均在有效期内，满足环保相关管理要求。医院现有辐射工作人员辐射安全与防护培训情况统计表见附件 10。

（4）辐射监测和年度评估

医院已配备 RADEYE B20 型 α 、 β 表面污染测量仪、JB4000 型 X- γ 辐射剂量率仪和 REN500A 型智能化 X- γ 辐射仪各 1 台，定期对放射性同位素与射线装置工作场所的辐射安全与防护措施进行检查，并定期对放射性同位素与射线装置工作场所周围辐射环境进行自行监测。

医院定期委托有资质单位对本单位的辐射工作场所进行监测，根据 2024 年度监测结果可知医院现有放射性同位素与射线装置应用场所均满足相关标准要求。2024 年对本单位辐射

工作场所的安全和防护状况进行了年度评估，并于 2025 年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年的评估报告（见附件 6），满足环保相关管理要求。医院目前不存在须整改的环保问题。

（5）运行情况

根据医院提供资料，医院已开展核技术利用项目至今，未发生过辐射安全事故。

（6）辐射防护情况

根据江西省人民医院提供的年度评估资料和现场踏勘情况，得出以下结论：

1) 屏蔽防护：现有核技术利用涉及工作场所、机房屏蔽防护措施均满足相关标准要求；射线装置机房设置了铅玻璃观察窗，能清楚观察到机房内情况；操作间和机房间设置对讲装置，方便医务人员和受检者沟通；机房周围辐射环境水平符合相关标准规定的要求。

2) 警示标志：防护门上方有工作状态指示灯，防护门上粘贴有电离辐射警示标志。

3) 机房机械通风装置：有。

4) 根据相关标准要求，为现有辐射工作人员配备相应的铅衣、铅橡胶帽、铅围脖、铅围裙、铅方巾等防护用品，已配备 RADEYE B20 型 α 、 β 表面污染测量仪、JB4000 型 X- γ 辐射剂量率仪和 REN500A 型智能化 X- γ 辐射仪各 1 台，定期对医院辐射工作场所进行监测。

（7）执法检查情况

江西省生态环境厅于 2022 年 11 月 17 日对医院进行了行政执法检查和监督检查辐射安全工作（详见附件 12），专家组认真审阅相关资料，现场察看，详细了解了辐射工作人员管理、射线装置管理、放射性同位素工作场所设施管理等情况，对医院辐射安全工作给予了肯定，同时也提出了存在的主要问题：①完善相关规章制度；②部分工作人员未持证上岗；③规范“一企一档”；④直加工作场所治疗室内固定剂量报警仪损坏。

医院根据监督单位的整改要求，积极整改落实，医院整改措施如下：①对辐射安全管理制度资料重新进行梳理，对有缺失的资料，医院一并补充完善，并按照档案标准化要求进行归类存档；②针对辐射工作人员持证上岗的问题，医院督促落实辐射工作人员的培训合格证考核工作；③针对直线加速器工作场所固定报警仪损坏的问题，已按要求厂家维修工程师在 2022 年 11 月 29 日维修好。

4.本项目与原有项目的依托关系

本项目为射线装置应用项目，本项目 DSA 和滑轨 CT 机辐射工作人员均依托医院现有辐射工作人员，调配后的辐射工作人员仅从事本项目安排的辐射工作，不再从事原有放射工作；各项管理制度依托原有管理制度体系；针对本项目医院拟购置 1 台便携式 X- γ 辐射剂量率监测仪，不依托原有辐射防护用品；针对本项目医院拟新增铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护

眼镜、铅橡胶帽、铅橡胶性腺防护围裙、介入防护手套等防护用品，不依托原有辐射防护用品。

5.产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于鼓励类“十三、医药中的 4、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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

6.实践正当性

医院本项目内容为使用射线装置开展放射诊断、介入治疗项目，该项目的开展能够为患者提供好的医疗服务，本项目对工作人员和公众的辐射影响满足国家相关标准要求。本项目对患者和社会所带来的利益（主要是患者的健康有利）大于可能引起的辐射危害。因此，本项目核技术利用实践活动是正当的。

7.评价目的

（1）对医院此次环评的射线装置工作场所周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，以掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状。

（2）通过环境影响评价，预测建设项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目的工程设计和环境管理提供科学依据。

（3）对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

（4）提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为辐射环境管理提供科学依据。

8.评价因子及评价重点

本项目的污染因子为射线装置在应用过程中产生的电离辐射。本次评价采用 X- γ 辐射剂量率和有效剂量作为评价因子，重点评价射线装置使用过程中产生的电离辐射对环境敏感点人群的影响。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学 等用途的各种类型加速器

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

（二）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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) X 射线机, 包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II 类	1	待定	125	1000	介入治疗	红谷分院医疗中心大楼四楼介入手术室 1 号	双球管
2	DSA	II 类	1	待定	125	1000	介入治疗	红谷分院医疗中心大楼四楼介入手术室 2 号	双球管
3	DSA	II 类	1	待定	125	1000	介入治疗	红谷分院医疗中心大楼四楼介入手术室 3 号	双球管
4	DSA	II 类	1	待定	125	1000	介入治疗	红谷分院医疗中心大楼四楼复合手术室 1 号	单球管
5	滑轨 CT 机	III 类	1	待定	150	1000	放射诊断	红谷分院医疗中心大楼四楼复合手术室 1 号、复合手术室 2 号	/

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、氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	少量	不暂存	通过排风系统排入大气, 臭氧在常温常压下稳定性较差, 可自行分解为氧气
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

2.含有放射性的废弃物要注明, 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	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号 自 2015 年 1 月 1 日起施行） (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第七十七号 2018 年修订） (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号） (4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 第 682 号） (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号，2019 年修订） (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护部第 3 号令，2021 年修正版） (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令 第 18 号） (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令 第 16 号） (9) 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） (10) 关于进一步优化辐射安全考核的公告，生态环境部 公告 2021 年 第 9 号，2021 年 3 月 15 日起实施 (11)《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》，国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日 (12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令 第 9 号，2019 年 11 月 1 日 (13) 《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令 第 55 号） (14) 《卫生部核事故和辐射事故卫生应急预案》（卫应急发〔2009〕101 号） (15) 《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） (16) 《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 (17)《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（国家环保总局，环发[2006]145 号）
------	--

技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002） (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016） (3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） (5) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016） (6) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020） (7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019） (8) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020） (9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）
其他	(1) 项目环境影响评价委托书 (2) 《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年） (3) 其他技术资料

表 7 保护目标与评价标准

1.评价范围

本项目为使用射线装置工作场所，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016），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。考虑到该项目的实际情况，本项目评价范围为医疗中心大楼四楼介入手术室 1 号、2 号、3 号及复合手术室 1 号、2 号机房实体屏蔽物外 50m 范围。

2.保护目标

由医院总平面布置及现场调查可得，本项目主要环境保护目标为本项目辐射工作人员、各工作场所周围偶尔路过或停留的其他非辐射工作人员以及评价范围的公众。本项目的环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

环境保护对象			相对方位	距离	规模
医疗中心大楼四楼介入手术室 1 号	职业工作人员	操作台	南侧	紧邻	1 人
		介入手术室 1 号	机房内	/	3 人
	公众成员	洁净走廊	南侧	紧邻	10 人
		换车间	西侧	紧邻	2 人
		污物走廊	北侧	紧邻	2 人
		设备层	楼上	紧邻	流动人员
		普通清洗间、抗肿瘤药物调配区、抗生素药物调配区、患者走廊、营养药物调配间	楼下	紧邻	10 人
		医疗中心大楼	项目所在大楼	紧邻	100 人
		机房四周 50m 范围内的流动人员	四周	0-50m	流动人员
医疗中心大楼四楼介入手术室 2 号	职业工作人员	操作台	南侧	紧邻	1 人
		介入手术室 2 号	机房内	/	3 人
	公众成员	洁净走廊	南侧	紧邻	10 人
		污物走廊	北侧	紧邻	2 人
		设备层	楼上	紧邻	流动人员

		抗生素药物调配区、患者走廊、营养药物调配间、一更、二更	楼下	紧邻	10 人
		医疗中心大楼	项目所在大楼	紧邻	100 人
		机房四周 50m 范围内的流动人员	四周	0-50m	流动人员
医疗中心 大楼四楼 介入手术 室 3 号	职业工作 人员	操作台	南侧	紧邻	1 人
		介入手术室 3 号	机房内	/	3 人
	公众成员	设备间	东侧	紧邻	流动人员
		洁净走廊	南侧	紧邻	10 人
		污物走廊	北侧	紧邻	2 人
		设备层	楼上	紧邻	流动人员
		二更、洁洗间、一更、审方打印区、耗材库、患者走廊、口服摆药、大输液库	楼下	紧邻	10 人
		医疗中心大楼	项目所在大楼	紧邻	100 人
		机房四周 50m 范围内的流动人员	四周	0-50m	流动人员
复合手术 室 1 号 (DSA 复 合手术室)	职业工作 人员	操作台	北侧	紧邻	1 人
		复合手术室 1 号	机房内	/	3 人
	公众成员	走廊	东侧	紧邻	2 人
		洁净走廊	北侧	紧邻	10 人
		设备层	楼上	紧邻	流动人员
		阴凉库、冷库、缓冲间及住院药库	楼下	紧邻	10 人
		医疗中心大楼	项目所在大楼	紧邻	100 人
		机房四周 50m 范围内的流动人员	四周	0-50m	流动人员
复合手术 室 2 号 (普 通外科手 术室)	职业工作 人员	操作台	北侧	紧邻	2 人
	公众成员	设备间、缓冲间	西侧	紧邻	2 人
		洁净走廊	北侧	紧邻	10 人
		设备层	楼上	紧邻	/

		住院药库	楼下	紧邻	10 人
		医疗中心大楼	项目所在大楼	紧邻	100 人
		机房四周 50m 范围内的流动 人员	四周	0-50m	流动人员

3.评价标准

（一）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

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

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

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；

（二）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 7-2 的规定。

表 7-2 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	机房内最小有效使用面积 ^d m ²	机房内最小单边长度 ^e m
双管头或多管头 X 射线设备 ^a （含 C 形臂）	30	4.5
单管头 X 射线设备 ^b （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

a 双管头或多管头 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。

b 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。

d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。

e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影机和急救车配备设备）机房的屏蔽防护应不低于表 7-3 的规定：

表 7-3 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 mmPb
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
CT 机房（不含头颅移动 CT）	2.5	

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 7-3 的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求。

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-4 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 0.25mmPb ；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb ；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb 。

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 7-4 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
CT 体层扫描(隔室)	—	—	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	—
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

注 1: “—”表示不做要求。

注 2: 各类个人防护用品和辅助防护设施, 指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品, 特别是非铅介入防护手套。

a 工作人员、受检者的个人防护用品和辅助防护设施任选其一即可。

b 床旁摄影时的移动铅防护屏风主要用于保护周围病床不易移动的受检者。

4.本次核技术利用项目相关限值要求汇总

根据上述相关标准中取其中相对较严格的控制水平或限值作为本项目限值。本项目核医学科相关限值要求汇总详见表 7-5。

表 7-5 本项目介入手术室 1 号、2 号、3 号及复合手术室 1 号、2 号机房限值要求汇总

工作场所	人员年受照剂量	机房要求	辐射剂量率控制水平	废气
介入手术室 1 号、2 号、3 号及复合手术室 1 号、2 号	剂量限值: 辐射工作人员连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯性平均) $\leq 20\text{mSv}$; 公众人员 $\leq 1\text{mSv/a}$ 。 剂量约束值: 辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$; 公众人员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ 。	介入手术室 1 号、2 号、3 号及复合手术室 1 号、2 号机房面积 $\geq 30\text{m}^2$, 机房单边长度 $\geq 4.5\text{m}$ 。 机房有用线束方向和非有用线束方向铅当量 $\geq 2.5\text{mmPb}$ 。	DSA 透视、类 CT 状态下, 机房的屏蔽墙、防护门、观察窗外 30cm 处的辐射剂量率控制水平为不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$; 摄影状态下, 机房的屏蔽墙、防护门、观察窗外 30cm 处的辐射剂量率控制水平为不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。 滑轨 CT 扫描状态下, 复合手术室 1 号、2 号屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率控制水平为 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	机房内设置动力通风装置, 保持良好通风。
标准依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)		

表 8 环境质量和辐射现状

1.核技术利用项目地理位置和场所位置

江西省人民医院红谷分院位于南昌市红谷滩区丰和北大道 266 号，医院东面为丰和北大道及凤凰新天小区，南面为濠江路，西面为凤凰北大道及市政用地（规划），北面为珠江路。本项目拟建的介入手术室 1 号、2 号、3 号和复合手术室 1 号（DSA 复合手术室）、2 号（普通外科手术室）均位于红谷分院医疗中心大楼四楼。

2.核技术利用项目机房及其周围辐射环境背景水平监测

为掌握项目所在地的辐射环境现状，江西省地质局实验测试大队于 2024 年 10 月 24 日对项目周围环境进行辐射环境现场监测，监测报告见附件 7。

本项目环境现状监测因子为环境 γ 辐射剂量率。根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中的相关要求，对辐射工作场所中已存在的辐射水平进行环境 γ 辐射剂量率本底监测，故在拟建的各介入手术室和复合手术室中央、四周、楼上、楼下及评价范围内环境保护目标处布设监测点位，监测点位布设满足《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的相关要求，监测点位具有代表性、布设较为合理。监测布点图见图 8-1 至图 8-3。

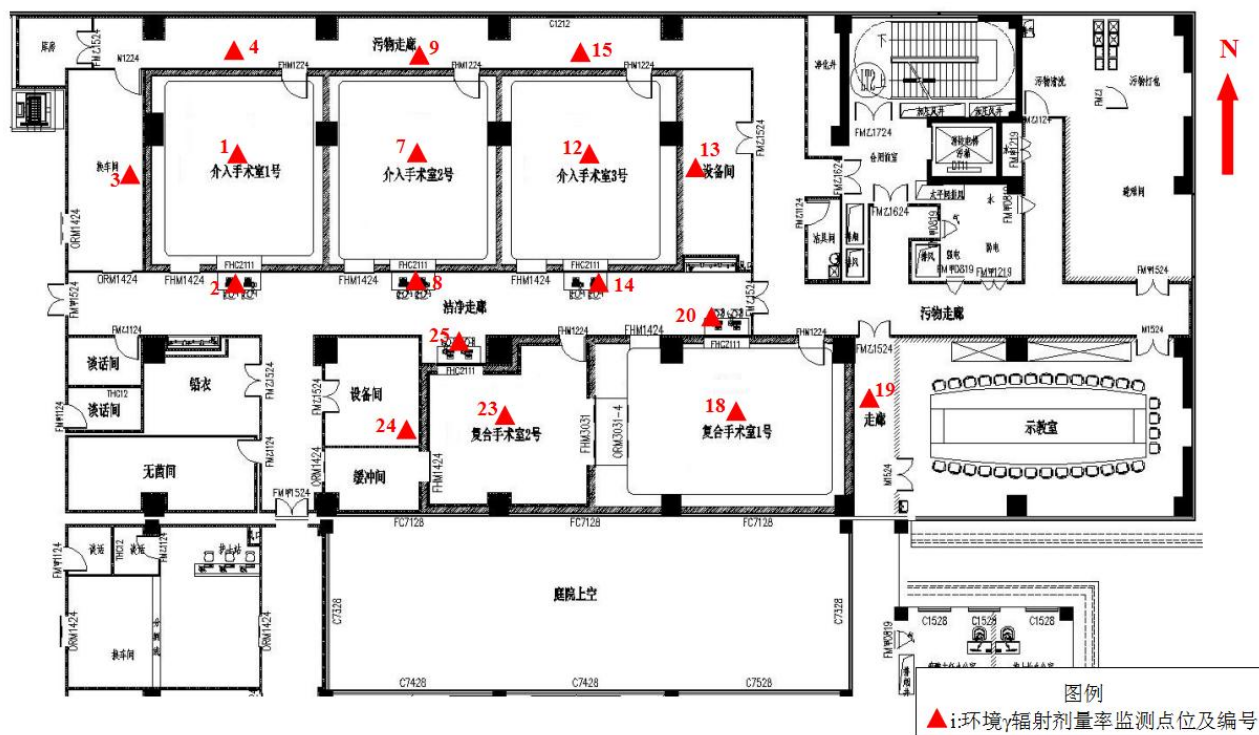


图 8-1 介入手术室和复合手术室所在大楼四楼辐射环境监测布点示意图

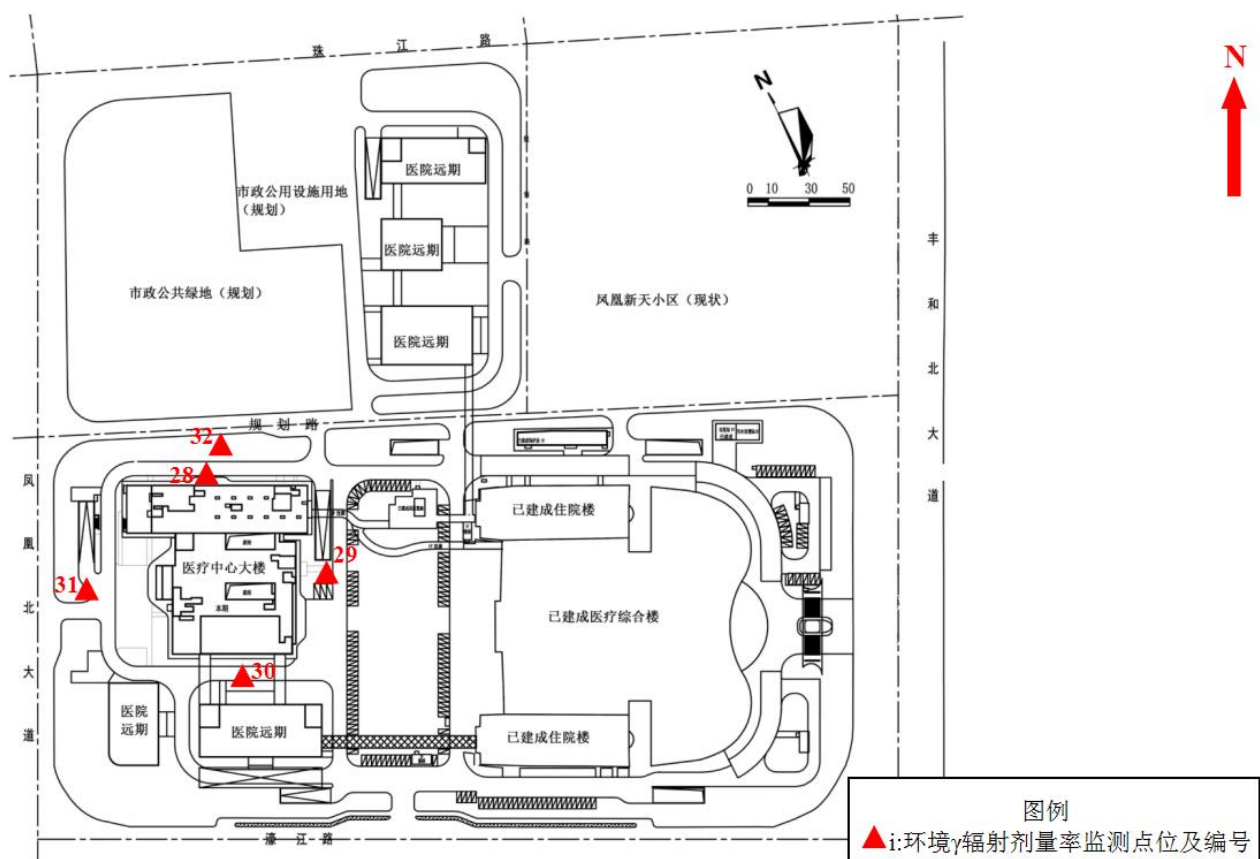


图 8-4 介入手术室和复合手术室周边辐射环境监测布点示意图

3.监测仪器与规范

电离辐射监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 监测仪器与监测规范表

仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号及编号	FH40G 探头: FHZ 672E-10, F117
生产厂家	THERMO SCIENTIFIC
测量范围	1nSv/h~100 μ Sv/h
能量范围	40keV~4.4MeV
监测规范	《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)
监测单位	江西省地质局实验测试大队
监测时间	2024 年 10 月 24 日
校准证书编号	2024H21-10-5242823001
校准证书有效期范围	2024 年 05 月 14 日至 2025 年 05 月 13 日
校准单位	上海市计量测试技术研究院/华东国家计量测试中心

4.质量保证措施

- a 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- b 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- c 监测仪器每年定期经计量部门校准，校准合格后方可使用。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- e 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- f 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人审定。

5.外环境辐射环境质量现状监测结果

本次项目工作场所周边辐射环境现状监测结果见表 8-2，监测报告见附件 7。

表 8-2 本项目辐射工作场所周围环境 γ 辐射剂量率监测结果

序号	监测位置	环境 γ 辐射剂量率 (nGy/h)		备注
		测量结果	标准偏差	
1	介入手术室 1 号机房	拟建机房中央	93.9	室内，楼房
2		南侧（拟建操作间）	91.5	室内，楼房
3		西侧（拟建换车间）	90.8	室内，楼房
4		北侧（拟建污物走廊）	93.6	室内，楼房
5		楼上（拟建设备层）	111	室内，楼房
6		楼下（拟建静配中心）	82.1	室内，楼房
7	介入手术室 2 号机房	拟建机房中央	92.6	室内，楼房
8		南侧（拟建操作间）	90.8	室内，楼房
9		北侧（拟建污物走廊）	91.6	室内，楼房
10		楼上（拟建设备层）	111	室内，楼房
11		楼下（拟建静配中心）	82.0	室内，楼房
12	介入手术室 3 号机房	拟建机房中央	93.6	室内，楼房
13		东侧（拟建设备间）	93.2	室内，楼房
14		南侧（拟建操作间）	92.5	室内，楼房
15		北侧（拟建污物走廊）	91.6	室内，楼房
16		楼上（拟建设备层）	111	室内，楼房
17		楼下（拟建静配中心）	82.2	室内，楼房
18	复合手术室 1 号	拟建机房中央	96.4	室内，楼房
19		东侧（拟建走廊）	96.7	室内，楼房
20		北侧（拟建操作间）	96.7	室内，楼房
21		楼上（拟建设备层）	106	室内，楼房

22		楼下（拟建阴凉库、冷库、缓冲间及住院药库）	82.5	0.2	室内，楼房
23	复合手术室 2 号	拟建机房中央	95.5	0.9	室内，楼房
24		西侧（拟建设备间、缓冲间）	95.8	1.0	室内，楼房
25		北侧（拟建操作间）	95.4	1.1	室内，楼房
26		楼上（拟建设备层）	105	1	室内，楼房
27		楼下（拟建住院药库）	81.9	0.3	室内，楼房
28	医疗中心大楼门口		100	1	室内，楼房
29	医疗中心大楼东侧（医院内部道路）		95.6	0.9	室外
30	医疗中心大楼南侧（医院内部道路及远期规划）		97.1	1.0	室外
31	医疗中心大楼西侧（医院内部道路）		90.2	1.1	室外
32	医疗中心大楼北侧（医院内部道路）		92.9	0.9	室外
33	医院北侧市政公共用地（远期）		91.7	0.8	室外
34	医院北侧规划路		92.2	0.9	室外

注：（1）以上数据均已扣除宇宙射线的贡献，环境 γ 辐射剂量率依据 HJ 61-2021 中公式（9）进行宇宙射线响应的扣除：

$$\dot{D} = C_f(E_f \dot{X} - \mu_c \dot{X}_c')$$

式中：

$\dot{D}$ —环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果；

C_f —仪器量程检定/校准因子，由法定计量部门检定或校准时给出，本项目取 1.13；

E_f —仪器检验源效率因子。如仪器无检验源，则该值取 1；

$\dot{X}$ —现场监测时仪器 n 次读数的平均值， $n \geq 10$ ；

μ_c —建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1；

$\dot{X}_c'$ —测点处仪器对宇宙射线的响应值。仪器宇宙射线测量地为庐山西海中心水面上（东经 115.493697°，北纬 29.247881°，海拔 70m），本项目所在地为东经 115.872963°，北纬 28.706016°，海拔 16m，依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）修正后宇宙射线响应值为 12.8nGy/h，修正前宇宙射线响应值 12.8nGy/h，具体见监测报告见附件 11。

（2）现场监测时，仪器探头朝下，距地 1m。

（3）检测仪器在 ^{137}Cs 辐射场中进行检定，在该射线平均能量下光子的周围剂量当量 $H^*(10)$ 与空气比释动能率的（Ka）的转换系数为 $H^*(10)/\text{Ka}=1.20\text{Sv/Gy}$ 。

由表 8-2 监测数据可知，项目工作场所评价范围内环境 γ 辐射剂量率室内现状监测值在

81.9~111nGy/h 之间，均在江西省南昌地区室内辐射环境本底范围内；项目工作场所评价范围内环境 γ 辐射剂量率室外现状监测值在 90.2~97.1nGy/h 之间，略高于项目所在的南昌地区室外原野、道路辐射环境本底范围内，但在江西省室外原野、道路辐射环境本底范围内。由《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）可知，江西省南昌地区原野、道路辐射环境本底范围为 27.9nGy/h~86.4nGy/h，室内辐射环境本底范围为 58.1nGy/h~134.3nGy/h，江西省原野、道路辐射环境本底范围为 12.6nGy/h~369.4nGy/h，该值均已扣除仪器对宇宙射线响应值。

因此，可知拟建场址及周围辐射环境质量现状较好，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

1.工程设备和工艺分析

1.1 DSA

1.1.1 设备组成

DSA 是数字减影血管造影仪（Digital subtraction angiography）的简称，其由产生 X 射线的 X 线管、供给 X 线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 线的“量”和质及曝光时间的控制装置、探测器，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置等外围设备组成。

1.1.2 工作原理

本项目数字减影血管造影仪（DSA）为采用 X 射线进行摄影或透视检查的技术设备。DSA 设备中产生 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。

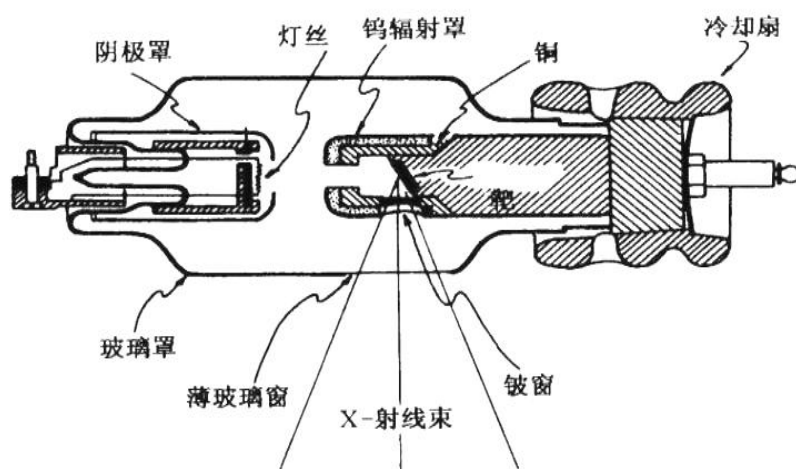


图 9-1 典型 X 射线管结构图

数字减影血管造影仪（DSA）成像的基本原理是将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影 X 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机扫描，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存储起来，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/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

本项目医疗中心大楼四楼介入手术室 1 号、2 号、3 号拟使用双球管 DSA，复合手术室 1 号拟使用床下单球管 DSA 和滑轨 CT 机，复合手术室 2 号拟使用滑轨 CT 机。

单球管 DSA 配备有一个落地 C 臂或悬吊 C 臂，落地 C 臂或悬吊 C 臂上设置有一套球管和平板探测器，射线出束方向向上，通过平板探测器接收相关信号形成图像。根据实际工作的需要，工作人员控制球管随时出束。一般情况下，单球管 DSA 正位出束。根据实际手术需要，工作人员可通过旋转 C 臂进行侧位出束。每台手术单球管 DSA 正位和侧位总透视时间为 20min。

双球管 DSA 配有一个落地 C 臂和 1 个悬吊 C 臂，落地 C 臂和悬吊 C 臂上分别设置有一套球管和平板探测器，其中落地 C 臂上的称为正位球管，悬吊 C 臂上的称为侧位球管。根据实际工作的需要，工作人员可以控制单球管出束或者是两个球管同时出束。一般情况下，双球管 DSA 落地 C 臂进行正位出束，悬挂 C 臂不出束。根据实际手术需要，工作人员可以控制双球管同时出束，两个球管同时出束时，射线照射方向夹角一般为 90° ，不会向同一个方向照射，落地 C 臂进行正位出束，悬吊 C 臂进行侧位出束。每台手术双球管 DSA 正位和侧位总透视时间为 10min（双球管 DSA 采用正位、侧位一起出束，故双球管 DSA 透视时间比单球管 DSA 透视时间缩短一半）。双球管同时出束能让血管形态更加清晰，使神经血管的诊断检查更加有效。透视和摄影工作模式下双球管可同时出束。

随着硬件系统的不断完善，影像链处理技术的飞跃，DSA 设备已经从影像增强系统（image intensifier）发展到了数字平板探测器；硬件的进步同样促进了整体机架机械运动性能的提升。术中三维血管造影、三维路图、旋转采集血管机“类 CT”或称“CT（Cone-Beam CT）”锥束等三维成像成为可能，各种基于“类 CT”的高级功能也纷纷开始萌芽，如出现了导管室内的术中定量分析、功能学成像等高端应用，可帮助医生判断即刻疗效、影响决策；术中实时导航可增加医生对解剖的空间认知；同时，血管造影剂、高压注射器等配套设备的提升也使 DSA 技术有了明显进步。

类 CT 功能能进行三维旋转采集及重建，并且利用厂家工作站根据病变特点选择不同的重建方式，进行多种密度组织重建，提供类 CT 高分辨图像，有利于判断病变解剖部位及结构，从而帮助临床诊断。通过旋转采集原始影像数据传送到影像后处理工作站，经校正后进行断层重建，同时重建出横断面、矢状面、冠状面的断层图像。

1.1.3 工作流程

本项目 DSA 在进行曝光时有三种情况：

第一种情况：透视。进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时介入医师穿戴好防护用品位于铅帘后在手术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：摄影。操作人员采取隔室操作的方式（即操作人员在操作间的操作台对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台显示器观察机房内病人情况。

第三种情况：类 CT。利用 DSA 系统中旋转血管造影采集的图像进行血管造影计算机断层成像；类 CT 旋转采集 500 帧原始数据，因此其获取的图像质量优于三维重建影像。帮助医生更好地了解血管病变的位置、形态和范围，指导临床手术和治疗。

工作流程：

本项目 DSA 存在隔室操作与同室操作，治疗流程如下：

（1）登记：患者须行介入诊疗时，由接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间；

（2）正当性判断：判断病人是否必须要接受介入诊疗，对确认需要接受介入诊疗的病人，由主管医生向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果等，征得病人或其家属的同意并签署知情同意书、委托书等书面文件；

（3）患者推进手术室。

（4）手术人员穿戴好防护用品后经工作人员通道门进入手术室，操作间的技师在操作台就位，准备手术。

（5）摆位准备：手术人员对其进行摆位准备，摆位前认真查对受检者信息、照射条件及摆位要求；

（6）术中实施照射：

根据不同的治疗方案，医师及护士密切配合，完成介入手术或检查，分为以下两种情况：

第一种情况，隔室操作（摄影、类 CT 扫描模式）：医师、护士和技师均采取隔室操作的方式，即介入医师、护士均退至 DSA 控制室后，技师在控制室隔室操作 DSA 设备，对患者进行摄影或类 CT 扫描曝光，医师、护士通过铅玻璃观察窗观察机房内患者情况，并通过对讲系统与患者交流。

第二种情况同室操作（透视模式）：医师进行手术治疗时，为更清楚地了解患者情况

时会连续曝光，采取连续脉冲透视，此时操作医师身着个人防护用品位于手术床侧的铅帘后对患者进行近台手术操作；护士承担同室传递医疗器械及辅助医师手术并同时记录手术情况工作，护士同室操作时，身着个人防护用品位于手术床侧的铅帘/铅屏远台辅助；技师全程在 DSA 控制室中隔室操作设备。

（7）照射结束：手术医生或助手压迫血，并向病人详细交代注意事项，由护士协助包扎止血，非危重和复杂病人介入诊疗结束后可由医生护送病人回病房。手术医师应及时书写手术记录，技师应及时处理图象、刻录光盘或照片，护士整理房间并安排下一个病人上检查床。DSA 介入治疗工作流程及产污环节示意图见图 9-2。

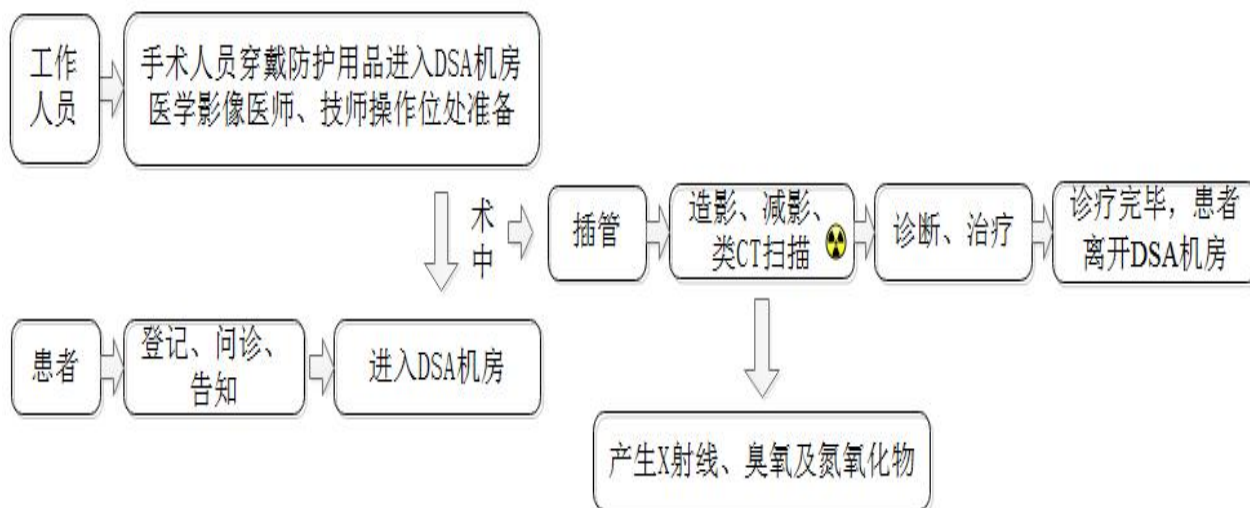


图 9-2 DSA 介入治疗工作流程及产污环节示意图

1.1.4 工作负荷

根据医院提供的相关资料，本项目 DSA 辐射工作人员均依托医院现有辐射工作人员，本项目 DSA 拟调配 16 名辐射工作人员（介入医师 8 人，护士 4 人，技师 4 人，分为四组），具体见表 9-1。调配后的辐射工作人员仅从事本项目安排的辐射工作，不再从事原有放射工作。

医院预估项目建成后，每台 DSA 年手术量约为 500 台，每台双球管 DSA 手术摄影时间平均 1min，类 CT 时间 30s，透视时间 10min；每台单球管 DSA 手术摄影时间平均 1min，类 CT 时间 30s，透视时间 20min。每台 DSA 辐射工作人员年工作时间按 500 台计，故介入手术室 1 号、2 号和 3 号的辐射工作人员年摄影时间为 8.33h，年类 CT 时间为 4.17h，年透视时间为 83.33h，年总出束时间为 95.83h；复合手术室 1 号的辐射工作人员年摄影时间为 8.33h，年类 CT 时间为 4.17h，年透视时间为 166.7h，年滑轨 CT 成像时间为 4.17h，年总出束时间为 183.37h。

本项目拟新增使用的射线装置辐射工作人员工作负荷统计情况见表 9-1。

表 9-1 本项目拟新增使用的射线装置工作负荷统计一览表

人员类型	工作状态	每台手术最长曝光时间	年最大手术量（台）	年最大曝光时间（h）	
介入手术室 1 号（介入医生 2 人、护士 1 人和技师 1 人）	摄影	1min	500	8.33	95.83
	类 CT	30s		4.17	
	透视	10min		83.33	
介入手术室 2 号（介入医生 2 人、护士 1 人和技师 1 人）	摄影	1min	500	8.33	95.83
	类 CT	30s		4.17	
	透视	10min		83.33	
介入手术室 3 号（介入医生 2 人、护士 1 人和技师 1 人）	摄影	1min	500	8.33	95.83
	类 CT	30s		4.17	
	透视	10min		83.33	
复合手术室 1 号介入辐射工作人员（介入医生 2 人、护士 1 人和技师 1 人）	摄影	1min	500	8.33	183.37
	类 CT	30s		4.17	
	透视	20min		166.7	
	滑轨 CT 成像	30s		4.17	

注：本项目拟配备 16 名辐射工作人员（介入医师 8 人，护士 4 人，技师 4 人，分为四组），介入手术室 1 号、2 号和 3 号介入医生、护士和技师分 1 组（每组介入医生 2 人、护士 1 人和技师 1 人）；复合手术室 1 号介入医生、护士和技师分 1 组（每组介入医生 2 人、护士 1 人和技师 1 人），复合手术室 1 号滑轨 CT 依托复合手术室 1 号技师；本项目辐射工作人员工作不交叉。

2.1 滑轨 CT

本项目医疗中心大楼四楼复合手术室 1 号除使用 DSA 进行介入治疗外，还使用滑轨 CT 进行患者的辅助诊断（DSA 和滑轨 CT 共用一个手术床）。DSA 和滑轨 CT 分开放置，通过滑轨精准移动设备，实现结构上和功能上的融合。DSA 位于复合手术室 1 号，滑轨 CT 位于复合手术室 2 号，使用滑轨 CT 时将通过滑轨移至复合手术室 1 号合适位置。患者接受 DSA 介入治疗过程中，如果需要滑轨 CT 进行影像检查确认，无需更换手术床，复合手术室 1 号西侧防护门开启，将滑轨 CT 通过滑轨移至复合手术室 1 号合适位置，复合手术室 1 号西侧防护门关闭后可进行 CT 扫描。扫描时与常规 CT 不同的是，滑轨 CT 机架通过

滑轨进入手术区域，这样，可以保证患者在不移动的情况下同时接受两种影像设备的检查，提高了治疗的效率及临床的安全性。

患者位于复合手术室 2 号接受治疗过程中，如果需要 CT 进行影像检查确认，无需更换手术床，将滑轨 CT 通过滑轨移至复合手术室 2 号合适位置，复合手术室 2 号东侧防护门关闭后可进行 CT 扫描。本项目滑轨 CT 不出束时置于复合手术室 2 号机房。

2.1.1 设备组成

CT 结构上包括 X 线体层扫描装置和计算机系统。主要由产生 X 线束的发生器和球管，以及接收和检测 X 线的探测器组成。此外，CT 还包括图像显示器、多幅照相机等辅助设备。

2.1.2 工作原理

CT 是产生 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。

CT 是计算机断层 X 射线摄影术(Computed Tomography)的简称，它使用了精确准直的 X 射线从各种不同的离散角度扫描所关注的平面，利用探测器记录透射光束的衰减量，并经过数学运算，电子计算机处理相应数据，从而产生一个以检查层的相对衰减系数为依据的躯体横断面的影像。

2.1.3 工作流程

在复合手术室 1 号使用滑轨 CT 时，DSA 的 C 形臂须先处于远离 DSA 检查床的停止位并触发位置信号开关，此时才可将滑轨 CT 从复合手术室 2 号移出至复合手术室 1 号手术床合适位置，医生退出手术室，关闭复合手术室 1 号西侧防护门，滑轨 CT 到达工作区域时触发位置信号开关滑轨 CT 才可进行曝光操作；在手术室内使用 CT 模式下，因软硬件互锁 DSA 系统的所有移动和曝光功能均被禁用。因此两台设备同时在手术室时只有滑轨 CT 能曝光操作，滑轨 CT 曝光期间，工作人员不在手术室内。

在复合手术室 2 号使用滑轨 CT 时，将滑轨 CT 通过滑轨移至复合手术室 2 号合适位置，医生退出手术室，关闭复合手术室 2 号东侧防护门，进行 CT 曝光操作。

CT 模式改为 DSA 模式：滑轨 CT 使用结束后，将滑轨 CT 通过滑轨移出复合手术室 1 号工作位后到达复合手术室 2 号的停止位并触发信号位置开关时，DSA 系统才可恢复正常

使用。在滑轨 CT 和 DSA 手术联合使用期间，滑轨 CT 和 DSA 不同时使用。

DSA+CT 手术室在一些复杂的手术作业中具有重大意义，由于在一些重大复杂的手术中，有时候需要通过 CT 诊断、DSA、手术分多次才能完成，而在 DSA+CT 手术室中，医生可以将三者结合起来，发挥各自优势。原本需要多次才能完成的手术，现在在一次手术中就能完成，避免患者在手术室和影像科之间多次转运，减少了多次麻醉和转运可能带来的风险，提高了手术效率和手术的安全性。

2.1.4 治疗流程

本项目 DSA 和滑轨 CT 在复合手术室 1 号不同时出束，治疗流程如下：

（1）登记：患者须行介入诊疗时，由接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间；

（2）正当性判断：判断病人是否必须要接受介入诊疗，对确认需要接受介入诊疗的病人，由主管医生向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果等，征得病人或其家属的同意并签署知情同意书、委托书等书面文件；

（3）手术开始前，DSA 位于复合手术室 1 号，滑轨 CT 位于复合手术室 2 号，患者推进复合手术室 1 号；

（4）手术人员穿戴好防护用品后经工作人员通道门进入复合手术室 1 号，操作间的技师在操作台就位，准备手术。

（5）摆位准备：手术人员对其进行摆位准备，摆位前认真查对受检者信息、照射条件及摆位要求；

（6）术中实施照射：

手术室内手术人员在透视条件下插入导管，注入造影剂进行检查或进行介入治疗，此时介入手术人员在手术室内同室操作，介入手术人员穿戴好防护用品位于铅屏风或铅帘后在手术室内对病人进行介入手术操作。手术室内手术人员进行 DSA 手术操作，需使用滑轨 CT 时，停止操作；工作人员确定患者 CT 操作的安全细节保障后，将滑轨 CT 移动至复合手术室 1 号合适位置，医护人员均退出复合手术室 1 号到机房外的操作间进行隔室操作，利用滑轨 CT 进行摄影成像；滑轨 CT 摄影结束，停止出束，滑轨 CT 移回复合手术室 2 号，医护返回复合手术室 1 号继续进行介入手术操作。

（7）照射结束：手术医生或助手压迫血，并向病人详细交代注意事项，由护士协助包扎止血，非危重和复杂病人介入诊疗结束后可由医生护送病人回病房。手术医师应及时书写手术记录，技师应及时处理图象、刻录光盘或照片，护士整理房间并安排下一个病人上

检查床。

本项目滑轨 CT 除在复合手术室 1 号开展术中 CT 扫描，还在复合手术室 2 号开展术中 CT 扫描。本项目滑轨 CT 在复合手术室 2 号治疗流程如下：

- (1) 病人经医生诊断、诊断正当性判断后，需开展术中 CT 扫描；
- (2) 手术人员对其进行正确摆位；
- (3) 确保机房内无无关人员，医生进行隔室操作，利用术中 CT 进行拍片；
- (4) 术中 CT 扫描结束后，滑轨 CT 关机。

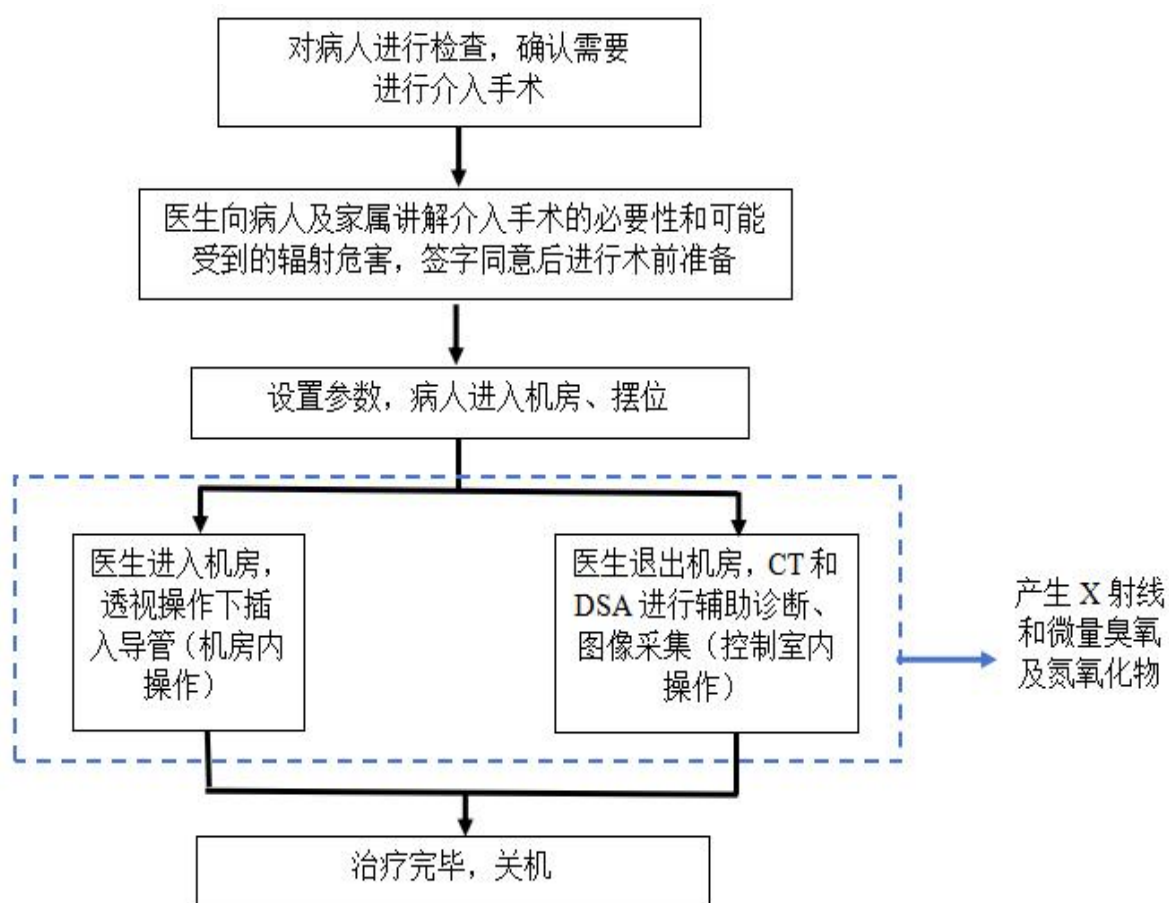


图 9-3 复合手术室 1 号（DSA 和滑轨 CT）工作流程及产污环节图

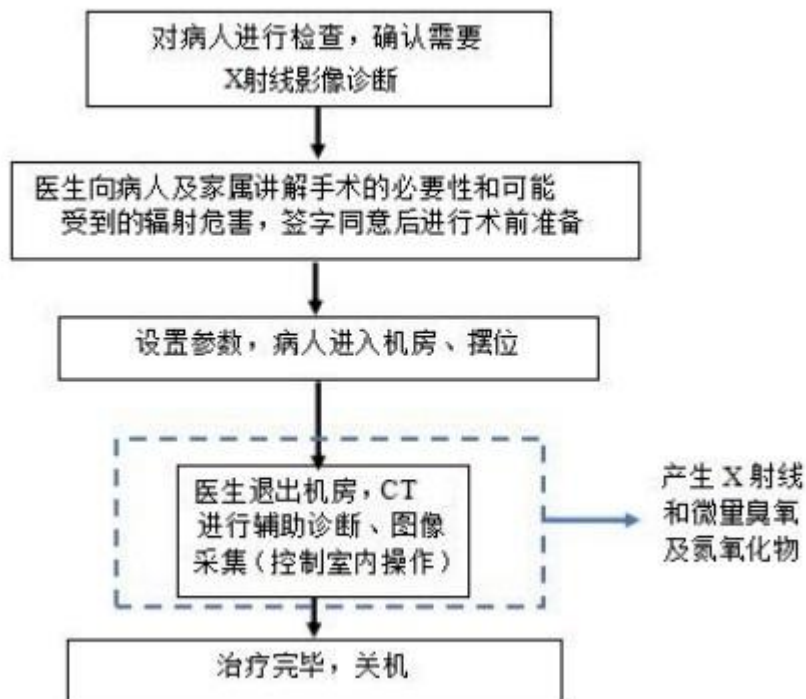


图 9-4 复合手术室 2 号（滑轨 CT）工作流程及产污环节图

2.1.5 工作负荷

根据医院提供的相关资料，本项目滑轨 CT 机辐射工作人员依托医院现有辐射工作人员，本项目滑轨 CT 机拟调配 2 名辐射工作人员，调配后的辐射工作人员仅从事本项目安排的辐射工作，不再从事原有放射工作。滑轨 CT 在复合手术室 1 号操作时依托复合手术室 1 号的操作技师，滑轨 CT 在复合手术室 2 号操作时依托复合手术室 2 号的操作技师。

医院预估项目建成后，本项目滑轨 CT 机年手术量约为 1000 台（复合手术室 1 号年手术量约为 500 台，复合手术室 2 号年手术量约为 500 台），每台手术 CT 扫描时间 30s，故滑轨 CT 在复合手术室 1 号年成像时间为 4.17h，在复合手术室 2 号年成像时间为 4.17h。

2.污染源项

2.1 源项参数

DSA 设备在手术中出束主要分透视、摄影和类 CT 三种模式。摄影模式是指 DSA 的 X 射线系统曝光时，工作人员位于控制室，即为隔室操作方式。透视模式是指在透视条件下，医护人员近台同室进行介入操作。类 CT 是指 DSA 球管通过旋转采集原始影像数据传送到影像后处理工作站，经校正后进行断层重建，同时重建出横断面、矢状面、冠状面的断层图像，为隔室操作方式。

在介入手术过程中，机头有用线束直接照向患者，根据《Structural Shielding Design For

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

根据 DSA 设备的工作原理，设备在正常工况时，本项目 DSA 设备参数是无法达到最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA 的，正常工况时，不同手术类型和不同患者身体状况都会影响管电压和管电流的参数，实际使用时管电压通常在 90kV 以下，透视管电流通常为几毫安，摄影功率较大，管电流通常为几百毫安。参考《环境影响评价》第 2020 年 11 月第 42 卷第 6 期：“环境影响评价中 DSA 介入医生受照剂量的计算方法和结果讨论”（代庆仁、连晓雯），根据目前一些医院的实际值统计，摄影模式下，普遍情况下 DSA 设备的管电压和管电流为 60~90kV/300~500mA；透视模式下管电压和管电流为 60~90kV/5~15mA。本环评拟进行保守估算采用摄影工况下的设备参数：管电压 100kV，管电流 500mA；透视工况下的设备参数：管电压 90kV，管电流 15mA。

根据医院常用工况统计数据可知，CT 扫描曝光条件管电压通常在 80~120kV，管电流通常在 70~300mA，故类 CT 和滑轨 CT 常用最大工况下的设备参数均按管电压 120kV，管电流 300mA 考虑。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），介入设备等总滤过不小于 2.5mmAl，本项目购置正规生产厂家生产的设备，滤过参数满足标准要求，本次计算总滤过保守按 2.5mmAl 取值，根据摄影和透视工况下的设备最大参数，且 DSA、滑轨 CT 设备均为使用三相电源的设备，根据《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1，可计算出本项目 DSA 摄影工况下距靶 1m 处空气中的空气比释动能率为 $0.09 \times 1.8 = 0.162 \text{mGy/mAs}$ ，距靶 1m 处的辐射剂量率为 $2.916 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ ；透视工况下，距离靶 1m 处空气比释动能率为 $0.075 \times 1.8 = 0.135 \text{mGy/mAs}$ ，距靶 1m 处的辐射剂量率为 $7.29 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$ ；类 CT 和滑轨 CT 工况下，距离靶 1m 处空气比释动能率均保守按 125kV 时估算，即 $0.14 \times 1.8 = 0.252 \text{mGy/mAs}$ ，距靶 1m 处的辐射剂量率为 $2.722 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ 。

根据《医用电气设备 第 1-3 部分：基本安全和基本性能的通用要求 并列标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB 9706.103-2020），加载状态下距设备焦点 1m 处的空气比释动能率不应超过 1mGy/h，故本项目 DSA 距靶点 1m 处泄露辐射剂量率整体取 1mGy/h。

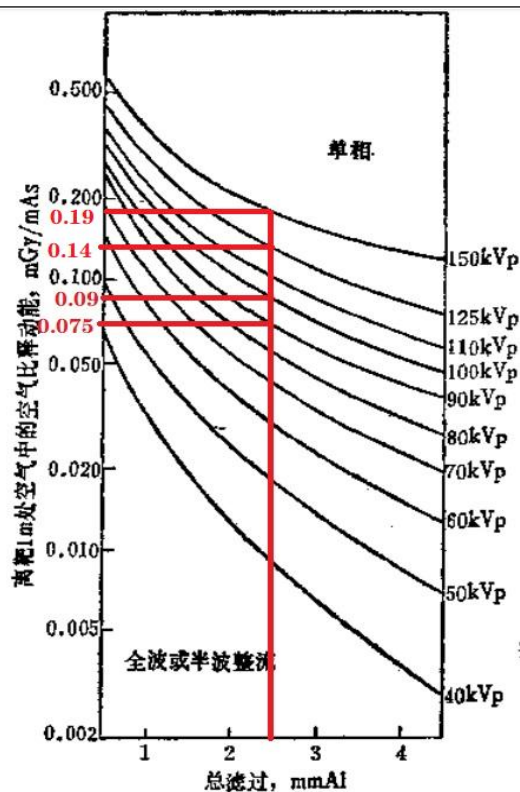


图3.1 距X线源1m处的照射量率随管电压及总滤过厚度变化的情况

注：对于使用三相电源及恒压电源的设备应将图上的数据乘以1.8倍。

图 9-5 距 X 射线源 1m 处的空气比释动能率随管电压及总过滤厚度变化情况

参照 GBZ/T 201.1-2007 的第 4.8.3 款，为了本项目介入手术室和复合手术室屏蔽剂量估算和评价的方便及统一，在辐射屏蔽及其设计范畴内，不进行诸物理量（周围剂量当量 Sv、空气比释动能 Gy、有效剂量 Sv）之间的转换系数修正。

本项目 DSA、滑轨 CT 运行工况、计算参数一览表见表 9-2。

表 9-2 DSA、滑轨 CT 运行工况、计算参数一览表

设备	运行模式	滤过条件	管电压 (kV)	管电流 (mA)	距靶 1m 处空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)	距靶 1m 处的泄漏辐射的空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)
DSA	透视	2.5mmAl	90	15	7.29×10^6	1.0×10^3
	摄影	2.5mmAl	100	500	2.916×10^8	1.0×10^3
	类 CT	2.5mmAl	120	300	2.722×10^8	1.0×10^3
滑轨 CT	CT 扫描	2.5mmAl	120	300	2.722×10^8	1.0×10^3

2.2 污染因子及污染途径

2.2.1 DSA

数字减影血管造影仪（DSA）X 射线在辐射场中可分为三种射线：由 X 射线管窗口出射的用于诊断检查的有用射线；由 X 射线管防护套泄漏出来的漏射线；以及由上述两种射

线在诊断床、受检者身体上产生的散射线。DSA 在使用过程中产生的主要辐射影响及影响途径如下：

2.2.1.1 正常工况

DSA 装置正常运行时产生的主要污染源项为 X 射线，X 射线随着射线装置的开关而产生和消失。X 射线在辐射场中可分为三种射线：由 X 射线管窗口出射的用于诊断检查的有用射线；由 X 射线管防护套泄漏出来的漏射射线；以及由上述两种射线在诊断床、受检者身体上产生的散射线。

除此之外，DSA 装置运行中可能产生非放射性有害气体氮氧化物（NO_x）和臭氧（O₃）等非辐射有害因素。在 X 射线辐射源的照射下，空气吸收辐射能量并通过电离离子的作用可产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体，机房设置排风装置，可以最大限度降低有害气体的浓度。

在采取隔室操作的情况下，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，DSA 机房外的工作人员及公众基本上不会受到 X 射线的照射。介入人员在机房内进行出束操作时，受到 X 射线的外照射影响。

2.1.2 事故工况

- ①DSA 发生 X 射线无法停束故障，机房内工作人员受到持续照射。
- ②工作人员在防护门关闭前尚未撤离机房，DSA 运行出束可能产生误照射。
- ③安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的 DSA 机房内而受到误照射。

本次评价项目中使用的 DSA 为在显示屏上观察诊断结果，并采用数字打印机打印诊断结果，不使用胶片摄影，不会产生废显影水、定影水，无放射性废气、废水及固体废物产生，主要污染为 DSA 运行过程中产生的 X 射线的外照射影响。

2.2 滑轨 CT

CT 为采用 X 射线进行放射诊断的设备，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。其主要放射性污染因子为 X 射线对公众及放射性工作人员的外照射，运行期均没有废气、废水和固体废弃物产生。

2.2.1 正常工况

在采取隔室操作的情况下，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，X 射线机房外的工作人员及公众基本上不会受到 X 射线的照射。

空气在强辐射照射下，会发生辐照分解现象，其主要产物为臭氧（O₃）及氮氧化物。本项目设备 X 射线能量较低，与空气相互作用会产生微量的臭氧（O₃）及氮氧化物，经机

房排气装置及自然通风排出机房外。

2.2.2 事故工况

(1) 滑轨 CT 运行时，无关人员误入机房，引起误照射，其外照射剂量一般较小。

(2) 定时装置失灵，X 射线机在工作人员误认为停止出束时持续出束，人员误入机房，可能引起超剂量的误照射。

表 10 辐射安全与防护

1.项目安全设施

1.1 工作场所布局及分区

本项目拟建的介入手术室 1 号、2 号、3 号和复合手术室 1 号（DSA 复合手术室）、2 号（普通外科手术室）均位于红谷分院医疗中心大楼四楼。

本项目介入手术室 1 号东面为介入手术室 2 号，南面为洁净走廊（操作间），西面为换车间，北面为污物走廊，楼上为设备层，楼下为普通清洗间、抗肿瘤药物调配区、抗生素药物调配区、患者走廊、营养药物调配间。

介入手术室 2 号东面为介入手术室 3 号，南面为洁净走廊（操作间），西面为介入手术室 1 号，北面为污物走廊，楼上为设备层，楼下为抗生素药物调配区、患者走廊、营养药物调配间、一更、二更。

介入手术室 3 号东面为设备间，南面为洁净走廊（操作间），西面为介入手术室 2 号，北面为污物走廊，楼上为设备层，楼下为二更、洁洗间、一更、审方打印区、耗材库、患者走廊、口服摆药、大输液库。

复合手术室 1 号东面为外走廊，南面临空，西面为复合手术室 2 号，北面为洁净走廊（操作间），楼上为设备层，楼下为阴凉库、冷库、缓冲间及住院药库。

复合手术室 2 号东面为复合手术室 1 号，南面临空，西面为设备间和缓冲间，北面为洁净走廊（操作间），楼上为设备层，楼下为住院药库。

本项目机房的选址充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全，项目四周公众人员较少停留，机房大小、屏蔽物质厚度等符合相关标准要求。机房与操作间分开单独设置，布局符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，布局合理可行。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定，将辐射场所分为控制区和监督区，以便辐射安全管理和职业照射控制。

（1）控制区：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。

（2）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。

为加强本项目辐射工作场所的管理，限制无关人员受到不必要的照射。本项目将介入

手术室和复合手术室内划为控制区，在机房防护门上张贴电离辐射警告标志，避免人员误闯入或误照射；将污物走廊、洁净走廊（操作间）、走廊、换车间、设备间、缓冲间设为监督区，在防护门外 30cm 设置地面警戒线。

本项目红谷分院医疗中心大楼四楼介入手术室和复合手术室分区见图 10-1。



图 10-1 红谷分院医疗中心大楼四楼介入手术室和复合手术室分区图

1.2 辐射安全与防护措施

由《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的附录 C 的式 C.1、C.2 可算得不同屏蔽物质的铅当量，相关计算公式如下：

对给定的铅厚度，依据 NCRP147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在铅中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值按式（C.1）计算辐射透射因子 B：

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) \times e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

X——铅厚度；

α ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

β ——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。

b) 依据 NCRP147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值和 a) 中的 B 值，使用下式计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X。

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left[\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right] \dots\dots\dots (C.2)$$

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

由《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 的表 C.2 可知，砖的拟合参数取值分别为：管电压 125kV（主束）， α =0.02870， β =0.06700， γ =1.346；混凝土的拟合参数取值分别为：管电压 125kV（主束）， α =0.03502， β =0.07113， γ =0.6974；铅的拟合参数取值分别为：管电压 125kV（主束）， α =2.219， β =7.923， γ =0.5386。代入参数算得：24cm 实心砖相当于 2.28mm 铅当量，12cm 混凝土相当于 1.44mm 铅当量，15cm 混凝土相当于 1.87mm 铅当量，30cm 素混凝土相当于 3.88mm 铅当量（30cm 素混凝土相当于 28.09cm 混凝土，28.09cm 相当于 3.88mm 铅当量）。

由《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 的表 C.2 可知，混凝土的拟合参数取值分别为：管电压 150kV（主束）， α =0.03243， β =0.08599， γ =1.467；铅的拟合参数取值分别为：管电压 150kV（主束）， α =1.757， β =5.177， γ =0.3156。代入参数算得：24cm 实心砖相当于 1.74mm 铅当量，12cm 混凝土相当于 1.15mm 铅当量，15cm 混凝土相当于 1.50mm 铅当量，30cm 素混凝土相当于 3.43mm 铅当量。

本项目介入手术室和复合手术室采取的防护措施情况见表 10-1。

表 10-1 介入手术室和复合手术室防护措施情况一览表

机房	项目	辐射防护情况
介入手术室 1 号	四周墙体	东墙 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料（约 4.28mmPb），南墙、西墙、北墙 240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.28mmPb）
	顶板	120mm 混凝土楼板+4mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.44mmPb）
	底板	150mm 混凝土楼板+300mm 素混凝土（约 5.75mmPb）
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃
	防护门	医生、患者进出防护门、污物通道防护门均为 4.0mmPb 铅防护门
	机房有效面积	55.96m ² （8.11m×6.90m）
介入手术室 2 号	四周墙体	东墙、西墙 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料（约 4.28mmPb），南墙、北墙 240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.28mmPb）
	顶板	120mm 混凝土楼板+4mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.44mmPb）
	底板	150mm 混凝土楼板+300mm 素混凝土（约 5.75mmPb）

	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃
	防护门	医生、患者进出防护门、污物通道防护门均为 4.0mmPb 铅防护门
	机房有效面积	56.99m ² (8.26m×6.90m)
介入手术 室 3 号	四周墙体	东墙、南墙、北墙 240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料(约 5.28mmPb), 西墙 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料 (约 4.28mmPb)
	顶板	120mm 混凝土楼板+4mmPb 硫酸钡防护涂料 (约 5.44mmPb)
	底板	150mm 混凝土楼板+300mm 素混凝土 (约 5.75mmPb)
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃
	防护门	医生、患者进出防护门、污物通道防护门均为 4.0mmPb 铅防护门
	机房有效面积	56.99m ² (8.26m×6.90m)
复合手术 室 1 号 (使用 DSA 时)	四周墙体	四周墙体 240mm 实心砖+4mmPb 硫酸钡防护涂料 (约 6.28mmPb)
	顶板	120mm 混凝土楼板+4mmPb 硫酸钡防护涂料 (约 5.44mmPb)
	底板	150mm 混凝土楼板+300mm 素混凝土 (约 5.75mmPb)
	观察窗	4mmPb 铅玻璃
	防护门	医生、患者进出防护门、污物通道防护门均为 4mmPb 铅防护门, 西侧防 护门 5mmPb 铅防护门
	机房有效面积	57.48m ² (9.50m×6.05m)
复合手术 室 1 号 (使用 CT 时)	四周墙体	四周墙体 240mm 实心砖+4mmPb 硫酸钡防护涂料 (约 5.74mmPb)
	顶板	120mm 混凝土楼板+4mmPb 硫酸钡防护涂料 (约 5.15mmPb)
	底板	150mm 混凝土楼板+300mm 素混凝土 (约 4.93mmPb)
	观察窗	4mmPb 铅玻璃
	防护门	医生、患者进出防护门、污物通道防护门均为 4mmPb 铅防护门, 西侧防 护门 5mmPb 铅防护门
	机房有效面积	57.48m ² (9.50m×6.05m)
复合手术 室 2 号	四周墙体	四周墙体 240mm 实心砖+4mmPb 硫酸钡防护涂料 (约 5.74mmPb)
	顶板	120mm 混凝土楼板+4mmPb 硫酸钡防护涂料 (约 5.15mmPb)
	底板	150mm 混凝土楼板+300mm 素混凝土 (约 4.93mmPb)
	观察窗	5mmPb 铅玻璃
	防护门	医生、患者进出防护门、污物通道防护门、东侧防护门均为 5mmPb 铅防 护门
	机房有效面积	39.97m ² (7.28m×5.49m)

注：①混凝土密度 2.35g/cm^3 ，素混凝土密度 2.20g/cm^3 ，实心砖密度 1.65g/cm^3 ，铅密度 11.34g/cm^3 。②上表中屏蔽物质的铅当量均根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中附录 C 计算而来。

为保障 DSA 和滑轨 CT 的安全运行，避免在开机期间人员误留或误入机房内而发生误照射事故，以及对工作人员和病人的辐射防护，本项目介入手术室和复合手术室设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

（1）介入手术室和复合手术室防护门门外设置电离辐射警告标志；患者出入防护门上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；在候诊区等设置放射防护注意事项告知栏。机房设置门灯联动装置，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。机房平开机房门设置自动闭门装置，推拉式机房门设有曝光时关闭机房门的管理措施，并设置防夹装置；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

（2）介入手术室和复合手术室内及操作间内各设置 1 个急停开关按钮，在出现紧急情况下，按下急停按钮，可以切断设备电源，X 射线停止出束。

（3）介入手术室和复合手术室内设置对讲装置，方便工作人员与病人交流。

（4）介入手术室和复合手术室设置观察窗，在操作间内可以观察到手术室内的情况，当发生意外情况（有人误入或滞留）时，操作间内操作人员可以及时发现并采取应急措施。

（5）介入手术室和复合手术室手术时，曝光条件电压、电流、照射野面积以及脉冲透视频率均与医生的受照剂量相关。医院引入的 DSA、滑轨 CT 及配套设备符合国家的相关标准，设备使用时应调节到满足低剂量的有效范围内，在提高图像质量的同时也可减小不必要的照射。在满足医疗诊断的条件下，应确保在达到预期诊断目标时，患者和受检者所受到的照射剂量最低。

（6）操作中减少透视时间和减少拍片的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入手术工作人员在操作时应尽量远离检查床。同时，加强辐射工作人员的培训，参与介入手术的工作人员应该技术熟练，以减少介入手术工作人员的剂量。

（7）医院为所有辐射工作人员配备个人剂量计并定期送检，同时建立个人剂量档案；定期安排人员参加职业健康体检，并建立个人职业健康监护档案。

（8）介入手术室和复合手术室在对病人病灶进行照射时，对病人病灶以外的部位用铅橡胶布或其他防护用品进行遮盖，避免病人受到不必要的辐射照射。

（9）医院拟购置 1 台便携式 X- γ 辐射剂量率监测仪用于本项目 DSA 的日常自行监测。每年委托有资质单位对射线装置应用场所进行辐射监测，对射线装置安全防护状况进行年度评估，一旦发现安全隐患，应当立即进行整改。

(10) 制定辐射事故应急预案等辐射安全管理相关的各项规章制度，发生辐射事故时，立即启动应急预案，采取应急措施，并立即向当地生态环境、公安和卫生健康主管部门报告。

(11) 电缆沟

本项目介入手术室和复合手术室拟设置电缆沟，拟采用直通地下穿墙式，电缆穿墙处位于各操作间侧墙体角落，电缆沟上方拟敷设盖板，电缆沟穿墙处盖板上方拟采用含 4mmPb 的不锈钢钢板进行防护补偿，防止射线泄漏，屏蔽补偿示意图见图 10-2。

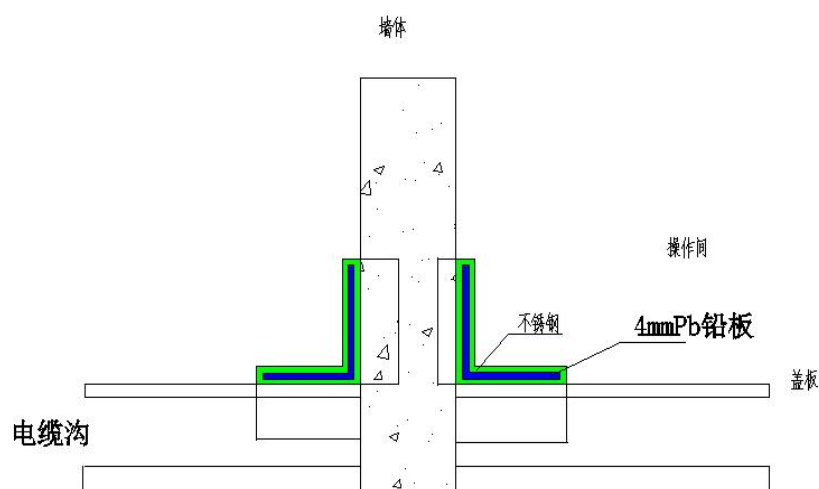


图 10-2 电缆沟穿墙处屏蔽补偿防护设计图

(12) 通风

本项目介入手术室和复合手术室拟设置动力通风装置，机房内保持良好的通风，风管穿墙处使用 4mmPb 铅板包裹进行屏蔽补偿，防止射线泄漏，屏蔽补偿示意图见图 10-3。

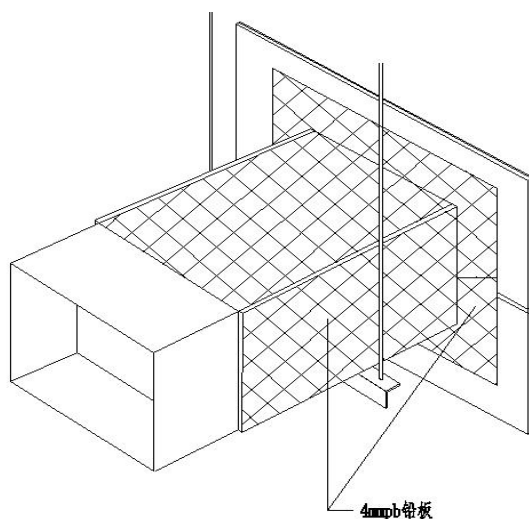
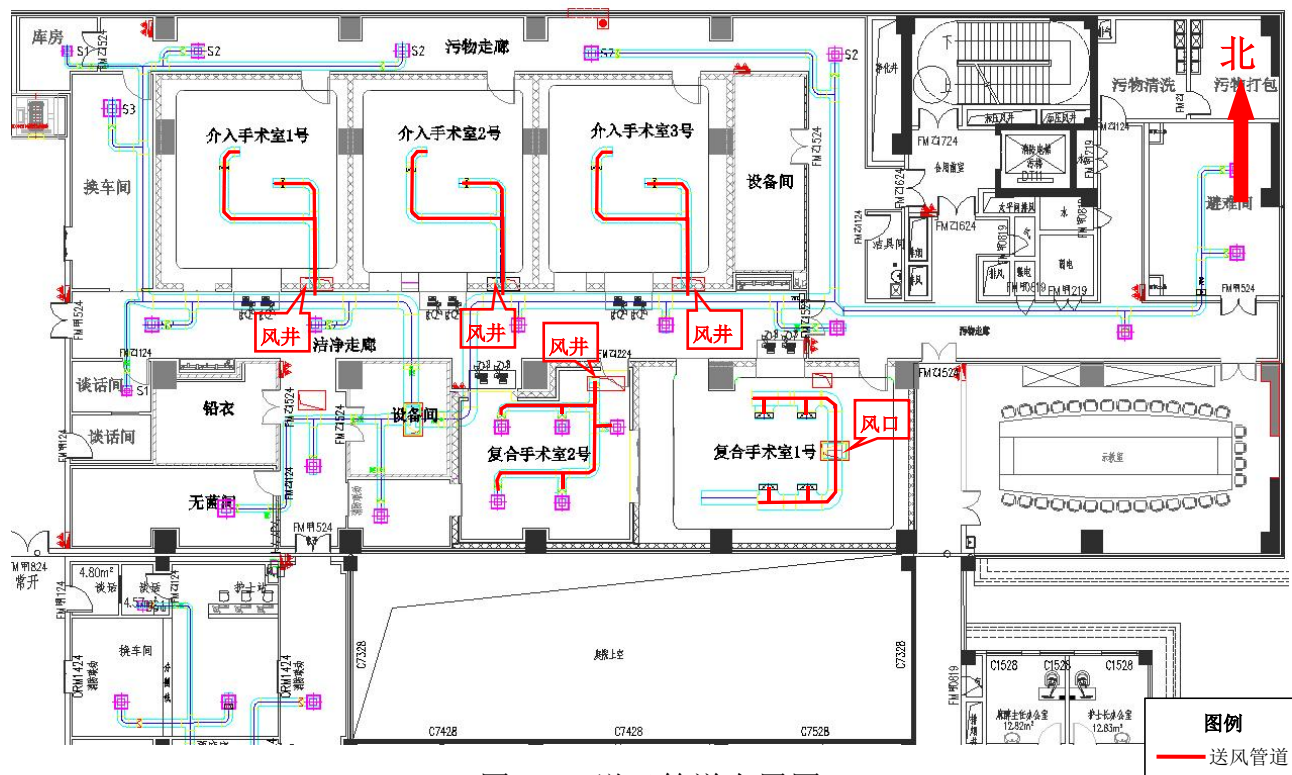
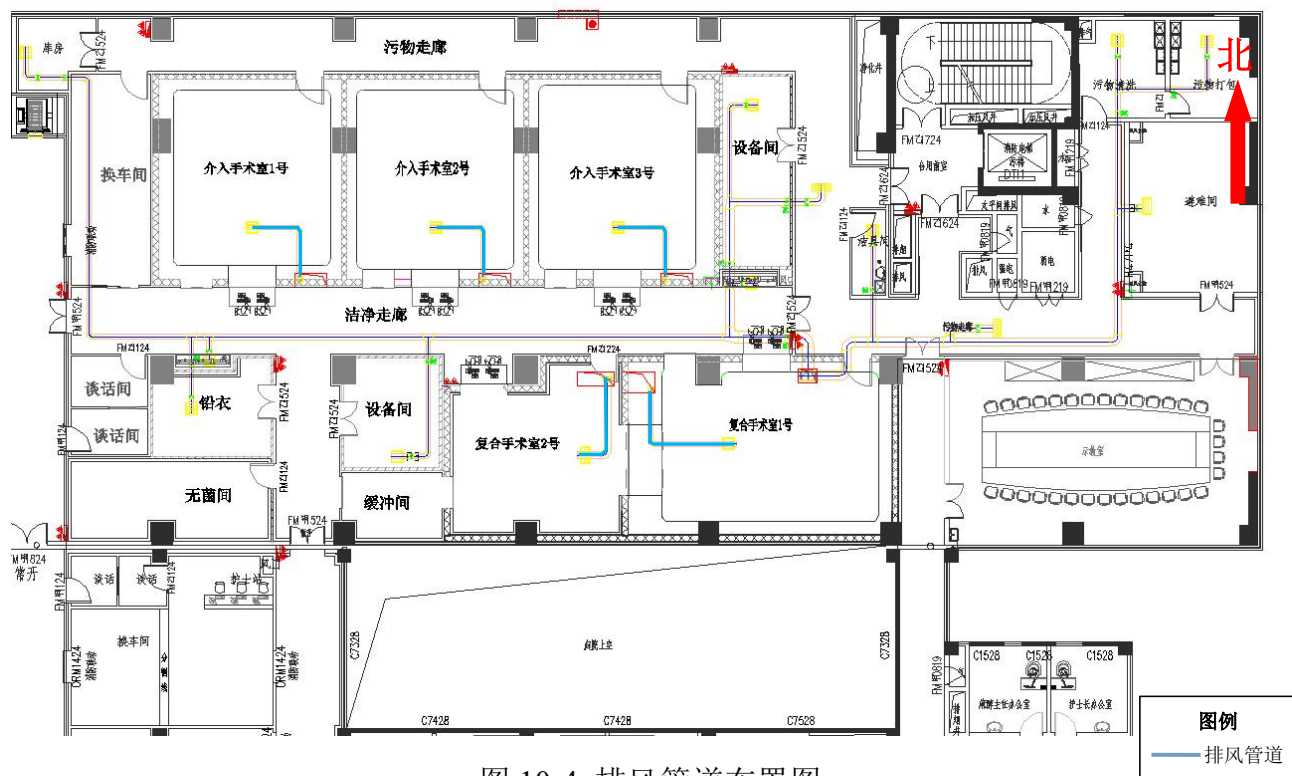


图 10-3 通风管道穿墙处屏蔽补偿防护设计图



(13) 医院为本项目辐射工作场所配备了辐射防护用品, 详见表 10-2。

表 10-2 本项目机房配备辐射防护用品一览表

机房	GBZ130-2020 要求	辐射防护用品和设施名称及拟配备情况	使用人群	评价
介入手术室 1 号、2 号和 3 号及复合手术室 1 号	铅橡胶帽子 (选配)	铅橡胶帽子 18 件, 0.5mmPb	工作人员	符合
	铅橡胶围裙	铅橡胶围裙 18 件, 0.5mmPb		
	铅橡胶颈套	铅橡胶颈套 18 件, 0.5mmPb		
	铅防护眼镜	铅防护眼镜 10 副, 0.5mmPb		
	介入防护手套	铅橡胶手套 10 件, 0.025mmPb		
	移动铅防护屏风 (选配)	移动铅防护屏风 4 件, 0.5mmPb		
	铅悬挂防护屏	铅悬挂防护屏 4 个, 0.5mmPb		
	铅防护吊帘	铅防护吊帘 4 个, 0.5mmPb		
	床侧防护帘	床侧防护帘 4 件, 0.5mmPb		
	床侧防护屏	床侧防护屏 4 件, 0.5mmPb		
	铅橡胶帽子 (选配)	铅橡胶帽子 1 件, 0.5mmPb	受检者	符合
	铅橡胶性腺防护围裙	铅橡胶性腺防护围裙 1 件, 0.5mmPb		
	铅橡胶颈套	铅橡胶颈套 1 件, 0.5mmPb		
	铅橡胶帽子 (选配)	儿童铅橡胶帽子 1 件, 0.5mmPb		
	铅橡胶性腺防护围裙	儿童铅橡胶性腺防护方巾 1 件, 0.5mmPb		
复合手术室 2 号	铅橡胶颈套	儿童铅橡胶颈套 1 件, 0.5mmPb	受检者	符合
	铅橡胶帽子 (选配)	铅橡胶帽子 1 件, 0.5mmPb		
	铅橡胶性腺防护围裙	铅橡胶性腺防护围裙 1 件, 0.5mmPb		
	铅橡胶颈套	铅橡胶颈套 1 件, 0.5mmPb		
	铅橡胶帽子 (选配)	儿童铅橡胶帽子 1 件, 0.5mmPb		
	铅橡胶性腺防护围裙	儿童铅橡胶性腺防护方巾 1 件, 0.5mmPb		

1.2.3 辐射防护措施符合性分析

本项目介入手术室和复合手术室辐射防护措施合理性采用《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 进行分析, 辐射防护措施符合性分析见下表。

表 10-3 本项目介入手术室和复合手术室辐射防护措施符合性分析表

项目	辐射防护情况	标准要求	评价
X 射线设备机房布局	本项目介入手术室 1 号、2 号、3 号的 DSA 有用线束朝四周照射; 复合手术室 1 号的 DSA 有用线束朝四周照射; 复合手术室 2 号的滑轨 CT 有用线束朝四周照射; 各射线装置机房均避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。 本项目介入手术室 1 号、2 号、3 号机房为介入专用工作场所; 复合手术室 1 号、2 号机房为复合手术室专用工作场所; 各射线装置机房均充分考虑了邻室 (含楼上) 及周围场所的人员防护与安全, 机房大小、屏蔽物	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。	符合
		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。	符合
		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。	符合

	质厚度等符合相关标准要求。 各射线装置机房与操作间等分开单独设置，布局符合要求。		
	由表 10-1 可知，本项目介入手术室 1 号最小有效使用面积为 55.96m² (8.11m×6.90m)，最小单边长度为 6.90m；介入手术室 2 号最小有效使用面积为 56.99m² (8.26m×6.90m)，最小单边长度为 6.90m；介入手术室 3 号最小有效使用面积为 56.99m² (8.26m×6.90m)，最小单边长度为 6.90m；复合手术室 1 号最小有效使用面积为 57.48m² (9.50m×6.05m)，最小单边长度为 6.05m；复合手术室 2 号最小有效使用面积为 39.97m² (7.28m×5.49m)，最小单边长度为 5.49m。	双管头或多管头 X 射线设备（含 C 形臂）：机房内最小有效使用面积不小于 30m²，最小单边长度不小于 4.5m。 单管头 X 射线机（含 C 形臂，乳腺 CBCT）：机房内最小有效使用面积不小于 20m²，最小单边长度不小于 3.5m。 CT 机（不含头颅移动 CT）：机房内最小有效使用面积不小于 30m²，最小单边长度不小于 4.5m。	符合
X 射线设备机房屏蔽	由表 10-1 可知：①本项目介入手术室 1 号东墙 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料（约 4.28mmPb），南墙、西墙、北墙 240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.28mmPb），顶板 120mm 混凝土楼板+4mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.44mmPb），底板 150mm 混凝土楼板+300mm 素混凝土（约 5.75mmPb），观察窗为 4mmPb 铅玻璃，医生、患者进出防护门、污物通道防护门均为 4mmPb 铅防护门； ②本项目介入手术室 2 号东墙、西墙 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料（约 4.28mmPb），南墙、北墙 240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.28mmPb），顶板 120mm 混凝土楼板+4mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.44mmPb），底板 150mm 混凝土楼板+300mm 素混凝土（约 5.75mmPb），观察窗为 4mmPb 铅玻璃，医生、患者进出防护门、污物通道防护门均为 4mmPb 铅防护门； ③本项目介入手术室 3 号东墙、南墙、北墙 240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.28mmPb），西墙 240mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料（约 4.28mmPb），顶板 120mm 混凝土楼板+4mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.44mmPb），底板 150mm 混凝土楼板+300mm 素混凝土（约 5.75mmPb），观察窗为 4mmPb 铅玻璃，医生、患者进出防护门、污物通道防护门均为 4mmPb 铅防护门； ④复合手术室 1 号（使用 DSA 时）四周墙	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（表 7-3）的规定。机房的门和窗关闭时应满足表 3（表 7-3）的要求。 C 形臂 X 射线设备机房：有用线束方向铅当量：2mmPb；非有用线束方向铅当量：2mmPb。 CT 机（不含头颅移动 CT）机房：有用线束方向铅当量、非有用线束方向铅当量：2.5mmPb。	符合

	体 240mm 实心砖+4mmPb 硫酸钡防护涂料（约 6.28mmPb），顶板 120mm 混凝土楼板+4mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.44mmPb），底板 150mm 混凝土楼板+300mm 素混凝土（约 5.75mmPb），观察窗为 4mmPb 铅玻璃，医生、患者进出防护门、污物通道防护门均为 4mmPb 铅防护门，西侧防护门 5mmPb 铅防护门； ⑤复合手术室 1 号（使用 CT 时）四周墙体 240mm 实心砖+4mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.74mmPb），顶板 120mm 混凝土楼板+4mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.15mmPb），底板 150mm 混凝土楼板+300mm 素混凝土（约 4.93mmPb），观察窗为 4mmPb 铅玻璃，医生、患者进出防护门、污物通道防护门均为 4mmPb 铅防护门，西侧防护门 5mmPb 铅防护门； ⑥复合手术室 2 号四周墙体 240mm 实心砖+4mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.74mmPb），顶板 120mm 混凝土楼板+4mmPb 硫酸钡防护涂料（约 5.15mmPb），底板 150mm 混凝土楼板+300mm 素混凝土（约 4.93mmPb）观察窗为 5mmPb 铅玻璃，医生、患者进出防护门、污物通道防护门、西侧防护门均为 5mmPb 铅防护门。		
X 射线 设备 工作 场所 防护	本项目各射线装置机房在操作间侧设置观察窗，观察窗位置便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	符合
	本项目各射线装置机房内不堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	符合
	本项目各射线装置机房拟设置动力通风装置，机房内保持良好的通风，风管穿墙处使用铅皮包裹进行屏蔽补偿。	机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	符合
	本项目各射线装置机房防护门外设置电离辐射警告标志；患者出入防护门上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；在候诊区等设置放射防护注意事项告知栏。	机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	符合
	本项目各射线装置机房平开机房门设置自动闭门装置，推拉式机房门设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。	平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。	符合

	本项目各射线装置机房的电动推拉门拟设置红外线防夹装置。	电动推拉门宜设置防夹装置。	符合
	本项目各射线装置机房出入口处于散射辐射相对低的位置。	机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。	符合

由上表可知，本项目介入手术室和复合手术室按《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求进行了设计，机房辐射防护措施符合相关规定要求。

2.三废的治理

本次评价的DSA和滑轨CT属于利用X射线进行介入诊疗和摄影诊断的医用设备，只有在开机的状态下才产生X射线，本项目无放射性废气、废水和放射性固体废弃物产生。

DSA和滑轨CT运行时产生的少量氮氧化物和臭氧，经机房通风系统排出室外，对人员影响较小。

表 11 环境影响分析

1.建设阶段对环境影响

医院此次环评项目建设期不涉及射线装置的使用，故建设过程本项目不会对周边产生电离辐射影响，但在安装调试的过程当中，一定要严格按照相关使用说明、相关管理制度执行。

2.运行阶段对环境的影响

(1) DSA 透视、摄影、类 CT 以及滑轨 CT 扫描工况下屏蔽体外辐射剂量率

本次采取理论估算法对各台 DSA 透视、摄影、类 CT 以及滑轨 CT 扫描工况下屏蔽体外的辐射剂量率进行分析评价。

①关注点选取

根据建设单位提供的布局设计，DSA 设备出束时球管水平活动范围即为患者所在治疗床的范围。本项目 DSA 理论计算时以 DSA 设备球管作为辐射源点。DSA 机房净高为 5.0m，DSA 设备球管距地面约 0.3m，治疗床距地 1m。透视和摄影工况，射线方向朝上，类 CT 工况，C 型臂以治疗床为轴 360° 旋转。透视和摄影工况下，DSA 设备球管距地面约 0.3m，距顶棚约 4.7m；类 CT 工况下，DSA 设备球管距地面约 0.3m，距顶棚约 3.3m（床高 1m，球管在上方离床 0.7m）；透视、摄影工况出束时球管距四周屏蔽体最近距离即为治疗床距四周屏蔽体距离。类 CT 工况出束时球管距治疗床两侧外约 0.5m。滑轨 CT 设备球管距地面约 0.3m，距顶棚约 3.3m，垂直方向距患者即治疗床距离约 0.7m，距治疗床两侧约 1.44m；本次评价关注点选取介入手术室和复合手术室四周各侧屏蔽墙体外 30cm、顶棚距地面 1m、楼下距地面 1.7m 处泄漏辐射和散射辐射做出预测分析，关注点选取情况见图 11-1 至图 11-5。

②预测模式

根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节指出，在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线，滑轨 CT 射线管与接收器对称设计，初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱，因此 DSA 和滑轨 CT 屏蔽估算时可不考虑主束照射。因此，本次评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。DSA 和滑轨 CT 不同时出束使用。

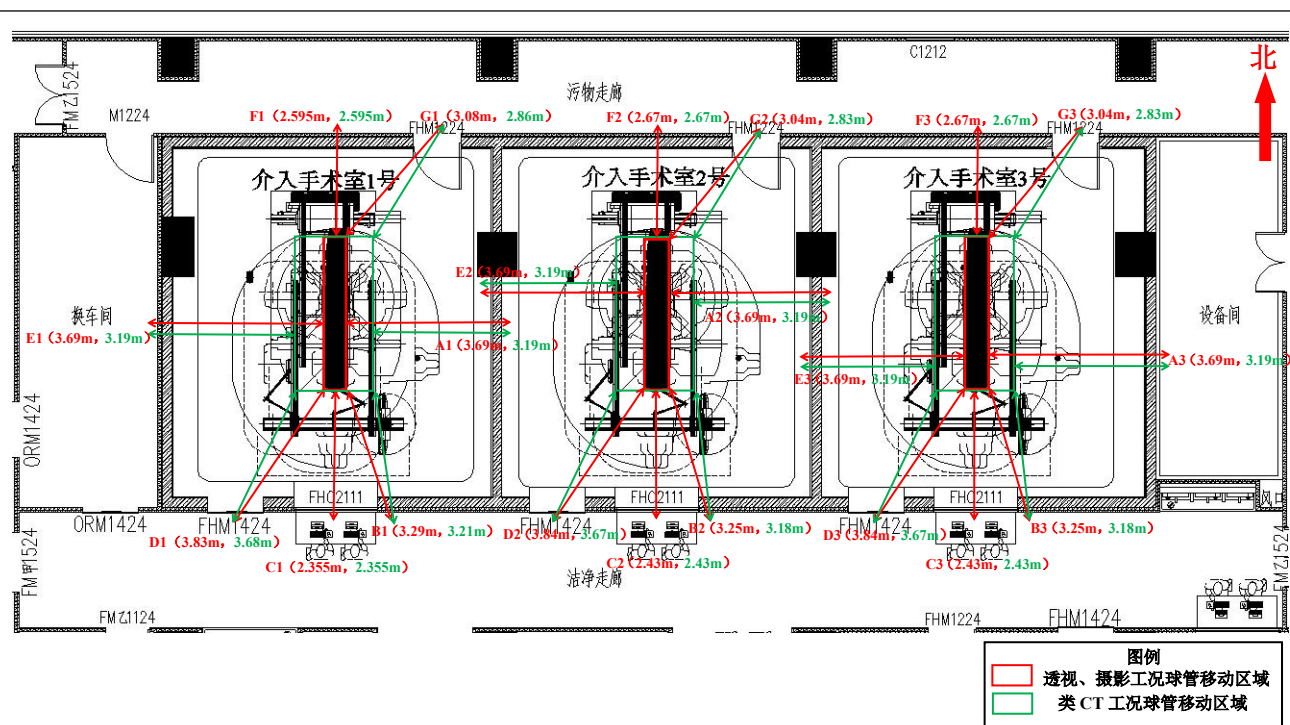


图 11-1 本项目介入手术室 1 号、2 号、3 号机房屏蔽体四周关注点选取示意图

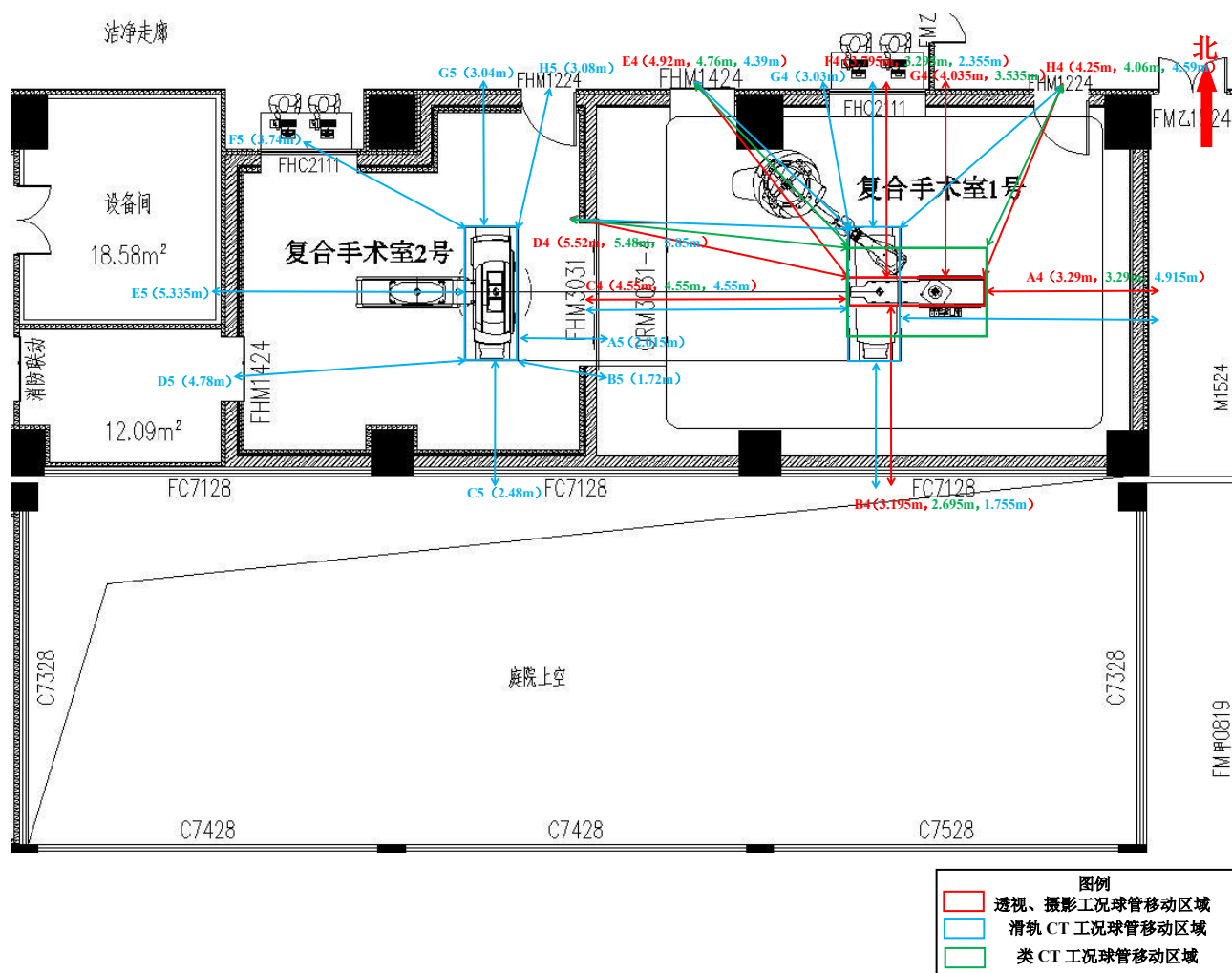


图 11-2 本项目复合手术室 1 号、2 号机房屏蔽体四周关注点选取示意图

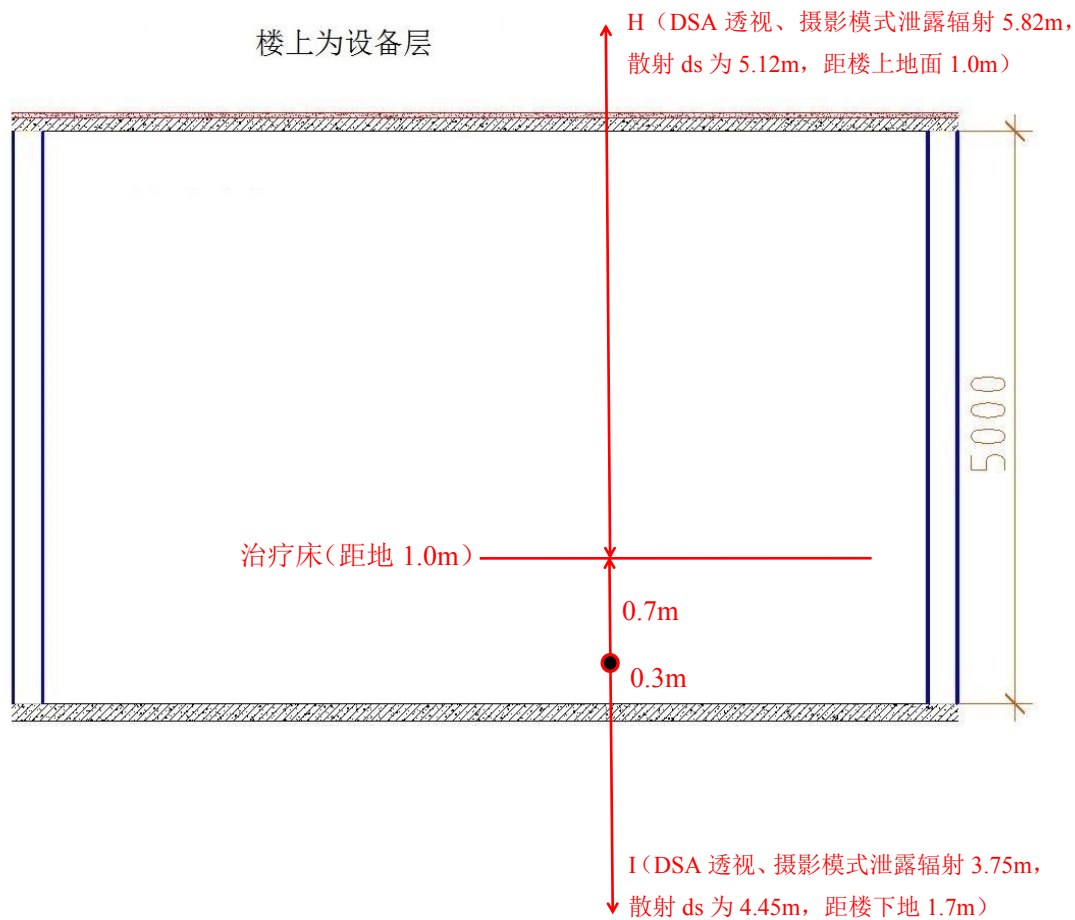


图 11-3 本项目介入手术室 1 号、2 号、3 号机房（摄影、透视工况下）楼上楼下关注点选取示意图

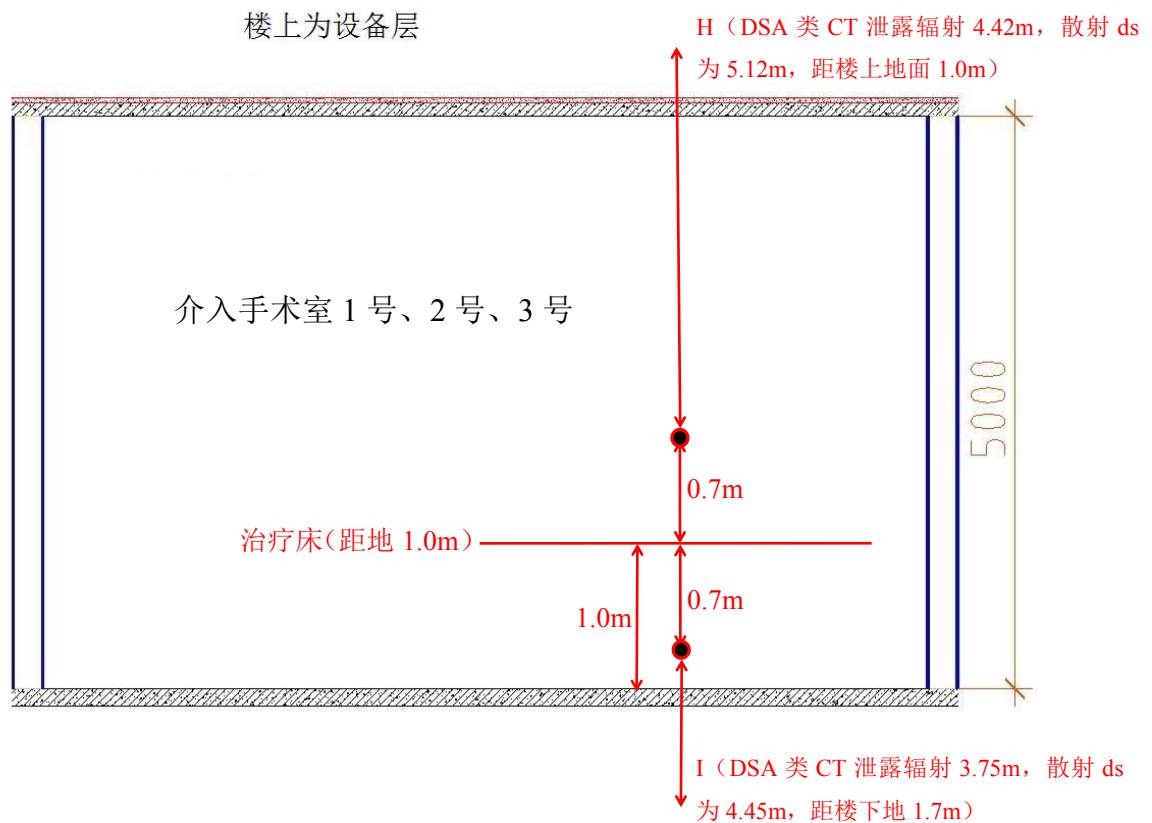
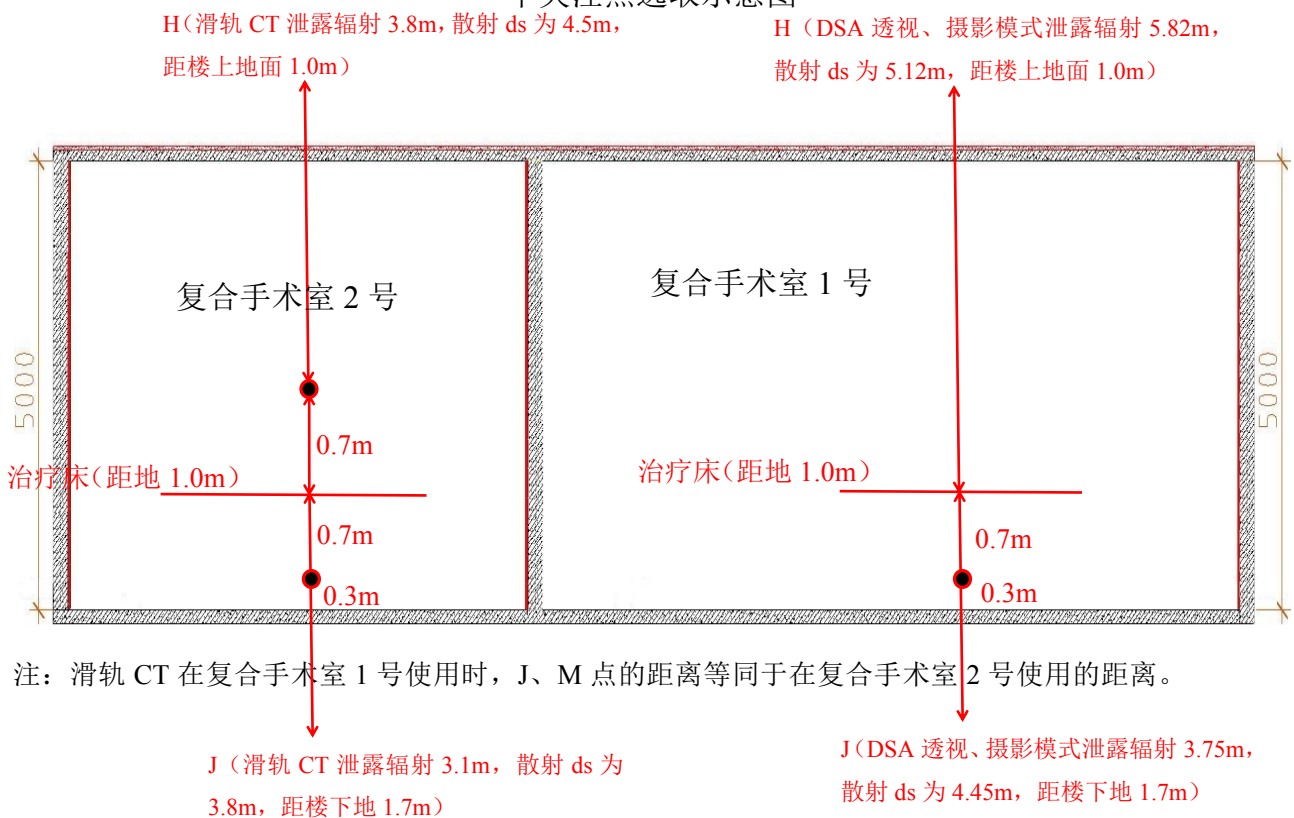


图 11-4 本项目介入手术室 1 号、2 号、3 号机房（类 CT 模式、滑轨 CT 工况下）楼上楼下关注点选取示意图



注：滑轨 CT 在复合手术室 1 号使用时，J、M 点的距离等同于在复合手术室 2 号使用的距离。

图 11-5 本项目复合手术室 1 号机房（摄影、透视工况下）、复合手术室 2 号机房（滑轨 CT 工况下）楼上楼下关注点选取示意图

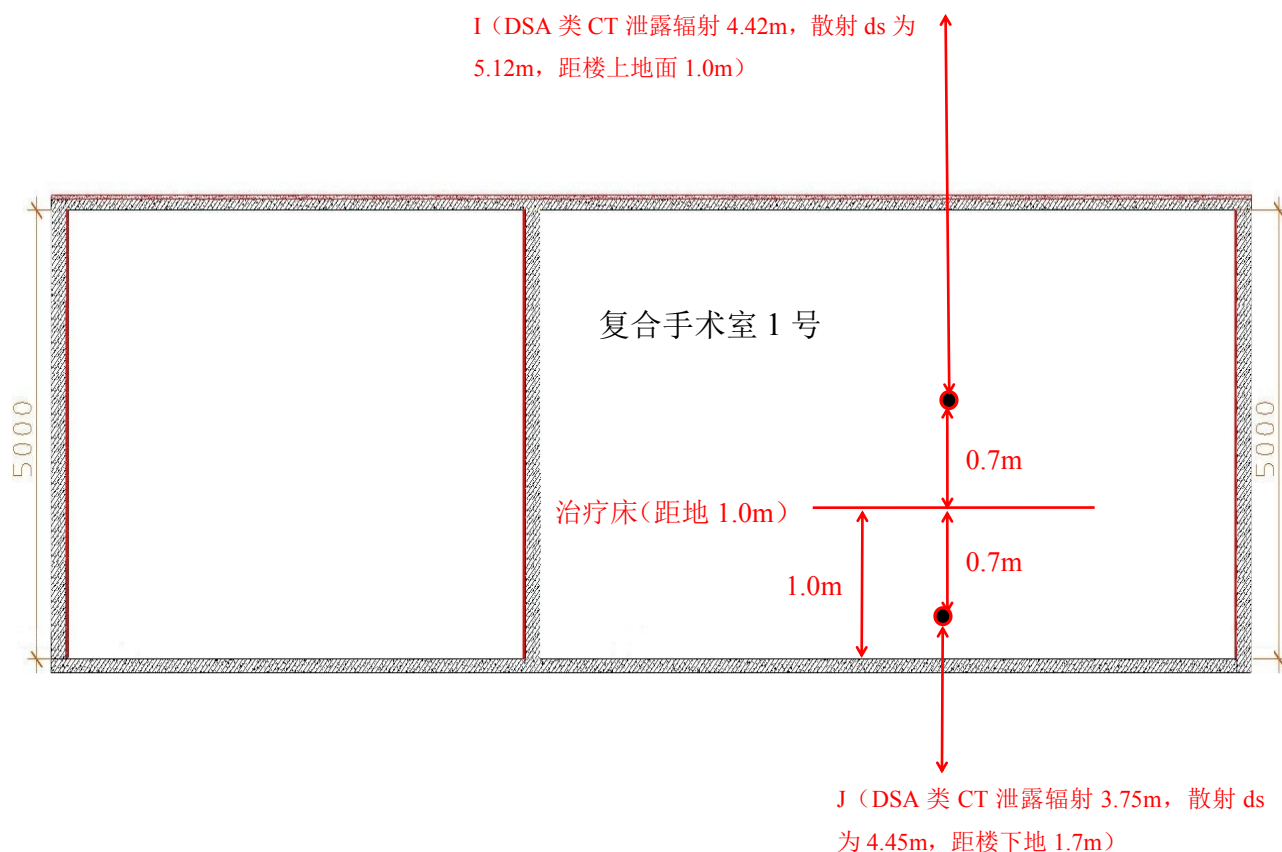


图 11-6 本项目复合手术室 1 号机房（类 CT 模式工况下）楼上楼下关注点选取示意图

1) 泄漏辐射辐射环境影响分析

根据《医用电气设备 第1-3部分：基本安全和基本性能的通用要求 并列标准：诊断X射线设备的辐射防护》（GB 9706.103-2020），本项目DSA距靶点1m处泄露辐射剂量率取1mGy/h。根据《辐射防护手册》第一分册（李德平、潘自强主编，原子能出版社，1987年），关注点处泄露辐射剂量率计算公式如公式11-1所示：

$$H = \frac{f \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{（式11-1）}$$

式中：

H —关注点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

f —泄漏射线比率，本项目 $fH_0=1000\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —距靶点 1m 处的最大剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R —靶点至关注点的距离，m；

B —屏蔽透射因子。

2) 病人体表散射辐射环境影响分析

对于病人体表散射的X射线可以采用反照射率法估算，引用李德平、潘自强主编的《辐

射防护手册》第一分册——《辐射源与屏蔽》（[M]北京：原子能出版社，1987）。可按以下公式进行估算：

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

式中：

H_s —关注点处的患者散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —距靶点 1m 处的最大剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

α —患者对 X 射线的散射比， $\alpha=a/400$ ，查《辐射防护手册第一分册》P437 表 10.1 得：100kV，90°时，散射值 $a=0.0013$ （90kV，90°散射按保守取之）；120kV，90°时，散射值按 125kV 保守取 $a=0.0015$ ；

S —散射面积，根据设备厂家提供资料，DSA 取 100cm^2 ；滑轨 CT 取 $16 \times 50 = 800\text{cm}^2$ ；

d_0 —源与患者的距离，m，本项目为 0.5m；

d_s —患者与关注点的距离，m；

B —屏蔽透射因子。

③预测参数选取

本项目 DSA 透视工况、摄影工况、类 CT 扫描工况以及滑轨 CT 扫描工况下距靶 1m 处辐射剂量率见表 9-2。

1) 泄漏辐射

取透视模式下管电压 90kV、摄影模式下管电压 100kV，类 CT 和滑轨 CT 工况下管电压 120kV 情况，利用公式（11-1）计算本项目介入手术室和复合手术室屏蔽体外关注点及介入操作位泄漏辐射剂量率见表 11-1 至表 11-5。

表 11-1 医疗中心大楼四楼介入手术室 1 号屏蔽体外关注点及介入操作位泄漏辐射剂量率

关注点		$f \cdot H_0$ ($\mu\text{Sv/h}$)	d(m)	X (mmPb)	α	β	γ	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)
透 视 模 式	A1（东墙外 30cm）	1.0E+03	3.69	4.28	3.067	18.83	0.7726	1.15E-05
	B1（南墙外 30cm）	1.0E+03	3.29	5.28	3.067	18.83	0.7726	6.73E-07
	C1（南侧观察窗外 30cm）	1.0E+03	2.355	4.0	3.067	18.83	0.7726	6.66E-05
	D1（南侧防护门外 30cm）	1.0E+03	3.83	4.0	3.067	18.83	0.7726	2.52E-05
	E1（西墙外 30cm）	1.0E+03	3.69	5.28	3.067	18.83	0.7726	5.35E-07
	F1（北墙外 30cm）	1.0E+03	2.595	5.28	3.067	18.83	0.7726	1.08E-06

	G1（北侧防护门外 30cm）	1.0E+03	3.08	4.0	3.067	18.83	0.7726	3.89E-05
	H1（距楼上地面 100cm）	1.0E+03	5.82	5.44	3.067	18.83	0.7726	1.32E-07
	I1（距楼下地面 170cm）	1.0E+03	3.75	5.75	3.067	18.83	0.7726	1.22E-07
	J1 手术医生（铅橡胶防护衣内）	1.0E+03	1	（0.5mmPb +0.5mmPb 铅悬挂帘）	3.067	18.83	0.7726	4.08E+00
	J' 1 手术医生（铅橡胶防护衣外）	1.0E+03	1	0.5mmPb 铅悬挂帘	3.067	18.83	0.7726	2.52E+01
	K1 护士位（铅橡胶防护衣内）	1.0E+03	1.5	（0.5mmPb +0.5mmPb 铅悬挂帘）	3.067	18.83	0.7726	1.81E+00
	K' 1 护士位（铅橡胶防护衣外）	1.0E+03	1.5	0.5mmPb 铅悬挂帘	3.067	18.83	0.7726	1.12E+01
摄影模式	A1（东墙外 30cm）	1.0E+03	3.69	4.28	2.500	15.28	0.7557	1.24E-04
	B1（南墙外 30cm）	1.0E+03	3.29	5.28	2.500	15.28	0.7557	1.28E-05
	C1（南侧观察窗外 30cm）	1.0E+03	2.355	4.0	2.500	15.28	0.7557	6.11E-04
	D1（南侧防护门外 30cm）	1.0E+03	3.83	4.0	2.500	15.28	0.7557	2.31E-04
	E1（西墙外 30cm）	1.0E+03	3.69	5.28	2.500	15.28	0.7557	1.01E-05
	F1（北墙外 30cm）	1.0E+03	2.595	5.28	2.500	15.28	0.7557	2.05E-05
	G1（北侧防护门外 30cm）	1.0E+03	3.08	4.0	2.500	15.28	0.7557	3.57E-04
	H1（距楼上地面 100cm）	1.0E+03	5.82	5.44	2.500	15.28	0.7557	2.73E-06
	I1（距楼下地面 170cm）	1.0E+03	3.75	5.75	2.500	15.28	0.7557	3.03E-06
类CT模式	A1（东墙外 30cm）	1.0E+03	3.19	4.28	2.246	5.73	0.547	6.52E-04
	B1（南墙外 30cm）	1.0E+03	3.21	5.28	2.246	5.73	0.547	6.78E-05
	C1（南侧观察窗外 30cm）	1.0E+03	2.355	4.0	2.246	5.73	0.547	2.25E-03
	D1（南侧防护门外 30cm）	1.0E+03	3.68	4.0	2.246	5.73	0.547	9.22E-04
	E1（西墙外 30cm）	1.0E+03	3.19	5.28	2.246	5.73	0.547	6.87E-05
	F1（北墙外 30cm）	1.0E+03	2.595	5.28	2.246	5.73	0.547	1.04E-04
	G1（北侧防护门外 30cm）	1.0E+03	2.86	4.0	2.246	5.73	0.547	1.53E-03
	H1（距楼上地面 100cm）	1.0E+03	4.42	5.44	2.246	5.73	0.547	2.50E-05
	I1（距楼下地面 170cm）	1.0E+03	3.75	5.75	2.246	5.73	0.547	1.73E-05

表 11-2 医疗中心大楼四楼介入手术室 2 号屏蔽体外关注点及介入操作位泄漏辐射剂量率

关注点		$f \cdot H_0$ ($\mu\text{Sv/h}$)	d(m)	X (mmPb)	α	β	γ	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)
透 视 模 式	A2 (东墙外 30cm)	1.00E+03	3.69	4.28	3.067	18.83	0.7726	1.15E-05
	B2 (南墙外 30cm)	1.00E+03	3.25	5.28	3.067	18.83	0.7726	6.89E-07
	C2 (南侧观察窗外 30cm)	1.00E+03	2.43	4.0	3.067	18.83	0.7726	6.25E-05
	D2 (南侧防护门外 30cm)	1.00E+03	3.84	4.0	3.067	18.83	0.7726	2.50E-05
	E2 (西墙外 30cm)	1.00E+03	3.69	4.28	3.067	18.83	0.7726	1.15E-05
	F2 (北墙外 30cm)	1.00E+03	2.67	5.28	3.067	18.83	0.7726	1.02E-06
	G2 (北侧防护门外 30cm)	1.0E+03	3.04	4.0	3.067	18.83	0.7726	3.99E-05
	H2 (距楼上地面 100cm)	1.0E+03	5.82	5.44	3.067	18.83	0.7726	1.32E-07
	I2(距楼下地面 170cm)	1.0E+03	3.75	5.75	3.067	18.83	0.7726	1.22E-07
	J2 手术医生(铅橡胶防护衣内)	1.0E+03	1	(0.5mmPb +0.5mmPb 铅悬挂帘)	3.067	18.83	0.7726	4.08E+00
	J' 2 手术医生(铅橡胶防护衣外)	1.0E+03	1	0.5mmPb 铅悬挂帘	3.067	18.83	0.7726	2.52E+01
	K2 护士位(铅橡胶防护衣内)	1.0E+03	1.5	(0.5mmPb +0.5mmPb 铅悬挂帘)	3.067	18.83	0.7726	1.81E+00
	K' 2 护士位(铅橡胶防护衣外)	1.0E+03	1.5	0.5mmPb 铅悬挂帘	3.067	18.83	0.7726	1.12E+01
摄 影 模 式	A2 (东墙外 30cm)	1.0E+03	3.69	4.28	2.500	15.28	0.7557	1.24E-04
	B2 (南墙外 30cm)	1.0E+03	3.25	5.28	2.500	15.28	0.7557	1.31E-05
	C2 (南侧观察窗外 30cm)	1.0E+03	2.43	4.0	2.500	15.28	0.7557	5.74E-04
	D2 (南侧防护门外 30cm)	1.0E+03	3.84	4.0	2.500	15.28	0.7557	2.30E-04
	E2 (西墙外 30cm)	1.0E+03	3.69	4.28	2.500	15.28	0.7557	1.24E-04
	F2 (北墙外 30cm)	1.0E+03	2.67	5.28	2.500	15.28	0.7557	1.94E-05
	G2 (北侧防护门外 30cm)	1.0E+03	3.04	4.0	2.500	15.28	0.7557	3.67E-04
	H2 (距楼上地面 100cm)	1.0E+03	5.82	5.44	2.500	15.28	0.7557	2.73E-06
	I2(距楼下地面 170cm)	1.0E+03	3.75	5.75	2.500	15.28	0.7557	3.03E-06

类 CT 模式	A2 (东墙外 30cm)	1.0E+03	3.19	4.28	2.246	5.73	0.547	6.52E-04
	B2 (南墙外 30cm)	1.0E+03	3.18	5.28	2.246	5.73	0.547	6.91E-05
	C2 (南侧观察窗外 30cm)	1.0E+03	2.43	4.0	2.246	5.73	0.547	2.11E-03
	D2 (南侧防护门外 30cm)	1.0E+03	3.67	4.0	2.246	5.73	0.547	9.27E-04
	E2 (西墙外 30cm)	1.0E+03	3.19	4.28	2.246	5.73	0.547	6.52E-04
	F2 (北墙外 30cm)	1.0E+03	2.67	5.28	2.246	5.73	0.547	9.80E-05
	G2 (北侧防护门外 30cm)	1.0E+03	2.83	4.0	2.246	5.73	0.547	1.56E-03
	H2 (距楼上地面 100cm)	1.0E+03	4.42	5.44	2.246	5.73	0.547	2.50E-05
	I2 (距楼下地面 170cm)	1.0E+03	3.75	5.75	2.246	5.73	0.547	1.73E-05

表 11-3 医疗中心大楼四楼介入手术室 3 号屏蔽体外关注点及介入操作位泄漏辐射剂量率

关注点		$f \cdot H_0$ ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	X (mmPb)	α	β	γ	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)
透 视 模 式	A3 (东墙外 30cm)	1.0E+03	3.69	5.28	3.067	18.83	0.7726	5.35E-07
	B3 (南墙外 30cm)	1.0E+03	3.25	5.28	3.067	18.83	0.7726	6.89E-07
	C3 (南侧观察窗外 30cm)	1.0E+03	2.43	4.0	3.067	18.83	0.7726	6.25E-05
	D3 (南侧防护门外 30cm)	1.0E+03	3.84	4.0	3.067	18.83	0.7726	2.50E-05
	E3 (西墙外 30cm)	1.0E+03	3.69	4.28	3.067	18.83	0.7726	1.15E-05
	F3 (北墙外 30cm)	1.0E+03	2.67	5.28	3.067	18.83	0.7726	1.02E-06
	G3 (北侧防护门外 30cm)	1.0E+03	3.04	4.0	3.067	18.83	0.7726	3.99E-05
	H3 (距楼上地面 100cm)	1.0E+03	5.82	5.44	3.067	18.83	0.7726	1.32E-07
	I3 (距楼下地面 170cm)	1.0E+03	3.75	5.75	3.067	18.83	0.7726	1.22E-07
	J3 手术医生 (铅橡胶防护衣内)	1.0E+03	1	(0.5mmPb +0.5mmPb 铅悬挂帘)	3.067	18.83	0.7726	4.08E+00
	J' 3 手术医生 (铅橡胶防护衣外)	1.0E+03	1	0.5mmPb 铅悬挂帘	3.067	18.83	0.7726	2.52E+01
	K3 护士位 (铅橡胶防护衣内)	1.0E+03	1.5	(0.5mmPb +0.5mmPb 铅悬挂帘)	3.067	18.83	0.7726	1.81E+00
	K' 3 护士位 (铅橡胶防护衣外)	1.0E+03	1.5	0.5mmPb 铅悬挂帘	3.067	18.83	0.7726	1.12E+01

摄影模式	A3 (东墙外 30cm)	1.0E+03	3.69	5.28	2.500	15.28	0.7557	1.01E-05
	B3 (南墙外 30cm)	1.0E+03	3.25	5.28	2.500	15.28	0.7557	1.31E-05
	C3 (南侧观察窗外 30cm)	1.0E+03	2.43	4.0	2.500	15.28	0.7557	5.74E-04
	D3 (南侧防护门外 30cm)	1.0E+03	3.84	4.0	2.500	15.28	0.7557	2.30E-04
	E3 (西墙外 30cm)	1.0E+03	3.69	4.28	2.500	15.28	0.7557	1.24E-04
	F3 (北墙外 30cm)	1.0E+03	2.67	5.28	2.500	15.28	0.7557	1.94E-05
	G3 (北侧防护门外 30cm)	1.0E+03	3.04	4.0	2.500	15.28	0.7557	3.67E-04
	H3 (距楼上地面 100cm)	1.0E+03	5.82	5.44	2.500	15.28	0.7557	2.73E-06
	I3(距楼下地面 170cm)	1.0E+03	3.75	5.75	2.500	15.28	0.7557	3.03E-06
类CT模式	A3 (东墙外 30cm)	1.0E+03	3.19	5.28	2.246	5.73	0.547	6.87E-05
	B3 (南墙外 30cm)	1.0E+03	3.18	5.28	2.246	5.73	0.547	6.91E-05
	C3 (南侧观察窗外 30cm)	1.0E+03	2.43	4.0	2.246	5.73	0.547	2.11E-03
	D3 (南侧防护门外 30cm)	1.0E+03	3.84	4.0	2.246	5.73	0.547	8.47E-04
	E3 (西墙外 30cm)	1.0E+03	3.19	4.28	2.246	5.73	0.547	6.52E-04
	F3 (北墙外 30cm)	1.0E+03	2.67	5.28	2.246	5.73	0.547	9.80E-05
	G3 (北侧防护门外 30cm)	1.0E+03	3.04	4.0	2.246	5.73	0.547	1.35E-03
	H3 (距楼上地面 100cm)	1.0E+03	4.42	5.44	2.246	5.73	0.547	2.50E-05
	I3(距楼下地面 170cm)	1.0E+03	3.75	5.75	2.246	5.73	0.547	1.73E-05

表 11-4 医疗中心大楼四楼复合手术室 1 号屏蔽体外关注点及介入操作位泄漏辐射剂量率

关注点		$f \cdot H_0$ ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	X (mmPb)	α	β	γ	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)
透视模式	A4 (东墙外 30cm)	1.0E+03	3.29	6.28	3.067	18.83	0.7726	3.13E-08
	B4 (南墙外 30cm)	1.0E+03	2.955	6.28	3.067	18.83	0.7726	3.88E-08
	C4 (西侧防护门外 30cm)	1.0E+03	4.55	5.0	3.067	18.83	0.7726	8.30E-07
	D4 (西墙外 30cm)	1.0E+03	5.52	6.28	3.067	18.83	0.7726	1.11E-08
	E4 (北侧防护门 1 外 30cm)	1.0E+03	4.92	4.0	3.067	18.83	0.7726	1.52E-05
	F4 (北侧观察窗外 30cm)	1.0E+03	3.795	4.0	3.067	18.83	0.7726	2.56E-05
	G4 (北墙外 30cm)	1.0E+03	4.035	6.28	3.067	18.83	0.7726	2.08E-08

	H4（北侧防护门 2 外 30cm）	1.0E+03	4.25	4.0	3.067	18.83	0.7726	2.04E-05
	I4(距楼上地面 100cm)	1.0E+03	5.82	5.44	3.067	18.83	0.7726	1.32E-07
	J4（距楼下地面 170cm）	1.0E+03	3.75	5.75	3.067	18.83	0.7726	1.22E-07
	K4 手术医生（铅橡胶防护衣内）	1.0E+03	1	（0.5mmPb +0.5mmPb 铅悬挂帘）	3.067	18.83	0.7726	4.08E+00
	K' 4 手术医生（铅橡胶防护衣外）	1.0E+03	1	0.5mmPb 铅悬挂帘	3.067	18.83	0.7726	2.52E+01
	L4 护士位（铅橡胶防护衣内）	1.0E+03	1.5	（0.5mmPb +0.5mmPb 铅悬挂帘）	3.067	18.83	0.7726	1.81E+00
	L' 4 护士位（铅橡胶防护衣外）	1.0E+03	1.5	0.5mmPb 铅悬挂帘	3.067	18.83	0.7726	1.12E+01
摄影模式	A4（东墙外 30cm）	1.0E+03	3.29	6.28	2.500	15.28	0.7557	1.05E-06
	B4（南墙外 30cm）	1.0E+03	2.955	6.28	2.500	15.28	0.7557	1.30E-06
	C4（西侧防护门外 30cm）	1.0E+03	4.55	5.0	2.500	15.28	0.7557	1.34E-05
	D4（西墙外 30cm）	1.0E+03	5.52	6.28	2.500	15.28	0.7557	3.72E-07
	E4（北侧防护门 1 外 30cm）	1.0E+03	4.92	4.0	2.500	15.28	0.7557	1.40E-04
	F4（北侧观察窗外 30cm）	1.0E+03	3.795	4.0	2.500	15.28	0.7557	2.35E-04
	G4（北墙外 30cm）	1.0E+03	4.035	6.28	2.500	15.28	0.7557	6.96E-07
	H4（北侧防护门 2 外 30cm）	1.0E+03	4.25	4.0	2.500	15.28	0.7557	1.88E-04
	I4(距楼上地面 100cm)	1.0E+03	5.82	5.44	2.500	15.28	0.7557	2.73E-06
	J4（距楼下地面 170cm）	1.0E+03	3.75	5.75	2.500	15.28	0.7557	3.03E-06
类CT模式	A4（东墙外 30cm）	1.0E+03	3.29	6.28	2.246	5.73	0.547	6.82E-06
	B4（南墙外 30cm）	1.0E+03	2.695	6.28	2.246	5.73	0.547	1.02E-05
	C4（西侧防护门外 30cm）	1.0E+03	4.55	5.0	2.246	5.73	0.547	6.34E-05
	D4（西墙外 30cm）	1.0E+03	5.48	6.28	2.246	5.73	0.547	2.46E-06
	E4（北侧防护门 1 外 30cm）	1.0E+03	4.76	4.0	2.246	5.73	0.547	5.51E-04
	F4（北侧观察窗外 30cm）	1.0E+03	3.295	4.0	2.246	5.73	0.547	1.15E-03

	G4（北墙外 30cm）	1.0E+03	3.535	6.28	2.246	5.73	0.547	5.91E-06
	H4（北侧防护门 2 外 30cm）	1.0E+03	4.06	4.0	2.246	5.73	0.547	7.57E-04
	I4（距楼上地面 100cm）	1.0E+03	4.42	5.44	2.246	5.73	0.547	2.50E-05
	J4（距楼下地面 170cm）	1.0E+03	3.75	5.75	2.246	5.73	0.547	1.73E-05
滑 轨 CT	A4（东墙外 30cm）	1.0E+03	4.915	5.74	2.246	5.73	0.547	1.03E-05
	B4（南墙外 30cm）	1.0E+03	1.755	5.74	2.246	5.73	0.547	8.07E-05
	C4（西侧防护门外 30cm）	1.0E+03	4.55	5.0	2.246	5.73	0.547	6.34E-05
	D4（西墙外 30cm）	1.0E+03	5.85	5.74	2.246	5.73	0.547	7.26E-06
	E4（北侧防护门 1 外 30cm）	1.0E+03	4.92	4.0	2.246	5.73	0.547	5.16E-04
	F4（北侧观察窗外 30cm）	1.0E+03	3.795	4.0	2.246	5.73	0.547	8.67E-04
	G4（北墙外 30cm）	1.0E+03	3.03	5.74	2.246	5.73	0.547	2.71E-05
	H4（北侧防护门 2 外 30cm）	1.0E+03	4.25	4.0	2.246	5.73	0.547	6.91E-04
	I4（距楼上地面 100cm）	1.0E+03	3.8	5.15	2.246	5.73	0.547	6.48E-05
	J4（距楼下地面 170cm）	1.0E+03	3.1	4.93	2.246	5.73	0.547	1.60E-04

表 11-5 医疗中心大楼四楼复合手术室 2 号屏蔽体外关注点及介入操作位泄漏辐射剂量率

关注点		$f \cdot H_0$ ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	X (mmPb)	α	β	γ	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)
滑 轨 CT	A5（东侧防护门外 30cm）	1.00E+03	2.015	5.0	2.246	5.73	0.547	3.23E-04
	B5（东墙外 30cm）	1.00E+03	1.72	5.74	2.246	5.73	0.547	8.40E-05
	C5（南墙外 30cm）	1.00E+03	2.48	5.74	2.246	5.73	0.547	4.04E-05
	D5（西侧防护门外 30cm）	1.00E+03	4.78	5.0	2.246	5.73	0.547	5.74E-05
	E5（西墙外 30cm）	1.00E+03	5.335	5.74	2.246	5.73	0.547	8.73E-06
	F5（北侧观察窗外 30cm）	1.00E+03	3.74	5.0	2.246	5.73	0.547	9.38E-05
	G5（北墙外 30cm）	1.00E+03	3.04	5.74	2.246	5.73	0.547	2.69E-05
	H5（北侧防护门外 30cm）	1.00E+03	3.08	5.0	2.246	5.73	0.547	1.38E-04
	I5（距楼上地面 100cm）	1.00E+03	3.8	5.15	2.246	5.73	0.547	6.48E-05
	J5（距楼下地面 170cm）	1.00E+03	3.1	4.93	2.246	5.73	0.547	1.60E-04

2) 散射辐射

取透视模式下管电压 90kV，摄影模式下管电压 100kV，类 CT 模式、滑轨 CT 模式下管电压 120kV 情况，利用公式（11.5-4）计算本项目 DSA 机房屏蔽体外关注点及介入操作位散射辐射剂量率见表 11-6 至表 11-10。

表 11-6 医疗中心大楼四楼介入手术室 1 号屏蔽体外关注点及介入操作位散射辐射剂量率

关注点		H ₀ (μSv/h)	X (mmPb)	α	S (cm ²)	d ₀ (m)	d _s (m)	α	β	γ	Hs (μSv/h)
透 视 模 式	A1	7.29E+06	4.28	3.25E-06	100	0.7	3.69	3.067	18.83	0.7726	5.55E-05
	B1	7.29E+06	5.28	3.25E-06	100	0.7	3.29	3.067	18.83	0.7726	3.25E-06
	C1	7.29E+06	4.0	3.25E-06	100	0.7	2.355	3.067	18.83	0.7726	3.22E-04
	D1	7.29E+06	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.83	3.067	18.83	0.7726	1.22E-04
	E1	7.29E+06	5.28	3.25E-06	100	0.7	3.69	3.067	18.83	0.7726	2.59E-06
	F1	7.29E+06	5.28	3.25E-06	100	0.7	2.595	3.067	18.83	0.7726	5.23E-06
	G1	7.29E+06	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.08	3.067	18.83	0.7726	1.88E-04
	H1	7.29E+06	5.44	3.25E-06	100	0.7	5.12	3.067	18.83	0.7726	8.22E-07
	I1	7.29E+06	5.75	3.25E-06	100	0.7	4.45	3.067	18.83	0.7726	4.21E-07
	J1	7.29E+06	1	3.25E-06	100	0.7	1	3.067	18.83	0.7726	1.97E+01
	J'1	7.29E+06	0.5	3.25E-06	100	0.7	1	3.067	18.83	0.7726	1.22E+02
	K1	7.29E+06	1	3.25E-06	100	0.7	1.5	3.067	18.83	0.7726	8.76E+00
	K'1	7.29E+06	0.5	3.25E-06	100	0.7	1.5	3.067	18.83	0.7726	5.41E+01
摄 影 模 式	A1	2.916E+08	4.28	3.25E-06	100	0.7	3.69	2.507	15.33	0.9124	3.62E-02
	B1	2.916E+08	5.28	3.25E-06	100	0.7	3.29	2.507	15.33	0.9124	3.71E-03
	C1	2.916E+08	4.0	3.25E-06	100	0.7	2.355	2.507	15.33	0.9124	1.79E-01
	D1	2.916E+08	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.83	2.507	15.33	0.9124	6.78E-02
	E1	2.916E+08	5.28	3.25E-06	100	0.7	3.69	2.507	15.33	0.9124	2.95E-03
	F1	2.916E+08	5.28	3.25E-06	100	0.7	2.595	2.507	15.33	0.9124	5.96E-03
	G1	2.916E+08	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.08	2.507	15.33	0.9124	1.05E-01
	H1	2.916E+08	5.44	3.25E-06	100	0.7	5.12	2.507	15.33	0.9124	1.03E-03
	I1	2.916E+08	5.75	3.25E-06	100	0.7	4.45	2.507	15.33	0.9124	6.24E-04
类 C T 模	A1	2.722E+08	4.28	3.75E-06	100	0.7	3.19	2.246	5.73	0.547	1.36E-01
	B1	2.722E+08	5.28	3.75E-06	100	0.7	3.21	2.246	5.73	0.547	1.41E-02
	C1	2.722E+08	4.0	3.75E-06	100	0.7	2.355	2.246	5.73	0.547	4.69E-01

式	D1	2.722E+08	4.0	3.75E-06	100	0.7	3.68	2.246	5.73	0.547	1.92E-01
	E1	2.722E+08	5.28	3.75E-06	100	0.7	3.19	2.246	5.73	0.547	1.43E-02
	F1	2.722E+08	5.28	3.75E-06	100	0.7	2.595	2.246	5.73	0.547	2.16E-02
	G1	2.722E+08	4.0	3.75E-06	100	0.7	2.86	2.246	5.73	0.547	3.18E-01
	H1	2.722E+08	5.44	3.75E-06	100	0.7	5.12	2.246	5.73	0.547	3.88E-03
	I1	2.722E+08	5.75	3.75E-06	100	0.7	4.45	2.246	5.73	0.547	2.56E-03

表 11-7 医疗中心大楼四楼介入手术室 2 号屏蔽体外关注点及介入操作位散射辐射剂量率

关注点		H ₀ (μSv/h)	X (mmPb)	α	S (cm ²)	d ₀ (m)	d _s (m)	α	β	γ	H _s (μSv/h)
透 视 模 式	A2	7.29E+06	4.28	3.25E-06	100	0.7	3.69	3.067	18.83	0.7726	5.55E-05
	B2	7.29E+06	5.28	3.25E-06	100	0.7	3.25	3.067	18.83	0.7726	3.33E-06
	C2	7.29E+06	4.0	3.25E-06	100	0.7	2.43	3.067	18.83	0.7726	3.02E-04
	D2	7.29E+06	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.84	3.067	18.83	0.7726	1.21E-04
	E2	7.29E+06	4.28	3.25E-06	100	0.7	3.69	3.067	18.83	0.7726	5.55E-05
	F2	7.29E+06	5.28	3.25E-06	100	0.7	2.67	3.067	18.83	0.7726	4.94E-06
	G2	7.29E+06	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.04	3.067	18.83	0.7726	1.93E-04
	H2	7.29E+06	5.44	3.25E-06	100	0.7	5.12	3.067	18.83	0.7726	8.22E-07
	I2	7.29E+06	5.75	3.25E-06	100	0.7	4.45	3.067	18.83	0.7726	4.21E-07
	J2	7.29E+06	1	3.25E-06	100	0.7	1	3.067	18.83	0.7726	1.97E+01
	J'2	7.29E+06	0.5	3.25E-06	100	0.7	1	3.067	18.83	0.7726	1.22E+02
	K2	7.29E+06	1	3.25E-06	100	0.7	1.5	3.067	18.83	0.7726	8.76E+00
	K'2	7.29E+06	0.5	3.25E-06	100	0.7	1.5	3.067	18.83	0.7726	5.41E+01
摄 影 模 式	A2	2.916E+08	4.28	3.25E-06	100	0.7	3.69	2.507	15.33	0.9124	3.62E-02
	B2	2.916E+08	5.28	3.25E-06	100	0.7	3.25	2.507	15.33	0.9124	3.80E-03
	C2	2.916E+08	4.0	3.25E-06	100	0.7	2.43	2.507	15.33	0.9124	1.68E-01
	D2	2.916E+08	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.84	2.507	15.33	0.9124	6.74E-02
	E2	2.916E+08	4.28	3.25E-06	100	0.7	3.69	2.507	15.33	0.9124	3.62E-02
	F2	2.916E+08	5.28	3.25E-06	100	0.7	2.67	2.507	15.33	0.9124	5.63E-03
	G2	2.916E+08	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.04	2.507	15.33	0.9124	1.08E-01
	H2	2.916E+08	5.44	3.25E-06	100	0.7	5.12	2.507	15.33	0.9124	1.03E-03
	I2	2.916E+08	5.75	3.25E-06	100	0.7	4.45	2.507	15.33	0.9124	6.24E-04
类	A2	2.722E+08	4.28	3.75E-06	100	0.7	3.19	2.246	5.73	0.547	1.36E-01

C T 模 式	B2	2.722E+08	5.28	3.75E-06	100	0.7	3.18	2.246	5.73	0.547	1.44E-02
	C2	2.722E+08	4.0	3.75E-06	100	0.7	2.43	2.246	5.73	0.547	4.40E-01
	D2	2.722E+08	4.0	3.75E-06	100	0.7	3.67	2.246	5.73	0.547	1.93E-01
	E2	2.722E+08	4.28	3.75E-06	100	0.7	3.19	2.246	5.73	0.547	1.36E-01
	F2	2.722E+08	5.28	3.75E-06	100	0.7	2.67	2.246	5.73	0.547	2.04E-02
	G2	2.722E+08	4.0	3.75E-06	100	0.7	2.83	2.246	5.73	0.547	3.25E-01
	H2	2.722E+08	5.44	3.75E-06	100	0.7	5.12	2.246	5.73	0.547	3.88E-03
	I2	2.722E+08	5.75	3.75E-06	100	0.7	4.45	2.246	5.73	0.547	2.56E-03

表 11-8 医疗中心大楼四楼介入手术室 3 号屏蔽体外关注点及介入操作位散射辐射剂量率

关注点		H ₀ ($\mu\text{Sv/h}$)	X (mmPb)	α	S (cm^2)	d ₀ (m)	d _s (m)	α	β	γ	H _s ($\mu\text{Sv/h}$)
透 视 模 式	A3	7.29E+06	5.28	3.25E-06	100	0.7	3.69	3.067	18.83	0.7726	2.59E-06
	B3	7.29E+06	5.28	3.25E-06	100	0.7	3.25	3.067	18.83	0.7726	3.33E-06
	C3	7.29E+06	4.0	3.25E-06	100	0.7	2.43	3.067	18.83	0.7726	3.02E-04
	D3	7.29E+06	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.84	3.067	18.83	0.7726	1.21E-04
	E3	7.29E+06	4.28	3.25E-06	100	0.7	3.69	3.067	18.83	0.7726	5.55E-05
	F3	7.29E+06	5.28	3.25E-06	100	0.7	2.67	3.067	18.83	0.7726	4.94E-06
	G3	7.29E+06	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.04	3.067	18.83	0.7726	1.93E-04
	H3	7.29E+06	5.44	3.25E-06	100	0.7	5.12	3.067	18.83	0.7726	8.22E-07
	I3	7.29E+06	5.75	3.25E-06	100	0.7	4.45	3.067	18.83	0.7726	4.21E-07
	J3	7.29E+06	1	3.25E-06	100	0.7	1	3.067	18.83	0.7726	1.97E+01
	J'3	7.29E+06	0.5	3.25E-06	100	0.7	1	3.067	18.83	0.7726	1.22E+02
	K3	7.29E+06	1	3.25E-06	100	0.7	1.5	3.067	18.83	0.7726	8.76E+00
	K'3	7.29E+06	0.5	3.25E-06	100	0.7	1.5	3.067	18.83	0.7726	5.41E+01
摄 影 模 式	A3	2.916E+08	5.28	3.25E-06	100	0.7	3.69	2.507	15.33	0.9124	2.95E-03
	B3	2.916E+08	5.28	3.25E-06	100	0.7	3.25	2.507	15.33	0.9124	3.80E-03
	C3	2.916E+08	4.0	3.25E-06	100	0.7	2.43	2.507	15.33	0.9124	1.68E-01
	D3	2.916E+08	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.84	2.507	15.33	0.9124	6.74E-02
	E3	2.916E+08	4.28	3.25E-06	100	0.7	3.69	2.507	15.33	0.9124	3.62E-02
	F3	2.916E+08	5.28	3.25E-06	100	0.7	2.67	2.507	15.33	0.9124	5.63E-03
	G3	2.916E+08	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.04	2.507	15.33	0.9124	1.08E-01
	H3	2.916E+08	5.44	3.25E-06	100	0.7	5.12	2.507	15.33	0.9124	1.03E-03

	I3	2.916E+08	5.75	3.25E-06	100	0.7	4.45	2.507	15.33	0.9124	6.24E-04
类 C T 模 式	A3	2.722E+08	5.28	3.75E-06	100	0.7	3.19	2.246	5.73	0.547	1.43E-02
	B3	2.722E+08	5.28	3.75E-06	100	0.7	3.18	2.246	5.73	0.547	1.44E-02
	C3	2.722E+08	4.0	3.75E-06	100	0.7	2.43	2.246	5.73	0.547	4.40E-01
	D3	2.722E+08	4.0	3.75E-06	100	0.7	3.84	2.246	5.73	0.547	1.76E-01
	E3	2.722E+08	4.28	3.75E-06	100	0.7	3.19	2.246	5.73	0.547	1.36E-01
	F3	2.722E+08	5.28	3.75E-06	100	0.7	2.67	2.246	5.73	0.547	2.04E-02
	G3	2.722E+08	4.0	3.75E-06	100	0.7	3.04	2.246	5.73	0.547	2.81E-01
	H3	2.722E+08	5.44	3.75E-06	100	0.7	5.12	2.246	5.73	0.547	3.88E-03
	I3	2.722E+08	5.75	3.75E-06	100	0.7	4.45	2.246	5.73	0.547	2.56E-03

表 11-9 医疗中心大楼四楼复合手术室 1 号屏蔽体外关注点及介入操作位散射辐射剂量率

关注点		H ₀ (μSv/h)	X (mmPb)	α	S (cm ²)	d ₀ (m)	d _s (m)	α	β	γ	H _s (μSv/h)
透 视 模 式	A4	7.29E+06	6.28	3.25E-06	100	0.7	3.29	3.067	18.83	0.7726	1.51E-07
	B4	7.29E+06	6.28	3.25E-06	100	0.7	2.955	3.067	18.83	0.7726	1.88E-07
	C4	7.29E+06	5.0	3.25E-06	100	0.7	4.55	3.067	18.83	0.7726	4.01E-06
	D4	7.29E+06	6.28	3.25E-06	100	0.7	5.52	3.067	18.83	0.7726	5.38E-08
	E4	7.29E+06	4.0	3.25E-06	100	0.7	4.92	3.067	18.83	0.7726	7.37E-05
	F4	7.29E+06	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.795	3.067	18.83	0.7726	1.24E-04
	G4	7.29E+06	6.28	3.25E-06	100	0.7	4.035	3.067	18.83	0.7726	1.01E-07
	H4	7.29E+06	4.0	3.25E-06	100	0.7	4.25	3.067	18.83	0.7726	9.88E-05
	I4	7.29E+06	5.44	3.25E-06	100	0.7	5.82	3.067	18.83	0.7726	6.36E-07
	J4	7.29E+06	5.75	3.25E-06	100	0.7	3.75	3.067	18.83	0.7726	5.92E-07
	K4	7.29E+06	1	3.25E-06	100	0.7	1	3.067	18.83	0.7726	1.97E+01
	K'4	7.29E+06	0.5	3.25E-06	100	0.7	1	3.067	18.83	0.7726	1.22E+02
	L4	7.29E+06	1	3.25E-06	100	0.7	1.5	3.067	18.83	0.7726	8.76E+00
	L'4	7.29E+06	0.5	3.25E-06	100	0.7	1.5	3.067	18.83	0.7726	5.41E+01
摄 影 模 式	A4	2.916E+08	6.28	3.25E-06	100	0.7	3.29	2.507	15.33	0.9124	3.02E-04
	B4	2.916E+08	6.28	3.25E-06	100	0.7	2.955	2.507	15.33	0.9124	3.75E-04
	C4	2.916E+08	5.0	3.25E-06	100	0.7	4.55	2.507	15.33	0.9124	3.91E-03
	D4	2.916E+08	6.28	3.25E-06	100	0.7	5.52	2.507	15.33	0.9124	1.07E-04
	E4	2.916E+08	4.0	3.25E-06	100	0.7	4.92	2.507	15.33	0.9124	4.11E-02

类 C T 模 式	F4	2.916E+08	4.0	3.25E-06	100	0.7	3.795	2.507	15.33	0.9124	6.90E-02
	G4	2.916E+08	6.28	3.25E-06	100	0.7	4.035	2.507	15.33	0.9124	2.01E-04
	H4	2.916E+08	4.0	3.25E-06	100	0.7	4.25	2.507	15.33	0.9124	5.50E-02
	I4	2.916E+08	5.44	3.25E-06	100	0.7	5.82	2.507	15.33	0.9124	7.94E-04
	J4	2.916E+08	5.75	3.25E-06	100	0.7	3.75	2.507	15.33	0.9124	8.79E-04
	A4	2.722E+08	6.28	3.75E-06	100	0.7	3.29	2.246	5.73	0.547	1.42E-03
	B4	2.722E+08	6.28	3.75E-06	100	0.7	2.695	2.246	5.73	0.547	2.12E-03
	C4	2.722E+08	5.0	3.75E-06	100	0.7	4.55	2.246	5.73	0.547	1.32E-02
	D4	2.722E+08	6.28	3.75E-06	100	0.7	5.48	2.246	5.73	0.547	5.12E-04
	E4	2.722E+08	4.0	3.75E-06	100	0.7	4.76	2.246	5.73	0.547	1.15E-01
	F4	2.722E+08	4.0	3.75E-06	100	0.7	3.295	2.246	5.73	0.547	2.40E-01
	G4	2.722E+08	6.28	3.75E-06	100	0.7	3.535	2.246	5.73	0.547	1.23E-03
	H4	2.722E+08	4.0	3.75E-06	100	0.7	4.06	2.246	5.73	0.547	1.58E-01
	I4	2.722E+08	5.44	3.75E-06	100	0.7	5.12	2.246	5.73	0.547	3.88E-03
	J4	2.722E+08	5.75	3.75E-06	100	0.7	4.45	2.246	5.73	0.547	2.56E-03
滑 轨 C T 模 式	A4	2.722E+08	5.74	3.75E-06	800	0.7	4.915	2.246	5.73	0.547	2.14E-03
	B4	2.722E+08	5.74	3.75E-06	800	0.7	1.755	2.246	5.73	0.547	1.68E-02
	C4	2.722E+08	5.0	3.75E-06	800	0.7	4.55	2.246	5.73	0.547	1.32E-02
	D4	2.722E+08	5.74	3.75E-06	800	0.7	5.85	2.246	5.73	0.547	1.51E-03
	E4	2.722E+08	4.0	3.75E-06	800	0.7	4.92	2.246	5.73	0.547	1.07E-01
	F4	2.722E+08	4.0	3.75E-06	800	0.7	3.795	2.246	5.73	0.547	1.81E-01
	G4	2.722E+08	5.74	3.75E-06	800	0.7	3.03	2.246	5.73	0.547	5.64E-03
	H4	2.722E+08	4.0	3.75E-06	800	0.7	4.25	2.246	5.73	0.547	1.44E-01
	I4	2.722E+08	5.15	3.75E-06	800	0.7	3.8	2.246	5.73	0.547	1.35E-02
	J4	2.722E+08	4.93	3.75E-06	800	0.7	3.1	2.246	5.73	0.547	3.33E-02

表 11-10 医疗中心大楼四楼复合手术室 2 号屏蔽体外关注点及介入操作位散射辐射剂量率

关注点	H ₀ (μ Sv/h)	X (mmP b)	α	S (cm ²)	d ₀ (m)	d _s (m)	α	β	γ	H _s (μ Sv/h)
滑 A5	2.722E+08	5.0	3.75E-06	800	0.7	2.015	2.246	5.73	0.547	5.39E-01

轨 C T 模 式	B5	2.722E+08	5.74	3.75E-06	800	0.7	1.96	2.246	5.73	0.547	1.08E-01
	C5	2.722E+08	5.74	3.75E-06	800	0.7	2.48	2.246	5.73	0.547	6.73E-02
	D5	2.722E+08	5.0	3.75E-06	800	0.7	4.78	2.246	5.73	0.547	9.57E-02
	E5	2.722E+08	5.74	3.75E-06	800	0.7	5.335	2.246	5.73	0.547	1.46E-02
	F5	2.722E+08	5.0	3.75E-06	800	0.7	3.74	2.246	5.73	0.547	1.56E-01
	G5	2.722E+08	5.74	3.75E-06	800	0.7	3.04	2.246	5.73	0.547	4.48E-02
	H5	2.722E+08	5.0	3.75E-06	800	0.7	3.08	2.246	5.73	0.547	2.30E-01
	I5	2.722E+08	5.15	3.75E-06	800	0.7	3.8	2.246	5.73	0.547	1.08E-01
	J5	2.722E+08	4.93	3.75E-06	800	0.7	3.1	2.246	5.73	0.547	2.66E-01

3) 总剂量率

本项目介入手术室和复合手术室屏蔽体外各关注点剂量率见表 11-11 至表 11-15。

本项目医疗中心大楼 4 楼介入手术室 1 号、2 号和 3 号拟使用的 DSA 为双球管设备，透视和摄影工作模式下双球管均可同时出束，故 DSA 在透视和摄影模式下，屏蔽体外各关注点剂量率考虑 2 倍的叠加影响。

表 11-11 医疗中心大楼四楼介入手术室 1 号屏蔽体外各关注点及介入操作位剂量率

工作 模式	关注点描述	泄漏辐射剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	透视和摄影 模式考虑 2 倍的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
透 视 模 式	A1 (东墙外 30cm)	1.15E-05	5.55E-05	6.70E-05	1.34E-04
	B1 (南墙外 30cm)	6.73E-07	3.25E-06	3.93E-06	7.85E-06
	C1 (南侧观察窗外 30cm)	6.66E-05	3.22E-04	3.88E-04	7.77E-04
	D1 (南侧防护门外 30cm)	2.52E-05	1.22E-04	1.47E-04	2.94E-04
	E1 (西墙外 30cm)	5.35E-07	2.59E-06	3.12E-06	6.24E-06
	F1 (北墙外 30cm)	1.08E-06	5.23E-06	6.31E-06	1.26E-05
	G1 (北侧防护门外 30cm)	3.89E-05	1.88E-04	2.27E-04	4.54E-04
	H1 (距楼上地面 100cm)	1.32E-07	8.22E-07	9.54E-07	1.91E-06
	I1 (距楼下地面 170cm)	1.22E-07	4.21E-07	5.43E-07	1.09E-06
	J1 手术医生 (铅橡胶防护衣内)	4.08E+00	1.97E+01	2.38E+01	4.76E+01
	J' 1 手术医生 (铅橡胶防护衣外)	2.52E+01	1.22E+02	1.47E+02	2.94E+02
	K1 护士位 (铅橡胶防护衣内)	1.81E+00	8.76E+00	1.06E+01	2.11E+01
	K' 1 护士位 (铅橡胶防护衣外)	1.12E+01	5.41E+01	6.52E+01	1.30E+02
摄 影 模 式	A1 (东墙外 30cm)	1.24E-04	3.62E-02	3.63E-02	7.26E-02
	B1 (南墙外 30cm)	1.28E-05	3.71E-03	3.72E-03	7.45E-03

类CT 模式	C1（南侧观察窗外 30cm）	6.11E-04	1.79E-01	1.80E-01	3.60E-01
	D1（南侧防护门外 30cm）	2.31E-04	6.78E-02	6.80E-02	1.36E-01
	E1（西墙外 30cm）	1.01E-05	2.95E-03	2.96E-03	5.92E-03
	F1（北墙外 30cm）	2.05E-05	5.96E-03	5.98E-03	1.20E-02
	G1（北侧防护门外 30cm）	3.57E-04	1.05E-01	1.05E-01	2.10E-01
	H1（距楼上地面 100cm）	2.73E-06	1.03E-03	1.03E-03	2.06E-03
	I1（距楼下地面 170cm）	3.03E-06	6.24E-04	6.27E-04	1.25E-03
	A1（东墙外 30cm）	6.52E-04	1.36E-01	1.37E-01	/
	B1（南墙外 30cm）	6.78E-05	1.41E-02	1.42E-02	/
	C1（南侧观察窗外 30cm）	2.25E-03	4.69E-01	4.71E-01	/
	D1（南侧防护门外 30cm）	9.22E-04	1.92E-01	1.93E-01	/
	E1（西墙外 30cm）	6.87E-05	1.43E-02	1.44E-02	/
	F1（北墙外 30cm）	1.04E-04	2.16E-02	2.17E-02	/
	G1（北侧防护门外 30cm）	1.53E-03	3.18E-01	3.19E-01	/
	H1（距楼上地面 100cm）	2.50E-05	3.88E-03	3.90E-03	/
	I1（距楼下地面 170cm）	1.73E-05	2.56E-03	2.57E-03	/

表 11-12 医疗中心大楼四楼介入手术室 2 号屏蔽体外各关注点及介入操作位剂量率

工作 模式	关注点描述	泄漏辐射剂 量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	散射辐射剂 量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	总剂量率 （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	透视和摄影 模式考虑 2 倍 的剂量率 （ $\mu\text{Sv/h}$ ）
透视 模式	A2（东墙外 30cm）	1.15E-05	5.55E-05	6.70E-05	1.34E-04
	B2（南墙外 30cm）	6.89E-07	3.33E-06	4.02E-06	8.05E-06
	C2（南侧观察窗外 30cm）	6.25E-05	3.02E-04	3.65E-04	7.30E-04
	D2（南侧防护门外 30cm）	2.50E-05	1.21E-04	1.46E-04	2.92E-04
	E2（西墙外 30cm）	1.15E-05	5.55E-05	6.70E-05	1.34E-04
	F2（北墙外 30cm）	1.02E-06	4.94E-06	5.96E-06	1.19E-05
	G2（北侧防护门外 30cm）	3.99E-05	1.93E-04	2.33E-04	4.66E-04
	H2（距楼上地面 100cm）	1.32E-07	8.22E-07	9.54E-07	1.91E-06
	I2（距楼下地面 170cm）	1.22E-07	4.21E-07	5.43E-07	1.09E-06
	J2 手术医生（铅橡胶防护衣内）	4.08E+00	1.97E+01	2.38E+01	4.76E+01
	J' 2 手术医生（铅橡胶防护衣外）	2.52E+01	1.22E+02	1.47E+02	2.94E+02
	K2 护士位（铅橡胶防护衣内）	1.81E+00	8.76E+00	1.06E+01	2.11E+01
	K' 2 护士位（铅橡胶防护衣外）	1.12E+01	5.41E+01	6.52E+01	1.30E+02
摄影 模式	A2（东墙外 30cm）	1.24E-04	3.62E-02	3.63E-02	7.26E-02
	B2（南墙外 30cm）	1.31E-05	3.80E-03	3.81E-03	7.63E-03
	C2（南侧观察窗外 30cm）	5.74E-04	1.68E-01	1.69E-01	3.38E-01
	D2（南侧防护门外 30cm）	2.30E-04	6.74E-02	6.76E-02	1.35E-01

类 CT 模式	E2（西墙外 30cm）	1.24E-04	3.62E-02	3.63E-02	7.26E-02
	F2（北墙外 30cm）	1.94E-05	5.63E-03	5.65E-03	1.13E-02
	G2（北侧防护门外 30cm）	3.67E-04	1.08E-01	1.08E-01	2.16E-01
	H2（距楼上地面 100cm）	2.73E-06	1.03E-03	1.03E-03	2.06E-03
	I2（距楼下地面 170cm）	3.03E-06	6.24E-04	6.27E-04	1.25E-03
	A2（东墙外 30cm）	6.52E-04	1.36E-01	1.37E-01	/
	B2（南墙外 30cm）	6.91E-05	1.44E-02	1.45E-02	/
	C2（南侧观察窗外 30cm）	2.11E-03	4.40E-01	4.43E-01	/
	D2（南侧防护门外 30cm）	9.27E-04	1.93E-01	1.94E-01	/
	E2（西墙外 30cm）	6.52E-04	1.36E-01	1.37E-01	/
	F2（北墙外 30cm）	9.80E-05	2.04E-02	2.05E-02	/
	G2（北侧防护门外 30cm）	1.56E-03	3.25E-01	3.26E-01	/
	H2（距楼上地面 100cm）	2.50E-05	3.88E-03	3.90E-03	/
	I2（距楼下地面 170cm）	1.73E-05	2.56E-03	2.57E-03	/

表 11-13 医疗中心大楼四楼介入手术室 3 号屏蔽体外各关注点及介入操作位剂量率

工作 模式	关注点描述	泄漏辐射剂 量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	散射辐射剂 量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	总剂量率 （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	透视和摄影模 式考虑 2 倍的 剂量率 （ $\mu\text{Sv/h}$ ）
透 视 模 式	A3（东墙外 30cm）	5.35E-07	2.59E-06	3.12E-06	6.24E-06
	B3（南墙外 30cm）	6.89E-07	3.33E-06	4.02E-06	8.05E-06
	C3（南侧观察窗外 30cm）	6.25E-05	3.02E-04	3.65E-04	7.30E-04
	D3（南侧防护门外 30cm）	2.50E-05	1.21E-04	1.46E-04	2.92E-04
	E3（西墙外 30cm）	1.15E-05	5.55E-05	6.70E-05	1.34E-04
	F3（北墙外 30cm）	1.02E-06	4.94E-06	5.96E-06	1.19E-05
	G3（北侧防护门外 30cm）	3.99E-05	1.93E-04	2.33E-04	4.66E-04
	H3（距楼上地面 100cm）	1.32E-07	8.22E-07	9.54E-07	1.91E-06
	I3（距楼下地面 170cm）	1.22E-07	4.21E-07	5.43E-07	1.09E-06
	J3 手术医生（铅橡胶防护衣内）	4.08E+00	1.97E+01	2.38E+01	4.76E+01
	J'3 手术医生（铅橡胶防护衣外）	2.52E+01	1.22E+02	1.47E+02	2.94E+02
	K3 护士位（铅橡胶防护衣内）	1.81E+00	8.76E+00	1.06E+01	2.11E+01
	K'3 护士位（铅橡胶防护衣外）	1.12E+01	5.41E+01	6.52E+01	1.30E+02
摄 影 模 式	A3（东墙外 30cm）	1.01E-05	2.95E-03	2.96E-03	5.92E-03
	B3（南墙外 30cm）	1.31E-05	3.80E-03	3.81E-03	7.63E-03
	C3（南侧观察窗外 30cm）	5.74E-04	1.68E-01	1.69E-01	3.38E-01
	D3（南侧防护门外 30cm）	2.30E-04	6.74E-02	6.76E-02	1.35E-01
	E3（西墙外 30cm）	1.24E-04	3.62E-02	3.63E-02	7.26E-02

	F3 (北墙外 30cm)	1.94E-05	5.63E-03	5.65E-03	1.13E-02
	G3 (北侧防护门外 30cm)	3.67E-04	1.08E-01	1.08E-01	2.16E-01
	H3 (距楼上地面 100cm)	2.73E-06	1.03E-03	1.03E-03	2.06E-03
	I3 (距楼下地面 170cm)	3.03E-06	6.24E-04	6.27E-04	1.25E-03
类CT 模式	A3 (东墙外 30cm)	6.87E-05	1.43E-02	1.44E-02	/
	B3 (南墙外 30cm)	6.91E-05	1.44E-02	1.45E-02	/
	C3 (南侧观察窗外 30cm)	2.11E-03	4.40E-01	4.43E-01	/
	D3 (南侧防护门外 30cm)	8.47E-04	1.76E-01	1.77E-01	/
	E3 (西墙外 30cm)	6.52E-04	1.36E-01	1.37E-01	/
	F3 (北墙外 30cm)	9.80E-05	2.04E-02	2.05E-02	/
	G3 (北侧防护门外 30cm)	1.35E-03	2.81E-01	2.83E-01	/
	H3 (距楼上地面 100cm)	2.50E-05	3.88E-03	3.90E-03	/
	I3 (距楼下地面 170cm)	1.73E-05	2.56E-03	2.57E-03	/

表 11-14 医疗中心大楼四楼复合手术室 1 号屏蔽体外各关注点及介入操作位剂量率

工作模式	关注点描述	泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
透视 模式	A4 (东墙外 30cm)	3.13E-08	1.51E-07	1.83E-07
	B4 (南墙外 30cm)	3.88E-08	1.88E-07	2.27E-07
	C4(西侧防护门外 30cm)	8.30E-07	4.01E-06	4.84E-06
	D4 (西墙外 30cm)	1.11E-08	5.38E-08	6.49E-08
	E4 (北侧防护门 1 外 30cm)	1.52E-05	7.37E-05	8.90E-05
	F4 (北侧观察窗外 30cm)	2.56E-05	1.24E-04	1.50E-04
	G4 (北墙外 30cm)	2.08E-08	1.01E-07	1.22E-07
	H4 (北侧防护门 2 外 30cm)	2.04E-05	9.88E-05	1.19E-04
	I4 (距楼上地面 100cm)	1.32E-07	6.36E-07	7.68E-07
	J4 (距楼下地面 170cm)	1.22E-07	5.92E-07	7.15E-07
	K4 手术医生 (铅橡胶防护衣内)	4.08E+00	1.97E+01	2.38E+01
	K' 4 手术医生 (铅橡胶防护衣外)	2.52E+01	1.22E+02	1.47E+02
	L4 护士位 (铅橡胶防护衣内)	1.81E+00	8.76E+00	1.06E+01
	L' 4 护士位 (铅橡胶防护衣外)	1.12E+01	5.41E+01	6.52E+01
摄影 模式	A4 (东墙外 30cm)	1.05E-06	3.02E-04	3.03E-04
	B4 (南墙外 30cm)	1.30E-06	3.75E-04	3.76E-04
	C4(西侧防护门外 30cm)	1.34E-05	3.91E-03	3.93E-03
	D4 (西墙外 30cm)	3.72E-07	1.07E-04	1.08E-04
	E4 (北侧防护门 1 外 30cm)	1.40E-04	4.11E-02	4.12E-02
	F4 (北侧观察窗外 30cm)	2.35E-04	6.90E-02	6.93E-02

	G4（北墙外 30cm）	6.96E-07	2.01E-04	2.02E-04
	H4（北侧防护门 2 外 30cm）	1.88E-04	5.50E-02	5.52E-02
	I4（距楼上地面 100cm）	2.73E-06	7.94E-04	7.97E-04
	J4（距楼下地面 170cm）	3.03E-06	8.79E-04	8.82E-04
类 CT 模式	A4（东墙外 30cm）	6.82E-06	1.42E-03	1.43E-03
	B4（南墙外 30cm）	1.02E-05	2.12E-03	2.13E-03
	C4(西侧防护门外 30cm)	6.34E-05	1.32E-02	1.33E-02
	D4（西墙外 30cm）	2.46E-06	5.12E-04	5.15E-04
	E4（北侧防护门 1 外 30cm）	5.51E-04	1.15E-01	1.15E-01
	F4（北侧观察窗外 30cm）	1.15E-03	2.40E-01	2.41E-01
	G4（北墙外 30cm）	5.91E-06	1.23E-03	1.24E-03
	H4（北侧防护门 2 外 30cm）	7.57E-04	1.58E-01	1.59E-01
	I4（距楼上地面 100cm）	2.50E-05	3.88E-03	3.90E-03
	J4（距楼下地面 170cm）	1.73E-05	2.56E-03	2.57E-03
滑轨 CT 模式	A4（东墙外 30cm）	1.03E-05	2.14E-03	2.15E-03
	B4（南墙外 30cm）	8.07E-05	1.68E-02	1.69E-02
	C4(西侧防护门外 30cm)	6.34E-05	1.32E-02	1.33E-02
	D4（西墙外 30cm）	7.26E-06	1.51E-03	1.52E-03
	E4（北侧防护门 1 外 30cm）	5.16E-04	1.07E-01	1.08E-01
	F4（北侧观察窗外 30cm）	8.67E-04	1.81E-01	1.81E-01
	G4（北墙外 30cm）	2.71E-05	5.64E-03	5.67E-03
	H4（北侧防护门 2 外 30cm）	6.91E-04	1.44E-01	1.45E-01
	I4（距楼上地面 100cm）	6.48E-05	1.35E-02	1.36E-02
	J4（距楼下地面 170cm）	1.60E-04	3.33E-02	3.35E-02

表 11-15 医疗中心大楼四楼复合手术室 2 号屏蔽体外各关注点及介入操作位剂量率

工作模式	关注点描述	泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
滑轨 CT 模式	A5（东侧防护门外 30cm）	3.23E-04	5.39E-01	5.39E-01
	B5（东墙外 30cm）	8.40E-05	1.08E-01	1.08E-01
	C5（南墙外 30cm）	4.04E-05	6.73E-02	6.74E-02
	D5（西侧防护门外 30cm）	5.74E-05	9.57E-02	9.58E-02
	E5（西墙外 30cm）	8.73E-06	1.46E-02	1.46E-02
	F5（北侧观察窗外 30cm）	9.38E-05	1.56E-01	1.56E-01
	G5（北墙外 30cm）	2.69E-05	4.48E-02	4.48E-02
	H5（北侧防护门外 30cm）	1.38E-04	2.30E-01	2.31E-01
	I5（距楼上地面 100cm）	6.48E-05	1.08E-01	1.08E-01
	J5（距楼下地面 170cm）	1.60E-04	2.66E-01	2.66E-01

根据理论预测结果可知：

本项目介入手术室 1 号、2 号和 3 号及复合手术室 1 号：

1) 透视模式下，本项目介入手术室 1 号、2 号和 3 号及复合手术室 1 号防护实体外 30cm 处各关注点辐射剂量率在 $(6.49\text{E-}08\sim7.77\text{E-}04)\mu\text{Sv/h}$ 之间，楼上、楼下各关注点辐射剂量率在 $(7.15\text{E-}07\sim1.91\text{E-}06)\mu\text{Sv/h}$ 之间；

2) 摄影模式下，本项目介入手术室 1 号、2 号和 3 号及复合手术室 1 号防护实体外 30cm 处各关注点辐射剂量率在 $(1.08\text{E-}04\sim3.60\text{E-}01)\mu\text{Sv/h}$ 之间，楼上、楼下各关注点辐射剂量率在 $(6.18\text{E-}04\sim2.06\text{E-}03)\mu\text{Sv/h}$ 之间；

3) 类 CT 模式下，本项目介入手术室 1 号、2 号和 3 号及复合手术室 1 号防护实体外 30cm 处各关注点辐射剂量率在 $(5.14\text{E-}04\sim4.71\text{E-}01)\mu\text{Sv/h}$ 之间，楼上、楼下各关注点辐射剂量率在 $(2.57\text{E-}03\sim3.90\text{E-}03)\mu\text{Sv/h}$ 之间。

本项目复合手术室 1 号、2 号：

1) 复合手术室 1 号在使用滑轨 CT 扫描状态下，复合手术室 1 号防护实体外 30cm 处各关注点辐射剂量率在 $(1.52\text{E-}03\sim1.81\text{E-}01)\mu\text{Sv/h}$ 之间，楼上、楼下各关注点辐射剂量率在 $(1.36\text{E-}02\sim3.35\text{E-}02)\mu\text{Sv/h}$ 之间；

2) 复合手术室 2 号在使用滑轨 CT 扫描状态下，复合手术室 2 号防护实体外 30cm 处各关注点辐射剂量率在 $(1.46\text{E-}02\sim5.39\text{E-}01)\mu\text{Sv/h}$ 之间，楼上、楼下各关注点辐射剂量率在 $(2.66\text{E-}01\sim1.08\text{E-}01)\mu\text{Sv/h}$ 之间。

由机房布置图可知，介入手术室 1 号控制室工作人员和公众成员（防护门外）受到介入手术室 2 号的叠加影响，则介入手术室 1 号控制室工作人员叠加剂量率最大值：

$(0.471+0.443)=0.914\mu\text{Sv/h}$ ；公众成员（防护门外）叠加剂量率最大值： $(0.319+0.326)=0.645\mu\text{Sv/h}$ 。

介入室 2 号控制室工作人员和公众成员（防护门外）受到介入室 1 号、介入室 3 号、复合手术室 1 号和复合手术室 2 号的叠加影响，则介入室 2 号控制室工作人员叠加剂量率最大值： $(0.471+0.443+0.443+0.181+0.156)=1.697\mu\text{Sv/h}$ ；公众成员（介入手术室北侧防护门外）叠加剂量率最大值： $(0.319+0.326+0.283)=0.928\mu\text{Sv/h}$ ；公众成员（介入手术室南侧防护门外 + 复合手术室北侧防护门外）叠加剂量率最大值： $(0.193+0.194+0.177+0.108+0.231)=0.903\mu\text{Sv/h}$ 。

介入室 3 号控制室工作人员和公众成员（防护门外）受到介入室 2 号、复合手术室 1 号和复合手术室 2 号的叠加影响，则介入室 3 号控制室工作人员叠加剂量率最大值：

$(0.443+0.443+0.181+0.156)=1.223\mu\text{Sv/h}$ ；公众成员（介入手术室北侧防护门外）叠加剂量率最大值： $(0.326+0.283)=0.609\mu\text{Sv/h}$ ；公众成员（介入手术室南侧防护门外+复合手术室北侧防护门外）叠加剂量率最大值： $(0.194+0.177+0.108+0.231)=0.710\mu\text{Sv/h}$ 。

复合手术室1号控制室工作人员和公众成员（防护门外）受到复合手术室2号和介入手术室2号、介入手术室3号的叠加影响，则复合手术室1号控制室工作人员叠加剂量率最大值： $(0.181+0.156+0.443+0.443)=1.22\mu\text{Sv/h}$ ；公众成员（防护门外）叠加剂量率最大值： $(0.108+0.231+0.194+0.177)=0.71\mu\text{Sv/h}$ 。

复合手术室2号控制室工作人员和公众成员（防护门外）受到复合手术室1号和介入手术室2号、介入手术室3号的叠加影响，则复合手术室2号控制室工作人员叠加剂量率最大值： $(0.181+0.156+0.443+0.443)=1.22\mu\text{Sv/h}$ ；公众成员（防护门外）叠加剂量率最大值： $(0.108+0.231+0.194+0.177)=0.71\mu\text{Sv/h}$ 。

根据上述理论估算结果可知，在考虑多台设备的叠加影响后，本项目DSA和滑轨CT在正常工况下，各模式曝光束所致介入手术室和复合手术室屏蔽体外30cm处各关注点辐射剂量率最大值为 $1.697\mu\text{Sv/h}$ ，均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中“具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，机房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 $25\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求。由于理论计算时的透视、摄影、类CT及滑轨CT曝光条件均大于实际常用工况，故上述理论计算结果是偏保守的。

(2) 职业工作人员及公众人员年有效剂量估算

为确定医院射线装置运行过程中对操作人员和公众产生的辐射剂量及其辐射环境影响，对其进行辐射剂量估算评价。

(1)介入操作位个人有效剂量当量计算模式如下(取自 GBZ 128-2019 中 6.2.4 公式4)：

$$H_e = \alpha H_u + \beta H_o \dots \dots \dots \text{式 (11-3)}$$

式中： H_e —DSA 介入操作位个人有效剂量当量，mSv；

α —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

β —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

H_u —铅围裙内个人有效剂量当量，单位为毫希沃特（mSv）；

H_o —铅围裙外个人有效剂量当量，单位为毫希沃特（mSv）。

(2) 隔室操作人员个人年有效剂量当量计算模式如下：

$$H_T = D_T \times T \times 10^{-3} \dots \dots \dots \text{式 (11-4)}$$

式中： H_{γ} — γ 辐射外照射人均年有效剂量当量，mSv；

D_{γ} —X- γ 辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T—年工作时间，h。

根据医院提供的相关资料，本项目 DSA 和滑轨 CT 机辐射工作人员均依托医院现有辐射工作人员，本项目 DSA 拟调配 16 名辐射工作人员（介入医师 8 人，护士 4 人，技师 4 人，分成四组），调配后的辐射工作人员仅从事本项目安排的辐射工作，不再从事原有放射工作；本项目滑轨 CT 机拟调配 2 名辐射工作人员，调配后的辐射工作人员仅从事本项目安排的辐射工作，不再从事原有放射工作。

表 11-16 本项目辐射工作人员工作负荷统计表

人员类型	工作状态	每台手术最长曝光时间	年最大手术量（台）	年最大曝光时间（h）	
介入手术室 1 号（介入医生 2 人、护士 1 人和技师 1 人）	摄影	1min	500	8.33	95.83
	类 CT	30s		4.17	
	透视	10min		83.33	
介入手术室 2 号（介入医生 2 人、护士 1 人和技师 1 人）	摄影	1min	500	8.33	95.83
	类 CT	30s		4.17	
	透视	10min		83.33	
介入手术室 3 号（介入医生 2 人、护士 1 人和技师 1 人）	摄影	1min	500	8.33	95.83
	类 CT	30s		4.17	
	透视	10min		83.33	
复合手术室 1 号介入辐射工作人员（介入医生 2 人、护士 1 人和技师 1 人）	摄影	1min	500	8.33	183.37
	类 CT	30s		4.17	
	透视	20min		166.7	
	滑轨 CT 成像	30s		4.17	
滑轨 CT 机辐射工作人员（技师 2 人）	滑轨 CT 成像	30s	500	4.17	4.17

注：①本项目拟配备 16 名辐射工作人员（介入医师 8 人，护士 4 人，技师 4 人，分为四组），介入手术室 1 号、2 号和 3 号介入医生、护士和技师分 1 组（每组介入医生 2 人、护士 1 人和技师 1 人）；复合手术室 1 号介入医生、护士和技师分 1 组（每组介入医生 2 人、护士 1 人和技师 1 人），复合手术室 1 号滑轨 CT 依托复合手术室 1 号技师；滑轨 CT 技师分 1 组（每组技师 2 人），滑轨 CT 技师仅在复合手术室 2 号操作；本项目辐射工作人员工作不交叉。②本项目滑轨 CT 机年手术量约为 1000 台（复合手术

室 1 号年手术室量约为 500 台，复合手术室 2 号年手术室量约为 500 台），每台手术 CT 扫描时间 30s，故滑轨 CT 在复合手术室 1 号年成像时间为 4.17h，在复合手术室 2 号年成像时间为 4.17h。

表 11-17 本项目各辐射工作场所所致工作人员最大附加年有效剂量估算表

工作人员	项目	剂量率 (μSv/h)	单人手术 台数(台)	单台手术 时间 (min)	工作 时间 (h)	年有效剂量 (mSv)	
医疗中心大楼四楼介入手术室 1 号							
医生	同室(铅橡胶防护衣内)	4.76E+01	500	10	83.33	4.38E+00	4.39E+00
	同室(铅橡胶防护衣外)	2.94E+02					
	隔室摄影曝光	3.60E-01		1	8.33	3.00E-03	
	隔室类 CT 扫描	4.71E-01		0.5	4.17	1.96E-03	
护士	同室(铅橡胶防护衣内)	2.11E+01	500	10	83.33	1.94E+00	1.95E+00
	同室(铅橡胶防护衣外)	1.30E+02					
	隔室摄影曝光	3.60E-01		1	8.33	3.00E-03	
	隔室类 CT 扫描	4.71E-01		0.5	4.17	1.96E-03	
技师	隔室透视曝光	3.88E-04	500	10	83.33	3.23E-05	5.00E-03
	隔室摄影曝光	3.60E-01		1	8.33	3.00E-03	
	隔室类 CT 扫描	4.71E-01		0.5	4.17	1.96E-03	
医疗中心大楼四楼介入手术室 2 号							
医生	同室(铅橡胶防护衣内)	4.76E+01	500	10	83.33	4.38E+00	4.39E+00
	同室(铅橡胶防护衣外)	2.94E+02					
	隔室摄影曝光	3.38E-01		1	8.33	2.82E-03	
	隔室类 CT 扫描	4.43E-01		0.5	4.17	1.85E-03	
护士	同室(铅橡胶防护衣内)	2.11E+01	500	10	83.33	1.94E+00	1.95E+00
	同室(铅橡胶防护衣外)	1.30E+02					
	隔室摄影曝光	3.38E-01		1	8.33	2.82E-03	
	隔室类 CT 扫描	4.43E-01		0.5	4.17	1.85E-03	
技师	隔室透视曝光	3.65E-04	500	10	83.33	3.04E-05	4.69E-03
	隔室摄影曝光	3.38E-01		1	8.33	2.82E-03	
	隔室类 CT 扫描	4.43E-01		0.5	4.17	1.85E-03	
医疗中心大楼四楼介入手术室 3 号							
医生	同室(铅橡胶防护衣内)	4.76E+01	500	10	83.33	4.38E+00	4.39E+00
	同室(铅橡胶防护衣外)	2.94E+02					
	隔室摄影曝光	3.38E-01		1	8.33	2.82E-03	
	隔室类 CT 扫描	4.43E-01		0.5	4.17	1.85E-03	
护士	同室(铅橡胶防护衣内)	2.11E+01	500	10	83.33	1.94E+00	1.95E+00
	同室(铅橡胶防护衣外)	1.30E+02					

	隔室摄影曝光	3.38E-01		1	8.33	2.82E-03	
	隔室类 CT 扫描	4.43E-01		0.5	4.17	1.85E-03	
技师	隔室透视曝光	3.65E-04	500	10	83.33	3.04E-05	4.69E-03
	隔室摄影曝光	3.38E-01		1	8.33	2.82E-03	
	隔室类 CT 扫描	4.43E-01		0.5	4.17	1.85E-03	
医疗中心大楼四楼复合手术室 1 号							
医生	同室(铅橡胶防护衣内)	2.38E+01	500	20	166.7	4.38E+00	4.39E+00
	同室(铅橡胶防护衣外)	1.47E+02					
	隔室摄影曝光	6.93E-02		1	8.33	5.77E-04	
	隔室类 CT 扫描	1.81E-01		0.5	4.17	7.55E-04	
护士	同室(铅橡胶防护衣内)	1.06E+01	500	20	166.7	1.95E+00	1.95E+00
	同室(铅橡胶防护衣外)	6.52E+01					
	隔室摄影曝光	6.93E-02		1	8.33	5.77E-04	
	隔室类 CT 扫描	1.81E-01		0.5	4.17	7.55E-04	
技师	隔室透视曝光	1.50E-04	500	20	166.7	2.50E-05	2.36E-03
	隔室摄影曝光	6.93E-02		1	8.33	5.77E-04	
	隔室类 CT 扫描	2.41E-01		0.5	4.17	1.00E-03	
	隔室滑轨 CT 扫描	1.81E-01		0.5	4.17	7.55E-04	
医疗中心大楼四楼复合手术室 2 号							
技师	隔室滑轨 CT 扫描	1.56E-01	500	0.5	4.17	6.51E-04	6.51E-04
注：①介入医生和护士隔室操作时，保守取控制室内最大辐射剂量率进行估算。 ②介入手术室 1 号控制室工作人员受到介入手术室 2 号的叠加影响，则介入手术室 1 号控制室工作人员叠加后年有效剂量最大值：0.005+0.00469=0.00969mSv/a。 ③介入手术室 2 号控制室工作人员受到介入室 1 号、介入室 3 号、复合手术室 1 号和复合手术室 2 号的叠加影响，则介入手术室 2 号控制室工作人员叠加后年有效剂量最大值： 0.005+0.00469+0.00469+0.00236+0.000651=0.017391mSv/a。 ④介入手术室 3 号控制室工作人员受到介入室 2 号、复合手术室 1 号和复合手术室 2 号的叠加影响，则介入手术室 3 号控制室工作人员叠加后年有效剂量最大值： 0.00469+0.00469+0.00236+0.000651=0.012391mSv/a。 ⑤复合手术室 1 号控制室工作人员受到复合手术室 2 号和介入手术室 2 号、介入手术室 3 号的叠加影响，则复合手术室 1 号控制室工作人员叠加后年有效剂量最大值： 0.00236+0.000651+0.00469+0.00469=0.012391mSv/a。 ⑥复合手术室 2 号控制室工作人员受到复合手术室 1 号和介入手术室 2 号、介入手术室 3 号的叠加影响，则复合手术室 2 号控制室工作人员叠加后年有效剂量最大值： 0.00236+0.000651+0.00469+0.00469=0.012391mSv/a。							

表 11-18 本项目各辐射工作场所所致公众成员最大附加年有效剂量估算表

环境保护对象			工作模式	相对方位	年受照时间(h)	居留因子	剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	有效剂量(mSv/a)
医疗中心大楼四楼介	公众成	污物走廊	透视	北面	83.33	1/4	4.54E-04	7.79E-04
			摄影		8.33		2.10E-01	
			类 CT		4.17		3.19E-01	

		洁净走廊	透视	南面	83.33	1/4	2.94E-04	4.91E-04
			摄影		8.33		1.36E-01	
			类 CT		4.17		1.93E-01	
		换车间	透视	西面	83.33	1/4	6.24E-06	2.75E-05
			摄影		8.33		5.92E-03	
			类 CT		4.17		1.44E-02	
		设备层	透视	楼上	83.33	1/16	1.91E-06	2.10E-06
			摄影		8.33		2.06E-03	
			类 CT		4.17		3.90E-03	
		静配中心	透视	楼下	83.33	1	1.09E-06	2.12E-05
			摄影		8.33		1.25E-03	
			类 CT		4.17		2.57E-03	
医疗中心大楼四楼介入手术室 2 号	公众成员	污物走廊	透视	北面	83.33	1/4	4.66E-04	7.99E-04
			摄影		8.33		2.16E-01	
			类 CT		4.17		3.26E-01	
		洁净走廊	透视	南面	83.33	1/4	2.92E-04	4.89E-04
			摄影		8.33		1.35E-01	
			类 CT		4.17		1.94E-01	
		设备层	透视	楼上	83.33	1/16	1.91E-06	2.10E-06
			摄影		8.33		2.06E-03	
			类 CT		4.17		3.90E-03	
		静配中心	透视	楼下	83.33	1	1.09E-06	2.12E-05
			摄影		8.33		1.25E-03	
			类 CT		4.17		2.57E-03	
医疗中心大楼四楼介入手术室 3 号	公众成员	设备间	透视	东面	83.33	1/16	6.24E-06	6.87E-06
			摄影		8.33		5.92E-03	
			类 CT		4.17		1.44E-02	
		洁净走廊	透视	南面	83.33	1/4	2.92E-04	4.72E-04
			摄影		8.33		1.35E-01	
			类 CT		4.17		1.77E-01	
		污物走廊	透视	北面	83.33	1/4	4.66E-04	7.55E-04
			摄影		8.33		2.16E-01	
			类 CT		4.17		2.83E-01	
		设备层	透视	楼上	83.33	1/16	1.91E-06	2.10E-06
			摄影		8.33		2.06E-03	
			类 CT		4.17		3.90E-03	
		静配中心	透视	楼下	83.33	1	1.09E-06	2.12E-05
			摄影		8.33		1.25E-03	
			类 CT		4.17		2.57E-03	
医疗中心大楼四楼复	公众成	走廊	透视	东面	166.7	1/4	1.83E-07	4.37E-06
			摄影		8.33		3.03E-04	
			类 CT		4.17		1.43E-03	

			滑轨 CT		166.7		2.15E-03	
		洁净走廊	透视	北面	8.33	1/4	1.19E-04	4.37E-04
			摄影		4.17		5.52E-02	
			类 CT		166.7		1.59E-01	
			滑轨 CT		8.33		1.45E-01	
		设备层	透视	楼上	4.17	1/16	7.68E-07	4.98E-06
			摄影		166.7		7.97E-04	
			类 CT		8.33		3.90E-03	
			滑轨 CT		4.17		1.36E-02	
		静配中心	透视	楼下	166.7	1	7.15E-07	1.58E-04
			摄影		8.33		8.82E-04	
			类 CT		4.17		2.57E-03	
			滑轨 CT		4.17		3.35E-02	
医疗中心大楼 四楼复合手术室 2 号	公众成员	设备间	滑轨 CT	西面	4.17	1/16	1.46E-02	3.81E-06
		缓冲间	滑轨 CT	西面	4.17	1/4	9.58E-02	9.99E-05
		洁净走廊	滑轨 CT	北面	4.17	1/4	2.31E-01	2.41E-04
		设备层	滑轨 CT	楼上	4.17	1/16	1.08E-01	2.81E-05
		静配中心	滑轨 CT	楼下	4.17	1	2.66E-01	1.11E-03

注：①公众成员保守取该侧最大辐射剂量率进行估算。

②介入手术室 1 号公众成员受到介入手术室 2 号的叠加影响，则介入手术室 1 号公众成员叠加后年有效剂量最大值： $0.000779+0.000799=0.001578\text{mSv/a}$ 。

③介入手术室 2 号公众成员受到介入室 1 号、介入室 3 号、复合手术室 1 号和复合手术室 2 号的叠加影响，则介入手术室 2 号公众成员叠加后年有效剂量最大值： $0.000779+0.000799+0.00075+0.000437+0.000241=0.0030006\text{mSv/a}$ 。

④介入手术室 3 号公众成员受到介入室 2 号、复合手术室 1 号和复合手术室 2 号的叠加影响，则介入手术室 3 号公众成员叠加后年有效剂量最大值： $0.000799+0.000755+0.000437+0.000241=0.002232\text{mSv/a}$ 。

⑤复合手术室 1 号公众成员受到复合手术室 2 号和介入手术室 2 号、介入手术室 3 号的叠加影响，则复合手术室 1 号公众成员叠加后年有效剂量最大值： $0.000437+0.000241+0.000489+0.000472=0.001639\text{mSv/a}$ 。

⑥复合手术室 2 号公众成员受到复合手术室 1 号和介入手术室 2 号、介入手术室 3 号的叠加影响，则复合手术室 2 号公众成员叠加后年有效剂量最大值： $0.000437+0.000241+0.000489+0.000472=0.001639\text{mSv/a}$ 。

由表 11-17 和表 11-18 估算结果可知，在考虑多台设备的叠加辐射影响下，本项目辐射工作人员年有效剂量最大值为 4.39mSv ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），也低于剂量约束值 5mSv/a ；公众最大年有效剂量为 3.00E-03mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的受照剂量限值的要求，也低于剂量约束值 0.1mSv/a 。

三、事故影响分析

本项目射线装置可能发生的辐射事故情形主要为以下几种：

（1）工作人员或病人家属在防护门关闭前尚未撤离机房，射线装置运行可能产生误照

射。工作人员出束前，应通过观察窗等确认机房内无相关人员后才能出束。

(2) 安全联锁装置发生故障状况下，人员误入正在运行的机房而受到误照射。因此，工作人员应每天检查安全联锁装置，且医务人员必须严格按照射线装置操作程序进行操作，防止事故的发生。当发生事故时立即按下紧急按钮停止治疗，减少事故的影响。

(3) 工作人员误操作导致病人受到不必要的照射，操作人员均须经培训合格后上岗，且按操作规程操作，防止事故的发生。当发生误操作时工作人员应立即停止出束。

本项目射线装置运行过程中可能发生的辐射事故及风险的发生主要是在管理上出问题，工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求穿戴好各种辐射防护用品，并定期检查机房的性能及有关的安全警示标志是否正常工作，避免无关人员误入正在使用的射线装置机房内。

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

①立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

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

④在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

⑤事故处理后应整理相关资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事故再次发生所采取的措施。对可能发生的放射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理。同时上报生态环境部门和卫健委部门。

表 12 辐射安全管理

1.辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订）等法规文件，为保证项目建设期和运营期的辐射防护措施落实情况，医院成立了以陈志平伟组长，王晓华为副组长，龚震宇、邹伏英等为成员的放（辐）射防护管理工作领导小组，主要工作职责如下：

（1）执行国家放（辐）射防护的法规和政策；

（2）制定以及审核医院内放（辐）射防护工作制度；

（3）预防放（辐）射事故，确定放（辐）射事故应急状态等级，统一指挥本单位的放（辐）射事故应急响应行动；

（4）及时向驻地及省级卫生健康委、环保与公安等主管部门报告事故情况，协助和配合相关部门做好放（辐）射事故应急管理工作。

2.辐射安全管理规章制度

根据法律法规相关要求，医院制定了《关于调整江西省人民医院放（辐）射防护管理工作领导小组成员的通知》《江西省人民医院放（辐）射事故应急预案（2021 年修订版）》《放射工作人员职业健康管理规定》《辐射安全与防护管理制度》《辐射监测计划》《辐射工作人员岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《射线装置台账管理制度》《设备检修维护制度》《辐射工作人员培训制度》《介入室放射安全管理制度》《DSA 操作规程》《介入质量保证方案》等规章制度。医院目前核技术应用过程中基本按照这些规章制度执行，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、落实以及档案管理等方面运行良好。

对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第六款至第九款的要求，“使用放射性同位素、射线装置的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射安全和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案、确保放射性废气、废液、固体废物达标排放可行的处理方案、质量保证大纲、质量控制检测计划以及完善的辐射事故应急措施”等相关要求，医院建立的辐射安全管理制度较为全面，且规章制度内容符合建设单位实际情况，切实可行。

本项目运行后，医院应严格落实各项规章制度，定期修改和完善各项规章制度，确保医院射线装置的安全运行。医院建立的辐射安全管理制度较为全面，各项管理制度可依托

现有管理制度体系。

3.辐射监测

（1）已有辐射监测情况

①常规监测：每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，包括辐射工作场所机房的各面屏蔽墙、观察窗和防护门等工作场所，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。

②辐射工作人员佩戴个人剂量计上岗，并每季度定期送检，并建立完善的个人剂量检测档案。

（2）本项目辐射监测计划

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）等的要求，医院针对本项目制定了相应的辐射监测计划，包括：

①辐射工作人员个人剂量监测

医院对放射工作人员开展个人剂量监测，监测工作委托具有相应资质的放射防护技术服务机构承担，常规个人剂量监测的周期应综合考虑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，医院配合委托单位及时收发个人剂量卡。个人剂量监测档案包括放射工作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。加强对放射性工作人员个人剂量档案、个人健康档案的保管，要求终身保存，放射性工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。医院还应关注工作人员每一次的累积剂量监测结果，对监测结果超过剂量管理限值的原因进行调查和分析，优化实践行为，同时应建立并终生保存个人剂量监测档案，以备辐射工作人员查看和管理部门检查。辐射工作人员上岗前应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；项目运行后医院还应当组织放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。

②年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进

行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的辐射监测机构进行监测。医院将按照辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对医院的辐射工作场所进行年度监测。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前上报上一年度年度评估报告至生态环境主管部门。

③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）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，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。本项目环保设施验收期限一般不超过 3 个月，需要对该类环保设施进行调试或者整改的，验收期限可适当延期，但最长不超过 12 个月。

④工作场所和周围环境监测

监测频率：每年委托有资质的单位监测一次，平时定期进行自主监测，具体监测频率详见表 12-1。因本项目介入手术室和复合手术室布置相对集中，故针对本项目医院拟配备 1 台便携式 X-γ辐射剂量率监测仪，医院拟安排专职人员定期对便携式 X-γ辐射剂量率监测仪进行日常管理维护，确保仪器处于正常可用状态。医院拟定期对射线装置机房四周环境进行监测。发现问题及时整改。所有监测记录，存档备查，并编制年度辐射安全防护评估报告上报当地生态环境部门。

表 12-1 辐射监测计划

监测对象		监测方案	监测项目	监测频率	监测方式
介入手术室	防护性能	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、观察窗、楼上、楼下、管线孔等	周围剂量当量率	每年 1 次	委托有资质单位监测
			周围剂量当量率	每季度 1 次	自行监测
	安全联锁	实测并检查	安全	每次使用前	自行检测
复合手术室	防护性能	东、西、北侧屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防	周围剂量当量率	每年 1 次	委托有资质单位监测

		护门门缝处、观察窗、楼上、楼下、管线孔等	周围剂量当量率	每季度 1 次	自行监测
	安全联锁	实测并检查	安全	每次使用前	自行检测
辐射工作人员		佩戴个人辐射剂量计	年有效剂量	操作时，常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月	送有资质单位检测
外环境		实测	周围剂量当量率	每年 1 次	委托有资质单位监测

医院制定的辐射监测计划符合医院实际情况，包含了竣工环境保护验收监测与定期监测、辐射工作人员个人剂量监测以及日常自行监测，内容全面，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等的要求。

综上所述，医院辐射监测计划较为全面，能够涵盖本项目的各个环节，且监测频率较为合理，辐射监测计划整体可行。

4.医院辐射事故应急预案及其实施程序

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规，医院根据可能发生的辐射事故的风险，制定了本单位的辐射事故应急预案，做好应急准备。发生辐射事故时，单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防护措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门、公安部门和卫健委部门报告。禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报辐射事故。江西省人民医院放（辐）射事故应急预案包括了以下内容：

（1）应急机构及其职责

为了加强放（辐）射事故应急工作的统一指挥、及时应对和处理，医院成立放（辐）射事故防治工作领导小组，负责医院内的放（辐）射事故应急管理工作。人员由院长、主管副院长，各有关科（处）室科长、主任、处长、负责人共同组成。

（2）放（辐）射事故分级

根据放（辐）射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将放（辐）射事故分为特别重大放（辐）射事故、重大放（辐）射事故、较大放（辐）射事故和一般放（辐）射事故四个等级。

特别重大放（辐）射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡。

重大放（辐）射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下(含2人)急性死亡或者10人以上(含10人)急性重度放射病、局部器官残疾。

较大放（辐）射事故，是指Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下(含9人)急性重度放射病、局部器官残疾。

一般放（辐）射事故，是指Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

（3）应急预案的启动和报告

发生放（辐）射事故时，有关人员或知情者应立即报告总值班室（红谷滩院区18770022201，爱国路院区18107086130）和预防保健处（86895525）、保卫处（86895519）等。医院领导决定启动放（辐）射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门和公安部门报告（南昌市环保局应急电话：0791-86356028、江西省环保厅应急电话：0791-86866882）。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报放（辐）射事故。

（4）应急准备

为了保证放（辐）射事故应急工作的有效进行，放（辐）射事故防治工作领导小组要做好事故应急的人员、物资的准备工作，主要包括以下内容：

1、放（辐）射事故应急工作的基本任务是减少危害、保护公众、保护环境。

2、有关科（处）室要做好辐射事故应急准备和应急响应的详细方案，主要职责为：

预防保健处：负责放（辐）射事故向环境主管部门、卫生部门报告，配合有关部门核实事故情况，判断事故类型级别。

医务处、护理部：负责组织医务人员对事故中的受伤害人员提供医疗救护。

后勤管理处：负责处理事故所需的后勤物资供给。

器械处、药剂科：负责处理事故所需的救治器材和救治药品供给，提供防护设备。

保卫处：负责事故向公安部门报告，维护正常医疗秩序，协助有关部门的调查。

3、准备必要的应急设施、设备和相互之间快速可靠的通讯联络系统。

4、准备辐射监测系统、防护器材、药械和其他物资，用于辐射事故应急工作的设施、设备和通讯联络系统、辐射监测系统以及防护器材、药械等，应当处于良好状态。

5、定期对职工进行辐射安全与防护事故应急知识的专门教育，对放(辐)射事故应急工

作人员进行培训，适时组织进行放（辐）射事故应急演练。

（5）应急计划

1、当发生放射源泄漏的泄漏时，操作人员应根据现场情况及时采取应急防护措施，关闭设备电源，人员及时撤离事故现场，并向预防保健处报告情况，医院进入应急待命状态，放（辐）射事故防治工作领导小组根据情况及时向环保与公安等主管部门报告，并做好放（辐）射事故后果预测与评价以及环境放射性监测等工作，为采取放（辐）射事故应急对策和应急防护措施提供依据。

2、放（辐）射事故防治工作领导小组应当根据现场放射性物质释放的情况，实行有效的剂量监督。并做好放（辐）射事故现场接受照射人员的救护、转运和医学处置工作。

3、在放（辐）射事故防治工作领导小组的统一指挥下，由放（辐）射防护人员对泄漏放射源进行处理，整个过程应实施有效的剂量监督。

4、根据对现场放射性物质释放的剂量监督情况，向环保行政主管部门申请解除现场应急状态。

（6）事故的调查及处理报告

放（辐）射事故应急状态终止后，放（辐）射事故防治工作领导小组应当组织相关人员进行事故的调查、分析，并向环保与公安等主管部门提交详细的事故处理报告。

根据江西省突发环境事件应急预案及其实施程序，医院现有的辐射事故应急预案较为全面，可满足医院现有核技术项目。本项目运行后，医院应根据医院核技术项目的实际情况，定期修改和完善辐射事故应急预案，确保辐射事故应急预案的可行性。

综上所述，医院的辐射安全与防护措施、辐射管理制度合理可行，满足《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021）等相关法律法规及标准的相关要求。

5.辐射环境保护“三同时”验收清单

本项目环评批复后，应及时更新辐射安全许可证。

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》要求，医院是项目竣工环境保护验收的责任主体，本项目运行后，医院应当按照规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告；验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。验收报告公示期满后5个工作日内，医院应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。验收主要内容见表12-2。

表 12-2 项目竣工环境保护验收清单

项目	主要环保措施	验收标准	完成验收时间	环保投资（万元）
电离辐射防护措施	本项目介入手术室（1 号、2 号、3 号）和复合手术室（1 号、2 号）的屏蔽措施详见报告表 10-1，本项目机房配备辐射防护用品配备情况见表 10-2。	《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）	与总体工程同步	235
辐射管理措施	制定相应的规章制度和应急预案，规章制度上墙。	/	与总体工程同步	1
	所有辐射工作人员参加辐射防护与安全培训，并取得合格证。			2
	辐射工作人员佩戴个人剂量计，并按时送检，建立完善的个人剂量档案；所有辐射工作人员每年进行职业健康体检，并建立完善健康档案。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）及剂量约束值 5mSv。		6
	日常例行监测、射线装置安全和防护状况年度评估报告。	/		4
	1 台便携式 X-γ辐射剂量率监测仪。	/		2
合计	/	/	/	250

表 13 结论与建议

1.结论

江西省人民医院拟在红谷分院新建一栋医疗中心大楼，在医疗中心大楼 4 楼建设介入手术室 1 号、2 号、3 号和复合手术室 1 号（DSA 复合手术室）、2 号（普通外科手术室）。医院拟购置 4 台数字减影血管造影仪（DSA），型号未定，其中介入手术室 1 号、2 号、3 号拟使用的 DSA 为双球管设备，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，带类 CT 成像功能，属于 II 类射线装置；复合手术室 1 号拟使用的 DSA 为单球管设备，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，带类 CT 成像功能，属于 II 类射线装置；医院拟购置 1 台滑轨 CT 机，型号未定，最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，属于 III 类射线装置，使用场所位于医疗中心大楼 4 楼复合手术室 1 号、2 号。

1.1 可行性分析结论

DSA 和滑轨 CT 项目的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。江西省人民医院拟使用的 DSA 和滑轨 CT 工作场所为病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时医院此次项目涉及的辐射工作场所按相关要求进行了设计，防护措施满足标准要求，对周边环境及人员的影响较小。因此，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于鼓励类“十三、医药中的 4、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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

1.2 辐射安全与防护分析结论

本项目介入手术室和复合手术室屏蔽墙体厚度、辐射工作场所的布局等防护设施的技术要求总体上满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关要求。

1.3 环境影响分析

根据理论估算结果可知，在考虑多台设备的叠加影响后，本项目 DSA 和滑轨 CT 在正常工况下，各模式曝光出束所致介入手术室和复合手术室屏蔽体外 30cm 处各关注点辐射剂量率最大值为 1.697 μ Sv/h，均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中“具

有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，机房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 $25\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求。由于理论计算时的透视、摄影、类 CT 及滑轨 CT 曝光条件均大于实际常用工况，故上述理论计算结果是偏保守的。

根据理论估算结果可知，在考虑多台设备的叠加辐射影响下，本项目辐射工作人员年有效剂量最大值为 4.39mSv ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），也低于剂量约束值 5mSv/a ；公众最大年有效剂量为 $3.00\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的受照剂量限值的要求，也低于剂量约束值 0.1mSv/a 。

1.4 利益代价分析

本项目的建设有利于其周边区域医疗卫生服务水平的提升，改善患者的诊疗环境。本项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益和社会效益，所带来的利益大于其危害。本项目通过对机房设置辐射防护措施，对潜在照射所致危险实施控制，使本项目所引起的个人照射可满足剂量限值要求，符合辐射防护“剂量限值”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。

1.5 总结论

江西省人民医院射线装置应用项目旨在改善患者就医环境，经评价分析，只要认真落实本报告提出的环境保护措施，严格按照程序操作，切实执行国家各项法规、制度，使本项目实践符合辐射实践的正当性、辐射防护的最优化、个人剂量的限制三原则，则该项目从辐射环保角度来说运营是可行的。

二、建议

医院此次项目环评批复后，医院应及时更换新的辐射安全许可证。本项目内容运行后应及时履行竣工环保手续，验收合格后方可运行。

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： 盖章

年 月 日