

核技术利用建设项目

玉林市红十字会医院 2024 年新建数字
减影血管造影系统（DSA）等医用诊断
X 射线机应用项目环境影响报告表

（公示稿）

玉林市红十字会医院（盖章）

2025 年 1 月
生态环境部监制

核技术利用建设项目

玉林市红十字会医院

**2024 年新建数字减影血管造影系统
(DSA) 等医用诊断 X 射线机应用项**

目环境影响报告表

建设单位名称： 玉林市红十字会医院

建设单位法人代表（签名或签章）： _____

通讯地址： 玉林市玉州区金旺路 1 号

邮政编码： 537000 联系人： 黎铁强

电子邮箱： 2016285583@qq.com 联系电话： 13768996590

《玉林市红十字会医院 2024 年新建数字减影血管造影系统（DSA）等医用诊断 X 射线机应用项目环境影响报告表》

技术审查意见修改说明

序号	技术审查的意见	修改情况	修改说明
1	建设项目名称不合适，玉林市红十字会医院的核技术利用包括了放射源、非密封放射性物质利用和射线装置等内容。建议改成“玉林市红十字会医院 2024 年新建数字减影系统（DSA）等医用诊断 X 射线机应用项目”。	已修改	已修改项目名称为“玉林市红十字会医院 2024 年新建数字减影血管造影系统（DSA）等医用诊断 X 射线机应用项目”。
2	P8 补充该院核技术利用项目环保手续执行情况。	已核实并补充	已在 P6-P9 补充核技术利用项目环保手续执行情况
3	P32 中 HJ1157-2021 中公式 8-1 是错误的，建议不要列出。	已修改	已在 P33 中删除相关公式
4	P103 承诺补充以下内容：1.按要求开展竣工环境保护验收。2.环评批复后，尽快办理辐射安全许可证。	已补充	已在 P104 中承诺和建议中补充该内容
5	附件 8 的应急预案一般 3 年修编一次，建议修编应急预案。	已补充	已更新最新的应急预案，见附件 8，P154-P161

目录

表 1 项目基本情况	- 1 -
表 2 放射源	- 12 -
表 3 非密封放射性物质	- 13 -
表 4 射线装置	- 14 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 16 -
表 6 评价依据	- 17 -
表 7 保护目标与评价标准	- 19 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 24 -
表 9 项目工程分析与源项	- 37 -
表 10 辐射安全与防护	- 49 -
表 11 环境影响分析	64
表 12 辐射安全管理	- 92 -
表 13 结论与建议	- 101 -
表 14 审批	- 105 -

附图一 玉林市红十字会医院地理位置图

附图二 玉林市红十字会医院项目周边关系图平面图

附图三 玉林市红十字会医院康养综合楼二层 4 间 DSA 机房平面布置图

附图四 玉林市红十字会医院康养综合楼一层（四间 DSA 机房正下方）及周围平面布置图

附图五 玉林市红十字会医院康养综合楼三层（四间 DSA 机房正上方）平面布置图

附图六 玉林市红十字会医院康养综合楼六层复合手术室和滑轨 CT 机房平面布置图

附图七 玉林市红十字会医院康养综合楼五层（DSA 机房正下方）平面布置图

附件 1 委托书

附件 2 事业单位法人证书

附件 3 辐射安全许可证

附件 4 辐射安全许可证办理证明

附件 5 《玉林市生态环境局关于玉林市红十字会医院康养综合楼项目环境影响报告书的批复》

附件 6 监测报告及其他材料

附件 7 放射防护安全管理委员会

附件 8 应急预案

附件 9 辐射安全与放射防护管理相关制度

附件 10 辐射安全与防护培训合格证书（部分）

附件 11 个人剂量检测报告

附件 12 年度评估报告

附件 13 原有核技术应用项目场所上年度辐射环境监测报告

附件 14 项目备案登记信息单

表 1 项目基本情况

建设项目名称	玉林市红十字会医院 2024 年新建数字减影血管造影系统 (DSA) 等医用诊断 X 射线机应用项目				
建设单位	玉林市红十字会医院				
法人代表	谢文超	联系人	黎铁强	联系电话	13768996590
注册地址	玉林市玉州区金旺路 1 号				
项目建设地点	玉林市玉州区金旺路 1 号玉林市红十字会医院康养综合楼二层、六层				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资(万元)	4000	项目环保投资(万元)	500	投资比例(环保投资/总投资)	12.5%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它	占地面积(m ²)	/		
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

1.1 建设单位情况

玉林市红十字会医院前身为东北民主联军第五后方医院，1947 年 2 月在黑龙江省阿城县成立，参加过解放战争、抗美援朝、抗美援越、对越自卫反击战等重大战役的战地救护工作。1957 年 7 月奉命在广西玉林建院，更名为中国人民解放军第 183 医院。1987 年，因百万裁军移交玉林地区行署接管，更名为玉林地区红十字会医院。1997 年玉林撤地设市，医院更名为玉林市红十字会医院。

经过 70 多年的发展，医院现已成为一家集医疗、预防、科研、教学、康复为一体的现代化三级甲等综合医院。医院先后被评为全国文明单位、全国绿化模范单位、全国扶残助残先进集体、卫生部电子病历试点医院、全国综合医院中医药治疗示范医院等。获得自治区卫生先进单位、自治区先进基层党组织、广西五一劳动奖、广西三八红旗集体、广西五四红旗团委、广西驻村工作先进集体等荣誉。是广西信息化示范医院、广西城市公立医院改革试点医院、广西临床路径试点医院、广西三星级绿色环保医院、玉林

市健全现代医院管理制度市级示范单位、玉林市无烟示范医院、玉林市十佳园林单位。

该院为公益二类事业单位，副处级。拥有员工 1980 人，其中卫技人员 1821 人。占地 599 亩，建筑总面积 177345m²，业务用房建筑面积 170352m²，绿地率 75%，绿化覆盖率 83%。编制床位 1490 张。机构设置齐全，拥有院区 3 个，门诊部 2 个，社区卫生服务中心 1 个；临床科室 50 个，临床病区 56 个，医技科室 14 个，行政后勤科室 36 个。

医院同时挂牌玉林市肿瘤医院和玉林市传染病医院，肿瘤综合治疗水平居广西同级医院前列，是玉林市新冠肺炎救治定点医院。医院在巩固以治疗肿瘤、传染病为特色的基础上向多学科协调发展。现拥有广西临床重点专科 2 个（妇科、血液内科），重点培育专科 1 个（病理科）；广西医疗卫生重点（培育）学科 5 个（儿科、感染性疾病科、呼吸内科、肿瘤内科、消化内科）。获玉林市临床重点专科 5 个（呼吸与危重症医学科、神经内科、神经外科、肾内科、康复医学科）；玉林市医疗卫生重点学科 2 个（普通外科、呼吸内科）；妇幼健康服务市级重点学科 1 个（妇科）；玉林市中医重点专科项目 2 个（中医内科、针灸科），培育项目 1 个（中医肿瘤科）；普通外科、肿瘤科、传染病等专业实力居同行前列。获批国家标准版胸痛中心、CAAE 一级癫痫中心。是国家药物临床试验基地，4 个专业（血液内科、感染性疾病科、呼吸内科、内分泌科）获得药物临床试验资格。为全国房颤中心、心衰中心、心律失常诊疗建设单位，国家脑出血外科诊疗基地单位（筹建），中国食管胃静脉曲张诊治规范基地，国家呼吸与危重症医学科（PCCM）规范化建设认定医院，国家癌症中心首批肝癌、胃癌、恶性黑色素瘤规范诊疗质量控制试点单位，卵巢癌规范诊疗质量控制试点筹建单位。是广西肝胆疾病临床研究中心玉林分中心、广西中医药治疗艾滋病基地。是玉林市中西医结合传染病临床医学研究中心和玉林市肿瘤临床医学研究中心。为玉林市 7 个质量控制中心挂靠单位（放射治疗、感染性疾病、儿科、妇科内镜、血液内科、结核病、中医肿瘤）。医院本部位于玉林市玉州区金旺路 1 号，医院城区分院位于玉林市玉州区人民东路 578 号。

1.2 项目建设规模

本项目所在康养综合楼已委托有资质单位完成了《玉林市红十字会医院康养综合楼项目环境影响报告书》，并于 2019 年 7 月 26 日取得《玉林市生态环境局关于玉林市红十字会医院康养综合楼项目环境影响报告书的批复》批复文件（玉环项管〔2019〕27 号）（见附件 5）。

为满足周边人民群众对于紧急医学救援的需求，促进玉林市红十字会医院医疗卫生

事业的建设与发展，提高医院医疗水平，玉林市红十字会医院新建一栋康养综合楼，并拟开展以下II类射线装置、III类射线装置核技术利用项目：

(1) 拟在康养综合楼二层建设4间DSA机房，其中DSA机房3供拟从放射科介入室搬迁的1台AXIOM Artis dFA型DSA(II类射线装置，最大管电压：150kV，最大管电流1000mA)使用，DSA机房5供拟从放射科DSA(2)室搬迁的1台Artis zee III biplane型DSA(II类射线装置，最大管电压：125kV，最大管电流1000mA，带类CT功能)使用，DSA机房1和DSA机房2供拟新购的2台DSA(II类射线装置，最大管电压：125kV，最大管电流1000mA，带类CT功能)使用，并配备相应的辐射防护设施和相关配套附属设备。

(2) 拟在康养综合楼六层建设1间复合手术室和1间滑轨CT机房，拟配置1台新购的DSA(II类射线装置，最大管电压：125kV，最大管电流1000mA)和1台新购的滑轨CT(III类射线装置，最大管电压：140kV，最大管电流1000mA)，并配备相应的辐射防护设施和相关配套附属设备。

本项目于2018年3月28日跟随所在康养综合楼经玉林市玉州区发展和改革局同意备案，项目代码为2018-450902-83-03-008002(备案文件见附件14)。

目前本项目暂未开始建设，故本项目不涉及“未批先建”情况。此次评价内容包括：DSA运行期的环境影响评价。

本项目拟搬迁2台DSA，并拟新增3台DSA，均为II类射线装置，新增1台滑轨CT，为III类射线装置，详见表1-1。

表1-1 拟配置X射线机参数

序号	射线装置	型号	最大管电压	最大管电流	类别	数量	工作场所	备注
1	DSA	待定	125kV	1000mA	II类	1台	康养综合楼二层DSA机房1	新购(带类CT功能)
2	DSA	待定	125kV	1000mA	II类	1台	康养综合楼二层DSA机房2	新购(带类CT功能)
3	DSA	AXIOM Artis dFA	150kV	1000mA	II类	1台	康养综合楼二层DSA机房3	搬迁
4	DSA	Artis zee III biplane	125kV	1000mA	II类	1台	康养综合楼二层DSA机房5	搬迁(带类CT功能)
5	DSA	待定	125kV	1000mA	II类	1台	康养综合楼六层复合手术室	新购
6	滑轨CT	待定	140kV	1000mA	III类	1台	康养综合楼六层复合手术室、滑轨CT机房	新购

本项目拟依托介入科现有 75 名辐射工作人员，为每台 DSA 配备 6 名介入医生、3 名介入护士、1 名介入技师、1 名影像医师，CT 配备 1 名影像医师和 1 名影像技师，配备的辐射工作人员仅从事本项目安排的辐射工作。

1.3 评价目的

- (1) 对拟建场址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，分析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) 给出明确的环评结论，为有关部门的辐射环境监督管理提供科学依据。

1.4 任务的由来

根据《关于发布<射线装置>分类的公告》（环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）对射线装置的分类，本项目 5 台 DSA 均属于 II 类射线装置，1 台滑轨 CT 属于为 III 类射线装置。

为保护环境，保障周围公众健康，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》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，使用射线装置的单位应当在建设施工前编制环境影响评价文件。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射 172 核技术利用建设项目”中“使用 II 类射线装置的”，因此，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。玉林市红十字会医院委托江西辐射剂量检测院有限公司（简称“评价单位”）对本项目进行环境影响评价（委托书见附件 1）。评价单位接受委托后组织人员在现场踏勘、收集有关资料的基础上，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）等规范的要求，编制了本项目的环境影响报告表。

1.5 评价因子及评价重点

本项目拟使用的射线装置为 II 类射线装置和 III 类射线装置，因此项目的污染因子为射线装置使用时产生的电离辐射、臭氧及氮氧化物。本次评价采用 X- γ 辐射剂量率及

年有效剂量作为评价因子，重点评价电离辐射对周围环境及周围环境敏感目标的影响。

1.6 评价项目地理位置、周边环境概况及选址合理性分析

(1) 项目地理位置

玉林市红十字会医院本部位于玉林市玉州区金旺路 1 号，地理坐标为东经 110° 11'23.316"，北纬 22° 38'22.751"，项目地理位置详见附图一。

(2) 周围环境概况

玉林市红十字会医院本部位于玉林市玉州区金旺路 1 号，本项目射线装置机房所在康养综合楼位于医院东北侧，康养综合楼东侧为非机动车停车处、南侧为院内过道和拟建的肿瘤医院综合楼（为项目部和停车场），西侧为院内生态公园、北侧为连楼和门诊医技综合楼。

本项目射线装置所在场所屏蔽体 50m 内东侧为非机动车停车处（11m），南侧为康养综合楼内部（紧邻），西侧为院内道路（11m）和生态公园（25m）、北侧为连楼（7m）。院区平面布局及项目周边关系见附图二。

本项目 6 台射线装置工作场所周围环境见下表 1-2。

表 1-2 射线装置机房周围环境一览表

序号	机房名称	机房位置	东	南	西	北	上方	下方
1.	DSA 机房 1	康养综合楼二层	过道	操作间	洁净走廊	污物间、设备机房	资料室	候诊大厅
2.	DSA 机房 2	康养综合楼二层	过道	洗消室、设备机房	洁净走廊	操作间	检验科生化区	候诊大厅
3.	DSA 机房 3	康养综合楼二层	洁净走廊	无菌物品间、设备机房	病房	操作间、设备机房	检验科生化区	候诊大厅
4.	DSA 机房 5	康养综合楼二层	洁净走廊	操作间、设备机房	过道	污物间、过道	检验科更衣室、缓冲间	候诊大厅
5.	复合手术室	康养综合楼六层	操作间、洁净走廊	洁净走廊	污物走廊	滑轨 CT 机房	屋顶设备层	医生办公室、示教室、过道
6.	滑轨 CT 机房	康养综合楼六层	操作间、洁净走廊	复合手术室	污物走廊	OR05 手术室	屋顶设备层	护士站、过道、治疗室

(3) 选址合理性分析

本项目所在主体大楼已取得《玉林市生态环境局关于玉林市红十字会医院康养综合楼项目环境影响报告书的批复》批复文件（玉环项管〔2019〕27 号），医院整体项目选址合理性已在《玉林市红十字会医院康养综合楼项目环境影响报告书》中进行了论述，

本项目仅为整体项目的配套建设项目，不新增用地，且拟建设的各个辐射工作场所，均拟按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小。

项目的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。辐射工作场所进行了单独选址、集中建设，避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，建设单位进行辐射安全分区管理，限制无关人员进入控制区及限制在监督区逗留，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

1.7 保护目标

根据本项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护目标为上述 DSA 机房、复合手术室及滑轨 CT 机房墙体为边界 50m 范围内从事辐射工作的职业人员及公众成员，具体详见表 7-2。

1.8 原有核技术利用项目情况

1.8.1 原有射线装置使用情况

医院已取得辐射安全许可证，证书编号为：桂环辐证（K0263），许可种类和范围为：使用I类、III类放射源，使用II类、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，有效期至 2025 年 2 月 17 日，详见附件 3。医院现因辐射项目变更，正在重新申领辐射安全许可证（办理证明详见附件 4），申请的核技术利用项目情况统计见表 1-1。

表 1-1 医院申请辐射项目信息一览表
(一) 放射源

序号	核素名称	总活度(Bq)/活度(Bq)×枚数	类别	使用场所	使用状态	备注	环评情况	验收情况
1	Co-60	2.59E+14*1	I类	医院本部放疗中心	退役	已上证	桂环辐字 〔2010〕30号	桂环验〔2015〕55号
2	Ir-192	3.70E+11*2	III类	医院本部放疗中心	使用	已上证	桂环辐字 〔2004〕7号	桂环验〔2017〕69号

(二) 非密封放射性物质

序号	核素名称	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	场所等级	使用场所	使用状态	备注	环评情况	验收情况
1	I-125(粒子源)	5.92E+6	7.40E+11	丙级	医院本部： 肿瘤大楼 1 楼放射科 CT2 室	暂未开展	此次新增	桂环辐字 〔2010〕30号	/
2	Mo-99	1.85E+7	8.88E+11	丙级	医院本部：	使用	已上证	桂环审	桂环验

	(Tc-99m)				门诊综合楼 1 楼核医学科			(2016) 10 号	(2017) 71 号	
3	F-18	3.70E+7	3.70E+12	乙级		使用	已上证	桂环审 (2019) 420 号	已委托相 关单位进 行验收工 作	
4	I-131	1.85E+9	9.25E+11	乙级		使用	已上证	桂环审 (2016) 10 号	桂环验 (2017) 71 号	
5	P-32	7.40E+8	7.40E+10	乙级		暂未开展	已上证	桂环审 (2016) 10 号	/	
6	Sm-153	1.85E+9	1.85E+11	乙级		暂未开展	已上证	桂环审 (2016) 10 号	/	
7	Sr-89	1.85E+8	1.85E+10	乙级		使用	已上证	桂环审 (2016) 10 号	已委托相 关单位进 行验收工 作	
8	Tc-99m	2.96E+7	2.66E+12	乙级		使用	已上证	桂环审 (2016) 10 号	桂环验 (2017) 71 号	

(三) 射线装置

序号	装置名称	规格型号	类别	工作场所	使用状态	备注	环评情况	验收情况
1	牙科 X 射线机	RAY98(M)	III类	医院本部: 门诊医技楼 4 楼口腔科门诊牙片机室	使用	此次新增	备案号: 20244509 02000001 52	/
2	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备(口腔 CT 机)	SSX10010D Plus	III类	医院本部: 门诊医技楼 4 楼口腔科门诊口腔 CT 室	使用	此次新增	备案号: 2024450902 00000152	/
3	医用直线加速器	Varian Clinac iX	II类	医院本部: 放疗中心直线加速器 2 室	使用	已上证	桂环辐字 (2010) 30 号	桂环验 (2015) 55 号
4	数字减影血管造影机(DSA)	AXIOM Artis dFA	II类	医院本部: 肿瘤大楼 1 楼放射科一层介入治疗室(1)	使用	已上证	桂环辐字 (2010) 30 号	桂环验 (2017) 70 号
5	数字减影血管造影X射线机(DSA)	Artis zee III biplane	II类	医院本部: 肿瘤大楼 1 楼放射科一层介入治疗室(2)	使用	已上证	桂环审 (2019)3 38 号	2023 年 12 月已自主 验收
6	移动式C形臂X射线摄影系统	OEC 9900 Elite	III类	医院本部: 门诊综合楼 7 楼第 16 手术	使用	已上证	桂环审 (2016) 11 号	/

				间				
7	数字胃肠机	D-VISION PLUS50	III类	医院本部:肿瘤大楼1楼放射科胃肠机室	使用	已上证	桂环辐字(2010)30号	桂环验(2017)72号
8	移动式摄影X射线机	Mobilett Mira MAX	III类	医院本部:肿瘤大楼1楼放射科胃肠检查室(移动配送式)	使用	此次新增	备案号:202445090200000152	/
9	乳腺X射线系统	Selenia Dimensions	III类	医院本部:3号楼1楼放射科乳腺机房	使用	此次新增	备案号:202445090200000152	/
10	64排CT	Discovery CT750 HD	III类	医院本部:肿瘤大楼1楼放射科CT2室	使用	已上证	桂环审(2016)11号	桂环验(2017)72号
11	全身用X射线计算机体层扫描装置(64排CT)	Optima CT 680 Quantum	III类	医院本部:肿瘤大楼1楼放射科CT1室	使用	已上证	桂环辐字(2010)30号	/
12	模拟定位机	Acuity	III类	医院本部:门诊急诊大楼负一楼CT模拟定位机室	使用	已上证	桂环审(2016)11号	桂环验(2017)72号
13	直接数字化X射线摄影系统(DR)	Definium 6000	III类	医院本部:肿瘤大楼1楼放射科DR2室	使用	已上证	桂环审(2016)11号	桂环验(2017)72号
14	移动式X射线机	MUX-100DJ	III类	医院本部:肿瘤大楼1楼放射科胃肠检查室(移动配送式)	使用	已上证	桂环审(2016)11号	桂环验(2017)72号
15	X线数字化成像系统(DR)	Definium 6000	III类	医院本部:肿瘤大楼1楼放射科DR3室	使用	此次新增	备案号:202445090200000152	/
16	X射线计算机体层摄影设备(车载64排CT)	Revolution Ace	III类	医院本部:移动CT车(车牌号:桂KJ1140)	使用	此次新增	备案号:202445090200000152	/
17	CT定位机	Dicovry CT 590RT	III类	医院本部:门诊综合楼1楼放疗科模拟定位CT室	使用	已上证	桂环审(2016)11号	桂环验(2017)72号

18	移动式摄影X射线机	DRX-Revolution	III类	医院本部:放射科 DR1 室 (移动配送式)	使用	此次新增	备案号: 2024450902 00000152	/
19	移动C形臂X射线摄影系统	COMPACT-L	III类	医院本部:门诊综合楼7楼第18间手术室	使用	已上证	桂环审(2016)11号	桂环验(2017)72号
20	数字化移动式摄影X射线机	DP326B-3	III类	医院本部:放射科 DR1 室 (移动配送式)	使用	此次新增	备案号: 2024450902 00000152	/
21	医用直线加速器	VitalBeam	II类	医院本部:放疗中心直线加速器1室	使用	此次新增	玉环项管(2023)63号	暂未验收
22	单光子发射型计算机断层扫描装置(SPECT/CT)	Hawkeye 4	III类	医院本部:门诊综合楼1楼核医学科	使用	已上证	桂环审(2016)10号	桂环验(2017)71号
<p>备注: 1.原辐射安全许可证上 DIGITAL DIAGNOST 型 DR、DRX600 型 DR、Clinac2300C/D 型医用电子直线加速器进行报废, FDR Smart F 型 DR 在玉州区玉城街道东岳社区卫生服务中心进行重新申请办理辐射安全许可证。</p> <p>2.注: 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。</p>								
<h3>1.8.2 现有辐射安全管理情况</h3> <p>1、辐射安全与环境保护管理机构</p> <p>玉林市红十字会医院已成立由副院长为组长的放射防护安全管理委员会（见附件7），指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员管理职责，满足环保相关管理要求。</p> <p>2、辐射安全管理规章制度</p> <p>根据法律法规相关要求，并结合本项目内容情况，医院制定了《玉林市红十字会医院医疗管理应急处置预案》《放射防护安全管理制度》《放射科辐射防护制度》《辐射安全防护管理制度》《设备使用管理、维修保养制度》《放射科设备管理维护制度》《放射工作人员职业健康监护管理制度》《放射工作人员个人剂量监测管理制度》《放射工作人员放射防护培训计划》等制度（见附件8和附件9）。</p> <p>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，基本可行。</p> <p>3、现有辐射工作人员情况</p>								

①个人剂量监测与健康体检

玉林市红十字会医院现有辐射工作人员 186 人，医院已为辐射工作人员建立了个人健康档案，所有人员均已进行职业健康体检，根据该单位辐射工作人员的职业健康体检报告，有 9 人体检结果需要复查，暂时脱离放射工作，5 人因怀孕需要补充完善体检，其余人体检结果为可继续原放射工作或可从事放射工作。

医院现有辐射工作人员 186 人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 11）可以看出，医院现有辐射工作人员最近一年（2023.2.16~2024.2.7）的受照剂量均未超过职业人员辐射剂量约束值 5mSv/a。

②辐射安全和防护知识培训

根据医院提供资料，玉林市红十字会医院现有 186 名辐射工作人员，其中 185 名辐射工作人员已进行辐射安全与防护知识培训并考核合格（见附件 10），并取得相应培训证书，1 人暂未进行辐射安全与防护知识培训和考核。

4、年度评估和辐射监测

（1）年度评估报告

医院 2024 年对本单位上一年度辐射工作场所的安全和防护状况进行了年度评估，并于 2024 年 1 月 31 日前向发证机关提交了上一年度的评估报告（详见附件 12），满足环保相关管理要求。

（2）辐射监测

①年度监测

医院 2023 年已委托有资质单位对本单位的辐射工作场所进行了年度监测工作，根据监测报告，院区现有辐射工作场所满足相关标准要求。

②自行监测

医院配备了 X- γ 辐射监测仪对辐射工作场所进行日常监测。

5、辐射环保档案标准化管理

建设单位已根据相关标准要求对辐射安全管理进行档案化标准管理。

6、运行情况

玉林市红十字会医院开展的核技术利用项目至今，未发生过辐射安全事故。

7、应急演练

建设单位 2023 年已根据相关标准要求开展辐射事故应急演练。

1.8.3 辐射防护情况

根据玉林市红十字会医院提供的现有核技术利用项目相关资料，得出以下结论：

(1) 屏蔽防护：现有核技术利用涉及机房屏蔽防护措施满足要求；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。

医院核技术利用实践活动场所均采取了切实有效的辐射防护措施，机房等辐射防护效能良好，未发现突出的环境问题。

(4) 存在的问题：

①辐射安全许可证未及时变更辐射项目以及法定代表人；

②部分核技术利用项目未及时进行竣工环境保护验收工作；

③医院现有辐射工作人员中 9 人体检结果需要复查，暂时脱离放射工作，5 人因怀孕需要补充完善体检，1 人暂未进行辐射安全与防护知识培训和考核。

整改方案：及时变更辐射安全许可证和进行竣工环境保护验收工作，已安排并通知需复查和补充完善体检人员在上岗前补充职业健康体检，安排未培训人员及时参加辐射安全与防护知识培训和考核，检查结果和培训合格后方可上岗。

(5) 建议：医院应加强辐射安全许可证管理、竣工环境保护验收工作、职业健康体检管理和辐射安全与防护知识培训。

1.9 原有核技术项目与本项目的依托关系

本项目涉及Ⅱ类射线装置（DSA）和Ⅲ类射线装置（滑轨 CT）的核技术利用项目，医院此前已开展过Ⅱ类射线装置（DSA）和Ⅲ类射线装置（CT）核技术利用，项目建成后所需的辐射工作人员将依托原有辐射工作人员；各项管理制度将在依托原有管理制度体系下，新增相关制度。

建议医院应根据本项目运行实际工作需要，并按照《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等现行要求，修改、完善和建立健全各项规章制度，并定期更新修订《放射事故应急处理预案》。

表2 放射源

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等各种用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业检测、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	未定	125	1000	医疗诊断/介入治疗	康养综合楼二层 DSA 机房 1	
2	DSA	II类	1	未定	125	1000	医疗诊断/介入治疗	康养综合楼二层 DSA 机房 2	
3	DSA	II类	1	AXIOM Artis dFA	150	1000	医疗诊断/介入治疗	康养综合楼二层 DSA 机房 3	
4	DSA	II类	1	Artis zee III biplane	125	1000	医疗诊断/介入治疗	康养综合楼二层 DSA 机房 5	
5	DSA	II类	1	未定	125	1000	医疗诊断/介入治疗	康养综合楼六层复合手术室	
6	滑轨 CT	III类	1	未定	140	1000	医疗诊断	康养综合楼六层复合手术室、滑轨 CT 机房	
以下无内容									

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
以下无内容													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

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

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>6.1 相关法律法规、部门规章及规范性文件</p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014年4月24日修订, 2015年1月1日);</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年12月29日修订并施行);</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第六号, 2003年10月施行);</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第682号, 2017年7月16日修订, 2017年10月1日起施行);</p> <p>(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, 2014年7月29日修订, 2019年3月2日修订);《国务院关于修改部分行政法规的决定》(国务院令第709号, 2019年3月2日);</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(生态环境部令第16号, 2021年1月1日起施行);</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局令第31号, 2021年1月4日修订并施行);</p> <p>(8) 《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, 2011年5月1日起施行);</p> <p>(9) 《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);</p> <p>(10) 《关于发布<射线装置分类>的公告》(环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告, 2017年第66号);</p> <p>(11) 《放射工作人员职业健康管理方法》(中华人民共和国卫生部令第55号, 2007年11月1日起施行);</p> <p>(12) 《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);</p> <p>(13) 《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);</p> <p>(14) 《关于印发〈建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)〉的通知》(环办[2013]103号);</p>
------	---

	<p>(15) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）；</p> <p>(16) 《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》，原国家环保总局，环发[2006]145号。</p>
技术 标准	<p>6.2 评价技术规范及标准</p> <p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>(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）；</p> <p>(3) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(7) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）。</p>
其他	<p>6.3 其他</p> <p>(1) 委托书（附件1）；</p> <p>(2) 项目相关图纸；</p> <p>(3) 《辐射防护手册》（第一分册）（李德平、潘自强主编）；</p> <p>(4) 《辐射防护手册》（第三分册）（李德平、潘自强主编）；</p> <p>(5) 《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015年7月）。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)的规定，并结合项目特点，确定辐射环境评价范围为该项目核技术利用场所实体屏蔽物边界外50m的区域，辐射环境评价范围示意图见图7-1。



图 7-1 项目评价范围示意图

7.2 保护目标

本项目环境保护目标主要是医院内部医务人员、接诊患者和其他出入医院的公众人员，见表7-1。

表 7-1 项目环境保护目标一览表

方位/距离		环境保护目标	环境保护人群	影响人数
机房内			辐射工作人员	约 11 人
南	紧邻	操作间		
东	紧邻	过道		
西	紧邻	洁净走廊		
北	紧邻	污物间、设备机房		
楼上		资料室	公众成员	约 10 人

	楼下	候诊大厅	公众成员	约 50 人	
DSA 机房 2	机房内			辐射工作人员	约 11 人
	北	紧邻	操作间		
	东	紧邻	过道	公众成员	约 5 人
	南	紧邻	洗消室、设备机房	公众成员	约 4 人
	西	紧邻	洁净走廊	公众成员	约 5 人
	楼上		检验科生化区	公众成员	约 8 人
	楼下		候诊大厅	公众成员	约 50 人
DSA 机房 3	机房内			辐射工作人员	约 11 人
	北	紧邻	操作间		
	东	紧邻	洁净走廊	公众成员	约 5 人
	南	紧邻	无菌物品间、设备机房	公众成员	约 2 人
	西	紧邻	病房	公众成员	约 3 人
	北	紧邻	设备机房	公众成员	约 2 人
	楼上		检验科生化区	公众成员	约 8 人
DSA 机房 5	楼下		候诊大厅	公众成员	约 50 人
	机房内			辐射工作人员	约 11 人
	南	紧邻	操作间		
	东	紧邻	洁净走廊	公众成员	约 5 人
	南	紧邻	设备机房	公众成员	约 2 人
	西	紧邻	过道	公众成员	约 5 人
	北	紧邻	污物间、过道	公众成员	约 2 人
复合 手术 室	楼上		检验科更衣室、缓冲间	公众成员	约 6 人
	楼下		候诊大厅	公众成员	约 50 人
	机房内			辐射工作人员	约 11 人
	东	紧邻	操作间		
	东	紧邻	洁净走廊	辐射工作人员	约 6 人
	南	紧邻	洁净走廊	公众成员	约 5 人
	西	紧邻	污物走廊	公众成员	约 2 人
滑轨 CT 机房	北	紧邻	滑轨 CT 机房	公众成员	约 2 人
	楼上		屋顶设备层	公众成员	约 2 人
	楼下		医生办公室、示教室、过道	公众成员	约 10 人
	东	紧邻	操作间	辐射工作人员	约 13 人
	南	紧邻	复合手术室		
	东	紧邻	洁净走廊	公众成员	约 6 人
	西	紧邻	污物走廊	公众成员	约 2 人
	北	紧邻	OR05 手术室	公众成员	约 4 人
	楼上		屋顶设备层	公众成员	约 2 人
	楼下		护士站、治疗室、过道	公众成员	约 10 人
	东侧		非机动车停车处	公众成员	约 10 人
	南侧（所在大楼）		康养综合楼	公众成员	约 500 人
	西侧		生态公园、院内道路	公众成员	约 10 人
	北侧		连楼	公众成员	约 20 人
评价范围内患者、逗留或者经过的公众成员		机房屏蔽墙外周边50m范围内	流动人口	/	
本项目环境保护目标年有效剂量管理约束值要求：					
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），20mSv；本项目取其四分之一即5mSv作为管理约束值。					
公众人员：年有效剂量，1mSv；本项目取其十分之一 0.1mSv作为管理约束值。					

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

①剂量限值

第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限值，以保证本标准 7.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

第 B1.1.1.1 款，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：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 作为职业照射剂量限值。

本项目辐射工作人员的辐射剂量约束值为职业照射的四分之一，即 5mSv/a 。

第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不超过下述限值：年有效剂量， 1mSv 。

本项目公众成员的辐射剂量约束值取公众照射的十分之一，即 0.1mSv/a 。

(2) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)

6.1 X 射线设备机房布局

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

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

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

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)
单管头 X 射线设备 ^b （含 C 形臂、乳	20	3.5

腺 CBCT)				
CT 机 (不含头颅移动 CT)	30	4.5		
b 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。				
d 机房内有效使用面积指机房内可画出的最大矩形的面积。				
e 机房内最小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 (不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备) 机房的屏蔽防护应不低于表 7.3 的规定。				
表 7-3 不同类型射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求				
机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm		
C 形臂 X 射线设备机房	2	2		
CT 机房 (不含头颅移动 CT)	2.5			
6.2.2 机房的门和窗关闭时应满足表 7.3 的要求。				
6.2.3 距 X 射线设备表面 100cm 处的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 时且 X 射线设备表面与机房墙体距离不小于 100cm 时，机房可不作专门屏蔽防护。				
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：				
(1) 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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；				
(2) 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 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv 。				
(3) 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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。				
6.4 X 射线设备工作场所防护				
6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。				
6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。				
6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。				
6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。				

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

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

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

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7.4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 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
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/铅防护吊帘、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	-
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	-

注：“-”表示不要求。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于玉林市玉州区金旺路 1 号玉林市红十字会医院康养综合楼二层和六层，本项目拟建 4 间 DSA 机房、1 间复合手术室和 1 间滑轨 CT 机房，分别位于康养综合楼二层和六层。地理位置图见附图一，场所现状图见图 8-1。

	
<p>项目所在康养综合楼</p>	<p>康养综合楼东侧非机动车停车处、院外 马路（二环东路）</p>
	
<p>康养综合楼南侧拟建肿瘤医院综合楼 (现为项目部和停车场)</p>	<p>康养综合楼西侧院内生态公园</p>
	
<p>康养综合楼北侧门诊医技综合楼、连楼</p>	<p>DSA 机房 1 拟建位置</p>

	
DSA 机房 1 和 DSA 机房 2 东侧过道	DSA 机房 1 南侧和 DSA 机房 2 北侧共用操作间
	
DSA 机房 1 和 DSA 机房 2 西侧、DSA 机房 3 和 DSA 机房 5 东侧共用洁净走廊	DSA 机房 1 北侧污物间
	
DSA 机房 1 北侧设备机房	DSA 机房 2 拟建位置



DSA 机房 2 南侧洗消室



DSA 机房 2 南侧设备机房



DSA 机房 3 拟建位置



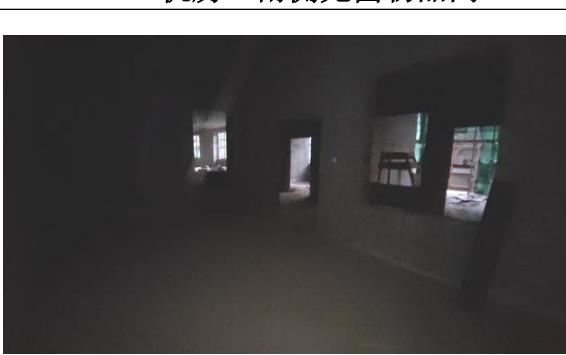
DSA 机房 3 南侧设备机房



DSA 机房 3 南侧无菌物品间



DSA 机房 3 南侧污物间



DSA 机房 3 西侧病房



DSA 机房 3 北侧、DSA 机房 5 南侧共用
操作间

	
<p>DSA 机房 3 北侧、DSA 机房 5 南侧设备 机房</p>	<p>DSA 机房 5 拟建位置</p>
	
<p>DSA 机房 5 西侧过道</p>	<p>DSA 机房 5 北侧污物间</p>
	
<p>DSA 机房 5 北侧过道</p>	<p>二层 4 间 DSA 机房楼下候诊大厅</p>



DSA 机房 2、DSA 机房 3 楼上检验科生化区



DSA 机房 1 楼上检验科资料室



DSA 机房 5 楼上检验科更衣室、缓冲间



复合手术室拟建位置（滑轨 CT 机房南侧）



复合手术室东侧、滑轨 CT 机房东侧操作间



复合手术室东侧洁净走廊



复合手术室南侧洁净走廊



复合手术室西侧、滑轨 CT 机房共用污物走廊



滑轨 CT 机房拟建位置（复合手术室北侧）



滑轨 CT 机房北侧 OR05 手术室



复合手术室和滑轨 CT 机房楼上屋顶设备层



复合手术室楼下医生办公室



图 8-1 项目现场照片

8.2 环境质量和辐射现状

为掌握本项目周围辐射现状环境水平,江西辐射剂量检测院有限公司监测人员于2024年8月7日对该项目周围环境进行了监测,监测报告见附件6。

8.2.1 监测因子

监测因子为 γ 辐射剂量率。

8.2.2 监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)中的方法布设监测点，根据本项目周围环境现状，监测点位的选取覆盖项目区域及周围公众人员工作区域。

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 检测方案及质量保证措施

(1) 监测目的

该环境辐射现状监测的目的主要是为了了解项目地点本底辐射水平，为辐射工作场所建成运行后对环境的影响提供依据。

(2) 监测依据

《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)。

(3) 监测布点

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)中的方法布设监测点，根据本项目周围环境现状，监测点位的选取覆盖项目区域及周围公众人员工作区域。详见图 8-2~图 8-3。

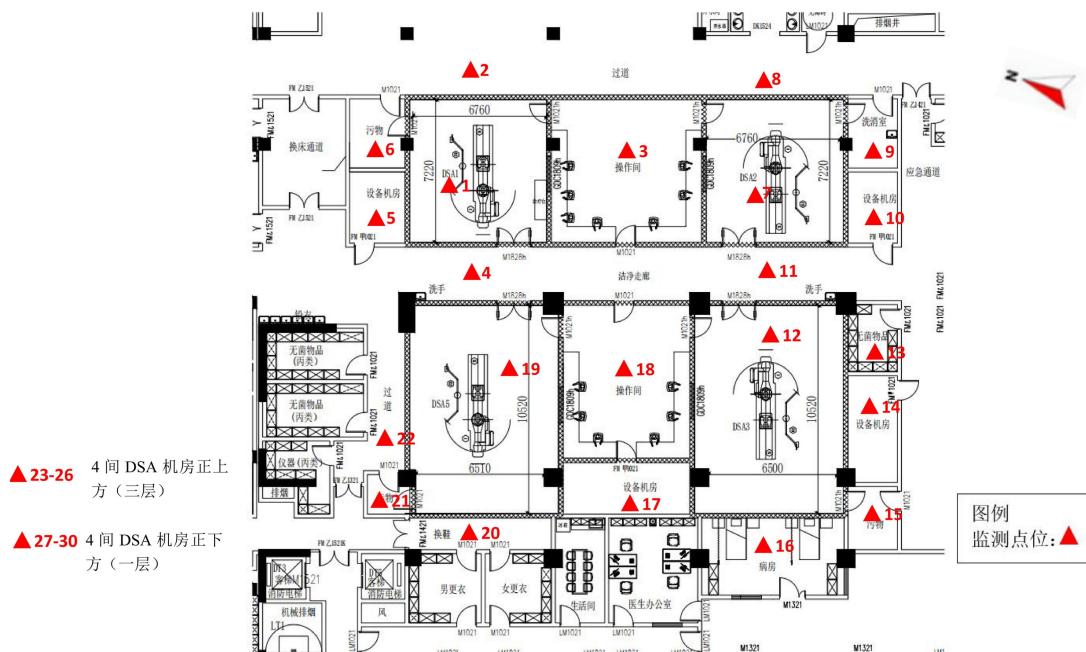


图 8-3 康养综合楼二楼 4间 DSA 机房拟建位置及周边监测布点图

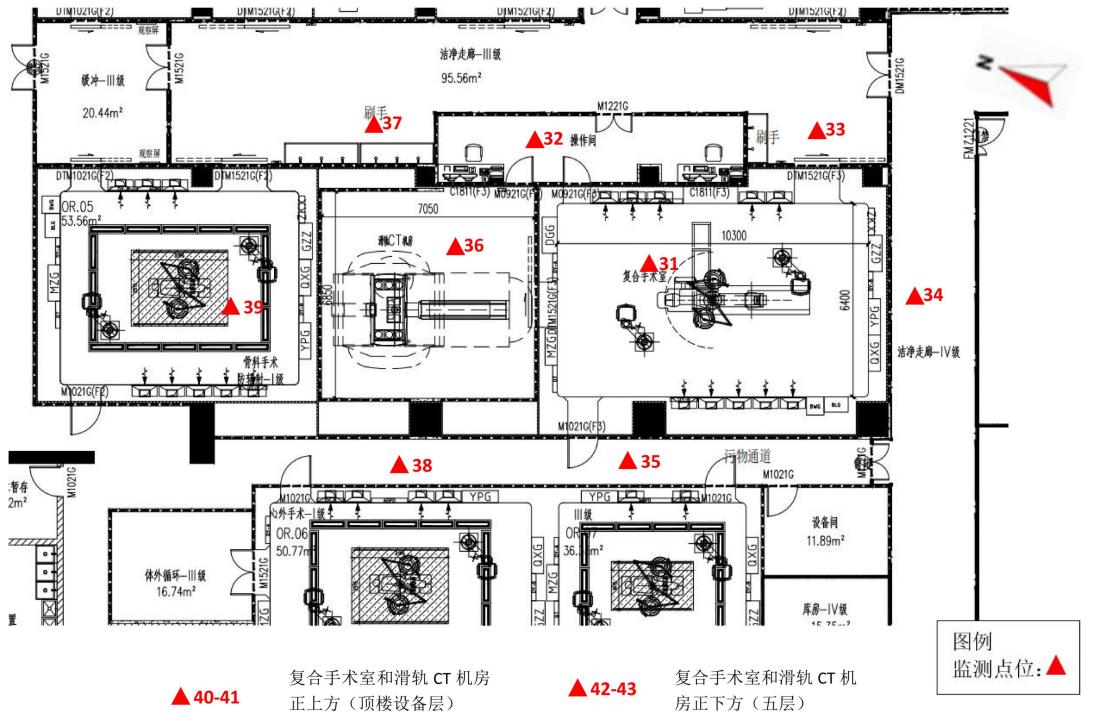


图 8-4 康养综合楼六楼复合手术室和滑轨 CT 机房拟建位置及周边监测布点图



图 8-5 康养综合楼周边监测布点图

(4) 监测质量保证

本项目测量所用的仪器性能参数符合国家标准方法的要求，有效的国家计量部门检定的合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，

按国家标准和监测技术规范有关要求进行数据处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。监测设备由上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心进行了检定，本次监测所使用的仪器情况见表 8-1。

表 8-1 监测仪器及检定情况一览表

仪器名称	环境监测用 X、γ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	SCK-200-EN
仪器编号	JXFS/YQ-050
生产厂家	上海钴景环境科技有限公司
测量范围	10nGy/h ~ 200μGy/h
能量响应	48keV ~ 3MeV
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书编号	2023H21-20-4913294001
证书有效期至	2024 年 10 月 29 日

8.3.2 监测结果

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），监测结果均进行了宇宙射线响应值的扣除。

本项目使用的监测仪器已根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）进行宇宙射线响应测量，宇宙射线响应值为 40nGy/h（详见附件 6）；因本项目测点的海拔、经纬度与宇宙射线响应值测点（水面）不同，依据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）附录 D，对宇宙射线响应值进行修正，修正公式如下：

$$X'_c = \frac{D'_{\text{宇}}}{D_{\text{宇}}} X_c \quad (\text{公式 8-1})$$

式中：

X'_c ——仪器在测点处对宇宙射线的响应值；

$D'_{\text{宇}}$ 、 $D_{\text{宇}}$ ——分别为测点处和湖（库）水面处宇宙射线电离成分在低大气层中产生的空气吸收剂量率，nGy/h；

X_c ——仪器在湖（库）水面上对宇宙射线的响应值。

$D'_{\text{宇}}$ 和 $D_{\text{宇}}$ 可参照 UNSCEAR 2000 报告中的经验公式计算：

$$D_{\text{宇}} = D_{\text{宇}}(0) [0.21e^{-1.649h} + 0.79e^{0.4528h}] \quad (\text{公式 8-2})$$

$$D_{\text{宇}}(0) = \begin{cases} 30, & \lambda_m \leqslant 30^\circ\text{N} \\ 32, & \lambda_m > 30^\circ\text{N} \end{cases} \quad (\text{公式 8-3})$$

式中： $D_{\text{宇}}(0)$ ——计算点所在海平面处宇宙射线电离成分所致空气吸收剂量率，nGy/h；

h ——计算点的海拔高度，km；

λ_m ——计算点的地磁纬度, N。

地磁纬度由计算点的地理纬度 λ 和地理经度 ϕ 按下式计算:

$$\sin \lambda_m = \sin \lambda \cos 11.7^\circ + \cos \lambda \sin 11.7^\circ \cos (\phi - 291^\circ) \quad (\text{公式 8-4})$$

根据宇宙射线响应值监测点经纬度、海拔高度信息(东经: 115.471°, 北纬: 29.203°, 海拔高度: 112m)及本项目监测点经纬度、海拔高度信息(东经: 110.190°, 北纬: 22.640°, 海拔高度: 96m), 修正后宇宙射线响应值为 39.95nGy/h。

监测数据详见下表:

表 8-2 监测结果一览表

监测点 编号	监测点位	测量值 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)	备注
1	DSA 机房 1 拟建位置	61	4	室内(楼房)
2	DSA 机房 1 东侧过道	60	3	室内(楼房)
3	DSA 机房 1 和 DSA 机房 2 共用操作间	60	4	室内(楼房)
4	DSA 机房 1 西侧、DSA 机房 5 东侧共用洁净走廊	63	3	室内(楼房)
5	DSA 机房 1 北侧设备机房	60	3	室内(楼房)
6	DSA 机房 1 北侧污物间	58	2	室内(楼房)
7	DSA 机房 2 拟建位置	59	2	室内(楼房)
8	DSA 机房 2 东侧过道	62	4	室内(楼房)
9	DSA 机房 2 南侧洗消室	61	4	室内(楼房)
10	DSA 机房 2 南侧设备机房	61	4	室内(楼房)
11	DSA 机房 2 西侧、DSA 机房 3 东侧共用洁净走廊	61	3	室内(楼房)
12	DSA 机房 3 拟建位置	60	4	室内(楼房)
13	DSA 机房 3 南侧无菌物品间	60	4	室内(楼房)
14	DSA 机房 3 南侧设备机房	61	3	室内(楼房)
15	DSA 机房 3 南侧污物间	58	2	室内(楼房)
16	DSA 机房 3 西侧病房	62	2	室内(楼房)
17	DSA 机房 3 北侧(DSA 机房 5 南侧)设备机房	61	3	室内(楼房)
18	DSA 机房 3 和 DSA 机房 5 共用操作间	62	3	室内(楼房)
19	DSA 机房 5 拟建位置	60	3	室内(楼房)

20	DSA 机房 5 西侧过道	60	3	室内（楼房）
21	DSA 机房 5 北侧污物间	63	5	室内（楼房）
22	DSA 机房 5 北侧过道	61	3	室内（楼房）
23	DSA 机房 1 正上方	61	2	室内（楼房）
24	DSA 机房 2 正上方	59	3	室内（楼房）
25	DSA 机房 3 正上方	59	2	室内（楼房）
26	DSA 机房 5 正上方	60	2	室内（楼房）
27	DSA 机房 1 正下方	46	1	室内（楼房）
28	DSA 机房 2 正下方	47	2	室内（楼房）
29	DSA 机房 3 正下方	47	2	室内（楼房）
30	DSA 机房 5 正下方	50	2	室内（楼房）
31	复合手术室拟建位置	61	2	室内（楼房）
32	复合手术室和滑轨 CT 机房共用操作间	61	2	室内（楼房）
33	复合手术室东侧洁净走廊	60	2	室内（楼房）
34	复合手术室南侧洁净走廊	60	2	室内（楼房）
35	复合手术室西侧污物通道	61	2	室内（楼房）
36	滑轨 CT 机房拟建位置	60	3	室内（楼房）
37	滑轨 CT 机房东侧洁净走廊	59	1	室内（楼房）
38	滑轨 CT 机房西侧污物通道	62	3	室内（楼房）
39	滑轨 CT 机房北侧 OR05 手术室	60	2	室内（楼房）
40	复合手术室正上方	59	2	室内（楼房）
41	滑轨 CT 机房正上方	60	3	室内（楼房）
42	复合手术室正下方	61	2	室内（楼房）
43	滑轨 CT 机房正下方	60	1	室内（楼房）
44	所在康养综合楼一楼	48	2	室内（楼房）
45	康养综合楼东侧非机动车停车处	73	3	室外
46	康养综合楼内部一楼南侧	48	1	室内（楼房）
47	康养综合楼西侧院内生态公园	88	3	室外
48	康养综合楼北侧连楼	55	3	室内（楼房）
注：测量值已扣除仪器对宇宙射线响应值，仪器对宇宙射线响应值为 40nGy/h；因本项目测点的海拔、经纬度与宇宙射线响应值测点（水面）不同，依据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）附录 D，对宇宙射线响应值进行修正，修正后宇宙射线响应值为 39.95nGy/h。				

8.4 监测结果及评价

由表8-2的监测结果可知,项目各机房场所及周围区域环境现状监测中室内测点测值范围为46~63nGy/h(已扣除宇宙射线响应),室外地面测点 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为73~88nGy/h(已扣除宇宙射线响应)。根据《广西壮族自治区环境天然贯穿辐射水平调查报告》(摘自中国原子能出版社2015年7月编制的《中国环境天然放射性水平》)可知,广西原野 γ 辐射空气吸收剂量率范围为10.7~238.7nGy/h(已扣除宇宙射线影响),室内 γ 辐射剂量率范围为11.0~304.3nGy/h(已扣除宇宙射线影响)。由以上数据比对可知,项目各监测点 γ 辐射空气吸收剂量率在广西天然放射性水平范围内,本项目场所辐射环境质量状况未见异常。

表9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 DSA 工作原理及工艺流程

9.1.1.1 设备组成及工作方式

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。

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。本项目拟使用的 CT 采用滑轨的方式安装，可以通过轨道滑行至手术床旁，完成对患者手术全过程中的 CT 影像检查。CT 影像检查采用隔室操作，滑轨 CT 使用完后将推至复合手术室西侧滑轨 CT 机房内。CT 和 DSA 不同时曝光使用。

9.1.1.2 工作原理

DSA 是采用 X 射线进行摄影、透视的技术设备。该设备中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，见图 9.1-1。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，它装在聚光杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚光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。成像装置是用来采集透过人体的 X 射线信号的，由于人体各部组织、器官密度不同，对 X 射线的衰减程度各不一样，成像装置根据接收到的不同信号，利用平板探测器将透过人体后已衰减的未造影图像的 X 射线信号增强，再用高分辨率的摄像机对增强后的图像作一系列扫描。扫描本身就是把整个图像按一定的矩阵分成许多小方块，即像素。所得到的各种不同的信息经模 / 数（A / D）转换成不同值的数字信号，然后存储起来。再把造影图像的数字信息与未造影图像的数字信息相减，所获得的不同数值的差值信号，经数 / 模（D / A）转制成各种不同的灰度等级，在监视器上构成图

像。由此，骨骼和软组织的影像被消除，仅留下含有造影剂的血管影像，从而大大提高血管的分辨率。

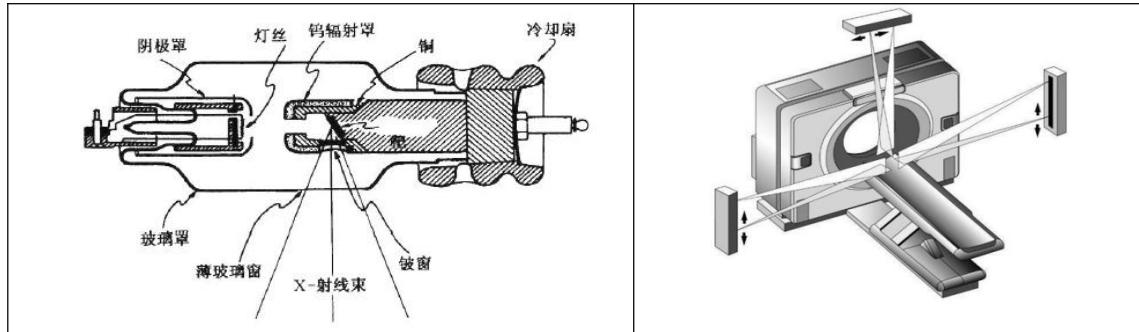


图 9-1 典型 X 射线管结构图

图 9-2 CT 示意图

DSA 一般具有透视和摄影两种曝光模式。

透视模式：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，此时操作医师位于悬挂铅屏、床侧铅帘等辅助防护设施后身着铅服、铅眼镜等防护用品在曝光室内对病人进行直接的介入手术操作，属于同室操作。

摄影模式：操作人员采取隔室操作的方式（即技师在操作间内对病人进行曝光），医生在操作间内通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况。

相较于 DSA 的摄影及透视，虽可以通过旋转 C 臂进行多角度观察，但只能进行二维观察，无法看清晰针尖情况，而类 CT 较上述两种模式约束条件大，成像清晰，可取得较好的实时三维监视效果；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。

DSA 与 CT 复合手术与单纯的 DSA 介入手术不同，复合手术是将 DSA 介入手术与 CT 影像检查进行整合，在手术过程中随时可以利用 CT 对患者病变位置进行检查，为手术提供全方位的辅助，患者进入复合手术室，只需要设备的移动，就可完成检查或治疗，减少了患者转运次数以及手术次数，提高了手术的安全性和手术的精确性，提高了治疗效果。

9.1.1.3 工作流程及产污环节

(1) 患者须行介入诊疗时，由介入科接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌证后完善术前检查和预约诊疗时间。

(2) 判断病人是否必须接受介入诊疗，对确认需要接受介入诊疗的病人，由介入

科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）工作人员制定介入治疗计划，确定治疗时间。

（4）患者按约定的时间候诊。

（5）患者推进手术室。手术人员在铅衣存放区穿戴好防护用品后经工作人员通道门进入 DSA 机房，操作间内医学影像医师/技师在操作位就位，准备手术。

（6）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。

（7）术中实施照射：介入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，此时介入手术医师在 DSA 机房内同室操作，位于铅屏风或铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

注入造影剂后需再次进行影像采集（摄影），影像采集时介入室内手术人员退至操作室，通过铅玻璃观察窗观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流，扫描完毕后再进入介入室操作。

如需进行 CT 扫描，医护人员均退出机房到机房外的操作间进行隔室操作，利用 CT 进行摄影成像；CT 摄影结束，停止出束，医护返回手术室继续进行介入手术操作。

（8）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介入科医生护送病人回病房。手术医师应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、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。

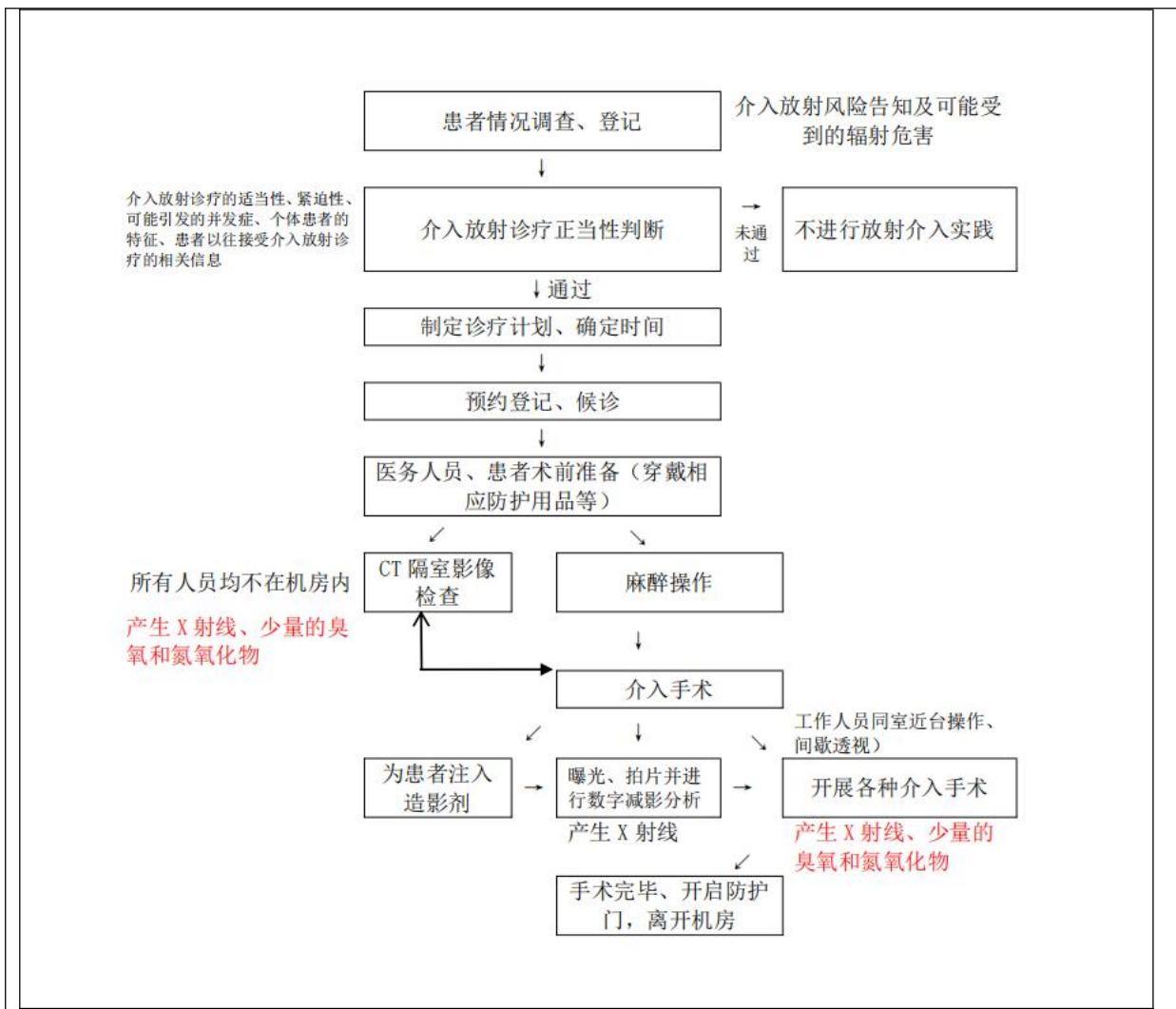


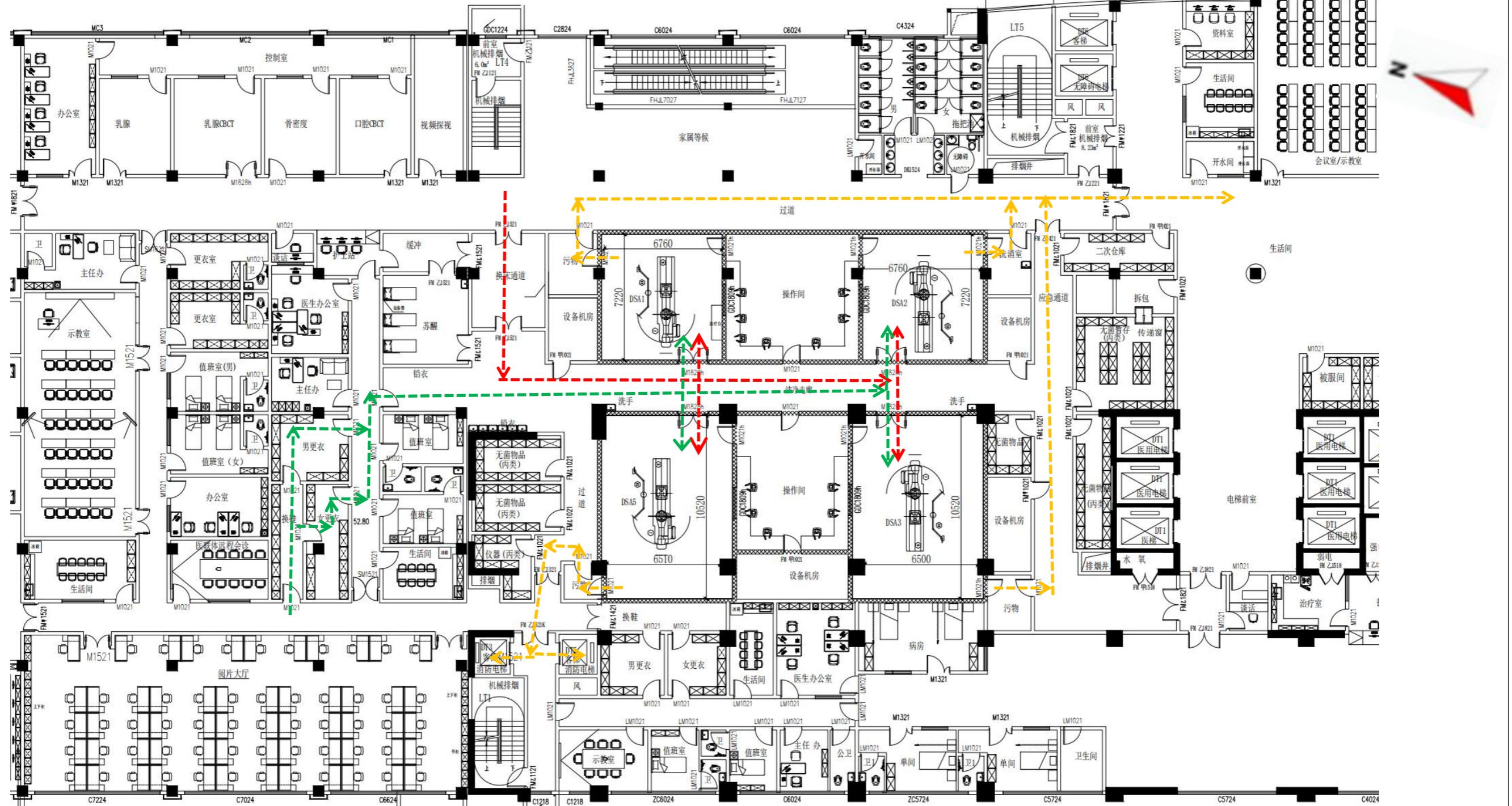
图 9-3 DSA 和滑轨 CT 工作流程及产污环节示意图

9.1.1.4 人流和物流路径规划

康养综合楼二层 4 间 DSA 机房患者经缓冲间经缓冲换床进入洁净走廊，再经洁净走廊通过铅门进入各 DSA 机房手术室，待治疗结束后按进入通道原路返回，医护人员由医护通道进入，经换鞋更衣后通过楼梯进入洁净走廊，再进入相关操作间后进入机房，各 DSA 机房污物从污物间打包后运至医院指定位置（污物运送时间与病患、医护人员进出时间不重叠），康养综合楼二层 DSA 机房平面及人流物流示意图见图 9-4。

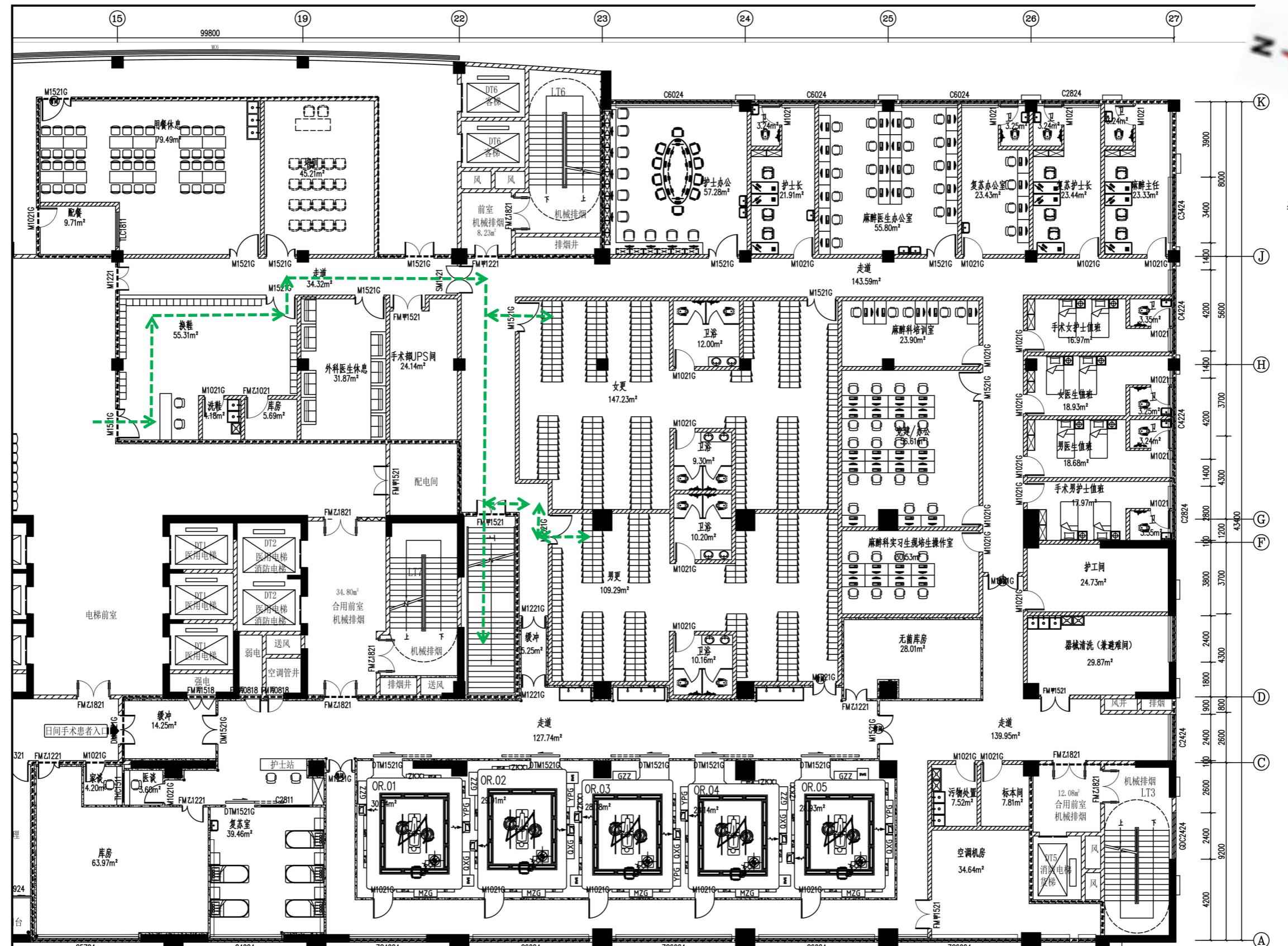
康养综合六层复合手术室患者经换床通道进入洁净走廊，再经洁净走廊通过铅门进入复合手术室和滑轨 CT 机房，待治疗结束后按进入通道原路返回，医护人员由五层医护通道进入，经换鞋更衣后通过楼梯进入六层洁净走廊，再进入相关操作间后进入机房，复合手术室污物从机房内西侧通过污物通道运至污物处置间进行打包暂存，再安排指定的人员定期运送医院指定位置（污物运送时间与病患、医护人员进出时间不重叠），康养综合楼六层复合手术室平面及人流物流示意图见图 9-4 和图 9-5。

综上所述，本项目通过时间交通模式管理来控制工作人员、患者和污物相互不交叉，医护人员通道、患者通道和污物通道设置合理，满足后续工作需求。



图例
—> 工作人员通道 —> 患者通道 —> 污物通道

图 9-4 康养综合楼二层 4 间 DSA 机房平面及人流、物流示意图



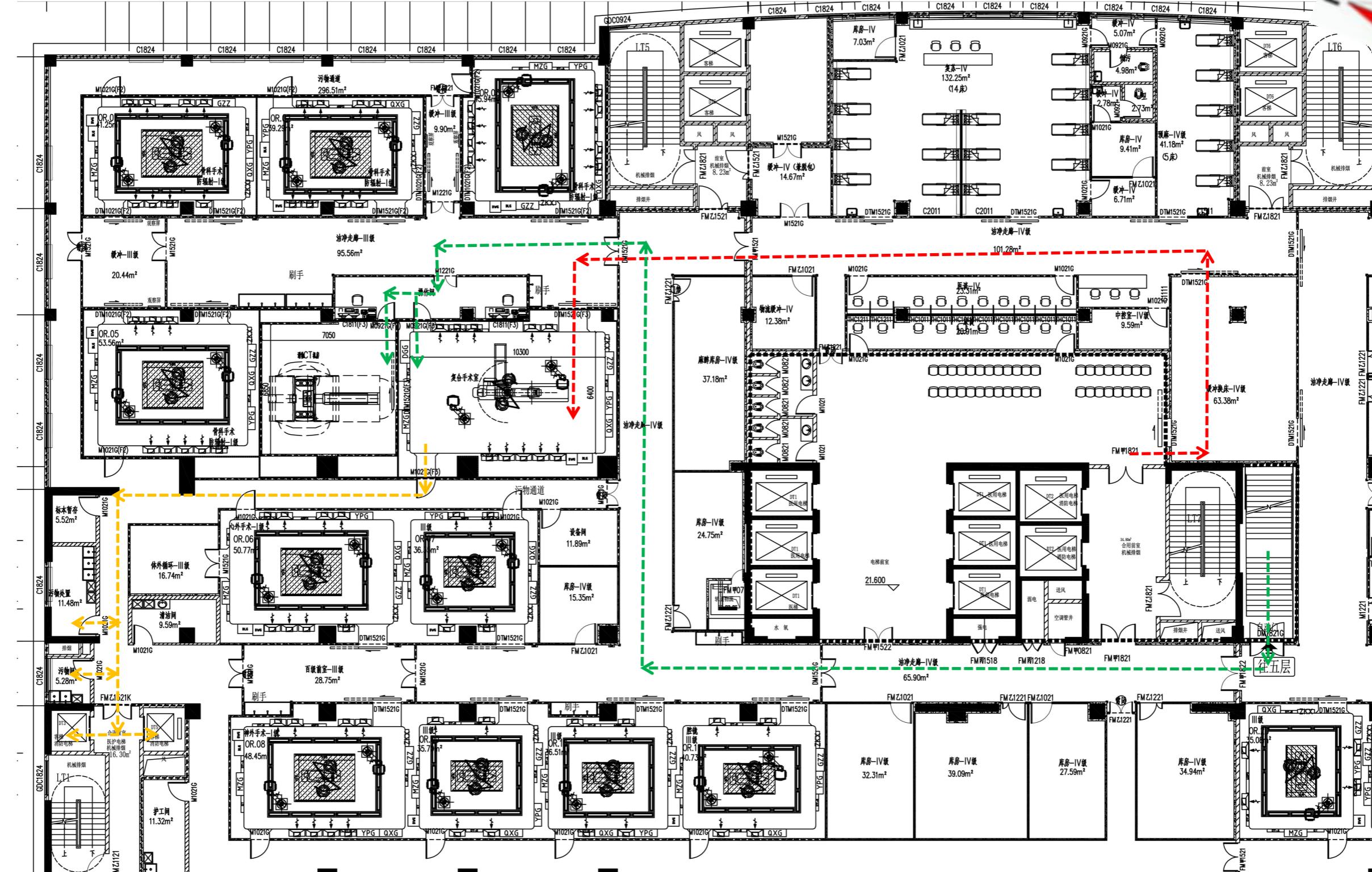


图 9-5 康养综合楼六层复合手术室+滑轨 CT 机房平面及人流、物流示意图

9.1.2 工作负荷及人员配备

9.1.2.1 人员配备

据医院设计，本项目拟为每台 DSA 射线装置配备 6 名介入医生、3 名介入护士、1 名介入技师、1 名影像医师，拟为滑轨 CT 配备 1 名影像技师和 1 名影像医师，以上新增辐射工作人员仅从事本项目安排的辐射工作，各射线装置辐射工作人员工作不交叉。

9.1.2.2 工作负荷

根据医院规划，预计每台 DSA 开展手术量约 1200 人次/年，每台手术透视时间平均约为 20min，DSA 常规模式摄影时间/类 CT 模式摄影时间平均约为 1min，滑轨 CT 在复合手术室内配合开展手术量约 1200 人次/年，扫描时间为 0.5min；滑轨 CT 在滑轨 CT 机房内开展独立检查约 1200 人次/年，扫描时间为 0.5min。本项目射线装置机房投入使用后的工作负荷见表 9-1。

表 9-1 射线装置工作负荷情况

机房	设备	单台设备年开展工作量	每台手术平均透视时间	年透视时间	每台手术平均摄影/类 CT 时间	年摄影/类 CT 时间
DSA 机房 1	DSA	1200 人次	20min	400h	1min	20h
DSA 机房 2	DSA	1200 人次	20min	400h	1min	20h
DSA 机房 3	DSA	1200 人次	20min	400h	1min	20h
DSA 机房 5	DSA	1200 人次	20min	400h	1min	20h
复合手术室	DSA	1200 人次	20min	400h	1min	20h
	滑轨 CT	1200 人次	/	/	0.5min	10h
滑轨 CT 机房	滑轨 CT	1200 人次	/	/	0.5min	10h

9.2 污染源项描述

9.2.1 辐射源项

根据医院实际临床使用工况情况统计：本项目射线装置的有用线束投射方向为由下至上。有用线束的射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。射线装置具有自动照射量控制调节功能（AEC），摄影时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，照射量率减小；如果受检者体型较胖，功率自动增强，照射量率增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常留有一定的余量。根据医院提供资料，DSA 正常运行时，透视模式的工况为（60~70）kV/（1~60）

mA, 摄影模式的工况为(80~100) kV/(300~500) mA, 类 CT 模式的工况为(90~100) kV/(500~600) mA; 滑轨 CT 正常运行时, 工况为(120~140) kV/(100~600) mA。本项目采用临床使用较大工况进行保守预测, 即透视模式 DSA 管电压取 70kV, 管电流取 60mA; 摄影模式 DSA 管电压取 100kV, 管电流取 500mA; 类 CT 模式 DSA 管电压取 100kV, 管电流取 600mA; 滑轨 CT 扫描时, 管电压取 140kV, 管电流取 600mA。

距离靶 1m 处辐射剂量率参考《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) 中给出的公式计算。

$$K_0 = I \times S_x \quad (公式 9-1)$$

式中: K_0 ——X 射线机 1 米处的输出量, 单位为 mGy/s;

I ——管电流, 单位为 mA;

S_x ——1 米处空气比释动能, 单位 $\text{mGy} \cdot \text{mA}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020), 除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外, X 射线有用线束中所有物质形成的等效总过滤, 应不小于 2.5mmAl。根据《辐射防护手册》(第三分册)(李德平、潘自强主编, 原子能出版社, 1987) 图 3.1 可知, 过滤为 2.5mmAl, 70kV 下, 1 米处空气比释动能为 $0.045 \text{mGy} \cdot \text{mA}^{-1} \text{ s}^{-1}$, 100kV 下, 1 米处空气比释动能为 $0.09 \text{mGy} \cdot \text{mA}^{-1} \text{ s}^{-1}$, 140kV 下, 1 米处空气比释动能为 $0.16 \text{mGy} \cdot \text{mA}^{-1} \text{ s}^{-1}$, 推算项目射线装置 DSA 透视模式(管电压 70kV、管电流 60mA)下, 距靶 1m 处的辐射剂量率为 $9.72E+06 \mu\text{Gy}/\text{h}$; 推算项目 DSA 摄影模式(管电压 100kV、管电流 500mA)下, 距靶 1m 处的辐射剂量率为 $1.62E+08 \mu\text{Gy}/\text{h}$; 推算项目射线装置 DSA 类 CT 模式(管电压 100kV、管电流 600mA)下, 距靶 1m 处的辐射剂量率为 $1.94E+08 \mu\text{Gy}/\text{h}$; 推算项目射线装置滑轨 CT 扫描模式(管电压 140kV、管电流 600mA)下, 距靶 1m 处的辐射剂量率为 $3.46E+08 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

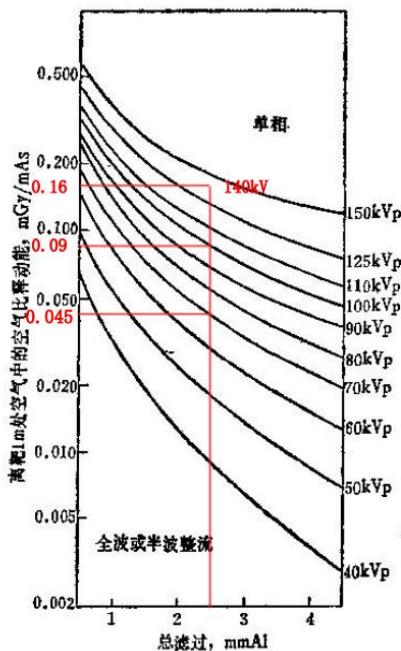


图3.1 距X线源1m处的照射量率随管电压及总过滤厚度变化的情况

图 9-6 距 X 线源 1m 处的照射量率随管电压及总过滤厚度变化的情况
表 9-2 本项目各设备在距靶 1m 处的辐射剂量率

设备名称	滤过材料及厚度	理论估算时的出束条件	距靶 1m 处的空气比释动能率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	
DSA1	2.5mmAl	70kV、60mA	透视模式	9.72E+06
		100kV、500mA	摄影模式	1.62E+08
		100kV、600mA	类 CT 模式	1.94E+08
DSA2	2.5mmAl	70kV、60mA	透视模式	9.72E+06
		100kV、500mA	摄影模式	1.62E+08
		100kV、600mA	类 CT 模式	1.94E+08
DSA3	2.5mmAl	70kV、60mA	透视模式	9.72E+06
		100kV、500mA	摄影模式	1.62E+08
		100kV、600mA	类 CT 模式	1.94E+08
DSA5	2.5mmAl	70kV、60mA	透视模式	9.72E+06
		100kV、500mA	摄影模式	1.62E+08
		100kV、600mA	类 CT 模式	1.94E+08
复合手术室 DSA	2.5mmAl	70kV、60mA	透视模式	9.72E+06
		100kV、500mA	摄影模式	1.62E+08
滑轨 CT	2.5mmAl	140kV、600mA	有用线束方向	3.46E+08
		/	泄漏辐射	1000

9.2.2 正常工况

(1) 由 DSA 和滑轨 CT 的工作原理可知, X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此, 该院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线, 只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。由于射线能量较低, 不必考虑感生放射性问题。

(2) X 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物。少量的有害气体直接与大气接触、不累积，自然逸散，对环境影响可忽略不计。

因此，在开机期间，DSA 和滑轨 CT 在正常运行时产生的主要污染源项为 X 射线，X 射线是污染环境的主要因子。

9.2.3 事故工况

(1) X 射线装置发生控制系统或安全保护系统故障或人员疏忽，使受检者或工作人员受到超剂量照射；

(2) 无关人员误入正在运行的 X 射线机房，由 X 射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。

(3) 工作人员还未全部撤离机房，外面人员启动设备，造成有关人员被误照。

(4) 操作介入手术的医生或护士未按规范穿戴铅围裙、防护手套、防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射。

(5) 检修过程中射线装置误开机时，维修人员受到潜在的照射伤害。

(6) 当射线装置控制系统出现故障或工作人员操作失误，装置输出过大，病人可能接受额外照射。

9.2.4 三废的产生情况

(1) 废水

本项目 DSA、滑轨 CT 采用数字成像，无废显、定影液产生，因此主要为辐射工作人员及就诊患者和家属所产生的的生活污水。

(2) 固废

在使用 DSA 进行介入治疗时会产生一次性不含放射性的医疗用品及器械、废纱布等医疗固体废物，每天安排专门的人员将医疗固体废物运送至医院指定位置处。

(3) 废气

在 DSA、滑轨 CT 开机并曝光时，X 射线在穿过空气时会与空气中的氧和氮分子发生作用，产生臭氧和氮氧化物。本项目 DSA、滑轨 CT 曝光时间很短，臭氧和氮氧化物的产生量极少，通过机房排风系统排至室外，不会对公众及环境造成危害。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目工作场所布局

本项目拟在康养综合楼二层建设 4 间 DSA 机房；拟在康养综合楼六层设置建设 1 间复合手术室和 1 间滑轨 CT 机房，各机房相邻环境状况如表 10-1 所示。

表 10-1 射线装置机房周围环境一览表

序号	机房名称	机房位置	东	南	西	北	上方	下方
1. 1	DSA 机房 1	康养综合楼二层	过道	操作间	洁净走廊	污物间、设备机房	资料室	候诊大厅
2.	DSA 机房 2	康养综合楼二层	过道	洗消室、设备机房	洁净走廊	操作间	检验科生化区	候诊大厅
3.	DSA 机房 3	康养综合楼二层	洁净走廊	无菌物品间、设备机房	病房	操作间、设备机房	检验科生化区	候诊大厅
4.	DSA 机房 5	康养综合楼二层	洁净走廊	操作间、设备机房	过道	污物间、过道	检验科更衣室、缓冲间	候诊大厅
5.	复合手术室	康养综合楼六层	操作间、洁净走廊	洁净走廊	污物走廊	滑轨 CT 机房	屋顶设备层	医生办公室、示教室、过道
6.	滑轨 CT 机房	康养综合楼六层	操作间、洁净走廊	复合手术室	污物走廊	OR05 手术室	屋顶设备层	护士站、治疗室、过道

本项目 DSA 机房、滑轨 CT 机房和操作间之间设置有防护铅玻璃窗及防护门。各个机房设置防护铅门及防护墙体，在门口设置电离辐射警告标志，将机房内区域划分为控制区，无关人员不得进入。DSA、滑轨 CT 开机运行过程中产生的电离辐射，经过屏蔽防护和距离衰减后，对周围工作人员和公众所致的辐射剂量符合剂量约束限值的要求。通过以上场所独立、划分区域等措施，本项目不会产生交叉污染。因此，本项目选址及布局是合理可行的。

10.1.2 工作场所分区及管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的要求在放射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求专门的防护手段和安全措施的限定区域。在控制区域进出口及其

他可能行人过往位置处设立醒目的警示标志，运用工作人员工作卡进出和采取门锁及联锁装置等限制进出控制区。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下无需采用专门的防护手段或安防措施，但要不断检查其职业照射状况的限定区域。拟在监督区入口及人员路过的合适位置处张贴电离辐射警告标志，定期检查工作状况，自行巡测确定需要防护及安防措施，或是否需要更改监督区的边界。

本项目结合设备安装地点场地条件，对射线装置辐射工作场所实行分区管理，将射线装置机房划为控制区，将操作间、设备间等与机房屏蔽墙体相邻区域划为监督区。本项目控制区与监督区划分示意图见图 10-1。



图 10-1 项目控制区与监督区划分示意图（康养综合楼二层 4 间 DSA 机房）

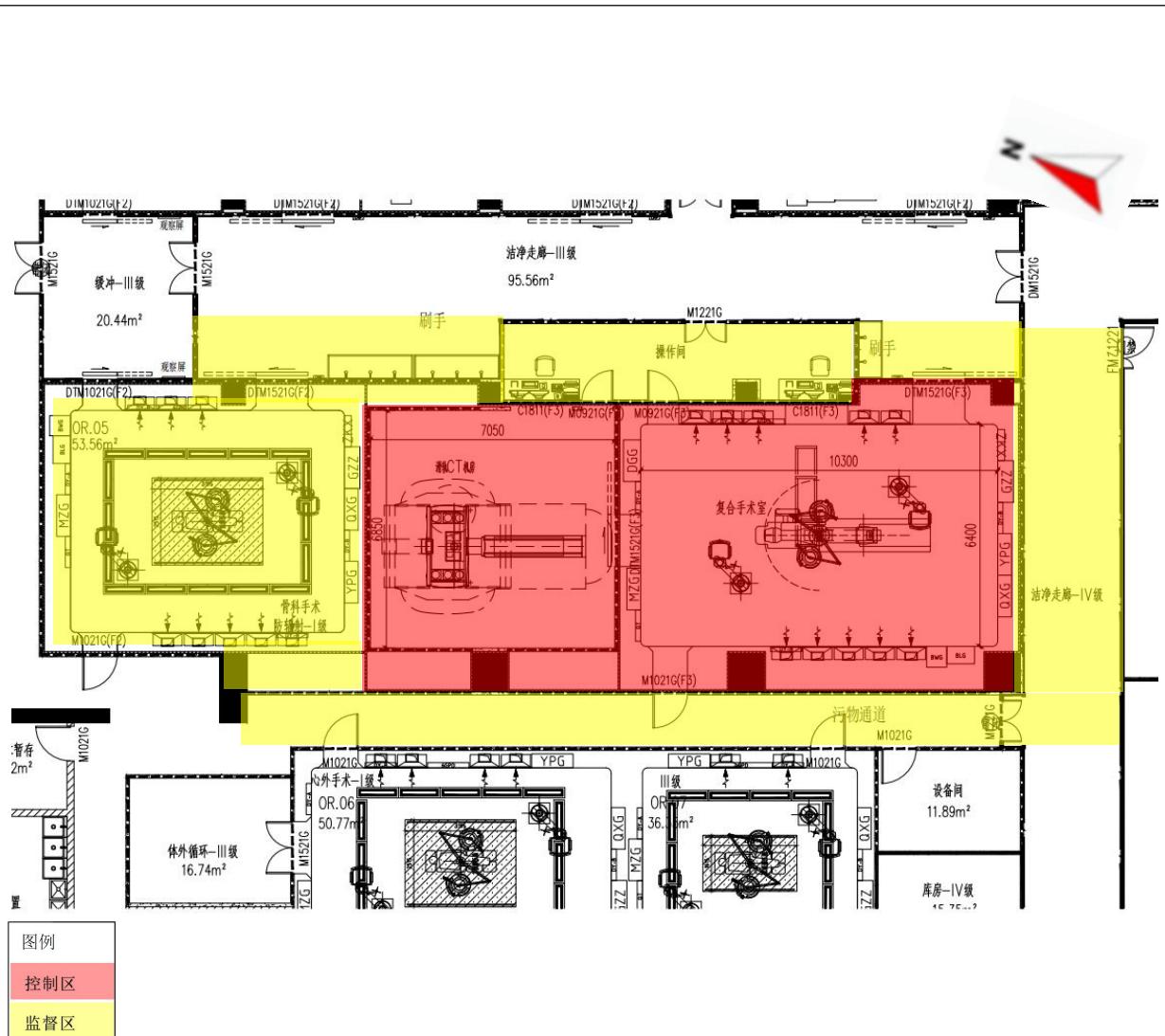


图 10-2 项目控制区与监督区划分示意图 (康养综合楼六层复合手术室、滑轨 CT 机房)

10.2. 辐射防护屏蔽设计

(1) 主体结构屏蔽设计

表 10-2 本项目射线装置机房屏蔽参数设计情况一览表

机房名称	辐射防护屏蔽设计情况				
DSA 机房 1、 DSA 机房 2、 DSA 机房 3、 DSA 机房 5	机房位置	康养综合楼二层 DSA 机房 1 (125kV 下)	康养综合楼二层 DSA 机房 2 (125kV 下)	康养综合楼二层 DSA 机房 3 (150kV 下)	康养综合楼二层 DSA 机房 5 (125kV 下)
	机房尺寸	7.22m (长) 6.76m (宽) 4.20m (高)	7.22m (长) 6.76m (宽) 4.20m (高)	10.52m (长) 6.50m (宽) 4.20m (高)	10.52m (长) 6.51m (宽) 4.20m (高)
	机房面积	48.8m ²	48.8m ²	68.3m ²	68.4m ²
	四周墙体	360mm 实心红砖 (总计约 3.79mmPb)	360mm 实心红砖 (总计约 3.79mmPb)	360mm 实心红砖 (总计约 2.97mmPb)	360mm 实心红砖 (总计约 3.79mmPb)
	顶板	150mm 混凝土 +2mmPb 硫酸钡	150mm 混凝土 +2mmPb 硫酸钡	150mm 混凝土 +2mmPb 硫酸钡	150mm 混凝土 +2mmPb 硫酸钡

		水泥 (总计约 3.87mmPb)	水泥 (总计约 3.87mmPb)	水泥 (总计约 3.5mmPb)	水泥 (总计约 3.87mmPb)
	地板	150mm 混凝土 +200mm 回填细石混凝土 (总计约 4.97mmPb)	150mm 混凝土 +200mm 回填细石混凝土 (总计约 4.97mmPb)	150mm 混凝土 +200mm 回填细石混凝土 (总计约 4.60mmPb)	150mm 混凝土 +200mm 回填细石混凝土 (总计约 4.97mmPb)
	观察窗	3.0mmPb			
	防护门	操作间防护门: 3.0mmPb (类型: 电动平开门)			
		洁净走廊防护门: 3.0mmPb (类型: 双扇电动平开门)			
		污物间防护门: 3.0mmPb (类型: 电动平开门)			
复合手术室、滑轨 CT 机房	机房位置	康养综合楼六层复合手术室 (140kV 下)		康养综合楼六层滑轨 CT 机房 (140kV 下)	
	机房尺寸	10.30m (长) 6.40m (宽) 4.80m (高)		7.15m (长) 6.95m (宽) 4.80m (高)	
	机房面积	65.9m ²			49.2m ²
	四周墙体	19.2mm 复合墙体 (1.2mm 钢板+内衬 18mm 石膏板)+3.0mmPb 硫酸钡板 (总计约 4.0mmPb)			19.2mm 复合墙体 (1.2mm 钢板+内衬 18mm 石膏板)+3.0mmPb 硫酸钡板 (总计约 4.0mmPb)
	顶板	150mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥 (总计约 4.57mmPb)			150mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥 (总计约 4.57mmPb)
	地板	200mm 混凝土+200mm 回填细石混凝土 (总计约 5.42mmPb)			200mm 混凝土+200mm 回填细石混凝土 (总计约 5.42mmPb)
	观察窗	4.0mmPb			4.0mmPb
	防护门	复合手术室和滑轨CT机房中间防护门: 4.0mmPb (类型: 电动推拉门)			
		操作间防护门: 4.0mmPb (类型: 手动平开门)		操作间防护门: 4.0mmPb (类型: 手动平开门 (配置带脚踏开关))	
		洁净走廊防护门: 4.0mmPb (类型: 电动平开门 (配置带脚踏开关))		设备间防护门: 4.0mmPb (类型: 手动平开门)	
		污物通道防护门: 4.0mmPb (类型: 手动平开门)		/	

上表中各机房不同屏蔽物质的换算如下:

由《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 的附录 C 的式 C.1、C.2 可算得混凝土、砖屏蔽物质的铅当量。

相关计算公式如下:

a) 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) (本报告公式 10.1.1-1) 计算辐射透射因子 B:

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad \text{公式 (10-1)}$$

式中:

B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；

β —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X—铅厚度。

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 C. 1. 2a) 中的 B 值，使用式 (C. 2) (本报告公式 10-2) 计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X。

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left(\frac{\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}}}{\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}}} \right)$$

公式

(10-2)

式中：

X—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α —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。

β —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。

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。

B—给定铅厚度的屏蔽透射因子。

由《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 的表 C.2、C.3 可知，铅、砖、混凝土的拟合参数取值见表 10-3。本项目 1 台 DSA 管电压为 150kV，4 台 DSA 管电压均为 125kV，滑轨 CT 管电压为 140kV，在对复合手术室进行铅当量折算时，保守选取滑轨 CT (140kV) 计算结果。150kV 下无砖的拟合参数，150kV 管电压下实心红砖厚度先按密度转换公式转换成混凝土厚度，再转换成铅当量。360mm 实心红砖厚度相当于 $360\text{mm} \div 2.35\text{g/cm}^3 \times 1.65\text{g/cm}^3 = 252.76\text{mm}$ 混凝土厚度。

表 10-3 铅、混凝土、砖对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压 kV	拟合参数	α	β	γ	折合铅当量厚度
150 (有用 线束)	铅	1.757	5.177	0.3156	——
	混凝土	0.03243	0.08599	1.467	150mm 混凝土相当于 1.50mmPb 350mm 混凝土相当于 4.60mmPb 252.7mm 混凝土相当于 2.97mmPb
125 (有用 线束)	铅	2.219	7.923	0.5386	——
	砖	0.02870	0.06700	1.346	360mm 实心砖相当于 3.79mmPb

	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974	150mm 混凝土相当于 1.87mmPb 350mm 混凝土相当于 4.97mmPb
140 (CT)	铅	2.009	3.990	0.342	—
	混凝土	0.0336	0.0122	0.519	150mm 混凝土相当于 1.57mmPb 400mm 混凝土相当于 5.42mmPb

(2) 防护门、铅玻璃安装设计要求、施工要求及建议

机房防护门为减少接缝处射线的泄漏，要求防护门两侧铅板搭接宽度大于门缝宽度 10 倍以上。铅玻璃是脆性材料，比重较大，移置时务必轻拿轻放，铅玻璃的安装时必须将玻璃四周与墙面防护材料严密切合，安装时要将窗周围利用铅板、铅橡胶进行密封，避免周围散漏射线。

10.2.2 辐射安全和防护措施

1. 观察窗：

(1) 本项目 4 间 DSA 机房拟在机房与操作间隔断墙上各设 1 个观察窗，其设置的位置便于观察到患者状态及防护门开闭情况。

(2) 本项目滑轨 CT 机房和复合手术室拟在操作间与机房隔断墙上各设 1 个观察窗，其设置的位置便于观察到患者状态及防护门开闭情况。

2. 防护门：

本项目各机房平开式防护门拟设置自动闭门装置，推拉式机房门拟设置曝光时关闭机房门的管理措施。推拉式机房门外拟安装工作状态指示灯，工作状态指示灯能与机房门有效关联，电动推拉式防护门拟设置防夹装置。

3. 电离辐射警告标志：拟在各机房防护门上粘贴符合 GB 18871-2002 规范的电离辐射警告标志。

4. 对讲装置：拟在 DSA 机房 1、DSA 机房 2、DSA 机房 3 及 DSA 机房 5 内与操作间之间设对讲装置；滑轨 CT 机房、复合手术室内与操作间之间设对讲装置。

5. 工作状态指示灯：拟在各机房洁净走廊防护门上方设置带“射线有害灯亮勿入”警示语句的工作状态指示灯，工作状态指示灯能与机房门联动。

6. 放射防护注意事项告知栏：拟在各候诊区设置放射防护注意事项告知栏。

7. 紧急停机按钮：4 间 DSA 机房内、DSA 机房操作间、滑轨 CT 机房、复合手术室及操作间内各设置 1 个紧急停机按钮，防止人员误闯入或误照。

8. 防护用品：

医院拟为本项目工作人员、患者、滑轨 CT 机房内陪检者配备相应的个人防护用品，

包括铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜以及铅橡胶手套等（详见表 10-5）。在辐射工作中应做好个人的放射防护，以达到辐射防护的目的。

表 10-4 项目射线装置机房辐射安全和防护措施一览表

设施名称		紧急停机按钮	对讲装置	防护门开启按钮	门灯联动、工作状态指示灯	电离辐射警告标志	黄色警戒线
DSA 机房 1	拟安装位置	手术床上、操作间	操作间、机房内	操作间、机房内	机房防护门上方	各 1 个： 操作间防护门 洁净走廊防护门 污物间防护门	机房入口处地面
	数量	2个	1套	1套	1套	3个	1个
DSA 机房 2	拟安装位置	手术床上、操作间	操作间、机房内	操作间、机房内	机房防护门上方	各 1 个： 操作间防护门 洁净走廊防护门 洗消室防护门	机房入口处地面
	数量	2个	1套	1套	1套	3个	1个
DSA 机房 3	拟安装位置	手术床上、操作间	操作间、机房内	操作间、机房内	机房防护门上方	各 1 个： 操作间防护门 洁净走廊防护门 污物间防护门	机房入口处地面
	数量	2个	1套	1套	1套	3个	1个
DSA 机房 5	拟安装位置	手术床上、操作间	操作间、机房内	操作间、机房内	机房防护门上方	各 1 个： 操作间防护门 洁净走廊防护门 污物间防护门	机房入口处地面
	数量	2个	1套	1套	1套	3个	1个
复合手术室	拟安装位置	手术床上、操作间	操作间、机房内	操作间、机房内	机房防护门上方	各 1 个： 操作间防护门 洁净走廊防护门 污物通道防护门 复合手术室和滑轨 CT 机房共用防护门	机房入口处地面
	数量	2个	1套	1套	1套	4个	1个
滑轨 CT 机房	拟安装位置	机身上、操作间	操作间、机房内	操作间、机房内	/	操作间防护门	机房入口处地面
	数量	2个	1套	1套	/	1个	1个

表 10-5 项目射线装置机房拟配置防护用品一览表

机房/项目	名称	铅当量	数量	使用对象		
				工作人员	患者	陪检者
DSA 机房 1、DSA 机房 2、DSA 机房 3、DSA 机房 5	铅橡胶帽子	0.5mmPb	28 件	6 件/间（共 24 件）	1 件/间（共 4 件）	/
	铅防护眼镜	0.5mmPb	24副	6 副/间（共 24 副）	/	/
	铅橡胶颈套	0.5mmPb	28件	6 件/间（共 24 件）	1 件/间（共 4 件）	/
	铅橡胶围裙	0.5mmPb	28件	6 件/间（共 24	1 件/间	/

			件)	(共 4 件)	
	铅橡胶防护衣	0.5mmPb	24件	6件/间(共24件)	/ /
	介入防护手套	0.025mmPb	8副	2副/间 (共8副)	/ /
	铅悬挂防护屏	0.5mmPb	4个	1件/间 (共4个)	/ /
	铅悬挂防护帘	0.5mmPb	4个	1件/间 (共4个)	/ /
	床侧防护帘	0.5mmPb	4个	1件/间 (共4个)	/ /
	移动铅防护屏风	2.0mmPb	4个	1件/间 (共4个)	/ /
滑轨 CT 机房、复合手术室	铅橡胶帽子	0.5mmPb	8 件	6 件 1 件/间 (共 2 件)	/
	铅防护眼镜	0.5mmPb	6副	6副	/ /
	铅橡胶颈套	0.5mmPb	8件	6件 1件/间 (共2件)	/
	铅橡胶围裙	0.5mmPb	8件	6件 1件/间 (共2件)	/
	铅橡胶防护衣	0.5mmPb	6件	6件	/ 1件
	介入防护手套	0.025mmPb	2副	2副	/ /
	铅悬挂防护屏	0.5mmPb	1个	1个	/ /
	铅悬挂防护帘	0.5mmPb	1个	1个	/ /
	床侧防护帘	0.5mmPb	1个	1个	/ /
	移动铅防护屏风	2.0mmPb	1个	1件	/ /
DSA	个人剂量计		2 个/人	/	/
滑轨 CT	个人剂量计		1 个/人	/	/

9. 电缆管线屏蔽补偿措施

本项目在楼层现浇混凝土基础上进行砂浆水泥找平，机房的地沟线槽为埋地设计，地沟线槽采用不锈钢盖板覆盖，机房之间的管线穿墙设计为圆形管道墙面直穿，在管线穿墙处用墙体同等厚度铅板包裹管道（铅板包裹至墙面，并与墙面形成有效搭接），防止射线泄漏。本项目相应机房电缆管线穿墙屏蔽补偿措施设计如图10-3和图10-4所示。

10. 通风装置

本项目拟在各机房内设置动力通风装置，康养综合楼二层 4 间 DSA 机房连接通风管从康养综合楼二楼排至室外，布局见图 10-5；滑轨 CT 机房和复合手术室排风口连接通风管从康养综合楼六楼排至室外，布局见图 10-6；管道穿墙口均采用墙体同等厚度额铅板无缝包裹（铅板包裹至墙面，并与墙面形成有效搭接）。通风管道穿墙屏蔽补偿措施设计如图 10-4 所示。

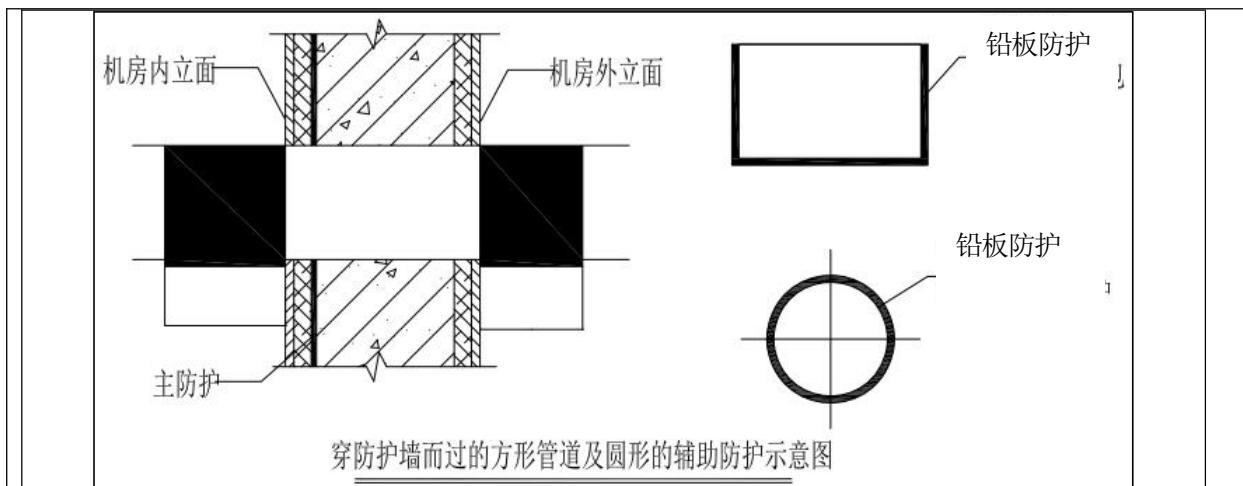


图 10-3 项目射线装置机房电缆管线穿墙辐射防护施工图

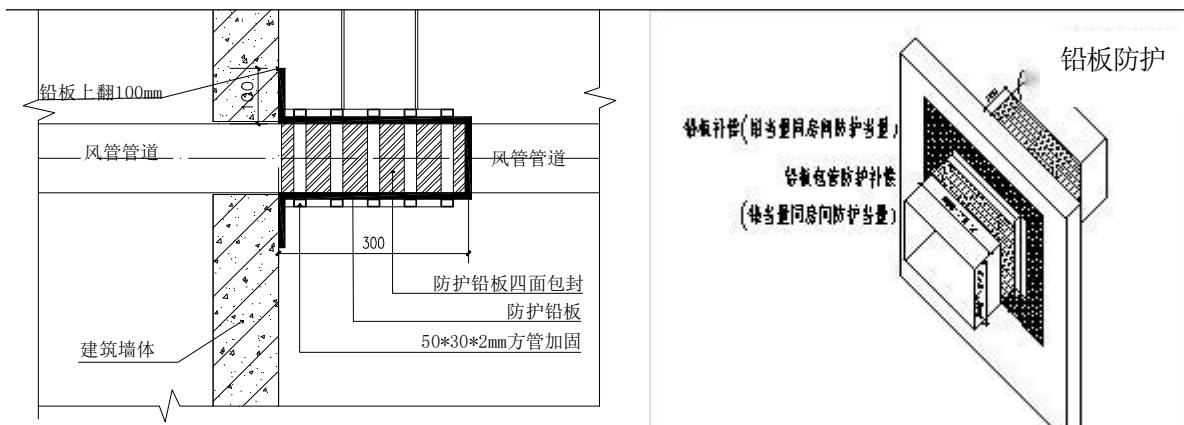


图 10-4 项目射线装置机房通风管道穿墙辐射屏蔽补偿设计图

11. 其他防护措施

(1)熟悉机器性能和介入操作技术，尽量减少照射和采集时间。特别避免未操作时仍踩脚闸；通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与设备间的近距离接触时间；

(2)操作人员采取隔室操作方式，操作间与设备间之间以墙体隔开，通过观察窗观察病人情况，通过对讲机与病人交流；

(3)在不影响图像质量和诊疗需要的前提下，尽量使用低剂量选择最优化的检查参数，为保证影像质量可采用高电压、低电流、限制透视检查时间等措施，同时在不影响操作的前提下可采取缩小照射野和缩短物片距，尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线。

(4)介入手术过程职业人员进入机房进行透视时，应正确佩戴好个人防护用具包括：铅衣、铅围裙、铅围脖、铅眼镜、介入防护手套等，并配备个人剂量计。

(5)第一术者位在进行透视时，应使用床下铅帘及悬吊铅帘进行局部遮挡；对于第二

术者位应设置辅助铅屏风进行防护；

(6)对病人进行透视时或拍片过程，应采用适当防护设施对病人非病灶部位进行遮挡。

(7)医院拟依托院内原有1台便携式X- γ 剂量率仪用于本项目辐射工作场所日常监测。

(8)复合手术室内拟设置防止DSA和CT同时意外曝光、防止操作CT时意外触发DSA曝光的互锁程序或互锁装置，以确保复合手术室内手术时DSA与CT两台设备不同时使用。

10.3 项目辐射防护措施符合性分析

本项目4间DSA机房、复合手术室及滑轨CT机房辐射防护措施符合性分析表见表10-6。

表 10-6 项目辐射防护措施符合性分析表

项目	标准 GBZ 130-2020 防护要求	辐射防护设计情况	符合性		
6.1 机房布局	6.1.1 应合理设置X射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	本项目5台DSA有用线束垂直向上，5台DSA和滑轨CT有用线束避免了直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	符合		
	6.1.2 X射线设备机房(照射室)的设置应充分考虑邻室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全。	本项目4间DSA机房位于康养综合楼二层，复合手术室、滑轨CT机房位于康养综合楼六层，相邻区域均没有产科、儿科等敏感科室，采取相应的屏蔽防护措施，考虑了邻室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全。	符合		
	6.1.3 每台固定使用的X射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求	本项目拟为5台DSA和1台滑轨CT设单独的机房，其中康养综合楼六层1台滑轨CT可滑至复合手术室内，机房满足使用设备的布局要求。	符合		
表2 单管头X射线机：机房内最小有效使用面积不小于20m ² ，最小单边长度不小于3.5m。CT机		/ DSA机房1 DSA机房2 DSA机房3 /			
机房面积		48.8m ² (7.22m×6.76m)	48.8m ² (7.22m×6.76m)	68.3m ² (10.52m×6.50m)	符合
最小单边长度		6.76m	6.76m	6.50m	

	(不含头颅移动 CT)：有效使用面积不小于 30m ² , 最小单边长度应不小于 4.5m。	/	DSA 机房 5	复合手术室	滑轨 CT 机房	/
	机房面积	68.4m ² (10.52m×6.51m)	65.9m ² (10.30m×6.40m)	48.2m ² (7.05m×6.85m)		符合
	最小单边长度	6.51m	6.40m	6.85m		符合
	/	DSA 机房 1	DSA 机房 2	DSA 机房 5	/	
表 3 介入 X 射线设备机房：有用线束方向铅当量 2mmPb 铅当量，非有用线束方向铅当量 2mmPb 铅当量。CT 机：机房内最小有效使用面积不小于 30m ² , 最小单边长度不小于 4.5m。	四周墙体	360mm 实心红砖 (总计约 3.79mmPb)				符合
	顶板	150mm 混凝土 + 2mmPb 硫酸钡水泥 (总计约 3.87mmPb)				
	地板	150mm 混凝土 + 200mm 回填细石混凝土 (总计约 4.97mmPb)				
	防护门、防护窗	3.0mmPb				
	/	DSA 机房 3	复合手术室	滑轨 CT 机房	/	
6.2 机房屏蔽	四周墙体	360mm 实心红砖 (总计约 2.97mmPb)	19.2mm 复合墙体 (1.2mm 钢板 + 内衬 18mm 石膏板) + 4.0mmPb 硫酸钡板 (总计约 4.0mmPb)	19.2mm 复合墙体 (1.2mm 钢板 + 内衬 18mm 石膏板) + 4.0mmPb 硫酸钡板 (总计约 4.0mmPb)		符合
	顶板	150mm 混凝土 + 2mmPb 硫酸钡水泥 (总计约 3.50mmPb)	150mm 混凝土 + 3mmPb 硫酸钡水泥 (总计约 4.57mmPb)	150mm 混凝土 + 3mmPb 硫酸钡水泥 (总计约 4.57mmPb)		
	地板	150mm 混凝土 + 200mm 回填细石混凝土 (总计约 4.60mmPb)	200mm 混凝土 + 200mm 回填细石混凝土 (总计约 5.42mmPb)	200mm 混凝土 + 200mm 回填细石混凝土 (总计约 5.42mmPb)		
	防护门、防护窗	3.0mmPb	4.0mmPb	4.0mmPb		
6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量率	6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求： a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h； b) CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h	由表 11 可知，本项目 4 间 DSA 机房、复合手术室及滑轨 CT 机房外的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。				符合

6.4 工作场所防护	6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	本项目4间DSA机房在操作间与机房隔断墙上设观察窗，复合手术室及滑轨CT机房操作间与机房隔断墙上设观察窗，其设置的位置均便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。 拟在4间DSA机房内与操作间、复合手术室及滑轨CT机房与操作间之间设置对讲装置。	符合
	6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物	本项目4间DSA机房、复合手术室及滑轨CT机房内拟不堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	符合
	6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风	本项目4间DSA机房、复合手术室及滑轨CT机房内均设置设动力通风装置，以保持良好的通风。	符合
	6.4 机房门外应有电离辐射警告标志、机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏	本项目各机房平开式防护门均拟设置自动闭门装置，推拉式机房门拟设置曝光时关闭机房门的管理措施。推拉式机房门外拟安装醒目的电离辐射标志和带“射线有害 灯亮勿入”警示语句的工作状态指示灯，工作状态指示灯能与机房门有效关联，电动推拉式防护门拟设置防夹装置。 4间DSA机房、操作间、滑轨CT机房、复合手术室及操作间内各设置1个紧急停机按钮，防止人员误闯入或误照。	符合
	6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。	各机房设置的电动推拉门拟设设置防夹装置。	符合
	6.4.6 电动推拉门宜设防夹装置	各机房设置的电动推拉门拟设设置防夹装置。	符合
	6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	受检者不在机房内候诊；检查过程中陪检者不滞留在机房内。	符合
	6.4.9 CT装置的安放应利于操作者观察受检者	如图10-2所示，滑轨CT的安放利于操作者观察受检者。	符合
	6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	机房出入门拟设置于散射辐射相对低的位置。	符合
6.5 X	工作人员：配备铅橡胶围裙、铅	如表10-5所示，4间DSA机房、复合手术室及滑轨CT机房防护用品及防护设施配置符合要求。	符合

射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求	<p>橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套。选配：铅橡胶帽子 辅助防护设施： 配备铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风 患者：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套。选配：铅橡胶帽子 防护用品的铅当量应不小于 0.25mmPb，介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb</p>	
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	<p>拟设置专门的防护用品架放置个人防护用品。</p>	符合

由表 10-6 可知，本项目 4 间 DSA 机房、复合手术室及滑轨 CT 机房的辐射防护措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）相关要求。

（4）通风装置

本项目拟在机房设置动力通风装置，DSA 机房、复合手术室及滑轨 CT 机房连接排风管排至康养综合楼室外，二层 4 间 DSA 机房管道穿墙口均采用 3mm 厚铅板无缝包裹，六层复合手术室和滑轨 CT 机房均采用 4mm 厚铅板无缝包裹（铅板包裹至墙面，并与墙面形成有效搭接）。通风管道穿墙屏蔽补偿措施设计如图 10-4 所示。

10.3 三废的治理

10.3.1 废气治理措施

在 DSA 和滑轨 CT 开机并曝光时，X 射线在穿过空气时会与空气中的氧和氮分子发生作用，产生臭氧和氮氧化物。医院在射线装置机房设置动力通风装置，射线装置机房顶部吊顶设置排风口，并配备相应风机，能保持机房内良好的通风，最终排风口设置于

康养综合楼东墙和北墙外，有害气体直接排至室外逸散在空气中，本项目射线装置机房排风管网图见图 10-5、图 10-6。

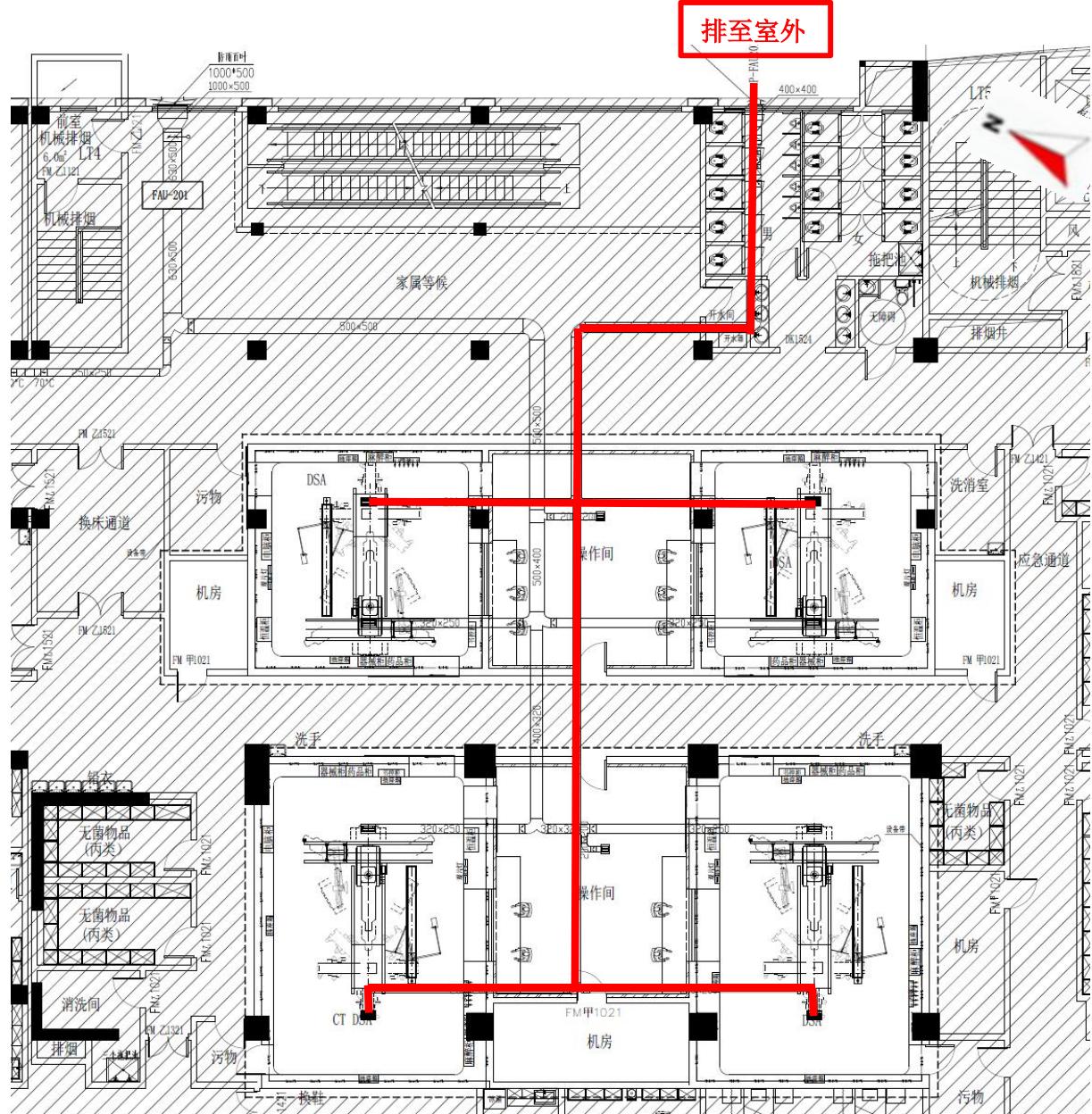


图 10-5 DSA 机房 1、DSA 机房 2、DSA 机房 2 和 DSA 机房 5 排风管道布局图

图例: —————

排风管道

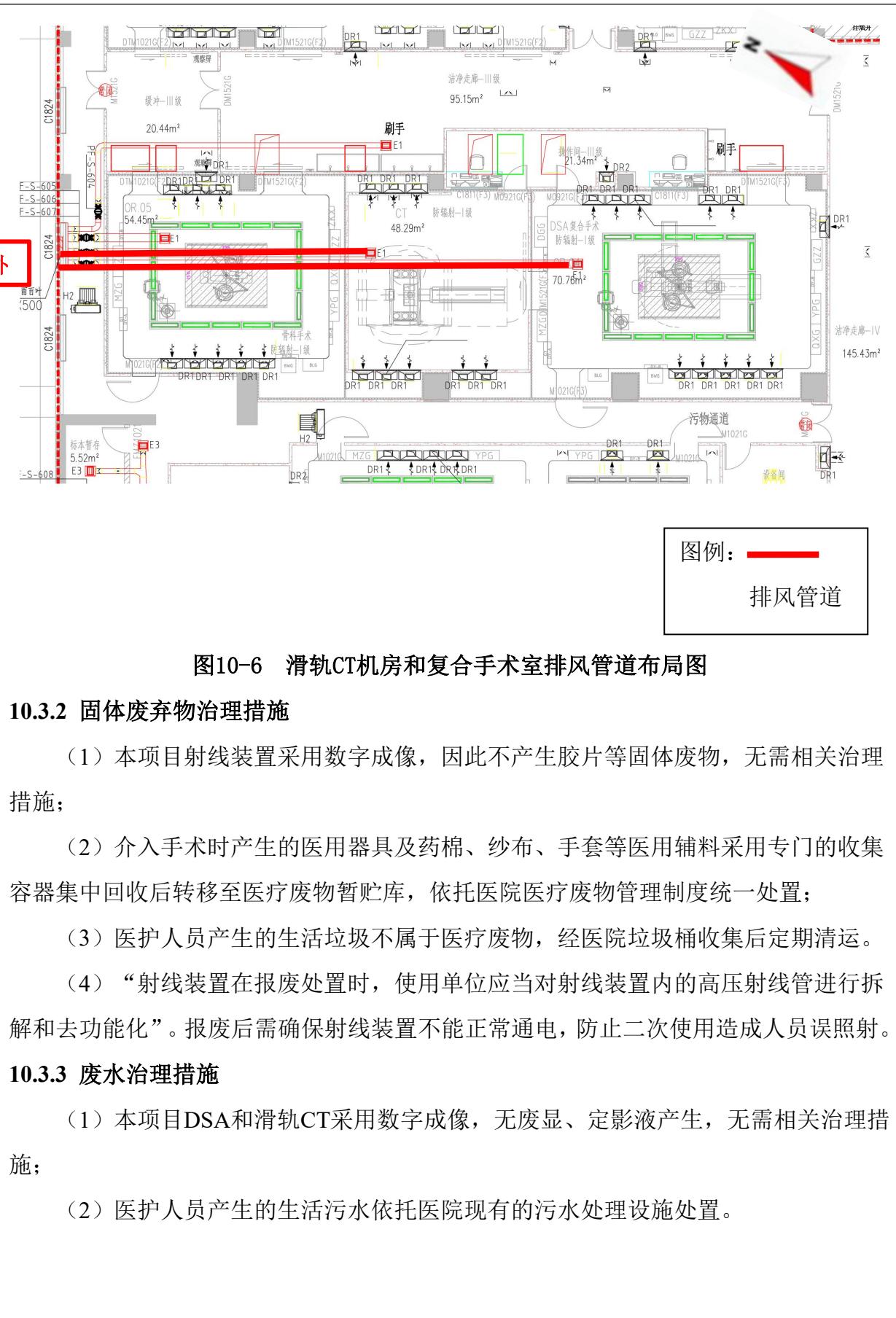


表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 建设施工阶段对环境的影响

本次评价项目涉及到新墙体的建筑装修、设备安装等，在项目的建设过程中，应采取污染防治措施，减轻对医院及周边地区的环境影响。项目建设期主要的污染因子有：噪声、废水、固体废弃物和扬尘。

(1) 声环境影响分析

该评价项目施工期的噪声主要来自场地土建施工、相关设施的安装调试等阶段，但该评价项目的建设工程，影响期短暂，其在现有建筑物内部完成，对周围环境影响小，随施工结束而消除，因此，施工在合理安排施工时间，夜间禁止高噪声机械作业后，对周围的影响不大。

(2) 环境空气影响分析

在整个施工期，扬尘来自于材料搬运、装卸和混凝土浇筑等施工活动，由于扬尘源多且分散，属无组织排放。受施工方式、设备、气候等因素制约，产生的随机性和波动性大。但土建工程结束后即可恢复。

(3) 水环境影响分析

本工程施工污水主要来自微量施工废水。施工废水主要包括砂石料加工水。施工废水含泥沙和悬浮物，直接排出会阻塞排水沟和对附近水体造成污染。对此，施工单位应对施工废水进行妥善处理，对施工废水进行澄清处理，清水外排，淤泥妥善堆放。

(4) 固体废物影响分析

施工期间固体废物主要为建筑垃圾。施工过程中的建筑垃圾和生活垃圾必须集中处理，严禁随意堆放和倾倒。生活垃圾应置于医院内部垃圾收集箱内，定期由环卫工人送至附近的垃圾中转站。施工建筑垃圾委托有资质的渣土运输公司处置，运垃圾的专用车每次装完垃圾后，用苫布盖好，避免途中遗洒和运输过程中造成扬尘。可以使工程产生的垃圾处于可控制状态。

综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

11.1.2 设备调试安装阶段对环境的影响

本环评要求设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在主屏蔽体门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时各设备必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入检测区域，防止辐射事故发生。设备安装完成后，建设方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 机房防护屏蔽分析

由表 10-3 可知，射线装置机房使用面积及单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.2.2 机房辐射水平分析

在介入手术过程中，机头有用线束直接照向患者，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 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。CT 屏蔽估算时可不考虑初级辐射，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 摄影模式（含类 CT 模式）曝光时，介入工作人员均位于控制室，即为隔室操作方式；DSA 透视模式条件下，介入医师和介入护士近台同室进行介入操作，介入技师在控制室进行操作。对于复合手术室，滑轨 CT 摄影时，DSA 处于关闭状态，介入工作人员均处于控制室，即为隔室操作方式。滑轨 CT 机房内 CT 非介入工作时，工作人员均位于控制室。

根据表 9-2 可知，隔室操作时因类 CT 模式比摄影模式条件大，故本次评价中对于具有类 CT 模式的 DSA，对类 CT 模式、透视两种工况下 DSA 机房周围的辐射水平进行预测；对于不具有类 CT 模式的 DSA，对摄影模式、透视两种工况下 DSA 机房周围的辐射水平进行预测；对于复合手术室分别对 DSA 摄影、透视及滑轨 CT 扫描模式三种工况下复合手术室周围的辐射水平进行预测。手术时，医生在患者旁进行导管操作，操作过程中受到泄漏辐射及病人体表散射照射。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。

11.2.2.1 计算公式

(1) 泄漏辐射

关注点处的泄漏辐射剂量率参考《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）中给出的公式计算。

$$\dot{H}_L = \frac{\dot{H}_0 \cdot B \cdot f}{d^2} \dots\dots\dots \text{(公式 11-1)}$$

式中： \dot{H}_0 ——距靶点 1m 米处的辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

\dot{H}_L ——关注点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

f ——设备射线泄漏率，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），

加载状态下设备 1 米处的空气比释动能不应超过 1mGy/h ，此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 1mGy/h ；

d ——关注点至靶点的距离， m ；

B ——透射因子，对给定的铅厚度，依据 GBZ 130-2020 中给出的不同管电压 X 射线辐射在铅中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值按公式 11-2 计算屏蔽透射因子 B ，见下式：

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha\gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots \text{(公式 11-2)}$$

式中： B ——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

X ——铅厚度。

α 、 β 、 γ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；根据 GBZ 130-2020 附录 C 表 C.2 数据获得。

(2) 散射辐射

关注点处的散射辐射剂量率参考《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）中给出的公式计算。

$$\dot{H}_S = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha \cdot S}{d_0^2 \cdot d_S^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{(公式 11-3)}$$

式中： \dot{H}_0 ——距靶点 1m 米处的辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

\dot{H}_s ——关注点处的散射辐射剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

α ——患者对 X 射线的散射比, 取自《辐射防护手册》(第一分册) P437, $\alpha = a/400$; a (散射与入射 X 射线照射量之比) 取 90° 散射, 患者对 X 射线的散射比, 取自《辐射防护手册》(第一分册) P437, $\alpha = a/400$; a (散射与入射 X 射线照射量之比) 取 90° 散射; 70kV 时 $a = 0.005$, 故 $\alpha = 1.25E-05$; 100kV 时 $a = 0.0013$, 故 $\alpha = 3.25E-06$; 150kV 时 $a = 0.0016$, 故 $\alpha = 4.00E-06$;

S ——散射面积, 取 100cm^2 ;

d_0 ——源与患者的距离, 取 0.5m ;

d_s ——散射体(患者)与关注点的距离, m 。

11.2.2.2 辐射源强

由表 9 章节可知, 本项目透视、类 CT 工况下管电流计算得出距靶 1m 处的最大剂量率结果见表 11-1。

表 11-1 不同管电压下距靶 1m 处最大剂量率一览表

机房/设备名称	滤过材料及厚度	理论估算时的出束条件	距靶 1m 处的空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)		距靶 1m 处的辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
DSA1	2.5mmAl	70kV、60mA	透视模式	9.72E+06	9.72E+06
		100kV、500mA	摄影模式	1.62E+08	1.62E+08
		100kV、600mA	类 CT 模式	1.94E+08	1.94E+08
DSA2	2.5mmAl	70kV、60mA	透视模式	9.72E+06	9.72E+06
		100kV、500mA	摄影模式	1.62E+08	1.62E+08
		100kV、600mA	类 CT 模式	1.94E+08	1.94E+08
DSA3	2.5mmAl	70kV、60mA	透视模式	9.72E+06	9.72E+06
		100kV、500mA	摄影模式	1.62E+08	1.62E+08
DSA5	2.5mmAl	70kV、60mA	透视模式	9.72E+06	9.72E+06
		100kV、500mA	摄影模式	1.62E+08	1.62E+08
		100kV、600mA	类 CT 模式	1.94E+08	1.94E+08
复合手术室 DSA	2.5mmAl	70kV、60mA	透视模式	9.72E+06	9.72E+06
		100kV、500mA	摄影模式	1.62E+08	1.62E+08
滑轨 CT	140kV	600mA	有用线束方向	3.46E+08	3.46E+08
	/	/	泄漏辐射	1000	1000

注: 本项目参照 GBZ/T201.1-2007 的第 4.8.3 款, 为了机房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。

表 11-2 铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压 kV	拟合参数	α	β	γ
70	铅	5.369	23.49	0.5881
100(主)	铅	2.5	15.28	0.7557
100(散)	铅	2.507	15.33	0.9124

140 (CT)	铅	2.009	3.990	0.342
----------	---	-------	-------	-------

11.2.2.3 机房周围剂量率估算结果

射线装置室外各关注点位图见图 11-1~图 11-4。根据表 10-1 中列出的机房的屏蔽设计参数，依据公式 11-1、11-2 和 11-3 计算得机房周围关注点处的辐射剂量率结果见表 11-3~11-14，机房内医护人员位置的辐射剂量率结果见表 11-15、表 11-16。

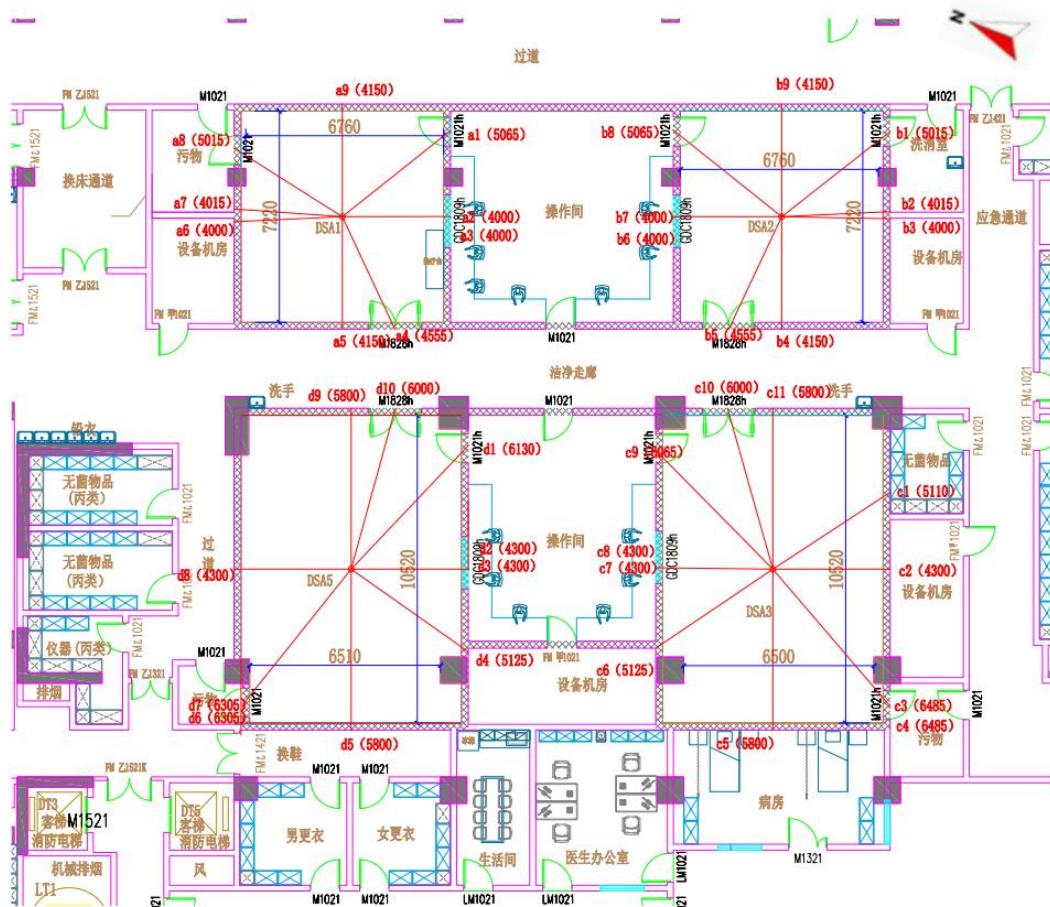


图 11-1 二层 4 间 DSA 机房关注点位置图（平面）

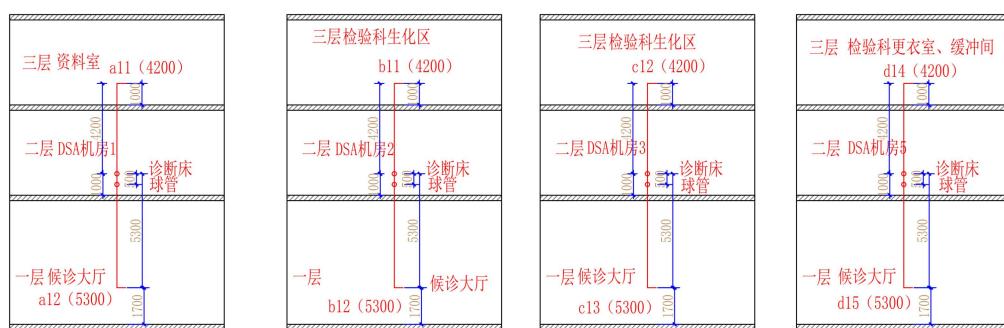


图 11-2 二层 4 间 DSA 机房关注点位置图（剖面）

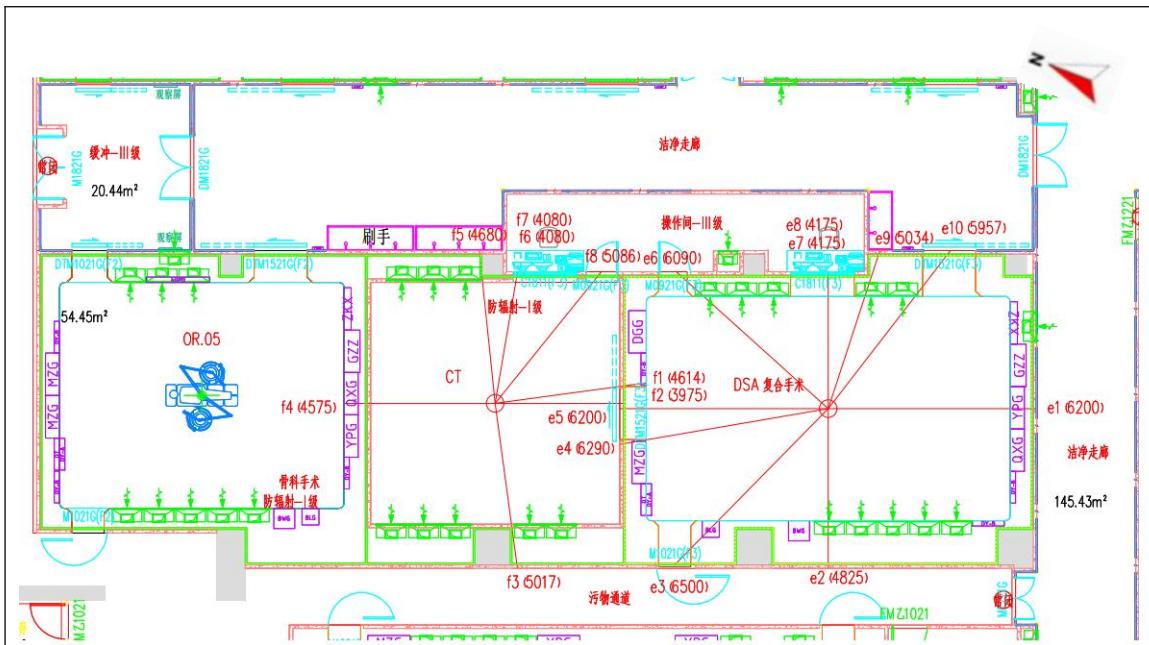


图 11-3 复合手术室和滑轨 CT 机房关注点位置图（平面）

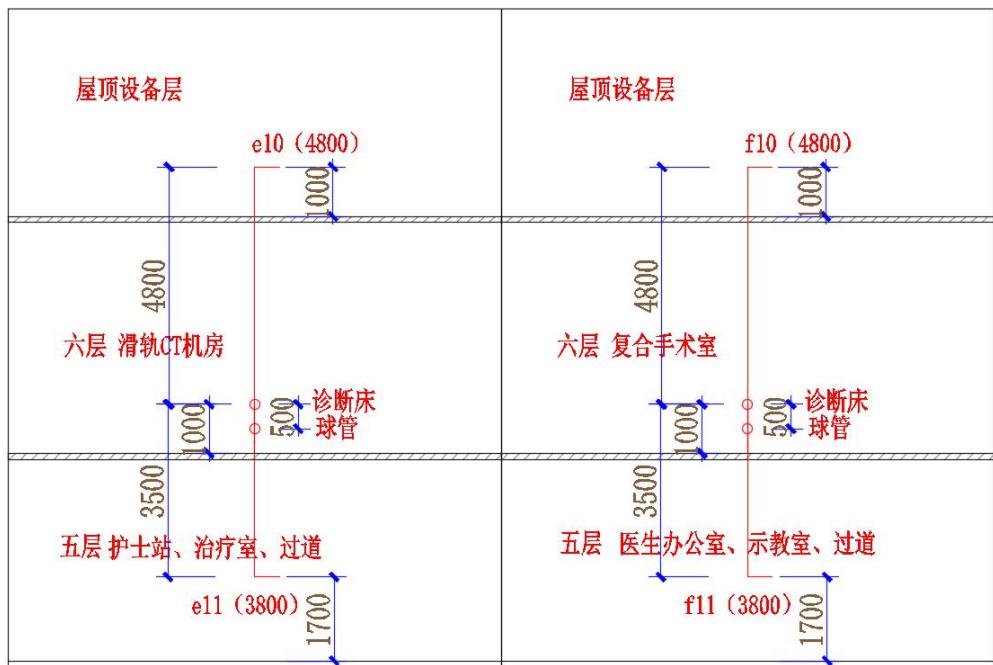


图 11-4 复合手术室和滑轨 CT 机房关注点位置图（剖面）

表 11-3 DSA 机房 1 周围关注点剂量率估算 (类 CT 工况)

序号	关注点位置	屏蔽体铅当量厚度 (mm)	屏蔽透射因子 B		$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	d ₀ (m)	d _s (m)	α	S (cm ²)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		合计剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
			漏射	散射								漏射	散射	
a1	操作间防护门外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.94E+08	5.06	0.5	5.06	3.25E-06	100	1.62E-03	6.23E-01	6.25E-01
a2	观察窗 C 外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.94E+08	4.00	0.5	4.00	3.25E-06	100	2.59E-03	9.97E-01	9.99E-01
a3	南墙外 30cm 处 (操作间)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	4.00	0.5	4.00	3.25E-06	100	3.58E-04	1.37E-01	1.38E-01
a4	洁净走廊防护门外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.94E+08	4.55	0.5	4.55	3.25E-06	100	2.00E-03	7.70E-01	7.72E-01
a5	西墙外 30cm 处 (洁净走廊)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	4.15	0.5	4.15	3.25E-06	100	3.33E-04	1.28E-01	1.28E-01
a6	北墙外 30cm 处 (设备机房)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	4.00	0.5	4.00	3.25E-06	100	3.58E-04	1.37E-01	1.38E-01
a7	北墙外 30cm 处 (污物间)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	4.01	0.5	4.01	3.25E-06	100	3.56E-04	1.37E-01	1.37E-01
a8	污物间防护门外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.94E+08	5.01	0.5	5.01	3.25E-06	100	1.65E-03	6.35E-01	6.37E-01
a9	东墙外 30cm 处 (过道)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	4.15	0.5	4.15	3.25E-06	100	3.33E-04	1.28E-01	1.28E-01
a10	顶棚上方距离地面 1m 处	3.87	4.69E-06	7.12E-06	1000	1.94E+08	4.70	0.5	4.20	3.25E-06	100	2.12E-04	1.02E-01	1.02E-01
a11	地板下方距离地面 1.7m 处	4.97	3.00E-07	4.52E-07	1000	1.94E+08	4.80	0.5	5.30	3.25E-06	100	1.30E-05	4.06E-03	4.08E-03

注：(空气比释动能和周围剂量当量的换算系数值取 1，类 CT 工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $1.94 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$ 。此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 $1000 \mu\text{Sv/h}$ ，图 11-1、图 11-2 中标注距离为等中心点(患者体表处的焦点)与机房外关注点的距离(d_s)，机房的主射线方向朝上，因此计算主射线方向的漏射辐射时，距离 d_0 =源与患者的距离(0.5m)。例如计算关注点 a10 漏射辐射时，距离 $d=d_s+d_0=4.20\text{m}+0.5\text{m}=4.70\text{m}$ ，同理关注点 a11 距离 $d=d_s-d_0=5.30\text{m}-0.5\text{m}=4.80\text{m}$ 。

表 11-4 DSA 机房 1 周围关注点剂量率估算 (透视工况)

序号	关注点位置	屏蔽体铅当量厚度 (mm)	屏蔽透射因子 B		$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	d_0 (m)	d_s (m)	α	S (cm^2)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		合计剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
			漏射	散射								漏射	散射	
a1	操作间防护门外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	5.06	0.5	5.06	1.25E-05	100	2.26E-07	1.10E-05	1.12E-05
a2	观察窗 C1 外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	4.00	0.5	4.00	1.25E-05	100	3.62E-07	1.76E-05	1.80E-05
a3	南墙外 30cm 处 (操作间)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	4.00	0.5	4.00	1.25E-05	100	5.21E-09	2.53E-07	2.58E-07
a4	洁净走廊防护门外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	4.55	0.5	4.55	1.25E-05	100	2.80E-07	1.36E-05	1.39E-05
a5	西墙外 30cm 处 (洁净走廊)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	4.15	0.5	4.15	1.25E-05	100	4.84E-09	2.35E-07	2.40E-07
a6	北墙外 30cm 处 (设备机房)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	4.00	0.5	4.00	1.25E-05	100	5.21E-09	2.53E-07	2.58E-07
a7	北墙外 30cm 处 (污物间)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	4.01	0.5	4.01	1.25E-05	100	5.18E-09	2.52E-07	2.57E-07
a8	污物间防护门外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	5.01	0.5	5.01	1.25E-05	100	2.31E-07	1.12E-05	1.14E-05
a9	东墙外 30cm 处 (过道)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	4.15	0.5	4.15	1.25E-05	100	4.84E-09	2.35E-07	2.40E-07
a10	顶棚上方距离地面 1m 处	3.87	5.42E-11	5.42E-11	1000	9.72E+06	4.70	0.5	4.20	1.25E-05	100	2.46E-09	1.49E-07	1.52E-07
a11	地板下方距离地面 1.7m 处	4.97	1.48E-13	1.48E-13	1000	9.72E+06	4.80	0.5	5.30	1.25E-05	100	6.41E-12	2.56E-10	2.62E-10

注：(空气比释动能和周围剂量当量的换算系数值取 1，透视工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $9.72E+06\mu\text{Sv/h}$ 。此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 $1000\mu\text{Sv/h}$ ，图 11-1、图 11-2 中标注距离为等中心点(患者体表处的焦点)与机房外关注点的距离(d_s)，机房的主射线方向朝上，因此计算主射线方向的漏射辐射时，距离 d_0 =源与患者的距离(0.5m)。例如计算关注点 a10 漏射辐射时，距离 $d=d_s+d_0=4.20\text{m}+0.5\text{m}=4.70\text{m}$ ，同理关注点 a11 距离 $d=d_s-d_0=5.30\text{m}-0.5\text{m}=4.80\text{m}$ 。

表 11-5 DSA 机房 2 周围关注点剂量率估算 (类 CT 工况)

序号	关注点位置	屏蔽体铅当量厚度 (mm)	屏蔽透射因子 B		$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	d (m)	d_0 (m)	d_s (m)	α	S (cm^2)	剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		合计剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
			漏射	散射								漏射	散射	
b1	洗消室防护门外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.94E+08	5.06	0.5	5.06	3.25E-06	100	1.62E-03	6.23E-01	6.25E-01
b2	南墙外 30cm 处 (洗消室)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	4.01	0.5	4.01	3.25E-06	100	3.56E-04	1.37E-01	1.37E-01
b3	南墙外 30cm 处 (设备机房)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	4.00	0.5	4.00	3.25E-06	100	3.58E-04	1.37E-01	1.38E-01
b4	西墙外 30cm 处 (洁净走廊)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	4.15	0.5	4.15	3.25E-06	100	3.33E-04	1.28E-01	1.28E-01
b5	洁净走廊防护门外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.94E+08	4.56	0.5	4.56	3.25E-06	100	1.99E-03	7.67E-01	7.69E-01
b6	观察窗 C 外 30cm 处	3	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	4.00	0.5	4.00	3.25E-06	100	3.58E-04	1.37E-01	1.38E-01
b7	北墙外 30cm 处 (操作间)	3.79	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.94E+08	4.00	0.5	4.00	3.25E-06	100	2.59E-03	9.97E-01	9.99E-01
b8	操作室防护门外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.94E+08	5.06	0.5	5.06	3.25E-06	100	1.62E-03	6.23E-01	6.25E-01
b9	东墙外 30cm 处 (过道)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	4.15	0.5	4.15	3.25E-06	100	3.33E-04	1.28E-01	1.28E-01
b10	顶棚上方距离地面 1m 处	3.87	4.69E-06	7.12E-06	1000	1.94E+08	4.70	0.5	4.20	3.25E-06	100	2.12E-04	1.02E-01	1.02E-01
b11	地板下方距离地面 1.8m 处	4.97	3.00E-07	4.52E-07	1000	1.94E+08	4.80	0.5	5.30	3.25E-06	100	1.30E-05	4.06E-03	4.08E-03

注: (空气比释动能和周围剂量当量的换算系数值取 1, 类 CT 工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $1.94+08\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 $1000\mu\text{Sv}/\text{h}$, 图 11-1、图 11-2 中标注距离为等中心点(患者体表处的焦点)与机房外关注点的距离(d_s), 机房的主射线方向朝上, 因此计算主射线方向的漏射辐射时, 距离 d_0 =源与患者的距离(0.5m)。例如计算关注点 b10 漏射辐射时, 距离 $d=d_s+d_0=4.20\text{m}+0.5\text{m}=4.70\text{m}$, 同理关注点 b11 距离 $d=d_s-d_0=5.30\text{m}-0.5\text{m}=4.80\text{m}$ 。

表 11-6 DSA 机房 2 周围关注点剂量率估算 (透视工况)

序号	关注点位置	屏蔽体铅当量厚度 (mm)	屏蔽透射因子 B		$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	d_0 (m)	d_s (m)	α	S (cm^2)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		合计剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
			漏射	散射								漏射	散射	
b1	洗消室防护门外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	5.06	0.5	5.06	1.25E-05	100	2.26E-07	1.10E-05	1.12E-05
b2	南墙外 30cm 处 (洗消室)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	4.01	0.5	4.01	1.25E-05	100	5.18E-09	2.52E-07	2.57E-07
b3	南墙外 30cm 处 (设备机房)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	4.00	0.5	4.00	1.25E-05	100	5.21E-09	2.53E-07	2.58E-07
b4	西墙外 30cm 处 (洁净走廊)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	4.15	0.5	4.15	1.25E-05	100	4.84E-09	2.35E-07	2.40E-07
b5	洁净走廊防护门外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	4.56	0.5	4.56	1.25E-05	100	2.79E-07	1.35E-05	1.38E-05
b6	观察窗 C 外 30cm 处	3	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	4.00	0.5	4.00	1.25E-05	100	5.21E-09	2.53E-07	2.58E-07
b7	北墙外 30cm 处 (操作间)	3.79	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	4.00	0.5	4.00	1.25E-05	101	3.62E-07	1.78E-05	1.81E-05
b8	操作室防护门外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	5.06	0.5	5.06	1.25E-05	100	2.26E-07	1.10E-05	1.12E-05
b9	东墙外 30cm 处 (过道)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	4.15	0.5	4.15	1.25E-05	100	4.84E-09	2.35E-07	2.40E-07
b10	顶棚上方距离地面 1m 处	3.87	5.42E-11	5.42E-11	1000	9.72E+06	4.70	0.5	4.20	1.25E-05	100	2.46E-09	1.49E-07	1.52E-07
b11	地板下方距离地面 1.8m 处	4.97	1.48E-13	1.48E-13	1000	9.72E+06	4.80	0.5	5.30	1.25E-05	100	6.41E-12	2.56E-10	2.62E-10

注：(空气比释动能和周围剂量当量的换算系数值取 1，透视工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $9.72E+06\mu\text{Sv/h}$ 。此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 $1000\mu\text{Sv/h}$ ，图 11-1、图 11-2 中标注距离为等中心点(患者体表处的焦点)与机房外关注点的距离(d_s)，机房的主射线方向朝上，因此计算主射线方向的漏射辐射时，距离 d_0 =源与患者的距离(0.5m)。例如计算关注点 b10 漏射辐射时，距离 $d=d_s+d_0=4.20\text{m}+0.5\text{m}=4.70\text{m}$ ，同理关注点 b11 距离 $d=d_s-d_0=5.30\text{m}-0.5\text{m}=4.80\text{m}$ 。

表 11-7 DSA 机房 3 周围关注点剂量率估算 (摄影工况)

序号	关注点位置	屏蔽体铅当量厚度 (mm)	屏蔽透射因子 B		$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	d_0 (m)	d_s (m)	α	S (cm^2)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		合计剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
			漏射	散射								漏射	散射	
c1	南墙外 30cm 处 (无菌物品间)	2.97	4.46E-05	6.80E-05	1000	1.62E+08	5.11	0.5	5.11	3.25E-06	100	1.71E-03	5.49E-01	5.51E-01
c2	南墙外 30cm 处 (设备机房)	2.97	4.46E-05	6.80E-05	1000	1.62E+08	4.30	0.5	4.30	3.25E-06	100	2.41E-03	7.75E-01	7.77E-01
c3	污物间防护门外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.62E+08	6.48	0.5	6.48	3.25E-06	100	9.86E-04	3.17E-01	3.18E-01
c4	南墙外 30cm 处 (污物间)	2.97	4.46E-05	6.80E-05	1000	1.62E+08	7.17	0.5	7.17	3.25E-06	100	8.68E-04	2.79E-01	2.80E-01
c5	西墙外 30cm 处 (病房)	2.97	4.46E-05	6.80E-05	1000	1.62E+08	5.80	0.5	5.80	3.25E-06	100	1.33E-03	4.26E-01	4.27E-01
c6	北墙外 30cm 处 (设备机房)	2.97	4.46E-05	6.80E-05	1000	1.62E+08	5.12	0.5	5.12	3.25E-06	100	1.70E-03	5.47E-01	5.48E-01
c7	观察窗外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.62E+08	4.39	0.5	4.39	3.25E-06	100	2.15E-03	6.90E-01	6.92E-01
c8	北墙外 30cm 处 (操作间)	2.97	4.46E-05	6.80E-05	1000	1.62E+08	4.30	0.5	4.30	3.25E-06	100	2.41E-03	7.75E-01	7.77E-01
c9	操作间防护门外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.62E+08	6.06	0.5	6.06	3.25E-06	100	1.13E-03	3.62E-01	3.63E-01
c10	洁净走廊防护门外 30cm 处	2.97	4.46E-05	6.80E-05	1000	1.62E+08	6.00	0.5	6.00	3.25E-06	100	1.24E-03	3.98E-01	3.99E-01
c11	东墙外 30cm 处 (洁净走廊)	2.97	4.46E-05	6.80E-05	1000	1.62E+08	5.80	0.5	5.80	3.25E-06	100	1.33E-03	4.26E-01	4.27E-01
c12	顶棚上方距离地面 1m 处	3.5	1.18E-05	1.80E-05	1000	1.62E+08	4.70	0.5	4.20	3.25E-06	100	5.36E-04	2.15E-01	2.16E-01
c13	地板下方距离地面 1.7m 处	4.6	7.56E-07	1.14E-06	1000	1.62E+08	4.80	0.5	5.30	3.25E-06	100	3.28E-05	8.56E-03	8.59E-03

注: (空气比释动能和周围剂量当量的换算系数值取 1, 摄影工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $1.62E+08\mu\text{Sv/h}$ 。此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 $1000\mu\text{Sv/h}$, 图 11-1、图 11-2 中标注距离为等中心点(患者体表处的焦点)与机房外关注点的距离(d_s), 机房的主射线方向朝上, 因此计算主射线方向的漏射辐射时, 距离 d_0 =源与患者的距离(0.5m)。例如计算关注点 c12 漏射辐射时, 距离 $d=d_s+d_0=4.20\text{m}+0.5\text{m}=4.70\text{m}$, 同理关注点 c13 距离 $d=d_s-d_0=5.30\text{m}-0.5\text{m}=4.80\text{m}$ 。

表 11-8 DSA 机房 3 周围关注点剂量率估算 (透视工况)

序号	关注点位置	屏蔽体铅当量厚度 (mm)	屏蔽透射因子 B		$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	d_0 (m)	d_s (m)	α	S (cm^2)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		合计剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
			漏射	散射								漏射	散射	
c1	南墙外 30cm 处 (无菌物品间)	2.97	6.81E-09	6.81E-09	1000	9.72E+06	5.11	0.5	5.11	1.25E-05	100	2.61E-07	1.27E-05	1.29E-05
c2	南墙外 30cm 处 (设备机房)	2.97	6.81E-09	6.81E-09	1000	9.72E+06	4.30	0.5	4.30	1.25E-05	100	3.68E-07	1.79E-05	1.83E-05
c3	污物间防护门外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	6.48	0.5	6.48	1.25E-05	100	1.38E-07	6.71E-06	6.84E-06
c4	南墙外 30cm 处 (污物间)	2.97	6.81E-09	6.81E-09	1000	9.72E+06	7.17	0.5	6.48	1.25E-05	100	1.32E-07	7.88E-06	8.01E-06
c5	西墙外 30cm 处 (病房 1)	2.97	6.81E-09	6.81E-09	1000	9.72E+06	5.80	0.5	5.80	1.25E-05	100	2.02E-07	9.83E-06	1.00E-05
c6	北墙外 30cm 处 (设备机房)	2.97	6.81E-09	6.81E-09	1000	9.72E+06	5.12	0.5	5.12	1.25E-05	100	2.60E-07	1.26E-05	1.29E-05
c7	观察窗 C 外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	4.39	0.5	4.30	1.25E-05	100	3.01E-07	1.52E-05	1.55E-05
c8	北墙外 30cm 处 (操作间)	2.97	6.81E-09	6.81E-09	1000	9.72E+06	4.30	0.5	4.30	1.25E-05	100	3.68E-07	1.79E-05	1.83E-05
c9	操作间防护门外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	6.06	0.5	6.06	1.25E-05	100	1.58E-07	7.67E-06	7.82E-06
c10	洁净走廊防护门外 30cm 处	2.97	6.81E-09	6.81E-09	1000	9.72E+06	6.00	0.5	6.00	1.25E-05	100	1.89E-07	9.19E-06	9.38E-06
c11	东墙外 30cm 处 (洁净走廊)	2.97	6.81E-09	6.81E-09	1000	9.72E+06	4.70	0.5	5.80	1.25E-05	100	3.08E-07	9.83E-06	1.01E-05
c12	顶棚上方距离地面 1m 处	3.5	3.95E-10	3.95E-10	1000	9.72E+06	4.70	0.5	4.20	1.25E-05	100	1.79E-08	1.09E-06	1.11E-06
c13	地板下方距离地面 1.7m 处	4.6	1.08E-12	1.08E-12	1000	9.72E+06	4.80	0.5	5.30	1.25E-05	100	4.67E-11	1.86E-09	1.91E-09

注: (空气比释动能和周围剂量当量的换算系数值取 1, 透视工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $9.72E+06\mu\text{Sv/h}$ 。此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 $1000\mu\text{Sv/h}$, 图 11-1、图 11-2 中标注距离为等中心点(患者体表处的焦点)与机房外关注点的距离(d_s), 机房的主射线方向朝上, 因此计算主射线方向的漏射辐射时, 距离 d_0 =源与患者的距离(0.5m)。例如计算关注点 c12 漏射辐射时, 距离 $d=d_s+d_0=4.20\text{m}+0.5\text{m}=4.70\text{m}$, 同理关注点 c13 距离 $d=d_s-d_0=5.30\text{m}-0.5\text{m}=4.80\text{m}$ 。

表 11-9 DSA 机房 5 周围关注点剂量率估算 (类 CT 工况)

序号	关注点位置	屏蔽体铅当量厚度 (mm)	屏蔽透射因子 B		$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	d_0 (m)	d_s (m)	α	S (cm^2)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		合计剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
			漏射	散射								漏射	散射	
d1	操作间防护门外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.94E+08	6.13	0.5	6.13	3.25E-06	100	1.10E-03	4.24E-01	4.26E-01
d2	观察窗 C 外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.94E+08	4.30	0.5	4.30	3.25E-06	100	2.24E-03	8.63E-01	8.65E-01
d3	南墙外 30cm 处 (操作间)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	4.30	0.5	4.30	3.25E-06	100	3.10E-04	1.19E-01	1.19E-01
d4	南墙外 30cm 处 (设备机房)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	5.12	0.5	5.12	3.25E-06	100	2.19E-04	8.39E-02	8.41E-02
d5	西墙外 30cm 处 (过道)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	5.80	0.5	5.80	3.25E-06	100	1.70E-04	6.54E-02	6.55E-02
d6	北墙外 30cm 处 (污物间)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	6.30	0.5	6.30	3.25E-06	100	1.44E-04	5.54E-02	5.56E-02
d7	污物间防护门外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.94E+08	6.30	0.5	6.30	3.25E-06	100	1.04E-03	4.02E-01	4.03E-01
d8	北墙外 30cm 处 (过道)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	4.30	0.5	4.30	3.25E-06	100	3.10E-04	1.19E-01	1.19E-01
d9	东墙外 30cm 处 (过道)	3.79	5.73E-06	8.70E-06	1000	1.94E+08	5.80	0.5	5.80	3.25E-06	100	1.70E-04	6.54E-02	6.55E-02
d10	洁净走廊防护门外 30cm 处	3	4.14E-05	6.31E-05	1000	1.94E+08	6.00	0.5	6.00	3.25E-06	100	1.15E-03	4.43E-01	4.44E-01
d11	顶棚上方距离地面 1m 处	3.87	4.69E-06	7.12E-06	1000	1.94E+08	4.70	0.5	4.20	3.25E-06	100	2.12E-04	1.02E-01	1.02E-01
d12	地板下方距离地面 1.7m 处	4.97	3.00E-07	4.52E-07	1000	1.94E+08	4.80	0.5	5.30	3.25E-06	100	1.30E-05	4.06E-03	4.08E-03

注: (空气比释动能和周围剂量当量的换算系数值取 1, 类 CT 工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $1.94 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$ 。此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 $1000 \mu\text{Sv/h}$, 图 11-1、图 11-2 中标注距离为等中心点(患者体表处的焦点)与机房外关注点的距离(d_s), 机房的主射线方向朝上, 因此计算主射线方向的漏射辐射时, 距离 d_0 =源与患者的距离(0.5m)。例如计算关注点 d11 漏射辐射时, 距离 $d=d_s+d_0=4.20\text{m}+0.5\text{m}=4.70\text{m}$, 同理关注点 d12 距离 $d=d_s-d_0=5.30\text{m}-0.5\text{m}=4.80\text{m}$ 。

表 11-10 DSA 机房 5 周围关注点剂量率估算 (透视工况)

序号	关注点位置	屏蔽体铅当量厚度 (mm)	屏蔽透射因子 B		$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	d ₀ (m)	d _s (m)	α	S (cm ²)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		合计剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
			漏射	散射								漏射	散射	
d1	操作间防护门外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	6.13	0.5	6.13	1.25E-05	100	1.54E-07	7.49E-06	7.65E-06
d2	观察窗 C 外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	4.30	0.5	4.30	1.25E-05	100	3.13E-07	1.52E-05	1.55E-05
d3	南墙外 30cm 处 (操作间)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	4.30	0.5	4.30	1.25E-05	100	4.51E-09	2.19E-07	2.24E-07
d4	南墙外 30cm 处 (设备机房)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	5.12	0.5	5.12	1.25E-05	100	3.18E-09	1.54E-07	1.58E-07
d5	西墙外 30cm 处 (过道)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	5.80	0.5	5.80	1.25E-05	100	2.48E-09	1.20E-07	1.23E-07
d6	北墙外 30cm 处 (污物间)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	6.30	0.5	6.30	1.25E-05	100	2.10E-09	1.02E-07	1.04E-07
d7	污物间防护门外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	6.30	0.5	6.30	1.25E-05	100	1.46E-07	7.09E-06	7.24E-06
d8	北墙外 30cm 处 (过道)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	4.30	0.5	4.30	1.25E-05	100	4.51E-09	2.19E-07	2.24E-07
d9	东墙外 30cm 处 (过道)	3.79	8.33E-11	8.33E-11	1000	9.72E+06	5.80	0.5	5.80	1.25E-05	100	2.48E-09	1.20E-07	1.23E-07
d10	洁净走廊防护门外 30cm 处	3	5.79E-09	5.79E-09	1000	9.72E+06	6.00	0.5	6.00	1.25E-05	100	1.61E-07	7.82E-06	7.98E-06
d11	顶棚上方距离地面 1m 处	3.87	5.42E-11	5.42E-11	1000	9.72E+06	4.70	0.5	4.20	1.25E-05	100	2.46E-09	1.49E-07	1.52E-07
d12	地板下方距离地面 1.7m 处	4.97	1.48E-13	1.48E-13	1000	9.72E+06	4.80	0.5	5.30	1.25E-05	100	6.41E-12	2.56E-10	2.62E-10

注: (空气比释动能和周围剂量当量的换算系数值取 1, 透视工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $9.72E+06\mu\text{Sv/h}$ 。此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 $1000\mu\text{Sv/h}$, 图 11-1、图 11-2 中标注距离为等中心点(患者体表处的焦点)与机房外关注点的距离(d_s), 机房的主射线方向朝上, 因此计算主射线方向的漏射辐射时, 距离 d_0 =源与患者的距离(0.5m)。例如计算关注点 d11 漏射辐射时, 距离 $d=d_s+d_0=4.20\text{m}+0.5\text{m}=4.70\text{m}$, 同理关注点 d12 距离 $d=5.30\text{m}-0.5\text{m}=4.80\text{m}$ 。

表 11-11 复合手术室周围关注点剂量率估算 (摄影工况)

序号	关注点位置	屏蔽体铅当量厚度 (mm)	屏蔽透射因子 B		$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	d ₀ (m)	d _s (m)	α	S (cm ²)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		合计剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
			漏射	散射								漏射	散射	
e1	南墙外 30cm 处 (洁净中走廊)	4	3.39E-06	5.14E-06	1000	1.62E+08	6.20	0.5	6.20	3.25E-06	100	8.81E-05	2.82E-02	2.82E-02
e2	西墙外 30cm 处 (污物通道)	4	3.39E-06	5.14E-06	1000	1.62E+08	4.82	0.5	4.82	3.25E-06	100	1.46E-04	4.66E-02	4.67E-02
e3	污物间防护门外 30cm 处	4	3.39E-06	5.14E-06	1000	1.62E+08	6.50	0.5	6.50	3.25E-06	100	8.02E-05	2.56E-02	2.57E-02
e4	北墙外 30cm 处 (滑轨 CT 机房)	4	3.39E-06	5.14E-06	1000	1.62E+08	6.29	0.5	6.29	3.25E-06	100	8.56E-05	2.74E-02	2.74E-02
e5	共用防护门外 30cm 处	4	3.39E-06	5.14E-06	1000	1.62E+08	6.20	0.5	6.20	3.25E-06	100	8.81E-05	2.82E-02	2.82E-02
e6	操作间防护门外 30cm 处	4	3.39E-06	5.14E-06	1000	1.62E+08	6.09	0.5	6.09	3.25E-06	100	9.13E-05	2.92E-02	2.93E-02
e7	观察窗外 30cm 处	4	3.39E-06	5.14E-06	1000	1.62E+08	4.17	0.5	4.17	3.25E-06	100	1.95E-04	6.23E-02	6.24E-02
e8	东墙外 30cm 处 (操作间)	4	3.39E-06	5.14E-06	1000	1.62E+08	4.17	0.5	4.17	3.25E-06	100	1.95E-04	6.23E-02	6.24E-02
e9	东墙外 30cm 处 (洁净走廊)	4	3.39E-06	5.14E-06	1000	1.62E+08	5.03	0.5	5.03	3.25E-06	100	1.34E-04	4.28E-02	4.29E-02
e10	洁净走廊防护门外 30cm 处	4	3.39E-06	5.14E-06	1000	1.62E+08	5.96	0.5	5.96	3.25E-06	100	9.54E-05	3.05E-02	3.06E-02
e11	顶棚上方距离地面 1m 处	4.57	8.14E-07	1.23E-06	1000	1.62E+08	5.30	0.5	4.80	3.25E-06	100	2.90E-05	1.13E-02	1.13E-02
e12	地板下方距离地面 1.7m 处	5.42	9.73E-08	1.46E-07	1000	1.62E+08	3.30	0.5	3.80	3.25E-06	100	8.93E-06	2.13E-03	2.14E-03

注: (空气比释动能和周围剂量当量的换算系数值取 1, 摄影工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $1.62 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$ 。此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 $1000 \mu\text{Sv/h}$, 图 11-3、图 11-4 中标注距离为等中心点 (患者体表处的焦点) 与机房外关注点的距离 (d_s), 机房的主射线方向朝上, 因此计算主射线方向的漏射辐射时, 距离 d_0 =源与患者的距离 (0.5m)。例如计算关注点 e11 漏射辐射时, 距离 $d=d_s+d_0=4.80\text{m}+0.5\text{m}=5.30\text{m}$, 同理关注点 e12 距离 $d=3.80\text{m}-0.5\text{m}=3.30\text{m}$ 。

表 11-12 复合手术室周围关注点剂量率估算（透视工况）

序号	关注点位置	屏蔽体铅当量厚度 (mm)	屏蔽透射因子 B		$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	d ₀ (m)	d _s (m)	α	S (cm ²)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		合计剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
			漏射	散射								漏射	散射	
e1	南墙外 30cm 处(洁净中走廊)	4	2.70E-11	2.70E-11	1000	9.72E+06	6.20	0.5	6.20	1.25E-05	100	7.02E-10	3.41E-08	3.48E-08
e2	西墙外 30cm 处(污物通道)	4	2.70E-11	2.70E-11	1000	9.72E+06	4.82	0.5	4.82	1.25E-05	100	1.16E-09	5.65E-08	5.76E-08
e3	污物间防护门外 30cm 处	4	2.70E-11	2.70E-11	1000	9.72E+06	6.50	0.5	6.50	1.25E-05	100	6.39E-10	3.10E-08	3.17E-08
e4	北墙外 30cm 处(滑轨 CT 机房)	4	2.70E-11	2.70E-11	1000	9.72E+06	6.29	0.5	6.29	1.25E-05	100	6.82E-10	3.32E-08	3.38E-08
e5	共用防护门外 30cm 处	4	2.70E-11	2.70E-11	1000	9.72E+06	6.20	0.5	6.20	1.25E-05	100	7.02E-10	3.41E-08	3.48E-08
e6	操作间防护门外 30cm 处	4	2.70E-11	2.70E-11	1000	9.72E+06	6.09	0.5	6.09	1.25E-05	100	7.28E-10	3.54E-08	3.61E-08
e7	观察窗外 30cm 处	4	2.70E-11	2.70E-11	1000	9.72E+06	4.17	0.5	4.17	1.25E-05	100	1.55E-09	7.54E-08	7.70E-08
e8	东墙外 30cm 处(操作间)	4	2.70E-11	2.70E-11	1000	9.72E+06	4.17	0.5	4.17	1.25E-05	100	1.55E-09	7.54E-08	7.70E-08
e9	东墙外 30cm 处(洁净走廊)	4	2.70E-11	2.70E-11	1000	9.72E+06	5.03	0.5	5.03	1.25E-05	100	1.07E-09	5.18E-08	5.29E-08
e10	洁净走廊防护门外 30cm 处	4	2.70E-11	2.70E-11	1000	9.72E+06	5.96	0.5	5.96	1.25E-05	100	7.60E-10	3.69E-08	3.77E-08
e11	顶棚上方距离地面 1m 处	4.57	1.26E-12	1.26E-12	1000	9.72E+06	5.30	0.5	4.80	1.25E-05	100	4.50E-11	2.67E-09	2.71E-09
e12	地板下方距离地面 1.7m 处	5.42	1.32E-14	1.32E-14	1000	9.72E+06	3.30	0.5	3.80	1.25E-05	100	1.21E-12	4.44E-11	4.56E-11

注：(空气比释动能和周围剂量当量的换算系数值取 1，透视工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $9.72E+06\mu\text{Sv/h}$ 。此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 $1000\mu\text{Sv/h}$ ，图 11-3、图 11-4 中标注距离为等中心点(患者体表处的焦点)与机房外关注点的距离(d_s)，机房的主射线方向朝上，因此计算主射线方向的漏射辐射时，距离 d_0 =源与患者的距离(0.5m)。例如计算关注点 e11 漏射辐射时，距离 $d=d_s+d_0=4.80\text{m}+0.5\text{m}=5.30\text{m}$ ，同理关注点 e12 距离 $d=d_s-d_0=3.80\text{m}-0.5\text{m}=3.30\text{m}$ 。

表 11-13 复合手术室周围关注点剂量率估算 (滑轨 CT 扫描工况)

序号	关注点位置	屏蔽体铅当量厚度 (mm)	屏蔽透射因子 B		$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	d ₀ (m)	d _s (m)	α	S (cm ²)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		合计剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
			漏射	散射								漏射	散射	
e1	南墙外 30cm 处 (洁净走廊)	4	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	6.20	0.5	6.20	4.00E-06	100	3.90E-04	2.16E-01	2.16E-01
e2	西墙外 30cm 处 (污物通道)	4	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	4.82	0.5	4.82	4.00E-06	100	6.46E-04	3.57E-01	3.58E-01
e3	污物间防护门外 30cm 处	4	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	6.50	0.5	6.50	4.00E-06	100	3.55E-04	1.96E-01	1.97E-01
e4	北墙外 30cm 处 (滑轨 CT 机房)	4	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	6.29	0.5	6.29	4.00E-06	100	3.79E-04	2.10E-01	2.10E-01
e5	共用防护门外 30cm 处	4	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	6.20	0.5	6.20	4.00E-06	100	3.90E-04	2.16E-01	2.16E-01
e6	操作间防护门外 30cm 处	4	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	6.09	0.5	6.09	4.00E-06	100	4.04E-04	2.24E-01	2.24E-01
e7	东墙外 30cm 处 (操作间)	4	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	4.17	0.5	4.17	4.00E-06	100	8.63E-04	4.77E-01	4.78E-01
e8	观察窗外 30cm 处	4	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	4.17	0.5	4.17	4.00E-06	100	8.63E-04	4.77E-01	4.78E-01
e9	洁净走廊防护门外 30cm 处	4	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	5.03	0.5	5.03	4.00E-06	100	5.93E-04	3.28E-01	3.28E-01
e10	东墙外 30cm 处 (洁净走廊)	4	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	5.96	0.5	5.96	4.00E-06	100	4.22E-04	2.34E-01	2.34E-01
e11	顶棚上方距离地面 1m 处	4.57	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	4.30	0.5	4.80	4.00E-06	100	8.11E-04	3.60E-01	3.61E-01
e12	地板下方距离地面 1.7m 处	5.42	4.58E-06	4.58E-06	1000	3.46E+08	3.30	0.5	3.80	4.00E-06	100	4.20E-04	1.75E-01	1.76E-01

注: (空气比释动能和周围剂量当量的换算系数值取 1, 滑轨 CT 扫描工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $3.46E+08\mu\text{Sv/h}$ 。此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 $1000\mu\text{Sv/h}$, 图 11-3、图 11-4 中标注距离为等中心点 (患者体表处的焦点) 与机房外关注点的距离 (d_s), 滑轨 CT 扫描时, 球管会进行旋转, 因此计算顶棚漏射辐射时, 距离 d_0 =源与患者的距离 (0.5m)。例如计算关注点 e11 漏射辐射时, 距离 $d=d_s-d_0=4.80\text{m}-0.5\text{m}=4.3\text{m}$, 同理关注点 e12 距离 $d=d_s-d_0=5.5\text{m}-3.8\text{m}=3.3\text{m}$ 。

表 11-14 滑轨 CT 机房周围关注点剂量率估算（滑轨 CT 扫描工况）

序号	关注点位置	屏蔽体铅当量厚度 (mm)	屏蔽透射因子 B		$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	d (m)	d ₀ (m)	d _s (m)	α	S (cm ²)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		合计剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
			漏射	散射								漏射	散射	
f1	南墙外 30cm 处 (复合手术室)	4.00	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	4.61	0.5	4.61	4.00E-06	100	7.06E-04	3.90E-01	3.91E-01
f2	复合手术室和滑轨 CT 共用防护门外 30cm 处	4.00	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	3.97	0.5	3.97	4.00E-06	100	9.52E-04	5.26E-01	5.27E-01
f3	西墙外 30cm 处 (污物通道)	4.00	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	5.02	0.5	5.02	4.00E-06	100	5.95E-04	3.29E-01	3.30E-01
f4	北墙外 30cm 处 (OR05 手术室)	4.00	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	4.57	0.5	4.57	4.00E-06	100	7.18E-04	3.97E-01	3.98E-01
f5	设备间防护门外 30cm 处	4.00	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	4.68	0.5	4.68	4.00E-06	100	6.85E-04	3.79E-01	3.79E-01
f6	东墙外 30cm 处 (设备间)	4.00	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	4.08	0.5	4.08	4.00E-06	100	9.01E-04	4.98E-01	4.99E-01
f7	观察窗外 30cm 处	4.00	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	4.08	0.5	4.08	4.00E-06	100	9.01E-04	4.98E-01	4.99E-01
f8	操作室外 30cm 处	4.00	1.50E-05	1.50E-05	1000	3.46E+08	5.09	0.5	5.09	4.00E-06	100	5.79E-04	3.20E-01	3.21E-01
f9	顶棚上方距离地面 1m 处	4.57	4.58E-06	4.58E-06	1000	3.46E+08	4.30	0.5	4.80	4.00E-06	100	2.48E-04	1.10E-01	1.10E-01
f10	地板下方距离地面 1.7m 处	5.42	7.99E-07	7.99E-07	1000	3.46E+08	3.30	0.5	3.80	4.00E-06	100	7.34E-05	3.06E-02	3.07E-02

注：(空气比释动能和周围剂量当量的换算系数值取 1，滑轨 CT 扫描工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $3.46E+08\mu\text{Sv/h}$ 。此处 $\dot{H}_0 \cdot f$ 整体取 $1000\mu\text{Sv/h}$ ，图 11-3、图 11-4 中标注距离为等中心点（患者体表处的焦点）与机房外关注点的距离 (d_s)，滑轨 CT 扫描时，球管会进行旋转，因此计算顶棚漏射辐射时，距离 d_0 =源与患者的距离 (0.5m)。例如计算关注点 e11 漏射辐射时，距离 $d=d_s-d_0=4.80\text{m}-0.5\text{m}=4.3\text{m}$ ，同理关注点 e12 距离 $d=d_s-d_0=5.5\text{m}-3.8\text{m}=3.3\text{m}$)

表 11-15 DSA 机房 1 内医护人员剂量率估算 (透视模式)

关注点位置	屏蔽体 铅当量 厚度 (mm)	B (漏射)	B (散射)	$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	d (m)	d ₀ (m)	d _s (m)	a	S (cm^2)	剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		附加剂量 率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
											漏射	散射	
机房内第一手术位 (铅衣内)	1	2.83E-04	2.83E-04	1000	9.72E+06	1	0.5	1	1.25E-05	100	2.83E-01	1.38E+01	1.41E+01
机房内第一手术位 (铅衣外)	0.5	5.34E-03	5.34E-03	1000	9.72E+06	1	0.5	1	1.25E-05	100	5.34E+00	2.60E+02	2.65E+02
机房内护士协作位 (铅衣内)	1	2.83E-04	2.83E-04	1000	9.72E+06	1.5	0.5	1.5	1.25E-05	100	1.26E-01	6.12E+00	6.25E+00
机房内护士协作位 (铅衣外)	0.5	5.34E-03	5.34E-03	1000	9.72E+06	1.5	0.5	1.5	1.25E-05	100	2.38E+00	1.15E+02	1.18E+02

注: (透视工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $9.72\text{E}+06\mu\text{Sv}/\text{h}$, 医护人员手术时均穿戴 0.5mmPb 铅衣 (或铅围裙), 并使用 0.5mmPb 铅防护屏 (或铅防护吊帘) 和铅床侧防护帘进行防护。)

表 11-16 DSA 机房机房 2 内医护人员剂量率估算 (透视模式)

关注点位置	屏蔽体 铅当量 厚度 (mm)	B (漏射)	B (散射)	$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	d (m)	d ₀ (m)	d _s (m)	a	S (cm^2)	剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		附加剂量 率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
											漏射	散射	
机房内第一手术位 (铅衣内)	1	2.83E-04	2.83E-04	1000	9.72E+06	1	0.5	1	1.25E-05	100	2.83E-01	1.38E+01	1.41E+01
机房内第一手术位 (铅衣外)	0.5	5.34E-03	5.34E-03	1000	9.72E+06	1	0.5	1	1.25E-05	100	5.34E+00	2.60E+02	2.65E+02
机房内护士协作位 (铅衣内)	1	2.83E-04	2.83E-04	1000	9.72E+06	1.5	0.5	1.5	1.25E-05	100	1.26E-01	6.12E+00	6.25E+00
机房内护士协作位 (铅衣外)	0.5	5.34E-03	5.34E-03	1000	9.72E+06	1.5	0.5	1.5	1.25E-05	100	2.38E+00	1.15E+02	1.18E+02

注: (透视工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $9.72\text{E}+06\mu\text{Sv}/\text{h}$, 医护人员手术时均穿戴 0.5mmPb 铅衣 (或铅围裙), 并使用 0.5mmPb 铅防护屏 (或铅防护吊帘) 和铅床侧防护帘进行防护。)

表 11-17 DSA 机房 3 内医护人员剂量率估算 (透视模式)

关注点位置	屏蔽体 铅当量 厚度 (mm)	B (漏射)	B (散射)	$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	d (m)	d ₀ (m)	d _s (m)	a	S (cm^2)	剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		附加剂量 率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
											漏射	散射	
机房内第一手术位 (铅衣内)	1	2.83E-04	2.83E-04	1000	9.72E+06	1	0.5	1	1.25E-05	100	2.83E-01	1.38E+01	1.41E+01
机房内第一手术位 (铅衣外)	0.5	5.34E-03	5.34E-03	1000	9.72E+06	1	0.5	1	1.25E-05	100	5.34E+00	2.60E+02	2.65E+02
机房内护士协作位 (铅衣内)	1	2.83E-04	2.83E-04	1000	9.72E+06	1.5	0.5	1.5	1.25E-05	100	1.26E-01	6.12E+00	6.25E+00
机房内护士协作位 (铅衣外)	0.5	5.34E-03	5.34E-03	1000	9.72E+06	1.5	0.5	1.5	1.25E-05	100	2.38E+00	1.15E+02	1.18E+02

注: (透视工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $9.72\text{E}+06\mu\text{Sv}/\text{h}$, 医护人员手术时均穿戴 0.5mmPb 铅衣 (或铅围裙), 并使用 0.5mmPb 铅防护屏 (或铅防护吊帘) 和铅床侧防护帘进行防护。)

表 11-18 DSA 机房机房 5 内医护人员剂量率估算 (透视模式)

关注点位置	屏蔽体 铅当量 厚度 (mm)	B (漏射)	B (散射)	$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	d (m)	d ₀ (m)	d _s (m)	a	S (cm^2)	剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		附加剂量 率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
											漏射	散射	
机房内第一手术位 (铅衣内)	1	2.83E-04	2.83E-04	1000	9.72E+06	1	0.5	1	1.25E-05	100	2.83E-01	1.38E+01	1.41E+01
机房内第一手术位 (铅衣外)	0.5	5.34E-03	5.34E-03	1000	9.72E+06	1	0.5	1	1.25E-05	100	5.34E+00	2.60E+02	2.65E+02
机房内护士协作位 (铅衣内)	1	2.83E-04	2.83E-04	1000	9.72E+06	1.5	0.5	1.5	1.25E-05	100	1.26E-01	6.12E+00	6.25E+00
机房内护士协作位 (铅衣外)	0.5	5.34E-03	5.34E-03	1000	9.72E+06	1.5	0.5	1.5	1.25E-05	100	2.38E+00	1.15E+02	1.18E+02

注: (透视工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $9.72\text{E}+06\mu\text{Sv}/\text{h}$, 医护人员手术时均穿戴 0.5mmPb 铅衣 (或铅围裙), 并使用 0.5mmPb 铅防护屏 (或铅防护吊帘) 和铅床侧防护帘进行防护。)

表 11-19 复合手术室内医护人员剂量率估算（透视模式）

关注点位置	屏蔽体 铅当量 厚度 (mm)	B (漏射)	B (散射)	$\dot{H}_0 \cdot f$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	d (m)	d₀ (m)	d_s (m)	a	S (cm^2)	剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		附加剂量 率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
											漏射	散射	
机房内第一手术位（铅衣内）	1	2.83E-04	2.83E-04	1000	9.72E+06	1	0.5	1	1.25E-05	100	2.83E-01	1.38E+01	1.41E+01
机房内第一手术位（铅衣外）	0.5	5.34E-03	5.34E-03	1000	9.72E+06	1	0.5	1	1.25E-05	100	5.34E+00	2.60E+02	2.65E+02
机房内护士协作位（铅衣内）	1	2.83E-04	2.83E-04	1000	9.72E+06	1.5	0.5	1.5	1.25E-05	100	1.26E-01	6.12E+00	6.25E+00
机房内护士协作位（铅衣外）	0.5	5.34E-03	5.34E-03	1000	9.72E+06	1.5	0.5	1.5	1.25E-05	100	2.38E+00	1.15E+02	1.18E+02

注：（透视工况下距离靶 1m 处周围当量剂量率为 $9.72\text{E}+06\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，医护人员手术时均穿戴 0.5mmPb 铅衣（或铅围裙），并使用 0.5mmPb 铅防护屏（或铅防护吊帘）和铅床侧防护帘进行防护。

由上述估算结果可知：

类 CT 工况条件下，DSA1 机房屏蔽体外最大辐射剂量值为 9.99E-01 μ Sv/h，透视工况条件下，DSA1 机房屏蔽体外最大辐射剂量值为 1.80E-05 μ Sv/h；

类 CT 工况条件下，DSA2 机房屏蔽体外最大辐射剂量值为 9.99E-01 μ Sv/h，透视工况条件下，DSA1 机房屏蔽体外最大辐射剂量值为 1.81E-05 μ Sv/h；

摄影工况条件下，DSA3 机房屏蔽体外最大辐射剂量值为 7.77E-01 μ Sv/h，透视工况条件下，DSA3 机房屏蔽体外最大辐射剂量值为 1.83E-05 μ Sv/h；

类 CT 工况条件下，DSA5 机房屏蔽体外最大辐射剂量值为 8.65E-01 μ Sv/h，透视工况条件下，DSA5 机房屏蔽体外最大辐射剂量值为 1.55E-05 μ Sv/h；

摄影工况条件下，复合手术室屏蔽体外最大辐射剂量值为 6.24E-02 μ Sv/h，透视工况条件下，复合手术室屏蔽体外最大辐射剂量值为 7.70E-08 μ Sv/h；滑轨 CT 扫描工况下，复合手术室屏蔽体外最大辐射剂量值为 4.78E-01 μ Sv/h；

滑轨 CT 扫描工况下，滑轨 CT 机房屏蔽体外最大辐射剂量值为 5.27E-01 μ Sv/h。

因此，本项目 4 间 DSA 机房、1 间复合手术室和 1 间滑轨 CT 机房屏蔽设计方案能满足《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，周围剂量当量率应不大于 2.5 μ 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 μ Sv/h”的要求。

11.2.2.4 职业工作人员与公众年有效剂量估算

根据联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)-2000 年报告附录 A 中的计算，X- γ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H_r \times t \times 10^{-3} (\text{mSv}) \quad (\text{公式 11-4})$$

其中： H_{Er} ——X、 γ 射线外照射人均年有效当量剂量， mSv；

H_r ——X、 γ 射线周围剂量当量率， μ Sv/h；

t——年受照时间， h/a。

根据《职业外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），对于机房内职业工作人员穿戴铅围裙的情况，按照以下公式进行估算机房内职业工作人员年有效剂量：

$$E_{\text{外}} = 0.79H_U + 0.051H_O \quad \text{公式 (11-5)}$$

$E_{\text{外}}$ ---年有效剂量 E 中的外照射分量，单位为 mSv；

H_U ---铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 H_p (10)，本项目取理论计算的医生铅衣

内年当量剂量，单位为 mSv，年当量剂量计算公式按照 11-2：

H_o ---铅围裙外锁骨对对衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 H_p (10)。

根据医院提供的资料，本项目射线装置投入使用后，预计每台 DSA 每年进行介入手术约 1200 台，介入手术医师和护士分 3 批，其余人员分 1 批，由表 9-1 可知，DSA 介入医师和介入护士透视模式年曝光时间为 133.33 小时，摄影模式/类 CT 模式年曝光时间为 6.67 小时，DSA 介入技师和影像医师透视模式年曝光时间为 400 小时，摄影模式/类 CT 模式年曝光时间为 20 小时，复合手术室介入技师和影像医师滑轨 CT 模式下年曝光时间为 10 小时，滑轨 CT 机房影像技师和影像医师滑轨 CT 模式下年曝光时间为 10 小时。

本项目工作人员居留因子取 1，公众人员保守取 1 进行计算。

表 11-3 保护目标年有效剂量核算一览表

机房名称	保护目标	工作模式		最大剂量率 (μ Sv/h)	年曝光时间 (h/a)	本项目年有效剂量 (mSv/a)	辐射剂量约束值 (mSv/a)	评价是否符合
DSA 机房 1	介入手术医生、护士	透视	铅衣内	1.41E+01	133.33	3.29E+00	5	是
			铅衣外	2.65E+02				
		类 CT		9.99E-01	6.67			
	操作室工作人员	透视模式		1.80E-05	400.00	2.00E-02	5	是
		类 CT		9.99E-01	20.00			
	公众成员	透视模式		1.80E-05	400.00	2.00E-02	0.1	是
		类 CT		9.99E-01	20.00			
DSA 机房 2	介入手术医生、护士	透视	铅衣内	1.41E+01	133.33	3.29E+00	5	是
			铅衣外	2.65E+02				
		类 CT		9.99E-01	6.67			
	操作室工作人员	透视		1.81E-05	400.00	2.00E-02	5	是
		类 CT		9.99E-01	20.00			
	公众成员	透视		1.81E-05	400.00	2.00E-02	0.1	是
		类 CT		9.99E-01	20.00			
DSA 机房 3	介入手术医生、护士	透视	铅衣内	1.41E+01	133.33	3.29E+00	5	是
			铅衣外	2.65E+02				
		摄影		7.77E-01	6.67			
	操作室工作人员	透视		1.83E-05	400.00	1.56E-02	5	是
		摄影		7.77E-01	20.00			
	公众成员	透视		1.83E-05	400.00	1.56E-02	0.1	是
		摄影		7.77E-01	20.00			

DSA 机房 5	介入手术医生、护士	透视	铅衣内	1.41E+01	133.33	3.29E+00	5	是
			铅衣外	2.65E+02				
	操作室工作人员	透视	类 CT	8.65E-01	6.67	1.73E-02	5	是
			类 CT	8.65E-01	20.00			
	公众成员	透视	类 CT	1.55E-05	400.00	1.73E-02	0.1	是
			类 CT	8.65E-01	20.00			
复合手术室	介入手术医生	透视	铅衣内	1.41E+01	133.33	3.29E+00	5	是
			铅衣外	2.65E+02				
		摄影	滑轨 CT 扫描	6.24E-02	6.67			
	操作室工作人员	透视	滑轨 CT 扫描	7.70E-08	10.00	6.03E-03	5	是
		摄影	滑轨 CT 扫描	6.24E-02	400.00			
		滑轨 CT 扫描	滑轨 CT 扫描	7.70E-08	20.00			
	公众成员	透视	滑轨 CT 扫描	4.78E-01	10.00	6.03E-03	0.1	是
		摄影	滑轨 CT 扫描	6.24E-02	400.00			
		滑轨 CT 扫描	滑轨 CT 扫描	4.78E-01	10.00			
滑轨 CT 机房	操作室工作人员	滑轨 CT 扫描	5.27E-01	10.00	5.27E-03	5	是	
	公众成员		5.27E-01	10.00	5.27E-03	0.1	是	

公众及职业人员年有效剂量理论预测结果表明，设备使用后，本项目 DSA1 对辐射工作人员职业照射及公众照射的最大附加年有效剂量值分别为 3.29mSv、2.00E-02mSv，本项目 DSA2 对辐射工作人员职业照射及公众照射的最大附加年有效剂量值分别为 3.29mSv、2.00E-02mSv，本项目 DSA3 对辐射工作人员职业照射及公众照射的最大附加年有效剂量值分别为 3.29mSv、1.56E-02mSv，本项目 DSA5 对辐射工作人员职业照射及公众照射的最大附加年有效剂量值分别为 3.29mSv、1.73E-02mSv，本项目复合手术室 DSA（包含滑轨 CT 模式）对辐射工作人员职业照射及公众照射的最大附加年有效剂量值分别为 3.29mSv、6.03E-03mSv，本项目滑轨 CT 对辐射工作人员职业照射及公众照射的最大附加年有效剂量值分别为 5.27E-03mSv、5.27E-03mSv，均低于项目要求的辐射剂量约束值（职业照射剂量限值：5mSv/a，公众照射剂量限值 0.1mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。本项目要求医院介入手术医生按要求正确佩戴个人剂量计，并定期检测，确保介入手术医生受到的年附加有效剂量低于要求的辐射剂量约束值。

11.2.3 介入手术中的防护要求

介入手术需要工作人员近距离同室操作，其受照剂量大小与设备曝光时间、患者病情状况等均密切相关，同时也与手术操作人员的工作习惯、技术水平有关，且 DSA 机房和复合手术室机房内的工作人员年有效剂量估算值分别达到了 3.29mSv ，接近项目要求的辐射剂量约束值（职业人员年剂量管理约束值 (5mSv) ），综合考虑随着医院相关业务的开展，实际年工作量可能会超过原预先的手术量。因此，医院在开展 DSA 介入手术过程中还应严格落实以下要求：

- (1) 提高辐射防护和诊疗技术水平，全面掌握辐射防护法规与技术知识。
- (2) 结合诊疗项目实际情况，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施，以减少受照剂量。
- (3) 时间防护：熟悉机械性能和介入操作技术。尽量减少照射和采集时间。特别避免未操作时仍踩脚闸；
- (4) 缩小照射野：在满足影像采集质量和诊疗需要的前提下，尽量缩小照射野、调节透视脉冲频率至最低状态；
- (5) 缩短物片距：尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线；
- (6) 充分利用各种防护器材：操作者穿戴铅衣、铅围脖、铅帽、铅眼镜或铅面罩；使用床下铅帘及悬吊铅帘；重大手术需要技师、护师或其他人员在机房内时，除佩戴上述物品，最好配有铅屏风，让上述人员在屏风后待命，并做好其他个人防护。
- (7) 必须佩带 2 枚个人剂量计，1 枚佩戴于防护用品内，置于铅衣内胸口附近，1 枚佩带于防护用品外，置于铅衣外胸口附近，并且将内、外剂量计做明显标记（如以对比鲜明的颜色进行区分等），防止内、外剂量计反戴的情况发生；
- (8) 严格开展介入手术医生的个人剂量监测，发现问题及时调查、整改。
- (9) 严格控制介入医师和护士的工作量，当工作人员的年有效剂量接近年剂量管理约束值 (5mSv) ，应当新增辐射工作人员进行替代，以确保工作人员的辐射安全。

11.2.4 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

本项目的建设对保障健康、拯救生命起着十分重要的作用。项目营运以后，将为病人提供一个优越的治疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。此外，通过核算，该项目屏蔽和防护措施符合要求，对环境的影响也在可接受范围内。

因此，本项目的实施对受照个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险类别识别

对于 DSA 及滑轨 CT 的使用，当关机时不会产生 X 射线，不存在影响辐射环境质量的事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素，最大可能的事故主要有四种：

- (1) 无关人员误入正在运行的 X 射线机房，由 X 射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。
- (2) 工作人员还未全部撤离机房，外面人员启动设备，造成有关人员被误照。
- (3) 操作介入手术的医生或护士未按规范穿戴铅围裙、防护手套、防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射。
- (4) 检修时，误开机时，维修人员受到潜在的照射伤害。

11.3.2 风险分析及预防措施

本项目可能发生的辐射事故情形主要为以下几种：

- (1) 在进行介入手术期间，无关人员误入机房引起误照射。
- (2) 手术室防护门未关到位的情况下，X 射线曝光，导致手术室外的人员受到意外照射。
- (3) 进行介入手术的医护人员未穿戴铅衣等个人防护用品而受到不必要的照射，没有为患者穿戴个人防护用品而受到不必要的照射。
- (4) 维修人员检修时，误开机受到潜在的照射伤害。

本项目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手术室。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事故处理后应累计资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。对可能发生的辐射事故，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、公安部门、卫生健康部门等主管部门报告。不断完善放射性事故应急预案，在射线装置建设和运行过程中的适当时候进行演习。

11.3.3 应急方案的启动

①一旦发生辐射事故，即时启动辐射事故处理应急方案。发生辐射事故时，当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组组长，组长随即通知辐射事故应急处理小组有关成员采取应急相应救助措施。

②发生辐射事故时，应急处理小组各成员应认真履行各职责，各相关部门应积极协调配合，以便能妥善处理所发生的辐射事故。

③各应急救助物质应准备充分、调配及时。

④发生事故后应在2小时内向生态环境部门、公安部门和卫生健康部门报告。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和原国家环境保护总局环发【2006】145号文件之规定，发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，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报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

11.4 产业政策符合性

项目投入使用为疾病诊断、寻找病灶部位、制订治疗方案及治疗疾病提供了科学

依据和手段。项目在加强管理后均满足相关国家法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力，符合清洁生产和环境保护的总体要求。同时，本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》第一类——鼓励类中“三十七、卫生健康：医疗服务设施建设项目”，因此本项目符合国家相关法律法规和政策的规定，符合国家产业政策。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

(1) 辐射安全与环境保护管理机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021修订）》，国家环境保护总局令第31号第十六条规定：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院已经指定了特定人员负责辐射安全工作，成立了放射防护安全管理委员会（附件7），负责整个医院的辐射安全管理工作，并明确了放射防护安全管理委员会职责，该领导机构成员应认真个人职责工作，应有高度的责任心，熟悉和掌握有关放射性的基本知识和辐射防护的一系列法规，并严格遵守执行。放射防护安全管理委员会基本组成如下：

主任：李继慧 副院长 主任技师

副主任：杨有强 医务科负责人、三甲办主任主任医师

温森滢 设备科科长 经济师

委员：韦秀萍 护理部主任 副主任护师

王明槐 总务科副科长 工程师

陈春媚 医院感染管理科副科长 副主任医师

医院辐射安全与防护管理组织基本满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定的标准。

(2) 辐射工作人员管理

为满足医院辐射工作和安全的需要，医院目前根据要求配置相应的辐射工作人员。医院计划将本项目相关的人员纳入辐射工作人员进行管理，辐射工作人员依托介入科原有辐射工作人员，并适当新增部分辐射工作人员。在本项目建成运行后，辐射工作人员仅从事本项目安排的辐射工作，不另外增加受照时间。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《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）的规定：新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过辐射安全防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核；2020

年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。根据《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）的规定：仅从事III类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

根据《放射工作人员职业健康管理办法》（中华人民共和国卫生部令第55号）的规定：放射工作单位应当组织放射工作人员上岗前、上岗后、离岗前进行职业健康检查，为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定：辐射工作单位应为每名辐射工作人员配置个人剂量计，定期组织工作人员进行个人剂量监测；根据《放射工作人员职业健康管理办法》（中华人民共和国卫生部令第55号）规定，建设单位还应安排专人负责个人剂量监测管理，建立放射工作人员个人剂量档案。档案包括个人信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当永久保存。

本环评要求医院在本项目运营前：辐射工作人员需进行辐射安全与防护知识培训及考核、进行职业健康体检、配备个人剂量计（DSA辐射工作人员内外各1个，滑轨CT辐射工作人员1个）、辐射安全与防护知识考核合格、职业健康体检合格后方可上岗。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 辐射安全管理规章制度

为保障射线装置正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，医院在不断总结完善近年来核技术利用方面的经验，针对辐射设备情况已制定以下管理制度（详见附件8和附件9）：《玉林市红十字会医院医疗管理应急处置预案》（放射事故应急处理预案、放射诊疗科室异常事件、事故管理与应急处理预案、核医学科放射源事故应急处置预案、核医学科放射事故预防措施、核医学科放射性环境事故应急预案、大型C臂故障应急预案）《放射防护安全管理制度》《放射科辐射防护制度》《辐射安全防护管理制度》《设备使用管理、维修保养制度》《放射科设备管理维护制度》《放射工作人员职业健康监护管理制度》《放射工作人员个人剂量监测管理制度》《放射工作人员放射防护培训计划》等。

医院《医疗管理应急处置预案》内容较为详实，具有可行性，基本能满足当前放射

事故下的应急处理需要。本环评建议医院应根据本项目运行实际工作需要，并按照《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（国务院令第 449 号（2005））、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日施行）等现行要求修改，全面完善辐射监测计划、操作规程等制度，制定质量保证大纲和质量控制检测计划等。

针对本项目，医院计划根据新增的 DSA 和滑轨 CT 设备，制定操作性强的操作规程、质量保证方案等管理制度，以满足本项目辐射安全管理。

12.2.2 辐射环境管理要求

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行辐射防护职责，尽可能的避免事故的发生，医院必须培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，提出如下辐射环境管理要求：

- (1) 依据《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十八条和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》之规定，医院必须向生态环境部门重新申领辐射安全许可证等相关环保手续。
- (2) 明确辐射防护工作领导小组的职责：设立兼职或专职的安全负责人，负责整个医院的辐射防护与安全工作。建立辐射防护安全防护管理制度，履行放射防护职责，确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众成员的权益，尽可能避免事故的发生。
- (3) 医院辐射工作人员必须定期经过辐射工作安全防护培训，取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单方可上岗；操作人员必须遵守各项操作规程，检查仪器安全并做好当班记录，严格执行交接班制度，发现异常及时处理。
- (4) 各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；所有的放射工作场所均必须有电离辐射警示标志，各机房门屏蔽门上方还必须要有工作指示灯及放射防护注意事项。警告标志的张贴必须规范。
- (5) 每年应至少进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，医院工作人员应持证上岗，定期进行辐射防护知识和法规知识的培训和安全教育，检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。对个人剂量超过或接近辐射剂量约束值的辐射工作人员应暂离岗位，展开相关调查并委托有相关资质单位的监测机构对机房的防护性能进行监

测，如监测结果仍然超过或接近参考水平，需及时进行防护整改，直到整改满足要求后，方可重新开展工作，并在今后的工作中增加监测频率。对辐射工作人员每两年进行职业健康体检并形成制度。进入机房的工作人员佩带个人剂量计，记录个人所受的射线剂量。

(6) 制定事故状态下的应急处理计划，其内容包括事故的报告、事故区域的封闭、事故的调查和处理及工作人员的受照剂量估算和医学处理等。

(7) 应当加强对本单位射线装置安全和防护状况的日常检查。发现安全隐患的，应当立即整改。

(8) 对医院辐射装置安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

(9) 按照《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）第十二条规定，建设项目的规模发生变化，或者建设项目环境影响报告表自批准之日起满 5 年，建设项目方开工建设的，其环境影响报告文件应重新编制，报批。

(10) 安装、维修或者更换与 X 射线有关部件的设备，应当向有关部门申请，进行辐射防护检测验收，确定合格后方可启用，以杜绝放射事故的发生。

(11) 项目竣工后，医院应依法进行竣工环境保护自主验收。

(12) 医院在依法被撤销、依法解散、依法破产或者因其他原因终止前，应当确保环境辐射安全，妥善实施辐射工作场所或者设备的退役，并承担退役前所有的安全责任。

12.3 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》（国务院第 449 号令）等相关法规和标准，射线装置使用单位必须对辐射工作场所周围环境进行辐射监测、对辐射工作人员进行个人剂量监测。

现有辐射工作人员已配备个人剂量计，医院已委托有资质的单位定期（不少于 1 次/3 个月）对辐射工作人员个人剂量进行监测；现有辐射工作人员已定期（不少于 1 次/两年）开展职业健康体检；医院已定期（不少于 1 次/年）委托有资质单位对现有 II 类射线装置核技术利用项目工作场所及周围环境辐射水平进行年度监测，2023 年已按要求将辐射监测结果连同单位的年度辐射安全评估报告一起，在次年的 1 月 31 日前上报提交。（年度评估报告见附件 12）。

医院现有核技术利用项目已开展的辐射监测能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关标

准和规范中的辐射监测要求。

按照辐射监测要求，建议医院针对本项目制定相应的监测计划，包括日常监测、验收监测、辐射工作人员个人剂量监测等内容。

12.3.1 日常监测

医院拟依托原有一台 X- γ 辐射剂量率监测仪用于日常自行监测使用，应制定日常监测自行计划，定期对辐射工作场所进行监测，并将每次监测结果记录存档备查，监测计划内容见表 12-1。

医院每次监测后应保持监测记录并存档，设专人管理辐射设备监测档案，发现监测结果超过参考水平时需停止开展射线装置工作，展开相关调查并委托有相关资质单位的监测机构对机房的防护性能进行监测，如监测结果仍然超过参考水平，需及时进行防护整改，直到整改满足要求后，方可重新开展工作。

12.3.2 验收监测

本次评价项目竣工后，建设单位应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，组织对配套建设的环境保护设施进行验收。验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。

12.3.3 辐射工作人员个人剂量监测

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的要求：

1、辐射工作人员配备个人剂量计，常规监测的周期应综合考虑辐射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月。

2、对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

3、医院落实个人剂量监测制度，统一管理个人剂量计，避免出现工作人员剂量计丢失等现象，定期将个人剂量计送至委托单位监测。

12.3.4 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》（环境保护部第 18 号令 2011

年)的相关规定,使用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,可以委托有资质的环境监测机构进行监测。建设单位将严格执行表 12-1 中的辐射监测计划,定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构进行监测。年度监测数据将作为本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分,定期上报生态环境主管部门。

建设单位应制定辐射监测计划,包含竣工验收监测、个人剂量监测、日常监测、年度监测,建立辐射监测的台账管理制度,每次监测记录并存档,设专人管理辐射设备监测档案。项目开展后,需根据项目实践情况不断完善各项监测制度,确保本项目对周围环境造成的辐射影响处于可接受水平。

医院监测计划要求如下表 12-1 所示。

表 12-1 医院监测计划要求一览表

监测对象		监测点位	监测项目	监测频率	监测单位
辐射工作场所	年度监测	操作位、机房防护门及门缝、四周墙壁及楼上楼下等屏蔽体外表面 30cm 处	X-γ 辐射剂量率	1 次/年	委托有资质单位
	验收监测		X-γ 辐射剂量率	项目竣工后 3 个月内	委托有资质单位
	日常监测		X-γ 辐射剂量率	1 次/天	自主监测
辐射工作人员	所佩带个人辐射剂量计	/	受照剂量	操作时,每季度送检 1 次	委托有资质单位
	外环境	康养综合楼	X-γ 辐射剂量率	每年 1 次	委托有资质单位

12.4 本项目辐射工作人员的健康监护

对已经从事辐射工作的职业人员进行的经常性医学检查,按照《放射工作人员职业健康管理方法》(中华人民共和国卫生部令第 55 号)的规定执行,医院应为辐射工作人员建立个人健康档案,档案中详细记录历次医学检查及其评价处理意见,并终生保存职业健康监护档案。

12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,医院根据可能发生的放射事故的风险,制定了《医疗管理应急处置预案》(详见附件 8)。医疗管理应急处置预案应包括下列内容:

12.5.1 事故应急培训演习计划

1、事故应急演练：完善的预案、周到的准备和准确的事故处理必须依靠定期的应急演练来加以巩固和提高，从而真正发生时能够做到沉着应对、科学处置。组织应急演练应注意以下几个方面。

- (1) 制定周密的演练方案，明确演练内容、目的、时间、地点、参演人员等。
- (2) 进行合理的人员分工。
- (3) 做好充分的演练准备，维护仪器设备，配齐物资器材，找好演练场地。
- (4) 开展认真的实战演练，按照事先预定的方案和程序，有条不紊的进行，演练过程中除非发生特殊情况，否则尽量不要随意中断。若出现问题，演练完后再进行总结。
- (5) 做好完整的总结归纳，演练完毕后要及时进行归纳总结，对于演练过程中出现的问题要认真分析，并加以改正，成功的经验要继续保持。

2、应急响应准备：包括建立辐射事故应急值班制度、开展人员培训、配备必要的应急物资和器材。

- (1) 辐射事故应急办公室应建立完善的辐射事故应急预案机制，及时收集、分析辐射事故相关信息，协调下设小组人员开展辐射事故应急准备工作，定期开展事故应急演练，提高应急处置能力。
- (2) 定期就辐射安全理论，玉林市红十字会医院放射事故应急预案、程序和处置措施，以及应急监测技术等内容组织学习，必要时进行考核，以达到培训效果。
- (3) 根据医院核技术利用情况，可能发生的事故级别，做好事故应急装备的准备工作。主要包括交通、通讯、污染控制和安全防护等方面的物资和器材。

12.5.2 事故应急处理措施

辐射事故一旦发生，应立即采取以下措施进行处理，并根据事故情况启动应急预案。

- (1) 事故发生后，当事人应立即切断电源，通知同工作场所的工作人员离开，并及时上报科主任及医院有关部门；
- (2) 应急处理领导小组召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案；
- (3) 事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行；未取得防护检测人员的允许不得进入事故区；各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。凡严重或重大的事故，应向上级主管部门报告。

12.5.3 应急报告程序

一般报告程序为：发现者报告给医院放射事件应急处理领导小组，由领导小组向市公安部门、市生态环境局部门报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。

玉林市红十字会医院已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的规定，对可能发生的辐射事故，制定了《医疗管理应急处置预案》，做好应急准备。医院运行至今，未发生放射性事故，本项目运行后，还应定期修改完善相关规章制度。同时，建设单位在日常加强事故演习，加强医院人员的安全文化素养培植，树立较强的安全意识，减少人为因素导致的意外事故的发生率，确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益。

12.6 项目环保投资及辐射环境保护“三同时”验收清单

本项目总投资 6000 万元，其中环保投资 500 万元，环保投资占总投资比例的 8.33%。此外，项目投入运行后，还应按有关要求进行竣工环境保护验收。具体环保投资清单和竣工环境保护验收清单详见表 12-2。

表 12-2 污染防护措施“三同时”验收一览表

序号	验收项目	验收内容	验收要求	环保投资(万元)
1	防护措施	射线装置机房采取实体屏蔽方式。	满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及本项目辐射剂量约束值要求。	450
2	管理措施	成立专门的辐射领导机构，制定、修改并完善相应的规章制度和事故应急预案。 配备相应的介入医护人员，均纳入辐射工作人员进行管理；进行辐射安全与防护知识考核、上岗前职业健康体检、配备个人剂量计，在辐射安全与防护知识考核合格和排除职业禁忌症后方可上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射安全管理的要求。	20
3	机房要求	DSA 机房：最小有效使用面积 $\geq 20m^2$ ，最小单边长度 $\geq 3.5m$ 。 CT 机房：最小有效使用面积 $\geq 30m^2$ ，最小单边长度 $\geq 4.5m$ 。	满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)	
4	辐射安全防护措施	①射线装置机房门外张贴醒目电离辐射警示标志、中文标明放射防护注意事项，安装工作状态指示灯，灯箱处设置警示语句，通道悬挂走向指示牌； ②要求设置门灯联动；射线装置机房在操作间与机房之间应设观察窗与对讲机； ③射线装置机房内设置动力通风装置，保持良好的通风，机房内不得堆放无关杂物； ④制度上墙。	满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)	15

5	监测仪器和防护用品	每个射线装置机房配备个人剂量报警仪；个人防护用品、个人剂量计，详见表 10-2。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中监测仪器和防护用品配备的要求。	10
6	有害气体	DSA 机房、复合手术室滑轨 CT 机房内均设置动力通风装置，并保持良好的通风。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	5
合计				500

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 可行性分析结论

玉林市红十字会医院位于玉林市玉州区金旺路 1 号，地理坐标为（东经 110° 11'23.316"，北纬 22° 38'22.751"）。

为进一步满足医院业务发展需要，玉林市红十字会医院拟在康养综合楼二层建设 4 间 DSA 机房，在六层建设 1 间复合手术室和 1 间滑轨 CT 机房，拟配置 5 台 DSA（II 类射线装置）和 1 台滑轨 CT（III类射线装置），并配备相应的辐射防护设施和相关配套附属设备。

（1）实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病的诊断和治疗能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断和治疗效果，是其它诊治项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断的方法效果显著、病人诊断中所受的痛苦较小，方法的优势明显，因此，项目的实践是必要的。

建设单位在放射性诊断和治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并建立相应的规章制度和辐射事故应急预案。因此，在正确使用和管理的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给医务人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用的实践具有正当性。

因此，本项目符合《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。

（2）产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中国家鼓励类的医疗服务设施建设项目。因此，该项目符合国家产业政策。

（3）选址可行性及布局合理性分析

①选址可行性分析

项目拟建场所评价范围内 γ 辐射空气吸收剂量率室内测点测值范围为 46~63nGy/h（已扣除宇宙射线响应），室外地面测点 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为 73~88nGy/h

h （已扣除宇宙射线响应）。根据《广西壮族自治区环境天然贯穿辐射水平调查报告》可知，广西原野 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 $10.7\sim 238.7\text{nGy/h}$ （已扣除宇宙射线影响），室内 γ 辐射剂量率范围为 $11.0\sim 304.3\text{nGy/h}$ （已扣除宇宙射线影响）。

因此，可知场地周围辐射环境质量现状较好，未见明显异常。

工作场所选址均远离医院内及周围环境敏感点，有利于辐射防护。项目营运期产生的电离辐射、废气均得到有效治理，达标排放对环境影响小。从环境保护角度分析，项目选址可行。

②布局合理性分析

根据现场踏勘，项目屏蔽体外50米周围无自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点和生态敏感点等制约因素。

本项目所在主体大楼已取得《玉林市生态环境局关于玉林市红十字会医院康养综合楼项目环境影响报告书的批复》批复文件（玉环项管〔2019〕27号），医院整体项目选址合理性已在《玉林市红十字会医院康养综合楼项目环境影响报告书》中进行了论述，本项目仅为整体项目的配套建设项目，不新增用地，且拟建设的各个辐射工作场所，均按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小。

项目的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。辐射工作场所分布相对集中，场所进行了单独选址、集中建设，避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，建设进行辐射安全分区管理，限制无关人员进入控制区及限制在监督区逗留，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

（4）代价利益分析

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约束值要求，符合辐射防护“剂量约束值”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。

13.1.2 环境影响分析结论

（1）墙体屏蔽的辐射防护

本项目 DSA 机房、复合手术室和滑轨 CT 机房墙体通过标准对比及理论计算，机房的四面墙体、顶棚、地板、防护门和观察窗的厚度能满足要求，能有效保证辐射工作场所的安全。

(2) 剂量估算

通过评价，从事本项目的辐射工作人员和公众成员的年有效剂量均满足辐射剂量约束值的要求（职业人员小于 5mSv/a ，公众成员小于 0.1mSv/a ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关标准的要求。

13.1.3 辐射防护与安全措施

①射线装置机房各墙体厚度能够满足相关标准要求，防护门和观察窗的生产由厂家承担。

②机房按照要求设置相应的门灯联动装置、紧急停机、视频监视系统、工作状态指示灯、电离辐射警告标志等。

③机房的过墙电缆线、管线孔采用管线采取地理直穿，电缆管线、通风管线穿墙并提供屏蔽补偿措施，并保证机房良好的通风。

④根据要求为医生、病人配置相应的防护用品。

⑤所有辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期进行测读，建立个人剂量档案。

13.1.4 辐射与环境保护管理

医院成立了辐射安全与防护管理组织，各项规章制度、操作规程、应急处理措施按照要求制定、更新及修改完善后，基本健全、具有可操作性，但仍应加强日常应急响应的准备工作及应急演练。医院应严格按照各项规章制度执行，辐射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，定期进行检查并安排职业健康体检。医院还应在今后的工作中，按照相关标准要求不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，玉林市红十字会医院严格按照环评要求进行建设后，医院核技术利用项目运行时对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求；该项目的辐射防护安全措施可行；拟制定的规章制度基本能够满足相应管理要求；该项目对环境的辐射影响是可接受的。医院在落实了本环评提出的各项环境保护及污染防治措施的前提下，从环境保护的角度来看，本环评认为该建设项目是可行的。

13.2 建议和承诺

1. 医院应加强辐射安全许可证管理、竣工环境保护验收工作以及职业健康体检管

理，辐射工作人员应进行上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，并完善职业健康档案。

2. 医院应加强内部管理，明确管理职责，杜绝各类辐射事故的发生。
3. 医院在项目运行期间，需要根据实际情况修改完善各项制度，并组织实施。各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；所有的辐射工作场所均必须有电离辐射警示标志，警示标志的张贴必须规范，射线装置机房屏蔽门上方还必须要有工作指示灯。
4. 本项目取得环评批复后，医院应尽快办理辐射安全许可证。
5. 项目建成后，医院应按要求开展竣工环境保护验收。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

公 章

经办人:

年 月 日

审批意见:

公 章

经办人:

年 月 日