

核技术利用建设项目

重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（手术中心部分）

环境影响报告表

（公示版）

建设单位：重庆医科大学附属第一医院

编制单位：重庆新绿环保工程有限公司

编制时间：二〇二五年八月

生态环境部监制

关于《重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（手术中心部分）环境影响报告表》的公示说明

重庆市渝中区生态环境局：

我院委托重庆新绿环保工程有限公司编制的《重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（手术中心部分）环境影响报告表》目前属于上报审批阶段。我院承诺，环评报告公示文本中内容不涉及国家机密、商业秘密、个人隐私以及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容，同意环评报告全本公开，并愿意承担相关法律责任。

重庆医科大学附属第一医院

2025年8月



目 录

表 1 项目基本情况 1

表 2 放射源 17

表 3 非密封放射性物质 17

表 4 射线装置 18

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 19

表 6 评价依据 20

表 7 保护目标与评价标准 23

表 8 环境质量和辐射现状 32

表 9 项目工程分析与源项 37

表 10 辐射安全与防护 54

表 11 环境影响分析 69

表 12 辐射安全管理 93

表 13 结论及建议 103

附图 错误！未定义书签。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（手术中心部分）			
建设单位		重庆医科大学附属第一医院			
法人代表	罗勇	联系人	陈*	联系电话	136****2582
注册地址		重庆市渝中区袁家岗友谊路 1 号			
项目建设地点		重庆市渝中区袁家岗友谊路 1 号袁家岗院区第二医疗综合大楼 4F、5F 手术中心			
立项审批部门		重庆市渝中区发展和改革委员会	批准文号	2020-500103-84-03-129681	
建设项目总投资（万元）	**	项目环保投资（万元）	**	投资比例（环保投资/总投资）	2.5%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			建筑面积（m ² ）
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☒ III 类		
	其他	无			
	1.1 医院概况 重庆医科大学附属第一医院于 1957 年由原上海第一医学院（现复旦大学上海医学院）部分专家西迁来渝创建，是集医疗、教学、科研、预防、保健及涉外医疗于一体的三级甲等综合性教学医院，以学科门类齐全、技术实力雄厚、专科特色突出、服务能力出众享誉西南。医院现有袁家岗院区、经纬院区、金山院区、青杠院区、大礼堂院区，在同质化管理与差异化发展战略下，形成了特色鲜明、功能互补的发展格局。在国家三级公立医院绩效考核中，医院连续五年排名重庆市首位，稳居国内医院“第一方阵”。				

1.2 任务由来

医院袁家岗院区已建成运营多年，为进一步改善目前业务用房缺口和未来发展需要，提升医疗卫生服务能力，2020 年医院在重庆市渝中区袁家岗友谊路 1 号袁家岗院内启动建设“重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼”项目，该项目已于 2022 年 10 月 21 日取得《重庆市建设项目环境保护批准书》（渝中环准〔2022〕9 号）。《重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼环境影响报告书》中含各个机房在内的土建部分均已进行了评价，明确了辐射部分另行评价。

2022 年 12 月 30 日医院“重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（直线加速器和 DSA 部分）”取得《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（辐）环准〔2022〕064 号）。2022 年 11 月 23 日，医院对“重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼新增使用射线装置项目”的-1F 的 4 间 CT 机房、2 间 DR 机房，4F 的 1 间 C 臂与 MR 复合手术室、8 间移动 C 型臂机房，5F 的 15 间移动 C 型臂机房共计使用 22 台 III 类射线装置填报《建设项目环境影响登记表》（备案号为：202250010300000143）。至此，重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼共计批复使用 9 台 II 类射线装置（5 台直线加速器、4 台 DSA），23 台 III 类射线装置（1 台 CT 模拟定位机，4 台 CT 机，2 台 DR 机，1 台 C 形臂 X 射线机，15 台移动 C 形臂 X 射线机）。随着第二医疗综合大楼施工推进，医院对 4F、5F 手术中心局部设备布局进行了调整，本环评针对调整后 4 间手术室使用 X 射线装置进行评价，目前第二医疗综合大楼正在装修中，辐射设备尚未安装。

因医院对第二医疗综合大楼 4F、5F 手术中心局部布局进行了调整，拟在袁家岗院区第二医疗综合大楼 4 层手术中心一区 OP2 手术室配置 1 台数字减影血管造影 X 射线装置（以下简称“DSA”，II 类射线装置，双管头设备）开展介入手术，在 4 层手术中心一区 OP9 手术室内配置 1 台 X 射线摄影透视系统（II 类射线装置，单管头设备）开展 ERCP 介入手术，在 5 层手术中心二区 OP40 复合手术室配置 1 台 DSA（II 类射线装置，双管头设备），在滑轨 CT 存放间配置 1 台滑轨 CT（III 类射线装置，单管头设备），可滑至 OP40 复合手术室与 DSA 联合开展复合介入手术，滑至 5 层手术中心二区 OP41 手术室辅助手术前扫描，滑轨 CT 为隔室操作。

根据“关于发布《射线装置分类》的公告”（原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），“血管造影用 X 射线装置”属于Ⅱ类射线装置，血管造影用 X 射线装置包括用于心血管介入术、外周血管介入术、神经介入室等的 X 射线装置，以及含具备数字减影（DSA）血管造影功能的设备。本项目拟配置 X 射线摄影透视系统开展 ERCP 手术，属于综合介入手术，因此，本项目配置的 1 台 X 射线摄影透视系统属于Ⅱ类射线装置，拟配置的 2 台双管头 DSA 也属于Ⅱ类射线装置。

射线装置使用时将会对周围环境产生一定的电离辐射影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号）的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”可知，使用Ⅱ类射线装置的项目环境影响评价文件形式为编制环境影响报告表。

重庆医科大学附属第一医院委托重庆新绿环保工程有限公司开展该项目的环境影响评价工作，评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础上，并按照《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）的要求，编制完成了《重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（手术中心部分）环境影响报告表》。

1.3 项目概况

1.3.1 项目建设内容及规模

- （1）项目名称：重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（手术中心部分）
- （2）建设地点：重庆市渝中区袁家岗友谊路 1 号袁家岗院区第二医疗综合大楼 4F、5F 手术中心
- （3）建设性质：新建
- （4）建设单位：重庆医科大学附属第一医院
- （5）建设规模：拟在袁家岗院区第二医疗综合大楼 4 层手术中心一区 OP2 手术室配置 1 台数字减影血管造影 X 射线装置（DSA，Ⅱ类射线装置，双管头设备，最大管电压 150kV，最大管电流 1500mA）开展介入手术；拟在 4 层手术中心一区 OP9 手术室内配置 1 台 X 射线摄影透视系统（Ⅱ类射线装置，单管头设备，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA）开展 ERCP 介入手术；拟在 5 层手术中心二区 OP40 复合手术室配置 1 台 DSA（Ⅱ类射线装置，双管头设备，最大管电压 150kV，最大管电流 1500mA），

在滑轨 CT 存放间配置 1 台滑轨 CT（III类射线装置，单管头设备，最大管电压 140kV，最大管电流 800mA），滑轨 CT 可滑至 OP40 复合手术室与 DSA 联合开展复合介入手术，可滑至 5 层手术中心二区 OP41 手术室辅助手术前扫描，滑轨 CT 为隔室操作。项目总建筑面积约 410m²。

（6）项目投资：总投资约 2000 万元，环保投资约 50 万元。

（7）施工期：约 6 个月。

项目组成情况见下表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

分类	项目	具体内容	备注
主体工程	4层手术中心一区 OP2 手术室	主要开展 DSA 介入手术，OP2 最小内空长宽尺寸约 7.80m×7.30m，层高约 5.20m，吊顶后顶部到地面的净空高度为约 2.7m，有效使用面积约 56.94m ² 。 配置 1 台 DSA，II类射线装置，双管头，最大管电压 150kV，最大管电流 1500mA。	依托主体结构建设，新购设备
	4层手术中心一区 OP9 手术室	主要开展 ERCP 介入手术，OP9 最小内空长宽尺寸约 7.60m×5.90m，层高约 5.20m，吊顶后顶部到地面的净空高度为约 3m，有效使用面积约 44.84m ² 。 配置 1 台 X 射线摄影透视系统，II类射线装置，单管头设备，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA。	
	5层手术中心二区 OP40 复合手术室	开展滑轨 CT 与 DSA 联合的复合介入手术，OP40 最小内空长宽尺寸约 7.00m×5.50m，层高约 5.20m，吊顶后顶部到地面的净空高度为约 3m，有效使用面积约 38.5m ² 。 配置 1 台 DSA，II类射线装置，双管头，最大管电压 150kV，最大管电流 1500mA。在 OP40 复合手术室内 DSA 与滑轨 CT 不同时开机，滑轨 CT 为隔室操作。	
	5层手术中心二区 OP41 手术室	利用滑轨 CT 开展胸外科等手术前、术后扫描，滑轨 CT 为隔室操作。 OP41 最小内空长宽尺寸约 7.50m×5.52m，层高约 5.20m，吊顶后顶部到地面的净空高度为约 3m，有效使用面积约 41.4m ² 。	
	滑轨 CT 存放间	配置 1 台滑轨 CT 存放在此，手术需要时，滑至 OP40、OP41 使用。 拟购 1 台滑轨 CT，单管头，III类射线装置，最大管电压均为 140kV，最大管电流为 800mA。	
辅助工程	辅助用房	OP40、41共享控制室、OP2与已环评OP3共享控制室、OP9设置独立控制室、设备间、无菌库房、数字化设备间、麻醉准备/复苏区、污物暂存间等手术中心辅助用房。	依托
公用工程	给水	依托院内供水管网。	依托
	排水	雨污分流，雨水排入市政雨水管网，医疗废水经医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网。	依托

项目基本情况

续表 1

	供配电	依托院内供配电系统。	依托
	通风	各手术室均设计有独立的新风、回风、排风系统，采用机械排风、送风，各手术室排风引至所在楼层南侧外墙排放。	新建
环保工程	废水处理措施	项目产生的生活污水依托医院的污水管网收集至医院西北侧第二医疗综合大楼新建污水处理站（处理能力为2000m ³ /d），处理达GB18466-2005预处理排放标准后接入市政污水管网，最终进入鸡冠石污水处理厂处理达标排放。	依托
	废气处理措施	4层手术中心一区 OP2 手术室、OP9 手术室吊顶均设置送风天花及 2 个送风口，西北角吊顶均设置 1 个送风口。在吊顶各设置 1 个排风口。 5 层手术中心二区 OP40 复合手术室、OP41 手术室吊顶均设置送风天花。在吊顶各设置 1 个排风口。 废气引至所在楼层南侧外墙排放，根据设计资料，手术室换气次数 20 次/h，可保持机房内有良好的通风。	新建
环保工程	固废处置措施	生活垃圾依托医院的生活垃圾收集系统收集，统一交环卫部门处理。 医疗废物依托医院的医疗废物收集系统收集，暂存于本项目所在楼-1F 新建的医疗废物暂存间（约 40m ² ，用于暂存第二医疗综合大楼医疗废物），交由有资质单位处理。 不再使用的铅防护用品医院收集后妥善保管，做好记录，交由有资质单位处置。设备报废时按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。	依托
		拟采用铅板、硫酸钡水泥、混凝土、铅玻璃、铅防护门等屏蔽材料作为辐射防护手术室屏蔽防护体，保证屏蔽体外周围剂量当量率满足标准限值要求。	新建
	辐射防护	拟按相关标准要求设置状态指示灯、门灯连锁、对讲系统、自动闭门装置、防夹装置等，保证介入手术过程中X射线装置安全运行。	/

1.3.2 辐射防护方案设计

本项目各手术室屏蔽防护方案见表1-2。

表 1-2 本项目各手术室屏蔽防护方案

房间	手术类型	机房面积、尺寸	防护方案
4层手术中心一区 OP2 手术室	主要开展 DSA 介入 手术	最小内空长宽尺寸约 7.80m×7.30m，层高约 5.20m，吊顶后顶部到地面的净空高度为约 2.7m，有效使用面积约 56.94m ² 。	四周墙体：3mmPb 铅板
			顶棚：150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板
			地板：150mm 钢筋混凝土+40mm 厚硫酸钡水泥
			防护门、观察窗：均为 3mmPb
4层手术中心一区 OP9 手术室	主要开展 ERCP 介入 手术	最小内空长宽尺寸约 7.60m×5.90m，层高约 5.20m，吊顶后顶部到地面的净空高度为约 3m，有效使用面积约 44.84m ² 。	四周墙体：3mmPb 铅板
			顶棚：150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板
			地板：150mm 钢筋混凝土+40mm 厚硫酸钡水泥
			防护门、观察窗：均为 3mmPb

项目基本情况

续表 1

5层手术中心二区 OP40 复合手术室	开展滑轨CT与DSA联合的复合介入手术	最小内空长宽尺寸约 7.00m×5.50m，层高约 5.20m，吊顶后顶部到地面的净空高度为约 3m，有效使用面积约 38.5m²。	四周墙体：3mmPb 铅板
			顶棚：150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板
			地板：150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板
			防护门、观察窗：均为 3mmPb
5层手术中心二区 OP41 手术室	利用滑轨CT开展普通胸外科术前扫描等	最小内空长宽尺寸约 7.50m×5.52m，层高约 5.20m，吊顶后顶部到地面的净空高度为约 3m，有效使用面积约 41.4m²。	四周墙体：3mmPb 铅板
			顶棚：150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板
			地板：150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板
			防护门、观察窗：均为 3mmPb
备注：钢筋混凝土密度 2.35g/cm³，铅密度 11.3g/cm³，硫酸钡水泥密度 3.2g/cm³。			

1.3.3 设备配置

项目主要配套设施设备见表 1-3。

表 1-3 项目主要配套设施设备配置表

序号	名称	数量	用途	使用位置	备注
1	DSA	2 台	介入手术、复合介入手术	4 层手术中心一区 OP2 手术室、5 层手术中心二区 OP40 复合手术室	双管头，Ⅱ类射线装置
2	X 射线摄影透视系统	1 台	ERCP 介入手术	4 层手术中心一区 OP9 手术室	单管头，Ⅱ类射线装置
3	滑轨 CT	1 台	复合介入手术扫描、OP41 手术室扫描	5 层手术中心二区 OP40 复合手术室、OP41 手术室	单管头，Ⅲ类射线装置，不使用时在滑轨 CT 存放间存放
4	电源柜	4 套	配电	设备间	X 射线装置配套
5	高压发生柜	4 套	高压装置		
6	系统控制柜	4 套	设备控制和数据传输		
7	控制系统	4 套	影像数据查看、设备操作	控制室	手术配套设备
8	手术无影灯	4 套	手术配套用	4 层手术中心一区 OP2 手术室、OP9 手术室；5 层手术中心二区 OP40 复合手术室、OP41 手术室	
9	医用吊塔（麻醉塔、外科塔）	4 套	手术配套用		
10	终端显示屏、远程会诊	4 套	手术配套用		
11	心电监护仪	4 套	手术配套用		
12	药品柜、导管柜、麻醉柜、器械柜、保温柜、保冷柜、导管柜、工作站等	4 套	手术配套用		
13	中心负压吸引	4 套	手术配套用		

项目基本情况

续表 1

14	中心供氧装置	4 套	患者供氧		
15	除颤仪	4 台	手术配套		
16	手术室净化系统	4 套	手术室配套		
17	吸痰器	3 台	手术配套用	4 层手术中心一区 OP2 手术室、OP9 手术室；5 层手术中心二区 OP40 复合手术室	手术配套设备
18	高压注射泵、微量注射泵	3 套	介入手术配套用		
19	工作人员防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套）、床侧防护帘/床侧防护屏、铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、移动铅防护屏风	多套	工作人员防护	4 层手术中心一区 OP2 手术室、OP9 手术室；5 层手术中心二区 OP40 复合手术室	铅当量满足 GBZ130 要求，按照表 10-5 数量配置
20	个人剂量计	按需	工作人员个人剂量监测	介入手术医护佩戴	医护内外各 1 枚，技师 1 枚

1.3.4 放射工作人员配置和工作制度

根据医院提供资料，医院拟配置 47 名放射工作人员作为重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（手术中心部分）放射工作人员，均在医院劳动定员内，包括医师、护师、技师等。4 层手术中心一区 OP2 手术室满负荷工作时配置 10 名医师（5 组），3 名技师，3 名护士开展介入手术；OP9 手术室满负荷工作时配置 8 名医师（4 组），3 名技师，3 名护士开展 ERCP 介入手术；5 层手术中心二区 OP40 复合手术室满负荷工作时配置 11 名医师（5 组），3 名技师，3 名护士开展复合介入手术；OP40、41 手术室使用滑轨 CT 均为隔室操作，共享控制室及 3 名技师。以上介入医师根据手术室安排统筹院内其他介入手术工作，技师、护士专门负责该手术室的介入手术。

工作制度：放射工作人员年工作 250 天，实行轮休制。

1.3.5 工作负荷

根据医院提供的资料，4 层手术中心一区 OP2 年开展 DSA 介入手术 1200 台，手术类型均包括神经血管介入手术和综合介入手术；4 层手术中心一区 OP9 年开展 ERCP 手术 1500 台。

5 层手术中心二区 OP40 复合手术室年开展心脏、血管、神经、肿瘤等外科复合手术。在 OP40 复合手术室内可在开放外科手术治疗同期完成下介入导管治疗，并在术前、术后进行隔室滑轨 CT 扫描定位、验证，在 OP40 复合手术室内 DSA 与滑轨 CT 不同时

开机，预计年开展复合介入手术 1200 台。5 层手术中心二区 OP41 手术室利用滑轨 CT 辅助进行胸外科等术前、术后 CT 扫描定位、验证，滑轨 CT 为隔室操作，年扫描 1200 人次。

1.4 项目外环境概况

医院位于重庆市渝中区袁家岗友谊路 1 号，医院东侧紧邻长江二路，南侧紧邻友谊路，西侧紧邻医学院路，北侧紧邻规划道路（目前为施工临时用地）。

本项目位于在建第二医疗综合大楼医院 4F、5F，第二医疗综合大楼东北侧为院内道路，约 20m 为医院 8 号楼，东侧为空地，东南侧为院内道路，约 20m 为医院 5 号楼 B 栋，东南侧约 45m 为医院 3 号楼，南侧通过连廊与医院 2 号楼连通，西南侧为院内道路，约 5m 为临时商铺及工地门卫室，西侧约 7m 为医学院路，西侧约 30m 为院外居民楼，北侧约 7m 为医院居民楼。

医院总平面图见附图 2，项目所在楼外环境见表 1-4。

表 1-4 项目所在楼外环境关系表

序号	名称	方位	距离	高差	环境特征
1	院内道路	东北侧	0-20m	齐平	院内道路
	医院 8 号楼		约 20m	两建筑 1F 地面齐平	医院用房，3F/-1F
2	院内道路	东南侧	0-20m	齐平	院内道路
	医院 5 号楼 B 栋		约 20m	1F 地面高于项目所在楼 1F 地面约 3m	医院用房，19F/-2F
	医院 3 号楼		约 45m	1F 地面高于项目所在楼 1F 地面约 4m	医院用房，7F
3	医院 2 号楼	南侧	0	连廊连通	医院用房，22F/-1F
4	院内院内道路	西南侧	0-5m	0-20m	齐平
	临时商铺及工地门卫室		约 5-7m	两建筑 1F 地面齐平	院外临时商铺及医院工地用房，1F
5	医学院路	西侧	约 7m	/	市政道路，双向四车道
	院外居民楼		约 30m	两建筑 1F 地面齐平	院外居民楼，8F
6	医院居民楼	北侧	约 7-48m	两建筑 1F 地面齐平	医院居民楼，4-6F

本项目各手术室周围 50m 范围主要为医院用地红线范围内的第二医疗综合大楼、2 号楼和医院用地红线范围外的临时商铺、工地门卫室、院外居民楼及医学院路等，项目周边保护目标主要为该医院从事医院从事本项目放射诊疗项目的放射工作人员及周围活动的公众成员。

1.5 项目选址可行性分析

本项目选址于医院第二医疗综合大楼 4 层手术中心一区 and 5 层手术中心二区，手术中心设置有多间普通手术室及使用 X 射线装置的辐射防护手术室，4 层手术中心一区 OP2 介入手术室与已在上一阶段取得环评批复的 OP3 介入手术室相邻，OP9 手术室为专用 ERCP 介入手术室，5 层 OP40、OP41 手术室中间设置滑轨 CT 存放间，利用滑轨移动 CT 在不同的手术室内使用。在 OP40 复合手术室内滑轨 CT 与 DSA 不同时开机，且滑轨 CT 在 OP40、OP41 使用期间均为隔室操作。手术中心均设置有消毒间、刷手区、准备间、无菌库房、麻醉准备/复苏区、污物暂存间等手术中心辅助用房，选址于此，手术辅助用房齐全。本项目辐射防护手术室选址根据手术中心整体规划布置，手术中心独立、封闭管理，周围一般公众成员较少，同时医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

1.6 项目建设背景

1.6.1 项目用房的环保手续情况

重庆医科大学附属第一医院已建成多年，本项目所在的第二医疗综合大楼于 2022 年 10 月进行了环评，取得了《重庆市建设项目环境保护批准书》（渝中环准〔2022〕9 号（支撑性材料附件 3），目前第二医疗综合大楼正在室内装饰。

1.6.2 第二医疗综合大楼已批复核技术利用项目

2022 年 12 月，医院委托重庆宏伟环保工程有限公司对第二医疗综合大楼-1F 的 2 个 DSA 机房及其配套用房，4F 的 2 个 DSA 复合手术室及其配套用房，-1F 肿瘤科 5 个直线加速器机房及其配套用房配置的 4 台 DSA、5 台 10MV 直线加速器及 1 台 CT 模拟定位机进行评价，编制了《重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（直线加速器和 DSA 部分）环境影响报告表》，并于 2022 年 12 月 30 日取得《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（辐）环准〔2022〕064 号），见支撑性材料附件 4-1。

2022 年 11 月 23 日，医院对“重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼新增使用射线装置项目”的-1F 的 4 间 CT 机房、2 间 DR 机房，4F 的 1 间 C 臂与 MR 复合手术室、8 间移动 C 型臂机房，5F 的 15 个移动 C 型臂机房共计使用 22 台 III 类射线装置填报《建设项目环境影响登记表》（备案号为：202250010300000143），见支撑性材料附件 4-2。具体见表 1-5。

表 1-5 第二医疗综合大楼已批复核技术利用项目

序号	射线装置名称	分类	环评时工作场所名称	环评批复	布局是否调整	现工作场所名称	变动情况
1	双管头 DSA	II	负一层 DSA1 机房	渝(辐)环准(2022)064号	否	负一层 DSA1 机房	无变动
2	双管头 DSA	II	负一层 DSA2 机房		否	负一层 DSA2 机房	无变动
3	双管头 DSA	II	四层 DSA 复合手术室 1(OP3)		否	四层 OP3 手术室	无变动
4	双管头 DSA	II	四层 DSA 复合手术室 2(OP4 手术室)		是	四层 OP2 手术室	位置调整, 本次重新评价
5	CT 模拟定位机	III	负一层肿瘤科 CT 模拟定位机机房		否	负一层肿瘤科 CT 模拟定位机机房	无变动
6	10MV 医用电子直线加速器	II	负一层直线加速器 1 机房		否	负一层肿瘤科直线加速器 1 机房	无变动
7	10MV 医用电子直线加速器	II	负一层直线加速器 2 机房		否	负一层肿瘤科直线加速器 2 机房	无变动
8	10MV 医用电子直线加速器	II	负一层直线加速器 3 机房		否	负一层肿瘤科直线加速器 3 机房	无变动
9	10MV 医用电子直线加速器	II	负一层直线加速器 4 机房		否	负一层肿瘤科直线加速器 4 机房	无变动
10	10MV 医用电子直线加速器	II	负一层直线加速器 5 机房		否	负一层肿瘤科直线加速器 5 机房	无变动
11	CT 机	III	负一层 CT1 机房	202250010300000143	否	负一层 CT1 机房	无变动
12	CT 机	III	负一层 CT2 机房		否	负一层 CT2 机房	无变动
13	CT 机	III	负一层 CT3 机房		否	负一层 CT3 机房	无变动
14	CT 机	III	负一层 CT4 机房		否	负一层 CT4 机房	无变动
15	DR	III	负一层 DR1 机房		否	负一层 DR1 机房	无变动
16	DR	III	负一层 DR2 机房		否	负一层 DR2 机房	无变动
17	C 形臂 X 射线机	III	四层 OP1 复合手术室(与 MR 复合)		是	四层 OP1 手术室	OP1 手术室位置调整, 另行填报登记表
18	5 台移动 C 形臂 X 射线机	III	四层 OP2、OP5-7、OP15、OP18、OP23、OP28 手术室使用		是	四层 OP5、6、17 手术室使用	OP2 手术室位置及功能调整, 本次评价。其余手术室布局不变使用场所所有调整, 另行填报登

							记表
19	10 台移动 C 形臂 X 射线机	III	OP1-15 共 15 间手术室使用		是	五层 OP30-39、OP42 共 11 间手术室使用	将 OP40 调整为使用滑轨 CT 和 DSA 的复合手术室 OP41 使用滑轨 CT, 这一列手术室减少一间, 本次评价。

综上，第二医疗综合大楼因 4 层、5 层局部手术室布局调整，部分移动 C 形臂 X 射线机工作场所有调整，本次针对调整的四层 OP2 手术室、OP9 手术室及五层 OP40、41 手术室使用 X 射线装置进行评价，其余场所使用场所有变动的，待设备招标后，统一填报《建设项目环境影响登记表》。

1.6.3 现有核技术利用情况及现有辐射环境问题

(1) 现有核技术利用项目及辐射安全许可情况

根据《辐射安全许可证》（渝环辐证〔00176〕，有效期至 2027 年 10 月 23 日），重庆医科大学附属第一医院开展的核技术利用项目包括使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；生产、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。涉及辐射工作场所位于重庆市渝中区袁家岗友谊路 1 号袁家岗院区 2 号楼、5 号楼等，重庆市渝中区石油路 24 号经院区综合综合楼等，重庆市渝中区龙溪街道金龙路 275 号一分院加州门诊部，重庆市渝中区人民路 191 号大礼堂院区、重庆市渝北区金渝大道 50 号金山院区及重庆市璧山区青杠街道青来路三溪街 101 号青杠院区 B 栋。

袁家岗院区开展的核技术利用项目包括使用 1 枚Ⅲ类、14 枚Ⅴ类放射源；使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置 46 台；生产、使用乙级非密封放射性物质 1 个，使用乙级、丙级非密封放射性物质工作场所各 1 个。袁家岗院区放射源使用情况见表 1-6，非密封放射性物质使用情况见表 1-7，射线装置使用情况见表 1-8。

表 1-6 袁家岗院区使用放射源情况表

序号	工作场所	核素	分类	用途	种类	活度 (Bq)
1	袁家岗院区 2 号楼负 1 层肿瘤科后装机房	Ir-192	III类	后装治疗	使用	3.7E+11×1
2	袁家岗院区 2 号楼负 1 楼核医学科	Sr-90(Y-90)	V类	敷贴器	使用	7.4E+8×2
3	袁家岗院区 5 号楼 B 栋负 1 楼 PET 中心 1	Na-22	V类	PET/CT 校准	使用	3.7E+5×6
4		Na-22	V类	PET/CT 校准	使用	3.7E+6×1
5	袁家岗院区 5 号楼 B 栋负 1 楼 PET 中心 2	Ge-68	V类	PET/CT 校准	使用	7E+5×3
6		Ge-68	V类	PET/CT 校准	使用	5.5E+7×1
7		Ge-68	V类	PET/CT 校准	使用	3.5E+6×1

表 1-7 袁家岗院区使用非密封放射性物质一览表

工作场所	序号	核素	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类
2 号楼核医学科	1	Tc-99m	7.40E+10	7.40E+07	9.76E+12	使用
	2	Sr-89	7.40E+08	7.40E+07	1.48E+10	使用
	3	P-32	7.40E+08	7.40E+07	1.76E+10	使用
	4	I-131	3.70E+09	3.70E+08	3.55E+12	使用
	5	I-125(粒籽)	1.85E+10	1.85E+07	1.85E+11	使用
	6	I-125	1.11E+07	1.11E+06	2.22E+09	使用
	7	Lu-177	3.70E+09	3.70E+08	3.70E+11	使用
	8	In-111	2.22E+08	2.22E+07	4.44E+09	使用
	9	Y-90 (微球)	1.85E+08	1.85E+07	2.22E+09	使用
	10	Ra-223	1.85E+07	1.85E+08	1.48E+09	使用
	11	Ac-225	1.85E+07	1.85E+08	1.48E+09	使用
	12	Tb-161	3.70E+09	3.70E+08	1.85E+11	使用
	合计: 乙级		1.08E+11	1.76E+09	1.41E+13	/
5 号楼 PET 中心 1	1	F-18	3.70E+10	3.70E+08	7.40E+12	使用
	2	C-11	3.70E+09	3.70E+07	7.40E+11	使用
	3	N-13	3.70E+09	3.70E+07	7.40E+11	使用
	4	O-15	3.70E+09	3.70E+07	7.40E+11	使用
	5	H-3	1.85E+08	1.85E+06	1.85E+09	使用
	6	Ge-68(Ga-68)	1.85E+09	1.85E+06	3.7E+09	使用
	7	I-123	1.85E+08	1.85E+06	1.85E+09	使用
	8	Ga-68	1.11E+09	1.11E+07	2.78E+11	使用
	9	Cu-64	1.48E+08	1.48E+06	7.40E+09	使用
	10	Zr-89	1.48E+08	1.48E+07	7.40E+09	使用
	合计: 乙级		5.17E+10	5.14E+08	9.92E+12	/
5 号楼 PET 中心 2	1	F-18	7.40E+9	7.40E+06	1.85E+12	使用
	2	Ga-68	9.25E+08	9.25E+05	2.31E+11	使用
	3	Cu-64	1.48E+08	1.48E+05	7.40E+09	使用
	4	Zr-89	1.48E+08	1.48E+06	7.40E+09	使用
	合计: 丙级		8.62E+09	9.95E+06	7.57E+11	/

表 1-8 袁家岗院区使用射线装置一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	数量	工作场所	备注
1	移动 CT	NL3000	III类	1 台	袁家岗院区 1 号楼 11 层 NICU 室	在用
2	移动式 X 线机	Mobil DaRt Evolution	III类	1 台	袁家岗院区 1 号楼 11 层胸外科 ICU	在用
3	X 射线计算机体层摄影设备	ScintCare 778Honor	III类	1 台	袁家岗院区 1 号楼 1 层 CT6 室	在用
4	C 型臂	Orbic 3D	III类	1 台	袁家岗院区 1 号楼 3 层手术室	在用
5	移动 C 臂机	OEC9900Elite	III类	1 台	袁家岗院区 1 号楼 4 层手术室	在用
6	C 型臂	Vision FD vario 3D	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼 16 层呼吸 ICU	在用
7	移动 DR 机	Mobile DaRt Evolution	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼 1 层 CT4 室	在用
8	CT	TSX-301C/6E	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼 3 层妇科骨密度仪室	在用
9	X 射线骨密度仪	Discovery	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层 CT1 室	在用
10	CT 机	SOMATOM Perspective	III类	1 台	袁家岗院区 1 号楼 11 层 NICU 室	在用
11	X 射线计算机体层摄影设备（32 排 CT）	Insitum 32	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层 CT8 室	在用
12	数字减影血管造影 X 线机	Artis zee III ceiling	II 类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层 DSA(1) 室	在用
13	SPECT 机	Symbia T2	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层 ECT1 检查室	在用
14	SPECT/CT 机	Discovery NM/CT 670	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层 ECT2 检查室	在用
15	DR	AeroDR C80	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层第 1 照片室	在用
16	DR	DRX-Evolution (VX3733-SYS)	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层第 2 照片室 1	在用
17	DR	Multitom Rax	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层第 3 照片室	在用
18	乳腺机	MAMMOMAT Inspiration	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层第 7 照片室	在用
19	模拟定位 CT	Discovery RT	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层模拟定位 CT 室	在用
20	乳腺 CT	KBCT-1000	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层乳腺 CT 室	在用
21	直线加速器	CLINAC 21EX	II 类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层肿瘤科直线加速器 1 室	在用
22	直线加速器	瓦里安 VitalBeam 型	II 类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层肿瘤科直线加速器机房 2 室	在用
23	体外冲击波碎石机	HB-ESWL-VG	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负一层碎石机房	在用
24	CT 机	Discovery CT750 HD	III类	1 台	袁家岗院区 3 号楼 1 层 CT 室	在用

项目基本情况

续表 1

25	口腔 CT	i-CAT 17-19	III类	1 台	袁家岗院区 3 号楼 1 层口腔 CT 室	在用
26	牙片机	INTR	III类	1 台	袁家岗院区 3 号楼 1 层牙片机室	在用
27	内分泌骨密度仪	HOLOGIC Discovery A	III类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 10 层骨密度室	在用
28	CT 机	SOMATOM Definition	III类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 1 层 CT3 室	在用
29	DSA	AXIOM Artis Zee Ceilnig	II 类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 1 层 DSA (4) 室	在用
30	CT	somatom definition force	III类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 2 层 CT5 室	在用
31	胃肠机	SONIALVISIO N SAFIRE 17	III类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 2 层第 2 特检室	在用
32	医用血管造影机 (双球管 DSA)	Innova IGS 6	II 类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 3 层 DSA (2) 室	在用
33	DSA	Allura xper FD10	II 类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 3 层 DSA (3) 室	在用
34	医用血管造影 X 射线系统	UNIQ Clarity FD20C	II 类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 3 层 DSA (5) 室	在用
35	医用血管造影 X 射线系统	Innova ICS 520	II 类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 3 层 DSA (6) 室	在用
36	数字化 X 射线摄影透视系统	Luminos Agile Max	III类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 3 层胃肠机室	在用
37	DR	RADSPEEDM/C XDI-50G	III类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 4 层 418 照片室	在用
38	X 射线骨密度检测仪	Lunar iDXA	III类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 4 层骨密度仪室	在用
39	体检骨密度仪	MEDIX DR	III类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 5 层 509 骨密度仪室	在用
40	DR	RADSPEED M	III类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 5 层 DR 室	在用
41	移动式 X 线机	MobiEye 700T	III类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 DR 室	在用
42	PET/CT	Gemini TF64	III类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋负 1 层 PET 中心 1PET/CT 机房	在用
43	PET/CT	uMI Panorama GS	III类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋负 1 层 PET 中心 2PET/CT 机房	在用
44	回旋加速器	HM-10 型	II 类	1 台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋负 2 层回旋加速器室	在用
45	直线加速器	UNIQUE	II 类	1 台	袁家岗院区 8 号楼负一层肿瘤科直线加速器室	在用
46	车载 CT	NeuViz Prime	III类	1 台	袁家岗院区车载 CT	在用

(2) 辐射管理情况

根据调查,重庆医科大学附属第一医院(含袁家岗院区)现有放射工作人员均参加了辐射安全与防护培训,并取得辐射安全与防护考核合格成绩单或自主考核合格。所有放射工作人员均佩戴了个人剂量计,每3个月将个人剂量计交有资质单位进行检测,并建立了个人剂量档案。2024年年度个人剂量监测结果表明,重庆医科大学附属第一医院

2024年度监测人数共计559人，其2024年外照射个人剂量均小于5mSv的年剂量管理目标值。全院从事介入工作的放射工作人员共计195人，为本项目配置的47名放射工作人员2024年剂量在0.009~0.868mSv。医院每两年组织放射工作人员进行职业健康体检，并及时安排新进放射工作人员进行职业健康岗前体检，为放射工作人员建立职业健康档案。

医院已按照要求每年对现有核技术利用项目进行监测，根据医院提供的资料，各放射工作场所监测结果满足评价标准要求。此外，医院每年分科室进行了辐射事故应急演练。袁家岗院区作为重庆医科大学附属第一医院主要院区，辐射安全管理工作由重庆医科大学附属第一医院统筹管理，重庆医科大学附属第一医院成立有辐射防护管理机构，制定了相应的管理制度和应急预案，并张贴上墙。本项目建成后将沿用重庆医科大学附属第一医院的相关制度，并增加本项目相关手术室辐射安全管理制度。

(3) 小结

根据上述调查，医院核技术利用项目环保手续完善，医院核技术利用项目运行至今，无辐射安全事故发生，无辐射环保投诉和环保遗留问题，运行总体良好，满足辐射环境管理的要求。

1.7 依托关系及可行性

项目与医院的依托可行性分析见表 1-9 所示。

表 1-9 本项目与医院依托关系表

依托工程		可行性分析
主体工程		项目位于第二医疗综合大楼，依托主体结构，新建本项目相关用房，因此，项目主体结构依托可行。
辅助工程		4 层手术中心一区 OP2 介入手术室与已取得环评批复的 OP3 介入手术室相邻，OP9 手术室为专用 ERCP 介入手术室，5 层手术中心二区 OP40、OP41 手术室中间设置滑轨 CT 存放间，可共用滑轨 CT。4、5 层均按照专用手术中心设计，设置有洁净通道、消毒间、刷手区、准备间、无菌库房、麻醉准备/复苏区、污物暂存间等手术中心辅助用房，均可依托。
公用工程	给水	医院由市政供水管网供给，项目位于医院内，依托医院供水管网供水可行。
	排水	医院实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；医疗废水经医院污水处理站达标排入市政污水管网。因此，本项目依托医院总体排水管网排水可行。
	供配电	医院用电由市政电网引入，同时医院配置应急电源柴油发电机，解决停电时临时需要。因此，项目依托医院供电系统可行。
环保工程	废水	医院第二医疗综合大楼拟建一座污水处理站，设计处理能力 2000m ³ /d。本项目放射工作人员劳动定员在医院第二医疗综合大楼劳动定员内，不新增劳动定员；本项目在污水处理站的接纳范围。因此，项目废水依托医院污水处理站处理可行。
	固废	第二医疗综合大楼拟建的医疗废物暂存间位于本项目所在楼-1F，建筑面积约 40m ² ，用于暂存第二医疗综合大楼所有医疗废物，医疗废物暂存间按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）进行防渗、防腐、硬化处理。医院危险废物交具备相应类别危险废物处置资质的单位。医疗废物暂存间设计时考虑了本项目产生医疗废物量。因此，项目依托可行。
放射工作人员		医院拟调配 47 名放射工作人员从事本项目，现有放射工作人员已配置个人剂量计，建立个人剂量计档案、职业健康体检档案等，个人剂量检测结果满足要求。因此，本项目依托现有放射工作人员可行。
辐射安全管理		医院已成立辐射防护管理机构，并制定了相应的辐射安全管理制度，且医院已有在用的 DSA、滑轨 CT，有一定运行经验，因此能依托现有的辐射环境管理机构和管理制度、设备的相关制度。本项目运营前，医院还应对现有辐射环境管理制度进行完善、修订。
根据上表可知，项目依托医院主体工程、辅助工程、给排水及供配电工程、医疗废物及生活垃圾收运系统和辐射环境管理体系及人员等是可行的。		

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及。										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	Ⅱ类	1 台	待定	150	1500	介入手术	4 层手术中心一区 OP2 手术室	拟购双管 头设备
2	X 射线摄影透视系统	Ⅱ类	1 台	待定	150	1000	ERCP 介入手术	4 层手术中心一区 OP9 手术室	拟购单管 头设备
3	DSA	Ⅱ类	1 台	待定	150	1500	介入手术	5 层手术中心二区 OP40 复合手术室	拟购双管 头设备
4	滑轨 CT	Ⅲ类	1 台	待定	140	800	扫描	5 层手术中心二区 OP40 复合手术室、 OP41 手术室	拟购单管 头设备
	以下空白								

(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（mA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
本项目不涉及。													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
本项目无放射性废弃物产生。								

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

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日修订施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修正施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行； (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日修订施行； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日修订施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，2014 年 7 月 29 日修订实施；中华人民共和国国务院令第 653 号，2014 年 7 月 29 日修订施行；中华人民共和国国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订施行； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，中华人民共和国生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日第四次修正施行； (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 日施行； (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行）； (10) 《射线装置分类》，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，2017 年 12 月 5 日施行； (11) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 380 号； (12) 《国家危险废物名录》（2025 年版）； (13) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日修正施行； (14) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第 338 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (15) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行。
------	---

续表 6 评价依据

技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)； (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (4) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)； (5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (6) 《环境辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)； (7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)； (8) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)； (9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023) (10) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)； (11) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。
其他	(1) 环境影响评价委托书，支撑性材料附件 1； (2) 第二医疗综合大楼立项批复，支撑性材料附件 2； (3) 第二医疗综合大楼环评批复，支撑性材料附件 3； (4) 第二医疗综合大楼已批复核技术利用项目报告表及其环评批复，环评批复支撑性材料附件 4； (5) 辐射安全许可证，支撑性材料附件 5； (6) 医院提供的本项目放射工作人员名单，支撑性材料附件 6； (7) 监测报告，支撑性材料附件 7； (8) ICRP33 号报告《Protection Against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine》； (9) NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》； (10) 《辐射防护手册》(第三分册)；

	(11) 《辐射防护导论》 (12) 《医用外照射源的辐射防护》； (13) 《电离辐射剂量学》； (14) 医院提供的防护方案等其他资料。
--	--

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）的相关规定，并结合该项目射线装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以本项目各手术室边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 环境保护目标

本项目位于第二医疗综合大楼 4F、5F，第二医疗综合大楼地下 2 层，地上 21 层，4F 为手术中心一区、5F 为手术中心二区，均为封闭管理的专用手术区。

OP2 介入手术室位于 4 层西南侧，与已取得环评批复的 OP3 介入手术室相邻；OP9 手术室位于 4 层南侧，为专用 ERCP 介入手术室。OP2、OP9 手术室楼上为 5F 手术中心二区 OP31、OP38 手术室及辅助用房，楼下为耳鼻喉科准备间、卫生间、等候大厅等。

OP40、OP41 手术室位于 5 层南侧，OP40、OP41 手术室中间为滑轨 CT 存放间，可共用滑轨 CT。OP40、OP41 手术室楼上为净化机房及绿化，楼下为 OP10、OP11、OP12 手术室（非辐射防护手术室）。根据附图 2 本项评价范围图可知，评价范围内院外建筑为西侧门卫室、临时商铺及居民楼，本项目环境敏感目标统计情况见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 项目周围环境敏感目标表								
手术室	序号	环境保护目标名称	方位	与手术室的水平距离	高差	敏感目标特性	影响人群类型	影响因素
OP2 介入手术室	1	控制室	东	紧邻	同层	本项目放射工作人员,约 2 人。	放射工作人员	电离辐射
	2	OP3、6、8、13 手术室等	东	约 4-50m	同层	其他手术室及手术中心走廊, 约 15 人。	公众成员	
	3	刷手区、洁净走廊	东南	0-6m	同层	手术中心短暂停留人员, 约 6 人。	公众成员	
		OP4、5、9、11、12 手术室等		约 6-50m	同层	其他手术室及手术中心走廊, 约 20 人。	公众成员	
		洁净走廊、楼梯间、污物暂存间、工作人员休息间、等候间等		0-50m	同层	手术中心辅助用房, 约 10 人。	公众成员	
	4	污物通道	西	0-2m	同层	手术中心短暂停留人员, 约 2 人。	公众成员	
	5	院内道路及门卫室、1F 商铺		约 2-10m	+16m	医院门卫室及临街商铺, 约 10 人。	公众成员	
		医学院路及临路居民楼		约 10-50m	/	院外道路及 8F 居民楼, 约 100 人。	公众成员	
	6	洁净走廊、OP1、MRI 检查室、走廊	南	约 0-20m	同层	其他手术室及手术中心走廊, 约 8 人。	公众成员	
	7	连廊及医院 2 号楼		约 40-50m	同层	院内道路及 22F 医院门诊住院综合楼, 约 1000 人。	公众成员	
	8	设备间	北	紧邻	同层	检修人员短暂停留, 约 1 人。	公众成员	
		过道、库房、楼梯间		0-8m	同层	人员短暂停留, 约 2 人。	公众成员	
		麻醉准备/复苏区、病床等候区、楼梯间、净化机房、OP24、25 等		约 8-50m	同层	手术中心患者及工作人员, 约 40 人。	公众成员	
	9	数字化设备间、设备间	东北	0-14m	同层	检修人员短暂停留, 约 2 人。	公众成员	

续表 7 保护目标与评价标准

	10	库房、走廊、一次性耗材库、OP7、OP14、OP22、二级库房、楼梯间、缓冲间、准备间、负压手术室一次性用品等		约 3-50m	同层	其他手术室及手术中心走廊等辅助用房，约 20 人。	公众成员
	11	5F（OP31 手术室、缓冲间）	楼上	/	+5.2m（5F）	其他手术室及辅助用房，约 40 人。	公众成员
		屋顶绿化		/	10.4m（6F）	屋顶绿化，约 1 人。	公众成员
		二综 7-21F 病房等		/	7-14F	住院病房，约 1000 人。	公众成员
	12	二综 3F（耳鼻喉科准备间及卫生间等）	楼下	/	-5.2m（3F）	耳鼻喉科门诊用房，约 50 人。	公众成员
		二综-2F、-1F、1F、2F		/	-2F-2F	门诊、车库用房，约 500 人。	公众成员
OP9 手术室（ERCP 专用）	1	控制室	南	紧邻	同层	本项目放射工作人员，约 2 人。	放射工作人员
	2	准备间、等候间、库房、手术中心走廊	南	0-11m	同层	ERCP 手术患者等候等辅助用房，约 5 人。	公众成员
	3	连廊及医院 2 号楼		11-50m	本层连接	22F 医院门诊住院综合楼，约 1000 人。	公众成员
	4	OP11、12、16、19、库房、洁净走廊等	东	0-37m	同层	其他手术室及手术中心走廊，约 15 人。	公众成员
	5	院内道路		37-50m	-15m	院内道路，约 10 人。	公众成员
	6	OP10、17、18、库房、洁净走廊等	东南	0-50m	同层	其他手术室及手术中心走廊，约 15 人。	公众成员
	7	OP5、4、1、污物通道等	西	0-39m	同层	其他手术室及手术中心走廊，约 15 人。	公众成员
	8	院内道路及 1F 商铺		39-50m	-15m	院内道路及临街商铺，约 10 人。	公众成员
	9	OP8、一次性耗材、走廊、电梯等	北	0-50m	同层	其他手术室及手术中心走廊、辅助用房，约 30 人。	公众成员

续表 7 保护目标与评价标准

OP40、 OP41 手术室	10	OP13、14、15、20、21、无菌库、走廊、楼梯间等	东北	0-50m	同层	其他手术室及手术中心走廊、辅助用房，约 40 人。	公众成员
	11	麻醉准备/复苏区、OP6、7、3、走廊等	西北	0-50m	同层	其他手术室及手术中心走廊、辅助用房，约 40 人。	公众成员
	12	OP31 手术室、缓冲间等	楼上	/	+5.2m (5F)	其他手术室及辅助用房，约 40 人。	公众成员
		净化机房		/	10.4m (6F)	检修人员短暂停留，约 2 人。	公众成员
		二综 7-21F 病房等		/	7-14F	住院病房，约 1000 人。	公众成员
	13	二综 3F (耳鼻喉科等候区等)	楼下	/	-5.2m (3F)	耳鼻喉科门诊用房，约 50 人。	公众成员
		二综-2F、-1F、1F、2F		/	-2F-2F	门诊、车库用房，约 500 人。	公众成员
	1	控制室	西	0-2m	同层	本项目放射工作人员，约 4 人	放射工作人员
	2	滑轨 CT 存放间	之间	0	同层	除检修外，无人员停留。	公众成员
	3	洁净走廊	西	0-3	同层	手术中心洁净走廊，约 2 人	公众成员
		OP38、39、30、33、34、21、缓冲间等		约 3-50m	同层	其他手术室及手术中心走廊、辅助用房，约 30 人。	公众成员
	4	污物通道	东	0-2m	同层	污物通道，约 1 人	公众成员
		OP45、46、47、楼梯间等		约 2-50m	同层	其他手术室及手术中心走廊，约 15 人。	公众成员
	5	OP42、无菌库房、走廊、电梯等	北	0-50m	同层	其他手术室及手术中心走廊、辅助用房，约 30 人。	公众成员
	6	污物通道	东北	0-2m	同层	污物通道，约 1 人	公众成员
		OP43、44、48、49、50、走廊、楼梯间等		约 2-40m	同层	其他手术室及手术中心走廊、辅助用房，约 20 人。	公众成员
	7	院内空坝、道路		约 40-50m	-15m	院内道路、空坝，约 10 人。	公众成员
	8	洁净走廊	西北	0-3	同层	手术中心洁净走廊，约 2 人	公众成员

续表 7 保护目标与评价标准

	OP37、35、36、32、走廊、楼梯间、麻醉准备/复苏区等		约 3-50m	同层	其他手术室及手术中心走廊、辅助用房，约 40 人。	公众成员
9	污物通道	南	0-3m	同层	手术中心污物通道，约 2 人。	公众成员
10	连廊		约 3-23m	同层	2 号楼与二综连廊，约 5 人。	公众成员
11	医院 2 号楼		约 23-50m	本层连接	22F 医院门诊住院综合楼，约 1000 人。	公众成员
12	屋顶绿化、净化机房	楼上	/	+5.2m (6F)	检修人员短暂停留，约 2 人。	公众成员
13	二综 7-21F 病房等		/	7-13F	住院病房，约 1000 人。	公众成员
14	二综 4F(OP10、11、12 等手术室)	楼下	/	-5.2m (4F)	手术中心其他手术室，约 40 人。	公众成员
15	二综-2F、-1F、1F、2F、3F		/	-2F-3F	门诊、车库用房，约 500 人。	公众成员

备注：-表示低于项目机房地面，+表示高于机房地面，高差均为本项目用地板与各建筑地面距离。

评价标准引用

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

B1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

续表 7 保护目标与评价标准

(2) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

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;每台牙椅独立设置诊室的,诊室内可设置固定的口内牙片机,供该设备使用,诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

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

表 7-2 X 射线设备机房(照射室)使用面积及单边长度

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

a 双管头或多管头 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。

b 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。

d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。

e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备(不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备)机房的屏蔽防护应不小于表 3(本报告表 7-3)要求。

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	有用线束方向铅当量(mmPb)	非有用线束方向铅当量(mmPb)
标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
CT 机房(不含头颅移动 CT)	2.5	

续表 7 保护目标与评价标准

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（即本报告表 7-3）的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

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

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

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

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

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

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

6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（即本报告表 7-4）基

续表 7 保护目标与评价标准

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。

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		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
介入放射性操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—
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 1：“—”表示不作要求。

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

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。

附录 B

B.1 检测条件 X 射线设备机房防护检测条件和散射模体应按表 B.1 的要求。

表 B.1 中备注 1：介入放射学设备按透视条件进行检测。

B.2 关注点检测的位置要求

B.2.1 距墙体、门、窗表面 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm。

（3）评价标准及相关参数值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，放射工作人员年有效剂量不超过 20mSv，公众成员年有效剂量不超过 1mSv。

根据建设单位提供的资料（见支撑性材料附件 1），医院取 GB18871-2002 中工作放射人员年有效剂量限值的四分之一即 5mSv/a 作为放射工作人员的年有效剂量管理目

续表 7 保护目标与评价标准

标;取其公众年有效剂量限值的十分之一即0.1mSv/a作为公众成员的年有效剂量管理目标,满足GB18871-2002要求。

综上所述,确定本项目的评价要求见表 7-5 所示。

表 7-5 评价标准汇总表

年剂量限值要求			执行依据
分类	年剂量限值	年有效剂量管理目标	
放射工作人员	20mSv/a	5.0mSv/a	GB18871-2002 及医院管理要求
公众成员	1mSv/a	0.1mSv/a	
环境剂量控制			执行依据
OP2 手术室、OP40 复合手术室使用 DSA 时,OP9 手术室内使用 X 射线摄影透视系统时	透视条件下,距离机房墙体、门、窗表面 30cm,机房顶棚上方距楼上地面 100cm,机房地板下方距楼下地面 170cm 处的周围剂量当量率≤2.5μSv/h。摄影条件下,具有短时、高剂量率曝光的摄影程序(如 DR、CR、屏片摄影)机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/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。		《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)
OP40 复合手术室、OP41 手术室内使用 CT 扫描时	屏蔽体外距离机房墙体、门、窗表面 30cm,机房顶棚上方距楼上地面 100cm,机房地板下方距楼下地面 170cm 处的周围剂量当量率≤2.5μSv/h。		
机房面积控制			执行依据
设备名称及工作场所	机房内最小有效使用面积 (m²)	机房内最小单边长度 (m)	
DSA (OP2、OP40)	30	4.5	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)
X 射线摄影透视系统 (OP9)	20	3.5	
CT 机 (OP40、OP41)	30	4.5	

注：本项目拟配置 DSA 为双管头，按照双管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）确定机房最小有效使用面积和单边长度。X 射线摄影透视系统为单管头，按照单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）确定机房最小有效使用面积和单边长度。

拟配置滑轨 CT 不属于头颅移动 CT，仅在 OP40 复合手术室、OP41 手术室内使用，按照普通 CT 机确定机房控制面积和单边长度。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目地理位置位于重庆市渝中区袁家岗友谊路 1 号袁家岗院区，地理位置图见附图 1，本项目场所位于袁家岗院区在建第二医疗综合大楼 4F、5F，拟建辐射工作场所位置见附图 3、4 所示。

8.2 环境质量和辐射现状

为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，医院委托重庆泓天环境监测有限公司于 2025 年 8 月 6 日对拟建重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（手术中心部分）涉及各医用 X 射线装置所在地的环境γ辐射剂量率进行了监测，监测报告编号为：渝泓环（监）[2025]号 1089 号（见支撑性材料附件 7）。

8.2.1 监测因子

环境γ辐射剂量率。

8.2.2 监测方案

（1）监测方法和依据

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

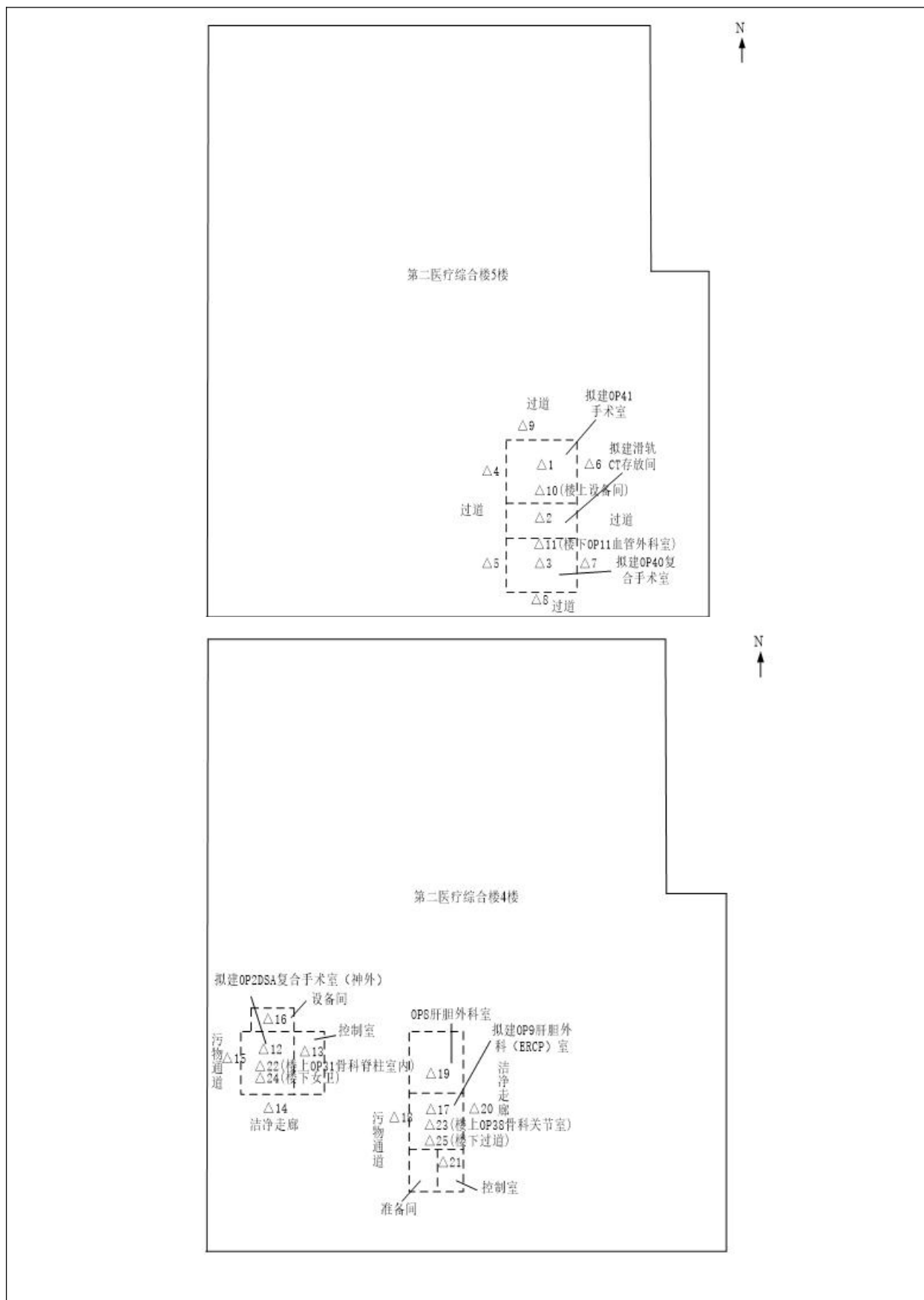
监测项目	监测方法	监测依据
环境γ辐射剂量率	仪器法	《环境γ辐射剂量率测定技术规范》（HJ1157-2021）

（2）监测点位布置

监测点位合理性分析：根据监测布点情况，监测点位包含了各手术室拟建址、所在第二医疗综合大楼及院内环境保护目标。监测点位布置全面，监测结果能反映本项目所在地及周围环境保护目标的辐射环境背景水平。因此，项目监测布点合理。

监测点位布点示意图见图 8-1，监测点位情况如表 8-3 所示。

续表 8 环境质量和辐射现状



续表 8 环境质量和辐射现状

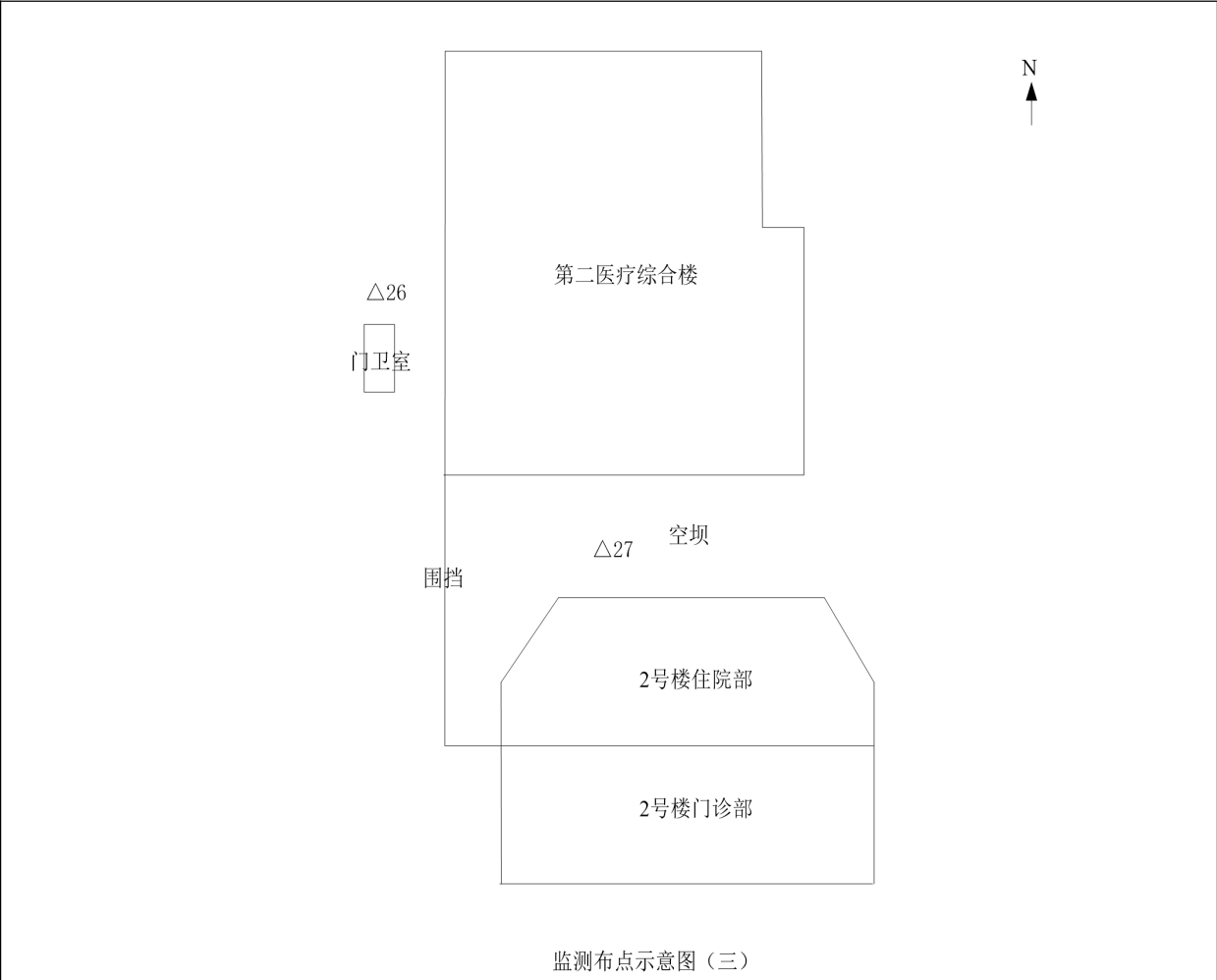


图 8-1 监测布点示意图

(3) 测定方式

测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

8.2.3 质量保证措施

(1) 监测仪器

监测由有资质的单位重庆泓天环境监测有限公司进行，监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器及检定情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器及检定情况

仪器名称及型号	仪器编号	测量范围	计量检定/校准证书编号	有效期至	校准因子
环境级 X、 γ 辐射巡检仪	RGM5200	10nSv/h~100 μ Sv/h	2024112106273	2025.12.2	1.12

续表 8 环境质量和辐射现状

(2) 监测人员及报告审核制度

监测单位具备所监测项目的资质；合理布设监测点位；监测方法采用国家有关部门颁布的标准；监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的数量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，经过校验、审核、审定，最后由授权签字人签发。

8.2.4 监测结果

监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 项目所在区域辐射环境监测结果统计

监测点位	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	环境 γ 辐射剂量率 (nGy/h)
$\triangle 1$	拟建 OP41 手术室内	0.071	71
$\triangle 2$	拟建滑轨 CT 存放间内	0.065	65
$\triangle 3$	拟建 OP40 复合手术室内	0.074	74
$\triangle 4$	拟建 OP40、41 手术室西侧过道上	0.059	59
$\triangle 5$	拟建 OP40、41 手术室东侧过道上	0.063	63
$\triangle 6$	拟建 OP40 复合手术室南侧过道上	0.067	67
$\triangle 7$	拟建 OP41 手术室北侧过道上	0.052	52
$\triangle 8$	拟建 OP41 手术室楼上设备间	0.088	88
$\triangle 9$	拟建 OP41 手术室楼下 OP11 血管外科室内	0.052	52
$\triangle 10$	拟建 OP2 手术室内	0.060	60
$\triangle 11$	拟建 OP2 手术室东侧控制室内	0.058	58
$\triangle 12$	拟建 OP2 手术室南侧洁净走廊上	0.050	50
$\triangle 13$	拟建 OP2DSA 手术室西侧污物通道上	0.062	62
$\triangle 14$	拟建 OP2DSA 手术室北侧设备间内	0.072	72
$\triangle 15$	拟建 OP9 肝胆外科 (ERCP) 室内	0.052	52
$\triangle 16$	拟建 OP9 肝胆外科 (ERCP) 室西侧污物通道上	0.054	54
$\triangle 17$	拟建 OP9 肝胆外科 (ERCP) 室北侧 OP8 肝胆外科室内	0.060	60
$\triangle 18$	拟建 OP9 肝胆外科 (ERCP) 室东侧洁净走廊上	0.067	67
$\triangle 19$	拟建 OP9 肝胆外科 (ERCP) 室南侧控制室内	0.050	50
$\triangle 20$	拟建 OP2DSA 手术室 (神外) 楼上 OP31 骨科脊柱室内	0.053	53
$\triangle 21$	拟建 OP9 肝胆外科 (ERCP) 室楼上 OP38 骨科关节室内	0.055	55
$\triangle 22$	拟建 OP2DSA 手术室楼下女卫内	0.090	90
$\triangle 23$	拟建 OP9 肝胆外科 (ERCP) 室楼下过道上	0.093	93

续表 8 环境质量和辐射现状

△24	位于第二医疗综合大楼西侧门卫室旁	0.056	56
△25	位于第二医疗综合大楼南侧 2 号楼住院部旁	0.090	90

由上表监测统计结果可知，本项目所在位置环境γ剂量率的监测值在 50nGy/h~93nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2023 年重庆市辐射环境质量报告书》（简化版），累积剂量测得的γ辐射空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 76.8~93.3nGy/h，平均值 87nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）相比较，项目所在地的环境γ辐射剂量率监测值在重庆市环境γ辐射空气吸收剂量率正常涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备及施工期污染工序及污染物产生情况

本项目用房依托医院第二医疗综合大楼主体结构新建本项目相关用房，施工期主要为墙体的新建和装修，设备的安装等工作，不新增用地。其工艺流程及产物环节见图 9-1。

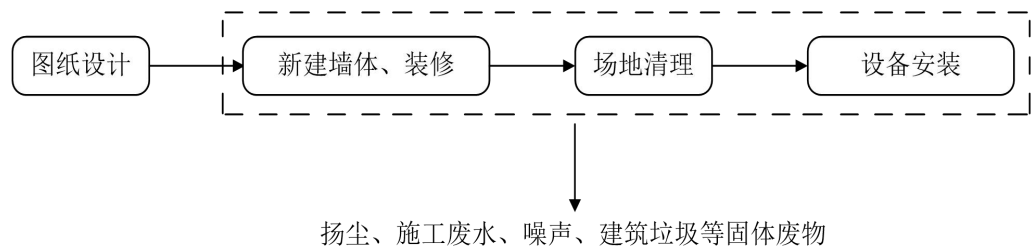


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

铅板安装具体施工方式为：先安装轻钢龙骨，然后是铅板的安装，从墙边开始施工，把铅板依次排放在轻钢龙骨上，采用钉子固定，钉子穿孔和铅板拼接处采用 3mmPb 铅皮遮盖；4 层、5 层顶棚铅板贴在原始混凝土楼板上，OP40、OP41 地板贴铅板贴在 4 层混凝土楼板上。全部内部管道补偿包裹贴铅皮、铅板安装完成后，最后进行墙面装饰，用辅助支架将板材顶起固定在轻钢龙骨上。

根据上图，项目施工期主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

扬尘：主要新建本项目墙体时产生的扬尘，装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘；

噪声：主要来自于项目用房墙新建、装修及现场处理等产生的噪声；

废水：主要为施工人员产生的少量生活污水，无机械废水；

固体废物：主要为墙体新建、装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾。根据项目工程量，建筑垃圾共产生约 1t，生活垃圾产生量纳入施工场地管理。

9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

9.2.1 设备组成和工作方式

(1) 设备组成

本项目配置 1 台双管头 DSA 开展介入手术，配置 1 台 X 射线摄影透视系统开展 ERCP 介入手术，配置 1 台双管头 DSA 和 1 台滑轨 CT 开展复合介入手术，同时滑轨 CT 可开展胸外科等手术前扫描。

①DSA 设备组成

血管造影机系统组成：Gantry，俗称“机架”或“C 型臂”，由“L”臂、PIVOT、“C”臂组成，同时还包括了数字平板探测器、球管、束光器等部件；专业手术床；Atlas 机柜，

续表 9 项目工程分析与源项

该机柜由 DL、RTAC、JEDI 构成；球管和数字平板探测器分别通过各自的水冷机控制温度；图像处理系统。该项目设备采用平板探测器（FD）技术成像：FD 技术可以即时采集到患者图像，对图像进行后期处理，轻松保存和传送图像。本项目拟配置 DSA 有两个球管和两个 C 臂，采用双平板，根据临床需求选择大、小板平板探测器，搭配两个额定电压和额定电流相同的球管，两个球管同时使用（当需要开展更复杂、更高难度的脑血管介入手术需要正侧位同时造影时，两个球管将同时工作，提供更更好的影像）时，可同时多角度显示病变和节省造影时间。双管头 DSA 典型照片见图 9-2。



图 9-2 双管头 DSA 实物照片（示例）

②X 射线摄影透视系统

X 射线摄影透视系统由高频高压发生装置、X 射线管组件、限束器、数字图像系统以及床台附属设备组成，可应用于 ERCP 手术中透视、摄影。X 射线摄影透视系统典型照片见图 9-3。

续表 9 项目工程分析与源项



图 9-3 X 射线摄影透视系统示例照片

③滑轨 CT 设备组成

CT 即计算断层摄影（computed tomography），是电子计算机和 X 射线相结合的装置，主要包括扫描部分、计算机系统、图像显示、记录系统等。CT 机扫描部分主要由 X 线管 and 不同数目的控测器组成，用来收集信息，X 线束对所选择的层面进行扫描，其强度因和不同密度的组织相互作用而产生相应的吸收和衰减。探测器将收集到的 X 线信号转变为电信号，经转换和计算机处理后储存。本项目配置滑轨 CT 日常存放在 OP40、41 手术室中间的滑轨 CT 存放间内，需要配合手术使用时，利用地轨滑至相应手术室。复合手术室设备照片见图 9-4。

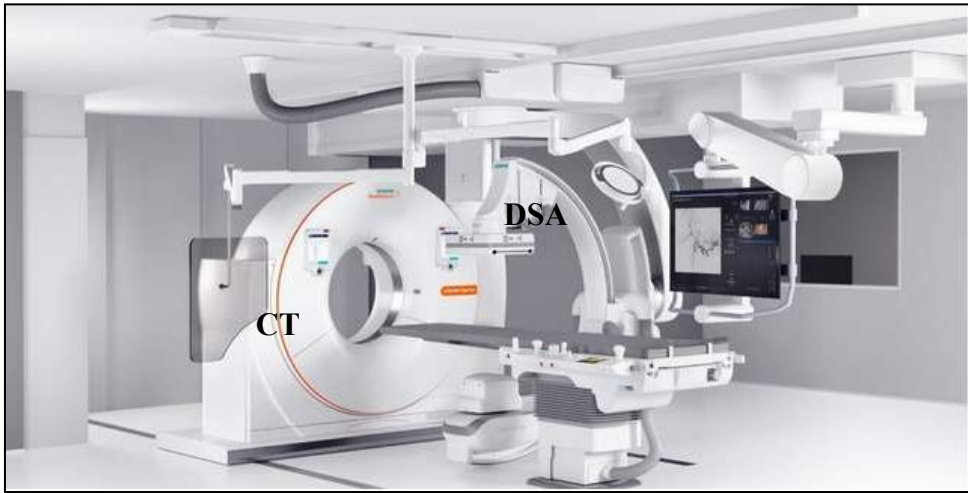


图 9-4 复合手术室设备组成（示例图）

(2) 工作方式

本项目复合手术利用滑轨 CT 进行术前扫描，其工作方式为医护人员退出手术室，在操作间内扫描。

续表 9 项目工程分析与源项

DSA 及 ERCP 介入手术工作方式为在医学影像系统监视引导下，医学影像系统监视引导下，经皮针穿刺或引入导管开展相关介入手术。拟建项目 DSA 机架沿 C 臂旋转，X 射线管可在水平和垂直两个方向上转动。利用 X 射线摄影透视系统开展 ERCP 手术，X 射线管在垂直方向移动。在介入手术过程中，介入手术医生须在手术床旁并在 X 射线导视下进行操作，技师隔室操作。

9.2.2 工作原理

(1) X 射线产生及成像原理

C 形臂、X 射线摄影透视系统及滑轨 CT 均属于 X 射线装置。X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。X 射线管的阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶体所突然阻挡从而产生 X 射线。典型 X 射线管结构详见图 9-5。

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，通过平板探测器、计算机、摄像机（对影像增器的图像进行一系列扫描，再经过模/数-数/模转换）等方式进行成像。

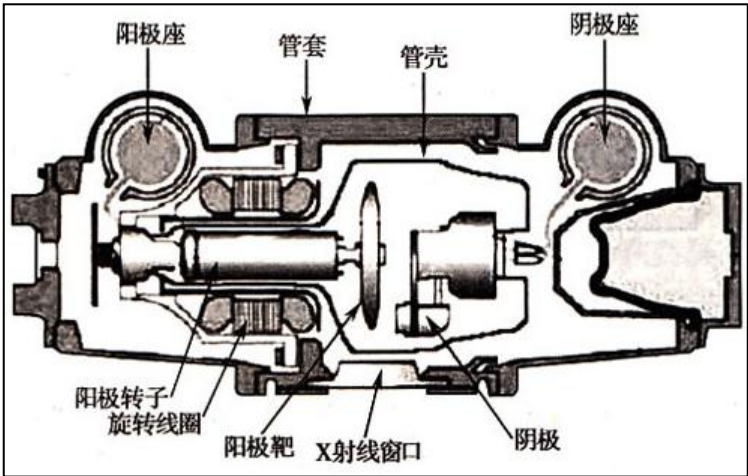


图 9-5 典型 X 射线管结构图

②DSA 工作原理

续表 9 项目工程分析与源项

DSA 的基本原理是将注入造影剂前后通过人体吸收后的 X 线信号进行成像，经高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的剪影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。介入工作示意图见图 9-6。

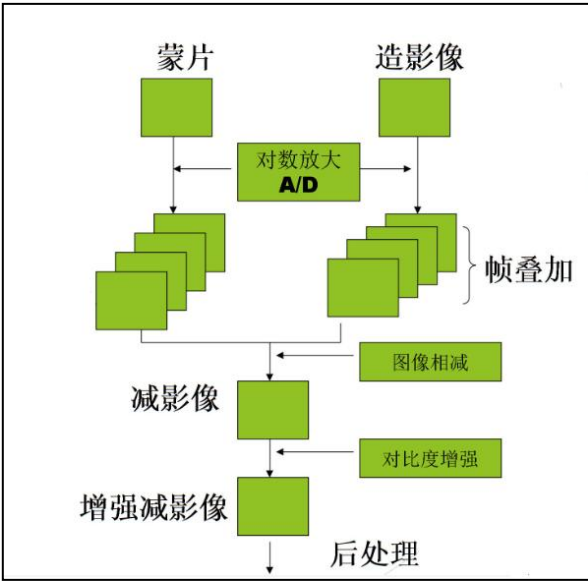


图 9-6 介入工作原理示意图

③利用 X 射线摄影透视系统开展 ERCP 介入手术工作原理

ERCP 即经内镜逆行胰胆管造影，是目前微创治疗胆胰疾病的主要手段之一，是指将十二指肠镜插至十二指肠降部，找到十二指肠乳头，由活检管道内插入造影导管至乳头开口部，注入造影剂后进行 X 线摄片，以显示胰胆管的技术。

④CT 机工作原理

CT 成像的基本原理是用 X 线束对人体检查部位一定厚度的层面进行扫描，由探测器接收透过该层面上各个不同方向的人体组织的 X 线，经模/数转换输入计算机，通过计算机处理后得到扫描断层的组织衰减系数的数字矩阵，再将矩阵内的数值通过数/模转换，用黑白不同的灰度等级在荧光屏上显示出来，即构成 CT 图像。

9.2.3 设备参数

续表 9 项目工程分析与源项

本项目设备尚未招标，按照常规同类设备给出本项目各医用 X 射线装置主要技术指标见表 9-1。

表 9-1 设备主要技术参数

设备名称	DSA（双管头）	滑轨 CT（单管头）	X 射线摄影透视系统（单管头）
数量	2 台	1 台	1 台
型号	待定	待定	待定
过滤片	3mmAl	3mmAl	3mmAl
焦皮距	38cm	60cm	38cm
主要技术参数	最大管电压：150kV， 最大管电流：1500mA	最大管电压：140kV， 最大管电流：800mA	最大管电压：150kV， 最大管电流：1000mA

9.2.4 操作流程及产污环节

①OP2 手术室

本项目 OP2 手术室是通过 DSA 设备与神经外科等在百级层流手术室中的全面整合，实现微创介入手术与传统外科开放式手术相结合，从而解决各类复杂手术，降低手术风险，节省手术时间。OP2 手术室内射线装置均仅配置一台 DSA，其操作流程与一般 DSA 操作流程一致。

DSA 主要操作流程为：在 DSA 引导下进行一系列的介入检查与诊疗手术。在手术过程中，介入手术医生在床旁并在 X 射线导视下进行操作。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，采集。采集包括电影和减影两种模式，根据手术方案，采集次数不同。一般情况下，电影模式下是医生在 DSA 机房（OP2 手术室）内由手术医生直接采集。在减影模式下则采取隔室操作的方式（即 DSA 技师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和视频监控系统了解机房内病人情况。实际操作过程中，根据手术情况，减影模式下手术医生也可能在 DSA 机房（OP2 手术室）内，但在铅屏风后。无论哪种工作模式，医生在 DSA 机房内身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品。

第二种情况，透视。病人需进行介入手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时介入手术医生位于铅悬挂防护屏（或铅防护吊帘）、床侧防护帘（或床侧防护屏）等辅助防护设施后，并身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品在 OP2 手术室内对病人进行直接

续表 9 项目工程分析与源项

的介入手术操作。OP2 手术室 DSA 操作流程及产污环节见下图 9-7 所示。

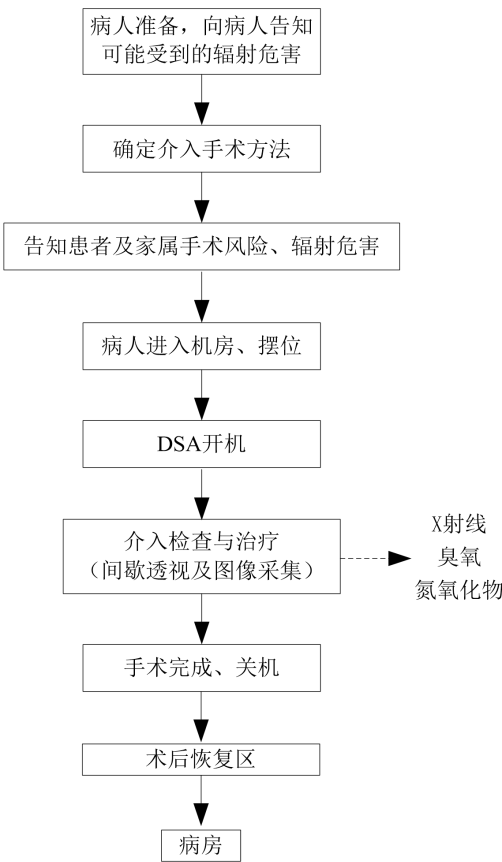


图 9-7 OP2 手术室 DSA 操作流程及产污环节图

②OP9 手术室

接诊患者后根据其病情确认诊疗方法，告知患者及家属采用介入治疗的辐射危害。ERCP 手术操作过程主要分为以下几步：

- ①插镜：患者一般采取俯卧位或左侧卧位，十二指肠镜经口依次通过食管、胃、进入十二指肠降段，找到十二指肠乳头。
- ②插管：选择性插管是顺利进行 ERCP 诊断和治疗的基础。经活检孔插入导管，调节角度钮及抬钳器，使导管与乳头开口垂直，将导管插入乳头。
- ③造影：在透视下经导管注入造影剂，荧光屏上见到胆管或胰管显影，显示病变。
- ④摄片：胰胆管显影后，进行摄片存储。
- ⑤治疗：根据拍片结果，得到患者胰胆管病变情况，医生采取不同内镜下治疗措施对病人病灶部分进行相应治疗。

ERCP 手术造影过程中需要医生在手术室根据手术检查情况等，进行踩踏式曝光。其治疗方式属于介入治疗，介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各

续表 9 项目工程分析与源项

种导管（约 1.5-2.0 毫米粗）的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。

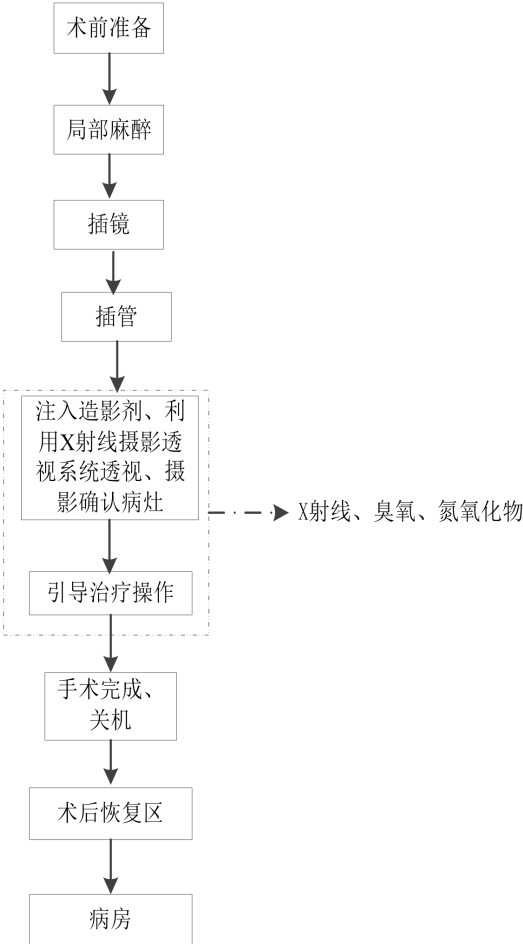


图 9-8 OP9 开展 ERCP 手术操作流程及产污环节图

③OP40 复合手术室

本项目 OP40 复合手术室通过 DSA 与外科在百级层流手术室中的全面整合，实现微创介入手术与传统外科开放式手术相结合，还利用滑轨 CT 进行患者的术前和术后评价，减少术中患者移动。

根据复合手术方案，手术过程使用 DSA 或滑轨 CT 两者不分先后顺序，设备在复合手术室中的功能原理不变。通过复合手术室规范管理，在 OP40 复合手术室内的任一环节，有且仅有 1 台 X 射线装置出束，不存在 2 台设备同时使用的情况，且滑轨 CT 操作为隔室操作，单台设备的操作流程不变。操作流程及污染因子如图 9-9 所示。

DSA 操作流程与 OP2 手术室 DSA 操作流程相同。

续表 9 项目工程分析与源项

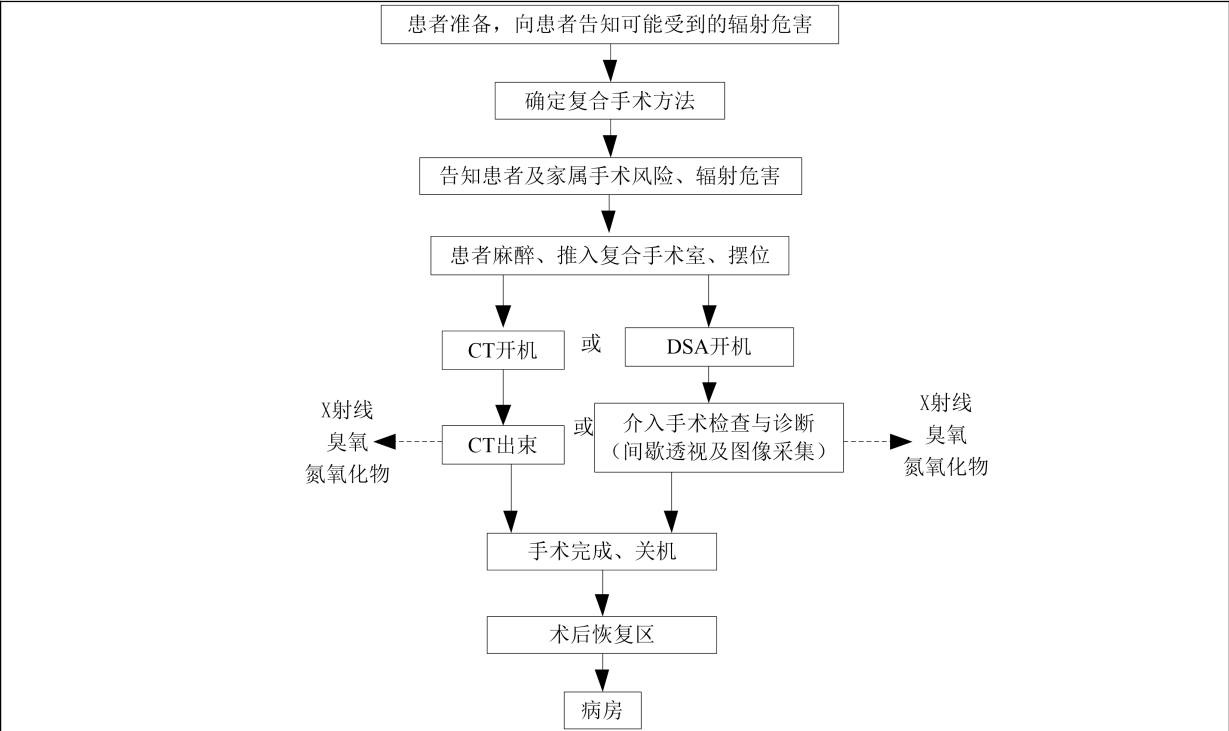


图 9-9 操作流程及产污环节图

④CT 机主要操作流程

本项目配置滑轨 CT，不使用时利用地轨滑动至滑轨 CT 存放间内并关闭铅防护门，OP40 或 OP41 需要使用时，则利用地轨滑动至手术室内。主要操作流程如下：

摆位：根据照射需要对患者进行摆位，为患者作好必要的防护措施；

退出机房：医生退出手术室，检查防护门等安全防护措施是否到位；

开机设定参数曝光：医生通过控制台将病人信息输入，根据需求设定曝光参数，扫描曝光，密切注意各仪表的显示；

关机：记录、关机并将设备滑至 CT 存放间。

9.2.5 工作负荷

根据医院提供资料，本项目 2 台 DSA、1 台 X 射线摄影透视系统年有效开机时间见表 9-2，CT 年有效开机时间见表 9-3。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-2 DSA 年有效开机时间					
透视					
手术类别	年开展工作量	每台手术透视曝光时间		年透视曝光时间	
神经血管介入手术 和综合介入手术 (OP2)	1200 台	约 21min		约 420h	
ERCP (OP9)	1500 台	约 20min		约 500h	
外科复合手术 (OP40)	1200 台	约 21min		约 420h	
采集					
手术类别	年开展工作量	单次采集时间	单台手术采集次数	单台手术最大采集时间	年采集时间
神经血管介入手术 和综合介入手术 (OP2)	1200 台	5~12s	10~15 次	约 3.0min	约 60h
ERCP (OP9)	1500 台	5~12s	6~10 次	约 2.0min	约 50h
外科复合手术 (OP40)	1200 台	5~12s	10~15 次	约 3.0min	约 60h

表 9-3 CT 年有效开机时间		
年扫描次数	每人次所需时间	年有效开机时间
2400 次	30s~120s	80.0h

备注：年扫描次数为滑轨 CT 在 OP40、41 手术室年共计扫描次数

9.3 路径规划

本项目位于袁家岗院区第二医疗综合大楼 4 层手术中心一区、5 层手术中心二区，各手术室人流物流图见图 9-10、9-11、9-12。

手术医护、技师通道：手术医生和手术护士由手术中心洁净走廊进入控制室或直接进入手术室，手术结束后原路离开。技师从控制室进入各手术室，对于 OP40、OP41 手术室需要使用滑轨 CT 时，关闭滑轨 CT 存放间铅门，退出手术室在控制室内操作，结束后从控制室原路离开。

患者通道：患者由各手术室防护大门推床进入手术室，手术结束后原路离开。

污物通道：手术结束后污物经 OP2 西侧、OP9 西侧、OP40 东侧防护门至污物通道，在西南侧污物处置间打包后经该层污梯运至医院-1F 医院医疗废物暂存间。

续表 9 项目工程分析与源项



图 9-10 OP2 手术室人流物流图

Figure 1 is a detailed schematic diagram of the layout of the nuclear medicine department. The diagram illustrates the spatial arrangement of various rooms and their functional areas. Key rooms include:

- OP6 Ⅲ级 神经外科 (放射防护)**: A room for neurosurgery with radiation protection.
- OP5 Ⅲ级 神经外科 (放射防护)**: Another room for neurosurgery with radiation protection.
- OP8 Ⅲ级 肝胆外科**: A room for hepatobiliary surgery.
- OP9 Ⅲ级 肝胆外科(ERCP) (放射防护)**: A room for hepatobiliary surgery (ERCP) with radiation protection.
- OP10 Ⅲ级 血管外科**: A room for vascular surgery.
- OP11 Ⅲ级 血管外科**: Another room for vascular surgery.
- OP12 Ⅲ级 胃肠外科**: A room for gastrointestinal surgery.
- OP13 Ⅲ级 胃肠外科**: Another room for gastrointestinal surgery.

The diagram also shows a **等待间** (Waiting Room), a **控制间** (Control Room), a **库房** (Storage Room), and a **污物通道** (Waste Disposal Channel). A legend on the left indicates the paths for different groups:

- 医护人员路径** (Medical Staff Path): Indicated by a blue arrow.
- 患者路径** (Patient Path): Indicated by a red arrow.
- 污物路径** (Waste Path): Indicated by a black arrow.

The diagram includes various labels for doors (e.g., FM 2522, FM 2122, FM 2124, FM 2126, FM 2128, FM 2130, FM 2132, FM 2134, FM 2136, FM 2138, FM 2140, FM 2142, FM 2144, FM 2146, FM 2148, FM 2150, FM 2152, FM 2154, FM 2156, FM 2158, FM 2160, FM 2162, FM 2164, FM 2166, FM 2168, FM 2170, FM 2172, FM 2174, FM 2176, FM 2178, FM 2180, FM 2182, FM 2184, FM 2186, FM 2188, FM 2190, FM 2192, FM 2194, FM 2196, FM 2198, FM 2200) and other features like **缓冲** (Buffer), **走廊** (Corridor), **楼梯** (Staircase), **电梯** (Elevator), **洗手池** (Sink), **垃圾桶** (Trash Can), **灭火器** (Fire Extinguisher), **急救箱** (First Aid Kit), **急救电话** (Emergency Phone), **急救设备** (Emergency Equipment), **急救药品** (Emergency Medicine), **急救器械** (Emergency Instruments), **急救用品** (Emergency Supplies), **急救器材** (Emergency Equipment), **急救材料** (Emergency Materials), **急救用品** (Emergency Supplies), **急救器材** (Emergency Equipment), **急救材料** (Emergency Materials).

图 9-11 OP9 手术室人流物流图

续表 9 项目工程分析与源项

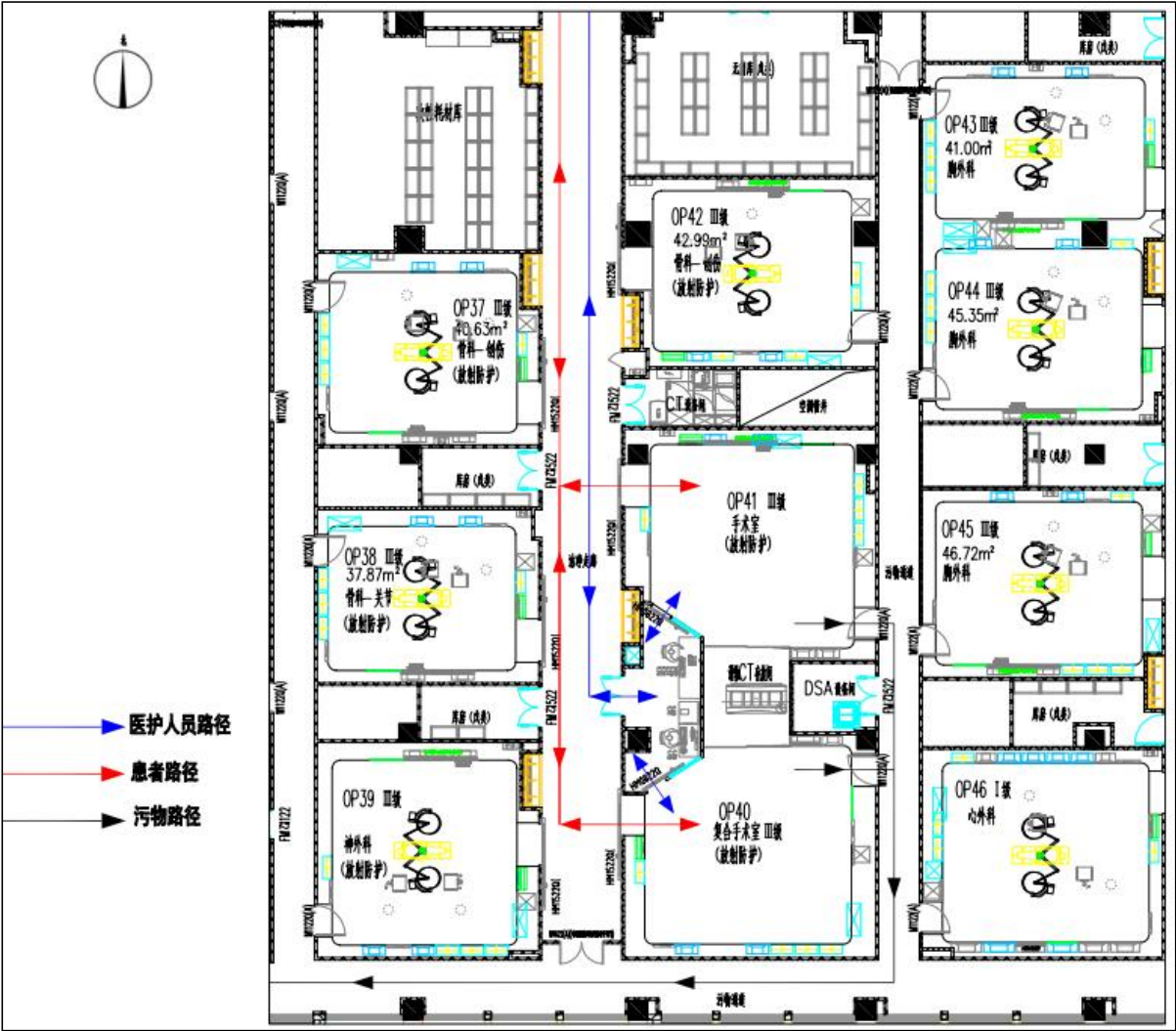


图 9-12 OP40、41 手术室人流物流图

9.4 污染源项描述

9.4.1 电离辐射

本项目 DSA、X 射线摄影透视系统、CT 机在开机并曝光时产生 X 射线，在开机不曝光或不开机状态下均不产生 X 射线。X 射线能量在零和曝光管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。CT 机因有用线束被 CT 探测器阻挡，机房内以散射线为主。

(1) 有用线束：有用线束是指直接由 X 射线球管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射人体，形成诊断影像的射线。其射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数，加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。由于本项目 X 射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

续表 9 项目工程分析与源项

DSA 具有自动照射量控制调节功能（AEC），采集时，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约 30% 的裕量。根据医院提供资料，同时调查重庆市多家医院 DSA 及 ERCP 介入工作条件中发现，①在极端情况下，本项目 DSA、X 射线摄影透视系统透视工况运行管电压为最大管电压，即 150kV，电流自动跟随电压，电流不大于 110mA；在极端情况下，本项目 DSA 采集、X 射线摄影透视系统摄影工况运行管电压也为最大管电压，即 150kV，电流自动跟随电压，电流不大于 500mA。②常用透视工况为 60~90kV/5~20mA，采集工况为 60~90kV/300~500mA。

CT 常用最大管电压为 120kV，常用运行电流为 300mA。

根据《辐射防护导论》中附图 3，不同过滤条件下离靶 1 米处的 X 射线发射率如下图 9-13 所示。

续表 9 项目工程分析与源项

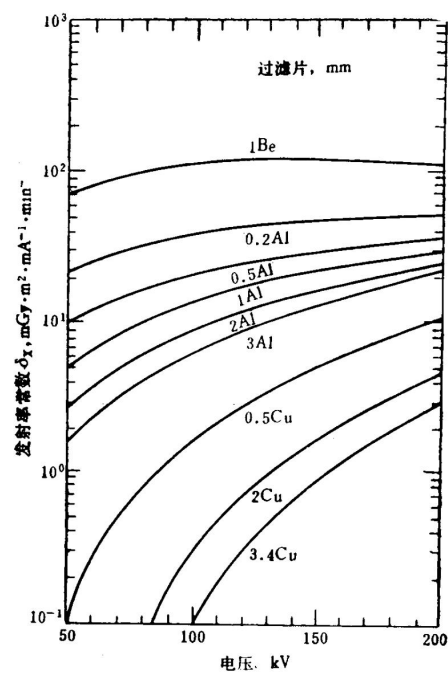


图 9-13 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率常数
常用 DSA、X 射线摄影透视系统、CT 机过滤板均为 3mmAl，查图可知，最大管电压和常用最大管电压距靶 1m 处有用线束的发射率见表 9-4。

表 9-4 距靶 1m 处有用线束的发射率

设备	电压	距靶1m处有用线束的发射率
DSA	最大管电压150kV	13.4mGy·m²/mA·min
	常用最大管电压90kV	5.3mGy·m²/mA·min
X 射线摄影 透视系统	最大管电压150kV	13.4mGy·m²/mA·min
	常用最大管电压90kV	5.3mGy·m²/mA·min
CT	最大管电压140kV	11.8mGy·m²/mA·min
	常用最大管电压120kV	9.0mGy·m²/mA·min

(2) 漏射线

漏射线由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据 NCRP147 号报告第 138 页 C.2 可知，DSA、X 射线摄影透视系统、CT 的漏射线剂量率很小，泄漏辐射距焦点 1m 处，在任一 100cm² 区域内的平均空气比释动能率为 0.876mGy/h。

(3) 散射线

散射线由有用线束及漏射线在各种散射体（限束装置、受检者、射线接收装置及检查床、墙壁等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X

续表 9 项目工程分析与源项

射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离等有关。根据 NCRP 报告第 147 号出版物，对于标称 X 射线管电压为 50kV~150kV 的 X 射线机，随着散射角由 0°~160°变化，散射系数在 $3.75 \times 10^{-7} \sim 7.5 \times 10^{-7}$ 之间变化，通常在 90°散射角附近达到峰值。

9.4.2 “三废”排放情况

(1) 废气

X 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，并影响复合手术室的空气质量。本项目设置机械排风系统，DSA、X 射线摄影透视系统、CT 运行产生的废气经机械排风系统废气经管道收集后引至所在楼层南侧外墙排放，离地面高约 20m、25m，排放口朝向院内道路。

(2) 固废

①生活垃圾

项目产生的一般固废主要为医务人员产生的生活垃圾，集中放置于医院生活垃圾点，依托医院收运系统交环卫部门处理。

②危险废物

项目手术产生的一次性医疗用品、器械等医疗废物主要为感染性（废物代码：841-001-01）和损伤性废物（废物代码：841-002-01），属于《国家危险废物名录（2025 版）》中 HW01 医疗废物。当日手术结束后在经污物走廊收集在西南侧污物处置间打包后经该层污梯运至医院-1F 医院医疗废物暂存间，之后统一由有资质单位处理。

DSA、X 射线摄影透视系统、CT 设备报废时按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

本项目设备在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无废片产生。项目配置多套铅橡胶衣、帽子等含铅防护用品，在使用一定年限出现破损和破裂后，其屏蔽能力减弱，成为废含铅防护用品，医院收集后妥善保存，做好记录，交由有资质单位处理。

(3) 废水

本项目产生的少量医疗废水进入医院污水处理站统一处理，处理达标后排入市政管网，最终进入鸡冠石污水处理厂处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》

（GB18918-2002）一级 A 标准后排入长江。

9.5 项目主要产排污汇总

续表 9 项目工程分析与源项

综上，本项目主要污染物产生情况统计汇总见表 9-5。

表 9-5 污染因子一览表

工作场所	影响因素	主要污染因子	产排量
复合手术室	电离辐射	X 射线	DSA、X 射线摄影透视系统：150kV 下距靶 1m 处的有用线束发射率不大于 $13.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，90kV 距靶 1m 处的有用线束发射率不大于 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ；漏射线距焦点 1m 处平均空气比释动能率为 0.876mGy/h 。
			CT：140kV 下距靶 1m 处的有用线束发射率不大于 $11.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，120kV 下距靶 1m 处的有用线束发射率不大于 $9.0\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。
	非放射性废气	O_3 、 NO_x	少量（机械排风）
	非放射性废水	医疗废水 生活污水	少量（排入医院污水处理站处理达标后接入市政污水管网）
	非放射性固废	医疗废物 （841-001-01、 841-002-01）	少量（交由有资质单位处置）
		生活垃圾	少量（交环卫部门处置）
		废铅防护用品	少量（由医院收集、妥善暂存，做好记录，最后交由有资质单位处置）
		报废的 DSA、X 射线摄影透视系统、CT 设备	4 台，报废时按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目布局和分区

10.1.1 布局合理性

第二医疗综合楼 4 层为手术中心一区，5 层为手术中心二区，6 层为手术中心设备用房及手术人员更衣室等，手术中心角落均设置有独立的污物处置间并设置有专门的洁净走廊及污物通道，手术过程中产生污物可及时运出至给层污物处置间。本项目各手术室周围布置有控制室、设备间、洁净走廊、污物通道、其他手术室或辅助用房等，各控制室相邻手术室布置，并设置有观察窗便于观察手术室内情况。OP40 复合手术室外北侧有专门的滑轨 CT 存放间，各手术室辅助用房功能完备。本项目手术室对应 3 层为耳鼻喉科准备间、卫生间、等候大厅等，对应 5 层为净化机房及绿化。各手术室周围均布置辅助用房，手术中心封闭管理，患者家属在手术中心外有专门的等候区，与手术室区域具有物理隔断。此外，手术中心人流、物流通道独立，手术中心内部主要是医护人员、患者活动，无其他公众成员长期停留。远离人流聚集区域，有利于辐射防护。

综上，本项目手术室和 X 射线设备的布局考虑到了周围场所的安全，利于介入手术诊疗的辐射防护管理与安全控制，符合有关法规标准与辐射防护安全要求。从辐射防护与环境保护角度，项目的平面布局合理。

10.1.2 机房建设尺寸

按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定，机房的有效使用面积为机房内可划出的最大矩形的面积，机房内最小单边长度为机房内有效使用面积的最小边长。根据附图7、8、9各手术室平面布置图可知，本项目各手术室的有效使用面积和最小单边长度见表10-1。

表10-1 机房尺寸建设情况表

机房名称	使用设备	设计情况		标准要求		是否满足要求
		机房内最小单边长度，m	机房内有效使用面积，m ²	机房内最小单边长度，m	机房内最小有效使用面积，m ²	
OP2 手术室	双管头 DSA	7.30	56.94	≥4.5	≥30	满足
OP9 手术室	单管头 X 射线摄影透视系统	5.90	44.84	≥3.5	≥20	满足
OP40 复合手术室	双管头 DSA 或滑轨 CT	5.50	38.5	≥4.5	≥30	满足
OP41 手术室	滑轨 CT	5.52	41.4	≥4.5	≥30	满足

续表 10 辐射安全与防护

从表10-1可知，本项目各手术室（X射线装置工作场所）有效使用面积及最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

10.1.3 工作场所分区

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：控制区是在辐射工作场所划分的一区域，在这种区域内需要或可能需要采取专门的防护手段或安全措施，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散并预防潜在照射或限制潜在照射的范围；监督区是未被确定为控制区，通常不需要采取专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

根据上述要求，医院拟对项目工作场所进行分区管理，将各工作场所划为控制区和监督区，具体划设情况见图 10-1、10-2 及表 10-2。

表 10-2 本项目控制区、监督区划分表

控制区范围	监督区范围
OP2 手术室	控制室、DSA 设备间、数字化设备间、污物通道、洁净走廊、手术室楼上、楼下对应区域。
OP9 手术室	准备间、控制室、OP8 手术室、污物通道、洁净走廊、手术室楼上、楼下对应区域。
OP40 复合手术室、OP41 手术室	滑轨 CT 存放间、DSA 设备间、洁净走廊、控制室、CT 设备间、污物通道、手术室楼上、楼下对应区域。

Figure 1 is a detailed floor plan of the 10th floor of the Wuhan General Hospital. The plan shows the layout of various departments and the designated control and quarantine zones. The control zone (red cross-hatched) and quarantine zone (yellow diagonal lines) are clearly marked. The plan includes rooms such as OP1 (Multi-functional operating room), OP3 (Vascular surgery), OP4 (Vascular surgery), OP5 (Neurology), OP6 (Neurology), OP7 (Neurology), OP8 (Neurology), and OP9 (Neurology). It also shows the location of the 10th floor elevator, stairs, and other facilities.

56

续表 10 辐射安全与防护

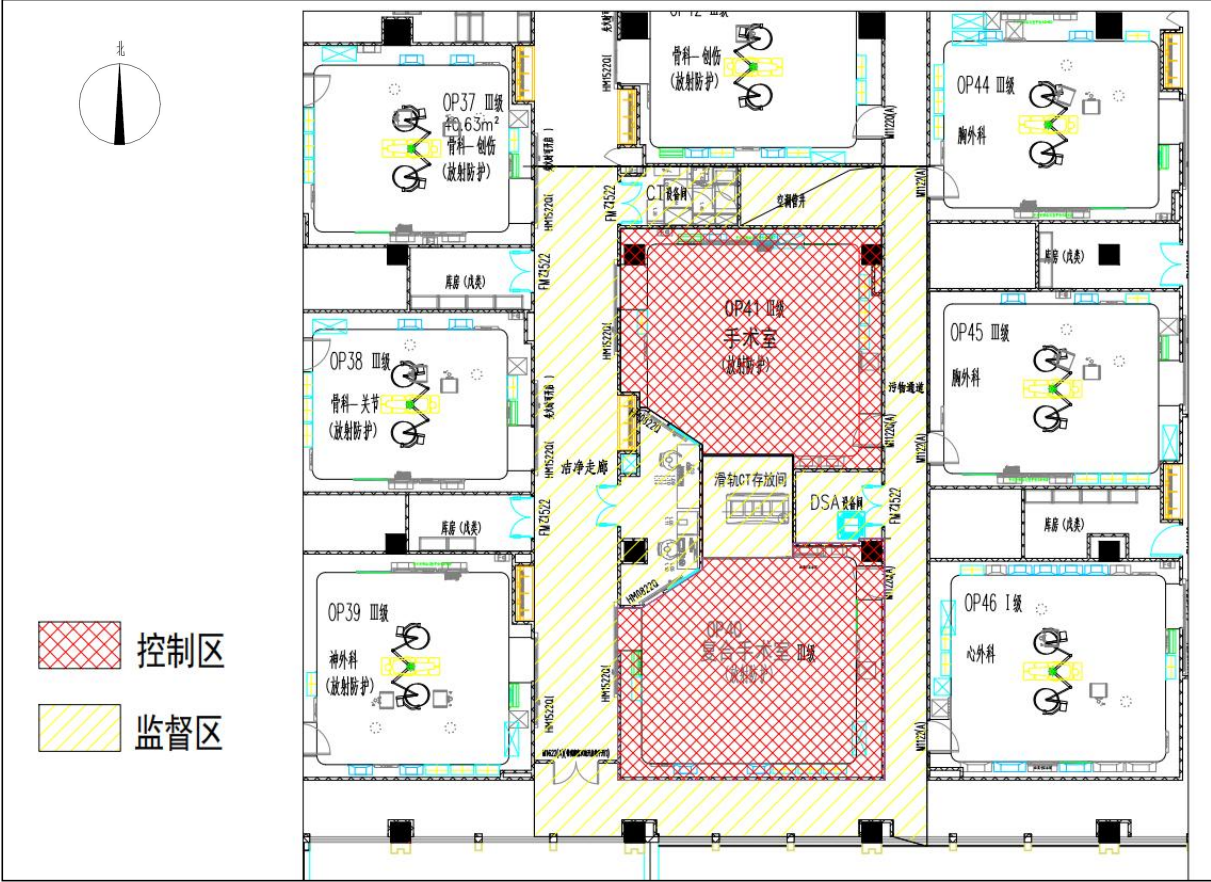


图 10-2 本项目 5 层 OP40、41 手术室分区图

医院严格限制无关人员进出控制区，在正常诊疗的工作过程中，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全。控制区边界防护门拟设置电离辐射警告标识、门灯联锁装置。在监督区入口处或适当位置设立表明监督区的标牌，进行日常的监测和评估。

10.2 辐射安全与防护措施

(1) DSA、X 射线摄影透视系统的固有措施

本项目拟购的 DSA 装置自身采取多种固有安全防护措施：

①拟购 DSA、X 射线摄影透视系统设备配置可调限束装置，使装置发射的线束照射面积尽量减小，以减少泄漏辐射。透视曝光开关为常断式开关，并配备透视显示装置。具备工作人员在不变换操作位置情况下成功切换透视和采集功能的控制键。介入操作中，设备控制台和手术室内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或平板探测器的窗口处设置合适铝过滤板，以此消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时可

续表 10 辐射安全与防护

以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。平板探测器前面酌情配置各种规格的滤线栅，减少散射影响。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

④采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结（lastimagehold, LIH）。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

⑤配备辅助防护设施：拟配备铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏。

⑥急停开关：DSA、X 射线摄影透视系统设备上及控制台上拟设置急停开关，按下急停按钮，设备立即停止出束。

（2）CT 机的固有措施

①CT 自带出线口限束系统：设备有清晰的焦点位置标示及过滤条件标示；

②在扫描程序开始之前，应指明某一扫描程序期间所用的设备运行条件；对于任何一种扫描程序，都能在操作者控制台上显示剂量信息。

③急停开关：CT 设备上及控制台上设置急停开关，按下急停按钮，CT 设备立即停止出束。

（3）屏蔽防护措施

①根据医院提供资料，各手术室四周墙体屏蔽防护材料均为 3mmPb 铅板，顶棚为 150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板，地板为 150mm 钢筋混凝土+40mm 厚硫酸钡水泥或 3mmPb 铅板，防护门均为 3mmPb、观察窗为 3mmPb。根据后文核算，各手术室等效铅当量和手术室外周围剂量当量率均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

②穿墙管线防护：各手术室层高 5.2m，吊顶后 OP2 手术室空高 2.7m，其余手术室空高均为 3.0m。根据设计单位提供的送排风管网图，各手术室屏蔽墙体均有风管直穿，风管穿墙高度离地约 3.5m。在手术室内穿墙风管包裹“L”形 3mmPb 铅板，靠墙一侧包裹 50mm 的 3mmPb 铅皮，风管包裹 2 倍风管截面长边的 3mmPb 铅板。穿墙风管大样图见图 10-3。

各手术室均采用电缆桥架方式穿越，桥架穿越手术室屏蔽墙高度约为离地 3.3m，电

续表 10 辐射安全与防护

缆桥架尺寸为 150mm×100mm，桥架在手术室一侧包裹长 500mm 的 3mmPb 铅板作为防护补偿。各手术室穿墙管线情况见表 10-3，穿墙桥架大样图见 10-4。

表 10-3 本项目各手术室穿墙管线情况

手术室	穿墙风管类型及尺寸			补偿方案	电缆管线	补偿方案
	送风（mm）	排风（mm）	回风（mm）			
OP2 手术室	北墙：800×500	南墙：250×250	北墙：500×500 南墙：320×250	风管直穿手术室墙体在手术一侧包裹“L”形 3mmPb 铅板作为防护补偿，墙体一侧包裹 50mm，风管一侧包裹 2 倍风管长边长	桥架尺寸：150×100	桥架直穿手术室墙体，桥架手术室一侧包裹长 500mm 的 3mmPb 铅板作为防护补偿
OP9 手术室	北墙：630×500 西墙：800×630 南墙：500×320	东墙：250×250	南墙 2 处：500×400/320×250			
OP40 复合手术室	西墙：500×400	西墙：250×250	南墙 2 处：250×250/250×250 西墙：400×320			
OP41 手术室	北墙：500×400	东墙：250×250	北墙 2 处：500×400/800×500 南墙：800×500			

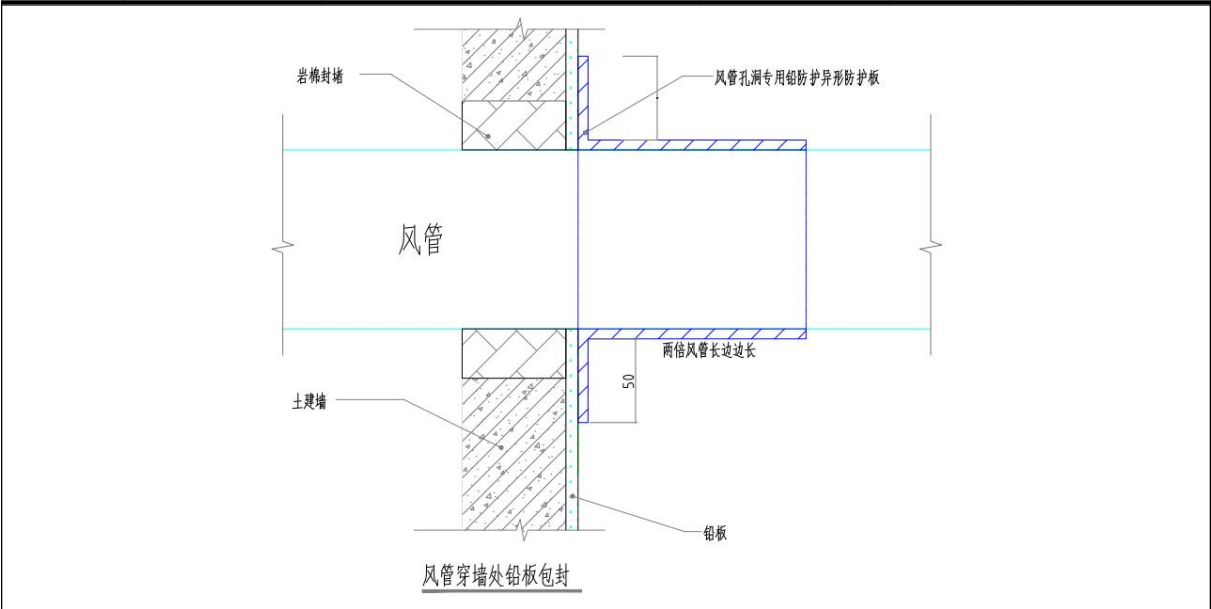


图 10-3 穿墙风管补偿大样图

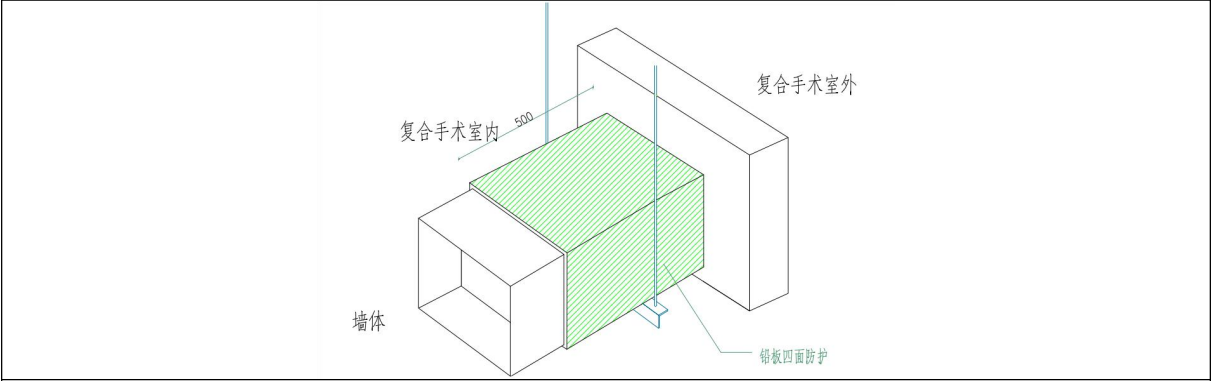


图 10-4 穿墙桥架补偿大样图

(4) 防护门、窗

续表 10 辐射安全与防护

本项目4间手术室均设置有多防护铅门和1扇铅防护观察窗，均为3mmPb。各手术室在建设时保证施工质量，防护门、防护窗的生产和安装由有生产资质的厂家承担，注意其与墙体有足够的搭接宽度，不影响屏蔽体的屏蔽效果。防护门与门洞之间有足够的搭接宽度，观察窗四周配备防护窗套，窗套屏蔽能力与铅玻璃屏蔽能力相当。各手术室电动推拉门拟设防夹装置，平开门拟设置自动闭门装置。各手术室防护门具体设置情况见表10-4。

表10-4 各手术室防护门设置情况表

手术室	电动推拉门			平开门	
OP2 手术室	南墙至洁净走廊	/	/	东墙至控制室	北墙至污物走廊
OP9 手术室	南墙至准备间	东墙至洁净走廊	/	西墙至污物走廊	/
OP40 复合手术室	西墙至洁净走廊	西北墙至控制室	北墙至滑轨 CT 存放间	东墙至污物走廊	/
OP41 手术室	西墙至洁净走廊	西南墙至控制室	南墙至滑轨 CT 存放间	东墙至污物走廊	/

(5) 通风

本项目各手术均为III级手术室（万级层流手术室），设计有上送风，排风及下回风，可保持机房内有良好的通风。各手术室均设置有 1 根排风管道，引至所在楼层南侧外墙排放，离地面高约 20m、25m，排放口朝向院内道路。

(6) 联锁系统

各手术室各防护门均拟设置门灯联锁系统，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮，警示无关人员远离手术室区域。

(7) 警示标识

拟在手术室各防护门外设置电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯等，提醒周围人员尽量远离该区域。

(8) 对讲、监控系统

手术室拟设置对讲系统，便于操作间技师与手术医护人员的交流。拟在手术室设置 2 个监控摄像头，便于观察监控手术室内情况。

(9) 辐射防护用品

续表 10 辐射安全与防护

根据建设单位提供的资料,本项目共设置 4 间手术室,OP40 复合手术室内使用 DSA 和滑轨 CT 不同时开机,OP40、OP41 使用滑轨 CT 不存在同室操作的情况,工作人员在控制室内进行。本项目手术室拟配备个人防护用品和辅助防护设施,具体见表 10-5。

表 10-5 本项目拟配置的个人防护用品和辅助防护设施情况表

使用对象	个人防护用品			辅助防护设施		
	名称	铅当量	数量(套)	名称	铅当量	数量(套)
OP2、OP9、OP40 手术室工作人员	铅橡胶围裙、帽子、颈套	$\geq 0.5\text{mmPb}$	12(每间 4 套)	床侧防护帘/床侧防护屏	$\geq 0.5\text{mmPb}$	3(每间 1 套)
	铅防护眼镜	$\geq 0.25\text{mmPb}$	12(每间 4 套)	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	$\geq 0.25\text{mmPb}$	3(每间 1 套)
	铅橡胶防护手套	$\geq 0.025\text{mmPb}$	8(每间 4 套)	移动铅防护屏风	$\geq 2\text{mmPb}$	3(每间 1 套)
OP2、OP9、OP40、OP41 手术室患者	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套	$\geq 0.5\text{mmPb}$	4	/	/	/

备注:若配置儿童患者个人防护用品,则铅当量为 0.5mmPb。个人防护用品不使用时,妥善存放,不折叠放置。

(10) 管理

①医院在进行介入手术时,应制定最优化方案,在满足诊断前提下,选择合理可行尽量低的射线参数、尽量短的曝光时间,减少放射工作人员和相关公众的受照射时间,避免病人受到额外剂量的照射。

②合理布置手术室内急救及手术用辅助设备。

③医院合理安排医疗废物运出时间,手术过程中严禁进入手术室进行医疗废物转运;待手术室停止工作时,方可进行医疗废物运送。

④OP40、OP41 手术室使用滑轨 CT 均为隔室操作,曝光前应注意检查与滑轨 CT 存放间门处于关闭状态。

综上所述,本项目各手术室拟采取的辐射安全与防护措施相似,以 OP2 手术室为例,主要辐射防护设施布置图见图 10-5。

续表 10 辐射安全与防护

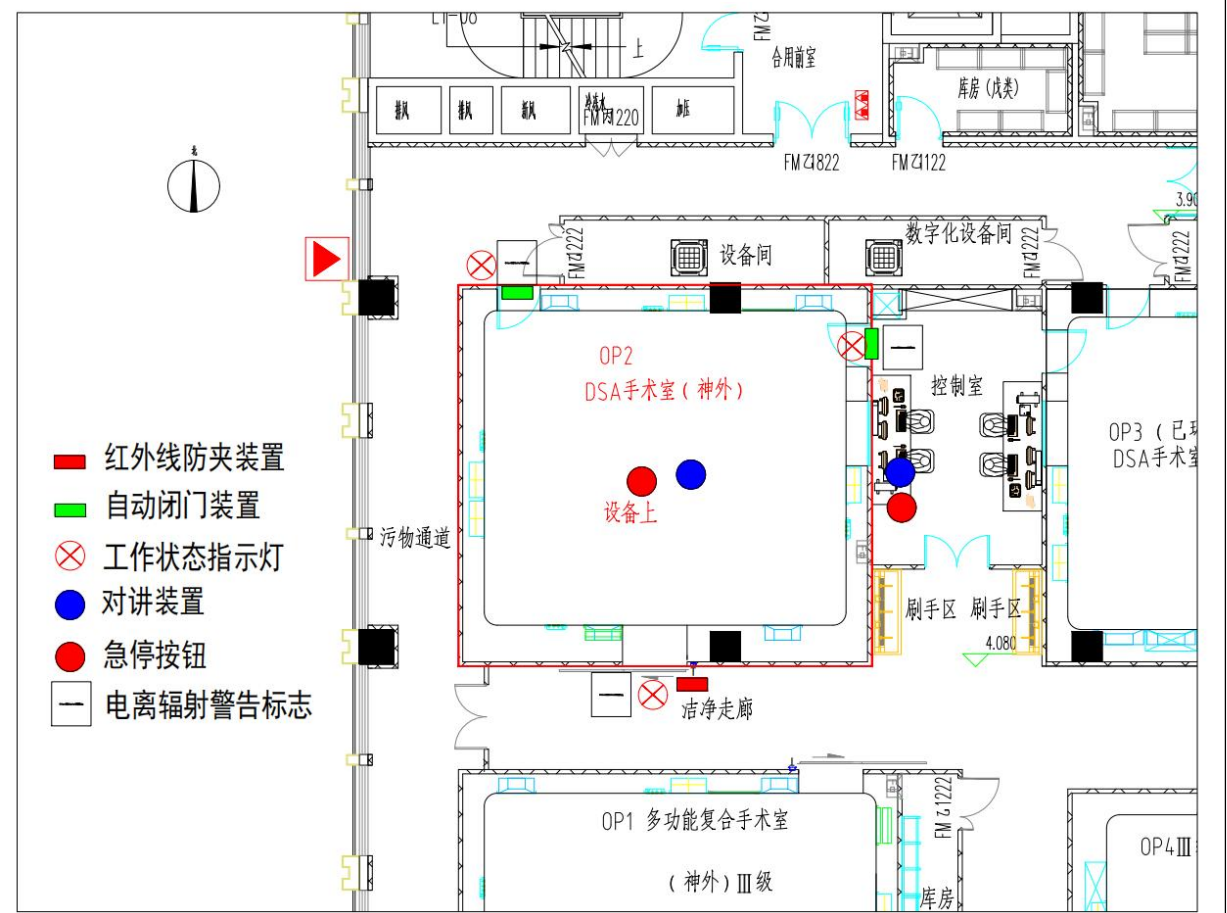


图10-5 本项目典型手术室辐射安全防护设施布置图

本项目 X 射线装置辐射安全联锁逻辑见图 10-6，只有在急停按钮复位、系统自检正常的情况下，设备才能启动，同理，设备运行过程中，如果按下任何一个急停开关，设备会立即停止运行，工作状态指示灯与防护门连锁。

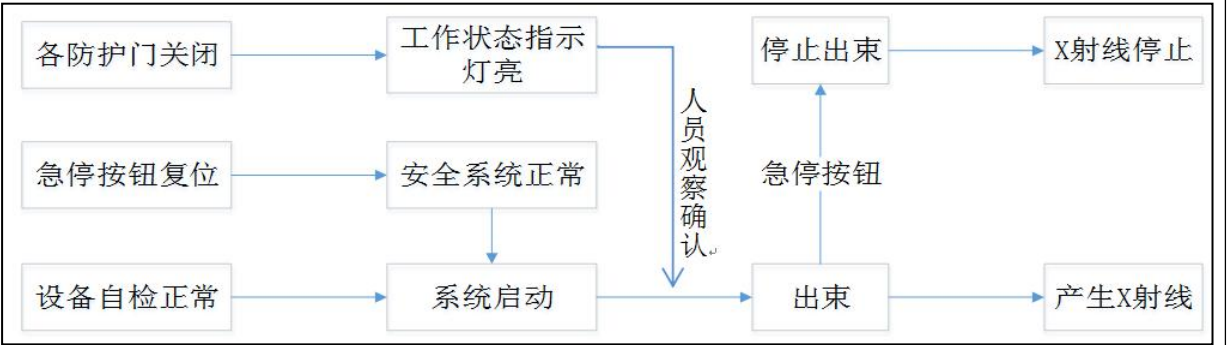


图10-6 辐射安全联锁逻辑图

10.3 拟采取辐射安全与防护措施与相关要求的符合性分析

本项目拟采取的辐射安全与防护措施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）等相关要求对比情况见表 10-6 所示。

续表10 辐射安全与防护

表 10-6 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表			
标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2020	5.1 一般要求	5.1.1 X 射线设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。	拟购买满足标准要求的设备。
		5.1.2 X 射线管组件上应有清晰的焦点位。	
		5.1.3 X 射线组件上应标明固有过滤，所有附加滤过片应标明其材料和厚度。	
		5.1.4 随机文件应说明与防护有关的性能：CT 随机文件应提供等剂量图，描述设备周围的杂散辐射值，便于工作人员选择防护方案；介入放射学、近台同室操作（非普通荧光透视）用 X 射线设备随机文件中应提供等剂量图，描述设备周围的杂散辐射的分布以及工作人员典型位置的杂散辐射值，便于工作人员选择防护方案。	拟购买满足标准要求的设备。
	5.2 透视用 X 射线设备防护性能的专用要求	5.2.1 C 形臂 X 射线设备的最小焦皮距应不小于 20cm，其余透视用 X 射线设备的最小焦皮距应不小于 30cm。	常规 DSA、X 射线摄影透视系统的焦皮距为 38cm，滑轨 CT 的焦皮距为 60cm，满足标准要求。
		5.2.2 透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。	拟购 X 射线摄影透视系统设备自带，透视曝光开关为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。
	5.4CT 设备防护性能的专用要求	5.4.1 在扫描程序开始之前，应指明某一扫描程序期间所使用的 CT 运行条件。	拟购买满足标准要求的 CT。
		5.4.2 对于任意一种 CT 扫描程序，都应在操作者控制台上显示剂量信息。	
		5.4.3 CT 设备应设置急停按钮，以便在 CT 扫描过程中发生意外时可以及时停止出束。	
	5.8 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）	5.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。	拟购满足上述要求的 DSA、X 射线摄影透视系统。

		5.8.2 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。	拟购设备具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的脚踩控制键的设备。
		5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。	拟购满足上述要求的 DSA、X 射线摄影透视系统。
		5.8.4 介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。	拟购具备在控制台和手术室内显示器上显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录的设备。
	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。	本项目各设备主射线均被影像接收器屏蔽，故手术室的门、窗、管线口和工作人员操作位均避免了有用线束直接照射。观察窗紧邻医护人员进出防护门布置，可避免有用线束直接照射。
		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。	设计已考虑邻室（含楼上）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。	对于 OP40 复合手术室固定安装 1 台 DSA，移动使用 1 台滑轨 CT，同一时段有且仅有一台设备在手术室内出束使用。其他手术室内固定安装使用 1 台设备，因此每台固定使用的 X 射线设备均设有单独的机房。
		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 2 的规定。	根据表 10-1 可知，本项目各手术室最小有效使用面积、最小单边长度均满足表 2 的要求。
	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 3 的规定。	根据后文计算，各手术室的屏蔽防护能力能满足表 3 的要求。

	6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平	6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求： a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间； c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。	根据后文核算，DSA、X 射线摄影透视系统在透视工况下，手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$，在摄影工况下手术室的屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 $25\mu\text{Sv/h}$。 根据后文核算，CT 工作时，OP40、OP41 手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$。
	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。	各手术室均设置有观察窗，并拟配置视频监控，能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。	各手术室内除必要的配套设施外，将不堆放其他杂物。
		6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	各手术室设置机械送排风，能保证良好的通风。
		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。	手术室各防护门外均张贴电离辐射警示标志，均拟设置门灯连锁系统，即在开机时，门上方设置的“正在照射”指示灯亮。 拟在手术中心专门的等候区设置放射防护注意事项告知栏。
	6.4 X 射线设备工作场所防护	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。	手术室各防护门上拟设电离辐射警示标志和工作状态指示灯，并设置门灯连锁，警示无关人员不得打开防护门，各手术室平开拟设置自动闭门装置。拟建立管理制度，手术期间，各手术室的防护门处于关闭状态，任何人不得擅自打开。
		6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	患者等候过道—各手术室的铅门为电动推拉式门，拟设置防夹装置。
		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。	本项目为专用手术室，手术室区域外有专门的候诊区，拟制定工作制度，按标准要求执行。
		6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。	本项目拟配置 1 台滑轨 CT，不使用时存放在滑轨 CT 存放间，使用时利用轨道滑至相应手术室，手术室设置有观察窗，也便于技师从 CT 操作间观察窗观察患者。

		6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	手术室各防护门均处于散射辐射相对低的靠近角落位置。
	6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求	6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容,现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施,其数量应满足开展工作需要,对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。	本项目根据 X 射线设备根据工作内容拟配置相应的辐射防护用品,数量和铅当量均满足要求。具体配置设施数量和铅当量见表 10-5。
		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。	介入防护手套铅当量不小于 0.025mmPb,移动铅防护屏风铅当量不小于 2mmPb,铅眼镜、铅悬挂防护屏/铅防护帘不小于 0.25mmPb,其余防护用品和辅助防护设施铅当量均不小于 0.5mmPb。
		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。	本项目拟为患者配备的防护用品铅当量不小于 0.5mmPb,满足儿童防护用品的要求。
		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。	项目采用悬挂或平铺方式存放,不折叠。
	7.1 一般要求	7.1.1 放射工作人员应熟练掌握业务技术,接受放射防护和有关法律培训,满足放射工作人员岗位要求。	医院拟配置的放射工作人员具有一定的操作经验,已接受放射防护和有关法律培训,满足放射工作人员岗位要求。
		7.1.2 根据不同检查类型和需要,选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。	本项目工作人员在手术过程中将根据患者及手术情况,使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。
		7.1.3 合理选择各种操作参数,在确保达到预期诊断目标条件下,使受检者所受到的照射剂量最低。	本项目工作人员在手术过程中拟合理选择参数使受检者所受到的照射剂量最低。
		7.1.4 如设备具有儿童检查模式可选项时,对儿童实施检查时应使用该模式;如无儿童检查模式,应适当调整照射参数(如管电压、管电流、照射时间等),并严格限制照射野。	有儿童检查时,将调整适当的参数并严格限值照射野。
		7.1.5 X 射线设备曝光时,应关闭与机房相通的门、窗。	手术室内射线装置曝光时,将关闭手术室防护门。
		7.1.6 放射工作人员应按 GBZ128 的要求接受个人剂量监测。	本项目放射工作人员在工作过程中佩戴个人剂量计,且每三个月送检一次。

		7.1.7 在进行病例示教时，不应随意增加曝光时间和曝光次数。	进行病例示教时，不会随意增加曝光时间和曝光次数。
		7.1.8 不应使用加大摄影曝光条件的方法，提高过期胶片的显影效果。	本项目不使用胶片，均为数字成像。
		7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。	工作人员在有屏蔽的防护设施的手术室内进行曝光操作，并通过观察窗等密切观察受检者状态。
	7.4CT 设备操作的防护安全要求	7.4.1 CT 工作人员应根据临床的实际需要，正确选取并优化设备工作参数，在满足诊断需要的同时，尽可能减少受检者受照剂量。	制定相应制度，按标准要求执行。
		7.4.2 对儿童进行 CT 检查时，应正确选取扫描参数，以减少受照剂量，使儿童的 CT 应用达到最优化。	制定相应制度，按标准要求执行。
		7.4.3 CT 工作人员应定期检查操作系统上所显示的剂量信息（如 DLP、CTDIW 或 CTDIVOL），发现异常时应找出原因并加以纠正。	制定相应制度，按标准要求执行。
	7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求	7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有可准确记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。	拟购设备具有可准确记录受检者剂量的功能，医院拟将每次介入手术后受检者受照剂量记录在病历中，需要时可追溯。
		7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。	拟加强管理，图像采集时工作人员尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。
		7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ128 的规定。	医院拟为技师配置 1 枚个人剂量计，其余手术室内的放射工作人员在铅防护衣内外各配置 1 枚，满足要求。
		7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影像增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。	拟制定操作规程及人员岗位职责，将 DSA 球管旋转至病人身体下方，手术人员在操作过程中合理站位，避开有用线束。

GBZ128-2019	5.3 剂量计的佩戴	5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。	医院为每名介入医生和护士在铅围裙内左胸前和铅围裙外锁骨对应的领口位置各配置 1 枚个人剂量计，为每名技师左胸前配备 1 枚个人剂量计，满足要求。
		5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。	

根据表 10-6 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足以上标准要求。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响

施工期主要为墙体新建，用房的装修，施工期主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。

施工扬尘主要为墙体的新建及用房装修时产生的扬尘，装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘为机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘，项目位于在建大楼内，采取洒水等措施，可以减少扬尘的扩散。

施工噪声主要来自墙体的新建及用房装修及现场处理等，采取合理安排施工时间，禁止在夜间（22：00-6：00）作业，选择低噪声、低振动施工设备和工艺等措施减少施工噪声影响。若必需在夜间施工而产生环境噪声污染时，应按相关规定办理合法手续，施工期间禁止使用高噪声设备。

施工期废水主要为施工人员产生的少量生活污水，无机械废水，生活污水依托医院的废水处理系统处理。

固体废物：主要为用房装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾运至合法的弃渣场处置，生活垃圾交环卫部门统一收运处置。

本项目工程量小，施工范围在医院大楼内，施工期短，施工期产生的影响随着施工的结束而消失，环境影响很小。

11.2 营运期辐射环境影响分析

11.2.1 手术室屏蔽效能核算

（1）根据 DSA、X 射线摄影透视系统的工作原理及工作方式可知，其工作场所辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线。根据 NCRP147 号报告“Examples of Shielding Calculations”2.2.2 节（P11）、2.2.6 节（P14）及 5.1 节（P72）指出，X 射线摄影透视系统、CT、DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。根据 NCRP147 号报告可知，医用 X 射线装置漏射线剂量率很小。因此，在屏蔽防护时主要考虑非有用线束的影响，而 90°非有用线束的影响最大。因此本评价以 150kV 对应的 90°非有用线束对 DSA、X 射线摄影透视系统屏蔽体铅当量进行折算。CT 机的影响以散射线为主，本评价以最大管电压 140kV 散射线对 CT 屏蔽体铅当量进行折算。

（2）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C 的式 C.1（本报告式 11-1）计算得到屏蔽透射因子 B。从而可根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

续表 11 环境影响分析

中附录 C 的式 C.2（本报告式 11-2）计算出各屏蔽材料的折算铅当量。在折算屏蔽体铅当量时，对于手术室屏蔽体的 700mm 厚混凝土结构柱，其铅当量大于 3mmPb，且搭接处采用 3mmPb 铅板包裹，各手术室屏蔽体折算统一按照 3mmPb 铅板计算。

（3）本项目在屏蔽体外周围剂量当量率计算时，采用常用工况下设备相关参数，选用《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中常用管电压拟合参数进行估算，并保守采用最大管电压下折算铅当量进行计算，根据《电离辐射剂量学》Sv 与 Gy 之间的转换系数取 1。根据《辐射防护导论》（原子能出版社）第三章第三节（P116-P117）散射线的屏蔽计算公式（3.66）进行推导公式（本报告式 11-3）。

（4）根据医院提供的设备平面布置图中确定的等中心点，设备参数按照常规设备参数取值，见表 9-1。设备离地高度按 1.0m 考虑。四周墙体（含防护门、观察窗）计算点为屏蔽体外 30cm 处，防护门、窗计算距离直接按门所在墙体最近距离计；顶棚核算到手术室顶上方 1m 处，地板核算到下一层高于地面 1.7m 处。各关注点具体位置见图 11-1 至图 11-5。

（5）估算公式

对给定的铅厚度，可根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C 的式 C.1（本报告式 11-1）计算得到屏蔽透射因子 B。

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

式中：B——给定铅的屏蔽透射因子；

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。

在给出透射因子 B 的情况下，可根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C 的式 C.2（本报告式 11-2）计算出各屏蔽物质的铅当量厚度。

$$X = \frac{1}{\alpha \gamma} \ln \left[\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right] \quad (11-2)$$

式中：X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；其余同上。

续表 11 环境影响分析

根据《辐射防护导论》（原子能出版社）第三章第三节（P116-P117）散射线的屏蔽计算公式（3.66）进行推导得出，按最不利情况考虑居留因子取 1，管电压修正系数取 1，推导得出本项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{I \times H_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times \alpha}{R_0^2} \tag{11-3}$$

式中：I—X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；
H₀—距辐射源点（靶点）1 m 处输出量，μSv•m²/（mA•h），以 mSv•m²/（mA•min）为单位的值乘以 6×10⁴，Sv/Gy 转换系数取值为 1；
B—屏蔽透射因子；
F—R₀ 处的辐射野面积，单位为平方米（m²），DSA、X 射线摄影透视系统运行时的最大照射野面积为 400cm²（20cm×20cm）；CT 运行时的最大照射野面积为 50cm²（50cm×1cm）；
a—散射因子，入射辐射被单位面积（1cm²）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；根据 NCRP147 号报告第 137 页附图 C.1，120kV 射线装置在最大散射角情况下 1m 处的每平方厘米的散射系数约为 7.3×10⁻⁶；90kV 射线装置在最大散射角情况下 1m 处的每平方厘米的最大散射系数为 6.8×10⁻⁶。
R_s—辐射源点（靶点）至散射体的距离，单位为米（m），根据表 9-1 设备参数取值；
R₀—散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

11.1.2 各手术室屏蔽铅当量折算

本项目 DSA、X 射线摄影透视系统最大管电压均为 150kV，CT 最大管电压为 140kV，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130 -2020）表 C.2 中管电压为 150kV（90°散射）和 140kV（CT）的相关参数对屏蔽体铅当量进行核算。参数见表 11-1。

表 11-1 铅当量核算参数

屏蔽材料	150V（散射）拟合参数			140kV（CT）拟合参数		
	α	β	γ	α	β	γ
铅	1.791	5.478	0.5678	2.009	3.990	0.3420
混凝土	0.03240	0.07750	1.566	0.0336	0.0122	0.5190

因《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.3 未给出硫酸钡水泥拟合参数，

续表 11 环境影响分析

故本报告根据《辐射防护手册》（第三分册）中表 3.3 中 150kV 条件下 2mmPb 相当于 33mm 硫酸钡水泥（密度 3.2g/cm³）、100kV 条件下 2mmPb 相当于 17mm 硫酸钡水泥，本次采用 150kV、100kV 的相关数据进行内插法计算，则 140kV 条件下 40mm 硫酸钡水泥对应的铅当量为 2.7mmPb。

根据建设单位提供的屏蔽防护方案，本项目各手术室屏蔽体的铅当量核算结果见表 11-2。

表 11-2 各手术室屏蔽厚度与 GBZ130-2020 要求对比表

手术室	使用设备	屏蔽体	屏蔽防护设计方案	折算铅当量	标准要求	评价结果
4 层手术中心一区 OP2 手术室	双管头 DSA（150kV）	四周墙体	3mmPb 铅板	3.0mmPb	2.0mmPb	满足要求
		顶棚	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	4.9mmPb	2.0mmPb	满足要求
		地板	150mm 钢筋混凝土+40mm 厚硫酸钡水泥	4.7mmPb	2.0mmPb	满足要求
		铅玻璃窗、防护铅门	3mmPb	3.0mmPb	2.0mmPb	满足要求
4 层手术中心一区 OP9 手术室	单管头 X 射线摄影透视系统（150kV）	四周墙体	3mmPb 铅板	3.0mmPb	2.0mmPb	满足要求
		顶棚	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	4.9mmPb	2.0mmPb	满足要求
		地板	150mm 钢筋混凝土+40mm 厚硫酸钡水泥	4.7mmPb	2.0mmPb	满足要求
		铅玻璃窗、防护铅门	3mmPb	3.0mmPb	2.0mmPb	满足要求
5 层手术中心二区 OP40 复合手术室	双管头 DSA（150kV）或滑轨 CT（140kV）	四周墙体	3mmPb 铅板	3.0mmPb	2.5mmPb	满足要求
		顶棚	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	4.6mmPb	2.5mmPb	满足要求
		地板	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	4.6mmPb	2.5mmPb	满足要求
		铅玻璃窗、防护铅门	3mmPb	3.0mmPb	2.5mmPb	满足要求
5 层手术中心二区 OP41 手术室	滑轨 CT（140kV）	四周墙体	3mmPb 铅板	3.0mmPb	2.5mmPb	满足要求
		顶棚	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	4.6mmPb	2.5mmPb	满足要求
		地板	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	4.6mmPb	2.5mmPb	满足要求
		铅玻璃窗、防护铅门	3mmPb	3.0mmPb	2.5mmPb	满足要求

备注：OP40 内使用 DSA 或滑轨 CT，铅当量折算按照最不利原则，统一取值滑轨 CT 对应铅当量。

根据上表核算和对比分析，本项目各手术室屏蔽能力均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.1.3 各手术室外周围剂量当量率

续表 11 环境影响分析

采用常用工况下相关参数见表 11-3，各手术室外计算点见图 11-1 至 11-6，各手术室外周围剂量当量率核算结果见表 11-4 至 11-7。

表 11-3 核算参数

设备名称	管电压 (kV)	对应管电流 I (mA)	单管头输出量 H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	散射面积 F (cm^2)	散射因子 α	散射距离 R_s (m)	关注点距离 R_0
DSA、X 射线摄影透视系统	90	20 (透视) 500 (采集)	3.18×10^5	400	6.8×10^{-6}	0.38	根据机房尺寸确定
CT	120	300	5.4×10^5	50	7.3×10^{-6}	0.6	根据机房尺寸确定
拟合参数			α	β	γ		
90kV			3.067	18.83	0.7726		
120kV (CT)			2.246	5.73	0.547		

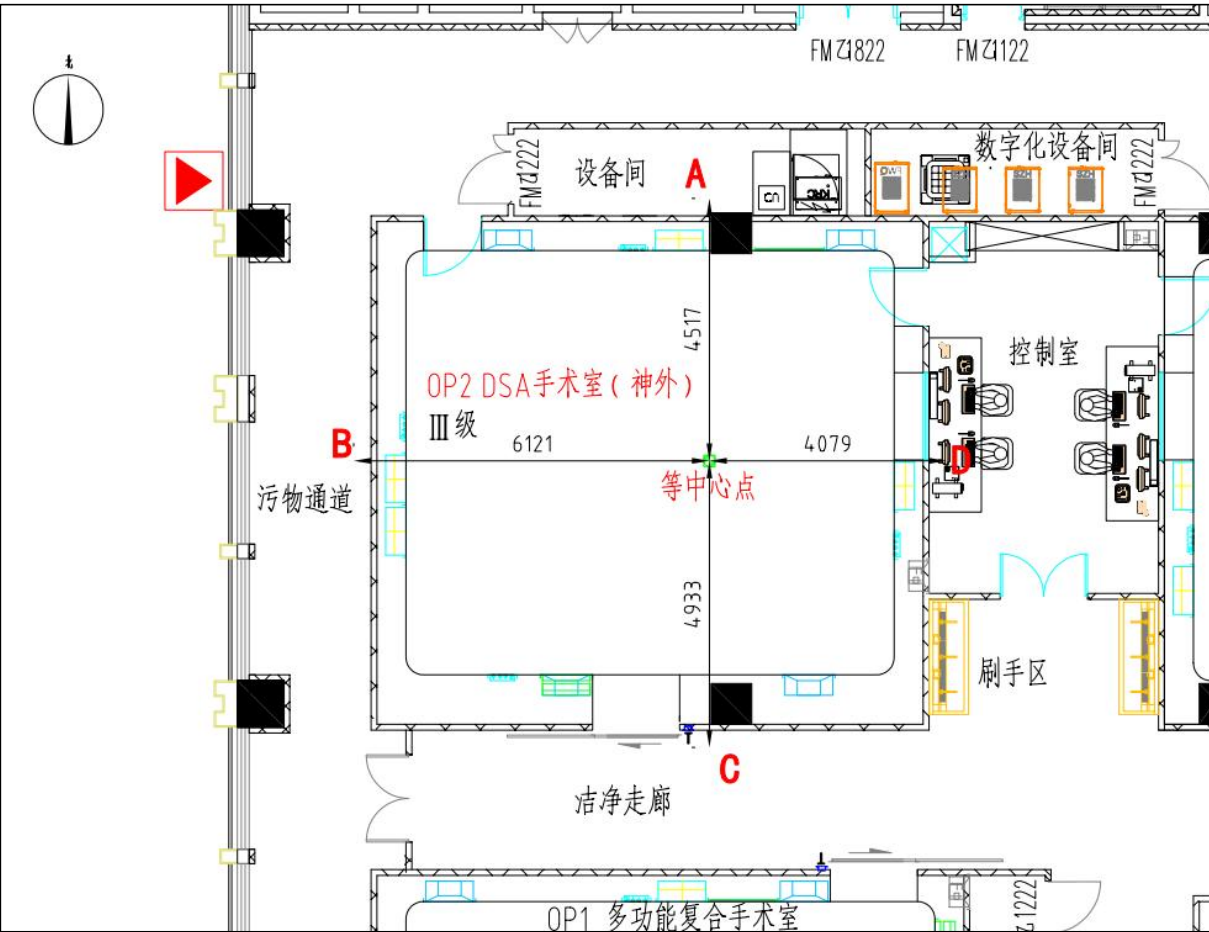


图 11-1 OP2 手术室外计算点图

续表 11 环境影响分析

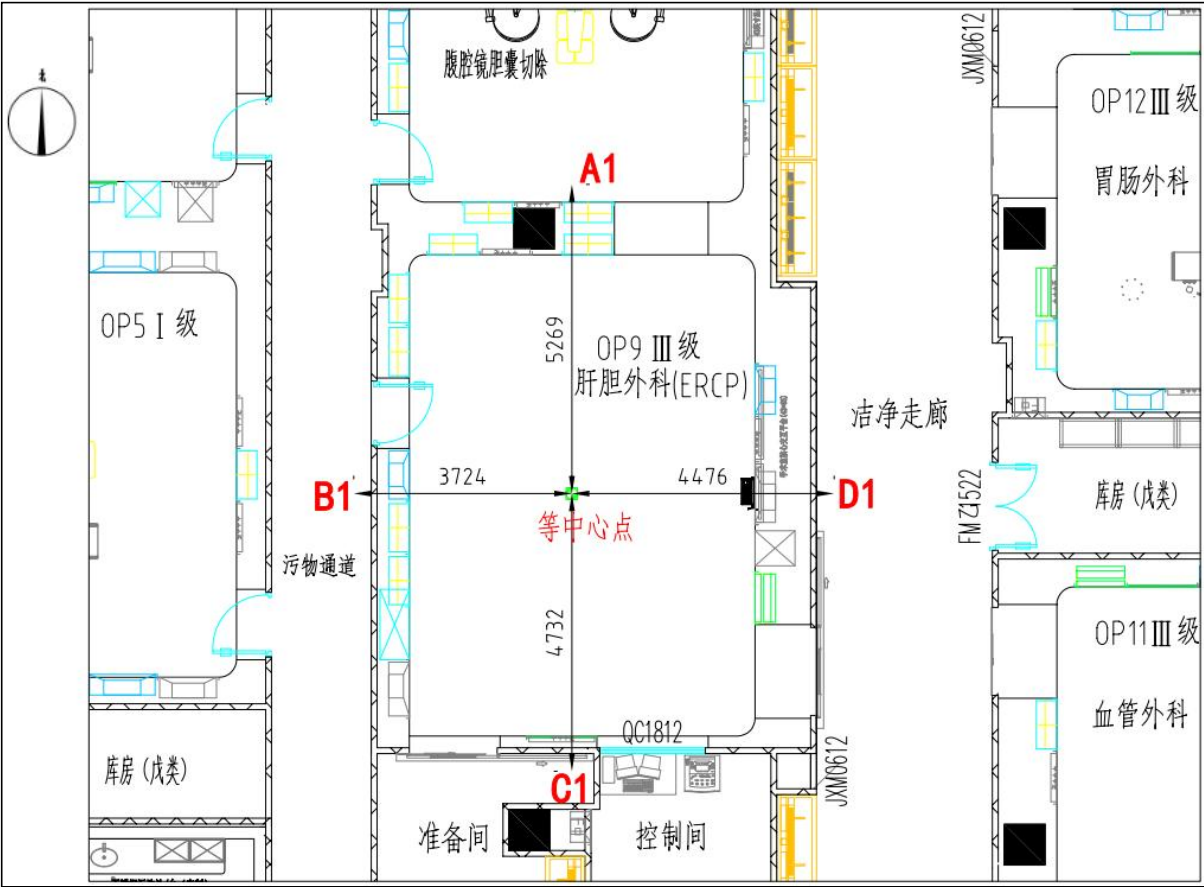


图 11-1 OP9 手术室外计算点图

续表 11 环境影响分析

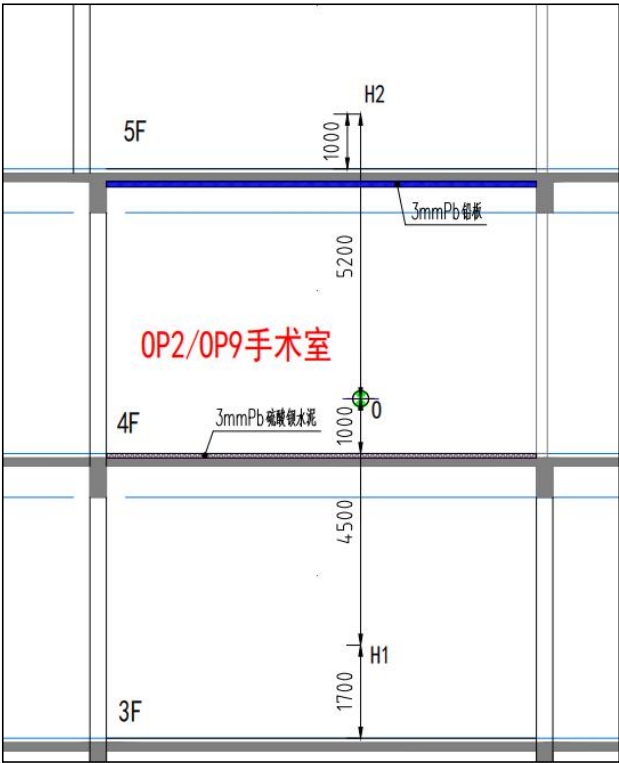


图 11-4 OP2、9 手术室剖面计算点图

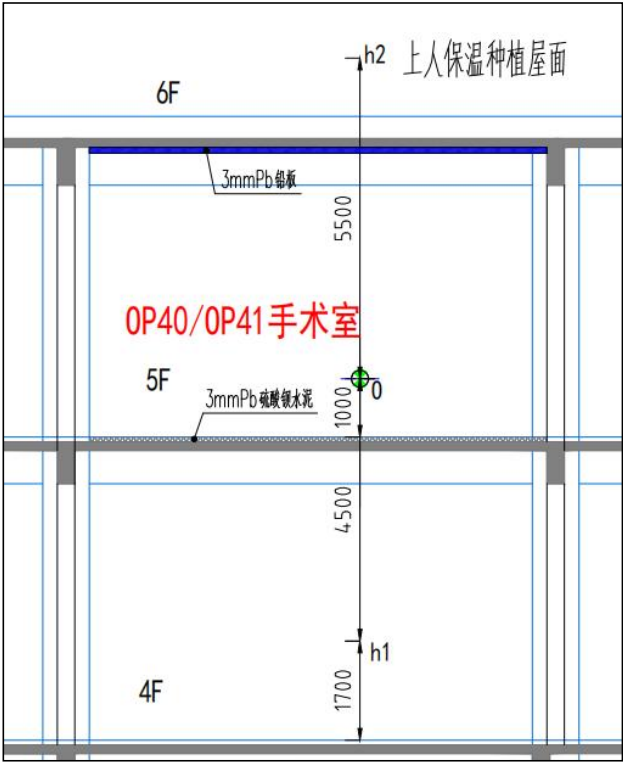


图 11-5 OP40、41 手术室剖面计算点图

续表 11 环境影响分析

表 11-4 OP2 手术室外周围剂量当量率核算结果							
设备	墙体名称		距离 (m)	屏蔽情况	双管头 DSA 出束周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		是否满足屏蔽要求
					透视	采集	
双管头 DSA	东	墙体	4.1	3mmPb 铅板	0.11	2.83	是
		防护门/窗	4.1	3mmPb	0.11	2.83	是
	西	墙体	6.1	3mmPb 铅板	0.05	1.28	是
		墙体	4.9	3mmPb 铅板	0.08	1.98	是
	南	防护门	4.9	3mmPb	0.08	1.98	是
		墙体	4.5	3mmPb 铅板	0.09	2.35	是
	北	防护门	4.5	3mmPb	0.09	2.35	是
	楼上	顶棚	5.2	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	2.07E-04	0.01	是
	楼下	地板	4.5	150mm 钢筋混凝土+40mm 厚硫酸钡水泥	5.10E-04	0.01	是
备注：距离四舍五入保留一位小数。							

表 11-5 OP9 手术室外周围剂量当量率核算结果							
设备	墙体名称		距离 (m)	屏蔽情况	单管头 X 射线摄影透视系统出束周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		是否满足屏蔽要求
					透视	摄影	
单管头 X 射线摄影透视系统	东	墙体	4.5	3mmPb 铅板	0.05	1.17	是
		防护门	4.5	3mmPb	0.05	1.17	是
	西	墙体	3.7	3mmPb 铅板	0.07	1.74	是
		防护门	3.7	3mmPb	0.07	1.74	是
	南	墙体	4.7	3mmPb 铅板	0.04	1.08	是
		防护窗	4.7	3mmPb	0.04	1.08	是
	北	墙体	5.3	3mmPb 铅板	0.03	0.85	是
	楼上	顶棚	5.2	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	1.03E-04	2.59E-03	是
	楼下	地板	4.5	150mm 钢筋混凝土+40mm 厚硫酸钡水泥	2.55E-04	6.38E-03	是
备注：距离四舍五入保留一位小数。							

根据表 11-4、11-5 计算结果可知，DSA、X 射线摄影透视系统出束常用透视条件下，OP2、OP9 手术室屏蔽体外周围剂量当量率最大分别为 $0.11\mu\text{Sv/h}$ 、 $0.07\mu\text{Sv/h}$ ，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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求；常用采集条件下，OP2、OP9 手

续表 11 环境影响分析

术室屏蔽体外周围剂量当量率最大分别为 2.83 μ Sv/h、1.74 μ Sv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25 μ Sv/h”的要求。

表 11-6 OP41 手术室外周围剂量当量率核算结果

设备	墙体名称		距离（m）	屏蔽情况	周围剂量当量率（ μ Sv/h）	是否满足屏蔽要求
滑轨 CT	东	墙体	5.1	3mmPb 铅板	0.76	是
		防护门	5.1	3mmPb	0.76	是
	西	墙体	4.9	3mmPb 铅板	0.83	是
		防护门	4.9	3mmPb 铅板	0.83	是
	西南	防护窗	3.6	3mmPb	1.18	是
	南	墙体	4.9	3mmPb 铅板	1.24	是
	北	墙体	4.7	3mmPb 铅板	0.90	是
		防护门	4.7	3mmPb	0.90	
	楼上	顶棚	5.5	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	0.02	是
	楼下	地板	4.5	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	0.03	是

备注：距离四舍五入保留一位小数。

表 11-7 OP40 复合手术室使用滑轨 CT 周围剂量当量率核算结果

设备	墙体名称		距离（m）	屏蔽情况	滑轨 CT 出束周围剂量当量率（ μ Sv/h）	是否满足屏蔽要求
滑轨 CT	东	墙体	5.1	3mmPb 铅板	0.76	是
		防护门	5.1	3mmPb	0.76	是
	西	墙体	4.9	3mmPb 铅板	0.83	是
		防护门	4.9	3mmPb 铅板	0.83	是
	西北	防护窗	4.7	3mmPb	1.53	是
	南	墙体	3.8	3mmPb 铅板	0.79	是
	北	墙体	4.7	3mmPb 铅板	1.62	是
		防护门	4.7	3mmPb	1.62	是
	楼上	顶棚	5.5	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	0.02	是
	楼下	地板	4.5	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	0.03	是

备注：距离四舍五入保留一位小数。

续表 11 环境影响分析

表 11-8 OP40 复合手术室使用双管头 DSA 周围剂量当量率核算结果							
设备	墙体名称		距离 (m)	屏蔽情况	双管头 DSA 出束周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		是否满足屏蔽要求
					透视	采集	
使用双管头 DSA	东	墙体	5.1	3mmPb 铅板	0.07	1.83	是
		防护门	5.1	3mmPb	0.07	1.83	是
	西	墙体	4.9	3mmPb 铅板	0.08	1.98	是
		防护门	4.9	3mmPb 铅板	0.08	1.98	是
	西北	防护窗	4.7	3mmPb	0.09	2.15	是
	南	墙体	3.8	3mmPb 铅板	0.13	3.29	是
	北	墙体	4.7	3mmPb 铅板	0.09	2.15	是
		防护门	4.7	3mmPb	0.09	2.15	是
	楼上	顶棚	5.5	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	4.64E-04	0.01	是
	楼下	地板	4.5	150mm 钢筋混凝土+3mmPb 铅板	6.93E-04	0.02	是

备注：距离四舍五入保留一位小数。

根据表 11-6、11-7 计算结果可知，滑轨 CT 常用条件下，OP40、41 手术室屏蔽体外最大周围剂量当量率分别为 $1.62\mu\text{Sv/h}$ 、 $1.24\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“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控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

根据表 11-8 计算结果可知，OP40 复合手术室不同时使用 DSA、滑轨 CT，使用 DSA 常用透视条件下，OP40 复合手术室屏蔽体外周围剂量当量率最大为 $0.13\mu\text{Sv/h}$ ，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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。OP40 复合手术室使用 DSA 常用采集条件下，OP40 复合手术室屏蔽体外周围剂量当量率最大为 $3.29\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。以上预测结果采用同类设备常用参数及出束条件，预测结果均小于 GBZ130-2020 要求，同时医院应采购满足 GBZ130-2020 的设备，确保屏蔽体外周围剂量当量率满足要求。

11.3 剂量估算

11.3.1 剂量估算公式

续表 11 环境影响分析

X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er}=H^*_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-3)$$

式中：H_{Er}：X 或γ射线外照射人均年有效剂量，mSv；

H^{*}₍₁₀₎：X 或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

t：X 或γ射线照射时间，h/a。

11.3.2 放射工作人员剂量估算

(1) 放射工作人员剂量估算

①控制室放射工作人员年有效剂量估算

控制室放射工作人员有效剂量估算见表 11-9、11-10。

表 11-9 4 层 OP2、OP9 手术室控制室放射工作人员有效剂量估算一览表

手术室	控制室周围剂量当量率 (μSv/h)		年出束时间 (h)		年有效剂量 (mSv/a)		总年有效剂量 (mSv/a)
	透视	采集	透视	采集	透视	采集	
OP2 控制室	0.07*	1.75*	415*	32*	2.91E-02	5.60E-02	0.3
	0.11	2.83	420	60	4.62E-02	1.70E-01	
OP9 控制室	0.04	1.08	500	50	2.00E-02	5.40E-02	7.40E-02

备注：OP2、OP3 共享控制室，*为《重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（直线加速器和 DSA 部分）环境影响报告表》中 OP3 手术室周围剂量当量率及年出束时间。

表 11-10 5 层 OP40、41 控制室放射工作人员有效剂量估算一览表

手术室	控制室周围剂量当量率 (μSv/h)			年出束时间 (h)			年有效剂量 (mSv/a)			总年有效剂量 (mSv/a)
	透视	采集	CT 扫描	透视	采集	CT 扫描	透视	采集	CT 扫描	
OP40、41 控制室	0.09	2.15	1.53	420	60	80	3.78E-02	1.29E-01	1.22E-01	0.29

备注：OP40、41 控制室共用控制室，CT 扫描时，医护人员全部退出手术室在控制室内。1.53*为 2 个手术室使用滑轨 CT 的较大贡献值。

根据上表可知，本项目各手术室控制室内放射工作人员年有效剂量最大为 0.29mSv/a，医院拟为本项目配置多名技师，叠加技师现状年剂量最大值（0.429mSv/a）后为 0.72mSv/a，仍低于本项目放射工作人员年有效剂量管理目标值 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

②手术室内医护人员

续表 11 环境影响分析

透视工作模式下，医护人员均穿戴个人防护设施（考虑 0.5mmPb），以公式 11-2 计算其透射因子，不考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素，不区分手术人员位置，同时，参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）表 B.1 规定：透视防护区检测平面上的周围剂量当量率不应大于 400μSv/h。核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。

采集/摄影工作模式下，考虑医护人员穿戴个人防护设施（考虑 0.5mmPb），并在移动铅屏风（考虑 2mmPb）后操作，以公式 11-2 计算其透射因子，考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素（1.5m），不区分手术人员位置，核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。

DSA、X 射线摄影透视系统出束运行时，各手术室内医护人员铅衣内外的周围剂量当量率计算结果见表 11-11 所示。

表 11-11 各手术室内医护人员铅衣内外的周围剂量年剂量估算表

运行管电压	手术类别	透射因子		手术人员铅衣内周围剂量当量率（μSv/h）	年出束时间（h）	年剂量估算（mSv/a）	
90kV	OP2 内介入手术	采集	98.10	60	5.89	98.10	14.34
		透视	20.12	420	8.45	20.12	
	OP9 内 ERCP	采集	49.05	50	2.45	49.05	7.48
		摄影	10.06	500	5.03	10.06	
	OP40 复合手术	采集	98.10	60	5.89	98.10	14.34
		透视	20.12	420	8.45	20.12	
运行管电压	手术类别	透射因子		铅衣外周围剂量当量率（μSv/h）	年出束时间（h）	年剂量估算（mSv/a）	
90kV	OP2 内介入手术	采集	1.72E-04	457.72	60	27.46	195.46
		透视	/	400	420	168.00	
	OP9 内 ERCP	采集	1.72E-04	228.86	50	11.44	211.44
		摄影	/	400	500	200.00	
	OP40 复合手术	采集	1.72E-04	457.72	60	27.46	195.46
		透视	/	400	420	168.00	

备注：采集时医生有可能在复合手术室内，故按照最不利情况进行核算，核算考虑采集时间。根据估算，OP2 相邻 OP3 手术室使用 DSA 对 OP2 手术室内医护人员周围剂量当量率已接近本底值，不再叠加计算。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中 6.2.4 佩戴铅围裙内外两个剂量计时，宜采用式（11-5）估算有效剂量。

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

续表 11 环境影响分析

式中： E —有效剂量中的外照射分量，单位为 mSv

α —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

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

β —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.1；

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

各手术室内手术医护人员受到的年有效剂量估算结果见表 11-12 所示。

表 11-12 手术医护人员受到的年有效剂量估算结果

手术类别	α	H_u (mSv)	β	H_o (mSv)	医护人员受到的 年有效剂量 E (mSv)	手术医生 配置情况	每组手术医护人员受到的年有效 剂量 (mSv/a)
OP2 内介入手术	0.79	14.34	0.05	195.46	21.10	5 组	4.22
OP9 内 ERCP	0.79	7.48	0.05	211.44	16.48	4 组	4.12
OP40 复合手术	0.79	14.34	0.05	195.46	21.10	5 组	4.22

备注：本项目工作人员手术时佩戴铅橡胶颈套，故 α 取 0.79， β 取 0.051。本项目未运营，按照理论值进行估算。

根据医院提供介入手术工作量，各手术室拟配置多组医护人员，根据表 11-12 可知，计划工作量对应的每组手术医护人员受到的年有效剂量约 4.22mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

此外，上述透视工作条件下的估算是按照透视防护区测试平面上的周围剂量当量率不大于 400 μ Sv/h 的基础上计算的，短时的采集次数根据手术计划确定。实际手术过程中，手术医护人员受到的照射剂量与铅悬挂防护屏设置位置、铅防护用品质量、手术医护人员的手术熟练度及习惯等相关。

同时，上述核算考虑的是工作负荷平均分配的情况，实际工作中的工作负荷可能不会均分，则手术医生的受照剂量会有一定的变化。因此，介入手术医生实际受到的年有效剂量以个人剂量计监测结果为准，医院应根据最大手术工作时间对手术医生进行工作调配，以确保辐射安全，在个人剂量计季度受照剂量超过 1.25mSv 时应及时减少工作量并密切关注个人剂量计。

另外，医院还应采取以下措施确保辐射安全工作：

续表 11 环境影响分析

A、要求从事介入手术人员在实际工作中，应正确佩戴个人剂量计，介入手术医护人员应在防护铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计；曝光时医护人员位于移动铅屏风后。

B、医院应定期对个人剂量计进行监测，根据监测报告结果，合理分配工作量，正确有效使用防护用品，尤其是铅橡胶颈套。若季度受照剂量超过 1.25mSv，应开展进一步调查，查明原因，提出解决方案，确保放射工作人员受到的年有效剂量低于医院的年剂量管理目标值。

C、建议医院后续根据实际情况需要，可为介入医生配备局部剂量计（如指环剂量计、眼部剂量计等）。

（2）公众成员剂量估算

同一方位的环境保护目标的年剂量估算均以最近的距离、最大的居留因子进行计算，故更远的环境保护目标年剂量将更小。各手术室外公众成员受到的年剂量估算见表 11-13 至 11-15。

表 11-13 OP2 介入手术室环境保护目标预测结果

序号		名称	方位	距离 (m)	周围剂量当量率 预测结果μSv/h		年受照时间 (h)		居留 因子	年剂量 /mSv/a
					DSA 透视	DSA 采集	DSA 透视	DSA 采集		
OP 2介入 手术室	1	OP3、6、8、13 手 术室等	东	约 4-50	0.03	0.73	420	60	1/2	2.77E-02
	2	刷手区、洁净走廊	东南	0-6	0.11	2.83	420	60	1/5	4.32E-02
		OP4、5、9、11、12 手术室等		约 6-50	0.02	0.52	420	60	1/2	1.97E-02
		洁净走廊、楼梯间、 污物暂存间、工作 人员休息间、等候 间等		0-50	0.11	2.83	420	60	1/5	4.32E-02
	3	污物通道	西	0-2	0.05	1.28	420	60	1/5	1.96E-02
	4	院内道路及门卫 室、1F 商铺		约 2-10	0.03	0.73	420	60	1	5.55E-02
	5	医学院路及临路居 民楼		约 10-50	0.01	0.18	420	60	1	1.40E-02
	6	洁净走廊、OP1、 MRI 检查室、走廊	南	0-20	0.08	1.98	420	60	1/2	7.62E-02
	7	连廊及医院 2 号楼		约 40-50	9.53E-04	0.02	420	60	1	1.82E-03
8	设备间、过道、库 房、楼梯间	北	0-8	0.09	2.35	420	60	1/5	3.58E-02	
	麻醉准备/复苏区、 病床等候区、楼梯 间、净化机房、 OP24、25 等		约 8-50	0.01	0.30	420	60	1/2	1.16E-02	

续表 11 环境影响分析

	9	数字化设备间、设备间	东北	0-14	0.09	2.35	420	60	1/5	3.58E-02
		库房、走廊、一次性耗材库、OP7、OP14、OP22、二级库房、楼梯间、缓冲间、准备间、负压手术室一次性用品等		约3-50	0.03	0.85	420	60	1/2	3.22E-02
	10	屋顶绿化、二综7-21F病房等	楼上	/	2.07E-04	0.01	420	60	1	6.87E-04
	11	二综3F（耳鼻喉科准备间及卫生间等）、二综-2F、-1F、1F、2F	楼下	/	5.10E-04	0.01	420	60	1/2	4.07E-04

表 11-14 OP9 手术室环境保护目标预测结果

序号		名称	方位	距离 (m)	周围剂量当量率预 测结果μSv/h		年受照时间 (h)		居留 因子	年剂量 /mSv/a
					DSA 透视	DSA 采 集	DSA 透视	DSA 采集		
OP 9手 术室 (E RC P 专 用)	1	准备间、等候间、 库房、手术中心走 廊	南	0-11	0.04	1.08	500	50	1/2	3.70E-02
	2	连廊及医院 2 号楼		11-50	3.58E-03	0.10	500	50	1	6.63E-03
	3	OP11、12、16、19、 库房、洁净走廊等	东	0-37	0.05	1.17	500	50	1/2	4.18E-02
	4	院内道路		37-50	5.88E-04	0.01	500	50	1/40	2.45E-05
	5	OP10、17、18、库 房、洁净走廊等	东南	0-5	0.05	1.17	500	50	1/2	4.18E-02
	6	OP5、4、1、污物通 道等	西	0-39	0.07	1.74	500	50	1/2	6.10E-02
	7	院内道路及 1F 商铺		39-50	5.26E-04	0.01	500	50	1	9.16E-04
	8	OP8、一次性耗材、 走廊、电梯等	北	0-50	0.03	0.85	500	50	1/2	2.88E-02
	9	OP13、14、15、20、 21、无菌库、走廊、 楼梯间等	东北	0-50	0.05	1.17	500	50	1/2	4.18E-02
	10	麻醉准备/复苏区、 OP6、7、3、走廊等	西北	0-50	0.07	1.74	500	50	1/2	6.10E-02
	11	OP31 手术室、缓冲 间、净化机房、二 综 7-21F 病房等	楼 上	/	1.03E-04	2.59E-0 3	500	50	1	1.81E-04
	12	二综 3F（耳鼻喉科 等候区等）、二综 -2F、-1F、1F、2F	楼 下	/	2.55E-04	6.38E-0 3	500	50	1/2	2.23E-04

续表 11 环境影响分析

表 11-15 OP40、41 手术室环境保护目标预测结果											
序号	名称	方位	距离 (m)	周围剂量当量率预测结果 $\mu\text{Sv/h}$			年受照时间 (h)			居留 因子	年剂量 /mSv/a
				DSA 透视	DSA 采集	CT 扫描	DSA 透视	DSA 采集	CT 扫描		
1	滑轨 CT 存放间	之间	0	0.09	2.15	1.62	420	60	80	1/40	0.01
2	洁净走廊	西	0-3	0.08	1.98	0.83	420	60	80	1/5	0.04
	OP38、39、30、33、34、21、缓冲间等		约 3-50	0.03	0.76	0.32	420	60	80	1/2	0.04
3	污物通道	东	0-2	0.07	1.83	0.76	420	60	80	1/5	0.04
	OP45、46、47、楼梯间等		约 2-50	0.04	0.94	0.39	420	60	80	1/2	0.05
4	OP42、无菌库房、走廊、电梯等	北	0-50	/	/	0.90	/	/	40	1/2	0.02
5	污物通道	东北	0-2	0.07	1.83	0.76	420	60	80	1/5	0.04
	OP43、44、48、49、50、走廊、楼梯间等		约 2-40	0.04	0.94	0.39	420	60	80	1/2	0.05
6	院内空坝、道路		约 40-50	0.00	0.02	0.01	420	60	80	1/40	6.39E-05
7	洁净走廊	西北	0-3	0.08	1.98	0.83	420	60	80	1/5	0.04
	OP37、35、36、32、走廊、楼梯间、麻醉准备/复苏区等		3-50	0.03	0.76	0.32	420	60	80	1/2	0.04
8	污物通道	南	0-3m	0.13	3.29	0.79	420	60	80	1/5	0.06
9	连廊		3-23m	0.05	1.27	0.30	420	60	80	1/5	0.02
10	医院 2 号楼		约 23-50 m	4.01E-03	0.10	0.02	420	60	80	1	0.01
11	屋顶绿化、净化机房、二综 7-21F 病房等	楼上	/	4.64E-04	0.01	0.02	420	60	80	1	2.39E-03
12	二综 4F (OP10、11、12 等手术室)、二综-2F、-1F、1F、2F、3F	楼下	/	6.93E-04	0.02	0.03	420	60	80	1/2	1.95E-03

备注：居留因子参照 NCRP147 号报告 P31 表 4.1 取值：办公室、药房等工作区域、等候室、儿童室内游戏区、护士站、控制室等取 1；检查、治疗室取 1/2；走廊、病房、员工休息室等取 1/5；走廊门 1/8；公厕、储藏室、室外休息区、病人留观区等取 1/20；过路行人或车辆、无人看管的停车场、楼梯等取 1/40。

对北侧环境保护目标的叠加影响主要考虑 OP41 使用滑轨 CT，OP40 的叠加影响忽略不计。

根据表 11-12 至 15 可知，本项目手术室外有其他辐射防护手术室屏蔽防护方案与本项目相当，其他辐射防护手术室对公众成员年剂量影响很小，叠加后本项目周围公众成

续表 11 环境影响分析

员仍低于医院年剂量管理目标值 0.1mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

（3）剂量估算结论

综上所述，根据医院提供的计划手术量，合理分配手术量、放射工作人员正确、有效使用防护用品和辅助防护设施的前提下，从事介入手术的放射工作人员所受到的年有效剂量低于放射工作人员的剂量管理目标值（ 5mSv/a ），公众成员受到年有效剂量也低于医院公众成员的剂量管理目标值（ 0.1mSv/a ），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.4 环境保护目标辐射环境影响分析

本项目各手术室的屏蔽防护能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，各关注点周围剂量当量率满足国家相关标准要求。本项目环境保护目标主要受 DSA、CT、X 射线摄影透视系统运行时产生的电离辐射（X 射线）影响。根据 X 射线衰减规律，辐射影响与距离的平方进行衰减，即距离辐射源越远，受到的影响越小。根据表 11-12 至 14 可知，各手术室外 50m 范围内环境保护目标周围剂量当量率远低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，受本项目手术室外公众成员受到的年剂量低于 0.1mSv/a 。因此，本项目所致手术室周围 50m 范围内环境保护目标的影响甚微，对环境的影响可以接受。

11.5 “三废”环境影响分析

11.5.1 废气影响

X 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，消除有害气体对手术室的影响，关键在于加强室内通风。本项目 DSA、CT、X 射线摄影透视系统运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，各手术室设置多个排风口，废气经排风管收集引至同层南侧外墙排放，离地面高约 20m、25m，排放口朝向院内道路。

11.5.2 废水影响

本项目医疗废水进入第二综合楼新建污水处理站进行处理，处理满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准后排入市政污水管网。医院污水处理站处理能力为 $2000\text{m}^3/\text{d}$ 。本项目的放射工作人员在医院劳动定员内，污水处理站设计时已经考虑这部分废水，故医院污水处理站能接纳本项目产生的废水。因此，本项目

续表 11 环境影响分析

产生的废水能得到有效处置，不会对周围环境产生影响。

11.5.3 固体废物

本项目产生的生活垃圾经收集后，统一经医院的收运系统交环卫部门处理。

本项目产生的医疗废物分类收集，当日手术结束后经污物走廊收集在西南侧污物处置间打包后经该层污梯运至医院-1F 医院医疗废物暂存间，最终交由有资质单位处理。医疗废物暂存间内设置感染性废物和损伤性废物收集桶，相应类别的塑料桶上粘贴中文标签，医疗废物暂存间大门张贴危险废物标识。医疗废物暂存间为封闭空间，日常不使用时锁闭大门，设专人管理，防止非工作人员接触医疗废物；医疗废物暂存间的面积足够暂存医院 2 天内产生的医疗废物。医疗废物暂存间内设置紫外线消毒装置，空调通风换气装置。因此，本项目产生医疗废物及时运送至医疗废物暂存间，此种处理措施依托可行。

本项目拟配置多套含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不再使用的铅防护用品按有关规定由医院收集后妥善保存，做好记录，交有资质单位处理。

DSA、CT、X 射线摄影透视系统报废时按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

综上所述，本项目产生的固体废物均能得到合理的处理，不会对环境产生影响。

11.6 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。

CT、DSA、X 射线摄影透视系统在医疗诊断和手术辅助等方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。本项目营运以后，各手术室为病人提供一个优越的诊断治疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院的档次及服务水平，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。复合手术室的各屏蔽体和防护措施也符合要求。

因此，CT、DSA、X 射线摄影透视系统的使用对受电离辐射照射的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》

续表 11 环境影响分析

(GB18871-2002) 中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。 11.7 产业政策符合性 本项目主要使用 DSA、CT、X 射线摄影透视系统从事介入手术工作。根据《产业结构调整指导目录(2024 年本)》鼓励类中第十三项、第 4 条：“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”，本项目属于鼓励类中的“高性能医学影像设备”的应用，符合国家的产业政策。 11.8 事故影响分析 (1) 风险事故类型 X 射线装置产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。因 X 射线装置设置专用机房（即手术室），机房四周屏蔽体、顶棚、观察窗及防护门均采用固定辐射防护设施，基本不会发生机房屏蔽体损坏而致无关人员受到误照射的事故，即使发生，也能一目了然而不再开机曝光，不会受到误照射。X 射线看不见、摸不着，因此，更多的辐射事故是因为设备故障和违反操作规程等，而导致无关人员受到误照射或者放射工作人员受到超剂量照射。这类辐射事故主要体现在以下几个方面： ①手术室外人员误照射：在 CT、DSA、X 射线摄影透视系统偏离常用运行工况下造成手术室外人员的误照射。 ②手术室内公众成员误照射：除手术人员外其他与手术无关人员（如清洁人员、医疗废物运输人员、设备间内人员等）在防护门关闭前因未及时撤离，防护门未关闭或射线装置工作时门被开启，造成手术室内公众成员的误照射。 (2) 后果分析 ①手术室内人员误照射 在极端情况下，本项目 DSA、X 射线摄影透视系统透视工况运行管电压为最大管电压，即 150kV，电流自动跟随电压，电流不大于 110mA；在极端情况下，本项目 DSA 采集工况运行管电压也为最大管电压，即 150kV，电流自动跟随电压，电流不大于 500mA。在极端情况下，本项目 X 射线摄影透视系统摄影工况运行管电压也为最大管电
--

续表 11 环境影响分析

压，即 150kV，电流自动跟随电压，电流不大于 500mA。在极端情况下，本项目 CT 最大运行参数 140kV，500mA。

在最大运行参数条件下运行，各手术室外人员最大剂量估算情况见表 11-15。

表 11-15 各手术室外误照射人员所受辐射剂量估算表

手术室	事故情景	复合手术室外最大周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	单台手术最大曝光时间 (min)	有效剂量 (mSv)	总有效剂量 (mSv)	吸收剂量 (mGy)
OP2	DSA 透视最大运行参数 150kV，110mA 条件下运行，人员位于手术室外	3.56E+01	21	1.25E-02	2.05E-02	2.05E-02
	DSA 采集最大运行参数 150kV，500mA 条件下运行，人员位于手术室外	1.62E+02	3	8.09E-03		
OP9	X 射线摄影透视系统透视最大运行参数 150kV，110mA 条件下运行，人员位于手术室外	1.78E+01	20	5.93E-03	8.62E-03	8.62E-03
	X 射线摄影透视系统摄影最大运行参数 150kV，500mA 条件下运行，人员位于手术室外	8.09E+01	2	2.70E-03		
OP40	DSA 透视最大运行参数 150kV，110mA 条件下运行，人员位于复合手术室外	4.88E+01	21	1.71E-02	2.83E-02	2.83E-02
	DSA 采集最大运行参数 150kV，500mA 条件下运行，人员位于手术室外	2.22E+02	3	1.11E-02		
	CT 最大运行参数 140kV，500mA 条件下运行，人员位于手术室外	3.89E+00	2	1.30E-04		
OP41	CT 最大运行参数 140kV，500mA 条件下运行，人员位于手术室外	4.38E+00	2	1.46E-04	1.46E-04	1.46E-04

备注：仅考虑散射线， $\text{Sv/Gy}=1$ 。150kV 在最大散射角情况下 1m 处的每平方厘米的散射系数为 7.8×10^{-6}

根据核算可知，在理论可预知风险条件下，项目各手术室外人员误照射受到的单台手术有效剂量最大约 $2.83 \times 10^{-2} \text{mGy}$ 。

②手术室内人员误照射

因各种原因导致 X 射线装置在运行过程中非手术人员滞留机房内发生误照射辐射事故，按照最不利情况即设备最大运行参数，考虑人员受到照射的位置距离 X 射线装置靶点约 1m 考虑。

续表 11 环境影响分析

因手术床旁、设备和操作间均拟设置急停按钮，发现人员误入或滞留复合手术室内时能及时按下急停按钮停止出束，因此受照时间可按照发现人员误入或滞留并按下急停按钮时间约 2min 考虑，从最不利情况考虑单台手术的最大采集、透视、CT 扫描时间（分别约 3min、21min、2min）进行估算。其剂量估算情况见表 11-16。

表 11-16 各手术室内误照射人员所受辐射剂量估算表

手术室	工作模式	受照时间	受照人员所在位置周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	有效剂量 (mGy)	有效剂量 (Gy)
OP2	DSA 透视	2min (发现后使用急停按钮)	3.82E+06	127.39	0.13
		21min	3.82E+06	1337.62	1.34
	DSA 采集	10s (发现后使用急停按钮)	1.74E+07	48.25	0.05
		3min	1.74E+07	868.59	0.87
	DSA 采集+透视	24min (单台手术采集+透视最长时间)	/	2206.21	2.21
OP9	X 射线摄影透视系统透视	2min (发现后使用急停按钮)	1.91E+06	63.70	0.06
		20min	8.69E+06	2895.29	2.90
	X 射线摄影透视系统摄影	10s (发现后使用急停按钮)	8.69E+06	24.13	0.02
		2min	8.69E+06	289.53	0.29
	X 射线摄影透视系统透视+摄影	22min (单次摄影+透视最长时间)	/	3184.82	3.18
OP40	DSA 透视	2min (发现后使用急停按钮)	3.82E+06	127.39	0.13
		21min	3.82E+06	1337.62	1.34
	DSA 采集	10s (发现后使用急停按钮)	1.74E+07	48.25	0.05
		3min	1.74E+07	868.59	0.87
	DSA 采集+透视	24min (单台手术采集+透视最长时间)	/	2206.21	2.21
	CT	10s (发现后使用急停按钮)	3.74E+05	1.04	1.04E-03
		2min	3.74E+05	12.46	1.25E-02
	DSA+CT 同时			2218.67	2.22
OP41	CT	10s (发现后使用急停按钮)	3.74E+05	1.04	1.04E-03
		2min	3.74E+05	12.46	1.25E-02

备注：仅考虑散射线， $\text{Sv/Gy}=1$ 。150kV 在最大散射角情况下 1m 处的每平方厘米的散射系数为 7.8×10^{-6} ，140kV 在最大散射角情况下 1m 处的每平方厘米的散射系数为 7.6×10^{-6}

根据以上后果分析可知，复合手术室内人员误照射情况下，人员滞留手术室内且未穿戴防护用品时，可能发生超年剂量照射的事故，造成一般辐射事故。

续表 11 环境影响分析

(3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和组织反应（确定性效应）。

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在剂量阈值。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

确定性效应定义为已存在阈值剂量并且反应严重程度随剂量增加而加重为特征的细胞群体的损伤，也被称为“组织反应”。确定性效应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应和胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

根据上述后果分析可知，两种事故情景导致人员在手术室内或手术室外单次误照射所受到辐射剂量超过年剂量，为一般辐射事故，单次事故不会导致严重辐射损伤，但会增加随机性效应的概率。全年多次误照射的情况基本不存在。

(4) 风险事故防范措施分析

由于各种管理不善或人误等造成的误照射，导致人员的照射方式主要是外照射，因此发生误照射事故应第一时间切断 X 射线装置电源，确保 X 射线装置停止出束，对人员进行救治，医院应采取以下措施防范风险事故发生。

续表 11 环境影响分析

①撤离复合手术室时应清点人数，确认没有无关人员停留在复合手术室后才开始操作。此外，在设备及控制台设置有紧急停机按钮，可避免此类事故的发生。在复合手术室内设备旁设置紧急停机按钮醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

②医院加强管理，手术医生在开展手术时，需要进行复合手术室透视曝光时，应由熟练医生正确穿戴防护用品熟练完成。

③放射工作人员须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照复合手术室管理要求开展手术。

④医院应定期做好设备稳定性检测和质控检测，加强设备维护，使设备始终保持在最佳状态下工作，尽可能避免最不利条件运行的风险事故发生。

⑤培植放射工作人员的安全文化素养，增强放射工作人员个人防护意识，在开展血管造影介入手术时正确使用防护用品，佩戴个人剂量计，放射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训。防护用品不使用时，采用悬挂或平铺方式妥善存放，防止断裂。加强介入医护人员职业健康体检，发现医护人员不适合参与放射工作应及时停止工作。

综上所述，医院落实上述措施后，能有效减少和杜绝辐射事故的发生，减少对周围环境和公众的影响。

11.10 环保投资

本项目环保投资估算约 50 万元，占总投资的 2.5%，具体情况见表 11-17。

表 11-17 项目环保投资一览表

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框、上墙，人员培训考核等	1
电离辐射警示标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	手术室屏蔽体防护（防护铅板、防护门窗等）计入主体投资，各手术室门灯连锁等	9
防护用品	个人防护用品及辅助防护设施，包括铅橡胶围裙、帽子、颈套、眼镜，床侧防护帘/床侧防护屏、铅悬挂防护屏/铅防护帘、移动铅屏风等	28
环保手续	环评、验收、监测、办证等	12
合计	/	50

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构及人员

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：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，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

重庆医科大学附属第一医院已成立放射防护领导小组（以下简称“小组”），小组组成包括组长、副组长、成员，学历均为本科及以上，文件规定了小组的工作职责，全面领导医院放射防护工作的开展，制定放射防护管理制度；组织放射防护措施的实施，督导检查落实情况。对新建、改扩建放射诊疗建设项目提出放射防护建议；定期组织对放射工作场所进行放射防护检测。组织放射工作人员进行个人剂量监测、定期进行放射防护知识培训、定期进行职业健康检查。

医院现有的放射防护领导小组设置符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。本项目开展后，目前医院的管理机构和管理人员也能满足相关要求，因此，本项目的辐射环境管理可直接纳入现有管理机构管理。

12.1.2 放射工作人员配置及辐射安全培训

医院为本项目配置的放射工作人员包括医师、技师、护士等，均为已取得相应类别辐射防护与安全培训合格成绩单，根据表 11 预测分析，人员数量满足手术工作负荷需要。后期若新增放射工作人员均应在上岗前取得辐射防护与安全培训合格成绩单。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：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《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当定期接受一次再培训。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》（公告 2019 年第 57 号），有辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。原持有的辐射安全培训合格证

续表 12 辐射安全管理

书到期的人员，应当通过培训平台报名并参加考核，五年有效。

根据《中华人民共和国生态环境部公告》（2021 年第 9 号），仅操作使用 III 类射线装置的工作人员可不参加集中考核，由医院自行组织考核，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。

因此，医院应及时梳理在岗放射工作人员，核查其培训情况及持证到期情况，督促其做到持在有效期内相应类别辐射安全与防护培训合格证上岗，新招聘的放射工作人员也按照上述要求管理。

12.1.3 个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。个人剂量档案应当终身保存。另外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量片相互传借，不允许将个人剂量片带出中医院。

医院现有放射工作人员均配置了个人剂量计，按 GBZ128 相关要求进行一次个人剂量监测（一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月），并安排了专人负责个人剂量监测管理工作，发现个人剂量监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。此外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互转借，不允许将个人剂量计带出医院。本项目配置的放射工作人员按照医院相关个人剂量计管理制度执行。

12.1.4 职业健康检查

医院现有放射工作人员均按照要求在每两年进行一次职业健康体检，目前在岗放射工作人员均无体检异常，无疑似职业病人员，满足管理要求。必要时可增加临时性检查。放射工作人员脱离辐射工作岗位，离岗前的职业健康检查，并保存放射工作人员的健康档案。医院继续按照现有制度对放射工作人员的职业健康体检进行管理。

12.2 辐射安全管理制度、档案等

12.2.1 规章制度

续表 12 辐射安全管理

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。 目前医院已制定了一系列管理制度，现有《放射防护管理制度》、《放射工作人员档案管理制度》、《放射工作人员健康管理制度》、《放射工作人员培训制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射监测计划》、《放射防护注意事项》、《放射事故应急领导小组成员及职责分工》、《放射事故应急预案》、《放射诊疗设备维修保养制度》等。现有制度考虑到了现有核技术利用项目的操作使用和安全防护，制度基本健全，具有一定的可操作性，医院到目前为止未曾发生过放射事故。 上述各种制度适用于现有核技术利用项目的辐射和安全防护，制度基本健全，具有一定的可操作性。从医院及科室层面明确了辐射防护与安全责任，医院在此之前按照各项管理制度执行，到目前为止未发生过辐射事故。在本项目各手术室投入运营前，医院应根据开展的核技术利用项目类型医院管理要求修订上述基本辐射防护与安全制度，具体包括手术室人员岗位职责、DSA 操作规程、CT 操作规程等。在进一步补充、完善环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，医院能满足辐射环境管理要求。 12.2.2 年度评估 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。 根据调查，医院每年编制《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》，并按时向生态环境主管部门提交。年度评估报告包括医用 X 射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。 本项目建成后，医院拟将本项目各 X 射线装置将纳入年度评估管理中。 12.2.3 档案管理 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销

续表 12 辐射安全管理

售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

辐射安全与防护管理档案资料分以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“年度评估”、“辐射应急资料”。医院应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

医院认真落实了相关制度和规定，所有放射工作人员均进行职业健康体检、个人剂量检测、辐射安全与防护培训，并将职业健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案进行了保存。

本项目运营后，医院拟将本项目相关的档案资料建立档案，并纳入现有档案管理中，档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

12.3 核安全文化建设

核安全文化是以“安全第一”为根本方针，以维护公众健康和环境安全为最终目标；保障核安全是培育核安全文化的根本目的，而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施，是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。

核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其全体工作人员的责任心。对于核技术利用项目核安全文化建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化，核安全文化表现在从事核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，提高并保持核安全意识。

医院已建立了辐射环境安全管理体系，设立核安全保障机构，明确了单位各层级人员的职责，将良好的核安全文化融汇于运营和管理的各个环节；持续开展核安全文化建设，让其发挥的作用更加有效，做到凡事有章可循，凡事有据可查，凡事有人负责，凡事有人检查。在日常工作中将核安全文化建设贯彻于核技术利用活动中，不断识别单位内部核安全文化的弱项和问题并积极纠正与改进；落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。让核安全文化落实到每个从事核技术利用活动人

续表 12 辐射安全管理

员的工作过程中，确保核技术利用项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①医院组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；

②医院建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

12.4 辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（第十六条）的相关规定，医院从事本项目辐射活动的能力评价如表 12-1。

表 12-1 医院从事本项目辐射活动能力评价表

应具备条件	落实情况
（一）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，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	已成立放射防护领导小组，负责医院的辐射安全与防护管理工作，成员学历均为本科及以上。
（二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	本项目放射工作人员从医院劳动定员中调配和培养。医院已制定培训计划，医院将按照制度落实，现有放射工作人员已取得辐射防护与安全培训合格成绩单，后期满负荷工作时新聘或调配工作人员应培训考核合格后上岗。
（四）放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	设备自带急停按钮，手术室防护门拟设置门灯联锁装置，门口显眼位置设置电离辐射警示标识和警示语等。
（五）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	项目拟配置工作人员和患者的铅防护用品，也按要求拟配置铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏等防护设施。
（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院现有辐射环境管理制度较齐全。本项目投运前拟增加制定手术室人员岗位职责、DSA 操作规程、CT 操作规程等，并按照规定将项目相关制度张贴上墙
（七）有完善的辐射事故应急措施。	医院已制定辐射事故应急预案，并规定典型辐射事故场景的事故应急措施。

医院现有多台 DSA 已投入使用，医院已建立有相应的管理体系。本项目参照现有介入手术室管理，本项目的辐射安全管理工作依托医院现有的管理体系。医院已具备一

续表 12 辐射安全管理

定辐射安全管理能力，但还应加强对医院射线装置的管理，认真落实上述要求，放射工作人员在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，具备从事本项目辐射活动的能力，应及时完成项目竣工环境保护验收，并按照要求办理《辐射安全许可证》，在许可范围内从事辐射工作，项目方可投入正式运行。在后期运行过程中，医院还应强化医院辐射安全管理制度，严格要求放射工作人员遵守医院辐射安全管理制度。

12.5 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》等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、开展常规的防护监测工作。医院制定有《辐射监测计划》，包括定期对各手术室周围活动人员和环境进行监测，做好监测记录，存档备查。根据调查，医院委托有资质单位每三个月对放射工作人员个人剂量进行监测，监测结果远低于中医院年剂量管理目标值。医院已按照相关要求委托有资质的单位每年对现有辐射工作场所进行了监测。根据监测结果，医院现有辐射工作场所的辐射环境影响满足相关标准的要求。

辐射监测内容包括：

(1) 个人剂量监测

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。

监测单位：具有个人剂量监测资质的单位；

监测频率：一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月；如发现异常可加密监测频率。

监测结果处理：年剂量超过 5mSv，报告发证机关，开展调查，根据调查结果作出相应整改等。

(2) 工作场所环境监测

为保证项目辐射工作场所的安全，项目建成后的监测包括验收监测、例行监测和日常监测。

①验收监测：项目建成后、辐射防护设施等发生大的变化、设备大修等之后进行验收监测，委托有资质单位监测。监测结果交生态环境主管部门存档。

②例行监测：每一年监测一次，委托有资质单位监测。监测结果纳入年度评估报告提交生态环境主管部门。

续表 12 辐射安全管理

③日常监测：按照监测计划开展日常监测，加强日常监测。做好监测记录，存档备查，发现问题及时整改。

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求监测。主要监测位置为：机房（手术室）四周墙体、门、窗外 30cm 处；顶棚上方（楼上）距离顶棚地面 100cm、地板下方（楼下）距离下层地面 170cm 处等关注点位，通风管道及其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置；重点关注穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置。

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等要求，建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

12.6.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

根据本报告表 11 分析，本项目射线装置在事故工况下导致人员的误照射可能超过年剂量限值，即造成一般辐射事故的发生。

12.6.2 事故应急方案与措施

医院目前已制定了《放射事故应急预案》，并成立了放射事故应急领导小组，组长由副院长担任，副组长由处长担任，成员由相关科室负责人组成；应急领导小组的主要职责是负责编制应急处置预案，对突发辐射事故事件的统一领导、统一指挥，作出处置的重大决策，决定辐射事故的应急响应终止。《预案》还明确辐射事故的预防、应急处置措施、辐射事故报告电话及流程、应急响应的启动和终止等。医院还应在制度上完善应急能力的培训、演练等要求。

（1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即停机，并立即向上级部门报告，并根据《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》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向市、区生态环境部门报告。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。

续表 12 辐射安全管理

(2) 辐射事故应急处置措施 事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作： ①一旦发生辐射事故，立即按下应急开关按钮或直接停机断电，撤出机房（手术室）内人员。 ②事故状态下，确需工作人员进入机房关机的，工作人员应佩戴防护用品及个人剂量计。 ③应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。 ④事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，采取措施防止类似事故再次发生。 另外，医院运行至今，尚未发生过辐射事故，故目前未启动过放射安全事件应急处理预案，但开展过应急演练。医院应继续完善现有放射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练，并做好演习记录和资料归档，并根据应急演练情况，进一步完善辐射事故应急预案，在本项目建成后，将本项目纳入现有放射事故应急预案中。 12.7 竣工验收 根据《建设项目环境保护管理条例》，建设项目需要配套建设的环境保护设施需与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。项目正式投产运行前，中医院应进行自主竣工环保验收，按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）的要求开展验收工作，完善验收程序与相关手续。 本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

续表 12 辐射安全管理

表 12-2 项目环保设施竣工验收内容及管理要求一览表			
序号	验收内容	本项目验收要求	备注
1	建设内容	OP2 手术室内使用 1 台 DSA（双管头，II 类射线装置，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1500mA）。 OP9 手术室内使用 1 台 X 射线摄影透视系统，II 类射线装置，单管头设备，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA。 OP40 复合手术室内开展滑轨 CT 与 DSA 联合的复合介入手术，配置 1 台 DSA，II 类射线装置，双管头，最大管电压 150kV，最大管电流 1500mA。OP41 手术室利用滑轨 CT 开展胸外科等手术前扫描。滑轨 CT 为单管头，III 类射线装置，最大管电压均为 140kV，最大管电流为 800mA。 滑轨 CT 存放在滑轨 CT 存放间内，手术需要时，滑至 OP40、OP41 使用。	/
2	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全	/
3	剂量控制	放射工作人员年有效剂量管理目标值<5mSv 机房外公众成员年有效剂量管理目标值<0.1mSv	GB18871-2002 GBZ130-2020 及医院管理要求
4	人员要求	组织放射工作人员参加辐射安全与防护知识的培训，并经考核合格后上岗，按要求定期组织复训	公告 2019 年第 57 号等相关要求
5	剂量率控制	OP2 手术室、OP40 复合手术室使用 DSA 时，OP9 手术室内使用 X 射线摄影透视系统时，透视条件下，距离机房墙体、门、窗表面 30cm，机房顶棚上方距楼上地面 100cm，机房地板下方距楼下地面 170cm 处的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。 OP40 复合手术室、OP41 手术室内使用 CT 扫描时，屏蔽体外距离机房墙体、门、窗表面 30cm，机房顶棚上方距楼上地面 100cm，机房地板下方距楼下地面 170cm 处的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	GBZ130-2020
6	辐射安全防护措施	①各手术室所有防护门上方均设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”指示灯。并将门与灯形成联锁，门关，灯亮，警示无关人员远离机房区域，门开，灯熄灭。DSA 与 CT 不同时在 1 个手术室内开机使用，确保手术室内只能 1 台设备出束使用。 ②各手术室各防护门外均设置电离辐射警告标志，提醒周围人员尽量远离该区域，同时在患者等候区设置放射防护注意事项告知栏。 ③制度上墙（手术室辐射安全管理制度、操作规程、人员岗位职责、应急程序等）。 ④机房设置机械通风系统，保持良好通风，机房内不得堆放无关杂物。 ⑤平开机房门有自动闭门装置，电动推拉门有防夹装置。 ⑥设备上自带急停开关；控制台设置急停开关；操作间与机房设对讲装置；防护用品与辅助防护设施齐全。 ⑦各手术室四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力，穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。	

续表 12 辐射安全管理

7	防护用品	每名介入手术医护人员在铅防护衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，技师配置 1 枚个人剂量计。
		橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 12 套，介入防护手套若干；床侧防护帘/床侧防护屏、铅悬挂防护屏/铅防护吊帘 3 套，移动铅屏风 4 扇；铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 4 套。防护用品的铅当量满足标准要求。
8	管理	有健全的操作规程、岗位职责、辐射工作安全防护管理制度、设备维修保养制度、人员培训计划、辐射监测制度、年度评估制度等。

表 13 结论及建议

13.1 项目概况 重庆医科大学附属第一医院拟实施“重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（手术中心部分）”项目，在重庆市渝中区袁家岗友谊路 1 号袁家岗院区第二医疗综合大楼 4 层手术中心一区 OP2 手术室配置 1 台数字减影血管造影 X 射线装置（DSA，II 类射线装置，双管头设备，最大管电压 150kV，最大管电流 1500mA）开展介入手术，在 4 层手术中心一区 OP9 手术室内配置 1 台 X 射线摄影透视系统（II 类射线装置，单管头设备，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA）开展 ERCP 介入手术，在 5 层手术中心二区 OP40 复合手术室配置 1 台 DSA（II 类射线装置，双管头设备，最大管电压 150kV，最大管电流 1500mA），在滑轨 CT 存放间配置 1 台滑轨 CT（III 类射线装置，单管头设备，最大管电压 140kV，最大管电流 800mA），可滑至 OP40 复合手术室与 DSA 联合开展复合介入手术，滑至 5 层手术中心二区 OP41 手术室辅助手术前扫描。项目总建筑面积约 410m²。 项目总投资约 2000 万元，其中环保投资约 50 万元。 13.2 实践正当性 医院利用 DSA、CT、X 射线摄影透视系统从事介入诊疗手术，在病诊断和手术辅助方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用，对受电离辐射照射的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。 13.3 产业政策符合性 本项目主要使用 DSA、CT、X 射线摄影透视系统从事介入诊疗手术，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类中的“高性能医学影像设备”的应用，符合国家的产业政策。 13.4 辐射环境现状 为了解本项目拟建地的辐射环境质量现状，重庆泓天环境监测有限公司对项目所在地辐射水平现状进行了监测，监测结果表明所在地环境 γ 辐射剂量率为 50nGy/h～93nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），根据《2023 年重庆市辐射环境质量报告书》（简化版），累积剂量测得的 γ 辐射空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 76.8~93.3nGy/h，

续表 13 结论及建议

平均值 87nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）相比较，项目所在地的环境 γ 辐射剂量率监测值在重庆市环境 γ 辐射空气吸收剂量率正常涨落范围内。

13.5 选址可行性及布局合理性

本项目选址于医院第二医疗综合大楼 4 层手术中心一区 and 5 层手术中心二区，手术中心设置有多个普通手术室及需要使用 X 射线装置的辐射防护手术室，4 层手术中心一区 OP2 介入手术室与已在上一阶段取得环评批复的 OP3 介入手术室相邻，OP9 手术室为专用 ERCP 介入手术室，5 层 OP40、OP41 手术室中间设置滑轨 CT 存放间，可不移动患者利用滑轨在不同手术室使用 CT。但滑轨 CT 与 DSA 不同时开机，且滑轨 CT 使用期间为隔室操作。2 层手术中心均设置有消毒间、刷手区、准备间、无菌库房、麻醉准备/复苏区、污物暂存间等手术中心辅助用房。本项目辐射防护手术室选址根据手术中心整体规划布置，手术中心独立、封闭管理，周围一般公众成员较少，同时医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

手术中心角落均设置有独立的污物处置间并设置有专门的洁净走廊及污物通道，手术过程中产生污物可及时运出至给层污物处置间。本项目各手术室周围布置有控制室、设备间、洁净走廊、污物通道、其他手术室或辅助用房等，各控制室相邻手术室布置，并设置有观察窗便于观察手术室内情况。OP40 复合手术室外北侧有专门的滑轨 CT 存放间，各手术室辅助用房功能完备。本项目手术室对应 3 层为耳鼻喉科准备间、卫生间、等候大厅等，对应 5 层为净化机房及绿化。各手术室周围均布置辅助用房，手术中心封闭管理，患者家属在手术中心外有专门的等候区，与手术室区域具有物理隔断。此外，手术中心人流、物流通道独立，手术中心内部主要是医护人员、患者活动，无其他公众成员长期停留。远离人流聚集区域，有利于辐射防护。

从辐射防护与环境保护角度，项目的选址可行，平面布局合理。

13.6 辐射防护与安全措施结论

（1）辐射工作场所分区管理

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将辐射工作场所划为控制区和监督区，将各手术室划设为控制区，将滑轨 CT 存放间、手术室周围相邻区域及的楼上、楼下机房对应区域划设为监督区。医院严格限制无关人员进出

续表 13 结论及建议

控制区，在正常诊疗的工作过程中，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全，控制区边界防护门拟设置电离辐射警告标志、门灯联锁装置。在监督区入口处或适当位置设立表明监督区的标牌，进行日常的监测和评估。

(2) 手术室（机房）屏蔽防护

本项目各手术有效使用面积、最小单边长度满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。各手术室四周墙体屏蔽防护材料均为3mmPb铅板，顶棚为150mm钢筋混凝土+3mmPb铅板，地板为150mm钢筋混凝土+40mm厚硫酸钡水泥或3mmPb铅板，防护门均为3mmPb、观察窗均为3mmPb。

(3) 安全联锁装置及其他措施

项目拟配置具有多种固有安全防护措施并符合相关标准要求的 DSA、CT、X 射线摄影透视系统，设备上及控制台上均拟设置急停开关，介入手术室（OP2、OP9、OP40）内配置 1 套铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏、移动铅屏风等辅助防护设施；并按有关标准要求配备介入手术人员及患者防护用品。OP40、41 手术室使用滑轨 CT 均为隔室操作。各手术室所有防护门上方均拟设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”指示灯。并将门与灯形成联锁，警示无关人员远离介入室区域。平开门拟设置自动闭门装置，电动推拉门拟设置防夹装置。

本项目各手术均为Ⅲ级手术室（万级层流手术室），设计有上送风，排风及下回风，可保持机房内有良好的通风。本项目拟在各控制室与手术室之间设置双向对讲系统，便于手术室内放射工作人员与操作室内人员沟通。介入手术医护人员拟在铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，技师佩戴 1 枚个人剂量计，合理分配工作量。经分析，项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

13.7 环境影响分析

（1）各手术室屏蔽能力：根据核算，在常用工况条件下，各手术室屏蔽防护能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 6.3.1 的要求。

（2）年剂量估算：项目在合理配置介入手术医生情况下，本项目放射工作人员人所受到的年有效剂量均低于放射工作人员剂量管理目标（5mSv/a），项目所致公众成员的附加年有效剂量亦低于剂量管理目标（0.1mSv/a），介入医护人员正确佩戴和按时监测个人剂量计，保证医护人员的年剂量低于放射工作人员剂量管理目标（5mSv/a），满足《电离辐

续表 13 结论及建议

射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

（3）环境保护目标影响：通过核算可知，各手术室外公众成员的年有效剂量低于 0.1mSv/a。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的辐射影响满足相应标准和要求，项目的辐射环境影响是可以接受的。

（4）“三废”影响：项目各 X 射线装置运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，各手术室设置多个排风口，废气经排风管收集引至同层南侧外墙排放，离地面高约 20m、25m，排放口朝向院内道路。项目放射工作人员等产生的废水依托医院的污水处理站处理，医疗废物依托第二综合楼的医疗废物暂存间暂存后交有资质单位处理，生活垃圾交市政环卫部门处理。铅防护用品在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不再使用的铅防护用品按有关规定由医院收集后妥善保存，做好记录，交有资质单位处理。DSA、CT、X 射线摄影透视系统报废时按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

（5）事故风险：本项目运行期间的风险事故等级为一般辐射事故，通过落实撤离各手术室时应清点人数、在设备上及控制台设置紧急停机按钮、加强医院管理、放射工作人员加强专业知识学习、加强防护知识培训、加强职业道德修养、严格遵守操作规程和规章制度、定期做好设备稳定性检测和质控检测、加强设备维护、正确使用防护用品、正确佩戴个人剂量计，放射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后，本项目风险可控。

13.8 辐射与环境保护管理

医院成立了放射防护领导小组，制定了相应辐射环境管理相关制度，后续还应针对本项目工作场所的特点，补充手术室人员岗位职责、DSA 操作规程、CT 操作规程等，并修订现有辐射安全管理制度。本项目配置的放射工作人员已取得介入放射学等相关专业类别的辐射安全与防护培训考核合格成绩单以及职业健康体检合格报告，后期将按照 5 年有效期按时进行复训和考核、2 年有效期按时进行放射职业健康体检；项目落实本次环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求。加强日常应急响应的准备工作及应急演练，根据应急演练情况，进一步完善辐射事故应急预案，并在今后的工作中，加强管理，能满足辐射环境管理要求，杜绝辐射事故的发生。

续表 13 结论及建议

综上所述，重庆医科大学附属第一医院第二医疗综合大楼（手术中心部分）项目，符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，项目选址可行，平面布局合理。在制定的辐射安全防护措施和管理措施后，项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

