

核技术利用建设项目

重庆市第四人民医院科学城院区建设项目（一期）
(复合手术室部分)

环境影响报告表

建设单位：重庆市第四人民医院

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2025年10月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
重庆市第四人民医院科学城院区建设项目（一期）
(复合手术室部分)

环境影响报告表

建设单位名称：重庆市第四人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：重庆市渝中区健康路 1 号

邮政编码：400010

联系人：罗国志

电子邮箱：82221206@qq.com

联系电话：13

06

打印编号: 1758698784000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	k6j6jd		
建设项目名称	重庆市第四人民医院科学城院区建设项目（一期）（复合手术室部分）		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	重庆市第四人民医院		
统一社会信用代码	125000004503885327		
法定代表人（签章）	陈力		
主要负责人（签字）	傅伟		
直接负责的主管人员（签字）	罗国志		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
肖英	07355543507550272	BH001035	肖英
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
周欢	基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、辐射环境质量现状、工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议	BH042644	周欢

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	11
表 3 非密封放射性物质	11
表 4 射线装置	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6 评价依据	14
表 7 保护目标与评价标准	16
表 8 环境质量和辐射现状	21
表 9 项目工程分析与源项	25
表 10 辐射安全与防护	36
表 11 环境影响分析	48
表 12 辐射安全管理	65
表 13 结论及建议	74

表1 项目基本情况

建设项目名称	重庆市第四人民医院科学城院区建设项目（一期）（复合手术室部分）							
建设单位	重庆市第四人民医院							
法人代表	陈力	联系人	罗国志	联系电话	136*****906			
注册地址	重庆市渝中区健康路 1 号							
项目建设地点	重庆高新区西永 M 组团 M24-2 地块重庆市第四人民医院科学城院区医技楼 5F							
立项审批部门	重庆高新技术产业开发区 管理委员会改革发展局	批准文 号	渝高新改投〔2021〕406 号 2012-500112-04-01-529034					
建设项目总投 资（万元）	1000	项目环保投资 (万元)	80	投资比例(环保 投资/总投资)	8%			
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他	占地面積 (m ²)		/				
应用 类 型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类					
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类					
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物					
		<input type="checkbox"/> 销售	/					
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙					
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类					
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类					
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类					
	其他	无						

1.1 项目由来

重庆市第四人民医院（重庆市急救医疗中心、重庆大学附属中心医院）位于重庆市渝中区健康路 1 号，始建于 1939 年，前身为“中正医院”，1950 年更名为西南工业部第一工人医院，1954 年更名为重庆市第一工人医院，1984 年更名为重庆市第四人民医院，1988 年 3 月依托重庆市第四人民医院合并原重庆市急救站，组建了重庆市急救医疗中心、重庆市第四人民医院，2017 年 10 月成为重庆大学附属中心医院，是集急救、医疗、科研、教学、预防为一体的国家三级甲等综合医院。

续表 1 项目基本情况

为加快重庆高新区经济社会发展，满足广大人民群众日益增长的医疗卫生需求，医院在重庆高新区西永 M 组团 M24-2 号地块建设科学城院区。

重庆市第四人民医院科学城院区（一期）总建筑面积约 207531m²，主要建筑包括门急诊楼、感染楼、医技楼、住院楼、行政办公楼等。医院目前正在建设中，为满足医疗需求，医院对医技楼 5F 手术中心进行了设计变更，根据设计变更后布局情况，医技楼五 F 手术中心北侧拟建设 1 间复合手术室，并拟配置 1 台数字减影血管造影设备（以下简称 DSA）和 1 台 X 射线计算机断层扫描装置（以下简称 CT，设备为滑轨式），开展各类临床手术。

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、神经介入术等的 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 DSA+CT 开展临床手术，其中 DSA 设备属于 II 类射线装置，CT 属于 III 类射线装置。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》以及《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，建设单位委托重庆宏伟环保工程有限公司开展该项目的环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版）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形式为编制环境影响报告表。

医院委托重庆宏伟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之上，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《重庆市第四人民医院科学城院区建设项目（一期）（复合手术室部分）环境影响报告表》。

1.2 本项目建设概况

(1) 项目名称：重庆市第四人民医院科学城院区建设项目（一期）（复合手术室部分）

(2) 建设单位：重庆市第四人民医院

续表 1 项目基本情况

- (3) 建设地点：重庆高新区西永 M 组团 M24-2 地块重庆市第四人民医院科学城院区医技楼 5F
- (4) 建设性质：新建
- (5) 建设规模：在医技楼 5F 手术中心北侧新建 1 间复合手术室、控制室以及设备间，并拟配置 1 台 DSA（II 类射线装置、最大管电压 125kV、最大管电流 1250mA）和 1 台 CT（III 类射线装置、最大管电压 150kV、最大管电流 1300mA、滑轨式），用于开展各类临床手术，两台设备不同时出束。项目总建筑面积约 150m²。
- (6) 项目投资：总投资约 1000 万元，其中环保投资约 80 元。
- (7) 施工期：预计 3 个月。

本项目位于医院医技楼 5F 手术中心，项目组成情况见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

分类	项目	项目组成
主体工程	复合手术室	在医技楼 5F 手术中心北侧新建 1 间复合手术室（简称机房），复合手术室内空长 11.6m，宽 7.2m；吊顶后内空 3m，层高 4.5m，有效使用面积约 83.5m ² 。
	设备	1 台 DSA，单管头，最大管电压 125kV，最大管电流 1250mA，属于 II 类射线装置。 1 台滑轨式 CT，最大管电压 150kV，最大管电流 1300mA，属于 III 类射线装置。 将 DSA 与 CT 设置在同一手术空间，两者共享患者支撑系统（手术床），其余部分独立。CT 待机位置在手术室西侧，DSA 和手术床安装在手术室东侧。手术室地面设置滑轨，手术需要时利用滑轨，将 CT 滑至手术床位置进行扫描。DSA 和 CT 的操作系统设置互锁功能，两者不同时开机出束。
辅助工程		设置设备间、控制室，利用手术中心污物通道、更衣间、刷手区、铅衣存放间、洁净通道、术前准备室、预麻复苏室、候诊区等。
公用工程	给水	依托院内供水管网
	排水	依托建筑排水管网，将废水排入医院污水处理站处理达 GB18466-2005 预处理排放标准后排入市政污水管网，最终进入西永污水处理厂处理。
	供配电	依托院内供配电系统
	通风	本项目通风系统按照手术空气净化要求设计，设置手术室送风和回风系统，送风口位于手术室天花中部，回风口位于手术室南北两侧墙体下方。送风管道和回风管道均又手术室东南角和西南角墙体上方靠近顶棚处穿过，然后通过医技楼 5F 顶棚开孔通向上方层流机房，两者连接至同一个净化机组，让空气净化后循环流通。另在手术室东侧天花位置设置 1 个排风口，将室内废气通过排风管道最终引至屋顶上方层流机房外墙处排放。
环保工程	废水处理设施	依托新院区新建污水处理站（处理能力为 2000m ³ /d）处理达 GB18466-2005 预处理排放标准后排入市政污水管网。然后接入西永污水处理厂进一步处理达标后排入梁滩河。
	废气处理措施	复合手术室东侧天花处设置 1 个排风口，然后连接至排风管道，管道穿墙位置位于手术室东南角墙体上方靠近顶棚处，废气收集后经管道通过医技楼 5F 顶棚开孔引至上方层流机房处，排风管道最终排放口位于层流机房北墙，排放口外为屋顶天台开阔区域。

续表 1 项目基本情况

固废处理措施	项目运行产生的废物依托医院的收运系统收集运输。生活垃圾收集后交市政环卫部门处理。手术过程中产生的医疗废物收集后通过污物通道和电梯转移至医院医疗垃圾站暂存，而后再交由有资质的单位处置。不再使用的含铅防护用品医院收集后妥善保存，做好记录，交由有资质单位处置。DSA 和 CT 报废按照相关要求去功能化后，根据医院相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。
辐射防护	拟采用足够铅当量厚度的混凝土、硫酸钡水泥、硫酸钡防护板、铅玻璃、铅防护门等作为手术室屏蔽防护体的材料。手术室按相关标准要求设置状态指示灯、门灯联锁、对讲系统、自动闭门装置、防夹装置等，保证射线装置运行安全。

1.3 辐射防护方案

根据设计及建设单位提供资料，项目辐射防护设计方案见表 1-2。

表 1-2 手术中心复合手术室辐射屏蔽防护设计方案

房间名称	房间尺寸	防护方案		
复合手术室	11.6m×7.2m×4.5m；吊顶后内空3m，有效使用面积 83.5m ²	四周墙体	手术室墙体从外至内为：装饰层+龙骨+4mmPb 硫酸钡防护板+矩管龙骨+电解钢板	
		防护门（4 扇）	4mmPb 防护铅板	
		观察窗（2 扇）	4mmPb 铅玻璃	
		顶棚	100mm 混凝土+50mm 厚硫酸钡水泥	
		地板	100mm 混凝土+50mm 厚硫酸钡水泥	

备注：硫酸钡防护板之间搭接缝隙及与上下楼板连接处缝隙，采用 3mmPb 铅板。

混凝土（即砼）密度为 2.35g/cm³；铅密度为 11.3g/cm³，硫酸钡水泥密度为 3.2g/cm³。

1.4 配套设施、设备

复合手术室拟配置主要设备见表 1-3。

表 1-3 复合手术室拟配置设备一览表

序号	名称	数量	用途	位置	备注
1	DSA	1 台	介入手术	复合手术室	拟购，单管头，II类射线装置
2	滑轨式 CT	1 台	复合手术扫描诊断		III类射线装置
3	电源柜	2 套	DSA、CT 配电	设备间	DSA、CT 设备配套
4	高压发生柜	2 套	DSA、CT 高压装置	设备间	
5	系统控制柜	2 套	设备控制和数据传输	设备间	
6	控制系统	2 套	DSA、CT 设备操作	控制室	
7	中心供氧装置	1 套	患者供氧	复合手术室	
8	除颤仪	1 台	手术配套用	复合手术室	手术配套设备
9	手术无影灯	1 套	手术配套用	复合手术室	
10	医用吊塔（麻醉塔、外科塔）	1 套	手术配套用	复合手术室	
11	终端显示屏、远程会诊	1 套	手术配套用	复合手术室	
12	心电监护仪	1 套	手术配套用	复合手术室	
13	高压注射泵、微量注射泵	1 套	手术配套用	复合手术室	
14	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	1 套	手术配套用	复合手术室	

续表 1 项目基本情况

15	排风系统	1 套	机械送排风系统, 按照 I 级洁净手术室设计	复合手术室	/
16	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、	4 套	工作人员防护	手术医护使用	不小于 0.5mmPb
	铅防护眼镜	4 套	工作人员防护		不小于 0.25mmPb
	介入防护手套	若干	工作人员防护		不小于 0.025mmPb
17	床侧防护帘/床侧防护屏	1 套	工作人员防护	复合手术室	不小于 0.5mmPb
18	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	1 套	工作人员防护		不小于 0.5mmPb
19	移动铅防护屏风	1 套	工作人员防护		不小于 2mmPb
20	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套	2 套	患者防护	患者使用	儿童、成人各 1 套, 不小于 0.5mmPb
21	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

备注: 可以根据工作人员及患者需要选配铅橡胶帽子, 铅当量不低于 0.25mmPb, 儿童防护用品铅当量不小于 0.5mmPb。

1.5 外环境概况

本项目工作场所位于医院医技楼 5F 手术中心, 医院总平面示意图见附图 2。

医技楼四周相邻区域均为室外道路和绿化等, 大楼每层均由连廊与周边其他大楼相连, 其周边外环境关系情况见表 1-4。本项目辐射环境保护目标为项目复合手术室周围 50m 范围内的辐射工作人员和公众成员。

表 1-4 项目所在楼周围外环境关系一览表

序号	名称	方位	最近距离 (m)	环境特征
1	院内道路、绿化带等	四周	紧邻	院内绿化、道路
2	连廊	北侧、西侧、南侧	紧邻	医技楼和医院住院楼、门急诊楼连接走廊
3	办公楼	东侧	约 10m	医院行政办公大楼, -2/8F
4	住院楼	北侧	约 25m	医院医疗大楼, -2/11F
5	门急诊楼	西侧、南侧	约 10m	医院医疗大楼, -2/5F

注: 上述距离为建筑物地面边界至各区域的距离

1.6 选址可行性

本项目复合手术选址在医院医技楼 5F 手术中心北侧, 手术中心具有物理隔断与其他科室隔离, 且手术中心设置有独立的洁净通道、污物通道、医护更衣、刷手区、铅衣存放间及患者家属专门的等候区。本项目选址于此, 与手术中心人流、物流通道一致, 且可共用手术中心配套的辅助用房。本项目将 DSA、CT 布置在一间手术室内, 实现微创介入手术与传统外科开放式手术相结合, DSA 和 CT 通过彼此操作系统的互锁

续表 1 项目基本情况

装置，使 DSA 和 CT 不同时出束，可降低临床手术风险及复杂性。同时，复合手术室选址于手术中心的角落，属于相对独立的区域，除医务人员和手术病人外，周围无其他公众长时间停留，有利于辐射防护与安全。医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。此外，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。

因此，从辐射环境保护角度分析，项目选址可行。

1.7 项目劳动定员及工作制度

本项目放射工作人员均包含在科学城院区劳动总定员内，新院区复合手术室拟配置 10 名放射工作人员，包括 6 名医师，2 名技师，2 名护士。本项目放射工作人员主要是调配医院现有院区部分工作人员或新招聘作为本项目放射工作人员。科学城院区复合手术室和介入中心分属不同科室，人员不共用，但在科学城院区运营中，可能存在部分工作人员在医院现有院区和科学城院区同时工作的情况。

工作制度：医院年运营 365 天，放射工作人员年工作 250 天，实行轮休制。

1.8 工作负荷

根据医院提供的资料，因科学城院区已设置有介入中心和影像中心，一般介入手术在医技楼 1F 介入中心的 4 间介入手术室完成，常规 CT 影像诊断在医技楼 1F 影像中心完成。本项目复合手术室主要开展心脏、血管、神经、肿瘤等外科复合手术。在该手术室内可在进行外科手术治疗的同时完成介入导管治疗，并在术前、术后进行 CT 扫描定位、验证。复合手术室不进行单独的 DSA 介入手术和 CT 检查工作。

预计年开展各类外科复合手术 500 台，配合 CT 扫描 600 次。

1.9 项目建设背景

1.9.1 项目用房的环保手续情况

重庆市第四人民医院科学城院区属于新建项目，已按照要求编制完成了环境影响报告书，并于 2023 年 1 月取得了重庆市高新区生态环境局出具的环境影响评价文件批准书：渝（高新）环准[2023]002 号。医院目前处于内部装饰和设备设施安装阶段。

1.9.2 医院核技术利用项目开展情况

（1）医院核技术利用项目开展情况

重庆市第四人民医院老院区位于重庆市渝中区健康路 1 号，目前只有老院区开展

续表 1 项目基本情况

了核技术利用项目，科学城院区目前处于施工期，核技术利用项目尚未开展。医院已办理了辐射安全许可证，证号为：渝环辐证(00107)，有效期至2027年12月18日。根据辐射安全许可证内容，医院开展的核技术利用项目为使用I类放射源(⁶⁰Co)；使用II类射线装置、III类射线装置；使用非密封放射性物质（乙级、丙级）。根据医院提供的资料，医院目前已配置了1台伽玛刀治疗设备（使用18枚⁶⁰Co源）、22台医用X射线装置（其中II类射线装置3台（DSA），III类射线装置19台），分别设置1个核医学科工作场所和粒子植入工作场所，使用¹³¹I、^{99m}Tc、¹²⁵I粒籽源和⁸⁹Sr，均在许可范围内。

医院现有已许可密封源情况见表1-5，非密封放射性物质工作场所见表1-6，医院现有已许可医用X射线装置见表1-7。

表 1-5 医院现有非密封放射性物质一览表

序号	核素	类别	出厂总活度(Bq)	源数量	用途	生产厂家
1	⁶⁰ Co	I类	2.24×10^{14}	18枚	伽玛刀治疗	成都中核高通

表 1-6 医院现有非密封放射性物质一览表

序号	核素	场所分级	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	工作场所
1	¹²⁵ I粒籽	丙级	1.11×10^7	3.7×10^{11}	新大楼LG层A区储源分装室、CT室二、5楼肿瘤科
2	¹³¹ I	乙级	3.7×10^8	3.7×10^{11}	新大楼负二层A区核医学科
3	¹²⁵ I粒籽		2.78×10^6	1.8×10^{11}	
4	^{99m} Tc		1.85×10^7	5.55×10^{12}	
5	⁸⁹ Sr		7.4×10^8	7.4×10^{11}	

表 1-7 医院现有X射线装置一览表

序号	设备名称	类别	数量(台)	工作场所
1	移动式C型臂X射线机	III	2	新大楼10楼A区麻醉科手术间1
2	移动式C型臂X射线机	III	1	新大楼10楼A区麻醉科手术间2
3	移动式C型臂X射线机	III	1	新大楼10楼A区麻醉科手术间3
4	移动式C型臂X射线机	III	1	新大楼10楼C区麻醉科数字化手术间
5	CT	III	1	新大楼1层架空层CT室
6	DR	III	1	新大楼1层架空层DR室
7	医用血管造影X射线系统	II	1	新大楼1层架空层复合手术室
8	全数字化平板血管造影机	II	1	新大楼-2楼A区导管室1
9	医用血管造影X射线机	II	1	新大楼-2楼A区导管室2
10	CT	III	1	新大楼LG层A区放射科CT1室
11	CT	III	1	新大楼LG层A区放射科CT2室

续表 1 项目基本情况

12	CT	III	1	新大楼 LG 层 A 区放射科 CT3 室
13	乳腺机 X 光机	III	1	新大楼 LG 层 A 区放射科乳腺室
14	胃肠机	III	1	新大楼 LG 层 A 区放射科胃肠一室
15	数字化医用 X 射线摄影机	III	1	新大楼 LG 层 A 区放射科照片二室
16	摄影 X 射线机	III	1	新大楼 LG 层 A 区放射科照片一室
17	SPECT/CT	III	1	新大楼负二楼 A 区核医学科
18	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	III	1	新大楼架空层东南侧区域口腔放射室
19	骨密度仪	III	1	新大楼架空层全身骨密度机房
20	移动 DR	III	2	新旧大楼各住院科室

经现场调查，医院上述设备环保手续齐全。医院现有放射工作人员 138 人，已为每名放射工作人员配置个人剂量计，并委托有资质单位没三个月进行一次个人剂量监测，最近四个季度放射工作人员个人剂量监测结果最大值为 2.26mSv（介入工作人员），均低于 5mSv。同时，医院按要求安排放射工作人员参加职业健康体检，建立个人剂量检测档案和职业健康体检档案。除部分新入职工作人员外，其余放射工作人员均已参加辐射安全防护培训，并通过考核，培训合格证均在有效期内。医院每年委托有资质单位对现有射线装置、密封源、非密封源工作场所进行辐射监测，监测结果表明，现有辐射工作场所周围剂量当量率满足要求。

现有核技术利用项目运营情况良好，近几年未发生辐射事故，重庆市生态环境局也未收到辐射环保投诉，未产生辐射环保纠纷。

（2）科学城院区已批准核技术利用项目情况

重庆市第四人民医院科学城院区拟建设放射治疗、核医学科、X 射线影像诊断和 DSA 介入手术等工作场所，配置 SPECT/CT、PET/CT、医用电子直线加速器、DSA、CT、DR 等诊疗设备，使用非密封放射性物质。工作场所主要分布在住院楼、医技楼和门急诊楼。目前，科学城院区各核技术利用项目已完成环境影响评价，并取得了批准文件。院区正在建设过程中，目前未投运。

已批准项目具体见表 1-8。

表 1-8 科学城院区已批复核技术利用项目

序号	工作区域	建设内容	环评批复	变动情况
1	住院楼-1F：放疗中心	配置 2 台医用电子直线加速器、1 台 CT 模拟定位机和 1 台 MR 模拟定位机	渝（高新）环准 〔2023〕63 号	无变动
2	住院楼-1F：核医学科	诊断区配置 1 台 PET/CT 和 1 台 SPECT/CT 及配套用房。治疗区设置 10 间甲癌病房及配套用房。	渝（高新）环准 〔2023〕63 号	无变动

续表 1 项目基本情况

		使用 ¹⁸ F、 ^{99m} Tc、 ¹³¹ I、 ⁸⁹ Sr、 ³² P等核素，日等效最大操作量约为3.45×10 ⁹ Bq，属于乙级非密封源工作场所。		
3	医技楼 1F：介入中心	配置 4 台 DSA		无变动
4	门急诊楼 B 区 1F：DSA 手术室	配置 1 台 DSA		无变动
5	医技楼 1F：影像中心	配置 4 台 CT、1 台数字胃肠机和 3 台 DR		无变动
6	住院楼-1F：核医学科	配置 1 台骨密度仪		无变动
7	门急诊楼 1F：急救中心	配置 1 台 CT 和 1 台 DR		无变动
8	门急诊楼 1F：体检中心	配置 1 台 CT、1 台乳腺机、1 台全身骨密度仪和 1 台 DR		无变动
9	感染楼 1F：	配置 1 台 CT		无变动
10	医技楼 5F：手术中心	配置 4 台移动 C 形臂 X 射线机	202350019 300000068	手术中心布局调整，另行填报登记表

综上，科学城院区因医技楼 5 层手术中心布局调整，移动 C 形臂 X 射线机工作场所有调整，同时增加了本次复合手术室用房，本次针对新增复合手术室使用 X 射线装置进行评价，其余移动 C 形臂场所使用场所有变动的，后续另行填报《建设项目环境影响登记表》。

1.9.3 本项目与医院的依托关系

本项目位于医院新建科学城院区，医院院本部已开展有多种核技术利用项目。因此，本项目主要依托医院现有辐射工作人员、辐射环境管理体系和新建院区主体结构、公用设施，依托可行性分析详见表 1-9。

表 1-9 项目依托可行性分析

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
主体工程	建筑主体依托	本项目所有工作场所位于医院新建院区医疗大楼内，设计上已经考虑了本项目涉及区域，因此主体建筑依托可行。	主体建筑依托可行
辅助工程	辅助用房依托	项目位于手术中心内，手术中心设计上已考虑工作人员、患者、污物等相关配套用房。	辅助用房依托可行
公用工程	供电、供水等公用工程依托	医院已设计完善的供电电网、供水管网等。	依托可行
环保工程	医疗废物	医疗垃圾站拟设置在医院东侧，面积约 80m ² 。按《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。项目依托可行。	复合手术室放射工作人员已纳入新院区总劳动定员人员，
	生活垃圾	医院拟设置移动式生活垃圾箱，生活垃圾收集至生活垃圾填埋场。	

续表 1 项目基本情况

		圾站，交环卫部门处理。	环保设施可接纳本项目产生污水及固废
	生活污水	医院污水处理站拟设置在医院东侧，处理能力为2000m ³ /d，其设计上包含了医院全院运行过程中产生的废水处理，本项目产生的废水量计入医院总量中，处理达标后排放。	
辐射安全管理	放射工作人员	医院现有放射工作人员均参加了辐射安全培训，并取得了培训合格证；现有放射工作人员配置了个人剂量计，进行了职业健康体检，并建立个人剂量档案和职业健康管理档案。	依托可行
	管理机构规章制度	成立了辐射安全管理组织，并制定了辐射防护与安全管理制度，建立了辐射防护相关档案，但应根据科学城院区开展核技术利用项目源项，修订相关制度。	完善相关管理制度

根据上表分析可知，本项目主要依托科学城院区新建大楼主体结构、给排水及供配电工程、医院污水处理站、医院医疗废物收运系统、辐射管理机构及部分辐射安全管理制度等可行。

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
本项目不涉及放射源								

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

表 3 非密封放射性物质

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
本项目不涉及非密封放射性物质。										

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

表4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等各种用途的各种类型加速器

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

(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(台)	型号	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	1	未定	125	1250	介入手术	医技楼5F手术中心复合手术室	系统互锁
2	CT	III	1	未定	150	1300	复合手术 影像扫描		

(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	
本项目不涉及中子发生器。													

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
非放射性三废	废气	复合手术室	气态	臭氧、氮氧化物等	/	少量	/	不暂存	排风管道引至医技楼屋顶层流机房外墙处排放
	废水	医疗废水	液态	/	/	少量	/	排入医院污水处理系统	医院污水处理站处理后排入市政污水管网
	固态	医疗废物	固废	/	/	少量	/	依托医院医疗垃圾站暂存	依托医院医疗废物贮存库暂存，交有资质的单位处理
		生活垃圾	固废	/	/	少量	/	依托院内生活垃圾站	依托医院收运系统，交环卫部门处理
		废铅防护用品	固废	/	/	少量	/	由医院收集后妥善保存	交有资质单位处理，并做好相应记录
		报废射线装置	固废	/	/	少量	/	/	X射线装置报废后，去功能化，然后按医院相关要求处理，保留手续，并做好相关记录存档。

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

法律 法规 文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日修订施行；</p> <p>(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；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日施行；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；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日第二次修订施行；</p> <p>(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；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年5月1日施行；</p> <p>(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）；</p> <p>(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；</p> <p>(11) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第380号；</p> <p>(12) 《国家危险废物名录》（2025年版）；</p> <p>(13) 《重庆市环境保护条例》，2024年9月28日第三次修正；</p> <p>(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；</p> <p>(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。</p>
----------------	--

续表 6 评价依据

技术 标准	<p>(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) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书，支撑性材料附件 1； (2) 医院立项批复，支撑性材料附件 2； (3) 医院环评批复，支撑性材料附件 3； (4) 医院已批复核技术利用项目环评批复，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) 监测报告，支撑性材料附件 6； (7) 科学城院区核技术利用项目环境影响报告表及环境影响登记表； (8) NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》； (9) 《医用外照射源的辐射防护》； (10) 《电离辐射剂量学》； (11) (12) 医院提供的防护方案等其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围						
根据本项目辐射源为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，结合《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，并结合项目辐射源传播与距离相关的特性，确定以复合手术室边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。						
保护目标						
根据工作场所外环境和科学城院区内建筑分布情况，本项目 50m 评价范围均在科学城院区内，因此，本项目环境保护目标主要为工作场所所在大楼内区域和科学城院区其他区域活动的人群等。项目评价范围及环境保护目标分布情况见附图 2。						
复合手术室周围环境保护目标统计见表 7-1，本项目环境影响因子为电离辐射。						
表 7-1 复合手术室周围环境保护目标一览表						
序号	名称	方位	水平距离 (m)	最小高差 (m)	敏感目标特性	受影响人群
1	走廊	北	相邻-3	0	医技楼内公共区域，约 10 人	公众成员
2	连廊		约 3-48	/	医技楼与住院楼连廊，约 20 人	公众成员
3	室外道路、绿化		约 3-48	-19	医院户外区域，约 20 人	公众成员
4	住院楼		约 46-50	/	医院医疗大楼，-2/11F，约 1000 人	公众成员
5	走廊、楼梯间、电梯间、空调机房	西	相邻-50	0	医技楼内公共区域，约 50 人	公众成员
6	ICU		约 3-40	0	医技楼内医疗区域，约 100 人	公众成员
7	室外道路、绿化		约 40~50	-19	医院户外区域，约 20 人	公众成员
8	控制室	南	相邻-5	0	项目辅助用房，约 4 人	放射工作人员
9	设备间		相邻-5	0	项目辅助用房，约 2 人	公众成员
10	手术中心（洁净通道、手术室、污物通道、库房、术前准备等）		相邻-50	0	医技楼内医疗区域，约 100 人	公众成员
11	手术中心（手术室、污物通道、洁净通道、电梯/楼梯间等）	东	相邻-28	0	医技楼内医疗区域，约 100 人	公众成员
12	连廊		约 28-50	/	医技楼与住院楼连廊，约 20 人	公众成员
13	室外道路、绿化		约 28-40	-19	医院户外区域，约 20 人	公众成员
14	办公楼		约 40-50	/	医院办公大楼，-2/8F，约 500 人	公众成员
15	屋顶天台	上方	/	约+4.5	可上人屋面，偶尔停留，约 5 人	公众成员
16	ICU（治疗室、处置室、护士站等）、走廊	楼下	机房对应位置	约-4.5	医技楼内区域，约 20 人	公众成员
17	医技楼-2~4F 其余区域		其余区域	约-4.5	医技楼内用房及区域，约 500 人	公众成员

备注：“+”表示高于本项目地面，“—”表示低于本项目地面。“/”表示本项目工作场所上下相邻区域或本项目大楼外建筑物，其水平距离或高差不计。

续表 7 保护目标与评价标准

评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

B1 剂量限值

B1.1.1 应对工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述控制值。

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。

(2) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

本标准规定了放射诊断的防护要求，包括 X 射线影像诊断和介入放射学用设备防护性能、机房防护设施、防护安全操作要求及其相关防护检测要求。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
单管头 X 射线设备 ^b (含 C 形臂, 乳腺 CBCT)	20m ²	3.5m
CT 机(不含头颅移动 CT)	30m ²	4.5m

^b 单管头、双管头或多管头 X 射线机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。

本项目是将 DSA 和 CT 安装在同一个手术室内，两者不同时出来，该机房面积按照 DSA 和 CT 两者要求更严格的规定执行。

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)
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

本项目是将 DSA 和 CT 安装在同一个手术室内，两者不同时使用，因此复合手术室屏蔽防护铅当量应同时满足 CT 机房和 C 形臂 X 射线设备机房的要求。

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（即表 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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv 。

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（即下表 7-4）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

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/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—
CT 体层扫 描（隔室）	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

注 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

本评价根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等标准以及医院确定的管理目标值，确定本项目的评价标准见表 7-5 所示。

表 7-5 评价标准汇总表

年有效剂量限值要求			执行依据
分类	年有效剂量限值	年有效剂量管理目标值	
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
复合手术室内使用 DSA 时，复合手术室屏蔽体外	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 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。具有短时、高剂量率曝光的摄影程序机房外的周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ，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)
复合手术室内使用 CT 扫描时，复合手术室屏蔽体外	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 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。		
机房面积控制			执行依据
工作场所名称	机房内最小有效使用面积 (m ²)	机房内最小单边长度 (m)	
复合手术室，按 CT 执行	30	4.5	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

重庆市第四人民医院科学城院区位于重庆高新区西永 M 组团 M24-2 号地块，主要建筑大楼包括医技楼、住院楼、门急诊楼等，本项目位于医院医技楼 5F 手术中心北侧，项目地理位置图见附图 1，医院平面布置图见附图 2，项目工作场所位置见附图 3。

8.2 辐射环境现状

重庆市第四人民医院科学城院区目前处于装修阶段，为掌握本项目拟建址辐射环境质量现状，本次环评委托重庆泓天环境监测有限公司于 2025 年 8 月 1 日对重庆市第四人民医院科学城院区复合手术室拟建址环境 γ 辐射剂量率背景值进行了监测。监测结果和监测布点见支撑性材料附件 7，监测报告号：渝泓环（监）[2025]1070 号。

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 辐射剂量率测量技术规范》 HJ1157-2021

(2) 监测点位选取

共设 6 个监测点位，具体监测布点见图 8-1，监测点位情况见表 8-2。

续表 8 环境质量和辐射现状

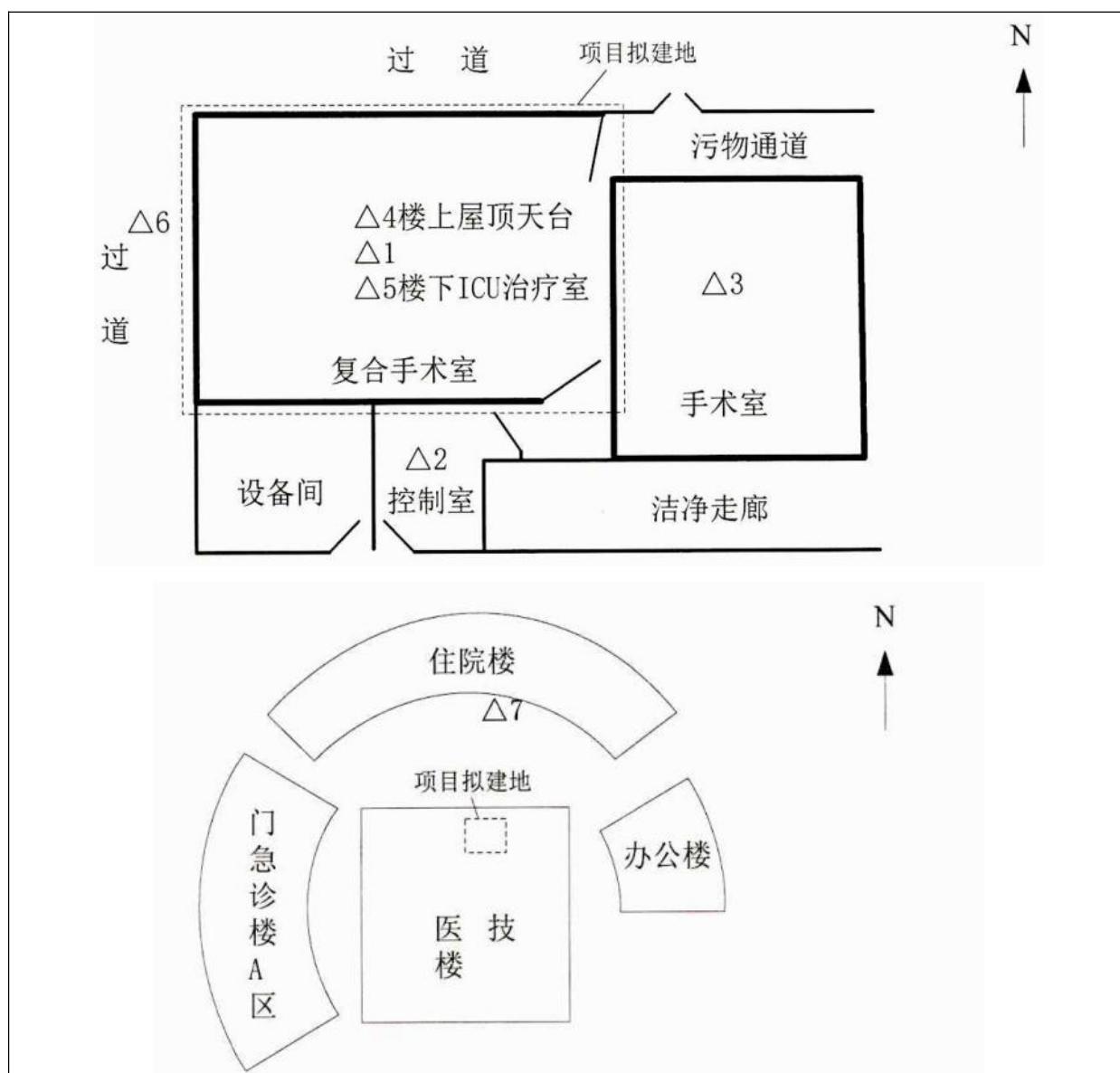


图 8-1 监测布点图

表 8-2 监测点位描述

监测因子	序号	监测对象	监测点位描述
环境 γ 辐射剂量率	1	拟建复合手术室内	拟建复合手术室
	2	拟建复合手术室周围	拟建复合手术室控制室
	3		本项目相邻拟建手术中心手术室
	4	拟建复合手术室楼上楼下	医技楼屋顶天台
	5		ICU 治疗室
	6	拟建复合手术室周围	相邻公共走廊
	7	医技楼外	住院楼旁

续表 8 环境质量和辐射现状

监测点位合理性分析：本项目布置了 7 个监测点位，监测点位分别布设在复合手术室内部、相邻区域、楼上、楼下对应位置及医技楼外，监测点位布置全面，监测布点能够反映本项目拟建址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。

(3) 测定方式

本项目选取的测定方式为即时测量，即用剂量率仪直接测量出点位上的环境 γ 辐射剂量率。

8.3 质量保证措施

8.3.1 监测仪器

本项目委托有资质的单位重庆泓天环境监测有限公司进行监测，监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器及检定情况见表 8-3。

表 8-3 监测仪器及检定情况

仪器名称及型号	测量范围	计量校准证书编号	有效期至	校准因子
环境监测用 X、 γ 辐射巡检仪 RGM5200	10nSv/h~ 100uSv/h	2024112106273	2025.12.2	1.12

8.3.2 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，获取足够的数据量，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。

8.4 监测结果

监测结果统计见表 8-4。

表 8-4 环境 γ 辐射剂量率背景值监测结果统计

序号	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率测量值 (nGy/h)
△1	拟建复合手术室	83
△2	拟建控制室	82
△3	相邻拟建手术室	84
△4	拟建复合手术室楼上屋顶天台	71
△5	拟建复合手术室楼下 ICU 治疗室	74

续表 8 环境质量和辐射现状

△6	拟建复合手术室旁过道	71
△7	拟建住院楼旁	72

备注：① $1\mu\text{Gy}/\text{h}=1000\text{nGy}/\text{h}$ 。

②以上监测结果均未扣除宇宙射线响应值。

根据监测统计结果可知，本项目拟建址环境 γ 剂量率的监测值在 $71\text{nGy}/\text{h} \sim 84\text{nGy}/\text{h}$ （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 $76.8 \sim 93.3\text{nGy}/\text{h}$ ，平均值 $87\text{nGy}/\text{h}$ （均未扣除宇宙射线响应值）相比较，本项目拟建址的环境 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 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目用房属于医技楼 5F 手术中心规划用房，施工期主要为按照屏蔽防护方案对墙体、地板、顶棚进行建设和装修。其工艺流程及产物环节见图 9-1。

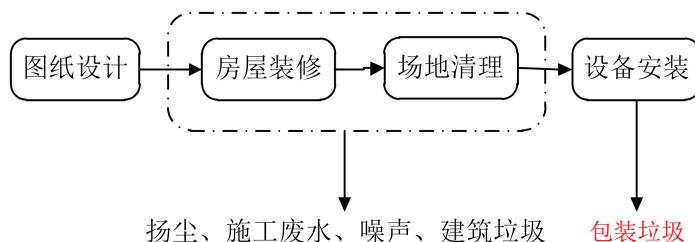


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

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： 主要为装修时产生的扬尘，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，无施工废水；

固体废物： 主要为装修过程产生的建筑垃圾，设备安装产生的包装垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾。

9.2 运行期污染工序

9.2.1 设备组成和工作方式

(1) 复合手术室概述

复合手术室将影像介入设备、临床信息系统有机地整合到临床常规手术室中，术中，医生能够同时应用多种技术综合处理同一疾患，实现“边做边看，依托多影像融合一站式复合手术室“内外科结合”的优势，就能够实现术中无缝转运，避免患者在多次麻醉和转运过程中出现的风险，大大节约了宝贵的抢救时间，降低死亡率和术中风险，提高治愈率和良好预后率，改善诊疗体验。建设复合手术室可以实现微创介入手术与传统临床开放式手术相互结合的重要措施。

医院拟在医技楼 5F 手术中心复合手术室内配置 1 台 DSA 和 1 台滑轨式 CT，既不影响手术室的固有功能，又能通过其提供的高清影像，把原本需要在不同手术室、分期才能完成的重大手术，合并在一个手术室里一次完成，实现一站式术前诊断、术中治疗、术后评估的手术室，是拯救患者生命，内外科联合治疗的多功能手术室。

续表9 项目工程分析与源项

(2) 设备组成

滑轨式 CT 手术床（患者支撑部分）依托 DSA 手术床，除此之外，本项目两台射线装置其余部分组件均彼此独立，两台设备独立运行，但两台设备操作系统互锁，两台设备 X 射线球管无法同时出束。复合手术室拟配置的 DSA 和 CT 结构、功能、工作原理等均与普通 DSA 和 CT 相同。

DSA 血管造影机系统组成：Gantry，俗称“机架”或“C 形臂”，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，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。

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 线管和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。

复合手术室设备组成示例照片见图9-2。

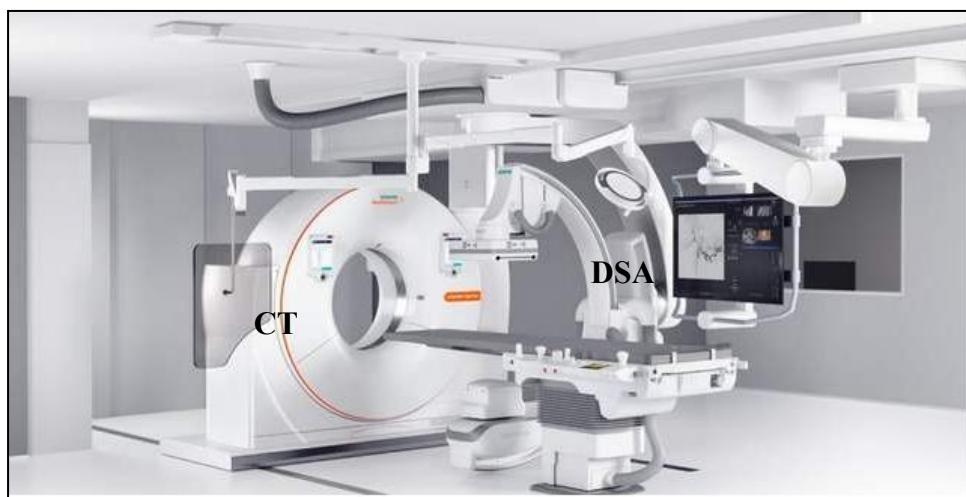


图 9-2 复合手术室设备组成（示例图）

(3) 工作方式

本项目 CT 拟安装在复合手术室内西侧，并设置地面滑轨，DSA 悬吊安装在东侧。临床手术过程复杂，主要在手术床上进行，本项目利用 DSA 开展神经、心血管介入时

续表 9 项目工程分析与源项

与普通 DSA 一样，在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、X 射线管组合体可在水平和垂直两个方向上转动。介入手术过程中，介入手术医生须穿戴防护用品在手术床旁并在 X 射线导视下进行操作，技师隔室操作。CT 工作时，手术室内所有医护人员全部退出手术室，工作人员在控制室操作设备，利用 CT 对患者进行影像诊断。

手术过程使用 DSA 或 CT 两者不分先后顺序，根据手术方案确定。在复合手术室内使用 CT 时，因其与 DSA 的操作系统互锁，DSA 的所有出束功能均被禁用，且要求手术室内医护人员退出至控制室操作。在使用 DSA 部分出束时，CT 也因软件互锁，出束功能被禁用。由此，确保复合手术室内有且仅有单个射线装置出束。

9.2.2 工作原理

① X 射线产生及成像原理

本项目拟配置的 DSA 和 CT 产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。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 9-3。

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。

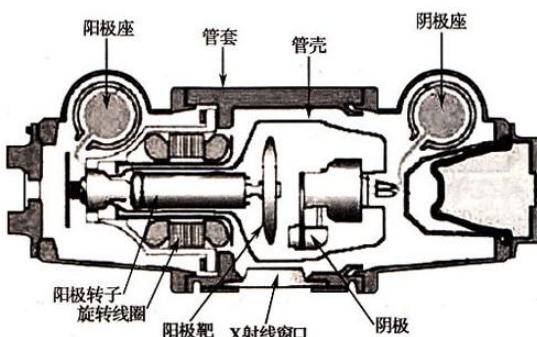


图 9-3 典型 X 射线管结构图

续表 9 项目工程分析与源项

②DSA 工作原理

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，分别经平板探测器后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，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。DSA 工作示意图见图 9-4。

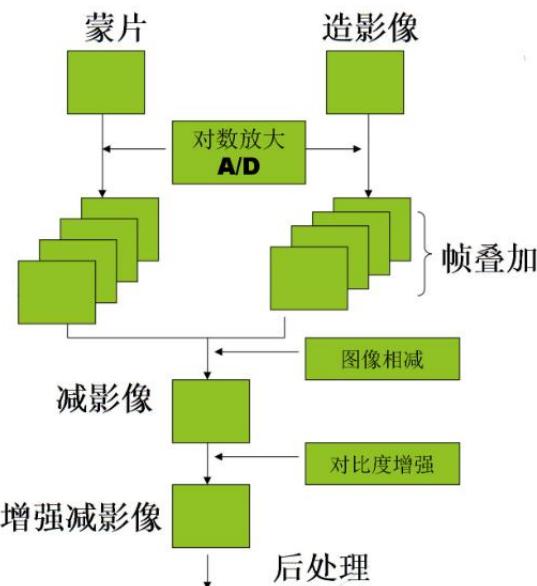


图 9-4 DSA 工作原理示意图

③CT 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

根据医院提供资料和常见 DSA 及 CT 技术指标，本项目 DSA、CT 主要参数见表 9-1。

续表9 项目工程分析与源项

表9-1 主要技术指标

设备名称	DSA（单管头）	CT机（单管头）
型号	待定	待定
过滤片（参考常见设备参数）	3mmAl	3mmAl
焦皮距（参考常见设备参数）	38cm	60cm
主要技术参数	最大管电压：125kV，最大管电流：1250mA	最大管电压：150kV，最大管电流：1300mA

9.2.4 操作流程及产污环节

本项目复合手术室通过 DSA 与临床手术在复合手术室中的全面整合，实现微创介入手术与传统临床开放式手术相结合，还使用 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，手术过程使用使用 DSA 或 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以及设备系统设置出束互锁安全联锁，在手术的任一环节，有且仅有 1 个 X 射线源出束，不存在 DSA 和 CT 同时使用的情况，且两者独立使用，其使用过程与常规 DSA 和 CT 没有区别。操作流程及污染因子如图 9-5 所示。

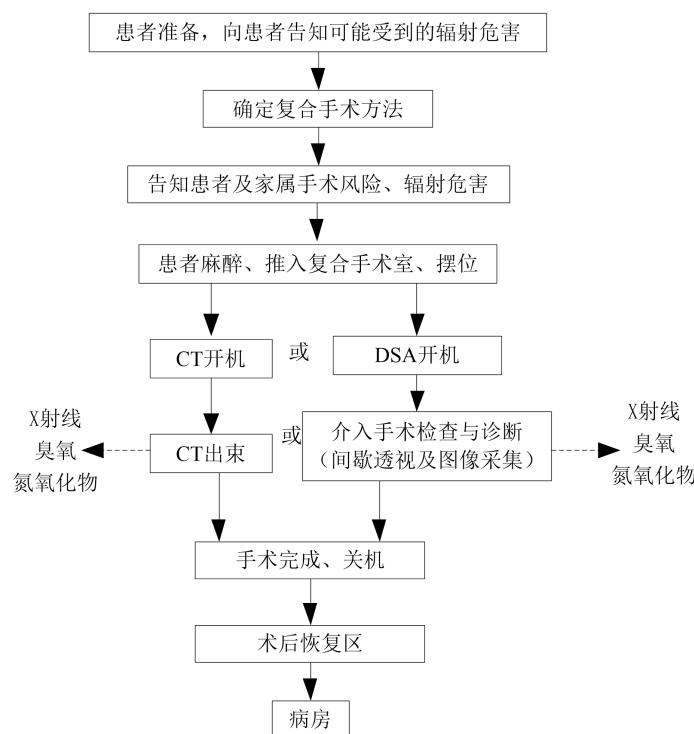


图 9-5 复合手术操作流程及产污环节图

续表 9 项目工程分析与源项

操作流程简介：

(1) DSA 主要操作流程

医护人员将患者送入复合手术室，引导其躺在手术床上，工作人员选择病人所需照射部位，调整 DSA 机架和照射野，手术医生和助手穿戴好防护用品后，按手术要求，在 DSA 的引导下，经皮针穿刺或引入导管做抽吸注射，引流或对管腔、血管等做成型、灌注、栓塞等操作完成相应的手术。在手术过程中，手术医生必须在床旁并在 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复合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 技师在控制位内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗了解复合手术室内病人情况。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复合手术室内，曝光时医护人员位于移动铅屏风后。无论哪种工作模式，医生在复合手术室内身着铅橡胶围裙、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。患者需进行介入手术治疗时，为更清楚地了解患者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复合手术室内对患者进行直接的介入手术相关操作。

(2) CT 主要操作流程

- ①根据照射需要将 CT 滑动至手术床处，对患者进行摆位，并做好必要的防护措施；
- ②复合手术室内所有医护人员退出机房，检查防护门等安全防护措施是否到位；
- ③医生通过控制台将病人信息输入，根据需求设定曝光参数；
- ④出束扫描，密切注意各仪表的显示；
- ⑤记录，关机。

CT 模式：在复合手术室使用 CT 时，DSA 的 C 形臂须先处于远离手术床的停止位

续表 9 项目工程分析与源项

并触发位置信号开关，此时才可将 CT 机滑动至手术床患者处，到达工作区域时触发位置信号开关 CT 才可进行曝光操作；在复合手术室内使用 CT 模式下，因软硬件互锁 DSA 系统的所有移动和曝光功能均被禁用。因此 DSA 和 CT 虽然同时在复合手术室设备工作为内，但此时只有 CT 能曝光操作。

CT 模式改为 DSA 模式：CT 使用结束后，将设备滑动至手术室西侧初始位置，并触发信号位置开关时，DSA 系统才可恢复正常使用。在所有 CT 和 DSA 手术联合使用期间，CT 和 DSA 不同时使用。

复合手术室在一些复杂的手术作业中具有重大意义，由于在一些重大复杂的手术中，有时候需要通过 CT 诊断、DSA、手术分多次才能完成，而在复合手术室中，医生可以将三者相结合起来，发挥各自优势。原本需要多次才能完成的手术，现在在复合手术室中一次手术中就能完成，避免患者在手术室和影像科之间多次转运，减少了多次麻醉和转运可能带来的风险，提高了手术效率和手术的安全性，是临床发展拯救患者生命的需要。

9.2.5 工作负荷

根据医院提供资料，本项目复合手术室主要开展心脏、血管、神经、肿瘤等临床复合手术。在该手术室内可在开放外科手术治疗同期完成下介入导管治，并在术前、术后进行 CT 扫描定位、验证，预计年开展临床复合手术 500 台（使用 DSA），预计 CT 机年扫描约 600 次。复合手术室 DSA 年有效开机时间见表 9-2，CT 年有效开机时间见表 9-3。

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	
临床复合手术	500 台	约 21min		约 175.0h	
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
临床复合手术	500 台	5~12s	10~15 次	约 3.0min	约 25.0h

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
600 次	30s~120s	20.0h

续表 9 项目工程分析与源项

根据表 9-2 和 9-3 可知，复合手术室的 DSA 年透视出束时间约 175.0h，年采集时间约 25.0h，总年有效开机时间约 200.0h；CT 年有效开机时间约 20.0h；复合手术室 DSA 和 CT 总年有效开机时间约 220.0h。

9.3 路径规划

本项目位于医技楼 5F 手术中心，主要由复合手术室、控制室、设备间构成。复合手术室人流物流走向示意图见附图 6 所示。

手术医护通道：手术医生和手术护士在手术中心更衣室更衣后，通过手术中心内部洁净通道经洁净通道与复合手术室防护门进入复合手术室，手术结束后原路离开。

技师通道：技师由洁净通道进入控制室操作设备，结束后原路离开。

患者通道：患者由换床区进入手术中心，然后进行手术前准备后，经洁净通道与复合手术室防护门进入复合手术室，手术结束后经洁净通道进入预麻复苏室，然后经换床区离开；

污物通道：手术结束后污物经复合手术室东北侧防护门至污物通道，在手术中心污物处置间打包后经该层污梯运至医院医疗垃圾站。

9.4 污染源项描述

9.4.1 电离辐射

本项目 DSA、CT 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 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。

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。

续表 9 项目工程分析与源项

根据医院提供资料，同时调查重庆市多家医院 DSA 的设备工作条件中发现，①在极端情况下，本项目 DSA 透视工况运行管电压为额定电压，即最大 125kV，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额定电压，即最大 125kV，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 9-7 所示。

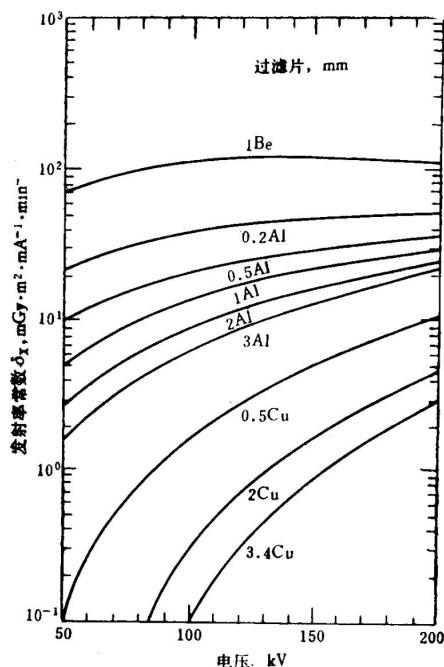


图 9-7 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率常数

本项目 DSA 和 CT 过滤板采用常见设备的技术指标，取 3mmAl，查图可知，最大管电压和常用最大电压距靶 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 125kV	9.8mGy·m²/mA·min
	常用最大电压 90kV	5.3mGy·m²/mA·min
CT	最大管电压 150kV	13.4mGy·m²/mA·min
	常用最大电压 120kV	9.0mGy·m²/mA·min

续表 9 项目工程分析与源项

(2) 漏射线

漏射线由 X 射线管发射的透过 X 射线管组裝体的射线。根据 NCRP147 号报告第 138 页 C.2 可知, DSA、CT 的漏射线剂量率很小, 泄漏辐射距焦点 1m 处, 在任一 100cm^2 区域内的平均空气比释动能率不超过 1mGy/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 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 $50\text{kV}\sim 150\text{kV}$ 的 X 射线机, 随着散射角由 $0^\circ\sim 160^\circ$ 变化, 散射分数在 $3.75\times 10^7\sim 7.5\times 10^6$ 之间变化。

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、CT 运行产生的废气经机械排风系统废气经管道收集后至屋顶天台的层流机房处排放。

(2) 固废

A、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站, 依托医院收运系统交环卫部门处理。

B、危险废物

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。当日手术结束后在手术中心污物处置间打包后经污梯运至医院医疗垃圾站暂存, 之后统一由有资质单位处理。

C、其他

DSA、CT 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,

续表 9 项目工程分析与源项

不再使用含铅防护用品，医院收集后妥善保存，做好记录，交由有资质单位处理。DSA、CT 报废去功能化后按医院相关要求处理，保留处理手续，并做好相关记录存档。

(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。

9.5 项目主要产排污汇总

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：125kV 下距靶 1m 处的有用线束发射率不大于 $9.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$, 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不超过 $1\text{mGy}/\text{h}$ 。 CT：150kV 下距靶 1m 处的有用线束发射率不大于 $13.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$, 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）
		报废的射线装置	2 台（功能化后根据医院相关要求处理，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 项目选址与布局

10.1.1 项目布局合理性分析

手术中心位于医院医技楼 5F，医技楼 5F 西北侧为 ICU，其余区域均为手术中心用房，手术中心与 ICU 间隔有室内走廊。复合手术室布置在手术中心北端，其北侧和西侧为室内走廊，南侧为设备间和控制室等辅助用房，东侧为相邻手术室及污物通道。楼上为屋顶天台，楼下为 ICU 治疗室、处置室、护士站以及公共走廊等。复合手术室位于所在手术中心的角落，周围主要为复合手术室辅助用房、手术中心用房和大楼内公共走廊，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。

项目复合手术室为独立手术室，设置了控制室、设备间，并科依托手术中心其他辅助用房，功能齐全，满足复合手术用房功能要求。设置 3 个防护门及 1 个观察窗，3 个防护门分别用于手术医护/患者（推床）进出、技师进出、污物运出，人流、物流通道独立，且与手术中心人流、物流通道一致。污物门位于手术室东北侧，便于污物通过东北侧污染通道运至污物处置间打包后通过污梯运出。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。手术室采取了满足标准要求的屏蔽结构，充分考虑了周边相邻区域及周围场所的人员防护与安全。CT 和 DSA 主射线均受到人体和平板探测器阻挡，因此机房内主要射线类型为散射线和漏射线。观察窗设置位置便于查看机房内患者情况。手术室内不堆放与手术无关的杂物。本项目两台设备为复合手术室专用，而复合手术室涉及的手术类型多为需要多学科参与的复杂病例，将 CT 和 DSA 集成在同一个手术室，很大程度的减少了患者转运过程中的风险。本项目虽 DSA 和 CT 均位于复合手术室内，但两者系统互锁，只允许该手术室内同时仅有 1 台设备运行，不会出现两台设备同时出束的情况。

综上所述，从辐射防护与环境保护角度分析，本项目复合手术室平面布局合理。

10.1.2 机房面积

DSA 和 CT 独立运行，且不在复合手术室内同时使用，因此复合手术室需同时满足 DSA 和 CT 机房面积及最小单边尺寸的要求，因 CT 机房规格尺寸要求大于 DSA 机房，因此满足 CT 要求的情况下，即可满足 DSA 要求。本项目复合手术室内空尺寸与标准要求对照见表 10-1 所示。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-1 复合手术室内空尺寸与标准要求对比表

机房名称	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	
复合手术室	7.2	83.5	≥4.5	≥30	满足

根据上表可知，本项目复合手术室的最小单边长及最小有效使用面积均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对设备机房要求。

10.1.3 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，医院拟将复合手术室场所划设控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。控制区：把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：未被定为控制区，通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据上述要求，本项目工作场所分区具体情况见图 10-1 及表 10-2。

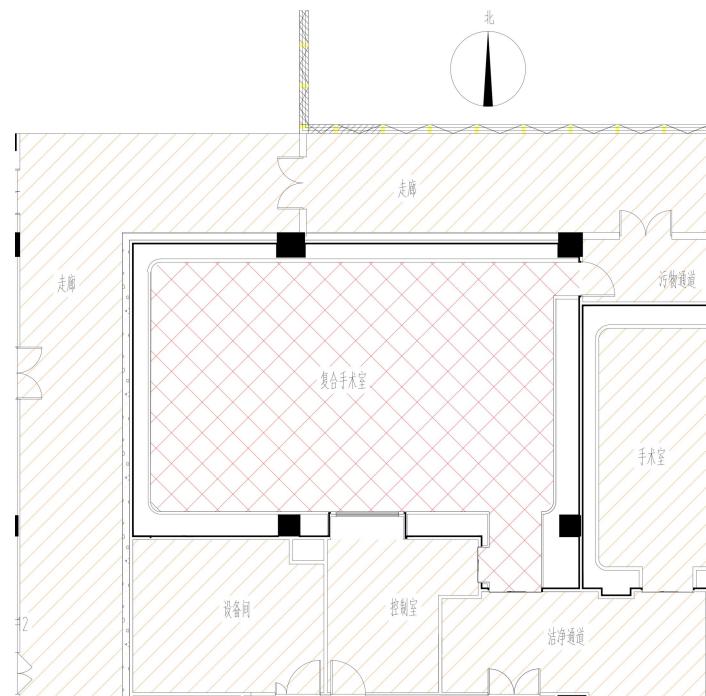


图 10-1 分区图

续表 10 辐射安全与防护

表 10-2 本项目控制区、监督区划设

分区类型	划分区域
控制区范围	复合手术室
监督区范围	设备间、控制室、洁净通道、污物通道、东侧手术室、走廊以及楼上楼下对应区域等。

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。监督区设置监督区标示，进行日常的监测和评估。

10.2 复合手术室拟采取的辐射安全与防护措施

10.2.1 设备固有措施

本项目共配备了 DSA 和 CT 两台设备，除共用手术床（患者支撑系统）以外，DSA 和 CT 各项结构均彼此独立，均按要求设置固有防护措施。且本项目两台设备操作系统也彼此独立，但互锁，不能同时使用。在复合手术室内使用 CT 时，DSA 系统的所有出束功能均被禁用，且要求手术室内医护人员退出手术室。在使用 DSA 出束时，CT 也因系统互锁，出束功能被禁用。

（1）DSA 的固有措施

①拟购 DSA 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。DSA 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，设备控制台和复合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 DSA 不同应用时可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。

续表 10 辐射安全与防护

⑤配备辅助防护设施：拟配备铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏。

(2) CT 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；对于任意一种扫描程序，都能在操作者控制台上显示剂量信息。

⑥急停开关：DSA 机架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。

(3) 设备急停

拟在手术床旁、CT 和 DSA 机架及设备控制台上设置急停开关，并分别与 CT 和 DSA 联锁，按下急停按钮，运行中的设备（DSA 或 CT）立即停止出束。

10.2.2 复合手术室拟采取的辐射安全与防护措施

(1) 屏蔽体防护：根据医院提供资料，复合手术室四周墙体均为 4mmPb 硫酸钡板，顶棚地板为 100mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥，防护门、观察窗为 4mmPb，根据后文核算，复合手术室等效铅当量满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

(2) 穿墙管线防护：复合手术室层高 4.5m，吊顶后空高 3m，根据送排风管网图，送风管、回风管、排风管穿墙位置均为手术室南墙上方靠近顶棚处。风管穿墙高度离地约 3.5m，对复合手术室一侧管道包裹 4mmPb 铅板。复合手术室电缆沟均位于轻质装饰垫层内（未穿越屏蔽层硫酸钡水泥及混凝土楼板），由复合手术室西南角处直穿至设备间，再由设备间引至控制室。电缆沟穿墙口外侧加 3mmPb 含铅盖板，具体大样图见图 10-2。本项目复合手术室电缆沟、通风管道等穿墙管线均采取了满足机房屏蔽要求的防护补偿措施，不影响整体防护屏蔽效果。

续表 10 辐射安全与防护

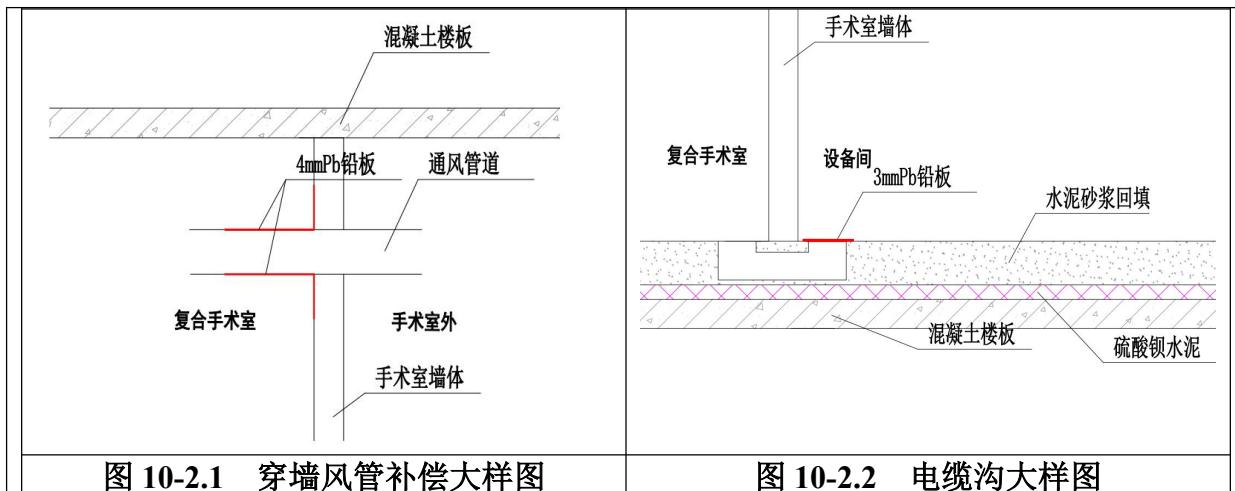


图 10-2.1 穿墙风管补偿大样图

图 10-2.2 电缆沟大样图

(3) 防护施工要求

铅防护门、铅玻璃窗的生产和安装交有资质的厂家负责，观察窗四周窗套屏蔽能力与铅玻璃屏蔽能力相当。防护门、防护窗安装时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。墙体防护板搭接处，采用交错的方式，并在搭接处覆盖铅板。楼板硫酸钡水泥砂浆施工时，注意砂浆平整，去除气泡，确保各区域防护厚度能达到预定要求。

(4) 防护门安全措施

患者、手术医护人员、技师进出的防护门为电动推拉门，设防夹装置；污物运出防护门为平开门，设置自动闭门装置。每扇防护门外均设置与防护门联锁的工作状态指示灯，并设置中文警示标语。防护门关闭，指示灯亮，警示无关人员远离复合手术室。

(5) 通风

复合手术室拟设置上送风及排风及下回风。排风口位于吊顶东侧，送风天花设置在手术床上方吊顶位置，手术室南北两侧墙体离地 30cm 设置 12 个回风口。废气收集后接入医技楼屋顶天台的层流机房，排风管道经层流机房北侧外墙排放，排放口朝向天台空旷区域。

(6) 设备联锁系统

CT 不工作时，位于手术室西侧待机位，工作时，CT 利用地面滑动至手术位，触发位置信号开关，手术室内所有工作人员退出，防护门关闭，CT 才可进行出束扫描操作；反之相同。因 CT、DSA 操作系统互锁，CT 曝光时，DSA 的曝光功能被禁用，反之亦

续表 10 辐射安全与防护

然。

(7) 对讲和监视系统

项目复合手术室拟设置对讲系统，便于控制室技师与手术医护人员的交流，另在手术室东北角和西北角分别安装一个监控，显示器设置在控制台处，便于工作人员查看患者出入口和复合手术室内情况。

(8) 警示标识

项目复合手术室各防护门外均拟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。手术室患者入口处和手术中心患者候诊区处拟粘贴放射防护注意事项标牌。

(9) 辐射防护用品

根据建设单位提供的资料，医院拟配备个人防护用品和辅助防护设施，具体见表 10-3。防护用品在日常存放时，拟采用悬挂或平铺等方式，减少折损，延长使用寿命。

表 10-3 拟配置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	名称	铅当量	数量
工作人员	铅橡胶围裙 铅橡胶颈套	≥0.5mmPb	4 套	床侧防护帘/床 侧防护屏	≥0.5mmPb	1 套
	铅防护眼镜	≥0.25mmPb	4 套	铅悬挂防护屏/ 铅防护吊帘	≥0.5mmPb	1 套
	介入防护手套	≥0.025mmPb	若干	移动铅防护屏风	≥2mmPb	1 套
	患者 铅橡胶性腺防护围 裙(方形)或方巾、 铅橡胶颈套	≥0.5mmPb	2 套(儿童、 成人各 1 套)	/	/	/

备注：可以根据工作人员及患者需要选配铅橡胶帽子，铅当量不低于 0.25mmPb。根据《职业性外照射个人监测规范》(GB128-2019)，建议在工作人员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）。

(10) 管理措施

①医院在进行复合手术时，应制定最优化方案，在满足介入手术诊断前提下，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合理布置复合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复合手术室进行医疗废物转运；待复合手术室停止工作时，方可进行医疗废物运送。

续表 10 辐射安全与防护

复合手术室的 DSA、CT 只有在所有安全防护装置正常的情况下才能启动。同理，DSA、CT 运行过程中，如果按下与之对应的任一急停按钮，DSA、CT 会立即停止运行。辐射安全联锁逻辑见图 10-3。

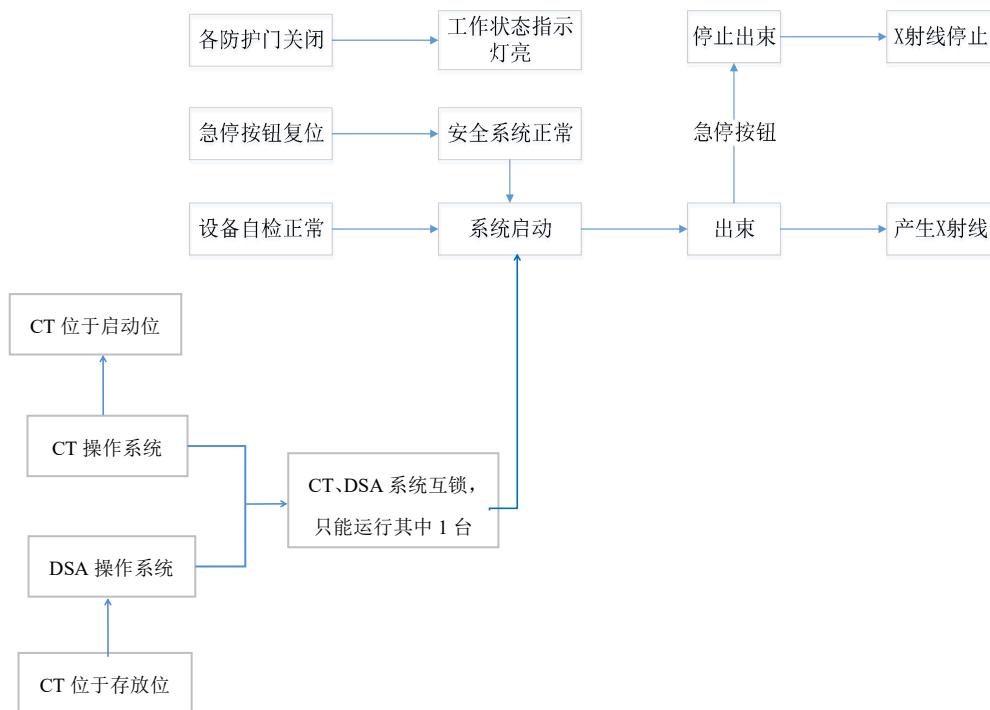


图 10-3 辐射安全联锁逻辑图

10.3 三废的治理

本项目 X 射线装置在工作过程中产生的 X 射线，不产生放射性三废。

10.4 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 10-4 所示。

续表10 辐射安全与防护

表 10-4 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
GBZ130-20 20	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 DSA 和 CT 设备自带。
		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。	拟购设备出厂时配备随机文件。
	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 20 cm，其余透视用 X 射线设备的最小焦皮距应不小于 30 cm。	拟采购 DSA 设备各项性能和结构均与常规 DSA 相同，一般 DSA 设备最小焦皮距约 38cm
		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。	设备操作台具有相应功能
	5.4 CT 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。	拟购设备系统自带符合 CT 要求的程序，设备控制台和手术床旁设置急停按钮。
		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）用 X 射线设备防护性能的专用要求	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 DSA 设备的防护性能满足要求。
		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 DSA 设备自带，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。
		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。	常规 DSA 的最小焦皮距为 38cm，配备有能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。
		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。	拟购设备自带，控制台和复合手术室内显示器上能显示当前患者在介入手术中的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

续表10 辐射安全与防护

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2020	6.1X 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。	CT 和 DSA 的主射线均为平板探测器屏蔽了，故复合手术室的门、窗、管线口和工作人员操作位均避免了有用线束直接照射。
		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。	复合手术室的四周墙体和楼上、楼下均采用足够厚的屏蔽材料进行防护。
		6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。	本项目 DSA、CT 出束互锁，CT 为滑轨式 CT，不使用时位于手术室西侧待机位，使用时才滑动至工作位。同一时段有且仅有一台设备在复合手术室内出束使用，在满足临床手术需求的情况下，复合手术室使用射线装置满足使用要求。
		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 的规定。	复合手术室的有效使用面积最小约为 83.5m ² ，最小单边长约为 7.2m，均能满足 DSA、CT 的使用要求。
	6.2X 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，复合手术室的屏蔽防护能力能满足表 3 的要求。
	6.3X 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 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间； b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/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 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。	根据后文核算，DSA 在透视工况下，复合手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h，在摄影工况下复合手术室的屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 25μSv/h。 根据后文核算，CT 工作时，复合手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h。
		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。	复合手术室设置观察窗，便于控制室内工作人员观察到患者状态。
	6.4X 射线设备工作场所防护	6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	复合手术室除必要的配套设施外，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。	复合手术室拟采取机械排风，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。	复合手术室各防护门外拟设电离辐射警告标志；上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上拟设置可视警示语句。 在复合手术室患者入口处和手术中心候诊区拟设置放射防护注意事项告知栏。

续表10 辐射安全与防护

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2 020	6.4X 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。	项目手术室通向污物通道的防护门为平开门，设置自动闭门装置；手术室通向控制室、缓冲走廊的防护门为电动推拉式门，设置防夹装置。手术室的防护门与门外工作状态指示灯关联。医院拟制定相应制度进行管理，手术期间，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。	
		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。	医院拟加强管理，将其列入管理制度中，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。	CT 拟安装在复合手术室西侧，通过地面滑轨移动至患者处，位置也便于技师从 CT 控制室观察窗观察患者。
		6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	拟购 DSA、CT 自带影像增强器/平板探测器能较好地阻挡主射线，复合手术室的防护门主要处于散射辐射相对低的位置。
	6.5X 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。	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 10-3。
		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。	
	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知识培训，满足放射工作人员岗位要求。	本项目调配、新增放射工作人员将熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律知识培训，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类型，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合理选择参数使受检者所受到的照射剂量最低。

续表10 辐射安全与防护

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2 020	7.1 一般要求	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制照射野,项目拟配置儿童防护用品。
		7.1.5 X 射线设备曝光时,应关闭与机房相通的门、窗。	复合手术室内射线装置曝光时,将关闭机房门窗。
		7.1.6 放射工作人员应按 GBZ128 的要求接受个人剂量监测。	放射工作人员在工作过程中佩戴个人剂量计,并按照 GBZ128 的要求接受个人剂量监测,常规监测周期一般为 1 个月,最长不应超过 3 个月。
		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。	医院拟加强医护人员培训。
		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复合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。
GBZ130-2 020	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 DSA 具有可准确记录受检者剂量的装置,医院拟将每次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,采集时工作人员尽量不在复合手术室内停留;对手术患者实施照射时,禁止无关人员在复合手术室内停留。
		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。	医院拟为每名手术医护人员在铅防护衣内外各配置 1 枚个人剂量计,满足要求。

续表10 辐射安全与防护

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2020	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	7.8.5 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。 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）。	医院拟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，拟为每名技师左胸前配备 1 枚个人剂量计，满足要求。

根据表 10-4 可知，本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）和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）要求。医院严格按照上述要求建设，认真落实上述辐射安全与防护措施后，能保障 DSA、CT 的运行对环境和人员的影响满足相关标准要求。

表 11 环境影响分析

施工期影响分析

本项目施工同主体工程一同进行，施工期的环境影响已在《重庆市第四人民医院科学城院区建设项目（一期）环境影响评价报告书》中进行评价。根据报告书结论，施工期废水、废气、噪声对周围环境影响较小，固废能妥善处理。

施工扬尘：装修施工期短，采取洒水等措施，可以减少扬尘的扩散。

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，生活污水依托污水处理系统处理。

固体废物：装修建筑垃圾运至市政指定的弃渣场，施工人员产生的生活垃圾交环卫部门统一收运处置。

施工噪声：采取合理安排施工时间，选择低噪声设备和工艺等措施减少施工噪声影响。

本项目装修施工期短，对外界的影响是暂时的，通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外环境的影响可以接受。

运行阶段对环境的影响

11.1 辐射环境影响分析

11.1.1 复合手术室屏蔽效能核算

(1) 根据 DSA 的工作原理及工作方式可知，DSA 的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”5.1 节 (P72) 指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。根据 NCRP147 号报告第 138 页 C.2 可知，DSA 的漏射线剂量率很小。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 90°非有用线束对 DSA 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 150kV 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) 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，本评价按照最大管电压下参数进行铅当量折算。

续表11 环境影响分析

折算参数见表 11-1，复合手术室折算铅当量见表 11-2。

(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，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确定等中心点(CT和DSA分别按工作时的射线源点取)，设备离地高度按1.0m考虑。设备参数按照常规设备参数取值，见表9-1。四周墙体(含防护门、观察窗)计算点为屏蔽体外30cm处；顶棚核算到DSA机房顶上方1m处，地板核算到下一层高于地面1.7m处，医技楼4F和5F层高均为4.5m。各关注点具体位置见图11-1和图11-2。

(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。

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

续表11 环境影响分析

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:

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

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);

H_0 —距辐射源点(靶点)1m处输出量, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$,以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 , Sv/Gy 转换系数取值为1;

B—屏蔽透射因子;

F— R_0 处的辐射野面积,单位为平方厘米(cm^2),DSA运行时的最大照射野面积为 400cm^2 ($20\text{cm}\times 20\text{cm}$);CT运行时的最大照射野面积为 50cm^2 ($50\text{cm}\times 1\text{cm}$);

a—散射因子,入射辐射被单位面积(1m^2)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.1,150kV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} ;125kV射线装置在最大散射角情况下1m处的每平方厘米的散射最大系数为 7.5×10^{-6} ;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),根据设备参数,本项目DSA取0.38m;CT取0.6m;

R_0 —散射体至关注点的距离,单位为米(m),根据设备布设位置确定。

11.1.2 复合手术室屏蔽铅当量折算

DSA最大管电压均为125kV,CT最大管电压为150kV,根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)表C.2中管电压为125kV(散射)和150kV(散射)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	125kV(散射)拟合参数			150kV(散射)拟合参数		
	α	β	γ	α	β	γ
铅	2.233	7.888	0.7295	1.791	5.478	0.5678
混凝土	0.03510	0.06600	0.7832	0.0324	0.0775	1.566

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 3mmPb 相当于 51mm 硫酸钡水泥（密度 3.2g/cm³），100kV 条件下 3mmPb 相当于 24mm 硫酸钡水泥（密度 3.2g/cm³），则 150kV 条件下 50mm 硫酸钡水泥对应的铅当量约为 2.94mmPb，采用内插法计算 125kV 条件下 50mm 硫酸钡水泥对应的铅当量约为 4mmPb。

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

表 11-2 复合手术室屏蔽厚度与 GBZ130-2020 要求对比表

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
CT (150kV)	墙体	4mmPb 硫酸钡板	4.0mmPb	2.5mmPb	满足要求
	顶棚	100mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥	4.1mmPb	2.5mmPb	满足要求
	地板	100mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥	4.1mmPb	2.5mmPb	满足要求
	铅玻璃窗、防护铅门	4mmPb		4.0mmPb	2.5mmPb
DSA (125kV)	墙体	4mmPb 硫酸钡板	4.0mmPb	2mmPb	满足要求
	顶棚	100mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥	5.3mmPb	2mmPb	满足要求
	地板	100mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥	5.3mmPb	2mmPb	满足要求
	铅玻璃窗、防护铅门	4mmPb		4.0mmPb	2mmPb

根据上表核算和对比分析，本项目复合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 复合手术室外周围剂量当量率

采用常用工况下相关参数见表 11-3，复合手术室外周围剂量当量率核算结果见表 11-4。保守情况下，硫酸钡水泥等效铅当量按照 125kV 和 150kV 条件下的折合铅当量保守考虑。

表 11-3 核算参数

设备名称	管电压 (kV)	对应管电流 I (mA)	输出量 H ₀ μSv•m ² / (mA•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	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
/	/	α	β		γ		
90kV 拟合参数	铅	3.067	18.83		0.7726		
	混凝土	0.04228	0.1137		0.469		

续表11 环境影响分析

120kV (CT) 拟合参数	铅	2.246	5.73	0.547
	混凝土	0.0383	0.0142	0.658

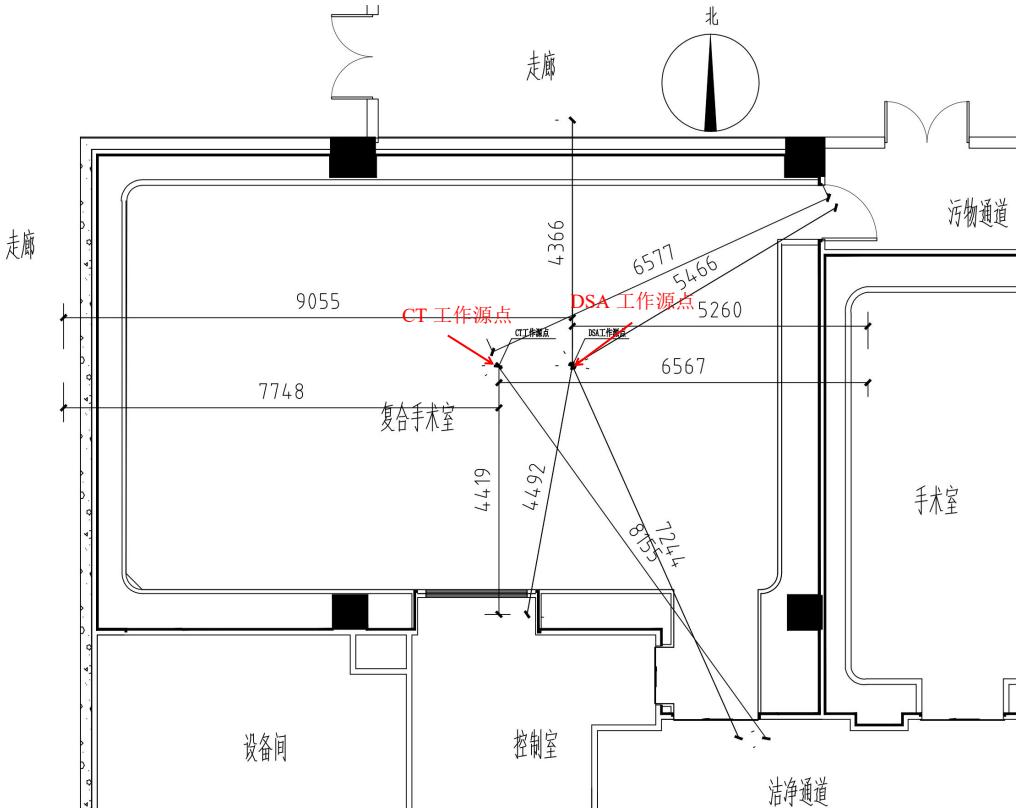


图 11-1 复合手术室平面图及周围关注点

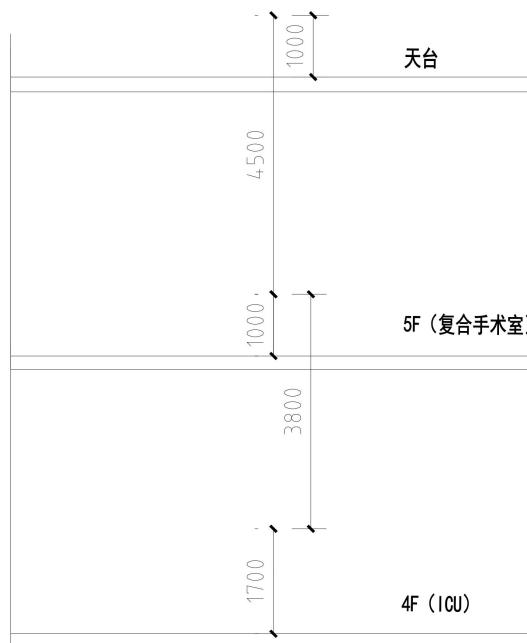


图 11-2 复合手术室剖面及楼上楼下关注点

续表11 环境影响分析

表 11-4 复合手术室外周围剂量当量率核算结果

屏蔽体名称	距离 (m)	屏蔽情况	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)			是否满足屏 蔽要求	
			DSA		CT		
			透视	采集	扫描		
北侧（走 廊）	墙体	4.37	4mmPb 硫酸钡板	2.32E-03	5.79E-02	1.07E-01	是
东侧（污 物通道、 手术室）	墙体	5.26	4mmPb 硫酸钡板	1.60E-03	4.00E-02	/	是
		6.57		/	/	4.75E-02	是
	防护门	5.46	4mmPb	1.48E-03	3.71E-02	/	是
		6.58		/	/	4.74E-02	是
南侧（洁 净通道、 控制室、 设备间）	墙体、观 察窗	4.49	4mmPb 硫酸钡板、 4mmPb	2.19E-03	5.48E-02	/	是
		4.42		/	/	1.05E-01	是
	防护门	7.24	4mmPb	8.44E-04	2.11E-02	/	是
		8.15		/	/	3.09E-02	是
西侧（走 廊）	墙体	9.05	4mmPb 硫酸钡板	5.40E-04	1.35E-02	/	是
		7.75		/	/	3.41E-02	是
顶棚（屋 顶天台）	顶棚	4.5	100mm 混凝土 +50mm 硫酸钡水泥	2.47E-06	6.17E-05	1.56E-02	是
地板 (ICU)	地板	3.8	100mm 混凝土 +50mm 硫酸钡水泥	3.46E-06	8.65E-05	2.19E-02	是

根据计算可知，DSA 在常用透视条件和摄影条件下，复合手术室屏蔽体外周围剂量当量率最大值均小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

根据计算可知，CT 常用条件下，复合手术室屏蔽体外周围剂量当量率最大为 $0.11\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“CT 机机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。

11.3 剂量估算

医技楼 5F 上下相邻楼层（医技楼 4F 和屋顶）无其他核技术利用项目，医院其他核技术利用项目距离较远，经过距离衰减和建筑物屏蔽后，对项目工作人员和公众的叠加辐射影响很小。因手术中心布局调整，除本项目外，暂未确定其余手术室射线装置使用情况，因此本次暂不考虑同层其他手术室的叠加辐射影响。后期手术中心所有涉及射线装置使用的手术室，均为按照标准要求，采取相应的屏蔽防护。

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：

$$H_{Er} = H_{(10)}^* \times t \times 10^{-3} \quad (11-4)$$

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， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

t ： X 或 γ 射线照射时间， h。

11.3.2 放射工作人员剂量估算

根据建设单位提供的资料，复合手术室的 DSA 年透视出束时间约 175.0h，年采集时间约 25.0h，总年有效开机时间约 200.0h；CT 年有效开机时间约 20.0h；复合手术室 DSA 和 CT 总年有效开机时间约 220.0h。

（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 11-5。

表 11-5 控制室放射工作人员有效剂量估算一览表

控制室周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)			年出束时间 (h)			年有效剂量 (mSv/a)			总年有效剂量 (mSv/a)
DSA		CT	DSA		CT	DSA		CT	
透视	采集	扫描	透视	采集	扫描	透视	采集	扫描	
2.19E-03	5.48E-02	1.05E-01	175.0	25.0	20.0	3.83E-04	1.37E-03	2.10E-03	3.85E-03

根据上表可知，从最不利情况考虑，本项目控制室的所有工作由 1 名技师完成，则该名放射工作人员受到的年有效剂量最大为 0.004mSv/a，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复合手术室医护人员

A、CT 运行对医护人员的影响

本项目 CT 扫描是在介入手术前、后使用，CT 出束时，医护人员全部退出复合手术室在控制室内，医护人员受照剂量与技师相同。因此，CT 运行时，医护人员在控制室内的受照剂量最大为 $2.10 \times 10^{-3}\text{mSv/a}$ 。

B、DSA 运行对医护人员的影响

本项目 DSA 有采集和透视两种工作模式。

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 400 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。

采集工作模式下，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 运行时，复合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 11-6 所示。

表 11-6 机房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 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	年出束时间 (h)	年剂量估算 (mSv/a)	
90kV	外科复合手术	采集	3.68×10^{-5}	49.19	25.0	1.23	2.99
		透视	2.52×10^{-2}	10.08	175.0	1.76	
运行管电压	手术类别	透射因子		铅衣外周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	年出束时间 (h)	年剂量估算 (mSv/a)	
90kV	外科复合手术	采集	1.72×10^{-4}	229.53	25.0	5.74	75.74
		透视	/	400	175.0	70.00	

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《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。

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

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

续表11 环境影响分析

mSv。

手术医护人员受到的年有效剂量估算结果见下表。

表 11-7 手术医护人员受到的年有效剂量估算结果

手术类别	α	Hu (mSv)	β	Ho (mSv)	医护人员受到的年有效剂量 E (mSv)	每组手术医护人员受到的年有效剂量 (mSv/a)	备注
外科复合手术	0.79	2.99	0.05	75.74	6.15	3.08	已配置 2 组医生

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。

根据医院提供资料，配置 2 组外科复合手术医生，则医护人员受到的年有效剂量约 3.10mSv/a ($3.08+2.10\times10^{-3}\text{mSv/a}=3.10\text{mSv/a}$, 叠加在控制室受 CT 出束的影响)，本项目手术医护人员的年有效剂量均小于医院放射工作人员年有效剂量管理目标限值 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。医院拟配置 8 名手术医护人员，可以至少分为 2 组，能满足 DSA、CT 常用条件下开展外科复合手术的需求。在科学城院区运营中，可能存在部分工作人员在医院现有院区和科学城院区同时工作的情况，因此保守角度，本项目叠加考虑医院现有放射工作人员年受照剂量，根据最近四个季度个人剂量监测报告，医院介入手术人员年受照剂量最大值为 1.33mSv ，叠加本项目年受照剂量估算值 3.10mSv 后，工作人员年受照剂量仍低于管理目标限值和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的限值要求。

此外，上述透视工作条件下的估算按照透视防护区测试平面上的周围剂量当量率不大于 $400\mu\text{Sv/h}$ 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 DSA 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：

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

续表11 环境影响分析

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。复合手术室外公众成员受到的年剂量估算见表11-8。

表 11-8 环境保护目标预测结果

序号	名称	方位	距离(m)	周围剂量率预测结果 $\mu\text{Sv}/\text{h}$			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	走廊	北	相邻~3	2.32E-03	5.79E-02	1.07E-01	175	25	20	1/5	8.00E-04
2	连廊		约 3-48	8.14E-04	2.04E-02	3.77E-02	175	25	20	1/5	2.81E-04
3	室外道路、绿化		约 3-48	8.14E-04	2.04E-02	3.77E-02	175	25	20	1/40	3.52E-05
4	住院楼		约 46-50	1.74E-05	4.36E-04	8.08E-04	175	25	20	1	3.01E-05
5	走廊、楼梯间、电梯间、空调机房	西	相邻-50	5.40E-04	1.35E-02	3.41E-02	175	25	20	1/5	2.23E-04
6	ICU		约 3-40	3.05E-04	7.61E-03	1.77E-02	175	25	20	1	5.98E-04
7	室外道路、绿化		约 40~50	1.84E-05	4.60E-04	8.99E-04	175	25	20	1/40	8.17E-07
8	手术中心	南	相邻-50	2.19E-03	5.48E-02	1.05E-01	175	25	20	1	3.85E-03
9	手术中心	东	相邻-28	1.60E-03	4.00E-02	4.75E-02	175	25	20	1	2.23E-03
10	连廊		约 28-50	4.00E-05	9.99E-04	1.72E-03	175	25	20	1/5	1.33E-05
11	室外道路、绿化		约 28-40	4.00E-05	9.99E-04	1.72E-03	175	25	20	1/40	1.66E-06
12	办公楼		约 40-50	2.16E-05	5.40E-04	9.45E-04	175	25	20	1	3.62E-05
13	屋顶天台	楼上	/	2.47E-06	6.17E-05	1.56E-02	175	25	20	1/40	7.86E-06
14	医技楼-2~4F诊疗区域	楼下	相邻-50	3.46E-06	8.65E-05	2.19E-02	175	25	20	1	4.41E-04

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。

表中周围剂量率核算按照前文复合手术室屏蔽体外剂量率核算参数和公式，核算距离取源点至机房屏蔽体外关注点距离加上保护目标距机房距离，因保护目标距机房距离为取的粗略值，因此核算时，不减去30cm的差值。

续表11 环境影响分析

根据表 11-8 可知，复合手术室外公众成员受到的年剂量为 0.004mSv/a ，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

本项目复合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设备 DSA 和 CT 两部分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 11-8 可知，复合手术室外 50m 范围内环境保护目标年剂量均低于 0.1mSv/a 。因此，本项目所致复合手术室周围 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，消除有害气体的影响，关键在于加强室内通风。本项目设备运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，复合手术室设置多个排风口，废气经排风管收集引至屋顶天台层流机房，在层流机房北墙排放，朝向天台开阔空旷区域。因此，本项目废气对环境影响可接受。

11.5.2 废水影响

本项目医疗废水进入医院东南侧的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

续表11 环境影响分析

建设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，在污物处置间打包整理后依托医院的医疗废物收集系统收集，并暂存于医院医疗垃圾站，最终交由有资质单位处理。医疗垃圾站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，医疗垃圾站大门张贴危险废物标识；医疗垃圾站为封闭空间，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；医疗垃圾站的面积足够暂存医院 2 天内产生的医疗废物；医疗垃圾站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垃圾站，此种处理措施依托可行。

本项目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。射线装置报废去功能化后按要求处理，保留处理手续，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 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。本项目将 DSA 和 CT 整合在同一个手术室内。本项目营运以后，复合手术室主要是针对跨学科手术，在复合手术室内就能完成 CT 检查、介入手术等多项手术，将多台手术变为一台，同时也方便了病人的转移，节约了时间。复合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，本项目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

续表11 环境影响分析

辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

11.7 产业政策符合性

本项目主要使用 DSA、CT 从事复合介入手术工作。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

本项目 DSA 设备为 II 类射线装置，根据《关于发布<射线装置分类>的公告》内容，II 类射线装置事故时可以使受到照射的人员产生较严重放射损伤，其安全与防护要求较高。设备产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。因本项目设备固定在复合手术室内使用，复合手术室的顶棚、观察窗及防护门均采用固定辐射防护设施，基本不会发生复合手术室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复合手术室外人员误照射：在 CT、DSA 使用时偏离常用运行工况下造成复合手术室外人员的误照射。

②复合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，造成复合手术室内公众成员的误照射。

③设备控制系统故障，工作人员误操作，导致 CT、DSA 同时出束的极端情况，医护人员未及时撤离手术室，造成复合手术室内工作人员误照射。

（2）后果分析

续表11 环境影响分析

①复合手术室外人员误照射

根据核算，在极端情况下，本项目 DSA 透视工况运行管电压为最大管电压，即 125kV，电流自动跟随电压，电流不大于 110mA；在极端情况下，DSA 采集工况运行管电压也为最大管电压，即 125kV，电流自动跟随电压，电流不大于 500mA。本项目 CT 在极端情况下，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 500mA。DSA、CT 在最大运行参数条件下运行，单台手术时间内复合手术室外最大剂量估算情况见表 11-9。

表 11-9 复合手术室外误照射人员所受辐射剂量估算表

位置	事故情景	复合手术室外最大周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	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)
复合手术室北墙外	DSA 透视最大运行参数 125kV, 110mA 条件下运行，人员位于复合手术室外	1.17	21	4.10E-04	6.77E-04	6.77E-04
	DSA 采集最大运行参数 125kV, 500mA 条件下运行，人员位于复合手术室外	5.33	3	2.67E-04		
	CT 最大运行参数 150kV, 500mA 条件下运行，人员 位于复合手术室外	1.49	2	4.95E-05		

备注：仅考虑散射线， $\text{Sv/Gy}=1$ 。125kV 条件下的散射系数取 7.5×10^{-6} ，150kV 条件下的散射系数取 7.8×10^{-6} 。

根据核算可知，在理论可预知风险条件下，项目复合手术室外人员误照射受到的单台手术有效剂量最大约 $6.77 \times 10^{-4}\text{mGy}$ 。

②复合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（透视工况为 125kV/110mA，采集工况为 125kV/500mA，CT 扫描工况为 150kV/500mA），考虑人员受到照射的位置距离 X 射线装置靶点约 1m 考虑。

因手术床旁、设备和控制室均拟设置急停按钮，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 11-10。

续表11 环境影响分析

表 11-10 复合手术室内误照射人员所受辐射剂量估算表

设备	工作模式	受照时间	受照人员所在位置周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	有效剂量 (mGy)
DSA	采集模式: 1m 处发射率 $9.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA min}$	10s (发现后使用急停按钮)	6.11×10^6	17
		3min	6.11×10^6	305
	透视模式: 1m 处发射率 $9.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA min}$	2min (发现后使用急停按钮)	1.34×10^6	45
		21min	1.34×10^6	470
CT	采集+透视: 最大参数运行	24min (单次采集+透视最长时间)	/	775
	CT 扫描: 1m 处发射率 $13\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA min}$	10s (发现后使用急停按钮)	4.23×10^5	1
		2min	4.23×10^5	14
DSA+CT				789

备注: 仅考虑散射线, $\text{Sv/Gy}=1$ 。

综上核算, 项目发生的单次误照射可能会造成人员受到超过年剂量限值, 属于一般辐射事故。根据后果分析可知, 一般事故情况下, 人员受到超过年剂量的照射, 辐射剂量可能会发生可恢复的机能变化, 增加随机性效应的概率, 但不会导致严重辐射损伤。全年多次误照射的情况基本不存在。

此外, 手术医生受到的年有效剂量以个人剂量计监测结果为准, 医院每季度对放射工作人员个人剂量计测读一次值, 如发现异常加密监测频率, 医院应根据最大手术工作时间对手术医生进行工作调配, 以确保其受到的剂量不超过年剂量管理目标值。因此要求放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计。

(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。

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(而非其严重程度)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

续表11 环境影响分析

组织反应阈剂量。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。

组织反应定义为通常情况下存在组织反应阈剂量的一种辐射效应，受照剂量超过一定的阈值时才会发生，其效应的严重程度随超过阈值的剂量越高而越严重。组织反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。

项目产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量降低人员的受照剂量，减少随机性效应产生的概率。

(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。

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，定期检查设备系统 CT 和 DSA 互锁功能，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

续表11 环境影响分析

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 10 万元，占总投资的 1%，具体情况见表 11-12。

表 11-12 本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 张贴正确，有中文说明	0.5
电离辐射警告标志		
辐射防护与安全措施	急停开关、对讲系统、门灯联锁等	1.5
防护用品	个人防护用品和辅助防护设施等	8
屏蔽防护	防护门窗、硫酸钡水泥、硫酸钡防护板等屏蔽体	60
环保手续	环评、验收、辐射安全许可办理等	10
合计	/	80

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构设置

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

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。

医院成立了放（辐）射工作安全防护领导小组，并明确了组织职责，并指定专人单人医院辐射安全管理员，管理员学历为本科。医院现有的辐射安全与环境保护管理机构设置符合《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，并根据科学城院区人员设置情况，完善现有辐射安全管理组织的成员配备情况。

12.2 放射工作人员管理

12.2.1 辐射防护培训

本项目劳动定员10人，主要包括医师、技师、护士等，均为放射工作人员。项目工作人员从医院劳动定员中调配或新聘，目前具体人员名单尚未确定。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《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。

表 12 辐射安全管理

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。

根据调查，医院现有放射工作人员138人，放射工作人员均参加了辐射安全与防护考核，并考核合格后上岗，现有放射工作人员管理情况满足要求。在后期医院运营中，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的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。

12.2.2 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，建立放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。个人剂量档案应当保存至放射工作人员年满75周岁，或者停止辐射工作30年。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项目建设单位。

医院现有放射工作人员均配置了个人剂量计，每3个月进行一次个人剂量监测，最近四个季度工作人员个人剂量监测结果均小于5mSv。本项目的放射工作人员尚未确定，在本项目运行前，医院将继续按照现有管理制度要求为每名放射工作人员配置个人剂量计，并按照要求进行剂量监测，建立个人剂量档案。

12.2.3 职业健康体检

放射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间，放射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位应建立和保存放射工作人员的健康

表 12 辐射安全管理

档案。

根据调查，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。待本项目放射工作人员落实到位后，也按照要求进行岗前职业健康体检，并按照相关要求进行复检，并建立相应档案。

12.3 辐射安全管理规章制度

12.3.1 规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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，应当建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、台账管理制度、监测方案。

目前医院院本部已开展有核医学、放射治疗（不含直线加速器）、DSA 介入手术等诊疗项目，制定了一系列管理制度，院级放射防护管理层面制定有《放辐射台账管理制度》《放（辐）射工作安全防护管理制度》《放射工作人员辐射安全与放射防护培训制度》《放（辐）射事故应急预案》《放射工作人员健康管理规定》《放辐射安全和防护监测方案》《放射工作人员个人剂量监测制度》《放射工作人员档案管理制度》等制度。各相关科室制定有专项放射防护管理制度，可以满足现有核技术利用项目得运行管理需求。

本项目拟依托医院现有辐射防护管理体系，同时，在本项目建成运行前，拟结合项目现场情况、防护设施配备、开展的诊疗项目、工作人员配备等具体情况，制定复合手术室专用管理制度，如复合手术室人员岗位职责、设备操作规程等，确保诊疗工作正常开展。

12.3.2 档案管理

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”。

本项目运营前，医院应认真落实相关制度和规定，新增放射工作人员进行职业健康体检、配置个人剂量计、参加辐射安全与防护培训并取得合格证，将健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案保存。档案信息和保存等按照《放射

表 12 辐射安全管理

性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

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。

12.3.3 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。

医院已按照上述要求每年均按要求提交了上一年度的年度评估报告，医院今后仍应继续落实规定，于每年 1 月 31 日前均向发证机关提交年度评估报告。同时，完善现有辐射防护管理制度内容，后续拟建立年度评估制度，按规定开展年度评估检查，对检查中发现的问题或不足及时整改，消除安全隐患，按规定编制并上报年度评估报告。其填报内容应包括核素使用记录、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。

12.4 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的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；应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的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员

表 12 辐射安全管理

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。

12.5 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，医院从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力评价

应具备的主要条件	落实情况
使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，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。	已成立放射防护管理组织，负责医院的辐射安全与环境保护管理工作，并指定一名人员作为医院辐射防护管理员，管理员学历为本科。
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。	已制定培训计划，放射工作人员上岗前取得培训合格证，待落实后开展辐射工作。
射线装置使用场所有防止误操作、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，复合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。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	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复合手术室人员岗位职责、设备操作规程等。
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。	现有放射工作人员均按照要求配置了个人剂量计；并为新上岗的放射工作人员配备个人剂量计，拟配备一定数量的辐射防护用品供医护人员及患者使用。
有完善的辐射事故应急措施。	已制定辐射事故应急预案。

本项目的管理工作依托医院现有的管理体系，已具备了一定的能力，但还应在本项目建设完成后运营前，针对本项目完善相应管理规定，医院承诺全部落实上述各项要求，具备从事本项目辐射活动的能力，并对本项目进行竣工环境保护验收和办理辐射安全许可后，本项目方可投入正式运行。

12.6 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。

根据调查，医院制定了《放辐射安全和防护监测方案》和《放射工作人员个人剂量

表 12 辐射安全管理

监测制度》，每年均委托有资质单位对现有辐射工作场所屏蔽体外辐射环境进行监测。现有监测计划包括设备质量控制与防护检测、工作场所监测、外照射个人剂量监测。本项目营运前，医院可配备相应的监测仪器或委托有资质的单位定期对所有射线装置进行监测，做好监测记录，存档备查。

本项目建成后，医院也应补充本次新增放射诊疗设备的监测计划执行，定期对辐射工作场所周围人员和环境进行监测，做好监测记录档案。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。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：3个月送检一次。

(2) 工作场所及周围环境监测

医院拟对复合手术室外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测委托有资质的单位进行。

监测频度：验收时监测一次（含维修导致屏蔽防护措施或设备剂量率发生变化时的监测），委托有资质单位监测。医院目前未配置辐射监测设备，日常监测委托有资质单位进行，每年监测一次；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：复合手术室四周墙体、门、窗外30cm处；顶棚上方（楼上）距离顶棚地面100cm；机房地面下方（楼下）距楼下地面170cm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、风口等搭接薄弱位置。

12.7 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》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。

12.7.1 事故分级

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。

12.7.2 医院辐射事故应急响应机构设置

表 12 辐射安全管理

医院《放（辐）射事故应急预案》的内容包括放射事故应急处理组织机构，明确责任领导、分管领导和应急机构职责，同时注明了医院内部各科室应急联系电话和外部单位紧急联系电话。

12.7.3 医院辐射事故应急预案及处置措施

医院目前已经制定了《放（辐）射事故应急预案》，预案内容包括放射事故应急处理组织机构、放射事故报告电话、放射事故应急处置程序、放射事故应急处置流程图等内容。医院制定的应急预案满足现有核技术利用项目的需求，应急处置流程、报告清晰，并定期组织现场应急演练。

1、事故报告程序和电话

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向相关生态环境局等部门报告。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。

2、辐射事故应急措施

首先应辨明事故原因，采取应急措施，切断有害因素，立即封闭现场，防止事故蔓延。

放射源丢失、被盗事件处置。所在科室应当保护好现场，由安保部和感染与疾病预防控控制科分别协调配合公安机关和卫生行政部门、生态环境主管部门进行调查、侦破。

(1) 放射源、射线装置失控处置

①相关工作人员立即采取紧急措施，收回放射源或切断电源使射线装置停机，迅速将受检者撤离机房，疏散周围人员，设置警示区域标识，立即报告科室负责人和感染与疾病预防控控制科。

②所在科室和器械科协调放射源或射线装置厂家相关技术人员，分析查找原因，排除故障。

③发生人员遭受（或可能遭受）超剂量照射时，迅速安排受照人员接受医学检查或者在有条件的医疗机构救治。

④协调配合卫健委、环保等部门调查评估人员损伤、环境污染等程度，并进行相应处置，消除事故影响。

(2) 工作场所被放射性同位素污染处置

表 12 辐射安全管理

①立即撤离有关工作人员，封锁现场。切断一切可能扩大污染范围的环节，迅速开展检测，严防对食物和水源的污染。

②对可能受到放射性核素污染和损伤的人员，立即采取暂时隔离和应急救援措施，拨打院内急救电话。在采取有效防护措施的情况下组织人员彻底清除污染，并根据需要实施其他医学救治及处理措施。

③迅速确定放射性同位素种类、活度、污染范围和污染程度。

④污染现场尚未达到安全水平前，不得解除封锁。

医院应继续完善现有应急预案，定期进行辐射事故应急演习，并做好演习记录和资料归档，并根据应急演习情况，进一步完善辐射事故应急预案，在本项目建成后，将本项目纳入现有辐射事故应急预案中，并新增向高新区生态环境局上报相关流程和上报部门的电话。

12.8 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，医院应当如实查验、监测项目环境保护设施运行情况，编制验收调查报告，完成自主竣工环保验收工作。同时，项目建成后，重新办理《辐射安全许可证》，在许可范围内从事核技术利用项目。

本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

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	复合手术室内使用 1 台 DSA（单管头，II类射线装置，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1250mA），1 台 CT（III类射线装置，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1300mA）	/
2	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全	/
3	剂量管理目标值	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 医院管理要求
4	人员要求	配置符合要求的辐射工作人员，按照要求组织放射工作人员均经考核合格后上岗，按要求定期复训	环境保护部令第 3 号、第 18 号、公告 2019 年第 57 号

表 12 辐射安全管理

5	剂量率控制	复合手术室（DSA 透视模式时、CT 扫描时）四周墙体、门、观察窗外 30cm 处；顶棚上方（楼上）距离顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm、其他穿墙管线（电缆穿墙和风管穿墙等位置）、门缝等搭接薄弱位置，在透视条件下检测时，周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	GBZ130-2020
6	机房规格尺寸	机房建成后，机房内最大矩形面积最短单边长度不小于 4.5m，最小有效使用面积不小于 30 平方米。	GBZ130-2020
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，每名技师各佩戴 1 枚个人剂量计； 工作人员用铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 4 套，介入防护手套若干；铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏 1 套；患者用铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 2 套（成人 1 套、儿童 1 套）。防护用品的铅当量满足标准要求。	
8	辐射安全防护措施	①复合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 设备操作系统中互锁，不能同时出束。 ②复合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，同时在手术中心候诊区设置放射防护注意事项告知栏。 ③制度上墙（复合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；控制室与机房设对讲装置；防护用品与辅助防护设施齐全。 ⑦复合手术室四周墙体、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。	
9	管理	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、人员培训计划、监测方案、年度评估等。	

表 13 结论及建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为满足临床需要，重庆市第四人民医院拟在科学城院区医技楼 5F 手术中心北侧新建 1 间复合手术室、控制室以及设备间，并安装 1 台 DSA（II 类射线装置、最大管电压 125kV、最大管电流 1250mA）和 1 台 CT（III 类射线装置、最大管电压 150kV、最大管电流 1300mA），用于开展各类临床手术，两台设备操作系统互锁，不能同时出束。项目总建筑面积约 150m²。项目总投资 1000 万元，其中环保投资约 80 万元。

13.1.2 产业政策符合性分析

本项目主要使用 DSA、CT 从事复合手术，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。

13.1.3 实践正当性分析

本项目的建设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。故本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

13.1.4 选址可行性及布局合理性分析

本项目选址于医院新院区医技楼 5F 手术中心，手术中心布置多间手术室及手术辅助用房，复合手术室位于手术中心北端，将 DSA、CT 设备安装在复合手术室东西两端，设备系统设置互锁，在复合手术室内 DSA 和 CT 不能同时开机使用。复合手术室选址于手术中心的角落，该区域无关人流相对较少，有利于辐射防护与安全。本项目人流、物流通道独立，且与手术中心人流、物流通道一致。因此，项目用房区域相对独立，布局符合复合手术工作流程需要，除医务人员和手术患者外，周围无其他公众长时间停留，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、布局合理。

13.1.5 辐射安全与防护分析结论

（1）医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将核技术利用工作场所划分为控制区和监督区，将复合手术室划分为控制区，设备间、

续表 13 结论及建议

控制室、洁净通道、污物通道、相邻手术室和室内走廊以及楼上楼下对应区域等划分为监督区。

(2) 屏蔽防护措施

本项目复合手术室有效使用面积为 83.5m^2 , 最小单边长度为 7.2m, 满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中 CT 机房有效使用面积和最小单边长度的要求。本项目复合手术室的四周墙体均为 4mmPb 硫酸钡板, 楼板为 100mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥, 防护门和观察窗均为 4mmPb, 满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的屏蔽防护厚度要求。

(3) 安全联锁装置及其他措施

拟配置的设备具有多种固有安全防护措施并符合相关标准要求, 手术床旁、设备机架及控制台上均拟设置急停开关。设备 DSA 和 CT 互锁, 确保复合手术室内仅能同时有一个 X 射线源出束。复合手术室拟设置门灯联锁系统, 并在防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯、电离辐射警告标志等。平开门均设置自动闭门装置, 电动推拉门均设置防夹装置。本项目依托手术中心的空气净化系统, 设置进风口、回风口、排风口进行通风换气, 废气经废气管道最终引至医技楼 5F 屋顶上方层流机房北墙外排放。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。此外, 医院拟为放射工作人员合理分配工作量。

本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。

13.1.6 环境影响分析结论

(1) 复合手术室屏蔽能力: 根据核算, 在 DSA 透视和采集情况下, 本项目复合手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的屏蔽要求。CT 工作时, 复合手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的屏蔽要求。

(2) 剂量估算: 根据建设单位提供的计划手术量, 通过核算, 在合理配置介入手术医护人员的情况下, 本项目放射工作人员所受到的年有效剂量均低于放射工作人员剂量管理目标值(5mSv/a), 本项目所致公众成员的年有效剂量亦低于剂量管理目标值(0.1mSv/a), 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 及相关标准的要求。

(3) 环境保护目标影响：通过核算可知，复合手术室外公众成员受到的年剂量低于0.1mSv/a。因此，本项目所致周围50m范围内环境保护目标的影响甚微，本项目对周围各环境保护目标的环境影响可以接受。

“三废”影响：本项目设备运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，复合手术室拟采取机械排风系统进行通风换气，手术室废气经机械排风系统引至大楼屋顶上方层流机房，排风口朝向屋顶天台开阔区域。本项目产生的医疗废水依托医院污水处理站处理。医疗废物依托医院医疗垃圾站暂存后交由有资质单位处理；生活垃圾交环卫部门处理；废弃铅防护用品由医院收集后妥善保存，做好记录，交有资质单位处理；设备报废去功能化后按要求处置，保留处理手续，并做好相关记录存档。本项目各污染物均能得到有效处理。

(4) 事故风险：最大风险事故等级为一般辐射事故，医院落实撤离复合手术室时应清点人数、在手术室内及控制台设置有紧急停机按钮、加强医院管理、放射工作人员须加强专业知识学习、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、使设备始终保持在最佳状态下工作、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等措施后，本项目风险可防可控。

13.1.7 辐射与环境保护管理

医院成立了放射防护管理组织，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，修订现有辐射安全管理制度。医院现有放射工作人员均已取得辐射安全与防护培训考核合格且放射职业体检合格，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，根据应急演习情况，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。

综上所述，重庆市第四人民医院拟开展的“重庆市第四人民医院科学城院区建设项目（一期）（复合手术室部分）”在完善相应的污染防治措施和管理措施后，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。在项目运行中，只要严格落实各项污染防治措施和环境保护措施，按照有关法规和安全操作的要求进行，对公众造成影响可接受，环境风险可控。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

附录

附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 医院总平面及环境保护目标布置图

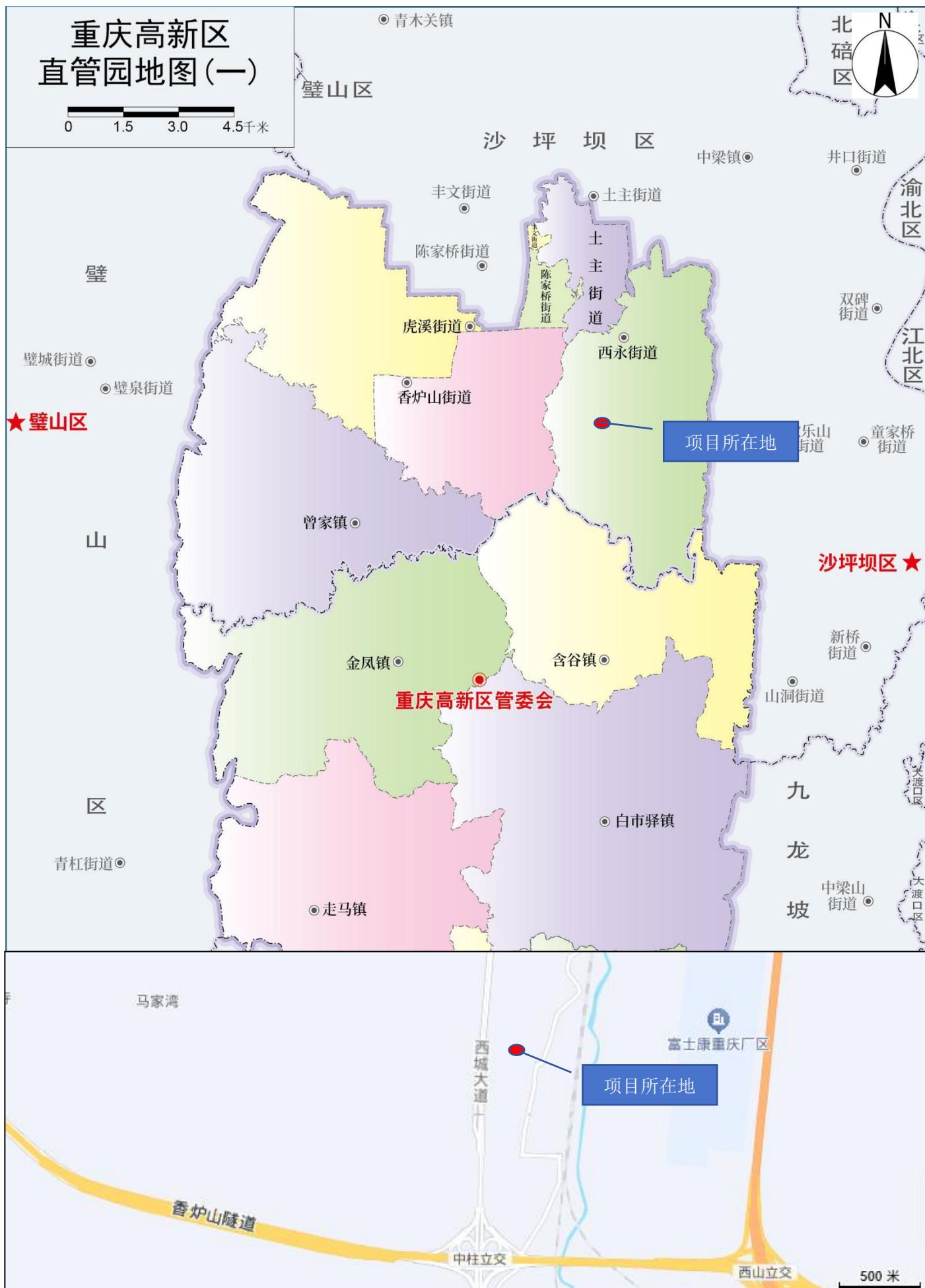
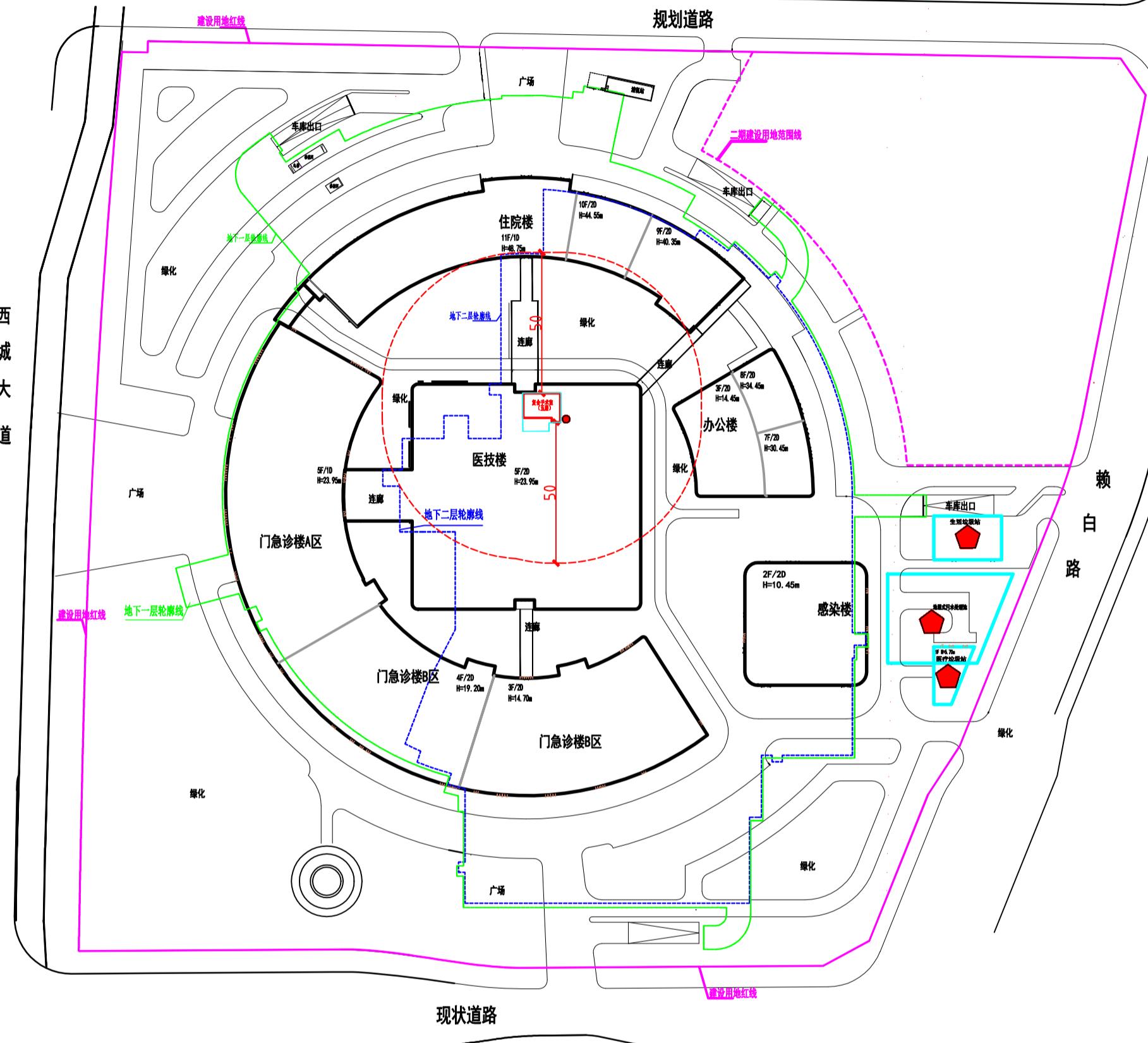


图 1 地理位置图



图例:

- 医院范围
- 复合手术室工作场所范围 (医技楼5F)
- 项目控制区
- 50m评价范围
- ◆ 垃圾/污水处理站
- 排风口 (医技楼5F屋顶)

附图2 医院总平面及环境保护目标布置图