

编号： ZFHK-FB21220071

核技术利用建设项目

成都市公共卫生临床医疗中心 中型 C 臂、ERCP 射线装置利用项目 环境影响报告表 (公示稿)

成都市公共卫生临床医疗中心
2021 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

成都市公共卫生临床医疗中心

中型 C 臂、ERCP 射线装置利用项目

环境影响报告表

建设单位名称：成都市公共卫生临床医疗中心

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：成都市锦江区静居寺路 18 号

邮政编码：610011 联系人：

电子邮箱： 联系电话：

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源.....	14
表 3 非密封放射性物质.....	14
表 4 射线装置.....	14
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	16
表 6 评价依据.....	17
表 7 保护目标与评价标准.....	19
表 8 环境质量和辐射现状.....	22
表 9 工程分析与源项.....	26
表 10 辐射安全与防护.....	34
表 11 环境影响分析.....	45
表 12 辐射安全管理.....	68
表 13 结论与建议.....	74
表 14 审批.....	80

表1 项目基本情况

建设项目名称		成都市公共卫生临床医疗中心 中型 C 臂、ERCP 射线装置利用项目			
建设单位		成都市公共卫生临床医疗中心			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		成都市锦江区静居寺路 18 号			
项目建设地点		成都市锦江区静明路 377 号（航天院区）综合业务楼三楼四号手术室和呼吸道传染病楼二楼胃镜室			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		205	项目环保投资 (万元)	14	投资比例(环保 投资/总投资)
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建(迁建) <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积(m ²)	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位概况

成都市公共卫生临床医疗中心(医院信用代码: 12510100580024374X)始建于 1940 年, 由三家医院(成都结核病防治院、成都市传染病医院、成都铁路局结核病防治院)合并而成, 是四川省唯一的三级甲等传染病专科医院, 主要承担成都市的传染病防治、新突发传染病的应急处置职责及四川省传染病医院主要职能。医院由净居院区、航天院区两部分组成, 净居院区位于成都市锦江区净居寺路 18 号, 航天院区位于成都市锦江区静明路 377 号。现有职工 1100 余人, 其中高级职称 130 余人, 博、硕士 90 余人, 省市学科带头人

4人。医院设有传染科、结核科、艾滋病科、ICU、内科、外科、妇产科、儿科、血液透析室等27个临床一级科室，二级科室61个，配备有螺旋CT、AW工作站、全套CT图像处理软件、MRI、全进口PACS系统、彩超、电子支气管镜、胃镜、肠镜、BACTEC MGIT 960结核分枝杆菌检测仪、ABI7500实时荧光定量PCR仪、罗氏流式细胞仪、全自动核酸提取仪等设施、设备。

目前，医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00603]），许可的种类和范围：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。有效期至2023年07月24日。

1.1.2 项目由来

医院现有1台中型C臂，属于Ⅱ类射线装置，型号为OEC9900ELITE，主束方向由下朝上，最大管电压120kV，最大管电流150mA，位于净居院区门诊楼三楼一号手术室。该中型C臂环评批复为川环审批[2017]20号，验收批复为川环核验[2017]77号。由于发展需要，医院拟将该中型C臂搬迁至航天院区综合业务楼三楼四号手术室。另外，为提高医疗服务能力，进一步满足患者的就诊需求，医院拟在航天院区呼吸道传染病楼二楼胃镜室新增1台ERCP。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，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》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价。本项目中型C臂和ERCP均具备数字减影血管造影功能，对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号），中型C臂和ERCP均属于血管造影用X射线装置的分类范围，应为Ⅱ类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（中华人民共和国生态环境部令第16号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置”，环境影响评价文件形式应为环境影响报告表。因此，成都市公共卫生临床医疗中心委托中辐环境科技有限公司对该项目进行环境影响评价（见附件1）。

在接受委托后，评价单位组织相关技术人员于2021年6月进行了现场勘察、收集资料等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制了本环评报告表，供生态环境审批部门审查。

1.2 项目概况

1.2.1 项目名称、性质、建设地点

- (1) 项目名称：成都市公共卫生临床医疗中心中型 C 臂、ERCP 射线装置利用项目；
- (2) 建设单位：成都市公共卫生临床医疗中心；
- (3) 建设性质：新建（迁建）；
- (4) 建设地点：成都市锦江区静明路377号（航天院区）综合业务楼三楼四号手术室和呼吸道传染病楼二楼胃镜室，医院的地理位置见附图1。

1.2.2 项目建设内容与建设规模

医院由净居院区、航天院区两部分组成，成都市公共卫生临床医疗中心中型 C 臂、ERCP 射线装置利用项目位于成都市锦江区静明路 377 号（航天院区）。医院拟在综合业务楼三楼四号手术室和呼吸道传染病楼二楼胃镜室开展核技术利用项目。综合业务楼地上共 10 层，地下 2 层。呼吸道传染病楼地上共 8 层，地下 2 层。

经与医院核实，本项目使用 1 台中型 C 臂和 1 台 ERCP，均为 II 类射线装置，其中中型 C 臂从净居院区门诊楼三楼一号手术室搬迁至航天院区综合业务楼三楼四号手术室，搬迁中型 C 臂型号为 OEC9900ELite，主束方向由下朝上，最大管电压 120kV，最大管电流 150mA；ERCP 新购，置于呼吸道传染病楼二楼胃镜室，型号为 KD-C7100，主束方向由下朝上，最大管电压 100kV，最大管电流 150mA。

搬迁中型 C 臂位于综合业务楼三楼四号手术室，四号手术室为医院预留机房，无需进行土建施工和防护装修。机房有效使用面积约 $40m^2$ ($6.9m \times 5.83m$)，设置有患者通道、医护通道和污物通道。机房四侧墙体为龙骨钢架+2mm 铅皮(防护当量为 2.0mmPb)，顶棚为 200mm 钢筋混凝土（密度 $2.35g/cm^3$ ，防护当量为 2.62mmPb），地坪为 200mm 钢筋混凝土（密度 $2.35g/cm^3$ ，防护当量为 2.82mmPb），观察窗（1 套）为 3mmPb 铅玻璃，防护门（2 套）为 3mmPb 防护门，不设控制室等辅助用房。该机房墙体屏蔽防护如图 1-1、1-2 和 1-3。

ERCP 机房位于呼吸道传染病楼二楼胃镜室，胃镜室为原预留机房，拟将位于南侧的手动推拉式患者防护门（防护当量为 4mmPb）换成电动推拉式防护门（防护当量为 3mmPb），另外对专业配套部分进行换新（主要是安装照明、插座、门机门灯联锁，拆除原吊顶更换集成吊顶，安装地胶地面，更换环保集成扣板墙面等）。机房有效使用

面积约 37.8m^2 ($6.7\text{m} \times 5.64\text{m}$)，设置有患者通道、医护通道和污物通道，配套功能用房为 1 间控制室（有效使用面积约 20.0m^2 ），1 间缓冲间（有效使用面积为 5.1m^2 ）。机房四侧墙体为 37cm 实心砖墙（密度 1.65g/cm^3 ，防护当量为 3.0 mmPb ），顶棚为 300mm 钢筋混凝土（密度 2.35g/cm^3 ，防护当量为 4.75mmPb ），地坪为 300mm 钢筋混凝土（密度 2.35g/cm^3 ，防护当量为 4.74mmPb ），观察窗（1 套）为 4mmPb 铅玻璃，患者防护门为 3mmPb 防护门，工作人员防护门为 4mmPb 防护门。该机房墙体屏蔽防护如图 1-4、1-5 和 1-6。

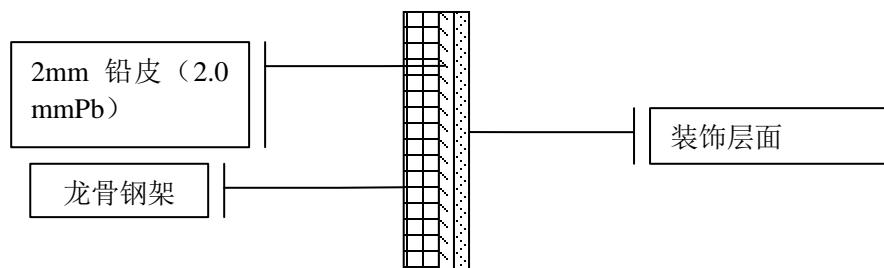


图 1-1 中型 C 臂机房四周墙体屏蔽体材料示意图

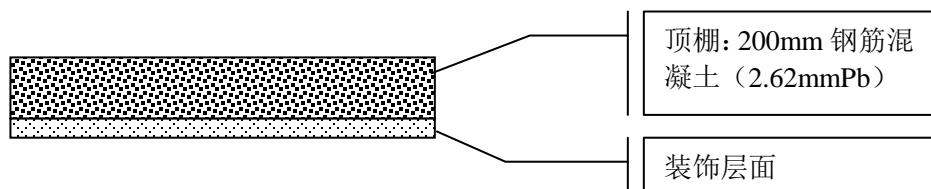


图 1-2 中型 C 臂机房顶棚屏蔽体材料示意图

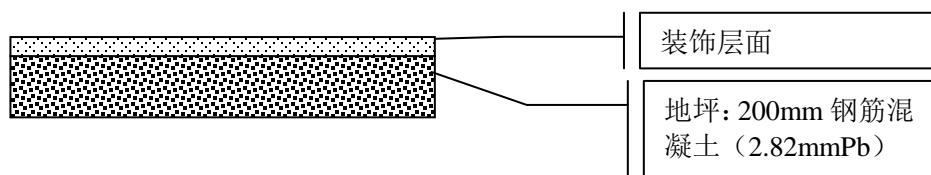


图 1-3 中型 C 臂机房地坪屏蔽体材料示意图

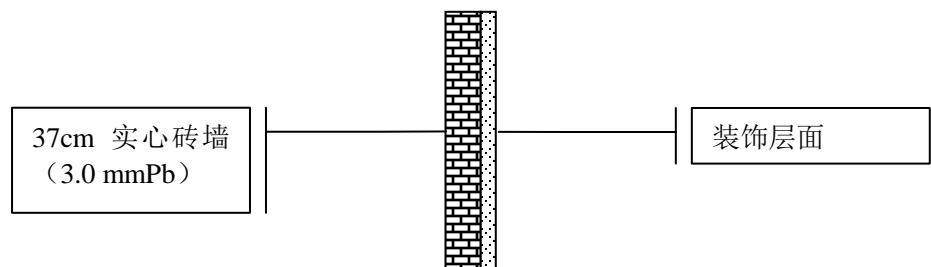


图 1-4 ERCP 机房四周墙体屏蔽体材料示意图

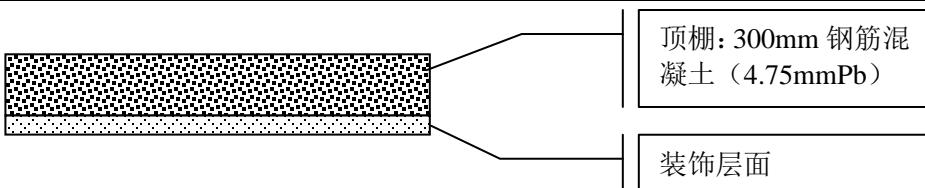


图 1-5 ERCP 机房顶棚屏蔽体材料示意图

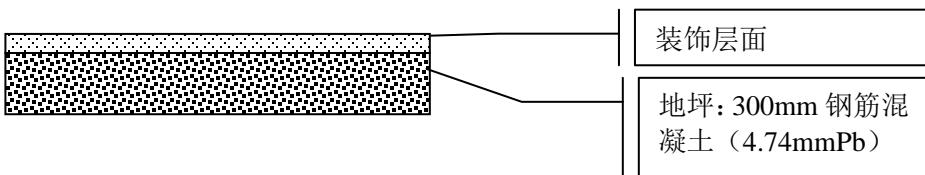


图 1-6 ERCP 机房地坪屏蔽体材料示意图

1.2.3 项目组成及主要环境问题

项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表1-1 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	<p>拟在成都市锦江区静明路 377 号（航天院区）综合业务楼三楼四号手术室开展核技术利用项目，使用 1 台中型 C 臂。综合业务楼地上共 10 层，地下 2 层。</p> <p>经与医院核实，使用 1 台中型 C 臂，为 II 类射线装置，是医院现有设备，从净居院区门诊楼三楼一号手术室搬迁至航天院区综合业务楼三楼四号手术室，搬迁中型 C 臂型号为 OEC9900ELite，主束方向由下朝上，最大管电压 120kV，最大管电流 150mA。</p> <p>搬迁中型 C 臂位于综合业务楼三楼四号手术室，利用预留机房，机房有效使用面积约 40m² (6.9m × 5.83m)，设置有患者通道、医护通道和污物通道。机房四侧墙体为龙骨钢架+2mm 铅皮（防护当量为 2.0 mmPb），顶棚为 200mm 钢筋混凝土（密度 2.35g/cm³，防护当量为 2.62mmPb），地坪为 200mm 钢筋混凝土（密度 2.35g/cm³，防护当量为 2.82mmPb），观察窗（1 套）为 3mmPb 铅玻璃，防护门（2 套）为 3mmPb 防护门。</p>	射线装置安装调试阶段产生的噪声、包装废物、X 射线、少量臭氧、氮氧化物等污染物。	X 射线、臭氧、氮氧化物、噪声、医疗废物、医疗废水
	<p>拟在成都市锦江区静明路 377 号（航天院区）呼吸道传染病楼二楼胃镜室开展核技术利用项目。呼吸道传染病楼地上共 8 层，地下 2 层。</p> <p>经与医院核实，使用 1 台 ERCP，为 II 类射线装置，拟新购，置于呼吸道传染病楼二楼胃镜室。新购 ERCP 型号为 KD-C7100，主束方向由下朝上，最大管电压 100kV，最大管电流 150mA。</p> <p>新购 ERCP 位于呼吸道传染病楼二楼胃镜室，利用预留机房，机房有效使用面积约 37.8m² (6.7m × 5.64m)，设置有患者通道、医护通道和污物通道，配套功能用房为 1 间控制室（有效使用面积约 20.0m²），1 间缓冲间（有效使用面积为 5.1m²）。</p>	施工产生的生活污水、扬尘、装修废气、噪声、建筑垃圾、装修垃圾、生活垃圾等；射线装置安装调试阶段产生的噪	

	机房四侧墙体为 37cm 实心砖墙（密度 1.65g/cm^3 ，防护当量为 3.0 mmPb ），顶棚为 300mm 钢筋混凝土（密度 2.35g/cm^3 ，防护当量为 4.75mmPb ），地坪为 300mm 钢筋混凝土（密度 2.35g/cm^3 ，防护当量为 4.74mmPb ），观察窗（1 套）为 4mmPb 铅玻璃，患者防护门为 3mmPb 防护门，工作人员防护门为 4mmPb 防护门。		声、包装废物、X 射线、少量臭氧、氮氧化物等污染物。	
辅助工程	中型 C 臂机房不设控制室等辅助用房。 ECCP 机房配套功能用房为 1 间控制室（有效使用面积约 20.0m^2 ），1 间缓冲间（有效使用面积为 5.1m^2 ）。		/	生活垃圾、办公垃圾、生活废水
公用工程	给排水、配电、供电和通讯系统依托航天院区现有设施。		/	/
环保工程	废水处理	依托航天院区污水处理站，位于烈性传染病房楼东侧，采用“格栅+调节池+初沉池+A ² O+二沉池+消毒”处理工艺；设计处理能力为 $650\text{m}^3/\text{d}$ 。	/	医疗废水
	废气处理	中型 C 臂机房设置独立的通排风系统，通风次数不低于 4 次/h；ERCP 机房设置独立的通排风系统，通风次数不低于 4 次/h。	/	臭氧、氮氧化物
	固废处理	医疗固废依托医院位于烈性传染病房楼东南侧的特种垃圾站，本项目介入手术时产生的药棉、纱布、手套等医疗废物，采用专门的收集容器分类收集后转移至特种垃圾站中的医疗废物暂存间；生活垃圾、办公垃圾由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。	/	医疗固废、生活垃圾、办公垃圾

1.2.4 主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-2。

表1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年最大消耗量	来源	用途	备注
主要原辅材料	造影剂*	200L	外购	造影拍片	/
能源	电	$1\times10^4\text{kW}\cdot\text{h}$	城市电网	机房及辅助用房用电	/
水	生活用水	1500m^3	城市生活用水管网	生活用水	/

注：*造影剂主要成分为碘帕醇，是为增强影像观察效果而注入（或服用）到人体组织或器官的化学制品，具有粘稠度低、渗透压小、物化性质稳定和容易排泄等特点。医院按需定期对外采购造影剂，均为瓶装储存（20~50ml/瓶）。

1.2.5 主要设备配置及主要技术参数

本项目射线装置主要技术参数见表1-3。

表1-3 本项目主要设备配置及主要技术参数

设备名称	型号	类别	数量	最大参数	最大运行参数	单次平均照射时间	单台设备最大出束时间
中型C臂	OEC9900 ELite	Ⅱ类	1	120kV, 150mA	摄影工况: 100kV, 100mA; 透视工况: 100kV, 10mA	拍片 10s/台 透视 20min/台	拍片 0.14h/a 透视 16.7h/a
ERCP	KD-C7100	Ⅱ类	1	100kV, 150mA	透视工况: 100kV, 10mA	透视 20min/台	透视 33.3h/a

注: 根据医院提供资料, 本项目ERCP仅开展透视模式。

1.2.6 定员及工作制度

(1) 劳动定员: 本项目中型C臂拟配置辐射工作人员共9人, 包括手术医生6人, 护士2人, 技师1人, 均为医院现有辐射工作人员, 手术涉及的科室主要有放射科、普外科、骨科、内窥镜科等, 手术类型有外周及综合介入等类型。本项目中型C臂机房每年最大手术台数为50台, 每台手术配备2名手术医生, 2名护士, 1名技师。手术医生根据手术类型进行调配, 轮岗安排手术。保守估计, 则医生或护土年手术台数不大于50台, 透视过程年最大曝光时间为16.7h。本项目工作人员相对固定, 不存在兼岗和操作其他射线装置情况。

本项目ERCP拟配置辐射工作人员共5人, 包括手术医生2人, 护士2人, 技师1人, 均为医院现有辐射工作人员, 手术涉及的科室主要有消化内镜, 手术类型有十二指肠乳头括约肌切开术(EST)、内镜下鼻胆汁引流术(ENBD)、内镜下胆汁内引流术(ERBD)等类型。ERCP机房配置的工作人员共分为2组, 每台手术配备1名医生, 1名护士, 1名技师, 每组医生或护土年手术台数不大于50台, 透视过程年最大曝光时间为16.7h。本项目工作人员相对固定, 不存在兼岗和操作其他射线装置情况。

表1-4本项目中型C臂、ERCP机房配置情况

机房	中型C臂机房	ERCP机房
每年最大手术台数	50台	100台
工作人员安排	不分组, 每台手术配备2名手术医生, 1名护士, 1名技师, 其中手术医生根据手术类型进行调配, 轮岗安排手术。	分为2组, 每台手术配备1名手术医生, 1名护士, 1名技师

(2) 工作制度: 根据医院提供的资料, 本项目中型C臂机房手术室每年最大手术台数为50台, ERCP机房手术室每年最大手术台数为100台。每天工作8小时, 每年工作250天。

1.2.7 产业政策符合性

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019年本）》中第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

1.3 项目选址、外环境关系、布局合理性及实践正当性分析

1.3.1 项目外环境关系分析

（1）医院外环境关系

成都市公共卫生临床医疗中心的航天院区位于成都市锦江区静明路377号，东北侧为住宅区；东南侧为东三环路五段，隔路为住宅区和办公楼；西南侧为静明路，隔路为住宅区和办公楼；西北侧为学校和住宅区。医院地理位置见附图1，项目周边环境概况见附图2。

（2）项目外环境关系

本项目中型C臂机房位于综合业务楼三楼四号手术室，东北侧距离约20m为后勤保障楼、职工食堂；东南侧距离约50m为呼吸道传染病楼；西南侧距离约50m为院内道路；西北侧距离约50m为院内道路。中型C臂机房边界外50m范围主要为医院建筑物和道路。

本项目ERCP机房位于位于呼吸道传染病楼二楼胃镜室，东北侧距离约50m为医院绿化带；东南侧距离约47m为场界，距离约50m为院外绿化带；西南侧距离约50m为院内道路；西北侧距离约50m为综合业务楼。ERCP机房边界外50m范围主要为医院建筑物和道路。

中型C臂机房东侧为腔镜清洗室和药品间，南侧为洁净走廊，西侧为手术室，北侧为污物暂存间和走廊，机房楼上为夹层（放置设备），楼下为储存间、诊室、工友间及更衣室。ERCP机房东侧为胃镜检查室，南侧为过道，西侧为登记室和过道，北侧为缓冲室和控制室，机房楼上为实验室，楼下为抽血室和清创换药室。中型C臂机房平面布局见附图4，ERCP机房平面布局见附图6。

1.3.2 项目选址合理性分析

本项目位于成都市锦江区静明路377号（航天院区），医院拟将现有1台中型C臂搬迁至综合业务楼三楼四号手术室，拟新购1台ERCP置于呼吸道传染病楼二楼胃镜室。综合业务楼为地上共10层，地下2层。呼吸道传染病楼地上共8层，地下2层。本项目所在地为

医院用地，用地性质为医疗用地，符合成都市城市总体规划。医院周围为居民商住区，交通较为便捷，能为周围居民提供方便的就医设施。

本项目辐射工作场所边界外50m 范围主要为医院建筑物和道路，无居民区、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点，所开展的核技术应用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

1.3.3 布局合理性分析

(1) 中型 C 臂机房东侧为腔镜清洗室和药品间，南侧为洁净走廊，西侧为手术室，北侧为污物暂存间和走廊，机房楼上为夹层（放置设备），楼下为储存间、诊室、工友间及更衣室。中型 C 臂机房和配套房间集中布置，相对独立且人流较少，设有专门的患者通道及污物通道，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素。

ERCP 机房东侧为胃镜检查室，南侧为过道，西侧为登记室和过道，北侧为缓冲室和控制室，机房楼上为实验室，楼下为抽血室和清创换药室。ERCP 机房和配套房间集中布置，相对独立且人流较少，设有专门的患者通道及污物通道，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素。

(2) 中型 C 臂机房和 ERCP 机房设置患者通道、医护通道和污物通道，相互不交叉，患者通道的宽度满足患者手推车辆的通行，方便治疗。

(3) 本项目的建设不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且避开了人流量较大的门诊区或其它人员集中活动区域，并同时兼顾了患者就诊的方便性，所以总平面布置是合理的。

1.3.4 与周边环境的兼容性分析

项目利用医院内现有完善的水资源供给系统，少量废水进入航天院区污水处理站采用“格栅+调节池+初沉池+A²O+二沉池+消毒”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准后，再通过市政污水管网进入市政污水处理厂处理，本项目废水产生量较小，远低于航天院区污水处理站设计处理能力即 650m³/d，不会对地表水与地下水环境产生明显影响。本项目介入手术时产生的药棉、纱布、手套等医疗废物，采用专门的收集容器分类收集后，转移至医院特种垃圾站中的医疗废物暂存间，按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有医疗固废处置资质的单位处置。

因此本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容，符合环境保护要求。

1.3.5 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射诊断和放射治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.4 原有核技术利用项目许可情况

1.4.1 原有核技术利用许可情况

目前，成都市公共卫生临床医疗中心已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00603]），许可的种类和范围：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。发证日期：2020年06月16日，有效期至2023年07月24日。

成都市公共卫生临床医疗中心现有核技术利用项目的环评、许可和验收等情况见表1-5。该医院现有核技术利用项目环保措施和设施均运行正常；经现场踏勘，未发现有环境遗留问题。同时，经建设单位证实，成都市公共卫生临床医疗中心开展放射性诊疗多年，目前未发生过辐射安全事故。

表1-5 医院已获许可使用射线装置

序号	设备名称	规格型号	类别	数量	使用场所	环评	验收
1	CT机	Brightspeed Elite	Ⅲ类	1	航天院区放射科 CT 室：静明路 377 号	登记备案，备案号为 201851010400000327	
2	C形臂X射线机	OEC9900E LITE	Ⅱ类	1	净居院区三楼手术室：静居寺路 18 号	川环审批 [2017] 20 号	川环核验 [2017] 77 号
3	DR机	980marRAD	Ⅲ类	1	净居院区放射科 DR 室：静居寺路 18 号	登记备案，备案号为 201851010400000327	

4	移动式数字摄影 X 线系统	MUX-200D	III类	1	净住院区重症一病区：静居寺路 18 号	登记备案，备案号为 202051010400000335
5	移动式数字摄影 X 线系统	MUX-200D	III类	1	航天院区二期病房：静明路 377 号	登记备案，备案号为 202051010400000335
6	数字化医用 X 射线摄影系统	MuLtix Fusion	III类	1	航天院区放射科 DR 室：静明路 377 号	登记备案，备案号为 201751010400000013
7	X 射线计算机体层摄影设备	SOMATOM Go.Top	III类	1	航天院区烈性楼放射科 CT 室：静明路 377 号	登记备案，备案号为 202051010400000335
8	移动式数字摄影 X 线系统	MUX-200D	III类	1	航天院区烈性楼应急病房：静明路 377 号	登记备案，备案号为 202051010400000335
9	移动式数字摄影 X 线系统	MUX-200D	III类	1	航天院区重症二病区：静明路 377 号	登记备案，备案号为 201751010400000311
10	CR 机	BucKy-Ts	III类	1	航天院区放射科 CR 室：静明路 377 号	登记备案，备案号为 201851010400000327
11	移动式 C 形臂高频 X 射线机	JZ06-1	III类	1	航天院区手术室 4 间：静明路 377 号	登记备案，备案号为 201751010400000003
12	CT 机	Optime ot660 Expert	III类	1	净住院区放射科 CT 室：静居寺路 18 号	登记备案，备案号为 201751010400000548
13	移动式医用诊断 X 射线机	MobileArtEv olutionstan dard	III类	1	航天院区放射科备用机房：静明路 377 号	登记备案，备案号为 201751010400000114

1.4.2 原有核技术利用项目管理情况

(1) 医院已成立了辐射安全管理领导小组，领导小组中由院长担任组长，分管副院长担任副组长，组员为净住院区、航天院区的相关科室负责人，两个院区的管理领导为同一套领导班子，能够有效统筹安排医院的辐射安全事务。领导小组分工明确，制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括放射设备操作规程、辐射工作人员岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、辐射安全和防护设施检查及维护维修制度、辐射工作人员培训制度、辐射工作场所监测制度、辐射事故应急预案、质量保证大纲与质量控制检测计划等。

医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设

施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

医院目前配置的领导小组人员学历大部分为本科学历，都具有一定的管理能力，本项目开展后，辐射管理成员为同一套班子成员，目前医院的管理人员也能满足配置要求。

(2) 成都市公共卫生临床医疗中心现有辐射工作人员共 50 名，均配备了个人剂量计，医院各辐射工作人员连续 4 个季度（2020 年 2 月-2021 年 2 月）的个人剂量检测结果表明，医院现有辐射工作人员个人年剂量监测结果均不超过职业年照射剂量约束值 5mSv，符合本环评约束剂量值的要求。

医院应强化管理、加强辐射工作人员的培训学习，个人剂量计应严格按照规定正确佩戴。对单季度个人剂量检测数据超过 1.25mSv 的，医院应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认。

(3) 成都市公共卫生临床医疗中心严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度，医院现有辐射工作人员共 50 名，其中 40 名参加了辐射安全与防护培训，取得了《辐射安全培训合格证》且在有效期内，剩余 10 人为新上岗的辐射工作人员，尚未参加辐射安全与防护培训。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）和《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号），从事使用 II 类射线装置的辐射工作人员应在生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）上报名、培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。从事 III 类射线装置的辐射工作人员应参加医院自行组织的辐射安全与防护考核，并取得合格成绩，并建立成绩档案。

(4) 医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作状态指示灯等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

(5) 医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。根据医院提供的监测报告（编号为四川世阳（HJ）监（2020）2761 号），本项目搬迁中型 C 臂原工作场所在设备运行过程中机房周围剂量率为 0.11-0.12 μ Sv/h，满足 2.5 μ Sv/h 的目

标控制值。

（6）辐射应急演练和年度评估

医院已制定有《辐射事故应急预案》，医院每年均定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

医院执行有年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有放射源和射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、放射源和射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并及时提交至发证机关。

1.4.3 现有核技术利用存在的问题

建议成都市公共卫生临床医疗中心加强辐射安全管理和人员培训，根据人员变动及场所变动情况对现有辐射安全管理制度及时进行修订；医院新上岗的辐射工作人员尚未取得《辐射安全培训合格证》，根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）和《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号），从事使用 II 类射线装置的辐射工作人员应在生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）上报名、培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。从事 III 类射线装置的辐射工作人员应参加医院自行组织的辐射安全与防护考核，并取得合格成绩，并建立成绩档案。

表 2 放射源（本项目）

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	储存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质（本项目）

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	储存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置（本项目）

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等各种用途的各种类型加速器

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

(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	中型 C 臂	II类	1	OEC9900ELite	120	150	影像诊断与介入治疗	综合业务楼三楼四号手术室	搬迁
2	ERCP	II类	1	KD-C7100	100	150	介入治疗	呼吸道传染病楼二楼胃镜室	新购

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素 名称	活度	月排放 量	年排放 总量	排放口 浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮 氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	排放至大气外 环境中

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

2、含有放射性的废弃物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为 Bq/L (kg、m³) 和活度 (Bq)。

表6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第9号,2015年1月1日起施行);</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第48号2016年修订,2016年9月1日起施行)及《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》(第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议,2018年12月29日);</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第6号,2003年10月1日起施行);</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第682号,2017年10月1日起施行);</p> <p>(5)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(中华人民共和国生态环境部令第16号),自2021年1月1日起施行;</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第709号修订,2019年3月2日);</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环保总局第31号令;根据2017年12月20日环境保护部部务会议通过《环境保护部关于修改部分规章的决定》修正;根据2019年7月11日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修正;根据2021年1月4日生态环境部部务会议审议通过《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》修正);</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);</p> <p>(9)《关于发布射线装置分类的公告》(环境保护部国家卫生和计划生育委员会2017年第66号);</p> <p>(10)《四川省辐射污染防治条例》(四川省十二届人大常委会第24次会议通过,2016年6月1日实施)。</p>
	<p>(1)《建设项目环境影响评价技术导则总纲》(HJ2.1-2016);</p> <p>(2)《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);</p>

技术标准	<p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(4) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。</p>
其他技术资料	<p>(1) 《放射防护实用手册》（主编：赵兰才、张丹枫）；</p> <p>(2) 《辐射防护导论》（主编：方杰）；</p> <p>(3) 《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》（第三版）；</p> <p>(4) 四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的通知(川环函〔2016〕1400号):《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（2016）；</p> <p>(5) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为使用Ⅱ类射线装置，且项目场所有实体边界，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的有关规定，本项目评价范围确定为各机房屏蔽物边界外50m的范围。评价范围详见附图2。

7.2 环境保护目标

根据《关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发2018年24号），四川省生态保护红线总面积14.80万平方公里，占全省幅员面积的30.45%。空间分布格局呈“四轴九核”，分为5大类13个区块，主要分布在川西高原山地、盆周山地的水源涵养、生物多样性维护、水土保持生态功能富集区和金沙江下游水土流失敏感区、川东南石漠化敏感区。本项目不涉及四川省生态保护红线，具体见下图。

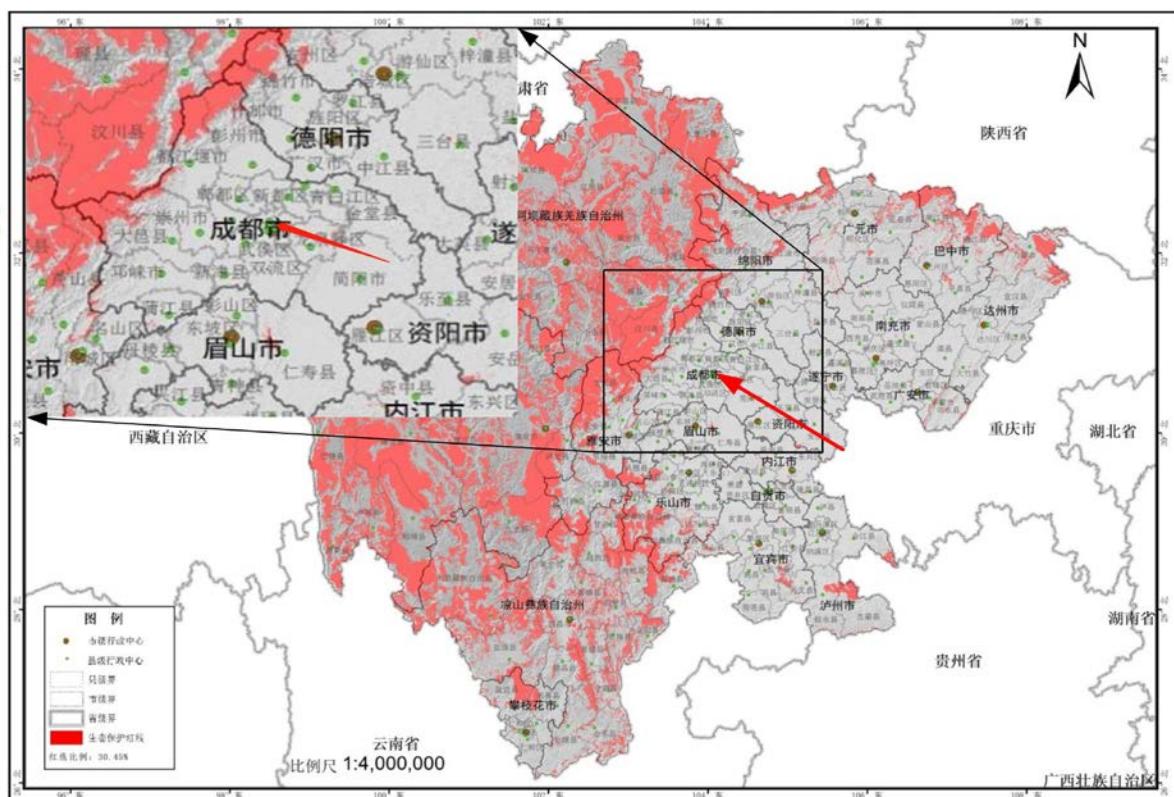


图7-1 四川省生态保护红线判定图

根据本项目中型C臂、ERCP工作场所的平面布局和周围的外环境关系，确定本项目主要环境保护目标为中型C臂、ERCP工作场所辐射工作人员以及中型C臂、ERCP工作场所周围公众等。中型C臂机房楼上为夹层（放置设备），无特殊情况不允许无关人员进入。

表7-1主要环境保护目标

保护名单	人数	方位	照射类型	距离机房最近距离 (m)		居留因子	
				水平	垂直		
中型C臂	污物暂存间公众	5 人次/d	北侧	公众照射	紧邻	0	1/16
	观察窗外辐射工作人员	5 人次/d	北侧	职业照射	紧邻	0	1
	洁净走廊公众	20 人次/d	南侧	公众照射	紧邻	0	1/4
	药品间公众	10 人次/d	东侧	公众照射	紧邻	0	1/16
	腔镜清洗室公众	10 人次/d	东侧	公众照射	紧邻	0	1/16
	楼上夹层公众	/	上方	公众照射	2.2	5	1/16
	楼下诊室公众	50 人次/d	下方	公众照射	5	5	1
	职工食堂公众	800 人次/d	东北侧	公众照射	20	10	1
	呼吸道传染病楼公众	100 人次/h	东南侧	公众照射	50	0	1
ERCP	控制室辐射工作人员	5 人	北侧	职业照射	紧邻	0	1
	学习室工作人员*	2-10 人	北侧	公众照射	2	0	1
	缓冲室公众	10 人次/d	北侧	公众照射	紧邻	0	1
	过道公众	50 人次/d	南侧	公众照射	紧邻	0	1/4
	胃镜检查室公众	30 人次/d	东侧	公众照射	紧邻	0	1/2
	登记室公众	30 人次/d	西侧	公众照射	紧邻	0	1
	楼上实验室公众	20 人次/d	上方	公众照射	5	5	1
	楼下清创换药室、抽血室公众	50 人次/d	下方	公众照射	5	5	1
	综合业务楼公众	100 人次/h	西北侧	公众照射	50	0	1
注：学习室为医院工作人员进行学习、讨论的场所，无关人员不得随意进入。							

7.3 评价标准

7.3.1 执行标准

1、环境质量标准

- (1) 环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准；
- (2) 地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中Ⅲ类标准；

(3) 声环境质量执行国家《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类标准。

2、污染物排放标准

(1) 废气：臭氧排放执行《工作场所有害因素职业接触限制 第1部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019) 中臭氧最高允许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；氮氧化物执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中的二级标准。

(2) 废水：执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表2中预处理排放标准。

(3) 噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放限值》(GB12523-2011) 各阶段标准限值；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中的2类标准。

(4) 固体废物：执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)；如有危险废物产生，执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001) 及其修改单相关标准。

3、剂量约束

(1) 职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第4.3.2.1条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯平均) 20mSv ，四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv 。项目要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的1/4执行，即 5mSv/a ；四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量约束值为 125mSv 。

(2) 公众照射：第B1.2.1条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv 。项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量约束限值的1/10执行，即 0.1mSv/a 。

4、剂量控制水平

放射工作场所边界周围剂量率控制水平参照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 有关规定，本项目射线装置使用场所在距离机房屏蔽体外表面 30cm 外，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

成都市公共卫生临床医疗中心（航天院区）位于成都市锦江区静明路 377 号，医院拟将现有 1 台中型 C 臂搬迁至综合业务楼三楼四号手术室，拟新购 1 台 ERCP 置于呼吸道传染病楼二楼胃镜室。

本项目评价范围内为医院建筑物和道路，主要植被除人工种植的花草树木外，无农作物和野生动植物。本项目评价区域范围内尚未发现受保护的文物和古迹。为掌握项目所在地辐射水平，本次评价委托浙江建安检测研究院有限公司对本项目机房所在位置及周围的辐射环境进行了监测，监测布点见图 8-1、8-1 和 8-3，监测结果见表 8-2。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测方案

8.2.1 环境现状评价对象

中型 C 臂、ERCP 机房和周边

8.2.2 监测因子

X- γ 辐射剂量率

8.2.3 监测方案

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2021 年 7 月 16 日
- (3) 监测方式：现场检测
- (4) 监测依据：
 - ①《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；
 - ②《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。
- (5) 监测频次：依据标准予以确定
- (6) 监测工况：辐射环境本底
- (7) 天气环境条件：天气阴；温度：24℃；相对湿度：56%。
- (8) 监测报告编号：GABG-HJ21380069
- (9) 监测设备

表 8-1 监测设备基本情况

仪器名称	X、 γ 射线巡测仪
仪器型号	AT1123

生产厂家	ATOMTEX
仪器编号	05035593
能量范围	15keV~10MeV ($\pm 15\%$)
量 程	50nSv/h~10Sv/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书	2021H21-20-2976183002
检定有效期	2021年01月18日~2022年01月17日

8.2.4 质量保证措施

①结合现场实际情况及监测点的可到达性，在项目拟建场址内和评价范围内工作人员活动区域、公众人员相对集中的区域及周边建筑布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性和可重复性，以保证监测结果的科学性和可比性。

②根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）采用即时测量方法进行测量。

③监测仪器每年定期经有资质的计量部门检定，检定合格后方可使用。

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

⑤本次监测委托浙江建安检测研究院有限公司开展，该公司持有浙江省质量技术监督局认定的检验检测机构资质认定证书（证书编号：161101060970），监测实行全过程的质量控制，严格按照公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

⑥监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由技术总负责人审定。

8.3 监测点位及结果

本项目中型 C 臂机房为医院现有机房，本次监测在中型 C 臂机房及周边布设了监测点，评价范围内共布设了 9 个点位，所布点位能反映本项目评价范围内中型 C 臂机房的辐射环境现状水平。因此，监测点位布设是合理的。

本项目 ERCP 机房为医院现有机房，本次监测在 ERCP 机房及周边布设了监测点，评价范围内共布设了 8 个点位，所布点位能反映本项目评价范围内 ERCP 机房的辐射环境现状水平。因此，监测点位布设是合理的。

另外，在职工食堂布设了 1 个监测点。辐射环境现状监测结果见表 8-2，监测布点图见图 8-1、8-2 和 8-3。

表 8-2 辐射环境现状监测结果一览表

监测点编号		监测点位置	监测结果 (nGy/h)		备注
			平均值	标准差	
拟建中型C臂机房及四周	1	中型C臂机房中心位置	77	2	室内
	2	药品间	74	6	室内
	3	腔镜清洗	77	3	室内
	4	过道	72	2	室内
	5	手术室	64	2	室内
	6	洁净走廊	69	2	室内
	7	机房上方夹层	85	2	室内
	8	机房下方诊室	94	2	室内
	9	机房下方过道	77	2	室内
ERCP机房及四周	1	ERCP机房中心位置	85	3	室内
	2	胃镜检查室	79	3	室内
	3	控制室	84	2	室内
	4	过道	84	2	室内
	5	登记室	101	2	室内
	6	过道	107	4	室内
	7	机房上方实验室	78	2	室内
	8	机房下方清创换药室	93	2	室内
职工食堂	1	职工食堂	79	3	室内

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，所有测量值均已扣除宇宙射线响应值 41 nGy/h；

3、测量值经校准因子修正，辐射剂量率和周围剂量当量率的换算系数取 1.20Sv/Gy。



图 8-1 辐射环境现状监测布点图 (1)

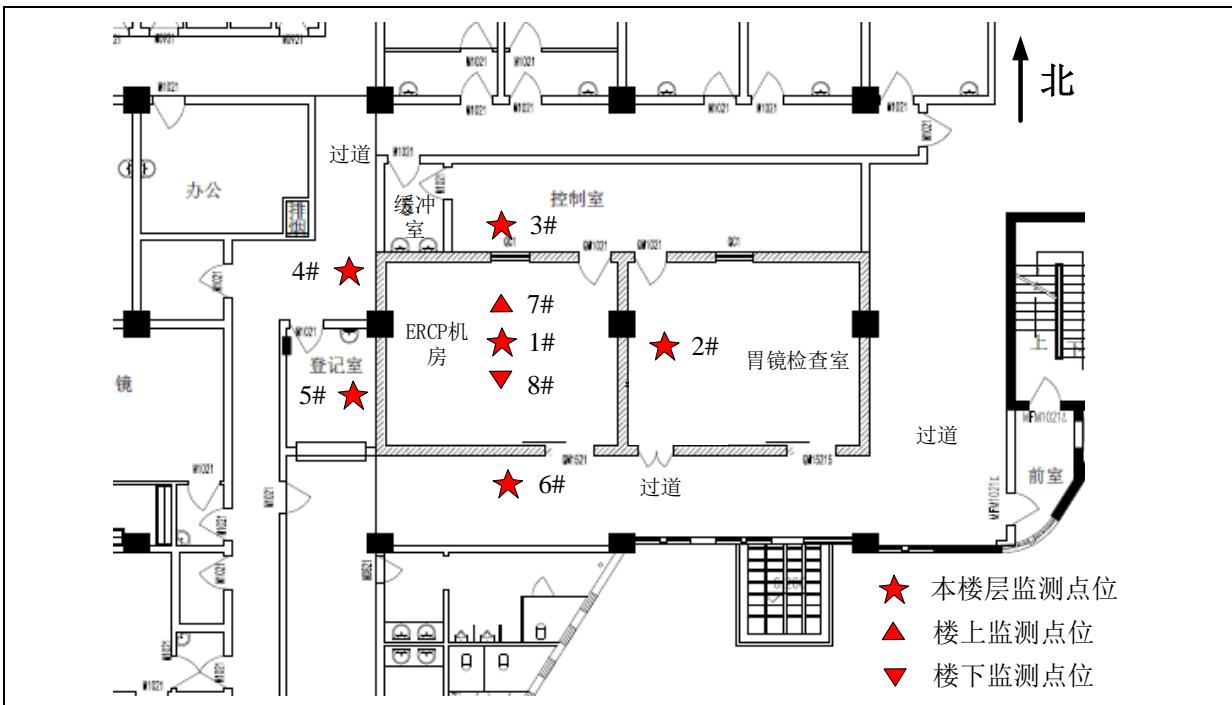


图 8-2 辐射环境现状监测布点图 (2)



图 8-3 辐射环境现状监测布点图 (3)

8.4 环境现状调查结果的评价

由上述监测结果可知，本项目职工食堂室内 X- γ 辐射剂量率为 79nGy/h，中型 C 臂机房及周边室内 X- γ 辐射剂量率为 64nGy/h ~94nGy/h，ERCP 机房及周边室内 X- γ 辐射剂量率为 78nGy/h~107nGy/h。由《2020 四川省生态环境状况公报》可知，四川省辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率范围为≤130 nGy/h，属于当地正常天然本底辐射水平。

表9 工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 施工期施工工序及产污环节

本项目中 C 机房位于综合业务楼三楼四号手术室，手术室屏蔽防护满足相关要求，无需进行土建施工和防护装修；ERCP 机房位于呼吸道传染病楼二楼胃镜室，拟将位于南侧的手动推拉式患者防护门换成电动推拉式防护门，另外对专业配套部分进行换新（主要是安装照明、插座、门机门灯联锁，拆除原吊顶更换集成吊顶，安装地胶地面，更换环保集成扣板墙面等）。

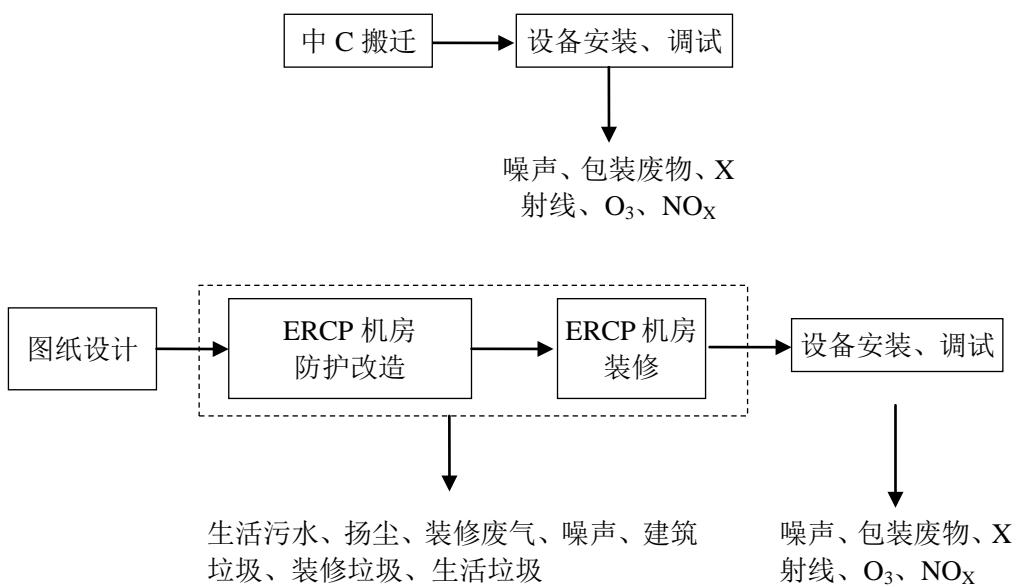


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节

本项目施工期污染物主要包括：

(一) 废水

施工期产生的废水主要是施工人员的生活污水，生活污水产量较小，可依托医院现有化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网。

(二) 废气

施工过程中会产生扬尘，主要是机房防护改造和装修过程中产生的扬尘。本项目施工期工程量较小，产生扬尘量较小。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

机房装修过程会产生装修废气，在加强通风或室内空气净化措施后，可将装修废气

的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

（三）噪声

施工期噪声包括机房防护改造、装修产生的噪声，由于施工范围位于呼吸道传染病楼内，施工噪声会对医护人员及患者产生一定的影响。应合理制定施工计划，避开午休时间，禁止在夜间施工；施工设备应考虑选择低噪音设备，防止噪声超标；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；适当设置临时声障。

（四）固体废物

施工过程中会产生建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾。建筑垃圾、装修垃圾由施工单位外运至建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

（五）设备的安装、调试

①搬迁中型 C 臂的安装、调试

该中型 C 臂搬迁前位于净住院区门诊楼三楼一号手术室，于 2017 年通过环评（文号：川环审批[2017] 20 号）和验收（文号：川环核验[2017] 77 号）。中型 C 臂搬迁前，应制定详细的搬迁方案，拆装工作应由中型 C 臂设备厂家派专业人员进行操作，禁止医院人员自行对设备进行拆装。搬迁过程会产生少量包装废物。

搬迁后，再进行中型 C 臂的安装、调试，安装、调试均由设备厂家专业人员进行，安装、调试过程会产生 X 射线，由于 X 射线与空气电离作用，会有少量臭氧和氮氧化物产生。设备安装完成后，会有少量的包装废物产生。

②新购 ERCP 的安装、调试

新购ERCP的安装、调试均由设备厂家专业人员进行，安装、调试过程会产生X射线、少量臭氧和氮氧化物，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的包装废物产生。

在射线装置安装调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。经墙体的屏蔽及距离衰减后，对环境的影响是可以接受的。

9.1.2 营运期工程设备与工艺分析

9.1.2.1 中型 C 臂

（1）设备组成和工作原理

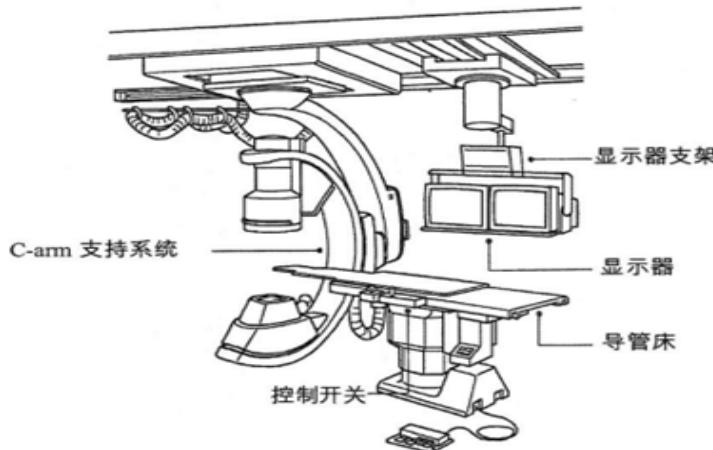


图 9-2 中型 C 臂整体外观示意图

中型 C 臂主要由影像探测器、X 线管头、显示器、导管床、介入床、高压注射器、操作台、控制装置及工作站系统组成，其整体外观示意图如图 9-2 所示。

中型 C 臂中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型 X 射线管结构详见图 9-3。

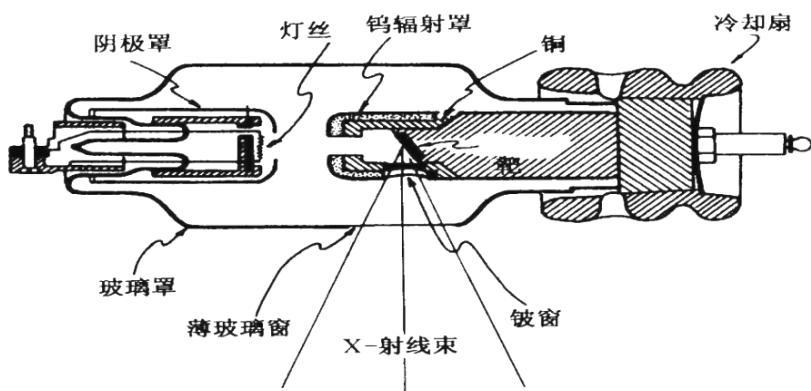


图 9-3 典型 X 射线管结构图

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

中型 C 臂是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是应用计算机程序进

行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全；节省胶片使造影价格低于常规造影。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

（2）操作流程产污环节分析

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。患者进入机房后，技师或护士协助摆位后离开机房（患者留下）。开启中型 C 臂设备，技师在机房外首次拍片初步确认病灶部位后，手术医生穿戴好防护用品进入机房，在透视操作下插入导管，输入造影剂，之后离开机房，技师在机房外再次拍片，当确诊病灶部位后，手术医生穿戴好防护用品后再次进入机房进行介入治疗直到治疗结束，关机。根据医院提供资料，该中型 C 臂在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，透视。进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时医生位于铅帘后身着铅橡胶围裙、铅防护眼镜在曝光室内对病人进行直接的介入手术操作。该种情况在实际运行中占绝大多数，是本次评价的重点。

第二种情况，减影。操作人员采取隔室操作的方式（即技师在机房外对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和监控观察机房内病人情况。

中型 C 臂为 II 类射线装置，射线装置运行时，主要污染因子为 X 射线，注入的造影剂不含放射性，同时中型 C 臂采用先进的数字显影技术，不使用胶片冲洗显影，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。中型 C 臂的诊治流程及产污环节如图 9-4 所示。

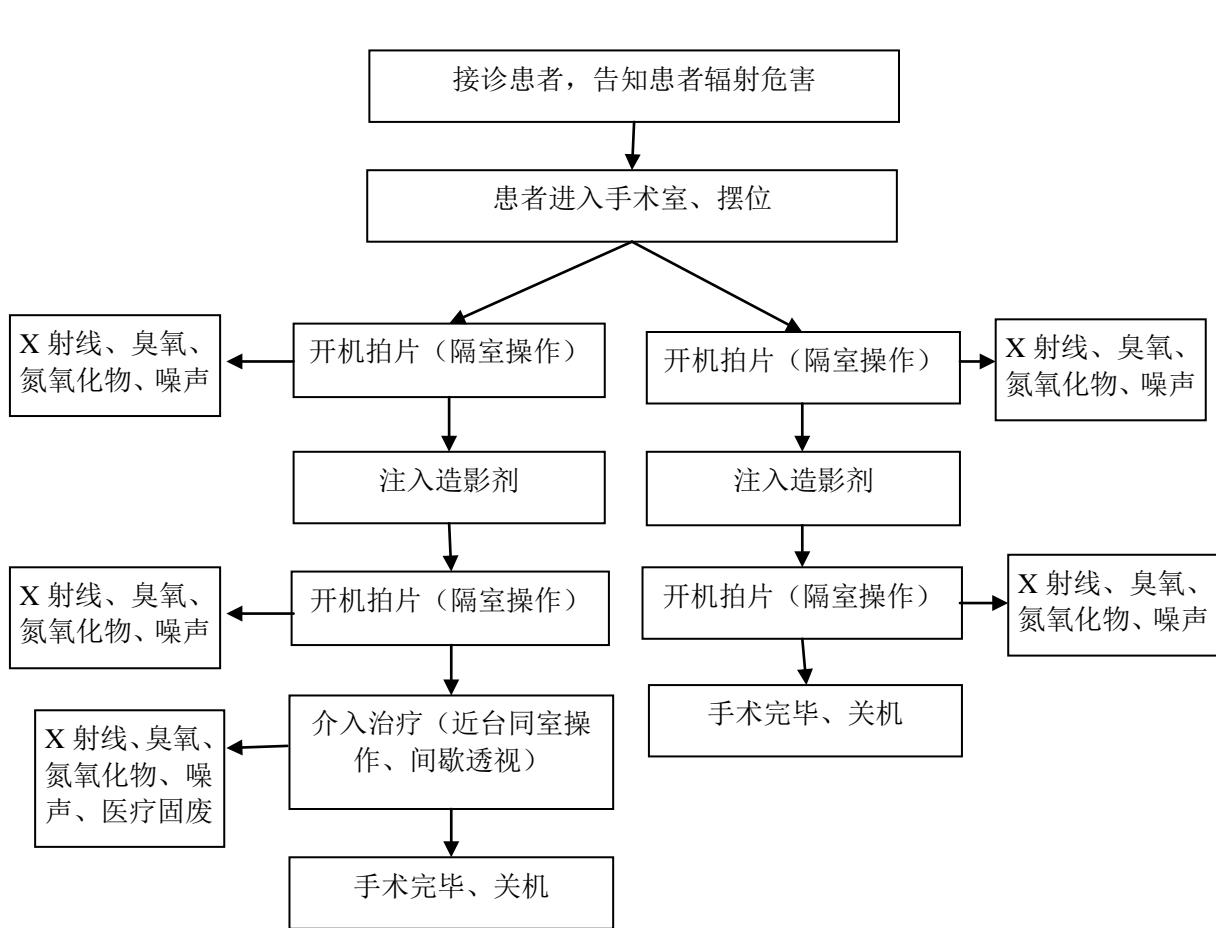


图 9-4 中型 C 臂诊治流程及产污环节示意图

综上可知，中型 C 臂在开机状态下，产生的污染因子主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物，同时介入手术会产生医疗固废以及通排风噪声，无其他放射性废气、废水及固体废物产生。

(3) 路径分析

患者进入洁净走廊，通过南侧防护门进入中型 C 臂机房；医护人员进入洁净走廊，通过南侧防护门进入中型 C 臂机房；本项目介入手术会产生药棉、纱布和手套等医疗废物，医疗废物产生后会被暂存于北侧紧邻的污物暂存间，专人收集后，再转移至医院特种垃圾站中的医疗废物暂存间。

9.1.2.2 ERCP

(1) 设备组成和工作原理

ERCP 射线装置主要由带有影像增强器或平板探测器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、操作台、磁盘或磁带机、多幅照相机组成。

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，是将内镜经口插入十二指肠降部，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。在 ERCP 的基础上，可以进行十二指肠乳头括约肌切开术(EST)、内镜下鼻胆汁引流术(ENBD)、内镜下胆汁内引流术(ERBD)等介入治疗。

(2) 操作流程产污环节分析

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。患者进入机房后，技师或护士协助摆位后离开机房（患者留下）。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。多数 ERCP 医生插管成功率应大于 85% 以上，导丝引导下选择性插管成功率高，并发症少。

3、造影：在透视下经造影导管注入造影剂，在荧光屏上见到胆管或胰管显影，显示病变。尽量减少不必要的胰管显影，以防术后胰腺炎的发生。

4、拍片：胰胆管显影后，进行拍片存储。

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 的诊治流程及产污环节如图 9-5 所示。

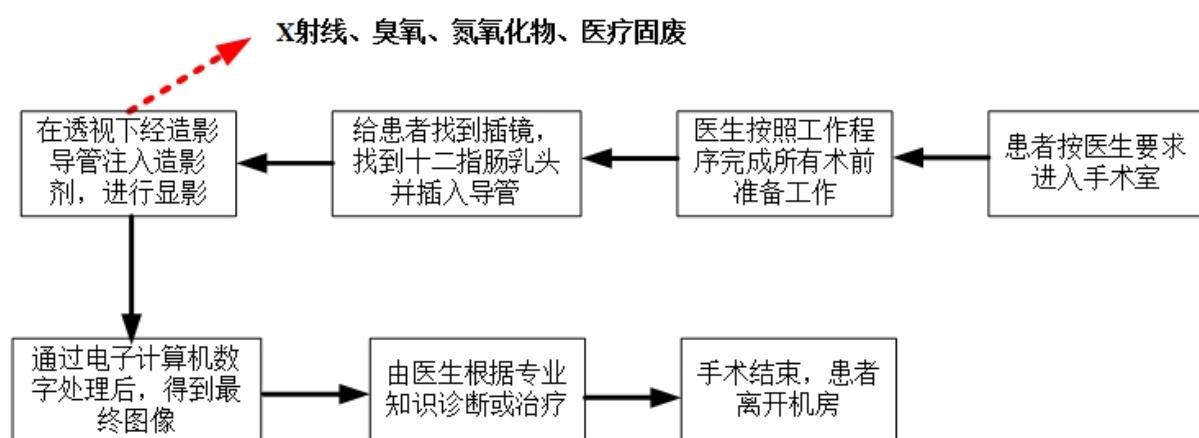


图 9-4 ERCP 治疗流程及产污环节示意图

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。介入

治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点，深受患者欢迎。

(3) 路径分析

患者进入过道，通过南侧防护门进入ERCP机房；医护人员进入控制室，通过北侧防护门进入ERCP机房；本项目介入手术会产生药棉、纱布和手套等医疗废物，医疗废物产生后会被暂存于二层西北角的污物暂存间，专人收集后，再转移至医院特种垃圾站中的医疗废物暂存间。

9.1.3 正常工况污染源项描述

①电离辐射

本项目使用的中型 C 臂和 ERCP 为Ⅱ类射线装置，X 射线装置在开机状态下主要辐射为 X 射线，关机状态不产生 X 射线。

②废气

本项目中型 C 臂和 ERCP 在曝光过程中，由于 X 射线与空气电离作用，会有少量臭氧和氮氧化物产生。中型 C 臂和 ERCP 机房设置独立的通排风系统，通风次数不低于 4 次/h，能保持机房内良好通风。

③废水

项目运行后，废水主要为辐射工作人员的生活污水和医疗废水。中型 C 臂和 ERCP 辐射工作人员共 14 人，生活用水按每人每天 100L 计，医疗废水按 100L/台手术，排污系数取 0.85，则生活污水产生量为 $1.19m^3/d$, $297.5m^3/a$ ；一年中型 C 臂和 ERCP 最多开展 150 台手术，则医疗废水产生量约 $0.06m^3/d$, $15.0m^3/a$ 。则本项目废水总产生量约 $1.25m^3/d$, $312.5m^3/a$ 。

④固体废物

本项目中型 C 臂和 ERCP 运行过程中会产生医疗废物，医疗废物采用专用容器分类收集后，转移至医院特种垃圾站中的医疗废物暂存间，按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有医疗固废处置资质的单位处置。本项目一台介入手术约产生医疗废物药棉 0.1kg，纱布 0.1kg，手套 0.2kg，一年中型 C 臂和 ERCP 最多开展 150 台手术，则本项目一年约产生医疗废物药棉 15kg，纱布 15kg，手套 30kg，总共每年约产生医疗废物 60kg。

工作人员会产生生活垃圾和办公垃圾，工作人员共 14 人，产生量约 0.1kg/人，则生活垃圾及办公垃圾产生量为 $1.4kg/d$, $0.35t/a$ 。生活垃圾和办公垃圾由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

⑤噪声

本项目噪声源主要为通排风噪声，设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于 60dB (A)，并设置隔声减振措施，经降噪措施及距离衰减作用，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

9.1.4 事故工况主要放射性污染物和污染途径

本项目使用中型 C 臂和 ERCP 射线装置，主要可能发生的辐射事故有以下几种：

- (1) 装置在运行时，由于门灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；
- (2) 工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射；
- (3) 射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；
- (4) X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

事故工况产生的污染物与正常工况下相同。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全措施

10.1.1 工作场所平面布局

医院拟将现有 1 台中型 C 臂搬迁至航天院区综合业务楼三楼四号手术室，拟新购 1 台 ERCP 置于航天院区呼吸传染病楼二楼胃镜室。机房六面情况（东、南、西、北、上、下）如表 10-1 所示。

表 10-1 本项目射线装置机房周边布局一览表

序号	所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
1	综合业务楼三楼四号手术室	中型 C 臂机房	东	腔镜清洗室和药品间
			南	洁净走廊
			西	手术室
			北	污物暂存间和走廊
			楼上	夹层（放置设备）
			楼下	储存间、诊室、工友间及更衣室
2	呼吸传染病楼二楼胃镜室	ERCP 机房	东	胃镜检查室
			南	过道
			西	登记室、过道
			北	缓冲室和控制室
			楼上	实验室
			楼下	抽血室和清创换药室

本项目辐射工作场所相对集中布置，设置有患者通道和医护通道，各射线装置经过机房实体屏蔽体屏蔽后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，对周围辐射环境及人员影响是可以接受的，因此本项目各机房平面布局合理可行。

10.1.2 辐射工作场所分区管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），要求在辐射性工作场所内划出控制区和监督区。

（1）“两区”划分原则与依据

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），“两区”划分原则与依据：

①注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围；

②确定控制区的边界时,应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小,以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围;

③注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区:这种区域未被定为控制区,在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施,但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

控制区:在正常工作情况下,控制正常照射或防止污染扩散,以及在一定程度上预防或限制潜在照射,要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽(包括门锁和连锁装置)限制进出控制区,放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

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

(2) “两区”划分

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的“两区”划分原则与依据,对中型C臂机房和ERCP机房进行划分,控制区和监督区划分情况见表10-2、附图4和附图6。

表 10-2 机房控制区和监督区划分情况

序号	场所名称	控制区	监督区
1	中型C臂机房	机房内部	污物暂存间、过道、腔镜清洗室、药品间、洁净走廊
2	ERCP机房	机房内部	控制室、缓冲室、胃镜检查室、过道、登记室、过道

10.2 辐射安全及防护措施

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

10.2.1 设备安全防护措施

(1) 安全防护措施

本项目使用1台中型C臂和1台ERCP,中型C臂从净居院区门诊楼三楼一号手术

室搬迁，型号为 OEC9900ELite，ERCP 拟购买于正规厂家，型号为：KD-C7100。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），设备具备以下安全防护措施：

①采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适的过滤板，以多消除软 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所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和过滤板。

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（如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择），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（last image hold，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配备相应的表征剂量的指示装置：配备有相应的表征剂量的指示装置，当机房内出现超剂量照射时会出现报警提醒。

⑥急停开关装置：介入手术床旁设置急停开关（各开关串联并与 X 射线系统连接）。X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动急停开关，可停止 X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

（2）其它防护措施

①机房操作室上张贴相应的岗位规章制度、操作规程。上墙制度包括《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《放射设备操作规程》和《辐射事故应急预案》，制度字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

②按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目中型 C 臂和 ERCP 机房内应配置 0.5mm 厚的铅当量的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜及不低于 0.025mm 厚的铅当量的介入防护手套，介入手术工作人员应穿戴防护用品，采用铅帘进行必要的遮挡；中型 C 臂机房和 ERCP 机房均需为患者配有铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（防护铅当量 0.5mm，儿童、成人尺寸各 1 套）、铅防护方巾 2 套（防护铅当量 0.5mm），用于患者非照射部位进行防护，以避免患者受到不必要的照射。

③机房受检者出入口门外应设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。防护门外的醒目位置设置明显的电离辐射警告标志，电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

(GB18871-2002) 附录 F 要求。

④介入手术医生配备 3 支个人剂量计，包括铅衣内外双个人剂量计及腕部剂量计。护士、技师配 2 支个人剂量计，包括铅衣内外双个人剂量计。其中铅衣内外双个人剂量计分别佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置及铅围裙内躯干位置，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反。

目前现有介入辐射工作人员均配备了内外两个剂量计，且医院介入医生配备了腕部剂量计。每个季度及时对剂量计送检，建立个人剂量健康档案，并长期保存。

⑤本项目中型 C 臂机房和 ERCP 机房设置独立的通排风系统，通风次数不低于 4 次/h，能保持机房内良好的通风。

⑥门灯联锁：机房防护门上方设置醒目工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。防护门设有自动闭门装置，工作状态指示灯能与机房门有效关联。候诊区设置放射防护注意事项告知栏。

⑦对讲装置：在机房内设置对讲装置，控制室的工作人员可以通过对讲机与机房内的手术人员联系。

10.2.2 屏蔽防护

本项目中型 C 臂机房、ERCP 机房由具有相应资质的单位进行设计，机房的四侧墙体、顶棚均修建了相应的屏蔽体对射线进行有效的屏蔽。机房的屏蔽状况见表 10-4，机房最小单边长及有效使用面积见表 10-5。

参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 的 C.1.2 中式(C.1) 及式(C.2) 进行等效铅当量厚度的计算。

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

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

β ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——铅厚度。

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \quad \text{式 (10-2)}$$

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B——给定铅厚度的屏蔽透视因子。

本项目中型 C 臂的管电压为 120 kV，查《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)附录 C 表 C.2，没有查得铅、混凝土对管电压为 120kV (主束和散射方向) X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，故严格按管电压为 125 kV 计算；本项目 ERCP 的管电压为 100kV，查《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)附录 C 表 C.2，查得铅、混凝土对管电压为 100kV (主束和散射方向) X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，具体见下表。

表 10-3 放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 表 C.2 中相关拟合参数

管电压 kV	铅			混凝土		
	α	β	γ	α	β	γ
125 (主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03505	0.07113	0.6974
125 (散射)	2.233	7.888	0.7295	0.03510	0.06600	0.7832
100 (主束)	2.500	15.28	0.7557	0.03925	0.08567	0.4273
100 (散射)	2.507	15.33	0.9124	0.03950	0.08440	0.5191

本项目中型 C 臂主束方向由下朝上，机房顶棚、地坪均为 200mm 钢筋混凝土，混凝土密度取 2.35g/cm³，根据式 (10-1)，计算得顶棚屏蔽透视因子 B 为 1.87E-04，地坪屏蔽透视因子 B 为 2.32E-04。将屏蔽透视因子代入式 (10-2)，得顶棚铅当量厚度 X 约为 2.62mmPb，地坪铅当量厚度 X 约为 2.82mmPb。

本项目 ERCP 主束方向由下朝上，机房顶棚、地坪均为 300mm 钢筋混凝土，混凝土密度取 2.35g/cm³，根据式 (10-1)，计算得顶棚屏蔽透视因子 B 为 5.18E-07，地坪屏蔽透视因子 B 为 7.91E-07。将屏蔽透视因子代入式 (10-2)，得顶棚铅当量厚度 X 约为 4.75mmPb，地坪铅当量厚度 X 约为 4.74mmPb。

由于《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 中未提供实心砖在 120kV 及 130kV 在非有用线束方向上的拟合参数，无法进行等效铅当量厚度的计算，故参考《放射防护实用手册》(主编赵兰才、张丹枫) 表 6.14，实心砖密度取 1.65g/cm³ 核算等效屏蔽厚度，37cm 实心砖折算 3mmPb 当量。

表 10-4 射线装置机房屏蔽防护情况一览表

机房类型 (数量)	防护设施	屏蔽材料及厚度(铅当量: mmPb)	GBZ130 表 3 中标 准要求	符合性评 价
中型 C 臂 机房	四侧墙体	龙骨钢架+2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	有用线束方向 $\geq 2\text{mmPb}$ 当量, 非 有用线束方向铅 当量应 $\geq 2\text{mmPb}$ 当量。	符合
	顶棚	200mm 钢筋混凝土 (2.62 mmPb)		符合
	地坪	300mm 钢筋混凝土 (2.82 mmPb)		符合
	防护门	3.0mmPb 防护门 (3.0 mmPb)		符合
	观察窗	3.0mmPb 铅玻璃 (3.0 mmPb)		符合
ERCP 机 房	四侧墙体	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	有用线束方向 $\geq 2\text{mmPb}$ 当量, 非 有用线束方向铅 当量应 $\geq 2\text{mmPb}$ 当量。	符合
	顶棚	300mm 钢筋混凝土 (4.75 mmPb)		符合
	地坪	300mm 钢筋混凝土 (4.74 mmPb)		符合
	防护门	患者防护门为 3mmPb 防护门 (3.0 mmPb), 工作人员防护门为 4mmPb 防护门 (4.0 mmPb)		符合
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃 (4.0 mmPb)		符合

表 10-5 各机房面积及单边长度一览表

序号	机房名称	拟设置情况		GBZ130 表 2 标准要求		符合性 评价
		最小单边 长度 (m)	有效使用 面积 (m^2)	最小单边 长度 (m)	有效使用 面积 (m^2)	
1	中型 C 臂机房	5.83	40.0	3.5	20	符合
2	ERCP 机房	5.64	37.8	3.5	20	符合

由表 10-4、表 10-5 可知, 本项目射线装置各工作场所屏蔽防护设计、各机房面积及最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的相关要求。

10.2.3 距离防护

周边公众主要依托放射工作场所的屏蔽墙体、防护门和楼板屏蔽射线, 同时各机房将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理, 且在机房人员防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯, 限制无关人员进入, 以增加公众与射线源之间的距离, 以免受到不必要的照射。

10.2.4 时间防护

在满足诊断要求的前提下, 在每次使用射线装置进行诊断之前, 根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案, 选择合理可行尽量低的射线照射参数, 以及尽量短的曝光时间, 减少工作人员和相关公众的受照时间, 也避免病人受到额外剂量的照射。另外, 合理安排进行介入治疗手术的医生和护士的手术台数, 降低某一工作人员因长时间操作所致剂量。当介入治疗医生季度个人剂量超过 1.25mSv 或年剂量超过 5mSv, 医院应进行调查, 并出具调查报告, 在查明原因之前应限制或暂停该工作人员工作时间。

医院应强化管理, 加强辐射工作人员的培训和自我保护, 严格执行落实《辐射安全

管理规定》和《辐射工作人员个人剂量管理制度》等规章制度；介入工作人员配备的内外两个剂量计应有明显的标记，防止剂量计戴反。个人剂量每个季度及时送检，严格执行个人剂量计收发制度，建立个人剂量收发记录。

10.2.5 通排风管道屏蔽措施

各机房设置独立的通排风系统，风管穿墙处包裹 3mm 铅皮，作为风管穿墙的辐射屏蔽补偿。

10.2.6 辐射工作场所安防措施

为确保本项目各辐射工作场所的使用安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-6。

表 10-6 本项目采取的安全保卫措施

工作场所	措施类别	对应措施
各射线装置 工作场所	防盗、防抢和 防破坏	①本项目中型 C 臂机房和 ERCP 机房将纳入医院日常安保巡逻的重点工作范围，加强巡视管理以防遭到破坏； ②各工作场所安装监控系统实行 24h 实时监控； ③中型 C 臂、ERCP 射线装置将安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗抢事件，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案； ④射线装置机房和邻近房间不会存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防泄漏	①本项目使用 1 台中型 C 臂和 1 台 ERCP，中型 C 臂从净居院区门诊楼三楼一号手术室搬迁，型号为 OEC9900ELite，设备各项安全措施齐备；ERCP 拟购置于正规厂家，均设置有不同的联锁装置确保运行过程中的辐射泄漏； ②本项目所有射线装置工作场所均将按照有关规范要求进行辐射防护设计，只要按照设计和环评要求进行落实，机房是不存在辐射泄漏的情况。

10.3 三废的治理

10.3.1 施工期三废治理

(1) 废水

施工人员产生的生活污水经医院现有化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网。

(2) 废气

防护改造和装修过程中会产生扬尘，应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

机房装修过程会产生装修废气，在加强通风或室内空气净化措施后，可将装修废气

的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

设备的调试过程会产生少量臭氧和氮氧化物，经机房通风换气后，排出废气臭氧和氮氧化物的浓度很低，经自然分解和稀释，对周围大气环境影响较小。

（3）噪声

施工过程中会产生噪声，由于施工范围位于呼吸道传染病楼内，施工噪声会对医护人员及患者产生一定的影响。应合理制定施工计划，避开午休时间，禁止在夜间施工；施工设备应考虑选择低噪音设备，防止噪声超标；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；适当设置临时声障。

（4）固废

施工过程中会产生建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾，建筑垃圾、装修垃圾由施工单位外运至建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

10.3.2 运营期三废治理

1、废水

（1）本项目无放射性废水产生。

（2）非放射性废水治理措施

非放射性废水主要来自于运行期间中型 C 臂机房和 ERCP 机房辐射工作人员的生活废水和少量医疗废水，该部分废水进入航天院区污水处理站采用“格栅+调节池+初沉池+A²O+二沉池+消毒”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中预处理标准后，再通过市政污水管网进入市政污水处理厂处理。本项目废水产生量较小，约为 1.25m³/d，航天院区污水处理站设计处理能力为 650m³/d，可容纳本部分辐射工作人员生活污水和医疗废水，因此本项目废水依托航天院区污水处理站处理从容量及处理工艺等方面均是可行的。

2、废气

（1）本项目无放射性废气产生。

（2）非放射性废气治理措施

本项目各射线装置在曝光过程中，会有少量臭氧和氮氧化物产生。项目运行后，中型 C 臂和 ERCP 射线装置因每次曝光时间短，臭氧和氮氧化物产生量很少。本项目中型 C 臂机房和 ERCP 机房设置独立的通排风系统，通风次数不低于 4 次/h，能保持机房内良好的通风。中型 C 臂机房和 ERCP 机房产生的臭氧和氮氧化物经通排风系统排入

到大气环境后，经自然分解和稀释，可达标排放，对周围环境影响较小。

3、固体废物

本项目运营期产生非放射性医疗废物包括药棉、纱布、手套等医用辅料，采用专门的收集容器集中收集后，转移至医院特种垃圾站中的医疗废物暂存间，按照普通医疗废物执行转移联单制度，委托当地有医疗固废处置资质的单位处置。本项目医疗固废产生量较少，医院特种垃圾站中的医疗废物暂存间的容量足以满足本项目医疗固废暂存的需求。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中收集并交由环卫部门统一清运。

4、噪声

本项目噪声源主要为通排风噪声，设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于 60dB (A)，并设置隔声减振措施，经降噪措施及距离衰减作用，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

5、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》中对射线装置报废处置相关要求“使用单位应当对射线装置去功能化”。

本项目使用的中型 C 臂和 ERCP 射线装置在进行报废处理时，将该射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

10.4 环保投资估算

本项目环保投资估算详见表 10-7。

表 10-7 辐射防护（措施）及投资估算一览表

场所	类别	环保设施		金额（万元）
		现有环保设施	新增环保设施	
ERCP机房	辐射屏蔽设施	机房四侧墙体为37cm实心砖墙，顶棚为300mm钢筋混凝土，地坪为300mm钢筋混凝土，观察窗 1 套（4mmPb），患者防护门 1 套（4mmPb），工作人员防护门 1 套（4mmPb）	铅防护门1套（对原有患者防护门进行换新，3mmPb）	1

中C机房	安全装置	/	操作台和床体上“急停开关”装置各1套	设备已配置
		/	对讲机1套	0.2
		/	门灯联锁及工作状态指示灯1套	0.5
	个人防护用品	/	辐射工作人员配防护铅当量为0.5mmPb的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各3套，防护铅当量不低于0.025mmPb的介入防护手套3套	3
		/	患者配铅橡胶颈套、铅橡胶帽子(防护铅当量0.5mm, 儿童、成人尺寸各1套)以及铅防护方巾2套(防护铅当量0.5mm)	1
		/	铅悬挂防护屏(0.5mmPb)、铅防护吊帘(0.5mmPb)、床侧防护帘(0.5mmPb)、床侧防护屏(0.5mmPb)各1件	1
	监测仪器及警示装置	ERCP机房拟配置手术医生2人，护士2人，技师1人，均为医院现有辐射工作人员。ERCP配置的辐射工作人员均已配备铅橡胶围裙内、外剂量计和腕部剂量计	/	已配置
		/	警示标牌若干	0.15
	通排风系统	独立通排风系统1套	/	已配置
	辐射屏蔽设施	机房四侧墙体为龙骨钢架+2mm铅皮，顶棚为200mm钢筋混凝土，地坪为200mm钢筋混凝土，观察窗1套(3mmPb)，防护门2套(3mmPb)	/	已配置
	安全装置	/	床体上“急停开关”装置1套	设备已配置
		对讲机1套	/	已配置

		门灯联锁及工作状态指示灯1套	/	已配置
个人防护用品		辐射工作人员配防护铅当量为0.5mmPb的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各4套，防护铅当量不低于0.025mmPb的介入防护手套4套	/	已配置
		患者配铅橡胶颈套、铅橡胶帽子(防护铅当量0.5mm, 儿童、成人尺寸各1套)以及铅防护方巾2套(防护铅当量0.5mm)	/	已配置
		铅悬挂防护屏(0.5mmPb)、铅防护吊帘(0.5mmPb)、床侧防护帘(0.5mmPb)、床侧防护屏(0.5mmPb)各1件	/	已配置
监测仪器及警示装置		中型C臂机房拟配置手术医生6人，护士2人，技师1人，均为医院现有辐射工作人员。中型C臂配置的辐射工作人员均已配备铅橡胶围裙内、外剂量计和腕部剂量计	/	已配置
		/	警示标牌若干	0.15
	通排风系统	独立通排风系统1套	/	已配置
其他	监测设备	依托医院现有便携式X-γ剂量监测仪1台	/	已配置
	人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训	/	5
	辐射应急	辐射应急物资、人员培训、应急演练	/	2
	合计			14

本核技术应用项目总投资 205 万元，环保投资 14 万元，占总投资的 6.83 %。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工的环境影响简要分析

本项目中 C 机房位于综合业务楼三楼四号手术室，手术室屏蔽防护满足相关要求，无需进行土建施工和防护装修；ERCP 机房位于呼吸道传染病楼二楼胃镜室，需进行防护改造和机房装修。

(1) 水环境影响分析

施工人员产生的生活污水产量较小，经医院现有化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

(2) 大气环境影响分析

本项目在施工期会产生扬尘、装修废气。施工过程中会产生扬尘，通过湿法作业，外围设置围挡，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小；机房装修过程会产生少量装修废气，采用“环保型”油漆及涂料，加强通风或室内净化措施，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

(3) 声环境影响分析

本项目施工期的噪声主要是防护改造、装修过程、设备安装调试产生的噪声，由于施工范围位于呼吸道传染病楼内，施工噪声会对医护人员和患者产生一定的影响。

针对施工期声环境影响，具体防治措施有：

合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工；优先选择低噪音设备，日常应注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态；对施工人员进场进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；适当设置临时声障。

经上述防治措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响，场界噪声可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准的要求。

(4) 固体废物影响分析

本项目在施工期会产生建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾。建筑垃圾、装修垃圾应在定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

综上所述，本项目施工范围较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合

理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

11.1.2 设备搬迁、安装调试的环境影响

将已有的中型C臂从净居院区门诊楼三楼一号手术室搬迁至航天院区综合业务楼三楼四号手术室的过程中，会产生少量包装废物。对搬迁中型C臂和新购ERCP进行安装调试过程中，会产生少量包装废物，要求及时分类收集并妥善处理。射线装置的安装调试应由设备厂家专业人员进行，医院方不得自行拆卸、安装设备，安装调试期间操作人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。在射线装置调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在各机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。由于各设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 中型C臂环境影响评价

1、机房屏蔽体合理性分析

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），X射线设备机房屏蔽防护应满足表11-1和表11-2的要求。

表 11-1 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积	机房内最小单边长度	备注
单管头 X 射线设备 ^b	20 m ²	3.5m	1 台中型 C 臂

^b 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。

表 11-2 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb	备注
C 形臂 X 射线设备机房	2	2	1 台中型 C 臂

本项目中型 C 臂额定参数为管电压 120kV，管电流 150mA，主射方向朝上。本项目中型 C 臂机房的实际使用面积、最小单边长度以及实际的屏蔽防护铅当量如表 11-3 所示。

表 11-3 中型 C 臂机房实际设计屏蔽情况评价

机房	最小有效实际使用面积	最小单边实际长度	墙体屏蔽（折合铅当量）	顶棚和地坪（折合铅当量）	防护门（折合铅当量）	观察窗（折合铅当量）
中型 C 臂机房	40.0m ²	6.9m	四侧墙体： 2mm 铅皮(2.0 mmPb)	顶棚：200mm 钢筋混凝土 (2.62mmPb)； 地坪：200mm 钢筋混凝土 (2.82mmPb)	3mmPb 防护门(3.0 mmPb)	3.0mmPb 铅玻璃
评价	符合	符合	符合	符合	符合	符合

由表 11-3 可知，本项目中型 C 臂机房的屏蔽防护满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的要求，机房屏蔽设计合理。

2、运行期正常工况环境影响分析

本项目中型 C 臂是从净居院区门诊楼三楼一号手术室搬迁至航天院区综合业务楼三楼四号手术室，对中型 C 臂 机房周围辐射环境影响采用类比分析结合模式预测的方法进行影响分析。

(1) 类比评价

本项目中型 C 臂额定参数为管电压 120kV，管电流 150mA，主射方向朝上。为了分析中型 C 臂射线装置运行后对周围工作人员所造成的影响，本评价选取该中型 C 臂原机房（即净居院区门诊楼三楼一号手术室）的环保竣工验收监测报告（川辐环验字（2017）第 RM0055 号）相关数据进行类比评价，中型 C 臂射线装置类比可行性分析见表 11-4。

表 11-4 中型 C 臂射线装置类比可行性分析

类比内容		中型C臂原机房（即净居院区门诊楼三楼一号手术室）	本项目中型C臂机房（即航天院区综合业务楼三楼四号手术室）
技术参数（最大管电压/管电流）		120kV/150mA	120kV/150mA
机房面积 (m ²)		29.7	40
机房最小边长 (m)		4.5	5.83
防 护 设 施	防护门	2.0mm铅当量	3.0mm铅当量
	铅玻璃窗	2.0mm铅当量	3.0mm铅当量
	四面墙体及屋頂地板	四面墙体：2.0mm铅当量；顶棚：2.62mm铅当量；地坪：2.85 mm铅当量	四面墙体：2.0mm铅当量；顶棚：2.62mm铅当量；地坪：2.85 mm铅当量
防护用品		辐射工作人员：防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜；	辐射工作人员：防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜，防护铅当量不低

	辅助防护措施：铅悬挂防护屏（0.5mmPb）、铅防护吊帘（0.5mmPb）、床侧防护帘（0.5mmPb）、床侧防护屏（0.5mmPb）各1件	于0.025mmPb的介入防护手套；辅助防护措施：铅悬挂防护屏（0.5mmPb）、铅防护吊帘（0.5mmPb）、床侧防护帘（0.5mmPb）、床侧防护屏（0.5mmPb）各1件
--	--	--

由上表可以看出，本项目中型C臂机房防护门、铅玻璃窗的屏蔽防护优于原机房屏蔽防护，顶棚、地坪和四侧墙体的屏蔽防护与原机房相同。本项目中型C臂机房面积大于原机房，最小单边长大于原机房，个人防护用品相当。

本报告评价的重点是透视模式下X射线对中型C臂机房内辐射工作人员的影响。本项目中型C臂机房与原机房有较好的可比性，通过对中型C臂原机房的监测，可以预测本项目中型C臂射线装置运行后的辐射环境影响。

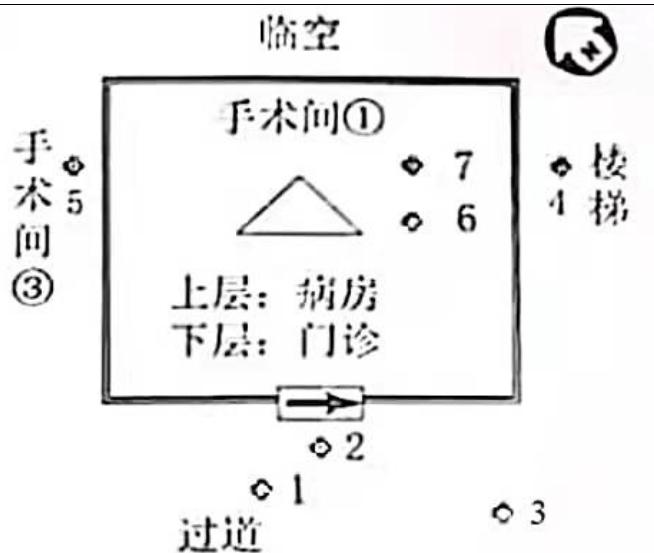
类比监测结果见表11-5，类比监测点位示意图见图11-1。

表 11-5 类比机房周围剂量当量率监测结果

点号	监测点位置	监测结果 (nSv/h)			
		开机出束		关机	
		测量值	标准差	平均值	标准差
1	操作位	132.4	2.5	120.3	1.1
2	病人进出门	128.3	2.3	118.9	1.8
3	通道	124.9	1.5	117.1	1.2
4	楼梯间	140.0	1.5	119.8	1.3
5	手术间 3	147.5	2.2	119.4	1.4
6	二楼五官科门诊	130.2	1.1	120.4	1.6
7	四楼病房	137.8	1.3	120.4	1.8

注：(1) 监测工况：99kV，3.2mA。
(2) 以上监测结果数据均未扣除宇宙射线响应值。

由类比机房的监测数据可知，中型C臂在运行时机房外辐射剂量率未显著提高，中型C臂原机房各侧屏蔽体外30cm处剂量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）规定的 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 控制目标值。本项目中型C臂机房屏蔽设计与原机房相当，因此可以预测，本项目中型C臂正常运行过程中，机房各侧屏蔽体外30cm处剂量率能够满足 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的目标控制值，对周围辐射环境影响较小。



图例：监测点 ○ 射线装置 △

图11-1 类比中型C臂机房监测点位示意图

(2) 理论预测环境影响分析

中型 C 臂机房内部辐射场所分布图及预测关注点位见图 11-2。

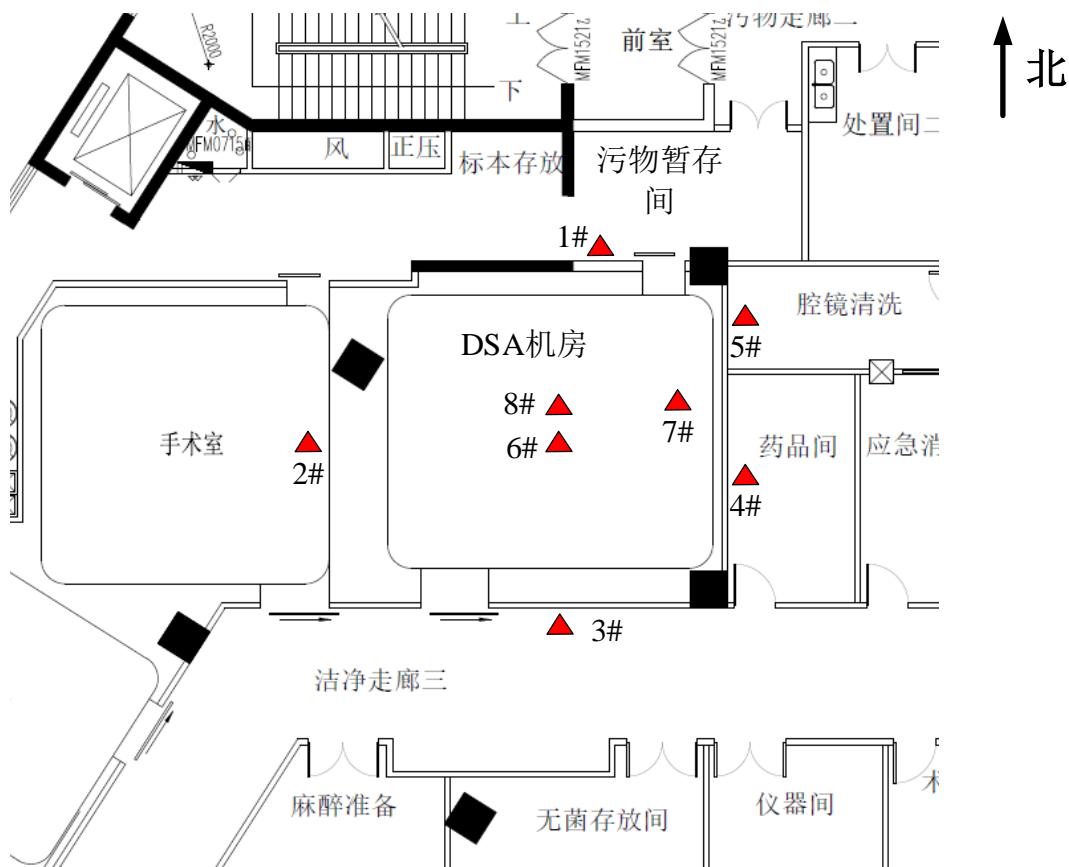


图 11-2 中型 C 臂机房预测关注点位示意图

本项目中型 C 臂设备主射方向向上，介入手术过程中，其图像增强器对 X 射线主

束有屏蔽作用, NCRP147 号报告“Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities” 4.1.6 节 (Primary Barriers, P41-45) 及 5.1 节 (Cardiac Angiography, P72) 指出, 中型 C 臂屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此中型 C 臂设备运行时, 医生操作位、机房的墙壁、地坪、防护门及铅玻璃窗, 仅受到病人体表散射辐射和泄漏辐射影响。

医护人员在机房内操作时, 会配铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等防护物品, 其中铅橡胶围裙防护铅当量按 0.5mmPb 计算, 介入防护手套按 0.025mmPb 计算。

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

①病人体表散射屏蔽估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot a \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 11-1})$$

式中:

H_s ——预测点处的散射剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$;

H_0 ——距靶 1m 处的剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$;

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

s ——散射面积, cm^2 , 取 100 cm^2 ;

d_0 ——源与病人的距离, m, 取 1m;

d_s ——病人与预测点的距离, m;

B ——减弱因子, 参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 的 C.1.2 中式 (C.1) 及表 C.2 的相关参数进行计算。

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

式中:

B ——给定铅厚度的屏蔽透视因子;

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。

表 11-6 铅对 100kv 的 X 射线衰减的有关的拟合参数

管电压 kv	铅		
	α	β	γ
100 (散射)	2.507	15.33	0.9124
100 (主束)	2.500	15.28	0.7557

保守考虑，本项目中型 C 臂的摄影工况取电压为 100kV，电流为 100mA；透视工况取电压为 100kV，电流为 10mA，X 射线过滤材料为 3mmAl。根据《辐射防护导论》附图 3，当 X 射线过滤材料为 3mmAl，电压为 100kV，发射率常数取值为 $6.3 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，则摄影工况距靶点 1m 处的最大剂量率为 $3.78 \times 10^7 \mu\text{Gy}/\text{h}$ ，透视工况距靶点 1m 处的最大剂量率为 $3.78 \times 10^6 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

根据式 11-1 和 11-2 进行计算，各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-7。

表 11-7 散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	源点到散射点距离+散射点到关注点距离	屏蔽材料及厚度	散射面积(cm^2)	B	辐射剂量率($\mu\text{Gy}/\text{h}$)
摄影	1#：中型 C 臂机房北侧观察窗外 30cm 处（过道）	1 m+3.95m	3.0mmPb 铅玻璃	100	6.31E-05	3.16E-02
	2#：中型 C 臂机房西侧防护墙外 30cm 处（手术室）	1 m+ 5.0m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	100	7.81E-04	2.67E-01
	3#：中型 C 臂机房南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	1 m+4.06m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	100	7.81E-04	3.75E-01
	4#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（药品间）	1 m+ 4.07m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	100	7.81E-04	3.73E-01
	5#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（腔镜清洗室）	1 m+ 4.07m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	100	7.81E-04	3.73E-01
	6#：中型 C 臂机房楼上离地 30cm 处（夹层）	1 m+5.3m	200mm 钢筋混凝土 (2.62mmPb)	100	1.64E-04	5.07E-02
	7#：中型 C 臂机房楼下离地 70cm 处（诊室）	1 m+5.7m	200mm 钢筋混凝土 (2.82mmPb)	100	9.92E-05	2.71E-02

透 视	8#：医生手术位 (身体)	1 m+0.5m	0.5mm 铅橡胶 围裙	100	4.72E-02	25.8
	8#：医生手术位(腕部)	1 m+0.4m	0.025mm 介入 防护手套	100	0.68	427
	1#：中型 C 臂机房 北侧观察窗外 30cm 处(过道)	1 m+3.95m	3.0mmPb 铅玻 璃	100	6.31E-05	3.16E-03
	2#：中型 C 臂机房 西侧防护墙外 30cm 处(手术室)	1 m+ 5.0m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	100	7.81E-04	2.67E-02
	3#：中型 C 臂机房 南侧防护墙外 30cm 处(洁净走廊)	1 m+4.06m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	100	7.81E-04	3.75E-02
	4#：中型 C 臂机房 东侧防护墙外 30cm 处(药品间)	1 m+ 4.07m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	100	7.81E-04	3.73E-02
	5#：中型 C 臂机房 东侧防护墙外 30cm 处(腔镜清洗室)	1 m+ 4.07m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	100	7.81E-04	3.73E-02
	6#：中型 C 臂机房 楼上离地 30cm 处 (夹层)	1 m+5.3m	200mm 钢筋混 凝土 (2.62mmPb)	100	1.64E-04	5.07E-03
	7#：中型 C 臂机房 楼下离地 70cm 处 (诊室)	1 m+5.7m	200mm 钢筋混 凝土 (2.82mmPb)	100	9.92E-05	2.71E-03

②泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率按初级辐射束的 0.1% 计算，利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用下式（11-3）进行计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

H —预测点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；

H_0 —距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，根据《医用电气设备 第 1 部分：安全通用要求 三.并列标准 诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》（GB9706.12-1997），本项目取 $1\text{mGy}/\text{h}$ ；

R —靶点距关注点的距离，m；

B ——减弱因子，计算参考式 11-2 和表 11-6。

各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-8。

表 11-8 各预测点的泄漏辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	与源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	B	辐射剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)
摄影	1#：中型 C 臂机房北侧观察窗外 30cm 处（过道）	3.95m	3.0mmPb 铅玻璃	6.31E-05	4.05E-03
	2#：中型 C 臂机房西侧防护墙外 30cm 处（手术室）	5.0m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	7.81E-04	3.12E-02
	3#：中型 C 臂机房南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	4.06m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	7.81E-04	4.74E-02
	4#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（药品间）	4.07m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	7.81E-04	4.72E-02
	5#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（腔镜清洗室）	4.07m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	7.81E-04	4.72E-02
	6#：中型 C 臂机房楼上离地 30cm 处（夹层）	5.3m	200mm 钢筋混凝土 (2.62mmPb)	1.64E-04	5.83E-03
	7#：中型 C 臂机房楼下离地 70cm 处（诊室）	5.7m	200mm 钢筋混凝土 (2.82mmPb)	9.92E-05	3.05E-03
透视	8#：医生手术位（身体）	0.5m	0.5mm 铅橡胶围裙	4.72E-02	189
	8#：医生手术位（腕部）	0.4m	0.025mm 介入防护手套	0.68	4260
	1#：中型 C 臂机房北侧观察窗外 30cm 处（过道）	3.95m	3.0mmPb 铅玻璃	6.31E-05	4.05E-03
	2#：中型 C 臂机房西侧防护墙外 30cm 处（手术室）	5.0m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	7.81E-04	3.12E-02
	3#：中型 C 臂机房南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	4.06m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	7.81E-04	4.74E-02
	4#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（药品间）	4.07m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	7.81E-04	4.72E-02
	5#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（腔镜清洗室）	4.07m	2mm 铅皮 (2.0 mmPb)	7.81E-04	4.72E-02
	6#：中型 C 臂机房楼上离地 30cm 处（夹层）	5.3m	200mm 钢筋混凝土 (2.62mmPb)	1.64E-04	5.83E-03
	7#：中型 C 臂机房楼下离地 70cm 处（诊室）	5.7m		9.92E-05	3.05E-03

根据表 11-7、11-8 的计算结果，将各个预测点的总的辐射剂量率统计于下表 11-9。

表 11-9 各个预测点的总辐射剂量率

工作模式	关注点位置描述	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	总辐射剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)
摄影	1#：中型 C 臂机房北侧观察窗外 30cm 处（过道）	3.16E-02	4.05E-03	3.57E-02
	2#：中型 C 臂机房西侧防护墙外 30cm 处（手术室）	2.67E-01	3.12E-02	2.98E-01
	3#：中型 C 臂机房南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	3.75E-01	4.74E-02	4.22E-01
	4#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（药品间）	3.73E-01	4.72E-02	4.20E-01
	5#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（腔镜清洗室）	3.73E-01	4.72E-02	4.20E-01
	6#：中型 C 臂机房楼上离地 30cm 处（夹层）	5.07E-02	5.83E-03	5.65E-02
	7#：中型 C 臂机房楼下离地 70cm 处（诊室）	2.71E-02	3.05E-03	3.02E-02
透视	8#：医生手术位（身体）	25.8	188.8	214.6
	8#：医生手术位（腕部）	427	4260	4687
	1#：中型 C 臂机房北侧观察窗外 30cm 处（过道）	3.16E-03	4.05E-03	7.21E-03
	2#：中型 C 臂机房西侧防护墙外 30cm 处（手术室）	2.67E-02	3.12E-02	5.79E-02
	3#：中型 C 臂机房南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	3.75E-02	4.74E-02	8.49E-02
	4#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（药品间）	3.73E-02	4.72E-02	8.45E-02
	5#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（腔镜清洗室）	3.73E-02	4.72E-02	8.45E-02
	6#：中型 C 臂机房楼上离地 30cm 处（夹层）	5.07E-03	5.83E-03	1.09E-02
	7#：中型 C 臂机房楼下离地 70cm 处（诊室）	2.71E-03	3.05E-03	5.77E-03

由表11-9计算结果可知：本项目中型C臂射线装置在摄影时，机房周围各关注点处的辐射剂量率在 $3.02\times10^{-2}\sim4.22\times10^{-1}\mu\text{Gy}/\text{h}$ 之间；透视时机房周围各关注点处的辐射剂量率在 $5.77\times10^{-3}\sim8.49\times10^{-2}\mu\text{Gy}/\text{h}$ 之间；结合区域辐射环境背景水平，不难得出中型C臂射线装置在正常运行情况下，机房周围各关注点处的辐射剂量率能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中规定的屏蔽体外表面30cm处剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的标准限值。

③年有效剂量估算

A、年有效剂量估算

关注点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如

下：

$$D_{Eff} = Dr \times t \times T \times U \dots \dots \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

D_{Eff} ——辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

Dr ——辐射剂量率，Sv/h；

t ——年工作时间，h；

T ——居留因子；

U ——使用因子，U取1。

根据式 11-4 与表 11-9，本项目理论预测环境影响分析下保护目标的年有效剂量估算结果详见表 11-10。

表 11-10 年有效剂量估算结果

预测点位	工作模式	总剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	年工作 时间 (h/a)	居留 因子	年有效剂量 (mSv)	涉及人 员类型
1#：中型 C 臂机房北侧观察窗外 30cm 处（过道）	摄影	3.57E-02	0.14	1	5.00E-06	职业
2#：中型 C 臂机房西侧防护墙外 30cm 处（手术室）		2.98E-01		1/8	5.21E-06	公众
3#：中型 C 臂机房南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）		4.22E-01		1/4	1.48E-05	公众
4#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（药品间）		4.20E-01		1/16	3.68E-06	公众
5#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（腔镜清洗室）		4.20E-01		1/16	3.68E-06	公众
6#：中型 C 臂机房楼上离地 30cm 处（夹层）		5.65E-02		1/16	4.95E-07	公众
7#：中型 C 臂机房楼下离地 70cm 处（诊室）		3.02E-02		1	4.23E-06	公众
8#：医生手术位 (身体)	透视	214.6	16.7	1	3.58	职业
1#：中型 C 臂机房北侧观察窗外 30cm 处（过道）		7.21E-03		1	1.20E-04	职业
2#：中型 C 臂机房西侧防护墙外 30cm 处（手术室）		5.79E-02		1/8	1.21E-04	公众
3#：中型 C 臂机房南侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）		8.49E-02		1/4	3.54E-04	公众
4#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（药品间）		8.45E-02		1/16	8.82E-05	公众
5#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处（腔镜清洗室）		8.45E-02		1/16	8.82E-05	公众

6#：中型 C 臂机房顶棚上方距地面 30cm (夹层)		1.09E-02		1/16	1.14E-05	公众
		5.77E-03		1	9.63E-05	公众

注：本报告 $\mu\text{Gy}/\text{h}$ 与 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的转化系数为 1。

对表 11-10 保护目标在摄影和透视模式的年有效剂量估算结果进行叠加计算，详见表 11-11。

表 11-11 摄影和透视模式下保护目标年有效剂量叠加估算结果

预测点位	工作模式	年有效剂量 (mSv)	涉及人员类型
1#：中型 C 臂机房北侧观察窗外 30cm 处 (过道)	摄影+透 视	1.25E-04	职业
2#：中型 C 臂机房西侧防护墙外 30cm 处 (手术室)		1.26E-04	公众
3#：中型 C 臂机房南侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊)		3.69E-04	公众
4#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处 (药品间)		9.19E-05	公众
5#：中型 C 臂机房东侧防护墙外 30cm 处 (腔镜清洗室)		9.19E-05	公众
6#：中型 C 臂机房楼上离地 30cm 处 (夹层)		1.19E-05	公众
7#：中型 C 臂机房楼下离地 70cm 处 (诊室)		1.01E-04	公众
8#：医生手术位 (身体)		3.58	职业

叠加摄影与透视过程所受到的辐射影响，本项目工作人员最大年有效剂量为 $1.25 \times 10^{-4} \text{ mSv}$ ，低于本环评要求的 5 mSv 年有效剂量管理约束值；对公众人员所造成最大年有效剂量为 $3.69 \times 10^{-4} \text{ mSv}$ ，低于本环评要求的 0.1 mSv 年有效剂量管理约束值；对手术室医生和护士身体最大年有效剂量为 3.58 mSv ，低于本环评要求的 5 mSv 年有效剂量管理约束值。

根据 X 射线衰减规律，距离越远，受到的影响越小，若考虑各方面墙体、楼板等屏蔽以及一定距离内的空气衰减作用，则本项目对距离 20m 的职工食堂公众、距离 50m 的呼吸道传染病楼公众无明显影响。

B、医生腕部皮肤年有效剂量估算

手术医生和护士在中型 C 臂机房内进行介入手术时，会穿铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜等防护用品，但是仍然有部分皮服暴露在射线下受到照射，在手术过程中，手术医生腕部距离射线最近，因 X 射线随距离的增加呈现衰减趋势，故以手术医

生腕部剂量估算结果进行核算医护人员皮肤照射年有效剂量的估算，根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）中的公式估算中型 C 臂机房手术医生年皮肤当量剂量：

$$D_s = C_{ks} \times k \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-5})$$

$$H=D_s \cdot W_R \quad (\text{式 11-6})$$

式中：

D_s —皮肤吸收剂量， mGy；

k —空气比释动能率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；

C_{ks} —空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数（ Gy/Gy ）；

t —人员累积年受照时间， h；

H ：关注点的当量剂量， mSv；

WR ：辐射权重因数， X 射线取 1。

由表 11-9 可知，中型 C 臂机房内手术医生和护士在透视工况下手部所受的最大空气比释动能率为 $4687\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，本项目中型 C 臂可近似视为垂直入射，而且是 PA 入射方式，从《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表 A.5 可查得空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数 $C_{ks}=1.144 \text{ mGy/mGy}$ ，人员累积年受照时间为 16.7h，根据式 11-5 和 11-6 可以求得手术医生和护士手术位腕部皮肤受到的年当量剂量最大为 89.5mSv，低于本环评要求的 125mSv 年当量剂量管理约束值。

综上所述，医生与公众所受的年有效剂量均低于本环评要求的年有效剂量管理约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

（3）中型 C 臂运营期臭氧影响分析

中型 C 臂机房设置独立的通排风系统，通风次数不低于 4 次/h。中型 C 臂机房内空气中氧受 X 射线电离而产生臭氧，臭氧其产率和浓度可用下面公式分别计算。

$$Qo=6.5 \times 10^{-3} G \cdot So \cdot R \cdot g \quad (\text{式 11-7})$$

式中：

Qo —臭氧产率 mg/h；

G —射束在距离源点 1m 处的剂量率 $\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，本项目中型 C 臂取 60；

So —射束在距离源点 1m 处的照射面积 m^2 ，取（最大射野 $10 \times 10 \text{cm}^2$ ） 0.01m^2 ；

R—射束径迹长度 m, 取 1m;

g—空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O³ 的分子数, 本项目取 10。

经计算, 臭氧产率为 0.039mg/h。

室内臭氧饱和浓度由下式计算:

$$C=QoTv/V \quad (\text{式 11-8})$$

式中:

C—室内臭氧浓度, mg/m³;

Qo—臭氧产率 mg/h;

Tv—臭气有效清除时间, h;

V—治疗室空间体积, 中型 C 臂机房约为 200m³。

$$Tv = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a}$$

式中:

t_v—每次换气间, 0.25h;

t_a—臭氧分解时间, 取值为 0.83h。

中型 C 臂机房设置独立的通排风系统, 通风次数不低于 4 次/h, 保守考虑按每小时换气 4 次计算, 计算得中型 C 臂机房内臭气平衡浓度约为 $3.75 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$ 。本项目产生的臭氧排入大气环境后, 经自然分解和稀释, 可达标排放, 对周围环境影响较小。

11.2.2 ERCP环境影响评价

1、机房屏蔽体合理性分析

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020), X射线设备机房屏蔽防护应满足表11-12和表11-13的要求。

表 11-12 X 射线设备机房(照射室) 使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积	机房内最小单边长度	备注
单管头 X 射线设备 ^b	20 m ²	3.5m	1 台 ERCP
^b 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。			

表 11-13 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb	备注
C 形臂 X 射线设备机房	2	2	1 台 ERCP

本项目 ERCP 额定参数为管电压 100kV, 管电流 150mA, 主射方向朝上。本项目 ERCP 机房的实际使用面积、最小单边长度以及实际的屏蔽防护铅当量如表 11-14 所示。

表 11-14 ERCP 机房实际设计屏蔽情况评价

机房	最小有效实际使用面积	最小单边实际长度	墙体屏蔽(折合铅当量)	顶棚和地坪(折合铅当量)	防护门(折合铅当量)	观察窗(折合铅当量)
ERCP 机房	37.8m ²	6.7m	四侧墙体: 37cm 实心砖墙(3.0 mmPb)	顶棚: 300mm 钢筋混凝土 (4.75mmPb) ; 地坪: 300mm 钢筋混凝土 (4.74mmPb)	患者防护门为 3mmPb 防护门 (3.0 mmPb) , 工作 人员防护门为 4mmPb 防护 门(4.0 mmPb)	4.0mmPb 铅 玻璃
评价	符合	符合	符合	符合	符合	符合

由表 11-14 可知, 本项目 ERCP 机房的屏蔽防护满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的要求, 机房屏蔽设计合理。

2、运行期正常工况环境影响分析

本项目新购 1 台 ERCP, 置于呼吸道传染病楼二楼胃镜室, 对 ERCP 机房周围辐射环境影响采用模式预测的方法进行影响分析。

(1) 理论预测环境影响分析

ERCP 机房内部辐射场所分布图及预测关注点位见图 11-3。

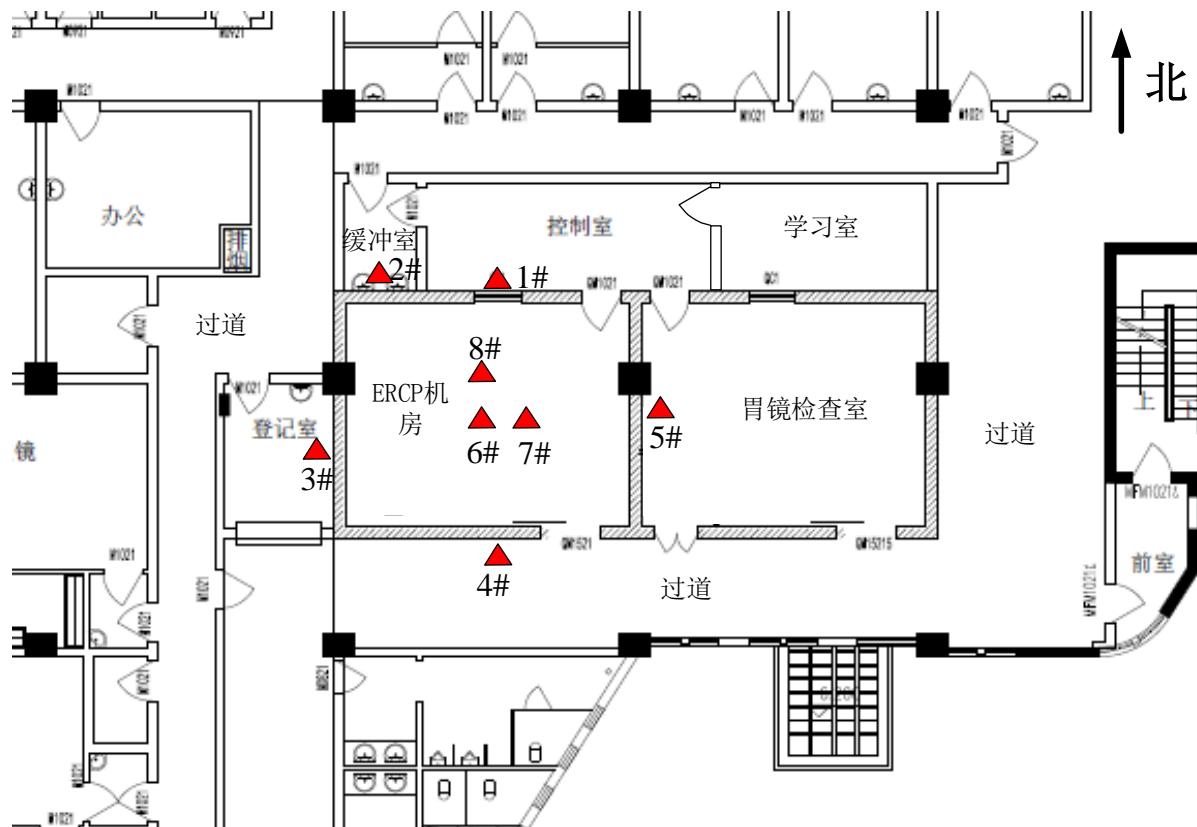


图 11-3 ERCP 机房预测关注点位示意图

本项目 ERCP 设备主射方向向上, 介入手术过程中, 其图像增强器对 X 射线主束

有屏蔽作用，NCRP147号报告“Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities”4.1.6节(Primary Barriers, P41-45)及5.1节(Cardiac Angiography, P72)指出，ERCP屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此ERCP设备运行时，医生操作位、机房的墙壁、地坪、防护门及铅玻璃窗，仅受到病人体表散射辐射和泄漏辐射影响。

医护人员在机房内操作时，会配铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等防护物品，其中铅橡胶围裙防护铅当量按0.5mmPb计算，介入防护手套按0.025mmPb计算。

根据医院提供资料，本项目ERCP仅开展透视模式。保守考虑，本项目ERCP透视工况取电压为100kV，电流为10mA，X射线过滤材料为0.5mmCu。根据《辐射防护导论》附图3，当X射线过滤材料为0.5mmCu，电压为100kV，发射率常数取值为 $1.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，则透视工况距靶点1m处的最大剂量率为 $1.08\times10^6\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

根据式11-1和11-2进行计算，各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表11-15。

表11-15 散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	源点到散射点距离+散射点到关注点距离	屏蔽材料及厚度	散射面积(cm^2)	B	辐射剂量率($\mu\text{Gy}/\text{h}$)
透视	8#：医生手术位(身体)	1 m+0.5m	0.5mm 铅橡胶围裙	100	4.72E-02	7.4
	8#：医生手术位(腕部)	1 m+0.4m	0.025mm 介入防护手套	100	6.82E-01	122
	1#：ERCP机房北侧观察窗外30cm处(控制室)	1 m+3.49m	4.0mmPb 当量铅玻璃	100	5.14E-06	8.95E-05
	2#：ERCP机房北侧防护墙外30cm处(缓冲室)	1 m+3.49m	37cm 实心砖墙(3.0 mmPb)	100	6.31E-05	1.10E-03
	3#：ERCP机房西侧防护墙外30cm处(登记室)	1 m+4.25m	37cm 实心砖墙(3.0 mmPb)	100	6.31E-05	8.04E-04
	4#：ERCP机房南侧防护墙外30cm处(过道)	1 m+ 4.07m	37cm 实心砖墙(3.0 mmPb)	100	6.31E-05	8.62E-04
	5#：ERCP机房东侧防护墙外30cm处(胃镜检查室)	1 m+4.25m	37cm 实心砖墙(3.0 mmPb)	100	6.31E-05	8.04E-04
	6#：ERCP机房顶棚上方距地面30cm(实验室)	1 m+5.3m	300mm 钢筋混凝土(3.74 mmPb)	100	9.86E-06	8.72E-05

	7#：ERCP 机房楼下离地 70cm 处（抽血室）	1 m+5.7m	300mm 钢筋混凝土 (4.49 mmPb)	100	1.50E-06	1.18E-05
--	----------------------------	----------	-------------------------	-----	----------	----------

②泄漏辐射剂量估算

根据式 11-2 和 11-3 进行计算，各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-16。

表 11-16 各预测点的泄漏辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	与源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	B	辐射剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)
透视	8#：医生手术位（身体）	0.5m	0.5mm 铅橡胶围裙	4.72E-02	188.80
	8#：医生手术位（腕部）	0.4m	0.025mm 介入防护手套	6.82E-01	4260
	1#：ERCP 机房北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	3.49m	4.0mmPb 铅玻璃	5.14E-06	4.22E-04
	2#：ERCP 机房北侧防护墙外 30cm 处（缓冲室）	3.49m	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	6.31E-05	5.18E-03
	3#：ERCP 机房西侧防护墙外 30cm 处（登记室）	4.25m	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	6.31E-05	3.49E-03
	4#：ERCP 机房南侧防护墙外 30cm 处（过道）	4.07m	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	6.31E-05	3.81E-03
	5#：ERCP 机房东侧防护墙外 30cm 处（胃镜检查室）	4.25m	37cm 实心砖墙 (3.0 mmPb)	6.31E-05	3.49E-03
	6#：ERCP 机房顶棚上方距地面 30cm（实验室）	5.3m	300mm 钢筋混凝土 (3.74 mmPb)	9.86E-06	3.51E-04
	7#：ERCP 机房楼下离地 70cm 处（抽血室）	5.7m	300mm 钢筋混凝土 (4.49 mmPb)	1.50E-06	4.63E-05

根据表 11-15、11-16 的计算结果，将各个预测点的总的辐射剂量率统计于下表 11-17。

表 11-17 各个预测点的总辐射剂量率

工作模式	关注点位置描述	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	总辐射剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)
透视	8#：医生手术位（身体）	7.4	188.80	196.2
	8#：医生手术位（腕部）	122	4260	4382
	1#：ERCP 机房北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	8.95E-05	4.22E-04	5.11E-04
	2#：ERCP 机房北侧防护墙外 30cm 处（缓冲室）	1.10E-03	5.18E-03	6.28E-03
	3#：ERCP 机房西侧防护墙外 30cm 处（登记室）	8.04E-04	3.49E-03	4.30E-03
	4#：ERCP 机房南侧防护墙外 30cm 处（过道）	8.62E-04	3.81E-03	4.67E-03

	5#：ERCP 机房东侧防护墙外 30cm 处 (胃镜检查室)	8.04E-04	3.49E-03	4.30E-03
	6#：ERCP 机房顶棚上方距地面 30cm (实验室)	8.72E-05	3.51E-04	4.38E-04
	7#：ERCP 机房楼下离地 70cm 处 (抽血室)	1.18E-05	4.63E-05	5.81E-05

由表11-17计算结果可知：本项目ERCP射线装置在透视时机房周围各关注点处的辐射剂量率在 $5.81\times10^{-5}\sim6.28\times10^{-3}\mu\text{Gy}/\text{h}$ 之间，即 $5.81\times10^{-5}\sim6.28\times10^{-3}\mu\text{Gy}/\text{h}$ 之间；结合区域辐射环境背景水平，不难得出ERCP射线装置在正常运行情况下，机房周围各关注点处的辐射剂量率能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的屏蔽体外表面30cm处剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的标准限值。

③年有效剂量估算

A、年有效剂量估算

根据式 11-4 与表 11-17，本项目理论预测环境影响分析下保护目标的年有效剂量估算结果详见表 11-18。

表 11-18 年有效剂量估算结果

预测点位	工作模式	总剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	年工作时间 (h/a)	居留因子	年有效剂量 (mSv)	涉及人员类型
8#：医生手术位 (身体)	透视	196.2	16.7	1	3.28	职业
1#：ERCP 机房北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)		5.11E-04	33.3	1	1.70E-05	职业
2#：ERCP 机房北侧防护墙外 30cm 处 (缓冲室)		6.28E-03		1	2.09E-04	公众
3#：ERCP 机房西侧防护墙外 30cm 处 (登记室)		4.30E-03		1	1.43E-04	公众
4#：ERCP 机房南侧防护墙外 30cm 处 (过道)		4.67E-03		1/4	3.89E-05	公众
5#：ERCP 机房东侧防护墙外 30cm 处 (胃镜检查室)		4.30E-03		1/2	7.16E-05	公众
6#：ERCP 机房顶棚上方距地面 30cm (实验室)		4.38E-04		1	1.46E-05	公众
7#：ERCP 机房楼下离地 70cm 处 (抽血室)		5.81E-05		1	1.93E-06	公众
1#：ERCP 机房北侧学习室 *		5.11E-04		1	1.70E-05	公众
注*：由于学习室与控制室距离近，故采用 1#点位的总辐射剂量率进行计算。另外，本报告 $\mu\text{Gy}/\text{h}$ 与 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的转化系数为 1。						

本项目控制室工作人员最大年有效剂量为 $1.70\times10^{-5}\text{mSv}$ ，低于本环评要求的 5mSv 年有效剂量管理约束值；对公众人员所造成最大年有效剂量为 $2.09\times10^{-4}\text{mSv}$ ，低于本

环评要求的 0.1mSv 年有效剂量管理约束值；对手术室医生和护士身体最大年有效剂量为 3.28mSv ，低于本环评要求的 5mSv 年有效剂量管理约束值。

根据 X 射线衰减规律，距离越远，受到的影响越小，若考虑各方面墙体、楼板等屏蔽以及一定距离内的空气衰减作业，则本项目对距离 50m 的综合业务楼公众无明显影响。

B、医生腕部皮肤年有效剂量估算

手术医生和护士在 ERCP 机房内进行介入手术时，会穿铅衣、戴铅眼镜、铅围脖等防护用品，但是仍然有部分皮服暴露在射线下受到照射，在手术过程中，手术医生腕部距离射线最近，因 X 射线随距离的增加呈现衰减趋势，故以手术医生腕部剂量估算结果进行核算医护人员皮肤照射年有效剂量的估算。

由表 11-18 可知，ERCP 机房内手术医生和护士在透视工况下手部所受的最大空气比释动能率为 $4382\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，本项目 ERCP 可近似视为垂直入射，而且是 PA 入射方式，从《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表 A.5 可查得空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数 $C_{ks}=1.144 \text{ mGy/mGy}$ ，人员累积年受照时间为 16.7h ，根据式 11-5 和 11-6 可以求得手术医生和护士手术位腕部皮肤受到的年当量剂量最大为 83.7mSv ，低于本环评要求的 125mSv 年当量剂量管理约束值。

综上所述，医生与公众所受的年有效剂量均低于本环评要求的年有效剂量管理约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

（3）ERCP 运营期臭氧影响分析

ERCP 机房设置独立的通排风系统，通风次数不低于 4 次/h。ERCP 机房内空气中氧受 X 射线电离而产生臭氧，臭氧其产率和浓度根据式 11-7、11-8 和 11-9 进行计算。

ERCP 机房设置独立的通排风系统，通风次数不低于 4 次/h，保守考虑按每小时换气 4 次计算，ERCP 机房约为 200m^3 ，经计算得 ERCP 机房内臭气平衡浓度约为 $3.75\times10^{-5}\text{mg/m}^3$ 。本项目产生的臭氧排入大气环境后，经自然分解和稀释，可达标排放，对周围环境影响较小。

11.2.3 水环境影响分析

项目运行后，废水主要为医疗废水和辐射工作人员的生活污水，本项目废水进入航天院区污水处理站采用“格栅+调节池+初沉池+A²O+二沉池+消毒”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准后，再通过市政污水

管网进入当地污水处理厂处理。

11.2.4 固体废物环境影响分析

①本项目不会产生放射性固废，对周围环境无影响。

②本项目一台介入手术约产生医疗废物药棉0.1kg，纱布0.1kg，手套0.2kg，一年中型C臂和ERCP最多开展150台手术，则本项目一年约产生医疗废物药棉15kg，纱布15kg，手套30kg，总共每年约产生医疗废物60kg。采用专门的收集容器分类收集后，转移至医院的特种垃圾站，不会对周围环境造成影响。

工作人员会产生生活垃圾和办公垃圾，工作人员共14人，产生量约0.1kg/人，则生活垃圾及办公垃圾产生量为1.4kg/d, 0.35t/a。生活垃圾和办公垃圾由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

11.2.5 声环境影响分析

本项目噪声源主要为通排风噪声，设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于60dB(A)，并设置隔声减振措施，经降噪措施及距离衰减作用，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2类标准要求。

11.3 事故影响分析

11.3.1 风险识别

本项目为“使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置”核技术应用项目，营运中存在着风险和潜在危害及事故隐患。

(1) 事故等级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第449号)，辐射事故从重到轻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，见表11-19。

表 11-19 国务院令第 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	射线装置失控导致3人以上(含3人)急性死亡。
重大辐射事故	射线装置失控导致2人以下(含2人)急性死亡或者10人以上(含10人)急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	射线装置失控导致9人以下(含9人)急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲,北京:原子能出版社)急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表11-20。

表 11-20 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率%	辐射剂量/Gy	死亡率%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

(2) 源项分析

参考国内外类似项目运营中的资料及国内相关场所的实际考查, 现将项目运营中可能出现概率较大或后果较严重的事故分列如表11-21。

表 11-21 本项目射线装置的环境风险因子、潜在危害

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件
中型C臂—II类射线装置; ERCP—II类射线装置;	X 射线	①防护门未关闭的情况下即进行曝光操作, 可能给周围活动的人员造成不必要的照射。 ②人员滞留机房内或未撤离, 操作人员误开机。 ③门灯联锁系统失效, 人员误入或滞留机房内造成误照射。

11.3.2 事故工况下辐射影响分析

(1) 装置在运行时, 人员误入机房或尚未撤离机房发生误照射。

剂量估算:

本项目ERCP无摄影工况, 故以中型C臂的摄影工况(电压为100kV, 电流为100mA)进行估算, 根据前文, 摄影工况距靶点1m处的最大剂量率为 $3.78 \times 10^7 \mu\text{Gy}/\text{h}$, 以此来计算不同照射时间、不同照射距离下主束方向和非主束方向人员受照剂量。本项目中型C臂主束方向向上, 因此人员在主束方向直接照射概率极小, 中型C臂机房治疗床设置有急停开关, 主束线照射时间一般不会超过1min。

表11-22 非主射方向不同距离不同受照时间所致人员剂量单位: mGy

受照时间 距离	10s	20s	30s	1min	2min	5min	10min	20min	30min
0.5m	0.42	0.84	1.26	2.52	5.04	12.60	25.20	50.40	75.60
1m	0.11	0.21	0.32	0.63	1.26	3.15	6.30	12.60	18.90

1.5m	0.05	0.09	0.14	0.28	0.56	1.40	2.80	5.60	8.40
2m	0.03	0.05	0.08	0.16	0.32	0.79	1.58	3.15	4.73
2.5m	0.02	0.03	0.05	0.10	0.20	0.50	1.01	2.02	3.02
3m	0.01	0.02	0.04	0.07	0.14	0.35	0.70	1.40	2.10

表11-23主束方向不同距离不同受照时间人员剂量单位: Gy

受照时间 距离 \	10s	20s	30s	40s	50s	60s
0.5m	0.42	0.84	1.26	1.68	2.10	2.52
1m	0.11	0.21	0.32	0.42	0.53	0.63
1.5m	0.05	0.09	0.14	0.19	0.23	0.28

事故情景假设1:

①装置在运行时,由于门灯联锁系统失效,人员误入或滞留在机房内而造成误照射;工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房,操作间人员启动设备,造成滞留人员的误照射。

②假定该人员在距靶1m处停留时间为10min,未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

根据上述条件,对照上表11-22,得出术中误照人员受照剂量约为6.3mGy/人·次。

事故后果:

在上述事故情景假设条件下,受X射线源误照人员年剂量已超过年剂量限值,属于一般辐射事故。

(2) 维修射线装置时,人员受意外照射。

事故情景假设2:

①设备维护人员在维护中型C臂射线管或测量探测器时,射线管正处于出束状态;

②在上述条件下,若以中型C臂的摄影工况(电压为100kV,电流为100mA)条件下,摄影工况距靶点1m处的最大剂量率为 $3.78 \times 10^7 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 估算;

③中型C臂上的指示灯和声音装置均失效;

④维护人员位于X射线主射束方向,距靶1m处,停留时间0.5min,未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

剂量估算:

根据上述条件,对照上表11-23,得出维护人员受照剂量为0.32Gy/人·次。

事故后果:

在上述事故情景假设条件下,受X射线源误照人员年剂量已超过年剂量限值,属于

一般辐射事故。

11.3.3 事故预防措施

事故预防措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

(1) 为了防止事故的发生，医院在辐射防护设施方面应做好以下工作：

①购置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗设备；

②实施介入诊疗的质量保证；

③做好医生的个人防护；

④做好病人非投照部位的防护工作；

⑤按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当本项目中型C臂、ERCP发生辐射事故时，应立即启动应急预案，采取措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

(2) 对于上述可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立全院辐射安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。

②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

④制定全院辐射事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

(3) 设备维修辐射事故防范措施

①维修人员进入机房前，必须确认射线装置未出束，同时应携带个人剂量报警仪。

②调试和维修时须设置醒目的警示牌。

③设备维修应由维修资格的人员操作，并按其操作规范进行操作。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据医院提供的资料，医院已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等有关法律法规，结合卫生、环保等行政主管部门的规章制度，成立了辐射安全管理领导小组，落实安全责任制度，并明确了相关成员名单及职责（详见附件 9）。

领导小组中由院长担任组长，分管副院长担任副组长，组员为净居院区、航天院区的相关科室负责人，两个院区的管理领导为同一套领导班子，能够有效统筹安排医院的辐射安全事务。医院目前配置的领导小组成员学历大部分为本科学历，具有一定的管理能力，本项目开展后，辐射管理成员为同一套班子成员，目前医院的管理人员也能满足配置要求。

12.2 辐射工作岗位人员配置和能力分析

（1）辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

①人员配置

本项目拟配置工作人员 14 人，均为医院现有辐射工作人员。

该 14 名辐射工作人员均配备个人剂量计，其中介入手术医生配备 3 支个人剂量计，包括铅衣内外双个人剂量计及腕部剂量计，护士、技师配 2 支个人剂量计，包括铅衣内外双个人剂量计。每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人记录收发记录和个人剂量档案。

②本项目拟配置的 14 名工作人员均参加了辐射安全与防护培训，取得了《辐射安全培训合格证》且在有效期内。

③医院已委托有资质单位承担辐射工作人员个人剂量的检测工作，由专门部门负责辐射工作人员个人剂量档案管理。

（2）辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强：

①医院应严格执行辐射工作人员培训制度，及时组织本项目辐射工作人员在生态环境部培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn/>) 上进行复训。

②个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，查明原因并解决发现的问题。

12.3 辐射安全档案资料管理和规章制度

(1) 档案管理分类

医院应对相关资料进行分类归档放置，包括以下八大类：“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”、“辐射应急资料”。

(2) 已建立主要规章制度

本项目涉及使用Ⅱ类射线装置，成都市公共卫生临床医疗中心现已有较为完善的规章制度。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”和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》(川环函[2016]1400号)的相关要求中的相关规定，将医院现有制度与规定要求的各项制度对照如表12-1。

表12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	项目	规定的制度	落实情况	备注
1	场所	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定	/
2		辐射安全管理规定	已制定	/
3		辐射工作设备操作规程	已制定	需完善
4		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等）	已制定	需完善
5		放射性同位素与射线装置台账管理制度	已制定	/
6	监测	监测方案	已制定	需完善
7		监测仪表使用与校验管理制度	已制定	需完善
8	人员	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	需制定
9		辐射工作人员培训/再培训制度	已制定	/
10		辐射相关岗位职责	已制定	需完善
11	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定	需完善
12	其他	质量保证大纲与质量控制检测计划	已制定	/

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》要求，《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《放射设备操作规程》和《辐射事故应急预案》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布的新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。建设单位在按照环评要求对制度、人员、场所、设施等进行补充完善后，项目符合辐射安全及环境保护要求。

12.4 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

12.4.1 工作场所监测

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，1 次/季度，监测数据应存档备案。

12.4.2 个人剂量检测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，个人剂量检测频率为 1 次/季度。介入手术医生应配备 3 支个人剂量计，包括铅橡胶围裙内外双个人剂量计及腕部剂量计。护士、技师配 2 支个人剂量计，包括铅橡胶围裙内外双个人剂量计。其中铅橡胶围裙内外双个人剂量计分别佩戴在铅橡胶围裙外锁骨对应的领口位置及铅橡胶围裙内躯干位置，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反。

(1) 医院应每一季度将个人剂量计送交有资质的部门进行检测。检测数据超过单位干预水平 1.25mSv 的，单位应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认；检测数据超过个人剂量年度管理限值 5.0mSv 的，医院应组织调查，查明原因后采取防范措施，并报告发证机关；检测数据超过国家标准限值 20mSv 的，应立即采取措施，报告发证机关，并开展调查处理。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

(3) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，个人剂量档案需长期保存。

12.4.3 监测内容和要求

(1) 监测内容：周围剂量当量率

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账

以便核查。

表 12-2 工作场所监测计划建议

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	各射线装置机房	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	防护门外、门缝、观察窗、控制室操作位、各侧屏蔽墙外30cm处、管线洞口及周围需要关注的监督区	委托有资质单位监测
日常监测			1次/季度			自行监测

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

12.4.4 环境保护设施竣工验收

本次评价项目竣工后，建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）对配套建设的环境保护设施进行验收，建设单位应如实查验监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，委托有能力的技术机构编制验收报告，报告编制完成5个工作日内，建设单位应公开验收报告，公示的期限不得少于2个工作日。建设单位在提出验收意见的过程中，可组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.5 辐射事故应急

为了应对辐射事故和突发事件，医院已经制定了辐射事故应急预案，并成立辐射事

故应急处理领导小组，负责医院辐射防护与安全的全面工作。

(1) 医院既有辐射事故应急预案包括了下列内容：①总则；②辐射事故应急处理程序；③应急的人员、技术、物资和资金保障措施；④应急通讯；⑤应急预案的解除。

(2) 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定：应急预案中还应补充以下内容：

- ①应急组织机构及其职能；
- ②辐射事故分级及应急响应措施；
- ③增加应急人员的组织、培训计划和实施；

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

安全医疗，重在防范，医院必须严格遵守《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定，严格按照医院的相关规章制度执行，将安全和防范措施落实到工作中的各个细节，防患于未然。

12.6 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素、辐射装置单位应具备相应的条件，本项目从事辐射活动能力评价详见表 12-3。

表 12-3 本项目从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
(一) 使用Ⅰ类放射源，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	已设辐射安全管理领导小组。
(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	本项目涉及辐射工作人员均已参加培训和考核，并取得合格证书。
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备	不涉及。
(四) 放射性同位素与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要求的安全措施	本项目拟按要求建设专用机房，实体屏蔽符合要求，拟设有急停开关和对讲系统，拟设有工作警示灯及电离辐射警告标志。
(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，包括个人剂量监测报警、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	医院现配备有1台X-γ辐射检测仪，医院根据相关要求及工作实际需要拟配备工作人员使用的铅衣等防护用品和配备患者使用的辅助防护用品。根据要求配备个人剂量计。
(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	已制订或需完善。

(七) 有完善的辐射事故应急措施	已制订，需完善。
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的， 还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排 放的处理能力或者可行的处理方案	不涉及。

综上所述，成都市公共卫生临床医疗中心在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目名称：成都市公共卫生临床医疗中心中型 C 臂、ERCP 射线装置利用项目；

建设单位：成都市公共卫生临床医疗中心；

建设性质：新建（迁建）；

建设地点：成都市锦江区静明路 377 号（航天院区）综合业务楼三楼四号手术室和呼吸道传染病楼二楼胃镜室。

本次评价内容及规模为：医院拟在航天院区的综合业务楼三楼四号手术室和呼吸道传染病楼二楼胃镜室开展核技术利用项目。经与医院核实，本项目使用 1 台中型 C 臂和 1 台 ERCP，均为 II 类射线装置，其中中型 C 臂从净居院区门诊楼三楼一号手术室搬迁至航天院区综合业务楼三楼四号手术室，搬迁中型 C 臂型号为 OEC9900ELite，主束方向由下朝上，最大管电压 120kV，最大管电流 150mA；ERCP 新购，置于呼吸道传染病楼二楼胃镜室，型号为 KD-C7100，主束方向由下朝上，最大管电压 100kV，最大管电流 150mA。

搬迁中型 C 臂位于综合业务楼三楼四号手术室，四号手术室为医院预留机房，无需进行土建施工和防护装修。机房有效使用面积约 40m^2 ($6.9\text{m} \times 5.83\text{m}$)，设置有患者通道、医护通道和污物通道。机房四侧墙体为龙骨钢架+2mm 铅皮(防护当量为 2.0mmPb)，顶棚为 200mm 钢筋混凝土（密度 2.35g/cm^3 ，防护当量为 2.62mmPb ），地坪为 200mm 钢筋混凝土（密度 2.35g/cm^3 ，防护当量为 2.82mmPb ），观察窗（1 套）为 3mmPb 铅玻璃，防护门（2 套）为 3mmPb 防护门，不设控制室等辅助用房。

ERCP 机房位于呼吸道传染病楼二楼胃镜室，胃镜室为原预留机房，拟将位于南侧的手动推拉式患者防护门（防护当量为 4mmPb ）换成电动推拉式防护门（防护当量为 3mmPb ），另外对专业配套部分进行换新（主要是安装照明、插座、门机门灯联锁，拆除原吊顶更换集成吊顶，安装地胶地面，更换环保集成扣板墙面等）。机房有效使用面积约 37.8m^2 ($6.7\text{m} \times 5.64\text{m}$)，设置有患者通道、医护通道和污物通道，配套功能用房为 1 间控制室（有效使用面积约 20.0m^2 ），1 间缓冲间（有效使用面积为 5.1m^2 ）。机房四侧墙体为 37cm 实心砖墙（密度 1.65g/cm^3 ，防护当量为 3.0 mmPb ），顶棚为 300mm 钢筋混凝土（密度 2.35g/cm^3 ，防护当量为 4.75mmPb ），地坪为 300mm 钢筋混凝土（密

度 2.35g/cm^3 , 防护当量为 4.74mmPb), 观察窗(1套)为 4mmPb 铅玻璃, 患者防护门为 3mmPb 防护门, 工作人员防护门为 4mmPb 防护门。

13.1.2 本项目产业政策符合性及实践正当性分析

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录(2019年本)》中第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、数字化医学影像设备, 人工智能辅助医疗设备, 高端放射治疗设备, 电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备, 新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用, 危重病用生命支持设备, 移动与远程诊疗设备, 新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目, 属于国家鼓励类产业, 符合国家现行产业政策。

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求, 提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展, 对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用。医院在放射诊断和放射治疗过程中, 对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施, 对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此, 在正确使用和管理射线装置的情况下, 可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害, 该核技术应用实践具有正当性, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中“实践的正当性”原则。

13.1.3 本项目选址合理性分析

本项目位于成都市锦江区静明路377号(航天院区), 医院拟将现有1台中型C臂搬迁至综合业务楼三楼四号手术室, 拟新购1台ERCP置于呼吸道传染病楼二楼胃镜室。综合业务楼为地上共10层, 地下2层。呼吸道传染病楼地上共8层, 地下2层。本项目所在地为医院用地, 用地性质为医疗用地, 符合成都市城市总体规划。医院周围为居民商住区, 交通较为便捷, 能为周围居民提供方便的就医设施。

本项目辐射工作场所边界外 50m 范围主要为医院建筑物和道路, 无居民区、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点, 所开展的核技术应用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小, 因此选址是合理的。

13.1.4 工程所在地区环境质量现状

本项目中型C臂机房及周边室内X- γ 辐射剂量率为 $64\text{nGy/h} \sim 94\text{nGy/h}$, ERCP机房及周边室内X- γ 辐射剂量率为 $78\text{nGy/h} \sim 107\text{nGy/h}$, 职工食堂室内X- γ 辐射剂量率为 79nGy/h 。由《2020四川省生态环境状况公报》可知, 四川省辐射环境自动监测站实时连

续监测空气吸收剂量率范围为 $\leq 130 \text{ nGy/h}$, 属于当地正常天然本底辐射水平。

13.1.5 环境影响评价结论

(1) 辐射环境影响分析

经类比分析,在正常工况下,本项目中型 C 臂机房和 ERCP 机房各侧屏蔽体外 30cm 处剂量率均满足 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的目标控制值。经理论计算、类比分析或理论计算后,在正常工况下,对辐射工作人员造成有效剂量低于 5 mSv 的职业人员年管理剂量约束值;对公众造成有效剂量低于 0.1 mSv 的公众人员年管理剂量约束值。

(2) 大气环境影响分析

中型 C 臂机房设置独立的通排风系统,通风次数不低于 4 次/h; ERCP 机房设置独立的通排风系统,通风次数不低于 4 次/h。本项目产生的少量臭氧和氮氧化物排入大气环境后,经自然分解和稀释,可达标排放,对周围环境影响较小。

(3) 水环境影响分析

本项目产生废水主要为生活污水和医疗废水,废水进入航天院区污水处理站采用“格栅+调节池+初沉池+A²O+二沉池+消毒”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中预处理标准后,再通过市政污水管网进入市政污水处理厂处理。本项目的下水道应进行地面硬化处理等防渗措施,防止污染地下水。

本项目对水环境的影响符合国家标准的要求。

(4) 固体废物环境影响分析

①本项目不会产生放射性固废,对周围环境无影响。

②本项目产生的医疗废物,采用专门的收集容器分类收集后,转移至医院特种垃圾站中的医疗废物暂存间,按照医疗废物执行转移联单制度,委托当地有医疗固废处置资质的单位处置。生活垃圾和办公垃圾由医院进行统一集中收集,并交由当地环卫部门清运。

本项目固体废物对环境的影响符合国家标准的要求。

(5) 声环境影响分析

本项目噪声源主要为通排风噪声,设备选用低噪声设备,噪声源强一般小于 60dB(A),并设置隔声减振措施,经降噪措施及距离衰减作用,运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求。

13.1.6 辐射防护措施符合性分析

中型C臂机房和ERCP机房的四侧墙体、顶棚、地坪等均设计了满足防护要求的屏

蔽体厚度。机房内拟配置辐射工作人员和患者个人防护用品；机房设置自动闭门装置，防护门上方设置工作状态指示灯，并与机房门联锁；防护门外拟设置电离辐射警告标志。设备设置急停开关，设置对讲装置等，辐射安全防护措施配置满足相关要求。

13.1.7 事故风险与防范

医院制订的辐射事故应急预案与安全规章制度内容较全面、措施可行，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。医院制定的应急预案需按环评提出的要求进行完善。

13.1.8 环保设施与保护目标

医院拟配套的环保措施与设施齐全，可使本次环评中确定的保护目标所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

13.1.9 医院辐射安全管理的综合能力

医院辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，医技人员配置合理，有辐射事故应急预案与辐射安全和防护管理制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对本项目而言，医院也已具备辐射安全管理的综合能力。

13.2 项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为，本项目的建设，从环境保护和辐射防护角度看是可行的。

13.3 项目竣工验收检查内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

本工程竣工环境保护验收一览表见表13-1。

表 13-1 环境保护设施验收一览表

场所	类别	环保设施
ERCP机房	辐射屏蔽设施	机房四侧墙体为37cm实心砖墙，顶棚为300mm钢筋混凝土，地坪为300mm钢筋混凝土，观察窗1套（4mmPb），患者防护门1套（3mmPb），工作人员防护门1套（4mmPb）
	安全装置	操作台和床体上“急停开关”装置各1套 对讲机1套

		门灯联锁及工作状态指示灯1套
个人防护用品		辐射工作人员配防护铅当量为0.5mmPb的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各3套，防护铅当量不低于0.025mmPb的介入防护手套3套
		患者配铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（防护铅当量0.5mm，儿童、成尺寸各1套）以及铅防护方巾2套（防护铅当量0.5mm）
		铅悬挂防护屏（0.5mmPb）、铅防护吊帘（0.5mmPb）、床侧防护帘（0.5mmPb）、床侧防护屏（0.5mmPb）各1件
监测仪器及警示装置		ERCP机房拟配置手术医生2人，护士2人，技师1人，均为医院现有辐射工作人员。ERCP配置的辐射工作人员均已配备铅橡胶围裙内、外剂量计和腕部剂量计
		警示标牌若干
		独立通排风系统1套
中C机房	辐射屏蔽设施	机房四侧墙体为龙骨钢架+2mm铅皮，顶棚为200mm钢筋混凝土，地坪为200mm钢筋混凝土，观察窗1套（3mmPb），防护门2套（3mmPb）
	安全装置	床体上“急停开关”装置1套
		对讲机1套
	个人防护用品	门灯联锁及工作状态指示灯1套
		辐射工作人员配防护铅当量为0.5mmPb的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各4套，防护铅当量不低于0.025mmPb的介入防护手套4套
		患者配铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（防护铅当量0.5mm，儿童、成人尺寸各1套）以及铅防护方巾2套（防护铅当量0.5mm）
	监测仪器及警示装置	铅悬挂防护屏（0.5mmPb）、铅防护吊帘（0.5mmPb）、床侧防护帘（0.5mmPb）、床侧防护屏（0.5mmPb）各1件
		中型C臂机房拟配置手术医生6人，护士2人，技师1人，均为医院现有辐射工作人员。中型C臂配置的辐射工作人员均已配备铅橡胶围裙内、外剂量计和腕部剂量计
		警示标牌若干
	通排风系统	独立通排风系统1套
其他	监测设备	依托医院现有便携式X-γ剂量监测仪1台
	人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训
	辐射应急	辐射应急物资、人员培训、应急演练

13.4建议和承诺

- (1) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。
- (2) 在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响。
- (3) 定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况

进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前上报发证机关，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥存在的安全隐患及其整改情况；⑦其它有关法律、法规规定的落实情况。

（4）一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告上级生态环境主管部门和四川省生态环境厅。

（5）医院在重新申领辐射安全许可证之前，注册并登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>），对医院所用射线装置的相关信息进行填写。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见

公章

经办人年月日

审批意见

公章

经办人年月日