

编号：ZFHK-FB22220178

核技术利用建设项目

云南省肿瘤医院

移动式 C 臂 CT 系统核技术利用建设项目

环境影响报告表

(报批稿)



云南省肿瘤医院（昆明医科大学第三附属医院）

2022 年 12 月



生态环境部监制

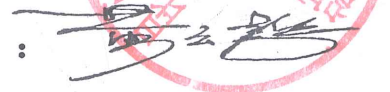
核技术利用建设项目

云南省肿瘤医院

移动式 C 臂 CT 系统核技术利用建设项目  
环境影响报告表

建设单位名称：云南省肿瘤医院（昆明医科大学第三附属医院）

建设单位法人代表（签名或签章）：



通讯地址：云南省昆明市西山区昆州路 519 号

邮政编码：650000

联系人：宫娜

电子邮箱：ynszlyyzcglb2020@163.com

联系电话：15561630955

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	v20vf9		
建设项目名称	云南省肿瘤医院移动式C臂CT系统核技术利用建设项目		
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		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称（盖章）	云南省肿瘤医院（昆明医科大学第三附属医院）		
统一社会信用代码	12530000431201824Q		
法定代表人（签章）	黄云超		
主要负责人（签字）	黄云超		
直接负责的主管人员（签字）	叶淑华		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	中辐环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91330000MA27U0414T		
<b>三、编制人员情况</b>			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
吴燕明	20220503533000000020	BH056397	吴燕明
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
吴燕明	项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH056397	吴燕明
李芳	项目基本情况、射线装置、废弃物（重点是放射性废弃物）、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状	BH053877	李芳

编号：ZFHK-FB22220178

核技术利用建设项目

云南省肿瘤医院

移动式 C 臂 CT 系统核技术利用建设项目

环境影响报告表

（报批稿）

云南省肿瘤医院（昆明医科大学第三附属医院）

2022 年 12 月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

## 云南省肿瘤医院

# 移动式 C 臂 CT 系统核技术利用建设项目 环境影响报告表

建设单位名称：云南省肿瘤医院（昆明医科大学第三附属医院）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：云南省昆明市西山区昆州路 519 号

邮政编码：650000

联系人：宫娜

电子邮箱：ynszlyyzcglb2020@163.com

联系电话：15561630955

打印编号: 1672298503000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	y20vf9		
建设项目名称	云南省肿瘤医院移动式C臂CT系统核技术利用建设项目		
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)	云南省肿瘤医院(昆明医科大学第三附属医院)		
统一社会信用代码	12530000431201824Q		
法定代表人(签章)	黄云超		
主要负责人(签字)	黄云超		
直接负责的主管人员(签字)	叶淑华		
二、编制单位情况			
单位名称(盖章)	中辐环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91330000MA27U0414T		
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
吴燕明	20220503533000000020	BH056397	吴燕明
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
吴燕明	项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH056397	吴燕明
李芳	项目基本情况、射线装置、废弃物(重点是放射性废弃物)、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状	BH053877	李芳

环评项目负责人职业资格证书（复印件）

环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师职业资格。



姓名: 吴燕明  
 证件号码: 342921198711210328  
 性别: 女  
 出生年月: 1987年11月  
 批准日期: 2022年05月29日  
 管理号: 20220503533000000020





# 营业执照

(副本)

统一社会信用代码 91330000MA27U0414T (1/2)

名称 中辐环境科技有限公司  
类型 有限责任公司  
住所 浙江省杭州市西湖区教工路 336 号 3A  
法定代表人 姚丹丹  
注册资本 伍仟万元整  
成立日期 2016 年 04 月 14 日  
营业期限 2016 年 04 月 14 日 至 2066 年 04 月 13 日  
经营范围 环保技术与环境影响评价的咨询服务, 环保技术的研发, 清洁生产咨询服务, 开展检验检测业务(凭相关有效资质证书经营)。(依法须经批准的项目, 经相关部门批准后方可开展经营活动)



登记机关



2017 年 07 月 12 日

应当于每年 1 月 1 日至 6 月 30 日通过浙江省企业信用信息公示系统报送上一年度年度报告

企业信用信息公示系统网址: <http://gsxt.zjaic.gov.cn/>

中华人民共和国国家工商行政管理总局监制





单位信息查看

专项整治工作补正

### 单位信息查看

## 中辐环境科技有限公司

注册时间: 2019-10-29 操作事项: 待办事项 4

当前状态: 正常公开

当前记分周期内失信记分

0  
2022-10-30~2023-10-29

信用记录

#### 基本情况

##### 基本信息

单位名称:	中辐环境科技有限公司	统一社会信用代码:	91330000MA27U041
组织形式:	有限责任公司	法定代表人(负责人):	姚丹丹
法定代表人(负责人)证件类型:	身份证	法定代表人(负责人)证件号码:	33021919791121642
住所:	浙江翁 - 杭州市 - 西湖区 - 教工路336号3A (办公地址: 杭州市上城区水墩新路8号)		

##### 设立情况

基本情况变更

信用记录

环境影响报告书(表)信息提交

变更记录

编制人员

#### 环境影响报告书(表)情况 (单位: 本)

近三年编制环境影响报告书(表)累计 **527** 本

报告书	21
报告表	506

### 人员信息查看

## 吴燕明

注册时间: 2021-10-20

当前状态: 正常公开

当前记分周期内失信记分

0  
2022-08-17~2023-08-16

信用记录

#### 基本情况

##### 基本信息

姓名:	吴燕明	从业单位名称:	中辐环境科技有限公司
职业资格证书管理号:	20220503533000000020	信用编号:	BH056397

变更记录

信用记录

#### 环境影响报告书(表)情况 (单位: 本)

近三年编制环境影响报告书(表)累计 **4** 本

报告书	0
报告表	4



## 浙江省社会保险参保证明

共1页，第1页

姓名	吴燕明	社会保障号	342921198711210328	性别	女				
参加社会保险基本情况									
险种	养老保险	工伤保险	失业保险						
参保状态	参保缴费	参保缴费	参保缴费						
参保单位	中辐环境科技有限公司(3011000106126563)								
出具证明前6个月缴费情况 (2022年06月-2022年11月)									
年	月	养老参保地	单位编号	养老保险			失业保险		备注
				缴费基数(元)	个人缴费(元)	缴费状况	缴费基数(元)	个人缴费(元)	
2022	06	滨江区	91330108MA2J26XY3J	3957	316.56	已到账	3957	19.79	
2022	07	滨江区	91330108MA2J26XY3J	3957	316.56	已到账	3957	19.79	
2022	08	滨江区	91330108MA2J26XY3J	3957	316.56	已到账	3957	19.79	
2022	09	西湖区	3011000106126563	3957	316.56	已到账	3957	19.79	
2022	10	西湖区	3011000106126563	3957	316.56	已到账	3957	19.79	
2022	11	西湖区	3011000106126563	3957	316.56	已到账	3957	19.79	

- 备注：1.本证明信息为打印时证明地当前参保情况。
- 2.本参保证明已签署经国家电子政务外网浙江省电子认证注册的机构认证的电子印章，社保经办机构不再另行签章。
- 3.本参保证明出具后3个月内可在“浙江政务服务网或浙江省人力资源和社会保障厅网上办事大厅”进行网上验证，验证平台：<https://map.i.zizwfw.gov.cn/web/mgop/gov-open/zj/2002199511/reserved/index.html#/validate>，授权码：3167229830216732。
- 4.本参保证明中参保地仅代表养老保险。最终解释权由参保地社保机构所有。
- 5.本参保证明妥善保管，来源：政务2.0 APP。

打印时间：2022年12月29日



## 目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	15
表 3 非密封放射性物质.....	15
表 4 射线装置.....	15
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	17
表 6 评价依据.....	18
表 7 保护目标与评价标准.....	20
表 8 环境质量和辐射现状.....	25
表 9 项目工程分析与源项.....	30
表 10 辐射安全与防护.....	36
表 11 环境影响分析.....	44
表 12 辐射安全管理.....	64
表 13 结论与建议.....	75
表 14 审批.....	80

## 附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目周边环境关系示意图
- 附图 3 云南省肿瘤医院总平面图
- 附图 4 改造前的医技楼 2 层平面布置图
- 附图 5 本项目 C 臂 CT 机房平面布局图
- 附图 6 医技楼 3 层平面布置图
- 附图 7 医技楼 1 层平面布置图

## 附件

- 附件 1 委托书
- 附件 2 事业单位法人证书
- 附件 3 辐射安全许可证
- 附件 4 本底监测报告
- 附件 5 医院辐射安全与环境保护管理机构成立文件
- 附件 6 医院辐射事故应急处理预案
- 附件 7 医院辐射安全管理制度
- 附件 8 医院辐射工作场所年度监测报告（医技楼）
- 附件 9 医院放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告
- 附件 10 项目技术参数

### 表 1 项目基本情况

建设项目名称		云南省肿瘤医院移动式 C 臂 CT 系统核技术利用建设项目			
建设单位		云南省肿瘤医院（昆明医科大学第三附属医院）			
法人代表	黄云超	联系人	宫娜	联系电话	15561630955
注册地址		云南省昆明市西山区昆州路 519 号			
项目建设地点		云南省昆明市西山区昆州路 519 号云南省肿瘤医院医技楼 2 层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	660	项目环保投资（万元）	57	投资比例（环保投资/总投资）（%）	8.6%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m <sup>2</sup> ）	/
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 建设单位概况

云南省肿瘤医院（昆明医科大学第三附属医院，统一社会信用代码：12530000431201824Q，以下简称“医院”）位于云南省昆明市西山区昆州路 519 号，是云南省集医疗、教学、科研、预防于一体的三级甲等肿瘤专科医院，承担着全省肿瘤防治研究、人才培养及肿瘤学术交流任务。医院设有 30 个临床科室，12 个医技科室，开放床位 1829 张，有正高级职称 101 人，副高级职称 251 人，中职 722 人，初职及以下 1359 人；博士 103 人，硕士 573 人。医院已建立起以国家临床重点专科（肿瘤科、胸外科）为依托，胸外科（胸部肿瘤）、耳鼻喉头颈外科（头颈肿瘤）、病理科、乳腺外科、妇科（妇科肿瘤）、肿瘤化疗专科、肿瘤放射治疗科、结直肠癌肿瘤专科、神经肿瘤外科、骨与软组织肿瘤科、医学影像科、中西医结合科等 12 个省级肿瘤临床重点专科群为骨干，诊断技术先进、治疗手段完善的肿瘤预防、肿瘤筛查、肿瘤疾病诊疗专科体系，优质护理示范病房达到 10

0%。

## 1.2 建设目的及任务由来

医院根据自身优越的医疗条件，为了更好地发挥医院的技术力量，提高疾病治疗水平，更好地为当地病人服务，以满足当地患者的治疗服务需求，医院拟将医技楼 2 层（医技楼地上 6 层，无地下层）东北侧的远程会诊中心等区域改造为 1 间移动式 C 臂 CT 系统机房及配套功能用房，并新购 1 套移动式 C 臂 CT 系统（以下简称 C 臂 CT，带减影功能）用于影像诊断和介入治疗。对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目拟新购的 C 臂 CT 属于 II 类射线装置。

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》和《中华人民共和国环境影响评价法》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价。

对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，环评类别为环境影响报告表。为此，云南省肿瘤医院（昆明医科大学第三附属医院）委托中辐环境科技有限公司开展“云南省肿瘤医院移动式 C 臂 CT 系统核技术利用建设项目（以下简称‘本项目’）”的环境影响评价工作（见附件 1）。

在接受委托后，评价单位组织相关技术人员于 2022 年 12 月进行了现场勘察、收集资料、委托进行辐射环境现状监测等工作，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）等规定编制了本环评报告表，供生态环境审批部门审查。

## 1.3 项目概况

### （1）项目基本信息

项目名称：云南省肿瘤医院移动式 C 臂 CT 系统核技术利用建设项目；

建设单位：云南省肿瘤医院（昆明医科大学第三附属医院）；

建设性质：扩建；

建设地点：云南省昆明市西山区昆州路 519 号，云南省肿瘤医院医技楼 2 层。

## (2) 项目建设内容与建设规模

医院拟将医技楼 2 层（医技楼地上 6 层，无地下层）东北侧的远程会诊中心等区域改造为 1 间 C 臂 CT 机房及配套功能用房，并新购 1 套 C 臂 CT 用于影像诊断和介入治疗。经与医院核实，本项目拟新购的 C 臂 CT 型号为 Cios Spin，主束方向朝上和四周，为单管头设备，最大管电压 125kV，最大管电流 250mA，属于 II 类射线装置。

医院医技楼 2 层东北侧的远程会诊中心等区域的墙体原为 240mm 实心砖墙，顶棚和地面均为 120mm 混凝土，本项目的开展需拆除部分墙体并重新规划房间布局。

改造后，本项目 C 臂 CT 机房有效使用面积约为 25.42m<sup>2</sup>（5.6m×4.54m），配套功能用房为 1 间控制室（建筑面积约为 13.0m<sup>2</sup>）、1 间污物清洗间（建筑面积约为 6.7m<sup>2</sup>）、1 间缓冲间（建筑面积约为 5.3m<sup>2</sup>）、1 间库房（建筑面积约为 3.9m<sup>2</sup>）和 1 间更衣室（建筑面积约为 6.7m<sup>2</sup>）。

本项目 C 臂 CT 机房观察窗（1 套）为 4.0mmPb 铅玻璃，防护门（4 套）均为 4.0mmPb 防护门，四侧墙体均采用 240mm 实心砖墙+20mm 硫酸钡防护涂料作为屏蔽材料，顶棚采用 120mm 钢筋混凝土+3mm 铅板作为屏蔽材料，地坪采用 120mm 钢筋混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料作为屏蔽材料。

本项目辐射工作场所具体改造情况见表 1-1，C 臂 CT 机房四侧墙体结构示意图见图 1-1，顶棚结构示意图见 1-2，地坪结构示意图见图 1-3。

表 1-1 本项目改造情况一览表

场所位置	屏蔽材料及厚度	
改造区域 (主要为远程会诊中心)	四侧墙体	240mm 实心砖
	顶棚	120mm 混凝土
	地坪	120mm 混凝土
	防护门	/
	观察窗	/
改造后的 C 臂 CT 机房	四侧墙体	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 钢筋混凝土+3mm 铅板
	地坪	120mm 钢筋混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料
	防护门	内衬 4mm 铅板
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃

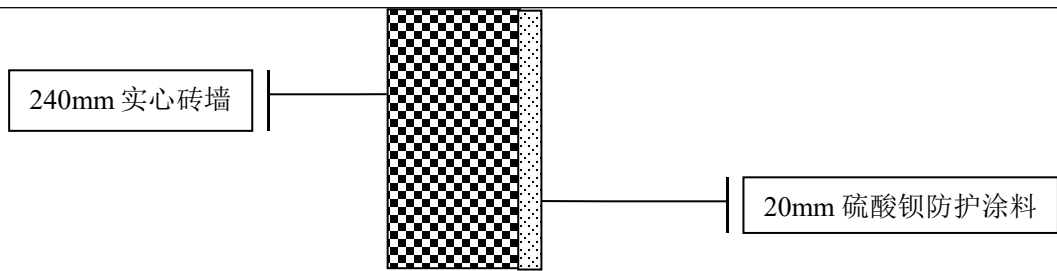


图1-1 本项目C臂CT机房四侧墙体结构示意图

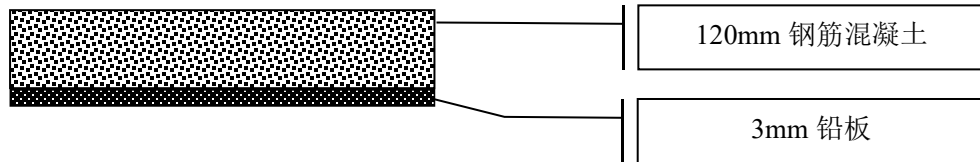


图1-2 本项目C臂CT机房顶棚结构示意图

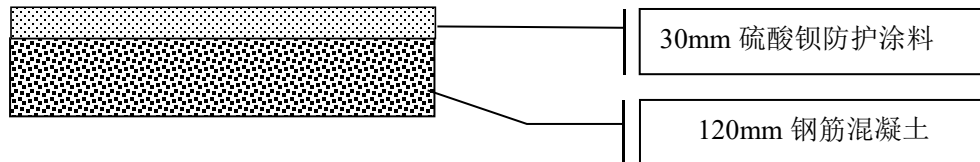


图1-3 本项目C臂CT机房地坪结构示意图

本项目组成及主要环境问题见表 1-2。

表1-2 本项目组成及主要环境问题分析表

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	C 臂 CT 机房	<p>医院拟将医技楼 2 层东北侧的远程会诊中心等区域改造为 1 间 C 臂 CT 机房及配套功能用房，并新购 1 套 C 臂 CT 用于影像诊断和介入治疗。经与医院核实，本项目拟新购的 C 臂 CT 型号为 Cios Spin，主束方向朝上和四周，为单管头设备，最大管电压 125kV，最大管电流 250mA，属于 II 类射线装置。</p> <p>改造后，本项目 C 臂 CT 机房有效使用面积约为 25.42m<sup>2</sup>（5.6m×4.54m）。</p> <p>本项目 C 臂 CT 机房观察窗（1 套）为 4.0mmPb 铅玻璃，防护门（4 套）均为 4.0mmPb 防护门，四侧墙体均采用 240mm 实心砖墙+20mm 硫酸钡防护涂料（折合 4.0mm Pb 当量）作为屏蔽材料，顶棚采用 120mm 钢筋混凝土+3mm 铅板（折合 4.0mmPb 当量）作为屏蔽材料，地坪采用 120mm 钢筋混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料（折合 4.0 mmPb 当量）作为屏蔽材料。</p>	<p>施工中产生的扬尘、建筑垃圾、噪声、废水和生活垃圾以及射线装置安装调试阶段产生的包装废物、X 射线、少量臭氧和氮氧化物。</p>	<p>X 射线、臭氧、氮氧化物、噪声、医疗废物、医疗废水等。</p>
	控制室	<p>拟建控制室 1 间，建筑面积约为 13m<sup>2</sup>。</p>		
辅助工程	配套房间	<p>拟建污物清洗间 1 间，建筑面积约为 6.7m<sup>2</sup>；缓冲间 1 间，建筑面积约为 5.3m<sup>2</sup>；库房 1 间，建筑面积约为 3.9m<sup>2</sup>；</p>		



		更衣室 1 间，建筑面积约为 6.7m <sup>2</sup> 。		
公用工程		给排水、供电和通讯系统依托医院现有基础设施。		/
环保工程	废水处理	本项目生活污水和医疗废水进入医院污水处理站预处理达标后通过市政污水管网。医院现有污水处理站能够满足本项目处理需求。		生活废水、少量医疗废水。
	废气处理	本项目 C 臂 CT 机房拟设“上进上排”的动力通排风系统，机房内产生的臭氧和氮氧化物由风机经排风管道抽排至医技楼楼顶排出室外。 风管穿墙处和通、排风管道与吊顶接口处均采用 4mm 铅皮包裹作为屏蔽补偿，可满足屏蔽防护要求。		臭氧和氮氧化物。
	固废处理	本项目医疗废物采用专门的收集容器收集后，转移至医院医废暂存间，按照医疗废物转移联单制度委托有资质的单位定期处置。 本项目工作人员产生的生活垃圾集中收集后交由环卫部门统一清运。		医疗废物、生活垃圾。
	噪声处理	风机采用减震设计并通过建筑墙体隔声及距离衰减降低噪声影响。		噪声
	电缆布设	控制电缆由 C 臂 CT 机房内通过电缆沟连接至控制室。电缆沟深 60mm、宽 100mm，电缆沟盖采用 3mm 不锈钢盖板。电缆沟采用 90° 穿墙方式穿过 C 臂 CT 机房与控制室之间的防护墙。穿墙弯折部分电缆外用 2mm 铅皮包裹电缆，防护墙下方电缆沟的坑道用 4mmPb 硫酸钡填充作为屏蔽补偿，以防止射线漏出。		/

### (3) 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C臂CT主要技术参数

设备名称	型号	类别	数量	主要技术参数		出束方向	用途	工作场所
				最大管电压	最大管电流			
C 臂 CT	Cios Spin	II类	1 台	125kV	250mA	朝上和四周	影像诊断和介入治疗	医技楼 2 层 C 臂 CT 机房

注：本项目拟购 C 臂 CT 设备有两种模式，分别为减影模式与透视模式。

### (4) 设备使用情况

根据医院提供的资料，本项目新增 1 台 C 臂 CT 的使用科室主要为胸外一科，预计年最大手术台数为 500 台，设备拟使用情况见表 1-4、表 1-5。

表 1-4 C 臂 CT 拟使用情况

使用科室	平均每台手术时间 (h)	平均单台手术出束时间 (min)		年手术台数 (台)	年出束时间	
		减影	透视		减影(h)	透视 (h)
胸外一科	2.0	2	30	500	16.67	250

表 1-5 C 臂 CT 拟运行工况一览表

设备名称	减影		透视	
	正常运行时管电压 (kV)	正常运行时管电流 (mA)	正常运行时管电压 (kV)	正常运行时管电流 (mA)
C 臂 CT	75~100	200	75~90	10

注：根据医院提供的资料，本项目C臂CT出束分减影和透视两种模式，具有自动调强功能。正常工况下，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，如果受检者体型偏胖，功率自动增强。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和功率通常留不小于30%的裕量。

(5) C 臂 CT 机房平面布局图

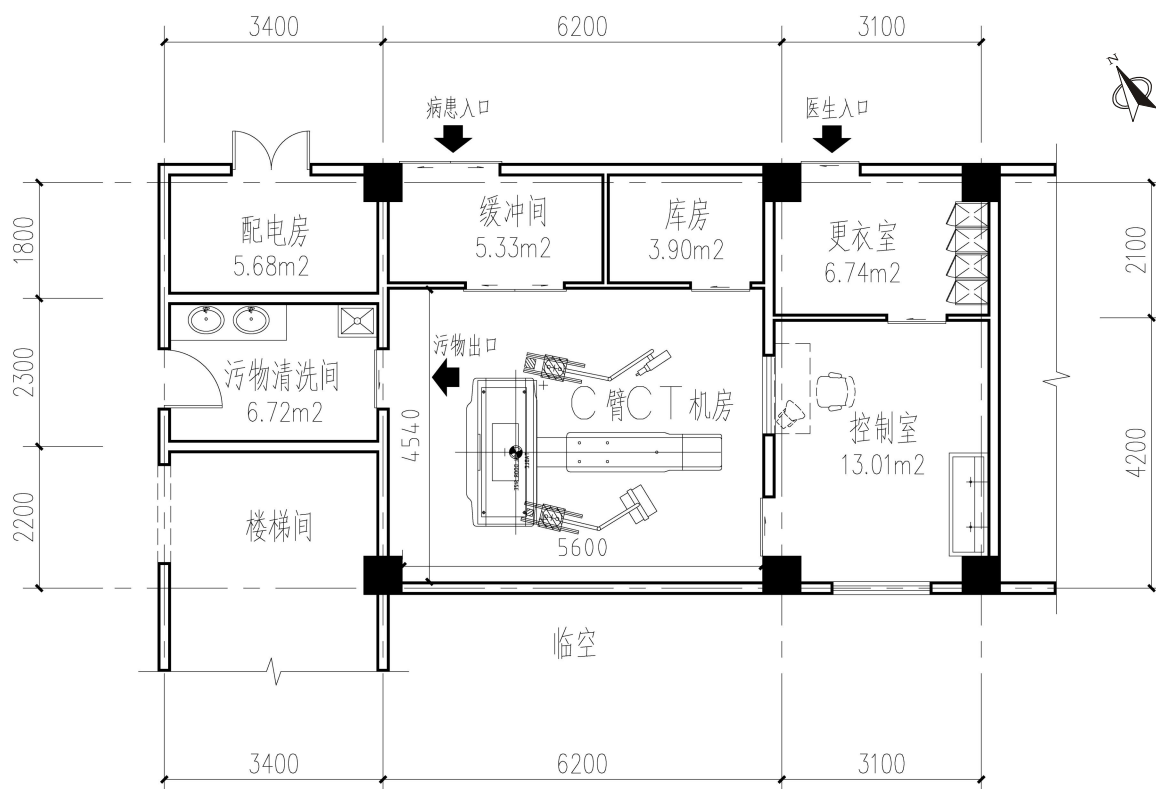


图 1-4 本项目 C 臂 CT 机房平面布局图 (单位 mm)

1.4 劳动定员及工作制度

(1) 劳动定员

根据医院提供的资料，本项目 C 臂 CT 的使用科室主要为胸外一科，本项目拟配置 24 名工作人员，其中，医生 14 人，护士 9 人，技师 1 人。本项目辐射工作人员均为医院胸外一科现有非辐射工作人员培训后转岗。本项目拟配置的辐射工作人员名单见表 1-6。

表1-6 本项目辐射工作人员名单

序号	工作岗位	姓名	备注
1	医生	陈琬玲	待培训
2		杨加鹏	待培训
3		张祥武	待培训

4		鲁艳	待培训	
5		杨欣	待培训	
6		马煜辉	待培训	
7		明超	待培训	
8		何锐	待培训	
9		赵炜杰	待培训	
10		肖寿勇	待培训	
11		沈俊廷	待培训	
12		张莉	待培训	
13		曹润	待培训	
14		孙苓玲	待培训	
15		护士	谭祥秀	待培训
16			徐雯娇	待培训
17			杨雁芬	待培训
18	罗会红		待培训	
19	李丽		待培训	
20	张晶晶		待培训	
21	李松		待培训	
22	李杰		待培训	
23	段禄南		待培训	
24	技师		浦薇	待培训

本项目手术工作时，一般为 2 名医生、1 名护士、1 名技师一组，负责手术操作。本项目技师负责在控制室内操作设备，不进入机房。医生进入机房为患者进行手术。护士主要负责手术前的准备工作、手术时的辅助工作和手术后的监护工作。医院定岗定责，本项目辐射工作人员仅从事本项目辐射相关工作，不与其他射线装置的操作使用，不存在辐射工作兼岗情况。

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），使用Ⅱ类射线装置的辐射工作人员应在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。

医院尽快组织本项目所有辐射工作人员在生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上进行报名和培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。

（2）工作制度

每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

**1.5 产业政策符合性分析**

本项目为核技术在医学领域的运用。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订），本项目属鼓励类第十三项“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。

## 1.6 项目规划符合性分析

本项目选址于云南省肿瘤医院的医技楼 2 层，本项目位于医院医技楼主体建筑内，用地性质属于医疗卫生用地。故本项目用地也符合昆明市土地利用总体规划要求。

## 1.7 选址及平面布置合理性分析

### (1) 选址合理性分析

云南省肿瘤医院位于云南省昆明市西山区昆州路 519 号，本项目 C 臂 CT 机房位于医院医技楼 2 层。医技楼东侧为新放疗楼和放疗楼，南侧为第一住院楼和第二住院楼，西侧为院内道路，北侧为后勤楼。医院地理位置见附图 1。

本项目 1 间 C 臂 CT 机房和配套用房拟建位置为医技楼 2 层（经度：102.674059；纬度：25.048671）。本项目 C 臂 CT 机房边界东侧距离新放疗楼约 28m，距离放疗楼约 65m，距离实力·五星彩园（居民区）约 145m；南侧距第一住院楼约 53m，距第二住院楼约 70m，距云南省肿瘤医院家属区（居民区）约 105m；西侧距离医院用地红线约 65m，距离云南粮食经贸公司宿舍（居民区）约 85m；北侧距离后勤楼约 25m，距医院用地红线约 48m，距后大门临时过渡停车场约 60m。项目周边环境关系见附图 2、医院总平面图见附图 3。

综上所述，本项目辐射工作场所边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑、道路和绿化，部分涉及院外道路，无居民区、学校、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。根据下文环境影响分析可知，经采取相应防护治理措施后，设备产生的电离辐射对周围环境与公众的影响是可接受的。

因此，本项目建成后对周边环境影响较小，选址合理可行。

### (2) 平面布置和人员通道合理性分析

本项目 C 臂 CT 机房位于医院医技楼 2 层。机房东侧为控制室和更衣室；南侧临空；西侧由北到南依次为配电房、污物清洗间和楼梯间；北侧为缓冲间和库房；上方为病理科；下方为等候区。C 臂 CT 机房与控制室等功能用房分开设置，机房周围不涉及新生儿、婴幼儿诊断场所。

工作人员由医生入口进入更衣室，换鞋、更衣后向南直行进入控制室，技师在控制

室内进行设备操作，医生和护士经控制室工作人员防护门进入 C 臂 CT 机房内部进行手术。患者由工作人员推床从北侧病患入口经缓冲间由 C 臂 CT 机房北侧防护门进入机房内部接受手术。手术产生的医疗废物从 C 臂 CT 机房西侧防护门经污物洗清洗间将污物运出机房，区域划分明确，布局合理。改造前的医技楼 2 层平面布置图见附图 4，改造后的机房及配套功能用房平面布置图见附图 5。

## 1.8 实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，虽然会增加机房周围的电离辐射水平，但是采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制。本项目投入使用不仅满足了患者的就医需求，还将给医院带来更多的经济效益和社会效益，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

## 1.9 医院原有核技术利用项目基本情况

### 1.9.1 原有核技术利用项目许可情况

医院现持有云南省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号：云环辐证[00067]（见附件 3）；发证日期：2022 年 11 月 02 日，有效期至：2027 年 11 月 01 日；许可的种类和范围：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

### 1.9.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

医院原有核技术利用项目许可情况见表 1-7、1-8 和表 1-9。

表 1-7 医院现有密封源清单

序号	核素名称	出厂活度 (贝可)	类别	状态	工作场所	许可情况	
						环评	验收
1	<sup>68</sup> Ge	4.6E+7	V类	使用	医院 PET/CT 中心	登记表已备案	
2	<sup>68</sup> Ge	4.6E+7	V类	使用	医院 PET/CT 中心	登记表已备案	
3	<sup>68</sup> Ge	9.25E+7	V类	使用	医院 PET/CT 中心	登记表已备案	
4	<sup>68</sup> Ge	3.5E+6	V类	使用	医院 PET/CT 中心	登记表已备案	
5	<sup>68</sup> Ge	7E+5	V类	使用	医院 PET/CT 中心	登记表已备案	
6	<sup>68</sup> Ge	5.5E+7	V类	使用	医院 PET/CT 中心	登记表已备案	
7	<sup>68</sup> Ge	7E+5	V类	使用	医院 PET/CT 中心	登记表已备案	
8	<sup>68</sup> Ge	7E+5	V类	使用	医院 PET/CT 中心	登记表已备案	
9	<sup>192</sup> Ir	3.7E+11	Ⅲ类	使用	医院放射治疗中心	云环辐评审 [2011]13 号	云环辐验 [2012]6 号

表 1-8 医院现有非密封放射性物质使用情况

序	核素名	日等效最大操	年最大使用	活动	场所	使用场	许可情况
---	-----	--------	-------	----	----	-----	------

号	称	作量 (贝可)	量 (贝可)	种类	等级	所	环评	验收
1	<sup>99m</sup> Tc	1.85E+9	4.81E+13	使用	乙级	医院核医学科	2012年云南省辐射环境监督站编制的《云南省肿瘤医院 SPECT 扩建项目环境影响报告表》，环评批复文号为云环辐评审[2012]32号，验收批复文号为：云环辐验[2016]19号；2018年四川省核工业辐射测试防护院编制的《云南省肿瘤医院核医学科改扩建项目环境影响报告表》，批复文号为云环辐评审[2018]6号，改扩建暂未施工，无验收批复。	
2	<sup>89</sup> Sr	1.48E+8	3.848E+11	使用	乙级	医院核医学科		
3	<sup>131</sup> I	1.11E+9	2.886E+12	使用	乙级	医院核医学科		
4	<sup>125</sup> I	7.4E+7	1.924E+12	使用	乙级	医院核医学科		
5	<sup>125</sup> I (粒子源)	3.7E+7	7.4E+11	使用	乙级	医院微创介入科	登记表已备案	
6	<sup>18</sup> F	4.81E+8	1.2E+13	使用	乙级	医院 PET/CT 中心	2007年云南省辐射环境监督站编制的《云南省肿瘤医院新建 PET 中心广场及辐射诊疗环境影响报告表》(以评代验补办辐射安全许可证，无批复文号)	
7	<sup>11</sup> C	3.7E+7	3.7E+11	使用	乙级	医院 PET/CT 中心		
8	<sup>11</sup> C	5.18E+6	2.575E+11	使用	乙级	新放疗楼	云环审[2020]2-19号	目前暂未验收
9	<sup>68</sup> Ga	1.48E+7	7.4E+10	使用	乙级	新放疗楼		
10	<sup>18</sup> F	1.665E+7	4.1625E+12	使用	乙级	新放疗楼		

表 1-9 医院现有射线装置使用情况

序号	设备名称	型号	类别	工作场所	许可情况	
					环评	验收
1	数字减影血管造影机	Artis Zeego	II类	医院微创介入科：二号楼一楼 DSA 一号机房	云环辐评审[2015]6号	云环辐验[2016]17号
2	直线加速器	Versa HD	II类	医院放射治疗中心：放疗中 4 号机房	云环辐评审[2015]26号	2017年已自主验收
3	螺旋断层与径照放射治疗系统	H-0000-0003	II类	医院放射治疗中心：放疗中心 1 号号机房	2017年编制完成辐射安全分析报告	
4	128层 X 射线计算机体层摄影装置	SOMATOM Definition AS	III类	医院放射科：医技楼一楼 CT 检查室	登记表备案	
5	X 射线诊断系统	Ysio	III类	医院放射科：医技楼一楼 11 号机房	登记表备案	

6	数字胃肠机	SONIALVISION safire Plus	Ⅲ类	医院放射科：医技 楼一楼	登记表备案	
7	高端螺旋 CT	SAMATOM Force	Ⅲ类	医院放射科：门诊 CT 室	登记表备案	
8	移动式数字化 医用 X 射线摄 影系统	DRXR-1	Ⅲ类	医院放射科：医技 楼一楼 DR 检查室	登记表备案	
9	移动式数字化 医用 X 射线摄 影系统	DRXR-1	Ⅲ类	医院放射科：医技 楼一楼 DR 检查室	登记表备案	
10	移动式数字化 医用 X 射线摄 影系统	DRXR-1	Ⅲ类	医院放射科：医技 楼一楼 DR 检查室	登记表备案	
11	C 型臂移动式 X 光机	Brivo OEC 715	Ⅲ类	医院放射科：3 号 住院楼手术室 4	登记表备案	
12	数字乳腺 X 射 线摄影系统	Selenia Dimensions	Ⅲ类	医院放射科：医技 楼一楼乳腺机房	登记表备案	
13	X 射线计算机 体层摄影设备	ingenuity	Ⅲ类	医院放射科：医技 楼一楼 CT 检查室	登记表备案	
14	正电子发射及 计算机断层扫 描系统	biograph 16	Ⅲ类	医院核医学科：核 医学科 3 号机房	登记表备案	
15	全数字化乳腺 X 线机	Senographe DS	Ⅲ类	医院放射科：医技 楼一楼乳腺机房	登记表备案	
16	移动式 C 型臂 X 线机	Flexiview8800C	Ⅲ类	医院放射科：3 号 住院楼手术室 4	登记表备案	
17	回旋加速器	HM-10	Ⅱ类	医院 PET/CT 中 心：PET/CT 中心 一楼回旋加速器 室	2007 年云南省辐射环境监 督站编制的《云南省肿瘤 医院新建 PET 中心广场及 辐射诊疗环境影响报告 表》（以评代验补办辐射 安全许可证，无批复文号）	
18	骨密度仪	Discovery Explorer	Ⅲ类	医院放射科：医技 楼 5 楼 508	登记表备案	
19	直接数字化拍 片系统	Digital Radiography system (DDR)	Ⅲ类	医院放射科：医技 楼一楼 DR 检查室	登记表备案	
20	医用 X 线摄影 系统	Digital Diagnost VR	Ⅲ类	医院放射科：医技 楼一楼	登记表备案	
21	模拟定位机	Simulix-Evolution	Ⅲ类	医院放射治疗中 心：放疗中心 6 号 机房	登记表备案	
22	计算机断层扫 描系统	Somatom Sensation Open	Ⅲ类	医院放射治疗中 心：放疗中心 5 号 机房	登记表备案	
23	医用直线加速 器	Clinac iX	Ⅱ类	医院放射治疗中 心：放疗中心 3 号 机房	云环辐评审 [2011]13 号	云环辐验 [2012]6 号
24	数字减影血管 造影机	Innova IGS 540	Ⅱ类	医院微创介入科： 2 号住院楼一楼介	云环辐评审 [2018]20 号	2019 年已 自主验收

				入 DSA2 号机房		
25	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	SOMATOM Scope	III类	医院微创介入科：2 号住院楼一楼介入 CT 机房	登记表备案	
26	SPECT/CT	Discovery NM/CT 670 Pro	III类	医院核医学科：核医学医生办公室扫描间	登记表备案	
27	直线加速器	Synergy-Platform	II 类	医院放射治疗中心：放疗中心 2 号机房	云环辐评审 [2018]37 号	2019 年已自主验收
28	移动式数字化医用 X 线摄影系统(移动 DR)	DRX-Revolution	III类	医院放射科：医技楼一楼 DR 检查室	登记表备案	
29	移动式数字化医用 X 线摄影系统(移动 DR)	DRX-Revolution	III类	医院放射科：医技楼一楼 DR 检查室	登记表备案	
30	全身多功能移动 CT	NL4000	III类	医院放射科：3 号住院楼二楼	登记表备案	
31	64 排 X 线计算机断层扫描仪	Aquilion PRIME TSX-303A 型	III类	医院放射科：医技楼一楼放射科	登记表备案	
32	术中放疗设备（放射外科手术系统）	INTRABEAM	II 类	医院放射治疗中心：3 号住院楼四楼手术室 14	昆生环复 [2021]1 号	2021 年已自主验收
33	生物学 X 射线辐照仪	RS2000pro-225TR	III类	医院放射治疗中心：放疗中心机房二楼生物室	登记表备案	
34	车载 CT 系统	ScintCare 778Honor	III类	医院放射科：体检中心门前	登记表备案	
35	X-射线立体定向放射外科治疗系统	CyberKnife M6 FM System	II 类	医院放射治疗中心：新放疗楼 1 楼射波刀机房	云环审 [2020]2-19 号	2022 年已自主验收
36	数字乳腺 X 射线摄影系统	Senograhe pristina	III类	医院放射科：医技楼一楼乳腺机房	登记表备案	
37	医用直线加速器	Elekta Synergy	II 类	医院放射治疗中心：新放疗中心 8 号机房	云环审 [2020]2-19 号	2022 年已自主验收
38	医用直线加速器	Elekta Synergy	II 类	医院放射治疗中心：新放疗中心 9 号机房		
39	高清正电子发射型计算机断层扫描仪（PET/CT）	Biograph mCT.S	III类	新放疗楼：新放疗楼	登记表备案	

### 1.9.3 医院原有核技术利用管理情况

#### (1) 辐射安全防护管理机构

根据相关法律、法规、规范的要求，医院已成立辐射管理机构（见附件5），并明确了成员职责。



## (2) 辐射工作制度

医院已制定了《辐射事故应急预案》、《辐射防护安全管理制度》、《辐射工作人员岗位职责管理》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康管理制度》、《辐射工作人员培训、再培训管理制度》、《辐射工作人员资质管理制度》、《设备维护、维修与检查制度》、《监测仪器校验与刻度管理制度》、《辐射监测方案》、《放射性同位素与射线装置管理制度》、《放射性药品的风险防控管理制度》、《放射性废物处理制度》、《场所设施退役（报废）管理制度》等综合规章管理制度。

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。

本项目建成后，可依托医院现有比较健全的管理组织机构和辐射规章制度。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。由于本项目为新设备新建项目，医院应针对本项目特点对现有辐射制度进行补充和完善后，则本项目辐射规则制度可以满足要求。

## (3) 辐射安全与防护培训情况

医院现有辐射工作人员共290人，均已参加辐射安全与防护培训，并考核合格。

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），医院应尽快组织本项目从事使用II类射线装置的辐射工作人员在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核合格，并按时接受再培训。

## (4) 个人剂量监测及职业健康体检情况

医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，每三个月由医院委托云南省疾病预防控制中心进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。根据医院提供的最近四个季度的辐射工作人员个人剂量监测报告，现有辐射工作人员年度的个人剂量监测结果均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年有效剂量5mSv/a的剂量约束值。

医院已为辐射工作人员进行了上岗前、在岗期间职业健康检查，体检结果表明现有辐射工作人员可继续从事原放射工作。辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息统一并长期保存。

#### (5) 辐射工作场所情况

医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警告标志、报警装置和工作状态指示灯等。根据不同项目的实际情况，医院划分有辐射防护控制区和监督区，并采取了分区管理，进行了积极、有效的管控。

医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度环境监测，根据建设单位提供的 2021 年度辐射工作场所监测报告，各射线装置均正常使用，且各射线机房和非密封放射性物质工作场所屏蔽良好。医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展核技术利用项目的辐射安全防护要求。

#### (6) 辐射应急演练和年度评估

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

医院严格执行辐射安全年度评估制度，每年均编制有《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，对现有射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、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，并于每年1月31日前提交至发证机关。

### 1.9.4 拟建辐射工作场所辐射环境现状

本项目已委托云南茂业环保科技有限公司开展环境本底监测。根据本底监测报告（报告编号：茂辐环监[2022]第0230号）（见附件4），本项目拟建C臂CT机房及周围 $\gamma$ 辐射剂量率在 $6.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 13.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间，与环境值 $11.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 相当，为区域正常辐射水平。

**表 2 放射源**

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

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

**表 3 非密封放射性物质**

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

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

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大 能量 (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	移动式C臂CT系统	II类	1	Cios Spin	125	250	影像诊断和 介入治疗	医院医技楼2层C臂CT机房	新增
	以下空白								

(三) 其他

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场 所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

**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	/	/	微量	微量	/	不暂存	由通风系统抽排至所在建筑立面排放，自然分解。

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）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 日起施行）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 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) 《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 日起施行）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，自 2019 年 8 月 22 日起施行；</p> <p>(7) 《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），自 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《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），自 2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号）；</p> <p>(11) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日；</p> <p>(12) 《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》（环境保护部环发[2008]13 号）；</p> <p>(13) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 10 月 24 日；</p>
------	---

	<p>(14) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部令 第 9 号，2019 年 11 月 1 日施行；</p> <p>(15) 《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》(中华人民共和国生态环境部，2019 年第 57 号)；</p> <p>(16) 《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》(2022 年修订)；</p> <p>(17) 《关于印发&lt;云南省突发事件应急预案管理办法&gt;的通知》云南省人民政府办公厅，云政办发〔2016〕103 号；</p> <p>(18) 《云南省环保局关于〈在辐射安全许可证工作中确定电离辐射安全管理限值请示〉的复函》(云环函[2006]727 号)；</p> <p>(19) 《云南省生态环境厅关于委托开展辐射安全许可的通知》，云环发〔2019〕6 号，2019 年 04 月 25 日；</p> <p>(20) 《云南省生态环境厅关于发布厅审批环境影响评价文件的建设项目目录(2020 年本)的通知》，云环发〔2020〕6 号，2020 年 05 月 11 日。</p>
<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1) 《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> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(7) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 委托书；</p> <p>(2) 《放射防护实用手册》(济南出版社，主编赵兰才、张丹枫)；</p> <p>(3) 《辐射防护手册》(第一分册，李德平、潘自强主编)；</p> <p>(4) 《辐射防护手册》(第三分册)，李德平、潘自强主编；</p> <p>(5) 医院提供的其他相关资料。</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）规定及本项目的实际情况，确定本次影响评价范围为C臂CT机房屏蔽体边界外50m区域，评价范围见附图2。

本评价关注的评价因子主要为X射线，同时兼顾营运期的废水、废气、噪声、固废分析。

### 7.2 保护目标

根据现场踏勘，本项目 C 臂 CT 机房屏蔽体外 50m 范围内主要为医院内部建筑物、道路、绿化及院外道路，无居民区、学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境保护目标。评价范围示意图详见附图 2。

本项目保护目标包括本项目辐射工作人员、医院内部非辐射工作人员及医院内就诊的其他公众人员等，具体见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标信息表

区域	环境保护目标	人数(人)	方位	与机房外壁最近距离 (m)	人员类别	剂量约束值
院内	控制室内工作人员	1	东侧	紧邻	职业	5mSv/a
	C 臂 CT 机房内工作人员	23	/	/	职业	
	楼梯间公众	流动	西侧	紧邻	公众	0.1mSv/a
	楼上病理科公众	流动	楼上	0	公众	
	楼下等候区公众	流动	楼下	0	公众	
	新放疗楼公众	300 人/d	东侧	28~50	公众	
	后勤楼公众	300 人/d	北侧	25~40	公众	
	院内道路公众	1000 人/d	/	18~50	公众	
院外	兴杰巷公众	流动	北侧	48~50	公众	
50m 范围内其他公众		流动	四周	0~50	公众	

注：C 臂 CT 配套功能用房只为开展介入手术服务，手术期间其他无关人员不能进入，医护人员术前、术后在上述区域活动，手术期间各司其职。因此，本项目污洗清洗间、配电房、库房和更衣室内人员不作为环境保护目标。

### 7.3 评价标准

#### (1) 国家标准限值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定：



第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录B（标准的附录B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

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

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）20 mSv。

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。

第B1.2款公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

(2) 行政管理限值

根据《云南省环保局关于<在辐射安全许可工作中确定电离项目辐射安全管理限值请示>的复函》（云环函[2006]727号）中的规定，单一项目取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的四分之一。即：

职业照射个人受照剂量管理限值取 5mSv/a；

公众照射个人受照剂量管理限值取 0.25mSv/a；

四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量管理限值取 125mSv。

(3) 剂量约束值

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中的规定：

4 一般要求

4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射剂量约束值应符合以下要求：

a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。

b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

(4) 本项目辐射剂量管理限值

综合考虑GB 18871-2002、云环函[2006]727号、HJ1198-2021及其他标准，本项目管理目标为：职业人员年有效剂量约束值不超过 5mSv，公众年有效剂量约束值不超过 0.1mSv。

(5) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

## 6 X射线设备机房防护设施的技术要求

### 6.1 X射线设备机房布局

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。

### 6.2 X射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型X射线设备(不含床旁摄影设备和便携式X射线设备)机房的屏蔽防护应不低于表3的规定。

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表3的要求。

### 6.3 X射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护,应满足下列要求:

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

### 6.5 X射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台X射线设备根据工作内容,现场应配备不少于表4基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施,其数量应满足开展工作需要,对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

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。

表2 X射线设备机房(照射室)使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 <sup>d</sup> m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 <sup>e</sup> m
单管头X射线机 <sup>b</sup>	20	3.5

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。

表3 不同类型X射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C形臂X射线设备机房	2.0	2.0

表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/ 铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——
注 1：“——”表示不要求。				
注 2：各类个人防护用品和肤质防护设施，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。				
<sup>a</sup> 工作人员、受检者的个人防护用品和辅助防护设施任选其一即可。				

(6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

4.3.1 常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月。

5.2.3 对于强贯穿辐射和弱贯穿辐射的混合辐射场，弱贯穿辐射的剂量贡献 $\leq 10\%$ 时，一般可只监测Hp(10)；弱贯穿辐射的剂量贡献 $> 10\%$ 时，宜使用能识别两者的鉴别式个人剂量计，或用躯体剂量计和局部剂量计分别测量Hp(10)和Hp(0.07)。

5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

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)。

7.4 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：生活固体废物执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）相关标准。医疗固体废物执行《医疗卫生机构医疗废物管理办法》、《医疗废物管理条例》和《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单中的相关规定。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置和场所位置

昆明，别称春城，云南省辖地级市、省会、特大城市、滇中城市群中心城市，国务院批复确定的中国西部地区重要的中心城市之一，中国重要的旅游、商贸城市。截至 2020 年，全市下辖 7 个区、3 个县、代管 1 个县级市和 3 个自治县，总面积 21012.54 平方千米。2021 年，昆明市常住人口 850.20 万人。

云南省肿瘤医院位于云南省昆明市西山区昆州路 519 号，本项目辐射工作场所位于医院医技楼 2 层。项目投入运营后对空气、地表水质量、声环境质量影响较小，本次评价只进行了简单现状调查。

#### 8.1.1 空气环境质量现状

根据昆明市生态环境局发布的《2021 年度环境状况公报》：2021 年，昆明市主城区环境空气优良率达 98.63%。其中优 209 天、良 151 天、轻度污染 5 天。与 2020 年相比，优级天数增加 6 天，环境空气污染综合指数持平。

#### 8.1.2 地表水环境质量现状

根据昆明市生态环境局发布的《2021 年度环境状况公报》：2021 年，昆明市全市纳入国考地表水监测的 35 个水质断面全部达标。其中 II 类水质断面 8 个，占 22.85%；III 类水质断面 12 个，占 34.29%；IV 类水质断面 3 个，占 8.57%；V 类水质断面 12 个，占 34.29%。

距离本项目最近的河流为老运粮河，为滇池入湖河道，根据昆明市生态环境局发布的《2021 年度环境状况公报》，35 条滇池主要入湖河道中，2 条河道断流，19 条河道水质类别为 II~III 类，14 条河道水质类别为 IV~V 类，无劣 V 类河道。

#### 8.1.3 声环境质量现状

根据昆明市生态环境局发布的《2021 年度环境状况公报》，2021 年，昆明市主城区 1 类区、2 类区、3 类区夜间及各类功能区昼间声环境质量均达标，4 类区夜间声环境质量不达标。2021 年，昆明市主城区区域环境噪声(昼间)平均等效声级为 52.5 分贝，根据区域环境噪声质量划分等级进行评价，总体水平为级(较好)。近 5 年昆明市主城区区域环境噪声总体保持平稳。

### 8.2 辐射水平现状监测

#### (1) 监测方案

在现场调查期间，评价人员首先根据建设单位工作人员介绍，对照设计图纸，确立了本项目监测方案。

因本项目设备尚未安装，设备未运行，故本次监测为环境本底监测。

监测环境：天气：晴，温度：14℃，湿度：52%，高度：距地面 1m。

监测时间：2022 年 12 月 15 日。

监测对象：C 臂 CT 机房及周边位置。

监测因子： $\gamma$ 辐射剂量率。

监测点位：见图 8-1、图 8-2。

监测方法：根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的规定监测。

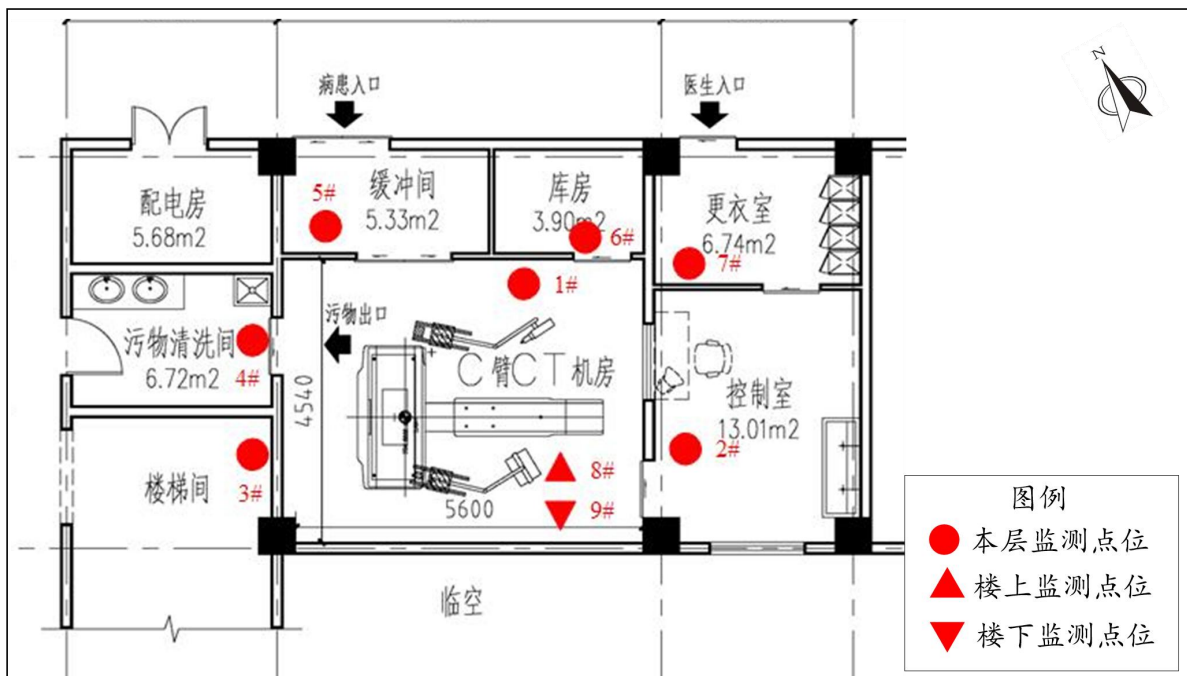


图 8-1 拟建 C 臂 CT 机房周围本底监测点位示意图



图 8-2 拟建 C 臂 CT 机房周围 50m 评价范围内本底监测点位示意图

监测点位合理性分析：本次监测在 C 臂 CT 机房内布置了监测点位，周边相邻的工作场所如控制室、污物清洗间、缓冲间、库房、更衣室等均布置了相应的监测点位，50m 评价范围内主要环境保护目标也布置了相应监测点位，上述点位能够反映本项目辐射环境现状水平，因此，监测点位布置合理。

表 8-1 监测设备信息表

仪器名称及编号	仪器量程	检定/校准证书编号	检定/校准日期	检定/校准单位
BH3103B 型便携式 X-γ 剂量率仪 (2015004#)	1-10000×10 <sup>-8</sup> Gy/h	检定字 第 2022-23 号	2022.08.17	四川省核工业辐射测试防护设备计量检定站

## (2) 监测质量保证措施

①本次监测委托云南茂业环保科技有限公司开展，该公司已通过云南省质量技术监督局 CMA 认证（证书编号：182512050221），并且具有完整、有效的质量控制体系。

②根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）制定监测方案及实施细则。

③严格按照监测单位《质保手册》、《作业指导书》开展现场工作。

④监测仪器经过具有剂量认证资质单位计量部门检定后使用，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并对仪器进行校验。

⑤监测人员经考核并持有合格证书上岗。

⑥根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）规定，监测高度为 1.0m，合理布设检测点位，每个测点连续测量 5 次，每次测量时间不小于 15 秒，并读取稳定状态的最大值。

⑦监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度；异常数据及监测结果的数据处理按照统计学原则处理。

⑧有完整的文件资料，仪器校准（测试）证书、检测方案、点位布局图、原始数据、统计处理程度等全部保留，以备复查。

⑨监测报告实行三级审核制度。

### （3）辐射现状监测与评价

为了解项目拟建位置周围的 $\gamma$ 辐射环境现状水平，我单位委托云南茂业环保科技有限公司于 2022 年 12 月 15 日对拟建地的辐射环境本底进行了监测，监测结果见表 8-2。

表 8-2 辐射环境现状监测布点及结果一览表（ $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ）

监测场所	序号	监测点位描述	监测数据	备注
C 臂 CT 机房及周边位置	1	1#拟建 C 臂 CT 机房内	10.2±0.43	/
	2	2#拟建控制室内	10.7±0.40	/
	3	3#楼梯间	13.2±0.44	/
	4	4#拟建污物清洗间	12.6±0.45	/
	5	5#拟建缓冲间	10.5±0.34	/
	6	6#拟建库房	10.3±0.42	/
	7	7#拟建更衣室	10.2±0.36	/
	8	8#病理科	10.4±0.37	/
	9	9#等候区	10.7±0.29	/
	10	10#新放疗楼	11.4±0.42	/
	11	11#第一住院楼	10.7±0.34	/
	12	12#第二住院楼	11.2±0.47	本底对照点
	13	13#后勤楼	13.2±0.39	/
	14	14#兴杰巷（院外道路）	6.2±0.37	/

注：装置尚未安装，现场做拟建机房场地辐射环境本底检测。监测值均未扣除宇宙射线等天然辐射值。



#### (4) 评价结果

据表 8-2 监测数据，云南省肿瘤医院 C 臂 CT 拟建场所周围 $\gamma$ 辐射剂量率测值在  $6.2\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 13.2\times 10^{-8}\text{Gy/h}$  之间，与本次监测的医院背景值（12 号监测点）的 $\gamma$ 辐射剂量率  $11.2\times 10^{-8}\text{Gy/h}$  水平相当。

综上，本项目拟建场所及周围环境的 $\gamma$ 辐射剂量率处于医院所在区域正常辐射水平范围内。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备和工艺分析

#### (1) 设备参数及使用情况

本项目拟配备 1 套 C 臂 CT 系统，型号待定，最大管电压为 125kV、最大管电流为 250mA，为单管头设备，出束方向朝上和四周。使用科室主要为胸外一科，本项目 C 臂 CT 机房一年最多 500 台手术，设备年最大减影出束时间 16.67h，年最大透视出束时间 250h。

#### (2) 设备组成

移动式 C 臂 CT 系统（C 臂 CT）主要组成部分：X 射线发生装置、图像检测系统、图像显示/处理系统、检查床等部件组成。其中，X 射线发生装置包括 X 射线球管及其附件、高压发生器、X 射线控制器等。C 臂 CT 靶头位于 C 型臂上，C 型的臂架可沿轨道旋转 200°，C 形的臂架整体可沿轴向旋转 220°，手术时主射方向为朝上和四周。



图 9-1 移动式 C 臂 CT 系统整体外观示意图

#### (3) 工作原理

移动式 C 臂 CT 系统（C 臂 CT）是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，

它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，得到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也能显示出来。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，在进行介入手术时更为安全。

本项目 C 臂 CT 在临床用于介入，外科及复合手术的 X 射线透视，摄影和数字减影血管造影，具有三维及体层成像功能。

#### (4) 操作流程

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 C 臂 CT 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）。开启设备，技师在控制室内首次减影初步确认病灶部位后，手术医生和护士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，技师在控制室内再次减影，当确诊病灶部位后，手术医生和护士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。

C 臂 CT 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，减影模式。操作人员采取隔室操作的方式，通过控制 C 臂 CT 的 X 线系统进行曝光，采集减影部位图像。具体方式是将患者麻醉后摆位于检查床上，操作人员调整 X 线球管、患者、影像接收器三者之间的距离，然后进入控制室，关闭防护门。操作人员通过控制室的电子计算机控制 C 臂 CT 的 X 线系统曝光，进而采集减影部位图像。

第二种情况，透视模式。操作人员采取近台同室操作方式。通过控制 C 臂 CT 的 X 线系统曝光，对患者的手术部位进行连续脉冲透视。具体方式是将患者麻醉后摆位于检查床上，操作人员位于手术床旁，并配备个人防护用品（如铅衣、铅围脖、铅眼镜等）。介入手术中，操作人员根据需要，踩动手术床下的脚踏开关启动 C 臂 CT 的 X 线系统进行透视（C 臂 CT 的 X 线系统连续发出 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。

本项目 C 臂 CT 的年总出束时间为 266.67h，其中，减影操作年出束时间为 16.67h，透视操作年出束时间为 250h。

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 施工期污染源项描述

本项目不新增建筑物，施工内容主要为 C 臂 CT 机房及其配套功能用房的墙体改造、防护改造和装修以及 C 臂 CT 的安装调试等，整个工期约为 3 个月。本项目 C 臂 CT 机房辐射屏蔽防护方案见表 10-2，施工期工艺流程及产污环节见图 9-2。

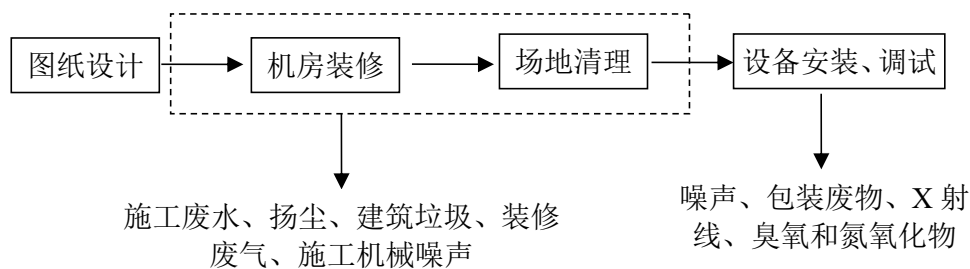


图 9-2 施工期工艺流程及产污环节图

#### (1) 废气

本项目在施工装修阶段会有涂料废气产生，根据市场调查，涂料废气中有害气体主要为甲醛、二甲苯和甲苯。该废气的排放属无组织排放，因项目工期短，施工量小，故涂料废气排放量较少。

#### (2) 生活污水

本项目 C 臂 CT 机房和相应配套场所施工量较少，施工期短，施工人员仅寥寥几人，所产生的生活污水量很少。生活污水进入医院污水处理站预处理达标后纳入市政污水管网。

#### (3) 固体废物

##### ① 建筑垃圾

建筑固废产生量与施工水平、建筑类型等多种因素有关。本项目建筑垃圾在装修期间产生，产生量很少，由施工方统一清运至住建部门指定堆放点。

##### ② 生活垃圾

本项目施工量少，施工期短，施工人员数量少，故生活垃圾产生量也很少。生活垃圾由医院集中收集后交环卫部门统一清运。

#### (4) 施工噪声

机房装修时的噪声源主要有电锯、电钻、角磨机及电焊等，产生的噪声在 70dB (A) ~95dB (A) 之间，本次装修施工多在室内进行，墙体可起到衰减噪声的作用。主要施工

机械的噪声源强见表 9-1。

表 9-1 主要施工机械设备的噪声声级

序号	施工机械	测量声级[dB(A)]
1	电锯	70~88
2	电钻	80~85
3	角磨机	90~95
4	电焊机	80~85

#### (5) 建筑扬尘

在进行装修时会产生少量的建筑扬尘，通过在现场洒水、设置围挡等措施后可得到有效控制。

#### (6) 设备安装调试

本项目 C 臂 CT 安装及调试由设备供货方专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。安装调试阶段是在辐射防护施工完成后进行，在此过程中各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。设备安装过程中会产生废包装纸袋、X 射线、少量臭氧和氮氧化物。因安装调试时间短，各污染物产生量很少，且调试结束关机后，X 射线将即时消除，因此，本项目设备安装调试造成的环境影响很小。

### 9.2.2 运营期污染源项描述

#### (1) 正常工况下的污染源项描述

①本项目 C 臂 CT 治疗流程及产污环节示意图 9-3。

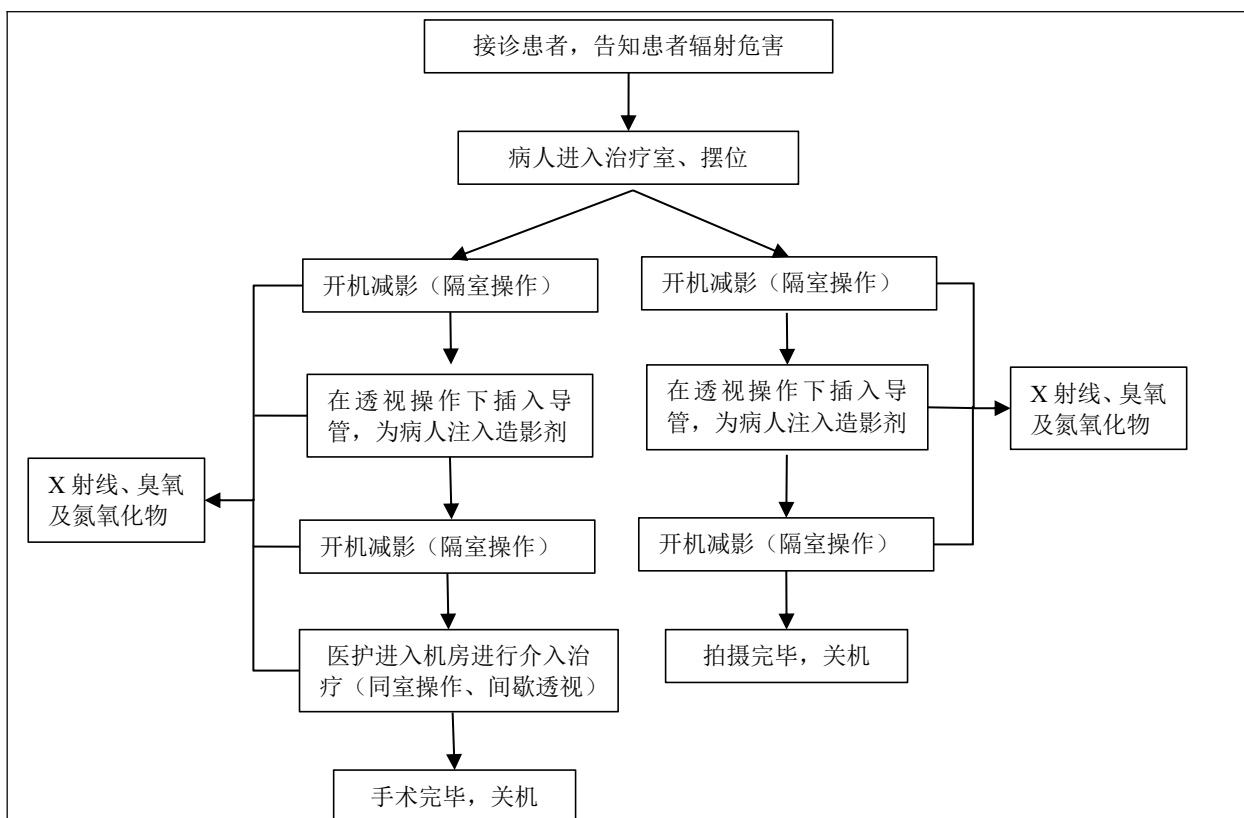


图 9-3 C 臂 CT 操作流程及产污环节示意图

本项目 C 臂 CT 主射方向朝上和四周，减影时靶头存在旋转的情况，C 型的臂架可沿轨道旋转 200°，C 形的臂架整体可沿轴向旋转 220°。根据上文分析，项目主要污染因子为 C 臂 CT 工作时产生的 X 射线、臭氧和氮氧化物。

②本项目 C 臂 CT 采用数字成像，无废显、定影液产生。医护人员在工作中产生少量生活污水；手术结束后手术器械的清洗会产生少量的医疗废水。

③本项目 C 臂 CT 采用数字成像，成像结果刻入光盘内由病人带走，无废胶片产生；介入手术时会产生医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物；医护人员在工作中产生少量生活垃圾。

④机房通排风系统的风机工作时将产生一定的噪声。

#### (2) 事故状态下的污染源项分析

本项目使用 C 臂 CT 射线装置主要可能发生的辐射事故有以下几种：

①人员误入正在运行的 C 臂 CT 机房；

②医护人员还未全部撤离机房就进行曝光，人员受到不必要的照射。此时，人员所受到的照射剂量与其所在位置有关，距离射线装置越近，受照剂量越大。

③在防护门未关闭的情况下就进行曝光操作，可能给工作人员和周围活动的人员造

成不必要的照射。

④医护人员开展介入治疗时，未穿防护服进行手术操作受到超剂量照射。

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 项目安全设施

#### 10.1.1 辐射防护分区管理

本项目 C 臂 CT 机房位于医院医技楼 2 层, C 臂 CT 机房的四面及上下房间功能见表 10-1。具体布局见图 10-1。

表 10-1 C 臂 CT 机房六面房间功能一览表

机房名称	方位	房间功能	备注
C 臂 CT 机房	东	更衣室	医生术前准备
		控制室	技师隔室操作
	南	临空	/
	西	楼梯间	/
		污物清洗间	清洁、处置污物
		配电房	/
	北	缓冲间	病人术前准备
		库房	手术器械存放
	楼上	病理科	/
	楼下	候诊大厅	/

本项目 C 臂 CT 机房和配套功能用房集中布置, 机房位置相对独立且人流较少, 降低了公众受到照射的可能性, 周围无明显环境制约因素, 各组成部分功能区明确, 既有机联系, 又互不干扰, 且避开了人流量较大的活动区域, 平面布局合理可行。

#### (1) “两区”划分原则与依据

为了便于加强管理, 切实做好辐射安全工作, 医院应按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求, 在辐射工作场所内划出控制区和监督区, 在项目运营期间采取分区管理措施。

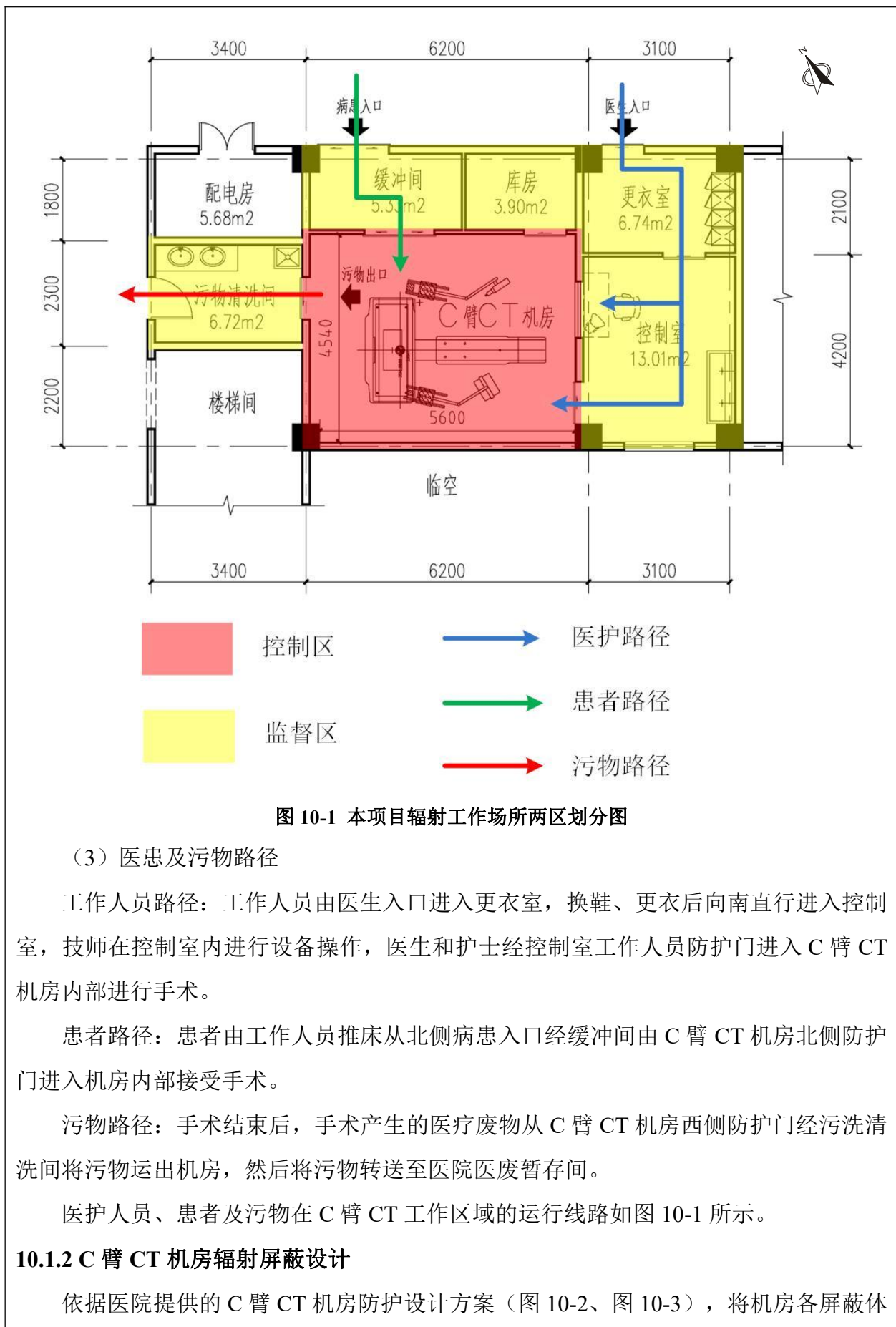
控制区: 把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区, 以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散, 并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区: 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, 但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

#### (2) 本项目“两区”划分

为加强 C 臂 CT 工作场所管理, 防止无关人员受到不必要的照射, 医院拟对本项目进行分区管理。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 对控制区和监督区的定义, 结合项目辐射防护情况, 将 C 臂 CT 机房内部划为控制区, 将机房周围的控制室、污洗清洗间、缓冲间、库房和更衣室划为监督区, 分区情况示意图 10-1。





的主要技术参数列表分析，并根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对 C 臂 CT 机房防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度要求，对本评价项目屏蔽措施进行对照分析，结果见表 10-2、表 10-3。

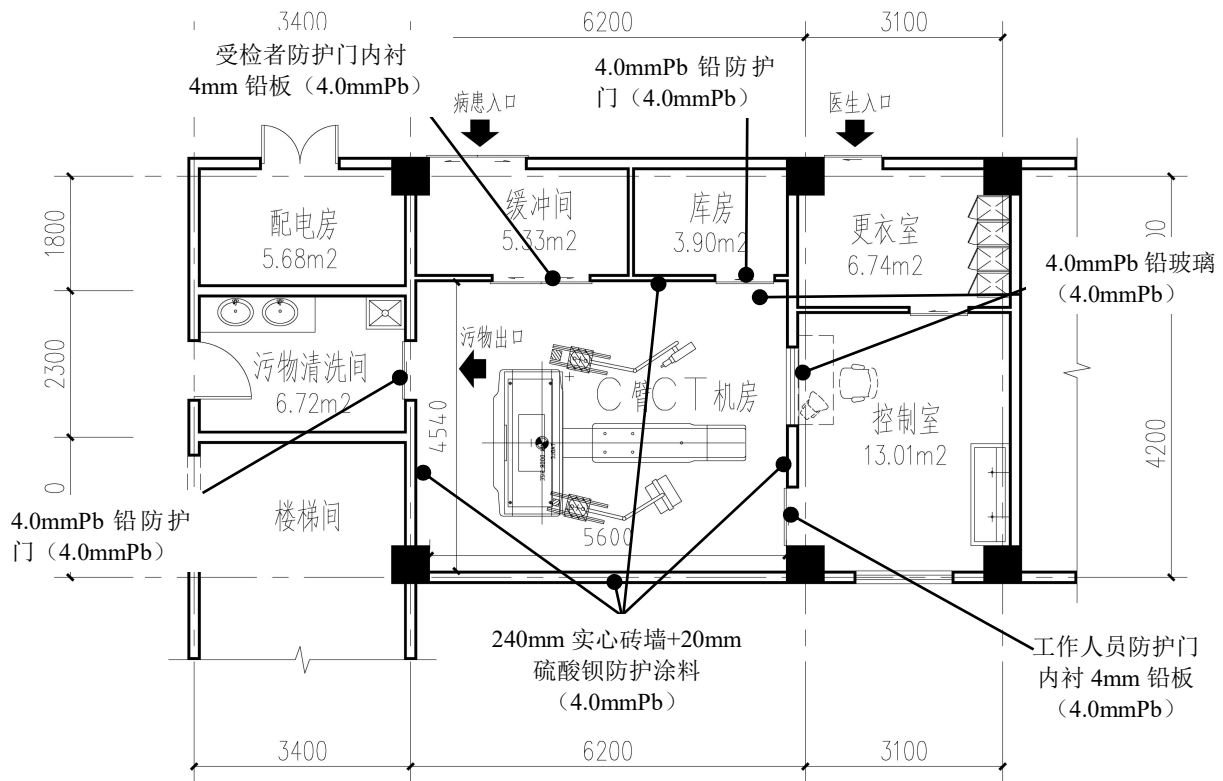


图 10-2 C 臂 CT 机房屏蔽防护平面图

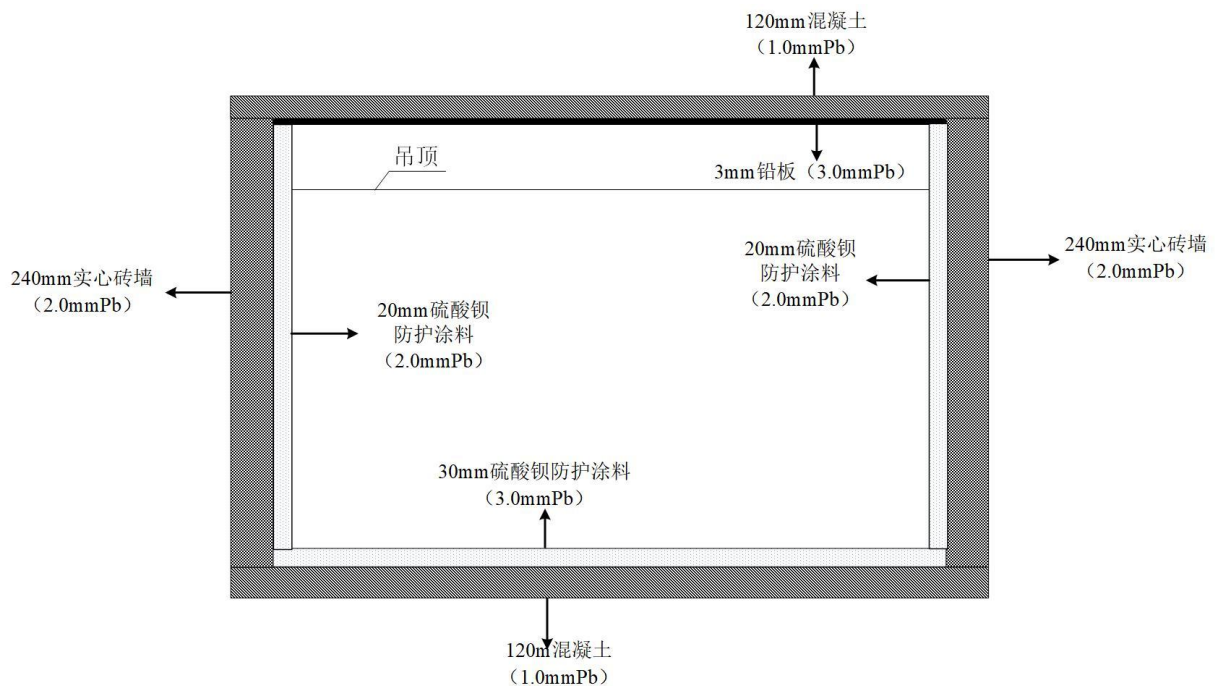


图 10-3 C 臂 CT 机房屏蔽防护剖面图

表 10-2 本项目辐射工作场所拟采取屏蔽防护措施分析

机房名称	屏蔽体	屏蔽防护设计厚度	总铅当量	标准要求	是否符合要求
C 臂 CT 机房	四侧墙体	240mm 实心砖墙 +20mm 硫酸钡防护涂料	4.0mmPb	3.0mmPb	符合
	顶棚	120mm 混凝土+3mm 铅板	4.0mmPb	3.0mmPb	符合
	地坪	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料	4.0mmPb	2.0mmPb	符合
	防护门 (4 套)	内衬 4mm 铅板	4.0mmPb	2.0mmPb	符合
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	2.0mmPb	符合

注：①本项目 C 臂 CT 主射方向朝上和四周，减影时靶头存在旋转的情况，角度大于 200°。故保守考虑，机房四侧和顶棚墙体考虑为主束方向照射，地坪为散射方向照射；  
 ②《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.4，管电压 125kV（有用线束）下，87mm 混凝土折算为 1mmPb；管电压 125kV（90°非有用线束）下，80mm 混凝土折算为 1mmPb。出于保守考虑，本报告按 120mm 混凝土折算为 1mmPb；  
 ③根据《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）表 6.14，240mm 实心砖墙折算为 2mmPb 当量。  
 ④硫酸钡防护涂料密度不小 2.79 g/cm<sup>3</sup>，10mm 硫酸钡防护涂料折算为 1mmPb 当量。

表 10-3 本项目机房规格与标准对照表

机房名称	机房尺寸	有效使用面积/ 最小单边长度	标准要求		是否符合要求
			最小有效使用面积	最小单边长	
C 臂 CT 机房	5.6m×4.54m	25.42m <sup>2</sup> /4.54m	20m <sup>2</sup>	3.5m	符合

通过表 10-2、表 10-3 可知，本项目的 C 臂 CT 机房面积、最小单边长度均大于标准要求，其墙体、顶棚、地坪、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上、楼下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 C 臂 CT 机房的屏蔽设计的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关防护设施的技术要求。

### 10.1.3 其他防护措施

X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离辐射源以及进行必要的屏蔽。本项目 C 臂 CT 机房对 X 射线外照射采取了以下辐射安全与防护措施：

#### （1）设备固有措施

本项目 C 臂 CT 从正规厂家购买，设备本身采取了多种固有安全防护措施：

①设备具有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；

②采取栅控技术：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和余辉，起到消除软 X 射线，提高有用射线品质并减少脉冲宽度；

③采取光谱过滤技术：在 X 射线管头放置合适的铝过滤板，以消除软 X 射线及减少二次散射，优化有用 X 射线谱；

④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，可减少透视剂量；

⑤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在监视器上显示，即称之为图像冻结，此技术可缩短总透视时间，达到减少不必要的照射；

⑥本项目 C 臂 CT 透视开关为常断式，并配有透视限时装置；机房内具有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。

## (2) 场所设计安全措施

①工作人员防护门、受检者防护门和其他防护门设计有工作状态指示灯，灯箱设有“射线有害，灯亮勿入”的可视警示语句，设置门灯联锁装置，工作状态指示灯与各自的防护门能有效联动，防止无关人员误入机房，导致误照射；

②工作人员防护门、受检者防护门和其他防护门表面以及过道外墙上设计有电离辐射警告标志、中文警示说明，提醒人员注意射线，防止误照射；

③C 臂 CT 设备上、控制室控制台处各设计有 1 个急停按钮，当设备误照射或故障时能够及时的中断照射；

④C 臂 CT 机房内将安装 1 套监控和 1 套对讲系统，可实时监控 C 臂 CT 机房内的情况；

⑤本项目辐射工作人员须配备双剂量计，对于介入手术医生建议增设 1 枚腕部剂量计。C 臂 CT 项目介入工作人员应在铅围裙外锁骨对应的领口位置和铅围裙内躯干上戴剂量计，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反，每个季度及时对剂量计送检，建立个人剂量健康档案；

⑥在满足诊疗要求的前提下，在每次使用 C 臂 CT 进行诊疗之前，根据诊疗要求和病人实际情况制定最优化的诊疗方案，选择合理可行的射线照射参数，减少工作人员和相关公众的受照射时间；

⑦控制室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等；

⑧配备个人防护用品和辅助防护设施，配置如下表：

表 10-4 个人防护用品和辅助防护设施配置

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施

介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套各3套	铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏各1件	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子各1套	—
注：“—”表示不需要；除介入防护手套外，其他防护用品铅当量为0.5mmPb。介入防护手套铅当量不小于0.025mmPb				

本项目拟采取的辐射安全措施示意图 10-4

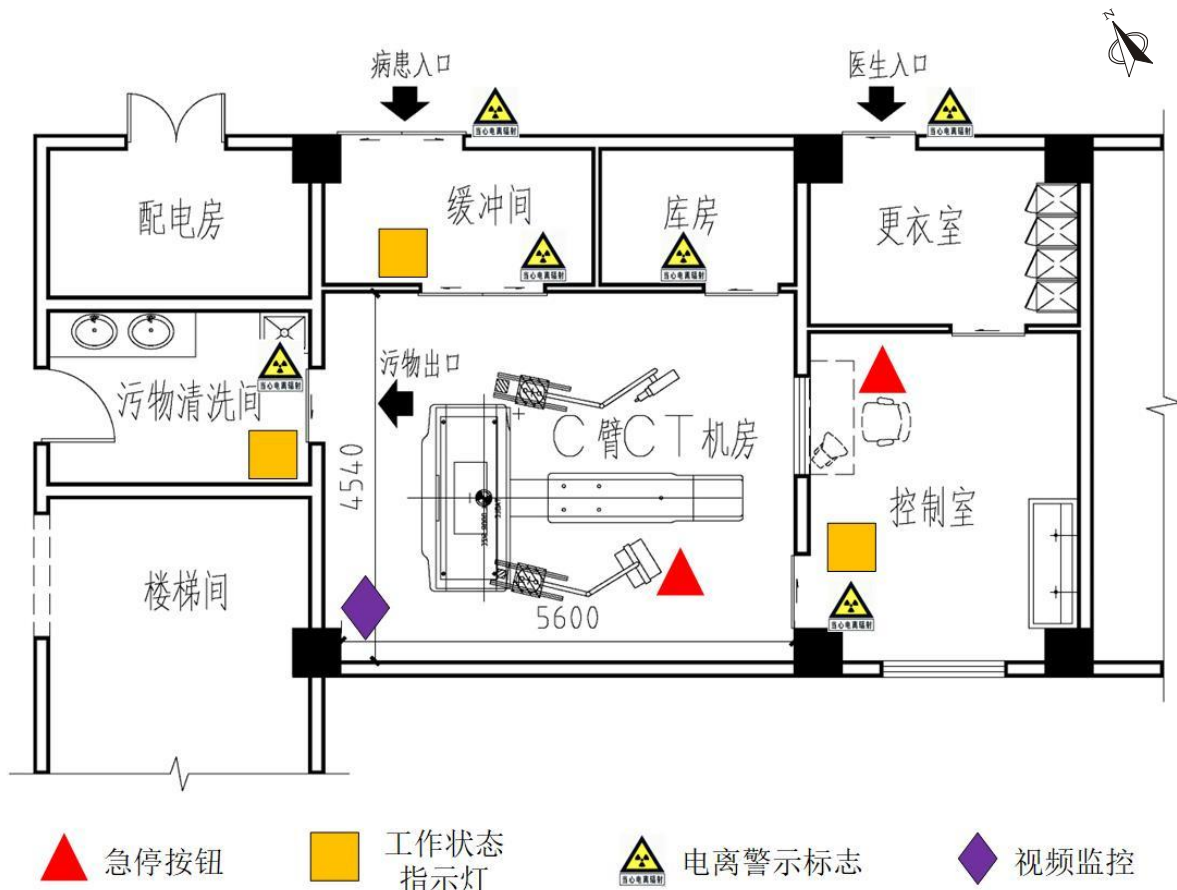


图 10-4 C 臂 CT 拟采取的辐射安全措施分布示意图

### (3) 电缆布设

控制电缆由 C 臂 CT 机房内通过电缆沟连接至控制室。电缆沟深 60mm、宽 100mm，电缆沟盖采用 3mm 不锈钢盖板。电缆沟采用 90° 穿墙方式穿过 C 臂 CT 机房与控制室之间的防护墙。穿墙弯折部分电缆外用 2mm 铅皮包裹电缆，防护墙下方电缆沟的坑道用 4mmPb 硫酸钡填充作为屏蔽补偿，以防止射线漏出。

## 10.2 三废的治理

### (1) 废气治理措施

本项目 C 臂 CT 机房拟设“上进上排”的动力通排风系统，机房内产生的臭氧和氮氧化物由风机经排风管道抽排至医技楼楼顶排出室外。风管穿墙处、通、排风管道与吊

顶接口处均采用 4mm 铅皮包裹作为屏蔽补偿，可满足屏蔽防护要求。

机房内产生的臭氧可通过排风管道排至室外，常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，对环境影响很小。

本项目通排风管道布局合理，管道穿墙处屏蔽补偿方案可行。

### (2) 废水治理措施

本项目 C 臂 CT 采用数字成像，无废显、定影液产生，无需相关治理措施。医护人员产生的生活污水及手术器械清洗产生的医疗废水进入医院污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入昆明市污水处理厂进行深度处理。

### (3) 固体废弃物治理措施

①本项目 C 臂 CT 采用数字成像，无废胶片产生。

②介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料，采用专门的收集容器集中收集后，转移至医疗废物暂存间，按照医疗废物转移联单制度，委托具有医疗废物处置资质的单位处理。

③工作人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，由医院集中收集后交由环卫部门统一清运。

### (4) 噪声治理措施

本项目运营期噪声主要来源于通风系统的风机，机房所使用的风机均为低噪声设备，其噪声值一般低于 60dB(A)，噪声较小，均处于风机房内，风机采用减震设计并通过建筑墙体隔声及距离衰减降低噪声影响后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

综上所述，C 臂 CT 机房采取的污染防治措施均符合国家相关标准的要求。

### (5) 环保措施及其投资估算

本项目总投资预计为 660 万元，其中辐射环保投资 57 万元，占总投资的 8.6%。本项目环保投资一览表详见表 10-5。

表 10-5 本项目环保投资估算一览表（单位：万元）

设备	项目	环保及安全防护措施名称	内容	投资额（万元）
C 臂 CT	辐射安全管理机构	管理领导小组	成立辐射管理机构，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作	/
	辐射安全防护措施	屏蔽措施	防护门（嵌 4mm 厚铅板）3 套，4mmPb 铅玻璃观察窗 1 扇，砖块、铅皮与硫酸钡防护涂料的购	25.0

	和环保治理措施		买与施工	
		安全措施	急停按钮 2 个, 警示标识 6 个, 工作指示灯 3 套; 视频监控 1 套	4.0
		废气治理	动力通排风系统 1 套	5.0
	人员配备	辐射防护与安全培训和考核	辐射工作人员、辐射安全分管领导均应参加生态环境部在线培训平台辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训, 并在通过考核后方可从事相关工作	1.0
		个人剂量监测和职业健康监护	辐射工作人员定期进行健康检查、个人剂量监测, 医院建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案, 并终生保存	4.0
		防护用品	拟为辐射工作人员配备 3 套 0.5mmPb 当量的铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶围裙、铅橡胶帽等个人防护用品及 0.025mmPb 当量的介入防护手套。拟为患者每间机房配备 1 套 0.5mm 铅当量的铅围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等个人防护用品。C 臂 CT 机房内配备 0.5mm 铅当量的铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏各 1 件	4.0
		警示标识	电离辐射警示标志若干, 控制区、监督区标示牌等, 操作规程, 设备检维修制度, 辐射事故应急制度, 岗位职责等	2.0
		环境监测	委托有资质单位开展 C 臂 CT 工作场所辐射环境年度监测	3.0
			竣工环保验收	2.0
		运行维护	监测仪器的维护、校准, 安全设施的维护等	2.0
		监测仪器	便携式辐射巡测仪 1 台, 应配备 2 台个人剂量报警仪, 每位辐射工作人员配备个人剂量计	3.0
		环境风险投资	购买应急物资, 开展辐射事件应急演练等	2.0
		小计		57

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

#### 11.1.1 施工期环境影响分析

医院拟将医技楼 2 层东北侧的远程会诊中心等区域改造为 1 间 C 臂 CT 机房及配套功能用房，本项目不新增建筑物，施工内容主要为 C 臂 CT 机房及其配套功能用房的墙体改造、防护改造和装修。

##### (1) 水环境影响分析

本项目施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，不再进行分析。施工人员的生活污水产生量较小，经医院现有污水处理站预处理后纳入市政污水管网，不会对周围水环境产生较大影响。

##### (2) 大气环境影响分析

本项目施工过程中会产生扬尘，主要是装修过程中产生的扬尘。通过湿法作业，外围设置围挡等方式，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。

##### (3) 声环境影响分析

本项目施工期的噪声源主要是施工机械和设备的噪声，由于本项目施工范围小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，机械设备的使用量较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。施工期间，施工机械、设备的噪声时起时停，针对施工期产生的噪声，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，并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。

经上述措施防治后，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。因此，本项目施工期对周围声环境影响时间和强度均较小。

##### (4) 固体废物影响分析

本项目施工期会产生建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾定点堆放，医院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，医院统一



收集后，由当地环卫部门清运。

综上所述，本项目施工期较短，施工范围和工程量较小，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，做好各项环保措施，施工期对周围环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

### 11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析

本项目 C 臂 CT 射线装置的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，医院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，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，医院应禁止无关人员进入机房所在区域，以防止发生辐射事故。由于 C 臂 CT 射线装置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辐射影响是可接受的。设备安装完成后，医院需及时回收包装材料及其他固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

## 11.2 营运期环境影响分析

本项目 C 臂 CT 位于医技楼 2 层，设备尚未安装和使用。因此，本次评价采用理论计算分析结合模式预测的方法进行工作场所周围环境的辐射影响分析。

根据医院提供资料，C 臂 CT 设备参数与工况、机房防护情况如表 11-1。

表 11-1 本项目 C 臂 CT 设备参数与工况及防护情况

设备	医技楼 2 层拟配备 C 臂 CT			
技术参数	最大管电压 125kV/最大管电流 250mA			
过滤材料	2.5mmAl			
照射野	100cm <sup>2</sup>			
工况模式	摄影	工况下 最大常用电压 100kV 最大常用电流 200mA	发射率常数	0.09mGy/mA·s
	透视	工况下 最大常用电压 90kV 最大常用电流 10mA		0.075mGy/mA·s
泄漏辐射源强	离靶点 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过 1mGy/h			
机房尺寸	长 5.6m×宽 4.54m×高 3.5m			
防护措施	四侧墙体	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料		
	顶棚	120mm 钢筋混凝土+3mm 铅板		
	地坪	120mm 钢筋混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料		
	防护门	内衬 4mm 铅板		

(4套)	
观察窗	4.0mmPb 铅玻璃
医生	铅衣、铅围脖、铅眼镜等防护用品(0.5mmPb)、介入防护手套(0.025mmPb)

注：①C臂CT出束分减影和透视两种模式。本项目拟配置的C臂CT具有自动调强功能，减影时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低。如果受检者体型偏胖，功率自动增强。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和功率通常留不小于30%的裕量，即管电压控制在100kV以下。本项目保守取医院减影和透视常用最大运行工况的参数进行计算。根据《辐射防护手册》（第三分册）图3.1，当X射线过滤材料为2.5mmAl，管电压为100kV时，发射率常数取值为0.09mGy/mAs；管电压为90kV时，发射率常数取值为0.075mGy/mAs。  
②参考国际放射防护委员会第33号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个X射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的X射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点1m处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过1mGy/h”。

### (1) 机房周围剂量率评价

根据《辐射防护导论》射线装置距靶1m处的空气比释动能率，按公式11-1计算：

$$\dot{K} = I \cdot \delta_x \frac{r_0^2}{r^2} \quad (\text{式 11-1})$$

式中：

$\dot{K}$ —离靶r(m)处由X射线机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率，mGy/s；

I—管电流(mA)；

$\delta_x$ —距靶1m处的发射率常数，mGy/(mAs)；

$r_0=1\text{m}$ ；

r—源至关注点的距离，m。

表 11-2 C臂CT不同运行模式下距靶1m处空气比释动能率一览表

设备	运行模式	过滤材料(Al)厚度(mm)	距靶1m处的发射率常数(mGy/mAs)	最大常用电压(kV)	最大常用电流(mA)	距靶1m处的空气比释动能率( $\mu\text{Gy/h}$ )
C臂CT	摄影	2.5	0.09	100	200	$6.48 \times 10^7$
	透视	2.5	0.075	90	10	$2.7 \times 10^6$

取医生手术位、控制室操作位、防护墙外30cm处、铅防护门外30cm处、顶棚上方(楼上)距顶棚地面100cm处、地面下方(楼下)距楼下地面170cm处为预测点位，预测点位见图11-1、11-2和表11-3。

表11-3 本项目C臂CT机房预测关注点位

预测点位		方位	距辐射源点(靶点)最近距离(m)
1#第一术者位	医生手术位	机房内	0.5
	医生手术位(腕部)		0.4

2#护士位	机房内	1.0
3#控制室操作位	西侧	4.4
4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	东侧	4.2
5#西侧防护墙外 30cm 处（楼梯间）	东侧	2.5
6#西侧防护门外 30cm 处（污物清洗间）	南侧	2.6
7#西侧防护墙外 30cm 处（配电房）	南侧	3.6
8#北侧防护门外 30cm 处（缓冲间）	西侧	2.9
9#北侧防护墙外 30cm 处（库房）	西侧	3.3
10#北侧防护墙外 30cm 处（更衣室）	北侧	4.9
11#顶棚上方距顶棚地面 100cm 处（病理科）	北侧	4.0
12#地面下方距楼下地面 170cm 处（候诊大厅）	北侧	2.3
13#新放疗楼	东侧	28
14#后勤楼	北侧	25

注：①13#14#与辐射源点（靶点）最近距离保守按与机房边界的最近距离考虑。  
②13#14#因距离原因，未在图中表示。

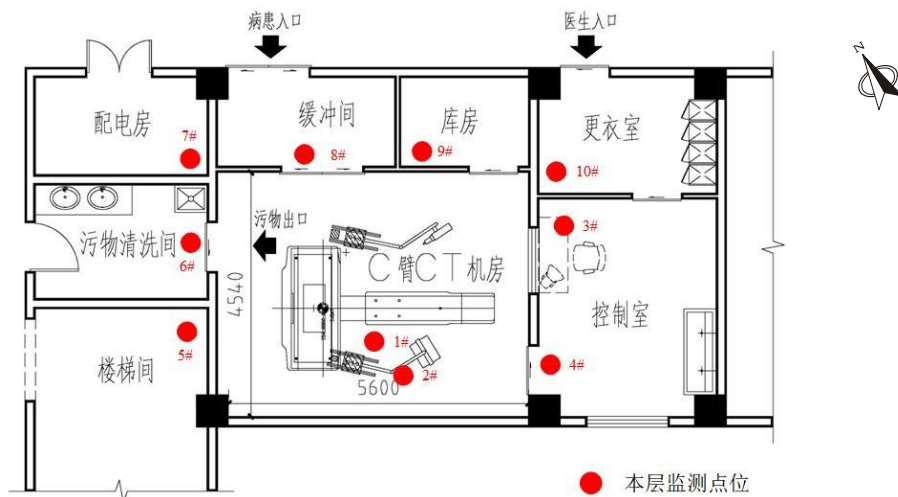


图 11-1 本项目 C 臂 CT 机房周围预测点位示意图 1

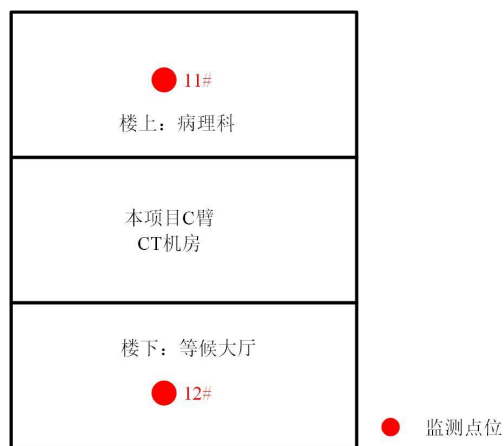


图 11-2 本项目 C 臂 CT 机房周围预测点位示意图 2

C臂CT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~P45)及5.1节(Cardiac Angiography, P72)指出,C臂CT屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此,下述影响分析计算主要考虑泄漏和散射辐射对周围环境的影响。

①病人体表散射屏蔽估算

屏蔽透射因子,按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录C中公式和参数计算,公式计算如下式:

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

式中:

$B$ ---屏蔽透射因子;

$X$ ---屏蔽材料厚度, mm;

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ---屏蔽材料对一定管电压X射线散射辐射衰减的有关三个拟合参数。

以下公式根据李德平、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。

$$H_s = \frac{H_0 \cdot a \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 } 11-3)$$

式中:

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

$H_0$ ---距靶1m处初级X射线束造成的空气比释动能率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$\alpha$ ---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,  $\text{cm}^2$ ,取 $100\text{cm}^2$ ;

$d_0$ ---源与病人的距离, m,取1m;

$d_s$ ---病人与预测点的距离, m;

$B$ ---屏蔽透射因子,公式计算同式11-2。

其中: $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ---屏蔽材料对100kV、90kV管电压X射线泄漏辐射衰减的有关三个拟合参数,具体见表11-4。

表 11-4 铅对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	铅		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
100kV (主束)	2.5	15.28	0.7557
100kV (散射)	2.507	15.33	0.9124
90kV	3.067	18.83	0.7726

散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表11-5和表11-6。

表 11-5 100kV 减影工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B
3#控制室操作位	4.0mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	4.0mmPb 防护门	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
5#西侧防护墙外 30cm 处（楼梯间）	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
6#西侧防护门外 30cm 处（污物清洗 间）	4.0mmPb 防护门	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
7#西侧防护墙外 30cm 处（配电房）	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
8#北侧防护门外 30cm 处（缓冲间）	4.0mmPb 防护门	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
9#北侧防护墙外 30cm 处（库房）	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
10#北侧防护墙外 30cm 处（更衣室）	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
11#顶棚上方距顶 棚地面 100cm 处 （病理科）	120mm 钢筋混凝土 +3mm 铅板	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
12#地面下方距楼 下地面 170cm 处 （候诊大厅）	120mm 钢筋混凝土 +30mm 硫酸钡防护涂 料	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
13#新放疗楼	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
14#后勤楼	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$

表 11-6 90kV 透视工况下散射辐射、漏射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B
1#第一术者位 (身体铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅侧帘	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$4.08 \times 10^{-3}$
1#第一术者位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅侧帘	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.52 \times 10^{-2}$
1#第一术者位	0.025mmPb 铅手套	0.525mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.27 \times 10^{-2}$

(腕部)	+0.5mmPb 铅侧帘						
2#护士位 (身体铅衣内)	0.5mm 铅衣 +0.5mmPb 铅侧帘	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$4.08 \times 10^{-3}$	
2#护士位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅侧帘	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.52 \times 10^{-2}$	
3#控制室操作位	4.0mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$	
4#东侧防护门外 30cm 处 (控制室)	4.0mmPb 防护门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$	
5#西侧防护墙外 30cm 处 (楼梯间)	240mm 实心砖 +20mm 硫酸钡防护 涂料	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$	
6#西侧防护门外 30cm 处 (污物清洗 间)	4.0mmPb 防护门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$	
7#西侧防护墙外 30cm 处 (配电房)	240mm 实心砖 +20mm 硫酸钡防护 涂料	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$	
8#北侧防护门外 30cm 处 (缓冲间)	4.0mmPb 防护门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$	
9#北侧防护墙外 30cm 处 (库房)	240mm 实心砖 +20mm 硫酸钡防护 涂料	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$	
10#北侧防护墙外 30cm 处 (更衣室)	240mm 实心砖 +20mm 硫酸钡防护 涂料	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$	
11#顶棚上方距顶棚 地面 100cm 处 (病 理科)	120mm 钢筋混凝土 +3mm 铅板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$	
12#地面下方距楼 下地面 170cm 处 (候 诊大厅)	120mm 钢筋混凝土 +30mm 硫酸钡防护 涂料	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$	
13#新放疗楼	240mm 实心砖 +20mm 硫酸钡防护 涂料	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$	
14#后勤楼	240mm 实心砖 +20mm 硫酸钡防护 涂料	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$	

各预测点位散射辐射剂量计算参数及结果见表 11-7。

表 11-7 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	$H_0$ ( $\mu\text{Gy/h}$ )	$\alpha$	$s$ ( $\text{cm}^2$ )	$d_0$ (m)	$d_s$ (m)	$B$	$H_s$ ( $\mu\text{Gy/h}$ )
减影	3#控制室操作位	$6.48 \times 10^7$	0.0013	100	1	4.4	$5.14 \times 10^{-6}$	$5.59 \times 10^{-3}$
	4#东侧防护门外 30cm 处 (控制室)	$6.48 \times 10^7$	0.0013	100	1	4.2	$5.14 \times 10^{-6}$	$6.14 \times 10^{-3}$

透 视	5#西侧防护墙外 30cm 处 (楼梯间)	$6.48 \times 10^7$	0.0013	100	1	2.5	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.73 \times 10^{-2}$
	6#西侧防护门外 30cm 处 (污物清 洗间)	$6.48 \times 10^7$	0.0013	100	1	2.6	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.60 \times 10^{-2}$
	7#西侧防护墙外 30cm 处 (配电房)	$6.48 \times 10^7$	0.0013	100	1	3.6	$5.14 \times 10^{-6}$	$8.35 \times 10^{-3}$
	8#北侧防护门外 30cm 处 (缓冲间)	$6.48 \times 10^7$	0.0013	100	1	2.9	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.29 \times 10^2$
	9#北侧防护墙外 30cm 处 (库房)	$6.48 \times 10^7$	0.0013	100	1	3.3	$5.14 \times 10^{-6}$	$9.94 \times 10^{-3}$
	10#北侧防护墙外 30cm 处 (更衣室)	$6.48 \times 10^7$	0.0013	100	1	4.9	$5.14 \times 10^{-6}$	$4.51 \times 10^{-3}$
	11#顶棚上方距顶 棚地面 100cm 处 (病理科)	$6.48 \times 10^7$	0.0013	100	1	4.0	$5.14 \times 10^{-6}$	$6.77 \times 10^{-3}$
	12#地面下方距楼 下地面 170cm 处 (候诊大厅)	$6.48 \times 10^7$	0.0013	100	1	2.3	$5.14 \times 10^{-6}$	$2.05 \times 10^{-2}$
	13#新放疗楼	$6.48 \times 10^7$	0.0013	100	1	28	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.38 \times 10^{-4}$
	14#后勤楼	$6.48 \times 10^7$	0.0013	100	1	25	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.73 \times 10^{-4}$
	1#第一术者位 (身体铅衣内)	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.5	$4.08 \times 10^{-3}$	14.31
	1#第一术者位 (身体铅衣外)	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.5	$2.52 \times 10^{-2}$	88.29
	1#第一术者位 (腕部)	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.4	$2.27 \times 10^{-2}$	124.45
	2#护士位 (身体铅衣内)	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	1.0	$4.08 \times 10^{-3}$	3.58
	2#护士位 (身体铅衣外)	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	1.0	$2.52 \times 10^{-2}$	22.07
	3#控制室操作位	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	4.4	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.67 \times 10^{-5}$
	4#东侧防护门外 30cm 处 (控制室)	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	4.2	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.84 \times 10^{-5}$
	5#西侧防护墙外 30cm 处 (楼梯间)	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	2.5	$3.69 \times 10^{-7}$	$5.18 \times 10^{-5}$
	6#西侧防护门外 30cm 处 (污物清 洗间)	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	2.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$4.79 \times 10^{-5}$
	7#西侧防护墙外 30cm 处 (配电房)	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.50 \times 10^{-5}$
8#北侧防护门外 30cm 处 (缓冲间)	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	2.9	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.85 \times 10^{-5}$	
9#北侧防护墙外 30cm 处 (库房)	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.3	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.97 \times 10^{-5}$	
10#北侧防护墙外 30cm 处 (更衣室)	$2.7 \times 10^6$	0.0013	100	1	4.9	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.35 \times 10^{-5}$	

11#顶棚上方距顶棚地面 100cm 处 (病理科)	2.7×10 <sup>6</sup>	0.0013	100	1	4.0	3.69×10 <sup>-7</sup>	2.02×10 <sup>-5</sup>
12#地面下方距楼下地面 170cm 处 (候诊大厅)	2.7×10 <sup>6</sup>	0.0013	100	1	2.3	3.69×10 <sup>-7</sup>	6.12×10 <sup>-5</sup>
13#新放疗楼	2.7×10 <sup>6</sup>	0.0013	100	1	28	3.69×10 <sup>-7</sup>	4.13×10 <sup>-7</sup>
14#后勤楼	2.7×10 <sup>6</sup>	0.0013	100	1	25	3.69×10 <sup>-7</sup>	5.18×10 <sup>-7</sup>

## ②泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用式 11-4 进行计算。

$$H_L = \frac{H_0 \cdot B}{d^2} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

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

$H_0$ —距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ，本项目取  $1\text{mGy/h}$ ；

$d$ —靶点距关注点的距离，m；

$B$ —屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中公式和参数计算，公式计算同式 11-2。

泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表 11-8。

表 11-8 100kV 减影工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$B$
3#控制室操作位	4.0mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39×10 <sup>-6</sup>
4#东侧防护门外 30cm 处 (控制室)	4.0mmPb 防护门	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39×10 <sup>-6</sup>
5#西侧防护墙外 30cm 处 (楼梯间)	240mm 实心砖 +20mm 硫酸钡防护涂料	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39×10 <sup>-6</sup>
6#西侧防护门外 30cm 处 (污物清洗间)	4.0mmPb 防护门	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39×10 <sup>-6</sup>
7#西侧防护墙外 30cm 处 (配电房)	240mm 实心砖 +20mm 硫酸钡防护涂料	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39×10 <sup>-6</sup>
8#北侧防护门外 30cm 处 (缓冲间)	4.0mmPb 防护门	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39×10 <sup>-6</sup>
9#北侧防护墙外 30cm 处 (库房)	240mm 实心砖 +20mm 硫酸钡防	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39×10 <sup>-6</sup>



	护涂料					
10#北侧防护墙外 30cm 处 (更衣室)	240mm 实心砖 +20mm 硫酸钡防 护涂料	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
11#顶棚上方距顶棚地 面 100cm 处 (病理科)	120mm 钢筋混凝 土+3mm 铅板	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
12#地面下方距楼下地 面 170cm 处 (候诊大 厅)	120mm 钢筋混凝 土+30mm 硫酸钡 防护涂料	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
13#新放疗楼	240mm 实心砖 +20mm 硫酸钡防 护涂料	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
14#后勤楼	240mm 实心砖 +20mm 硫酸钡防 护涂料	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$

各预测点位泄漏辐射剂量计算参数及结果见下表11-9。

表 11-9 各预测点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	$H_0$ ( $\mu\text{Gy/h}$ )	$d$ (m)	$B$	$H_L$ ( $\mu\text{Gy/h}$ )
减 影	3#控制室操作位	$1 \times 10^3$	4.4	$3.39 \times 10^{-6}$	$1.75 \times 10^{-4}$
	4#东侧防护门外 30cm 处 (控制室)	$1 \times 10^3$	4.2	$3.39 \times 10^{-6}$	$1.92 \times 10^{-4}$
	5#西侧防护墙外 30cm 处 (楼梯间)	$1 \times 10^3$	2.5	$3.39 \times 10^{-6}$	$5.42 \times 10^{-4}$
	6#西侧防护门外 30cm 处 (污物清洗间)	$1 \times 10^3$	2.6	$3.39 \times 10^{-6}$	$5.01 \times 10^{-4}$
	7#西侧防护墙外 30cm 处 (配电房)	$1 \times 10^3$	3.6	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.61 \times 10^{-4}$
	8#北侧防护门外 30cm 处 (缓冲间)	$1 \times 10^3$	2.9	$3.39 \times 10^{-6}$	$4.03 \times 10^{-4}$
	9#北侧防护墙外 30cm 处 (库房)	$1 \times 10^3$	3.3	$3.39 \times 10^{-6}$	$3.11 \times 10^{-4}$
	10#北侧防护墙外 30cm 处 (更衣室)	$1 \times 10^3$	4.9	$3.39 \times 10^{-6}$	$1.41 \times 10^{-4}$
	11#顶棚上方距顶棚地面 100cm 处 (病理科)	$1 \times 10^3$	4.0	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.12 \times 10^{-4}$
	12#地面下方距楼下地面 170cm 处 (候诊大厅)	$1 \times 10^3$	2.3	$3.39 \times 10^{-6}$	$6.40 \times 10^{-4}$
	13#新放疗楼	$1 \times 10^3$	28	$3.39 \times 10^{-6}$	$4.32 \times 10^{-6}$
	14#后勤楼	$1 \times 10^3$	25	$3.39 \times 10^{-6}$	$5.42 \times 10^{-6}$
透 视	1#第一术者位 (身体铅衣内)	$1 \times 10^3$	0.5	$3.69 \times 10^{-7}$	16.30
	1#第一术者位 (身体铅衣外)	$1 \times 10^3$	0.5	$3.69 \times 10^{-7}$	100.61
	1#第一术者位 (腕部)	$1 \times 10^3$	0.4	$3.69 \times 10^{-7}$	141.83
	2#护士位 (身体铅衣内)	$1 \times 10^3$	1.0	$3.69 \times 10^{-7}$	4.08
	2#护士位 (身体铅衣外)	$1 \times 10^3$	1.0	$3.69 \times 10^{-7}$	25.15
	3#控制室操作位	$1 \times 10^3$	4.4	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.91 \times 10^{-5}$
	4#东侧防护门外 30cm 处 (控制室)	$1 \times 10^3$	4.2	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.09 \times 10^{-5}$
	5#西侧防护墙外 30cm 处 (楼梯间)	$1 \times 10^3$	2.5	$3.69 \times 10^{-7}$	$5.91 \times 10^{-5}$
6#西侧防护门外 30cm 处 (污物清洗间)	$1 \times 10^3$	2.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$5.46 \times 10^{-5}$	

7#西侧防护墙外 30cm 处（配电房）	$1 \times 10^3$	3.6	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.85 \times 10^{-5}$
8#北侧防护门外 30cm 处（缓冲间）	$1 \times 10^3$	2.9	$3.69 \times 10^{-7}$	$4.39 \times 10^{-5}$
9#北侧防护墙外 30cm 处（库房）	$1 \times 10^3$	3.3	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.39 \times 10^{-5}$
10#北侧防护墙外 30cm 处（更衣室）	$1 \times 10^3$	4.9	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.54 \times 10^{-5}$
11#顶棚上方距顶棚地面 100cm 处（病理科）	$1 \times 10^3$	4.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.31 \times 10^{-5}$
12#地面下方距楼下地面 170cm 处（候诊大厅）	$1 \times 10^3$	2.3	$3.69 \times 10^{-7}$	$6.98 \times 10^{-5}$
13#新放疗楼	$1 \times 10^3$	28	$3.69 \times 10^{-7}$	$4.71 \times 10^{-7}$
14#后勤楼	$1 \times 10^3$	25	$3.69 \times 10^{-7}$	$5.91 \times 10^{-7}$

### ③漏射和散射总辐射剂量率估算

根据表 11-7 和表 11-9 的计算结果,将各个预测点的总辐射剂量率统计于下表 11-10。

表 11-10 各个预测点的总辐射剂量率

场所	工作模式	关注点位置描述	散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	总辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
医技楼2层 拟建C臂CT 机房	减影	3#控制室操作位	$5.59 \times 10^{-3}$	$1.75 \times 10^{-4}$	$5.77 \times 10^{-3}$
		4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	$6.14 \times 10^{-3}$	$1.92 \times 10^{-4}$	$6.33 \times 10^{-3}$
		5#西侧防护墙外 30cm 处（楼梯间）	$1.73 \times 10^{-2}$	$5.42 \times 10^{-4}$	$1.79 \times 10^{-2}$
		6#西侧防护门外 30cm 处（污物清洗间）	$1.60 \times 10^{-2}$	$5.01 \times 10^{-4}$	$1.65 \times 10^{-2}$
		7#西侧防护墙外 30cm 处（配电房）	$8.35 \times 10^{-3}$	$2.61 \times 10^{-4}$	$8.61 \times 10^{-3}$
		8#北侧防护门外 30cm 处（缓冲间）	$1.29 \times 10^2$	$4.03 \times 10^{-4}$	$1.33 \times 10^2$
		9#北侧防护墙外 30cm 处（库房）	$9.94 \times 10^{-3}$	$3.11 \times 10^{-4}$	$1.03 \times 10^{-2}$
		10#北侧防护墙外 30cm 处（更衣室）	$4.51 \times 10^{-3}$	$1.41 \times 10^{-4}$	$4.65 \times 10^{-3}$
		11#顶棚上方距顶棚地面 100cm 处（病理科）	$6.77 \times 10^{-3}$	$2.12 \times 10^{-4}$	$6.98 \times 10^{-3}$
		12#地面下方距楼下地面 170cm 处（候诊大厅）	$2.05 \times 10^{-2}$	$6.40 \times 10^{-4}$	$2.11 \times 10^{-2}$
		13#新放疗楼	$1.38 \times 10^{-4}$	$4.32 \times 10^{-6}$	$1.42 \times 10^{-4}$
		14#后勤楼	$1.73 \times 10^{-4}$	$5.42 \times 10^{-6}$	$1.79 \times 10^{-4}$
	透视	1#第一术者位（身体铅衣内）	14.31	16.30	30.61
		1#第一术者位（身体铅衣外）	88.29	100.61	188.90
		1#第一术者位（腕部）	124.45	141.83	266.28
		2#护士位（身体铅衣内）	3.58	4.08	7.65
		2#护士位（身体铅衣外）	22.07	25.15	47.23
		3#控制室操作位	$1.67 \times 10^{-5}$	$1.91 \times 10^{-5}$	$3.58 \times 10^{-5}$
		4#东侧防护门外 30cm 处（控制室）	$1.84 \times 10^{-5}$	$2.09 \times 10^{-5}$	$3.93 \times 10^{-5}$
		5#西侧防护墙外 30cm 处（楼梯间）	$5.18 \times 10^{-5}$	$5.91 \times 10^{-5}$	$1.11 \times 10^{-4}$
6#西侧防护门外 30cm 处（污物清洗间）	$4.79 \times 10^{-5}$	$5.46 \times 10^{-5}$	$1.03 \times 10^{-4}$		

	7#西侧防护墙外 30cm 处（配电房）	$2.50 \times 10^{-5}$	$2.85 \times 10^{-5}$	$5.35 \times 10^{-5}$
	8#北侧防护门外 30cm 处（缓冲间）	$3.85 \times 10^{-5}$	$4.39 \times 10^{-5}$	$8.24 \times 10^{-5}$
	9#北侧防护墙外 30cm 处（库房）	$2.97 \times 10^{-5}$	$3.39 \times 10^{-5}$	$6.36 \times 10^{-5}$
	10#北侧防护墙外 30cm 处（更衣室）	$1.35 \times 10^{-5}$	$1.54 \times 10^{-5}$	$2.89 \times 10^{-5}$
	11#顶棚上方距顶棚地面 100cm 处 （病理科）	$2.02 \times 10^{-5}$	$2.31 \times 10^{-5}$	$4.33 \times 10^{-5}$
	12#地面下方距楼下地面 170cm 处 （候诊大厅）	$6.12 \times 10^{-5}$	$6.98 \times 10^{-5}$	$1.31 \times 10^{-4}$
	13#新放疗楼	$4.13 \times 10^{-7}$	$4.71 \times 10^{-7}$	$8.84 \times 10^{-7}$
	14#后勤楼	$5.18 \times 10^{-7}$	$5.91 \times 10^{-7}$	$1.11 \times 10^{-6}$

由表 11-10 计算结果可知：C 臂 CT 透视时，第一术者位（身体铅衣内）辐射剂量率为  $30.61 \mu\text{Gy/h}$ ，第一术者位（身体铅衣外）辐射剂量率为  $188.90 \mu\text{Gy/h}$ ，第一术者位（腕部）辐射剂量率为  $266.28 \mu\text{Gy/h}$ ；护士位（身体铅衣内）辐射剂量率为  $7.65 \mu\text{Gy/h}$ ，护士位（身体铅衣外）辐射剂量率为  $47.23 \mu\text{Gy/h}$ ；控制室操作位的辐射剂量率为  $3.58 \times 10^{-5} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为  $1.31 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ 。减影时，控制室操作位的辐射剂量率为  $5.77 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为  $2.11 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 。

综上，本项目 C 臂 CT 在正常运行情况下，机房外控制室、四周防护墙外及防护门外、顶棚和地坪外的辐射剂量率均不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中规定的相关要求（剂量换算系数，Sv/Gy 取 1）。

## （2）工作人员及公众个人剂量估算

C 臂 CT 减影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均回到控制室进行操作，C 臂 CT 透视曝光时，医师和护士在机房内近台操作，技师通常不在机房内，因此，该项目主要考虑透视模式下近台操作医师和护士的受照剂量（不考虑摄影模式下近台操作医师和护士的受照剂量）。

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A 公式以及居留因子的选取，对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot l \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-5})$$

式中： $H_1$ —X 射线外照射有效剂量，mSv；

$H_0$ —X 射线束造成的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$T$ —居留因子；

$t$ —X 射线年照射时间，h/a；

$l$ —剂量换算系数，Sv/Gy 取 1。

本项目的居留因子参照《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121—2020）选取，具体数值见表 11-11。

表 11-11 居留因子的选取

场所	居留因子 (T)		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制区、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区域
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗室门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场, 车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

根据医院提供资料显示，本项目C臂CT年减影出束时间为16.67h，年透视出束时间为250h，年总出束时间为266.67h。对于机房外公众及控制室工作人员，保守考虑，其年有效剂量按参数较大的减影工况来计算（时间取本项目C臂CT减影及透视总时间266.67h）。

机房内医生操作位只存在透视情况，根据表1-6可知，本项目共配置14名医生，9名护士。本项目手术工作时，一般为2名医生、1名护士、1名技师一组。则本项目每组单个医生所经历的透视时间35.71h，每组单个护士所经历的透视时间27.78h。

本项目C臂CT机房辐射工作人员预测点位计算结果详见表11-12。

表 11-12 职业人员及公众年有效剂量估算结果

场所	工作模式	关注点位置	保护目标	总辐射剂量率 $H_0$ ( $\mu\text{Gy/h}$ )	年工作时间 $t$ (h)	居留因子 T	年有效剂量 $H_1$ (mSv)	涉及人员类型
医技楼2层拟建C臂CT机房	减影	3#	控制室操作位	$5.77 \times 10^{-3}$	16.67	1	$9.61 \times 10^{-5}$	职业人员
		4#	控制室内人员	$6.33 \times 10^{-3}$	16.67	1	$1.05 \times 10^{-4}$	职业人员
		5#	楼梯间内人员	$1.79 \times 10^{-2}$	16.67	1/4	$7.44 \times 10^{-5}$	公众人员
		6#	污物清洗间内人员	$1.65 \times 10^{-2}$	16.67	1	$2.75 \times 10^{-4}$	公众人员
		7#	配电房内人员	$8.61 \times 10^{-3}$	16.67	1/20	$7.18 \times 10^{-6}$	公众人员
		8#	缓冲间内人员	$1.33 \times 10^2$	16.67	1	$2.21 \times 10^{-4}$	公众人员
		9#	库房内人员	$1.03 \times 10^{-2}$	16.67	1/4	$4.27 \times 10^{-5}$	公众人员
		10#	更衣室内人员	$4.65 \times 10^{-3}$	16.67	1/4	$1.94 \times 10^{-5}$	公众人员
		11#	病理科内人员	$6.98 \times 10^{-3}$	16.67	1	$1.16 \times 10^{-4}$	公众人员

透视	12#	候诊大厅内人员	$2.11 \times 10^{-2}$	16.67	1	$3.52 \times 10^{-4}$	公众人员
	13#	新放疗楼内人员	$1.42 \times 10^{-4}$	16.67	1	$2.37 \times 10^{-6}$	公众人员
	14#	后勤楼内人员	$1.79 \times 10^{-4}$	16.67	1	$2.98 \times 10^{-6}$	公众人员
	1#	第一术者位 (身体铅衣内)	30.61	35.71	1	1.09	职业人员
	1#	第一术者位 (身体铅衣外)	188.90	35.71	1	6.75	职业人员
	2#	护士位 (身体铅衣内)	7.65	27.78	1	0.21	职业人员
	2#	护士位 (身体铅衣外)	47.23	27.78	1	1.31	职业人员
	3#	控制室操作位	$3.58 \times 10^{-5}$	250	1	$8.95 \times 10^{-6}$	职业人员
	4#	控制室内人员	$3.93 \times 10^{-5}$	250	1	$9.82 \times 10^{-6}$	职业人员
	5#	楼梯间内人员	$1.11 \times 10^{-4}$	250	1/4	$6.93 \times 10^{-6}$	公众人员
	6#	污物清洗间内人员	$1.03 \times 10^{-4}$	250	1	$2.56 \times 10^{-5}$	公众人员
	7#	配电房内人员	$5.35 \times 10^{-5}$	250	1/20	$6.68 \times 10^{-7}$	公众人员
	8#	缓冲间内人员	$8.24 \times 10^{-5}$	250	1	$2.06 \times 10^{-5}$	公众人员
	9#	库房内人员	$6.36 \times 10^{-5}$	250	1/4	$3.98 \times 10^{-6}$	公众人员
10#	更衣室内人员	$2.89 \times 10^{-5}$	250	1/4	$1.80 \times 10^{-6}$	公众人员	
11#	病理科内人员	$4.33 \times 10^{-5}$	250	1	$1.08 \times 10^{-5}$	公众人员	
12#	候诊大厅内人员	$1.31 \times 10^{-4}$	250	1	$3.28 \times 10^{-5}$	公众人员	
13#	新放疗楼内人员	$8.84 \times 10^{-7}$	250	1	$2.21 \times 10^{-7}$	公众人员	
14#	后勤楼内人员	$1.11 \times 10^{-6}$	250	1	$2.77 \times 10^{-7}$	公众人员	

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中对于介入放射工作人员穿戴铅围裙估算有效剂量的计算方法，采用公式 11-6 进行估算。

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad (11-6)$$

式中：

$E$ ——有效剂量中的外照射分量，单位：mSv；

$\alpha$ ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 **0.79**，无屏蔽时，取 0.84；

$\beta$ ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 **0.051**，无屏蔽时，取 0.100；

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

$H_o$ ——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：mSv。

则在透视模式下，本项目医生手术位的受照的有效剂量最大为 1.21mSv/a，项目护士

操作位的受照的有效剂量最大为 0.23mSv/a。

各预测点位年有效剂量估算结果汇总于表11-13和11-14。

**表11-13 职业人员年有效剂量估算结果**

保护目标	摄影	透视	年有效剂量	人员类型
	mSv	mSv	mSv	
1#第一术者位	$1.05 \times 10^{-4*}$	1.21	1.21	职业人员
2#护士位	$1.05 \times 10^{-4*}$	0.23	0.23	职业人员
3#控制室操作位	$9.61 \times 10^{-5}$	$8.95 \times 10^{-6}$	$1.05 \times 10^{-4}$	职业人员

\*注：减影模式下，手术医护人员退出机房，进入控制室，因此减影模式下需考虑手术医护人员在控制室内的受照剂量，受照剂量保守同控制室内最大受照剂量考虑（即 4#）。

**表11-14 公众年有效剂量估算结果**

场所	关注点位置	保护目标	摄影	透视	年有效剂量	人员类型
			mSv	mSv	mSv	
场所	4#	控制室内人员	$1.05 \times 10^{-4}$	$9.82 \times 10^{-6}$	$1.15 \times 10^{-4}$	公众人员
	5#	楼梯间内人员	$7.44 \times 10^{-5}$	$6.93 \times 10^{-6}$	$8.14 \times 10^{-5}$	公众人员
	6#	污物清洗间内人员	$2.75 \times 10^{-4}$	$2.56 \times 10^{-5}$	$3.01 \times 10^{-4}$	公众人员
	7#	配电房内人员	$7.18 \times 10^{-6}$	$6.68 \times 10^{-7}$	$7.85 \times 10^{-6}$	公众人员
	8#	缓冲间内人员	$2.21 \times 10^{-4}$	$2.06 \times 10^{-5}$	$2.42 \times 10^{-4}$	职业人员
	9#	库房内人员	$4.27 \times 10^{-5}$	$3.98 \times 10^{-6}$	$4.67 \times 10^{-5}$	公众人员
	10#	更衣室内人员	$1.94 \times 10^{-5}$	$1.80 \times 10^{-6}$	$2.12 \times 10^{-5}$	公众人员
	11#	病理科内人员	$1.16 \times 10^{-4}$	$1.08 \times 10^{-5}$	$1.27 \times 10^{-4}$	公众人员
	12#	候诊大厅内人员	$3.52 \times 10^{-4}$	$3.28 \times 10^{-5}$	$3.85 \times 10^{-4}$	公众人员
	13#	新放疗楼内人员	$2.37 \times 10^{-6}$	$2.21 \times 10^{-7}$	$2.59 \times 10^{-6}$	公众人员
	14#	后勤楼内人员	$2.98 \times 10^{-6}$	$2.77 \times 10^{-7}$	$3.25 \times 10^{-6}$	公众人员

综上所述，控制室工作人员受照的年有效剂量最大为  $1.05 \times 10^{-4}$ mSv，医生受照的年有效剂量最大为 1.21mSv，护士受照的年有效剂量最大为 0.23mSv，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员要求的剂量限值 20mSv/a 和本项目剂量约束值 5mSv/a 的要求。机房周边公众受照的年有效剂量最大为  $3.85 \times 10^{-4}$ mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众要求的剂量限值 1mSv/a 和本项目剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

由于剂量率与距离平方成反比，随着距离的增加，周边 50m 范围内公众所受年有效剂量更小，可以满足 0.1mSv/a 的剂量约束值要求。

### （3）医生腕部皮肤年有效剂量估算

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）和《电离辐射防护与

辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），有辐射场空气比释动能率信息时，皮肤吸收剂量用下式进行估算：

$$D_S = C_{KS} (\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad (11-7)$$

$$H = D_S \cdot W_R \quad (11-8)$$

式中：

$D_S$ ：皮肤吸收剂量（mGy）；

$C_{KS}$ ：空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数（mGy/mGy），根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表 A.5，保守取 0.07MeV~0.15MeV 中最大值 1.156mGy/mGy；

$\dot{k}$ ：X、 $\gamma$ 辐射场的空气比释动能率（ $\mu$ Gy/h），为 266.28 $\mu$ Gy/h；

$t$ ：人员累积受照时间，h，单个医生最大年受照时间为 35.71h；

$H$ ：皮肤的当量剂量，mSv；

$W_R$ ：辐射权重因数，X 射线取 1。

根据式 11-7 和 11-8 计算得医生腕部皮肤受到的当量剂量为 10.99mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员四肢要求的当量剂量限值 500mSv/a 和本项目当量剂量约束值 125mSv/a 的要求。

上述估算仅是理论推算，实际应用时，工作人员的受照剂量应以佩戴的个人剂量剂检测结果为准。

**建议：**医院应合理安排手术医生的人均手术量，控制各科室手术医生的手术台数，每个季度对辐射工作人员个人剂量进行严格监督，若发现辐射工作人员有单季度超过 1.25mSv 或年超过 5mSv 事件的情况，医院应立即采取有效的管控措施，暂停该辐射工作人员继续从事的放射诊疗作业，同时进行原因调查，调整岗位安排等。

### 11.3 运营期水环境、固体废弃物、声环境、废气影响分析

#### （1）运营期水环境影响分析

项目运行后，废水主要为医护人员产生的生活污水及手术器械清洗产生的医疗废水。医护人员生活用水按每人每天 100L 计，医疗废水按 100L/台手术，则生活污水产生量为 600m<sup>3</sup>/a；医疗废水产生量约 50m<sup>3</sup>/a。则本项目废水总产生量约 650m<sup>3</sup>/a。

本项目内部排水系统要严格按照“雨污分流”的原则设计和实施；医护人员产生的生活污水及手术器械清洗产生的医疗废水进入医院污水处理站处理达到《医疗机构水污

染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网排入昆明市污水处理厂进行深度处理，对区域水体环境影响较小。医院污水处理站设计处理能力已考虑了本项目废水容量，因此依托医院污水处理站处理本项目医疗废水是可行的。

#### （2）固体废物

①本项目 C 臂 CT 采用数字成像，成像结果刻入光盘内由病人带走，无废胶片产生；

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，C 臂 CT 机房一年最多 500 台手术，则一年约产生医疗废物药棉 50kg，纱布 50kg，手套 100kg，总共每年约产生医疗废物 200kg。

医疗废物由医院采用专门的收集容器集中收集后，转移至医疗废物暂存间，按照医疗废物转移联单制度，委托具有医疗废物处置资质的单位处理。

③医护人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，医护人员生活垃圾产生系数按 0.5kg/（人·天）计，则本项目工作人员生活垃圾产生量约为 3t/a。生活垃圾由医院分类收集后，交当地环卫部门清运。

综上，本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

#### （3）声环境影响分析

本项目运营期噪声主要来源于通风系统的风机，机房所使用的风机均为低噪声设备，其噪声值一般低于 65dB(A)，噪声较小，均处于机房内，风机采用减震设计并通过建筑墙体隔声及距离衰减降低噪声影响后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求，对周围声环境影响较小。

#### （4）大气环境影响分析

本项目 C 臂 CT 机房拟设“上进上排”的动力通排风系统，机房内产生的臭氧和氮氧化物由风机经排风管道抽排至医技楼楼顶排出室外。另外，由于本项目 C 臂 CT 产生的射线能量低，电离产生的臭氧和氮氧化物非常少，臭氧经通排风系统排出机房约 50 分钟后可自然分解为氧气，氮氧化物产生额只有臭氧的 1/3，C 臂 CT 产生的废气排出机房后对周围环境影响很小。

### 11.3 辐射事故影响分析

本项目使用 1 台 C 臂 CT，属于 II 类射线装置。对于 X 射线装置，当设备关机时不会产生 X 射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素。其 X 射线能量不大，曝光时间都比较短，事故情况下，人员误入或误照射情况



下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

(1) 本项目可能发生的事故情况

①人员误入正在运行的 C 臂 CT 机房；

②医护人员还未全部撤离机房就进行曝光，人员受到不必要的照射。此时，人员所受到的照射剂量与其所在位置有关，距离射线装置越近，受照剂量越大。

③在防护门未关闭的情况下就进行曝光操作，可能给工作人员和周围活动的人员造成不必要的照射。

④医护人员开展介入治疗时，未穿防护服进行手术操作受到超剂量照射。

(2) 误照射辐射事故环境影响分析

本项目C臂CT主束方向朝上和四周，但射向主束方向的X射线被成像板阻拦。在上述条件下，该误入人员所受剂量主要来自病人体表的散射辐射和设备泄漏辐射。根据上文式11-3，透视模式下距病人体表1m处的散射辐射剂量率为877.5 $\mu$ Gy/h。DSA距靶点1m处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过1 $\times$ 10<sup>3</sup> $\mu$ Gy/h（本次计算保守取最大值1 $\times$ 10<sup>3</sup> $\mu$ Gy/h），故距靶1m处的剂量率为1877.5 $\mu$ Gy/h。

根据医院提供资料，C 臂 CT 手术中透视曝光时间累计最大可能达 30min。根据计算，本项目手术事故情况下工作人员和公众所受到的有效剂量当量见表 11-15。

表 11-15 不同事故情况下人员受到的有效剂量当量

事故工况		与射线束侧向之间距离 (m)	曝光时间 (min)	防护情况	C 臂 CT 致剂量当量估算 (mSv)
公众 (误入或未撤离)		0.3 (非主射方向)	1	公众无防护	0.35
		1.0 (非主射方向)	1	公众无防护	0.031
职业	第一术者位医生	0.3 (非主射方向)	30	医生在设备自带铅帘 (0.5mm 铅当量) 后操作，未穿铅衣，减弱因子为 $2.52 \times 10^{-2}$	0.26
				医生未使用铅板遮挡，未穿铅衣，无防护	10.43
	护士位护士	1.0 (非主射方向)	30	护士不在铅帘后，未穿铅衣，无防护	0.94

说明：以透视工况管电压 90kV、管电流 10mA 进行计算。

根据表 11-15 可知：

①第一术者位医生在使用设备自带床侧帘、未穿防护服的情况下，单台手术所致照射剂量约为 0.26mSv，未超过本项目年有效剂量约束值 5mSv；在未使用设备自带床侧帘、未穿防护服的情况下，单台手术所致照射剂量约为 10.43mSv，超过本报告的年有

效剂量约束值 5mSv, 但未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中“任何工作人员的\*\*职业照射不超过由审管部门决定的连续 5 年平均有效剂量 20mSv\*\*”。

②护士位护士在未使用设备自带床侧吊帘、未穿防护服的情况下, 单台手术所致照射剂量约为 0.94mSv, 未超过本项目年有效剂量约束值 5mSv。

③公众误留、误入机房无防护的情况下, 距离射线束侧向 0.3m 时单台手术所致照射剂量约为 0.35mSv, 超过本项目年有效剂量约束值 0.1mSv, 但未超过公众人员年有效剂量限值 1mSv; 距离射线束侧向 1m 时, 单台手术所致照射剂量分别约为 0.031mSv, 未超过本项目年有效剂量约束值 0.1mSv。

根据《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》(2022 年修订) 辐射事故分级原则及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中“任何工作人员的\*\*职业照射不超过由审管部门决定的连续 5 年平均有效剂量 20mSv, 公众中有关关键人群组的成员受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv\*\*”的要求, 本项目透视模式下误照射未造成导致人员受到超过年剂量限值的照射, 不造成辐射事故。

根据上文式 11-3, 减影模式下距病人体表 1m 处的散射辐射剂量率为  $2.11 \times 10^4 \mu\text{Gy/h}$ 。DSA 距靶点 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过  $1 \times 10^3 \mu\text{Gy/h}$  (本次计算保守取最大值  $1 \times 10^3 \mu\text{Gy/h}$ ), 故距靶 1m 处的剂量率为  $2.21 \times 10^4 \mu\text{Gy/h}$ 。

根据计算, 本项目工作人员和公众在不同误照射情况下受到超年剂量限值曝光时间的计算见表 11-16。

**表 11-16 不同事故情况下人员受到超年剂量限值曝光时间**

人员		与射线束侧向之间距离 (m)	防护情况	年剂量限值 (mSv)	曝光时间
公众 (误入或未撤离)		0.3 (非主射方向)	公众无防护	1	0.24min
		1.0 (非主射方向)	公众无防护	1	2.71min
职业	第一术者位医生	0.3 (非主射方向)	医生在设备自带铅帘 (0.5mm 铅当量) 后操作, 未穿铅衣, 减弱因子为 $4.72 \times 10^{-2}$	20	1.73h
			医生未使用铅板遮挡, 未穿铅衣, 无防护	20	4.89min
	护士位护士	1.0 (非主射方向)	护士不在铅帘后, 未穿铅衣, 无防护	20	0.90h

注: 以正常工作最大管电压 100kV、管电流 200mA 进行计算。

根据表 11-16 可知:

①公众误入或未撤离机房, 在机房内与射线束侧向之间的距离为 0.3m, 受照射时间达到 0.24min 时所致剂量为 1mSv, 达到公众年剂量限值, 可造成公众人员超剂量的照射。

②C 臂 CT 机房内第一术者位医生在没有穿防护服有铅帘遮挡情况下，受照射时间达到 1.73h 时所致剂量为 20mSv；③C 臂 CT 机房内第一术者位医生在没有穿防护服且无铅帘遮挡情况下，受照射时间达到 4.89min 时所致剂量为 20mSv，达到职业年剂量限值，可造成辐射工作人员超剂量的照射；④C 臂 CT 机房内护士操作位护士在没有穿防护服且无铅帘遮挡情况下，受照射时间达到 0.90h 时所致剂量为 20mSv，达到职业年剂量限值，可造成辐射工作人员超剂量的照射。

《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》（2022 年修订）第 2 部分规定：根据辐射事故的性质、程度、可控性和影响范围等因素，将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

根据其规定，本项目可能发生的辐射事故属第 2.4 点中“属于放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”，为一般辐射事故。

### （3）辐射事故防范措施

对前述本项目 C 臂 CT 可能发生的事故情况，为了防止其发生，应采取多种防范措施：

①操作台和机房内机器操作面板上均安装有紧急停机按钮，当设备出现错误或故障时，能中断照射，并有相应故障显示；

②机房防护门外醒目位置设置电离辐射警告标志及工作指示灯，具备门灯联锁装置，C 臂 CT 处于工作状态时，机房防护门关闭，防护门顶部的工作状态指示灯变亮，警示非工作人员不得入内；

③必须按操作规程并经控制台确认验证设置无误时，才能由“启动”键启动照射；

④手术时，医生需确认机房内无其他闲杂人等、铅防护门正常关闭后才能开启曝光；

⑤辐射工作人员在进行放射工作时必须穿戴防护用品，并佩带个人剂量计，严禁在无任何防护措施情况下进行曝光。

上述各种安全装置，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定要求。有了以上辐射安全设施、加上人员的正确操作和认真执行各种安全规章制度，即可减少或避免人员误入和超剂量照射事故的发生。

## 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《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》等法律法规要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应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；辐射工作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。

云南省肿瘤医院于 2012 年 3 月 9 号发布了《关于成立专（兼）职辐射管理机构的通知》（云肿院发[2012]30 号），成立了专（兼）职辐射管理机构，下设 4 个管理小组：项目管理小组、健康体检剂量检测管理小组、质量控制安全管理小组、非密封放射性物质管理小组。文件明确了各管理小组的职责要求，主要为：

（1）各管理小组在防护领导小组指导下进行具体工作。

（2）项目管理小组负责新增仪器设备预评、控评、环评、项目验收的申报材料的准备以及配合每年放射防护检测和性能检测。

（3）健康体检剂量检测管理小组配合每季度剂量检测工作并在年底对个人剂量检测结果进行分析、归档，剂量超标人员及时进行分析并将结果反馈给个人和科室且有书面说明。配合每年健康体检工作并将结果反馈给个人和科室进行分析、归档，同时对于结果异常的科室要有书面的处理意见。

（4）质量控制安全管理小组负责质量控制和安全管理，定期对各辐射科室进行督查、评价、反馈和突发事件的上报。

（5）非密封放射性物质管理小组配合每年一次的申报审批工作以及对非密封放射性物质进行监管。

2017 年 8 月 22 号，云南省肿瘤医院发布了《关于调整专（兼）职辐射管理机构的通知》（云肿院发[2017]162 号），由于医院部分人事变动，经医院研究决定，调整专（兼）职辐射管理机构，下设 4 个管理小组：项目管理小组、健康体检剂量检测管理小组、质量控制安全管理小组、非密封放射性物质管理小组。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

（1）辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关管理要求，使用II类射线装置的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。结合《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》，医院管理制度现状与有关管理制度要求的对照分析见表 12-1。

**表 12-1 医院管理制度汇总对照表**

序号	检查项目		落实情况	备注
1	A综合	辐射安全管理规定	已有	/
2	B场所 设施	操作规程	/	需制定
3		辐射安全防护设施的维护与维修制度（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）	已有	需完善
4	C监测	监测方案	已有	/
5		监测仪表使用与校验管理制度	已有	/
6	D人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已有	/
7		辐射工作人员个人剂量管理制度	已有	/
8	E应急	辐射事故应急预案	已有	/

医院目前已有制度包括：《辐射事故应急预案》、《辐射防护安全管理制度》、《辐射工作人员岗位职责管理》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康管理制》、《辐射工作人员培训、再培训管理制度》、《辐射工作人员资质管理制度》、《设备维护、维修与检查制度》、《监测仪器校验与刻度管理制度》、《辐射监测方案》、《放射性同位素与射线装置管理制度》、《放射性药品的风险防控管理制度》、《放射性废物处理制度》、《场所设施退役（报废）管理制度》等综合规章管理制度。

综上，医院制定的各种安全管理制度较为全面，具有一定的可行性和操作性。医院在辐射与防护管理领导小组的领导下，各科室人员责任明确，严格落实各项辐射安全管理规章制度，定期组织对辐射工作场所、辐射设备进行辐射防护检测和检查，制度执行情况良好。医院应根据本项目的实际情况，不断完善相关制度，使其具有更强的针对性和可操作性。

同时对照表 12-1，医院应补充制定《操作规程》，完善《辐射安全和防护设施维护维修制度》。

另外，医院应将制定的所有规章制度中关于辐射工作场所安全管理制度、操作规程、辐射工作人员岗位职责和应急响应程序的内容张贴上墙。

## (2) 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，使用射线装置的单位应具备相应的条件。建设单位从事本项目辐射活动能力的评价详见表 12-2。

表 12-2 建设单位从事本项目辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
(一) 使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	医院已根据要求成立辐射管理机构，全面负责医院日常的辐射安全与防护管理工作。
(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。	本项目所有辐射工作人员拟按规定参加培训和考核。
(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。	本项目不涉及。
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所应有防止误操作、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C臂CT机房拟按要求实体屏蔽，设置急停开关、监视和对讲系统，工作指示灯及电离辐射警告标志等安全措施。
(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。	本项目拟根据要求配备个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式X-γ辐射巡测仪等仪。
(六) 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院目前制定了《辐射事故应急预案》、《辐射防护安全管理制度》、《辐射工作人员岗位职责管理》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康管理制度》、《辐射工作人员培训、再培训管理制度》、《辐射监测方案》等。
(七) 有完善的辐射事故应急措施。	医院已制定《辐射事故应急预案》。
(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。	本项目不涉及
(九) 使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	医院应制定《放射诊疗质量保障制度》，并拟按要求配备质量控制检测设备。

综上所述，云南省肿瘤医院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。

## 12.3 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求，医院应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备与辐射类型、辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、便携式 X- $\gamma$ 辐射巡测仪等。

个人剂量报警仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时，工作人员应使用个人剂量报警仪。医院应根据辐射工作场所监测制度，定期或不定期对本项目 C 臂 CT 四周屏蔽措施进行检查；同时接受生态环境主管部门开展的辐射环境监督（监测）检查。项目运行过程中，每年应请有资质的监测单位对工作场所辐射情况进行监测，判断 C 臂 CT 是否处于有效屏蔽状态，防止意外发生。监测数据应编入《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，并于每年 1 月 31 日前上报发证机关。

### （1）个人剂量监测

医院应为所有辐射工作人员配备个人剂量计，保证所有辐射工作人员在进行辐射工作时专人佩戴，定期（一般为 1 个月，最长不超过 3 个月）送有资质单位检测个人剂量，并建立个人剂量健康档案。同时对检测结果及时分析，若检测结果存在超过个人剂量管理限值的情况，应及时查明原因，及时解决。

### （2）辐射工作人员健康检查

医院应组织相关辐射工作人员每两年进行一次健康检查，并建立健康档案。未经体检和体检不合格者，不得从事放射性工作。

### （3）辐射环境及工作场所监测

#### ①监测要求

监测项目：周围剂量当量率

监测频次：竣工验收委托有资质单位进行辐射环境验收监测；项目投入运营后每年委托有资质单位进行一次辐射环境监测；医院自行购买监测仪器进行定期自主监测；定期（1 次/季度）委托有资质单位对个人剂量计进行检测。

监测范围：距 C 臂 CT 机房墙体、门、窗外表面 30cm，顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，地面下方（楼下）距楼下地面 170cm；门缝、控制室操作位、管线洞口及周围需要关注的监督区。

监测设备：现有 1 台便携式 X- $\gamma$ 辐射监测仪（需按国家规定进行剂量检定）。

监测质量要求：委托有资质监测单位进行监测，其仪器必须在检定有效期内，监测工作人员必须持证上岗；对监测中出现辐射超标问题，及时向院方提出，并提出整改意见，在院方整改完成后，进行复测，直至符合要求，提供满足要求的监测报告。医院自主监测时，所用仪器须按国家规定进行剂量检定，检测时须按《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）制定检测方案及实施细则执行。

### ②监测计划

为避免连锁装置失效，人员未能及时发现的情况，医院在日常运营过程中，工作人员应佩戴个人剂量报警仪，加强辐射工作场所巡测，确认安全后方可进入辐射工作场所开展诊疗。本项目监测计划见表 12-3。

表 12-3 辐射工作场所监测计划一览表

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	C臂CT机房	周围剂量当量率	1次/年	便携式X- $\gamma$ 辐射巡测仪（需按照国家规定进行计量检定）	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；门缝、控制室操作位、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
个人剂量检测		个人剂量当量	1个月，最长不超过3个月	个人剂量计	所有辐射工作人员	委托有资质单位监测

## 12.4 环保措施竣工验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环境部公告2018年第9号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。



本项目环保措施竣工验收一览表见表 12-4。

表12-4 竣工验收要求一览表

设备	验收项目		验收内容
C 臂 CT	程序合法性	环保手续	项目环评批复、辐射安全许可证重新申领
	建设内容		医院拟将医技楼 2 层东北侧的远程会诊中心等区域改造为 1 间 C 臂 CT 机房及配套功能用房，并新购 1 套 C 臂 CT 用于影像诊断和介入治疗。经与医院核实，本项目拟新购的 C 臂 CT 型号为 Cios Spin，主束方向朝上和四周，为单管头设备，最大管电压 125kV，最大管电流 250mA，属于 II 类射线装置。
	辐射防护设施及运行情况	屏蔽措施	本项目 C 臂 CT 机房观察窗（1 套）为 4.0mmPb 铅玻璃，防护门（4 套）均为 4.0mmPb 防护门，四侧墙体均采用 240mm 实心砖墙+20mm 硫酸钡防护涂料（折合 4.0mmPb 当量）作为屏蔽材料，顶棚采用 120mm 钢筋混凝土+3mm 铅板（折合 4.0mmPb 当量）作为屏蔽材料，地坪采用 120mm 钢筋混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料（折合 4.0mmPb 当量）作为屏蔽材料。 C 臂 CT 机房 1 间，有效使用面积约为 25.42m <sup>2</sup> （5.6m×4.54m）。C 臂 CT 机房最小单边长度、有效使用面积以及屏蔽防护水平满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。
		安全装置	工作人员防护门、受检者防护门和其余防护门处设有工作状态指示灯，门灯能有效联动；工作人员防护门、受检者防护门和其余防护门表面及机房过道外墙设计有电离辐射警告标志及中文警示说明；C 臂 CT 设备上及控制室控制台处各设计有 1 个急停按钮；C 臂 CT 机房内安装 1 套监控和 1 套对讲系统。
		废气处理	本项目 C 臂 CT 机房拟设“上进上排”的动力通排风系统，机房内产生的臭氧和氮氧化物由风机经排风管道抽排至医技楼楼顶排出室外。室外排风口位于建筑大楼立面，经风机抽排至大楼立面排放。 风管穿墙处、通、排风管道与吊顶接口处均采用 4mm 铅皮包裹作为屏蔽补偿，可满足屏蔽防护要求。
		警示标识	机房防护门上张贴电离辐射警示标志，控制室墙上张贴操作规程，辐射事故应急处理预案，岗位职责等。
		监测仪器	便携式 X-γ 辐射巡测仪 1 台，2 台个人剂量报警仪，每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计。
		防护用品	防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜 3 套，防护铅当量不低于 0.025mmPb 的介入防护手套 3 套；防护铅当量为 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏各 1 件。防护铅当量为 0.5mmPb 的方巾 1 套，防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶颈套、铅橡胶帽子含儿童、成人尺寸各 1 套。
		工作区域管理	对控制区和监督区进行分区管理并安装警示标志。
	人员配备	辐射防护与安全培训	所有辐射工作人员在生态环境部组织的培训平台上进行报名和培训并进行考核。
		人员职业健康监护	所有辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康监护档案。
		个人剂量监测	所有辐射工作人员配备个人剂量计，建立个人剂量档案。
	管理制度	辐射安全管理制度	《辐射事故应急预案》、《辐射防护安全管理制度》、《辐射工作人员岗位职责管理》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康管理制度》、《辐射工作人员培训、再培训管理制度》、《辐射工作人员资质管理制度》、《设备维护、维修与检查制度》、

		<p>《监测仪器校验与刻度管理制度》、《辐射监测方案》、《放射性同位素与射线装置管理制度》、《放射性药品的风险防控管理制度》、《放射性废物处理制度》、《场所设施退役（报废）管理制度》等。</p> <p>其中，《辐射防护安全管理制度》、《辐射监测方案》、《辐射工作人员岗位职责管理》、《辐射事故应急预案》、《设备维护、维修与检查制度》和《射线装置操作规程》需张贴上墙。</p>
验收监测	周围剂量当量率	C臂CT机房墙体（墙外30cm处），防护门及缝隙处、观察窗及缝隙处、管线穿墙处、第一术者位、操作位及楼上、楼下的周围剂量当量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

## 12.5 辐射事故应急

### （1）辐射事故应急要求

根据《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和防护管理办法》和《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案（2022年修订）》有关规定，医院应制定辐射事故应急预案，辐射事故应急预案应包括以下内容：

- ①应急机构和职责分工；
- ②应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- ③辐射事故分级与应急响应措施；
- ④辐射事故调查、报告和处理程序。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

### （2）医院现有辐射事故应急预案评价

为加强对辐射治疗设备的安全管理，保障公众健康，保护环境，医院已制定了《辐射事故应急预案》（见附件6），成立了辐射事故应急处理领导小组，组织、开展辐射事故的应急处理救援工作。该应急预案包括：

- ①编制依据；
- ②辐射事故分级；
- ③本院适应范围和工作原则；
- ④组织机构及职能：含医院应急工作领导小组构成，相关科室、部门工作职责；
- ⑤预防事故措施；
- ⑥应急处理措施；
- ⑦辐射事故的报告：含辐射事故报告，辐射事故调查处理，辐射事故应急值班电话。

### （3）针对应急预案，应完善的措施：

现有应急预案应补充应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备等内容。医院应明确应急仪器、设备的负责人及存放位置、做好应急和救助的资金、物资准备、加强应急人员的组织培训等。

根据《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》（云环通〔2018〕208号），本项目可能发生的辐射事故为一般辐射事故。一旦发生辐射事故，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

#### （4）辐射事故应急程序

一旦发生辐射事故，医生应立即按下急停按钮或断开电源开关，封闭现场后立即向科室负责人报告，科室负责人1小时内向辐射事故应急指挥领导小组报告，辐射事故应急指挥领导小组启动应急预案，并在2h内填报《辐射事故初始报告表》，向昆明市生态环境部门（热线12345）和公安部门（热线110）上报；造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向昆明市卫生健康委员会报告。医院辐射事故应急响应流程见图12-1。

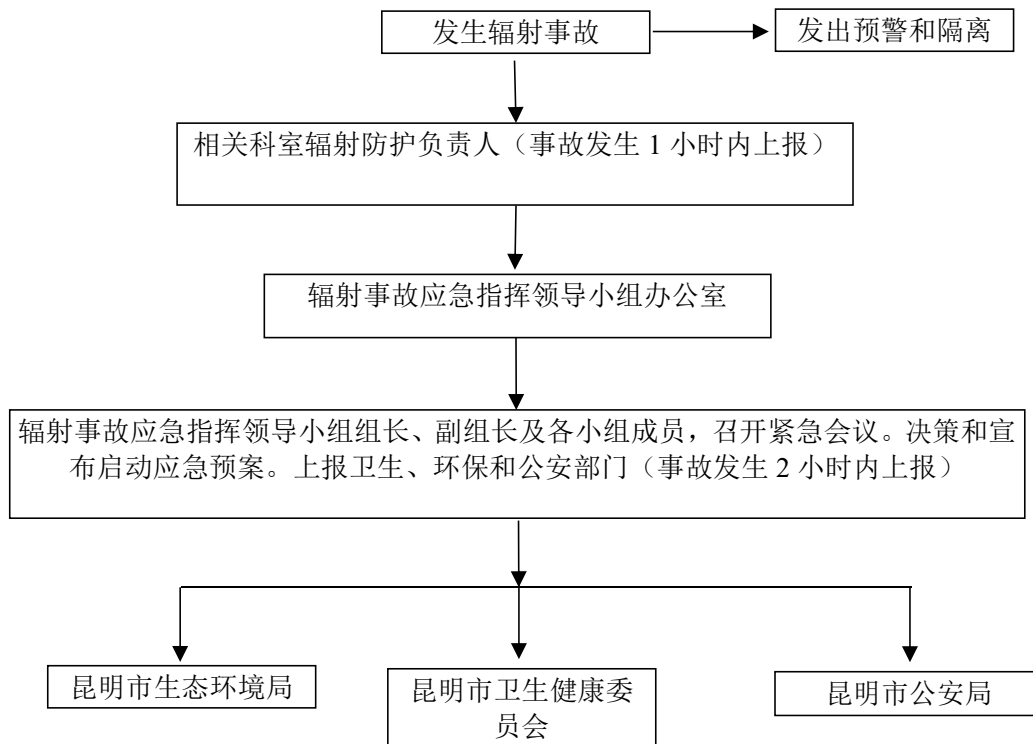


图 12-1 医院辐射事故应急响应流程图

为了能有效应对突发辐射事故，医院须每年进行应急人员的演习培训，模拟事故发生时应进行的流程和应采取的措施，当辐射事故发生时才能熟练、沉着、有效应对，将

事故的危害降到最低。

(5) 能力分析

表12.5-1 医院使用II类射线装置应具备的条件及符合性分析一览表

序号	应具备条件	规定要求	落实情况	报告要求
1	放射性诊疗项目的屏蔽设计	放射性诊疗项目机房建筑（包括辐射防护墙、门、窗）的防护厚度应充分考虑 X 射线直射、散射、漏射效应。	建设方按照设计单位的设计改造射线装置机房，并请有资质的单位进行防护门的设计、修建，能满足环评需要。	建设方应按计划认真做好相应的防护工作，做好日常监测。
2	安全联锁	射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	在使用场所拟设置工作状态指示灯、警示标志和门灯连锁装置。	建设方要严格执行相关操作规程、检修、检验工作，定期维护，确保辐射安全。
3	紧急制动装置	在诊断、诊疗室内墙上应安装多个串联并有明显标识的“紧急止动”开关，该开关应与控制台上的“紧急止动”按钮联动。一旦按下按钮，放射性诊疗设备的高压电源被切断。	在射线装置机房检查位设有紧急止动按钮，该装置与设备连锁，使误留于室内人员可通过紧急止动按钮使照射终止。	运营时严格按计划执行，定期维护，确保辐射安全。
4	警示标志	射线装置机房防护门外及与其他公共场所相连接处应设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，控制区边界应设置明显可见的警告标识。	机房工作区域拟设置警示标志和工作状态指示灯。	落实控制区、监督区的划分，设置警戒线和警示标志。
5	通风系统	放射性诊疗项目机房内应设置相应排风量的通风系统，使臭氧浓度低于国家标准要求。	射线装置机房采用上进上排的通风系统	定期维护，满足通风和防护屏蔽要求。
6	管理人员要求	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。	医院已根据要求成立辐射管理机构，全面负责医院日常的辐射安全与防护管理工作。	确保有符合要求的辐射安全与环境保护工作管理人员开展这方面的工作。
7	操作人员要求	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。	根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日发布的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中的相关要求（生态环境部公告 2019 年第 57 号），本项目所有辐射工作人员均在生态环境部组织的培训平台上进行报名和培训并进行考核。	辐射工作人员应培训合格后方可上岗，并按期复训。

8	辐射安全许可证	必须取得生态环境行政主管部门颁发的辐射安全许可证。	医院持有云南省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号：云环辐证[00067]；现有使用射线装置均已登记许可。	本项目审批完成后，及时重新申领《辐射安全许可证》。
9	设备维护	每个月对本项目诊疗设备的配件、机电设备和监测仪器，特别是安全连锁装置，进行检查、维护。	定期对本项目诊疗设备进行检查、及时维护更换部件。	医院应按计划认真做好相应的防护工作，完善相关制度和记录。
10	个人剂量管理	每名放射性仪器设备的操作人员应配备1个人剂量片。个人剂量片应编号并定人配戴，定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	本项目所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，并进行了送检，建立了个人剂量档案。	严格要求工作人员正确佩戴个人剂量计上岗，每个季度定期送检，并对检测结果及时分析，对检测结果存在超过个人剂量管理限值的情况及时上报查明原因，及时解决，个人剂量档案应终生保存。
11	档案记录	应建立设备运行、维修、辐射环境监测记录、个人剂量管理及维修记录制度，并存档备查。	医院拟对从事辐射工作的工作人员建立个人剂量档案，并定期对其进行个人剂量监测。医院建立了设备运行、维修档案。	医院应及时更新妥善保存相关档案。
12	辐射监测方案	应建立放射性诊疗项目的日常辐射监测方案。	医院已制定《辐射监测方案》。	项目运行后每年至少委托有资质的单位进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，监测数据定期上报生态环境主管部门备案。
13	辐射安全防护管理制度	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。	目前医院已具备和制定的管理制度：《辐射事故应急预案》、《辐射防护安全管理制度》、《辐射工作人员岗位职责管理》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康管理》、《辐射工作人员培训、再培训管理制度》、《辐射工作人员资质管理制度》、《设备维护、维修与检查制度》、《监测仪器校验与刻度管理制度》、《辐射监测方案》、《放射性同位素与射线装置管理制度》、《放射性药品的风险防控管理	医院应进一步完善各项规章制度，并落实专人负责。从事放射性诊疗的工作人员必须严格按照制定的规章制度和应急处理措施进行放射诊疗工作，所有制度应张贴上墙。

			制度》、《放射性废物处理制度》、《场所设施退役（报废）管理制度》等综合规章制度。	
14	废物处理方案	应具有确保项目产生固体废物、废水、废气达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	生活污水和医疗废水进入医院污水处理站预处理达标后排入市政污水管网；医疗废物采用专门的收集容器收集后，转移至医院医疗废物暂存间，委托具有医疗废物处置资质的单位处理；生活垃圾集中收集后交由环卫部门统一清运。	固体废弃物和废水合理处置。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

本项目位于云南省肿瘤医院医技楼 2 层（医技楼地上 6 层，无地下层），医院拟将医技楼 2 层东北侧的远程会诊中心等区域改造为 1 间 C 臂 CT 机房及配套功能用房，并新购 1 套 C 臂 CT 用于影像诊断和介入治疗。经与医院核实，本项目拟新购的 C 臂 CT 型号为 Cios Spin，主束方向朝上和四周，为单管头设备，最大管电压 125kV，最大管电流 250mA，属于 II 类射线装置。

本项目总投资为 660 万元，其中环保投资为 57 万元，占项目总投资的 8.6%。

#### 13.1.2 实践正当性结论

本项目 C 臂 CT 在运行期间将会产生一定的电离辐射，虽然会增加机房周围的电离辐射水平，但是采取前文所述的各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制。项目投入使用不仅满足患者就医需求，还将给医院带来更多的经济效益和社会效益，项目产生的效益远大于电离辐射导致的危害，因此符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

#### 13.1.3 产业政策及规划符合性结论

本项目为核技术在医学领域的运用。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订），本项目属鼓励类第十三项“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。

本项目选址于云南省肿瘤医院的医技楼 2 层，用地性质属于医疗卫生用地。本项目位于医院医技楼主体建筑内，故本项目用地也符合昆明市土地利用总体规划要求。

#### 13.1.4 项目选址、布局可行性结论

本项目 C 臂 CT 机房位于医院医技楼 2 层。本项目辐射工作场所边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑、道路和绿化，部分涉及院外道路，无居民区、学校、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。根据表 11 环境影响分析可知，经采取相应防护治理措施后，设备产生的电离辐射对周围环境与公众的影响是可接受的。因

此，项目建成后对周边环境的影响较小，选址合理可行。

本项目 C 臂 CT 机房配套有控制室、污洗清洗间、缓冲间、库房和更衣室等功能用房。C 臂 CT 机房和配套功能用房集中布置，机房位置相对独立且人流较少，C 臂 CT 机房与控制室等功能用房分开设置，区域划分明确，工作场所布局合理。

### 13.1.5 辐射环境质量现状

由监测结果可知，本项目拟建场所及周围环境的 $\gamma$ 辐射剂量率处于医院所在区域正常辐射水平范围内。

### 13.1.6 辐射安全与防护措施符合性分析

本项目 C 臂 CT 机房四侧墙体、顶棚、地面、防护门及观察窗屏蔽厚度均不低于 4.0mmPb 当量，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。设备自带辐射防护设备，医务人员工作时穿戴铅衣、铅手套、铅围脖、铅眼镜等防护用品，通过以上各项防护措施的综合使用，可有效减小 X 射线产生的辐射影响，对辐射工作人员和周围公众所致剂量满足本项目的管理限值要求。

另外，本项目工作人员防护门、受检者防护门和其他防护门均设有工作状态指示灯，能够做到门灯连锁，防护门均设有闭门装置；各防护门表面及机房过道外墙上设计有电离辐射警告标志及中文警示说明；C 臂 CT 设备上及控制室控制台处各设计有 1 个急停按钮；室内将安装 1 套监控和 1 套对讲系统。落实以上辐射安全措施后能够满足有关辐射防护安全要求。

### 13.1.7 环境影响评价结论

#### （1）施工期

本项目在施工期产生的废水、废气、固废、噪声污染在落实各项文明施工的措施后对环境影响较小。在安装调试阶段，各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在各机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近，人员离开时各机房时上锁并派人看守，对周围环境影响较小。

#### （2）营运期

##### ①辐射环境影响结论

根据理论分析计算结果，本项目射线装置正常运行时，机房外辐射剂量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的要求。本项目职业人员及公众年有效剂量均能够满足本项目职业人员



和公众人员年剂量约束值的要求。本项目手术医生腕部皮肤所受的年当量剂量满足本项目辐射工作人员腕部当量剂量不高于 125mSv 的年当量剂量约束值要求。由此可知，经机房实体屏蔽防护后，本项目拟建 C 臂 CT 运行后对机房周围医院工作人员、公众影响较小。

#### ②大气环境影响结论

本项目 C 臂 CT 机房内采用上进上排的通风系统，产生的臭氧可通过排风管道排出至室外，常温下自行分解为氧气，对环境影响很小。

#### ③水环境影响结论

本项目的废水主要为医护人员产生的生活污水及手术器械清洗产生的医疗废水，以上废水均依托医院污水处理站预处理达标后通过市政污水管网排入昆明市污水处理厂，对区域水体环境影响很小。

#### ④声环境影响结论

本项目运营期噪声主要来源于通风系统的风机，机房所使用的风机均为低噪声设备，其噪声值一般低于 65dB(A)，噪声较小，均处于风机房内，风机采用减震设计并通过建筑墙体隔声及距离衰减降低噪声影响后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求，对周围声环境影响较小。

#### ⑤固体废物环境影响结论

本项目 C 臂 CT 采用数字成像，无废胶片产生；手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物采用专门的收集容器分类收集后，转移至医院医疗废物暂存间暂存，按医疗废物转移联单制度，委托具有医疗废物处置资质的单位处理；工作人员产生的生活垃圾由医院分类收集后由当地环卫部门清运。本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

### 13.1.8 事故情况下辐射环境影响结论

根据事故情况估算结果，本项目 C 臂 CT 事故情况下可能产生的后果按《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》（2022 年修订）中规定判断为一般辐射事故。

医院已制定了辐射事故应急预案，各种辐射防护设施较齐全，效能基本可满足辐射防护要求，医院制定的各种安全管理制度较全面，按评价要求完善各种操作规程和制度后，在发生辐射事故情况下，启动应急预案并采取防护措施，可以有效控制辐射事故对环境的影响。

### 13.1.9 医院辐射安全管理综合能力分析结论

落实本评价措施后，建设单位拥有专业的辐射工作人员和辐射安全管理机构，有符合国家环境保护标准和安全防护要求的场所、设施和设备，建立了较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施，具有对 1 套移动式 C 臂 CT 系统（II类射线装置）的使用和管理能力。

### 13.1.10 项目环保可行性结论

综上所述，本项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”原则，正常工况下，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业及公众照射的要求。只要严格按照国家的有关法规及标准进行完善，加强运行管理，落实防护措施，建设单位具备对 1 套移动式 C 臂 CT 系统（C 臂 CT）的使用和管理能力。在落实本报告提出的辐射环境保护措施的前提下，本项目建设从辐射安全和环境保护的角度分析是可行的。

## 13.2 建议和承诺

### 13.2.1 建议

医院应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施自觉性，杜绝辐射事故的发生。

### 13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，医院承诺：

（1）医院承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

（2）医院承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。

（3）医院承诺加强辐射工作人员的管理，监督辐射工作人员防护用品的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、职业健康检查，并要求建立和保管辐射工作人员档案。

（4）医院承诺制定完善各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。按照辐射事故应急预案处理和上报辐射事故，并及时将应急预案向生态环境主管部门备案。

（5）医院承诺严格执行辐射工作场所监测计划，发现问题及时整改。

(6)要求组织所有辐射工作人员在生态环境部组织的培训平台上进行报名和培训并进行考核。

(7)医院承诺本项目环评审批后,及时变更辐射安全许可证中活动种类和范围及台账明细登记。

(8)按照国家相关法律法规和表 12-4 竣工验收要求一览表所列内容尽快开展环保设施竣工自主验收。

## 表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见:

经办人:

公章  
年 月 日

审批意见:

经办人:

公章  
年 月 日