

核技术利用建设项目

放疗中心新增直线加速器项目

环境影响报告表

(公示本)

自贡市中医医院
二〇二一年八月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

放疗中心新增直线加速器项目

环境影响报告表

建设单位名称：自贡市中医医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：自贡市自流井区龙汇南街 1000 号

邮政编码：643000

联系人：牟高建

电子邮箱：***

联系电话：***

目 录

表 1	项目概况.....	1
表 2	放射源.....	10
表 3	非密封放射性物质.....	10
表 4	射线装置.....	11
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	13
表 6	评价依据.....	14
表 7	保护目标与评价标准.....	17
表 8	环境质量和辐射现状.....	20
表 9	项目工程分析与源项.....	23
表 10	辐射安全与防护.....	32
表 11	环境影响分析.....	45
表 12	辐射安全管理.....	67
表 13	结论与建议.....	73

表 1 项目概况

建设项目名称	放疗中心新增直线加速器项目				
建设单位	自贡市中医医院				
法人代表	邓昭红	联系人	牟高建	联系电话	***
注册地址	自贡市自流井区龙汇南街 1000 号				
项目建设地点	自贡市高新区卧龙湖国际旅游度假区卧龙大道南侧 自贡市中医医院卧龙湖康疗中心内				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	***	项目保护投资（万元）	***	投资比例（环保投资/总投资）	***
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m ² ）	230
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类		
	其它	/			

项目概述

一、建设单位简介及项目由来

自贡市中医医院（统一社会信用代码：125102004509034771）是一所集医疗、教学、科研、预防保健于一体的国家三级甲等中医医院。医院占地面积29.2万m²，业务用房3.6万m²，编制病床总数600张。医院本部地处大安区马冲口街，在檀木林街和汇东新区分别建立有分院，在卧龙大道南侧建立有卧龙湖康疗中心。

医院在岗职工737人，高级专业技术人员115人，中级技术人员142人，硕士研究生40人。医院拥有全国老中医药专家、享受国务院特殊津贴专家、省市名中医、省

中医药管理局学术技术带头人等名医名家32人。

医院科室设置齐全，技术力量雄厚，开设有内科、外科、妇产科、儿科、骨伤科、肛肠科、针灸科、推拿科、皮肤科、药剂科、放射科、检验科、功能检查科等34个临床、医技科室。

医院检查手段完备，医疗设备先进，拥有CT、DR、超声、电子腹腔镜、电子支气管镜、电子胃肠镜、全自动生化分析仪、全自动化学发光测定仪、血液透析机、有创呼吸机、无创呼吸机、制剂设备等医疗诊疗设备以及层流手术室。

医院已取得四川省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（川环辐证[00584]），许可的种类和范围为：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；发证日期：2020年8月18日，有效期至2025年8月17日。

为了满足医院的发展需求，提高医疗服务质量，满足患者的治疗需要，医院拟在卧龙湖康疗中心放疗中心直线加速器机房安装1台10MV直线加速器（II类射线装置）、CT室安装1台CT模拟定位机（III类射线装置）。放疗中心为单层地下建筑，建筑面积约1070m²，本项目所在的放疗中心已于2020年7月15日在建设项目备案登记网已完成备案登记，备案号：***（具体见附件3）。

放疗中心已取得自贡市自然资源和规划局出具的建设工程规划许可证（选字第510302202105023）（见附件4），符合国土空间规划和用途管制要求。放疗中心建设工程设计方案已取得自贡市住房和城乡建设局《关于自贡市中医医院放疗中心建设工程设计方案的批复》（自住建勘设函〔2021〕36号）（见附件5）。

按照《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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第18号）规定和要求，使用10MV直线加速器需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部 部令第16号，2021年1月1日起施行），本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，应编制环境影响报告表，报四川省生态环境厅审批。因此，医院委托四川中环康源卫生技术服务有限公司编制该项目环境影响报告表（委托书见附件1）。

报告编制单位接受委托后进行了现场踏勘，实地调查了解项目所在地环境条件，在项目区域环境质量现状监测的基础上，按相应标准对项目可能造成的环境影响、项目单位从事相应辐射活动的的能力、拟采取的辐射安全防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

二、产业政策符合性

本项目系核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019年本）有关条款的决定>的相关规定，本项目属第一类鼓励类项目的第六项“核能”第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。本项目的运营可为自贡市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。

三、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：放疗中心新增直线加速器项目

建设性质：新建

建设地点：自贡市高新区卧龙湖国际旅游度假区卧龙大道南侧自贡市中医医院放疗中心内

（二）建设内容与规模

医院拟在卧龙湖康疗中心放疗中心直线加速器机房安装1台10MV 直线加速器（II类射线装置）、CT室安装1台CT模拟定位机（III类射线装置），具体建设内容及规模如下所述：

1、在放疗中心直线加速器机房安装1台10MV 直线加速器（II类射线装置，型号为 Elekta Infinity），用于全身肿瘤治疗。治疗时 X 射线最大能量为10MV，1m 处剂量率为6Gy/min；电子束最大能量为15MeV，1m 处剂量率为6Gy/min。每天治疗工作量为30人，每周5天，每年工作52周，每人最大治疗剂量为6野次，平均每野次出束0.5min，年治疗最大出束时间为390h。护士对患者进行摆位的时间为2min/人。

本次直线加速器机房占地面积181.76m²，净空面积（含迷路）88m²，机房尺寸（含迷路）为长14.2m×宽12.8m×高5.4m。其北侧设计有控制室、水冷机房，东北侧

设计有家属等待区。机房四面墙体、迷路、顶部和底部均是密度为 2.35g/cm^3 的钢筋混凝土，主射方向朝向西侧、东侧和顶部主屏蔽墙及底部。西侧和东侧主屏蔽墙厚均为 3000mm 、宽均为 4000mm ，次屏蔽墙厚均为 1800mm ；顶部主屏蔽墙厚 3000mm 、宽 4600mm ，次屏蔽墙厚 1800mm ；北侧“L”型迷路内墙厚 1500mm 、外墙厚 1400mm ；南侧屏蔽墙厚 1700mm ；防护门为 18mm 铅当量单扇电动推拉门。

2、在放疗中心 CT 室安装 1 台 CT 模拟定位机（III 类射线装置，型号为 Aquilion Lightning TSX-035A），用于模拟定位。机房净空面积 38.4m^2 ，长 6.4m ×宽 6m ×高 4.2m ，其北侧设计有控制室（净空面积 12.1m^2 ），长 5.5m ×宽 2.2m ×高 4.2m 。CT 室北侧与直线加速器机房墙体厚度 1800mm 混凝土共用墙体，南侧与后装机房（预留机房，不在本次评价范围内）墙体厚度为 800mm 混凝土共用墙体，其余侧为 370 实心页岩砖，观察窗为 3mm 铅当量铅玻璃，防护门为 3mm 铅当量单扇电动推拉门。CT 模拟定位机最大电压为 135kV 、最大电流为 300mA ，年曝光时间约 21.67h 。

本项目所涉及的医用射线装置采用数字成像，无废显、定影液及废胶片产生。项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	科室	场所	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	放疗中心	直线加速器机房	设备、数量	10MV 直线加速器 1 台	噪声、扬尘、废水、固体废物已在《自贡市中医院放疗中心项目环境影响登记表》（备案登记号：2021510300010000022）中进行了	X 射线、电子线、臭氧、噪声
			设备型号	Elekta Infinity		
			管理类别	II 类		
			使用场所	直线加速器机房		
			年曝光时间	390h		
			机房尺寸	占地面积 181.76m^2 ，净空面积（含迷路） 88m^2 ，机房尺寸（含迷路）为长 14.2m ×宽 12.8m ×高 5.4m		
1m 剂量率	治疗时 X 射线最大能量为 10MV ，1m 处剂量率为 6Gy/min ；电子束最大能量为 15MeV ，1m 处剂量率为 6Gy/min					

		屏蔽体结构 (墙体、迷道和顶部均为混凝土)	主射方向朝向西侧、东侧和顶部主屏蔽墙及底部： ①西侧主屏蔽墙厚 3000mm、宽 4000mm，次屏蔽墙厚 1800mm； 东侧主屏蔽墙厚 3000mm、宽 4000mm，次屏蔽墙厚 1800mm； 顶部主屏蔽墙厚 3000mm、宽 4600mm，次屏蔽墙厚 1800mm； 北侧“L”型迷路内墙厚 1500mm、外墙厚 1400mm；南侧屏蔽墙厚 1700mm； ②防护门为 18mm 铅当量电动门。	评价。	X 射线、 臭氧、 噪声
	CT (二) 室	设备、数量	CT 模拟定位机 1 台		
		设备型号	Aquilion Lightning TSX-035A		
		管理类别	III类		
		使用场所	CT 室		
		年曝光时间	21.67h		
		机房尺寸	机房净空面积 38.4m ²		
		屏蔽体结构	①CT 室北侧与直线加速器机房墙体厚度 1800mm 混凝土共用墙体，南侧与后装机房墙体厚度为 800mm 混凝土共用墙体，其余侧为 370 实心页岩砖； ②观察窗：3mm 铅当量铅玻璃； ③防护门：3mm 铅当量电动门。		
辅助工程	控制室、水冷机房等			生活垃圾、生活污水	
公用工程	候诊区、过道				
办公及生活设施	依托医生办公室、公共卫生间、污水处理站、医疗废物收集及暂存间等				
环保工程	废水处理依托医院污水管道和污水处理站；医疗废物依托医院医废暂存间及收集系统进行回收处理；放疗中心产生的废气经专用管道收集后引至已建 1#楼排放；办公、生活垃圾依托医院收集系统进行回收处理				

(三) 本项目主要原辅材料及能耗情况

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	使用量	来源	主要化学成分
主要原辅材料	—	—	—	—
	—	—	—	—
能	—	—	—	—

源	电(度)	10000	市政电网	—
	气 (Nm ³)	—	—	—
水量	地表水 (m ³)	20	—	—
	地下水	—	—	—

(四) 本项目涉及设备清单

表 1-3 本项目射线装置参数表

装置名称	数量	型号	所属科室	生产厂家	设备参数	管理类别	年出束时间	使用场所	备注
直线加速器	1 台	Elekta Infinity	肿瘤科	医科达 (英国) 有限公司	最大 X 射线能量 10MV、最大电子束能量 15MeV	II	390h	放疗中心负一层直线加速器机房	拟购
CT 模拟定位机	1 台	Aquilion Lightning TSX-035A	肿瘤科	日本佳能	电压 135kV 电流 300mA	III	21.67h	放疗中心负一层 CT 室	拟购

(五) 项目外环境关系和选址合理性

1、项目外环境关系

本项目位于自贡市高新区卧龙湖国际旅游度假区卧龙大道南侧自贡市中医医院 1 号楼南侧，外环境关系如附图 2 所示。

(1) **负一层：**本项目放疗中心所在地下负一层东南西三面埋地，北侧为已建 1 号楼一层（由于南北侧存在地势高差），主要为医务用房。

放疗中心项目建成后直线加速器机房北侧 50m 范围内依次为控制室（紧邻）、等候区、物理计划室、库房、土体、已建 1 号楼一层病案库等；西侧 50m 范围内依次为楼梯间及污物暂存间、污物通道和土体；北侧为土体；东侧 50m 范围内依次为 CT 室、后装机房、操作间、准备间、通道、楼梯间、通道、土体。

CT 室北侧 50m 范围内依次为控制室（紧邻）、服务器室、等候区、模具室、土体、已建 1 号楼一层总务库、清洁用品库等；西侧 50m 范围内依次为直线加速器机房、楼梯间、污物通道和土体；北侧为后装机房、土体；东侧 50m 范围内依次为通道、楼梯间、通道、土体。

(2) **地面一层（放疗中心正上方）：**放疗中心正上方现状为医院绿化带，本项目建成覆土后放疗中心正上方及四周用地功能不变，仍为医院绿化带。地面投影四

周外环境关系具体为：北侧50m范围内为医院已建1号楼；西、南、东三侧50m范围内均为医院绿化、医院道路。

2、选址合理性分析

从附图2、附图3可知，本项目直线加速器机房和CT室拟建位置位于医院1号楼南侧医院绿化带正下方，墙体50m范围内无院外环境保护目标。根据本项目预测结果，项目运营期产生的电离辐射经实体屏蔽防护后，直线加速器机房外剂量当量率即满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）要求，CT室外剂量当量率即满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求，直线加速器机房和CT室外人员所受年剂量即满足本次确定剂量约束值要求。直线加速器机房和CT室位于放疗中心负一层为独立场所，人员流动性较小，不会在机房周围长时间停留，亦减小了人员所受剂量；机房正上方地面投影为医院绿化带，本项目产生的电离辐射同时经机房实体和天然土体双重屏蔽以及距离衰减后，评价范围内保护目标所受剂量满足本次确定的剂量约束值。综上所述，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

（六）劳动定员及工作制度

表 1-4 本项目工作人员构成表

设备/项目	工作人员	合计
10MV 直线加速器	医师 2 人、技师 2 人、物理师 1 人、护士 2 人	7 人
CT	技师 2 人	2 人

劳动定员：本项目共配置辐射工作人员 9 人，直线加速器新增 1 名技师，1 名物理师，其余工作人员为利旧，具体如表 1-4 所示。

工作制度：实行 8 小时工作制，年工作日以 250 天计。

四、原有核技术利用情况

（一）医院原有核技术利用项目环保手续履行情况

（1）医院已取得四川省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（川环辐证[00584]），许可的种类和范围为：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；发证日期：2020 年 8 月 18 日，有效期至 2025 年 8 月 17 日。具体许可项目见附件 2。

（2）医院目前已涉及射线装置汇总见下表。

表1-5 医院已获许可使用的医用射线装置表

序号	装置名称	型号	主要参数	管理类别	台数	工作场所	备注
1	CR	HF50-RA	150kV 630mA	Ⅲ类	1	放射科（檀木林分院）	登记 上证、 在用
2	CR	HF50-RA	150kV 630mA	Ⅲ类	1	放射科（汇东分院）	
3	牙片机	BAY68（M）	70kV 7mA	Ⅲ类	1	放射科	
4	DR	Muitix	133kV 550mA	Ⅲ类	1	放射科	
5	CT	Optime CT680 Expert	140kV 500mA	Ⅲ类	1	放射科	
6	C臂	HML50C	220kV 23mA	Ⅲ类	1	手术室	
7	C臂	PLX7000B	125kV 4mA	Ⅲ类	1	手术4室	
8	DSA	UNIQ FD201	125kV 1000mA	Ⅱ类	1	放射科	

表 1-6 医院已获许可使用的放射性同位素表

工作场所	场所等级	核素	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	活动种类
自贡市大安区马冲口街 59 号 核医学科	乙级	¹²⁵ I 粒子源	1.776×10 ⁹	2.220×10 ¹²	使用

（二）辐射工作人员培训情况

自贡市中医医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院共有 70 名辐射工作人员，有 53 人参加了辐射安全与防护培训学习，并取得《辐射安全培训合格证》。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告2021年第9号）的相关规定，仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，有核技术利用单位自行组织考核，已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效，自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用

单位组织再培训和考核。

（三）是否发生过辐射安全事故

据了解，医院自取得《辐射安全许可证》以来，未发生过辐射安全事故。

（四）年度评估报告

医院在全国核技术利用辐射安全申报系统（rr.mee.gov.cn）中提交了“2020年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，医院对2020年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了评估说明。

（五）辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》等。

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，在落实各项辐射安全规章制度后，可满足原有射线装置防护实际需要。对医院现有场所而言，医院也已具备辐射安全管理的综合能力。医院应本次项目内容补充完善，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改。

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
1	¹²⁵ I 粒子	粒子源、半衰期 60.1d、中毒	使用	1.776×10 ¹⁰	1.776×10 ⁷	2.22×10 ¹²	用于开展 ¹²⁵ I 粒子植 入	器械植入	CT（1）室和 CT（2）室、 手术（9）室 和手术（10） 室、超声（1） 室	粒子储存室
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	最大电流 (mA) /剂量率 (Gy/min)	用途	工作场所	备注
1	10MV 直线加速器	II类	1	Elekta Infinity	电子	治疗时 X 射线最大能量 10MV，电子束最大能量为 15MeV。	X 射线治疗时 1m 处最大剂量率 6Gy/min，电子束治疗时，1m 处剂量率为 6Gy/min。	肿瘤治疗	放疗中心负一层直线加速器机房	本次新增

(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	CR	III类	1	HF50-RA	150	630	诊断疾病	放射科 (檀木林分院)	已上证，在用
2	CR	III类	1	HF50-RA	150	630	诊断疾病	放射科 (汇东分院)	已上证，在用
3	牙片机	III类	1	BAY68 (M)	70	7	诊断疾病	放射科	已上证，在用
4	DR	III类	1	Muitix	133	550	诊断疾病	放射科	已上证，在用
5	CT	III类	1	Optime CT680 Expert	140	500	诊断疾病	放射科	已上证，在用
6	C 臂	III类	1	HML50C	220	23	诊断疾病	手术室	已上证，在用
7	C 臂	III类	1	PLX7000B	125	4	诊断疾病	手术 4 室	已上证，在用
8	DSA	II类	1	UNIQ FD201	125	1000	诊断疾病	放射科	已上证，在用
9	CT 模拟定位机	III类	1	Aquilion Lightning TSX-035A	135	300	诊断疾病	放疗中心负一层 CT 室	本次新增

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
O ₃ （10MV 直线加速器 机房）	气体	—	7.33×10 ⁻⁴	经过专用通排风 系统排放	环境大气
O ₃ （CT 室）	气体	—	少量	经过专用通排风 系统排放	环境大气
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—

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

表 6 评价依据

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第二次修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议第二次修订,2020 年 9 月 1 日起实施）；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订；</p> <p>(8) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号，2016 年 6 月 1 日实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订）；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(11) 《射线装置分类》（环保部公告 2017 年第 66 号）；</p> <p>(12) 《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，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(13) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2012]77 号，环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日；</p> <p>(14) 《中华人民共和国生态环境部公告》（2019 年第 57 号）；</p> <p>(15) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发[2015]162</p>
------------------	---

	<p>号。</p> <p>(16) 关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》《环办辐射函[2019]853 号)；</p> <p>(17) 《关于贯彻落实 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》《川环办函[2019]507 号；</p> <p>(18) 《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》(生态环境部公告公告 2019 年第 57 号)。</p>
<p>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与格式》(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) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(5) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)；</p> <p>(6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)；</p> <p>(7) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)；</p> <p>(8) 《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》(GBZ165-2012)；</p> <p>(9) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(11) 《电子辐射工程技术规范》(GB50752-2012)；</p> <p>(12) 《医用 X 射线治疗卫生防护标准》(GBZ131-2017)；</p> <p>(13) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；</p> <p>(14) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98-2020)</p> <p>(15) 《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>

其他	<p>(1) 《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）；</p> <p>(2) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》（2012年3月）；</p> <p>(3) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）；</p> <p>(4) 委托书</p> <p>(5) 医院提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。</p>
----	--

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目产生的电离辐射经实体防护屏蔽和距离衰减后，对公众的影响较小。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》（HJ 10.1-2016）要求，参照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）对辐射监测技术要求，确定本项目直线加速器机房和 CT 室实体边界外 50m 范围内区域为评价范围。

保护目标

本项目环境保护目标主要是医院辐射工作人员和周围停留的公众。本项目直线加速器机房与 CT 室紧邻。本次评价范围内无院外保护目标，具体保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标（均在院内）

项目	相对位置	与辐射源距离(m)	人流量(人/d)	保护目标	照射类型	剂量约束值(mSv/a)	
直线加速器机房	负一层	北侧控制室	7.6~12	2	职业人员	职业	5.0
		北侧等候区	12~20.5	1~20	公众人员	公众	0.1
		北侧物理计划室、库房	20.5~26.5	1~20	公众人员	公众	0.1
		北侧已建 1 号楼一层病案库等	30~50	1~10	公众人员	公众	0.1
		西侧楼梯间及污物暂存间	6.6~10.4	1~10	公众人员	公众	0.1
		西侧污物通道	10.4~15.4	1~10	公众人员	公众	0.1
		东侧通道	15.3~18.1	1~10	公众人员	公众	0.1
		东侧楼梯间	18.1~27.7	1~10	公众人员	公众	0.1
	地面一层	机房正上方	6.7	1~20	公众人员	公众	0.1
	北侧已建 1 号楼	25.00~50.00	1~200	公众人员	公众	0.1	
CT 室	负一层	北侧控制室	3.6~5.8	2	职业人员	职业	5.0
		北侧服务器室、等候区	5.8~16.7	1~20	公众人员	公众	0.1
		北侧物理计划室、库房	16.7~24	1~20	公众人员	公众	0.1
		北侧已建 1 号楼一层总务库、清洁用品库等	26~50	1~10	公众人员	公众	0.1
		西侧楼梯间及污物暂存间	10.7~14.5	1~10	公众人员	公众	0.1
		西侧污物通道	14.5~19.5	1~10	公众人员	公众	0.1
		东侧通道	3.5~5.9	1~10	公众人员	公众	0.1
		东侧楼梯间、通道	5.9~15.5	1~10	公众人员	公众	0.1

地面 一层	机房正上方	6.7	1~20	公众人员	公众	0.1
	北侧已建 1 号楼	25.00~50.00	1~200	公众人员	公众	0.1

评价标准

一、环境质量标准

- (1) 大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。
- (2) 地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准。
- (3) 声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

二、污染物排放标准

- (1) 废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。
- (2) 废水：排入设置有二级污水处理厂的城镇排水系统的污水，执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准；医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的预处理标准。
- (3) 噪声：①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）表 1《建筑施工场界环境噪声排放限值》中的标准；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准。
- (4) 一般工业固体废物执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）。

三、电离辐射

1、剂量限值

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 4.3.3.1 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。

公众照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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。

2、剂量约束值

本项目职业照射按上述标准中规定的年有效剂量限值 1/4 执行，即 5mSv/a；公众照射按年有效剂量限值 1/10 执行，即 0.1mSv/a。

3、辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

直线加速器工作场所边界周围剂量率控制水平参照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）有关规定，治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平不大于 6.3.1 中 a）、b）、c）所确定的周围剂量当量率参考控制水平。同时加速器工作场所布局应符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）中有关规定。

参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）有关规定，距离 CT 室屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率不应大于 2.5 μ Sv/h。

四、臭氧浓度限值

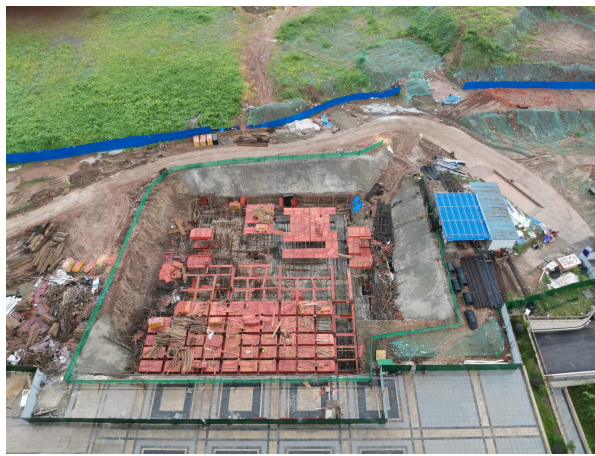
《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）、《环境空气质量标准》（GB3095-2012）标准要求。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理及场所位置

放疗中心新增直线加速器项目位于自贡市高新区卧龙湖国际旅游度假区卧龙湖大道南侧自贡市中医医院卧龙湖康疗中心内（地理位置图见附图 1），医院拟在放疗中心直线加速器机房安装 1 台 10MV 直线加速器（II 类射线装置）、CT 室安装 1 台 CT 模拟定位机（III 类射线装置）。项目位置现状照片如下：



放疗中心位置

二、现状监测及评价

1、环境现状评价对象及监测因子

本项目主要的污染因子为 X 射线，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域 X- γ 辐射剂量率进行了监测评价。

2、监测方法及仪器

为掌握项目所在地的辐射环境现状，2021 年 08 月 02 日，四川中环康源卫生技术服务有限公司对项目拟建场所进行了现场监测，监测报告见附件 6，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法
X- γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	主要参数	检定情况	
X-γ辐射剂量率	451P 型加压电离室 巡检仪 编号: YKJC/YQ-34	0.01μSv/h~50mSv/h 20keV~2.0MeV 校准因子: 1.02	仪器检定单位: 中国测试技术研究院 有效期: 2021.07.21~2022.07.20	天气: 晴 温度: 28.4~29.5℃ 湿度: 42.0~45.5%

3、质量保证

四川中环康源卫生技术服务有限公司, 通过了计量认证, 具备完整、有效的质量控制体系。

(1) 计量认证

从事监测的单位四川中环康源卫生技术服务有限公司通过了原四川省质量技术监督局的计量认证 (计量认证号: 152303100174), 有效期至 2021 年 12 月 9 日。

(2) 仪器设备管理

①管理与标准化; ②计量器具的标准化; ③计量器具、仪器设备的检定。

(3) 记录与报告

①数据记录制度; ②报告质量控制。

4、监测结果及评价

本项目在拟建直线加速器机房四周、正上方和评价范围内保护目标处布设了监测点位, 以了解项目区域 X-γ辐射剂量率背景。

具体监测点位布设和监测结果如下表所述:

表 8-3 拟建辐射工作场所及周围环境 X-γ辐射剂量率 单位: μSv/h

编号	X-γ辐射剂量率		监测位置	备注
	平均值	标准差		
1	***	***	拟建直线加速器机房位置	室内
2	***	***	拟建 CT 机房位置	室内
3	***	***	拟建放疗中心北侧 1 号楼一层	室内
4	***	***	拟建放疗中心北侧 1 号楼治未病中心(住院)主入口	室内

5	***	***	拟建放疗中心南侧	室外
6	***	***	拟建放疗中心西侧	室内
7	***	***	拟建放疗中心东侧	室外

本项目所在区域室内 X- γ 辐射剂量率背景值为***，在普通生活环境状态下，X- γ 辐射权重因子按 1 进行考虑，本项目所在区域 X- γ 空气吸收剂量率为***与四川省生态环境厅《2020 年四川省生态环境状况公报》中全省环境电离辐射水平（ $\leq 130\text{nGy/h}$ ）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

三、小结

本项目监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；监测方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

本项目所在的放疗中心土建工程施工期环境影响包含在“自贡市中医医院放疗中心环境影响登记表”中，放疗中心直线加速器机房和CT室需进行设备安装、管线敷设、铅玻璃窗和铅防护门及其他环境防护设施的安裝，施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物。施工期工艺流程及污染物产生环节见图9-1。

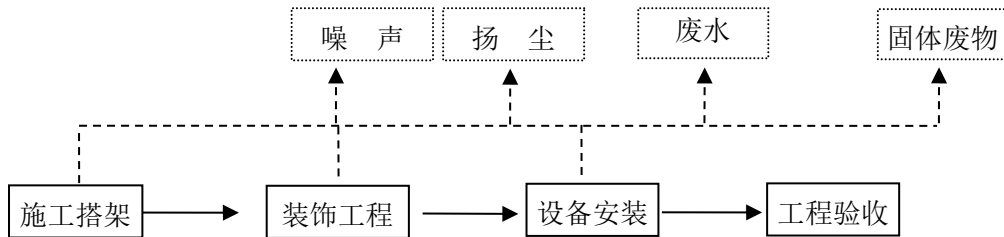


图 9-1 施工期工艺流程及污染物产生环节图

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ201.1-2007）中相关要求，本项目加速器机房在施工期严格按照施工规范进行施工，机房的混凝土浇筑一次整体浇筑并有充分的振捣，以防出现裂缝和过大的气孔。

在后期的室内装修及其他辐射防护设施安装过程中，在机房内、外墙上的电气部件（如配电箱、激光定位器等）的部位，应与同侧墙具有同等的屏蔽；迷道的防护门结构应考虑门因自身重量而发生形变、频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等问题，防护门应尽可能减小缝隙泄露辐射，通常防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍，墙体与防护门应有足够的搭接宽度，应预留防护门下沉沟槽。

1、扬尘

由于本项目施工期工程量较小，设备安装及管线敷设和环境防护设施安装过程中产生极少量扬尘。

2、噪声

由于主体工程施期间已预留有管线沟槽，设备安装及管线敷设和环境防护设施安装过程中会产生一定噪声。

3、废水

本项目施工期废水主要为施工人员的生活污水。

4、固体废物

设备安装及管线敷设和辐射防护设施安装过程中产生的装修垃圾和施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。

二、设备安装调试阶段工艺分析

本项目直线加速器和 CT 模拟定位机在安装调试阶段会产生 X 射线。在设备安装调试完后，现场会有少量的废包装材料产生。

项目直线加速器和 CT 模拟定位机的运输、安装和调试均由设备厂家安排的专业人员进行。在设备安装调试期间，医院应配合设备厂家专业人员加强安装调试现场的辐射安全管理，保证在此期间内放射工作场所设置的各类辐射安全防护措施正常运行。设备安装好后，应先启动安全联锁装置，并经确认系统正常后才可启动射线装置。在射线装置进行调试期间，应关闭机房防护门，在门外设置醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；安装人员离开机房期间，机房必须关闭上锁，钥匙交由专人看管或安排专人看守。

为确保加速器机房、CT 室工程屏蔽防护设施满足设计要求和辐射防护安全，提出以下施工管理要求：

①加速器机房、CT 室的土建施工必须符合其建设设计要求，机房混凝土施工过程中，对混凝土剪力墙及屋面屏蔽墙混凝土浇注应连续整体灌注，避免间断性施工作业，不留施工缝，防止屏蔽墙出现缝隙和气泡等现象，以防出现射线外泄；机房地面也要为混泥土地平；穿过屏蔽体的各种管道、电缆应采取适当的屏蔽防护措施，不得影响屏蔽体的屏蔽防护效果，其预留孔洞不得正对工作人员经常停留的地点。

②凡涉及射线装置的安装调试、维修的技术服务单位，必须是持有辐射安全许可证的单位。

③在设备安装及调试阶段，应加强辐射防护管理，应关闭机房防护门，在门外设置醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；射线源开关钥匙应安排专人看管。安装人员离开机房期间，机房必须关闭上锁，钥匙交由专人看管或安排专人看守。

三、运营期

1、10MV 直线加速器工艺流程及产污环节分析

(1) 设备组成及工作原理

本项目医用直线加速器属治疗类射线装置，主要用于肿瘤病人的放射性治疗，其治疗机理是根据肿瘤的不同情况通过模拟定位，采用 X 射线束（深部治疗）进行照射，使细胞分裂和代谢遭到破坏，杀死或者抑制细胞的繁殖生长，从而达到治疗的目的。物理师对肿瘤病人治疗计划设计时，严格按照相关标准，为病人的正常组织和医务人员的受照剂量进行计算-复核-模拟检测-实施中监测和健康监护等，并做好照射记录。根据病灶位置与性质及目的不同，给予的照射总剂量有所不同；治疗方法不同，给予的每野次剂量亦不同。

医用直线加速器的核心部位由电子枪、加速管和束流控制三个主要部分组成，由于直线加速器结构简单、造价低、不使用放射源，目前已成为医院放射治疗的主要手段。本项目医院拟购买 10MV 直线加速器 1 台，属 II 类射线装置，其结构图见附图 9-2，具体参数见表 9-1，

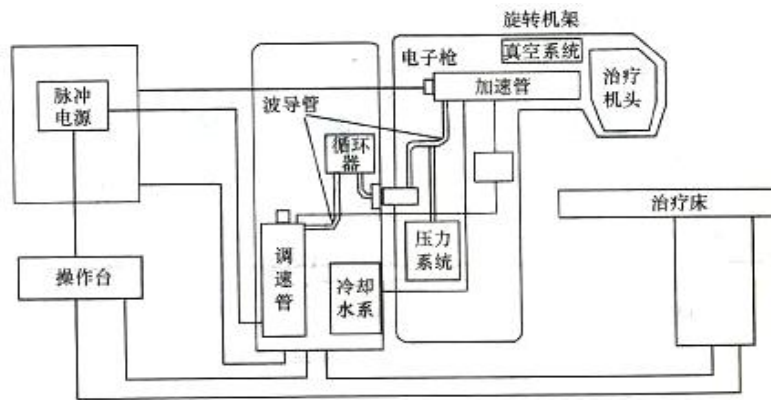


图 9-2 医用直线加速器结构示意图

表 9-1 10MV 医用直线加速器参数

厂家、型号	Elekta Infinity
最大 X 射线能量	10MV
最大电子线能量	15MeV
X 射线泄漏率	≤0.1%
X 射线 1m 处最大剂量率	6Gy/min
电子束 1m 处最大剂量率	6Gy/min
治疗角	0-360°
正常治疗距离	100cm

主射线最大出束角度	28°
等中心高度	124cm
最大照射野（SSD=1 米）	40 cm×40cm，多叶准直器最小厚度不大于 5mm

2、项目流程及产污环节

直线加速器治疗流程为：病人进行放射治疗的确诊并向患者告知可能受到辐射危害→职业人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪→模拟定位、进行体表标记→制定治疗计划、确定照射位置和剂量→病人进入加速器机房→关闭屏蔽门并开启安全联锁→加速器出束治疗、实施治疗→治疗完毕。本项目所使用的直线加速器治疗流程及产污位置见图 9-3。

通过分析可知，产污环节为：模拟定位时产生的 X 射线，加速器治疗过程中产生的 X 射线、电子线、臭氧以及风机、水冷机房水泵产生的噪声。

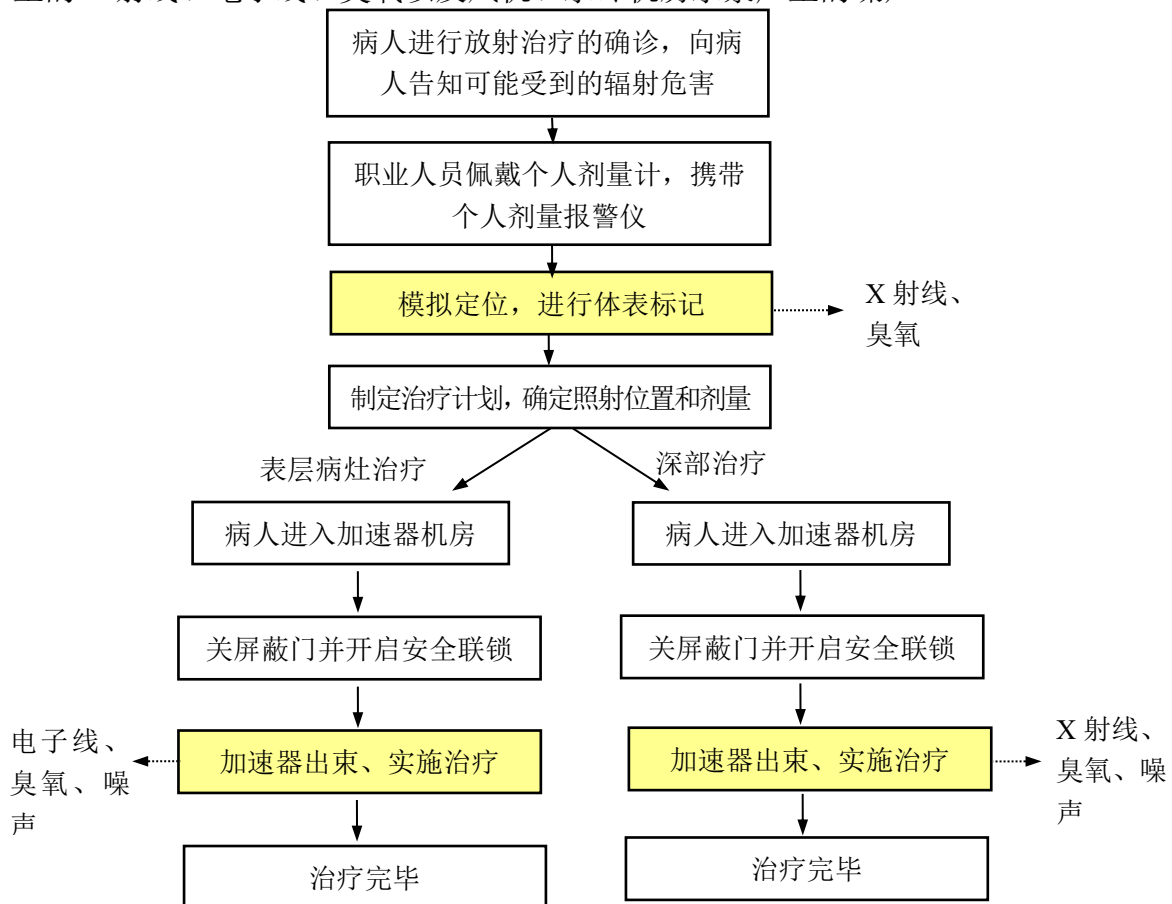


图 9-3 本项目加速器治疗流程及产污环节示意图

3、医护人员和患者路径

根据项目治疗流程，患者进入直加机房时需要医护人员协助其进行摆位，摆位完成后患者留在机房内等待治疗，医护人员退出机房进入操作室，关闭屏蔽门开启

安全联锁，加速器出束实施治疗。具体分流图可见下图 9-4。

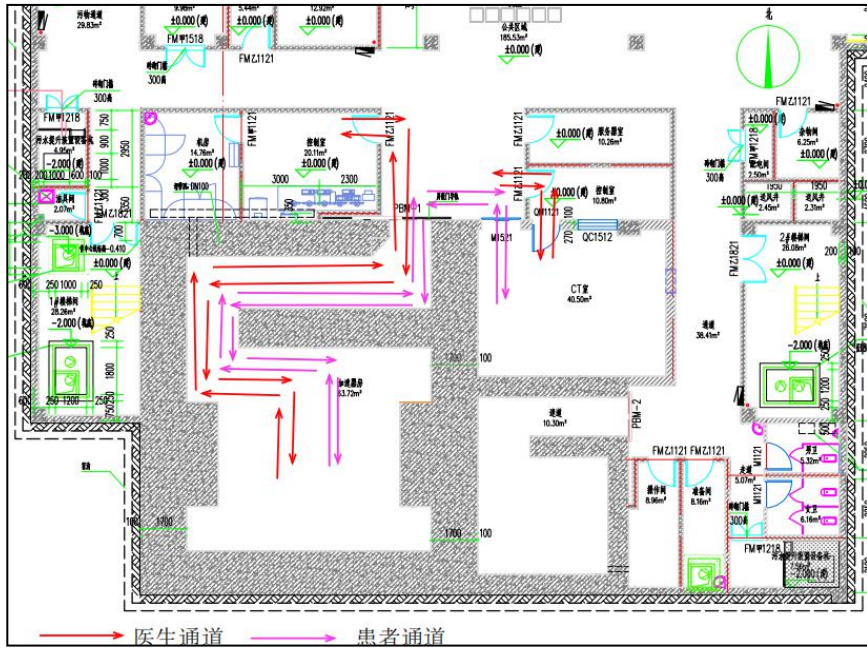


图 9-4 医用直线加速器人流、物流路径图

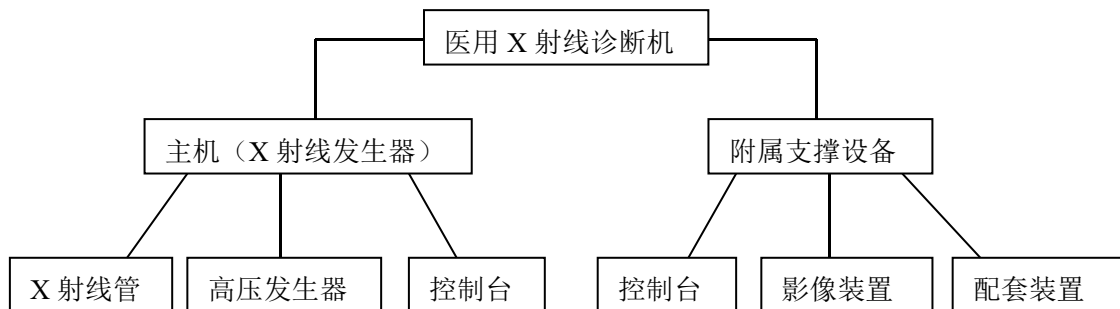
4、工作负荷

根据院方提供的资料，本项目10MV 医用直线加速器的运营时间为每天治疗工作量为30人，每周5天，每年工作52周，每人最大治疗剂量为6野次，平均每野次出束0.5min，年治疗最大出束时间为390h。护士对患者进行摆位的时间为2min/人。

(二) CT 模拟定位诊断流程及产污分析

1、设备组成及工作原理

CT 模拟定位机由 X 射线管、供给管电压的高压发生器、控制 X 射线质量和曝光时间的控制装置、影响采集装置、为满足诊断需要而配置的机械装置和辅助装置组成，具体见图 9-4。



9-4 医用 X 射线诊断机基本结构图

X 射线管: X 射线管是用来产生 X 射线的射线源,是 X 射线诊断设备的核心部分。X 射线管是玻璃外壳的真空二极管。它的阴极由钨丝烧成,当通以电流加热时,钨丝就在白炽状态下释放出自由电子。电子在阳极高电压作用下不断加速,撞击阳极而产生 X 射线。X 射线管的主要参数有灯丝加热电压、灯丝加热电流、最高管电压、最大管电流、最长曝光时间、标称功率等。X 射线管被包在特殊的管套内。X 射线管套包有铅屏蔽层以防止无用 X 射线泄漏,其 X 射线出束窗口除了材质本身的固有过滤外,还设置附加过滤片,以过滤去除低能 X 射线。

高压发生器:高压发生器的作用是把输入的交流电变成 X 射线管所需的直流电,并给 X 射线管灯丝提供加热电压。医用 X 射线诊断机输出管电压一般为 30kV 至 150kV,摄影时管电流可达数百 mA,但工作时间很短。

控制台:控制台主要通过连接电路实现对 X 射线管主要曝光参数(管电压、管电流、曝光时间等)的调节和控制。

影像装置:医用 X 射线诊断机靠终端的影像装置提供诊断信息。影像接收器根据 X 射线诊断机的具体功能与用途进行配置,如:荧光屏、电视设备、摄影设备、成像板、平板探测器及其他影像装置。

2、项目流程及产污环节

本项目 CT 模拟定位流程包括:病人候诊准备、向病人告知可能受到的辐射伤害、填写病例表信息、病人进入机房、关闭屏蔽门开启安全联锁、安排好患者位置、设定摄片能量、X 光机开机、数字成像、诊断定位。

由 X 射线装置的工作原理可知,X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线装置在非诊疗状态下不产生 X 射线,只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。

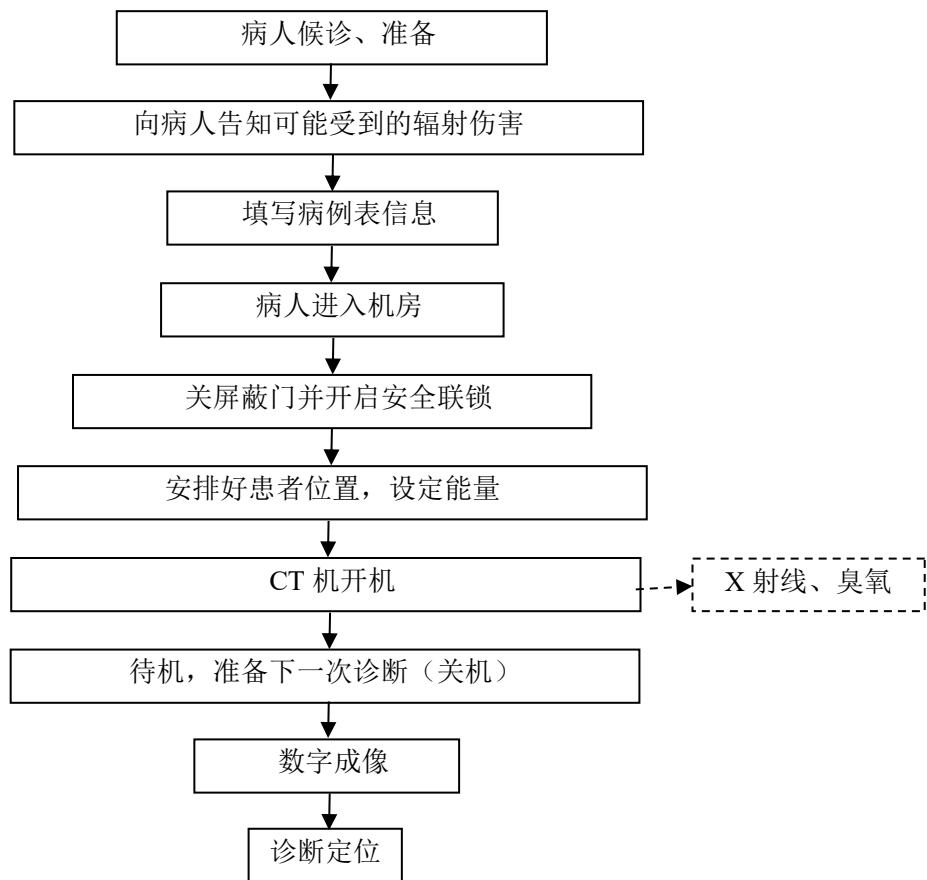


图 9-5 CT 诊断流程及产污环节示意图

3、医护人员和患者路径图

根据项目治疗流程，患者通过病人进出门进入 CT 室，在机房内等待治疗，医生通过操作室进入 CT 室知道病人摆位，关闭屏蔽门开启安全联锁，CT 曝光进行模拟定位。

4、工作负荷

本项目所用 CT 模拟定位机（III 类医用射线装置）工作负荷情况见表 9-2。

表 9-2 本项目 CT 工作负荷情况表

序号	使用场所	射线装置名称	工作负荷	每人最大曝光时间	年最大有效开机时间
1	门诊大楼一层放射科预留 CT（二）室	CT 机	7800 人次/年	10 S	21.67h

污染源项描述

(一) 施工期及设备调试安装

1、污染源项

本项目施工期没有辐射污染源项，施工期主工程量小，施工时间短，非放射性物质产生量较小。

射线装置的安装、调试须由设备厂家专业人员操作，同时加强辐射防护管理，严格限制无关人员靠近，防止发生辐射事故。由于设备的安装和调试均在射线装置机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

2、非放环境影响因子

施工期非放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

(二) 运行期

1、电离辐射

直线加速器在开机状态下产生 X 射线和电子束，CT 在模拟定位时产生 X 射线。

2、废气

直线加速器在曝光过程中使氧分子重新组合产生臭氧，直线加速器机房设置 2 个进风口、2 个排放口，采取“上进下出”方式，其中进风口均位于西侧次屏蔽墙两端中间的吊顶上，排风口分别位于东侧次屏蔽墙两端，距地 0.3m。进风口、排风管道管径均为 400×400mm，以“S”型管道穿墙，墙外侧安装轴流风机，将臭氧抽出机房。抽出的臭氧经 500×500mm 管道连接至已建 1#楼接至室外百叶。送风由杂物间送风井引进室外新风。

CT 在模拟定位时产生的臭氧，通过排风管道排至室外。

3、固体废物

本项目运营期固体废物主要为辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾，由环卫部门统一清运。

4、废水

生活污水利用医院既有污水处理设施处理后排入市政污水管网。

5、噪声

本项目噪声源主要为风机噪声。医院拟采用低噪音风机，其噪声值不超过 65dB (A)，且设备均处于地下负一层，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对外界声环境影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、辐射工作场所平面布置及两区划分

1、项目平面布置

医院拟在卧龙湖康疗中心放疗中心直线加速器机房安装 1 台 10MV 直线加速器（II类射线装置）、CT 室安装 1 台 CT 模拟定位机（III类射线装置）。本项目放疗中心所在地下负一层东南西三面埋地，北侧为已建 1 号楼一层（由于南北侧存在地势高差）。

放疗中心项目建成后直线加速器机房北侧依次为控制室（紧邻）、等候区、物理计划室、库房、土体、已建 1 号楼一层病案库等；西侧依次为楼梯间及污物暂存间、污物通道和土体；北侧为土体；东侧依次为 CT 室、后装机房、操作间、准备间、通道、楼梯间、通道、土体。

CT 室北侧依次为控制室（紧邻）、服务器室、等候区、模具室、土体、已建 1 号楼一层总务库、清洁用品库等；西侧依次为直线加速器机房、楼梯间、污物通道和土体；北侧为后装机房、土体；东侧依次为通道、楼梯间、通道、土体。

本项目辐射工作场所位于地下负一层，周围人员较少，流动性较小，设有专用的候诊区域，就诊通道，医生用房独立成区，病人、医生流线尽量互不交叉。放疗中心总图布置时已考虑了项目特点和周围环境对本项目可能存在的影响，使各科室病人能够就近诊疗，这样既方便了诊疗，又使辐射工作场所相对集中，以便于医院对辐射工作场所的集中统一管理。因此，本评价认为本项目总平面布置是合理的。

本项目平面布置图见附图 3。

2、辐射工作场所两区划分

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

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求有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。放射性工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区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；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。

结合项目诊治、辐射防护和环境情况特点，将直线加速器机房实体防护区域内（含迷路）划分为控制区，与机房相邻的控制室、水冷机房划为监督区。控制区和监督区划分情况见表 10-1。

表 10-1 项目控制区和监督区划分情况

项目	控制区	监督区
10MV 直线加速器	直线加速器机房实体防护区域内（含迷路）	控制室、机房
CT 机	CT 机房	控制室

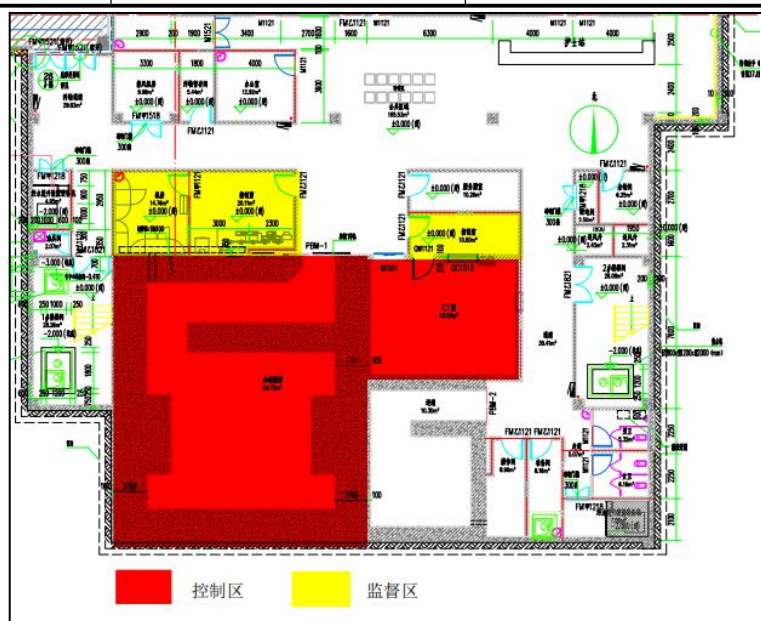


图10-1 本项目控制区和监督区划分示意图

(1) 控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志（图 10-2）；

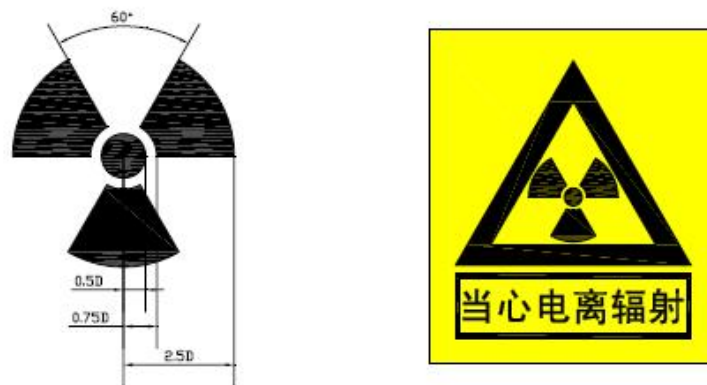


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志图

- ②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- ③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；
- ④在更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；
- ⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

(2) 监督区防护手段与安全措施

- ①以黄线警示监督区为边界；
- ②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- ③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

二、辐射防护设施及措施

(一) 直线加速器

1、对 X 射线的实体防护

医院对直线加速器机房采取了实体屏蔽措施，对机房使用面积按照《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）进行校核，具体见表10-2。

表 10-2 直线加速器机房的实体防护设施表

场所	机房净空面积	墙体		防护门	顶部
		结构及厚度		结构及厚度	结构及厚度
直线加速器机	88m ²	西侧	主屏蔽墙 3000mm 混凝土 宽 4000mm，		主屏蔽墙： 3000mm

房		次屏蔽墙 1800mm 混凝土	18mm 铅当量单扇电动推拉门	宽：4600mm 次屏蔽墙： 1800mm
	东侧	主屏蔽墙 3000mm 混凝土 宽 4000mm， 次屏蔽墙 1800mm 混凝土		
	南侧	1700mm 厚混凝土		
	北侧迷路	内墙 1500mm 厚混凝土、 外墙 1400mm 厚混凝土		

备注：混凝土密度2.35g/cm³。

从上表可知，本项目直线加速器机房实际使用面积约88m²，大于《放射治疗机房辐射屏蔽规范第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）要求的机房实际使用面积45m²。机房墙体、迷路和顶部均采用混凝土作为防护，防护门为18mm铅当量单扇电动推拉门，亦满足《GBZ/T201.2-2011》的相关要求。

2、通排风系统

直线加速器机房设置 2 个进风口、2 个排放口，采取“上进下出”方式，其中进风口均位于西侧次屏蔽墙两端中间的吊顶上，排风口分别位于东侧次屏蔽墙两端，距地 0.3m。进风口、排风口管径均为 400×400mm，以“S”型管道穿墙，墙外侧安装轴流风机，将臭氧抽出机房。抽出的臭氧经 500×500mm 管道连接至已建 1#楼接至室外百叶。送风由杂物间送风井引进室外新风。加速器工作时排风系统连续工作，通风频率为 4 次/小时（排风量约 1500m³/h），满足不低于 4 次/小时的设计规范要求。

本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）的要求。

3、对电子线的防护措施

本项目 10MV 医用直线加速器在按电子模式工作时，最大电子线能量为 15MeV，根据《辐射防护导论》，能量为 E（MeV）的单能电子束，在低 Z 物质中的射程（单位为 g·cm⁻²）约为能量（单位为 MeV）的 0.6 倍。本项目以电子档工作时最大电子线能量为 15MeV，射程为 15×0.6=9g/cm²，可以估算出 15MeV 的电子在密度为 2.35g·cm⁻³ 的混凝土中的深度约为 3.83cm，而本项目屏蔽体厚度最小的亦为 170cm 混凝土，对电子线能产生完全屏蔽，可不再作特殊防护要求，不再考虑对电子模式产生的 X 射线的屏蔽。

当电子束照射到人体时，由于带电粒子的速度远小于光速，加之人体密度较

低，产生的韧致辐射较低，主要以电离辐射为主，故本项目可不考虑。

4、辐射防护措施

(1) 操作人员隔室操作：本项目直线加速器控制室与机房之间以墙体隔开，机房内拟安装电视监控、对讲装置，控制室能通过电视监控观察机房内患者治疗的情况，并通过对讲机与机房内患者联系。机房内墙体交叉口距顶 200mm、迷路口距顶 200mm 处均安装有监控装置，保证机房内监控全覆盖，如图 10-4 所示。

(2) 操作台控制：防止非工作人员操作的锁定开关、对治疗室电视监控和对讲装置。

(3) 连锁装置

①**门-机连锁**：加速器机房铅门要与出束连锁，设连锁装置 1 套，屏蔽门未关好，加速器不能出束；加速器工作期间屏蔽门不能打开。

②**门-灯连锁**：加速器机房铅门与工作状态显示连锁，加速器机房防护门外顶部拟设置工作状态指示灯 1 套。加速器处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。

(4) 紧急制动装置和紧急开门按钮：除了加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上自带的紧急制动按钮外，机房内墙非主射线位置上、迷路门出口处均设置有中文标识的紧急停机按钮，共 3 个，误入人员按动紧急停机按钮就能使加速器停机；迷路出口处设置中文标识的紧急开门按钮 1 个。

(5) 工作状态显示及警示标识：加速器机房铅门上设置明显的电离辐射警告标志 1 套，出入口应有工作状态显示、声音、光电等警示措施。

(6) 在加速器机房墙上安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能）1 个，探头安装在机房迷路内墙上（靠近防护门），只要迷路内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警。

(7) 时间防护：通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间。

(8) 个人防护：加速器机房的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值的自动报警仪。

(9) 加速器将由生产厂家进行质保维修，医院设备科人员仅对加速器进行日常维护（如电路、开关、机电等维护）。

以上辐射防护措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。

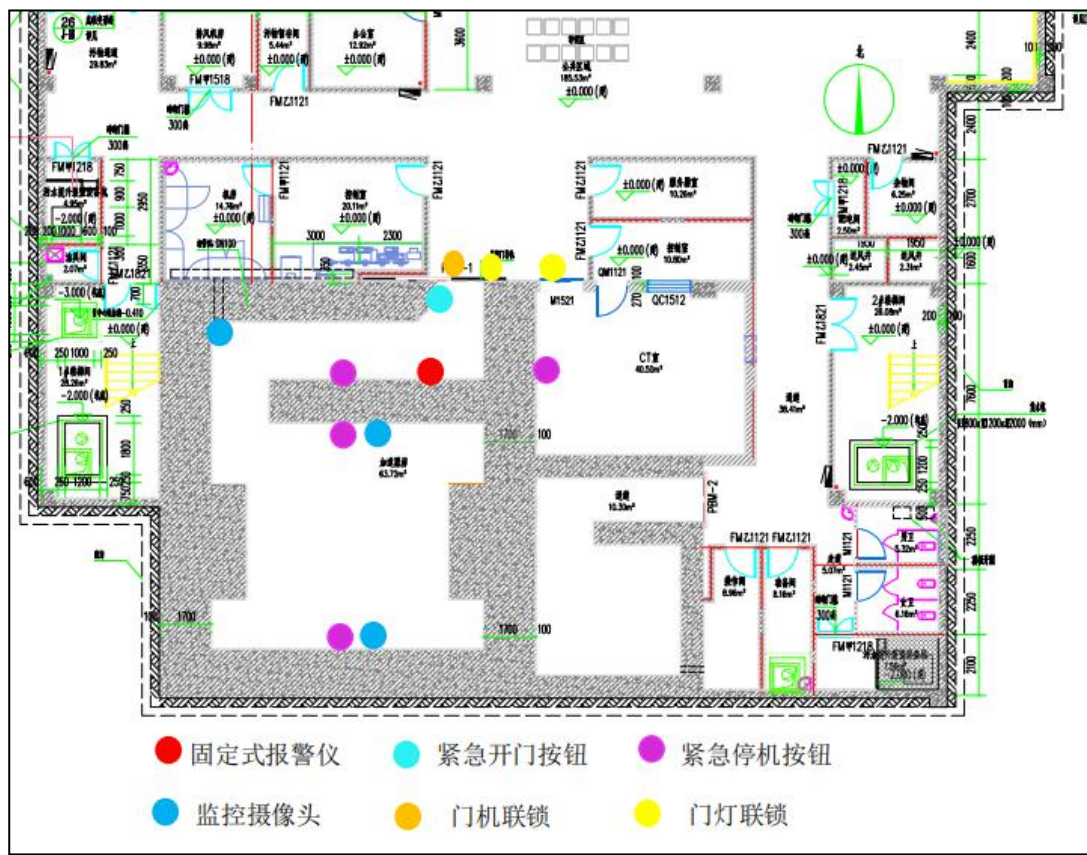


图 10-3 本项目辐射安全设施布置图

5、设备固有安全性分析

加速器只有在通电开机时才有X射线、电子线产生，断电停机即停止出束；通过多叶准直器定向出束，其他方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽。

(1) 加速器只有在通电开机时才有 X 射线、电子线产生，断电停机即停止出束；通过多叶准直器定向出束，其他方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽。

(2) 条件显示联锁：当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当机房与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

(3) 控制台上设有蜂鸣器，在加速器工作时发出声音以警示人员防止误入。

(4) 治疗床旁、加速器主机和控制台上安装紧急制动按钮。

(5) 有时间控制联锁，当预选照射时间定时，定时器能独立地使照射停止。

(6) 有防止非工作人员操作的锁定开关。

从加速器固有安全性能可以看出，加速器在防止事故发生方面，设有相应措施。只要操作人员按照加速器说明书要求严格执行，就能够减少 X 射线、电子线

对人员的辐射危害和降低辐射事故的发生率。

6、加速器治疗项目对患者的防护要求

在满足治疗和诊断要求前提下，根据治疗和诊断要求以及病人实际情况制定最优化的治疗、诊断方案，减少工作人员所受剂量，也保护患者受到多余剂量的照射。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“医疗防护最优化”的要求，医院制定《治疗照射最优化方案》需要包括以下内容：

（1）医用放射性设备要求：医疗照射的系统应当可及时发现系统内单个部件的故障，以使对患者的任何非计划医疗照射减至最小，并有利于尽可能避免或减少人为失误。医院同时应在设备供货方的合作下，使设备时刻处于安全状态。

（2）操作要求：应按照电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871-2002）的要求完善对婴儿及孕妇的防护。

（3）医疗照射的质量保证：医院按要求在放射治疗中配备了相应的治疗医师、物理师、技师等，并制定了质量保证大纲（方案）。

（4）对病人的防护措施，应做到：

①根据临床检查结果，对患者肿瘤诊断和治疗方式利弊进行分析，选取最佳治疗方案，并制定最佳治疗计划。

②在保证肿瘤得到足够精确致死剂量使其得以有效抑制或消除的前提下，按病变情况，采用适当技术措施，保护照射野以外的正常组织和器官，使受照剂量尽可能小，以获取尽可能大的治疗效果。

③定期对治疗中患者进行检查和分析，根据病情变化需要，调整治疗计划，密切注意体外放疗中出现的放射反应和可能出现的放射损伤，采取必要的医疗保护措施。

④在治疗过程中，医院应当为患者穿戴合适的防护用品（如铅衣、铅围裙），采用体模或面模固定病人，制作铅档块，对敏感器官和组织进行屏蔽防护。

⑤患者治疗过程中详细记录设备运行情况，发现异常，分析原因并及时修正。

⑥照射过程中，通过电视监视病人，发现异常应立即停止照射，继续治疗时应重新设定。严禁患者治疗完后在治疗场所逗留。

医院需制定《治疗照射最优化方案》，并严格按照该规程操作；在每次使用治疗之前，医院应告知病人本次治疗或诊断所受到的辐射剂量率水平，尊重患者

及其家属享有的知情权。

(二) CT 机

1、辐射工作场所辐射防护措施

医院对 CT 采取了屏蔽措施,并对照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)进行校核,机房屏蔽措施满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求,具体见表 10-3。

表10-3 CT机房的实体防护设施对照表

机房	使用面积	结构及厚度			
		四周墙体	屏蔽门	观察窗	顶部
放疗中心CT室	38.4m ² (最小单边长度6m)	CT室北侧与直线加速器机房墙体厚度1800mm混凝土共用墙体,南侧与后装机房墙体厚度为800mm混凝土共用墙体,其余侧为370实心页岩砖(>2.5mm铅当量)	3mm 铅当量	3mm 铅当量	200mm页岩实心砖+1200mm回填土(>2.5mm铅当量)
CT机房(不含头颅移动CT) CT模拟定位机房	最小有效使用面积30m ² ,最小单边长4.5m	2.5			
备注	满足要求				

备注:①表中材料混凝土的密度为 2.35g/cm³, 砖的密度为 1.65g/cm³, 铅的密度为 11.3g/cm³, 屏蔽门使用铅防护门, 观察窗使用铅玻璃。②根据《辐射防护手册》(第三分册)表 3.3, 实心砖在 135kV 情况下对应的铅当量厚度, 查表根据内插法可得 200mm 页岩实心砖相当于 2.19mm 铅。

2、安全防护措施

①门灯连锁: 机房防护门外顶部拟设置工作状态指示灯 1 套。防护门关闭时, 指示灯为红色, 以警示人员注意安全; 当防护门打开时, 指示灯灭。

②操作警示装置: X 射线系统出束时, 控制台上的指示灯变色, 同时蜂鸣器发出声音。

③对讲装置: 在机房与控制室之间拟安装对讲装置, 控制室的工作人员通过对讲机与机房内的病人联系。

④警告标志: 机房防护门外的醒目位置, 设置明显的电离辐射警告标志 1 套。

⑤紧急止动装置: 机房内的适宜位置, 装设供紧急情况使用的强制终止照射

的紧急止动按钮，以使机房内的工作人员按动紧急止动按钮以使机器停机。

⑥设备防护：辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值自动报警仪；对于患者未拍片部位采用铅橡胶布进行防护（0.5mm 铅当量）；对于陪护人员采用佩戴铅衣、铅手套、铅围裙等进行防护（0.5mm 铅当量）。

3、分区防护

机房严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将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，以免受到不必要的照射。

三、辐射安全防护设施对照分析

根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400号），将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-4。

表 10-4 本项目辐射安全防护设施对照分析表

辐射安全防护设施		落实情况	备注	
10MV 直线加速器	实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	本次新增	/
		铅防护门	本次新增	/
	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	仪器自带	/
		加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	仪器自带	/
		电视监控与对讲系统	仪器自带	/
		条件显示连锁、控制超剂量的连锁装置、时间控制连锁	仪器自带	/
		门机连锁、门灯连锁	本次新增	/
	警示装置	入口电离辐射警示标志	本次新增	/
		入口加速器工作状态显示	本次新增	/
		机房内准备出束音响提示	仪器自带	/
		控制台上蜂鸣器	仪器自带	/
	紧急设施	紧急开门按钮	本次新增	迷道出口处的铅门内侧墙上，按钮高度 1.2m
		监控、对讲装置	本次新增	保证机房全覆盖
		紧急停机按钮	本次新增	机房内非主射面墙上、迷道口有按钮，

				高度 1.2m
	监测设备	机房内固定式剂量报警仪	本次新增	探头朝向迷道内
		个人剂量报警仪	本次新增	/
		个人剂量计	本次新增	/
CT	场所设施	铅防护门	本次新增	/
		铅玻璃	本次新增	/
		工作状态指示灯	本次新增	/
		电离辐射警告标志	本次新增	/
		门灯连锁装置	本次新增	/
		室内安装紧急制动装置	本次新增	/
	监测设备	对讲装置	本次新增	/
		个人剂量计	本次新增	/
			个人剂量报警仪	本次新增
其它		机房门防夹人装置	本次新增	/
		便携式X射线辐射监测仪	本次新增	/
		病人未受照部位防护设施、陪护人员防护设施	本次新增	铅橡胶布、铅衣、铅手套、铅围裙等 (0.5mm 铅当量)
		通风系统	本次新增	/
		火灾报警仪	本次新增	/
		灭火器材	本次新增	/

四、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，医院将投入一定资金建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见下表。

表 10-5 环保设施及投资估算一览表

项目	辐射安全防护设施		数量 (套/个)	投资金额 (万元)
10MV 直线加 速器	实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	1	***
		铅防护门	1	***
	连锁装置	门机连锁、门灯连锁	1	***
	警示装置	入口电离辐射警示标志	1	***

		入口加速器工作状态显示	1	***
	紧急设施	有中文标识的紧急开门按钮	1	***
		监控、对讲装置	1	***
		有中文标识的机房内紧急停机按钮	3	***
		有中文标识的固定式剂量报警仪	1	***
	监测设备	个人剂量报警仪	2	***
		个人剂量计	14个(7人, 每人2个)	***
CT	场所设施	四周墙体+屋顶屏蔽	1	***
		铅防护门	2	***
		铅玻璃	1	***
		工作状态指示灯	1	***
		电离辐射警告标志	1	***
		门灯联锁装置	1	***
		有中文标识的室内紧急止动装置	1	***
	监测设备	个人剂量计	4个(2人, 每人2个)	***
		个人剂量报警仪	1	***
		患者、陪护人员防护	2	***
其它	便携式X射线辐射监测仪	1	1.0	
	通风系统	2	0.5	
	火灾报警仪	1	0.01	
	灭火器材	1	0.1	
合计	/	/	126.53	

本项目总投资***万元，环保投资***万元，占总投资的***。今后医院在医用射线装置应用项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合医院实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时医院应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

一、废气

施工期产生的废气主要是施工扬尘，通过对施工范围、施工时间段的控制以及施工现场管理等手段，降低对环境的影响。

直线加速器机房设置 2 个进风口、2 个排放口，采取“上进下出”方式，其中进风口均位于西侧次屏蔽墙两端中间的吊顶上，排风口分别位于东侧次屏蔽墙两端，距地 0.3m。进风口、排风口管径均为 400×400mm，以“S”型管道穿墙，墙外侧安装轴流风机，将臭氧抽出机房。抽出的臭氧经 500×500mm 管道连接至已建 1#楼接至室外百叶。送风由杂物间送风井引进室外新风。加速器工作时排风系统连续工作，通风频率为 4 次/小时（排风量约 1500m³/h），满足不低于 4 次/小时的设计规范要求。

本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）的要求。

二、固废

施工装修过程中产生的渣土运至政府指定的渣土堆放场，废弃包装物部分回收利用，部分与生活垃圾一同依托医院现有垃圾收集设施收集，最终由市政环卫统一清运。

运营期产生的生活垃圾依托医院现有垃圾收集设施收集，最终由市政环卫统一清运。

三、废水

施工废水沉淀后循环使用，不外排；施工期生活污水依托医院既有污水处理设施处理后排入市政污水管网。

运营期产生的生活污水依托医院既有污水处理设施处理后排入市政污水管网；本项目加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排。

表 11 环境影响分析

施工期环境的影响

本项目所在的放疗中心土建工程施工期环境影响包含在“自贡市中医医院放疗中心环境影响登记表”（备案号：20215103000100000022）中。本项目在土建施工基础上需进行设备安装、管线敷设、铅防护门及其他辐射防护设施的安装。对于施工期将产生扬尘、噪声、生活污水及固体废物，提出了以下施工要求：

1、施工期的大气污染防治对策措施

本工程施工期对大气的环境影响主要为施工扬尘和施工机械尾气污染。车辆运输等产生的扬尘在短期内将使局部区域空气中的 TSP 增加；施工机械（运输车辆）产生的尾气在一定程度上影响空气质量状况，主要污染物为 CO、NO_x。本环评针对扬尘提出以下控制措施：

①施工前须制定控制工地扬尘方案，施工期间接受城管部门的监督检查；

②施工现场合理布局，对堆料场地和工地道路要硬化，对易扬尘物料加盖苫布；施工现场封闭作业，施工现场出入口设置喷淋、冲洗等设施，避免车身、车轮带泥上路。施工作业停止后，对裸置场地和临时堆放的建筑垃圾采用密闭式防尘网进行遮盖或者实施绿化覆盖；

③土方施工，当风力达到 4 级时停止作业；

④严格落实施工现场管理，全面督察建设工地现场管理“六必须”、“六不准”执行情况，确保达到《四川省施工场地扬尘排放标准》要求；

通过采取上述措施后，确保施工扬尘满足《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB51/2682-2020）中“拆除工程/土方开挖/土方回填阶段 $\leq 600\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其他工程阶段 $\leq 250\mu\text{g}/\text{m}^3$ ”的要求，因工程施工期较短，因此本工程的建设对工程区域大气环境的影响可在短期内恢复，不会对区域大气环境产生明显影响。

2、施工期的噪声污染防治对策措施

严格落实噪声污染防治措施，医院通过选用低噪声设备，按操作规范操作机械设备，尽量减少碰撞噪声，对工人进行环保方面的教育，合理安排施工时间午间和夜间休息时间、合理布局、确保施工期间不扰民等措施后，对周围环境影响较小。

3、施工期固体废物处置及管理

①为减少回填土的堆放时间和堆放量，应精心组织施工，先后有序，后序施工点开挖的土方应作为先期施工点的回填土方，既减少了对环境的污染，又可节约工时和资金。

②回填方场周围应加护墙护板，防止雨水冲刷造成水土流失及堵塞排水管。

③主体工程施工和装饰工程施工产生的废弃物料等建筑垃圾应及时清运至市政指定的堆放场。施工单位应按照国家有关规定的有关建筑垃圾和工程渣土处置管理规定，与接纳单位签定环境卫生责任书，确保运输过程中保持路面整洁，施工单位应有专人负责，对建筑垃圾的处置实施现场管理。

④施工人员产生的生活垃圾均由市政环卫部门清运统一处置。

⑤在工程竣工以后，施工单位应同时拆除各种临时施工设施，并负责将工地的剩余建筑垃圾、工程渣土处理干净，做到“工完、料尽、场地清”。建设单位应负责督促施工单位的固体废物处置清理工作。

⑥不占用或者短时间内不占用地表应进行覆盖，防治水土流失；施工完成后应当及时进行绿化或硬化，尽快完成施工后场地恢复。

4、施工期地表水污染防治措施

严格落实水污染防治措施。按照“雨污分流”原则，优化管网系统设置，防止废水进入雨水排放系统。施工期，施工废水经沉淀处理后回用。

为了减小施工期间废水对周围环境的影响，还需采取以下措施：

①严格按照施工方案进行围栏施工，施工场地进行打围作业；

②施工期间严禁泥沙、施工废水等进入地表水，施工废渣应当运至市政指定的废渣堆放场进行处置，不得随意倾倒，确保不对表水水体产生污染；

③施工生产废水须集中收集，经沉淀池处理，可回用于车轮冲洗、设备清洗、抑尘用水等，不得外排，采取上述措施后对区域内的地表水不会产生显著影响。

5、防辐射泄露施工要求

①根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），本项目机房在施工期间应做到：机房墙体应进行整体浇筑，使用满足要求的混凝土，强度等级应不低于 C50、S8，混凝土密度 2.35g/cm³；穿过加速器

机房墙体的各种管道、电缆、进、排风口在主屏蔽墙以外的墙体贯穿，贯穿口采用斜穿方式，应进行相应的屏蔽补偿。

②根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》

(GBZ/T201.1-2007) 4.8.8: 防护门结构应考虑因自身重量而发生形变，频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等原因，其宽于门洞的部分应大于“门—墙”间隙的十倍。

6、安装调试

本项目设备安装、调试由设备厂家专业人员操作，同时加强辐射防护管理，严格限制无关人员靠近，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在直线加速器机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

医院强化施工期环境管理，严格落实施工期各项环保措施，采取有效措施，尽可能减缓施工期对环境产生的影响。

运行阶段对环境的影响

一、X 射线环境影响分析

(一) 加速器 X 射线环境影响分析

1、加速器机房主屏蔽区宽度校核

本项目 10MV 直线加速器机房，主屏蔽区包括屋顶及墙体部分位置，主射线的最大出束角度为 28° 。主屏蔽区示意图如图 11-1。

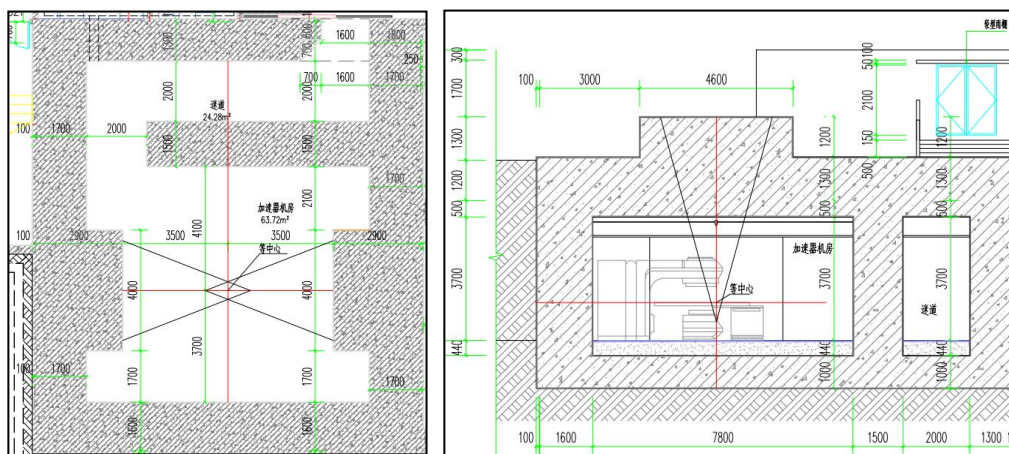
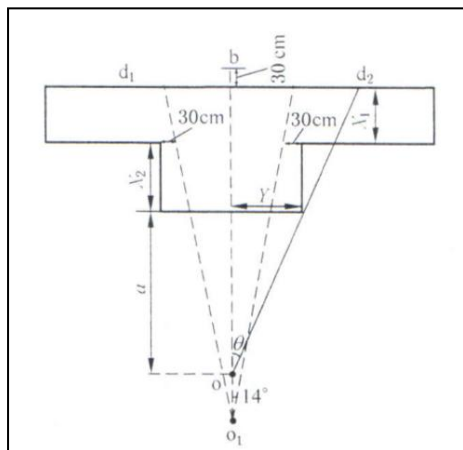


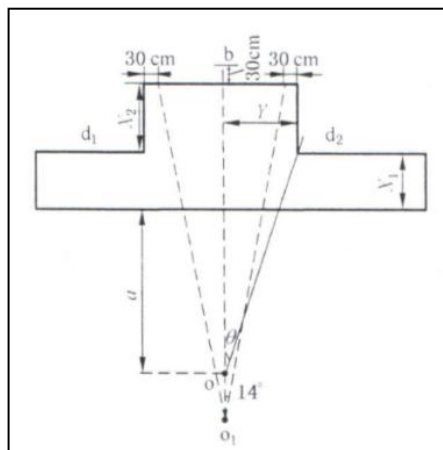
图 11-1 本项目加速器机房主射屏蔽范围计算示意图

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）附录D，加速器主屏蔽区宽度计算分为以下两种情况，对应的主屏蔽半宽度Y的计算公式如下：



主屏蔽区内凸

$$Y = (100 + a + X_2) \text{tg}14^\circ + 30$$



主屏蔽区外凸

$$Y = (100 + a + X_1 + X_2) \text{tg}14^\circ + 30$$

本项目中，西侧和东侧的主屏蔽墙体为内凸，顶部主屏蔽墙为外凸，因此对应的主屏蔽区宽度校核见表 11-1。

表 11-1 本项目加速器机房主屏蔽区宽度校核表

焦点距主屏蔽区距离(m)	主屏蔽区宽度计算值(m)	宽度设计(m)	结论
距西侧主屏蔽墙体 3.5	$2 \times [(1+3.5+1.2)\text{tg}14^\circ+0.3]=3.44$	4.0	满足要求
距东侧主屏蔽墙体 3.5	$2 \times [(1+3.5+1.2)\text{tg}14^\circ+0.3]=3.44$	4.0	满足要求
距顶部主屏蔽墙体 2.46	$2 \times [(1+2.46+1.7+1.3)\text{tg}14^\circ+0.3]=3.82$	4.6	满足要求

根据上表可知，本项目机房主屏蔽区宽度满足 GBZ/T201.2-2011 要求。设备厂家和建设单位在进行直线加速器安装时，必须严格按照既定的摆位方式进行安装，杜绝安装后主射方向超出主屏蔽范围的情况出现。

2、加速器机房关注点设立及剂量率参考水平

(1) 加速器机房关注点设立

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），本项目加速器机房位于在放疗中心（-1F）负一层，无地下负二层，故机房地下不作为关注点。

关注点：

A点：东部主屏蔽墙外30cm处，后装机机房（不在本次评价范围内）；

B点：西部主屏蔽墙外30cm处，土体；

C点：东北部副屏蔽墙外30cm处，CT机房；

D点：西北部副屏蔽墙外30cm处，楼梯间；

E点：南部副屏蔽墙外30cm处，土体；

F点：北部迷路外墙外30cm处，控制室；

G点：机房迷路入口处；

K点：迷路外墙外30cm处，水冷机房；

H点：顶棚主防护墙上方30cm处，绿化带；

M点：顶棚副防护墙上方30cm处，绿化带。

本项目加速器机房关注点设立及主要照射路径图见图 11-2、11-3。

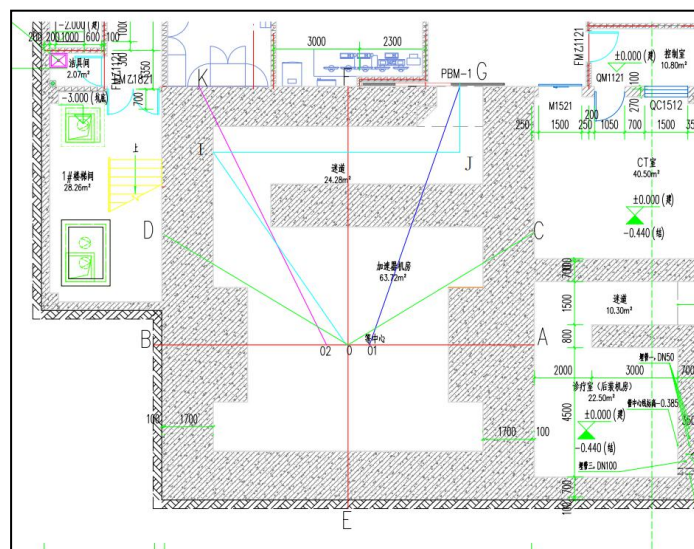


图 11-2 本项目加速器机房关注点及主要照射路径示意图（平面）

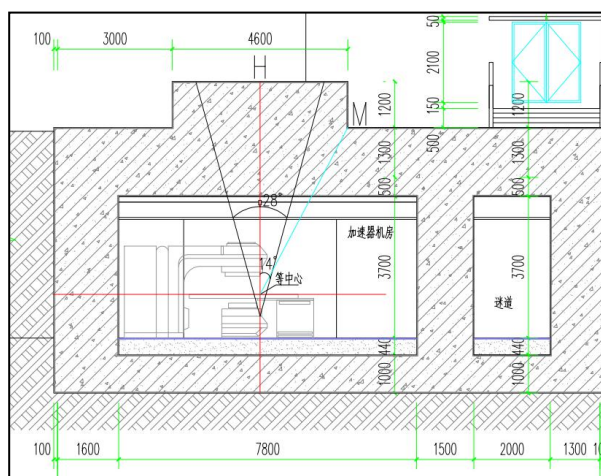


图 11-3 本项目加速器机房关注点及主要照射路径示意图（剖面）

(2) 剂量率参考水平

参考 GBZ/T201.2-2011，机房墙外 30cm 处各关注点的剂量率参考控制水平 H_e 由以下方法确定：

①使用放射治疗年工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{e,d}$ ：

$$\text{对于主射线束： } H_{e,d} = H_a / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots (\text{式 11-8})$$

$$\text{对于漏射辐射： } H_{e,d} = H_a / (t \cdot N \cdot T) \dots\dots\dots (\text{式 11-9})$$

式中：

$H_{e,d}$ —导出剂量率参考控制水平；

H_a —年剂量参考控制水平；职业人员取 5000 μ Sv/a，公众取 100 μ Sv/a；

U —主射线束向关注位置的方向照射的使用因子，取 1；

T —居留因子，本项目公众取 1/4，职业人员取 1；

N —调强放射治疗因子，取 5；

t —年治疗照射时间，根据医院提供资料，每天治疗工作量为 30 人，每周 5 天，每年工作 52 周，每人最大治疗剂量为 6 野次，每野次出束 0.5min，年治疗最大出束时间为 390h。

对于与主屏蔽直接相连的次屏蔽区，属于复合辐射：

根据（GBZ/T 201.2-2011）中附录A2.2复合辐射，导出剂量率参考控制水平 $H_{e,d}$ 需考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射，即与主屏蔽直接相连的次屏蔽区导出剂量率参考控制水平 $H_{e,d}$ = 泄漏辐射导出剂量率参考控制水平（该关注点单一泄漏辐射的一半，即 $H_{e,d}/2$ ）+有用线束水平照射的患者散射辐射导出剂量率参考控制水平（该关注点最高剂量率参考控制水平的一半，即 $H_{e,max}/2$ ）。

居留因子参照《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)附录 A 选取，本项目保守取值，公众取 1/4，职业人员取 1。

②关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{e,max}$ ：

人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所， $H_{e,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所， $H_{e,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ；

为确保辐射安全，本次环评各关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{e,max}$

均取 2.5 μ Sv/h。

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平 (H_e)。

由此确定的加速器机房各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见表 11-2。

表 11-2 加速器机房外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束

关注点位	剂量率参考控制水平 (H_c) μ Sv/h			主要考虑的辐射束	1#机房射线路径	
	$H_{e,d}$	$H_{e,max}$	H_e			
加速器机房	A (后装机机房)	1.03	2.5	1.03	主射线束	O→A
	B (土体)	1.03	2.5	1.03	主射线束	O→B
	C (CT 机房)	1.251 (漏射 0.1+ 散射 1.25)	2.5	1.251	漏射辐射	O→C
					人体的一次散射辐射	O ₂ →O→C
	D (楼梯间)	1.251 (漏射 0.1+ 散射 5)	2.5	1.251	漏射辐射	O→D
					人体的一次散射辐射	O ₁ →O→D
	E (土体)	0.21	2.5	0.21	漏射辐射	O→E
	F (控制室)	2.56	2.5	2.5	漏射辐射	O→F
	G (迷道入口)	1.251 (漏射 0.1+ 散射 5)	2.5	1.251	散射辐射	O→I→J→G
					漏射辐射	O ₁ →G
K (水冷机房)	0.21	10	0.21	漏射辐射	O ₂ →K	
H (屋顶绿化)	1.03	10	1.03	主射线束	O→H	
M (屋顶绿化)	1.251 (漏射 0.1+ 散射 5)	2.5	1.251	人体的一次散射	O ₂ →O→M	
				漏射辐射	O→M	

3、加速器机房屏蔽体厚度校核

(1) 主屏蔽区、迷路内墙和外墙厚度校核

利用 GBZ/201.2-2011 的相关公式对主屏蔽区、迷路外墙、迷路内墙进行厚度核算。屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按下式进行计算。

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \times \frac{R^2}{f} \dots\dots\dots (式 11-1)$$

$$Xe = TVL \times \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots\dots\dots (式 11-2)$$

$$X_1 = X_e \cos \theta \dots\dots\dots(\text{式 11-3})$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

H_c —剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv.m}^2/\text{h}$ ；本项目为 $3.60 \times 10^8 \mu\text{Sv.m}^2/\text{h}$ （最高剂量率为 6Gy/min）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f—有用束为 1；泄漏辐射为主射射线比率（0.1%）

θ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

TVL1（cm）和 TVL（cm）—辐射在屏蔽物质中第一个什值层厚度和平衡什值层厚度；

X_e —墙体有效屏蔽厚度，cm；

X_1 —墙体屏蔽厚度，cm。

表 11-3 加速器机房主屏蔽区、迷路外墙和迷路入口厚度校核

参数	主屏蔽区 (墙体 A 点)	主屏蔽区 (墙体 B 点)	主屏蔽区 (屋顶 H 点)	迷路外墙 (K 点)	迷路入口 (G 点)
He ($\mu\text{Sv/h}$)	1.03	1.03	1.03	0.21	1.251
R (m)	6.55	6.55	5.76	10.3	9.8
$H_0(\mu\text{Sv.m}^2/\text{h})$	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8
f	1	1	1	10^{-3}	10^{-3}
B	1.23×10^{-7}	1.23×10^{-7}	9.49×10^{-8}	6.19×10^{-5}	3.34×10^{-4}
TVL1 (cm)	41	41	41	35	35
TVL (cm)	37	37	37	31	31
X_e (cm)	260	260	264	134	112
斜射角 θ	0°	0°	0°	28°	20°
X_1 (cm)	260	260	264	119	105
设计厚度 (cm)	300	300	300	140	150
是否满足要求	满足	满足	满足	满足	满足

(2) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据 GBZ/201.2-2011, 对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区应考虑泄漏辐射和患者的一次散射辐射的复合作用，分别计算其所需屏蔽厚度，取较厚者。泄漏辐射所需厚度按照式 11-1、11-2、11-3 进行计算，散射辐射的透射因子按式 11-1、11-3、11-4 进行计算，TVL1（cm）和 TVL（cm）为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层

厚度和平衡什值层厚度。

$$B = \frac{\dot{H}_c \times R_s^2}{\dot{H}_0 \times \alpha_{ph} \times (F/400)} \dots\dots\dots (式 11-4)$$

式中： α_{ph} —患者 400cm² 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm² 面积上的散射因子；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm²；

表 11-4 与主屏蔽区相连的次屏蔽区、侧屏蔽墙漏射辐射屏蔽厚度核算

参数	墙体 D 点	墙体 C 点	屋顶 M 点	侧墙 E 点
He(μSv/h)	1.251	1.251	1.251	0.21
R (m)	7.9	7.9	4.56	6.0
H ₀ (μSv.m ² /h)	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸
f	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³
透射因子 B	2.17×10 ⁻⁴	2.17×10 ⁻⁴	7.23×10 ⁻⁵	2.1×10 ⁻⁵
TVL1 (cm)	35	35	35	35
TVL (cm)	31	31	31	31
Xe (cm)	118	118	132	149
斜射角θ	30°	30°	28°	0°
X ₁ (cm)	102	102	117	149
设计屏蔽厚度 (cm)	180	180	180	180
设计是否满足要求	满足	满足	满足	满足

表 11-5 与主屏蔽区相连的次屏蔽区散射辐射屏蔽厚度核算

参数	墙体 D 点	墙体 C 点	屋顶 M 点
He(μSv/h)	1.251	1.251	1.251
R (m)	7.9	7.9	4.56
H ₀ (μSv.m ² /h)	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸
α_{ph}	3.18×10 ⁻³	3.18×10 ⁻³	3.7×10 ⁻³
F(cm ²)	40×40	40×40	40×40
透射因子 B	1.7×10 ⁻⁵	1.7×10 ⁻⁵	4.88×10 ⁻⁶
TVL (cm)	28	28	28
有效屏蔽厚度 Xe (cm)	134	134	149
斜射角θ	30°	30°	28°
散射所需屏蔽厚 (cm)	116	116	131
设计厚度 (cm)	180	180	180
设计是否满足要求	满足	满足	满足

(3) 防护门铅厚度 (X) 校核

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），防护门铅厚度校核公式为：

$$X = \text{TVL} \cdot \log B^{-1} \dots\dots\dots (\text{式 11-5})$$

$$B = \frac{\dot{H}_c - \dot{H}_{og}}{\dot{H}_g} \dots\dots\dots (\text{式 11-6})$$

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \times (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times \dot{H}_0 \dots\dots\dots (\text{式 11-7})$$

式中：

X—防护门铅当量厚度，mm；

TVL—单位 mm，根据（GBZ/T201.2-2011）中 5.2.6.1 c）可知，入口处散射辐射能量约为 0.2MeV，对应的铅 TVL 取值为 5；

B—辐射屏蔽透射因子。

H_c—关注点处的散射辐射剂量率参考控制水平，μSv/h，本项目为 1.251μSv/h；

H_{og}—O₁ 位置穿过迷路内墙的泄漏辐射在 G 处的剂量率；

H₀—加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv·m²/h，本项目为 3.6×10⁸μSv·m²/h；

a_{ph}—400cm² 面积上的散射因子，本项目取 45°散射角的值（本项目取 1.35×10⁻³）；

α₂—墙入射的患者散射辐射因子，患者一次散射角为 45°，墙入射角为 45°，墙散射角近似按 0°计算，查得混凝土墙 45°入射、0°散射、1m² 的散射因子 α₂=5.1×10⁻³（查附录 B 表 B.6）；

A—散射面积，m²；经计算本项目为 8.75m²；

R₁—第一次散射路径；R₁=8.2m；

R₂—第二次散射路径；R₂=10.8m；

F—治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积，cm²；本项目等中心处最大治疗野为 40cm×40cm=1600 cm²；

经计算，直线加速器 1：H_g=11.06μSv/h，B=0.064

最终得到防护门的铅当量厚度为：X=TVL·logB⁻¹=6mm。

由理论计算可知，迷路入口铅防护门屏蔽厚度为 6mm，实际设计为 18mm，可满足屏蔽要求。

小结：经计算，本项目机房主屏蔽体宽度满足要求，主屏蔽区墙体、次屏蔽区墙体、侧屏蔽墙体、迷路外墙厚度满足要求，防护门铅厚度亦满足要求。

4、电子直线加速器对关注点产生的剂量估算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011), 本项目医用电子直线加速器在运行过程中对关注点(附图 11-2 和 11-3)处人员产生的最大剂量可根据以下公式进行计算:

主射线束和泄露辐射剂量估算(式中各符号含义同前文):

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \times f}{R^2} \times B \dots\dots\dots \text{(式 11-8)}$$

$$B = 10^{-\frac{(Xe+TVL-TVLI)}{TVL}} \dots\dots\dots \text{(式 11-9)}$$

$$Xe = X / \cos \theta \dots\dots\dots \text{(式 11-10)}$$

患者一次散射辐射剂量估算

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{(式 11-11)}$$

机房迷路入口处 X 射线散射辐射剂量率 H_g

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times H_0 \dots\dots\dots \text{(式 11-12)}$$

$$\dot{H}_c = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \dots\dots\dots \text{(式 11-13)}$$

由式 11-14 估算各关注点的年剂量:

$$E = \dot{H} \times 10^{-3} \times q \times h \times W_T \dots\dots\dots \text{(式 11-14)}$$

式中:

H—关注点的剂量当量 ((μ Sv/h));

E—关注点的年剂量 (mSv/a);

h—工作负荷 (h/a);

q—居留因子, 本项目公众取 1/4, 职业人员取 1;

W_T —组织权重因数, 全身为 1。

由此估算的主射线束和泄露辐射对各关注点产生的剂量见表 11-6, 由患者一次散射对各关注点产生的剂量见表 11-7, 机房迷路入口处由散射辐射产生的剂量见表 11-8。

表 11-6 加速器主射线束、泄露辐射对关注点的剂量估算表

计算参数	主屏蔽区 (A 点)	主屏蔽区 (B 点)	主屏蔽区 (H 点)	迷路外墙 (K 点)	迷路入口 (G 点)	墙体 (D 点)	墙体 (C 点)	顶部 (M 点)	墙体 (E 点)
设计屏蔽体厚度 X (cm)	300	300	300	140	150	180	180	180	180
斜射角 θ	0°	0°	0°	28°	20°	30°	30°	28°	0°
Xe (cm)	300	300	300	159	160	208	208	204	180
TVL1 (cm)	41	41	41	35	35	35	35	35	35
TVL (cm)	37	37	37	31	31	31	31	31	31
透射因子 B	3.85×10^{-8}	3.85×10^{-8}	3.85×10^{-8}	2.27×10^{-5}	2.11×10^{-5}	8.86×10^{-7}	8.86×10^{-7}	1.15×10^{-6}	5.53×10^{-6}
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8
f	1	1	1	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}
R (m)	6.55	6.55	5.76	10.3	9.8	7.9	7.9	4.56	6.0
剂量率 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	3.23×10^{-1}	3.23×10^{-1}	4.18×10^{-1}	7.69×10^{-2}	7.92×10^{-2}	5.11×10^{-3}	5.11×10^{-3}	1.99×10^{-2}	5.53×10^{-2}
工作负荷 (h)	390	390	390	390	390	390	390	390	390
居留因子 (q)	1/4	1/4	1/4	1	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
年剂量 E (mSv/a)	3.15×10^{-2}	3.15×10^{-2}	4.07×10^{-2}	3.0×10^{-2}	7.72×10^{-3}	4.98×10^{-4}	4.98×10^{-4}	1.94×10^{-3}	5.39×10^{-2}
受照类型	公众	—	公众	职业人员	公众	公众	公众	公众	—

表 11-7 加速器机房患者一次散射对关注点的剂量估算表

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区		
	墙体 D 点	墙体 C 点	顶部 M 点
屏蔽厚度 X (cm)	180	180	180
斜射角 θ	30°	30°	28°
Xe (cm)	208	208	204
TVL (cm)	28	28	28
透射因子 B	3.78×10^{-8}	3.78×10^{-8}	5.24×10^{-8}
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8
α_{ph}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}	3.7×10^{-3}
F (cm^2)	40×40	40×40	40×40
R (m)	7.9	7.9	4.56
剂量当量 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	2.77×10^{-3}	2.77×10^{-3}	3.84×10^{-3}
工作负荷 (h)	390	390	390
居留因子 (q)	1/4	1/4	1/4
年剂量 E (mSv/a)	2.7×10^{-4}	2.7×10^{-4}	3.75×10^{-4}

受照类型	公众	公众	公众
------	----	----	----

表 11-8 加速器机房防护门外剂量估算

计算参数	机房迷路入口处（防护门外、关注点 G）
迷路入口处的散射辐剂量率 Hg (μSv/h)	11.06
屏蔽厚度 X (mm)	18
TVL (mm)	5
剂量当量 Hc(μSv/h)	0.54
工作负荷 (h)	390
居留因子 (m)	1/4
关注点年剂量(mSv/a)	5.28×10 ⁻²

对于 G 点（机房迷道口）而言，既要受 X 射线漏射影响，亦要受 X 射线散射影响，墙体 D 点、E 点和顶部 M 点既要受 X 射线漏射影响，亦要受机房患者一次散射影响，通过剂量叠加得到上述关注点的最终年剂量如下表所示：

表 11-9 G、D、E、M 关注点剂量叠加结果

计算参数	迷道口	与主屏蔽区相连的次屏蔽区		
	G 点	墙体 D 点	墙体 C 点	顶部 M 点
漏射影响(mSv/a)	7.72×10 ⁻³	4.98×10 ⁻⁴	4.98×10 ⁻⁴	1.94×10 ⁻³
散射影响(mSv/a)	5.28×10 ⁻²	2.7×10 ⁻⁴	2.7×10 ⁻⁴	3.75×10 ⁻⁴
年剂量(mSv/a)	6.05×10⁻²	7.64×10⁻⁴	7.64×10⁻⁴	2.32×10⁻³
受照类型	公众	公众	公众	公众

从表 11-6 和 11-9 可知，照射类型为职业人员年剂量最大为 3.0×10⁻²mSv，照射类型为公众年剂量最大为 6.05×10⁻²mSv，分别低于本次评价确定的 5.0mSv 和 0.1mSv 的剂量约束值。

（二）CT 机 X 射线环境影响分析

本项目拟购 CT 机为 III 类射线装置，型号为 Aquilion Lightning TSX-035A，主要影响为工作时产生的 X 射线。

本项目 CT 机运营期 X 射线环境影响采用类比方法进行，类比 CT 机为四川省自贡市自流井区龙汇南街 1000 号自贡市中医医院放射科 CT 机，监测时工况为 140kV、200mA，本项目 CT 机最大电压为 135kV，最大电流为 300mA，二者电压相同，本项目 CT 室及类比 CT 室主要技术参数比较见表 11-10，本项目 CT

室机房四周墙体防护水平更高，门和窗防护水平相当，故利用医院原有 CT 室内的 CT 机类比本项目 CT 机运行期 X 射线影响更保守，具有类比可行性。

表 11-10 本项目 CT 室及类比 CT 室主要技术参数

项目	本项目 CT 室	类比 CT 室	比较结果
机房四周墙体	北侧与直线加速器机房墙体厚度 1800mm 混凝土共用墙体，南侧与后装机房（预留机房，不在本次评价范围内）墙体厚度为 800mm 混凝土共用墙体，其余侧为 370mm 实心页岩砖	墙体均为 370 实心页岩砖	本项目防护水平更高
防护铅门铅当量	3mm 厚铅当量防护铅门	3mm 铅当量防护铅门	防护水平相同
观察窗铅玻璃铅当量	3mm 厚铅当量玻璃窗	3mm 铅当量玻璃窗	防护水平相同

根据医院提供资料，本项目 CT 机年曝光时间约 21.67h，结合自贡市中医医院环境监测报告（ZHKY(环)-2021-F0134[1/2]），见附件 10，本项目 CT 机运营期 X 射线环境影响预测结果如下表所示：

表 11-10 CT 机房周围 X 射线所致剂量预测结果

类比点位编号	监测点位	对应本项目点位	类比监测结果 (μSv/h)	本项目年曝光时间(h)	照射类型	本项目预测结果 (mSv/a)
1	东墙外表面 30 cm	东墙外表面 30 cm	0.17	21.67	公众照射	9.21×10^{-4}
2	南墙外表面 30 cm	北墙外表面 30 cm	0.16	21.67	公众照射	8.67×10^{-4}
3	西墙外表面 30 cm	西墙外表面 30 cm	0.19	21.67	公众照射	1.03×10^{-3}
4	北墙外表面 30 cm	南侧墙外表面 30 cm	0.16	21.67	职业照射	3.47×10^{-3}
5	控制室门表面 30 cm	控制室门表面 30 cm	0.72	21.67	职业照射	1.56×10^{-2}
6	机房门表面 30 cm	机房门表面 30 cm	2.16	21.67	公众照射	1.17×10^{-2}
7	观察窗表面 30 cm	观察窗表面 30 cm	1.50	21.67	职业照射	3.25×10^{-2}
8	操作位	操作位	0.22	21.67	职业照射	4.77×10^{-3}
9	电缆孔	电缆孔	0.24	21.67	职业照射	5.20×10^{-3}
10	北墙通风窗表面 30 cm	北墙通风窗表面 30 cm	0.72	21.67	职业照射	1.56×10^{-2}
11	机房上方 100 cm	机房上方 100 cm	0.18	21.67	公众照射	9.75×10^{-4}

12	机房下方距地面 1.7 m	机房下方距地面 1.7 m	0.17	21.67	公众照射	9.21×10^{-4}
----	------------------	------------------	------	-------	------	-----------------------

由上表可知，本项目 CT 曝光时，机房外 X- γ 辐射剂量率范围为 0.16~2.16 μ Sv/h，低于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的屏蔽体外剂量控制限值 2.5 μ Sv/h，说明 CT 机房采用的墙体厚度、顶板厚度、铅门厚度、铅玻璃观察窗厚度等满足辐射防护要求。职业人员居留因子取 1，公众居留因子取 1/4，在正常工作条件下计算可得，职业人员所受年剂量最大为 3.32×10^{-2} mSv，公众所受年剂量最大为 1.17×10^{-2} mSv，分别小于职业人员 5.0mSv/a、公众 0.1mSv/a 的评价限值。

二、保护目标环境影响分析

由于本项目 10MV 直线加速器机房和 CT 机房紧邻，故保护目标同时受 10MV 直线加速器（年曝光时间 390h）和 CT（年曝光时间 21.6h）的影响。保护目标所受年剂量采用 10MV 直线加速器贡献值（贡献值 1）叠加 CT 机贡献值（贡献值 2）得到，其中 10MV 直线加速器贡献值利用公式（11-8 至 11-10）得到，CT 机贡献值为已运行同类型 CT 机场所监测数据（数据来源于 2021 年环境监测报告（ZHKY(环)-2021-F0134[1/2]），见附件 8）距离衰减到关注点的值：

表 11-11 本项目对保护目标的影响分析结果

位置	保护目标	居留因子	与射线束最近距离 (m)	照射类型	项目	估算年剂量 (mSv/a)
加速器机房北侧控制室	职业人员	1	7.6	职业照射	贡献值 1	9.68×10^{-6}
			9.0		贡献值 2	1.19×10^{-8}
			/		评价价值	9.69×10^{-6}
CT 室北侧控制室	职业人员	1	12.0	职业照射	贡献值 1	3.88×10^{-6}
			3.6		贡献值 2	1.56×10^{-2}
			/		评价价值	1.56×10^{-2}
北侧等候区	公众人员	1/4	12	职业照射	贡献值 1	3.88×10^{-6}
			5.8		贡献值 2	2.32×10^{-6}
			/		评价价值	6.20×10^{-6}
北侧物理计划室、库房	公众人员	1/4	20.5	公众照射	贡献值 1	1.33×10^{-6}
			16.7		贡献值 2	2.8×10^{-7}
			/		评价价值	1.61×10^{-6}
北侧已建 1 号楼一层病	公众	1/4	30	公众	贡献值 1	6.21×10^{-7}

案库等；总务库、清洁用品库等	人员		26	照射	贡献值 2	1.15×10^{-7}
			/		评价值	7.63×10^{-7}
西侧楼梯间及污物暂存间	公众人员	1/4	6.6	公众照射	贡献值 1	2.85×10^{-3}
			10.7		贡献值 2	8.1×10^{-7}
			/		评价值	2.85×10^{-3}
西侧污物通道	公众	1/4	10.4	公众照射	贡献值 1	1.15×10^{-3}
			14.5		贡献值 2	4.41×10^{-7}
			/		评价值	1.15×10^{-3}
东侧通道、楼梯间	公众	1/4	18.1	公众照射	贡献值 1	3.8×10^{-4}
			5.9		贡献值 2	2.38×10^{-6}
			/		评价值	3.82×10^{-4}
机房正上方	公众人员	1/4	6.7	公众照射	贡献值 1	3.6×10^{-3}
			6.7		贡献值 2	9.75×10^{-4}
			/		评价值	4.58×10^{-3}
地面一层 北侧已建 1 号楼	公众人员	1/4	25	公众照射	贡献值 1	8.94×10^{-7}
			25		贡献值 2	1.4×10^{-7}
			/		评价值	1.03×10^{-6}

由表 11-11 可知，保护目标为职业人员的所受最大剂量为 $1.56 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，保护目标为公众的所受最大剂量为 $4.85 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，分别低于 5mSv/a 和 0.1mSv/a 的评价约束值。

三、臭氧环境影响分析

加速器机房内空气中的氧受 X 射线电离而产生臭氧，其产额可用下面公式计算。

$$Q_o = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_o \cdot R \cdot g \quad \dots\dots\dots \text{(公式 11-15)}$$

式中：

Q_o —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 10MV 直线加速器取 360；

S_o —射束在距离源点 1m 处的照射面积 m^2 ，取（最大射野 $40 \times 40 \text{cm}^2$ ） 0.16m^2 ；

R —射束径迹长度 m，取 1m；

g —空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O_3 的分子数，本项目取 10。

经计算，臭氧产额为 3.744mg/h 。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C = Q_o \cdot T_v / V \quad \dots\dots\dots \text{(公式 11-16)}$$

式中：

C—室内臭氧浓度，mg/m³；

Q_o—臭氧产额 mg/h；

T_v—臭气有效清除时间，h；

V—机房空间体积，m³，本项目为 981.5m³；

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \quad \dots\dots\dots \text{(公式 11-17)}$$

t_v—每次换气时间，0.25h；

t_a—臭氧分解时间，取值为 0.83h。

加速器机房每小时换气 4 次，每次换气时间均为 6min，则加速器机房内臭氧浓度为 7.33×10⁻⁴mg/m³。

直线加速器机房设置 2 个进风口、2 个排放口，采取“上进下出”方式，其中进风口均位于西侧次屏蔽墙两端中间的吊顶上，排风口分别位于东侧次屏蔽墙两端，距地 0.3m。进风口、排风口管径均为 400×400mm，以“S”型管道穿墙，墙外侧安装轴流风机，将臭氧抽出机房。抽出的臭氧经 500×500mm 管道连接至已建 1#楼接至室外百叶。送风由杂物间送风井引进室外新风。加速器工作时排风系统连续工作，通风频率为 4 次/小时（排风量约 1500m³/h），满足不低于 4 次/小时的设计规范要求。通排风系统示意图见附图 5。

本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）的要求。

四、噪声的环境影响分析

机房内的换气风机位于放疗中心负一层，且源强不高于65dB(A)，通过实体防护和距离衰减后，运行期间厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

五、水环境影响分析

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水和水冷机房

废水。处理措施：生活污水依托医院既有污水处理设施处理后排入市政污水管网；本项目加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排。

六、固体废物影响分析

本项目运营期主要固体废物为辐射工作人员生活垃圾及办公垃圾，均由市政环卫统一清运。

事故影响分析

一、事故风险识别

1、直线加速器

直线加速器不运行时不存在放射性事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有当加速器运行期间才会产生 X 射线、电子束等危害因素，而且最大可能的事故主要有两种：

①当门机连锁失效时，医用直线加速器运行时，其它无关人员误入或滞留于加速器机房；

②检修时，检修人员触动直线加速器开关，造成检修人员发生急性重度放射病、局部器官残疾。

2、CT

①设备运行时其它无关人员误入或滞留于机房；

②医务人员误操作，导致病人受超剂量照射或受其它的额外照射。

二、源项分析及事故等级分析

直线加速器会产生 X 射线、电子线以及臭氧，臭氧经通风设施换气、稀释，对大气环境基本无影响，电子线经机房屏蔽体的材料和厚度屏蔽后，在环境辐射方面已无影响，故医用直线加速器可能发生的风险事故中，其风险因子主要为 X 射线。按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生事故的等级列于表 11-12 中。

表 11-12 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

事故等级	潜在危害
一般辐射事故	是指 IV、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者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。

较大辐射事故	是指 III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
重大辐射事故	是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 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。
特别重大辐射事故	是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

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（表 11-13）：

表 11-13 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

三、最大可能性事故后果计算

1、10MV 直线加速器事故的后果计算

本次评价以 X 射线能量较高的 10MV 直线加速器进行事故分析，在其治疗过程中，其它无关人员误入或滞留机房内为例进行事故后果计算。

（1）事故情景假设

①在对病人进行治疗时，10MV 直线加速器主射束 1m 处剂量率为最大值 6Gy/min，假设考虑安全联锁失效，有人员误入机房，人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束 1m 处的非主射方向，受到散射和漏射的影响，加速器散射束和漏射束的空气比释动能率均取主射束方向的 0.1%，每次误入照射时间为 2min（单次照射最长时间）。

②在维修人员进行检修时，检修人员必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪，假

设触动直线加速器开关,造成维修人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束0.5m处的主射方向,10MV直线加速器主射束1m处剂量率为最大值6Gy/min,检修人员被误照射开始至听报警仪报警关闭加速器停止出束的时间为2min。

(2) 后果计算与分析

**表 11-14 10MV 直线加速器事故状态下非主射方向
不同时间、距离处有效剂量情况表 (mSv)**

时间 (s) / 距离 (m)	10	60	120
0.5	4	24	48
1	1	6	12
2	0.25	1.5	3
5	0.04	0.24	0.48

**表 11-15 10MV 直线加速器事故状态下主射方向
不同时间、距离处有效剂量情况表 (mSv)**

时间 (s) / 距离 (m)	1	10	40	120
0.5	400	4000	16000	48000
1	100	1000	4000	12000
2	25	250	1000	3000
4	6.3	62.5	250	750

①通过计算,在以上假设事故情景下,人员误入 2 分钟,受到直线加速器非主射方向 0.5m 处的辐射影响,其有效剂量为 48mSv,超过人员年剂量限值 (20mSv),结合表 11-12、表 11-13,为一般辐射事故。

②通过计算,在以上假设事故情景下,维修人员受到直线加速器主射方向 0.5m处10秒钟的辐射影响,其有效剂量为4Sv/次;在1m处受到直线加速器主射方向40秒钟的照射,其有效剂量为4Sv/次。根据《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)表1所述:“骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值范围为4.0~6.0Gy”,结合表11-12、表11-13,上述事故后果为较大辐射事故。

2、CT 事故的后果分析

本项目 CT 机为低危险射线装置,其可能发生的辐射事故如下:

- ①设备运行时其它无关人员误入或滞留于机房;
- ②医务人员误操作,导致病人受超剂量照射或受其它的额外照射。

根据 CT 机的工作情况,事故情况下可使受照人员受超年剂量限值的照射,

属于一般辐射事故。

四、事故防范措施

（一）直线加速器事故防范措施

（1）直线加速器运行时其它无关人员误入或滞留于加速器机房。

应对措施：安装有两套独立的剂量监测系统，每套皆可单独终止照射；本项目 10MV 直线加速器机房设置有迷路，当有人员误入或滞留时，人员可立即按动墙上紧急停机按钮，并且躲进迷路，按动迷路防护门入口处的紧急开门按钮，逃出机房。本项目直线加速器治疗床上、控制台上也有机器自带的紧急停机按钮，在紧急情况下可按动这类紧急按钮。

（2）维修人员进行检修时，触动直线加速器开关，造成维修人员在无其它屏蔽的情况下受到照射

应对措施：检修人员必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；人员可立即按动墙上紧急停机按钮，并且躲进迷路，按动迷路防护门入口处的紧急开门按钮，逃出机房。本项目直线加速器治疗床上、控制台上也有机器自带的紧急停机按钮，在紧急情况下可按动这类紧急按钮。

（3）管理应对措施

医院在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机连锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于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制定医院重大事故处理预案、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。

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。

（二）CT 机事故防范措施

本项目 CT 机为低危险射线装置，发生事故时一般不会对受照者造成辐射损伤，事故等级属一般辐射事故。主要事故是由于设备控制失灵或操作失误或质保不佳，使被检者受到不必要的照射。因此，在诊断过程中应注意对被检者的防护，合理使用 X 射线，实施医疗照射防护最优化的原则，实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当发生一般辐射事故时，医院及时上报自贡市生态环境局；当发生较大辐射事故时，医院及时上报自贡市生态环境局和四川省生态环境厅。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射防护与安全管理机构

医院已成立了辐射安全与环境保护管理领导小组（自中医发[2020]32号），组长为邓昭红。领导小组下设办公室，办公室设在设备科，负责日常辐射安全与防护工作。文件中已规定辐射防护管理领导小组的职责。

医院应进一步完善细化辐射安全与环境保护管理机构的职能，补充小组成员联系方式，还需在文件中对辐射防护管理领导小组增加以下职责：①对医院的核技术利用项目安全防护情况进行年度评估；②组织有关人员学习、实施辐射防护法规；③组织辐射防护知识的宣传，并对有关人员进行防护知识教育；④会同上级有关部门按有关法规调查处理辐射事故，并对有关人员提出处理意见。

二、辐射工作人员配置

1、自贡市中医医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院共有 70 名辐射工作人员，有 53 人参加了辐射安全与防护培训学习，并取得《辐射安全培训合格证》。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告2021年第9号）的相关规定，仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，有核技术利用单位自行组织考核，已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效，自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

2、医院定期对已有辐射工作人员个人剂量进行了检测，截至目前，未出现剂量异常情况。

3、本项目配备有质量控制检测设备，并制定了相应的质量保证大纲和质量

控制检测计划,由专职负责辐射安全与环境保护管理工作和质量保证与质量控制检测工作。

辐射安全档案资料管理和规章管理制度

一、档案管理分类

医院对相关资料进行了分类归档放置,包括以下九大类:“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“废物处置记录”,存放在设备科办公室。

二、已建立主要规章制度

医院已制定了一系列辐射安全规章制度,具体见表 12-1。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	制度名称	执行情况	备注
1	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	挂于辐射工作场所墙上,明确医用直线加速器、CT 模拟定位机工作流程及设备的操作程序
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定,需完善	需增加明确医用直线加速器、CT 模拟定位机的维修过程
5	辐射工作人员岗位职责	已制定,需完善	挂于辐射工作场所墙上,明确医院具体的辐射管理工作,辐射管理人员的相关职责及分工
6	放射源与射线装置台账管理制度	已制定,需完善	需增加医用直线加速器、CT 模拟定位机管理台账
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定,需完善	需根据新增项目完善,监测方案参考本章辐射监测内容
8	监测仪表使用与校验管理制度	已制定,需完善	需根据新增项目完善
9	辐射工作人员培训计划	已制定,需完善	需补充参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核的要求及频次
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定,需完善	需补充一旦出现个人剂量超标的情景,采取的具体措施
11	辐射事故应急预案	已制定,需完善	需根据新增项目完善,预案中“辐射事故应急响应程序”应悬挂于辐射工作场所墙上

12	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定，需完善	需补充受检者非照射部位所采取的辐射防护措施
13	放射性“三废”管理制度	已制定，需完善	内容应包括放射性废气、放射性固体废物处理处置
14	场所分区管理规定	已制定，需完善	需增加医用直线加速器、CT模拟定位机人员和患者通道；需补充本项目新增场所两区划分管理要求

根据原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）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》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。

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。

一、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》的重要组成部分一并提交给发证机关。

二、医院自我监测

医院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，监测数据应存档备案。

三、监测内容和要求

（1）监测内容：X-γ空气吸收剂量率。

（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

场所	监测项目	监测周期	监测点位
直线加速器 机房	X-γ空气 吸收剂量 率	验收监测、委托有资质的 单位监测，频率为 1 次/ 年；自行开展辐射监测	墙体四周外侧、操作位、防护门外、迷路 内墙外、机房、正上方绿化带，评价范围 内保护目标处
CT 室			CT 室墙体四周外侧、防护门、观察窗、操 作台

(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

a、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；

b、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；

c、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。

四、现有辐射项目开展辐射监测的情况

1、个人剂量检测

医院所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每季度对个人剂量计进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2002）和《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18号）要求建立个人剂量档案。

医院有专人负责个人剂量检测管理工作。在2020年各个季度个人剂量约束值均未超过1.25mSv，全年个人剂量约束值均未超过5mSv。辐射工作人员个人剂量检测报告见附件8。

(1) 当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，本人签字确认后上报发证机关。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》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019), 就本项目而言, 辐射主要来自前方, 剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置, 一般左胸前。

(4) 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。医院应当将个人剂量档案保存终身。

2、工作场所辐射水平监测

根据环保部18号令和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》的要求, 自贡市中医医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行了监测。医用射线装置使用场所, 主要针对射线装置机房周围(四周墙体、楼上和楼下、防护门和观察窗外)、控制室进行监测, 监测数据记录存档。自贡市中医医院委托四川中环康源卫生技术服务有限公司开展了2020年度辐射环境现状监测。

根据《监测报告》(编号: ZHKY(环)-2021-F0134[1/2]), 医用射线装置正常曝光时, 其控制室和周围环境的 X- γ 射线空气吸收剂量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制目标值。

环评要求: 医院对辐射工作场所进行定期监测, 监测周期和频率根据射线装置的实际操作使用情况而定, 监测数据应存档备案。

五、年度评估报告情况

医院已按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016]1400号)规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》, 并于每年1月31日前向发证机关提交报告, 且将年度评估报告的电子档上传至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>)。

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, 并成立放射防护与安全领导小组, 负责医院辐射防护与安全的全面工作。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定:

(1) 医院既有辐射事故应急预案包括了下列内容:

①应急机构和职责分工; ②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(事故上报时要向生

态环境、卫健委、公安部门汇报）。

（2）应急预案中还应补充以下内容：

①增加应急人员的组织、培训计划和实施；②增加“项目具体的风险因子辐射伤害程度与事故分级”内容；③定期进行应急演练。

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，应根据国家发布新的相关法规内容，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。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

医院拟在卧龙湖康疗中心放疗中心直线加速器机房安装1台10MV 直线加速器（II类射线装置）、CT 室安装1台 CT 模拟定位机（III类射线装置），具体建设内容及规模如下所述：

1、在放疗中心直线加速器机房安装 1 台 10MV 直线加速器（II类射线装置，型号为 Elekta Infinity），用于全身肿瘤治疗。治疗时 X 射线最大能量为 10MV，1m 处剂量率为 6Gy/min；电子束最大能量为 15MeV，1m 处剂量率为 6Gy/min。每天治疗工作量为 30 人，每周 5 天，每年工作 52 周，每人最大治疗剂量为 6 野次，平均每野次出束 0.5min，年治疗最大出束时间为 390h。护士对患者进行摆位的时间为 2min/人。

2、在放疗中心 CT 室安装 1 台 CT 模拟定位机(III 类射线装置,型号为 Aquilion Lightning TSX-035A)，用于模拟定位。机房净空面积 38.4m²，长 6.4m×宽 6m×高 4.2m，其北侧设计有控制室（净空面积 12.1m²），长 5.5m×宽 2.2m×高 4.2m。CT 室北侧与直线加速器机房墙体厚度 1800mm 混凝土共用墙体，南侧与后装机房墙体厚度为 800mm 混凝土共用墙体，其余侧为 370 实心页岩砖，观察窗为 3mm 铅当量铅玻璃，防护门为 3mm 铅当量单扇电动推拉门。CT 模拟定位机最大电压为 135kV、最大电流为 300mA，年曝光时间约 21.67h。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）有关条款的决定》的相关规定，本项目属第一类鼓励类项目的第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。本项目的运营可为自贡市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。

三、本项目选址合理性分析

本项目直线加速器机房和CT室拟建位置位于医院1号楼南侧医院绿化带正下方，墙体50m范围内无院外环境保护目标。根据本项目预测结果，项目运营期产生的电离辐射经实体屏蔽防护后，直线加速器机房外剂量当量率即满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）要求，CT室外剂量当量率即满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求，直线加速器机房和CT室外人员所受年剂量即满足本次确定剂量约束值要求。直线加速器机房和CT室位于放疗中心负一层为独立场所，人员流动性较小，不会在机房周围长时间停留，亦减小了人员所受剂量；机房正上方地面投影为医院绿化带，本项目产生的电离辐射同时经机房实体和天然土体双重屏蔽以及距离衰减后，评价范围内保护目标所受剂量满足本次确定的剂量约束值。综上所述，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

由监测报告可知，本项目所在区域 X- γ 空气吸收剂量率为***，与四川省生态环境厅《2020年四川省生态环境状况公报》中全省环境电离辐射水平（ $\leq 130\text{nGy/h}$ ）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价分析结论

（1）施工期环境影响分析

本项目施工工程量小，时间短，故施工期的环境影响是短暂的，施工结束后影响即可消除，对周围环境影响较小。

（2）营运期环境影响分析

严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量低于本次确定的 5.0mSv 剂量约束值；所致公众年剂量低于本次确定的 0.1mSv 剂量约束值。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

六、环保设施与保护目标

按照环评报告落实后，医院环保设施配置较全，总体效能良好，可使保护目标所受年剂量低于本次确定的剂量约束值。

七、事故风险与防范

医院按要求制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻落实，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理的综合能力

医院按照环评要求完善相关内容后，对本项目辐射设备和场所而言，其具备辐射安全管理的综合能力。

十、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，本评价认为从环境保护和辐射防护角度看本项目在自贡市中医院放疗中心建设是可行的。

十一、项目环保竣工验收检查内容

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	辐射安全防护设施		数量（套/个）
10MV 直线 加速器	实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	1
		铅防护门	1
	联锁装置	门机连锁、门灯连锁	1
	警示装置	入口电离辐射警示标志	1
		入口加速器工作状态显示	1
	紧急设施	紧急开门按钮	1
		监控、对讲装置	1
		机房内紧急停机按钮	3
	监测 设备	个人剂量报警仪	2
		便携式X射线辐射监测仪	1
个人剂量计		14个（7人，每人2个）	
CT	场所设施	四周墙体+屋顶屏蔽	1
		铅防护门	2
		铅玻璃	1
		工作状态指示灯	1
		电离辐射警告标志	1
		门灯联锁装置	1
		室内安装紧急止动装置	1
		监控、对讲装置	1

	监测设备	个人剂量计	4个（2人，每人2个）
		患者、陪护人员防护	1
		个人剂量报警仪	2
其它设备		便携式X射线辐射监测仪	1
		通风系统	2
		火灾报警仪	1
		灭火器材	1
相关制度		医院辐射防护安全责任制度、辐射安全操作规程、辐射工作人员管理规章制度、医院剂量监测规章制度、辐射安全装置定期检查与维护规章制度、辐射事故处理、应急处置规章制度、定期剂量检测和剂量计的校准制度、辐射工作人员培训计划、辐射工作设备操作规程、辐射工作人员岗位职责、辐射工作场所和环境辐射水平监测方案、质量保证大纲和质量控制检测计划	《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。

建议和要求

- 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 2、医院应尽快安排相关人员在国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全与防护知识并通过考试；已取得辐射安全培训合格证的，合格证到期前，需进行再培训。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。
- 3、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。
- 4、医院须重视控制区和监督区的管理。
- 5、现有射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。
- 6、延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在“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>）中实施申报登记。
- 7、本次环评仅涉及射线装置工作场所如有变化，应另作环境影响评价。
- 8、根据原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕

4号)规定:

(1) 建设单位可登陆生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范 (<http://www.mee.gov.cn/>)。

(2) 项目竣工后, 建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况, 编制验收(调查)报告。

(3) 本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后, 方可投入使用, 未经验收或者验收不合格的, 不得投入生产或者使用。

(4) 除按照国家需要保密的情形外, 建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式, 向社会公开下列信息:

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后, 公开竣工日期;

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前, 公开调试的起止日期;

③验收报告编制完成后5个工作日内, 公开验收报告, 公示的期限不得少于20个工作日。

建设单位公开上述信息的同时, 应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息, 并接受监督检查。