

核技术利用建设项目

彭州市人民医院新增医用电子直线加速

器项目环境影响报告表

（公示本）

彭州市人民医院（公章）

2025 年 7 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

彭州市人民医院新增医用电子直线加速器项目环境影响报告表

建设单位：彭州市人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：彭州市南三环路二段 255 号

邮政编码：/ 联系人：

电子邮箱：/ 联系电话：

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	18
表 3	非密封放射性物质	18
表 4	射线装置	19
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	19
表 6	评价依据	20
表 7	保护目标与评价标准	22
表 8	环境质量和辐射现状	26
表 9	项目工程分析与源项	32
表 10	辐射安全与防护	39
表 11	环境影响分析	55
表 12	辐射安全管理	73
表 13	结论与建议	81

表 1 项目基本情况

建设项目名称		彭州市人民医院新增医用电子直线加速器项目			
建设单位		彭州市人民医院			
法人代表			联系人		联系电话
注册地址		彭州市南三环路二段 255 号			
项目建设地点		彭州市南三环路二段 255 号彭州市人民医院放疗中心加速器治疗室 1、加速器治疗室 2			
立项审批部门		—		批准文号	—
建设项目总投资（万元）			项目环保投资（万元）		投资比例
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ） 393.6
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☒ III 类		
	其他	无			
	项目概述 一、建设单位情况 彭州市人民医院始建于 1942 年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复、养老为一体的三级甲等综合性医院。现为全国十佳互联网医院、西南医科大学、川北医学院、成都中医药大学、成都医学院等院校临床教学				

医院，成都大学附属医院医联体重点建设单位，北京佑安医院、四川大学华西医院的远程会诊医院。

彭州市人民医院由3个院区组成（分别为金彭西路院区、城南院区和祥福院区），3个院区合计占地面积为250余亩，总编制床位为799张。本项目拟安置在城南院区，城南院区共设置4栋功能楼，分别为：营养食堂及餐厅（地上2F，无地下建筑，H=9m，已建成）、病房大楼（地上9F，无地下建筑，H=43.2m，已建成）、门诊医技楼（地上4F，无地下建筑，H=18m，已建成）、感染楼（地上3F，无地下建筑，H=14.2m，建设中）。

彭州市人民医院已取得辐射安全许可证，其许可证证书编号：川环辐证[00436]，许可的种类和范围为：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；有效期至2028年12月14日。

二、项目由来和编制目的

近年来，随着医学实践的不断深入，肿瘤放射治疗是利用射线杀灭肿瘤细胞从而达到治疗肿瘤的一种局部治疗方法，在肿瘤治疗中的地位日益突出，已成为治疗恶性肿瘤的主要手段之一。为进一步满足彭州市人民医院的诊疗需求，拓展其医疗服务能力，彭州市人民医院拟在城南院区新建一座放疗中心，并在放疗中心新建2间加速器治疗室和1间CT模拟定位室，在加速器治疗室1内和加速器治疗室2内各安装使用一台医用电子直线加速器（具备CBCT图像引导功能，Ⅱ类射线装置，X射线能量为10MV，X射线1m处剂量率最大为24Gy/min，电子线能量为22MeV，电子线1m处剂量率最大为15Gy/min，CBCT图像引导功能，最大管电压150kV，最大管电流1000mA），在CT模拟定位室内安装使用1台医用X射线计算机断层扫描仪（CT）装置（Ⅲ类射线装置，厂家型号未定，最大管电压为150kV，最大管电流为1000mA）。

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18号）的规定和要求，本项目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年本）》（部令16号），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，根据《四川省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目目录》（2023年本），本项目需上报四川省生态环境厅审查批准，并在取得批复后及时更新申领辐射安全许可证。

为此，彭州市人民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的环境影响报告表（委托书见附件1）。四川中环康源卫生技术服务有限公司接受本项目环评报告表编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，就项目对环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的能力、拟采取的辐射安全和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。

三、项目建设内容及规模

（一）工程概况

项目名称：彭州市人民医院新增医用电子直线加速器项目

建设单位：彭州市人民医院

建设性质：新建

建设地点：彭州市南三环路二段255号彭州市人民医院放疗中心加速器治疗室1、加速器治疗室2

（二）工程建设内容及规模

建设单位拟在彭州市南三环路二段255号彭州市人民医院城南院区内新建1座放疗中心（拟建，地上2层，无地下建筑），医院拟在放疗中心新建2间加速器治疗室、1间CT模拟定位室及其他配套用房。

加速器治疗室屏蔽方案及其辅助用房

加速器治疗室1有效使用面积为73.04m²（长8.8m，宽8.3m），机房四面墙体、楼顶均拟采用钢筋混凝土结构（密度：2.35g/m³），医用电子直线加速器主射线方向朝向东侧墙体、西侧墙体、顶部、地面。机房南侧侧屏蔽墙体为厚1500mm钢筋混凝土；西侧主屏蔽墙体厚度为厚3000mm钢筋混凝土（内凸，宽5.7m），东侧主屏蔽墙体厚度为厚3000mm钢筋混凝土（内凸，宽5.7m，与加速器治疗室2共用），东侧与主屏蔽墙体相连的次屏蔽墙为厚1800mm钢筋混凝土（与加速器

治疗室2共用），西侧与主屏蔽墙体相连的次屏蔽墙为厚2400mm钢筋混凝土；北侧迷路呈“L”型，迷路宽2.4m，长10m，迷路内墙为厚1500mm钢筋混凝土，迷路外墙厚1100mm钢筋混凝土，顶部主屏蔽墙为厚3000mm钢筋混凝土（内凸，宽4.4m），顶部与主屏蔽墙体相连的次屏蔽墙为厚2400mm钢筋混凝土。防护门为20mm铅板+100mm含硼聚乙烯电动推拉防护门。加速器治疗室1北侧配套建设1间控制室1（长4.20m，宽3.38m，面积14.2m²），1间水冷辅助机房1（长3.50m，宽2.26m，面积7.91m²）。

加速器治疗室2有效使用面积为73.04m²（长8.8m，宽8.3m），机房四面墙体、楼顶均拟采用钢筋混凝土结构（密度：2.35g/m³），医用电子直线加速器主射线方向朝向东侧墙体、西侧墙体、顶部、地面。机房南侧侧屏蔽墙体为厚1500mm钢筋混凝土；东侧主屏蔽墙体厚度为厚3000mm钢筋混凝土（内凸，宽5.7m），西侧主屏蔽墙体厚度为厚3000mm钢筋混凝土（内凸，宽5.7m，与加速器治疗室1共用），东侧与主屏蔽墙体相连的次屏蔽墙为厚2400mm钢筋混凝土，西侧与主屏蔽墙体相连的次屏蔽墙为厚1800mm钢筋混凝土（与加速器治疗室1共用）；北侧迷路呈“L”型，迷路宽2.4m，长10m，迷路内墙为厚1500mm钢筋混凝土，迷路外墙厚1100mm钢筋混凝土，顶部主屏蔽墙为厚3000mm钢筋混凝土（内凸，宽4.4m），顶部与主屏蔽墙体相连的次屏蔽墙为厚2400mm钢筋混凝土。防护门为20mm铅板+100mm含硼聚乙烯电动推拉防护门。加速器治疗室2北侧配套建设1间控制室2（长4.20m，宽3.18m，面积13.4m²），1间水冷辅助机房2（长3.40m，宽2.70m，面积9.18m²）。

CT模拟定位室屏蔽方案及其辅助用房

CT模拟定位室有效使用面积为30.85m²（长5.65m，宽5.46m），机房东侧、南侧、北侧墙体均采用370mm实心砖墙，西侧墙体采用200mm实心砖墙（紧邻加速器治疗室2东侧主屏蔽墙），楼顶采用300mm混凝土，2扇防护门均内衬3mm铅板，防护窗采用15mm铅玻璃（约3mm铅当量）。本项目模拟定位CT机房配套使用1间控制室，长6.00m，宽2.57m，面积为15.42m²。

射线装置

建设单位拟在放疗中心加速器治疗室1和加速器治疗室2内各安装使用1台医用电子直线加速器，属于II类射线装置，用于开展全身的肿瘤治疗。本项目2台

医用电子直线加速器X射线最大能量均为10MV，两台医用电子直线加速器X射线1m处剂量率最大均为24Gy/min，电子线能量最大均为22MeV，电子线1m处剂量率最大为15Gy/min；本项目拟购的2台医用电子直线加速器均配置CBCT图像引导功能，实现了影像学指导的放疗，同时具备适形调强放射治疗（IMRT）、容积旋转调强放射治疗（VMAT）功能、无均整器（FFF）模式。CBCT最大管电压150kV，管电流1000mA。

建设单位拟在放疗中心CT模拟定位室中安装使用1台模拟定位CT（Ⅲ类射线装置），厂家型号未定，最大管电压为150kV，最大管电流为1000mA，用于放射治疗前肿瘤定位。

表 1-1 本项目射线装置主要技术参数

设备名称	型号	数量	类别	主要技术参数	
医用电子直线加速器	型号未定	2台	Ⅱ类	X 射线	最大能量：10MV 1m 处最大剂量率： 24Gy/min
				电子线	最大能量：22MeV 1m 处最大剂量率： 15Gy/min
				CBCT 图像引导系统	最大管电压 150kV 最大管电流 1000mA
模拟定位 CT	型号未定	1台	Ⅲ类	最大管电压	150kV
				最大管电流	1000mA

工作负荷：

根据院方预计，每台医用电子直线加速器每天最多治疗人数为40人次/d，每周工作5天，周工作量为200人次/周，每年工作50周，预计每台医用电子直线加速器年最大诊疗人次为10000人次/年，平均每次治疗出束时间为3min，则每台医用电子直线加速器用于治疗年出束时长为500h；此外每周物理师将对2台医用电子直线加速器进行质控，每周质控时每台医用电子直线加速器出束时间为1h，每台医用电子直线加速器年质控时间50h，综上所述，本项目每台医用电子直线加速器年出束时长为550h。

本项目每台医用电子直线加速器采用CBCT图像引导功能进行治疗前的扫描，平均每次扫描时间为0.5min，则每台医用电子直线加速器CBCT年出束时间为83.3h。

CT模拟定位室内每年最多扫描6000次病人，每次医用X射线计算机断层扫描

仪（CT）装置出束时长为0.5min，则本项目CT年出束时长为50h。

表 1-2 本项目射线装置工作负荷

使用场所	工作状态	使用科室	单次使用时长	年治疗量	年治疗量/工作出束时长	合计年出束时长
加速器治疗室 1	病人治疗	放疗科	3min	10000 人	500h	550h
	质控		/	/	50h	
加速器治疗室 2	病人治疗		3min	10000 人	500h	550h
	质控		/	/	50h	
CT 模拟定位室	扫描（模拟定位）		0.5min	6000 人	50h	50h

（三）项目组成内容及主要环境问题

项目组成及主要环境影响见表 1-3。

表 1-3 项目组成及主要的环境影响一览表

名称	建设内容及规模					可能产生的环境影响		
						施工期	运营期	
主体工程	医用电子直线加速器	作业类型	放射治疗				安装调试阶段产生废弃包装、X 射线、电子线、臭氧及氮氧化物、噪声	X 射线、电子线、臭氧、氮氧化物、噪声
		型号	型号未定					
		数量	2 台					
		主要技术参数	X 射线	最大能量：10MV；1m 处最大剂量率：24Gy/min				
			电子线	最大能量：22MeV；1m 处最大剂量率：15Gy/min				
			CBCT 图像引导系统	最大管电压 150kV；最大管电流 1000mA				
		工作地点	彭州市南三环路二段 255 号彭州市人民医院放疗中心加速器治疗室 1、加速器治疗室 2					
		管理类别	II类射线装置					
	使用情况	根据院方预计，加速器每天最多治疗人数为 40 人次/d，每周工作 5 天，周工作量为 200 人次/周，每年工作 50 周，预计年最大诊疗人次为 10000 人次/年，平均每次治疗医用电子直线加速器出束时间为 3min，则医用电子直线加速器用于治疗每周出束时长为：10h，用于治疗年出束时长为 500h；每周物理师将对医用电子直线加速器进行质控，质控时医用电子直线加速器出束时间为 1h。 综上所述，医用电子直线加速器周出束时长为 11h，年出束时长为 550h。						
	加速器治疗室 1	有效使用面积	73.04m ² （长 8.8m，宽 8.3m）				施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活污水与生活	
		屏蔽结构	主屏蔽墙	东侧、西侧	3000mm 钢筋混凝土，宽 5.7m			
				顶部	3000mm 钢筋混凝土，宽 5.7m			
			次屏蔽墙	东侧	东侧次屏蔽 1800mm 钢筋混凝土			
				西侧	西侧次屏蔽 2400mm 钢筋混凝土			
				顶部	2400mm 钢筋混凝土			
			侧屏蔽墙（南侧）		1500mm 钢筋混凝土			
			迷路内墙（北侧）		1500mm 钢筋混凝土			

			迷路外墙（北侧）		1100mm 钢筋混凝土		垃圾	
			迷路		L 型，长：10m；宽 2.4m			
			防护门（1 扇）		20mm 铅板+100mm 含硼聚乙烯电动推拉防护门			
	加速器 治疗室 2	屏蔽结构	73.04m ² （长 8.8m，宽 8.3m）					
			主屏蔽墙	东侧、西侧	3000mm 钢筋混凝土，宽 5.7m			
				顶部	3000mm 钢筋混凝土，宽 5.7m			
			次屏蔽墙	西侧	1800mm 钢筋混凝土			
				东侧	2400mm 钢筋混凝土			
				顶部	2400mm 钢筋混凝土			
			侧屏蔽墙（南侧）		1500mm 钢筋混凝土			
			迷路内墙（北侧）		1500mm 钢筋混凝土			
			迷路外墙（北侧）		1100mm 钢筋混凝土			
			迷路		L 型，长：10m；宽 2.4m			
			防护门（1 扇）		20mm 铅板+100mm 含硼聚乙烯电动推拉防护门			
	医用 X 射线计 算机断 层扫描 仪(CT) 装置	作业类型	模拟定位				安装调试 阶段产生 废弃包装、 X 射线、臭 氧及氮氧 化物、噪声	X 射线、 臭氧、氮 氧化物、 噪声
		型号	型号未定					
		数量	1 台					
		主要技术参数	额定管电压	150kV				
			额定管电流	1000mA				
		工作地点	彭州市南三环路二段 255 号彭州市人民医院放疗中心 CT 模拟定位室					
		管理类别	III类射线装置					
		使用情况	本项目 CT 每年最多扫描 6000 次病人，每次 CT 输出时长为 0.5min，则本项目 CT 年出束时长为 50h。					
	模拟定 位 CT 室内	有效使用面积	30.85m ² （长 5.65m，宽 5.46m）				施工噪声、 施工废水、 建筑粉尘、 建筑废渣 以及施工 人员产生	
		建筑后屏蔽结构	模拟定位 CT 机房有效使用面积为 30.85m ² （长 5.65m，宽 5.46m），机房东侧、南侧、北侧墙体均采用 370mm 实心砖墙，西侧墙体采用 200mm 实心砖墙（紧邻加速器治疗室 2 东侧主屏蔽墙），楼顶采用 300mm 混凝土，2 扇防护门均内衬 3mm 铅板，防护窗采用为 15mm 铅玻璃（约 3mm 铅当量）。					
辅助工	加速器	控制室 1（长 4.20m，宽 3.38m，面积 14.2m ² ），水冷辅助机房 1（长 3.50m，宽 2.26m，面积 7.91m ² ）				人员产生	生活废物	

程	治疗室 1		的生活污水与生活垃圾		
	加速器治疗室 2	控制室 2（长 4.20m，宽 3.18m，面积 13.4m ² ），水冷辅助机房 2（长 3.40m，宽 2.70m，面积 9.18m ² ）			
	模拟定位 CT 机房	控制室（长 6.00m，宽 2.57m，面积为 15.42m ² ）			
公用工程	给排水、配电、供电和通讯系统等。				
办公及生活设施	放疗中心拟建的诊室、计划办公室、更衣室、会议室、制模室、融铅室、污物暂存等办公生活设施。				
环保工程	污水处理设施	废水处理：项目工作人员和病人产生的污水进入已建污水处理站（处理能力：600m ³ /d）进行预处理，处理工艺：预处理池+隔油池+一级强化池+消毒处理（次氯酸钠）池）处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）后，排入彭州市第二污水处理厂进一步处理，尾水排入青白江。本项目不新增床位，产生少量的污水该污水处理站处理能力能够满足生活污水产生量和排放量的排放需求。		/	生活污水
	废气处理设施	本项目拟在加速器治疗室 1 内设置 1 套通排风系统进行通排风，拟设置 2 个新风口，均位于加速器治疗室 1 西北部吊顶上方；设置 1 个排风口，位于加速器治疗室 1 东南角距地 30cm 处，排风扇风量为 5745m³/h，医用电子直线加速器机房体积为 509.5m³/h，因此本项目排风系统换气次数为 11 次/h。拟在加速器治疗室 2 内设置 1 套通排风系统进行通排风，拟设置 2 个新风口，均位于加速器治疗室东北部吊顶上方；设置 1 个排风口，位于加速器治疗室西南角距地 30cm 处，排风扇风量为 5745m³/h，医用电子直线加速器机房体积为 519.5m³/h，因此本项目排风系统换气次数为 11 次/h。 本项目加速器治疗室拟设置的通排风系统符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。加速器治疗室中产生的废气经排风系统引至放疗中心屋顶室外排放（非上人屋面，最终排口距地 8.4m）。		施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活污水与生活垃圾	臭氧及氮氧化物

	固废处理设施	本项目医用电子直线加速器治疗过程中，不产生医疗废物，工作人员及病人将产生极少量的生活垃圾，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。 废靶件：医用电子直线加速器的金属靶更换时会有废靶件产生，废靶件属于放射性固体废物，废靶件应由有资质单位进行回收处理。	/	生活垃圾、废靶件
--	--------	--	---	----------

（四）主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-4。

表 1-4 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	数量	来源	用途	备注
能源	电	5000kW·h/a	城市电网	机房用电	/
水	生活用水	100m ³ /a	城市生活用水管网	生活用水	/

（五）劳动定员

1、工作制度：本项目辐射工作人员每年工作 250 天，每天工作 8 小时，实行白班单班制。

2、人员配置及职责：医院拟为本项目配备9名辐射工作人员，加速器治疗室1、加速器治疗室2各配备2名医师，各配备1名技师和1名物理师；拟为CT模拟定位室配备1名技师。

物理师：物理师每周将对医用电子直线加速器进行质控，则每年物理师质控受照时间为 50h；物理师偶尔病人治疗时位于控制室内进行剂量计划验证，预计单名物理师的受照时间占医用电子直线加速器治疗出束时间的 10%，则单名物理师位于控制室内年受照时长为 100h。

医师：医师偶尔位于控制室内对病人治疗效果进行观察，预计单名医师的受照时间占医用电子直线加速器治疗出束时间的 10%，则单名医师位于控制室内年受照时长为 50h。

技师：技师在病人治疗时位于控制室内，每次病人治疗时，技师均位于控制室内，则病人治疗时单名技师受照时长最长为 500h。

CT模拟定位室技师：治疗前，采用CT定位影像建立治疗计划三维坐标系，进行射野虚拟模拟和计划设计，靶区勾画和治疗评估，年受照时长为50h。

表 1-5 工作人员配置情况

装置名称	配备人数	人员构成	工作内容	作业内容	单人年受照时长
加速器治疗室1、加速器治疗室2	8名	医师4名	诊断、出具治疗处方、确认照射计划	治疗过程中，医师位于控制室内对病人进行观察，每名医师50h。	50h
		物理师2名	根据处方计算照射剂量和照射方式等、设备质控	1.医用电子直线加速器在质控过程中，物理师位于控制室内观察。每名物理师50h。 2.治疗过程中，物理师位于控制室内进行计划验证。每名物理师50h。	100h

		技师 2 名	根据计划操作设备实施治疗	位于控制室内对医用电子直线加速器进行操作。每名技师 500h。	500h
CT 模拟定位室	1 名	技师 1 名	病人治疗前，采用模拟定位 CT 进行扫描，扫描后采用	治疗前，采用CT定位影像建立治疗计划三维坐标系，进行射野虚拟模拟和计划设计，靶区勾画和治疗评估 50h。	50h

本项目投入运营前，针对所有新增辐射工作人员，医院承诺要求其在上岗前通过辐射安全与防护考核，并为其建立职业健康档案以及个人剂量监测档案。本项目投入运营后，若新增辐射工作人员的其他科室医生需参与放射治疗，同样要求其取得辐射安全与防护考核合格证明，并为其建立剂量监测档案以及职业健康档案。本项目投入运营后，医师、护师、技师、物理师均不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗的情况。

（六）依托环保设施情况

本项目工作人员和病人产生的污水进入已建污水处理站（处理能力：600m³/d 进行预处理，处理工艺：预处理池+隔油池+一级强化池+消毒处理（次氯酸钠）池）处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）后，排入彭州市第二污水处理厂进一步处理，尾水排入青白江。本项目不新增床位，产生少量的污水该污水处理站处理能力能够满足生活污水产生量和排放量的排放需求。

本项目医用电子直线加速器治疗过程中，不产生放射性固废及医疗废物，工作人员及病人将产生极少量的生活垃圾，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。

四、产业政策符合性

根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年第7号令）相关规定，本项目的建设属于该指导目录为医院医疗基础建设内容，属于该指导目录中第三十七项“卫生健康”中第1款“医疗服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

五、项目选址、外环境关系及实践正当性分析

（一）外环境关系分析

（1）彭州市人民医院外环境关系

彭州市人民医院位于彭州市南部新城南三环路 255 号，医院东侧为协和路，南侧为塞纳花苑；西侧为彭州市妇幼保健院；北侧为南三环路二段。

(2) 本项目辐射工作场所屏蔽体外 50m 范围

本项目辐射工作场所屏蔽体外50m评价范围除南侧小部分超出院区范围外，其余方位均位于院区范围内，本项目外环境关系图见附图2。

本项目加速器治疗室1和加速器治疗室2场所位置集中，因此综合考虑其50m范围。东侧依次为放疗中心辅房（0~12.5m）、院区道路（12.5m~25.5m）、消毒供应中心（25.5~50m）；南侧依次为院区绿化（0m~5.5m）、院区停车场（5.5~48.5m）、院区外停车场（48.5~50m）；西侧0~50m为院区停车场；北侧依次为放疗中心辅房（0m~11.5m）、院区道路（11.5m~25m）、门诊医技楼（25m~50m）。

(3) 辐射工作场所周围情况

本项目医用电子直线加速器拟设置在放疗中心加速器治疗室1和加速器治疗室2内。加速器治疗室1东侧为加速器治疗室2；南侧为院区绿化；西侧为院区地面停车场；北侧自西向东依次为楼梯、水冷辅助机房、控制室、更衣准备。加速器治疗室2东侧自北向南依次是走廊、CT模拟定位室；南侧为院区绿化；西侧为加速器治疗室1；北侧自西向东依次为更衣准备、控制室、水冷辅助机房、诊室。加速器治疗室1和加速器治疗室2楼上为放疗中心屋顶（无人可达）；楼下为土质层。本项目放疗中心平面布置图见附图3。

(二) 选址合理性分析

医院已获得中华人民共和国不动产权证书（编号：川（2024）彭州市不动产权第 0015215 号，附件 6），根据中华人民共和国不动产权证书，本项目用地属于医疗卫生用地，本用地符合城市规划要求。本项目拟在院区新增 1 座放疗中心（地上 2 层，无地下建筑，不涉床位），在放疗中心内新增加速器治疗室 1 和加速器治疗室 2 及其配套用房，并在加速器治疗室 1 和加速器治疗室 2 内各安装使用 1 台医用电子直线加速器。

放疗中心内仅涉及放疗中心及其配套的辅助用房，因此该区域内除参与放疗的病人及其家属外，极少有无关人员至此，最大程度的减少了公众误入的可能，医用电子直线加速器与模拟定位机均设置于此，便于放疗科的统一管理和肿瘤病人开展治疗。

表1-6 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）选址要求对照分析

标准要求	本项目实际情况	是否满足
放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内；	本项目放疗中心为拟设置在院区内，该建筑未设置在居民、写字楼和商住两用的建筑内。	满足
放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	本项目放疗中心位于医院中部的独栋建筑，该栋建筑仅涉及放射治疗场所及配套工作设施，该建筑体仅涉及地上2层，无地下建筑，已避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	满足

本项目所在彭州市人民医院外围城区环境，周围基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力、电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件，本项目仅为其配套建设项目，不新增用地，且辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。因此，本项目从辐射防护安全和环境保护角度分析，本项目选址是合理的。

（三）实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病（特别是恶性肿瘤）的诊断和治疗能力。肿瘤放射治疗是利用射线杀灭肿瘤细胞从而达到治疗肿瘤的一种局部治疗方法，是其它诊治项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断和治疗的方法效果显著、病人诊断中所受的痛苦较小，方法的优势明显，并且本项目对周围产生的辐射影响经过专门屏蔽体屏蔽后影响可控制在尽可能低的范围内，所产生的影响远远小于对病人健康的保障和医疗事业的发展，因此，该项目的实践是必要的，实践具有正当性。

六、原有核技术利用项目许可情况

（一）原有辐射安全许可情况

彭州市人民医院已取得辐射安全许可证，其许可证证书编号为：川环辐证[00436]，有效期至 2028 年 12 月 14 日，许可的种类和范围为：使用Ⅱ类、Ⅲ 类射线装置。

表 1-7 医院已获许可使用的医用射线装置（缺少最新的辐射安全许可证和最新的射线装置台账）

序号	射线装置名称	厂家、型号	数量	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	备注
1	DSA	上海西门子医疗器械有限公司 ARIS ZEEFLOR	1	Ⅲ	城南院区导管室 DSA 检查室	使用	已备案	已许可	/
2	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	SOMATOM.go.Pit	1	Ⅲ	城南院区发热门诊	使用	已备案	已许可	/
3	医用诊断 X 射线装置	南京普爱射线影响设备有限公司 PLX102	1	Ⅲ	城南院区放射科 CR 检查室	使用	已备案	已许可	/
4	CT	东软医疗系统股份有限公司 N512EP210001E	1	Ⅲ	城南院区放射科 CT1	使用	已备案	已许可	/
5	医用 X 射线计算机断层扫描	上海西门子医疗器械有限公司 Somatom Sensation 64	1	Ⅲ	城南院区放射科 CT2	使用	已备案	已许可	/
6	医用诊断 X 射线装置	上海西门子医疗器械有限公司 Axiom Aristos VS Plus	1	Ⅱ	城南院区放射科 DR1	使用	已批复	已许可	/
7	DR	General Medical Merate S.P.A Opera4000	1	Ⅲ	城南院区放射科 DR2	使用	已备案	已许可	/
8	医用诊断 X 射线装置	航卫通用电气医疗系统有限公司 Prodigy primo	1	Ⅲ	城南院区放射科骨密度检查室	使用	已备案	已许可	/
9	医用诊断 X 射线装置	航卫通用电气医疗系统有限公司 PrecisonTHUNIS-800+	1	Ⅲ	城南院区放射科胃肠检查室	使用	已备案	已许可	/
10	移动 X 线机	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司 C9-04000077	1	Ⅲ	城南院区放射科移动 DR	使用	已备案	已许可	/

11	移动式 X 光机	航卫通用电气医疗系统有限公司 OEC9900 Elite	1	III	城南院区手术室, X 线手术间	使用	已备案	已许可	
12	医用诊断 X 射线装置	华润万东医疗装备股份有限公司新东方 1000EB	1	III	寂光院区, DR 检查室	使用	已备案	已许可	
13	CT	四川明峰医疗系统股份有限公司 ScintCare 778 Honor	1	III	金彭西路院区发热门诊空地车 厢移动 CT 室	使用	已备案	已许可	
14	CT	航卫通用电气医疗系统有限公司 OPTina CT 620	1	III	金彭西路院区放射科 CT1	使用	已备案	已许可	
15	医用诊断 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	航卫通用电气医疗系统有限公司 GE BrightSpeed 16CT	1	III	金彭西路院区放射科 CT2	使用	已备案	已许可	
16	医用诊断 X 射线装置	飞利浦医疗器械有限公司 Digital Diagnost	1	III	金彭西路院区放射科 DR	使用	已备案	已许可	
17	医用诊断 X 射线装置	GMM Opera 4000	1	III	金彭西路院区放射科 DR2	使用	已备案	已许可	
18	全景牙片机	上海怡友医疗器械有限公司 Implagraphy	1	III	金彭西路院区放射科全景牙片 机室	使用	已备案	已许可	
19	乳腺机	航卫通用电气医疗系统有限公司 GE Senography Essential	1	III	金彭西路院区放射科乳腺机检 查室	使用	已备案	已许可	
20	医用诊断 X 射线装置	上海岛津医疗器械有限公司 RAD SPEED M	1	III	金彭西路院区体检中心 DR 室	使用	已备案	已许可	
21	骨密度骨龄测定器	天津开发区圣鸿医疗器械有限公司 SGY-II	1	III	金彭西路院区体检中心骨密度 室	使用	已备案	已许可	

彭州市人民医院已许可1台II类射线装置、20台III类射线装置，根据调查：彭州市人民医院已委托四川泰安生科技咨询有限公司开展了辐射工作场所环境保护检测（监测报告报告编号：川泰（辐）检[2024]571号、川泰（辐）检[2024]572号、川泰（辐）检[2024]573号），根据监测报告可知，彭州市人民医院所有固定工作场所射线装置辐射工作场所屏蔽体外曝光时剂量率为： $0.02\mu\text{Sv/h}\sim 2.35\mu\text{Sv/h}$ ，彭州市人民医院无固定工作场所的射线装置（移动X射线机，无固定工作场所）机房周围人员接触处曝光时剂量率为 $0.09\mu\text{Sv/h}\sim 19.99\mu\text{Sv/h}$ 。综上，目前各院区各辐射场所辐射控制水平符合国家标准的剂量率要求。

经核查建设单位2025年1月15日提交的《2024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》，原有核技术利用项目不存在辐射环境遗留问题，不存在辐射安全及辐射环境保护问题。同时，经建设单位证实，医院开展放射诊断工作截至目前未发生过辐射安全事故。

（二）辐射工作人员培训情况

彭州市人民医院目前登记辐射工作人员132名。目前医院从事操作II类射线装置的辐射工作人员共计45名，均已通过核技术利用辐射安全与防护培训考核。其余从事III类射线装置辐射工作人员共计87名辐射工作人员均已通过建设单位组织的自主考核，且考核结果均已存档。

（三）辐射工作人员个人剂量情况

彭州市人民医院目前登记在册的辐射工作人员共132名，建设单位对于所有入职、在职和离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并建档管理，目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格。根据2024年、2025年个人剂量监测报告（报告编号：川泰（剂量）检[2024]2507、川泰（剂量）检[2024]2508、川泰（剂量）检[2024]3414、川泰（剂量）检[2024]3415、川泰（剂量）检[2024]4739、川泰（剂量）检[2024]4740、川泰（剂量）检[2025]0855、川泰（剂量）检[2025]0856）可知，所有辐射工作人员单季度个人剂量监测结果最高为 0.81mSv ，合计年剂量监测结果最高为 1.2mSv ，单季度、合计年剂量的个人剂量监测结果未有超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值情况。部分人员非全年在岗或已离岗或为新增人员，故无部分季度剂量监测。个人剂量统计

结果见附件8。

（四）辐射工作人员体检情况

医院已委托中环康源体检中心对所有入职、在职和离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并建档管理，目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格。

（五）年度评估报告

医院已在全国核技术利用辐射安全申报系统（rr.mee.gov.cn）中提交了“2024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”，评估报告中医院对2024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。

现医院辐射安全管理情况如下：

- （1）现单位名称、地址，法人代表未发生改变；
- （2）辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生改变；
- （3）辐射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施均满足相应规定要求；
- （4）医院自从事放射诊疗工作以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

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
1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—

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	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	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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
1	医用电子直线加速器	II	2	型号未定	电子	X 射线：最大能量：10MV，1m 处最大剂量率：24Gy/min 电子线：最大能量：22MeV，1m 处最大剂量率：15Gy/min CBCT图像引导系统：最大管电压150kV、最大管电流1000mA		使用	彭州市南三环路二段255号 彭州市人民医院放疗中心 加速器治疗室1、加速器治疗室2	新建

(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	医用 X 射线计算机断层扫描仪 (CT) 装置	III	1 台	型号未定	150	1000	使用	彭州市南三环路二段 255 号彭州市人民医院放疗中心 CT 模拟定位室	新建

(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 (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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	O ₃ 、NO _x	/	少量	少量	少量	不暂存	环境大气
废靶件（医用电子直线加速器）	固态	/	/	/	/	/	不暂存	废靶件由有资质单位进行回收处理。

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。

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

表 6 评价依据

法规文件	1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 01 月 01 日(修订)实施); 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年 12 月 29 日修订); 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六号, 2003 年 10 月 1 日实施); 4) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》(国务院令 第 682 号, 2017 年 10 月 1 日起施行); 5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年, 国家环境保护总局令 第 31 号, 2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 第 3 号修改, 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 第 47 号修改, 2019 年 8 月 22 日经生态环境部令 第 7 号修改, 2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 第 20 号修改); 6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005 年 9 月 14 日国务院令 第 449 号发布, 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》(国务院令 第 709 号)对其进行了修改); 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 第 18 号令); 8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版)(生态环境部 第 16 号令); 9) 《四川省辐射污染防治条例》(四川省第十二届人大常委会通过, 2016 年 6 月 1 日起实施); 10) 《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); 11) 《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, 2020 年 1 月 1 日施行); 12) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年 第 9 号); 13) 《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020)。
技术标准	1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016); 2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016);

	3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002); 4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021); 5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157—2021); 6) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020); 7) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021); 8) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017); 9) 《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); 10) 《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); 11) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)。
其他	1) 生态环境部(国家核安全局)《核技术利用监督检查技术程序》(2020年发布版); 2) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》的通知(川环函[2016]1400号); 3) 《关于印发<四川省生态环境厅(四川省核安全管理局)辐射事故应急预案(2020版)>的通知》(川环发[2020]2号); 4) 《委托书》; 5) 医院提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。 6) 《辐射防护导论》方杰主编; 7) 《2023 成都生态环境质量公报》成都市生态环境局。

表 7 保护目标与评价标准

一、评价范围

根据本项目的特点并参照《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》（HJ 10.1-2016）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”；确定本项目所在医用电子直线加速器机房实体屏蔽墙体外 50m 范围内为评价范围，详见附图 2。

二、保护目标

根据本项目确定的评价范围，环境保护目标主要是医院辐射工作人员和其他医护人员、病患、陪同家属，具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目主要环境保护目标

加速器治疗室1周围				
位置	与辐射源最近距离及方位	类型	规模	剂量约束值（mSv/a）
控制室1	北侧 紧邻	辐射工作人员	4名辐射工作人员	5.0
水冷辅助机房1	北侧 紧邻	公众	2名公众/d	0.1
更衣准备1	北侧 紧邻	公众	40名公众/d	0.1
楼梯	北侧 紧邻	公众	2名公众/d	0.1
院区停车场	西侧 紧邻	公众	100名公众/d	0.1
院区绿化	南侧 紧邻	公众	2名公众/d	0.1
加速器治疗室2	东侧 紧邻	公众	40名公众/d	0.1
加速器治疗室2周围				
控制室2	北侧 紧邻	辐射工作人员	4名辐射工作人员	5.0
水冷辅助机房2	北侧 紧邻	公众	2名公众/d	0.1
更衣准备2	北侧 紧邻	公众	40名公众/d	0.1
诊室	北侧 紧邻	公众	80名公众/d	0.1
走廊	东侧 紧邻	公众	80名公众/d	0.1
CT模拟定位室	东侧 紧邻	公众	80名公众/d	0.1
院区绿化	南侧 紧邻	公众	2名公众/d	0.1
加速器治疗室1	西侧 紧邻	公众	40名公众/d	0.1
50m范围				
位置	与屏蔽体最近距离及方位	类型	规模	剂量约束值（mSv/a）
放疗中心	/	公众	100人	0.1
院区道路	北侧 最近11.5m	公众	300人	0.1
门诊医技楼	北侧 最近25m	公众	500人	0.1
消毒供应中心	东侧 最近25.5m	公众	50人	0.1
院区停车场	南侧 最近5.5m	公众	300人	0.1
院区外停车场	南侧 最近48.5m	公众	50人	0.1

三、评价标准

本项目应执行的环境保护标准如下：

（一）环境质量标准

1、大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准，《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）附录 D 其他污染物空气质量浓度参考限值；

2、地表水：地表水环境质量执行国家《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)中Ⅲ类水域标准；

3、声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 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）及其修改单；《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表 3“污水处理站周边大气污染物最高允许浓度”规定。

2、噪声：《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2 类；

3、废水：《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中“表 2”预处理标准要求；

4、固废：危险固废执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中的相关规定；医疗废物执行《医疗卫生机构医疗废物管理办法》（卫生部令第 36 号）规定的标准。

（三）剂量约束

（1）电离辐射执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射 剂量限值	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： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限值

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 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）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。

4.3.2.2 应对个人所受到的潜在照射危险加以限制，使来自各项获准实践的所有潜在照射所致的个人危险与正常照射剂量限值所相应的健康危险处于同一数量级水平。

（2）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

a) 治疗室墙和入口门外表面30cm处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列1) 和2) 所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ：

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录A选取），由以下周剂量参考控制水平（ $\dot{H}_c$ ）求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

机房外辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

2) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c, \max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c, \max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 $250 \mu\text{Sv}$ 加以控制。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面30cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100 \mu\text{Sv/h}$ 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

1、个人剂量约束值

①职业照射：

结合本项目所在地审管部门的要求和医院开展诊疗项目的病人收治情况等，从而确定彭州市人民医院的职业照射年有效剂量管理约束值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）职业照射剂量限值 20mSv 的四分之一执行，即 5mSv/a。

②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。彭州市人民医院周围公众个人年有效剂量约束值为 0.1mSv/a。

2、工作场所周围剂量率

医用电子直线加速器机房边界周围剂量率控制水平参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等相关标准要求，医用电子直线加速器机房屏蔽体外人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ，本项目综合考虑保守取 $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）有关规定，在距离本项目模拟定位CT机房屏蔽体外表面30cm处，周围控制目标辐射剂量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

一、环境质量和辐射现状 （一）彭州市人民医院外环境关系 彭州市人民医院位于彭州市南部新城南三环路 255 号，医院东侧为协和路，南侧为塞纳花苑；西侧为彭州市妇幼保健院；北侧为南三环路二段。 （二）医用电子直线加速器机房屏蔽体外 50m 范围 本项目辐射工作场所屏蔽体外50m评价范围除南侧小部分超出院区范围外，其余方位均位于院区范围内，本项目外环境关系图见附图2。 本项目加速器治疗室1和加速器治疗室2场所位置集中，因此综合考虑其50m范围。东侧依次为放疗中心辅房（0~12.5m）、院区道路（12.5m~25.5m）、消毒供应中心（25.5~50m）；南侧依次为院区绿化（0m~5.5m）、院区停车场（5.5~48.5m）、院区外停车场（48.5~50m）；西侧0~50m为院区停车场；北侧依次为放疗中心辅房（0m~11.5m）、院区道路（11.5m~25m）、门诊医技楼（25m~50m）。 （三）辐射工作场所周围情况 本项目医用电子直线加速器拟设置在放疗中心加速器治疗室1和加速器治疗室2内。加速器治疗室1东侧为加速器治疗室2；南侧为院区绿化；西侧为院区地面停车场；北侧自西向东依次为楼梯、水冷辅助机房、控制室、更衣准备。加速器治疗室2东侧自北向南依次是走廊、CT模拟定位室；南侧为院区绿化；西侧为加速器治疗室1；北侧自西向东依次为更衣准备、控制室、水冷辅助机房、诊室。加速器治疗室1和加速器治疗室2楼上为放疗中心屋顶（无人可达）；楼下为土质层。本项目放疗中心平面布置图见附图3。 本项目现状见图8-1。	
放疗中心拟建址现状	拟建放疗中心西侧消毒供应中心

图 8-1 现场照片

二、本项目主要环境影响

本项目在投入运营后,主要对环境造成影响的是医用电子直线加速器在曝光过程中,产生的 X 射线、电子线;医用 X 射线计算机断层扫描仪(CT)装置曝光过程中,产生 X 射线。医用电子直线加速器在运行时产生的高能电子束,因其贯穿力远弱于 X 射线,在 X 射线得到充分屏蔽的条件下,电子束亦能得到足够的屏蔽。因此本项目主要考虑 X 射线的影响。

三、本项目所在地 X- γ 辐射空气吸收剂量现状监测

本项目为使用II类射线装置,主要的污染因子为电离辐射,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,重点对评价区域的辐射环境现状进行了评价。

为掌握项目所在地辐射水平,本次由四川中环康源卫生技术服务有限公司对本项目所在位置及周围的辐射环境进行了监测,监测报告见附件6,监测结果见表8-2。

四、布点原则及监测点位

布点原则:根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)中的方法布设监

测点,根据本次加速器治疗室1和加速器治疗室2拟建址内部及其周围环境现状,监测点位的选取覆盖本项目项目拟建区域及周围 50m 公众人员区域。

监测点位: 本项目共设置 11 个监测点位: 在加速器治疗室 1 和加速器治疗室 2 拟建址内部及其周围均匀布置监测点位, 共计 8 个监测点位; 在 50m 范围内保护目标设置监测点位, 共计 3 个监测点位。本项目监测布点方案见表 8-1, 本项目监测点位图见图 8-2。

表 8-1 检测布点方案表

序号	检测点位	检测因子	监测频次
1	加速器治疗室 1 拟建址中央	X-γ周围剂量当量率	每点 10 次
2	加速器治疗室 2 拟建址中央		
3	加速器治疗室 1 拟建址北侧		
4	加速器治疗室 1 拟建址西侧		
5	加速器治疗室 1 拟建址南侧		
6	加速器治疗室 2 拟建址南侧		
7	加速器治疗室 2 拟建址东侧		
8	加速器治疗室 2 拟建址北侧		
9	门急诊医技楼南侧		
10	消毒供应中心西侧		
11	院区外地面停车场		

图8-2 本项目辐射环境监测点位

五、监测时间

监测日期：2025 年 6 月 3 日。

六、监测外环境条件

环境温度：29℃；环境湿度：45%；环境大气压：95.4kPa；天气状况：阴。

七、监测方法及监测仪器

表 8-2 监测方法及监测仪器一览表

监测因子	监测方法	监测仪器
X-γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）	仪器名称：便携式 X-γ剂量率仪 仪器型号：BH3103B 仪器编号：YQ19032 测量范围：（1~10000）×10 ⁻⁸ Gy/h 能量响应范围：0.025MeV~3MeV 修正因子：0.90 校准证书编号：校准字第 202410101592 号 校准单位：中国测试技术研究院 校准日期：2024 年 10 月 12 日 有效日期：2025 年 10 月 11 日

八、监测质量保证

我单位（四川中环康源卫生技术服务有限公司）具有四川省市场监督管理局颁发的资质认定证书，并在许可范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

①根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和项目实际情况制定监测方案及实施细则；

②严格按照监测单位《质保手册》《作业指导书》开展现场工作；

③监测仪器每年经过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；

④监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑤根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），布设监测点位置和高度，兼顾监测技术规定和实际情况，监测结果具有代表性和针对性；

⑥监测时获取足够的数据量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

⑦建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

⑧数据复核：监测报告实行三级审核制度，经校对审核后由授权签字人审定

签发。

九、监测结果

本项目的监测结果列于表 8-3。

表 8-3 本项目治疗室内及周围 X- γ 辐射剂量率监测结果

编号	测量点位置	X- γ 辐射剂量率 (nGy/h)	标准差	备注
1	加速器治疗室 1 拟建址中央	76.50	0.78	室外
2	加速器治疗室 2 拟建址中央	74.70	0.88	室外
3	加速器治疗室 1 拟建址北侧	70.20	0.40	室外
4	加速器治疗室 1 拟建址西侧	73.19	0.38	室外
5	加速器治疗室 1 拟建址南侧	78.45	0.44	室外
6	加速器治疗室 2 拟建址南侧	70.05	0.46	室外
7	加速器治疗室 2 拟建址东侧	67.65	0.49	室外
8	加速器治疗室 2 拟建址北侧	75.30	0.42	室外
9	门急诊医技楼南侧	64.20	0.54	室外
10	消毒供应中心西侧	73.20	0.70	室外
11	院区外地面停车场	69.15	0.44	室外

注：以上监测数据未扣除仪器宇宙射线响应值。

由监测报告得知，项目所在区域的 X- γ 辐射背景值为 64.20 nGy/h ~78.45 nGy/h，处于成都市生态环境局《2023 成都生态环境质量公报》全市环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（67.0~119）nGy/h 内，属于正常天然本底辐射水平。

九、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、施工期污染源项分析 （一）施工期间的环境影响分析 本项目拟设置在放疗中心（新建，不涉床位）内，放疗中心仅用于放疗科使用，施工环节主要包括：土建施工、房屋装修、设备设施安装和调试。 其施工期间的主要污染因素有废气、建筑垃圾、噪声和废水，会对周围声环境质量产生一定影响。以上污染因素将随建设期的结束而消除。 <pre> graph LR A[土建设施] --> B[内部装修] B --> C[设备安装、调试] C --> D[投入运营] A -.-> E[扬尘、噪声、施工废水、弃土建渣] B -.-> F[噪声、装修废材、建渣] C -.-> G[噪声、包装废材料、X射线、电子线、臭氧、氮氧化物] A -.-> H[施工人员产生的生活废水、生活垃圾] B -.-> H C -.-> H </pre> 图9-1 施工期工艺流程及产污环节示意图 ①废气 施工废气主要来源于土建施工阶段的施工扬尘，以及装修过程油漆和喷涂产生的少量有机废气。 ②噪声 施工期噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声，主要有载重汽车、电锯、电钻、吊车等。 ③废水 施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，以及施工过程中将产生施工废水。 ④固体废物 施工期间的固体废物主要为基础开挖产生的弃土、建筑垃圾、装修垃圾、设备安装中产生的废弃材料以及施工人员产生的生活垃圾等。 （二）设备安装调试期间的环境影响分析 本项目射线装置安装过程中，会有少量的废包装材料产生；本项目射线装置安装完成后的调试阶段，会产生 X 射线、电子线，会造成一定的辐射影响。 本项目射线装置的安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作，医院工作人

员协助进行辅助监督工作。在射线装置安装及调试过程中,应加强辐射防护管理,在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位,在机房门外设立当心电离辐射警告标志,禁止无关人员靠近;在设备的调试和维修过程中,射线源开关钥匙应安排专人看管,或由维修操作人员随身携带,并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌,工作结束后,启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置;人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

本项目工作场所屏蔽设计满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)及《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)等标准要求,本项目射线装置均在机房内进行内设备正常安装和调试,经机房墙体、门、窗屏蔽防护后,机房边界周围剂量率控制水平满足相关标准要求,对环境影响较小。

二、营运期污染源项分析

(一) 设备组成及工作原理

医用电子直线加速器

医用电子直线加速器是一种利用高频电磁波将电子等带电粒子通过加速管加速到高能的装置。高能电子束本身可以用于治疗浅表肿瘤,也可以使其击中X线靶产生X射线,用于治疗深层肿瘤,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。

本项目直线加速器主要由加速管、微波功率源、微波传输系统、电子枪、束流系统、真空系统、恒温水冷却系统、电源、控制系统、照射头、CBCT和治疗床等组成。加速管是医用电子直线加速器的核心部分,电子在加速管内通过微波电场加速,电子枪提供被加速的电子。束流系统由偏转线圈和聚焦线圈组成。恒温水冷却系统带走微波源等发热部件产生的热星。为保证整个系统恒温,恒温水冷却系统需要一定的水流压力和流星。

由于物理师在进行每一次治疗时的摆位状态和分次治疗时病人解剖位置的变化，如呼吸运动、膀胱充盈、小肠蠕动、胸腹水和肿瘤的增大或缩小等引起的位置差异，使得摆位误差仍可能有数毫米，甚至更大，在适形和调强放疗中更为明显。本项目直线加速器在治疗机头两侧安装了X射线管以及平板探测器（机载CBCT），每次放射治疗前，X射线管和 探测板围绕人体一周扫描，经过计算机处理重建后，得到肿瘤靶区及周围一定体积三个不同位置（冠状位、矢状位，横断位）的影像（三维图像），与治疗计划图像对比，如果发现有误差，即调整患者位置使肿瘤靶回到治疗计划位置，让照射野仅仅“追随”靶区，进一步提高了射线照射的精确性，实现了影像学指导的放疗。医用电子直线加速器CBCT与诊断CT不同，属于锥形束CT，与直线加速器组合成一体，进行在线位置验证。

本项目医用电子直线加速器各项参数一览表见表9-1。

表9-1 本项目医用电子直线加速器参数一览表

设备名称	医用电子直线加速器
型号	型号未定
类别	II类
数量	2台
X射线能量	最大能量：10MV，1m 处最大剂量率：24Gy/min
电子线能量	最大能量：22MeV，1m 处最大剂量率：15Gy/min
CBCT 系统	最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA
辐射角	28°
备注	拟购买

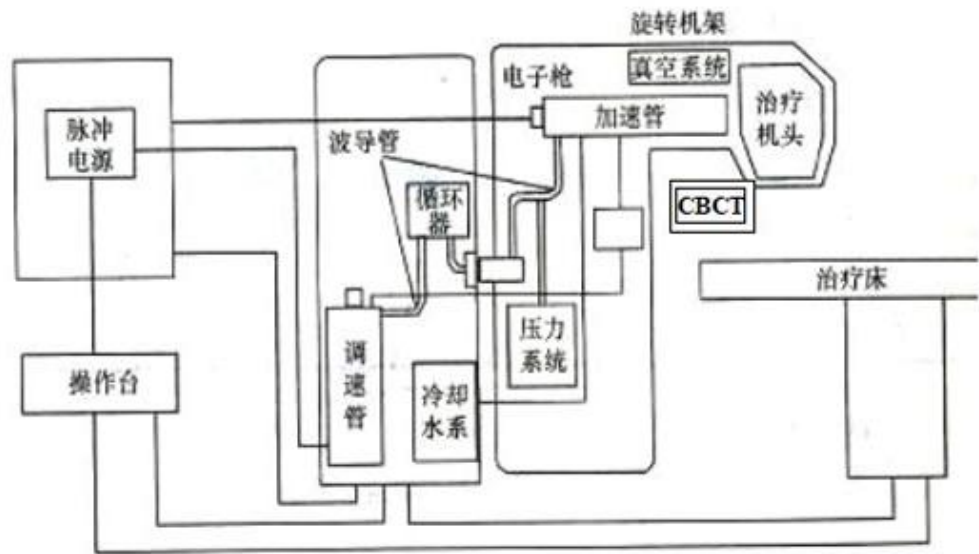


图 9-2 医用电子直线加速器系统示意图

医用 X 射线计算机断层扫描仪（CT）装置

医用X射线计算机断层扫描仪（CT）装置主要由医用X射线计算机断层扫描仪（CT）装置、诊断床、控制台、中央工作站和激光定位系统组成。模拟定位机可看做是诊断性CT机与传统X光模拟定位机的功能叠加。

医用X射线计算机断层扫描仪（CT）装置成像基本原理是用X线束对人体检查部位一定厚度的层面进行扫描，由探测器接收透过该层面的X线，转变为可见光后，由光电转换器转变为电信号，再经模拟/数字转换器（analog/digital converter）转为数字信号，输入计算机处理。图像形成的处理有如将选定层面分成若干个体积相同的长方体，称之为体素（voxel）。扫描所得信息经计算而获得每个体素的X线衰减系数或吸收系数，再排列成矩阵，即数字矩阵（digital matrix），数字矩阵可存储于磁盘或光盘中。经数字/模拟转换器（digital/analog converter）把数字矩阵中的每个数字转为由黑到白不等灰度的小方块，即像素（pixel），并按矩阵排列，即构成CT图像。

（三）操作流程

本项目放射治疗流程如下所示：

（1）进行定位：受检者进入CT模拟定位室在技师的指导下正确摆位。摆位完成后退出机房。技师检查无误后，即开启医用X射线计算机断层扫描仪（CT）装置机进行拍片/模拟定位。检查结束后，受检者离开机房。

（2）制订治疗计划：将模拟定位影像图像导入计算机治疗计划系统（TPS）后进行治疗计划设计，临床医生根据模拟定位检查图像勾画靶区，确定需要照射的范围和剂量。由放疗物理师和医师一起，根据病情确定照射范围和剂量，计划完成后经科室集体讨论后确认。方案确定后以跟治疗时同等的摆位条件（如垫肩、加固定器等）放到模拟定位设备上进行检查。经证实为可行后，在病人体表上作出相应的照射野标记，填写治疗单，做好治疗固定器等，确定最后的治疗计划，以保证放射位置的精确性和放射剂量的精确性。

（3）治疗计划制定后，病人在技师的协助下，依据计划在治疗床上进行摆位，确定照射位置和面积，该过程在治疗机房治疗床上完成；

（4）摆好位后，将CBCT图像与模拟定位图像配准，确定最终照射位置，在技师确定所有安全措施措施到位后，在操作间控制台设置参数，开机治疗；

（5）治疗完毕，停止出束，打开治疗室防护门，患者离开治疗室。

本项目工作流程及产污环节如图所示：

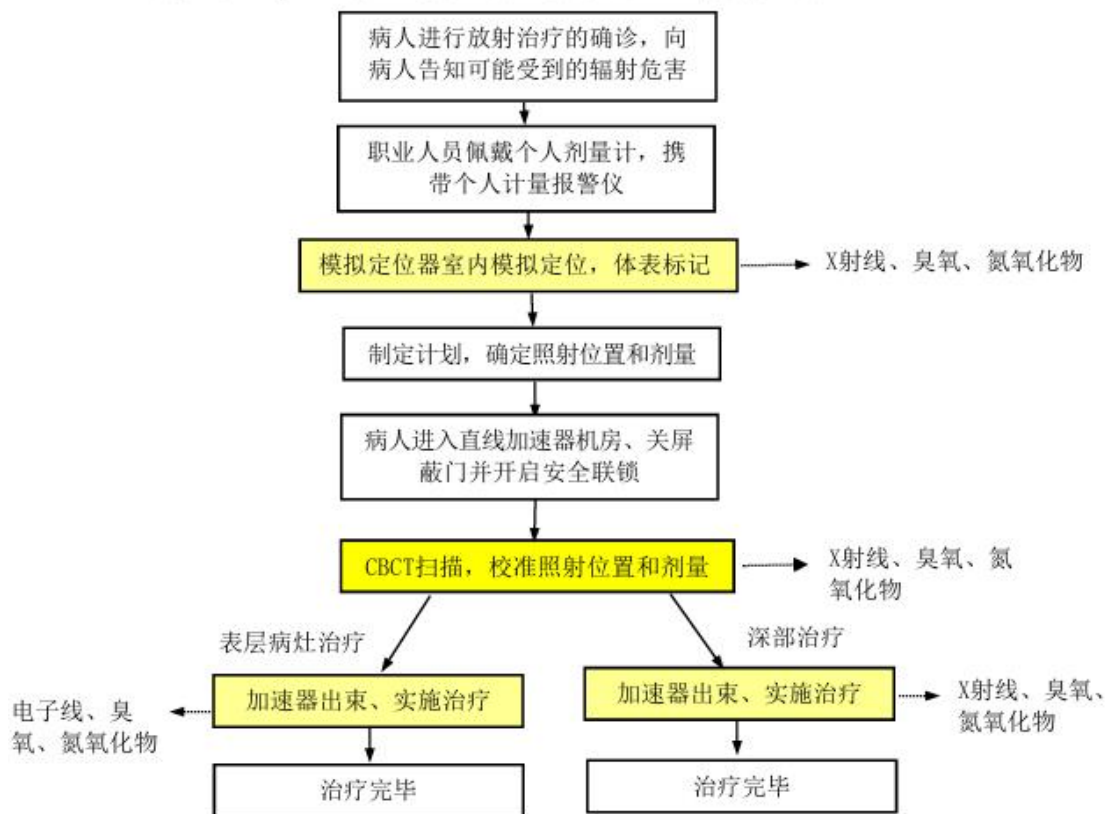


图9-2 本项目工作流程及产污环节示意图

本项目拟使用 2 台医用直线电子加速器和 1 台医用 X 射线计算机断层扫描仪（CT）装置。医用电子直线加速器在开展放射治疗时，将产生电子束、X 射线、臭氧和氮氧化物，同时采用先进的实时影像验证系统，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。

本项目 X 射线计算机断层扫描仪（CT）装置采用数字成像方式，不使用显（定）影液，不会产生废显（定）影液。医用 X 射线计算机断层扫描仪（CT）装置主要环境影响为开机时产生的 X 射线，X 射线电离空气将产生臭氧、氮氧化物。

（四）人流、物流路径

人流：

医护人员：

加速器技师和CT模拟定位室技师通常由放疗中心北侧大门进入放疗中心，随后加速器技师经大厅然后穿过更衣准备分别进入控制室1和控制室2，诊断

或治疗前，技师将进入机房内对病人进行摆位，摆位结束后，技师离开机房，机房门关闭后，射线装置开始出束，CT模拟定位室技师经过大厅穿过走廊后进入控制室，完成当天所有病人的治疗后放疗技师和CT模拟定位技师原路返回离开放疗中心；医师由放疗中心北侧大门进入放疗中心穿过大厅进入诊室，完成当天工作后原路返回离开；物理师由放疗中心北侧大门进入放疗中心穿过大厅进入计划办公室，待病人完成CT模拟定位后进入融铅和制模进行模具制作，完成当天工作后原路返回离开放疗中心。

患者：

患者通常由放疗中心北侧大门进入放疗中心，经过大厅通过走廊进入CT模拟定位室，然后进行模具制作，再通过更衣准备进入加速器治疗室进行治疗，治疗工作结束后通过放疗中心北侧大门离开。

本项目诊断、治疗过程中不涉及医疗废物的产生。

本项目人流路径合理，路径图见下图。

图 9-3 本项目人流路径示意图

污染源项描述

一、运营期污染源分析

1) 辐射污染源分析

X 射线、电子线：由医用电子直线加速器工作原理可知，本项目医用电子直线加速器可以提供 2 种射线（X 射线和电子线）用于肿瘤治疗，X 射线最大能量 10MV，对于人体深层肿瘤进行治疗；电子线最大能量 22MeV，对于浅表肿瘤进行治疗。因此医用电子直线加速器在开机时，用 X 射线治疗时主要污染物为 X 射线，用电子线治疗时主要污染物为电子，医用电子直线加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此，在医用电子直线加速器电子束治疗时间时，电子线对周围环境辐射影响小于 X 射线治疗。

由 X 射线计算机断层扫描仪（CT）装置工作原理可知，X 射线计算机断层扫描仪（CT）装置开机进行拍片时，将产生 X 射线。

废靶件：医用电子直线加速器的金属靶更换时会有废靶件产生，废靶件属于放射性固体废物，废靶件应由有资质单位进行回收处理。

2) 非辐射污染源分析

废气：本项目射线装置使用过程中将产生 X 射线，X 射线电离空气将产生少量的臭氧和氮氧化物。

废水：本项目医用电子直线加速器冷却系统采用蒸馏水，该冷却水循环使用不外排，因此不会产生放射性废水。本项目 X 射线计算机断层扫描仪（CT）装置诊断过程中，不会产生放射性废水。医护人员和病人将产生少量的生活污水。

固体废物：本项目射线装置使用过程中不会产生医疗废物，工作人员产生少量办公、生活垃圾。

噪声：本项目产噪设备主要为通排风系统、空调系统，建设单位采用低噪音风机（65dB），通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对周围环境噪声的贡献很小，对项目所在区域声环境影响很小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施		
一、工作场所布置及布局合理性分析		
（一）工作场所布置		
本项目放疗中心由加速器治疗室 1、加速器治疗室 2、控制室 1、控制室 2、更衣准备 1、更衣准备 2、水冷辅助机房 1、水冷辅助机房 2、CT 模拟定位室、控制室、计划办公室、诊室、制模、融铅及其他辅助用房组成。 本项目医用电子直线加速器拟设置在放疗中心加速器治疗室 1 和加速器治疗室 2 内。加速器治疗室 1 东侧为加速器治疗室 2；南侧为院区绿化；西侧为院区停车场；北侧自西向东依次为楼梯、水冷辅助机房、控制室、更衣准备。加速器治疗室 2 东侧自北向南依次是走廊、CT 模拟定位室；南侧为院区绿化；西侧为加速器治疗室 1；北侧自西向东依次为更衣准备、控制室、水冷辅助机房、诊室。加速器治疗室 1 和加速器治疗室 2 楼上为放疗中心屋顶（无人可达）；楼下为土质层。		
（二）平面布置合理性分析		
根据平面布置图，本项目拟新增一座放疗中心，放疗中心内CT模拟定位室、计划办公室、制模、融铅及其他辅助用房均独属于医用电子直线加速器使用的配套用房，最大程度的满足了放疗中心需求，也便于病人就诊需求；放疗中心为独立建筑，放疗中心1楼仅用于本项目放疗使用，放疗中心二楼为排风机房等辅房，不涉及科室，减少了无关人员的进入；本项目为专门的辐射工作场所，且设置专门的屏蔽防护，最大程度的减少了对周围环境的影响。因此本项目医用电子直线加速器机房的平面布置是合理的。 对照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）布局要求，本项目放疗装置平面布置合理性分析见表 10-1。		
表 10-1 平面布局对照分析一览表		
标准要求	设计落实情况	备注
放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	本项目医用电子直线加速器机房位于放疗中心内，放疗中心为独栋建筑，仅用于放疗科使用，同时毗邻控制室、水冷机房等配套功能房间根据机房主体结构一同设计和建筑，邻近房间无易燃、易爆及易	满足

	腐蚀 等危化暂存间。	
放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。	本项目放疗中心将实行两区管理，加速器治疗室1及迷道、加速器治疗室2及迷道划分为控制区，邻近的控制室1、控制室2、水冷辅助机房1、水冷辅助机房2、更衣准备1、更衣准备2、诊室划为监督区，两区划分具体见表10-2。	满足
治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。	本项目放射治疗工作场所主射方向和非主射方向均设置有满足屏蔽要求的混凝土屏蔽层，且根据辐射环境影响分析其屏蔽层厚度满足辐射防护要求。	满足
治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	控制室已与治疗机房进行了分开独立设置，且配套的设备间均设置于治疗机房外。	满足
应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	医用电子直线加速器有用线束朝向西侧、东侧、顶部及地面，控制室位于北侧，已避开被有用线束直接照射。	满足
X射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。	本项目医用电子直线加速器设置有满足屏蔽要求的迷路。	满足
放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。	本项目在选址时充分考虑了项目对周围环境的影响，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。	满足
放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	本项目放疗中心位于医院中部的独栋建筑，该栋建筑仅涉及放射治疗场所及配套工作设施，该建筑体仅涉及地上2层，无地下建筑，已避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	满足
术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施，并尽量设在医院手术区的最内侧，与相关工作用房（如控制室或专用手术中放射治疗设备调试、维修的房间）形成一个相对独立区域；术中控制台应与治疗设备分离，实行隔室操作，控制台可设在控制室或走廊内。	本项目不属于术中放射治疗项目。	满足
综上所述，本项目医用电子直线加速器机房平面布置满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）要求，其平面布置合理。		

二、工作区域管理

（一）两区划分

医用电子直线加速器机房分区原则：

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中的分区原则：5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时**控制区**。5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为**监督区**（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

本项目加速器治疗室 1 和加速器治疗室 2（含迷路）作为本项目医用电子直线加速器的辐射工作场所**控制区**，而控制室 1、控制室 2、水冷辅助机房 1、水冷辅助机房 2、更衣准备 1、更衣准备 2、诊室与加速器治疗室相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域，因此属《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）定义的**监督区**。同时，在监督区入口的医用电子直线加速器机房控制室门外设置中文警示标志，并在地面张贴警戒线。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作场所的分区原则：应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为**控制区**；将未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域定为**监督区**。

本项目 CT 模拟定位室内为本项目模拟定位区的控制区，出束时 X 射线管球管发射的射线被 CT 模拟定位室屏蔽体屏蔽，CT 模拟定位室属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的**控制区**；而控制室均有辐射工作人员停留的可能性，均属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的**监督区**。保守考虑减小对周围公众的影响，将防护门外 1m×门宽地面划为监督区，限制无关人员靠近。

具体控制区和监督区划分表和示意图见表 10-2 和图 10-1。

表 10-2 本项目“两区”划分一览表			
工作场所	控制区	监督区	备注
加速器治疗区	加速器治疗室1（含迷路）、加速器治疗室2（含迷路）	控制室 1、控制室 2、水冷辅助机房 1、水冷辅助机房 2、更衣准备 1、更衣准备 2、诊室	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。监督区范围内应限制无关人员进入。
模拟定位区	CT模拟定位室	控制室、患者防护门外 1m×门宽地面	

图 10-1 控制区与监督区划分示意图

(二) 控制区防护手段与安全措施

①在加速器治疗室 1、加速器治疗室 2 和 CT 模拟定位室防护门上及其他醒目的位置设置“当心电离辐射”警告标志。电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 要求，如图 10-1 所示。

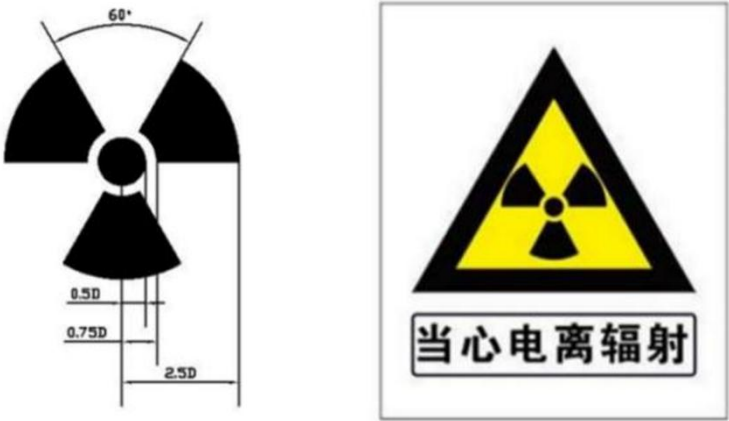


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志图

②制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；

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）限制人员进、出控制区；

④定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。

（3）监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的门口设立标明监督区的标牌；

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。

建设单位应严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，结合医院实际情况，加强控制区和监督区的监管。

三、辐射安全及防护措施

（一）医用电子直线加速器

1、源的控制

本项目医用电子直线加速器拟购置于正规厂家，有用线束内杂散辐射和泄漏辐射不会超过《医用电子直线加速器质量控制检测规范》（WS674-2020）规定的限值，物理医师会根据模拟定位结果来判断病情状况，针对不同的病人制定不同的放疗计划（包括放疗时间和放疗剂量），并通过可调限束装置进行参数设置，尽量避免不必要的照射，有效进行源项控制。

2、设备固有安全防护措施

本项目医用电子直线加速器拟购自正规厂家，设备自有一定的固有安全防护措施。

①医用电子直线加速器只有在开机状态时才有 X 射线或电子线产生，通过多叶准直器定向出来，其他方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽，断电停机即停止出束。

②控制台上具有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行状况。

③条件显示联锁：加速器治疗室具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂量

选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

④控制台上蜂鸣器，在医用电子直线加速器工作时发出声音以提醒人员防止误入。

⑤时间控制联锁：当预选照射时间选定时，定时器能独立地使照射停止。

⑥控制超剂量联锁：剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

⑦急停按钮：医用电子直线加速器设备操作台和床体上均自带 1 个急停按钮。急停开关应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。当发现异常后，按下操作盒上此开关，机器将自动切断医用电子直线加速器机房主电源。

⑧医用电子直线加速器设置有密码，操作密码只有具体操作人员掌握，只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改。

⑨钥匙开关：医用电子直线加速器机房控制台上设电源钥匙开关，只有当加速器治疗室一切都处于安全状态，并且钥匙就位后，医用电子直线加速器才能启动工作，一旦钥匙被取走，医用电子直线加速器将无法启动工作。钥匙由专人使用和保管。

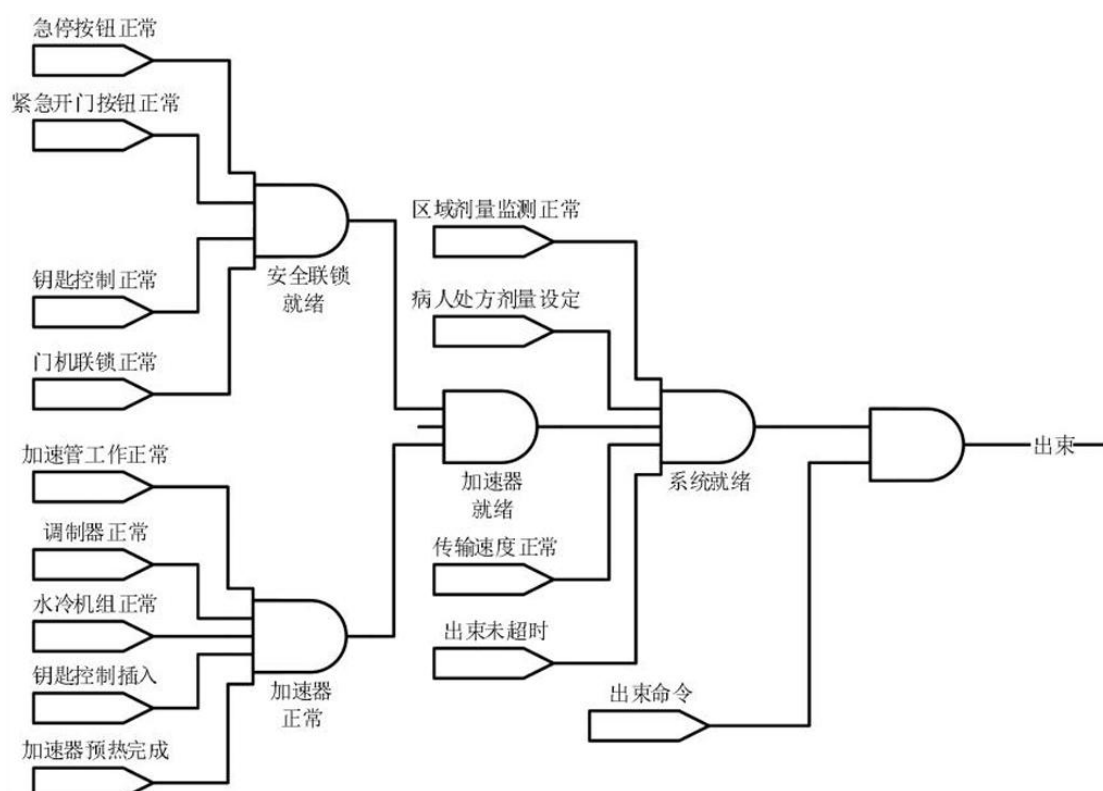


图 10-3 本项目医用电子直线加速器安全联锁逻辑图

3、机房辐射防护屏蔽设计

表 10-3 本项目加速器治疗室 1 和加速器治疗室 2 屏蔽参数一览表

机房	位置	屏蔽材料及厚度
加速器治疗室 1	主屏蔽墙	西侧、东侧主屏蔽墙：3000mm 钢筋混凝土 顶部主屏蔽墙：3000mm 钢筋混凝土
	次屏蔽墙	西侧、东侧次屏蔽墙：1800mm 钢筋混凝土 顶部次屏蔽墙：2400mm 钢筋混凝土
	侧屏蔽墙	南侧屏蔽墙：1500mm 钢筋混凝土
	迷路内墙	1500mm 钢筋混凝土
	迷路外墙	1100mm 钢筋混凝土
	迷路	长 10m，宽 2.4m
	屏蔽门（1 扇）	20mm 铅板+100mm 含硼聚乙烯电动推拉防护门
	主屏蔽体宽度	西侧、东侧、顶部：5.7m
加速器治疗室 2	主屏蔽墙	西侧、东侧主屏蔽墙：3000mm 钢筋混凝土 顶部主屏蔽墙：3000mm 钢筋混凝土
	次屏蔽墙	西侧次屏蔽墙：1800mm 钢筋混凝土 东侧次屏蔽墙：2400mm 钢筋混凝土 顶部次屏蔽墙：2400mm 钢筋混凝土
	侧屏蔽墙	南侧屏蔽墙：1500mm 钢筋混凝土
	迷路内墙	1500mm 钢筋混凝土
	迷路外墙	1100mm 钢筋混凝土
	迷路	长 10m，宽 2.4m
	屏蔽门（1 扇）	20mm 铅板+100mm 含硼聚乙烯电动推拉防护门
	主屏蔽体宽度	西侧、东侧、顶部：5.7m

4、机房风管与电缆穿设计

为防止射线泄漏，机房防护门与墙的重叠宽度应至少为空隙的 10 倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍。电缆沟拟采用走地下 U 型穿墙，新风管道、排风管道穿墙口均位于迷路外墙，室内外穿墙口均位于吊顶上方，管道采用由室内向室外向下斜穿的方式，电缆沟与新风穿墙方式均不会破坏机房的屏蔽结构。

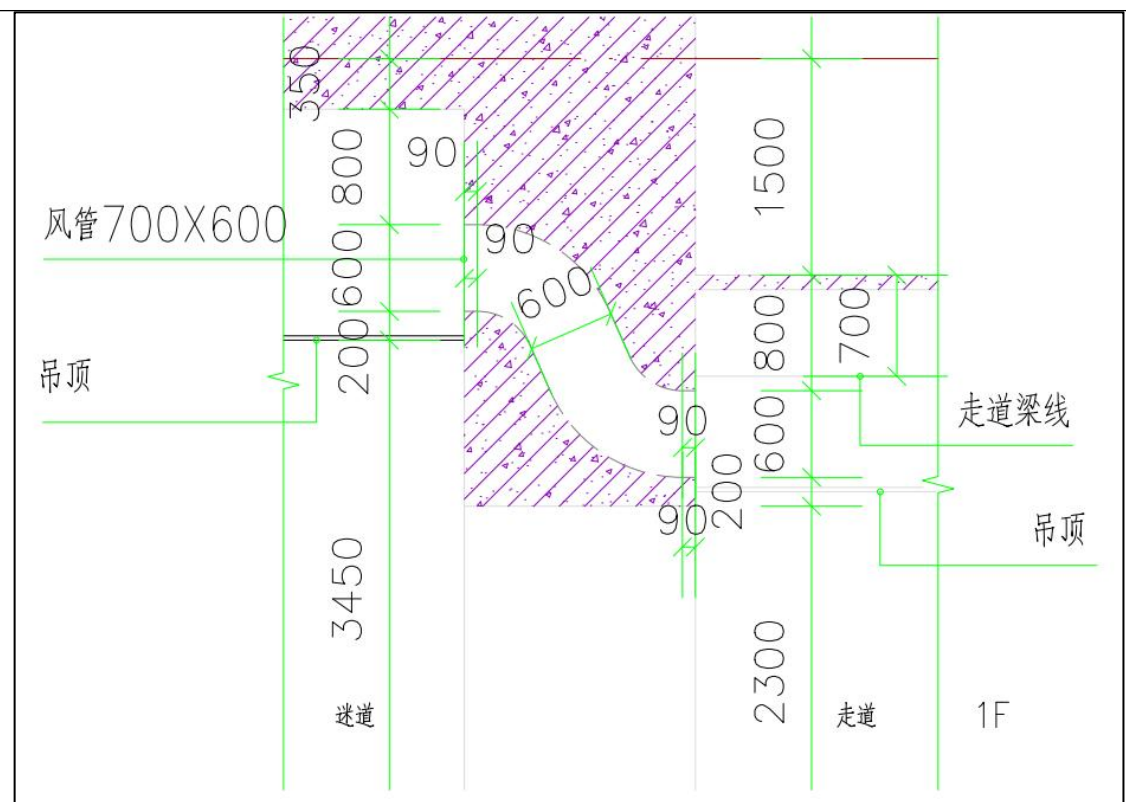


图 10-4 新风系统、排风系统穿墙口大样图

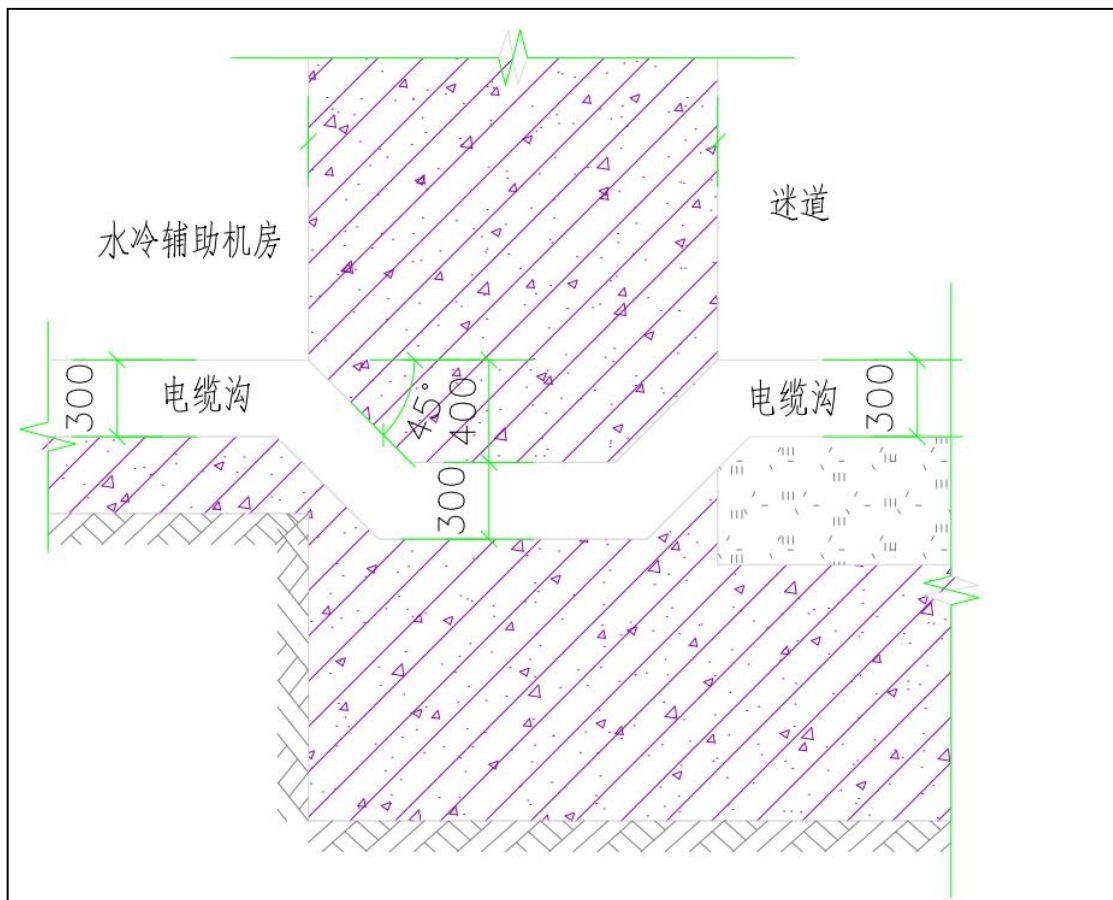


图 10-5 电缆沟穿墙口大样图

5、辐射安全防护措施

(1) **门机联锁装置：**医用电子直线加速器与屏蔽门之间拟设联锁装置。屏蔽门未关好，医用电子直线加速器机房不能出束；医用电子直线加速器机房工作期间屏蔽门不能打开。

(2) **急停按钮及中文标识：**两台医用电子直线加速器设备操作台和床体上均自带 1 个急停按钮。急停开关应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。当发现异常后，按下操作盒上此开关，机器将自动切断加速器治疗室主电源。

建设单位应在两间加速器治疗室各墙体（设 4 个）及迷道外墙上（设 1 个）设置急停按钮（位于人员易接触的位置），以使机房内的人员按动急停开关就能令医用电子直线加速器停机。

(3) **电视监视、对讲装置：**拟在两间加速器治疗室和控制室之间安装电视监控、对讲装置，控制室能通过电视监视治疗室内患者治疗的情况，并通过对讲机与治疗室内患者联系。

(4) **工作状态显示：**拟在两间加速器治疗室防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。医用电子直线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；当医用电子直线加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。

(5) **电离辐射警告标志：**拟在两间加速器治疗室机房防护门上设置明显的电离辐射警告标志。电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871 2002）附录 F 要求。

(6) **固定式剂量报警仪：**拟在两间加速器治疗室墙上安装固定式剂量报警装置(带剂量显示功能)，探头安装在治疗室迷道内墙上(靠近防护门)，只要迷道内的剂量超过预置的剂量值，就会报警提示人员不能进入治疗室，以防误入受照。

(7) **紧急开门按钮：**两间加速器治疗室迷道内墙人员易接触的位置（距离地面 1.2m 高处）拟安装紧急开门按钮，在事故状态下工作人员逃逸至迷道内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸。

(8) **防夹装置：**防护门应设置防夹伤功能，因此本项目两间加速器治疗室机房的防护门均需要增设防夹装置，人员通过时，防止对人员造成误伤。

(9) **灭火器材、紧急照明装置：**建设单位应做好与从事活动相匹配的辐射事故应急物资（装备）的准备，因此建设单位需为医用电子直线加速器增设 1

套灭火器材，拟为两间加速器治疗室增设 1 套紧急照明或独立通道照明系统，在紧急情况下，人员能快速离开。

（二）医用 X 射线计算机断层扫描仪（CT）装置

1、屏蔽防护措施

本项目 CT 模拟定位室内拟使用的医用 X 射线计算机断层扫描仪（CT）装置最大管电压为 150kV、最大管电流为 1000mA。混凝土的铅当量根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 医用诊断 X 射线防护中不同屏蔽物质的铅当量公式 C.1、C.2 以及附录表 C.2。

辐射透射因子 B：

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

B——给定材质厚度的屏蔽透射因子；

X——材质厚度（mm）；

α ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

β ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

γ ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数。

铅当量厚度 X：

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

B——给定材质厚度的屏蔽透射因子；

X——铅厚度（mm）；

α ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

β ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

γ ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数。

虽然根据机器特性，针对医用 X 射线计算机断层扫描仪（CT）装置主要考虑散射线和泄漏射线影响，但保守估计，在折合铅当量时，仍按照主射线管电压（130kV）进行铅当量折算。

表 10-4 铅、混凝土对额定管电压的 X 射线（主束）辐射衰减拟合参数

管电压 150kV			
材料	α (mm ⁻¹)	β (mm ⁻¹)	γ (mm ⁻¹)

铅	1.757	5.177	0.3156
混凝土	0.03243	0.08599	1.467

本项目浇筑的标准混凝土密度为 2.35g/cm^3 ，使用的实心砖密度为 1.80g/cm^3 （370mm 实心砖根据密度折合为 283mm 准混凝土）。根据公式 10-1、10-2 将各屏蔽材料折算成对应管电压下等效屏蔽铅当量，结果见表 10-5。

表 10-5 本项目屏蔽、尺寸参数及防护措施铅当量合规评价

屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度	等效屏蔽效果	屏蔽要求	评价
四周墙体	370mm 实心砖墙	2.96mm 铅当量	CT 模拟定位机房有用线束、非有用线束方向最小铅当量厚度为 2.5mm	满足
屋顶	300mm 现浇混凝土	3.74mm 铅当量		满足
观察窗（1 扇）	15mm 厚铅玻璃	3mm 铅当量		满足
防护门（6 扇）	3mm 铅板	3mm 铅当量		满足
机房尺寸	29.75m ² （最小单边长度长 5.26m）		机房内最小有效使用面积为 30m ² ，机房内最小单边长度为 4.5m	满足

本次评价采用的《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）给出的不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求。对于 X 射线设备机房，要求有用束和非有用束方向均为 2.5mm 铅当量；要求机房内最小有效使用面积为 30m²，机房内最小单边长度为 4.5m。本项目模拟定位 CT 机房的屏蔽防护、机房尺寸满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中屏蔽防护铅当量厚度、尺寸的要求。

2、设备固有安全性

①设备从专业生产厂家进行采购，满足质检要求，机头泄漏辐射满足国家相关标准 规定的限值。

②具有安全系统，当设备出现错误或故障时，能中断照射，并有相应故障显示。

③正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设置无误时，才能启动照射。

3、源项控制

医师会根据病情状况针对不同的病人制定不同的计划（包括照射时间和照射剂量），并通过可调限束装置进行参数设置，尽量避免不必要的照射，有效进行

源项控制。

4、辐射安全防护措施

(1) **门-灯联锁**：开机出束，机房防护门关闭良好，工作状态指示灯亮；停止出束时，指示灯熄灭，机房防护门打开。

(2) **急停按钮**：在控制室内控制台上（拟设1个开关）设急停按钮。紧急停按钮应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。在误操作或出现紧急情况时，按下开关即可随时切断供电电源。

(3) **工作状态显示装置**：在机房防护门外设1个工作状态指示灯或工作状态指示灯箱，具备显示开机、停机的功能，并与机房防护门联锁。

(4) **电离辐射警示标志**：在机房防护门外醒目位置张贴电离辐射警告标志及中文警示说明。电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871 2002）附录F要求。

(5) **闭门装置**：机房平开门应安装自动闭门装置。

(6) **防夹措施**：电动推拉门应设置防夹装置。

(三) 放疗中心人员的安全与防护

人员包括辐射工作人员、患者及机房周边评价范围内的公众。在实施诊治之前，应事先告知患者辐射对健康的潜在影响；主要从以下几方面采取防护措施：

辐射工作人员的安全与防护

本项目辐射工作人员指从事医用电子直线加速器的医师、护师、技师及物理师、从事医用X射线计算机断层扫描仪（CT）装置的技师。本项目辐射工作人员采取隔室操作的方式，控制室与医用电子直线加速器机房或模拟定位CT机房之间以屏蔽墙体隔开，通过摄像头或观察窗和对讲机与病人交流。

医院拟为每名医师、护师、技师、物理师配备1套个人剂量计，每名辐射工作人员在上班期间必须正确佩戴个人剂量计。医院应定期（每季度一次）将辐射工作人员的个人剂量计送有资质单位进行检测，并将检测报告存档。医院承诺，在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，在岗期间应按相关规定定期组织健康体检。

患者的安全与防护

①**时间防护**：在满足治疗要求的前提下，在每次使用射线装置进行治疗、诊

断之前，根据治疗、诊断要求和患者实际情况制定最优化的治疗、诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间。

②其他安全防护：

放射治疗前实行病人告知制度：在放射治疗/放射诊断前应向病人告知放射治疗的方法、适应症、预期疗效、风险、费用构成及注意事项和可能对病人家属的辐射影响等，并请病人在说明书下方签字，由医患双方各执一份。

表 10-6 医院辐射安全防护设施对照分析表

类别	规定的措施和制度	落实情况	应增加措施	
医用电子直线加速器机房	加速器治疗室 1 屏蔽	/	主屏蔽墙	东侧、西侧主屏蔽墙体为 3000mm 钢筋混凝土， 顶部主屏蔽墙体为 3000mm 混凝土
			次屏蔽墙	西侧次屏蔽墙：2400mm 钢筋混凝土 东侧次屏蔽墙：1800mm 钢筋混凝土 顶部次屏蔽墙：2400mm 钢筋混凝土
			侧屏蔽墙	南侧屏蔽墙：1500mm 钢筋混凝土
			迷路内墙	1500mm 钢筋混凝土
			迷路外墙	1100mm 钢筋混凝土
			迷路	长：10m；宽 2.4m
			防护门(1 扇)	20mm 铅板+120mm 含硼聚乙烯 电动推拉防护门
			主屏蔽体宽度	东侧、西侧、顶部：5.7m
	加速器治疗室 2 屏蔽		主屏蔽墙	东侧、西侧主屏蔽墙体为 3000mm 钢筋混凝土， 顶部主屏蔽墙体为 3000mm 混凝土
			次屏蔽墙	西侧次屏蔽墙：1800mm 钢筋混凝土 东侧次屏蔽墙：2400mm 钢筋混凝土 顶部次屏蔽墙：2400mm 钢筋混凝土
			侧屏蔽墙	南侧屏蔽墙：1500mm 钢筋混凝土
			迷路内墙	1500mm 钢筋混凝土
			迷路外墙	1100mm 钢筋混凝土
			迷路	长：10m；宽 2.4m
			防护门(1 扇)	20mm 铅板+120mm 含硼聚乙烯

				电动推拉防护门
			主屏蔽体宽度	东侧、西侧、顶部: 5.7m
	门-机联锁装置	/	本项目两间加速器治疗室各设置 1 套, 共计 2 套	
	视频监控系统	/	本项目两间加速器治疗室各设置 1 套, 共计 2 套	
	钥匙开关	每台各自带 1 套(控制台)	/	
	语音播报及对讲装置	/	本项目两间加速器治疗室各设置 1 套, 共计 2 套	
	工作状态指示灯(门-灯联锁)	/	本项目两间加速器治疗室各设置 1 套, 共计 2 套	
	急停按钮	设备自带: 操作台 1 个、床旁 1 个, 两台加速器共计 4 个	加速器治疗室内四面墙拟各设 1 个、迷路外墙上拟设 1 个, 本项目两间加速器治疗室共计增设 10 个	
	紧急开门装置	/	本项目两间加速器治疗室各设置 1 个, 共计 2 个	
	出束音响提示	/	本项目两间加速器治疗室各设置 1 个, 共计 2 个	
	固定式剂量报警装置	/	本项目两间加速器治疗室各设置 1 台, 共计 2 台 (探头: 迷路入口处; 显示单元: 控制室或机房门周围)	
	控制区划定地标线、电离辐射警告标志及监督区标识	/	控制区地标线: 在加速器治疗室防护门外个划定 1 各控制区地标线; 电离辐射警告标志: 在加速器治疗室防护门上各贴 1 张; 监督区标识: 在水冷辅助机房1、控制室1、更衣准备1、更衣准备2、控制室2、水冷辅助机房2、诊室各设置1个监督区标识	
	防夹装置	/	本项目两间加速器治疗室各设置 1 个, 共计 2 个	
	规章制度上墙	/	本项目两间加速器治疗室各设置 1 套, 共计 2 套	
	通排风系统	/	本项目两间加速器治疗室各设置 1 套, 共计 2 套	
模拟定位 CT 机房	屏蔽墙体	/	四周墙体	370mm 实心砖墙
			顶面	300mm 混凝土
			防护门(2 扇)	3mm 铅板
			观察窗	15mm 铅玻璃(约 3mm 铅当量)
	通风设施	/	空调系统+排风系统 1 套	
	急停按钮	设备自带(床旁和控制室内各 1 个)	/	
	门灯联锁(含工作状态指示灯)	/	2 个, 患者防护门外、控制室防护门外	
	对讲装置	/	1 套, 机房与 CT 控制室内	
	控制区划定地标线、电离辐射警告标志及监督区标识	/	患者防护门外地面 1m× 门宽范围划控制区地标线, 两扇防护门上各贴 1 张电离辐射警告标志, 控制室门外设置监督区标识	

	闭门装置	/	1 个，控制室防护门
	防夹装置	/	1 个，患者防护门
	放射防护注意事项告知栏	/	1 套，患者防护门旁
	制度牌		1 套，操作室内
监测设备	个人剂量计	/	9 套
	X-γ辐射剂量率监测仪	1 台（医院已有）	拟新增 1 台
其他	火灾报警仪+灭火装置	/	1 套

三废的治理

一、废气治理措施

本项目拟在加速器治疗室 1 内设置 1 套通排风系统进行通排风，拟设置 2 个新风口，均位于加速器治疗室 1 西北部吊顶上方；设置 1 个排风口，位于加速器治疗室 1 东南角距地 30cm 处，排风扇风量为 5745m³/h，医用电子直线加速器机房体积为 509.5m³/h，因此本项目排风系统换气次数为 11 次/h。拟在加速器治疗室 2 内设置 1 套通排风系统进行通排风，拟设置 2 个新风口，均位于加速器治疗室东北部吊顶上方；设置 1 个排风口，位于加速器治疗室西南角距地 30cm 处，排风扇风量为 5745m³/h，医用电子直线加速器机房体积为 519.5m³/h，因此本项目排风系统换气次数为 11 次/h。本项目两间加速器治疗室通排风条件均符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。本项目两间加速器治疗室所产生的废气经排风系统引至放疗中心屋顶室外排放。（非上人屋面，最终排口距地 8.4m）。

二、废水治理措施

本项目工作人员和病人产生的污水进入已建污水处理站（处理能力：600m³/d 进行预处理，处理工艺：预处理池+隔油池+一级强化池+消毒处理（次氯酸钠）池）处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）后，排入彭州市第二污水处理厂进一步处理，尾水排入青白江，本项目不新增床位，产生少量的污水该污水处理站处理能力能够满足生活污水产生量和排放量的排放需求。

三、固体废弃物治理措施

固体废物：本项目医用电子直线加速器治疗过程中不会产生医疗废物，工作

人员产生少量办公、生活垃圾，统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。

废靶件：医用电子直线加速器的金属靶更换时会有废靶件产生，废靶件应由有资质单位进行回收处理。

四、噪声

本项目噪声源主要为通排风系统的风机噪声，所有设备选用低噪声设备，经建筑物墙体隔声及距离衰减后，运行期间工作场所周围噪声可达到相关标准要求。

五、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》：射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。本项目使用射线装置在进行报废处理时，将该射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

六、环保措施及其投资估算

项目环

保投资估算见表 10-7。

表 10-7 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

加速器治疗室 1、加速器治疗室 2				
项目	设施（措施）	数量	金额 (万元)	备注
辐射 屏蔽 措施	加速器治疗室屏蔽墙体	2 间		新增
	防护门	2 扇		新增
安全 装置	门-机联锁装置	各 1 套，共计 2 套		新增
	视频监控系统	各 1 套，共计 2 套		新增
	钥匙开关	各 1 套，共计 2 套		/
	语音播报及对讲装置	各 1 套，共计 2 套		新增
	工作状态指示灯（门-灯联锁）	各 1 套，共计 2 套		新增
	紧急开门装置	各 1 个，共计 2 个		新增
	急停按钮（附有中文标识）	急停开关各 7 个（共 14 个） （附有中文标识） （自带：操作台、床旁各自带 1 个；增设：四面墙拟各设 1 个、迷道外墙上拟设 1 个）		新增
	出束音响提示	各 1 套，共计 2 套		新增

	固定式剂量报警装置	各 1 台, 共计 2 台 (探头: 迷路入口处; 显示单元: 控制室或机房门周围)		新增
	控制区划定地标线、电离辐射警告标志及监督区标识	控制区地标线 2 个, 电离辐射警告标志 2 个, 监督区标识 7 个		新增
	防夹装置	各 1 个, 共计 2 个		新增
	放射防护注意事项告知栏	各 1 套, 共计 2 套		新增
	制度牌	各 1 套, 共计 2 套		新增
通排风系统	新风系统+排风系统	各 1 套, 共计 2 套		新增
CT 模拟定位室				
辐射屏蔽措施	CT 模拟定位室屏蔽体	1 间		新增
	防护门	2 扇		新增
	防护窗	1 扇		新增
安全装置	急停按钮 (附有中文标识)	床旁和控制室内各 1 个		设备自带
	门灯连锁 (含工作状态指示灯)	2 个, 控制室防护门外、患者防护门外		新增
	对讲装置	1 套		新增
	控制区划定地标线、电离辐射警告标志及监督区标识	地标线 1 个, 电离辐射警告标志 2 个, 监督区标识 1 个		新增
	闭门装置	1 个, CT 控制室防护门外		新增
	防夹装置	1 个, 走道防护门外		新增
	放射防护注意事项告知栏	1 套, 病员通道内		新增
	制度牌	1 套, 控制室内		新增
通排风系统	新风系统+排风系统	1 套		新增
放疗中心				
监测用品	个人剂量计	9 套		每年投入
	X-γ辐射剂量率监测仪	1 台		新增
应急和救助的物资准备 (紧急照明或独立通道照明系统、火灾报警仪、灭火装置、应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练、医疗箱等)		/		新增
辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训		/		新增
合计				/

今后在实践中, 医院应根据国家发布的法规内容, 结合自身实际情况对环保设施做相应补充, 使之更能满足实际需要和法规要求。

表 11 环境影响分析

施工期环境影响 建设阶段对环境的影响 一、施工阶段 本项目拟新建 1 座放疗中心，该放疗中心中设置医用电子直线加速器机房及其配套用房，施工过程中有施工机械噪声、施工扬尘、建筑废渣及施工废水产生。 (一)大气污染防治措施 1、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度； 2、在装修工程施工中,施工人员应配备必要的防护装备和口罩，避免人体吸入粉尘； 3、车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒； 4 加强对施工人员的环保教育，增强全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。 (二)水污染防治措施 施工期水环境影响主要为施工人员的生活污水，其产量较小，可依托医院已有的污水处理设施处理。 (三)噪声防治措施 整个建筑施工阶段，如搅拌机及载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时需严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)的要求，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，如需连续施工，在夜间施工而产生环境噪声污染时，按《中华人民共和国噪声污染防治法》的规定，需取得当地人民政府或有关主管部门的证明，并公告附近居民。 (四)固废防治措施 项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。 二、设备安装调试期间的环境影响分析 本项目涉及射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线、电子线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目医用电子直线加速器安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作，医院工作人员协助进行辅助监督工作。在医用电子直线加速器安装及调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在机房门外设立当心电离辐射警告标志，禁止无关人员近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

本项目工作场所屏蔽设计满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）《放射诊断防护要求》（GBZ130-2020）等标准要求，射线装置的安装和调试均在机房内进行，机房内设备正常安装和调试，经机房墙体、门屏蔽防护后，机房边界周围剂量率控制水平满足相关标准要求，对环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、医用电子直线加速器辐射环境影响分析

本项目医用电子直线加速器在运行过程中产生的电离辐射为：电子、X射线。当本项目医用电子直线加速器采用电子束进行治疗时，其运行过程中最大电子线能量22MeV。

CBCT（锥体束CT）在加速器治疗前通过X射线扫描得到三维影像，对照射位置和剂量进行校准，最大管电压150kV，管电流1000mA。从X射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目直线加速器机房采用现浇钢筋混凝土浇筑，且最薄弱处也有1500mm钢筋混凝土，远大于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中主射线束2.5mmPb的要求，即射线装置在正常运行时可满足“周围剂量当量率控制目标值应不大于2.5μSv/h”的要求，射线装置工作时对机房外公众和辐射工作人员影响较小，故主要考虑医用电子直线加速器治疗过程中的影响。

（一）电子线的辐射环境影响

由于电子在物质中的射程是有限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质的射程，就可以将其完全吸收。根据《放射卫生学》（章仲侯主编，P171）其中电子在介质中的射程可根据公式11-1近似计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{Max} \quad \text{.....公式11-1}$$

式中：

E_{MAX} —电子最大能量，MeV；

d —最大射程；

ρ —屏蔽材料密度。

表 11-1 电子在不同介质中射程估算表

粒子	电子
能量 (MeV)	22
混凝土密度 (g/cm^3)	2.35
混凝土中的射程 (cm)	4.68

根据表11-8，电子在混凝土中射程为4.68cm，医用电子直线加速器机房墙体最小屏蔽厚度为150cm，所以本项目医用电子直线加速器机房设计结构和屏蔽厚度足以屏蔽电子线，因此加速器在运行中电子线对周围辐射环境影响很小。

(二) X射线辐射影响

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），在本项目加速器治疗室1和加速器治疗室2周围设定计算关注点。从保守角度出发，在本项目2间加速器治疗室设计的尺寸厚度基础上，假定医用电子直线加速器最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。因为本项目2间加速器治疗室下方均为土质层，所以不对本项目2间加速器治疗室下方厚度进行校核。由于加速器治疗室1东侧主屏蔽和次屏蔽与加速器治疗室2共用，因此在校核加速器治疗室1东侧主屏蔽和次屏蔽时仅考虑最薄的墙体厚度。根据GBZ/T201.2-2011，本项目医用电子直线加速器关注点示意图见图11-1和图11-2。

图11-1 本项目两间加速器治疗室关注点及主要照射路径示意图（平面图）

图11-2 本项目两间加速器治疗室关注点及主要照射路径示意图（剖面图）

1.1 剂量率参考控制水平 (H_c)

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），机房外各关注点的剂量率参考控制水平 H_c 由以下方法确定：

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，可以依照附录A，由以下周剂量参考控制水平 (H_c) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)：

对于主射线束： $H_{c,d}=H_c/(t \times U \times T)$ (公式 11-1)

对于泄漏辐射： $H_{c,d}=H_c/(t \times T \times N)$ (公式 11-2)

式中： H_c —周参考剂量控制水平 ($\mu\text{Sv/周}$)；

1) 放射治疗机房外控制区的工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$

2) 放射治疗机房外非控制区的工作人员： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$

本报告提出剂量管理约束值：职业工作人员为 $100 \mu\text{Sv/周}$ ，公众为 $5 \mu\text{Sv/周}$ ；

t —周治疗时间，医用电子直线加速器每次治疗出束的平均时间为 3min；预计每年工作 250 天，每台医用电子直线加速器每天 40 人，每周工作 5 天，每周质控 1h，周治疗时间为 $3 \times 40 \times 5 / 60 + 1 = 11\text{h}$ ；

U —主射线束向关注位置的方向照射的使用因子，加速器主射线束照射时 360° 旋转，本项目保守取 1；

T —人员居留因子，本项目居留因子参考《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）附录 A 取值；

N —调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常 $N=5$ ；

b) 按照关注点人员居留因子的下列不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)：

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

2) 人员居留因子 $< 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

c) 取 a)、b) 中较小者作为关注的剂量率参考控制水平 (H_c)。

为了确保辐射安全，本次环评各关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ 均取 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

由此确定的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 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	居留因子	剂量率参考控制水平 (Hc) μSv/h			主要考虑的辐射束	射线路径
		H _{c,d}	H _{c,max}	Hc		
加速器室治疗室 1						
a（加速器治疗室 2）	1/8	3.64	2.50	2.50	主射线束	o1→a
b（院区停车场）	1/40	18.18	2.50	2.50	主射线束	o2→b
c1（加速器治疗室 2）	1/8	1.61	2.50	1.61	泄漏辐射	o1→c1
					散射辐射	o1→o→c1
c2（加速器治疗室 2）	1/8	1.61	2.50	1.61	泄漏辐射	o1→c2
					散射辐射	o1→o→c2
e（院区绿化）	1/40	3.64	2.50	2.50	泄漏辐射	o3→e
d1（院区停车场）	1/40	3.07	2.50	2.50	泄漏辐射	o2→d1
					散射辐射	o2→o→d1
d2（院区停车场）	1/40	3.07	2.50	2.50	泄漏辐射	o2→d2
					散射辐射	o2→o→d2
k（楼梯）	1/40	3.64	2.50	2.50	泄漏辐射	o1→k
H（水冷辅助机房 1）	1/20	1.82	2.50	1.82	泄漏辐射	o3→h
f（控制室 1）	1	36.36	2.50	2.50	泄漏辐射	o3→f
g（更衣准备 1）	1/8	1.61	2.50	1.61	散射辐射	o2→o→B→P→g
					泄漏辐射	o2→g
m（不可上人屋顶）	/	/	2.50	2.50	散射辐射	o3→o→m
					泄漏辐射	o3→m
i（不可上人屋顶）	/	/	2.50	2.50	主射线束	o3→i
加速器室治疗室 2						
A（CT 模拟定位室）	1/8	3.64	2.50	2.50	主射线束	O1→A
B（加速器治疗室 1）	1/8	3.64	2.50	2.50	主射线束	O2→B
C1（CT 模拟定位室）	1/8	1.61	2.50	1.61	泄漏辐射	O1→C1
					散射辐射	O1→O→C1
C2（走廊）	1/5	1.48	2.50	1.48	泄漏辐射	O1→C2
					散射辐射	O1→O→C2
E（院区绿化）	1/40	3.64	2.50	2.50	泄漏辐射	O3→E
D1（加速器治疗室 1）	1/8	1.61	2.50	1.61	泄漏辐射	O2→D1
					散射辐射	O2→O→D1
D2（加速器治疗室 1）	1/8	1.61	2.50	1.61	泄漏辐射	O2→D2
					散射辐射	O2→O→D2
K（诊室）	1	1.82	2.50	1.82	泄漏辐射	O2→K
H（水冷辅助机	1/20	1.82	2.50	1.82	泄漏辐射	O3→H

房 1)						
F (控制室 2)	1	36.36	2.50	2.50	泄漏辐射	O3→F
G(更衣准备 2)	1/8	1.61	2.50	1.61	泄漏辐射	O1→G
					散射辐射	O1→O→B2→P2→G
M(不可上人屋顶)	/	/	2.50	2.50	散射辐射	O3→O→M
					泄漏辐射	O3→M
I (不可上人屋顶)	/	/	2.50	2.50	主射线束	O3→I

注：①加速器下方为土质层；

②加速器治疗室1东侧主屏蔽和次屏蔽与加速器治疗室2共用，因此在校核加速器治疗室1东侧主屏蔽和次屏蔽时仅考虑最薄的墙体厚度。

③与主屏蔽直接相连的次屏蔽区，需要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。散射辐射以本次环评各关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ($2.5\mu\text{Sv/h}$) 的一半，作为关注点的导出剂量率参考控制水平；泄漏辐射将上述11-9式中的 H_c 以 $0.5H_c$ 代替，计算关注点的导出剂量率参考控制水平。泄漏辐射和有用线束患者散射辐射在关注点的剂量率之和为该处的剂量率控制值。

1.2 主射线束主屏蔽区宽度计算

使用《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) 的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度。

$$Y_p = 2[(a + SAD) \cdot \tan \theta + 0.3] \dots\dots\dots \text{(公式 11-3)}$$

式中， Y_p —机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD—源轴距，m；

θ —治疗束的最大张角（相对束中的轴线， 28° ），即射线最大出射角的一半（ 14° ）；

a —等中心点至“墙”的距离，m。当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽墙相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

本项目设计的加速器机房，主屏蔽区包括屋顶及墙体的部分位置，加速器主射线的最大出束角度为 28° ，有用线束主屏蔽区示意图见图11-1、11-2，主屏蔽宽度计算结果见表11-3。

表11-3 本项目两间加速器机房主屏蔽范围计算表

参数	取值		
	西侧主屏蔽	东侧主屏蔽	顶部主屏蔽
a (m)	5.40	5.40	4.15
SAD (m)	1	1	1
$\theta(^{\circ})$	14	14	14
计算宽度 Y_p (m)	3.79	3.79	3.17
设计宽度 (m)	5.70	5.70	5.70
评价	满足	满足	满足

1.3 主屏蔽墙、侧屏蔽墙厚度核算

根据GBZ/T201.2-2011相关公式，对有用线束主屏蔽墙体厚度及侧屏蔽墙体厚度进行理论计算。按式11-4计算所需的屏蔽透射因子B，按式11-5估算所需要的有效屏蔽厚度X_e，再按照式11-6获得屏蔽厚度X，计算结果及分析比较见表11-4。

$$B = \frac{H_c}{H_0} \times \frac{R^2}{f} \dots\dots\dots \text{(公式11-4)}$$

$$X_e = TVL \bullet \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots\dots\dots \text{(公式11-5)}$$

$$X = X_e \bullet \cos \theta \dots\dots\dots \text{(公式11-6)}$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

H_c—剂量率参考控制水平，μSv/h；

H₀—加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率，μSv·m²/h；

R—靶点至参考点的距离，m；

f—对有用束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率 0.1%；

θ—斜射角，主屏蔽墙 0°入射；

TVL₁（cm）和 TVL（cm）—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，当未指明 TVL₁ 时，TVL₁=TVL；

X_e—有效屏蔽厚度；

X—墙体屏蔽厚度。

表11-4 加速器机房主屏蔽区和侧屏蔽墙厚度核算结果

加速器室治疗室 1						
参数	迷道内墙+ 迷道外墙	迷道外墙	主屏蔽墙	侧屏蔽墙	主屏蔽墙	主屏蔽墙
	f	k	a	e	b	i
H _c (μSv/h)	1.82	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
R (m)	9.5	10.4	8.7	6.0	8.7	7.7
H ₀ (μSv·m ² /h)	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09
f	0.001	0.001	1	0.001	1	1
透射因子B	1.14E-04	1.88E-04	1.31E-07	6.25E-05	1.31E-07	1.03E-07
TVL ₁ (cm)	35	35	41	35	41	41
TVL (cm)	31	31	37	31	37	37

有效屏蔽厚度 X_e (cm)	126	120	259	134	259	263
屏蔽厚度 X (cm)	126	104	259	134	259	263
设计厚度 (cm)	260	110	300	150	300	300
是否满足屏蔽要求	满足	满足	满足	满足	满足	满足
加速器室治疗室2						
参数	迷道内墙+迷道外墙	迷道外墙	主屏蔽墙	侧屏蔽墙	主屏蔽墙	主屏蔽墙
	F	K	A	E	B	I
H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	1.82	1.82	2.50	2.50	2.50	2.50
R (m)	9.5	10.5	8.7	6.0	8.7	7.7
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09
f	0.001	0.001	1	0.001	1	1
透射因子 B	1.14E-04	1.39E-04	1.31E-07	6.25E-05	1.31E-07	1.03E-07
TVL1 (cm)	35	35	41	35	41	41
TVL (cm)	31	31	37	31	37	37
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	126	124	259	134	259	263
屏蔽厚度 X (cm)	126	107	259	134	259	263
设计厚度 (cm)	260	110	300	150	300	300
是否满足屏蔽要求	满足	满足	满足	满足	满足	满足

1.4 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据GBZ/T201.1-2007 4.3.6次级辐射屏蔽可能包含泄漏辐射和散射辐射的复合作用。通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当他们的屏蔽厚度相差一个什值层（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽；当相差不足一个TVL时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层（HVL）厚度。根据《辐射防护导论》取得10MV医用电子加速器的混凝土的半值层为11.7cm。

泄漏辐射按公式11-4计算所需的屏蔽透射因子 B ，按式公式11-5估算所需要的有效屏蔽厚度 X_e ，再按照公式11-6获得屏蔽厚度 X ；散射辐射首先根据公式11-7计算墙的屏蔽透射因子 B ，再按照公式11-5和公式11-6估算墙的有效屏蔽厚度 X_e 和 X 。患者散射角度取30°保守估算，查GBZ/T201.2-2011附表B.4，患者散射辐射（患者散射角均接近30°，以30°考虑）；

$$B = \frac{H_c \times R_s^2}{H_0 \times \alpha_{ph} \times (F/400)} \dots\dots\dots \text{(公式11-7)}$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

H_c—剂量率控制参考水平，μSv/h；

H₀—加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶（以下简称靶）1m处的常用最高剂量率，μSv·m²/h；

R_s—患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

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。根据散射线能量和考察点斜射角，查GBZ/T 201.2-2011表B.2。

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

表11-4 加速器治疗室1与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

加速器室治疗室 1						
参数	d1 点/d2 点		c1 点/c2 点		m 点	
主要考虑的辐射束	泄漏辐射	散射辐射	泄漏辐射	散射辐射	泄漏辐射	散射辐射
射线路径	o2→d1 o2→d2	o2→o→d1 o2→o→d2	o1→c1 o1→c2	o1→o→c1 o1→o→c2	o3→m	o3→o→m
R (m)	9.9	9.0	9.2	8.4	8.9	8.0
H _c (μSv/h)	2.50	2.50	1.61	1.61	2.50	2.50
H ₀ (μSv·m ² /h)	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09
α _{ph}	/	3.18E-03	/	3.18E-03	/	3.18E-03
F (cm ²)	/	1600	/	1600	/	1600
f	0.001	/	0.001	/	0.001	/
斜射角	30°	30°	30°	30°	30°	30°
透射因子 B	1.70E-04	1.11E-05	9.46E-05	6.20E-06	1.38E-04	8.74E-06
TVL1 (cm)	35	28	35	28	35	28
TVL (cm)	31	28	31	28	31	28
理论有效厚度 X _e (cm)	121	139	129	146	124	142
屏蔽厚度 (cm)	105	120	111	126	107	123
散射和泄漏辐射所需屏蔽厚	15		15		16	

度相差 (cm)			
HVL (cm)	11.7	11.7	11.7
散射和泄 漏辐射复 合作用所 需屏蔽厚 度 (cm)	131.7	137.7	134.7
设计厚度	240	180	240
是否满足 要求	满足	满足	满足

表11-5 加速器治疗室2与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

加速器室治疗室2								
参数	D1 点/D2 点		C1 点		C2 点		M 点	
主要考虑的辐射束	泄漏辐射	散射辐射	泄漏辐射	散射辐射	泄漏辐射	散射辐射	泄漏辐射	散射辐射
射线路径	O2→D1 O2→D2	O2→O →D1 O2→O →D2	O1→C 1	O1→O →C1	O1→C 2	O1→O →C2	O3→ M	O3→O →M
R (m)	9.2	8.4	9.9	9.0	9.9	9.0	8.9	8.0
H _c (μSv/h)	1.61	1.61	1.61	1.61	1.50	1.50	2.50	2.50
H ₀ (μSv·m ² /h)	1.44E+0 9	1.44E+ 09	1.44E+ 09	1.44E+ 09	1.44E+ 09	1.44E+ 09	1.44E+ 09	1.44E+ 09
α _{ph}	/	3.18E-0 3	/	3.18E-0 3	/	3.18E-0 3	/	3.18E-0 3
F (cm ²)	/	1600	/	1600	/	1600	/	1600
f	0.001	/	0.001	/	0.001	/	0.001	/
斜射角	30°	30°	30°	30°	30°	30°	30°	30°
透射因子 B	9.46E-0 5	6.36E-0 6	1.10E- 04	7.12E- 06	1.01E- 04	6.54E- 06	1.38E- 04	8.74E- 06
TVL1 (cm)	35	28	35	28	35	28	35	28
TVL (cm)	31	28	31	28	31	28	31	28
理论有效 厚度 X _e (cm)	129	146	127	144	128	145	124	142
屏蔽厚度 (cm)	111	126	109	125	111	126	107	123
散射和泄 漏辐射所 需屏蔽厚 度相差 (cm)	15		16		15		16	
HVL (cm)	11.7		11.7		11.7		11.7	
散射和泄	137.7		136.7		137.7		134.7	

漏辐射复合作用所需屏蔽厚度 (cm)				
设计厚度	180	240	240	240
是否满足要求	满足	满足	满足	满足

1.5 迷道内墙厚度核算

根据GBZ/201.2-2011, 4.3.2.5.1条b) 款, 迷道入口g/G点处对应的迷道内墙厚度应当满足“泄漏辐射在迷道入口g/G点处的Hc应小于该点剂量率参考控制水平的1/4”的条件, 评价取值0.41μSv/h作为核算依据。

表11-6 迷道内墙泄漏屏蔽厚度核算结果

点位	主要考虑的辐射束	射线路径	R(m)	Hc (μSv/h)	TVL ₁ (cm)	TVL (cm)	理论有效厚度Xe (cm)	屏蔽厚度	设计厚度 (cm)	是否满足要求
g	泄漏辐射	o2→g	8.7	0.40	35	31	149	129	150	满足
G		O2→G	8.7	0.40	35	31	149	129	150	满足

1.6 机房防护门屏蔽厚度核算（泄漏辐射和散射线复合作用）

因为加速器室治疗室1和加速器室治疗室2两个机房大小尺寸设计完全一致, 所以采用加速器室1的机房门厚度作为核算结果, 机房入口关注点处 (g点) 的散射辐射剂量率H计算公式如下:

$$H = \frac{\alpha_{ph} \times (F / 400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A_1}{R_2^2} \times \frac{\alpha_3 \times A_2}{R_3^2} H_0 \dots\dots\dots \text{(公式11-8)}$$

式中:

H—关注点处的散射辐射剂量率;

H₀—加速器有用线束中心轴上距靶点 1m 处常用最高剂量率, 1.44E+09μSv/h;

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, 取45°散射角的值1.35E-03;

α₂—混凝土墙入射的患者散射辐射 (能量见附录B 表B.6) 的散射因子, 取m处的入射角为45°, 散射角为0°; α₂值见附录B 表B.6, 本项目取2.2E-02; α₃与α₂取值相同, 均为2.2E-02;

A—散射面积, m²; 本项目迷道内口宽3.53m, 高5.05m, A₁=17.83m², A₂=38.73m²

R₁—第一次散射路径, 8.0m;

R₂—第二次散射路径，7.7m；

R₃—第三次散射路径，1.5m；

所需铅屏蔽透射因子B计算公式如下：

$$B = \frac{H_d - H_{od}}{H} \dots\dots\dots \text{（公式11-9）}$$

H_{od}—Q2位置穿过迷道内墙的泄漏辐射在迷道口的剂量率；

H_d—迷道入口控制剂量率，μSv/h；

表11-7 机房防护门屏蔽厚度核算

散射辐射（o2→o→B→P→g）		泄漏辐射（o2→g）	
H ₀ （μSv/h）	1.44E+09		
α _{ph}	1.35E-03	主射线透射因子 B	1.16E-05
α ₂ /α ₃	2.20E-02		
R ₁ （m）	8	R（m）	8.7
R ₂ （m）	7.7		
R ₃ （m）	1.5		
A ₁ （m ² ）	17.83	f	0.001
A ₂ （m ² ）	38.73		
H（μSv/h）	304.41	H _{od} （μSv/h）	0.22
B	4.70E-03		
TVL（mm）	5		
理论计算值（mm）	12		

经计算，当机头出束点在o2处时，机房入口屏蔽前的散射辐射剂量率为304.41μSv/h，最大泄漏辐射剂量率为0.22μSv/h。经计算，B为4.70E-03，在机房入口处的散射辐射能量约0.2MeV，铅中的TVL为5.0mm，求出所需屏蔽为12mmPb，设计加速器机房防护门厚度为20mmPb，满足屏蔽要求。

小结：本项目2间加速器治疗室理论厚度及实际设计参数见表11-8。

表11-8 加速器机房各屏蔽体理论计算值与设计值综合汇总表

方位	理论计算值	实际设计值	是否满足
加速器室治疗室1			
主屏蔽墙	西侧主屏蔽 2.59m	西侧主屏蔽 3.00m	满足
	东侧主屏蔽 2.59m	东侧主屏蔽 3.00m	
	屋顶主屏蔽 2.63m	屋顶主屏蔽 3.00m	
侧屏蔽墙	南侧侧屏蔽 1.34m	南侧侧屏蔽 1.50m	满足
次屏蔽墙	西侧次屏蔽 1.371m	西侧次屏蔽 2.40m	满足
	东侧次屏蔽 1.377m	东侧次屏蔽 1.80m	
	顶部次屏蔽 1.347m	顶部次屏蔽 2.40m	
迷道外墙	迷道外墙 1.04m	迷道外墙 1.10m	满足
迷道内墙	迷道内墙 1.29m	迷道内墙 1.50m	满足
防护门	12mmPb	20mmPb	满足

加速器室治疗室2			
主屏蔽墙	西侧主屏蔽 2.59m	西侧主屏蔽 3.00m	满足
	东侧主屏蔽 2.59m	东侧主屏蔽 3.00m	
	屋顶主屏蔽 2.63m	屋顶主屏蔽 3.00m	
侧屏蔽墙	南侧侧屏蔽 1.34m	南侧侧屏蔽 1.50m	满足
次屏蔽墙	西侧次屏蔽 1.377m	西侧次屏蔽 1.80m	满足
	东侧次屏蔽 1.377m	东侧次屏蔽 2.40m	
	顶部次屏蔽 1.347m	顶部次屏蔽 2.40m	
迷道外墙	迷道外墙 1.07m	迷道外墙 1.10m	满足
迷道内墙	迷道内墙 1.29m	迷道内墙 1.50m	满足
防护门	12mmPb	20mmPb	满足

2.理论预测分析

根据GBZ/T201.2-2011，X射线治疗时，各预测点人员可能受到的剂量按以下公式计算：

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

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1) / TVL} \dots\dots\dots (\text{公式11-11})$$

主束和泄漏辐射剂量估算

$$H = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots (\text{公式11-12})$$

患者一次散射辐射剂量估算

$$H = \frac{H_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \dots\dots\dots (\text{公式11-13})$$

穿过患者或迷道内墙的有用线束再屏蔽墙的一次散射辐射剂量估算

$$H = H_0 \cdot \frac{(F / 10^4)}{R^2} \cdot \alpha_w \cdot B_p \dots\dots\dots (\text{公式11-14})$$

$$\text{泄漏一次散射辐射剂量估算 } H = \frac{H_0 \cdot f \cdot \alpha_w \cdot A}{R_L^2 \cdot R^2} \dots\dots\dots (\text{公式11-15})$$

估算的主屏蔽区和侧屏蔽区对各关注点剂量见表11-9，与主屏蔽区相连的次屏蔽区对各关注点产生的剂量见表11-10。

表11-9 主射线束和泄漏辐射对关注点的剂量估算表

加速器室治疗室 1						
参数	主屏蔽墙	迷道外墙+ 迷道内墙	迷道外墙	主屏蔽墙	侧屏蔽墙	迷道外墙+ 迷道内墙
	a 点/b 点	f 点	k 点	i 点	e 点	f 点
X (cm)	300	260	110	300	150	260
Xe (cm)	300	260	127	300	150	260
TVL1 (cm)	41	35	35	41	35	35

TVL (cm)	37	31	31	37	31	31
B	1.00E-08	5.52E-09	1.08E-04	1.00E-08	1.95E-05	5.52E-09
R (m)	8.7	9.5	10.4	7.7	6	9.6
H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09
f	1	0.001	0.001	1	0.001	0.001
H $\mu\text{Sv}/\text{h}$	1.90E-01	8.81E-05	1.43	2.43E-01	7.81E-01	8.62E-05
$\dot{H}_c$ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 剂量率 参考控制 水平	2.50	1.82	2.50	2.50	2.50	2.50
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足
加速器室治疗室 2						
参数	主屏蔽墙	迷道外墙+ 迷道内墙	迷道外墙	主屏蔽墙	侧屏蔽墙	迷道外墙+ 迷道内墙
	A 点/B 点	F 点	K 点	I 点	E 点	H 点
X (cm)	300	260	110	300	150	260
Xe (cm)	300	260	127	300	150	260
TVL1 (cm)	41	35	35	41	35	35
TVL (cm)	37	31	31	37	31	31
B	1.00E-08	5.52E-09	1.08E-04	1.00E-08	1.95E-05	5.52E-09
R (m)	8.7	9.5	10.5	7.7	6	9.6
H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09
f	1	0.001	0.001	1	0.001	0.001
H $\mu\text{Sv}/\text{h}$	1.90E-01	8.81E-05	1.41	2.43E-01	7.81E-01	8.62E-05
$\dot{H}_c$ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 剂量率 参考控制 水平	2.50	1.82	2.50	2.50	2.50	2.50
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足

表11-10 泄漏辐射和患者一次散射对关注点的剂量估算表

加速器室治疗室 1				
关注点参数		次屏蔽区		
		d1 点/d2 点	c1 点/c2 点	m 点
设计厚度	X (cm)	240	180	240
泄漏辐射	Xe (cm)	277	208	277
	TVL1 (cm)	277	208	277

	TVL (cm)	35	35	35	
	R (m)	31	31	31	
	B _L	9.9	9.2	8.9	
	H ₀ (μSv·m ² /h)	1.55E-09	2.66E-07	1.55E-09	
	H (μSv/h)	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	
散射辐射	Xe (cm)	2.27E-05	4.52E-03	2.81E-05	
	TVL (cm)	28	28	28	
	R _S (m)	9.0	8.4	8.0	
	H ₀ (μSv·m ² /h)	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	
	α _{ph}	1.35E-03	1.35E-03	1.35E-03	
	B _S	1.27E-10	3.78E-08	1.27E-10	
	H (μSv/h)	1.22E-05	4.16E-03	1.54E-05	
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)		3.49E-05	8.68E-03	4.35E-05	
剂量率参考控制水平(μSv/h)		2.50	1.61	2.50	
评价结果		满足	满足	满足	
加速器室治疗室 2					
关注点参数		次屏蔽区			
		D1 点/D2 点	C2 点	C1 点	M 点
设计厚度	X (cm)	180	240	240	270
泄漏辐射	Xe (cm)	208	277	277	312
	TVL1 (cm)	208	277	277	312
	TVL (cm)	35	35	35	35
	R (m)	31	31	31	31
	B _L	9.2	9.9	9.9	8.9
	H ₀ (μSv·m ² /h)	2.66E-07	1.55E-09	1.55E-09	1.18E-10
	H (μSv/h)	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09
散射辐射	Xe (cm)	4.52E-03	2.27E-05	2.27E-05	2.15E-06
	TVL (cm)	28	28	28	28
	R _S (m)	8.4	9.0	9.0	8.0
	H ₀ (μSv·m ² /h)	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09
	α _{ph}	1.35E-03	1.35E-03	1.35E-03	1.35E-03
	B _S	3.78E-08	1.27E-10	1.27E-10	7.33E-12
	H (μSv/h)	4.16E-03	1.22E-05	1.22E-05	8.91E-07
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)		8.68E-03	3.49E-05	3.49E-05	3.04E-06
剂量率参考控制水平(μSv/h)		1.61	1.48	1.61	2.50
评价结果		满足	满足	满足	满足

加速器机房入口防护门屏蔽计算 (g/G点)

本项目有用线束不向迷道内墙照射，根据GBZ/T201.2-2011，考虑的辐射照射见4.3.2.5.1，

a) 入射至迷道内墙的辐射散射至g/G点处的辐射中，迷道内墙的入射辐射可

能来自：

- 1) 泄漏辐射；
- 2) 散射辐射；

表11-11 泄漏辐射和患者一次散射对关注点g/G的剂量估算表

加速器室治疗室 1			
散射辐射（o2→o→B→P→g）		泄漏辐射（o2→g）	
H ₀ （μSv/h）	1.44E+09		
α _{ph}	1.35E-03	主射线透射因子 B	1.16E-05
α ₂ /α ₃	2.20E-02		
R ₁ （m）	8	R（m）	8.7
R ₂ （m）	7.7		
R ₃ （m）	1.5		
A ₁ （m ² ）	17.83	f	0.001
A ₂ （m ² ）	38.73		
H（μSv/h）	304.41	H _{od} （μSv/h）	0.22
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)	304.63		
加速器室治疗室 2			
散射辐射（O1→O→B2→P2→G）		泄漏辐射（O1→G）	
H ₀ （μSv/h）	1.44E+09		
α _{ph}	1.35E-03	主射线透射因子 B	1.16E-05
α ₂ /α ₃	2.20E-02		
R ₁ （m）	8	R（m）	8.7
R ₂ （m）	7.7		
R ₃ （m）	1.5		
A ₁ （m ² ）	17.83	f	0.001
A ₂ （m ² ）	38.73		
H（μSv/h）	304.41	H _{od} （μSv/h）	0.22
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)	304.63		

表11-12 机房入口由泄漏辐射和散射辐射产生的剂量估算表

加速器室治疗室1、加速器治疗室2	
计算参数	机房入口g/G点
机房入口关注点处的剂量率H (μSv/h)	304.63
屏蔽厚度 (mm)	20
TVL (mm)	5
B	1.00E-04
剂量当量 (μSv/h)	3.05E-02
剂量率参考控制水平(μSv/h)	1.65
评价结果	满足

二、医用X射线计算机断层扫描仪（CT）装置辐射环境影响分析

本项目模拟定位 CT 机房设计屏蔽材料及尺寸一览表如下：

表 11-13 本项目屏蔽、尺寸参数及防护措施铅当量合规评价

屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度	等效屏蔽效果	屏蔽要求	评价
四周墙体	370mm 实心砖墙	2.96mm 铅当量	CT 模拟定位机房有用线束、非有用线束方向最小铅当量厚度为 2.5mm	满足
屋顶	300mm 现浇混凝土	3.74mm 铅当量		满足
观察窗（1 扇）	15mm 厚铅玻璃	3mm 铅当量		满足
防护门（6 扇）	3mm 铅板	3mm 铅当量		满足
机房尺寸	29.75m ² （最小单边长度长 5.26m）		机房内最小有效使用面积为 30m ² ，机房内最小单边长度为 4.5m	满足

根据上表可知，本项目模拟定位CT机房各侧屏蔽墙体以及机房尺寸均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，因此在本项目模拟定位CT机房屏蔽设计合理，模拟定位机房按其屏蔽设计方案建设后，能够使模拟定位CT机房屏蔽体外30cm处剂量率低于2.5μSv/h。

三、年有效剂量评估

$$E = H \times U \times T \times t \times 10^{-3} \times W_T \dots\dots\dots \text{（公式11-17）}$$

式中：

E—年有效剂量，mSv/a；

H—辐射剂量率估算值，μSv/h；

U—使用因子；

T—工作负荷，h/a；每台医用直线加速器工作负荷为550h/a；

t—居留因子，本项目居留因子参考《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）附录A取值；

W_T—组织权重因子，全身取1。

根据表1-5可知，CT模拟定位技师年受照时间为50h，加速器治疗室控制室内物理师、医生的年受照时间均远小于技师受照时间，因此保守只计算技师的年有效剂量（500h），若技师能达到要求，则其余辐射工作人员亦能达到。周围公众的受照时间为550h，50m范围内其他保护目标受照时间按照2台医用电子加

速器同时开机来计算，年受照时间为1100h。由此估算CT模拟定位室周围各关注点的年附加有效剂量见表11-14，加速器治疗室周围各关注点的年附加有效剂量见表11-15。

本项目模拟定位CT机房各侧屏蔽墙体以及机房尺寸均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，因此模拟定位机房按其屏蔽设计方案建设后，能够使模拟定位CT机房屏蔽体外30cm处剂量率低于2.5μSv/h，因此本项目保守估计，模拟定位CT机房屏蔽体外剂量率均为2.5μSv/h。

表 11-14 CT 模拟定位室各关注点辐射影响理论估算结果汇总表

关注点及其位置	居留因子	剂量率值 (μSv/h)	年照射 时间 (h)	年剂量估算 值(mSv/a)	类型
东侧 控制室	1	2.50	50	1.25E-01	辐射工作 人员
南侧 院区绿化	1/40	2.50	50	3.13E-03	公众
西侧 加速器治疗室 2	1/8	2.50	50	1.56E-02	
北侧 走廊	1/5	2.50	50	2.50E-02	
楼上 放疗中心屋面	1/20	2.50	50	6.25E-03	

表11-15 加速器治疗室周围各关注点辐射影响理论估算结果汇总表

加速器室治疗室 1 周围							
关注点	居留因子	使用因子	剂量率值 (μSv/h)	剂量率参考控制水平 (μSv/h)	年剂量估算值 (mSv/a)	剂量管理值 (mSv/a)	评价结论
a(加速器治疗室 2)	1/8	1	1.90E-01	1.65	1.31E-02	0.1	满足
b(院区停车场)	1/40	1	1.90E-01	2.50	2.62E-03	0.1	
e(院区绿化)	1/40	1	7.81E-01	2.50	1.07E-02	0.1	
k(楼梯)	1/40	1	1.43E+00	2.50	1.97E-02	0.1	
f(控制室 1)	1	1	8.81E-05	2.00	4.40E-05	5.0	
g(更衣准备 1)	1/8	1	3.05E-02	1.65	2.09E-03	0.1	
h(水冷辅助机房 1)	1/20	1	8.62E-05	2.50	2.37E-06	5.0	
加速器室 2 周围							
关注点	居留因子	使用因子	剂量率值 (μSv/h)	剂量率参考控制水平 (μSv/h)	年剂量估算值 (mSv/a)	剂量管理值 (mSv/a)	评价结论
A(CT 模拟定位室)	1/8	1	1.90E-01	2.50	1.31E-02	0.1	满足
B(加速器治疗室 1)	1/8	1	1.90E-01	2.50	1.31E-02	0.1	
C2(走廊)	1/5	1	3.49E-05	1.50	3.84E-06	0.1	
E(院区绿化)	1/40	1	7.81E-01	2.50	1.07E-02	0.1	
K(诊室)	1	1	1.41E+00	2.00	7.03E-01	5.0	
F(控制室 2)	1	1	8.81E-05	2.00	4.40E-05	5.0	

G（更衣准备 2）	1/8	1	3.05E-02	1.65	2.09E-03	0.1	
H（水冷辅助机房 2）	1/20	1	8.62E-05	2.50	2.37E-06	5.0	
50m 其他保护目标							
关注点	方位、最近距离	参考点位	关注点剂量率	居留因子	年剂量估算值 (mSv/a)	剂量管理值 (mSv/a)	评价结论
院区道路	北侧 最近11.5m	g/G 点	3.05E-02	1/5	5.07E-05	0.1	满足
门诊医技楼	北侧 最近25m	g/G 点	3.05E-02	1	5.37E-05	0.1	
消毒供应中心	东侧 最近25.5m	A 点	1.90E-01	1	3.21E-04	0.1	
院区停车场	南侧 最近5.5m	e/E 点	7.81E-01	1/40	6.45E-07	0.1	
院区外停车场	南侧 最近48.5m	e/E 点	7.81E-01	1/40	3.30E-05	0.1	

从表 11-15 可以看出，保守估算本项目两间加速器治疗室正常运行辐射工作人员最大年有效剂量为 $7.03\text{E-}01\text{mSv}$ ，所致公众人员最大年有效剂量为 $1.97\text{E-}02\text{mSv}$ ，均满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中的相关要求：工作人员的剂量管理限值 5mSv/a ，公众人员的剂量管理限值 0.1mSv/a 。

剂量叠加

由于加速器治疗室 2 与 CT 模拟定位室毗邻，因此对加速治疗室东侧（CT 模拟定位室北侧）走廊和加速器治疗室南侧（CT 模拟定位室南侧）院区绿化年有效剂量叠加，经叠加后：走廊公众年有效剂量为 $3.84\text{E-}06\text{mSv}+2.50\text{E-}02\text{mSv}=2.50\text{E-}02\text{mSv}$ ，院区绿化公众年有效剂量为 $1.07\text{E-}02\text{mSv}+3.13\text{E-}03\text{mSv}=1.38\text{E-}02\text{mSv}$ 。但对于其余关注点而言，若毗邻其中某一间机房，另一间机房射线需经过 2 道及以上屏蔽体方能到达，且距离较远，因此其影响可忽略不计，因此不考虑其余关注点的剂量叠加影响。

综上，经叠加后：本项目放疗中心周围辐射工作人员的年附加有效剂量最大为 $7.03\text{E-}01\text{mSv}$ ，周围公众的年附加有效剂量最大为 $1.97\text{E-}02\text{mSv}$ 。因此本项目辐射工作人员年有效剂量低于 5.0mSv ，周围公众年有效剂量低于 0.1mSv 。能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对公众人员受照剂量限值的要求，并满足本项目管理目标值的要求。

四、大气环境影响分析

本项目拟在加速器治疗室1内设置1套通排风系统进行通排风，拟设置2个新风口，均位于加速器治疗室1西北部吊顶上方；设置1个排风口，位于加速器治疗室1东南角距地30cm处，排风扇风量为5745m³/h，医用电子直线加速器机房体积为509.5m³/h，因此本项目排风系统换气次数为11次/h。拟在加速器治疗室2内设置1套通排风系统进行通排风，拟设置2个新风口，均位于加速器治疗室东北部吊顶上方；设置1个排风口，位于加速器治疗室西南角距地30cm处，排风扇风量为5745m³/h，医用电子直线加速器机房体积为519.5m³/h，因此本项目排风系统换气次数为11次/h。本项目两间加速器治疗室通排风条件均符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于4次/h”的要求。本项目两间加速器治疗室所产生的废气经排风系统引至放疗中心屋顶室外排放。（非上人屋面，最终排口距地8.4m）。

五、水环境影响分析

本项目工作人员和病人产生的污水进入已建污水处理站（处理能力：600m³/d）进行预处理，处理工艺：预处理池+隔油池+一级强化池+消毒处理（次氯酸钠池）处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）后，排入彭州市第二污水处理厂进一步处理，尾水排入青白江，本项目不新增床位，产生少量的污水该污水处理站处理能力能够满足生活污水产生量和排放量的排放需求。

六、固体废物环境影响分析

固体废物：本项目医用电子直线加速器治疗过程中不会产生医疗废物，工作人员产生少量办公、生活垃圾，统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。

废靶件：医用电子直线加速器的金属靶更换时会有废靶件产生，废靶件应由有资质单位进行回收处理。

七、声环境影响分析

本项目噪声源主要为通排风系统的风机噪声，所有设备选用低噪声设备，经建筑物墙体隔声及距离衰减后，运行期间工作场所周围噪声可达到相关标准要求。

求。

事故影响分析

一、环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

二、风险识别

本项目射线装置在操作过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对人员造成放射性损伤和环境污染。

主要事故风险：

（1）辐射工作人员还未全部撤出机房，外面人员启动射线装置，造成辐射工作人员被误照，引发辐射事故。

（2）安全联锁装置发生故障，医用电子直线加速器工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成人员被误照射，引发辐射事故。

本项目主要的环境风险因子为射线装置工作时产生的 X 射线。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》对于事故的分级原则，现将事故等级列于表 11-16 中。

表 11-16 辐射事故等级一览表

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

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表。

表 11-17 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射性病	分度	受照剂量范围
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy

肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50Gy~100Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

三、辐射事故分析

医用电子直线加速器

事故假设：

假设误留、误入人员在未采取任何屏蔽防护措施下进入机房内，在位于机房内迷道口时发现设备处于开机状态，立即撤至迷道内；鉴于机房迷道内设急停开关，只要按下此按钮就可以停机，最大误照射时间为 3min（一次完整的治疗照射时间）。

剂量估算：

距焦点 1m 处 X 射线的最大吸收剂量率为 24Gy/min（主射线）， $H_0=1.44E+09\mu\text{Sv/h}$ ，散射线 1m 处剂量率 H_s 为 $7.78E+06\mu\text{Sv/h}$ ，泄漏射线 1m 处剂量率 H_L 为 $1.44E+06\mu\text{Sv/h}$ ，散射线+泄漏射线的叠加后其 1m 处剂量率为 $6.02E+06\mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-18 事故假设情况下室内误留、误入公众受到的累计剂量

距离	各时段的射线所致辐射剂量（Gy）			
	30s	60s	120s	180s
0.5m	3.07E-01	6.14E-01	1.23E+00	1.84E+00
1m	7.68E-02	1.54E-01	3.07E-01	4.61E-01
2m	1.92E-02	3.84E-02	7.68E-02	1.15E-01
3m	8.53E-03	1.71E-02	3.41E-02	5.12E-02
4m	4.80E-03	9.60E-03	1.92E-02	2.88E-02

根据上表可知，本项目辐射工作人员或公众位于机房内，完成一次治疗，最大可能受到1.84Gy的剂量，其剂量已超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众1mSv/a的剂量限值、职业人员年受照剂量20mSv/a的剂量限值，属于表11-17中的轻度骨髓型急性放射病受照剂量范围，不会造成人员死亡，因此针对辐射工作人员和公众可能造成较大辐射事故。

医用 X 射线计算机断层扫描仪（CT）装置

由于医用 X 射线计算机断层扫描仪（CT）装置每次拍片时间都很短，且模

拟定位 CT 机房设置观察窗，每次操作时，工作人员均位于观察窗前，因此极易发现人员误入的情况。从极端情况考虑，人员位于受检位，受到 1 次 CT 检查的辐射剂量，通常一次剂量约为 2~16mSv，低于辐射工作人员年受照剂量 20mSv/a 的剂量限值，高于公众 1mSv/a 的剂量限值，因此对于辐射工作人员将不构成辐射事故，但对于公众将构成一般辐射事故。

事故后果：

本项目最大可信事故为较大辐射事故。针对一般辐射事故建设单位需进行超标原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后上报发证机关。发生较大辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，将受照人员及时送医，并在 2 小时内向所在地生态环境部门（成都市生态环境局值班电话 028-61885200）和所在地公安局（成都市公安局：028-86407203）报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门（成都市卫生健康委员会 028-61881910）报告。

四、事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，环评要求建设方严格执行以下风险预防措施：

1、定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定完善的辐射安全规章制度并有专人监督核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

2、凡涉及对射线装置进行操作，必须有明确的操作规程，射线装置运行时至少有 2 名操作人员同时在场，对辐射工作人员定期培训，使之熟练操作，操作人员严格按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

3、射线装置治疗室每次开机前检查机房监控系统、门机联锁装置、门灯联锁装置和其他安全联锁装置，确保一切正常并安全的情况下，射线装置才能进行照射。

4、射线装置治疗室运行之前确保所有人员全部撤离机房后才能启动，防止误操作，防止工作人员和公众受到意外辐射。

5、定期对各射线装置机房治疗室的安全装置有效性进行检查、建设单位所

有辐射工作人员均需参加辐射安全与防护考核，并需取得合格证书，所有辐射工作人员均需持证上岗。

6、设备安装调试时必须由厂家专业人员负责完成，安装调试时关闭防护门，并在机房门外设立辐射警示标志。

7、辐射防护管理人员要经常对辐照工作场所进行巡视，及时纠正不利于辐射安全防护的行为。

五、应急措施

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效的采取以下应急措施：

1、一旦发生人员误照射等辐射事故时，操作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。同时，事故第一发现者应及时向医院的辐射安全事故应急处理小组及上级领导报告。辐射安全事故应急处理小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

2、对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境主管部门、卫生健康等主管部门。

3、迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

4、事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

一旦发生辐射事故，医院应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。事故发生后的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。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。

表 12 辐射安全管理

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，医院已成立了辐射管理领导小组。辐射管理领导有领导分管、机构健全。

成员组成见表12-1。

表 12-1 辐射管理领导小组成员组成表

二、辐射安全管理领导小组职责

(一)贯彻执行放射防护及诊疗、辐射安全相关法律法规和规章制度，并组织落实。

(二)按要求组织向相应的卫生健康、生态环境行政部门提出放射诊疗、辐射安全许可申请并取得相应放射诊疗、辐射安全许可。

(三)督促相关科室按要求委托有资质的机构对诊疗场所和防护设施进行辐射防护相关检测。

(四)按照辐射防护有关规定和标准,组织对我院辐射工作人员进行上岗前、在岗期间、离岗时的职业健康检查;组织辐射工作人员按规定开展个人剂量监测。

(五)组织各相关临床医技科室督促本科室辐射工作人员认真执行各项规章制度和技术操作规程，并开展检查。

(六)组织进行有关法律法规知识培训,并督促相关科室建立辐射工作人员个

人剂量、职业健康管理和教育培训档案。

(七)协助和配合卫生健康、生态环境行政部门等对我院辐射安全防护工作的督查。

(八)建立辐射安全防护的相关资料，并存档。

辐射安全档案资料管理和规章管理制度

一、档案分类管理

彭州市人民医院应建立完整的辐射安全档案。需要归档的材料应包括以下内容：

- (1) 生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况。
- (2) 设备使用期间射线装置异常情况说明以及其它需要记录的有关情况。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，档案资料应按以下几大类分类：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”“射线装置台账”“监测和检查纪录”“个人剂量档案”“培训档案”“辐射应急资料”和“废物处置记录”等。

二、辐射安全综合管理要求及落实情况

本项目建设单位涉及使用II类X射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表12-2。

表 12-2 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	已落实， 许可证在有效期内	待本项目环评工作完成，项目建设完成后向发证机关提交重新申领辐射安全许可证的申请材料
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	已落实，医院已针对从事III类射线装置的辐射工作人员集中学习相关课件与视频课程，已从国家核技术利用辐射安全与防护培训平台题库中抽取对应科目考题编写试卷，所有辐射工作人员进行闭卷考核，已对考核结果进行存档。针对从事II类射线装置的辐射工作人员（操作DSA）已获得辐射安全与防护考核证明。	原有辐射工作人员已落实。对于本项目辐射工作人员，医院应安排其参加辐射安全与防护相关学习和考核，确保持证上岗。
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备	已落实，并设置人员专职管理各院区核技术利用项目	/

	专（兼）职管理人员		
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	已落实	需增购个人剂量计
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案，特别应做好医用电子直线加速器的实体保卫及防护措施	原有核技术利用项目已落实	需将本项目装置纳入管辖范围
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	已建立	需将本项目装置纳入管辖范围
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	原有辐射工作人员已落实	新增辐射工作人员应在上岗前一并落实
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警告标志	原有辐射工作场所均已落实	新增辐射工作场所投运前应落实
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	每年均委托有资质单位完成场所环境检测	需增加核技术利用项目（新建、改建、扩建和退役）情况和存在的安全隐患及其整改情况，按照规范格式编制评估报告，并每年按时提交至发证机关
10	辐射信息网络	原有项目已落实	核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 http://rr.mep.gov.cn/)中实施申报登记。申领、延续、变更许可证，新增或注销放射源和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系统中申报
11	应建立动态的台账，放射性同位素与射线装置应做到账物相符，并及时更新。	原有项目已落实	需将本项目装置纳入台账管理范围

三、辐射安全管理规章制度落实情况

根据《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）的相关要求中的相关规定，将建设单位现有的规章制度落实情况进行对比说明，具体见表12-3。

表12-3 建设单位管理制度汇总对照表

序号	制度	具体制度要求	医院制定情况	备注
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	明确相关人员的管理职责，全面负责单位辐射安全与环境保护管理工作。	已制定	满足要求
2	辐射工作场所安全管理规定	根据单位具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是射线装置运行和维修时辐射安全管理。	已制定	满足要求
3	辐射工作设备操作规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确操作步骤、出束过程中必须采取的辐射安全措施。	需完善	应为本项目医用电子直线加速器制定相应的操作规程
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	明确射线装置维修计划、维修记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保射线装置保持良好的工作状态。	已制定	满足要求
5	辐射工作人员岗位职责	/	已制定	满足要求
6	射线装置台账管理制度	应记载射线装置台账，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台帐的管理人员和职责，建立台帐的交接制度。	需完善	应为本项目医用电子直线加速器制定台账管理制度
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	/	已制定	按本环评报告提出的环境监测方案进一步完善现有监测方案，并做好监测记录和档案保存工作。
8	监测仪器使用与校验管理制度	/	已制定	满足要求
9	辐射工作人员培训制度	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训，辐射工作人员须通过考核后方可上岗。	已制定	需完善：本项目拟配备的辐射工作人员须在上岗前参加辐射安全防护考核，考核合格方能上岗
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	在操作射线装置时，操作人员必须佩戴个人剂量计。医院定期将个人剂量计送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案，在进行个人剂量监测的同时定期进行体检，建立健康档案，健康档案应终生保存。	已制定	应将本项目新增辐射工作人员纳入其中进行管理
11	辐射事故应急预案	针对医用射线装置应用可能产生的辐射事故应制订较为完善的事故应急预案或	已制定	应根据本项目新增的医用电

		应急 措施。		子直线加速器特点进一步制定辐射事故应急预案
12	质量保证大纲和质量控制检测计划	/	/	医院应根据医用电子直线加速器的特性，制定《质量保证大纲和质量控制计划》，且应设有医用物理人员负责质量保证与质量控制工作。
13	其他	/	《放射防护注意事项告知栏》	/

医院需在辐射安全与防护管理领导小组的组织下及时制定和完善上述规章制度，明确各科室人员责任，并严格落实。医院需定期对辐射安全规章制度执行情况进行评议，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。

医院应按照《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）的要求，将《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。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。

辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用放射性同位素和射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”。为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）、《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）中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下

1、个人剂量监测

项目建成投运后，建设单位应保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并根据原四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发[2010]49号）做好个人剂量管理的工作。同时根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）个人剂量常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月，同时建设单位应建立个人剂量档案。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。

建设单位辐射工作人员在日常接触辐射工作过程中应正确佩戴个人剂量计，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。

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，经本人签字确认后，上报发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查；当单年个人剂量超过50mSv时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动应急预案。

2、辐射工作场所监测

（1）监测内容：X- γ 辐射剂量率

（2）监测布点及数据管理：监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致，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

（3）监测频度：对于X- γ 剂量率应自行配备监测设备每1个月监测1次；另外建设单位需委托有监测资质的单位在项目投运前开展验收监测，并在投运后每年定期开展年度监测，监测报告附到年度评估报告中，于次年1月31日前将评估结果上传至全国核技术利用辐射安全申报系统(网址：<http://r.mee.gov.cn>)。

（4）监测范围：医用电子直线加速器机房屏蔽墙、防护门以及楼上区域和穿线孔洞外的X辐射剂量率。

（5）监测设备：X- γ 辐射剂量监测仪

医院拟购买的 X- γ 辐射剂量监测仪应具备以下主要性能：

- a) 量程：量程下限应不高于 $1 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ；量程上限按照辐射源的类型和活度进行选择，应急测量情况下，应确保量程上限符合要求，一般不低于 $1 \times 10^{-2} \text{Gy/h}$ ；
- b) 相对固有误差： $< \pm 15\%$ ；
- c) 能量响应：50 keV $\sim$ 3MeV，相对响应之差 $< \pm 30\%$ （相对 ^{137}Cs 参考辐射源）；
- d) 角响应：0 $\sim$ 180 $^\circ$ 角响应平均值（ $\bar{R}$ ）与刻度方向上的响应值（R）的比值应大于等于 0.8（对 ^{137}Cs 辐射源）；
- e) 使用温度：-10 $\sim$ 40 $^\circ\text{C}$ （即时测量），-25 $\sim$ 50 $^\circ\text{C}$ （连续测量）；
- f) 使用相对湿度： $< 95\%$ （35 $^\circ\text{C}$ ）。

（6）质量保证：制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用上级监测部门的监测数据与建设单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案。

表12-4 定期监测点位

工作场所	监测项目	监测范围	监测频次		备注
			委托检测	自行检测	
加速器治疗室1、加速器治疗室2	X- γ 辐射剂量率	机房四周屏蔽体外、防护门外、穿线孔洞处	委托监测每年至少1次	建议自行监测周期为1次/月	开关机各监测一次

3、年度监测报告情况

建设单位应于每年1月31日前将上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》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>），近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所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。建设单位应按照《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《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“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。延续、变更许可证，新增、注销以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

为了加强对射线装置的安全和防护的监督管理，促进射线装置的安全使用，保障人体健康，保护环境，建设单位需根据最新要求完善现有的《辐射事故应急

预案》，其内容应包括：

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

若本项目发生了辐射事故，建设单位应迅速、有效采取以下应急措施：

①发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将人员撤出机房，关闭机房门，同时向主管领导报告。

②医院根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

③事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

④最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患

其他要求：

①辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府生态环境主管部门备案。

②在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际 及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要

表 13 结论与建议

结论 一、项目概况 项目名称：彭州市人民医院新增医用电子直线加速器项目 建设单位：彭州市人民医院 建设性质：新建 建设地点：彭州市南三环路二段 255 号彭州市人民医院放疗中心加速器治疗室 1、加速器治疗室 2 医院拟在彭州市南三环路二段255号彭州市人民医院城南院区内新建1座放疗中心（拟建，地上2层，无地下建筑），医院拟在放疗中心新增2间加速器治疗室、1间CT模拟定位室及其他配套用房。 加速器治疗室屏蔽方案及其辅助用房 加速器治疗室1有效使用面积为73.04m²（长8.8m，宽8.3m），机房四面墙体、楼顶均拟采用钢筋混凝土结构（密度：2.35g/m³），医用电子直线加速器主射线方向朝向东侧墙体、西侧墙体、顶部、地面。机房南侧侧屏蔽墙体为厚1500mm钢筋混凝土；西侧主屏蔽墙体厚度为厚3000mm钢筋混凝土（内凸，宽5.7m），东侧主屏蔽墙体厚度为厚3000mm钢筋混凝土（内凸，宽5.7m，与加速器治疗室2共用），东侧与主屏蔽墙体相连的次屏蔽墙为厚1800mm钢筋混凝土（与加速器治疗室2共用），西侧与主屏蔽墙体相连的次屏蔽墙为厚2400mm钢筋混凝土；北侧迷路呈“L”型，迷路宽2.4m，长10m，迷路内墙为厚1500mm钢筋混凝土，迷路外墙厚1100mm钢筋混凝土，顶部主屏蔽墙为厚3000mm钢筋混凝土（内凸，宽5.7m），顶部与主屏蔽墙体相连的次屏蔽墙为厚2400mm钢筋混凝土。防护门为20mm铅板+100mm含硼聚乙烯电动推拉防护门。加速器治疗室1北侧配套建设1间控制室1（长4.20m，宽3.38m，面积14.2m²），1间水冷辅助机房1（长3.50m，宽2.26m，面积7.91m²）。 加速器治疗室 2 有效使用面积为 73.04m²（长 8.8m，宽 8.3m），机房四面墙体、楼顶均拟采用钢筋混凝土结构（密度：2.35g/m³），医用电子直线加速器主射线方向朝向东侧墙体、西侧墙体、顶部、地面。机房南侧侧屏蔽墙体为厚 1500mm 钢筋混凝土；东侧主屏蔽墙体厚度为厚 3000mm 钢筋混凝土（内凸，宽 5.7m），西侧主屏蔽墙体厚度为厚 3000mm 钢筋混凝土（内凸，宽 5.7m，与加
--

速器治疗室 1 共用)，东侧与主屏蔽墙体相连的次屏蔽墙为厚 2400mm 钢筋混凝土，西侧与主屏蔽墙体相连的次屏蔽墙为厚 1800mm 钢筋混凝土（与加速器治疗室 1 共用）；北侧迷路呈“L”型，迷路宽 2.4m，长 10m，迷路内墙为厚 1500mm 钢筋混凝土，迷路外墙厚 1100mm 钢筋混凝土，顶部主屏蔽墙为厚 3000mm 钢筋混凝土（内凸，宽 5.7m），顶部与主屏蔽墙体相连的次屏蔽墙为厚 2400mm 钢筋混凝土。防护门为 20mm 铅板+100mm 含硼聚乙烯电动推拉防护门。加速器治疗室 2 北侧配套建设 1 间控制室 2（长 4.20m，宽 3.18m，面积 13.4m²），1 间水冷辅助机房 2（长 3.40m，宽 2.70m，面积 9.18m²）。

CT模拟定位室屏蔽方案及其辅助用房

CT 模拟定位室有效使用面积为 30.85m²（长 5.65m，宽 5.46m），机房东侧、南侧、北侧墙体均采用 370mm 实心砖墙，西侧墙体采用 200mm 实心砖墙（紧邻加速器治疗室 2 东侧主屏蔽墙），楼顶采用 300mm 混凝土，2 扇防护门均内衬 3mm 铅板，防护窗采用 15mm 铅玻璃（约 3mm 铅当量）。本项目模拟定位 CT 机房配套使用 1 间控制室，长 6.00m，宽 2.57m，面积为 15.42m²。

射线装置

建设单位拟在放疗中心加速器治疗室1和加速器治疗室2内各安装使用1台医用电子直线加速器，属于Ⅱ类射线装置，用于开展全身的肿瘤治疗。本项目2台医用电子直线加速器X射线最大能量均为10MV，两台医用电子直线加速器X射线1m处剂量率最大均为24Gy/min，电子线能量最大均为22MeV，电子线1m处剂量率最大为15Gy/min；本项目拟购的2台医用电子直线加速器均配置CBCT图像引导功能，实现了影像学指导的放疗，同时具备适形调强放射治疗（IMRT）、容积旋转调强放射治疗（VMAT）功能、无均整器（FFF）模式。CBCT最大管电压150kV，管电流1000mA。

建设单位拟在放疗中心CT模拟定位室中安装使用1台模拟定位CT（Ⅲ类射线装置），厂家型号未定，最大管电压为150kV，最大管电流为1000mA，用于放射治疗前肿瘤定位。

二、产业政策符合性

根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年第7号令）相关规定，本项目的建设属于该指导目录为医院医疗基础建设内容，

属于该指导目录中第三十七项“卫生健康”中第1款“医疗服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

三、本项目选址及平面布局合理性分析

（一）布局

本项目放疗中心由加速器治疗室 1、加速器治疗室 2、控制室 1、控制室 2、更衣准备 1、更衣准备 2、水冷辅助机房 1、水冷辅助机房 2、CT 模拟定位室、控制室、计划办公室、诊室、制模、融铅及其他辅助用房组成。

本项目医用电子直线加速器拟设置在放疗中心加速器治疗室 1 和加速器治疗室 2 内。加速器治疗室 1 东侧为加速器治疗室 2；南侧为院区绿化；西侧为院区停车场；北侧自西向东依次为楼梯、水冷辅助机房、控制室、更衣准备。加速器治疗室 2 东侧自北向南依次是走廊、CT 模拟定位室；南侧为院区绿化；西侧为加速器治疗室 1；北侧自西向东依次为更衣准备、控制室、水冷辅助机房、诊室。加速器治疗室 1 和加速器治疗室 2 楼上为放疗中心屋顶（无人可达）；楼下为土质层。

根据平面布置图，本项目拟新增一座放疗中心，放疗中心内CT模拟定位室、计划办公室、制模、融铅及其他辅助用房均独属于医用电子直线加速器使用的配套用房，最大程度的满足了放疗中心需求，也便于病人就诊需求；放疗中心为独立建筑，放疗中心1楼仅用于本项目放疗使用，放疗中心二楼为排风机房等辅房，不涉及科室，减少了无关人员的进入；本项目为专门的辐射工作场所，且设置专门的屏蔽防护，最大程度的减少了对周围环境的影响。因此本项目医用电子直线加速器机房的平面布置是合理的。

（二）选址

医院已获得中华人民共和国不动产权证书（编号：川（2024）彭州市不动产权第 0015215 号，附件 6），根据中华人民共和国不动产权证书，本项目用地属于医疗卫生用地，本用地符合城市规划要求。本项目拟在院区新增 1 座放疗中心（地上 2 层，无地下建筑，不涉床位），在放疗中心内新增加速器治疗室 1 和加速器治疗室 2 及其配套用房，并在加速器治疗室 1 和加速器治疗室 2 内各安装使用 1 台医用电子直线加速器。

放疗中心内仅涉及放疗中心及其配套的辅助用房，因此该区域内除参与放疗

的病人及其家属外，极少有无关人员至此，最大程度的减少了公众误入的可能，医用电子直线加速器与模拟定位机均设置于此，便于放疗科的统一管理和肿瘤病人开展治疗。

表13-1 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）选址要求对照分析

标准要求	本项目实际情况	是否满足
放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内；	本项目放疗中心为拟设置在院区内，该建筑未设置在居民、写字楼和商住两用的建筑内。	满足
放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	本项目放疗中心位于医院中部的独栋建筑，该栋建筑仅涉及放射治疗场所及配套工作设施，该建筑体仅涉及地上2层，无地下建筑，已避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	满足

本项目所在彭州市人民医院外围城区环境，周围基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力、电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件，本项目仅为其配套建设项目，不新增用地，且辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。因此，本项目从辐射防护安全和环境保护角度分析，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据本项目监测数据，本项目所在区域的 X-γ辐射空气吸收剂量率与成都市生态环境局《2023 年成都生态环境质量公报》全市环境γ辐射剂量率连续自动监测年均值范围相当，属于正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价分析结论

根据理论计算，本项目辐射工作人员、周围公众及敏感点成员年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）年剂量限值（辐射工作人员、周围公众年附加有效剂量约束值分别为 5mSv/a、0.1mSv/a）的要求。

六、事故风险与防范

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

行完善。

七、环保设施与保护目标

医院现有的和设计的环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

八、医院辐射安全管理综合能力

医院辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，辐射工作人员配置合理，考试（核）合格，有辐射事故应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对本次医用电子直线加速器医用辐射设备和场所而言，医院在一一落实设计的环保设施和相关法律法规要求后，医院具备辐射安全管理的综合能力。

九、项目环保可行性结论

建设单位在采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为，本项目在彭州市南三环路二段 255 号彭州市人民医院放疗中心内进行建设，从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

建议

- 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、建设单位须重视控制区和监督区的管理。
- 3、医院应严格执行辐射工作人员学习考核制度，组织辐射工作人员、相关管理人员到生态环境部网上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中进行辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能继续上岗。
- 4、本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3 个月内完成本项目自主验收。
- 5、定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年 1 月 31 日前在核安全申报系统中进行报送，报送内容包括：
 - ①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
 - ②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
 - ③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育学习考核情况；
 - ④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；
 - ⑤辐射事故及应急响应情况；

⑥核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；

⑦存在的安全隐患及其整改情况；

⑧其他有关法律、法规规定的落实情况。

6、按照《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化处理。

7、建设单位必须在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）中实施申报登记。申领、延续、更换《辐射安全许可证》、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系统中申报。

承诺

（1）建设单位在变更辐射安全许可证前，注册并登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对建设单位所用射线装置的相关信息进行填写。

（2）尽快安排未取得成绩报告单的辐射工作人员在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>）学习相关知识并报名参加考核。

（3）项目应按照国家相关法律法规尽快进行验收。

（4）接受生态环境主管部门的监督检查。

项目竣工验收检查内容

根据《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院 682 号令），工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。项目投入运行后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后 3 个月内进行竣工环保验收。本项目竣工环境保护验收一览表见表 13-2。

表 13-2 环境保护设施验收一览表

项目	设施(措施)
加速器治疗室 1、加速器治疗室 2	
辐射屏蔽措施	主体建筑、屏蔽墙体
	防护门 2 扇
通排风系统	新风系统+排风系统 2 套
安全措施	门-机联锁装置 2 套(医用电子直线加速器机房防护门)
	视频监控系统 2 套
	钥匙开关 2 套(控制台)
	语音播报及对讲装置 2 套
	工作状态指示灯(门-灯联锁) 2 套
	紧急开门装置 2 个
	急停按钮(加速器治疗室内四面墙拟各设 1 个、迷路外墙上拟设 1 个, 本项目两间加速器治疗室共计增设 10 个)
	出束音响提示 2 套
	固定式剂量报警装置 2 台(探头: 迷路入口处; 显示单元: 控制室或机房门周围)
	控制区地标线: 在加速器治疗室防护门外个划定 1 各控制区地标线; 电离辐射警告标志: 在加速器治疗室防护门上各贴 1 张; 监督区标识: 在水冷辅助机房 1、控制室 1、更衣准备 1、更衣准备 2、控制室 2、水冷辅助机房 2、诊室各设置 1 个监督区标识
	防夹装置 2 套
	火灾报警仪+灭火装置 2 套
	制度牌 2 套
CT 模拟定位室	
辐射屏蔽措施	CT 模拟定位室屏蔽体
	防护门 2 扇
	防护窗 1 扇
通排风系统	新风系统+排风系统 1 套
安全措施	急停按钮(附有中文标识) 2 个(床旁和控制室内各 1 个)
	门灯联锁(含工作状态指示灯) 2 个
	对讲装置 1 套(机房与 CT 控制室内)
	患者防护门外地面 1m×门宽范围划控制区地标线, 两扇防护门上各贴 1 张电离辐射警告标志, 控制室门外设置监督区标识
	闭门装置 1 套
	防夹装置 1 套
	放射防护注意事项告知栏 1 套(走道)
	制度牌 1 套(CT 控制室内)
放疗中心	
监测	个人剂量计 9 套
	X-γ辐射剂量率监测仪 1 套
其他	应急和救助的物资准备(紧急照明或独立通道照明系统、火灾报警仪、灭火装置、应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练、医疗箱等)