

核技术利用建设项目

内江市东兴区人民医院

新增医用电子直线加速器项目

环境影响报告表

(公示本)

内江市东兴区人民医院

二〇二六年一月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

内江市东兴区人民医院

新增医用电子直线加速器项目

环境影响报告表

建设单位:内江市东兴区人民医院

建设单位法人代表(签名或签章):

通讯地址:四川省内江市东兴区兴盛路 709 号

邮政编码: 641000

联系人:

电子邮件:

联系电话:

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	16
表 3 非密封放射性物质	16
表 4 射线装置	18
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	25
表 9 项目工程分析与源项	30
表 10 辐射安全与防护	38
表 11 环境影响分析	52
表 12 辐射安全管理	73
表 13 结论与建议	79

表1 项目基本情况

建设项目名称	内江市东兴区人民医院新增医用电子直线加速器项目					
建设单位	内江市东兴区人民医院					
法人代表	[REDACTED]	联系人	[REDACTED]	联系电话	[REDACTED]	
注册地址	四川省内江市东兴区兴盛路 709 号					
项目建设地点	四川省内江市东兴区兴盛路 709 号内江市东兴区人民医院第三住院楼一楼					
立项审批部门	/		批准文号	/		
建设项目总投资 (万元)	1500	项目环保投资 (万元)	66.7	投资比例	4.45%	
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	/	
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
其他		无				

项目概述

一、企业概况

内江市东兴区人民医院（统一社会信用代码：12510902451383661E）位于四川省内江市东兴区兴盛路 709 号，始建于 1952 年，曾用名“内江市第四人民医院”，2008 年更名为“内江市东兴区人民医院”。是集医疗、急救、预防保健、康复、教学、科研等为一体的国家三级乙等综合医院，国家级“爱婴医院”、市级最佳文明单位，东兴区急救中心和产儿科急救中心。东兴区域医疗联合体牵头单位，东兴区内科、外科、儿科、护理、院感、检验、药事等 7 个医疗质控中心牵头单位。发挥区域医疗中心及三级医疗卫生服务网络的龙头作用，承担本地区常见病，多发病诊疗，急

危重病人的救治，重大疑难疾病诊治及双向转诊；推广应用适宜医疗技术，为农村基层医疗卫生机构人员提供培训和技术指导；承担部分公共卫生服务，以及自然灾害和突发公共卫生事件医疗救治等工作。

医院占地 4.7 万平方米，建筑面积 4.2 万平方米。开设床位 770 张。毗邻内江高铁站，环境优美、交通便利，出行方便，是人民群众看病就医的优选医院。设有内外妇儿等 22 个临床科室，肝胆外科、骨科、神经外科、眼科白内障手术等诊疗技术在市内同级医院具有领先优势。

医院各学科发展均衡，人才梯队合理，并具有较高的教学、科研能力，近 5 年来发表医学论文 220 余篇，开展医学科研 4 项，其中 3 项获市政府科技进步奖。学科建设成绩斐然，已建设内江市医学重点专科 3 个。

医院拥有 DSA、螺旋 CT 机、牙科 X 射线机、移动式 C 臂 X 射线机等先进设备。

内江市东兴区人民医院现持有辐射安全许可证，其许可证证书编号为：川环辐证[00349]，有效期至 2030 年 07 月 08 日，许可的种类和范围为：使用 I 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置(具体范围详见附件 5)。

医院为改善就医环境，更好地为人民群众健康服务，本项目在已建设的“内江市东兴区人民医院综合业务大楼建设项目”内进行建设，该项目于 2008 年 11 月 21 日取得了内江市环境保护局《关于对内江市东兴区人民医院综合业务大楼建设项目环境影响报告表的批复》（内市环函〔2008〕134 号）。

二、项目由来

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。医院为进一步满足患者的治疗需要，拓展医疗服务能力，拟在四川省内江市东兴区兴盛路 709 号内江市东兴区人民医院第三住院楼一楼改建 1 间直线加速器机房，该机房原为预留机房，现作为资料室使用，改建后在该机房内配套使用 1 台 6MV 医用电子直线加速器（型号：待定，具备 CBCT 图像引导功能）用于肿瘤放射治疗，属于 II 类射线装置；拟在第三住院楼一楼模拟机房内新增使用 1 台模拟定位 CT 机（III 类射线装置，建设单位需另行备案登记）。

三、编制目的

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》（原国家环保部令第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年版）》（生态环境部 部令第16号，2021年1月1日起施行），本次评价的数字减影血管造影装置与医用电子直线加速器，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（2025年本）》，本项目应报内江市生态环境局审查批准，并在取得环评批复后及时重新申领辐射安全许可证。

为此，内江市东兴区人民医院委托四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司编制本项目的环境影响报告表（委托书见附件1）。四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司接受本项目环境报告表编制工作的委托后，再进行现场踏勘、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，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。

四、本项目建设内容

（一）工程概况

项目名称：内江市东兴区人民医院新增医用电子直线加速器项目

建设单位：内江市东兴区人民医院

建设性质：新建

建设地点：四川省内江市东兴区兴盛路709号内江市东兴区人民医院第三住院楼一楼

（二）项目建设内容及规模

本次评价的建设内容及规模如下：拟在第三住院楼一楼的直线加速器机房内配套使用1台6MV医用电子直线加速器（型号：待定，具备CBCT图像引导功能）

用于肿瘤放射治疗，属于II类射线装置。治疗时 X 射线最大能量为 6MV，X 射线 1m 处最大剂量率为 14Gy/min，电子线最大能量为 15MeV，电子线 1m 处最大剂量率为 15Gy/min。CBCT 最大管电压 150kV，最大管电流 500mA。拟在第三住院楼一楼模拟机房内新增使用 1 台模拟定位 CT 机（III类射线装置，建设单位需另行备案登记）。

根据建设单位提供的设计资料，本项目直线加速器机房屏蔽措施情况见表 1-1。

表 1-1 本项目直线加速器机房拟采取屏蔽防护设施一览表

机房	方位	屏蔽体	屏蔽材料及厚度	
直线 加速 器机 房	北侧	屏蔽墙	其余墙体	1550mm 混凝土（利旧）
			排风管道所在位置	1300mm 混凝土（利旧）+650mm 混凝土
	南侧	屏蔽墙	1750mm 混凝土（利旧）	
	西侧 (直 迷路)	内墙	主屏蔽墙	1200mm 混凝土（利旧）+40mm 铅板（新建）(宽度 3350mm (150mm 混凝土（新增）))
			次屏蔽墙	1200mm 混凝土（利旧）
		外墙	主屏蔽墙	1200mm 混凝土（利旧）
			次屏蔽墙	1200mm 混凝土（利旧）/600mm 混凝土（利旧）+40mm 铅板（新建）(宽度 1500mm)/1400mm 混凝土（利旧）
	东侧	主屏蔽墙	2400mm 混凝土（利旧），宽度 4200mm (3800mm (利旧)+400mm (新建))	
		次屏蔽墙	1400mm 混凝土（利旧）	
	顶部	主屏蔽墙	2500mm 混凝土（利旧），宽度 3950mm	
		次屏蔽墙	1900mm 混凝土（利旧）/1500mm 混凝土（利旧）	
	南侧	屏蔽门	25mm 铅当量铅钢防护门	
	机房 面积	44.1m ² (不含迷路) (长 7.0m、宽 6.3m)		

注：根据设计单位提供，混凝土密度为 2.35g/cm³、铅板密度 11.3g/cm³。

本项目直线加速器机房剖面图如下图 1-1 所示，直线加速器机房排风管道剖面图如下图 1-2 所示，直线加速器机房平面示意图如下图 1-3 所示：



2 - 2 剖面图



3 - 3 剖面图

图 1-1 直线加速器机房剖面图



图 1-2 直线加速器机房排风管道剖面示意图



图 1-3 直线加速器机房平面示意图

表 1-2 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题		备注
		施工期	营运期	
主体工程	拟在第三住院楼一楼的直线加速器机房内配套使用 1 台 6MV 医用电子直线加速器用于肿瘤放射治疗，属于 II 类射线装置。设备型号未定，最大 X 射线能量为 6MV，1m 处最大 X 射线剂量率为 14Gy/min；电子线最大能量为 15MeV，1m 处最大电子线剂量率为 15Gy/min；在加速器机头两侧配备有锥形束 CBCT，最大管电压为 150kV，最大管电流为 500mA。加速器年总出束时间 216.67h。机房尺寸为长 7.0m×宽 6.3m，机房内有效使用面积（不含迷路）为 44.1m ² 。	施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾等以及安装调试过程中产生的 X 射线、臭氧。	X 射线、电子线、臭氧、氮氧化物、噪声	新建 / 依托
辅助工程	控制室、模拟机房、水冷机房等。			
办公、生活设施	诊断室、办公室、卫生间等。		生活垃圾、生活污水、医疗废物	依托
公用工程	利用医院主体工程建设的排水、配电、供电和通讯系统等。	—		依托
环保工程	废气处理： 本项目直线加速器机房配置有通排风系统，室内 2 个进风口位于机房西侧，进风管（400mm×600mm）穿墙高度约 3.3 米，以“Z”型管道穿过迷路门上方墙体；室内排风口（离地约 200mm）2 个分别位于直线加速器机房东侧，排风管（250mm×250mm）穿墙高度约 0.2 米，以“U”型管道穿过北侧墙体，再接入外置排风管道排放至屋顶，排风量共计 6 次/小时，设计排风量为 2113m ³ /h。排风口位置应做好射线	施工扬尘、施工噪声、施工废水、固体废物	噪声、废水、固体废物	依托

防护, 增加铅板或者使用环保型辐射防护板, 防止射线外漏。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《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002)臭氧最高允许浓度0.16mg/m ³ 的要求, 亦符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准(0.20mg/m ³)要求。			
废水处理: 本项目产生的废水依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站(处理规模: 300m ³ /d, 工艺为: “生物接触氧化+接触消毒法”), 处理达《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)表2中预处理标准后, 通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后, 排入沱江。	—		依托
固废处理: 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。	—		依托
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, 废靶件由生产厂家进行回收处理。			

(三) 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目为医用电子直线加速器应用于肿瘤治疗, 不涉及原辅材料的使用。项目所用的自来水、电均由当地市政网提供, 项目能耗情况见表1-3。

表1-3 主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	年耗量	来源	主要化学成分
能源	电	3000kW·h/a	市政电网	—
水资源	水	600m ³	市政水网	—

(四) 本项目所涉及的医用射线装置

本项目涉及医用射线装置的情况见表1-4。

表1-4 本项目射线装置清单

序号	装置名称	型号	生产厂家	设备参数	管理类别	台数	年曝光时间	使用场所	备注
1	医用电子直线加速器	待定	待定	X射线最大能量为6MV, 电子线最大能量为15MeV	II类	1台	216.67h(治疗166.67h+质控50h)	第三住院楼一楼直线加速器机房	拟购

(五) 工作制度、诊疗规模和劳动定员

- 1、工作制度:** 年工作日约250天, 每周工作5天, 每天工作8h。
- 2、人员配置:** 本项目拟配置辐射工作人员11人, 其中8名医师、1名物理师、2名技师, 均为医院新增辐射工作人员, 本项目辐射工作人员操作本项目直线加速器后, 不再操作医院其他辐射设备。今后医院可根据开展项目的实际情况适当调整

辐射工作人员配置。医用电子直线加速器相关参数，见下表 1-5：

表 1-5 本项目医用电子直线加速器年出束时长一览表

使用场所	工作状态	单次使用时长	周治疗人数	周治疗量/工作出束时长	年治疗人数	年治疗量/工作出束时长	合计年出束时长
直线加速器机房	病人治疗	2min	100 人	3.33h	5000 人	166.67h	216.67h
	质控	/	/	/	/	50h	

注：物理师独立做周、月计划验证及质控年累计有效出束时间约 50h/年。

3、职业人员工作负荷

根据医院预测的诊疗需要，本项目医用电子直线加速器投入使用后，预计每天最多放射治疗 20 人，年最大治疗出束时间约 166.67h；物理师独立做周、月质控年累计有效出束时间约 50h/年。

五、依托环保设施情况

1、废水

施工期废水、运营期生活废水依托医院已建的污水管道和污水处理站（处理规模：300m³/d，工艺为：“生物接触氧化+接触消毒法”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后，排入沱江。

本项目为医院医疗配套工程，因此本项目生活废水及医疗废水依托医院已建的污水处理站可行。

2、固体废物

施工期产生的固体废物主要为装修垃圾、设备安装过程中产生的包装垃圾以及施工人员产生的生活垃圾等。施工过程中产生的装修垃圾，由施工方收集统一处理，运往政府指定地点堆存；施工人员产生的生活垃圾统一收集后由环卫部门定期清运。

运营期：本项目医用电子直线加速器治疗过程中，不产生医疗废物，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，废靶件由生产厂家进行回收处理。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。

六、产业政策符合性分析

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会修订发布《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2024年2月1日施行）的相关规定，本项目拟使用的医用电子直线加速器与数字减影血管造影装置为医院医疗基础建设内容，属指导目录中第三十七项“卫生健康”中第1条“医疗服务设施建设”，均属于国家鼓励类产业，符合国家产业发展政策。

七、本项目外环境及选址合理性分析

（一）外环境关系分析

1、医院外环境关系分析

本项目位于四川省内江市东兴区兴盛路709号内江市东兴区人民医院第三住院楼一楼，医院南侧、西侧均为外部道路或绿化，东侧为居民住宅，北侧为居民住宅及幼儿园。

2、辐射工作场所外环境关系

本项目直线加速器机房以实体屏蔽为边界，50m评价范围具体如下：

第三住院楼一楼：北侧紧邻院内绿化、院内道路，约9.9~50m处为液体库房、停车场；东北侧紧邻室外绿化及院内道路，约14.8~50m处为消毒供应中心、病例室、安居·桂香园；东侧紧邻室外绿化及院内道路，约14.3~44.7m处为消毒供应中心，约44.7~50m处为安居·桂香园；东南侧紧邻室外绿化及院内道路，约14.3~50m范围内为消毒供应中心、食堂、安居·桂香园；南侧紧邻水冷机房、控制室、走廊，约3.1~7.3m处为热疗机房、热疗机控制间、等待间、楼梯间，约7.3~50m范围内为室外绿化、院内道路、停车场；西南侧紧邻走廊，约3.2~41.9m处为电梯井、服务台、穿刺间、设备间、污物通道及处理室、DSA机房、更衣室、控制室等室内其他功能区域，约10.2~50m范围内为室外绿化、院内道路、停车场；西侧紧邻Co60机房，4.7~9.9m处为候诊区，约9.9~41.3m处为模拟机房、Co60控制室、模拟机房控制室、家属谈话间、缓冲区、病人通道、ERCP、复苏室、准备间、无菌器械、办公室、卫生间等室内其他功能区域，约16.4~50m处为室外绿化、院内道路；西北侧紧邻室外绿化、院内道路，约12.2~50m处为液体库房、关爱中心、停车场。

第三住院楼一楼~二楼夹层：北侧紧邻院内绿化上空、院内道路上空，约9.9~50m处为液体库房、停车场上空；东北侧紧邻室外绿化上空及院内道路上空，

约 14.8~50m 处为消毒供应中心、病例室、安居·桂香园；东侧紧邻室外绿化上空及院内道路上空，约 14.3~44.7m 处为消毒供应中心，约 44.7~50m 处为安居·桂香园；东南侧紧邻室外绿化上空及院内道路上空，约 14.3~50m 范围内为消毒供应中心、食堂、安居·桂香园；南侧紧邻水冷机房上空、控制室上空、走廊上空，约 3.1~7.3m 处为热疗机房上空、热疗机控制间上空、等待间上空、楼梯间，约 7.3~50m 范围内为室外绿化上空、院内道路上空、停车场上空；西南侧紧邻走廊上空，约 3.2~41.9m 处为电梯井、服务台上空、墙体封堵不可进入区域、楼梯等室内其他功能区域，约 10.2~50m 范围内为室外绿化上空、院内道路上空、停车场上空；西侧紧邻 Co60 机房上空，4.7~9.9m 处为候诊区上空，约 9.9~41.3m 处为模拟机房上空、Co60 控制室上空、模拟机房控制室上空、墙体封堵不可进入区域、信息机房等室内其他功能区域，约 16.4~50m 处为室外绿化上空、院内道路上空；西北侧紧邻室外绿化上空、院内道路上空，约 12.2~50m 处为液体库房、关爱中心、停车场上空。

机房上方紧邻库房，50m 范围内为第三住院楼其余楼层功能区；下方为土层。医院总平面布局及外环境关系图见附图 2。本项目用地区域在医院用地红线范围内，医院及本项目外环境相对简单，不存在明显环境制约因素。

（二）选址合理性分析

1、用地合理性：医院用地已取得《不动产权证书》（川（2022）内江市不动产权第 0039113 号，详见附件 2），本项目建设均位于医院许可用地范围内，不新增用地。

2、履行的环保手续：本项目所在楼栋的建设已于 2008 年 11 月 21 日由内江市环境保护局进行了批复（内市环函〔2008〕134 号，详见附件 3），该楼栋选址合理性已在上述环评报告表中进行了论述。

3、综述：本项目直线加速器机房选址于内江市东兴区人民医院第三住院楼一楼，机房所在区域人流相对单一，且机房为楼栋所在底层；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。综上所述，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

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。

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。

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性。符合辐射防护“实践的正当性”原则。

因此，本项目项目的实践是必要的，实践具有正当性。

八、原有核技术利用情况

（一）医院原有项目辐射安全许可证情况

内江市东兴区人民医院已取得由四川省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（川环辐证[00349]），有效期至 2030 年 07 月 08 日，许可的种类和范围为：使用I类放射源；使用II类、III类射线装置(具体范围详见副本)。具体情况见附件 5。

表 1-6 医院现有辐射安全许可证许可情况

射线装置							
序号	辐射活动场所名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	技术参数(最大)
1	第三住院楼 1 楼	II类	使用	1	数字减影血管造影机 (DSA)	Azurion7M20	管电压 125kV 管电流 1000mA
2	发热门诊	III类	使用	1	/	/	/
3	放疗室	III类	使用	1	放射治疗模拟机	HMD-IB	管电压 125kV 管电流 500mA
4	门诊、急诊综合楼 DR 机房	III类	使用	1	数字化医用 X 射线机摄影系统 (DR)	Udr 770i	管电压 150kV 管电流 630mA
5	门诊综合楼 CT 机房	III类	使用	1	螺旋 CT 机	SOMATOM Emotion16-slice configyration	管电压 140kV 管电流 300mA
6	门诊综合楼 DR 机	III类	使用	4	直线 X 射线数字成像系统(DR)	AXIOM Aristos VX Plus	管电压 125kV 管电流 500mA

	房							
7	医技综合 楼1层北侧牙片室	III类	使用	1	牙科 X 射线机	DYS-M	管电压 70kV 管电 流 7mA	
8	医技综合 楼一层 CT 室 2	III类	使用	1	X 射线计算机体 层摄影设备 CT	SOMATOM go.Top	管电压 140kV 管电 流 825mA	
9	住院部十 二楼手术 室储物间	III类	使用	1	移动式 C 臂 X 射 线机	SIREMO BIL Compactl	管电压 110kV 管电 流 8mA	

放射源

序号	活动种类					使用台账					
	辐射 活动 场所 名称	核 素	类别	种类 活动	总活度(贝 可)/活度(贝 可) × 枚数	编码	出厂活 度(贝 可)	出厂日 期	标号	用途	来源
1	放疗 室	Co- 60	I类	使用	1.85E+14*1	0311CO 008821	1.11E+14	2012-0 7-23	0311 G882	远距放射 治疗装置	成都中核高通 同位素股份有 限公司

医院目前已获许可使用射线装置共计 9 台、放射源 1 种，医院均按照要求履行了环保手续。

医院应定期检查《辐射安全许可证》及全国核技术利用辐射安全申报系统中台账，确保在用种类、台账号与实际使用射线装置一致。医院应按照相关要求，如有待报废射线装置须进行去功能化，同时及时到四川省生态环境厅办理相关手续。

（二）辐射工作人员培训情况

内江市东兴区人民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。医院目前登记辐射工作人员 84 名，从事操作II类射线装置的辐射工作人员共计 41 名，该 41 名辐射工作人员均持有有效期内的辐射安全与防护培训或考核证；从事III类射线装置辐射工作人员共计 43 名辐射工作人员，该 43 名辐射工作人员已通过建设单位组织的自主考核，且考核结果均已存档。

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，均应参加辐射安全与防护知识的学习，医院应尽快安排本项目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；合格证到期前，需进行再培训。

根据中华人民共和国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），对于仅从事III类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加核技术利用辐射安全与防护考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加核技术利用辐射安全与防护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为五年，有效期届满的，应当有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

经核查建设单位提交的《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，根据内江市东兴区人民医院提供的资料，医院开展放射诊断工作截至目前未发生过辐射安全事故。

（四）年度评估报告

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告”。建设单位已编制《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》并上交发证机关（已按时登录全国核技术利用辐射安全申报系统 <http://rr.mee.gov.cn> 在单位信息维护界面完成了年度报告上传工作）。

（五）辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合建设单位实际情况，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》等。建设单位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。

对建设单位现有辐射工作场所而言，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。建设单位应根据国家发布新的相关法规内容，结合本项目实际，及时对各项规章制度补充、修改和完善。

（六）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，每三个月对个人剂量进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《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。

医院已委托有资质的单位对其所有辐射工作人员进行个人剂量检测。医院提供了2024年07月01日至2025年06月30日连续四个季度的个人剂量检测报告，个人剂量检测报告表明，医院现有辐射工作人员连续四个季度的个人剂量监测结果最大年有效剂量为0.0.8509mSv，季度最大个人剂量当量为0.7225mSv，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的年剂量限制要求，未发现个人剂量超过5.0mSv/年、1.25mSv/季的情况。但该年度个人剂量检测报告中有辐射工作人员个人剂量计遗失的情况，因此要求建设单位对辐射工作人员个人剂量计加强管理，避免后期类似的情况发生。

表 1-7 既有的辐射工作人员年有效剂量情况

序号	职业类别	最大个人剂量当量 (mSv)			
		2024 年三季度	2024 年四季度	2025 年一季度	2025 年二季度
1	2A	0.7225	0.1651	0.18	0.04
2	2B	<MDL	0.0995	0.12	<MDL
3	2D	0.1676	0.0455	0.13	0.07
4	2E	0.0673	0.0630	0.40	0.08
5	2F	0.0916	0.1643	0.20	<MDL

注：监测结果低于最低探测下限的，均记为<MDL。2024年三季度、2024年四季度 MDL 为0.02mSv（相应的剂量档案中可记录为 MDL 值的1/2），2025年一季度、2025年二季度 MDL 为0.04。

2、工作场所辐射水平监测

根据原环保部 18 号令和《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》的要求，医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。医用射线装置工作场所监测，主要针对射线装置机房周围（四周墙体、楼上/下、防护门和观察窗）、控制室等，从检测数据结果分析，未发现屏蔽体外 30cm 处超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的情况。

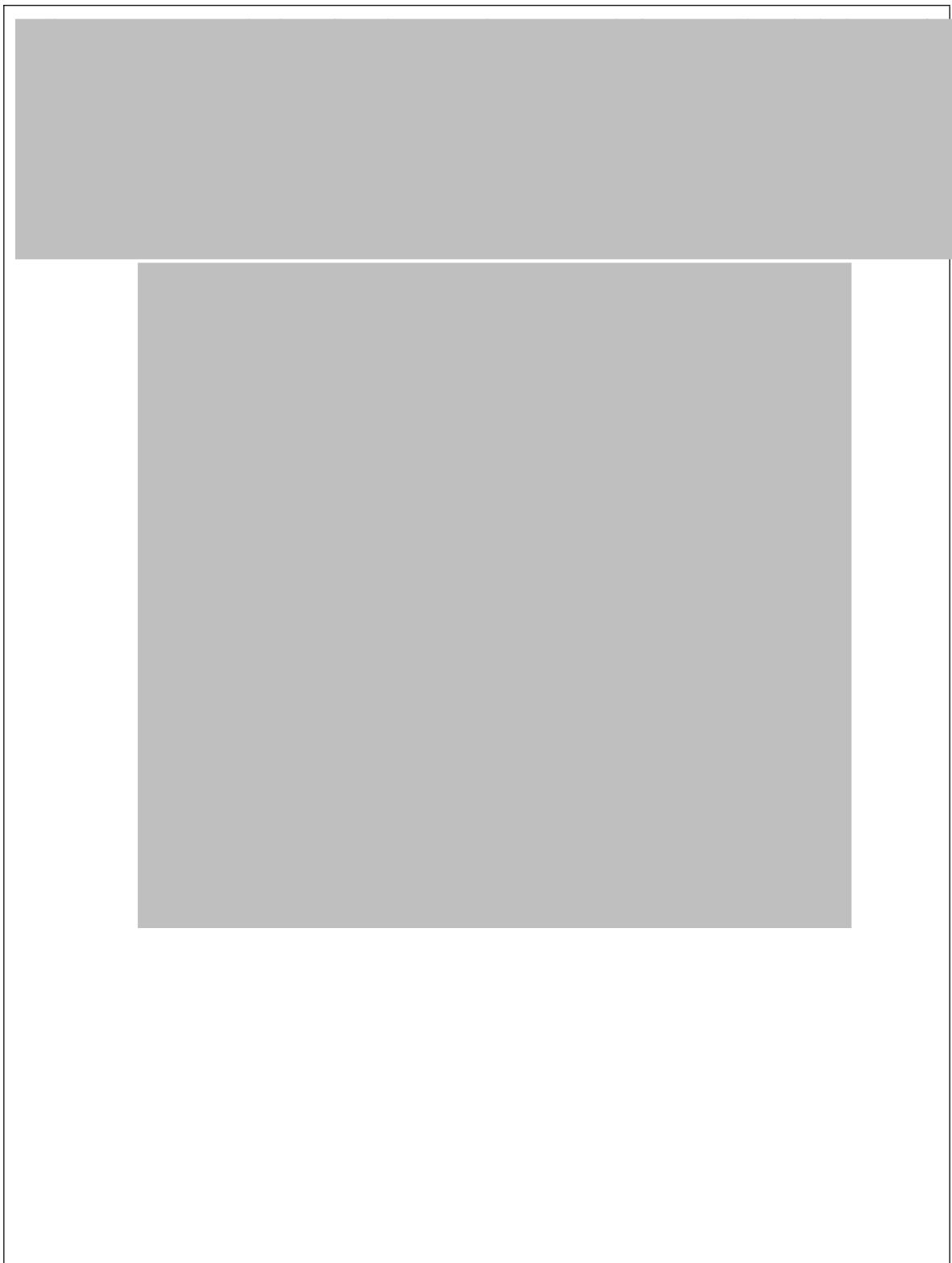


表 2 放射源

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

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

表3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器, 包括医用、工农业、科研、教学等各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量	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类	1	待定	电子	X射线: 6MV 电子线: 15MeV	X射线 1m 处最大剂量率为 14Gy/min; 电子线 1m 处最大剂 量率为 15Gy/min	放射治疗	第三住院楼一楼直线加速器机房内	新增(新购买)

(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
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(三) 中子发生器, 包括中子管, 但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧及氮氧化物	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	直接排向大气环境
生活污水	液态	—	—	少量	少量	—	不暂存	依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站，处理达《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)表2中预处理标准后，通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后，排入沱江。
废靶件（医用电子直线加速器）	固态	—	—	—	—	—	—	由生产厂家进行回收处理。

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。

表6 评价依据

法 规 文 件	<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) 《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>(5) 《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>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第449号，2019年3月2日修订）；</p> <p>(7) 《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>(8) 《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>(9) 《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>(10) 《射线装置分类》原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日起施行；</p> <p>(11) 《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>(12) 《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〕，原环境保护部文件，2012年7月3日；</p> <p>(13) 《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；</p> <p>(14) 《产业结构调整指导目录（2024）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号，2024年2月1日施行）；</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号，2015</p>
------------------	---

	<p>年 12 月实施;</p> <p>(16) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 4 月 29 日修订。</p>
技术标准	<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》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</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) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分: γ射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)；</p> <p>(8) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)；</p> <p>(9) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(11) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(12) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；</p> <p>(13) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)。</p>
其他	<p>(1) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号)；</p> <p>(2)《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》生态环境部(国家核安全局);</p> <p>(3)《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025 年版)》(川环函〔2025〕616 号)；</p> <p>(4) 院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料;</p> <p>(5) 环评委托书。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围							
保护目标							
表 7-1 本项目主要环境保护目标一览表							
项目	保护目标	人数 (人/ d)	相对 位置	距辐射源/屏蔽 体最近距离(m)	照射 类型	剂量约束 值 (mSv/a)	
直线 加速 器机 房	控制室内的辐射工作人员	11	南侧	5.25	0	职业	5.0
	水冷机房、走廊、热疗机房、热疗机控制间、等待间、楼梯间、院内道路、停车场等区域的人员	约 200	南侧	5.55	0	公众	0.1
	水冷机房上空、走廊上空、热疗机房上空、热疗机控制间上空、等待间上空、楼梯间、院内道路上空、停车场上空等区域的人员	约 200	南侧	5.55	3.0	公众	0.1
	走廊、电梯井、服务台、穿刺间、设备间、污物通道及处理室、DSA 机房、更衣室、控制室、院内道路、停车场等区域的人员	约 300	西南侧	7.0	0	公众	0.1
	走廊上空、电梯井、服务台上空、楼梯、院内道路上空、停车场上空等区域的人员	约 300	西南侧	7.0	3.0	公众	0.1
	Co60 机房、候诊区、模拟机房、Co60 控制室、模拟机房控制室、家属谈话间、缓冲区、病人通道、ERCP、复苏室、准备间、无菌器械、办公室、卫生间、院内道路等区域的人员	约 300	西侧	7.35	0	公众	0.1
	Co60 机房上空、候诊区上空、模拟机房上空、Co60 控制室上空、模拟机房控制室上空、信息机房、院内道路上空等区域的人员	约 300	西侧	7.35	3.0	公众	0.1
	关爱中心、院内道路、停车场等区域的人员	约 400	西北侧	47.5 ^①	0	公众	0.1
	液体库房、院内道路、停车场等区域的人员	约 300	北侧	9.9	0	公众	0.1
	消毒供应中心、院内道路、病例室等区域的人员	约 400	东北	14.8 ^①	0	公众	0.1

员		侧				
消毒供应中心、院内道路等区域的人员	约 300	东侧	14.3 ^①	0	公众	0.1
安居·桂香园区域的人员	约 300		44.7 ^①	0	公众	0.1
院内道路、消毒供应中心、食堂、安居·桂香园等区域的人员	约 500	东南侧	14.3 ^①	0	公众	0.1
库房、第三住院楼其余楼层等区域的人员	约 300	上方	0	5.705	公众	0.1

注：^①距离屏蔽体最近距离。

评价标准

一、环境质量控制标准

- (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)III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) 医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2中的预处理排放标准。
- (3) 噪声：①施工期：《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)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) 固体废物：医疗废物执行《医疗废物处理处置污染控制标准》(GB39707-2020)。

三、电离辐射剂量限值和剂量约束值

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198—2021)4.9条的规定，从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

- a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为5mSv/a。
- b) 公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a。

从而确定医院辐射工作人员剂量约束值为5.0mSv/a，公众剂量约束值为0.1mSv/a。

四、加速器机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中6.1.4剂量控制应该符合以下要求：

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上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 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 (H_c) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$):

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

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

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 $H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$):

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

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

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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

本项目综合考虑保守取: $H_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

五、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），要求如下：

8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的位置。

表8 环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

本项目位于内江市东兴区人民医院第三住院楼（1F~4F，总高约16.8m）一楼直线加速器机房区域，根据现场踏勘，本项目周边环境及拟建位置现场情况如下图所示。

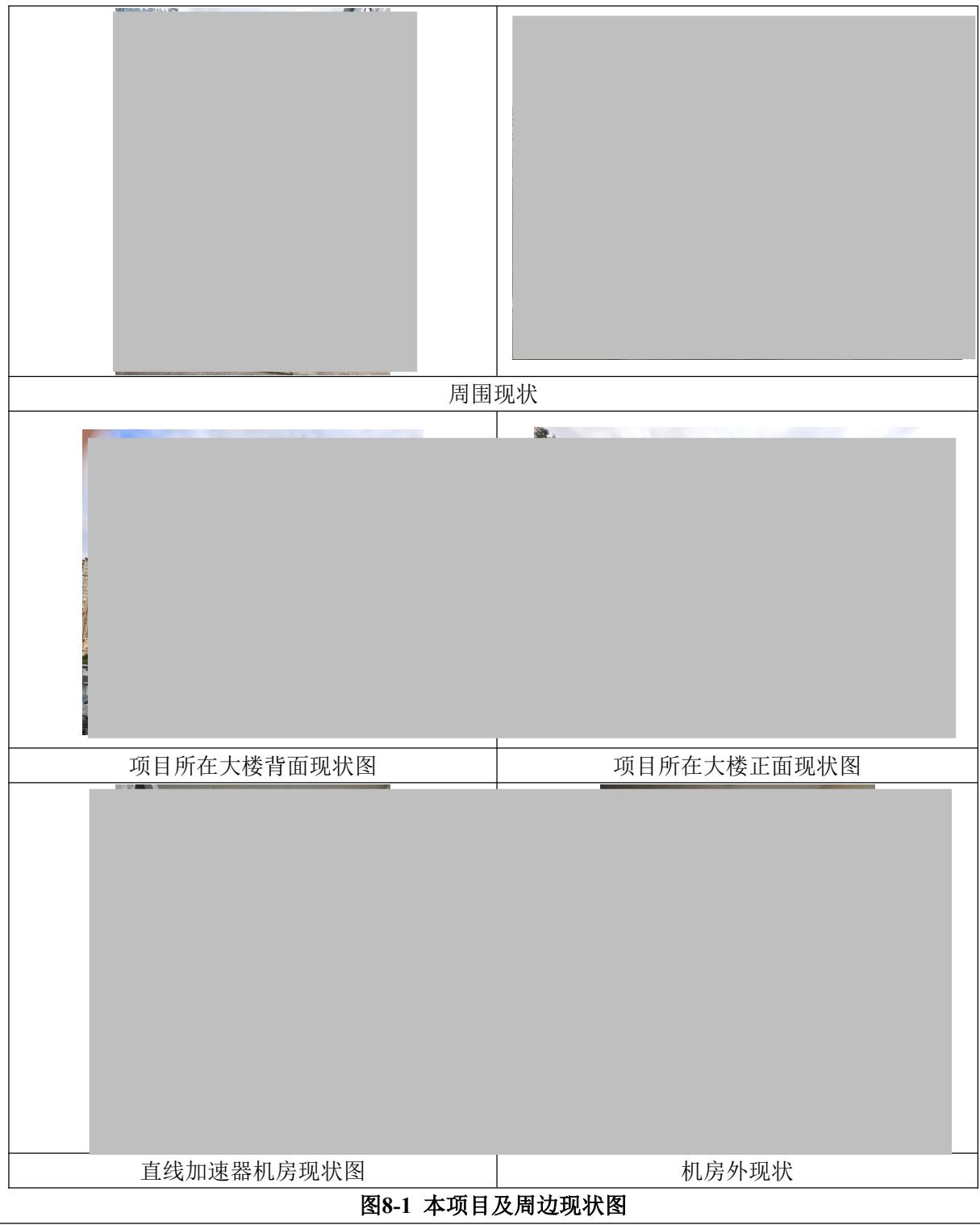


图8-1 本项目及周边现状图

二、本项目主要环境影响

本项目施工期为机房防护装修施工、设备安装调试，施工期的环境影响较小。在投入运营后，主要对环境造成影响的是射线装置在曝光过程中产生的 X 射线。

三、本项目所在地 X/ γ 辐射空气吸收剂量现状监测

受内江市东兴区人民医院委托，四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司于 2025 年 11 月 07 日对本次评价的辐射工作场所进行了现场监测，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	方法来源
X/ γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》	HJ 1157-2021

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/校准情况	
X/ γ 辐射剂量率	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪 SCYRJ-FSWS-033	能量响应： 20keV~3.0MeV 测量范围： 1nGy/h~1.2mGy/h	校准/检定单位： 中国测试技术研究院 校准/检定有效期： 2025.09.12~2026.09.11 校准因子：0.97(校准源： ^{137}Cs)	天气：阴 温度：14.8°C 湿度：61.5%

四、质量保证

四川省瑜仁嘉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。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的检定合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经过培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行数据处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司质量管理体系：

(一) 资质认证

从事监测的单位，四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司于 2023 年 12 月取得了四川省市场监督管理局颁发的计量认证证书，证书编号为：232303100019，有效期至 2029 年 5 月 3 日。

(二) 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。

(三) 记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经过培训，考核合格持证上岗。

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量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。

五、监测布点原则及监测点布置

本项目在正常运行时，对环境影响的污染因子，主要为曝光时高压射线管发出的 X 射线，由此确定本项目现状监测因子为 X/ γ 辐射剂量率。根据现场实际情况，X/ γ 辐射剂量率监测点位主要包括机房的室内、室外、正下方、正上方及评价范围内的敏感点。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，以上监测布点能够科学的反映该射线装置工作场所周围的辐射水平及人员受照射情况，点位布设符合技术规范要求。

表 8-3 现状监测布点情况及其相对位置关系

监测点位		备注
1	拟建直线加速器机房中心	可反映拟建直线加速器机房场地现状值
2	拟建直线加速器机房西侧 Co60 机房	可反映直线加速器机房西侧环境保护目标现状值
3	拟建直线加速器机房北侧院内绿化	可反映直线加速器机房北侧环境保护目标现状值
4	拟建直线加速器机房东侧院内绿化	可反映直线加速器机房东侧环境保护目标现状值
5	拟建直线加速器机房南侧水冷机房	可反映直线加速器机房南侧环境保护目标现状值
6	拟建直线加速器机房南侧控制室	可反映直线加速器机房南侧环境保护目标现状值
7	拟建直线加速器机房南侧走廊	可反映直线加速器机房南侧环境保护目标现状值
8	拟建直线加速器机房楼上（库房）	可反映直线加速器机房楼上环境保护目标现状值
9	项目东南侧食堂	可反映本项目所在楼栋东南侧环境保护目标现状值
10	项目东侧消毒供应中心	可反映本项目所在楼栋东侧环境保护目标现状值
11	项目东北侧病例室	可反映本项目所在楼栋东北侧环境保护目标现状值
12	项目东侧安居·桂香园	可反映本项目所在楼栋东侧环境保护目标现状值
13	项目北侧液体库房	可反映本项目所在楼栋北侧环境保护目标现状值
14	项目西北侧关爱中心	可反映本项目所在楼栋西北侧环境保护目标现状值
15	项目西南侧 1 号门外	可反映医院外的环境保护目标现状值

注：本项目现状监测布点主要包括机房室内、室外、正上方及评价范围内的敏感点。

监测布点示意图如下：

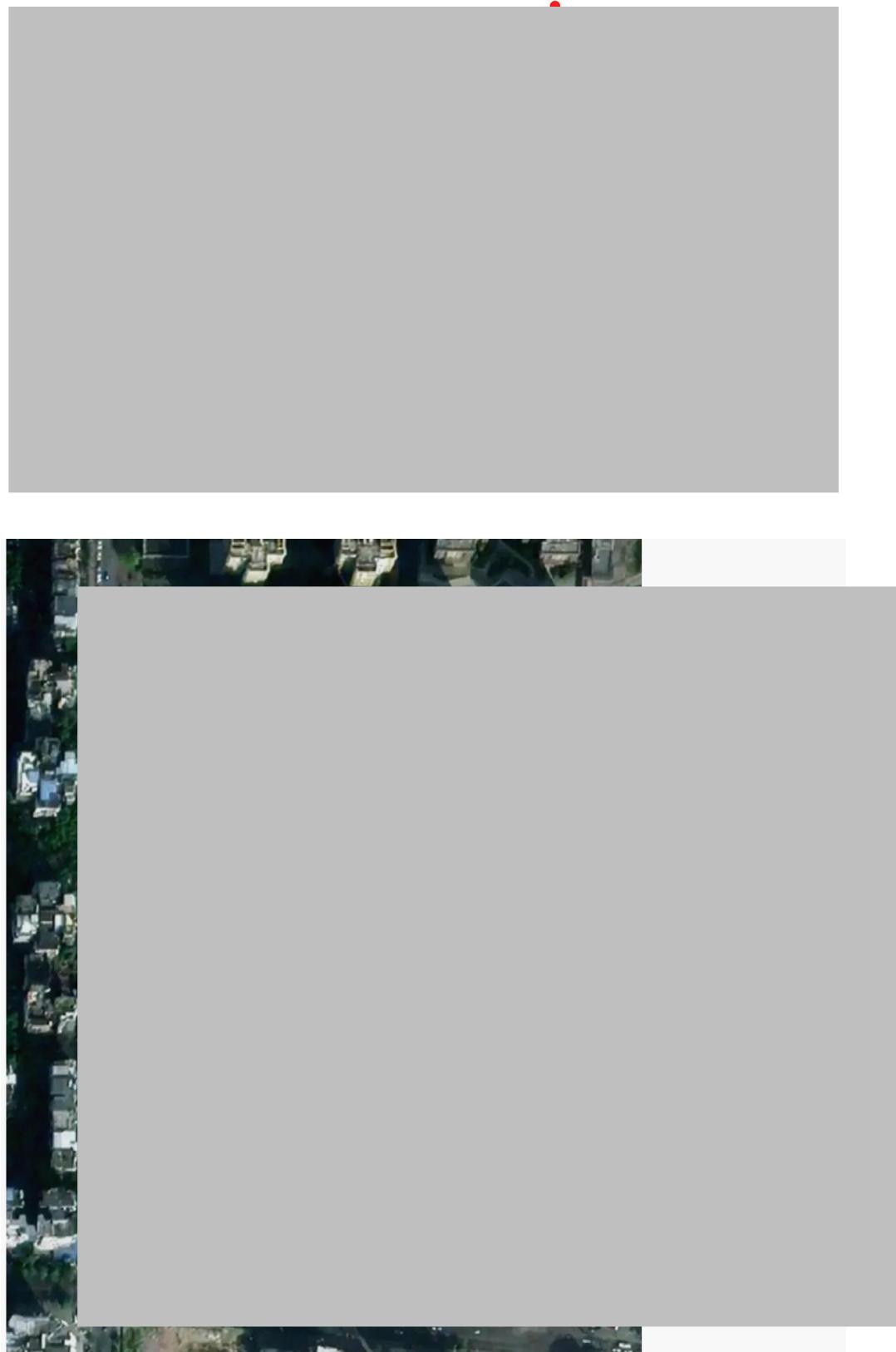


图 8-2 本项目监测布点图

六、环境现状监测与评价

具体监测结果如下：

表 8-4 环境 X/ γ 辐射剂量率监测结果 单位：nGy/h

测点 编号	点位描述	X/ γ 辐射剂量率 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)	备注
1	拟建直线加速器机房中心	76	3.6	室内
2	拟建直线加速器机房西侧 Co60 机房	83	3.2	室内
3	拟建直线加速器机房北侧院内绿化	79	3.3	室外
4	拟建直线加速器机房东侧院内绿化	86	3.2	室外
5	拟建直线加速器机房南侧水冷机房	84	2.7	室内
6	拟建直线加速器机房南侧控制室	86	2.8	室内
7	拟建直线加速器机房南侧走廊	82	2.5	室内
8	拟建直线加速器机房楼上（库房）	89	2.5	室内
9	项目东南侧食堂	81	3.6	室外
10	项目东侧消毒供应中心	88	2.3	室外
11	项目东北侧病例室	86	2.5	室外
12	项目东侧安居·桂香园	90	2.5	室外
13	项目北侧液体库房	83	2.3	室外
14	项目西北侧关爱中心	88	3.3	室外
15	项目西南侧 1 号门外	84	3.3	室外

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

根据现场监测报告，本项目所在区域 X/ γ 辐射剂量率为 76~90nGy/h，与内江市生态环境局发布的《2024 内江市生态环境质量公报》电离辐射中，在内江市汉晨路站监测点测量的环境 γ 辐射空气吸收剂量率（未扣除宇宙射线响应值）监测值为 62.8nGy/h~155.1nGy/h 基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期的工程分析

本项目主体工程土建施工环境影响已在内江市环境保护局批复的《关于对内江市东兴区人民医院综合业务大楼建设项目环境影响报告表的批复》（内市环函〔2008〕134号）中进行了分析评价，本次评价不涉及。本项目施工期主要是机房装修施工阶段和设备安装、调试阶段。各机房建设过程中要保证屏蔽墙体没有漏缝，使用的水泥标号要满足设计要求，禁止使用残砖，混凝土浇筑墙体要连续施工，同时要防止噪声扰民。

本项目医用电子直线加速器所使用的辐射工作场所还需进行场所装修、设备安装、管线敷设、铅玻璃窗、铅防护门、部分墙体增加屏蔽措施及其他防护设施的安装，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主要产生环节见图9-1。

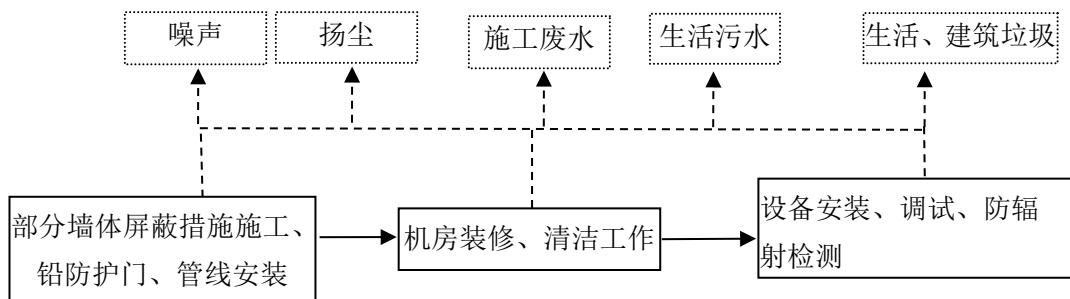


图9-1 施工期工艺流程及污染物产生环节图

根据建设单位提供的资料，已有建筑结构和基础满足后期本项目建设施工要求。

在墙体屏蔽措施施工及装修时，应注意施工方式，保证各屏蔽体有效衔接，本项目防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的10倍；排风口位置应做好射线防护，增加铅皮，防止射线外漏；屏蔽墙体表面宜光滑，洁净，颜色均匀一致，无抹纹，灰线平直方正，清淅美观，无裂纹、脱皮、麻面和起砂等现象，待硫酸钡防护层完全达到最终强度后，再施工防水层；本项目观察窗与墙体至少重叠5cm，避免各屏蔽体之间有漏缝产生，防止辐射泄漏。

本项目装修施工期较短，施工量较小，在建设单位的严格监督下，施工方遵

守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

本项目所有设备的安装、调试，均由设备厂家专业人员进行，医院不得自行搬迁、安装及调试设备。在射线装置安装过程中，会产生少量包装废弃物；在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、臭氧和少量包装废弃物。医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入设备区域，防止辐射事故发生。

二、运营期

1、设备组成及工作原理

①设备组成

本项目医用电子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量。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量。

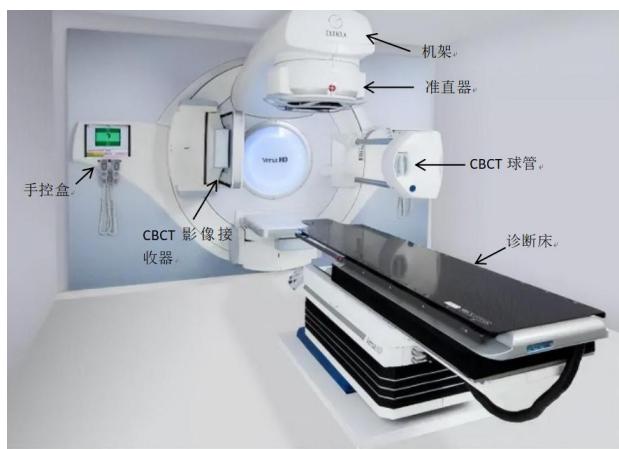


图 9-2 常见的医用电子直线加速器结构示意图

②工作原理

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。

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病灶位置的变化，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。本项目医用电子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。

2、设备参数

医院拟购买一台 6MV 医用电子直线加速器，均属于Ⅱ类射线装置，具体参数见表 9-1。

表 9-1 本项目医用电子直线加速器参数

使用场所	直线加速器机房
数量	1 台
厂家、型号	待定
最大 X 射线能量	6MV
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	14Gy/min
电子线 1m 处剂量率	15Gy/min
治疗角	0-360°
正常治疗距离	最大等中心到治疗机头净空间距离为 45cm
主射线最大出束角度	28°
等中心高度	100cm
最大照射野（SSD=1 米）	40cm×40cm

3、治疗流程及产污环节

①患者在治疗周期内，病情会随着治疗野次而变化，因此，在治疗周期内放疗计划会随着病人治疗的情况而调整，患者在放疗前需要先经过 CBCT 诊断校准靶区位置确认放疗计划。由技师带领患者进入机房后，确认机房内无其他人员滞留，撤离机房并关闭防护门，技师在控制室内通过 CBCT 对患者进行拍片，根据校准后的图像确定是否需要更改放疗计划。

②物理师确认放疗计划无误后，对患者进行摆位，定位无误后技师在控制室内按照医疗方案设置参数，调整好出束时间、角度、剂量，然后进行出束治疗。本项目医用电子直线加速器治疗过程中会产生 X 射线、电子线，X 射线、电子线内的空气会电离产生臭氧。

③治疗结束后，停止出束，解除定位，关闭系统，患者离开机房。

在治疗前，确保设备质量良好，物理师因做好相应的质控。本项目拟使用的 6MV 医用电子直线加速器可提供 2 种治疗模式，一种是电子治疗模式，利用电子线对浅表部位病灶照射放疗，电子线最大能量为 15MeV；一种是 X 射线治疗模式，用于深部病灶照射，X 射线能量最大为 6MV。医用电子直线加速器治疗流程及产污环节见图 9-3。

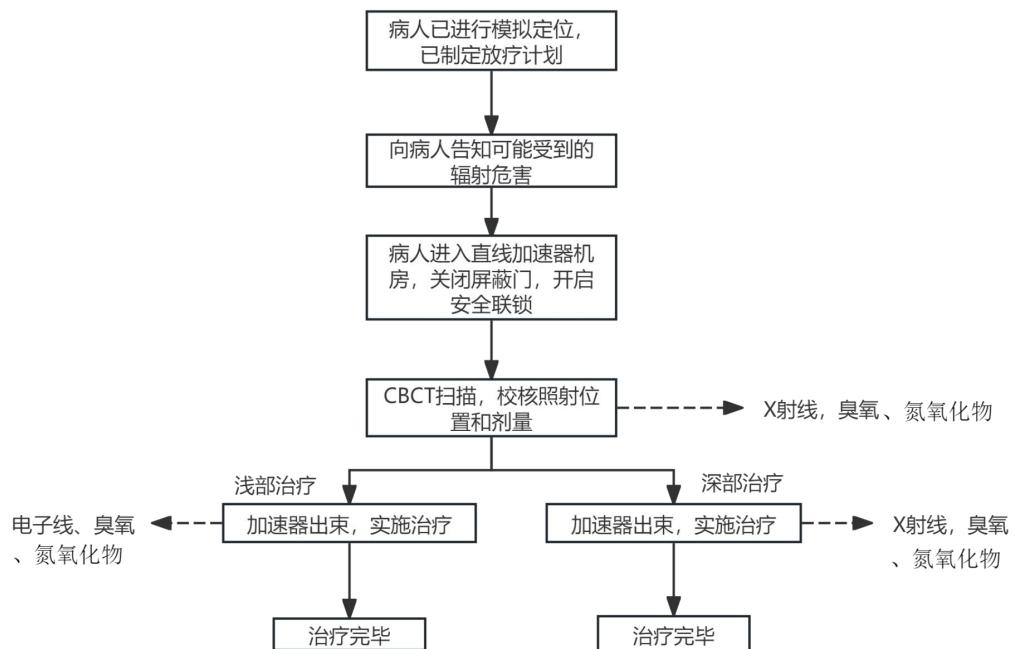


图 9-3 本项目加速器治疗流程及产污环节示意图

通过分析可知，产污环节为：模拟定位时产生的 X 射线、臭氧和少量的氮氧化物，CBCT 照射位置校准过程中扫描产生的 X 射线、臭氧和少量的氮氧化物，医用电子直线加速器质控及治疗过程中产生的 X 射线、电子线、臭氧和氮氧化物，以及风机、水冷机房水泵和空调产生的噪声。

4、工作负荷

根据医院预测的诊疗需要，本项目医用电子直线加速器预计每天最多放射治疗 20 人，保守均按照 X 射线深部治疗模式，每人次出束治疗时间最多为 2min，则年最大治疗出束时间约 166.67h；物理师独立做周、月计划验证及质控年累计有效出束时间 50h/年；综上，单台医用电子直线加速器 X 射线年总出束时间最 大约 216.67h（治疗+质控）。

本项目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/人，则 CBCT 年出束时间为 41.67h。

5、医护人员和病人路径分析

医护人员路径：辐射工作人员通过走廊进入控制室，每次病人进入直线加速器机房时，技师将进入直线加速器机房内协助患者进行摆位，摆位完成后返回至控制室，待患者治疗完毕后，离开工作区域，原路径返回。

病人路径：病人首先前往服务台登记，登记后在候诊区进行等待，随后进入直线加速器机房内，待患者治疗完毕后，离开工作区域，原路径返回。



图 9-4 本项目人流路径示意图

污染源项描述

一、施工期污染源项分析

1、施工阶段

本项目施工期将会产生一定扬尘、噪声、固体废物、装修中产生的废气以及施工人员的生活垃圾和生活污水。

2、设备安装、调试阶段

本项目射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、臭氧和少量包装废弃物。

二、运营期污染源项分析

1、电离辐射

①X 射线

本项目医用电子直线加速器以 X 射线模式运行时，发射出来的 X 射线主要用于治疗，治疗剂量与剂量率的大小、加速器电子能量、受照射的靶体材料、电子束流强度、电子入射方向、考察点到源的距离等因素有关。

内江市东兴区人民医院拟新增使用的医用电子直线加速器 X 射线最大能量均为 6MV，由于 X 射线的贯穿能力极强，将对工作人员、公众及周围环境造成辐射污染。

②电子束

当医用电子直线加速器按电子束模式运行时，从电子枪里发出来的电子束经加速管加速后直接从加速管引出用于治疗病人。电子在混凝土中射程很短，通过本项目医用电子直线加速器机房屏蔽体后，电子线将被完全屏蔽，因此医用电子直线加速器在运行中电子线对周围辐射环境影响很小。

③中子

本项目医用电子直线加速器（6MV）X 射线最大能量为 6MV，电子线最大能量 15MeV。依据《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)规定(S4.3.2.5)，当加速器 X 射线≤10MV 时，中子及其影响可忽略。

④感生放射性

由于本项目医用电子直线加速器 X 射线最大能量不超过 6MV，根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），可以不考虑运行过程中的感生放射性。

因此，本项目医用电子直线加速器开机期间，主要辐射环境污染因素为产生的 X 射线。

2、废气

医用电子直线加速器开机运行时产生的 X 与空气中的氧气相互作用产生少量氮氧化物(NO_x)和臭氧(O_3)。本项目直线加速器机房配置有通排风系统，室内 2 个进风口位于机房南侧，进风管（ $400\text{mm} \times 600\text{mm}$ ）穿墙高度约 3.3 米，以“Z”型管道穿过迷路门上方墙体；室内排风口（离地约 200mm）2 个分别位于直线加速器机房南侧、北侧，排风管（ $250\text{mm} \times 250\text{mm}$ ）穿墙高度约 0.2 米，以“U”型管道穿过北侧墙体，再接入外置排风管道排放至屋顶，排风量共计 6 次/小时，设计排风量为 $2113\text{m}^3/\text{h}$ 。排风口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。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《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度 $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求，亦符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。

3、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。

辐射工作人员及患者在放疗工作中或生活过程中将产生的少量的生活污水，依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站（处理规模： $300\text{m}^3/\text{d}$ ，工艺为：“生物接触氧化+接触消毒法”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后，排入沱江。

4、固体废物

本项目医用电子直线加速器治疗过程中，不产生医疗废物。

工作人员和患者产生的少量生活垃圾直接依托医院已建的固废收集设施收集后统一进行处理。

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，废靶件交由厂家进行回收处理。

5、噪声

本项目直线加速器机房噪声源主要为风机、水冷机房水泵和空调噪声。医院拟采用低噪音设备，其噪声值不超过 65dB（A），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局和两区划分

(一) 项目平面布局合理性分析

本项目直线加速器机房位于第三住院楼一楼，为所在建筑物最底层。机房下方为土层，上方紧邻库房。

机房东侧及北侧紧邻室外绿化及院内道路；南侧紧邻水冷机房、控制室、走廊；西侧紧邻 Co60 机房。

根据平面布置图，本项目拟新增的医用电子直线加速器位于直线加速器机房，机房及其配套用房均布置在第三住院楼一楼，直线加速器机房下方为土质层，最大程度的减少了对周围环境的影响。因此本项目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，本项目直线加速器机房平面布置合理性分析见表 10-1。

表 10-1 直线加速器机房布局合理性对照分析

标准要求	设计落实情况	备注
6.1.1 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。	本项目直线加速器机房位于第三住院楼一楼为所在建筑物最底层，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、易爆及易腐蚀等危化暂存间。	满足
6.1.2 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。	本项目将实行两区管理，直线加速器机房及迷道划分为控制区，控制室水冷机房划为监督区，两区划分具体见表 10-2。	满足
6.1.3 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

6.1.4 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，凡是可与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	本项目放射治疗工作场所平面布局合理。	满足
6.1.5 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。	本项目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。	满足
6.1.6X 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。	本项目直线加速器机房设置有满足屏蔽要求的迷路。	满足
6.1.7 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
5.1.1 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。	本项目选址充分考虑了对其周围环境的辐射影响，选址于内江市东兴区人民医院第三住院楼最底层建筑内，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。	满足
5.1.2 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。	本项目直线加速器机房选址在内江市东兴区人民医院第三住院楼最底层建筑一层，下方为土层，无建筑，上方紧邻库房，避开了产科、儿科等特殊人群及人员密集区域，周围无人员流动性大的商业活动区域。	满足

综上，本项目平面布置满足《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)布局要求，其平面布置合理。

(二) 辐射工作场所分区划分

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

1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求，将

本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

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

监督区：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。

2、控制区与监督区的划分

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-2。

表 10-2 本项目工作区域划分一览表

工作场所	控制区	监督区	备注
直线加速器机房	直线加速器机房（含迷路）	控制室、水冷机房	对控制区进行严格管理，禁止无关人员进入，在放射治疗过程中严禁除患者以外的人员进入。控制区设置清晰可见的电离辐射警告标志。职业工作人员在进行日常工作时候尽量减少在控制区内停留时间。 监督区范围内应尽量限制无关人员进入。

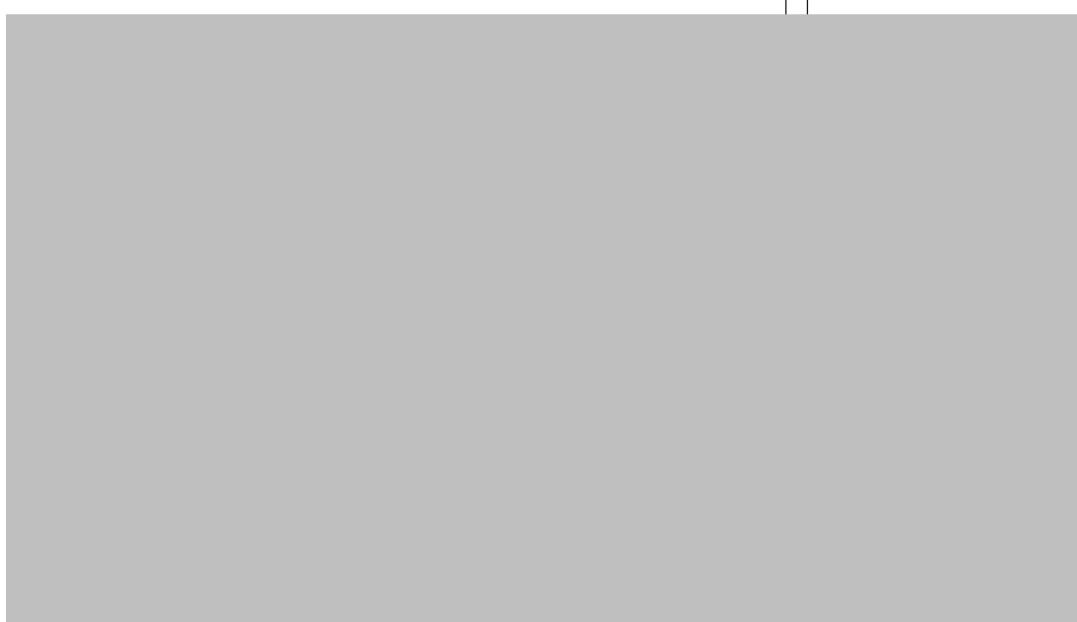


图 10-1 本项目直线加速器机房两区划分示意图

3、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，本项目电离辐射警

告标识拟设于直线加速器机房的1扇铅门外。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10-2所示。

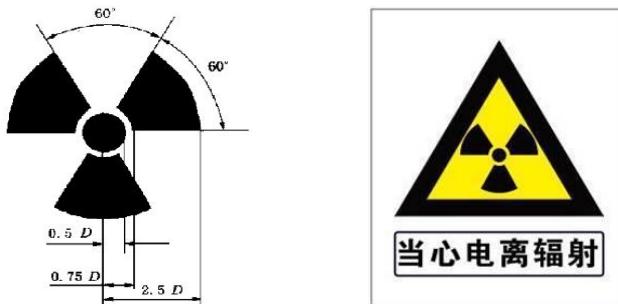


图10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志图

- 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。

4、监督区防护手段与安全措施

- ①建设单位计划以黄线警示本项目监督区的边界;
- ②医院计划在本项目监督区的入口处的适当地点设立表明本项目监督区的标牌;
- ③医院计划定期检查本项目监督区的条件,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。

二、辐射安全与防护措施

1、源项控制

本项目医用电子直线加速器购置于正规厂家,有用线束内杂散辐射和泄漏辐射不会超过《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)规定的限值,且物理医师会根据肿瘤模拟定位结果来判断病情状况,针对不同的病人会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、设备固有安全性

①医用直线加速器只有在开机状态时才有 X 射线产生，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：医用直线加速器具有联锁装置，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控制台上有蜂鸣器，在医用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后，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直线加速器主电源。

⑧医用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：医用直线加速器控制台上设电源钥匙开关，只有当医用直线加速器一切都处于安全状态，并且钥匙就位后，医用直线加速器才能启动工作，一旦钥匙被取走，医用直线加速器将无法启动工作。钥匙由专人使用和保管。

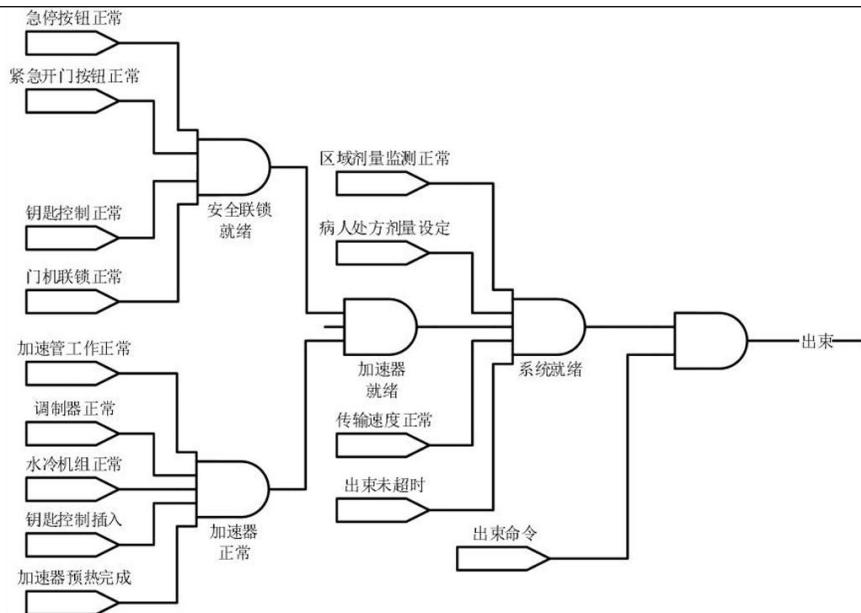


图 10-3 本项目医用直线加速器安全联锁逻辑图

3、屏蔽防护

本项目直线加速器机房屏蔽设计如下：

表 10-3 本项目直线加速器机房拟采取屏蔽防护设施一览表

机房	方位	屏蔽体	屏蔽材料及厚度	
直线加速器机房	北侧	屏蔽墙	其余墙体	1550mm 混凝土（利旧）
			排风管道所在位置	1300mm 混凝土（利旧）+650mm 混凝土
	南侧	屏蔽墙	1750mm 混凝土（利旧）	
	西侧 (直 迷路)	内墙	主屏蔽墙	1200mm 混凝土（利旧）+40mm 铅板（新建）（宽度 3350mm (150mm 混凝土（新增）))
			次屏蔽墙	1200mm 混凝土（利旧）
		外墙	主屏蔽墙	1200mm 混凝土（利旧）
			次屏蔽墙	1200mm 混凝土(利旧)/600mm 混凝土(利旧)+40mm 铅板（新建）（宽度 1500mm) /1400mm 混凝土（利旧）
	东侧	主屏蔽墙	2400mm 混凝土（利旧），宽度 4200mm (3800mm (利旧) +400mm (新建))	
			1400mm 混凝土（利旧）	
	顶部	主屏蔽墙	2500mm 混凝土（利旧），宽度 3950mm	
		次屏蔽墙	1900mm 混凝土（利旧）/1500mm 混凝土（利旧）	
	南侧	屏蔽门	25mm 铅当量铅钢防护门	
	机房面积	44.1m ² (不含迷路) (长 7.0m、宽 6.3m)		

注：根据设计单位提供，混凝土密度为 2.35g/cm³、铅板密度 11.3g/cm³。

本项目直线加速器机房四周及屋顶修建相应的屏蔽体对射线进行有效的屏蔽，经后面章节的预测分析，本项目直线加速器机房的屏蔽防护满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求。

4、机房屏蔽补偿

(1) 电缆沟穿墙设计

本项目直线加速器机房电缆均通过地下电缆沟走线，从安装加速器的地坑出线后沿着侧屏蔽墙内侧走线，在侧屏蔽区穿墙。电缆沟采用U型地沟穿墙，角度为 45° ，通过多次折返的电缆沟设计和下沉地面穿越屏蔽墙的设计，增加泄漏射线的散射次数和衰减，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。电缆沟穿墙设计如图10-4所示。

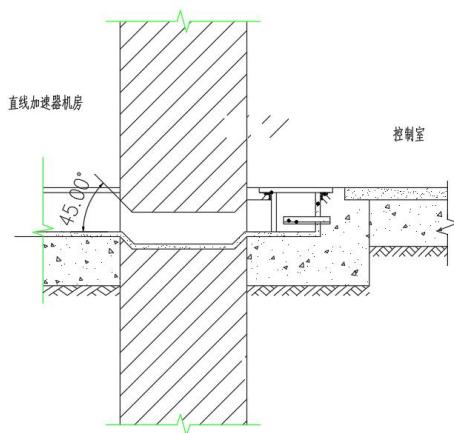


图 10-4 本项目直线加速器机房电缆沟穿墙示意图

(2) 通排风管道穿墙设计

本项目加速器机房新风管道设计在机房防护门上方穿墙，排风管道设计在机房北侧屏蔽墙上穿墙，处于非主射方向；新风管道穿墙高度为3.3m，排风管道穿墙高度为0.2m，穿墙部分管道采用不锈钢管（排风管尺寸为 $250\text{mm} \times 250\text{mm}$ ，进风管尺寸为 $400\text{mm} \times 600\text{mm}$ ），穿墙部分排风管道与送风管道均采用5mm厚铅皮包裹，同时新风管道采用“Z”型穿墙，排风管道采用“U”型穿墙，排风管道在屏蔽墙外侧浇筑混凝土（厚度为650mm），增加通风管道中泄漏射线的散射次数和衰减，避免射线直接穿出墙外，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果，通排风管道穿墙设计合理。

本项目直线加速器机房通排风管道穿墙设计如图10-5所示。

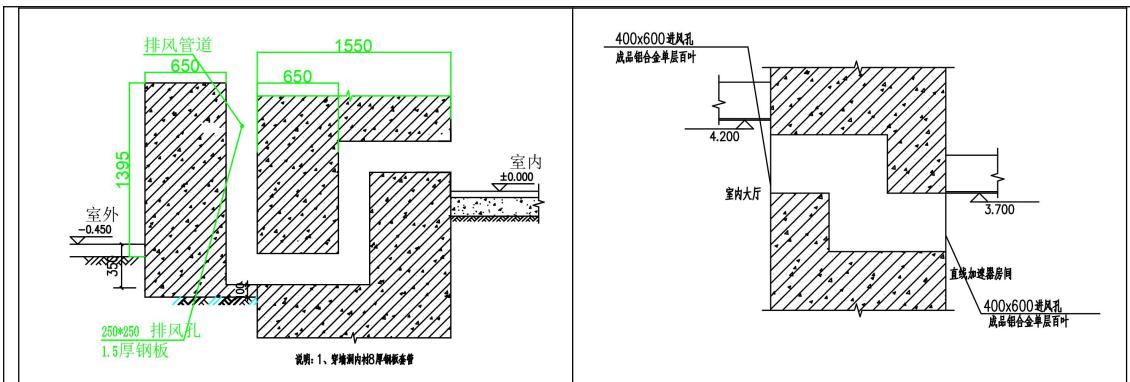


图 10-5 本项目直线加速器机房通排风管穿墙示意图（左图为排风管道、右图为新风管道）

5、机房安全装置设计与布置

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

②“紧急止动”按钮及中文标识：通常医用直线加速器床旁、控制台自带1个“紧急止动”按钮，本项目拟在图10-6位置，各设1个“紧急止动”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，医用直线加速器停机。且该“紧急止动”按钮应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认，因此需为“紧急止动”按钮需增加中文标识。

③电视监视、对讲装置：直线加速器机房和控制室之间拟安装有电视监控、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：直线加速器机房防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。医用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；当医用直线加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。

⑤警告标志和警示装置：直线加速器机房屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志：在直线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），探头安装在治疗室迷路外墙内侧上（靠近防护门），只要迷路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。

⑥固定式剂量报警仪：固定式剂量报警装置探头安装在直线加速器机房迷路内墙外侧（靠近防护门），其显示单元设置在机房门附近或控制室内，并应有异常情况下报警功能，只要室内的剂量超过预设的剂量阈值，蜂鸣器就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

⑦紧急开门按钮: 机房迷路外墙内侧（靠近防护门处）人员易接触的位置安装有紧急开门按钮，在事故状态下工作人员逃逸至迷路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，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: 核技术利用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直线加速器增设灭火器材，拟为机房增设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。

以上辐射安全措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。本项目直线加速器机房辐射安全防护措施图见下图 10-6：



图 10-6 本项目直线加速器机房辐射安全防护措施图

6、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：

（1）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、技师及物理师。本项目辐射工作人员采取隔室操作的方式，控制室与直线加速器机房之间以屏蔽墙体隔开，通过摄像头和对讲机与病人交流。

医院拟为每名辐射工作人员配备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。

（2）患者的安全与防护

①时间防护

在满足诊疗要求的前提下，在每次使用辐射装置进行诊疗之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的治疗方案，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，也避免病人受到额外剂量的照射。

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。

③距离防护

各工作场所将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、工作场所辐射安全防护设施

根据《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》（生态环境部（国家核安全局））和《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》（川环函〔2025〕616号）对II医用射线装置的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射

安全措施进行了对照分析，具体情况见表 10-4：

表 10-4 本项目辐射安全防护设施对照分析表

序号	项目	规定的措施和制度	落实情况	是否满足要求
1	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	是
2		控制台有紧急停机按钮	设备自带	是
3		电视监控与对讲系统	拟配备	是
4		治疗室门与束流联锁（门-机联锁）	拟配备	是
5		治疗室内准备出束音响提示	拟配备	是
6	警示装置	入口电离辐射警示标识	拟配备	是
7		入口有加速器工作状态显示（门-灯联锁）	拟配备	是
8	紧急设施	有中文标识的紧急开门按钮	拟配备	是
9		有中文标识的紧急停机按钮	拟配备	是
10	监测设备	固定式剂量报警仪	拟配备	是
11		个人剂量计	拟配备	是
12		个人剂量报警仪	拟配备	是
		便携式辐射剂量监测仪	拟配备	是

四、投资估算

本项目总投资 1500 万元，其中环保投资 66.7 万元，占总投资约 4.45%。具体环保设施及投资见下表 10-5。

表 10-5 环保设施及投资一览表

项目	设施	金额（万元）
直线加速器机房	医用电子直线加速器屏蔽机房（纳入主体工程范围），部分新增屏蔽措施	8.0
	防护门 1 扇	14.7
	门-机联锁装置 1 套	0.5
	视频监控系统 1 套	5.0
	语音播报及对讲装置 1 套	1.5
	工作状态指示灯（门-灯联锁）1 套	0.5
	紧急开门装置 1 套	0.5
	紧急止动开关 1 套	0.5
	监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识 1 套	0.5
	个人剂量计 11 套	1.0
监测仪器	便携式辐射剂量监测仪 1 台	1.0
	个人剂量报警仪（2 台）	1.0

	固定式剂量报警装置 1 套	2.0
其他	通排风系统 1 套	纳入主体工程范围
	辐射工作人员、管理人员、应急人员的培训	
	辐射工作人员职业健康体检	30.0
	规章制度上墙等	
	合计	66.7

今后在实践中，医院应根据辐射防护和管理要求，结合自身实际情况对环保设施做相应补充完善，使之更能满足实际和相关管理要求。

三废的治理

1、废气

施工期废气：

废气：施工期的废气主要产生在装修过程中，在装修时产生的废气和装修材料中释放的废气，影响装修人员的身体健康，该废气的排放属无组织排放。因此在装修期间，应加强室内的通风换气，装修结束后，也应每天进行通风换气。因施工量小，装修周期较短，施工期对环境的影响较小。

扬尘：施工过程中产生的扬尘，主要是在主体工程建设过程中新砌墙体和装修过程中产生的扬尘，属于无组织排放，主要通过封闭施工管理和采取洒水等措施来进行控制。

运营期废气：

本项目直线加速器机房产生的废气主要为臭氧及少量氮氧化物，为有效清除臭氧及少量氮氧化物，机房内设置有通排风系统，其通排风量见表10-6。其中，直线加速器机房的换气次数为6次/小时，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中规定的不低于4次/h的要求。

表 10-6 本项目废气治理措施一览表

序号	机房	排风量 (m ³ /h)	废气处理设施	去向
1	直线加速器机房	2113	机械排风，独立排风管道	换气次数为 6 次/小时，并设置独立排风管道引至屋顶排放。

2、废水

施工期废水：本项目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，依托医院已建的污水管道和污水处理站（处理规模：300m³/d，工艺为：“生物接触氧化+接触消毒法”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB

18466-2005)表2中预处理标准后,通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后,排入沱江。

运营期废水:

本项目直线加速器在营运期间不产生医疗废水和放射性废水,加速器冷却系统采用去离子蒸馏水,内循环使用,不会产生废水,加速器设备自带水流量监测开关,当加速器中的大功率负载等的冷却水流量不满足要求时,加速器将自动切断高压电源,由于蒸发耗损,需要补充去离子蒸馏水时由厂家派专人补充。产生的生活污水经管道进入医院污水处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》(GB18446-2005)表2中预处理标准后经市政污水管网排入内江市第二再生水厂处理,达标后排入沱江。

3、固体废物

施工期固废: 施工期产生的固体废物主要为装修垃圾、设备安装过程中产生的包装垃圾以及施工人员产生的生活垃圾等。施工过程中产生的装修垃圾,由施工方收集统一处理,运往政府指定地点堆存;施工人员产生的生活垃圾统一收集后由环卫部门定期清运。

运营期固废:

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,废靶件由厂家进行回收处理。

4、噪声

施工期噪声包括各类主体施工、装修产生的噪声和设备安装期间产生的噪声,由于施工范围小,施工期较短,项目通过合理布局,合理安排施工时间,通过建筑隔声及选用低噪声设备等措施后,施工噪声对周围环境的影响较小。

运营期产生的噪声主要为设备噪声,项目拟选用低噪声设备,隔声采取降噪措施,经建筑物墙体屏蔽及距离衰减后对周围噪声环境影响较小。

5、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”。本项目医用射线装置在进行报废处理时，应将射线装置的加速管进行拆卸，使其丧失功能。同时将装置主机的电源线绞断，使其不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目主体工程土建施工环境影响已在内江市环境保护局批复的《关于对内江市东兴区人民医院综合业务大楼建设项目环境影响报告表的批复》（内市环函〔2008〕134号）中进行了分析，本次评价不涉及机房的土建工程。

施工期主要评价内容为：机房的装修、部分墙体增加屏蔽措施、其他防护设施、设备安装和调试的环境影响。

一、装修阶段环境影响分析

(一) 大气环境影响分析

装修过程中采用“环保型”油漆及涂料，产生的废气污染物主要是扬尘，装修过程中采取湿法作业、加强通风或室内空气净化措施，可尽量降低粉尘对周围环境的影响。

(二) 水环境影响分析

装修过程中施工废水经沉淀后循环使用，不外排；施工人员会排放一定量的生活污水，可依托医院污水处理站处理，经处理后污水进入城市污水管网，不会对周围水环境产生不良影响。

(三) 声环境影响分析

装修过程会产生一定噪声，针对噪声影响，本项目拟尽量选择低噪音设备、避免夜间施工、注意对施工设备的维修、保养以使各种施工机械保持良好的运行状态等措施，可大大降低本项目噪声对周围的影响。

(四) 固体废物影响分析

本项目装修过程产生的固体废弃物主要是生活垃圾、装修垃圾等。

1、生活垃圾

施工期生活垃圾产生量较小，应妥善处置，保持工区环境的洁净卫生。生活垃圾采用垃圾箱集中收集后由市政环卫部门统一清运。

2、装修垃圾

项目施工过程会产生一些建筑垃圾、包装袋、包装箱、碎木块、余料等。首先对其中可回收利用部分进行回收，其余不能回收部分作为建筑垃圾，由施工单

位集中收集，运送到指定的建筑垃圾堆放场处理。本项目装修工程工期较短，施工量小，在院方的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。

此外，在符合建筑设计和辐射防护要求的前提下，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，避免各屏蔽体之间有漏缝产生。

本项目装修施工期很短，施工量较小，在建设方的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

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。

二、设备安装调试期环境影响

本项目医用电子直线加速器设备安装调试阶段会产生 X 射线、电子线。

本项目射线装置的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），在设备运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房外设立辐射警告标志，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，禁止无关人员靠近。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对周边的辐射影响是可接受的。设备安装完成后，医院方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。

营运阶段对环境的影响

一、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：电子线、X 射线。

本项目医用电子直线加速器加速粒子均为电子，加速器使用时会产生电子束。电子直线加速器加速的电子本身在物质中的射程很短，很容易被加速器的靶件或其它构件所阻止，不会直接造成危害，且电子线是随机器的开关而产生和消

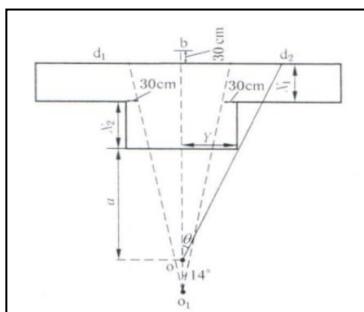
失的，因此，电子线对周围环境影响很小。

CBCCT（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 500mA。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 1200mm 钢筋混凝土，防护门为 25mm 铅当量铅钢防护门，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 2.5 μ Sv/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。

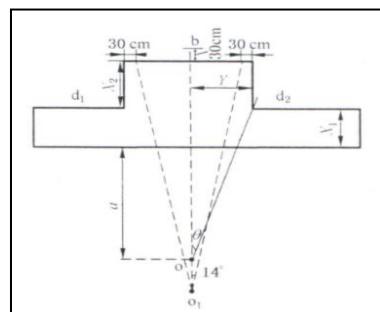
（一）直线加速器机房主屏蔽区宽度校核

本项目直线加速器机房主屏蔽区包括顶部、底部（为土层）、西侧、东侧墙体的部分位置，加速器主射线的最大出束角度为 28°。医用电子直线加速器主射线束主屏蔽区示意图见图 11-1，主屏蔽宽度校核结果见表 11-1。

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



主屏蔽区外凸

$$Y = (100 + a + X_2) \tan 14^\circ + 30$$

$$Y = (100 + a + X_1 + X_2) \tan 14^\circ + 30$$

本项目直线加速器机房北侧、顶部主屏蔽墙均为内凸，南侧墙体主屏蔽墙为外凸加内凸，保守以外凸进行宽度校核，因此对应的主屏蔽区宽度校核见表 11-1，医用电子直线加速器主射线束主屏蔽区示意图见图 11-1。



2 - 2 剖面图

图 11-1 本项目直线加速器机房主射屏蔽范围计算示意图

主屏蔽区宽度校核如下：

直线加速器机房东侧墙体主屏蔽区内凸半宽度如下：

$$(1+3.15+1)\tan 14^\circ + 0.3 = 1.59\text{m}$$

直线加速器机房西侧墙体主屏蔽区外凸半宽度如下：

$$(1+3.15+1.2+0.04)\tan 14^\circ + 0.3 = 1.65\text{m}$$

直线加速器机房顶部墙体主屏蔽区内凸半宽度（靠近南侧）如下：

$$(1+2.205+1)\tan 14^\circ + 0.3 = 1.35\text{m}$$

直线加速器机房顶部墙体主屏蔽区内凸半宽度（靠近北侧）如下：

$$(1+2.205+0.6)\tan 14^\circ + 0.3 = 1.25\text{m}$$

表 11-1 本项目主屏蔽区宽度校核表

使用场所	焦点距主屏蔽区距离 a(m)	主屏蔽区宽度计算值(m)	宽度设计值(m)	结论
直线加速器机房 (6MV)	直线加速器机房东侧距主屏蔽墙体 3.15m	1.59	2.2 (靠近北侧)	满足要求
	直线加速器机房西侧距主屏蔽墙体 3.15m		2.0 (靠近南侧)	满足要求
	直线加速器机房顶部距主屏蔽墙体 2.205m	1.65	1.66 (靠近北侧)	满足要求
			1.69 (靠近南侧)	满足要求
	1.35 (靠近南侧)	1.6		
	1.25 (靠近北侧)	2.35		满足要求

根据表 11-1 可知，本项目直线加速器机房主屏蔽墙宽度均满足要求，设备厂家和建设单位在进行医用电子直线加速器安装时，必须严格按照既定的方案进行安装，杜绝安装后主射束超出主屏蔽墙范围的情况。

（二）直线加速器机房关注点设立及剂量率参考水平

1、直线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/T 201.2-2011）的要求，在本项目医用电子直线加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在医用电子直线加速器机房设计的尺寸厚度基础上，选取加速器最大工况运行（即“6MV，1 米处输出剂量率 14Gy/min”）并针对关注点最不利的情况进行预测计算。由于本项目直线加速器机房位于第三住院楼一楼，下方无地下建筑，故机房地下不作为关注点。

本项目直线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 本项目直线加速器机房关注点及主要照射路径示意图（剖面）

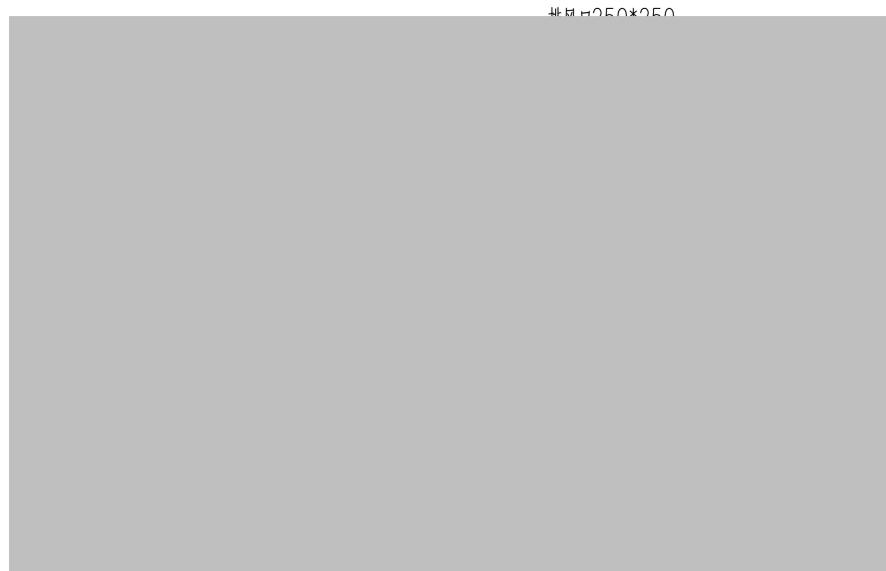


图11-3 本项目直线加速器机房关注点及主要照射路径示意图（平面）

2、剂量率参考控制水平

本项目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》（GB 18871-2002）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）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： $\dot{H}_c,max \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_c,max \leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，本项目综合考虑保守取 $\dot{H}_c,max \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

建设单位在本项目直线加速器机房完工投用后，不得擅自改变直线加速器机房周围的功能用途。

（三）医用电子直线加速器对关注点产生的剂量估算

①主屏蔽墙体屏蔽效果预测（a 点、b 点和 k 点）

使用 GBZ/T 201.2-2011 的相关公式计算有用线束主屏蔽核算，在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时，首先计算有效厚度 X_e (cm)，估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B，再计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$X_e = X / \cos \theta \dots \dots \dots \text{ (式 1)}$$

$$B = 10^{\frac{-(X_e + TVL - TVL_1)}{TVL}} \dots \dots \dots \text{ (式 2)}$$

X—屏蔽物质厚度， cm；

X_e —有效厚度， cm；

θ —斜射角，入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角，主屏蔽墙 0° 入射；

B—辐射屏蔽透射因子；

TVL₁、TVL—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，当未指明 TVL₁ 时，TVL₁=TVL。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/T 201.2-2011）附录 B 表 B.1，本项目 6MV 医用电子直线加速器有用束 TVL₁ 取 37，TVL 取 33；90° 泄露辐射 TVL₁ 取 34，TVL 取 29；

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots \dots \dots \text{ (式 3)}$$

式中：

\dot{H}_0 —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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；本项目为 $8.4\text{E+08}\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ （最高剂量率 14Gy/min）；

B—辐射屏蔽透射因子；

R—靶点至关注点的距离， m，本项目关注点为相应屏蔽体外 30cm；

f—对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率， 0.1%。

将各参数代入公式计算，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)，辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-2。

表 11-2 主屏蔽区外参考点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	东侧主屏蔽墙 (a 点)	西侧主屏蔽墙 (b 点)	屋顶主屏蔽墙 (k 点)
射线路径	$O_2 \rightarrow a$	$O_1 \rightarrow b$	$O_3 \rightarrow k$
射线类型	主射线	主射线	主射线
砼厚度 X (cm)			
X_e (cm)			
TVL (cm)			
TVL ₁ (cm)			
B			
R (m)			
\dot{H}_o ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{h}$)			
f			
\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)			
\dot{H}_e ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5
评价结果	满足	满足	满足

注：西侧主屏蔽墙的 40mm 铅板保守折合为 192mm 混凝土。

②侧屏蔽墙屏蔽效果预测 (l 点、e 点)

泄漏辐射估算方法类似主屏蔽区。TVL₁ 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值。l 点、e 点辐射剂量率计算参数和结果见表 11-3。

表 11-3 侧屏蔽泄漏射线辐射率计算参数和计算结果

参数	北侧屏蔽墙 (l 点)	南侧屏蔽墙 (e 点)
射线路径	$O \rightarrow l$	$O \rightarrow e$
射线类型	泄漏射线	泄漏射线
砼厚度 X (cm)		
斜射角θ (°)		
X_e (cm)		
TVL (cm)		
TVL ₁ (cm)		
B		
R (m)		
\dot{H}_o ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{h}$)		
f		
\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)		
\dot{H}_e ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5
评价结果	满足	满足

③与主屏蔽区相连的次屏蔽区的屏蔽效果预测（ b_1 点、 b_2 点、 a_1 点、 a_2 点、 k_1 点、 k_2 点）、迷道内外墙屏蔽效果预测（ i 点、 g 点）、排风管道屏蔽效果预测（ l_1 ）

1) **泄漏辐射计算：**泄漏辐射屏蔽，估算方法类似主屏蔽区。TVL₁ 和 TVL 保守取 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值。

2) **散射辐射屏蔽计算：**在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时，首先计算或直接在结构图中量出该屏蔽墙的有效厚度 X_e (cm)，估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B (其中患者散射辐射在混凝土中的什值层，查表 B.4 可知，对于 6kV 射线，当散射角 30° 时，患者散射辐射在混凝土中什值层为 26cm)，再按照公式 4 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \quad \text{(式 4)}$$

\dot{H} —剂量率参考控制水平；

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，查表(GBZ/T2012-2011)中表 B.2。

\dot{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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；本项目 6MV 医用电子直线加速器为 $8.4\text{E+08}\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ (最高剂量率 14Gy/min)；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm²，本项目为 40cm×40cm；

R_s—患者（位于等中心点）至关注点的距离；

B—辐射屏蔽透射因子；

3) **预测计算结果：**叠加次屏蔽墙外泄漏辐射与患者一次散射辐射的瞬时剂量率值，将其与本项目确定的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 相比，判断机房屏蔽设计是否满足标准要求，计算结果见表 11-4。

表 11-4 与主屏蔽相连的次屏蔽及排风管道外参考点辐射剂量率核算值

参数	西侧次屏蔽墙 (b_1 点)	西侧次屏蔽墙 (b_2 点)	西侧次屏蔽墙 (b_3 点)	西侧次屏蔽墙 (b_4 点)	东侧次屏蔽墙 (a_1 点)	东侧次屏蔽墙 (a_2 点)	屋顶次屏蔽墙 (k_1 点)	屋顶次屏蔽墙 (k_2 点)	西侧迷道屏蔽内墙 (g 点)	西侧迷道屏蔽外墙 (i 点)	北侧排风管道外屏蔽墙 (l_1)
砼厚度 X (cm)				199.2							130
斜射角θ (°)											
Xe (cm)											
\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)											
泄漏辐射	射线路径										
	TVL (cm)										
	TVL_I (cm)										
	B										
	R (m)										
	f										
散射辐射	$\dot{H}_{\text{漏}}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)										
	射线路径										
	TVL (cm)										
	TVL_I (cm)										
	R_s (m)										
	α_{ph}										
	B										

	F (cm^2)										
	$\dot{H}_{\text{散}}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)										
H (散射+漏射) ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)											
\dot{H}_e ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	0.625	2.5	2.5	
评价	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：1、迷道内墙关注点剂量率取（GBZ/T201.2-2011 附录 D 中“D.1.2.6a）当迷路入口以 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 剂量率控制时，穿过迷路内墙在 g 点处的泄漏辐射剂量率应小于其 $1/4$ ，取为 $0.625\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”。

④机房入口防护门屏蔽效果核算

根据（GBZ/T201.2-2011）4.3.2.5.1，加速器机房入口关注点处（g）的散射辐射剂量率 H_g 计算公式如下：

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph}(F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \dot{H}_0 \dots \dots \dots \text{(式 5)}$$

式中： \dot{H}_0 、F 意义同前文；

\dot{H}_g —g 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上的散射因子，查 GBZ/T201.2-2011 附录 B.2 可得，通常取 45° 散射角的值，本项目 6MV α_{ph} 散射取 1.39E-03 ；

α_2 —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， α_2 值查附录 B 表 B.6，通常使用其 0.5MeV 栏内的值，即 $\alpha_2=22.0\text{E-03}$ ；

A—散射面积（A 为第一次散射宽度与高度的乘积，之后的散射面积均为迷道宽度与高度的乘积）， m^2 ；o 点与 f 点的共同可视面积，A 为 $(0.96+0.88) \times 4.25\text{m}=7.82\text{m}^2$ ；

R_1 —“o—f”之间的距离； $R_1=5.96\text{m}$ ；

R_2 —“f—g”之间的距离； $R_2=8.51\text{m}$ ；

F—治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ；本项目等中心

处最大治疗野为 $40\text{cm} \times 40\text{cm} = 1600\text{cm}^2$;

g 点辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-5。

表 11-5 g 点处的散射辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	防护门外 g 点
射线路径	$O \rightarrow f \rightarrow g$
射线类型	散射射线
\dot{H}_o ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	
α_{ph}	
F (cm^2)	
α_2	
R_1 (m)	
R_2 (m)	
A (m^2)	
g 点剂量率 (估算值)	

迷道入口防护门外 g 点的总辐射剂量率按公式 6 计算, 入口防护门外辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-6。

$$H_c = \dot{H}_g 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \dots \dots \dots \quad (\text{式 6})$$

式中:

\dot{H}_g —g 点处的散射辐射剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

\dot{H}_{og} —O₂位置穿过迷道内墙的泄露辐射在 g 处的剂量率;

X—防护门铅当量厚度, mm;

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

表 11-6 防护门外 g 点的辐射剂量率核算值

参数	防护门外 g 点
\dot{H}_g ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	
X	
TVL	
\dot{H}_{og} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	
入口门外关注点总辐射剂量 H_c	估算值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
	控制值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
	2.5

	评价结果	满足
--	------	----

⑤汇总

综上所述，直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总见表 11-7。

表 11-7 本项目直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

关注点		剂量率估算值($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	参考控制水平($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	结论
直线 加 速 器 机 房	东侧主屏蔽墙 (a 点)	2.5	2.5	满足
	西侧主屏蔽墙 (b 点)		2.5	满足
	屋顶主屏蔽墙 (k 点)		2.5	满足
	北侧屏蔽墙 (l 点)		2.5	满足
	南侧屏蔽墙 (e 点)		2.5	满足
	西侧次屏蔽墙 (b_1 点)		2.5	满足
	西侧次屏蔽墙 (b_2 点)		2.5	满足
	西侧次屏蔽墙 (b_3 点)		2.5	满足
	西侧次屏蔽墙 (b_4 点)		2.5	满足
	东侧次屏蔽墙 (a_1 点)		2.5	满足
	东侧次屏蔽墙 (a_2 点)		2.5	满足
	屋顶次屏蔽墙 (k_1 点)		2.5	满足
	屋顶次屏蔽墙 (k_2 点)		2.5	满足
	西侧迷道屏蔽内墙 (g 点)		0.625	满足
	西侧迷道屏蔽外墙 (i 点)		2.5	满足
	北侧排风管道外屏蔽墙 (l_1)		2.5	满足

综上所述，本项目直线加速器机房运行时，其周围关注点处辐射剂量率低于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）等相关标准要求。

(4) 医用电子直线加速器保护目标所受年有效剂量分析

$$E=H \times U \times T \times t \times 10^{-3} \times W_T \dots \dots \dots \text{(式 7)}$$

式中：E—年有效剂量， mSv/a ；

H—辐射剂量率估算值， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

U—使用因子；

T—工作负荷， $216.67\text{h}/\text{a}$ ；

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。

表 11-8 对周围环境保护目标的影响情况

关注点	相对直线 加速器机 房方位	辐射剂量 率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	居 留 因 因	受照 时间 /h	本项目年 有效剂量 (mSv/a)	Co60 对 周围环 境的影 响	对周围环 境的影 响(mSv/a)	剂量约 束值 (mSv/a)
-----	---------------------	--------------------------------------	------------------	----------------	---	---------------------------	-------------------------	--

		子			(mSv/a)		
控制室	南侧 (e点)						5.0
水冷机房	南侧 (e点)						0.1
走廊	南侧 (e点)						0.1
Co60机房	西侧 (b点)						0.1
室外绿化	北侧 (l ₁ 点)						5.0
室外绿化	东侧 (a点)						0.1
直线加速器 机房顶部上 空 (库房)	顶部 (k点)						0.1

注：为保守预测北侧室外绿化的关注点位置辐射剂量率取l₁点。Co60对周围环境的影响具体如下：机房北侧取1.33E-02mSv/a、东侧取1.30E-02mSv/a、南侧取1.22E-02mSv/a、西侧取8.81E-02mSv/a、上方取1.33E-02mSv/a，具体取值详见附件9。

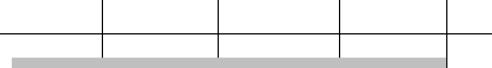
由表11-8结果可知，本项目医用电子直线加速器机房周围辐射工作人员的年附加有效剂量最大为1.33E-01mSv，周围公众的年附加有效剂量最大为7.75E-02mSv。因此本项目辐射工作人员年有效剂量低于5.0mSv，周围公众年有效剂量低于0.1mSv。能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中对公众人员受照剂量限值的要求，并满足本项目管理目标值的要求。

根据本项目确定的评价范围，本项目环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内外其他公众。

根据距离衰减后，保护目标剂量率见下表。

表 11-9 本项目医用直线加速器范围内其他保护目标年有效剂量

序号	保护目标名称	机房相对方位	距离 (m)	居留因子	受照时间 (h)	预测点位	参考点周围剂量当量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	本项目年有效剂量 (mSv/a)	Co60 对周围环境的影响 (mSv/a)	对周围环境的影响 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)
1	控制室内的辐射工作人员	南侧	/	1		e 点					5.0
2	水冷机房、走廊、热疗机房、热疗机控制间、等待间、楼梯间、院内道路、停车场	南侧	/	1	216.67	e 点					0.1

	等区域的人员								
3	走廊、电梯井、服务台、穿刺间、设备间、污物通道及处理室、DSA 机房、更衣室、控制室、院内道路、停车场等区域的人员	南侧	/	1	e 点 3		0.1		
4	Co60 机房、候诊区、模拟机房、Co60 控制室、模拟机房控制室、家属谈话间、缓冲区、病人通道、ERCP、复苏室、准备间、无菌器械、办公室、卫生间、院内道路等区域的人员	西侧	/	1	b 点 2		0.1		
5	关爱中心、院内道路、停车场等区域的人员	西北侧	47.5	1	b ₁ 点		0.1		
6	液体库房、院内道路、停车场等区域的人员	北侧	9.9	1	l ₁ 点		0.1		
7	消毒供应中心、院内道路、病例室等区域的人员	东北侧	14.3	1	a 点		0.1		
8	消毒供应中心、院内道路等区域的人员	东侧			a 点		0.1		
9	安居·桂香园区的人员	东侧	44.7	1	a ₂ 点		0.1		
10	院内道路、消毒供应中心、食堂、安居·桂	东南侧	14.3	1					

	香园等区域的人员										
11	库房等区域的人员	/	1/4								0.1
12	第三住院楼其余楼层等区域的人员	上方	3.9	1							0.1

注：为保守预测北侧保护目标辐射剂量率均取I₁点。Co60对周围环境的影响具体如下：机房北侧取1.33E-02mSv/a、东侧取1.30E-02mSv/a、南侧取1.22E-02mSv/a、西侧取8.81E-02mSv/a、上方取1.33E-02mSv/a，具体取值详见附件9。

综上所述，直线加速器机房周围50m内其他保护目标年有效剂量均远小于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：公众年有效剂量不超过0.1mSv。

二、大气环境影响分析

本项目直线加速器机房配置有通排风系统，室内2个进风口位于机房西侧，进风管（400mm×600mm）穿墙高度约3.3米，以“Z”型管道穿过迷路门上方墙体；室内排风口（离地约200mm）2个分别位于直线加速器机房东侧，排风管（250mm×250mm）穿墙高度约0.2米，以“U”型管道穿过北侧墙体，再接入外置排风管道排放至屋顶，排风量共计6次/小时，设计排风量为2113m³/h。排风口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。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《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度0.16mg/m³的要求，亦符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）要求。

三、水环境影响分析

本项目产生的废水依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站（处理规模：300m³/d，工艺为：“生物接触氧化+接触消毒法”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表2中预处理标准后，通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后，排入沱江。

四、固体废物影响分析

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，废靶件由生产厂家进行回收处理。

五、声环境影响分析

本项目所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过 65dB（A），且均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

辐射事故分析

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，以及项目拟建设、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

医用电子直线加速器不运行不存在辐射安全事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有当医用电子直线加速器运行期间才会产生 X 射线等危害因素，而且最大可能的事故主要有两种：

①辐射工作人员还未全部撤出医用电子直线加速器机房，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。

三、源项分析及事故等级分析

医用电子直线加速器会产生X射线及臭氧，臭氧经通风设施换气、稀释，对大气环境基本无影响，故医用电子直线加速器可能产生的风险事故中，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环境风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-10 中。

表 11-10 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。

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表 11-11。

表11-11 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
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
	急重度	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
	急重度	/
脑型急性放射病	轻度	
	中度	
	重度	>50.0Gy
	急重度	
	死亡	

四、后果计算

（一）事故情景假设

①辐射工作人员还未全部撤出医用电子直线加速器机房，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。

(二) 剂量估算

根据以上两种事故情况均为人员在机房内，被误照射。

本项目直线加速器在对病人开机治疗时，距靶点 1m 处 X 射线的最大吸收剂量率按 14Gy/min 计，则在与靶点不同距离上 X 射线剂量率可由下（式 8）估算。

$$H = H_0 / R^2 \dots \dots \dots \dots \quad (\text{式 8})$$

式中：H—距直线加速器焦点 R 处的 X 射线的吸收剂量率（Gy/min）；

H_0 —距直线加速器焦点 1m 处 X 射线的吸收剂量率，14Gy/min；

R—估算点与直线加速器焦点的距离，m。

$$E = H \cdot W_T \cdot W_R \dots \dots \dots \dots \quad (\text{式 9})$$

式中：E—受照人员的有效剂量

W_T —组织权重因数，本项目取 1；

W_R —辐射权重因数，本项目取 1。

根据（式 8）和（式 9），将与直线加速器焦点不同距离的 X 射线吸收剂量的估算结果列于表 11-12。

表 11-12 事故情况下误入人员受到的吸收剂量率估算结果

风险因子 (X 射线)	与焦点距离 (m)	吸收剂量率 (Gy/min)
	1	14
	1.5	6.22
	2	3.5
	3	1.56
	5	0.56
	7.5	0.25

由上表可见，假设误入人员位于加速器照射头射束 1m 远处的主射方向。由于机房内和控制室均设置有“紧急停机”按钮且装有视频监控系统，只要有人员就可及时被发现，只要误入人员按下此按钮就可以停机，所以受照时间取 10s，则事故情况下误入人员距直线加速器 1m 处受到的辐射剂量为 2.33Sv/次，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 20mSv/a 剂量限值。根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），可能会发生中度骨髓型急性放射病，属于较大辐射事故。

五、事故情况下的环境影响分析与防范应对措施

上述辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理制度和辐

射事故应急措施加以防范，将辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在运行过程中可能发生的事故，本次评价提出以下防范措施，尽可能减小或控制事故的危害和影响，主要体现在以下几个方面：

（一）制定射线装置操作规程和安全规章制度，并严格落实操作规程等制度的“制度上墙”要求（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在放射治疗操作时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员须按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

（二）每月检查门灯联锁装置，确保安全联锁装置正常运行；每月对射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

（三）定期对射线装置采取的安全防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，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。

（四）加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

（五）制定事故应急预案、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。

（六）制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作。

（七）在治疗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》，发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门，生态环境主管部门接到辐射事故报告后，应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，控制并消除事故影响，同时将辐射事故信息报告本级人民政府和上级人民政府生态环境主管部门。县级以上地方人民政府及其有关部门接到辐射事故报告后，应当按照事故分级报告的规定及时将辐射事故信息报告上级人民政府及其有关部门。

六、事故综合防范应对措施

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联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：

- (一) 建立安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作；
- (二) 加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗；
- (三) 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；
- (四) 制定医院事故处理预案、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。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构

一、辐射安全与环境保护管理领导小组

内江市东兴区人民医院于 2025 年 4 月 15 日发布了关于调整辐(放)射安全与环境保护管理领导小组成员的通知文件(见附件 4)，文件明确了领导小组的职责要求，具体如下：

(一) 辐(放)射安全与环境保护管理领导小组成员

组 长：李亚军（院长）

副组长：邓 李（副院长）、谢路生（副院长）、徐 波（副院长）

专职人员：田正茂（放射科主任）、沈德来（放射科副主任）、何玉（肿瘤科主任）、黄元平（肿瘤科主治医师）、张敏（肿瘤科工作人员）、周光文（介入室主任）、古斌（心血管内科副主任）、陈敏花（介入室护士长）、唐静（健康管理科主任）、陈笑容（健康管理科护士长）、郑兴平（骨科主任）、艾志群（手术麻醉科主任）、杨均美（手术室护士长）、丁智福（手术室主管护师）、张平（门诊部主任）、雷梅（门诊部护士长）

兼职人员：邓永恒（医务科科长）、游梅（护理部主任）、郑艳燕（医院感染管理公共卫生/预防保健科科长）、雷晓龙（设备科科长）、李敏（人事科科长）、官俊良（总务科副科长）、谢江（总务科副科长(主持基建工作)）、祝家希（医调办副主任）、黄琼坤（医院感染管理公共卫生/预防保健科副科长）

(二) 辐(放)射安全与环境保护管理领导小组职责

1、领导小组组长：负责全面协调和监督辐(放)射防护工作的落实。

2、领导小组副组长：协助组长履行职责，并在组长不在时代行职权。

3、专职人员及兼职人员具体职责安排详见附件 4。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

(一) 辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

1、本项目拟配备辐射工作人员 11 名，均为新增辐射工作人员，根据设备数量、承担诊疗和教学科研任务量等实际情况逐步增加。

2、射线操作人员均需取得射线装置操作证书，熟悉专业技术。

3、医院应定期委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，且应建立辐射工作人员个人剂量档案管理。

（二）辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强

1、对放射性同位素、放射源、医用射线装置，应加强操作人员对其安全操作的培训。

2、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。

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

辐射安全管理规章制度

一、档案管理分类

医院应将相关资料进行分类归档妥善放置，包括以下八大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”，并由专人进行管理。

二、辐射安全管理规章制度

根据《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）》和《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025 年版)》（川环函〔2025〕616 号）的相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	检查项目		落实情况
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定

2		辐射安全防护安全管理规定	已制定, 需将本项目纳入
3		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定, 需将本项目纳入
4		医用电子直线加速器操作规程	需制定
5	场所设施	场所分区管理规定	需制定
6		辐射工作场所监测方案	已制定, 需将本项目纳入
7	监测	监测仪表使用与校验管理制度	需根据本项目新增仪器仪表修订完善
8		校验源管理制度	需根据本项目新增仪器仪表修订完善
9		辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定, 根据最新要求完善
10	人员	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定
11		辐射工作人员岗位职责	已制定
12	应急	辐射事故/事件应急预案	将原有预案完善, 将直线加速器各类事故纳入应急预案, 并在操作场所上墙
建设单位需制定的其他制度			
1		质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定
2	其它	射线装置台账管理制度	已制定
<p>根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》(川环函〔2025〕616号)的要求, 建设单位应根据使用射线装置的情况, 及时修订和完善规章制度, 并按照档案管理的要求分类归档放置。</p>			
<p>医院应按照《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》(川环函〔2025〕616号)的要求, 将《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。</p>			
<p>建设单位应根据规章制度内容认真组织实施, 并且根据国家发布的新的相关法律法规内容, 结合医院实际情况及时对各项规章制度补充修改, 使之更能符合实际需要。</p>			
<p>建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后, 及时到相关单位申请办理相关业务。</p>			
<h3>辐射环境监测</h3> <p>根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求, 建设单位应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器, 同时配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪</p>			

器。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）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关规定，本项目个人剂量监测、工作场所及周围环境监测要求如下：

（1）个人剂量监测

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，人剂量报警计应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，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。对于核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时，工作人员应使用个人剂量报警仪。

每3个月每名辐射工作人员的个人剂量计需送有资质单位进行检测，并建立个人剂量档案，信息包括：个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，建设单位应当将个人剂量档案终身保存。当出现个人剂量异常情况，核与辐射安全领导应及时组织调查，并进行相应的整改。

（2）辐射工作场所及环境监测

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 辐射剂量率，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，于每年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://rr.mee.gov.cn>）。

④监测范围：屏蔽墙、防护门、观察窗外以及楼上楼下区域和穿线孔洞外X- γ 辐射剂量率。

⑤监测设备：X- γ 辐射剂量率仪。

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 12-2 监测计划一览表

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
----	------	------	------	------	------

自主监测	射线装置工作场所	X-γ剂量率	机房四周屏蔽体外、防护门外、观察窗外、穿线孔洞处	每月一次（记录监测数据存档）	X-γ辐射剂量率仪
委托监测	射线装置工作场所	X-γ剂量率	机房四周屏蔽体外、防护门外、观察窗外、穿线孔洞处	竣工环保验收监测；编制辐射防护年度评估报告（每年一次）	X-γ辐射剂量率仪
	其它	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次（需建立个人剂量档案）	个人剂量计

(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》的重要组成内容一并提交给发证机关。建设单位应按照《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025 年版)》（川环函〔2025〕616 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”(<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

一、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，医院制订了辐射事故应急预案。

(一) 医院现有辐射事故应急预案内容

医院现有辐射事故应急预案内容包括：应急机构人员组成，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

(二) 本项目辐射事故应急预案可行性分析

医院现有辐射事故应急预案内容包括了应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话等，仍需补充完善以下内容：

- 1、增加应急人员的培训，应急和救助的装备、资金、物资准备和应急演练。
- 2、增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。
- 3、增加应急机构和职责分工，辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人及联系电话。

4、增加发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地市级地方人民政府及其生态环境、公安、卫健等部门报告。

5、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。

6、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。

二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

（一）发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，同时向医院主管领导报告。

（二）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。

（三）事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫健委报告。

（四）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 13 结论与建议

结论
<p>一、项目概况</p> <p>项目名称：内江市东兴区人民医院新增医用电子直线加速器项目</p> <p>建设性质：新建</p> <p>建设地点：四川省内江市东兴区兴盛路 709 号内江市东兴区人民医院第三住院楼一楼</p> <p>建设内容及规模：</p> <p>拟在第三住院楼一楼的直线加速器机房内配套使用 1 台 6MV 医用电子直线加速器（型号：待定，具备 CBCT 图像引导功能）用于肿瘤放射治疗，属于Ⅱ类射线装置。治疗时 X 射线最大能量为 6MV，X 射线 1m 处最大剂量率为 14Gy/min，电子线最大能量为 15MeV，电子线 1m 处最大剂量率为 15Gy/min。CBCT 最大管电压 150kV，最大管电流 500mA。拟在第三住院楼一楼模拟机房内新增使用 1 台模拟定位 CT 机（Ⅲ类射线装置，建设单位需另行备案登记）。</p>
<p>二、本项目产业政策符合性分析</p> <p>本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会修订发布《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2024 年 2 月 1 日施行）的相关规定，本项目拟使用的医用电子直线加速器与数字减影血管造影装置为医院医疗基础建设内容，属指导目录中第三十七项“卫生健康”中第 1 条“医疗服务设施建设”，均属于国家鼓励类产业，符合国家产业发展政策。</p>
<p>三、本项目选址合理性分析</p> <p>本项目选址于四川省内江市东兴区兴盛路 709 号内江市东兴区人民医院第三住院楼一楼，该区域人流相对单一，最大程度减少了对周围环境的影响，降低了其他公众受照的可能性；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。综上所述，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。</p>

四、工程所在地区环境质量现状

本项目拟建地及周围 X- γ 辐射剂量率范围在 76nGy/h~90nGy/h 之间，与内江市生态环境局发布的《2024 内江市生态环境质量公报》电离辐射中，在内江市汉晨路站监测点测量的环境 γ 辐射空气吸收剂量率（未扣除宇宙射线响应值）监测值为 62.8nGy/h~155.1nGy/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

(一) 施工期环境影响分析

本项目拟在医院第三住院楼一楼内的直线加速器机房内新增设备，土建施工已包含在内江市环境保护局批复的《关于对内江市东兴区人民医院综合业务大楼建设项目环境影响报告表的批复》（内市环函〔2008〕134号）中，本次评价不涉及机房的土建工程，施工期主要评价内容为：直线加速器机房的装修、部分墙体增加屏蔽措施及设备安装和调试的环境影响，建设单位在落实报告表提出的各项污染防治措施后，对周围环境影响较小。

(二) 营运期环境影响分析

1、辐射环境影响

经现场监测和模式预测，在正常工况下，对职业人员造成的年附加有效剂量低于本次评价 5mSv 的职业人员年剂量约束值；对公众造成的年附加有效剂量低于本次评价 0.1mSv 的公众人员年剂量约束值。

2、其他环境影响

①声环境影响分析

本项目所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过 65dB(A)，且均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

②水环境影响分析

本项目产生的废水依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站，处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后，排入沱江。

③固体废物影响分析

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，废靶件由生产厂家进行回收处理。

④大气的环境影响分析

本项目直线加速器机房配置有通排风系统，室内2个进风口位于机房西侧，进风管（400mm×600mm）穿墙高度约3.3米，以“Z”型管道穿过迷路门上方墙体；室内排风口（离地约200mm）2个分别位于直线加速器机房东侧，排风管（250mm×250mm）穿墙高度约0.2米，以“U”型管道穿过北侧墙体，再接入外置排风管道排放至屋顶，排风量共计6次/小时，设计排风量为 $2113\text{m}^3/\text{h}$ 。排风口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。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《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度 $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求，亦符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。

六、事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求补充制定相关安全管理规章制度并完善辐射事故应急预案，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

七、环保设施与保护目标

本项目设计和拟配备环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的所有保护目标，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、医院辐射安全管理的综合能力

建设单位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，拟制定辐射事故、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。在一落实设计的环保设施和相关的法律法规的要求后，即具备本项目辐射安全管理的综合能力。

九、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，从环境保护和辐射防护角度分析，本项目建设是可行的。

建议和承诺

一、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。
- 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。

二、项目竣工验收检查内容

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见下表13-1：

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	设施
直线 加速 器机 房	辐射屏蔽措 施
	医用电子直线加速器屏蔽机房
	防护门 1 扇
	安全装置
	门-机联锁装置 1 套
	视频监控系统 1 套
	语音播报及对讲装置 1 套
	工作状态指示灯（门-灯联锁）1 套
	紧急开门装置 1 套
	紧急止动开关 1 套
监测仪器	监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识 1 套
	个人剂量计 11 套
	便携式辐射剂量监测仪 1 台
	个人剂量报警仪（2 台）
其他	固定式剂量报警装置 1 套
	通排风系统 1 套
综合管理	辐射工作人员、管理人员、应急人员的培训
	辐射工作人员职业健康体检
	规章制度上墙等
验收时依据《中华人民共和国环境保护法》《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》（中华人民共和国国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》《建设项目环境保护管理条例》《建设项目竣工环境保护保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。	
1、根据《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：	
<p>（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照中华人民共和国国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。</p> <p>（2）建设单位在环境保护设施验收过程中，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，不得弄虚作假。</p> <p>（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。</p>	
2、根据环保部《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://kjs.mee.gov.cn/hjbhbz/bzwb/other>）。

(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，编制验收监测（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对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；②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。

(5) 建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205/#/pub-message>）中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。