

核技术利用建设项目

武胜县人民医院新院区
新增 10MV 直线加速器应用项目
环境影响报告表
(公示件)



核技术利用建设项目

武胜县人民医院新院区
新增 10MV 直线加速器应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：武胜县人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省广安市武胜县沿口镇建设北路513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	16
表 3：非密封放射性物质	17
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	26
表 9：项目工程分析与源项	31
表 10：辐射安全与防护	38
表 11：环境影响分析	49
表 12：辐射安全管理	70
表 13：结论与建议	76
表 14 审批	82

附件

附件 1: 委托书;

附件 2: 辐射安全许可证;

附件 3: 关于调整放射防护安全管理工作领导小组的通知;

附件 4: 项目所在门诊综合楼环评批复;

附件 5: 工程规划许可证(门诊综合楼);

附件 6: 建设用地规划许可证(门诊综合楼);

附件 7: 近一年个人剂量统计表;

附件 8 武胜县人民医院无辐射事故情况说明;

附件 9: 本项目监测报告;

附件 10: 辐射工作人员辐射安全和防护学习统计表;

附件 11: 技术参数确认说明。

附图

附图 1: 项目地理位置图;

附图 2: 医院及本项目周边环境概况图

附图 3: 直线加速器治疗 1 室所在建筑楼层(门诊综合大楼负一层)平面图;

附图 4: 直线加速器治疗 1 室局部平面图;

附图 5: 直线加速器治疗 1 室剖面图;

附图 6: 直线加速器治疗 1 室新风、排风管道图;

附图 7: 直线加速器治疗 1 室人流物、流路径示意图;

附图 8: 直线加速器治疗 1 室两区划分图;

附图 9: 直线加速器治疗 1 室安全装置布置图。

表 1：项目基本情况

建设项目名称		武胜县人民医院新院区新增 10MV 直线加速器应用项目			
建设单位		武胜县人民医院			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		四川省广安市武胜县沿口镇建设北路 513 号			
项目建设地点		武胜县城东片区迎宾大道与富裕路交叉口西南侧武胜县人民医院新院区门诊综合大楼负一层			
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（环保投资/总投资）	
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它		占地面积(m ²)	
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	/			
	项目概述				
一、概况					
1、建设单位简介					
武胜县人民医院（统一社会信用代码：1251132245230163X8）位于广安市武胜县沿口镇建设北路513号，是一所三级乙等医院。现已开设有放射科、手术室等涉放科室，配备有CT、DR、DSA等射线装置。医院占地53亩，固定资产1亿多元。现开设病床430张，年门诊量达20万人次，住院病人近2万人次。现有职工440多人，其中专业技术人员32人，中级专业技术人员130人。先后有29人次获					

得市、县名医称号。院内学术氛围浓厚，近几年应用开展新技术20多项，填补了县、市医疗领域空白。

医院已取得辐射安全许可证，编号川环辐证〔00643〕，有效期至2024年2月26日。许可的种类和范围为使用II、III类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。具体的活动种类和范围见表4。

广安市武胜县人民医院拟在武胜县城东片区迎宾大道和富裕路交叉口西南侧建设新院区，修建了一栋地上9层地下2层的门诊综合大楼。项目总投资21000万元。武胜县发展和改革局出具了《关于广安市武胜县人民医院门诊综合大楼建设项目可行性研究报告（代立项）的批复》（武发改〔2017〕712号）、《关于变更广安市武胜县人民医院门诊综合大楼建设项目建设地址的批复》（武发改〔2018〕1064号）、《关于广安市武胜县人民医院门诊综合大楼二期工程项目可行性研究报告（代立项）的批复》（武发改〔2018〕15号）、《关于变更广安市武胜县人民医院门诊综合大楼二期工程项目建设规模及内容的批复》（武发改〔2018〕1065号），武胜县住房和城乡建设局出具了建设项目选址意见书（选址第2018-063县号）、用地规划许可证（地字第2018-065县号），武胜县国土资源局出具了用地预审意见（武国土资函〔2018〕110号）。

广安市武胜县人民医院门诊综合大楼建设项目、门诊综合大楼二期工程已取得了原武胜县环境保护局的批复（武环审批〔2019〕3号），目前正在建设中。广安市武胜县人民医院门诊综合大楼建设项目、广安市武胜县人民医院门诊综合大楼二期工程项目均位于武胜县城东工业园区（武胜县城东体育中心东侧CD-B—e-12地块），其中广安市武胜县人民医院门诊综合大楼建设项目为地上工程、广安市武胜县人民医院门诊综合大楼二期工程项目为地下工程，两期项目同时设计、同时施工、同时投入使用。项目总占地面积19481.26m²，总建筑面积50377.42m²（其中地上建筑面积31030.06 m²，地下建筑面积19347.36 m²）。新建门诊综合大楼1栋（含住院主楼和门诊楼），同时配套建设供氧站、锅炉房及洗浆房、压缩空气站、真空负压站、食堂、污水处理站、医疗废物暂存间、垃圾收集点、停车场等以及配套的环保工程设施。项目设置住院床位351张，设置内科、外科、儿科、妇产科、眼科、耳鼻喉科、急诊科、影像科、功能科、检验科、放

射科、肿瘤科、消毒供应室、体检中心、血液透析区，不设立传染科、牙科及发热门诊。

2、项目由来

为满足发展和使用需求，建设单位在广安市武胜县人民医院新院区门诊综合大楼负一层东侧端头预留有两间呈东西向镜像分布的放疗机房。建设单位现拟将东侧的一间预留机房改建为直线加速器治疗I室，机房内拟安装一台带CBCT图像引导功能的医用直线加速器（属II类射线装置），用以开展放射治疗工作。直线加速器配套使用模拟定位的CT机属于III类射线装置，该模拟定位CT机待确定型号后建设单位将进行建设项目登记表备案。

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》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第18号）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。

武胜县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。

3、环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工

作的公开、透明，建设单位于 2023 年 7 月 26 日在环境影响评价信息公示平台环境影响评价信息公示平台，依照“公开、高效、便利”原则建立，可提供建设项目环境影响评价公示、竣工环保验收公示以及其它环境信息（企业环境、应急预案、清洁生产等）公示服务。建设单位、环评机构或技术咨询服务单位可通过本平台向社会公众发布相关公示信息。

公示网址：

<http://www.js-eia.cn/project/detail?type=3&proid=5d086717ac18edad6579b44dd837a964>

公示网站截图如下：



图 1-1 本项目全文公示截图

截止公示日期（5 个工作日），建设单位及评价单位未收到任何信息反馈。

二、项目概况

（一）项目名称、性质、建设地点

项目名称：武胜县人民医院新院区新增 10MV 直线加速器应用项目

建设单位：武胜县人民医院

建设性质：改建

建设地点：武胜县城东片区迎宾大道与富裕路交叉口西南侧武胜县人民医院新院区门诊综合大楼负一层

（二）建设内容及规模

本项目拟将门诊综合大楼（-2F/9F，在建）-1 层东侧的一间预留机房改建为直线加速器治疗 1 室，机房内拟安装一台带 CBCT 图像引导功能的医用直线加速器（属 II 类射线装置，厂家医科达，型号 Elekta Synergy），用以开展放射治疗工作。

直线加速器治疗时 X 射线最大能量为 10MV，1m 处 X 射线剂量率最大为 6Gy/min，不具备 FFF 模式；电子线最大能量为 15MeV，1m 处电子线最大剂量率为 6Gy/min。CBCT（图像引导功能）X 射线参数：150kV、500mA。

本项目直线加速器的 X 射线治疗出束时间为：每年 50 周，每周 5 天，每天治疗 60 人次，年治疗 15000 人次，每人每次出束治疗平均时间为 2min，则日出束时间为 2h，周出束时间为 10h，年出束时间为 500h。CBCT 平均每位病人照射 5 次，每次 45s，加速器 CBCT 成像年照射时间约 15000 人×5 次×45s=93.75h。

建设单位新院区门诊综合大楼主体结构原已完成修建，为满足现行国家标准的放射防护要求和拟安装的直线加速器的屏蔽防护要求，建设单位拟对原机房进行局部改建，改建前后对比如表 1-1 所示。

表 1-1 该建设项目机房改建情况说明

机房名称	屏蔽体		改建前 屏蔽材料及厚度	改建情况	改建后 屏蔽材料及厚度
直线 加速 器治 疗 1 室	东 墙	主屏蔽	3000 mm 混凝土 (宽度为 4000mm)	主屏蔽体两侧各 增宽 400mm	3000 mm 混凝土 (宽度为 4800mm)
		次屏蔽	1700 mm 混凝土	/	1700 mm 混凝土
	北墙		1000 mm 混凝土	内侧增厚 100mm	1100 mm 混凝土
	西 墙	主屏蔽	4300 mm 混凝土 (宽度为 4000mm)	主屏蔽体两侧各 增宽 400mm	4300 mm 混凝土 (宽度为 4800mm)
		次屏蔽	1700 mm 混凝土	/	1700 mm 混凝土
	南 墙	迷道 内墙	1100 mm 混凝土	迷道一侧增厚 300mm	1400 mm 混凝土
		迷道 外墙	1300 mm 混凝土	/	1300 mm 混凝土
	顶 板	主屏蔽	2900 mm 混凝土 (宽度为 4000mm)	主屏蔽体两侧各 增宽 400mm	2900 mm 混凝土 (宽度为 4800mm)
		次屏蔽	1600 mm 混凝土	/	1600 mm 混凝土
	防护门		/	门洞上方增加迷 道外墙同厚度的	12 mmPb 当量铅 +50 mm 含硼聚乙

			混凝土，新增防护门	烯
--	--	--	-----------	---

直线加速器治疗1室机房平面布局见图1-2，直线加速器治疗1室局部剖面图见图1-3。

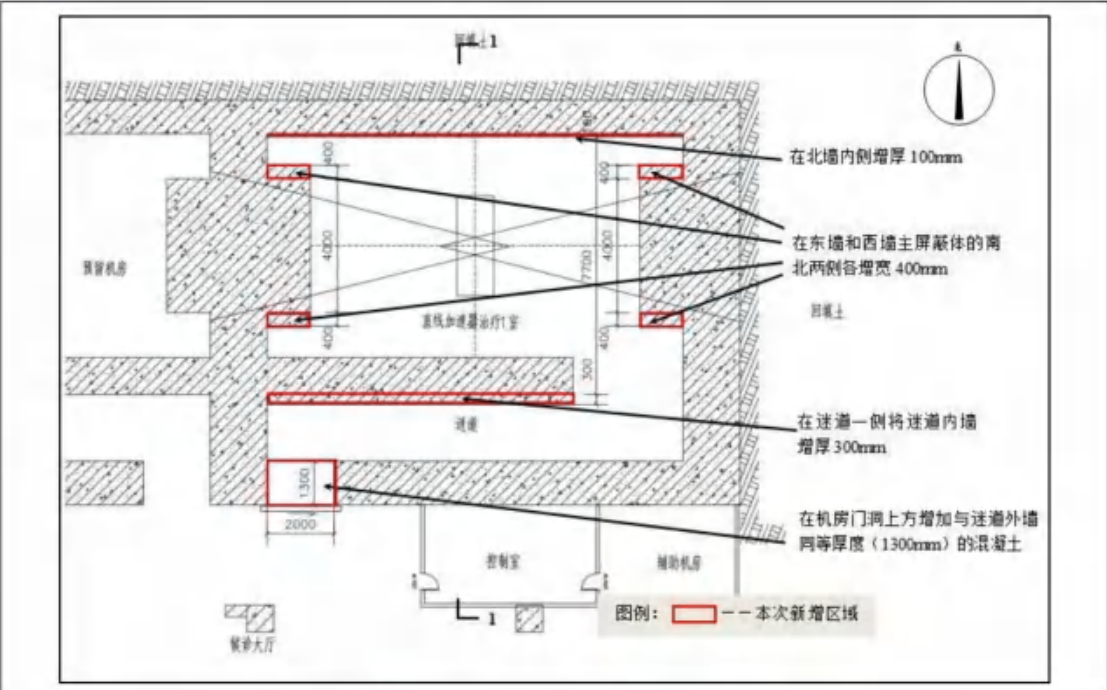


图1-2 直线加速器治疗1室机房平面布局

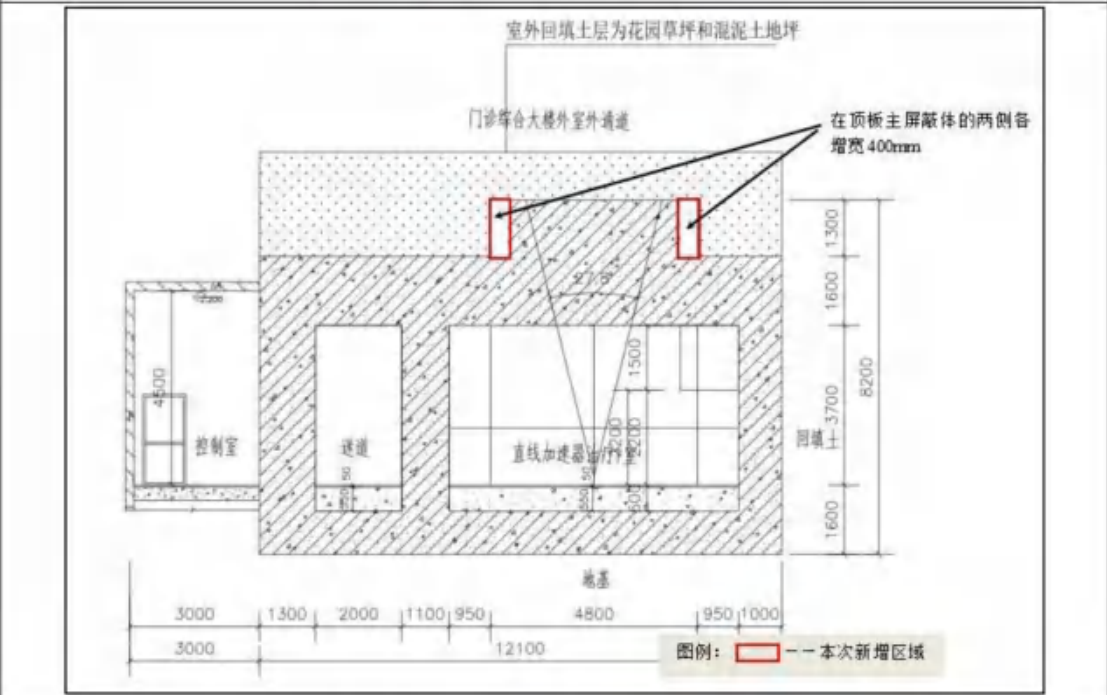


图1-3 直线加速器治疗1室局部剖面图

直线加速器治疗1室改建后面积（含迷道）为96.53m²，净空尺寸长9.85m×

宽9.8m×高3.7m。其东侧有控制室（面积为15m²）、辅助机房（面积为12m²）。直线加速器机房四周墙体、迷道、顶部及底部均为钢筋混凝土结构，主射方向朝向东侧、西侧、顶部及底部。其中，东侧主屏蔽部分为3000mm 厚、4800mm 宽混凝土，次屏蔽部分为1700mm 厚混凝土；西侧主屏蔽部分为4300mm 厚、4800mm 宽混凝土，次屏蔽部分为1700mm 厚混凝土；北侧墙体为1100mm 厚混凝土；南侧迷道内墙为1400mm 厚混凝土，迷道外墙为1300mm 厚混凝土，迷道成 Z”型；顶部为主屏蔽部分为2900mm 厚、4800mm 宽混凝土，次屏蔽部分为1600mm 厚混凝土；防护门为12mm 铅当量+50 mm 含硼聚乙烯电动推拉铅钢防护门。

（三）项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要的环境问题见表 1-2。

表 1-2 项目组成及主要的环境问题表

名称	场所	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
				施工期	营运期
主体工程	直线加速器机房	设备、数量	1 台 10MV 带 CBCT 功能医用电子直线加速器	施工扬尘、噪声、废水、固体废物	X 射线、电子线、臭氧、噪声
		设备型号	Elekta Synergy		
		管理类别	II 类		
		使用场所	门诊综合大楼（-2F/9F）-1 层东侧直线加速器治疗 1 室		
		年曝光时间	500h		
		1m 处剂量率	直线加速器治疗时 X 射线最大能量为 10MV，1m 处 X 射线剂量率最大为 6Gy/min，不具备 FFF 模式；电子线最大能量为 15MeV，1m 处电子线最大剂量率为 6Gy/min。		
		CBCT（图像引导功能）	X 射线参数：150kV、500mA。加速器 CBCT 成像年照射时间约 93.75h。		
		主射方向	东侧、西侧、顶部及底部		

		屏蔽厚度	直线加速器机房四周墙体、迷道、顶部及底部均为钢筋混凝土结构，主射方向朝向东侧、西侧、顶部及底部。其中，东侧主屏蔽部分为 3000mm 厚、4800mm 宽混凝土，次屏蔽部分为 1700mm 厚混凝土；西侧主屏蔽部分为 4300mm 厚、4800mm 宽混凝土，次屏蔽部分为 1700mm 厚混凝土；北侧墙体为 1100mm 厚混凝土；南侧迷道内墙为 1400mm 厚混凝土，迷道外墙为 1300mm 厚混凝土，迷道成 Z”型；顶部为主屏蔽部分为 2900mm 厚、4800mm 宽混凝土，次屏蔽部分为 1600mm 厚混凝土；防护门为 12mm 铅当量+50 mm 含硼聚乙烯电动推拉铅钢防护门。		
辅助工程	控制室，辅助机房等			/	噪声、 废水、 固体废物
公用工程	候诊区、过道				
办公及生活设施	废气治理： 直线加速器治疗 1 室设计有动力通排风系统，机房吊顶层东部南北两端各设 1 个进风口，机房西侧两个墙角距地 30cm 的位置各设置 1 个排风口，进风口和排风口对角设置。排风管道从穿墙位置引出并汇总至门诊综合楼排风管道中，而后引至建筑楼顶进行排放。 废水治理： 医护人员日常办公期间产生的生活污水排放依托院区新建污水处理站处理达标后排入市政污水管网进入武胜县城市生活污水处理二厂处理后达标排放。 噪声治理： 选取低噪声设备。 固废处理： 医护人员日常办公垃圾定点袋装收集，定期交当地环卫部门清运处置。				
仓储或其它	其他用房				

（四）主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-3。

表 1-3 主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	使用量	来源	主要化学成分
主要原辅材料	电(度)	500	市政电网	-
	气(Nm ³)	-	-	-
	水	500m ³	-	-

（五）主要设备配置及技术参数

本项目主要的设备配置及技术参数见表 1-4。

表 1-4 主要设备配置及技术参数

机房名称	设备参数信息	
直线加速器治疗 1 室	设备名称	医用直线加速器
	生产厂家	医科达
	型 号	Elekta Synergy
	主要参数	X 射线能量：6 MV、10 MV
		电子线能量：4 MeV、6 MeV、8 MeV、10 MeV、12 MeV、15 MeV
		X 射线 1 米处最大剂量率：6 Gy/min
		电子线 1 米处最大剂量率：6 Gy/min
		等中心距地面高度：1.24 m
		主射线最大出束角度：28°
		最大照射野：40 cm×40 cm
		机架旋转范围：0°~360°
		源轴距（SID）：1.0 m
		等中心泄漏率：1‰
		CBCT 图像引导功能 X 射线参数：150 kV、500 mA

（六）工作人员及工作制度

1、劳动定员

医院人员配备情况如下表所示：

表 1-5 工作人员配置情况

序号	装置名称	配备人数	人员构成	工作内容	备注
1	直线加速器	7	医师 3 名	诊断、出具治疗处方、确认照射计划	-
			物理师 1 名	根据处方计算照射剂量和照射方式等、设备质控	-
			技师 2 名	受检者摆位、根据计划操作设备实施治疗	治疗时至少有 2 名技师在场
			病理医师 1 名	肿瘤病理分析	不参与放射工作

医院拟配备辐射工作人员 7 名，均为新增辐射工作人员，包括医师 3 名、物理师 1 名、技师 2 名、病理医师 1 名。本项目建成后，本项目辐射工作人员专岗专责，从事本项目后不承担其他辐射工作，不存在辐射工作人员交叉使用的情况。以后可根据设备数量，承担诊疗、教学科研任务，开展的项目和工作量等实际情况适当增减人员编制。

2、工作制度

本项目实行 8 小时单班工作制度，年工作日为 250 天。

（七）依托可行性分析

本项目产生的固体废物主要为办公生活垃圾，办公生活垃圾依托医院现有的固体垃圾临时堆放点收集后，交由环卫部门处理；本项目产生的废水主要为生活污水，产生量较少，通过依托医院的污水管网进入医院污水处理系统处理。

（八）产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及 2021 年第 49 号令《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》，本项目属第一类鼓励类项目的第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。本项目的运营可为达州市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。

三、项目选址、外环境关系及实践正当性分析

1、外环境关系分析

（1）医院外环境情况

本项目选址于武胜县城东片区迎宾大道与富裕路交叉口西南侧武胜县人民医院新院区门诊综合大楼负一层。新院区外为城区环境，西北侧为迎宾大道，西南面为武胜县体育中心（在建），东南侧为空地，东北面为武胜特产展销馆、居民区 1、居民区 2 等。

（2）本项目外环境情况

本项目加速器治疗 1 室拟安置在武胜县人民医院门诊综合大楼新院区负一层，东北侧 20~36m 为垃圾处理站、锅炉房、洗涤房、42~50m 为武胜特产销售馆；东南侧 40m~49m 为供氧站，南侧 3~27m 为门诊综合楼；西南侧 3~50m 为门诊综合楼，西北侧 0~50m 均为院区道路或城市道路。本项目医院及本项目周边环境概况图见附图 2。

直线加速器治疗 1 室位于医院门诊综合大楼负一层东侧，直线加速器治疗 1

室南侧依次为辅助机房、控制室、候诊大厅，西侧为预留机房，楼上为门诊综合楼前室外通道，北侧、东侧、楼下均为土质层。本项目直线加速器治疗1室所在建筑楼层（门诊综合大楼负一层）平面图见附图3。

2、项目选址合理性分析

武胜县人民医院新院区综合门诊大楼项目位于武胜县城东片区迎宾大道和富裕路交叉口，医院周围交通便捷，能为周围居民提供方便的就医设施。武胜县人民医院门诊综合大楼用地已取得了《建设工程规划许可证》（地字第 2018-067（县）号）、《建设用地规划许可证》（地字第 2018-065（县）号），用地性质为医疗用地，用地符合城乡规划要求。

本项目直线加速器治疗 1 室所在综合门诊大楼于 2019 年取得了原武胜县环保局《关于广安市武胜县人民医院门诊综合大楼建设项目、广安市武胜县人民医院门诊综合大楼二期工程项目环境影响报告表的批复》（武环审批〔2019〕3 号）。

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。直线加速器治疗1室位于医院门诊综合大楼负一层东侧，直线加速器治疗1室下方为地基，上方为门诊综合楼前室外通道，东侧和北侧均为回填土，西侧为闲置机房，南侧为病人通道、控制室和辅助机房。周围没有儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，也无流动性大的商业活动区域，术中放射治疗和辅助工作用房为相对独立的区域，控制台与治疗设备分离，实行了隔室操作，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“5.1选址与布局”的要求。

武胜县人民医院综合门诊大楼项目所在区域为城市建成区，周围基础设施完善，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，且拟建的各辐射工作场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。

3、与周边环境的相容性分析

本项目产生的生活废水经医院污水处理站处理后排入市政污水管网，不会对当地水质产生明显影响；项目产生的办公、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处理；本项目产噪设备为风机，声级约为 60dB（A）左右，经采取降噪措施后噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划；本项目运行阶段产生的电离辐射经有效屏蔽后对周围环境影响较小；同时本项目建设不占用医院消防通道和内部公共设施，与医院内部原有布置及周围环境相容。

4、实践正当性

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。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断和治疗效果，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，因此，该项目的实践是必要的，实践具有正当性。

四、原有核技术利用项目许可情况

1、原有辐射安全许可情况

医院已取得辐射安全许可证，编号川环辐证[00643]（附件 2），有效期至 2024 年 02 月 24 日。许可的种类和范围为使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。

目前，医院已上证的有 1 台 II 类射线装置、12 台 III 类射线装置，使用射线装置情况见表 1-6，使用非密封放射性物质情况见表 1-7。

表 1-6 医院已上证的射线装置情况一览表

序号	装置名称	型号	类别	数量 (台)	用途	场所
1	全景口腔数字化 X 线 DR 机	ORTHOPH oSxG5CE PH	III	1	口腔 (牙科)射线装置	全景口腔数字化检查室
2	DR	DigitalDiagn osT	III	1	医用诊断 X 射线装置	DR 室 2

3	数字胃肠机	PLD6800	III	1	医用诊断 X 射线装置	数字胃肠机检查室
4	乳腺钼靶机	Mega600A	III	1	医用诊断 X 射线装置	体检中心乳腺钼靶机室
5	CT 机	Neuviz128	III	1	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	CT 室 2
6	DR	Neuvison360	III	1	医用诊断 X 射线装置	DR 室 1
7	CT 机	SOMATOM go.up	III	1	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	CT 室 1
8	DR	Definium6000	III	1	医用诊断 X 射线装置	体检中心 DR 室
9	DSA 数字血管造影机	Artis zeell ceiling	II	1	血管造影用 X 射线装置	2 号楼 1 楼 DSA 检查室
10	高频移动 C 臂	PLX112B1	III	1	医用诊断 X 射线装置	骨科手术间
11	移动式 G 臂 X 射线成像系统	DigiArc 100Ac	III	1	医用诊断 X 射线装置	骨科手术间 (2)
12	CT 机	SOMATOM Emotion	III	1	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	方舱 CT
13	口腔 CBCT	SS-X10010DP lus	III	1	口腔 (牙科) X 射线装置	口腔 CT 室

表 1-7 医院使用非密封放射性物质情况一览表

序号	核素名称	本年度实际使用总量 (贝可)	工作场所	工作场所年最大用量 (贝可)	用途	转让审批备案文号
1	I-125 (粒子源)	(3.552E+11)*7	CT1 室	(3.552E+11)*48	放射形药物治疗	川环辐审[2019]2057 号

2、辐射安全与防护管理机构

建设单位已成立放射防护安全管理工作领导小组, 结合医院实际情况, 调整医院放射防护安全管理工作领导小组 (见附件 3), 该领导小组具体负责医院辐射安全管理工作。

3、辐射安全管理制度的建立和执行情况

建设单位制定了相关辐射安全管理制度，主要包括辐射安全管理规定、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、直线加速器操作规程、辐射工作场所监测制度、监测仪表使用与校验管理制度、辐射工作人员培训制度、辐射工作人员个人计量管理制度等多个管理制度。

医院辐射安全管理制度的内容符合《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）中的要求。

4、辐射工作人员个人剂量情况

医院已委托天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司进行个人剂量检测，医院辐射工作人员均配备了个人剂量计，且个人剂量计定期送检，并建立个人剂量档案。根据个人剂量检测报告（见附件7），全院辐射工作人员个人剂量检测结果低于职业人员5mSv/年的约束限值，也低于1.25mSv/季度的约束限值。

5、辐射安全与防护考核情况

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告2019年第57号），本次从事医用直线加速器（Ⅱ类射线装置）的7名辐射工作人员均为新增工作人员，医院承诺将尽快安排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。

6、年度监测情况

武胜县人民医院已委托四川世阳卫生技术服务有限公司按照要求进行了2022年度监测，监测文号为“四川世阳（HJ）监（2022）3033号~四川世阳（HJ）监（2022）3044号”，根据监测报告，建设单位已有射线装置辐射工作场所周围剂量当量率均低于2.5μSv/h，周围职业人员和公众的年有效剂量均分别小于5mSv/a和0.1mSv/a的管理约束值。

7、年度评估情况

建设单位编制了《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（2022年度）》。

现医院辐射安全管理情况如下：

（1）单位辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作。

(2) 单位制定和完善了辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。

(3) 单位辐射工作人员存在变动，目前共有 67 名辐射工作人员，其中有 51 名辐射工作人员通过了辐射安全与防护培训考核。根据 2020 年 3 月生态环境部发布的《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部 2021 年第 9 号公告），针对原仅有从事Ⅲ类射线装置使用工作辐射工作人员医院已组织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。

(4) 单位委托有资质单位开展了辐射工作场所的辐射环境监测和对辐射工作人员的个人剂量，结果表明均满足国家标准要求。

(5) 单位未发生辐射事故。

(6) 单位无改建辐射工作场所。放射源的转让申请通过审批中，已开展此项业务。

(7) 单位对环保部门现场检查提出的整改要求进行了整改落实，在年度评估中对发现的安全隐患及时进行了整改。

表 2：放射源

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

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	备注
	本项目不涉及										

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	医用直线 加速器	II 类	1 台	Elekta Synergy	电子	X 射线：10MV 电子线：15MeV	距靶点 1m 处的 X 射线最大 空气吸收剂量率为 6Gy/min， 距靶点 1m 处的电子线最大 空气吸收剂量率为 6Gy/min。 CBCT(图像引导功能)X 射线参数： 150kV、500mA。	治疗	门诊综合大楼负 1 层直线加速器治疗 1 室	本次新增

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪器等

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（μA）	中子强度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5：废弃物（重点是放射性废弃物）

名称		状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
直线加速器治疗 1 室	臭氧	气态	/	/	/	/	mg/m ³	/	臭氧经排风管道引至门诊综合楼排风管道中，而后引至建筑楼顶进行排放
	废靶件	固态	/	/	/	/	/	不暂存	交由有废靶件收贮资质的单位回收处置
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——

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；年排放总量用kg。

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/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 年修订)》(2018 年 12 月 29 日实施)； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(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 682 号令)； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005 年 9 月 14 日国务院第 449 号令发布，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)； (6) 《四川省辐射污染防治条例》(四川省十二届人大常委会第 24 次会议通过，2016 年 6 月 1 日实施)； (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) 《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)； (9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，2017 年 12 月 12 日《环境保护部关于修改部分规章的决定》(部令第 47 号)对其进行了修改，2019 年 8 月 22 日《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》(生态环境部令第 7 号)对其进行了修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 第 20 号修改)； (10) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》(2021 版)(中华人民共和国生态环境部第 16 号令)； (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) 《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环函[2016]1400 号)； (14) 《关于印发<四川省生态环境厅(四川省核安全局)辐射事故应急预案(2020 版)>的通知》(川环发[2020]2 号)。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)； (3) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)； (4) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)； (5) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)； (6) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)； (7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (8) 《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)； (9) 《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)； (10) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)； (11) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)。
其他	(1) 《核技术利用监督检查技术程序》(生态环境部(国家核安全局)，2020 年发布版)； (2) 《辐射防护手册》(第一分册、第三分册)，李德平、潘自强主编，原子能出版社； (3) 《辐射防护导论》，方杰主编，原子能出版社； (4) 项目委托书及建设单位提供的其他资料。

表 7：保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点和《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）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”，确定本次评价范围为直线加速器治疗 1 室实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围，见附图 3。

保护目标

本项目直线加速器治疗 1 室位于新院区门诊综合大楼（-2F/9F）-1 层，本项目环境保护目标具体见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

场所	保护名单	人数 (人)	方位	位置	距离辐射源 点最近距离 (m)	剂量约束 值 (mSv/a)
直线加速器治疗 1 室	职业人员	6 人	南侧	加速器机房	/	5.0
				控制室	8.3	5.0
				辅助机房	9.5	5.0
	周围公众	约 10 人	南侧	-1F 候诊区	9.0	0.1
场所	保护名单	人数 (人)	方位	位置	距离屏蔽体 点最近距离 (m)	剂量约束 值 (mSv/a)
门诊综合楼	周围公众	约 20 人	南侧、西南侧	门诊综合楼	3	0.1
		约 10 人	东北侧	垃圾处理站、锅炉房、洗涤房	20	0.1
		约 50 人	东北侧	武胜特产销售馆	42	0.1
		约 100 人	东南侧	供氧站	40	0.1

评价标准

一、环境质量标准

- (1) 环境空气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准。
- (2) 地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类标准。
- (3) 地下水：执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）Ⅲ类标准。
- (4) 声环境：执行《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：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。
- (2) 废水：生活污水依托医院污水处理设施处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理标准后排入市政污水管网。
- (3) 噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）各阶段标准；营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准。
- (4) 固体废物：执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）。

三、辐射环境影响评价标准限值

1、个人剂量约束值

①职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。项目对于职业人员，按上述标准中规定的职业照射年有效剂量的 1/4 执行（即 5mSv/a），作为本项目职业照射年有效剂量约束值。

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

③《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

按照 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 。

2、控制剂量率水平

直线加速器工作场所边界周围剂量率控制水平执行《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 有关规定:

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 $H_{c,a}(\text{uSv/h})$:

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

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

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

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

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

b) 穿出治疗室顶的辐射对偶然到达治疗室顶外的人员的照射,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治疗室顶,治疗室顶外表面 30cm 处的剂量率参考水平可按 $100\mu\text{Sv/h}$ 加以控制(可在相应位置处设置辐射告示牌)。

d) 根据 4.3.2.5.2c,迷道门外关注点的最高剂量率应为参考控制水平的一个分数(应小于 $1/4$),因此取 $0.625\mu\text{Sv/h}$ 。

同时加速器工作场所布局应符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分:一般原则》(GBZ/T201.1-2007) 3.3 中所确定的周围剂量当量率参考控制水平。治疗室墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平还应满足《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）4.2.1 所确定的周围剂量当量率参考控制水平，治疗室顶应满足 4.2.2 的要求。

四、通排风要求

根据《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）中放射治疗机房内换气次数不少于 4 次/h。

五、臭氧浓度限值

根据《环境空气质量标准》（GB3095—2012）室外臭氧小时平均浓度符合二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求。

表 8：环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、场所现状

本项目选址于武胜县城东片区迎宾大道与富裕路交叉口西南侧武胜县人民医院新院区门诊综合大楼负一层。新院区外为城区环境，西北侧为迎宾大道，西南面为武胜县体育中心（在建），东南侧为空地，东北面为武胜特产展销馆、居民区 1、居民区 2。

本项目加速器治疗 1 室拟安置在武胜县人民医院门诊综合大楼新院区负一层，东北侧为垃圾处理站、锅炉房、洗涤房、武胜特产销售馆；东南侧为供氧站，南侧为门诊综合楼；西南侧为门诊综合楼，西北侧均为院区道路或城市道路。本项目医院及本项目周边环境概况图见附图2。

直线加速器治疗 1 室位于医院门诊综合大楼负一层东侧，直线加速器治疗 1 室南侧依次为辅助机房、控制室、候诊大厅，西侧为预留机房，楼上为门诊综合楼前室外通道，北侧、东侧、楼下均为土质层。本项目工作场所周围环境现状见图 8-1。



图 8-1 现场照片

二、监测对象、监测因子和监测点位

本项目为使用 II 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，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。

为掌握项目所在地辐射水平，本次评价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的辐射环境进行了监测，监测报告见附件 9，监测结果见表

8-3。

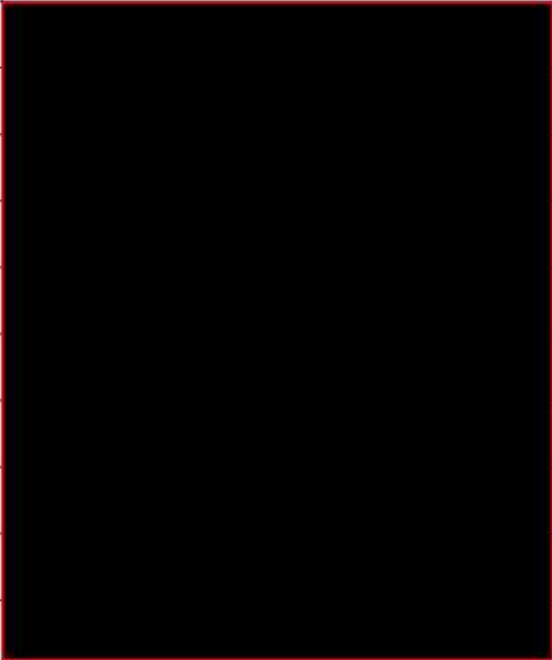
1、监测方法与标准

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

2、监测点位布设

本项目所依托的门诊综合大楼目前正在建设中，且评价范围内没有其他电离辐射源，周围辐射环境趋于一致，本次选择在直线加速器治疗 1 室周围布设监测点位以反映区域辐射环境质量本底状况，具体见表 8-1 和附件 9，监测布点图见图 8-2。主要监测因子为 X- γ 辐射剂量率，本次共布设 10 个监测点位（详见附件 9），能较好反映项目周围辐射环境现状，其监测点位布设合理。

表 8-1 监测布点方案一览表

序号	监测点位	监测因子	监测频次
1		X- γ 辐射剂量率	每点各测一组，每组监测 10 次
2		X- γ 辐射剂量率	
3		X- γ 辐射剂量率	
4		X- γ 辐射剂量率	
5		X- γ 辐射剂量率	
6		X- γ 辐射剂量率	
7		X- γ 辐射剂量率	
8		X- γ 辐射剂量率	
9		X- γ 辐射剂量率	
10		X- γ 辐射剂量率	

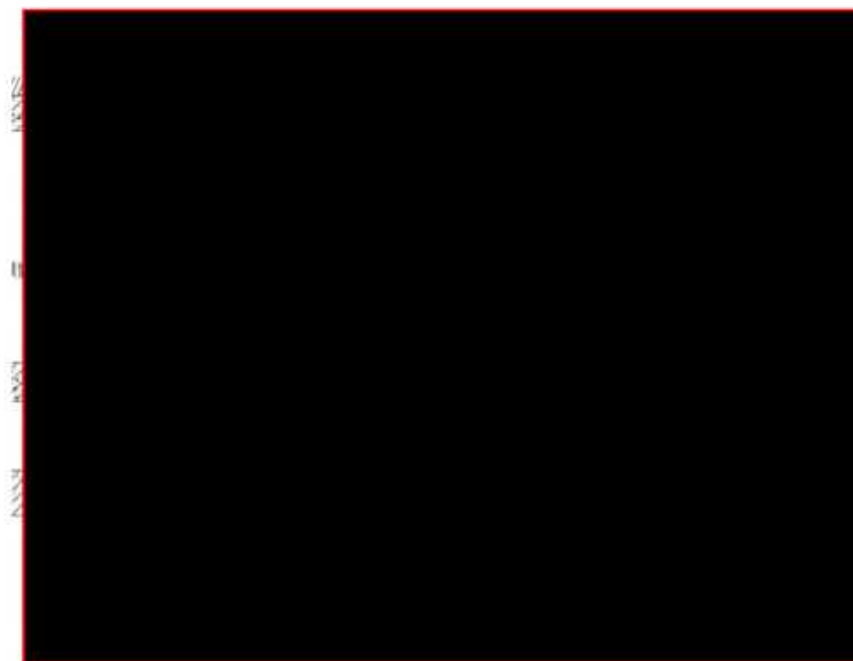


图 8-2 监测布点图（加速器机房周围）



图 8-3 监测布点图（50m 范围敏感点）

3、监测时间及现场环境状况

2023 年 6 月 29 日，监测人员对项目拟建地进行了现场监测，监测时环境温度 32℃；环境湿度：45%RH；天气状况：晴。

4、监测因子、监测方法及监测仪器

表 8-2 监测因子、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辐射空气吸收剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）	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 能响范围：0.025MeV~3MeV 修正因子：0.89 校准证书编号：校准字第 202210001539 号 校准单位：中国测试技术研究院 检定日期：2022 年 10 月 13 日 有效日期：2023 年 10 月 12 日

5、质量保证

本次监测单位为四川中环康源卫生技术服务有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定证书（证书编号：212303100255），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》（HJ 1157-2021）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》（HJ 1157-2021），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检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

6、监测结果

监测结果见表 8-3。

表 8-3 X- γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

编号	测量点位置	X- γ 辐射空气吸收剂量率(nGy/h)	标准差	备注
1		66.16	0.05	室内
2		122.67	0.10	室外
3		76.69	0.17	室内
4		76.69	0.10	室内
5		78.91	0.10	室内
6		67.05	0.08	室内
7		109.32	0.08	室外
8		107.69	0.06	室内
9		126.68	0.14	室内
10		120.74	0.08	室内

根据表 8-3,本项目拟建地及周围 X- γ 辐射剂量率范围为 66.16 nGy/h ~126.68 nGy/h, 与中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果(61.9nGy/h~151.8nGy/h)基本一致,属于当地正常天然本底辐射水平。

7、小结

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

表 9：项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

本项目涉及的辐射工作场所房间纳入门诊综合大楼主体工程统一进行建设，本项目主体工程施工环境影响已包含在原环评报告中（武环审批（2019）3 号）。新院区门诊综合大楼主体结构原已完成修建，为满足现行国家标准的放射防护要求和拟安装的直线加速器的屏蔽防护要求，建设单位拟对原机房进行局部改建，改建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，混凝土均一次性浇筑完成。同时要防止噪声扰民。

因此本项目施工期主要是墙体加厚、机房装修施工阶段和设备安装、调试阶段。

本项目施工期主要环境影响因素为噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑垃圾等。改建时应注意施工方式，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，墙与墙之间须紧密贴合，防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍。

本项目施工期较短，施工量较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，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。

本项目直线加速器设备的安装、调试，应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、电子线、臭氧和少量包装废弃物。建设单位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、营运期

1、设备组成及工作原理

医用电子直线加速器是产生高能 X 射线和电子束的装置，为远距离治疗机。主要由机架组件、辐射头、水冷系统、速调管、真空系统、充气系统、高压脉冲调制器、栅控电子枪电源、kV 级 CBCT 图像引导系统（最大管电压 150kV，最

最大 X 射线能量：10MV；

距靶点 1m 处的 X 射线最大空气吸收剂量率：6Gy/min；

最大电子线能量：15MeV；

距靶点 1m 处的电子线最大空气吸收剂量率：6Gy/min；

最大照射野：40×40cm²；

等中心距地面高度：1.25m；

机架旋转角度：0-360°；

主射线最大出束角度：28°；

X 射线泄漏率：≤0.1%；

源轴距 SAD：1m。

CBCT（图像引导功能）X 射线参数：150kV、500mA。

本项目医用电子直线加速器有调强治疗。

2、治疗操作流程

本项目直线加速器治疗流程为：病人进行放射治疗的确诊并向患者告知可能受到辐射危害→职业人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪→患者在计划设计和首次摆位验证使用 CT 进行定位、进行体表标记→制定治疗计划、确定照射位置和剂量→病人进入加速器治疗室→关闭屏蔽门并开启安全联锁→患者在通过信息确认后 CBCT 定位，一定误差范围内可自动配准，配准完成后开始放疗→加速器出束治疗、实施治疗→治疗完毕。

本项目所使用的直线加速器治疗流程及产污位置见图 9-2。

通过分析可知，产污环节为：模拟定位时产生的 X 射线和臭氧，CBCT 照射位置校准过程中扫描产生的 X 射线、加速器治疗过程中产生的 X 射线、电子线、臭氧以及风机、水冷机房水泵产生的噪声。

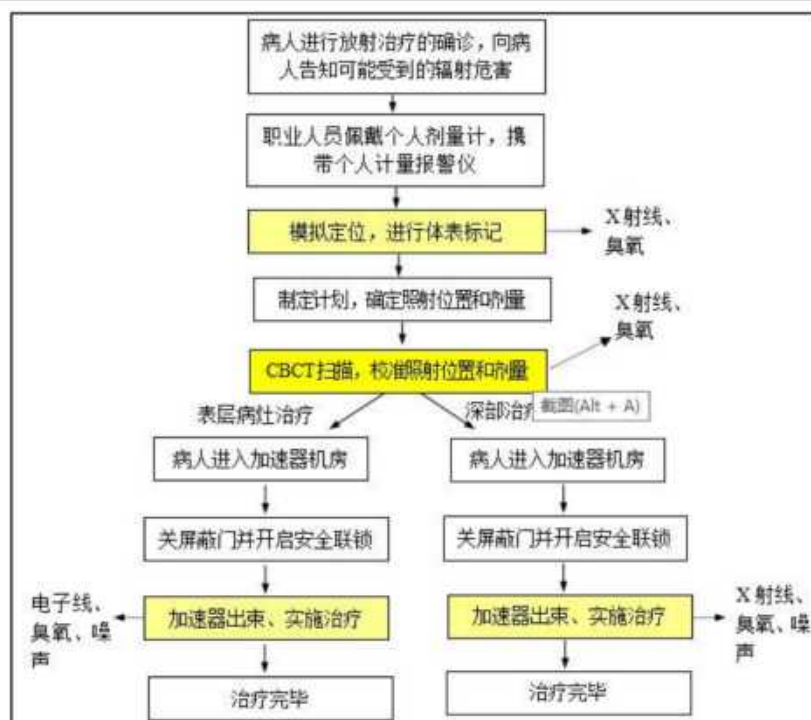


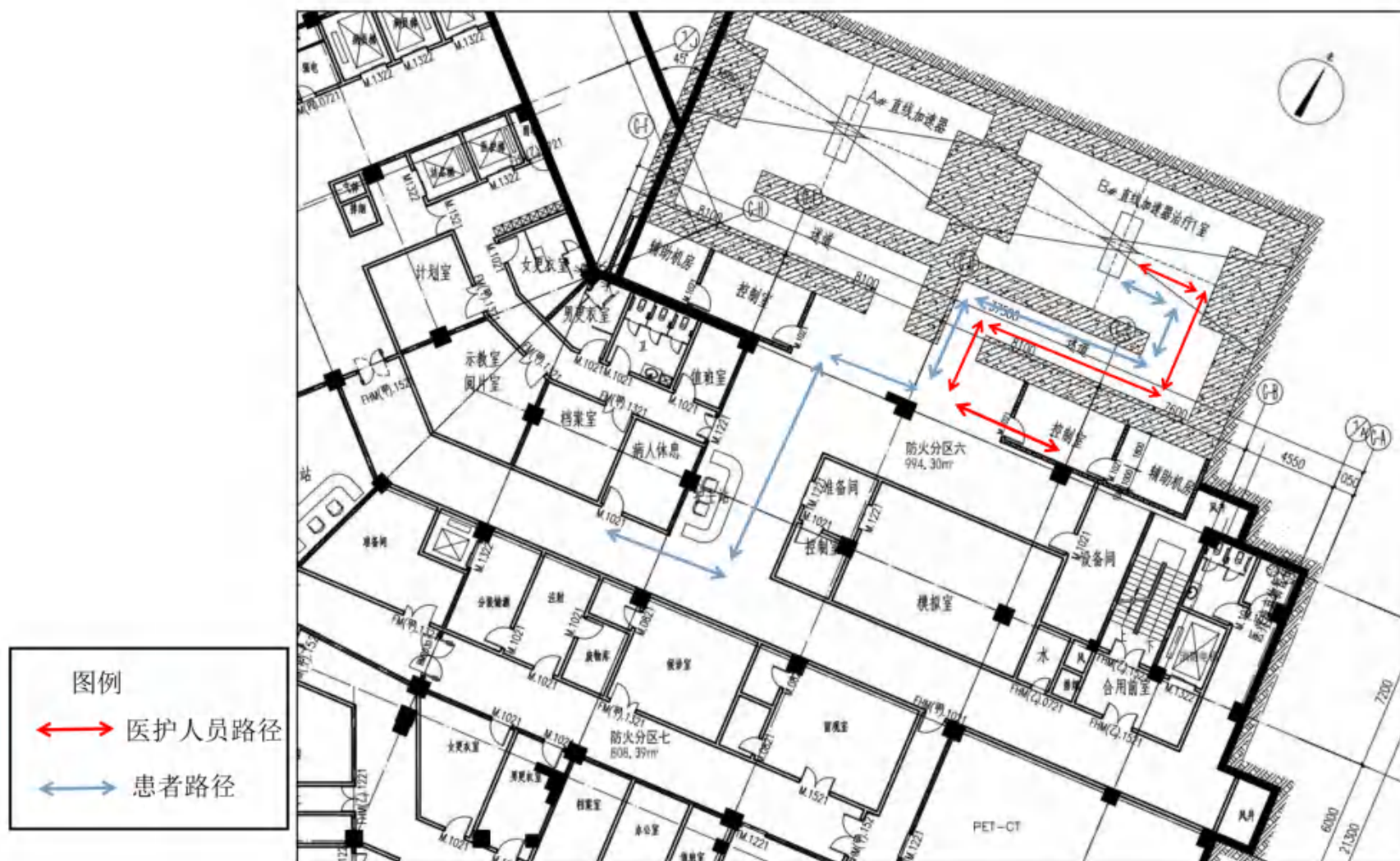
图 9-2 10MV 电子直线加速器治疗过程与产污环节简图

3、工作负荷

本项目直线加速器的 X 射线治疗出束时间为：每年50周，每周5天，每天治疗60人次，年治疗15000人次，每人每次出束治疗平均时间为2min（不含摆位时间），则日出束时间为2h，周出束时间为10h，年出束时间为500h。

4、医护人员和病人路径分析

患者从候诊大厅经直线加速器机房防护铅门进入直线加速器机房，医护人员通过医护通道进入直线加速器控制室，如图 9-3 所示。



污染源项描述

一、施工期

本项目主体工程施工环境影响已包含在原环评报告中（武环审批〔2019〕3号），本次评价不涉及。新院区门诊综合大楼主体结构原已完成修建，为满足现行国家标准的放射防护要求和拟安装的直线加速器的屏蔽防护要求，建设单位拟对原机房进行局部改建。

本项目施工期主要是墙体加厚、机房装修施工阶段和设备安装、调试阶段。

1、施工阶段

本项目施工期主要环境影响因素为噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑垃圾等。

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

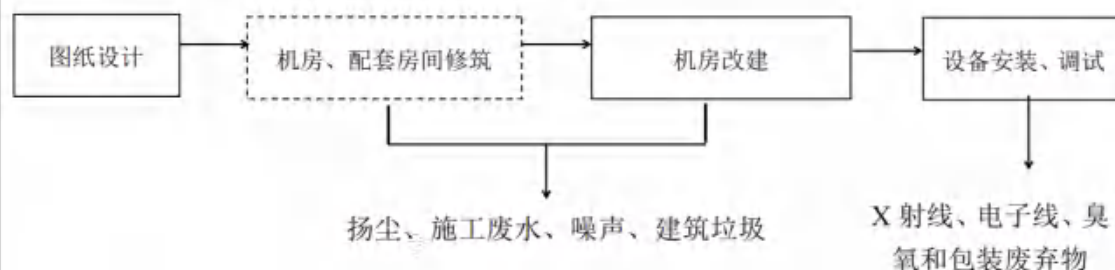


图 9-4 施工期施工工序及产污位置图（虚线框不属于本次评价内容）

二、运行期

（1）电离辐射

本项目医用电子直线加速器加速粒子为电子，当电子束经高能加速后与靶物质相互作用时产生韧致辐射（即X射线），本项目医用电子直线加速器可以提供X线和电子线，电子和X射线是随机器的开关而产生和消失的。由于本项目医用电子直线加速器X射线最大能量不超过10MV，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中子和感生放射线。

废靶件：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，废靶件应由有收贮废靶件辐射安全许可证的单位现场回收，不在医院储存。

（2）废气

本项目所使用的医用电子直线加速器在运行过程中产生的有害气体主要是空气中的氧和氮在辐射作用下电离而生成的臭氧和氮氧化物，臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸，氮氧化物的产生量比臭氧小 10 倍，对环境的影响很小，本次主要考虑臭氧。

（3）废水

医护人员产生少量生活废水，生活废水经医院污水处理站处理后排入市政污水管网。

本项目医用电子直线加速器使用的冷却水均循环使用不外排。

（4）办公、生活垃圾

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处理。

（5）噪声

通排风风机工作时将产生一定的噪声，噪声源强最大为 60dB（A）。

表 10：辐射安全与防护

项目安全设施

通过污染源分析可知，本项目产生的主要污染物为 X 射线、电子线和臭氧等。针对这些污染物，建设单位在设计阶段均制定了相应的污染防治措施。

一、平面布置合理性分析

1、直线加速器

本项目直线加速器治疗1室位于医院门诊综合大楼负一层东侧，直线加速器治疗1室下方为地基，上方为门诊综合楼前室外通道，东侧和北侧均为回填土，西侧50m范围内依次为预留机房、电梯厅，南侧50m范围内依次为病人通道、控制室和辅助机房、放疗区域、预留核医学科区域等。

表 10-1 直线加速器治疗 1 室相邻关系及人员驻留情况

房间名称	东	南	西	北	楼上	楼下
直线加速器治疗 1 室	回填土	控制室；辅助机房； 室内通道	预留机房	回填土	院内室 外通道	地基
人员驻留 情况	人员无 法到达	职业人员 1； 公众 1/4；	公众 1/2	人员无 法到达	公众 1/4	人员无 法到达

根据平面布置，本项目整个场所较独立，场所布局功能分区明确，与直线加速器治疗 1 室相关的各类辅助用房紧密布置在直线加速器机房周围，便于病人就诊，减少人流集中流通，便于建设单位统一运行管理。

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 10-2。

表 10-2 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。	本项目直线加速器治疗1室位于医院门诊综合大楼负一层东侧，位于大楼底部，同时控制室、设备间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
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	本项目放射治疗工作场所将实行两区管理，直线加速器治疗1室及迷道划分为控制区，邻近的控制室、辅助机房等划为监督区，两区划分具体见表10-2。	满足

条件的区域设为监督区。		
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。	治疗设备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。	直线加速器有用线束范围为南北360°，控制室位于南侧，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。	本项目电子直线加速器设置有满足屏蔽要求的迷路。	满足

综上所述，本项目直线加速器治疗1室平面布置满足《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。

综上所述，本项目直线加速器工作场所根据工作要求、有利于辐射防护和环境保护及各组成部分功能区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且最大限度避开了人流量较大的门诊区或其它人流活动区，在设计阶段，直线加速器工作场所已进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方便性。从辐射安全的角度考虑，本项目直线加速器工作场所产生的电离辐射经屏蔽后对周围辐射环境影响是可接受的，平面布置合理。

二、工作区域管理

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，以及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）并结合本项目平面布置实际情况，项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。

本项目将直线加速器治疗 1 室（含迷道）划分为控制区，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，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：控制室、辅助机房等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的监督区。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-3，两区划分图见附图 8。

表 10-3 本项目工作区域划分一览表

射线装置	控制区	监督区	备注
直线加速器	直线加速器治疗 1 室 （含迷道）	控制室、辅助机房	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。 监督区范围内应尽量限制无关人员进入。

2、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，见图 10-2；

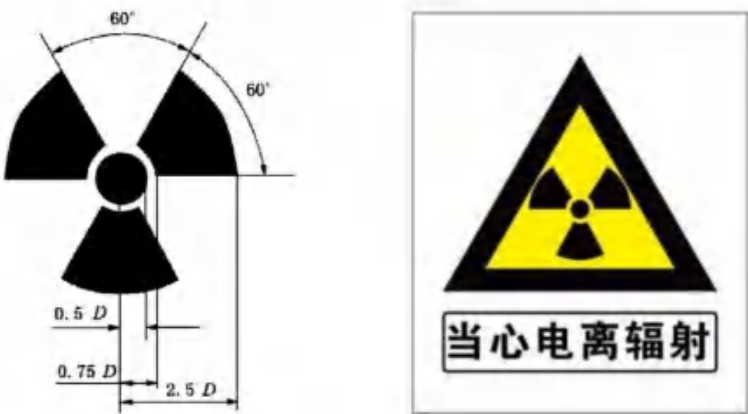


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

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（包括门禁）限制进出控制区；

④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。

4、监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区为边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

三、辐射安全及防护措施

1、源项控制

本项目医用电子直线加速器购置于正规厂家，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控制台上有关辐射类型、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情况。

②条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂选值、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。

③控制台上配置有独立于其它任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次辐照。

④有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。

⑤有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。

⑥有全部安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

⑦有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

3、屏蔽防护

直线加速器治疗1室改建后面积（含迷道）为 96.53m^2 ，净空尺寸长 $9.85\text{m}\times$ 宽 $9.8\text{m}\times$ 高 3.7m 。其东侧有控制室（面积为 15m^2 ）、辅助机房（面积为 12m^2 ）。直线加速器治疗1室四周墙体、迷道、顶部及底部均为钢筋混凝土结构，主射方向朝向东侧、西侧、顶部及底部。其中，东侧主屏蔽部分为 3000mm 厚、 4800mm 宽混凝土，次屏蔽部分为 1700mm 厚混凝土；西侧主屏蔽部分为 4300mm 厚、 4800mm 宽混凝土，次屏蔽部分为 1700mm 厚混凝土；北侧墙体为 1100mm 厚混凝土；南侧迷道内墙为 1400mm 厚混凝土，迷道外墙为 1300mm 厚混凝土，迷道成“Z”型；顶部为主屏蔽部分为 2900mm 厚、 4800mm 宽混凝土，次屏蔽部分为 1600mm 厚混凝土；防护门为 12mm 铅当量+ 50mm 含硼聚乙烯电动推拉铅钢防护门。

为避免施工缝隙和气泡产生，机房施工方式需为连续整体浇筑。同时，为减少接缝处射线的泄漏，要求防护门两侧铅板搭接宽度大于门缝宽度10倍以上，门的底部与地面之间的重叠宽度大于门缝宽度10倍以上。

4、机房穿墙屏蔽设计

本项目直线加速器治疗1室的通排风管道拟通过机房门上方墙体内斜向 30° 的管道进入或离开机房；加速器的电缆拟通过治疗室南墙迷道外墙以低于地面的“U”字型电缆沟连通加速器、控制室主控台及水冷机房内的设备；直线加速器治疗1室迷道外墙上拟设置斜向约 30° 的预留检测孔，在迷道内的出口高度约为 30cm ，控制室内的出口高度约为 120cm 。

本项目直线加速器治疗1室穿墙管线示意图如图10-3所示。

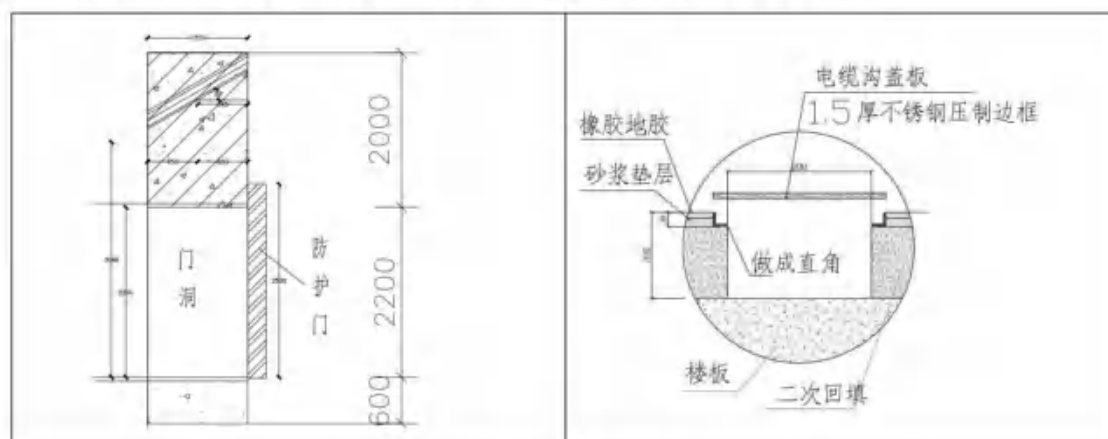


图 10-3 直线加速器治疗1室通排风管道、电缆沟穿墙大样图

项目建成后，对各个线缆进出口、排风口进行巡测，若出现超过标准的现象，应加强防护，防止射线泄漏。

5、机房安全装置设计与布置

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、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《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400 号），本项目直线加速器治疗 1 室内具体安全装置布置情况见表 10-4，各安全装置平面布置见图 10-4，各安全装置逻辑关系见图 10-5。

表 10-4 直线加速器治疗 1 室安全装置布置表

安全装置	作用及安装要求	直线加速器治疗 1 室配置数量
门-机联锁	在启动高压装置条件下，如果开启防护门，射线装置高压会失电并停止出束，以实现门-机联锁。	1 套
固定式剂量报警仪	机房迷道的内入口处安装固定式剂量报警仪，并在机房外实时显示机房内辐射剂量水平，当机房内辐射剂量超过安全水平等异常情况下报警，避免人员误入机房造成误照射。	1 台
紧急止动开关	机房内在工作人员易于接触的地方（距离地面 1.2m 高处）设置紧急停机按钮（安装点包括墙体、迷道、治疗床、控制台），且相互串联，若触动任意开关可紧急关闭加速器停止出束，以避免机房内人员尚未完全撤离的情况下开机，产生误照射。按钮位置应有中文标识。	5 个
工作状态指示灯（门-灯联锁）及电离辐射警告标志	机房防护门口醒目处安装工作状态指示灯及明显的电离辐射警告标志，工作状态指示灯与防护门联锁，当防护门关闭时，工作状态指示灯亮起，当防护门开启时工作状态指示灯熄灭。	1 套
紧急开门按钮	机房迷道入口内侧人员易接触的位置（距离地面 1.2m 高处）装有紧急开门按钮，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，按钮位置应有中文标识。	1 个
视频监控	机房内不同位置均安装视频监控装置，实现对机房全覆盖，便于监控曝光前人员误入。	5 个
语音播报及双	机房内设置语音播报及双向交流对讲系统，在准备出	2 个

向交流对讲系统	束时进行语音提示，告知非相关人员及时撤离机房，并可以通过双向交流对讲系统告知病人或未撤离人员。	
---------	---	--

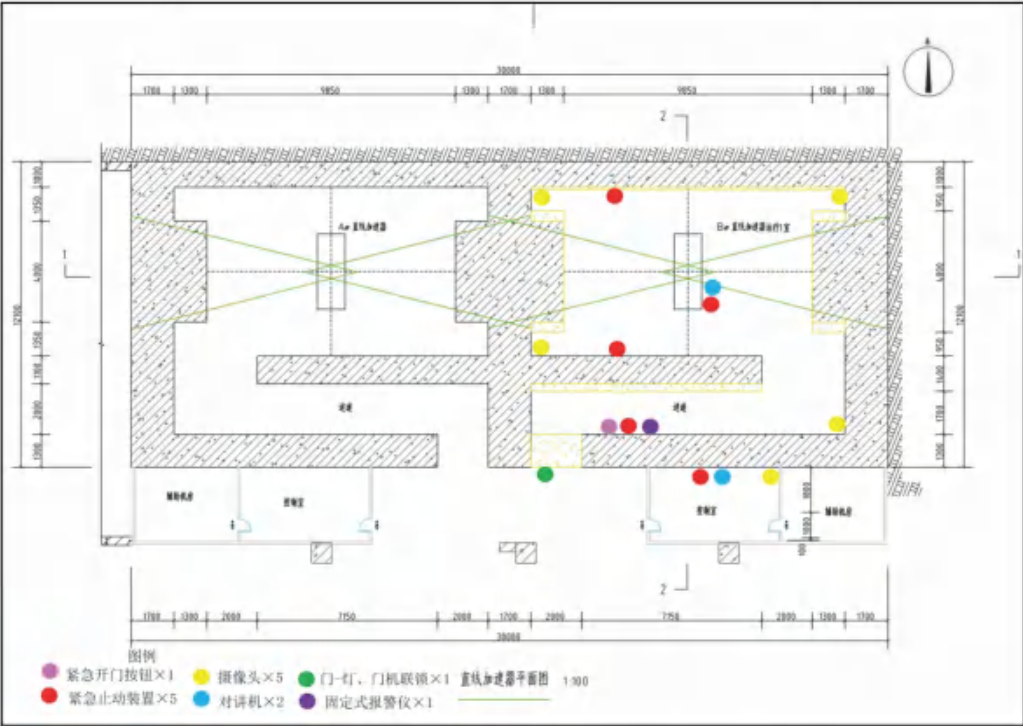


图 10-4 直线加速器治疗 1 室安全装置布置图

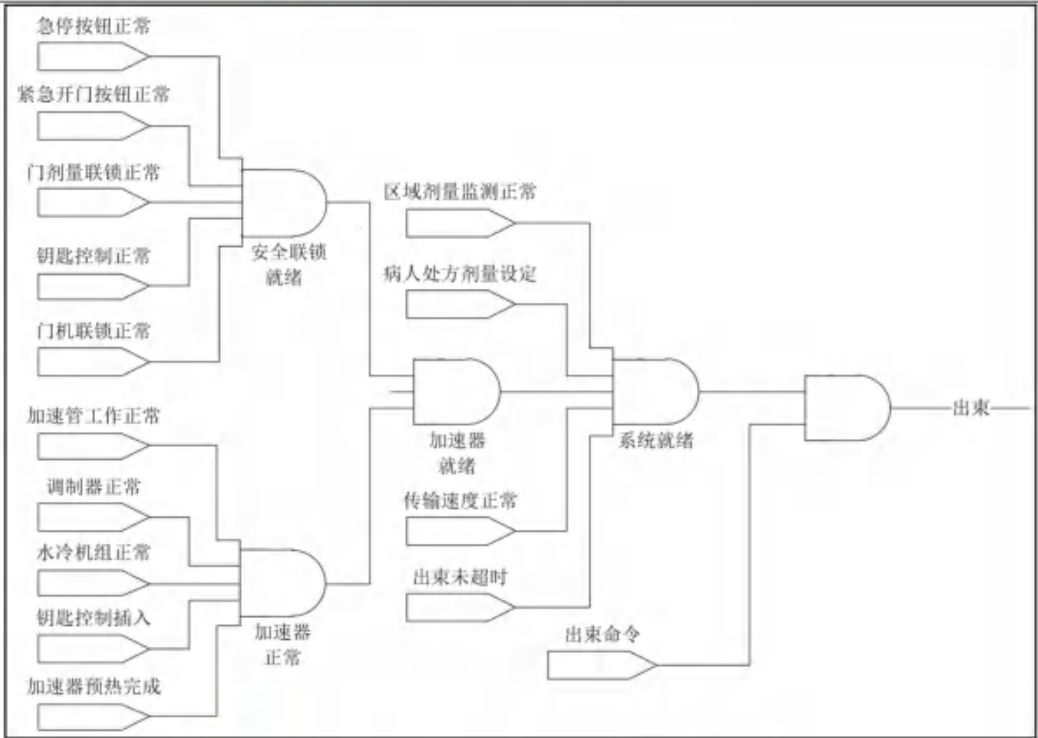


图 10-5 医用电子直线加速器联锁关系图

6、时间防护及距离防护

在满足治疗要求的前提下，在每次治疗之前，根据治疗要求和病人实际情况

制定最优化的诊断方案,选择合理可行尽量低的剂量值,以及尽量短的照射时间,减少工作人员和相关公众的受照时间,同时也避免病人受到额外剂量的照射。

职业人员采取隔室操作的方式,控制室与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。同时,机房划定控制区和监督区,控制区入口处设置电离辐射警示标志和工作状态指示灯,工作状态下禁止任何人员进入辐射区域。

四、辐射工作场所安防措施

为确保本项目所使用的Ⅱ类射线装置的辐射安全,本项目采取的安全保卫措施见表 10-5。

表 10-5 辐射工作场所安防措施一览表

工作场所	措施类别	对应措施
射线装置工作场所	防盗、防抢和防破坏	①本项目Ⅱ类射线装置机房应纳入医院日常安保巡逻的重点工作范围,加强巡视管理以防遭到破坏; ②工作场所应设置有红外线监控射线头实行 24h 实时监控; ③射线装置应安排有专人进行管理和维护,并进行台账记录,一旦发生盗抢事件,立即关闭设备和防护门,并立即向公安机关报案; ④射线装置机房和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防泄漏	①本项目所使用的Ⅱ类射线装置购置于正规厂家,具有固有安全性,防护性能满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)、《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)和《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020); ②本项目射线装置工作场所均已按照有关规范要求进行了辐射防护设计,只要按照设计和环评要求进行落实,机房是不存在辐射泄漏的情况,根据辐射影响分析,机房屏蔽体外 30cm 处剂量率能满足标准要求。

五、辐射安全防护设施对照分析

为防止发生辐射事故,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《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环函[2016]1400 号)中对医用电子直线加速器辐射安全防护设施的要求,本次评价根据建设单位采取的辐射安全装置及设备进行了对照分析,具体情况见表 10-6。

表 10-6 辐射安全防护设施汇总对照分析表

直线加速器治疗 1 室				
序号	项目	规定的措施	落实情况	备注
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	/
2		控制台有紧急停机按钮	设备自带	/
3		视频监控与对讲系统	/	拟配置 2 个

4		治疗室门与高压连锁	/	拟配置 1 个
5	警示装置	入口电离辐射警示标识	/	拟配置 1 个
6		入口有加速器工作状态显示	/	拟配置 1 个
7		工作场所分区及标识	/	拟配置 1 套
8	治疗室紧急设施	屏蔽门内开门按钮	/	拟配置 1 套
9		治疗室门防夹人装置	已设计有	/
10		紧急照明或独立通道照明系统	已设计有	/
11		治疗室内有紧急停机按钮	/	拟配置 5 个
12		治疗床有紧急停机按钮	设备自带	1 个
13	监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	/	拟配置 1 个
14		便携式辐射监测仪器仪表	/	拟配置 1 台
15		个人剂量报警仪	/	拟配置 1 台
16		个人剂量计	/	拟配置 6 个
17	其他	个人辐射防护用品	/	拟配置（医生 2 套，病人 1 套）
18		通风系统	已设计有	/

三废的治理

一、废气处理措施

直线加速器在曝光过程中产生少量臭氧。

直线加速器治疗1室拟设置强制通风系统，新风管道、排风管道均通过机房门上方的墙体经斜向30°的管道进入治疗室。排风管道从穿墙位置引出并汇总至门诊综合楼排风管道中，而后引至建筑楼顶进行排放。在治疗室排风管汇入主排风管时均设置有止回阀，防止气流倒灌。

建设单位拟在直线加速器治疗1室吊顶层东部南北两端各设1个进风口，机房内西侧南北墙角距地30 cm的位置各设置1个排风口，进风口和排风口对角设置。本项目直线加速器治疗1室的排风量为3000m³/h，机房净空体积为357.16m³，则机房每小时通风频率约8次/小时，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）中放射治疗机房内换气次数不少于4次/h的要求。

二、废水处理措施

本项目直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。

本项目废水主要来自于运行期间工作人员的生活废水，该部分废水直接排入医院污水处理站进行达标处理，最终排入市政污水管网。

三、固体废物处理措施

工作人员产生的少量办公、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处理。

四、噪声治理措施

本项目噪声源主要为风机噪声，所有设备选用低噪声设备，噪声源强最大为60dB（A），经距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

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”。报废后需确保射线装置不能正常通电，防止二次使用造成人员误照射。

六、环保措施及其投资估算

本项目总投资 [REDACTED] 环保投资 [REDACTED] 占总投资的 [REDACTED] 本项目辐射防护措施及其投资估算见表 10-9。

表 10-7 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

项目	设施（措施）	数量	金额 （万元）	备注
辐射屏蔽措施	直线加速器屏蔽墙体加厚	1 间	[REDACTED]	纳入主体工程范围
	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（含 5 个摄像头）		/
	语音播报及对讲装置	2 个		/
	工作状态指示灯（门-灯联锁）	1 套		/
	紧急开门装置	1 个		/
	紧急止动开关	5 个		/
	固定式剂量报警装置	1 台		/
	监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	1 套		/
个人防护用品	个人剂量计	6 人		/
	个人剂量报警仪	1 台		/
监测用品	X-γ辐射剂量率监测仪	1 台		/
废气	独立通排风系统	1 套		纳入主体

				工程范围
辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训	/			/
规章制度上墙				/
应急和救助的物资准备（应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练、医疗箱等）	/			/
合计				/

表 11：环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要是墙体加厚、机房装修施工阶段和设备安装、调试阶段。

1、施工的环境影响分析

(1) 大气环境影响分析

施工过程中产生的废气污染物主要是扬尘，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。

(2) 水环境影响分析

施工过程中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。

(3) 声环境影响分析

施工过程会产生一定噪声，针对噪声影响，本项目拟采取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。

(4) 固体废物影响分析

施工过程固体废弃物主要是生活垃圾、建筑垃圾。产生的废弃物如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等应妥善保管，及时回收处理；对于不可回收的建筑垃圾，应定点堆放，及时送当地指定的建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾依托医院生活垃圾收集设施收集后，交由环卫部门统一处理。

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。

本项目施工期很短，施工量较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，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。

2、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目所有设备的安装、调试，包括 1 台直线加速器，应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。

在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、电子线、臭氧和少量包装废弃物。建设单位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。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环境的影响较小。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

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

本项目拟购的 1 台 10MV 带 CBCT 功能医用电子直线加速器 X 射线能量为 10MV，电子能量可达 15MeV。医用直线加速器属于 II 类射线装置，在营运中的主要危害有 X 射线、电子束。治疗室内的空气还会受 X 射线作用电离而产生臭氧和氮氧化物，氮氧化物的产量仅为臭氧的十分之一，故本报告表中不对其进行评述。此外，采用专用排风系统强制换气，产生噪声。

该建设项目拟装医用电子直线加速器带 CBCT 图像引导功能，根据建设单位提供的信息，CBCT 的 X 射线最大参数为 150 kV、500 mA。对照 X 射线能量，各屏蔽体满足医用电子直线加速器 10 MV X 射线的屏蔽防护，则能满足 CBCT 系统 150 kV X 射线的屏蔽要求，因此本次不再单独针对 CBCT 系统运行时的 X 射线进行屏蔽计算。

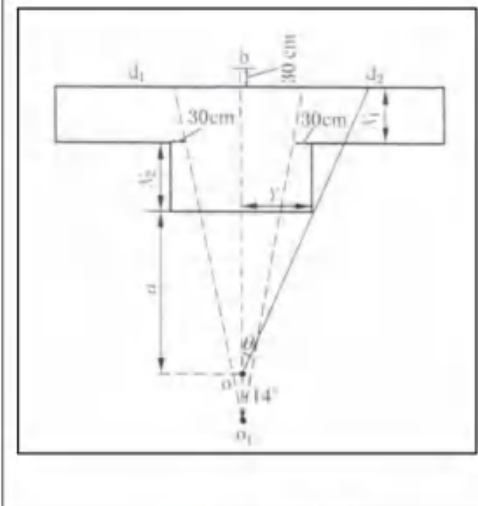
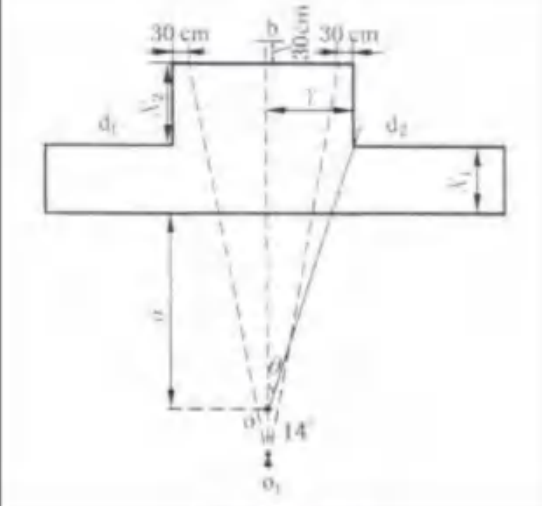
以下就 10MV 直线加速器运营中产生的 X 射线、电子束、臭氧和噪声的影响进行预测评价。

（一）10MV 加速器 X 射线环境影响分析

1、加速器机房主屏蔽区宽度校核

10MV 直线加速器机房，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° 。10MV 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	主屏蔽宽区外凸
$Y = (100 + a + X_2) \text{tg} 14^\circ + 30$	$Y = (100 + a + X_1 + X_2) \text{tg} 14^\circ + 30$

本项目中，西侧、东侧主屏蔽墙体为内凸，屋顶主屏蔽墙体为外凸，因此对应的主屏蔽区宽度校核见表11-1。

表 11-1 本项目加速器机房主屏蔽区宽度校核表

焦点距主屏蔽区距离(m)	主屏蔽区宽度计算值(m)	宽度设计(m)	结论
距西侧主屏蔽墙体 4.925	$2 \times [(1 + 4.925 + 1.3) \text{tg} 14^\circ + 0.3] = 4.2$	4.8	满足要求
距东侧主屏蔽墙体 4.925	$2 \times [(1 + 4.925 + 1.3) \text{tg} 14^\circ + 0.3] = 4.2$	4.8	满足要求
距顶部主屏蔽墙体 2.4	$2 \times [(1 + 2.4 + 1.6 + 1.3) \text{tg} 14^\circ + 0.3] = 3.7$	4.8	满足要求

2、医用电子直线加速器屏蔽厚度合理性分析

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的要求，在本项目医用电子直线加速器机房外设定了关注点。从保守角度出发，在加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定加速器最大工况运行并针对关注点最不利情况对机房进行辐射屏蔽核算。由于本项目加速器机房北侧、东侧、机房下方均为土层，故北侧、东侧和地面的防护不予考虑。本项目加速器机房的关注点设定及水平方向照射路径示意图，见图 11-1，垂直方向照射路径示意图，见图 11-2。

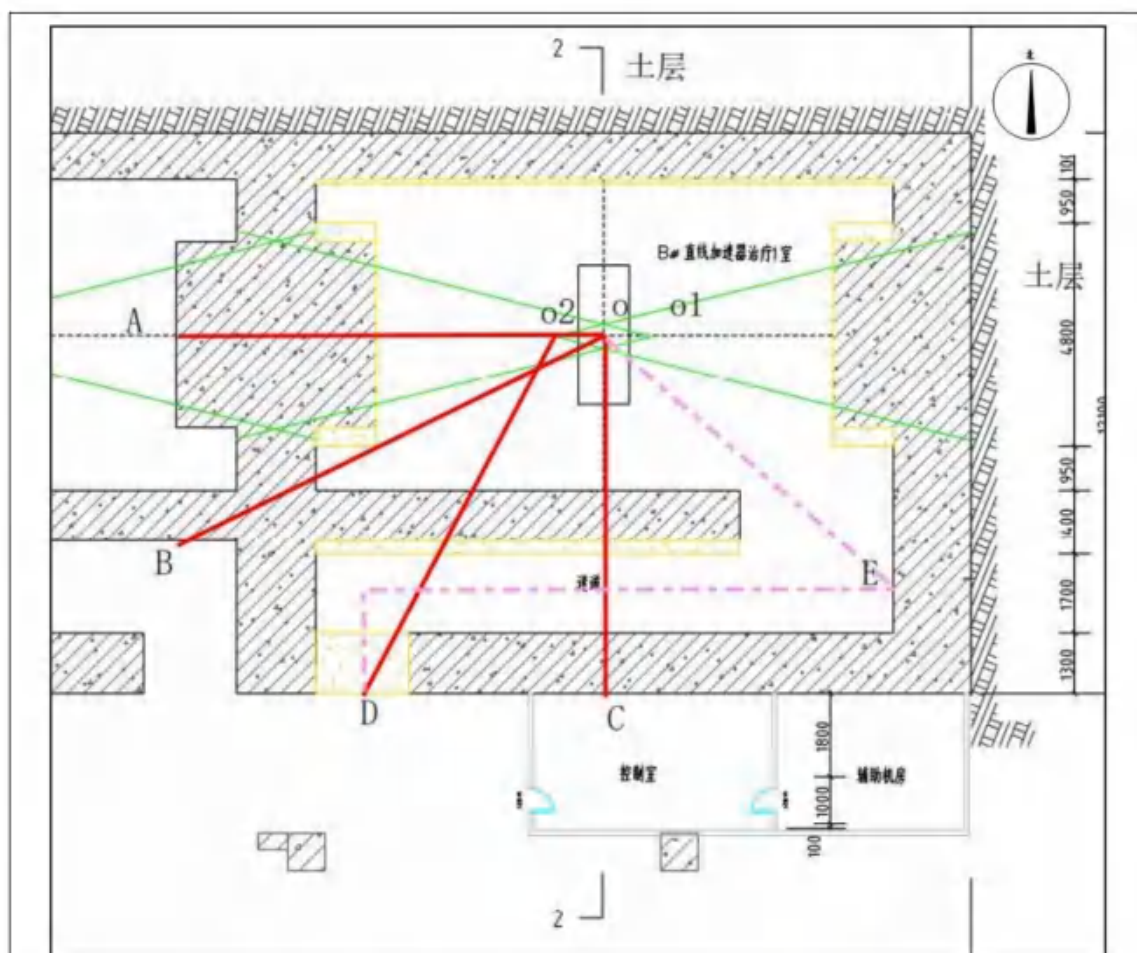


图 11-1 加速器机房关注点及主要照射路径示意图（水平方向）

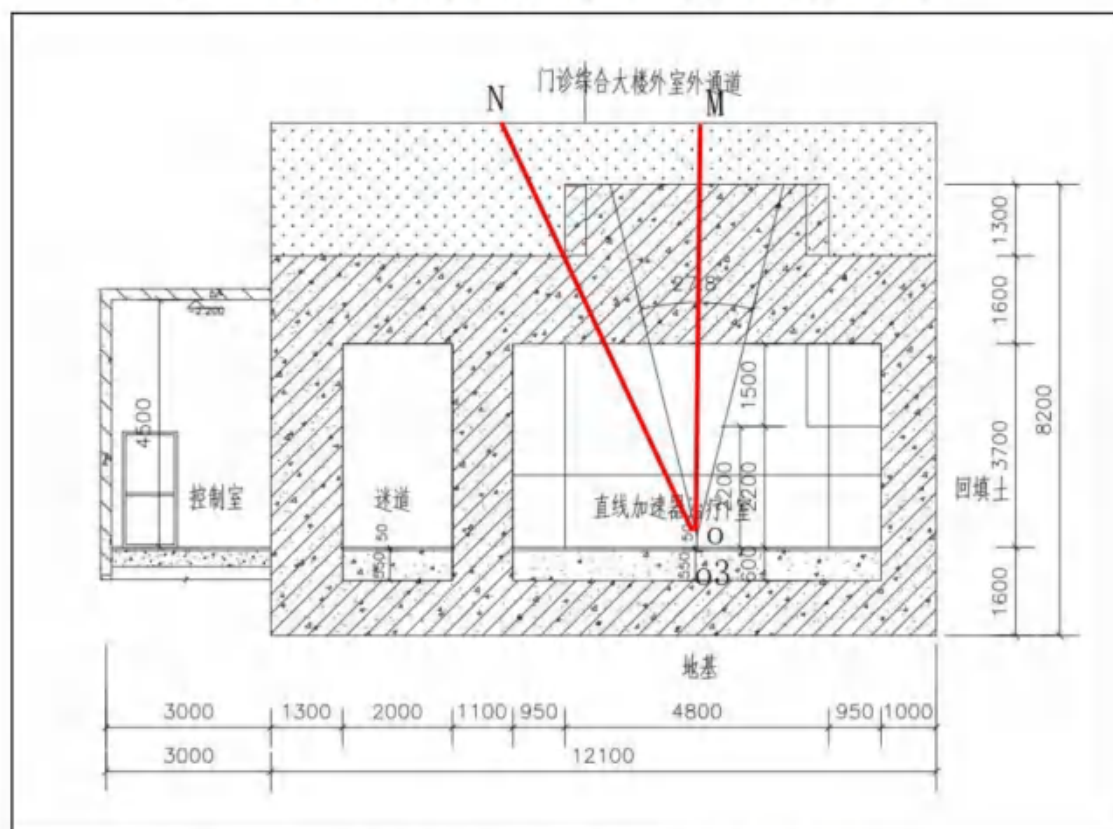


图 11-2 加速器机房关注点及主要照射路径示意图（垂直方向）

表 11-2 治疗室外关注点布置

点位编号	位置	对应场所	受照类型	照射途径	射线路径
A	西墙主屏蔽墙外 30cm 处	预留机房	公众	有用线束	O→A
B	西墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 30cm 处	预留机房迷道	公众	泄漏辐射	O→B
				散射辐射	O ₁ →O→B
C	南墙外 30cm 处	控制室	职业	泄漏辐射	O→C
D	迷道入口处	候诊室	公众	泄漏辐射	O ₂ →D
				散射辐射	O→E→D
M	顶部主屏蔽墙外 30cm 处	室外通道	公众	有用线束	O ₃ →M
N	顶部与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处	室外通道	公众	泄漏辐射	O→N
				散射辐射	O ₃ →O→N

(1) 剂量率参考控制水平 (H_e)

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

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

$$\text{对于主射线束: } H_{e,d} = H_a / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots \text{(式 11-1)}$$

$$\text{对于漏射辐射: } H_{e,d} = H_a / (t \cdot N \cdot T) \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

式中:

$H_{e,d}$ —导出剂量率参考控制水平;

H_a —年剂量参考控制水平, 本报告提出剂量管理约束值为职业人员 5mSv/a、公众 0.1mSv/a, 年工作 50 周, 则职业人员 $H=100\mu\text{Sv/周}$ 、公众 $H=2\mu\text{Sv/周}$;

U —主射线束向关注位置的方向照射的使用因子;

T —居留因子;

N —调强放射治疗因子, 取 5;

t —年治疗照射时间; 根据建设单位提供资料, 加速器每天最多治疗 60 人次, 一周工作 5 天, 平均每人次治疗照射时间为 2min, 则周照射时间为 10 小

时。

对于与主屏蔽直接相连的次屏蔽区，属于复合辐射：

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

②关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{e,max}$ ：

为确保辐射安全，本次评价各关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{e,max}$ 均取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

居留因子按照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A.1 不同场所的居留因子选取，具体数值见表 11-3。

表 11-3 居留因子的选取

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

保守考虑，本次评价各关注点（除迷道门 $H_{e,max}$ ）的最高剂量率参考控制水平 $H_{e,max}$ 均取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；根据 4.3.2.5.2c，迷道门外关注点（g 点）的最高剂量率应为参考控制水平的一个分数（应小于 1/4），因此取 $0.625\mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-4 治疗室外各关注点剂量率参考控制水平

关注点	受照类型	照射途径	使用因子	居留因子	$H_{e,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	关注点的最高剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	本项目剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)
A	公众	有用线束	1/4	1/2	1.6	2.5	1.6
B	公众	泄漏辐射、散射辐射	1	1/2	(1.25+0.04) 1.29	2.5	1.29
C	职业	泄漏辐射	1	1	2.0	2.5	2.0
D	公众	泄漏辐射、散射辐射	1	1/4	(1.25+0.08) 1.33	0.625	0.625
M	公众	有用线束	1/4	1/4	3.2	2.5	2.5
N	公众	泄漏辐射、散射辐射	1	1/4	(1.25+0.08) 1.33	2.5	1.33

注：本项目医用电子直线加速器主射束方向朝向东部、西部、顶部、底部。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）偏安全考虑，有用线束方向使用因子 U 保守取 1/4，仅涉及泄漏辐射的方向 U 取 1。

3、10MV 加速器治疗室屏蔽体厚度校核

(1) 主屏蔽区、迷道内墙和外墙厚度校核

利用 GBZ/T201.2-2011 的相关公式对主屏蔽区、迷道外墙、迷道内墙进行厚度核算。屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按下式进行计算。

$$B = \frac{H_e}{H_0} \cdot \frac{R^2}{f} \dots\dots\dots(\text{式 11-3})$$

$$Xe = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots\dots\dots(\text{式 11-4})$$

$$X_1 = Xe \cos \theta \dots\dots\dots(\text{式 11-5})$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

H_e —剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；本项目为 $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ （最高剂量率为 6Gy/min）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f—有用束为 1；泄漏辐射为主射射线比率（0.1%）；

θ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

TVL_1 (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，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），本项目 TVL_1 、 TVL 取值见下表 11-5；

X_e —墙体有效屏蔽厚度，cm；

X_1 —墙体屏蔽厚度，cm。

表 11-5 加速器治疗室主屏蔽区、侧墙厚度校核

参数	主屏蔽区	主屏蔽区	迷道入口处 D 点	南墙侧屏蔽墙 C 点
	西墙 A 点	屋顶 M 点		
He ($\mu\text{Sv/h}$)	1.6	2.5	0.625	2.0
R (m)	9.5	7.8	9.6	8.0
H_θ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8
f	1	1	10^{-3}	10^{-3}
B	4.01E-07	4.23E-07	1.60E-04	3.56E-04
TVL_1 (cm)	41	41	35	35
TVL (cm)	37	37	31	31
X_e (cm)	240.7	239.8	121.7	110.9
斜射角 θ (°)	0	0	30	0
X_1 (cm)	240.7	239.8	105.4	110.9
设计厚度 (cm)	430cm 混凝土	290cm 混凝土	140cm 混凝土	(140+130) 170cm 混凝土
是否满足要求	满足	满足	满足	满足

(2) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据 GBZ/T201.2-2011，对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区应考虑泄漏辐射和患者的一次散射辐射的复合作用，分别计算其所需屏蔽厚度，取较厚者。泄漏辐射所需厚度按照式 11-3~11-5 进行计算，散射辐射的透射因子按式 11-4~11-6 进行计算（ TVL_1 (cm) 和 TVL (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。

$$B_1 = \frac{H_c \times R^2}{H_0 \times \alpha_{ph} \times (F/400)} \dots\dots\dots \text{式(11-6)}$$

式中： α_{ph} —患者 400cm² 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm² 面积上的散射因子，查 GBZ/T201.2-2011 附录 B.2 可得；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm²；

表 11-6 加速器治疗室与主屏蔽区相连的次屏蔽区漏射、散射辐射屏蔽厚度核算

参数	西墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 30cm 处 B 点		顶部与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处 N 点	
	漏射辐射	散射辐射	漏射辐射	散射辐射
H _c (μSv/h)	0.04	1.25	0.08	1.25
R (m)	10.4	10.4	8.6	8.6
H ₀ (μSv·m ² /h)	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸
f	10 ⁻³	/	10 ⁻³	/
α _{ph}	/	1.35×10 ⁻³	/	1.35×10 ⁻³
透射因子 B	1.20E-05	6.95E-05	1.64E-05	4.76E-05
TVL ₁ (cm)	35	28	35	28
TVL (cm)	31	28	31	28
X _e (cm)	156.5	116.4	152.3	121.0
斜射角θ (°)	30	30	30	30
X ₁ (cm)	135.6	100.8	131.9	104.8
设计屏蔽厚度 (cm)	170cm 混凝土		160cm 混凝土	
设计是否满足要求	满足		满足	

备注：①对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区漏射辐射、散射辐射所需屏蔽厚度核算时，剂量率参考控制水平取主屏蔽方向的一半；②当未说明 TVL₁ 时，TVL₁=TVL。

(3) 防护门铅厚度 (X) 校核

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

$$X = \text{TVL} \cdot \log B^{-1} \dots\dots\dots \text{（式 11-7）}$$

$$B = (H_c - H_{og}) / H_g \dots\dots\dots \text{（式 11-8）}$$

$$H_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot H_0 \dots\dots\dots (式 11-9)$$

式中：

X—防护门铅当量厚度，mm；

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

B—辐射屏蔽透射因子；

H_c—关注点处的剂量率参考控制水平；根据 GBZ/T201.2-2011 中 5.2.6.2，有用线束向迷道照射，有用线束边缘距 g 处可能较近，并且还可能存在迷道内墙的杂散辐射，建议增加 2 倍安全系数，因此本项目 H_c 取值为 0.3125μSv/h；

H_{og}—O1 位置穿过迷道内墙的泄漏辐射在 g 处的控制剂量率，μSv/h；

H_g—g 处的散射辐射剂量率，μSv/h；

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

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

A—散射面积，m²；经计算本项目为 2.0m×3.7m=7.4m²；

R₁—第一次散射路径；R₁=8.3m；

R₂—第二次散射路径；R₂=11.0m；

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

经计算：H_g=9.06μSv/h，B=2.87×10⁻¹

最终得到防护门的铅当量厚度为：

X=TVL·logB⁻¹=7.7mm。

由理论计算可知，治疗室入口铅防护门屏蔽厚度为 7.7mm，实际设计为 12mm，可满足屏蔽要求。

小结：经过对治疗室主屏蔽体宽度校核，直线加速器机房墙体厚度、迷道厚度、顶部厚度和防护门厚度均满足要求。

4、电子直线加速器对关注点产生的剂量估算

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

主射线束和泄漏辐射剂量估算（式中各符号含义同前文）：

$$H = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{（式 11-10）}$$

$$B = 10^{-\frac{(Xe+TVL-TV L_1)}{TVL}} \dots\dots\dots \text{（式 11-11）}$$

$$Xe = X / \cos \theta \dots\dots\dots \text{（式 11-12）}$$

患者一次散射辐射剂量估算

$$H_{\text{散}} = \frac{H_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{（式 11-13）}$$

治疗室迷道入口处 X 射线散射辐射剂量率 H_g

$$H_g = \frac{\alpha_{ph} (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot H_0 \dots\dots\dots \text{（式 11-14）}$$

$$H_c = H_g 10^{-(X/TVL)} + H_{\text{og}} \dots\dots\dots \text{（式 11-15）}$$

由式 11-14 估算各关注点的年剂量：

$$E = H \cdot 10^{-3} \cdot q \cdot h \cdot W_T \dots\dots\dots \text{（式 11-16）}$$

式中：

H—关注点的剂量当量（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

E—关注点的年剂量（ mSv/a ）；

h—工作负荷（ h/a ）；

q—居留因子；

W_T —组织权重因数，全身为 1。

由此估算的主射线束和泄漏辐射对各关注点产生的剂量见表 11-7，由患者一次散射对各关注点产生的剂量见表 11-8，治疗室迷道入口处由散射辐射产生的剂量见表 11-9。

表 11-7 加速器主射线束和泄漏辐射对关注点的剂量估算表

计算参数	主屏蔽区	主屏蔽区	迷道入口处 D 点	南墙侧屏蔽墙 C 点	西墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 30cm 处 B 点	顶部与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处 N 点
	西墙 A 点	屋顶 M 点				
设计屏蔽体厚度 X (cm)	430	290	140	170	170	160
斜射角 θ	0°	0°	30°	0°	30°	30°
Xe (cm)	430	290	161.7	170	196.3	184.8
TVL ₁ (cm)	41	41	35	35	35	35
TVL (cm)	37	37	31	31	31	31
透射因子 B	3.07E-12	1.86E-08	8.21E-06	4.42E-06	6.26E-07	1.48E-06
H ₀ (μ Sv.m ² /h)	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸
f	1	1	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³
R (m)	9.5	7.8	9.6	8.0	10.4	8.6
剂量当量 Hc(μ Sv/h)	1.22E-05	1.10E-01	3.21E-02	2.48E-02	2.08E-03	7.19E-03
工作负荷 (h)	500	500	500	500	500	500
居留因子 (q)	1/2	1/4	1/4	1	1/2	1/4
年剂量 E(mSv/a)	3.06E-06	1.38E-02	4.01E-03	1.24E-02	5.21E-04	8.98E-04
受照类型	公众	公众	公众	职业	公众	公众

表 11-8 加速器治疗室患者一次散射对关注点的剂量估算表

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区	
	西墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 30cm 处 B 点	顶部与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处 N 点
屏蔽厚度 X (cm)	170	160
斜射角 θ	30°	30°
Xe (cm)	196.3	184.8
TVL (cm)	28	28
透射因子 B	9.76E-08	2.52E-07
H ₀ (μ Sv.m ² /h)	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸
α_{ph}	1.35×10 ⁻³	1.35×10 ⁻³
F(cm ²)	40×40	40×40
R (m)	10.4	8.6
剂量当量 Hc(μ Sv/h)	7.01E-05	6.63E-03
工作负荷 (h)	500	500
居留因子 (q)	1/4	1/4

年剂量 E(mSv/a)	8.77E-06	8.29E-04
受照类型	公众	公众

表 11-9 加速器治疗室 1 迷道入口处由散射辐射产生的剂量估算表

计算参数	防护门外（关注点 h）
治疗室入口处的散射辐射剂量率 $H_e(\mu\text{Sv/h})$	9.06
屏蔽厚度 X (mm)	12
剂量当量 $H_c(\mu\text{Sv/h})$	6.86E-01
TVL (mm)	5
工作负荷 (h)	500
居留因子 (m)	1/4
关注点年剂量(mSv/a)	8.58E-02
受照类型	公众

由于墙体 B 点、N 点既要受 X 射线漏射影响，亦要受治疗室患者一次散射影响，通过剂量叠加得到上述关注点的最终年剂量如下表所示：

表 11-10 c1 点、c2 点、d1 点、d2 点关注点剂量叠加结果

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区	
	西墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 30cm 处 B 点	顶部与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处 N 点
漏射影响(mSv/a)	5.21E-04	8.98E-04
散射影响(mSv/a)	8.77E-06	8.29E-04
年剂量(mSv/a)	5.30E-04	1.73E-03
受照类型	公众	公众

由表 11-7~11-10 可以看出，本项目相关辐射工作人员的年有效剂量最大为 **1.24E-02mSv**，周围公众的年有效剂量最大为 **8.58E-02mSv**。

5、保护目标辐射影响分析

本项目加速器治疗 1 室边界外 50m 范围还包括门诊综合楼、垃圾处理站、锅炉房、洗涤房、武胜特产销售馆、供氧站。

本项目各关注点均以机房屏蔽体外剂量率最大点作为剂量率参考点（关注点 h），根据距离衰减可计算出其他保护目标年有效剂量，见表 11-11。

表 11-11 加速器保护目标环境影响分析

保护目标	距离屏蔽体点最近距离 (m)	居留因子	照射类型	年有效剂量 (mSv/a)
门诊综合楼	3	1	职业照射	3.81E-02
垃圾处理站、锅炉房、洗涤房	20	1/20	公众	4.29E-05

			照射	
武胜特产销售馆	42	1	公众照射	1.94E-04
供氧站	40	1/20	公众照射	1.07E-05

由上表结果可知，本项目周围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。

6、电子线的环境影响分析

根据《辐射防护技术与管理》，电子在物质中最大射程可由下式计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} \cdot E_{\beta\max} \dots\dots\dots \text{（式 11-17）}$$

式中：d—最大射程，cm；

ρ —防护材料的密度，g/cm³；

$E_{\beta\max}$ —电子最大能量，MeV。

本项目 10MV 直线加速器以电子档工作时最大电子线能量为 15MeV，可以估算出 15MeV 的电子在密度为 2.35g·cm⁻³ 的混凝土中的深度约为 3.2cm，而本项目屏蔽体厚度最小的亦为 110cm 混凝土，对电子线能产生完全屏蔽，可不再作特殊的防护要求，可不再考虑对电子模式产生的 X 射线的屏蔽。

（二）臭氧环境影响分析

1、本项目 10MV 直线加速器机房内空气中的氧受 X 射线电离而产生的臭氧，其产率和浓度可用下面两个公式分别计算。

$$Q_o = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_o \cdot R \cdot g \dots\dots\dots \text{式（11-18）}$$

式中：

Q_o —臭氧产率 mg/h；

G—射束在距离源点 1m 处的剂量率 Gy.m²/h，取 360；

S_o —射束在距离源点 1m 处的照射面积 m²，本项目取 0.16

R—射束径迹长度 m，取 1；

g—空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O₃ 的分子数，本项目取 10。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C = Q_o \cdot T_v / V \dots\dots\dots \text{式 (11-19)}$$

式中：

C—室内臭氧浓度，mg/m³；

Q_o—臭氧产额 3.74mg/h；

T_v—臭气有效清除时间，h；

V—治疗室空间体积，直线加速器治疗 1 室体积为 357.16m³；

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots\dots\dots \text{式 (11-20)}$$

t_v—每次换气时间，0.125h；

t_a—臭氧分解时间，取值为 0.83h。

经计算，直线加速器治疗 1 室臭氧产额为 3.74mg/h，本项目直线加速器治疗 1 室每小时通风频率约 8 次/小时，每次换气时间为 7.5min，则各治疗室内臭氧浓度为 1.14×10⁻³mg/m³，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）要求。

本项目直线加速器治疗 1 室的排风量为 3000m³/h，机房净空体积为 357.16m³，则机房每小时通风频率约 8 次/小时，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）中放射治疗机房内换气次数不少于 4 次/h 的要求。

排风系统：直线加速器治疗 1 室设计有动力通排风系统，机房吊顶层东部南北两端各设 1 个进风口，机房西侧两个墙角距地 30cm 的位置各设置 1 个排风口，进风口和排风口对角设置。排风管道从穿墙位置引出并汇总至门诊综合楼排风管道中，而后引至建筑楼顶进行排放。本项目产生的臭氧通过排风系统排口排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）要求。

2、直线加速器使用过程中电子线所致臭氧的影响分析。根据《辐射防护手册》（第三分册），直线加速器运行期间产生的臭氧浓度可由下式进行估算。

$$Co_3 = 3.25 \left[\frac{S_{coj} I t d}{V} \right] \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{式 (11-21)}$$

式中：

C_{O_3} —臭氧浓度（重量比），ppm；

S_{coj} —电子在空气中的线碰撞阻止本领，keV/cm，其数值与电子能量有关，取 2.5keV/cm；

d —器外电子束在空气中所通过的距离，本项目取 100cm；

I —器外电子束流强度，取 2mA；

t —辐照时间，取单次最长照射时间为 180s；

V —治疗室空间体积，直线加速器治疗室体积 357.16m³。

经计算，本项目治疗室运行期间，治疗室内臭氧浓度为 0.82ppm，为使治疗室内臭氧浓度能满足《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）中臭氧浓度限值的标准限值 0.07ppm（≤0.16mg/m³，1ppm=2.14mg/m³）：

治疗室通风时间 T 由下面公式计算：

$$T = \sqrt{\frac{V \ln \frac{C'_{O_3}}{C_{O_3}}}{f}} \dots\dots\dots \text{式 (11-22)}$$

式中：

T —通风时间，s；

C_{O_3} —臭氧浓度标准限值，取 0.07ppm（0.16mg/m³）；

f —通风量，取 3000m³/h 即 0.83m³/s。

经计算，治疗室通风时间大于 33s 后即可使治疗室内臭氧浓度达标，臭氧经排风管道引出并汇总至门诊综合楼排风管道中，而后引至建筑楼顶进行排放，排放经扩散后，对治疗室周围的环境影响可以满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）要求，对治疗室周围的大气环境影响较小。

（三）噪声的环境影响分析

10MV 直线加速器风机工作时将产生一定的噪声，本项目 10MV 直线加速器采用 1 台风机，其排风量为 3000m³/h、噪声源强为 60dB（A），由于风机经距离衰减与墙体隔声后，厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》

(GB12348-2008) 2 类标准要求。

三、水环境影响分析

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员的生活污水及项目产生的医疗废水。生活污水及医疗废水经医院污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 中表 2 预处理标准后排入市政管网，进入城市生活污水处理厂处理达标后排放。

四、固体废物环境影响分析

本项目共涉及辐射工作人员 7 名，每人产生生活垃圾和办公垃圾约 1kg/d，则每天生活垃圾和办公垃圾产生量为 7kg/d。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，办公、生活垃圾经袋装依托医院已有的垃圾收集设施统一收集交由市政环卫清运，为防止蚊蝇滋生，要求生活垃圾暂存间日产日清。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

五、声环境影响分析

本项目噪声源主要为风机噪声，所有设备选用低噪声设备，噪声源强最大为 60dB (A)，经距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求。

辐射事故影响分析

一、事故等级判断依据

根据《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《四川省生态环境厅(四川省核安全局) 辐射事故应急预案(2020 版)》，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故(I 级)、重大辐射事故(II 级)、较大辐射事故(III 级) 和一般辐射事故(IV 级) 等四级，详见表 11-12。

表 11-12 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故(I 级)	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 人及以上急性死亡。
重大辐射事故(II 级)	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 人及以下急性死亡或者 10 人及以上急性重度放射病、局部器官残疾。

较大辐射事故（III级）	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置导致9人及以下急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故（IV级）	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或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。

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11-13。

表 11-13 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
	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

（四）射线装置辐射事故影响分析

1、事故类型

根据污染源分析，射线装置主要环境风险因子为X射线，危害因素为X射线超剂量照射，射线装置只有在开机状态下才会产生X射线，一旦切断电源便不会再有射线产生。本项目可能发生的辐射事故如下：

（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，射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成有人员被误照射，引发辐射事故。

（3）射线装置检修、维护过程，工作人员误操作或者曝光参数设置错误，造成人员被误照射，引发辐射事故。

2、事故后果计算

①在对病人进行治疗时，10MV直线加速器主射束1m处剂量率为最大值

6Gy/min，假设考虑有人员误入治疗室，且无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束1m处的主射方向，每次误入照射时间不超过5s（考虑的是人员紧急情况下按安全装置的反应时间）。

②在维修人员进行检修时，检修人员佩戴个人剂量计和剂量报警仪，假设触动医用直线加速器开关，造成维修人员在无其它屏蔽的情况下处于医用直线加速器主射束方向，检修人员被误照射开始至听到报警仪报警关闭医用直线加速器，停止出束的时间为5s（考虑的是人员紧急情况下按安全装置的反应时间）。

医用直线加速器事故状态下主射方向不同时间、距离处有效剂量情况表见表11-14。

表 11-14 医用直线加速器事故状态下主射方向不同时间、距离处有效剂量情况表（mSv）

时间 (s) 距离	1	2	3	4	5
1	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00
2	25.00	50.00	75.00	100.00	125.00
3	11.11	22.22	33.33	44.44	55.56
4	6.25	12.50	18.75	25.00	31.25
5	4.00	8.00	12.00	16.00	20.00

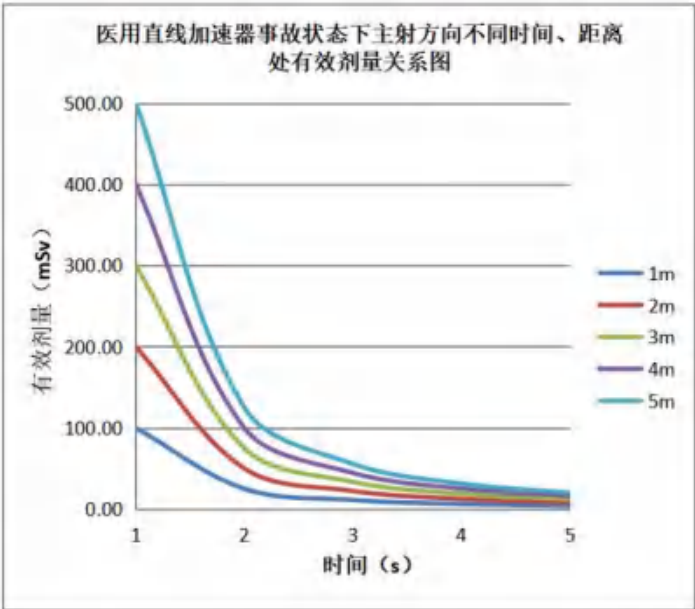


图 11-3 事故状态下主射方向不同时间、距离处有效剂量关系图

在以上假设事故情景下，误入人员或维修人员在主射束方向 1m 处，受照射时间 1s，所受有效剂量为 0.1Sv/次，属于一般辐射事故；误入人员或维修人员在

主射束方向 1m 处，受照射时间 5s，所受有效剂量为 0.5Sv/次，属于较大辐射事故。

（四）辐射事故综合分析

根据前述，本项目可能发生的最大潜在事故条件及事故等级见表 11-15。

表 11-15 最大潜在危害及事故等级

场所	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件	影响范围（小于 2.5 μ Sv/h）	事故影响后果	事故等级
医用电子直线加速器	X 射线	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，射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成有人员被误照射，引发辐射事故。 ③射线装置检修、维护过程，工作人员误操作或者曝光参数设置错误，造成人员被误照射，引发辐射事故。	机房内	人员超剂量照射，并可能导致急性重度放射病、局部器官残疾	较大辐射事故

综上所述，若本项目医用电子直线加速器发生辐射事故，最大可能为较大辐射事故。随着时间的推移，受照射剂量的增加，有可能是重大事故或特别重大事故。

本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线装置出束。建设单位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，杜绝此类事故发生。

（五）事故防范措施

上述辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章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，尽可能地减小或控制事故的危害和影响，主要体现在以下几个方面：

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，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

2、建设单位辐射工作人员需严格按射线装置操作规程进行操作，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、定期对使用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定期更换，并建立射线装置维护、维修台账。

4、建设单位辐射工作人员需参加辐射安全与防护学习，并考核合格后上岗。

5、在诊断过程中应注意对被检者的防护，合理使用 X 射线，实施医疗照射防护最优化的原则，实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。

（六）辐射事故应急措施

如果出现人员误入射线装置机房或射线装置失控，应立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源（如立即启动“紧急制动开关”），停止 X 射线的产生，保护好事故现场，立即启动应急预案，并对受误照射人员进行医学诊断和观察。

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，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

表 12：辐射安全管理

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。医院成立了放射防护安全管理工作领导小组，有领导分管、机构健全。领导小组下设办公室，办公室设在公共卫生科，王倩倩兼任办公室主任，负责日常放射防护安全管理工作。

领导小组成员见表12-1。

表 12-1 辐射安全与环境污染管理领导小组成员组成表

职务	人员
组长	王美娟（院长）
副组长	王美娟（工会主席）
成员	王美娟（医学影像科主任）、王美娟（医学影像科副主任）、王美娟（医学装备部主任）、王美娟（医教部主任）、王美娟（护理部主任）、王美娟（后勤管理中心主任）、王美娟（安保部主任）、王美娟（办公室主任）、王美娟（公共卫生科主任）

放射防护安全管理工作领导小组在单位负责人的领导下，具体负责本单位的放射防护管理工作，具体职责包括：

- ①负责拟定放射卫生防治工作计划和实施方案；
- ②指导和监督医院加强放射诊疗工作的管理，保证医疗质量和医疗安全，保障放射诊疗工作人员、患者和公众的健康权益；
- ③负责对全院放射防护工作的监督与检查，并经常检查各种制度、防护措施落实情况；
- ④组织放射防护知识的宣传，并对有关人员进行防护知识的教育；
- ⑤会同上级有关部门按有关规定调整和处理放射事故，并对相关人员提出处理意见；
- ⑥对医院新建、改建、扩建有关放射防护工程进行前期可行性研究；
- ⑦负责本院放射人员个人剂量监测、资料档案、健康体检的监督管理。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

医院拟配备辐射工作人员 7 名，均为新增辐射工作人员，包括医师 3 名、物理师 1 名、技师 2 名、病理医师 1 名。本项目辐射工作人员专岗专责，从事本项目后不承担其他辐射工作，不存在辐射工作人员交叉使用的情况。

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学习平台（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。

本项目新增 7 名辐射工作人员均应参加辐射安全与防护的学习和考核，并取得合格证书后上岗。医院应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

辐射安全管理规章制度

一、档案分类管理

医院应对本项目辐射相关资料分类归档，档案资料应包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“废物处置记录”，并由专人进行管理。

二、规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008 年修改）（环境保护部第 3 号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）的相关管理要求，射线装置的使用单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。并根据生态环境部（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《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的通知（川环函[2016]1400 号）的相关要求，将建设单位需要制定的列于表 12-2。

表 12-2 管理制度汇总对照表

序号	检查项目		落实情况	备注
1	综合	辐射安全和防护管理规定	已制定	将本项目纳入管理
2	场所	场所分区管理规定	拟制定	/
3		射线装置操作规程	已制定	将本项目纳入管理，据本项目设

				备情况，更新操作规程。
4		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度）	已制定	将本项目纳入管理
5	监测	监测方案	已制定	将本项目纳入管理
6		监测仪表使用与校验管理制度	已制定	将本项目纳入管理
7	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定	将本项目纳入管理。本项目辐射工作人员应按制度严格执行
8		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	
9		辐射工作人员岗位职责	已制定	
10	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定	将本项目纳入管理。应做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备，并将本项目射线装置纳入应急适用范围。
11	大纲	放射性治疗保证大纲及质量控制计划	已制定	将本项目纳入管理

医院需在放射防护管理领导小组组织下及时完善和制定上述各项规章制度，明确各科室人员责任，并严格落实。领导小组需定期对辐射安全规章制度执行情况进行评议，并根据具体实践存在的问题及时进行修改和完善。

同时根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400号），各辐射工作场所职业人员操作室或医生办公室内需将所有制度中关于“辐射工作场所安全管理制度”、“操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于600mm×400mm。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

辐射监测

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。

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 辐射空气吸收剂量率。

（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 辐射空气吸收剂量率应自行配备监测设备每月监测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：射线装置工作场所的屏蔽墙、防护门、观察窗外以及楼上、楼下区域和穿墙孔洞外X- γ 辐射空气吸收剂量率。

（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 12-3 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 辐射空气吸收剂量率	机房楼上、楼下及四周屏蔽墙外、防护门外、观察窗外、穿墙孔洞处	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 辐射空气吸收剂量率	机房楼上、楼下及四周屏蔽墙外、防护门外、观察窗外、穿墙孔洞处	（1）竣工环保验收监测；（2）编制辐射防护年度评估报告（每年）	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

医院应于每年 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《放射性同位素与射线装置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。医院应按照《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

一、医院成立了辐射防护和应急救援领导小组，全面负责医院的辐射事故应急工作。

二、为了加强对辐射工作场所的安全管理，保障公众健康，保护环境，医院制定了较为完善的《辐射事故应急预案》。

该应急预案包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故的应急响应工作程序（事故处理程序，事故处置措施，现场调查和监测，监测分析与诊断鉴定，应急联络电话）、事故调查等，其内容较全、措施具体，针对性较强、便于操作，

在应对辐射事故和突发性事件时基本可行。医院应做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备，并将本项目射线装置纳入应急适用范围。辐射事故应急应纳入本单位安全生产事故应急管理体系，定期组织演练。

三、一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组逐级上报当地生态环境主管部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

表 13：结论与建议

结论

1、项目概况

项目名称：武胜县人民医院新院区新增 10MV 直线加速器应用项目

建设单位：武胜县人民医院

建设性质：改建

建设地点：武胜县城东片区迎宾大道与富裕路交叉口西南侧武胜县人民医院新院区门诊综合大楼负一层

本项目拟将门诊综合大楼（-2F/9F，在建）负 1 层东侧的一间预留机房改建为直线加速器治疗 1 室，机房内拟安装一台带 CBCT 图像引导功能的医用直线加速器（属 II 类射线装置，厂家医科达，型号 Elekta Synergy），用以开展放射治疗工作。

直线加速器治疗时 X 射线最大能量为 10MV，1m 处 X 射线剂量率最大为 6Gy/min，不具备 FFF 模式；电子线最大能量为 15MeV，1m 处电子线最大剂量率为 6Gy/min。CBCT（图像引导功能）X 射线参数：150kV、500mA。

本项目直线加速器的 X 射线治疗出束时间为：每年 50 周，每周 5 天，每天治疗 60 人次，年治疗 15000 人次，每人次出束治疗平均时间为 2min（不含摆位时间），则日出束时间为 2h，周出束时间为 10h，年出束时间为 500h。CBCT 平均每位病人照射 5 次，每次 45s，加速器 CBCT 成像年照射时间约 $15000 \text{ 人} \times 5 \text{ 次} \times 45 \text{ s} = 93.75 \text{ h}$ 。

2、本项目产业政策符合性分析

本项目属于核技术在医学领域应用，根据国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及 2021 年第 49 号令《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

3、本项目选址及平面布局合理性分析

武胜县人民医院新院区综合门诊大楼项目位于武胜县城东片区迎宾大道和富裕路交叉口，医院周围交通便捷，能为周围居民提供方便的就医设施。武胜县

人民医院门诊综合大楼用地已取得了《建设工程规划许可证》（地字第 2018-067（县）号）、《建设用地规划许可证》（地字第 2018-065（县）号），用地性质为医疗用地，用地符合城乡规划要求。

本项目直线加速器治疗 1 室所在综合门诊大楼于 2019 年取得了原武胜县环保局《关于广安市武胜县人民医院门诊综合大楼建设项目、广安市武胜县人民医院门诊综合大楼二期工程项目环境影响报告表的批复》（武环审批[2019]3 号）。

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。直线加速器治疗 1 室位于医院门诊综合大楼负一层东侧，直线加速器治疗 1 室下方为地基，上方为门诊综合楼前室外通道，东侧和北侧均为回填土，西侧为闲置机房，南侧为病人通道、控制室和辅助机房。周围没有儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，也无流动性大的商业活动区域，术中放射治疗和辅助工作用房为相对独立的区域，控制台与治疗设备分离，实行了隔室操作，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“5.1 选址与布局”的要求。

武胜县人民医院综合门诊大楼项目所在区域为城市建成区，周围基础设施完善，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，且拟建的各辐射工作场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。

4、工程所在地区环境质量现状

本项目拟建地及周围 X- γ 辐射剂量率范围为 66.16nGy/h~122.67nGy/h，与中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（61.9nGy/h~151.8nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

5、环境影响评价结论

（1）辐射环境影响分析

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）大气的环境影响分析

本项目射线装置在运行过程中产生的臭氧经排风系统排出后浓度低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中规定的二级标准限值要求，对周围大气环境影响较小。

（3）废水的环境影响分析

本项目直线加速器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。

本项目废水主要来自于运行期间工作人员的生活废水，该部分废水直接排入医院污水处理站进行达标处理，最终排入市政污水管网，对地表水环境影响较小。

（4）固体废物的环境影响分析

工作人员产生的少量办公、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处理，本项目产生的固体废物经妥善处理后对周围环境影响较小。

（5）声环境影响分析

本项目噪声源主要为风机噪声，所有设备选用低噪声设备，噪声源强最大为 60dB（A），经距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

6、事故风险与防范

建设单位制定的辐射安全规章制度内容较全面、措施可行，应认真贯彻落实，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。

7、环保设施与保护目标

建设单位需按环评要求配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评中确定的绝大多数保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

8、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，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。对本次设备和场所而言，建设单位在——落实设计的环保设施和相关法律法规要求后，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。

9、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，本项目在武胜县城东片区迎宾大道与富裕路交叉口西南侧武胜县人民医院新院区门诊综合大楼负一层进行建设，从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

建议

（1）在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响；应注意对陪护者的防护，使其在陪护患者的全程诊治中，所受的辐射剂量做到最小化。

（2）认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

（3）不断提高工作人员素质，增强职工环保意识和安全意识，做好辐射防护设施、设备的维护保养，避免发生辐射事故。

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。本项目竣工环境保护验收一览表见表 13-1。

表 13-1 竣工环境保护验收一览表

项目	设施（措施）	数量
1、医用电子直线加速器		
项目	设施（措施）	数量
辐射屏蔽措施	直线加速器屏蔽墙体加厚	1 间
	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（含 5 个摄像头）
	语音播报及对讲装置	2 个
	工作状态指示灯（门-灯联锁）	1 套
	紧急开门装置	1 个
	紧急止动开关	5 个
	固定式剂量报警装置	1 台
	监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	1 套
个人防护用品	个人剂量计	6 人
	个人剂量报警仪	1 台
	X-γ辐射剂量率监测仪	1 台
废气	独立通排风系统	1 套
2、综合管理		
项目	设施（措施）	数量
人员培训	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训	/
台账管理	射线装置台账、个人剂量档案	/
规章制度	辐射安全和防护管理规定、场所分区管理规定、射线装置操作规程、辐射安全和防护设施维护维修制度、监测方案、监测仪表使用与校验管理制度、辐射工作人员培训/再培训管理制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射工作人员岗位职责、辐射事故/事件应急预案、放射性治疗保证大纲及质量控制计划	建设单位制定的所有规章制度中关于“辐射工作场所安全管理制度”、“操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需在各辐射工作场所内张贴上

		墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于600mm×400mm
应急管理	应急和救助的物资准备（应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练、医疗箱等）	/

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

单位盖章

年 月 日

审批意见：

经办人：

单位盖章

年 月 日