

核技术利用建设项目

荣昌区人民医院新建放疗机房项目

环境影响报告表

建设单位：重庆市荣昌区人民医院

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2023年3月

生态环境部监制



核技术利用建设项目

荣昌区人民医院新建放疗机房项目

环境影响报告表

建设单位名称：重庆市荣昌区人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：郑波

通讯地址：重庆市荣昌区昌元街道广场北路3号

邮政编码：402460

联系人：许志强

电子邮箱：4*****9@qq.com 联系电话：15*****64



许志强

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	10
表 3	非密封放射性物质	10
表 4	射线装置	11
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6	评价依据	13
表 7	保护目标与评价标准	16
表 8	环境质量和辐射现状	28
表 9	项目工程分析与源项	33
表 10	辐射安全与防护	49
表 11	环境影响分析	70
表 12	辐射安全管理	99
表 13	结论及建议	109
附录	113

表 1 项目基本情况

建设项目名称		荣昌区人民医院新建放疗机房项目			
建设单位		重庆市荣昌区人民医院			
法人代表	郑波	联系人	许志强	联系电话	15*****64
注册地址		重庆市荣昌区昌元街道广场北路 3 号			
项目建设地点		重庆市荣昌区城南五支路			
立项审批部门	重庆市荣昌区发展和改革委员会		批准文号	荣发改审〔2022〕192 号； 2207-500153-04-01-635392	
建设项目总投资（万元）	800	项目环保投资（万元）	90	投资比例（环保投资/总投资）	11.3%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	5098.5
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类		
其他	无				
<p>1.1 建设单位概况</p> <p>重庆市荣昌区人民医院始建于 1941 年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健为一体的国家“二级甲等”综合性医院。是卫生部命名的“爱婴医院”；是重庆医科大学附属第一医院医疗集团医院及中山大学孙逸仙纪念医院医疗技术合作医院；是重庆医科大学、重庆市医药高等专科学校、内江医科等院校教学实习医院及重庆市住院医师规范化培训全科医学培训基地。</p> <p>医院现有用地 36.11 亩，正在加快推进占地 162 亩，选址于虹桥社区原水泥厂片区的整体迁建项目。年门急诊量 74.2 万人次、出院 4.4 万人次、手术操作 2.05 万台次。现在岗职工 1430 人，卫生专业技术人员 1061 人，高级职称 128 人，研究生以上学历 108 人。</p>					

续表 1 项目基本情况

1.2 项目由来

为满足医院周围病人的放疗需求，并为周围公众提供更好的医疗服务，重庆市荣昌区人民医院拟在荣昌区城南五支路单独建设“荣昌区人民医院新建放疗机房项目”：新建放疗中心楼（地面 1F 独栋建筑），内配置 1 台 10MV 医用直线加速器和 1 台 CT 模拟定位机，用于开展放疗工作，放疗中心楼周围建设配套的景观绿化、停车场（车位 24 个），车行道与人行道，化粪池等设施。

根据《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，2017 年 12 月 5 日），本项目涉及的医用直线加速器属于 II 类射线装置，CT 模拟定位机属于 III 类射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》、《建设项目环境保护管理条例》以及《中华人民共和国环境影响评价法》，该项目的建设应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）中的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”可知，使用 II 类射线装置的项目环境影响评价文件形式为编制环境影响报告表，使用 III 类射线装置的项目环境影响评价文件形式为编制环境影响登记表。因此，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。

为执行环评影响评价制度，了解项目建设对周围环境的影响情况，重庆市荣昌区人民医院特委托重庆宏伟环保工程有限公司对“荣昌区人民医院新建放疗机房项目”进行环境影响评价。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础上，并按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了该项目的的环境影响报告表。

1.3 项目概况

1.3.1 项目概况及建设内容

（1）项目概况

项目名称：荣昌区人民医院新建放疗机房项目

建设性质：新建

建设地址：荣昌区城南五支路

建设规模：拟在荣昌区城南五支路建设荣昌区人民医院新建放疗机房项目，包含新建放疗中心楼（地面 1F 独栋建筑）及建设周围配套的景观绿化、停车场

续表 1 项目基本情况

(车位 24 个)，车行道与人行道，化粪池等设施。放疗中心楼内主要包含 1 间直线加速器治疗室（以下简称“加速器机房”）、1 间 CT 定位机房（以下简称“定位机房”）、控制室、抢救室、办公用房、附属设施设备用房等。本项目建设用地面积为 5098.5m²，总建筑面积为 1060.1m²。

项目投资：约 800 万元，其中环保投资约 100 万元。

项目施工工期：24 个月。

(2) 项目组成

本项目由主体工程、辅助工程、公用工程、环保工程等组成，项目组成情况见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

分类	项目	工程组成
主体工程	放疗中心楼	新建 1 栋放疗中心楼，建筑面积为 1060.1m ² ，层高 4.8m（仅加速器机房处层高 8.3m），设置有加速器机房、定位机房等。
	机房（治疗室）	放疗中心楼内设 1 间加速器机房及配套用房，机房内空有效尺寸为 7.7m×7.2m×5m（长×宽×高），有效使用面积约 55.5m ² （不含迷道）。1 间定位机房，机房内空有效尺寸为 7.4m×7.4m×4.6m（长×宽×高），有效使用面积约 54.8m ² 。
	设备	拟配置 1 台医用直线加速器和 1 台 CT 模拟定位机。 ①医用直线加速器：1 台，设备型号：待定，X 射线能量：10MV，属于 II 类射线装置，X 射线最大输出剂量率≤1400cGy/min；电子线最大能量≤20MeV，电子线最大输出剂量率≤1000cGy/min；并集成一个 140kV 的 CBCT 进行定位验证。 ②CT 模拟定位机：1 台，设备型号：待定，最大管电压为 140kV，最大管电流为 800mA，属于 III 类射线装置。
辅助工程	辅助用房	放疗中心楼内拟设置医废暂存间（约 7.6m ² ）、医生办、抢救室、候诊区、卫生间、档案室等。
	停车场	拟在东侧设置 1 个室外停车场，内设机动车停车位 24 个。
公用工程	给水	由城市供水管网供给，根据项目用房周围接水点，布置内部供水管网。
	排水	雨污分流；雨水经雨水管收集后排入市政雨水管网；医疗废水经化粪池收集后，经污物管道接入项目东北侧医院卫生应急中心现有污水处理池。
	供配电	由市政电网供电。
	新风系统	拟在项目用房设置 1 套新风系统。项目用房拟设置 1 套空调系统，调节项目用房内室温。

续表 1 项目基本情况

环保工程	废气	加速器机房和定位机房拟设置 1 套独立的排风系统。排放口位于放疗中心西侧建筑外墙上（排放口离地约 4.2m）。加速器机房拟采用“上进风、下出风”的布置方式，新风系统进风口位于迷道内口吊顶上，排风口分别位于北侧墙体的两个角落，离机房地面高度约 0.3m。加速器机房废气排风量 1300m ³ /h，通风换气约 5 次/h（考虑迷道）。
	废水	拟在放疗中心楼西南侧设置 1 座化粪池收集放疗中心产生的医疗废水，占地面积约 18m ² ，容量为 9.5m ³ 。项目运行产生的废水经拟建化粪池收集后，经新建的污物管网排入项目东北侧医院卫生应急中心污水处理池（设计处理能力 50m ³ /d）处理，达标后排入市政污水管网。
	固废	生活垃圾交环卫部门处理，医疗垃圾存放在加速器机房南侧医废暂存间内，最后交有资质的单位处置。
	辐射防护	拟采用足够厚的混凝土、铅防护门、铅窗进行防护，保证机房外的辐射剂量满足相应标准要求。 加速器机房拟设置门机联锁、工作状态指示灯、视频监控系统、对讲系统、急停按钮、剂量报警系统等设施保证项目运行的安全。 定位机房拟设置电离辐射警告标志、门灯联锁、防夹、自动闭门等设施保证项目运行的安全。

1.3.2 项目建设及屏蔽设计方案

本项目拟在荣昌区域南五支路建设荣昌区人民医院新建放疗机房项目，其中新建放疗中心楼（地面 1F 独栋建筑），内含 1 间加速器机房和 1 间定位机房，加速器机房楼顶为不上人屋面，CT 机房楼顶为可上人屋面。根据设计资料，各机房屏蔽设计方案见表 1-2。

表 1-2 各机房屏蔽体设计方案表

名称	尺寸	屏蔽设计情况		备注
加速器机房	尺寸 7.7m×7.2m×5m (不含迷路)，有效使用面积约 55.5m ²	北墙	侧屏蔽墙：1800mm 混凝土	新建
		东墙	主屏蔽墙：3000mm 混凝土 次屏蔽墙：1800mm 混凝土 主屏蔽墙带宽：4000mm	
		南墙	迷路内墙：1400mm 混凝土 迷路外墙：1800mm 混凝土 迷路内口：宽 1950mm	
		西墙	主屏蔽墙：3000mm 混凝土 次屏蔽墙：1800mm 混凝土 主屏蔽墙带宽：4000mm	
		顶棚	主屏蔽墙：3300mm 混凝土 次屏蔽墙：1800mm 混凝土 主屏蔽墙带宽：4000mm	
		地板	900mm 混凝土+500mm 垫层	

续表 1 项目基本情况

		防护门	12mmPb, 门洞尺寸为 1.8m(宽)×2.2m(高), 迷路内口尺寸为 2.3m(宽)×6.5m(高)
定位机房	机房内空有效尺寸为 7.4m×7.4m×4.6m (长×宽×高); 有效面积 54.8m ²	四周墙体	370mm 混凝土
		顶棚	250mm 混凝土
		地板	100mm 混凝土
		防护门、观察窗	3mmPb

1.3.3 配套设施、设备

项目拟配置的防护设施和防护用品情况见表 1-4 所示。

表 1-4 项目拟配置的防护设施和防护用品表

序号	名称	数量	型号	位置	用途
1	医用直线加速器 (II类)	1 台	待定	加速器机房内	肿瘤治疗
2	CT 模拟定位机 (III类)	1 台	待定	定位机房内	肿瘤定位
3	监控系统	1 套	待定	加速器机房内	监控机房内情况
4	激光定位系统	1 套	待定	加速器机房内	加速器摆位定位
5	新风系统	1 套	待定	加速器机房内	机房新风
6	除湿机	1 台	待定	加速器机房内	湿度控制
7	冷却系统	1 套	待定	水冷机房内	水冷, 为设备散热
8	供电系统	1 套	待定	水冷机房内	供电稳压
9	空调系统	1 套	待定	加速器机房内、定位机房内	温度调节
10	智能化 X-γ 辐射仪	1 台	待定	加速器控制室	日常监测
11	个人剂量报警仪	1 台	待定	加速器放射工作人员	剂量报警
12	固定式剂量报警仪	1 套	待定	探头在机房内 显示器在控制室内	加速器剂量监控
13	个人剂量计	按需	/	/	每名放射工作人员佩戴 1 枚, 用于个人剂量监测
14	质控设备	1 套	待定	质控工具室	加速器质控

1.3.4 劳动定员及工作制度

项目放疗中心拟配置 24 人, 其中放射工作人员 16 人。项目放射工作人员均为新聘, 包括放疗医师 8 人, 物理师 3 人, 技师 3 人, 护士 2 人。

放疗中心年运营 250 天, 工作人员年工作 250 天, 8 小时工作制。

1.3.5 工作负荷

根据建设单位提供的资料, 预计直线加速器每年最多治疗数量为 16250 人次/年 (进入治疗室出束治疗 1 次为 1 人次, 下同), 预计直线加速器的 CBCT 验

续表 1 项目基本情况

证使用不超过 1700 次。CT 模拟定位机年最多接待 1700 人次。具体工作时间见本报告表 9。

1.4 项目外环境概况

本项目位于重庆市荣昌区城南五支路西侧，根据调查，本项目北侧为张家冲小区；东北侧为荣昌区昌州街道社区卫生服务中心、重庆市荣昌区人民医院卫生应急中心；东侧为城南五支路，之外是在建的荣昌区疾控中心；南侧为城南大道；东侧为空地。本项目所在位置外环境关系见表 1-5。

表 1-5 本项目所在地位置周围环境关系一览表

序号	环境名称	方位	高差	距离	环境特征
1	张家冲小区	北	地面一层低于项目用房地面约 7m	约 6m	居民楼（共 20 栋）
2	重庆市荣昌区人民医院卫生应急中心	东北	地面一层低于项目用房地面约 7m	约 56m	应急中心
	荣昌区昌州街道社区卫生服务中心		地面一层低于项目用房地面约 7m	约 92m	街道卫生服务中心
3	城南五支路	东	无高差	约 4m	城市道路
	荣昌区疾控中心		无高差	约 23m	在建疾控中心
4	城南大道	南	无高差	约 9m	城市道路
5	规划居住用地	西	无高差	紧邻	规划用地

1.5 项目选址可行性

本项目选址时充分考虑了其对周边环境的辐射影响，项目位置单独选址于一块空地，放射治疗场所集中建设，周围环境简单，人员活动相对较少；放疗中心楼（地面 1F 建筑）位于项目西南侧，因此，放疗相关用房均位于所在放疗中心楼底层，加速器机房位于北侧一端，屋顶无人可到达，定位机房位于放疗中心楼西侧，放疗中心楼的周围无儿科、产科等敏感人群区域，或人员流动性大的商业活动区域。此外，根据现状监测结果，项目拟建址的环境 γ 辐射剂量率水平在正常范围内。因此，项目选址满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的相关要求，选址可行。

1.6 与项目有关的环境保护问题

1.6.1 现有核技术利用情况及现有辐射环境问题

根据调查，建设单位重庆市荣昌区人民医院办理了《辐射安全许可证》（渝

续表 1 项目基本情况

环辐证[00303]，有效期至 2027 年 6 月 30 日)。医院现有乙级非密封放射性物质工作场所 1 个、丙级非密封放射性物质工作场所 1 个，使用 1 台 II 类射线装置，17 台 III 类射线装置，均在许可范围内。医院现开展的核技术利用项目情况如下表 1-6。

表 1-6 (1) 医院现有非密封放射性物质工作场所情况一览表

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量(贝可)	年最大用量(贝可)	活动种类
1	门诊楼负一层核医学科	乙级	Tc-99m	1.39E+7	3.47E+12	使用
2	门诊楼负一层核医学科	乙级	Sr-89	2.96E+7	1.48E+10	使用
3	门诊楼负一层核医学科	乙级	I-131	2.03E+9	9.25E+11	使用
4	内科楼 10 楼肿瘤科	丙级	I-125 (粒子源)	5.92E+6	8.88E+11	使用
5	门诊楼负一层核医学科	乙级	I-125 (粒子源)	5.92E+6	8.88E+11	使用

表 1-6 (2) 医院现有射线装置情况一览表

编号	装置名称	规格型号	类别	数量	场所	上证情况
1	DR	CALYPS0	III类	1 台	外科楼一层	已上证
2	DSA	Optima IGS330	II类	1 台	外科楼一层	已上证
3	骨密度仪	DPX-Bravo	III类	1 台	外科楼二层	已上证
4	口腔 CT	PaX-Uni3D	III类	1 台	门诊部七层	已上证
5	移动 C 形臂 X 射线机	CiosFusion	III类	1 台	外科楼三层	已上证
6	数字胃肠机	Ultimax	III类	1 台	门诊部一层	已上证
7	DR	CXDI-50G	III类	1 台	门诊部一层	已上证
8	CT	Optima CT660	III类	1 台	门诊部一层	已上证
9	移动 C 形臂 X 射线机	Ziehm Vision Vario 3D	III类	1 台	外科楼三层	已上证
10	移动 C 形臂 X 射线机	Ziehm 8000	III类	1 台	外科楼三层	已上证
11	牙科 X 射线机	PAY68 (W)	III类	1 台	门诊部七层	已上证
12	移动 DR	DP326B-2	III类	1 台	住院部	已上证
13	CT	AccessCT	III类	1 台	外科楼一层	已上证
14	CT	Optima CT520	III类	1 台	卫生应急中心	已上证
15	DR	新东方 1000ND	III类	1 台	卫生应急中心	已上证
16	数字化乳腺	Selenia	III类	1 台	门诊部一层	已上证

续表 1 项目基本情况

	X 线机	Dimensions				
17	SPECT/CT	NM/CT 860 Advance	III类	1 台	门诊楼负一层核 医学科	已上证
18	CT	uCT528	III类	1 台	外科楼一层	已上证

医院现有射线装置每年委托有资质单位监测，机房外周围剂量率满足标准要求；医院有辐射环境管理机构，制定了相关管理制度，认真落实并张贴上墙；医院配备了足够的放射工作人员从事射线装置操作。根据调查，医院现有在职放射工作人员97人，所有放射工作人员均佩戴了个人剂量计，每3个月将个人剂量计交有资质单位进行检测，个人剂量满足管理要求，建立了个人剂量档案；定期进行职业健康体检并建立了职业健康档案；现有放射工作人员均进行了辐射工作安全防护培训，并考核成绩合格，合格证或成绩单在有效期内。经调查，医院运营至今，辐射设备运营良好，无辐射安全事故发生，相关主管部门未收到环保投诉，也未产生环保纠纷，无环保遗留问题。

1.7 依托关系及可行性

(1) 项目排水依托医院卫生应急中心污水处理池处理的可行性分析

本项目所产生的医疗废水经污物管道收集至放疗中心楼北侧拟建化粪池后，通过污物管道引至项目东北侧重庆市荣昌区人民医院卫生应急中心现有污水处理池处理。医院卫生应急中心现有污水处理池处理工艺采用“预消毒+二级处理+消毒”，处理能力为 50m³/d，卫生应急中心每日总排水量约为 34.3m³/d，每日处理容量剩余 15.7m³，根据后文核算，能够接纳本项目每日需处理废水总量。

医院卫生应急中心于 2016 年进行了环境影响评价并取得《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝(荣)环准[2016]063 号）（见支撑性材料），于 2020 年进行了竣工环境保护验收并取得了工作组意见（见支撑性材料），验收符合标准，环保手续齐全。因此，本项目依托医院卫生应急中心污水处理池是可行的。

(2) 项目依托医院现有管理机构与制度的可行性分析

医院已建立辐射防护管理机构，设置专人负责管理医院辐射防护工作，本项目依托医院原有管理体系，并在项目运行前制定专项管理制度。因此，本项目依托的现有管理机构与制度是可行的。

1.8 与医院发展衔接性分析

续表 1 项目基本情况

重庆市荣昌区人民医院建成运营多年，目前尚无肿瘤放射治疗手段，为满足日益增长的肿瘤放射治疗需求，配置医用直线加速器开展放射肿瘤治疗工作是医院发展的必然结果，项目建设与医院总体发展相符。

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
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》（GB 18871-2002）。

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 (台)	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	待定	电子	X 射线: 10MV 电子线: 20MeV	X 射线≤1400cGy/min 电子线≤1000cGy/min	肿瘤治疗	新建放疗中心加速器机房内	拟购
						集成 CBCT 的 X 射线: 电压 140kV, 电流 630mA				

(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 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	CT 模拟定位机	III	1	未定	140	800	肿瘤定位	新建放疗中心定位机房内	拟购

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 6 评价依据

<p>法律 法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日修订实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日修订实施；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日修订实施；</p> <p>(6) 《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，2005 年 12 月 21 日施行；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日修订实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原中华人民共和国环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(8) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 380 号，2010 年 12 月 29 日修订实施；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），中华人民共和国生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(11) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《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》，2021 年 12 月 30 日起施行；</p> <p>(13) 关于发布《射线装置分类》的公告，原中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>(14) 《重庆市环境护条保例》，2022 年 9 月 28 日修订实施；</p> <p>(15) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第 338 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(16) 《重庆市环境保护局关于印发重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定的通知》，渝环〔2017〕242 号；</p> <p>(17) 《重庆市荣昌区人民政府办公室关于印发重庆市荣昌区声环境功能区</p>
-------------------------	--

续表 6 评价依据

	划分调整方案的通知》，荣昌府办发〔2018〕118号。
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(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)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)；</p> <p>(5) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)；</p> <p>(6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)；</p> <p>(7) 《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)；</p> <p>(8) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(9) 《建设项目职业病危害放射防护评价规范第 2 部分：放射治疗装置》(GBZ/T220.0-2009)；</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(11) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；</p> <p>(12) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(13) 《环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2016)；</p> <p>(14) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)以及2013年修改单；</p> <p>(15) 《医疗废物集中处置技术规范(试行)》；</p> <p>(16) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)；</p> <p>(17) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)；</p> <p>(18) 《声环境质量标准》(GB3096-2008)；</p> <p>(19) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)；</p> <p>(20) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)；</p> <p>(21) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)；</p>

续表 6 评价依据

	<p>(22) 《建筑给水排水设计标准》(GB50015-2019)； (23) 《医院污水处理设计规范》(CECS07-2004)。</p>
其他	<p>(1) 《重庆市荣昌区发展和改革委员会关于荣昌区人民医院新建放疗机房项目立项的批复》，附件 1； (2) 《建设工程规划许可证》，附件 2； (3) 环境影响评价委托函，附件 3 (4) 医院《辐射安全许可证》，附件 4； (5) 本项目工作场所监测报告，附件 5； (6) IAEA NO.188 号报告； (7) 《辐射防护手册》(第三分册)； (8) 《辐射防护导论》(方杰)； (9) 《放射防护实用手册》(赵兰才、张丹枫)； (10) 《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲，北京：原子能出版社)； (11) 《辐射所致臭氧的估算与分析》(王时进等)； (12) 《三种电子加速器产生的臭氧危害分析》(中国辐射卫生 2020 年 6 月第 29 卷第 3 期)； (13) 建设单位提供的其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目辐射源为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，结合《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）的相关规定，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围为评价范围。结合项目实际情况，确定以项目加速器机房和定位机房实体边界外 50m 区域作为本项目辐射环境的评价范围。

声环境：根据《建设项目环境影响报告表编制技术指南（污染影响类）（试行）》，声环境评价范围确定为：厂界外 50m 范围内。因此，本项目以项目厂界外 50m 范围作为声环境评价范围。

7.2 环境保护目标

(1) 辐射环境保护目标

项目位于城南五支路西侧，放疗中心楼（地面 1F 建筑）位于项目西南侧，内设有加速器机房、定位机房、其他辅助用房及医生办公室等，加速器机房楼顶为不上人屋面，CT 机房楼顶为可上人屋面。项目总平面布置图见附图 3，放疗中心楼平面布置图见附图 4-1。加速器机房及定位机房 50m 评价范围内的辐射环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 加速器机房及定位机房 50m 评价范围内辐射环境保护目标一览表

序号	环保目标名称	方位	最近水平距离	高差	环境特征	保护对象	影响因子
加速器机房							
1	车行道、张家冲小区内部道路	北	约 19m	车行道与加速器机房平层、张家冲小区低于加速器机房地面约 7m	约 6 人	公众成员	
2	水冷室、辅助用房、备件房、配电间	东	紧邻	平层	项目用房, 约 2 人	公众成员	
	控制室		紧邻		项目用房, 约 4 人	放射工作人员	
	人行道、停车场、城南五支路		约 9m		项目内部道路, 约 15 人	公众成员	

续表 7 保护目标与评价标准

序号	环保目标名称	方位	最近水平距离	高差	环境特征	保护对象	影响因素
加速器机房							
3	通道	南	紧邻	平层	约 3 人	公众成员	电离辐射
	医废暂存间、空调水井、卫生间		约 2m		项目用房, 约 8 人	公众成员	
	抢救室、日间照料病房、质控工具室、模具室、储模室、大厅 (含候诊区)		约 2m		项目用房, 等候大厅, 约 20 人	公众成员	
	CT 定位机房、护士站、医生办、注射室、计划室		约 15m		项目用房, 约 8 人	放射工作人员、公众成员	
	CT 设备房、CT 控制室		约 22m		项目用房, 约 4 人	放射工作人员	
	网络机房、值班室、物理师办公室、主任办公室、档案室、茶水间、卫生间		约 22m		项目用房, 约 15 人	放射工作人员、公众成员	
	城南大道		约 35m		道路, 约 8 人	公众成员	
4	放疗中心车行道	西	约 4m	平层	项目内部道路, 约 6 人	公众成员	
定位机房							
1	质控工具室、模具室、储模室	北	紧邻	平层	项目用房, 约 6 人	放射工作人员、公众成员	电离辐射
	洁具室、医废暂存间、空调水井、卫生间		约 7m		项目用房, 约 10 人	公众成员	
	加速器机房		约 15m		项目用房, 约 2 人	放射工作人员、公众成员	
2	大厅 (含候诊区)、抢救室、日间照料病房	东北	约 3m	平层	项目用房, 等候大厅, 约 15 人	公众成员	
	控制室		约 15m		项目用房, 约 4 人	放射工作人员	
	配电间、备件房		约 19m		项目用房, 约 2 人	公众成员	
	辅助机房、水冷室		约 22m		项目用房, 约 2 人	公众成员	
3	走廊 (东北、东、东南)	东	紧邻	平层	约 5 人	公众成员	
	护士站、医生办、注射室、计划室		约 3m		项目用房, 约 5 人	放射工作人员、公众成员	

续表 7 保护目标与评价标准

						成员
	放疗中心人行道、城南大道		约 13m		项目内部道路, 约 6 人	公众成员
4	网络机房、值班室、茶水间、卫生间、档案室	东南	约 3m	平层	项目用房, 约 10 人	公众成员
5	CT 设备房、CT 控制室、物理师办公室、主任办公室	南	紧邻	平层	项目用房, 约 10 人	放射工作人员、公众成员
	城南大道		约 13m		道路, 约 8 人	公众成员
6	放疗中心车行道	西	约 4m	平层	项目内部道路, 约 6 人	公众成员
7	可上人屋面	顶棚	紧邻	--	约 1 人	公众人员

备注：环境特征中的人数主要是指在评价范围内的受影响人数。

(2) 声环境保护目标

根据项目周围环境情况，项目声环境保护目标见表 7-2 所示。

表 7-2 项目声环境保护目标一览表

序号	环保目标名称	方位	最近水平距离	高差	环境特征	影响因子	声功能区类别
1	张家冲小区	北侧	约 5m	低于项目地面约 7m	5F 居民楼, 2 栋, 最高约 18m, 约 70 户	噪声	2 类
2	荣昌区疾控中心	东侧	约 20m	平层	在建	噪声	2 类

7.3 评价标准中相关指标要求

(1) 辐射相关评价标准要求

1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

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

续表 7 保护目标与评价标准

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1mSv/a~0.3mSv/a) 的范围之内。

B1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制, 使之不超过下述限值: 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯性平均), 20mSv 作为职业照射剂量限值。

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不超过下述限值: 年有效剂量, 1mSv。

2) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)

4.9 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。

6.1 屏蔽要求

6.1.4 剂量控制应符合以下要求:

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

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

机房外辐射工作人员: $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$; 机房外非辐射工作人员: $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

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

续表 7 保护目标与评价标准

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

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

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

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

6.2 安全防护设施和措施要求

6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等：

a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明；

b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；

c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全连锁措施：

a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门—机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施；

b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；

续表 7 保护目标与评价标准

f) 安全联锁系统一旦被触发后, 须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动; 安装调试及维修情况下, 任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证, 工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。

8.4 气态废物管理要求

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、窗或人流较大的过道等位置。

3) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)

6.2 空间、通风要求

6.2.1 放射治疗机房应有足够的有效使用空间, 以确保放射治疗设备的临床应用需要。

6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统, 进风口应设在放射治疗机房上部, 排风口应设在治疗机房下部, 进风口与排风口位置应对角设置, 以确保室内空气充分交换; 通风换气次数应不小于 4 次/h。

4) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)

4 治疗机房一般屏蔽要求

4.5.5 迷路外墙的屏蔽透射因子应小于 10^{-2} 。

4.8.3 治疗机房辐射屏蔽涉及诸多物理量: 治疗装置有用束给予患者受治部位的剂量为吸收剂量(Gy)、治疗装置的泄漏辐射和可能产生的杂散中子及其散射辐射剂量为周围剂量当量或空气比释动能(Sv 或 Gy)、人员在治疗机房外的受照剂量为有效剂量(Sv)、在治疗机房外的辐射场和剂量仪表的测量值为周围剂量当量(Sv)。为了治疗机房屏蔽剂量估算和评价的方便及统一, 在辐射屏蔽及其设计范畴内, 不进行诸物理量与本标准中的周围剂量当量之间的转换系数修正。

5) 《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 A.2.1 单一辐射

a) 有用线束

有用线束在关注点的周剂量参考控制水平为 Hc 时, 该关注点的导出剂量率

续表 7 保护目标与评价标准

参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 见式 (A.2) :

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (U \cdot t \cdot T) \quad (\text{A.2})$$

式中: H_c —周参考剂量控制水平 ($\mu\text{Sv/周}$) , 见 4.2.1 的 a);

t —治疗装置周治疗照射时间, h;

U —有用线束向关注点位置的方向照射的使用因子;

T —人员在相应关注点驻留的居留因子。

b) 单一泄漏辐射

泄漏辐射在关注点的周剂量参考控制水平为 H_c 时, 该关注点的导出剂量率

参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 见式 (A.3) :

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (N \cdot t \cdot T) \quad (\text{A.3})$$

式中: H_c —周参考剂量控制水平 ($\mu\text{Sv/周}$) , 见 4.2.1 的 a);

N —调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子, 通常 $N=5$ 。

t —治疗装置周治疗照射时间, h;

T —人员在相应关注点驻留的居留因子。

A.2.2 复合辐射

与主屏蔽直接相连的次屏蔽区需要考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射:

a) 以 4.2.1b)、4.2.2a)或 4.2.2b)中的 $\dot{H}_{c,max}$ 的一半, 作为关注点的导出剂量率参考控制水平, 依 5.2.2 估算屏蔽患者散射辐射所需要的屏蔽厚度;

b) 将公式 A.2.1b) 的 (A.3) 式中的 H_c 以 $0.5H_c$ 代替, 作为关注点的导出剂量率参考控制水平, 依 5.2.1 估算屏蔽泄漏辐射所需要的屏蔽厚度;

c) 取上述 a) 和 b) 中屏蔽厚度较厚者为该关注点的屏蔽设计。相应屏蔽下, 泄漏辐射和有用线束患者散射辐射在关注点的剂量率之和为该处的剂量率控制值。

6) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

第 6.1.5 款 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外, 对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房,

续表 7 保护目标与评价标准

其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2（本报告表 7-3）的规定。

表 7-3 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

本项目 CT 模拟定位机属于特殊的 CT 机，参照标准中 CT 机的要求执行。

第 6.2.1 款 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不小于表 3（本报告表 7-4）要求：

表 7-4 不同类型射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
CT 机房（不含头颅移动 CT）、定位机房	2.5	

第 6.3.1 款 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h；

第 6.5.3 款 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

第 6.5.4 款 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

附录 B

B.1 检测条件 X 射线设备机房防护检测条件和散射模体应按表 B.1 的要求。

B.2 关注点检测的位置要求

B.2.1 距墙体、门、窗表面 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，

续表 7 保护目标与评价标准

机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm。

(2) 其他标准

1) 医疗废物

医疗废物属于危险废物，按国家危险废物名录分为医疗废物（HW01，废物代码 841-001-01~841-005-01），按《医疗废物管理条例》和《重庆市人民政府关于进一步加强医疗废物管理的通告》（渝府发[2007]71 号）要求进行收集处置；其贮存按《医疗废物集中处置技术规范（试行）》（环发[2003]206 号）、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）执行。

2) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）

二级标准：臭氧 1 小时平均限值为 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.2\text{mg}/\text{m}^3$)；二氧化氮 1 小时平均限值为 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.2\text{mg}/\text{m}^3$)。

3) 声环境

① 《声环境质量标准》（GB3096-2008）

根据《重庆市荣昌区人民政府办公室关于印发重庆市荣昌区声环境功能区划分调整方案的通知》（荣昌府办发〔2018〕118 号），项目南侧靠近城南大道 30m 范围内的区域属于 4a 类声功能区，其它区域声功能区划为 2 类声功能区。对应《声环境质量标准》（GB3096-2008），项目南侧靠近城南大道 30m 范围内执行 4a 类标准，标准限值为：昼间 70dB（A）、夜间 55dB（A），其余区域执行 2 类标准，标准限值为：昼间 60dB（A）、夜间 50dB（A）。

② 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）

项目南侧厂界执行 4 类排放标准，限值为昼间 70dB（A）、夜间 55dB（A），其余厂界执行 2 类标准，限值为：昼间 60dB（A）、夜间 50dB（A）。

③ 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）

施工场界环境噪声排放限值：昼间 70dB（A）、夜间 55dB（A）。

4) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）

工作场所空气中化学因素的职业接触限值为：

臭氧最高容许浓度（MAC）接触限值： $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；

续表 7 保护目标与评价标准

氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的时间加权平均容许浓度（PC-TWA）接触限值：5mg/m³。

(3) 本项目执行的评价标准及相关参数值

1) 年剂量管理目标值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）相关要求，项目职业照射的有效剂量管理目标值不超过 5mSv/a，公众照射的有效剂量管理目标值不超过 0.1mSv/a。

2) 加速器机房屏蔽体外控制水平核算

上述标准中《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）、《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）、《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）均对加速器机房屏蔽体外周围剂量当量率参考控制水平有规定，本评价按照其相关要求保守计算加速器机房的屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算如下：

①居留因子

根据 HJ1198-2021 附录 A，不同场所的居留因子选取如表 7-5 所示。

表 7-5 不同场所的居留因子

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

备注：后文相应计算中的居留因子按照本表取值。

②加速器机房屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算

本项目设置直线加速器为10MV，设备周治疗时间为5.4h。按最不利情况考虑，使用因子U均取1。保守考虑泄漏辐射的调强因子N全部取5。

续表 7 保护目标与评价标准

加速器机房屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算结果见表7-6。									
表7-6 加速器机房剂量率控制水平核算表 单位: $\mu\text{Sv/h}$									
屏蔽体外关注点		He ($\mu\text{Sv/周}$)	辐射类型		T	U	$\dot{H}_{c,max}$	$\dot{H}_{c,d}$	周围剂量率参考控制水平 Hc
方位	紧邻环境情况								
北墙	户外过道(公众)	5	泄漏辐射		1/40	—	10	7.4	2.5
东墙	水冷机房、辅助机房、过道(公众)	5	有用线束		1/20	1	10	18.5	2.5
		5	复合辐射	散射	1/20	—	10	5	
		5		泄漏	1/20	—	10	1.9	
	控制室(放射工作人员)	100	泄漏辐射		1	—	2.5	3.7	2.5
南墙	过道(公众)	5	泄漏辐射		1/5	—	10	0.9	0.9
西墙	户外过道(公众)	5	有用线束		1/40	1	10	37	2.5
		5	复合辐射	散射	1/40	—	10	5	
		5		泄漏	1/40	—	10	3.7	
防护门	大厅(公众)	5	复合辐射	散射	1/5	—	10	5	2.5
		5		泄漏	1/5		10	0.5	
顶棚	屋顶(无人)	5	有用线束		1/40	1	10	37	2.5
		5	复合辐射	散射	1/40	—	10	5	
		5		泄漏	1/40	—	10	3.7	

备注：加速器机房控制室位于东墙侧，但未在有用线束照射范围内。

根据上表核算，除加速器机房南墙外剂量率控制水平核算结果为 $0.9\mu\text{Sv/h}$ 外，其余各屏蔽体外剂量率控制水平核算结果大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，按照保守控制。

3) 项目剂量限值与污染物排放指标

本评价根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)、《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 等标准，确定本项目项目剂量限值与污染物排放指标见表 7-7 所示。

表 7-7 项目剂量限值与污染物排放指标汇总表

年有效剂量限值要求		执行依据
放射工作人员	年有效剂量管理目标值不超过 5mSv/a 。	GB18871-2002、HJ1198-2021
公众成员	年有效剂量管理目标值不超过 0.1mSv/a 。	
剂量率控制室		执行依据
加速器机房	机房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率：南侧不大于 $0.9\mu\text{Sv/h}$ ，其余不大于	根据 GBZ/T201、HJ1198-2021、GBZ121-2020 核算后综合取值

续表 7 保护目标与评价标准

	2.5 μ Sv/h。		
定位机房	距离机房墙体、门、窗表面 30cm、机房顶棚上方距楼上地面 100cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h		GBZ130-2020
机房面积控制			执行依据
设备名称	机房内最小有效使用面积 (m ²)	机房内最小单边长度 (m)	GBZ130-2020
CT 模拟定位机	30	4.5	
直线加速器	有足够的有效使用空间	—	GBZ121-2020
通风要求			执行依据
加速器机房通风	机房内通风换气次数应不小于 4 次/h。		GBZ121-2020 HJ1198-2021
定位机房通风	应设置动力通风装置，并保持良好的通风		GBZ130-2020
声环境质量标准			
类别	昼间 dB (A)	夜间 dB (A)	备注
2 类	60	50	项目除南侧靠近城南大道 30m 范围内的其它区域
4a 类	70	55	项目南侧靠近城南大道 30m 范围内的区域
厂界噪声执行标准			
类别	昼间 dB (A)	夜间 dB (A)	备注
2 类	60	50	南侧厂界
4 类	70	55	除南侧厂界外，其他厂界
建筑施工场界环境噪声排放标准 单位：dB(A)			
昼间		夜间	
70		55	

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

项目位于重庆市荣昌区城南五支路西侧，项目所在地目前为荒地，本项目涉及工作场所位于地块西南侧。项目地理位置图见附图 1，项目工作场所位置见附图 3 所示。

8.2 辐射环境质量现状

为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，重庆泓天环境监测有限公司于 2022 年 10 月 25 日对本项目拟建地的环境 γ 辐射剂量率背景值进行了监测。监测结果和监测布点见监测报告：渝泓环（监）[2022]1295 号（见支撑性材料）。

8.2.1 监测因子

环境 γ 辐射剂量率。

8.2.2 监测方案

(1) 监测方法和依据

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境 γ 辐射剂量率	仪器法	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》 (HJ1157-2021)

(2) 监测点位选取及合理性

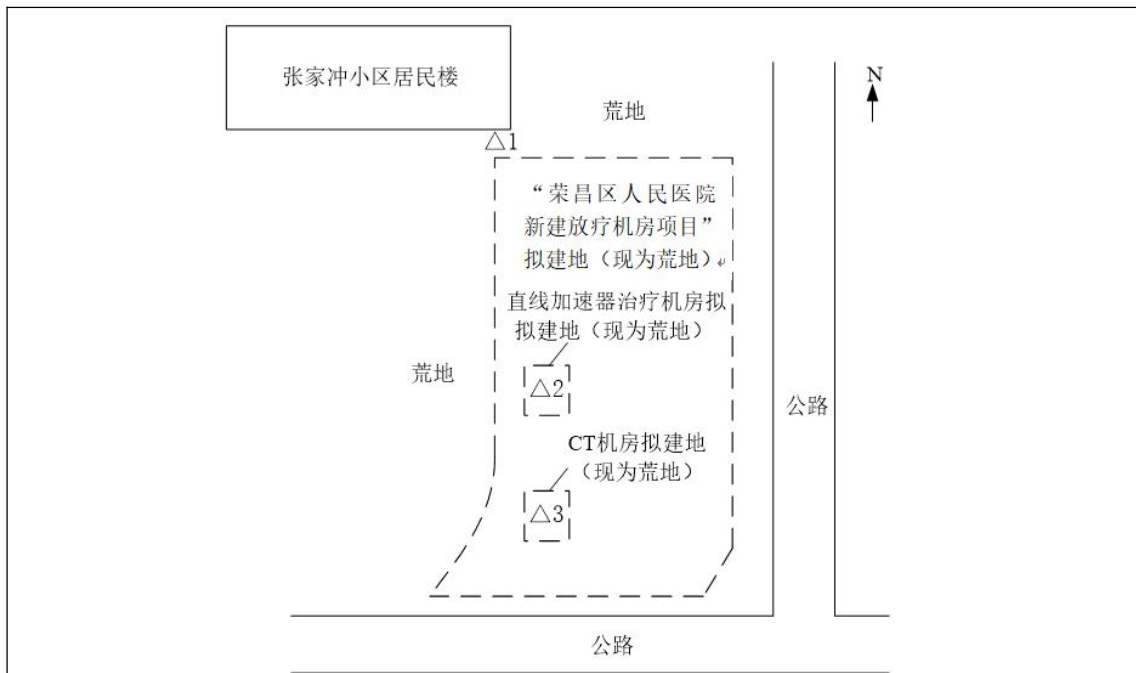
监测点位情况见表 8-2，监测布点位置见图 8-1 所示。

表 8-2 监测布点情况表

监测点位	监测点位描述	备注
△1	项目拟建地西北侧居民楼旁	环境保护目标
△2	直线加速器治疗机房拟建地	拟建址
△3	CT 机房拟建地	

监测点位合理性分析：根据现场踏勘，上述监测点包含了拟建加速器机房和定位机房拟建址、周围最近环境保护目标处，监测点位布置全面，监测结果能反映本项目所在地及周围环境保护目标的辐射环境背景水平。因此，项目监测布点合理。

续表 8 环境质量和辐射现状



备注：△为环境γ辐射剂量率监测点位，监测高度距地面1.0m。

图 8-1 监测布点示意图

(3) 测定方式

本项目选取的测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

8.2.4 监测结果

监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 项目拟建址辐射环境监测结果统计表

监测点位	监测点位描述	环境γ辐射剂量率 (nGy/h)
△1	项目拟建地西北侧居民楼旁	61
△2	直线加速器治疗机房拟 拟建地	56
△3	CT 机房拟 拟建地	56

根据监测统计结果可知，项目所在位置的环境γ辐射剂量率监测值在 56nGy/h~61nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《二〇二一年重庆市生态环境状况公报》（重庆市生态环境局），2021 年重庆市多个点位通过累积剂量监测换算出的环境地表伽玛空气吸收剂量率平均值为 94.0nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值），两者相比，项目所在地的环境γ辐射剂量率监测值在正常涨落范围内，因此，拟建项目所在地环境的辐射环境质量现状良好。

续表 8 环境质量和辐射现状

8.3 声环境质量现状

为了解项目厂界噪声达标情况及项目声环境保护目标处声环境质量现状情况，重庆泓天环境监测有限公司于2023年2月17日对本项目拟建地的声环境进行了监测。监测结果和监测布点见监测报告：渝泓环（监）[2023]102号（见支撑性材料）。

根据《重庆市荣昌区人民政府办公室关于印发重庆市荣昌区声环境功能区划分调整方案的通知》（荣昌府办发〔2018〕118号），项目南侧靠近城南大道30m范围内的区域属于4a类声功能区，其它区域声功能区划为2类声功能区。

8.3.1 监测因子及监测频率

监测因子：等效连续A声级。

监测频率：每天昼间、夜间各1次。

8.3.2 监测方案

（1）监测方法和依据

监测方法和依据见表8-4。

表 8-4 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境噪声	仪器法	《声环境质量标准》 (GB3096-2008)

（2）监测点位选取及合理性

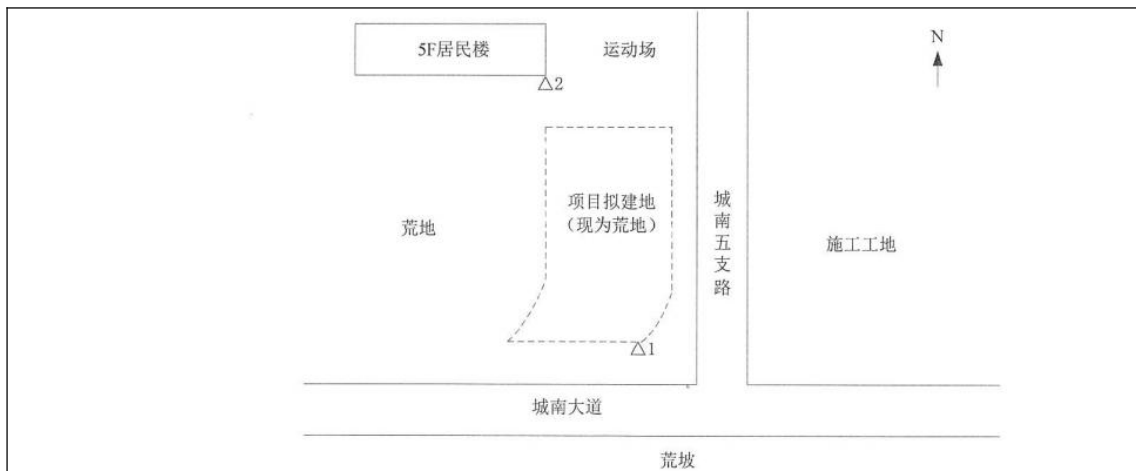
监测点位情况见表8-5，监测布点位置见图8-2所示。

表 8-5 监测布点情况表

监测点位	监测点位描述
△1	拟建项目东南侧靠近城南大道旁
△2	拟建项目西北侧居民楼旁

监测合理性分析：上述监测点位包含了拟建项目厂界靠近城南大道侧噪声现状以及周围最近环境保护目标处噪声现状，监测点位布置全面，能反映本项目所在地现状噪声情况监测点。

续表 8 环境质量和辐射现状



备注：△为环境噪声监测点位，监测高度距地面 1.5m。

图 8-2 监测布点示意图

8.3.3 监测结果

监测结果见下表 8-6。

表 8-6 噪声监测结果统计表

监测点位	监测项目	监测结果 dB(A)		标准限值 dB(A)	
		昼间	夜间	昼间	夜间
△1	拟建项目东南侧靠近城南大道旁	65	52	≤70	≤55
△2	拟建项目西北侧居民楼旁	46	43	≤60	≤50

监测结论：从上表可知，△1 监测点昼间、夜间噪声值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 4a 类标准的要求；△2 监测点昼间、夜间噪声值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准的要求。项目所在区域声环境质量良好。

8.4 质量保证措施

(1) 监测仪器

本项目委托有资质的单位重庆泓天环境监测有限公司进行监测，监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器及检定情况见表 8-7。

续表 8 环境质量和辐射现状

表 8-7 监测仪器及检定情况

仪器名称	型号	仪器编号	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率 JB4010	09031	HT20160801	2022042603435	2023.5.4	0.87
声级计 AWA5688	00309428	HT20070702	2022122603710	2024.1.3	/
声校准 AWA6221B	2008794	HT20070705	2022080203926	2023.8.8	/

备注:声级计测量范围:30dB(A)~130dB(A)。

8.5 监测人员及报告审核制度

监测单位具备所监测项目的资质；合理布设监测点位；监测方法采用国家有关部门颁布的标准；监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的数量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，经过校验、审核、审定，最后由授权签字人签发。

表9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备

项目施工期主要为基础开挖、基础工程、主体工程、道路施工、景观工程、屋面工程、门窗安装、装饰抹灰、室内外设施设备安装等。施工期需要使用到的主要施工机械设备包括人工锤和气锤、电锯、切割机、冲击钻、挖土机、混凝土输送泵等。

项目运营期使用的主要设备为医用直线加速器和CT模拟定位机。

9.2 施工期污染工序及污染物产生情况

施工期的工艺流程及产污环节见图 9-1 所示。

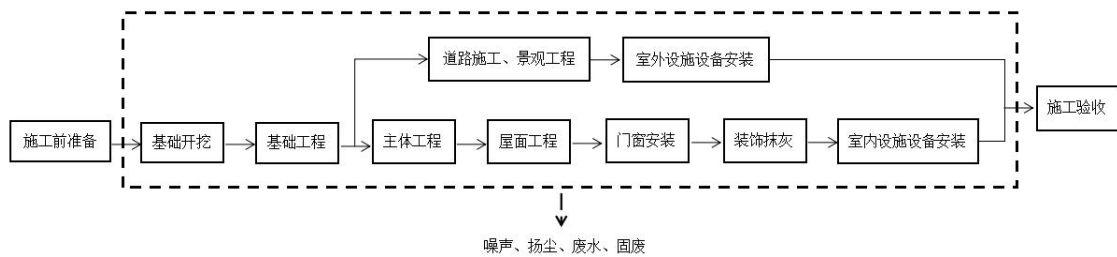


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

项目施工期建设产生的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

(1) 噪声：主要来自土石方开挖、混凝土浇筑、装修及现场处理等。各施工设备及施工过程噪声源强约为 75~90dB。

(2) 扬尘：扬尘主要来自施工过程中建筑材料（水泥、沙子、石子等）现场搬运及堆放产生的扬尘、切割打磨装饰材料产生的粉尘、建筑垃圾清理及堆放产生的扬尘。

(3) 废水：项目施工期废水主要为施工人员产生的生活污水。项目施工期每天最多 25 人在施工现场作业，生活用水量约为 50L/人·d 计，污水产生系数按用水量的 0.9 计，则生活污水排放量为 1.1m³/d，依托项目周围现有的生活设施排入市政污水管网处理，不会对环境产生影响。

(4) 固体废物：项目施工期产生的固体废物主要为施工建筑垃圾、施工人员生活垃圾及废包装材料等。

①施工期挖方回填在场地内，挖填方平衡。

续表 9 项目工程分析与源项

②施工建筑垃圾主要包括新建墙体产生的废材料如水泥、砂石、石材、塑料、金属材料、碎玻璃等。建设施工过程中将产生建筑垃圾，预计产生量约为 100t。建筑垃圾运至市政指定的合法的建筑垃圾堆放场处置。

③生活垃圾：施工期产生的生活垃圾按每天 25 人计，每人每天产生生活垃圾 0.5kg，则每天产生 12.5kg。依托周围现有生活垃圾收集系统收集后交环卫部门统一收运处理。

④废包装材料

项目场地施工及设备安装调试期间，会产生一定的废包装材料。废包装材料交物资回收单位回收处置。

9.3 运行期污染工序及污染物产生情况

项目运行期工艺流程为放疗中心的营运流程，主要为诊断、治疗，本环评重点关注的为加速器机房和定位机房内的污染工序，以及直线加速器和 CT 模拟定位机在运行过程中的污染物产生情况。

9.3.1 项目总体工作流程及产污环节

本项目总体工作流程及产污环节见图 9-2。

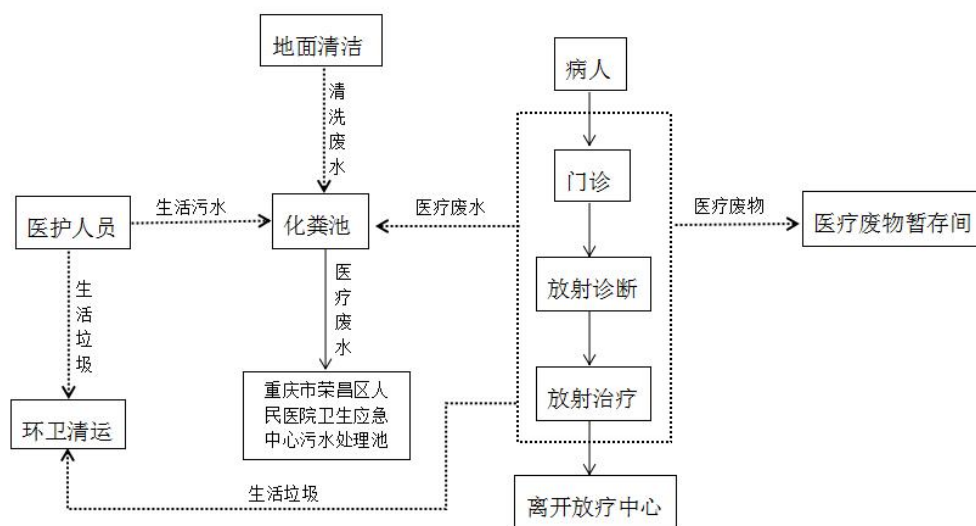


图 9-2 本项目总体工作流程及产污环节

9.3.2 直线加速器

9.3.2.1 设备组成及工作方式

本项目拟配置 1 台 10MV 医用直线加速器，型号待定。

续表 9 项目工程分析与源项

直线加速器主要由操作控制台、控制台电子柜、调制柜、机架、治疗头、治疗床等几大物理部件组成。另外加速器集成 1 个 CBCT 进行定位验证。

用于放射治疗的 X 射线是从加速器治疗头产生的，治疗头是加速器最终用于治疗射束的形成部位。治疗头提供射束修整、定位、屏蔽、监测等功能，其基本结构包括偏转系统、X 线靶、均整器、电子散射箔和准直器。散射器常安装在均整器旋转托盘上，还有光野灯、源皮距标尺灯、电离室和联锁装置等。

直线加速器设备外观见图 9-3，直线加速器治疗头结构见图 9-4 所示。



图 9-3 医用电子直线加速器设备外观图（示例）

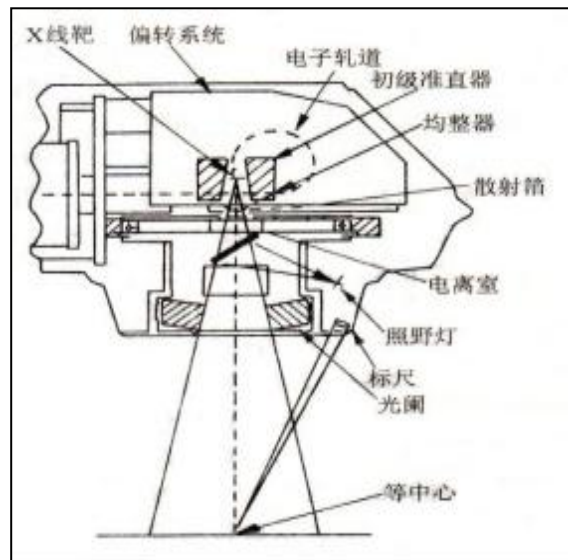


图 9-4 直线加速器治疗头的结构图

9.3.2.2 设备参数

根据建设单位提供的资料，项目直线加速器的主要技术指标见表 9-1。

续表 9 项目工程分析与源项

项目	指标	
设备名称	医用直线加速器	
设备型号	待定	
射线类型	X 射线、电子线	
最大能量	电子线：20MeV；X 射线：10MV	
源轴距（SAD，源到等中心点距离）	100cm	
射线束最大张角（散射角）	28°	
照射方式	具有等中心旋转系统之固定束治疗和移动束治疗的间歇加载连续运行式	
最大照射野	40cm×40cm	
等中心处最大输出剂量率	1400cGy/min	
机架旋转范围	0°~360°	
等中心点与地面的高度	约 1300mm	
机架旋转范围	0°~360°	
机头 X 射线泄漏率	<0.1%主线束	
CBCT	最大管电压	140kV
	最大管电流	630mA

9.3.2.3 工作原理

医用直线加速器是一种先进的放疗设备，它利用 X 射线治疗深部肿瘤。

医用直线加速器主要是根据加速器的被加速高能电子轰击重金属材料的靶发生韧致辐射，从而产生射线的原理，利用加速器产生的不同能量的 X 射线，根据肿瘤的生物特性、部位和深度，选择适当能量、适当剂量的射线对病灶进行照射，杀死肿瘤细胞，实现治疗的目的。

CBCT 即为锥形束投照计算机重组断层影像设备，其原理是 X 射线发生器以较低的射线量围绕投照体做环形数字式投照，然后将围绕投照体多次数字投照后“交集”中所获得的数据在计算机中重组后获得三维图像。

9.3.2.4 工作流程及产污环节

项目直线加速器工作流程及产污环节示意图见图 9-5。

续表 9 项目工程分析与源项

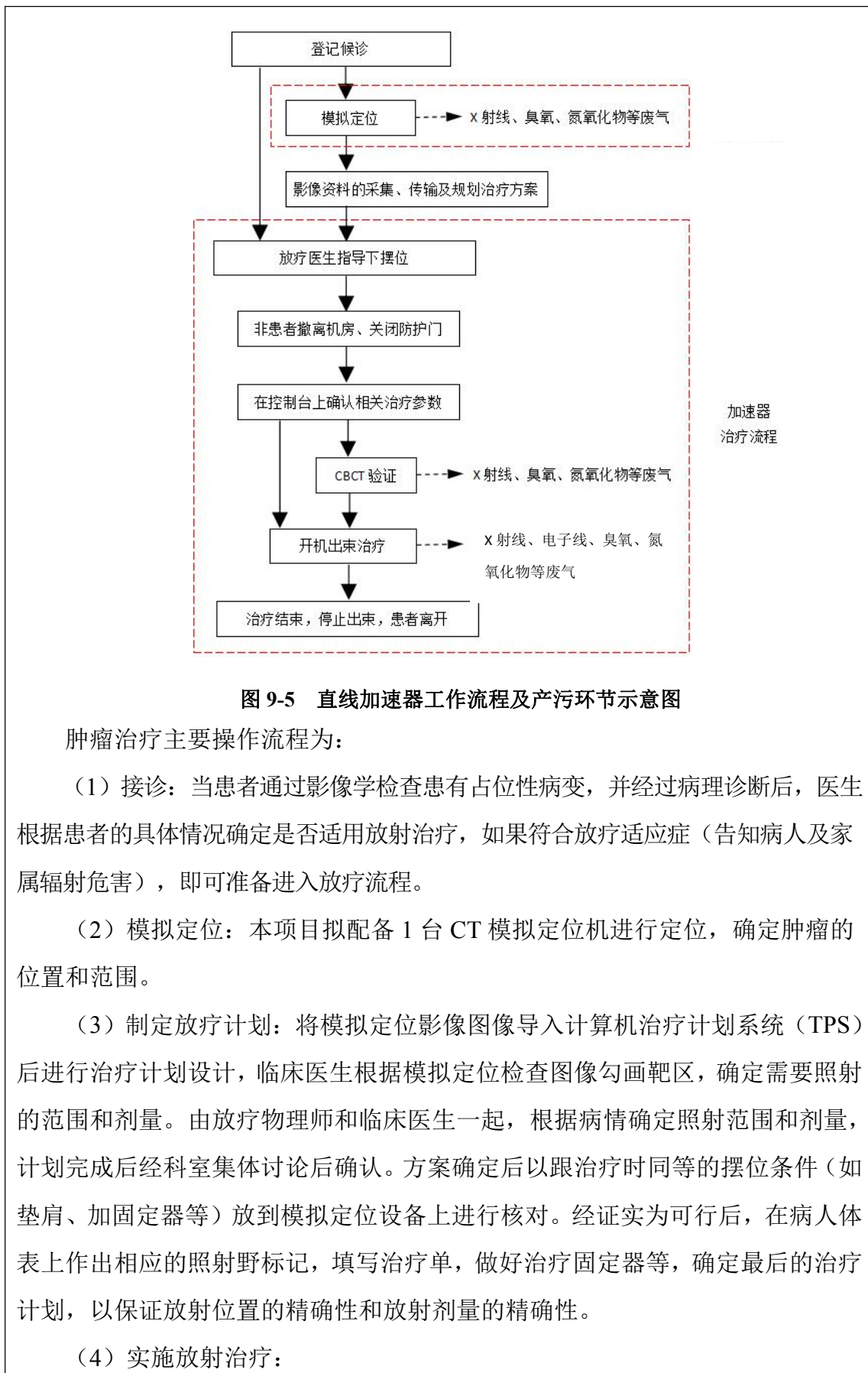


图 9-5 直线加速器工作流程及产污环节示意图

肿瘤治疗主要操作流程为：

(1) 接诊：当患者通过影像学检查患有占位性病变，并经过病理诊断后，医生根据患者的具体情况确定是否适用放射治疗，如果符合放疗适应症（告知病人及家属辐射危害），即可准备进入放疗流程。

(2) 模拟定位：本项目拟配备 1 台 CT 模拟定位机进行定位，确定肿瘤的位置和范围。

(3) 制定放疗计划：将模拟定位影像图像导入计算机治疗计划系统（TPS）后进行治疗计划设计，临床医生根据模拟定位检查图像勾画靶区，确定需要照射的范围和剂量。由放疗物理师和临床医生一起，根据病情确定照射范围和剂量，计划完成后经科室集体讨论后确认。方案确定后以跟治疗时同等的摆位条件（如垫肩、加固定器等）放到模拟定位设备上进行检查。经证实为可行后，在病人体表上作出相应的照射野标记，填写治疗单，做好治疗固定器等，确定最后的治疗计划，以保证放射位置的精确性和放射剂量的精确性。

(4) 实施放射治疗：

续表 9 项目工程分析与源项

- ①工作人员在控制室接通电源，启动控制系统，在控制台上设置治疗参数；
- ②医护人员将患者送入治疗室，技术人员进行摆位；固定治疗体位，肿瘤中心位于等中心点；
- ③除了待治疗病人，其余人员撤出治疗室，关闭防护门，通过监控系统观察机房内情况，检查连锁系统；
- ④CBCT 验证，具体流程为：治疗前采集数字影像数据，然后与定位影像数据进行在线配准。如果得到的比对结果在容许误差范围内，则治疗可以进行；如果比对结果超出误差容许范围，调整患者位置后使之在容许误差范围内，再行治疗，实现患者定位与治疗的精确重合。
- ⑤在操作间控制台确认治疗参数，插入专用控制钥匙，加速器出束治疗；
- ⑥治疗完毕，加速器停止出束，打开迷路防护门，医护人员进入治疗室解除体位固定器，将病人送出治疗室。

特别说明：患者治疗一般一个疗程进行一次模拟定位和一次 CBCT 验证。

9.3.2.5 工作负荷

(1) 直线加速器治疗工作负荷

根据建设单位提供的资料，医院放疗中心每天最多治疗 65 人次（进入治疗室出束治疗 1 次为 1 人次），年工作 50 周，每周 5 天，预计直线加速器每年治疗最多 16250 人次。平均每人治疗照射 4 野次，每野次治疗剂量为 0.8Gy，则周工作负荷 $W=65 \times 5 \times 4 \times 0.8=1040\text{Gy/W}$ 。平均每人治疗照射时间约为 1.0min（不含摆位和 CBCT 验证时间），则设备有效出束时间为 5.4h/W，270.8h/a。

此外，考虑到直线加速器的调强治疗，保守考虑调强因子全部取 $N=5$ ，则设备泄漏辐射时间平均约为 27.1h/W，1354.2h/a。

(2) 定位验证工作负荷

根据建设单位提供的资料，在患者首次治疗时需要进行 CBCT 定位验证，在患者后续治疗一般一周使用一次。则预计 CBCT 验证使用不超过 1700 次。CBCT 定位验证扫描一圈约 1min，则全年有效开机时间不超过 28.3h/a。

9.3.3 CT 模拟定位机

9.3.3.1 设备组成及工作方式

续表 9 项目工程分析与源项

医院拟配置的 CT 模拟定位机为大孔径 CT，主要由扫描床、扫描架、高压发生器、控制台、计算机系统和激光定位系统等组成。

CT 模拟定位机的机架旋转、机头转动、限束器开闭、距离指示、照射野指示、治疗床各部分运动，都与医用直线加速器一样，因此它能准确地模拟直线加速器的一切机械运动。

典型 CT 模拟定位机见图 9-6，其主要结构见图 9-7。



图 9-6 CT 模拟定位机（示例图）

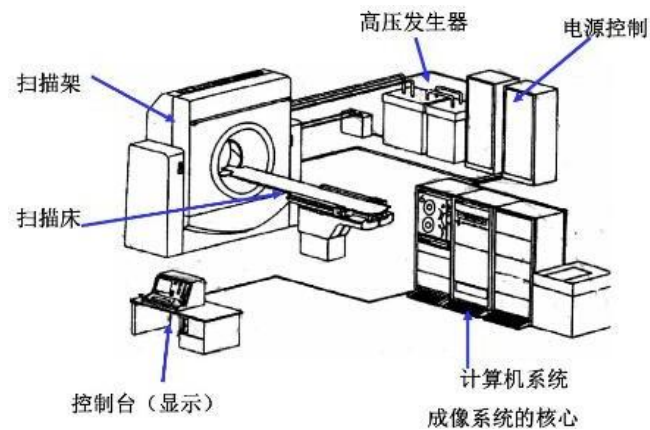


图 9-7 CT 模拟定位机主要组成结构示意图

9.3.3.2 设备参数

医院拟配置的 CT 模拟定位机主要性能指标见表 9-2。

表 9-2 CT 模拟定位机设备参数

设备名称	CT 模拟定位机
射线装置类别	III类射线装置
设备型号	待定
主要技术参数	最大管电压：140kV 最大管电流：800mA

续表 9 项目工程分析与源项

9.3.3.3 工作原理

CT 模拟定位机可以看作是诊断性 CT 机与传统模拟定位机的有机结合。CT 模拟机不仅可以像诊断性 CT 机一样为治疗计划系统提供高质量的横断面 CT 影像资料，帮助临床医生精确勾画出肿瘤靶区及危险器官的轮廓，进而帮助计算机计划系统进行组织不均匀性校正，提高剂量计算的准确性。还能够借助复杂的计算机软件，将计划设计的照射野三维空间分布结果重叠在 CT 重建的病人解剖资料之上，在相应的激光定位系统的辅助下，实现对治疗条件的虚拟模拟。

9.3.3.4 工艺流程及产污环节

CT 模拟定位机工作流程及产污环节见图 9-8。

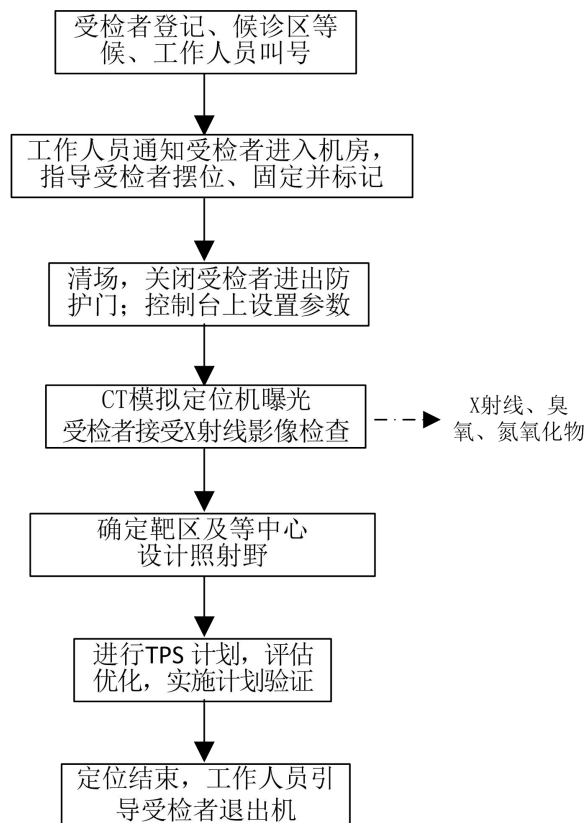


图 9-8 模拟定位机工作流程及产污环节示意图

- ①患者在候诊区等候，做相应准备工作，等待工作人员叫号。
- ②工作人员通知患者进入机房，为受检者摆位、固定并标记受检者。
- ③工作人员退出机房回到控制室设置参数并曝光，图像传至物理师办公室，确定初始坐标系统，确定靶区及等中心。工作人员根据等中心坐标标记受检者及固定装置，勾选出关键器官与靶区，设计照射野。

续表 9 项目工程分析与源项

④将受检者材料数据传至 TPS 进行剂量计算。工作人员对 TPS 计划进行评估优化，实施计划验证（检查体位和射野设置、设备几何参数和靶区）。

⑤定位结束，工作人员引导受检者退出机房。

9.3.3.5 工作负荷

根据建设单位提供的资料，在患者首次治疗时需要进行 CT 模拟定位，在患者后续治疗一般一周使用一次。则预计 CT 模拟定位使用不超过 1700 次。CT 机在模拟定位时单次扫描约 2min，则全年有效开机时间不超过 56.6h/a。

9.3.4 医护人员和病人路径

医护人员路径：

①进入定位机房：从放疗中心楼南侧医护人员通道，经走廊进入定位机房控制室，后进入定位机房指导病人摆位后返回控制室；从放疗中心大厅进入，后经走廊进入定位机房控制室，后进入定位机房指导病人摆位后返回控制室。

②进入加速器机房：从放疗中心楼大厅门，经走廊通过加速器机房防护门，后经迷道进入加速器机房，指导病人摆位后进入加速器机房东侧控制室；从南侧医生办或计划室出来经走廊通过加速器机房防护门，后经迷道进入加速器机房，指导病人摆位后进入加速器机房东侧控制室。

患者路径：

①进入定位机房：从放疗中心楼大厅门进入，通过过道，由定位机房北侧患者专用防护门进入定位机房，检查完成后沿原路离开定位机房。

②进入加速器机房：从放疗中心了大厅东侧门进入，再由加速器机房防护门经迷道进入加速器机房接受治疗，治疗完成后离开加速器机房；从定位机房出来，通过过道，再由加速器机房防护门经迷道进入加速器机房接受治疗，治疗完成后离开加速器机房。最终从放疗中心大厅离开放疗中心。

项目相关路径见图 9-9 所示。

续表9 项目工程分析与源项

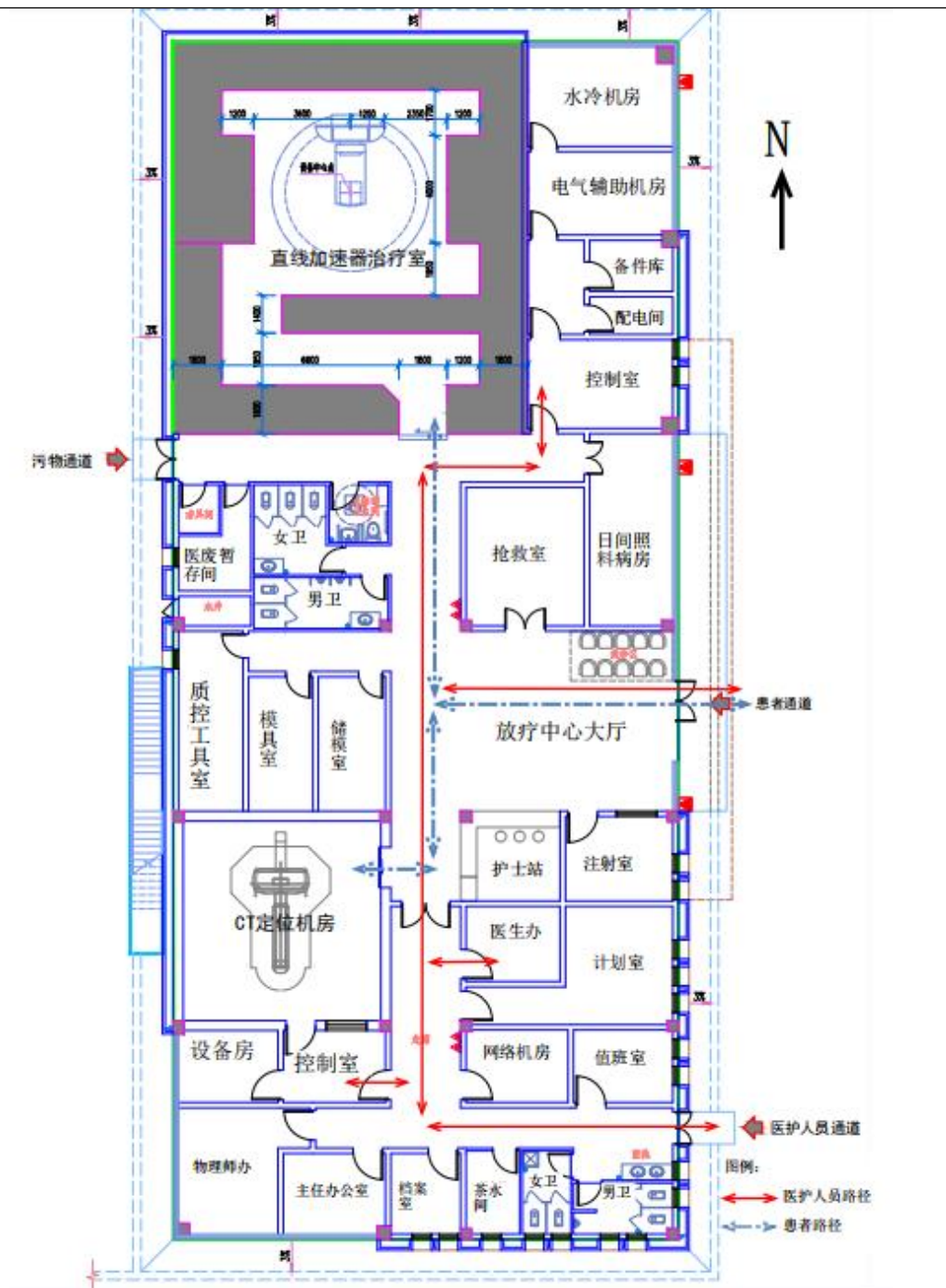


图 9-9 项目人员相关路径走向示意图

9.3.5 污染源项描述及产排污分析

9.3.5.1 电离辐射

(1) 直线加速器电离辐射

①放射治疗系统

X 射线: 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

续表 9 项目工程分析与源项

后与靶物质相互作用时产生轫致辐射（即 X 射线），本项目医用电子直线加速器最大 X 射线能量为 10MV，其贯穿能力极强。X 射线是随机器的开关而产生和消失的。

本项目直线加速器使用的 X 射线能量最大为 10MV，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）4.7 等，本项目电离辐射防护不需考虑光中子防护和感生放射性影响。

X 射线通过主射线、散射线、漏射线几种方式对外环境产生辐射影响。

主射线辐射：当放射治疗系统中光阑完全打开时，从辐射头靶射出的 X 射线为一个半角为 $(28/2)^\circ$ 的锥形线束，其标称能量为 10MV。主射线是唯一用于治疗目的的射线，又称有用线束。

漏射线辐射：由靶从各个方向上穿过辐射头向外泄漏出来的射线称为漏射线，漏射线遍布机架各处，因此漏射线辐射源到任一点的距离会因为机架角度不同而异，但均不会超过主射线的 0.1%。

散射线辐射：当主射线射入治疗台上的人体时，会产生散布于各个方向上的次级散射辐射，这种散射线能量比主射线能量低得多，剂量率决定于被照区域，初级射线能量和散射角度。

电子线：直线加速器在运行时产生的高能电子束，其最大能量为 20MeV，因其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。然而被加速器加速的电子束穿过薄膜窗从加速器中引出后，成为能量较高的外电子束，它在空气中的射程较长，这时要绝对禁止非治疗人员在加速器开机时误入机房，以防被电子束或散射电子照射造成事故。

②CBCT 验证系统

直线加速器集成的 CBCT 运行时将产生 X 射线，在开机不曝光或不开机状态下均不产生 X 射线。X 射线能量在零和曝光管电压（最大为 140kV）之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口过滤有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线，因有用线束有 CT 探测器阻挡，直线加速器机房内以散、漏射线为主。根据射线衰减原理和《辐射防护导论》，不同过滤条件下离靶 1 米处的 X 射线发射率如下图 9-10 所示。CBCT 过滤板为

续表 9 项目工程分析与源项

3mmAl, 距离靶 1 米处的发射率约为 $11.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。该能量和剂量率相对 10MV 加速器来说非常微小, 能屏蔽放射治疗系统的辐射影响, 就能屏蔽 CBCT 的影响, 因此, 本报告后文的机房屏蔽效能核算及控制室操作人员的年剂量估算不再考虑该部分影响。

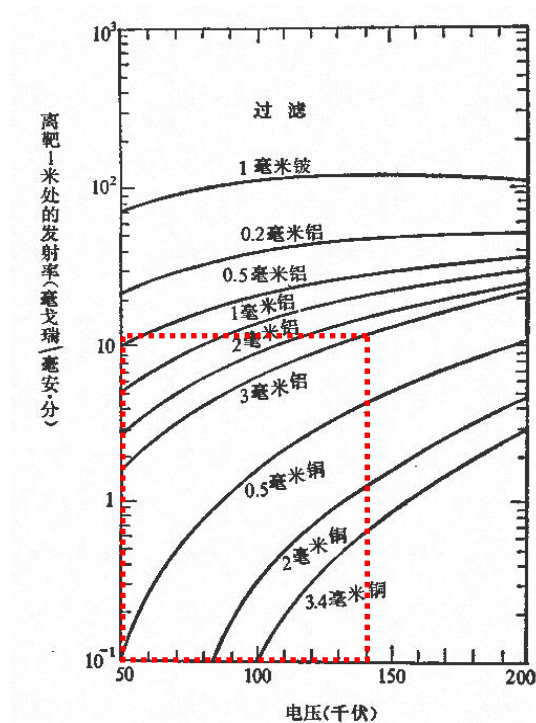


图 9-10 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器离靶 1 米处的发射率

(2) CT 模拟定位机电离辐射

拟配置的 CT 模拟定位机产生 X 射线, 在开机不曝光或不开机状态下均不产生 X 射线。X 射线能量在零和曝光管电压之间, 为连续能谱分布, 其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线, 因有用线束遭 CT 探测器阻挡, 机房内以散射线为主。

有用线束: X 射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数, 加在 X 射线管的管电压、管电流越高, 光子束流越强。由于 CT 模拟定位机的 X 射线能量较低, 不必考虑感生放射性问题。根据射线衰减原理和《辐射防护导论》, 不同过滤条件下离靶 1 米处的 X 射线发射率见图 9-10 所示。

有用线束: CT 模拟定位机过滤板为 3mmAl, 额定电压 140kV。查图 9-10 可知, 额定电压 140kV 时, 离靶 1 米处的发射率约为 $11.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

续表 9 项目工程分析与源项

漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。

散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（限束装置、受检者、射线接收装置及检查床、墙壁等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离等有关。

9.3.5.2 “三废”

项目运行不产生放射性“三废”，仅产生少量非放射性的“三废”。

(1) 废气

直线加速器废气：直线加速器运行产生的 X 射线能使周围物质电离、激发，与空气作用产生臭氧和氮氧化合物。直线加速器放射治疗模式下产生的 X 射线有很强的穿透力，本评价主要考虑该模式下产生的废气。

根据文献《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期）中给出的扩展射线束所致 O₃ 产额的公式进行估算，其计算公式如下：

$$P = 2.43 \times D_0 (1 - \cos\theta) RG \quad (9-1)$$

式中： P ：扩展射线束单位时间内产生的 O₃ 的总质量，mg/h；

D_0 ：距射线束源点 1m 处的空气比释动能率，Gy·m²/min；

R ：射线束中心轴上源点至治疗室墙壁的距离，m；

G ：空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数，取值为 10；

θ ：射线束的半张角，取值为 28°/2≈14°。

同时，加速器屏蔽体外部非有用线束区域的漏射线所致臭氧产额为有用线束的 10%，因此，项目直线加速器机房臭氧产额考虑为上公式计算结果的 1.1 倍。

各参数的取值和计算结果见表 9-3。

表 9-3 加速器机房的 O₃ 产额的计算参数和计算结果表

机房	D_0 (Gy·m ² /min)	R (m)	G	θ (°)	P (mg/h)
加速器	14	3.6	10	14	40

根据《三种电子加速器产生的臭氧危害分析》（中国辐射卫生2020年6月第29卷第3期），氮氧化物（主要为二氧化氮）产额考虑为O₃产额的一半，则医用直线加速器运行时，加速器机房氮氧化物产额为20mg/h。

续表 9 项目工程分析与源项

CT 模拟定位机废气：模拟定位机运行产生的 X 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气，经放疗中心排风系统一起收集后经排风管道在放疗中心西侧建筑外墙上的排放口排放。

(2) 废水

直线加速器的冷却系统采用去离子蒸馏水，内循环使用。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，由于蒸发损耗，需要补充去离子蒸馏水时由厂家派专人补充。因此，直线加速器治疗过程中本身不产生废水。

项目医务人员及病人诊疗过程中将产生少量的医疗废水，该废水排入拟建化粪池收集后经管道接入重庆市荣昌区人民医院卫生应急中心东北侧污水处理池处理。根据“卫生应急中心(传染病区)工程项目(一期工程)”的环境影响评价文本、文件批准书以及竣工验收工作组意见，该污水处理池每日处理容量剩余 15.7m³。

项目劳动定员 24 人，依据《建筑给水排水设计标准》（GB50015-2019）、《医院污水处理设计规范》（CECS07-2004），放疗中心不设住院床位，因此工作人员用水定额按 80L/人·d 算，排水系数取 0.9；治疗病人最多 65 人/d，考虑等量的陪伴家属，用水定额考虑 8L/人。放疗中心年运营约 250 天。

项目放疗中心非放射性废水产排情况见下表。

表 9-4 项目放疗中心非放射性废水产排情况核算

用水类别	用水定额	用水规模	用水量 (m ³ /d)	排水量 (m ³ /d)	去向
医务人员	80L/d·人·班	24 人	1.9	1.7	经化粪池收集后，经管道接入项目东北侧医院卫生应急中心现有污水处理池。
病人及家属	8L/人·d	65×2 人	1	0.9	
清洁用水	0.1L/m ² ·次	689m ²	0.1	0.1	
合计			3	2.7	

根据上述核算，项目放疗中心每日产生的废水量约为 2.7m³，年产生的废水量为 685m³/a，日产生量小于医院卫生应急中心污水处理池每日处理容量剩余量。因此，本项目产生的所有非放射性废水排入医院卫生应急中心现有污水处理池可行。

续表 9 项目工程分析与源项

(3) 固体废物

本项目营运过程中产生的固废主要为生活垃圾以及医疗废物。

A、生活垃圾

项目产生的一般固体主要为医务人员、病人及家属在门诊、治疗时产生的生活垃圾，集中放置于放疗中心生活垃圾点，依托放疗中心收运系统交环卫部门处理。项目生活垃圾产生量见表9-5。

表 9-5 项目生活垃圾产生量表

名称	核算指标	使用数	每天产生量 (kg/d)	每年产生量 (t/a)
门诊病人及其家属	0.1kg/人次	65×2 人	13	3.3
医护、行政、后勤	0.5kg/人次	24 人/d	12	3
合计			25	6.3

B、医疗废物

医疗废物主要来自病人的生活废弃物、医疗诊断、治疗过程中产生的各类固体废弃物，本项目产生的少量的一次性使用卫生用品、一次性使用医疗用品及一次性医疗器械、废弃的汞血压计、汞温度计等。医疗废物暂存于医废暂存间内，48 小时内交有处理资质单位处置。

加速器的主要结构部件如靶、准直器、补偿过滤器等均为金属制品，一般使用 4~5 年更换一次，重量约 6kg/次。更换工作由加速器售后维修单位完成，更换下来的这些固体部件由其回收处置。项目配置铅橡胶性腺防护围裙等含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不再使用的铅防护用品，医院收集后放医废暂存间暂存，做好记录，后交由有处理资质的单位处理。

9.3.5.3 污染因子及产排污总结

综上所述，项目产排污情况见表 9-6 所示。

表 9-6 本项目放疗中心主要污染物情况统计汇总表

污染物	产生场所/设备		主要污染因子	产生情况	处理方式及去向
电离辐射	直线加速器 (出束期间)	放射治疗	X 射线	X 射线能量不大于 10MV，主射束方向 1m 处剂量率最大为 14Gy/min	屏蔽体防护
			电子线	最大能量 20MeV，主射束方向 1m 处剂量率最大为 10Gy/min	

续表 9 项目工程分析与源项

		CBCT 定位 验证	X 射线	X 射线能量不大于 140kV，距靶 1m 处主射束的输出量不大于 11.8mGy·m ² /mA·min。	
	CT 模拟定位机		X 射线	最大 140kV，离靶 1 米处的发射率约为 11.8mGy·m ² /mA·min。	屏蔽体防护
废气	加速器机房、定位机房		臭氧、氮氧化物等	加速器机房臭氧产额为 40mg/h、氮氧化物产额为 20mg/h；定位机房少量	通风换气
废水	项目工作区域		医疗废水	2.7m ³ /d； 685m ³ /a	排入医院卫生应急中心 现有污水处理池处理
固体废物	项目工作区域		一般固废	25kg/d 6.3t/a	依托放疗中心收运系统，交环卫部门处理
	项目工作区域		医疗废物	少量	暂存于危险废物暂存间内，48 小时内交有处理资质单位处置。
	直线加速器		靶、准直器、补偿过滤器等结构部件	6kg/（4~5 年）	售后维修单位回收处置
	废铅防护用品		铅橡胶性腺防护围裙等铅防护用品	少量	医院收集后放医废暂存间暂存，做好记录，后交由有处理资质的单位处理。

表 10 辐射安全与防护

10.1 选址可行性

(1) 选址原则

GBZ121-2020：放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端。

HJ 1198—2021：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；

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。

(2) 本项目可行性分析

本项目选址时充分考虑了其对周边环境的辐射影响，项目位置单独选址于一块空地，放射治疗场所集中建设，放疗中心楼（地面1F建筑）位于项目西南侧，因此，放疗相关用房均位于所在放疗中心楼底层，加速器机房位于北侧一端，屋顶无人可到达，定位机房位于放疗中心楼西侧，放疗中心楼周围无儿科、产科等敏感人群区域，或人员流动性大的商业活动区域。因此，放疗中心选址符合标准规定的选址原则，选址可行。

10.2 布局与分区

10.2.1 项目布局合理性分析

10.2.1.1 布局情况

本项目放疗中心共设置1间加速器机房和1间定位机房。机房及其相关工作用房形成相对独立区域，控制台与治疗设备分离，实行隔室操作，机房屏蔽主体结构拟采用混凝土。加速器机房设置有“L”型迷路，直线加速器有用线束投照方向为东、西两侧。定位机房与控制室间设置铅玻璃观察窗，观察窗设置位置便于查看机房内患者情况。

10.2.1.2 布局合理性分析

(1) 直线加速器机房屏蔽体采用混凝土结构，设置有迷路，控制台与治疗设备分离，实行隔室操作。

(2) 加速器机房有用线束投照方向未朝向控制室以及其他居留因子较大的

续表 10 辐射安全与防护

用室。

(3) 定位机房独立设置，控制室与机房间设置铅玻璃观察窗，观察窗设置位置便于查看机房内患者情况。

因此，综合考虑，本项目放疗中心工作场所布局合理。

10.3 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定“控制区：在辐射工作场所划分的一区域，在这种区域内需要或可能需要专门防护手段或安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段或安全措施，但需要经常对其职业照射条件进行监督和评价”。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)：放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所；与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器机房相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

根据《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)：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。建设单位根据上述要求，拟对项目辐射工作场所进行分区管理，限制无关人员受到不必要的照射。

项目辐射工作场所分区具体情况见表 10-1，分区布置示意图见图 10-1。

表 10-1 项目分区情况表

类型	控制区	监督区
划分范围	直线加速器治疗室（含迷道）	水冷室、辅助用房、控制室及机房相邻的其他区域
	CT 定位机房	质控工具室、模具室（模具库房）、储模室、走廊、控制室、设备房及机房相邻的其他区域，机房上方相应区域

拟严格限制无关人员进出控制区，在正常诊疗的工作过程中，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全，控制区设墙体、防护门等实体边界，在控制区入口设置规范的电离辐射警告标识及标明控制区的标识、门机联锁、门灯联锁等设施，有效限制无关人员随意进入，限制无关人员随意进入，并按要求定

续表 10 辐射安全与防护

期检查辐射剂量水平，以便控制正常照射和防止（或限制）潜在照射。

拟在监督区入口处的适当位置设立标明监督区的标识（如地面警示贴条），并按要求定期检查辐射剂量水平，进行经常性监督和评价。

本项目各工作场所按照相关要求进行了分区，控制区、监督区互不交叉，分区较为合理。

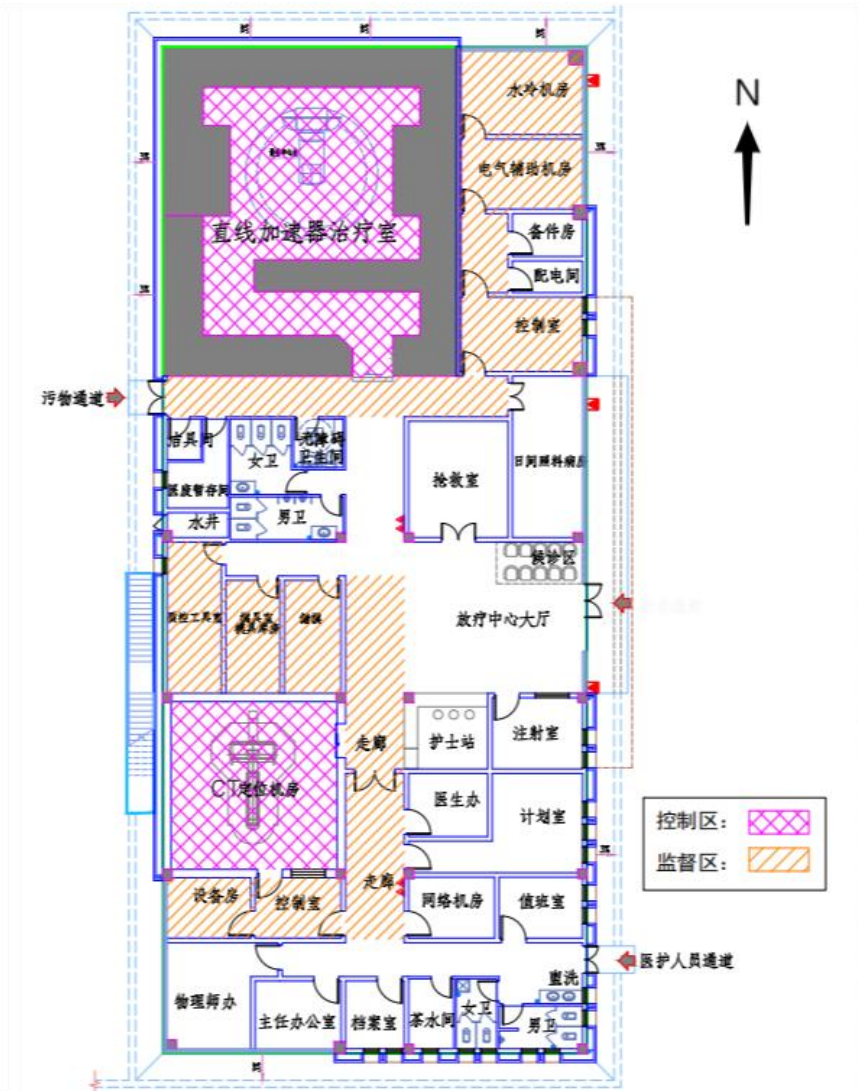


图 10-1 项目分区布置示意图

10.4 辐射安全与防护设施/措施

10.4.1 直线加速器辐射安全与防护

(1) 设备安全功能

- ①专用钥匙开关，只有通过专用钥匙才能使加速器出射线，钥匙由专人保管。

续表 10 辐射安全与防护

放疗技术员离开控制台时，拔出专用钥匙，以防他人误操作而发出射线。

②使用计算机控制系统的加速器软件和硬件控制程序应加密，未经允许不得存取或修改；用于监视联锁或作为测量线路、控制线路一部分的计算机一旦发生故障，终止照射。

③控制台显示辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、吸收剂量率、治疗方式、过滤器类型及规格等照射参数预选值。照射启动与控制台显示的照射参数预选值联锁，控制台选择各类照射参数之前，不得启动。控制台配置带有时间显示的照射控制计时器，并独立于其他任何控制照射终止系统。当照射中断或终止后，保留计时器读数，在将计时器复零后，才能启动下一次照射。

④吸收剂量的控制：设备具有独立的双道剂量监测系统，其输出显示为剂量监测值，并能用来计算受照靶体积内某一参考点的剂量；双道剂量监测系统可实现冗余剂量监测功能，某道剂量监测系统发生故障时，保障另一道能够正常工作；每道剂量监测系统都能设置为达到预置参数时能终止照射；可设置超值百分比；任何原因引起的剂量监测读数变化大于 5%时，能自动终止照射；双道剂量监测系统的显示清晰易读，紧靠在一起并安置在治疗控制台上预选剂量监测值的显示附近；电源故障或元件失灵造成中断或终止时，两道剂量监测系统显示的预选参数和剂量数据保持不变，失效时刻的预选参数和剂量读数以可读出的方式储存起来，至少保持 20min 以上；中断或终止后把显示器复位到零，下次照射才能启动；控制台上确定剂量监测系统预选参数前，不能开始照射。

加速器的辐射头内安装两个辐射探测器，位于均整过滤器和束散射过滤器的患者一侧，其中心在参考轴上；照射过程中，如果辐射探测器偏离参考轴，能终止照射。

⑤辐射类型的选择和显示：照射终止后，在治疗控制台上重新选择好辐射类型之前，能阻止下一次照射；当要求在治疗室内和治疗室控制台上均进行选择辐射类型时，一处的选择不能在另一处显示出来，只有等两处都完成选择后才给出显示；在治疗室内的选择与治疗控制台的选择不一致时，能阻止照射；在照射期间和在照射之前，能在治疗控制台上显示所用照射类型；联锁装置能确保只能进行被选类型的照射；联锁装置能保证当规定用于电子照射的附件，例如电子限束

续表 10 辐射安全与防护

器就位时，不产生 X 照射；当规定用于 X 射线的附件，不产生电子线；当规定为电子线时能阻止 X 射线；当规定为 X 射线时能阻止电子线。

⑥能量的选择和显示：照射终止后，在治疗控制台上重新选择好能量之前，能阻止下一次照射；当要求在治疗室内和治疗控制台上均进行选择能量操作时，一处的选择能不在另一处显示出来，只有等两处都完成选择后才给出显示；治疗室内的选择和治疗控制台上的选择不一致时，能阻止照射；能产生不同能量辐射束的设备，在照射期间和在照射之前能在治疗控制台上显示在使用说明书上规定的能量值；正常运行时，在所选运行模式和能量的条件下产生的辐射，发生在 X 射线靶上电子轰击平均能量的偏差超过 $\pm 20\%$ 时，或者在电子线窗上电子轰击平均能量偏差超过 $\pm 20\%$ 或 $\pm 2\text{MeV}$ （取其小者）时，都能终止照射。

⑦楔形过滤器的选择和型式：加速器能自行选择楔形过滤器，能在机房、控制台选择并在控制台显示后才能启动出束。出束前楔形过滤器未到位，能有两个独立的联锁装置阻止出束或终止照射。

⑧照射限束装置的联锁：当 X 射线限束装置被用作电子线限束系统的一部分时，设置联锁，当其实际位置和要求的位置相差超过 10cm（在正常治疗距离处）时，能阻止电子线。

⑨治疗床旁、加速器主机和控制台上安装紧急制动按钮。

综上所述，加速器设备自身安全性较好。

(2) 联锁系统

①加速器机房设置多重联锁装置，以保护人员和设备安全，防止意外事故。
门机联锁：采用电动、手动一体化防护门，与加速器启动电路应实行门机联锁方式，即防护门未关闭之前，加速器无法启动。系统联锁：当控制台计算机故障、加速管真空故障等加速器会自动出现系统联锁，不能发出射线。双剂量联锁：加速器有两道独立的剂量监测系统，每一道剂量监测系统能单独终止辐照，一道剂量系统发生故障不影响另一道系统的功能。

②故障保护系统：由主要联锁和次级联锁组成，主要联锁是为了在机器的元器件或子系统出故障时立即停止出束并关闭发热元件，防止故障的进一步扩大。次要联锁提醒操作者可能存在影响机器工作的状态，产生次要联锁时设备马上转

续表 10 辐射安全与防护

到“停止出束”状态。

③加速器机房内拟设置多个急停开关，分别安装在加速器机架上、机房内、迷道上、控制台上。紧急停机开关为红色按钮式开关，易于辨认，设置中文说明。在紧急情况下，便于机房和操作间内的人员及时终止照射。

多个急停开关能保证在事故状态下机房内、操作间内的人员及时按下按钮停止直线加速器出束。

另外，项目加速器内的 CBCT 与加速器是一个整体，其联锁方式等与加速器一致。如门机联锁，在防护门开启时，CBCT 不能启动，CBCT 出束时防护门打开则自动断电停止出束。

(3) 机房屏蔽防护

①机房屏蔽设计

根据建设单位提供的资料，加速器机房屏蔽墙体均为混凝土结构（混凝土密度不小于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，下同），加速器机房设计情况为：东、西侧主屏蔽墙为 3000mm 混凝土，带宽 4000mm 混凝土（两侧凸），与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙为 1800mm 混凝土；南侧设置 L 形迷路，迷路内墙为 1400mm 混凝土，迷路外墙为 1800mm 混凝土；顶棚主屏蔽墙厚度为 3300mm 混凝土，副屏蔽墙厚度为 1800mm 混凝土；地板为 900mm 混凝土+500mm 垫层；防护门屏蔽防护厚度为 12mmPb；门洞尺寸为 1.8m（宽）×2.2m（高）。

②穿墙管线

项目穿墙管线包括新风管、排风管、电缆管（沟）、冷却水管、电气套管、剂量探测管。各穿墙管的位置及穿墙剖面图见附图所示。

A. 新风管、排风管：

新风管、排风管穿墙位置在机房防护门上方。穿越方式为“Z”形穿。

新风管道、排风管道均宽 550mm，高 300mm。穿墙口内高外低，两管道穿越处在迷道内离机房地面高约 4.6m，防护门外离机房地面高约 3.5m。

B. 电缆管（沟）：电缆管（沟）从直线加速器基座沿机房墙体边沿引至迷路东侧墙体穿墙。穿墙后连接控制室。电缆沟宽 300mm，深 400mm，上方设可移动的 3mm 不锈钢盖板，采用“U”字形穿墙方式，角度为 45° 。电缆沟从混凝土墙体深入地下 40cm 处穿越。

续表 10 辐射安全与防护

C.电气套管：强弱电管的穿墙管在机房东墙南侧上方穿墙，水平斜向 10°穿越，穿墙处机房内高，通道低，离地高度机房内 4880mm，机房外 4050mm，强弱电管道直径 100mm，共 7 根。

D.剂量探测管：设置在迷道外墙上，连接控制室，水平斜向 10°穿越，穿墙处迷道内离机房地面高 300mm，控制室处离机房地面高 1200mm，管道直径 80mm。

E.冷却水管：冷却水管的穿墙管在机房东墙北侧上方穿墙，水平斜向 45°穿越，离地高度 4360mm，冷却水管道直径 125mm，共 1 根。

各穿墙管根据情况尽量采用小尺寸穿越，并采用多种穿越方式，如“Z”、“U”及斜穿等，避免一次散射、漏射线直接穿墙。采取这些措施后，机房管线穿墙方案对机房墙体屏蔽防护能力削弱甚微，不影响墙体的屏蔽防护效果。

③施工质量

土建：加速器机房屏蔽墙体采用普通混凝土一次浇注完成，各穿墙预埋管跟混凝土浇筑同时进行，保证施工质量。购买有经验的商品混凝土搅拌站经配合实验后拌制的混凝土，混凝土浇筑时现场取样，检测其密度，委托有资质单位施工并进行施工质量的监理。

防护门：加速器机房设置 1 个铅防护门，防护门的生产和安装均交有资质的厂家负责，防护门与墙体的重叠不小于其缝隙宽度的 10 倍，以保证防护门搭接处的屏蔽能力。

项目建成后，建设单位还拟在今后的运行中长期监测关注穿墙管线、防护门搭接等薄弱处的辐射剂量，保证机房的屏蔽防护能力。

(4) 通风

加速器机房采用机械通风，采用“上进风，下出风”，进风口和出风口对角的布置方式。其中进风口设置 1 个，位于机房迷道内墙口上方吊顶处，进风口距机房地面高约 3.2m；排风口设置 2 个，分别位于北侧墙体的两个角落，离机房地面高度约 0.3m。

废气经排风口收集后经防护门上方穿墙，废气引出机房后与定位机房的废气一起引至放疗中心楼西侧建筑外墙排放口排放，风口离屋顶地面高度约 4.2m，

续表 10 辐射安全与防护

加速器机房排风量 1300m³/h，通风换气约 5 次/h（考虑迷道），排放口设置防倒灌装置。通风换气次数满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。

(5) 固定式剂量报警装置

加速器机房内拟设置固定式剂量报警装置，仪器探头拟安装在加速器机房的西南角（迷路内口附近），仪表显示器（含报警）均安装在控制室内。固定式剂量报警装置对机房内进行实时剂量率、累积剂量监测，超过“报警阈值”时报警提醒。实时剂量率、累积剂量监测值同时显示在控制室主机面板上，实时剂量率、累积剂量的“报警阈值”可通过面板上的按键进行修改。仪器有声光报警，以警示现场工作人员，确保工作人员安全。

(6) 对讲系统、视频监控系统

项目拟在控制室与直线加速器机房之间设置视频监控系统与双向对讲系统，放射工作人员在控制室内便可清晰地观察到患者的治疗情况，如发现患者不适、位置移动、部件脱落、机架与治疗床发生碰撞等异常情况，可及时采取紧急措施。机房与控制室拟设置对讲设备，便于放射工作人员与患者之间交流。

机房视频监控系统共包含 4 个监控摄像探头，主要分布在机房和迷道内，项目根据不同位置安装不同类型和不同高度的摄像头，后期根据装修布局可以适当增加摄像头数量，这些监控摄像头能保证控制室人员全方位无死角的监控机房内的情况。

(7) 工作信号指示灯、警示标识

项目机房防护门外拟设置规范的电离辐射警告标志和中文警示说明，安装醒目的工作状态指示灯（绿色准备指示灯和红色出束警告灯），提醒周围人员尽量远离该区域。在项目用房入口设置电离辐射警告标志；根据项目分区，设置相应的分区标识。

(8) 开门装置

防护门为电动防护门，防护门的联锁开关设置在控制室内。防护门处设置红外防挤压装置，防人员被夹伤。

续表 10 辐射安全与防护

另外，防护门内设置应急电动开门按钮，在发生意外时可由机房内人员可通过该按钮打开防护门出来。拟安设手动应急开门装置以备停电时使用，紧急情况下可手动打开防护门。

(9) 管理措施

①拟配备的放射工作人员应经过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，并经过考核合格后方可上岗。

②工作人员在操作放射治疗设备之前，要求正确佩戴个人剂量计和剂量报警仪，在设备使用之前需要从监控设备中确定机房内是否有无关人员滞留。开机期间应有两名操作人员值班，认真做好当班记录，严格执行交接班制度。除接受治疗的患者外，机房内不得有其他人员。

③除与诊疗工作相关的物品外，各设备机房内均不存放无关杂物。

④拟制定直线加速器相应辐射事故应急处理制度，明确具体辐射事故的处置流程。

⑤针对辐射工作场所防护情况，将每年委托有资质单位进行一次监测，并将监测结果妥善保管，发现异常及时进行处理。

(10) 综合情况

综上所述，项目直线加速器各类辐射防护与安全设施、防护用品、监测仪器等见表 10-3。项目加速器机房主要辐射安全防护设施布置示意图见图 10-3。

表 10-3 加速器机房内辐射防护与安全设施一览表

工作场所	安全防护措施	数量	说明
加速器机房及控制室等	急停开关	10 个	红色按钮。机房内 6 个：机房内四周墙体上、迷道内；加速器治疗床上预计 2 个；控制室 2 个：控制台上、出口内墙上。按下急停按钮后不能自动复位。紧急情况下便于终止治疗。
	视频监控设备	4 个	拟设置在机房内、迷道内，便于全方位观察机房及迷道内的情况。
	对讲系统	1 套	方便机房内外工作人员之间、工作人员与病人之间进行沟通交流，病人有困难时方便停止治疗。
	联锁装置	多套	加速器机房拟设置多重联锁装置，包括门机联锁、系统联锁、双剂量联锁、故障保护系统等。
	警示标志警示语	若干	在项目入口及机房入口处拟设置电离辐射警示标志和中文警示说明，防止警示与误进入。
	开门装置	1 套	控制室内拟设置一个开门按钮，需要时开启和关闭防护门；防护门内拟设置一个应急开门按钮，并设

续表 10 辐射安全与防护

		置手动开门系统，以备应急时使用。
红外防挤压装置	1 套	防止人员被夹伤。
固定式剂量报警仪	1 套	1 个探头拟设置在机房迷道内口附近墙体上，仪表指示仪及声光报警均安装在控制室内，对机房进行实时剂量率、累积剂量监测和声光报警。
工作状态指示灯	1 套	两色信号灯。红色：加速器运行严禁入内；绿色：加速器进入准备出束状态。
个人剂量报警仪	2 台	进入加速器机房内工作人员佩戴
个人剂量计	16 枚	每名放射工作人员佩戴 1 枚
智能化 X-γ辐射仪	1 台	日常监测使用
剂量扫描仪、水箱	1 套	设备质量检测使用

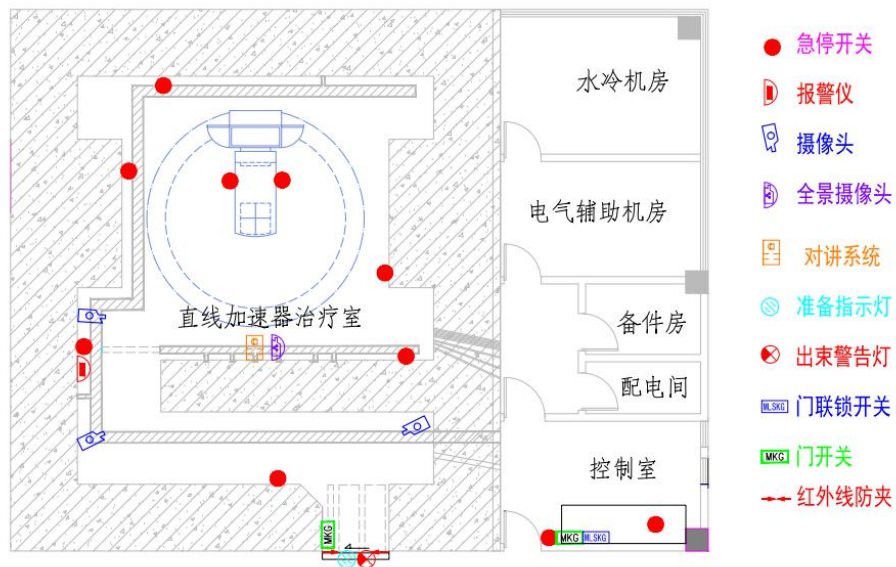


图 10-2 加速器机房辐射安全设施布置图

根据设备性能及上述辐射安全与防护要求，本项目辐射安全联锁逻辑关系见图10-3所示。

续表 10 辐射安全与防护

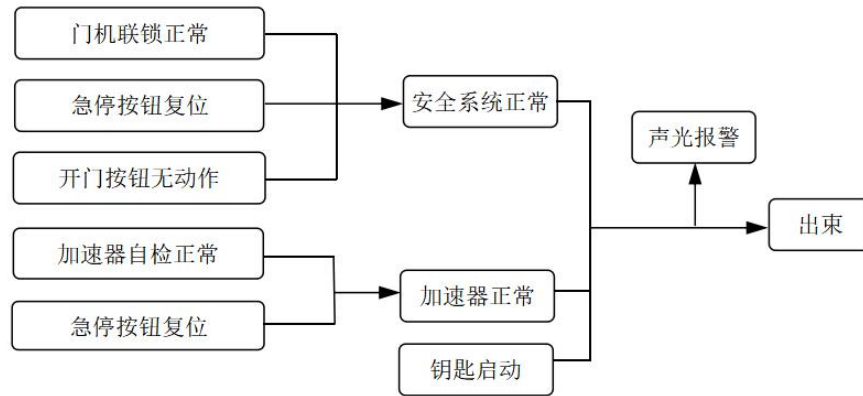


图 10-3 加速器辐射安全联锁逻辑关系示意图

从上图可知，仅当加速器机房的门机联锁正常、各急停按钮全部复位、开门按钮无动作、加速器自检正常等全部满足要求，才能通过钥匙启动加速器运行出束。当前述任一条件出现故障不满足要求时，加速器不能运行出束；同时，在加速器运行出束过程中，前述任一条件不能满足时，加速器自动停止出束。

综上所述，项目拟设置的辐射防护安全与设施能满足辐射防护的要求，保证射线装置正常运行，减少对周围环境和人员的影响。

10.5.2 CT 模拟定位机辐射安全与防护

(1) 设备安全功能

①设备自带出线口限束系统；设备有清晰的焦点位置标示及过滤条件标示；具备随机文件并能提供等剂量图；

②在扫描程序开始之前，应指明某一扫描程序期间所用的 CT 运行条件；对于任意一种 CT 扫描程序，都能在操作者控制台上显示剂量信息。

②CT 模拟定位机设备上设置急停按钮。

(2) 屏蔽措施

①根据医院提供资料，定位机房四周墙体均为 370mm 混凝土，顶棚为 250mm 混凝土，地板为 100mm 混凝土，防护门、铅窗均为 3mmPb，能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3 的要求。

②定位机房在建设时保证施工质量，穿越防护墙的管线不影响墙体的屏蔽防护效果。防护门、观察窗的生产、安装由有生产资质的厂家承担。

(3) 工作信号指示灯及警示标志

续表 10 辐射安全与防护

定位机房设置门灯联锁装置，室外设置电离辐射警示标志，防止无关人员滞留工作场所受到意外伤害。

(4) 个人防护用品及监测仪器

CT 模拟定位机工作场所拟配置个人防护用品和监测仪器见表 10-4。

表 10-4 拟配置的个人防护用品和监测设备

序号	名称	数量	拟安装/使用位置
1	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	2 套	定位机房（包含儿童防护用品 1 套）
2	个人剂量计	若干	每名放射工作人员佩戴 1 枚

备注：成人防护用品的铅当量应不低于 0.25mmPb，性腺防护用品铅当量和儿童防护用品的铅当量应不低于 0.5mmPb。患者可以根据需要选配铅橡胶帽子，铅当量不低于 0.25mmPb。

10.6 放射性“三废”的治理

根据工程分析，本项目射线装置使用的 X 射线能量最大为 10MV，项目不涉及放射性“三废”。

10.7 项目辐射安全与防护措施符合性分析

本项目拟采取的辐射安全与防护设施/措施与对应标准要求对比情况见表 10-5 所示。

根据下表所示，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《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）、《医用电子直线加速器质量控制检测规范》（WS674-2020）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等相关标准的要求。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-5 项目拟采取的辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准号	标准要求		项目情况
GBZ/T 201.1-2007	4.2 治疗机房布局要求	4.2.1 治疗装置控制室应与治疗机房分离。治疗装置辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗装置分离的，应尽可能设置于治疗机房外。 4.2.2 直接与治疗机房相连的宽束治疗装置的控制室和其他居留因子较大的用室，应尽可能避开有用束可直接照射到的区域。	项目加速器机房的控制室与水冷机房均设置在机房外。 项目有用线束均不照向控制室和其他居留因子较大用室。
	治疗机房一般原则	4.8.8 迷路的防护门结构应考虑门因自身重量而发生形变、频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等问题。防护门应尽可能减小缝隙泄漏辐射，通常防护门宽于门洞的部分应大于“门—墙”间隙的十倍。	项目防护门与墙体的搭接拟按要求设计和建设。日常通过定期自主监测检测防护门的屏蔽能力，发现问题立即停止运行，整改到位后才能再次开展治疗工作。
HJ1198-2021	6 放射治疗场所辐射安全与防护要求	6.1 屏蔽要求 6.1.1 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。	本报告表 11 按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算后，现有设计能满足辐射防护要求。
		6.1.2 放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。	本项目加速器机房选用混凝土、铅防护门作为屏蔽材料，厚度符合屏蔽要求。直线加速器为 10MV，铅防护门未考虑中子屏蔽。
		6.1.3 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。	加速器机房穿越墙体的管线根据不同管线类型分别采用如“Z”、“U”及斜穿等穿越方式，不影响机房的防护能力。机房门与墙体有足够的搭接，保证防护门搭接处的屏蔽能力。

	<p>6.2 安全防护设施和措施要求</p> <p>6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等：</p> <p>a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明；</p> <p>b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；</p> <p>c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。</p>	<p>本项目放疗中心入口处拟设置明显的电离辐射警告标志，加速器机房入口处控制区进出口（防护门上）拟设电离辐射警告标志，门上方拟设置工作状态指示灯；机房内拟设置视频监控系统，监控显示在控制室内，机房和控制室内拟设置双向交流对讲系统。</p>
	<p>6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室(一般在迷道的内入口处)应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能,其显示单元设置在控制室内或机房门附近。</p>	<p>本项目放疗中心的固定式辐射剂量监测仪拟设置在加速器机房内迷道内入口附近，有异常情况下报警功能，其显示单元、声光报警装置设置在控制室内。</p>
	<p>6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全连锁措施：</p> <p>a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源连锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施；</p> <p>b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；</p> <p>c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；</p> <p>f) 安全连锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何连锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证,工作完成后应及时进行连锁恢复及功能测试。</p>	<p>本项目放疗中心拟在加速器机房设置门机连锁，防护门未关闭时不能出束，出束状态下开门则停止出束；机房内拟设应急开门按钮，防护门处设红外线防夹装置；机房拟设多个急停按钮，主要在机房内四周墙上、迷道内、设备上以及控制室内，急停按钮拟设置醒目中文标识，并能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；安全连锁一旦被触发后，加速器停止出束，急停按钮自动复位；放疗中心拟设相关制度，规定设备安装调试及维修情况下，任何连锁旁路拟通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后及时进行连锁恢复及功能测试。</p>

	7 操作的辐射安全与防护要求	7.1 医疗机构应对辐射工作场所的安全连锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全连锁的正常有效运行。	拟按照要求制定相应制度，对安全连锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全连锁的正常有效运行。
		7.2 治疗期间，应有两名及以上人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度；加速器试用、调试、检修期间，控制室须有工作人员值守。	项目拟配置多名放射工作人员，治疗期间加速器机房至少 2 名放射工作人员协调操作，做好记录，严格执行交接班制度。加速器试用、调试、检修期间，控制室拟安排放射工作人员值守。
		7.3 任何人员未经授权或允许不得进入控制区。工作人员须在确认放射治疗或者治疗室束流已经终止的情况下方可进入放射治疗室，进入含放射源或质子/重离子装置的治疗室前须携带个人剂量报警仪。检修人员进入质子/重离子加速器大厅和束流输运通道区域前，应先进行工作场所辐射监测，在单位辐射安全管理机构批准后方可进入。进入质子/重离子加速器大厅和束流输运通道区域的参观人员须在辐射工作人员带领下进入。	拟按照规定制定相关制度，规定放射工作人员在确认直线加速器终止出束后方可进入机房内，进入机房内的放射工作人员须随身佩戴个人剂量报警仪。
	8 放射性废物管理要求	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、窗或人流较大的过道等位置。	项目放疗中心拟设置单独的强制排风系统，加速器机房的排风次数约为 5 次/h，排放口位于放疗中心西侧建筑外墙上（排放口离地约 4.2m），风口周围为车行道以及污物通道出口，人流较小，且人员停留时间短，离地较高，因此影响较小。
	9 辐射环境监测	9.1.1 开展放射治疗活动的医疗机构应制定辐射监测计划，并按照计划落实监测工作。不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。	本项目放疗中心拟按照要求制定监测计划，落实相应监测工作。日常监测为建设单位自行监测，年度监测委托有资质单位监测。
		9.1.2 所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括但不限于测量对象、条件、方法、仪器、时间和人员等信息。	放疗中心拟建立监测档案，将每一次监测内容、数据等记录在册，存档备查。
		9.1.3 应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应及时查找原因并报告，同时进行整改。	项目运行后，工作场所辐射水平年度监测拟交由有资质单位进行，并由监测单位对结果进行分析评价。

		9.2.1 应根据使用放射治疗设备种类、能量和使用方式配备相应的辐射监测设备，对辐射工作场所的辐射水平（X- γ 辐射周围剂量当量率、中子辐射周围剂量当量率等）进行监测。	拟配备 1 台智能化 X- γ 辐射仪，由放疗中心工作人员不定期对加速器机房外周围剂量当量率进行监测。	
		9.2.2 应对放射治疗工作场所机房四周屏蔽墙外 30cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注处点开展 X- γ 辐射周围剂量当量率监测；中子源治疗装置、质子/重离子加速器治疗装置、大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备还应对前述位置开展中子剂量当量率监测。	按照规范要求，医院拟使用智能化 X- γ 辐射仪对加速器机房每面墙体外 30cm 处、防护门等进行周围剂量当量率监测。本项目直线加速器为 10MV，不开展中子剂量当量率监测。	
	9 辐射环境监测	9.2.3 放射治疗设备安装调试阶段，应在最大工况下，由辐射工作人员进行全面的辐射监测，评估辐射安全状况，确保辐射水平达标。	设备安装调试期间，由调试单位进行最大工况下的全面辐射监测，评估辐射安全状况，确保辐射水平达标。	
		9.3.1 开展放射治疗相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所运行工况下周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年。	拟制定辐射监测制度，拟每年委托有资质单位对医院工作场所运行工况下周围环境的辐射水平进行监测。	
		9.4.1 放射治疗工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测。同时应根据射线类型选择合适的个人剂量计。临时工作人员、实习人员应纳入个人剂量监测范围。	拟为本项目放射工作人员均配备 1 枚个人剂量计，并定期送交监测。科室的借调、实习等人员均纳入个人剂量监管范畴。	
		9.4.2 个人剂量档案应妥善保存，监测数据异常时，应及时查明原因并报告生态环境主管部门。	项目运行后放射工作人员个人剂量监测报告拟由医院统一保管，并查验个人剂量监测结果，发现异常及时汇报。	
	GBZ121-2020	6 工作场所放射防护要求	6.1 布局要求 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。	本项目放疗中心楼为新建独立 1F 建筑，加速器机房拟设置在放疗中心楼北侧，机房及辅助设施同时设计同时施工，工作场所根据诊疗需求合理布置。
			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。	加速器机房（含迷路）设置为控制区，相邻区域设置为监督区，满足要求。

		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。	按照相关要求核算，加速器机房所有屏蔽体均满足屏蔽要求。
		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，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	加速器控制室、水冷机房均独立设置在加速器机房外。
		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。	加速器机房有用线束朝东侧、西侧和顶棚，控制室未设置在有用线束投照方向。
		6.1.6 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。	本项目加速器机房设置“L”型迷路。
	6 工作场所放射防护要求	6.2 空间、通风要求 6.2.1 放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。	本项目加速器机房有效面积约 55.5m ² ，能满足项目的临床应用需求。
		6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h。	本项目加速器机房拟设置强制机械进排风系统，采用“上进下出”的通风方式，设置 1 个进风口、2 个排风口，能保证机房内空气的充分交换。机房内的通风换气次数为 5 次/h，满足要求。
		6.3 屏蔽要求 6.3.1 治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平（具体内容略）	本项目根据标准 6.3.1 要求核算，按此核算结果或者严于核算结果执行控制，具体见表 7-6 所示。
		6.3.2 治疗机房顶屏蔽的周围剂量当量率参考控制水平（具体内容略）	本项目机房上无建筑，机房周围无高层建筑，根据标准要求核算执行，具体见表 7-6 所示。
		6.3.3 屏蔽材料 屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能和经济因素，符合最优化要求，新建机房一般选用普通混凝土。	本项目加速器机房选用普通混凝土。

		6.4 安全装置和警示标志要求	
		6.4.2 联锁装置 放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。	本项目拟设置门机联锁装置，并在防护门内拟设置应急开门按钮，防护门拟设置红外线防夹装置。
		6.4.3 标志 医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志： a) 放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志； b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	本项目拟在放疗中心入口处、机房防护门上设置电离辐射警告标志，在防护门入口处设置控制区标识，在防护门上方设置工作状态指示灯。
		6.4.4 急停开关	
		6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。	本项目拟在控制室控制台、机房内四周墙体上，迷道内、设备治疗床上均设置急停按钮，机房内的人员能在各个位置上观察到，并便于触发。
	6.4.6 视频监控、对讲交流系统		
	控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。	本项目拟设置视频监控系统，能全方位观察机房、迷道内的情况；同时设置对讲系统，机房内人员和操作间人员能相互沟通。	
	7 放射治疗操作中的放射防护要求	7.1 对于高于 10MV X 射线治疗束和质子重离子治疗束的放射治疗，除考虑中子放射防护外，在日常操作中还应考虑感生放射线的放射防护。	本项目直线加速器为 10MV，未考虑中子和感生放射性的影响。
		7.3 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，应保障安全联锁正常运行。	工作时拟严格按照相关要求和操作规程操作，出束治疗前检查各项联锁装置，保证其均正常后再行出束治疗。
		7.5 实施治疗期间，应有两名及以上操作人员协同操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度，密切注视控制台仪器及患者状况，发现异常及时处理，操作人员不应擅自离开岗位。	项目拟配备多名放射工作人员，按照要求在直线加速器工作期间至少有 2 名当班操作人员，做好当班记录，严格执行交接班制度，落实操作规程，不擅自离开岗位。

WS674-2020	4 放射治疗设备防护性能要求	4.1.1 在申请验收检测时，需向检测机构提供放射治疗设备生产厂家的随机文件。	厂家提供随机文件，验收检测时按要求提供给检测机构。
		4.1.2 应对设备的泄漏辐射和杂散辐射（包括加速器治疗的感生放射性）进行验收检测，正常情况下可不进行状态和稳定性检测；但当限束设备更换、改装或维修后，应进行泄漏辐射和杂散辐射的检测。	医院计划对设备的泄漏辐射和杂散辐射进行验收检测；当限束设备更换、改装或维修后，进行泄漏辐射和杂散辐射的检测。
		4.2.1.1 使用的设备应具有独立的双道剂量监测系统，其输出显示为剂量监测值，并能用来计算受照靶体积内某一参考点的剂量。	加速器具有独立的双道剂量监测系统，其输出显示为剂量监测值，并能用来计算受照靶体积内某一参考点的剂量。
		4.2.3.1 应配置一个剂量率监测系统，并在治疗控制台上显示其读数（每秒或每分钟的剂量监测计数）。从该读数应能计算出治疗体积内某一参考点的吸收剂量率。	本项目拟配置剂量率监测系统，并在治疗控制台上显示其读数，能根据读数计算出某一参考点的吸收剂量率。
GBZ128-2019	5.3 佩戴	5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	本项目拟为每名放射工作人员配置个人剂量计，佩戴在左胸前或锁骨对应的领口位置。
GBZ130-2020	X 射线设备防护性能的技术要求	6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。	定位机房四周墙体均为放疗中心辅助用房，楼下无建筑，楼上无建筑，机房周围主要为放疗中心的工作人员和病人，且采用足够厚的屏蔽材料进行防护，充分考虑了周围场所人员的安全。
		6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。	CT 模拟定位机设有独立的机房。
		6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。	定位机房有效使用面积和最小单边长度均能满足标准要求。
		6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。	据后文计算，定位机房屏蔽体铅当量满足 GBZ130-2020 规定。

	<p>6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求： a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间； b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；</p>	<p>定位机房屏蔽体屏外的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。</p>
	<p>6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。</p>	<p>定位机房旁设置了观察窗，便于观察到患者和受检者状态。</p>
	<p>6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。</p>	<p>定位机房除必要的配套设施外，不堆放其他杂物。</p>
	<p>6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。</p>	<p>定位机房拟设置机械排风装置，能保持良好通风。</p>
	<p>6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。</p>	<p>定位机房门外拟设电离辐射警告标志；上方设醒目的工作状态指示灯，灯箱上拟设置可视警示语句。候诊区拟设置放射防护注意事项告知栏。</p>
	<p>6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。</p>	<p>定位机房与控制室之间的门为平开门，拟设自动闭门装置，病人进出的防护铅门为推拉式门，设置门灯联锁和相应管理制度，确保曝光时关闭机房门。</p>
	<p>6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。</p>	<p>定位机房患者进出的防护门为电动推拉式门，拟设置防夹装置。</p>
	<p>6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。</p>	<p>受检者在候诊区候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不滞留在机房内。</p>
	<p>6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。</p>	<p>定位机房参照普通 CT 的要求，采取了相应的辐射防护措施。</p>
	<p>6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。</p>	<p>CT 模拟定位机拟摆放位置能利于操作者观察受检者。</p>

	6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	定位机房防护门远离了设备出束位置,处于散射辐射相对低的位置。
	6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容,现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施,其数量应满足开展工作需要,对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。	根据前文介绍,CT 模拟定位机拟配置相应的辐射防护用品,数量和铅当量均满足要求。具体配置设施数量和铅当量见表 10 相应表格。
	6.5.3 除介入防护手套外,防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb;介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb;甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb;移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。	根据前文介绍,项目拟配置相应的辐射防护用品,数量和铅当量均满足要求。具体配置设施数量和铅当量见表 10 相应表格。
	6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品,防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。	根据前文介绍,拟配置相应的辐射防护用品,数量和铅当量均满足要求。具体配置设施数量和铅当量见表 10 相应表格。
	6.5.5 个人防护用品不使用时,应妥善存放,不应折叠放置,以防止断裂。	拟按照要求采用悬挂或平铺方式存放,不折叠。
X 射线设备操作的防护安全要求	7.1.1 放射工作人员应熟练掌握业务技术,接受放射防护和有关法律知识的培训,满足放射工作人员岗位要求。	放射工作人员参加辐射安全与防护知识培训,合格后方可上岗。
	7.4.1 CT 工作人员应根据临床的实际需要,正确选取并优化设备工作参数,在满足诊断需要的同时,尽可能减少受检者受照剂量。	制定相应制度,按标准要求执行。
	7.4.2 对儿童进行 CT 检查时,应正确选取扫描参数,以减少受照剂量,使儿童的 CT 应用达到最优化。	制定相应制度,按标准要求执行。
	7.4.3 CT 工作人员应定期检查操作系统上所显示的剂量信息(如 DLP、CTDIW 或 CTDIVOL),发现异常时应找出原因并加以纠正。	制定相应制度,按标准要求执行。
	7.8.3 除存在临床不可接受的情况外,图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留;对受检者实施照射时,禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。	在验收前根据工作内容制定相关文件,按照标准规定执行。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响

项目施工期主要为基础开挖、基础工程、主体工程、道路施工、景观工程、屋面工程、门窗安装、装饰抹灰、室内外设施设备安装等。项目施工期建设产生的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

(1) 噪声影响及防治措施

主要来自土石方开挖、混凝土浇筑、装修及现场处理等。项目选取噪声低、振动小的设备操作，尽量安排在房间内施工，并合理安排施工时间，不在午休期间和夜间施工。项目采取上述措施能减轻项目施工期间对外界的影响。

(2) 扬尘影响及防治措施

扬尘主要来自施工过程中建筑材料（水泥、沙子、石子等）现场搬运及堆放产生的扬尘、切割打磨装饰材料产生的粉尘、建筑垃圾清理及堆放产生的扬尘。本项目工程量小，影响有限。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应做到以下几点：施工现场设置围栏；加强施工现场管理，进行适当的加湿处理；施工运送建筑垃圾车辆，车厢应严密清洁，避免产生扬尘对周边居民正常生活造成影响。

(3) 废水影响及防治措施

施工期间产生的废水主要为施工人员的生活污水，生活污水依托项目周围现有的生活设施排入市政污水管网处理，不会对环境产生影响。

(4) 固体废物及防治措施

施工期挖方回填在场地内，挖填方平衡。

项目施工期产生的固体废物主要为施工建筑垃圾、施工人员生活垃圾、废包装材料，建筑垃圾运至市政指定的合法的建筑垃圾堆放场处置；生活垃圾依托周围现有生活垃圾收集系统收集后交环卫部门统一收运处理；废包装材料交物资回收单位回收处理。

综上所述，本项目工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。施工单位做好施工组织工作，文明施工，切实落实相应环保措施后，本项目施工期对外界的影响较小。

续表 11 环境影响分析

11.2 营运期环境影响分析

11.2.1 辐射影响分析

11.2.1.1 加速器机房屏蔽效能核算

(1) 加速器机房屏蔽设计

项目加速器机房最小内空几何尺寸为 7.7m（长）×7.2m（宽）×5.0m，迷道位于机房南侧，为“L”型迷道。机房周围四面、楼顶均为混凝土结构，无地下层，楼顶为不上人屋面。

加速器机房各屏蔽体设计情况见表 1-2 所示。

(2) 屏蔽体屏蔽效能核算公式

加速器机房墙体屏蔽核算采用《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）中的核算公式。

①有效屏蔽厚度：

$$X_e = X \cdot \sec \theta \quad (11-1)$$

$$X = X_e \cdot \cos \theta \quad (11-2)$$

式中：

X —屏蔽物质厚度；

X_e —有效屏蔽厚度；

θ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角。

②屏蔽厚度与屏蔽透射因子的相应关系：

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad (11-3)$$

$$X_e = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (11-4)$$

式中：

B —辐射屏蔽透射因子；

TVL_1 —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度；

TVL —辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度。

③有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量：

续表 11 环境影响分析

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \cdot \frac{R^2}{f} \quad (11-5)$$

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (11-6)$$

式中：

\dot{H} — 计算点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{H}_c — 参考点剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ （以 $\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ 为单位的值乘以 6×10^7 ）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f—对有用束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率。

④患者一次散射辐射的屏蔽与剂量：

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{\dot{H} \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)} \quad (11-7)$$

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \quad (11-8)$$

式中：

\dot{H}_c — 参考点剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{H}_0 — 加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

R_s — 患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

α_{ph} — 患者 400cm^2 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 400cm^2 面积上的散射因子（见附录 B 表 B.2，通常取 30° 散射角的值）；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 。

⑤直线加速器（ $\leq 10\text{MV}$ ）机房的迷路散射辐射计算：

本项目直线加速器为 10MV ，有用线束不向迷路照射。根据 GBZ/T201.2-2011

续表 11 环境影响分析

中 4.3.2.5.1, 迷路入口的散射辐射主要考虑有用线束照射在人体上的散射辐射。

机房入口处的散射辐射剂量率:

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \dot{H}_0 \quad (11-9)$$

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

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上的散射因子 (见附录 B 表 B.2, 通常取 45° 散射角的值);

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm^2 ;

α_2 —砼墙入射的患者散射辐射(能量见附录 B 表 B.3)的散射因子(通常取 i 处的入射角为 45° , 散射角为 0° , 取值见附录 B 表 B.6, 通常使用其 0.5MeV 栏内的值);

A—散射面积, m^2 ;

R_1 、 R_2 —折射距离, m;

\dot{H}_0 —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

防护门需要的屏蔽透射因子 B:

$$B = \frac{\dot{H}_c - \dot{H}_{og}}{\dot{H}_g} \quad (11-10)$$

式中: \dot{H}_{og} —入口处的漏射辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_c —参考点剂量率参考控制水平, $\mu\text{Sv/h}$;

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

在给定防护门的铅屏蔽厚度 X 时, 防护门外的辐射剂量率:

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

式中: \dot{H}_{og} —入口处的漏射辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

续表 11 环境影响分析

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

X—屏蔽厚度, cm;

TVL—什值层, cm。

⑥有用线束主屏蔽区宽度计算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007)和《建设项目职业病危害放射防护评价规范第 2 部分: 放射治疗装置》(GBZ/T220.0-2009), 主屏蔽宽度选取更为保守的 GBZ/T220.0-2009 中的公式计算, 如下:

$$Y_p = 2[r(a + SAD)/SAD + 0.3] \quad (11-12)$$

式中: Y_p —机房有用束主屏蔽区的宽度, m;

SAD—源轴距, m, 本项目为 1m;

a—等中心点至屏蔽墙外表面的距离, cm;

r—放射治疗装置等中心位置处最大方形照射野对角线长度的 1/2, m, 本项目最大方形照射野为 40cm×40cm。

(3) 应考虑辐射的关注点和核算条件

①本项目加速器机房设置“L”型迷路, 有用线束不朝向迷路照射, 各参考点按照 GBZ/T201.2-2011 中图 2 和图 4 考虑。

②CBCT影响小, 能屏蔽加速器资料射线就能屏蔽CBCT影响, 因此不再进行效能核算。

本项目加速器机房具体核算点位示意图见图 11-1。

续表 11 环境影响分析

		(除南墙外的其他墙体)	关要求核算后保守取值	11-3
		0.5	根据 GBZ/T 201.2-2011 的 4.3.2.6 及 4.3.2.5.1b) 可知, 治疗室迷路入口处的加速器泄漏辐射剂量率参考控制水平应小于其 1/4。防护门泄漏辐射剂量率考虑剂量率参考控制水平按其 1/5 即 $2.5 \times 1/5 = 0.5$ 取值	
		1.25/其他	散射漏射复合作用时各自取限值的一半; 低于 1.25 的按照核算值取值	
\dot{H}_o	$\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$	8.4×10^8	最大输出剂量率, 1400cGy/min	
f	/	1	有用线束	
		0.001	漏射线束	
有用束 TVL ₁	cm	41	GBZ/T201.2-2011 表 B.1 查出 (混凝土)	
有用束 TVL	cm	37	GBZ/T201.2-2011 表 B.1 查出 (混凝土)	
90°泄漏辐射 TVL ₁	cm	35	GBZ/T201.2-2011 表 B.1 查出 (混凝土)	
90°泄漏辐射 TVL	cm	31	GBZ/T201.2-2011 表 B.1 查出 (混凝土)	
30°散射辐射 TVL	cm	28	GBZ/T201.2-2011 表 B.4 查出 (混凝土)	
散射辐射 TVL	cm	0.5	GBZ/T201.2-2011 中 5.2.6.1 (d) (铅)	
F	cm ²	1600	等中心点最大照射野面积, 40×40	
α_{ph} (计算与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙)	/	3.18×10^{-3}	患者 400cm ² 面积上的散射因子, GBZ/T201.2-2011 表 B.2, 通常取 30° 散射角的值	
α_{ph} (计算防护门)	/	1.35×10^{-3}	患者 400cm ² 面积上的散射因子, GBZ/T201.2-2011 表 B.2, 通常取 45° 散射角的值	
α_2	/	2.2×10^{-2}	混凝土对 45° 入射 0° 散射辐射的散射因子 (散射面积 10 ⁴ cm ²), 见附录 B 表 B.6, 取 0.5MeV 栏内的值	
A	m ²	22.1	散射面积 (宽 3.4×高 6.5)	

表 11-2 各关注点距离取值

屏蔽体	关注点位置	距离 (m)	备注
东侧主屏蔽墙	O ₂ -a 点: 电气辅助用房	7.9	/
东侧副屏蔽墙	O-c ₁	7.9	/
	O-c ₂ : 通道	7.9	考虑射线穿过电气套管
	O-j 点: 水冷机房	7.4	考虑射线穿过水冷管
	O ₁ -l 点: 控制室	8.1	考虑射线穿过剂量检测管
西侧主屏蔽墙	O ₁ -b	8.3	/
西侧副屏蔽墙	O-d	8.4	/
北墙	O-e	6.2	/
南墙	O-f: 通道	9.4	/

续表 11 环境影响分析

		O ₂ -k: 通道	10.1	/
机房门	/	O-i; i-P-g	d ₁ =7.5; d ₂ =9.9	迷路散射辐射
	考虑迷路内墙	O ₁ -g ^①	9.6	漏射
顶棚主屏蔽墙		O ₃ -h 点: 不上人屋顶	8.4	/
顶棚副屏蔽墙		O-m 点: 不上人屋顶	8.4	/
南墙		O ₄ -g'点: 防护门上方墙体	9.5	考虑射线穿过风道

备注: ①考虑最不利情况, 未考虑 P 点处的散射。

(5) 屏蔽效能核算结果

①屏蔽墙体、顶棚的效能核算

根据上述核算公式、核算条件、核算参数, 本项目 10MV 加速器机房各墙体屏蔽效能核算见表 11-3。本项目加速器机房地板下方无建筑, 且放疗中心楼四周均为项目用地, 因此地板下方无屏蔽薄弱区域, 不考虑泄漏辐射。

②防护门屏蔽效能核算

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) 中 4.3.2.5.1, 对于加速器 ($\leq 10\text{MV}$), 有用线束不朝向迷路的, 迷路入口 g 点的剂量主要来自以下几方面:

- ①人体受有用线束照射时, 散射至屏蔽墙 i 点, 再次受墙体二次散射至 g 处;
- ②泄漏辐射入射至屏蔽墙 i 点, 再散射至 g 处;
- ③有用线束穿过人体至主屏蔽墙内侧, 受主屏蔽墙散射至迷路外墙内侧, 再次散射至 g 处;
- ④泄漏辐射穿过迷路内墙至迷路入口 g 处;

在估算 g 处剂量率时, 加速器向 b 方向水平照射①项人体散射辐射作为估算①、②、③三项之和的近似估算, 通常可以忽略②、③两项。因此, 本评价对于 g 处仅预测人体受有用线束照射时, 散射至屏蔽墙 i 点, 再次受墙体二次散射至 g 处的剂量以及泄漏辐射穿过迷路内墙至迷路入口 g 处剂量。

加速器机房防护门屏蔽效能核算及防护门上方墙体(管道穿墙处)的核算结果见表 11-4。

续表11 环境影响分析

表 11-3 加速器机房屏蔽墙屏蔽效能的核算结果表

墙体名称	关注点	射线类型	计算参数	屏蔽体厚度 (cm)			设计厚度条件下周围剂量当量率预测值 ($\mu\text{Sv/h}$)		剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	是否满足要求		
				预测厚度	设计厚度	有效厚度						
东墙	主屏蔽墙	a	主射	$R=7.9\text{m (O}_2\text{-a)}$, $H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $f=1$, $\text{TVL}=37\text{cm}$, $\text{TVL1}=41\text{cm}$, $H_c=2.5\mu\text{Sv/h}$	253	300	300	0.1		2.5	是	
	与主屏蔽相连的次屏蔽墙	c ₁	复合辐射	散射	$R=7.9\text{m (O-c}_1)$, $H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $\text{TVL}=28\text{cm}$, $\alpha_{\text{ph}}=3.18\times 10^{-3}$, $F=1600\text{cm}^2$, $H_c=1.25\mu\text{Sv/h}$	(144)	180	(206)	7.5×10^{-3}	1.2×10^{-2}	2.5	是
				漏射	$R=7.9\text{m (O-c}_1)$, $H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $f=0.001$, $\text{TVL}=31\text{cm}$, $\text{TVL1}=35\text{cm}$, $H_c=1.25\mu\text{Sv/h}$	(129)			4.1×10^{-3}			
		c ₂	复合辐射	散射	$R=7.9\text{m (O-c}_2)$, $H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $\text{TVL}=28\text{cm}$, $\alpha_{\text{ph}}=3.18\times 10^{-3}$, $F=1600\text{cm}^2$, $H_c=1.25\mu\text{Sv/h}$	(144)	180	(188)	3.3×10^{-2}	4.9×10^{-2}	2.5	是
				漏射	$R=7.9\text{m (O-c}_2)$, $H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $f=0.001$, $\text{TVL}=31\text{cm}$, $\text{TVL1}=35\text{cm}$, $H_c=1.25\mu\text{Sv/h}$	(129)			1.6×10^{-2}			
		j	复合辐射	散射	$R=7.4\text{m (O-j)}$, $H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $\text{TVL}=28\text{cm}$, $\alpha_{\text{ph}}=3.18\times 10^{-3}$, $F=1600\text{cm}^2$, $H_c=1.25\mu\text{Sv/h}$	(145)	180	(160)	0.4	0.5	2.5	是
				漏射	$R=7.4\text{m (O-j)}$, $H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $f=0.001$, $\text{TVL}=31\text{cm}$, $\text{TVL1}=35\text{cm}$, $H_c=1.25\mu\text{Sv/h}$	(131)			0.1			
		l	复合辐射	散射	$R=8.1\text{m (O-l)}$, $H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $\text{TVL}=28\text{cm}$, $\alpha_{\text{ph}}=3.18\times 10^{-3}$, $F=1600\text{cm}^2$, $H_c=1.25\mu\text{Sv/h}$	(143)	180	(188)	3.1×10^{-2}	4.6×10^{-2}	2.5	是
				漏射	$R=8.1\text{m (O-l)}$, $H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $f=0.001$, $\text{TVL}=31\text{cm}$, $\text{TVL1}=35\text{cm}$, $H_c=1.25\mu\text{Sv/h}$	(128)			1.5×10^{-2}			
	南墙	迷路内墙+外墙	f	漏射	$R=9.4\text{m (O-f)}$, $H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $f=0.001$, $\text{TVL}=31\text{cm}$, $\text{TVL1}=35\text{cm}$, $H_c=0.9\mu\text{Sv/h}$	(128)	320	320	6.1×10^{-7}		0.9	是
迷路内墙(迷路口)		g	$R=9.6\text{m (O}_1\text{-g)}$, $H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $f=0.001$, $\text{TVL}=31\text{cm}$, $\text{TVL1}=35\text{cm}$, $H_c=0.5\mu\text{Sv/h}$		(136)	140	(142)	0.3		0.5	是	

续表11 环境影响分析

	迷路外墙 (南墙)	k			R=10.1m (O ₂ -k), H ₀ =8.4×10 ⁸ μSv·m ² /h, f=0.001, TVL=31cm, TVL1=35cm, H _C =0.9μSv/h	(127)	180	(193)	6.6×10 ⁻³		0.9	是
西墙	主屏蔽墙	b	主射		R=8.3m (O ₁ -b), H ₀ =8.4×10 ⁸ μSv·m ² /h, f=1, TVL=37cm, TVL1=41cm, H _C =2.5μSv/h	251	300	300	0.1			是
	与主屏蔽 相连的次 屏蔽墙	d	复合 辐射	散射	R=8.4m (O-d), H ₀ =8.4×10 ⁸ μSv·m ² /h, TVL=28cm, α _{ph} =3.18×10 ⁻³ , F=1600cm ² , H _C =1.25μSv/h	(142)	180	(206)	6.7×10 ⁻³	0.01	2.5	是
				漏射	R=8.4m (O-d), H ₀ =8.4×10 ⁸ μSv·m ² /h, f=0.001, TVL=31cm, TVL1=35cm, H _C =1.25μSv/h	(128)			3.7×10 ⁻³			
北墙	侧屏蔽墙	e	漏射		R=6.2m (O-e), H ₀ =8.4×10 ⁸ μSv·m ² /h, f=0.001, TVL=31cm, TVL1=35cm, H _C =2.5μSv/h	126	180	180	4.6×10 ⁻²		2.5	是
顶棚	主屏蔽墙	h	主射		R=8.4m (O ₃ -h), H ₀ =8.4×10 ⁹ μSv·m ² /h, f=1, TVL=37cm, TVL1=41cm, H _C =2.5μSv/h	251	330	330	1.8×10 ⁻²			是
	与主屏蔽 相连的次 屏蔽墙	m	复合 辐射	散射	R=8.4m (O-m), H ₀ =8.4×10 ⁹ μSv·m ² /h, TVL=28cm, α _{ph} =3.18×10 ⁻³ , F=1600cm ² , H _C =1.25μSv/h	(142)	180	(205)	7.2×10 ⁻³	1.1×10 ⁻²	2.5	是
				漏射	R=8.4m (O-m), H ₀ =8.4×10 ⁹ μSv·m ² /h, f=0.001, TVL=31cm, TVL1=35cm, H _C =1.25μSv/h	(127)			3.9×10 ⁻³			
备注：①根据 GBZ/T 201.1-2007 第 4.8.3 款相关要求，Sv/Gy 转换系数取 1。②核算屏蔽体所需厚度时，复合辐射侧的 H _C 值初步考虑为散射、漏射各占一半即 1.25μSv/h，同时根据前文 7-5 核算，单个限值低于 1.25μSv/h 的按核算值考虑。③屏蔽材料默认为混凝土，密度 2.35g/cm ³ 。④k1、k2 考察点的有效屏蔽厚度已扣除了穿墙管线的中空厚度，并且保守考虑穿墙高度与核算高度一致；⑤地板下为泥土层，不进行核算。电缆沟为深“U”字形穿越，有很好的阻挡射线效果，不再单独考虑其射线泄漏情况。⑥ () 里面的数值为斜线屏蔽厚度。												

续表11 环境影响分析

表 11-4 加速器机房防护门及其上方墙体屏蔽效能核算结果表

关注位置	关注点	辐射类型	计算参数 (m)		屏蔽体厚度 (cm)		周围剂量当量率 预测值 ($\mu\text{Sv/h}$)		剂量率参考 控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	是否 满足 要求
					预测厚度	设计厚度				
防护门	g	患者散射再经屏蔽墙 i 点散射至迷路入口 g 处, 路径 O-i-g	$\alpha_{ph}=1.35\times 10^{-3}$, F=1600cm ²	$H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $H_c=2.5\mu\text{Sv/h}$, R1=7.5 (O-i), R2=9.9 (i-p-g), $\alpha_2=2.2\times 10^{-2}$, $\alpha_{ph}=1.35\times 10^{-3}$, A=22.1m ² , TVL=0.5cm, F=1600cm ²	11.3mmPb	12mmPb	1.6	1.9	2.5	是
		泄漏辐射穿过迷路内墙至 g 处, O ₂ -g	R=10.1m (O ₂ -g), $H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, f=0.001, TVL=31cm, TVL1=35cm, $H_c=2.5\mu\text{Sv/h}$, 迷路内墙等效屏蔽厚度 151cm	(135)	(142)	0.3				
防护门上方穿墙点	g'	患者散射再经屏蔽墙 i 点散射至防护门上方 g' 处, 路径 O-i-g'	$\alpha_{ph}=1.35\times 10^{-3}$, F=1600cm ²	$H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, $H_c=2.5\mu\text{Sv/h}$, R1=7.5 (O-i), R2=9.5 (i-g'), $\alpha_2=2.2\times 10^{-2}$, $\alpha_{ph}=1.35\times 10^{-3}$, A=22.1m ² , TVL=28cm	(62.4)	(113.5)	3.7×10^{-2}	3.7×10^{-2}	2.5	是
		泄漏辐射穿过迷路内墙至 g' 处, O ₄ -g'	$H_0=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$, R=9.5 (O ₄ -g'), f=0.001, TVL=31cm, TVL1=35cm	(140)	迷道内墙 (142)+防护门上方 (113.5)	7.1×10^{-5}				

备注：①g'表示防护门上方穿墙处关注点；g'核算的相关距离简化为水平距离。

②其余备注同上表备注。

续表11 环境影响分析

③主屏蔽带宽的核算

根据上述核算公式和核算参数，加速器机房主屏蔽墙带宽核算结果见表11-5。

表 11-5 主屏蔽墙带宽的核算结果表

墙体名称	源轴距 (m)	a (m)	r (m)	有用束主屏蔽区的宽度 (m)		是否满足要求
				设计宽度	计算宽度	
东、西墙	1	3.6	0.3	4	3.2	是
顶棚		3.7	0.3	4	3.2	是

根据表 11-3、表 11-4 可知，在现有设计条件下，加速器机房各屏蔽体外瞬时剂量率满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《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）及评价限值的相关要求。根据表 11-5 可知，加速器机房的主屏蔽带宽满足要求。

④天空散射的核算

同时，加速器机房顶部外 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 $1.8 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，远低于评价限值 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，且机房顶部不存在屏蔽薄弱的区域，对外环境影响小。因此，本次评价不再考虑天空散射影响。

11.2.1.2 定位机房屏蔽效能核算

(1) 定位机房铅当量效能核算

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）6.2.2 可知，定位机房的屏蔽防护应不低于 2.5mmPb。本项目 CT 模拟定位机最大管电压为 140kV，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.6 中管电压为 140kV 的 CT，216mm 混凝土的拟合 2.5mmpb，则定位机房屏蔽体的铅当量核算结果见表 11-6。

表 11-6 射线装置机房屏蔽厚度核算对比表

机房名称	屏蔽防护体	屏蔽防护设计	折合铅当量	标准要求	评价结果
定位机房	四周墙体	370mm 混凝土	4.3mmPb	2.5mmPb	满足要求
	顶棚	250mm 混凝土	2.9mmPb		满足要求
	防护门、观察窗	3mmPb	3mmPb		满足要求

备注：混凝土密度 2.35g/cm^3 。

根据上表核算和对比分析，本项目定位机房屏蔽体的屏蔽能力在设计和建议厚度下均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

续表11 环境影响分析

(2) 定位机房屏蔽体外剂量率核算

根据工程分析，CT 模拟定位机的影响以散射线为主，机房外剂量率以散射计算。

根据《辐射防护导论》（原子能出版社）第三章第三节（P116-P117）散射线的屏蔽计算公式（3.66）进行推导得出，按最不利情况考虑居留因子取 1，管电压修正系数取 1，推导得出本项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{I \times H_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times \alpha}{R_0^2} \quad (11-16)$$

式中：I—X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 —距辐射源点（靶点）1 m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，Sv/Gy 转换系数取值为 1；

B—屏蔽透射因子；

F— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ），射线装置运行时的最大照射野面积为 20cm^2 （ $20\text{cm}\times 1\text{cm}$ ）；

α —散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；根据 NCRP147 号报告第 137 页附图 C.1，120kV 射线装置在最大散射角情况下 1m 处的每平方厘米的散射系数约为 7.2×10^{-6} ；

R_s —辐射源点（靶点）至散射体的距离，单位为米（m），根据设备参数，本项目取 0.38m；

R_0 —散射体至关注点的距离，单位为米（m），根据设备布设位置确定。

B: 核算参数

根据建设单位提供的资料，CT 模拟定位机常用最大电压为 120kV，最大运行电流约 300mA；设备在 120kV、3mmAl 过滤板情况下主射线方向 1m 处发射率为 $9.0\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。B 的计算公式见公式 11-14、11-15，计算参数见 GBZ130-2020 表 C.2。Sv/Gy 转换系数取值为 1。设备安装位置未定，按散射体位于机房中心考虑。

续表11 环境影响分析

③核算结果

根据核算公式和上表相关参数，定位机房外周围剂量当量率核算结果见表11-7。

表 11-7 定位机房屏蔽体外剂量率核算结果表

机房名称	屏蔽体名称		距离 R(m)	设计厚度	周围剂量当量率 (μSv/h)	是否满足要求
定位机房	北面	墙体	4.4	370mm 混凝土	3.6×10^{-3}	是
	东面	墙体	4.4	370mm 混凝土	3.6×10^{-3}	是
		防护门		3mmPb	1	是
	南面	墙体	4.4	370mm 混凝土	3.6×10^{-3}	是
		防护门、观察窗		3mmPb	1	是
	西面	墙体	4.7	370mm 混凝土	3.2×10^{-3}	是
		顶棚		4.6	250mm 混凝土	0.3

备注：设备离地高度按 1.0m 考虑，顶棚核算到楼上地面 1.0m 处。

根据上表计算可知，在常用最大工况下，定位机房屏蔽体外的周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.2.1.3 剂量估算及环境保护目标影响

(1) 估算公式

放射工作人员和公众人员受到的 X-γ射线产生的外照射所致的年有效剂量用下式进行估算：

$$H_{Er} = H^*_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-17)$$

式中： H_{Er} ：X 或γ射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$H^*_{(10)}$ ：X 或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

t：X 或γ射线照射时间，h。

(2) 加速器机房周围人员剂量估算结果及影响

放疗中心拟配置 1 台 10MV 的直线加速器，医用电子直线加速器治疗年有效出束时间约为 270.8h/a。

①放射工作人员

患者治疗时，放射工作人员在控制室内工作。根据表 11-3 可知，放射工作人员在控制室内受到辐射剂量率为 $3.1 \times 10^{-8} \mu\text{Sv/h}$ 。

续表11 环境影响分析

直线加速器放射工作人员年有效剂量估算结果见表 11-8。

表 11-8 直线加速器放射工作人员年有效剂量估算表

工作场所	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	照射时间 (h/a)			年有效剂量 (mSv/a)
		满负荷 工作时间	居留因子	有效受照 时间	
控制室	4.6×10^{-2}	1354.2	1	1354.2	6.2×10^{-2}

①直线加速器为调强放射治疗，调强放射治疗因子一般为 5，因此散、漏射线时间取满负荷工作时间的 5 倍。

根据上表可知，直线加速器放射工作人员受到的附加年有效剂量最大为 $6.2 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，则其受到的年附加有效剂量也小于项目的年有效剂量约束值 5.0mSv/a 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，后期设备工作人员将配备多组轮岗操作，因此每名工作人员实际受照剂量均小于估算值。

②公众成员

放疗中心直线加速器机房屏蔽体外公众成员年有效剂量估算结果见表 11-9。

表 11-9 加速器机房屏蔽体外最近公众成员（环境保护目标）周围剂量当量率预测表

序号	环保目标名称	方位	最近水平 距离 (m)	周围剂量当 量率($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	受照时间 (h/a)	预测结果 (mSv/a)
1	放疗中心车行道	北侧	约 19	4.6×10^{-2}	1/40	33.9	1.6×10^{-3}
2	水冷室、辅助用房	东侧	紧邻	0.5	1/20	13.5	7×10^{-3}
3	通道	南侧	紧邻	0.3	1/5	270.8	8.9×10^{-2}
4	放疗中心车行道	西侧	约 2	0.1	1/40	6.8	8.1×10^{-4}

备注：①东侧、西侧考虑为较大剂量主射线进行核算；南侧防护门前区考虑为散射为主以及其余方向按照漏射线考虑调强因子 5，时间按照正常时间的 5 倍计算。

②加速器机房顶为不上人屋面，因此未预测加速器机房楼顶周围剂量当量率。

③仅对加速器机房屏蔽体外最近公众人员（环境保护目标）周围剂量当量率预测。

根据表 11-9 可知，加速器机房屏蔽体外的公众成员的有效剂量最大为 $8.9 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，小于公众成员的有效剂量管理目标值 0.1mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）等的要求。除紧邻机房的环境保护目标外，其余环境保护目标均距离机房有一定距离，且中间间隔建筑墙体等其他具体一定屏蔽效果的材料，因此，理论上，各环境保护目标处公众年受照剂量均小于上述估算值。

续表11 环境影响分析

(3) 定位机房周围人员剂量估算

定位机房外紧邻区域活动人员的年有效剂量当量估算见表 11-10。

表 11-10 定位机房外活动人员的年有效剂量估算表

受影响群体	方位	最近水平距离 (m)	墙体外周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	照射时间 (h/a)			剂量估算 (mSv/a)	
				满负荷工作时间	居留因子	有效照射时间		
放射工作人员 (控制室)	南侧	紧邻	1.	56.6	1	56.6	5.7×10^{-2}	
公众成员	质控工具室、模具室、储模室	北侧	3.6×10^{-3}	56.6	5	11.3	4.1×10^{-5}	
	过道	东侧	1	56.6	5	11.3	1.1×10^{-2}	
	设备房	南侧	3.6×10^{-3}	56.6	5	11.3	4.1×10^{-5}	
	放疗中心车行道	西侧	约 2	3.2×10^{-3}	56.6	40	1.4	4.5×10^{-6}
	可上人屋面	楼顶	紧邻	0.3	56.6	40	1.4	4.8×10^{-4}

备注：仅对定位机房屏蔽体外最近公众人员（环境保护目标）周围剂量当量率预测。

根据上表可知，放疗中心定位机房屏蔽体外的放射工作人员受到的年附加剂量小于项目年有效剂量管理目标值 5mSv/a ，公众成员受到的年附加剂量小于项目年有效剂量管理目标值 0.1mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的要求。

(4) 环境保护目标影响

拟建加速器机房和定位机房的屏蔽防护能力能满足标准的要求，各关注点周围剂量当量率满足国家相关标准要求。本项目环境保护目标主要受直线加速器和 CT 模拟定位机运行时产生的电离辐射（X 射线）影响。根据 X 射线衰减规律，辐射影响与距离的平方进行衰减，即距离辐射源越远，受到的影响越小。根据表 11-8、表 11-9 和 11-10 可知，各环境保护目标周围剂量当量率均远低于项目评价控制值，与项目所在区域的辐射背景水平相当或更低。同时，上述核算结果仅考虑了射线随距离的衰减，未考虑除本项目各机房本身的屏蔽外的其他建筑/构筑物的屏蔽作用。因此，本项目直线加速器和 CT 模拟定位机所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响甚微。

11.2.2 “三废”影响分析

(1) 废气影响分析

续表11 环境影响分析

A、加速器机房废气

直线加速器产生的 X 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。在保持通风换气的条件下，臭氧和氮氧化物浓度甚小，少量有害气体直接与大气接触、不累积，很快被空气的对流而扩散，不会影响机房外大气环境质量。

加速器运行时产生的非放射性废气主要为臭氧、氮氧化物（主要为二氧化氮），根据工程分析，直线加速器机房臭氧产额为 40mg/h，氮氧化物产额为 20mg/h。根据建设单位提供的资料，加速器机房排风量为 1300m³/h。

根据文献《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期），考虑加速器机房运行时的连续排风和 O₃ 的分解，机房内空气中 O₃ 的平均浓度可由下式计算。

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 T}{V} (1 - e^{-t/T}) \quad (11-18)$$

式中：Q_(t)：t 时刻治疗室内 O₃ 的平均浓度，mg/m³；

Q₀：O₃ 的产生率，mg/h；

V：加速器治疗室体积（不含迷道），m³；

T：有效清除时间，h；

t：连续照射时间，h。

有效清除时间 T 可由下式计算。

$$T = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad (11-19)$$

式中：t_v：换气一次所需要的时间，h；

t_d：O₃ 的有效分解时间，取 0.83h。

因本项目加速器运行单次后，需要转移病人，给下一位病人准备等，不是连续出束。因此，本次核算考虑单次治疗（1.0min）产生的臭氧在设计通风情况下机房内的臭氧浓度。各参数的取值和 O₃ 浓度的计算结果见表 11-11。

表 11-11 加速器机房内 O₃ 浓度计算结果表

机房名称	Q ₀ (mg/h)	V (m ³)	t _v (h)	t _d (h)	T (h)	t (h)	Q _(t) (mg/m ³)
加速器机房	40.0	258	0.2	0.9	0.2	2	2.5×10 ⁻³

续表11 环境影响分析

由上述计算可知，单次治疗后加速度机房臭氧的浓度为 $2.5 \times 10^{-3} \text{mg/m}^3$ ，低于《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中规定的臭氧浓度限值 0.3mg/m^3 ，也低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准中规定的臭氧1小时平均限值 0.2mg/m^3 。

单次治疗时间很短，臭氧同氮氧化物一样未分解，因此单次治疗后氮氧化物浓度为 $1.3 \times 10^{-3} \text{mg/m}^3$ ，远低于 GBZ2.1-2019 中规定的 5mg/m^3 ，也远低于 GB3095-2012 二级标准中规定的二氧化氮1小时平均限值 0.2mg/m^3 。

加速器机房内废气最终引至放疗中心西侧建筑外墙上（排放口离地约4.2m）排放。根据前文核算，项目排放废气中臭氧浓度很低，远远低于环境空气质量标准的限值要求，排放后经大气扩散和分解后，浓度将进一步降低。项目用房距周围建筑距离较远，项目排风口周围为绿化，且排气口向上，不直接朝向人员停留的方向，项目废气不会对环境带来不利影响。

B、CT 模拟定位机废气

CT 模拟定位机运行时产生的臭氧和氮氧化物量极少。定位机房内拟设置机械排风口，并连接至排风管道，可确保良好的通风效果。

（2）废水影响分析

项目医务人员及病人诊疗过程产生的少量医疗废水经污物管道收集至放疗中心楼北侧拟建化粪池后，通过污物管道引至项目东北侧重庆市荣昌区人民医院卫生应急中心现有污水处理池处理，达标后排入市政管网。该污水处理设施采用“预消毒+二级处理+消毒”，处理能力为 $50 \text{m}^3/\text{d}$ 。根据表 9-4 核算，本项目产生的所有医疗废水排入项目东北侧医院卫生应急中心现有污水处理池可行。

（3）固体废物影响分析

项目产生的固废主要为生活垃圾以及医疗废物，其中：

医务人员、病人及家属在门诊、治疗时产生的生活垃圾，集中放置于放疗中心生活垃圾点，依托放疗中心收运系统交环卫部门处理。

医疗废物主要来自病人的生活废弃物、医疗诊断、治疗过程中产生的各类固体废弃物，本项目产生的少量的一次性使用卫生用品、一次性使用医疗用品及一次性医疗器械、废弃的汞血压计、汞温度计等。医疗废物暂存于医废暂存间内，

续表11 环境影响分析

48 小时内交有资质单位处置。

直线加速器的主要结构部件一般使用 4~5 年更换一次, 更换工作由加速器售后维修单位完成, 更换下来的这些固体部件由其回收处置。

项目配置铅橡胶性腺防护围裙等含铅防护用品, 在使用一定年限后屏蔽能力减弱, 不再使用的铅防护用品, 医院收集后放医废暂存间暂存, 做好记录, 后交由有处理资质的单位处理。

危废暂存间应进行重点防渗设计, 防渗层参照《环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2016)中重点防渗区要求进行建设, 建设“防渗要求达到等效黏土防渗层 $M_b \geq 6.0m$, $K \leq 1 \times 10^{-7} cm/s$ 。且危险废物暂存间应满足《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)以及 2013 年修改单的要求。医疗废物暂存间日常不使用时锁闭大门, 设专人管理, 防止非工作人员接触医疗废物; 设置换气扇通风换气, 医疗废物的交接拟按照联单管理。

综上, 项目产生的固体废物均能得到合理的处理, 不会对环境产生影响。

11.3 事故影响分析

11.3.1 加速器事故影响分析

11.3.1.1 加速器辐射潜在风险事故类型

直线加速器是一种将电能转换成 X 射线能的医疗设备, X 射线受开机和关机控制, 关机时没有射线发出。因此, 断电状态下较为安全。

本项目直线加速器的安装、检修由设备销售厂家负责。建设单位只负责日常安全使用及管理。由于设备自身的屏蔽措施以及设备的固有安全联锁装置, 设备在正常使用的情况下发生事故的概率极小。在意外情况下, 可能发生的辐射事故主要包括:

(1) 直线加速器门—机联锁装置失效造成误照射

因加直线加速器门机联锁装置失效/旁路, 至门尚未关闭到位直线加速器即出束运行, 致门外的公众成员受到误照射; 或无关人员推门进入正在运行的加速器机房内而受到误照射。

(2) 人员滞留在机房内造成误照射

①放射工作人员为病人摆位时, 控制室人员未观察即出束治疗, 造成该摆位

续表11 环境影响分析

人员受到误照射。

②病人治疗前，工作人员、病人家属等进入机房后尚未全部撤离，仍有人滞留在机房内某个不易察觉的地方，控制室放射工作人员未发现即出束治疗，致机房内人员受到误照射。

(3) 医疗照射不正当化造成误照射

滥用射线装置对病员进行诊断、治疗，造成病员受到不必要的照射。

(4) 直线加速器调试、维修时造成误照射

①调试阶段人员误入机房

在设备安装调试过程中，机房安全防护措施未完全到位或者运行，至无关人员进入机房，在设备开机出束过程中受到误照射。

②维修阶段人员误入受到误照射

直线加速器结构复杂，故障率较高。常见故障有机械故障（如多叶准直器故障、限位开关损坏）、电气故障（如自动稳频故障、剂量异常、电离室损坏、磁控管损坏、测距灯/光野灯损坏）和软件故障（如电脑死机、网络传输故障）。上述故障发生后由专业维修人员对设备进行维修，维修人员在维修加速器时，加速器钥匙由维修人员控制，机房防护门保持敞开且加速器不能出束操作，维修完成后维修人员再关闭机房防护门进入控制室通过钥匙开机出束并检查。在此过程中若有人误入机房停留在不易察觉的角落未被维修人员发现而开机出束导致机房内误入人员受到误照射。

(5) 未进行质量控制检测

直线加速器年久或更换部件和维、检修后，未进行质量控制检测，机器性能指标发生变化，有可能在放疗过程中使患者可能受到较大剂量的照射。

11.3.1.2 直线加速器事故风险危害影响分析

根据上述分析，项目运行产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射，主要为加速器门-机联锁装置失效时人员误入加速器机房、工作人员或病人家属人员滞留在机房内不易察觉的位置受到误照射，以及设备调试、维修阶段公众误入加速器机房受到误照射。

根据 CBCT 功能的工作情况，其诊断射线能量远小于加速器治疗模式，单

续表11 环境影响分析

独的 CBCT 出现误照射事故可使受照人员受到超年剂量限值的照射，属于一般辐射事故。因此，下面事故受照剂量核算以治疗模式进行核算。

(1) 设备正常运行时误入受到误照射剂量核算

本项目直线加速器在开机治疗时，常用最大输出剂量率为 6Gy/min，单次照射时间不超过 1.0min。

门-机联锁装置失效时人员误入机房，或者工作人员、病人家属滞留在机房内不易察觉的位置时，其距离直线加速器辐射源点较远，考虑为非主射方向的 3m；工作人员为病人摆位时受到误照射时距离直线加速器辐射源点较近，考虑为非主射方向的 1m。正常情况下，加速器出束治疗时，设备会发出警报，同时机房内设置有视频监控，工作人员或公众成员听到声响后可就近按下机房内急停按钮或者控制室放射工作人员发现后可按下紧急停止按钮，该反应时间考虑为 0.5min；非正常情况下，设备不发生出束警报，视频监控不显示，工作人员不能及时按下急停按钮，该受照时间考虑为单次治疗时间 1.0min。

根据上述条件，并根据本报告直线加速器的散射、漏射公式等，此种情况下人员受到的误照射剂量见下表 11-12。

表 11-12 正常治疗误入事故状态下人员受到的剂量估算表

事故情况	射线类型	与靶点的距离	单次受照时间	单次受照剂量
门-机联锁装置失效误入、工作人员或公众成员滞留在机房内不易察觉的角落是出束	散射漏射	3m	0.5min	$4.7 \times 10^{-3} \text{Gy}$
			1.0min	$9.4 \times 10^{-3} \text{Gy}$
工作人员在为患者摆位时加速器误出束	散射漏射	1m	0.5min	$4.2 \times 10^{-2} \text{Gy}$
			1.0min	$8.4 \times 10^{-2} \text{Gy}$

备注：Sv、Gy 的转换系数取 1。

(2) 调试、维修阶段误入受到误照射剂量核算

直线加速器调试、维修阶段，输出剂量率最大为设备等中心处最大输出剂量率 14Gy/min，开机照射时间不超过 1min。

加速器调试、维修阶段时人员误入机房在机房内不易察觉的位置，其距离直线加速器辐射源点较近，考虑为主射方向的 1m 和非主设方向的 1m。正常情况下出束后公众成员听到出束警报声响后可就近按下机房内急停按钮或者从不易察

续表11 环境影响分析

觉的位置出来后控制室放射工作人员发现后立即按下紧急停止按钮，该反应时间考虑为0.5min；非正常情况下，误入人员未出来无人按下急停按钮，受照时间考虑为1.0min。

按照射线的衰减理论（与距离的平方成反比），则此种情况下，误入人员的事故受照剂量估算如下表 11-13 所示。

表 11-13 调试、维修阶段事故状态下人员受到的剂量估算表

事故情况	射线类型	与靶点的距离	单次受照时间	单次受照剂量
加速器调试、维修时 人员误入	主射线	1m	0.5min	7Gy
			1.0min	14Gy
	散射、漏射	1m	0.5min	0.09Gy
			1.0min	0.2Gy

备注：Sv、Gy的转换系数取1。

11.3.1.3 直线加速器事故防范措施

为减少各种辐射事故的发生，建设单位拟采取的防范措施如下：

（1）直线加速器门-机联锁装置失效风险防范措施

按照规范要求定期对各个联锁装置进行检查，发现故障及时清除，严禁在门-机联锁装置失效的情况下违规操作；通过直线加速器故障报警系统及时发现故障，及时修复；通过纵深防御以减少由于某个联锁失效或在某个联锁失效期间产生辐射。设备维修单位维修时，旁路联锁系统需取得辐射安全管理机构的批准，并在维修后及时进行联锁恢复及功能测试。

（2）人员滞留在机房内风险防范措施

开机出束运行前，按照操作规程清点人数工作人员和病人家属，并按程序通过监控系统对加速器机房全视角搜寻；用对讲机呼叫，声灯报警警示。同时，经常检查监控系统，单个摄像头损坏要及时维修，保证监控系统能全视角无死角的监控机房和迷道。

（3）医疗照射不正当化产生辐射事故的风险防范措施

放射工作人员须加强专业知识学习，加强辐射防护知识培训，加强职业技能培训，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

（4）加速器调试、维护维修时风险防范措施

续表11 环境影响分析

调试阶段由设备方/辐射安全设施单位负责。调试前建设单位做好辅助工作，开机出束前项目用房区域外设置警示标识、警示带、安保人员等，先清理无关人员后禁止无关人员进入项目用房区域，自身安保人员全部在外围巡视，保证除调试技术人员外，禁止无关人员进入加速器机房和操作间。

医院在采购加速器时将充分考虑生产企业的售后产品技术支持，提高产品可靠性，减少设备维修频率；在维护和维修时，佩戴个人剂量报警仪，加速器运行钥匙由设备维护维修人员掌控，避免其他人员误操作造成误照射；维修期间旁路的门机联锁在维修后及时恢复；维修后开机出束试机前，按照操作规程通过监控系统对加速器机房全视角搜寻；用对讲机呼叫，声灯报警警示，确保安全无人在机房后才能试机。

(5) 未进行质量控制检测风险防范措施

建设单位按照规范要求做好设备稳定性检测和状态检测以及辐射防护与安全措施定期检查，使设备及各项辐射防护安全措施始终保持在有效状态下工作。

建设单位在认真落实上述措施后，能有效减少和杜绝辐射事故的发生，减少对周围环境和公众的影响。

11.3.2 CT 模拟定位机事故影响分析

11.3.2.1 CT 模拟定位机辐射潜在风险事故类型

根据 X 射线装置的运行特性，可能发生的辐射事故主要如下：

①在设备故障等极端风险情况下，出现 X 射线装置在最大管电压情况下运行造成机房外公众成员的误照射。

②机房除病人外，其他无关人员（如清洁人员、病人家属等）在防护门关闭前因未及时撤离而滞留在机房内，防护门未关闭或射线装置工作时门被开启，此时射线装置开机出束，造成射线装置机房内公众成员的误照射。

11.3.2.2 CT 模拟定位机风险事故后果

(1) 最大管电压运行受照

操作人员不按照相关要求，采用X射线装置的最大管电压运行，机房外人员受到的照射剂量计算见表11-14。

续表11 环境影响分析

表11-14 最大管电压下机房外人员受照剂量估算表

设备名称	最大运行参数	屏蔽体外最大周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	最大受照时间 (min)	有效剂量 (mSv/次)	总有效剂量 (mSv)
CT 模拟定位机	140kV, 800mA 1m 处剂量率 11.8	3.7	2		1.2×10^{-4}

备注：1m处剂量率单位为 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$ ，Sv、Gy换算系数取1。

(2) 误入、滞留受照

因各种原因导致 X 射线装置在常用最大工况下运行过程中人员滞留机房内或者误入而发生误照射（散射方向），其受照剂量估算情况见表 11-15。

表 11-15 误照射人员所受辐射剂量估算表

设备名称	核算工况/参数	受照时间 (min)	距离 (m)	有效剂量 (mSv/次)
CT 模拟定位机	120kV, 300mA, 1m 处剂量率 9.0	1	1	2.7

备注：1m处剂量率单位为 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$ ，Sv、Gy换算系数取1。

11.3.2.3 CT 模拟定位机风险防范措施及应急处置

(1) CT 模拟定位机事故风险防范措施

由于各种管理不善或人因失误等造成的误照射，导致人员的照射方式主要是外照射，医院应采取以下措施防范风险事故的发生。

①医院应定期做好设备稳定性检测和质控检测，加强设备维护，使设备始终保持在最佳状态下工作，尽可能避免最不利条件运行的风险事故发生。

②撤离机房时应清点人数，放射工作人员对机房按搜寻程序进行查找，确认没有无关人员停留在机房后才开始操作。加强防护门等的联锁检查，确保门灯联锁、工作状态指示灯等能正常工作，减少误入的几率。机房内的清洁尽量由医护人员处理，尽量避免医院后勤人员（如清洁人员等）进入机房，杜绝在 X 射线装置运行时进入机房；也可加强医院后勤人员（如清洁人员等）的教育，做到在确认 X 射线装置在非运行状态下才能进入机房工作。此外，X 射线装置上设置有紧急停机按钮，日常加强对放射工作人员的教育，让其熟悉其功能和操作，发生辐射事故后能及时作出反应和正确的操作，减少事故受照剂量。

医院在认真落实上述措施后，能有效减少和杜绝辐射事故的发生，减少对周围环境和公众的影响。

续表11 环境影响分析

(2) CT 模拟定位机事故风险应急处置措施

由于各种管理不善或人误等造成的误照射，导致人员的照射方式主要是外照射。根据CT模拟定位机的运行原理及特性，CT模拟定位机在开机出束状态下才会产生辐射影响，未出束则不会产生辐射影响。因此，发生误照射事故时应第一时间切断装置电源（就近按下急停按钮），确保装置停止出束，再对人员进行救治。

11.3.3 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此所造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和确定性效应。

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率(而非其严重程度)与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在剂量阈值。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

确定性效应定义为通常情况下存在剂量阈值的一种辐射效应，受照剂量超过一定的阈值时才会发生，其效应的严重程度随超过阈值的剂量越高而越严重。确定性效应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应和胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

续表11 环境影响分析

辐射致癌危险概率（系数）：

一般公众 $5.0 \times 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ ；

职业照射(辐射工作人员的致死性癌症总危险) $4.0 \times 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ ；

不同照射剂量的 X、 γ 射线对人体损伤估计见表 11-16。

表 11-16 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/ Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	20
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

成年人敏感部位的确定性效应阈值估计值见表 11-17。

表 11-17 不同照射剂量对人体损伤的估计表

剂量 (Gy)	类型		初期症状和损伤程度
<0.25			不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5	/		可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5~1			机能变化，血液变化，但不伴有临床症状
1~2	骨髓型 急性 放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
2~3.5		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
3.5~5.5		重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降
5.5~10		极重度	多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹痛，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退

备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）和《辐射防护导论》P33。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-18。

续表11 环境影响分析

表 11-18 辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害后果
特别重大辐射事故	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。
重大辐射事故	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。
较大辐射事故	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
一般辐射事故	IV类、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

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-18。

综上，根据核算，加速器正常运行时误入人员受到误照射的事故情况下，单次误入人员受到的剂量最大为 $8.4 \times 10^{-2} \text{Gy}$ （84mSv），超过年剂量限值，即造成一般辐射事故的发生，不会发生急性放射病，但会有不明显和不易察觉的病变，可能增加随机性效应的发生概率。

根据核算，加速器调试、维修阶段误入人员受到误照射的情况下，单次误入人员在非主射方向上受到的剂量最大为0.2Gy（200mSv），超过本项目人员的年剂量限值，即造成一般辐射事故的发生；在主射线方向上受到的剂量最大为14Gy，能导致患上肠型急性放射病，出现频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，血红蛋白升高的病症，能导致死亡。设备维修、调试一般由设备厂家派1~3名专业人员进行维修。因此，维修人员最多不会超过3名。设备维修、调试时维修人员分布设备四周维修，故停留在主射方向上的维修人员一般不会超过2名，导致死亡人数不会超过2个，最高辐射事故等级为重大辐射事故。

根据核算，CT模拟定位机发生的单次误照射可能会造成人员受到超过年剂量限值，属于一般辐射事故，其辐射照射可能导致不明显和不易察觉的病变，一般不会导致严重辐射损伤，但可能会导致随机性效应发生概率增加。

11.4 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有

续表11 环境影响分析

关因素之后,其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时,该实践才是正当的。

本项目直线加速器和 CT 模拟定位机在肿瘤放射治疗的应用,对疾病的治疗有其他技术无法替代的特点,对保障健康、拯救生命可以起到十分重要的作用。项目营运以后,建设单位将为病人提供一个更加优越的就医环境,具有明显的社会效益。同时将提高医院医疗技术及服务水平,将吸引更多的就诊人员,医院在为患者健康服务的同时也将创造更大的经济效益。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求,对环境的影响也在可接受范围内。在项目营运过程中建设单位应掌握好适应症,正确合理地使用设备进行医疗照射。

因此,本项目直线加速器和 CT 模拟定位机的使用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害,项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

11.5 产业政策符合性

根据《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录(2019年本)>的决定》第一类 鼓励类中“六、核能 6、同位素、加速器及辐照应用技术开发”、“十三、医药 5、新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备,人工智能辅助医疗设备,高端放射治疗设备,电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备,新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用,危重病用生命支持设备,移动与远程诊疗设备,新型基因、蛋白和细胞诊断设备”。

本项目为加速器应用(高端放射治疗设备)、数字化医学影像设备,属于产业结构的鼓励类,符合国家产业政策。

11.6 环保投资估算

本项目环保投资共约 90 万元,占总投资 11.3%,具体情况见表 11-19。

表 11-19 项目环保投资一览表

序号	辐射安全与防护设施名称	投资(万元)
1	防护门安装	25
2	急停开关、视频监控、对讲系统、联锁装置、警示标志、警示语、应急开门、红外线防挤压、工作状态指示灯等	23
3	个人剂量计、个人剂量报警仪、固定式剂量报警仪、智能化 X-γ辐射仪、质检设备等	15

续表11 环境影响分析

4	排水管网、废气管网等	12
5	监测、环评、验收、办证等	15
/	合计	90

备注：加速器机房和定位机房墙体的建设计入工程投资。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院成立了辐射安全管理委员会（以下简称委员会），明确了委员会的职责。下设办公室，指定一名工作人员作为医院放射防护管理人员，负责日常事务工作。根据调查，医院辐射小组具体负责成员学历为本科，能满足要求。因此，医院现有的辐射安全与环境保护管理机构设置符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

本项目开展后，目前医院的管理机构和管理人员也能满足相关要求，因此，本项目的辐射环境管理可直接纳入现有管理机构管理。

12.2 放射工作人员及培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《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》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识，并参加考核，取得辐射安全培训合格证书，持证上岗。

根据调查，医院现有放射工作人员 97 人，均参加了辐射安全与防护培训，考核合格，在有效期内。

本项目劳动定员 24 人，其中放射工作人员 16 人，目前具体人员尚未确定，待人员确定后按拟按上述要求管理，进行培训、考核合格后再上岗。

续表 12 辐射安全管理

12.3 辐射安全管理制度、档案等

12.3.1 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》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当建立有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、台账管理制度、监测方案。

目前医院在用的有 II 类、III 射线装置，已制定了一系列管理制度，主要有《辐射防护安全制度》、《放射诊疗设备安全操作规程》、《设备台账管理制度》、《设备检修维护制度》、《辐射工作场所辐射环境监测方案》、《放射防护人员培训计划》、《放射性事故应急预案》、《CT 操作规程》等，具体见附件。

上述各种制度考虑到了核技术利用项目的操作使用和安全防护，制度基本健全，具有一定的可操作性。医院在此之前按照各项管理制度执行，到目前为止未发生过放射事故。

本项目建成后，医院拟单独制定放疗中心的管制制度，如放疗中心管理制度、直线加速器安全操作规程、安全检查制度等，并完善现有的辐射安全管理制度，以便满足本项目的管理要求。

12.3.2 个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。另外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量片相互传借，不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

医院现有放射工作人员均配置了个人剂量计，每 3 个月进行一次个人剂量监测，医院 2022 年个人剂量监测结果均小于年剂量年有效剂量管理目标值 5mSv/a，未出现超年剂量的情况。本项目的放射工作人员尚未确定，在本项目运行前，医

续表 12 辐射安全管理

院也按照现有管理制度要求为每名放射工作人员配置个人剂量计,并按照要求进行剂量监测,建立个人剂量档案。

12.3.3 职业健康体检

放射工作人员上岗前,应进行岗前职业健康检查,符合放射工作人员健康标准的方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间,放射工作人员应定期进行职业健康检查,两次检查的时间间隔不应超过 2 年,必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的,应脱离辐射工作岗位,并进行离岗前的职业健康检查。项目单位应建立和保存放射工作人员的健康档案。

根据调查,医院现有放射工作人员均按照要求在每两年进行一次职业健康体检,目前在岗放射工作人员均无体检异常,无疑似职业病人员。待本项目放射工作人员落实到位后,也按照上述要求进行岗前职业健康体检,并按照相关要求进行检查,并建立相应档案。

12.3.4 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定: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。

根据调查,医院往年都对射线装置的运行和辐射防护等进行了总结,编制《放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告》,并按时向生态环境主管部门提交。年度评估报告包括医用 X 射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

本项目建成后,医院拟将本项目直线加速器、CT 模拟定位机纳入年度评估管理中。

12.3.5 档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定:生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当安排专人负责个人剂量监

续表 12 辐射安全管理

测管理,建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。

辐射安全与防护管理档案资料分以下九大类:“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”、“年度评估”、“辐射应急资料”。

医院认真落实了相关制度和规定,所有放射工作人员均进行职业健康体检、个人剂量监测、辐射安全与防护培训,并将职业健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案进行了保存。

本项目运营后,医院拟将本项目相关的档案资料建立档案,并纳入现有档案管理中,档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

12.4 核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心,对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事单位核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。

医院已建立了辐射环境安全管理体系,明确了医院各层次人员的职责、不断识别医院内部核安全文化的薄弱处并加以纠正,落实两个“零容忍”,即对隐瞒虚报“零容忍”,对违规操作“零容忍”,将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节,确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下:

①医院组织核安全文化培训,制定出符合自身发展规划的核安全文化;

②医院建立有关的部门管理,通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中,并让核安全文化建设更加有效。

12.5 辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(第十六条)、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(第七条)的相关规定,医院从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

续表 12 辐射安全管理

表 12-1 医院从事辐射活动能力评价表	
应具备条件	落实情况
<p>(一) 使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。</p>	<p>成立了辐射防护领导机构，并指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作。</p>
<p>(二) 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。</p>	<p>现有放射工作人员均已通过辐射安全和防护培训和考核，并在有效期内。本项目新上岗人员须按要求培训、考核，合格后再行上岗。</p>
<p>(四) 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。</p>	<p>项目各工作场所拟设置警示标志、剂量监控、各种多重联锁、就诊指示标志、分区标识等措施，配置防护用品、个人剂量计、剂量报警仪等设施，防止工作人员和公众受到意外照射。</p>
<p>(五) 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。</p>	<p>拟为每名放射工作人员配备个人剂量计，配置与开展项目相适应的个人剂量报警仪、固定式剂量监控设备(含报警功能)、智能化 X-γ 辐射仪等监测仪器，并拟配备一定数量的辐射防护用品供病员使用。</p>
<p>(六) 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。</p>	<p>医院现有辐射环境管理制度较齐全。本项目运营前拟按照要求制定操作规程，完善现有的各项辐射防护管理制度，并将相关制度张贴上墙。</p>
<p>(七) 有完善的辐射事故应急措施。</p>	<p>已制定辐射事故应急措施，还需要进一步完善。</p>

根据上表可知，医院已建立有相应的管理体系。因此，本项目的管理工作依托现有的管理体系，已具备了一定的能力，但医院还应针对直线加速器、CT 模拟定位机的管理，新增相应制度，并完善现有相关制度。医院认真落实上述辐射安全与防护措施后，方具备从事本项目辐射活动的能力，本项目方可投入正式运行。

12.6 辐射环境监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求，建设单位应当按照国家环境监测规

续表 12 辐射安全管理

范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测，并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门，以便主管部门及时了解项目安全运行情况。

医院已制定有《辐射安全和防护监测方案》，包括工作场所监测及个人剂量监测等，以满足相关要求。监测后做好监测记录，存档备查。

根据调查，医院委托有资质单位每季度对放射工作人员个人剂量计进行监测，监测结果远低于医院年剂量约束限值；委托有资质单位每年对现有辐射工作场所进行监测，监测结果均满足相关标准的要求，现有辐射项目运行对周围环境和人员的影响满足要求。

根据相关要求，本项目涉及的具体辐射监测内容包括：

(1) 个人剂量监测

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。

监测单位：具有个人剂量监测资质的单位；

监测频率：3个月测读一次个人剂量计，如发现异常可加密监测频率；

监测结果处理：年剂量超过5mSv，报告发证机关，开展调查，根据调查结果作出相应整改等。

(2) 工作场所环境监测

为保证项目辐射工作场所的安全，项目建成后的监测包括验收监测、例行监测和日常监测。

①验收监测：验收时监测一次，委托有资质单位监测。监测结果交生态环境主管部门存档。

②例行监测：每一年监测一次，委托有资质单位监测。监测结果纳入年度评估报告提交生态环境主管部门。

③日常监测：日常监测由建设单位自行监测。做好监测记录，存档备查，发现问题及时整改。

监测因子及执行标准限值如下表所示。

续表 12 辐射安全管理

表 12-2 本项目监测计划内容一览表

机房名称	监测地点	监测项目	限值要求	监测频次
加速器机房	机房屏蔽体外 30cm 处、防护门外、门缝搭接、穿墙管线等屏蔽相对薄弱处等	周围剂量当量率	南侧不大于 0.9 μ Sv/h, 其余不大于 2.5 μ Sv/h	每年一次, 设备大修后, 以及医院管理制度要求
定位机房	机房四周屏蔽体外 30cm 处、顶棚上方 1.0m 处以及防护门外、门缝搭接、穿墙管线等屏蔽相对薄弱处等		$\leq 2.5\mu$ Sv/h	

(3) 安全检查

为了确保放疗中心机房的安全运行, 需定期对工作场所各项安全连锁设施进行检查, 确保其处于正常状态, 检查内容和频率见表 12-3。

表 12-3 放射治疗中心工作场所安全措施检查一览表

检查地点	检查项目	日常检查频率
加速器机房	门机连锁、监控、对讲、电离辐射警告标志、工作状态指示灯、设备系统自带连锁、防护门防夹等	每日
	急停开关、固定式剂量报警仪、激光定位	每月
定位机房	电离辐射警告标志、门灯连锁、防夹、自动闭门	每日

12.7 辐射事故应急

(1) 医院辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《重庆市环境保护局关于印发重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定的通知》(渝环〔2017〕242 号) 要求, 医院建立了《放射性事故应急预案》(简称《预案》)。

医院《预案》中成立了放射事件应急领导小组, 应急领导小组的主要职责是负责编制应急处置预案, 对突发辐射事故事件的统一领导、统一指挥, 作出处置的重大决策, 决定辐射事故的应急响应启动和终止。《预案》还明确了应急领导小组的职责、应急上报流程和应急处置流程等内容。

根据调查, 医院最近一次应急演练为 2022 年 7 月, 主要是 X 射线机故障后辐射剂量增大的事故, 并做了相应事故方案和结果评估、记录等。待制度修订完善后按照制度要求落实事故应急演练工作。

续表 12 辐射安全管理

(2) 事故应急方案与措施

①事故应急措施

由于各种管理不善或人误等造成的误照射,导致人员的照射方式主要是外照射。根据直线加速器和 CT 模拟定位机运行原理,直线加速器和 CT 模拟定位机在开机出束状态下才会产生辐射影响,未出束下不会产生辐射影响。因此,一旦发生误照射辐射事故时应第一时间切断装置电源(就近按下急停按钮或断开电源强制停机),确保装置停止出束,迅速转移所有人员撤离机房,再对人员进行救治。

发现人员受到超剂量照射事故时,放射事件应急领导小组召集专业人员,根据具体情况迅速制定事故处理方案,在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。

②事故报告程序

根据《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》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》,向重庆市生态环境局、荣昌区生态环境局等部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的,还应同时向当地卫生行政部门报告。

报告联系电话如下:

医院总值班: 46783086 17782059053

政务服务便民热线: 12345

荣昌区生态环境局: 46733426

荣昌区卫生健康委员会: 17783134807

③辐射事故应急措施

一旦发生辐射事故时,应立即切断设备电源或者就近按下急停按钮,迅速控制事故发展,消除事故源。之后还应做到:

A: 尽可能记录现场有关情况,对工作人员和公众成员可能受到的事故照射剂量,可针对事故实际情况进行评估,并对工作人员和公众成员进行健康检查和跟踪,按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序,评估事故对工作人员健康的影响。

续表 12 辐射安全管理

B: 事故处理后必须组织有关人员进行讨论, 分析事故发生的原因, 从中吸取经验和教训, 必须采取措施防止类似事故再次发生。

C: 医院后续还应进行辐射事故应急演练, 并做好记录, 加强相关人员的辐射应急处置能力, 减少辐射事故扩大影响的几率。

D: 加强管理, 做好事故预防措施, 杜绝辐射事故的发生。

12.8 竣工验收

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, 建设单位应进行自主竣工环保验收。

本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-4。

表 12-4 本项目环保设施竣工验收内容及管理要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等	齐全
2	环境管理制度	有辐射环境管理机构成立文件; 有建立健全的操作规程、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、辐射事故应急预案等管理制度。相应制度相关位置上墙。	档案管理规范
3	设备	1 台 CT 模拟定位机、1 台 10MV 医用电子直线加速器	不超过该范围
4	辐射防护与安全措施	①机房的屏蔽能力能满足要求, 机房内各类穿墙管线应不削弱屏蔽防护能力。 ②设置防护门-加速器的门机连锁系统, 在机房内、迷道、控制室内均设置急停开关, 设置紧急开门按钮等; ③设置多重连锁装置, 包括门机连锁装置、系统连锁、双剂量连锁, 并设置故障保护系统等。 ④防护门外张贴电离辐射警告标志和中文警示说明, 安装醒目的工作状态指示灯; 工作场所入口处设电离辐射警告标志, 各区贴分区标识。 ⑤设置视频监控系统, 能全方位监控机房和迷道内的情况, 设置对讲系统、防护门处设置红外防挤压装置; 设置机房内设应急开门开关, 设置停电时的手动开门装置。 ⑥机房内设置固定式剂量监控系统, 并配置监测仪器定期监测。	按要求建设, 正常运行

续表 12 辐射安全管理

		CT 模拟 定位 机	①定位机房的屏蔽能力能满足要求； ②机房内设置有机械排风设施，保持良好的通风，防护门外设有电离辐射标志，并安设醒目工作指示灯，设置门灯连锁；平开门设置自动闭门装置，推拉门设置防夹装置。 ③设备斜向安装。 ④拟配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套等防护用品		
5	人员要求	配备放疗医师、物理师、技师等放射工作人员，持证上岗，按要求复训。			《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等
6	机房面积及尺寸要求	机房名称	最小单边长度	最小面积	GBZ130-2020
		定位机房	≥4.5m	≥30m ²	
		加速器机房	有足够的使用面积		GBZ121-2020
7	电离辐射	剂量限制	工作人员年剂量管理目标值≤5mSv 公众成员年剂量管理目标值≤0.1mSv		GB18871-2002 HJ1198-2021
		周围剂量率控制	机房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率：南侧不大于 0.9μSv/h，其余不大于 2.5μSv/h。		根据 GBZ/T201、HJ1198-2021、GBZ121-2020 核算后综合取值
			CT 模拟定位机距离机房墙体、门、窗表面 30cm，机房顶棚上方距楼上地面 100cm 的周围剂量当量率≤2.5μSv/h。		GBZ130-2020
8	通风	加速器机房设置独立的进排风系统，采用“上进风，下出风”的布置方式，且进风口对角布置。通风次数不低于 4 次/h。废气引至项目所在楼顶排放。			GBZ121-2020 HJ1198-2021
		定位机房内设置动力通风装置，并保持良好的通风。			GBZ130-2020
9	固体废物	医疗废物暂存于医废暂存间内，48小时内交有资质单位处置。 加速器废靶、电离室等更换的结构部件，由售后维修单位回收处置。废铅防护用品医院收集后妥善保存，做好记录，交由有资质单位处理。			/

表 13 结论及建议

13.1 项目概况

重庆市荣昌区人民医院拟在荣昌区城南五支路建设荣昌区人民医院新建放疗机房项目，包含新建放疗中心楼（地面 1F 独栋建筑）及放疗中心楼周围建设配套的景观绿化、停车场（车位 24 个），车行道与人行道，化粪池等设施。放疗中心楼内主要包含 1 间直线加速器治疗室（以下简称“加速器机房”）、1 间 CT 定位机房（以下简称“定位机房”）、控制室、抢救室、办公用房、附属设施设备用房等。本项目建设用地面积为 5098.5m²，总建筑面积为 1060.1m²。

项目总投资约 800 万元，其中环保投资约 90 万元。

13.2 实践正当性

本项目直线加速器和 CT 模拟定位机在肿瘤治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起到了重要的作用。项目运行对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

13.3 产业政策符合性

项目使用直线加速器为加速器应用（高端放射治疗设备），属于《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》中的鼓励类；使用 CT 模拟定位机属于鼓励类中的“数字化医学影像设备”的应用，符合国家产业政策。

13.4 环境现状

根据监测统计结果可知，本项目拟建址的环境 γ 剂量率的监测值在 56nGy/h~61nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值），与重庆市 2021 年环境地表 γ 空气吸收剂量率无明显差异。项目周围环境的辐射环境质量现状无异常。

本项目东南侧厂界处声环境质量现状满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a类标准，项目西北侧声环境保护目标处声环境质量现状满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准。

13.5 选址和布局合理性

（1）选址合理性

续表 13 结论及建议

本项目选址时充分考虑了其对周边环境的辐射影响，项目位置单独选址于一块空地，放射治疗场所集中建设，放疗中心楼（地面 1F 建筑）位于项目西南侧，因此，放疗相关用房均位于所在放疗中心楼底层，加速器机房位于北侧一端，屋顶无人可到达，定位机房位于放疗中心楼西侧，放疗中心楼的周围无儿科、产科等敏感人群区域，或人员流动性大的商业活动区域。因此，放疗中心选址符合标准规定的选址原则，选址可行。

（2）布局合理性

本项目放疗中心共设置 1 间加速器机房和 1 间定位机房。机房及其相关工作用房形成相对独立区域，控制台与治疗设备分离，实行隔室操作，机房屏蔽主体结构拟采用混凝土。加速器机房设置有“L”型迷路，直线加速器有用线束投照方向为东西两侧。定位机房与控制室间设置铅玻璃观察窗，观察窗设置位置便于查看机房内患者情况。综合考虑，本项目放疗中心工作场所布局合理。

13.6 辐射防护与安全措施结论

①本项目按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等的要求将辐射工作场所划分为控制区和监督区，将加速器治疗室（含迷道）、CT 定位机房划分为控制区，将水冷室、辅助用房、通道、加速器控制室、质控工具室、模具室（模具库房）、储模室、走廊、CT 定位机房控制室、CT 定位机房设备房等划分为监督区。

②屏蔽体防护：本项目各机房均设计了足够厚度的屏蔽体，可保证房间屏蔽体外周围剂量当量率满足辐射防护的要求；各屏蔽体的穿墙管线采用多种穿越方式（如“Z”、“U”、斜线、地下水平穿）等，对屏蔽体的防护能力削弱甚微，不影响墙体的屏蔽防护效果；铅防护门的生产和安装均交有资质的厂家负责，以保证防护门搭接处的屏蔽能力；施工时保证施工质量。

③本项目拟配置的直线加速器自身安全性能较好，具有：控制台配置专用钥匙进行控制，钥匙由专人保管；设备系统软件和硬件控制程序加密；控制台多重联锁等。加速器机房拟设置门机联锁、系统联锁、双剂量联锁等；机房内和迷道内、控制室等拟设置多个急停按钮，设置监控系统，全方位监控机房和迷道；拟设置对讲系统，方便机房内和控制室内人员之间的沟通；机房内拟设置固定式剂

续表 13 结论及建议

量报警装置，实时测量机房内的剂量，有超剂量声光报警功能；防护门上方拟设置醒目的工作状态指示灯，与设备运行状态联锁，并设置中文说明；防护门上拟设置电离辐射警示标识；设置正常开门按钮，并设置应急下防护门内开门按钮和防护门外手动开门装置；防护门处设置红外线防挤压装置。

本项目定位机房设置门灯联锁，防护门外上方拟设置醒目的工作状态指示灯、电离辐射警告标志等。

④拟设置独立的通风系统，保证各机房内的良好的通风。其中加速器机房采用“上进风，下出风”的布置方式，通风换气约5次/小时，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等的要求。

⑤医院拟配置个人剂量报警仪、智能化X- γ 辐射仪等监测仪器，并拟配置设备质量检测仪器，保证设备、放射工作人员、公众成员的安全。

综上，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足辐射防护的要求。

13.7 环境影响分析结论

项目加速器机房和定位机房按照设计方案和建议厚度建设，加速器机房南墙外的周围剂量当量率低于 $0.9\mu\text{Sv/h}$ ，其余各屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；定位机房各屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，能满足评价标准限值要求。放射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于本环评的剂量管理限值（放射工作人员 5mSv/a ，公众成员 0.1mSv/a ），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求。项目运行后，项目对周围环境保护目标的影响基本与辐射背景水平相当或更低，不会对周围环境保护目标带来不利影响，能为环境所接受。

放疗中心各机房拟设置独立的进排风系统，机房内废气经排风管道在放疗中心西侧建筑外墙上的排放口排放，废气排放后经空气弥散后对环境的影响很小。项目医务人员及病人诊疗过程产生的少量医疗废水经污物管道收集至放疗中心楼北侧拟建化粪池后，通过污物管道引至项目东北侧重庆市荣昌区人民医院卫生应急中心现有污水处理池处理，达标后排入市政管网。项目运营过程中产生的生活垃圾依托放疗中心收运系统交市政环卫部门处理；项目运营过程中产生的医疗废物暂存于医废暂存间内，48 小时内交有资质单位处置；设备更换的结构部件由售后

续表 13 结论及建议

维修单位回收处置。

13.8 辐射安全管理

医院成立了辐射安全管理委员会，负责医院的放射防护与安全管理工作，并明确了相应职责与分工；医院制订和完善了辐射环境管理规章制度及辐射事故应急预案，制度基本健全、具有可操作性，医院有一定从事辐射活动的能力。医院还应在本项目运行前制定放疗中心管理制度、安全操作规程、安全检查制度等。医院拟严格执行各项规章制度执行，放射工作人员需经辐射防护与安全培训并考核合格后才能上岗，在工作时正确佩戴个人剂量计，定期进行检测并进行职业健康体检。医院还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

13.9 综合结论

荣昌区人民医院新建放疗机房项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，项目选址可行，平面布局合理。在完善相应的辐射安全防护措施和管理措施后，项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全的目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

附录

附图

附图一 项目地理位置图

附图二 项目所在位置卫星图及环境保护目示意图

附图三 项目总平面布置图

附图四 放疗中心楼平面布置图

附图五 放疗中心楼剖面图

附图六 直线加速器治疗室平立面布置图

附图七 放疗机房楼新风管网布置图

附图八 放疗机房楼排风管网布置图

附图九 项目给水雨水污水管道布置图

附图十 项目所在区域声功能区划图

附图十一 现场照片