

核技术利用建设项目

南充市身心医院

新建 6MV 医用直线加速器治疗项目

环境影响报告表

(公示本)

南充市身心医院

二〇二三年五月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

南充市身心医院

新建 6MV 医用直线加速器治疗项目

环境影响报告表

建设单位：南充市身心医院

建设单位法人代表（签名或签章）：***

通讯地址：四川省南充市营山县朗池镇白塔路 64 号

邮政编码：610000

联系人：***

电子邮箱：***

联系电话：***

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	12
表 3	非密封放射性物质	12
表 4	射线装置	14
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	18
表 6	评价依据	19
表 7	保护目标与评价标准	21
表 8	环境质量和辐射现状	21
表 9	项目工程分析与源项	30
表 10	辐射安全与防护	40
表 11	环境影响分析	57
表 12	辐射安全管理	61
表 13	结论与建议	100

表 1 项目基本情况

建设项目名称	新建 6MV 医用直线加速器治疗项目				
建设单位	南充市身心医院				
法人代表	***	联系人	***	联系电话	*****
注册地址	四川省南充市营山县朗池镇白塔路 64 号				
项目建设地点	四川省南充市营山县朗池镇白塔路 64 号南充市身心医院康复住院 大楼南侧院内空地				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	***	项目环保投资 (万元)	***	投资比例	***%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积	合约***m ²
应用 类 型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射 性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	无			
项目概述					
一、企业概况及项目由来					
<p>南充市身心医院又名南充市第六人民医院（统一社会信用代码：12511100452255119N），始建于 1960 年，现已发展成为一所集医疗、教学、科研、康复为一体的国家三级乙等教学医院，医疗服务辐射南充、营山、蓬安、仪陇等周边地区 300 余万人口。</p> <p>医院占地 64 亩，业务用房 4 万平方米，开放床位 900 张。设置有急诊科、重症医学科、内一科、内二科、神经内科、血液净化室、外一科、外二科、妇产科、儿科（新</p>					

生儿科)、五官科、麻醉科(手术室)、心身疾病科(临床心理科)、疼痛康复科、老年精神科、严重精神障碍科、急性精神障碍科(PICU)等17个临床科室;设置有药剂科、临床药学科、检验科、放射科、功能检查科、临床营养科等医技科室。南充小龙分院占地11亩,业务用房2.3万平方米,开放床位800张。设置有疼痛康复科、心身疾病科(临床心理科)、精神康复一科、精神康复二科、精神康复三科、老年精神一科、老年精神二科、严重精神障碍男科(物质依赖科)、严重精神障碍女科、儿童青少年心理科等10个临床科室。医院现有在职职工848人,其中有高级职称78人、研究生14人;有国家级专委会委员3人、省级专委会委员30人、市级质控委员会和医疗事故专家库成员91人;2020年医院门(急)诊36.85万人次,住院2.5万人次。医院配备有GE1.5T核磁共振、GE128层螺旋CT、飞利浦高端彩超、GE产科高端彩超、飞利浦DR、贝克曼5811生化仪,无抽搐电休克治疗仪、经颅磁治疗仪、奥林巴斯电子胃肠镜、奥林巴斯腹腔镜、大型肺功能仪等百余台高端医疗设备。

(一) 任务由来

为满足医疗需求,解决周边群众就医困难的问题,向患者提供高质量的医疗服务,南充市身心医院拟在康复住院大楼南侧院内空地新建一座放疗中心(下沉式负一层独立建筑),其中包含了一间医用直线加速器治疗室、一间预留机房及其配套用房,拟在直线加速器治疗室内安装一台6MV医用直线加速器(型号为****),属于II类射线装置,用于全身肿瘤治疗。本次评价内容仅包含放疗中心一间直线加速器治疗室,预留机房开展放射治疗前需另作环评。

(二) 编制目的

按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令449号)和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(国家环保部令18号)规定和要求,本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(生态环境部 部令16号,2021年1月1日起施行),本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用II类射线装置”,应编制环境影响报告表,并报四川省生态环境厅审查批准。因此,医院委托四川省中栎环保科技有限公司编制该项目环境影响报告表(委托书见附件1)。

四川省中栎环保科技有限公司接受本项目环评报告表编制工作的委托后,在进行

现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，就项目对环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目属于核技术在医学领域内的运用，根据根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2019年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第29号令，2020年1月1日起施行）、《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》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第49号，2021年12月30日实施）的相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

本项目的运营可为南充市营山县及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全县医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。

三、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：新建6MV医用直线加速器治疗项目

建设单位：南充市身心医院

建设性质：新建

建设地点：四川省南充市营山县朗池镇白塔路64号南充市身心医院康复住院大楼南侧院内空地

（二）建设内容与规模

本项目建设内容：

医院拟在康复住院大楼南侧院内空地建设一座放疗中心（未建，下沉式负一层建筑，距水平地面约负9.3m），包含一间直线加速器治疗室、一间预留机房及其配套用房控制室、设备间等，总建筑面积约495.38m²，进出口通道与康复住院大楼负二层

停车场相连通，本次评价内容仅包含放疗中心一间直线加速器治疗室，预留机房开展放射治疗前需另作环评。

直线加速器：医院拟在新建放疗中心直线加速器治疗室内安装使用一台6MV医用直线加速器（属II类射线装置，生产厂家上海联影，型号为****），用于全身肿瘤治疗。本项目拟购直线加速器配置有深度调能类kV级CBCT高清图像引导功能，采用同源双束，即成像束流与加速管的治疗束流为同一等中心，同时具备适形调强放射治疗（IMRT）功能。

治疗模式：直线加速器治疗时X射线最大能量为6MV，1m处最高剂量率为14Gy/min，无电子线，年最大曝光出束时间约为260h（每年52周，每周5天，每天最多治疗20人次，每人每次出束治疗时间最多为3min（不含摆位时间），每人每次平均治疗剂量为2Gy）。

CBCT模式：直线加速器CBCT模式下，使用加速管的成像束，束流能量最大为1.5MV，1m处最高剂量率为0.3Gy/min，常规体位的模式下，CBCT仅束流出束时间平均每人每次为60s左右，则年出束时间约为86.7h。

直线加速器治疗室墙体屏蔽方案：直线加速器治疗室净空面积为68.8m²（L×B=8.6m×8.0m，不含迷路），直线加速器治疗室四面墙体、迷路、顶部和底部均是密度为2.35g/cm³的钢筋混凝土，主射朝向北侧墙体、南侧墙体、顶部、底部，其中，北侧、南侧主屏蔽墙厚度均为2700mm、宽4500mm，次屏蔽墙厚度均为1500mm；西侧屏蔽墙厚1500mm；东侧迷路为“直”迷路，迷路内屏蔽墙厚1500mm，迷路外屏蔽墙厚1500mm；顶部主屏蔽墙厚2700mm、宽4500mm，次屏蔽墙厚1500mm；迷路门为15mm铅当量铅钢防护门。

建设项目组成及主要的环境问题见表1。

表1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	场所	建设内容及规模		可能产生的环境问题			
				施工期	运营期		
主体工程	直线加速器治	设备、数量	直线加速器 1 台		噪声、	X 射线、 电子线、 臭氧、 噪声	
		设备型号	****				
		管理类别	II类				
		使用场所	新建直线加速器治疗室内				
		治疗模式	年曝光时间	约 260h			
			1m 处剂量率	X 射线：14Gy/min，无电子线			
			最大 X 射线能量	6MV			

程	疗室	CBCT 模式	年曝光时间	约 86.7h	扬尘、 固体 废物、 生活 垃圾、 生活 污水		
			1m 处剂量率	X 射线: 0.3Gy/min			
			最大 X 射线能量	1.5MV			
		屏蔽体结构 (墙体、迷路和顶部均为混凝土)	加速器机房四面墙体、迷路、顶部和底部均是密度为 2.35g/cm ³ 的钢筋混凝土, 主射朝向北侧墙体、南侧墙体、顶部、底部, 其中, 北侧、南侧主屏蔽墙厚度均为 2700mm、宽 4500mm, 次屏蔽墙厚度均为 1500mm; 西侧屏蔽墙厚 1500mm; 东侧迷路为“直”迷路, 迷路内屏蔽墙厚 1500mm, 迷路外屏蔽墙厚 1500mm; 顶部主屏蔽墙厚 2700mm、宽 4500mm, 次屏蔽墙厚 1500mm; 迷路门为 15mm 铅当量铅钢防护门。				
辅助工程	控制室、设备间等						
依托工程	模拟定位	依托门诊楼负一层 CT 室内 CT (III 类射线装置) 进行模拟定位。					
	办公及生活设施	医生办公室等					
环保工程	<p>废气治理: 6MV 直线加速器治疗室配置有通排风系统: 排风口设置在机房主屏蔽墙距地 0.3m 处, 排风管道以斜角 45° 形式穿过迷路门顶部连接至排风系统, 排风量约 4500m³/h, 产生的臭氧通过机械排风系统经通道引至东北侧排风井排放; 新风口设置在迷路内墙顶部, 新风管道以斜角 45° 形式穿过迷路门顶部连接新风系统, 将新风送入机房, 送风量约 4500m³/h。</p> <p>废水治理: 医护人员日常办公期间产生的生活污水依托医院已建的污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 中预处理标准限值后排入市政污水管网, 进入营山县污水处理厂处理达标后排至营山河。</p> <p>噪声治理: 设备间水泵选取低噪声设备; 利用建筑隔声; 设置减振、软管连接等降噪措施。</p> <p>固废处理: 直线加速器治疗过程中不产生固体废物, 辐射工作人员日常办公会产生少量的生活垃圾及办公垃圾, 由环卫部门统一定期清运。</p>					噪声、 扬尘、 固体 废物、 生活 垃圾、 生活 污水	生活 垃圾、 生活 污水

(三) 本项目所涉及的医用射线装置

本项目涉及医用射线装置的情况见表 1-2。

表 1-2 本项目射线装置参数表

装置名称	数量	生产厂家	型号	设备参数	管理类别	使用场所	备注
直线加速器	1 台	上海联影医疗科技有限公司	****	治疗模式 最大 X 射线能量为 6MV, 1m 处最高剂量率为 14Gy/min	II 类	新建直线加速器治疗室内	拟购

				CBCT 模式	最大 X 射线能量为 1.5MV, 1m 处最高剂量率为 0.3Gy/min			
--	--	--	--	------------	---	--	--	--

(五) 工作人员配置情况

医院人员配备情况如下表所示：

表 1-3 本项目工作人员配置情况

场所	装置名称	配备人数	人员构成	备注
放疗中心	直线加速器	5	医师 1 人、技师 2 人、物理师 1 人、护士 1 人	均为新增辐射工作人员

直线加速器拟配备医师1名、技师2名、物理师1名、护士1名，均为新增辐射工作人员，今后，医院根据承担诊疗和教学科研任务量等实际情况适当增减。本项目辐射工作人员专岗专责，从事本项目诊疗工作后不承担其他辐射工作，不存在人员交叉使用情况。

工作制度：医院实行 8 小时工作制度，周工作日为 5 天。

四、依托可行性分析

污水处理设施:本项目使用 6MV 医用直线加速器进行肿瘤治疗过程中不产生医疗废水，因此，项目运营期间排废水主要为医护人员日常办公产生的生活污水。生活污水依托医院现有污水处理系统达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中预处理标准限值后排入市政污水管网，进入营山县污水处理厂处理达标后排至营山河。

固体废物:本项目运营期固体废物主要为医务人员日常办公产生的生活垃圾。办公区域内设有生活垃圾收集桶，生活垃圾定点袋装收集，日产日清，定期交当地环卫部门清运处置，本项目依托医院既有生活垃圾收集设施可行。

五、本项目外环境及选址合理性分析

(一) 本项目外环境关系

南充市身心医院位于四川省南充市营山县朗池镇白塔路 64 号，本项目位于院内康复住院大楼南侧空地，未建，下沉式负一层建筑，拟建放疗中心内直线加速器治疗室与预留机房呈一字排列，并均配套有控制室、设备间，进出通道与康复住院大楼负二层停车场相连通。根据现场踏勘，本项目外环境关系如下：

直线加速器治疗室 50m 评价范围内外环境关系：本项目直线加速器治疗室东部依次为预留机房（紧邻），预留控制室、设备间（4.5~15m），院内绿化、道路、绿化带（15~40m），门急诊医技综合楼（40~50m）；南部墙体外为覆土层，地面上方依次为院内绿化空地（0~9.5m），院外锦程路（9.5~26m），中虹新城小区：三栋 1~3 单元（26~50m）、四栋 1 单元（45~50m）；西部墙体外为覆土层，地面上方均为医院绿化区域（0~50m）；北部依次为控制室、设备间（紧邻），通道（4.0~9.0m），康复住院大楼负二层停车场（8.6~50m），院内道路及绿化带（9~28m），在建康复住院大楼（28~50m）；放疗中心为地下负一层独立建筑，正上方为地面绿化、正下方为覆土层，本项目外环境关系及总平面布置图详见附图 2。

本项目辐射工作场所位于已取得土地手续的医院占地范围内，不新增占地。根据外环境分析，50m 评价范围大多位于医院内部，医院周边以居民住宅、城市绿地、商业设施为主，属典型的城乡居住混杂区，周边无自然保护区、保护文物、风景名胜区等特殊环境保护目标。项目选址所在地交通便利，无重大环境制约因素。

（二）选址合理性分析

（1）项目用地

本项目放疗中心拟建位置位于四川省南充市营山县朗池镇白塔路 64 号南充市身心医院康复住院大楼南侧院内空地，医院用地已取得营山县国土资源局颁发的《国有土地使用证》（营国用（2007）第 00403 号），见附件 6，用地用途为医疗卫生用地，本项目仅为其配套建设项目，不新增用地，且南充市身心医院所在位置为城市建成区，项目选址周围基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力、电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。因此，本项目所在院内空地建设符合规划和选址的要求。

（2）屏蔽设施

本项目辐射工作场所采用下沉式建筑，机房设计有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。

（3）放疗中心与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）符合性

本项目加速器机房位于放疗中心，放疗中心为负一层的独立建筑，其下方为地基，

上方为地面绿化，对应（HJ 1198—2021）第 5.1.1、5.1.2 条选址要求，本项目放射治疗场所单独设立，采用下沉式建筑，设置在地下负一层，周边无民居、写字楼和商住两用的建筑物等，且避开了产科、儿科等特殊人群及人员密集区域，因此，本项目选址满足（HJ 1198—2021）要求。

（4）布局

本项目直线加速器治疗室所在的放疗中心单独设置于医院南侧空地，下沉式建筑，配套设置有功能性房间或是缓冲区域，无地下室，地面上方为绿化，周围不毗邻产科、食堂等部门，设有单独的出入口，极大程度的减少了公众误入的几率；且机房有良好的实体屏蔽设施和防护措施，能够确保本项目运行期间建筑物内辐射水平维持在当地天然本底范围，同时，医院将通过采取相应有效治理和屏蔽措施减小对周围的环境影响。

综上所述，本项目辐射工作场所相对独立，具有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

（三）实践正当性

本项目开展目的是为了对病人进行医学诊断和放射治疗。在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。本项目的运营可为南充市营山县及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高南充市营山县医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。

六、原有核技术利用情况

（一）医院原有项目辐射安全许可情况

（1）目前，南充市身心医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证【00974】），许可的种类和范围：使用 II、III 类射线装置。发证日期：2022 年 07 月 26 日，有效期至 2026 年 01 月 11 日。南充市身心医院已获许可使用的 III 类医用 X 射线装置 12 台，II 类医用 X 射线装置 1 台，具体见下表。

表 1-4 南充市身心医院已获许可使用射线装置

序号	设备名称	规格型号	类别	数量	使用场所	备注
1	X 射线计算机体层摄影设备	OptimaCT680 Expert	III	1	CT（一）：门诊大楼负一楼	已上 证 在 用
2	体外冲击波碎石机	HK:ESWL-V	III	1	碎石机房：第一住院楼一楼	
3	高频移动式手术 X 射线机	PLX112B	III	1	第六手术间：门诊大楼四楼	
4	移动式 C 形臂高频 X 射线机	JZ06-1（固定阳极）	III	1	疼痛科手术间：疼痛康复科门诊	
5	高频移动式 X 射线摄影机	PLX101C	III	1	重症医学科：第一住院楼二楼	
6	双能 X 线骨密度仪	EXA-3000	III	1	骨密度检查室：门诊大楼 2 楼	
7	牙科 X 射线机	BRT-A	III	1	牙科检查室：门诊大楼 3 楼	
8	X 射线计算机体层摄影设备	uCT 528	III	1	CT（二）：门诊大楼负一楼	
9	数字化 X 线摄影装置	DijitalDiadgnost	III	1	DR 检查室（一）：门诊大楼负一楼	
10	数字化医用 X 射线摄影系统	uDR 596i	III	1	DR 检查室（二）：门诊大楼负一楼	
11	X 射线计算机体层摄影设备	uCT 528	III	1	CT 检查室：小龙分院门诊一楼	
12	数字化 X 线摄影系统	新东方 1000EB 型	III	1	DR 检查室：小龙分院门诊一楼	
13	DSA	Optima IGS 330	II	1	门、急诊医技综合楼 4 楼	

结合医院“2022 年度放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，医院目前在用 III 类射线装置共计 12 台，在用 II 类射线装置 1 台，与实际在用设备一致。

（二）是否发生过辐射安全事故

据了解，该医院现有核技术利用项目环保措施和设施均运行正常，经现场踏勘，未发现环境遗留问题，且医院自取得辐射安全许可证以来，未发生过辐射安全事故（无辐射事故情况说明见附件2）。

（三）辐射工作人员培训情况

南充市身心医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。目前医

院共有辐射工作人员47人；其中12名 II 类射线装置辐射工作人员均参加了国家核技术利用辐射安全与防护学习平台的报名考试，并取得了辐射安全与防护培训成绩合格单（均在有效期内）；其余从事 III 类射线装置使用活动的工作人员均于2022年4月21日由医院自行组织其参加了考核。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告 2021 年 9 号）的相关规定，仅从事III类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。又根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，新从事 II 类射线装置活动（包括本项目新增辐射工作人员），以及医院原持有辐射安全培训合格证书到期的 II 类射线装置人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

（四）年度评估报告

医院向生态环境主管部门提交了“2022 年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，医院对 2022 年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了说明。

现医院辐射安全管理情况如下：

（1）南充市身心医院已委托成都华亚科技有限公司开展了 2022 年年度辐射环境现状监测，主要对辐射工作场所和防护设施进行辐射环境现状监测。在监测结果中，未发现屏蔽体外 30cm 处超过 2.5 μ Sv/h 的情况。

（2）南充市身心医院已委托成都华亚科技有限公司完成个人剂量检测工作，医院按要求对辐射工作人员进行个人剂量检测，在 2020 年第 1~4 季度的个人剂量统计中，辐射工作人员连续 4 个季度最大个人剂量之和无超过 5mSv 的情况，无单季度超过 1.25mSv 的情况。

（3）医院个人剂量档案和职业健康档案齐全；射线装置台账对比辐射安全许可证吻合；辐射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施、档案管理方面均满足响应规定要求。

（五）辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》等。医院辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，在落实各项辐射安全规章制度后，可满足原有射线装置防护实际需要。对医院现有场所而言，医院也已具备辐射安全管理的综合能力。医院应本次项目内容补充完善，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改。

（六）小结

综上所述，南充市身心医院不存在原有辐射环境问题。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	X 射线最大能量 (MV)		额定管电流 (mA)/剂量率 (Gy/min)		用途	工作场所	备注
						治疗模式	X 射线最大能量 6MV	治疗模式	X 射线 1m 处最大剂量率 14Gy/min, 无电子线			
1	6MV 直线加速器	II类	1	****	电子	CBCT 模式	X 射线最大能量 1.5MV	CBCT 模式	X 射线 1m 处最大剂量率 0.3Gy/min	肿瘤治疗	直线加速器治疗室内	拟购
						治疗模式	X 射线最大能量 6MV	治疗模式	X 射线 1m 处最大剂量率 14Gy/min, 无电子线			

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	年排放量	排放口浓度	最终去向
直线加速器治疗室	气态	O ₃	/	少量	***mg/m ³	经过专用通排风系统 排放环境大气
—	—	—	—	—	—	—

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

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

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第二次修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订；</p> <p>(7) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号，2016 年 6 月 1 日实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(10) 《射线装置分类》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）；</p> <p>(11) 《放射源分类办法》（原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号）；</p> <p>(12) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发[2006]145 号，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(13) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，(环发[2012]77 号)，原环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日；</p> <p>(14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》生态环境部公告 公告 2019 年第 57 号；</p>
-------------	--

	<p>(15) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》生态环境部公告 公告 2021 年 9 号。</p>
技术标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容与格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(5) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007);</p> <p>(6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011);</p> <p>(7) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020);</p> <p>(8) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021);</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(10) 《电子辐射工程技术规范》(GB50752-2012);</p> <p>(11) 《放射工作人员健康要求》(GBZ 98—2017);</p> <p>(12) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005);</p> <p>(13) 《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020)。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书;</p> <p>(2) 医院提供的相关资料;</p> <p>(3) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》生态环境部(国家核安全局);</p> <p>(4) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016]1400 号)。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目医用射线装置的特点和应用内容，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）要求，确定辐射环境影响评价的范围：以直线加速器治疗室建筑实体为边界外 50m 区域作为评价范围。

保护目标

根据本项目确定的评价范围，环境保护目标主要是医院辐射工作人员和周围停留的公众，由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

位置		与辐射源距离(m)		人流量 (人次/d)	照射类型	剂量约束 值 (mSv)	
		水平距离	垂直距离				
直线 加速 器 治 疗 室	东部	预留机房	**	**	约 5	公众照射	0.1
		预留控制室、设备间	**	**	约 5	公众照射	0.1
		院内绿化、道路及绿化带	**	**	约 200	公众照射	0.1
		门急诊医技综合楼	**	**	约 200	公众照射	0.1
	南部	院内绿化空地	**	**	约 100	公众照射	0.1
		院外锦程路	**	**	约 1000	公众照射	0.1
		院外中虹新城小区（3 栋 1~3 单元，4 栋 1 单元）	**	**	约 500	公众照射	0.1
	西部	医院地面绿化	**	**	约 100	公众照射	0.1
	北部	控制室、设备间	**	**	约 5	职业照射	5.0
		通道及康复住院大楼负 1~2 层 地下停车场	**	**	约 50	公众照射	0.1
		院内道路及绿化带	**	**	约 100	公众照射	0.1
		康复住院大楼	**	**	约 200	公众照射	0.1
正上方	院内绿化	**	**	约 50	公众照射	0.1	

评价标准

一、环境质量及污染物排放的执行标准

（一）环境质量控制标准

1、环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；

2、声环境质量执行国家《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类声功能区环境噪声限值；

3、地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类标准。

（二）污染物排放标准

1、废气执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；

2、医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理排放标准；

3、噪声执行 ①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类区域标准；

4、一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；医疗废物执行《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB39707-2020）。

二、电离辐射剂量限值和剂量约束值

（一）剂量限值和剂量约束值

（1）电离辐射执行《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198--2021）

按照 4.9 条的规定，从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

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

（二）放射工作场所边界周围剂量率控制水平

直线加速器治疗室工作场所边界周围剂量率控制水平参照《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）有关规定，治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平不大于 6.3.1 中 a)、b)、c) 所确定的周围剂量当量率参考控制水平。同时直线加速器工作场所布局应符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）3.3 中所确定的周围剂量当量率参考控制水平。

治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平还应满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）4.2.1 所确定的周围剂量当量率参考控制水平，治疗机房顶应满足 4.2.2 的要求。

三、臭氧浓度限值

根据《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）室内臭氧符合最高允许浓度 $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求；根据《环境空气质量标准》（GB3095—2012）室外臭氧小时平均浓度符合二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、本项目地理位置

本项目选址于四川省南充市营山县朗池镇白塔路 64 号南充市身心医院康复住院大楼南侧院内空地，未建，为一栋地下负一层独立建筑，进出口通道与康复住院大楼负二层停车场相连通，根据现场踏勘，本项目外环境关系如下：

直线加速器治疗室 50m 评价范围内外环境关系：本项目直线加速器治疗室东部依次为预留机房（紧邻），预留控制室、设备间（4.5~15m），院内绿化、道路、绿化带（15~40m），门诊急诊医技综合楼（40~50m）；南部墙体外为覆土层，地面上方依次为院内绿化空地（0~9.5m），院外锦程路（9.5~26m），中虹新城小区：三栋 1~3 单元（26~50m）、四栋 1 单元（45~50m）；西部墙体外为覆土层，地面上方均为医院绿化区域（0~50m）；北部依次为控制室、设备间（紧邻），通道（4.0~9.0m），康复住院大楼负二层停车场（8.6~50m），院内道路及绿化带（9~28m），在建康复住院大楼（28~50m）；放疗中心为地下负一层独立建筑，正上方为地面绿化、正下方为覆土层，本项目外环境关系及总平面布置图详见附图 2。

项目建设位置及四周现状照片如下：

*

图 8-1 项目建设区域现状图

二、辐射环境现状监测及评价

本项目主要污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、土壤、地表水和地下水环境质量等进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。

为掌握项目所在地的辐射环境现状，本次评价过程中，四川省中栎环保科技有限公司委托四川省永坤环境监测有限公司于 2023 年 4 月 26 日对南充市身心医院新建 6MV 医用直线加速器治疗项目拟建场所及周边进行了 X- γ 辐射环境剂量率的布点监测，具体可见附件 7。其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源
X-γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》	HJ 1157-2021
	《辐射环境监测技术规范》	HJ 61-2021

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	技术指标	检定情况	
环境 X-γ辐射剂量率	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪 编号： YKJC/YQ-40	1nGy/h~1.2mGy/h 20keV~3.0MeV	检定/校准单位： 中国测试技术研究院 证书编号： 校准字第 202210005087 检定/校准有效期： 2022.10.24~2023.10.23 校准因子：1.06（使用 137Cs 校准源）	天气：晴 温度： 16.5~18.3℃ 湿度： 60.2~65.3%

三、质量保证

本项目环境现状监测单位四川省永坤环境监测有限公司，通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。

四川省永坤环境监测有限公司质量管理体系：

（1）计量认证

从事监测的单位四川省永坤环境监测有限公司通过了原四川省质量技术监督局的计量认证（计量认证号：182312050067），有效期至 2024 年 1 月 28 日。

（2）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

（3）记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

四、环境现状监测与评价

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

具体监测结果如下所述：

根据本项目平面布置和外环境关系，为了解放疗中心直线加速器治疗室所在区域的背景值，本次选择在拟建加速器机房位置地面布设了 1#监测点位，以便反应机房所在位置的辐射环境现状；选择在放疗中心敏感点四周布设了 2~7 #监测点位，以便反应敏感点所在位置的辐射环境现状，其监测点位布设合理。X- γ 辐射剂量率具体监测点位布设见表 8-3。

表 8-3 拟建辐射工作场所周围环境 X- γ 辐射剂量率检测结果 单位：nGy/h

点位	监测位置	环境 X- γ 辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
1	拟建放疗中心所在地面	**	**	院内室外
2	北侧康复住院大楼	**	**	
3	东侧院内道路	**	**	
4	东侧门急诊医技综合楼	**	**	
5	西侧院内空地	**	**	
6	南侧院外锦程道路	**	**	院外室外
7	南侧中虹新城小区(三栋 1-3 单元四栋 1 单元)	**	**	

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

由表 8-3 可知，本项目拟建辐射工作场所周围环境 X- γ 辐射剂量率背景值为 88nGy/h~96nGy/h，与中华人民共和国生态环境部《2021 年全国辐射环境质量报告》中四川省环境电离辐射水平（67~120.2nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期工艺分析

(一) 施工流程及产污环节

本项目拟新建一座放疗中心，下沉式负一层建筑，需地基开挖，故在之后施工过程中会产生一定的建筑渣土、粉尘、噪声和废水，因施工期较短，施工范围较小，通过作业时间控制，加强施工现场的管理等手段，对周围环境产生的影响较小，且该影响是暂时性的，对周围声环境的影响随建设期的结束而消除。

施工期工艺流程及污染物产生环节见图9-1。

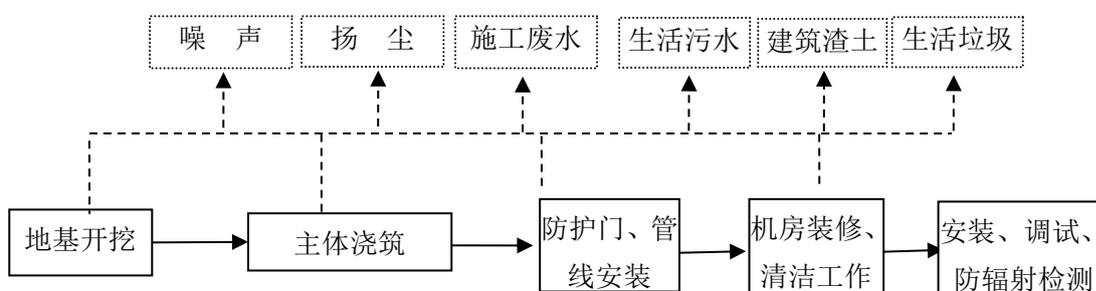


图 9-1 施工期工艺流程及污染物产生环节图

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

1、扬尘

(1) 施工期现场大气污染源分析

本项目属于新建工程，涉及到土方开挖施工，在土方施工过程中会破坏地表结构，造成地面扬尘，在装修过程中也会产生扬尘，其扬尘量的大小与施工现场条件、管理水平、机械化程度及施工季节等诸多因素有关，是一个复杂、较难定量的问题。施工现场扬尘的主要来源：

①土石方开挖及回填过程及现场堆放扬尘；

②建混凝土浇筑及运输车辆装卸材料和行驶过程、建筑材料（混凝土、砖等）现场搬运及堆放过程扬尘。

③施工垃圾的清理及堆放过程扬尘。

④房屋装修过程中产生的扬尘。

⑤人、车来往造成的现场道路扬尘。

(2) 施工场地扬尘防治措施

①施工前须制定控制工地扬尘方案，施工期间接受城管部门的监督检查，采取有效防尘措施；及时清运施工废弃物，暂时不能清运的应采取覆盖等措施，工程完毕后及时清理施工场地；

②施工工艺要求：施工场地在非雨天时适时洒水，最大程度地减少粉尘污染；风速四级以上易产生扬尘时，建议施工单位应暂停土方开挖，采取覆盖堆料、湿润等措施，有效减少扬尘污染。

④施工管理由专人负责，并设定专人负责定期对该区的施工扬尘污染防治措施以及环保管理进行检查和核实，严格按照当地关于城市扬尘污染管理的有关规定进行治理，尽量减少扬尘对环境的影响程度。

⑤施工现场设置 2.5-3.0m 高墙，封闭施工现场，采用密目安全网封闭，以减少基础工程、结构和装修过程中的粉尘飞扬现象，减少粉尘向大气中的排放；脚手架在拆除前，先将脚手板上的垃圾清理干净，清理时应避免扬尘；在施工现场周围的彩钢板围墙上方设置喷淋防尘降尘设施。

⑥严格落实大气污染防治措施。施工期，通过加强施工管理，要求施工单位文明施工，定期对地面洒水（在干燥天气适当加大洒水的频率和洒水量），并对撒落在路面的渣土及时清除，清理时做到先洒水后清扫，减少施工扬尘对周围环境影响；装修阶段采用绿色环保装修材料，防治装修废气影响。

⑦严格控制建设施工扬尘，组织制定、完善和严格执行建设施工管理制度，全面推行现场标准化管理，施工场地做到“六必须”（必须围挡作业、必须硬化道路、必须设置冲洗设施、必须及时洒水作业、必须落实保洁人员、必须定时清扫施工现场）、“六不准”（不准车辆带泥出门、不准运渣车辆冒顶装载、不准高空抛撒建筑垃圾、不准现场搅拌混凝土、不准场地积水、不准现场焚烧废弃物）。

2、噪声

(1) 施工期噪声源强分析

本项目施工期噪声源主要有挖掘机、打桩机、电焊机及各种运输车辆等，其运行

噪声值一般在 75-115B (A)。由于各施工阶段均有大量施工设备交互间歇性作用，因此，产生的设备噪声也是间歇性和短暂性的。

(2) 施工期噪声防治措施

由于项目施工会对周围环境造成短暂的影响。因此，本环评要求施工单位采取以下降噪措施：

①合理安排施工时间，打桩、土石方开挖等强噪声施工作业安排在昼间进行，禁止午间(12:00~14:00) 和夜间 (22: 00~6: 00) 施工。

②基础工程阶段的噪声主要来自挖掘机、打桩机等设备。基础工程阶段施工机械设备选用低噪声设备；加强挖掘机和打桩机施工运行操作管理，选用专业人员进行操作。

③主体结构阶段噪声主要来自振捣器、混凝土输送泵、电锯、电焊机及空压机等设备。主体结构阶段振捣器选用消声振捣器；电锯、电焊机选用低噪声设备；混凝土输送泵基础设置减振垫，仅混凝土罐装车倾泻位置不设置围挡，其余各侧需设置围挡；对空压机选用低噪声设备，基础设置减振垫，四周设置简易围挡。

④装修、安装阶段的噪声主要来自电锯、电钻及电焊机等设备。装修、安装阶段使用的电钻、电锯、电焊机选用低噪声设备，及时在各个部位加注机油，增强润滑作用。使用电锤开洞、凿眼时，严禁用铁锤敲打管道及金属工件。

⑤文明施工。装卸、搬运钢管等严禁抛掷，木工房使用前应完全封闭；一切动力机械设备都应适时维修，特别对因松动部件的震动或降低噪声部件的损坏而产生强噪声的设备，更应经常检查维护。

⑥加强施工场地车辆管理，尽量减少鸣喇叭次数及汽车启动频率；运输车辆经过集中居民区、医院、学校等敏感点，应减速慢行，禁止鸣喇叭。

⑦严格遵守地方发布的中高考禁噪要求，在中、高考前 15 日内，禁止从事噪声超过国家规定标准的建筑施工等经营活动（抢修、抢险作业除外）；中、高考期间禁止施工。

⑧施工区的施工管理由专人负责，并设定专门负责人定期对该区的施工噪声污染防治措施以及环保管理进行检查和核实，严格按照国家、地方的施工噪声防治和管理规范中的相关规程要求进行治理，尽量减少施工噪声对外环境的影响程度。

综上所述，施工期采取上述噪声污染防治措施后，施工期噪声得到有效控制，不

会对周围声环境造成明显影响，噪声治理措施可行。

3、废水

本项目施工期废水主要包括施工生产废水和施工人员生活污水。建设施工产生的废水经沉淀后循环使用；生活污水依托医院已建的污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准限值后排入市政污水管网，进入营山县污水处理厂处理达标后排至营山河。

4、固体废物

本项目施工期固废主要包括建筑垃圾及施工人员生活垃圾。

（1）建筑垃圾

本项目在进行主体工程和装饰及安装工程时会产生废弃钢材、木材弃料和建材包装袋等建筑垃圾。建筑垃圾可回收利用的部分回收利用或外售废品回收公司，其余的由施工单位运至政府指定的建筑垃圾填埋场处理，以免影响施工和环境卫生。

（2）生活垃圾

本项目施工工程量相对较小，施工过程中主要为施工人员产生的生活垃圾，该生活垃圾经袋装收集后交由城市环卫部门统一处置。

5、小结

本项目施工期对环境最主要的影响因素是噪声和扬尘，采取有效的防治措施后，对环境的影响较小。施工期对环境的影响是短期、暂时的，将随施工结束而消失。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目在设备安装调试阶段会产生X射线，造成一定辐射影响。此外，设备安装调试完后，现场会有少量的废包装材料产生。

本项目拟购的医用直线加速器等设备的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），在设备运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和治疗室门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在治疗室入口等关键处设置醒目的警示牌；加速器试用、调试、检修期间，控制室须有工作人员值守；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；人员离开时运输设备的车辆和治疗室上锁并派人看守。

三、运营期

(一) 工艺流程及产污环节分析

1、直线加速器工艺流程及产污环节分析

(1) 工作原理及设备组成

直线加速器是一种利用高频电磁波将电子等带电粒子通过加速管加速到高能的装置。高能电子束本身可以用于治疗浅表肿瘤，也可以使其击中 X 线靶产生 X 射线，用于治疗深层肿瘤，其治疗机理是根据肿瘤的不同情况通过模拟定位，采用 X 射线束（深部治疗）进行照射，使细胞分裂和代谢遭到破坏，杀死或者抑制细胞的繁殖生长，从而达到治疗的目的。

物理师对肿瘤病人治疗计划设计时，严格按照相关标准，为病人的正常组织和医务人员的受照剂量进行计算-复核-模拟检测-实施中监测和健康监护等，并做好照射记录。根据病灶位置与性质及目的不同，给予的照射总剂量有所不同；治疗方法不同，给予的每野次剂量亦不同。

由于物理师在进行每一次治疗时的摆位状态和分次治疗时病人解剖位置的变化，如呼吸运动、膀胱充盈、小肠蠕动、胸腹水和肿瘤的增大或缩小等引起的位置差异，使得摆位误差仍可能有数毫米，甚至更大，在适形和调强放疗中更为明显。本项目直线加速器采用同源双束高清图像引导，不设单独球管，使用治疗机头加速管的成像束，每次放射治疗前，先一键 CBCT 成像，经过计算机处理重建后，得到肿瘤靶区及周围一定体积三个不同位置（冠状位、矢状位，横断位）的影像（三维图像），与治疗计划图像对比，如果发现误差，自动进行配准，自动移床调整患者位置，自动避撞，让照射野仅仅“追随”靶区，进一步提高了射线照射的精确性，实现了影像学指导的放疗(IGRT)。

本项目****直线加速器主要由加速管、微波功率源、微波传输系统、电子枪、束流系统、真空系统、恒温水冷却系统、电源、控制系统、照射头、CBCT 和治疗床等组成，其结构图见附图 9-2，实物图见附图 9-3。

*

图 9-2 本项目 6MV 直线加速器结构示意图

*

图 9-3 本项目****直线加速器实物图

(2) 设备性能及参数

本项目****直线加速器以同源双束的高清图像引导、全智能的放疗技术平台，覆盖智能勾画、计划、治疗与质控等全闭环流程，提升放疗同质化水平；重塑放疗流程，高效整合传统离线式多场地工作流程，创新实现患者在线一站式、即时完成从三维图像引导到治疗实施的全流程。本项目直线加速器设备性能介绍如下，设备参数见下表 9-1。

*

表 9-1 6MV 医用直线加速器参数

工作场所	设备名称	生产厂家	型号	主要参数	
直线加速器 治疗室	医用直线 加速器	**	**	治疗模 式	X 射线额定能量: **
					1m 处常规剂量率为**FFF 高剂 量模式为**
				CBCT 模式	X 射线最大能量: **
					1m 处最大剂量率为**
				等中心距地面高度: **	
				最大照射野: **	
				机架旋转范围: **	
				源轴距(SID): **	
				主射线最大出束角度: **	
				等中心有用线束泄露率 (X 线): **	

(3) 项目流程及产污染环节

(1) 告知危害：病人进行放射治疗的确诊并向患者告知可能受到辐射危害。

(2) 诊断级 CT 扫描模拟定位：利用放射科已履行环保手续的 CT 对患者病变部位模拟定位，进行体表标记。

(3) 固定患者体位：病人进入加速器机房，技师指导病人摆位后离开，进入控制室内，关闭屏蔽门并开启安全连锁。

(4) CBCT 图像引导：设备一键 CBCT 成像引导，自动配准，自动移床，自动避撞。

(5) 智能勾画：危及器官与靶区智能秒级勾画。

(6) 自动创建计划与优化。设备自动生成治疗计划，医师针对计划进行评估与

确认。

(7) 放射治疗+EPID 实时监测。确认生成的治疗计划后，技师在控制台设置参数，加速器出束治疗，治疗期间 EPID 进行实时监测。

(8) 治疗完毕，停止出束，患者离开治疗室。

本项目所使用的****直线加速器治疗流程及产污位置见图 9-4。

*

图 9-4 6MV 直线加速器治疗流程及产污环节示意图

通过分析可知，产污环节为：使用加速器 CBCT 图像引导及治疗过程中产生的 X 射线、臭氧以及风机、水冷机房水泵产生的噪声。

(4) 工作负荷

治疗模式：直线加速器治疗时 X 射线最大能量为 6MV，1m 处最高剂量率为 14Gy/min，无电子线，年最大曝光出束时间约为 260h（每年 52 周，每周 5 天，每天最多治疗 20 人次，每人出束治疗时间最多为 3min（不含摆位时间），每人平均治疗剂量为 2Gy）。

CBCT 模式：直线加速器 CBCT 模式下，使用加速管的成像束，束流能量最大为 1.5MV，1m 处最高剂量率为 0.3Gy/min，常规体位的模式下，CBCT 仅束流出束时间平均每人每次为 60s 左右，则年出束时间约为 86.7h。

(5) 医护人员和病人路径分析

医护人员路径：辐射工作人员先依托位于直线加速器治疗室东侧门诊大楼负一层放射科的模拟定位 CT 机（距本项目东侧约 45m），协助患者进行模拟定位工作。模拟定位完成后，职业人员通过康复住院大楼内东部电梯到达负二层，然后由北向南沿停车场进入放疗中心直线加速器治疗室内协助患者进行摆位，摆位后进入控制室，待患者治疗完毕后，离开工作区域，原路径返回。

病人路径：患者根据安排的时间先进入门诊大楼负一层模拟定位 CT 机房进行体表标记，标记完成后，通过康复住院大楼内东部电梯到达负二层，进入放疗中心直线加速器治疗室内，根据指定的治疗计划和方案进行出束治疗，治疗完毕后离开机房，乘电梯离开治疗区域。具体分流图可见下图 9-5。

*

图 9-5 本项目直线加速器治疗室医护人员和患者路径图

污染源项描述

(一) 施工期及设备调试安装

1、辐射污染源项

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

2、其他环境影响因子

施工期非放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

(二) 运行期

1、电离辐射

本项目医用电子直线加速器加速粒子为电子，当电子束经高能加速后与靶物质相互作用时产生韧致辐射（即 X 射线），直线加速器最大 X 射线能量为 6MV。根据《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗治疗室》（GBZT201.2-2011），10MV 以上直线加速器需要考虑光中子和感生放射性，由于本项目加速器使用的 X 射线能量最大为 6MV，因此本项目电离辐射防护不需考虑光中子和感生放射性防护。

2、废气

直线加速器曝光过程中臭氧产生量很小，经通排风系统处理后对环境影响较小。

3、固体废物

直线加速器治疗过程中不产生固体废物；辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

4、废水

本项目无放射性废水产生，生活废水依托医院已建的污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准限值后排入市政污水管网，进入营山县污水处理厂处理达标后排至营山河。

5、噪声

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

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、项目工作场所平面布置合理性分析

本项目选址于四川省南充市营山县朗池镇白塔路 64 号南充市身心医院康复住院大楼南侧院内空地，未建，为一栋地下负一层独立建筑，在拟建放疗中心内，直线加速器治疗室与预留机房并排布置，其辅助用房设备间、控制室分别各布置于治疗室（机房）北侧，新建放疗中心进出口与北侧康复住院大楼负二层停车场相连通。

放疗中心平面布置：直线加速器治疗室位于放疗中心西部，其治疗室西侧为覆土层，南侧为覆土层，东侧为预留机房、预留控制室、设备间，北侧紧邻设备间、控制室，约 8.6m 为康复住院大楼负二层停车场（由通道连接），正上方为绿化用地，正下方为覆土层。

由此布局可见，本项目场址相对独立，场所布局功能分区明确，与辐射工作场所相关的各类辅助用房紧密布置在机房周围，既便于病人就诊，又利于辐射防护。且各放射工作场所之间用墙体分隔，机房的墙体、屋顶及防护门、窗的屏蔽防护设计充分考虑了电离辐射效应，能有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。

对照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）布局要求，本项目放疗装置平面布置合理性分析见表 10-1。

表 10-1 平面布局对照分析一览表

标准要求	设计情况	备注
放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	本项目医用电子直线加速器所在的放疗中心采用下沉式建筑，为一栋地下负一层的独立建筑（未建）。	满足
放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常查其职业照射条件的区域设为监督区。	本项目实行两区管理，其中加速器机房（含迷路）划分为控制区，控制室、设备间划等为监督区。	满足
治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。	本项目直线加速器治疗室主射方向和非主射方向均设置有满足屏蔽要求的混凝土屏蔽层，且根据辐射环境影响分析其屏蔽层厚度满足辐射防护要求。	满足
治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与	治疗设备控制室已与治疗机房进行了分开独立设置，且配套的设备间、水冷机房、	满足

治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	配电间等房间均围绕治疗机房进行布置。	
应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	直线加速器有用线束朝向北侧、南侧、顶部、底部。机房周围除控制室外无较大居留因子用房，屋顶上方为地面绿化，也不属于较大居留因子用房。	满足
X射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。	本项目直线加速器设置有满足屏蔽要求的迷路。	满足

二、辐射工作场所两区划分

(一) 分区原则

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

(二) 控制区与监督区的划分

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求有专门防护手段和安全措施的限定区域。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-2、图 10-1。

表 10-2 本项目控制区和监督区划分情况

项目	控制区	监督区
直线加速器	直线加速器治疗室（含迷路）	控制室、设备间

*

图 10-1 本项目两区划分图

(三) 控制区防护手段与安全措施

1、控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志，见图 10-2；

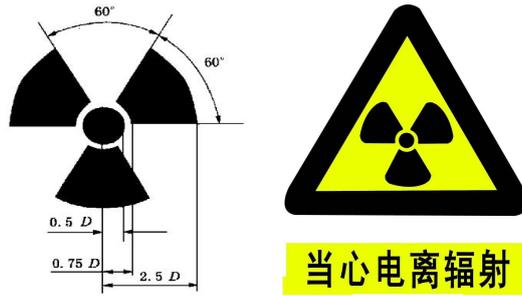


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

- 2、制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- 3、运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障限制进出控制区；
- 4、定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施。

（四）监督区防护手段与安全措施

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

三、医用直线加速器辐射安全与防护措施

1、辐射屏蔽措施

根据南充市身心医院提供的机房设计资料，医院对直线加速器治疗室采取了实体屏蔽措施，机房墙体、迷路和顶部均采用混凝土作为防护，防护门为15mm铅当量单扇电动推拉铅钢防护门。对照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），本项目直线加速器治疗室墙体屏蔽满足相关要求，具体如表10-2所示：

表 10-2 医用直线加速器工作场所实体防护设施表

场所	墙体	防护门	顶部
	结构及厚度（混凝土）	结构及厚度	结构及厚度
直线加速器治疗室	加速器机房四面墙体、迷路、顶部和底部均是密度为 2.35g/cm^3 的钢筋混凝土，主射朝向北侧墙体、南侧墙体、顶部、底部，其中，北侧、南侧主屏蔽墙均厚 2700mm、宽 4500mm，次屏蔽墙均厚 1500mm；	15mm 铅当量单扇电动推拉铅钢防护门	顶部主屏蔽墙厚 2700mm、宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1500mm

	西侧屏蔽墙厚 1500mm；东侧迷路为“直”迷路，迷路内屏蔽墙厚 1500mm，迷路外屏蔽墙厚 1500mm		
--	--	--	--

备注：混凝土密度 2.35g/cm^3 ，铅的密度为 11.3g/cm^3 。

2、通风系统及管沟敷设情况

直线加速器治疗室通排风系统：6MV 直线加速器治疗室配置有通排风系统。排风口设置在机房北部、南部主屏蔽墙距地 0.3m 处，排风管道（ $630\text{mm}\times 320\text{mm}$ 、 $500\text{mm}\times 320\text{mm}$ ）以斜角 45° 形式穿过迷路门顶部连接至排风系统（排风量约 $4500\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数约 15 次/h），产生的臭氧通过机械排风系统经通道引至东北侧排风井排放；新风口设置在迷路内墙顶部，新风管道（ $500\text{mm}\times 320\text{mm}$ 、 $500\text{mm}\times 400\text{mm}$ ）以斜角 45° 形式穿过迷路门顶部连接新风系统，通过轴流风机将新风送入机房，送风量约 $4500\text{m}^3/\text{h}$ 。风口位置均应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏；进风井百叶和排风井百叶方向相反，百叶底边距水平地面均 1.1m，周围是人员不可到达绿化区域，风井四周分别采用防护围栏进行隔离，周围不设置绿化道路。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。



图 10-3 风管电缆穿墙示意图

本项目不在主屏蔽墙处设穿墙管线，不影响墙体屏蔽效果，电缆沟以穿墙方式（ 45° ）穿出机房，出束期间 X 射线经管道折射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏的影响可忽略不计。

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

3、直线加速器的辐射防治措施

（1）辐射防护措施

- ①操作人员隔室操作：本项目直线加速器控制室与机房之间以墙体隔开，技师在控制室内操作。
- ②操作台控制：防止非工作人员操作的锁定开关。
- ③联锁装置

a.门-机联锁：加速器机房铅门要与出束联锁，屏蔽门未关好，加速器不能出束；加速器工作期间屏蔽门不能打开。

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

c.门-剂量联锁：当机房内辐射剂量水平低于规定允许水平时蓝灯亮，同时控制室内、铅门报警装置都发出安全信息。可开启铅门或进行出束工作以外的其它工作。当机房内辐射剂量水平大于规定允许水平时红灯亮、蓝灯灭，并给出音响报警，提示工作人员不要进入辐射限制工作区，同时控制室内、机房内、铅门报警装置都发出报警信息，此时无法开启铅门。当铅门没有关闭或关闭不到位时，射线装置将无法工作，万一忘记关门，当射线装置工作时，铅门马上同时自动关闭，确保辐射工作人员及非射线工作人员免遭射线辐射伤害。

④**紧急止动装置和紧急开门按钮：**除了加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上自带的紧急止动按钮外，机房内墙非主射线位置上、迷路门内外出口处均设置有中文标识的紧急停机开关，误入人员按动紧急停机开关就能使加速器停机；迷路出口处设置中文标识的紧急开门按钮。

⑤**视频监控、对讲装置：**机房内拟安装电视监控、对讲装置，控制室能通过电视监控观察机房内患者治疗的情况，并通过对讲机与机房内患者联系。机房内、迷路内均安装有监控装置，保证机房内监控全覆盖，无监控死角，如附图 8 所示。

⑥**工作状态显示及警示标识：**加速器机房铅门上设置明显的电离辐射警告标志，出入口应有工作状态显示、声音、光电等警示措施。

⑦在加速器机房迷路内墙上安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），探头安装在机房迷路内墙上，只要迷路内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警。

⑧**时间防护：**通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间。

⑨**个人防护：**加速器机房的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值的自动报警仪。

⑩加速器将由生产厂家进行质保维修，医院设备科人员仅对加速器进行日常维护（如电路、开关、机电等维护）。

以上辐射防护措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。

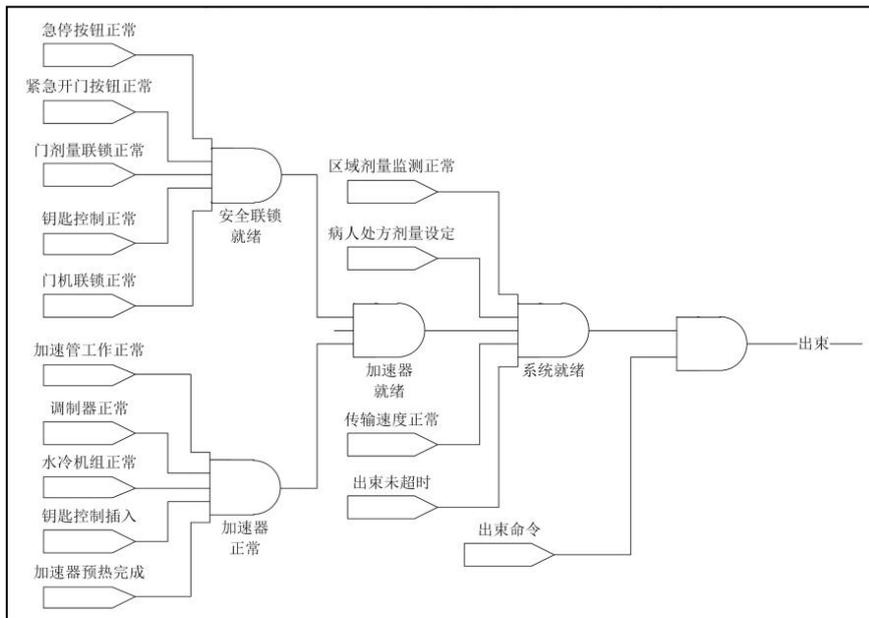


图 10-4 医用直线加速器工作场所安全联锁系统逻辑示意图

(2) 直线加速器设备固有安全性分析

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

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

③控制台上蜂鸣器，在加速器工作时发出声音以警示人员防止误入。

④治疗床旁、加速器主机和控制台上安装紧急止动按钮。

⑤有时间控制联锁，当预选照射时间定时，定时器能独立地使照射停止。

⑥设备自带有智能 EPID 质控系统，快速、精确、操作简单，覆盖设备质控、治疗前计划质控、治疗中实时剂量监测与预警及治疗后三维剂量重建。

⑦设备自带创新优迹智能轨迹规划，智能规划照射野排序与部件运动路径，虚拟三维碰撞预警系统，实时监测患者治疗过程中的安全情况。

从加速器固有安全性能可以看出，加速器在防止事故发生方面，设有相应措施。只要操作人员按照加速器说明书要求严格执行，就能够减少 X 射线对人员的辐射危害，降低辐射事故的发生率。

(3) 加速器治疗项目对患者的防护要求

在满足治疗和诊断要求前提下，根据治疗和诊断要求以及病人实际情况制定最优

化的治疗、诊断方案，减少工作人员所受剂量，也保护患者受到多余剂量的照射。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“医疗防护最优化”的要求，医院制定《治疗照射最优化方案》需要包括以下内容：

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

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

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

对病人的防护措施，应做到：

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

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

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

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

e.患者治疗过程中详细记录设备运行情况，发现异常，分析产生原因并及时修正。

f.照射过程中，通过电视监视病人，发现异常应立即停止照射，继续治疗时应重新设定。

g.严禁患者治疗完后在治疗场所逗留。

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

4、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射

线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目医用电子直线加速器在进行报废处理时，应将射线装置的高压射线管进行拆卸，使其丧失功能。同时将装置主机的电源线绞断，使其不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

四、辐射安全防护设施对照分析

综上所述辐射安全防护分析及措施，医院需对下表所列设施进行配置：

表 10-4 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	应具备条件	落实情况	要求新增措施
实体防护	四周墙体+迷路	本次新增 1 座	/
	铅防护门（机房门防夹人装置）	本次新增 1 套	/
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	仪器自带 1 套	/
	控制台上应具备紧急停机按钮	仪器自带 1 套	/
	条件显示联锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制联锁	仪器自带 1 套	/
	监控、对讲装置	本次新增 1 套	保证机房全覆盖
	门机联锁、门剂联锁、门灯联锁	本次新增 1 套	/
警示装置	入口电离辐射警示标志、工作场所分区及标识	本次新增 1 套	/
	入口有加速器工作状态显示	本次新增 1 个	/
	机房内准备出束音响提示	本次新增 1 个	/
	控制台上蜂鸣器	本次新增 1 个	/
紧急设施	机房内及治疗床有中文标识的紧急停机按钮	本次新增 7 个	机房内四面墙上及迷路门内外出口处及控制室墙体上均安装有按钮，高度 1.3m
	中文标识的紧急开门按钮	本次新增 1 套	迷路出口处的铅门内侧墙上，按钮高度 1.3m
	紧急照明或独立通道照明系统	本次新增 2 个	/
监测设备	便携式辐射监测仪器	利旧一个	/
	个人剂量报警仪	本次新增 5 个	/
	个人剂量计	本次新增 5 套	/
	机房内固定式剂量报警仪	本次新增 1 个	迷路出口处内侧墙上
防护设施	病人未受照部位防护设施、陪护人员防护设施	本次新增 1 套	铅橡胶铅衣、铅手套、铅围裙等
其他	通风系统	本次新增 1 套	/

六、环保设施及投资分析

本项目总投资 3000 万元，其中环保投资 257.9 万元，占总投资约 8.59%。具体环保设施及投资见下表。

表 10-5 环保设施及投资一览表

项目	设施与器材	数量	投资（万元）/备注
实体防护	四周墙体+迷路	1 座	**
	铅防护门（机房门防夹人装置）	1 套	**
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	1 个	**
	控制台上应具备紧急停机按钮	设备 自带	/
	条件显示联锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制联锁	设备 自带	/
	监控、对讲装置	1 套	**
	门机联锁、门剂联锁、门灯联锁	1 套	**
警示装置	入口电离辐射警示标志、工作场所分区及标识	1 套	**
	入口有加速器工作状态显示	1 个	
	机房内准备出束音响提示	设备 自带	/
	控制台上蜂鸣器	设备 自带	/
紧急设施	机房及治疗床有中文标识的紧急停机按钮	7 个	**
	中文标识的紧急开门按钮	1 套	
	紧急照明或独立通道照明系统	2 个	
监测设备	便携式辐射监测仪	利旧	/
	机房内固定式剂量报警仪	1 个	**
	个人剂量报警仪	5 个	**
	个人剂量计	5 套	**
防护器材	病人未受照部位防护设施、陪护人员防护设施	1 套	**
其他	通风系统	1 套	**

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

三废的治理

一、废气

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

直线加速器通排风系统：6MV 直线加速器治疗室配置有通排风系统。排风口设置在机房北部、南部主屏蔽墙距地 0.3m 处，排风管道（630mm×320mm、500mm×320mm）以斜角 45°形式穿过迷路门顶部连接至排风系统（排风量约 4500m³/h，换气次数约 15 次/h），产生的臭氧通过机械排风系统经通道引至东北侧排风井排放；

新风口设置在迷路内墙顶部，新风管道（500mm×320mm、500mm×400mm）以斜角45°形式穿过迷路门顶部连接新风系统，通过轴流风机将新风送入机房，送风量约4500m³/h。风口位置均应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）要求。

二、固废

施工过程中产生的建筑材料、建筑垃圾等，按要求进行分类收集，统一处理；施工装修过程中产生的废弃包装物部分回收利用，部分与生活垃圾一同依托医院垃圾收集设施收集，最终由市政环卫统一清运。

本项目直线加速器运营时不产生固体废物；辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运，本项目固体废物对周围环境影响较小。

三、废水

施工期产生的生活污水依托医院已建污水处理设施处理后排入市政污水管网。

本项目运营期产生的生活废水依托医院已建的污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准限值后排入市政污水管网，进入营山县污水处理厂处理达标后排至营山河。

四、噪声

本项目所产生的噪声较小，风机经减振降噪、经墙体和距离衰减后对周围声环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、土建、装饰施工的环境影响分析

本项目施工期对环境有影响的因素主要为施工噪声、施工固体废弃物、废水及扬尘，环评提出如下控制措施：

1、施工期的大气污染防治对策措施

严格落实大气污染防治措施。施工期，通过加强施工管理，减少建筑材料露天堆放，修建围挡或围栏，定期洒水降尘硬化施工场地，控制车速，车辆密闭运输等措施，减少施工扬尘对周围环境影响；装修阶段采用绿色环保装修材料，防治装修废气影响。

2、施工期的噪声污染防治对策措施

严格落实噪声污染防治措施。施工期，通过合理布局，合理安排施工时间，优化运输路线，文明施工及选用低噪声设备等措施，减轻施工噪声对周围环境的影响。

3、施工期固体废物处置及管理

施工过程中固体废物主要为废弃材料、装修垃圾、施工人员产生的生活垃圾等。施工过程中产生的建筑材料、建筑垃圾等，按要求进行分类收集，统一处理；施工人员产生的生活垃圾统一收集后送城市环卫部门处理。

4、施工期地表水污染防治措施

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

5、防辐射泄漏施工要求

根据施工单位提供的资料：本项目直线加速器治疗室净空面积为68.8m²（L×B=8.6m×8.0m，不含迷路），直线加速器治疗室四面墙体、迷路、顶部和底部均是密度为2.35g/cm³的钢筋混凝土，主射朝向北侧墙体、南侧墙体、顶部、底部，其中，北侧、南侧主屏蔽墙均厚2700mm、宽4500mm，次屏蔽墙均厚1500mm；西侧屏蔽墙厚1500mm；东侧迷路为“直”迷路，迷路内屏蔽墙厚1500mm，迷路外屏蔽墙厚1500mm；顶部主屏蔽墙厚2700mm、宽4500mm，次屏蔽墙厚1500mm；迷路门为15mm铅当量铅钢防护门。

①结合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）和《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），本项目机房在施工期间需做到，机房墙体应进行整体浇筑，使用满足要求的混凝土，强度等级应不低于 C50、S8，混凝土密度 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ；穿过加速器机房墙体的各种管道、电缆、进、排风口在主屏蔽墙以外的墙体贯穿，贯穿口采用斜穿方式，并进行相应的屏蔽补偿。

②结合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）4.8.8：防护门结构应考虑因自身重量而发生形变，频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等原因，其宽于门洞的部分需大于“门—墙”间隙的10倍。

③穿过机房墙体的各种管道、电缆不影响屏蔽墙体的屏蔽防护效果，开孔处需做铅屏蔽补充措施，且不得正对工作人员经常停留的地点。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目医用电子直线加速器的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目直线加速器运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和直线加速器治疗室门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌；加速器试用、调试、检修期间，控制室须有工作人员值守；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；人员离开时运输设备车辆和机房门上锁并派人看守。

由于设备的安装和调试均在直线加速器治疗室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

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

运行阶段对环境的影响

治疗模式：本项目6MV直线加速器直线加速器治疗时，X射线最大能量为6MV、

X射线1m处最大剂量率为14Gy/min，无电子线产生，年最大曝光出束时间约为260h（每年52周，每周5天，每天最多治疗20人次，每人出束治疗时间最多为3min（不含摆位时间），每人平均治疗剂量为2Gy）。

CBCT 模式：kV 级 CBCT（锥体束 CT），采用同源双束，影像引导成像束流与治疗束流同一中心，带来更高的图像引导精度，实现病人定位与治疗时摆位的精确重复；CBCT 束流能量最大 1.5MV，1m 处最高剂量率为 0.3Gy/min；常规体位的模式下，CBCT 仅束流出束时间平均每人每次为 60s 左右，则年出束时间约为 86.7h。

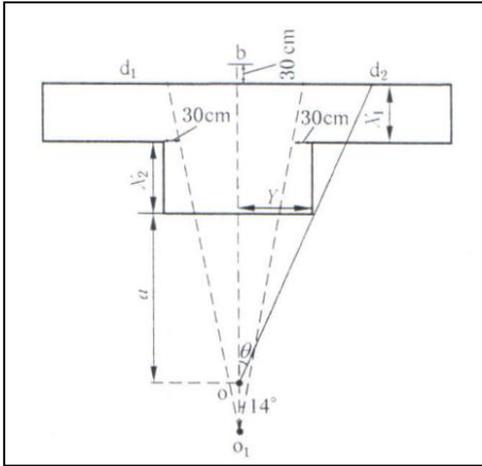
本项目直线加速器采用同源双束，CBCT 模式相对于治疗模式，束流能量及 X 射线 1m 处最高剂量率较小，出束时间较短；CBCT 扫描时，辐射工作人员位于控制室内部，工作时通过治疗室四周墙体的屏蔽防护，对机房外公众和辐射工作人员影响均较小；再从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目直线加速器治疗室采用现浇混凝土实体屏蔽射线，且防护厚度在 1500mm~2700mm，远大于《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中主射线束 2mmPb 的要求，即射线装置在正常运行时可满足“周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μ Sv/h”的要求，因此，以下主要以 6MV 直线加速器运营治疗模式下产生的 X 射线、臭氧和噪声的影响进行预测评价。

（一）6MV 直线加速器辐射环境影响分析

1、加速器机房主屏蔽区宽度校核

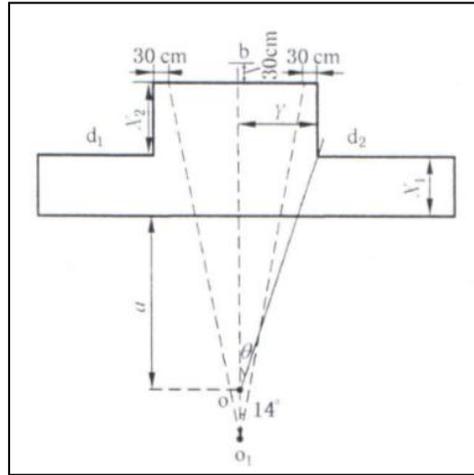
6MV 直线加速器治疗室，主屏蔽区包括屋顶及墙体的部分位置，加速器主射线的最大出束角度为 28°。6MV 直线加速器主射线束主屏蔽区示意图见图 11-1，主屏蔽宽度校核结果见表 11-1。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）附录 D，加速器主屏蔽区宽度计算仅为以下一种情况，对应的主屏蔽半宽度 Y 的计算公式如下：



主屏蔽区内凸

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



主屏蔽区外凸

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

本项目机房主屏蔽墙体为内凸与外凸，因此对应的主屏蔽区宽度校核见表 11-1。

表 11-1 本项目 6MV 加速器机房主屏蔽区宽度校核表

焦点距主屏蔽区距离(m)	主屏蔽区宽度计算值(m)	主屏蔽区宽度设计值(m)	结论
距北部主屏蔽墙体 4.3	$2 \times [(1+4.3+1.2)\text{tg}14^\circ+0.3]=3.84$	4.5	满足 要求
距南部主屏蔽墙体 4.3	$2 \times [(1+4.3+1.2)\text{tg}14^\circ+0.3]=3.84$	4.5	
距顶部主屏蔽墙体 2.70	$2 \times [(1+2.70+1.5+1.3)\text{tg}14^\circ+0.3]=3.89$	4.4	

设备厂家和建设单位在进行直线加速器安装时，必须严格按照既定的摆位方式进行安装，防止安装后主射方向超出主屏蔽范围的情况出现。

2、6MV 加速器机房关注点设立及剂量率参考水平

(1) 加速器机房关注点设立

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），本项目直线加速器治疗室为一层建筑，无地下室，故机房地下不作为关注点，需对医用直线加速器治疗室四周和顶部的关注点给予考虑。

本项目直线加速器治疗室的关注点设定及主要照射路径示意图（水平方向）见图 11-1，照射路径示意图（垂直方向）见图 11-2。由于直线加速器治疗室下方没有其他楼层，所以地面的防护不予考虑。

*

图 11-1 本项目加速器机房关注点及主要照射路径示意图（平面）

*

图 11-2 本项目加速器治疗室关注点及主要照射路径示意图（剖面）

表 11-2 机房外关注点布置

点位编号	位置	对应场所	受照类型	照射途径	射线路径
a	南部墙外 30cm 处	覆土层	公众	有用线束	O ₂ →a
b	北部墙外 30cm 处	控制室	职业	有用线束	O ₁ →b
c	南部与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处	覆土层	公众	泄漏辐射束	O→c
				散射辐射束	O ₂ →O→c
d	北部与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处	设备间	职业	泄漏辐射束	O→d
				散射辐射束	O ₁ →O→d
e	西部次屏蔽墙外 30cm 处	覆土层	公众	泄漏辐射束	O→e
f	东部次屏蔽墙外 30cm 处	预留机房	公众	泄漏辐射束	O→f
g	迷路入口处	通道	公众	泄漏辐射束	O ₁ →g
				散射辐射束	O ₁ →O→i→g
L	顶部主屏蔽墙外 30cm 处	地面上方绿化	公众	有用线束	O ₃ →L
M	顶部与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处	地面上方绿化	公众	泄漏辐射束	O→M
				散射辐射束	O ₃ →O→M

(2) 剂量率参考水平

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），机房外各关注点的剂量率参考控制水平 H_c 由以下方法确定：
 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，可以依照附录 A，由式中周剂量参考水平（H_c）求得关注点的导出剂量率参考控制水平 H_{c,d}（μSv/h）：

a.有用线束： $H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$(式 11-1)

式中：

H_{c,d}—导出剂量率参考控制水平，μSv/h；

H_c—周剂量参考控制水平，放射治疗机房外控制区的工作人员：H_c≤100μSv/周；放射治疗机房外非控制区的人员：H_c≤5μSv/周；

U—关注位置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；

t—周治疗照射时间，h；根据医院提供的资料，直线加速器预估年有效出束时间最长约 260h，年工作 52 周，则周治疗照射时间约 t=5h。

b.单一泄漏辐射： $H_{c,d} = H_c / (N \cdot t \cdot T)$(式11-2)

式中：

N—调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常 N=5。

②关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ：

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

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

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平（ H_c ）。

根据 4.3.2.5.2c，保守考虑，本次评价除 g 点迷路入口处泄露辐射取参考控制水平的一个分数（应小于 1/4），即 $0.625 \mu\text{Sv/h}$ 外，其余各关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ 均取 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

对于与主屏蔽直接相连的次屏蔽区，属于复合辐射。根据 GBZ/T201.2-2011 中附录 A2.2 复合辐射，导出剂量率参考控制水平 $H_{c,a}$ 需考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射，其中患者散射导出剂量率参考控制水平为 $H_{c,max}$ 的一半；泄漏辐射导出剂量参考控制水平为公式（11-2）计算结果的一半，二者之和为该关注点的导出剂量率参考控制水平。

由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见下表。

表 11-3 机房外各关注点剂量率参考控制水平

关注点	受照类型	照射途径	H_c ($\mu\text{Sv/周}$)	使用因子	居留因子	$H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	H_c ($\mu\text{Sv/h}$)
a (覆土层)	/	有用线束	/	1/4	/	/	2.5	2.5
b (控制室)	职业	有用线束	100	1/4	1	80	2.5	2.5
c (覆土层)	/	泄漏辐射、 散射辐射束	/	1	/	/	2.5	2.5
d (设备间)	职业	泄漏辐射、 散射辐射束	100	1	1/4	13 (8+5)	2.5	2.5
e (覆土层)	/	泄漏辐射束	/	1	/	/	2.5	2.5
f (预留机房)	公众	泄漏辐射束	5	1	1/4	0.8	2.5	0.8
g (迷路门)	公众	泄漏辐射、 散射辐射束	5	1	1/4	4.0	0.625	0.625
L (地面绿化)	公众	有用线束	5	1/4	1/16	64	2.5	2.5
M (地面绿化)	公众	泄漏辐射、 散射辐射束	5	1	1/16	6.6 (1.6+5)	2.5	2.5

注：本项目医用电子直线加速器主射束方向朝向北部、南部、顶部。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.1-2011），偏安全考虑，有用线束方向使用因子U保守取1/4，仅涉及泄漏辐射的方向U取1，本项目涉及调强治疗，故泄漏辐射关注点处N取5。

3、6MV 加速器机房屏蔽体厚度校核

(1) 主屏蔽区、迷路内墙和外墙厚度校核

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

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

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

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

式中：

B—屏蔽透射因子；

He—剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；本项目为 $8.4 \times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ （最高剂量率为 14Gy/min）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f—有用束为 1；泄漏辐射为主射射线比率（0.1%）；

θ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

TVL_1 （cm）和 TVL（cm）—辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，本项目 TVL_1 、TVL 取值见下表 11-4；

Xe—墙体有效屏蔽厚度，cm；

X_1 —墙体屏蔽厚度，cm。

表 11-4 加速器机房主屏蔽区、迷路内墙和外墙厚度校核

参数	主屏蔽区	主屏蔽区	主屏蔽区	迷路入口 处 (g 点)	迷路外墙 (k 点)	西侧屏蔽 墙 (e 点)	东侧屏蔽 墙 (f 点)
	南墙 a 点	北墙 b 点	屋顶 L 点				
He ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	0.625	2.5	2.5	0.8
R (m)	7.0	7.0	7.0	9.6	10.4	5.1	8.5
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/$	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08

h)							
f	1	1	1	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³
B	1.46E-07	1.46E-07	1.46E-07	6.86E-05	3.22E-04	7.74E-05	6.88E-05
TVL ₁ (cm)	37	37	37	34	34	34	34
TVL (cm)	33	33	33	29	29	29	29
Xe (cm)	229.59	229.59	229.59	125.75	106.28	124.22	125.71
斜射角θ (°)	0	0	0	30	0	0	0
X ₁ (cm)	229.59	229.59	229.59	108.90	106.28	124.22	125.71
设计厚度 (cm)	270	270	270	150	150	150	270
是否满足要求	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

(2) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据 GBZ/201.2-2011, 对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区应考虑泄漏辐射和患者的一次散射辐射的复合作用, 分别计算其所需屏蔽厚度, 取较厚者。泄漏辐射所需厚度按照式 11-3~11-5 进行计算, 散射辐射的透射因子按式 11-4~11-6 进行计算(TVL₁(cm) 和 TVL (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。

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

式中:

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

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm² 。

表 11-5 加速器机房与主屏蔽区相连的次屏蔽区漏射、散射辐射屏蔽厚度核算

参数	墙体 c 点		墙体 d 点		屋顶 M 点	
	漏射辐射	散射辐射	漏射辐射	散射辐射	漏射辐射	患者一次散射辐射
H _c (μSv/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
R (m)	8.0	8.0	8.0	8.0	7.8	7.8
H ₀ (μSv·m ² /h)	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08
f	10 ⁻³	/	10 ⁻³	/	10 ⁻³	/
α_{ph}	/	2.77E-03	/	2.77E-03	/	2.77E-03
透射因子 B	1.90E-04	1.72E-05	1.90E-04	1.72E-05	1.81E-04	1.63E-05
TVL ₁ (cm)	34	26	34	26	34	26
TVL (cm)	29	26	29	26	29	26
Xe (cm)	112.88	123.88	112.88	123.88	113.52	124.45

斜射角 θ (°)	30	30	30	30	30	30
X1 (cm)	97.76	107.29	97.76	107.29	98.31	107.78
设计屏蔽厚度(cm)	150	150	150	150	150	150
设计是否满足要求	满足	满足	满足	满足	满足	满足

(3) 防护门铅厚度 (X) 校核

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

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

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

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

式中：

X—防护门铅当量厚度，mm；

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

B—辐射屏蔽透射因子；

H_c —关注点处的剂量率参考控制水平；根据 GBZ/T201.2-2011) 中 4.3.2.5.1，有用线束不向迷路内墙照射，故仅考虑散射辐射与漏射辐射；

H_{og} — O_2 位置穿过迷路内墙的泄漏辐射在 g 处的控制剂量率,7.82E-03 μ Sv/h；

H_g —g 处的散射辐射剂量率， μ Sv/h；

α_{ph} —400cm² 面积上的散射因子，取 45°散射角的值 1.39E-03；

α_2 —墙入射的患者散射辐射因子，患者一次散射角为 45°，墙入射角为 45°，墙散射角近似按 0°计算，查得混凝土墙 45°入射、0°散射、1m² 的散射因子 $\alpha_2=6.4E-03$ (查附录 B 表 B.6)；

A—散射面积，m²；经计算本项目为：1.5×2.1=3.15m²；

R_1 —第一次散射路径； $R_1=7.8m$ ；

R_2 —第二次散射路径； $R_2=12.5m$ ；

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

经计算： $H_g=9.90\mu$ Sv/h， $B=6.23E-02$

最终得到防护门的铅当量厚度为：

$$X = TVL \cdot \log B^{-1} = 6.03 \text{mm}。$$

由理论计算可知，机房入口铅钢防护门屏蔽厚度为 6.03mm，实际设计为 15mm，可满足屏蔽要求。

小结：经过对机房主屏蔽体宽度校核，直线加速器治疗室墙体厚度、迷路厚度、顶部厚度和防护门厚度均满足要求。

4、电子直线加速器对关注点产生的剂量估算

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

主射线束和泄漏辐射剂量估算（式中各符号含义同前文）：

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

$$B = 10^{-\frac{(Xe + TVL - TVL_1)}{TVL}} \dots\dots\dots \text{（式 11-11）}$$

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

患者一次散射辐射剂量估算

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

机房迷路入口处 X 射线散射辐射剂量率 H_g ：

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

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

由式 11-16 估算各关注点的年剂量：

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

式中：

H—关注点的剂量当量（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

E—关注点的年剂量（ mSv/a ）；

h—工作负荷（ h/a ）；

q—居留因子，经常有人员停留的地方取 1，有部分时间有人员停留的地方取 1/4，

偶然有人员经过的地方取 1/16;

W_T —组织权重因数，全身为 1。

由此估算的主射线束和泄漏辐射对各关注点产生的剂量见表 11-6，由患者一次散射对各关注点产生的剂量见表 11-7，机房迷路入口处由散射辐射产生的剂量见表 11-8。由于该直线加速器治疗室西、南两侧墙体外（即，关注点位 a 点、c 点、e 点）均为覆土层，人员不可到达，因此针对以上关注点位不进行剂量估算预测。

表 11-6 加速器主射线束和泄漏辐射对关注点的剂量估算表

计算参数	主屏蔽区 (b 点, 控制室)	主屏蔽区 (L 点, 地面绿化)	迷路入口处 (g 点, 迷路门)	迷路外墙 (k 点, 预留机房)	墙体 (d 点, 设备间)	墙体 (f 点, 预留机房)	顶部 (M 点, 地面绿化)
设计屏蔽体厚度 X (cm)	270	270	150	150	150	150+150	150
斜射角 θ	0°	0°	30°	0	30°	0°	30°
Xe (cm)	270	270	173.21	150	173.21	300	173.21
TVL ₁ (cm)	37	37	34	34	34	34	34
TVL (cm)	33	33	29	29	29	29	29
透射因子 B	8.70E-09	8.70E-09	1.58E-06	1.00E-05	1.58E-06	6.72E-11	1.58E-06
H ₀ (μ Sv.m ² /h)	8.4E+08	8.4E+08	8.4E+08	8.4E+08	8.4E+08	8.4E+08	8.4E+08
f	1	1	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³
R (m)	7.0	7.0	9.6	10.4	8.0	8.5	7.8
剂量当量 H _c (μ Sv/h)	1.49E-01	1.49E-01	1.44E-02	7.77E-02	2.08E-02	7.82E-07	2.19E-02
工作负荷 (a)	260	260	260	260	260	260	260
居留因子 (q)	1	1/16	1/4	1/4	1/4	1/4	1/16
年剂量 E(mSv/a)	3.88E-02	2.42E-03	9.39E-04	5.05E-03	1.35E-03	5.08E-08	3.55E-04
受照类型	职业	公众	公众	公众	公众	公众	公众

表 11-7 加速器机房患者一次散射对关注点的剂量估算表

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区	
	墙体 d 点	顶部 M 点
屏蔽厚度 X (cm)	150	150
斜射角 θ	30°	30°
Xe (cm)	173.21	173.21
TVL (cm)	26	26
透射因子 B	2.18E-07	2.18E-07
H ₀ (μ Sv.m ² /h)	8.40E+08	8.40E+08
α_{ph}	2.77E-03	2.77E-03
F(cm ²)	40×40	40×40
R (m)	8.0	7.8
剂量当量 H _c (μ Sv/h)	3.17E-02	3.33E-02
工作负荷 (h)	260	260

居留因子 (q)	1/4	1/16
年剂量 E(mSv/a)	2.06E-03	5.42E-04
受照类型	公众	公众

表 11-8 加速器机房迷路入口处由散射辐射产生的剂量估算表

计算参数	机房迷路入口处 (防护门外、关注点 g)
机房入口处的散射辐射剂量率 H_g ($\mu\text{Sv/h}$)	9.90
屏蔽厚度 X (mm)	15
剂量当量 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	1.77E-02
TVL (mm)	5
工作负荷 (h)	260
居留因子 (m)	1/4
关注点年剂量(mSv/a)	1.15E-03
受照类型	公众

由于墙体 d 点和顶部 M 点既要受 X 射线漏射影响, 亦要受机房患者一次散射影响, 通过剂量叠加得到上述关注点的最终年剂量如下表所示:

表 11-9 d、M 关注点剂量叠加结果

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区	
	墙体 d 点	顶部 M 点
漏射影响(mSv/a)	1.35E-03	3.55E-04
散射影响(mSv/a)	2.06E-03	5.42E-04
年剂量(mSv/a)	3.41E-03	8.97E-04
受照类型	公众	公众

5、直加保护目标为公众的辐射影响综合分析

本项目直线加速器治疗室周围保护目标为公众的最大年附加有效剂量如下表所示:

表 11-10 项目保护目标辐射影响分析

保护名单	人数	方位	位置	与辐射源最近距离(m)	剂量率预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作负荷 (h/a)	居留因子	年最大有效剂量 (mSv/a)
院内公众	<1000 人	北侧	通道、地下停车场、院内道路及绿化带、康复住院大楼	10~50	7.31E-02	260	1/4	4.75E-03
	<200 人	南侧	院内绿化	7~16.5	1.49E-01	260	1/16	2.42E-03
	<1000 人	东侧	预留控制室/设备间、院内绿化、道路、门急诊医技综合楼等	15~50	2.51E-07	260	1/4	1.63E-08

	<200 人	西侧	院内绿化	5.1~50	3.23E-01	260	1/16	5.25E-03
院外 公众	<2000 人	南侧	锦程路	16.5~30	2.68E-05	260	1/16	4.36E-07
	<1000 人		中虹新城小区 (三栋 1~3 单元, 四栋 1 单元)	32~50	7.13E-06	260	1	1.86E-06

备注：环境保护目标所受年剂量均为附加剂量值。

通过上表 11-6 至 11-10 可知，本项目职业人员所受年附加有效剂量最大为 **3.88E-02mSv**；公众所受年附加有效剂量最大为 **5.25E-03mSv**，分别低于职业人员 5.0mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离直线加速器治疗室最近的关注点可以代表最大可能辐射有效剂量。在直线加速器投入运营后，产生的 X 射线经墙体、铅门屏蔽和距离衰减后，机房周围环境保护目标年受照剂量远低于预测剂量，对机房周围公众影响更小。

（二）直线加速器治疗室臭氧环境影响分析

1、本项目 6MV 医用直线加速器在开机出束期间，不产生电子束，产生的 X 射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧(O₃)，其产率和浓度可用下面两个公式分别计算。

式中：

$$Q_0=6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_0 \cdot R \cdot g \dots\dots\dots \text{式 (11-13)}$$

式中：

Q₀—臭氧产率 mg/h；

G—射束在距离源点 1m 处的剂量率 Gy.m²/h，取 840；

S₀—射束在距离源点 1m 处的照射面积 m²，本项目取 0.16

R—射束径迹长度 m，取 1；

g—空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O₃ 的分子数，本项目取 10。

经计算，直线加速器治疗室臭氧产额为 8.736mg/h。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C= Q_0 \times T_v / V \dots\dots\dots \text{式 (11-14)}$$

$$Tv = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots\dots\dots \text{式 (11-15)}$$

式中：

C—室内臭氧浓度，mg/m³；

Qo—臭氧产额 8.736mg/h；

Tv—臭气有效清除时间，h；

V—机房空间体积，直线加速器治疗室体积为 302m³；

tv—每次换气时间，0.07h；

tα—臭氧分解时间，取值为 0.83h。

本项目 6MV 直线加速器治疗室风机排风量为 4500m³/h，机房体积为 302m³（8.6m×8.0m×4.4m），则机房内每小时通风频率约 15 次，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中放射治疗机房内换气次数不少于 4 次/h 的要求；机房内每次换气时间为 4min，则加速器机房内臭氧浓度为 1.87×10⁻³mg/m³，低于《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度 0.16mg/m³的要求，亦低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）标准限值 0.2mg/m³的要求。

通排风系统：6MV 直线加速器治疗室配置有通排风系统。排风口设置在机房北部、南部主屏蔽墙距地 0.3m 处，排风管道（630mm×320mm、500mm×320mm）以斜角 45°形式穿过迷路门顶部连接至排风系统（排风量约 4500m³/h，换气次数约 15 次/h），产生的臭氧通过机械排风系统经通道引至东北侧排风井排放；新风口设置在迷路内墙顶部，新风管道（500mm×320mm、500mm×400mm）以斜角 45°形式穿过迷路门顶部连接新风系统，通过轴流风机将新风送入机房，送风量约 4500m³/h。风口位置均应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）要求。

2、射线装置去功能化：射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源和拆解加高压射线管），确保装置无法再次组装通电使用，并按照国有资产和生态环境主管部门的要求，履行相关报废手续。

（三）水环境影响分析

本项目营运期产生的医疗废水、生活废水经医院已建的污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准限值后排入市政污水管网，进入污水处理厂处理达标后排放。

（四）固体废物环境影响分析

本项目直线加速器运营时不产生固体废物，辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运，本项目固体废物对周围环境影响较小。

（五）声环境影响分析

本项目6MV直线加速器通排风系统风机工作时将产生一定的噪声，其进、排风量均为3600m³/h、噪声源强为65dB（A），由于风机经距离衰减与墙体隔声后，厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

环境影响风险分析

一、环境风险评价的目的

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

二、源项分析及事故等级分析

按照国务院449号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的环境风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表11-17中。

表 11-17 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

事故等级	事故情形
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（表 11-18）：

表 11-18 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

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

三、辐射风险识别

本项目直线加速器不运行时不存在放射性事故，也不存在影响辐射环境质量事故，直线加速器运行时会产生X射线、臭氧，臭氧经通风设施换气、稀释，对大气环境基本无影响，故医用直线加速器可能发生的风险事故中，其风险因子主要为X射线。

四、事故情景假设

1、在对病人进行治疗时，6MV直线加速器主射束1m处剂量率最大值为14Gy/min，假设考虑安全联锁失效，有人员误入机房，人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束1m处的非主射方向，受到散射和漏射的影响，加速器散射束和漏射束的空气比释动能率均取主射束方向的0.1%，每次误入照射时间为2分钟（单次照射最长时时间）。

2、在维修人员进行检修时，检修人员必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪，假设触动直线加速器开关，造成维修人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束0.5m处的直射方向，6MV直线加速器主射束1m处剂量率为最大值14Gy/min，检修人员被误照射开始至听报警仪报警关闭加速器停止出束时间为40秒。

五、后果计算与分析

表 11-19 医用直线加速器事故状态下非主射方向不同时间、距离处有效剂量情况表 (mSv)

时间 (s) \ 距离 (m)	10	60	120
0.5	9.33	56.00	112.00
1	2.33	14.00	28.00
2	0.58	3.50	7.00
5	0.09	0.56	1.12

表 11-20 事故状态下主射方向不同时间、距离处有效剂量情况表 (mSv)

时间 (s) \ 距离 (m)	1	10	40
0.5	933.33	9333.33	37333.33
1	233.33	2333.33	9333.33
2	58.33	583.33	1333.33
4	9.33	93.33	373.33

1、通过计算，在以上假设事故情景下，人员误入 2 分钟，受到直线加速器非主射方向 0.5m 处的辐射影响，其有效剂量为 112mSv，超过人员年剂量限值（20mSv），为一般辐射事故。

2、通过计算，在以上假设事故情景下，维修人员在 0.5m 处受到直线加速器主射方向 10 秒钟的照射，其有效剂量为 9.33Sv/次；在 1m 处受到直线加速器主射方向 40 秒钟的照射，其有效剂量为 9.33Sv/次。根据《职业性外照射急性放射病诊断》

（GBZ104-2017）表 1 所述：“骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值范围为 4.0~6.0Gy”，结合表 11-18，上述事故后果为较大辐射事故，但不排除随着时间的推移，人员在主射方向受到持续照射，从而造成重大事故及特别重大辐射事故的情况。

六、事故情况下射线装置事故防范措施

①设备运行时，误入人员或机房内滞留人员受到不必要的照射

应对措施：射线装置自身有多种安全防护措施，如辐射启动装置与控制台上显示的辐射参数预选值连锁，选择参数前辐照不能启动；加速器安装有剂量监测系统，可单独终止照射；有门机安全连锁，机房门关闭后辐射才能启动；严格实施辐射“两区”管理，开展放疗治疗前，应对治疗机房进行清场，禁止无关人员入内；医院应定期检查门机连锁装置，若发现问题应及时维护，确保安全连锁装置正常运行。

②医务人员误操作，导致病人受超剂量照射或受其它的额外照射

应对措施：操作人员应严格遵守设备操作规程。操作控制台上显示有辐射类型、标称

能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。若发生辐射事故，操作人员应立即启动紧急停止按钮，切断设备电源。

③维修人员在维修时，位于主射束方向受到超剂量照射；

应对措施：检修人员在检修时，需佩戴个人剂量计和剂量报警仪，按规程进行检修，尽量避免处在直线加速器主射束方向，加速器的控制台上应有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

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

七、事故综合防范应对措施

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

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。

②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

④制定医院事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理

一、辐射防护安全和应急救援工作领导小组

南充市身心医院于 2022 年 4 月 22 日调整了辐射安全与环境保护管理委员会（南身院（2022）44 号），明确了辐射安全与环境保护管理委员会和管理部门职责，其具体人员配置及职责如下所示：

人员组成：

主任委员：杨建

副主任委员：郑淋之

成员：龙田、姚科、李林杰、吴佳

委员会下设办公室，办公室设在医院感染管理科，郑淋之兼任办公室主任，成员胡佳林、张青青、王晓梅

工作职责

1. 负责本院辐射安全与环境保护的管理、指导、检查、督查等工作。
2. 贯彻国家辐射安全与环境保护法律法规，制定本院辐射安全与环境保护工作制度和应急预案并组织演练，解决辐射安全与环境保护的相关问题。
3. 定期组织本院相关人员参加辐射防护培训和健康检查，确保环保、辐射工作的规范性，避免引发污染事故。
4. 建立放射人员健康档案。
5. 按照相关规范对医院新建、改建、扩建项目提出意见建议，将辐射安全与环境保护列入项目重要内容，确保环保“三同时”并采用规范使用的污染物治理、防护技术。
6. 负责配合办理医院辐射安全与环境保护相关证件。
7. 积极配合上级各部门辐射安全与环境保护督导检查。

辐射安全与环境保护管理委员会文件已包含委员会人员组成及工作职责，但还需补充以下内容：

- ① 贯彻执行《放射治疗管理规定》，并组织落实。
- ② 定期检查医院辐射工作人员执行各项规章制度和技术操作规程情况，保证辐射防护、安全与治疗质量。

③定期委托有资质的单位对放射治疗场所和防护设施进行检测，保证辐射水平符合有关规定。

④按照国家对辐射防护的有关规定和标准，定期对医院辐射工作人员进行上岗前、在岗期间、离岗时的职业健康体检。

⑤定期进行专业及防护知识培训，并督促辐射工作人员建立个人剂量、职业健康管理 and 教育培训档案；建立辐射防护的相关资料并存档；督促制定年度工作计划，并完成工作总结。

⑥负责组织应急准备工作，调度人员，指挥辐射事故应急救援行动，负责向上级行政主管部门报告辐射污染事件应急救援情况。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

（1）辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

①人员配置

直线加速器拟配备医师1名、技师2名、物理师1名、护士1名，以后医院可根据设备数量，承担治疗、教学科研任务，开展的项目和工作量等实际情况适当增减人员编制。

②射线装置操作人员均需取得射线装置操作证书，熟悉专业技术。

③建设单位应组织辐射工作人员在网上参加辐射安全与防护培训学习，网址为：<http://fushe.mee.gov.cn>。

④医院应定期委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，且应建立辐射工作人员个人剂量档案管理，辐射工作人员个人剂量档案应终生保存。

（2）辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强

①对医用射线装置，应加强操作人员对其安全操作的培训。

②建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。

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

辐射安全档案资料管理和规章制度

一、档案管理分类

医院应将相关资料进行分类归档妥善放置，包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“废物处置记录”。

二、辐射安全管理规章制度

根据医院实际情况，医院辐射安全管理规章制度落实情况见下表。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	制度名称	制度制度的目的
1	医院辐射防护安全责任制度	已制定，包含但不限于“三废”管理制度、X 线诊断中受检者、陪护人员的防护规定
2	辐射安全操作规章制度	已制定，并挂于墙上
3	辐射工作人员管理规章制度	已制定，并悬挂于新增的辐射工作场所墙上
4	医院剂量监测规章制度	已制定，但需新增辐射工作场所的监测制度
5	辐射安全装置定期检查与维护规章制度	已制定
6	场所分区管理规定	已制定，但需新增本项目对应的区域管理
7	辐射事故处理、应急处置规章制度	已制定，其中辐射事故应急响应程序需悬挂于辐射工作场所墙上
8	定期剂量检测和剂量仪的校准制度	已制定
9	辐射工作人员培训计划	已制定
10	辐射工作设备操作规程	已制定，但需新增本项目射线装置的操作规程
11	辐射工作人员岗位职责	已制定，内容悬挂于辐射工作场所墙上
12	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定，监测方案需新增本项目辐射监测内容
13	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

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

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析

判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

一、工作场所监测

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

南充市身心医院委托有资质的公司开展了2022年年度辐射环境现状监测，主要对放射诊疗工作场所和防护设施进行放射防护和辐射环境现状进行了布点监测。在监测结果中，未发现屏蔽体外0.3m处超过2.5 μ Sv/h的情况。

二、个人剂量监测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季。

医院应按以下要求做好个人剂量档案的管理：

(1) 当单个季度个人剂量超过1.25mSv时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过5mSv时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前；对于工作中穿戴铅衣（如放射科操作）的情况，通常应根据佩带在铅衣里面躯干上的剂量计估算工作人员的实际有效剂量，当受照剂量可能超过调查水平时（如介入操作），则还需要在铅衣外面衣领上另外佩带一个剂量计，以估算人体未被屏蔽部分的剂量。

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。医院应当将个人剂量档案保存终身。

南充市身心医院委托有资质的单位完成个人剂量检测工作，医院辐射工作人员2022年度个人剂量检测结果统计表见附件8。

结果表明：医院按要求对辐射工作人员进行个人剂量检测，在2022年年度个人剂量统计表中，辐射工作人员连续4个季度最大个人剂量之和为1.03mSv，且无单季度超过1.25mSv的情况。

三、医院自我监测

医院定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为1次/季度。

四、监测内容和要求

（1）监测内容：X- γ 射线辐射剂量率。

（2）监测布点及数据管理：监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 本项目监测计划建议

场所或设备	监测内容	监测布点位置
直线加速器	X- γ 空气吸收剂量率	机房四周屏蔽体外 0.3m 处、穿墙孔洞处、控制室操作位、防护门外、迷路门外、机房外敏感点。

（3）监测范围：控制区和监督区域及周围环境

（4）监测质量保证

a、制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

b、采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

c、制定辐射环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

五、年度评估报告情况

医院应于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场

所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mee.gov.cn>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

1、事故应急预案内容

为了应对放射诊疗中的事故和突发事件，医院应制订辐射事故应急预案，应包含以下内容。

（1）应急机构和职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

（2）应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话。

（3）应急人员的培训；

（4）环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话；

（6）发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地县级地方人民政府及其生态环境局、公安、卫健委等部门报告。

2、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

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

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

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

（4）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

3、其他要求

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

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

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：新建 6MV 医用直线加速器治疗项目

建设单位：南充市身心医院

建设性质：新建

建设地点：四川省南充市营山县朗池镇白塔路 64 号南充市身心医院康复住院大楼南侧院内空地处

本次具体建设内容及规模为：

医院拟在康复住院大楼南侧院内空地处建设一座放疗中心（未建，下沉式负一层建筑，距水平地面约负9.3m），包含一间直线加速器治疗室、一间预留机房及其配套用房控制室、设备间等，总建筑面积约495.38m²，进出口通道与康复住院大楼负二层停车场相连通。医院拟在直线加速器治疗室内安装使用一台6MV 医用直线加速器（属II类射线装置，生产厂家上海联影，型号为****），用于全身肿瘤治疗，本项目拟购直线加速器配置有深度调能类kV级CBCT高清图像引导功能，采用同源双束，即成像束流与加速管的治疗束流为同一等中心，同时具备适形调强放射治疗（IMRT）功能。

治疗模式：直线加速器治疗时X射线最大能量为6MV，1m处最高剂量率为14Gy/min，无电子线，年最大曝光出束时间约为260h（每年52周，每周5天，每天最多治疗20人次，每人次出束治疗时间最多为3min（不含摆位时间），每人次平均治疗剂量为2Gy）。

CBCT模式：直线加速器CBCT模式下，使用加速管的成像束，束流能量最大为1.5MV，1m处最高剂量率为0.3Gy/min，常规体位的模式下，CBCT仅束流出束时间平均每人次为60s左右，则年出束时间约为86.7h。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目属于核技术在医学领域内的运用，根据根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人民共和国

国国家发展和改革委员会第 29 号令，2020 年 1 月 1 日起施行）、《国家发展改革委员会关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 49 号，2021 年 12 月 30 日实施）的相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

本项目的运营可为南充市营山县及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全县医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。

三、本项目选址合理性分析

本项目辐射工作场所相对独立，具有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

本项目所在区域的 X- γ 辐射空气吸收剂量率背景值为 88nGy/h~96nGy/h，与中华人民共和国生态环境部《2021 年全国辐射环境质量报告》中四川省环境电离辐射水平（67~120.2nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价分析结论

（一）施工期环境影响分析

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

（二）营运期环境影响分析

1、辐射环境影响分析

本项直线加速器治疗室经实体防护后，保护目标为职业人员所受年附加有效剂量最大为 **3.88E-02mSv**；保护目标为公众所受年附加有效剂量最大为 **5.25E-03mSv**，分别低于职业人员 5.0mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业

人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值。

从上述预测结果可以看出，本项目辐射工作场所的墙体、门均满足辐射防护的要求。

2、大气环境影响分析

本项目 6MV 直线加速器治疗室每小时通风频率约 15 次，每次换气时间均为 4min，则加速器机房内臭氧浓度为 $1.87E-03\text{mg}/\text{m}^3$ ，低于《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度 $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求，亦低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）标准限值 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。

通排风系统：6MV 直线加速器治疗室配置有通排风系统。排风口设置在机房北部、南部主屏蔽墙距地 0.3m 处，排风管道（ $630\text{mm}\times 320\text{mm}$ 、 $500\text{mm}\times 320\text{mm}$ ）以斜角 45° 形式穿过迷路门顶部连接至排风系统（排风量约 $4500\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数约 15 次/h），产生的臭氧通过机械排风系统经通道引至东北侧排风井排放；新风口设置在迷路内墙顶部，新风管道（ $500\text{mm}\times 320\text{mm}$ 、 $500\text{mm}\times 400\text{mm}$ ）以斜角 45° 形式穿过迷路门顶部连接新风系统，通过轴流风机将新风送入机房，送风量约 $4500\text{m}^3/\text{h}$ 。风口位置均应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。

3、声环境影响分析

本项目噪声源主要为空调噪声，所有设备选用低噪声设备，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界噪声标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

4、水环境影响分析

本项目直线加速器营运期不产生医疗废水，加速器冷却水循环使用，辐射工作人员产生的生活污水依托医院现有污水处理系统达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准限值后排入市政污水管网，进入营山县污水处理厂处理达标后排至营山河。

5、固体废物影响分析

本项目直线加速器运营时不产生固体废物，辐射工作人员会产生少量的生活

垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运，本项目固体废物对周围环境影响较小。

六、事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求制订辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

七、环保设施与保护目标

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

八、医院辐射安全管理的综合能力

建设单位须严格落实本报告提出的规章制度、环保措施，具备辐射安全管理的综合能力。

九、环境影响评价报告信息公开

在本项目环境影响报告表送审前，建设单位在环境影响评价信息公示平台上进行了公示，截至报告送审前，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

十、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本评价认为从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

十一、项目环保竣工验收检查内容

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	设施与器材	数量
实体防护	四周墙体+迷路	1 座
	铅防护门（机房门防夹人装置）	1 套
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	1 个
	控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带
	条件显示联锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制联锁	设备自带
	监控、对讲装置	1 套
	门机联锁、门剂联锁、门灯联锁	1 套

警示装置	入口电离辐射警示标志、工作场所分区及标识	1套
	入口有加速器工作状态显示	1个
	机房内准备出束音响提示	设备 自带
	控制台上蜂鸣器	设备 自带
紧急设施	机房及治疗床有中文标识的紧急开门按钮	7个
	中文标识的紧急开门按钮	1套
	紧急照明或独立通道照明系统	2个
监测设备	便携式辐射监测仪	1个
	机房内固定式剂量报警仪	1个
	个人剂量报警仪	5个
	个人剂量计	5套
防护器材	病人未受照部位防护设施、陪护人员防护设施	1套
其他	通风系统	1套

建议和承诺

- 1、建设单位应加强与周边公众的沟通，做好解释协调工作。
- 2、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 3、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训与考核，证书有效期满前，应组织复训。
- 4、每年要对射线装置使用情况进行年度评估，每年1月31日前将评估结果报送省生态环境厅和当地生态环境部门，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）。
- 5、经常检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。
- 6、医院须重视控制区和监督区的管理。
- 7、现有射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。
- 8、医院在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对相关信息进行修改。
- 9、本次环评仅涉及射线装置及其工作场所，日后如有变化，应另作环境影

响评价。

10、加速器退役时，应对加速器部件的放射性进行一次调查，测定辐射水平，高于豁免值的部件应作为放射性固体废物进行处理。

11、根据原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定：

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

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

（3）本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3个月内完成本项目自主验收。

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

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

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

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

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