

核技术利用建设项目

通江县中医医院直线加速器项目

环境影响报告表

(公示本)

通江县中医医院
二〇二五年四月
生态环境部监制



核技术利用建设项目

通江县中医医院直线加速器项目

环境影响报告表

建设单位名称：通江县中医医院

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：四川省巴中市通江县壁州街道城南路155号

邮政编码：636700

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	11
表3	非密封放射性物质	11
表4	射线装置	11
表5	废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表6	评价依据	14
表7	保护目标与评价标准	16
表8	环境质量和辐射现状	20
表9	项目工程分析与源项	25
表10	辐射安全与防护	33
表11	环境影响分析	43
表12	辐射安全管理	62
表13	结论与建议	69

附图

附图1项目地理位置图

附图2医院总平图及项目外环境关系图

附图3-1地下室负二层平面布置图

附图3-2地下室负一层平面布置图

附图4直线加速器机房布局图

附图5直线加速器机房平剖面图

附图6项目两区划分图

附图7项目人流路径图

附图8项目辐射安全防护设施图

附图9-1项目排风系统图

附图9-2项目新风系统图

附件

附件1环评委托书

附件2事业单位法人证书

附件3原辐射安全许可证

附件4规划许可证

附件5本底辐射水平检测报告

附件6个人剂量监测情况说明

附件7工作场所监测情况说明

附件8辐射安全防护考核情况

附件9辐射安全管理领导小组调整文件

附件10无辐射污染事故情况说明

附件 11 医院确认文件

表1 项目基本情况

建设项目名称		通江县中医医院直线加速器项目			
建设单位		通江县中医医院			
法人代表	***	联系人	***	联系电话	189****
注册地址		通江县壁州街道城南路155号			
项目建设地点		四川省巴中市通江县壁州街道城南路155号通江县中医医院特需门诊负二层			
立项审批部门		—		批准文号	—
建设项目总投资（万元）		1985	项目环保投资（万元）	151.8	投资比例 7.65%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积m ² 448
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备PET用放射性药物		
		☐ 销售	/		
	射线装置	☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
		☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
	其他	☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
		无			

项目概述

一、医院概况及项目由来

通江县中医医院始建于1984年，系“二级甲等”中医医院，是全县中医药医、教、研的中心。医院设病床560张，一级诊疗科目24个，二级诊疗科目76个，设置21个门诊科室，7个住院病区，5个辅检科室；安装了层流洁净手术室、中心吸引、中心供氧和高压氧舱；先后购置了GE公司生产的16排螺旋CT，彩超、超声聚焦刀、DR摄片机、腹腔镜、电子胃镜、800测速全自动生化分析仪、多功能麻醉机等大中型医疗设备和一批中医诊疗设备；能开展股骨头置换术、腹腔镜、白内障超声乳化、血管造影、三维成像等新技术；能实施关节置换术、腹腔镜、脊柱和小切口胆囊切除术等大中型手术。

通江县中医医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（证书编号川环辐证〔00618〕，有效期至2028年9月20日），许可种类和范围为使用II类、III类射线装置。

随着医疗服务对象的扩大及人民群众对医疗服务质量要求的提高，为提高医院的服务

范围，达到预期诊疗水平，医院拟利用原特需门诊（-2F/2F，已建）地下室负二层的停车场建设直线加速器机房及配套设施，在直线加速器机房新增1台6MV直线加速器，属II类射线装置。直线加速器依托的模拟定位CT机为III类射线装置，另行登记环评。

（一）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》的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行），本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表。因此，通江县中医医院委托四川鸿环环保科技有限公司编制本项目的的环境影响报告表（委托书见附件1）。

四川鸿环环保科技有限公司接受本项目编制工作的委托后，在进行现场踏、实地调查了解项目所在地周围环境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，对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。

（二）本项目建设内容

1、工程概况

项目名称：通江县中医医院直线加速器项目

建设单位：通江县中医医院

建设性质：新建

建设地点：四川省巴中市通江县壁州街道城南路155号通江县中医医院特需门诊负二层

2、工程建设内容及规模

医院拟利用原特需门诊（-2F/2F，已建）地下室负二层的停车场建设直线加速器机房及配套设施。

本次新增1台医用电子直线加速器，型号VenusX，属于II类射线装置，其主要参数为：X射线最大能量为6MV，X射线等中心处最大剂量率为10Gy/min，电子线最大能量为6MeV，电子线等中心处最大剂量率为6Gy/min，属II类射线装置。主束方向为东北侧、西

南侧、顶部和地面，出束角为30°，用于肿瘤治疗。本项目直线加速器的临床治疗出束时间为50周，每周5天，每天治疗30人次，年治疗7500人次，每人治疗5野次，每野次平均治疗剂量为2Gy，加速器每年工作负荷为 7.5×10^4 Gy，每人日出束治疗平均时间为3min（不含摆位时间），加速器日出束时间1.5h，年治疗出束时间为375h。物理师年质控时间约为治疗出束时间的1/10，质控出束时间为37.5h，加速器年总出束时间为412.5h。本项目拟购直线加速器配置有诊断锥体束CT（CBCT），实现了影像学指导的放疗，同时具备适形调强放射治疗（IMRT）和容积旋转调强放射治疗（VMAT）、图像引导下的调强放疗（IGRT）、三维适形放疗（3DRT）功能和FFF束流模式。CBCT最大管电压150kV，管电流1000mA，平均每野次扫描时间为20s，年出束时间为208.33h。

直线加速器机房占地面积154.44m²（L×B=13.2m×11.7m），有效室内面积均为49.68m²（不含迷路），机房净空尺寸为长7.2m×宽6.9m×高3m；加速器机房四周墙体、迷路为密度2.35g/cm³的混凝土结构，加速器机房顶部为密度3.2g/cm³的硫酸钡混凝土结构，机房整体连续浇筑；其主射方向为东北侧、西南侧、顶部及地面；东北侧、西南侧主屏蔽墙体为2.4m厚混凝土（宽4m），相连次屏蔽部分为1.4m厚混凝土；顶部主屏蔽区为1.8m硫酸钡混凝土（宽3.5m），相连次屏蔽部分为1.3m厚硫酸钡混凝土；迷路位于机房西北侧，迷路内墙为1.2m厚混凝土，迷路外墙、东南侧墙体为1.4m厚混凝土；防护门为12mmPb电动钢板夹芯平移防护门。

本项目直线加速器机房控制电缆均布设于电缆沟内，电缆沟布设采用“U”型管道。通排风管道穿墙处位于机房迷路防护门上方墙体(非主射区域)，通排风管道和冷凝水管采用非直通布线，同时采用铅板包管的屏蔽补偿措施，不会破坏墙体的屏蔽效果。为避免施工缝隙和气泡产生，机房施工方式为连续整体浇筑。同时，为减少接缝处射线的泄漏，要求防护门两侧铅板搭接宽度大于门缝宽度10倍以上，门的地面与地面之间的重叠宽度大于门缝宽度10倍以上。

建设项目组成及主要的环境问题见表1-2。

表1-2 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题		备注
主体工程	设备、数量	6MV医用直线加速器1台	噪声、扬尘、施工	新建
	管理类别	II类射线		
	使用场所	特需门诊负二层直线加速器机房		
	年曝光时间	治疗出束时间375h，物理师质控出束时间为		
			噪声、X射线、电子线、臭氧、氮氧化物	

	37.5h，年总出束时间为412.5h。	废水、生活污水、固体废物		
射线束及能量	X射线最大能量为6MV 电子束最大能量为6MeV			
等中心处剂量率	X射线最大剂量率：10Gy/min 电子线最大剂量率：6Gy/min			
主射方向	东北侧、西南侧、顶部及地面，出束角为30°			
CBCT	最大管电压150kV、最大管电流1000mA，年出束时间为208.33h。			
辅助工程	设备间、控制室		生活垃圾、生活污水	
公用工程	市政水网、市政电网、配电系统		—	依托
办公生活设施	治疗规划室、办公室，位于直线加速器机房的西北侧		生活垃圾、生活污水	新建
环保工程	项目产生的废水依托医院的污水管道和污水处理站，办公、生活垃圾经统一收集后由环卫部门定期清运		废水、固体废物	依托
	直线加速器机房内拟采用专用风机排风，臭氧、氮氧化物通过机房迷路防护门上方墙体管道排出后通过专用排风管道引至楼顶排放。		废气	新建

（三）本项目能耗情况

本项目主要能耗情况见表1-2。

表1-2 主要能耗情况表

类别	名称	年耗量	来源
能源	自来水	800m ³	外购
	电	12000kW·h	市政电网

（四）工作人员配置情况

劳动定员：本项目新增4名辐射工作人员，包括医生1人，技师1人，物理师1人，护士1人。

工作制度：本项目辐射工作人员每年工作250天，每周工作5天。

（五）依托环保设施情况

依托环保设施：本项目产生的生活污水和生活垃圾依托院区污水处理设施和生活垃圾收集设施处理。

施工期废水经沉淀后循环使用；运营期生活污水依托医院现有污水处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准后，通过污水管网排入通江县城城市生活污水处理厂处理达标后排放。

院区设有垃圾房，产生的生活垃圾集中暂存，由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾填埋厂处置。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录(2024年本)》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第7号）的相关规定，本项目使用直线加速器为医院医疗基础建设内容，属该指导目录中鼓励类第三十七项“卫生健康”中第1条“医疗卫生服务设施建设”，符合国家产业政策。本项目的运营可为通江县及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。

三、本项目外环境关系及选址合理性分析

通江县中医医院位于巴中市通江县壁州街道城南路155号，本项目在特需门诊负二层东南侧新建直线加速器机房，特需门诊位于医院的西北侧，东侧为住院综合楼、医技大楼，东南侧为消防控制室，东北侧为医养中心。

地下二层直线加速器机房东北侧0~50m主要为停车场、合用前室、风井、电井、消防水泵房、污水池；北侧0~38m主要为停车场、管理用房、排烟机房，38~50m为地下土层；西北侧0~41m为设备间、控制室、CT室、排烟机房、排烟机房、抢救室、办公室、治疗规划室、磨具暂存间、磨具制作室、更衣室、卫生间、信息机房、送风机房、配电间，41~50m为地下土层，东南侧0~3m为停车场，3~50m为地下土层；西南侧0~50m为地下土层。直线加速器机房上方为预留房间、送风机房。

直线加速器机房地地上东北侧0~18m为绿化、内部道路，18~34m为住院部，34~48m为绿化、内部道路，48~50m为医养中心；东南侧0~18m为绿化、内部道路，18~50m为综合楼；西南侧0~5m为绿化、内部道路，5~21m为绿化带及城南路，21m~50m为丽锦花园、通江县人民检察院；西北侧0~14m为绿化、内部道路，14~35m为特需门诊，35~44m为绿化、内部道路，44~49m为外部道路，49~50m为金澜半岛、金太阳幼儿园。

医院平面布局及外环境关系图见附图2。

本项目所在通江县中医医院已取得建设用地规划许可证（地字第511921202009020），见附件，用地性质为医疗卫生用地。本项目在选址时充分考虑了项目对周围环境的影响，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内，直线加速器辐射工作场所位于负二层的一端，避开了人流量较大的门诊区域，东北侧、北侧紧邻停车场；西北侧紧邻设备间、控制室，西南侧为地下土层，东南侧紧邻停车场。直线加速器机房上方为预留房间、送风机房，周围没有儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，也无流动性大的商业活动区域，术中放射治疗和辅助工作用房为相对独立的区域，控制台与治疗设

备分离，采取隔室操作，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中“5.1选址与布局”的要求。

通江县中医医院所在区域为城市建成区，周围基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力、电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件，本项目仅为配套建设项目，不新增用地，项目用地性质属于医疗卫生用地，且拟建的各辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值要求，并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。因此，本项目从辐射防护安全和环境保护角度分析，本项目选址是合理的。

四、实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病(特别是恶性肿瘤)的诊断和治疗能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断和治疗效果，是其它诊治项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断和治疗的方法效果显著、病人诊断中所受的痛苦较小，方法的优势明显，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在诊断或治疗过程中射线装置的使用可能会造成如下辐射影响问题：

- (1)给周围环境造成一定的辐射影响。
- (2)给医务人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响。
- (3)射线装置使用及管理的失误会造成一定的辐射事故。

建设单位在放射性诊断和治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并建立相应的规章制度和辐射事故应急预案。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给医务人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用的实践具有正当性。

五、原有核技术利用情况

(一) 医院原有项目许可情况

通江县中医医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（证书编号川环辐证〔00618〕，有效期至2028年9月20日），许可种类和范围为使用II类、III类射线装置。

表 1-3 医院已获许可使用的医用射线装置

序号	装置名称	规格型号	类别	电压kV	电流mA	工作场所	备注
1	医用DR	DRX-NOVA	III	150	400	体检中心DR检查室	已上证，在用
2	C臂	CiosAlpha	III			肿瘤科介入手术室	已上证，停用
3	移动式C形臂	Brivo OEC715	III	70	80	第一住院大楼9楼手术室	已上证，在用
4	CT机	Bright Speed Elite	III	150	110	门诊楼一楼放射科CT室	已上证，在用
5	DR	Essenta DR Compact	III	150	650	门诊楼一楼放射科DR室（三）	已上证，在用
6	数字减影血管造影机	ALLura Centron	II	125	1250	心脑血管科介入手术室	已上证，在用
7	X射线计算机体层摄影设备	Incisive CT型	III	120	450	门诊楼一楼放射科CT室（二）	已上证，在用
8	数字化透视摄影X射线系统	DTP 577	III	150	650	门诊楼一楼放射科DR室（二）	已上证，在用

由上表可知，医院共有射线装置 8 台，在用设备为 7 台，1 台 II 类射线装置，6 台 III 类射线装置。

（二）辐射环境年度监测

医院委托四川泰安生科技咨询有限公司开展了辐射工作场所的辐射环境监测，根据监测报告川泰（辐）检[2024]第817号报告，DR室（二）屏蔽体外周围剂量当量率为0.04~0.78 μ Sv/h，DR室（三）屏蔽体外周围剂量当量率为0.05~0.26 μ Sv/h，CT室（二）屏蔽体外周围剂量当量率为0.06~0.15 μ Sv/h，CT室屏蔽体外周围剂量当量率为0.06~0.12 μ Sv/h，DR检查室屏蔽体外周围剂量当量率为0.05~16.83 μ Sv/h，手术室屏蔽体外周围剂量当量率为0.06~1.29 μ Sv/h，心脑血管科介入手术室屏蔽体外周围剂量当量率为0.07~0.13 μ Sv/h，各射线装置屏蔽体外周围剂量当量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）6.3.1中X射线设备机房屏蔽体外剂量水平要求。医院各射线装置工作场所电离辐射符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业照射有效剂量20mSv/a的限值和公众照射有效剂量1mSv/a的限值；同时也符合职业人员5mSv/a的年有效剂量管理约束值和公众人员0.1mSv/a的年有效剂量管理约束值。

同时医院配备有便携式辐射剂量监测仪，不定期对辐射工作场所进行监测。

（三）个人剂量

医院委托成都华亚科技有限公司进行了个人剂量监测，根据医院提供的检测报告，

2023年第4季度个人剂量检测值为<MDL~1.0511mSv，2024第1季度个人剂量检测值为<MDL~1.1869mSv，2024年第2季度个人剂量检测值为<MDL~1.0803mSv，2024年第3季度个人剂量检测值在<MDL~1.0348mSv，年最大个人剂量为4.3531mSv，未发现单季度个人有效剂量超过季度限值1.25mSv，年剂量超过5mSv的情况，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业照射有效剂量20mSv/a的限值和公众照射有效剂量1mSv/a的限值；同时也符合职业人员5mSv/a的年有效剂量管理约束值和公众人员0.1mSv/a的年有效剂量管理约束值要求。

（四）辐射工作人员学习考核情况

医院应严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院现有辐射工作人员40人，均进行了核技术利用辐射安全与防护学习，其中9人取得了四川省生态环境厅出具的合格证书，其余31人经医院自主考核合格。

医院应严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训考核合格文件和自主考核成绩记录有效期均为五年。

（五）年度评估报告

医院在全国核技术利用辐射安全申报系统（rr.mee.gov.cn）中提交了“2024年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，医院对2024年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了评估说明，包括医院基本信息、辐射安全许可证符合性检查及变更情况、本年度放射性同位素与射线装置使用台账及变更情况、辐射防护设施设备及废物处置、辐射安全与防护制度的修订和落实情况、辐射工作人员和个人剂量情况、辐射工作人员培训情况、场所辐射环境监测及监测数据、辐射事故及应急响应情况、辐射安全隐患及整改情况等。

（六）是否发生过辐射安全事故

由医院反馈得知，医院自取得辐射安全许可证以来，未发生过辐射安全事故，并出具了无事故情况说明，见附件。

（七）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，在落实辐射事故应急预案与安全规章制度后，可满足防护实际需要。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。医院应根据本项目建设完成后对内容进行补充完善，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际情况及时对各项规章制度补充修改。

六、环境影响评价报告信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取环境保护主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公众参与公开力度，依据原国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》的规定，结合四川省生态环境厅的要求，建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响报告表前，应依法主动公开建设项目环境影响报告表全本信息。本报告编制完成后，建设单位在通江县中医医院官网上进行了项目全文公示，公示网址：<https://www.tjxzyyy.com/#/newsDetail?id=826>，同时在金澜半岛、金太阳幼儿园、丽锦花园、通江县人民检察院进行了张贴公示，公示期间未收到任何反馈。

您好，欢迎访问通江县中医医院

今天是 2025年3月20日 星期四



通江县中医医院

TONGJIANG TRADITIONAL CHINESE MEDICINE HOSPITAL

国家三级乙等中医医院

首页

医院概况

新闻中心

党群工作

科室导航

专家介绍

就医指南

护理园地

关于通江县中医医院直线加速器项目环境影响评价的公示

发布于：2025年3月17日 浏览量：49

通江县中医医院委托四川鸿环环保科技有限公司承担通江县中医医院直线加速器项目的环境影响评价工作。根据相关法律法规要求，建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响报告书(表)前，应依法主动公开建设项目环境影响报告书(表)信息，因此本单位现将报告表进行公示，以接受公众的监督。公示内容如下：

一、项目名称及概要

项目名称：通江县中医医院直线加速器项目

建设单位：通江县中医医院

建设性质：新建

建设地点：四川省巴中市通江县璧州街道城南路155号通江县中医医院特需门诊负二层

建设内容：医院拟利用原特需门诊（-2F/2F，已建）地下室负二层的停车场建设直线加速器机房及配套设施。本次新增1台医用电子直线加速器，型号VenusX，属于II类射线装置，其主要参数为：X射线最大能量为6MV，X射线等中心处最大剂量率为10Gy/min，电子线最大能量为6MeV，电子线等中心处最大剂量率为6Gy/min，属II类射线装置。主束方向为东北侧、西南侧、顶部和地面，出束角为30°，用于肿瘤治疗。

二、建设单位及联系方式

建设单位名称：通江县中医医院

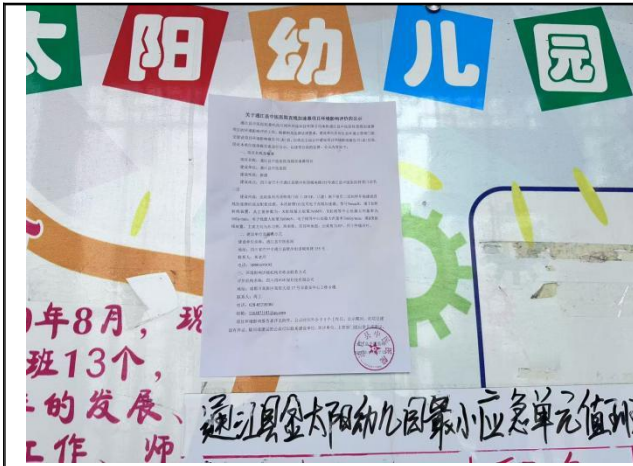
地址：四川省巴中市通江县璧州街道城南路155号

联系人：米老师

电话：18981659195

三、环境影响评价机构名称及联系方式

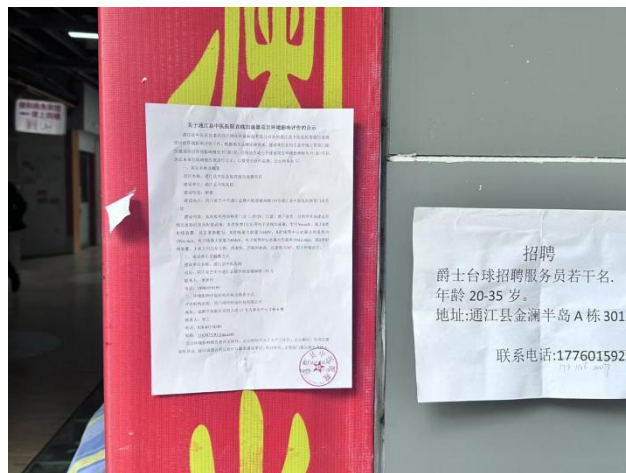
评价机构名称：四川鸿环环保科技有限公司



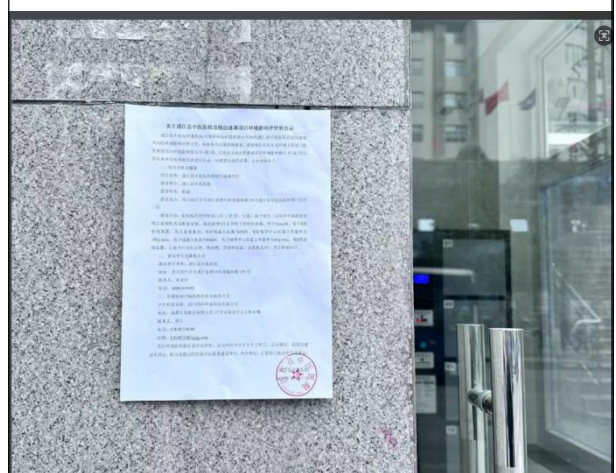
金太阳幼儿园张贴公示



丽锦花园张贴公示



金澜半岛张贴公示



通江县人民检察院张贴公示

表2 放射源

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

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

表3 非密封放射性物质

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

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

表4 射线装置

（一）加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA)/剂量 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用电子直线加速器	II类	1台	VenusX	电子	X射线：6MV 电子线：6MeV	X射线等中心处最大剂量： 10Gy/min 电子线等中心处最大剂量率为 6Gy/min	肿瘤治疗	特需门诊负二层直线加速器机房	本次新增

(二) X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	直接排向大气环境
加速器废靶件	固态	/	/	/	/	/	不暂存	由有资单位回收处置

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

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

表6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日修订； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日实施； (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年4月29日修订； (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日实施； (6) 《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）； (7) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016年6月1日起实施； (8) 《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，2019年3月修订； (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部第18号令，2011年5月起实施； (10) 《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； (11) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部公告、国家卫生计生委2017年第66号）； (12) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发[2015]162号，2015年12月实施； (13) 《关于建设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； (14) 《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； (15) 《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。
------	---

技术标准	(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); (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021); (4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021); (5) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021); (6) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011); (7) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020); (8) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分:一般原则》(GBZ/T201.1-2007); (9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011); (10) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020); (11) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019); (12) 《放射工作人员健康要求》(GBZ98-2017); (13) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017); (14) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》(HJ1326-2023)。
其他	(1) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽,原子能出版社,1987); (2) NCRP151号报告; (3) 医院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料; (4) 生态环境部(国家核安全局)《核技术利用监督检查技术程序》(2020年发布版); (5) 《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); (6) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4号); (7) 环评委托书。

表7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《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），射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围。确定本项目辐射环境影响评价范围为直线加速器机房实体屏蔽体边界外50m以内范围。

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	保护目标	相对方位	距机房/辐射源的最近距离(m)		人流（人次/天）	照射类型	剂量约束值（mSv/年）
			水平距离	辐射源垂直距离			
医院内部	控制室	西北	8.5	0	3	职业照射	5.0
	设备间	西	9.2	0	1	职业照射	5.0
	走廊	北	9.2	0	50	公众照射	0.1
	预留房间、送风机房	正上方	0	+4.95	1	公众照射	
	停车场、合用前室、风井、电井、消防水泵房、污水池	东北	0~50	0	20人	公众照射	0.1
	停车场、管理用房、排烟机房	北	0~38	0	50人	公众照射	0.1
	设备间、控制室、CT室、排烟机房、排烟机房、抢救室、办公室、治疗规划室、磨具暂存间、磨具制作室、更衣室、卫生间、信息机房、送风机房、配电间	西北	0~41	0	30人	公众照射	0.1
	停车场	东南侧	0~3	0	10人	公众照射	0.1
	绿化、内部道路	东北侧	0~18	+8.85	流动人员50	公众照射	0.1
	住院部	东北侧	18~34	+8.85	800人	公众照射	0.1
	绿化、内部道路	东北侧	34~48	+8.85	流动人员50	公众照射	0.1
	医养中心	东北侧	48~50	+8.85	20人	公众照射	0.1
	绿化、内部道路	东南侧	0~18	+8.85	流动人员50	公众照射	0.1
	综合楼	东南侧	18~50	+8.85	1000人	公众照射	0.1
	绿化、内部道路	西南侧	0~5	+8.85	流动人	公众照射	0.1

					员20		
	绿化、内部道路	西北侧	0~14	+8.85	流动人员50	公众照射	0.1
	特需门诊	西北侧	14~35	+8.85	200人	公众照射	0.1
	绿化、内部道路	西北侧	35~44	+8.85	流动人员20	公众照射	0.1
	评价范围内的其他人员	周围	0~50	+8.85	50人	公众照射	0.1
医院外部	绿化带及城南路	西南侧	5~21	+8.85	流动人员500	公众照射	0.1
	丽锦花园	西南侧	21~50	+8.85	300人	公众照射	0.1
	通江县人民检察院	西南侧	21~50	+8.85	80人	公众照射	0.1
	金太阳幼儿园、金澜半岛	西北侧	49~50	+8.85	100人	公众照射	0.1

评价标准

一、环境质量标准

- (1) 大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。
- (2) 地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准。
- (3) 声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准。

二、污染物排放标准

(1) 废气：施工期大气执行《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB51/2682-2020），运营期室内臭氧和氮氧化物浓度执行《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/XG1-2022），臭氧的最大容许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ，氮氧化物的时间加权容许浓度为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，短时间接触容许浓度为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(2) 废水：《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中的预处理排放标准。

(3) 噪声：①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准。

(4) 固废：①一般固体废物执行《四川省固体废物污染环境防治条例》；②医疗废物执行《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB39707-2020）。

三、辐射防护标准

1、个人剂量约束值

①职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）B1.1.1.1的规定，对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均） 20mSv ；任何一年中有效剂量 50mSv 。结合医院原有核技术利用项目，医院评价取上述标准中规定的职业

照射年有效剂量限值的1/4（即5mSv/a）作为职业人员年剂量约束值。

②**公众照射**：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第B1.2.1条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量1mSv。按上述标准中规定的公众照射年有效剂量的1/10执行，即0.1mSv/a，作为医院公众照射年有效剂量约束值。

③《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)

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

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

2、控制剂量率水平

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

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

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 $\dot{H}_{C,a}$ (μ Sv/h)：

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

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

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 $H_{C,max}$ (μ Sv/h)：

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

人员居留因子 $T < 1/2$ 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 μ 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)。

加速器工作场所应符合《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、《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治疗室》(GBZ/T201.2-2011)4.2章节中剂量控制要求和《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)6.3中屏蔽要求。保守考虑, 本次评价各关注点(除迷路内墙 $\dot{H}_{c,max}$ 取 $0.5\mu\text{Sv/h}$)的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ 均取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

四、废气污染物

室内臭氧和氮氧化物浓度限值执行《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/XG1-2022), 臭氧的最大容许浓度 0.3mg/m^3 , 氮氧化物的时间加权容许浓度为 5mg/m^3 , 短时间接触容许浓度为 10mg/m^3 。

臭氧和氮氧化物的环境空气质量浓度限值执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中的二级浓度限值, 臭氧的小时平均浓度 0.2mg/m^3 , NO_x 的小时平均浓度 0.25mg/m^3 。

表8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

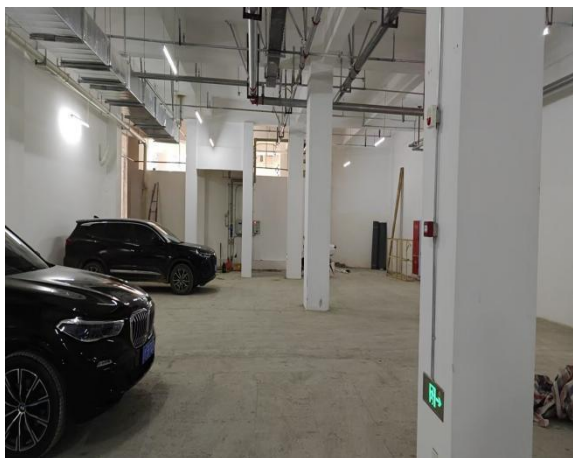
一、项目地理和场所位置

通江县中医医院位于巴中市通江县壁州街道城南路155号，本项目利用特需门诊负二层停车场东南侧新建直线加速器机房，特需门诊位于医院的西北侧，东侧为住院综合楼、医技大楼，东南侧为消防控制室，东北侧为医养中心。

地下二层直线加速器机房东北侧0~50m主要为停车场、合用前室、风井、电井、消防水泵房、污水池；北侧0~38m主要为停车场、管理用房、排烟机房，38~50m为地下土层；西北侧0~41m为设备间、控制室、CT室、排烟机房、排烟机房、抢救室、办公室、治疗规划室、磨具暂存间、磨具制作室、更衣室、卫生间、信息机房、送风机房、配电间，41~50m为地下土层，东南侧0~3m为停车场，3~50m为地下土层；西南侧0~50m为地下土层。直线加速器机房上方为预留房间、送风机房。

直线加速器机房地地上东北侧0~18m为绿化、内部道路，18~34m为住院部，34~48m为绿化、内部道路，48~50m为医养中心；东南侧0~18m为绿化、内部道路，18~50m为综合楼；西南侧0~5m为绿化、内部道路，5~21m为绿化带及城南路，21m~50m为丽锦花园、通江县人民检察院；西北侧0~14m为绿化、内部道路，14~35m为特需门诊，35~44m为绿化、内部道路，44~49m为外部道路，49~50m为金澜半岛、金太阳幼儿园。

在接受本项目环境影响评价委托后，我公司技术人员对项目拟建场所周围进行了踏勘，拟建场所周围现状见下图。



拟建加速器机房位置



拟建加速器机房上方



二、本项目主要环境影响

本项目在投入运营后，主要对环境造成影响的是直线加速器运行过程产生的X射线。

三、本项目所在地X-γ辐射空气吸收剂量现状监测

1、检测项目、方法及来源

受四川鸿环环保科技有限公司的委托，四川鸿源环境检测技术咨询有限公司于2025年3月10日对通江县中医医院直线加速器项目拟建场所周围，进行了辐射环境现状布点监测，其监测项目、分析及来源见表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辐射空气吸收剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》	HJ1157-2021
	《辐射环境监测技术规范》	HJ61-2021

2、监测点位

本次选择在拟建直线加速器机房四周、楼上区域及四周敏感点进行监测，监测点位涉及室内、室外以及道路，主要监测因子为X-γ辐射空气吸收剂量率，本次共布设12个监测点位，能较好反映项目周围辐射环境现状，其监测点位布置合理。

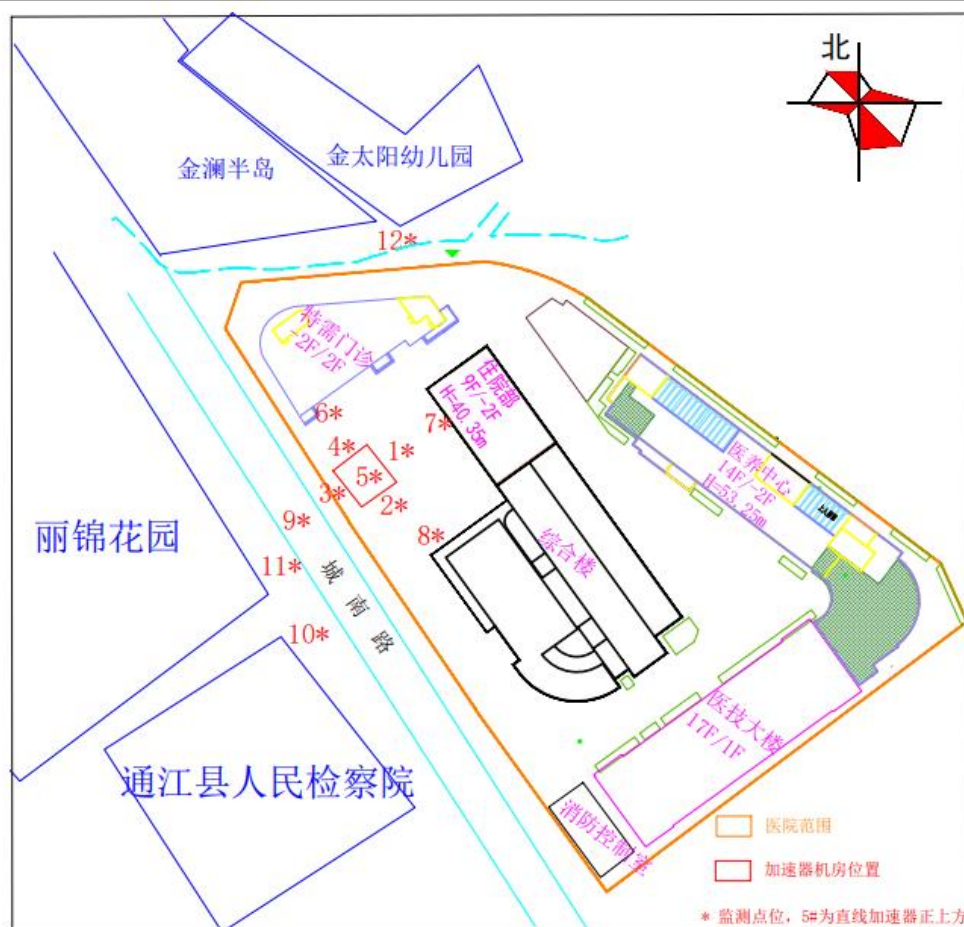


图8-1现状监测点位图

3、监测仪器

监测使用仪器及环境条件见表8-2。

表8-2 监测使用仪器及环境条件表

监测项目	仪器名称	仪器参数	校准证书编号	校准有效期	校准单位
环境 X- γ 辐射剂量率	多功能辐射监测仪（型号：BF9512PG03） （编号：HY681）	1) 检测下限： 10nGy/h 2) 测量范围： 10nGy/h~200 μ Gy/h 3) 校准系数： CF=0.99 4) 相对误差：- 2.1%~1.1% 5) 不确定度：Urel=6.5%， (k=2)	2025H21-20- 5763563002	2025-2-26 至 2026-2- 25	上海市 计量测 试技术 研究院 华东国 家计量 测试中 心
温度湿度	温湿度计 （型号：TES1360A） （编号：HY543） 温度监测部分	1) 测量范围： 10°C~30°C 2) 不确定度： U=0.5°C，(k=2) 3) 测量范围：40%~ 80.0%	第 202408001453 号	2024-8-7 至 2025-8-6	中计计 量检测 有限公 司

		4) 不确定度: U=1.8%, (k=2)			
	数字风速仪 (型号: QDF-6) (编号: HY511)	不确定度: U=1.0%, (k=2)	第 202412000061 号	2024-12-2 至 2025- 12-1	中计计 量检测 有限公 司
监测 环境	日期	天气	温度 (°C)	相对湿度 (%)	风速 (m/s)
	2025.3.10	阴	18	95%	1.4~3.1

四、质量保证

四川鸿源环境检测技术咨询有限公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的检定合格证，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川鸿源环境检测技术咨询有限公司质量管理体系：

（一）计量认证

从事监测的单位，四川鸿源环境检测技术咨询有限公司于2022年7月取得了四川省市场监督管理局颁发的计量认证证书，证书编号为：222303051294，有效期至2028年7月7日。

（二）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

（三）记录与报告

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

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

五、环境现状监测与评价

具体监测结果如下：

表8-3拟建项目周围环境X-γ辐射空气吸收剂量率

编号	监测点位	监测结果 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)	备注
1#	拟建直线加速器机房东北侧	99.0	0.8	室内
2#	拟建直线加速器机房东南侧	98.0	0.8	
3#	拟建直线加速器机房西南侧	101.0	0.4	
4#	拟建直线加速器机房西北侧	102.0	0.8	
5#	直线加速器机房上方	97.0	0.7	
6#	特需门诊	107.9	0.4	室外
7#	住院部	101.0	0.7	
8#	综合楼	96.0	0.7	
9#	城南路	104.0	0.7	道路
10#	通江县人民检察院	99.0	0.6	室外
11#	丽锦花园	100.0	0.5	
12#	金太阳幼儿园	103.0	0.4	

由监测报告得知，项目所在区域环境γ辐射空气吸收剂量率为96.0~107.9nGy/h之间，与四川省生态环境厅发布《2023年四川省生态环境状况公报》中2023年全省辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率分布示意图中全省辐射剂量率范围（≤160nGy）基本一致，属于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、施工期环境影响分析

本项目利用医院内特需门诊负2层停车场进行建设，主要包括新建墙体、装修、管线布置、设备安装等内容。本项目在施工期间，主要环境影响为固体废物、扬尘、噪声、废水、废气。因施工期较短施工量较小，对周围环境影响较小。

施工期工艺流程及产污环节见图9-1。

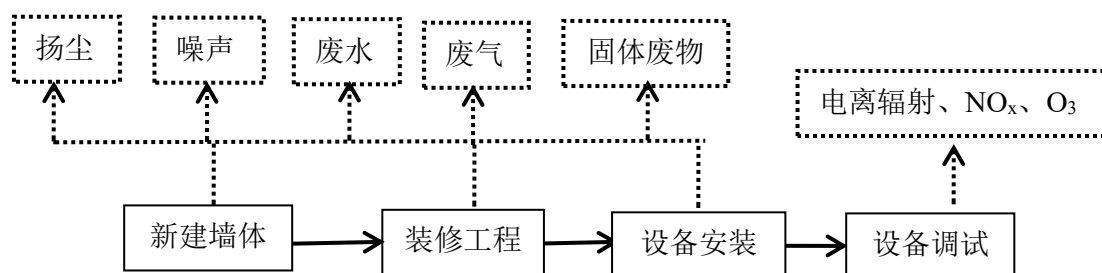


图9-1施工期工艺流程及产物环节图

2、施工期主要污染源处理措施

①固体废物

施工过程中固体废物主要为建筑垃圾、装修垃圾、包装垃圾、施工人员产生的生活垃圾等。建筑垃圾由施工单位经收集后运送至指定的建筑垃圾堆放点暂存；装修期间和设备安装期间的产生的包装垃圾经过分类收集，能回收利用部分回收处理，不能回收部分，作为建筑垃圾进行处理；生活垃圾经统一收集后由环卫部门定期清运。

②废气

施工过程中产生的扬尘，主要是在新建墙体和装修过程中产生的扬尘，属于无组织排放，主要通过封闭施工管理和采取及时洒水等措施来进行控制。

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

③噪声

施工期噪声包括主体施工、装修过程中产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，项目通过合理安排施工时间，建筑隔声选用低噪设备等措施后，施工噪声对周围环

境的影响较小。

④废水

本项目建设施工废水经沉淀后循环使用；生活污水经医院已建的污水处理站处理，施工人员生活污水经预处理后，再通过市政管网进入通江县城市生活污水处理厂进一步处理后达标排放。

3、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目直线加速器的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为X射线、电子线、臭氧、氮氧化物和少量包装废弃物。建设单位应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入设备区域，防止辐射事故发生。

施工过程中要保证屏蔽墙体没有漏缝，混凝土浇筑墙体要连续施工，同时要防止噪声扰民。装修时应注意施工方式，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，墙与墙之间须紧密贴合，防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的10倍，门的地面与地面之间的重叠宽度至少为空隙的10倍。

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

二、运营期污染源项分析

1、设备组成及工作原理

通江县中医医院拟在特需门诊负二层直线加速器机房内新增使用1台直线加速器（X射线最大能量为6MV，电子线能量为6MeV），用于肿瘤的放射治疗，医用电子直线加速器设备参数详见表9-1。

表9-1本项目拟配备的医用电子直线加速器技术参数一览表

型号	VenusX
位置	直线加速器机房
主要技术指标	X射线最大能量（MV）：6 电子线最大能量（MeV）：6
主射线最大出束角	30°
源轴距SAD	0.9m
等中心点至机房地坪的高度	1.315m

等中心处辐射剂量率	X射线最大剂量率：10Gy/min 电子线最大剂量率：6Gy/min
最大照射野大小	40cm×40cm
靶材料	钨合金
机架旋转角度	0-360°
X射线泄漏率	≤0.1%
主射方向	东北侧、西南侧、顶部及地面
CBCTX射线管电压（kV）	150kV
CBCTX射线管电流（mA）	1000mA

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装置。高能电子束本身可以用于治疗浅表肿瘤，也可以使其击中X线靶产生X射线，用于治疗深层肿瘤，其治疗机理是根据肿瘤的不同情况通过模拟定位，采用X射线束（深部治疗）进行照射，使细胞分裂和代谢遭到破坏，杀死或者抑制细胞的繁殖生长，从而达到治疗的目的。

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

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

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

CBCT与诊断CT不同，属于锥形束CT，与直线加速器组合成一体，进行在线位置验证。

电子直线加速器外形示意图9-1，医用电子直线加速器运行原理图见图9-2。

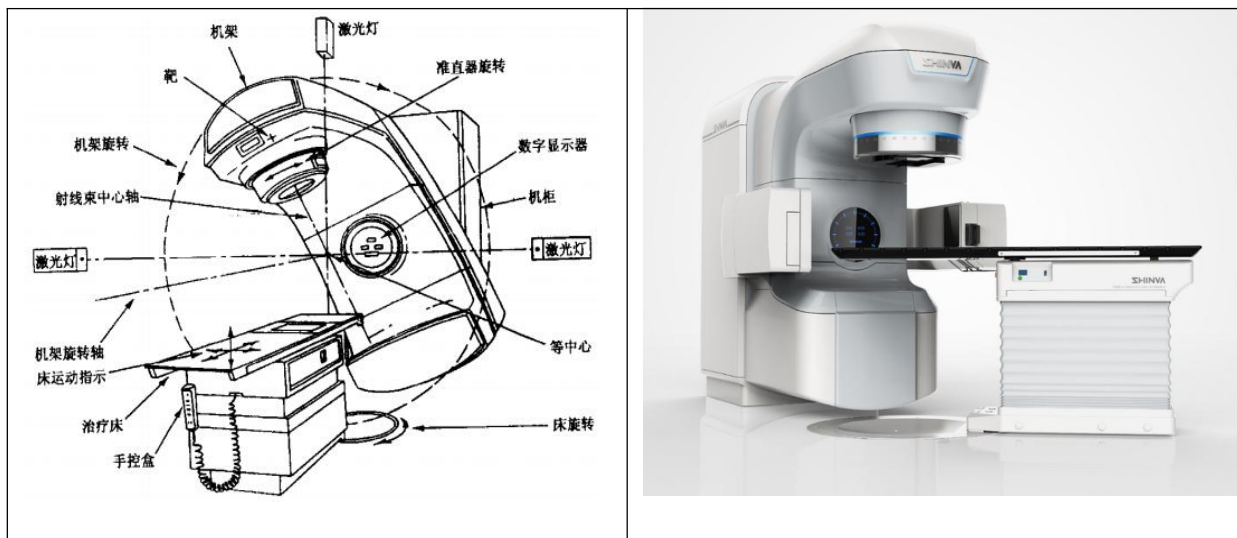


图9-1典型医用电子直线加速器外形示意图

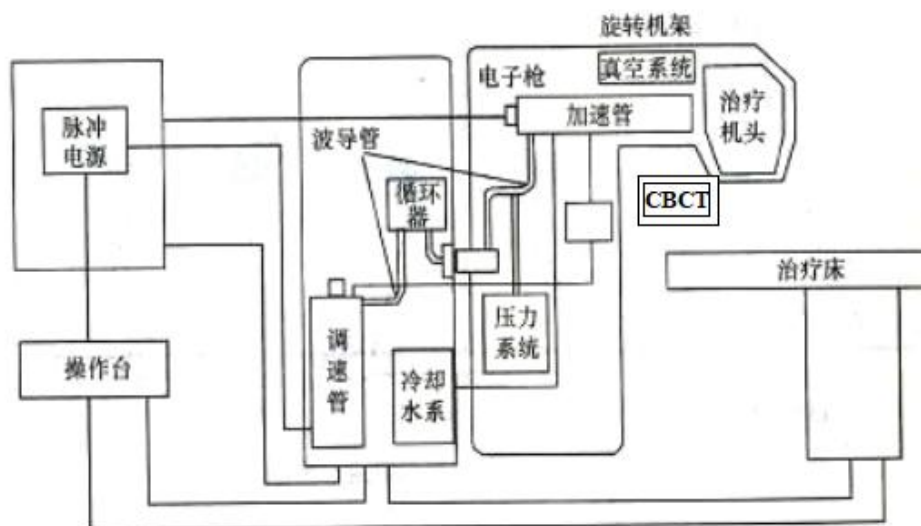


图9-2医用电子直线加速器系统示意图

2、治疗流程简述

(1) 病人进行放射治疗的确诊并向患者告知可能受到辐射危害，职业人员佩戴个人剂量计，携带个人计量报警仪。

(2) 进行定位：先通过CT模拟定位机（依托项目西北侧CT室内的CT模拟定位机）对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位，确定肿瘤具体位置和性状；

(3) 制订治疗计划：将模拟定位影像图像导入计算机治疗计划系统（TPS）后进行

治疗计划设计，临床医生根据模拟定位检查图像勾画靶区，确定需要照射的范围和剂量。由放疗物理师、放疗剂量师和临床医生一起，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）治疗计划制定后，病人在技术人员的协助下，依据计划在治疗床上进行摆位，确定照射位置和面积，每次病人的摆位时间平均约3min，该过程在治疗机房治疗床上完成，关闭屏蔽门并开启安全联锁；

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

（6）治疗完毕，停止出束，打开治疗室防护门，患者离开治疗室。

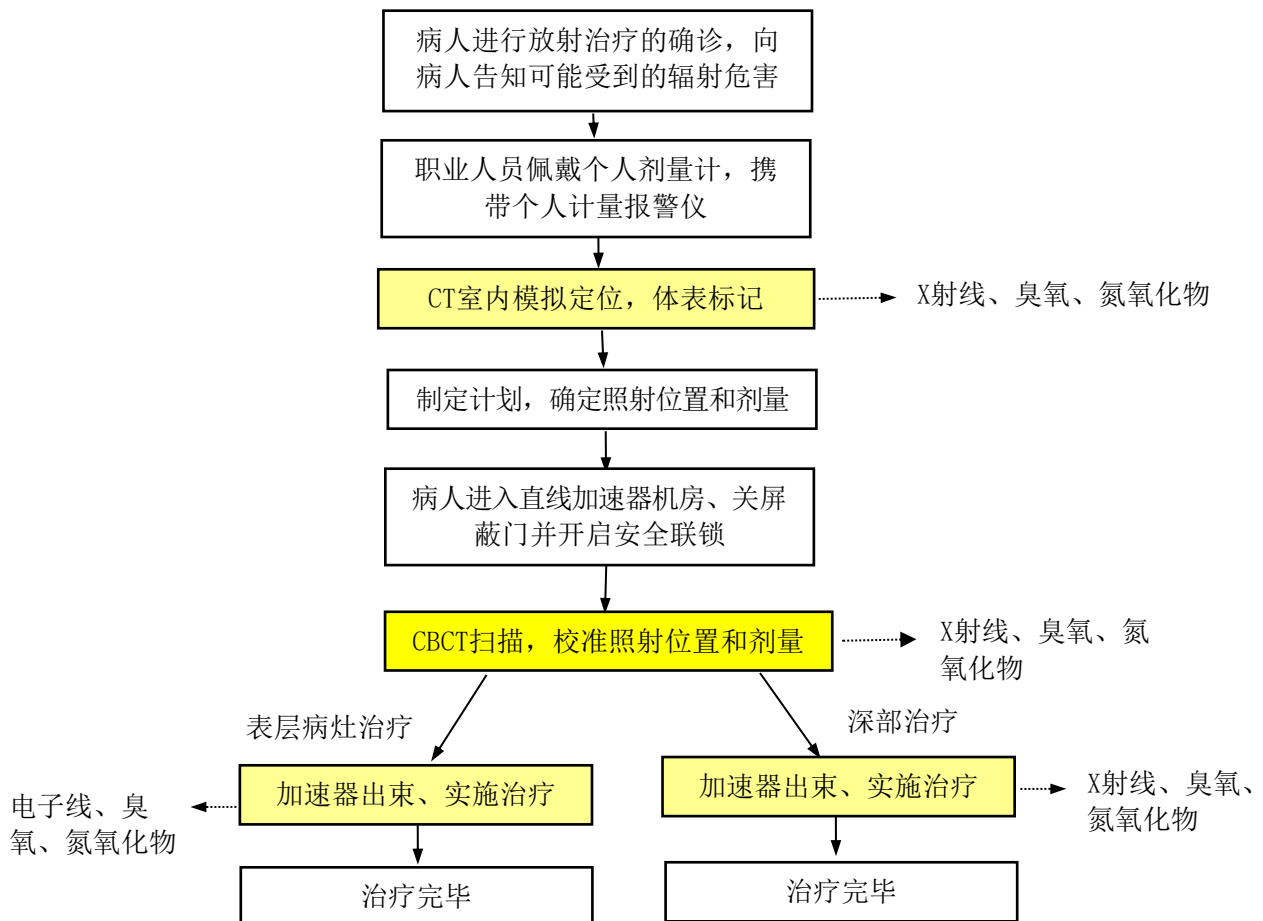


图9-3医用电子直线加速器放疗流程及产污环节示意图

3、产污环节

本项目使用1台医用直线电子加速器，属于Ⅱ类射线装置。医用电子直线加速器在开

展放射治疗时，将产生电子束、X射线、臭氧和氮氧化物。同时采用先进的实时影像验证系统，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。根据病人的需要打印胶片时，胶片打印出来后将由病人带走并自行处理。

4、质控流程

在进行放射治疗前，物理师先进行质控，质控流程为：物理师摆好体模，模拟对病灶部位进行准确定位，确定肿瘤的具体位置和形状，确定放疗靶区，完成治疗计划及验证。根据经验，物理师进行质控操作，质控曝光时间约为放射治疗时间的10%。

年出束时间：根据建设单位提供资料，年治疗7500人次，每人治疗5野次，每野次平均治疗剂量为2Gy，加速器每年工作负荷为 7.5×10^4 Gy，每人次出束治疗平均时间为3min（不含摆位时间），加速器日治疗出束时间1.5h，年治疗出束时间为375h。物理师年质控时间约为治疗出束时间的1/10，年质控出束时间为37.5h，加速器年出束时间为412.5h。CBCT最大管电压150kV，管电流1000mA，平均每野次扫描时间为20s，年出束时间为208.33h。

5、人流路径

本项目医用电子直线加速器机房位于负二层，医用电子直线加速器项目的人流路径规划具体如下：

①工作人员路径：

工作场所的技师由楼梯进入负二层，随后向东北经走廊进入机房控制室，治疗时经防护门进入直线加速器机房内对患者摆位后离开直线加速器机房，进入控制室对病人实施放射治疗，治疗完成后退出控制室。

②患者路径：

患者由楼梯进入负二层，随后向东北经走廊随后向东南进入直线加速器机房内接受放射治疗，治疗完成按照原路径返回。

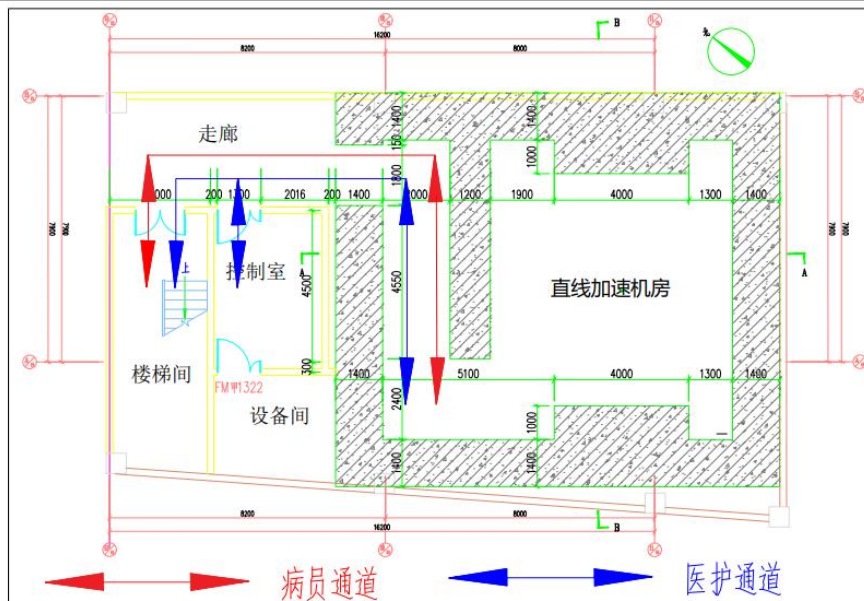


图9-4直线加速器人流路径图

三、主要污染物

(1) 电离辐射

本项目医用电子直线加速器为II类射线装置，在开机状态下主要辐射为X射线、电子线，关机状态不产生X射线、电子线。本项目拟配备的医用电子直线加速器的X射线最大能量为6MV，等中心处最大输出剂量率为10Gy/min。

当医用电子直线加速器按电子束模式运行时，从电子枪里发出来的电子束经加速管加速后直接从加速管引出用于治疗病人。产生的电子属初级辐射，贯穿物质时受物资库仑场的影响，贯穿深度有限。医用电子直线加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于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。因此，在医用电子直线加速器电子束治疗时间时，电子线对周围环境辐射影响小于X射线治疗。因此，本项目医用电子直线加速器开机期间，产生的X射线为主要辐射环境污染因素。本项目拟使用医用电子直线加速器X射线最大能量为6MV，依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)4.3.2.5规定，当加速器X射线 $\leq 10\text{MV}$ 时，中子的影响可忽略，对外环境的影响主要考虑韧致辐射发射的X射线。因此本项目电离辐射防护不需考虑中子和感生放射性防护，故本项目直线加速器开机期间，产生的X射线为主要辐射环境污染因素。

(2) 废气

本项目所使用的医用电子直线加速器在运行过程中产生的有害气体主要是空气中的

氧和氮在辐射作用下电离而生成的臭氧和氮氧化物，臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸，氮氧化物的产生量约为臭氧量的1/3，对环境影响很小，本次主要考虑臭氧。

(3)废水

本项目医用电子直线加速器使用的冷却水均循环使用不外排。项目工作人员产生的生活废水依托医院现有污水处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准后，通过污水管网排入通江县城市生活污水处理厂处理达标后排放。

(4) 固体废物

本项目医用电子直线加速器的金属靶件更换时会有废靶件产生，废靶件交由资质单位进行处理；项目产生的生活垃圾交由环卫部门统一定期清运。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

(5) 噪声

项目运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声的新风机组，噪声值小于65dB(A)，通过设置消声静压箱/消声器，并安装橡胶减震垫，经采取上述措施并通过距离衰减厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

(6) 射线装置报废

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。环评要求：本项目使用的射线装置在进行报废处理时，将该射线装置的高压射线管进行拆卸，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

表10 辐射安全与防护

一、总平布置及两区划分

1、总平面布局合理性分析

本项目在通江县中医医院特需门诊（已建，-2F/2F）负二层设置直线加速器机房，直线加速器机房东北侧、北侧紧邻停车场；西北侧紧邻设备间、控制室，西南侧为地下土层，东南侧紧邻停车场。直线加速器机房上方为预留房间、送风机房。根据平面布置，本项目整个场所较独立，场所布局功能分区明确，与直线加速器机房相关的各类辅助用房紧密布置在直线加速器机房周围，便于病人就诊，减少人流集中流通，便于建设单位统一运行管理。对照《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)布局要求，本项目放疗装置平面布置合理性分析见表10-1。

表10-1放疗装置平面布置对照分析一览表

标准要求	设计落实情况	备注
放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物地面的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	本项目直线加速器机房位于特需门诊（已建，-2F/2F）负二层，位于建筑物地面，同时控制室、机房等配套功能房间根据机房主体结构一同设计和建造，邻近房间无易燃、易爆及易腐蚀等危化暂存间。	满足
放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。	本项目放射治疗工作场所将实行两区管理，直线加速器机房及迷路划分为控制区，邻近的控制室、设备间划为监督区，两区划分具体见表10-2。	满足
治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。	根据辐射环境影响分析本项目放射治疗工作场所主射方向和非主射方向屏蔽层厚度均满足辐射防护要求。	满足
治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	治疗设备控制室已与治疗机房进行了分开独立设置，且配套的设备间设置于治疗机房外。	满足
应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	直线加速器有用线束方向为东北侧、西南侧、顶部和地面，出束角为30°，控制室位于西北侧，已避开被有用线束直接照射。	满足
X射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。	本项目电子直线加速器设置有满足屏蔽要求的迷路。	满足

综上所述，本项目直线加速器机房平面布置满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)要求，其平面布置合

理。

2、辐射工作场所两区划分

(1) 分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

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

监督区：通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

(2) 控制区与监督区的划分

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

本项目两区划分图见图10-1。

表10-2本项目控制区和监督区划分情况

控制区	监督区	备注
直线加速器机房（含迷路）	控制室、设备间	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。 监督区范围内应尽量限制无关人员进入。

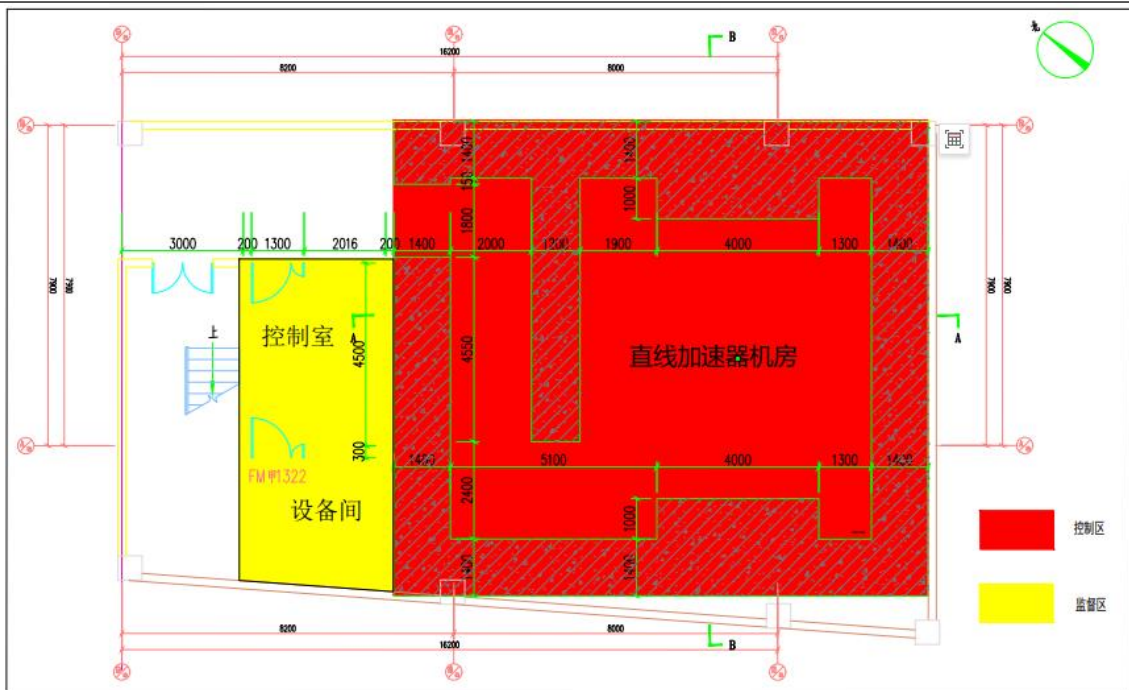


图10-1项目两区划分图

(3) 控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志，见图10-2；

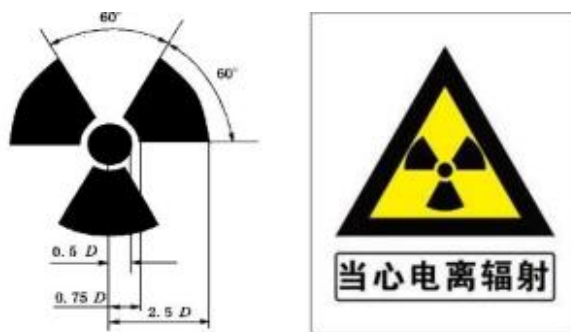


图10-2电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门禁）限制进出控制区；

④定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施。

(4) 监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区为边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

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

二、辐射安全与防护措施

（一）医用电子直线加速器

1、源项控制

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

2、设备固有安全性

①控制台上辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

②条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

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

④有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。

⑤有剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

⑥有全部安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

⑦有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

3、屏蔽防护

加速器机房四周墙体、迷路为密度 2.35g/cm^3 的混凝土结构，加速器机房顶部为密度 3.2g/cm^3 的硫酸钡混凝土结构，机房整体连续浇筑；其主射方向为东北侧、西南侧、顶部及地面；东北侧、西南侧主屏蔽墙体为 2.4m 厚混凝土（宽 4m ），相连次屏蔽部分为 1.4m 厚混凝土；顶部主屏蔽区为 1.8m 硫酸钡混凝土（宽 3.5m ），相连次屏蔽部分为

1.3m厚硫酸钡混凝土；迷路位于机房西北侧，迷路内墙为1.2m厚混凝土，迷路外墙、东南侧墙体1.4m厚混凝土；防护门为12mmPb电动钢板夹芯平移防护门。

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

4、机房穿墙屏蔽设计

本项目直线加速器机房由相应资质单位进行设计和施工，其主射方向朝向西南侧墙体、东北侧墙体、地面及顶部。本项目直线加速器机房控制电缆均布设于电缆沟内，电缆穿墙位于迷道外墙(非主射区域)电缆沟，电缆沟采用“U”型管道；排风管道穿墙处位于机房迷路防护门上方墙体(非主射区域)，排风管道采用“U”型管道；通管道、冷却水管、电气管道位于迷道外墙(非主射区域)，均采用斜45°穿墙方式，同时采用3mmPb铅板包管的屏蔽补偿措施，不会破坏墙体的屏蔽效果。本项目电缆沟设计图见图10-3，通排风管道穿墙示意图详见图10-4。冷却水管示意图详见图10-5。

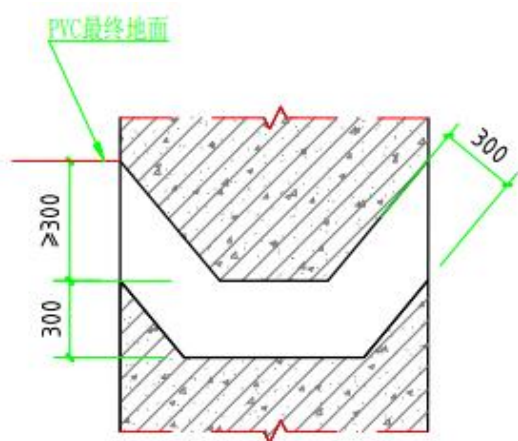


图10-3电缆沟穿墙示意图

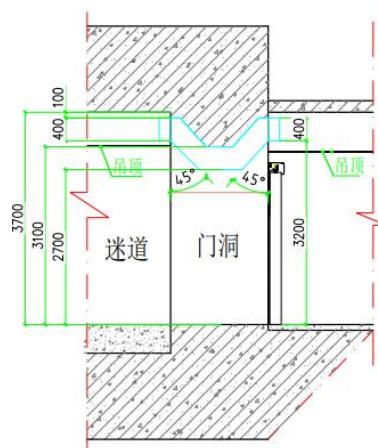


图10-4排风管道穿墙示意图

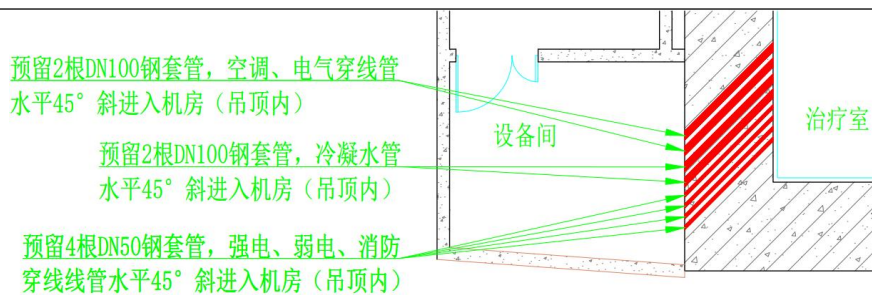


图10-5 墙面空调、冷凝水、医用气体等穿墙套管预留做法

5、安全装置

①操作人员隔室操作：本项目医用电子直线加速器控制室与机房之间以墙体隔开，机房内拟安装视频监控系统、对讲装置，控制室能通过视频监控观察机房内患者治疗的情况，并通过对讲装置与机房内患者联系。

②门机联锁装置：医用电子直线加速器与屏蔽门之间拟设联锁装置。屏蔽门未关好，医用电子直线加速器不能出束；医用电子直线加速器工作期间如将防护门打开，照射立即自动停止。

③门灯联锁：加速器防护门与工作状态指示灯联锁，门关严指示灯亮，防护门打开时指示灯熄灭。

④紧急止动装置和紧急开门按钮：除了医用电子直线加速器治疗床、医用电子直线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、迷路外墙均设置有紧急止动按钮，以使误入人员按动紧急止动按钮就能使加速器停机；迷路出口处设置紧急开门按钮。

⑤工作状态显示及警示标识：医用电子直线加速器机房防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。医用电子直线加速器处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。医用电子直线加速器机房屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志。

⑥固定式剂量报警仪：在医用电子直线加速器机房墙上安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），探头安装在机房迷路内墙上（靠近防护门），只要迷路内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

⑦视频监控：机房内不同位置均安装视频监控装置，实现对机房全覆盖，便于监控曝光前人员误入。

⑧语音播报及双向交流对讲系统：机房内设置语音播报及双向交流对讲系统，

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

⑨钥匙开关：加速器控制台上设电源钥匙开关，只有当加速器一切都处于安全状态，并且钥匙就位后，加速器才能启动工作。一旦钥匙被取走，加速器就无法启动工作。钥匙由专人使用和保管。

⑩个人防护：医用电子直线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自动报警仪。

⑪医用电子直线加速器将由生产厂家进行质保维修，医院设备科人员仅对医用电子直线加速器进行日常维护（如电路、开关、机电等维护）。医用电子直线加速器安全联锁逻辑示意图见图10-6。

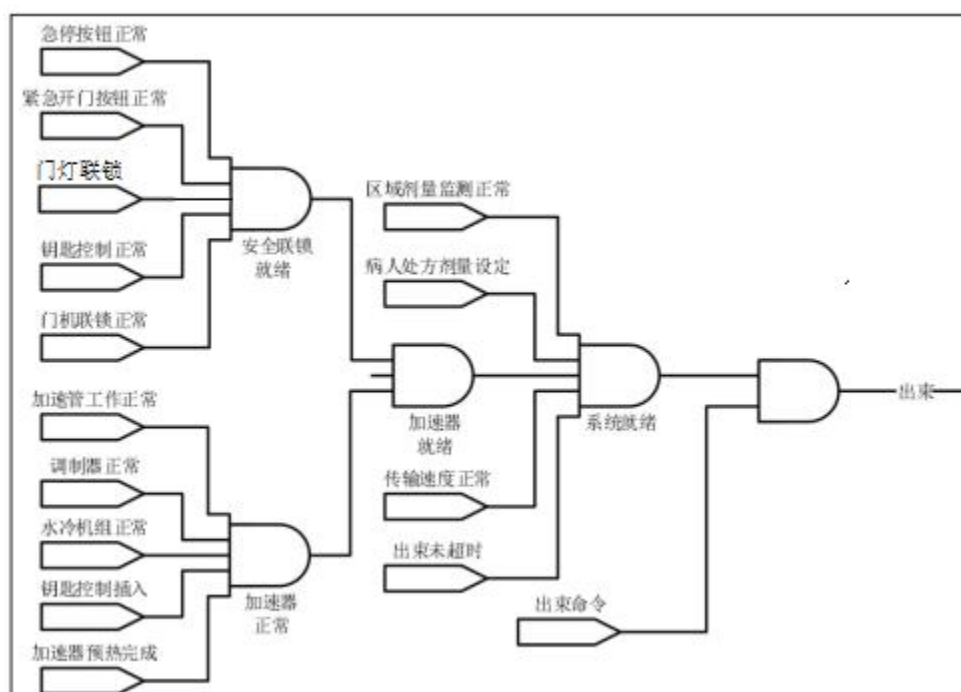


图10-6医用电子直线加速器安全联锁逻辑示意图

6、时间防护及距离防护

在满足治疗要求的前提下，在每次治疗之前，根据治疗要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的剂量值，尽量短的照射时间，减少工作人员和相关公众的受照时间，同时也避免病人受到额外剂量的照射。

职业人员采取隔室操作的方式，控制室与机房之间以屏蔽墙体隔开，通过摄像头和对讲机与病人交流。同时，机房划定控制区和监督区，控制区入口处设置电离辐射

警示标志和工作状态指示灯，工作状态下禁止任何人员进入辐射区域。

三、工作场所辐射安全防护设施

根据生态环境部(国家核安全局)《核技术利用监督检查技术程序》(2020年发布版)和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》(川环函[2016]1400号)对II类医用射线装置的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全措施进行了对照分析，具体情况见表10-5：

表10-5医用辐射安全防护设施对照分析表

项目	规定的措施	设计情况	应增加的措施
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
	控制台有紧急停机按钮	设备自带	/
	视频监控与对讲系统	已设计有	/
	门与加速器高压触发联锁	已设计有	/
	门灯联锁、门机联锁	已设计有	拟配置，3个
警示装置	入口电离辐射警示标识	/	拟配置1个
	入口有加速器工作状态显示	/	拟配置1个
	工作场所分区及标识	/	拟配置1套
治疗室紧急设施	屏蔽门内开门按钮	/	拟在迷路内墙设置1个
	治疗室门防夹人装置	已设计有	/
	紧急照明或独立通道照明系统	已设计有	/
	治疗室内有紧急停机按钮	已设计有	加速器机房墙体及迷路拟增设6个
	治疗床有紧急停机按钮	设备自带	/
监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	/	拟配置1个，探头位于迷路内
	便携式辐射监测仪器仪表	/	拟配置1个
	个人剂量报警仪	/	拟配置1个
	个人剂量计	/	拟配置4个
其他	个人辐射防护用品	/	拟配置4套
	通排风系统，通风系统与加速器联锁	已设计有	/

四、投资估算

本核技术应用项目总投资1985万元，其中环保投资151.8万元，占总投资约7.65%，具体环保设施及投资见下表10-6。

表10-6辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

项目		设施(措施)	数量	金额 (万元)	备注
医用电子	辐射屏蔽	直线加速器屏蔽机房，四周墙体+迷路+顶部	1间	120	

直线加速器	措施	屏蔽			
		防护门	1扇	10	
	安全装置	门-机联锁、门-灯联锁	3个	3	
		视频监控系统	1套	2.5	
		语音播报及对讲装置	1套	2.5	
		紧急开门装置	1个	0.3	
		紧急止动开关（加速器机房墙体及迷路拟增设6个，设备自带1个）	1套	0.3	
		钥匙开关	1套	0.5	
		固定式剂量报警装置	1台	1	
	警示装置	入口电离辐射警示标识	1套	0.1	
		入口有加速器工作状态显示	1套	0.1	
		工作场所分区及标识	1套	0.1	
	个人防护用品	个人剂量计	4套	0.4	
		个人剂量报警仪	1台	0.5	
		X-γ辐射剂量率监测仪	1台	0.5	
	废气	通排风系统	2套	10	
	合计			151.8	

在今后实践中，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

1、废水

本项目医用电子直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。生活污水依托医院现有污水处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准后，通过污水管网排入通江县城市生活污水处理厂处理达标后排放。

2、废气

直线加速器机房：直线加速器机房内拟采用2台专用风机排风，风量分别为1696m³/h和2253m³/h，加速器机房容积为229.98m³，换气次数为17.2次。直线加速器机房排风管道在机房铅门上方墙体采用“U”型穿墙方式，南侧、西侧和东侧各设1个排风口，排风口距地0.3m；新风管道采用斜45°穿墙，机房吊顶层东北侧和西南侧各设1个进风口，采用上进下出全排全送的通风方式。臭氧、氮氧化物通过机房迷路防护门上方墙体管道排出后通过专用排风管道引至楼顶排放，排风口位置附近无门、窗或人流较大的过道等位置。

本项目加速器排口设计、排风量大小及排口位置均符合《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换，换气次数不小于4次/h”与《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中“放射治疗机房应设置强制排风系统，采用全排全送的通风方式，换气次数不小于4次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的通道等位置。”的要求。

3、噪声

项目运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，采用低噪声节能排风机和低噪声的新风机组，其噪声值低于65dB(A)，项目风机通过设置消声静压箱/消声器，并安装橡胶减震垫，经采取上述措施并通过距离衰减厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

4、固体废物

本项目医用电子直线加速器的金属靶件更换时会有废靶件产生，废靶件交由资质单位进行处理；院区内设置有生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中暂存，由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

5、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目使用的医用电子直线加速器在进行报废处理时，应将该射线装置的高压射线管进行拆卸并破碎处理。

表11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目拟利用地下停车场建设直线加速器机房及其配套用房。目前，拟建直线加速器机房及其配套用房未开工建设，建设施工过程中会产生一定的扬尘、噪声、固体废物以及施工人员产生的生活垃圾和生活废水，针对本项目施工期，医院拟采取以下措施：

1、施工期的大气污染防治对策措施

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。

②施工工艺要求：施工场地适时洒水，最大程度地减少粉尘污染。

③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；

④本项目施工位于室内地下区域，设置喷淋降尘设施。

⑤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

①选用低噪声的机械设备和工法，按操作规范操作机械设备，尽量减少碰撞噪声，在施工现场装卸建筑材料的，应当采取减轻噪声的作业方式，对工人进行环保方面的教育。尽量少用哨子、钟、笛等指挥作业。在装卸进程中，禁止野蛮作业。

②本项目施工位于室内地下区域，降低施工噪声影响。

③在施工招投标时，将施工噪声控制列入承包内容，在合同中予以明确，并确保各项控制措施的落实。

④施工单位按照环境噪声污染防治管理法律、法规的规定防止施工噪声污染，噪声排放不得超过国家、省、市建筑施工场界环境噪声排放标准。

⑤现场加工、绑扎钢筋，场内周转建筑材料，场内切割、加工建筑材料，安装、拆除脚手架、模板等工序应尽量安排在白天，并应采取降噪措施，以免对医院内部公众以及患者造成影响。

⑥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、施工期地表水污染防治措施

严格落实水污染防治措施。施工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《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准后，通过污水管网排入通江县城市生活污水处理厂处理达标后排放。

4、施工期固体废物处置及管理

严格落实固体废物防治措施。建筑固废、弃渣、弃土分类利用，不可回收部分及时清运至建筑垃圾填埋场；生活垃圾由环卫部门统一收集处理。

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。

5、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目的直线加速器应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。

在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为X射线、电子线、臭氧和少量包装废弃物。建设单位应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入设备区域，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

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

运行阶段对环境的影响

一、医用电子直线加速器辐射环境影响分析

通江县中医医院拟在特需门诊负二层直线加速器机房内新增1台直线加速器，X射线最大能量为6MV，等中心处输出剂量率最大为10Gy/min，电子线最大能量为6MeV，电子线等中心处最大剂量率为6Gy/min，属II类射线装置。主束方向为东北侧、西南侧、顶部和地面，出束角为30°，用于肿瘤治疗。

本项目直线加速器的临床治疗出束时间为50周，每周5天，每天治疗30人次，年治疗7500人次，每人治疗5野次，每野次平均治疗剂量为2Gy，加速器每年工作负荷为 $7.5 \times 10^4 \text{Gy}$ ，每人日出束治疗平均时间为3min（不含摆位时间），加速器日出束时间1.5h，年治疗出束时间为375h。物理师年质控时间约为治疗出束时间的1/10，质控出束时间为37.5h，加速器年总出束时间为412.5h。

CBCT（锥体束CT）在加速器治疗前通过X射线扫描得到三维影像，对照射位置和剂量进行校准，最大管电压150kV，管电流1000mA。从X射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目直线加速器机房四周墙体为1.4~2.4m混凝土（密度 2.35g/cm^3 ），机房顶部为1.3~1.8m硫酸钡混凝土（密度 3.2g/cm^3 ），远大于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中主射线束 2.5mmPb 的要求，即射线装置在正常运行时可满足“周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求，射线装置工作时对机房外公众和辐射工作人员影响较小，故主要考虑直线加速器的X射线影响。

（一）电子束的辐射环境影响

根据《辐射防护技术与管理》，电子在物质中最大射程可由下式计算：

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

式中：d—最大射程，cm；

ρ —防护材料的密度， g/cm^3 ；

$E_{\beta\max}$ —电子最大能量，MeV；

本项目拟使用的医用电子直线加速器电子线最大能量均为6MeV，代入上述公式可知，能量为6MeV的电子穿过混凝土（ 2.35g/cm^3 ）的最大射程约1.28cm，能量为6MeV的电子穿过硫酸钡混凝土（ 3.2g/cm^3 ）的最大射程约0.94cm。

本项目加速器机房四周墙体混凝土厚为1.4~2.4m（主屏蔽区厚2.4m）、机房顶板硫酸钡混凝土厚1.3~1.8m（主屏蔽区厚1.8m），厚度均远大于电子最大射程。加速器电子线虽然能量相对于X射线较高，但其贯穿能力远弱于X射线。由此可见，项目加速器机房设计厚度和结构材质完全能满足对电子射线的屏蔽，可不再作特殊的防护要求。因此本项目医用电子直线加速器运行期间产生的电子射线不会对周围环境造成影响。

（二）X射线辐射影响

本项目加速器机房的关注点设定及水平方向照射路径示意图，见图11-1，垂直方

向照射路径示意图，见图11-2。由于加速器机房下方无房间，所以地面的防护不予考虑。

本项目直线加速器机房的关注点设定如图11-1及图11-2。

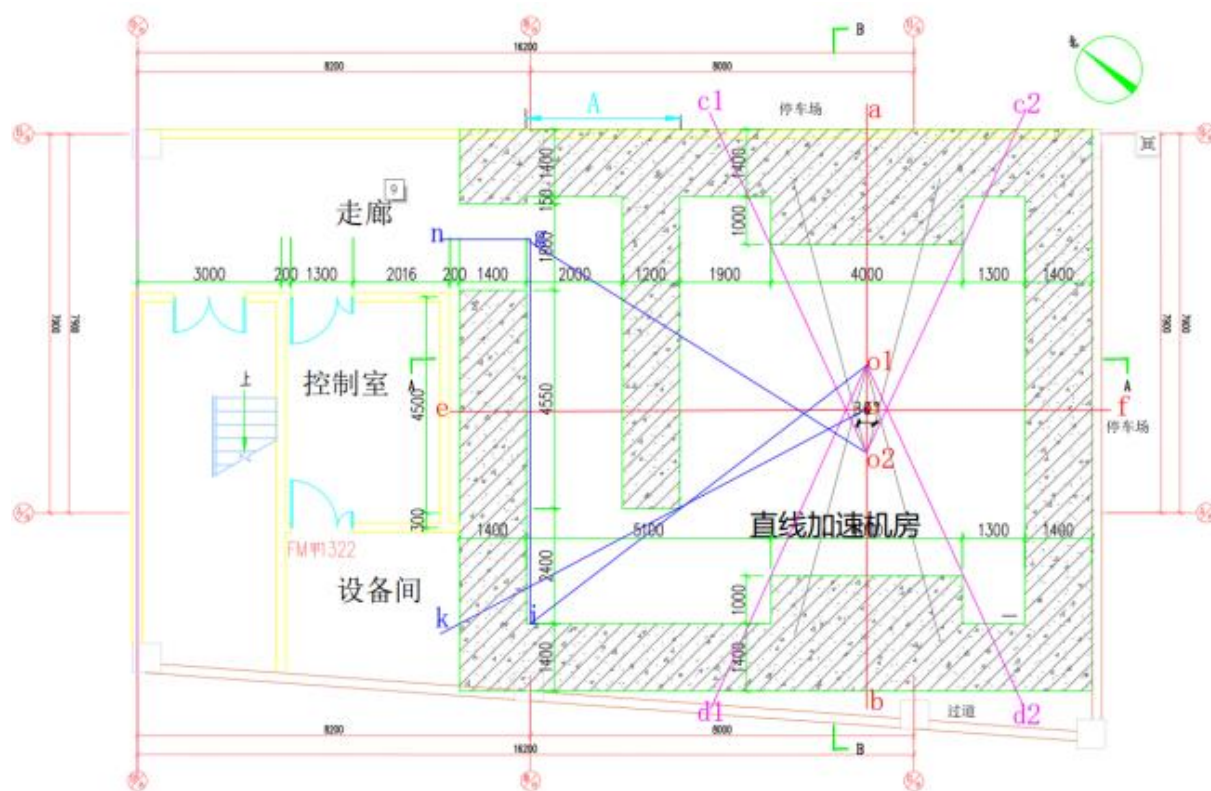


图11-1加速器机房的关注点设定及水平方向照射路径示意图

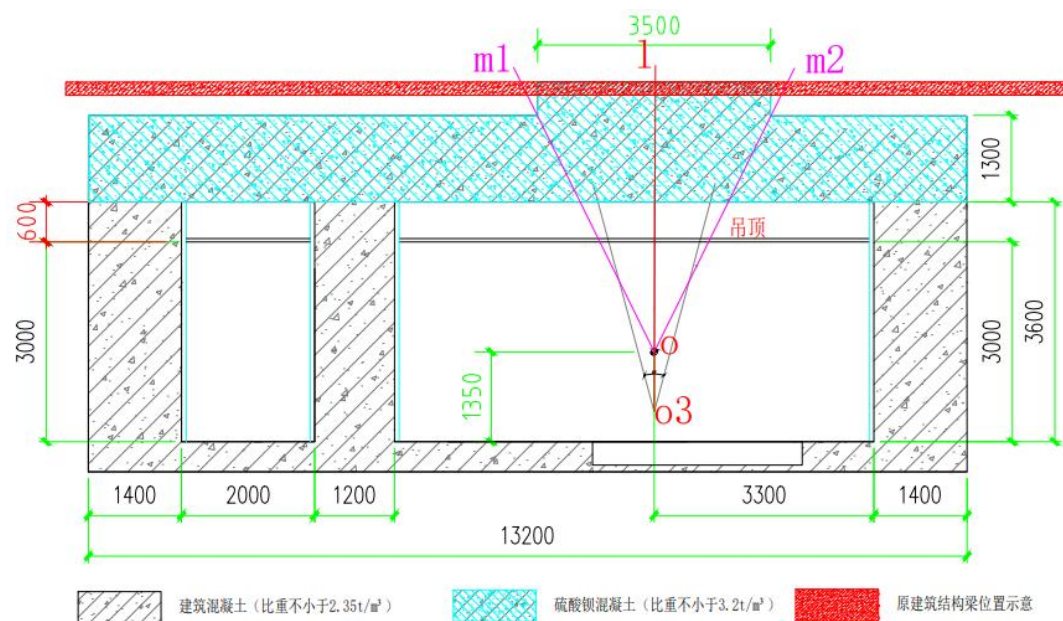


图11-2加速器机房的关注点设定及垂直方向照射路径示意图

1、加速器机房主屏蔽区宽度校核

使用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度。

$$Y_p = 2[(a + SAD)\tan\theta + 0.3] \dots\dots\dots (式11-2)$$

式中， Y_p —机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD —源轴距，m，取值为0.9m；

θ —治疗束的最大张角（相对束中的轴线），项目治疗束相对束中的轴线为15°；

a —等中心点至“墙”的距离，m。当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽墙相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。根据图11-1、11-2，将各参数代入公式11-2得出本项目的主屏蔽宽度核算结果并评价如下表。

表11-1项目主屏蔽宽度核算结果

等中心点至“墙”的距离a(m)		主屏蔽区宽度计算值(m)	宽度设计(m)	结论
东北侧主屏蔽	4.5	$2 \times [(4.5 + 0.9)\tan 13.9^\circ + 0.3] = 3.49$	4	满足要求
西南侧主屏蔽	4.4	$2 \times [(4.4 + 0.9)\tan 13.9^\circ + 0.3] = 3.44$	4	满足要求
顶部主屏蔽	4.05	$2 \times [(3.735 + 0.9)\tan 13.9^\circ + 0.3] = 3.25$	3.5	满足要求

根据表11-1可知，本项目加速器机房主屏蔽宽度均满足要求，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方案进行安装，杜绝安装后主射束超出主屏蔽范围的情况出现。

2、关注点设置

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)的要求，在本项目医用电子直线加速器机房外设定了关注点。

表11-2电子直线加速器关注点设置

点位编号	位置	对应场所	受照类型	照射途径	射线路径
a	东北墙主屏蔽墙外30cm处	停车场	公众	有用线束	$o_2 \rightarrow a$
b	西南墙主屏蔽墙外30cm处	停车场过道	公众	有用线束	$o_1 \rightarrow b$
l	楼顶主屏蔽墙外30cm处	预留房间、送风机房	公众	有用线束	$o_3 \rightarrow l$
c ₁	东北墙北侧次屏蔽墙外30cm处	停车场	公众	泄漏辐射	$o \rightarrow c_1$
				散射辐射	$o_2 \rightarrow o \rightarrow c_1$
c ₂	东北墙东侧次屏蔽墙外30cm处	停车场	公众	泄漏辐射	$o \rightarrow c_2$
				散射辐射	$o_2 \rightarrow o \rightarrow c_2$
d ₁	西南墙西侧与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外30cm处	停车场过道	公众	泄漏辐射	$o \rightarrow d_1$
				散射辐射	$o_1 \rightarrow o \rightarrow d_1$
d ₂	西南墙南侧与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外30cm处	停车场过道	公众	泄漏辐射	$o \rightarrow d_2$
				散射辐射	$o_1 \rightarrow o \rightarrow d_2$

e	西北墙外30cm处	控制室	职业	泄漏辐射	$o \rightarrow e$
f	东南墙外30cm处	停车场	公众	泄漏辐射	$o \rightarrow f$
k	迷路外墙外30cm处	设备间	职业	泄漏辐射	$o \rightarrow k$
g	迷路入口	/	/	泄漏辐射	$o_2 \rightarrow g$
n	迷路入口铅屏蔽门外30cm处	走廊	公众	泄漏辐射	$o_2 \rightarrow g$
				散射辐射	$o_1 \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$
m ₁	楼顶北侧与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外30cm处	预留房间	公众	泄漏辐射	$o \rightarrow m_1$
				散射辐射	$o_3 \rightarrow o \rightarrow m_1$
m ₂	楼顶东侧与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外30cm处	送风机房	公众	泄漏辐射	$o \rightarrow m_2$
				散射辐射	$o_3 \rightarrow o \rightarrow m_2$

3、剂量率参考控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）（GBZ 121-2020）等相关标准要求，直线加速器机房屏蔽体外人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ，本次评价各关注点除g点，其余关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ 均保守取 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

根据(GBZ/T201.2-2011)4.3.2.5，当有用射线束朝向迷路内墙照射时，迷路入口以 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 剂量率控制时，穿过迷路内墙在g处的辐射剂量率应小于其1/4，取为 $0.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

4、各关注点剂量率估算

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），在给定的屏蔽物质厚度 X （cm）时，首先计算有效厚度 X_e （cm），估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，再计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$X_e = X / \cos\theta \dots\dots\dots (式11-3)$$

$$B = 10^{- (X_e + TVL - TVL_1) / TVL} \dots\dots\dots (式11-4)$$

式中， TVL_1 （cm）和 TVL （cm）为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，当未指明 TVL_1 时， $TVL_1 = TVL$ 。混凝土中的什层值根据加速器X射线能量查GBZ/T201.2-2011的附录B表B.1，根据NCRP151报告查得，密度为 3.2g/cm^3 的重混凝土什值层为24cm；

θ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

X —墙体屏蔽厚度，cm。

（1）主射线束和泄漏辐射剂量估算

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_o \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \dots\dots\dots(\text{式11-5})$$

式中, $\dot{H}_o$ —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, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$; 本项目等中心处的剂量率为 $6\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ (最高剂量率为10Gy/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%), 根据《医用电子直线加速器质量控制检测规范》(WS674-2020)要求, 对于M区域外泄漏辐射(不包括中子), 吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过0.1%)。

表11-3 加速器治疗室主屏蔽、侧屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参数	主屏蔽区-有用线束			非主屏蔽区-非有用线束			
	a点	b点	l点	西北墙外 e	东南墙外f 点	迷路外墙k 点	迷路内墙g 点
$X(\text{cm})$	240	240	180	150	140	140	120
斜射角 $\theta(^{\circ})$	0	0	0	0	0	0	30
$X_e(\text{cm})$	240	240	180	150	140	140	138.56
$TVL(\text{cm})$	33	33	24	29	29	29	29
$TVL_l(\text{cm})$	37	37	24	34	34	34	34
屏蔽透射因子B	7.05E-08	7.05E-08	3.16E-08	1.00E-05	2.21E-05	2.21E-05	2.48E-05
$\dot{H}_o(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08
$R(\text{m})$	7	7.1	5.25	8.8	5	9.9	7.8
f	1	1	1	0.001	0.001	0.001	0.001
$\dot{H}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	8.64E-01	8.40E-01	6.88E-01	7.75E-02	5.31E-01	1.35E-01	2.45E-01
$\dot{H}_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$ 剂量率参考 控制水平	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	0.5
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注: 根据GBZ/T201.2-2011第4.3.2.4条: 迷路外墙k点泄漏辐射的斜射角较小, 通常以 0° 垂直入射保守估算; 根据GBZ/T201.2-2011第4.3.2.5.1b条: 迷路外墙g点泄漏辐射的斜射角通常以 30° 保守估算。

(2) 患者一次散射辐射剂量估算

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_o \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad \dots\dots\dots(\text{式11-6})$$

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, 查GBZ/T201.2-2011附录B.2可得, 本项目按6MV取值, 保守取 2.77×10^{-3} 。

F —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm^2 , 本项目为 $40\text{cm}\times 40\text{cm}=1600\text{cm}^2$

表11-4 加速器治疗室与主屏蔽区相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参数		c ₁ 点	c ₂ 点	d ₁ 点	d ₂ 点	m ₁ 点	m ₂ 点
X(cm)		140	140	140	140	130	130
斜射角θ(°)		25	25	24	24	27	27
Xe(cm)		154.47	154.47	153.25	153.25	145.90	145.90
泄漏辐射	TVL(cm)	29	29	29	29	24	24
	TVL _l (cm)	34	34	34	34	24	24
	屏蔽透射因子B	7.01E-06	7.01E-06	7.73E-06	7.73E-06	8.33E-07	8.33E-07
	$\dot{H}_O(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08
	R(m)	7.1	7.1	7.1	7.1	4.8	4.8
	f	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	$\dot{H}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	8.34E-02	8.34E-02	9.20E-02	9.20E-02	2.17E-02	2.17E-02
散射辐射	TVL(cm)	26	26	26	26	24	24
	TVL _l (cm)	26	26	26	26	24	24
	屏蔽透射因子B	1.14E-06	1.14E-06	1.28E-06	1.28E-06	8.33E-07	8.33E-07
	$\dot{H}_O(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08
	Rs(m)	7.1	7.1	7.1	7.1	4.8	4.8
	α_{ph}	2.77E-03	2.77E-03	2.77E-03	2.77E-03	2.77E-03	2.77E-03
	F (cm ²)	1600	1600	1600	1600	1600	1600
$\dot{H}(\mu\text{Sv}/\text{h})$		1.51E-01	1.51E-01	1.68E-01	1.68E-01	2.40E-01	2.40E-01
$\dot{H}(\mu\text{Sv}/\text{h})$ 泄漏辐射和散射辐射的复合作用		2.34E-01	2.34E-01	2.60E-01	2.60E-01	2.62E-01	2.62E-01
$\dot{H}_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$ 剂量率参考控制水平		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价结果		满足	满足	满足	满足	满足	满足

(3) 防护门外n的辐射剂量率

防护门的铅屏蔽厚度X(cm)时, 防护门外的辐射剂量率为 $\dot{H}(\mu\text{Sv}/\text{h})$ 按下式计算。

$$\dot{H}=\dot{H}_g*10^{-(X/TVL)}+\dot{H}_{og}.....(\text{式11-7})$$

式中, $\dot{H}_{og}$ —o₂位置穿过迷路内墙的泄漏辐射在g处的剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

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

X—防护门铅当量厚度, mm;

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

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)5.2.6.1, 有用线束不向迷路照射, g处(o₁→o→i→g)的散射辐射剂量率计算如下:

$$H_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot H_0 \quad \dots\dots\dots(\text{式11-8})$$

式中:

$\dot{H}_O$ —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 $6\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ (最高剂量率为10Gy/min)；

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

a_{ph} —400 cm^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，本项目按6MV取值，保守取 1.39×10^{-3} ；

α_2 —墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取i处的人射角为45°，散射角为0°， α_2 值见附录B表B.6，通常使用其0.5MeV栏内的值，查得混凝土墙45°入射、0°散射、1 m^2 的散射因子 $\alpha_2=22\times 10^{-3}$ (查附录B表B.6)；

A —i处的散射面积， m^2 ；自加速器的靶点 o_1 向位置o的患者照射至迷路i点的散射角 θ 接近45°；i处墙向g处的二次散射的散射角小于10°，通常按0°对待。i处墙的散射面积为自入口(g)和等中心位置o共同可视见的区域，包括治疗机房吊装顶上方的区域，经计算本项目加速器i处的散射面积为 $3.2\text{m}\times 3.6\text{m}=11.52\text{m}^2$ ；

R_1 —第一次散射路径，“o—i”之间的距离，8.4m；

R_2 —第二次散射路径；“i—g”之间的距离，7.2m；

F —治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ；本项目等中心处最大治疗野为 $40\text{cm}\times 40\text{cm}=1600\text{cm}^2$ ；

表11-5加速器防护门外参考点辐射剂量率核算值

参数		直线加速器室
$\dot{H}_O(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$		6.00E+08
散射辐射	a_{ph}	1.39E-03
	$F(\text{cm}^2)$	1600
	α_2	0.022
	$A(\text{m}^2)$	11.52
	$R_1(\text{m})$	8.4
	$R_2(\text{m})$	7.2
	$\dot{H}_g(\mu\text{Sv}/\text{h})$	231.14
泄漏辐射	$X(\text{cm})$	120
	$\theta(^{\circ})$	30
	$X_e(\text{cm})$	138.56
	$TVL(\text{cm})$	29
	$TVL_1(\text{cm})$	34
	屏蔽透射因子 B	2.48E-05
	f	0.001
	$R(\text{m})$	7.8
	$\dot{H}_{og}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	2.45E-01
$TVL(\text{mm})$ -铅		5
$X(\text{mm})$ -铅		12

入口门外总剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	1.165
参考控制水平剂量率 $\dot{H}_C$ ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5
评价结果	满足

综上，g点泄漏剂量率为0.245 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足参考控制水平0.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求，屏蔽体四周最大剂量率为1.165 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足参考控制水平2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求，医用电子直线加速器机房各关注点的剂量率均能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《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治疗室》（GBZ/T201.2-2011）的限值要求。

4、职业人员及保护目标剂量估算

根据《实用辐射安全手册（第二版）》的公式，对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

$$H = D_r \cdot T \cdot t \cdot U \quad \dots\dots\dots(\text{式11-9})$$

式中：

H —年有效剂量，mSv；

D_r —有效剂量当量， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t —年受照时间，h；

T —居留因子，本项目的居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）选取，见表11-6；

U —使用因子，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），偏安全考虑，有用线束方向使用因子 U 保守取1/4，仅涉及泄漏辐射的方向 U 取1。

居留因子按照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录A.1不同场所的居留因子选取，具体数值见表11-6。

表11-6不同场所的居留因子

场所	居留因子(T)		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、办公室、护士台、咨询台、有人护理的候诊室以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、顶部、门岗室

			1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场, 车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯
--	--	--	--

根据医院预测的诊疗需要, 本项目医用电子直线加速器机房投入使用后, 项目治疗年总出束时间为375h, 物理师在患者就诊前或周末非工作日会对设备进行质量控制验证, 同样会受到辐射影响, 质控时间约占设备正常治疗时间的10%, 物理师质控年总出束时间为37.5h。医生和物理师会在部分患者首次治疗时在对应的控制室内观察治疗情况, 一个病人放疗治疗次数为15~33次, 医生和物理师治疗受照射时间保守按照治疗出束时间的1/15计, 则物理师和医生治疗受照时间为25h。则技师受照时间为375h, 物理师受照时间62.5h, 医生受照时间为25h。

根据各照射方向的射线利用因子、各环境保护目标的居留因子, 以此计算出各环境保护目标年有效剂量, 计算结果见下表。

表11-7医用电子直线加速器机房职业人员年有效剂量

人员	参考点位	剂量率估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)	受照时间 (h)	居留因子	使用因子	年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	结论
医生	e-控制室	7.75E-02	25	1	1	1.94E-03	5	满足
技师	e-控制室	7.75E-02	375	1	1	2.91E-02	5	满足
物理师	e-控制室	7.75E-02	62.5	1	1	4.84E-03	5	满足

根据上表可知, 本项目直线加速器工作人员医生职业照射的最大年有效剂量值为 $1.94 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$, 技师职业照射的最大年有效剂量值为 $2.91 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$, 物理师职业照射的最大年有效剂量值为 $4.84 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$, 均低于本次评价确定的职业人员 5mSv/a 的管理约束值, 也均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值。

根据辐射剂量率与距离的平方成反比的规律, 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, 本项目敏感点处公众所受的辐射剂量将小于表11-8中的理论计算值。

表11-8本项目加速器对保护目标的影响分析

位置	参考点位	与辐射源最近的距离（m）	剂量率估算值（μSv/h）	受照时间（h）	居留因子	使用因子	照射类型	年有效剂量（mSv/a）		备注
走廊（防护门外）	n点	9.2	1.165	412.5	1/8	1	公众照射	6.01E-02		院内
东北侧停车场	a点	7	8.64E-01	412.5	1/16	1/4（有用线束）	公众照射	5.57E-03	1.34E-02	院内
	c1点	7.1	1.51E-01	412.5	1/16	1		3.89E-03		
	c2点	7.1	1.51E-01	412.5	1/16	1		3.89E-03		
东南侧停	f点	5.7	5.31E-01	412.5	1/16	1		1.37E-02		院内

车场										
西南侧停车场过道	b点	7.1	8.40E-01	412.5	1/16	1/4（有用线束）	公众照射	5.41E-03	1.88E-02	院内
	d1点	7.1	2.60E-01	412.5	1/16	1		6.70E-03		
	d2点	7.1	2.60E-01	412.5	1/16	1		6.70E-03		
预留房间、送风机房	l点	5.25	6.88E-01	412.5	1/4	1/4（有用线束）	公众照射	1.77E-02	7.17E-02	院内
	m1点	4.8	2.62E-01	412.5	1/4	1		2.70E-02		
	m2点	4.8	2.62E-01	412.5	1/4	1		2.70E-02		
住院部	a点	18.7	1.21E-01	412.5	1	1/4（有用线束）	公众照射	1.25E-02	4.03E-02	院内
	c1点	18.7	3.37E-02	412.5	1	1		1.39E-02		
	c2点	18.7	3.37E-02	412.5	1	1		1.39E-02		
综合楼	f点	23	2.51E-02	412.5	1/4	1	公众照射	2.59E-03		院内
特需门诊	n点	23.2	1.83E-01	412.5	1/4	1	公众照射	1.89E-02	1.91E-02	院内
	e点	22.8	2.14E-03	412.5	1/4	1		2.21E-04		
金太阳幼儿园	c1点	49	4.91E-03	412.5	1	1	公众照射	2.03E-03		院外
丽锦花园	b点	28.1	5.36E-02	412.5	1	1/4（有用线束）	公众照射	5.53E-03	1.24E-02	院外
	d1点	28.1	1.66E-02	412.5	1	1		6.85E-03		
通江县人民检察院	d2点	28.1	1.66E-02	412.5	1	1	公众照射	6.85E-03		院外

注：a、b、l点位于有用线束方向，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），偏安全考虑，有用线束方向使用因子保守取1/4。

由上表可知，医用电子直线加速器机房周边环境保护目标最大有效剂量为 $7.17 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于本次评价确定的公众 0.1mSv/a 的管理约束值，也低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众 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，距离直线加速器机房最近的关注点可以代表最大可能辐射有效剂量，评价范围内的其他保护目标处受到年剂量亦低于 0.1mSv/a 的剂量约束值。

4、射线通过穿墙管线对周边环境的影响

本项目不在主屏蔽墙处设置穿墙管线，通排风等穿墙管线均以非直通形式穿越次屏蔽墙。直线加速器产生的X射线经过管道多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏不会影响项目周围辐射环境质量现有水平。

5、射线装置报废

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。环评要求：本项目使用的射线装置在进

行报废处理时，将该射线装置的高压射线管进行拆卸，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

二、大气环境影响分析

空气在辐射照射下产生臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)等有害气体。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，所以主要是考虑臭氧的产生及其防护。

臭氧其产率和浓度可用下面公式分别计算。

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

式中：

Q_o—臭氧产率mg/h；

G—射束在距离源点1m处的剂量率Gy.m²/h，本项目取600Gy.m²/h；

S_o—射束在距离源点1m处的照射面积m²，取（最大射野40×40cm²）0.16m²；

R—射束径迹长度m，取0.9m；

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，臭氧产率为5.62mg/h。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C = Q_o T_v / V \dots\dots\dots (式11-12)$$

式中：

C—室内臭氧浓度，mg/m³；

Q_o—臭氧产率mg/h；

T_v—臭气有效清除时间，h；

V—手术室空间体积，直线加速器室容积为229.98m³。

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots\dots\dots (式11-13)$$

式中：

t_v—每次换气时间，0.058h；

t_a—臭氧分解时间，取值为0.83h。

直线加速器室安装2套专用排风系统，采用机械通风，总排风量为3949m³/h，根据计算直线加速器室每小时换气约17.2次，直线加速器室内臭气平衡浓度为1.32×10⁻³mg/m³，

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/XG1-2022）最高允许浓度0.30mg/m³的要求。经自然分解和稀释，能够满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中臭氧小时平均浓度二级标准（0.20mg/m³）的要求，不会对环境空气造成明显影响。

排风系统：直线加速器机房配置有通排风系统，采用上进下出全排全送的通风方式。臭氧、氮氧化物通过机房迷路防护门上方墙体管道排出后通过专用排风管道引至楼顶进行排放。风管穿墙口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。

2、直线加速器使用过程中电子线所致臭氧的影响分析。根据《辐射防护手册》(第三分册)，假设在辐照期间臭氧无分解，加速器室内无通风，臭氧在加速器室内均匀分布，直线加速器运行期间产生的臭氧浓度可由下式进行估算。

$$Co_3 = 3.25 \left[\frac{S_{coj} I t d}{V} \right] \bullet 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(\text{式11-23})$$

式中：

Co₃—臭氧浓度（重量比），ppm；

S_{coj}—电子在空气中的线碰撞阻止本领，keV/cm，其数值与电子能量有关，根据《辐射防护手册》(第三分册)表4.20中的数据拟合公式计算6MeV在空气中的线碰撞阻止本领为2.361keV/cm；

d—器外电子束在空气中所通过的距离，cm，根据公式11-1计算，空气密度为1.29kg/m³，本项目电子束在空气中最大射程2325.6cm。

I—器外电子束流强度，mA，本项目取3mA；

t—辐照时间，s，取单次最长照射时间为180s；

V—治疗室空间体积，直线加速器室容积为267.18m³。

经计算，在无通风情况下，直线加速器室内臭氧浓度为41.9ppm。

加速器治疗室通风时间T由下面公示计算：

$$T = \sqrt{\frac{V \ln \frac{C'_{o3}}{C_{o3}}}{f}} \quad \dots\dots\dots(\text{式11-23})$$

式中：

T—通风时间，s；

Co₃—臭氧浓度标准限值，在工作场所浓度限值为0.3mg/m³（重量比为0.232ppm）；

f—通风量，取3949m³/h即1.1m³/s。

经计算，直线加速器室通风时间大于32.96s后即可使治疗室内臭氧浓度达标，臭氧通过机房迷路防护门上方墙体排出后引至楼顶排放。

四、废水环境影响分析

本项目医用电子直线加速器使用的冷却水均循环使用不外排。项目工作人员产生的生活废水依托医院现有污水处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准后，通过污水管网排入通江县城市生活污水处理厂处理达标后排放。

五、固体废物影响分析

本项目医用电子直线加速器的金属靶件更换时会有废靶件产生，废靶件交由资质单位进行处理；项目配置辐射工作人员4名，辐射工作人员产生的生活垃圾交由环卫部门统一定期清运。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

六、声环境影响分析

项目运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声的新风机组，噪声值为小于65dB(A)，通过设置消声静压箱/消声器，并安装橡胶减震垫，经采取上述措施并通过距离衰减厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

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、风险识别

本项目直线加速器属于II类射线装置，当设备运行时会产生X射线，关机时不会产生X射线，项目环境风险因子为X射线，根据其工作原理分析，考虑可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

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

②安全联锁装置发生故障，射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成有人员被误照射，引发辐射事故。

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

三、源项分析及事故等级分析

本项目医用X射线装置主要的环境风险因子为工作时产生的X射线。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院449号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表11-10中。

表11-10X射线事故等级表

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

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)，急性放射病发生参考剂量见表11-11。

表11-11急性放射病的发生率与辐射剂量的关系

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	骨髓型急性放射病	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy

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

四、最大可能性事故分析

项目维修由设备厂家进行，故不考虑维修人员事故。

1、事故假设

医务人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射。安全联锁装置发生故障，射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成有人员被误照射，引发辐射事故。

2、剂量估算

假设考虑滞留人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头外的主射束方向，本项目加速器开机治疗时，等中心处X射线的最大剂量率为10Gy/min。

表11-12直线加速器事故状态下不同时间、距离处有效剂量情况表（mSv）

时间(s) 距离(m)	5	10	30	60	90
1	833.3	1666.7	5000	10000	15000
2	208.3	416.7	1250	2500	3750
3	92.7	185.2	556	1112	1666.7

假设考虑滞留人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头1m处的主射束方向，机房内设置有“紧急停止”按钮，只要按下此按钮就可以停机，人员受照时间保守取60s，则事故情况下人员在机房内受到的辐射剂量约为10Sv/次，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值。根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）表1所述：“骨髓型急性极重度放射病的受照剂量范围参考值范围为6.0~10.0Gy”，因此，本项目加速器误照射导致人员发生急性重度放射病，为较大辐射事故。

综上所述，若本项目医用直线加速器发生辐射事故，最大可能为较大辐射事故。本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线装置出束。建设单位

在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

五、事故防范措施

上述辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施加以防范，将辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在运行过程中可能发生的事故，本次评价提出以下防范措施，尽可能地减小或控制事故的危害和影响，主要体现在以下几个方面：

1、制定医用电子直线加速器及其他射线装置操作规程和安全规章制度，并严格落实操作规程等制度的“制度上墙”要求（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在放射治疗操作时，操作人员须按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

2、每月检查门灯联锁、门机联锁装置，确保安全联锁装置正常运行；每月对医用电子直线加速器、射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

3、定期对医用电子直线加速器、射线装置采取的安全防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

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

5、制定事故应急预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

6、制定事故应急预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

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。

六、应急措施

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效的采取以下应急措施：

1、一旦发生人员误照射等辐射事故时，操作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。同时，事故第一发现者应及时向医院的辐射安全事故应急处理小组及

上级领导报告。辐射安全事故应急处理小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

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

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

4、事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

一旦发生辐射事故，医院应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。

表12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

通江县中医医院已经成立辐射安全管理领导小组，根据通江县中医医院文件《关于调整辐射安全管理领导小组成员的通知》：

1、辐射安全管理领导小组

领导小组下设办公室在医学装备部，由米晓安同志负责日常事务工作。

2、辐射安全管理领导小组职责

①认真贯彻执行国家和地方政府、医院有关辐射安全与防护工作的法律、法规、政策、规定；

②制定医院辐射安全与防护管理的各项规章制度、应急预案、操作规程等，并严格落实，督促整改辐射事故隐患。制定本院辐射安全工作计划与总结；

③组织辐射人员和管理人员积极参加辐射安全与防护教育培训，组织单位日常辐射安全法规知识学习，开展辐射安全事故应急演练，并做好记录；

④加强辐射工作场所报警设置、警示告示提示标识、个人剂量防护用具、门灯联锁的监管和日常监测工作，做好辐射安全监管，确保辐射工作场所环境安全和人员安全；

⑤根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，强化辐射安全许可管理；

⑥加强档案文件记录报告资料管理，建立健全个人剂量档案、职业健康监护档案、辐射安全隐患整改记录报告资料管理、保管好辐射环评和验收文件、射线装置年度检测报告、辐射装购置计划及报废手续，编制辐射安全和防护状况年度报告等；

⑦会同上级有关部门按有关规定调查和处理辐射事故，并对有关责任人员提出处理意见；

⑧定期召开会议(每年1-2次)，听取辐射安全与工作情况汇报，对辐射安全控制效果进行评议，讨论决定辐射安全工作中的重大问题和采取的措施。

3、需要完善的相关内容

根据医院辐射（放射）安全与防护管理委员会机构文件，医院还需在以下几个方面对文件进行完善：

①补充明确发生辐射安全事故后，应按照程序及时向生态环境主管部门、当地派出所和卫生行政主管部门报告；

②定期修订、检查辐射安全管理领导小组机构成员名单，确保领导小组的实效性；

③组织本单位辐射（放射）诊疗工作人员接受专业技术、放射防护知识及有关规定的培训；

④定期维护检查辐射工作场所安全设施设备，确保实时有效；

⑤负责组织本单位辐射（放射）人员开展一年一次的体检。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

医院现有辐射工作人员40人，均进行了核技术利用辐射安全与防护学习，其中9人取得了四川省生态环境厅出具的合格证书，其余31人经医院自主考核合格。

本项目新增辐射工作人员及辐射管理人员需参加生态环境部辐射培训平台中辐射安全与防护知识的学习，参加考核，考核通过后方能上岗。

医院应严格按照《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》和《关于进一步优化辐射安全考核的公告》的要求，医院应组织现已取得证书的辐射工作人员及时参加复训，辐射安全与防护成绩报告单有效期为五年；另外，对于新增的辐射工作人员，医院应安排其积极参加生态环境主管部门组织的辐射安全与防护培训，确保持证上岗。

三、辐射安全档案资料管理和规章制度

1、档案管理分类

医院对相关资料进行了分类归档放置，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”，存放在办公室。

2、辐射安全管理规章制度及落实情况

根据《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）“第十六条”、《核技术利用监督检查技术程序》生态环境部（国家核安全局）（2020年发布版）及《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环办发[2016]1400号）的相关要求中的相关规定，将建设单位现有的规章制度落实情况进行对比

说明，具体见表12-1：

表12-1项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	制度名称	备注	
1	辐射安全管理规定	已制定，需将“辐射工作场所安全管理要求”上墙	
2	辐射工作人员个人剂量管理制度	应增加“个人剂量档案终生保存”，明确介入工作人员个人剂量计佩戴位置	
3	辐射工作设备操作规程	需完善直线加速器的操作规程，需悬挂于辐射工作场所墙上	
4	辐射工作人员岗位职责	已制定，需悬挂于辐射工作场所墙上	
5	监测仪表使用与校验管理制度	已制定	
6	射线装置台账管理制度	应增加“新增射线装置和报废射线装置的台账模板”	
7	分区管理制定	需制定	明确监督区和控制区管理规定
8	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定	
9	辐射安全防护设施维护维修制度	需完善	应明确维修后验收使用审批流程
10	辐射工作人员培训制度	需完善	应明确“所有从事放射诊疗类的工作人员和管理人员，自觉进行辐射安全与防护专业知识的学习。考核合格证明超过5年的辐射工作人员，需再进行学习和考核”的相关内容
11	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需完善	监测方案应包含既有辐射工作场所本项目新增场所的监测因子、监测内容、监测频次及布点方案，参考本章辐射监测方案
12	辐射事故预防措施及应急处理预案	需完善	预案中应明确“应急物资的准备和应急责任人员、射线装置发生事故时的辐射事故处理”的内容，“辐射安全事故应急响应程序”需悬挂于辐射工作场所墙上

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（2016）》（川环函[2016]1400号）的要求，《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》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。

四、辐射安全许可证发放条件对照分析

结合《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年修订），将本项目采取的辐射安全防护措施列于表12-2。

表12-2 《辐射安全许可证》发放条件与本项目评价结果

序号	环保部第3号令要求	项目实际情况	评价结果
1	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，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	满足要求
2	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	医院辐射工作人员需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	完善后满足要求
3	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	医院需配置电离辐射警告标志和工作状态指示灯等	配置后满足要求
4	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，包括个人剂量报警仪、辐射测量仪器等。	医院需配备便携式X-γ辐射监测仪、个人剂量报警仪、铅衣、铅橡胶帽子、铅橡胶围裙等	配备后满足要求
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案	医院需按照要求制定各项规章制度	制定后满足要求
6	有完善的辐射事故应急措施	有完善的辐射事故应急措施	完善后满足要求
7	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	不涉及	不涉及
8	使用射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有1名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作	医院已制定《质量保证大纲和质量控制计划》，本次设有医用物理人员负责质量保证与质量控制工作。	完善后满足要求

建设单位完成上述内容后，具备《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于使用II类射线装置的许可条件。建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后，及时到四川省生态环境厅申请办理相关业务。

五、辐射监测

1、工作场所监测

年度监测：医院每年应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《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

自主验收监测：医院在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展1次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

日常自我监测：定期自行开展辐射监测，监测周期为1次/月，监测数据应存档备案。

2、监测内容和要求

(1) 监测内容：X- γ 空气吸收剂量率。

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-3）或验收监测布点方案。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12-3 工作场所监测计划建议

设备名称	监测项目	监测周期	监测点位
直线加速器	X- γ 空气吸收剂量率	验收监测1次；委托有资质的单位进行监测，频率为1次/年；自行开展辐射监测	直线加速器机房东北侧、东南侧、西南侧、西北侧墙体外30cm处、控制室、门及其门缝、直线加速器机房上方、管线穿墙孔洞

(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

①落实监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测单位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；或委托有资质的单位对监测仪器进行检定/校准；

②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；

③完善辐射工作场所环境监测管理制度。

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。

3、个人剂量检测

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。

医院须严格按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求配发个人剂量计，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。个人剂量常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月，同时建设单位应建立

个人剂量档案。辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，医院应当将个人剂量档案保存终身。对于每季度检测数值超过1.25mSv的，医院要及时进行干预，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认，采取防护措施减少或者避免过量照射；若全年个人剂量检测数值超过5mSv，医院应当立即暂停该辐射工作人员继续从事放射诊疗作业，同时进行原因调查，撰写正式调查报告，经本人签字确认后通过年度评估报告上报发证机关；当单次个人累积剂量检测数值超过20mSv，应立即开展调查并报告辐射安全许可证发证机关，启动辐射事故处置程序。个人剂量检测报告及有关调查报告均应存档备查。

4、年度监测报告情况

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《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址<http://rr.mee.gov.cn/>)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。

六、辐射事故应急

1、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，医院制订了辐射事故应急预案。

（1） 医院现有辐射事故应急预案内容

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

（2） 本项目辐射事故应急预案可行性分析

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

- ①增加应急人员的培训，应急和救助的装备、资金、物资准备和应急演练。
- ②增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。

③增加应急机构和职责分工，辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话。

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

⑤辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府环境保护主管部门备案。

⑥在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

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及公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（4）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：通江县中医医院直线加速器项目

建设单位：通江县中医医院

建设性质：新建

建设地点：四川省巴中市通江县壁州街道城南路155号通江县中医医院特需门诊负二层
医院拟利用原特需门诊（-2F/2F，已建）地下室负二层的停车场建设直线加速器机房及配套设施。

本次新增1台医用电子直线加速器，型号VenusX，属于II类射线装置，其主要参数为：X射线最大能量为6MV，X射线等中心处最大剂量率为10Gy/min，电子线最大能量为6MeV，电子线等中心处最大剂量率为6Gy/min，属II类射线装置。主束方向为东北侧、西南侧、顶部和地面，出束角为30°，用于肿瘤治疗。本项目直线加速器的临床治疗出束时间为50周，每周5天，每天治疗30人次，年治疗7500人次，每人治疗5野次，每野次平均治疗剂量为2Gy，加速器每年工作负荷为 7.5×10^4 Gy，每人日出束治疗平均时间为3min（不含摆位时间），加速器日出束时间1.5h，年治疗出束时间为375h。物理师年质控时间约为治疗出束时间的1/10，质控出束时间为37.5h，加速器年总出束时间为412.5h。本项目拟购直线加速器配置有诊断锥体束CT（CBCT），实现了影像学指导的放疗，同时具备适形调强放射治疗（IMRT）和容积旋转调强放射治疗（VMAT）、图像引导下的调强放疗（IGRT）、三维适形放疗（3DRT）功能和FFF束流模式。CBCT最大管电压150kV，管电流1000mA，平均每野次扫描时间为20s，年出束时间为208.33h。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录》(2024年本)的相关规定，本项目使用II类射线装置属于医院医疗基础建设内容，属该指导目录中第三十七项“卫生健康”中第1条“医疗卫生服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。本项目的运营可为通江县及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。

三、本项目选址合理性分析

本项目建设地点为医院现有用地内，不新增用地，项目所在地的用地性质为医疗卫生用地。从周边外环境关系可知，医院周边规划为居民、幼儿园，周边无自然保护区等生态环境保护目标，无大的环境制约因素。直线加速器辐射工作场所位于负二层，避开了人流量较大的门诊区域，医院整体布局合理，且拟建的辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，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

根据四川鸿源环境检测技术咨询有限公司的监测报告，项目所在地的X- γ 辐射空气吸收剂量率背景值属于成都市正常天然本底涨落范围。

五、环境影响评价分析结论

（一）施工期环境影响分析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

本项目直线加速器工作人员医生职业照射的最大年有效剂量值为 $1.94 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，技师职业照射的最大年有效剂量值为 $2.91 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，物理师职业照射的最大年有效剂量值为 $4.84 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，均低于本次评价确定的职业人员 5mSv/a 的管理约束值，也均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值。医用电子直线加速器机房周边环境保护目标最大有效剂量为 $7.17 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于本次评价确定的公众 0.1mSv/a 的管理约束值，也低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众 1mSv/a 的剂量限值。

2、水环境影响分析

本项目医用电子直线加速器使用的冷却水均循环使用不外排。本项目工作人员工作时仅产生少量的生活废水，经医院污水处理站处理后纳入市政污水管网。

3、固体废物影响分析

本项目医用电子直线加速器的金属靶件更换时会有废靶件产生，废靶件交由资质单位进行处理；工作人员工作中会产生少量的生活垃圾和办公垃圾，办公生活垃圾交由环卫部门清运。

4、噪声

项目运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声的新风机组，噪声值小于65dB(A)，通过设置消声静压箱/消声器，并安装橡胶减震垫，经采取上述措施并通过距离衰减厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

5、大气环境影响分析

开机出束期间产生的X射线、电子线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧(O₃)和氮氧化物。臭氧、氮氧化物经排风系统引至楼顶排放，由于治疗过程中每次曝光时间短，产生的臭氧、氮氧化物量较少，且臭氧极不稳定，再经大气稀释自然扩散后，对周围大气环境影响轻微。

六、事故风险与防范

医院制定的辐射事故应急预案和安全规章制度经补充和完善后可行，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

七、环保设施与保护目标

医院落实本报告表提出的环保措施后，可使本次环评中确定的所有保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

八、医院辐射安全管理的综合能力

经过医院的不断完善，医院安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，医技人员配置合理，考试（核）合格，持证上岗，有应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。

九、项目环保可行性结论

综上所述，本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布局合理。项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效；项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。在认真落实项目工艺设计及本报告表提出的相应防护对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众所受照射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值和本环评提出的剂量管理约束值。评价认为，从辐射安全与防护以及环境影响角度分析，本项目建设是可行的。

建议和承诺

一、要求

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。

2、建设单位须重视控制区和监督区的管理。

3、医院应严格执行辐射工作人员学习考核制度，组织辐射工作人员、相关管理人员到生态环境部网上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中进行辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能继续上岗。

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

5、定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前在核安全申报系统中进行报送，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育学习考核情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；⑦存在的安全隐患及其整改情况；⑧其他有关法律、法规规定的落实情况。

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

7、建设单位必须在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）中实施申报登记。申领、延续、更换《辐射安全许可证》、新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

二、项目竣工验收检查内容

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

表13-1项目环保竣工验收检查一览表

项目	设施(措施)	数量	备注
辐射屏蔽措施	直线加速器屏蔽机房，四周墙体+迷路+顶部屏蔽	1间	纳入主体工程范围
	防护门	1扇	
安全装置	门-机联锁、门-灯联锁装置	3套	/
	视频监控系统	1套	/
	语音播报及对讲装置	1套	/

	紧急开门装置	1个	/
	紧急止动开关（加速器机房墙体及迷路拟增设6个，设备自带1个）	1套	/
	钥匙开关	1套	/
	固定式剂量报警装置	1台	/
警示装置	入口电离辐射警示标识	1套	/
	入口有加速器工作状态显示	1套	/
	工作场所分区及标识	1套	/
个人防护用品	个人剂量计	4套	
	个人剂量报警仪	1台	
	X- γ 辐射剂量率监测仪	1台	
废气	通排风系统	2套	

验收时依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号，2017年10月1日实施）文件第十七条规定：

（1）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；

（2）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（3）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

（4）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据原环境保护部《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）建设单位可登录生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhzb/bzwb/other>）。

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

（3）本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验

收不合格的，不得投入生产或者使用。

（4）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：①对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；②验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

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