

目 录

表 1	项目概况.....	1
表 2	放射源.....	12
表 3	非密封放射性物质.....	13
表 4	射线装置.....	14
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	15
表 6	评价依据.....	16
表 7	保护目标与评价标准.....	19
表 8	环境质量现状.....	27
表 9	项目工程分析与源项.....	30
表 10	辐射防护与安全措施.....	31
表 11	环境影响分析.....	48
表 12	辐射安全管理.....	72
表 13	结论及建议.....	85
表 14	审批.....	89

附 录

附图

附图一	项目所在地理位置图
附图二	医院规划平面布置图
附图三	医院拟征用房屋、空地红线图
附图四	本项目环境敏感目标情况
附图五	肿瘤中心负一楼平面布置图
附图六	肿瘤中心负一楼辐射防护分区图
附图七	肿瘤中心一楼平面布置图
附图八	直线加速器及后装机机房平面及剖面布置图
附图九	现场照片肿瘤中心通风管网布置图
附图十	现场照片

附件

附件一	委托书
附件二	质量保证单及检测报告
附件三	放射防护管理领导小组
附件四	辐射安全许可证复印件
附件五	医院放射工作人员培训证书
附件六	职业性外照射个人剂量检测结果
附件七	放射工作人员职业健康监护资料
附件八	辐射防护相关管理制度及应急预案
附件九	原核技术利用环评批复及验收意见
附件十	征地协议
附件十一	隆回县自然资源局文件
附件十二	肿瘤中心备案文件

附表

附表一	建设项目环评审批基础信息表
-----	---------------

表 1 项目基本情况

项目名称		隆回县人民医院核技术利用扩建项目					
建设单位		隆回县人民医院					
法人代表		尹志安	联系人	■■■■■	联系电话	■■■■■	
注册地址		湖南省邵阳市隆回县桃花坪街道朝阳路 132 号					
项目建设地点		隆回县桃花坪街道朝阳路 132 号隆回县人民医院肿瘤中心					
立项审批部门		/			批准文号	/	
核技术利用项目总投资（万元）		■■■■■	项目环保投资（万元）	■■■■■	投资比例	■■■■■	
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它				占地面积（m ² ）	--
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类				
		☒ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☒ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类				
	非密封放射性物质	☐ 生产	制备 PET 用放射性药物				
		☐ 销售	/				
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙				
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类				
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类				
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类				
	其他	无					

1.1 建设单位概况

隆回县人民医院成立于 1947 年，现已发展壮大为集医疗急救、教学、科研、预防保健于一体的国家三级综合性医院。

占地面积 58 亩，医疗建筑面积 5.5 万平方米，编制床位 1000 多张。2017 年完成门急诊量超过 50 万人次，出院人次超过 5 万人次，手术达 12000 台次，业务收入 4.9 亿元。拥有各类专业技术人员 595 人，其中正高职称 10 人，副高职称 140 人，硕士研究生 16 人。

拥有目前最先进的 64 排螺旋 CT、1.5T 磁共振、西门子 S2000、美国 GE—E8

续表 1 项目概况

高档彩超、德国狼牌腹腔镜等尖端设备 ;设有临床、医技、行政后勤管理科室 63 个,新开设肿瘤内科、康复科,专科齐全,心血管内科、神经内科、肾病内分泌内科、呼吸内科、消化内科、儿科、新生儿科、感染内科、急诊急救、ICU、骨病关节外科、脊柱外科、妇科、产科、肝胆外科、胃肠外科、泌尿外科、颅脑外科、烧伤外科、五官科、口腔科等特色专科均已形成品牌优势。

1.2 项目由来

近年来,随着医院的不断发展壮大,为了更好的为人民群众提供医疗服务,同时提升医院整体服务质量,隆回县人民医院拟投资 万元进行核技术利用扩建项目,本次扩建主要在医院肿瘤中心负一楼增加 2 台 10MV 医用直线加速器,根据《射线装置分类》(环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告,2017 年第 66 号)可知,医用直线加速器为 II 类射线装置;1 台后装机,使用 2 枚 ^{192}Ir (不同时使用,每枚放射源使用半年),单枚活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$,根据《关于发布放射源分类办法的公告》(国家环境保护总局公告,2005 年第 62 号),上述放射源均为 III 类放射源。

根据现场踏勘及医院规划实际情况,肿瘤中心为独立建筑(地下一层,地上一层,已备案)。目前肿瘤中心暂未开始建设,上述新增设备未购买;拟建肿瘤中心部分用地为民宅,民宅房屋所有权人已与医院签订房屋和宅基地转让协议,详见附件十,隆回县自然资源局出具证明文件,同意将征地性质划分为医疗用地,详见附件十一,同时,医院调整了医院用地东侧红线图,详见附图三,根据医院规划,医院征地后调整为医疗用地的土地均在医院围墙范围内。

本项目建成后均在医院围墙范围内,根据现场踏勘,目前医院与外环境存在一定的地势高差,医院范围位于较高地势范围内,围墙外环境位于比较低的地势范围内,高差范围约为 4m~6m 不等,本项目肿瘤中心建成后,本项目所在的负一楼东北侧有部分区域建筑(负一层的辅助用房区域)不在土层内,其他区域(尤其是本项目涉及的 2 间直线加速器机房及 1 间后装机机房)均在土层内,本项目涉及的 2 间直线加速器机房及 1 间后装机机房在医院现有标高先垫高了 0.9m,再向下沉 5.8m。

为保护环境,保障周围公众健康,根据《中华人民共和国环境保护法》、《建

续表 1 项目概况

设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）以及《中华人民共和国环境影响评价法》，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号）及《关于修改《建设项目环境影响评价分类管理名录》部分内容的决定》（生态环境部 部令第 1 号），本项目属于“191 使用 II 类射线装置的，使用 III 类放射源”，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。因此，隆回县人民医院委托北京中企安信环境科技有限公司对拟开展的核技术利用扩建项目进行环境影响评价。我公司人员在现场踏勘、收集有关资料的基础上，按照国家对伴有辐射建设项目环境影响评价技术规范的要求，编制了本项目的辐射环境影响报告表。

1.3 项目概况

(1) 项目名称：隆回县人民医院核技术利用扩建项目

(2) 建设地点：隆回县桃花坪街道朝阳路 132 号隆回县人民医院肿瘤中心

(3) 建设性质：扩建

(4) 建设单位：隆回县人民医院

(5) 投资：核技术总投■■■■万元，其中环保投■■■■万元，占总投资的■■■■

(6) 建设规模：肿瘤中心为独立建筑（地下一层，地上一层，已备案），本次扩建主要在医院肿瘤中心负一楼增加 2 台 10MV 医用直线加速器，1 台后装机，使用 2 枚 ^{192}Ir （不同时使用，每枚放射源使用半年），单枚活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，为 III 类放射源。

本项目拟新增射线装置、放射源使用情况见下表 1-1、表 1-2。

表 1-1 医院拟新增配置射线装置情况一览表

序号	射线装置	厂家/型号	拟定参数	类别	位置	数量	备注
1	医用直线加速器	未定	10MV	II 类	肿瘤中心负一楼直线加速器机房	2 台	新增

表 1-2 本项目放射源情况表

序号	核素名称	活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点
1	^{192}Ir	$3.7 \times 10^{11}\text{Bq} \times 2$ (不同时使用，每枚放射源使用约半年)	III 类	使用	放射治疗	肿瘤中心负一楼后装机内	使用源存放在后装机内，新增或退役源随铅罐一起暂存

续表 1 项目概况

							在后装机房内的 保险柜内
--	--	--	--	--	--	--	-----------------

(7) 劳动定员

本项目拟新增放射工作人员约 10 人。本次环评要求人员配备必须满足《放射诊疗管理规定》（中华人民共和国卫生部令第 46 号）中相关规定，即要求配置有中级以上专业技术职务任职资格的放射肿瘤医师、大学本科以上学历或中级以上专业技术职务任职资格的医学物理人员；病理学、医学影像学专业技术人员，放射治疗技师及维修人员等。

1.4 项目组成情况

根据项目特点，本项目主要由主体工程、公用工程、环保工程三部分组成。其中，公用工程大部分依托医院现有公用工程，环保工程废气处理系统为新建，其他均依托医院现有工程。项目组成见下表 1-3。

表 1-3 本项目主要工程依托关系表

序号	项目	组成	依托 关系
一	主体工程		
1	直线加速器机房	位于肿瘤中心负一楼，2 间直线加速器机房一致，机房净空长宽高分别为 8.0m×7.4m×3.6m，有效使用面积为 59.2m ² ，在机房北侧设置设备间、控制室、准备室、候诊走廊等，拟新增 2 台 10MV 医用电子直线加速器	新建
2	后装机机房	位于肿瘤中心负一楼，设置 1 间后装机机房，机房净空长宽高分别为 5.0m×4.0m×3.5m，有效使用面积为 20m ² ，在机房北侧设置患者准备室、控制室，设备候诊区；机房内拟新增 1 台后装机，使用放射源 ¹⁹² Ir（2 枚，不同时使用，每枚使用约半年），单枚活度为 3.7×10 ¹¹ Bq，为 III 类放射源	新建
二	公用工程		
1	给水	依托院内供水管网	依托
2	排水	工作人员生活污水依托院区排水管网，实行雨污分流，污污分流，废水经过医院污水处理措施处理达标后排放	依托
3	供配电	院内供配电系统	依托
4	通风	射线装置机房内新建机械动力排风系统，保证室内通风满足要求	新建
三	环保工程		

续表 1 项目概况

1	废气	直线加速器机房拟在南侧墙体上部拟设置 2 个进风口，北侧墙体下部拟设置 2 个排风口；后装治疗机机房在南侧上部拟设置 2 个进风口，北侧下部拟设置 2 个排风口	新建
2	废水	工作人员生活污水依托院区排水管网，实行雨污分流，污污分流，废水经过医院污水处理措施处理达标后排放	依托
3	固废	制定固废处理措施，生活垃圾统一收集后交由环卫部门处理；医疗垃圾用脚踏式开关垃圾桶收集后由污物通道暂存在医疗固废暂存间，最后集中处置；退役放射源厂家回收处置。	依托+新建

1.5 保护目标

根据本项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护对象为上述射线装置机房及放射源使用场所墙体为边界 50m 范围内从事放射治疗项目的放射工作人员及公众成员。

1.6 医院现有核技术利用项目情况

1.6.1 现有射线装置情况

医院现有射线装置见下表 1-4，目前医院有 12 台射线装置，均已环评，并取得了湖南省环境保护厅（现为湖南省生态环境厅）下发的辐射安全许可证：湘环辐证【02673】，有效期为 2018 年 6 月 5 日~2023 年 6 月 4 日。具体情况见下表：

表 1-4 医院现有射线装置使用情况一览表

[illegible]

续表 1 项目概况

██████████ ██████████ ██████████	██████████	████	█	██	██	██████ ██████ ██████ ██		█
██ █	██████████ █	██████	█	██	██	██████ ██████ ██████		█
██████████ ██████████	██████████	██ █████	█	██	██	██████ ██████ ██████		████ ████ ████ ██ ████ ████ ██ ████
██████	██████ ██████	██	█	██	██	██████ ██████ ██████		█
█ █████	██████████ ██████	██ ██████	█	██	█	██████ ██████ ██████		█
██████	██████ ██████	██ ██████	█	██	█	██████ ██████ ██████		█
██████	██████████	██ ██████	█	██	██	██████ ██████ ██████		█
████	██████████	██	█	██	██	██████ ██████ ██████		█

██████████ ███████████ ███████████ ███████████ ███████████

医院上述射线装置及放射源运行至今，情况良好，无辐射安全事故发生。

1.6.2 人员情况

医院现有 48 名放射工作人员。人员情况见下表：

表 1-5 医院现有放射工作人员情况一览表

续表 1 项目概况

序号	姓名	性别	工作岗位	是否佩戴 个人剂量 计	辐射安全 培训证书 编号	培训证有 效时间	是否职 业健康 体检
11							
15							

续表 1 项目概况

■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■

根据调查，目前医院已组织上述人员进行了职业健康监护，并按照《放射工作人员职业健康管理暂行办法》（中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日）的规定执行，为放射工作人员建立了个人健康档案。个人健康体检报告见附件七，由附件七可以看出，医院 2019 年 12 月~2020 年 1 月委托湖南省山水体检有限公司对放射工作人员进行了职业健康监护检查

。根据附件七可以看出，医院 2019 年 12 月~2020 年 1 月委托湖南省山水体检有限公司对放射工作人员进行了职业健康监护检查。

医院为放射工作人员配置了个人剂量计，根据医院提供资料，目前其建立了以一个季度（90 天）为测度周期的个人剂量检验报告，并保存好检验报告，发现有工作人员超出本评价提出的年剂量约束限制，立即停止辐射工作。由附件六可以看出，

。根据附件六可以看出，

医院组织放射工作人员进行了辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核

。本次环评要求医院

根据生态环境部《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》（2019 年，第 57 号）和《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）的相关要求组织培训证已过期的放射工作人员到生态环境部辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加并通过考核，考核合格后方可上岗。

1.6.3 辐射防护情况

续表 1 项目概况

根据隆回县人民医院提供的资料和现场踏勘可知,医院以上射线装置实践活动场所均采取了切实有效的辐射防护措施,机房等辐射防护效能良好,未发现突出的环境问题。

1.6.4 放射性废物排放情况

医院目前产生的废气,主要是射线装置机房工作曝光过程中,电离产生的少量氮氧化物及臭氧。射线装置机房均设置有机机械通风装置,由 X 射线电离产生的氮氧化物和臭氧经过机械通风装置排出室外,对环境影响小。

续表 1 项目概况

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	192-Ir	$3.7 \times 10^{11} \text{Bq} \times 2$ (不同时 使用, 每枚放射源使用 约半年)	III 类	使用	放射治疗	肿瘤中心负一楼后装机内	使用源存放在后 装机内, 新增或退 役源随铅罐一起 暂存在后装机房 内的保险柜内	/
以下无								

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
以下空白										

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB-18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量 率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II 类	2 台	未定	电子	10 (最大电 子线 22MeV)	1440cGy/min	放射治疗	肿瘤中心负一楼直线 加速器机房	未 购
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

(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	氟靶情况			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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
退役放射源	固态	¹⁹² Ir	/	/	/	/	后装机机房保险柜内	厂家回收
直线加速器退役靶	固态	/	/	/	/	/	/	交有资质单位处置

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

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

表 6 评价依据

法规文件	6.1 相关法律法规、部门规章及规范性文件 (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订并施行）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003 年 10 月施行）； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日起实施）； (5) 《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，2014 年 7 月 29 日修订，2019 年 3 月 2 日修订）； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号，2017 年 9 月 1 日）；及关于修改《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部部令第 1 号，2018 年 4 月 28 日）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2019 年 7 月 11 日修订，2019 年 8 月 22 日施行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日）； (9) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2020 年 1 月 1 日起施行）； (10) 《关于发布射线装置分类办法的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号）； (11) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局公告，2005 年第 62 号； (12) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》（中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日）； (13) 《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》（环保总局公告[2006]第 145 号）；
------	---

续表 6 评价依据

技术标准	6.2 评价技术规范 (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016) ; (2) 《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1—2016) 。 6.3 评价技术标准 (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) ; (2) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126—2011) ; (3) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》(GBZ/T 201.1-2007) ; (4) 《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) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分：γ射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014) ; (6) 《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006) ; (7) 《后装γ源近距离治疗放射防护要求》(GBZ121-2017) ; (8) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93) ; (9) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009) ; (10) 《放射工作人员健康要求》(GBZ98-2017) ; (11) 《放射工作人员职业健康监护技术规范》(GBZ235—2011) ; (12) 《工作场所职业病危害警示标识》(GBZ158-2003) ; (13) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) ; (14) 《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) ; (15) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017) ;
	(16) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019) 。

续表 6 评价依据

其他	(1) 辐射环境影响评价委托函（附件一）； (2) 本项目电离辐射监测报告：湘环院（检）2020-06-023 号（附件二）； (3) 《辐射防护》（第 11 卷，第二期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991 年 3 月）； (4) 《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）； (5) 《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》； (6) 《辐射防护技术与管理》第一卷； (7) 《辐射源室屏蔽设计与评价》； (8) 《放射卫生学》； (9) 《辐射防护导论》。
----	--

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）中要求：“第 1.5 评价范围和保护目标：放射源和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。”

本项目为医院核技术利用的环境影响评价，运营过程中产生的电离辐射经有效的屏蔽后对周围影响较小，且主要影响人员是射线装置（放射源及射线装置）所在机房临近的职业工作人员和工作场所周围的公众。因此，本项目以射线机房、放射源使用场所实体边界 50m 的区域为评价范围。评价范围示意图见下图：



图 7-1 项目评价范围示意图

续表 7 保护目标与评价标准

7.2 环境保护目标

医院位于隆回县桃花坪街道朝阳路 132 号，医院东侧为洪塘村居民点，南侧为资江北路，西侧为城市道路，北侧为朝阳路。本项目位于肿瘤中心，肿瘤中心为拟规划建筑，位于医院东侧围墙处。项目占地目前为空置房屋，占地为医疗用地范围。本项目工作场所周围主要环境保护目标情况（以项目涉源机房为边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围）详见表 7-1。

表 7-1 涉源场所周围（50m 范围）主要环境保护目标一览表

机房名称	机房位置	方位		主要环境保护目标	环境保护人群	影响人数
直线加速器机房及后装机机房	肿瘤中心负一楼	东	紧邻	设备用房、值班室、更衣室、污物暂存间	公众人员	约 3 人
			约 22.8m	⑧洪塘村民宅，一层	公众人员	约 3 人
			约 39.2m	⑩洪塘村居民楼，四层	公众人员	约 24 人
			约 39.8m	⑪洪塘村民宅，二层	公众人员	约 12 人
		东南	约 33.3m	⑫洪塘村民宅，三层	公众人员	约 10 人
			约 44.5m	⑬洪塘村民宅，三层	公众人员	约 10 人
		南	约 6.3m	⑭院区住宅楼，七层	公众人员	约 90 人
			约 29.5m	⑮院区住宅楼，七层	公众人员	约 90 人
		西南	约 29.5m	⑯制剂楼，四层	公众人员	约 80 人
		西	约 6.9m	①住院楼，四层	公众人员	约 150 人
		西北	约 38.2m	②门诊医技楼，七层	公众人员	约 400 人
		北	紧邻	设备机房、控制室、准备室、候诊廊、楼梯间及卫生间	放射工作人员、公众人员	约 40 人
			约 11.6m	③洪塘村民宅，一层	公众人员	约 3 人
			约 25.2m	④洪塘村民宅，一层	公众人员	约 3 人
			约 41.3m	⑤洪塘村民宅，一层	公众人员	约 10 人
			约 24.4m	⑥洪塘村民宅，一层	公众人员	约 10 人
		东北	约 17.7m	⑦洪塘村民宅，三层	公众人员	约 6 人
			约 36.1m	⑨洪塘村居民楼，二层		
		楼上		门诊、门厅、挂号收费、阅片、预约等辅助用房	公众人员	约 20 人

续表 7 保护目标与评价标准

		楼下	夯实土层	--	--
根据本项目周围环境敏感点分布情况,确定本项目环境保护对象为该医院从事放射诊疗的放射工作人员、机房周围公众成员。					
7.3 评价标准					
(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)					
本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。					
①剂量限值					
第 4.3.2.1 款,应对个人受到的正常照射加以限值,以保证本标准 7.2.2 规定的特殊情况外,由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B(标准的附录 B)中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。					
第 B1.1.1.1 款,应对任何工作人员的照射水平进行控制,使之不超过下述限值:					
a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv;					
b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv;					
c) 眼晶体的年当量剂量, 150mSv;					
d) 四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量, 500mSv。					
结合拟使用的医用辐射装置的实际情况,确定本项目的放射工作人员的年剂量目标管理限值为职业照射的十分之一,即 2 mSv/a。					
第 B1.2 款 公众照射					
实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不超过下述限值: 年有效剂量, 1mSv。					
本项目公众人员的年有效剂量目标管理值取公众照射的十分之一,即 0.1mSv/a。					
②辐射工作场所的分区					
第 6.4 款 应把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					

续表 7 保护目标与评价标准

职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应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。

6.4.1.4 c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

e) 运用行政管理程序和实体屏障限制进出控制区。

g) 按需要在控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的贮存柜。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 这种区域未被定为控制区，在其中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。

6.4.2.2 b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

(2) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)

本标准适用于标称能量在 50MeV 以下的医用电子加速器的生产和使用。

5.3.4.1 此要求适用于电子能量超过 10MeV 的设备

5.3.4.2 在规定的最大吸收剂量率下，进行 4Gy 照射，以间隙 10min 的方式连续运行 4h 后，在最后一次照射终止后的 10s 开始测量，测得感生放射性的周围剂量当量 $H(d)$ ，且应满足下列要求：

a) 累计测量 5min，在离外壳表面 5cm 任何容易接近处不超过 $10\mu\text{Sv}$ ，离外壳表面 1m 处不超过 $1\mu\text{Sv}$ ；

b) 在不超过 3min 的时间内，测得感生放射性的周围剂量当量率在离外壳表面 5cm 任何接近处不超过 $200\mu\text{Sv/h}$ ，离外壳表面 1m 处不超过 $20\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.3 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率宜不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

6.1.5 X 射线能量超过 10MV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护。

续表 7 保护目标与评价标准

6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。 6.1.7 治疗室应有足够的使用面积。新建治疗室不应小于 45m²。 6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。 6.1.9 相关位置（例如治疗室入口处上方等）应安装醒目的辐射指示灯及辐射标志。 6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。 8.1.4 在加速器正常运行情况下，安全联锁系统每月检查 1 次。 8.1.5 在加速器正常运行情况下，工作场所和周围区域辐射水平每年监测 1 次。 （3）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T201.2-2011）第 2 部分 本部分适用于 30MeV 以下的加速器放射治疗机房。本部分不适用于手术中加速器电子线治疗的机房。 4.2 剂量控制要求 4.2.1 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率应不大于下述a）、b）和c）所确定的剂量率参考控制水平H_c： a）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，由以下周剂量参考控制水平(H_c)求得关注点的导出剂量率参考控制水平$H_{c,d}$($\mu\text{Sv/h}$)： 1) 放射治疗机房外控制区的工作人员：$H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$； 2) 放射治疗机房外非控制区的人员：$H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$。 b) 按照关注点人员居留因子的下列不同,分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平$H_{c,max}$($\mu\text{Sv/h}$)： 1) 人员居留因子$T \geq 1/2$的场所：$H_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$； 2) 人员居留因子$T < 1/2$的场所：$H_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$。 c) 由上述a)中的导出剂量率参考控制水平$H_{c,d}$和b)中的最高剂量率参考控制水平$H_{c,max}$，选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平H_c($\mu\text{Sv/h}$)。 注：本环评选取 2.5$\mu\text{Sv/h}$ 作为加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率限

续表 7 保护目标与评价标准

值。

(4) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分: γ 射线源放射治疗机房》
(GBZ/T201.3-2014)

4.1 剂量控制要求

4.1.1 治疗机房墙外和入口门外关注点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周围剂量当量率(以下简称剂量率)应不大于下述 a)、b)和 c)所确定的剂量率参考控制水平 H_c :

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

1) 放射治疗机房外控制区的工作人员: $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$;

2) 放射治疗机房外非控制区的人员: $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

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

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

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

c) 由上述 a) 中的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 和 b) 中的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$, 选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 $H_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$ 。

注:本环评选取 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 作为治疗机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率限值。

(5) 《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》(GBZ121-2017)

4.2.2 工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时,距离贮源器表面 5cm 处的任何位置,因泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于 $50 \mu\text{Sv}/\text{h}$; 距离贮源器表面 100cm 处的球面上,任何一点的泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于 $5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

5 治疗室的防护要求

5.1 治疗室应与准备室、控制室分开设置。治疗室内有效使用面积应不低于 20m^2 , 应将治疗室设置为控制区,在控制区进出口设立醒目的符合 GB18871 规定的辐射警告标志,严格控制非相关人员进入控制区;将控制区周围的区域和场

续表 7 保护目标与评价标准

所设置为监督区，应定期对这些区域进行监督和评价。

5.2 治疗室应设置机械通风装置，其通风换气能力应达到治疗期间使室内空气每小时交换不小于 4 次。

5.3 治疗室入口应采用迷路形式，安装防护门并设置门机联锁，开门状态下不能出源照射，出源照射状态下若开门放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。治疗室外防护门上方要有工作状态显示。治疗室内适当位置应设置急停开关，按下急停按钮应能使放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。

5.4 治疗室防护门应设置手动开门装置。

5.5 在控制室与治疗室之间应设监视与对讲设施，如设置观察窗，其屏蔽效果应与同侧的屏蔽墙相同。

5.6 设备控制台的设置应能使操作者任何时候都能全面观察到通向治疗室的通道的情況。

5.7 应配备辐射监测设备或便携式测量设备，并具备报警功能。

5.8 治疗室墙壁及防护门的屏蔽厚度应符合防护最优化原则，治疗室屏蔽体外 30cm 处因透射辐射所致的周围剂量当量率应不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

5.9 在治疗室迷道出、入口设置固定式辐射剂量监测仪并应有报警功能，其显示单元应设置在控制室内或机房门附近。

5.10 治疗室内应配有核实的储源容器、长柄镊子等应急设备。

5.11 治疗室内合适的地方应张贴应急指示。

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

工作场所空气中臭氧的容许浓度为 0.3mg/m^3 。

根据上述标准，结合本项目拟使用放射源及医用射线装置的实际情况，确定本项目的年剂量目标管理值要求以及污染物排放指标如下：

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-2 本项目年剂量目标管理值及污染物排放指标表			
一、年剂量管理目标值			
项目	年平均有效剂量 限值（mSv/a）	执行对象	本评价年剂量管理目标值 （mSv/a）
放射工作人员	20	放射工作人员	放射工作人员：≤2；
公众人员	1	公众人员	≤0.1
二、机房防护体表面控制值			
直线加速器机房	防护体表面 30cm 处周围剂量当量率≤2.5μSv/h		
后装机机房	防护体表面 30cm 处周围剂量当量率≤2.5μSv/h		
三、射线装置机房面积及单边尺寸			
直线加速器机房	机房面积≥45m²		
后装机机房	机房面积≥20m²		
四、放射性废物排放			
机房内气体浓度	臭氧最高容许浓度：0.3mg/m³		
退役放射源及废靶	退役放射源暂存在保险箱中，由厂家回收；退役废靶交有资 质单位处置		

表 8 环境质量现状

8.1 辐射环境质量现状调查

1、项目环境辐射监测

受隆回县人民医院的委托，湖南省湘环环境研究院有限公司于 2020 年 6 月 19 日对该医院（N：27°6'35.86"，E：111°1'54.09"）的本次环评涉及的辐射医疗工作环境进行了现状检测。

2、监测方案及质量保证

（1）监测目的

该环境辐射现状监测的目的主要是为了了解项目地点天然辐射水平，为辐射工作场所建成运行后对环境的影响提供依据。

（2）监测依据

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）；

《辐射防护》（第 11 卷，第二期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991 年 3 月）。

（3）监测布点

本项目场地目前暂未动工。根据现场情况及拟建场所位置情况，在肿瘤中心拟建区域、机房拟建区域、评价范围内道路、评价范围内的居民点处等位置布点。布点详见检测报告（附件二）监测布点图。

（4）质量保证

该项目测量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检定的合格证书，并有良好的日常质量控制程序。

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。本次监测所使用的仪器情况见表 8-1。

表 8-1 检测仪器及检定情况一览表

仪器名称	仪器型号	出厂编号	计量检定证书编号	有效日期
电离室巡测仪	451P	7007	hnjln2019107-275	2020.12.01

续表 8 环境质量现状



图 8-1 现状监测布点示意图

3、监测结果及评价

监测数据详见下表及监测报告（附件二）。

表 8-2 项目拟建场所本底监测结果

序号	点位描述	环境地表γ辐射剂量率 (nGy/h)
1	住院楼	116
2	民宅 1#	110
3	民宅 2#	108
4	民宅 3#	108
5	民宅 4#	113
6	民宅 5#	111
7	民宅 6#	114
8	民宅 7#	108
9	民宅 8#	112
10	民宅 9#	112
11	民宅 10#	113
12	民宅 11#	111

13	医院员工宿舍 1#	113
14	医院员工宿舍 2#	114
15	制剂楼	113
16	门诊医技楼	113
17	直线加速器机房拟建地	104
18	后装机机房拟建地	105
19	肿瘤中心拟建地	104
20	综合楼	112

项目拟建址的环境地表 γ 辐射剂量率在104~116nGy/h之间，与湖南省邵阳市天然贯穿辐射剂量率—室内62.4~254.3nGy/h、室外54.1~194.7nGy/h相比，项目所在地辐射环境质量现状在正常浮动范围内，未见有较大的异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目拟选址在医院东侧肿瘤中心，目前选址未动工。本次核技术利用项目施工期主要机房建设、装修过程中的环境影响，污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

噪声：主要来自于建设、装修及现场处理等。

废气：主要为机械敲打、钻洞墙体等产生的扬尘。

废水：主要为施工人员产生的少量生活废水。

固体废物：主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员的生活垃圾。

本项目施工期环境影响随着施工期的结束而结束，施工期工程量小，施工期短，且均在院区内施工，对外界环境影响很小，不存在环保遗留问题。

9.2 直线加速器营运期污染工序及污染物产生情况

1、工作原理

医用直线加速器是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。典型医院直线加速器示意图见图 9-1 所示。

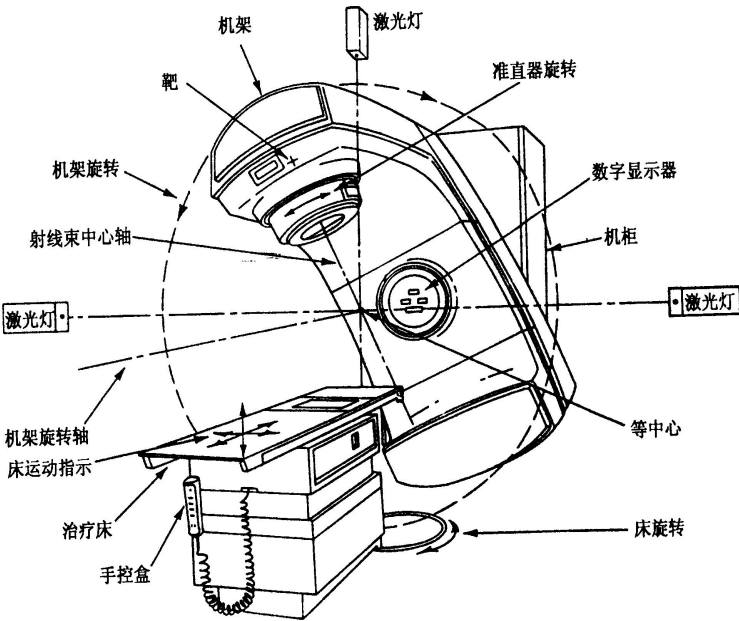


图 9-1 典型医用电子直线加速器示意图

续表 9 项目工程分析与源项

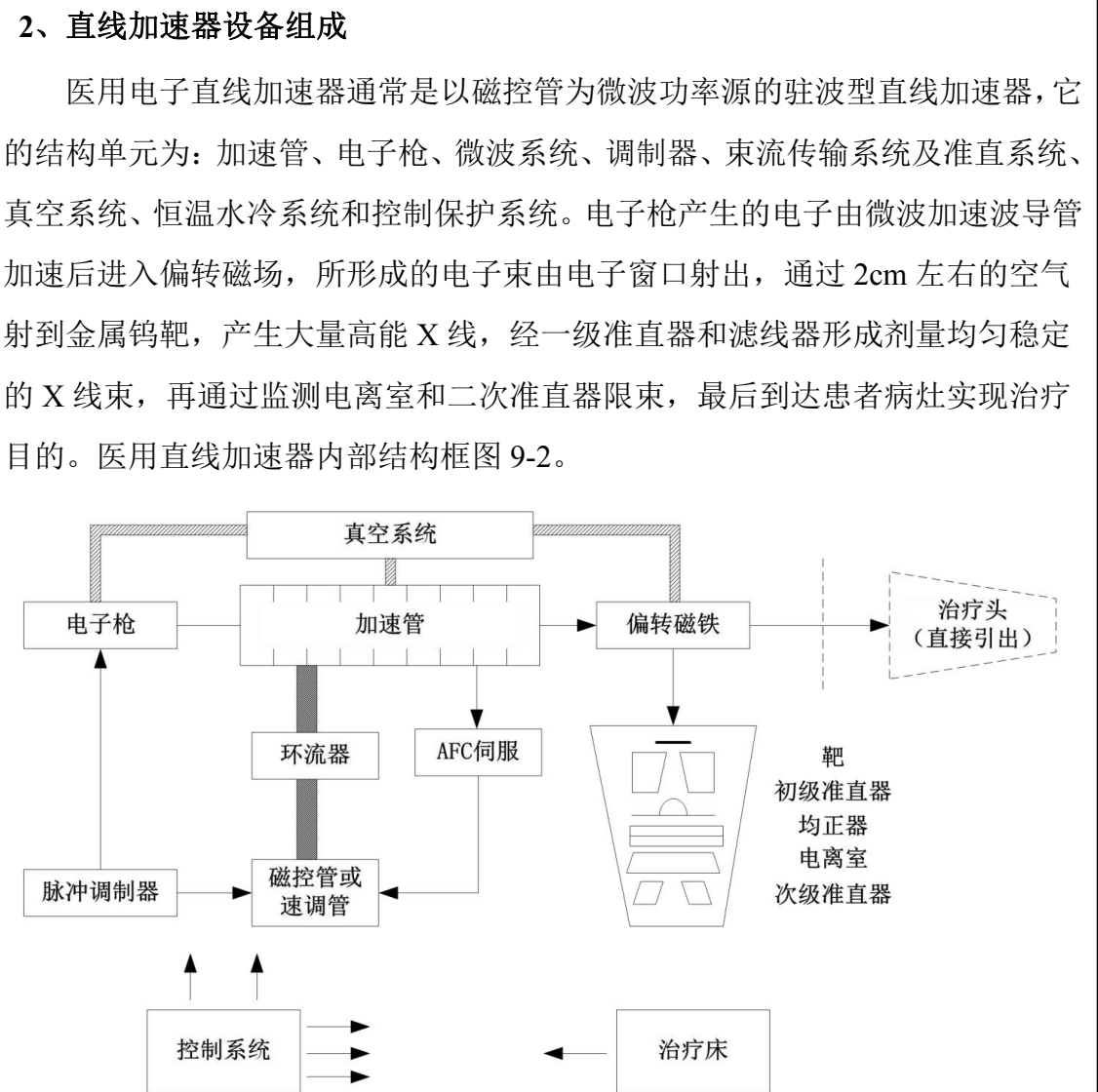


图 9-2 典型应用直线加速器内部结构框图

3、本项目直线加速器基本参数

表 9-1 本项目直线加速器基本参数表

序			

续表 9 项目工程分析与源项

6				
4、工作流程 (1) 进行定位。先通过模拟定位机（另行履行环保手续，不属于本次评价范围）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。 (2) 制订治疗计划。根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。 (3) 患者进入治疗室准备，固定患者体位，非照射部位的屏蔽防护。在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位，标记，调整照射角度及照射野。 (4) 开机治疗，治疗完毕后，切断电子直线加速器高压电源电子直线加速器停止出束，打开治疗室门，医护人员进入治疗室帮助患者离开治疗室，完成一次放射治疗。 <pre>graph TD; A[确定患者病种] --> B[进行X线机定位扫描]; B -.-> B1[X射线]; B --> C[影像资料的采集、传输以及规划治疗方案]; C --> D[放疗医生指导下摆位]; D --> E[在控制台上确认相关治疗参数]; E --> F[开机进行照射]; F -.-> F1[X射线/电子线
少量有害气体]; F --> G[将病人从治疗床上卸下]; G --> H[病人退出治疗室];</pre>				
图 9-3 加速器治疗流程				
5、工作负荷 根据医院初步规划，本项目每台加速器的工作负荷 W 取 1500Gy/周，设加				

续表 9 项目工程分析与源项

速器等中心处治疗模体内参考点的常用最高吸收剂量率为 3Gy/min，则每周治疗时间为 500min，即 8.3h，全年按照 50 周计，则加速器年开机有效时间为 415h；每周工作时间为 5 天，平均每人每野次治疗剂量 1.5Gy，平均每人治疗照射 3 野次，平均每名患者治疗照射时间为 1.5min。

6、产污环节

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线。直线加速器在 10MV 以上的条件下工作时，加速器产生的 X 线或电子线，与物质作用都可能发生光致核反应 (γ, n)，产生中子和感生放射性物质，中子在慢化、吸收过程中都将放出 γ 射线，引起缓发辐射。此外，X 射线有很强的穿透力，能使周围物质电离、激发，与空气作用产生臭氧和氮氧化合物，使周围环境受到辐射污染和臭氧、氮氧化合物的影响。此时，主要的污染因子是 X 射线、电子线和有害气体（臭氧和氮氧化合物）。

综上所述，10MV 直线加速器对患者进行治疗时，对环境可能造成污染的因素：

X 射线模式下工作，主要是 X 射线；

电子模式下工作，主要是电子线，伴有少量 X 射线；

有害气体：臭氧和氮氧化物。

另外，加速器使用一定年限后，靶体需要更换，更换下来的退役靶交有资质单位进行处置。

7、非正常工况

(1) 在工作状态误入射线装置工作场所，由 X 射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。工作人员或病人家属还未全部撤离辐照室，外面人员启动设备，造成有关人员被误照；

(2) 检修时，误开机时，维修人员受到潜在的照射伤害。

9.3 ^{192}Ir 后装机营运期污染工序及污染物产生情况

1、 ^{192}Ir 后装机设备组成

后装治疗是指治疗时先将不带放射源的治疗容器（施源器）置于治疗部位，然后在安全防护条件下用遥控装置将放射源通过导管送到已安装在患者体腔内

续表 9 项目工程分析与源项

的施源器内进行放射治疗，由于放射源是后来装上去的，故称之为“后装”。后装机主要由后装主机、近距离治疗计划系统，安全系统组成。

(1) 后装主机主要包括放射源、储源罐、施源器、驱动器等。

^{192}Ir 密封放射源装于机头源罐内，源罐由外而内分别为不锈钢外壳、铅防护、钨防护（本项目为钨镍合金）。典型的 ^{192}Ir 密封放射源源罐结构示意图见下图 9-4。

主机内设置分度头，分度头可以连接多个输源管或施源器，虽然机内只安装了 1 枚放射源，但可通过分度头的引导控制，放射源可依次通过相应管道达到治疗区，按照计划实施治疗。

(2) 计划系统主要由硬件（计算机、数字化仪、打印机、绘图仪、摄影机）和软件（操作系统、治疗计划系统软件）组成。

(3) 安全系统主要有各种联锁系统、安全报警系统等。



图 9-4 后装机（示意图）

续表 9 项目工程分析与源项

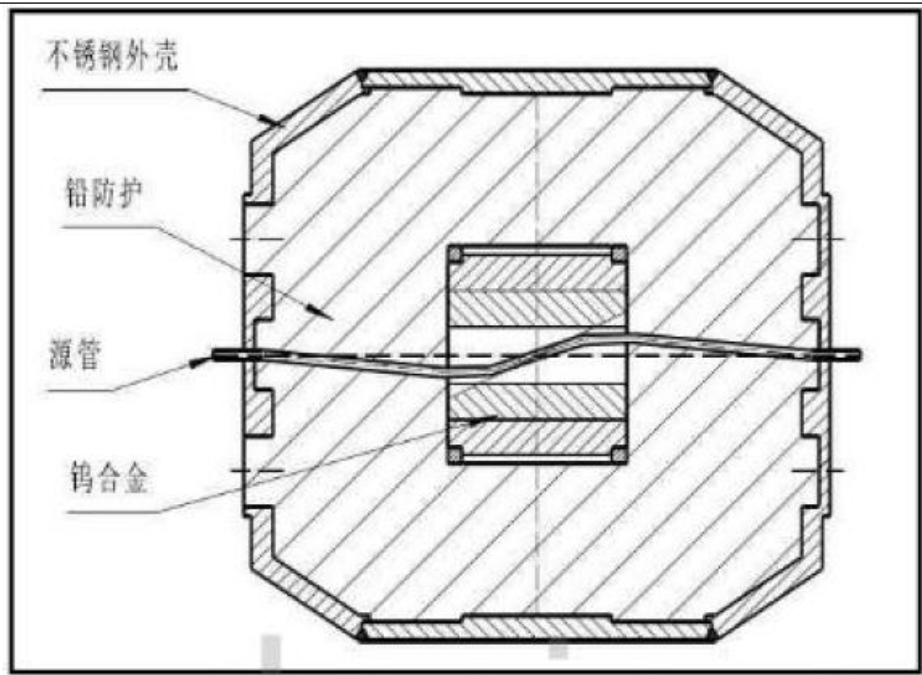


图 9-5 典型 ^{192}Ir 密封放射源源罐结构示意图

2、工作原理

后装机使用 ^{192}Ir 密封放射源，属于近距离放射治疗。它是将密封放射源置于病灶附近，提高局部剂量，利用 γ 射线的生物效应对肿瘤进行治疗。这种方式可用于治疗人体内各种腔道内周围的肿瘤，因所选取的核素的射线能量较低，并以射线的距离衰减效应减少正常组织的损伤，同时也减少了操作人员接受的辐射剂量。

后装治疗从传统的妇科领域扩展到能对人体各部位多肿瘤的治疗，尤其是鼻咽、支气管、肺癌、食道癌、直肠、膀胱、前列腺、胰腺、胆管、脑部等。

3、放射源性质

本项目后装治疗系统所使用的放射源是 ^{192}Ir ，其活性区为 $0.7\text{mm}\times 3.5\text{mm}$ ，不锈钢外壳为 $1.1\text{mm}\times 6.5\text{mm}$ ，活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ 。 ^{192}Ir 为 β 衰变（95.2%）和 γ 衰变核素，半衰期为 74.2 天， β 射线能量为 $0.256\sim 0.672\text{MeV}$ ，伴随产生的 γ 射线能量为 $0.206\sim 0.612\text{MeV}$ 。 ^{192}Ir 是一种沉重的、脆的白色过渡金属，熔点 2443°C ，比热 0.13J/kg ，沸点 4428°C ，蒸发热 604kJ/mol ，导热系数 1.47W/cmK ，密度 22.4g/cm^3 （ 300K ），熔化热 26.1KJ/mol 。有金属光泽，化学性质很不活泼，在空气和水中稳定，对所有酸都呈惰性，不溶于酸和王水，但跟熔融的 NaOH 反应。核素

续表 9 项目工程分析与源项

^{192}Ir 密封于不锈钢管内， β 射线被壳体屏蔽，只发射出 γ 射线。

^{192}Ir 放射源结构见图 9-6。

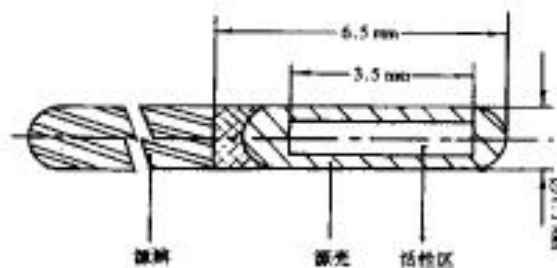


图 9-6 ^{192}Ir 源结构示意图

4、工作流程

(1) 后装机放疗工作流程

1) 采用肿瘤中心的 CT 模拟定位机对需要治疗的位置进行定位。根据定位情况，在后装机房控制室电脑操作下制定治疗计划（一般不超过 5min）。

2) 在准备间内，放射工作人员对病人进行消毒，然后安装好施源器插座。

3) 将病人移至后装机机房内，调整后装机位置，接好后装机施源管，工作人员离开后装机机房，通过视频观察后装机机房，并关闭防护门。该过程一般不超过为 2min。

4) 根据治疗计划进行治疗。治疗过程首先是走假源 3 次，无故障后开始走真源进行放射治疗，治疗结束后真源自动复位。此过程一般不超过 30min，真源出源时间不超过 8min。

5) 工作人员打开防护门，进入机房，拆除施源管，将病人移出后装机机房；在准备间取出施源器。该过程一般不超过为 2min。

整个治疗过程全程可视觉监控，在整个治疗过程中病人也不需要移动，保证了治疗靶区与定位靶区的一致性。

本项目后装治疗主要工作流程见下图：

续表 9 项目工程分析与源项

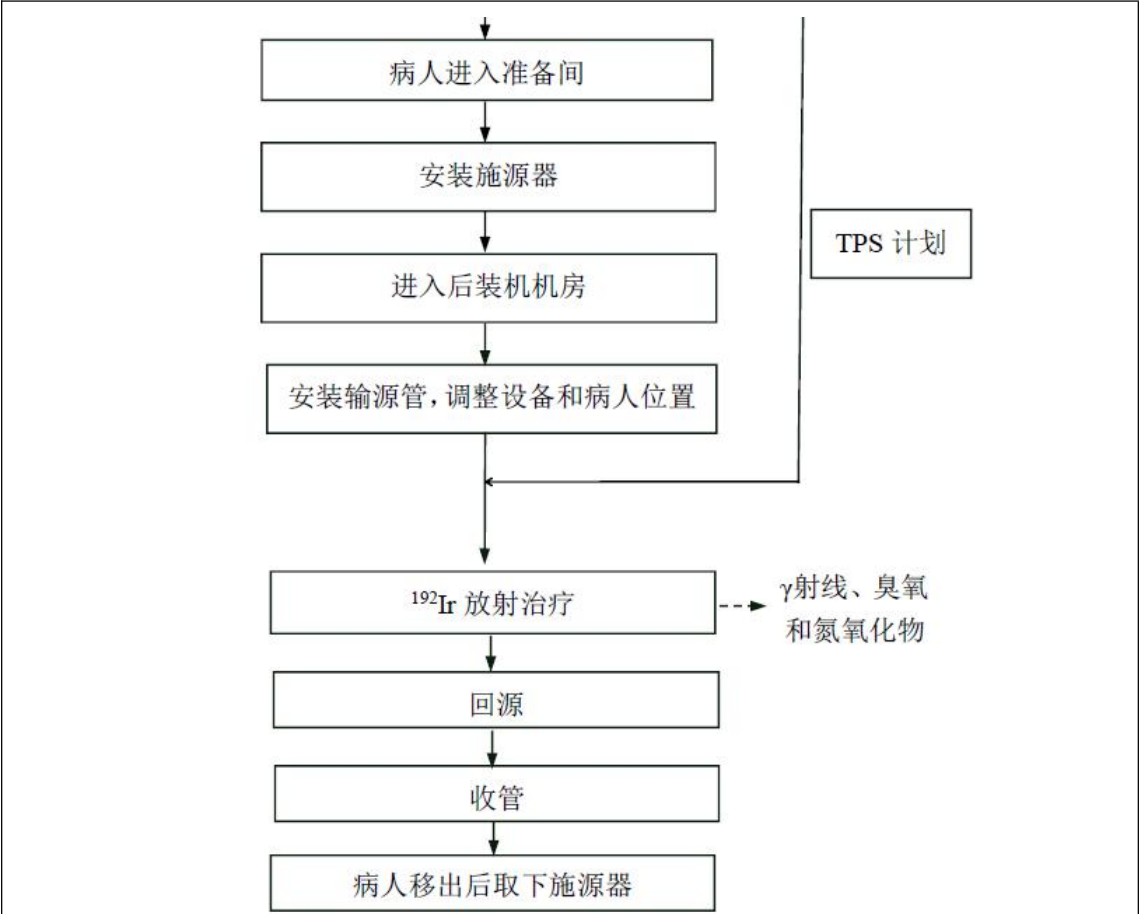


图 9-7 后装机治疗工作流程及产污环节图

(2) 放射源运输、装源、换源

本项目后装治疗系统使用的 ¹⁹²Ir 密封放射源运输工作由有相应资质单位进行，资质单位将放射源运输至医院，医院有专门工作人员进行装源、换源工作，同时医院提供完成这些工作必备的工作场所、与之应急预案的联动。

医院的工作人员必须经过严格正规的专业培训，经考核合格后才能操作该系统，倒装源时间约在 10~30min。

5、工作负荷

本项目使用的后装治疗机的有效开机时间每年工作按 50 周计，每周治疗 30 个患者，每个患者应用放射治疗的有效时间不一致，本次环评以 8min 计，则后装机年有效工作时间为 200h。

6、产污环节

后装治疗机的放射性核素 ¹⁹²Ir 为密封源，¹⁹²Ir 发射的γ射线具有很强的贯穿

续表 9 项目工程分析与源项

能力，能穿透屏蔽材料对周围环境构成辐射污染， β 射线的射程很短，贯穿能力很弱。后装机运行时无放射性废气、废水产生，放射性废弃物为更新后换下的 ^{192}Ir 密封源。由工作原理及 ^{192}Ir 放射源的物理性质可知，在非治疗状态下，放射源贮存在后装机的铅制贮源容器内；在治疗状态下，放射源进入患者腔体内对患者肿瘤进行照射治疗的同时，也对周围环境产生 γ 射线辐射污染。 ^{192}Ir 放射源由放射源生产单位负责运输，放射源退役后，由厂家统一回收。

正常条件下的主要污染途径为：

（1）放射源运输途中漏射所致 γ 辐射；

（2）正常工作时，放射源离开贮存位置移动到治疗部位工作时所致的 γ 射线辐射及由 γ 射线产生臭氧及氮氧化合物等少量有害气体。

在正常情况以及辐射防护屏蔽措施满足有关规定下，上述情况所致的辐射剂量均在限制范围内。

9.4 本项目产生污染物情况汇总

根据以上分析，本项目核医学科诊断项目污染因子见表 9-2。

表 9-2 项目主要污染因子情况表

序号	污染源	使用场所		主要污染因子
1	直线加速器	肿瘤中心负一层	直线加速器机房	X 射线、电子线、有害气体、退役靶
2	后装机		后装机机房	γ 射线、有害气体、退役放射源

表 10 辐射防护与安全措施

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所屏蔽情况

本项目直线加速器位于肿瘤中心负一楼的直线加速器机房内，后装机位于肿瘤中心负一楼的后装机机房内。机房设计屏蔽情况如下：

表 10-1 本项目直线加速器机房及后装机机房屏蔽参数设计情况一览表

功能用房	直线加速器机房（1#）	直线加速器机房（2#）	后装机机房
几何尺寸(不含迷道)	8.0m×7.4m×3.6m	8.0m×7.4m×3.6m	5.0m×4.0m×3.5m
北侧墙体	主屏蔽墙为 3000mm 现浇混凝土，次屏蔽墙为 1800mm 现浇混凝土，主屏蔽带宽度为 4000mm	主屏蔽墙为 3000mm 现浇混凝土，次屏蔽墙为 1800mm 现浇混凝土，主屏蔽带宽度为 4000mm	700mm 现浇混凝土
东侧墙体	迷路内墙为 1500mm 现浇混凝土，迷路外墙为 1500mm 现浇混凝土	1800mm 现浇混凝土	700mm 现浇混凝土
南侧墙体	主屏蔽墙为 3000mm 现浇混凝土，次屏蔽墙为 1800mm 现浇混凝土，主屏蔽带宽度为 4000mm	主屏蔽墙为 3000mm 现浇混凝土，次屏蔽墙为 1800mm 现浇混凝土，主屏蔽带宽度为 4000mm	700mm 现浇混凝土
西侧墙体	1800mm 现浇混凝土	迷路内墙为 1500mm 现浇混凝土，迷路外墙为 1500mm 现浇混凝土	700mm 现浇混凝土
顶棚	主屏蔽墙为 3000mm 现浇混凝土，次屏蔽墙为 1800mm 现浇混凝土，主屏蔽带宽度为 4000mm	主屏蔽墙为 3000mm 现浇混凝土，次屏蔽墙为 1800mm 现浇混凝土，主屏蔽带宽度为 4000mm	700mm 现浇混凝土
地面	800mm 现浇混凝土+夯实土层	800mm 现浇混凝土+夯实土层	700mm 现浇混凝土
迷道类型	直型	直型	直型
防护门	10mmPb+100mm 含硼（5%）聚乙烯	10mmPb+100mm 含硼（5%）聚乙烯	8mmPb

注：混凝土的密度不低于 2.35g/cm³，铅的密度不低于 11.34g/cm³。

续表 10 辐射防护与安全措施

10.1.2 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定，将辐射场所分为控制区和监督区，以便辐射安全管理和职业照射控制，本项目辐射工作场所分区如下：

表 10-2 工作场所分区一览表

分区情况	控制区	监督区
肿瘤中心 负一楼	2 间直线加速器机房、1 间后装机机房	后装机控制室、后装机准备室、设备用房；直线加速器控制室、候诊区、等候区、电梯间等
要求	医院拟采取一系列的放射防护与安全措施，设置联锁装置、工作状态指示灯及辐射警示标识等设施，严格限制人员随意出入控制区，在诊断和治疗设备的调试和日常诊疗过程中，当处于诊疗状态时，控制区内无关人员不得滞留，以保障此区的辐射安全	对该区不采取专门的辐射防护手段及安全措施，但需要对职业照射条件进行监督和评价

本项目辐射防护分区图见附图六。

10.1.3 项目工作场所布局

（1）选址合理性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于“源的选址与定位”规定，国家只对“具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定，对其它源的选址未作明文规定。本项目在正常运行和事故工况下，均不会造成大量放射性物质释放。因此，国家有关标准和文件对拟建项目的择址未加明确限值。

1) 根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好。

2) 项目拟建场地位于肿瘤中心负一楼，肿瘤中心区域位于医院东侧，为独立建筑，与其他区域分开，远离医院内及周围环境敏感点，有利于辐射防护。

3) 项目营运期产生的电离辐射、废气均得到有效治理，达标排放后对环境的影响小。

因此，环评认为项目选址合理。

（2）平面布局合理性

续表 10 辐射防护与安全措施

直线加速器及后装机位于医院肿瘤中心负一楼，直线加速器位于负一楼西南侧，直线加速器机房及后装机东侧为设备机房、走廊、污物暂存间、值班室及更衣室；南侧为防护墙体及夯实土层，西侧为防护墙体及夯实土层，北侧为直加控制室、设备机房、准备室、后装机控制室、后装准备室及设备机房、候诊廊、电梯间、卫生间等辅助用房区域，楼上为门诊、门厅、挂号收费、阅片、预约等辅助用房，楼下为夯实土层。

表 10-3 机房周围布局情况一览表

工作场所	东	南	西	北	楼上	楼下
直线加速器 机房及后装 机机房	设备机 房、走廊、 污物暂存 间、值班 室及更衣 室	--	--	直加控制室、设备机房、 准备室、后装机控制室、 后装准备室及设备机 房、候诊廊、电梯间、 卫生间等辅助用房区域	门诊、门厅、 挂号收费、阅 片、预约等辅 助用房	夯实土层

上述区域根据科室工作流程对各功能用房进行了布局设计，放射诊疗区和非放射诊疗区分开，方便病人诊疗和医生办公，且放射诊疗区置于人流不密集角落里，能更好的保护病人及医院工作人员的安全。

10.1.4 直线加速器机房辐射安全防护措施

1) 机房的防护与安全措施

(1) 项目设计、施工和验收过程中，辐射防护设施将与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。加速器安装调试完成后，组织对机房辐射防护设施进行验收，包括辐射屏蔽、联锁和报警系统、辐射监测系统、通风系统等。机房辐射安全设施依照设计标准验收合格后，加速器方可正式运行。

(2) 购买有经验的商品混凝土搅拌站经配合实验后拌制的混凝土，混凝土浇筑时现场取样，检测其密度，委托有资质单位施工并进行施工质量的监理。

(3) 管线穿越屏蔽墙体要求：水电管线采用“U”形向下穿越屏蔽墙体，预埋管竖直方向和水平方向均与地面形成 45°角度斜穿屏蔽墙。穿墙管线避开加速器出束方向，并在地沟的入口或出口应有一定厚度的屏蔽盖板；项目直线加速器机房的控制电缆穿墙部分采取预埋的 PVC 引导管，通过次屏蔽墙的地下进入机房内，控制电缆布设于电缆沟内，控制电缆进出电缆沟的沟盖板均为 2.5cm 厚不锈

续表 10 辐射防护与安全措施

钢板。穿墙部分呈“U”型，尺寸较小，且有 2.5cm 厚不锈钢板的沟盖板进行屏蔽，因此控制电缆的布设方式不会影响次屏蔽墙的屏蔽效果。

(4) 项目直线加速器机房采用机械送风、机械排风。应依据上“上进风，下出风”的原则，进行排风口与送风口的设计，机房北侧离地约 0.3m 处设置了 2 个排风口，风量不小于 1500m³/h，排风管网经过风管沿迷道内墙内侧进入迷道内，沿着迷道内墙延伸至室外，风管沟采取不锈钢板进行辐射防护，不锈钢板厚度不低于 2.5cm，机房通风排风管外口不朝向环境敏感点并远离空调进风口，并送至主楼楼顶排放。通风管沿迷道顶部经由防护门上部，且在机房外侧通道屋顶标高以上穿越迷道入口处屏蔽外墙。屋面上新风口与排风口宜保持一定距离，尽量避免排风口排出废气返流至新风管进入室内。

(5) 机房内净空高度应同时满足加速器机身高度、上下滑轨、进风和回风管道、吊顶（含灯具、进风口和回风口、空调室内机）等叠加空间尺寸。适当降低迷道出入口门洞高度，以减小散射面积，有利于减小铅门防护压力。

(6) 防护门的生产、安装由有生产资质的厂家承担，其搭接长度不小于缝隙的 10 倍。

(7) 水冷系统：由于电子直线加速器在运行过程会产生大量的热量，为保证设备正常运转，采用自备水箱和水管闭路循环的蒸馏水冷却系统，其中冷却水应循环使用，不对周围环境造成影响。

(8) 安全联锁

机房入口处设置有防护门和迷路，防护门与加速器联锁。直线加速器机房设置有多重联锁装置，以保护人员和设备安全，防止意外事故。

a) 迷道门联锁：为防止有人在加速器工作状态下误入加速器机房，出入口的迷道门和出束照射系统机型联锁，只有当防护门关闭，出束照射系统才能启动；反之，如果照射过程中防护门打开，系统将自动断电停止出束。

b) 系统联锁：当控制台计算机故障、加速管真空故障等加速器会自动出现系统联锁，不能发出射线。

c) 紧急按钮：除以上安全联锁控制外，在加速器机房内墙和控制室操作台分别设置紧急停束按钮。急停束按钮一经按下，系统将无条件关闭加速器束流，

续表 10 辐射防护与安全措施

停止出束。同时设置手动应急，以防止以上两种联锁装置失效滞留在机房内人员的安全。

d) 双剂量联锁：按照《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）的要求，设置双剂量联锁以及其它联锁。

（9）直线加速器机房出束警告灯、警示标志、防护门有声、光报警装置；门框上方设有“正在工作”信号灯及电离辐射警示标志，警示人们此地属危险区域，不在此逗留。

（10）视频监控、对讲系统、紧急停机开关：在直线加速器机房与控制室之间（包括机房内跟迷道内）设置闭路电视和对讲设备，监控机房内医生与患者的活动情况；此外机房防护门内设置人工紧急停机及开门按钮。

（11）配备的直线加速器应有双道剂量监测系统，该系统的探测结果应能用来计算受照靶体内某一参考点的剂量，并满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）要求。

（12）机房内设置固定式剂量率仪以及及时掌握运行过程中的剂量水平变化。当加速器运行后，工作人员应等待剂量率降低至本底水平后进入治疗室。

2) 安全操作及管理措施

（1）医院配置固定式剂量报警仪和便携式剂量报警仪，进行环境辐射常规监测及个人防护。

（2）医院配置有合格的放射治疗医生、医学物理人员及操作人员。医学物理人员和操作人员应经过防护和加速器专业知识培训，并经过考核合格后方可上岗。

（3）操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，禁止任意去除安全联锁，严禁在去除可能导致人员伤亡的安全联锁的情况下开机。

（4）治疗期间，应有两名操作人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度。

（5）治疗期间操作人员应密切注视控制台仪表及患者状况，发现异常及时处理，禁止操作人员擅自离开岗位。

（6）加速器的控制设备有专人操作，使用的钥匙有专人保管。技术员离开

续表 10 辐射防护与安全措施

控制室进入机房时，拔出钥匙，随身携带，防止他人误操作。

(7) 治疗期间，除接受治疗的患者外，治疗室内不得有其他人员。

(8) 必须防止各类事故，万一发生意外，立即停止辐照，及时将患者移出辐射野，并注意保护现场，便于正确估算患者受照剂量，作出合理评价。

(9) 制定规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙。

(10) 考虑直线加速器机头残留感生放射性影响，机器照射完 10 分钟后才可进入机房。

10.1.5 后装机机房污染防治措施

10.1.5.1 机房的防护

(1) 含 ^{192}Ir 源后装治疗机机房的设计应符合辐射防护的有关要求。机房的穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果，治疗室屏蔽门的门体与墙体重叠长度不小于门与墙间隙的 10 倍。

(2) 机房入口采用迷路设计，设置门机联锁，并在治疗室门上要有声、光报警。治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源视频监控和放射源表面剂量监控。

(3) 治疗室和控制室之间安装监视和对讲设备。

(4) 治疗室设置机械通风装置，其通风换气能力达到治疗期间使室内空气每小时交换不小于 4 次。

(5) 治疗室迷道出、入口处设置固定式辐射剂量检测仪器并应有报警功能，其显示单元应设置在控制室内或机房门附近。

(6) 治疗室内应配备有合适的储源容器、长柄镊子等应急设备。

(7) 治疗室内合适的地方应张贴应急指示。

10.1.5.2 后装放射治疗设备的防护

(1) 放射源

①后装治疗用 γ 放射源，应符合 GB4075 的规定。应尽可能选择高比活度、能量合适的 γ 放射源。

②放射源必须有生产厂家提供的说明书及检验证书。说明书应载明放射源编号、核素名称、化学符号、等效活度、表面污染与泄漏检测日期和生产单位名称

续表 10 辐射防护与安全措施

等。

③放射源外观活度值与检测值的相对偏差应不超过 $\pm 5\%$ 。

④放射源的更换必须由合格的专业技术人员,在换源过程中应加强操作人员的放射防护措施和辐射剂量监测。

⑤放射源的运输应符合 GB11806 规定。

⑥退役放射源应按照国家有关规定进行处理。新源购置后一般及时更换,未更换或更换下来的退役源存放在铅罐中,铅罐暂存在后装机机房的保险柜内暂存,保险柜设有防盗门,且实行双人双锁管理,视频监控每天 24 小时有专门的工作人员轮流值班,多重保障,以确保放射源不会发生被盗或丢失事件。

(2) 贮源器

①放射源贮源器表面必须标有放射性核素名称,最大容许装载活度和牢固、醒目的、符合 GB18871 要求的电离辐射警示标识。

②工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时,距离贮源器表面 5cm 处的任何位置,因泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于 $50\mu\text{Sv/h}$;距离贮源器表面 100cm 处的球面上,任何一点的泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于 $5\mu\text{Sv/h}$ 。

③装载放射源的运输贮源器工作贮源器,应存放在限制一般人员进入的放射治疗室或专用储源库内。

(3) 施源器

①施源器的形状、结构设计以及材料选择应适应靶区的解剖特点,保证放射源在其中正常驻留或运动。

②施源器应按照剂量学原则,形成各种预定的剂量分布,最大限度地防护邻近正常组织和器官。

(4) 放射源控制与传输

①后装治疗设备的控制系统,必须能准确地控制照射条件,应有放射源启动、传输、驻留及返回工作贮源器的源位显示与治疗日期、通道、照射总时间及倒计时时间的显示。

②后装治疗设备控制系统应有安全锁等多重保护和联锁装置。应能防止由于计时器控制、放射源传输系统失效,源通道或控制程序错误以及放射源连接脱落

续表 10 辐射防护与安全措施

等电气、机械发生故障或发生误操作的条件下造成对患者的误照射。

③实施治疗期间，当发生停电、卡源或意外中断照射时，放射源应能自动返回工作贮源器，并显示和记录已照射的时间和剂量，直到下一次照射开始，同时应发出声光报警信号。当自动回源装置功能失效时，应有手动回源措施进行应急处理。

④在控制台上，必须能通过 γ 射线监测显示放射源由工作贮源器内输出和返回贮存位置的状态。控制台上应有紧急停机开关。

⑤控制照射时间的计时误差应小于 1%。

⑥连接施源器各通道与施源器的放射源传输管道及施源器应尽量平滑，具有可允许的最小曲率半径，以保证放射源传输畅通无阻。

⑦连接施源器与放射源传输管道时，必须使接头衔接严密、牢固，防止放射源冲出或脱落。

⑧放射源在施源器内驻留位置的偏差不大于 $\pm 1\text{mm}$ 。

⑨后装治疗程序中放射源的输送路径应保持尽可能短。

10.1.5.3 实施后装治疗时的防护要求

①后装治疗应配备相应的治疗计划系统，应制定并实施质量保证计划，确保剂量准确。既能使治疗区获得合理的剂量及其分布，又能控制正常组织的受照范围，最大限度缩小正常组织的受照剂量与范围。

②在治疗开始对设备及相关防护措施进行检查，确保治疗设备和防护设备处于正常工作状态。

③后装治疗的质量控制检测，去内容和方法按 WS262 进行。

④每个治疗疗程实施前，应由放射治疗医师和医学物理师分别核对治疗计划。

⑤首次治疗时，放射治疗医师应指导放射治疗技术人员正确摆位，落实治疗计划。

⑥治疗中，技术人员应密切注视控制系统的各项显示与病人状况，以便及时发现和排除异常情况。不得在去除保护和联锁控制装置的条件下运行。

⑦实施治疗时，应详细记录治疗日期、治疗方式、治疗源类型、活度、数目、

续表 10 辐射防护与安全措施

通道、照射时间、单次照射剂量及总剂量和放射源在施源器内的驻留位置及照射长度，并绘示意图存档。

⑧实施治疗时，除病人外，治疗室内不得停留任何人员。

⑨施源器、治疗床等表面因放射性物质所造成的 β 污染水平应低于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，若高于此污染水平应采取相应去污和放射源处理措施。

⑩治疗单位应按 GBZ128 的要求对放射工作人员进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案；放射工作人员进入治疗室应携带个人剂量报警设备。

采取上述措施后，本项目射线装置机房的辐射防护符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）及《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）的相关要求。

本次扩建完成后，医院上述射线装置需配备的防护用品情况如下：

表 10-4 医院上述射线装置拟新增防护用品及辐射监测设备清单一览表

说明	防护用品名称	单位	拟配备数量
需新增防护用品	个人剂量报警仪	台	1/人
	个人剂量计	个	1/人
	X- γ 剂量率测量仪	台	1
	固定式剂量报警仪	套	3

10.2 放射性“三废”污染防治措施

本项目射线装置运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生，工作过程中空气电离产生的少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）通过通风系统排出机房外，少量的臭氧和氮氧化物的排放对环境影响较小。

本项目直线加速器机房内分别设置了 2 个排风口，后装机机房内设置了 2 个排风口。机房墙体对外无采光通风窗，射线装置机房安装了机械通风装置，通风效率保证室内每小时换气次数不低于 4 次，能有效的排除机房内的有害气体，保证室内空气质量满足标准要求。

项目产生的废弃靶交有资质单位处置；后装机产生的退役放射源厂家回收。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响分析

根据前节工程分析介绍，本项目施工期主要是机房的建设和装修。污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。项目建设过程中，医院的医疗服务工作仍将正常进行。施工产生的污染特别是扬尘和噪声可对医院自身环境以及周围的环境带来较大影响。

施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

（1）扬尘及防治措施

主要为房间的建设及改造时机械敲打、钻洞墙体等产生的粉尘。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应做到以下几点：加强施工现场管理，应进行适当的加湿处理。

（2）废水及防治措施

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水。生活污水依托医院的排水系统，进入市政污水网管。

（3）噪声及防治措施

主要来自于机房内混凝土浇注、装修及现场处理等。通过选取噪音低、振动小的设备操作等，并合理安排施工时间等措施能减轻对外界的影响。

（4）固体废物及防治措施

主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。生活垃圾以及装修垃圾经统一收集后交由市政环卫部门处理。

本项目工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响小。

11.2 营运期机房使用面积分析

本项目机房设计使用面积如表 11-1 所示。

续表 11 环境影响分析

表 11-1 本项目射线装置机房设计使用面积一览表							
序号	名称	位置	机房面积 (m ²)	机房最小单边尺寸 m)	标准要求 (m ²)	单边尺寸要求 (m)	是否满足要求
1	直线加速器机房	肿瘤中心负一楼 直线加速器机房	59.2	7.4	≥45	--	是
2	直线加速器机房	肿瘤中心负一楼 直线加速器机房	59.2	7.4	≥45	--	是
3	后装机机房	肿瘤中心负一楼 后装机机房	20	4.0	≥20	--	是

由表 11-1 可知，2 间直线加速器机房使用面积均满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）标准的要求；后装机机房使用面积满足《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）标准要求。

11.3 直线加速器机房运行期环境影响分析

本次环评涉及的 2 台直线加速器设备能量一致，机房面积一致，本次核算其中 1 间机房。

11.3.2 计算公式

本评价采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）和《放射治疗机房辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）中的公式进行计算，具体如下：

1) 有效屏蔽厚度

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

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

式中：X—屏蔽物质厚度；

X_e —有效屏蔽厚度。

2) 屏蔽厚度与屏蔽透射因子的相应关系

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

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

续表 11 环境影响分析

式中：B—辐射屏蔽透射因子；

TVL₁—辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度；

TVL—辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度。

3) 有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算

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

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

式中： $\dot{H}_c$ —参考点剂量率参考控制水平，μSv/h；

$\dot{H}_o$ —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，μSv·m²/h（以 Sv·m²/min 为单位的值乘以 6×10⁷）；本项目 10MV 直线加速器高剂量率模式下为 2400cGy/min，常用剂量率模式下为 600cGy/min。本次核算均以高剂量率模式下的剂量进行估算。

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f—对有用束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率。

4) 患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

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

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

式中： $\dot{H}_c$ —参考点剂量率参考控制水平，μSv/h；

$\dot{H}_o$ —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv·m²/h；

R_s —患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

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

续表 11 环境影响分析

向)处的剂量比例, 又称 400cm² 面积上的散射因子;

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm²。

5) 穿过患者或迷路内墙的有用线束在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \frac{(F / 10^4)}{R^2} \cdot \alpha_w \cdot B_p \quad (11-9)$$

式中:

$\dot{H}$ —— 计算点的辐射剂量率, μSv/h;

$\dot{H}_0$ —— 加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率,
μSv·m²/h;

F —— 治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm²。

R —— 散射体中心点(有用线束在屏蔽墙上的投影点)与计算点的
距离, m;

α_w —— 散射因子;

B_p —— 有用线束射入散射体(屏蔽墙)前的屏蔽透射因子

6) 加速器(≤10MV) 机房迷路散射辐射屏蔽与剂量估算

①入口处的散射辐射剂量率:

$$H_g = \frac{\alpha_{ph} \times (F / 400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times H_0 \quad (11-10)$$

式中:

$\dot{H}_g$ —— 入口处的散射辐射剂量率, μSv/h;

α_{ph} —— 患者 400cm² 面积上的散射因子;

F —— 治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm²;

α_2 —— 砼墙入射的患者散射辐射的散射因子;

A —— i 处的散射面积; m²;

R1 —— “o-i”之间的距离, m;

续表 11 环境影响分析

R_2 —— “i-g”之间的距离，m；

H_0 —— 加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

$$B = \frac{\dot{H}_c - \dot{H}_{0g}}{\dot{H}_g} \quad (11-11)$$

式中：

H_{0g} —— o_1 位置穿过迷路内墙的泄漏辐射在 g_2 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —— 参考点剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_g —— g_2 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

②低原子序数（Z）屏蔽材料等效换算：

$$x_1 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times x_2 \quad (11-12)$$

x_1 和 x_2 ——屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度；

ρ_1 和 ρ_2 ——屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度。

7) 宽束辐射的有用束对应的机房屏蔽为主屏蔽区

$$Y_p = 2[(a + SAD) / \tan \theta + 0.3] \quad (11-13)$$

Y_p = 机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD = 源轴距，m。本项目取 1m；

θ - 治疗束的最大张角（相对束中的轴线），本项目预设取值 14° ；

a - 等中心点至“墙”的距离，m；本项目至顶棚墙取值 3.67m，至南北墙取值 4.8m；

续表 11 环境影响分析

8) 计算参数取值

主屏蔽墙、侧屏蔽墙、迷道内墙、迷道外墙及防护门屏蔽计算各参数取值如下表 11-2、表 11-3、表 11-4 所示。

表 11-2 主屏蔽墙、侧屏蔽墙、迷道内墙、迷道外墙屏蔽计算各参数表

参数	单位	取值	备 注
$\dot{H}_c$	$\mu\text{Sv/h}$	2.5	GBZ126-2011
$\dot{H}_o$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	1.44×10^9	最高剂量
R	m	7.0 (O _{1-a} 、O _{2-b})	辐射源点至南北主屏蔽墙外关注点距离
		5.8 (O-n)	辐射源点至顶棚主屏蔽墙外关注点距离
		5.3 (O-e)	辐射源点至西墙侧屏蔽墙外关注点距离
		8.8 (O-k)	辐射源点至迷路外墙关注点距离
f	/	1	有用线束
f	/	0.001	漏射线束
主射线	TVL ₁	cm	41
	TVL	cm	37
90°泄露辐射	TVL ₁	cm	35
	TVL	cm	31

GBZ/T201.2—2011 附录 B 表 B.1 查出

表 11-3 与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙屏蔽厚度计算各参数表

参数	单位	取值	备 注
$\dot{H}_c$	$\mu\text{Sv/h}$	1.25	GBZ126-2011
$\dot{H}_o$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	1.44×10^9	常用最高剂量
R_s	m	6.93 (O-c ₂)	辐射源点至东侧主屏蔽墙相连的次屏蔽墙外关注点距离
		6.93 (O-d ₂)	辐射源点至共用侧主屏蔽墙相连的次屏蔽墙外关注点距离
		5.54 (O-m ₂)	辐射源点至与顶棚相连的次屏蔽墙外关注点距离
α_{ph}	/	0.00318	散射因子, 从 GBZ/T201.2—2011)

续表 11 环境影响分析

			第 2 部分附录 B 表 B.2 查出
F	cm ²	40*40	设备实际参数
TVL	cm	28	GBZ/T201.2—2011 附录 B 表 B.4 查出

表 11-4 10MV 直线加速器机房计算铅门屏蔽厚度所用参数表

参 数	单 位	取 值	备 注
R_1	m	7.8 (o-i)	测量出
A	m ²	12.16	i 处散射面积，计算出
R_2	m	11.6 (i-g)	测量出
$\dot{H}_o$	μSv·m ² /h	1.44×10^9	常用最高剂量率
α_{ph}	/	0.00135	散射因子，从 GBZ/T201.2—2011) 第 2 部分附录 B 表 B.2 查出
α_2	/	0.0051	散射因子，从 GBZ/T201.2—2011) 第 2 部分附录 B 表 B.6 查出

7) 治疗室建筑物屏蔽墙厚的确定原则

在计算散射和泄漏辐射所需的屏蔽厚度时，如果两者的厚度相差大于一个十分之一值厚度，则其中较厚的一个厚度，即可作为次级防护屏障的厚度。如若两者的厚度相差不到一个十分之一值厚度，那么在其中较厚的一个厚度上再添加一个半值厚度，作为总的次级防护屏障厚度。

4、核算结果

直线加速器室地面之下为夯实土层，人员无法到达，因此本评价不进行上述部分的屏蔽效能校核。

根据核算模式与选定的核算参数，本项目的直线加速器机房的屏蔽防护核算结果见表 11-5、11-6。

续表 11 环境影响分析

表 11-5 10MV 直线加速器室墙体屏蔽核实结果（混凝土 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ ）								
核算点位		剂量控制 限值 ($\mu\text{Sv/h}$)	安全剂量 下所需厚 度(cm 砼)	设计厚度 (cm 砼)	设计厚度下 墙体外的瞬 时剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	环评建议厚 度 (cm 砼)	设计厚度下 最近敏感点 处最大瞬时 剂量($\mu\text{Sv/h}$)	设计条件 下是否满 足辐射屏 蔽要求
南墙、北墙（设 备机房、控制室、 准备室、候诊廊、 楼梯间及卫生 间）	南侧主屏蔽墙（主射 b 点）	2.5	258	300	0.125	300	0.0093	是
	北侧主屏蔽墙（主射 a 点）	2.5	258	300	0.125	300		是
	南侧次屏蔽墙（散、漏射 d 点）	1.25	128	180	0.0089	180		是
	北侧次屏蔽墙（散、漏射 c 点）	1.25	128	180	0.0089	180		是
西墙（侧屏蔽墙）	散、漏射（e 点）	2.5	130	180	0.0488	180	0.0122	是
迷路内墙	散、漏射（g 点）	0.5	116	150	0.0286	150	=	是
迷路外墙（直线 加速器机房）	漏射，无内墙遮挡部分（k 点）	2.5	123	150	0.325	150		是
顶棚（门诊、门 厅、挂号收费、 阅片、预约等辅 助用房）	主屏蔽墙（主射 n 点）	2.5	259	300	0.187	300	=	是
	副墙（散、漏射 m ₂ 点）	1.25	134	180	0.015	180		是
防护门 (o-i-g 点)		2.5	0.63Pb	10mmPb+100 mm 含硼（5%） 聚乙烯	0.506	10mmPb+100 mm 含硼 （5%）聚乙烯	=	是

续表 11 环境影响分析

表 11-6 直线加速器机房主屏蔽宽度计算结果一览表

机房	取值			计算所需宽度(cm)	设计宽度(cm)	是否满足要求
10MV 直线加速器机房	SAD=1m; $\theta=14^\circ$	顶棚	$a=3.67\text{m}$	280	400	是
		南北墙	$a=4.8\text{m}$	384	400	是

考虑相邻机房辐射能量叠加影响，左侧直线加速器机房的东侧主屏蔽墙与右侧直线加速器机房的东侧主屏蔽墙共用，设计为主屏蔽墙体为 3000mm 砼，副屏蔽墙体为 1800mm 砼，1 号直线加速器机房东侧主屏蔽墙体最大剂量为 $0.125\mu\text{Sv/h}$ ，2 号直线加速器机房西侧主屏蔽墙体最大剂量为 $0.125\mu\text{Sv/h}$ ，剂量叠加后为 $0.25\mu\text{Sv/h}$ ，低于《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 标准要求。

根据上表计算可知，在现有设计墙体及防护门厚度条件下，本项目直线加速器机房墙体厚度及防护门厚度均能满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 标准要求，同时，保守考虑，本项目直线加速器防护门设计增加了中子防护材料。

5、有害气体分析

加速器在开机过程中因射线强辐射作用，在空气中会产生极少量臭氧（ O_3 ）和微量氮氧化物（ NO_x ）等有害气体。参考《中华辐射医学防护》第 14 卷第 2 期：“辐射所致臭氧的估算与分析”（王时进、娄云），采用下列公示：

（1）有用射线束所致 O_3 产额

$$P_1=2.43 \times D_0 \times (1-\cos\theta) \times R \times G \quad (11-14)$$

式中：

D_0 --辐射有用束在距靶 1m 处的输出量， $\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ (本项目取 $24\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$)；

R --靶距室壁的距离，本项目为 3.2m；

G --空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 分子数，根据文献该值取 6；

θ --有用束的半张角， $\theta=14^\circ$ 。

则根据计算可知，本项目加速器机房有用射线束所致 O_3 产额 P_1 为

续表 11 环境影响分析

33.26mg/h。

(2) 泄露辐射所致的 O₃ 产额

将泄露辐射看成 4π 方向均匀分布的辐射源（包含有用束区限定的空间区），并考虑扫描大厅墙体的散射线使室内的臭氧产额增加 10%，臭氧的产额 P₂(mg/h) 为：

$$P_2 = 3.32 \times 10^{-3} \times D_0 \times G \times V^{1/3} \quad (11-15)$$

D₀--辐射有用束在距靶 1m 处的输出量，Gy·m²/min(本项目取 24Gy·m²/min)；

G--空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数，根据文献该值取 6；

V--加速器机房容积（含迷道），本项目为 357.1m³。

则根据计算可知，本项目加速器机房漏射射线束所致 O₃ 产额 P₂ 为 3.38mg/h。

加速器机房内产生的臭氧一部分由通风系统排至室外，另一部分自然分解。加速器机房内空气中臭氧的平均浓度可由以下公式计算：

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 \times T}{V} \times (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (11-16)$$

式中：

$Q_{(t)}$

--室内 t 时刻臭氧的平均浓度，mg/m³

Q_0

--臭氧的辐射化学产额，mg/h， $Q_0 = P_1 + P_2$

V--加速器机房容积（含迷道），本项目为 357.1m³

t--照射时间，h。

T--有效清除时间，h。

$$T = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad (11-17)$$

t_v--换气一次所需要的时间，h，本项目加速器机房换气次数按 4 次/h，换气一次所需要的时间为 0.25h。

t_d--臭氧的有效分解时间，h，取 0.83h。

续表 11 环境影响分析

如果照射时间很长（即 $t \gg T$ ），则：

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 \times T}{V} \quad (11-18)$$

当 $t \gg T$ 时，臭氧达到饱和浓度，由以上公式计算得到正常排风时加速器机房内臭氧浓度为 0.0167mg/m^3 ，低于《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》（GBZ2.1-2019）表 1 中工作场所空气中臭氧容许浓度为 0.30mg/m^3 的要求。治疗室内臭氧通过排风系统排风，经过大气的稀释和扩散作用，浓度会进一步的降低，对周围大气环境影响十分轻微。

6、机房内通风

直线加速器运行时会产生少量的臭氧和氮氧化物。因此机房需要良好的通风，以降低臭氧浓度。

根据建设单位提供资料，本项目在机房北侧设置 2 个排风口，排风口距地约为 0.3m ，通风量不小于 $1500\text{m}^3/\text{h}$ ，加速器机房有效容积为 357.1m^3 ，通过计算，本项目直线加速器机房内通风换气次数约为 4.2 次/h，大于标准要求的不小于 4 次/h，产生的少量有害气体沿排气管道连接至楼顶排放，同时安装空调辅助通风，在机房使用过程中，能够有效排除机房内少量的臭氧及氮氧化物。另外机房通风排风管外口不朝向环境敏感点并远离空调进风口。在此基础上，因排放室外有限的有害气体经空气稀释，将很快恢复到原来的空气浓度水平，加上 O_3 的分解时间不到 10 分钟，能满足环境空气质量标准。

11.4 后装治疗室运行期环境影响分析

（1）核实建筑物屏蔽效能采用的主要公式

关注点的周剂量参考控制水平为 H_c 时，该关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 如式：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \bullet U \bullet T) \quad (11-18)$$

式中： H_c ——周参考剂量控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv/周}$ ）（参照 GBZ/T201.3-2014 中 4.1.1a，非控制区的剂量控制目标为 $5\mu\text{Sv/周}$ ）；

U ——关注位置方向照射的使用因子，本项目取 1；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子，本项目取 1；

续表 11 环境影响分析

t ——治疗装置周治疗照射时间，单位为时（h）。其值为平均每周治疗照射人数和每人治疗照射时间的乘积，本项目为 2h。

按照上式本项目剂量率 $\dot{H}_c$ 应取为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

设计的屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按下列公式计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \cdot \frac{R^2}{f} \quad (11-19)$$

式中： $\dot{H}_c$ ——按 4.1.1 和附录 A 确定的剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R ——辐射源至关注点的距离，m；

f ——对有用线束为 1；对 γ 射线源远距治疗装置的泄漏辐射为泄漏辐射比率；

$\dot{H}_0$ ——活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率，按照下式计算，单位 $\mu\text{Sv/h}$ ；

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma \quad (11-20)$$

式中： A ——放射源的活度，单位为 MBq；

K_γ ——放射源的空气比释动能率常数（或称 K_γ 常数），在屏蔽计算中以周围剂量当量作为空气比释动能的近似，此时 K_γ 的单位记为 $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ，见表 C.1。

屏蔽厚度与屏蔽透射因子 B 的相互计算：

$$B = 10^{-(X_e - TVL - TVL_1)/TVL} \quad (11-21)$$

$$X_e = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (11-22)$$

式中： B ——辐射屏蔽透射因子；

TVL_1 ——辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度；

TVL ——辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度。

入口 g 处的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ 采用下列公式计算：

续表 11 环境影响分析

$$\dot{H} = \frac{A \cdot K_{\gamma} \cdot S_w \cdot \alpha_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad (11-23)$$

式中：A、 K_{γ} 同式（11-20）；

S_w ——迷路内口墙的散射面积，其为辐射源和机房入口共同可见的墙区面积，单位 m^2 ；

α_w ——散射体的散射因子；

R_1 ——辐射源至散射体中心点的距离，单位为 m；

R_2 ——散射体中心点至计算点的距离，单位为 m；

（2）屏蔽效能核实结果

表 11-6 居留因子的选取

场所	居留因子（T）		停留位置
	典型值	范围	
全部停留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分停留	1/4	1/2-1/5	1/2：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5：走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8：各治疗室房门 1/20：公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40：仅有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

本项目使用的后装治疗机的有效开机时间每年工作按 50 周计，每周治疗 30 个患者，每个患者应用放射治疗的有效时间不一致，本次环评以 8min 计，则后装机年有效工作时间为 200h，周工作时间为 4h。

放射源： ^{192}Ir ；活度 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ （10Ci）；

水泥散射系数：1%；

周围剂量当量率限值：2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

后装治疗机房的屏蔽效能核实结果见表 11-7。

续表 11 环境影响分析

表 11-7 后装治疗机房屏蔽核算结果表						
墙体名称		计算参数	计算厚度 (cm)	设计厚度 (cm)	建议厚度 (cm)	建议厚度下的 瞬时剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)
西墙 (主射, 直线加 速器机 房)	总厚	$r=6.3\text{m}, q=1$	39.8	250	250	≈ 0
	迷路外墙	/	/	180	180	
	迷路外墙不 重叠部分	$r=6.1\text{m}, q=1$	41.1	180	180	≈ 0
东墙(主射, 设备机房)		$r=3.0\text{m}, q=1$	49.6	70	70	0.113
北墙(主射, 控制室、 准备室)		$r=3.5\text{m}, q=1$	47.6	70	70	0.083
南墙(主射, 夯实土层)		$r=3.5\text{m}, q=1$	47.6	70	70	0.083
顶棚(主射, 治疗计划 室房)		$r=3.9\text{m}, q=1$	46.1	70	70	0.067
地面(主射)		夯实土层, 人员不可达				
铅门(主射, 准备室)		$r=4.2\text{m},$ $R=5.7\text{m},$ $S=1.5\times 3.5\text{m}^2,$ $q=1$	0.36	0.8	0.8	0.32

备注：上述计算结果均在现有机房混凝土墙体密度不小于 2.35g/cm^3 的基础上进行的，散射线的 TVL 值按照主射线的参数进行计算。

由上表可以看出， ^{192}Ir 后装治疗机治疗室现设计屏蔽体能满足屏蔽防护能力要求，满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）及《电离辐射防护与安全基本标准》（GB18871-2002）中“辐射防护最优化”原则的要求。

事实上，上述结果仅只是考虑了墙对射线的屏蔽作用，没有考虑设备本身的自屏蔽作用，以及附加的一些防护设施的屏蔽作用：例如：盛装放射源铅罐的屏蔽作用，以及其它附加防护设施（铅玻璃屏）的屏蔽作用。实际上由于各种屏蔽物的屏蔽作用，远比理论计算的辐射水平低很多。

但必须指出的是：工作人员在工作时应配戴个人剂量计。事实上以上计算结果未考虑人体自身的防护、工作人员佩戴铅衣、铅手套、铅围裙、铅有机玻璃面

续表 11 环境影响分析

屏等，机房室外的辐射水平将低于理论计算结果。

(3) 源暂存在后装机机房内的辐射环境影响分析

本项使用 ^{192}Ir 放射源初始活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，使用一段时间后，放射源活度会衰减降低，本项目暂存的放射源按照新购源的出厂活度 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ 进行保守估算。新购源或换下的退役放射源均存放在铅当量不小于 20mm 厚的铅贮源器中，随贮源器一起暂存于后装机机房内。

本项目源暂存在后装机的时间均为 10~60 天，本次以 60 天计算，每天 8h。公众成员居留因子取 1/16。

增加源项后后装机机房的屏蔽效能核实结果见表 11-8。

表 11-8 暂存放射源在后装机机房内屏蔽核算结果表

点位	核算距离	墙体厚度	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	叠加后装机运行时的剂量后 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否满足标准
东侧墙体	1.5m	20mmPb+700mm 混凝土	0.011	0.124	2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ；满足
南侧墙体	1.5m	20mmPb+700mm 混凝土	0.011	0.094	
西侧墙体	7.5m	20mmPb+700mm 混凝土	≈ 0	≈ 0	
北侧墙体	5.5m	20mmPb+700mm 混凝土	≈ 0	0.083	
顶棚	3.9m	20mmPb+700mm 混凝土	0.003	0.070	
防护门	R1=4.2m R2=5.7m	20mmPb+8mmPb	≈ 0	0.32	

注：地面为夯实土层不核算

由上表可知，源暂存在后装机机房内后，后装机在运行过程中屏蔽体外周围剂量当量率均能满足“墙体外周围剂量当量率限值 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(4) 机房内通风

后装机机房需要良好的通风，以降低臭氧及氮氧化物等有害气体浓度。根据设计资料，机房内拟在机房北侧设置 2 个排风口，排风口距地约为 0.3m，通风量不小于 500 m^3/h ，加速器机房有效容积为 108.5 m^3 ，通过计算，本项目直线加速器机房内通风换气次数约为 4.6 次/h，大于标准要求的不小于 4 次/h，有害气体用管道连接排至室外。另外机房通风排风管外口不朝向环境敏感点并远离空调进风口。在此基础上，因排放室外有限的有害气体经空气稀释，将很快恢复到原

续表 11 环境影响分析

来的空气浓度水平，加上 O₃ 的分解时间不到 10 分钟，能满足环境空气质量标准。

(5) 放射源运输和放射性固体废物环境影响分析

¹⁹²Ir 放射源的运输由生产厂家负责运输，其运输应严格按照《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求操作。

后装机运行时无放射性废气、废水产生，放射性废弃物为更新后换下的 ¹⁹²Ir 密封源。¹⁹²Ir 放射源由放射源生产单位负责运输，放射设备损坏或者放射源退役后，须有资质的检测公司进行辐射检测后，设备按照有关规定进行退役，放射源由厂家统一回收或者送交至省城市放射性废物库统一处置。同时，医院应做好放射源的日常管理台账工作，认真填好放射源的基本参数及状态等基本信息，建立一一对应的放射源明细台账，同时制定《放射源台账管理制度》，并张贴上墙。

11.5 职业照射人员与公众附加年有效剂量

11.5.1 估算公式

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A 中的计算，X-γ射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

$$H_{E,r} = H^*(10) \times T \times t \times 10^{-3} (mSv) \quad (11-24)$$

其中：H_{E,r}—X 或γ射线外照射人均年有效当量剂量，mSv

H*(10)：X 或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

T：居留因子；

t：X 或γ射线照射时间，h。

11.5.2 直线加速器及后装机年有效剂量估算结果

(1) 所致剂量估算取值

本项目加速器的工作负荷 W 取 1500Gy/周，设加速器等中心处治疗模体内参考点的常用最高吸收剂量率为 3Gy/min，则每周治疗时间为 500min，即 8.3h，全年按照 50 周计，则加速器年开机有效时间为 415h。放射工作人员附加年有效剂量取表 11-5 中操作室（北墙）处最大瞬时剂量率 0.125μSv/h 进行估算，公众成员附加年有效剂量取顶棚墙体外剂量率 0.187μSv/h 进行估算。

续表 11 环境影响分析

本项目使用的后装治疗机的有效开机时间每年工作按 50 周计，每周治疗 30 个患者，每个患者应用放射治疗的有效时间不一致，本次环评以 8min 计，则后装机年有效工作时间为 200h，周工作时间为 4h。放射工作人员（不包含为病人摆位工作人员）附加年有效剂量取表 11-7 中北侧操作室 $0.083\mu\text{Sv/h}$ 进行估算，公众成员附加年有效剂量取表 11-7 中顶棚处 $0.32\mu\text{Sv/h}$ 进行估算。

工作人员对后装机治疗患者进行摆位时，距离贮源容器表面 5cm、1m 处的空气比释动能率分别为 $50\mu\text{Sv/h}$ 、 $5\mu\text{Sv/h}$ （GBZ121-2017 国家标准规定），根据医院提供数据及核算，后装机操作人员停留在贮源容器表面 5cm 处的时间不超过 3min，本次环评摆位时距离贮源容器表面约 0.5m 处，此处的空气比释动能率约为 $20\mu\text{Sv/h}$ 。

（2）射线装置工作场所所致年附加有效剂量估算

本项目直线加速器机房剂量估算结果下表 11-9。

表 11-9 直线加速器所致年附加有效剂量估算表

序号	装置名称	工作负荷 (h)	墙体外剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	环境保护目标	年有效当量剂量 (mSv/a)
1	直线加速器	415	0.125	1	放射工作人员	0.052
			0.187	1/4	公众成员	0.019

后装机剂量估算结果下表 11-10。

表 11-10 后装机所致剂量估算表

序号	装置名称	工作负荷 (人次/年)	每人每次照射时间 (min)		年最大有效开机时间 (h)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量当量(mSv)
1	后装机	1500	放射工作人员	≤ 8	200	0.083	0.017
			摆位工作人员	≤ 3	75	20	1.5
			公众	≤ 8	200	0.32	0.016

增加源项暂存在后装机机房后所致个人剂量增加情况

人员	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	受照时间 (h)	年有效最大剂量估算值 (mSv/a)	叠加后年有效最大剂量估算值 (mSv/a)
----	-----------------------------	----------	--------------------	-----------------------

续表 11 环境影响分析

放射工作人员	≈0	480	≈0	0.17、1.5
公众	0.011	30	≈0	0.016

由表 11-9 可知，直线加速器放射工作人员最大年有效剂量值为 0.052mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 2mSv/a；公众成员墙体外受到的最大年有效剂量值为 0.019mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 0.1mSv/a；后装机放射工作人员最大年有效剂量值为摆位工作人员，若全部摆位工作由 1 名放射工作人员完成，则年有效剂量值达到了 1.5mSv/a，操作室放射工作人员的最大年有效剂量值为 0.017mSv/a，若将摆位工作及设备操作均有 1 个人完成，则该名放射工作人员年附加有效剂量约为 1.517mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 2mSv/a；公众成员墙体外受到的最大年有效剂量值为 0.016mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 0.1mSv/a，本次环评建议后装机机房摆位及设备操作工作由至少 2 人以上轮流工作，且要做好日常防护工作。实际设备运行过程中，设备拥有正规的防护设施，且设备运行过程中一般不能开启至最大额定功率，本次环评计算值未将源项设备处的防护考虑在内，且将设备开至最大额定功率，故计算出来的理论值远远大于实际值，故本次环评放射工作人员和公众成员墙体外受到的最大年有效剂量值会小于本评价剂量管理目标值，能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.6 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

本项目的建设对保障健康、拯救生命起着十分重要的作用。项目营运以后，将为病人提供一个优越的治疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。此外，通过核算，该项目屏蔽和防护措施符合要求，对环境的影响也在可接受范围内。

因此，本项目的实施对受照个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危

续表 11 环境影响分析

害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

11.7 产业政策符合性

项目投入使用为疾病诊断、寻找病灶部位、制订治疗方案及治疗疾病提供了科学依据和手段。项目在加强管理后均满足相关国家法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力，符合清洁生产和环境保护的总体要求。同时，医院射线装置的使用属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2020 年 1 月 1 日起施行）第一类——鼓励类中“六、核能、同位素、加速器及辐照应用技术开发”，因此本项目符合国家相关法律法规和政策的规定，符合国家产业政策。

11.8 事故影响分析

11.8.1 事故分级

医院使用直线加速器及后装机开展辐射诊疗工作，将会产生不同的事故。医院应按照国家各种规章制度的要求，严防各种事故的发生。当发生事故后，应按照国家应急预案的要求进行补救，加强应急响应准备和事故应急演练，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 第 449 号)，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-11。

表 11-11 国务院令 第 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡。
重大辐射事故	是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下(含 2 人)急性死亡或者 10 人以上(含 10 人)急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	是指 III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下(含 9 人)急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	是指 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-12。

表 11-12 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

续表 11 环境影响分析

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

根据表 11-11 和表 11-12，本项目各射线装置可能发生的辐射事故等级见表 11-13。

表 11-13 本项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件	危害结果	事故等级
直线加速器- II 类射线装置	X 射线	①有人误入正在运行的射线装置机房； ②有人未撤离机房外面人员启动设备； ③检修、维护人员误操作造成误照射。	事故状况下单次受到的辐射剂量为 2Gy，导致 9 人以下（含 9 人）急性放射病的发生率为 99%。	较大辐射事故
III 类放射源-后装机使用的 ^{192}Ir	γ 射线 β 污染	①由于管理不善，发生放射性物品失窃，造成放射性污染事故； ②由于操作不慎，造成患者超剂量照射； ③设备故障，放射源卡源等情况，对人员误照射； ④放射性同位素治疗中，出现患者或者靶组织识别错误，或者剂量使用错误。	III 类放射源丢失、被盗、失控	较大辐射事故

本项目所有装置最大可能的事故主要有三种：

（1）安全连锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的射线装置辐照室；

（2）工作人员或病人家属还未全部撤离辐照室，外面人员启动设备，造成有关人员被误照；

续表 11 环境影响分析

(3) 检修、维护人员误操作造成误照射；

11.8.2 预防应急措施

11.8.2.1 直线加速器预防应急措施

直线加速器是一种将电能转换成 X 射线能的医疗设备，X 射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此，断电状态下较为安全。在意外情况下，可能出现的辐射事故（事件）如下：

(1) 直线加速器门机联锁失效

由于未及时检修，门-机联锁装置失效，门处于半开启状态，直线加速器仍能运行，人员进入直线加速器机房而受到照射。

处理措施：按操作规程定期对各个联锁装置进行检查，发现故障及时清除，严禁在门-机联锁装置失效的情况下违规操作；通过装置故障报警系统及时发现故障，及时修复；通过纵深防御以减少由于某个联锁失效或在某个联锁失效期间产生辐射。

(2) 直线加速器治疗时，工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离辐照室。

处理措施：开机运行前，工作人员认真检查机房内人员情况，除病人外，一律不得停留。待确认无误后，方可进行下一步操作。

(3) 人误

分析：不了解直线加速器基本性能和结构，缺乏操作经验；缺乏防护知识，安全观念淡薄、无责任心；治疗计划错误(治疗过量或欠量照射)；违反操作规程和有关规定，操作失误；设备维（检）修后未进行质量控制检测；管理不善、领导失察等。是人为的因素造成辐射事故（造成患者治疗损伤）的最大原因。

防治措施：放射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，了解应当做什么，怎么做，避免犯普通错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

11.8.2.2 后装治疗机防应急措施

1) 后装机放射源卡源

续表 11 环境影响分析

治疗过程中，放射源发生卡源现象，放射源不能回到贮存容器中。

防治措施：先启动强制回源装置，强制放射源回到储源位置。若还是卡源，则封闭机房，禁止任何人员进出，待后装机生产厂家或有资质的专业维修技术人员到来后，再行处理，医院不得自行处理。

2) 后装治疗机放射源脱落

造成机房内周围人员受到大剂量照射；设备检修时，工作人员误将后装机的屏蔽装置打开或卸下放射源，都会对维修人员产生很强的照射，由于机房屏蔽墙体足够厚，所以不会对外界产生辐射影响；后装机换装放射源后产生的报废源，因管理不善发生被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。

防治措施：换源或装源必须由有资格的专业人员进行。做好换装源程序和一切准备工作，工作人员必须佩带辐射监测仪器，穿戴防护衣帽，疏散周围人员。严格加强 ^{192}Ir 放射源的安全管理，严格按照规定的实施方案进行换装源，确保环境和人员安全，杜绝事故（事件）发生。换源等工作应严格按照操作规程来，将换出来的放射源或者即将换进去的放射源放在规定的位置，防止无关人员不认识而随意拿走。另外在从事上述工作时，应对现场进行清场，确保无关人员不在辐射工作区域内活动。

3) 医疗照射不正当化

滥用射线装置对病员进行诊断、治疗，造成病员受到不必要的照射。

防治措施：放射工作人员必须认真考虑，只有确认该项检查、治疗对患者的病情诊治和健康有好处时才进行射线诊疗。

4) 未进行质量控制检测

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

防治措施：医院做好设备稳定性检测和状态检测，使设备始终保持在最佳状态下工作。

5) 工作人员业务技能不高

工作人员业务技能差，经验不足，摆位不正、定位不准等，致使患者受到不必要的照射。

续表 11 环境影响分析

防治措施：医院应定期组织放射工作人员学习专业业务知识，不断提高业务水平。

11.8.3 应急响应及演练

医院出现的辐射事故主要是放射工作人员或工种成员受到不必要的超剂量照射。当发生事故后，应按照应急预案的要求进行补救，加强应急响应准备和事故应急演练，减少辐射事故对周围环境和人员带来的伤害。

事故应急演练：完善的预案、周到的准备和准确的事故处理必须依靠定期的应急演练来加以巩固和提高，从而真正发生时能够做到沉着应对、科学处置。组织应急演练应注意以下几个方面。

（1）制定周密的演练方案，明确演练内容、目的、时间、地点、参演人员等。

（2）进行合理的人员分工。成立演练领导组、工作组、保障组等机构，进行角色分工，明确人员职责。

（3）做好充分的演练准备，维护仪器设备，配齐物资器材，找好演练场地。

（4）开展认真的实战演练，按照事先预定的方案和程序，有条不紊的进行，演练过程中除非发生特殊情况，否则尽量不要随意中断。若出现问题，演练完毕后再进行总结。

（5）做好完整的总结归纳，演练完毕后要及时进行归纳总结，对于演练过程中出现的问题要认真分析，并加以改正，成功的经验要继续保持。

应急响应准备：包括建立辐射事故应急值班制度、开展人员培训、配备必要的应急物资和器材。

（1）辐射事故应急办公室应建立完善的辐射事故应急预警机制，及时收集、分析辐射事故相关信息，协调下设小组人员开展辐射事故应急准备工作，定期开展事故应急演练，提高应急处置能力。

（2）定期就辐射安全理论，辐射事故应急预案、程序和处置措施，以及应急监测技术等内容组织学习，必要时进行考核，以达到培训效果。

（3）根据医院核技术应用情况，放射源级别，可能发生的事故级别，做好事故应急装备的准备工作。主要包括交通、通讯、污染控制盒安全防护等方面的

续表 11 环境影响分析

物资和器材。

表 12 辐射安全管理

12.1.1 辐射安全管理机构

医院已经指定了特定人员负责辐射安全工作，成立了辐射安全防护领导小组（附件三），负责整个医院的放射防护与安全管理工作，并明确了领导小组职责，该小组人员应认真个人职责工作，应有高度的责任心，熟悉和掌握有关放射性的基本知识和辐射防护的一系列法规，并严格遵守执行。

表 12-1 医院辐射安全与环境保护管理机构及专（兼）职管理人员表

机构名称	辐射安全与环境保护管理领导小组					
████████	█_█	███	███	████████	████████	██+██
███	██████					
██████	██████					
██████	██████					
██████	██████████					
██████	██					
██████	██████					
██████	██████					
██████	██████					
██████	██████					
██_██	██████					
██_██	██████					
██_██	██████					
██_██	██████					
██_██	██████					
██_██	██					
██_██	██████					
██_██	██████					
██_██	██					
██_██	██████					
██_██	██					
██_██	██████					

续表 12 安全管理

由上表可知，专兼职人员均有一定的学历与管理的能力，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2019 年 7 月 11 日修订，2019 年 8 月 22 日施行）第十六条要求的规定，本项目辐射安全与环境保护管理机构的配置满足上述标准要求。

12.1.2 放射工作人员及培训

为满足医院放射工作和安全的需要，医院目前根据要求规划配置了 10 名放射工作人员。人员名单暂未定。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2019 年 7 月 11 日修订，2019 年 8 月 22 日施行），本次环评提出，建设单位还应根据《放射诊疗管理规定》（中华人民共和国卫生部令第 46 号）中相关规定的要求，为直线加速器机房、后装机机房按照要求配备相应的放射工作人员；且应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。另外，使用放射性同位素和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，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。

根据国家环境保护总局令第 31 号第十五条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核；根据生态环境部《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》（2019 年，第 57 号）和《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）的相关要求，建设单位应在项目运行前组织放射工作人员到生态环境部辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名培训和参加考核。

本项目拟增放射工作人员均为新聘人员，因此，本环评要求医院在本项目运营前，组织新增放射工作人员进行辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核，考核合格后方可上岗，做到所有从事辐射工作的人员均持证上岗。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、

续表 12 安全管理

射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等；有完善的辐射事故应急措施。

医院针对目前已开展的核技术利用项目已制定了以下相关制度：

《介入科工作制度》、《介入导管室手术管理制度》、《介入导管室护理管理制度》、《介入导管室设备维修保养制度》、《放射工作人员健康管理制度》、《放射工作人员个人剂量监测制度》、《医疗设备维修保养工作制度》、《放射科安全管理制度》、《放射装置安全操作规程》、《放射科辐射防护安全管理制度》、《辐射事故预防措施及应急处理预案》等制度。

针对本次开展的直线加速器及后装机治疗项目，医院暂未制定相关制度，为保障放射性同位素及射线装置正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》中列出的应建立的管理制度，本次环评建议医院制定如下制度：《辐射安全管理规定》、《后装机操作规程》、《直线加速器操作规程》、《后装机辐射安全防护设施的维护与维修制度》、《直线加速器辐射安全防护设施的维护与维修制度》、《后装机机房保安管理制度》、《放射源转让、使用、更换、返回、送贮等管理制度》、《机房日常监测方案》等，同时，将本项目放射工作人员列入现有健康管理制度及个人剂量监测制度中；目前医院制订了《辐射事故预防措施及应急处理预案》，为现有的核技术利用项目制定，本次环评建议医院应根据本次项目运行实际工作需要，补充直线加速器、后装机的相关内容，更新辐射事故上报应急单位及电话，并按照《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（国务院令 449 号（2005））、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令 31 号，2019 年 7 月 11 日修订，2019 年 8 月 22 日施行）等现行要求修改，全面完善和健全各项规章制度，更新《辐射事故预防措施及应急处理预案》。按照上述要求制定相应制度后，医院制定的应急预案内容较为详实，操作性较强，基本能满足项目需要。

12.3 辐射环境管理要求

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽

续表 12 安全管理

可能的避免事故的发生，医院必须培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，提出如下辐射环境管理要求：

（1）依据《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十八条和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》之规定，该医院必须向生态环境主管部门重新申领安全许可证等相关环保手续。

（2）明确辐射安全防护领导小组的职责：设立兼职或专职的安全负责人，负责整个医院的辐射防护与安全工作。建立辐射防护安全防护管理制度，履行放射防护职责，确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众成员的权益，尽可能避免事故的发生。

（3）医院放射工作人员必须定期经过辐射工作安全防护培训，培训合格并取得辐射工作安全防护培训合格证方可上岗；操作人员必须遵守各项操作规程，检查仪器安全并做好当班记录，严格执行交接班制度，发现异常及时处理。

（4）各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；所有的辐射工作场所均必须有电离辐射警示标志，各机房门屏蔽门上方还必须要有工作指示灯及中文标注放射防护注意事项。警告标志的张贴必须规范。

（5）每年应至少进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，医院工作人员应持证上岗，定期进行辐射防护知识和法规知识的培训 and 安全教育，检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。对个人剂量超过或接近管理目标的放射工作人员应暂离岗位，并在今后的工作中增加监测频率。对放射工作人员每两年进行职业健康体检并形成制度。进入机房的工作人员佩带个人剂量计，记录个人所受的射线剂量。

（6）制定事故状态下的应急处理计划，其内容包括事故的报告，事故区域的封闭，事故的调查和处理及工作人员的受照剂量估算和医学处理等。

（7）应当加强对本单位射线装置安全和防护状况的日常检查。发现安全隐患的，应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的生态环境主管部门（以下简称“发证机关”），经发证机关检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

（8）对医院辐射装置安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前

续表 12 安全管理

向发证机关提交上一年度的评估报告。

(9) 按照《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号)第十二条规定,建设项目的规模发生变化,或者建设项目环境影响报告书自批准之日起满 5 年,建设项目方开工建设的,其环境影响报告文件应重新编制,报批。

(10) 安装、维修或者更换与射线有关部件的设备,应当向有关部门申请,进行辐射防护检测验收,确定合格后方可启用,以杜绝放射事故的发生。

(11) 项目竣工后,医院应依法进行竣工环境保护自主验收。

(12) 医院在依法被撤销、依法解散、依法破产或者因其他原因终止前,应当确保环境辐射安全,妥善实施辐射工作场所或者设备的退役,并承担退役完成前所有的安全责任。

12.4 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》(国务院第 449 号令)等相关法规和标准,必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、场所外的环境监测,开展常规的防护监测工作。

医院必须配备相应的监测仪器,或委托有资质的单位定期对医院使用的射线装置机房周围环境进行监测,按规定要求开展各项目监测,做好监测记录,存档备查。辐射监测内容包括个人剂量与工作场所内外环境的监测。

12.4.1 放射工作人员个人剂量监测

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计,并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。建立并终生保存个人剂量监测档案,外照射个人剂量监测周期一般为 30 天,最长不应超过 90 天;内照射个人剂量监测周期按照有关标准执行。

根据环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号中对工作人员个人剂量的要求,医院应为每名工作人员配置个人剂量计,定期组织工作人员进行个人剂量监测,发现个人剂量监测结果异常的,应当立即核实和调查,并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。根据《放射工作人员职业健康管理辦法》(中华人民共和国卫生部令第 55 号,2007 年 11 月 1 日)规定,医院还应安排专人负

续表 12 安全管理

责个人剂量监测管理工作,建立放射工作人员个人剂量档案。包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当永久保存。

12.4.2 放射工作人员的职业健康监护

对已经从事放射工作的职业人员进行的经常性医学检查,按照《放射工作人员职业健康管理辦法》(中华人民共和国卫生部令第 55 号,2007 年 11 月 1 日)的规定执行,医院应为放射工作人员建立个人健康档案,档案中详细记录历次医学检查的结果及其评价处理意见,放射工作单位应当为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。

12.4.3 工作场所内外环境监测

根据国家规定每 1~2 年接受生态环境管理部门对工作场所周围环境进行常规监测,发现问题及时整改。监测资料存档。

① 验收监测

设备安装到位后,应委托有资质的单位进行验收监测。若发现问题,及时整改,直到合格为止。

② 日常监测(自主检测或委托有资质的单位)

监测频率:每年一次;

监测因子:工作场所周围区域剂量当量率。

监测范围:机房防护门及缝隙处,电缆及管道的出入口,控制室,操作台等;以及机房屏蔽墙四周。

监测数据作为医院的管理依据。

医院应自行配备 X- γ 剂量率测量仪、在线剂量检测仪器(定期进行计量检定),对本次环评涉及的上述场所的监督区和控制区环境进行监测。发现问题及时整改。监测数据每年年底向市生态环境局和省生态环境厅上报备案。医院自行的日常监测要求如下表 12-2 所示。

表 12-2 本项目监测内容一览表

场所名称	监测地点	监测项目	监测频率	限值要求	备注
直线加速器机房、后装机机房	机房四周及顶棚墙体、防护门外 30cm 处	周围剂量当量率	一年一次	周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h	委托检测

续表 12 安全管理

	直线加速器机房	门灯联锁、工作指示灯、警示标识	每月自检	有效	自检
	后装机距离贮源器表面	周围剂量当量率	工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时	5cm 处的任何位置，因泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于 50 μ Sv/h；距离贮源器表面 100cm 处的球面上，任何一点的泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于 5 μ Sv/h	委托检测

12.5 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用辐射装置单位应具备相应的条件，本项目从事辐射活动能力评价详见表：

表 12-3 医院从事辐射活动能力评价一览表

应具备条件	落实情况
（一）使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	医院已设置了辐射安全与环境管理机构，且配备有 1 名本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作
（二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	本次新增人员均为新聘人员，建设单位拟在项目运行前安排上述新增放射工作人员参加相关培训和考核，持证上岗
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	拟在后装机机房设置放射源暂存场所-保险箱，放射源铅桶厚度不低于 20mmPb
（四）放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施	项目建设时，建设单位按要求建设专用机房，实体屏蔽，拟设有急停开关、监视和对讲系统，工作警示灯及电离辐射警告标志等安全防护措施
（五）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物	医院拟根据相关要求配备相应的防护用品及监测仪器，详见表 10-4，放射工作人员个人剂量计 1 个/人，个人剂量报警仪 1 个/人，机房

续表 12 安全管理

质的单位还应当有表面污染监测仪。	内配置在线剂量监测仪器及报警仪；本项目不涉及非密封放射性物质
（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	拟根据要求在项目开展前制定，同时更新部分现有制度
（七）有完善的辐射事故应急措施	拟根据要求在项目开展前修改完善
（八）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。	本项目产生的退役放射源厂家回收，其他不涉及
综上所述，医院在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。 12.5 辐射事故应急预案 12.5.1 事故应急培训演习计划 1、事故应急演练：完善的预案、周到的准备和准确的事故处理必须依靠定期的应急演练来加以巩固和提高，从而真正发生时能够做到沉着应对、科学处置。组织应急演练应注意以下几个方面。 （1）制定周密的演练方案，明确演练内容、目的、时间、地点、参演人员等。 （2）进行合理的人员分工。成立演练领导组、工作组、保障组等机构，进行角色分工，明确人员职责。 （3）做好充分的演练准备，维护仪器设备，配齐物资器材，找好演练场地。 （4）开展认真的实战演练，按照事先预定的方案和程序，有条不紊的进行，演练过程中除非发生特殊情况，否则尽量不要随意中断。若出现问题，演练完毕后再进行总结。 （5）做好完整的总结归纳，演练完毕后要及时进行归纳总结，对于演练过程中出现的问题要认真分析，并加以改正，成功的经验要继续保持。 2、应急响应准备：包括建立辐射事故应急值班制度、开展人员培训、配备必要的应急物资和器材。	

续表 12 安全管理

(1) 辐射事故应急办公室应建立完善的辐射事故应急预案机制,及时收集、分析辐射事故相关信息,协调下设小组人员开展辐射事故应急准备工作,定期开展事故应急演练,提高应急处置能力。

(2) 定期就辐射安全理论,辐射事故应急预案、程序和处置措施,以及应急监测技术等内容组织学习,必要时进行考核,以达到培训效果。

(3) 根据医院核技术利用情况,可能发生的事故级别,做好事故应急装备的准备工作。主要包括交通、通讯、污染控制盒安全防护等方面的物资和器材。

12.5.2 事故应急处理措施

辐射事故一旦发生,应立即采取以下措施进行处理,并根据事故情况启动应急预案。主要应急处理措施如下:

①直线加速器装置射线无高压输入时即停止发射射线,因此处理此类事故的首要一条就是切断电源,切断电源可以停止照射;

②立即撤离有关工作人员,封锁现场,控制事故源,切断一切可能扩大事故范围的环节,防止事故扩大和蔓延;对可能受伤的人员,立即采取暂时隔离和应急救援措施,在采取有效个人防护措施的情况下组织人员控制事故现场,并根据需要实施医学检查和医学处理。

③若发现密封源丢失,应及时在相邻区域设置警戒区,使用 X- γ 检测仪找回放射源。若未找到,应控制区域保持现状,并立即向公安机关、生态环境主管部门报告,尽快追回放射源。

④如因射线装置输出量异常发生人员受到异常照射的事故,应及时检修射线装置,并进行输出量计量校准。保存控制器上的照射记录,不得随意更改,以便事后对受照人员进行受照剂量估算;

⑤若事故后经检查为机器出现故障,应通知厂家立即派专业技术人员到现场排除故障。医院不能擅自处理;

⑥发生辐射事故后,根据受照情况,应迅速安排事故受照人员的医学检查和医学监护。并在 2 小时内向医院领导及有关行政主管部门上报。并配合有关部门进行调查,查找事故原因,做好相关防范措施。

⑦医院应根据人员受照剂量,判定事故类型和级别,提出控制措施及救治方

续表 12 安全管理

案，迅速安排受照人员接受医学检查、救治和医学监护。具体处理方法按《核与放射事故干预及医学处理原则》（GBZ113-2006）和《辐射损伤医学处理规范》（卫生部、国防科委文件卫法监发[2002]133 号）进行。

12.5.3 应急报告程序

一般报告程序为：发现者报告给医院辐射事故应急工作小组成员，由其向市公安局、市生态环境局报告，再由市生态环境局上报给省生态环境厅，设备被损应同时向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。各部门联系方式如下：

医院辐射安全管理办公室电话 [REDACTED]

院总值班室电话 [REDACTED]

市公安局电话：110

市生态环境局电话：12369（24 小时）

省生态环境厅电话：0731-85698110

按照上述要求制定应急预案后，隆回县人民医院制定的应急预案，内容详实，可操作性较强，能够满足在发生辐射安全事故时的应急处理的需要。同时，建设单位在日常加强事故演习，加强医院人员的安全文化素养培植，使工作人员树立较强的安全意识，减少人为因素导致的意外事故的发生率，确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众的权益。

综上所述，评价认为，隆回县人民医院辐射环境管理满足《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2019 年 7 月 11 日修订，2019 年 8 月 22 日施行）等相关标准的要求。

表 12-4 环境保护验收一览表

序号	验收项目	验收内容及要求		依据
1	环保文件	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告		生态环境部公告 2018 年第 9 号
2	环境管理制度、应急预案	成立专门的辐射领导机构，制定相应的规章制度和事故应急预案		国家环境保护总局令 第 31 号
3	人员要求	放射工作人员均需培训合格，持证上岗；进行岗前体检，排除职业禁忌症后方可上岗，每 2 年进行一次职业健康体检；每 30~90 天进行一次个人剂量计检测		国家环境保护总局令 第 31 号、环境保护部令 第 18 号
4	辐射安全防护措施	直线加速器机房： ①电离辐射警示标志位于醒目位置； ②中文标明放射防护注意事项； ③有工作运行指示灯、门灯联锁、门机联锁； ④辐射机房在控制室与机房之间应设视频监控系统与对讲机； ⑤治疗室内、操作台固定式剂量报警仪； ⑥治疗室内紧急停机按钮、紧急开门按钮、治疗床急停按钮； ⑦直线加速器机房内设置通风装置，保持良好的通风，机房内不得堆放无关杂物； ⑧配备铅防护衣，防护用品和辅助防护设施。		GBZ18871-2002 GBZ/T201.2-2011 GBZ126-2011
		后装机机房： ①机房门外张贴醒目电离辐射警示标志，安装工作状态指示灯，并实行门灯联锁，门机联锁。 ②门与墙搭接满足要求。 ③治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器。 ④机房在门上设置有声、光报警；在控制室与治疗室之间应设监视器和对讲机。 ⑤机房应保持良好的通风和机房内不得堆放无关杂物。 ⑥治疗室迷道出、入口处设置固定式辐射剂量检测仪器并应有报警功能，其显示单元应设置在控制室内或机房门附近。 ⑦治疗室内合适的地方应张贴应急指示。		GB18871-2002 GBZ/T201.3-2014 GBZ121-2017
5	机房面积及最小单边长	直线加速器机房：≥45m ² 后装机机房：≥20m ²		GBZ126-2011 GBZ121-2017
6	电离辐射	剂量限制	1、放射工作人员≤2mSv/a 2、公众成员年有效剂量≤0.1mSv/a	GB18871-2002
		射线装置机房墙体剂量率控制	距离机房墙外 30cm 处的空气比释动能率 ≤2.5μSv/h	GB18871-2002

序号	验收项目	验收内容及要求		依据
		直线加速器 机房外壳表面	在不超过 3min 的时间内，测得感生放射性的周围剂量当量率在离外壳表面 5cm 任何接近处不超过 200 μ Sv/h，离外壳表面 1m 处不超过 20 μ Sv/h	GBZ126-2011
		后装机贮源 容器	工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时，距离贮源器表面 5cm 处的任何位置，因泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于 50 μ Sv/h；距离贮源器表面 100cm 处的球面上，任何一点的泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于 5 μ Sv/h。	GBZ121-2017

表 13 结论及建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

近年来，随着医院的不断发展壮大，为了更好的为人民群众提供医疗服务，同时提升医院整体服务质量，隆回县人民医院拟投资 万元进行核技术利用扩建项目，本次扩建主要在医院肿瘤中心负一楼增加 2 台 10MV 医用直线加速器，根据《射线装置分类》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号）可知，医用直线加速器为 II 类射线装置；1 台后装机，使用 2 枚 ^{192}Ir （不同时使用，每枚放射源使用半年），单枚活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ ，根据《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告，2005 年第 62 号），上述放射源均为 III 类放射源。

通过开展对本项目的分析、对周围环境质量现状的调查以及项目的主要污染物对环境的影响分析等工作，得出如下结论。

13.1.2 实践正当性分析

根据前节分析，医院射线装置、放射源的使用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

13.1.3 产业政策符合性分析

项目投入使用为疾病诊断、寻找病灶部位、制订治疗方案及治疗疾病提供了科学依据和手段。项目在加强管理后均满足相关国家法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力，符合清洁生产和环境保护的总体要求。同时，医院射线装置的使用属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2020 年 1 月 1 日起施行）第一类——鼓励类中“六、核能、同位素、加速器及辐照应用技术开发，因此本项目符合国家相关法律法规和政策的规定，符合国家产业政策。

续表 13 结论及建议

13.1.4 选址可行性及布局合理性分析

1、选址可行性分析

根据现状监测结果，本项目场址辐射环境质量现状良好，机房选址远离医院内及周围环境敏感点，有利于辐射防护。项目营运期产生的电离辐射、废气、废水及固废均得到有效治理，达标排放对环境的影响小。从环境保护角度分析，项目选址可行。

2、布局合理性分析

本项目布局在发挥核技术利用扩建项目诊疗疾病的优势的前提下，也便于工作人员及病人的辐射防护工作及就医流程的简化。医院按控制区、监督区要求进行分区。从环境保护角度分析，医院辐射工作场所布局可行。

13.1.5 环境影响分析结论

(1) 机房使用面积

本项目直线加速器机房、后装机机房的使用面积满足相应的标准要求。

(2) 墙体屏蔽的辐射防护

根据本项目对上述涉源场所墙体屏蔽能力的预测，直线加速器机房的各屏蔽墙体、防护门等的设计满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)的要求；后装机机房设计屏蔽体能满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分： γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)中的屏蔽防护能力要求，且满足及《电离辐射防护与安全基本标准》(GB18871-2002)中“辐射防护最优化”原则的要求。

(3) 剂量估算

通过核算，从事本项目的放射工作人员和公众成员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量约束限值要求的放射工作人员：2mSv/a；公众成员：0.1mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871—2002)。

13.1.6 辐射防护与安全措施

①上述涉源机房的各墙体厚度按照环评的要求进行建设，防护门和观察窗的生产应由有生产资质的厂家承担。

②按照本评价提出的要求，设置相应的联锁装置、视频监视系统工作状态指

续表 13 结论及建议

示灯、电离辐射警示标志灯等。

③机房的过墙电缆线、管线孔以“U”型或“S”型设置,并保证机房良好的通风。

④所有放射工作人员佩戴个人剂量计,并定期进行测读,建立个人剂量档案。

13.1.7 辐射与环境保护管理

医院成立了辐射安全防护领导小组,待项目运行前按照要求制定各项规章制度、操作规程、更新完善应急处理措施后,医院管理措施具有可操作性,但仍应加强日常应急响应的准备工作及应急演练。医院应严格执行各项规章制度执行,放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计,定期进行检查并安排健康体检。医院还应在今后的工作中,不断完善相关管理制度,加强管理,杜绝辐射事故的发生。

综上所述,隆回县人民医院切实按照本次环评提出的相关要求建设后,医院本次核技术利用扩建项目运行时对周围环境产生的辐射影响较小,且符合环境保护的要求;该项目的辐射防护安全措施可行;规章制度基本健全;该项目对环境的辐射影响是可接受的。隆回县人民医院在采取本环评提出的各项环境保护及污染防治措施后,从环境保护的角度来看,本环评认为该建设项目是可行的。

13.2 要求

1、直线加速器机房及后装机机房防护门要有资质的厂家生产安装,门缝搭接能满足要求。

2、医院新开展放射治疗项目,人员配备及培训要满足相关标准要求。

3、根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)第 B1.1 款的相关规定,医院应每一季度定期对从事辐射诊疗的工作人员进行个人剂量监测。加强工作人员的辐射防护,工作人员必须配戴个人剂量计。

4、在项目运行前,医院必须组织好放射工作人员岗位,并安排放射工作人员进行辐射防护培训,培训合格者方可上岗。医院应组织新增放射工作人员到有职业健康检查资质的医疗机构进行职业健康检查,周期为 1~2 年。

5、根据医院的实际情况和项目建设进展,医院应在项目竣工后进行自主验收手续。

续表 13 结论及建议

6、医院应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的相关规定重新申领辐射安全许可证。

7、对医院辐射装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

13.3 建议

1、医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，做好自主管理，制定工作场所和周围环境监测、防护性能监测等相关监测计划以及职业健康体检工作计划，并自购辐射检测设备，确保周围环境的辐射安全和职工健康。

2、医院应加强内部管理，明确管理职责，杜绝各类辐射事故的发生。医院应细化、完善各项管理制度，并认真落实，严格按照各项规章制度、操作规程执行。

3、医院在所有的放射工作场所均必须有电离辐射警示标志，各机房门屏蔽门上方还必须要有工作指示灯。警告标志的张贴必须规范。

4、医院辐射防护标识应全面、清晰，不留死角。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：			
公章			
经办人	年	月	日

审批意见：			
公章			
经办人	年	月	日