

核技术利用建设项目
新建肿瘤微创中心直线加速器
项目环境影响报告表
（公示本）

大竹县人民医院
二〇一七年十二月
环境保护部监制

核技术利用建设项目
新建肿瘤微创中心直线加速器
项目环境影响报告表

建设单位名称：大竹县人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：大竹县竹阳镇青年路99号

邮政编码：635199

联系人：王 XXX

电子邮箱：XXXX@qq.com

联系电话：1398XXXX629

目 录

表 1 项目概况..... 1

表 2 放射源.....8

表 3 非密封放射性物质.....8

表 4 射线装置.....9

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 10

表 6 评价依据..... 11

表 7 保护目标与评价标准..... 13

表 8 环境质量和辐射现状..... 15

表 9 项目工程分析与源项..... 17

表 10 辐射安全与防护.....22

表 11 环境影响分析..... 31

表 12 辐射安全管理.....43

表 13 结论与建议.....47

表 14 审批.....51

附件：

附件 1 环评委托书；

附件 2 环评执行标准；

附件 3 辐射安全许可证；

附件 4 2016 年工作场所年度监测报告；

附件 5 2016 年度评估报告；

附件 6 无辐射安全事故发生的情况说明；

附件 7 辐射安全防护培训证书；

附件 8 关于放射从业人员上岗培训的承诺书；

附件 9 2016 年度辐射工作人员个人剂量检测报告；

附件 10 本项目辐射环境监测报告；

附件 11 关于调整医院放射安全与防护管理委员会的通知(竹人医【2017】170 号)

附件 12 本项目射线装置参数资料的确认文件。

附图：

附图 1 项目地理位置图；

附图 2 医院平面布置及外环境关系图；

附图 3 项目平面布置图；

附图 4 项目布局剖面图；

附图 5 两区分区示意图；

附图 6 现场照片。

表 1 项目概况

建设项目名称		新建肿瘤微创中心直线加速器			
建设单位		大竹县人民医院			
法人代表	杨 XX	联系人	王 XX	联系电话	1398XXXX629
注册地址		大竹县竹阳镇青年路 99 号			
项目建设地点		大竹县人民医院急救住院医技综合大楼后方			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	1900	项目保护投资（万元）	31.6	投资比例（环保投资/总投资）	1.67%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改扩建 ☐ 扩建 ☐ 其它		占地面积（m ² ）	90.55
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		
	其它	/			
	项目概述 一、建设单位简介及项目由来 大竹县人民医院（组织机构代码：45247440-X）大竹县人民医院是一家集医疗、教学、科研、预防保健为一体的国家三级乙等公立综合医院，医院占地总面积122余亩，医疗业务用房80000余平方米，编制病床950张，现有在岗职工1077人，其中高级专业技术职称102人；医院开设有临床一、二级科室28个，医技科室9个，医院拥有MRI、CT、DR、彩超、电子腹腔镜、电子支气管镜、电子胃肠镜、全自动生化分析仪、血液透析机、有创呼吸机、				

无创呼吸机等先进医疗诊疗设备。

目前，大竹县人民医院已取得达州市环保局核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[16088]），许可种类和范围为：使用III类射线装置，有效期为2014年10月30日至2019年10月29日。

随着医院近年医疗技术的提高，需诊病人的增加，医院决定在急救住院医技综合大楼后方新建肿瘤微创中心，使用1台10MeV直线加速器。按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令449号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第18号）的规定和要求，10MV直线加速器需进行环境影响评价。根据国家《建设项目环境影响评价分类管理名录》中规定，利用10MV直线加速器诊疗项目应编制环境影响报告表，报四川省环保厅审查批准。因此，医院委托四川省中栎环保科技有限公司编制该项目的环境影响报告表（委托书见附件1）。

四川省中栎环保科技有限公司接受委托后进行了现场踏勘，实地调查了解项目所在地环境条件和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，按相应标准对项目可能造成的环境影响、项目单位从事相应辐射活动的能力、拟采取的辐射安全防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

二、产业政策符合性

本项目系核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2011年本）>有关条款的决定》（国家发展改革委2013年第21号令）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

三、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：新建肿瘤微创中心直线加速器

建设性质：新建

建设地点：大竹县人民医院急救住院医技综合大楼后方

（二）建设内容与规模

本项目建设内容与规模为：大竹县人民医院拟在急救住院医技综合大楼后方新建肿瘤微创中心，肿瘤微创中心由一个直线加速器机房和一个 CT 机房及其他辅助工程组成。本项目总规划建筑面积为 722.62 m²，其中地上建筑 90.55m²，地下建筑为 632.67m²，直线加速器机房建筑面积为 166.05m²，直线加速器机房和 CT 室机房均位于地下。

直线加速器机房净空尺寸为：长 11.2m×宽 9.4m×高 3.7m，在机房内安装使用 1 台 Precise 型 10MV 直线加速器（属 II 类射线装置），直线加速器机房旁设有操作间、水冷机房、电力机房。治疗室四面墙体、迷道和顶部均为重晶石钢筋混凝土结构，设计墙厚度为：西侧屏蔽墙厚度为 1500mm 重晶石混凝土，外围填充回填土夯实；东侧迷道厚 1200mm，屏蔽墙为 800mm 重晶石混凝土；南侧主射墙厚度为 2700mm 重晶石混凝土，次射墙厚度为 1500mm 重晶石混凝土，外围均填充回填土；北侧主射墙厚度为 2700mm 重晶石混凝土，次射墙厚度为 1500mm 重晶石混凝土。防护门为单扇电动推拉门，钢架结构，由 14mm 铅当量+100mm 含 5%硼聚乙烯组成。

CT 机房建筑面积为 40.8m²，CT 机属于 III 类 X 射线装置，屏蔽墙厚度为 370mm 砖混结构，本次环评重点分析直线加速器对机房周围环境和工作人员的影响。

本项目直线加速器治疗时 X 射线最大能量为 10MV，按照医院提供的信息，加速器年最大曝光时间为 166.7h。医院拟新购置 1 台 CT 机，本项目所涉及的医用射线装置采用数字成像，无废显、定影液及废胶片产生。项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	科室	场所	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
					施工期	营运期
主体工程	肿瘤微创中心	直线加速器治疗室	设备、数量	10MV 直线加速器 1 台	噪声、扬尘、固体废物、多余土方	X 射线、臭氧、中子、噪声
			设备型号	Precise		
			管理类别	II 类		
			使用场所	直线加速器治疗室		
			建筑面积	166.05m ²		
			建设后屏蔽体结构	①墙体厚南北侧屏蔽墙主射墙厚度为 2700mm 混凝土，次射墙厚度为 1500mm 混凝土；西侧屏蔽墙厚 1500mm 混凝土；东侧屏蔽墙厚 800mm 混凝土。 ②迷道：1200mm 混凝土 ③顶部：厚 3100mm 混凝土 ④防护门：由 14mm 铅当量+100mm 含 5%硼聚乙烯		

	肿瘤 微创 中心	CT 室	设备、数量	CT 机 1 台	噪声、 扬尘、 固体废 物、多 余土方	X 射线、噪 声
			设备型号	待定		
			管理类别	III类		
			使用场所	CT 室		
			建筑面积	40.8m ²		
			建设后屏蔽 体结构	机房西侧、北侧均为 370mm 实心 页岩砖结构屏蔽墙，东侧、南侧 为 300mm 钢筋混凝土，外为回填 土，西侧和北侧分别有铅防护玻 璃和滑动铅门		
辅助工程	候诊厅、操作间、阅片室、水冷机房、电力机房等				生活垃圾	
公用工程	排水、配电、供电和通讯系统等				生活垃圾	
办公及生 活设施	医生办公室、更衣间等				生活垃圾、 医疗废水、 医疗固废	
仓储或 其它	其他用房				生活垃圾、 生活污水	

（三）本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	使用量	来源	主要化学成分
主要原辅 材料	-	-	-	-
	-	-	-	-
能源	-	-	-	-
	电(kW)	8000	城市电网	-
	气 (Nm ³)	-	-	-
水量	地表水 (t)	6	城市生活用水管网	-
	地下水 (t)	-	-	-

（四）本项目涉及设备清单

表 1-3 本项目射线装置清单

设备	数量 (台)	生产厂家	型号	参数	管理 类别	安装使用场所
10MV 直线加速器	1	医科达	Precise	最大 X 线能量 10MV 最大电子线能量 12MeV	II	直线加速器治疗室
CT 机	1	待定	待定	—	III	CT 室

(五) 项目选址和平面布局的合理性

1、项目外环境及选址合理性分析

本项目建设于大竹县人民医院急救住院医技综合大楼后方肿瘤微创中心，医院北侧为居民住宅小区，南侧为县医药公司住宅区，西侧为医院职工宿舍楼，东侧紧邻青年路。本项目评价区域范围内未发现受保护的文物和古迹。医院周围为城市道路和住宅区，交通便捷，能为居民提供方便的就医设施。

本项目布置于急救住院医技综合大楼后方地下负一层肿瘤微创中心，项目北侧和东侧均靠近急救住院医技综合大楼，西侧和南侧均为医院停车场。肿瘤微创中心独立成区，周围无其他射线装置影响，项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的防护治理措施后不会对周围环境与公众造成危害。

因此评价认为本项目选址是合理的。本项目地理位置图见附图1，医院平面布置及外环境关系见附图2。

2、总平面布局合理性分析

本项目布置于急救住院医技综合大楼后方地下负 1 层，直线加速器室西侧和南侧均填充回填土，人员不可到达；东侧从左到右依次为操作间、预留空机房、CT 室；北侧紧邻水冷机房、电力机房。办公室和候诊厅位于直线加速器室东北侧。肿瘤微创中心位于地下负一层，机房正上方和正下方均无其他房间。项目辐射工作场所设有专用的候诊区域，就诊通道、医生用房独立成区。医院总图布置时已考虑了项目特点和周围环境对本项目可能存在的影响，肿瘤微创中心自成一区，不受急救住院医技综合大楼中的病员和医护人员的影响。由本项目的平面布置表明，各辐射工作场所相对独立，周围均为其相关工作室，对环境和人员影响较小。因此，评价认为项目平面布局合理可行。

(六) 劳动定员及工作制度

劳动定员：本项目共配置辐射工作人员 8 人，均利用医院现有工作人员，其中 4 人为

现有辐射工作人员、4人为院内调任，具体构成如表1-4所示。工作制度：实行8小时工作制，周工作时间5日，每年以50个周计。

表 1-4 本项目工作人员构成表

设备/项目	工作人员	合计人数
10MV 直线加速器	医师 4 人、物理师 1 人、技师 2 人、护士 1 人	8 人

四、原有核技术利用情况

(1) 大竹县人民医院已取得达州市环境保护局颁发的辐射安全许可证，其许可证证书编号为川环辐证[16088]，许可的种类和范围为：使用III类射线装置。大竹县人民医院现有射线装置共9台，均属于III类射线装置，其中6台已登记在辐射安全许可证副本上，新增3台射线装置未上证，具体许可的项目见附件3。

(2) 医院目前已涉及射线装置汇总见下表。

表 1-5 医院目前涉及射线装置汇总表

序号	射线装置名称	类别	型号	台数	活动种类	工作场所名称	备注
1	CT 机	III	Brightspeed Elite Selec	1	使用	住院部底楼放射科	已上证
2	DR X 射线机	III	晶睿 2600B	1	使用	门诊部三楼放射科	已上证
3	DRX 射线机	III	OPERA T2000TR	1	使用	门诊部三楼放射科	已上证
4	DRX 射线机	III	MARD-D50SR ADREX	1	使用	住院部底楼放射科	已上证
5	数字胃肠机	III	DRF-1B	1	使用	住院部底楼放射科	未上证
6	牙科全景 X 射线机	III	PAX-500ECT	1	使用	门诊部三楼放射科	已上证
7	C 形臂 X 射线机	III	SMC-1	1	使用	住院部 13 楼手术室	已上证
8	C 形臂 X 射线机	III	PLX7000C	1	使用	住院部 13 楼手术室	未上证
9	移动 DR X 射线机	III	PLX5200A	1	使用	住院部 12ICU	未上证

经核查和建设单位提供资料发现，该单位《辐射安全许可证副本》中射线装置台账非最新状态，辐射安全许可证副本中有4台目前已经停用/报废，医院现有台账中有3台射线

装置暂未上证，但已经纳入 2016 年辐射工作场所年度监测范围，已经投入使用。

环评要求：建设单位需要及时到属地环保局完成射线装置停用/报废手续和新增射线装置的上证手续，确保医院射线装置台账与辐射安全许可台账均处于最新状态。

(3) 2016 年医院已委托上海炯测环保技术有限公司对现用的射线装置机房进行了 2016 年年度监测，监测结果表明射线装置所致辐射工作人员和公众人员无剂量超标的情况，监测报告结果见**附件 4**。

(5) 医院向达州市环境保护局提交了“2016 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”，对医院 2016 年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了说明，见**附件 5**。

(6) 据了解，大竹县人民医院自取得《辐射安全许可证》以来，未发生过辐射安全事故，具体情况见**附件 6**。

(7) 大竹县人民医院现有辐射工作人员 37 人，目前医院仅 2 名辐射工作人员参加了四川省环保厅组织辐射安全防护培训（**附件 7**）。由于地区培训报名名额有限，大部分人员未参与辐射安全防护培训。对于暂未取得辐射安全与防护合格证的人员，院方承诺将积极地与培训机构进行沟通，积极组织人员参加各项辐射安全培训（**培训承诺书见附件 8**）。

环评要求：医院应严格执行辐射工作人员培训制度，将未进行辐射培训的辐射工作人员和相关管理人员纳入医院的培训计划中。培训时间超过 4 年的辐射工作人员，需进行再培训，严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。

(8) 为每名工作人员均配备有个人剂量计，并按季度定期送检，大竹县人民医院已建立了个人剂量档案。医院提供连续 4 个季度的个人剂量检测报告见**附件 9**。最近连续 4 个季度中个人季度检测结果表明，辐射工作人员年值均未超过 5mSv，且无单季度个人剂量超过 1.25 mSv 的情况。医院需加强个人剂量计的管理，合理调整辐射工作人员工作量；辐射工作人员必须认真学习个人剂量计的佩戴及管理。

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	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	10MV 直线加速器	II 类	1	Precise	电子	X 线最大能量 10MV 电子线最大能量 12MeV	X 射线 1m 处最大剂量率 4Gy/min 电子线最大剂量率 3Gy/min	肿瘤治疗	肿瘤微创中心 加速器治疗室	拟购

(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	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	CT 机	III 类	1	待定	150	500	诊断	CT 室	拟购
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

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	气 态	/	/	少 量	少 量	少 量	不 暂 存	直 接 排 向 大 气 环 境
感 生 放 射 性 气 体	气 态	¹³ N	/	少 量	少 量	少 量	不 暂 存	直 接 排 向 大 气 环 境
感 生 放 射 性 固 废	固 态	/	/	/	/	/	暂 存 于 直 线 加 速 器 机 房 内 衰 变	衰 变 后 经 监 测 达 标 作 为 一 般 固 废 进 行 处 理
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

法 规 文 件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2016 年 9 月 1 日实施； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，1998 年 11 月 29 日实施； (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，2005 年 12 月 1 日实施； (6) 《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 日实施； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，中华人民共和国环境保护部令第 33 号，2015 年 6 月 1 日起实行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 3 号（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，根据 2008 年 11 月 21 日环境保护部 2008 年第 2 次部务会议通过的《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》修正）； (9) 《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 日起实施； (10) 《射线装置分类办法》（国家环保总局第 26 号令）； (11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发[2006]145 号，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日； (12) 《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，环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日。 (13) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号）。 (14) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发[2015]162 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和格式》(HJ 10.1-2016)； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (3) 《环境核辐射监测规定》(GB12379-90)； (4) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993)； (5) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)； (6) 《电子辐射工程技术规范》(GB50752-2012)。 (7) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)； (8) 《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》(GBZT 201.2-2011)。
其 他	(1) 环评委托书； (2) 达州市环境保护局《关于大竹县人民医院电子直线加速器核技术利用项目环境影响评价执行标准的函》(达市环函[2017]409号)； (3) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》； (4) 《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)； (5) 《关于加强辐射工作人员剂量管理的通知》(川环办[2010]49号)； (6) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987)。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目产生的电离辐射经屏蔽和距离衰减后，对公众的影响较小。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》（HJ 10.1-2016）要求，参照《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）对辐射监测技术要求，确定本项目辐射评价范围为以辐射工作场所实体屏蔽物边界外 50m 以内的区域。

保护目标

本项目评价范围内的主要环境保护目标有：辐射工作人员及辐射工作场所 50m 以内的公众。具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标

位置		距离 (m)	保护目标	人数 (人)	照射 类型	剂量约束 值 (mSv/a)
肿瘤微 创中心	直线加速 器治疗室	东南侧操作间	职业人员	2-5	职业	5.0
		东侧迷道内墙	职业人员	1-3	职业	5.0
		东侧治疗室铅门门口	公众人员	2-10	公众	0.1
		东侧治疗室墙外过道	公众人员	2-10	公众	0.1
		东北侧治疗室墙外过道	公众人员	3-8	公众	0.1
		正上方停车场	公众人员	不定	公众	0.1
	CT 室	西侧操作间	职业人员	1-3	职业	5.0
		西北侧铅门门口	公众	3-8	职业	0.1

备注：表中所述的距离为计算点距 X 射线束中心的距离。

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：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；
- (2) 废水：生活污水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，

如进入城市污水处理厂则执行三级标准；医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中规定的排放标准；

（3）噪声：①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准限值；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）固体废物排放执行《一般工业固体废物贮存、处置污染物控制标准》（GB18599-2001）和《危险废物贮存污染物控制标准》（GB18597-2001）

（5）电离辐射剂量管理限值

达州市环境保护局《关于大竹县人民医院电子直线加速器核技术利用项目环境影响评价执行标准的函》（达市环函[2017]409 号）（见附件 2），本项目正常运行期间对职业人员和公众中任何个人造成的有效剂量的约束值依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定：“对辐射工作人员的照射连续 5 年的年平均有效剂量不超出 20mSv，且任何一年中的有效剂量不超出 50mSv；对公众的照射年有效剂量不超出 1mSv，特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv”，同时，结合本项目实际情况，提出了严于国家标准的职业照射和公众照射的剂量约束值，所有诊断治疗项目的辐射工作人员年剂量约束值为 5.0mSv，公众的年剂量约束值为 0.1mSv。

（6）辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）有关规定，本项目直线加速器使用场所在距离治疗室屏蔽体外表面 30cm 外，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于 2.5μSv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

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

为掌握项目所在地的辐射环境现状,2017年5月22日,四川省中栎环保科技有限公司委托四川省永坤环境监测有限公司对项目拟建场所进行了现场监测,监测报告见附件10。

一、监测方法与标准

- (1) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001);
- (2) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993);
- (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

二、监测项目与监测方法

表 8-1 监测项目、方法及方法来源

项目	监测方法	仪器使用	仪器参数
X- γ 辐射剂量率	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》GB/T14583-93	FD-3013B 型 X- γ 辐射剂量当量率仪 编号: YKJC/YQ-02	① 量响应: 60keV-3.0MeV ② 测量范围: 0.01 μ Sv/h-200 μ Sv/h
	《辐射环境监测技术规范》HJ/T61-2001		

辐射监测仪已经由计量部门年检,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,可以作为电离辐射环境现状的科学依据。

三、质量保证

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

四川省永坤环境监测有限公司质量管理体系:

(一) 人员管理

从事监测的单位四川省永坤环境监测有限公司通过了四川省质量技术监督局的计量认证(计量认证号: 2015230046U)。

（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

四、监测结果

由于项目处于地下负一楼，现尚未开工，本次监测选取项目周边点位进行监测，监测结果见表 8-2。

表 8-2 X-γ辐射空气吸收剂量率现状监测结果 单位：μSv/h

点位	监测位置	X-γ辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
1	拟建地南侧	0.125	0.007	无
2	拟建地北侧	0.141	0.008	
3	拟建地东侧	0.112	0.009	
4	拟建地西侧	0.122	0.009	
5	拟建地中央	0.139	0.007	

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

由监测结果得知，本项目场址周围的监测点环境本底X-γ空气吸收剂量率范围为 0.112~0.141μSv/h，属于四川省建筑物内和原野天然放射性水平（四川省建筑物内和原野天然放射性水平为0.0024~0.2140μSv/h）。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

直线加速器治疗室建设施工期会产生一定的污染，主要包括：

1、扬尘

由于本项目为地上开挖，墙体均为混凝土浇灌，会产生适量的的扬尘。

2、噪声

施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工产生的噪声，由于施工范围较小，施工噪声对周围环境的影响较小。

3、废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水循环使用，生活污水产量较小，可依托医院现有生活污水处理设施处理。

4、固体废物

建设机房过程中会产生一定量的土方，一部分的土方用于回填，其余部分土方由施工单位运送到市政指定的弃土场。

装修过程中产生的装修垃圾和施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。

在安装调试过程中会产生一定量的包装固体废弃物，可以通过集中收集，回收处理。

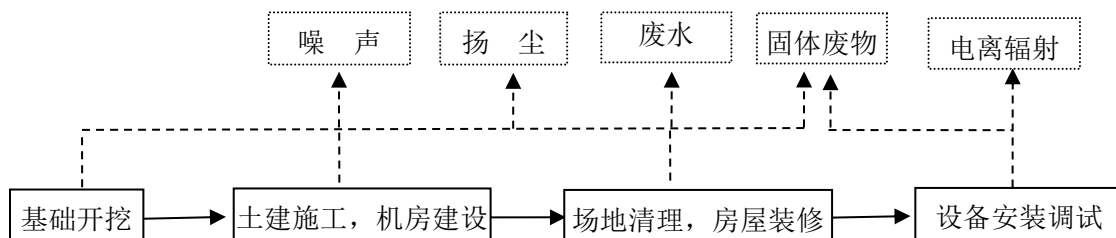


图 9-1 施工期工艺流程及污染物产生环节图

二、运营期

1、医用电子直线加速器检查污染分析

(1) 设备组成及工作原理

本项目医用直线加速器属治疗类射线装置，主要用于肿瘤病人的放射性治疗，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，给予的每日剂量亦不同。

医用直线加速器的核心部位由电子枪、加速管和束流控制三个主要部分组成，由于直线加速器结构简单、造价低、不使用放射源，目前已成为医院放射治疗的主要手段。本项目医院拟购买医科达医疗生产的 10MV 直线加速器 1 台，属 II 类射线装置，本项目所使用直线加速器参数见表 9-1。

表 9-1 10MV 医用直线加速器参数

厂家、型号	Precise
射线类型	X 射线、电子线
最大 X 射线能量	10MV
最大电子线能量	12MeV
1m 处 X 射线剂量率	最大 4Gy/min
正常治疗距离	1 米（源到等中心）
治疗角度	0-360 度
等中心高度	1310mm
最大照射野（SSD=1 米）	40×40cm

(2) 项目流程及产污染环节

直线加速器治疗流程为：病人进行放射治疗的确诊→向患者告知可能受到辐射危害→模拟定位、进行体表标记→制定治疗计划、确定照射位置和剂量→病人进入加速器治疗室→关闭屏蔽门并开启安全联锁→加速器出束治疗、实施治疗→治疗完毕。本项目所使用的直线加速器治疗流程及产污位置见图 9-2。

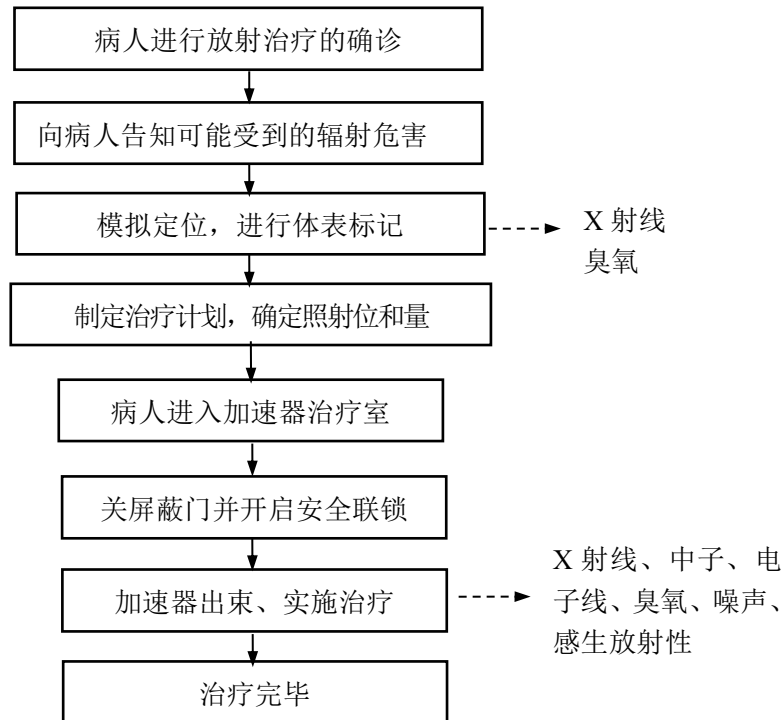


图 9-2 本项目加速器治疗流程及产污环节示意图

通过分析可知，直线加速器在开机使用过程可能有 X 射线、电子线、中子射线、感生放射性、臭氧、噪声产生，具体污染物产生种类如下：

X 射线：模拟定位时，加速器产生 X 射线；深部治疗时，直线加速器以 X 线档运行时，产生 X 射线；

电子线：表层病灶治疗时，直线加速器以电子线档运行时，产生电子线；

中子射线：X 射线标称能量超过 10MV 运行时产生中子辐射；

臭氧：直线加速器治疗室中的空气电离产生微量臭氧；

噪声：直线加速器工作时，加速器、风机和水泵产生噪声；

感生放射性：中子引起活化，使直线加速器部件、冷却水等产生感生放射性。

2、CT 机检查污染分析

（1）工设备组成及作原理

CT 属于Ⅲ类射线装置，由 X 射线管、高频逆变高压发生器、影像采集装置、影像增强器、数据图像处理器、为满足诊断需求而配置的机械装置和辅助装置组成，具体见图 9-3。

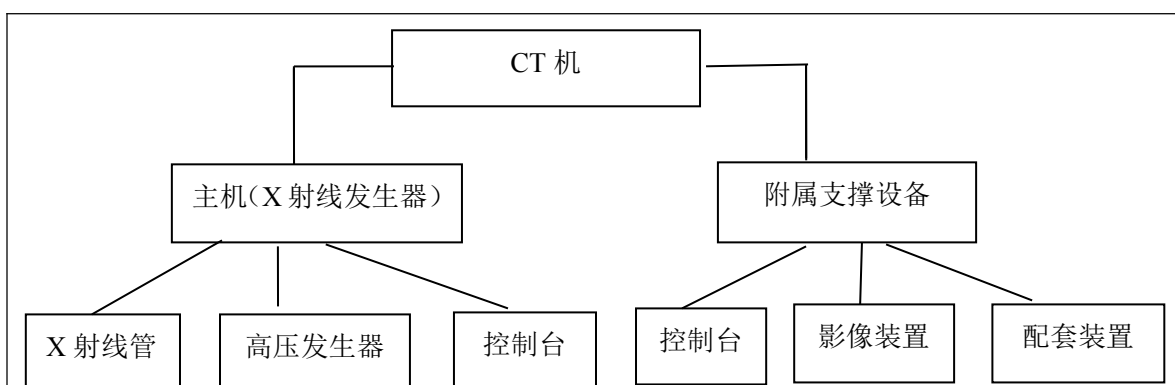


图 9-3 CT 机基本机构图

X 射线管：是用来产生 X 射线的射线源，是 X 射线装置的核心部分，由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚焦成束，直接向嵌在金属阳极的靶体射击，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速到很高的速度，靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成，高速电子轰击靶体产生 X 射线。X 射线管被包在特殊的管套内，X 射线管套包有铅屏蔽层以防止无用 X 射线泄露，其 X 射线出束窗口除了材质本身固有过滤外，还设置了附加过滤片，以过滤去除低能 X 射线。

高压发生器：高压发生器的作用是把输入的交流电变成 X 射线管所需要的直流电，并给 X 射线管灯丝提供加热电压。医用 X 射线装置输出电压一般为 30kV 至 150kV，摄影时管电流可达到数百毫安，但工作时间很短。

控制台：控制台主要通过连接电路实现 X 射线管主要曝光参数（管电流、管电压、曝光时间等）的调节和控制。

影像装置：医用 X 射线装置靠终端的影像装置提供诊断信息。影像装置接收器根据 X 射线装置的具体功能与用途进行配置，如：荧光屏、电视设备、摄影设备、成像板、平板探测器及其他影像装置。

（2）项目流程及产污染环节

CT 属于综合性 X 射线机（具有透视和拍片功能，适合做各种疾病的检查）。CT 和其他 III 类射线装置结构基本组成相同，检查（诊断）流程也是类似，概括起来包括：病人候诊准备、向病人告知可能受到的辐射伤害、病人进入机房、关闭屏蔽门开启安全联锁、设定摄片/透视量病人做好准备、病人摆位，开始曝光、诊断。

由医用 X 射线装置工作原理可知，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产生任性辐射，即 X 射线，其最大能力为电子束的最大能量。这种 X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线装置在非诊疗状态下不产生 X 射线，只有在开机状态时才会产生 X 射线。

本项目所使用的 CT 机治疗流程及产污位置见图 9-4。

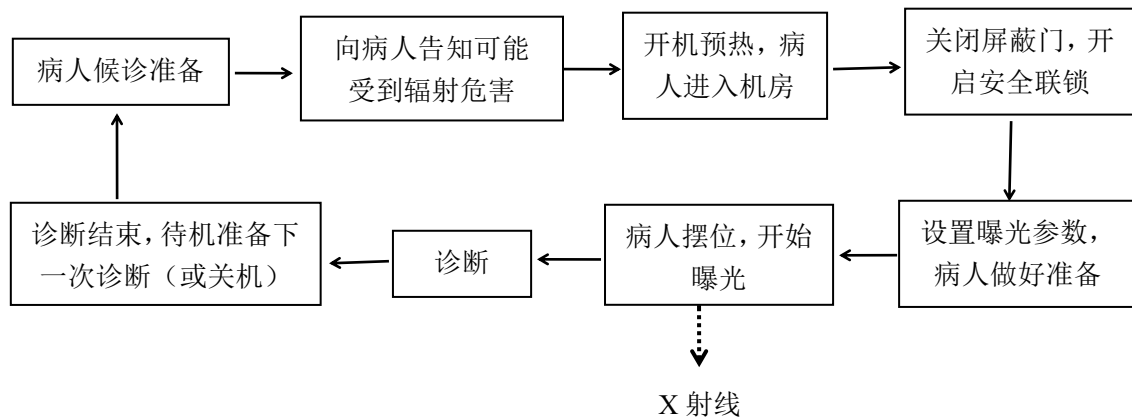


图 9-4 CT 机诊断过程与产污环节简图

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、辐射工作场所两区划分

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

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求有专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区。放射性工作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

环评根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对控制区和监督区的定义，结合各项目辐射防护和环境情况特点，将医用加速器机房、CT室划为控制区，将水冷机房、电力机房、操作间、铅防护门门口1米内区域划定为监督区，医用加速器控制区和监督区的划分情况见表10-1，加速器两区划分示意图见图10-1，详见附图6。

表 10-1 项目控制区和监督区的划分情况

辐射工作场所	控制区	监督区
直线加速器机房	加速器机房	水冷机房、电力机房、操作间、加速器机房东侧的过道
CT室	CT室机房	操作间、铅防护门门口1米内区域

(2)、CT 机固有安全性

①具有安全设备，当设备出现错误或故障时，能中断照射，并有相应故障显示；

②正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设置无误时，才能由"启动"键启动照射；

③在操作台上设置有“紧急止动”按钮一旦发现异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。

从此可以看出，直线加速器、CT 机在防止事故发生方面，设有相应措施。只要操作人员按照加速器说明书要求严格执行，是能够减少对人员的辐射危害和降低辐射事故的发生。

2、工作场所实体辐射防护情况

本次建设的直线加速器治疗室防护体为：西侧屏蔽墙厚度为 1500mm 重晶石混凝土，外围填充回填土夯实；东侧迷道厚 1200mm，屏蔽墙为 800mm 重晶石混凝土；南侧主射墙厚度为 2700mm 重晶石混凝土，次射墙厚度为 1500mm 重晶石混凝土，外围均填充回填土；北侧主射墙厚度为 2700mm 重晶石混凝土，次射墙厚度为 1500mm 重晶石混凝土。防护门为单扇电动推拉门，钢架结构，由 14mm 铅当量+100mm 含 5%硼聚乙烯组成。

本次建设的 CT 机机房防护体为：CT 室机房西侧、北侧均为 370mm 实心页岩砖结构屏蔽墙，东侧、南侧为 300mm 钢筋混凝土，外为回填土，西侧和西北侧分别有 3mm 铅当量铅防护玻璃和 3mm 铅当量滑动铅门。

加速器治疗室设有通排风系统，采用机械通排风，通排风口位于直线加速器机房东北侧。为了减少废气对人员的影响，**环评要求直线加速器机房设置独立的通排风系统，通风量不低于 3000m³/h，每小时排风次数为 8 次，并采用专用管道，引至肿瘤微创中心正上方地面建筑屋顶进行排放，排放口朝人员稀少的方向进行。**本项目中的Ⅲ类 CT 和预留空置机房均通过空调系统进行通排风处理。电缆沟及通风管道均采用“U”型或者“S”型穿墙，以避免电缆沟及通排风管道布设方式影响到屏蔽墙体的屏蔽效果。建设单位落实本环评要求的通排风量及频率后，本次评价认为排风系统可有效地排出直线加速器运行产生的臭氧等有害气体对周边环境影响较小。

环评要求：加速器治疗室在建设过程中，应注意以下问题：

A、穿过加速器治疗室屏蔽墙的各种管道和电缆线弯成 S 形或 U 形，不要正对工作人员经常停留的地点。

B、为防止辐射泄漏，防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍。

C、为防止排风口排出的气体反流污染进气口，排风口的通风百叶开口方向不能直接面向进风口方向。进、排风口附近应尽量禁止有人员活动。

D、各线缆进出口应重点防护，防止射线泄露。

3、辐射防护措施

（1）X 射线防护

①隔室操作

操作人员采取隔室操作方式，操作间与机房之间以墙体隔开，通过视频图像观察病人情况，可通过铅窗直接观察到 CT 室和预留空机房内病人情况。

②时间防护

通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与治疗室的近距离接触时间。

③ 个人防护

辐射工作人员防护：肿瘤微创中心的辐射工作人员均应当佩戴个人剂量计。本项目配备 8 名辐射工作人员，其中 4 人为现有辐射工作人员，另外 4 人为新增辐射工作人员，须为新增辐射工作人员新配备个人剂量计。

患者防护：治疗前对放疗计划剂量进行核对，每次照射时体位都须一致。使用恰当的个人防护用品（如铅衣、铅围裙、三角巾等）屏蔽肿瘤周围的健康组织。

（2）电子线防护

加速器治疗室使用 10MV 直线加速器在按电子模式工作时，会产生电子线、电子与物质作用时产生的 X 射线（电子 X 射线）。在考虑电子防护时，不仅考虑对电子的屏蔽，还要考虑对电子 X 射线的屏蔽。

（3）中子防护

加速器治疗室使用 10MV 直线加速器要考虑中子的防护，据《辐射防护手册（第一分册）》（原子能出版社 1987 年 8 月）10.4 节电子加速器屏蔽，P448)

描述，电子加速器屏蔽“在采用普通混凝土作屏蔽材料时，各种光中子的附加影响通常可以不必考虑。但是当采用对中子屏蔽性能不好的材料（如钢、铅）时，则要注意校核中子剂量是否允许”。

对加速器治疗室迷道外口中子的屏蔽，按《辐射防护手册》第三分册 4.2 加速器的建筑物和辐射屏蔽（P105）描述的内容“为了减少迷道外口的中子剂量，在迷道外口的内表面和防护门的里侧贴一层对热中子吸收截面较高的材料（如镉片或含硼水泥，含硼聚乙烯）是有效的”。在设计治疗室防护门时综合考虑了上述因素，加速器治疗室防护门由 14mm 铅当量+100mm 含 5%硼聚乙烯组成。

（4）感生放射性防护

①感生放射性来源及辐射

医用电子加速器引致的感生放射性，主要发射 γ 、 β 射线。在医用加速器应用的能量范围内，感生放射性主要通过（ γ ，n）或（e，n）反应产生。表 10-2 列出了医用加速器由于（ γ ，n）反应容易出现的感生放射性核素。

表 10-2 加速器构件及环境的感生放射性产物

部位	材料	感生放射性核素	半衰期	辐射类型	主要产生方式
照射头部件	铝	^{27}Mg	9.5min	β^- 、 γ	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{p})^{27}\text{Mg}$
		^{24}Na	14.9h	β^- 、 γ	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{a})^{24}\text{Na}$
		^{28}Al	2.3min	β^- 、 γ	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{r})^{28}\text{Al}$
	铜	^{62}Cu	9.7min	β^+ 、 γ	$^{63}\text{Cu}(\text{n}, 2\text{n})^{62}\text{Cu}$
		^{64}Cu	12.8h	β^+ 、 γ	$^{65}\text{Cu}(\text{n}, 2\text{n})^{64}\text{Cu}$
		^{66}Cu	5.1min	β^- 、 γ	$^{65}\text{Cu}(\text{n}, \text{r})^{66}\text{Cu}$
束流管	不锈钢	^{56}Mn	2.6h	β^- 、 γ	$^{56}\text{Fe}(\text{n}, \text{p})^{56}\text{Mn}$
		^{65}Ni	38min	β^- 、 γ	$^{64}\text{Ni}(\text{n}, \text{r})^{65}\text{Ni}$
		^{27}Mg	9.5min	β^- 、 γ	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{p})^{27}\text{Mg}$
	铝	^{24}Na	14.9h	β^- 、 γ	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{a})^{24}\text{Na}$
		^{28}Al	2.3min	β^- 、 γ	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{r})^{28}\text{Al}$
偏转磁铁	铜	^{62}Cu	9.7min	β^+ 、 γ	$^{63}\text{Cu}(\text{n}, 2\text{n})^{62}\text{Cu}$
		^{64}Cu	12.8h	β^+ 、 γ	$^{65}\text{Cu}(\text{n}, 2\text{n})^{64}\text{Cu}$
		^{66}Cu	5.1min	β^- 、 γ	$^{65}\text{Cu}(\text{n}, \text{r})^{66}\text{Cu}$
	不锈钢	^{56}Mn	2.6h	β^- 、 γ	$^{56}\text{Fe}(\text{n}, \text{p})^{56}\text{Mn}$
		^{65}Ni	38min	β^- 、 γ	$^{64}\text{Ni}(\text{n}, \text{r})^{65}\text{Ni}$

结构材料	铝	^{27}Mg	9.5min	β^- 、 γ	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{p})^{27}\text{Mg}$
		^{24}Na	14.9h	β^- 、 γ	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{a})^{24}\text{Na}$
		^{28}Al	2.3min	β^- 、 γ	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{r})^{28}\text{Al}$
	铜	^{62}Cu	9.7min	β^+ 、 γ	$^{63}\text{Cu}(\text{n}, 2\text{n})^{62}\text{Cu}$
		^{64}Cu	12.8h	β^+ 、 γ	$^{65}\text{Cu}(\text{n}, 2\text{n})^{64}\text{Cu}$
		^{66}Cu	5.1min	β^- 、 γ	$^{65}\text{Cu}(\text{n}, \text{r})^{66}\text{Cu}$
	不锈钢	^{56}Mn	2.6h	β^- 、 γ	$^{56}\text{Fe}(\text{n}, \text{p})^{56}\text{Mn}$
		^{65}Ni	38min	β^- 、 γ	$^{64}\text{Ni}(\text{n}, \text{r})^{65}\text{Ni}$
混凝土材料	铝	^{27}Mg	9.5min	β^- 、 γ	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{p})^{27}\text{Mg}$
		^{24}Na	14.9h	β^- 、 γ	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{a})^{24}\text{Na}$
		^{28}Al	2.3min	β^- 、 γ	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{r})^{28}\text{Al}$
冷却水	水	^{16}N	7.35s	β^- 、 γ	$^{16}\text{O}(\text{n}, \text{p})^{16}\text{N}$
空气	氮	^{13}N	10min	β^+ 、 γ	$^{14}\text{N}(\text{r}, \text{n})^{13}\text{N}$

由表 10-2 可知，医用加速器运行中产生的感生放射性产物，其辐射类型多数为 β^- 、 γ 辐射，也有少量 β^+ 、 γ 辐射。其半衰期最长者为 14.9h，最短者仅有 7.35s，均属短半衰期核素。对加速器部件、治疗室内设备、墙体和冷却水等固、液态物质产生的感生放射性，其 β^- 和 β^+ 辐射经自吸收、设备屏蔽和距离及自然衰减后，对医生和接受治疗的患者已基本无影响。对于 γ 辐射由于穿透力较强，医生在治疗室内作病人摆位时，应采用减少操作时间，并与感生放射性较强的设备（如照射头等）保持一定的距离，并佩戴好个人防护用品，以尽量减少感生放射性的影响。对于接受治疗的患者，由于治疗时间短、治疗频度小，无需对医用加速器的感生放射性作专门防护。本次评价在环境影响分析章节中针对空气中产生的感生放射性气体进行了分析。

②防止感生放射性对医生、维修人员和患者的照射，医院采取的相应防护措施如下：

A、对加速器部件和墙壁的感生放射性防护

- 利用感生放射性核素半衰期比较短的特点，待其衰变到环境本底辐射水平后，相关人员才能对感生放射性部件加以处置或与其接触；
- 采用距离防护方法，利用与其间隔一段距离的办法加以防护；
- 加速器退役时，应对加速器部件的感生放射性进行一次调查，测定辐射水平，高于豁免值的部件应作为放射性固体废物进行处理。

B、对空气中的感生放射性防护

●待空气中的感生放射性核素衰变到环境本底辐射水平后，人员才能进入治疗室；

●用通风方式将空气中的感生放射性核素排出治疗室外。

C、对冷却水的感生放射性防护

●加速器运行时，尽量减少人员进入水冷治疗室；

●冷却水系统需要检查、检修时，检修人员应在加速器运行停机一段时间后方可进入水冷治疗室，进入时应进行辐射监测。

(5) 环评要求的其它辐射防护装置及措施

①门机连锁装置：加速器（CT 机）与屏蔽门之间设连锁装置。屏蔽门未关好，射线管不能出束，工作期间屏蔽门不能打开。

②紧急止动装置：除了加速器固有紧急止动按钮外，加速器治疗室内墙适当位置上应安装紧急止动装置开关（请勿将紧急开关安装在主射束区域内），以便治疗室内的人员按动紧急止动按钮就能令加速器停止出束。

③电视监视、对讲装置：加速器治疗室和操作间之间拟安装电视监控、操作间能通过电视监视治疗室内患者治疗的情况，在加速器治疗室和 CT 室安装对讲装置，可通过对讲机与机房内患者联系沟通。

④工作状态显示：加速器、CT 机防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。射线装置处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当射线装置处于非出束状态，指示灯为绿色。

⑤警告标志和警示装置：加速器治疗室、CT 室屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志。在加速器治疗室墙上安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），探头安装在治疗室迷道内墙上（靠近防护门），只要迷道内的剂量超过预置的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入治疗室，以防误入受照。

三、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，医院将投入一定资金建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-3。

表 10-3 环保设施及投资估算一览表

项目	环保治理措施	数量（套/个）	投资金额（万元）
肿瘤微创中心直线加速器	铅防护门	2 扇	11.0
	通排风系统	1 套	2.0
	电离辐射警示标牌、工作警灯	2 套	0.5
	门机联锁	2 套	1.5
	门灯联锁	2 套	1.5
	紧急开门按钮	1 套	1.0
	紧急停机按钮	4 个	1.5
	紧急照明或独立通道照明系统	2 套	1.0
	治疗室内固定式剂量报警仪	1 个	0.8
	电视监控系统与对讲机	2 套	1.5
	个人剂量报警仪	3 台	1.5
	个人剂量计	4 套利旧；4 套新增	0.8
其它	个人防护用品（如铅衣、铅围裙、三角巾等）	5 套	2.0
	便携式 X 辐射剂量仪	1 台	2.5
	辐射安全培训费用	8 人	2.0
	陪护人员辐射防护用品	2 套	0.5
合计			31.6

本项目总投资 1900 万元，环保投资 31.6 万元，占总投资的 1.67%。今后医院在医用射线装置应用项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合医院实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时医院应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

本次评价认为，本项目拟购进和建设的辐射安全防护设施是合理的，可满足日常辐射工作的要求。

三废的治理

一、废气

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

营运期的废气主要为加速器治疗室产生的臭氧，加速器治疗室设有通排风系统，采用机械通排风，通排风口位于直线加速器机房东北侧。为了减少废气对人员的影响，环评要求直线加速器治疗室设置独立的通排风系统，通风量不低于

3000m³/h，每小时排风次数为 8 次，并采用专用管道，引至肿瘤微创中心上方地面建筑屋顶进行排放，排放口朝人员稀少的方向进行。本项目中的预留空机房和 CT 室通过空调系统进行通排风处理。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）的要求。

二、固废

施工装修过程中产生的装修垃圾和施工人员产生的生活垃圾可依托当地环卫部门清运处理。

营运期产生的固废主要有感生放射性固废和非放射性固废。

1、感生放射性固废

感生放射性固废主要来源于医用电子直线加速器检修过程中更换下来的电子束靶体等部件，对于固态感生放射性废物采取自然衰变的方式进行处理，即在检修感生放射性较强的部件之前，应该等这些部件的感生放射性强度衰变到适当的水平，且设备检修须有设备生产维保厂家进行。加速器退役停机后，应将其在直线加速器治疗室内做适当时间放置，待其感生放射性衰变到可接受水平时，经监测达标后作为一般性固废处理。

2、非放射性固废

非放射性固废主要是医护人员产生的办公生活垃圾，可以集中收集后由医院统一进行处理。

三、废水

施工机械冲洗废水循环使用，不外排；施工期生活污水产量较小，可依托医院现有污水处理设施处理。

营运期产生的生活废水依托医院污水管网及污水处理系统收集处理；本项目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。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

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

1、噪声防治措施

参照医院建设项目环评中提出的噪声防治措施，按操作规范操作机械设备，尽量减少碰撞噪声，对工人进行环保方面的教育，合理安排施工时间、合理布局、确保施工期间噪声不扰民。

2、固废防治措施

施工中挖出的土方可直接用于回填在肿瘤微创中心四周，其余土方运输将严格按照大竹县有关渣土运输的有关规定，选用性能良好、车厢封闭较好、证件齐全的车辆，严格按照指定的线路行驶。做到运输车辆不超载，车厢上部全部用篷布覆盖，避免运输过程中渣土散落污染城区道路及周边环境。坚决杜绝渣土乱倒、乱弃。保证外运土方运到指定弃土场。

装修过程中产生的装修垃圾和施工人员产生的生活垃圾可依托当地环卫部门清运处理。

3、废水防治措施

施工期产生的废水主要包括施工机械冲洗废水和施工人员的生活污水，施工机械冲洗废水沉淀后循环使用，生活污水产量较小，可依医院现有生活污水处理设施处理。

4、废气防治措施

由于本项目为地上开挖，项目四周墙体均为混凝土浇灌，会产生适量的的扬尘。扬尘通过以下措施防治：

- 1、施工现场周边采取围挡措施，门前及围挡附近及时清扫。
- 2、施工现场周边主要道路及场地按要求进行硬化处理。
- 3、施工现场裸露地面、土堆按要求进行覆盖、固化。
- 4、外脚手架按要求采用密目网进行封闭。

5、施工现场按要求进行洒水降尘。易产生扬尘的机械应配备降尘防尘装置，易产生扬尘的建材按要求存放在库房或者严密遮盖。

6、建筑垃圾土方砂石运输车辆应采取措施防止车辆运输遗撒，手续齐全。

7、楼内清理垃圾须采用密闭式专用垃圾道或采用容器吊运。

8、施工现场按要求设置密闭式垃圾站，按规定及时清运。

9、施工现场按要求使用预拌混凝土和预拌砂浆。

10、施工现场按要求设置专业化洗车设备或设置冲洗车辆的设施。

对于肿瘤微创中心射线装置机房施工质量方面，环评要求：（1）加速器治疗室在建设过程中严格按照施工规范进行施工，屏蔽墙体增厚部分与既有墙体间应没有漏缝，防止射线泄露；使用符合要求的水泥，墙体与铅防护门应有足够的搭接宽度。（2）穿过加速器治疗室墙体的各种管道、电缆不得影响屏蔽墙体的屏蔽防护效果，不得正对工作人员经常停留的地点。

运行阶段对环境的影响

（一）X 射线环境影响分析

1、直线加速器辐射环境影响分析

①本报告中采用屏蔽厚度的常用模式作预测：

$$d=nT_{1/10} \quad \text{公式（1）}$$

式中：d—屏蔽层厚度(cm)；

$T_{1/10}$ —十分之一屏蔽层厚度值(cm)，混凝土取值为 38.6cm，铅取值为 5.6cm，其值摘自《辐射防护概论》（清华大学工程物理系，2003 年 7 月）。

$$n=\lg\left(\frac{1}{\eta}\right) \quad \text{公式（2）}$$

$$\eta=\frac{X_L \cdot r^2}{G \cdot Q \cdot U} \quad \text{公式（3）}$$

式中：

η —X 射线在屏蔽材料中的透射系数；

X_L —参考点的辐射剂量当量率限值，mSv/wk

管理限值：对工作人员为 0.1mSv/wk，对于公众则为 2.1×10^{-3} mSv/wk；辐射工作场所边界周围剂量率控制水平：屏蔽体外表面 30cm 外周围剂量率为

$8.33 \times 10^{-3} \text{mSv/wk}$ ($2.5 \mu\text{Sv/h}$, 加速器周曝光时间 200min); 取管理限值与辐射工作场所边界周围剂量率控制水平核算出的较小者 (更保守者) 作为计算值, 故工作人员 X_L 取 $8.33 \times 10^{-3} \text{mSv/wk}$, 公众 X_L 取 $2.1 \times 10^{-3} \text{mSv/wk}$;

r —参考点到辐射点的距离(m);

Q —参考点所在居留因子(视情况而定);

U —射线束定向因子(视情况而定);

G —加速器在 1 米处的周剂量率。

加速器运行后, 辐射对医务人员、公众和环境可能造成的辐射剂量用下式预测:

$$X_i = \eta \cdot X_{i.e} \quad \text{公式 (4)}$$

式中:

X_i —屏蔽外参考点的剂量率(mSv/wk);

$X_{i.e}$ —无屏蔽体时, 距离 $r(\text{m})$ 处的剂量率(mSv/wk)。

其中:

$$X_{i.e} = \frac{G \cdot Q \cdot U}{r^2}$$

根据院方提供资料, 预计放射治疗工作量为 40 人·次/天, 每周工作 5 天, 年工作 50 周, 平均每野次治疗剂量 $2\text{Gy} \sim 3\text{Gy}/\text{人} \cdot \text{次}$, 平均每野次照射时间 1min (不含摆位时间), 周工作负荷为 $600\text{Gy}/\text{周}$, 年照射时间 166.7h。加速器做旋转治疗时主射束投向地面比例为 45%, 投向两侧主墙各为 20%, 投向屋顶为 15%。治疗中源轴距为 1m, 漏射方向照射量率取主射方向的 1% 计算, 最终加速器治疗室墙体厚度的校核和相关考查点位剂量的预测结果见表 11-1。

表 11-1 10MV 医用直线加速器治疗室屏蔽墙体校核与剂量估算

考查点位	受照类型	距离 (m)	居留因子	设计/实际墙厚 (mm)	计算墙厚 (mm)	估算剂量 (mSv)
东南侧操作间	职业	8.5	1	迷道内墙 1200mm 混凝土 + 西南侧墙 800mm 混凝土	888	5.25×10^{-4}
东侧迷道内墙	职业人员	5.8	1/8	迷道内墙 800mm 混凝土	667	1.81×10^{-1}
东北侧加速器治疗室墙外过道	公众	7.5	1/16	次射墙 1500mm 混凝土	696	8.32×10^{-4}
西北侧电力机房	公众	6	1/32	主射墙 2700mm 混凝土	654	5.06×10^{-7}

西北侧水冷机房	公众	7.3	1/32	次屏蔽墙 1500mm 混凝土	589	8.78×10^{-4}
东侧加速器治疗室墙外过道	公众	12	1/4	迷道内墙 1200mm 混凝土 + 西南侧墙 800mm 混凝土	771	6.59×10^{-5}
东侧加速器外铅门门口	公众	8.8	1/4	迷道内墙 1200mm 混凝土 + 14mm 铅当量约和 285mm 铅当量	127	1.51×10^{-4}
加速器治疗室顶部停车场	公众	5	1/4	2800 mm 混凝土	1016	2.41×10^{-6}

由表 11-1 可知，本项目加速器治疗室实际修建墙体大于校核计算厚度，是满足辐射防护要求的。并且，由于肿瘤微创中心四面和顶部均用回填土夯实，实际防护效果会优于计算结果。

②加速器治疗室防护门屏蔽厚度核算

(1) 防护门铅厚度 (X) 的校核公式为：

$$X = TVL \cdot \log B^{-1} \quad \text{公式 (5)}$$

式中：

X—防护门铅当量厚度，mm；

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

B=辐射屏蔽透射因子。

(2) 辐射屏蔽透射因子计算公式如下：

$$B = (H_e - H_{oF}) / H_F \quad \text{公式 (6)}$$

式中：

H_e —辐射剂量率管理限值，为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

H_{oF} — O_1 位置穿过迷道内墙的泄漏辐射在 F 处的控制剂量率，应小于参考控制水平的 1/4，即 $2.5/4=0.625\mu\text{Sv/h}$ ；

H_F —治疗室入口关注点处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

(3) 根据 (GBZ/T201.2-2011)，对于加速器 ($\leq 10\text{MV}$) 治疗室迷道入口 (M 点) 的散射辐射剂量率 H_F 计算公式如下：

$$H_F = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} H_o \quad \text{公式 (7)}$$

式中：

H_F —关注点 F 处的散射辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上的散射因子, 通常取 45° 散射角的值; 查附录 B 表 B.2, 本项目取 45° 散射角的 10MV 的散射因子, 即 α_{ph} 为 1.35×10^{-3} ;

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 $40\text{cm} \times 40\text{cm} = 1600 \text{cm}^2$;

α_2 —墙入射的患者散射辐射的散射因子, 通常取入射角为 45° , 散射角为 0° , 0.5MV 栏内的值; 查附录 B 表 B.6, 本项目 α_2 为 22×10^{-3} ;

A—散射面积 m^2 , 经计算本项目为 7.77m^2 ;

R_1 —第一次散射路径 O_i ; $R_1 = 6.72\text{m}$;

R_2 —第二次散射路径 iF ; $R_2 = 9.30\text{m}$;

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, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; 本项目为 $2.4 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$;

经计算: $H_F = 56.721 \mu\text{Sv/h}$, $B = (2.5 - 0.625) / 56.721 = 0.033$

最终得到防护门的铅当量厚度为:

$X = \text{TVL} \cdot \log B^{-1} = 7.404\text{mm}$ 。

由理论计算可知, 治疗室入口铅防护门屏蔽厚度为 6.026mm, 实际设计为 14mm, 可满足屏蔽要求。

3、CT 机辐射环境影响分析

本项目中 CT 机属于 III 类 X 射线装置, 其使用的管电压最大值为 150kV, 根据《医用 X 射线治疗卫生防护标准》(GBZ131-2002), 在治疗状态下, 当 X 射线管额定电压 $\leq 150\text{kV}$ 时, 距 X 射线管焦点 1m 处的 X 射线源组件泄露辐射不超过 1mGy/h , 按照年工作时间 166.7h, 经过 3mm 铅当量 (减弱因子为 4.0×10^{-4}) 的墙体、防护铅门和铅玻璃窗户的屏蔽作用, CT 室周围职业人员及公众最大受照射剂量约 0.027mSv/a , 满足评价标准要求, 因此对周围的辐射环境影响较小。

(二) 电子环境影响分析

根据《辐射防护手册》第三分册 4.1.5 加速器的辐射源 (P_{95}) 提供, 对于电子, 在能量为 2~20MeV 范围内, 最大射程 (单位为 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$) 约为能量 (单位为 MeV) 的 0.6 倍。本项目以电子档工作时最大电子线能量为 12MeV, 射程为

$12 \times 0.6 = 7.2 \text{g/cm}^2$ ，穿过重晶石混凝土（密度 $\geq 2.35 \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ）深度为 3.1cm。由于加速器屏蔽体（治疗室）的使用材料和厚度足以满足屏蔽电子线的要求。故本项目可不考虑电子线的影响。

（三）中子环境影响分析

由于本项目使用的医用直线加速器电子束最大能量为 12MeV，因此，加速器运行中应考虑中子的防护问题。加速器运行中产生的中子，由于其对治疗无意义故称为污染中子，又因其通过 (r, n) 核反应而生成，故又称为光中子。医用直线加速器产生的光中子，其能谱是连续的。在辐射防护工作中一般仅考虑其平均能量。对于电子束能量不大于 25 MeV 的医用直线加速器，运行中所产生光中子的最大平均能量为 2.3 MeV，远低于相应的电子束和 X 线的能量。对于同一医用直线加速器而言，可屏蔽 X 射线的混凝土防护墙体，也足以屏蔽所产生的光中子，防护门里侧贴一层 100mm 硼聚乙烯吸收热中子。

因此，本项目加速器产生的中子线对周围环境的影响很小。

（四）感生放射性气体的环境影响分析

医用加速器在治疗中发出的电离辐射通过空气时，当辐射的能量达到或超过产生 (r, n) 反应的阈能时，空气中可能产生 ^{11}C 、 ^{13}N 和 ^{15}O 等放射性气体。各种放射性气体产生的阈能、核反应及生成核素的半衰期列于表 11-2 中。本项目使用的加速器最大能量为 12MeV，故在对加速器运营时所产生的放射性气体中只需对 ^{13}N 气体的污染与治理作分析和评述。

表 11-2 加速器运行使空气电离而可能产生的感生放射性气体

核素	半衰期	核反应	阈能 (MeV)
^{11}C	20.5min	$^{12}\text{C}(r, n)^{11}\text{C}$	18.7
^{13}N	10min	$^{14}\text{N}(r, n)^{13}\text{N}$	10.6
^{15}O	124s	$^{16}\text{O}(r, n)^{15}\text{O}$	15.7

加速器运营中产生的 ^{13}N 放射性气体，为正电子(β^+)核素。 ^{13}N 的 β^+ 最大能量为 1.190MeV，在空气中的射程为 5.53m。它能与 β^- 发生“湮灭”反应而产生能量为 0.511MeV 的 γ 辐射。

加速器产生的 ^{13}N 弥散于治疗室内，可能使职业人员的皮肤受到 β^+ 的浸没外照射；而职业人员全身还可能受由湮灭反应而产生的 γ 辐射的浸没外照射；至于吸入 ^{13}N 后，也会对职业人员形成内照射。上述三种照射途径中，由于 ^{13}N 所致内照射很弱，所致的各内照射剂量因子，在我国现行放射防护标准中未列出，相

关文献也未见报导，故不对吸入 ^{13}N 所致内照射剂量作预测和分析；由于 β^+ 单独存在的时间很短，为千分之毫秒级，对环境产生的影响很小，故也不对职业人员皮肤受到 β^+ 的浸没外照射进行预测和分析，因此本报告表只对湮灭反应而产生的 γ 辐射浸没外照射进行预测和分析。

^{13}N 的 β^+ 湮灭反应产生的 γ 辐射所致辐射效应属于随机性效应，其剂量约束值仍取职业人员个人年剂量限值 5mSv。

弥散于治疗室内的放射性气体所形成的浸没照射，其剂量一般按半浸没模式进行估算。

在加速器运行中，设 X 线的空气吸收剂量率为 D(Gy/min)，加速器的电子动能为 Ee(MeV)，放射性气体产率与 X 线吸收剂量指数率(发射率)的比值为 Q，治疗室内的通风换气次数为 N(s^{-1})，治疗(照射)时间为 t(s)，等待时间为 T(s)，放射性气体的衰变常数为 $\lambda(\text{s}^{-1})$ ， t_1 为工作人员在治疗室内的停留时间(s)。则放射性气体所致全身外照射剂量 H(μSv)可由下式算出：

$$H = \frac{KDQEE}{V(\lambda + N)^2} \cdot e^{-(\lambda+N)T} \cdot (1 - e^{-(\lambda+N)t}) \cdot (1 - e^{-(\lambda+N)t_1}) \quad \text{公式(8)}$$

式 8 中，K 为相关系数，其值为 8.16×10^{-4} ；V 为受污染气体体积，均取加速器工作室体积的 30%，取值为 117m^3 ；Q 偏保守估计取 1；本项目 10MV 医用直线加速器最大使用电子动能 Ee 为 12MeV；距 X 射线源 1m 处的剂量率最大为 4Gy/min；每次治疗时间 t 取 2min；在治疗结束到工作人员进入治疗室的时间 T 为 20s，工作人员在治疗室内停留时间 t_1 为 1min，室内换气率为 8 次/h，每天照射 40 野次。根据上述条件，运用上面公式可估算出工作人员所受 ^{13}N 的全身 γ 浸没外照射剂量，对于职业人员居留因子取 1，公众居留因子取 1/16。结果见表 11-3。

表 11-3 ^{13}N 所致工作人员全身外照射剂量

工作场所	^{13}N 年剂量(mSv)	年剂量约束值(mSv)	受照类型
加速器治疗室	0.381	5	职业人员
	0.024	0.1	公众

预测结果表明，在加速器治疗室内，放射性气体产生的 γ 射线致辐射工作人员的全身外照射年剂量均为 0.381mSv，低于本次评价中确定 5mSv/a 的剂量约束值；致公众的全身外照射年剂量均为 0.024mSv，低于本次评价中确定 0.1mSv/a

的剂量约束值。在日常工作中，加速器治疗室工作人员应当待空气中的感生放射性核素衰变到环境本底辐射水平后，再进入治疗室，同时采取通风方式将空气中的感生放射性核素排出治疗室外。

经采取距离防护、延长在治疗室外等待时间、增加通风换气次数、使用个人防护用品（铅衣、眼镜、围脖等）等措施后，感生放射性对公众的影响是很小的，环评中不作详细分析。

（五）臭氧环境影响分析

加速器治疗室内空气中的氧受 X 线电离而产生的臭氧，其产率和浓度可用以下公式分别计算。

$$Q_o = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_o \cdot R \cdot g \quad \text{公式(9)}$$

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，对于本次 10MV 直线加速器取 240；

S_o —射束在距离源点 1m 处的照射面积 m²，本项目为 0.16 m²；

R —射束径迹长度 m，本项目为 1m；

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 2.496mg/h。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C = Q_o \cdot T_v / V \quad \text{公式（10）}$$

式中：

C —室内臭氧浓度，mg/m³；

Q_o —臭氧产额 mg/h；

T_v —臭气有效清除时间，h；

V —治疗室空间体积，389.5m³；

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \quad \text{公式（11）}$$

t_v —每次换气时间，0.12h；

t_{α} —臭氧分解时间，取值为 0.83h。

若加速器治疗室每小时换气 8 次，每次换气时间均为 7min，则加速器治疗室内的臭氧平衡浓度为 $6.72 \times 10^{-4} \text{mg/m}^3$ ，符合室内空气质量标准中臭氧 0.16mg/m^3 的标准值。

加速器治疗室拟设排风系统，采用机械排风、进风，通风频率 8 次/小时。进风为自然进风，采用“U”型进风道（直径 400mm）。排风口采用“U”型排风管道（直径 400mm）将治疗室内的气体排出治疗室，在治疗室外引向停车场上方排放。本项目产生的臭氧采用换气系统排入环境大气后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（ 0.2mg/m^3 ）的要求。

（六）噪声的环境影响分析

本项目各射线装置工作场所使用的设备均为低噪设备，运行时基本无噪声产生或噪声很小，各射线装置工作场所的通排风系统运行时产生噪声，但产生的噪声值较小，对厂界噪声的贡献较小，因此此项目所在区域声学环境影响较小，厂界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）II 类标准限值要求。

四、保护目标环境影响分析

射线装置产生的 X 射线随着距离的增加呈现衰减趋势，因此本次评价以每个方向上距辐射工作场所较近的职业人员或公众作为主要保护目标进行了年剂量估算，同一方向上更远处的保护目标比近处保护目标所受年剂量更低。

由于本项目 10MV 直线加速器保护目标有 4 名工作人员同时受既有辐射工作的影响，故其年剂量由现状监测值（数据来源于 2016 年度个人剂量监测报告，附件 9）叠加 10MV 直线加速器和 CT 机贡献值得到。具体见表 11-4。

表 11-4 本项目对保护目标的影响分析结果

位置		保护目标	居留因子	距离 (m)	照射类型	已有辐射工作贡献值 (mSv/a)	本项目贡献值 (mSv/a)	年剂量评价值 (mSv/a)
10MV 直线加速器治疗室	东南侧操作间	职业人员	1	8.5	职业	2.2×10^{-1} (四人)	2.75×10^{-2}	2.48×10^{-1}
						/ (四人)	2.75×10^{-2}	2.75×10^{-2}
	东侧迷道内墙	职业人员	1/8	5.8	职业	2.2×10^{-1} (四人)	5.89×10^{-1}	8.09×10^{-1}

10MV 直线加速器治疗室						/ (四人)	5.89×10^{-1}	5.89×10^{-1}
	东北侧加速器治疗室墙外过道	公众	1/16	7.5	公众	/	8.32×10^{-4}	8.32×10^{-4}
	西北侧电力机房	公众	1/32	6	公众	/	5.06×10^{-7}	5.06×10^{-7}
	西北侧水冷机房	公众	1/32	7.3	公众	/	8.78×10^{-4}	8.78×10^{-4}
	东侧加速器治疗室墙外过道	公众	1/4	12	公众	/	6.59×10^{-5}	6.59×10^{-5}
	东侧加速器外铅门门口	公众	1/4	8.8	公众	/	1.51×10^{-4}	1.51×10^{-4}
	加速器治疗室顶部停车场	公众	1/4	5	公众	/	2.41×10^{-6}	2.41×10^{-6}
CT 室操作间		职业	1	5	职业	/	2.70×10^{-3}	2.70×10^{-3}
CT 室铅门门口		公众	1/4	0.1	公众	/	2.70×10^{-3}	2.70×10^{-3}

由表 11-3 可知，保护目标为职业人员的所受最大剂量为 $8.09 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，保护目标为公众的所受最大剂量为 $2.70 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，分别低于 5mSv/a 和 0.1mSv/a 的评价约束值。

事故影响分析

一、事故风险识别

本项目涉及使用 II 类射线装置，其风险因子为 X 射线等危害因素，按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-5 中。

表 11-5 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

项目	风险因子	潜在危害	事故等级
10MV 直线加速器	X 射线	医用直线加速器失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。	重大辐射事故
		医用直线加速器失控导致 9 人以下（含 9 人）局部器官残疾。	较大辐射事故
		医用直线加速器失控导致人员受超年剂量限值的照射。	一般辐射事故

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急

性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（表 11-6）：

表 11-6 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

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

二、最大可能性事故分析

本项目最大可能性事故为：射线装置运行时，其他无关人员误入或滞留机房内，导致人员受超年剂量限值的照射；检修时，检修人员触动直线加速器开关，造成检修人员发生急性重度放射病、局部器官残疾。

三、最大可能性事故后果计算

1、事故情景假设

①假设在对病人进行治疗时，10MV直线加速器主射束1m处剂量率为最大值4Gy/min，假设考虑安全联锁失效，有人员误入治疗室，人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束1m处的散射方向，X射线散射束的空气比释动能率取主射束方向的1%，每次误入照射时间为30秒。

②在维修人员进行检修时，假设触动直线加速器开关，且直线加速器主射束1m处剂量率处于最大值4Gy/min的情况，维修人员发现后立即撤离至迷道口，每次误入照射时间为1分钟。

2、后果计算与分析

①通过公式 1 至公式 5 计算，在以上假设事故情景下，误入人员受到的辐射剂量为 20mSv/次，是工作人员年剂量约束值（5mSv/a）的 4 倍，是公众人员年剂量约束值（0.1mSv/a）的 200 倍。由此可知，在直线加速器运行过程中发生人

员误入或滞留事故时，人员会受到超剂量照射。

②通过公式 7 计算，在以上假设事故情景下，维修人员到达迷道口，迷道口的辐射剂量率为 $56.72 \mu\text{Sv/h}$ ，则维修人员受到的辐射剂量为 $0.95 \mu\text{Sv/次}$ 。

四、事故防范措施

本项目 10MV 直线加速器治疗室设置有迷道，当有人员误入或滞留时，人员可立即按动墙上紧急停机按钮，并且躲进迷道，按动迷道防护门入口处的紧急开门按钮，逃出治疗室。本项目直线加速器治疗床旁、控制台上也有机器自带的紧急停机按钮，在紧急情况下可按动这类紧急按钮；同时，直线加速器治疗室设计有门机安全联锁，治疗室门关闭后机器才能启动，治疗过程中治疗室门不能从外部开启，可有效防止人员误入。

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

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

①建立安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。

②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

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

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

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、医院成立了放射安全与防护管理委员会（见附件 11），由现任院长主管、安全机构健全。辐射安全与防护领导小组的职责是：①全面负责医院内的辐射安全管理工作；②认真学习贯彻落实国家相关法规、标准，结合医院实际制定安全规章制度并检查监督实施；③负责医院内辐射工作人员的法规教育和辐射安全与防护知识培训；④检查安全与防护设备设施，开展环保监测，对医院内使用的射线装置安全防护情况进行年度评估；⑤实施辐射工作人员的健康体检和个人剂量检测并做好体检资料的档案管理工作；⑥编制辐射事故应急预案，并妥善处理医院有可能发生的辐射事故；⑦负责放射装置安全防护日常管理和定期督查，辐射事故应急演练和处置、上报工作；⑧定期向环保和主管部门报告安全工作，接受环保监督、监测部门的检查指导。

环评要求：医院应进一步完善细化辐射安全与环境保护管理机构的职能，补充小组成员联系方式。

辐射安全档案资料管理和规章管理制度

按照国务院第 449 号令中关于应用射线装置单位使用条件的规定，结合国家环保部第 18 号令、31 号令和环保部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关要求，将其与医院防护管理制度现状列于表 12-1 中进行对照分析。

表 12-1 管理制度汇总对照表

序号	项目	规定的制度	落实情况	应增加的措施
1	场所设施	辐射安全管理规定	已有	需完善
2		辐射工作场所安全管理要求	需制定	需上墙
3		医用电子直线加速器操作规程	需制定	需上墙
4		CT 机操作规程	需制定	需上墙
5		辐射安全和防护设施维护维修制定	需制定	/
6		场所分区管理规定（含人流、物流路线图）	需制定	/
7		X 射线诊断中受检者防护规定	需完善	/
8	监测	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需制定	/
9		监测仪表使用与校验管理制度	需完善	/
10	人员	辐射工人员培训管理制度	需完善	/

11		辐射工作人员个人剂量管理制度	已有	需完善
12		辐射相关人员岗位职责制度	需制定	需上墙
13	应急	辐射事故应急预案	需制定	需上墙
14	其他	质量保证大纲和质量控制检测计划	需制定	/

环评要求：医院应将《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置操作规程》和《辐射事故应急响应程序》悬挂于辐射工作场所。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。

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

一、工作场所监测

1、年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；每年 1 月 31 日前将上一年度年度监测报告和《安全和防护状况年度评估报告》一并于提交给发证机关。

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

二、个人监测

个人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片，监测周期为 1 次/季。

环评要求：

（1）医院应于每季度将个人剂量片交有资质的检测部门进行检测。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，采取有效行动减少或者避免过量照射；若在当年度出现某一个季度或者连续四个季度累积剂量超过 5 mSv，医院应当立即暂停该辐射工作人员继续从事放射性作业，同时进行原因调查，撰写调查报

告并由当事人在调查报告上签字确认，并将有关情况及时报告《辐射安全许可证》发证机关；对于单年剂量超过 50mSv 或连续 5 年年剂量超过 20mSv 标准的，立即暂停该辐射工作人员继续从事放射性作业，同时进行原因调查，若构成辐射事故，医院应当立即启动辐射事故应急预案，采取必要的防范措施，并在尽快内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组上报当地环境保护主管部门及省级环境保护主管部门，同时上报公安部门和卫生部门，同时配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

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

(3) 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、个人剂量监测结果等材料。医院应当将辐射工作人员个人剂量档案保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或停止辐射工作三十年。

三、监测内容和要求

(1) 监测内容：X- γ 空气吸收剂量率、中子。

(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 12-2）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 12-2 工作场所监测计划建议

场所	监测项目	监测周期	监测点位
加速器治疗室	中子、X- γ 空气吸收剂量率	委托有资质的单位监测，频率为 1 次/年	操作人员操作位、操作间、过道、防护门外、水冷机房、电力机房、正上方的停车场
CT 室	X- γ 空气吸收剂量率	委托有资质的单位监测，频率为 1 次/年；自行开展辐射监测，频率为 1 次/月	操作人员操作位、铅窗、防护门外、洗手池、正上方的停车场。

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

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

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

c、制定辐射环境监测管理制度。

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

辐射事故应急

为了应对辐射事故和突发事件，医院已经制定了辐射事故应急预案，并成立放射安全与防护管理委员会，负责医院辐射防护与安全的全面工作。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定：（1）医院既有辐射事故应急预案包括了以下内容：①制定依据；②事故等级和工作原则；③组织机构及职能（2）应急预案中还应补充以下内容：①增加应急人员的组织、培训计划和实施；②应急和救助的装备、资金、物资准备；③辐射事故调查、报告和处理程序（事故上报时要向环保、卫生、公安部门汇报）；④应当明确组织机构中各人员的职责职能⑤预案中应当明确四川省环境保护厅（028-80589003、028-80589100）、达州市环境保护局（0818-2389926）和大竹县环境保护局（0818-6221827）的电话。

医院应当根据以上要求，完善应急预案相关内容，在今后预案实施过程中，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进行补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：新建肿瘤微创中心直线加速器

建设单位：大竹县人民医院

建设性质：新建

建设地点：大竹县人民医院急救住院医技综合大楼后方

本次评价内容及规模为：拟在大竹县人民医院急救住院医技综合大楼后方新建肿瘤微创中心，肿瘤微创中心由一个直线加速器机房和一个 CT 机房和其他辅助工程组成。本项目总规划建筑面积为 722.62 m²，其中地上建筑 90.55m²，地下建筑为 632.67m²，直线加速器机房和 CT 室机房均位于地下。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目将核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2011 年本）>有关条款的决定》（国家发展改革委 2013 年第 21 号令）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目建设于大竹县人民医院急救住院医技综合大楼后方，选址尽可能地远离公众以减小辐射对公众的影响。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的防护治理措施后不会对周围环境与公众造成危害。本评价认为其选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

本项目场址周围的监测点环境本底 X-γ 空气吸收剂量率范围为 0.112~0.141μSv/h，属于四川省建筑物内和原野天然放射性水平（四川省建筑物内和原野天然放射性水平为 0.0024~0.2140μSv/h）。

五、环境影响评价分析结论

（1）施工期环境影响分析

本项目施工工程量小，时间短，故施工期的环境影响是短暂的，施工结束后

影响即可消除，对周围环境影响较小。

(2) 营运期环境影响分析

严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量低于本次确定的职业人员 5mSv 剂量约束值；所致公众年剂量低于本次确定的 0.1mSv 剂量约束值。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

六、环保设施与保护目标

按照环评要求落实后，医院环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的绝大多数保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

七、事故风险与防范

医院按照环评要求制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施后，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理的综合能力

医院按照环评要求完善相关内容后，对本项目辐射设备和场所而言，其具备辐射安全管理的综合能力。

九、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施的情况下，本项目的建设，从环境保护和辐射防护角度看是可行的。

十、项目环保竣工验收检查内容

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目		设施	备注
10MV 直线加 速器	辐射屏蔽措施	直线加速器治疗室屏蔽机房 1 座	新增
	通排风系统	专用进风、排风设施	新增
		空调系统设施 1 套	新增
	安全装置	门机联锁 1 套	新增
		门灯联锁 1 套	新增
		迷道处紧急开门按钮 1 个	新增
		治疗室非主射方向墙上紧急停机按钮 1 个	新增
		紧急照明或独立通道照明系统 1 套	新增
		电视监控系统 1 套	新增

		对讲系统 1 套	新增
CT 室	辐射屏蔽措施	CT 室机房 1 间	新增
	通排风系统	空调系统设施 1 套	新增
	安全装置	工作状态指示灯 1 套	新增
		对讲系统 1 套	新增
其它	标识标牌	电离辐射警示标识 2 套	新增
	个人防护用品	个人剂量计 4 套（已有四套）	新增
		个人剂量报警仪 4 套	新增
		个人防护用品（如铅衣、铅围裙、三角巾等）5 套	新增
	监测设备	便携式 X 辐射剂量仪 1 台	新增
		治疗室内固定式剂量报警仪 1 台	新增
	陪护人员辐射防护用品	陪护人员辐射防护用品 3 套	新增
	灭火设施	灭火器材 14 套	新增

建议和要求

- 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、尽快组织辐射工作人员参加四川省环保厅组织的辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训与考核，培训超过 4 年的，应组织复训。
- 3、尽快到达州市环境保护局完成未上证照射线装置上证照手续，保持医院在用射线装置台账与辐射安全许可证许可台账一致。
- 3、定期向当地环保部门报送个人剂量信息。
- 4、每年要对射线装置使用情况进行年度评估，每年 1 月 31 日前将评估结果报送省环境保护厅和当地环境保护部门，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mep.gov.cn>）。
- 5、经常检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。
- 6、医院须重视控制区和监督区的管理。
- 7、现有射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。辐射工作场所需要退役的，应当依法实施退役。
- 8、医院在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报

系统（网址：<http://rr.mep.gov.cn>），对相关信息进行修改。

9、本次环评仅涉及肿瘤微创中心项目及其工作场所，日后如有变化，应另作环境影响评价。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：	
经办人	公 章 年 月 日
审批意见：	
经办人	公 章 年 月 日