

核技术利用建设项目

宜宾市第三人民医院

新增放射性同位素和射线装置应用项目

环境影响报告表

（公示本）

宜宾市第三人民医院

二〇二〇年十月

生态环境部监制

目 录

表 1	项目基本情况.....	2
表 2	放射源.....	12
表 3	非密封放射性物质.....	12
表 4	射线装置.....	13
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	14
表 6	评价依据.....	15
表 7	保护目标与评价标准.....	17
表 8	环境质量和辐射现状.....	18
表 9	项目工程分析与源项.....	20
表 10	辐射安全与防护.....	26
表 11	环境影响分析.....	35
表 12	辐射安全管理.....	59
表 13	结论与建议.....	65

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新增放射性同位素和射线装置应用项目			
建设单位		宜宾市第三人民医院			
法人代表	***	联系人	***	联系电话	*****
注册地址		宜宾市翠屏区将军街 58 号			
项目建设地点		宜宾市翠屏区李庄镇园区管委会纵一路宜宾市第三人民医院 李庄院区内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		10000	项目环保投资 (万元)	267.1	投资比例 2.67%
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			
	项目概述 一、企业概况及项目由来 宜宾市第三人民医院（社会统一信用代码 12511201452073294L，以下简称医院）成立于 1951 年，是宜宾市的一所非营利性的国家三级乙等综合医院和国家级爱婴医院，由院本部（A 区、B 区）、李庄同济医院院区（以下简称李庄院区）组成。 医院集医疗、急救、教学、科研任务于一体。目前是同济大学教学医院，西南医科大学继续教育学院、四川卫生康复职业学院、华西卫校、宜宾市卫生学校的临床教学实习基地，西南医科大学成人高等教育宜宾直属班，上海市同济医院医疗集团理事				

单位，上海市肺科医院专科联盟成员单位。

医院现有编制床位 750 张，员工 1090 人，高级职称 98 人，中级职称 178 人，博士 2 人，硕士 20 人，中华医学会疼痛分会主委 1 人，全国中医肛肠名专家 1 人，宜宾市市级拔尖人才 4 人，宜宾市学术技术带头人 2 人，宜宾市翠屏区拔尖人才 6 人，翠屏区学术技术带头人 4 人。设有 25 个临床科室，10 个医技科室，口腔科、肛肠科、心血管内科、泌尿外科、麻醉科为市级重点专科，放射科、肝胆外科、神经外科、疼痛科（李庄）列为市级重点专科建设，各科室均有临床经验丰富的学术技术带头人。

目前宜宾市第三人民医院已取得《辐射安全许可证》（川环辐证【00735】），许可的种类和范围：使用 II、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。

为了传承李庄和同济大学的历史渊源，进一步加深友谊并在新的时代赋予李庄和同济大学达成的“传承同济，感恩李庄”共识和理念，通过凸显李庄历史文化名镇和同济大学品牌优势，李庄同济医院（二期）建设项目被正式提出。二期项目位于一期项目的东南面。宜宾市第三人民医院委托中环华诚（厦门）环保科技有限公司对“翠屏区李庄同济医院（二期）建设项目”项目进行环评，取得了原宜宾市环境保护局批复（宜市环函 [2018]54 号）。

医院拟在翠屏区李庄同济医院（二期）放疗中心，新增 2 台 10MV 直线加速器，属 II 类射线装置；新增 1 台后装机，使用 ^{192}Ir 放射源 1 枚，额定装源活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属 III 类放射源。本次评价仅对放疗中心 2 台 10MV 直线加速器和 1 台后装机开展核技术利用建设项目环境影响评价。

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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定和要求，本项目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》（环境保护部 2017 年第 44 号令）和关于修改<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 2018 年第 1 号令）规定，本项目应编制环境影响报告表，报四川省生态环境厅审查批准。宜宾市生态环境局针对本项目提出环评执行标准（见附件 2）。

宜宾市第三人民医院委托我公司（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，接受委托后，技术人员到现场勘探和收集资料，结合项目的实际情

况，编制本项目环境影响报告表。

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。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2020 年 1 月 1 日施行）的相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。本项目的运营可为宜宾市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。

三、建设内容

1、项目名称、性质、地点

项目名称：新增放射性同位素和射线装置应用项目

建设性质：新建

建设地点：宜宾市翠屏区李庄镇园区管委会纵一路宜宾市第三人民医院李庄院区
内

2、建设内容与规模

医院拟在李庄院区放疗中心（地下 1 层、地上 2 层）负 1 层新增使用 2 台 10MV 直线加速器和 1 台后装机，本项目占地面积约 558m²。2 台 10MV 直线加速器均属 II 类射线装置；1 台后装机使用 ¹⁹²Ir 放射源 1 枚，装源活度为 3.7×10¹¹Bq，属 III 类放射源。

（1）在放疗中心负 1 层新建直线加速器机房 1 内新增 1 台 10MV 直线加速器（型号待定），属 II 类射线装置。机房净空面积 104.34m²，其东侧为控制室（面积 16m²）和水冷机房（与直线加速器机房 2 共用，面积 11.0m²）。机房四面墙体、迷道和顶部均为钢筋混凝土，主射方向朝南侧、北侧、地面和顶部。东侧“L”型迷道内墙厚 750~1500mm，外墙厚 1000~1500mm；南侧墙体主屏蔽墙厚 2750mm、宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1550mm；西侧墙体厚 1500mm；北侧墙体与直线加速器机房 2 共用，其主屏蔽墙厚 3800mm、宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1800mm；顶部主屏蔽墙厚 2850mm、宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1700mm；防护门为 12mm 铅当量单扇电动推拉门。直线加速器治疗时 X 射线最大能量为 10MV，1m 处剂量率为 6Gy/min；电子线最大能量为 22MeV，1m 处剂量率为 6Gy/min。

年曝光时间约500h。

(2) 在放疗中心负1层预留直线加速器机房2内新增1台10MV 直线加速器（型号待定），属II类射线装置。机房净空面积104.34m²，其东侧为控制室（面积6m²）、水冷室（与直线加速器机房1共用，面积11.0m²）。机房四面墙体、迷道和顶部均为钢筋混凝土，主射方向朝南侧、北侧、地面和顶部。东侧“L”型迷道内墙厚750~1500mm，外墙厚1000~1500mm；北侧墙体与后装机房共用，其主屏蔽墙厚2700mm、宽4500mm，次屏蔽墙厚1700mm；西侧墙体厚1500mm；南侧墙体与直线加速器机房1共用，其主屏蔽墙厚3800mm、宽4500mm，次屏蔽墙厚1800mm；顶部主屏蔽墙厚2850mm、宽4500mm，次屏蔽墙厚1700mm；防护门为12mm 铅当量单扇电动推拉门。直线加速器治疗时 X 射线最大能量为10MV，1m 处剂量率为6Gy/min；电子线最大能量为22MeV，1m 处剂量率为6Gy/min。年曝光时间约500h。

(3) 在放疗中心负1层后装治疗室新增1台¹⁹²Ir 后装机，机房净空面积80.85m²，机房东侧设控制室（面积15.6m²）和准备室（面积9.36m²）。后装机使用1枚¹⁹²Ir 放射源，额定装源活度为3.7×10¹¹Bq（属 III 类放射源）。后装机房四面墙体、迷道和顶部均为钢筋混凝土。东侧“L”型迷道内墙和外墙均厚800mm，南侧墙体厚1700mm（与直线加速器机房2共用），北侧墙体厚800mm，西侧墙体厚800mm，顶部厚800mm；防护门为12mm 铅当量单扇电动推拉门。后装机年出源治疗时间约100h。

建设项目组成及主要的环境问题见表 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	放疗中心	直线加速器机房	设备、数量	10MV 直线加速器 2 台		X 射线、电子线、臭氧、噪声
			设备型号	待定		
			管理类别	II类		
			使用场所	放疗中心负 1 层加速器机房 1、加速器机房 2		
			年曝光时间	500h/台		
			1m 处剂量率	X 射线 1m 处剂量率为 6Gy/min		
				电子线 1m 处剂量率为 6Gy/min		
			主射方向	南侧、北侧、地面和顶部		
		后装机房	放射源数量	1 枚 ¹⁹² Ir 放射源		γ射线、臭氧、噪
			放射源活度	3.7×10 ¹¹ Bq		

			放射源种类	III 类源	声、废放射源
			使用场所	放疗中心负 1 层后装机房	
			年出源治疗时间	100h	
辅助工程	控制室、水冷室等				生活垃圾、生活污水
公用工程	候诊区、过道				
办公及生活设施	依托医生办公室、公共卫生间、污水处理站、医疗废物收集及暂存间等				
仓储或其它	——				

3、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

类别	名称	使用量	来源	主要化学成分
主要原辅材料	¹⁹² Ir 放射源	1 枚, 3.7×10 ¹¹ Bq (III类放射源)	外购	-
能源	煤(T)	-	-	-
	电(度)	100000 度	市政电网	-
	气(Nm ³)	-	-	-
水量	地表水	1000m ³	-	-
	地下水	-	-	-

4、本项目所涉及的医用射线装置

本项目涉及医用射线装置的情况见表 1-3。

表 1-3 本项目射线装置清单

序号	装置名称	型号	生产厂家	设备参数	管理类别	年曝光时间	使用场所	备注
1	直线加速器 1	待定	待定	X 射线 10MV 电子线 22MeV	II 类	500h	放疗中心负 1 层直线加速器机房 1	拟购
2	直线加速器 2	待定	待定	X 射线 10MV 电子线 22MeV	II 类	500h	放疗中心负 1 层直线加速器机房 2	拟购

5、本项目放射源及特性

本项目拟使用放射源及其特性见表 1-4；

表 1-4 放射源基本参数情况

放射源种类	装源活度	放射源类别	放射源数量	半衰期	辐射类型	辐射最大能量
^{192}Ir	$3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$	III 类	1 枚	74.2d	β 射线 γ 射线	$E_{\beta}=0.675\text{MeV}$ $E_{\gamma}=0.468\text{MeV}$

6、工作人员配置情况

医院人员配备情况如下表所示：

表 1-5 工作人员配置情况

序号	所属科室	装置名称	配备人数	人员构成
1	放疗中心	直线加速器 1	6	医生 2 名、技师 2 名、护士 1 名、物理师 1 名
2		直线加速器 2	6	医生 2 名、技师 2 名、护士 1 名、物理师 1 名
3		后装机	5	医生 1 名、技师 2 名、护士 1 名、物理师 1 名

本项目拟配备辐射工作人员 17 名，现已配备 7 辐射工作人员，其他 10 名辐射工作人员，根据设备数量、承担诊疗和教学科研任务量等实际情况逐步增加。本项目辐射工作人员专岗专责，从事本项目诊疗项目后不承担其他辐射工作，不存在辐射工作人员在多辐射场所工作问题。

工作制度：医院实行 8 小时工作制度，周工作日为 5 天。

四、项目选址、外环境及总平面布置合理性分析

1、选址合理性分析

本项目选址于宜宾市翠屏区李庄镇园区管委会纵一路宜宾市第三人民医院（李庄院区）内，宜宾市第三人民医院（李庄院区）用地性质为医疗卫生用地，参照国际惯例，医院选址于城镇规划范围内是合理的。医院委托中环华诚（厦门）环保科技有限公司对“翠屏区李庄同济医院（二期）建设项目”项目进行环评，取得了原宜宾市环境保护局批复（宜市环函 [2018]54 号），本项目仅为医院建设内容的一部分，不新增用地，且拟建的各辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。本项目地理位置图见附图 1。

医院将本项目使用的医用射线装置、放射性核素集中布置在地下负一层，不仅方便患者治疗，而且对集中统一管理，射线的屏蔽和防护都能起到积极的作用。

项目选址基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力、电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。

综上，从辐射防护安全和环境保护角度分析，本项目选址是合理的。

2、外环境分析

李庄院区位于宜宾市翠屏区李庄镇园区管委会纵一路，不涉及基本农田、自然保护区、风景名胜区、水源保护地等社会关注点及敏感保护目标，李庄院区西侧 1500m 为李庄古镇；西侧 560m 为李庄场镇；南侧为散户居民及双溪村；东南侧 710m 为利马冲村；东北侧 710m 处为长虹村，830m 处为下麦坝村，北侧为二溪沟村。医院外环境关系图见附图 2。

本项目西侧约 110m 为专科中心一；西南侧约 108m 为专科病区二；南侧约 40m 为道培医院；东侧约 85m 处为康养中心，北侧 65m 处为医院一期。本项目周围 50m 范围均在医院红线以内。医院总平面布置图见附图 3。院区及本项目外环境相对简单，不存在明显的环境制约因素。

3、总平面布局合理性分析

本项目射线装置与放射性同位素使用场所均位于医院二期的放疗中心地下负 1 层。（详见附图 4-1 放疗中心负 1 楼平面布局图）

放疗中心地下负 1 层直线加速器机房 1、直线加速器机房 2 和后装机机房在西端自南向北呈“一”字排开。机房东侧为控制室、水冷机房及候诊区，南侧为粒子治疗系统用房、准备室、病人留观室，西侧为变电所及地下未利用地块，北侧为过道、消防水池、耗材库房等。

本项目各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，病人、医生流线尽量互不交叉。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，使各科室病人能够就近诊疗，这样既方便了诊疗，又使辐射工作场所相对集中，以便于医院对医用射线装置的集中统一管理。

综上，本项目总平面布置是合理的。

五、原有核技术利用情况

1、医院原有核技术利用项目环保手续履行情况

目前宜宾市第三人民医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证【00735】），许可的种类和范围：使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。医院所从事的活动与许可的种类和范围一致。宜宾市第三人民医院被许可开展¹²⁵I粒子植入；使用16台射线装置，其中14台为Ⅲ类射线装置，2台为Ⅱ类射线装置。宜宾市第三人民医院开展放射性诊疗多年，目前未发生过辐射安全事故（见附件5）。

表 1-6 非密封放射性物质使用情况

序号	核素名称	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	使用场所	贮存地点
1	¹²⁵ I	2.96×10 ⁹ Bq	2.96×10 ⁶ Bq	1.48×10 ¹¹ Bq	¹²⁵ I 粒子植入	放疗中心 粒子治疗 系统用房	粒子储存室

表 1-7 医用射线装置使用情况

序号	名称	类别	数量	型号	工作场所	备注
1	高端 64 排 128 层螺旋 CT 系统	Ⅲ类	1 台	Ingenuity Core128	李庄同济放射科 CT 室	已上证在用
2	平板式数字化 X 线摄影系统 (单板 DR)	Ⅲ类	1 台	DigitalDiagnostPro	李庄同济放射科 DR 室	
3	胃肠 X 射线系统	Ⅲ类	1 台	Precisionn THUNIS-800+	李庄同济放射科	
4	全数字化 X 射线口内影像系统	Ⅲ类	1 台	PlanmecaProX	本部 A 区口腔科牙片室	
5	小 C 臂 X 光机	Ⅲ类	1 台	Zichm 8000	本部 A 区手术室第三手术间	
6	移动 DR	Ⅲ类	1 台	OptimaXR220amx	李庄同济放射科	
7	64 排 128 层螺旋 CT 机	Ⅲ类	1 台	Optima CT660	本部放射科 CT 室	
8	床旁 X 射线系统	Ⅲ类	1 台	F50-100	本部 A 区放射科	
9	双板悬吊式数字放射成像系统	Ⅲ类	1 台	definium 6000	本部 A 区放射科 DR 室	

10	平板数字多功能 X 线机	III 类	1 台	sonial vision safire plus	本部 A 区放射科	
11	DR	III 类	1 台	IDC explorer1600	本部 B 区 DR 室	
12	牙科 X 射线机	III 类	1 台	RAY68 (M)	暂时放置本部口腔科未安装	
13	口腔 X 射线机 (3D 全景牙片机)	III 类	1 台	CS 9000C 3D	本部 A 区口腔科全景机房	
14	小 C 臂 X 光机	III 类	1 台	Zichm 8000	李庄同济手术室第五手术间	
15	C 臂 X 光机	II 类	1 台	oec 9900 elite	本部 A 区放射科介入室	
16	数字减影血管造影系统	II 类	1 台	Allura Xper FD20	李庄同济手术室第九手术间	已填报 登记表
17	CT	III 类	1 台	拟购	李庄同济放疗中心 CT 模拟定位机房	
18	X 光机	III 类	1 台	拟购	李庄同济放疗中心 X 光机模拟定位机房	

2、 辐射工作人员培训情况

医院应严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院现有辐射工作人员 157 人，其中 50 名辐射工作人员参加了环保主管部门组织的辐射安全与防护培训并取得《辐射安全培训合格证》，其余人员在核技术利用辐射安全与防护培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn>) 上参加辐射安全与防护专业知识的学习、准备考核。本项目拟新增辐射工作人员 10 名。医院承诺尽快完成现有及新增辐射工作人员的辐射安全学习、考核。承诺书见附件 9。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn>) 上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，应考核通过后上岗。

3、开展辐射监测的情况

(1) 个人剂量检测

医院所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每季度对个人剂量计进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) 和《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18号) 要求建立个人剂量档案，医院有专人负责个人剂量检测管理工作。

由个人剂量结果通知单（附件 8）可知，宜宾市第三人民医院辐射工作人员 2019 年年度个人剂量计监测结果均未超过 5mSv 的约束限值，且无单季度超过 1.25mSv 的情况，满足职业人员年剂量 5mSv 的约束限值，符合管理要求。

医院应强化管理、加强辐射工作人员的培训学习，个人剂量计应严格按照规定正确配戴、管理。

（2）工作场所辐射水平监测

根据原环保部18号令和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，宜宾市第三人民医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行了监测，监测报告记录存档。宜宾市第三人民医院委托宜宾市贝尔环境检测有限公司开展了2019年度辐射环境现状监测。根据医院2019年度例行监测报告，现有辐射工作场所满足辐射管理要求。

医院对辐射工作场所进行定期监测，监测周期和频率根据射线装置的实际操作使用情况而确定，监测数据应存档备案。

4、年度评估报告

医院向生态环境主管部门提交了“2019年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，医院对2019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。

医院自取得辐射安全许可证以来，未发生过放射性事故，见附件5。

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	3.7×10 ¹¹ Bq/3.7×10 ¹¹ Bq×1	Ⅲ类	使用	用于后装机治疗	放疗中心负 1 层后装治疗室	放疗中心负 1 层后装治疗室	拟购

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
	无									

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 类射线装置	2	待定	电子	10MV/22MeV	——	放射治疗	放疗中心负 1 层直线加速器机房 1、直线加速器机房 2	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
	无								

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
退役 ^{192}Ir 放射源	固体	约半年更换一次	—	后装治疗室暂存	由源生产厂家回收
医用直线加速器、后装机有害气体	O_3	—	$1.82 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$	经过专用通排风系统排放	环境大气

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施； (5) 《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）、《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》（生态环境部令第 1 号 2018 年 4 月 28 日实施）； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订； (7) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号，2016 年 6 月 1 日实施； (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 47 号，2017 年 12 月 25 日实施）； (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》（环保部公告 2017 年第 66 号）； (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) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发[2015]162 号； (14) 《放射源分类办法》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号）； (15) 《中华人民共和国生态环境部公告》（2019 年第 57 号）。
------	---

技术标准	(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容与格式》(HJ10.1-2016); (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (3) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93); (4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001); (5) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分:一般原则》(GBZ/T201.1-2007); (6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011); (7) 《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); (8) 《电子直线加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011); (9) 《后装γ源近距离治疗卫生防护标准》(GBZ121-2017); (10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019); (11) 《电子辐射工程技术规范》(GB50752-2012); (12) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)及2013年修改单;《危险废物污染贮存控制标准》(GB18597-2001)及2013年修改单; (13) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)。
其他	(1) 环评委托书; (2) 宜宾市生态环境局出具的环评执行标准(宜环函[2019]40号); (3) 《辐射安全与防护监督检查技术程序》(环保部,2012年3月); (4) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016]1400号)。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目放射源及医用射线装置的特点和应用内容，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2006）要求，确定辐射环境影响评价的范围：以放疗中心辐射工作场所建筑实体为边界，外延 50m 区域作为评价范围。放疗中心辐射工作场所周围 50m 范围均在医院红线以内，本次评价的范围均在医院范围内。

保护目标

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

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

	位置	与辐射源 距离(m)	保护对象	人数	照射类型	剂量约束 值 (mSv)
辐 射 环 境 中 心	直线加速器 1 控制室	9.35	职业人员	6	职业照射	5.0
	直线加速器 2 控制室	9.35	职业人员	6	职业照射	5.0
	后装机控制室	10.1	职业人员	5	职业照射	5.0
	后装机房北侧	3.1	公众	流动	公众照射	0.1
	直线加速器机房 1 南侧(粒子治疗 系统用房)	6.65	公众	流动	公众照射	0.1
	直线加速器和后装机控制室东侧	9.5	公众	流动	公众照射	0.1
	放疗中心入口大厅、辅助区域(直 线加速器和后装机房楼上)	5.3	公众	流动	公众照射	0.1
	放疗中心其他区域	5-50	公众	流动	公众照射	0.1
	医院内其他区域	10-50	公众	流动	公众照射	0.1

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目主要环境影响为电离辐射，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，重点对评价区域辐射环境现状进行监测评价。

一、监测标准

- (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、监测方法和仪器

表 8-1 监测方法和仪器情况表

监测因子	监测方法	方法来源	监测仪器
环境 X- γ 辐射剂量率	现场监测	《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001） 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）	仪器名称：451P 加压电离室巡测仪 仪器型号：3655 检出限：0.01 μ Sv/h 检定单位：中国测试技术研究院 有效日期：2020 年 03 月 24 日

三、监测质量保证

本次监测单位为宜宾市贝尔环境检测有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书（编号：172312050359），并在允许范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性；
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；
- (3) 监测仪器按规定定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；
- (4) 监测仪器经常参加国内各实验室间的比对，确保监测数据的准确性；

- (5) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好；
- (6) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- (7) 监测报告实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

四、环境现状监测与评价

李庄院区放疗中心拟建区域监测结果见表 8-2。

表 8-2 拟建辐射工作场所周围环境 X-γ辐射剂量率检测结果

编号	测量点位置	X-γ空气吸收剂量率 (μSv/h)	标准差
1	拟建辐射工作场所位置	0.081	0.016
2	拟建放疗中心北侧	0.085	0.015
3	拟建放疗中心东侧	0.088	0.014
4	拟建放疗中心南侧	0.089	0.012
5	拟建放疗中心西侧	0.091	0.013

由表 8-2 可以看出，本项目 拟建辐射工作场所周围环境 X-γ辐射剂量率为 0.081μSv/h~0.091μSv/h，辐射环境权重因子按 1 进行换算，辐射环境权重因子按 1 进行考虑，则拟建场所区域γ辐射剂量率背景值为 81~91nGy/h，与《四川省生态环境状况公报 2019 年》中四川省电离辐射环境监测自动站测得的γ辐射空气吸收剂量率（76.8nGy/h~163nGy/h）处在同一水平，属于当地正常辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

本项目所在的放疗中心土建工程属于“翠屏区李庄同济医院（二期）建设项目”建设内容之一，其施工期环境影响包含在《翠屏区李庄同济医院（二期）建设项目环境影响报告书》中，批复文号为宜市环函 [2018]54号。在已评土建基础上，放疗中心直线加速器和后装机房仅需进行设备安装、管线敷设、铅玻璃窗和铅防护门及其他环境保护设施的安装，施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物。施工期工艺流程及污染物产生环节见图9-1。

1、扬尘

由于本项目施工期工程量较小，设备安装及管线敷设和环境保护设施安装过程中产生极少量扬尘。

2、噪声

由于主体工程施工期间已预留有管线沟槽，设备安装及管线敷设和环境保护设施安装过程中会产生一定噪声，但由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。

3、废水

本项目施工期废水主要为施工人员的生活污水。

4、固体废物

设备安装及管线敷设和辐射防护设施安装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。

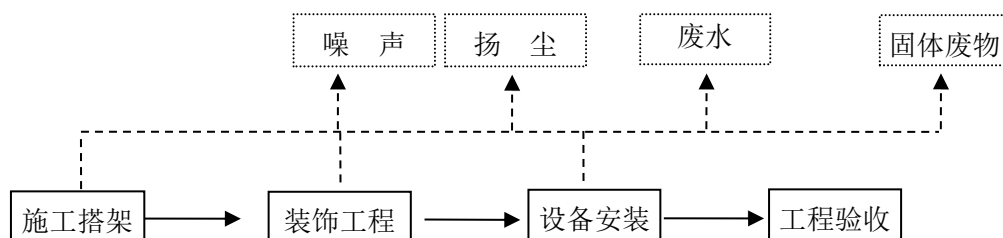


图 9-1 施工期工艺流程及污染物产生环节图

二、运营期

1、直线加速器工艺流程及产污环节分析

（1）治疗机理

本项目 10MV 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，采用电子线对表层病灶进行照射，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。

（2）设备组成

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 10MV 直线加速器 2 台，属Ⅱ类射线装置，其结构图见附图 9-2，具体参数见表 9-1。

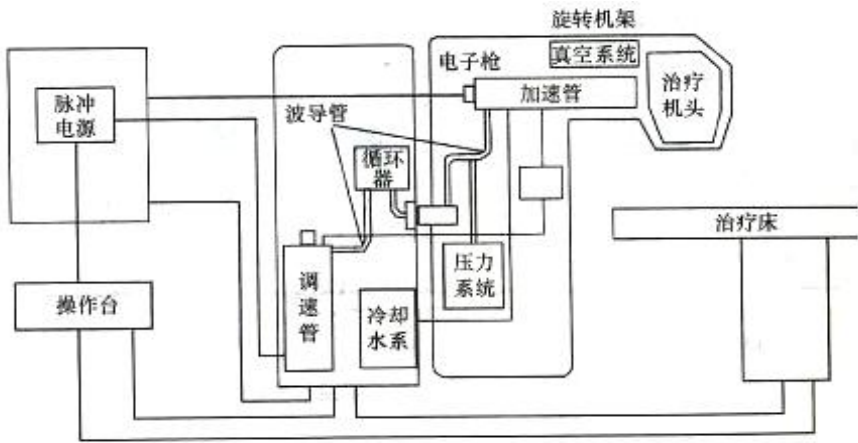


图 9-2 本项目 10MV 直线加速器结构示意图

表 9-1 10MV 医用直线加速器参数

厂家、型号	待定
最大 X 射线能量	10MV
最大电子线能量	22MeV
X 射线泄漏率	≤0.01%
X 射线 1m 处剂量率	6Gy/min
电子线 1m 处剂量率	6Gy/min

治疗角	0-360°
正常治疗距离	100cm
主射线最大出束角度	28°
等中心高度	1.29m
最大照射野（SSD=1 米）	40 cm×40cm，多叶准直器最小厚度不大于 5mm

（3）治疗流程及产污染环节

直线加速器治疗流程为：病人进行放射治疗的确诊并向患者告知可能受到辐射危害→职业人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪→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→病人进入加速器机房→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 9-3。放疗中心拟用于模拟定位的 2 台 III 类射线装置已经完成备案，备案号：201951150200000165，本次环评不再对其进行重复评价。

通过分析可知，产污环节为：加速器治疗过程中产生的 X 射线、电子线、臭氧以及风机、水冷机房水泵产生的噪声。

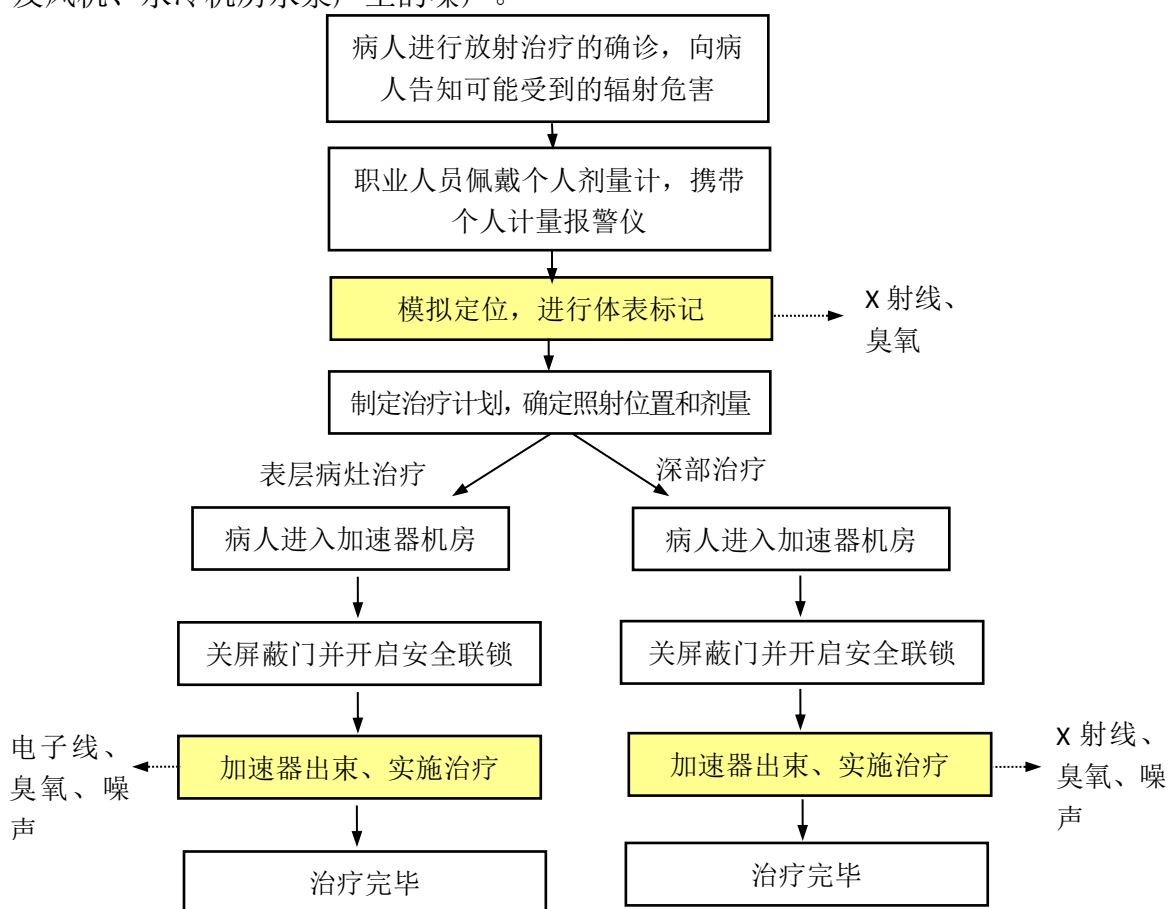


图 9-3 本项目加速器治疗流程及产污环节示意图

(4) 工作负荷

根据院方提供的资料，本项目每台医用直线加速器的运营时间为每年 50 周，每周 5 天，每天治疗 60 人次，每人每次平均治疗剂量为 6Gy，则加速器每周工作负荷为 1800Gy，每野次出束治疗时间最多为 2min（不含摆位时间），年曝光时间为 500h。

2、后装机工艺流程及产污环节分析

(1) 工作原理

后装机是采用后装技术（后装技术就是先在病人身上正确放置好施源器，然后在安全防护条件下用遥控方法自控制室将后装机贮源室内的放射源通过管道送到病人身上的施源器内，其好处是放置施源器有充分的时间，并可用透视或摄片校正位置，从而保证了放射源的正确位置），使 γ 放射源在人体自然腔、管道或组织间驻留而达到预定的剂量及其分布的一种放射治疗手段。可用于宫体、宫颈、直肠、食道、口腔、鼻咽等腔内肿瘤的后装治疗，也可用于皮肤浅表面肿瘤的后装治疗，本项目用于腔内肿瘤的后装治疗。

(2) 设备组成

后装治疗机由施源器、贮源系统、源传输系统以及控制系统组成。施源器是个直径为毫米级的管状物，管内可装球形的真源和假源，并有气动通道。后装治疗机治疗时则由传输管道连接贮源器，将源输送到预置于病员体内的施源器，按治疗计划由电脑自动控制进行照射治疗，照射完毕即自动将放射源收回到贮源器内。

(3) 主要技术参数

放射源种类：铱-192

放射源数量及活度：本项目后装机内含有 1 枚铱-192 放射源，出厂活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ （10Ci），属Ⅲ类放射源。

当放射源衰变至其活度不能满足放射治疗需要时，将更换放射源，从而产生退役后的废放射源。

年出束时间：100h

换源频率：每年更换 2~3 次

管理科室：放疗中心

(4) 操作流程

①病人经医生诊断、治疗正当性判断后，确定需要治疗的患者与放疗中心预约登

记，以确定模拟定位和治疗时间。

②预约病人首先通过 CT、超声等设备上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状，确定治疗中心。定位操作过程类似于 X 射线影像诊断，工作人员隔室操作。

③确定肿瘤位置和形状后，物理人员根据医生给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划，该过程通常在电脑上完成。

④治疗计划制定后，肿瘤病人在技术人员协助下，依据计划在治疗床上进行连接施源器，该过程在治疗机房内完成。

⑤安装施源器后，技术人员进入操作室，确定所有安全措施到位后，启动治疗机进行照射。

⑥照射完毕后，放射源返回后装机贮源装置，技术人员协助病人离开机房，为下次照射做准备。

本项目后装机贮源装置安装在机房内，驱动装置控制系统安装在控制室内，在对病人进行治疗时由辐射工作人员在控制室隔室操作。

后装机的治疗过程及其产污环节见图 9-4。

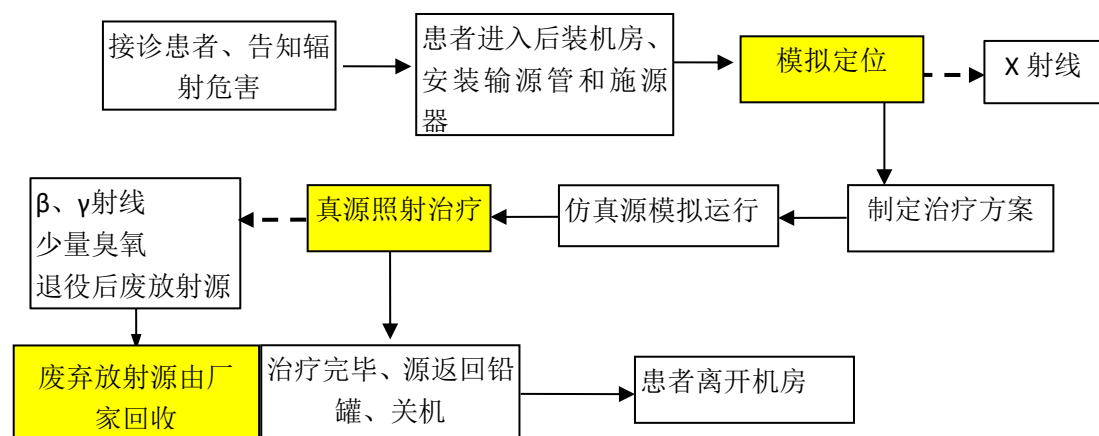


图 9-4 后装机治疗工艺流程及产污环节图

（5）污染因子

主要污染因子为 β 射线、 γ 射线及治疗过程中产生的少量臭氧和退役后的废放射源。根据医院实际治疗情况，医院购买的后装治疗设备首次导源由厂家负责，后期源的购买由医院申购，医院报四川省生态环境厅备案后购买，购买后，每年委托有资质的厂家派专业技术人员更换 2~3 次源，退役后的废放射源由有资质厂家进行回收处理，并建立交接单，废放射源不在医院内暂存。

污染源项描述

一、施工期及设备调试安装

1、辐射污染源项

本项目施工期没有辐射污染源项。

射线装置的安装、调试须由设备厂家专业人员操作，同时加强辐射防护管理，严格限制无关人员靠近，防止发生辐射事故。由于设备的安装和调试均在辐射装置机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

2、非放环境影响因子

施工期非放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

设备安装完成后，需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

二、运行期

1、电离辐射

10MV 直线加速器在开机状态下产生的 X 射线和电子线。

后装机所用放射源产生的 β 射线、 γ 射线。

2、废气

直线加速器在治疗过程中产生的臭氧，后装机所用放射源产生产生的臭氧。

3、固体废物

辐射工作人员产生少量生活垃圾及办公垃圾，后装机换源产生的废放射源。

4、废水

工作人员和患者产生的生活污水。

5、噪声

本项目噪声源主要为风机、水冷机房水泵和空调产生的噪声。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、直线加速器的安全与防护

1、辐射屏蔽措施

医院对直线加速器机房采取了实体屏蔽措施，对机房使用面积按照《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）进行校核，结果表明直线加速器机房实际使用面积为104.34m²，大于GBZ 126-2011要求的机房实际使用面积为45m²。机房墙体、迷道和顶部均采用混凝土作为防护，防护门为12mm铅当量单扇电动推拉门。本项目直线加速器机房墙体屏蔽情况具体如表10-1所示：

表 10-1 放疗中心医用直线加速器工作场所实体防护设施表

场所名称	辐射防护设计情况
加速器治疗室 1	机房四面墙体、迷道和顶部均为钢筋混凝土，主射方向朝向南侧、北侧、地面和顶部。东侧“L”型迷道内墙厚 750~1500mm，外墙厚 1000~1500mm；南侧主屏蔽墙厚 2750mm、宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1550mm；西侧墙体厚 1500mm；北侧主屏蔽墙厚 3800mm、宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1800mm；顶部主屏蔽墙厚 2850mm、宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1700mm；防护门为 12mm 铅当量单扇电动推拉门。
加速器机房 2	机房四面墙体、迷道和顶部均为钢筋混凝土，主射方向朝向南侧、北侧、地面和顶部。东侧“L”型迷道内墙厚 750~1500mm，外墙厚 1000~1500mm；北侧主屏蔽墙厚 2700mm、宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1700mm；西侧墙体厚 1500mm；南侧墙体主屏蔽墙厚 3800mm、宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1800mm；顶部主屏蔽墙厚 2850mm、宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1700mm；防护门为 12mm 铅当量单扇电动推拉门。

2、通风系统

加速器机房排风系统采用全新风直流式送风形式，进风管道在机房门上方穿墙进入加速器机房；后装机机房、加速器机房 1 和加速器机房 2 共用一根排气管道，连接至通风井，然后经通风井至楼顶西南方向排放。气流组织为上送风、下排风。迷道内风管做多道上下翻弯，起到屏蔽防护作用。进排风管道均采用镀锌钢管道。加速器机房排风量约 5000m³/h，每小时换气约 10 次。

3、直线加速器的辐射防治措施

（1）对电子线的防护措施

本项目 10MV 医用直线加速器在按电子模式工作时，最大电子线能量为 22MeV，根据《辐射防护导论》，能量为 E (MeV) 的单能电子线，在低 Z 物质中的射程（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 22MeV，射程为 $22\times 0.6=13.2\text{g}/\text{cm}^2$ ，可以估算出 22MeV 的电子在密度为 $2.35\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 的混凝土中的深度约为 5.6cm，而本项目屏蔽体混凝土厚度最小为 150cm，对电子线能完全屏蔽，可不再作特殊的防护要求，可不再考虑对电子模式产生的 X 射线的屏蔽。

（2）辐射防护措施

①操作人员隔室操作：本项目直线加速器控制室与机房之间以墙体和过道隔开，机房内拟安装电视监控、对讲装置，控制室能通过电视监控观察机房内患者治疗的情况，并通过对讲机与机房内患者沟通。机房内墙体交叉口、迷道口处均安装有监控装置，保证机房内监控全覆盖。

②门机连锁装置：加速器与屏蔽门之间拟设联锁装置。屏蔽门未关好，加速器不能出束；加速器工作期间屏蔽门不能打开。

③紧急制动装置和紧急开门按钮：除了加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上自带的紧急制动按钮外，机房内墙非主射线位置上设置有紧急制动按钮，以使误入人员按动紧急制动按钮就能使加速器停机；迷道出口处设置了紧急开门按钮。

④工作状态显示及警示标识：加速器机房防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。加速器处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。加速器机房屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志。

⑤在加速器机房墙上安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），探头安装在机房迷道内墙上（靠近防护门），只要迷道内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

⑥时间防护：通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间。

⑦个人防护：加速器机房的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值自动报警仪。

⑧加速器将由生产厂家进行质保维修，医院设备科人员仅对加速器进行日常维护（如电路、开关、机电等维护）。

以上辐射防护措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。

（3）直线加速器设备固有安全性分析

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

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

③控制台上蜂鸣器，在加速器工作时发出声音以警示人员防止误入。

④治疗床旁、加速器主机和控制台上安装紧急制动按钮。

⑤有控制超剂量连锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。有剂量分布监测装置与辐照终止系统连锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止照射。

⑥有时间控制连锁，当预选照射时间定时，定时器能独立地使照射停止。

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

（4）加速器治疗项目对患者的防护要求

在满足治疗和诊断要求前提下，根据治疗和诊断要求以及病人实际情况制定最优化的治疗、诊断方案，减少工作人员所受剂量，也保护患者受到多余剂量的照射。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“医疗防护最优化”的要求，医院制定《治疗照射最优化方案》需要包括以下内容：

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

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

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

对病人的防护措施，应做到：

①根据临床检查结果，对患者肿瘤诊断和治疗方式利弊进行分析，选取最佳治疗方案，并制定最佳治疗计划。

②在保证肿瘤得到足够精确致死剂量使其得以有效抑制或消除的前提下，按病变情况，采用适当技术措施，保护照射野以外的正常组织和器官，使受照剂量尽可能小，以获取尽可能大的治疗效果。

③定期对治疗中患者进行检查和分析，根据病情变化需要，调整治疗计划，密切注意体外放疗中出现的放射反应和可能出现的放射损伤，采取必要的医疗保护措施。

④在治疗过程中，医院应当为患者穿戴合适的防护用品（如铅衣、铅围裙），采用体膜或面膜固定病人，制作铅档块，对敏感器官和组织进行屏蔽防护。

⑤患者治疗过程中详细记录设备运行情况，发现异常，分析产生原因并及时修正。

⑥照射过程中，通过电视监视病人，发现异常应立即停止照射，继续治疗时应重新设定。

⑦严禁患者治疗完后在治疗场所逗留。

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

二、后装机的安全与防护

1、后装机房实体防护

表 10-2 后装机机房实体防护设施表

场所名称	辐射防护设计情况
后装机房	后装机房四面墙体、迷道和顶部均为钢筋混凝土。东侧“L”型迷道内墙和外墙均厚 800mm，南侧墙体厚 1700mm，北侧墙体厚 800mm，西侧墙体厚 800mm，顶部厚 800mm；防护门为 12mm 铅当量单扇电动推拉门。

2、通风系统

后装机机房排风系统采用全新风直流式送风形式，进风管道在机房门上方穿墙进入后装机机房；后装机机房、加速器机房 1 和加速器机房 2 共用一根排气管道，连接至通风井，然后经通风井至楼顶西南方向排放。气流组织为上送风、下排风。迷道内风管做多道上下翻弯，起到屏蔽防护作用。进排风管道均采用镀锌钢管道。后装机房排风量约 5000m³/h，每小时换气约 10 次。

3、后装机房安全措施

除墙体和防护门外，后装机房具有以下安全措施：

①后装机房门上有显示工作状态的红色指示灯，墙外有辐射工作场所警示标牌；

②有门机连锁，锁门后才能开机，开机后不能开门，但从控制室内可开启；

③有门源连锁，出源时治疗室门关闭，源回到贮存位后才能开启；

④控制台上有关放射源位置显示，并与治疗机上显示同步；

⑤有电视监控设备和对讲机；

⑥治疗室内有紧急回源开关；

⑦采用有效屏蔽材料保护照射野外的正常组织和器官，使其受照剂量达到尽可能的低水平；

⑧工作人员佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值自动报警仪；

⑨其他安全连锁装置：包括施源器连锁、电源连锁、开关连锁、辐照时间连锁、紧急开关连锁、掉电连锁。

4、后装机固有安全措施

本项目铱-192 后装机贮源装置设置了 26mm 厚的铅屏蔽体，铅屏蔽体外为特制的防护钢壳，不易损坏。机器本身设有如下安全保护措施：

①内置检测器验证源每次进出的完整性：采用固定治疗方式驱动装置、步进治疗方式驱动装置，在控制源辫的运动中，同时备有闭环检测的轴编码器监控工作电机的运动状态，另设置通道检测光电编码器、出源检测光电开关、源辫到位碰撞开关，通过后装治疗控制程序的控制，保证源每次进出的完整性。

②导管未被正确连接时，放射源不能送出：在正式治疗前，系统通过通道检测光电编码器、施源器导管接头检测光电开关，检查各放射源导管的连接情况，未按治疗参数文件要求连接施源器导管时，放射源不能送出。

三、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。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-3，并在附图 8 进行了标识。

表 10-3 本项目控制区和监督区划分情况

科室名称	控制区	监督区
放疗中心	加速器机房 1、加速器机房 2、后装机房	控制室、准备室、水冷机房、储藏间、粒子治疗系统用房、功能室、机械排烟室

四、其他辐射安全与防护措施

1、源项控制

加速器：本项目加速器购置于正规厂家，有用线束内杂散辐射和泄漏辐射不会超过《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）规定的限值。

后装机：本项目后装机购置于正规厂家，储源装置本身设置了 26mm 的铅屏蔽层，储源装置周围剂量不会超过《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ 121-2017）规定的限值。

2、距离防护

各工作场所将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

3、时间防护

在满足诊疗要求的前提下，在每次使用辐射装置进行诊疗之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的治疗方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

五、辐射安全防护设施对照分析

综上所述辐射安全防护分析及措施，医院需对下表所列设施进行配置：

表 10-4 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	应具备条件	落实情况	要求新增措施
直线加速器			
实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	本次新增	/
	铅防护门	本次新增	/
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	仪器自带	/
	加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	仪器自带	/
	条件显示连锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制连锁	仪器自带	/
	门机连锁、门灯连锁	本次新增	/
警示装置	入口电离辐射警示标志	本次新增	/
	入口加速器工作状态显示	本次新增	/
	机房内准备出束音响提示	仪器自带	/
	控制台上蜂鸣器	仪器自带	/
紧急设施	机房内有紧急停机按钮	本次新增	机房内非主射面墙上有按钮，高度 1.2m
	监控、对讲装置	本次新增	保证机房全覆盖
	紧急开门按钮	本次新增	迷道出口处的铅门内侧墙上，按钮高度 1.2m
监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	本次新增	/
	便携式辐射监测仪	本次新增	/
	个人剂量报警仪	本次新增	/
	个人剂量计	本次新增	/
防护器材	通风系统	本次新增	/
	火灾报警仪	本次新增	/
	灭火器材	本次新增	/
后装机			
装置安全设施	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
	施源器与源联锁	设备自带	/
	管道遇堵自动回源	设备自带	/
	仿真源模拟运行系统	设备自带	/
	主机外表电离辐射警示标志	设备自带	/
	控制台显示放射源位置	设备自带	/
	控制台紧急停止照射按钮	设备自带	/
	停电或意外中断照射时自动回源装置	设备自带	/
	手动回源装置	设备自带	/

实体防护	防护墙体、迷道、铅防护门	本次新增	/
	防盗门窗	本次新增	/
	¹⁹² Ir 源专用贮存柜	本次新增	/
应急、连锁	放射源返回储源器的应急开关	本次新增	/
	治疗室门与源联锁	本次新增	/
警示装置	停电或意外中断照射时声光报警	本次新增	/
	治疗室电视监控对讲装置	本次新增	/
	电离辐射警示标志和工作状态指示灯	本次新增	/
监测设备	便携式辐射监测仪	共用	/
	个人剂量报警仪	本次新增	/
	个人剂量计	本次新增	/
防护器材	火灾报警仪	本次新增	/
	灭火器材	本次新增	/
	通风系统	本次新增	/

六、环保设施及投资分析

本项目总投资 10000 万元，其中环保投资 267.1 万元，占总投资约 2.67%。具体环保设施及投资见下表。

表 10-5 环保设施及投资一览表

项目	设施与器材	数量	投资（万元）
直线加速器			
实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	2 套	200
	铅防护门	2 扇	6.0
控制台及安全连锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
	加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带	/
	条件显示连锁、控制超剂量连锁装置、时间控制连锁	设备自带	/
	门机连锁、门灯连锁	各 2 套	2
警示装置	入口电离辐射警示标志	2 套	0.01
	入口加速器工作状态显示	2 套	0.1
	机房内准备出束音响提示	设备自带	/
	控制台上蜂鸣器	设备自带	/
紧急设施	治疗室内有紧急停机按钮	6 个	0.5
	监控、对讲装置	2 套	1.0
	紧急开门按钮	2 套	0.1
监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	2 套	2.0
	便携式辐射监测仪	1 台	1.0

	个人剂量报警仪	12 个	1.0
	个人剂量计	12 套	0.5
防护器材	通风系统	2 套	4.0
	火灾报警仪	2 套	0.5
	灭火器材	2 套	0.5
后装机			
装置安全 设施	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
	施源器与源联锁	设备自带	/
	管道遇堵自动回源	设备自带	/
	仿真源模拟运行系统	设备自带	/
	主机外表电离辐射警示标志	设备自带	/
	控制台显示放射源位置	设备自带	/
	控制台紧急停止照射按钮	设备自带	/
	停电或意外中断照射时自动回源装置	设备自带	/
	手动回源装置	设备自带	/
实体防护	防护墙体、迷道、铅防护门、防盗门窗	各 1 套	40
应急、连锁	放射源返回储源器的应急开关	1 套	0.5
	治疗室门与源联锁	1 套	0.5
警示装置	停电或意外中断照射时声光报警	1 套	0.1
	治疗室电视监控对讲装置	1 套	2
	电离辐射警示标志和工作状态指示灯	1 套	0.07
监测 设备	便携式辐射监测仪	—	共用
	个人剂量报警仪	5 个	0.5
	个人剂量计	5 套	0.2
防护 器材	火灾报警仪、灭火器材	1 套	1
	¹⁹² Ir 源专用贮存柜	1 个	2.0
	通风系统	1 套	1.0
合计			267.1

今后在实践中，医院应根据辐射防护和管理要求，结合自身实际情况对环保设施做相应补充，使之更能满足实际和相关管理要求。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目在医院内进行建设。医院二期建设项目已经做了非放环评，并取得了批复，文号为宜市环函 [2018]54 号，提出了相应的施工管理要求。

本项目在土建施工基础上需进行设备安装、管线敷设、铅防护门及其他辐射防护设施的安装。对于施工期将产生扬尘、噪声、生活污水及固体废物，本环评提出了以下施工要求：

1、施工期的大气污染防治对策措施

严格落实大气污染防治措施。施工期，通过加强施工管理，落实“六不准”、“六必须”规定等措施，减少施工扬尘对周围环境影响；装修阶段采用绿色环保装修材料，防治装修废气影响。

2、施工期的噪声污染防治对策措施

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

3、施工期固体废物处置及管理

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

4、施工期地表水污染防治措施

严格落实水污染防治措施。生活废水依托医院已建污水处理设施处理达标后排入市政污水管网，经污水处理厂处理达标后排放。

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

营运阶段对环境的影响

一、10MV 直线加速器对环境影响分析

本项目拟购的 2 台 10MV 医用直线加速器 X 射线能量均为 10MV，电子能量为 22MeV。医用直线加速器属于 II 类射线装置，在营运中的主要危害有 X 射线、电子线。本项目医用直线加速器的最大电子能量为 22MeV。机房内的空气还会受 X 射线作用

电离而产生臭氧和氮氧化物，氮氧化物的产量仅为臭氧的十分之一，故本报告表中不对其进行评述。此外，采用排风机强制换气，产生噪声。

下面就 10MV 直线加速器运营中产生的 X 射线、电子线、臭氧和噪声的影响进行预测评价。

1、10MV 加速器 X 射线环境影响分析

(1) 加速器机房主屏蔽区宽度校核

10MV 直线加速器机房，主屏蔽区包括屋顶及墙体的部分位置，加速器主射线的最大出束角度为 28°。由于本项目 2 台 10MV 直线加速器技术参数均一致，机房结构设计均一致，工作负荷亦一致，故选择直线加速器机房 1 为代表进行主屏蔽区宽度校核。10MV 直线加速器主射线束主屏蔽区示意图见图 11-1，主屏蔽宽度校核结果见表 11-1。

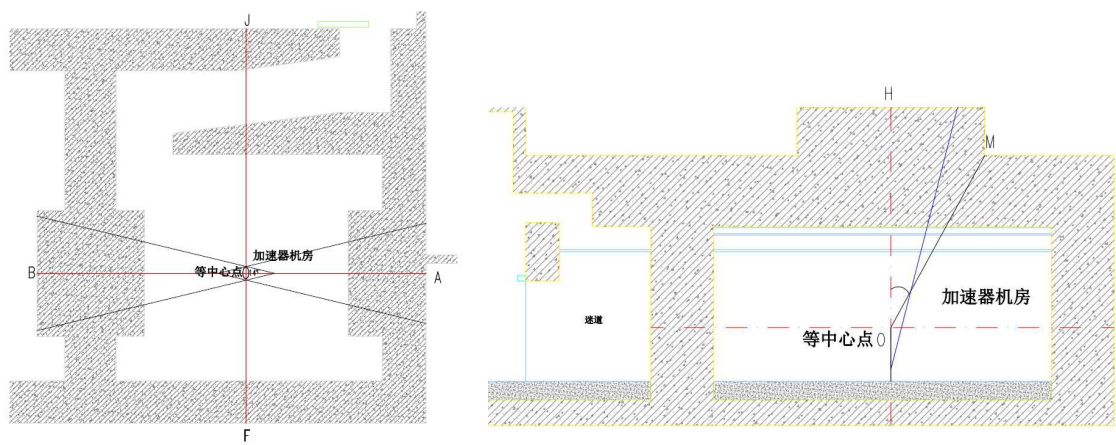


图 11-1 本项目加速器机房主射屏蔽范围计算示意图

表 11-1 本项目 10MV 加速器机房主屏蔽区宽度校核表

焦点距主屏蔽区距离(m)	主屏蔽区宽度计算值(m)	主屏蔽区宽度设计值(m)	结论
距西侧主屏蔽墙体 6.40	$2 \times (6.40 \text{tg} 14^\circ + 0.3) = 3.79$	4.50	满足要求
距东侧主屏蔽墙体 5.35	$2 \times (5.35 \text{tg} 14^\circ + 0.3) = 3.27$	4.50	满足要求
距顶部主屏蔽墙体 6.26	$2 \times (6.26 \text{tg} 14^\circ + 0.3) = 3.72$	4.50	满足要求

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

(2) 10MV 加速器机房关注点设立及剂量率参考水平

①加速器机房关注点设立

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分:电子直线加速器放射治疗机房》

（GBZ/T201.2-2011），本项目加速器机房建在地下负1层，下方没有地下室，故地面关注点不予考虑。

由于本项目2台10MV直线加速器技术参数均一致，机房结构设计均一致，工作负荷亦一致，故选择直线加速器机房1为代表进行墙体和屏蔽门的校核。

本项目加速器机房关注点设立及主要照射路径图见图11-2、11-3。

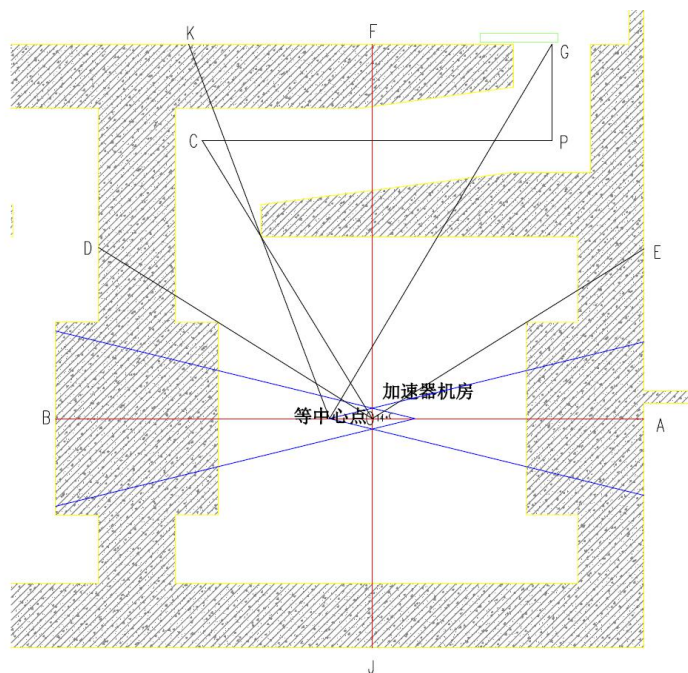


图 11-2 本项目加速器机房关注点及主要照射路径示意图（平面）

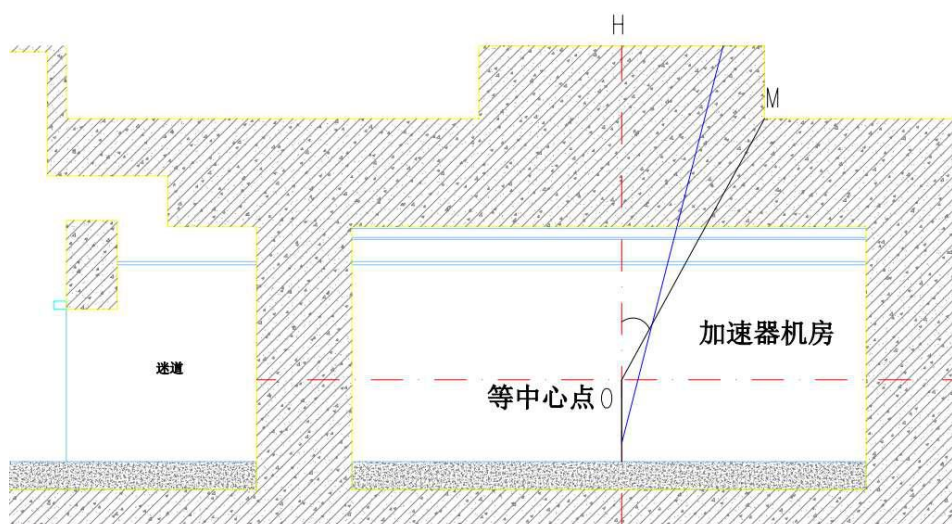


图 11-3 本项目加速器机房关注点及主要照射路径示意图（剖面）

②剂量率参考水平

根据《电子直线加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011），加速器迷道门处、控制室和加速器机房墙体外 30cm 处，周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h，故本次 10MV 加速器机房外各关注点的剂量率参考控制水平均为 2.5μSv/h。

（3）10MV 加速器机房屏蔽体厚度校核

①主屏蔽区、迷道内墙和外墙厚度校核

由于本项目加速器机房建在地下负 1 层，无地下负 2 层，故地面不予校核。

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

$$B = \frac{H_e}{H_0} \times \frac{R^2}{f} \dots\dots\dots (式 11-1)$$

$$Xe = TVL \times \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots\dots\dots (式 11-2)$$

$$X_1 = Xe \cos \theta \dots\dots\dots (式 11-3)$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

He—剂量率参考控制水平，μSv/h；

H0—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；

本项目为 3.60×10⁸μSv.m²/h（最高剂量率为 6Gy/min）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f—有用束为 1；泄漏辐射为主射射线比率（0.1%）

θ—斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

TVL1（cm）和 TVL（cm）—辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，本项目 TVL1 为；

Xe—墙体有效屏蔽厚度，cm；

X1—墙体屏蔽厚度，cm。

表 11-2 加速器机房主屏蔽区、迷道内墙和外墙厚度校核

参数	主屏蔽区 （墙体 A 点）	主屏蔽区 （墙体 B 点）	主屏蔽区 （屋顶 H 点）	迷道外墙 （K 点）	迷道内墙 （G 点）
He (μSv/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	0.625
R (m)	6.65	7.70	5.56	9.65	10.48

$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8
f	1	1	1	10^{-3}	10^{-3}
B	3.07×10^{-7}	4.12×10^{-7}	2.15×10^{-7}	6.47×10^{-4}	1.91×10^{-4}
TVL ₁ (cm)	41	41	41	35	35
TVL (cm)	37	37	37	31	31
X _e (cm)	245	241	251	103	120
斜射角 θ (°)	0	0	0	21°	31°
X ₁ (cm)	245	241	251	97	103
设计厚度 (cm)	275	380	285	150	150
是否满足要求	满足	满足	满足	满足	满足

②与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据 GBZ/201.2-2011，对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区应考虑泄漏辐射和患者的一次散射辐射的复合作用，分别计算其所需屏蔽厚度，取较厚者。泄漏辐射所需厚度按照式 11-1、11-2、11-3 进行计算，散射辐射的透射因子按式 11-2、11-3、11-4 进行计算（TVL₁ (cm) 和 TVL (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。

$$B_1 = \frac{H_e \times R^2}{H_0 \times \alpha_{ph} \times (F / 400)} \dots\dots\dots \text{式(11-4)}$$

式中： α_{ph} —患者 400cm² 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm² 面积上的散射因子；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm²。

表 11-3 加速器机房与主屏蔽区相连的次屏蔽区漏射辐射屏蔽厚度核算

参数	墙体 D 点	墙体 E 点	屋顶 M 点	侧墙 J 点
He($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	1.25	1.25	1.25	1.25
R (m)	7.85	7.79	4.99	5.65
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8
f	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}
透射因子 B	2.14×10^{-4}	2.11×10^{-4}	8.65×10^{-5}	1.11×10^{-4}
TVL ₁ (cm)	35	35	35	35
TVL (cm)	31	31	31	31
X _e (cm)	118	118	130	127
斜射角 θ	32	32	29	0
X ₁ (cm)	100	101	114	127
设计屏蔽厚度 (cm)	180	155	170	150
设计是否满足要求	满足	满足	满足	满足

表 11-4 与主屏蔽区相连的次屏蔽区散射辐射屏蔽厚度核算

参数	墙体 D 点	墙体 E 点	屋顶 M 点
He(μSv/h)	1.25	1.25	1.25
R (m)	7.85	7.79	4.99
H ₀ (μSv.m ² /h)	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸
α _{ph}	3.18×10 ⁻³	3.18×10 ⁻³	3.18×10 ⁻³
F(cm ²)	40×40	40×40	40×40
透射因子 B ₁	1.68×10 ⁻⁵	1.66×10 ⁻⁵	6.80×10 ⁻⁶
TVL (cm)	28	28	25
有效屏蔽厚度 X _e (cm)	134	134	130
斜射角θ	32°	32°	30°
散射所需屏蔽厚 (cm)	114	114	113
设计厚度 (cm)	180	155	170
设计是否满足要求	满足	满足	满足

备注：①对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区漏射辐射、散射辐射所需屏蔽厚度核算时，剂量率参考控制水平取主屏蔽方向的一半；②当未说明 TVL₁ 时，TVL₁=TVL。

③防护门铅厚度（X）校核

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

$$X = \text{TVL} \cdot \log B^{-1} \dots\dots\dots \text{（式 11-5）}$$

$$B = (H - H_0) / H_c \dots\dots\dots \text{（式 11-6）}$$

$$H_c = \frac{\alpha_{ph} \times (F / 400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times H_0 \dots\dots\dots \text{（式 11-7）}$$

式中：

X—防护门铅当量厚度，mm；

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

B=辐射屏蔽透射因子；

H_c—关注点处的散射辐射剂量率，μSv /h；

H₀—O₁ 位置穿过迷道内墙的泄漏辐射在 G 处的控制剂量率；

H—机房入口关注点处的散射辐射剂量率；

α_{ph}—400cm² 面积上的散射因子，取 45°散射角的值 1.35×10⁻³；

α₂—墙入射的患者散射辐射因子，患者一次散射角为 45°，墙入射角为 45°，墙散射角近似

按 0°计算，查得混凝土墙 45°入射、0°散射、1m² 的散射因子 $\alpha_2=5.1\times 10^{-3}$ （查附录 B 表 B.6）；

A—散射面积，m²；经计算本项目约为 17m²；

R₁—第一次散射路径；R₁=7.6m；

R₂—第二次散射路径；R₂=8.2m；

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

经计算：Hc=102.22μSv/h，B=0.020

最终得到防护门的铅当量厚度为：

X=TVL·logB⁻¹=8.49mm。

由理论计算可知，机房入口铅防护门屏蔽厚度为 8.49mm，实际设计为 12mm，可满足屏蔽要求。

小结：经过对机房主屏蔽体宽度校核，直线加速器机房 1 墙体厚度、迷道厚度、顶部厚度和防护门厚度均满足要求。由于本项目 2 台 10MV 直线加速器技术参数、工作负荷、机房面积、防护结构等均一致，故直线加速器机房 2 的墙体厚度、迷道厚度、顶部厚度和防护门厚度亦满足要求。

（4）电子直线加速器对关注点产生的剂量估算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），本项目医用电子直线加速器在运行过程中对关注点（附图 11-2 和 11-4）处人员产生的最大剂量可根据以下公式进行计算：

主射线束和泄露辐射剂量估算（式中各符号含义同前文）：

$$H = \frac{H_0 \times f}{R^2} \times B \dots\dots\dots \text{（式 11-8）}$$

$$B = 10^{-\frac{(Xe+TVL1-TV L)}{TVL}} \dots\dots\dots \text{（式 11-9）}$$

$$Xe = X / \cos \theta \dots\dots\dots \text{（式 11-10）}$$

患者一次散射辐射剂量估算

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

机房迷道入口处 X 射线散射辐射剂量率 H_c

$$H_c = \frac{\alpha_{ph}(F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times H_0 \dots\dots\dots (\text{式 11-12})$$

$$H = H_c 10^{-(X+TVL)} + H_{0g} \dots\dots\dots (\text{式 11-13})$$

由式 11-26 估算各关注点的年剂量：

$$E = H \times 10^{-3} \times q \times h \times W_T \dots\dots\dots (\text{式 11-14})$$

式中：H—关注点的剂量当量（μSv/h）；

E—关注点的年剂量（mSv/a）；

h—工作负荷（h/a）；

q—居留因子，经常有人员停留的地方取 1，有部分时间有人员停留的地方取 1/4，偶然有人员经过的地方取 1/16；

W_T—组织权重因数，全身为 1。

由此估算的主射线束和泄露辐射对各关注点产生的剂量见表 11-5，由患者一次散射对各关注点产生的剂量见表 11-6，机房迷道入口处由散射辐射产生的剂量见表 11-7。

表 11-5 加速器主射线束和泄露辐射对关注点的剂量估算表

计算参数	主屏蔽区 (A 点)	主屏蔽区 (B 点)	主屏蔽区 (H 点)	迷道外墙 (K 点)	迷道内墙 (G 点)	墙体 (D 点)	墙体 (E 点)	顶部 (M 点)
设计屏蔽体厚度 X (cm)	275	380	285	150	150	180	155	170
斜射角θ	0	0	0	21°	31°	32°	32°	29°
X _e (cm)	275	380	285	161	175	212	183	195
TVL1 (cm)	41	41	41	35	35	35	35	35
TVL (cm)	37	37	37	31	31	31	31	31
透射因子 B	2.88×10 ⁻⁸	4.18×10 ⁻¹¹	1.55×10 ⁻⁸	4.88×10 ⁻⁶	1.68×10 ⁻⁶	1.06×10 ⁻⁷	9.44×10 ⁻⁷	3.99×10 ⁻⁷
H ₀ (μSv.m ² /h)	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸	3.6×10 ⁸
f	1	1	1	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³
R (m)	6.65	7.7	5.56	9.65	10.48	7.85	7.79	4.99
剂量当量 H(μSv/h)	2.34×10 ⁻¹	2.54×10 ⁻⁴	1.80×10 ⁻¹	1.88×10 ⁻²	5.52×10 ⁻³	6.18×10 ⁻⁴	5.60×10 ⁻³	5.77×10 ⁻³
工作负荷 (h)	500	500	500	500	500	500	500	500
居留因子 (q)	1/4	1/4	1/4	1	1/4	1/4	1/4	1/4
年剂量 E(mSv/a)	2.93×10 ⁻²	3.18×10 ⁻⁵	2.25×10 ⁻²	9.42×10 ⁻³	6.90×10 ⁻⁴	7.72×10 ⁻⁵	7.00×10 ⁻⁴	7.20×10 ⁻⁴
受照类型	公众	公众	公众	职业人员	公众	公众	公众	公众

表 11-6 加速器机房患者一次散射对关注点的剂量估算表

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区		
	墙体 D 点	墙体 E 点	顶部 M 点
屏蔽厚度 X (cm)	180	155	170
斜射角 θ	32°	32°	29°
Xe (cm)	213	183	195
TVL (cm)	28	28	28
透射因子 B	2.63×10^{-8}	2.97×10^{-7}	1.14×10^{-7}
H ₀ ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8
α_{ph}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}
F(cm^2)	40×40	40×40	40×40
R (m)	7.85	7.79	4.99
剂量当量 H($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	1.95×10^{-3}	2.24×10^{-2}	2.10×10^{-2}
工作负荷 (h)	500	500	500
居留因子 (q)	1/4	1/4	1/4
年剂量 E(mSv/a)	2.44×10^{-4}	2.80×10^{-3}	2.63×10^{-3}
受照类型	公众	公众	公众

表 11-7 加速器机房迷道入口处由散射辐射产生的剂量估算表

计算参数	机房迷道入口处 (关注点 G)
机房入口处的散射辐射剂量率 H _c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	102.22
屏蔽厚度 X (mm)	12
剂量当量 H($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.41
TVL (mm)	5
工作负荷 (h)	500
居留因子 (m)	1/4
关注点年剂量(mSv/a)	5.0×10^{-2}

对于 G 点 (机房迷道口) 而言, 既要受 X 射线漏射影响, 亦要受 X 射线散射影响, 墙体 C 点和顶部 M 点既要受 X 射线漏射影响, 亦要受机房患者一次散射影响, 通过剂量叠加得到上述关注点的最终年剂量如下表所示:

表 11-8 G、D、E、M 关注点剂量叠加结果

计算参数	迷道口	与主屏蔽区相连的次屏蔽区		
	G 点	墙体 D 点	墙体 E 点	顶部 M 点
漏射影响(mSv/a)	6.90×10^{-4}	7.72×10^{-5}	7.00×10^{-4}	7.20×10^{-4}

散射影响(mSv/a)	5.0×10^{-2}	2.44×10^{-4}	2.80×10^{-3}	2.63×10^{-3}
年剂量(mSv/a)	5.07×10^{-2}	3.21×10^{-3}	3.50×10^{-3}	3.35×10^{-3}
受照类型	公众	公众	公众	公众

通过表 11-5 至 11-8 可知，通过直线加速器机房 1 的实体防护后，照射类型为职业人员的年剂量最大为 $9.42 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，照射类型为公众的年剂量最大为 $5.07 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，分别低于 5.0mSv 和 0.1mSv 的剂量约束值。由于本项目 2 台 10MV 直线加速器技术参数、工作负荷、机房大小、防护结构、人员配备等均一致，故直线加速器 2 工作时，职业人员、公众所受照射年剂量亦分别低于 5.0mSv 和 0.1mSv 的剂量约束值。

2、电子线的环境影响分析

本项目 10MV 医用直线加速器在按电子模式工作时，最大电子线能量为 22MeV，根据《辐射防护手册》第三分册 4.1.5 加速器的辐射源（P₉₅），能量为 E（MeV）的单能电子线，在低 Z 物质中的射程（单位为 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ ）约为能量（单位为 MeV）的 0.6 倍。本项目 10MV 直线加速器以电子档工作时最大电子线能量为 22MeV，射程为 $22 \times 0.6 = 13.2 \text{g/cm}^2$ ，可以估算出 22MeV 的电子在密度为 $2.35 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的混凝土中的深度约为 5.6cm，而本项目屏蔽体厚度最小的亦为 150cm 混凝土，对电子线能产生完全屏蔽，可不再作特殊的防护要求，可不再考虑对电子模式产生的 X 射线的屏蔽。

3、臭氧环境影响分析

由于本项目 2 台 10MV 直线加速器技术参数均一致，机房结构设计均一致，工作负荷亦一致，故选择直线加速器机房 1 为代表进行臭氧核算。

10MV 直线加速器机房内空气中的氧受 X 射线电离而产生的臭氧，其产率和浓度可用下面两个公式分别计算。

$$Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_0 \cdot R \cdot g \dots\dots\dots \text{式 (11-15)}$$

式中：

Q_0 —臭氧产率 mg/h；

G—射束在距离源点 1m 处的剂量率 $\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，10MV 直线加速器取 360；

S_0 —射束在距离源点 1m 处的照射面积 m^2 ，本项目取 0.16

R—射束径迹长度 m，取 1；

g—空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O₃ 的分子数，本项目取 10。

经计算，10MV 直线加速器机房臭氧产额为 3.7mg/h。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C = Q_o \cdot T_v / V \dots\dots\dots \text{式 (11-16)}$$

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—机房空间体积，10MV 直线加速器机房体积 386m³；

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots\dots\dots \text{式 (11-17)}$$

t_v—每次换气时间，0.25h；

t_a—臭氧分解时间，取值为 0.83h。

10MV 直线加速器机房臭氧产额为 3.7mg/h，加速器机房每小时换气约 10 次，若每次换气时间均为 6min，则 10MV 加速器机房内的臭氧平衡浓度为 8.6×10⁻⁴mg/m³，符合室内空气质量标准中臭氧 0.16mg/m³ 的标准值。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（0.20mg/m³）的要求。

加速器机房排风系统采用全新风直流式送风形式，进风管道在机房门上方穿墙进入加速器机房；后装机机房、加速器机房 1 和加速器机房 2 共用一根排气管道，连接至通风井，然后经通风井至楼顶西南方向排放。气流组织为上送风、下排风。迷道内风管做多道上下翻弯，起到屏蔽防护作用。进排风管道均采用镀锌钢管道。加速器机房排风量约 5000m³/h。

由于本项目 2 台 10MV 直线加速器技术参数、工作负荷、机房大小、防护结构等均一致，故直线加速器 2 工作时，也能满足相应要求。

二、后装机的环境影响分析

1、γ射线的环境影响分析

^{192}Ir 放射源虽有 β 、 γ 两种辐射，但 β 射线在空气中的射程较短，经放射源的内包鞘和治疗机的相关屏蔽防护设施屏蔽后，在环境辐射方面已无影响，故本次环评中重点分析 ^{192}Ir 产生的 γ 射线的环境影响问题。

后装机为一铸钢容器，内填充金属钨和贫化铀以及铅作防护材料，使源在容器内时其泄漏辐射符合国家标准要求。根据后装 γ 源近距离治疗卫生防护标准（GBZ121-2017），后装治疗机贮源器内装载允许最大活度时，距离贮源器表面 5cm 处的任何位置，泄漏辐射的空气比释动能率不得大于 50 $\mu\text{Gy/h}$ ，距离贮源器 100cm 处的球面上，任何一点的泄漏辐射的空气比释动能率不得大于 5 $\mu\text{Gy/h}$ 。由此可见，当放射源处于贮存状态时，机体的漏射线经过屏蔽墙的屏蔽作用后，对机房外的人员几乎没有影响，因此本次评价不考虑后装机非工作状态下对机房外其他人员的影响，对于后装机治疗项目的评价分析如下：

(1) 后装机关注点设立及剂量率参考水平

表 11-9 后装机房外主要关注点布置

位置编号	位置	照射途径	备注
A	西面屏蔽墙外 0.3m（走道）	初级辐射	公众
B	南面屏蔽墙外 0.3m（加速器机房）	初级辐射	公众
C	东侧面屏蔽墙外 0.3m（控制室）	初级辐射	公众
D	北面屏蔽墙外 0.3m	初级辐射	职业
G	防护门外 0.3m（走道）	散射辐射	公众
M	屋顶上 0.3m（地面）	初级辐射	公众

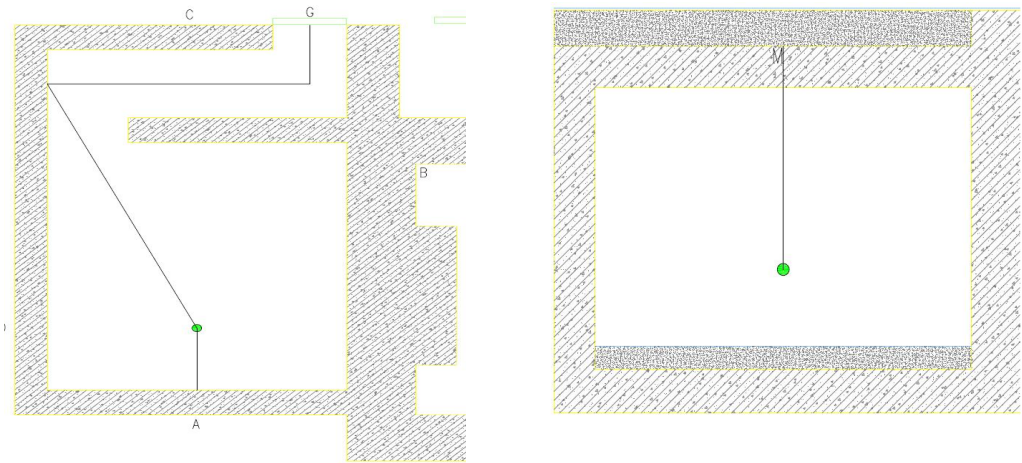


图 11-4 后装机关注点位示意

参考《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)，机房外各关注点的剂量率参考控制水平 H_c 由以下方法确定：

①使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ：

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots \text{(式 11-18)}$$

式中： $H_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

H_c —周剂量参考控制水平；本报告提出剂量管理约束值为职业人员 5mSv/a 、公众 0.1mSv/a ，年工作 50 周，则职业人员 $H_c=100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 、公众 $H_c=2\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

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； t —周治疗照射时间，h；根据医院提供的资料，后装机预估年有效出束时间最长约 100.0h，年工作 50 周，则周治疗照射时间 $t=2.0\text{h}$ ；

②关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,\max}$ ：人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所， $H_{c,\max} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所， $H_{c,\max} \leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

为确保辐射安全，本次环评各关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,\max}$ 均取 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平（ H_c ）。由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见下表。

表 11-10 机房外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束

关注点	居留因子	剂量率参考控制水平（ H_c ） $\mu\text{Sv}/\text{h}$		
		$H_{c,d}$	$H_{c,\max}$	H_c
A	1/4	4.0	2.5	2.5
B	1/4	4.0	2.5	2.5
C	1	50.0	2.5	2.5
D	1/4	4.0	2.5	2.5
G	1/4	4.0	2.5	2.5
M	1/4	4.0	2.5	2.5

2、后装机工作状态下对职业人员及公众的影响

本次估算中放射源活度为初装活度，年累积工作时间为 100h。其量估算公式为：

（1）初级辐射的屏蔽计算

根据《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），采用什值层计算屏蔽厚度，计算公式如下：

$$X = X_e \cos \theta \dots\dots\dots(\text{式 11-19})$$

$$X_e = TVL \times \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots\dots\dots(\text{式 11-20})$$

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \times \frac{R^2}{f} \dots\dots\dots(\text{式 11-21})$$

$$H_0 = A \times K_\gamma \dots\dots\dots(\text{式 11-22})$$

式中：X—屏蔽物质的屏蔽厚度，mm；

X_e —射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度，mm；

θ —斜射角，即入射线与物质平面的法线夹角；

TVL_1 —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，mm；

TVL —辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，mm；当未指明时 TVL_1 时， $TVL_1=TVL$ ；查 GBZ/T201.3-2014 的附录 C 表 C.1，对于 ^{192}Ir 放射源，在混凝土中的 $TVL=152\text{mm}$ ；

B—屏蔽物质的屏蔽透射因子；

$\dot{H}_c$ —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；

$\dot{H}_0$ —放射源在距其 1m 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A—放射源的活度，MBq；本项目 ^{192}Ir 取初始活度 $3.7 \times 10^5 \text{MBq}$ ；

K_γ —放射源的空气比释动能率常数， $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；查 GBZ/T201.3-2014 的附录 C 表 C.1， ^{192}Ir 的空气比释动能率常数取 $0.111 \mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ 。

根据上述公式，机房墙体屏蔽厚度核算结果如下：

表 11-11 机房墙体屏蔽厚度核算

屏蔽体	距离放射源距离 (m)	剂量率参考 控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	透射因子 (B)	理论计算 厚度 (mm)	设计厚度 (mm)	核算结果
西侧墙体	3.1	2.5	5.85×10^{-4}	492	800	满足要求
南侧墙体	7.2	2.5	3.16×10^{-3}	296	1700	满足要求
东侧墙体	10.1	2.5	6.21×10^{-3}	336	内墙800+ 外墙800	满足要求
北侧墙体	4.8	2.5	1.40×10^{-3}	434	800	满足要求
机房顶部	4.6	2.5	1.29×10^{-3}	440	800	满足要求

根据计算结果，本项目后装机四周墙体和机房顶部的设计厚度能满足屏蔽防护要

求。

(2) 散射辐射的屏蔽计算（机房入口）

根据 GBZ/T201.3-2014，机房入口处的散射辐射剂量 H 采用下式计算：

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

式中：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看见的墙区面积，m²；

a_w—散射体的散射因子；

R₁—散射源至散射体中心点的距离，m；

R₂—散射体中心点至计算点的距离，m。

根据上述公式，防护门屏蔽厚度核算结果如下：

表 11-12 机房防护门屏蔽厚度核算

屏蔽体	散射面积 S _w (m ²)	散射因子a _w	R ₁ (m)	R ₂ (m)	理论计算厚度 (mm)	设计厚度 (mm)	核算结果
防护门	10.1	3.39×10 ⁻²	6.0	7.0	3.0	12	满足要求

根据计算结果，本项目后装机防护门的设计厚度能满足屏蔽防护要求。

(3) 后装机未出源状态下给病患摆位时对医务人员的影响

在进行治疗前，医务人员将病患推入后装机室，并在机房内做治疗前的准备，在后装治机房内停留时间为 2min，此时后装机处于非工作状态，放射源处于贮源位置，医务人员一般距放射源大于 1m 左右的位置。

后装机为一铸钢容器，内填充金属钨和贫化铀以及铅作防护材料，使源在其贮源容器内时泄漏辐射符合国家标准要求。根据《后装γ源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）中“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，因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 50μSv/h；距离贮源器表面 100cm 处的球面上，任何一点因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 5μSv/h。”医院每年约 3000 人次接受后装治疗，则估算出医务人员在治疗前的摆位过程中接受的年有效剂量为 0.5mSv。

(4) 后装机出源状态下机房屏蔽体外辐射剂量估算

由此可见，当放射源处于贮存状态时，贮源器泄漏辐射经过贮源器及机房墙体、防护门等屏蔽体的屏蔽后，对机房外的人员几乎没有影响，因此本次评价主要考虑后

装机出源状态下对机房外的辐射影响。

根据 GBZ/T201.3-2014，在给定屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots(\text{式 11-24})$$

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_0) / TVL} \dots\dots\dots(\text{式 11-25})$$

$$X_e = X \cdot \sec \theta \dots\dots\dots(\text{式 11-26})$$

式中各符号含义同前。

根据 GBZ/T201.3-2014，在给定防护门的铅屏蔽厚度时，防护门外的辐射剂量率计算公式：

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X / TVL)} + \dot{H}_{og} \dots\dots\dots(\text{式 11-27})$$

式中：H_g—入口处的散射辐射剂量率， μ Sv/h；

H_{og}—泄露辐射在 g 处的剂量率， μ Sv/h。

表 11-13 后装机机房外关注点处剂量估算表

关注 点位	距放射 源距离 (m)	屏蔽体厚 (mm)	f	透射因子B	屏蔽体外关 注点剂量率 (μ Sv/h)	居留 因子	年出束 时间 (h)	年剂量 (mSv/a)	备注	
机房墙体外										
A	3.1	800	1	5.46×10^{-6}	2.33×10^{-2}	1/4	100	5.83×10^{-4}	公众	
B	7.2	1700	1	4.06×10^{-15}	3.22×10^{-12}	1/4	100	8.04×10^{-14}	公众	
C	10.1	800	1	5.46×10^{-6}	2.20×10^{-3}	1	100	2.20×10^{-4}	职业	
D	4.8	800	1	5.46×10^{-6}	9.72×10^{-3}	1/4	100	2.43×10^{-4}	公众	
M	4.6	800	1	5.46×10^{-6}	1.06×10^{-2}	1/4	100	5.06×10^{-4}	公众	
防护门外										
关注 点位	散射 面积 (S _w)	散射 因子 (a _w)	R ₁ (m)	R ₂ (m)	屏蔽 厚度	屏蔽体外关 注点剂量率 (μ Sv/h)	居留 因子	年出 束时 间 (h)	年剂量率 (mSv/a)	备注
G	10.1	3.39×10^{-2}	6.0	7.0	铅12	6.86×10^{-3}	1/4	100	1.72×10^{-4}	公众

通过后装机房的实体防护后，照射类型为职业人员的年剂量最大为

$2.20 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，照射类型为公众的年剂量最大为 $5.84 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，分别低于 5.0mSv 和 0.1mSv 的剂量约束值。

由于职业人员要受到摆位和后装治疗过程中电离辐射影响，职业人员在做治疗前的摆位过程中接受的年有效剂量为 0.5mSv ，职业人员所受年剂量为 0.5mSv ，低于 5.0mSv 的剂量约束值。

2、后装机运行时臭氧的产生和治理

后装机房内空气中的氧受 γ 射线电离而产生臭氧，假设机房为密闭，开机时间为 2min，则臭氧产生率按下式计算：

$$Q_0 = 6.2 \times 10^{-3} A G V^{1/3} \dots\dots\dots \text{式 (11-28)}$$

式中：

Q—臭氧产生率，mg/h；

A—放射源活度， 0.37TBq ；

G—空气吸收 γ 射线能量产生臭氧分子数，对 γ 源取 10；

V—机房空间体积， 408m^3 ；

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C = Q_0 \times T_v / V \dots\dots\dots \text{式 (11-29)}$$

式中：

C—室内臭氧浓度， mg/m^3 ；

Q₀—臭氧产额 mg/h；

T_v—臭气有效清除时间，h；

V—机房空间体积， 408m^3 ；

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots\dots\dots \text{式 (11-30)}$$

式中：

t_v—每次换气时间，0.1h；

t_a—臭氧分解时间，取值为 0.83h。

由公式 11-28、11-29、11-30 计算，臭氧产额为 0.170mg/h ，后装机房每小时换气约 10 次，若每次换气时间均为 6min，最终计算出的后装机房内臭氧浓度为 $3.7 \times 10^{-5} \text{mg}/\text{m}^3$ ，远低于工作场所空气中 $0.16 \text{mg}/\text{m}^3$ 的臭氧最大允许浓度。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，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）限值要求。

后装机机房排风系统采用全新风直流式送风形式，进风管道在机房门上方穿墙进入后装机机房；后装机机房、加速器机房 1 和加速器机房 2 共用一根排气管道，连接至通风井，然后经通风井至楼顶西南方向排放。气流组织为上送风、下排风。迷道内风管做多道上下翻弯，起到屏蔽防护作用。进排风管道均采用镀锌钢管道。

3、 ^{192}Ir 放射源的管理及废源处置

后装机所使用的 ^{192}Ir 放射源在不进行治疗时贮存于后装机房内的后装机圆柱形铅贮源器中，有良好的外屏蔽设施。

^{192}Ir 放射源半衰期为 74.2d，使用一定时间后，其活度不能满足放射治疗需要时，退役源应及时交由生产厂家回收处理，不得储存。更换放射源时，须向生态环境主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源。换源时，须委托有相应资质能力的单位进行处理，不得自行操作。

三、保护目标辐射影响分析

由于医院放疗中心辐射场所布置相对集中，放疗中心操作人员和公众同时受 10MV 直线加速器和后装机的影响，具体情况如下表所示。

表 11-14 项目保护目标辐射影响分析

位置	保护目标	居留因子	与射线束最近距离(m)	照射类型	项目	估算年剂量(mSv/a)
直线加速器 1 控制室	职业人员	1	9.35	职业照射	10MV 直加 1 贡献值	9.42×10^{-3}
			12.70		10MV 直加 2 贡献值	3.24×10^{-4}
			20.90		后装机贡献值	1.28×10^{-4}
			/		评价值	9.87×10^{-3}
直线加速器 2 控制室	职业人员	1	12.70	职业照射	10MV 直加 1 贡献值	3.24×10^{-4}
			9.35		10MV 直加 2 贡献值	9.42×10^{-3}
			13.5		后装机贡献值	3.07×10^{-5}
			/		评价值	9.77×10^{-3}
后装机控制室	职业人员	1	23.76	职业照射	10MV 直加 1 贡献值	9.25×10^{-5}
			14.20		10MV 直加 2 贡献值	5.44×10^{-4}
			10.10		后装机贡献值	0.5
			/		评价值	0.5
后装机房北侧	公众	1/4	25.35	公众照射	10MV 直加 1 贡献值	2.87×10^{-11}
			14.4		10MV 直加 2 贡献值	4.92×10^{-13}

			4.80		后装机贡献值	2.43×10^{-4}
			/		评价值	2.43×10^{-4}
直线加速器机房 1 南侧	公众	1/4	6.65	公众照射	10MV 直加 1 贡献值	2.93×10^{-2}
			17.60		10MV 直加 2 贡献值	5.96×10^{-11}
			27.52		后装机贡献值	3.36×10^{-30}
			/		评价值	2.93×10^{-2}
直线加速器机房 1 迷道口	公众	1/4	12.90	公众照射	10MV 直加 1 贡献值	7.98×10^{-5}
			9.35		10MV 直加 2 贡献值	5.07×10^{-2}
			13.7		后装机贡献值	4.65×10^{-6}
			/		评价值	5.08×10^{-2}
放疗中心入口大厅、辅助区域（直线加速器和后装机房楼上）	公众	1/4	5.56	公众照射	10MV 直加 1 贡献值	2.25×10^{-2}
			5.56		10MV 直加 2 贡献值	2.25×10^{-2}
			5.30		后装机贡献值	5.06×10^{-4}
			/		评价值	4.55×10^{-2}

由上表可知，放疗中心保护目标为职业人员的所受最大剂量为 0.5mSv/a ，保护目标为公众的所受最大剂量为 $5.08 \times 10^{-2}\text{mSv/a}$ ，分别低于 5.0mSv/a 和 0.1mSv/a 的评价约束值。

备注：上述环境保护目标所受年剂量均为附加剂量值。

四、其他环境影响

1、声环境影响分析

本项目所用风机、水冷机房水泵和空调产生的噪声，所有设备选用低噪声设备，噪声源强均低于 $65\text{dB}(\text{A})$ ，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后经距离衰减，运行期间厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

2、水环境影响分析

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。生活废水依托医院污水处理设施处理达标后排入市政污水管网，经污水处理厂处理达标后排放。

3、固体废物影响分析

本项目辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

环境影响风险分析

一、环境风险评价的目的

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

二、风险识别

1、直线加速器可能发生的事故

直线加速器不运行时不存在放射性事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有当加速器运行期间才会产生 X 射线、电子线等危害因素，而且最大可能的事故主要有三种：

①医用直线加速器运行时其它无关人员误入或滞留于加速器机房；

②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；

③在医用直线加速器运行过程中通风系统出现故障，加速器仍然运行，导致臭氧累积使机房内浓度增高。

2、后装机可能发生的事故

后装机中含有放射源 ^{192}Ir ，按其出厂活度划分，均属于 III 类放射源管理， ^{192}Ir 会释放 β 和 γ 射线等危害因素，如无正当防护也会造成放射性事故，最大可能发生的故事如下：

①放射源丢失、被盗；

②人员在后装机房误照射事故；

③放射源工作或者贮存过程中发生火灾、爆炸等事故。

三、源项分析及事故等级分析

直线加速器会产生 X 射线、电子线以及臭氧，臭氧经通风设施换气、稀释，对大气环境基本无影响，电子线经机房屏蔽体的材料和厚度屏蔽后，在环境辐射方面已无影响，故医用直线加速器可能发生的风险事故中，其风险因子主要为 X 射线。

后装机中含有放射源 ^{192}Ir ，其属于 III 类放射源，会产生 β 和 γ 射线以及臭氧。臭氧经通风设施换气、稀释，对大气环境基本无影响； β 射线在空气中的射程较短，经放

射源的内包鞘和后装机的相关设施屏蔽后，在环境辐射方面已无影响；故在后装机可能发生的风险事故中，其风险因子主要为 γ 射线。

按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的环境风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-15 中。

表 11-15 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

名称	环境风险因子	潜在危害	事故等级
医用直线加速器	α 射线	医用直线加速器、后装机失控导致人员受超年剂量限值的照射。	一般辐射事故
后装机	γ 射线		
医用直线加速器	α 射线	医用直线加速器、后装机失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。	较大辐射事故
后装机	γ 射线		

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 11-16）：

表 11-16 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/ Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/ Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	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

四、后果计算

1、10MV 直线加速器事故的后果计算

本次评价以 X 射线能量较高的 10MV 直线加速器进行事故分析，在其治疗过程中，其它无关人员误入或滞留机房内为例进行事故后果计算。

（1）事故情景假设

①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 6Gy/min，

假设考虑安全联锁失效，有人员误入机房，人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束1m处的散射方向，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2分钟（单次照射最长时间）。

②在维修人员进行检修时，假设触动直线加速器开关，造成维修人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束1m处的直射方向，10MV直线加速器主射束1m处剂量率为最大值6Gy/min，每次误入照射时间为15秒。

（2）后果计算与分析

①通过计算，在以上假设事故情景下，误入人员受到的辐射剂量为120mSv/次，超过人员年剂量限值（20mSv），结合表11-16，为一般辐射事故。

（2）通过计算，在以上假设事故情景下，若照射时间为15秒，则维修人员受到的辐射剂量为1.5Sv/次，结合表11-16，为较大辐射事故。

2、后装机事故的后果计算

（1）事故假设

本装置配备有UPS电源，在停电时，依靠UPS完成关闭放射源操作。当控制系统出现故障导致自动关源系统失效时，出现卡源，可通过手动机械复位，手动机械复位时间约3min。

（2）剂量估算

在假设事故情况下，手动处理卡源事故时所受的照射剂量为23.25mSv。

（3）事故后果

在上述事故情景假设条件下，处理卡源事故的人员已受到超年剂量限值的照射，结合表11-16，为一般辐射事故。

五、事故情况下的环境影响分析与防范应对措施

1、10MV 直线加速器事故的防范应对措施

①直线加速器运行时其它无关人员误入或滞留于加速器机房。

应对措施：加速器自身有多种安全防护措施，如辐射启动装置与控制台上显示的辐射参数预选值联锁，选择参数前辐照不能启动；安装有两套独立的剂量监测系统，每套皆可单独终止照射；有门机安全联锁，机房门关闭后辐射才能启动。

②医务人员误操作，导致病人受超剂量照射或受其它的额外照射；

应对措施：加速器的控制台上显示有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

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

2、后装机的事故与应对措施

①放射源丢失、被盗，且放射源屏蔽体可能被人为破坏，放射源对人员造成近距离照射。一定时间内，可能导致人员急性重度放射病、局部器官残疾甚至死亡。

应对措施：医院应该采取各种行之有效的措施，防止被盗或者丢失。特别是定期对放射源要进行核实，确保其处于指定位置，对放射源实行 24 小时监控。

②人员受误照射。治疗过程中人员误入或滞留于机房，造成有关人员被误照射，引发辐射事故。

应对措施：工作人员遵守相关操作规程，治疗过程中任何人员不得进入机房。每次开机治疗前必须确认所有人员全部撤出机房。一旦发生辐射事故，必须马上停机收源，对受照人员进行身体检查，确定是否有伤害，以便采取相应救护措施。

③放射源工作或者贮存过程中发生火灾、爆炸等可能影响放射源的安全。

应对措施：放射源在使用和贮存过程中，应远离易燃、易爆物品，配备专门的灭火器材。一旦发生火灾，在现场允许情况下，应优先对放射源进行灭火并抢离火灾现场，防止放射源屏蔽体破坏。

若出现卡堵源情况，首先迅速将病人撤出机房，医院关闭后装机房，专业技术人员到来前不得开启，同时派专人职守，防止无关人员进入事故现场，及时联系生产厂家或指定维修单位进行处理。专业技术人员排除事故时，应配备铅衣、铅手套、铅眼镜等防护措施和必要的剂量监测设备，并严格控制与放射源近距离操作的时间。

后装机使用的 ^{192}Ir 放射源为 III 类放射源，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门，生态环境主管部门接到辐射事故报告后，应当

立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，控制并消除事故影响，同时将辐射事故信息报告本级人民政府和上级人民政府生态环境主管部门。县级以上地方人民政府及其有关部门接到辐射事故报告后，应当按照事故分级报告的规定及时将辐射事故信息报告上级人民政府及其有关部门。

3、事故综合防范应对措施

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

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

- ①建立安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。
- ②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。
- ③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。
- ④制定医院事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

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

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理

一、辐射防护安全和应急救援工作领导小组

宜宾市第三人民医院已成立辐射防护安全和应急救援工作领导小组，并以文件形式（宜三院发[2014]102 号）明确了管理人员职责。其职责包括：

- ①负责全院放射防护安全的监督管理、放射事故应急处理工作。
- ②负责全院放射防护安全管理的领导工作。
- ③负责全院放射防护各项管理的协调、监督、资料收集、整理、归档、报送，年度总结和计划等工作。
- ④负责《辐射安全许可证》校验管理。
- ⑤负责各部门、科室的协调工作。
- ⑥负责全院从放人员基础档案、监护档案、健康体检、人员培训、个人剂量检测等所有资料的存放和管理。
- ⑦负责全院放射设备档案及设备使用安全管理。
- ⑧负责协助相关部门完成新建放射场所建设的建设项目环境影响评价、竣工验收等工作。
- ⑨负责各科放射防护安全质量保证、日常安全管理检查、新进和离岗人员报送等组织协调工作。
- ⑩负责协调专职人员和各科负责人辐射防护管理工作。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

（1）辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

①人员配置

本项目辐射工作人员配置情况：本项目拟配备辐射工作人员17名，现已配备7辐射工作人员，其他10名辐射工作人员，根据设备数量、承担诊疗和教学科研任务量等实际情况逐步增加。

②核素和射线操作人员均需取得射线装置操作证书，熟悉专业技术。

③医院应组织辐射工作人员在网上参加辐射安全与防护培训学习，网址为：

<http://fushe.mee.gov.cn>。

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

(2) 辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强

①对放射性同位素、放射源、医用射线装置，应加强操作人员对其安全操作的培训。

②建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗，需确保在有效期内。

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

辐射安全档案资料管理和规章制度

一、档案管理分类

医院应将相关资料进行分类归档妥善放置，包括以下八大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”。

二、辐射安全管理规章制度

根据医院实际情况，医院辐射安全管理规章制度落实情况见下表。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	制度名称	备注
1	医院辐射防护安全责任制度	需根据新增项目完善，应包含但不限于“三废”管理制度、直线加速器和后装治疗中受检者、陪护人员的防护规定
2	辐射安全操作规章制度	需根据新增项目完善，并挂于墙上
3	辐射工作人员管理规章制度	需根据新增项目完善，需悬挂于辐射工作场所墙上
4	医院剂量监测规章制度	需根据新增项目完善
5	辐射安全装置定期检查与维护规章制度	需根据新增项目完善
6	场所分区管理规定	需根据新增项目完善，应包含但不限于人流、物流图，患者管理规定
7	放射源管理规定	需根据新增项目完善，应包含但不限于换源程序及要求

8	辐射事故处理、应急处置规章制度	需根据新增项目完善，预案中“辐射事故应急响应程序”应悬挂于辐射工作场所墙上
9	定期剂量检测和剂量仪的校准制度	需根据新增项目完善
10	辐射工作人员培训计划	需根据新增项目完善，内容应至少包括参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核的要求及频次
11	辐射工作设备操作规程	需根据新增项目完善，挂于辐射工作场所墙上，应包含每种射线装置的操作规程和去污操作规程
12	辐射工作人员岗位职责	需根据新增项目完善，悬挂于辐射工作场所墙上
13	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需根据新增项目完善，监测方案参考本章辐射监测内容
14	质量保证大纲和质量控制检测计划	需根据新增项目完善，内容应至少包括受检者非照射部位所采取的辐射防护措施

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

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

辐射监测

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

1、工作场所监测

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

2、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。

（1）当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂

量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

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

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

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

3、医院自我监测

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

4、监测内容和要求

(1) 监测内容：X、 γ 射线。

(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，建立监测数据台账。

表 12-2 本项目监测布点方案表

场所或设备	监测内容	监测布点位置
10MV 直线加速器	X 射线	墙体四周外侧、操作人员操作位、防护门外、迷道内墙外、机房正上方区域
后装机	γ 射线	墙体四周外侧、操作人员操作位、防护门外、迷道内墙外、机房正上方区域

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

①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；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构

出具的监测报告中的方法；

③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。

5、年度监测报告情况

医院应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 <http://rr.mee.gov.cn>)中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

1、事故应急预案内容

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

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

（2）应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话。

（3）应急人员的培训；

（4）环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话；

（6）发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地县级地方人民政府及其环境保护、公安、卫生计生等部门报告。

2、应急措施

发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门，生态环境主管部门接到辐射事故报告后，应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，控制并消除事故影响，同时将辐射事故信息报告本级人民政府和上级人民政府生态环境主管部门。

3、其他要求

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

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

表 13 结论与要求

结论

一、项目概况

项目名称：新建放射性同位素和射线装置应用项目

建设单位：宜宾市第三人民医院

建设性质：新建

建设地点：宜宾市翠屏区李庄镇园区管委会纵一路宜宾市第三人民医院李庄院区

本次具体建设内容及规模为：在放疗中心负 1 层新增 2 台 10MV 直线加速器和 1 台后装机。2 台 10MV 直线加速器均属 II 类射线装置；1 台后装机使用 ^{192}Ir 放射源 1 枚，装源活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ ，属 III 类放射源。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2020 年 1 月 1 日施行）的相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目选址于宜宾市翠屏区李庄镇园区管委会纵一路宜宾市第三人民医院（李庄院区）内，宜宾市第三人民医院（李庄院区）用地性质为医疗卫生用地。医院将本项目使用的医用射线装置、放射性核素集中布置在地下负一层，拟建的各辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。参照国际惯例，医院选址于城镇规划范围内是合理的。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

根据监测报告，项目所在地的 γ 辐射空气吸收剂量率背景值属于正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价分析结论

1、施工期环境影响分析

本项目在宜宾市第三人民医院李庄院区内进行建设。“翠屏区李庄同济医院（二期）建设项目”已经做了非放环评，并取得了批复（宜市环函 [2018]54 号）。医院强化施工期环境管理，严格落实施工期各项环保措施，采取有效措施，尽可能减缓施工期对环境产生的影响。

2、营运期环境影响分析

（1）直线加速器环境影响分析

当 10MV 直线加速器机房工作时，所致职业人员的年剂量最高为 $9.42 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，致公众的年剂量最高为 $5.07 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，分别低于 5.0mSv 和 0.1mSv 的剂量约束值。其辐射工作场所墙体、防护门均满足辐射防护要求。

直线加速器机房臭氧产额为 3.7mg/h，加速器机房内的臭氧平衡浓度为 $8.6 \times 10^{-4} \text{mg/m}^3$ ，满足标准要求。

（2）后装机环境影响分析

后装机工作职业人员最大年剂量为 0.5mSv，公众最大年剂量为 $5.84 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，分别低于 5.0mSv 和 0.1mSv 的剂量约束值。其辐射工作场所墙体、防护门均满足辐射防护要求。

本项目后装机房的臭氧产额为 0.170mg/h，后装机房内臭氧平衡浓度为 $3.7 \times 10^{-5} \text{mg/m}^3$ ，满足标准要求。

^{192}Ir 放射源使用一定时间后，其活度不能满足放射治疗需要时，退役源应及时交由生产厂家回收处理，不得储存。

（3）保护目标辐射影响分析

由于医院放疗中心辐射场所布置相对集中，放疗中心操作人员和公众同时受 10MV 直线加速器和后装机的影响。经叠加后，本项目职业人员的所受最大剂量为 0.5mSv/a，公众的所受最大剂量为 $5.08 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，分别低于 5.0mSv/a 和 0.1mSv/a 的评价约束值。

（4）其他环境影响

①声环境影响分析

本项目所用风机、水冷机房水泵和空调产生的噪声，所有设备选用低噪声

设备,通过建筑墙体隔声及距离衰减后经距离衰减,运行期间厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2类标准要求。

②水环境影响分析

本项目运行后,废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。生活废水依托医院污水处理设施处理达标后排入市政污水管网,经污水处理厂处理达标后排放。

③固体废物影响分析

本项目辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

六、事故风险与防范

医院制订的辐射事故应急预案和安全规章制度内容较全面、措施可行,应认真贯彻实施,以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

七、环保设施与保护目标

本项目设计和拟配备环保设施配置较全,总体效能良好,可使本次环评中确定的所有保护目标,所受的辐射剂量,保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

八、医院辐射安全管理的综合能力

医院严格落实本报告提出的相关管理要求和环保设施及措施后,具备辐射安全管理的综合能力。

九、环境影响评价报告信息公开

在本项目环境影响报告表送审前,建设单位宜宾市第三人民医院网站上进行了公示,截至报告送审前,未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

十、项目环保可行性结论

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

十一、项目竣工验收检查内容

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》(国务院令449号)、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行

办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表开展验收。建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程环保验收一览表见表13-1。

表 13-1 项目环保验收检查一览表

项目	设施与器材	数量
直线加速器		
实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	2 套
	铅防护门	2 扇
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
	加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带
	条件显示连锁、控制超剂量连锁装置、时间控制连锁	设备自带
	门机连锁、门灯连锁	各 2 套
警示装置	入口电离辐射警示标志	2 套
	入口加速器工作状态显示	2 套
	机房内准备出束音响提示	设备自带
	控制台上蜂鸣器	设备自带
紧急设施	机房内有紧急停机按钮	6 个
	监控、对讲装置	2 套
	紧急开门按钮	2 套
监测设备	机房内固定式剂量报警仪	2 个
	便携式辐射监测仪	1 台
	个人剂量报警仪	12 个
	个人剂量计	12 套
防护器材	通风系统	2 套
	火灾报警仪	2 套
	灭火器材	2 套
后装机		
装置安全设施	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
	施源器与源连锁	设备自带
	管道遇堵自动回源	设备自带
	仿真源模拟运行系统	设备自带
	主机外表电离辐射警示标志	设备自带
	控制台显示放射源位置	设备自带
	控制台紧急停止照射按钮	设备自带

	停电或意外中断照射时自动回源装置	设备自带
	手动回源装置	设备自带
实体防护	防护墙体、迷道、铅防护门、防盗门窗	各 1 套
应急、连锁	放射源返回储源器的应急开关	1 套
	机房门与源联锁	1 套
警示装置	停电或意外中断照射时声光报警	1 套
	机房电视监控对讲装置	1 套
	电离辐射警示标志和工作状态指示灯	1 套
监测设备	便携式辐射监测仪	共用
	个人剂量报警仪	5 个
	个人剂量计	5 套
防护器材	火灾报警仪	1 套
	灭火器材	1 套
	通风系统	1 套
其他	辐射安全培训	——

要求

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和的安全管理制度，严格落实。

2、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.mee.gov.cn>）。

3、医院在申请辐射安全许可证变更前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对相关信息进行修改。

4、本次环评仅对本项目工作场所进行评价，日后如有变化，应另作环境影响评价。

5、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。

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

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

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

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

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

（1）建设单位可登陆环境保护部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhbz/bzwb/other>）。

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

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

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

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3个月内完成本项目自主验收；②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205/#/pub-message>）中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。