

核技术利用建设项目

新增直线加速器建设项目

环境影响报告表

(公 示 版)

德阳市人民医院

2017年9月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

新增直线加速器建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：德阳市人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：德阳市旌阳区泰山北路 173 号

邮政编码：618000

联系人：***

电子邮箱：*****@qq.com

联系电话：*****

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	13
表 3: 非密封放射性物质.....	13
表 4: 射线装置.....	14
表 5: 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	17
表 6: 评价依据.....	18
表 7: 保护目标与评价标准.....	20
表 8: 环境质量和辐射现状.....	22
表 9: 项目工程分析与源项.....	24
表 10: 辐射安全与防护.....	30
表 11: 环境影响分析.....	42
表 12: 辐射安全管理.....	63
表 13: 结论与建议.....	67
表 14: 审批.....	73

附图

- 附图 1 本项目地理位置图
- 附图 2 德阳市人民医院平面布置、监测布点及外环境关系图
- 附图 3 本项目平面布置图
- 附图 4 本项目剖面图
- 附图 5 本项目通排风示意图

附件

- 附件 1 环评委托书；
- 附件 2 德阳市环境保护局《关于德阳市人民医院新增直线加速器建设项目环境影响评价执行有关标准的通知》（德环核标[2018]年 4 号）；
- 附件 3 新增直线加速器建设项目监测报告（翌检环字[2018]第 1808097 号）；
- 附件 4 关于调整辐射防护领导小组的通知（德市医[2017]157 号）；
- 附件 5: 关于参加辐射安全培训的承诺书；
- 附件 6: 射线装置明细表；

附件 7：德阳市人民医院最近连续四个季度辐射工作人员剂量检测报告

附件 8：德阳市人民医院未发生辐射安全事故的说明；

附件 9：德阳市人民医院参加辐射安全培训的工作人员的部分证书

附件 10：德阳市人民医院 2017 年度辐射工作场所年度检测报告

附件 11：德阳市人民医院关于本项目建设情况的说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称	新增直线加速器建设项目				
建设单位	德阳市人民医院				
法人代表	****	联系人	****	联系电话	****
注册地址	德阳市旌阳区泰山北路 173 号				
项目建设地点	德阳市旌阳区泰山北路 173 号德阳市人民医院肿瘤科楼南侧停车场				
立项审批部门	/	批准文号		/	
建设项目总投资(万元)	****	项目环保投资(万元)	65.2	投资比例(环保投资/总投资 %)	****
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 技改 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m ²)	236
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/	/		

项目概述

一、概述

(一) 建设单位简介

德阳市人民医院(统一社会信用代码: 12510500451134681A)是德阳市唯一的国家三级甲等综合医院。该院入选全国临床路径试点医院,先后荣获“全国抗震救灾工人先锋号”、“全国卫生系统先进集体”,四川省“群众最满意的医疗机构”,蝉联三届“全国改革创新奖”,连续四年被评为全国“改善医疗服务示范单位”,连续六年跨入中国医院竞争力地级城市医院排名 100 强(2017 年排名第 74),在“四川省域医院 30 强”中名列前茅(2017 年排名第 8),2018 年 1 月荣膺中国医院竞争力五星级医院。

医院专业设置齐全、设备先进，集医疗、教学、科研、健康管理为一体，开放床位 1731 张。医院现有检验科、神经内科 2 个省重点学科，神经外科、心血管内科、骨科等 13 个省级重点专科和 5 个市级重点专科。在职职工 2549 人，博士、硕士研究生 336 人，享受国务院政府特殊津贴专家 1 名，省有突出贡献优秀专家、省学术技术带头人及后备人选 16 人。2017 年门急诊量 171.69 万人次，出院病人 7.21 万人次，手术 3.63 万台次，平均住院日 8.7 天。

医院现有院本部和旌南分院 2 个院区，其中院本部占地面积 80 亩，旌南分院占地面积 40 亩。目前正大力推进占地 269 亩、拟设床位 1300 张的第五代综合医院建设，届时将实现多学科协作模式，打造平台化医疗，实行大科室管理，实现资源共享，充分体现舒适高效的现代医院特色。

医院现配有国际先进的飞利浦 Ingenia3.0T 核磁共振，西门子 FORCE 开源超高端 CT 等在内的医疗设备以及与之相匹配的危急重症诊疗单元。以精准微创技术为引领，实现了现有专业腔镜技术全覆盖，并以介入中心为平台实现了多学科介入诊治技术开展。

目前，德阳市人民医院已取得四川省环保厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00236]），许可种类和范围为：使用 II、III 类射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所，有效期至 2019 年 7 月 19 日。

（二）项目由来

德阳市人民医院肿瘤科现有 1 台 6MeV 直线加速器，该设备现已投入使用近 11 年，设备商即将停止设备维护工作，同时医院病人增多，现有的直线加速器已不能满足诊治病人、临床新技术新项目及教学科研工作的需要。为了改善医院医疗设备条件，提高诊断水平，医院拟在位于泰山北路 173 号医院本部肿瘤科南侧停车场新建直线加速器治疗室及配套用房，在新建的直线加速器治疗室内安装使用 1 台直线加速器，按照《射线装置分类办法》的规定，本项目涉及的直线加速器为 II 类射线装置。

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 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。

为了加强直线加速器诊治在应用中的辐射环境管理，防止放射性污染，确保直线加速器的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，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 第 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。依据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部部令 第 44 号，2017 年 9 月 1 日实施）的规定，本项目为“使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。

为此，德阳市人民医院委托我单位编制该项目环境影响报告表（见附件 1）。我单位接受委托后，随即组织专业人员开展资料收集、现场踏勘、资料整理分析、调研有关法规等工作，并与德阳市人民医院进行多方咨询交流，反复核实，在进行工程分析的基础上，结合工程的具体情况以及辐射危害特征，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制了本环境影响报告表。

（三）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。根据国家发展和改革委员会第 21 号令《产业结构调整指导目录》（2011 年本）（2013 年修正）相关规定，属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，因此，本项目是国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家当前的产业政策，符合辐射防护的正当性。

二、建设概况

（一）项目名称、建设单位、工作方式、性质、建设地点

项目名称：新增直线加速器建设项目

建设单位：德阳市人民医院

性质：新建

建设地点：德阳市旌阳区泰山北路 173 号德阳市人民医院肿瘤科楼南侧停车场。

（二）建设内容与规模

本项目建设内容与规模为：德阳市人民医院拟在医院肿瘤科楼南侧停车场处新建一

座直线加速器治疗室及配套用房。本项目总规划建筑面积为 236.06m²，地上一层建筑，其中，直线加速器治疗室建筑面积为 173m²。

直线加速器治疗室净空尺寸为：长 12.8m×宽 8m×高 3.9m，在治疗室内安装使用 1 台 Elekta Synergy 型直线加速器（属 II 类射线装置），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 416.67h，直线加速器治疗室旁设有控制室、水冷机房、更衣室、办公室、病人等候区。直线加速器主射方向朝向迷道、东西侧墙体及屋顶。治疗室四面墙体、迷道和顶部均为重晶石钢筋混凝土结构，厚度为：南侧屏蔽墙厚度为 1500mm；北侧屏蔽墙为 1500mm；东侧主射墙为迷道内墙，迷道内墙厚 2700mm；西侧主射墙厚度为 2900mm，次射墙厚度为 1800mm；顶部主射墙厚度为 2900mm，次射墙厚度为 1800mm；迷道为 7.3m 长 L 型迷道，迷道宽 2000mm，迷道内墙主屏蔽部分厚度 2700mm，相连次屏蔽部分厚度为 2200mm。防护门为单扇电动推拉门，钢架结构，由 20mm 铅当量+180mm 含硼石蜡组成。本项目建筑平面布局、剖面布置、穿墙管线设计情况见附图。

（三）项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要环境问题具体见表 1-1。

表 1-1 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题			
			施工期	营运期		
主体工程 新建 直线 加速器 治疗 室	建筑面积	治疗室 173m ²		施工噪声、 施工 废水、建筑 粉尘、建筑 废渣	X 射线、 臭氧、噪 声	
	净空尺寸	长 12.8m×宽 8m×高 3.9m				
	建设后屏 蔽结构	主屏蔽区	东侧主屏蔽区（迷路内墙）混凝土厚 2900mm			
			西侧主屏蔽区混凝土厚 2900mm 屋顶主屏蔽区混凝土厚 2900mm			
		次屏蔽区	东侧次屏蔽区混凝土厚 180mm			
			西侧次屏蔽区混凝土厚 1800mm 屋顶次屏蔽区混凝土厚 1800mm			
		侧屏蔽墙	南侧及北侧屏蔽墙混凝土厚度 1500mm			
		迷路外墙	东侧迷路外墙混凝土厚度 1200mm			
迷道	迷道长 7.3m，宽 2m					
屏蔽门	宽 2.2m×高 2.6m（门洞宽 1.8m×高 2.2m），钢架结构，由 20mm 铅当量+180mm 含硼石蜡组成					

	直线加速器使用	作业类型	设备名称、型号	数量	主要技术参数	工作地点	管理类别	X射线和臭氧(调试过程中)		
		肿瘤治疗	Elekta Synergy 直线加速器	1台	最大 X 射线能量 10MV 最大电子线能量 15MeV	新建直线加速器治疗室	II类			
辅助工程	水冷机房	1 间, 位于治疗室西侧, 长 4m×宽 1.9m×高 4.1m							施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣	/
	控制室	1 间, 位于治疗室东侧, 长 5.4m×宽 2.4m×高 4.1m								
	更衣室	1 间, 位于治疗室东侧, 长 2.4m×宽 1.7m×高 4.1m								
	办公室	1 间, 位于治疗室东侧, 长 3.6m×宽 1.7m×高 4.1m								
	等候区	1 间, 位于治疗室东侧, 长 5.2m×宽 5.1m×高 4.1m								
办公生活设施	办公室	长 3.6m×宽 1.7m×高 4.1m							生活污水、生活垃圾	
环保工程	污水处理设施	依托医院污水处理设施								生活污水
	废气处理设施	臭氧通过治疗室东侧设置的排风通道排至室外								臭氧
	固废处理设施	生活垃圾经收集后, 交由市政环卫部门处理							生活垃圾	
公用工程	供水、供电、排水系统依托厂区公用设施							/	/	

(四) 主要设备配置及技术参数

本项目射线装置主要技术参数见表 1-2。

表 1-2 本次申请扩项的辐射项目内容情况

设备型号	数量	主要技术参数	单次出束时间	最多治疗病人数	年最大出束时间	工作场所
Elekta Synergy	1 台	最大 X 射线能量 10MV 最大电子线能量 15MeV	1min	100 人/天	416.67h	新建直线加速器治疗室

(五) 主要原辅材料

表 1-3 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年耗量	来源	用途
能源	电	8000kW·h	市政电网	机房用电
水	生活用水	1600m ³ /a	市政管网	生活用水

(六) 劳动定员及工作制度

1、工作制度

本项目辐射工作人员每年工作 50 周, 每周工作 5 天, 每天工作 8 小时, 实现白班

单班制。

2、人员配置

本项目共配置辐射工作人员 14 人，均利用医院现有辐射工作人员，具体构成如表 1-4 所示。

表 1-4 本项目工作人员构成表

设备	工作人员	合计人数
10MV 直线加速器	医师 5 人，物理师 2 人，技师 6 人，护士 1 人	14 人

环评要求：①德阳市人民医院的所有辐射工作人员必须参加四川省环境保护厅组织的辐射安全与防护知识培训，并通过考核，持证上岗；

②公司应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，定期组织辐射工作人员进行个人剂量检测和职业健康体检，并为其建立职业健康监护档案。

③根据工作需要，公司应定期安排辐射工作人员的再培训，以保证工作人员达到所需要的技能水平。

（七）项目选址、布局合理性及实践正当性分析

1、项目选址合理性分析

（1）医院外环境关系

德阳市人民医院位于德阳市旌阳区泰山北路 173 号，医院占地面积 80 亩，医院东侧为葢华北路 1 段，隔葢华北路 1 段为绵远河西堤；医院南侧为光华巷，隔光华巷为德阳市中等卫生职业学校、光华巷小区、盛泰帝景小区；医院西侧为泰山北路，隔泰山北路为文沁楼小区、泰山公寓、文庙小区；医院北侧为鳅鱼巷，隔鳅鱼巷为正大街小区。医院外环境关系见下图。



图 1-1 德阳市人民院外环境关系

从医院周边外环境关系可知，德阳市人民医院周边以居民住宅和城市绿地为主，周边无自然保护区、保护文物、风景名胜区等特殊环境保护目标，无大的环境制约因素。

(2) 医院内本项目外环境关系

本项目位于德阳市旌阳区泰山北路 173 号的德医本部肿瘤科楼南侧的停车场区域，由附图可知，本项目北侧隔院区道路与肿瘤科楼相邻，距离为 5m，隔肿瘤科大楼为外科大楼，项目北侧距离外科大楼 25m；项目东侧与核医学科紧邻，隔核医学科为高压氧站、发热门诊等区域，距离以上区域 40m；项目南侧隔 2m 宽过道与核医学科 PET-CT 机房相邻，隔核医学科 PET-CT 机房为感染科，距离感染科 20m；项目西侧 15m 为南苑一期住院楼及南苑二期住院楼。

(3) 项目与周边环境相容性分析

由医院外环境关系及院内项目外环境关系可知，医院周边主要为居民住宅和市政绿地；项目周边主要为院区功能分区，项目选址无大的环境制约因素。本项目直线加速器治疗室为独立建筑，周边区域人流相对较少，避免造成公众不必要的照射。本项目建成投运后产生的环境影响主要为电离辐射，经治疗室四周墙体、防护铅门屏蔽后对工作人员和治疗室外公众的照射剂量低于《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）的限值要求和本报告提出的剂量约束值。

本项目运行期间不会产生生产废水，生活污水依托医院已有的污水处理设施处理达标后排放，不会对当地水质产生明显影响；本项目产噪设备为风机，声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划；同时本项目运行期间产生的电离辐射经有效屏蔽后对周围环境影响较小；同时本项目的建设不占用医院消防通道，通过合理规划，可实现本项目与院区其他功能单元的相容。

因此，本项目与周边环境相容。

(4) 项目选址合理性分析

本项目选址位于德阳市人民医院院内，不新增占地，医院用地为医疗用地，符合德阳市总体规划。本项目与周边环境相容。因此本项目选址合理。

2、平面和空间布置合理性

本项目总体呈东西向长方形布置，治疗室位于项目中部，治疗室两侧配置了本项目工作及配套设备用房，其中治疗室西侧为水冷机房，项目主要的工作用房位于治疗室东侧，工作用房有控制室、办公室、更衣室等候区，其中控制室及等候区紧邻治疗室东侧屏蔽墙，办公室及更衣室位于控制室西侧。

医院按照规定将本项目所涉及的辐射工作场所分为控制区和监督区管理。两区划分见本报告表 10-1、图 10-1。两区分区合理，符合辐射防护要求。

由辐射工作场所平面布局可见，本项目各辐射工作场所及周边辅助用房整体布局紧凑，既便于医疗工作，又利于辐射防护。各辐射工作场所用房之间采用墙体分隔，墙体、防护门的屏蔽防护厚度充分考虑了电离辐射效应，能够有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。

综上所述，本项目辐射工作场所两区划分明确，平面布局既满足放射诊疗工作要求，有利于辐射防护。此外，本项目治疗室内建有排风设施，治疗室室内废气由屋顶排出，排风口设置在人员不能到达的屋顶区域，减少废气对环境的影响。综上，从环境保护及辐射防护角度分析，本项目选址及平面布局可行。

3、实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病（特别是恶性肿瘤）的诊断和治疗能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断和治疗效果，是其它诊治项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断和治疗的方法效果显

著、病人治疗中所受的痛苦较小，方法的优势明显，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在诊断和治疗过程中射线装置的应用可能会造成如下放射性环境问题：

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

该医院在放射诊断和治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。

三、原有核技术利用情况

(一) 辐射安全许可证的许可种类和范围

德阳市人民医院现持有四川省环境保护厅颁发的《辐射安全许可证》（证书编号川环辐证（00236），有效期至2019年7月19日），许可种类和范围为使用II、III类射线装置乙类非密封放射性工作场所。医院现有射线装置22台，其中1台为II类射线装置，其他21台均为III类射线装置。医院现有的22台射线装置均已登记在《辐射安全许可证》副本上。具体许可项目见表1-5。

表1-5 辐射安全许可证已许可的项目

射线装置						
序号	射线装置名称	数量 (台)	型号	射线装置类别	场所	环评/验收/上证
1	放射治疗模拟定位机	1	SL-IC	III	本院肿瘤科放疗定位室	已环评/ 已验收、 以上证
2	DR照片机	1	YSI0	III	急诊科照片室	
3	万东X射线机	1	FSK302-1	III	本院第一照片室	
4	DR照相机	1	Defnium6000	III	本院DR照片室	
5	乳腺DR	1	Sengrphy2000D	III	本院乳腺照片室	
6	岛津X射线机	1	UD150L-30	III	本院第二照片室	
7	SPECT机	1	Lnfinia VC-Hawkeye4	III	核医学科ECT室	
8	血管造影X射线成像系统	1	ALLURA XPER FD20	III	本院DSA室	
9	16层螺旋CT机	1	HISPEEDGE	III	本院CT一室	

10	移动式X射线机	1	日本岛津	III	本院床旁照片
11	口腔全景X光机	1	SL-41PT	III	本院放射科口腔照片室
12	岛津数字化摄像系统机DSA	1	C-Vision-PRO	III	本院DSA室
13	医用X射线电子束直线加速器	1	Primus -e	II	本院肿瘤科直线加速器治疗室
14	64层螺旋CT机	1	somatom	III	本院CT二室
15	DR照片机	1	YSI0	III	施南放射室
16	16层螺旋CT机	1	HISPEEDGE	III	施商CT室
17	CBCT机	1	Promax3D	III	放射科一楼
18	口腔X射线牙片机	1	CS2100	III	口腔科牙片室(四楼)
19	双能X线骨密度仪	1	Prodigy	III	核医学科骨密度检测室
20	骨密度仪	1	METRISCAN	III	施南分院体检中心骨密度室
21	双源CT X射线计算机(体)层摄影设备	1	SOMATOM FORCE	III	外科大楼东侧CT检查室
22	平板数字胃肠系统	1	Fusim FD	III	外科大楼东侧胃肠检查室

非密封放射性工作场所

序号	工作场所名称	类别	使用核素	日等效使用量	年最大使用量
1	核医学科	丙级	^{125}I	$2.94 \times 10^5 \text{Bq}$	$7.78 \times 10^7 \text{Bq}$
2	核医学科	丙级	^{131}I	$1.68 \times 10^6 \text{Bq}$	$4.44 \times 10^{10} \text{Bq}$
3	核医学科	丙级	^{89}Sr	$1.4 \times 10^6 \text{Bq}$	$3.9 \times 10^9 \text{Bq}$
4	核医学科	丙级	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$8.8 \times 10^5 \text{Bq}$	$2.2 \times 10^{10} \text{Bq}$

(二) 辐射安全管理现状情况

1、辐射防护管理机构

为了加强对辐射安全和防护管理工作，医院于2017年12月对既有放射防护管理领导小组成员进行了调整，组长：曾涛，副组长：尹丽、明兵，成员成员由医院各科室主任担任。放射防护安全管理办公室设在预防保健医院感染管理科，各相关科室设一~两名联络员。同时，对小组及放射防护各部门职责进行了明确。

2、辐射安全管理制度建立和执行情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，德阳市人民医院已制定有一套相对完善

的管理制度和操作规程，包括《辐射工作设备操作规程》、《放射诊疗设备维护维修制度》、《辐射安全和安全防卫制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《放射工作人员健康及个人剂量管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《放射诊疗工作场所辐射防护安全管理制度》和《辐射工作场所监测制度》等。

评价要求：①医院应根据《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）要求，对相关管理制度进行补充和完善；《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》等应悬挂于辐射工作场所，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

3、辐射安全与防护培训

德阳市人民医院共有辐射工作人员215人，目前医院119名辐射工作人员取得了辐射安全与防护培训合格证书。由于地区培训报名名额有限，有一半左右工作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单位进行沟通，积极组织人员参加各项辐射安全培训（培训承诺书见附件）

评价要求：医院应安排全部辐射工作人员积极参加环保主管部门组织的辐射安全与防护培训，确保持证上岗。另外，辐射安全与防护培训合格证书有效期为4年，医院应组织现已取得证书的辐射工作人员及时参加复训。

4、年度评估报告

医院已向四川省环保厅提交了《2017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2017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。

5、开展辐射监测的情况

（1）个人剂量监测

医院辐射工作人员佩戴了个人剂量计，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》（GBZ128-2002）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。发现个人剂量检测结果异常时，及时调查原因，并将有关情况及时报告医院辐射防护领导小组。医院提供了最近连续四个季度的个人剂量监测报告，监测单位分别为四川省疾病预防控制中心（2017年第三、四季度及2018年第一季度）、四川世阳卫生技术服务有限公司（2018年第四季度），见附件。在

2017年第三季度至2018年第一季度期间，有4人个人剂量限值超过了1.25mSv，医院在调查原因之后已提出相应的处理意见（详细情况见附件）。在2018年第二季度检测中，有13人因计量及丢失、损坏或返回时超过有效期或高剂量核实结果确认不是本人有效真实受照剂量，而未获取有效检测结果。**环评要求**，建设单位核实该13名工作人员剂量异常原因，并作出处理意见。

本次环评要求医院进一步加强个人剂量管理，加强人员的培训指导，完善人员的配备，优化工作量的安排，并随时对个人剂量进行监控。

（2）工作场所辐射水平监测

2017年德阳市人民医院委托四川同佳检测有限责任公司对医院现有射线装置及非密封放射性物质工作场所进行了2017年度检测，检测结果显示射线装置及非密封放射性物质工作场所所致辐射工作人员和公众人员剂量低于评价限值，监测报告见附件。

6、是否发生辐射安全事故

据了解，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。

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
1	¹²⁵ I	/	使用	/	2.94×10^5	7.78×10^7	治疗	/	/	核医学科放免分析室
2	¹³¹ I	/	使用	/	1.68×10^6	4.44×10^{10}	治疗	/	/	核医学科 ¹³¹ I 治疗室
3	⁸⁹ Sr	/	使用	/	1.4×10^6	3.9×10^9	治疗	/	/	核医学科
4	^{99m} Tc	/	使用	/	8.8×10^5	2.2×10^{10}	治疗	/	/	核医学科
/	/	/	使用	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4：射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用X射线电子束直线加速器	II类	1	Primus-e	电子	X射线最大能量 6MV 电子线大能量 8MeV	60	肿瘤治疗	本院肿瘤科直线加速器治疗室	登记上证在用
2	医用电子直线加速器	II类	1	Elekta Synergy	电子	X射线最大能量 10MV 电子线大能量 15MeV	60	肿瘤治疗	新建直线加速器治疗室	本次新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	放射治疗模拟定位机	III	1	SL-IC	0.38	300	诊断	本院肿瘤科放疗定位室	登记上证在用
2	DR照片机	III	1	YSI0	150	650	诊断	急诊科照片室	登记上证在用
3	万东X射线机	III	1	FSK302-1	125	500	诊断	本院第一照片室	登记上证在用
4	DR照相机	III	1	Defnium6000	150	630	诊断	本院DR照片室	登记上证在用
5	乳腺DR	III	1	Sengrphy2000D	50	130	诊断	本院乳腺照片室	登记上证在用
6	岛津X射线机	III	1	UD150L-30	125	500	诊断	本院第二照片室	登记上证在用
7	SPECT机	III	1	Lnfinia VC-Hawkeye4	0.38	2.5	诊断	核医学科ECT室	登记上证在用

8	血管造影X射线成像系统	III	1	ALLURA XPER FD20	150	1000	诊断	本院DSA室	登记上证在用
9	16层螺旋CT机	III	1	HISPEEDGE	130	500	诊断	本院CT一室	登记上证在用
10	移动式X射线机	III	1	日本岛津	125	300	诊断	本院床旁照片	登记上证在用
11	口腔全景X光机	III	1	SL-41PT	80	10	诊断	本院放射科口腔照片室	登记上证在用
12	岛津数字化摄像系统机DSA	III	1	C-Vision-PRO	150	1000	诊断	本院DSA室	登记上证在用
13	医用X射线电子束直线加速器	III	1	Primus -e	0.38	10	诊断	本院肿瘤科直线加速器治疗室	登记上证在用
14	64层螺旋CT机	III	1	somatom	140	660	诊断	本院CT二室	登记上证在用
15	DR照片机	III	1	YSI0	150	650	诊断	施南放射室	登记上证在用
16	16层螺旋CT机	III	1	HISPEEDGE	130	500	诊断	施商CT室	登记上证在用
17	CBCT机	III	1	Promax3D	90	16	诊断	放射科一楼	登记上证在用
18	口腔X射线牙片机	III	1	CS2100	60	7	诊断	口腔科牙片室（四楼）	登记上证在用
19	双能X线骨密度仪	III	1	Prodigy	76	3	诊断	核医学科骨密度检测室	登记上证在用
20	骨密度仪	III	1	METRISCAN	60	0.333	诊断	施南分院体检中心骨密度室	登记上证在用
21	双源CT X射线计算机(体)层摄影设备	III	1	SOMATOM FORCE	115	1300	诊断	外科大楼东侧CT检查室	登记上证在用
22	平板数字胃肠系统	III	1	Fusim FD	65	1000	诊断	外科大楼东侧胃肠检查室	登记上证在用
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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、含有放射性的废弃物要注明，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	<p>1、《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>2、《中华人民共和国环境影响评价法》，2016 年 9 月 1 日实施；</p> <p>3、《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>4、《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，1998 年 11 月 29 日实施，2017 年 6 月 21 日国务院第 177 次常务会议通过《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施；</p> <p>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；</p> <p>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 日起实施；</p> <p>7、《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部第 44 号令，2017 年 9 月 1 日实施；</p> <p>8、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，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）；</p> <p>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 18 号令，2011 年 5 月 1 日实施；</p> <p>10、《射线装置分类办法》，环境保护部 2017 年第 66 号发布，2017 年 12 月 5 日实施；</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>13、《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》，环境保护部环发[2008]13 号；</p> <p>14、《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起实施）。</p>
------------------	--

<p>技 术 标 准</p>	<p>(一) 技术导则 《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)；</p> <p>(二) 相关标准</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； 2、《环境核辐射监测规定》(GB12379-90)； 3、《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993)； 4、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)； 5、《电子辐射工程技术规范》(GB50752-2012)； 6、《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)； 7、《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)； 8、《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)。
<p>其 他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、环境影响评价委托书； 2、德阳市环境保护局《关于德阳市人民医院新增直线加速器建设项目环境影响评价执行有关标准的通知》(德环核标[2018]年 4 号)； 3、《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》(第三版)； 4、《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》(川环函[2016]1400 号)； 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）中的要求，确定本项目辐射评价范围取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围以内的区域。

保护目标

本项目评价范围内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 主要环境保护目标

场所名称	保护目标		方位	保护目标所在区域	距辐射源最近距离(m)	人数	年剂量约束值(mSv)
新建直线加速器治疗室	职业	加速器治疗室工作人员	治疗室东侧	治疗室东侧控制室、办公室、更衣室内	10.5	14	5
	公众	加速器治疗室附近公众	治疗室东侧	等候区、核医学科办公区、发热门诊	10.5	流动人群	0.1
			治疗室南侧	治疗室南侧与核医学科的过道、核医学科、感染科	5.5	流动人群	0.1
			治疗室西侧	水冷机房、治疗室西侧空地、南苑 1 期、南苑 2 期	7.4	流动人群	0.1
			治疗室北侧	治疗室北侧院区道路、肿瘤科楼、外科大楼	5.5	流动人群	0.1

评价标准

根据德阳市环境保护局《关于德阳市人民医院新增直线加速器建设项目执行环境保护标准的批复》（德环核标[2018]4号），本项目应执行的环境保护标准如下。

一、辐射环境管理限值

（1）职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第4.3.2.1条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。项目要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的1/4执行，即5mSv/a。

（2）公众照射：第B1.2.1条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量1mSv。项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量约束限值的1/10执行，即0.1mSv/a。

二、放射工作场所边界周围剂量率控制水平

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的要求，加速器治疗室屏蔽墙外30cm处剂量控制水平为2.5 μ Sv/h。

三、其他环境执行标准

（1）环境空气质量：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

（2）地表水环境质量：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类标准。

（3）声环境质量：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类标准。

（4）废水：执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。

（5）废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。

（6）噪声：施工期执行《建设施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类功能区标准。

（7）固废：执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及环保部公告【2013】第36号。

表 8：环境质量和辐射现状

德阳市人民医院位于德阳市旌阳区泰山北路173号，交通便利。本项目位于德阳市人民医院院内，项目地理位置见附图1。

本项目周围为城市道路或住宅区，主要植被人工种植的花草树木外，无农作物和野生动植物。本项目评价区域范围内尚未发现受保护的文物和古迹。

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，重点对加速器治疗室所在区域开展了辐射环境现状监测评价。为掌握项目拟建地辐射水平，评价单位委托成都翌达环境保护检测有限公司对项目拟建地辐射环境进行了监测（翌检环字[2018]第 1808097 号），监测为辐射环境本底监测。监测结果列于表 8-1。

1、监测方法与标准

- (1) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；
- (2) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）。

2、监测时间

2018年8月16日

3、监测外环境状况

天气状况：温度30.1℃；相对湿度：61%；天气：晴。

4、监测仪器

监测项目及仪器见下表：

表 8-1 监测项目及使用设备一览表

项目	监测方法	方法来源	使用仪器	仪器参数
环境 X- γ 辐射剂量率	高压电离室即时测量法	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993） 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）	仪器名称：便携式 X- γ 剂量率仪	测量范围： $1 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 1 \times 10^{-4} \text{Gy/h}$
			编号：CDYDCY026	
			检定有效期：2018.4.27	
			校准因子：0.978	

5、监测结果：

表 8-2 项目所在地环境本底 X- γ 辐射剂量率监测结果 10^{-8}Gy/h

点位号	监测位置	X- γ 辐射剂量率		备注
		平均值	标准差	
1	项目拟建地东侧	11.3	0.01	/
2	项目拟建地南侧	9.5	0.01	
3	项目拟建地西侧	10.3	0.01	
4	项目拟建地北侧	9.6	0.02	
5	项目拟建地中央	9.0	0.02	

6、项目所在地天然贯穿辐射现状评价：

监测所用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，能够反映出拟建工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

监测表明：德阳市人民医院新增直线加速器建设项目新建场所 X- γ 辐射剂量率范围值为 $9.0 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 11.3 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，与《四川环境天然贯穿辐射水平调查研究》中德阳地区（1995 年）的背景资料相比较（德阳原野 γ 辐射空气吸收剂量率范围值约为 $39.2 \sim 137\text{nGy/h}$ ），无显著差异，属正常环境本底水平。

表 9：项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期工艺分析

（一）加速器治疗室主体施工

本项目建设施工主要是对加速器治疗室及配套办公及设备用房进行建设，首先根据使用要求进行设计，然后按照设计组织施工，施工完成后对建筑物内部进行必要的装修，装修完后安装设备的电缆。在施工过程中有施工噪声、施工废渣、施工废水、建筑粉尘产生，其工艺流程及产污环节如下图所示：

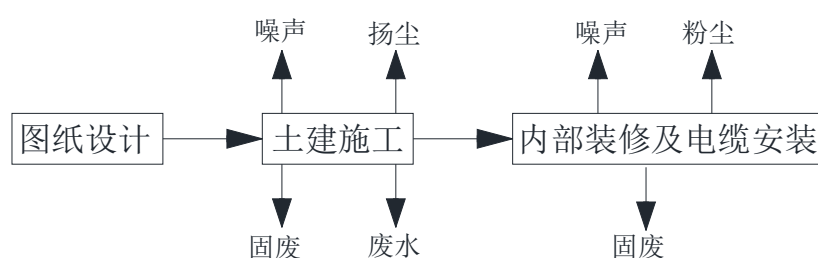


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

1、土建施工

①噪声：材料运送车、切割机、弯曲机、焊接机等钢筋加工机械，卷扬机、起重机、升降机等轻重吊装机械造成；

②废气：施工机械及材料运送车运行排放的尾气及施工场地扬尘

③固废：主要为废弃混凝土及废弃钢筋，施工人员生活垃圾；

④废水：机械和车辆冲洗废水等施工废水，施工人员生活污水。

2、内部装修及电缆安装

①噪声：刨平机、灰浆泵、电锤等装饰工程机械噪声；

②固废：装修及设备安装过程中产生的废弃包装材料，施工人员生活垃圾；

③废水：施工人员生活污水；

④废气：内部装修过程中产生的施工粉尘。

为保证治疗室满足辐射防护要求，环评要求治疗室四周墙体和屋顶混凝土浇筑工序要整体连续浇注，避免墙体或两面墙体衔接处有漏缝，同时要合理安排施工时间，防止施工噪声影响周边工作人员工作和休息。

（二）射线装置安装、调试

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

本项目加速器装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时装置运输设备和机房上锁并派人看守。

二、营运期工艺分析

（一）设备组成及工作原理

1、设备组成

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由行波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。典型的电子直线加速器的结构见下图 9-2

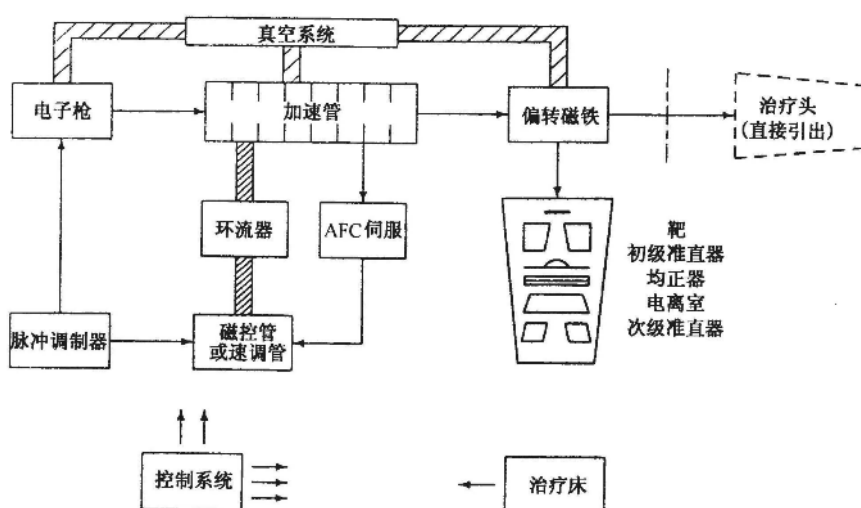


图 9-2 直线加速器内部结构图

2、工作原理及参数

医用直线加速器属治疗类射线装置，主要用于皮肤癌、鼻咽癌、宫颈癌和某些脑肿瘤治疗，其治疗机理是根据肿瘤的不同情况采用 CT 进行定位，利用 X 射线束（深部治疗）或电子线（表层病灶治疗）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，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。医用直线加速器结构简单，造价低，不使用放射源，所以成为目前医院放射治疗的主要手段。医院使用 1 台 10MV 医用直线加速器，电子能量最大为 15MeV，属于 II 类射线装置。其主要参数如下所示：

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：15MeV

最大照射野：X 射线 $40 \times 40\text{cm}^2$ ，电子线 $20 \times 20\text{cm}^2$

机架旋转角度：0-360°

主射线最大出束角度：28°

正常治疗距离：100cm

年最大出束时间：416.67 小时

加速器服务范围：肿瘤微创中心，对肿瘤进行治疗

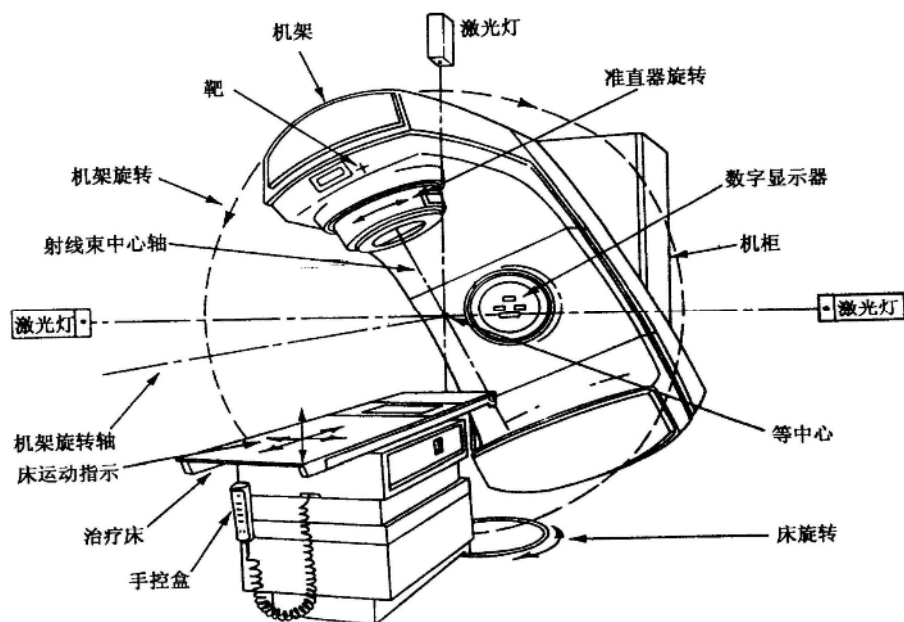


图 9-3 医用直线加速器机构示意图

电子线束治疗工作原理：电子治疗子系统基本组成部件主要包括初级准直器、散射箔、托盘、均整器、电离室、光阑、附件接口、限光筒。电子枪产生的电子束，经初级准直器（此时已经移开 X 线靶）形成均匀稳定的电子束，通过散射箔扩大射束的直径，再通过光阑提高电子野的均整性，最后通过输出窗射出达到患者病灶实现治疗目的，即：初始电子束直接引出并经散射→均整后用于患者的治疗。

（二）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（一般电子加速器有两种治疗模式，一种是电子治疗模式，一般用于浅表部位病灶照射；一种是 X 射线治疗模式，用于深部病灶照射）→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 9-4。

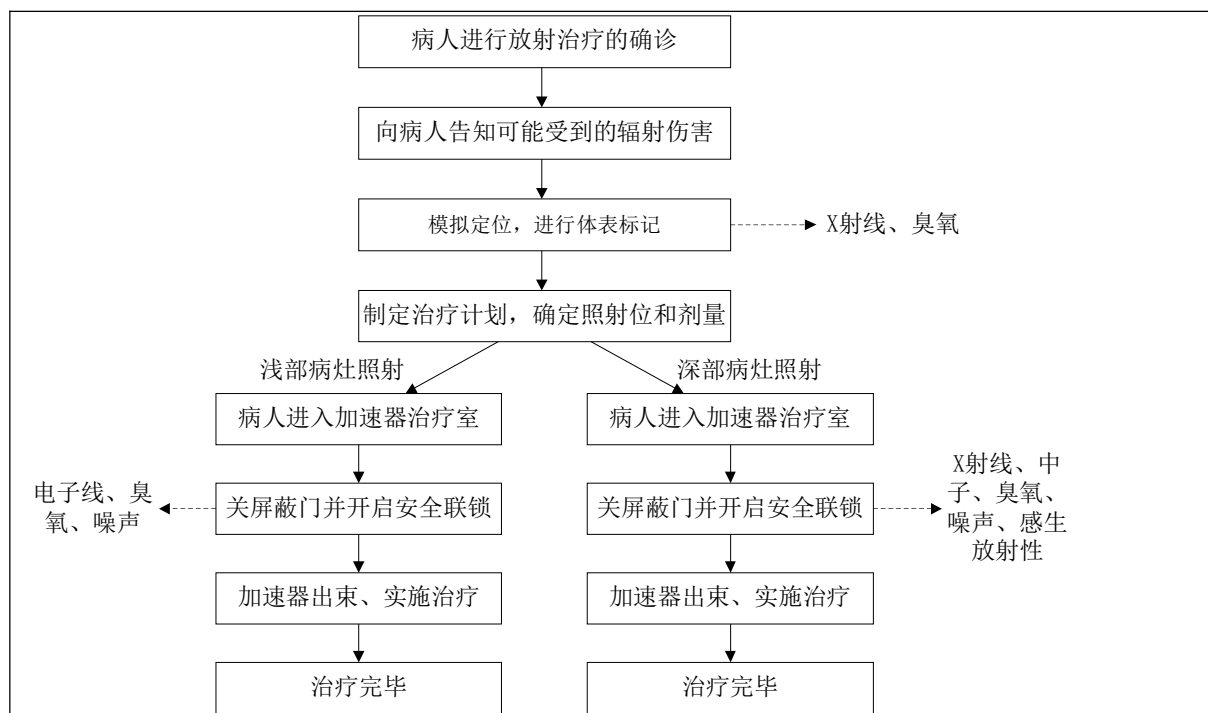


图 9-4 本项目加速器治疗流程及产污环节示意图

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，射线装置产生 X 射线；深部治疗时，直线加速器以 X 射线档运行时，产生 X 射线；

电子线：浅层病灶治疗时，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。

污染源项描述

一、电离辐射

本项目医用电子直线加速器加速粒子为电子，当电子束经高能加速后与靶物质相互作用时产生韧致辐射（即 X 射线），本项目医用电子直线加速器可以提供 X 线和电子线，其中使用最大 X 射线能量为 10MV，吸收剂量率为 4Gy/min；最大电子线能量为 15MeV，吸收剂量率为 6Gy/min 的电子。电子和 X 射线是随机器的开关而产生和消失的。

二、废气

直线加速器运行期间现场空气中产生少量臭氧和氮氧化物，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，同时国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物。空气在强辐射照射下，会使氧分子重新组合而产生臭氧，臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸。

三、废水

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。工作人员工作中产生少量的生活废水。

四、固体废物

本项目加速器运行过程中不产生固体废物，工作人员工作中会产生少量的生活垃圾及办公垃圾。

五、噪声

施工期运输车辆运行中及设备安装过程中将产生噪声。

本项目产噪设备主要为治疗室送排风机运行噪声及工作活动噪声，源强一般为 65dB（A）。

六、射线装置报废

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。环评要求：本项目使用的 X 射线机在进行报废处理时，将 X 射线机高压射线管进行拆卸并破碎处理，同时将 X 射线机主机的电源线绞断，使 X 射线机不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

表 10：辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作区域管理

(一) 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，将加速器治疗室及迷道划为控制区，将水冷机房、控制室划定为监督区，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，

表 10-1 项目控制区和监督区的划分情况

项目		控制区	监督区
探 伤 室	分区	治疗室及迷道	控制室、办公室
	辐射防护措施	仅限工作人员入内，其它人员不能在这些区域停留，控制区的进出口及其他适当位置应设置醒目的电离辐射警告标志	在该区设置电离辐射标志，经常进行剂量监督，确认是否需要专门的防护措施。

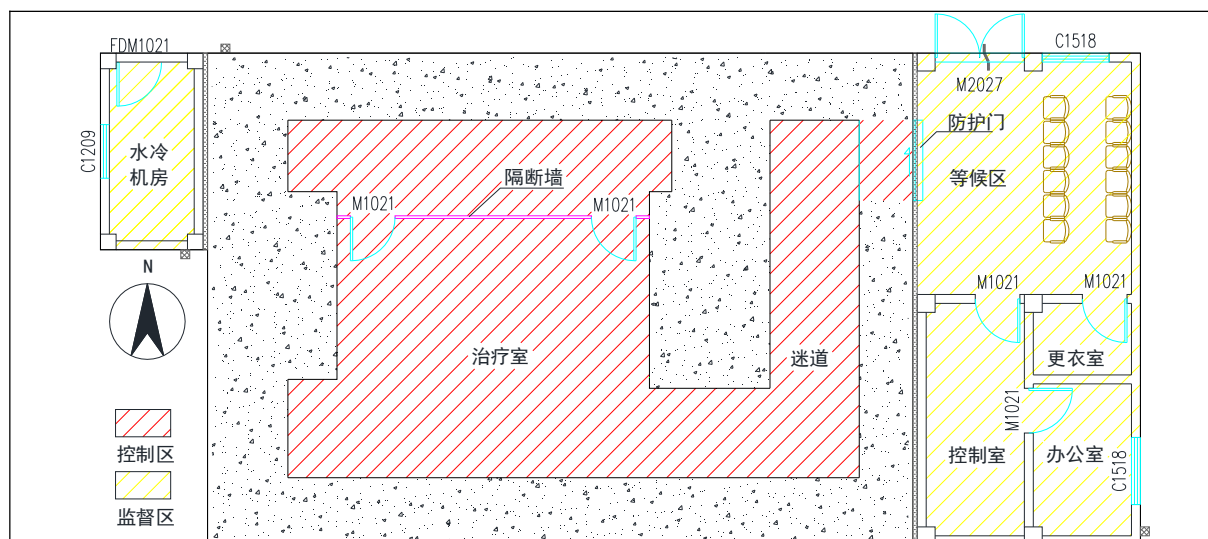


图 10-1 本项目两区划分示意图

评价要求：医院需重视控制区和监督区的管理，进行分区管理，编制分区管理制度。

（二）场所监测

辐射工作人员应按照国家规定配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备必要的监测仪器对工作场所和周围环境进行辐射监测。个人剂量仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时，最好使用个人剂量报警仪。本项目建成后，应立即向四川省环境保护厅申请项目验收，由有验收资质单位验收监测合格后才能投入使用。运行过程中，每年应按环保要求请具有资质的监测单位对使用场所辐射情况进行实测，判断电离辐射是否处于有效屏蔽，防止意外发生。

本项目拟设置辐射工作人员 14 人，需配备 14 台个人剂量计，编号、专人专戴。环评要求个人剂量计定期送检，并严格按照四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发[2010]49 号）对个人剂量进行管理。

二、辐射安全及防护措施

X 射线的基本防护原则是远离 X 射线源并加以必要的屏蔽。其屏蔽原则如下：

（1）屏蔽设计

屏蔽设计内容广泛，一般包括，根据源项特性进行剂量计算，选择合适的剂量限值或约束值进行屏蔽设计、根据用途、工艺及操作需要设计屏蔽体结构和选择屏蔽材料，并需处理好门、窗、各种穿过防护墙管道等的泄露与散射问题。

（2）屏蔽方式

根据防护要求和操作要求的不同，屏蔽体可以是固定的，也可以是移动式的。固定式的如防护墙，防护门等，移动式如防护屏。

(3) 屏蔽材料的选择

在选择屏蔽材料时，必须充分注意辐射与物质相互作用的差别。如果材料选择不当，不仅经济上造成浪费，更重要的是在屏蔽效果上适得其反。

(一) 设备固有安全性

本项目使用的 X 射线机自带安全性分析如下。

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

②条件显示连锁：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，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

③控制台上设有蜂鸣器，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、加速器主机上安装紧急制动按钮。

(二) 工作场所实体防护情况

本项目包括治疗室、控制室、办公室、更衣室、等候区。本项目工作场所实体辐射屏蔽主要考虑治疗室墙体与防护门的屏蔽。

本项目直线加速器主射方向朝向迷道、东西侧墙体及屋顶。治疗室四面墙体、迷道和顶部均为重晶石钢筋混凝土结构，厚度为：南侧屏蔽墙厚度为 1500mm；北侧屏蔽墙为 1500mm；东侧主射墙厚度为 1200mm；西侧主射墙厚度为 2900mm，次射墙厚度为 1800mm；顶部主射墙厚度为 2900mm，次射墙厚度为 1800mm；迷道为 7.3m 长 L 型迷道，迷道宽 2000mm，迷道内墙主屏蔽部分厚度 2700mm，相连次屏蔽部分厚度为 2200mm。防护门为单扇电动推拉门，钢架结构，由 20mm 铅当量+180mm 含硼石蜡组成。

为保证治疗室满足辐射防护要求，**环评要求**：治疗室四周墙体和屋顶混凝土浇筑工序要整体连续浇注，避免墙体或两面墙体衔接处有漏缝。

加速器治疗室设有独立的通排风系统，采用机械通排风，通风量约为 3000m³/h，每小时排风次数为 9 次，采用专用管道，引至治疗室东侧屋顶距离地面 4.6m，通排风口方向向北。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敷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：本项目在建设过程中，应注意以下问题：

A、穿过射线装置机房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。

（三）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，可通过视频图像观察直线加速器治疗室内病人情况。

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：辐射工作人员均应当佩戴个人剂量计。本项目配备 14 名辐射工作人员，均为医院现有辐射工作人员，医院应在本项目直线加速器治疗室中配备一定数量的个人防护用品（如铅衣、铅帽、铅围裙、铅眼镜等）。

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

10MV 医用直线加速器在按电子模式工作时，产生电子线及电子与物质作用时产生 X 射线。在考虑电子防护时，不仅考虑对电子的屏蔽，还要考虑对产生的 X 射线的屏蔽。

加速器在按电子模式工作时，电子线最大能量为 15MeV，根据《辐射防护导论》，

能量为 E (MeV) 的单能电子束, 在低 Z 物质中的射程可由下列经验公式进行计算 (第四章第二节) :

$$R = 0.53E - 1.06 \quad 2.5 \leq E \leq 20 \text{MeV} \quad (\text{式 } 10-1)$$

根据公式 (10-1) 可以估算出 15MeV 的电子在密度为 $2.35 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的混凝土中的射程约为 2.5cm。本项目加速器电子线虽然能量相对于 X 射线较高, 但其贯穿能力远弱于 X 射线。由此可见, 机房屏蔽体的使用材料和厚度完全能满足对电子线的屏蔽, 因此, 可不再作特殊的防护要求。

对其 X 射线的屏蔽, 可按屏蔽 X 射线的方法来屏蔽这种 X 射线, 故本项目不再考虑对电子模式产生的 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”。本项目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 20mm 铅当量+180mm 含硼石蜡组成。

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	9.5min	β^+ 、 γ	$^{65}\text{Cu}(\text{n}, 2\text{n})^{64}\text{Cu}$	
		^{66}Cu	9.5min	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	$^{64}\text{Ni}(\text{n}, \text{r})^{65}\text{Ni}$	
	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	$^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{r})^{28}\text{Al}$	
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	$^{65}\text{Cu}(\text{n}, 2\text{n})^{64}\text{Cu}$	
	不锈钢	^{66}Cu	5.1min	β^- 、 γ	$^{65}\text{Cu}(\text{n}, \text{r})^{66}\text{Cu}$	
		^{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、门灯、门剂量连锁装置：加速器屏蔽门应该与加速器出束连锁，屏蔽门未关好，射线管不能出束，工作期间屏蔽门不能打开。加速器屏蔽门应与工作状态显示连锁，屏蔽门未关好，工作状态显示不工作，工作状态显示灯为红色及闪烁时，门不能被打开。加速器治疗室内设置固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），加速器屏蔽门应与固定式剂量报警仪连锁，剂量超标，门不能被打开。

②操作台控制

控制室操作台应设置防止非工作人员操作的锁定开关。

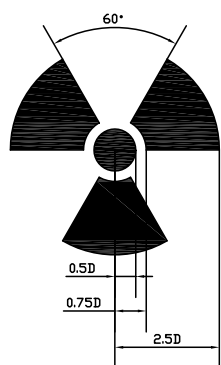
③紧急止动装置：除了加速器固有紧急止动按钮外（设置于治疗床附近），加速器治疗室内墙适当位置上应安装紧急止动装置开关（请勿将紧急开关安装在主射束区

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。控制室操作台上应有紧急止动装置，以便治疗室外人员按动紧急止动按钮停止出束。治疗室迷道出口处门内应设置紧急开门按钮，并设置中文标示。

④电视监视、对讲装置：加速器治疗室和控制室之间拟安装电视监控、控制室能通过电视监视治疗室内患者治疗的情况，在加速器治疗室安装对讲装置，可通过对讲机与机房内患者联系沟通。

⑤工作状态显示：加速器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，且处于闪烁状态，并启动声音报警装置，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。每套声光警示包含显示禁止入内的灯箱。

⑥警告标志和警示装置：加速器治疗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率报警装置（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率阈值，就会报警提示人员不能进入治疗室，以防误入受照。电离辐射警告标志如图 10-2 所示。



a. 电离辐射的标志



b. 电离辐射警告标志

图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

环评要求，医院应对项目配置的辐射监测仪器每年进行比对或刻度。治疗室的各项安全措施必须定期检查，并做好记录。

本项目安全装置分布见图 10-3。

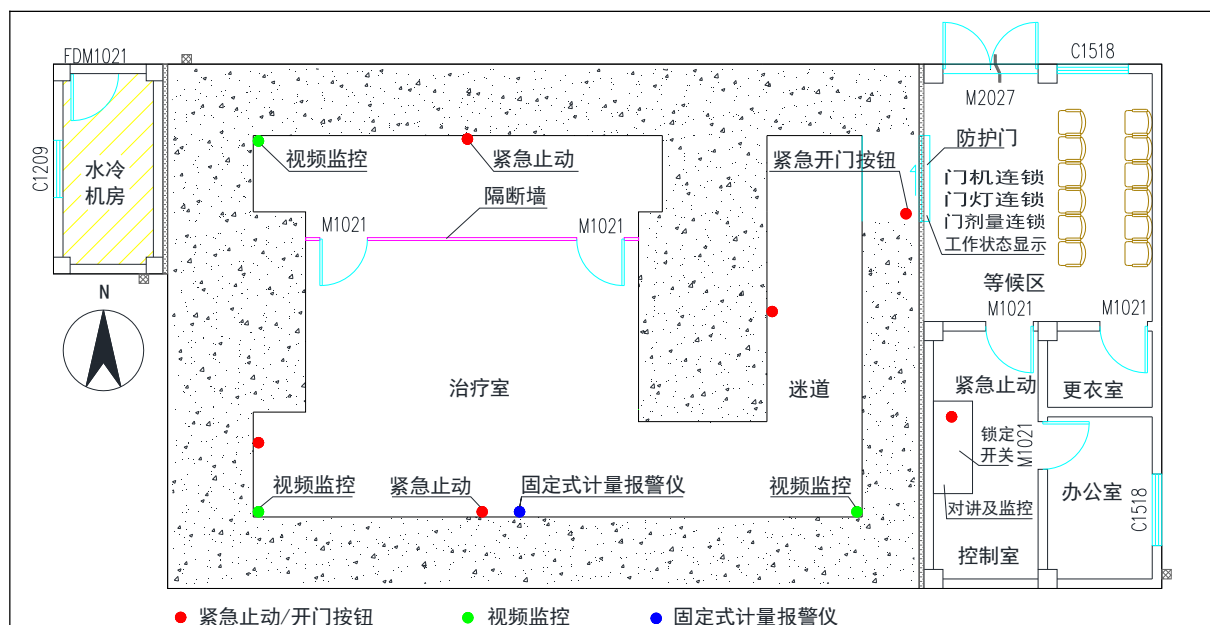


图 10-3 医用电子直线加速器辐射防护安全设施（装置）布置图

6、安全措施对照

根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和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）》的通知（川环函（2016）1400号），本次评价根据建设单位拟采取的辐射安全措施（室内）进行了对照分析，具体情况见表 10-3。

表 10-3 辐射安全措施对照表

项目	具体要求	落实情况
场所设施	具备迷道	需落实
	门机连锁系统一套	需落实
	门灯连锁系统一套	需落实
	门剂量连锁系统一套	需落实
	治疗室室内墙、控制台应设有紧急停止开关并有中文标识（治疗室内四周墙体及控制台各设置一个紧急停机按钮及相应的中文标识）	需落实
	治疗室迷道出口处门内应设置紧急开门按钮并有中文标识	需落实
	治疗室防护门外应设置固定的电离辐射警告标志	需落实
	治疗室防护门外应设置出束声光警示一套，每套声光警示包含显示禁止入内的灯箱	需落实
	隔室操作	需落实
	防护门一套	需落实
	治疗室内及迷道处监控摄像头	需落实
监测设	固定式辐射剂量报警仪 1 台	需落实

备	个人剂量计 8 个	需落实
	个人剂量报警仪 8 个	需落实
防护用品	铅衣、铅围裙、三角巾等	需落实
应急物资	警戒、公告用品、救护用品、通讯工具、灭火器材若干	需落实

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 10-4。

表 10-4 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

项目	环保设施	投资金额(万)	备注
实体屏蔽措施	治疗室四面墙体、迷道和顶部均为重晶石钢筋混凝土结构，厚度为：南侧屏蔽墙厚度为 1500mm；北侧屏蔽墙为 1500mm；东侧主射墙厚度为 1200mm；西侧主射墙厚度为 2900mm，次射墙厚度为 1800mm；顶部主射墙厚度为 2900mm，次射墙厚度为 1800mm；迷道为 7.3m 长 L 型迷道，迷道宽 2000mm，迷道内墙主屏蔽部分厚度 2700mm，相连次屏蔽部分厚度为 2200mm。防护门为单扇电动推拉门，钢架结构，由 20mm 铅当量+180mm 含硼石蜡组成	45	新增
安全装置	门机连锁系统一套	0.2	新增
	门灯连锁系统一套	0.1	新增
	门剂量连锁系统一套	0.1	
	治疗室内墙（东侧迷道内墙处、南侧、北侧、西侧）、控制台设有紧急停止开关并有中文标识	0.5	新增
	治疗室迷道出口处门内设置紧急开门按钮并有中文标识	0.05	新增
	治疗室防护门外设置固定的电离辐射警告标志	0.05	新增
	治疗室防护门外设置出束声光警示一套，每套声光警示包含显示禁止入内的灯箱	0.3	新增
	隔室操作	1	新增
	监控装置一套	1	新增
废气处理	通排风系统 1 套	0.3	新增
监测仪器及警示装置	固定式辐射剂量仪 1 台	2.0	新增
	个人剂量计 8 套	0.8	新增
	个人剂量报警仪 8 个	0.8	新增
人员培训	辐射工作人员上岗培训及应急培训	4.0	新增
	应急及救助的资金、物资准备	5.0	新增
个人防护用品	铅衣、铅围裙、三角巾等	1	新增

辐射监测	射线装置年度监测费	3	新增
合计		65.2	/

本项目总投资****万元，环保投资 65.2 万元，占总投资的****。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，由于基坑开挖和治疗室的整体浇灌将会产生一定的扬尘，施工渣土应集中堆放并覆盖，现场应及时清扫、定期洒水，采取湿法作业等措施减少扬尘的影响。

运营期的废气主要为加速器治疗室产生的臭氧，直线加速器机治疗室具有独立通排风系统，有新风机房和排风机房，采用机械通排风。通排风口位于直线加速器治疗室东侧屋顶。为了减少废气对人员的影响，直线加速器采用专用管道，距离地面 4.6m 处进行排放，排放口朝南。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、废水处理设施

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。

运营期产生的生活废水依托医院现有污水处理设施处理后通过市政污水管网排入污水处理厂；本项目加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排。

三、固体废物

施工期固体废物主要为多余土方、施工垃圾、安装固废和生活垃圾。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；装修过程中产生的施工垃圾主要为建筑废物、施工结构废料、内外装修废料等，医院通过分类回收、集中堆放定时清运处理；在设备安装期间，在安装期间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。在施工

过程中会产生一定的生活垃圾通过施工单位袋装收集，定期交市政环卫部门清运处理。

表 11：环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、施工期的环境影响分析

本项目建设施工期主要污染物是施工噪声、施工扬尘、建筑垃圾、生活污水、生活垃圾。

(一) 施工期大气环境影响分析及防治措施分析

拟建项目对大气环境的影响主要源于扬尘及燃油动力机械废气。由于施工机械间断作业，且使用数量不大，因此其污染物排放量不大，对大气环境的影响不明显。建筑材料运输和散装水泥作业会产生扬尘，据有关资料表明，在正常风况下，施工活动产生的粉尘在施工区域近地面环境空气中 TSP 浓度可达到 1.5-3.0mg/m³，对施工区域周围 50-100 米以外的贡献值符合环境空气质量二级标准；在大风 (>5 级) 的情况下，施工粉尘对施工区域周围 100-300 米以外的贡献值符合环境空气质量二级标准。

在施工过程中，施工单位必须严格依照城市扬尘防护规定进行施工，尽量减少扬尘对环境的影响程度。

项目建设需按照《四川省灰霾污染防治实施方案》和《四川省大气污染防治行动计划实施细则的通知》的要求严格控制建设施工扬尘。全面推行现场标准化管理，需做到“六必须”（必须围挡作业、必须硬化道路、必须设置冲洗设施、必须及时洒水作业、必须落实保洁人员、必须定时清扫施工现场）、“六不准”（不准车辆带泥出门、不准运渣车辆冒顶装载、不准高空抛撒建筑垃圾、不准现场搅拌混凝土、不准场地积水、不准现场焚烧废弃物）。要加强对建设工地的监督检查，督促责任单位落实降尘、压尘和抑尘措施。

为此，施工单位应采取以下措施：

① 项目施工前须对周围进行公告，并在项目施工围墙外侧对项目施工进度、施工作业方式、施工负责人等具体内容进行公示；

② 要求施工单位文明施工，定期对地面以及运输路段洒水，并对散落在路面的渣土及时清除，清理阶段做到先洒水后清扫，避免产生的扬尘对周边住户的正常生活造成影响；

③ 由于施工期扬尘量与车辆的行驶速度有关，速度越快，扬尘量越大，因

此，在施工场地对施工车辆必须实施限速行驶，同时施工现场主要运输道路尽量采用硬化路面并进行洒水抑尘；在施工场地出口放置防尘垫，对运输车辆现场设置洗车场，用水清洗车体和轮胎；自卸车、垃圾运输车等运输车辆不允许超载，选择对周围环境影响较小的运输路线，定时对运输路线进行清扫，运输车辆出场时必须封闭，避免在运输过程中的抛洒现象；

④ 施工过程中产生的建筑渣土，必须运送至地面统一堆放；

⑤ 禁止在风天进行渣土堆放作业，建材堆放地点要相对集中，临时废弃土石堆场及时清运，并对堆场以毡布覆盖，裸露地面进行硬化和绿化，减少建材的露天堆放时间；开挖出的土石方应加强围栏，表面用毡布覆盖，并及时将多余弃土外运；外运土石方需加盖篷布避免沙漏

⑥ 风速大于 4m/s 时应停止施工；

⑦ 对于项目进出的运输车辆，环评要求，在项目入口处铺设防尘草垫，并在运输车辆进出项目区域时用水冲洗车辆轮胎，防止汽车轮胎带出泥土；

⑧ 项目所有建材运输车辆，尤其是土石、砖瓦运输车辆必须进行加盖处理，防止运输车辆沿线洒落；

⑨ 对于项目运输车辆所经过的运输路线，建设单位需对其进行定期洒水降尘，并进行定期清扫，尽量减少扬尘的产生。

（二）施工期声环境影响及防治措施分析

工程施工噪声源主要包括：起重机、运输机械等大型设备及其他小型装卸器械等使用产生的噪声。经建筑工程施工工地噪声声源强类比调查分析，确定拟建工程的噪声影响主要来源于施工现场（场址区内）的声源噪声。

建筑施工产生的噪声很强，噪声源的声压级一般在 75dB(A)以上。在实际工程施工中，各类机械同时工作，各类噪声源辐射叠加，噪声级将会更高，辐射面也会更大。为了减少噪声对周围环境的影响，应对施工期间噪声影响加强控制。

工程机械噪声主要属于中低频噪声，因此只考虑扩散衰减，预测模式如下：

$$L_2 = L_1 - 20 \lg (r_2/r_1) \quad (r_2 > r_1)$$

其中： L_1 、 L_2 ——距离声源 r_1 、 r_2 处的噪声值，dB(A)；

r_1 、 r_2 ——预测点距声源距离。

由上式可以推算出噪声随距离衰减的量 ΔL ：

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 20 \lg(r_2/r_1)$$

由上式可以推算出噪声值随距离衰减的关系，结果见表 11-1。

表 11-1 噪声值与距离的衰减关系

距离 (m)	10	50	100	150	200	250	400	600
ΔL [dB(A)]	20	34	40	43.5	46	48	52	55.6

据此，本次环评选择了结构阶段噪声（100dB）进行计算，现场施工随距离衰减的值见表 11-2。

表 11-2 现场施工噪声随距离衰减后的值

距离 (m)	10	50	100	150	200	250	400	600
L[dB(A)]	80.0	66.0	60.0	56.5	54.0	52.0	48.0	44.4

从表 11-2 可以看出，白天施工机械噪声超标在 100m 范围内，夜间将对周围 400m 范围内产生影响。本工程施工期安排在昼间，施工过程中应选用低噪设备，并对其采取有效的隔声减振措施；合理设计施工总平面图；科学合理安排施工工序和施工时间，将强噪声作业尽量安排在白天进行，如果工艺要求必须连续作业的强噪声施工，应首先征得当地建委、城管、环保等主管部门的同意，并在施工是做到文明施工，装卸、搬运钢管、模板等严禁抛掷。

因此，评价认为本期项目建设期间在采取上述措施后，其噪声对周边环境的影响可以降到人们可接受范围内，且影响是有限的、暂时的，会随着施工期的结束而消失。

（三）施工期水环境影响及防治措施分析

在土建施工期间，拟建项目对地表水环境的影响，主要来自少量施工废水和地面开挖造成的水土流失和堆积物流失产生的悬浮物及施工期生活污水。施工方应采取以下措施：

- 1、施工期产生的废水经沉砂后回用，不外排。
- 2、在施工期工地的生活污水经化粪池收集后，由专业环卫公司转运至陡沟河污水处理厂，不外排。
- 3、地表径流沉砂处理，设立挡土墙、排洪沟，用塑料布覆盖松散的表土层防止水土流失。
- 4、施工弃方及时清运，废料严禁乱堆乱放，以防止被雨水冲刷，污染环境。

（四）固体废物环境影响分析

施工期的固体废弃物主要为建筑弃土弃渣、建筑垃圾和生活垃圾。项目挖方量较少，堆放在附近空地，作为后期绿化覆土。建筑垃圾主要包括砂石、石块、废木料、废金属、废钢筋等杂物，由建设单位分类回收，不外排。施工人员产生的生活垃圾由环卫部门统一处置，不会影响环境卫生。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目直线加速器首次安装和调试均由生产厂家专业进行操作，在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在防护门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近，人员离开时上锁并派人看守。

直线加速器的安装和调试均在治疗室内进行，经过治疗室的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、X 射线环境影响分析

(一) 医用电子直线加速器屏蔽厚度合理性分析

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的要求，在本项目医用电子直线加速器治疗室外设定关注点。从保守角度出发，在加速器治疗室设计的尺寸厚度基础上，假定加速器最大工况运行并针对关注点最不利情况对机房进行辐射屏蔽核算。本项目加速器治疗室的关注点设定及主要照射路径见图 11-1。由于本项目加速器治疗室下方没有其他楼层，所以加速器治疗室地面以下的防护均不考虑。

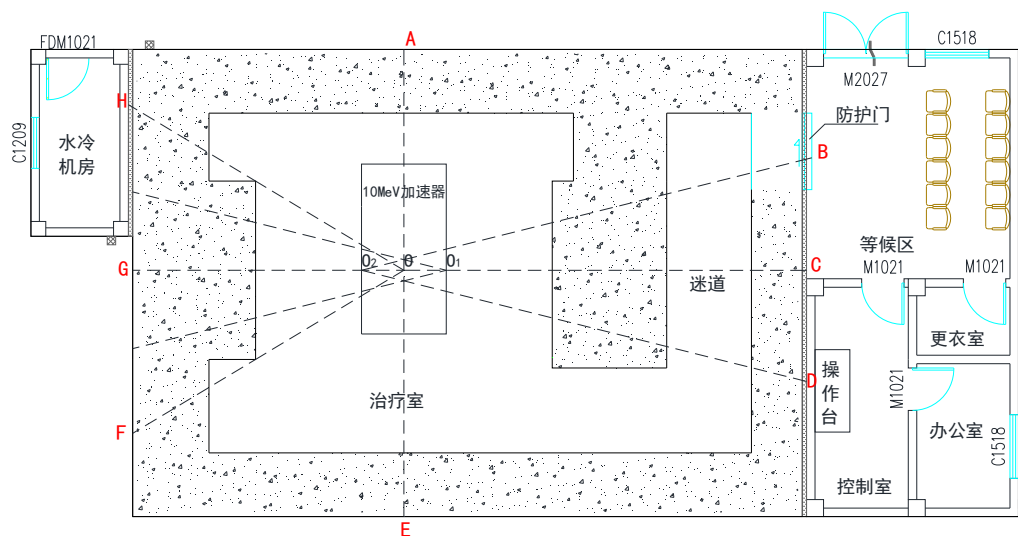


图 11-1 机房关注点及主要照射路径示意图（水平方向）

1、剂量率参考控制水平（He）

参考 GBZ/T201.2-2011，机房外各关注点的剂量率参考控制水平 He 由以下方法确定：

①使用放射治疗年工作负荷、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 He,d；

$$\text{对于主射线束： } H_{e,d} = \frac{Ha}{t \times U \times T} \quad (\text{式 11-2})$$

$$\text{对于漏射射线： } H_{e,d} = \frac{Ha}{t \times N \times T} \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

He,d—导出剂量率参考控制水平；

Ha—年剂量参考控制水平；职业人员取 5.0mSv/a，公众取 0.1mSv/a；

U—主射线束向关注位置的方向照射的使用因子；根据医院实际治疗情况，射线投向地面的比例约占 40%，主射方向两面墙体各占 25%，屋顶占 10%；

T—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；

N—调强放射治疗因子，取 5；

t—年治疗照射时间，根据医院提供资料，预计放射治疗工作量为 100 人·次/天，每周工作 5 天，年平均工作 50 周，每野次照射时间 1min（不含摆位时间），年照射时间 416.67h。

②关注点的最高剂量率参考控制水平 He,max：

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

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

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平（He）。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表 11-3。

表 11-3 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	屏蔽区	剂量率参考控制水平（He） μSv/h			主要考虑的辐射束	射线路径
		He,d	He,max	He		
A（北侧道路）	侧屏蔽墙	0.192	10	0.48	泄漏辐射	O→A
B（防护门口）	迷楼入口	48	2.5	2.5	有用线束	O ₂ →O→B

C (等候区)	迷路外墙	0.96	2.5	2.4	有用线束	$O_2 \rightarrow O \rightarrow C$
D (控制室)	迷路外墙	48	2.5	2.5	有用线束	$O_2 \rightarrow O \rightarrow D$
E (南侧通道)	侧屏蔽墙	0.192	10	0.48	泄漏辐射	$O \rightarrow E$
F (西侧空地)	与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区	0.77	10.00	1.92	散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow F$
					泄漏辐射	$O \rightarrow F$
G (西侧空地)	有用线束主屏蔽墙	15.36	10	10	有用线束	$O_1 \rightarrow O \rightarrow G$
H (水冷机房)	与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区	9.6	10.00	10.00	散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow H$
					泄漏辐射	$O \rightarrow H$
I (屋顶)		0.768	10.00	1.92	散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow I$
					泄漏辐射	$O \rightarrow I$
J (屋顶)	有用线束主屏蔽墙	38.4	10	10	有用线束	$O_3 \rightarrow O \rightarrow J$

2、有用线束主屏蔽区宽度计算

本项目设计的 10MV 直线加速器治疗室，主屏蔽区包括屋顶及墙体的部分位置，加速器主射线的最大出束角度为 28° 。有用线束主屏蔽区示意图见图 11-2，主屏蔽宽度计算结果见表 11-4。

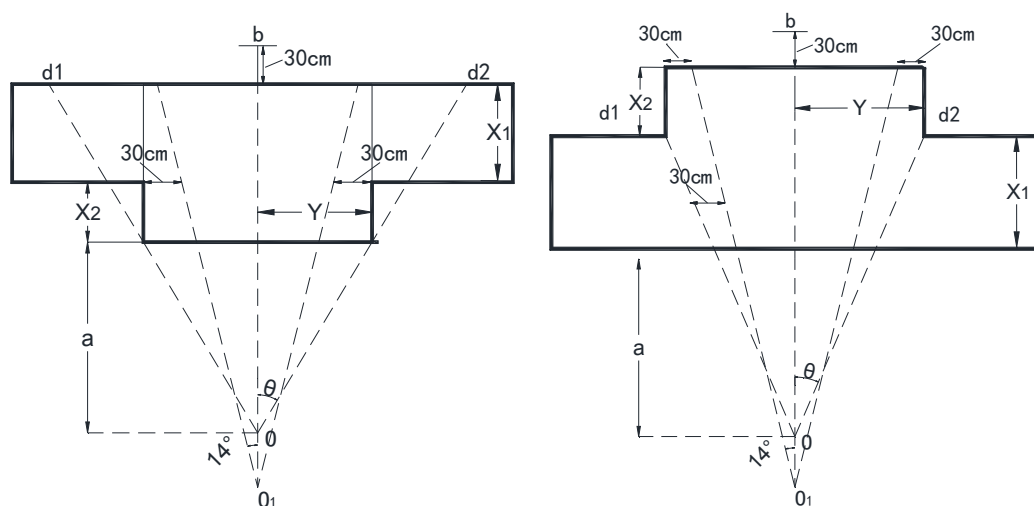


图 11-2 主射屏蔽范围计算示意局部图
(左图：主屏蔽区内凸 右图：主屏蔽区外凸)

墙体主屏蔽范围半宽度按下式进行计算：

$$\text{主屏蔽区内凸： } Y = (100 + a + X_2) \text{tg}14^\circ + 30 \quad (\text{式 11-4})$$

$$\text{主屏蔽区外凸： } Y = (100 + a + X_1 + X_2) \text{tg}14^\circ + 30 \quad (\text{式 11-5})$$

表 11-4 加速器治疗室主屏蔽范围计算表

机房主屏蔽范围	计算值	主屏蔽范围设计值(m)	结论
东侧屏蔽墙体	3.09	4.4	满足要求
西侧屏蔽墙体	3.39	4.4	满足要求
屋顶	3.87	4.4	满足要求

环评要求：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。

3、主屏蔽区、侧屏蔽墙、内墙和外墙核算

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。

$$B = \frac{He}{H_0} \times \frac{R^2}{f} \quad (\text{式 11-6})$$

$$Xe = TVL \times \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (\text{式 11-7})$$

$$X_1 = Xe \cos \theta \quad (\text{式 11-8})$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

He—剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；本项目为 $2.40 \times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ （最高剂量率为 $4\text{Gy}/\text{min}$ ），后续计算均取此值；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f—有用束为 1；泄漏辐射为主射射线比率（0.1%）

θ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

TVL_1 （cm）和 TVL（cm）—辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度；

Xe—墙体有效屏蔽厚度，cm；

X_1 —墙体屏蔽厚度，cm。

表 11-5 主屏蔽墙和迷道屏蔽厚度核算表

参数	主屏蔽区 (墙体 C 点)	主屏蔽区 (墙体 G 点)	主屏蔽区 (屋顶 J 点)	迷道内墙 (B 点)	迷道外墙 D 点
剂量率参考控制 水平 He ($\mu\text{Sv/h}$)	2.4	10	1.92	2.5	2.5
R (m)	10.5	7.4	5.55	10.95	10.95
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08
f	1	1	1	1	1
透射因子 B	1.10E-06	2.28E-06	2.46E-07	1.25E-06	1.25E-06
TVL_1 (cm)	41	41	41	35	35
TVL (cm)	37	37	37	31	31
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	224	213	249	187	187
斜射角 θ	0	0	0	0	0
屏蔽厚度 X (cm)	224	213	249	187	187
设计屏蔽厚度 (cm)	390 (含迷道 内墙 270)	290	290	270	390 (含迷道 内墙 270)
是否满足要求	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求
TVL ₁ 和 TVL 查 GBZ/201.2-2011 中表 B.1					

表 11-6 侧屏蔽墙屏蔽厚度核算表

参数	侧屏蔽墙 (墙体 A 点)	侧屏蔽墙 (墙体 E 点)
剂量率参考控制水平 He ($\mu\text{Sv/h}$)	0.48	0.48
R (m)	5.5	5.5
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	2.40E+08	2.40E+08
f	0.001	0.001
透射因子 B	6.05E-05	6.05E-05
TVL_1 (cm)	35	35
TVL (cm)	31	31
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	135	135
斜射角 θ	0	0
屏蔽厚度 X (cm)	135	135
设计屏蔽厚度 (cm)	150	150
是否满足要求	满足要求	满足要求
TVL ₁ 和 TVL 查 GBZ/201.2-2011 中表 B.1		

4、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 11-7、11-8 进行计算, 散射辐射的透射因子屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按下式进行计算。

$$B = \frac{He \times R^2}{H_0 \times \alpha_{ph} \times (F/400)} \quad (\text{式 11-9})$$

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 11-7 与主屏蔽区相连的次屏蔽区漏射辐射屏蔽厚度核算表

参数	墙体 H 点	墙体 F 点	屋顶 I 点
剂量率参考控制水平 He (μSv/h)	4.8	0.96	0.96
R (m)	7.4	7.4	4.1
H ₀ (μSv.m ² /h)	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08
f	0.001	0.001	0.001
透射因子 B	1.10E-03	2.19E-04	6.72E-05
TVL ₁ (cm)	35	35	35
TVL (cm)	31	31	31
有效屏蔽厚度 X _e (cm)	96	117	133
斜射角 θ	26	26	38
屏蔽厚度 X (cm)	62	76	127

根据 GBZ/201.2-2011, 对于“与主屏蔽区相连的次屏蔽区泄露辐射所需屏蔽厚度”核算时, 剂量率参考控制水平取 He, d 的一半。

表 11-8 与主屏蔽区相连的次屏蔽区散射辐射屏蔽厚度核算表

参数	墙体 H 点	墙体 F 点	屋顶 I 点
剂量率参考控制水平 He (μSv/h)	5	5	5
R (m)	7.4	7.4	4.1
H ₀ (μSv.m ² /h)	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08
α_{ph}	7.09E-03	7.09E-03	8.67E-03

F (cm ²)	1600	1600	1600
透射因子 B	4.02E-05	4.02E-05	1.01E-05
TVL (cm)	28	28	28
有效屏蔽厚度 X _e (cm)	123	123	140
斜射角 θ	26	26	38
屏蔽厚度 X (cm)	80	80	134

注：①a_{ph} 查表 B. 2、TVL 查表 B. 4；②根据 GBZ/201. 2-2011，对于“与主屏蔽区相连次屏蔽区患者一次散射辐射所需屏蔽厚度”核算时，剂量率参考控制水平取 He, max 的一半。

与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算汇总情况见下表：

表 11-9 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算汇总表

厚度	墙体 H 点	墙体 F 点	屋顶 I 点
漏射辐射屏蔽所需厚度 (cm)	62	76	127
散射辐射屏蔽所需厚度 (cm)	123	123	140
计算屏蔽厚度 (cm)	123	123	140
设计屏蔽厚度 (cm)	180	180	180

5、小结

本项目加速器治疗室理论厚度及实际设计参数见表 11-10。

表 11-10 医用电子直线加速器治疗室各屏蔽体理论计算值与设计值综合汇总表

屏蔽区	理论计算值			实际设计值	是否满足要求
主射线 主屏蔽 区	屏蔽宽度 (混凝土, cm)	东侧墙体	3.1	4.4	满足要求
		西侧墙体	3.4	4.4	满足要求
		屋顶	3.9	4.4	满足要求
	屏蔽体厚度 (混凝土, cm)	东侧墙壁	224	390 (含迷道内墙 270)	满足要求
		西侧墙壁	213	290	满足要求
		屋顶	249	290	满足要求
与主屏蔽区相连的次屏蔽区	屏蔽体厚度 (混凝土, cm)	西侧墙壁 H 点	123	180	满足要求
	屏蔽体厚度 (混凝土, cm)	西侧墙壁 F 点	123	180	满足要求
	屏蔽体厚度 (混凝土, cm)	屋顶 I 点	140	180	满足要求
侧屏蔽 墙	屏蔽体厚度 (混凝土, cm)	南侧墙壁 A 点	135	150	满足要求
	屏蔽体厚度 (混凝土, cm)	北侧墙壁 E 点	135	150	满足要求
迷道	屏蔽体厚度 (混凝土, cm)	迷道内墙	187	270	满足要求
	屏蔽体厚度 (混凝土, cm)	迷道外墙	187	390 (含迷道内墙 270)	满足要求

防护门	屏蔽体厚度（铅，mm）	防护门	10. 11	20	满足要求
-----	-------------	-----	-----------	----	------

(二) 医用电子直线加速器辐射环境影响分析

本项目医用电子直线加速器在运行过程中产生的电离辐射为 X 射线，根据 GBZ/T201.2-2011，X 射线治疗时，各预测点人员可能受到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）：

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

$$B = 10^{-(Xe+TVL-TV L_1)/TVL} \quad (\text{式 11-12})$$

$$Xe = X / \cos\theta \quad (\text{式 11-13})$$

患者一次散射辐射剂量估算

$$H = \frac{H_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R^2} \cdot B \quad (\text{式 11-14})$$

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 11-7，由患者一次散射对各关注点产生的剂量见表 11-8，机房迷道入口处由散射辐射产生的剂量见表 11-11。

表 11-11 主射线束和泄露辐射对关注点的剂量估算表表

计算参数	主屏蔽区 (C 点)	主屏蔽区 (G 点)	主屏蔽区 (J 点)	迷道内墙 (B 点)	迷道外墙 D 点	侧屏蔽墙 (A 点)	侧屏蔽墙 (E 点)	墙体 H 点	墙体 F 点	屋顶 I 点
屏蔽厚度 X (cm)	390	290	290	270	390	150	150	180	180	180
斜射角 θ	0	0	0	0	0	0	0			
有效屏蔽厚度 Xe (cm)	390	290	290	270	390	150	150	180	180	180
TVL1 (cm)	41	41	41	35	35	35	35	35	35	35
TVL (cm)	37	37	37	31	31	31	31	31	31	31
透射因子 B	3.69E-11	1.86E-08	1.86E-08	2.63E-09	3.53E-13	1.95E-05	1.95E-05	2.10E-06	2.10E-06	2.10E-06
H ₀ (μSv.m ² /h)	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08
f	1	1	1	1	1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
R (m)	10.5	7.4	5.55	10.95	10.95	5.5	5.5	7.4	7.4	4.1

剂量当量 H(μSv/h)	8.04E-05	8.17E-02	1.45E-01	5.26E-03	7.08E-07	1.55E-01	1.55E-01	9.21E-03	9.21E-03	3.00E-02
------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

表 11-12 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 H 点	墙体 F 点	屋顶 I 点
屏蔽厚度 X (cm)	123	123	140
斜射角 θ	26	26	38
有效屏蔽厚度 Xe (cm)	190	190	146
TVL (cm)	28	28	28
透射因子 B	1.61E-07	1.61E-07	5.88E-06
H ₀ (μSv.m ² /h)	2.40E+08	2.40E+08	2.40E+08
α_{ph}	7.09E-03	7.09E-03	8.67E-03
F (cm ²)	1600	1600	1600
R (m)	5	5	5
剂量当量 H(μSv/h)	0.04	0.04	1.96

(三) 辐射环境影响综合分析

$$E = H \times 10^{-3} \times q \times h \times W_T \quad (\text{式 11-15})$$

由式 11-15 估算各关注点的年附加有效剂量:

式中:

H—关注点的剂量当量 ((μSv/h);

E—关注点的附加有效剂量 (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;

WT—组织权重因数, 全身为 1。

由此估算的加速器治疗室周围各关注点的年附加有效剂量见表 11-13。

表 11-13 加速器治疗室周围各关注点的年附加有效剂量估算表

关注点	屏蔽区	主要考虑的辐射束	射线路径	剂量当量 H 预测结果	工作负荷 (h/a)	居留因子	附加有效剂量预测结果
-----	-----	----------	------	-------------	------------	------	------------

				果 ($\mu\text{Sv/h}$)			(mSv/a)
A(北侧道路)	侧屏蔽墙	泄漏辐射	O→A	0.15	416.67	0.25	1.61E-02
B(防护门口)	迷楼入口	有用线束	O ₂ →O→B	0.01	416.67	1	2.19E-03
C(等候区)	迷路外墙	有用线束	O ₂ →O→C	0.00	416.67	1	3.35E-05
D(控制室)	迷路外墙	有用线束	O ₂ →O→D	0.00	416.67	1	2.95E-07
E(南侧通道)	侧屏蔽墙	泄漏辐射	O→E	0.15	416.67	0.25	1.61E-02
F(西侧空地)	与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区	散射辐射	O ₁ →O→F	0.04	416.67	0.0625	1.14E-03
		泄漏辐射	O→F	0.01	416.67	0.0625	2.40E-04
G(西侧空地)	有用线束主屏蔽墙	有用线束	O ₁ →O→G	0.08	416.67	0.0625	2.13E-03
H(水冷机房)	与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区	散射辐射	O ₁ →O→H	0.04	416.67	0.25	4.55E-03
		泄漏辐射	O→H	0.01	416.67	0.25	9.60E-04
I(屋顶)	与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区	散射辐射	O ₁ →O→I	1.96	416.67	0.0625	5.10E-02
		泄漏辐射	O→I	0.03	416.67	0.0625	7.81E-04
J(屋顶)	有用线束主屏蔽墙	有用线束	O ₃ →O→J	0.15	416.67	0.0625	3.78E-03

根据表 11-13, 本项目医用电子直线加速器治疗室运行后, 职业人员受到的附加有效剂量为 $2.19 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$, 满足职业人员 5mSv/a 的管理限值要求; 机房以外区域公众受到最大附加有效剂量为 $5.10 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$, 也满足公众人员 0.1mSv/a 的管理限值要求。此外, 本次评价考虑辐射工作人员可能接受医院其他的工作任务, 故保守起见需进行剂量叠加预测。根据德阳市人民医院提供的 2017 年第三、第四季度~2018 年第一、二季度连续四个季度个人剂量报告, 医院现有辐射工作人员个人剂量最大值为 0.232mSv/a 。根据四川同佳检测有限责任公司出具的德阳市人民医院 2017 年度辐射环境现状监测可知, 德阳市人民医院 2017 年度辐射工作场所公众最大年附加有效剂量为 0.02mSv/a 。故本项目的所有职业人员年最大有效剂量为 0.05mSv/a , 公众受到最大附加有效剂量为 0.07mSv/a , 满足评价标准要求, 因此对周围的辐射环境影响较小。

二、电子线环境影响分析

根据《辐射防护手册》第三分册 4.1.5 加速器的辐射源 (P95) 提供, 对于电子, 在能量为 $2 \sim 20 \text{MeV}$ 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 15MeV , 射程为 $15 \times 0.6 = 9 \text{g/cm}^2$, 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 15MeV，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 25MeV 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 2.3MeV，远低于相应的电子束和 X 射线的能量。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 180mm 含硼石蜡吸收热中子。

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 11-11 中。本项目使用的加速器最大能量为 15MeV，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 11-14 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 射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 射线吸收剂量指数率(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:

$$H = \frac{KDQEE}{V(\lambda + N)} \cdot e^{-(\lambda+N)T} \cdot (1 - e^{-(\lambda+N)t}) \cdot (1 - e^{-(\lambda+N)t_1}) \quad (\text{式 11-16})$$

式 11-16 中, K 为相关系数,其值为 8.16×10^{-4} ; V 为受污染气体体积,取加速器工作室体积的 30%,取值为 96.38m^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 15MeV;距 X 射线源 1m 处的剂量率最大为 4Gy/min;每次治疗时间 t 取 1min;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 9 次/h,每天照射 100 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 11-15。

表 11-15 ^{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	0.387	5	职业人员
	0.025	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 0.387mSv,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 0.025mSv,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。

四、臭氧环境影响分析

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

$$Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_0 \cdot R \cdot g \quad (\text{式 11-17})$$

式中：

Q_0 —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_0 —射束在距离源点 1m 处的照射面积 m²，本项目为 0.16m²；

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以下式计算：

$$C = \frac{Q_0 \cdot T_v}{V} \dots\dots\dots (\text{式 11-18})$$

式中：

C —室内臭氧平衡浓度，mg/m³；

T_v —臭氧有效清除时间，h；

V —曝光室内空间体积，取 321.38m³；

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots\dots\dots (\text{式 11-19})$$

式中：

t_v —每次换气时间，h；

t_a —臭氧分解时间，h，此处取为 0.83h。

加速器治疗室每小时换气 9 次，每次换气时间均为 6.7min，则加速器治疗室

内的臭氧平衡浓度为 $7.64 \times 10^{-4} \text{mg/m}^3$ ，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 9 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，排风口距离地面高 4.6m 处，

五、噪声环境影响分析

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）2 类标准限值要求。

事故影响分析

一、事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-16。

表 11-16 辐射事故等级划分表

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

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（表 11-17）：

表 11-17 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、辐射事故识别

根据污染源分析，本项目环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射，直线加速器只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源，便不会再有射线产生。本项目辐射工作人员有 14 名，可能发生的辐射事故如下：

(1) 加速器运行时，无关人员意外误入治疗室或工作人员滞留在治疗室内而造成误照射。

(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。

三、事故情况下的环境影响分析

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 μ Sv/h，则维修人员受到的辐射剂量为 0.95 μ Sv/次。

综上所述，根据上述两种事故情景下计算的结果，对照表 11-3、表 11-4 可得出最大可能发生的事故为一般辐射事故。

四、事故防范措施

当设备关机时不会产生 X 射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素，本次评价事故工况环境影响考虑可能发

生的最大辐射事故，即医用直线加速器运行时，人员误入造成有关人员被照射，在加速器运营中，为了防止出超剂量照射事故，设备自身采取了多种安全防护措施，

主要有：

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

②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。

③控制台上配置有独立于其它任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终止后能保留计时器读数，计时器复零的，才能启动下次辐照。

④有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。

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

⑥有全部安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

⑦有门机安全联锁，机房门关闭后辐射才能启动。

⑧控制台和治疗室内均安有紧急停机开关，当发生辐射安全事故时应立即按下紧急停机开关，终止射线出束。

以上的各种安全联锁装置，体现了电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871—2002）中规定的多种性，独立性和冗余性。有了以上安全防范设施、加上人员的正确操作和认真执行各种安全规章制度，即可减少或避免人员误入和超剂量照射事故的发生。

对机房的排风设备，应加强检查维修，使其保持正常运行，以避免发生臭氧积累事故。

综上，为了杜绝上述辐射事故的发生，环评要求建设方严格执行以下风险预防措施：

（1）定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

(2) 建设单位需制定《射线装置操作规程》。凡涉及对射线装置进行操作，必须按操作规程执行，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

(3) 定期对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换，并建立射线装置维护、维修台账；

(4) 建设单位所有辐射工作人员需参加四川省环保厅组织的辐射安全与防护培训，均需持证上岗；

(5) 辐射工作场所安防措施为确保本项目所使用的 II 类射线装置的安全，本项目采取的安全保卫措施见下表 11-18。

表 11-18 射线装置工作场所安全保卫措施一览表

工作场所	措施类别	对应措施
	防火	本项目各射线装置机房所在建筑内均设有灭火器、消防栓。
	防盗、防抢和防破坏	① II 射线装置机房及附属设施纳入医院日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏； ② 工作场所应设置监控摄像头实行 24h 实时监控； ③ 安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗抢事件，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案； ④ 机房和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防泄漏	① 本项目所使用的射线装置购置于正规厂家，出厂时加速器的杂散辐射和泄漏辐射不会超过《医用电子加速器卫生防护标准》（GBZ126-2002）规定的限值； ② 本项目机房均已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要按照设计和环评要求进行落实，机房是不存在辐射泄漏的情况，机房具体屏蔽情况见表 1-1； ③ 直线加速器治疗室内还应安装固定式剂量报警装置。

表 12：辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

建设单位目前已成立了“辐射安全与环境保护领导小组”（见附件），其职责包括：
①全面负责医院内辐射安全管理工作；②认真学习贯彻国家相关法律法规、标准，结合公司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律法规教育和安全环保知识培训；④检查安全环保设施，开展辐射环境监测，对医院内使用的 X 射线装置的安全防护情况进行年度评估；⑤安排辐射工作人员的职业健康体检，并做好体检资料的档案管理工作；⑥负责公司内辐射事故的处理和调查工作；⑦定期向环保和主管部门报告安全工作，接受环境监督、监测部门的检查指导。

领导小组人员设置如下：

表 12-1 辐射安全与环境保护领导小组人员设置表

职务	人员
组长	曾涛
副组长	尹丽、明兵
成员	蒋帅、朱华蓉、文书银、陈强等

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。

辐射安全管理规章制度

一、辐射安全综合管理要求及落实情况

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

项目	规定的制度	落实情况	应增加的措施
场所设施	辐射安全管理规定	已有	/
	辐射工作场所安全管理要求	已有	需上墙
	医用电子直线加速器操作规程	需制定	需上墙
	辐射安全和防护设施维护维修制度	已有	/
	场所分区管理规定（含人流、物流路线图）	需制定	/

	X 射线诊断中受检者防护规	已有	/
	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需完善	/
监测	监测仪表使用与校验管理制度	需完善	/
	辐射工人员培训管理制度	需完善	/
人员	辐射工作人员个人剂量管理制度	已有	/
	辐射工作人员岗位职责制度	需完善	需上墙
应急	辐射事故应急预案	需完善	需上墙
其他	质量保证大纲和质量控制检测计划	已有	/

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。

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的新的相关法规内容，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。建设单位在按照环评要求对制度、人员、场所、设施等进行补充完善后，项目符合辐射安全及环境保护要求。

二、档案资料

辐射工作单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。档案资料可分以下十大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“放射源和射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、和“废物处置记录”。建设单位应当根据单位辐射项目开展的实际情况将档案资料进行分类管理。

环评要求：建设单位应按《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）》的通知》内要求，落实辐射安全档案资料归档工作。

辐射监测

医院应按照国家规定给辐射工作人员配备个人防护用品、个人剂量计、个人剂量报警仪。个人剂量计及个人剂量报警仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度。运行前，应请具有资质的监测单位对使用场所辐射情况进行实测，判断直线加速器是否处于有效屏蔽，防止意外发生。在个人剂量管理中，应按照如下监测计划执行，明确职业个人剂量管理目标值，对超过剂量管理目标值的情况必须采取有效干预措施，以保证工作人员健康。

一、个人剂量监测

本项目拟配置 14 名辐射工作人员，共需个人剂量计 14 个，德阳市人民医院需将个人剂量计定期（每季度一次）送有资质的单位进行检定，并根据四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发【2010】49 号）及《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）》的通知》（川环函〔2016〕1400 号）做好个人剂量管理的工作。

环评要求：

①加强辐射工作人员职业健康检查管理，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测一次，送检周期最长不超过 90 天，专人专戴；

②当单季度辐射工作人员个人剂量检测数值超过 1.25mSv，医院要对该工作人员进行干预；当连续一年内个人剂量超过 5mSv 时，医院需进行超标原因调查，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；当连续 5 年的平均个人剂量超过 20mSv 或单年个人剂量超过 50mSv 时，需要启动辐射事故应急预案；

③建立个人剂量档案，辐射工作人员调离辐射工作岗位，个人剂量档案要保存 30 年，如果辐射工作人员一直从事辐射工作到退休，个人剂量档案要保存到 75 岁；

④保证每名辐射工作人员定期进行职业健康检查，没有检查要说明原因，检测结果异常要分析说明原因。

二、辐射工作场所及周围环境辐射监测

①监测项目：X- γ 射线空气吸收剂量率；

②监测频度：委托有监测资质单位至少每年监测 1 次，建设单位每月自行监测一次，监测数据应存档备案；

③监测范围：见表 12-5；

④监测设备：便携式 X- γ 辐射监测仪

⑤监测质量保证

a、制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用上级监测部门的监测数据与公司监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；

b、监测必须采用国家颁布的标准方法或推荐方法；

c、制定辐射环境监测管理制度。

⑥监测设备：X- γ 辐射监测仪，建设单位应保证仪器的准确性和可靠性。

项目正式投运前，应立即向四川省环境保护厅申请项目验收，由有资质单位验收监测合格后才能投入使用。

三、监测计划

根据环保部第3号令《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008年修订）、环保部第18号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《四川辐射污染防治条例》、《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）》的通知》及相关管理要求，将本项目监测计划列于表12-2。

表 12-2 监测计划一览表

项目	监测频次		监测内容
周围环境 辐射监测	委托监测	委托有资质单位每年监测一次	操作人员操作位、控制室、过道、防护门外、水冷机房
	自我监测	建设单位每月自行监测一次	
个人剂量 监测	全部辐射工作人员每季度1次		14名辐射工作人员进行作业时佩戴个人剂量计（个人剂量计应于每季度送检），每次作业时个人剂量计应该佩戴于胸前。

四、年度评估

根据《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）》的通知》，核技术利用单位应于每年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》。

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。

（1）医院既有辐射事故应急预案包括了以下内容：①辐射事故的分级；②辐射事故的预防；③组织机构及职能；④辐射事故的处理；⑤辐射事故应急处理流程图。

（2）根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定，应急预案中还应补充以下内容：①应急和救助的装备、资金、物资准备；②辐射事故各分级的应急响应措施；③辐射事故调查、报告和处理程序；④还应包括事故上报时要向环保、卫生、公安部门汇报的内容；⑤预案中应当明确四川省环境保护厅（028-80589003、028-80589100）、德阳市市环境保护局（0838-2209135）的应急电话；⑥增加应急人员的组织、培训计划和实施。

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，应根据国家新发布的相关法规内容，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：新增直线加速器建设项目

建设单位：德阳市人民医院

性质：新建

建设地点：德阳市旌阳区泰山北路 173 号德阳市人民医院肿瘤科楼南侧停车场。

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。根据国家发展和改革委员会第 21 号令《产业结构调整指导目录》（2011 年本）（2013 年修正）相关规定，属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，因此，本项目是国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家当前的产业政策，符合辐射防护的正当性。

三、本项目选址合理性及辐射工作场所布置合理性分析

由医院外环境关系及院内项目外环境关系可知，医院周边主要为居民住宅和市政绿地；项目周边主要为院区功能分区，项目选址无大的环境制约因素。本项目直线加速器治疗室为独立建筑，周边区域人流相对较少，避免造成公众不必要的照射。本项目建成投运后产生的环境影响主要为电离辐射，经治疗室四周墙体、防护铅门屏蔽后对工作人员和治疗室外公众的照射剂量低于《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）的限值要求和本报告提出的剂量约束值。

本项目运行期间不会产生生产废水，生活污水依托医院已有的污水处理设施处理达标后排放，不会对当地水质产生明显影响；本项目产噪设备为风机，声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划；同时本项目运行期间产生的电离辐射经有效屏蔽后对周围环境影响较小；同时本项目的建设不占用医院消防通道，通过合理规划，可实现本项目与院区其他功能单元的相容

本项目选址位于德阳市人民医院院内，不新增占地，医院用地为医疗用地，符合德阳市总体规划。本项目与周边环境相容。因此本项目选址合理。

由辐射工作场所平面布局可见，本项目各辐射工作场所及周边辅助用房整体

布局紧凑，既便于医疗工作，又利于辐射防护。各辐射工作场所用房之间采用墙体分隔，墙体、防护门的屏蔽防护厚度充分考虑了电离辐射效应，能够有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。

综上所述，本项目辐射工作场所两区划分明确，平面布局既满足放射诊疗工作要求，有利于辐射防护。此外，本项目治疗室内建有排风设施，治疗室室内废气由屋顶排出，排风口设置在人员不能到达的屋顶区域，减少废气对环境的影响。综上，从环境保护及辐射防护角度分析，本项目选址及平面布局可行。

四、项目所在地区环境质量现状

本项目运营期对所在区域的大气、地表水、声学环境质量基本无影响，因此本次评价不对项目所在地的大气、地表水、声学环境质量现状进行详细调查评价。

德阳市人民医院新增直线加速器建设项目新建场所 X- γ 辐射剂量率范围值为 $9.0 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 11.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，与《四川环境天然贯穿辐射水平调查研究》中德阳地区（1995 年）的背景资料相比较（德阳原野 γ 辐射空气吸收剂量率范围值约为 $39.2 \sim 137 \text{nGy/h}$ ），无显著差异，属正常环境本底水平。

五、环境影响评价分析结论

（一）施工期

本项目施工期较短，通过采取相应的防治措施，对周围环境影响较小。

（二）营运期

1、辐射环境影响分析

本项目医用电子直线加速器治疗室运行后，职业人员受到的附加有效剂量为 $2.19 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，满足职业人员 5mSv/a 的管理限值要求；机房以外区域公众受到最大附加有效剂量为 $2.04 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，也满足公众人员 0.1mSv/a 的管理限值要求。此外，本次评价考虑辐射工作人员可能接受医院其他的工作任务，故保守起见需进行剂量叠加预测。根据德阳市人民医院提供的 2017 年第三、第四季度~2018 年第一、二季度连续四个季度个人剂量报告，医院现有辐射工作人员个人剂量最大值为 0.232mSv/a 。根据四川同佳检测有限责任公司出具的德阳市人民医院 2017 年度辐射环境现状监测可知，德阳市人民医院 2017 年度辐射工作场所公众最大年附加有效剂量为 0.07mSv/a 。故本项目的所有职业人员年最大有效剂量为 0.23mSv/a ，公众受到最大附加有效剂量为 0.09mSv/a ，满足评价标准要求，

因此对周围的辐射环境影响较小。

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 0.387mSv，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 0.025mSv，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。

2、大气的环境影响分析

本项目直线加速器运行期间，由于产生的臭氧较少，采用机械通排风设施排入大气后，经大气稀释自然扩散后，可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准要求，对周围大气环境影响轻微。

通过采取上述固处理措施后，固体废物不会对周围环境造成影响。

3、声环境影响分析

本项目产噪设备主要为排风机运行噪声，源强一般在 65dB（A）。通过选用低噪音风机，并在风道安装阻抗式消声器，经厂房建筑隔噪及距离衰减后，厂界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类功能区标准限值要求。

六、事故风险与防范

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

七、环保设施与保护目标

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

八、辐射安全管理的综合能力

建设单位根据相关法律法规及国家标准的要求，成立辐射安全领导小组，需制定的制度建立后，可以满足安全管理要求，但建设单位务必严格执行，并在项目运营过程中继续修订、补充和完善，以适应后期运行需求。经过采取上述措施医院具备辐射安全管理的综合能力。

九、项目环保可行性结论

本评价认为：在坚持“三同时”原则，采取切实可行的环保措施，特别是认真落实设计单位及本报告提出的各项防治措施后，本项目建设在辐射安全和环境保护角度是可行的。

建议和承诺

1、认真学习国家环保法规政策，提高安全文化素养，增强辐射防护意识；要求职工严格执行各项安全管理规章制度和安全技术操作规程；将相关安全操作规程和应急预案等张贴于操作室墙上，提醒工作人员及其公众。操作人员必须持有主管部门、专业部门颁发的操作证，按规定参加培训考核。

2、对直线加速器要做好防火防盗工作。

3、每年对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前上报省环保厅，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；⑦存在的安全隐患及其整改情况；⑧其他有关法律、法规规定的落实情况；⑨接受环保部门组织的辐射防护知识培训。

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

表 14：审批

下一级环保部门预审意见：

公章

经办人：

年 月 日

审批意见：

公章

经办人：

年 月 日