

核技术利用建设项目

河西学院附属张掖人民医院直线加速器

建设项目环境影响报告表

(送审稿)

河西学院附属张掖人民医院

2024年5月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

河西学院附属张掖人民医院直线加速器 建设项目环境影响报告表

建设单位名称：河西学院附属张掖人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：甘肃省张掖市甘州区西环路 67 号

邮政编码：734000 联系人：罗岩山

电子邮箱：lyspiaoge@126.com 联系电话：15593662880



营业执照

(副本)

统一社会信用代码
91641100MA78CBWY9X

扫描二维码
“国家企业信用
信息公示系统”
了解更多登记
备案、许可、监
管信息。



名称 长润安测科技有限公司

类型 有限责任公司(自然人投资或控股的法人独资)

法定代表人 张俊杰

经营范围 许可项目：检验检测服务；放射卫生技术服务；职业卫生技术服务；室内环境检测。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准）一般项目：环境保护监测；环保咨询服务；计量技术服务。（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）

注册资本 伍仟万圆整

成立日期 2017年10月13日

住所

宁夏银川市金凤区丰登镇闽海湾中央商务区
大连路林带北侧力德财富大厦第25层2503号



登记机关

2023年07月18日

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP 00018085
No.



持证人签名:
Signature of the Bearer

管理号: 201503564035201464232000027
File No.

姓名: 沈立平
Full Name _____
性别: 男
Sex _____
出生年月: 1982年06月
Date of Birth _____
专业类别: /
Professional Type _____
批准日期: 2015年05月24日
Approval Date _____

签发单位盖章:
Issued by 宁夏回族自治区人力资源和社会保障厅

签发日期: 2015年 05月 24日
Issued on

建设项目环境影响报告书（表） 编制情况承诺书

本单位长润安测科技有限公司（统一社会信用代码91641100MA76C6WY9X）郑重承诺：本单位符合《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于（属于/不属于）该条第二款所列单位；本次在环境影响评价信用平台提交的由本单位主持编制的河西学院附属张掖人民医院直线加速器建设项目项目环境影响报告书（表）基本情况信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密；该项目环境影响报告书（表）的编制主持人为沈立平（环境影响评价工程师职业资格证书管理号2015035640352014642320000027，信用编号BH021803），主要编制人员包括沈立平（信用编号BH021803）、苏日娜（信用编号BH058011）（依次全部列出）等2人，上述人员均为本单位全职人员；本单位和上述编制人员未被列入《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》规定的限期整改名单、环境影响评价失信“黑名单”。

承诺单位（公章）

2024年6月17日



目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	16
表 3 非密封放射性物质	16
表 4 射线装置	16
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	21
表 8 环境质量和辐射现状	28
表 9 项目工程分析与源项	32
表 10 辐射安全与防护	38
表 11 环境影响分析	48
表 12 辐射安全管理	62
表 13 结论与建议	71
表 14 审批	75
附件 1：建设项目环境影响报告委托书	76
附件 2：医院现有辐射安全许可证	77
附件 3：事业单位法人证书	83
附件 4：环境本底检测报告	84

表 1 项目基本情况

建设项目名称		河西学院附属张掖人民医院直线加速器建设项目			
建设单位		河西学院附属张掖人民医院			
法人代表	钱军	联系人	罗岩山	联系电话	15593662880
注册地址		甘肃省张掖市甘州区西环路67号			
项目建设地点		甘肃省张掖市甘州区西环路67号河西学院附属张掖人民医院放疗中心楼一楼治疗室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	2900	项目环保投资（万元）	250	投资比例	8.62%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	232
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"/> II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	无			

1.1 建设单位简介

河西学院附属张掖人民医院（以下简称：医院）是全市唯一一所综合性国家级三级甲等医院，始建于1956年，担负着全市128万人民群众的医疗、预防、保健、急救、康复、医学科研和全市医疗卫生人员的专业技术培训任务。医院现占地面积11万多平方米，医院固定资产达7.10亿，业务用房面积达13.6万平方米，开放床位1000张，设置临床科室24个，医技科室9个，门诊部、急救中心、健康管理中心等。现有职工总数1464人，其中高级职称195人，中级职称302人；专业技术人员1215人，占职工总数的82.43%。2019年年门诊接诊人次60.6万、住院患者3.2万人次，手术1.2万次。医疗服务范围辐射河西地区及周边青海、内蒙等省区。医院放疗中心成立于2004年，现

有各级各类医护人员13人。其中主任医师1人，副主任医师1人，主治医师1人，住院医师2人，LA·(X刀· γ 刀)物理师2人，技师6人,主管护师1人，配有开放性床位30张。拥有德国西门子高能直线加速器，西门子双排CT定位机，电动多叶光栅、三维适形计划系统、三维调强计划系统（TPS）及计划验证系统，固态水模计量校准系统，HMD-IA型高精度放射治疗模拟机，TN-C-A1.A型X线热切割机，TL3000B智能化剂量仪等整套的放射治疗设备。能够实施二维适形放射治疗、三维适形放射治疗，调强放射治疗，CT模拟定位和X线模拟定位等技术。截止现在，实现了社会效益及经济效益“双丰收”。

1.2 任务由来

近年来，恶性肿瘤的发病率呈现上升趋势。据有关数据显示，我国居民恶性肿瘤死亡率比70年代中期增加了83%。按照我国的人口基数来计算，2015年甘肃肿瘤年报显示我省恶性肿瘤发病率294/10万人。依次推算地区人口为120万，每年新发患者约3500人加上每年复发病患者，需要诊疗的患者大于7000人以上。建设单位为张掖市唯一一家放射诊疗机构，面对严峻的肿瘤形势医院先后开展肿瘤的手术、放疗、化疗的治疗手段。在实际工作中，医院在肿瘤治疗领域取得长足进步。但是在临床工作中，70%患者在治疗中需要放疗的介入（根治形放疗、术前放疗、术中放疗、术后辅助放疗、姑息性放疗、挽救性放疗）。按照世界卫生组织的建议：每百万人口应有放疗设备2-3台，张掖地区目前仅配备有1台医用直线加速器，因病人数量逐年增多，建设单位原有的一台西门子医用直线加速器设备陈旧，已经超过设备服务年限，为进一步提升医疗服务能力，确保医疗救治的及时和精准，满足患者对肿瘤治疗的迫切需求，为解除广大肿瘤患者的疾苦，降低异地就医的不便，减轻地区财政负担，同时使肿瘤方面的患者在当地就可以得到有效的治疗，缓解人们看病难和看病贵的情况，现更新1台医用电子直线加速器来提升医院治疗手段。

河西学院附属张掖人民医院拟在医院放疗中心楼一层治疗室（加速器机房）购置1台Elekta Synergy型号的医用电子直线加速器，由于治疗室原有辐射防护情况无法满足Elekta Synergy型号医用电子直线加速器运行需要，医院拟对治疗室进行辐射安全与环境保护措施改造。

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，核技术利用项目应进行环境影响评价。

依据原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号<关于发布《射线装置分类》的公告>可判断本次评价的直线加速器为II类射线装置，根据国家《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021版）第五十五项 172 条核技术利用建设项目中使用II类射线装置的规定，本项目应编制环境影响报告表，并报生态环境局审查批准。

为此，河西学院附属张掖人民医院于2024年3月11日委托长润安测科技有限公司编制该项目的环境影响报告表。我单位接受医院委托后，组织技术人员到现场勘探和收集资料，核实项目建设现状，同时对本项目所在场所进行了环境 γ 辐射剂量监测，根据本项目辐射环境现状的监测结果，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》（HJ 10.1-2016）的要求，编制了本环境影响报告表。

1.3 评价目的

- （1）对本项目拟建区域进行辐射环境现状监测，掌握评价范围内辐射环境水平；
- （2）评价本项目在运行中对职业人员、公众人员和环境带来的辐射影响；
- （3）评价本项目采取的辐射防护措施的有效性，为环境生态部门进行辐射环境管理提供依据；
- （4）对本项目采取的辐射防护措施进行优化、完善，把辐射环境影响控制在“可合理达到的尽量低水平”，并为建设单位保护环境和公众利益安全给予技术支持；
- （5）通过项目环评影响评价，为建设单位环境保护和公众利益给予技术支持；
- （6）为建设单位的辐射环境管理提供科学依据。

1.4 项目概况

1.4.1 项目建设内容及规模

本项目使用1台10MV医用电子直线加速器，安装于放疗中心楼一楼加速器治疗室，并对治疗室进行防护改造，项目投入使用后，开展放射治疗工作。

该机房原有1台PRIMUS型号的6MV医用电子直线加速器，因设备老化性能下降，现拟拆除。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》的环评类别，原有的PRIMUS型号的医用电子直线加速器属于**粒子能量不高于10兆电子伏的电子加速器**，故该设备不涉及核技术利用项目退役情况。医院于2006年开展放疗工作，引进原有的医用电子直线加速器时监管部门暂无对此类设备有环评、验收等法律法规要求，故本项目无**原场所**环评验收及辐射安

全许可等相关手续文件。

(1) 建设项目拟安装设备信息

本项目涉及的加速器已初步确定，具体设备信息见表1-1。

表 1-1 直线加速器主要技术参数

设备名称	型号	主要参数		
		序号	参数名称	参数值
医用电子直线加速器	Elekta Synergy	1	X射线能量	6MV、10MV
		2	等中心最大剂量率	600cGy/min
		3	电子线	6MeV、8MeV、10MeV、12MeV、15MeV
			最大参数	15MeV, 600cGy/min
		4	等中心照射野	40cm×40cm
		5	等中心距地面距离	124cm
		6	X射线漏射率	≤0.1%
		7	SAD	100cm
		8	机架旋转角度	360°
		9	半影区	7mm（附加条件：10×10cm射野，标准条件下测量）
		10	有用线束距靶1m	6Gy/min
11	CBCT参数	150kV、500mA		

(2) 建设项目组成及主要环境影响因素

建设项目组成及主要环境影响因素见表1-2。

表 1-2 项目组成及主要环境影响因素

工程名称	项目内容			主要环境影响因素		备注		
	原有辐射防护措施	辐射防护改造措施	施工期	运行期				
主体工程	加速器机房	南墙	1450mm混凝土	/	噪声、固废、扬尘、废水	X射线、电子射线、O ₃ 、NO _x	利旧	
		北墙	迷道内墙	1070mm混凝土			/	利旧
			迷道外墙	1380mm混凝土			/	利旧
		西墙	主屏蔽	2200mm混凝土			机房主屏蔽墙外侧增加500mm混凝土	改建
			侧屏蔽	1450mm混凝土			/	利旧
		东墙	主屏蔽	2200mm混凝土			机房主屏蔽墙外侧增加500mm混凝土	改建
			侧屏蔽	1450mm混凝土			/	利旧

	顶棚	主屏蔽	2200mm混凝土	机房主屏蔽墙外侧增加500mm混凝土			改建
		侧屏蔽	1450mm混凝土	/			利旧
	地板		地下为土层，不做特殊防护处理				利旧
	防护门		18mmPb				利旧
	治疗室面积		治疗室长为7000mm，宽为6630mm，有效使用面积为46.4m ² ；治疗室容积为172.18m ³ 。				利旧
辅助工程	控制室	控制室面积约为13.6m ²			噪声、固废、扬尘、废水	/	利旧
	水冷机房	水冷机房面积约为6m ²					
	库房	库房面积约为15m ²					
公用工程	供电工程	依托建设单位原有及拟建供电设施。			/	/	依托
	排水工程	依托建设单位原有及拟建排水设施。			/	/	
	给水工程	依托建设单位原有及拟建给水设施。			/	/	
环保工程	辐射防护	加速器机房防护门采取相应的防护，满足辐射防护要求			噪声、固废、扬尘、废水	/	利旧
	检测/报警工具	个人剂量报警仪、固定式剂量报警仪和X-γ剂量检测仪			/	/	依托
	废水处理	生活污水和普通医疗废水依托医院原有污水处理设施处理达标后排入市政污水管网			/	/	
	废气处理	机房内设置通风系统			/	/	
	固废处理	生活垃圾收集后交由环卫部门统一处置，医疗废物依托医院原有的医疗废物暂存间，定期由有资质的单位运输处置			/	/	

1.4.2 工作负荷与劳动定员

(1) 工作负荷：根据建设单位提供的资料，加速器预计最大工作负荷为48人次/天，240人次/周，单次治疗时间为3min，则本项目医用电子直线加速器周治疗照射时间为12h/周。

(2) 劳动定员情况：建设项目拟配备现有13名辐射工作人员进行轮岗排班制，其中相关放疗医生6名，放疗技师/维修人员5名，物理师2名。

根据建设单位提供资料，放疗科辐射工作人员均已参加医院组织的辐射安全培训自主考核。医院拟组织本项目辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）的辐射防护培训，并参加**放射治疗**辐射安全与防护考核，考核成绩合格后可上岗。

1.5 项目选址及平面布局合理性

1.5.1 建设单位地理位置

河西学院附属张掖人民医院位于甘肃省张掖市甘州区甘肃西环路67号，建设单位地理位置见图1-1。



图 1-1 建设单位地理位置图

1.5.2 项目周边环境及平面布置情况

本项目放疗中心楼位于医院东南角，放疗中心楼北侧为门急诊楼，东侧为非机动车停车场和室外院子，南侧为机动车停车场和室外院子，西侧为综合楼，建设项目周边环境关系示意图见图1-2。

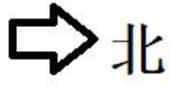


图1-2 建设项目周边环境示意图

1.5.2 项目周边环境及平面布置情况

本项目位于建设单位放疗中心楼1楼，加速器机房北侧和南侧为室外院子；西侧为试剂库房；东侧为水冷机房、库房、走廊和控制室；加速器机房楼上为屋顶；楼下为土层。

综上所述，建设项目能最大避免了本项目对公众的影响，故该项目布局合理。
项目所在加速器机房平面布局图见图1-3。



室外

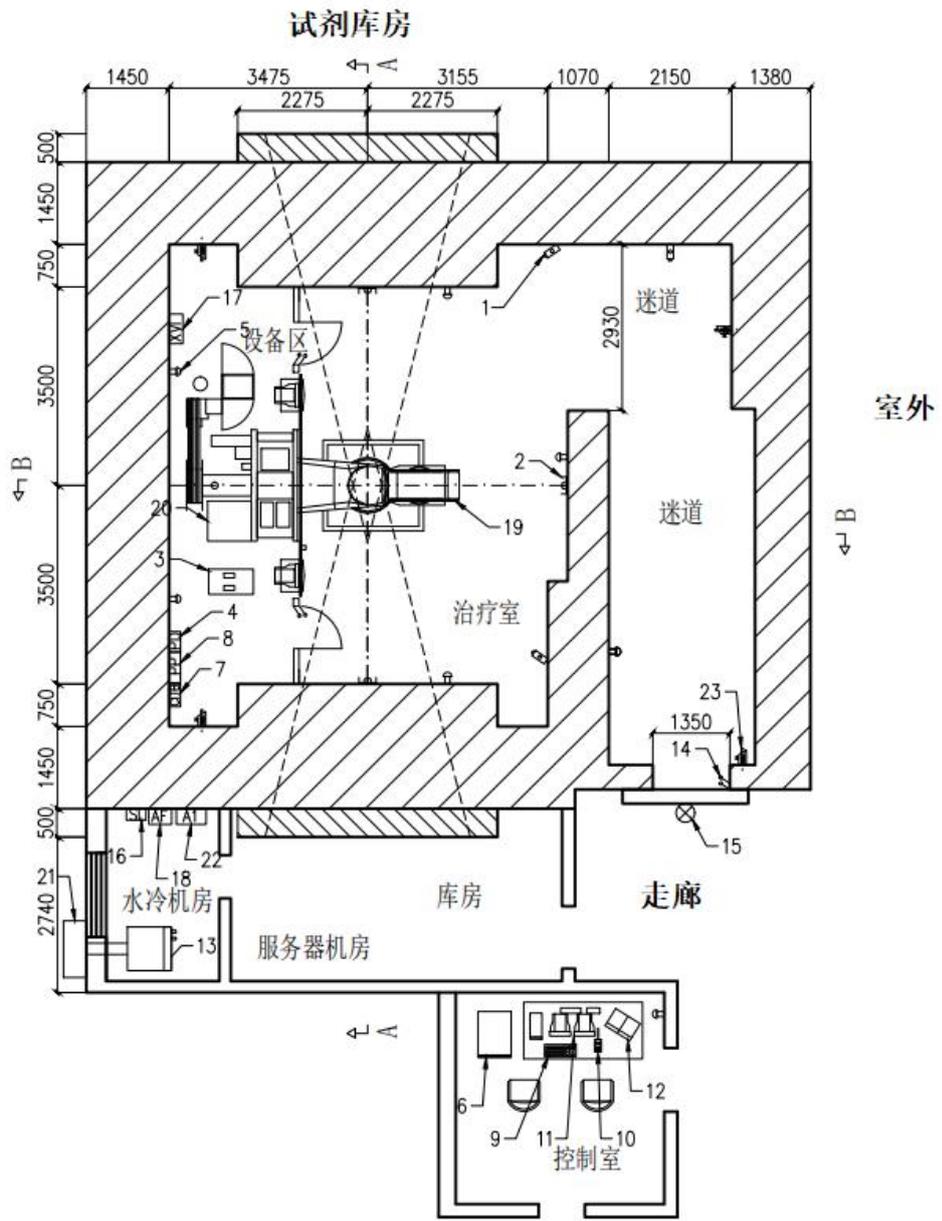


图1-3 加速器机房平面布局图

1.5.3 选址合理性分析

本建设项目位于医院内部，不新增使用土地，项目所在放疗中心楼为原有楼房。本项目屏蔽体50m评价范围内均为医疗用地及道路，无学校等环境敏感区，因此本项目选址合理。加速器评价范围见图1-4。



图1-4 加速器评价范围

1.6 产业政策分析

按照《产业结构调整指导目录(2019年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号修改，2020年1月1日起施行，2021年12月30日修订)：“第一类鼓励类”中的“十三、医药”中的“5、新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”之规定，本项目属于鼓励类产业，符合国家产业政策。

1.7 利益代价分析

1.7.1 利益分析

(1) 经济效益

医用电子直线加速器是用于肿瘤或其他病灶放射治疗的一种射线装置，能够产生X射线束和电子射线束，具有剂量率高、照射时间短、照射野大、剂量均匀稳定以及半影区小等特点。在肿瘤治疗中的作用和地位日益突出，已成为治疗恶性肿瘤的主要手段之一。

(2) 社会效益

随着我国社会经济的迅速发展，人民生活水平逐渐提高，医疗卫生条件也得到了进一步改善。加速器放射治疗在临床上得到广泛应用，就诊人数逐年增加。项目建成后，有利于推动区域放射治疗临床应用的发展，同时也能极大程度上满足西北地区群众就诊需求，提高区域医疗水平，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用，具有显著的社会效益。

综上所述，本项目在落实辐射安全与环境保护措施后，可以实现经济效益、社会效益的协调发展。

1.7.2 代价分析

(1) 环境代价

项目使用II类射线装置，项目运行将产生一定辐射环境影响。项目设计采取一系列辐射安全与环境保护措施后，通过预测分析对环境造成的辐射影响可以满足相关标准要求。

(2) 个人剂量

项目运行对工作人员及公众造成一定的剂量照射。通过预测分析，在采取评价提出的辐射安全与环境保护措施前提下，项目正常运行致工作人员、公众年有效剂量，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于剂量限值要求和评价提出的个人剂量约束值要求。此外，针对项目可能导致的一般辐射事故，医院已经制定了辐射事故应急预案，成立了应急组织机构，减少辐射事故带来的危害。

(3) 环保投资

项目总投资为2900万，环保投资250万，环保投资占总投资比例为8.62%，具体投资情况见表1-3：

表1-3 环保投资一览表

投资项目	投资内容	投资金额
辐射防护	在加速器治疗室现有辐射防护情况基础上补充防护措施，使用混凝土层作为防护材	130

	料，辐射防护盖章情况详见表1-2.	
辐射安全措施	安装电离辐射警告标志及工作状态指示灯、视频及对讲系统、应急照明、固定式辐射剂量监测仪、门机连锁装置、门内紧急开门装置、紧急停机装置、锁定开关等辐射安全措施	40
废气处理	安装通风系统	75
监测仪表	配置2个辐射防护用X、 γ 辐射剂量当量率仪	5
合计		250

1.7.3 利益代价分析

项目建成后，可为周边地区广大群众提供放射治疗，满足区域群众就诊需求，提高区域医疗水平，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用，具有显著的社会和经济效益。项目在采取一系列辐射安全与环境保护措施的前提下，大大减轻项目对环境造成的不利影响。

1.8 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

综上所述，项目在落实辐射安全与环境保护措施后，可以实现经济效益、社会效益的协调发展。因此，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”要求。从利益代价角度分析，项目的建设是可行的。

1.9 原有核技术利用项目情况

1.9.1 原有核技术利用项目许可

建设单位已取得由张掖市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》，证书编号：甘环辐证[G0117]，许可种类和范围：使用II类、III类射线装置。发证日期为2024年02月26日，有效期至2027年03月05日。本项目医用电子直线加速器为新购置设备，设备设置场所依托医用原有放疗中心一楼的治疗室内，治疗室原有的医用电子直线加速器（射线装置序号1）拟拆除处理。

表 1-4 河西学院附属张掖人民医院现有射线装置

序号	装置分类名称	类别	数量/台(套)	装置名称	规格型号	生产厂家	场所	说明
1	粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器	II 类	1	粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器	PRIMUS	德国西门子	放疗中心楼：放疗中心一楼治疗室	辐射安全许可证副本已包含的设备
2	血管造影用 X 射线装置	II 类	4	血管造影 X 射线装置	Artsi ZeeIII Ceiling	西门子有限公司	介入治疗室	
				血管造影 X 射线装置	Artsi ZeeIII Ceiling	西门子有限公司	介入治疗室	
				血管造影 X 射线装置	FD20	荷兰飞利浦	介入治疗室	
				血管造影 X 射线装置	SOMATOM ArtisQ	德国西门子	介入治疗室	
3	口腔（牙科）X 射线装置	III 类	3	全景机	Planmeca ProMax	普莱美卡	口腔科	
				口腔（牙科）X 射线装置（口腔内 X 射线装置）	HELIODENT PLUS D3507	芬兰普兰美卡	口腔科	
				口腔（牙科）X 射线装置（口腔外 X 射线装置）	Planmeca oy	芬兰普兰美卡	口腔科	
4	医用诊断 X 射线装置	III 类	12	移动式 C 型臂	JZ12	西安集智	影像中心	
				医用诊断 X 射线装置（胃肠 X 射线机）	Uni-Vision	日本岛津	影像中心	
				医用诊断 X 射线装置-医用诊断 X 射线装置	DRXR-1	美国锐柯	影像中心	
				医用诊断 X 射线装置	UDR380i	上海联影	影像中心	
				医用诊断 X 射线装置	UDR760i	飞瑞医疗器械（嘉兴）有限公司	影像中心	
				医用诊断 X 射线装置	BVEndura	荷兰飞利浦	影像中心	
				医用诊断 X 射线装置	Ysio Max	德国西门子	影像中心	
				医用诊断 X 射线装置	uMammo 590i	中国联影	影像中心	
				医用诊断 X 射线装置	AIXIOM AristosXV PLUS	德国西门子	影像中心	
				医用诊断 X	YSIO	德国西门子	影像中心	

				射线装置			
				医用诊断 X 射线装置	Dura Diagonost	荷兰飞利浦	影像中心
				医用诊断 X 射线装置	COL-R-AF01C	飞瑞医疗器械（嘉兴）有限公司	影像中心
5	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	III类	7	32 排 CT	SOMATOM Go.Up	德国西门子	影像中心
				医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	uCT960+	武汉联影医疗科技有限公司	影像中心
				医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	Discovery CT750 HD	美国通用电气	影像中心
				医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	SOMATOMMSEN SATIOM64	德国西门子	影像中心
				医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	SOMATOM EmotionPlus	德国西门子	影像中心
				医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	uCT710	武汉联影医疗科技有限公司	影像中心
				医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	uCT503e	武汉联影医疗科技有限公司	影像中心

1.9.2 辐射安全与管理现状

（1）辐射安全管理机构

为了加强辐射安全与防护管理工作，促进同位素和射线装置合法的使用，本项目依托医院原有的辐射安全与环境保护管理领导小组，由院长任组长，负责辐射安全与环境保护管理工作。

（2）辐射安全与环境保护管理

为了规范辐射安全与环境保护管理工作，本项目依托医院制定的一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射安全和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训

计划、监测方案等。

目前，医院辐射安全与环境保护管理工作正常有序，各项辐射安全与环境保护管理制度执行良好。医院开展辐射安全和防护状况年度评估工作，已向生态环境主管部门提交上2023年度评估报告。

（3）辐射工作人员考核

医院原有核技术利用项目辐射工作人员共141名，均已通过辐射安全与防护考核或院内自主培训考核。本项目放疗科辐射工作人员共13名，仅参加医院组织的辐射安全培训自主考核，暂未参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）的**放射治疗**辐射安全与防护考核。医院拟在本项目投入使用前，组织所有放疗科辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，并合格培训证书后，组织放射工作人员开展工作。

（4）个人剂量检测

医院现有141名辐射工作人员（包含本项目放疗科13名辐射工作人员）均已开展个人剂量监测工作，并建立个人剂量档案。根据医院提供的《河西学院附属张掖人民医院外照射个人剂量检验报告》（2023年8月~2023年11月）检测结果0.008~7.348 μ Sv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录B1.1.1.1中由审管部门决定的连续5年的工作人员20mSv年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）。

1.9.3 辐射监测管理情况

（1）自主监测设备

医院已制定有辐射工作场所日常监测计划，配备有2台辐射巡测仪，对各辐射工作场的监督区各关注点进行周围剂量当量率检测。

（2）年度监测

医院每年委托有资质单位进行工作场所及周边环境年度监测，根据医院制定的射线装置监测制度，河西学院附属张掖人民医院委托放射卫生技术服务机构对医院原有射线装置工作场所及周围环境进行了监测，同时出具了检测报告。监测结果表明：医院现有的射线装正常运行工况下，射线装置机房四周屏蔽墙体、防护门、观察窗外表面30cm处周围剂量当量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）标准中相应限值要求。

（3）年度评估报告

医院已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011年5月1日实行）第十二条规定：生产、销售、使用、放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性

同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告，年度评估中暂未发现安全隐患。

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	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量	额定电流 (mA) /剂量率 (cGy/min)	用途	工作场所	备注
1	医用电子直线加速器	II	1	Elekta Synergy	电子	X射线：10MV 电子射线：15MV	X射线600cGy/min	放射治疗	放疗楼一楼治疗室	包含CBCT功能
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	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
O ₃	气态	—	—	—	—	微量	—	外排
NO _x	气态	—	—	—	—	微量	—	外排
废靶	固体	/	/	/	/	/	/	交由生产厂家回收

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

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第9号，2014年），自2015年1月1日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第24号，自2003年9月1日起施行，自2018年12月29日第二次修正；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第6号，2003年），自2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（1998年11月29日国务院令第253号发布；根据2017年7月16日国务院令第682号《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订，2017年10月1日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第44号，2005年12月1日实施2014年7月29日修订，2019年3月2日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令第709号）修订）；</p> <p>(6) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号），2016年3月7日起施行；</p> <p>(7) 《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），自2011年5月1日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006年1月18日国家环境保护总局令第31号公布，2021年1月4日最新修订；</p> <p>(9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部国家卫生计生委公告2017年第66号，2017年），自2017年12月5日起施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（部令第16号），自2021年1月1日起实施；</p>
------	--

- (11) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（国家发展和改革委员会令 第29号，于2019年8月27日第2次委务会议审议通过），自2021年12月30日修订；
- (12) 《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），自2006年9月26日起施行；
- (13) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号，自2017年11月20日发布并施行）；
- (14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部2019年第57号公告，2019年12月23日）；
- (15) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告2021第9号，2021年3月15日起实施）；
- (16) 《甘肃省辐射污染防治条例》（自2021年1月1日起修订施行）；
- (17) 《甘肃省生态环境厅环境影响评价审批目录（2023本）》（甘环环评发〔2023〕6号，2023年8月15日发布）；
- (18) 《甘肃省人民政府办公厅关于印发甘肃省辐射事故应急预案的通知》（2022年1月28日印发）；
- (19) 《核技术利用项目辐射安全考核专业分类参考目录（2021年版）》（2021年03月03日发布）；
- (20) 《关于<建设项目环境影响评价分类管理名录>中免于编制环境影响评价文件的核技术利用项目有关说明的函》（环办函〔2015〕1758号）。

技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(2) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(4) 《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>(5) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(6) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；</p> <p>(7) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)；</p> <p>(8) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)；</p> <p>(9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011)。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 《中国环境天然放射性水平》2015年；</p> <p>(3) 其他技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目使用II类射线装置，依据《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“1.5评价范围和保护目标：放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”根据本项目的特点，在项目运行过程中产生的电离辐射经过有效屏蔽后对周围影响较小。因此，确定本项目评价范围为放疗中心楼一楼涉及加速器使用的治疗室屏蔽墙（包含防护门等）外50m范围内的区域（评价范围图见图 1-5）。本评价项目的评价范围包含：项目所在放疗中心楼；放疗中心楼北侧门急诊楼及院内道路；放疗中心楼东侧非机动车停车场及室外院子；放疗中心楼南侧机动车停车场及室外院子；放疗中心楼西侧综合楼；放疗中心楼四周的空地及通道。

7.2 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本项目评价范围内的辐射工作人员和公众人员，因此选取评价范围内的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

保护对象	所在位置		人数（人）	距屏蔽墙外最近距离（m）	剂量约束值
辐射工作人员	东侧	加速器控制室	2~3	3~5	5.0mSv/a
		水冷机房	1~2	0.3~3	
公众	东侧	走廊（病人、陪诊人员）	1~5	0.3~1	0.1mSv/a
		所在楼层其他人员	20~80	10~50	
	西侧	试剂库房	一般无人，按1人估计	1~2	
	50m评价范围内其他人员		流动人员	5~50	

注：加速器机房上方为屋顶，下方为土层。

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

① 剂量限值

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

b)任何一年中的有效剂量，50mSv；

B1.2.1 剂量限值

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下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

b) 特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。

② 分区

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

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件

进行监督和评价。

7.3.2 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)相关内容

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

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

b) 公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a。

6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

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

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（ H_c ）求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_c, d(\mu\text{Sv/h})$ ：

机房外辐射工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

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

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

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

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量250 μSv 加以控制。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面30cm处的剂量率参考控制水平可按100 $\mu\text{Sv/h}$ 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

附录 A 不同场所的居留因子见表A.1（表7-1）。

表7-1 不同场所的居留因子

场所	居留因子 (T)		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制区、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区域
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗室房门; 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室; 1/40: 仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

7.3.3 本次评价确定的剂量限制和剂量约束值

(1) 剂量限值

职业照射剂量限值：年平均有效剂量20mSv；

公众照射剂量限值：年平均有效剂量1mSv；

(2) 剂量约束值

依据“辐射防护安全与最优化原则”，本项目工作人员评价取标准限值的四分之一、公众评价取标准限值的十分之一作为剂量约束值即：

职业照射剂量约束值：年平均有效剂量5mSv；

公众照射剂量约束值：年效剂量0.1mSv。

(3) 加速器机房各关注点剂量率参考控制水平

a、估算公式

根据 GBZ/T201.2-2011 附录 A.2 导出剂量率参考控制水平($H_{c, a}$)

A.2.1 单一辐射

单一有用线束与单一泄漏辐射按如下方法导出剂量率参考控制水平：

a) 有用线束

有用线束在关注点的周剂量参考控制水平为 H_c 时，该关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c, a}$ ($\mu\text{Sv/h}$)见式(7-1)：

$$H_{c, a} = \dot{H}_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots (7-1)$$

式中：

\dot{H}_c —周参考剂量控制水平， $\mu\text{Sv/周}$ ；

t—治疗装置周治疗照射时间，h；

U—有用线束向关注位置的方向照射的使用因子；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子。

b) 单一泄漏辐射

泄漏辐射在关注点的周剂量参考控制水平为 H_c 时,该关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ (uSv/h)见式(7-2):

$$H_{c,d} = \dot{H}_c / (N \cdot t \cdot T) \dots \dots \dots (7-2)$$

式中:

\dot{H}_c — 周参考剂量控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

N— 调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常 $N=5$ ；

t—治疗装置周治疗照射时间，h；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子。

A.2.2 复合辐射

与主屏蔽直接相连的次屏蔽区，需要考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射：

a) 以 4.2.1b)、4.2.2a)或 4.2.2b)中的 $H_{c,max}$ 的一半，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，依 5.2.2 估算屏蔽患者射辐射所需要的屏蔽厚度；

b) 将 4.2.1b)的(A.3)式中的 H_c 以 $0.5H_c$ 代替，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，依 5.2.1 估算屏蔽泄漏辐射所需要的屏蔽厚度；

c) 取上述 a)和 b)中屏蔽厚度较厚者为该关注点的屏蔽设计。相应屏蔽下，泄漏辐射和有用线束患者散射辐射在关注点的剂量率之和为该处的剂量率控制值。

由于《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的实施时间晚，对《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)中 4.2.1 上的 b)数据进行更新，因此按照《放射治疗辐射安全与防护要求》

(HJ1198-2021) 中的 6.1.4 的要求执行。即：

a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30 cm

处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c :

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子(可依照附录 A 选取), 由以下周剂量参考控制水平(\dot{H}_c) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$):

机房外辐射工作人员: $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$;

机房外非辐射工作人员: $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

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

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

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

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射, 以年剂量 $250 \mu\text{Sv}$ 加以控制。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶, 机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100 \mu\text{Sv/h}$ 加以控制(可在相应位置处设置辐射告示牌)。

根据建设单位提供的资料, 加速器预计最大工作负荷为 48 人次/天, 240 人次/周, 单次治疗时间为 10min, 则本项目加速器周治疗时间为 40h/周。

取调强因子 N 为 5 保守计算, 机房外辐射工作人员 $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$, 机房外非辐射工作人员 $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。居留因子根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021) 附录 A 表 A.1 不同场的居留因子取值。

各防护墙外的剂量率参考控制水平计算果见表 7-2。

表 7-2 各防护墙外关注点的剂量率参考控制水平(μSv/h)

屏蔽墙	场所	人员性质	He (周剂量参考控制水平)	t	U	T	\dot{H}_c (μSv/h)	Hc,max (μSv/h)	周围剂量当量率参考控制水平 (μSv/h)
西墙	试剂库房	公众	≤5μSv/周	12h/周	1/4	1/16	26.67	10	10
东墙	水冷机房	职业人员	≤100μSv/周	12h/周	1/4	1/16	533.33	10	10
	库房		≤100μSv/周	12h/周	1/4	1/16	533.33	10	10
	控制室		≤100μSv/周	12h/周	1/4	1	33.33	2.5	2.5
	走廊	公众	≤5μSv/周	12h/周	1/4	1/5	8.33	10	8.33
北墙	室外	公众	≤5μSv/周	12h/周	1	1/40	16.67	10	10
南墙	室外	公众	≤5μSv/周	12h/周	1	1/40	16.67	10	10
防护门	走廊	公众	≤5μSv/周	12h/周	1	1/8	3.33	10	3.33
注：①水冷机房、库房、试剂库房均按偶然居留考虑，居留因子考虑取典型值1/16。②机房上方为屋顶，人员只有借助工具才能进入，故机房顶外表面30cm处的剂量控制水平以100μSv/h加以控制。									

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

8.1.1 项目地理位置

河西学院附属张掖人民医院位于甘肃省张掖市甘州区甘肃西环路67号，医院地理坐标为东经100°26'40"，北纬38°55'45"，本项目位于甘肃省甘州区甘肃西环路67号河西学院附属张掖人民医院原有放疗中心楼1楼。

8.1.2 项目工作场所位置

项目位于医院放疗中心楼1楼加速器机房。加速器机房北侧和南侧均为室外；东侧为水冷机房、库房和走廊；南侧为试剂库房，机房楼上为屋顶；机房楼下为土层。

8.2 环境现状监测及评价

为掌握项目拟改建区域的辐射水平，建设单位委托长润安测科技有限公司对拟改建项目区域辐射环境进行了辐射环境本底监测并出具了河西学院附属张掖人民医院加速器工作场所辐射环境本底水平检测报告（报告编号：CR-HJ-6220240062-001）。监测结果列于表 8-2。检测点位图见图 8.1。

8.2.1 监测依据

- (1) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；
- (2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。

8.2.2 监测日期与条件

监测时间：2024年 3 月 12 日。

监测时环境条件：温度 15℃ 湿度 15%RH。

8.2.3 监测地点

甘肃省张掖市甘州区甘肃西环路67号河西学院附属张掖人民医院放疗中心楼一楼加速器机房及周围区域。

8.2.4 监测仪器

检测仪器技术指标及校准情况见表 8-1：

表 8-1 本项目辐射环境检测使用的仪器基本信息

仪器名称	环境级 X-γ剂量率仪
型号	SCB603E
编号	CR-YQ-088
能量范围	30keV~3MeV
测量范围	0.01μGy/h~3Gy/h
灵敏度	≥350cps/ (1μSv/h)
校准因子	1.10 (量程: 10μSv/h)
检定有效期	北京市计量检测科学研究院 (证书编号: DD23J-CA100106) 有效期: 2023年04月04日-2024年04月03日

8.2.5 质量保证

- (1) 合理布设监测点位, 保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- (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合格证上岗。
- (3) 监测仪器经计量部门检定, 检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前后检查仪器的工作状态是否正常, 并用标准源对仪器进行校验。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器, 并做好现场测量记录, 根据《环境γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) 得到各测点处的γ辐射空气吸收剂量率。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度, 最终由报告签发人签发。

8.2.6 布点原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) 等相关要求, 本次检测点位布设遵循覆盖评价范围的原则。结合场所区域环境特征, 在拟建场址及相邻位置处进行布点, 监测点位见图 8-1。

8.2.7 监测结果

表 8-2 加速器机房及周围区域辐射环境现状检测结果

检测点位编号	检测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
1	治疗室-1	54.9±1.7	室内
2	治疗室-2	61.9±1.5	室内
3	治疗室-3	55.0±1.3	室内
4	过道-1	52.4±3.0	室内
5	过道-2	51.6±1.7	室内
6	过道-3	53.4±1.9	室内
7	水冷机房	52.1±1.8	室内
8	服务器机房-1	53.7±1.7	室内
9	服务器机房-2	52.2±1.6	室内
10	走廊	52.5±1.3	室内
11	控制室	43.1±2.4	室内
12	试剂库房	48.1±0.7	室内
13	室外-1	41.9±0.6	室外
14	室外-2	52.5±1.3	室外

15	非机动车停车场	47.2±2.0	室外
16	室外院子-1	51.7±1.8	室外
17	室外院子-2	52.6±3.2	室外
18	室外院子-3	52.1±1.3	室外
19	室外院子-4	52.7±1.7	室外
20	门急诊楼门口	52.5±1.8	室外

注：1、测量时探头距离地面约1m；2、每个监测点测量10个数据取平均值，以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正；3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子k1×仪器检验源效率因子k2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子k3×测量点宇宙射线响应值Dc，校准因子k1为0.98，仪器使用137Cs进行校准，转换系数为1.20Sv/Gy，效率因子k2取1；k3室内按楼房取0.8、室外按道路取1。

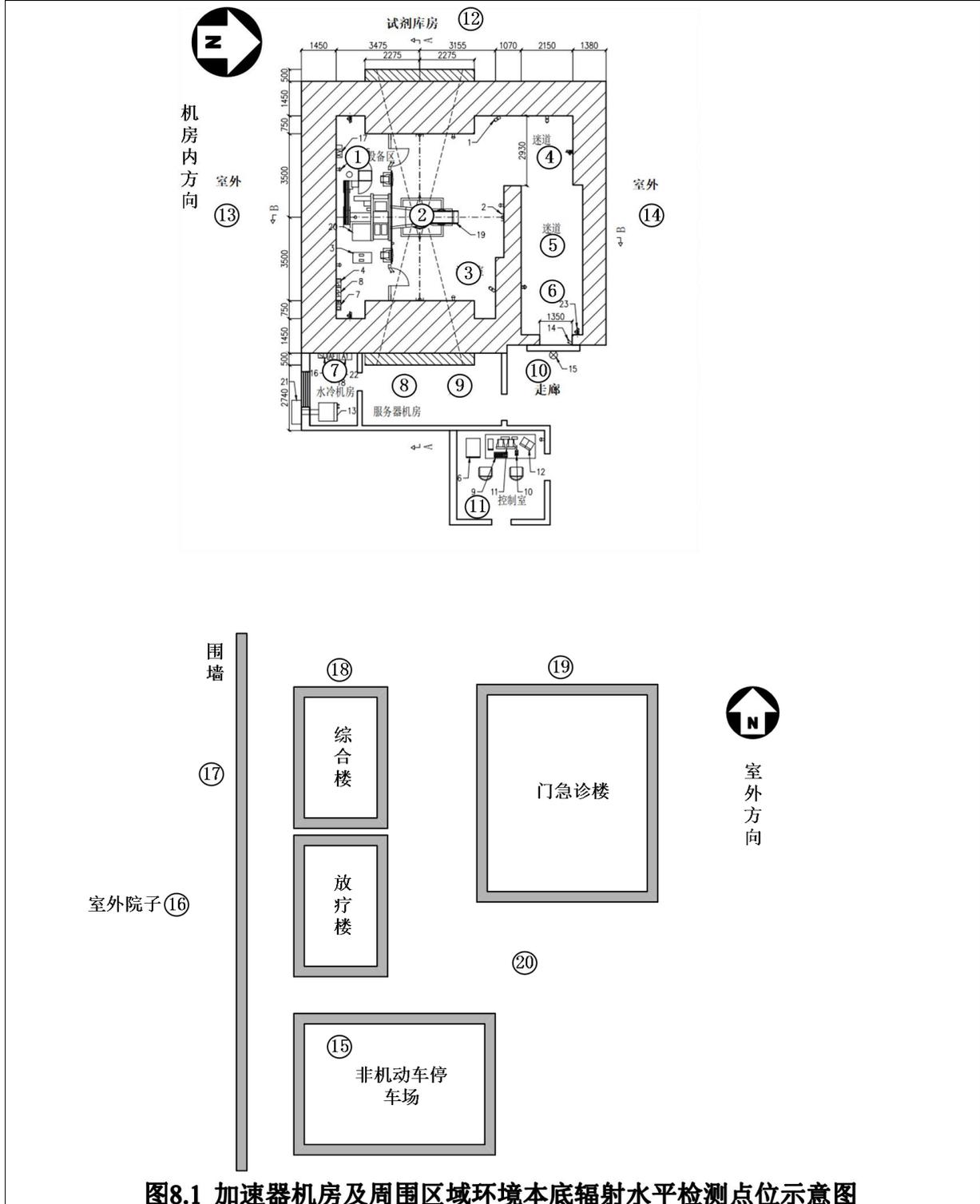


图8.1 加速器机房及周围区域环境本底辐射水平检测点位示意图

8.2.8 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中国计量科学研究院放射性计量年检，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。

根据《辐射防护》中《甘肃省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（甘肃省环境保护研究所）表 4 中的内容，甘肃省室内、道路 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围值分别为 $16.9\text{nGy/h}\sim 166.6\text{nGy/h}$ 。由表 8-2 检测结果可知：本项目所在场所的室内和室外 γ 辐射剂量率范围值为 $43.1\sim 61.9\text{nGy/h}$ ，各监测点位的 γ 辐射剂量率处于环境本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工艺流程及产污节点简述

9.1.1 施工期污染源项

本项目拟改建位置为放疗中心楼1楼治疗室，项目施工期内容主要为加速器机房装修、铅防护门安装及视频监控、对讲系统、通风系统、急停开关、固定式剂量报警仪以及联锁装置等安全装置安装，配套功能用房建设及装修、加速器设备的安装调试等内容，本项目加速器机房施工产污类型如下：

(1) 扬尘

施工过程中产生的扬尘，主要是加速器机房及配套功能用房建设和装修过程中产生的扬尘，属于无组织排放。

(2) 生活污水

本项目加速器机房和配套功能用房施工量较少，施工期短，施工人员较少，所产生的生活污水量很少。

(3) 固体废弃物

①建筑垃圾

建筑固废产生量与施工水平、建筑类型等多种因素有关。建筑垃圾主要来自于加速器机房及配套功能用房建设时产生的废弃材料、装修期间产生的装修垃圾。

②生活垃圾

本项目施工量少，施工期短，施工人员数量少，故生活垃圾产生量也很少。

(4) 噪声

施工期噪声包括材料的切割、施工机器碰撞以及装修产生的噪声。

(5) 设备安装调试

本项目加速器设备的安装及调试由设备供货方专业人员及建设单位放疗物理师等进行。安装调试阶段是在辐射防护施工完成后进行。安装调试过程中会产生废包装纸/袋、X射线及微量臭氧。

9.2 运营期污染源项

9.2.1 工作原理

医用电子直线加速器是将电子枪产生的电子经加速管加速后形成高能电子束，利

用高能电子束与靶物质相互作用产生韧致辐射，即X射线束。因此，作为一种体外照射的治疗设备，医用电子直线加速器利用其特定装置产生X射线。医用计算机立体定位系统进行图像三维和剂量分布重建，对人体有恶性肿瘤的部位进行照射，使肿瘤组织受到不可逆损毁。根据所诊断癌症类型及其在体内位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射治疗，同时肿瘤周围正常结构得到最大限度的保护，达到治疗肿瘤疾病的目的。

X线束治疗工作原理:电子从发射源射出，进入真空加速管加速，经磁偏转装置转向射向高原子序数的金属靶，电子向金属靶的原子核相撞，速度骤减并损失部分能量转换为X射线，经平板滤片过滤不必要的射线，剩余有用线束经二次准直射出。

本项目加速器带CBCT功能，CBCT中文名是锥形束CT，是将千伏级X射线球管与平板探测器安装到了直线加速器上，通过容积扫描，将获取到的二维影像重建出横断位、冠状位和矢状位图像，与EPID图像相比，CBCT图像更将清晰，也就是空间分辨率更高，同时可以显示更多的结构信息，在进行位置验证时，将CBCT图像与CT图像进行配准，从而比较计划位置与实际位置的差异，同时，可以观察靶区位置和结构的变化。

9.2.2 设备组成

医用电子直线加速器是产生高能电子束的装置，为远距离治疗机。

医用直线加速器主要由三大部分组成：电子发射单元，电子加速单元和电子束引出单元。它的结构单元为：加速管、电子枪、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。

电子治疗子系统基本组成部件主要初级准直器、散射箔、托盘、均整器、电离室、光阑、附件接口、限光筒。

典型医用电子直线加速器结构示意图见图9-1。

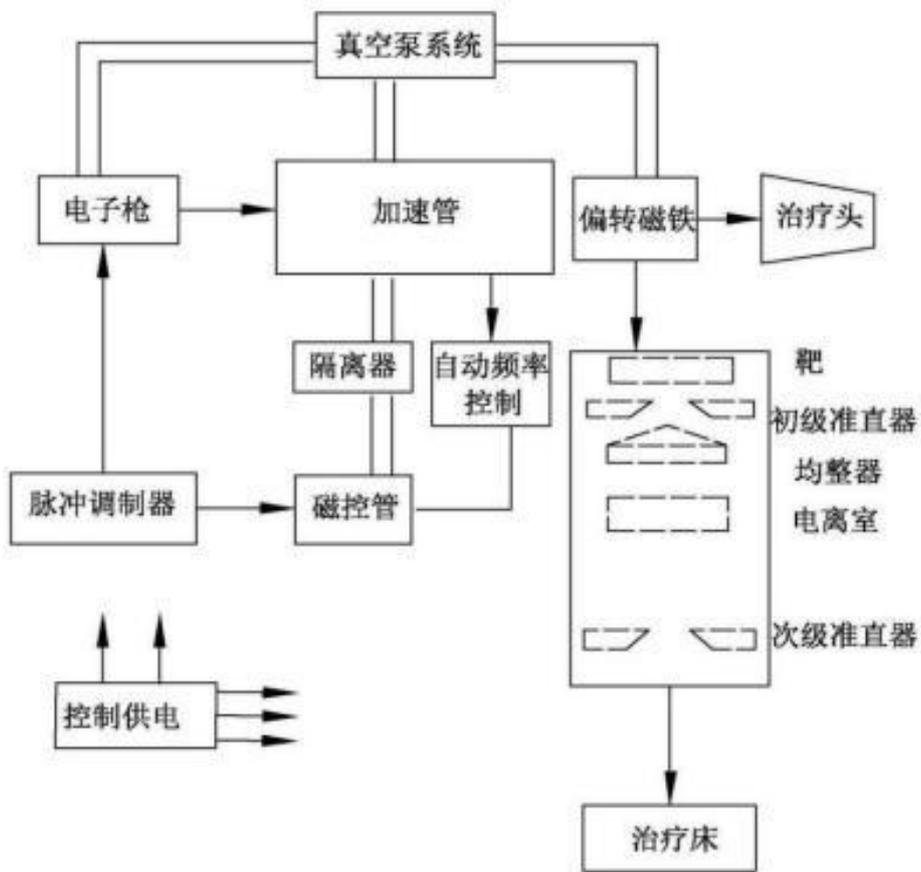
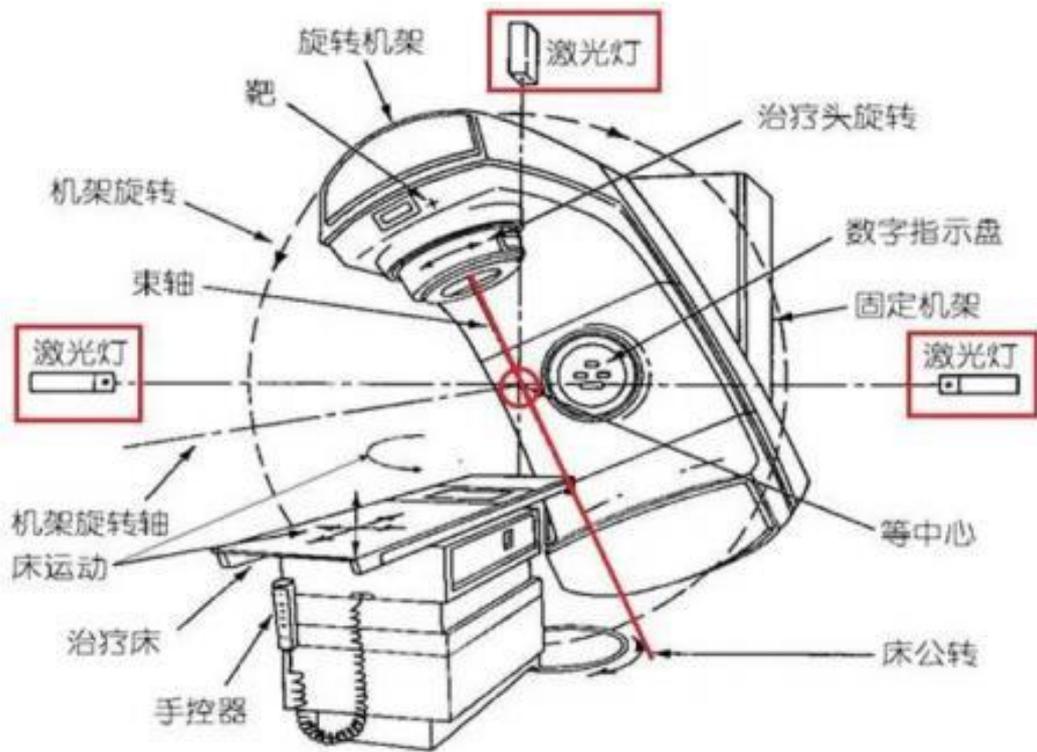


图9-1 典型医用电子直线加速器结构示意图

9.2.3 操作流程

直线加速器放射治疗流程：

本项目治疗流程中所需要的模拟定位设备和TPS计划系统等放射治疗辅助设施均沿用放疗科现有的辅助设施，涉及到的辐射设备均已履行环保手续，不在此次评价范围内。

1) 预约登记候诊：对肿瘤放疗患者进行登记、患者在候诊大厅候诊；
2) 模拟定位：使用模拟定位CT对患者的肿瘤进行定位检查；
3) 制定治疗计划：由医师、物理师根据患者瘤体的类型、部位和大小等初步确定照射剂量和照射时间，并进一步制定相应的常规放疗、适形放疗及调强放疗的治疗计划；

4) 治疗计划验证：由医师、物理师将治疗计划复制到验证模体上，计划系统会算出在这个模体上的剂量分布曲线。然后用同样的验证模体按厂家要求，放在加速器床上摆位，同样的计划出束照射，验证软件会得出照射的实际剂量分布图。最后把二者的剂量分布图做比较，评估通过率达标与否来判断验证是否通过；

5) 病人摆位：技师摆位前认真查对病人信息、照射条件及摆位要求，调整治疗床高度，严格按照摆位要求实施摆位（摆位每人次大概5min）；摆位结束，摆位人员等非患者均离开治疗室，关闭防护门；

6) 实施照射：根据放疗计划，运用有关技术实施精确照射，每人次大概照射大概3min；

7) 照射结束：技术人员协助病人离开机房，为下次照射做准备。

在加速器治疗过程中，除患者外其他人员均不在治疗室内，医护人员通过监控视频和双向对讲系统观察患者情况和与患者交流。

本项目污染因子主要为加速器实施治疗过程产生的 X 射线、臭氧和氮氧化物等。

加速器诊疗流程及产污环节如图 9-4 所示：

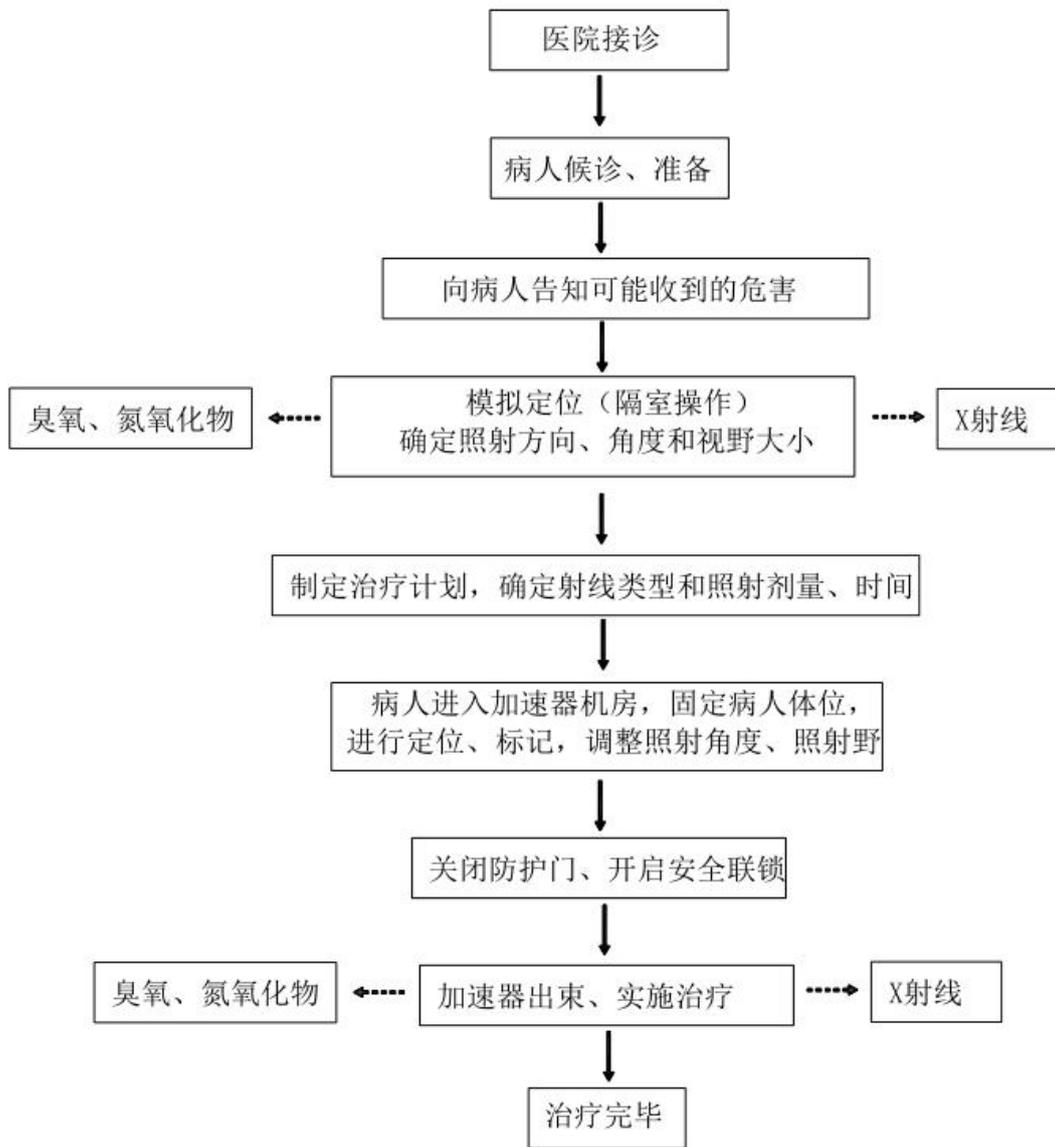


图 9-4 加速器流程及产污环节示意图

9.2.4 产污环节与污染因子

(1) 正常工况下:

①放射性污染: 根据医用电子直线加速器的工作原理可知, 加速器工作时, 电子枪产生的电子经过加速后, 受到金属靶阻止, 产生高能X射线, 工作过程中产生的 X 射线是主要污染因子。

②非放射性固体废物: 加速器正常运行时, 如果冷却水循环系统出现故障, 可能造成靶体散热不畅导致靶被打穿的情况, 产生废靶。此外, 加速器报废时, 会有废靶产生。

③非放射性有害气体: 医用电子直线加速器运行时发射X射线, 照射空气相互作用产生微量的臭氧和氮氧化物。经过良好的通风排入到空气中, 可以自行分解, 由于产生的臭氧和氮氧化物量很少, 对环境产生的影响可以忽略。

④在医用电子直线加速器工作中, 排风系统和水冷机系统都会工作, 产生噪声。

⑥在医用电子直线加速器工作中, 不产生废水。

通过分析可知, 加速器正常运行时的污染因子为: 使用加速器治疗过程中产生的 X 射线、臭氧、氮的氧化物、水冷机和风机产生的噪声及非放射性固体废物-废靶。

(2) 事故状况下:

事故状况大致可分为以下几种情况, 污染因子为X射线。

①人员误入加速器机房未及时发现受到辐射照射;

②工作人员未按照操作规程进行操作, 未及时停止机器运行和关闭防护门, 使工作人员及公众人员受到照射;

③患者进出门损坏, 未及时维修, 公众人员误打开, 受到意外照射;

④检修时, 检修人员触动医用电子直线加速器开关, 造成检修人员发生急性重度放射病、局部器官残疾。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 平面布局

根据医院提供的设计方案，本项目加速器机房位于放疗中心楼1楼治疗室，该加速器机房的设计布局对照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的符合性情况分别见表10-1。

表10-1 加速器机房平面布局合理性分析

标准	条目	标准要求	设计情况	评价
《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198 - 2021）	5.1.1	放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。	加速器机房位于放疗中心楼1楼，用地类型为医疗用地，不涉及民居、写字楼及商住两用的建筑物。	符合要求
	5.1.2	放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	加速器机房位于放疗中心楼1楼动侧一端，为一般人员不易到达的区域。加速器机房北侧和南侧均为室外；东侧为水冷机房、库房和走廊；南侧为试剂库房，机房楼上为屋顶；机房楼下为土层。因此该加速器机房周围无儿科病房、产房或人员流动性大的商业活动区域。	符合要求
《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）	6.1.1	放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	加速器机房位于放疗中心楼1楼动侧一端，为一般人员不易到达的区域。加速器治疗室和控制室、水冷机房等同时设计建造。	符合要求
	6.1.2	放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷道应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。	加速器治疗室及迷道划分为控制区，机房周边的水冷机房、控制室、库房、试剂库房等其他辅助用房划分为监督区。	符合要求
	6.1.3	治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。	根据后文计算结果，加速器机房主屏蔽墙、侧屏蔽墙、次屏蔽墙均能满足屏蔽要求。	符合要求

6.1.4	治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	加速器治疗室与控制室、水冷机房等辅助用房分开设置。	符合要求
6.1.6	X射线管治疗设备的治疗机房可不设迷道； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷道；其他治疗机房均应设置迷道。	加速器机房设置迷道。	符合要求
6.2.1	放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要	本项目加速器机房的有效使用面积（不含迷道）约为464 m ² ，机房面积能够满足使用要求。	符合要求

根据表 10-1，加速器工作场所布局满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中的相关规定。

10.1.2 分区管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4 辐射工作场所的分区：应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

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

监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）5.2.1 **放射治疗场所应划分控制区和监督区。**一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷道）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流运输通道和治疗室，**直线加速器机房**，含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。

5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

根据 GB 18871-2002 及 HJ 1198-2021 相关要求，项目将加速器机房及迷道划分为

控制区；将加速器机房东侧的水冷机房、库房和走廊；西侧的试剂库房等邻近人员可达到的现场划分为监督区。

本项目控制区和监督区的划分示意图见图10-1，控制区和监督区划分情况见表10-2。

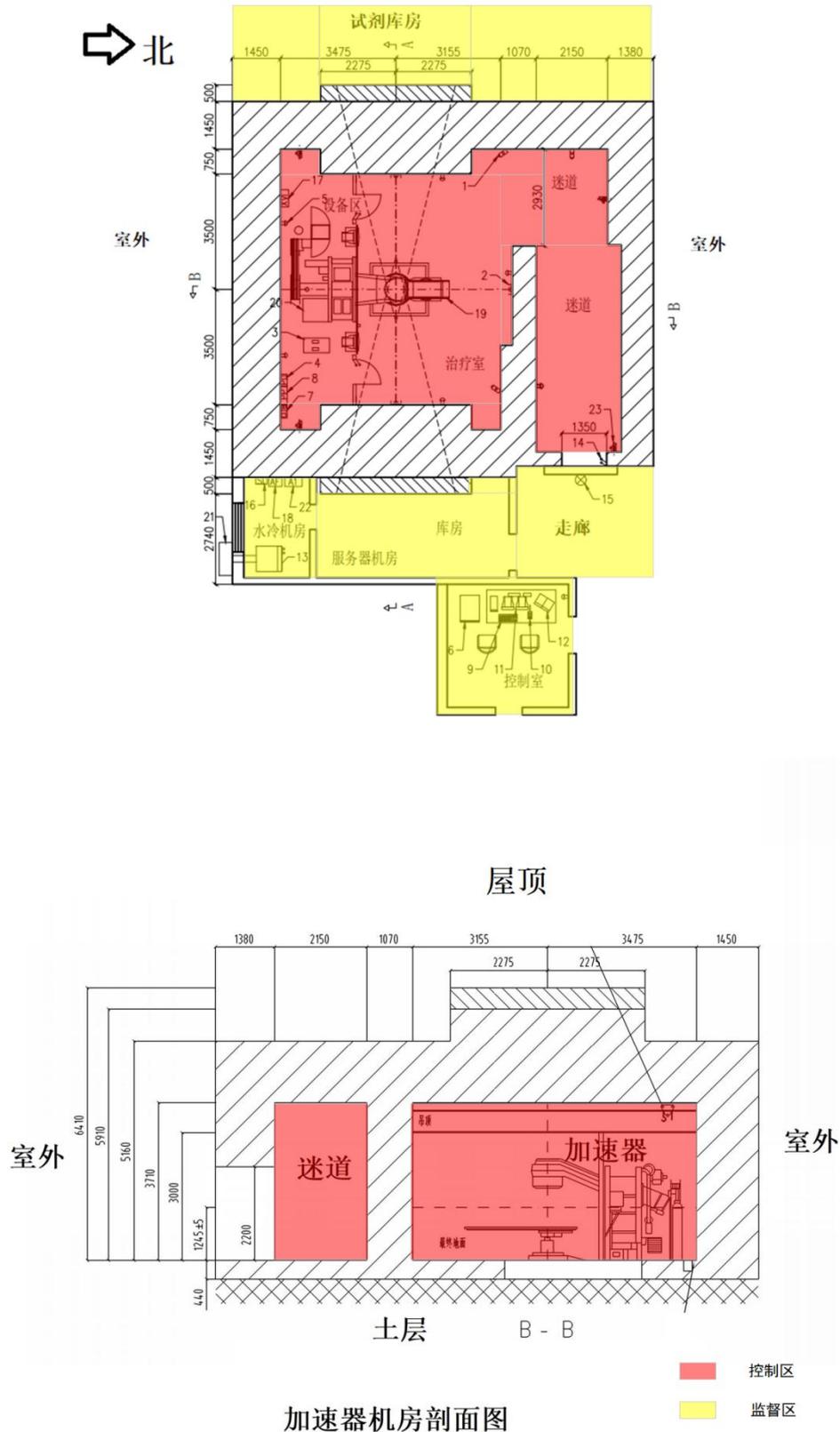


表10-1 加速器机房平面及剖面控制区和监督区示意图

表10-2 本项目控制区和监督区划分情况

工作场所	控制区	监督区	备注
加速器机房	加速器治疗室和迷道	东侧水冷机房、库房、控制室、走廊；西侧试剂库房	控制区内禁止无关人员进入，辐射工作人员在进行日常工作时，尽量减少在控制区内停留时间，以减少不必要的照射。监督区范围内应设置标识，定期检测监督区的周围当量剂量率。

10.2 辐射安全与环境保护措施

10.2.1 加速器机房屏蔽设计

根据医院提供的相关资料，本项目加速器机房是在原有加速器机房和辅助用房的基础上进行改造，本项目拟沿用该加速器机房现有的屏蔽厚度，在原有屏蔽厚度基础上增加西墙、东墙和室顶的混凝土厚度。加速器机房屏蔽防护措施见表10-3。

表10-3 加速器机房屏蔽防护措施

屏蔽体		原有屏蔽防护措施	拟改造措施
东墙	主屏蔽	厚度：2200mm混凝土，宽度4550mm	机房主屏蔽墙体外侧增加500mm混凝土
	次屏蔽区	厚度：1450mm混凝土	/
西墙	主屏蔽	厚度：2200mm混凝土，宽度4550mm	机房主屏蔽墙体外侧增加500mm混凝土
	次屏蔽区	厚度：1450mm混凝土	/
北墙	迷道内墙	厚度：1070mm混凝土	/
	迷道外墙	厚度：1380mm混凝土	/
南墙		厚度：1450mm混凝土	/
屋顶	主屏蔽	厚度：2200混凝土，宽度4550mm	机房主屏蔽墙体外侧增加500mm混凝土
	次屏蔽区	厚度：1450mm混凝土	/
地下		土层	/
防护门		18mmPb 电动推拉防护门	/

注：项目加速器机房墙体（包括四周墙体、屋顶）采用钢筋混凝土浇筑，现浇混凝土密度 $\geq 2.35\text{g/cm}^3$ ；

10.2.2 辐射安全措施与防护

(1) 通风设计

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》HJ 1198-2021 第8.4.1条“放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于4次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置”和《放射治疗放射防护要求》GBZ

121-2020 第 6.2.2 条“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于4次/h”。

为减小臭氧和氮氧化物的危害，加速器机房设计了动力送排风装置，采用“全排全送”的送排风形式。加速器治疗室在天花板西侧中部和南侧分别设置了1个的送风口（共2个）；在治疗室东墙北侧和南侧距地面30cm处分别设置了1个的排风口（共2个），送风口和排风口形成对角设置。通风换气次数为每小时6-8次。送、排风管道在机房防护门洞口上方呈“U”字型穿过屏蔽墙体，通过折叠设计，增加穿墙孔道射线的散射次数。加速器机房产生的臭氧和氮氧化物等有害气体经排风管道引至排风井，由排风井内独立管道引至楼顶排放。

因此，加速器机房送、排风设计满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中的“气态废物管理要求”的相关规定。

建设项目加速器治疗室送排风布置图见图10-2。

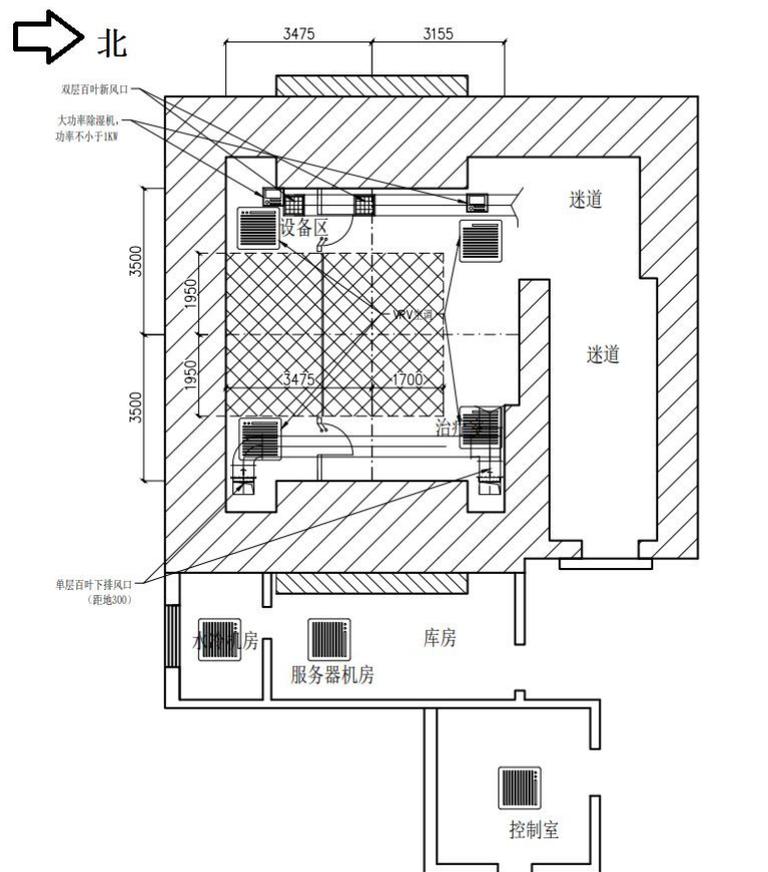


图10-2 加速器治疗室送排风布置图

(2) 电缆管线穿墙设计

治疗机房电缆槽道设置于地面以下，采用“U”形设计贯穿治疗机房防护实体，

对治疗机房实体防护无影响。通过多次折返的电缆沟设计和下沉地面穿越屏蔽墙的设计，增加泄露线的散射次数和衰减，保证屏蔽墙体的屏蔽效果。加速器机房线缆穿墙（电缆沟）剖面示意图见图10-3。

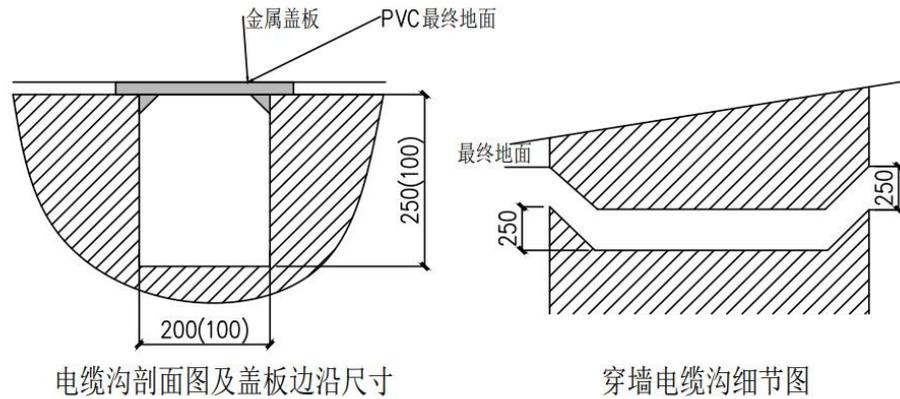


图10-3 电缆沟穿墙节点剖面示意图

(3) 辐射安全与防护措施

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》HJ 1198-2021第6.2条

6.2.1放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等：

a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明；b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

6.2.2质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。

6.2.3放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施：a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流运输通道内设置急停按钮；d) 急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；f) 安全联锁系统一旦被触发后，须人工就地复

位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。

根据建设单位提供的相关资料，加速器机房设计的安全防护措施见表10-3，具体安装位置见图10-4，加速器安全防护措施的安全联锁逻辑关系图见图10-5。

表 10-3 加速器机房安全防护措施安装情况

序号	辐射安全与防护措施	位置	数量
1	电离辐射警告标识	机房防护门上	1个
2	工作状态指示灯	控制区进出口及其他适当位置	1个
3	实时摄像监控系统	放疗治疗室内、迷路转角处摄像头，监视屏设在控制室内	4个
4	对讲装置	控制台、治疗床附近	1套
5	固定式剂量警报装置	迷道内入口	1个
6	门机联锁装置	防护门与加速器	2套
7	光幕式红外防夹装置、室内开门按钮、手动开门装置	防护门	各1套
8	急停开关	机房四周屏蔽墙面、防护门内旁侧、控制台及治疗床边	7个
9	应急灯	加速器治疗室、迷路转角处	2个
10	便携式辐射剂量监测仪	放疗科	1台

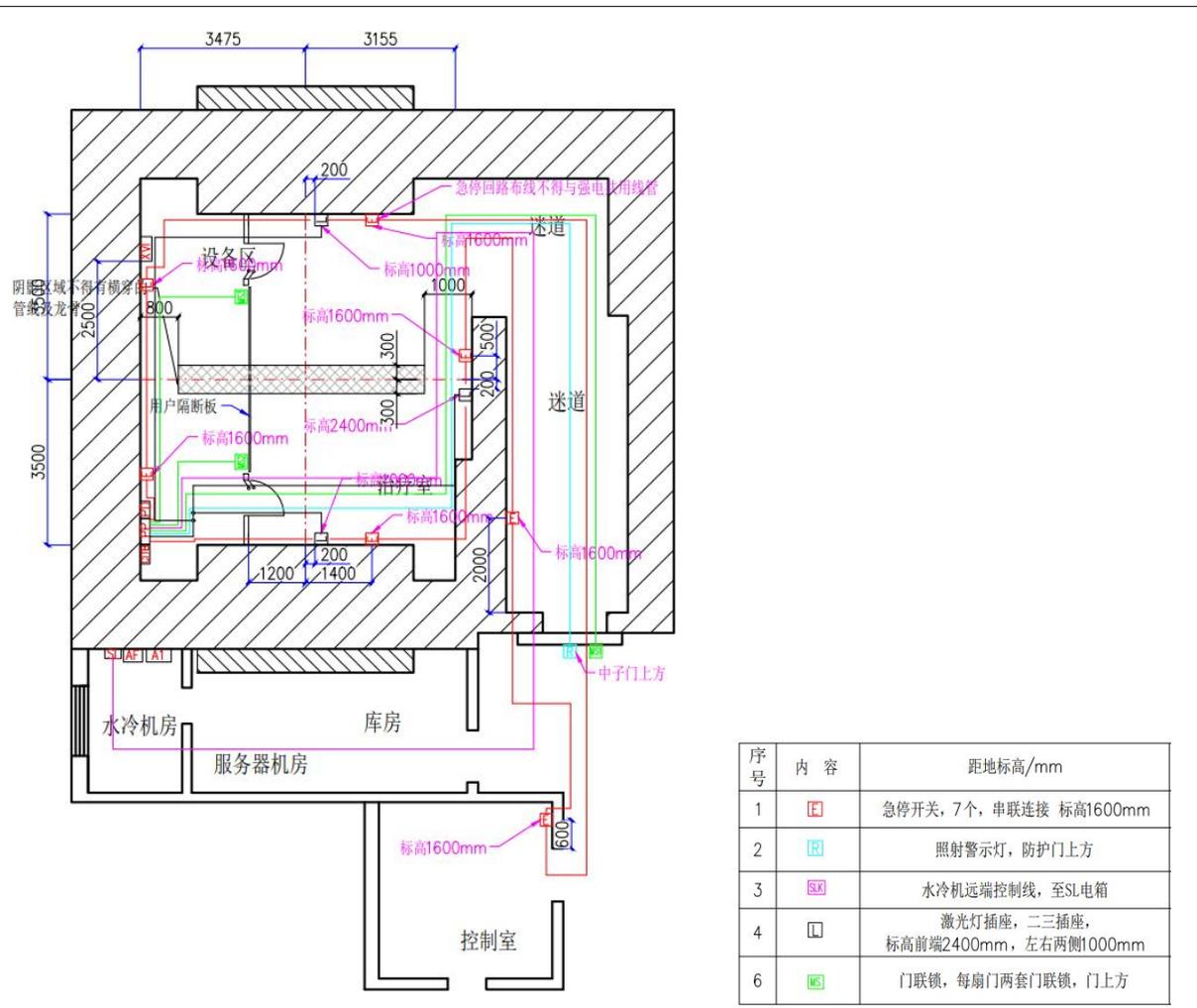


图 10-4 加速器机房设计的安全防护措施安装位置

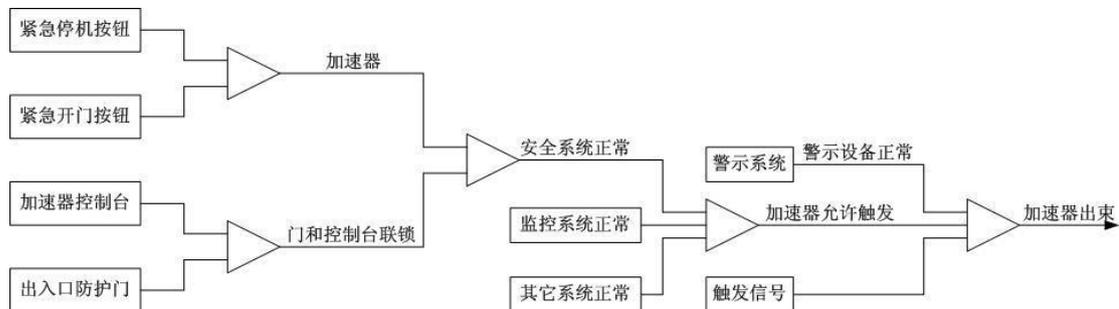


图10-5 加速器安全防护措施逻辑关系图

10.2.3 工作场所辐射防护设施符合性分析

加速器机房拟设置的安全防护设置与《放射治疗辐射安全与防护要求》HJ 1198-2021 中相关要求的符合情况见表 10-6。

表 10-6 加速器机房安全防护措施与 HJ 1198-2021 符合性分析

序号	安全防护设施和措施	《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）标准要求		加速器机房拟采取的安全防护措施和设施	是否符合
1	标志和指示灯	6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等：	a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志。	拟在加速器工作场所入口处设置电离辐射警告标志。	符合
			b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；	拟在加速器机房防护门上方设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	符合
2	视频监控、对讲交流系统		c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。	拟在加速器治疗室内、迷道转角处及控制室内安装摄像监控系统，使控制室的工作人员可清楚地观察到机房内及患者的状况；拟在治疗床附近、控制台安装对讲系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。	符合
3	监测报警装置	6.2.2、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。		拟在加速器机房迷道内入口处设置固定式剂量报警仪，剂量报警显示仪表拟设置于机房的控制室内。	符合
4	连锁装置、断电自动回源措施	6.2.3 放射治疗相关辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全连锁措施：	a) 放射治疗室应设置门-机/源连锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。	加速器机房防护门与加速器设置连锁，机房门未关闭状态下不能启动设备。	符合
	紧急开门和防夹装置		b) 放射治疗室应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；	拟在加速器机房防护门内侧设置手动开门装置，机房门拟设置光幕式红外防夹装置。	符合

	急停按钮	c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。	拟在加速器机房四周屏蔽墙面、防护门内旁侧、控制台及治疗床旁设置红色紧急停机开关及醒目标识和文字且便于触发。	符合
<p>10.3 三废的治理</p> <p>10.3.1 放射性废物 本项目不产生放射性废气、放射性废液和放射性固体废弃物。</p> <p>10.3.2 常规废物</p> <p>10.3.2.1 废气 加速器运行期间利用通风系统进行通风换气，将废气排出，防止机房中臭氧、氮氧化物等有害气体累积，对环境基本上不产生影响。</p> <p>10.3.2.2 废水 加速器在运行过程中不产生废水，水冷机循环用水，补充新水时采用桶装纯净水，无废水外排。</p> <p>10.3.2.3 固体废物 加速器在运行过程中不产生放射性废物。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》HJ1198-2021 中 8.2.2.1 条，“质子/重离子加速器、直线加速器等治疗装置在调试及运行过程中，如活化后的回旋加速器、准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进屏蔽容器或固态废物暂存间衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮”。本项目如果存在加速器靶件损坏现象，由原设备供应厂家专业人员进行维修更换，更换下的坏靶由加速器厂家进行回收处理。</p> <p>10.3.3 噪声 由于本项目排风系统的风机采用了低噪声的设备，水冷机安装在水冷机房内，安装时采用橡胶垫减震等措施，产生的噪声很低，对环境影响很小。</p> <p>10.3.4 其他 本项目工作人员为建设单位原有工作人员，不增加工作人员，不新增生活废水和生活垃圾的产生，均依托建设单位原有的处理设施，生活污水利用现有的污水处理系统进行处置，生活垃圾统一收集后交由环卫部门统一处理。</p>				

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期的环境影响分析

本项目在建设和安装阶段无辐射产生，对周围环境没有辐射影响。本次评价项目涉及到屏蔽体的浇筑、建筑装饰、设备安装等，在项目的建设过程中，应采取污染防治措施，减轻对周边地区的环境影响。项目建设期主要的污染因子有：噪声、废水、固体废弃物和扬尘，本项目简要说明。

(1) 大气环境影响分析

建设过程中墙面清理施工将产生扬尘，此外机械和运输车辆作业时排放废气，但以上影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染拟采取以下措施：

a)施工现场都集中在室内，室内施工时对门口进行封闭管理；室外只有临时存放设备及材料场地，对临时场地进行围挡；

b)及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；

c)车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒。

(2) 水环境影响分析

本项目施工内容比较简单，在施工时会产生少量的冲洗等的施工废水，由现场工人进行擦除和自然蒸发，不会外流；其他装修内容用水多为浆料拌合用水不会产生外排废水。

施工人员所产生少量的生活污水依托医院现有废水处理设施处理，最终排入市政管网，不会对周围水环境产生不良影响。

通过以上分析及现场措施，可将施工期的影响控制在项目局部区域，对周围环境影响较小。

(3) 固体废弃物

项目施工期产生废金属、废混凝土块及包装材料等建筑垃圾，建设单位应集中收集，在建设单位指定的区域存在放并围护，定期由当地环卫部门进行集中清运。

由于工程量很小，施工人员产生生活垃圾依托建设单位的生活垃圾收集系统进行收集和处理。

(4) 声环境影响分析

项目建设及装修时产生一定的噪声，本项目尽量采用优化的施工方法，尤其重视各种装修板材切割方法选择，选用低噪声的设备，合理安排施工时间，避免在夜间施工，可降低本项目施工时对周围环境的影响。

本项目装修工程量较小，项目简单，无大型施工机械进出，施工期限短，通过采用管理措施后，对周围环境影响很小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析

项目设备的安装、调试、检测和维修等均由设备厂家安排专业人员进行。在安装前设备厂家需对机房进行初步的安装验收，在满足相关条件后进行安装、调试。

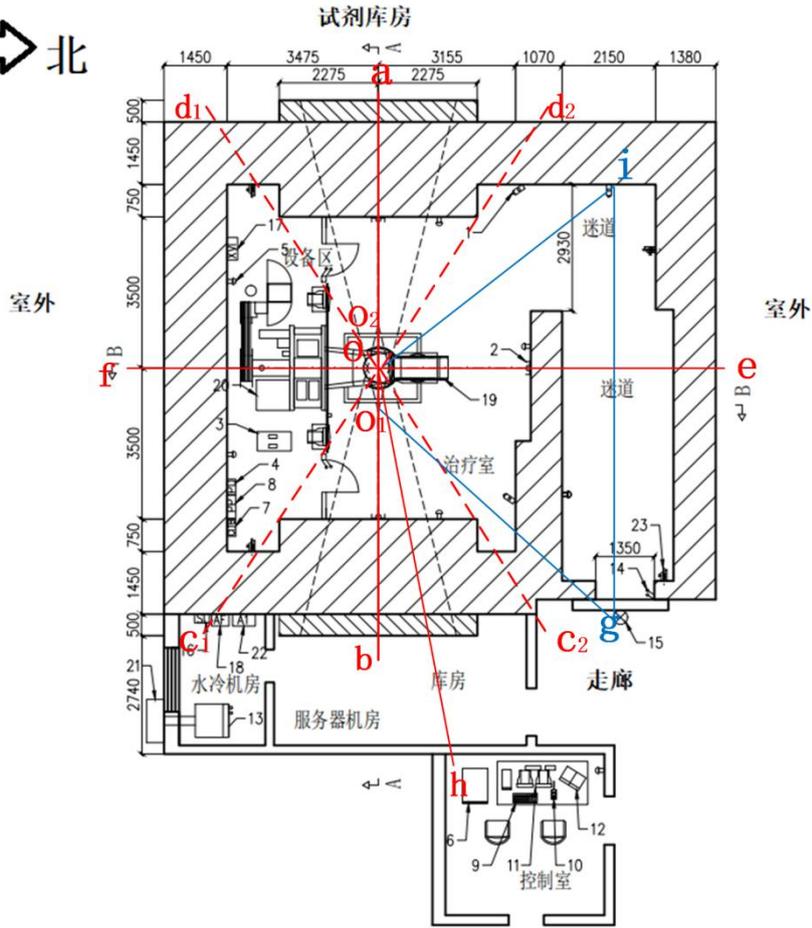
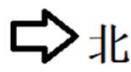
在设备安装调试阶段，建设单位及设备厂家应加强辐射防护管理，保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在门上粘贴电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房需关闭并采取措施防止无关人员进入，防止辐射事故的发生。

11.2 运行阶段对环境的影响

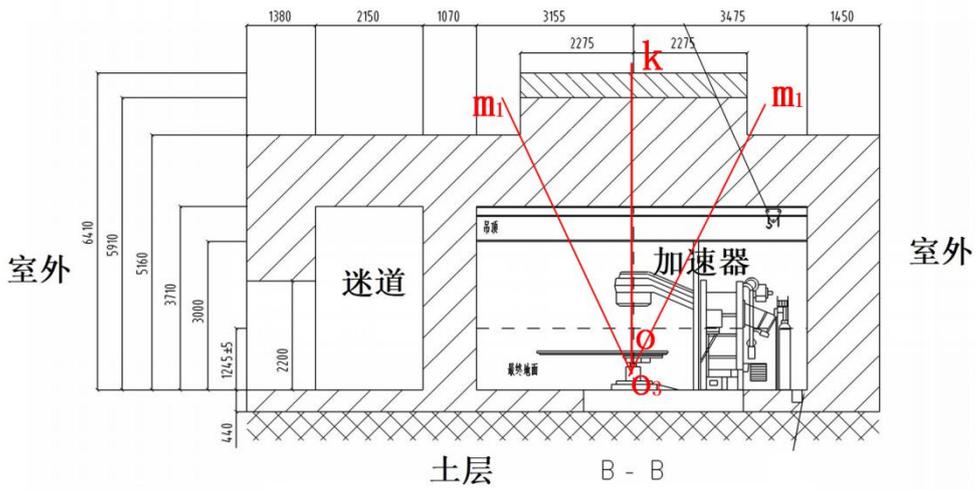
11.2.1 辐射环境影响预测分析

(1) 关注点选取

根据治疗机房布局情况，选取项目运行期间人员可能受到辐射影响的区域作为关注点，进行预测分析。治疗机房防护实体外30cm处关注点选取情况见图11-1，关注点辐射束及路径情况见表11-1。



屋顶



加速器机房剖面图

图 11-1 加速器治疗室主要照射路径及关注点分布平面示意图

表 11-1 加速器治疗室关注点辐射束及路径

关注点	场所名称	方位	屏蔽类型	考虑辐射束	辐射路径	距离 (m)
a	试剂库房	西侧	主屏蔽	有用线束	o1-a	7.5
d1			次屏蔽	散射辐射和 泄露辐射	o-o1 o2-o-d1	7.0 ^①
d2			次屏蔽		o-o2 o2-o-d2	7.0 ^①
b	库房	东侧	主屏蔽	有用线束	o2-b	7.5
h	控制室		主屏蔽	有用线束	o2-h	10.4
c1	水冷机房		次屏蔽	散射辐射和 泄露辐射	o-o1 o2-o-c1	7.0 ^①
c2	走廊		次屏蔽		o-o2 o2-o-c2	7.0 ^①
f	室外	南侧	侧屏蔽	泄露辐射	o-f	5.225
e	室外	北侧	侧屏蔽	泄露辐射	o-e	8.055
k	屋顶	顶棚	主屏蔽	有用线束	o3-k	6.46
m1			次屏蔽	散射辐射和 泄露辐射	o-m1 o3-o-m1	4.828 ^①
m2			次屏蔽		o-m2 o3-o-m2	4.828 ^①

注：①距离为等中心 o 点到关注点的距离。

(2) 有用线束主防护区宽度核算

引用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）第 4.3.3 节关于有用线束防护区宽度核算的公式进行计算。

$$Y_p = 2[(a+SAD) * \tan \theta + 0.3] \dots \dots \dots \text{公式 (11-1)}$$

式中：Y_p-有用线束主防护区宽度，m；

SAD-源轴距，m；

θ-有用线束最大张角，°；

a-等中心点至“主防护区”距离（当主防护区向治疗机房内凸时，“主防护区”指与主防护区相接的次防护区内表面；当主防护区向治疗机房外凸时，“主防护区”指与主防护区的外表面），m。

(3) 防护材料厚度与透射因子

引用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）第 5.1 节关于防护材料厚度与透射因子的公式进行计算。

①有效防护材料厚度

当X射线束以θ角斜入射厚度为X的防护材料时，射线束在斜射路径上的防护材

料有效Xe见下式。

$$x_e = X \cdot \cos \theta \dots\dots\dots \text{公式 (11-2)}$$

式中: x_e -防护材料有效厚度, cm;

X-防护材料厚度, cm;

θ -为斜射角(即入射射线与防护材料平面的垂直线之间的夹角), °;

②防护材料厚度与透射因子的关系

$$B = 10^{(X_e + TVL_1) / TVL} \dots\dots\dots \text{公式 (11-3)}$$

式中: B-透射因子, 无量纲;

TVL₁-第一个十分之一值层厚度, cm;

TVL-平衡十分之一值层厚度, cm。

(4) 主防护实体、次防护实体外关注点剂量水平估算

引用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011)第5.2.1节对于给定防护材料厚度时, 防护实体外关注点的剂量率计算公式如下。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{公式 (11-4)}$$

式中: \dot{H} -防护实体外关注点的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_0 -加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶(下简称: 靶)1m处的常用最高剂量率, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$;

R-辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

f-泄漏辐射比率, 无量纲;

B-透射因子, 无量纲。

(5) 与主防护实体直接相连次防护实体外关注点剂量水平估算

初级射线束不直接到达该防护实体, 只考虑加速器装置头的泄漏辐射和来自患者体表的散射辐射。

①患者体表的散射辐射

利用下列公式计算相患者体表的散射辐射在防护实体外关注点的剂量率。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot X_{ph} \cdot (F / 400) \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{公式 (11-5)}$$

式中: \dot{H} -防护实体外关注点的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

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, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$;

R_s -患者(位于等中心点)至关注点的距离, m;

α_{ph} -患者 400cm^2 面积上的散射因子, 无量纲;

B-透射因子, 无量纲;

F-治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm^2 。

②泄漏辐射

泄漏辐射剂量率取初级辐射束的 0.1%, 利用公式(11-4)计算与主防护实体直接相连的次防护实体外关注点的剂量率。

(6) 治疗机房迷道入口处关注点剂量水平估算

治疗机房迷道入口处辐射剂量率 H_g , 引用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011) 中第 3.2.5.1 条要求, 考虑以下照射途径, 计算关注点剂量率。

①射线经患者体表散射至迷道内口 i 处, 二次散射至 g 点处的散射辐射

射线经患者体表散射至迷道内口 i 处, 二次散射至 g 点处的散射辐射 H_{oig} ,

利用公式(8-6)计算。

$$H_{oig} = \frac{\alpha_{ph}(F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot H_0 \dots \dots \dots \text{公式 (11-6)}$$

式中: α_{ph} -患者 400cm^2 面积上的散射因子, 通常取 45° 散射角的值(见 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.2), 无量纲;

F-治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm^2 ;

α_2 -砼墙入射的患者散射辐射(能量见 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.3)的散射因子(见 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.6, 通常取 0.5MeV 栏内容), 无量纲;

A-散射面积, m^2 ;

R_1 -患者与迷道内口反射墙的距离, m;

R_2 -迷道内口反射墙与 g 点的距离, m;

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

②泄漏辐射经迷道内墙透射至 g 点辐射

加速器泄漏辐射经迷道内墙屏蔽后至 g 点辐射剂量率 H_{oig} , 利用公式(11-7)计算。

$$H_{oig} = \frac{H_0 \cdot f}{R_t^2} \cdot 10^{-(t+TVL-TV L1)/TVL} \dots \dots \dots \text{公式 (11-7)}$$

式中： t -靶点至关注点穿过混凝土墙厚度， m；

TVL_1 -防护材料第一个十分之一值层， m；

TVL -防护材料平衡十分之一值层， m；

f -泄漏辐射比率， 无量纲；

H_{o1g} -加速器迷道入口处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R_t -靶点至关注点 g 的距离， m；

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

③机房迷道入口处 g 点辐射剂量水平

机房迷道入口处 g 点辐射剂量水平 H_g ， 利用公式（11-8）计算。

$H_g = H_{o1g} \cdot 10^{-(X/TVL_{pb})} + H_{o1g} \dots\dots\dots$ 公式（11-8）

式中： TVL_{pb} -铅的十分之一值层（引用GBZ/T201.2-2011 中，迷道防护门处

X 射线散射辐射能量约为 0.2MeV，铅中的TVL值为 0.5cm）， mm；

X -治疗机房防护门铅防护材料厚度， mm。

（7）相关参数

根据项目设计资料，本项目医用电子直线加速器的规格和参数要求如下：X射线能量配备6MeV、10MeV，不考虑中子射线和感生放射性带来的影响，最大剂量率600cGy/min；X射线有用线束张角 $\leq 28^\circ$ ，等中心照射野40cm \times 40cm；机头泄漏率0.1%，机头旋转角度360°，等中心点高度124cm，源皮距100cm。

引用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）附录 B 表 B.1内容，X射线（能量为10MeV）有用线束在混凝土中第一个十分之一值层、平衡十分之一值层厚度分别为41cm、37cm，X射线（能量为10MeV）90° 泄漏辐射在混凝土中第一个十分之一值层、平衡十分之一值层厚度分别为35cm、31cm。

引用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）附录 B 表 B.2、表 B.4 内容，X 射线（能量为 10MeV）有用线束照射在患者体表（400cm²）90°、45°、30° 散射的散射因子(α_{ph})分别为 3.81E-04、1.35E-03、3.18E-03；X 射线（能量为 10MeV）有用线束照射在患者体表 90°、45°、30° 散射辐射在混凝土中的十分之一值层分别为18cm、25cm、28cm。

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）附录B表B.3内容，有用线束照射在患者体表30° 散射辐射平均能量为1.0MeV。

引用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗 机房》（GBZ/T 201.2-2011）附录B表B.6内容，混凝土对 45° 入射辐射的散射因子（ a_2 ）2.2E-02。

11.2.2 预测结果及分析

(1) 有用线束主防护区宽度核算

表 11-2 有用线束主防护区宽度核算

主防护区描述		a +SAD(m)	θ (°)	Y_p (m)	有用线束主防护区设计宽度(m)
加速器 治疗室	西侧主防护区	6.200+1	14	4.190	4.550
	东侧主防护区	6.200+1	14	4.190	4.550
	顶部主防护层	5.160+1	14	3.672	4.550

根据表11-1，本项目加速器治疗室有用线束主防护区设计宽度，满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）第 4.3.3 节要求。

(2) 治疗机房外各关注点剂量水平

①治疗机房主防护实体、次防护实体外 30cm 处剂量水平

利用公式（11-2）、（11-3）、（11-4），计算治疗机房主防护实体、次防护实体外 30cm处剂量水平，见表11-3。

表 11-3 主防护实体、次防护实体外 30cm 处剂量水平计算结果

关注点	H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	R(m)	f	Xe(mm)	TVL ₁ (mm)	TVL (mm)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
a	3.60E+08	7.5	1	2700	410	370	0.41
b	3.60E+08	7.5	1	2700	410	370	0.41
h	3.60E+08	10.4	1	2700	410	370	0.22
k	3.60E+08	6.46	1	2700	410	370	0.56
f	3.60E+08	5.225	0.001	1450	350	310	0.37
e	3.60E+08	8.055	0.001	2450	350	310	9.33E-05

②与主防护实体直接相连次防护实体外30cm处剂量水平

与主防护实体直接相连次防护实体外30cm处剂量水平主要考虑患者体表散射辐射和泄漏辐射。利用公式（11-2）、（11-3）、（11-5），计算患者体表的散射辐射，见表11-4；利用公式（11-2）、（11-3）、（11-4），计算泄漏辐射，见表11-5。

表 11-4 患者体表的散射辐射计算结果

关注点	H ₀ (μSv/h)	R _s (m)	F(cm ²)	α _{ph}	Xe(cm)	TVL (mm)	H(μSv/h)
d1	3.60E+08	7.0	1600	3.18E-03	1450	280	0.10
d2	3.60E+08	7.0	1600	3.18E-03	1450	280	0.10
c1	3.60E+08	7.0	1600	3.18E-03	1450	280	0.10
c2	3.60E+08	7.0	1600	3.18E-03	1450	280	0.10
m1	3.60E+08	4.828	1600	3.18E-03	1450	280	2.06E-01
m2	3.60E+08	4.828	1600	3.18E-03	1450	280	2.06E-01

表 11-5 泄漏辐射计算结果

关注点	H ₀ (μSv/h)	R(m)	f	Xe(cm)	TVL1 (mm)	TVL (mm)	H (μSv/h)
d1	3.60E+08	7.0	0.001	1450	350	310	0.21
d2	3.60E+08	7.0	0.001	1450	350	310	0.21
c1	3.60E+08	7.0	0.001	1450	350	310	0.21
c2	3.60E+08	7.0	0.001	1450	350	310	0.21
m1	3.60E+08	4.828	0.001	1450	350	310	4.37E-01
m2	3.60E+08	4.828	0.001	1450	350	310	4.37E-01

③治疗机房迷道入口外30cm处剂量水平

结合治疗机房布局情况，治疗机房迷道入口外30cm处剂量水平主要考虑射线经患者体表散射至迷道内口i处，二次散射至g点处的散射辐射，以及泄漏辐射经迷道内墙透射至g点辐射。利用公式（11-6）计算射线经患者体表散射至迷道内口i处，二次散射至g点处的散射辐射，见表11-6；利用公式（11-7）计算泄漏辐射经迷道内墙透射至g点辐射，见表11-7。

表 11-6 射线经患者体表散射至 i 处，二次散射至 g 点处的散射辐射计算结果

关注点	H ₀ (μSv/h)	R ₁ (m)	R ₂ (m)	F (cm ²)	α _{ph}	a ₂	A(m ²)	H _{oig} (μSv/h)
g	3.60E+08	7	9.95	1600	1.35E-03	2.20E-02	7.9765	70.32

表 11-7 泄漏辐射经迷道内墙透射至 g 点辐射计算结果

关注点	H ₀ (μSv/h)	f	R _t (m)	t(mm)	TVL1 (mm)	TVL (mm)	H _{o1g} (μSv/h)
g	3.60E+08	0.001	7.37	1070	350	310	0.92

利用公式（11-8）计算治疗机房迷道入口处 g 点辐射剂量水平，见表11-8。

表 11-8 治疗机房迷道入口处 g 点辐射计算结果

关注点	H _{oig} ($\mu\text{Sv/h}$)	H _{o1g} ($\mu\text{Sv/h}$)	X(mm)	TVL _{pb} (mm)	H($\mu\text{Sv/h}$)
g	70.32	0.92	18	5	0.94

④治疗机房外关注点剂量率

综合上述预测结果，项目治疗机房外关注点剂量率见表 11-9。

表 11-9 治疗机房外关注点剂量率

关注点	关注点描述	剂量率($\mu\text{Sv/h}$)
a	西侧主防护墙外30cm处（试剂库房）	0.41
d1	西侧次防护墙外30cm处（试剂库房）	0.31
b	东侧主防护墙外30cm处（库房）	0.41
c1	东侧次防护墙外 30cm 处（水冷机房）	0.31
c2	东侧次防护墙外 30cm 处（走廊）	0.31
h	东侧主防护墙外（控制室）	0.22
f	南侧次防护墙外 30cm 处（室外）	0.37
e	迷道外墙外 30cm 处（室外）	9.33E-05
k	顶部主防护层外 30cm 处（屋顶）	0.56
m1	顶部次防护层外 30cm 处（屋顶）	0.64

分析表 11-9，项目治疗机房实体防护外 30cm 处、顶部外 30cm 处辐射剂量率在 9.33E-05~0.64 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足表 7-2 提出的医用电子直线加速器治疗机房防护实体外 30cm 处、顶部外 30cm 处周围剂量当量率的参考控制水平。

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）第 6.3.2 节要求，本项目治疗机房顶部外辐射剂量率均满足第 6.3.1 节内容要求，因此不需考虑天空反射。本项目医用电子直线加速器带有 CBCT 系统，由于机房的防护均为混凝土结构，且厚度最薄处也为 1450mm 混凝土，远远超过《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关要求，故可忽略其对周围环境的辐射影响。

11.2.3 个人剂量估算分析

11.2.3.1 估算模式

参考《UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes》内容，X-γ 射线产生的外照射人均年剂量当量计算公式如下。

$$H_{E,T} = D_T \times t \times T \dots\dots\dots \text{公式 (11-9)}$$

式中：

$H_{E,T}$ -X-γ 射线外照射人均年剂量，mSv/a；

D_T -X-γ 射线辐射剂量率，mSv/h；

t -X-γ 照射时间，h；

T -居留因子，无量纲。

11.2.3.2 工作负荷

依据项目资料，医用电子直线加速器主要开展肿瘤或其他病灶放射治疗工作，平均每次（保守按调强治疗计）出束治疗时间取3min，每天开展治疗工作约48人次，每周工作 5d，则治疗机房年（按 50 周计）出束治疗时间为600h。

11.2.3.3 预测参数选取

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）附录 A 表 A.1 内容，见表 11-10。

表 11-10 不同场所的居留因子

场所	居留因子 (T)		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 与屏蔽室相邻的患者检查室 1/5: 走廊、工作人员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗机房房门外 30 cm 处、相邻的（共用屏蔽墙）放射诊疗机房 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯

11.2.3.4 个人剂量估算及分析

结合项目工作场所布局情况，选取有代表性关注点估算个人剂量，依据公式（11-9）进行估算，见表11-11。

表 11-11 个人剂量估算

关注点	$D_r(\mu\text{Sv/h})$ ^①	t(h)	T	年剂量 (mSv/a)	个人剂量约 束值(mSv/a)	关注 人群
水冷机房（东侧次防护 墙外30cm处）	0.31	600	1/16	2.91E-03	5.0	职业 人员
库房（东侧次防护墙外 30cm处）	0.41	600	1/5	1.23E-02	5.0	职业 人员
屋顶（顶部次防护层外 30cm处）	0.64	600	1/20	7.05E-02	--	--
防护门外 30cm 处	0.94	600	1/8	7.05E-02	0.1	公众
试剂库房（西侧主防护 墙外30cm处）	0.41	600	1/16	3.84E-03	0.1	公众
走廊（东侧次防护墙 外30cm处）	0.31	600	1/5	9.30E-03	0.1	公众
室外(南侧次防护墙外 30cm处)	0.37	600	1/40	5.55E-03	0.1	公众
室外（迷道外墙外 30cm处）	9.33E-05	600	1/40	1.40E-06	0.1	公众

注：①引用表11-9项目工作场所各关注点预测结果。

个人剂量估算数据显示，本项目运行致工作人员年有效剂量为2.91E-03~1.23E-02mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B1.1.1.1中由审管部门决定的连续5年的工作人员20mSv年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），也低于评价提出工作人员5mSv/a的个人剂量约束值要求；项目运行致其他各关注点公众年有效剂量为1.40E-06~9.60E-02mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B1.2.1公众中有关关键人群组的成员所受到1mSv的平均剂量限值，低于评价提出公众0.1mSv/a的个人剂量约束值要求。

11.2.4.2 事故情况下的影响分析

事故假设

（1）在对病人进行治疗时，本项目10MV加速器主射束1m处剂量率最大值600cGy/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处的非主射方向，受到散射和漏射的影响，加速器散射束和漏射束的空气比释动能率均取主射束方向的0.1%，每次误入照射时间为2min（单次照射最长时间）。

（2）在维修人员进行检修时，检修人员必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪，假设触动加速器开关，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

0.5m 处的主射束方向，10MV 加速器主射束 1m 处剂量率为最大值 600cGy/min，检修人员被误照射开始至听报警仪报警关闭加速器停止出束的时间为 1min。

(3) 后果计算与分析

表 11-6 事故状态下主射束方向不同时间、距离处有效剂量情况表 (Sv)

时间(s) 距离(m)	10	60	120
0.5	5.2	32	64
1	1.3	8	16
2	0.3	2	4
5	0.052	0.32	0.64

表 11-7 事故状态下非主射束方向不同时间、距离处有效剂量情况表 (mSv)

时间(s) 距离(m)	10	30	60
0.5	5.33	16.00	32.00
1	1.33	4.00	8.00
2	0.33	1.00	2.00
4	0.08	0.25	0.50

①通过计算，在以上假设事故情景下，人员误入 2 分钟，受到医用电子直线加速器非主射方向 0.5m 处的辐射影响，其有效剂量为 32mSv，超过人员年剂量限值 20mSv，故上述事故后果为一般辐射事故。

②通过计算，在以上假设事故情景下，维修人员受到医用电子直线加速器主射束方向 0.5m 处 10 秒钟的辐射影响，其有效剂量为 5.2Sv/次；在 1m 处受到加速器主射方向 30 秒钟的照射，其有效剂量为 4Sv/次。根据《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ 104-2017) 表 1 所述：“骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值范围为 4.0~6.0Gy”，故上述事故后果为重大辐射事故。

11.2.4.3 事故预防措施

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，建设单位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。

建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，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，建设单位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，组织管理建设单位的安全工作；

(2) 加强人员的培训，考核合格、持证上岗；

(3) 建立岗位安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻落实；

(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；

(5) 辐射工作人员必须严格按照射线装置操作程序进行操作，每日检查防护门上的联锁装置、灯光警示装置是否正常，如果失灵，应立即修理，恢复正常，防止事故照射的发生；

(6) 委托有资质的单位对机房周围环境进行监测，以确保射线装置的防护设施达到要求，避免工作人员和公众受到不必要的辐射照射；

(7) 加强安全保卫措施，无关人员禁止进入辐射工作场所。

环评要求：将本项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围，增加建设单位内部应急领导小组成员电话，并做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备。一旦发生辐射事故，立即断电、启动应急预案，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急领导小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门。同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

为加强辐射安全与环境保护管理工作，防止辐射污染环境，保障公众的健康，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等规定，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，医院制定了相应的辐射安全与环境保护管理制度。

12.1.1 辐射安全管理机构

医院成立了辐射安全与防护管理领导小组，并以正式文件明确了管理委员会成员以及相关工作职责。

(1) 组织结构

组 长：钱军

副组长：王霞 高鹏程 马维军 田彪

成员：张锋 张俊霞 闫莉 滕盛国 魏铭 徐彦 吴晓阳

领导小组下设办公室，设在医学装备科。

主任：滕盛国

成员：白天华 向昱 宁婧

具体负责辐射安全与防护工作的组织、协调、督查与指导等日程工作。

(2) 领导小组工作职责：

- 1、监督本单位贯彻执行国家及上级部门辐射安全与防护方针、政策、法律、法规、标准、规定；并制定我院的各项工作制度，并组织实施。
- 2、负责射线装置改、扩建时的辐射安全许可证、放射诊疗许可证的办理工作。
- 3、对辐射安全与防护工作进行监督检查、指导。
- 4、组织制定辐射事故应急处理预案。
- 5、负责安排射线装置质量监测、工作场所环境监测、工作人员剂量监测等各项监测工作以及相关工作人员的辐射安全培训、健康体检。
- 6、负责对射线装置的辐射安全与防护状况进行年度评估。

12.1.2 人员配备与职能

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第 16 条第 2 款的要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第 28 条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

本项目计划拟配备现有的放疗科辐射工作人员13名，均具备有相应的专业技术和辐射防护知识，暂未通过辐射安全与防护自主培训。医院拟组织本项目工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）的辐射防护培训，培训合格后上岗。

12.1.3 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第 16 条第 6 款的要求，使用放射性同位素、射线装置的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射安全和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等；第 7 款要求，使用放射性同位素、射线装置的单位有完善的辐射事故应急措施。

建设单位已制订《辐射事故应急预案》《辐射安全与防护管理制度》《放射科岗位职责》《辐射专职管理人员岗位职责》《放射科设备检修维护制度》《台账管理制度》《放射性“三废”处理方案》《安全保卫制度》《河西学院附属张掖人民医院放射及辐射工作人员学习和培训制度》《河西学院附属张掖人民医院放射及辐射防护及安全制度》《河西学院附属张掖人民医院放射及辐射工作人员职业健康档案管理制度》《河西学院附属张掖人民医院放射及辐射工作人员个人剂量监测管理制度》《放射防护注意事项》《放射诊疗质量保证制度》和《设备操作规程》等放射防护管理制度，用于医院的辐射安全与防护管理。

现有的各管理制度中有关于射线装置管理、岗位职责、放射工作场所、个人剂量监测和工作人员职业健康体检的内容，但内容不够完善。

环评要求：建设单位应按要求完善现有规章制度，制定《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》《Elekta Synergy型加速器操作规程》。

12.2 辐射工作人员管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第 29 条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健

康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

医院已开展工作人员个人剂量监测和职业健康检查工作，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

12.2.1 辐射工作人员职业健康检查

项目计划配备的 13 名辐射工作人员均已在甘肃省疾病预防控制中心进行职业健康检查。

环评要求：对职业健康体检结果中有异常的辐射工作人员应安排进行相应项目的复查，并将复查结果纳入职业健康监护档案中进行管理；辐射工作人员应至少每两年进行一次职业健康检查。

12.2.2 辐射工作人员培训

项目计划配备的 13 名辐射工作人员均已参加了国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上参加了“放射治疗”类别的辐射安全与防护知识培训，成绩合格。

环评要求：辐射工作人员辐射安全与防护培训证书到期后辐射工作人员应在生态环境部辐射与防护培训平台接受再培训。

12.2.3 辐射工作人员个人剂量监测

项目计划配备的13名辐射工作人员均已委托甘肃省疾病预防控制中心进行了个人剂量监测。根据提供的资料，13名辐射工作人员在2023年度监测周期中，个人剂量监测结果无人超过国家规定的年剂量当量限值。

环评要求：个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度评估报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》一并提交。

12.3 辐射监测

12.3.1 本项目的监测要求

本项目应配备的辐射环境自主检测设备包括：个人剂量报警仪、X-γ辐射剂量率仪等，并制定辐射环境监测方案计划，每年委托有资质单位对辐射工作场所进行一次定期监测，并按时向生态环境主管部门提交本院的放射同位素与射线装置的安全和防护状况评估报告。为放射工作人员配备个人剂量计，并委托有资质单位每季度对放射工作人员进行个人剂量检测并存档。

项目建成投运后，应定期对新建的加速器机房进行监测，监测要求如下：

(1) 辐射工作场所环境监测

a、委托有资质单位对本次新建的加速器机房进行监测，监测频次不小于 1 次/年，

监测结果应详细记录并存档；

b、利用 X- γ 辐射剂量率仪定期对新建加速器机房周边环境进行巡检，若发现异常情况，应立即采取应急措施，停止放射工作，并查找原因；

c、将本次新建加速器机房的检测结果纳入辐射安全和防护状况评估报告中，并在每年 1 月 31 日之前上报发证机关。

(2) 个人剂量监测

a、项目涉及的放射工作人员应配备个人剂量计，每季度委托具有资质的个人剂量监测技术服务机构进行监测，建立个人剂量检测档案；

b、在每年的辐射安全和防护状况评估报告中，应包含放射工作人员个人剂量检测数据及安全评估的内容。

(3) 年度评估

每年应委托有 X- γ 辐射剂量率检测资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的年度管理监测，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

本项目加速器机房监测方案见表 12-1，加速器机房周围辐射剂量率自主监测点位见图 12-1。

表 12-1 本项目加速器机房监测方案

监测内容	监测点位	监测因子	监测频次
机房周围辐射剂量率检测	四周屏蔽墙外 30cm 处、控制室操作位、防护门外 30cm 处、电缆沟	X- γ 辐射剂量率	每月自测一次，委托有资质单位每年监测一次
个人剂量监测	放射工作人员个人剂量计	个人剂量	委托有资质单位每季度监测一次

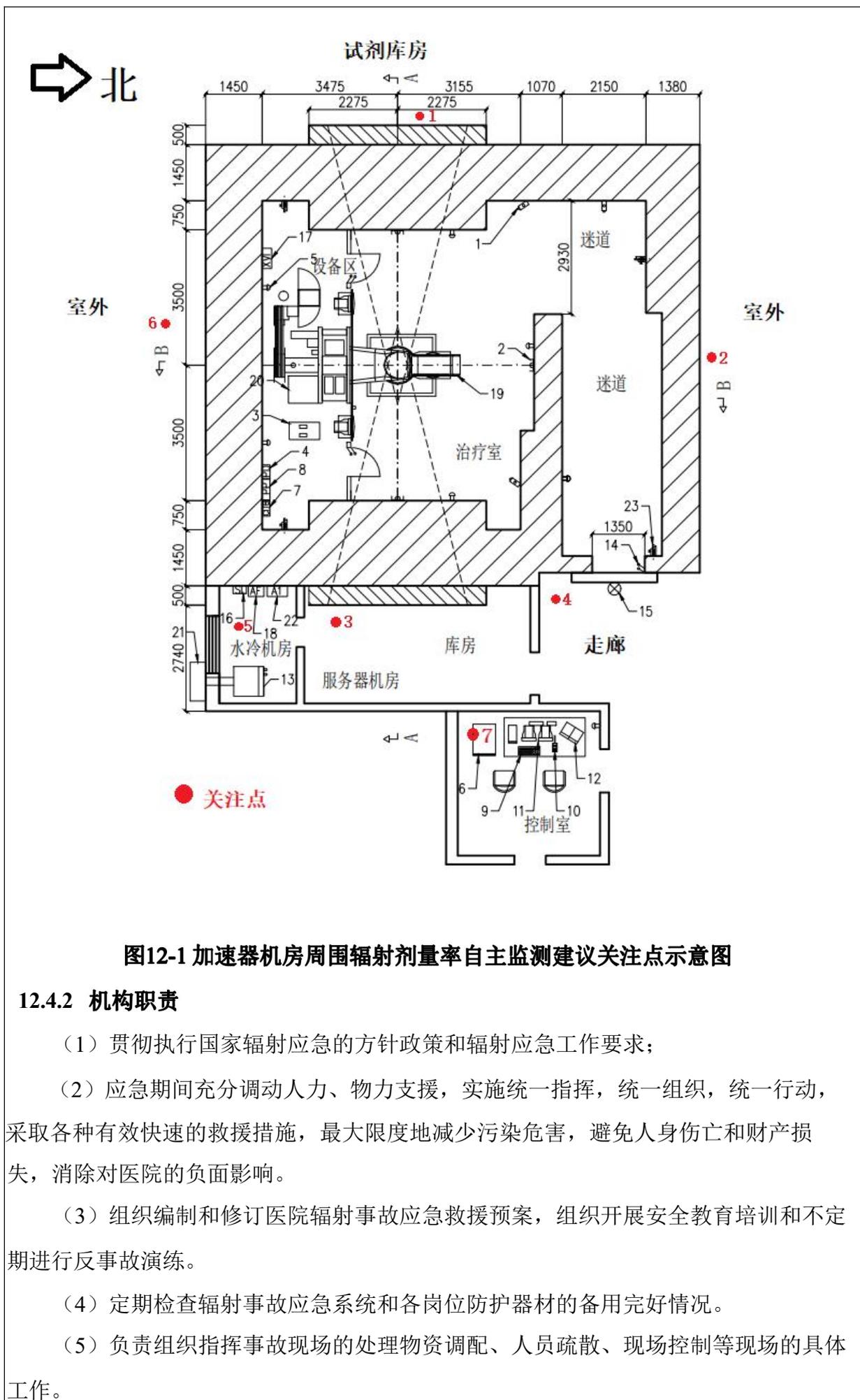


图12-1 加速器机房周围辐射剂量率自主监测建议关注点示意图

12.4.2 机构职责

- (1) 贯彻执行国家辐射应急的方针政策和辐射应急工作要求；
- (2) 应急期间充分调动人力、物力支援，实施统一指挥，统一组织，统一行动，采取各种有效快速的救援措施，最大限度地减少污染危害，避免人身伤亡和财产损失，消除对医院的负面影响。
- (3) 组织编制和修订医院辐射事故应急救援预案，组织开展安全教育培训和不定期进行反事故演练。
- (4) 定期检查辐射事故应急系统和各岗位防护器材的备用完好情况。
- (5) 负责组织指挥事故现场的处理物资调配、人员疏散、现场控制等现场的具体工作。

(6) 负责做好善后处理工作。

(7) 按发生事故“四不放过”原则，组织或协助配合上级进行事故调查分析、处理工作。

(8) 发生事故时，应立即赶赴现场组织指挥全医院的应急救援工作，同时向有关领导和部门报告事故情况。

12.4.3 辐射事故分级

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（Ⅰ级）、重大辐射事故（Ⅱ级）、较大辐射事故（Ⅲ级）和一般辐射事故（Ⅳ级）四个等级。

12.4.4 辐射事故应急程序

(1) 应急启动

发现发生辐射事故时，发现人或部门应立即将事故性质、时间、地点、等向领导小组报告。小组在接到辐射事故报告后，立即启动应急预案，安排各组人员迅速赶赴现场进行救援。

(2) 应急处理响应措施

发生辐射事故时，发生事故的科室立即将事故性质、时间、地点、科室、联系人、电话等向医院辐射安全管理领导小组和应急指挥中心报告。应急指挥中心在接到报告后，立即启动辐射事故应急预案，安排各组人员迅速赶赴现场进行救援。

12.4.5 评估与总结

(1) 处置工作评估

在解除应急状态后，医院应进行下列工作：

- 一、整理和审查所有的应急记录和文件等资料；
- 二、总结和评价导致应急状态的事故情况和在应急期间采取的主要行动；
- 三、对事故责任人进行事故责任追究。

(2) 应急响应总结报告

应急状态终止后，各有关部门和单位按有关规定及时做出书面总结报告。总结报告应包括下列基本内容：发生事故的基本情况，事故原因、发展过程及造成的后果（包括人员伤亡、经济损失）分析、评价，采取的主要应急响应措施及其有效性，主要经验教训和事故责任人及其处理等。总结报告的具体内容和格式按规定执行。并向相关政府主管部门提交事故报告。

综上所述，医院制定了辐射事故应急方案，成立了应急组织机构，负责医院辐射

事故应急工作，明确工作职责、工作程序、事故分级等内容，基本可满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中对事故应急的相关要求。

环评要求：医院应根据本项目事故特点修订和完善《辐射事故应急预案》，把本项目加速器的事故应急纳入到医院总的预案中去。同时应加强辐射事故应急预案的演练，提高事故应急处置能力。辐射事故应急预案修订后应报所在地区级生态环境行政主管部门备案。

12.5 环保竣工验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》要求，医院是项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告；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。

验收报告公示期满后5个工作日内，医院应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。

项目建成后，环境保护设施的验收期限一般不超过3个月。项目环保竣工验收一览表见表12-2。

表 12-2 项目环保竣工验收一览表

序号	验收内容	验收要求	目标值
1	环保文件	环评批复、验收监测报告等齐全	文件齐全
2	辐射安全管理机构	设立辐射安全管理机构或指派辐射管理专职人员	文件齐全
3	辐射安全管理制度	制定《Elekta Synergy型加速器操作规程》《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》等规章制度。	核对制度及内容
4	设备数量及参数	一台10MV直线加速器，具体参数见表 1-1	核对参数
5	人员培训	辐射工作人员全部通过辐射安全与防护培训，并取得成绩报告单，成绩合格。	人员和证件数量对应
6	监测设备	配备X-γ剂量监测仪，并在校准有效期内	核对设备
7	报警设备	配备个人剂量报警仪和固定式剂量报警仪	核对设备
8	个人剂量配置	定期进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。	数量和人员对应相符
9	职业健康检查	定期进行职业健康检查，并建立职业健康监护档案。	数量和人员对应相符

10	辐射安全防护措施	固定式剂量警报装置、双头应急灯、工作信号指示灯、电离辐射警告标识、实时摄像监控系统、门机联锁装置、对讲装置、急停按钮、防护门开关、光幕式红外防夹装置、手动开门装置等。	设置位置、内容与本报告相符，功能正常
11	机房屏蔽	机房布局与环评报告表描述一致，各屏蔽体屏蔽厚度不低于评价报告中的标准。	核实是否与报告表一致
12	辅助工程措施	合理设置机房各管线孔和通风系统。	各管线孔的穿墙方式和位置与报告表一致，机房排风次数不小于4次/h。
13	剂量率控制	加速器机房在正常工况下监测机房周围辐射剂量率，屏蔽体外表面30cm处剂量率满足剂量率参考控制水平。	满足要求
14	年有效剂量控制	辐射工作人员的年有效剂量不超过5mSv；公众的年有效剂量不超过0.1mSv。	满足要求

12.6 放射性同位素与射线装置安全许可管理

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求，项目建成后，医院应尽快向生态环境主管部门重新申请领取辐射安全许可证。按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第16条要求，使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备的条件见表12-3。

表 12-3 使用放射性同位素、射线装置单位申请领取许可证条件

序号	要求
1	使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。
4	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。
5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。

6	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。
7	有完善的辐射事故应急措施。
8	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

河西学院附属张掖人民医院位于甘肃省张掖市甘州区甘肃西环路67号，是全市唯一一所综合性国家级三级甲等医院，始建于1956年，担负着全市128万人民群众的医疗、预防、保健、急救、康复、医学科研和全市医疗卫生人员的专业技术培训任务。

为满足诊疗需求，提高医疗服务质量，甘肃省人民医院计划在放疗中心一楼新增一台Elekta Synergy型10MV医用电子直线加速器。

13.1.2 产业政策符合性分析

按照《产业结构调整指导目录(2019年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号修改，2020年1月1日起施行，2021年12月30日修订)：“第一类鼓励类”中的“十三、医药”中的“5、新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”之规定，本项目属于鼓励类产业，符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性分析

本项目目的在于开展医学放射治疗，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，项目建设所带来的个人和社会利益远大于可能引起的辐射危害。本项目在认真落实本报告提出的辐射防护措施和建议，确保操作安全的前提下，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“实践的正当性”要求。

13.1.4 选址合理性分析

本建设项目位于医院内部，不新增使用土地，项目所在放疗中心楼一楼加速器机房屏蔽体50m评价范围内均为医院用地及道路，无学校等环境敏感区，因此本项目选址合理。

13.1.5 辐射环境现状

项目所在地空气吸收剂量率处于正常环境本底水平，辐射环境现状无异常，项目所在区域辐射环境现状质量良好。

13.1.6 环境影响分析结论

(1) 施工期环境影响分析

项目施工期产生的噪声、扬尘、废水、建筑垃圾等造成的不利影响将控制在医院内局部区域，对周围环境影响较小。

(2) 运行期环境影响分析

加速器在正常或调强放射治疗情况下，机房辐射防护实体屏蔽墙、防护门外表面 30cm处各关注点的辐射剂量率均在参考控制水平以内，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范-第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）相关要求。

本项目辐射工作人员年有效剂量最大为 $1.23\text{E-}02\text{mSv}$ ，同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）职业人员年有效剂量不超过 20mSv 剂量限值和本项目提出的辐射工作人员年附加剂量不高于 5mSv/a 剂量约束值的要求。

本项目机房外50m保护范围内公众受照剂量最大为 $7.05\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）公众年有效剂量不超过 1mSv 的剂量限制核本项目确定的公众剂量约束值不超过 0.1mSv/a 的要求。

13.1.7 辐射安全设施

加速器机房拟设置固定式剂量报警仪、设备联锁装置、实时摄像视频装置、双向交流对讲系统、急停开关、工作状态指示灯、红外防夹装置、手动开门装置、辐射工作场所明显位置张贴电离辐射警示标识等，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中的相关要求。

项目工作场所辐射防护分区管理，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）分区管理的原则，工作场所分区合理。

13.1.8 辐射安全管理

医院成立了辐射安全防护管理机构，并明确了相关成员职责。医院制定了一系列辐射安全管理制度，用于指导和规范从事放射活动的人员做好辐射安全和放射防护工作。

医院应根据实际使用情况不断完善操作规程、岗位职责、辐射安全和防护制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，使其具有更强的针对性和可操作性。项目开展后将其纳入医院现有辐射安全管理体系，并根据人事变动

情况及时调整人员名单，明确相关人员职责，在按环评提出的要求完善后，可满足

项目对辐射安全管理的要求。

13.1.9 环境影响评价综合性结论

综上所述，项目在落实本报告提出的各项污染防治措施、辐射安全防护措施和辐射安全管理制度后，运行期对周围环境的辐射影响可达到合理且尽可能低的水平，满足辐射防护最优化原则。项目运行所致放射工作人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准限制要求，符合剂量限值约束原则。因此，从辐射安全和环境保护角度分析，项目建设可行。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

(1) 建立健全各项辐射防护管理规章制度，规范管理与操作，认真开展自查自评工作，发现问题及时整改，竣工验收前须达到辐射安全管理要求。

(2) 项目竣工后，医院应按照国家生态环境主管部门规定的标准和程序，对项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，经验收合格并取得辐射安全许可证后方可投入运行。

(3) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

(4) 定期对各辐射安全与防护设施、措施进行检查，确保其正常运行

(5) 根据实际经验，不断完善辐射安全与防护相关制度，定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性。

(6) 项目批复后，医院应按照国家《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求，向生态环境主管部门重新申请领取辐射安全许可证。申请辐射安全许可证前，需在全国核技术利用辐射安全申报系统 (<http://rr.mee.gov.cn>) 进行相关信息的填写。

13.2.2 承诺

项目建成运行后，应严格执行辐射环境监测制度，每年应对射线装置应用的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向辐射安全许可证发证机关报送上一年度辐射安全年度评估报告。

13.3 环评要求

(1) 医院应加强管理，设置专人负责环保等相关手续存档人员。

(2) 建设单位应按要求完善现有规章制度，制定《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》《Elekta Synergy型加速器设备操作规程》。

(3) 医院应根据本项目事故特点修订和完善《辐射事故应急预案》，把本项目设备的事故应急纳入到医院总的预案中去。同时应加强辐射事故应急预案的演练，提高事故应急处置能力。辐射事故应急预案修订后应报所在地区级生态环境行政主管部门备案。

表14 审批

下一级环保部门预审意见

经办人

公 章

年 月 日

审批意见

经办人

公 章

年 月 日

附件1：委托书

建设项目环境影响报告委托书

长润安测科技有限公司：

根据《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》、《建设项目环境影响评价分类管理目录》、《建设项目环境保护管理条例》等法律、法规的要求，我院就河西学院附属张掖人民医院直线加速器建设项目现委托贵公司进行核技术利用建设项目环境影响评价报告表评价范围包括：新建；改建；扩建)拟投入使用的固定放射诊疗场所以及在上述场所的放射诊疗设备和工作人员。

我院就本项目设定的年剂量目标控制值为放射工作人员：

全身 5mSv/a；

四肢和皮肤 125mSv/a；

眼晶体 20mSv/a；

公众年有效剂量目标控制值为 0.1mSv/a，贵公司应在以上基础上完成本项目的相
关评价工作。

委托单位：河西学院附属张掖人民医院

2024年04月05日



中华人民共和国生态环境部监制



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	河西学院附属张掖人民医院		
统一社会信用代码	1262000043854036XB		
地 址	甘肃省张掖市甘州区西环路 67 号		
法定代表人	姓 名	钱军	联系方式 13689362577
辐射活动场所	名 称	场所地址	
	影像中心	甘肃省张掖市甘州区影像中心楼	
	影像中心 内科楼负 一层	甘肃省张掖市甘州区内科大楼负一 层	
	影像中心 内科大楼 负一层	甘肃省张掖市甘州区内科大楼负一 层	
	口腔科	甘肃省张掖市甘州区门诊四楼	
	放疗中心 楼	甘肃省张掖市甘州区放疗中心楼	
	放疗中心 一楼模拟 定位室	甘肃省张掖市甘州区放疗中心楼	
	介入治疗 室	甘肃省张掖市甘州区内科大楼负一 层	
证书编号	甘环辐证[G0117]		
有效期至	2027 年 03 月 05 日		
发证机关	张掖市生态环境局		
发证日期	2024 年 02 月 06 日		





(一) 放射源

证书编号：甘环辐证[G0117]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注	
	辐射活动场所名称	核素	类别	活动种类	总活度(贝可)/ 活度(贝可) × 枚数	编码	出厂活度 (贝可)	出厂日期	标号	用途	来源	申请 单位
此页无内容												



(二) 非密封放射性物质

证书编号: 甘环辐证[G0117]

序号	活动种类和范围							备注			
	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	申请单位	监管部门
此页无内容											

3 扫描全能王



(三) 射线装置

证书编号: 甘环辐证[G0117]

序号	活动种类和范围				使用台账					备注		
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台 (套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数 (最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
1	放疗中心楼	粒子能量小于100兆电子伏的医用加速器	II类	使用	1	粒子能量小于100兆电子伏的医用加速器	PRIMUS	3918	粒子能量 10 MeV	德国西门子		
2	介入治疗室	血管造影用X射线装置	II类	使用	4	血管造影X射线装置	Artsi Zee111 Ceiling	128013	管电压 125 kV 管电流 1000 mA	西门子有限公司		
						血管造影X射线装置	Artsi Zee111 Ceiling	128012	管电压 125 kV 管电流 1000 mA	西门子有限公司		
						血管造影用X射线装置	FD20	1506	管电压 125 kV 管电流 1000 mA	荷兰飞利浦		
						血管造影用X射线装置	SOMATO M ArtisQ	103219	管电压 125 kV 管电流 1000 mA	德国西门子		
3	口腔科	口腔(牙科)X射线装置	III类	使用	3	全景机	Planmeca ProMax	4517	管电压 80 kV 管电流 12 mA	普莱美卡		

3 扫描全能王



(三) 射线装置

证书编号: 甘环辐证[G0117]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注	
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
4	影像中心	医用诊断X射线装置	III类	使用	12	口腔(牙科)X射线装置(口腔内X射线装置)	HELIODE NT PLUS D3507	2157	管电压 70 kV 管电流 7 mA	芬兰普兰梅卡		
						口腔(牙科)X射线装置(口腔外X射线装置)	Planmeca oy	2567	管电压 90 kV 管电流 15 mA	芬兰普兰梅卡		
						移动式C型臂	JZ12	1250201911017	管电压 120 kV 管电流 120 mA	西安集智		
						医用诊断X射线装置(胃肠X射线机)	Uni-Vision	61Y077	管电压 101 kV 管电流 630 mA	日本岛津		
					医用诊断X射线装置-医用诊断X射线装置	DRXR-1	800425	管电压 125 kV 管电流 250 mA	美国锐柯			
					医用诊断X射线装置	UDR380i	422376	管电压 125 kV 管电流 250 mA	上海联影			

5 / 44

CS 扫描全能王



(三) 射线装置

证书编号: 甘环辐证[G0117]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注	
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
						医用诊断X线装置	UDR760i	172077	管电压 150 kV 管电流 500 mA	飞瑞医疗器械(嘉兴)有限公司		
						医用诊断X射线装置	BVEndura	001508	管电压 100 kV 管电流 500 mA	荷兰飞利浦		
						医用诊断X射线装置	Ysio Max	41039	管电压 150 kV 管电流 500 mA	德国西门子		
						医用诊断X射线装置	uMammo 590i	312005	管电压 40 kV 管电流 160 mA	中国联影		
						医用诊断X射线装置	AIXIOM AristosXV PLUS	10386	管电压 150 kV 管电流 500 mA	德国西门子		
						医用诊断X射线装置	YSIO	50016	管电压 150 kV 管电流 500 mA	德国西门子		
						医用诊断X射线装置	Dura Diagonost	SN170027	管电压 150 kV 管电流	荷兰飞利浦		

6 / 44

CS 扫描全能王



(三) 射线装置

证书编号: 甘环辐证[G0117]

序号	活动种类和范围					使用台账				备注		
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
5		医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	III 类	使用	7		Compact		533 mA			
						医用诊断 X 射线装置	COL-R-AF01C	FR0202-00266	管电压 150 kV 管电流 500 mA	飞瑞医疗器械(嘉兴)有限公司		
						32 排 CT	SOMATO M Go.Up	108577	管电压 130 kV 管电流 400 mA	德国西门子		
						医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	uCT960+	860140	管电压 140 kV 管电流 800 mA	武汉联影医疗科技有限公司		
						医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	Discovery CT 750 HD	441724cx2	管电压 140 kV 管电流 800 mA	美国通用电气		
						医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	SOMATO MMSEN SATIOM 64	55514	管电压 140 kV 管电流 665 mA	德国西门子		
					医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	SOMATO M EmotionPlus	215412	管电压 130 kV 管电流 300 mA	德国西门子			

CS 扫描全能王

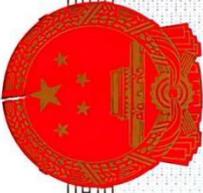
(三) 射线装置

证书编号: 甘环辐证[G0117]

序号	活动种类和范围					使用台账				备注		
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
						医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	uCT710	666187	管电压 140 kV 管电流 800 mA	武汉联影医疗科技有限公司		
						医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	uCT503c	215248	管电压 140 kV 管电流 800 mA	武汉联影医疗科技有限公司		

8 / 44

CS 扫描全能王



事业单位法人证书

统一社会信用代码 1262000043854036XB

名称 河西学院附属张掖人民医院

法定代表人 钱军

宗旨和业务范围 为全市人民提供医疗、保健、康复服务和，承担医学教学及科研任务，指导基层医疗卫生工作，培训卫生技术人员。

经费来源 财政补助

开办资金 ¥74345万元

住所 甘肃省张掖市甘州区西环路67号

举办单位 河西学院

有效期 自2022年12月23日至2027年12月23日

请于每年3月31日前向登记机关报送上一年度的年度报告



登记机关

国家市场监督管理总局监制



检测报告

报告编号：CR-HJ-6220240062-001

委托单位：河西学院附属张掖人民医院
检测时间：2024年03月12日
检测项目：环境 γ 辐射剂量率



检测报告

检测报告编号: CR-HJ-6220240062-001

共 3 页 第 1 页

委托单位	河西学院附属张掖人民医院		单位地址	甘肃省张掖市甘州区西环路 67 号	
检测位置	加速器机房及放疗中心楼		检测日期	2024 年 03 月 12 日	
检测项目	环境 γ 辐射剂量率				
检测和判定依据	HJ 1157—2021 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》				
检测仪器信息	设备名称	型号 (编号)	技术参数	证书编号	有效期至
	环境级 X、 γ 剂量率仪	SCB603E (CR-YQ-088)	0.01 μ Gy/h-3Gy/h	DD23J-CA100106	2024 年 04 月 03 日
检测结论	依据相关法律法规及技术标准, 对河西学院附属张掖人民医院加速器机房及放疗中心楼内部与周围进行了环境 γ 辐射剂量率。				
	(以下空白)				
其他特殊情况说明					

 有

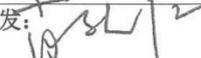
 检


编制: 王笑楠

2024 年 05 月 30 日

 审核: 

2024 年 05 月 31 日

 签发: 

2024 年 05 月 31 日

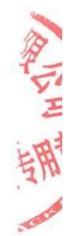
检测报告

检测报告编号: CR-HJ-6220240062-001

共 3 页 第 2 页

一、环境 γ 辐射剂量率检测结果			
检测点位编号	检测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
1	治疗室-1	54.9±1.7	室内
2	治疗室-2	61.9±1.5	室内
3	治疗室-3	55.0±1.3	室内
4	过道-1	52.4±3.0	室内
5	过道-2	51.6±1.7	室内
6	过道-3	53.4±1.9	室内
7	水冷机房	52.1±1.8	室内
8	服务器机房-1	53.7±1.7	室内
9	服务器机房-2	52.2±1.6	室内
10	走廊	52.5±1.3	室内
11	控制室	43.1±2.4	室内
12	试剂库房	48.1±0.7	室内
13	室外-1	41.9±0.6	室外
14	室外-2	52.5±1.3	室外
15	非机动车停车场	47.2±2.0	室外
16	室外院子-1	51.7±1.8	室外
17	室外院子-2	52.6±3.2	室外
18	室外院子-3	52.1±1.3	室外
19	室外院子-4	52.7±1.7	室外
20	门急诊楼门口	52.5±1.8	室外

注: 1、测量时探头距离地面约 1m; 2、每个监测点测量 10 个数据取平均值, 以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正; 3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k1×仪器检验源效率因子 k2+空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k3×测量点宇宙射线响应值 Dc, 校准因子 k1 为 0.98, 仪器使用 137Cs 进行校准, 转换系数为 1.20Sv/Gy, 效率因子 k2 取 1; k3 室内按楼房取 0.8、室外按道路取 1。



检测报告

检测报告编号: CR-HJ-6220240062-001

共 3 页 第3页

二、辐射环境检测布点图

