

核技术利用建设项目
宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目

环境影响报告表
(送审稿)



核技术利用建设项目
宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目
环境影响报告表



生态环境部监制

建设项目环境影响报告表

编制情况承诺书

本单位 众旺达（宁夏）技术咨询有限公司（统一社会信用代码 91640500317711978R）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宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目环境影响报告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表的编制主持人为 孙飞（环境影响评价工程师职业资格证书管理号 2016035640350000003512640065，信用编号 BH001669），主要编制人员包括 孙飞（信用编号 BH001669）、杨思颖（信用编号 BH079371）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”。



编制单位承诺书

本单位 众旺达（宁夏）技术咨询有限公司（统一社会信用代码 91640500317711978R）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下列第 1 项相关情况信息真实准确、完整有效。

1. 首次提交基本情况信息
2. 单位名称、住所或者法定代表人（负责人）变更的
3. 出资人、举办单位、业务主管部门或者挂靠单位等变更的
4. 未发生第3项所列情形、与《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条规定的符合性发生变更的
5. 编制人员从业单位已变更或者已调离从业单位的
6. 编制人员未发生第5项所列情形，全职情况发生变更、不再属于本单位全职人员的
7. 补正基本情况信息



承诺单位（公章）：

2025年12月01日

编 制 人 员 承 谅 书

本人 孙飞 (身份证件号码 640122198701050318) 郑重承诺: 本人在 众旺达(宁夏)技术咨询有限公司 单位 (统一社会信用代码 91640500317711978R) 全职工作, 本次在环境影响评价信用平台提交的下列第 1 项相关情况信息真实准确、完整有效。

1. 首次提交基本情况信息
2. 从业单位变更的
3. 调离从业单位的
4. 建立诚信档案后取得环境影响评价工程师职业资格证书的
5. 被注销后从业单位变更的
6. 被注销后调回原从业单位的
7. 编制单位终止的
8. 补正基本情况信息

承诺人(签字): 孙飞
2025年12月1日

编 制 人 员 承 诺 书

本人 杨思颖 (身份证件号码 152921200206070429) 郑重承诺: 本人在 众旺达(宁夏)技术咨询有限公司 单位 (统一社会信用代码 91640500317711978R) 全职工作, 本次在环境影响评价信用平台提交的下列第 1 项相关情况信息真实准确、完整有效。

1. 首次提交基本情况信息
2. 从业单位变更的
3. 调离从业单位的
4. 建立诚信档案后取得环境影响评价工程师职业资格证书的
5. 被注销后从业单位变更的
6. 被注销后调回原从业单位的
7. 编制单位终止的
8. 补正基本情况信息

承诺人(签字): 杨思颖

2025年12月01日

核技术利用建设项目
宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目
环境影响报告表

建设单位名称：宁夏回族自治区人民医院
建设单位法人代表（签章或签章）：
通讯地址：宁夏银川市金凤区正源北街 301 号
邮政编码：750000 联系人：王瑶
电子邮箱：13895015016@163.com 联系电话：13895015016

打印编号: 1764897528000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	49inrv		
建设项目名称	宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称(盖章)	宁夏回族自治区人民医院		
统一社会信用代码	1264000045400281XQ		
法定代表人(签章)	周玮		
主要负责人(签字)	赵瑞宁		
直接负责的主管人员(签字)	姚宗碧		
二、编制单位情况			
单位名称(盖章)	众旺达(宁夏)技术咨询有限公司		
统一社会信用代码	91640500317711978R		
三、编制人员情况			
1 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
孙飞	2016035640350000003512640065	BH001669	孙飞
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
孙飞	评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH001669	孙飞
杨思颖	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物	BH079371	杨思颖





统一社会信用代码
91640500317711978R

营业执照

(副 本) (1-1)



扫描二维码登录
'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 众旺达(宁夏)技术咨询有限公司

类 型 有限责任公司(自然人投资或控股)

法定代表人 宋克纯

经营 范围 一般项目: 环保咨询服务; 社会稳定风险评估; 大气环境污染防治服务; 水环境污染防治服务; 土壤污染治理与修复服务; 土壤环境污染防治服务; 生态恢复及生态保护服务; 水土流失防治服务; 气候可行性论证咨询服务; 水利相关咨询服务; 节能管理服务; 土地调查评估服务; 土地整治服务; 工程管理服务; 安全咨询服务; 碳减排、碳转化、碳捕捉、碳封存技术研发; 技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广; 环境保护专用设备销售; 化工产品销售(不含许可类化工产品); 软件开发。(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 伍佰万圆整

成立 日期 2014年11月04日

住 所 中卫市沙坡头区文昌镇蔡桥村26号楼
2号营业房

登记 机关



2023 年 12 月 07 日

编制说明

《核技术应用项目环境影响报告表》由具有从事辐射环境影响评价工作资质的单位编制。

1.申请领取许可证的辐射工作单位从事下列活动的,应当组织编制环境影响报告表:制备 PET 用放射性药物的;医疗使用 I 类放射源的;使用 II 类、III类放射源的;生产、使用 II 类射线装置的;乙、丙级非密封放射性物质工作场所(医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外);在野外进行放射性同位素示踪试验的;以上项目的改、扩建(不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置的)。

2.密封源要注明名称并说明源强。

3.“环境影响分析”主要是指利用核技术应用项目周围环境现状资料、设备技术参数及环境本底监测数据,分析核技术应用项目对环境造成的影响,给出结论。同时提出减少环境影响的建议。

4.《核技术应用项目环境影响报告表》报自治区生态环境部门审批。

表 1 项目基本情况

建设项目名称	宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目					
建设单位	宁夏回族自治区人民医院					
法定代表人	周玮	联系人	王瑶	联系电话	13895015016	
注册地址	宁夏银川市金凤区正源北街 301 号宁夏回族自治区人民医院肿瘤治疗中心-1F					
项目建设地点	宁夏银川市金凤区正源北街 301 号宁夏回族自治区人民医院肿瘤治疗中心-1F					
立项审批部门	/		批准文号	/		
建设项目总投资 (万元)	3500	项目环保投资 (万元)	71	投资比例 (环保投资/总投资)	2.03%	
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m ²)	/	
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 用反射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 甲 <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 type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类				
<p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位情况介绍</p> <p>宁夏回族自治区人民医院创建于 1934 年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复、急救为一体的三级甲等医院，是宁夏医科大学附属自治区人民医院暨第三临床医学院、北方民族大学非直属关系附属医院。是国家建立健全现代医院管理制度试点医院。</p> <p>医院总占地面积 604.46 亩，建筑面积 32.76 万平方米。下设院本部、西夏分院、宁夏医疗急救中心、宁夏眼科医院和宁南医院，建成了一院多区线上线下一体化医院信息平台和互联网医院平台，实现了五个院区一体化管理。</p> <p>1.1.2 项目由来</p> <p>宁夏回族自治区人民医院肿瘤治疗中心辐射项目于 2015 年 6 月 10 日在宁夏回族自治区生态环境厅审批通过（宁核环[2015]25 号），批准建设肿瘤治疗中心综合楼，设置核医学设备用房。现为满足肿瘤患者的治疗需要，使患者摆脱就医难的困境，医院经过充分论证，在肿瘤治疗中心负一层预留直线加速器室内拟安装 1 台医用环形 CT 直线加速器（以下简称直线加速器）用于放射治疗。预留直线加速器室屏蔽区按 10MVX 射线</p>						

能量设计，本次拟安装直线加速器 X 射线能量为 6MV。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 01 月 04 日）规定，使用 II 类射线装置应当组织编制环境影响报告表。根据宁夏回族自治区生态环境厅关于印发《宁夏回族自治区建设项目环境影响评价文件分级审批规定（2024 年本）》的通知（宁环规发（2024）13 号）》，该报告表应报宁夏回族自治区生态环境厅审批。宁夏回族自治区人民医院于 2025 年 10 月 30 日委托众旺达（宁夏）技术咨询有限公司对“宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目”进行环境影响评价，环评委托书见附件 1。

1.1.3 建设项目内容和规模

(1) 项目概况

建设单位拟在肿瘤治疗中心负一层直线加速器室（治疗室）内安装一台医用环形 CT 直线加速器，本项目组成一览表见表 1-1。

表 1-1 本项目直线加速器室（治疗室）建设项目组成一览表

类别	建设内容	备注
主体工程	直线加速器室（治疗室） 直线加速器室（治疗室）净面积: 60.8m ² , 净空尺寸为长 7.8m×宽 7.8m×机房净高度 5.2m; 迷道 L 型，长 13m，迷道内墙：东侧 1.5m 混凝土浇筑，迷道外墙：西侧 1.6m 混凝土浇筑，整体呈西宽东窄楔形； 辐射防护屏蔽设计： 北墙主屏蔽区厚度为 3m 混凝土浇筑，次屏蔽区为 1.8m 混凝土浇筑，南墙长度 10.95m； 南墙主屏蔽区厚度为 2.5m 混凝土浇筑，次屏蔽区为 1.3m 混凝土浇筑，南墙长度 13.1m； 西墙（迷道外墙）屏蔽区厚度为 1.6m 混凝土浇筑，西墙长度 12.1m； 东墙屏蔽区厚度为 1.6m 混凝土现浇，东墙长度为 12.1m； 机房顶层主屏蔽区为 2.5m 混凝土浇筑，次屏蔽区为 1.3m 混凝土浇筑； 机房门设计安装 15mmPb 电动铅防护门+150mm 含硼 PE 板外包不锈钢。	直线加速器室（治疗室）为预留
	设备	新建
辅助工程	拟安装设备为上海联影医疗科技股份有限公司生产的 uLinacHalosTx 型环形 CT 直线加速器系统，最大 X 射线能量为 6MV，设备不带电子线，属于 II 类射线装置。	新购置
	操作间	预留
	设备间	预留
公用工程	模拟定位室	预留
	供配电系统	依托
	给水系统	依托
环保工程	排水系统	依托
	辐射防护	预留
	污水处理	依托

续表 1-1 本项目直线加速器室（治疗室）建设项目组成一览表

类别		建设内容	备注
环保工程	排风系统	项目直线加速器（治疗室）拟安装有效通风量不小于 $1300\text{m}^3/\text{h}$ 的风机进行通风，排风换气次数为 6 次/h 或以上。新风管道拟由机房南墙（副墙位置）上方顶板进入机房，送风口拟布排在装饰天花板上合适位置。	新建
	固体废物	生活垃圾依托医院生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理，医疗废物统一交由有资质单位统一处理。	依托

(2)设备情况

本项目涉及的医用射线装置见表 1-2。

表 1-2 本项目设备详细信息表

射线装置名称	型号	生产厂家	主要参数	类别	安装位置	用途
医用环形 CT 直线加速器	uLinacHalosTx 型	上海联影医疗科技股份有限公司	①X 射线能量: 6MV ②X 线剂量率: 6MV, 1200MU/min;	II 类	肿瘤治疗中心负一层	放射治疗

(3)劳动定员

根据建设单位提供资料，本项目为预留机房启用，沿用建设单位原放疗科工作人员，包括放射肿瘤医师 6 名，物理师 3 名，放射治疗技师 4 名，该项目开展后计划新增 3-5 名放射治疗技师。

(4)工作负荷

根据设备厂家提供及建设单位提供资料，本项目根据现有患者门诊量及医院实际情况预估，该台环形 CT 直线加速器启用后每天最多能治疗 50 人次，每周 5 天，每年工作约 250 天，单次出束时间约为 3min，则加速器有用线束日出束时间 2.5h，周出束时间 12.5h，年最大工作量为 12500 次/年，年总出束时间约为 625h/a。

本项目环形 CT 直线加速器年累计出束时间见表 1-3。

表 1-3 环形 CT 直线加速器使用情况

工作模式	单次出束时间 (min)	年最大工作量(次/年)	年累计出束时间 (h/a)
放射治疗	3min	12500	625

1.1.4 评价目的

(1)贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》及国家相关的法律、法规、规章和标准，积极推进生态环境保护行动。

(2)对新增使用的辐射活动进行辐射环境影响分析，从而评价职业人员及公众人员在该项目使用过程中可能受到辐射照射及照射的程度。

(3)对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

(4)为建设单位提出辐射防护的对策和建议,同时为生态环境部门对建设项目环境管理规定的审批提供依据,为建设单位项目建设和辐射安全日常管理提供技术支撑和参考。

1.2 产业政策符合性分析

本项目为核技术在医学领域的运用,根据《产业结构调整指导目录(2024年本)》,本项目属鼓励类第六项“核能”第4条“核技术应用:同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目和第十三项“医药”中第4条“高端医疗器械创新发展”中的“高性能医学影像设备,高端放射治疗设备”项目,属于国家鼓励类产业,符合国家现行产业政策。

1.3 实践正当性分析

建设单位新增医用环形CT直线加速器利用项目对肿瘤病人进行治疗,对肿瘤患者提供就近治疗的医疗条件,病人不开刀,损伤小,恢复快,对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用,对提高肿瘤治疗水平具有重大意义,提升了医院整体医疗水平,也为医院创造了更大的经济效益,具有十分突出的社会效益。但在使用过程中会产生辐射影响,通过屏蔽体屏蔽后,对辐射工作人员和公众造成的附加有效剂量低于剂量管理限值要求。

综合考虑,本项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害,因此建设单位新增医用环形CT直线加速器利用项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“实践的正当性”的要求。

1.4 项目周边保护目标及场址选址

1.4.1 项目位置

宁夏回族自治区人民医院位于宁夏银川市金凤区正源街,北侧为阅文路,隔阅文路东北侧为新区医院住宅小区,东侧为宁夏老年大学,西侧隔正源北街为阅海万家A区,南侧隔贺兰山路为紫云华庭住宅区。

1.4.2 周边环境关系

本项目直线加速器室(治疗室)位于宁夏回族自治区人民医院肿瘤治疗中心负一层内,肿瘤治疗中心位于医院东北部,其东侧、北侧为空地,南侧为道路,西侧紧邻连廊,隔连廊为高压氧科,本项目直线加速器室(治疗室)50m范围内建筑为高压氧科。

1.4.3 周边保护目标及选址

本项目直线加速器室(治疗室)位于肿瘤治疗中心负一层,直线加速器室(治疗室)南侧为实土墙,北侧依次为操作间、设备间,东侧为直线加速器室(一),西侧为迷道

隔迷道为直线加速器室（二），正上方空地。直线加速器室（治疗室）现场及四周相邻情况见表 1-4 及图 1-1。项目与银川市金凤区位置关系见图 1-2，周边环境见图 1-3，肿瘤治疗中心负一层平面布局见图 1-4，地上一层平面图见图 1-5。

表 1-5 直线加速器室（治疗室）周围环境一览表

工作场所	方向	周围场所名称
直线加速器室 (治疗室)	北面	操作间、设备间
	东面	直线加速器室（一）
	南面	实土墙
	西面	直线加速器室（二）
	正上方	空地
	正下方	/
直线加速器室（治疗室）现状		
直线加速器室（治疗室）外大门		
东面：直线加速器室（一）		
西面：直线加速器室（二）		

	
<p>正上方: 空地</p>	<p>肿瘤治疗中心负一层内走廊</p>
	
<p>直线加速器室（治疗室）地上西侧连廊、高压氧科</p>	<p>直线加速器室（治疗室）地上南侧停车场及内部道路</p>
	
<p>直线加速器室（治疗室）地上东侧空地</p>	<p>直线加速器室（治疗室）地上北侧空地</p>
<p>图 1-1 直线加速器室（治疗室）现场及四周相邻情况</p>	

1.5 原有核技术利用项目许可情况

1.5.1 许可的核技术利用项目

建设单位现有核技术利用活动已取得《辐射安全许可证》，证书编号：宁环辐证[N0025]，许可种类和范围：使用Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所，获证日期为2024年05月1日，有效期至2028年11月30日（详见附件2）。宁夏回族自治区人民医院已许可的辐射活动种类和范围详见表1-6至表1-8。

表1-6 宁夏回族自治区人民医院现有放射源

序号	核素	类别	总活度(贝可)/活度(贝可)×枚数	活动种类
1	Ge-68	Ⅴ类	4.63E+7*2	使用
2	Ge-68	Ⅴ类	1.11E+8*1	使用

表1-7 宁夏回族自治区人民医院现有非密封放射性物质

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量(贝可)	年最大用量(贝可)	活动种类
1	院本部核医学科	乙级	C-11	3.7E+6	9.25E+11	使用
2	院本部核医学科	乙级	F-18	1.11E+7	2.78E+12	使用
3	院本部核医学科	乙级	Ga-68	1.48E+7	3.70E+11	使用
4	院本部核医学科	乙级	Ge-68	1.85E+6	4.63E+11	使用
5	院本部核医学科	乙级	I-123	9.25E+6	3.24E+11	使用
6	院本部核医学科	乙级	I-125	2.96E+6	6.51E+11	使用
7	院本部核医学科	乙级	I-131	2.96E+9	6.51E+12	使用
8	院本部核医学科	乙级	Mo-99	1.16E+7	4.06E+11	使用
9	院本部核医学科	乙级	N-13	5.6E+6	1.40E+12	使用
10	院本部核医学科	乙级	P-32	1.85E+8	6.48E+11	使用
11	院本部核医学科	乙级	Sm-153	7.4E+8	2.59E+12	使用
12	院本部核医学科	乙级	Sr-89	1.78E+8	6.22E+11	使用
13	院本部核医学科	乙级	Tc-99m	9.25E+6	2.04E+12	使用

表 1-8 宁夏回族自治区人民医院现有射线装置

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所
1	牙片机	DigoraOptimeDXR-60 (INTR)	III类	口腔(牙科)X射线装置	急救中心口腔科
2	牙片机	DigoraOptimeDXR-60 (INTR)	III类	口腔(牙科)X射线装置	西夏分院口腔科
3	牙片机	DigoraOptimeDXR-60 (INTR)	III类	口腔(牙科)X射线装置	院本部口腔科
4	口腔全景机	PlanmecaProMax	III类	口腔(牙科)X射线装置	院本部医学影像中心
5	大C型臂X射线机	AlluraXperFD20	II类	血管造影用X射线装置	宁南医院导管室
6	大C型臂X射线机	AlluraXperFD20	II类	血管造影用X射线装置	西夏分院导管室
7	大C型臂X射线机	Illura3100-IQ	II类	血管造影用X射线装置	院本部导管室
8	16排CT	BrightSpeedElite	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	急救中心放射科
9	16排CT	LightSpeedPro	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	宁南医院放射科
10	超高端CT	BrillianceiCT	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	宁南医院放射科
11	双源CT	SOMATOMDefinitionFlash	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	西夏分院放射科
12	64排CT	BrillianceCT64Slice	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	西夏分院放射科
13	256排CT	BrillianceiCT	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	院本部医学影像中心
14	16排CT	BrightSpeedEliteSelect	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	院本部医学影像中心
15	CT	RevolutionCT	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	院本部医学影像中心
16	移动X光机	Practix160	III类	医用诊断X射线装置	急救中心放射科
17	DR	Directvjewkodak7500	III类	医用诊断X射线装置	急救中心放射科
18	数字胃肠机	ZS-5YP	III类	医用诊断X射线装置	急救中心放射科
19	DR	Definium6000	III类	医用诊断X射线装置	急救中心放射科
20	DR	DigitalDiagnost	III类	医用诊断X射线装置	宁南医院放射科
21	移动X光机	AMX-4+	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科
22	DR	DigitalDiagnost	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科
23	DR	DigitalDiagnost	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科
24	数字胃肠机	AXIOMLuminosdRF	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科
25	DR	MorileDiagnostwDR	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科
26	小C型臂X射线机	SIREMOBILCompactL	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科
27	小C型臂X射线机	BVLibra	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科
28	小C型臂X射线机	SIREMOBILCompactL	III类	医用诊断X射线装置	院本部手术室
29	DR	DigitalDiagnost	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心
30	双板DR	TH	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心
31	DR	DiscoveryXR650	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心
32	乳腺C光机	mammomatInspiration	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心

续表 1-8 宁夏回族自治区人民医院现有射线装置

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所
33	DR	Digitnldingnost	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部医学影像中心
34	DR	MultixFusion	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部医学影像中心
35	SPECT	T6	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部医学科
36	大孔径 CT	BrillianceCTbigBore	III类	放射治疗模拟定位装置	院本部放疗科
37	C 臂 X 光机	SIREMOBILCompactL	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部手术室
38	C 臂机 X 光机	SIREMOBILCompactL	III类	医用诊断 X 射线装置	急救中心手术室
39	C 臂 X 光机	SIREMOBILCompactL	III类	医用诊断 X 射线装置	宁南医院手术室
40	口腔全景机	PlanmcaProineXC	III类	口腔(牙科) X 射线装置	西夏分院放射科
41	骨密度仪	LunariDXA	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部医学影像中心
42	数字胃肠机	D-VISIONplus50S	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部医学影像中心
43	数字减影血管造影装置	InnovaIGS530	II类	血管造影用 X 射线装置	院本部医学影像中心
44	直线加速器	Trilogy	II类	粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器	院本部放疗科
45	数字减影血管造影装置	ArtisOne	II类	血管造影用 X 射线装置	院本部导管室
46	回旋加速器	HM-10HC+	II类	制备正电子发射计算机断层显像装置	院本部核医学科
47	医用血管造 X 射线系统	Azurion7M20	II类	血管造影用 X 射线装置	宁南医院 DSA 手术室
48	医用血管造 X 射线系统	ARTISpheno	II类	血管造影用 X 射线装置	院本部重大疫情救治基地
49	C 臂 X 光机	OPESCOPEACTENO	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部手术室
50	移动式 C 形臂 X 射线机	BVVectra	III类	医用诊断射线装置	院本部手术室
51	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	X-RTEND	III类	口腔(牙科) X 射线装置	西夏分院口腔科
52	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	X-RTEND	III类	口腔(牙科) X 射线装置	院本部口腔科
53	方舱 CT	MX16-SLICE	III类	医用 X 射线计算机断层扫描(CT) 装置	院本部医学影像中心
54	超高端 CT	RevolutionApex	III类	医用 X 射线计算机断层扫描(CT) 装置	院本部医学影像中心
55	多排螺旋 CT	ReovlutionAce	III类	医用 X 射线计算机断层扫描(CT) 装置	宁南医院放射科
56	医用血管造影 X 射线系统	UNIQFD20	II类	血管造影用 X 射线装置	西夏分院手术室
57	移动 DR	MobileDiagnostwDR	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部医学影像中心
58	C 臂 X 光机	CiosSelectSl	III类	医用诊断 X 射线装置	宁南医院手术室
59	C 臂 X 光机	CiosSelectSl	III类	医用诊断 X 射线装置	辽考核表部肿瘤大楼手术室
60	骨密度仪	ProdigyAdvance	III类	医用诊断 X 射线装置	西夏分院放射科
61	双板 DR	MULTIXImpactC	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部重大疫情救治基地
63	128 排高端 CT	SOMATOMforce	III类	医用 X 射线计算机断层扫描(CT) 装置	院本部重大疫情救治基地
64	移动式 C 形臂 X 射线机	OECOneCFD	III类	医用诊断 X 射线装置	西夏分院手术室
65	双板 DR	DigitalDiagnostC90E	III类	医用诊断 X 射线装置	西夏分院放射科

续表 1-8 宁夏回族自治区人民医院现有射线装置

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所
66	车载移动 CT	IncisiveCT	III类	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	西夏分院放射科
67	移动 DR	Udr380i	III类	医用诊断 X 射线装置	西夏分院放射科
68	正电子发射型计算机断层扫描系统	BionraphVision	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部分院医学科
69	双板 DR	DRX-Innovation	III类	医用诊断 X 射线装置	急救中心放射科
70	口腔颌面锥形束计算机体层摄影	X-TREND	III类	口腔 (牙科) X 射线装置	宁南医院口腔科
71	口腔 X 光机	(FONA)Intraos70	III类	口腔 (牙科) X 射线装置	宁南医院口腔科
72	手提式 X 射线透视仪	BJI-2	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部医学影像中心
73	手提式 X 射线透视仪	BJI-2	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部医学影像中心
74	手提式 X 射线透视仪	BJI-2	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部医学影像中心
75	手提式 X 射线透视仪	BJI-2	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部医学影像中心
76	手提式 X 射线透视仪	BJI-2	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部医学影像中心
77	移动 DR 机	MobileApex60A	III类	医用诊断 X 射线装置	宁南医院放射科
78	X 射线摄影系统	HM-200	III类	医用诊断 X 射线装置	院本部医学影像中心

1.5.2 辐射安全管理现状

(1) 辐射工作人员个人剂量检测结果

建设单位已为现有辐射工作人员配备了个人剂量计，委托宁夏疾病预防控制中心进行监测，并按要求建立个人剂量档案，由预防保健科统一管理，监测状况良好。

(2) 核技术工作场所及外环境监测报告

建设单位每年委托有资质单位进行工作场所及周边环境年度监测，根据建设单位提供资料，医院工作场所及周边环境检测结果良好，对超出标准限值要求的场所建设单位进行了整改并进行了复测。

(3) 辐射安全管理机构及辐射制度

建设单位已按照相关标准要求，以正式文件成立了辐射安全防护领导小组，由建设单位主管领导作为领导小组组长，由主管院长为副组长、设备科、医务处、质控办、核技术利用涉及科室负责人及相关科室负责人为成员，作为组员，并明确了机构成员以及职责。医院已制定了《辐射安全与环境保护管理委员会》《辐射安全与环境保护管理委员会人员组成及工作职责》《辐射安全管理质量保证和质量控制体系》等规章制度，其中较为详细的规定了射线装置许可与申报、放射工作场所防护和设备性能检测、放射工作人员管理、放射工作人员职业健康监护、个人剂量监测管理、放射防护培训制度、个

人防护用品发放的使用及管理、医院放射防护档案管理等具体要求。医院已针对可能发生辐射事故类型，制定了《宁夏回族自治区人民医院辐射事故处理应急预案》。

(4)防护用品、监测仪器配备情况

医院已根据现有的核技术利用项目应用规模，配备铅衣、铅眼镜、铅围裙等防护设备，并为相关科室配备了个人剂量报警仪和 X- γ 辐射检测仪，表面污染仪等监测设备，用于辐射工作人员、患者或受检者的辐射防护。

(5)辐射工作人员培训

医院现有辐射工作人员、直接辐射管理人员于已参加宁夏回族自治区核与辐射安全中心与医院自行组织的核与辐射防护培训并取得辐射安全与防护培训合格证书。

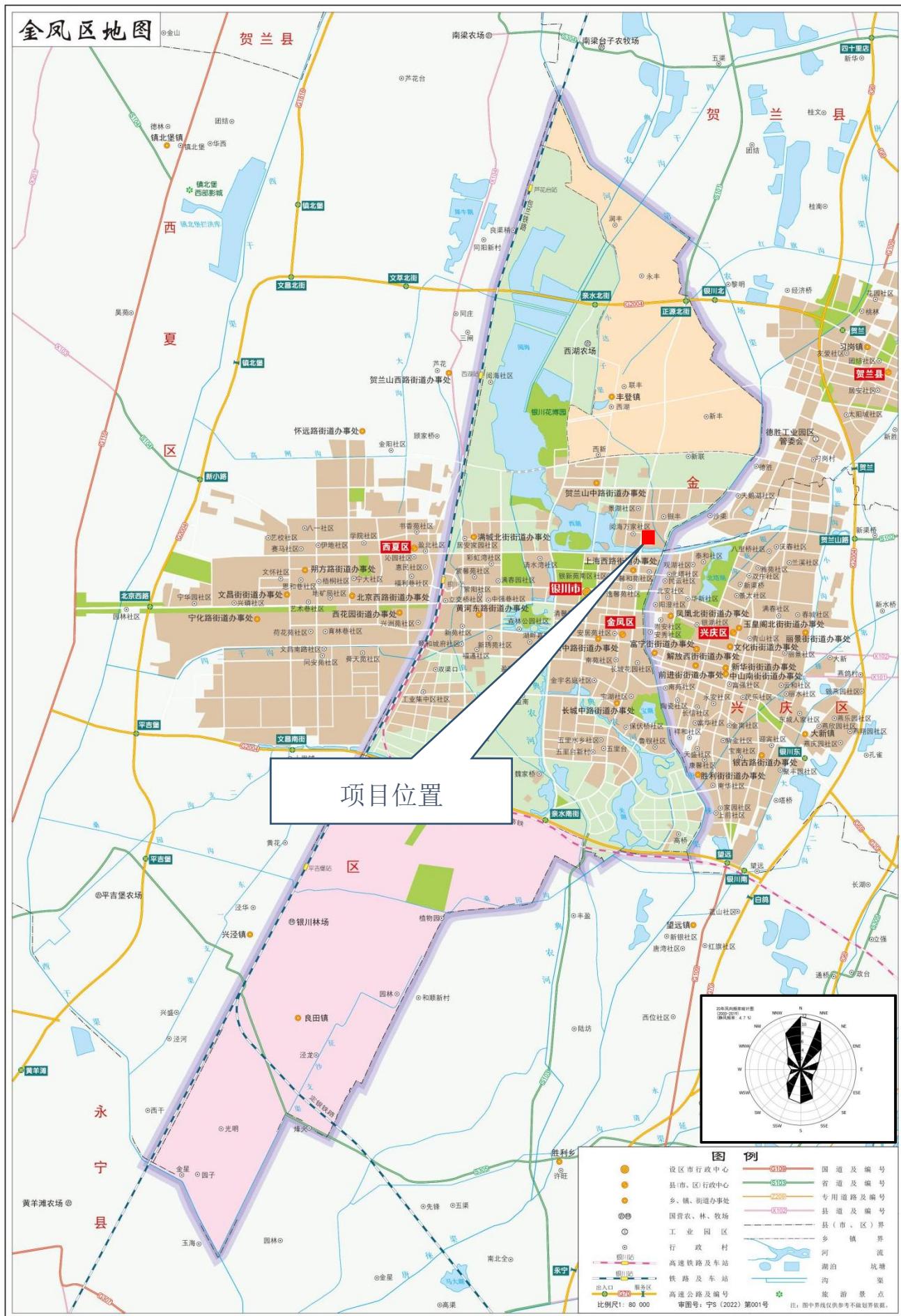


图 1-2 本项目与银川市金凤区位置关系图

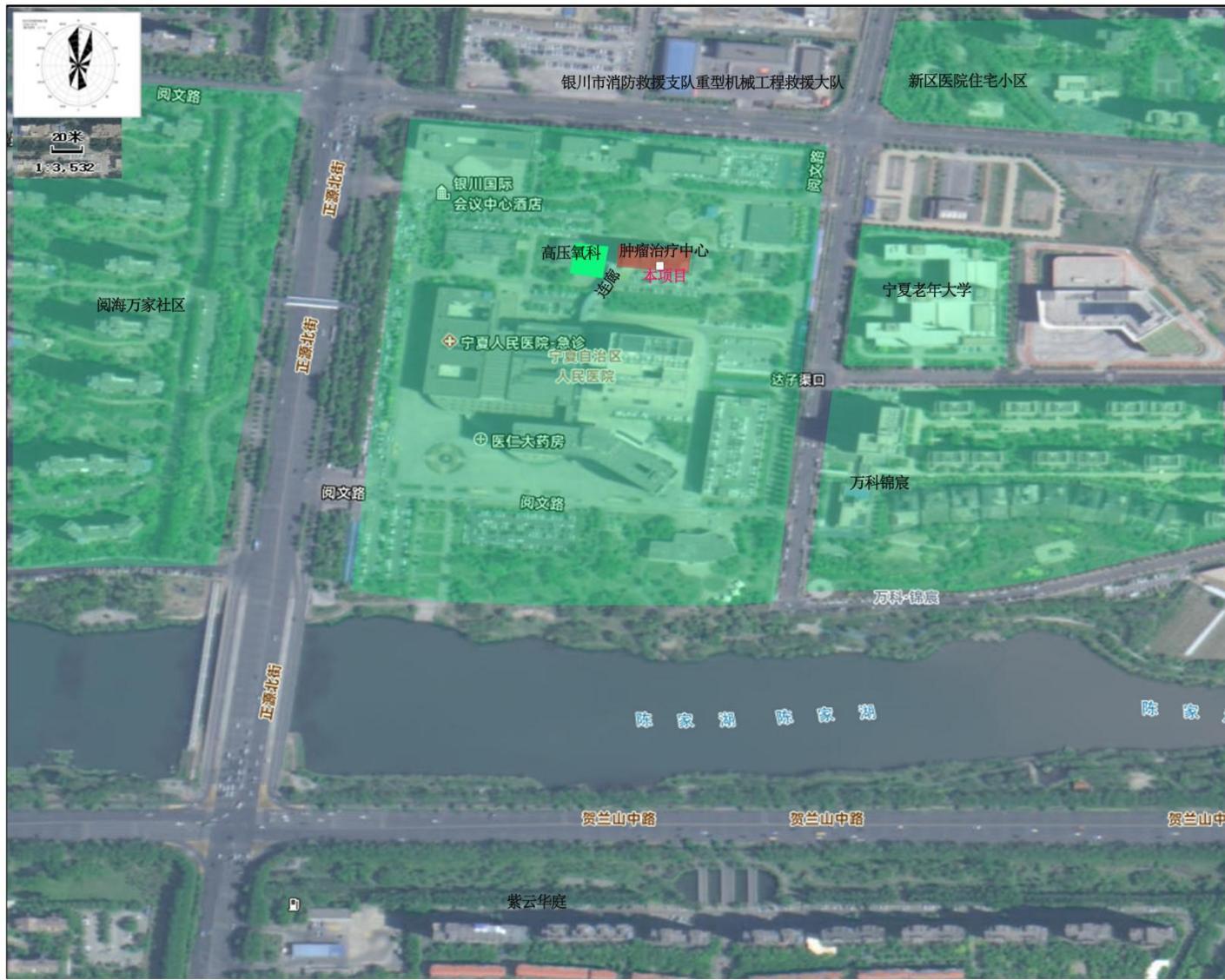


图 1-3 本项目周边环境关系图



图 1-4 肿瘤治疗中心负一层平面布局图

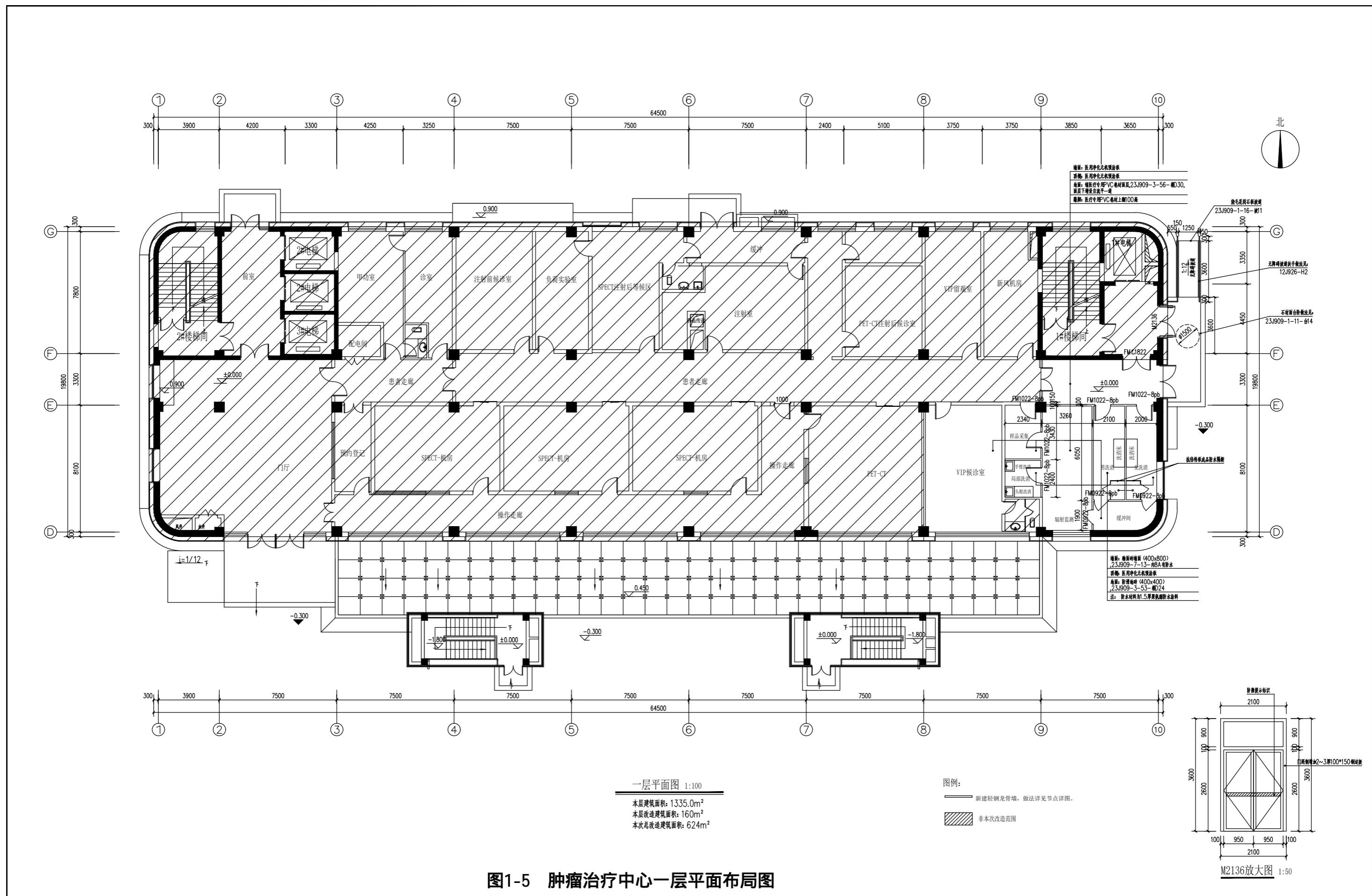


表 2 放射源

序号	核素名称	活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度(n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用电子环形CT直线加速器	II类	1	uLinacHalosTx型	X射线: 6MV	6MV 1200MU/min;	放射治疗	肿瘤治疗中心负一层直线加速器室	/

(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	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (uA)	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
活化后的准直器、束流阻止器及加速器靶等	固态	/	/	/	/	/	不暂存	委托有资质的单位处理

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

2. 含有放射性的废弃物要注明, 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》（中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，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》（2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第二次修正）；</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六号，2003年10月1日起施行）；</p> <p>(4)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（修订）》，2020.9.1；</p> <p>(5)《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号，2017年10月1日起施行）；</p> <p>(6)《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，生态环境部令第16号，（2020年11月30日）；</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全和放射防护条例》（2005年9月14日中华人民共和国国务院令第449号公布。根据2019年3月2日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订）；</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第20号，2021年1月4日起施行）；</p> <p>(9)关于发布《射线装置分类》的公告，原环境保护部、原国家卫生和计划生育委员会公告，2017年第66号；</p> <p>(10)《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展改革委第7号令）；</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》国家环保总局，环发（2006）145号，（2006年9月26日）；</p> <p>(12)《国家危险废物名录（2025年版）》（生态环境部令第36号），2025.1.1；</p> <p>(13)《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》，宁夏回族自治区人民政府令第102号（2019年2月1日）；</p> <p>(14)《宁夏回族自治区辐射事故应急预案》（宁政办发〔2022〕23号）；</p> <p>(15)关于印发《宁夏回族自治区建设项目环境影响评价文件分级审批规定（2024年本）》的通知（宁环规发〔2024〕13号）；</p> <p>(16)《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第9号）；</p>
------	---

	<p>号, 2019年9月) ;</p> <p>(17)原宁夏回族自治区环境保护厅《关于进一步加强和规范危险废物转移管理有关工作的通知》(宁环发〔2017〕38号), 2017.5.11。</p>
技术标准	<p>(1)《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》(公告2019年第57号) ;</p> <p>(2)《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016) ;</p> <p>(3)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) ;</p> <p>(4)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(5)《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ98-2020) ;</p> <p>(6)《医学放射工作人员放射防护培训规范》(GBZ/T149-2015) ;</p> <p>(7)《医用电子直线加速器质量控制检测规范》(WS674-2020) ;</p> <p>(8)《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) ;</p> <p>(9)《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) ;</p> <p>(10)《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) ;</p> <p>(11)《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)</p> <p>(12)《放射治疗质量控制基本指南》(NCC/T-RT001-2017);</p> <p>(13)《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》。</p>
其他	<p>(1)环境影响评价委托书;</p> <p>(2)uLinacHalosTx型设备技术说明书;</p> <p>(3)《中国环境天然放射性水平(2015)》中国原子能出版社;</p> <p>(4)建设单位提供的其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

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格式和内容》(HJ10.1-2016)中“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”的要求(无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围)。

结合本项目实际情况，确定本项目辐射评价范围：以直线加速器室(治疗室)墙外 50m 的范围。项目评价范围见图 7-1。

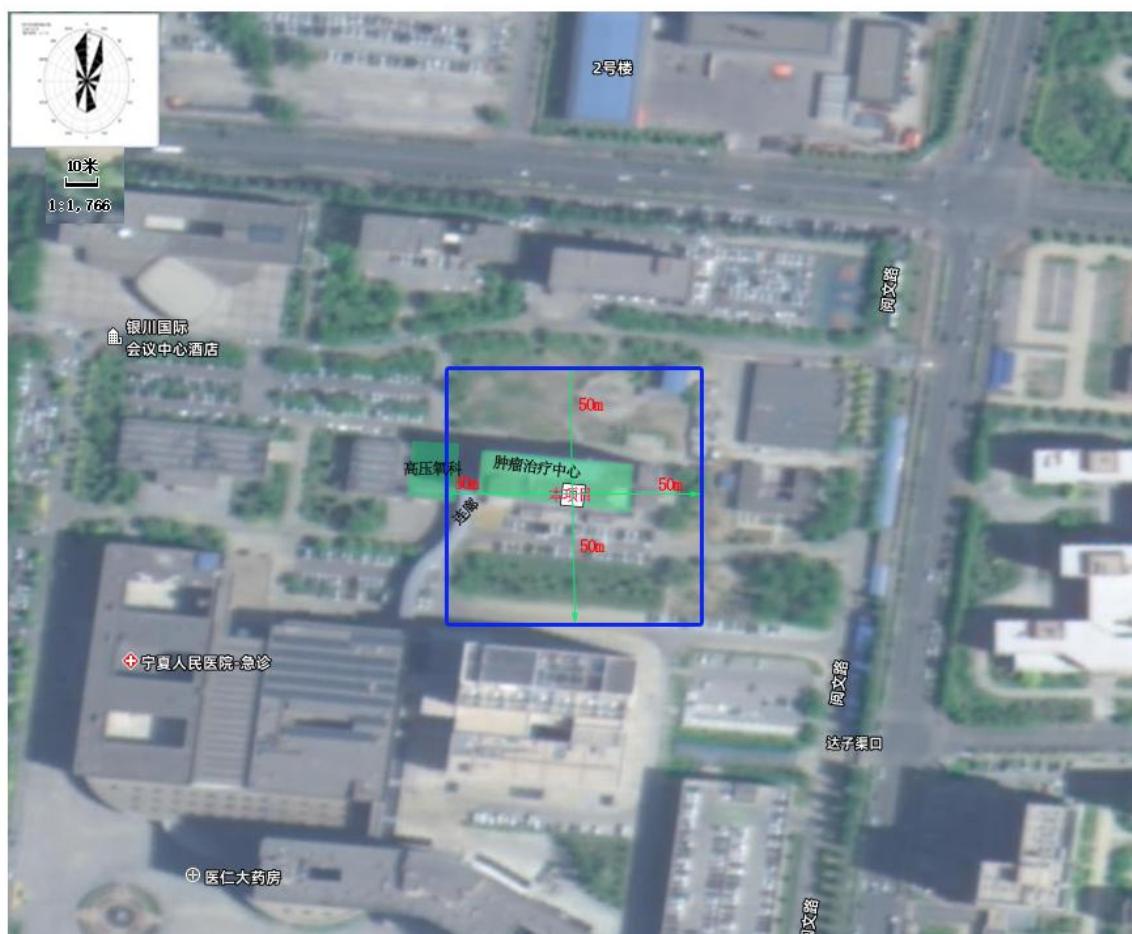


图 7-1 项目评价范围

7.2 保护目标

本项目直线加速器室(治疗室)位于宁夏回族自治区人民医院肿瘤治疗中心负一层内，肿瘤治疗中心位于医院东北部，其东侧、北侧为空地，南侧为道路，西侧紧邻连廊，

隔连廊为高压氧科，本项目直线加速器室（治疗室）50m 范围内建筑为高压氧科。本项目直线加速器室（治疗室）位于肿瘤治疗中心负一层，直线加速器室（治疗室）南侧为实土墙，北侧依次为操作间、设备间，东侧为直线加速器室（一），西侧为迷道隔迷道为直线加速器室（二）。直线加速器室（治疗室）周围布局图见图 7-2。

直线加速器室（治疗室）位于地下一层，实体屏蔽物边界外 50m 区域内不涉及环境保护敏感点，结合本项目评价范围，确定本项目环境保护目标是从事该项目辐射工作的医务人员及辐射工作场所周围 50m 范围内活动的公众人员。本项目环境保护目标如表 7-1 所示。

表 7-2 主要环境保护目标一览表

保护目标	位置描述	距靶源最近水平距离 m	影响因子	估计人数	年剂量约束值
职业人员	操作间	7.82	X 射线	3-5 人	$\leq 5\text{mSv}$
公众人员：非本项目工作人员、公众人员	设备间	7.60		1-2 人	$\leq 0.1\text{mSv}$
	办公室	6.80		2-4 人	
	直线加速器室（一）	3.70		3-5 人	
	直线加速器室（二）	10.4		3-5 人	
	候诊区	10.2		约 50 人次/天	
	北侧室外走廊	10.4		约 150 人次/天	
	北侧隔走廊放疗计划室及其他房间	16.00~50		约 150 人次/天	
	西侧模具制作间及其他房间	10.00~50		约 2~3 人次/天.间	
	东侧随诊室及其他房间	10.00~50		约 2~3 人次/天.间	
	地上东侧高压氧科及室外连廊	30~50		约 600 人次/天	
	楼上空地	6.50		约 500 人次/天	



图 7-2 直线加速器室（治疗室）周围布局

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值及剂量管理约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的规定，以及根据本项目特点并遵循辐射防护最优化原则，从事本项目辐射工作人员和公众的年剂量限值及剂量管理约束值见表 7-2。

表 7-2 剂量限值及剂量管理约束值

适用范围	职业照射	公众照射
剂量限值	20mSv/a	1mSv/a
医院剂量管理约束值	5mSv/a	0.1mSv/a

7.3.2 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

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）、《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》（GBZ121-2020）中规定的工作场所剂量率控制要求：

(1)治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平

根据 GBZ/T201.2-2011 《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》的要求：治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率应不大于下述所确定的剂量率参考控制水平 H_c ：

使用放射治疗周工作负荷 t 、关注点位置的使用因子 U 和居留因子 T ，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 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)：

放射治疗机房外控制区的工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员： $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

按照关注点人员居留因子的下列不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)：人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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

(2)治疗机房顶的剂量率控制水平

直线加速器治疗室位于肿瘤治疗中心负一层，机房上方为空地，无地下层，故根据 GBZ/T201.2-2011 《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》的要求：在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁临近建筑物的高度超过自辐射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗机房顶外表面 30cm 处和该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，可以根据机房外周剂量参考控制水平 $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 或最高剂量率 $H_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 加以控制。

(3)医院剂量率目标管理值

本项目加速器机房迷道防护门外、操作间和加速器机房四周墙外、机房顶外 30cm 处周围剂量当量率根据医院目标管理值规定应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

7.3.3 机房选址、布局要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射治疗机房选址与布局要求如下：

5.1 选址与布局

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。

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。

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），放射治疗机房选址与布局要求如下：

6.1 布局要求

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。

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。

6.1.4 治疗设备操作间应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可能与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。

6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的操作间和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。

6.1.6X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷道； 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。

7.3.4 空间与通风要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射治疗机房通排风要求如下：

8.4.1 放射治疗机房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。

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），放射治疗机房空间和通风要求如下：

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。

6.2.2 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；通风换气次数不少于 4 次/h。

uLinac HalosTx 型医用环形 CT 直线加速器技术说明书，气体安全要求如下：为保持

空气流通，建议治疗室每小时通风换气次数 6 次或以上。通风可以有效去除空气的放射性、去除臭氧及有毒气体。

7.3.5 放射治疗机房辐射安全要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射治疗机房安全设施和措施要求如下：

6.1 屏蔽要求

6.1.1 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。

6.1.2 放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。

6.1.3 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。

6.2 安全防护设施和措施要求

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) 操作间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 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，其显示单元设置在操作间内或机房门附近。

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。含放射源的治疗设备

应设有断电自动回源措施；

- 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；
- c) 应在放射治疗设备的操作间/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。
- 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《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），放射治疗机房安全装置和警示标志要求如下：

6.3.3 屏蔽材料

屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能和经济因素，符合最优化要求，新建机房一般选用普通混凝土。

6.4 安全装置和警示标志要求

6.4.1 监测报警装置

含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常。

6.4.2 联锁装置

放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。

6.4.3 标志

医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：

- a) 放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；
- b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

6.4.4 急停开关

6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。

6.4.6 视频监控、对讲交流系统

操作间应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷道区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。

7.3.6 操作的辐射安全与防护要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射源操作的辐射安全与防护要求如下：

7.1 医疗机构应对辐射工作场所的安全联锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全联锁的正常有效运行。

7.2 治疗期间，应有两名及以上人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度；加速器试用、调试、检修期间，操作间须有工作人员值守。

7.3 任何人员未经授权或允许不得进入控制区。工作人员须在确认放射治疗或者治疗室束流已经终止的情况下方可进入放射治疗室，进入含放射源或质子/重离子装置的治疗室前须携带个人剂量报警仪。

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），放射治疗操作中的放射防护要求如下：

7.1 对于高于 10MV 射线治疗束和质子重离子治疗束的放射治疗，除考虑中子放射防护外，在日常操作中还应考虑感生放射线的放射防护。

7.3 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，应保障安全联锁正常运行。

7.4 工作人员进入涉放射源的放射治疗机房时应佩戴个人剂量报警仪。

7.5 实施治疗期间，应有两名及以上操作人员协同操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度，密切注视控制台仪器及患者状况，发现异常及时处理，操作人员不应擅自离开岗位。

7.3.7 其他要求

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于场所分区的要求：

6.4 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。

6.4.1.2 确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围。

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。

《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中的管理要求：

4.1 管理要求

4.1.1 开展放射治疗的医疗机构应对放射工作人员、患者和公众的防护与安全负责，主要包括：

- a) 放射治疗工作场所的布局、机房的设计和建造；
- b) 配备与工作相适应的、结构合理的专业人员；
- c) 根据 GBZ128 开展工作人员个人剂量监测和建立个人剂量监测档案；
- d) 对放射工作人员所受的职业照射加以限制，使其符合 GB18871 对工作人员的职业照射剂量限值的规定；
- e) 根据 GBZ235 开展放射工作人员职业健康检查和建立职业健康监护档案；
- f) 制定人员培训计划，对人员的专业技能、放射防护知识和有关法律知识进行培训，使之满足放射工作人员的工作岗位要求；
- g) 配置与放射治疗工作相适应的治疗设备、质量控制设备、监测设备及防护设施，采取一切合理措施预防设备故障和人为失误；
- h) 制定并落实放射防护管理制度、实施放射治疗质量保证大纲，采取合理和有效的措施，将可能出现的故障或失误的影响减至最小；
- i) 制定相应的放射事故应急预案，应对可能发生的事件，宣贯该预案并定期进行演练。

4.1.2 应将放射治疗可能产生的风险告知患者。

4.2 正当性要求

4.2.1 在放射治疗给患者所带来的利益大于可能引起的放射危害时，放射治疗才是正当的。

4.2.4 在放射治疗实践中，通常应对个体患者（特别是对于已怀孕的患者或儿科患者）进行放射治疗的正当性判断，主要包括：

- a)治疗的适当性;
- b)治疗的紧迫性;
- c)可能引起的并发症;
- d)个体患者的特征;
- e)患者以往接受放射治疗的相关信息。

8.2 治疗机房放射防护常规检测

应定期开展治疗机房放射防护常规检测，定期检测的周期为一年。

辐射监测要求：

9.1 监测管理

9.1.1 开展放射治疗活动的医疗机构应制定辐射监测计划，并按照计划落实监测工作。不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。

9.1.2 所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括但不限于测量对象、条件、方法、仪器、时间和人员等信息。

9.1.3 应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应及时查找原因并报告，同时进行整改。

9.2 放射治疗工作场所监测

9.2.1 应根据使用放射治疗设备种类、能量和使用方式配备相应的辐射监测设备，对辐射工作场所的辐射水平（X- γ 辐射周围剂量当量率、中子辐射周围剂量当量率等）进行监测。

9.2.2 应对放射治疗工作场所机房四周屏蔽墙外30cm处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注处点开展X- γ 辐射周围剂量当量率监测；

9.2.3 放射治疗设备安装调试阶段，应在最大工况下，由辐射工作人员进行全面的辐射监测，评估辐射安全状况，确保辐射水平达标。

9.3 环境监测

9.3.1 开展放射治疗相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所运行工况下周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于1次/年。

9.4 个人剂量监测

9.4.1 放射治疗工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测。同时应根据射线类型选择合适的个人剂量计。临时工作人员、实习人员应纳入个人剂量

监测范围。

9.4.2 个人剂量档案应妥善保存，监测数据异常时，应及时查明原因并报告生态环境主管部门。

应急处理要求：

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），放射治疗应急处理要求如下：

9.1 应急预案的编制及要求

应制定放射治疗事件或事故应急预案。

9.2 异常照射事件的应急处理

9.2.1 以下情况为异常照射事件：

- a)任何剂量或剂量的分次给予与执业医师处方明显不同；
- b)任何治疗设备故障、事故、操作错误或受到其他非正常照射导致患者受照与预期明显不同的情况。

9.2.2 对异常照射事件的调查和处置应包括下述内容：

- a)估算患者接受的剂量及其在体内的分布；
- b)立即实施防止此类事件再次发生所需的纠正措施；
- c)实施所有相关责任人自己负责的所有纠正措施；
- d)在调查后，尽快向监管机构提交一份书面报告，说明事件原因并包括 a)~c)的相关资料
- e)将事件的有关情况告知患者。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

宁夏回族自治区人民医院位于宁夏银川市金凤区正源街，北侧为阅文路，隔阅文路东北侧为新区医院住宅小区，东侧为宁夏老年大学，西侧隔正源北街为阅海万家 A 区，南侧隔贺兰山路为紫云华庭住宅区。

本项目直线加速器室（治疗室）位于宁夏回族自治区人民医院肿瘤治疗中心负一层内，肿瘤治疗中心位于医院东北部，其东侧、北侧为空地，北侧为道路，西侧紧邻连廊，隔连廊为高压氧科，本项目直线加速器室（治疗室）50m 范围内建筑为高压氧科。

本项目直线加速器室（治疗室）位于肿瘤治疗中心负一层，直线加速器室（治疗室）南侧为实土墙，北侧依次为操作间、设备间，东侧为直线加速器室（一），西侧为迷道隔迷道为直线加速器室（二）。

8.2 辐射环境现状监测

8.2.1 监测因子

本项目直线加速器室（治疗室） γ 辐射瞬时剂量率（检测报告见附件）。

8.2.2 监测时间及环境条件

监测时间：2025 年 09 月 2 日

环境条件：环境温度 24.6℃，相对湿度 39.4%，晴。

8.2.3 监测方法

本次环境辐射剂量率监测严格按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的相关要求进行监测。

8.2.4 监测仪器

辐射环境检测使用的仪器信息详见表 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	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
型号	MR-3512
生产厂家	微影（上海）仪器科技有限公司
参数	测量范围：10nGy/h~100mGy/h
检定信息	检定单位：深圳市计量质量检测研究院；检定证书号：JL2504151240； 检定有效期：2025.3.15-2026.3.14。

8.2.5 质量控制

监测仪器符合《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中相关规定，并经过深圳市计

量质量检测研究院检定且在有效期内；检测仪器符合《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)《环境辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157—2021)中的相关规定，并经过上海市计量测试技术研究院检定，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和代表性。

8.2.6 监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)、《环境辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157—2021)，结合实际情况，主要监测该项目直线加速器室（治疗室）及周围的辐射环境本底值，本项目监测布点图见图 8-1~8-2。

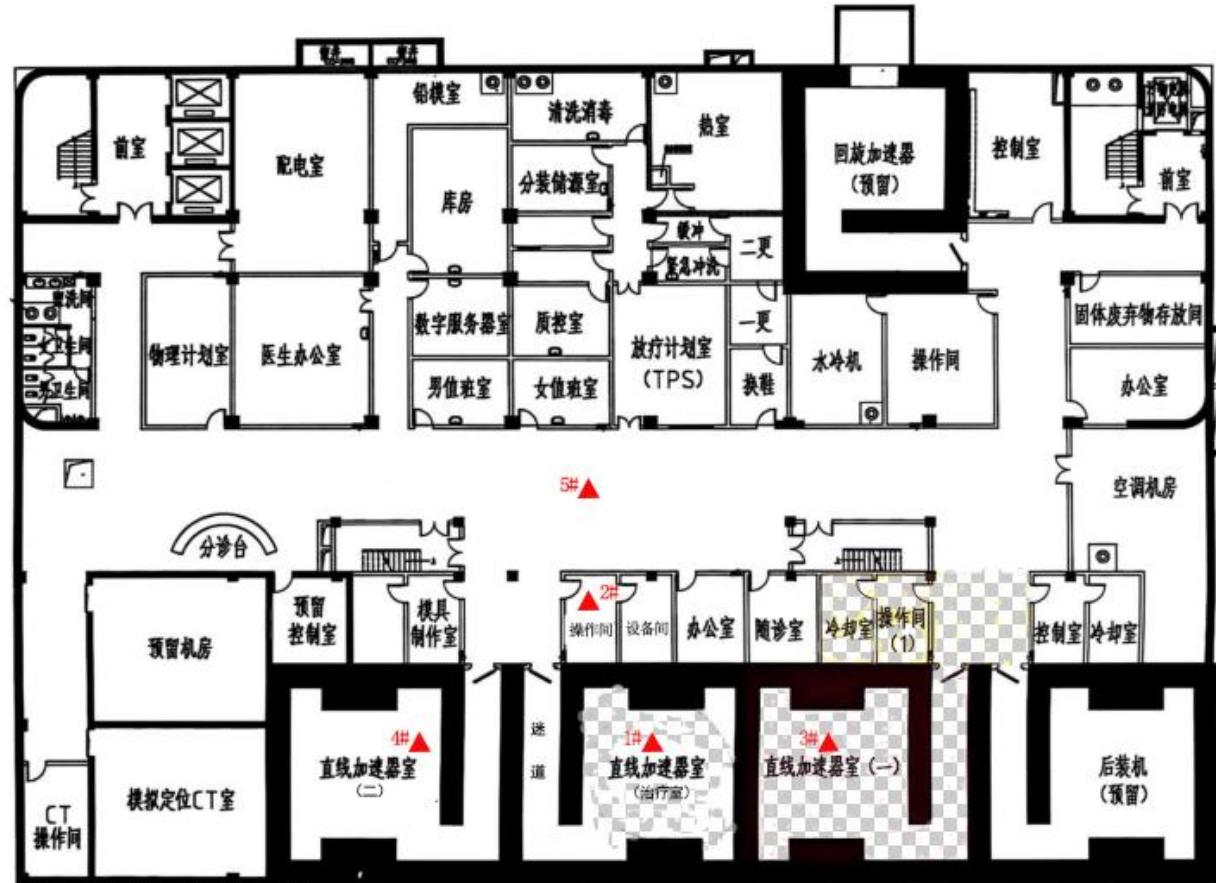


图 8-1 本项目监测布点图

8.2.7 监测结果

直线加速器室（治疗室）及周围辐射环境本底监测结果分布见表 8-1。

表 8-1 辐射水平检测结果

检测点编号	检测地点	γ 辐射瞬时剂量率 (nGy/h)	相对扩展不确定度 UR % (k=2)
1#	直线加速器室（治疗室）内	96.9±0.8	6.5
2#	操作间	106.4±0.8	6.5
3#	直线加速器室（一）内	113.6±0.7	6.5
4#	直线加速器室（二）内	102.4±0.7	6.5
5#	直线加速器室（治疗室）北走廊	106.1±0.7	6.5
6#	直线加速器室（治疗室）正上方	86.2±0.6	6.5
7#	肿瘤治疗中心楼前空地	84.1±0.7	6.5

综上：本项目直线加速器室（治疗室）周围 1#、2#、3#、4#、5#、6#点位室内监测点位的环境 γ 辐射剂量率在 (86.2 ± 0.6) nGy/h 至 (113.6 ± 0.7) nGy/h 之间，7#室外监测点位的环境 γ 辐射剂量率为 (84.1 ± 0.7) nGy/h。根据《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983-1990）》，宁夏地区的室内 γ 辐射剂量率水平为 62.3-137.8nGy/h，宁夏地区的原野 γ 辐射剂量率水平为 38.8-87.6nGy/h。由此可知项目所在地的环境 γ 辐射剂量率在当地环境本底水平范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工作原理

直线加速器产生放射线的原理如下：微波通过波导传输到加速管腔体，在加速管腔体内形成驻波场；当电子枪发射的电子束进入到加速管腔内时，加速管内的驻波场对电子进行加速，加速后的电子经出射窗射出加速管打到靶上，发生轫致辐射，产生 X 射线用于治疗。所产生的射线经过限束系统，形成需要的辐射野，辐照到患者的靶区。

电子射野成像装置 (EPID) 的成像原理如下：上述形成的 X 射线，经扫描体 (患者) 的衰减，到达平板探测器，平板探测器利用闪烁体材料将入射的 X 射线转化成可见光，其照射到薄膜晶体管 (TFT) 会产生电子空穴对。在外加偏压电场的作用下，将会形成电荷储存在 TFT 中；然后通过控制 TFT 上的开关和后端的读出电路将电信号读出，转换为数字信号，经过处理，得到投影图像，可用于二维成像。也可通过机架旋转采集不同方向的投影图像，并对这些图像进行重建进而生成断层图像。

计算机断层扫描 (CT) 的成像原理如下：在高压发生器的控制下，阴极灯丝产生的电子加速轰击靶材生成 X 射线束，此 X 射线束经滤过器，准直器后，经过被扫描体 (患者) 的衰减后到达探测器，数据获取子系统将经过人体衰减后的 X 射线转换为光电信号，并将光电信号转换为可供计算机数据采集系统存储的数字图像信号；通过机架旋转采集不同方向的投影图像信号，并对这些图像进行重建进而生成 CT 图像。

9.2 工程设备与工艺分析

9.2.1 直线加速器的工程设备与工艺分析

设备组成：环形机架；束流模块（包括加速管、磁控管、调制器、环流器、充气系统、冷却系统等）；CT 系统（包括 CTX 射线球管、CT 探测器、CT 高压发生器等）；治疗头（包括靶、初级准直器、钨门、多叶光栅等）；治疗床（3D 或 5D）；平板探测器 (EPID)；控制组件（包括无线手控盒、显示控制屏）；门控部件；电源柜；操作台（包括加速器控制系统主机、CT 控制主机、显示器和治疗控制盒）；加速器控制软件；放疗治疗计划与管理系统；系统附件：成像模体、CT 模体；系统所有部件分布在三个不同房间：治疗室、操作间和设备间。

(1) 机架

机架是产品的主机械机构，用于安装束流模块、治疗头、EPID、CT 等部件，通

过机架旋转来改变束流出射角度，考虑到机架的重量以及中间的孔径结构机，其传动结构采取的是链条传动，各部件在机架上的分布以及链条传动如下图所示：



图 9-1 直线加速器系统结构图



图 9-2 直线加速器主要系统组成

在平板探测器下方放有 BeamStop 阻挡射束，作为系统自屏蔽结构，完全覆盖全射野射束。Beam Stop 组成为 40mm 钢板，150mm 铅，等效铅厚度约为 182mm。

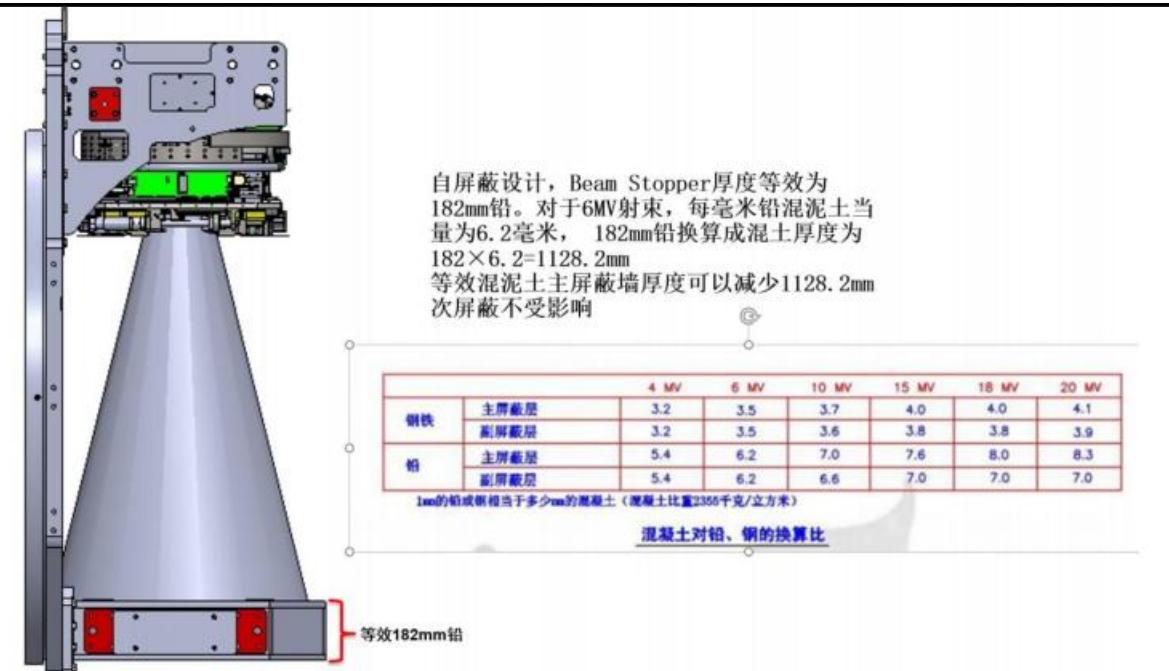


图 9-3 直线加速器自屏蔽

(2) 束流模块

束流模块的主要功能是产生电离辐射，主要组成部分为调制器、磁控管、加速管和水冷机组，如下图所示。

束流模块的主要功能是产生电离辐射，主要组成部分为调制器、磁控管、加速管和水冷机组，如下图所示。

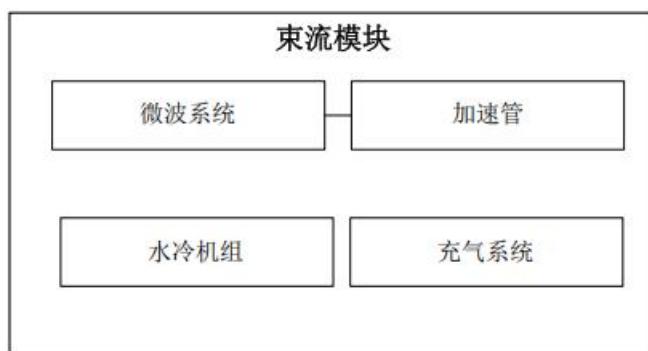


图 9-4 束流模块示意图

(3) 加速管

束流模块的核心是驻波加速管。在驻波加速管中，当行进波到达波导的末端时，行进波被反射片反射回来，向相反的方向反射。当原始的行进波和向相反方向运动的反射波相互干扰时，就形成驻波。

驻波有固定的点，这些点永远不会发生任何位移，称为节点，是两个行进波的破

坏性干扰的结果，它们相互抵消。在每一个连续的节点之间的中间，发生最大位移的点叫反节点。反结点是在大的正位移和大的负位移之间来回摆动的点。反结点是两个行进波的建设性干扰和破坏性干扰混合作用的结果，当构成驻波的两个波完全相同相位时，产生的驻波的振幅是行进波的两倍。

(4) 磁控管、调制器

磁控管是微波源，主要为加速管提供高频微波产生驻波用于电子加速。

磁控管由一个位于圆形腔体中间的阴极组成，当加热阴极时，该阴极通过热发射释放出电子。磁控管的两边分别有磁体产生轴向磁场，磁场方向垂直于电子的初始径向运动，这将会导致电子以环形轨迹即类似螺旋式而不是直线方式向阳极运动。

电子云受高电压和强磁场的影响，形成一个类似于转轮辐条的旋转图案。在圆形腔体的边缘周围间隔着圆柱形的谐振腔。当电子辐条通过空腔的开口时，它们会使金属中的自由电子在空腔内旋转（就像电荷排斥一样），先是单向旋转，然后是反向旋转；这种振荡会在空腔内诱导出共振的高频无线电场。然后通过天线提取产生的射频波。其工作原理如下图所示。

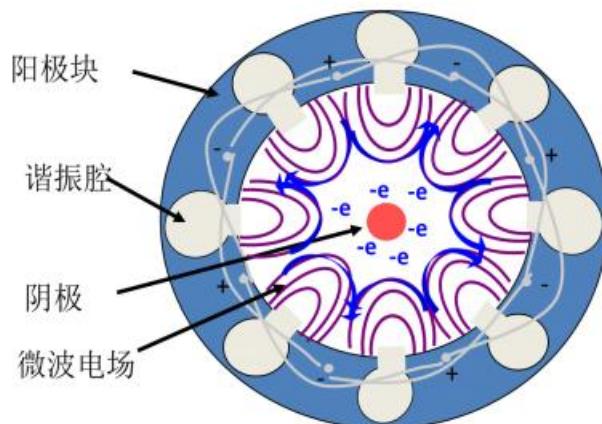


图 9-5 磁控管工作原理示意图

调制器为磁控管功率源，主要为磁控管提供脉冲高压和灯丝加热，其原理框图如下所示：

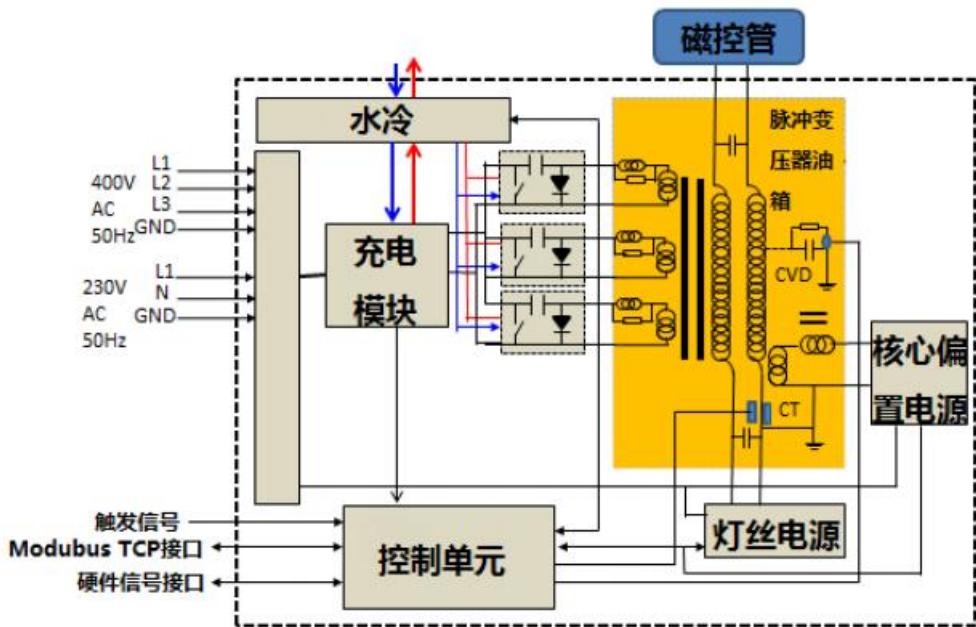


图 9-6 调制器原理框图

(5)治疗头

治疗头主要用于对束流进行准直和成形，由上治疗头和下治疗头组成如下图所示。

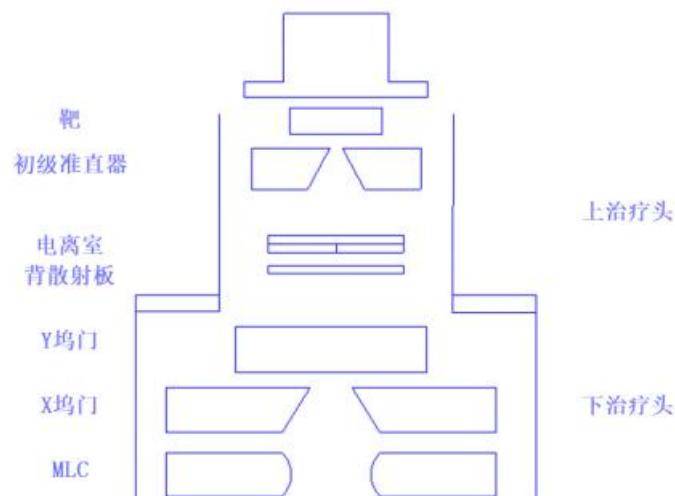


图 9-7 上治疗头和下治疗头组成图

(6)上治疗头

上治疗头主要包括靶和初级准直器。

靶的作用为将直线加速器产生的电子线转换为 X 辐射，通常选用高原子序数材料的钨靶；靶起着阻止电子束通过的作用，靶可以承受电子束的轰击，电子束中未产生 X 辐射的能量将以热的方式消耗在靶上，因此选择的靶材料需要高熔点，优良的导热性，

同时还需要冷却系统将热量及时带走。

初级准直器为圆锥形孔结构，将束流限制在一个锥形范围内，决定了最大射野范围，并阻挡了最大射野范围外的由辐射源产生的初级辐射。

(7)下治疗头

下治疗头主要由钨门和多叶光栅组成，主要材料为钨，通过电机驱动移动到不同的位置定义射野形状，阻挡射野外束流。钨门只能形成矩形野，多叶光栅由多个叶片组成，能够自由形成二维形状，如下图所示。

(8)治疗床

治疗床主要用于支撑患者，保证结构强度的同时需要减少剂量衰减，因此使用碳纤维材料。

射束投射至患者的角度决定了治疗计划的优化程度，放疗设备的治疗床需要多个运动维度，3D治疗床支持三个维度，包括横向(X)，纵向(Y)，升降(Z)；5D治疗床最多可达到五个维度，包括横向(X)，纵向(Y)，升降(Z)，俯仰(Pitch)和翻转(Roll)，如下图所示。

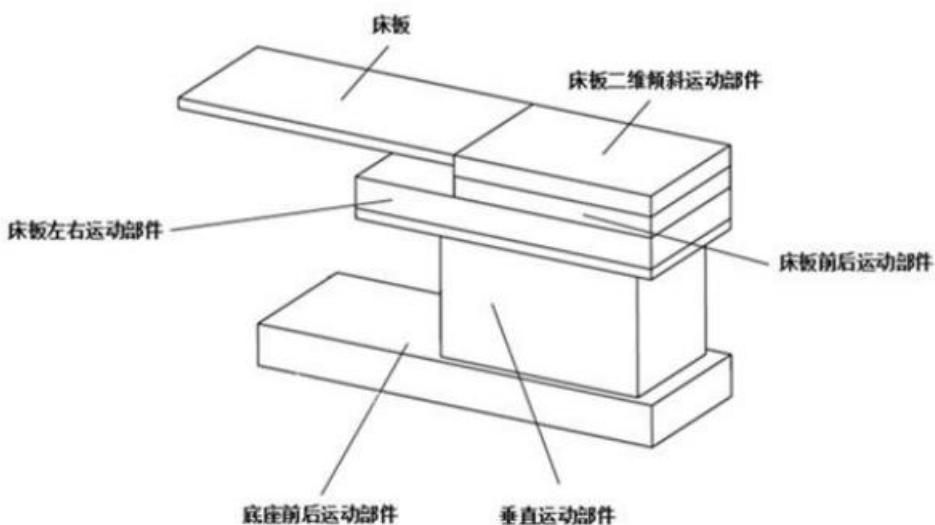


图 9-8 治疗床示意图

除了能提供更多的射束投射角度，治疗床提供多维度的运动可以配合影像引导，准确的将患者摆位至理想治疗体位。

(9)EPID

使用覆盖全射野的大面积非晶硅数字化X射线探测板，可以拍摄平片成像，也可通过机架旋转一周获取和重建一定体积范围内的图像。图像可以用于患者成像和图像

引导，也可以用于机器质检和治疗计划质检。

(10) 门控部件

在放射治疗过程中，受呼吸运动，或器官不自主的异常运动（咳嗽，喷嚏等）影响，肿瘤位置会偏离计划的位置，从而导致放疗过程中脱靶，靶区沉积的剂量不足，而正常组织器官受到过多的剂量。

门控治疗是一种新型的运动管理放疗技术，它通过实时监测患者的器官位置或生理信号变化，调整射束的开关时间和位置，实现了对放疗剂量的高精度控制。与传统的放疗技术相比，门控放疗可以更精确地瞄准肿瘤部位，避免对正常组织造成过多的伤害。

本项目拟安装设备参数见表 9-1 所示，本项目拟安装设备如图 9-9 所示。

表 9-1 本项目拟安装直线加速器主要参数

直线加速器主机	型号	uLinacHalosTx
	加速粒子	带电粒子
	X射线能量	6MV
	X线剂量率	1200MU/min
	等中心照射野	40cmX40cm
	等中心距地面距离	1200mm
	X射线漏射率	≤0.1%
	有用线束最大张角	28 度
	源轴距	100cm
	机架旋转角度	360 度
	半影区	大野≤9 小野≤7
	有用射线束距靶 1m 处剂量率	1200MU/min



图 9-9 本项目拟安装设备图

9.2.2 直线加速器操作流程及产生污染节点

- (1)病人经医生诊断、治疗正当性判断后，确定需要治疗的患者进行预约登记；
- (2)预约病人首先在放疗科原有模拟定位机上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状，模拟定位扫描时工作人员隔室操作；
- (3)将图像通过网络传输入 TPS，对图像进行登记，根据图像上的定位标记，确认病人坐标系；
- (4)勾画人体外轮廓和各种组织轮廓，参照诊断影像勾画 GTV、CTV 和危险器官的轮廓；
- (5)根据经验选择射线和射野方向，尽量避开危险器官，依据 BEV 和 DRR 设计挡铅；
- (6)依据肿瘤部位选择计算模型，调整楔形滤片方向和角度，使用组织补偿材料等，使剂量分布符合 ICRU 的有关规定，确保危险器官剂量在安全范围；
- (7)使用 DVH 等工具，对计划进行评估，寻找高剂量区，尽量使其不在 CTV 外，必要时修改挡铅位置。
- (8)治疗计划制定后，进行放疗计划验证，经放疗医师、放疗物理师签字确认；
- (9)肿瘤病人在放射技师的协助下，依据计划在治疗床上进行摆位，确定照射位置

和面积，该过程在治疗机房治疗床上完成；

(10)摆好位后，放射技师离开机房，确定所有安全措施到位后，启动治疗机进行照射；

(11)照射完毕后，技术人员协助病人离开机房，为下次照射做准备。

工作流程图及产污节点详见图 9-10。

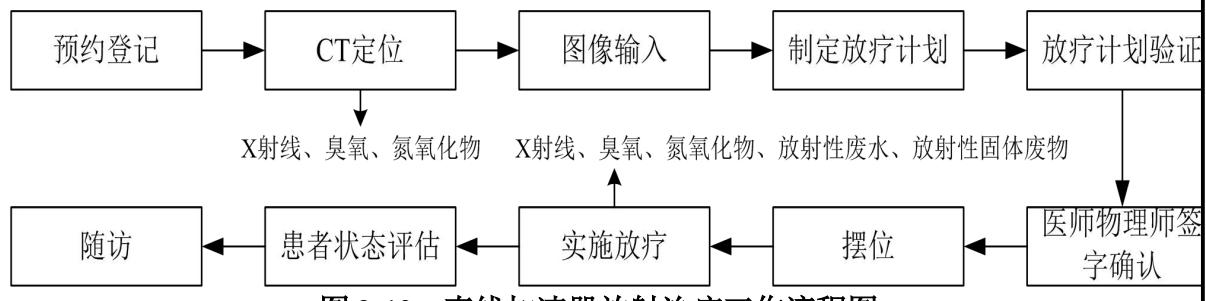


图 9-10 直线加速器放射治疗工作流程图

9.2.3 直线加速器室（治疗室）人员路径规划

(1) 工作人员路径

工作人员通过西侧楼梯间进入肿瘤治疗中心，出楼梯间后向北进入操作间，摆位时向西进入直线加速器室（治疗室），完成摆位工作后原路返回操作间，进行照射治疗，工作完成后原路返回。

(2) 患者路径

患者通过西侧肿瘤治疗中心电梯厅进入负一层，出电梯后向东进入候诊区候诊，工作人员叫号后向西进入直线加速器室（治疗室）进行摆位接受治疗，治疗结束后原路返回。

直线加速器室（治疗室）人员路径规划见图 9-11。



图 9-11 直线加速器室（治疗室）人员路径规划图

9.2.4 工作负荷

根据医院提供资料，预计新安装直线加速器治疗机治疗的最大工作量为 50 人次/天，保守考虑为适行调强放射治疗，每周 5 天，每年工作约 250 天，治疗时平均每人出束时间 3min，则直线加速器有用线束日出束时间 2.5h，周出束时间 12.5h，年总出束时间约为 625h。

9.3 污染源项描述

9.3.1 正常工况污染源项描述

(1) X 射线

本项目直线加速器电子枪产生的电子经过加速后，受到金属靶的阻止而产生轫致辐射 X 射线，X 射线的贯穿能力极强，对周围环境可能造成辐射污染，但运行时产生的 X 射线随加速器的开、关而产生和消失。电子束其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此在加速器开机的时间内，产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素。

(2) 中子和中子俘获 γ 射线

当直线加速器的 X 射线能量高于 10MV 时，高能光子会与 X 射线靶、一级准直器 X 射线均整器和治疗准直器多种高原子序数的材料如铅、钨等发生 (γ, n) 光核反应，生成中子。根据 HJ1198-2021 第 6.1.2 款，大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。本项目直线加速器 X 射线能量最高为 6MV，不再考虑其中子辐射及俘获γ射线

(3) 放射性废水

本项目直线加速器运行过程循环冷却水使用蒸馏水，无过滤装置，无废离子交换树脂产生。在加速器运行期间，冷却水尤其是靶部分水被活化而含有放射性核素主要为 ^{15}O 和 ^{16}N ，它们的半衰期分别为 2.1min 和 7.3s，只需放置较短的时间，其活度就可衰减到可忽略的水平，可按一般废水进行处置，排入医院污水处理系统。所以正常运行时被活化的水对周围环境的影响可以忽略。

(4) 放射性固体废物

活化后的准直器、束流阻止器及加速器靶等在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理。

(5) 非放射性有害气体

直线加速器运行时，产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO , NO_2) 它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。

综上所述，本项目医用环形 CT 直线加速器主要评价因子为 X 射线、放射性固体废物、非放射性有害气体。

9.3.2 非正常工况污染源项描述

(1) 由于未及时检修，门-机联锁装置失效，门处于半开启状态，直线加速器仍能运行，人员未佩戴个人剂量报警仪进入直线加速器室（治疗室）而受到照射。

(2) 加速器治疗时，工作人员、病人家属等进入直线加速器室（治疗室）后，未全部撤离，仍有人滞留在机房内某个不易察觉的地方而受到意外照射。

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

(4) 滥用射线装置对病人进行诊断、治疗，造成患者受到不必要的照射。

(5)医用环形CT直线加速器结构复杂,故障率较高。常见故障有机械故障(如多叶准直器故障、限位开关损坏)、电气故障(如自动稳频故障、剂量异常、电离室损坏、磁控管损坏、测距灯/光野灯损坏)和软件故障(如电脑死机、网络传输故障)。这些故障的发生将导致设备无法正常运行,某些情况下可能导致患者或操作者受到伤害。

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

事故工况产生的污染因子与正常工况下相同。

表 10 辐射安全与防护**10.1 项目安全设施**

本项目直线加速器室（治疗室）位于宁夏回族自治区人民医院肿瘤治疗中心负一层内，肿瘤治疗中心位于医院东北部，其东侧、南侧为空地，北侧为道路，西侧紧邻连廊，隔连廊为高压氧科，本项目直线加速器室（治疗室）50m 范围内建筑为高压氧科。

本项目直线加速器室（治疗室）位于肿瘤治疗中心负一层，直线加速器室（治疗室）南侧为实体墙，北侧依次为操作间、设备间，东侧为直线加速器室（一），西侧为迷道隔迷道为直线加速器室（二）。

直线加速器室（治疗室）与操作间分开设置，直线加速器室（治疗室）入口处设置 L 型迷道，直线加速器室（治疗室）有效使用面积约为 60.8m²（不含迷道），周围主要为配套用房、毗邻机房与土层，人员流动较少。本项目直线加速器室（治疗室）平面布局合理性分析见表 10-1。

表 10-1 直线加速器室（治疗室）平面布局合理性分析

标准	条目	标准要求	设计情况	评价
《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）	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。	本项目直线加速器室（治疗室）设置在肿瘤治疗中心负一层，直线加速器室（治疗室）与辅助设施同时设计和建造。	符合要求
	6.1.4	治疗装置操作间应与治疗机房分离。放疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可能与治疗设备分离的，应尽可能设置于治疗机房外。	本项目直线加速器室（治疗室）与操作室分开设置，相应辅助设备均设置独立房间。	符合要求
	6.1.5	应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的操作间和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	本项目直线加速器主射束朝向南、北侧，北侧主射束为设备间，未直接照射操作间和其他居留因子较大的用房。	符合要求
	6.1.6	X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷道；伽马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。	本项目直线加速器室（治疗室）设置了 L 型迷道。	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。	本项目直线加速器室（治疗室）机房有效使用面积约为 60.8m ² （不含迷道），可满足临床使用需要。	符合要求

续表 10-1 直线加速器室（治疗室）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》 (HJ1198-2021)	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。	本项目直线加速器室（治疗室）设置在肿瘤治疗中心负一层，不涉及民居、写字楼和商住两用的建筑物。	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。	本项目直线加速器室（治疗室）设置在肿瘤治疗中心负一层，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

根据表 10-1，项目直线加速器工作场所布局满足《放射治疗辐射安全与防护要》(HJ1198-2021) 和《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 中的相关规定，工作场所布局合理。

10.1.2 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 和《放射治疗辐射安全与防护》(HJ1198-2021)，辐射工作场所应分为控制区及监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：把需要或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：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》(HJ1198-2021) 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、束流输运通道和治疗室，直线加速器室、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操作间及与机房相邻区域等）。

根据项目直线加速器室（治疗室）的平面布局，将直线加速器室（治疗室）及迷道划分为控制区，并在机房防护门外的显著位置张贴符合规定的电离辐射警告标志。将操作间、设备间、办公室等区域划分为监督区，对于机房正上方及其他毗邻区域可用警示标志提醒或设置温馨提示，提醒公众成员不要在此驻留，经常对其职业照射条件进行监

督和评价。

控制区通过实体屏蔽措施、警示标志等进行控制管理，在直线加速器使用时，除工作人员和患者外，禁止其他无关人员进入；监督区通过电离辐射警告标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位定期对监督区周围剂量当量率进行监测。如果发现异常，建设单位应立即进行整改，整改完成后方可继续使用。

本项目直线加速器的工作场所平面布局示意图 10-1，直线加速器工作场所分区管理示意图（剖面）见图 10-2。

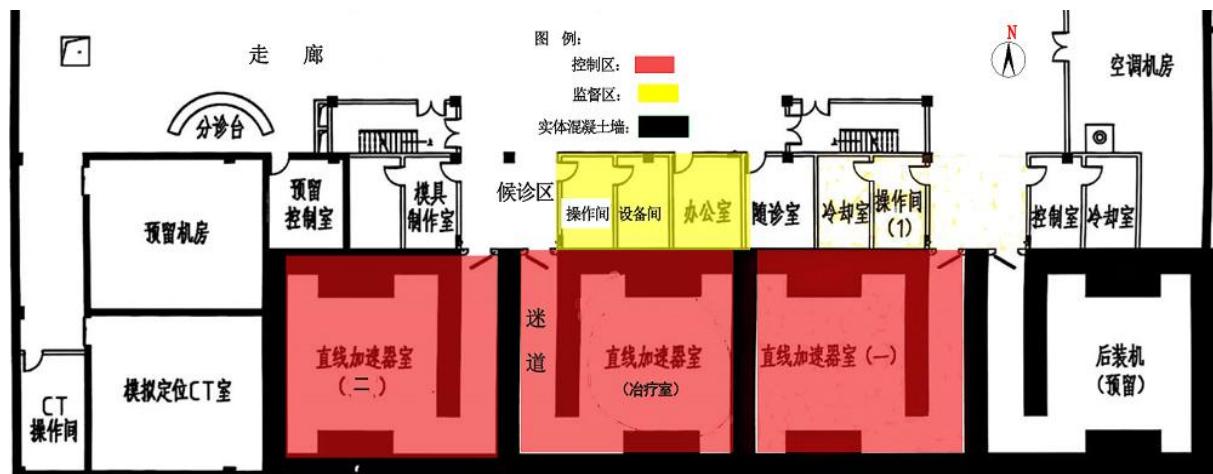


图 10-1 本项目工作场所平面布局示意图

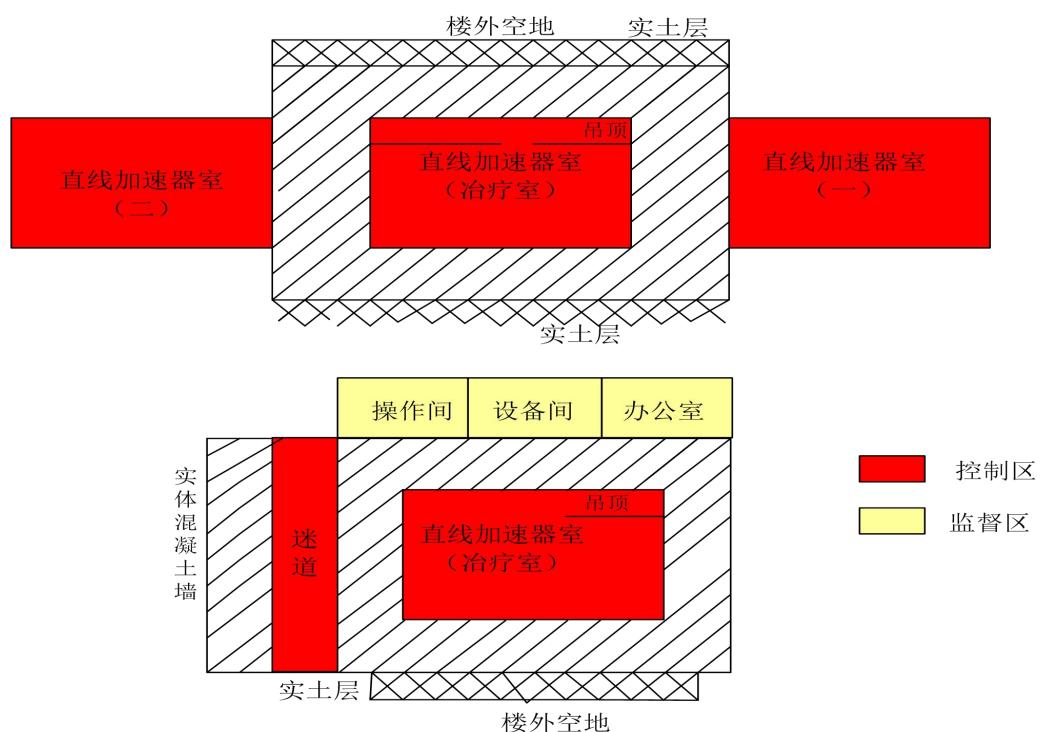


图 10-2 直线加速器工作场所分区管理示意图（剖面）

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

本项目直线加速器室（治疗室）位于肿瘤治疗中心负一层预留机房，施工内容主要为机房装修及安装铅防护门。根据建设单位提供图纸可知本项目混凝土强度等级为C30，对应密度为 2.385g/cm^3 。本项目直线加速器室（治疗室）屏蔽防护方案见表 10-2，直线加速器室（治疗室）屏蔽设计平面布置见图 10-3，室顶的主屏蔽区和次屏蔽区的结构图见图 10-4。

表 10-2 直线加速器室（治疗室）屏蔽设计

屏蔽体	屏蔽设计	
直线加速器室（治疗室）建设规模	机房南北长 12.1m，东西宽 14.7m，净高度 5.2m，吊顶高度 3.0m，机房有效使用面积约为 60.8m^2 。	
机房净空尺寸	机房南北长 7.8m，东西宽 7.8m，净空高 5.2m。	
北墙	主屏蔽区	3m 厚混凝土浇筑，宽度为 4.0m。
	次屏蔽区	1.8m 厚混凝土浇筑。
南墙	主屏蔽区	2.5m 厚混凝土浇筑，宽度为 4.0m。
	次屏蔽区	1.3m 厚混凝土浇筑。
室顶	主屏蔽区	2.5m 厚混凝土浇筑，宽度为 6.6m。
	次屏蔽区	1.3m 厚混凝土浇筑。
东墙	1.6m 厚混凝土浇筑。	
西墙（迷道外墙）	1.6m 厚混凝土浇筑。	
迷道	迷道内墙	东侧 1.5m 混凝土浇筑。
	迷道外墙	西侧 1.6m 混凝土浇筑。 整体呈西宽东窄楔形
地板	0.7m 混凝土浇筑，下方为实土层。	
防护门	设计安装 15mmPb 电动铅防护门+150mm 含硼 PE 板外包不锈钢。	

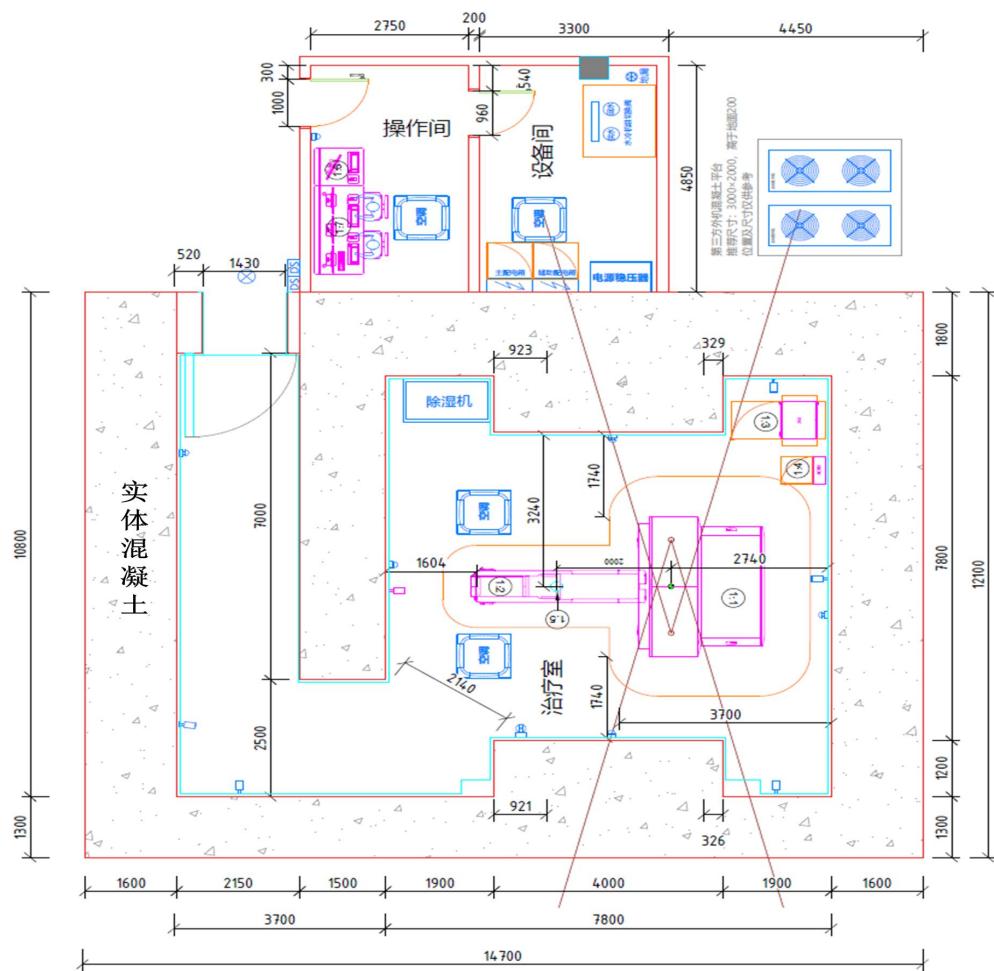


图 10-3 直线加速器室（治疗室）屏蔽设计平面布置图

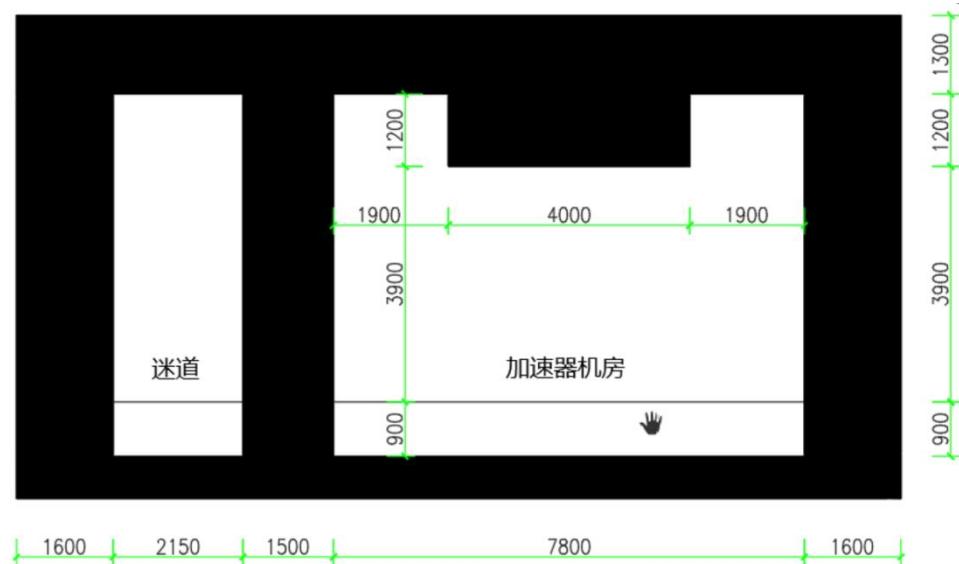


图 10-4 室顶的主屏蔽区和次屏蔽区的结构图见

10.1.4 辐射安全和防护措施

除工作场所屏蔽设计的安全防范措施外，建设单位拟进一步完善和加强以下几个方面的辐射安全防护设施和措施。

(1)防护门设置门—机联锁装置、电离辐射警告标志和红外线防挤压装置，防护门内侧和外侧均设置手动开门装置。门关上时方可出束，出束期间开门则自动停止出束，必须重新设置才可继续出束。建设单位应定期对安全联锁系统等安全设施进行检查。

(2)钥匙开关：加速器有电源的钥匙开关，只有钥匙就位后才能开启电源，启动治疗装置。

(3)辐射参数预选值联锁：设备控制台在选择各种辐射参数（标称能量、照射时间、吸收剂量率、吸收剂量、治疗方式等）之前，辐照不能启动。

(4)两道独立的剂量监测系统：每一道剂量监测系统均能独立终止辐照，当其中一道剂量监测系统发生故障不会影响另一道系统的功能。

(5)计时器联锁：控制台配置有时间显示的辐照控制计时器，并能独立完成控制辐照终止装置。当辐照中断或终止后，能保持其读数，必须将计时器复零后，方能启动下一次辐照。

(6)剂量复零联锁：显示的剂量读数在辐照中断或终止后保持不变，辐照中断或终止需将显示器复位到零，下次辐照才能启动。

(7)警示标识：拟在防护门上适当位置设置电离辐射警示标识。

(8)防护门上方设置工作状态指示灯，并设置门-机或门联锁装置，保证机房门关闭时或设备出束时，警示灯亮起，提示门外人员请勿靠近。

(9)直线加速器室（治疗室）与操作间之间设计有视频监控及双向对讲装置，方便操作间内辐射工作人员及时观察到迷道内部和防护门处情况，避免无关人员进入或逗留，同时方便观察患者情况及与患者沟通。

(10)在直线加速器室（治疗室）迷道内口处设置固定式辐射剂量监测仪，并具有异常情况下报警功能，显示单元设置在操作间内，保证操作间内工作人员能实时观测到机房内射线出束情况。

(11)机身和直线加速器室（治疗室）内以及控制台上设置紧急停机按钮，分别位于机房入口门内旁侧1个、迷道内口1个、治疗室内北墙上1个、东墙上1个、西墙上1个，操作间内1个，距地面高度约1.5m，以备事故状况下紧急停机。

(12)操作规程、辐射事故应急预案等工作制度在合适位置张贴上墙。

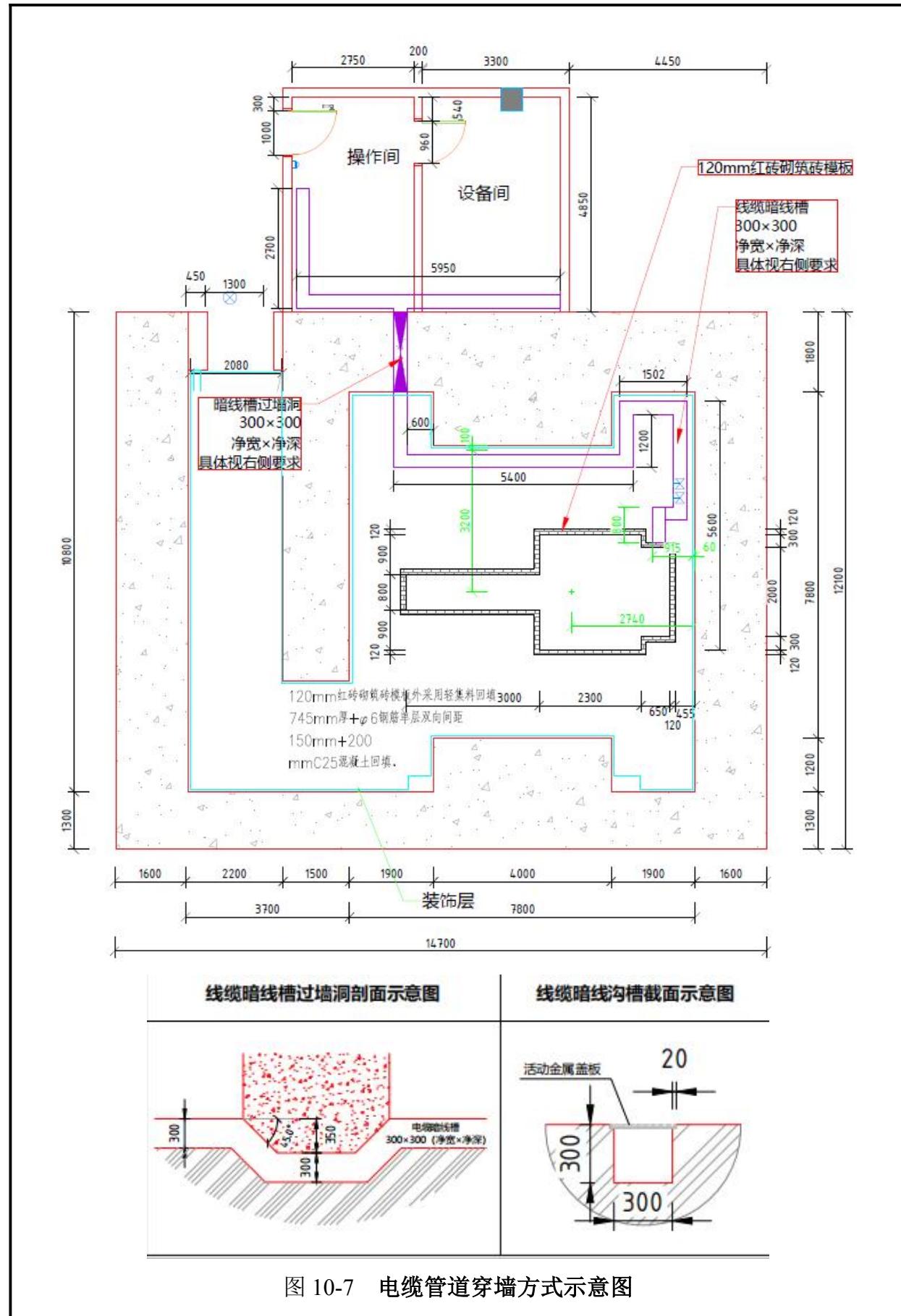
(13)治疗期间,每台直线加速器拟设至少两名工作人员协调操作,认真做好当班记录,严格执行交接班制度:直线加速器试用、调试、检修期间,操作间须有工作人员值守。

本项目直线加速器室(治疗室)安全设施布局见图 10-5, 加速器安全联锁逻辑关系示意见图 10-6。

10.1.5 电缆布设及通排风系统

(1)电缆布设

直线加速器的各种电缆管线,全部以地沟形式在地坪以下布设,地沟盖板采用 3mm 厚不锈钢板覆盖,电缆沟穿墙处增设铅板围护。电缆穿墙采用“U”型路径设计,下沉后穿越迷道外墙到达服务器机房与控制系统连接。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,增加了射线的散射和衰减次数,从而保证墙体的屏蔽效果。本项目直线加速器电缆穿墙设计见图 10-7。



(2) 通排风

该项目直线加速器室（治疗室）拟安装有效通风量不小于 $1300\text{m}^3/\text{h}$ 的风机进行通风，排风换气次数为 6 次/h 或以上。新风管道拟由机房南墙（副墙位置）上方顶板进入机房，送风口拟布排在装饰天花板上合适位置。臭氧密度大于空气平均密度，因此排风口拟设置在机房非主束投照部位墙角处，风管底部（吸风口）离地 30~40cm，排风管道拟从治疗室南墙顶板位置（据地约 3m 高度）通往室外，风管以一字型穿过机房墙体，新风、排风管道穿墙方式如图 10-8 所示。

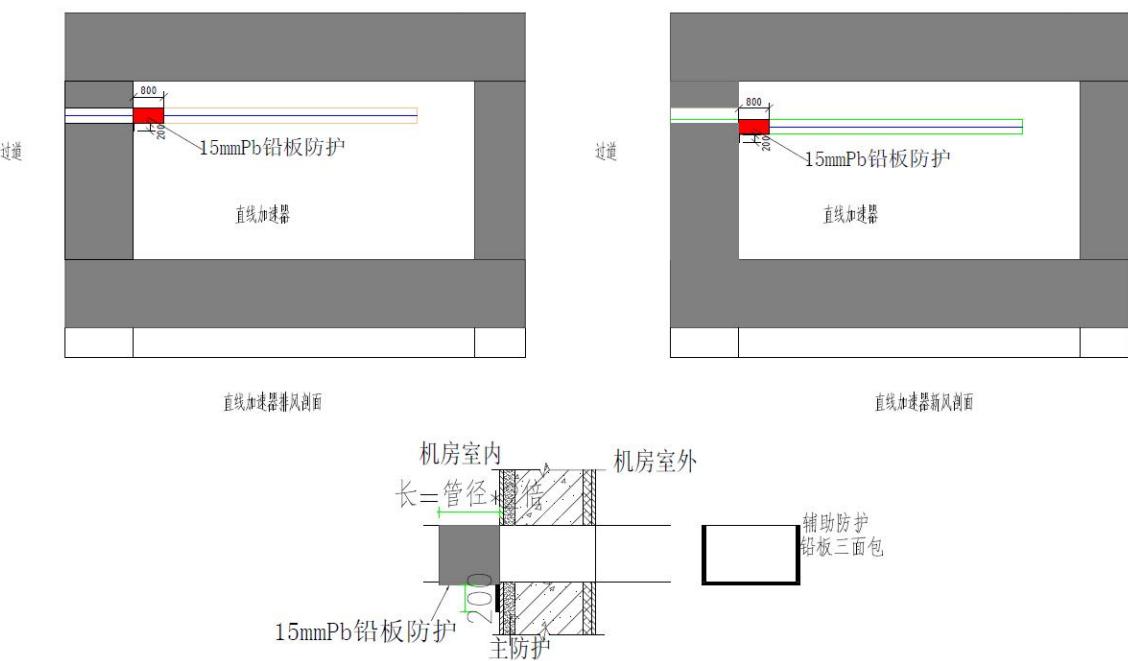


图 10-8 新风、排风管道穿墙方式示意图

10.1.6 直线加速器室（治疗室）辐射安全与防护措施符合性分析

本项目直线加速器室（治疗室）辐射安全与防护措施与《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）符合性分析见表 10-3，本项目直线加速器室（治疗室）辐射安全与防护措施与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）符合性分析见表 10-4。

表 10-3 直线加速器室（治疗室）辐射安全与防护措施《放射治疗放射防护要求》符合性分析表

相关要求	防护要求	本项目设计情况	符合性
布局要求	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。	本项目直线加速器室（治疗室）设计建造在肿瘤治疗中心负一层，与辅助设施同时设计建造，机房布置合理。	符合
	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。	本项目直线加速器室（治疗室）按标准要求分为控制区和监督区，直线加速器室（治疗室）和迷道为控制区，操作间、设备间及办公室为监督区。	符合
	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。	本项目直线加速器室（治疗室）有用射束防护屏蔽满足主射束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。	符合
	治疗设备操作间应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可能与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	本项目直线加速器室（治疗室）与操作间、设备间分开设置。	符合
	应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的操作间和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	本项目直线加速器室（治疗室）有用射束朝向北侧、南侧，避开了操作室及候诊区等居留因子较大的房间。	符合
空间、通风要求	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。	本项目直线加速器室（治疗室）有效使用面积为 60.8m ² ，可保证放射治疗设备临床应用需要。	符合
	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。	本项目直线加速器室（治疗室）设置了新风排风系统，设置上送下排的机械通排风系统，机房设计排风量为 1300m ³ /h，经估算直线加速器室（治疗室）换气次数约为每小时 6 次或以上。	符合
	说明书要求 6 次/h 以上		
屏蔽材料	屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能和经济因素，符合最优化要求，新建机房一般选用普通混凝土。	本项目直线加速器室（治疗室）六面墙体，迷道均为混凝土浇筑。	符合
安全装置和警示标志要求	放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。	本项目直线加速器与直线加速器室（治疗室）门有联锁装置，安装开门按钮，防护门设计了红外防夹人装置。	符合
标志	放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；	本项目直线加速器室（治疗室）门上设置电离辐射警告标志。	符合
	放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	本项目直线加速器室（治疗室）门上设置电离辐射警告标志，设置工作状态指示灯等，出束时红灯亮。	符合
急停开关	放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。	本项目直线加速器室（治疗室）入口门内旁侧、迷道内口、治疗室内北墙、东墙及西墙，操作间内均设计了紧急停机按钮。	符合

续表 10-3 直线加速器室（治疗室）辐射安全与防护措施《放射治疗放射防护要求》符合性分析表

相关要求	防护要求	本项目设计情况	符合性
视频监控对讲交流系统	操作间应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷道区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。	本项目直线加速器室（治疗室）拟安装 6 个监控摄像头，保证全方位无死角监控机房每个角落，并计划配备对讲装置，保证操作人员与患者之间的双向交流。	符合
放射治疗操作中的放射防护要求	操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，应保障安全联锁正常运行。	本项目新增工作人员均对直线加速器的各项操作规程较熟悉，日常工作中可进行检查，保障安全联锁正常运行。	符合
	工作人员进入涉放射源的放射治疗机房时应佩戴个人剂量报警仪。	配备了个人剂量报警装置。	符合
	实施治疗期间，应有两名及以上操作人员协同操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度，密切注视控制台仪器及患者状况，发现异常及时处理，操作人员不应擅自离开岗位。	本项目工作人员，对设备的运行情况较熟悉，工作经验较丰富，可严格遵守相关制度，不擅自离开岗位。	符合

表 10-4 直线加速器室（治疗室）辐射安全与防护措施《放射治疗辐射安全与防护要求》符合性分析表

相关要求	防护要求	本项目设计情况	符合性
选址与布局	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。	本项目直线加速器室（治疗室）设置在肿瘤治疗中心地下一层，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。	符合
	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。	本项目直线加速器室（治疗室）位于地下一层肿瘤治疗中心西北角，避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域。	符合
分区原则	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、束流输运通道和治疗室，直线加速器室（治疗室）、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。	本项目直线加速器室（治疗室）按标准要求分为控制区和监督区，治疗室和迷道为控制区，操作间、设备间及办公室为监督区。	符合
	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操作间及与机房相邻区域等）。		符合
屏蔽要求	管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。	本项目直线加速器室（治疗室）管线位于机房内电缆沟，管线从地下斜穿进入操作室，电缆沟上均铺设盖板。	符合
安全防护设施和措施要求	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；	本项目直线加速器室（治疗室）门上设置电离辐射警告标志，在直线加速器上也计划设置电离辐射标志和中文警示说明。	符合
	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；	本项目直线加速器室（治疗室）门上设置电离辐射警告标志并设置工作状态指示灯。	符合
	操作间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。	本项目直线加速器室（治疗室）拟安装 6 个监控摄像头保证全方位无死角监控机房每个角落，并计划配备对讲装置，保证操作人员与患者之间的双向交流。	符合

表 10-4 直线加速器室（治疗室）辐射安全与防护措施《放射治疗辐射安全与防护要求》符合性分析表

相关要求	防护要求	本项目设计情况	符合性
安全防护设施和措施要求	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，其显示单元设置在操作间内或机房门附近。	本项目直线加速器室（治疗室）计划安装固定式剂量监测报警仪，其显示单元设置在操作间内。	符合
	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。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施；	本项目直线加速器室（治疗室）有联锁装置，安装开门按钮，防护门设计了红外防夹人装置。	符合
安全防护设施和措施要求	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。	本项目直线加速器室（治疗室）有联锁装置，安装开门按钮，防护门设计了红外防夹人装置。	符合
	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。	本项目直线加速器安全连锁触发后，需人工复位才能重新启动。	符合
	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。	本项目设置了强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数约为 6 次/h 或以上。	符合

由表 10-3 和表 10-4 可知，本项目直线加速器室（治疗室）选址、屏蔽防护设计及安全设施均满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）标准要求。

10.2 “三废”的治理

10.2.1 施工期三废治理

(1) 废水

施工过程中产生的施工废水循环使用，施工人员产生的生活污水经医院污水处理站处理后纳入市政污水管网。

(2) 扬尘

装修过程会产生扬尘，施工拟采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾拟采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

(3) 噪声

施工过程中，各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工会产生噪声，医院应合理制定施工计划，避开午休时间，禁止在夜间施工；施工设备应考虑选择低噪音设备，防止

噪声超标；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备。

(4) 固废

施工过程中会产生建筑垃圾和生活垃圾，建筑垃圾应在定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院统一集中收集，交当地环卫部门清运。

10.2.2 运营期三废治理

(1) 非放射性有害气体

医用环形 CT 直线加速器开机运行时，产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧和氮氧化物。对于臭氧和氮氧化物，主要危害是臭氧，臭氧的产额比氮氧化物高一个量级，只要臭氧能够达到标准，氮氧化物（限值高）也能达标，因而本报告只考虑臭氧。臭氧的室内浓度与有用 X 射线束的输出率、射野面积和机房体积有关，臭氧在空气中的自身分解时间为 0.83h。机房设有机械通风系统，进风口与排风口对角设置，排风次数为 6 次/h 或以上，满足 HJ1198-2021“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”要求。通过机房通风系统可明显降低有害气体的浓度，不会对周围环境和人员造成影响。

(2) 放射性废水

在加速器运行期间，冷却水尤其是靶部分水被活化而含有放射性核素主要为 ^{150}O 、 ^{16}N ，它们的半衰期分别为 2.1min 和 7.3s，放置一定的时间，待其活度满足 GBZ18871-2002 规定的一次排放限值后，可按照一般废水处理，排入医院污水处理系统处理后外排。正常运行时不会对环境造成影响。

(3) 放射性固体废物

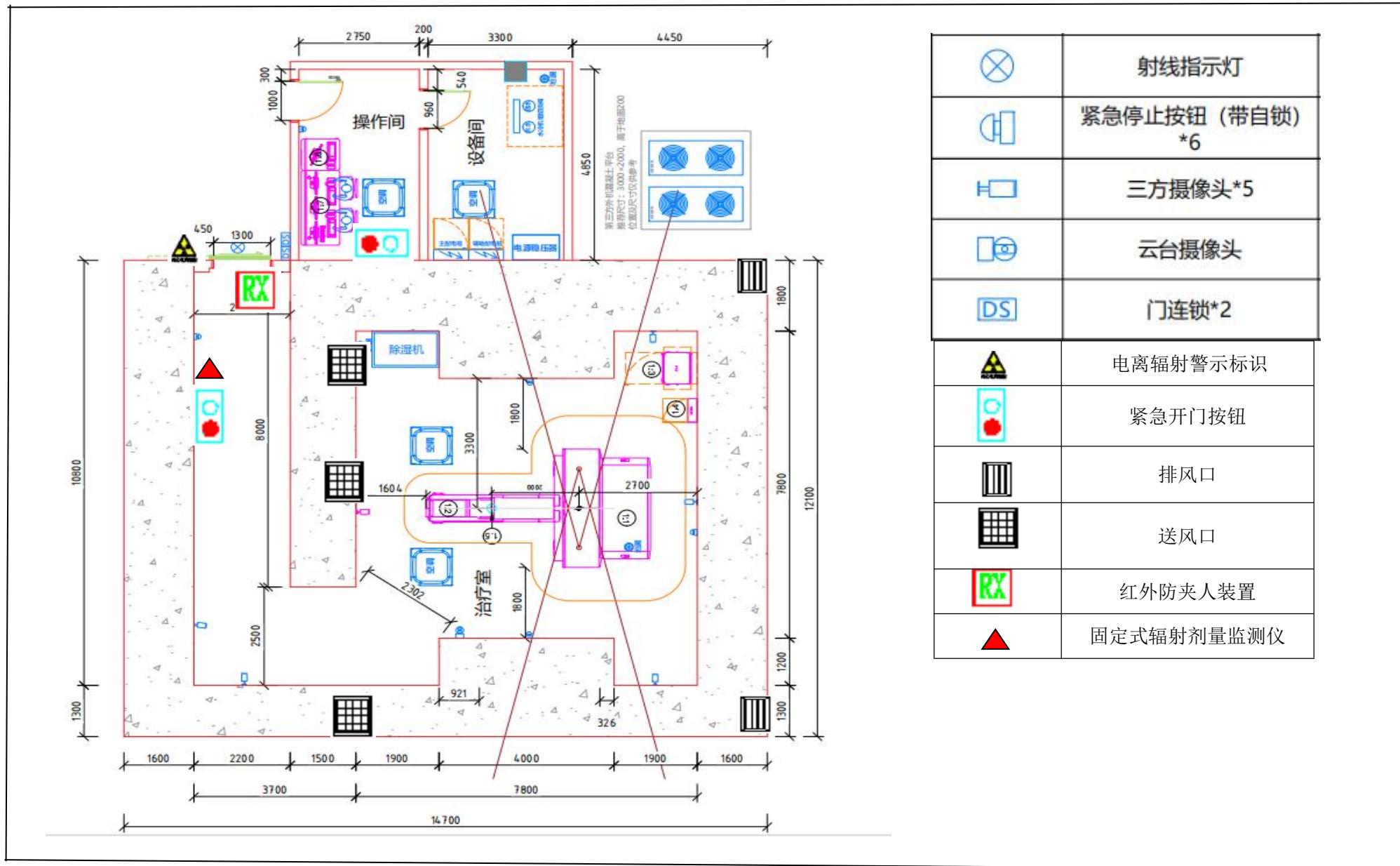
活化后的准直器、束流阻止器及加速器靶等在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后即放进屏蔽容器委托设备方转运，最终送交有资质的单位收贮，不会对环境造成影响。

10.3 环保措施及其投资估算

本项目总投资 3500 万元，环保投资 71.0 万元，占总投资的 2.03%，环保设施（措施）及其投资估算一览表见表 10-5。

表 10-5 环保设施（措施）及投资估算一览表

环保设施		数量	投资（万元）
辐射屏蔽防护	四面墙体的混凝土浇筑，电缆沟布设、通风管道布设依托现有机房	/	1.0
	机房基坑的浇筑、防护门的安装、机房内部装修等	/	48.0
辐射安全装置	监控摄像头（三方摄像头 5 个、云台摄像头 1 个）	6 个	5.0
	紧急停机按钮	6 个	
	红外防夹人装置	1套	
	门机连锁装置 2套	2套	
	紧急开门按钮	2个	
警示装置	入口电离辐射警示标识、工作场所分区及标识	1 个	2.0
	入口加速器工作状态显示	1 个	
	机房内准备出束音响提示	1 个	
	控制台上蜂鸣器	1 个	
废水处理	依托医院现有的污水处理系统	/	/
固废处理	依托医院现有的生活垃圾及医疗垃圾收集处理措施	/	/
监测仪器	固定式剂量率监测报警仪 1 套	/	5.0
工作人员防护	便携式 X-r 检测仪、个人剂量计、防护服	利旧	/
辐射环境监测	委托第三方机构常规监测和自主环境保护竣工验收监测	/	8.0
人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训	/	/
辐射应急	辐射应急物资、人员应急培训、辐射事故应急演练	/	2.0
合计			71.0



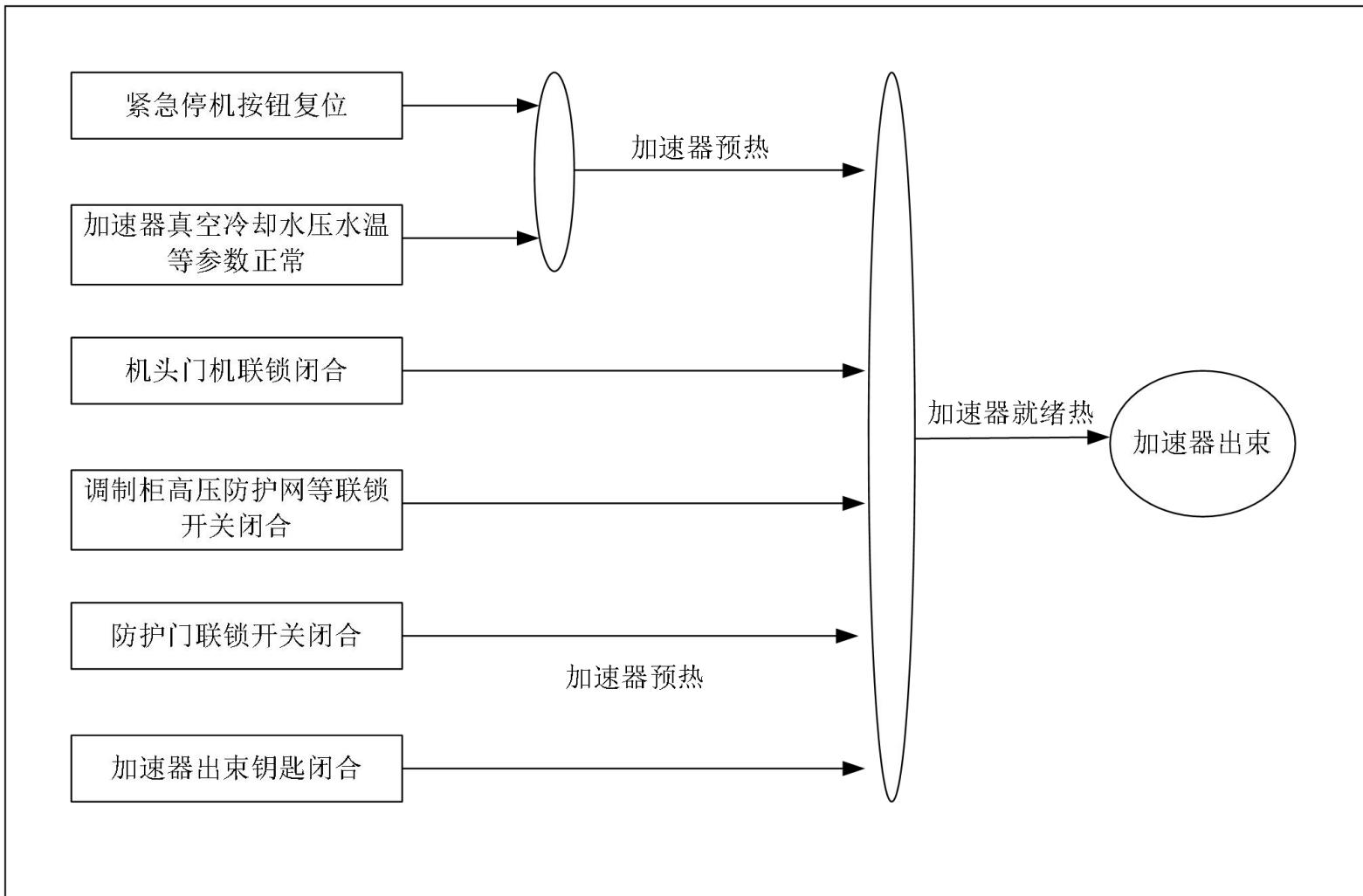


图 10-6 加速器安全联锁逻辑关系示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目主要是在已有建筑物内进行改造、装修施工，安装新防护门。建设时将产生施工噪声、粉尘、废水和少量建筑垃圾污染，其主要影响对象为单位员工和周围公众，施工时对环境会产生如下影响：

大气：本项目在建设施工期将产生粉尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：通过加强施工管理，减少建筑材料露天堆放，减少施工扬尘对周围环境影响；装修阶段采用绿色环保装修材料，防治装修废气影响。采取上述措施后，对周围环境影响很小。

噪声：在建筑施工阶段，将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响，在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，使噪声对周围人群影响降到最小程度。

固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。对周围环境影响很小。

废水：项目施工期间，有少量建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理回用，对周围水环境影响很小。

建设单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在医院内局部区域，对周围环境影响较小。

11.2 调试阶段对环境的影响

本项目射线装置的安装调试阶段会产生 X 射线，可能造成一定的辐射影响，因此要求安装和调试均在辐射防护建设完成后进行。本项目射线装置运输、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，在运输设备的车辆和机房门外设置电离辐射警示标志，禁止无关人员靠近，人员离开时，运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。在设备的调试过程中，设备开关钥匙应安排专人看管，或由操作人员随身携带，并在机房入口处设置醒目的警示牌，工作结束后，确认各安全联锁装置正常后才能启用线装置。

由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影

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

综上分析，建设项目施工期和安装调试期对环境产生的影响均为短期的，建设项目建成后，影响即消除。建设单位和施工单位在施工过程中应切实落实对施工产生的三废及噪声的管理和控制措施，施工期的环境影响将得到有效控制，建设项目施工期对周围环境影响较小。

11.3 运行阶段对环境的影响

11.3.1 加速器运行阶段辐射环境影响分析

本项目直线加速器治疗模式 X 射线，直线加速器 X 射线能量拟设 6MV 档，对应等中心最高输出剂量率为 1200MU/min (72Gy/h)，结合放疗科辐射工作场所布局情况，本项目采用 6MV、1200MU/min (72Gy/h) 最大参数进行预测计算，直线加速器室（治疗室）防护条件在满足加速器屏蔽要求的情况下，机房屏蔽体机可满足对直线加速器产生的 X 射线的防护，对辐射环境影响较小，以下对加速器使用 X 射线过程中的环境影响进行分析。

11.3.1.1 加速器机房屏蔽体的屏蔽核算

(1) 关注点位设置

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) 的要求，在本项目直线加速器室（治疗室）外表面 30cm 处，人员受照的剂量当量可能最大的位置设定关注点对直线加速器室（治疗室）的屏蔽体进行核算。

本项目直线加速器室（治疗室）设置于地下负一层，顶盖上方为空地（停车场），主防护墙是南墙、北墙、机房上方。项目直线加速器坐西向东安装，加速器治疗头可实现东西方向 $\pm 180^\circ$ 旋转，南北方向会受到主射束照射。本项目加速器机房南墙外为土层，因此不设置参考点；因此，本次在机房东、西、北墙外、室顶及防护门外 30cm 处设参考点进行估算。

关注点位见图 11-1，图 11-2。直线加速器室（治疗室）各关注点见表 11-1，不同场所的居留因子选取见表 11-2。

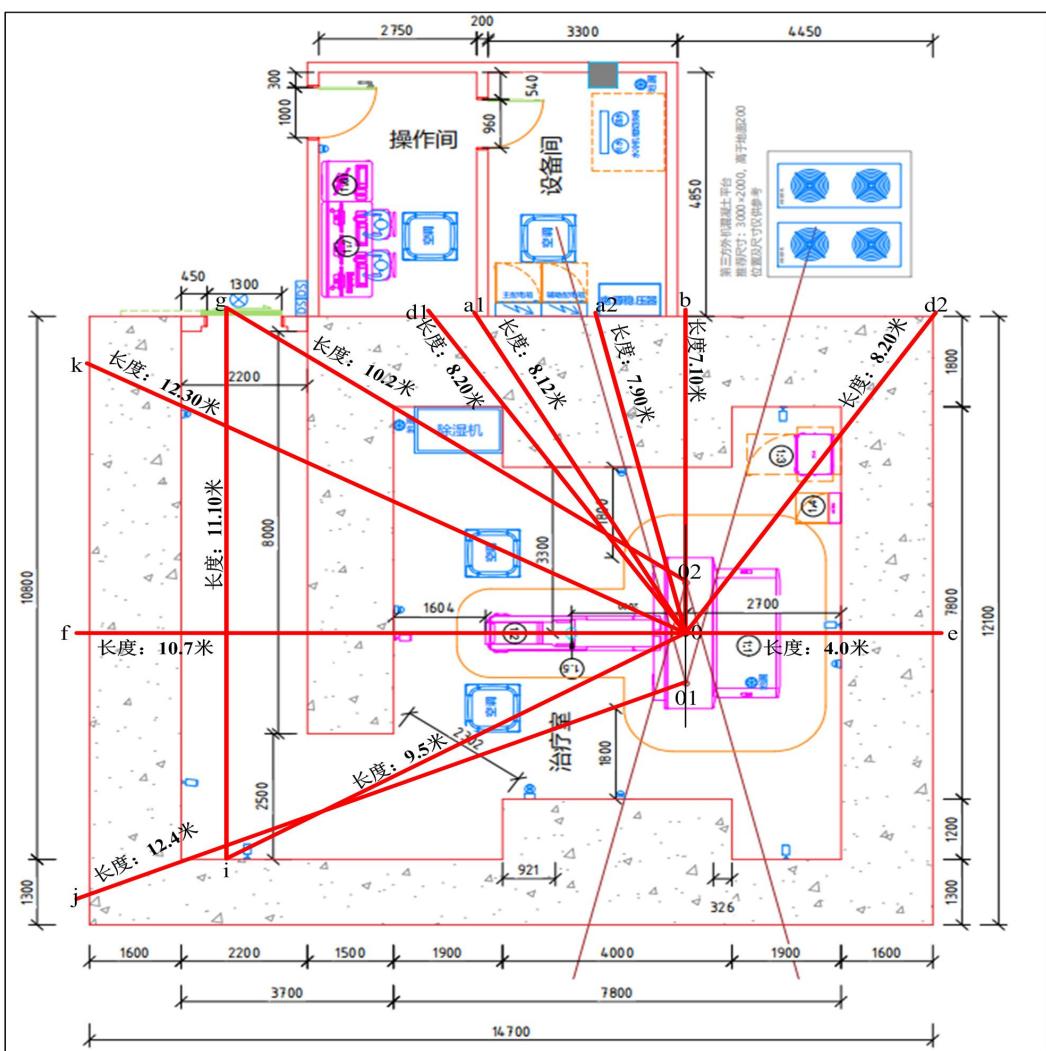


图 11-1 直线加速器室（治疗室）关注点平面布局示意图

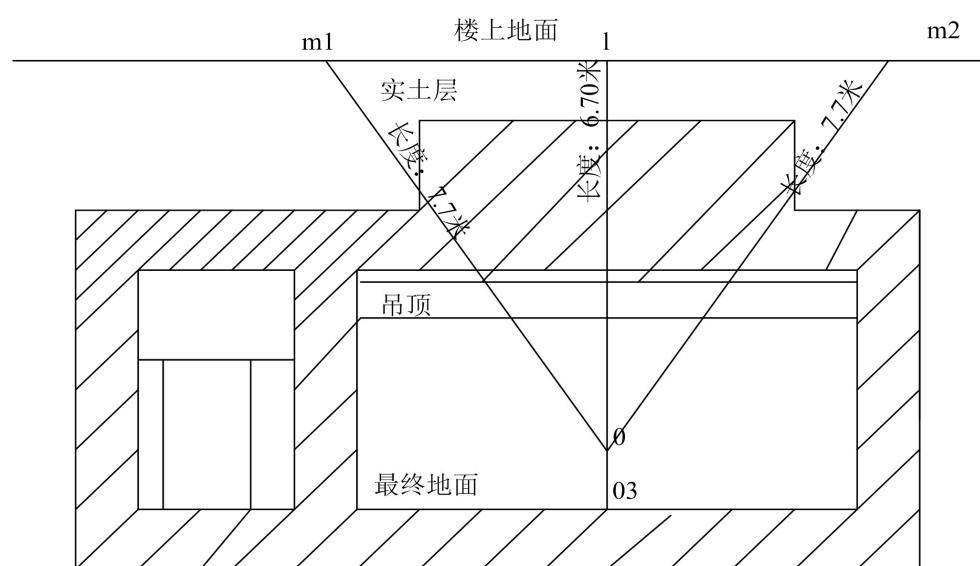


图 11-2 直线加速器室（治疗室）关注点剖面布局示意图

表 11-1 直线加速器室（治疗室）各关注点一览表

序号	关注点	点位描述	居留因子	备注
1	a1 点	北侧主防护墙处 30cm, 操作间;	1	全居留
2	b 点	北侧主防护墙和副防护墙连接处 30cm, 办公室;	1/2	部分居留
3	a2 点	北侧主防护墙处 30cm, 设备间;	1/2	部分居留
4	d1 点	北侧主防护墙处 30cm, 操作间;	1	全居留
5	d2 点	北侧主防护墙和副防护墙连接处 30cm, 办公室;	1/2	部分居留
6	e 点	东侧主防护墙外 30cm, 直线加速器室（治疗室）（一）	1/2	部分居留
7	k 点	西侧防护墙外 30cm, 直线加速器室（治疗室）（二）;	1/2	部分居留
8	f 点	西侧防护墙外 30cm, 直线加速器室（治疗室）（二）	1/2	部分居留
9	j 点	西侧防护墙外 30cm, 直线加速器室（治疗室）（二）	1/2	部分居留
10	g 点	机房防护门外 30cm 处	1/8	偶然居留
11	1 点	机房顶部（与主屏蔽区相连的次屏蔽区）30cm 处, 即无人可达屋顶	1/16	偶然居留
12	m1/m2 点	机房顶部（主屏蔽墙的主屏蔽区）30cm 处, 即无人可达屋顶	1/16	偶然居留

表 11-2 不同场所的居留因子

场所	居留因子		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、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。

(2) 导出剂量率参考控制水平确定

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

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①和②所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$:

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 （ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）：

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

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

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 （ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）：

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

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

本项目居留因子取值参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A，具体见表 11-2。

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，由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平 \dot{H}_c ： $\dot{H}_c \leq H_e / (t \times U \times T)$ ；

\dot{H}_c ——周围剂量当量率控制水平，单位（ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）；

H_e ——周剂量参考控制水平，单位（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ），其值按如下方式取值：放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；放射治疗机房外非控制区工作人员： $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

t ——设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周（ $\text{h}/\text{周}$ ）；正式投入使用后，预计加速器工作 50 人次/天，保守考虑为适行调强放射治疗，每周 5 天，每年工作约 250 天，治疗时平均每人出束时间 3min，则加速器有用线束日出束时间 2.5h，周出束时间 12.5h，年总出束时间约为 625h。

U ——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

T ——人员在关注点位置的居留因子。

本项目直线加速器室（治疗室）外的关注点位置描述及剂量率参考控制水平 \dot{H}_c （ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）见表 11-3。

表 11-3 本项目辐射工作场所屏蔽体外周围剂量当量率控制水平

关注点	点位描述	t (h/周)	使用因子 U	居留因子 T	Hc (μSv/周)	Hc, d 计算值 (μSv/h)	Hc, max (μSv/h)	Hc (μSv/h)
a1	北侧主防护墙处 30cm, 操作间	12.5	1	1	100	8	2.5	2.5
a2	北侧主防护墙处 30cm, 设备间	12.5	1	1/2	5	0.8	2.5	0.8
b	北侧主防护墙和副防护墙连接处 30cm, 办公室	12.5	1	1/2	5	0.8	2.5	0.8
d1	北侧主防护墙处 30cm, 操作间	12.5	1	1	100	8	2.5	2.5
d2	北侧主防护墙外 30cm, 办公室	12.5	1	1/2	5	0.8	2.5	0.8
e	东侧主防护墙外 30cm, 直线加速器室 (治疗室) (一)	12.5	1	1/2	5	0.8	2.5	0.8
k	西侧防护墙外 30cm, 直线加速器室 (治疗室) (二)	12.5	1	1/2	5	0.8	2.5	0.8
f	西侧防护墙外 30cm, 直线加速器室 (治疗室) (二)	12.5	1	1/2	5	0.8	2.5	0.8
j	西侧防护墙外 30cm, 直线加速器室 (治疗室) (二)	12.5	1	1/2	5	0.8	2.5	0.8
g	机房防护门外 30cm 处	12.5	1	1/8	5	3.2	10	3.2
1	机房顶部 (与主屏蔽区相连的次屏蔽区) 30cm 处, 即无人可达屋顶	12.5	1	1/16	5	6.4	10	6.4
m1/m2	机房顶部 (主屏蔽墙的主屏蔽区) 30cm 处, 即无人可达屋顶	12.5	1	1/16	5	6.4	10	6.4

(3) 有用线束主屏蔽区宽度核算

本项目直线加速器室 (治疗室) 主屏蔽区包括顶棚及墙体的部分位置。加速器主射线的最大出束角度为 28°, 本项目主屏蔽墙的北墙和顶棚主屏蔽区均为内凸, 主屏蔽墙宽度进行计算, 公式如下: $Y_p=2[(a+SAD)\times\tan\theta+0.3]$

式中:

Y_p : 机房有用束主屏蔽区的宽度, m;

a: 等中心至“墙”的距离, m。当主屏蔽区向机房内凸时, “墙”指与主屏蔽相连接的

次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽墙区向机房外凸时，“墙”指与主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

SAD：源轴距，m；

θ ：治疗束的最大张角（相对束中的轴线）， 14° ；

0.3：屏蔽体半边宽余量，m。

直线加速器室（治疗室）主屏蔽设计宽度计算结果见表 11-4。

表 11-4 直线加速器室（治疗室）主屏蔽范围计算结果一览表

各屏蔽墙	a (m)	SAD (m)	θ (°)	计算值 Y_p (m)	设计值 (m)	符合性
北墙主屏蔽区	3.68	1	14	2.93	4	符合
室顶主屏蔽区	3.70	1	14	2.94	6	符合

本项目直线加速器室（治疗室）位于肿瘤治疗中心负一层，无地下层，所以地坪的防护不予考虑。经建设单位确认，目前等中心的位置能够满足设备安装和使用的空间需求；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，即主射束为北侧、地坪及顶棚，杜绝安装后主射方向超出屏蔽范围的情况出现。

11.3.1.2 直线加速器机房屏蔽体的屏蔽效果分析

本次评价采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中不同辐射的屏蔽与剂量估算方法如下：

(1) 有用线束主屏蔽区屏蔽效果 (b、a1、a2、1)

首先计算有效厚度 X_e (cm)，接着估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B，再计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)。

主屏蔽宽度： $X_e = X \cdot \sec \theta$ ，式中：

X_e： 有效屏蔽厚度，cm；

X： 屏蔽厚度，cm；

θ ： 斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

屏蔽透射因子： $B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL}$ ，式中：

B： 屏蔽物质的屏蔽透射因子

X_e： 有效屏蔽厚度，cm；

TVL： 辐射在屏蔽物质中的平均什值层厚度，cm；

TVL₁： 辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，cm；

根据 GBZ/T201.2-2011 附录 B，6MV 的 X 射线有用束在混凝土中 TVL₁=37cm，

TVL=33cm。

主射线和漏射线剂量率: $H_c = (H_0 \times f \times B) / R^2$;

式中:

H: 关注点剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

H_0 : 距靶 1m 处的有用线束剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$; 加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 (以下简称靶) 1m 处的常用最高剂量率, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ (以 $\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ 为单位的值乘以 6×10^7) (本项目加速器最大输出剂量率 $H_0 = 7.2 \times 10^7 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)。

R: 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m;

f: 对有用束为 1;

有用线束主屏蔽区外预测点位辐射剂量率计算结果见表 11-5。

表 11-5 有用线束主屏蔽区外预测点位辐射剂量率计算结果一览表

参数	北墙 (a1 点)	北墙 (b 点)	北墙 (a2 点)	顶棚 (l 点)
射线路径	01-a1	01-b	01-a2	03-l
屏蔽材料	实体混凝土	实体混凝土	实体混凝土	实体混凝土
设计厚度 X (cm)	300	300	300	250
斜射角θ	0	0	0	0
有效厚度 Xe (cm)	300	300	300	250
辐射源点 (靶点) 至关注点的距离 Rm	9.12	8.10	8.90	7.70
距靶 1m 处的有用线束剂量率 H_0 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	7.20×10^7	7.20×10^7	7.20×10^7	7.20×10^7
f	1	1	1	1
TVL(cm)	33	33	33	33
TVL1(cm)	37	37	37	37
屏蔽物质的屏蔽透射因子 B	1.07×10^{-9}	1.07×10^{-9}	1.07×10^{-9}	3.51×10^{-8}
参考点剂量率 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.00093	0.0012	0.00097	0.0426
导出剂量控制限值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	2.5	0.8	0.8	6.4
是否满足要求	满足	满足	满足	满足

(2) 侧屏蔽墙泄漏辐射的屏蔽效果 (e、f、g、j、k)

泄漏辐射剂量估算方法与有用线束相同, 其中 TVL1、TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值。预测点位的泄漏辐射剂量率估算结果如表 11-6 所示。

表 11-6 预测点位泄漏辐射剂量率估算结果

参数	西墙 (k 点)	西墙 (f 点)	西墙 (j 点)	迷道内墙 (g 点)	东墙 (e 点)
射线路径	0-k	0-f	01-j	02-g	0-e
屏蔽材料	实体混凝土	实体混凝土	实体混凝土	实体混凝土	实体混凝土
设计厚度 X(cm)	160+150	160+150	160	150	160
斜射角θ	30	0	0	30	0
有效厚度 Xe(cm)	356.5	160+150	160	172.5	160
辐射源点(靶点)至关注点的距离 R(m)	12.30	10.7	12.40	10.2	4.0
距靶 1m 处的有用线束剂量率 H ₀ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	7.20×10^7	7.20×10^7	7.20×10^7	7.20×10^7	7.20×10^7
f	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
TVL(cm)	29	29	29	29	29
TVL1(cm)	34	34	34	34	34
屏蔽物质的屏蔽透射因子 B	7.57×10^{-13}	3.04×10^{-11}	4.52×10^{-6}	1.68×10^{-6}	4.52×10^{-6}
参考点剂量率 H($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	3.6×10^{-10}	1.91×10^{-8}	0.0021	0.0012	0.0203
导出剂量控制限值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.8	0.8	0.8	3.2	0.8
是否满足要求	满足	满足	满足	满足	满足

(3) 泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果 (d1/d2、m1/m2)

① 泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量估算方法与有用线束相同, 其中 TVL1、TVL 为《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》(GBZ/T201.2-2011) 附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值。

② 患者一次散射辐射的剂量估算

首先计算有效厚度 Xe(cm), 接着估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B, 再计算辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。患者一次散射辐射的剂量估算: $H = H_0 \times \alpha_{ph} \times B \times (F \div 400) / R_{s^2}$

式中: H: 关注点剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

H_0 : 有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; H_0 取 $7.2 \times 10^7 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$;

F: 最大照射野面积, cm^2 , 为 $40 \times 40 \text{cm}^2$;

R_{s^2} : 患者 (位于等中心点) 至关注点的距离, m;

α_{ph} : 患者 400cm^2 面积上垂直之入射 X 射线散射至距其 1m (关注点方向) 处

的剂量比例，又称 400cm^2 面积上的散射因子；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）附表 B.2：6MV 的 α_{ph} 取 2.77×10^{-3} 。

泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果预测如表 11-7 所示。

表 11-7 泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果预测结果一览表

参数	北墙 (d1/d2 点)		顶棚 (m1/m2 点)	
射线路径	0-d1/d2	01-d1/d2	0-m1/m2	03-0-m1/m2
辐射类型	泄漏	散射	泄漏	散射
设计厚度 X (cm)	180	180	130	130
斜射角 θ	30	30	30	30
有效厚度 X_e (cm)	207	207	149.5	149.5
辐射源点 (靶点) 至关注点的距离 R(m)	8.20	/	7.7	/
参考点到等中心的距离 R_s (m)	/	9.20	/	8.70
距靶 1m 处的有用线束剂量率 H_0 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	7.20×10^7	7.20×10^7	7.20×10^7	7.20×10^7
400cm^2 面积上的散射因子 α_{ph}	/	2.77×10^{-3}	/	2.77×10^{-3}
最大照射野面积 $F(\text{cm}^2)$	/	1600	/	1600
f	0.001	0.001	0.001	0.001
TVL(cm)	29	26	29	26
TVL1(cm)	34	26	34	26
屏蔽物质的屏蔽透射因子 B	1.08×10^{-7}	1.09×10^{-8}	1.04×10^{-5}	1.78×10^{-6}
参考点剂量率 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.00012	0.0001	0.0126	0.0188
	0.00022		0.0314	
导出剂量控制限值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	d1: 2., d2: 0.8		6.4	
是否满足要求	满足	满足	满足	满足

(4) 防护门外辐射剂量

加速器在 6MV 下运行时有用线束不向迷道照射，加速器迷道入口处的辐射剂量主要考虑散射辐射剂量率和泄漏辐射。

a、散射辐射剂量率计算公式如下：

入口 g 处的散射辐射剂量率： $H_g = \alpha_{ph} \times (F/400) \times \alpha_2 \times A \times H_0 / (R_1^2 \times R_2^2)$

式中：

H_g ： g 处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

α_{ph} ：患者 400cm^2 面积上的散射因子；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.2，通常取 45 度散射角的值：6MV 散射角 45 度取 1.39×10^{-3} ；

F：治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ， $40 \times 40 \text{cm}^2$ ；

α_2 ：砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取 i 处的入射角为 45 度，散射角为 0 度；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.6，通常使用其 0.5MeV 栏内的值， 22.0×10^{-3} ；

A：i 处的散射面积，i 处取 27.04m^2 ；

R_1 ：“o-i”之间的距离，取 9.50m ；

R_2 ：“i-g”之间的距离，取 11.10m ；

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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ； H_0 取 $7.2 \times 10^7 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

患者散射经迷道内口散射至关注点 g 点处的辐射剂量率计算参数及结果见表 11-8。

表 11-8 关注点 g 点处的散射辐射剂量率计算参数及结果一览表

关注点	α_{ph}	F cm^2	α_2	A (m^2)	R_1 (m)	R_2 (m)	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	H_g ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
g 点	1.39×10^{-3}	1600	22.0×10^{-3}	27.04	9.50	11.10	7.2×10^7	21.42

b、泄漏辐射经迷道内墙屏蔽后在迷道外口处的辐射剂量率见表 11-6。

c、经屏蔽后防护门外 g 点的辐射剂量率医院加速器机房防护门为内衬 15mm 铅板，防护门外剂量按下式计算：

防护门外的辐射剂量率： $H = H_g \times 10^{-(X/TVL)} + H_{0g}$ ，式中：

H_g ：g 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

X：铅屏蔽厚度 X， cm ； 1.5cm ；

TVL： $TVL = 0.5 \text{cm}$ （铅）；

H_{0g} ：g 处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

防护门外的辐射剂量率计算参数及结果见表 11-9

表 11-9 防护门外的辐射剂量率计算参数及结果一览表

关注点	g 处的辐射剂量率 H_g ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	铅屏蔽厚度 X (cm)	TVL (cm)	g 处的泄漏辐射剂量率 H_{0g} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	防护门外的辐射剂量率 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
g	21.42	1.5	0.5	0.0012	0.0226

(5) 预测计算汇总及评价

直线加速器室(治疗室)墙、顶、门外关注点处辐射剂量率估算结果汇总见表 11-10。

表 11-10 各关注点剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较

关注点	点位描述	预测剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率参考控制 水平值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	是否满足控 制要求
a1	北侧主防护墙处 30cm, 操作间	0.00093	2.5	满足
a2	北侧主防护墙处 30cm, 设备间	0.00097	0.8	满足
b	北侧主防护墙和副防护墙连接处 30cm, 办公室	0.0012	0.8	满足
d1	北侧主防护墙处 30cm, 操作间	0.00022	2.5	满足
d2	北侧主防护墙外 30cm, 办公室	0.00022	0.8	满足
e	东侧主防护墙外 30cm, 直线加速器室(治疗室) (一)	0.0203	0.8	满足
k	西侧防护墙外 30cm, 直线加速器室(治疗室) (二)	3.6×10^{-10}	0.8	满足
f	西侧防护墙外 30cm, 直线加速器室(治疗室) (二)	1.91×10^{-8}	0.8	满足
j	西侧防护墙外 30cm, 直线加速器室(治疗室) (二)	0.0021	0.8	满足
g	机房防护门外 30cm 处	0.0012	3.2	满足
1	机房顶部(与主屏蔽区相连的次屏蔽区) 30cm 处, 即无人可达屋顶	0.0426	6.4	满足
m1/m2	机房顶部(主屏蔽墙的主屏蔽区) 30cm 处, 即无人可达屋顶	0.0314	6.4	满足

通过上表可以看出, 本项目直线加速器室(治疗室)的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 及《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) 中的剂量率参考控制水平。

11.3.1.3 年有效剂量预测分析

工作负荷: 本项目加速器年出束时间为 625h。根据各关注点的剂量率, 对本项目职业人员及周围的公众人员进行年有效剂量估算, 更远的关注点利用屏蔽体外紧邻关注点剂量率预测结果按剂量率和关注点与源点距离平方成反比的规律估算剂量率。

①关注点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算, 计算公式如下: $D_{\text{Eff}} = D_r \times t \times T \times U$ 式中:

D_{Eff} : 辐射外照射人均年有效剂量, Sv;

D_r : 辐射剂量率, Sv/h;

t : 年工作时间, h;

T : 居留因子;

U : 使用因子, U 取 1。

②机房外职业人员和周围公众人员可能接受的最大辐射年有效剂量见下表:

表 11-11 直线加速器辐射工作人员及公众年受照剂量估算结果

保护目标	关注点	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	t (h/a)	与关注点 距离 (m)	T	年受照剂 量 (mSv)	备注
操作间	a1	0.00093	625	紧邻	1	0.00058	职业
操作间	d1	0.00022	625	紧邻	1	0.00014	职业
设备间	a2	0.00097	625	紧邻	1/2	0.00030	公众
办公室	b	0.0012	625	紧邻	1/2	0.00038	公众
办公室	d2	0.00022	625	紧邻	1/2	0.000069	公众
直线加速器室 (治疗室)(一)	e	0.0203	625	紧邻	1/2	0.0063	公众
直线加速器室 (治疗室)(二)	k	3.6×10^{-10}	625	紧邻	1/2	1.13×10^{-7}	公众
直线加速器室 (治疗室)(二)	f	1.91×10^{-8}	625	紧邻	1/2	5.97×10^{-6}	公众
直线加速器室 (治疗室)(二)	j	0.0021	625	紧邻	1/2	0.00066	公众
候诊区	g	0.0012	625	紧邻	1/8	0.000094	公众
北侧室外走廊	g	0.0012	625	5.2	1/8	0.000094	公众
北侧隔走廊放 疗计划室及其 他房间	b	0.0012	625	7.0	1/8	0.000094	公众
西侧模具制作 间及其他房间	k	3.6×10^{-10}	625	4.8	1/8	2.81×10^{-8}	公众
东侧随诊室及 其他房间	e	0.020	625	6.3	1/8	0.0016	公众

从估算结果可看出，加速器机房工作人员的职业照射年有效剂量最大估算值约为 0.00058mSv，公众的年有效剂量最大估算值 0.0063mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”要求，也低于《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）提出的工作人员 5mSv 和公众 0.1mSv 年剂量约束值。

11.3.2 非放射性有害气体

医用环形 CT 直线加速器开机运行时，产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧和氮氧化物。机房设有机械通风系统，进风口与排风口上进下出、对角设置，排风次数大于 6 次/h 或以上，室外排风口末端设置在楼顶，满足（HJ1198-2021）的要求。通过机房通风系统可明显降低有害气体的浓度，不会对周围环境和人员造成影响。

11.3.3 放射性废水

在医用环形 CT 直线加速器运行期间，冷却水尤其是靶部分水被活化而含有放射性核素主要为 ^{150}N 、 ^{16}N ，它们的半衰期分别为 2.1min 和 7.3s，放置一定的时间，待其活度满足 GBZ18871-2002 规定的一次排放限值后，可按照一般废水处理，排入医院污水处理系统处理后外排。正常运行时不会对环境造成影响。

11.3.4 放射性固体废物

活化后的准直器、束流阻止器及加速器靶等在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后即放进屏蔽容器委托设备方转运，最终送交有资质的单位收贮，不会对环境造成影响。

11.4 事故影响分析

(1)可能的辐射事故（件）情形

由直线加速器工作原理可知：X射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此，断电状态下较为安全。在意外情况下，可能出现的辐射事故（事件）如下：

①门、机联锁装置失效

由于未及时检修，门、机联锁装置失效，门处于半开启状态，直线加速器仍能运行，人员未佩戴个人剂量报警仪进入直线加速器室（治疗室）而受到照射。

②人员滞留在机房内

直线加速器治疗时，工作人员、病人家属等进入直线加速器室（治疗室）后，未全部撤离，仍有人滞留在机房内某个不易察觉的地方。

③人误

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

④医疗照射不正当化

滥用射线装置对病人进行诊断、治疗，造成病员受到不必要的照射。

⑤加速器维修时操作不当

直线加速器结构复杂，故障率较高。常见故障有机械故障（如多叶准直器故障、限位开关损坏）、电气故障（如自动稳频故障、剂量异常、电离室损坏、磁控管损坏、测距灯/光野灯损坏）和软件故障（如电脑死机、网络传输故障）。这些故障的发生将导致设备无法正常运行，某些情况下可能导致患者或操作者受到伤害。

⑥未进行质量控制检测

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

综上，最有可能发生的事故是直线加速器工作时人员误留机房内以及设备检、维修过程中受到的异常照射。

(2)潜在照射预防措施

医院使用的加速器是风险性较高的放射治疗装置，因此，做好潜在照射的控制显得尤为重要。医院加速器设置了比较齐全的辐射安全措施，在正常运行过程中，发生异常照射和事故照射的概率很小，不会对周围人员造成不必要照射。但是，当发生意外情况就有可能造成人员损伤，需针对不同情况采取了相应的预防和应急措施。

①加速器潜在照射情形：

人员误留机房内时误出束；联锁装置故障时，出束时人员误入机房内；维修时误出束。

②应急措施

医院成立放射事故应急小组，并制定切实可行的应急处理措施；

加速器进行治疗期间，如果有人误留或误入机房里，当操作人员通过监视装置看到后，要立即按下紧急开关，停止出束；

工作人员在进行摆位或其他照射前准备工作时，如果控制台前操作人员误将加速器开机，工作人员一旦发现其运行可就近按动治疗床旁边、操作立柱或机房其他位置的应急按钮，迫使设备停止出束；

在对加速器检修调试过程中，如果因检修人员误操作而导致加速器出束，可迅速按下相应的急停开关，停止照射；

在对病人诊断或治疗过程中，如果不能自动终止照射，则按下急停开关、切断电源，停止出束；

工作人员进入加速器机房携带辐射剂量报警仪，发现辐射异常情况立即退出机房。

(3)事故防范措施

由于各种管理不善或人误等造成的误照射，导致人员的照射方式主要是外照射，因此发生误照射事故应第一时间切断装置电源，确保装置停止出束，对人员进行救治，医院应采取以下措施防范风险事故发生。

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

开机运行前，撤离机房时应清点人数，必须按程序对直线加速器治疗机房全视角搜寻；用对讲机呼叫，声灯报警。运行时发现有人员滞留室内，由操作间紧急按下停机开关；如机房内有工作人员未及时出来，可通过随身携带的仪器报警，立即按下机架上的紧急停机开关，可将辐射危险的严重程度降至最低限度。

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

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

医院在采购加速器时应将充分考虑生产企业的售后产品技术支持，提高产品可靠性；在维护和维修时，绝不可擅自解除联锁系统。

医院做好设备稳定性检测和状态检测，使设备始终保持在最佳状态下工作。

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

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保辐射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能地避免事故的发生，医院应培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。

按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用Ⅱ类、Ⅲ类放射源，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。

12.1.1 辐射安全管理领导小组成员及职责

建设单位根据《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》《放射诊疗管理规定》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等规定，成立了以分管院长为主任委员的辐射安全与环境保护管理委员会，小组成员如下：

主任委员：副院长（主管医疗）

副主任委员：医务处副处长、器械科科长

委员：保卫科科长、预防保健科科长、器械科副科长、护理部区护士长和相关临床医技科室主任及工作人员

秘书：医务处、器械科工作人员

职责：

(1)负责医院核与辐射安全工作的组织实施与管理。

(2)贯彻执行国家有关法律、法规，建立、健全医院层面的核与辐射安全相关规章制度，并督促各部门、科室执行落实。

(3)负责核与辐射设施、设备和辐射源涉及场所、科室的监督检查工作，针对存在的问题提出整改建议并督导落实。

(4)对核与辐射工作的立项、设备的引进以及防护的配置等进行论证，并提出实施方案。

(5)负责组织伴有辐射项目的排污申报登记、放射源登记管理和辐射源废源转移等工作。

(6)协助自治区环保部门对伴有辐射的项目“三同时”（指建设项目中防治污染的设施，应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用）执行情况进行检查验收。

(7)负责组织核与辐射事故的调查处理和应急响应工作。

(8)定期组织召开会议，讨论辐射安全与防护工作的计划和总结、放射人员执业危害控制等工作，研究和解决核与辐射管理工作中存在的问题，提出整改意见和建议。

(9)负责核与辐射安全管理相关政策、法律法规的宣传教育工作。

(10)负责组织核与辐射安全管理知识、专业技术的培训工作。

12.1.2 辐射工作人员

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，本项目辐射工作人员均应通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行辐射安全与防护培训，考核合格方可上岗。

本项目新增工作人员，医院应加强辐射工作人员管理，严禁未参加培训考核及考核未通过的人员从事辐射工作。

12.2 辐射安全管理规章制度

建设单位已制定《辐射事故处理应急预案》《质量与安全管理委员会文件》《辐射安全与环境保护管理委员会人员组成及工作职责》《放疗科放射治疗技术质量控制及质量保障体系文件》《放射工作人员职业健康管理制度》《放射工作人员个人剂量监测管理制度》《放射治疗技师岗位职责》《放射源及射线装置安全管理制度》等规章制度。

医院现有辐射安全和防护制度的建立落实、档案管理等方面运行正常，本项目建成后应根据本项目医院开展的其他放射诊疗进一步完善安全操作规程、明确岗位职责、人员培训计划、监测计划等相关制度。

针对本项目，医院应制定针对本项目的《直线加速器室（治疗室）的操作规程》

《直线加速器室（治疗室）工作人员岗位职责》《直线加速器室（治疗室）房辐射环境管理制度》等与本项目相关的辐射防护制度，并将本项目可能发生的辐射事故纳入应急预案、针对本项目制定切实可行的应急处置流程、工作场所定期监测制度、放射性工作场所管理制度、放射性“三废”及废旧放射源处理等相关管理制度等。

本报告对各项制度的要点提出以下建议：

(1)操作规程：医院应根据本项目特点制定《直线加速器室（治疗室）操作规程》，明确操作人员的权限以及操作时必须采取的防护措施，明确工作中的控制措施以及操作程序等。

(2)直线加速器室（治疗室）岗位职责：明确辐射工作人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

(3)辐射事故应急预案：完善事故应急预案，将本项目直线加速器室（治疗室）可能发生的辐射事故纳入应急预案，应急预案应有明确的责任分工和切实可行的应急措施，当发生辐射事故时，医院应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化，并在规定时间内向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射时，还应同时报告当地卫生主管部门。

12.3 辐射监测

12.3.1 个人剂量监测

1、所有从事辐射工作的人员，必须接受个人剂量检测，建立个人剂量档案，由专人负责保管和管理，人剂量档案应当长期保存。

2、每位工作人员工作期间须按要求正确佩戴个人剂量计。

3、个人剂量计的读取时间为3个月一次。

4、辐射工作人员的受照剂量超过5mSv/a时，辐射工作单位应查明原因，采取改进措施或减少工作时间。

12.3.2 工作场所辐射环境监测

辐射工作场所监测计划

监测因子：X-γ空气吸收剂量率；

监测频次：2-4 次/年，应急状况随时监测；

监测点位：控制室操作位，加速器机房处，机房四周墙外及楼上相邻房间外侧 30cm 处，以及人员经常驻留的位置。

自行监测结果记录存档。

每年委托有资质的单位进行年度监测，出具检测报告，上报生态环境主管部门。

当机房外监测结果超过 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 时，应进行核实，查找原因，改善防护。

12.4 辐射事故应急

建设单位已根据《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，制定了《建设单位辐射事故应急预案》。在应急预案文件中，医院已明确了应急机构组成及职责，成立了辐射事故应急指挥中心，以主管领导为组长，医务科、护理部、设备科及各临床医技科室主任为组员。针对现有核技术利用项目可能发生的辐射事故类型，明确了报告和处理程序、应采取的应急处置措施、信息报告与联系方式。此外，为应急部门配备了固定电话、电离辐射警示标志、巡测仪、铅衣等应急物资。日常工作中，医院安排每年组织一次院内辐射事故应急演练。医院制定的辐射事故应急预案已经具备了一定的辐射事故应急处置能力，能够基本满足现有辐射安全管理要求。

针对本项目新增的直线加速器室（治疗室）机房，建设单位应进一步修订、完善辐射事故应急预案，对直线加速器室（治疗室）辐射事故等提出针对性的应急措施。依据国家相关法律法规、标准，不断对进行补充修改、完善，使应急预案更具有操作性、可行性。同时加强应急预案演练，提高事故应急处置能力。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射实践的正当性

宁夏回族自治区人民医院新增医用环形 CT 直线加速器利用项目对肿瘤病人进行治疗，对肿瘤患者提供就近治疗的医疗条件，病人不开刀，损伤小，恢复快，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，对提高肿瘤治疗水平具有重大意义，提升了医院整体医疗水平，也为医院创造了更大的经济效益，具有十分突出的社会效益。但在使用过程中会产生辐射影响，通过屏蔽体屏蔽后，对辐射工作人员和公众造成的附加有效剂量低于剂量管理限值要求。

综合考虑，本项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此建设单位新增医用环形 CT 直线加速器利用项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的要求。

13.1.2 产业政策的符合性

本项目为核技术在医学领域的运用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目和第十三项“医药”中第 4 条“高端医疗器械创新发展”中的“高性能医学影像设备，高端放射治疗设备”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

13.1.3 选址的合理性

本项目新增的直线加速器项目位于医院内部，为预留的直线加速器室（治疗室），不新增土地。项目 50m 评价范围内无居民区、学校、具有代表性的各种类型的自然生态系统区域，珍稀、濒危的野生动植物自然分布区域，重要的水源涵养区域以及人文遗迹、古树名木等环境敏感目标，无环境制约因素，选址合理可行。

13.1.4 辐射环境质量现状

本项目直线加速器室（治疗室）周围 1#、2#、3#、4#、5#、6#点位室内监测点位的环境 γ 辐射剂量率在 (86.2 ± 0.6) nGy/h 至 (113.6 ± 0.7) nGy/h 之间，7#室外监测点位的环境 γ 辐射剂量率为 (84.1 ± 0.7) nGy/h。根据《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983-1990）》，宁夏地区的室内 γ 辐射剂量率水平为 62.3-137.8nGy/h，宁夏地区的原野 γ 辐射剂量率水平为 38.8-87.6nGy/h。由此可知项目所在地的环境 γ 辐射剂量率在当地环境本底水平范围内。

13.1.5 辐射防护措施有效性

根据医院提供的防护设计资料，经分析计算，直线加速器室（治疗室）的辐射防护设计方案和辐射安全措施能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中的相关要求。

13.1.6 辐射环境影响分析

经分析，本项目直线加速器机设备正常运行后，对职业人员和公众人员所造成最大年附加有效剂量均低于本项目规定的剂量约束值（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众人员年有效剂量不超过 0.1mSv），且均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

13.1.7 可行性结论

综上所述，宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理制度后，具备从事相应的辐射工作技术能力，对工作人员、公众人员和周围环境的辐射影响就可以控制在国家允许的标准范围之内。因此，从辐射安全和环境保护的角度论证，本项目建设是可行的。

13.2 承诺及建议

13.2.1 建议

(1)认真落实环评提出的管理措施和辐射防护措施要求，更新完善、补充辐射管理制度。加强和落实放射防护责任制，明确责任和分工，逐级强化责任，安全责任落实到人。

(2)加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。

(3)定期进行防护安全检查，发现问题及时解决，以防止辐射照射事故发生。

(4)医院应将辐射事故应急预案装裱上墙，每年至少组织一次预案培训工作，并定期进行应急演练。

(5)应当编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，于每年 1 月 31 日前报原发证机关。

(6)接受生态环境等主管部门的管理、监督及指导；取得环评报告表批复后，应

及时向省生态环境厅申请重新办理《辐射安全许可证》。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，宁夏回族自治区人民医院承诺：

及时完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行，在项目建设和运行过程中，加强内部监督管理，不违规操作、不弄虚作假，并接受生态环境部门的监督检查和及时整改检查中发现的问题；

按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》（环保部18号令）要求开展个人剂量监测、工作场所监测和环境监测工作；

待本项目取得环评批复后，医院将及时向生态环境部门申请更新辐射安全许可证。

委 托 书

众旺达（宁夏）技术咨询有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》及《建设项目环境影响评价技术导则》的规定，现委托贵单位对我公司宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目进行环境影响评价工作，望尽快开展工作并按时完成报告，具体事宜另行商定。



委托单位：宁夏回族自治区人民医院

2025年10月30日

孙东军

2025.10.30

辐射安全许可证

副 本



中华人民共和国生态环境部制



扫描全能王 创建

填写说明

一、本证由发证机关填写（正本尺寸为：25.7×36.4厘米，副本采用大32开本，14×20.3厘米）。

二、证书编号

证书编号形式为：A环辐证[序列号]。A为各省的简称，环境保护部简称国；序列号为5位。

三、种类和范围

（一）种类分为生产、销售、使用。

（二）正本内，范围分为I类放射源、II类放射源、III类放射源、IV类放射源、V类放射源、I类射线装置、II类射线装置、III类射线装置。

副本内，范围写明放射源的核素名称、类别、总活度，非密封放射性物质工作场所级别、日等效最大操作量，射线装置的名称、类别、数量。

（三）正本内，种类和范围填写种类和范围的组合，如生产I类放射源和II类放射源，销售和使用II类射线装置。

特别的，生产、销售、使用非密封放射性物质的，种类和范围填写甲级非密封放射性物质工作场所、乙级非密封放射性物质工作场所或丙级非密封放射性物质工作场所。

建造I类射线装置的填写销售（含建造）I类射线装置。

四、“日等效最大操作量”、“工作场所等级”按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）确定。

五、许可内容明细表做成活页。



扫描全能王 创建

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	宁夏回族自治区人民医院		
地址	宁夏回族自治区银川市金凤区正源北街301号		
法定代表人	周玮	电话	5920016
证件类型	身份证	号码	642127197103060013
涉源部门	名称	地址	负责人
	院本部放疗科	宁夏回族自治区银川市金凤区正源北街301号	张宇卉
	院本部口腔科	宁夏回族自治区银川市金凤区正源北街301号	赵桂治
	院本部导管室	宁夏回族自治区银川市金凤区正源北街301号	陈大治
	急救中心放射科	宁夏回族自治区银川市兴庆区解放西街429号	陈大治
	院本部医学影像中心	宁夏回族自治区银川市金凤区正源北街301号	陈大治
	院本部手术室	宁夏回族自治区银川市金凤区正源北街301号	叶青山
种类和范围	使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。		
许可证条件			
证书编号	宁环辐证[N002]		
有效期至	2028年1月1日		
发证日期	2024年05月1日 (发证机关章)		



扫描全能王 创建

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	宁夏回族自治区人民医院		
地址	宁夏回族自治区银川市金凤区正源北街301号		
法定代表人	周玮	电话	5920016
证件类型	身份证	号码	642127197103060013
涉源部门	名称	地址	负责人
	院本部核医学科	宁夏回族自治区银川市金凤区正源北街301号	杨勇
	急救中心口腔科	宁夏回族自治区银川市兴庆区解放西街429号	赵桂治
	宁南医院放射科	宁夏回族自治区中卫市海原县工业物流园丽景街与仁和路交汇处	陈大治
	宁南医院导管室	宁夏回族自治区中卫市海原县工业物流园丽景街与仁和路交汇处	陈大治
	西夏分院放射科	宁夏回族自治区银川市西夏区怀远西路148号	陈大治
种类和范围	西夏分院导管室	宁夏回族自治区银川市西夏区怀远西路148号	陈大治
	使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。		
许可证条件			
证书编号	宁环辐证[N0025]		
有效期至	2028	年	月
发证日期	2024	年	月 日 (发证机关章)



扫描全能王 创建

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	宁夏回族自治区人民医院		
地址	宁夏回族自治区银川市金凤区正源北街301号		
法定代表人	周玮	电话	5920016
证件类型	身份证	号码	642127197103060013
涉源部门	名称	地址	负责人
	西夏分院口腔科	宁夏回族自治区银川市西夏区怀远西路148号	赵桂治
	院本部肿瘤大楼手术室	宁夏回族自治区银川市金凤区正源北街301号	叶青山
	西夏分院手术室	宁夏回族自治区银川市西夏区怀远西路148号	叶青山
	宁南医院手术室	宁夏回族自治区中卫市海原县工业物流园丽景街与仁和路交汇处	叶青山
	急救中心手术室	宁夏回族自治区银川市兴庆区解放西街429号	叶青山
	院本部重大疫情救治基地	宁夏回族自治区银川市金凤区正源北街301号	陈大治
种类和范围	使用Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。		
许可证条件			
证书编号	宁环辐证[N0025]		
有效期至	2028	年	月 日
发证日期	2024	年	月 日

行政审批专用章(发证机关章)



扫描全能王 创建

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	宁夏回族自治区人民医院		
地址	宁夏回族自治区银川市金风区正源北街301号		
法定代表人	周玮	电话	5920016
证件类型	身份证	号码	642127197103060013
涉源部门	名称	地址	负责人
	宁南医院DSA手术室	宁夏回族自治区中卫市海原县工业物流园丽景街与仁和路交汇处	陈大治
	宁南医院口腔科	宁夏回族自治区中卫市海原县工业物流园丽景街与仁和路交汇处	赵桂治
种类和范围	使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。		
许可证条件			
证书编号	宁环辐证[N0025]		
有效期至	2028年1月1日		
发证日期	2024年5月1日 (发证机关章)		



扫描全能王 创建

活动种类和范围

(一) 放射源

证书编号： 宁环辐证[N0025]



扫描全能王 创建

活动种类和范围

(二) 非密封放射性物质

证书编号: 宁环辐证[N0025]

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量(贝可)	年最大用量(贝可)	活动种类
1	院本部核医学科	乙级	C-11	3.7E+6	9.25E+11	使用
2	院本部核医学科	乙级	F-18	1.11E+7	2.78E+12	使用
3	院本部核医学科	乙级	Ga-68	1.48E+7	3.7E+11	使用
4	院本部核医学科	乙级	Ge-68	1.85E+6	4.63E+11	使用
5	院本部核医学科	乙级	I-123	9.25E+6	3.24E+11	使用
6	院本部核医学科	乙级	I-125	2.96E+6	6.51E+11	使用
7	院本部核医学科	乙级	I-131	2.96E+9	6.51E+12	使用
8	院本部核医学科	乙级	Mo-99	1.16E+7	4.06E+11	使用
9	院本部核医学科	乙级	N-13	5.6E+6	1.4E+12	使用
10	院本部核医学科	乙级	P-32	1.85E+8	6.48E+11	使用
11	院本部核医学科	乙级	Sm-153	7.4E+8	2.59E+12	使用
12	院本部核医学科	乙级	Sr-89	1.78E+8	6.22E+11	使用
13	院本部核医学科	乙级	Tc-99m	9.25E+6	2.04E+12	使用
	以下空白					



扫描全能王 创建

活动种类和范围

(三) 射线装置

证书编号: 宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	制备正电子发射计算机断层显像装置(PET)放射性药物的加速器	II类	1	使用
2	直线加速器	II类	1	使用
3	移动X光机	III类	1	使用
4	移动X光机	III类	1	使用
5	移动X光机	III类	1	使用
6	医用诊断X射线装置	III类	1	使用
7	医用诊断X射线装置	III类	2	使用
8	医用诊断X射线装置	III类	1	使用
9	医用诊断X射线装置	III类	1	使用
10	医用诊断X射线装置	III类	1	使用
11	医用诊断X射线装置	III类	1	使用
12	医用诊断X射线装置	III类	2	使用
13	医用诊断X射线装置	III类	1	使用
14	医用诊断X射线装置	III类	1	使用
15	医用诊断X射线装置	III类	1	使用
16	医用诊断X射线装置	III类	1	使用
17	医用诊断X射线装置	III类	1	使用
18	医用诊断X射线装置	III类	5	使用



扫描全能王 创建

活动种类和范围

(三) 射线装置

证书编号: 宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
19	医用诊断X射线装置	III类	1	使用
20	医用诊断X射线装置	III类	1	使用
21	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	2	使用
22	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	1	使用
23	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	1	使用
24	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	1	使用
25	牙片机	III类	1	使用
26	牙片机	III类	1	使用
27	牙片机	III类	1	使用
28	血管造影用X射线装置	II类	1	使用
29	血管造影用X射线装置	II类	1	使用
30	血管造影用X射线装置	II类	1	使用
31	小C型臂X射线机	III类	2	使用
32	小C型臂X射线机	III类	2	使用
33	小C型臂X射线机	III类	1	使用
34	小C型臂X射线机	III类	1	使用
35	数字胃肠机	III类	1	使用
36	数字胃肠机	III类	1	使用



扫描全能王 创建

活动种类和范围

(三) 射线装置

证书编号: 宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
37	数字胃肠机	III类	1	使用
38	乳腺X光机	III类	1	使用
39	模拟定位CT	III类	1	使用
40	口腔全景机	III类	1	使用
41	口腔全景机	III类	1	使用
42	口腔(牙科)X射线装置	III类	1	使用
43	口腔(牙科)X射线装置	III类	1	使用
44	口腔(牙科)X射线装置	III类	2	使用
45	大C型臂X射线机	II类	1	使用
46	大C型臂X射线机	II类	1	使用
47	大C型臂X射线机	II类	1	使用
48	大C型臂X射线机	II类	2	使用
49	SPECT/CT	III类	1	使用
50	DR	III类	2	使用
51	DR	III类	3	使用
52	DR	III类	4	使用
53	DR	III类	1	使用
54	CT	III类	2	使用



扫描全能王 创建

活动种类和范围

(三) 射线装置

证书编号: 宁环辐证[N0025]



扫描全能王 创建

台帐明细登记

(三) 射线装置

证书编号: 宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	规格型号	类别	用 途	场 所	来 源 / 去 向	审 核 人	审 核 日期
1	牙片机	Digora Optime DXR-60(INTR)	III类	口腔(牙科)X射线装置	急救中心口腔科:急救中心口腔科	来源 redex		
						去向		
2	牙片机	Digora Optime DXR-60(INTR)	III类	口腔(牙科)X射线装置	西夏分院口腔科:西夏分院口腔科	来源 redex		
						去向		
3	牙片机	Digora Optime DXR-60(INTR)	III类	口腔(牙科)X射线装置	院本部口腔科:院本部口腔科	来源 redex		
						去向		
4	口腔全景机	Planmeca ProMax	III类	口腔(牙科)X射线装置	院本部医学影像中心:院本部医学影像中心	来源 Planmeca		
						去向		
5	大C型臂X射线机	Allura Xper FD20	II类	血管造影用X射线装置	宁南医院导管室:宁南医院导管室	来源 荷兰飞利浦		
						去向		
6	大C型臂X射线机	Allura FD20	II类	血管造影用X射线装置	西夏分院导管室:西夏分院导管室	来源 荷兰飞利浦		
						去向		
7	大C型臂X射线机	Innova 3100-IQ	II类	血管造影用X射线装置	院本部导管室:院本部导管室	来源 美国GE		
						去向		
8	16排CT	BrightSpeed Elite	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	急救中心放射科:急救中心放射科	来源 美国GE		
						去向		



扫描全能王 创建

台帐明细登记

(三) 射线装置

证书编号：宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向	审核人	审核日期
9	16排CT	LightSpeed Pro	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	宁南医院放射科:宁南医院放射科	来源美国GE		
						去向		
10	超高端CT	Brilliance iCT	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	宁南医院放射科:宁南医院放射科	来源利浦		
						去向		
11	双源CT	SOMATOM Definition Flash	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	西夏分院放射科:西夏分院放射科	来源门子		
						去向		
12	64排CT	Brilliance CT 64 Slice	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	西夏分院放射科:西夏分院放射科	来源兰飞利浦		
						去向		
13	256排CT	Brilliance iCT	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	院本部医学影像中心:院本部医学影像中心	来源兰飞利浦		
						去向		
14	16排CT	BrightSpeed Elite Select	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	院本部医学影像中心:院本部医学影像中心	来源美国GE		
						去向		
15	CT	Revolution CT	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	院本部医学影像中心:院本部医学影像中心	来源美国GE		
						去向		
16	移动X光机	Practix 160	III类	医用诊断X射线装置	急救中心放射科:急救中心放射科	来源利浦		
						去向		



扫描全能王 创建

台帐明细登记

(三) 射线装置

证书编号：宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向	审核人	审核日期
17	DR	Directview kodak7500	III类	医用诊断X射线装置	急救中心放射科:急救中心放射科	来源	国锐柯	
						去向		
18	数字胃肠机	ZS-5YP	III类	医用诊断X射线装置	急救中心放射科:急救中心放射科	来源	本岛津	
						去向		
19	DR	Definium 6000	III类	医用诊断X射线装置	急救中心放射科:急救中心放射科	来源	国GE	
						去向		
20	DR	DigitalDiag nost	III类	医用诊断X射线装置	宁南医院放射科:宁南医院放射科	来源	兰飞利浦	
						去向		
21	移动X光机	AMX-4+	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科:西夏分院放射科	来源	国GE	
						去向		
22	DR	DigitalDiag nost	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科:西夏分院放射科	来源	兰飞利浦	
						去向		
23	DR	DigitalDiag nost	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科:西夏分院放射科	来源	兰飞利浦	
						去向		
24	数字胃肠机	AXIOM Luminos dRF	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科:西夏分院放射科	来源	门子	
						去向		



扫描全能王 创建

台帐明细登记

(三) 射线装置

证书编号：宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向	审核人	审核日期
25	DR	Mobile Diagnost wDR	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科:西夏分院	来源:利浦		
						去向		
26	小C型臂X射线机	SIREMOBIL Compact L	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院手术室:西夏分院手术室	来源:门子		
						去向		
27	小C型臂X射线机	BV Libra	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院手术室:西夏分院手术室	来源:利浦		
						去向		
28	小C型臂X射线机	SIREMOBIL Compact L	III类	医用诊断X射线装置	院本部手术室:院本部手术室	来源:门子		
						去向		
29	DR	DigitalDiagnost	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心:院本部医学影像中心	来源:兰飞利浦		
						去向		
30	双板DR	TH	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心	来源:利浦		
						去向		
31	DR	Discovery XR650	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心:院本部医学影像中心	来源:国GE		
						去向		
32	乳腺X光机	mammomat Inspiration	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心:院本部医学影像中心	来源:门子		
						去向		



扫描全能王 创建

台帐明细登记

(三) 射线装置

证书编号: 宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向	审核人	审核日期
33	DR	DigitalDiagnost	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心:院本部医学影像中心	来源 荷兰飞利浦		
						去向		
34	DR	Multix Fusion	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心:院本部医学影像中心	来源 西门子		
						去向		
35	SPECT	T6	III类	医用诊断X射线装置	院本部核医学科:正源北街301号	来源 西门子		
						去向		
36	大孔径CT	Brilliance CT Big Bore	III类	放射治疗模拟定位装置	院本部放疗科	来源 利浦		
						去向		
37	C臂X光机	SIREMOBIL Compact L	III类	医用诊断X射线装置	院本部手术室:院本部手术室	来源 西门子		
						去向		
38	C臂机X光机	SIREMOBIL Compact L	III类	医用诊断X射线装置	急救中心手术室:急救中心手术室	来源 西门子		
						去向		
39	C臂X光机	SIREMOBIL Compact L	III类	医用诊断X射线装置	宁南医院手术室:宁南手术室	来源 西门子		
						去向		
40	口腔全景机	Planmeca ProLine XC	III类	口腔(牙科)X射线装置	西夏分院放射科:西夏分院放射科	来源 Planmeca		
						去向		



扫描全能王 创建

台帐明细登记

(三) 射线装置

证书编号: 宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	规格型号	类别	用 途	场 所	来 源 / 去 向	审 核 人	审 核 期 间
41	骨密度仪	Lunar iDXA	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心:院本部肿瘤大楼	来 源		
						去 向		
42	数字胃肠机	D-vision Plus 50S	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心:院本部医学影像中心	来 源	日本岛津	
						去 向		
43	数字减影血管造影装置	Innova IGS530	II类	血管造影用X射线装置	院本部肿瘤大楼手术室:院本部肿瘤大楼手术室	来 源	美国GE	
						去 向		
44	直线加速器	Trilogy	II类	粒子能量小于100兆电子伏的医用加速器	院本部放疗科	来 源	美国	
						去 向		
45	数字减影血管造影装置	Artis One	II类	血管造影用X射线装置	院本部导管室:院本部导管室	来 源	西门子	
						去 向		
46	回旋加速器	HM-10HC+	II类	制备正电子发射计算机断层显像装置(PET)放射性药物的加速器	院本部核医学科	来 源	日本住友	
						去 向		
47	医用血管造影X射线系统	Azurion 7 M20	II类	血管造影用X射线装置	宁南医院DSA手术室	来 源	利浦	
						去 向		
48	医用血管造影X射线系统	ARTIS pheno	II类	血管造影用X射线装置	院本部重大疫情救治基地	来 源	西门子	
						去 向		



扫描全能王 创建

台帐明细登记

(三) 射线装置

证书编号: 宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向	审核人	审核日期
49	C臂X光机	OPESCOPE ACTENO	III类	医用诊断X射线装置	院本部手术室	来源津		
						去向		
50	移动式C形臂X射线机	BV Vectra	III类	医用诊断X射线装置	院本部手术室	来源利浦		
						去向		
51	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	X-TREND	III类	口腔(牙科)X射线装置	西夏分院口腔科	来源瓦		
						去向		
52	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	X-TREND	III类	口腔(牙科)X射线装置	院本部口腔科	来源瓦		
						去向		
53	方舱CT设备	MX 16-slice	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	院本部医学影像中心	来源利浦		
						去向		
54	超高端CT	Revolution Apex	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	院本部医学影像中心	来源GE		
						去向		
55	多排螺旋CT	Revolution Ace	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	宁南医院放射科	来源GE		
						去向		
56	医用血管造影X射线系统	UNIQ FD20	II类	血管造影用X射线装置	西夏分院手术室	来源利浦		
						去向		



扫描全能王 创建

台帐明细登记

(三) 射线装置

证书编号: 宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向	审核人	审核日期
57	移动DR	Mobile Diagnos tWDR	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心	来源	利浦	
						去向		
58	C臂X光机	Cios Select S1	III类	医用诊断X射线装置	宁南医院手术室	来源	门子	
						去向		
59	C臂X光机	Cios Select S1	III类	医用诊断X射线装置	院本部肿瘤大楼手术室	来源	门子	
						去向		
60	骨密度仪	Prodigy Advance	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科	来源		
						去向		
61	双板DR	MULTIX Impact C 晴空一鹤	III类	医用诊断X射线装置	院本部重大疫情救治基地	来源	门子	
						去向		
62	移动式摄影X射线机(DR)	DRX-Rise	III类	医用诊断X射线装置	院本部重大疫情救治基地	来源	珂	
						去向		
63	128排高端CT	SOMATOM Force	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	院本部重大疫情救治基地	来源	门子	
						去向		
64	移动式C形臂X射线机	OEC One CFD	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院手术室	来源		
						去向		



扫描全能王 创建

台帐明细登记

(三) 射线装置

证书编号: 宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向	审核人	审核日期
65	双板DR	DigitalDiag nost C90 E (65/WD/FD)	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科	来源 利浦		
						去向		
66	车载移动CT	Incisive CT	III类	医用X射线计算机断层 扫描(CT)装置	西夏分院放射科	来源 利浦		
						去向		
67	移动DR	uDR380i	III类	医用诊断X射线装置	西夏分院放射科	来源 影		
						去向		
68	正电子发射型计算机断 层扫描系统(PET/CT)	Biograph Vision	III类	医用诊断X射线装置	院本部核医学科	来源 门子		
						去向		
69	双板DR	DRX- Innovation	III类	医用诊断X射线装置	急救中心放射科	来源 珂		
						去向		
70	口腔颌面锥形束 计算机体层摄影	X-TREND	III类	口腔(牙科)X射线装 置	宁南医院口腔科	来源 瓦		
	设备					去向		
71	口腔X光机	(FONA) Int raOs 70	III类	口腔(牙科)X射线装 置	宁南医院口腔科	来源 诺德		
						去向		
72	手提式X射线透视 仪	BJI-2	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中 心	来源 进		
						去向		



扫描全能王 创建

台帐明细登记

(三) 射线装置

证书编号：宁环辐证[N0025]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向	审核人	审核日期
73	手提式X射线透视仪	BJI-2	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心	来源进		
						去向		
74	手提式X射线透视仪	BJI-2	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心	来源进		
						去向		
75	手提式X射线透视仪	BJI-2	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心	来源进		
						去向		
76	手提式X射线透视仪	BJI-2	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心	来源进		
						去向		
77	移动DR机	MobileApex 60A	III类	医用诊断X射线装置	宁南医院放射科	来源进		
						去向		
78	X射线摄影系统 (车载DR)	HM-200	III类	医用诊断X射线装置	院本部医学影像中心	来源东		
	以下空白					去向		
						来源		
						去向		
						来源		
						去向		



扫描全能王 创建



扫描全能王 创建



213012050594

正本

检测报告

SSLT (2025) 第DL009号

任何单位和个人不得引用本报告数据。

宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目
项目名称: _____

委托单位: 众旺达(宁夏)技术咨询有限公司

项目类别: 委托检测

此报告仅作为本项目检测结果呈现。

宁夏盛世蓝天环保技术有限公司

2025年09月03日

(加盖检验检测专用章)



说 明

- 1、本报告只适用于检测目的范围。
- 2、报告无宁夏盛世蓝天环保技术有限公司“检验检测专用章”、骑缝章、CMA 章及审核人、签发人签字无效，报告涂改、增删等无效。
- 3、委托检测仅对检测时作业环境负责。
- 4、委托方如对本报告有异议，须于收到本报告之日起十五日内向本单位提出，逾期视为对报告无异议。无法保存、复现的样品，不受理申诉。
- 5、未经本公司书面批准，不得部分复制本报告。
- 6、本检测结果仅代表检测时委托方提供的工况条件下项目测值。
- 7、本报告仅提供给委托方，本公司不承担其他方应用本报告所产生的责任。
- 8、未经本公司书面同意，任何单位和个人不得引用本报告数据。



检验检测机构 资质认定证书

证书编号: 213012050594

名称: 宁夏盛世蓝天环保技术有限公司

地址: 银川市金凤区亲水大街东侧银川万达中心3号公寓1721室

经审查, 你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基
本条件和能力, 现予批准, 可以向社会出具具有证明作用的数
据和结果, 特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

许可使用标志



213012050594

发证日期: 二〇二一年五月二十日

有效期至: 二〇二七年五月十九日

发证机关: 宁夏回族自治区市场监督管理厅

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制, 在中华人民共和国境内有效。

承担单位：宁夏盛世蓝天环保技术有限公司

报告编制：秦旭东

审 核：汪 浩

签 发：戴 琦

检测人员：秦旭东 魏 翔

此报告仅作为本项目检测结果呈现，并经本公司书面同意，任何单位和个人不得引用本报告数据。

本机构通讯资料

单位名称：宁夏盛世蓝天环保技术有限公司

地 址：宁夏银川市金凤区亲水北街万达商务中心B座1721室

电 话：13519212263

电子邮箱：nxssl@163.com

1 任务来源

受众旺达(宁夏)技术咨询有限公司委托,我单位于2025年9月2日对宁夏回族自治区人民医院直线加速器项目辐射环境进行现场检测。

2 检测项目

表2-1 检测项目

序号	检测地点	检测项目	检测频次
1	宁夏回族自治区人民医院院4号 楼负一层	γ 辐射瞬时剂量率	一次

3 环境条件与工况

表3-1 气象参数统计表

监测日期	监时段	气温 ($^{\circ}$ C)	相对湿度 (%)	气压 (kpa)	风速 (m/s)
2025.9.2	昼间	24.6	39.4	/	/

4 检测方法及主要仪器设备

表4-1 检测方法及主要仪器设备汇总表

序号	检测项目	检测方法及依据	仪器名称及型号	测量范围	出厂编号
1	γ 辐射瞬时剂量率	《辐射环境监测技术规范》 (HJ/T61-2021) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157—2021)	便携式X、 γ 辐射周围剂量当量率仪 仪器型号: MR-3512	10nGy/h~ 100mGy/h	DR2023 G230

经检测仪器对宇宙射线响应值为: 28.1nSv/h
(平罗县沙湖106°21'34.36"38°48'48.59"海拔1101米)

表4-2 主要仪器设备检定/校准信息汇总表

序号	仪器名称/型号	生产厂家	内部编号	检定证书及检定/校准有效期	检定/校准机构
1	便携式X、 γ 辐射周围剂量当量率仪 仪器型号: MR-3512	微影(上海)仪器科技有限公司	LT-DL04	检定证书号: JL2504151240 检定有效期: 2025.3.15-2026.3.14	深圳市计量质量检测研究院

5 检测结果

表5-1 γ 辐射瞬时剂量率检测结果

序号	检测点位	γ 辐射瞬时剂量率 (n Gy/h)	相对扩展不确定度 UR, % (k=2)
1	直线加速器室内	96.9±0.8	6.5
2	诊疗室	106.4±0.8	6.5
3	直线加速器室(一)	113.6±0.7	6.5
4	直线加速器室(预留)内	102.4±0.7	6.5
5	直线加速器室北走廊	106.1±0.7	6.5
6	直线加速器室正上方	86.2±0.6	6.5
7	肿瘤治疗中心楼前空地	84.1±0.7	6.5

注: (检测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应值)

此报告仅作为本项目检测结果呈现, 未校正
未审核, 未校准, 未校验, 未校正, 未校准, 未校验

6 检测结论

不做结论

(以下无正文)

报告编制: 李伟; 审核: 王伟; 签发: 李伟
日期: 2025.9.3; 日期: 2025.9.3; 日期: 2025.9.3

宁夏盛世蓝天环保技术有限公司

(加盖检验检测专用章)

7 附图

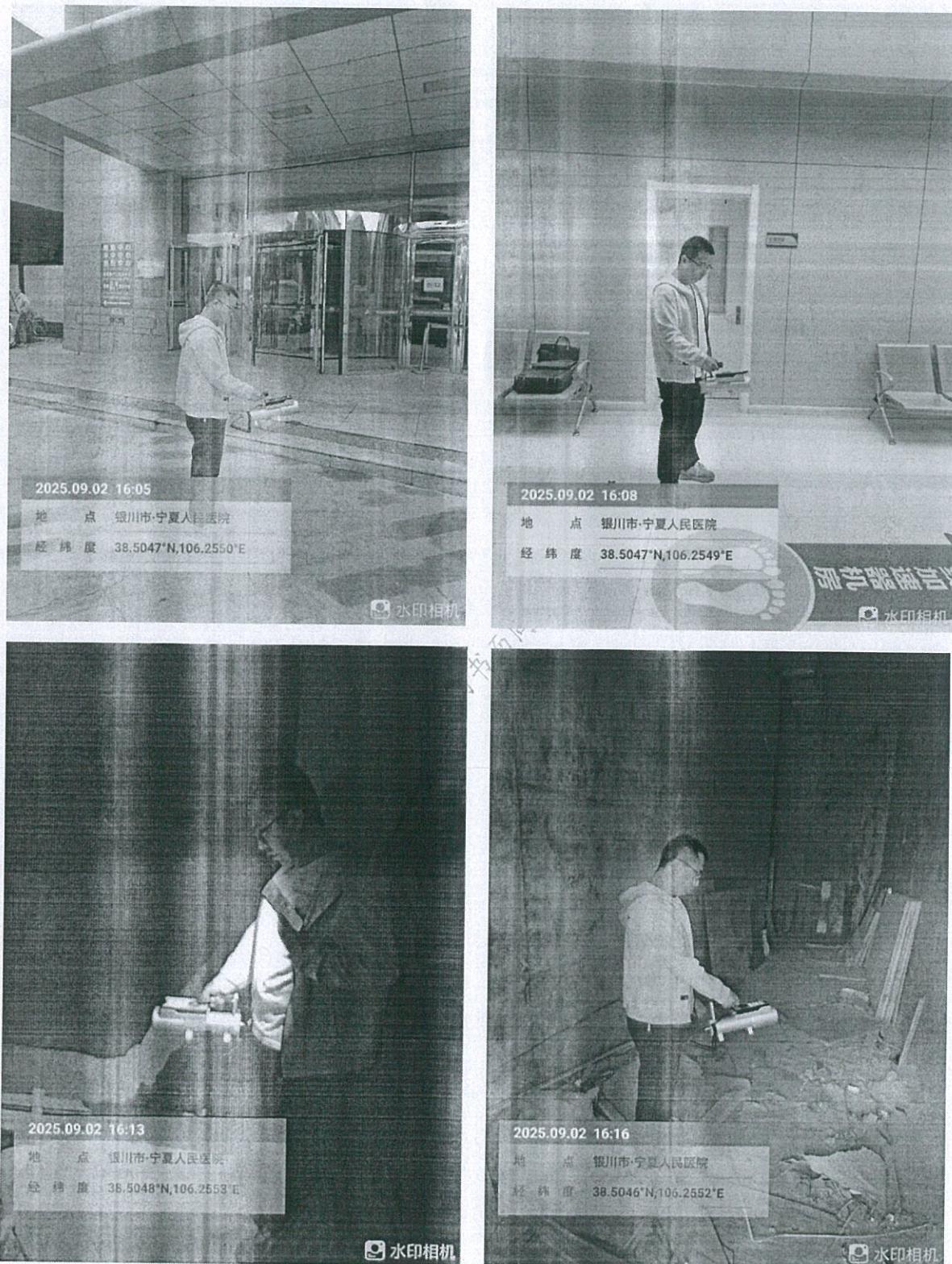


图1 检测照片

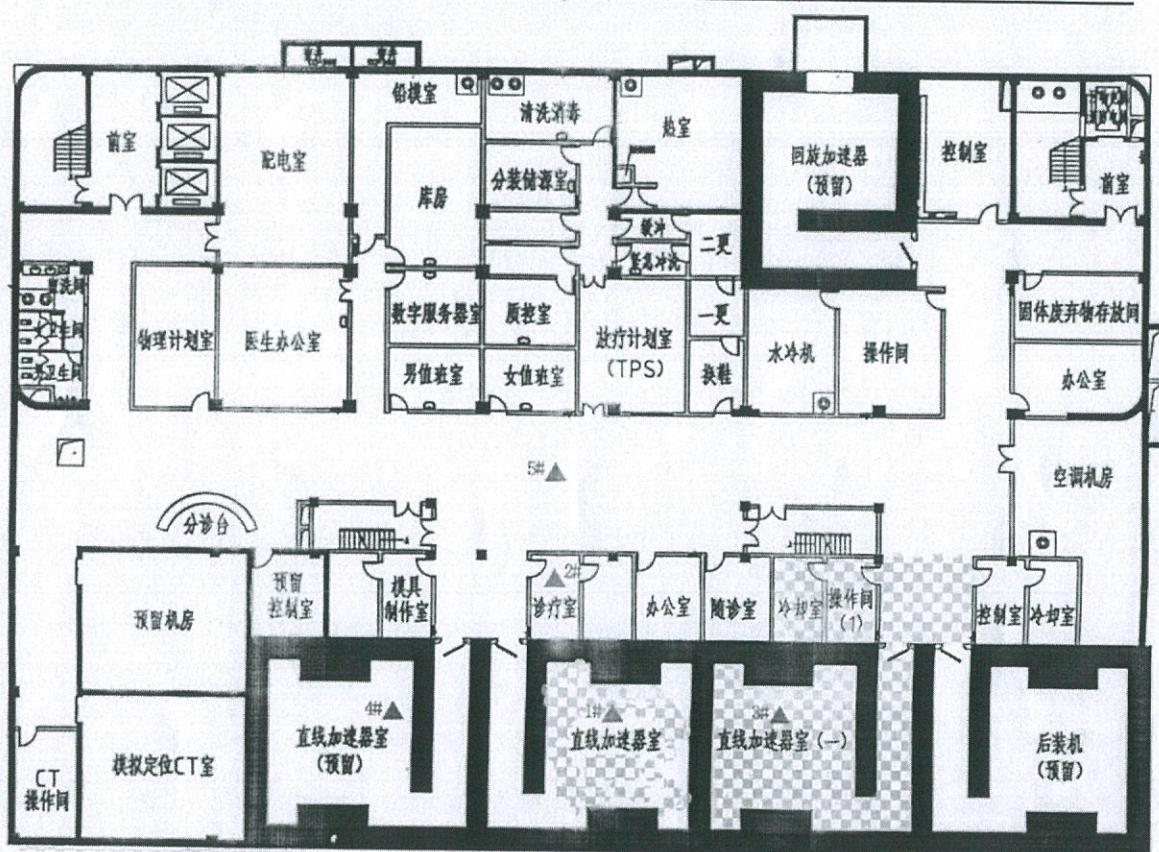
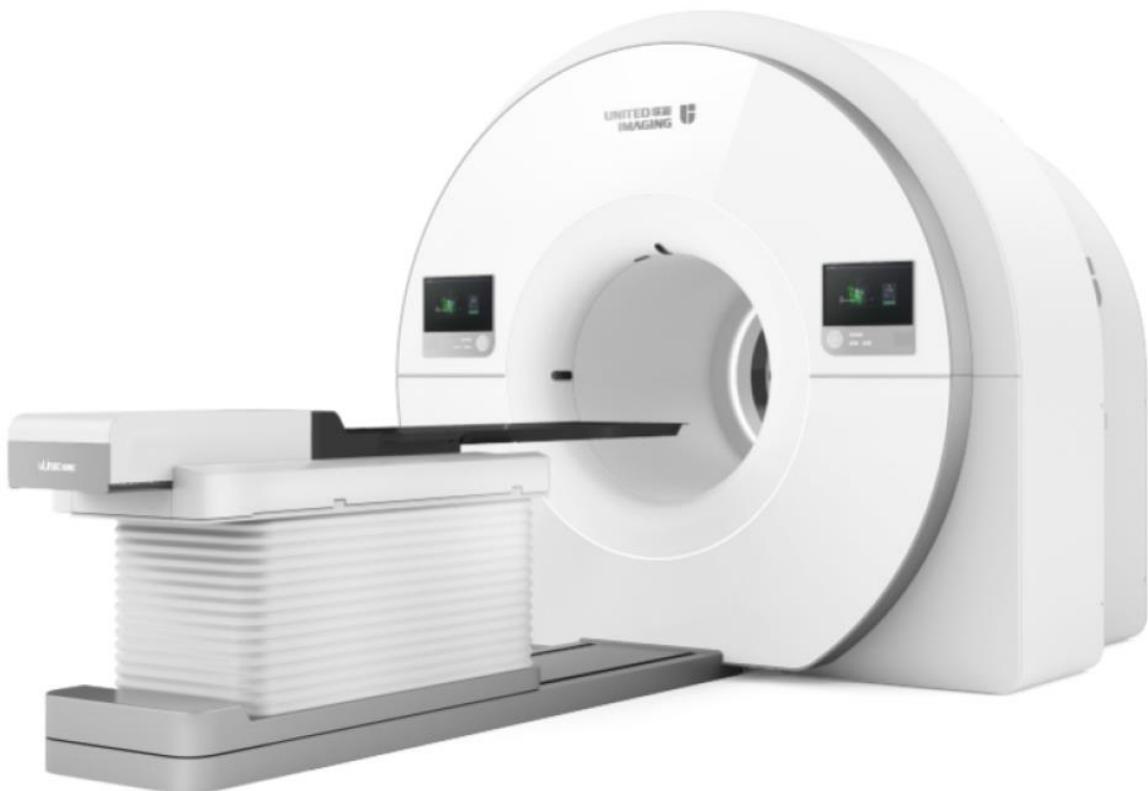


图2 检测点位示意图

联影 uLinac HalosTx 环形加速器 构造原理说明



目录

1 工作原理.....	3
2 结构及组成.....	4
3 主要组成部件功能.....	5
4 加速器操作系统.....	12

1 工作原理

医用电子直线加速器产生放射线的原理如下：微波通过波导传输到加速管腔体，在加速管腔体内形成驻波场；当电子枪发射的电子束进入到加速管腔内时，加速管内的驻波场对电子进行加速，加速后的电子经出射窗射出加速管打到靶上，发生轫致辐射，产生 X 射线用于治疗。所产生的射线经过限束系统，形成需要的辐射野，辐照到患者的靶区。

电子射野成像装置(EPID)的成像原理如下：上述形成的 X 射线，经扫描体（患者）的衰减，到达平板探测器，平板探测器利用闪烁体材料将入射的 X 射线转化成可见光，其照射到薄膜晶体管 (TFT) 会产生电子空穴对。在外加偏压电场的作用下，将会形成电荷储存在 TFT 中；然后通过控制 TFT 上的开关和后端的读出电路将电信号读出，转换为数字信号，经过处理，得到投影图像，可用于二维成像。也可通过机架旋转采集不同方向的投影图像，并对这些图像进行重建进而生成断层图像。

计算机断层扫描 (CT) 的成像原理如下：在高压发生器的控制下，阴极灯丝产生的电子加速轰击靶材生成 X 射线束，此 X 射线束经滤过器，准直器后，经过被扫描体（患者）的衰减后到达探测器，数据获取子系统将经过人体衰减后的 X 射线转换为光电信号，并将光电信号转换为可供计算机数据采集系统存储的数字图像信号；通过机架旋转采集不同方向的投影图像信号，并对这些图像进行重建进而生成 CT 图像。



2 结构及组成



图 1 系统外观图

本系统主要由以下部件组成。

- 1) 环形机架
- 2) 束流模块（包括加速管、磁控管、调制器、环流器、充气系统、冷却系统等）
- 3) CT 系统（包括CT X 射线球管、CT 探测器、CT 高压发生器等）
- 4) 治疗头（包括靶、初级准直器、钨门、多叶光栅等）
- 5) 治疗床（3D或5D）
- 6) 平板探测器（EPID）
- 7) 控制组件（包括无线手控盒、显示控制屏）
- 8) 门控部件
- 9) 电源柜
- 10) 操作台（包括加速器控制系统主机、CT控制主机、显示器和治疗控制盒）
- 11) 加速器控制软件

- 12) 放疗治疗计划与管理系统
- 13) 系统附件: 成像模体、CT模体
- 14) 系统所有部件分布在三个不同房间: 治疗室、操作间和设备间。

房间	功能
治疗室	患者进行放射治疗的区域, 该房间内主要部件有系统机架、治疗头、治疗床和CT、系统附件等
操作间	操作人员工作区域, 该房间内主要部件有操作台主机、显示器、治疗控制盒等
设备间	辅助设备放置区域, 主要用于放置电源柜、内水冷机组等

3 主要组成部件功能

系统主要部件功能如下:

3.1 机架

机架是产品的主机械机构, 用于安装束流模块、治疗头、EPID、CT等部件, 通过机架旋转来改变束流出射角度, 考虑到机架的重量以及中间的孔径结构机, 其传动结构采取的是链条传动, 各部件在机架上的分布以及链条传动如下图所示:



1. 治疗床	4. CT机架
2. 治疗室内触摸信息屏	5. EPID
3. RT机架	6. Beam Stop

图 1 加速器系统构造图

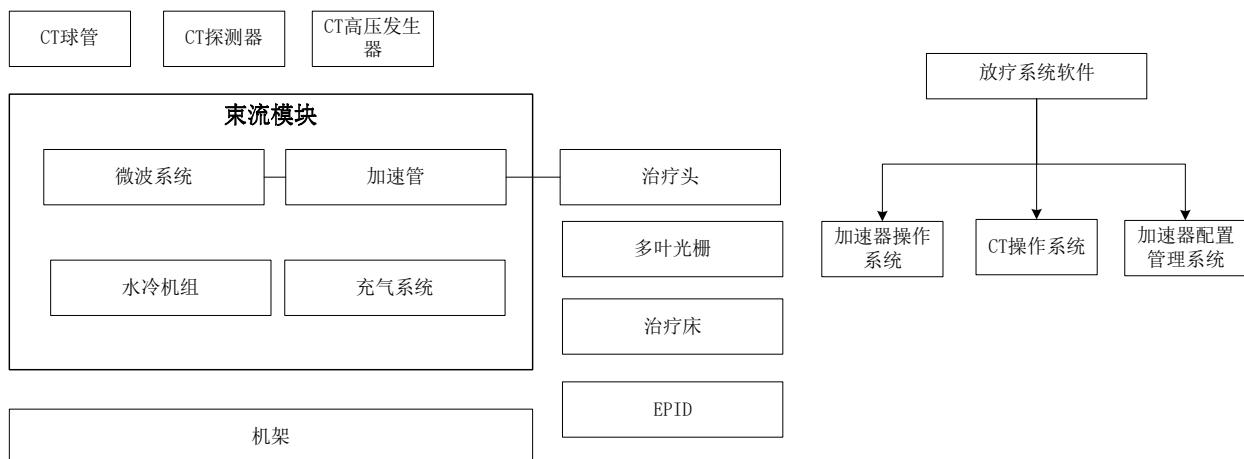


图 2 加速器主要系统组成

在平板探测器下方放有 Beam Stop 阻挡射束，作为系统自屏蔽结构，完全覆盖全射野射束。Beam Stop 组成为 40mm 钢板，150mm 铅，等效铅厚度约为 182mm。

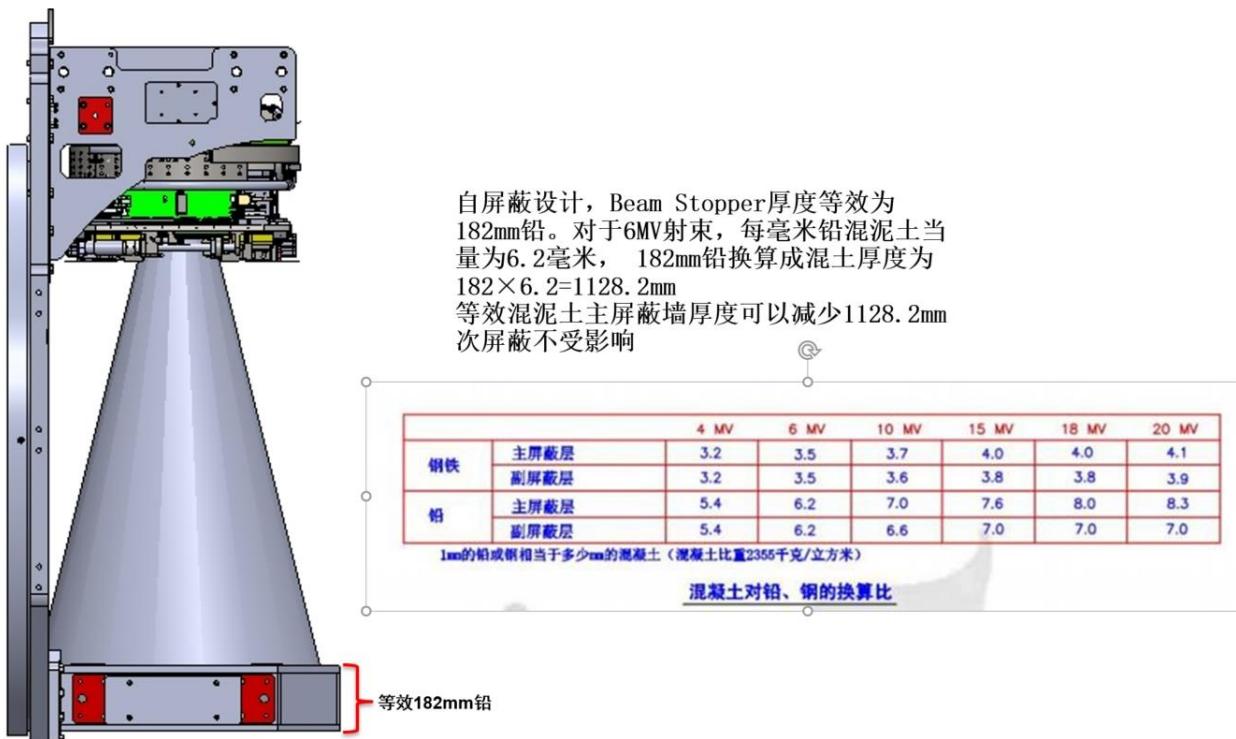


图 3 加速器自屏蔽

3.2 束流模块

束流模块的主要功能是产生电离辐射，主要组成部分为调制器、磁控管、加速管和水冷机组，如下图所示。

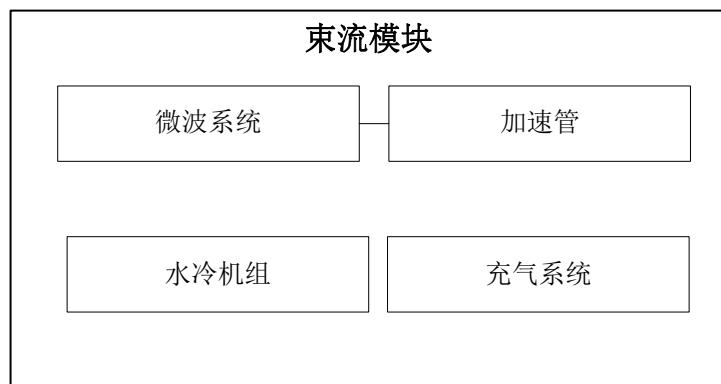


图 4 束流模块示意图

3.3 加速管

束流模块的核心是驻波加速管。在驻波加速管中，当行进波到达波导的末端时，行进波被反射片反射回来，向相反的方向反射。当原始的行进波和向相反方向运动的反射波相互干扰时，就形成驻波。

驻波有固定的点，这些点永远不会发生任何位移，称为节点，是两个行进波的破坏性干扰的结果，它们相互抵消。在每一个连续的节点之间的中间，发生最大位移的点叫反节点。反结点是在大的正位移和大的负位移之间来回摆动的点。反结点是两个行进波的建设性干扰和破坏性干扰混合作用的结果，当构成驻波的两个波完全相同相位时，产生的驻波的振幅是行进波的两倍。

下图显示了典型的驻波振荡，其中的线表示了在不同时间点的波幅。那些在驻波周期的最佳点进入腔体的电子（在时间 t_1 处的腔体 C 和 G，在时间 t_2 处的腔体 A 和 E）将被加速。

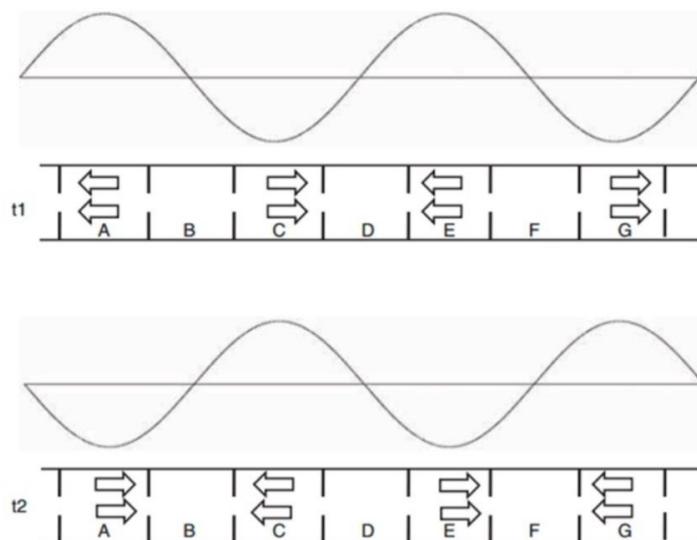


图 5 驻波加速原理示意图

由于节点始终位于固定位置，因此其他腔（腔 B, D 和 F）始终处于零场，永远无法对

仅用于河南省肿瘤医院环形加速器项目 预环评

电子束的加速做出贡献。在实际应用中，包含节点的空腔可以移到加速结构的两侧，从而使加速波导的整体长度大大缩短。

3.4 磁控管&调制器

磁控管是微波源，主要为加速管提供高频微波产生驻波用于电子加速。

磁控管由一个位于圆形腔体中间的阴极组成，当加热阴极时，该阴极通过热发射释放出电子。磁控管的两边分别有磁体产生轴向磁场，磁场方向垂直于电子的初始径向运动，这将会导致电子以环形轨迹即类似螺旋式而不是直线方式向阳极运动。

电子云受高电压和强磁场的影响，形成一个类似于转轮辐条的旋转图案。在圆形腔体的边缘周围间隔着圆柱形的谐振腔。当电子辐条通过空腔的开口时，它们会使金属中的自由电子在空腔内旋转（就像电荷排斥一样），先是单向旋转，然后是反向旋转；这种振荡会在空腔内诱导出共振的高频无线电场。然后通过天线提取产生的射频波。其工作原理如下图所示。

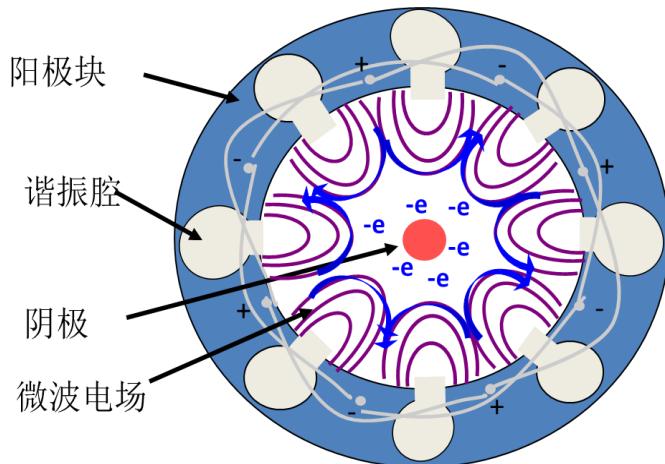


图 6 磁控管工作原理示意图

调制器为磁控管功率源，主要为磁控管提供脉冲高压和灯丝加热，其原理框图如下所示：

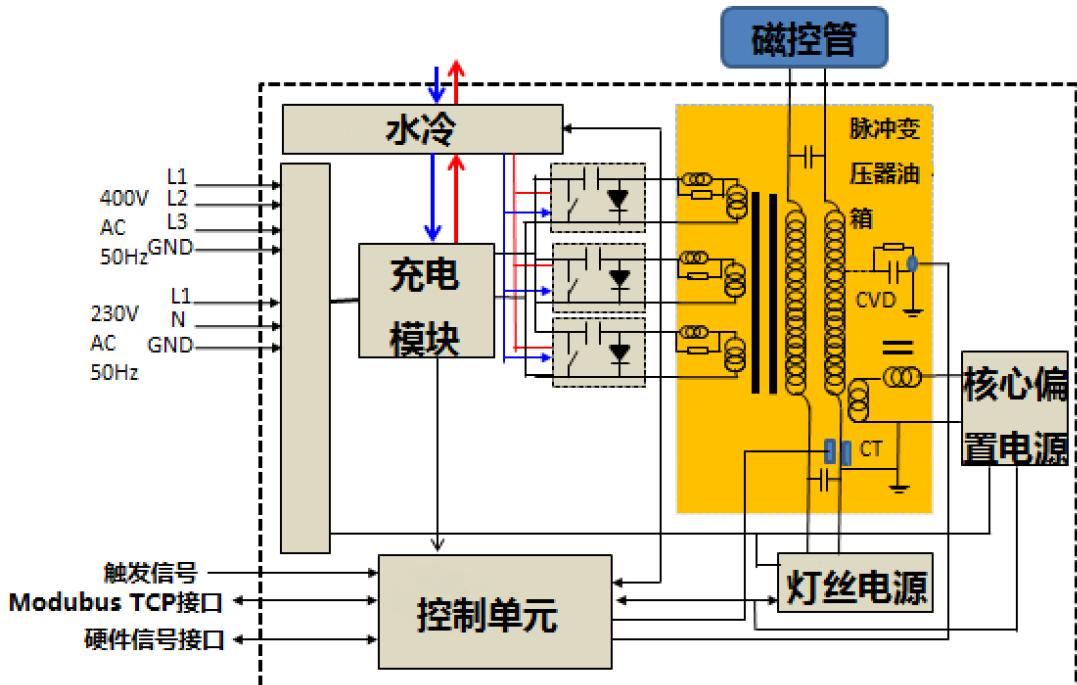


图 7 调制器原理框图

3.5 治疗头

治疗头主要用于对束流进行准直和成形，由上治疗头和下治疗头组成如下图所示。

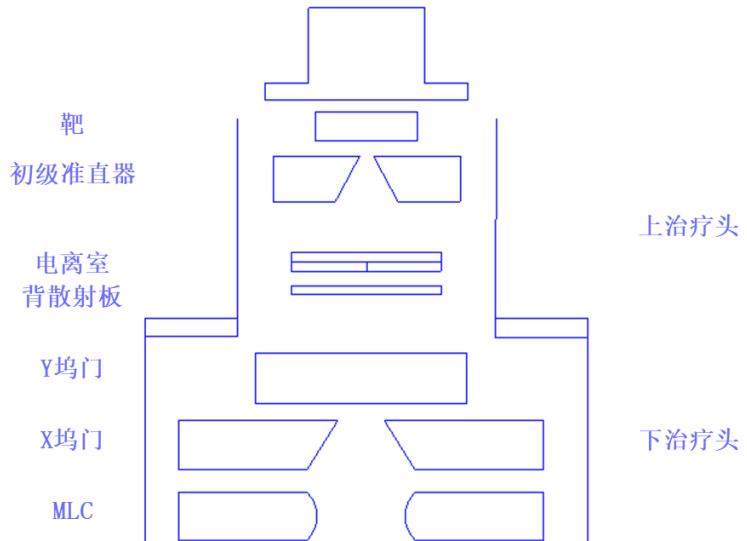


图 8 治疗头结构示意图

3.6 上治疗头

上治疗头主要包括靶和初级准直器。

靶的作用为将医用电子直线加速器产生的电子线转换为 X 辐射，通常选用高原子序数材料的钨靶；靶起着阻止电子束通过的作用，靶可以承受电子束的轰击，电子束中未产生 X 辐射的能量将以热的方式消耗在靶上，因此选择的靶材料需要高熔点，优良的导热性，同时

还需要冷却系统将热量及时带走。

初级准直器为圆锥形孔结构，将束流限制在一个锥形范围内，决定了最大射野范围，并阻挡了最大射野范围外的由辐射源产生的初级辐射。

3.7 下治疗头

下治疗头主要由钨门和多叶光栅组成，主要材料为钨，通过电机驱动移动到不同的位置定义射野形状，阻挡射野外束流。钨门只能形成矩形野，多叶光栅由多个叶片组成，能够自由形成二维形状，如下图所示。

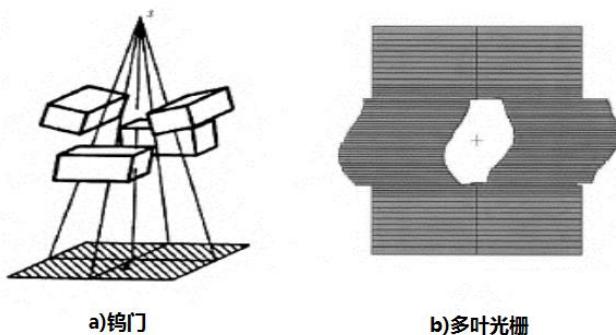


图 9 钨门和多叶光栅示意图

下治疗头的结构如下图所示。

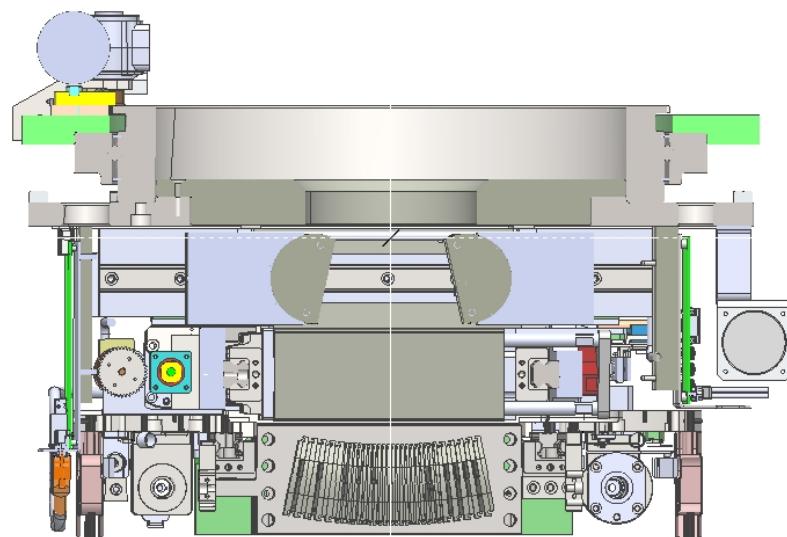


图 10 下治疗头示意图

3.8 治疗床

治疗床主要用于支撑患者，保证结构强度的同时需要减少剂量衰减，因此使用碳纤维材料。

射束投射至患者的角度决定了治疗计划的优化程度，放疗设备的治疗床需要多个运动维度，3D治疗床支持三个维度，包括横向（X），纵向（Y），升降（Z）；5D治疗床最多可达到五个维度，包括横向（X），纵向（Y），升降（Z），俯仰（Pitch）和翻转（Roll），如下图所示。

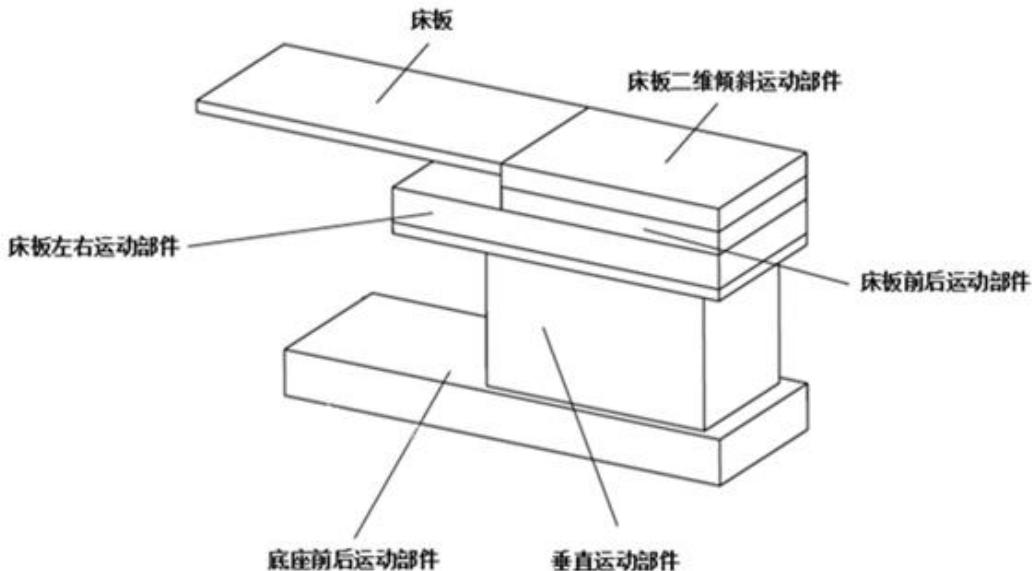


图 11 治疗床示意图

除了能提供更多的射束投射角度，治疗床提供多维度的运动可以配合同像引导，准确的将患者摆位至理想治疗体位。

3.9EPID

使用覆盖全射野的大面积非晶硅数字化X射线探测板，可以拍摄平片成像，也可通过机架旋转一周获取和重建一定体积范围内的图像。图像可以用于患者成像和图像引导，也可以用于机器质检和治疗计划质检。

3.10 门控部件

在放射治疗过程中，受呼吸运动，或器官不自主的异常运动（咳嗽，喷嚏等）影响，肿瘤位置会偏离计划的位置，从而导致放疗过程中脱靶，靶区沉积的剂量不足，而正常组织器官受到过多的剂量。

门控治疗是一种新型的运动管理放疗技术，它通过实时监测患者的器官位置或生理信号变化，调整射束的开关时间和位置，实现了对放疗剂量的高精度控制。与传统的放疗技术相比，门控放疗可以更精确地瞄准肿瘤部位，避免对正常组织造成过多的伤害。

根据对患者的呼吸运动管理,又可以将门控放疗分为自由呼吸门控和深吸气屏气(DIBH)门控。门控放疗是一种非常安全和有效的放疗技术,适用于乳腺,肺部等多种类型的肿瘤治疗。呼吸门控治疗示意如下图所示:

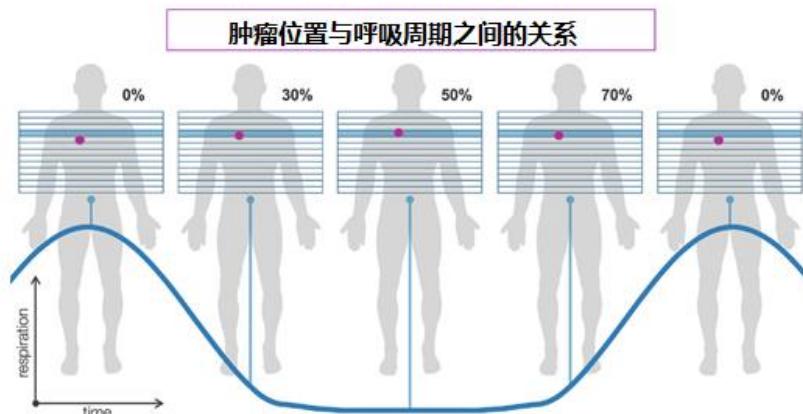


图 12 呼吸门控治疗示意图

4 加速器操作系统

加速器操作系统主要功能

软件功能	说明
处理对象	1) 治疗数据 2) 图像数据 3) 门控数据
控制台界面	a) 工作模式切换 b) 患者信息 c) 治疗数据 d) 治疗机状态 e) 工作流程 f) CCTV 显示 g) 门控 h) 剂量参数 i) 联锁与状态
治疗列表	a) 治疗队列 b) 治疗计划信息
治疗实施	a) 执行成像野 b) 执行治疗野 c) 门控治疗(选配)
uView4D 影像引导	a) 成像野定义 b) 图像配准 c) 偏移计算

	d) 剂量引导 (选配)
CT 模拟 (选配)	a) 图像采集 b) 图像重建 c) 图像浏览
EPID 机器质控	a) 成像质控 b) 机械质控 c) 束流质控
EPID 计划质控 (选配)	a) 平板计划质控 b) 平板在体监控
系统功能	a) 休眠模式 b) 许可控制 c) 碰撞检查 d) 光环境引导
移动操作台	在治疗室内提供无线手控盒和显示控制屏, 用于显示和操作
特殊治疗技术 (选配)	a) 支持动态旋转调强 (uARC) 功能 b) 支持多维度动态治疗模式 c) 支持在线计划治疗流程

4.1 加速器配置管理系统

加速器配置管理系统功能

软件功能	说明
组织机构管理	支持进行组织机构的管理。
用户管理	a) 用户账户 系统提供管理用户账户的功能。 b) 用户管理 系统提供为用户设置角色功能。
用户权限管理	a) 角色配置 系统提供增删和编辑管理用户角色的功能。 b) 权限管理 系统提供针对不同的角色访问应用模块以及使用特定功能的权限进行配置管理的功能。
AE 配置	系统提供对 DICOM 传输的 AE 进行配置管理的功能。
审计日志	提供审计日志功能。

4.2 CT 操作系统

CT 操作系统功能

软件功能	说明
扫描功能	扫描功能种类: a) 定位扫描 b) 断层扫描 c) 螺旋扫描 d) 灌注扫描 (选配) e) 增强扫描



	<p>血管内注射造影剂后的扫描。</p> <p>f) 基于呼吸过程的动态 4D 扫描（选配） g) 双能量扫描（需后处理软件支持）（选配）</p> <p>对于每种扫描功能，包含：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 可通过界面进行扫描协议的选择和参数设置； 2. 可通过界面进行扫描定位； 3. 可进行图像重建； 4. 可进行图像显示。 		
数据管理功能	<p>a) 可保存患者信息以及扫描过程中形成的图像文件； b) 可将数据文件转存到硬盘、光盘及移动存储介质上； c) 可将图像与文字信息经输出设备输出。</p>		
图像重建矩阵	512×512, 768×768（选配），1024×1024（选配）		
迭代降噪功能（选配）	<p>获取降低图像噪声的图像。 可通过界面进行迭代降噪功能的降噪等级的设置。</p>		
金属伪影校正功能（选配）	金属伪影校正是抑制由金属物质带来的射束硬化等伪影的一种功能。		
剂量调制功能（选配）	剂量调制是按定位像表征的患者尺寸来对 X 射线管电流进行调制的一种功能。		
自动管电压推荐功能（选配）	该功能可以通过定位像表征的患者尺寸和界面用户设置的检查类型自动推荐管电压和管电流。小尺寸的辐射剂量低于大尺寸辐射剂量		
扩展重建视野功能（选配）	该功能支持 63-87 cm 范围的的扩展重建		
图像显示	<p>a) CT 值显示范围：-1024～+32768 (HU) b) 窗宽窗位：连续可调 c) 多幅显示 d) 图像缩放与平移</p>		
图像重建速度	系统最快的图像重建速度应当不小于 35 幅图像/秒（选配）。		
图像处理功能（包括可选功能）	<p>a) 图像反色、翻转、测量和标记 b) 三维图像重建功能 c) 切片重组功能（MPR） d) 曲面切片重组功能(CurvedMPR) e) 体显示功能（VR） f) 最大密度投影功能（MIP）、平均密度投影功能（AIP）、最小密度投影功能（MinIP） g) 4D 图像播放功能</p>		
患者档案管理	可按患者姓名、编号、检查日期查询扫描信息及图像。		
患者管理	具有刷新，源管理，检查日期，搜索，归档，导入，保护，拆分合并，修改，删除，新建检查，重复检查，追加检查的功能。		
用户访问控制	用户类型	身份鉴别方法	权限
	普通访问	管理员组（Admin）	用户名+密码 扫描权限、协议编辑权限和管理员权限



	主任组 (Director)	用户名+密码	扫描权限和协议编辑权限
	用户组 (User)	用户名+密码	扫描权限
	紧急访问	无	扫描权限并且限制扫描次数
	服务工程师访问	服务密钥	所有功能