



项目编号：2025-043

核技术利用建设项目

鸡西市人民医院直线加速器建设项目

环境影响报告表

鸡西市人民医院

2025年11月

生态环境部监制

核技术利用建设项目  
鸡西市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： 鸡西市人民医院  
建设单位法人代表（签名或盖章）：  
通讯地址： 鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号  
邮政编码： 158100 联系人： 于海跃  
电子邮箱： jxsyyywk@163.com 联系电话： 15146763967

打印编号: 1763950855000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	pu20ef		
建设项目名称	鸡西市人民医院直线加速器建设项目		
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		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称(盖章)	鸡西市人民医院		
统一社会信用代码	12230300414086545K		
法定代表人(签章)	王玉民		
主要负责人(签字)	林海燕		
直接负责的主管人员(签字)	马楠		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称(盖章)	黑龙江众安环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91230102MA1B1R3H6N		
<b>三、编制人员情况</b>			
1 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
樊海燕	10352343509230174	BH016592	樊海燕
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
樊海燕	第9、10、11、13章	BH016592	樊海燕
王莉博	第1-8、12章	BH063916	王莉博

## 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	9
表 3 非密封放射性物质 .....	9
表 4 射线装置 .....	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	11
表 6 评价依据 .....	12
表 7 保护目标与评价标准 .....	14
表 8 环境质量和辐射现状 .....	20
表 9 项目工程分析与源项 .....	25
表 10 辐射安全与防护 .....	31
表 11 环境影响分析 .....	38
表 12 辐射安全管理 .....	54
表 13 结论与建议 .....	57
表 14 审批 .....	60
附件 1 辐射安全许可证 .....	61
附件 2 原有环评文件 .....	69
附件 3 现状监测报告 .....	73
附件 4 排污许可证 .....	81
附件 5 排污许可 2024 年度执行报告情况 .....	82
附件 6 机房屏蔽及工况说明 .....	83

附图 1 医院地理位置与周边环境关系图 .....	84
附图 2 肿瘤综合楼负一层和一层平面布置图 .....	85
附图 3 直线加速器室平面布局图 .....	87
附图 4 直线加速器室屏蔽防护设计图 .....	88
附图 5 直线加速器室排风系统设计 .....	90
附图 6 直线加速器室辐射防护设施示意图 .....	91

**表1 项目基本情况**

建设项目名称		鸡西市人民医院直线加速器建设项目							
建设单位		鸡西市人民医院							
法人代表	王玉民	联系人	于海跃	联系电话	15146763967				
注册地址		黑龙江省鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号							
项目建设地点		鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号鸡西市人民医院肿瘤综合楼负一层							
立项审批部门	/		批准文号	/					
建设项目总投资 (万元)	3135	项目环保投 资(万元)	22	投资比例(环保 投资/总投资)	0.7%				
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 <sup>2</sup> )	159.75				
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	/						
	射线 装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙						
		<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类						
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类						
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类						
其他		/							
<b>1.1 项目概述</b> <p><b>1.1.1 建设单位情况</b></p> <p>鸡西市人民医院成立于1946年，是一所集医疗、科研、教学、预防和保健工作于一体的三级甲等综合性医院。现址占地面积8.6万平方米，建筑面积13.31万平方米，编制床位1000张，下设社区卫生服务中心2家。</p> <p>医院现有职工1168名，党员330名，下设33个基层党支部。医院三次被中国医院协会授予全国百姓放心百佳示范医院，是国家级博士后科研工作站、国际紧急救援中心网络医院、国家脑卒中筛查与防治基地、省全科医师培训基地、先后荣获“全国五一劳动奖状”、“全国卫生系统先进集体”等荣誉称号。</p>									

现有临床科室32个，医技科室9个。中医风湿专科被省中医药管理局确定为省级重点专科，是全市最早开展中西医结合治疗风湿病的特色专业科室。消化内科、神经内科、心血管内科、普通外科、骨外科、妇产科、放射医学影像科等8个学科为市级重点学科。卒中中心、胸痛中心、危重孕产妇急救中心建设规范建设。2013年建成脑卒中筛查工作中心，被国家卫计委脑卒中筛查与防治工程委员会授予“全国脑卒中筛查与防治基地”。近年来，医院先后荣获国家专利9项，省厅级科研立项13项，国家级科技奖励3项，省级科技进步奖1项，厅级奖励70项，市级科技进步奖188项。

### 1.1.2 现有核技术利用项目许可情况

鸡西市人民医院已办理了辐射安全许可证（黑环辐证[00014]），有效期至2028年11月12日，种类和范围为使用II类和III类射线装置（见附件1）。已许可射线装置情况见表1-1。

**表 1-1 已许可射线装置一览表**

序号	装置名称	型号	类别	所在位置	环保手续履行情况
1	DSA	Artis zee floor	II类	住院部三楼	鸡环审〔2023〕34号 2023年12月已验收  已登记备案
2	DSA	Innova IGS 5	II类	住院部三楼	
3	口腔曲面体层X线机	OP30-2	III类	门诊一楼	
4	乳腺钼靶摄影机	MammoMat 1000	III类	门诊一楼	
5	64排128层螺旋CT机	Definitio nAS-128	III类	门诊一楼	
6	x射线计算机体层摄影设备	RevolutionCT ES	III类	门诊一楼	
7	乳腺X射线机	MAMMOMAT Inspiration	III类	门诊一楼	
8	单板数字化X线诊断系统	vx plus	III类	门诊一楼	
9	移动式摄影X线机	Mobilett Elara Max	III类	门诊一楼	
10	数字化医用X射线摄像系统	Multix Select DR	III类	门诊一楼	
11	数字化胃肠X线诊断系统	Iconos MD	III类	门诊一楼	
12	移动式C形臂X射线机	Cios Alpha	III类	门诊三楼	

13	移动式 C 型臂 X 射线机	KD-C5000	III类	三楼手术室	
14	C 形臂 X 射线机	DG3310C	III类	三楼手术室	
15	X 射线计算机体层摄影设备 (CT)	SOMATOM go.Top	III类	门诊一楼	
16	X 射线计算机体层摄影设备 (CT)	Spectral CT	III类	门诊一楼	

### 1.1.3 现有辐射安全管理情况

#### (1) 辐射安全管理机构

该医院成立了辐射安全管理领导小组，组长为马楠，副组长为于海跃、张英华、杨忠泽，成员为武晓梅、陈杰、刘森、孙桂琦、燕慧玲、解锡华、周慧梅，负责全院辐射安全与防护监督管理工作。

#### (2) 现有辐射安全管理制度

医院已制定了一系列制度，包括《辐射事故预防措施及应急处理预案》、《辐射人员岗位职责》、《射线装置操作规程》、《辐射岗位工作人员培训制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《射线装置设备使用登记制度》、《辐射安全管理制度》等，该医院现有制度能满足现有工作的要求。

#### (3) 辐射工作人员培训

该医院目前辐射工作人员共计 42 人，其中 33 人已参加“国家和技术利用辐射安全与防护培训平台”学习，经考核合格；从事 III 类射线装置的其余辐射工作人员，共 9 人，经医院培训和考核，均考核合格。

#### (4) 个人剂量检测及环境监测

该医院目前辐射工作人员共计 42 人，所有人均已配备个人剂量计，个人剂量检测由天津瑞丹辐射检测评估有限公司定期进行。按照监测计划定期委托有资质的单位进行环境监测。2024 年度该单位已对辐射工作场所的辐射环境和辐射工作人员的个人剂量开展了监测，监测结果均满足国家标准要求，未见异常。

#### (5) 应急管理

医院制定了辐射事故预防措施和应急处理预案，未发生过辐射安全事故。医院成立了放射事件应急领导小组，组织、开展放射事件的应急处理救援工作。应急领导小组如下：

组 长：马 楠

副组长：于海跃、张英华、杨忠泽

成 员：武晓梅、陈杰、刘森、孙桂琦、燕慧玲、解锡华、周慧梅

#### （6）监测仪器和防护用品

医院配有智能化 X- $\gamma$  辐射仪，个人剂量计和个人剂量报警仪，铅衣、铅帽、铅手套、铅眼镜、铅围裙、铅围脖等辐射防护用品，能够满足现有工作的需要。

#### （7）年度评估

医院对所有设备进行了 2024 年度评估，各设备相关手续合格，规章制度健全，工作场所防护设施及措施符合相关要求，2024 年未发生辐射事故，各设备运行良好并符合相关防护要求。

### 1.1.4 排污许可和执行情况

鸡西市人民医院位于鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号，已取得排污许可证（见附件 4），证书编号 12230300414086545K001R，有效期限自 2025 年 3 月 17 日至 2030 年 3 月 16 日止。

### 1.2 项目建设规模

鸡西市人民医院拟在鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号医院肿瘤综合楼负一层东南端新建 1 间直线加速器室及配套房间，新增使用 1 台医用直线加速器，属于 II 类射线装置，内置影像引导装置，用于肿瘤患者的治疗。

本项目利用肿瘤综合楼预留场地建设，直线加速器室建筑面积 126m<sup>2</sup>，含有治疗室和直迷路，治疗室使用面积 49.4m<sup>2</sup>，直线加速器室采用混凝土一体浇筑，迷路口安装防护门，室内设置门机联锁、排风系统、视频监控、语音对讲、固定式辐射剂量监测仪、紧急停机开关、工作状态指示灯和辐射警告标志等配套设施。控制室、辅助机房布置于直线加速器室的北侧，建筑面积共 33.75m<sup>2</sup>。本项目直线加速器室西侧预留的另外一间直线加速器室和模拟定位机室均不在本次评价范围。

本项目组成及环保工程一览表见表 1-2。

表1-2 本项目组成及环保工程一览表

名称	建设内容及规模	备注
主体工程	直线加速器室建筑面积为 126m <sup>2</sup> ，含有治疗室和直迷路，治疗室使用面积为 49.4m <sup>2</sup> 。	新建

	直线加速器室使用 1 台医用直线加速器，属于II类射线装置，内置影像引导装置。		新增
辅助工程	控制室及辅助机房，建筑面积共 33.75m <sup>2</sup> 。		新建
公用工程	给水	给水依托原有市政供水管网。	依托
	排水	依托医院原有污水处理设施。	
	供电	供电依托市政电网供给。	
	供暖	供暖依托集中供暖。	依托
环保工程	电离	直线加速器室采用混凝土实体屏蔽，电缆管道采用“U”型方式穿过屏蔽墙，迷路口安装防护门，防护门门体和墙面搭接大于十倍门体与墙体间隙。室内设置门机联锁、通风系统、视频监控、语音对讲、固定式辐射剂量监测仪、紧急停机开关、工作状态指示灯和辐射警告标志等配套设施，对直线加速器工作场所分区管理，配备相关的辐射防护监测仪器和防护用具。	新建
	废气	直线加速器室拟采用上进下排的方式进行通风换气，治疗室顶棚南侧设置两个新风口，治疗室北侧屏蔽墙下部设置两个排风口，排风经排风管引至肿瘤综合楼楼顶排放。设计风量为 2000m <sup>3</sup> /h，换气次数可达 7 次/h，满足换气次数不少于 4 次/h 的要求。	新建
	废水	本项目不新增工作人员，治疗患者均为住院患者，不新增床位，无新增生活污水和医疗废水，现有生活污水和医疗废水通过院区污水处理站。污水处理站设计处理能力为 800t/d，采用二级生化处理+消毒工艺（水解酸化池+接触氧化池+二氧化氯消毒），现阶段实际处理量约为 269.5t/d，处理后出水水质满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表 2 预处理标准后经市政污水管网排入鸡冠区污水处理厂。	依托
	固废	本项目不新增工作人员和床位，现有生活垃圾由市政环卫部门收集处置。本项目不产生医疗废物。本项目患者完成放疗后体膜废弃，废弃的体膜作为一般固体废物统一收集后置于体膜室，外售，综合利用。直线加速器使用过程不更换靶，直线加速器退役后，废靶作为放射性固体废物委托有资质单位处置，不在医院暂存。	依托
<p>根据医院提供的资料，本项目预计放射治疗患者量 20 人/天，平均每位患者一次治疗照射时间 1.5min，每周工作 5 天，年工作 250 天，周治疗出束时长 2.5h，全年治疗出束时长 125h。预计直线加速器每年质控出束时间约 20h。本项目拟配备 3 名辐射工作人员，医生、技师、护士各 1 名，从医院现有辐射工作人员中调配，拟调配人员上岗尚未参加“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”放射治疗类辐射安全与防护考核，应在项目运行前，经考核成绩合格后上岗。</p> <p>本项目使用的射线装置情况详见表 1-3。</p>			

表 1-3 本项目射线装置一览表

仪器名称	型号	主要参数	类别	所在位置	备注
直线加速器	待定	X 射线: 10MV 600cGy/min 6MV FFF 1400cGy/min 电子线: 20MeV (1000cGy/min) (内置影像引导装置, 最大管电压 140kV, 最大管电流 630mA)	II类	肿瘤综合楼直线加速器室	新增

### 1.3 项目选址与周围环境

鸡西市人民医院位于黑龙江省鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号, 北侧为兴国东路, 西侧为桥东小区和鸡西市蔬菜综合交易市场, 南侧为铁路, 东侧为园丁小区、东升小区和闲置的门窗厂。医院地理位置与周边环境关系图见附图 1。

本项目直线加速器室选址位于肿瘤综合楼负一层, 其东侧和南侧为土层, 西侧为预留直线加速器室, 北侧为走廊、控制室和辅助机房, 上方为 SPECT/CT 诊断区, 下方无建筑。肿瘤综合楼负一层和一层平面布置图见附图 2, 直线加速器平面布局图见附图 3。

本项目直线加速器室位于肿瘤综合楼(地下一层、地上四层)负一层东南端, 设置有治疗室和直迷路, 控制室和加速器室分开设置。项目选址周围无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域。直线加速器室拟采取实体屏蔽防护, 通过理论预测分析可知, 屏蔽体外各关注点的周围剂量当量率满足剂量率参考控制水平, 本项目职业人员和周围公众成员年有效剂量均满足要求。本项目选址充分考虑了周围场所的防护与安全, 以及患者就诊和临床应用的便利性, 满足《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》(HJ 1198-2021) 和《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 中选址的要求。

本项目环境保护目标为直线加速器工作场所从事辐射工作的职业人员以及评价范围内公众成员。本项目评价范围内, 无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区、学校等环境敏感区。项目运行期间产生的电离辐射等, 经采取一定的防护措施后, 对周围环境与公众造成的影响是可接受的, 故本项目的选址是合理的。

### 1.4 产业政策符合性和实践正当性

本项目建设属于《产业结构调整指导目录(2024年本)》鼓励类第三十七大类“卫生健康”, 符合国家产业政策要求。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中“4.3 辐射防护

要求”、“4.3.1 实践正当性 4.3.1.1 对于一项实践，只有在考虑社会、经济和其他因素之后，其对受照个人和社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的”。

放射性治疗和诊断应用项目有其他技术无法替代的特点，在诊疗病情方面能起到十分重要的作用。本项目应用直线加速器设备用于肿瘤患者的治疗，以提高医疗水平和治愈疾病，可以更好的满足医学治疗的工作需要，对保障人民群众身体健康、拯救生命有十分重要的作用，具有良好的社会效益；采取有效的辐射防护措施，保证直线加速器室外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，其获得的利益远大于辐射效应可能对职业人员、公众以及环境带来的不利影响，因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）中辐射防护“实践的正当性”的要求。

## 1.5 项目由来

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、国务院 2017 年第 682 号令《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应当进行环境影响评价。根据《射线装置分类》（原环境保护部、国家卫生计生委，2017 年 12 月 5 日起施行），本项目医用直线加速器属于粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器，为Ⅱ类射线装置。根据《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），本项目属于“五十五、核与辐射” “172、核技术利用建设项目”中“生产、使用Ⅱ类射线装置的”，应编制环境影响报告表。受鸡西市人民医院委托，我公司承担该项目的环境影响评价工作。接受委托后，我公司立即组织技术人员进行现场踏勘，收集、整理有关资料，对项目的建设等情况进行初步分析，并根据项目的应用类型及项目所在地周围区域的环境特征，在现场踏勘、资料调研、预测分析的基础上，按照国家《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）的基本要求，编制了《鸡西市人民医院直线加速器建设项目环境影响报告表》。

## 1.6 开展本项目的技术能力

### （1）检测仪器设备配置

本项目辐射工作人员拟配备个人剂量计和个人剂量报警仪、辐射工作场所拟新增配备辐射监测仪及固定式辐射探测报警装置，可满足日常环境监测需要。

### （2）辐射工作人员配置计划

本项目拟配备3名辐射工作人员，均从医院现有员工中调配。辐射工作人员将参加“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”放射治疗类学习和考核，考核成绩合格后上岗。项目建成后从事本项目辐射工作的人员不再从事其他辐射类工作。

### （3）辐射防护与安全管理制度

该单位拟制定和完善辐射安全相关管理制度，如制定直线加速器操作规程，完善辐射事故应急预案等，根据实际工作情况更新相关管理制度。

### （4）个人剂量检测及环境监测

该单位现有个人剂量检测制度，拟完善辐射工作场所监测制度，定期委托有资质的单位进行环境监测和个人剂量检测，以保证项目运行期间符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的相关要求。

## 1.7 评价目的

（1）对该医院新增使用II类射线装置项目进行环境影响评价，以掌握其运行后机房周围的辐射水平。

（2）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”。

（3）满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为该项目的辐射环境管理提供科学依据。

**表 2 放射源**

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

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

**表 3 非密封放射性物质**

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

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

**表4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等各种用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	直线加速器	II类	1台	待定	电子	X 射线: 10MV 电子线: 20MeV	X射线: 10MV 360Gy/h(600cGy/min) 6MV FFF 840Gy/h (1400cGy/min) 电子线: 600Gy/h (1000cGy/min) (内置影像引导装置: 最大管电压 140kV, 最大管电流 630mA)	放射治疗	直线加速器室	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压	最大管电流	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
臭氧	气态	/	/	少量	少量	/	/	排入大气， 臭氧约 50 分 钟后自动分 解为氧气
氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	/	通风稀释， 排入大气
废体膜	固态	/	/	/	100kg	/	/	一般固体废 物，外售， 综合利用
加速器 废靶	固态	/	/	/	/	/	/	加速器使用 过程不更换 靶，加速器 退役后不在 医院暂存， 废靶作为放 射性固体废 物委托有资 质单位处置

注：1.常规废弃物排放浓度，对于气态为 mg/m<sup>3</sup>，液态单位为 mg/L，固态为 mg/kg；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度 (Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>) 和活度 (Bq)。

**表6 评价依据**

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日修正）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年10月1日）； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号，2017年10月1日修订）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第449号令，2019年3月2日修订）； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第31号公布，2021年1月4日修改）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第18号，2011年5月1日）； (8) 《射线装置分类》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会2017年第66号，2017年12月5日）； (9) 《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，2021年1月1日）； (10) 《黑龙江省辐射污染防治条例》（黑龙江省第十一届人民代表大会常务委员会公告第43号，2018年4月26日修正）。</p>
技术标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； (2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； (4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (5) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）； (6) 《放射治疗机房辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）； (7) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）；</p>

	<p>(8) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；</p> <p>(9) 《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002)；</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(11) 《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》(GBZ 2.1-2019)。</p>
其他	<p>(1) 《黑龙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》黑龙江省环境监测中心站(1989年5月) 黑龙江省室内、外环境<math>\gamma</math>辐射空气吸收剂量率本底范围是： 室内(26.2~134.4) nGy/h；室外(21.6~196.9) nGy/h。</p> <p>(2) 《2024年黑龙江省辐射环境质量报告》；</p> <p>(3) 建设单位提供的其他材料。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

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）的规定：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。确定本项目的评价范围为加速器室屏蔽体外周围 50m 范围内区域。

### 7.2 保护目标

本项目环境保护目标为直线加速器工作场所职业人员以及评价范围内的公众成员。本项目环境保护目标详见表 7-1。

#### 表 7-1 本项目环境保护目标一览表

污染源	环境要素	保护目标		位置	距离(m)	人数
直线加速器	电离辐射	职业人员	控制室工作人员	直线加速器室外北侧	0~4.5	3 人
		公众成员	室外人员	直线加速器室外东侧	0~8	约 5 人
			门窗厂及室外人员		8~50	约 25 人
			室外空地人员	直线加速器室外南侧	0~6	约 10 人
			洗衣房、室外空地人员		6~50	约 20 人
			预留直线加速器室和模拟定位机室、控制室，走廊、通风机房、卫生间、配电间等肿瘤综合楼人员	直线加速器室外西侧	0~35	约 10 人
			室外及办公楼东侧人员		35~50	约 20 人
			辅助机房、走廊、楼梯、更衣室、体模室等肿瘤综合楼人员	直线加速器室外北侧	0~8.5	约 10 人
			住院部东南侧及室外人员		8.5~50	约 20 人
			1F 规划的 SPECT/CT 诊断区、2F~4F 医生办公室、值班室、处置室和走廊等肿瘤综合楼人员	直线加速器室外上方	0~15	约 20 人

### 7.3 评价标准

#### 7.3.1 剂量限值

剂量限值执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)规定，工作人员的职业照射和公众照射的剂量限值如下：

### (1) 职业照射

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，20mSv；b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

### (2) 公众照射

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。

## 7.3.2 剂量约束值

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)中4.9规定：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。

表 7-2 剂量约束限值

照射类别	本评价的剂量约束值	备注
职业照射	5mSv/a	《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ 1198-2021)
公众照射	0.1mSv/a	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB 18871-2002)

## 7.3.3 直线加速器室防护

### (1) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)中规定(引用原文)：

#### 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。

#### 5.2 分区原则

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（含迷路）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。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。

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）。

## 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、次级辐射对治疗室临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。

6.1.4 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、临近治疗室的关注点、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临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)、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，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周围剂量当量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )：

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

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

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  $30\text{cm}$  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)。

## 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) 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。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输运通道内设置急停按钮; 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。

## 7 操作的辐射安全与防护要求

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，控制室须有工作人员值守。

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。

## 8.4 气态废物管理要求

8.4.1 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。

## 附录A

表 7-3 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、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区
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、卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

(2) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) 中规定：(说明：本标准内容在《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021) 已经涉及的部分不再重复)

## 6 工作场所放射防护要求

### 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。

6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；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。

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控制室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。

6.1.6 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路； $\gamma$ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。

## 6.2 空间、通风要求

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。

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，排风口应设在放射治疗机房下部，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。

(3)《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ 2.1-2019)

### 4.1 工作场所空气中化学有害因素的职业接触限值

表 1 工作场所空气中化学有害因素职业接触限值：臭氧的最高允许浓度  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。氮氧化物(一氧化氮和二氧化氮)的时间加权平均容许浓度为  $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 环境质量和辐射现状

#### 8.1.1 项目地点

本项目直线加速器室位于鸡西市人民医院肿瘤综合楼负一层东南端，其东侧和南侧为土层，西侧为预留直线加速器室，北侧为走廊、控制室和辅助机房，上方为SPECT/CT诊断区，下方均无建筑。

#### 8.1.2 辐射环境现状

本次监测由取得省技术监督局计量认证资质的单位黑龙江沣淳环保科技有限公司进行辐射环境现状监测。

##### (1) 监测仪器与规范

监测仪器各项参数见表 8-1。

表 8-1 X- $\gamma$  辐射剂量率仪器参数与规范

仪器名称	环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪
规格型号	PN98
测量范围	10nGy/h-100 $\mu$ Gy/h
仪器校准有效日期	2025 年 6 月 13 日~2026 年 6 月 12 日
监测规范	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)

(2) 评价对象：拟建直线加速器工作场所及周围辐射环境。

(3) 监测因子：X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率

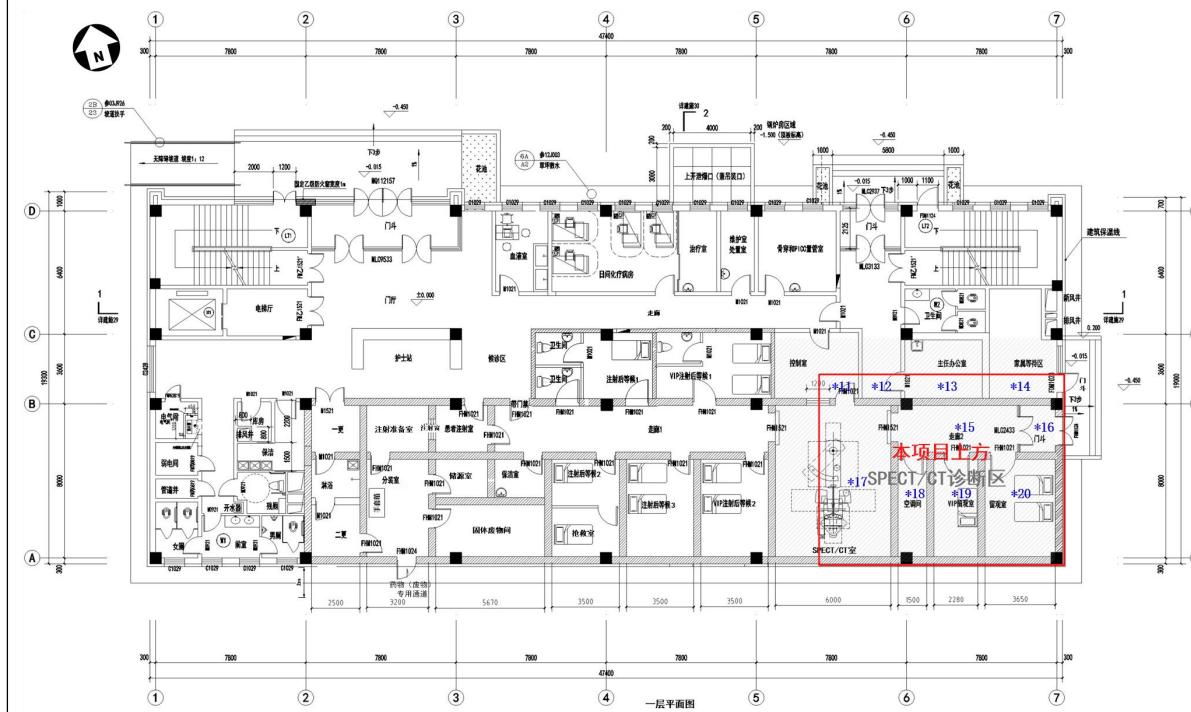
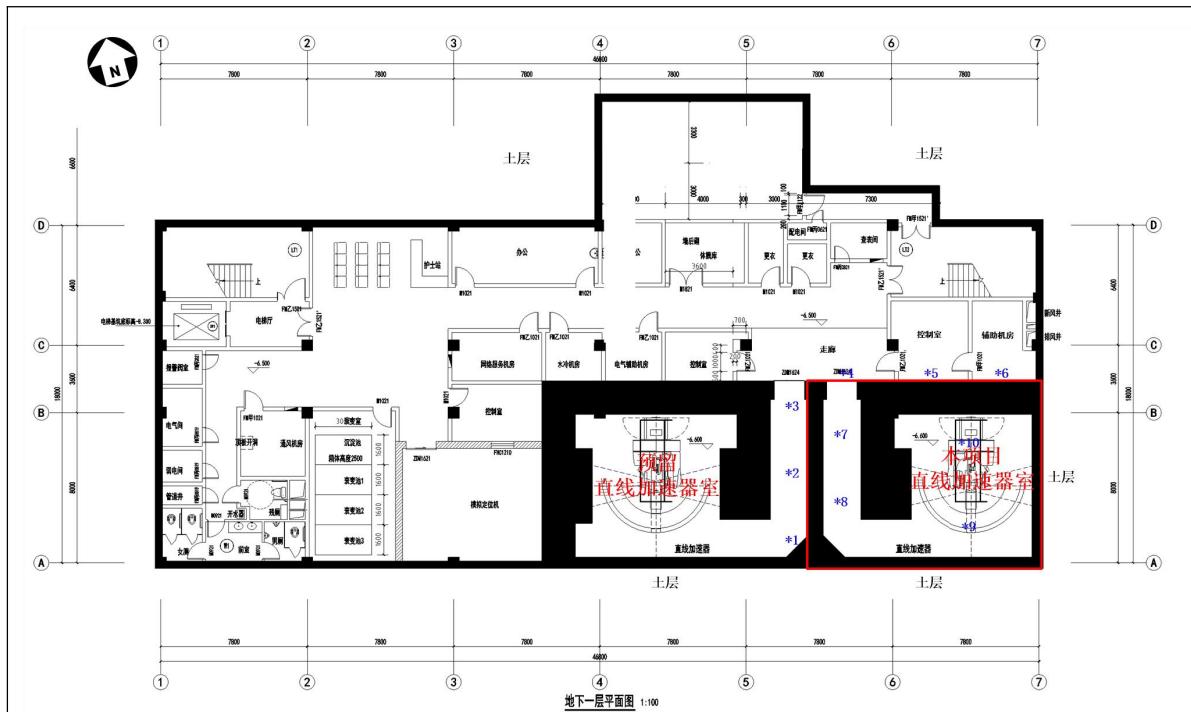
(4) 监测点位布设

本项目对拟建直线加速器室所在区域以及周围敏感目标处布点监测，监测布点示意图见图 8-1。

(5) 监测时间：2025 年 11 月 13 日。

(6) 监测方法

利用环境 X、 $\gamma$  剂量率仪，根据《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)，每个测点测量 10 个数，仪器及数据处理按相关技术规范进行。



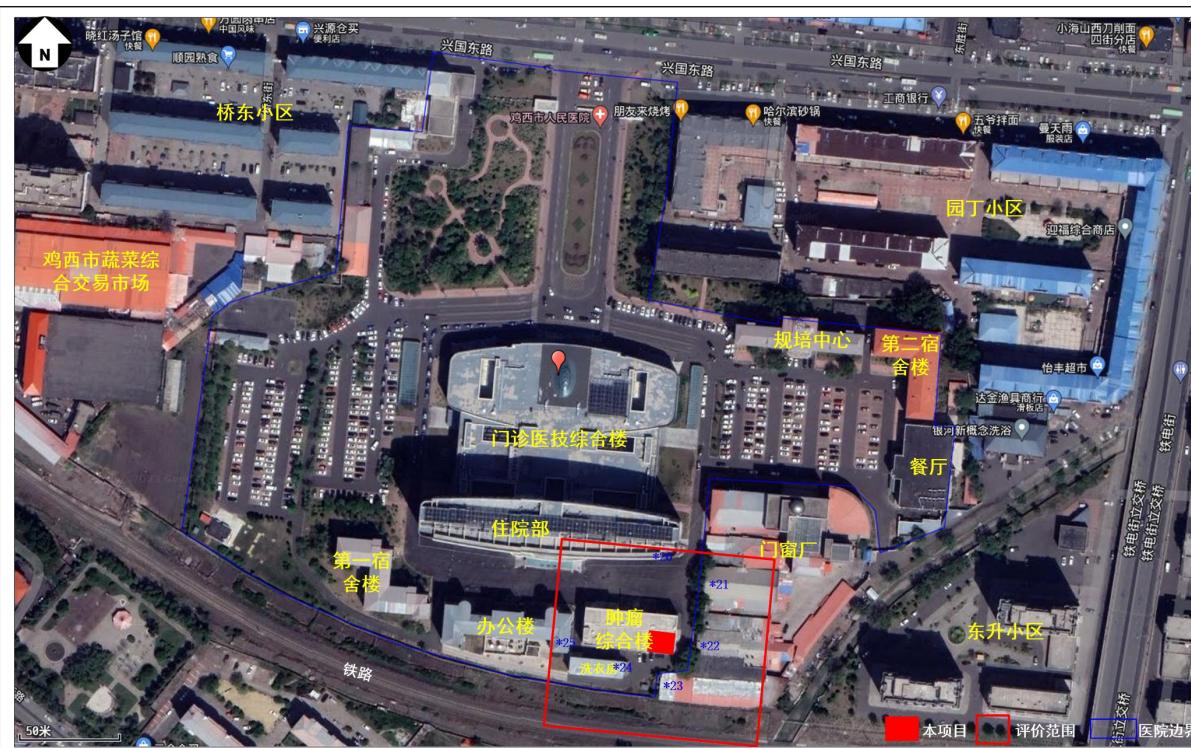


图 8-1 拟建直线加速器室区域监测布点图

#### (7) 质量保证措施

- 监测前制定监测计划，合理布设监测点位，选择监测点位时充分考虑使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；
- 监测方法采用国家有关部门颁布的技术规范进行监测，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，选择稳定场进行校验。
- 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

#### (8) 监测结果与评价

直线加速器室周围区域监测结果见表8-2。

表8-2 X-γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位	X-γ辐射空气吸收剂量率 ( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )		备注
		监测结果	标准差	
1	1*西墙外南侧 30 cm 处	0.05	0.01	
2	2*进件门外 30 cm 处	0.06	0.01	
3	3*西墙外北侧 30 cm 处	0.06	0.01	

4	4*医患进出门外 30 cm 处	0.06	0.01	
5	5*北墙外中间 30 cm 处	0.07	0.01	
6	6*北墙外东侧 30 cm 处	0.06	0.01	
7	7*加速器室迷路监测点	0.05	0.01	
8	8*加速器室迷路监测点	0.06	0.01	
9	9*加速器室内监测点	0.07	0.01	
10	10*加速器室内监测点	0.06	0.01	
11	11*二楼距地面 30 cm 处	0.05	0.01	
12	12*二楼距地面 30 cm 处	0.06	0.01	
13	13*二楼距地面 30 cm 处	0.05	0.01	
14	14*二楼距地面 30 cm 处	0.06	0.01	
15	15*二楼距地面 30 cm 处	0.05	0.01	
16	16*二楼距地面 30 cm 处	0.05	0.01	
17	17*二楼距地面 30 cm 处	0.06	0.01	
18	18*二楼距地面 30 cm 处	0.05	0.01	
19	19*二楼距地面 30 cm 处	0.06	0.01	
20	20*二楼距地面 30 cm 处	0.06	0.01	
21	21*门窗厂厂房监测点	0.07	0.01	
22	22*门窗厂厂房监测点	0.06	0.01	
23	23*门窗厂厂房监测点	0.06	0.01	
24	24*洗衣房监测点	0.07	0.01	
25	25*办公楼监测点	0.06	0.01	
26	26*住院部监测点	0.07	0.01	

注：上述数值已进行修正，已扣除宇宙射线响应值

根据《黑龙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》报告，黑龙江省室内环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率范围是（26.2~134.4）nGy/h；室外环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

范围是(21.6~196.9) nGy/h。

根据黑龙江省生态环境厅公布的《2024年黑龙江省辐射环境质量报告》，黑龙江省辐射环境自动站连续空气吸收剂量率处于本底涨落范围内，27个自动站年均值范围为(56.1~93.3) nGy/h；黑龙江省累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内，14个监测点的年均值为(74~129) nGy/h，其中鸡西市均值为(101~109) nGy/h。

由黑龙江沣淳环保科技有限公司提供的监测报告（详见附件3）可知，该医院直线加速器室所在区域及周围区域X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测结果为(50~70) nGy/h，均在《黑龙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》报告中的环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率本底范围。

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备和工艺分析

### 9.1.1 直线加速器工作原理

医用电子直线加速器是利用微波电场对电子进行加速，产生高能射线，为远距离放射性治疗机。典型医用直线加速器示意见图 9-1。电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，经调制、准直后射向患者病灶；或者通过 2cm 左右的空气射到金属靶上，产生大量高能 X 射线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用 X 射线对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。本项目加速器应用电子束和 X 射线对患者进行治疗。

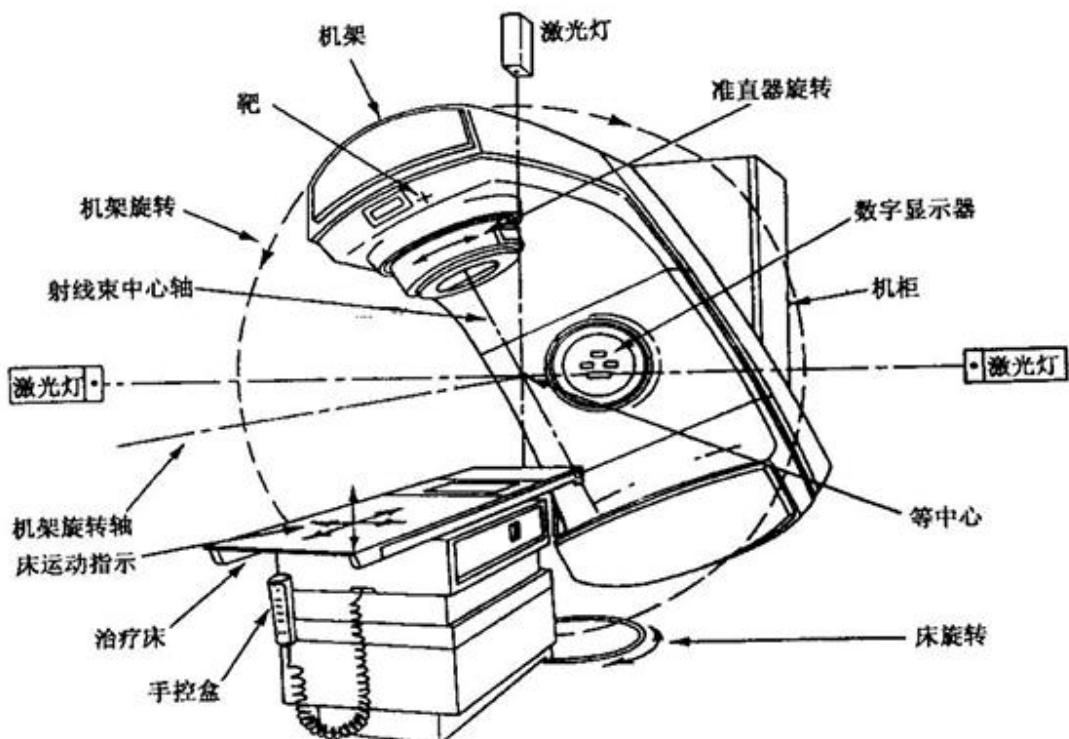


图 9-1 医用直线加速器示意图

医用电子直线加速器是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器。它的结构单元为：加速管、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。典型医用直线加速器内部结构见图 9-2。

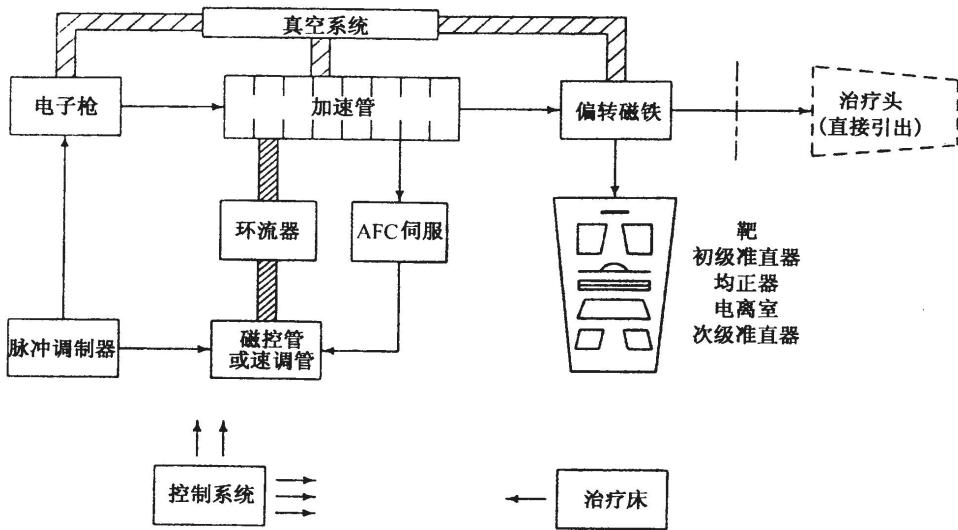


图 9-2 典型医用直线加速器内部结构框图

本项目拟使用医用电子直线加速器，设备带影像引导装置，最大管电压为 140kV，最大电流为 630mA。影像引导装置在放射治疗中的作用主要包括提高治疗的精确性和减少对正常组织的损伤。影像引导装置通过在每次放疗前或放疗过程中，利用医学影像设备实时获取患者体内肿瘤及周围正常组织的位置变化信息，并与放疗计划中的影像进行对比，从而校正摆位误差，确保放射线能够准确瞄准肿瘤。

医用直线加速器主要性能参数见表 9-1。

表 9-1 本项目加速器性能参数表

型 号	VitalBeam
X 射线能量及 1m 处最大剂量率	10MV , 600cGy/min
电子束能量及 1m 处最大剂量率	20MeV, 1000cGy/min
等中心处最大照射野	40cm×40cm (最大夹角 28°)
靶点到等中心点距离	100cm
等中心点高度	129.5cm
X 射线泄漏率	≤0.01% (Infinity)
影像引导系统	
最大管电压	140kV
最大管电流	630mA

### 9.1.2 影像引导装置工作原理

本项目加速器上集成有影像引导装置，该装置采用断层扫描技术，利用 X

射线管产生的 X 射线对患者进行照射，由于 X 射线穿透人体组织时因密度差异导致的吸收程度不同，使用影像接收器接收透射的 X 射线进行成像。

由于放射治疗周期较长，期间患者体型变化会导致体膜定位发生偏移，影像引导装置可以实现患者的在线或离线配准，保证患者每次治疗体位的重复性和一致性，减少由于器官运动、位置变化和体型变化带来的治疗误差，同时观察患者在放疗过程中的变化，提高放疗精准性。

## 9.2 操作流程及产污节点

①接受病人：对病人进行登记，进行临床检查，经医生诊断和治疗正当性判定后，根据肿瘤分期、分型确定治疗方针，与放疗科预约登记，确定治疗的时间。

②模拟定位：借助 CT 模拟定位机对患者肿瘤定位检查，确定肿瘤的具体位置和形状，后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。

③制订治疗计划。根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

④治疗计划确认：再次确认靶区剂量，核实正常器官、热点和冷点是否在允许的范围之内，加速器是否有相应的转床、碰床等机械限值，移床等坐标设置是否正确。

⑤病人摆位。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，严格按照要求实施摆位；采集摆位影像，纠正病人摆位的位置。摆位结束，摆位人员等非患者均离开治疗室，关闭防护门。

⑥实施治疗：根据放疗计划，运用有关技术实施精确照射。

⑦结束治疗：病人离开治疗室，摆位人员进行下一个患者摆位准备。

CT模拟定位机不属于本项目建设内容。

每日放射治疗前进行直线加速器设备检查，当直线加速器出现剂量偏差时，需对设备进行剂量校准；患者首次放射治疗前，需对治疗计划进行剂量验证。上述质量控制照射时间约为放射治疗时间的 10%。

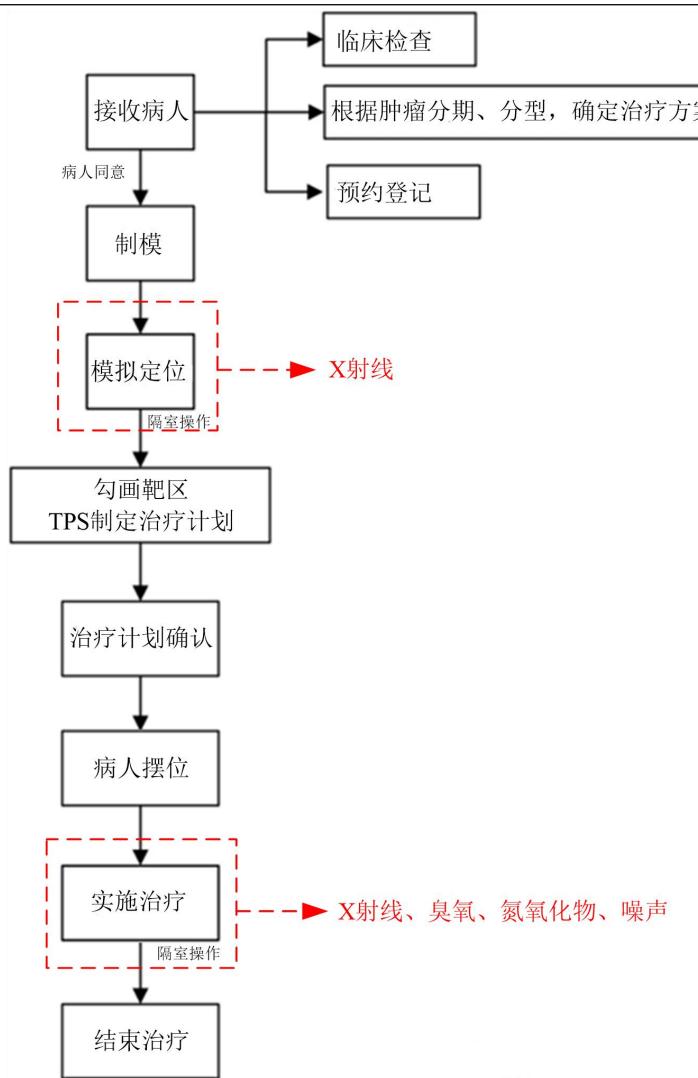


图 9-3 医用电子直线加速器工作流程及产污节点图

### 9.3 人流路径规划

本项目患者路径规划流向为：候诊区 $\Leftrightarrow$ 走廊 $\Leftrightarrow$ 直线加速器室；医护路径规划流向为：控制室 $\Leftrightarrow$ 走廊 $\Leftrightarrow$ 直线加速器室。本项目人流路径规划见图 10-1。

### 9.4 污染源项描述

#### 9.4.1 正常工况的污染途径

##### (1) X 射线、电子线和感生放射性

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线，X 射线具有较强的贯穿能力，如果没有采取足够的防护措施，将对工作人员和公众造成不必要的辐射影响，但这种 X 射线是随加速器的开、关而产生和消失。直线加速器产生高能电子线，随机器的开、关而产生和消失，其能量及贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的

条件下，电子线亦能得到足够的屏蔽。因此在正常运行下，X射线为直线加速器的主要污染因子。

在加速器运行过程中光-核反应产生放射性核素及中子与机头部件、室内结构材料等作用产生感生放射性，由于机房具有足够的屏蔽，并安装强制通风系统，因此感生放射性对周围环境的影响可忽略不计。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中规定，对于大于10MV的X射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽，本项目最大使用10MV的X射线，故不需考虑中子屏蔽。

#### （2）非放射性有害气体

加速器在开机运行时，产生的X射线与空气作用可产生少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>）。机房设有通风系统，通风次数大于4次/h，可明显降低其浓度。

#### （3）放射性废物

本项目直线加速器运行过程中不更换靶件，放射性废物主要来源于加速器机头退役时产生的废靶件，含有一定的放射性，它不但有短半衰期放射性核素，还有长半衰期的核素，因而应妥善处理。本项目加速器使用过程不更换靶，加速器退役后废靶不在医院暂存，废靶作为放射性固体废物委托有资质单位处置。

#### （4）废水

本项目不产生放射性废水。本项目直线加速器冷却系统采用封闭式循环结构，冷却水在系统内部循环、不对外排放，并以蒸馏水作为冷却介质，从根源上杜绝因水质不良导致的设备性能下降或运行故障。运行期间冷却水可能发生少量自然蒸发，需定期监测并及时补充。本项目不新增工作人员，在医院内部调剂，因此本项目工作人员不新增生活污水，生活污水排入医院污水处理站处理。本项目不会对水环境造成影响。

#### （5）噪声

本项目运行过程中，循环水泵和风机会产生噪声，源强不超过70dB(A)，且设备均位于室内，通过选取低噪设备、房间隔声等措施及距离衰减后，对周围声环境的影响较小。

#### （6）固体废物

本项目不新增工作人员，在医院内部调剂，因此本项目工作人员不新增生活

垃圾，生活垃圾依托医院原有设施，生活垃圾统一收集后交由环卫部门统一处理。本项目治疗需要使用体膜，每个患者治疗期间使用1个体膜，治疗完成后体膜废弃，废弃的体膜作为一般固体废物统一收集后外售，综合利用。

#### **9.4.2 事故工况的污染途径**

- (1) 直线加速器发生故障或人员疏忽，造成剂量设置错误，使受检者或工作人员受到超剂量照射。
- (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，人员误入加速器室，未及时发现受到意外照射。
- (4) 直线加速器维修时由于误操作或者故障导致机器异常启动，导致维修人员受到意外照射。

**表 10 辐射安全与防护**

**10.1 项目安全设施**

**10.1.1 工作场所及区域划分**

**(1) 本项目工作场所布局**

本项目直线加速器室位于鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号医院肿瘤综合楼负一层东南端，设置有治疗室和直迷路，其东侧和南侧为土层，西侧为预留直线加速器室，北侧为走廊、控制室和辅助机房，上方为 SPECT/CT 诊断区，下方均无建筑。

**(2) 场所分区**

为加强核技术应用医疗设备所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，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。《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中控制区和监督区的定义如下：

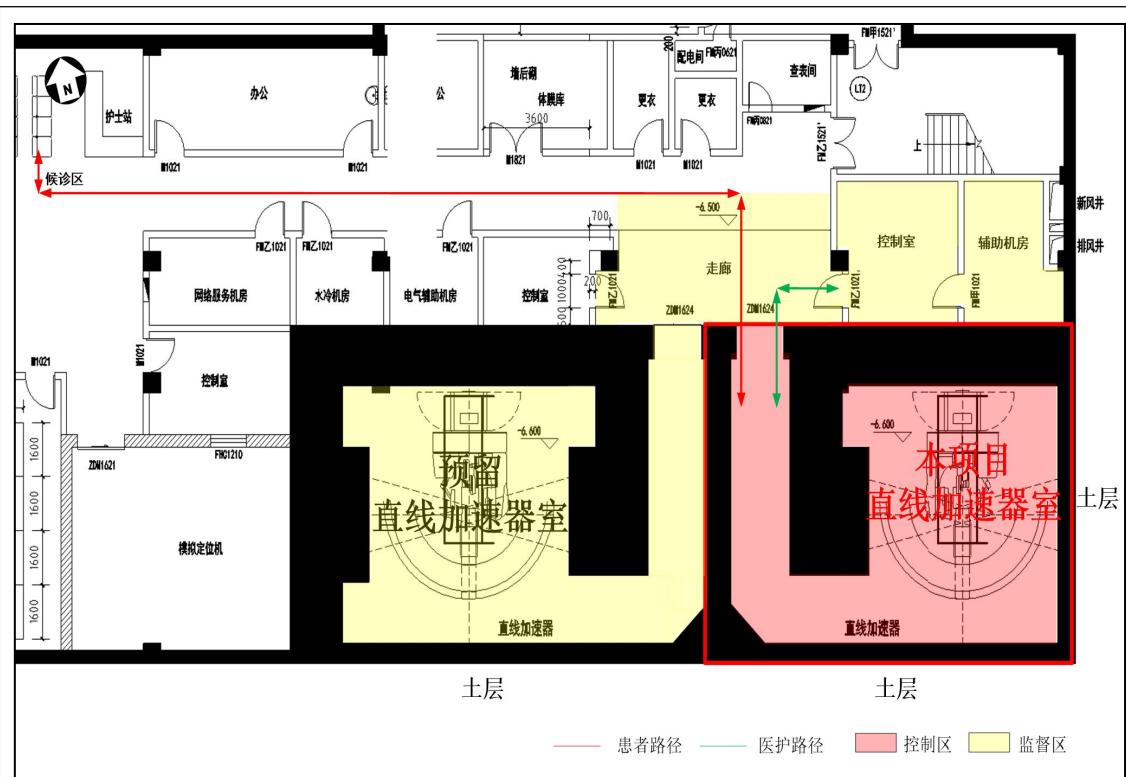
**控制区：**需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围；

**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需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

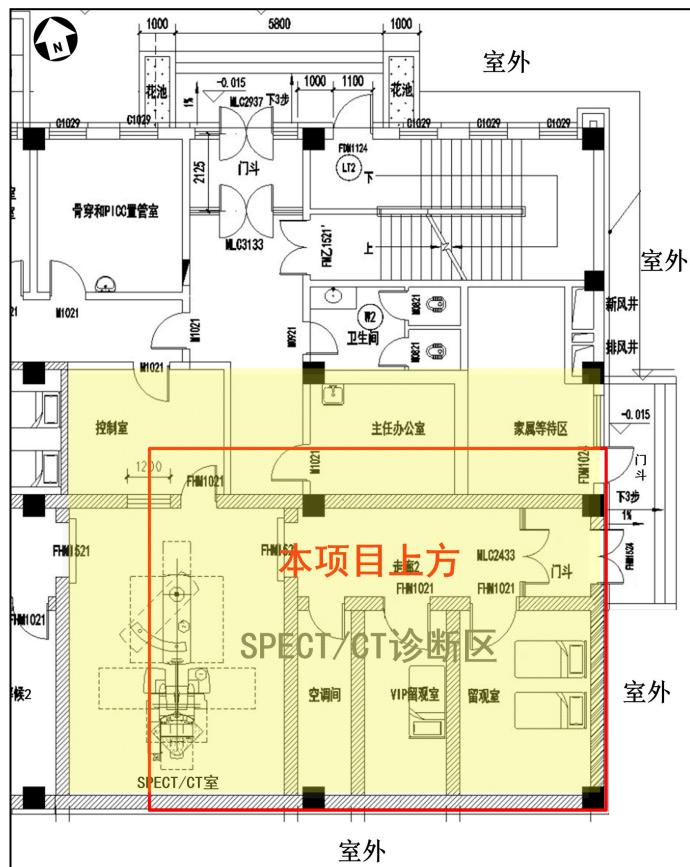
该工作场所控制区和监督区划分见表 10-1，分区图见图 10-1。控制区通过实体屏蔽措施、警示标志等进行控制管理，在加速器实施治疗时，除患者外，禁止其他无关人员进入；监督区通过电离辐射警告标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位定期对监督区周围剂量当量率进行监测。

**表 10-1 本项目工作场所分区表**

场所名称	控制区	监督区
直线加速器 工作场所	直线加速器室 (治疗室和直迷路)	负一层：控制室、辅助机房、走廊、预留直线 加速器室；一层：SPECT/CT 诊断区。



### (1) 负一层 直线加速器工作场所



(2) 一层 直线加速器工作场所上方

图 10-1 加速器工作场所分区及人流路径示意图

### 10.1.3 辐射屏蔽设计

本项目利用肿瘤综合楼预留场地建设，直线加速器室建筑面积  $126\text{m}^2$ ，含有治疗室和直迷路，治疗室使用面积  $49.4\text{m}^2$ ，长  $7.6\text{m}$ 、宽  $6.5\text{m}$ 。直线加速器室采用混凝土一体浇筑，迷路口安装电动推拉门防护门。防护门与墙之间设置足够的搭接宽度，搭接宽度大于十倍门体与墙体间隙。治疗室内地面设置有下沉式电缆沟，电缆管线穿墙处采用 U 型方式，以满足辐射防护要求。

其屏蔽设计见表 10-2，屏蔽设计图见附图 4。

表 10-2 直线加速器室辐射防护设计

位置	防护材料和厚度
东侧屏蔽墙	600mm 混凝土
西侧	迷路内墙 主屏蔽墙 2700mm 混凝土
	与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙 1800mm 混凝土
迷路外墙	屏蔽墙 800mm 混凝土
南侧屏蔽墙	600mm 混凝土
北侧屏蔽墙	1800mm 混凝土
顶棚	主屏蔽墙 2700mm 混凝土
	与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙 1800mm 混凝土
防护门	20mm 铅板+180mm 硼石蜡电动推拉门
治疗室使用面积	$49.4\text{m}^2$

注：东墙和南墙外均土层；混凝土密度为  $2.35\text{t/m}^3$ ，铅密度为  $11.3\text{t/m}^3$ 。

### 10.1.4 辐射防护措施

①直线加速器室拟采用实体屏蔽设计，能够保证屏蔽体外  $30\text{cm}$  处辐射剂量率满足参考控制水平，满足辐射工作人员受照剂量不超过剂量约束值  $5\text{mSv/a}$  的要求，公众受照剂量不超过剂量约束值  $0.1\text{mSv/a}$  的要求。

②直线加速器工作场所拟实行分区管理。将直线加速器室（包含治疗室和迷路）设置为控制区，其西侧相邻的预留直线加速器室，北侧的走廊、控制室和辅助机房，上方的 SPECT/CT 诊断区设置为监督区，设置分区标识。工作场所分区图见 10-1。

③本项目控制室、辅助机房分别独立设置，控制台置于控制室内与直线加速器设备分离，为隔室操作直线加速器。

④本项目直线加速器室的治疗室使用面积为  $49.4\text{m}^2$ ，最小单边长度为  $6.5\text{m}$ ，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“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”的要求。

⑤拟在直线加速器防护门外设立电离辐射警告标志和中文警示说明，安装工作状态指示灯，并和设备出束关联。

⑥拟安装视频监控、语音系统。在治疗过程中能够观察病人状况，便于操作者和患者进行双向交流，也可以观察治疗室是否有人员滞留。

⑦拟在直线加速器室的治疗室设置固定式辐射剂量监测仪，该监测仪具备异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内。

⑧治疗系统采用数字密码或者专用钥匙启动，由专人操作设备。

⑨拟设置门-机联锁装置。只有当防护门关闭，设备才能启动出束；如果照射过程中防护门打开，系统将自动停止出束。直线加速器室拟设置从室内紧急开启机房防护门的装置，停电时防护门能手动推开，防护门具有防夹伤功能。

⑩设置急停按钮。分别安装在控制室、迷道出入口、治疗室与迷道口及治疗室四周墙壁上，距地面1.2m处，以及加速器设备自带4个急停按钮（位于机架和治疗床两侧），设有明显的标志和文字说明。当遇到意外情况，可随时按动急停按钮，切断设备高压，停止出束。急停按钮必须采用手动方式才能复位。急停按钮的位置示意图见附图6。

⑪门控按钮设置：在防护门外旁侧安装关门按钮（无开门功能），在防护门内侧迷道墙壁上安装开门按钮（无关门功能），在控制室内设开、关门按钮。

⑫直线加速器室内安装强制排风系统，采用上送下排方式。拟设置两个新风口位于治疗室顶棚南侧，拟设置两个排风口位于治疗室北侧屏蔽墙下部，新风口与排风口位置成对角设置，废气经排风管引至肿瘤综合楼主排风管道在建筑楼顶排放。直线加速器室内体积约279m<sup>3</sup>，设计风量为2000m<sup>3</sup>/h，有效换气次数可达7次/h，满足换气次数不少于4次/h的要求，有利于将室内少量的臭氧、氮氧化物等有害气体排出，可满足GBZ 2.1-2019规定的浓度要求，室内空气可得到及时更新。排风系统设计见附图5。

⑬辐射工作人员均配备个人剂量计和个人剂量报警仪。直线加速器工作场所拟配备1台便携式辐射监测仪。

⑭直线加速器在安装调试阶段，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。

⑯其他要求。治疗室安装应急照明装置，设火灾自动报警装置等。

根据生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序，表 10-3 列出了本项目加速器室采取的安全与防护设施设计方案及符合性。

**表 10-3 本项目直线加速器室辐射防护设施设计**

序号	项目	检查内容	设计建造	备注
1*	A 控制台 及安全 联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	√	
2*		控制台有紧急停机按钮	√	
3*		视频监控与对讲系统	√	
4*		治疗室门与高压联锁	√	
5*	B 警示装 置	入口电离辐射警告标志	√	
6*		入口有加速器工作状态显示	√	
7*		工作场所分区及标识	√	
8*	C 治疗室 紧急设 施	屏蔽门内开门按钮	√	
9		治疗室门防夹人装置	√	
10*		紧急照明或独立通道照明系统	√	
11*		治疗室内有紧急停机按钮	√	
12*		治疗床有紧急停机按钮	√	
13	D 监测 设备	治疗室内固定式剂量报警仪	√	
14*		便携式辐射监测仪器仪表	√	
15*		个人剂量报警仪	√	
16*		个人剂量计	√	
17*	E 其它	个人辐射防护用品	√	
18		通风系统	√	

注：加\*的项目是重点项，检查合格划√，不合格划×；不适用或无法验证划 /。不能详尽地在备注中说明。

本项目直线加速器室屏蔽设计、防护措施及管理要求满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）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/T 201.2-2011）等相关要求。

## 10.2 三废的治理

### 10.2.1 废气

直线加速器运行过程中，空气在X射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。本项目直线加速器室拟安装通风换气装置，防止室内空气中臭氧、氮氧化物等有害气体累积，气体排入大气，臭氧常温下50分钟可自行分解为氧气，对环境影响较小。

直线加速器室采用上送下排的换气方式，设计风量为 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数可达7次/h，能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“治疗室通风换气次数应不小于4次/h”的要求，有利于室内少量的臭氧、氮氧化物等有害气体排出，可满足GBZ 2.1-2019规定的浓度要求。

### 10.2.2 固体废物

本项目不产生医疗废物。本项目直线加速器运行过程中不更换靶件，放射性废物主要来源于加速器机头退役时产生的废靶件，含有一定的放射性，它不但有短半衰期放射性核素，还有长半衰期的核素，因而应妥善处理。本项目加速器使用过程不更换靶，加速器退役后，废靶作为放射性固体废物委托有资质单位处置，不在医院暂存。

本项目工作人员和就诊患者、陪护人员产生少量生活垃圾，由于不新增工作人员和床位，生活垃圾的产生量不增加，均依托医院原有的处理设施。生活垃圾由市政环卫部门收集处置。本项目治疗需要使用体膜，每个患者治疗期间使用1个体膜，治疗完成后体膜废弃，废弃的体膜作为一般固体废物统一收集后置于体膜室，外售，综合利用。

本项目直线加速器运行过程中不更换靶件，放射性废物主要来源于加速器机头退役时产生的废靶件，含有一定的放射性，它不但有短半衰期放射性核素，还有长半衰期的核素，因而应妥善处理。本项目加速器使用过程不更换靶，加速器退役后，废靶作为放射性固体废物委托有资质单位处置，不在医院暂存。

### 10.2.3 废水

本项目不产生放射性废水。直线加速器运行中产生的热量须由冷却系统实时排出，从而确保核心部件始终处于恒温工作状态。为实现冷却系统长期稳定、高效可靠的运行，本项目采用封闭式循环结构，冷却水在系统内部循环、不对外排放，并以蒸馏水作为冷却介质，从根源上杜绝因水质不良导致的设备性能下降或

运行故障。运行期间冷却水可能发生少量自然蒸发，需定期监测并及时补充。本项目工作人员和就诊患者、陪护人员产生少量生活污水，由于不新增工作人员和床位，生活污水产生量不增加，均依托医院原有的处理设施。生活污水排入医院污水处理站，污水处理站设计处理能力为 800t/d，采用二级生化处理+消毒工艺（水解酸化池+接触氧化池+二氧化氯消毒），现阶段实际处理量约为 269.5t/d，处理后出水水质满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表 2 预处理标准后经市政污水管网排入鸡冠区污水处理厂。

#### 10.2.4 其他

本项目直线加速器运行过程中，循环水泵和风机会产生噪声，源强不超过 70dB(A)，且设备均位于室内，通过选取低噪设备、房间隔声等措施及距离衰减后，对周围声环境的影响较小。

### 10.3 环保投资

本项目环保投资情况见表 10-4。

表10-4 环保投资一览表

项目	环保设施（措施）	投资额（万元）
直线加速器室	混凝土屏蔽防护（原有预留）	/
	防护门	10
	排风系统、急停按钮、视频监控、对讲系统、门-机联锁、开门装置、电离辐射警告标识、工作状态指示灯等	7
	个人剂量计、个人剂量报警仪、固定式辐射剂量监测仪、便携式辐射剂量监测仪	3
	个人剂量检测、场所环境监测、运行维护费用等	2
	环保投资合计	22
	本项目总投资	3135
	环保投资占总投资比例	0.7%

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

#### 11.1.1 施工阶段

本项目施工期主要是在肿瘤综合楼负一层东南端建设一处直线加速器工作场所，需对预留的场所进行防护、装修施工。施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水，固体废物等，通过对施工时段的控制以及施工现场严格管理等手段，可使本项目施工期环境影响的范围和强度进一步减小。

##### （1）扬尘影响及防治措施

施工过程中会产生扬尘，主要是防护装修过程中产生的扬尘。医院应加强施工区域管理，对施工场地采取围挡措施。施工时采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境和公众的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应及时清理，以免对患者和工作人员造成不便。

##### （2）废水影响及防治措施

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水。生活污水产生量较小，可依托医院现有生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

##### （3）噪声影响及防治措施

施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程防止机械噪声的超标。合理安排施工时间，不在午休期间和夜间施工。

##### （4）固体废物及防治措施

建设过程中产生的装修垃圾堆放在指定的地点，严禁随意堆放和倾倒。施工人员产生的生活垃圾依托市政垃圾收运系统收集处理。

综上所述，本项目施工范围小，工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响较小，随着施工期的结束影响也将消失。

#### 11.1.2 设备安装调试阶段

项目设备的安装、调试、检测和维修等均由生产厂家安排专业人员进行。在安装前生产厂家需对加速器室进行初步的安装验收，在满足相关条件后再进行安装、调试。在设备安装调试阶段，医院及生产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。

加速器在安装调试阶段，要求在最大工况下，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。

## 11.2 运行阶段对环境的影响

### 11.2.1 直线加速器室的辐射防护

本项目新增使用的直线加速器带影像引导装置，在治疗时利用此功能与患者之前的定位CT进行影像配准，以保证摆位精度，影像引导装置的最大电压为140kV，最大电流为630mA。对照X射线能量，各屏蔽体满足10MV直线加速器X射线的屏蔽防护，则能满足影像引导装置产生X射线的屏蔽要求。因此本次评价仅对直线加速器的屏蔽防护进行预测评价。

直线加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于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，主要对加速器产生的X射线进行影响分析。

#### 11.2.1.1 直线加速器的辐射影响分析

##### (1) 直线加速器主要技术指标

表11-1 本项目直线加速器主要技术指标

型号	待定
X射线能量和1m处最输出剂量率	10MV: 600cGy/min 6MV FFF: 1400cGy/min
电子线最大能量和1m处最输出剂量率	20MeV: 1000cGy/min
等中心处最大照射野	40cm×40cm
有用线束最大张角	28°
靶点到等中心点距离	100cm
X射线泄漏辐射因子	≤0.1%

##### (2) 预测直线加速器运行工况

根据医院提供的资料，直线加速器一天计划治疗20人，平均每位患者一次治疗照射时间1.5min，每周工作5天，年工作250天，周治疗照射最长时间2.5h，全年最长治疗照射时间125h，直线加速器年质控时间约20小时。因此，设备周最大出束时长2.9h。

##### (3) 关注点的设定

本项目选取直线加速器室周围人员可达区域作为关注点。直线加速器室的东墙、

南墙外均为土层人员不可达，因此未选取关注点。直线加速器室外各关注点的设定位置见图11-1和图11-2。

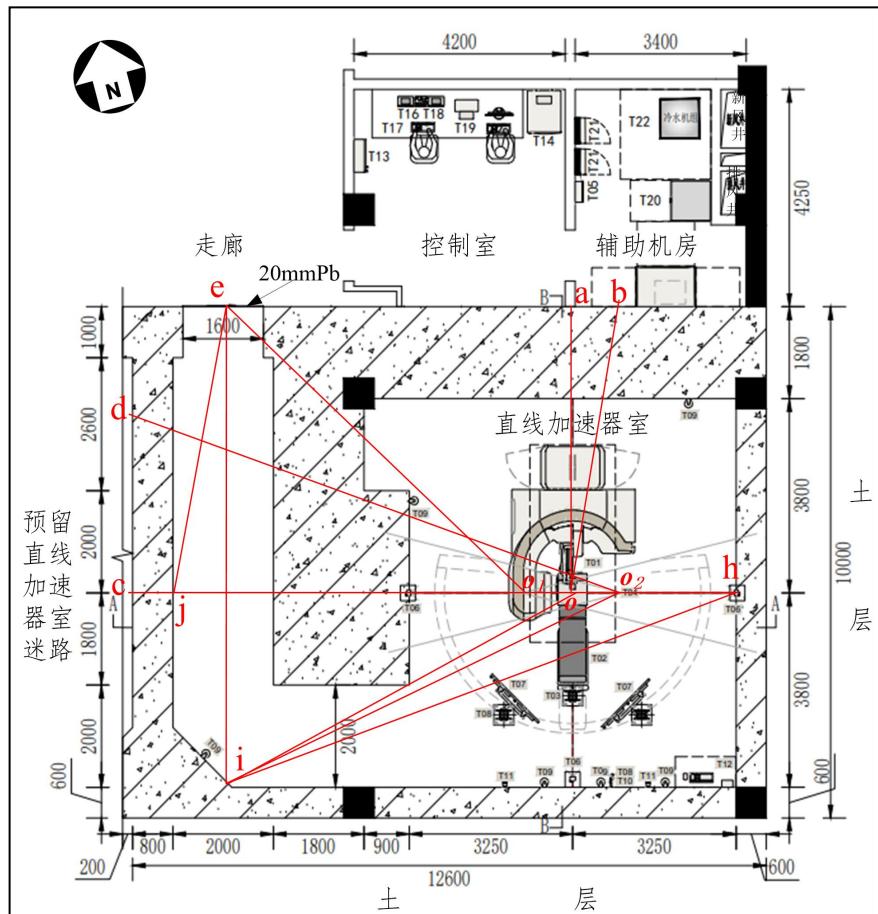


图 11-1 平面关注点位置示意图

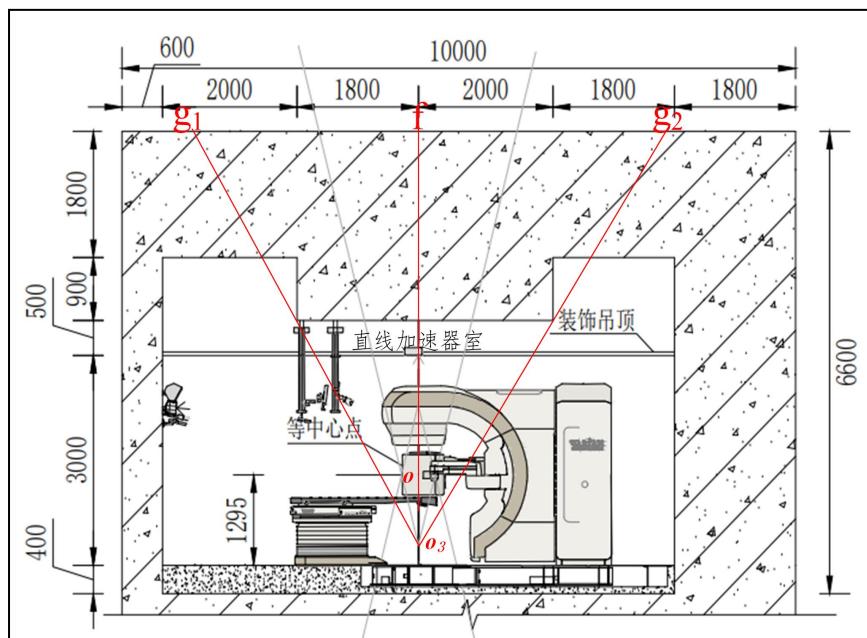


图 11-2 立面关注点位置示意图

#### (4) 辐射屏蔽的剂量参考控制水平

依据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021),《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)以及《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》,确定。

##### ①关注点剂量率参考控制水平

应同时满足下列1)、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,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周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ):

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

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

##### ②导出剂量率参考控制水平( $\dot{H}_{c,d}$ )

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) 单一有用线束

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 $\dot{H}_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )见式(11-1):

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (\text{式 11-1})$$

式中:

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

$t$ ——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  $\dot{H}_c$  时，该关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 见式(A.3):

$$\dot{H}_{c,d} = \dot{H}_c / (N \cdot t \cdot T) \quad (\text{式 11-2})$$

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。

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 $\dot{H}_{c,max}$ 的一半，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，估算屏蔽患者散射辐射所需要的屏蔽厚度；
- b) 将A.2.1b)的(A.3)式中的 $\dot{H}_c$ 以 $0.5\dot{H}_c$ 代替，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，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。

计算本项目加速器室外各关注点剂量率参考控制水平如下：

表 11-2 直线加速器室外各关注点剂量率参考控制水平估算结果

位置	射线类型	T	U	N	$\dot{H}_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	$\dot{H}_{c,max}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
a 北侧蔽墙外（控制室）	泄漏辐射	1	1	5	6.9	10	6.9
b 北侧蔽墙外（辅助机房）	泄漏辐射	1/20	1	5	6.9	10	6.9
c 西侧屏蔽墙外(预留机房迷路)	有用线束	1/2	1/4	-	13.8	10	10
d 西侧屏蔽墙外(预留机房迷路)	泄漏辐射	1/2	1	5	0.7	4.1	4.1
	散射辐射	1/2	1	-	3.4		
e 防护门外（走廊）	泄漏辐射	1/8	1	5	1.4	8.3	10
							8.3

	散射 辐射	1/8	1	-	6.9			
f 顶棚屏蔽墙外（留观室）	有用 线束	1	1/4	-	6.9	2.5	2.5	
g <sub>1</sub> 顶棚屏蔽墙外（留观室）	泄漏 辐射	1	1	5	0.3	2.0	2.5	2.0
	散射 辐射	1	1	-	1.7			
g <sub>2</sub> 顶棚屏蔽墙外（走廊）	泄漏 辐射	1/5	1	5	1.7	10.3	10	10
	散射 辐射	1/5	1	-	8.6			

### (5) 主屏蔽墙宽度核算

根据《放射治疗机房辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011) D.1.2.5 有用线束主屏蔽墙半宽度计算，本项目西墙和顶棚主屏蔽宽度可采用下面公式计算。

$$\text{西墙/顶棚: } Y = (1+a+X_1) \tan\theta + 0.3 \quad (\text{式11-3})$$

式中：

Y 表示有用线束主屏蔽区的半宽度 (m)；

a 为等中心点到屏蔽墙的距离 (m)；

X<sub>1</sub> 为主屏蔽墙相对次屏蔽墙增加的墙体厚度 (m)；

θ 为散射角。

各主屏蔽墙参数选取及宽度计算结果见表 11-3 所示：

表 11-3 主屏蔽宽度计算结果

参数选取及计算结果		直线加速器室	
		西侧主屏蔽	顶棚主屏蔽
参数	a (m)	3.25	2.205
	X <sub>1</sub> (m)	0.90	0.90
	θ (°)	14	14
计算结果	最小半宽度 Y (m)	1.58	1.32
	实际最小半宽度 (m)	1.90	1.9
	是否满足要求	是	是

通过计算可知本项目直线加速器室的主屏蔽墙的宽度均满足要求。

#### (6) 直线加速器室屏蔽体外 X 射线的屏蔽分析

本项目采用 GBZ/T 201.2-2011 中的计算方法对直线加速器室屏蔽墙外参考点剂量进行估算，本项目为了放射屏蔽防护评价的目的，在剂量学量的量值转换中，有效剂量在数值上等于个人剂量当量或周围剂量当量，也等于空气比释动能。因此，在计算过程中不做体现。

①有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算，屏蔽墙外 30cm 处参考点的剂量率  $H$ ：

$$H = \frac{H_o \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{式 11-4})$$

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad (\text{式 11-5})$$

$$X = X_e \cdot \cos \theta \quad (\text{式 11-6})$$

其中：

$H$ —屏蔽后墙外 0.3m 处关注点处的剂量， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$H_o$ —距靶 1m 处的最高剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{m}^2/\text{h}$ ；

$f$ —对有用束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，根据厂家提供资料本项目加速器泄漏辐射比率 $\leq 0.1\%$ ；

$B$ —透射因子；

$X$ 、 $X_e$ —分别为屏蔽物质厚度和有效屏蔽厚度， $\text{cm}$ ；

$TVL$ 、 $TVL_1$ —分别为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层和平衡什值层厚度；

$\theta$ —为 X 射线斜射角；

$R$ —关注点到靶点的距离。

②患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算，屏蔽体外 30cm 处参考点的剂量率  $H$ ：

$$H = \frac{H_o \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \quad (\text{式 11-7})$$

式中：

$F$ —治疗装置有用线束在等中心处最大治疗野面积， $\text{cm}^2$ ；

$R_s$ —患者到关注点的距离， $\text{m}$ ；

$\alpha_{ph}$ — $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子。

③有用线束向迷路内照射，迷路入口处的剂量估算需考虑以下辐射：

a) 射入屏蔽墙上的泄漏辐射被散射至计算点的辐射剂量率

$$H_{o_2ie} = \frac{H_o \cdot f}{R_L^2} \cdot \frac{\alpha_w \cdot A}{R_1^2} \quad (\text{式子 11-8})$$

式中：

$H_{o_2ie}$ —计算点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$f$ —加速器的泄漏辐射比率，取 0.001；

$A$ — $i$  处的散射面积， $\text{m}^2$ ；

$\alpha_w$ —散射体的散射因子，由于加速器的泄漏辐射能量小于有用线束的能量，保守使用 6MV 的散射因子；

$R_L$ — $o_2$  至  $i$  点的距离， $\text{m}$ ；

$R_I$ — $i$  点至  $e$  点的距离， $\text{m}$ 。

b) 射入屏蔽墙上的患者一次散射辐射被散射至计算点的辐射剂量率

$$H_{oie} = \frac{H_o \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_1^2} \quad (\text{式 11-9})$$

式中：

$H_{oie}$ —计算点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$\alpha_{ph}$ —患者  $400 \text{ cm}^2$  面积上的散射因子；

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

$\alpha_2$ —砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取入射角为  $45^\circ$ ，散射角为  $0^\circ$ ， $0.5\text{MeV}$  能量对应值；

$A$ — $i$  处的散射面积， $\text{m}^2$ ；

$R_s$ — $o$  点至  $i$  点的距离， $\text{m}$ ；

c) 穿过患者的有用线束垂直入射主屏蔽墙并散射至迷路，再经迷路散射至计算点的辐射剂量率

$$H_{o_1hie} = H_o \cdot \frac{(F / 10^4)}{R_3^2} \cdot \alpha_w \cdot B_p \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_1^2} \quad (\text{式 11-10})$$

$H_{o_1hie}$ —计算点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$10^4$ —将  $1\text{m}^2$  面积转换为  $10^4\text{cm}^2$ ;

$a_w$ —散射因子，单位面积 ( $1\text{m}^2$ ) 散射体散射到距其  $1\text{m}$  处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。

$B_p$ —有用线束射入散射体 (屏蔽墙) 前的屏蔽透射因子。对于患者保守取 1。

$R_3$ —散射体中心点 (有用线束在屏蔽墙上的投影点) 与计算点的距离 (h 点至 i 点的距离)， $\text{m}$ 。

d) 穿过迷路内墙的有用线束受外墙散射至计算点的辐射剂量率

$$H_{o_2je} = H_o \cdot \frac{(F / 10^4)}{R_4^2} \cdot a_w \cdot B_p \quad (\text{式 11-11})$$

$H_{o_2je}$ —计算点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；计算结果增加 2 倍安全系数。

$R_4$ —散射体中心点 (有用线束在屏蔽墙上的投影点) 与计算点的距离 (j 点至 e 点的距离)， $\text{m}$ 。

$B_p$ —有用线束射入散射体 (屏蔽墙) 前的屏蔽透射因子。对于有用线束向迷路墙照射时的迷路内墙，依内墙的屏蔽厚度按式 (11-5) 计算。

e) 泄漏辐射在计算点处的剂量率  $H_{o_1e}$ ，计算方法同式 (11-4)。

防护门外的辐射剂量率按式 11-12 计算：

$$H = H_e \cdot 10^{-(X/TVL)} + H_{o_1e} \quad (\text{式 11-12})$$

式中：

$H_e$ —e 处各散射辐射叠加剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$X$ —防护门的铅屏蔽厚度， $\text{cm}$ ；

$TVL$ —铅的什值层厚度， $\text{cm}$ ，迷路口处的散射辐射能量约  $0.2\text{MeV}$ ，铅中的  $TVL$  值为  $0.5\text{cm}$ 。

$H_{o_1e}$ —图 11-1 中  $o_1$  位置穿过迷路内墙的泄漏辐射在屏蔽门外  $30\text{cm}$  处的剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

预测相关参数选取及计算结果详见表 11-4、表 11-5。

表 11-4 直线加速器室外辐射剂量预测结果 (10MV)

关注点位置	射线类型	参数选取	剂量率预测值 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
a 北侧屏蔽墙外(控制室)	泄漏辐射	$H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $R=5.9\text{m}$ ; $TVL_1=35\text{cm}$ ; $TVL=31\text{cm}$ ; $X=X_e=180\text{cm}$ ; $B=2.10\times10^{-6}$	$2.17\times10^{-2}$
b 北侧屏蔽墙外(辅助机房)	泄漏辐射	$H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $R=5.9\text{m}$ ; $TVL_1=35\text{cm}$ ; $TVL=31\text{cm}$ ; $X=X_e=180\text{cm}$ ; $B=2.10\times10^{-6}$	$2.17\times10^{-2}$
c 西侧主屏蔽墙外(预留机房迷路)	有用线束	$H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=1$ ; $R=10.05\text{m}$ ; $TVL_1=41\text{cm}$ ; $TVL=37\text{cm}$ ; $X=X_e=350\text{cm}$ ; $B=4.45\times10^{-10}$	$1.59\times10^{-3}$
d 西侧次屏蔽墙外(预留机房迷路)	泄漏辐射	$H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $R=11.6\text{m}$ ; $TVL_1=35\text{cm}$ ; $TVL=31\text{cm}$ ; $X=X_e/\cos30^\circ=404\text{cm}$ ; $B=1.25\times10^{-13}$	$3.34\times10^{-10}$
	散射辐射	$H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $a_{ph}=3.18\times10^{-3}$ ; $R=11.6\text{m}$ ; $TVL_1=TVL=28\text{cm}$ ; $F=40\times40=1600\text{cm}^2$ ; $X=X_e/\cos30^\circ=404\text{cm}$ ; $B=3.73\times10^{-15}$	$1.27\times10^{-10}$
e 迷路口防护门外	泄漏辐射	路径 o <sub>1</sub> -e: $H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $R=8.2\text{m}$ ; $TVL_1=35\text{cm}$ ; $TVL=31\text{cm}$ ; $X=X_e/\cos45^\circ=255\text{cm}$ ; $B=8.00\times10^{-9}$	$4.28\times10^{-5}$
		路径 o <sub>2</sub> -i-e: $H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $\alpha_w=5.1\times10^{-3}$ ; $R_L=8.9\text{m}$ ; $R_i=9.0\text{m}$ ; $A=1.8\times3.5=6.3\text{m}^2$ ; $B=1.00\times10^{-4}$	$9.50\times10^{-3}$
	散射辐射经防护门屏蔽	路径 o-i-e: $H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $\alpha_{ph}=3.18\times10^{-3}$ ; $B=1.00\times10^{-4}$ ; $\alpha_2=2.20\times10^{-2}$ ; $R_S=7.9\text{m}$ ; $R_i=9.0\text{m}$ ; $F=40\times40=1600\text{cm}^2$ ; $A=1.3\times3.5=4.6\text{m}^2$ ;	$9.46\times10^{-3}$
		路径 o <sub>1</sub> -h-i-e: $H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $\alpha_w=4.10\times10^{-3}$ ; $B=1.00\times10^{-4}$ ; $\alpha_2=2.20\times10^{-2}$ ; $B_p=1$ ; $R_i=9.0\text{m}$ ; $R_3=8.9\text{m}$ ; $F=40\times40=1600\text{cm}^2$ ; $A=0.4\times3.5=1.4\text{m}^2$ ;	

		路径 o <sub>2</sub> -j-e: (计算结果考虑 2 倍安全系数)  $H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $\alpha_w=3.80\times10^{-3}$ ; $B_p=10^{-(X_e+TVL-TVl)/TVL}=6.47\times10^{-8}$ ; $F=40\times40=1600\text{cm}^2$ ; $R_4=5.7\text{m}$ ; $B=1.00\times10^{-4}$ ;		
f 顶棚主屏蔽墙外 (留观室)	有用线束	$H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=1$ ; $R=6.2\text{m}$ ; $TVL_1=41\text{cm}$ ; $TVL=37\text{cm}$ ; $X=X_e=270\text{cm}$ ; $B=6.47\times10^{-8}$	0.61	
g <sub>1</sub> 顶棚次屏蔽墙外 (留观室)	泄漏辐射	$H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $R=6.4\text{m}$ ; $TVL_1=35\text{cm}$ ; $TVL=31\text{cm}$ ; $X=200\text{cm}$ ; $B=4.76\times10^{-7}$	$4.18\times10^{-3}$	$1.22\times10^{-2}$
	散射辐射	$H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $a_{ph}=3.18\times10^{-3}$ ; $R=6.4\text{m}$ ; $TVL_1=TVL=28\text{cm}$ ; $F=40\times40=1600\text{cm}^2$ ; $X=200\text{cm}$ ; $B=7.20\times10^{-8}$	$8.05\times10^{-3}$	
g <sub>2</sub> 顶棚次屏蔽墙外 (留观室)	泄漏辐射	$H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $R=6.6\text{m}$ ; $TVL_1=35\text{cm}$ ; $TVL=31\text{cm}$ ; $X=204\text{cm}$ ; $B=3.53\times10^{-7}$	$2.92\times10^{-3}$	$8.36\times10^{-3}$
	散射辐射	$H_0=3.6\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $a_{ph}=3.18\times10^{-3}$ ; $R=6.6\text{m}$ ; $TVL_1=TVL=28\text{cm}$ ; $F=40\times40=1600\text{cm}^2$ ; $X=204\text{cm}$ ; $B=5.18\times10^{-8}$	$5.44\times10^{-3}$	

表 11-5 直线加速器室外辐射剂量预测结果 (6MV FFF)

关注点位置	射线类型	参数选取	剂量率预测值 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	
a 北侧屏敝墙外 (控制室)	泄漏辐射	$H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $R=5.9\text{m}$ ; $TVL_1=34\text{cm}$ ; $TVL=29\text{cm}$ ; $X=X_e=180\text{cm}$ ; $B=9.24\times10^{-7}$	$2.23\times10^{-2}$	
b 北侧屏敝墙外 (辅助机房)	泄漏辐射	$H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $R=5.9\text{m}$ ; $TVL_1=34\text{cm}$ ; $TVL=29\text{cm}$ ; $X=X_e=180\text{cm}$ ; $B=9.24\times10^{-7}$	$2.23\times10^{-2}$	
c 西侧主屏敝墙外 (预留机房迷路)	有用线束	$H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=1$ ; $R=10.05\text{m}$ ; $TVL_1=37\text{cm}$ ; $TVL=33\text{cm}$ ; $X=X_e=350\text{cm}$ ; $B=3.27\times10^{-11}$	$2.72\times10^{-4}$	
d 西侧次屏敝墙外 (预留机房迷路)	泄漏辐射	$H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $R=11.6\text{m}$ ; $TVL_1=34\text{cm}$ ; $TVL=29\text{cm}$ ; $X=X_e/\cos 30^\circ=404\text{cm}$ ; $B=1.74\times10^{-14}$	$1.09\times10^{-10}$	$1.29\times10^{-10}$

	散射辐射	$H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $a_{ph}=2.77\times10^{-3}$ ; $R=11.6\text{m}$ ; $TVL_1=TVL=26\text{cm}$ ; $F=40\times40=1600\text{cm}^2$ ; $X=Xe/\cos30^\circ=404\text{cm}$ ; $B=2.89\times10^{-16}$	$2.00\times10^{-11}$	
e 迷路口防护门外	泄漏辐射	路径 o <sub>1</sub> -e: $H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $R=8.2\text{m}$ ; $TVL_1=34\text{cm}$ ; $TVL=29\text{cm}$ ; $X=Xe/\cos45^\circ=255\text{cm}$ ; $B=2.40\times10^{-9}$	$2.99\times10^{-5}$	
	散射辐射经防护门屏蔽	路径 o <sub>2</sub> -i-e: $H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $\alpha_w=6.4\times10^{-3}$ ; $R_L=8.9\text{m}$ ; $R_i=9.0\text{m}$ ; $A=1.8\times3.5=6.3\text{m}^2$ ; $B=1.00\times10^{-4}$ 路径 o-i-e: $H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $\alpha_{ph}=2.77\times10^{-3}$ ; $B=1.00\times10^{-4}$ ; $\alpha_2=2.20\times10^{-2}$ ; $R_S=7.9\text{m}$ ; $R_i=9.0\text{m}$ ; $F=40\times40=1600\text{cm}^2$ ; $A=1.3\times3.5=4.6\text{m}^2$ ;		$1.95\times10^{-2}$
		路径 o <sub>1</sub> -h-i-e: $H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $\alpha_w=5.20\times10^{-3}$ ; $B=1.00\times10^{-4}$ ; $\alpha_2=2.20\times10^{-2}$ ; $B_p=1$ ; $R_i=9.0\text{m}$ ; $R_3=8.9\text{m}$ ; $F=40\times40=1600\text{cm}^2$ ; $A=0.4\times3.5=1.4\text{m}^2$ 路径 o <sub>2</sub> -j-e: (计算结果考虑 2 倍安全系数) $H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $\alpha_w=4.7\times10^{-3}$ ; $B_p=10^{-(X_e+TVL-TVL_1)/TVL}=6.47\times10^{-8}$ ; $F=40\times40=1600\text{cm}^2$ ; $R_4=5.7\text{m}$ ; $B=1.00\times10^{-4}$ ;	$1.95\times10^{-2}$	
f 顶棚主屏蔽墙外 (留观室)	有用线束	$H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=1$ ; $R=6.2\text{m}$ ; $TVL_1=37\text{cm}$ ; $TVL=33\text{cm}$ ; $X=Xe=270\text{cm}$ ; $B=8.70\times10^{-9}$		0.19
g <sub>1</sub> 顶棚次屏蔽墙外 (留观室)	泄漏辐射	$H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $R=6.4\text{m}$ ; $TVL_1=34\text{cm}$ ; $TVL=29\text{cm}$ ; $X=200\text{cm}$ ; $B=1.89\times10^{-7}$	$3.87\times10^{-3}$	
	散射辐射	$H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $a_{ph}=2.77\times10^{-3}$ ; $R=6.4\text{m}$ ; $TVL_1=TVL=26\text{cm}$ ; $F=40\times40=1600\text{cm}^2$ ; $X=200\text{cm}$ ; $B=2.03\times10^{-8}$	$4.61\times10^{-3}$	$8.48\times10^{-3}$
g <sub>2</sub> 顶棚次屏蔽墙外 (留观室)	泄漏辐射	$H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $f=10^{-3}$ ; $R=6.6\text{m}$ ; $TVL_1=34\text{cm}$ ; $TVL=29\text{cm}$ ; $X=204\text{cm}$ ; $B=1.37\times10^{-7}$	$2.65\times10^{-3}$	$5.69\times10^{-3}$

散射 辐射	$H_0=8.4\times10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ; $a_{ph}=2.77\times10^{-3}$ ; $R=6.6\text{m}$ ; $TVL_1=TVL=26\text{cm}$ ; $F=40\times40=1600\text{cm}^2$ ; $X=204\text{cm}$ ; $B=1.43\times10^{-8}$	$3.04\times10^{-3}$	
----------	---	---------------------	--

根据表 11-4 和表 11-5 计算结果，直线加速器 10MV 或 6MV 运行时，各方向屏蔽体外的剂量率预测值均满足表 11-2 中直线加速器室外各关注点剂量率参考控制水平。

#### (6) 职业人员、公众年有效剂量

本项目使用的直线加速器带影像引导装置，在治疗时利用此功能与患者之前的定位CT进行影像配准，以保证摆位精度，影像引导装置的最大电压为140kV，最大电流为630mA。对照X射线能量，各屏蔽体满足直线加速器X射线的屏蔽防护，则能满足影像引导装置产生X射线的屏蔽要求，因此影像引导装置运行时对工作人员和公众产生的影响非常小，可以忽略不计。

参照《辐射防护手册》（第一分册），放射工作人员与公众所受年附加剂量按下式计算。

$$H_E = H \times t \times T \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-14})$$

式中：

$H_E$ —辐射工作人员与公众受照射的辐射年剂量， $\text{mSv/a}$ ；

$t$ —受照射时间（ $\text{h}$ ）；

$T$ —居留因子，参照 HJ 1198-2021 表 A.1 取值；

$H$ —受照射的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$10^{-3}$ —单位转换系数。

##### ①辐射工作人员

根据医院提供资料，全年放射治疗照射时间 125 小时，质量控制时间约 20h，则全年受照时间  $t$  为 145h，根据表 11-4 和表 11-5 可知，控制室最大剂量率为  $2.23\times10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ，则辐射工作人员年有效剂量计算结果见表 11-6。

表 11-6 辐射工作人员年有效剂量估算

预测点位置	预测点剂量 $H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	受照时间 $t$ ( $\text{h}$ )	居留因子 $T$	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )
控制室 (a)	$2.23\times10^{-2}$	145	1	$3.23\times10^{-3}$

由上表可知，本项目辐射工作人员年有效剂量最大为  $3.23 \times 10^{-3} \text{ mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中工作人员小于剂量约束值  $5 \text{ mSv/a}$  的要求。

## ②公众成员

根据理论预测可知，屏蔽体外  $30\text{cm}$  处公众成员可达区域最大预测值为  $0.61 \mu\text{Sv/h}$ 。偏安全考虑，评价范围内公众成员处剂量率均取  $0.61 \mu\text{Sv/h}$ ，居留因子取 1，则本项目公众成员年有效剂量计算结果见表 11-7。

表 11-7 公众成员年有效剂量估算

预测点位置	预测点剂量 $H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	受照时间 $t$ ( $\text{h}$ )	居留因子 $T$	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )
公众成员	0.61	145	1	$8.85 \times 10^{-2}$

由上表可知，本项目公众成员年有效剂量最大值为  $8.85 \times 10^{-2} \text{ mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中低于小于剂量约束值  $0.1 \text{ mSv/a}$  的要求。

综上所述，本项目直线加速器室的辐射防护能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)、《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)的相关要求。

### 11.2.1.2 直线加速器的其他影响分析

#### (1) 废气

直线加速器运行过程中，空气在X射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。本项目直线加速器室拟安装通风换气装置，防止室内空气中臭氧、氮氧化物等有害气体累积，气体排入大气，臭氧常温下50分钟可自行分解为氧气，对环境影响较小。

直线加速器室采用上送下排的换气方式，设计风量为  $2000 \text{ m}^3/\text{h}$ ，换气次数可达 7 次/ $\text{h}$ ，能够满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) 和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021) 中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/ $\text{h}$ ”的要求，有利于室内少量的臭氧、氮氧化物等有害气体排出，可满足 GBZ 2.1-2019 规定的浓度要求。

#### (2) 固体废物

本项目不产生医疗废物。本项目直线加速器运行过程中不更换靶件，放射性废物主要来源于加速器机头退役时产生的废靶件，含有一定的放射性，它不但有短半衰期放射性核素，还有长半衰期的核素，因而应妥善处理。本项目加速器使用过程不更换靶，加速器退役后，废靶作为放射性固体废物委托有资质单位处置，不在医院暂存。

本项目工作人员和就诊患者、陪护人员产生少量生活垃圾，由于不新增工作人员和床位，生活垃圾的产生量不增加，均依托医院原有的处理设施。生活垃圾由市政环卫部门收集处置。本项目治疗需要使用体膜，每个患者治疗期间使用1个体膜，治疗完成后体膜废弃，废弃的体膜作为一般固体废物统一收集后置于体膜室，外售，综合利用。

本项目直线加速器运行过程中不更换靶件，放射性废物主要来源于加速器机头退役时产生的废靶件，含有一定的放射性，它不但有短半衰期放射性核素，还有长半衰期的核素，因而应妥善处理。本项目加速器使用过程不更换靶，加速器退役后，废靶作为放射性固体废物委托有资质单位处置，不在医院暂存。

### （3）废水

本项目不产生放射性废水。直线加速器运行中产生的热量须由冷却系统实时排出，从而确保核心部件始终处于恒温工作状态。为实现冷却系统长期稳定、高效可靠的运行，本项目采用封闭式循环结构，冷却水在系统内部循环、不对外排放，并以蒸馏水作为冷却介质，从根源上杜绝因水质不良导致的设备性能下降或运行故障。运行期间冷却水可能发生少量自然蒸发，需定期监测并及时补充。本项目工作人员和就诊患者、陪护人员产生少量生活污水，由于不新增工作人员和床位，生活污水产生量不增加，均依托医院原有的处理设施。生活污水排入医院污水处理站，污水处理站设计处理能力为800t/d，采用二级生化处理+消毒工艺（水解酸化池+接触氧化池+二氧化氯消毒），现阶段实际处理量约为269.5t/d，处理后出水水质满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表2预处理标准后经市政污水管网排入鸡冠区污水处理厂。

### （4）噪声

本项目运行过程中，循环水泵和风机会产生噪声，源强不超过70dB(A)，且设备均位于室内，通过选取低噪设备、房间隔声等措施及距离衰减后，对周围声环境的

影响较小。

### 11.3 事故影响分析

#### 11.3.1 事故工况污染途径

该单位使用的加速器可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

(1) 加速器发生故障或人员疏忽，造成剂量设置错误，使受检者或工作人员受到超剂量照射。

(2) 人员误入加速器室，未及时发现受到辐射照射。此外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) 加速器维修时由于误操作或者故障导致机器异常启动，导致维修人员受到意外照射。

(4) 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。

#### 11.3.2 预防措施

(1) 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。

(2) 为防止陪护人员或其他人员误入在加速器室内受到误照射，要求加速器在每次出束前，工作人员必须进机房进行检查，确认无误后，方可出束。加速器装置加强安全保卫措施，无关人员禁止进入工作场所。工作人员须佩戴个人剂量报警仪后才能进入加速器室。一旦出现误入情况，报警仪会提醒工作人员，立即撤出。

(3) 在维修加速器时，按下急停开关，或保持防护门开启，这种情况下，加速器无法启动。此外，维修人员携带有个人剂量报警仪，一旦有紧急情况，马上按下墙上的急停按钮，并迅速撤离现场。

(4) 每日检查防护门是否正常，发现问题及时维修。

发生辐射事故时，事故单位辐射安全应急领导小组接到报告后，应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告，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。

**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**

**12.1.1 管理机构**

按照《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》及生态环境主管部门的要求，该医院成立了鸡西市人民医院辐射安全管理委员会，负责全院辐射安全与防护监督管理工作，机构内职责清晰，任务明确，满足辐射安全与环境保护管理机构的设置要求。

**12.1.2 辐射技术能力**

本项目拟配备 3 名辐射工作人员，从医院现有辐射工作人员中调配，拟调配人员尚未参加“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”放射治疗类辐射安全与防护考核，应在项目运行前，经考核成绩合格后上岗。

**12.2 辐射安全管理规章制度**

医院为了保证辐射安全，保障工作人员和公众的身体健康，已制定了辐射事故预防措施和应急处理预案、辐射安全防护和安全保卫制度、辐射工作人员岗位职责、辐射工作人员培训计划、防止误操作及防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施、不同设备相应的操作规程等。

本项目实施后，鸡西市人民医院将结合本项目的开展，组织制定直线加速器工作场所相关制度，如直线加速器操作规程、监测方案，完善辐射突发环境事件应急预案等，确保全部辐射工作有章可循。同时，组织相关科室人员进行学习，确保依照规定安全使用放射性同位素和射线装置。

**12.3 辐射监测**

按照《黑龙江省辐射污染防治条例》中第十六条和第十八条的要求制定监测计划，包括辐射工作场所监测计划与放射工作人员个人剂量监测计划。定期对本单位放射线工作场所周围环境进行辐射监测，对发现的隐患，应及时整改，监测数据每年年底向省生态环境厅和当地生态环境局上报备案。

本项目在运行期的辐射监测项目分为个人剂量监测和工作场所及周围环境监测。

**12.3.1 个人剂量监测**

鸡西市人民医院应对辐射工作人员开展个人剂量监测，严格按照建立个人剂量监测档案，由专人管理。按每年四次的频度（每季度一次）委托有资质的单位

进行个人剂量常规监测，医院有专职人员配合委托单位及时发放个人剂量计。

### 12.3.2 工作场所及周围环境监测

鸡西市人民医院定期对工作场所进行日常监测，并委托有资质的单位定期对工作场所进行辐射环境监测，并建立监测档案。

- (1) 监测频度：医院日常监测（至少每月一次），委托有资质的单位每年常规监测一次。
- (2) 监测范围：机房防护门、屏蔽墙、人员活动场所及周围环境。
- (3) 监测项目：X- $\gamma$ 周围剂量当量率。
- (4) 监测记录：应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

表 12-1 本项目监测计划建议表

项目	监测内容	监测点位	监测周期	
			自行监测	委托监测
直线加速器	X- $\gamma$ 周围剂量当量率	机房屏蔽墙体、与机房相通的防护门外表面 30cm 处，防护门与墙搭接处、辐射工作人员操作位处、电缆线口处及周围环境。	1 次/月	1 次/年

### 12.3.3 职业健康检查

医院应按照《放射工作人员职业健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）组织所有辐射工作人员进行上岗前的职业健康检查，合格者才能上岗；开展辐射工作后，应定期开展职业健康检查（不少于1次/2年）；辐射工作人员离岗时也应进行职业健康检查，医院应建立辐射工作人员职业健康监护档案并终身保存，并有专人负责管理。

### 12.4 辐射事故应急

医院已制定放射事故应急处理预案，并成立了放射事故应急领导小组，组织、开展放射事件的应急处理救援工作。

内容包括：

- (1) 目的；
- (2) 适用范围；
- (3) 工作原则；
- (4) 组织管理；
- (5) 辐射应急处理程序；
- (6) 辐射事故报告制度等。

依据国家相关法律法规、标准，不断进行补充修改、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。

发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011年4月18日原环境保护部令第18号）第四十四条的规定，发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并在两小时内填写初始报告，向当地生态环境主管部门、公安部门和卫生主管部门报告。

## 12.5 竣工环境保护验收内容

本项目建议竣工环境保护验收内容见表 12-2。

表 12-2 竣工环境保护验收内容一览表

验收内容	验收要求
剂量管理约束值	公众，职业照射剂量约束值分别满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）不大于0.1mSv/a 和5mSv/a 的要求；
布局和屏蔽设计	辐射工作场所实行分区管理；实体屏蔽，设置迷路、防护门，直线加速器室外30cm 处周围剂量当量率应当符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求；
辐射安全设施	防护门与直线加速器联锁，防护门外设置工作状态指示灯、电离辐射警告标志和中文警示说明，直线加速器室内设置紧急停按钮、视频监控、对讲设备、动力通风装置，通风换气次数满足不低于4 次/h 的要求；
辐射防护用品及监测仪器	配置固定式辐射剂量监测仪和便携式辐射监测仪，为辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪；
规章制度	按照本环评报告要求制定直线加速器操作规程、监测方案等辐射安全管理制度；
人员培训	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”学习，经考核合格后上岗，合格证应在有效期内；
应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确应急处理组织机构及职责，处理原则，信息传递，处理程序和处理技术方案等，配备必要的应急器材、设备，完善辐射事故应急预案。针对使用射线装置过程中可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急装备，组织进行辐射事故应急演练。

**表 13 结论与建议**

**13.1 结论**

**13.1.1 产业政策符合性分析**

本项目建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类第三十七大类卫生健康，符合国家产业政策要求。

**13.1.2 实践正当性**

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“4.3 辐射防护要求”、“4.3.1 实践正当性 4.3.1.1 对于一项实践，只有在考虑社会、经济和其他因素之后，其对受照个人和社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的”。

放射性治疗和诊断应用项目有其他技术无法替代的特点，在诊疗病情方面能起到十分重要的作用。本项目应用加速器用于肿瘤患者的治疗，以提高医疗水平和治愈疾病，可以更好的满足医学诊断和治疗的工作需要，对保障人民群众身体健康、拯救生命有十分重要的作用，具有良好的社会效益；采取有效的辐射防护措施，保证加速器室外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，因此，本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。

**13.1.3 建设内容**

鸡西市人民医院拟在鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号医院肿瘤综合楼负一层东南端新建 1 间直线加速器室及配套房间，新增使用 1 台医用直线加速器，属于 II 类射线装置，内置影像引导装置，用于肿瘤患者的治疗。

本项目利用肿瘤综合楼预留场地建设，直线加速器室建筑面积 126m<sup>2</sup>，含有治疗室和直迷路，治疗室使用面积 49.4m<sup>2</sup>，直线加速器室采用混凝土一体浇筑，迷路口安装防护门，室内设置门机联锁、排风系统、视频监控、语音对讲、固定式辐射剂量监测仪、紧急停机开关、工作状态指示灯和辐射警告标志等配套设施。控制室、辅助机房布置于直线加速器室的北侧，建筑面积共 33.75m<sup>2</sup>。本项目直线加速器室西侧预留的另外一间直线加速器室和模拟定位机室均不在本次评价范围。

**13.1.4 辐射环境现状评价**

由黑龙江沣淳环保科技有限公司提供的监测报告可知：直线加速器室所在区域以及周围区域各监测点的 X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率处于黑龙江省天然 $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围内，监测结果未见异常。

### 13.1.5 辐射安全与防护

该医院直线加速器室拟采取有效的辐射防护屏蔽设计，拟设置工作状态指示灯和辐射警告标志、对加速器所在区域分区管理、直线加速器室设置急停按钮和门机联锁装置、安装通风装置、视频监控和对讲设备，医院已配备相关的辐射防护监测仪器和防护用具，符合相关要求。

### 13.1.6 辐射环境影响分析

通过理论估算结果可知，直线加速器室屏蔽墙外以及迷路防护门外剂量率，均低于《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中周围剂量当量率控制水平的要求。

通过预测计算可知，本项目建成后，直线加速器室辐射防护符合相关要求。该医院的辐射工作人员和公众所受年有效剂量分别低于剂量约束限值 5mSv/a 和 0.1mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及本项目“剂量限值”的要求。

### 13.1.7 辐射安全管理制度

该医院设置了专门的辐射安全管理机构，并制定了操作规程、维修制度、人员培训计划、辐射事故应急预案等相关规章制度，建立个人剂量档案和健康档案等，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定。

### 13.1.8 可行性分析结论

综上所述，本项目拟在鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号医院肿瘤综合楼负一层东南端新建 1 间直线加速器室及配套房间，并在直线加速器室配备使用 1 台直线加速器，属于 II 类射线装置，内置影像引导装置，用于肿瘤患者的治疗，以提高疾病的诊治能力和医疗水平。本项目符合国家产业政策以及“实践的正当性”的要求，在严格落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射管理计划，该项目对工作人员、公众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角度，鸡西市人民医院直线加速器建设项目是

可行的。

### 13.2 建议和承诺

(1) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

(2) 定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的放射性核素的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度评估报告，并于每年1月31日前通过全国核技术利用辐射安全申报系统提交。

(3) 严格做好加速器II类射线装置的辐射防护工作。

(4) 该项目在正式投入使用前应办理辐射安全许可证相关事宜。

**表 14 审批**

下一级环保部门预审意见:

公章

经办人

年      月      日

审批意见

公章

经办人

年      月      日

附件1 辐射安全许可证





# 辐射安全许可证



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	鸡西市人民医院			
统一社会信用代码	12230300414086545K			
地 址	黑龙江省鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号			
法定代表人	姓 名	王玉民	联系方式	0467-2682081
辐射活动场所	名 称	场所地址	负责人	
	住院部三楼（导管室）	黑龙江省鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号	杨忠泽	
	门诊一楼（放射科）	黑龙江省鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号	杨忠泽	
	三楼手术室	黑龙江省鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号	杨忠泽	
	门诊三楼（腔镜室）	黑龙江省鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号	杨忠泽	
	证书编号	黑环辐证[00014]		
	有效期至	2028 年 11 月 12 日		
	发证机关	鸡西市生态环境局	(盖章)	
发证日期	2025 年 03 月 05 日			

## (一) 放射源

证书编号: 黑环辐证[00014]

活动种类和范围				使用台账				备注					
序号	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) × 板数	编码	出厂活度(贝可)	出厂日期	标号	用途	来源	申请单位	监管部门
	此页无内容												



## (二) 非密封放射性物质

证书编号：黑环辐证[00014]

活动种类和范围						备注		
序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	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)
此页无内容								



### (三) 射线装置



证书编号: 黑环辐证[00014]

序号	辐射活动场所名称	活动种类和范围			使用台账			备注				
		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	门诊三楼 (腔镜室)	医用诊断 X射线装置	Ⅲ类	使用	1	移动式C形臂 X射线机	Cios Alpha	41021	管电压 125 kV 管电流 120 mA	西门子医疗 系统有限公司		
2		医用诊断 X射线装置	Ⅲ类	使用	1	乳腺钼靶摄影 机	Mammomat at 1000	06522028	管电压 35 kV 管电流 560 mA	德国西门子	已停用	
3		医用诊断 X射线装置	Ⅲ类	使用	1	单板数字化X 线诊断系统	VXi plus	10258	管电压 150 kV 管电流 500 mA	上海西门子		
4	门诊一楼 (放射 科)	医用诊断 X射线装置	Ⅲ类	使用	1	数字化胃肠X 线诊断系统	Ideonos MD	07721819	管电压 150 kV 管电流 800 mA	上海西门子	已停用	
5		医用诊断 X射线装置	Ⅲ类	使用	1	移动式摄影X 线机	Mobilit Elara Max	10840	管电压 133 kV 管电流 450 mA	西门子公司		
6		医用诊断 X射线装置	Ⅲ类	使用	1	乳腺X射线机	MAMMO MAT Inspiration	50149	管电压 35 kV 管电流 188 mA	西门子医疗 系统有限公司		
7		医用X射 线	Ⅲ类	使用	1	X射线计算 机	SOMATO	165574	管电压 140	上海西门子		

4 / 9

### (三) 射线装置

证书编号：黑环辐证[00014]

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	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	
	线计算机断层扫描(CT)装置	类			体层摄影设备(CT)	M go.Top		kV 管电流 825 mA	
8	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	64 排 128 层螺旋 CT 机	Definitio nAS-128	64653	管电压 150 kV 管电流 500 mA	德国西门子
9	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	x 射线计算机层摄影设备	Revolutio nCT ES	REVCS20000 34CN	管电压 150 kV 管电流 500 mA	通用电气医疗系统贸易发展有限公司
10	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	x 射线计算机层摄影设备(CT)	SpeedCT	397066	管电压 140 kV 管电流 1000 mA	飞利浦医疗(苏州)有限公司
11	医用诊断 X 射线装置	III类	使用	1	数字化医用 X 射线摄影系统	Multix Select	20211	管电压 135 kV 管电流	上海西门子

5 / 9





### (三) 射线装置

证书编号：黑环辐证[00014]

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	
12	口腔(牙科) X射线装置	III类	使用	1	(DR)	DR		550 mA	
13	医用诊断X射线装置	III类	使用	1	口腔曲面体层X线机	OP30-2	102105724	管电压 80 kV 管电流 12.5 mA	卡瓦盛邦
14	医用诊断X射线装置	III类	使用	1	移动式C型臂X射线机	KD-C5000	M032114012	管电压 125 kV 管电流 80 mA	上海康达医学科技有限公司
15	血管造影用X射线装置	II类	使用	1	C形臂X射线机	DG3310C	0276	管电压 120 kV 管电流 10 mA	华东电子 已停用
16	血管造影用X射线装置	II类	使用	1	医用血管造影X射线机(DSA)	Innova IGS 5	M3-22-097	管电压 120 kV 管电流 1000 mA	通用电气医疗系统两合资公司

6 / 9

# 鸡 西 市 生 态 环 境 局

鸡环审〔2023〕34号

## 关于鸡西市人民医院新增 DSA 射线装置建设 项目环境影响报告表的批复

鸡西市人民医院：

你单位报送的《鸡西市人民医院新增 DSA 射线装置建设项目环境影响报告表》（以下简称《报告表》）已收悉。经审查，现批复如下：

### 一、原则同意该项目建设

本项目建设地点为黑龙江省鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号鸡西市人民医院住院部 3 楼，工程建设内容为在医院住院部 3 楼新建两个 DSA 机房，分别位于导管室的第一介入治疗室和第二介入治疗室，并使用 II 类射线装置 DSA2 台，第一介入治疗室 DSA 机房占地面积为 53.75m<sup>2</sup>，有效使用面积 40.87m<sup>2</sup>；第二介入治疗室 DSA 机房占地面积为 93.12m<sup>2</sup>，有效使用面积 68.26m<sup>2</sup>。项目总投资 1183.7 万元，其中环保投资 59 万元。在认真落实环评报告表中各项环境保护措施的情况下，原则同意该项目建设。

### 二、项目建设和运行中应重点做好以下工作

（一）项目建设时，应严格按照《报告表》和相应标准要求的防护设施进行建设；项目运行后，必须对电离辐射警

告标志、工作状态指示灯、门灯联锁装置、通风装置等安全防护措施进行定期检修维护，保证其良好运行。

(二) 项目建成后，在机房屏蔽体外表面30厘米处的周围剂量当量率控制目标值不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

(三) 项目运行前必须办理辐射安全许可证变更，建立健全各项辐射安全管理规章制度、安全防护措施和辐射事故应急预案；放射工作人员必须通过辐射安全和辐射防护知识培训，持证上岗。

(四) 项目运行后，放射工作人员工作时必须佩带个人剂量计和个人剂量报警仪，每季度向有资质单位送检个人剂量计并建立个人剂量档案。

### 三、严格落实“三同时”制度

项目建设必须严格执行环境保护设施与主体工程主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应按照有关规定进行环境保护竣工验收。

### 四、其他事项

环境影响报告表经批准后，项目的性质、规模、地点或者辐射防护措施发生重大变动的，应当重新报批该项目的环境影响报告表。自环境影响报告表批复文件批准之日起，如超过5年方决定开工建设的，环境影响报告表应当重新审核。



# 鸡西市人民医院 新增 DSA 射线装置建设项目 竣工环境保护验收意见

2023 年 12 月 6 日，鸡西市人民医院根据根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的相关规定，邀请相关单位人员及专家组成验收工作小组（名单附后），严格依照国家有关法律法规、建设项目竣工环境保护验收技术指南、本项目环境影响评价报告表和审批部门审批决定等要求，对鸡西市人民医院新增 DSA 射线装置建设项目进行验收，提意见如下：

## 一、工程建设基本情况

### （一）建设地点、规模、主要建设内容

本项目建设地点为黑龙江省鸡西市鸡冠区兴国东路 114 号鸡西市人民医院住院部 3 楼，工程建设内容为在医院住院部 3 楼新建两个 DSA 机房，分别位于导管室的第一介入治疗室和第二介入治疗室，并使用 II 类射线装置 DSA2 台，第一介入治疗室 DSA 机房占地面积为 53.75m<sup>2</sup>，有效使用面积 40.87m<sup>2</sup>；第二介入治疗室 DSA 机房占地面积为 93.12m<sup>2</sup>，有效使用面积 68.26m<sup>2</sup>。项目总投资 1183.7 万元，其中环保投资 59 万元。目前项目处于调试阶段，辐射防护设施与主体工程已经同步建成并可投入使用。

### （二）建设过程及环保审批情况

1. 2023 年 9 月，黑龙江众安环保科技有限公司编制完成《鸡西市人民医院新增 DSA 射线装置建设项目环境影响报告表》
2. 2023 年 10 月，鸡西市生态环境局以鸡环审[2023]34 号文，《关于鸡西市人民医院新增 DSA 射线装置建设项目环境影响报告表环境影响报告表的批复》批复了工程环境影响报告表。
3. 2023 年 12 月，黑龙江众安环保科技有限公司编制完成《鸡西市人民医院新增 DSA 射线装置建设项目环境影响报告表竣工环境保护验收监测报告表》。
4. 该项目已取得审批部门的辐射安全许可证。
5. 项目建设过程中执行了环保“三同时”制度，项目从建设至调试期间无环境投诉、违法或处罚记录。

### （三）投资情况

本项目总投资 1183.7 万元，其中环保投资 59 万元，环保投资占总投资比例为 4.98%。

### （四）验收范围

DSA 机房外 50m 范围以及 DSA 机房内。保护目标为 DSA 工作场所工作人员和其他公众成员。

孙晓东 李杨 宋利

## **二、工程变动情况**

根据现场踏勘情况，本项目建设性质、地点、规模、工艺、环保措施均与环评阶段一致，无变动，未发生变化。

## **三、环境保护设施建设情况**

(一) 辐射安全措施：辐射工作场所已按相应要求进行了分区管理，设置了辐射工作状态指示灯并与机房门有效关联、电离辐射警告标志和中文警示说明；安装闭门装置、通风装置系统和机房观察窗。

(二) 辐射管理措施：成立了辐射安全管理机构，建立了各项辐射安全管理制度，辐射工作人员配备了个人剂量计和个人剂量报警仪，以及个人防护用品，建立个人剂量档案，定期送检个人剂量计。

## **四、工程建设对环境和人员的影响**

监测期间，设备处于正常工况。《鸡西市人民医院新增 DSA 射线装置竣工环境保护验收监测报告表》中监测结果表明，辐射工作场所屏蔽体外 30cm 处监测结果符合验收标准要求；辐射工作人员和周围公众所受到的年有效剂量分别低于职业照射和公众照射年剂量约束限值 5mSv/a 和 0.1mSv/a，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。

## **五、验收结论**

通过审核验收监测报告并结合现场核查，本项目环境保护手续齐全，执行了环保“三同时”制度，落实了环境影响报告表及其批复要求的辐射安全防治措施建设，辐射安全管理规范，辐射安全防护设施运行正常，辐射屏蔽达到相关标准要求，本项目竣工环境保护验收符合《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》要求，同意验收。

## **六、后续要求**

项目运行期间应定期对辐射安全防护设施检修维护，保证其良好运行；放射工作人员工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并定期向有资质单位送检个人剂量计，建立个人剂量档案。

## **七、验收人员信息**

名单附后

孙善男 侯楠 宋利

鸡西市人民医院  
2023 年 12 月 6 日

附件3 现状监测报告



200812050870

黑龙江淳淳环保科技有限公司

# 监 测 报 告

淳淳环境

黑淳检字【2025】1124-03号

监测项目: X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率

委托单位: 鸡西市人民医院

监测类别: 委托监测

报告日期: 2025年11月24日

(检验检测专用章)

## 说 明

- 1、 报告无本单位测试报告专用章、骑缝章、章无效。
- 2、 复制报告未重新加盖本单位测试报告专用章无效。
- 3、 报告涂改无效。
- 4、 自送样品的委托测试，其监测结果仅对来样负责；对不可复现的监测项目，结果仅对采样（或监测）当时所代表的时间和空间负责。
- 5、 对监测报告如有异议，请于报告发出之日起的两个月之内以书面形式向本站提出，逾期不予受理。

单位名称：黑龙江沣淳环保科技有限公司 电 话：13204518562

单位地址：哈尔滨市道外区临堤街 55-1 号 传 真：0451-88989548

邮政编码：150001 电子邮件：fengchunhuanbao@163.com

## 监测报告

监测项目	X-γ辐射空气吸收剂量率				
委托单位	鸡西市人民医院				
监测类别	委托监测	监测方式	现场监测		
委托日期	2025年11月10日	监测日期	2025年11月13日		
监测温度	室内温度 23°C	监测湿度	室内 37%RH		
监测地点	鸡西市鸡冠区兴国东路114号鸡西市人民医院肿瘤综合楼负一层				
监测仪器	仪器名称	环境监测用 X、γ辐射空气比释动能率仪			
	规格型号	PN98			
	测量范围	10nGy/h-100μGy/h			
	仪器监定有效日期	2025年6月13日~2026年6月12日			
监测方法	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)				
监测结果	监测结果见附表1				
监测布点	监测布点示意图见附图1				
监测结论	<p>该医院直线加速器室所在区域及周围区域X-γ辐射空气吸收剂量率        监测结果为：0.05~0.07μGy/h。</p> <p style="text-align: right;">           (检验检测专用章)          2025年11月24日       </p>				

报告编写人: 宋子涵

审核人: 钱宇

授权签字人: 宋子涵

授权日期: 2025.11.24

## 附表1

表1 X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位	X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )		备注
		监测结果	标准差	
1	1*西墙外南侧 30 cm 处	0.05	0.01	
2	2*进件门外 30 cm 处	0.06	0.01	
3	3*西墙外北侧 30 cm 处	0.06	0.01	
4	4*医患进出门外 30 cm 处	0.06	0.01	
5	5*北墙外中间 30 cm 处	0.07	0.01	
6	6*北墙外东侧 30 cm 处	0.06	0.01	
7	7*加速器室迷路监测点	0.05	0.01	
8	8*加速器室迷路监测点	0.06	0.01	
9	9*加速器室内监测点	0.07	0.01	
10	10*加速器室内监测点	0.06	0.01	
11	11*二楼距地面 30 cm 处	0.05	0.01	
12	12*二楼距地面 30 cm 处	0.06	0.01	
13	13*二楼距地面 30 cm 处	0.05	0.01	
14	14*二楼距地面 30 cm 处	0.06	0.01	
15	15*二楼距地面 30 cm 处	0.05	0.01	
16	16*二楼距地面 30 cm 处	0.05	0.01	
17	17*二楼距地面 30 cm 处	0.06	0.01	
18	18*二楼距地面 30 cm 处	0.05	0.01	
19	19*二楼距地面 30 cm 处	0.06	0.01	
20	20*二楼距地面 30 cm 处	0.06	0.01	
21	21*门窗厂厂房监测点	0.07	0.01	
22	22*门窗厂厂房监测点	0.06	0.01	

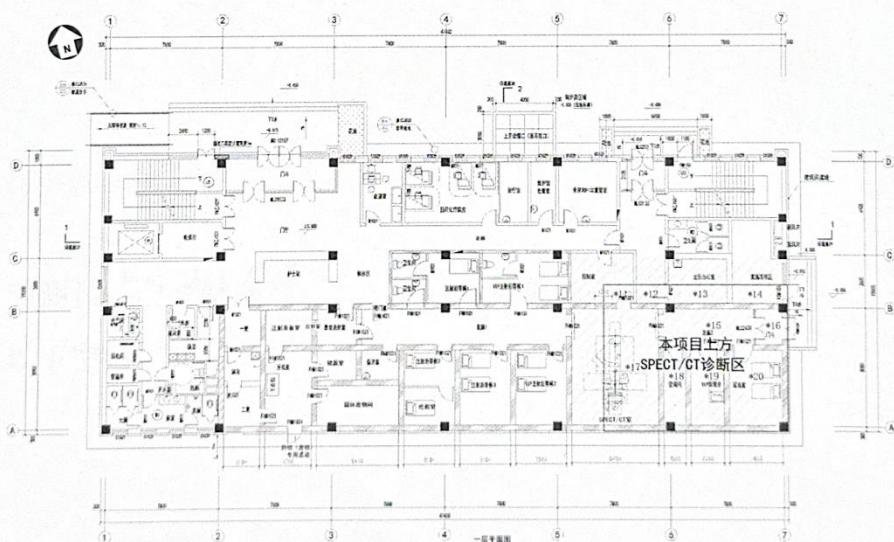
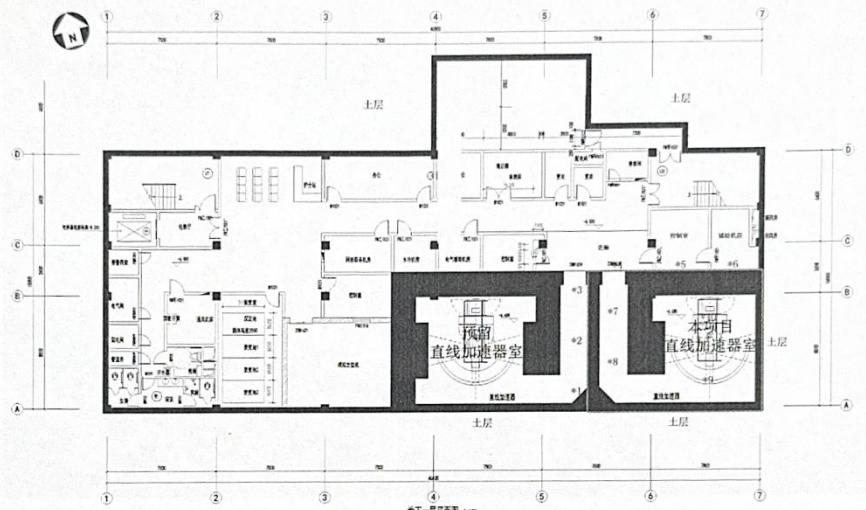
黑淳检字【2025】1124-03号

23	23*门窗厂厂房监测点	0.06	0.01	
24	24*洗衣房监测点	0.07	0.01	
25	25*办公楼监测点	0.06	0.01	
26	26*住院部监测点	0.07	0.01	

注：上述数值已进行修正，已扣除宇宙射线响应值

黑淳检字【2025】1124-03号

附图 1



黑淳检字【2025】1124-03号



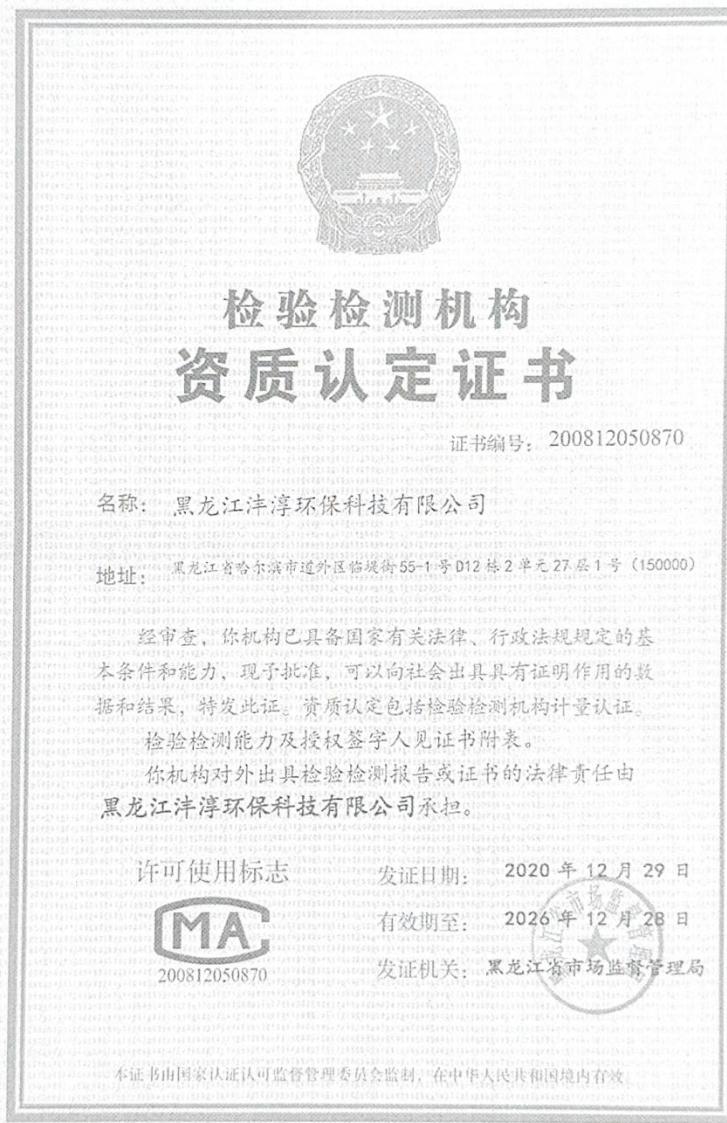
一、监测布点示意图

注：\*为监测点。

监测员：王加刚  
以下空白

记录员：宫子涵

黑淳检字【2025】1124-03号



第8页共8页

附件 4 排污许可证

# 排污许可证

证书编号：12230300414086545K001R

单位名称：鸡西市人民医院

注册地址：鸡西市鸡冠区兴国东路114号

法定代表人：王玉民

生产经营场所地址：鸡西市鸡冠区兴国东路114号

行业类别：综合医院

统一社会信用代码：12230300414086545K

有效期限：自2025年03月17日至2030年03月16日止



发证机关：（盖章）鸡西市生态环境局

发证日期：2025年01月21日

中华人民共和国生态环境部监制

鸡西市生态环境局印制

## 附件 5 排污许可 2024 年度执行报告情况

鸡西市人民医院

生产经营场所地址：鸡西市鸡冠区兴国东路114号 行业类别：综合医院 所在地区：黑龙江省-鸡西市-鸡冠区 发证机关：鸡西市生态环境局

[排污许可证正本](#)  
[排污许可证副本](#)



许可证编号	业务类型	版本	办结日期	有效期限
12230300414086545K001R	申领	1	2020-03-17	2020-03-17 至 2023-03-16
12230300414086545K001R	变更	2	2021-08-26	2020-03-17 至 2025-03-16
12230300414086545K001R	变更	3	2023-09-21	2020-03-17 至 2025-03-16
12230300414086545K001R	变更	4	2023-09-27	2020-03-17 至 2025-03-16
12230300414086545K001R	变更	5	2024-11-13	2020-03-17 至 2025-03-16
12230300414086545K001R	延续	6	2025-01-27	2025-03-17 至 2030-03-16
12230300414086545K001R	变更	7	2025-08-04	2025-03-17 至 2030-03-16

大气污染物排放信息	水污染物排放信息	自行监测要求	执行(守法)报告要求	信息公开要求	环境管理台账记录要求
其他许可内容					
<p>主要污染物类别：废气、废水</p> <p>大气主要污染物种类：氯（氯气）、氯化氢、氯气浓度、二氧化氯、氯气</p> <p>大气污染防治状况：有组织、无组织</p> <p>大气污染物排放执行标准：医疗机构水污染物排放标准GB 14554-93、医疗机构水污染物排放标准GB 18466-2005</p> <p>废水主要污染物种类：化学需氧量、氨氮、pH值、五日生化需氧量、悬浮物、动植物油、石油类、耗氧量、总有机碳、阴离子表面活性剂、总余氯、(以Cl<sup>-</sup>计)、肠道致病菌、粪便病毒、最大肠菌群数/(MPN/L)</p> <p>废水污染物排放标准：间断排放、排放期间流量稳定</p> <p>废水污染物排放执行标准：医疗机构水污染物排放标准GB 18466-2005</p> <p>排污权使用和交易信息：/</p>					

### 执行报告

报告类型	报告期	执行报告
季报	2025年第3季度季报表	<a href="#">执行报告文档</a>
季报	2025年第2季度季报表	<a href="#">执行报告文档</a>
季报	2025年第1季度季报表	<a href="#">执行报告文档</a>
年报	2024年年报表	<a href="#">执行报告文档</a>
季报	2024年第4季度季报表	<a href="#">执行报告文档</a>
季报	2024年第3季度季报表	<a href="#">执行报告文档</a>
季报	2024年第2季度季报表	<a href="#">执行报告文档</a>
月报	2024年第3月月报表	<a href="#">执行报告文档</a>
月报	2024年第2月月报表	<a href="#">执行报告文档</a>
月报	2024年第1月月报表	<a href="#">执行报告文档</a>
季报	2024年第01季度季报表	<a href="#">执行报告文档</a>

## 附件 6 机房屏蔽及工况说明

### 关于机房屏蔽及工况说明

我院肿瘤综合楼负一层新建 1 间直线加速器室，使用 1 台医用直线加速器。直线加速器预计一天治疗 20 人，平均每位患者一次治疗照射时间 1.5min，每周工作 5 天，年工作 250 天，周治疗出束时长 2.5h，全年治疗出束时长 125h。

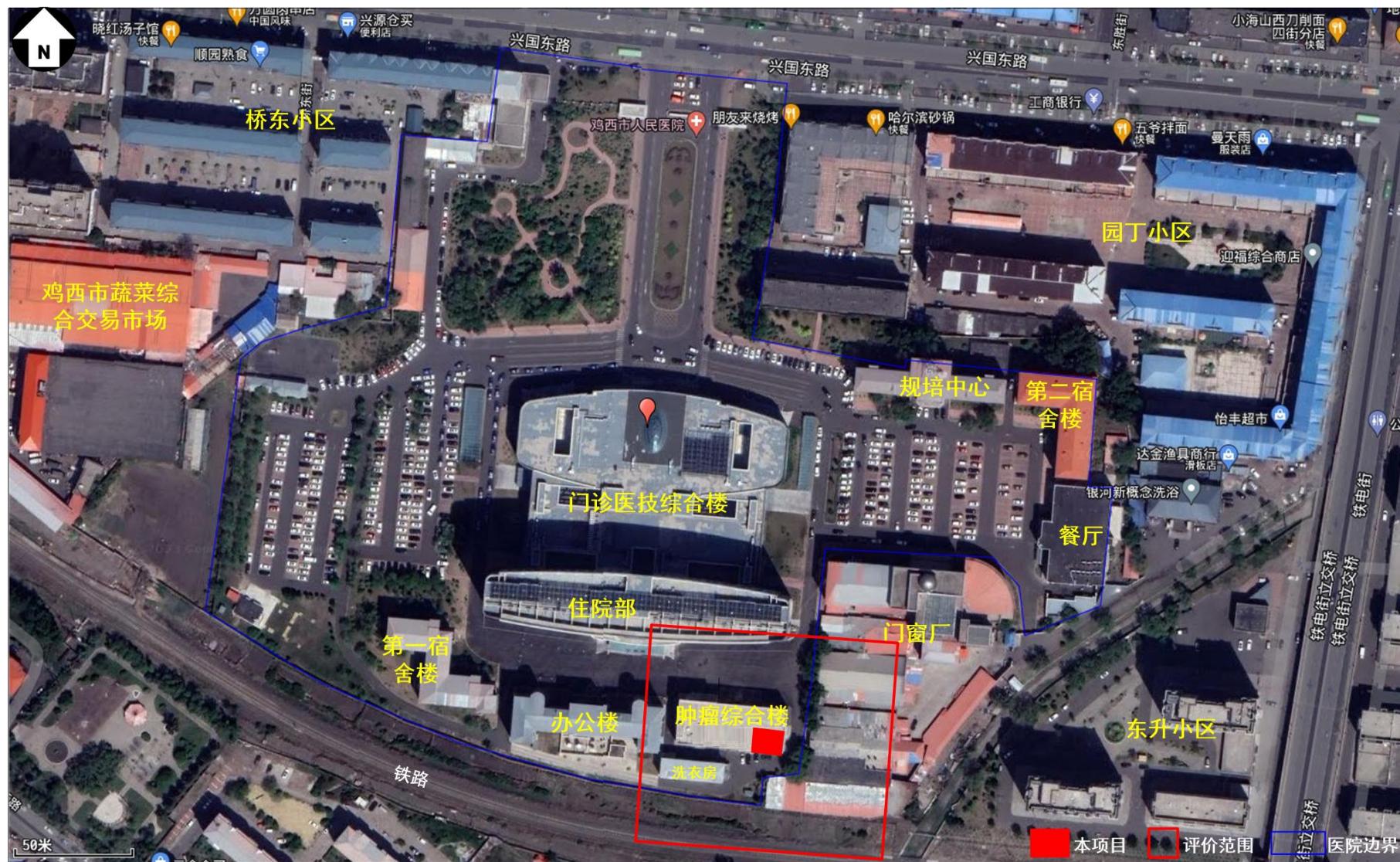
本项目加速器机房辐射防护设计见下表：

位置		防护材料和厚度	
东侧屏蔽墙		600mm 混凝土	
西侧	迷路内墙	主屏蔽墙 2700mm 混凝土	
		与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙 1800mm 混凝土	
迷路外墙		屏蔽墙 800mm 混凝土	
南侧屏蔽墙		600mm 混凝土	
北侧屏蔽墙		1800mm 混凝土	
顶棚		主屏蔽墙 2700mm 混凝土	
		与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙 1800mm 混凝土	
防护门		20mm 铅板+180mm 硼石蜡电动推拉门	
治疗室使用面积		49.4m <sup>2</sup>	

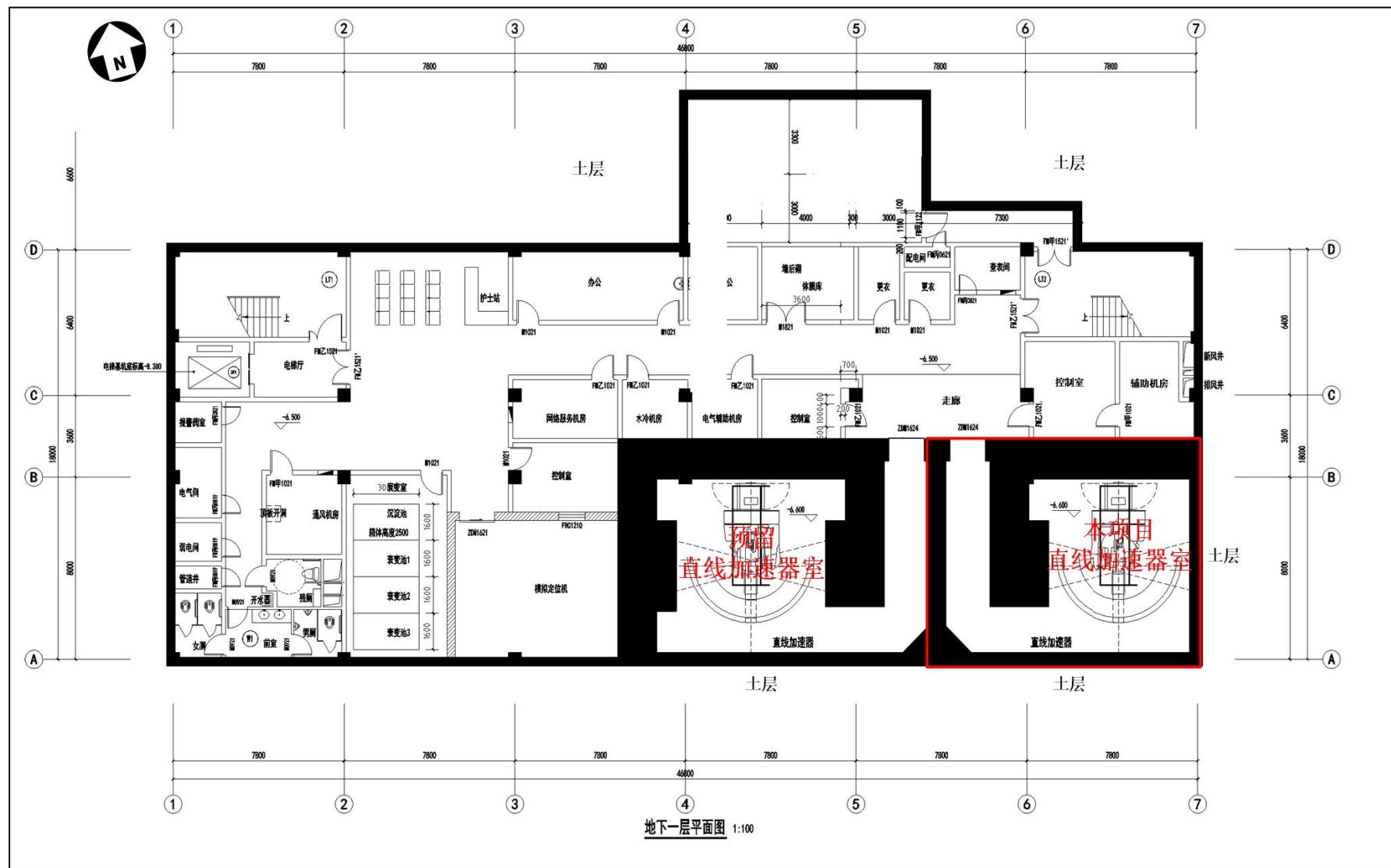
注：东墙和南墙外均土层，混凝土密度不低于  $t/m^3$ ，铅密度不低于  $11.3t/m^3$ 。

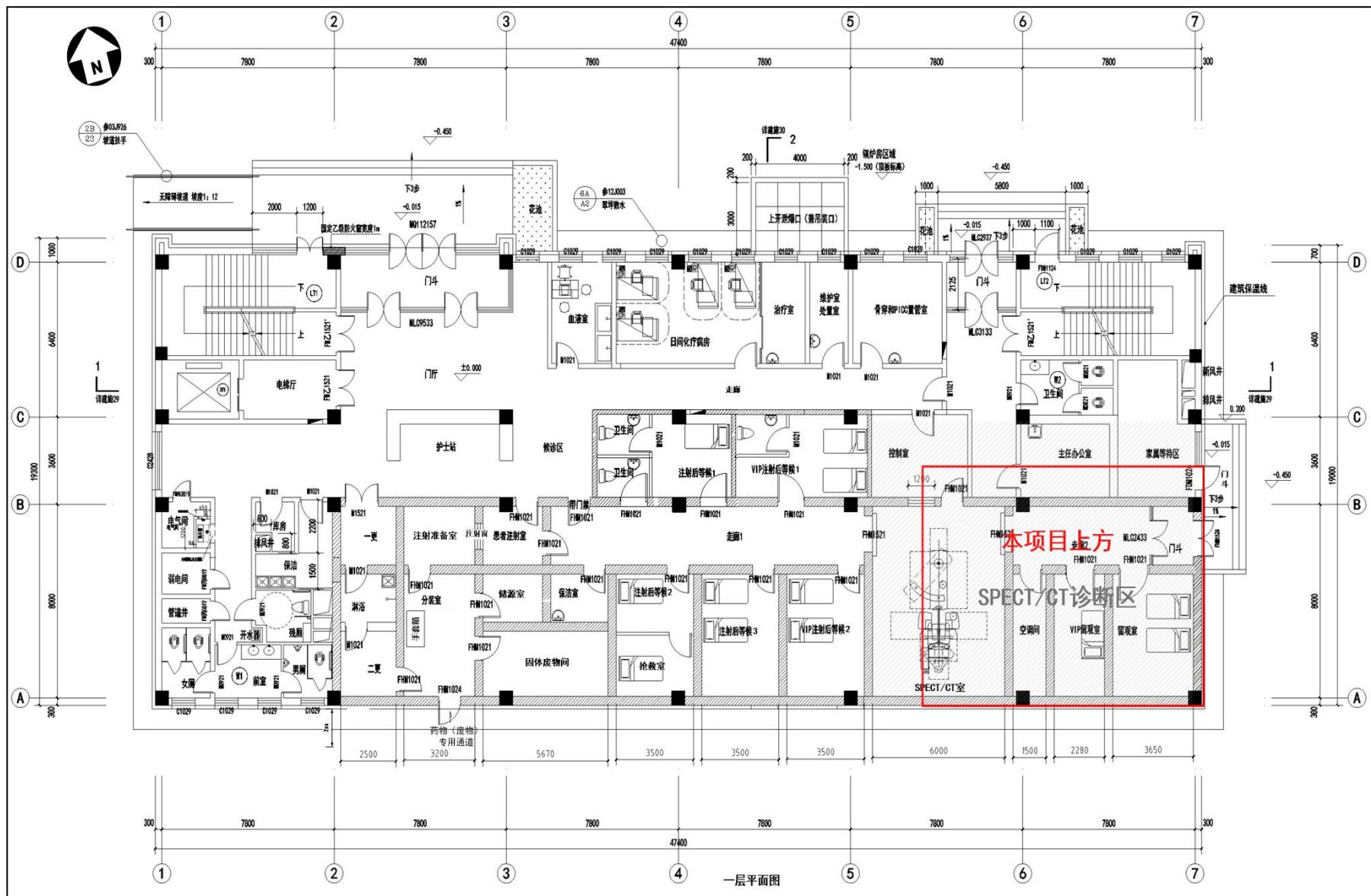


附图1 医院地理位置与周边环境关系图

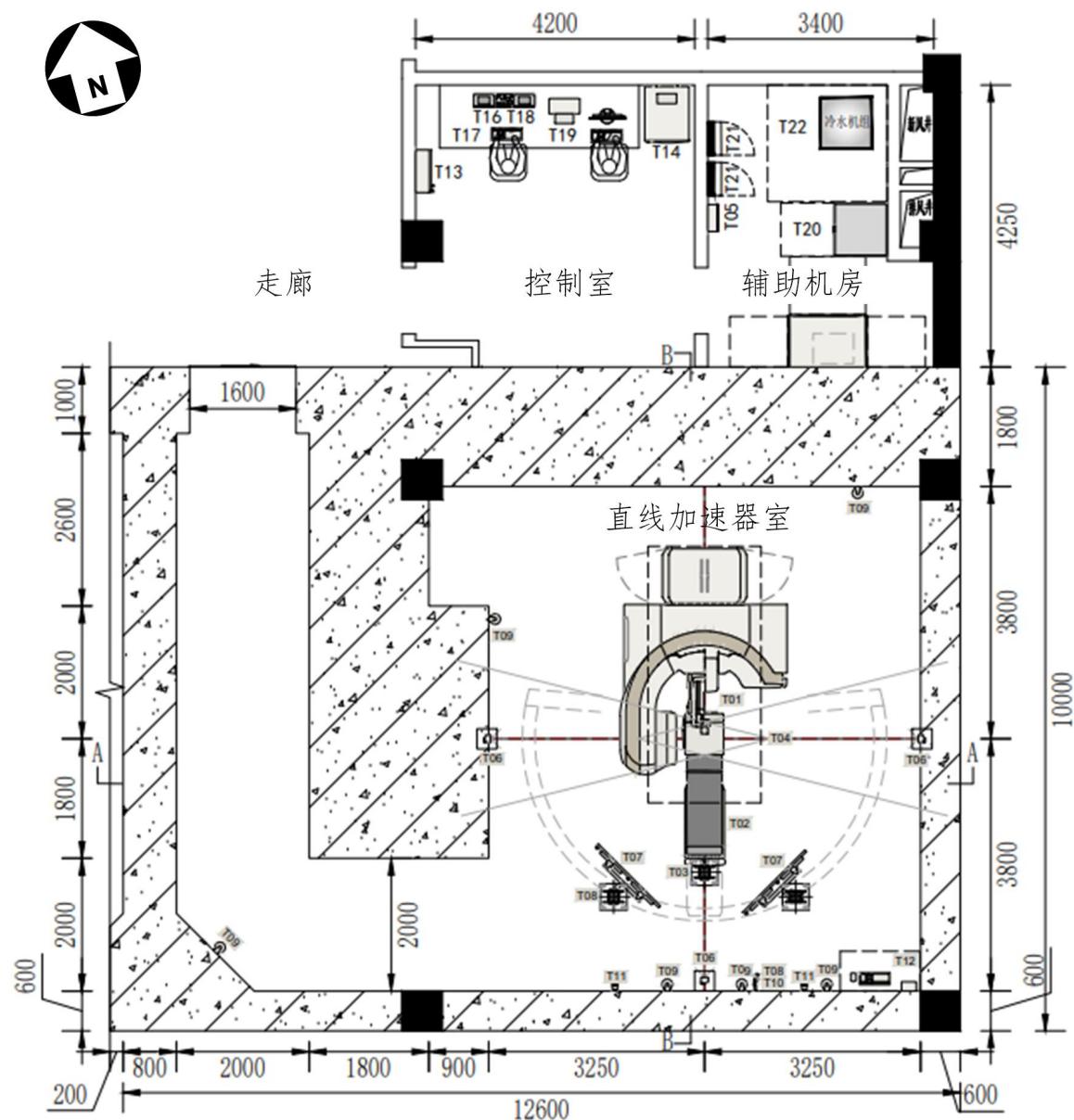


附图 2 肿瘤综合楼负一层和一层平面布置图



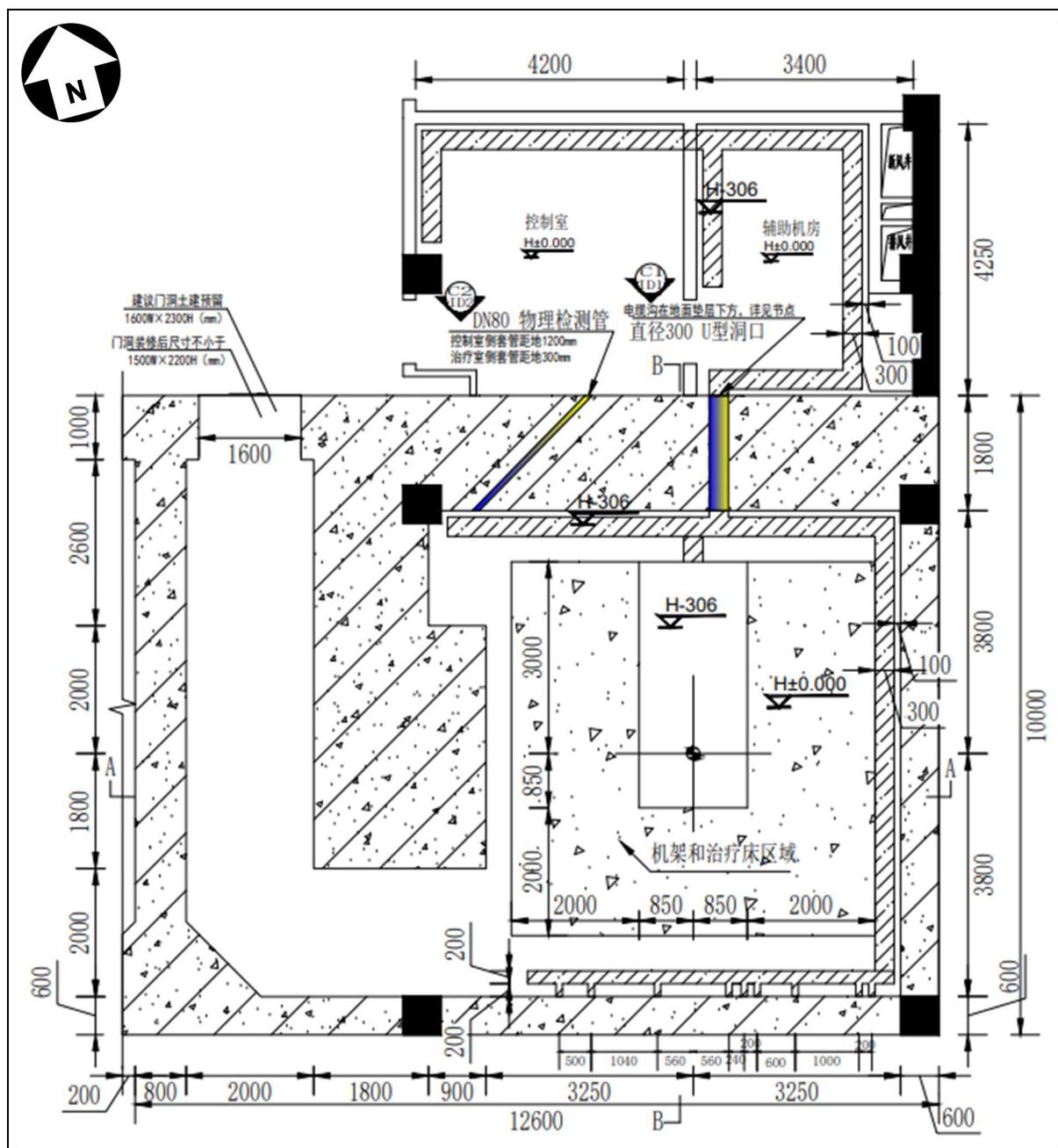


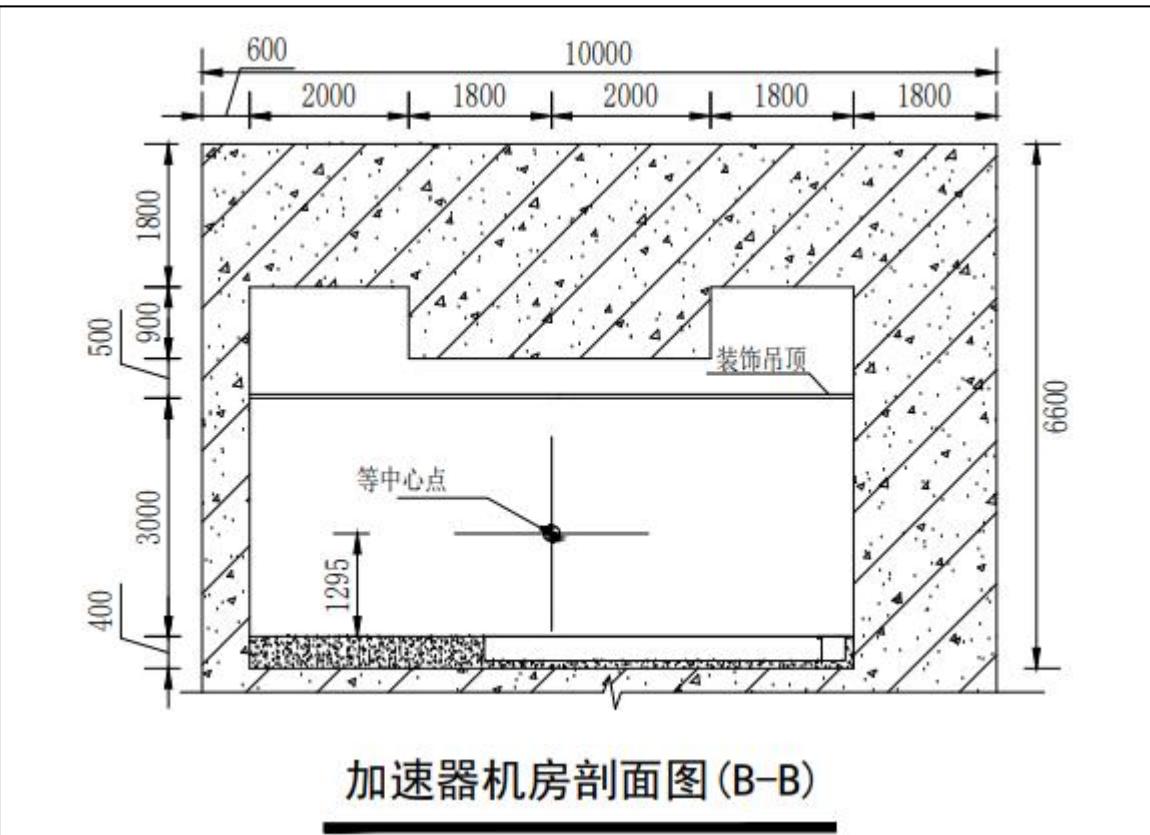
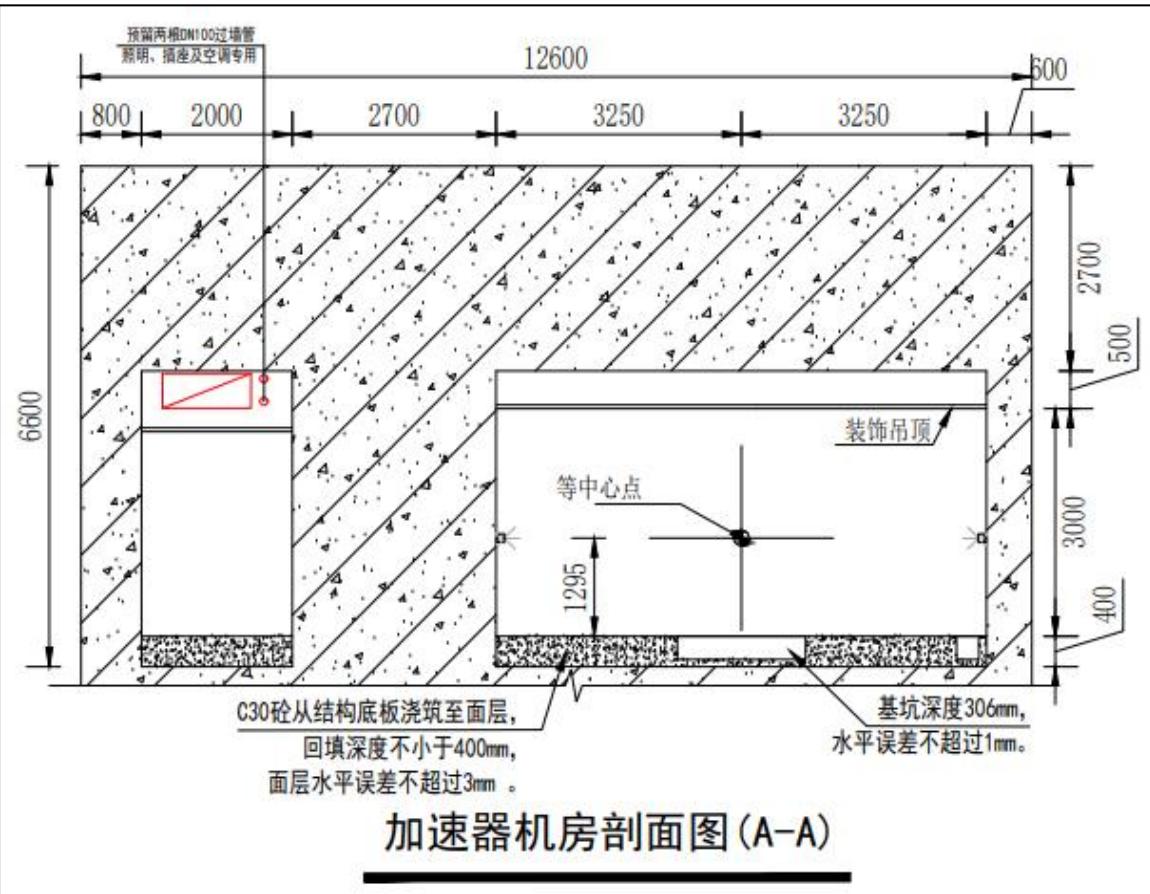
附图3 直线加速器室平面布局图



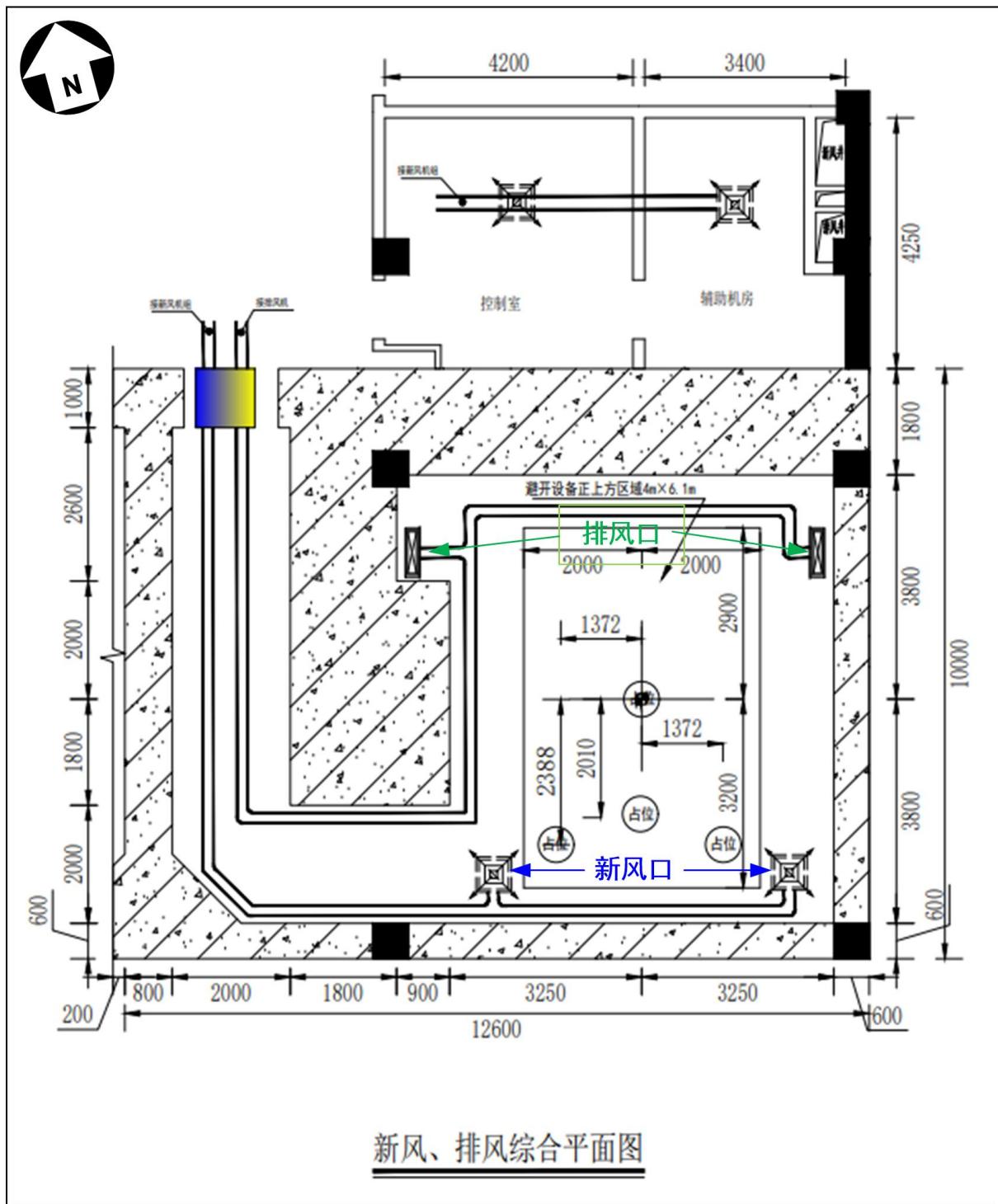
## 直线加速器设备机房平面布置图

附图 4 直线加速器室屏蔽防护设计图





附图 5 直线加速器室排风系统设计



附图 6 直线加速器室辐射防护设施示意图

