

核技术利用建设项目

大同世纪友好医院有限责任公司

使用医用 II 类射线装置项目

环境影响报告表

(公示版)



大同世纪友好医院有限责任公司

2025年11月

核技术利用建设项目

大同世纪友好医院有限责任公司
使用医用 II 类射线装置项目

环境影响报告表



建设单位名称：大同世纪友好医院有限责任公司

建设单位法定代表人（签名或签章）：宋晓东

通讯地址：山西省大同市昌泰街 117 号

邮政编码：037006

联系人：董黎明

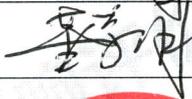
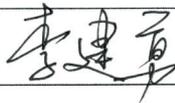
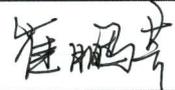
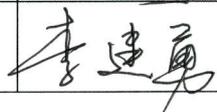
电子邮箱：13835285360@qq.com

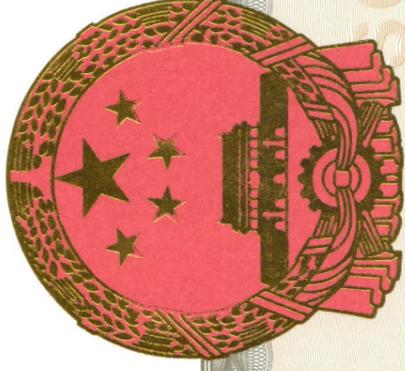
联系电话：13835285360



打印编号: 1762421244000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	2s44z1		
建设项目名称	大同世纪友好医院有限责任公司使用医用Ⅱ类射线装置项目		
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)	大同世纪友好医院有限责任公司		
统一社会信用代码	91140200317131551A		
法定代表人 (签章)	宋晓东		
主要负责人 (签字)	董黎明		
直接负责的主管人员 (签字)	董黎明		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	山西中辐晟远检测技术有限公司		
统一社会信用代码	91140100MA0GW55E6N		
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
李建勇	08351443507140221	BH016340	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
崔鹏芳	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、项目工程分析与源项、环境影响分析、结论与建议	BH066428	
李建勇	辐射安全与防护、辐射安全管理、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状	BH016340	



SCJDGL SCJDGL SCJDGL

SCJDGL SCJDGL SCJDGL

SCJDGL SCJDGL SCJDGL

统一社会信用代码

91140100MA0GW55E6N

营业执照

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 山西中辐晟远检测技术有限公司

注册资本 贰佰万圆整

类型 有限责任公司(自然人投资或控股)

成立日期 2016年08月02日

法定代表人 杨新燕

住所 山西转型综合改革示范区学府产业园星河东路6号瀚翔国际10层1002、1003

经营范围
许可项目：放射卫生技术服务；职业卫生技术服务；检验检测服务。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准）
一般项目：环保咨询服务；会议及展览服务；社会稳定风险评估；水利相关咨询服务；土壤污染治理与修复服务。（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）

SCJDGL SCJDGL SCJDGL

SCJDGL SCJDGL SCJDGL

SCJDGL SCJDGL SCJDGL





中华人民共和国
环境影响评价工程师
职业资格证书

Professional Qualification Certificate
Environmental Impact Assessment Engineer
The People's Republic of China



持证人签名:
Signature of the Bearer

管理号:
File No.:

姓名:

Full Name 李建勇

性别:

Sex _____

出生年月:

Date of Birth 197003081390

专业类别:

Professional Type

批准日期:

Approval Date 08-05-11

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2010年10月10日

Issued on



目 录

表 1 项目概况	错误！未定义书签。
表 2 放射源	8
表 3 非密封放射性物质	8
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6 评价依据	11
表 7 保护目标与评价标准	13
表 8 环境质量和辐射现状	16
表 9 项目工程分析与源项	21
表 10 辐射安全与防护	27
表 11 环境影响分析	37
表 12 辐射安全管理	44
表 13 结论与建议	57
表 14 审批	61

附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 X、 γ 放射治疗系统拟安装位置四邻关系、评价范围及主要保护目标示意图

附图 3 医院地下二层平面布置示意图

附图 4 加速器 2 室机房平面、剖面原屏蔽设计图

附图 5 X、 γ 放射治疗系统设备布局图

附件

附件 1 环境影响评价委托书

附件 2 营业执照

附件 3 辐射安全许可证

附件 4 关于《大同新世纪糖尿病医院新建项目环境影响报告书》的批复文件，原大同市环境保护局，同环函【2011】370 号，2011 年 10 月 13 日；

关于《大同新世纪糖尿病医院新建项目环境影响报告书变更报告》的批复文件，原大同市环境保护局，同环函（服务）【2015】4 号，2015 年 1 月 21 日；

附件 5 原有核技术利用设施环保手续履行文件；

附件 6 《大同世纪友好医院有限责任公司使用医用 II 类射线装置项目现状检测报告》（报告编号：HJ-2508-002），2025 年 8 月 20 日。

表 1 项目概况

建设项目名称		大同世纪友好医院有限责任公司使用医用 II 类射线装置项目			
建设单位		大同世纪友好医院有限责任公司			
法人代表	宋晓东	联系人	董黎明	联系电话	13835285360
注册地址		山西省大同市平城区昌泰街 117 号			
项目建设地点		山西省大同市平城区昌泰街 117 号 (大同世纪友好医院有限责任公司) 地下二层加速器 2 室			
立项审批部门		--	批准文号	--	
建设项目总投资(万元)	2000	项目环保投资(万)	94	投资比例(环保投资/总投资)	4.7%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m ²)	297.4
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他				
	<p>项目概述</p> <p>1.建设单位概况</p> <p>大同世纪友好医院有限责任公司(以下简称“世纪友好医院”),原名大同美中嘉和肿瘤医院有限责任公司,由深圳泰和诚医疗投资有限公司全资持有,成立于 2014 年 10 月 23 日,2024 年更名为大同世纪友好医院有限责任公司,位于大同市平城区昌泰街 117 号。医院地理坐标东经 113.276236° ~113.276672°,北纬 40.057818° ~40.058464°,西邻大同三中,东接大同魏都医院,南临昌泰街,交通便利,具体地理位置详见附图 1。</p> <p>该医院经营范围涵盖内科、外科、妇产科、眼科、耳鼻咽喉科、口腔科、肿瘤科、临终关怀科、麻醉科、医学检验科、医学影像科、中医科、中西医结合科</p>				

等，截至 2024 年参保人数 61 名，为大同市首家医保、农合定点二级营利性肿瘤专科医院。

该医院与北京各大肿瘤专科医院展开深度合作，是一所以肿瘤放射治疗为主要特色的肿瘤专科医院，租赁大同新世纪糖尿病医院房屋，包括地下一、二层用房及地面一楼到四楼的病房，面积为 4900 平米，租赁期限 2014 年 9 月 30 日至 2034 年 9 月 30 日。

2011 年 10 月 13 日，原大同市环境保护局对《大同新世纪糖尿病医院新建项目环境影响报告书》进行批复，批复文号：同环函【2011】370 号。

2015 年 1 月 21 日，原大同市环境保护局对《大同新世纪糖尿病医院新建项目环境影响报告书变更报告》进行批复，批复文号：同环函（服务）【2015】4 号，主要涉及污水处理站和医疗废物暂存库位置调整。

2.项目目的和评价任务由来

2015 年 6 月 12 日，原山西省环境保护厅以晋环函【2015】599 号文对《大同美中嘉和肿瘤医院有限责任公司核技术利用项目环境影响报告表》进行批复，其中包含地下二层加速器 1 室和加速器 2 室（2 台 10MeV 医用电子直线加速器）工作场所环境影响评价批复。2015 年 9 月进行开工建设，后期加速器 1 室已进行设备安装调试，并于 2017 年 11 月 16 日完成竣工环境保护验收（具体内容详见附件 5）；加速器 2 室主体工程已基本完工，后期未进行设备采购安装。

随着医疗事业的发展，为进一步提高医院整体肿瘤治疗水平，保障人民健康，大同世纪友好医院有限责任公司拟在医院地下二层加速器 2 室安装 1 台 X/γ 射线放射治疗系统（具体装置详细信息见表 1-2），用于肿瘤放射治疗。

本项目 X/γ 射线放射治疗系统为三合一放射治疗系统，包括 X 射线治疗系统（II 类射线装置）、γ 射线放射治疗系统（I 类放射源）、图像采集系统（III 类射线装置）。即将 1 个 6MV 医用加速器治疗模块、1 个医用伽玛刀聚焦治疗模块和 1 个 CBCT 图像引导系统模块集成于同一个滚筒上，从而具备伽玛刀和加速器 2 种治疗功能，治疗时加速器和伽玛刀不同时开机，CBCT 在每次治疗时可进行患者的摆位位置验证，减小患者治疗位置误差，提升治疗效果。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（2017 年第 66 号），本项目拟安

装使用的 X/γ 射线放射治疗系统属于“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《关于发布<放射源分类办法>的公告》（2005 年第 62 号），本项目拟安装使用的 X/γ 射线放射治疗系统属于“单枚活度 $\geq 3 \times 10^{13}$ （Bq）的 Co-60 放射源”，为 I 类放射源。根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国环境保护法》、《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和防护条例》、《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函【2025】313 号）等法律法规的规定，该医院使用 X/γ 射线放射治疗系统属于规模和源项发生重大变动，需要重新进行辐射环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目环境影响评价类别为“五十五、核与辐射-172、核技术利用建设项目”中“使用 II 类射线装置、医疗使用 I 类放射源”，应编制环境影响报告表。

2025年6月20日，大同世纪友好医院有限责任公司委托山西中辐晟远检测技术有限公司对该项目进行辐射环境影响评价（环境影响评价委托书见附件1）。接受委托后我公司组织技术人员对 X/γ 射线放射治疗系统拟安装使用场所以及周边辐射环境进行了实地踏勘、现场辐射监测，并收集了相关技术资料，在此基础上，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了《大同世纪友好医院有限责任公司使用医用 II 类射线装置项目环境影响报告表》（送审本）。现提交建设单位，报大同市生态环境局进行技术审查。

3.项目建设内容

本项目建设内容主要为大同世纪友好医院有限责任公司拟在医院地下二层加速器 2 室安装 1 台 X/γ 射线放射治疗系统，加速器 2 室机房拟完全利用原有机房，机房结构和屏蔽材料及厚度均不做改变。

本项目工程建设内容较为简单，不涉及机房主体结构新建或改建，与加速器 1 室设备共用控制室及配套模拟定位机，主要为设备安装调试，同时配套建设相应辐射防护屏蔽设施。具体建设内容及规模见表 1-1。

表 1-1 项目建设内容及规模一览表

工程名称	建设内容及规模		备注	
主体工程	加速器 2 室机房	<p>机房净空尺寸（不含迷路，吊顶后）7.0m×8.2m×3.0m，采用 2.35t/m³ 的钢筋混凝土整体浇筑。加速器主射束为东向、西向、地面及屋顶。东墙主屏蔽区厚度 2600mm/宽 4400mm，次屏蔽区厚度 1300mm；西墙设置直迷路，迷道内墙主屏蔽区厚度 2100mm，次屏蔽区厚度 1300mm，迷道外墙厚度 1100mm；南墙（侧屏蔽墙）厚度 1000mm；北墙（侧屏蔽墙）厚度 1300mm；屋顶主屏蔽区厚度 2600mm/宽 4400mm/长 11700m，次屏蔽区厚度 1300mm；地下无建筑，为自然土层。机房入口设在北墙西侧，机房防护门（拟采用 14mmPb 电动推拉防护门）；机房内拟安装 1 台 X/γ 射线放射治疗系统。</p>	场所利旧（拟完全利用原有机房主体结构 and 屏蔽），机房门和设备新建	
辅助工程	控制室、设备区、治疗计划室（TPS）、水冷室	<p>控制室：与加速器 1 室加速器设备共用，新建控制操作台（包括治疗控制系统、监控系统控制单元、监控系统显示器、OIS 客户端、辐射报警监控仪、双向交流对讲系统等）； 治疗计划室（TPS）：与加速器 1 室加速器设备共用，新建配备 TPS 治疗计划系统、扫描仪等</p>	场所利旧，设备新增	
	配套模拟定位机房	与加速器 1 室加速器设备共用模拟机房（7.8m×6.0m），四周墙体均为 300mm 混凝土，安装 3mmPb 防护门，已安装 1 台 SL-IE 型模拟定位机，III 类射线装置，参数 150kV/630mA。	利旧	
	辐射防护屏蔽及安全防护措施	<p>电离辐射警告标识、标志，控制室、机房内迷道出入口、机房内四周墙壁设置急停按钮，工作状态指示灯、双向交流对讲系统、门-机/源安全联锁装置、断电自动回源措施、室内紧急开门装置、防护门防夹装置、视频监控装置，分区管控措施，个人防护用品及监测仪器等。</p>	新建	
	办公及生活设施	依托医院现有办公、生活设施	依托	
公用工程	供水、供电依托医院现有供水、供电设施		依托	
环保工程	辐射	X/γ 射线放射治疗系统开机治疗期间，产生 X 射线、γ 射线。	/	
	废气	机房拟设置强制排风系统，采取“上送下排”的通风方式，排风量 1000m ³ /h，换气次数 5-6 次/h。	新建	
	废水	生活污水	拟从原有辐射工作人员中调配 4 名，并新增 2 名辐射工作人员，产生的生活污水依托医院南侧污水处理站处理达标后，排入市政污水管网。	依托
	固废	拟从原有辐射工作人员中调配 4 名，并新增 2 名辐射工作人员，产生的生活垃圾经统一收集后送指定地点，由环卫部门统一清运处置。	依托	
	噪声	设备噪声等级小于 70dB（A），主要涉及施工期设备安装，对周围环境影响较小。	/	

4.射线装置及主要技术参数

本项目拟采购 1 台 X/γ射线放射治疗系统（兼具医用直线加速器和伽玛刀 2 种治疗功能，同时配备 CBCT 图像引导系统），拟安装使用场所位于医院地下二层加速器 2 室机房。设备主要技术参数见表 1-2。

表 1-2 拟购 X/γ射线放射治疗系统主要技术参数一览表

设备型号	功能模块	各项参数	具体情况	
X/γ 射线放射治疗系统 (型号: TaiChi Pro)	加速器治疗模块	X 射线能量	6MV	
		等中心处最大剂量率	1400cGy/min	
		等中心处最大照射野	40cm×40cm, 有用束张角 27.8°	
		SAD	1000mm	
		等中心到地面距离	950mm (距地板高度; 等中心距机器最低点 1500mm)	
		泄漏辐射	机头屏蔽体不大于 0.5%; 准直器不大于 0.1%	
		加速管屏蔽	90°方向为 91mmPb、180°方向为 86mmPb	
		加速器束挡块	屏蔽体为 120mm 铅+70mm 钢构成	
	伽玛刀治疗模块 (选配)	聚焦头射线源	18 颗钴-60 放射源, 单源初装最大设计活度为 $5.17 \times 10^{13} \text{Bq}$ ($1 \pm 10\%$) (1397Ci); 最大装源活度为 $8.88 \times 10^{14} \text{Bq}$ ($1 \pm 5\%$) (24000Ci)。	
		聚焦头准直器	共 7 组, 规格为 $\Phi 0.6\text{cm}$ 、 $\Phi 0.9\text{cm}$ 、 $\Phi 1.2\text{cm}$ 、 $\Phi 1.6\text{cm}$ 、 $\Phi 2.0\text{cm}$ 、 $\Phi 2.5\text{cm}$ 、 $\Phi 3.5\text{cm}$	
		聚焦头初装源焦点剂量率	初装源时, 使用 $\Phi 3.5\text{cm}$ 准直器在焦点位置, 在体部专用模体中心点的水吸收剂量率不应小于 2.0Gy/min。 使用 $\Phi 2.0\text{cm}$ 准直器在焦点位置, 在专用球形模体 80mm 深度处水中的吸收剂量率不小于 3.0Gy/min。	
		焦点到射线源距离	750mm	
		聚焦头屏蔽	在距防护屏蔽表面 5cm 任一易接近的位置, 由于杂散辐射引起的吸收剂量率不超过 0.2mGy/h。	
		伽玛聚焦头束挡块	屏蔽体由钢 82mm+铅 305mm+铅铋合金 60mm 构成, 等效为 34 个半值层, 可降低射线强度 1.7×10^{10} 倍。	
	CBCT 图像引导系统模块	最大管电压	150kV (临床一般为 120kV)	
		最大管电流	64mA	
		距靶 1m 处最大剂量率	<0.5mGy/h (测试条件 150kV、3.6mA)	
		曝光时间	单次扫描为每秒 9 帧的脉冲式曝光, 单帧曝光时间最大 32ms, 持续 1min, 单次最大照射时间为 17.28s。	
	旋转角度		加速器和伽玛刀均为 360°连续旋转照射	

5. 劳动定员及工作制度

医院实行 8 小时工作制度，每周 5 天，年工作 50 周。在实际治疗中，加速器和伽玛刀不同时开机，伽玛刀开源时间平均为 5min/人，每天最多可治疗 10 个病人，每天最大的开源时间为 0.83h；每周工作 5 天，相当于每周开源 4.15h；按一年工作 50 周计算，年实际最大开源时间为 207.5h。

加速器常规治疗平均时间为 1min/人，每天最多可治疗 20 个病人，每周工作 5 天，100 人次/周，按一年工作 50 周计算，年最大使用人次为 20 人次/d×250d=5000 人次/a，年实际最大出束时间为 83.33h；加速器调强治疗平均时间为 5min/人，调强因子取 N=5，调强治疗周治疗患者数小于常规治疗，按每天 15 人次，50 人次/周，按一年工作 50 周计算，年最大使用人次为 15 人次/d×250d=3750 人次/a，年实际最大出束时间为 312.5h。

根据建设单位接诊患者数量及诊断类型，本项目正常运营后，保守估算射线装置使用情况见表 1-3 所示。

表 1-3 射线装置使用情况一览表

设备名称	治疗模式	治疗照射时间	接诊人数 (人/年)	周最大工作量 (h/周)	年出束时间 (h)
X/γ射线放射治疗系统	加速器治疗	常规治疗 1min/人	常规 5000	1.67	83.33
		调强治疗 5min/人	调强 3750	6.25	312.5
	伽玛刀治疗	5min/人	2500	4.15	207.5

大同世纪友好医院有限责任公司现有辐射工作人员 12 名，包括医用 III 类 X 射线装置辐射工作人员 5 名，放射治疗辐射工作人员 7 名。12 名工作人员均已通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”（<http://fushe.mee.gov.cn>）的学习考核或医院组织的自主培训考核，成绩合格并持证上岗。现有辐射工作人员具体培训情况见表 1-6。

劳动定员：本项目拟配备辐射工作人员 6 名，其中 4 名（医学影像医师、物理师、病理学医师、放射肿瘤医师）拟从原有辐射工作人员中调配，同时新增配备 2 名放射治疗技师。拟新增 2 名辐射工作人员均应在“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”（<http://fushe.mee.gov.cn>）进行自主学习并参加“放射治疗”辐射安全与防护考核，

取得合格成绩报告单后方可上岗。培训合格成绩报告单有效期五年，有效期满前，需重新参加生态环境部“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”的学习再考核。

6.评价内容及重点

本次评价主要内容为拟在医院地下二层加速器2室机房安装1台X/γ射线放射治疗系统，包括机房的屏蔽防护及运营后对周围工作场所的影响。

本次重点评价内容为射线装置使用时，辐射工作场所周围剂量当量率预测、辐射工作人员和周围公众所受年有效剂量估算及辐射工作场所功能分区、布局合理性分析、屏蔽措施合理性分析、辐射安全防护措施等。

7.工程进展

本项目加速器2室机房拟完全利用原有机房主体结构、屏蔽材料，机房主体建筑已于2015年9月完成施工，其它防护设施未建设，设备未采购。

8.项目位置及保护目标

(1) 建设单位地理位置

大同世纪友好医院有限责任公司位于山西省大同市平城区昌泰街117号。医院地理坐标东经 113.276236° ~ 113.276672° ，北纬 40.057818° ~ 40.058464° ，西邻大同三中，东接大同魏都医院，南临昌泰街，交通便利，具体地理位置详见附图1。

(2) 辐射工作场所位置及选址可行性

大同世纪友好医院有限责任公司所在场所为地上七层、地下二层独栋建筑，总建筑面积23037.9平方米，为大同新世纪糖尿病医院房屋，医院仅租赁大同新世纪糖尿病医院地下一、二层用房及地面一楼到四楼的病房，面积4900平方米。其中，地下二层主要为放疗科和影像科，地下一层为整体设备管道层，地上一层为门诊大厅及辅助办公用房，地上二层至四层为内科、外科及中医科相关科室及病房。

医院外北侧30m为建材市场，东侧30m紧邻大同魏都医院，南侧40m为魏都新城C区13号居民楼，西侧35m为大同三中操场。

本项目辐射工作场所为加速器2室，位于医院地下二层。地下二层区域南侧主要为加速器1室及加速器2室放疗机房及配套辅助功能用房，北侧主要为模拟定位机房、CT、DR、核磁等诊疗机房及配套辅助用房，地下二层区域中间和西侧均设置人行楼梯和电梯间等出入口；拟安装X/γ射线放射治疗系统所在加速器2

室机房位于地下二层南侧，机房西侧为控制室、水冷室、加速器 1 室机房、卫生间及通道；南侧为土层；东侧为信息化机房和临时库房；北侧紧邻走廊通道/更衣室/外科体检/耳鼻喉体检/妇科体检，再往北依次为送风机房、楼梯间、DR 机房和核磁控制室等；楼顶地下一层为整体设备管道层，楼下为土层（地基）。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中选址要求：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；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。

本项目辐射场所位于地下二层南侧，放疗科集中建设，设置在建筑物底层的一端，避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，充分考虑了对周边环境的辐射影响，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的选址要求，选址可行。

（3）平面布置及合理性分析

根据满足“诊治工作要求、有利于辐射防护和环境保护以及各组成部分功能分区明确，既能有机联系，又不相互干扰”的原则，对项目辐射工作场所平面布置合理性分析如下：

本项目辐射场所加速器 2 室机房位于医院地下二层，该辐射工作场所位置独立，避开了医院人流较多的场所和医院进出流通通道，采取机房屏蔽、辐射区域集中管理与监督等措施后，满足辐射安全布局的要求，同时方便患者就诊，布局合理。

医院地下二层平面布置见附图 3 所示。

（4）项目周围保护目标

本项目加速器 2 室机房位于地下二层，四周 50m 范围内水平分布有放疗科及影像科，其余主要为土层，在采取机房屏蔽等措施后主要影响范围为机房邻近区域。

本项目保护目标主要为医院从事辐射工作的职业人员及邻近机房的其他公众，其中职业人员包括直线加速器控制室工作人员，公众包括放疗科其他工作人

员及机房附近及楼上、其他科室工作人员，就诊病人及家属等流动人员。

(5) 产业政策符合性及实践正当性

本项目属于核技术在医疗领域内的运用项目，属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》中第一类“鼓励类”第十三项“医药”中第4条中“高端放射治疗设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

利用放射治疗设备对患者进行肿瘤放射治疗，所带来的社会效益远大于其可能引起的辐射危害，具有明显的社会效益和经济效益。因此，本项目对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益要远大于其可能引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

9. 核技术利用及辐射安全管理现状

(1) 核技术利用基本情况

①辐射安全许可证登记情况

大同世纪友好医院有限责任公司于2025年3月11日重新申领了辐射安全许可证(晋环辐证【02255】)，有效期至2025年11月26日，许可种类和范围：使用II类、III类射线装置。

辐射安全许证具体内容详见附件3。

根据大同世纪友好医院有限责任公司现有辐射安全许可证登记情况，现使用4台医用X射线装置（1台II类X射线装置和3台III类X射线装置）。具体射线装置使用情况见表1-4。

表 1-4 射线装置使用情况一览表

序号	装置名称	类别	型号	工作场所	用途	备注
1	医用直线加速器	II	Precise VMAT	地下二层 加速器1室	放射治疗	环评批复：晋环函【2015】599号，原山西省环境保护厅，2015年6月12日；竣工自主验收：院办发【2017】20号，大同美中嘉和肿瘤医院有限责任公司，2017年11月16日。
2	大孔径CT扫描机	III	Definition AS20	地下二层 CT机房	医用诊断	
3	模拟定位机	III	SL-IE	地下二层 模拟定位机 房	放射治疗 模拟定位	

4	数字 X 光摄影机 (DR)	III	N600	地下二层 DR 机房	医用诊断	
---	----------------	-----	------	------------	------	--

②现场调查情况

根据现场调查及医院提供的资料，大同世纪友好医院有限责任公司现使用 4 台医用 X 射线装置（1 台 II 类 X 射线装置和 3 台 III 类 X 射线装置）均已履行环境影响备案登记手续。详见附件 5。

2015 年 6 月 12 日，原山西省环境保护厅对大同美中嘉和肿瘤医院有限责任公司核技术利用项目环境影响报告表进行批复，批复文号：晋环函【2015】599 号；

2017 年 11 月 16 日，大同美中嘉和肿瘤医院有限责任公司对使用的 4 台医用 X 射线装置（1 台 II 类直线加速器、1 台大孔径 CT 扫描机、1 台模拟定位机、1 台数字 X 光摄影机 (DR) 项目进行竣工环境保护自主验收，文号：院办发【2017】20 号。

大同世纪友好医院有限责任公司现有辐射防护用品和监测仪器配置情况见表 1-5。

表 1-5 医院现有辐射安全防护用品和监测仪器配置情况一览表

序号	监测仪器/辐射防护用品名称	型号	购置日期	状态	数量	备注
1	X、 γ 辐射剂量巡测仪	XH-3408	2016.06	正常	1 台	医院现有
2	个人剂量辐射报警仪	RAD-60	2016.01	正常	1 台	
3	固定式剂量报警仪	BG-9010	2016.05	正常	1 台	
4	个人剂量计	IDB-III	2015.10	正常	12 枚	
5	铅防护衣、铅手套、铅帽、铅眼镜、铅围脖等	/	2015.10	正常	6 套	

该医院辐射安全防护用品和辐射监测仪器的配备种类基本能够满足当前辐射防护工作的需要，为便于更好的辐射安全管理，建议后续补充防护铅衣和个人剂量报警仪的配置数量，以更好的满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的标准要求及辐射安全防护工作的需要。

（2）辐射安全与环境保护管理机构

大同世纪友好医院有限责任公司已成立辐射安全防护领导小组，由法人任组长，分管副院长任副组长，放疗科主任、医务科主任、办公室主任、护理部主任、其他相关辐射工作人员等为成员的辐射防护安全管理机构。明确了辐射防护领导小组职责，要求贯彻落实国家辐射防护法律法规和标准，全面负责辐射防护领导工作，同时配备专职防护管理人员，负责日常辐射安全管理工作，整体辐射安全防护管理机构健全，运行情况良好。

建议专职辐射安全管理人员，应通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”（<http://fushe.mee.gov.cn>）中“辐射安全管理”的学习考核，取得合格成绩报告单后持证上岗。

（3）规章制度制定落实情况

为了保障辐射工作人员和公众的身体健康，杜绝环境辐射污染事故的发生，大同世纪友好医院有限责任公司成立了辐射安全与防护管理机构领导组，并制定相关的各项规章制度，且分解到各部门科室具体执行，主要包括《辐射安全与防护管理规定》《射线装置安全操作规程》《辐射工作人员岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《设备检修维护保养制度》《监测方案》《辐射监测仪表使用与校验管理制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员培训计划》《交接班管理制度》《个人剂量档案和职业健康监护档案管理制度》《辐射事故应急预案》等。

医院现制定的各项规章制度可操作性强，同时便于实施管理，由兼职防护管理员负责日常监督落实工作，能够满足辐射工作的需要。

（4）人员培训

大同世纪友好医院有限责任公司现有辐射工作人员 12 名，均已取得了辐射安全和防护培训合格证书，且均在有效期内。

现有辐射工作人员培训情况详见表 1-6。

表1-6 现有辐射工作人员培训情况一览表

序号	姓名	性别	专业	成绩报告单编号	有效期	备注
1	董黎明	男	临床医学	FS21SX0200165	2021.12.14-2026.12.14	放疗科
2	刘建国	男	儿科	FS24SX0200115	2024.110.8-2029.11.08	放疗科
3	周永斌	男	临床医学	FS21SX0200092	2021.10.01-2026.10.01	放疗科
4	孙叶楨	女	中西医结合	FS21SX0200166	2021.12.14-2026.12.14	放疗科
5	黄玲	女	医学影像技术	FS23SX0200013	2023.04.04-2028.04.04	放疗科
6	张志文	男	临床	FS24SX0200085	2024.08.30-2029.08.30	放疗科
7	彭桂芳	女	行政管理	FS23SX0200035	2023.04.12-2028.04.12	放疗科
8	刘彩凤	女	医学影像技术	FS23SX0101052	2023.09.12-2028.09.12	放射科
9	门艳玲	女	医学影像技术	FS23SX0100848	2023.08.07-2028.08.07	放射科
10	康一佳	女	医学影像技术	自主考核	2021.04.20-2026.04.20	放射科
11	张蓉青	女	高级护理	自主考核	2021.04.07-2026.04.07	放射科
12	李桂萍	女	护理	自主考核	2023.11.15-2028.11.15	放射科

(5) 个人剂量监测

大同世纪友好医院有限责任公司已委托山西晋康检测服务有限公司对辐射工作人员进行个人剂量监测，在岗的辐射工作人员均已按照规范佩戴了个人剂量计，每季度送检，建立了个人剂量监测档案。根据山西晋康检测服务有限公司出具的2024年度个人剂量检测报告（SXJK-GZ-2024-53）监测结果可知，医院辐射工作人员年个人剂量监测值在（0.04~0.14）mSv/a之间，均满足制定的剂量管理约束值的要求，并符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的标准要求。

辐射工作人员个人剂量计每三个月送有资质的第三方机构进行监测，并定期进行职业健康体检，建立了个人剂量档案和职业健康监护档案，满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和相关法规的要求。

(6) 工作场所辐射环境监测

大同世纪友好医院有限责任公司委托山西康益晟科技有限公司进行辐射工作场所防护检测，根据2024年度放射工作场所放射防护监测与放射诊疗设备质量控制检

测报告（KY-FWZT-202407-013）结果表明，4台射线装置辐射工作场所周围辐射水平均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《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）中规定的剂量约束值要求。

（7）辐射事故应急管理

大同世纪友好医院有限责任公司已于2022年7月修订了《大同美中嘉和肿瘤医院有限责任公司辐射事故应急预案》，预案中明确了应急组织机构、人员组成及职责，包括应急领导组、下设应急办公室，现场应急处置组包括应急技术专家组、医疗救治专家组、安全保卫组、后勤保障组、应急信息报告组等，明确了发生辐射事故时预案启动、通讯联络和协调、应急响应和处置、安全防护、应急终止等内容。

医院应依据《大同市辐射事故应急预案》《大同市平城区辐射事故应急预案》进行补充完善、修订，规定辐射事故的应急处置原则、定级标准、采取的防范措施、事故调查与报告及处理程序、事故情景下的资源保证及各相关部门的职责，并按要求定期进行专项、综合应急演练，以更好的满足辐射事故应急的要求。

大同世纪友好医院有限责任公司至今未发生辐射安全事故。

（8）年度辐射安全评估报告落实情况

2024年度，大同世纪友好医院有限责任公司依据相关法律法规对医院核技术利用建设项目的安全和防护状况进行年度评估，编写完成了辐射安全与防护工作年度评估报告（2024年度），并上传到全国核技术利用辐射安全申报系统。

（9）小结

综上所述，大同世纪友好医院有限责任公司现有核技术利用设施环保手续完善、取得了辐射安全许可证。按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，射线装置工作场所布局合理、设置有明显的电离辐射警告标志、严格实施分区管理，同时配备有相应的辐射防护监测仪器、辐射工作人员全部持证上岗，各项规章制度健全，制定有辐射事故应急措施，整体运行情况良好。

建议进一步完善相关内容：

①专职辐射安全管理人员参加“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”（<http://fushe.mee.gov.cn>）中“辐射安全管理”的学习考核，取得合格成绩报告单后

持证上岗；

②后续增配个人剂量报警仪和铅防护用品的数量，以更好的满足辐射安全防护工作的需要；

③依据《大同市辐射事故应急预案》《大同市平城区辐射事故应急预案》，应对《大同美中嘉和肿瘤医院有限责任公司辐射事故应急预案》进行补充完善、修订，并严格按照要求定期进行专项、综合应急演练，以更好的满足辐射事故应急的要求。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	Co-60	5.17×10 ¹³ Bq×18	I	使用	放射治疗	医院地下二层 加速器 2 室	加速器 2 室 X/γ 射线放射治疗系统	本次环评

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
本项目不涉及										

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II	1	Precise VMAT	电子	10MeV	X射线: 160Gy/h	放射治疗	医院地下二层加速器1室	已环评, 验收
2	X/γ射线放射治疗系统	II	1	TaiChi Pro	电子	6MV	840Gy/h (1400cGy/min)	放射治疗	医院地下二层加速器2室	本次环评

(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	大孔径 CT 扫描机	III	1	Definition AS20	140	800	医用诊断	地下二层 CT 机房	已环评, 验收
2	模拟定位机	III	1	SL-IE	150	630	放射治疗模拟定位	地下二层模拟定位机房	
3	数字 X 光摄影机 (DR)	III	1	N600	150	1000	医用诊断	地下二层 DR 机房	

(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	
本项目不涉及													

表 6 评价依据

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令第 48 号，2016 年 9 月 1 日施行；《关于修改<中华人民共和国环境影响评价法>的决定》，中华人民共和国主席令第 24 号，2018 年 12 月 29 日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号修订，2017 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日施行，2019 年进行修订；</p> <p>(6) 《放射性废物安全管理条例》，中华人民共和国国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</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 号修改），2021 年 1 月 8 日起施行；</p> <p>(9) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》国环规环评【2017】4 号，2017 年 11 月 20 日；</p> <p>(10) 《放射工作人员职业健康管理办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(12) 《关于发布<放射源分类办法>的公告》，国家环保总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日；</p> <p>(13) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日。</p>
------------------	---

	<p>(14) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理报告制度的通知》，原国家环保总局，环发【2006】145号；</p> <p>(15) 《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日起施行；</p> <p>(16) 《<山西省环境保护条例>实施办法》，山西省人民政府令第270号，2020年3月15日施行；</p> <p>(17) 关于印发《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》的通知，环办辐射函【2025】313号，生态环境部办公厅，2025年8月29日；</p> <p>(18) 《山西省辐射事故应急预案》，山西省人民政府办公厅，晋政办发【2021】23号，2021年3月1日；</p> <p>(19) 《大同市辐射事故应急预案》，大同市人民政府办公室，同政办函【2020】70号，2020年5月8日；</p> <p>(20) 《大同市平城区辐射事故应急预案》，大同市平城区人民政府办公室，平城政办发【2023】4号，2023年4月28日。</p>
<p>技术标准</p>	<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》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>(4) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p> <p>(6) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）；</p> <p>(7) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）；</p> <p>(8) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）；</p> <p>(9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）；</p> <p>(10) 放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）；</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> <p>(12) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(13) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(14) 《辐射事故应急监测技术规范》(HJ 1155-2020)；</p> <p>(15) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 《X/γ射线放射治疗系统(TaiChiPro)说明书》，西安大医集团股份有限公司；</p> <p>(3) 建设单位提供的有关资料(企业劳动定员、运行制度、平面布置、辐射防护措施设计等)；</p> <p>(4) 《医用电子直线加速器使用场所监督检查技术程序》(NNSA/HQ-08-JD-IP-033)，生态环境部(国家核安全局)，2020年2月20日；</p> <p>《立体定向γ射线外科治疗装置监督检查技术程序》(NNSA/HQ-08-JD-IP-028)，生态环境部(国家核安全局)，2020年2月20日；</p> <p>《III类医用射线装置监督检查技术程序》(NNSA/HQ-08-JD-IP-036)，生态环境部(国家核安全局)，2020年2月20日；</p> <p>(5) 《产业结构调整指导目录(2024年本)》，中华人民共和国国家发展和改革委员会第7号令，2024年2月1日实施；</p> <p>(6) 《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社，2015年7月)。</p>

表 7 保护目标与评价标准

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内容和格式》HJ10.1-2016 的规定，“射线装置应用项目的评价范围通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”。

根据本项目的辐射特点，本次评价范围为直线加速器 2 室机房实体屏蔽墙边界外 50m 范围区域。

2、保护目标

本项目环境保护目标为评价范围内从事核技术利用项目的职业人员以及周围其他非辐射工作人员和公众。其中职业人员包括放射治疗技师、医学影医师等控制室工作的辐射工作人员，公众成员主要包括加速器 2 室工作场所附近其它科室工作人员、就诊病人及家属、楼上相关科室人员、医院外等。具体见表 7-1 所示。

表 7-1 主要环境保护目标一览表

装置场所	保护要求	保护对象	环境敏感目标	人数(名)	位置/方位	与射线装置距离(m)	
						垂直	水平
加速器 2 室 X/γ射线放射治疗系统	职业人员 (≤5mSv/a)	加速器 2 室放疗工作人员	控制室	2	机房西	0	9.5
		加速器 1 室放疗技师	控制室	2	机房西	0	11
	公众人员 (≤0.1mSv/a)	CT 技师	CT 控制室	2	机房西北	0	25-28
		医护人员	会诊大厅	2	机房东北	0	15-20
		核磁技师	核磁控制室	2	机房北	0	32-35
		DR/模拟定位技师	DR 控制室	2	机房西北	0	35-38
		医院工作人员	档案室	3	机房西北	0	40-43
		维修人员	地下一层设备管道层	3	楼上	5	0-40
		门诊/办公/内外科/中西医科室人员	医院一层到四层	40-70	楼上	10-24	0-50

公众人员 ($\leq 0.1\text{mSv/a}$)	糖尿病护理院 康养人员	五层到七层	20-50	楼上	24-25	0-50
	流动人员	建材市场	20-30	医院北侧	10	30-50
	学校师生	大同三中操场	20-40	医院西侧	10	35-50
	医护及患者	大同魏都医院	30-50	医院东侧	10-32	30-50
	小区居民	魏都新城 C 区 13 号居民 楼	30-60	医院南侧	10-30	40-50

备注：直线加速器影响范围主要为机房相邻场所，其它场所由于距离衰减及建筑阻隔等不会造成较大影响，故环境保护目标中公众主要关注直线加速器机房各侧邻近场所活动人员。

3、评价标准

3.1 剂量约束值

(1) 标准限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：

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

①职业照射

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

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

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

c) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500 mSv。

②公众照射

B1.2.1 款，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)年有效量，1mSv；

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

(2) 本项目剂量约束值

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)规定：

4.8 辐射工作人员和公众成员的辐射照射应符合GB18871-2002中剂量限值相关规定。

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

a)一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为5mSv/a。

b)公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a。

3.2 放射治疗场所周围剂量当量率参考控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)及《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)，治疗机房墙和入口门外表面30cm处(关注点)的周围剂量当量率应同时满足下列(1)和(2)所确定的周围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 ：见下式：

$$\dot{H}_c = H_e / (t \times U \times T)$$

式中：

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

H_e —周剂量参考控制水平 ($\mu\text{Sv/周}$)，其值按如下方式取值：

放射治疗机房外控制区(即职业人员工作区域)的工作人员： $\leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

放射治疗机房外非控制区(即非职业人员工作区域)的人员： $\leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

t—设备周最大累积照射的小时数(h/周)；

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。

(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 $H_{c, \max}$ ：

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

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

由上述（1）中的导出剂量率参考控制水平 H_c 和（2）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周围剂量当量率参考控制水平 H_c 。

（3）本项目加速器 2 室工作场所周围剂量当量率参考控制水平

本项目加速器 2 室机房四周墙体外、迷道外机房门、机房顶 30cm 处周围剂量当量率控制水平计算结果见表 7-2。

表 7-2 加速器 2 室辐射工作场所周围剂量率参考控制水平计算表

X/γ射线放射治疗系统（加速器/伽玛刀治疗功能）周围剂量率参考控制水平								
方位	治疗室外房间	使用因子 U	居留因子 T	周照射时间 t (h/周)	He (μSv/周)	Hc (μSv/h)	H _{c, max} (μSv/h)	控制水平 (μSv/h)
东墙	信息化机房室	1/4	1/20	7.92	≤5	50.5	10	≤10
	库房	1/4	1/20		≤5	50.5	10	≤10
西墙	控制室	1/4	1		≤100	50.5	2.5	≤2.5
	水冷室	1/4	1/16		≤5	40.4	10	≤10
北墙	走廊	-	1/5		≤5	-	10	≤10
	外科体检/耳鼻喉体检/妇科体检	-	1/2		≤5	-	10	≤10
楼上	设备管道层	1/4	1/20		≤5	50.5	10	≤10

注：南墙外为土层，楼下为地基。为进一步保证机房周边公众安全，医院将加速器 2 室南侧屏蔽体外 30cm（为土层）周围剂量率控制水平设定为 2.5μSv/h。

3.3 非放射性污染物排放标准限值

根据《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），工作场所空气中 O₃ 最高容许浓度不超过 0.3mg/m³，NO₂ 短时间接触容许浓度不超过 10mg/m³。

表 8 环境质量和辐射现状

1.项目地理和场所位置

大同世纪友好医院有限责任公司位于山西省大同市平城区昌泰街 117 号。医院地理坐标东经 113.276236° ~113.276672° ，北纬 40.057818° ~40.058464° ，西邻大同三中，东接大同魏都医院，南临昌泰街，交通便利，具体地理位置详见附图 1。

医院外北侧 30m 为建材市场，东侧 30m 紧邻大同魏都医院，南侧 40m 为魏都新城 C 区 13 号居民楼，西侧 35m 为大同三中操场。

本项目辐射工作场所为直线加速器 2 室，位于医院地下二层南侧。机房西侧为控制室、水冷室、加速器 1 室机房、卫生间及通道；南侧为土层；东侧为信息化机房和临时库房；北侧紧邻更衣室/外科体检/耳鼻喉体检/妇科体检，再往北依次为送风机房、楼梯间、DR 机房和核磁控制室等；楼顶地下一层为整体设备管道层，楼下为土层（地基）。

2.辐射环境监测

山西中辐晟远检测技术有限公司（CMA 资质证书编号：230403101018）于 2025 年 7 月 25 日对评价区域内项目所在工作场所及周边环境 γ 辐射剂量率进行了现状监测。现状检测报告详见附件 6。

2.1 监测项目

根据污染因子分析，本次进行环境 γ 辐射剂量率水平监测。

2.2 监测的环境条件及工况

环境温度 28℃；相对湿度 40%RH；天气晴。

2.3 监测仪器

本项目监测采用的监测仪器为环境级辐射剂量率仪。型号：RJ32-3202；仪器编号：JC22-01-2021；检定证书编号：检字第[2024]-L0997；有效期至：2025 年 12 月 11 日；校准因子：1.00。监测仪器参数及检定情况详见表 8-1。

表 8-1 监测仪器参数及检定情况

仪器名称	环境级辐射剂量率仪
型号	RJ32-3202
生产厂家	上海仁机仪器仪表有限公司

测量范围	1nGy/h~400μGy/h
能量响应	20keV~3.0MeV
响应时间	1.8~5s
检定情况	检定单位：中国辐射防护研究院放射性计量站 证书编号：检字第【2024】-L0997 有效期至：2025年12月11日

2.4 监测方法

《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

本项目辐射环境质量现状具体监测方法如下：

①开机预热。

②手持仪器或将仪器固定在三脚架上。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为1m。

③仪器读数稳定后，通常以约10s的间隔读取/选取10个数据，记录在测量原始记录表中。

④测量开始前，应在点位外围10m×10m范围内巡测，确定巡测读数值变化<30%后开始测量。

⑤在进行环境γ辐射剂量率测量时，应扣除仪器对宇宙射线的响应部分。对于未进行宇宙射线响应扣除的环境γ辐射空气吸收剂量率监测数据，不能直接进行剂量评价。

2.5 质量保证措施

（1）建立有健全的辐射监测和质量保证机构，并明确了相关人员职责。

（2）监测所用仪器经中国辐射防护研究院放射性计量站检定，在有效期内使用，且与所测对象在频率、量程、响应时间等方面符合，确保监测数据的准确、可靠。

（3）现场监测至少配备2名工作人员共同开展，均通过相关培训并持证上岗，且具备合理判断数据的能力。

（4）监测方法采用国家相关部门颁布的最新标准，依据的技术文件和有关资料均现行有效。

（5）在医院地下二层加速器2室拟安装X/γ射线放射治疗系统辐射工作场所周围

50m 范围内各敏感点处均匀布点， 布设具有合理性。

(6) 制定有监测过程中出现的不符合工作情况进行识别、评价、控制和改进的程序文件。

(7) 严格按照操作规程操作监测仪器， 并认真做好记录， 专人负责质量保证及核查检查工作。

(8) 建立完整的文件资料。仪器校准证书、原始数据、监测布点图等全部保留， 以备复查。

(9) 监测报告严格实行三级审核制度， 经校对、校核， 最后由技术负责人审定。

2.6 监测布点

为了解本项目 X/γ射线放射治疗系统拟安装位置周围场所的辐射环境本底水平， 根据医院周围环境实际情况， 考虑均匀布点性原则， 在 X/γ射线放射治疗系统拟安装位置、加速器控制室中心、加速器 2 室机房楼上、地下一层（设备管道层）中心、医院一层大厅中央、魏都新城 C 区 13 号居民楼北侧、大同魏都医院门外西南侧等 50m 范围内各敏感点处分别布点， 测量结果分别代表各监测点位的环境 γ 辐射剂量率。

具体监测点位布置详见图 8-1-1、图 8-1-2、图 8-1-3。

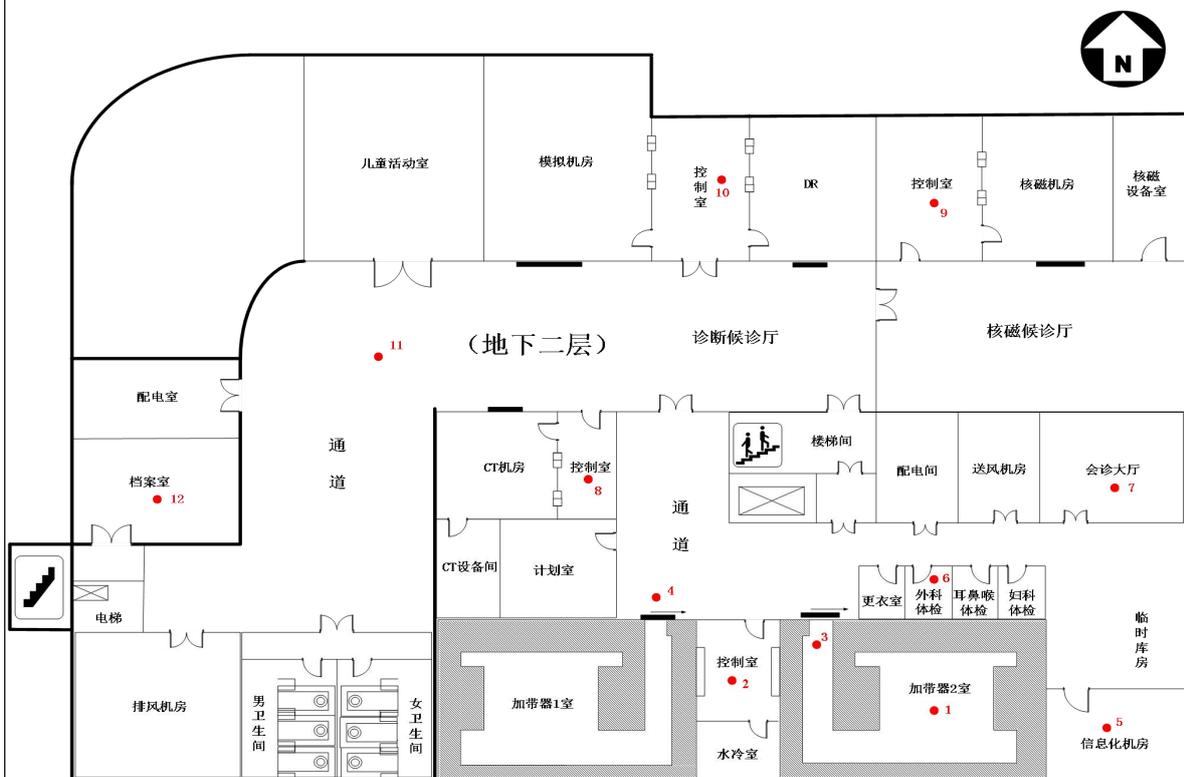


图 8-1-1 医院地下二层环境γ辐射剂量率检测点位图

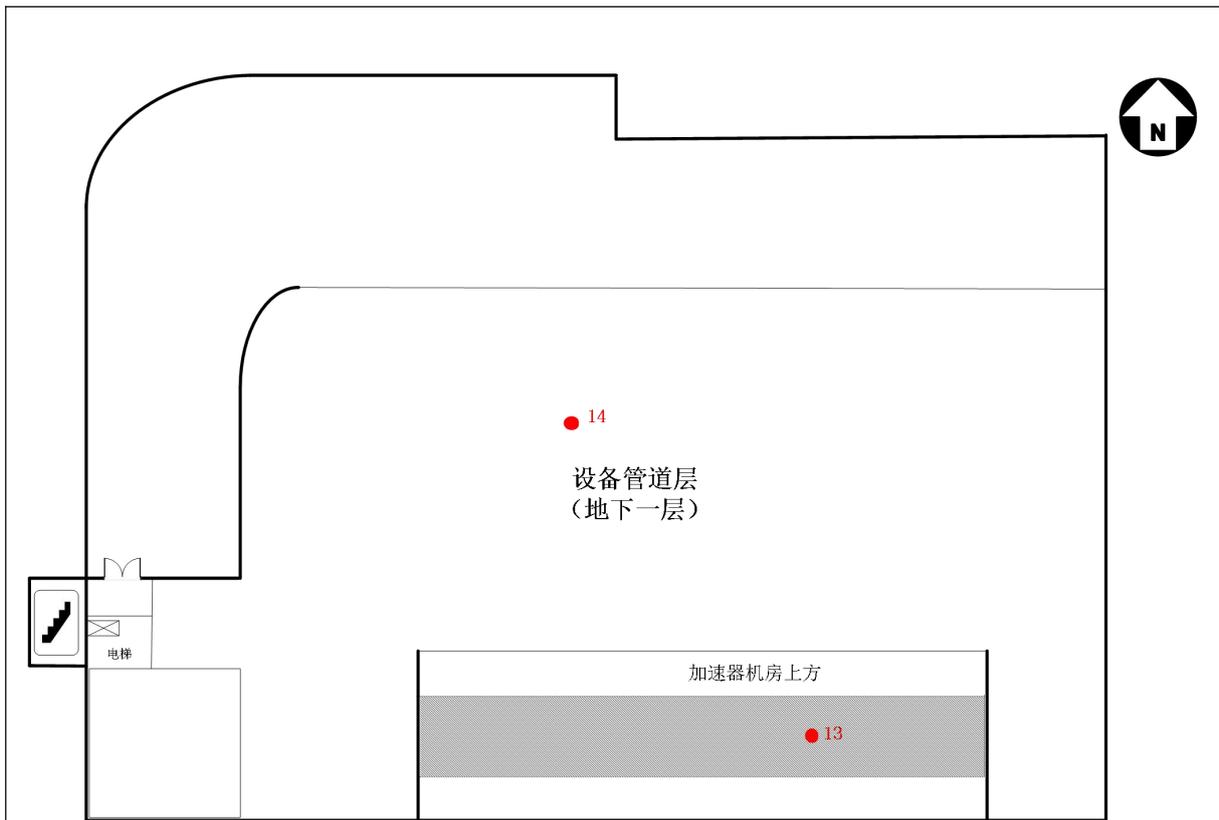
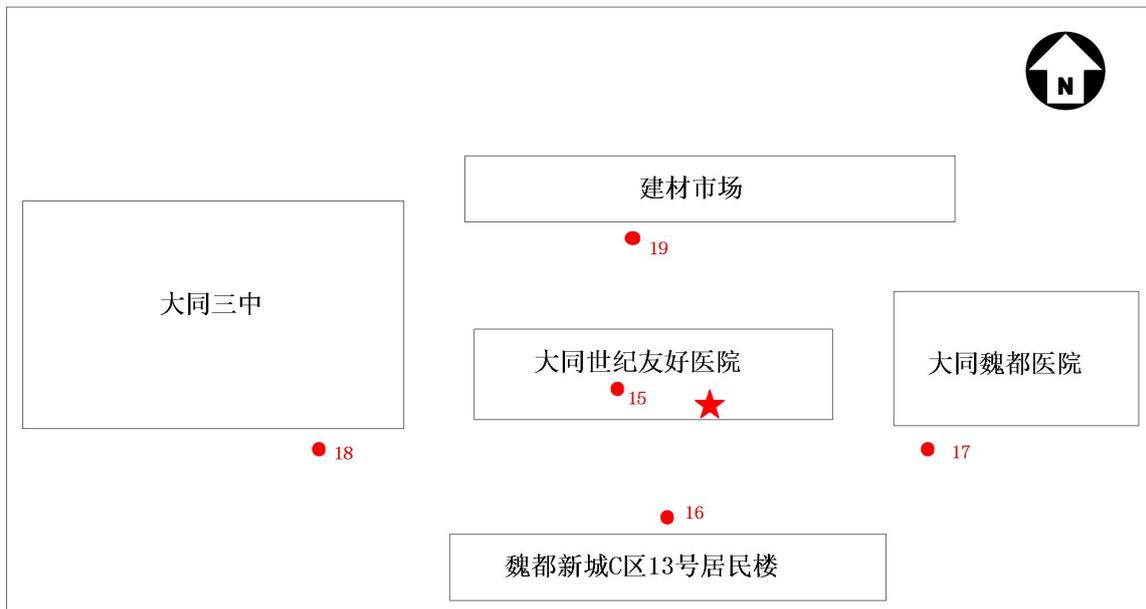


图 8-1-2 医院地下一层环境 γ 辐射剂量率检测点位图



备注：● 为辐射环境 γ 剂量率监测点位

图 8-1-3 医院周围敏感关注点周围环境 γ 辐射剂量率检测点位图

2.7 数据处理

本项目监测数据处理按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）进行，每个

监测点读取 10 个数据，取其算术平均值，并用仪器刻度因子进行校准以后，扣除宇宙射线响应值作为该点的监测结果。

2.8 监测结果

X/γ 射线放射治疗系统拟安装位置周围环境 γ 辐射剂量率现状监测结果见下表 8-2。

表8-2 X/γ 射线放射治疗系统拟安装位置周围环境 γ 辐射剂量率现状监测结果

工作场所	测量点号	监测点位置描述	监测结果 (单位: μGy/h)
地下 二层 加速 器 2 室	1	X/γ射线放射治疗系统拟安装位置 (加速器 2 室)	0.071
	2	加速器控制室中心	0.072
	3	加速器 2 室迷道入口处	0.068
	4	加速器 1 室机房门外	0.070
	5	信息化机房中心	0.071
	6	外科体检室中心	0.067
	7	会诊大厅中心	0.058
	8	CT 控制室中心	0.064
	9	核磁控制室中心	0.068
	10	DR/模拟定位机控制室中心	0.064
	11	地下二层西侧通道中央位置	0.065
	12	档案室中心	0.065
	13	加速器 2 室机房正上方	0.065
	14	地下一层 (设备管道层) 中心	0.067
	15	医院一层大厅中央位置	0.068
	16	魏都新城 C 区 13 号居民楼北侧	0.064
	17	大同魏都医院门外西南侧	0.065
	18	建材市场南侧	0.056
	19	大同三中操场外东南侧	0.060

参照《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社, 2015 年), 大同市天然

γ 辐射剂量率调查结果见下表 8-3。

表 8-3 大同市天然 γ 辐射剂量率（单位：nGy/h）

检测位置	范围
原野	35.2-59.6
道路	41.7-49.6
室内	63.4-75.2

由表 8-2 中监测结果可知，大同世纪友好医院有限责任公司使用医用 II 类射线装置项目周围环境 γ 辐射剂量率在（0.056~0.072） μ Gy/h 之间，即（56-72）nGy/h 之间，测量结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应部分，宇宙射线的响应值为 0.017 μ Gy/h；

由表 8-3 中调查结果可知，大同市天然 γ 辐射剂量率在（35.2-75.2）nGy/h 之间，本项目辐射工作场所环境 γ 辐射剂量率与大同市天然辐射本底无明显差异，属于当地天然辐射本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

1. 工程设备及工艺分析

(1) 施工期工艺分析

本项目建设内容主要为大同世纪友好医院有限责任公司拟在医院地下二层加速器 2 室安装 1 台 X/γ 射线放射治疗系统，加速器 2 室机房拟完全利用原有机房，机房结构和屏蔽材料及厚度均不做改变。

本项目工程建设内容较为简单，不涉及机房主体结构的建设，与加速器 1 室设备共用控制室及配套模拟定位机，主要为防护设施建设及设备安装，工程量小，施工内容简单，施工过程中对环境造成的影响主要为施工噪声及少量建筑垃圾。

(2) 运营期工艺分析

本项目 TaiChi Pro 型 X/γ 射线放射治疗系统是一种先进的放射治疗设备，结合了 X 射线和 γ 射线的优点，用于提高治疗效果和减少副作用，从而进行精确治疗肿瘤。主要是将 1 个 6MV 医用加速器治疗模块、1 个医用伽玛刀聚焦治疗模块和 1 个 CBCT 图像引导系统模块集成于同一个滚筒上，从而具备伽玛刀和加速器 2 种治疗功能，治疗时加速器和伽玛刀不同时开机，CBCT 在每次治疗时可进行患者的摆位位置验证，减小患者治疗位置误差，提升治疗效果。

直线加速器利用 X 射线，适用于大靶区的调强放疗（IMRT），具有高适形度和高效率的特点；而伽玛刀是利用 γ 射线的多源聚焦原理，适用于小靶区的立体定向放疗，具有高精度、高剂量梯度和疗程短的优势。X 射线调强放疗（IMRT）通过调整射野的形状和强度，实现对肿瘤靶区的高效率、高适形照射。IMRT 技术能够在保证肿瘤靶区剂量覆盖的同时，最大限度地减少对周围正常组织的损伤。该技术适用于大靶区的治疗，如头颈部肿瘤、肺癌、食管癌等。SRS 技术具有剂量陡峭、疗程短的特点，适用于小靶区的治疗，如脑转移瘤、肺癌寡转移灶等。由于 γ 射线多源聚焦形成剂量陡降的物理特性，SRS 能够在短时间内给予肿瘤靶区极高的剂量，同时对周围正常组织的损伤较小。

1) 直线加速器工作原理

医用直线加速器是将电子枪产生的电子经加速管加速后形成高能电子束的装置。

电子枪产生的电子束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；或电子束靶物质相互作用产生轫致辐射 X 射线束，经一次准直器和滤线器形成剂量均匀的 X 射线束，再经监测电离室和二次准直器限束，到达患者病灶实现治疗目的。因此，作为一种体外照射的放射治疗设备，直线加速器利用产生的高能电子束或 X 射线，对人体病灶部位进行照射，使肿瘤组织受到不可逆损伤。根据癌症类型及其所在位置、患者的身体状况等，选择不同的输出方式对肿瘤进行照射，同时使肿瘤周围正常组织得到最大限度的保护，达到治疗肿瘤的目的。

2) 伽玛刀工作原理

伽玛刀并不是真正的手术刀，而是一种非常精密的放疗设备。本项目伽玛刀治疗功能装置计划使用 18 颗 ^{60}Co 放射源，放射性同位素通过核衰变过程自发地发射 γ 射线， γ 射线的穿透力很强，伽玛刀治疗的原理主要是依靠 γ 射线的高能量和精准聚焦能力，穿透人体正常组织，到达肿瘤部位，从而损伤肿瘤细胞的 DNA。DNA 损伤后无法修复，使肿瘤无法繁殖，然后导致肿瘤逐渐萎缩，从而达到治疗肿瘤的目的。

3) 设备组成及技术参数

本项目 X/ γ 射线放射治疗系统兼具医用直线加速器治疗功能和伽玛刀治疗功能。同时为将病灶准确地置于放射区域，在加速器治疗模块和伽玛刀聚焦治疗模块之间，配备有 CBCT 图像引导系统模块，三种功能集成于同一个滚筒中。

本项目直线加速器治疗功能仅有单 X 射线治疗模式，最大 X 射线能量为 6MV，通过电子源（通常是灯丝）产生电子，这些电子在真空管内被加速电场加速，最终撞击靶材（通常是钨），产生特征 X 射线。伽玛刀治疗功能计划安装 18 颗 ^{60}Co 放射源，单源初装设计最大活度 $5.17 \times 10^{13} \text{Bq}$ ($1 \pm 10\%$ ，约 1397Ci)，最大装源活度 $8.88 \times 10^{14} \text{Bq}$ ($1 \pm 5\%$ ，约 24000Ci)。 ^{60}Co 放射源最大光子能量 0.318MeV，半衰期 5.27a，空气比释动能率常数 $0.123 \mu\text{Gy} \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ 。

西安大医集团股份有限公司 TaiChi Pro 型 X/ γ 射线放射治疗系统整体效果图，见图 9-1。



图 9-1 TaiChi Pro 型 X/γ 射线放射治疗系统整体效果图

X/γ 射线放射治疗系统包括直线加速器单元和伽玛射束单元，由机架（GMS）、束流产生模块（BGM）、射野成形模块（BSM）、聚焦治疗模块、治疗床（PSS）、图像引导系统（IGS）、控制系统（TCS）、应用软件组成。适用于对人体适合接受放射治疗的实体肿瘤和病变提供图像引导下的放射治疗，其中直线加速器单元提供三维适形放射治疗和适形调强放射治疗，伽玛射束单元提供头部立体定向放射治疗、放射外科治疗和体部立体定向放射治疗，二者不能同时使用。

①机架

本设备的机架为滚筒式等中心旋转机架。旋转机架空载的等中心的精度约为 0.15mm。机架采用摩擦轮支撑，单电机通过动力分流对滚筒进行同步双驱，最大旋转速度为 1rpm。束流产生模块、射野成形模块、聚焦头模块和图像引导系统均安装在机架上。机架绕等中心点做 0°-360°范围内顺、逆时针旋转，对患者靶区进行辐照治疗。当紧急停电时，授权人员可手动旋转机架。为了降低高压电击的风险，滑环由有机玻璃材料覆盖。机架主要包括机架底座、滚筒、滑环和配重等。

滚筒中安装伽玛刀聚焦治疗模块、加速器治疗模块和 CBCT 图像引导系统模块。机架结构示意图见图 9-2，设备平面尺寸见图 9-3。



图 9-2 机架结构示意图

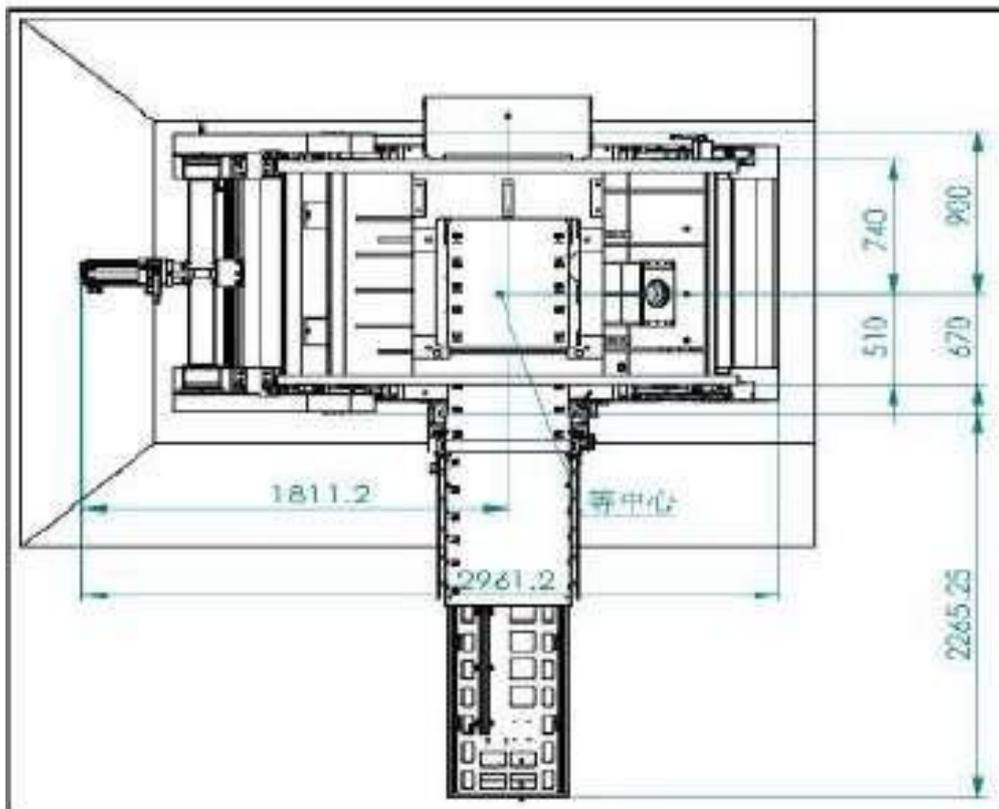


图 9-3 设备平面尺寸示意图 (单位: mm)

②束流产生模块（BGM）

束流产生模块位于机架上，其主要包括：高压脉冲调制器、磁控管、波导传输组件、加速管、剂量监测系统、屏蔽组件、水冷系统。

束流产生模块利用高频微波场，对电子枪发射的电子束进行加速，形成高能电子束流后轰击金属钨靶产生韧致辐射，从而形成 X 射线。加速器产生 X 射线后，经过射野成形子系统后在治疗平面上形成最大 40cm×40cm 的方形圆角射野。水冷系统用于确保束流产生模块稳定的运行温度。

束流产生模块示意图见图 9-4。

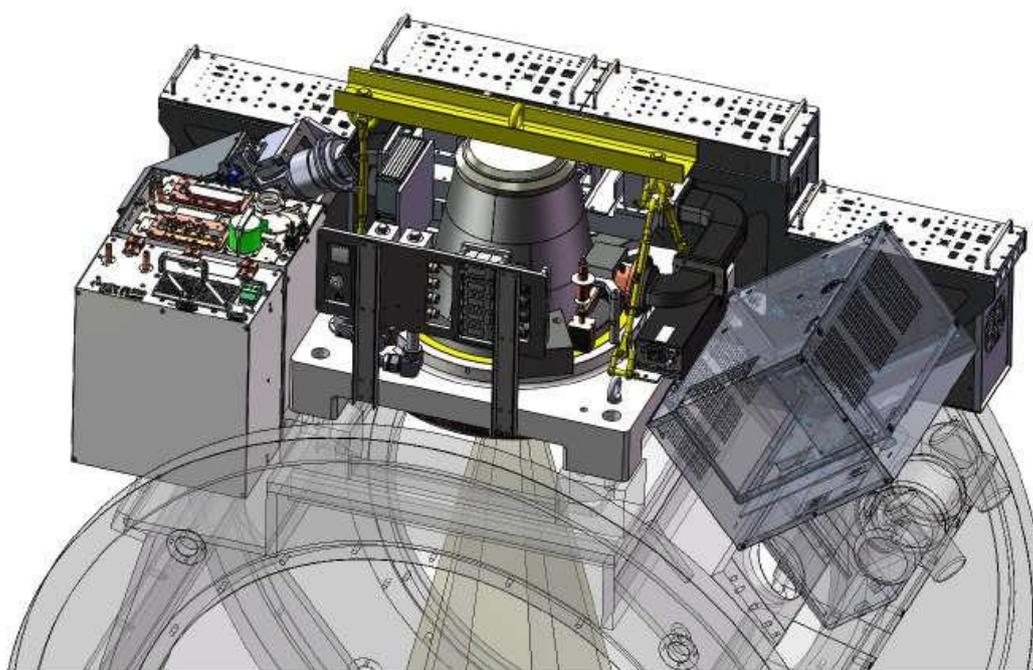


图 9-4 束流产生模块（BGM）示意图

③射野成形模块（BSM）

射野成形模块位于机架上。治疗头可以顺时针或逆时针旋转 270°到 90°。射野成形系统包含 Y 方向上的独立光阑和 X 方向上的 60 对多叶光栅。独立光阑使用双重对焦设计以减少放射束半影。多叶光栅则使用曲面设计以在全范围或叶片移动过程中维持半影一致性。

④聚焦治疗模块

聚焦治疗头安装在机架的滚筒上，与滚筒进行可靠的固定连接。聚焦头主要包含箱体、钨滚筒、钴源匣、准直体、非共面五大部分。聚焦头内置按一定规则布置的 18

颗密封钴-60 放射源；配套的准直体上有 7 组不同规格准直器，可形成 7 组不同大小的聚焦野，准直器可自动更换。放射源发射出的 γ 射线经钨滚筒上的预准直通道，再经准直体上的终准直通道后形成边沿锋利的窄射束，聚焦于辐射野中心，并随聚焦头一起围绕机架轴线进行旋转，对辐射野中心进行旋转聚焦照射，实现聚焦放疗的作用。聚焦治疗头的结构示意图如图 9-5-1-图 9-5-2 所示。

a 箱体

箱体设置多处功能部件的安装位置，并承担主要屏蔽功能，能在最大程度上屏蔽不必要的杂散辐射。

b 非共面组件

非共面组件安装在箱体两侧，是聚焦头主体与机架之间的连接部件。非共面组件保证聚焦头主体在主机架上有可靠准确的位置，同时实现聚焦头非共面摆动，从而改变照射角度。非共面组件在 0° - 14° 范围内摆动。

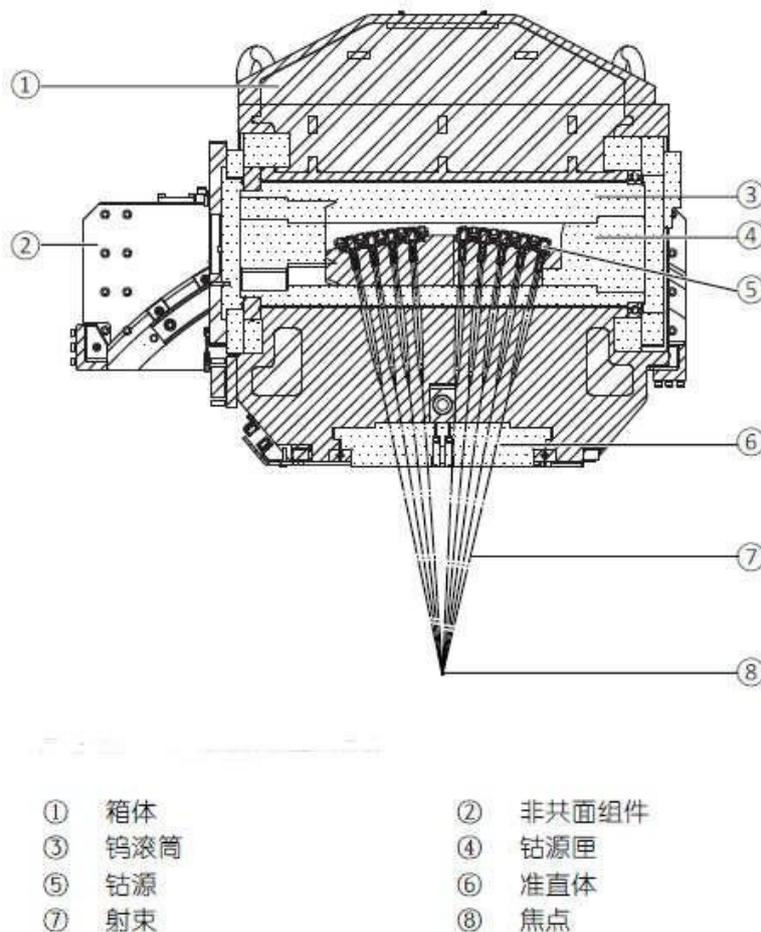


图 9-5-1 聚焦治疗头的结构示意图

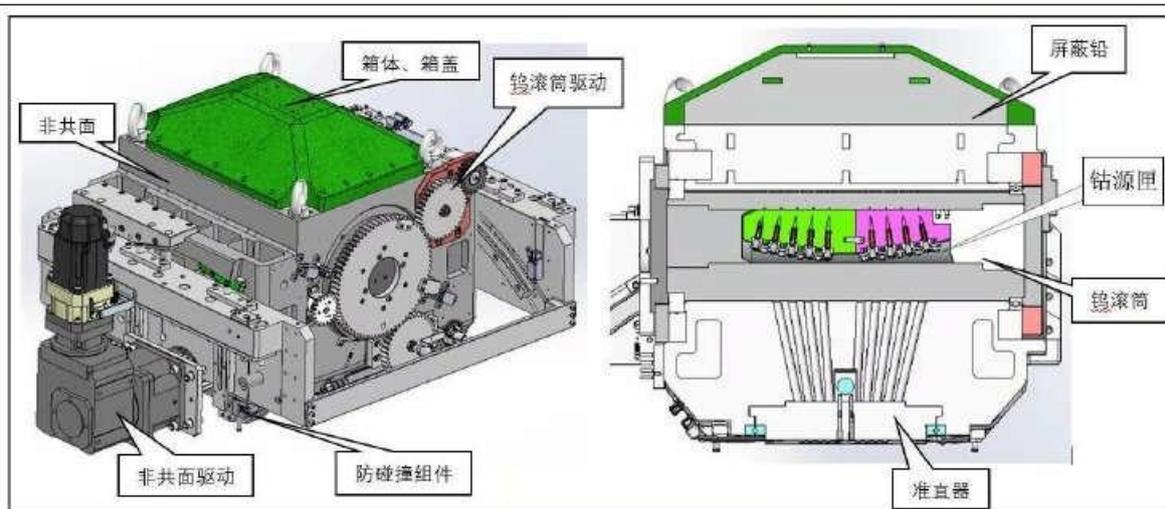


图 9-5-2 聚焦治疗头结构示意图

c 钨滚筒

钨滚筒通过两端轴承与聚焦头箱体连接，是固定钴源匣的组件。钨滚筒上有 18 个预准直通道，与源匣中 18 颗放射源相对应，用于对放射源发出的伽玛射束进行初步准直。通过钨滚筒带动钴源匣往复旋转 180°实现开关源功能。

d 钴源匣

钴源匣是储放及固定放射源的装置，分两排分布着 18 个固定 ^{60}Co 放射源的位置孔。通过钴源匣上的球头柱塞，将密封放射源固定到钴源安装位置孔内。钴源匣组件整体固定在旋转钨滚筒内，通过导向槽使钴源匣上的钴源位置孔与钨滚筒上的预准直通道对应。每颗钴源发射出一束伽玛射线，发出的射线经过准直后在距源下端 750mm 处聚焦。放射源在钴源匣中的排布范围为纬度 -13.3° 至 $+13.3^\circ$ 。18 颗放射源的总活度值为 24000 ($1\pm 5\%$) Ci，单颗放射源活度平均值为 1397 ($1\pm 10\%$) Ci。钴源匣示意图见图 9-6。

e 准直体

准直体用于对放射源发出的 γ 射线进行最终约束，共包含 7 组不同规格的准直器，分别为 $\Phi 0.6\text{cm}$ 、 $\Phi 0.9\text{cm}$ 、 $\Phi 1.2\text{cm}$ 、 $\Phi 1.6\text{cm}$ 、 $\Phi 2.0\text{cm}$ 、 $\Phi 2.5\text{cm}$ 、 $\Phi 3.5\text{cm}$ 。

$\Phi 1.2\text{cm}$ 的准直器使用频率最高，定义为标准的准直器。

$\Phi 0.6\text{cm}$ 、 $\Phi 0.9\text{cm}$ 、 $\Phi 1.2\text{cm}$ 、 $\Phi 1.6\text{cm}$ 、 $\Phi 2.0\text{cm}$ 的准直器适用于头部和体部治疗。

$\Phi 2.5\text{cm}$ 、 $\Phi 3.5\text{cm}$ 的准直器只适用于体部治疗。

每组准直器包含 18 个准直孔，排列形式与钴源匣中的 18 颗放射源的几何排列形

式一致。18个孔的轴线在空间上聚焦于一点，即焦点位置。钨滚筒旋转时，同时移动准直体做直线运动，实现开、关源及选择不同规格的准直器的功能。准直器示意图见图9-7。

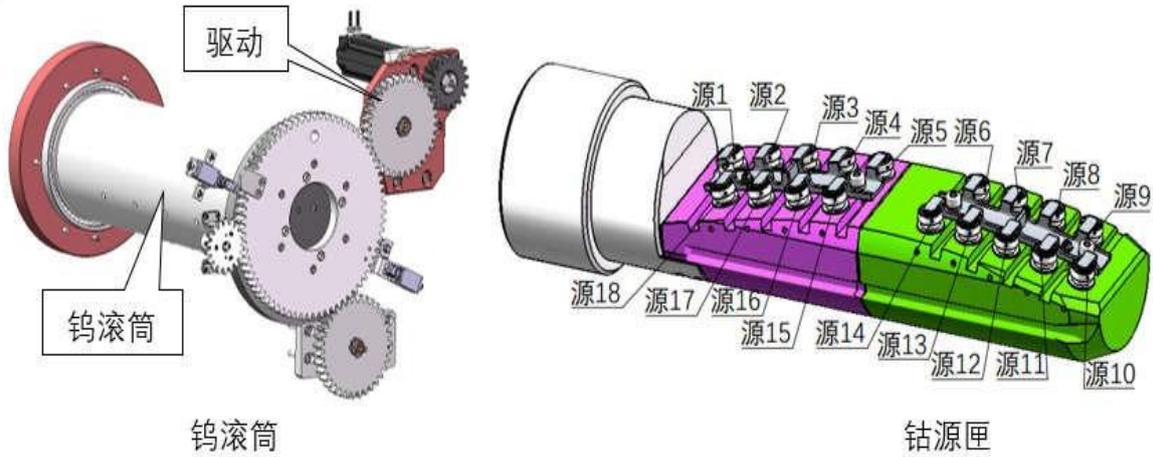
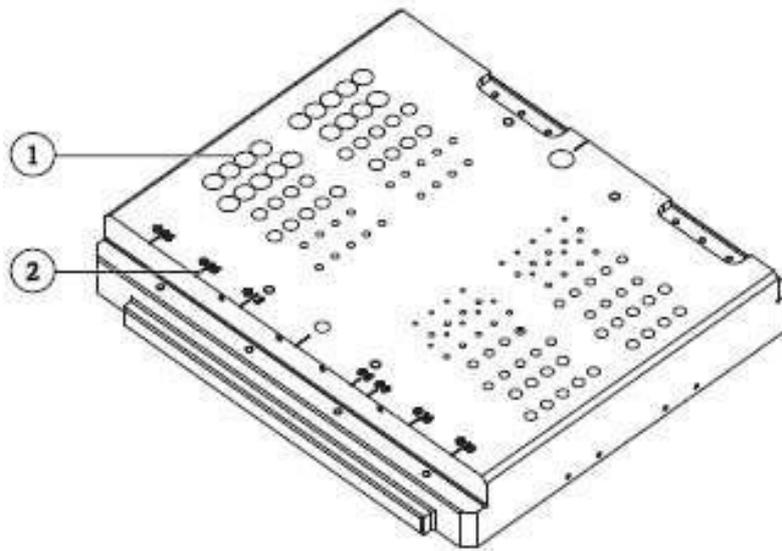


图 9-6 钨滚筒和钴源匣示意图



①准直孔 ②准直器规格

图 9-7 准直器示意图

准直器是通过导轨安装在箱体上，可以在箱体上进行移动来实现不同准直孔规格的切换。准直器驱动部分是常规的电机、减速机、滚柱丝杠结构，通过软件控制驱动实现准直器的自动切换。在与驱动部分相对的丝杠另一端设置有手摇机构及失电制动器，以保证在失电状态时，准直器能够有效锁紧。准直器检测部分包括光栅和开关。

准直器结构为 70mm 钨，聚焦治疗头对面平衡锤体结构为钢 82mm+铅 305mm+

铅铋合金 60mm，聚焦治疗头自身屏蔽能力为在距屏蔽表面 5cm 任一易接近的位置，由于杂散辐射引起的吸收剂量率不超过 0.2mGy/h。

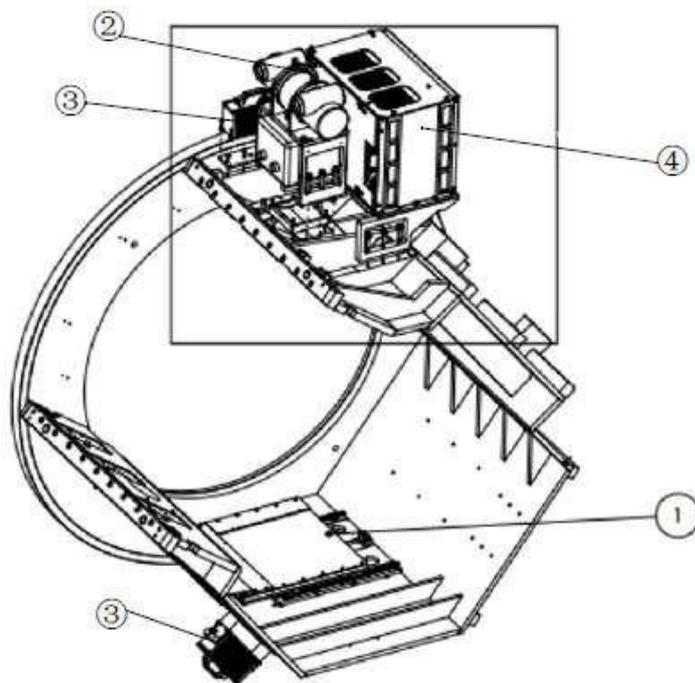
f 治疗床

治疗床可以在 X、Y 和 Z 轴三个方向上运动。治疗床顶部的患者托板由碳纤维制成，可以最大限度的减少对治疗 and 成像射线的影响。治疗床最低可降至距离装修竣工地面 67cm 处，以方便患者上下床。治疗中使用的等中心距离装修竣工地面 95cm。在治疗完成并松开 BSC 上的制动按钮后，可手工移动治疗床。

g 图像引导系统 (IGS)

本系统采用治疗床，将患者固定，用十字激光灯对患者位置进行初始定位，确定治疗床坐标，将 CT 图像中病灶的坐标转换到本系统的坐标系中。目前，使用聚焦治疗头治疗支持头部 CBCT 采集，使用加速器治疗支持头部和体部的 CBCT 采集。在治疗前，通过图像引导定位装置进行摆位验证和治疗床各轴的微动来调整患者的姿态，以确保放射治疗前靶区的准确性。

图像引导系统主要部件包括：kV 级影像平板、X 射线球管、影像光阑、高压发生器。图像引导系统组成见图 9-8。



①kV 级影像平板及其驱动组件 ②X 射线球管组件 ③平板探测器电源模块 ④高压发生器组件

图 9-8 图像引导系统组成

X 射线球管安装于加速器治疗头和伽玛刀聚焦治疗头之间，影像平板位于 X 射线球管对面，便于在加速器或伽玛刀治疗过程中提供患者的 kV 图像。

高压发生器主要用来在集成控制单元控制下，产生稳定的、高频逆变后的直流高压，提供给 X 射线球管和旋转阳极驱动电路电压。灯丝电流控制电路供 X 射线球管灯丝产生稳定的管电流。

CBCT 是锥形束投照计算机重组断层影像设备，其原理为 X 线发生器以较低的射量围绕投照体做环形 DR（数字式投照），然后将围绕体多次“交集”中所获得的数据在计算机中重组后进而获得三维图像。

在治疗时，通过基于 CBCT 的图像与患者的模拟定位图像配准进行摆位验证，通过三维床各轴的微动来调整患者的姿态，以确保放射治疗前靶区的准确性。治疗过程中，图像引导系统可以随时监测患者靶区的位置偏移，超出许可范围时给出警告并可中止治疗。

h 控制系统

电气控制系统由操作控制台、操作计算机、轴控制器控制系统、伺服驱动系统及伺服电机、CBCT、后备电源、传感器、连接电缆、对讲系统、视频监视系统等组成。

其中操作控制台包括操作台、操作计算机主机及显示器、视频监控系统、对讲系统。控制台安装于治疗室旁的控制室内，通过各种类型的电缆与治疗室内的主机相连，在操作控制台上安装有操纵控制盒、操作计算机、对讲系统、视频监控系统完成对主机的控制、与患者进行对话、监视患者的状态等用于治疗的一系列操作。应用软件

i 应用软件

主要包括控制系统软件（CyberZen）、图像引导系统软件（TaiChi-IGS）和伽玛放射治疗计划软件（RT Pro TPS）。其中，伽玛放射治疗计划软件用于制定外照射立体定向放射治疗计划，适用于本设备中的 Gamma 治疗。TPS 系统的功能包括：患者管理、图像管理、图像融合、轮廓勾画、计划管理、立体定向治疗计划制定、靶点列表功能、计划评估、视图功能、计划打印、许可证管理、用户管理、配置工具、设备数据管理功能。

4) 工作方式和操作流程

a、加速器治疗操作流程

①确诊后首先向病人告知可能受到的辐射危害；

②病灶定位：根据医生要求的扫描条件，使用医院已配备的模拟定位机对病灶进行扫描，获得定位图像；

③医生在定位图像上勾画靶区及危及器官，并给出处方；

④制定治疗计划：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，制定合理的治疗计划，最大限度满足靶区及危及器官的要求；

⑤固定患者体位：工作人员进入治疗室对患者进行定位、标记，调整照射角度及射野中心，确认机房内无除患者外人员滞留、防护门关闭；

⑥使用 CBCT 图像引导系统模块对病灶进行扫描，并与定位扫描图像做对比，校准摆位精度，位完毕后工作人员退出治疗室；

⑦工作人员在控制台上确认相关参数，开始治疗；

⑧治疗结束患者离开。

b、伽玛刀治疗操作流程

①当病人确诊需进行伽玛刀治疗后，主治医生向病人告知可能受到的辐射危害；

②根据医生要求的扫描条件，使用医院已配备的模拟定位机对病灶进行扫描，获得定位图像；

③制定治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小，制定放射治疗计划，确定照射位置和照射剂量；

④定位、摆位：使用患者定位装置对患者进行固定，工作人员将病人安置在治疗床上摆位，确认机房内无除患者外人员滞留、防护门关闭；

⑤使用 CBCT 图像引导系统模块对病灶进行扫描，并与定位扫描图像做对比，校准摆位精度，摆位完毕后工作人员退出治疗室；

⑥工作人员在控制台上确认相关参数，开始治疗；

⑦治疗结束后工作人员将病人从治疗床上卸下，病人离开机房。

放射治疗过程及其产污环节见图 9-9。

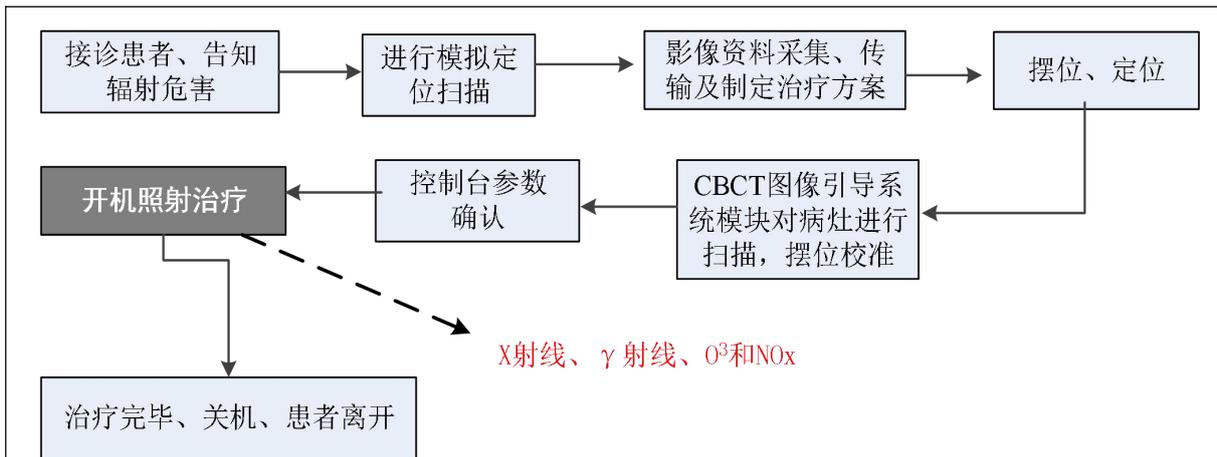


图 9-9 放射治疗操作流程及产污环节简图

2.污染源项描述

(1) 施工期

本项目工程建设内容较为简单，不涉及机房主体结构的建设，与加速器 1 室设备共用控制室及配套模拟定位机，主要为防护设施建设及设备安装，工程量小，施工内容简单，施工过程中产生的污染主要为防护工程施工及设备安装过程中产生的机械设备噪声、场地清理扬尘、施工废包装、建筑垃圾。

1) 噪声

主要来自于机房施工、管线埋设、装修及设备安装产生的噪声，噪声影响范围有限，主要集中在地下二层，工程施工期间将合理安排作业时间，避免夜间及休息时间施工，尽量减少对周围声环境产生不良影响。

2) 扬尘

主要为材料搬运、机房装修、场地清理过程中产生的扬尘，采取洒水抑尘措施，可减少对外部环境的影响。

3) 废水

本项目施工废水主要为施工人员产生的少量生活污水，依托医院南侧污水处理站处理达标后，排入市政污水管网。

4) 固体废物

主要为施工过程产生的建筑垃圾以及施工人员产生的少量生活垃圾。

生活垃圾经统一收集后送指定地点，由环卫部门统一清运处置；建筑垃圾由施工单位统一收集外运处置。

(2) 运营期

1) 加速器治疗功能

医用电子直线加速器运行过程中，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。这种 X 射线随机器的开、关而产生和消失。本项目拟购 X/γ 射线放射治疗系统加速器治疗功能仅有单 X 射线治疗模式，最高输出 X 射线为 6MV，不考虑中子射线和感生放射性带来的影响。此外，X 射线与空气作用引起空气中氧分解生成自由基，产生臭氧和氮氧化物。因此，本项目加速器治疗期间的主要污染因子为 X 射线、电子线，其次为电离空气产生的臭氧和氮氧化物等。

a、X 射线

X 射线一般指电子束被靶或其它物质阻止所产生具有连续能谱的韧致辐射。它的发射率与电子的能量、束流强度、靶物质原子序数及靶厚度有关，并随发射角度而异。加速电子轰击靶物质时，不仅沿电子入射方向（即 0°方向）有 X 射线发射，沿其它方向也有 X 射线发射。X 射线对周围环境及人员的照射途经包括主射、漏射及散射。

①主射线辐射：当加速器中光阑完全打开时，从辐射头靶射出的 X 射线为一个半角为 14°的锥形线束，其能量为 6MV。主射线是唯一用于治疗目的的射线，又称有用线束。

②漏射线辐射：由靶向外从各个方向上穿过辐射头泄漏出来的射线成为漏射线。漏射线遍布机架各处，因此漏射线辐射源到任一点的距离会因为机架角度不同而异。

③散射线辐射：当主射线射入治疗台上的人体时，会产生散布于各个方面上的次级散射辐射，这种散射线只有比主射线低得多的能量和剂量率，此剂量率大小决定于被照区域，初级射线能量和散射角度。

b、电子线

电子线在物质中的射程很短，很容易被加速器的靶件或其它构件所阻止，不会直接造成危害。电子射线束穿过薄膜窗从加速器中射出后，成为能量较高的外电子射线束，它在空气中的射程较长，禁止非治疗人员在设备开机时进入治疗机房，防止电子射线束或散射电子照射造成事故。

c、放射性固体废物

①加速器靶物质（件）以及机头等金属部件由于受电子的轰击会产生较强的感生

放射性，靶物质（件）一般5-7年更换一次，更换下来的废靶件经检测如不能满足清洁解控要求，由生产厂家回收处理。

②医用直线加速器正常运行时，无放射性固体废物产生。如果冷却水循环系统出现故障，可能造成靶体散热不畅导致靶被打穿的情况，产生废靶。此外，加速器报废时，退役的废靶件做为放射性固体废物处置。

2) X/γ 射线放射治疗系统（伽玛刀治疗功能）

a、γ 射线

伽玛刀治疗功能计划使用 ^{60}Co 放射源属于密封放射源，非治疗状态下，放射源贮存及固定在钴源匣装置内，钴源匣组件整体固定在旋转钨滚筒内，准直器结构为 70mm 钨，均具有辐射防护性能，但仍存在泄漏辐射，泄漏辐射会对进入机房的人员造成 γ 射线外照射危害。开机放射治疗情况下，主要污染因子为 γ 射线外照射。

b、放射性固体废物

伽玛刀治疗装置中放射源的活度低于医疗所需活度或不能满足医疗使用要求（换源周期约为 6-7 年），退役后成为废旧放射源，与放射源生产厂家签订废旧放射源回收协议，由生产厂家进行回收处理。

综上，本项目 X/γ 射线放射治疗系统运行期间，放射性污染因子主要为 X 射线、电子线、 γ 射线、加速器废靶和废旧放射源。加速器废靶和废旧放射源暂存至医疗废物暂存间，与生产厂家签订协议，由厂家定期回收处置。

3) 非放射性污染因子

①臭氧和氮氧化物

X/γ 射线放射治疗系统运行过程中，产生的 X 射线、 γ 射线会与空气作用产生少量臭氧和氮氧化物。由于臭氧和氮氧化物产生额极少，通过采取强制排风系统（“上送下排”的通风方式，排风量 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ）从机房排出，换气次数 5-6 次/h。

②废水

本项目拟新增辐射工作人员 2 名，新增废水量极少，不会影响整体水量水质的变化，产生的生活污水依托医院南侧污水处理站处理达标后，排入市政污水管网。

X/γ 射线放射治疗系统直线加速器冷却采用去离子蒸馏水，内循环使用，不

会产生感生放射性废水，由于蒸发耗损，需要补充去离子蒸馏水时由生产厂家派专业人员补充，不外排。

③固废

本项目拟新增辐射工作人员 2 名，新增固废极少，产生的生活垃圾经统一收集后送指定地点，由环卫部门统一清运处置。

④噪声

本项目运行时噪声主要为空调及动力排风系统产生的噪声。本项目选用低噪声设备，且风机安装在室内，再通过建筑墙体隔声及距离衰减后，其运行产生的噪声对周围声环境的影响非常小。

表 10 辐射安全与防护

1.项目安全设施

(1) 辐射工作场所布局

本项目加速器 2 室位于医院地下二层，南侧主要为加速器 1 室及加速器 2 室放疗机房及配套辅助功能用房，北侧主要为模拟定位机房、CT、DR、核磁等诊疗机房及配套辅助用房，地下二层区域中间和西侧均设置人行楼梯和电梯间等出入口。医院地下二层工作场所平面布置见附图 3。机房四周毗邻情况见表 10-1。

表 10-1 机房周围毗邻情况

名称	东墙	西墙	南墙	北墙	顶棚	楼下
加速器 2 室	信息化机房/临时库房	控制室、水冷室	土层	更衣室/外科体检/耳鼻喉体检/妇科体检/走廊	设备管道层	地基

该辐射工作场所位置独立，设置在建筑物底层的一端，避开了医院人流较多的场所和医院进出流通通道，采取机房屏蔽、辐射区域集中管理与监督等措施，同时方便患者就诊，布局合理。

(2)工作场所分区与评价

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，应将放射性工作场所分为控制区、监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制，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。监督区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。

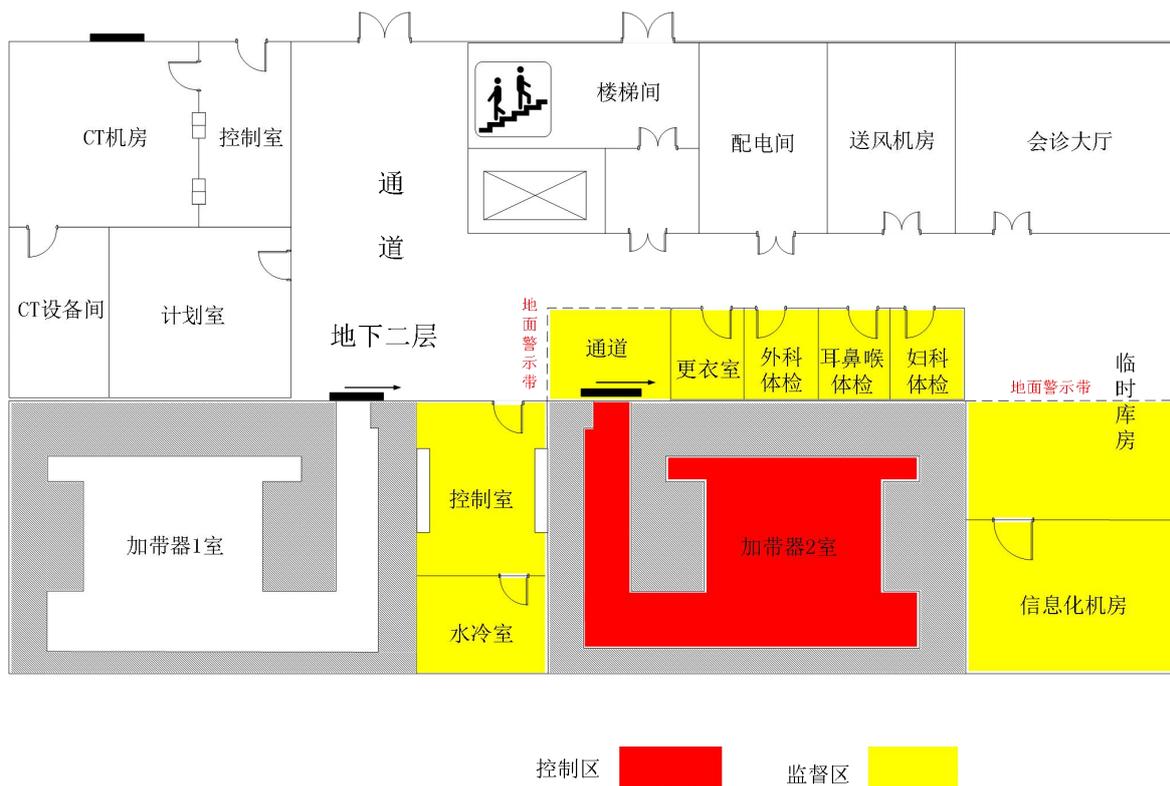
1)场所分区

本项目按照《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要求》（HJ 1198-2021）的要求将辐射工作场所划分为控制区和监督区，实行分区管理。

本项目加速器 2 室辐射工作场所分区情况见表 10-2 及图 10-1 所示。

表 10-2 加速器 2 室机房辐射工作场所分区情况一览表

分区情况	控制区	监督区
加速器 2 室	加速器 2 室机房内部区域	控制区外四周毗邻可能受到辐射照射的区域，包括控制室、水冷机房、更衣室、外科体检、耳鼻喉体检、妇科体检等。



2) 分区管控要求

控制区：加速器2室机房四周墙体及防护门为界的机房内部区域。此区域通过屏蔽墙体、防护门、联锁装置、工作状态指示灯、入口设置明显的电离辐射警告标志和人员管控等措施严格控制人员进入，以保证放射治疗设备工作期间，治疗室内除正在接受治疗的患者外不会有任何人员滞留，以预防潜在照射及事故照射的发生。

监督区：机房外的控制室及四周毗邻区域，此区域内应限制非工作人员和一般公众的停留时间，避免受到可能产生的辐射危害，并经常对职业照射条件进行监督和评价。

2.辐射屏蔽措施

(1) 机房面积

根据建设单位提供的资料及现场调查情况，本项目机房净空尺寸（不含迷路，吊顶后）7.0m×8.2m×3.0m，采用 2.34t/m³的钢筋混凝土整体浇筑。加速器主射束为东向、西向、地面及屋顶，东、西向均为内凸型主屏蔽区，顶部为外凸型主屏蔽区，具体机房结构见附图 4。西墙设置直迷路，迷道内墙主屏蔽区厚度 2100mm，迷道外墙厚 1100mm。机房入口设在北墙西侧，机房防护门拟采用 14mmPb 电动推拉防护门。

(2) 机房采取的屏蔽措施

本项目加速器 2 室机房拟完全利用原有机房，机房结构和屏蔽材料及厚度均不做改变；本项目加速器 2 室机房墙体均采用普通混凝土材料（密度 2.34g/m³），加速器 2 室机房拟采取屏蔽材料和屏蔽厚度情况详见表 10-3。

表 10-3 加速器 2 室机房屏蔽情况

屏蔽层	相邻场所	射线情况	屏蔽层厚度	屏蔽材料	备注
北墙侧屏蔽	走廊/更衣室/外科体检/耳鼻喉体检/妇科体检/通道	漏射	厚 1300mm	混凝土	/
西墙	控制室/水冷室	有用线束	迷路内墙主屏蔽：2100mm	混凝土	/
		漏射	迷路内墙次屏蔽：1300mm 迷路外墙：1100mm	混凝土	/
东墙	信息化机房/临时库房	有用线束	主屏蔽：厚 2600mm，宽 4400mm	混凝土	/
		漏射、散射	次屏蔽：厚 1300mm	混凝土	/
南墙侧屏蔽	土层	漏射	厚 1000mm	混凝土	/
顶棚	设备管道层	有用线束	主屏蔽：厚 2600mm，宽 4400mm 长 11700m	混凝土	/
		漏射、散射	次屏蔽：厚 1300mm	混凝土	/
防护门	通道	漏射	1300mm 混凝土+14mmPb 电动推拉防护门	混凝土+铅	/
		散射	2100mm 混凝土+14mmPb 电动推拉防护门	混凝土+铅	/

加速器 2 室机房各侧屏蔽体结构详见附图 4 加速器机房平面、剖面设计图。

3.安全防护设施

(1) 设备自身拟采取安全防护设施

设备运营中，为防止出现超剂量照射事故，设备自身拟采取多种安全防护措施：

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

②条件显示联锁：具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，才能进行照射；

③控制台上配置有独立于其它任何控制照射终止系统的控制计时器，当照射终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次照射；

④加速器有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射；

⑤有安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态；

⑥有时间控制联锁，当预选照射时间确定后，定时器能独立控制照射停止；

⑦设备机身标有明显的电离辐射警告标志。

(2) 工程拟采取的安全防护措施

①场所设施

a、电离辐射警告标志

在机房防护门入口处应设置醒目的电离辐射警告标志及“当心电离辐射”的中文警示说明，伽玛刀装置外表面应设置电离辐射警告标志和中文警示说明。

b、工作状态指示灯

在机房防护门入口处应设置工作状态指示灯，并与设备出束关联，当设备未工作时，绿灯亮（红灯不亮），正常工作时，红灯亮且灯光闪烁（绿灯不亮），告诫无关人员勿靠近机房工作场所。治疗室内设置准备出束音响提示。

c、视频监控、对讲交流系统

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，以便操作者和患者之间进行双向交流。

d、钥匙控制开关/系统数字密码

控制室操作台应设置钥匙控制开关或治疗系统设置数字密码，由专人操作设备，

防护非工作人员误操作。

e、紧急停机装置

应在放射治疗室的控制室操作台、迷道出入口及防护门内侧、机房四周墙壁分别设置紧急停机按钮，各急停按钮相互串联，同时设醒目标识及文字显示，如果出现意外、人员误留或者误开机等情况时，能让各区域内人员从各个方向均能观察到且便于触发，防治意外照射。

紧急停机按钮必须采用手动方式才能复位，并通过控制台才能重新开启治疗设备。

f、安全联锁装置

机房应设置门-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。伽玛刀装置应设有断电自动回源措施。

g、防护门相关设施

防护门应设具有防挤压功能：即在防护门关闭过程中，遇有人员意外通过时将自动终止关门运行。

在机房防护门外旁侧安装开、关门按钮，在防护门内侧迷道墙壁设置门内紧急开门按钮（该按钮将只具有开门功能，无关门功能）。

h、监测设备

在机房迷道内入口处安装固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单位设置在控制室操作台，用于监测机房内的辐射水平并帮助辐射工作人员判断设备的工作状态。

固定式辐射剂量监测仪与防护门联锁，显示系统能显示出剂量水平和与门联锁状态，可以提示医生能否进入治疗室内，如果治疗室内剂量水平超过标准或者与门未联锁，则报警系统启动。

②穿墙管道设计

机房电缆拟埋设在电缆沟内，连接治疗系统设备沿迷道内墙布设，向西穿过机房西侧屏蔽墙连接控制室操作台，采取地下“U”型方式穿墙，电缆沟盖板采用铅板屏蔽（厚 2cm），电缆沟的布设方式不会影响屏蔽墙体的屏蔽效果。

为减少机房外的辐射剂量，通风管延在进出机房时，避开了主射束照射区域，穿过迷路入口上方的通道。在风道设计上，应尽量减少穿墙通道的面积，并且与防护墙成 45°角折线形式进入，这种通排风设置对机房屏蔽墙的辐射防护影响较小。

③通风措施

机房设置强制排风系统，采取“上送下排”的通风方式，排风量 1000m³/h，换气次数 5-6 次/h。拟在加速器机房西侧顶部设置两个送风口，在东墙下侧距地 30cm 处设置两个排风口，送排风口呈对角线布置。排风管道向上至吊顶上方紧贴顶板向西经防护迷路由防护门上方穿墙，穿墙部分采用“Z”型方式，穿墙后向西进入预留排风井，从屋顶排出。

④其他安全措施

配备必要的辐射防护用品和监测仪器，包括 1 台辐射剂量巡测仪（利旧）和 2 台个人剂量报警仪，新增辐射工作人员每人配备 1 枚热释光个人剂量计。配备成人、儿童铅衣、铅帽、围脖、三角巾等个人防护用品与辅助防护设施至少各 1 套（共 2 套），降低患者非受照部位的照射剂量；铅衣铅当量应不小于 0.25mmPb，围脖、三角巾铅当量应不小于 0.5mmPb；

机房应安装应急照明装置和安全出口指示灯，箭头指向出口处，设火灾自动报警装置。

（3）时间防护

在满足放射治疗要求的前提下，在每次进行治疗之前，根据治疗要求和病人实际情况制定最优化的治疗方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数和剂量，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外的剂量照射。

（4）其他安全操作要求

①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。

②应加强放射源倒装活动的辐射安全管理，由生产厂家人员制定放射源倒装活动方案，并对辐射香油与报警仪器的有效性、操作场所分区隔离设置等情况进行确认。

倒装放射源时关注倒源屏蔽体的辐射防护效果和含源设备的表面污染情况，做好安装和更换的放射源清点并做好记录；倒装结束后对含放射源的放射治疗设备、场所与周围环境进行辐射监测。

③建立放射性固体废物台账，存放及处置前进行监测，记录部件名称、辐射类别、监测结果、监测日期、去向等相关信息，并做好存档记录。

4. 三废的治理

本项目工程建设内容较为简单，不涉及机房主体结构的建设，主要为防护设施施工及设备安装，工程量小。X/γ射线放射治疗系统正常运行（使用）情况下，不产生放射性废气、放射性废水，加速器会产生少量废靶及伽玛刀装置会产生废旧放射源。具体如下：

（1）废水处理措施

本项目 X/γ射线放射治疗系统运行期间不产生医疗废水和放射性废水。直线加速器冷却系统采用去离子蒸馏水，内循环使用，不会产生感生放射性废水，加速器设备自带水流量监测开关，当加速器中大功率负载的冷却水流量不满足要求时，加速器将自动切断高压电源，由于蒸发耗损，需要补充去离子蒸馏水时由生产厂家派专业人员进行补充，不外排。

本项目拟新增辐射工作人员 2 名，新增废水量极少，不会影响整体水量水质的变化，产生的生活污水依托医院南侧污水处理站处理达标后，排入市政污水管网。

（2）废气处理措施

X/γ射线放射治疗系统运行过程中，产生的 X 射线、γ射线会与空气作用产生少量臭氧和氮氧化物。由于臭氧和氮氧化物产生额极少，通过采取强制排风系统（“上送下排”的通风方式，排风量 1000m³/h，换气次数 5-6 次/h）从机房排出，不会对周围环境造成影响。

（3）固体废物治理措施

1) 加速器废靶

加速器在运行过程中产生少量的放射性固废，主要有加速器废靶。加速器钨

靶的使用寿命较长，一般情况下，5-7年更换一次，如果使用不合理，会出现打穿情况产生废靶。运行中废靶的更换、退役拆卸等均由设备厂家专业人员进行，拆下来的废靶进行放射性水平检测，如不能满足清洁解控要求，由生产厂家回收处置。

2)伽玛刀废旧放射源

伽玛刀治疗装置中放射源的活度低于医疗所需活度或不能满足医疗使用要求（换源周期约为6-7年），退役后成为废旧放射源，与放射源生产厂家签订废旧放射源回收协议，由生产厂家进行回收处理。

具体废物产生及储存情况见表10-9所示。

表 10-9 放射性固废产生量及去向

放射性固废	产生量	处理措施
加速器废靶	1个/5-7年	进行放射性水平检测，如不能满足清洁解控要求，由生产厂家回收处置。
伽玛刀废旧放射源	6-7年/周期	与放射源生产厂家签订废旧放射源回收协议，由生产厂家进行回收处理。

3) 其它固体废物治理措施

本项目拟新增辐射工作人员2名，新增固废极少，产生的生活垃圾经统一收集后送指定地点，由环卫部门统一清运处置。

(4)噪声治理措施

正常运行时，加速器2室机房噪声主要为空调及排风系统产生的噪声。本项目选用低噪声设备，且设置独立的送风机房和排风机房，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，其运行产生的噪声对周围声环境的影响非常小。

综上所述，大同世纪友好医院有限责任公司对本项目产生的电离辐射和各项污染均采取了有效的辐射防护和污染防治措施，满足环境管理要求。

表 11 环境影响分析

1.建设阶段对环境的影响

(1) 施工期的环境影响

建设阶段主要为加速器 2 室机房及辅助用房的装修施工、相应设施和设备安
装等。施工期间可能产生的污染物主要为施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑
垃圾以及施工人员生活污水和生活垃圾；装修期间的污染物主要包括粉尘、废水、
噪声及废弃的装修材料等。

1) 粉尘、废气

本项目施工期在墙体及地面等装修施工过程中，材料的搬运以及场地清理过
程中将会产生少量的粉尘污染。本项目施工过程基本位于地下二层室内，采取相
应洒水抑尘作业措施后可将粉尘对周围环境产生的影响降低在可接受的范围内。

另外设备调试过程产生的 X 射线与空气作用产生的少量臭氧和氮氧化物等有
害气体，产生额极少，通过机房内设置的强制排风系统排出，直接与大气接触、
不累积，自然逸散，对环境影响可忽略不计。

2) 废水

本项目施工期间产生的废水主要为施工人员产生的少量生活污水，依托医院
南侧污水处理站处理达标后，排入市政污水管网。

3) 固体废物

本项目施工期产生的固废主要为机房装修及辅助工程施工等过程产生的建筑
垃圾，以及施工人员产生的少量生活垃圾。

施工人员产生的生活垃圾经统一收集后送指定地点，由环卫部门统一清运处置；
施工装修过程中产生的边角料、设备包装废弃物和完工清场的固体废物，由
施工单位统一收集外运处置。

通过采取以上防治措施以后，施工期产生的固废基本不会对周围环境产生影
响。

4) 噪声

本项目施工期的噪声主要为机房施工装修、管线埋设及设备安装产生的噪声，
噪声影响范围有限，主要集中在地下二层，工程施工期间将合理安排施工流程、顺

序，并合理安排作业时间，避免夜间及休息时间施工，尽量减少对周围声环境产生不良影响。

在采取以上噪声防治措施后，可有效降低施工期噪声对周围环境的影响。

(2) 设备安装调试期间的环境影响

医院负责放射源的购买，与放射源生产厂家签订购买协议，放射源生产厂家负责放射源的运输，设备生产厂家负责放射源的装源、换源、设备的维修等工作，医院负责放射源的装源、换源、设备的维修过程中的安全保卫工作。

射线装置的安装调试由厂家专业人员进行，医院不得自行拆卸、安装设备，安装调试期间操作人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。在射线装置调试阶段，还会产生 X 射线、 γ 射线辐射污染，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，确保安全有效联锁，在机房门外设置电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。同时，加强安装调试期间辐射防护管理，由于各设备的安装和调试均在机房内进行，X 射线、 γ 射线经过墙体的屏蔽和距离衰减后对周围环境的影响极小。

2.运营阶段对环境的影响

本项目运营期主要环境问题是电离辐射污染，主要为 1 台 X/ γ 射线放射治疗系统，为 II 类射线装置，可能会对周围工作人员和公众的身体健康造成影响。

1) 加速器治疗功能

本次评价 X/ γ 射线放射治疗系统（加速器治疗功能）辐射环境影响理论计算根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）预测。

表 11-1 本项目拟用 X/ γ 射线放射治疗系统（加速器治疗功能）参数表

序号	项 目	参 数
1	标称 X 射线能量	6MV
2	等中心处最大剂量率	1400cGy/min (840Gy/h)
3	等中心处最大照射野	40cm×40cm (有用束张角 27.8°)
4	等中心高度	950mm (距地面)，1500mm (距机器最低点)
5	射线源至等中心距离 (SAD)	1000mm
6	泄漏辐射	机头屏蔽体不大于 0.5%；准直器不大于 0.1%

①预测点的选取

加速器2室机房关注点位置主要包括主屏蔽区、与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区、侧屏蔽墙、迷路外墙、加速器机房迷路入口。不同位置应考虑不同的辐射束，关注点为距治疗机房外表面30cm的相应位置。关注点位平面和立面示意图11-1和图11-2。

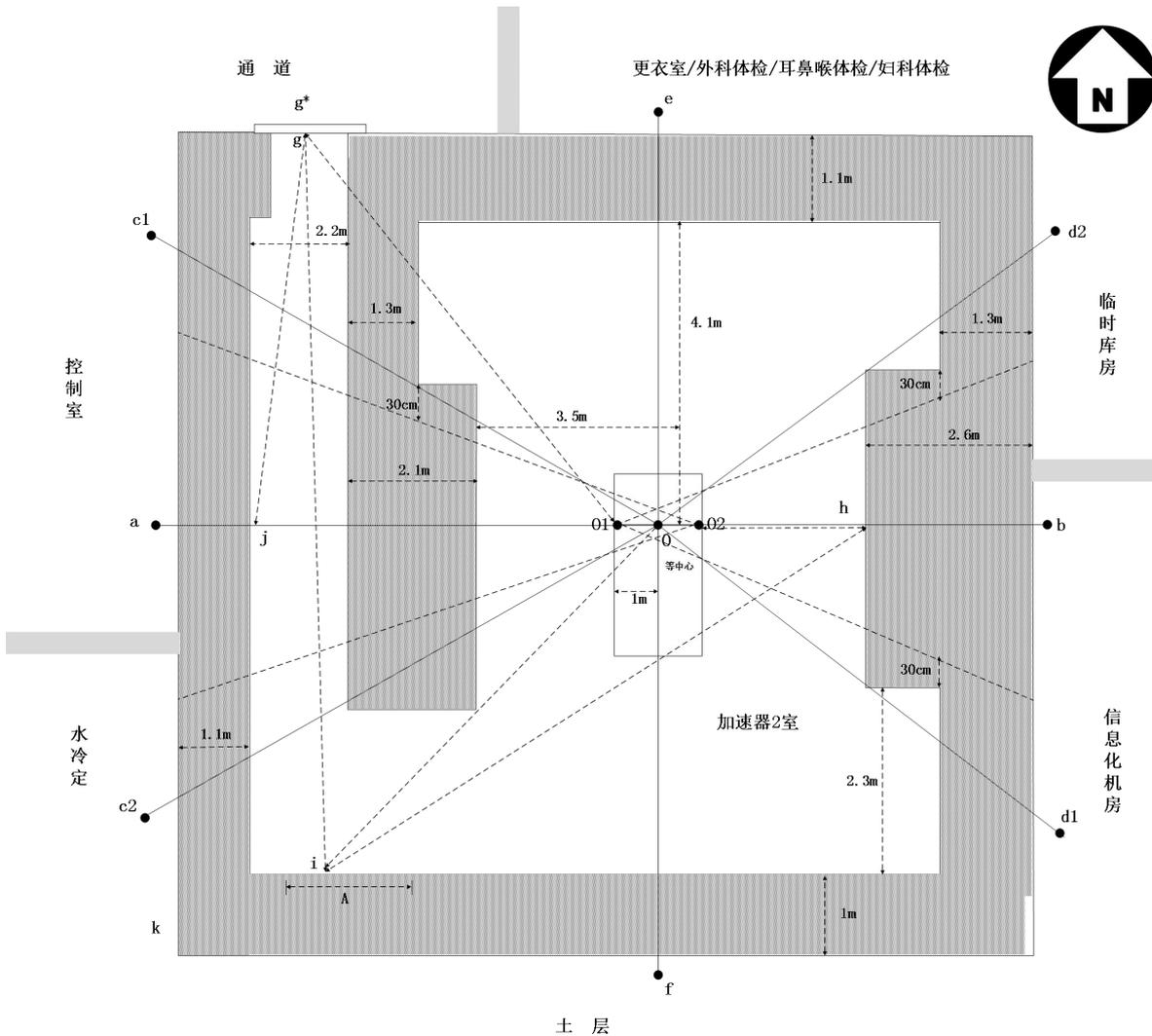


图 11-1 本项目加速器 2 室（加速器治疗功能）关注点位平面示意图

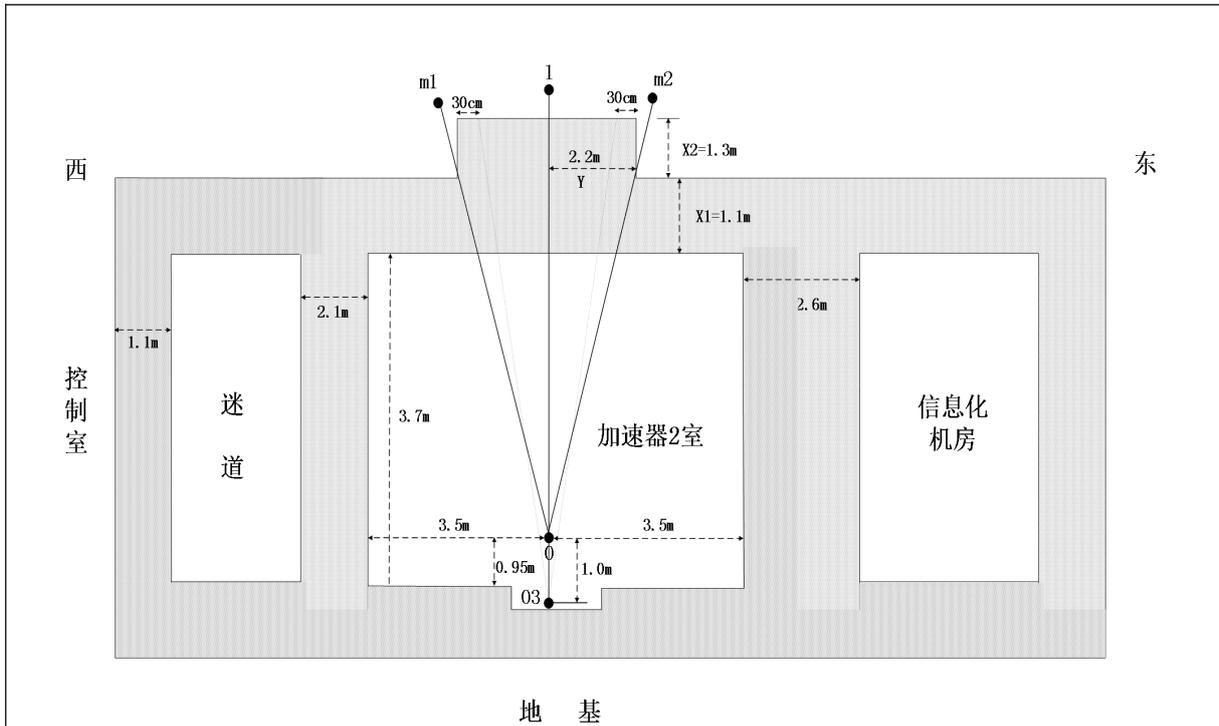


图 11-2 本项目加速器 2 室（加速器治疗功能）关注点位立面示意图

②预测公式及选取参数

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的要求，在加速器机房外设置关注点。从保守角度出发，在加速器机房现有设计尺寸厚度基础上，假定加速器最大条件运行并针对关注点最不利情况对治疗室周围剂量率进行计算。不同辐射的剂量计算公式如下：

a、有用线束和泄漏辐射的剂量估算

在给定屏蔽物质厚度 X (cm) 时，先按照（式 11-2）计算有效厚度 X_e (cm)，再按照（式 11-3）估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B，然后按（式 11-1）计算在屏蔽体外关注点的剂量率（ μ Sv/h）。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{（式 11-1）}$$

$$X_e = X \cdot \sec\theta \dots\dots\dots \text{（式 11-2）}$$

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

式中：

\dot{H} —关注点剂量率, $\mu\text{Sv/h}$ 。

B —屏蔽透射因子。

\dot{H}_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; 本项目为 $8.4 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ (最大 X 线剂量率为 $1400 \text{cGy}/\text{min}$), 后续计算均取此值。

R —辐射源点(靶点)至关注点的距离, m; 本项目参考点均为相应墙外 0.3m。

f —对有用束为 1; 对泄漏辐射为泄漏辐射比率 0.1%。

θ —为斜射角, 即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角; 主屏蔽墙 0° 入射。

TVL_I (cm) 和 TVL (cm) —为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。对 6MV X 射线在混凝土中: 有用束 $TVL_I=37\text{cm}$, $TVL=33\text{cm}$; 90° 泄漏辐射 $TVL_I=34\text{cm}$, $TVL=29\text{cm}$ 。

X_e —有效屏蔽厚度。

X —墙体屏蔽厚度。

b、患者一次散射辐射的剂量估算

在给定屏蔽物质厚度 X (cm) 时, 先按照 (式 11-2) 计算有效厚度 X_e (cm), 按照 (式 11-3) 估算屏蔽透射因子 B , 然后再按 (式 11-4) 计算在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot a_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{(式 11-4)}$$

\dot{H} —关注点剂量率, $\mu\text{Sv/h}$ 。

R_s —患者(位于等中心点)至关注点的距离, m。

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

a_{ph} —患者 400cm^2 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m (关注点方向) 处的剂量比例, 又称 400cm^2 面积上的散射因子。患者散射角为 30° , 附录 B 表 B.2 查

出 6MV X 射线，30°的散射因子 α_{ph} 为 2.77×10^{-3} 。

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 。

对 6MV X 射线，30°的患者散射辐射在混凝土中 $TVL_l = TVL = 26\text{cm}$ 。

式中其它各符号同上。

c、机房迷路散射辐射剂量估算

机房入口关注点处 (g) 的散射辐射剂量率 \dot{H}_g 计算公式如下：

$$\dot{H}_g = \dot{H}_0 \cdot \frac{(F/10^4)}{R^2} \cdot a_w \cdot B_p \dots\dots\dots \text{(式 11-5)}$$

式中：

\dot{H}_g —关注点处 (g) 的散射辐射剂量率， $\mu \text{Sv/h}$ 。

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

F—治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 。

R—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，m。

10^4 —将 1m^2 面积转换成 10^4cm^2 。

a_w —辐射因子，单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。本项目取 2.77×10^{-3} 。

B_p —有用线束射入散射体 (屏蔽墙) 前的屏蔽透射因子。

d、防护门外的辐射剂量率计算

$$\dot{H} = H_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \dots\dots\dots \text{(式 11-6)}$$

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

\dot{H}_{og} —穿过内墙的泄漏辐射在 (g) 处的剂量率， $\mu \text{Sv/h}$ 。

TVL—辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，式中 $TVL=5\text{mm}$ (铅)。

③关注点辐射剂量率计算结果

本项目 X/ γ 射线放射治疗系统 (加速器治疗功能) 规格和参数要求如下：6MV 时，X 射线最高剂量率为 1400cGy/min ；X 射线有用线束张角 $\leq 27.8^\circ$ ，X 射线最大照射野为 $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ 且连续可调；机头泄漏率 0.1%，机头旋转角度 $\geq 360^\circ$ ，源轴距

100cm。

表 11-2 加速器 2 室（加速器治疗功能）周围剂量估算预测所用参数一览表

参数	单位	取值	取值依据
1m 处: H_0	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	8.4×10^8	等中心最大剂量率: 1400cGy/min
有用 f	/	1	GBZ/T 201.2-2011 附录 D 表 D.1
漏射 f	/	0.1%	GBZ/T 201.2-2011 附录 D 表 D.1
有用 TVL_l (砵)	cm	37	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.1 (6MV)
有用 TVL (砵)	cm	33	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.1 (6MV)
90° 泄漏 TVL_1 (砵)	cm	34	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.1 (6MV)
90° 泄漏 TVL (砵)	cm	29	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.1 (6MV)
30° 散射 TVL (砵)	cm	26	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.4 (6MV)
30° α_{ph}	/	2.77×10^{-3}	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.2(6MV/30°)
0° α_w	/	5.3×10^{-3}	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.5 (6MV/0°)
F	cm^2	1600	最大照射野: 40cm×40cm

在加速器 2 室机房外，距机房外表面 30cm 处，选择人员受照的周围剂量当量可能最大的位置以及在距离机房一定距离处，公众成员居留因子大并可能受照射剂量大的位置作为关注点。设计屏蔽厚度下各关注点的辐射剂量率计算结果见表 11-3 所示。

表 11-3 加速器 2 室（加速器治疗功能）周围辐射剂量率计算结果一览表

位置		相邻场所	关注点	射线类型	距离 R(m)	透射因子	斜射角 °	屏蔽材料及厚度	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
北墙	侧屏蔽墙	更衣室/外科/耳鼻喉/妇科体检/通道	e	泄漏束 o→e	5.50	1.52E-5	0	1300mm 混凝土	0.422
南墙	侧屏蔽墙	土层	f	泄漏束 o→f	5.40	5.30E-5	0	1000mm 混凝土	1.53

东墙	主屏区	信息化机房/临时库房	b	有用束 o1→b	7.40	1.75E-8	0	2600mm 混凝土	0.268	
	次屏蔽区		d1、 d2	泄漏束 o→d1(d2)	7.34	1.04E-5	30	1300mm 混凝土	0.162	0.334
				散射束 o1→o→d1 (d2)	7.34	1.78E-6	30	1300mm 混凝土	0.172	
西墙	主屏区	控制室/水冷室	a	有用束 o2→a	10.2	2.66E-10	0	3200mm 混凝土	0.00215	
	次屏蔽区		c1、 c2	泄漏束 o→c1 (c2)	10.6	4.52E-10	30	2400mm 混凝土	3.38E-6	
屋顶	主屏区	设备管道层	l	有用束 o3→l	6.45	7.05E-8	0	2400mm 混凝土	0.142	
	次屏蔽区		m1、 m2	泄漏束 o→m1 (m2)	6.25	6.46E-5	30	1100mm 混凝土	0.0065	0.0389
				散射束 o3→o→m1 (m2)	6.25	1.36E-6	30	1100mm 混凝土	0.0324	
机房入口 防护门	通道	g、g*	泄漏束 o1→g	6.30	1.04E-5	30	1300mm 混凝土 +14mmPb	0.220	0.220	
			散射束 o2→j→g	5.20	5.72E-7	0	2100mm 混凝土	0.0015		
/	会诊大厅	/	/	/	15	1.52E-5	/	1300mm 混凝土	3.26E-4	
/	CT控制室	/	/	/	25	1.52E-5	/	1300mm 混凝土	4.16E-6	
/	DR控制室	/	/	/	35	1.52E-5	/	1300mm 混凝土	1.21E-7	
/	核磁控制室	/	/	/	32	1.52E-5	/	1300mm 混凝土	3.19E-7	
/	门诊/办公/内外科/中西医科室	/	/	/	10	6.46E-5	/	1100mm 混凝土	5.78E-4	

2) 伽玛刀治疗治疗功能

本次评价 X/γ射线放射治疗系统（伽玛刀治疗功能）辐射环境影响理论计算根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）预测。

表 11-4 本项目拟使用核素 ^{60}Co 的技术参数表

核素	半衰期 $T_{1/2}$	活度 (Bq)	γ射线能量均值 (MeV)	空气比释动能率常数 K_r $\mu\text{Sv} (\text{h} \cdot \text{MBq})$
^{60}Co	5.27a	8.88×10^{14}	1.25	0.308

① 预测点的选取

加速器2室机房关注点位置主要包括主屏蔽区、与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区、侧屏蔽墙、迷路外墙、加速器机房迷路入口。不同位置应考虑辐射束不同，关注点为距治疗机房外表面 30cm 的相应位置。关注点位平面和立面示意图 11-3 和图 11-4。

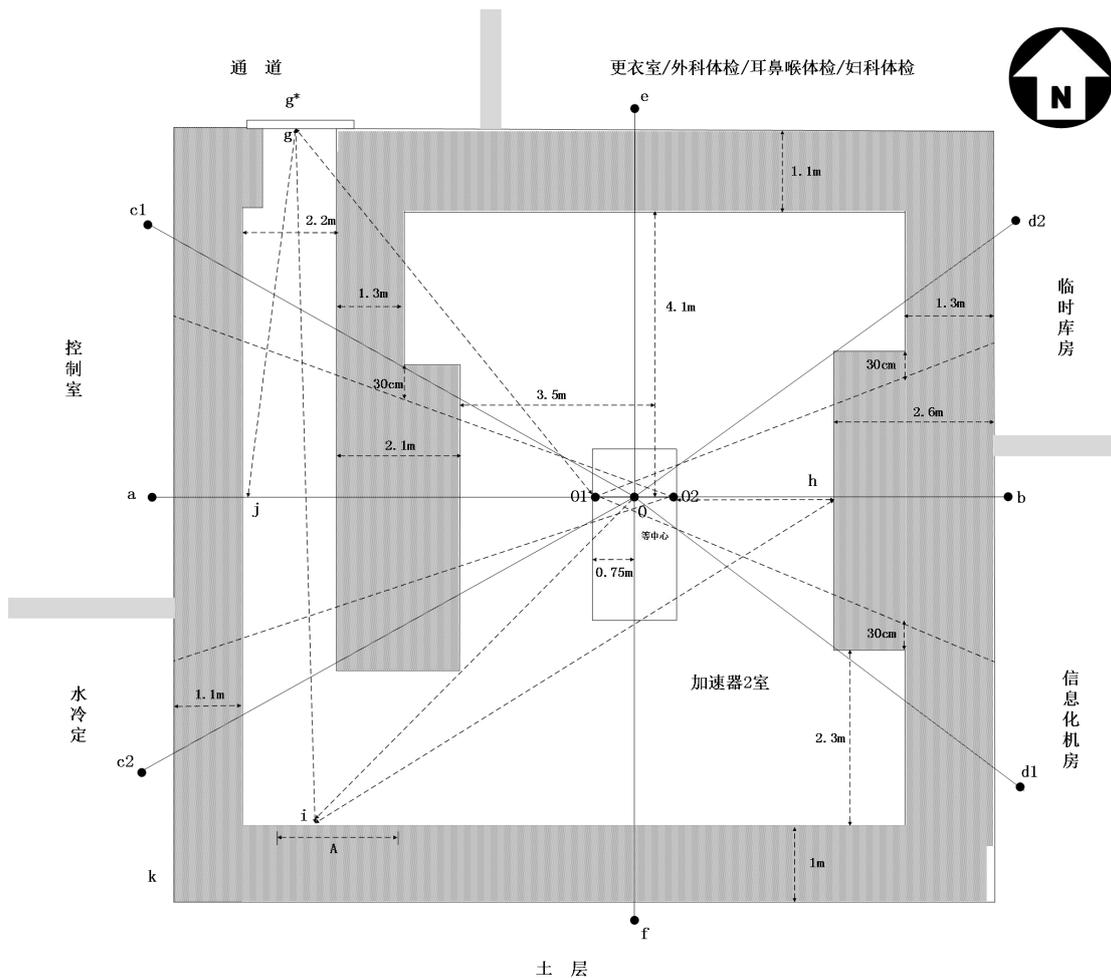


图 11-3 本项目加速器 2 室（伽玛刀治疗功能）关注点位平面示意图

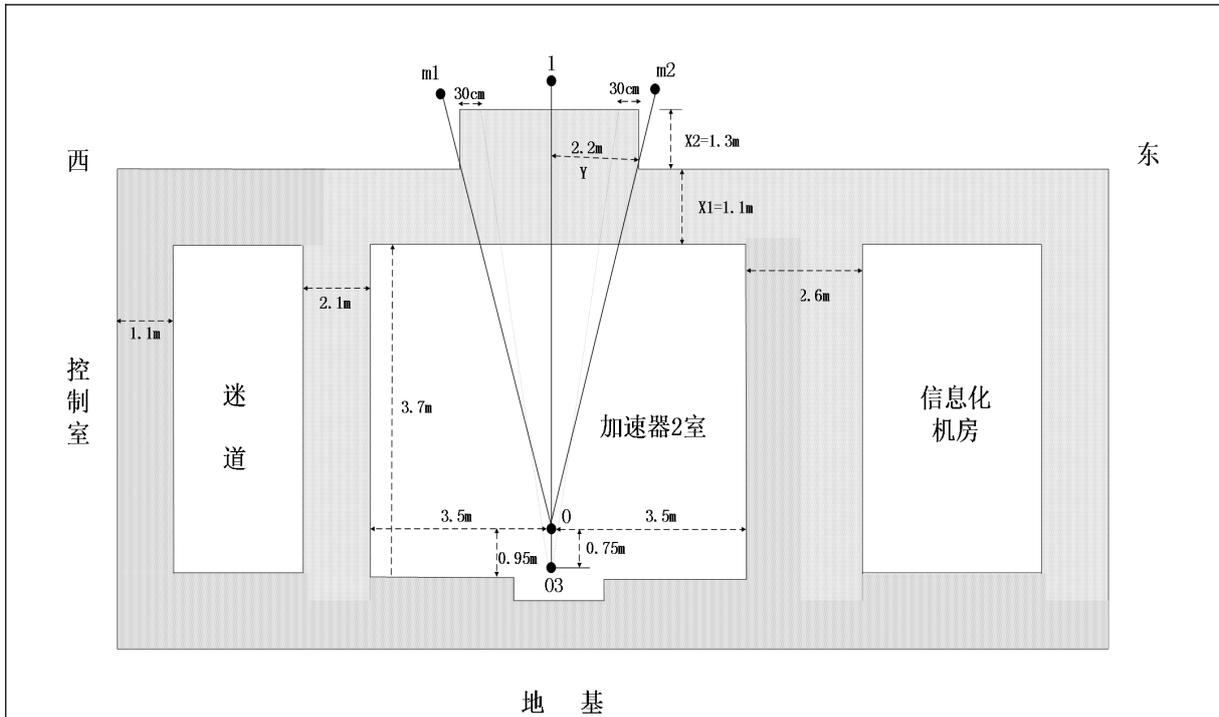


图 11-4 本项目加速器 2 室（伽玛刀治疗功能）关注点位立面示意图

②预测公式及选取参数

a、有用线束和泄漏辐射的剂量估算

在给定屏蔽物质厚度 X (cm) 时, 先按照 (式 11-2) 计算有效厚度 X_e (cm), 再按照 (式 11-3) 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B , 然后按 (式 11-7) 计算在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{(式 11-7)}$$

$$X_e = X \cdot \sec\theta \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

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

式中:

\dot{H} —关注点剂量率, $\mu\text{Sv/h}$ 。

B —屏蔽透射因子。

\dot{H}_0 —活度为 A 的放射源在距 1m 处的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$ 。

R —辐射源至关注点的距离, m; 本项目参考点均为相应墙外 0.3m。

f —对有用束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率。

θ —为斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的法线之间的夹角。

TVL_I (cm) 和 TVL (cm) —为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。对 ^{60}Co 源 γ 射线，密度为 2.35t/m^3 的混凝土：有用束 $TVL_I=245\text{mm}$ ， $TVL=218\text{mm}$ ； 30° 患者散射辐射 $TVL=213\text{mm}$ 。

X_e —有效屏蔽厚度，mm。

X —墙体屏蔽厚度，mm。

$$H_0 = A \cdot K_\gamma \cdot \dots \dots \dots \text{ (式 11-8)}$$

A —放射源的活度，MBq；本项目最大装源活度为 8.88×10^{14} Bq (即 8.88×10^5 MBq)。

K_γ —为放射源的空气比释动能率常数，查附录 C 表 C.1 可得：取 $0.308 \mu\text{Sv}/(\text{h} \times \text{MBq})$ ；

根据上述公式可得：本项目 $\dot{H}_0 = 2.735 \times 10^5 \mu\text{Sv/h}$ 。

b、患者一次散射辐射的剂量估算

在给定屏蔽物质厚度 X (cm) 时，先按照 (式 11-2) 计算有效厚度 X_e (cm)，按照 (式 11-3) 估算屏蔽透射因子 B ，然后再按 (式 11-9) 计算在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot a_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2 \cdot R_0^2} \cdot B \dots \dots \dots \text{ (式 11-9)}$$

\dot{H} —关注点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

R_s —患者 (位于等中心点) 至关注点的距离，m。

R_0 —放射源与等中心位置之间的距离，m。本项目取 0.75m 。

\dot{H}_0 —活度为 A 的放射源在距 1m 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

a_{ph} —患者 400cm^2 面积上垂直入射 γ 射线散射至距其 1m (关注点方向) 处的剂量相当于等中心处剂量的份额，又称 400cm^2 面积上的散射因子。患者散射角为 30° ，附录 C 表 C.5 查 ^{60}Co 源 γ 射线， 30° 的散射因子 a_{ph} 为 7.65×10^{-3} 。

F —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 。本项目取

35mm×35mm=12.25cm²。

查附录 C 表 C.6 可得：对 ⁶⁰Co 源 γ 射线，30° 的患者散射辐射在混凝土中 TVL=21.3cm。

式中其它各符号同上。

c、机房迷路散射辐射剂量估算

机房入口关注点处 (g) 的散射辐射剂量率 \dot{H}_g 计算公式如下：

$$\dot{H}_g = \dot{H}_0 \cdot \frac{(F/10^4)}{R^2} \cdot a_w \cdot B_p \dots \dots \dots \text{(式 11-5)}$$

式中：

\dot{H}_g —关注点处 (g) 的散射辐射剂量率，μSv/h。

\dot{H}_0 —活度为 A 的放射源在距 1m 处的剂量率，μSv/h。

F—治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积，cm²。

R—散射体（有用线束在屏蔽墙上的投影点）中心点与计算点的距离，m。

10⁴—将 1m² 面积转换成 10⁴cm²。

a_w —辐射因子，单位面积（1m²）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。本项目取 7.79×10⁻³。

B_p —有用线束射入散射体（屏蔽墙）前的屏蔽透射因子。

d、防护门外的辐射剂量率计算

$$\dot{H} = H_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \dots \dots \dots \text{(式 11-6)}$$

H_g —入口 g 处的散射辐射剂量率，μSv/h；

\dot{H}_{og} —穿过内墙的泄漏辐射在 (g) 处的剂量率，μSv/h。

TVL—辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，式中 TVL=5mm（铅）。

本项目 X/γ 射线放射治疗系统（伽玛刀治疗功能）规格和参数要求如下：对 ⁶⁰Co 源 γ 射线，放射源的空气比释动能率常数 K_γ 为 0.308 μSv/（h×MBq），最大装源活度 A 为 8.88×10¹⁴Bq（即 8.88×10⁵MBq），γ 射线最大照射野为 35mm×35mm，焦点到射线源距离 750mm。

表 11-5 加速器 2 室（伽玛刀治疗功能）周围剂量估算预测所用参数一览表

参数	单位	取值	取值依据
A	MBq	8.88×10^5	厂家给出
K_γ	$\mu\text{Sv}/(\text{h} \times \text{MBq})$	0.308	GBZ/T 201.3-2014 附录 C 表 C.1
有用 f	/	1	GBZ/T 201.3-2014 中 5.2.2.1
漏射 f	/	10^{-3}	GBZ/T 201.3-2014 附录 B
有用 TVL_l (砵)	mm	245	GBZ/T 201.3-2014 附录 C 表 C.1
有用 TVL (砵)	mm	218	GBZ/T 201.3-2014 附录 C 表 C.1
30° 散射 TVL (砵)	mm	213	GBZ/T 201.3-2014 附录 C 表 C.6
$30^\circ \alpha_{ph}$	/	6.0×10^{-3}	GBZ/T 201.3-2014 附录 C 表 C.3
$0^\circ \alpha_w$	/	7.79×10^{-3}	GBZ/T 201.3-2014 附录 C 表 C.5
F	cm^2	12.25	最大照射野: $35\text{mm} \times 35\text{mm}$

设计屏蔽厚度下各关注点的辐射剂量率计算结果见表 11-6 所示。

表 11-6 加速器 2 室（伽玛刀治疗功能）周围辐射剂量率计算结果一览表

位置		相邻场所	关注点	射线类型	距离 R(m)	透射因子	斜射角 $^\circ$	屏蔽材料及厚度	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	
北墙	侧屏蔽墙	更衣室/外科/耳鼻喉/妇科体	e	泄漏束 $o \rightarrow e$	5.50	$1.45\text{E}-6$	0	1300mm 混凝土	1.31E-5	
南墙	侧屏蔽墙	土层	f	泄漏束 $o \rightarrow f$	5.40	$3.44\text{E}-5$	0	1000mm 混凝土	3.23E-4	
东墙	主屏蔽区	信息化机房/临时库房	b	有用束 $o1 \rightarrow b$	7.15	$1.57\text{E}-12$	0	2600mm 混凝土	8.40E-8	
	次屏蔽区		d1、 d2	泄漏束 $o \rightarrow d1(d2)$	7.34	$1.85\text{E}-7$	30	1300mm 混凝土	9.39E-7	9.39E-7
				散射束 $o1 \rightarrow o \rightarrow d1(d2)$	7.34	$1.28\text{E}-7$	30	1300mm 混凝土	2.70E-17	

西墙	主屏	控制室/ 水冷室	a	有用束 o2→a	9.95	2.79E-15	0	3200mm 混凝土	3.65E-10	
	次屏		c1、 c2	泄漏束 o→c1 (c2)	10.6	1.10E-13	30	2400mm 混凝土	4.12E-9	
屋顶	主屏	设备管道层	1	有用束 o3→l	6.20	1.30E-11	0	2400mm 混凝土	3.22E-7	
	次屏蔽区		m1、 m2	泄漏束 o→m1 (m2)	6.25	1.20E-5	30	1100mm 混凝土	8.68E-5	8.68E-5
				散射束 o3→o→m1 (m2)	6.25	1.15E-6	30	1100mm 混凝土	2.98E-7	
机房入口防护门	通道	g、g*	泄漏束 o1→g	6.87	1.64E-13	30	1300mm 混凝土 +14mmPb	1.07E-12	0.0141	
			散射束 o2→j→g	5.20	1.38E-9	30	2100mm 混凝土	8.92		
/	会诊大厅	/	/	/	15	1.45E-6	/	1300mm 混凝土	3.11E-9	
/	CT控制室	/	/	/	25	1.45E-6	/	1300mm 混凝土	4.22E-11	
/	DR控制室	/	/	/	35	1.45E-6	/	1300mm 混凝土	1.28E-12	
/	核磁控制室	/	/	/	32	1.45E-6	/	1300mm 混凝土	4.33E-12	
/	门诊/办公/内外科/中西	/	/	/	10	1.20E-5	/	1100mm 混凝土	5.66E-9	

由计算结果可知：本项目X/γ射线放射治疗（加速器治疗功能）正常运行情况下，加速器2室机房周围各关注点处（除南墙外土层）的辐射剂量率最大值为0.422 μSv/h；X/γ射线放射治疗（伽玛刀治疗功能）正常运行情况下，加速器2室机房周围各关注点处辐射剂量率最大值为0.0141 μSv/h，估算结果均满足报告表中表7-2制定的周围剂量率参考控制水平要求，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的标准要求。

上述计算是偏保守的，忽略了设备材料的衰减作用和人体的吸收作用，实际预计本项目正常运行情况下，机房周围辐射剂量率将维持在当地的正常本底水平。

由以上关注点辐射剂量率估算结果可以进一步推断：该加速器2室机房实体屏蔽外50m的评价范围内其他区域各关注点辐射剂量率均可满足本报告表制定的周围剂量率参考控制水平和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的标准要求。

3) 辐射所致辐射工作人员及公众有效剂量计算

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式计算：

$$H = H_0 \bullet t \bullet T \bullet 10^{-3}$$

式中：H：年有效剂量，Sv/a；

H₀：预测关注点附加剂量率，Sv/h；

T：居留因子，无量纲；《放射治疗辐射安全防护要求》（HJ1198-2021）

附录 A 表 A.1；

t：照射时间，h/a。

《放射治疗辐射安全防护要求》（HJ1198-2021）附录 A 表 A.1 规定不同场所的居留因子见表 11-7。

表 11-7 不同场所的居留因子

场所	居留因子 (T)		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制区、护士站、咨询台。有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区域
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5：走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8：各治疗室门 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

根据建设单位接诊患者数量及诊断类型，本项目正常运营后，加速器和伽玛刀不同时开机，伽玛刀开机时间平均为 5min/人，每天最多可治疗 10 个病人，每天最大的

开源时间为 0.83h；每周工作 5 天，相当于每周开源 4.15h；按一年工作 50 周计算，年实际最大开源时间为 207.5h。

加速器常规治疗平均时间为 1-3min/人，保守按 3min/人估算。每天最多可治疗 20 个病人，每周工作 5 天，100 人次/周，按一年工作 50 周计算，年最大使用人次为 20 人次/d×250d=5000 人次/a，年实际最大出束时间为 250h。

本项目辐射工作人员和公众有效剂量计算结果见表 11-8 所示。

表 11-8 辐射工作人员及公众有效剂量计算结果一览表

人员分类	参考位置	照射时间	附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年有效剂量(mSv/a)
辐射工作人员	加速器 2 室/加速器 1 室放疗技师	250h/a	0.00215	1	5.38E-04
		207.5h/a	3.65E-10	1	7.57E-11
公众	更衣室/外科/耳鼻喉/妇科体检	250h/a	0.422	1/2	0.0528
		207.5h/a	1.31E-5	1/2	1.36E-6
	北墙外通道	250h/a	0.220	1/8	6.88E-3
		207.5h/a	0.0141	1/8	3.68E-4
	会诊大厅	250h/a	3.26E-4	1	8.15E-5
		207.5h/a	3.11E-9	1	6.45E-10
	CT/DR 控制室	250h/a	4.16E-6	1	1.04E-6
		207.5h/a	4.22E-11	1	8.76E-12
	核磁控制室	250h/a	3.19E-7	1	7.98E-8
		207.5h/a	4.33E-12	1	8.98E-13
	设备管道层	250h/a	0.142	1/20	1.78E-3
		207.5h/a	8.68E-5	1/20	9.00E-7
	门诊/办公/内外科/中西医科室	250h/a	5.78E-4	1	1.45E-4
		207.5h/a	5.66E-9	1	1.18E-9

由于本项目加速器 2 室与加速器 1 室共用控制室，不共用操作技师，不存在交叉操作放射性设备情况，但存在辐射剂量叠加影响。

根据山西晋康检测服务有限公司出具的 2024 年度个人剂量检测报告 (SXJK-GZ-2024-53) 监测结果可知，医院放射治疗辐射工作人员年个人剂量监测值

最大为 0.139mSv/a。

综上，本项目 X/γ射线放射治疗系统运行经估算，所致职业人员的年有效剂量最大为 0.000538+0.139=0.140mSv/a，低于剂量管理约束限值 5mSv/a 的要求；所致公众的年有效剂量最大为 0.0528mSv/a，低于剂量管理约束限值 0.1mSv/a 的要求。

4) 有害气体分析

空气中的 O₂ 和 N₂ 在 X、γ射线的作用下，生成自由基，与空气中的 O₂ 和 N₂ 结合，生成 O₃ 和 NO_x，它们是与辐射相关的非辐射危害因素。O₃ 的主要毒性是氧化作用，对粘膜有很强的刺激作用，中毒症状为肺功能下降，呼吸道感染、鼻炎等。

(1)O₃ 的产额及其在空气中的浓度

①O₃ 的产额

该 X/γ射线放射治疗系统加速器治疗功能仅有单 X 射线治疗模式，最大 X 射线能量 6MV。加速器的 X 射线是扩展辐射束，依据 IAEA118 《电子直线加速器工作的辐射安全问题》和《辐射所致臭氧的估算与分析》（中华放射医学与防护杂志 VoL14, 2, P101, 1994），加速器辐射所致 O₃ 的产额估算方法如下：

a.有用线束的 O₃ 产额

$$P = 2.43 \dot{D}_o (1 - \cos \theta) RG \dots\dots\dots (11-8)$$

式中：P：O₃ 产额，mg/h；

\dot{D}_o ：辐射有用束在距靶 1m 处的输出量，Gy·m²/min；

R：靶到屏蔽物（墙）的距离，m；

G：空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数（G=6）；

θ：有用束的半张角。

b.泄漏辐射的 O₃ 产额

将泄漏辐射看为 4π方向均匀分布的点源（包括有用束区限定的空间区），并考虑机房壁的散射线使室内的 O₃ 产额增加 10%，O₃ 的产额 P（mg/h）为：

$$P = 3.32 \times 10^{-3} \dot{D}_o GV^{1/3} \dots\dots\dots (11-9)$$

式中：V：加速器 2 室的体积， $8.2 \times 7.0 \times 3.0 = 172.2 \text{m}^3$ ；其余参数同（11-8）。

c、点状 γ 射线源(Co-60)辐射 O_3 产额

该 X/ γ 射线放射治疗系统伽玛刀治疗功能，最大装源（18 枚 Co-60）活度为 $8.88 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，依据《辐射所致臭氧的估算与分析》（中华放射医学与防护杂志 Vol14, 2, P101, 1994），点状 γ 射线源(Co-60)辐射所致 O_3 的产额估算方法如下：

$$P = 1.73 \times 10^{-3} A G V^{1/3} \dots \dots \dots (11-10)$$

式中：P： O_3 产额，mg/h；

A：最大装源活度（TBq）；

V：加速器 2 室的体积，近似看做半径为 r(m)的球体，即 $V = 4/3 (\pi r^3)$ ，保守估 r 取 3.5m，计算得出 $V = 179.6 \text{m}^3$ ；

G：空气吸收 γ 射线源(Co-60)辐射能量产生的 O_3 分子数，本项目取 $G = 10$ ；

② O_3 的浓度

设： O_3 的有效分解时间为 t_d （常取为 0.83h），机房通风换气周期为平均每次换气需通风 t_v 小时（h）。

机房最高饱和 O_3 浓度（mg/h）为：

$$Q = \frac{P}{V \bar{T}} \dots \dots \dots (11-11)$$

式中：V 为机房的体积， m^3 ；

\bar{T} 为 O_3 的有效清除时间（h）：

$$\bar{T} = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \dots \dots \dots (11-12)$$

③计算参数与结果

对于该 6MV 加速器治疗模式下，加速器 2 室中 X 射线所致 O_3 的产额和浓度。具体计算结果见表 11-5 所示。

表 11-5 X 射线所致 O₃ 产额及浓度计算结果一览表

D ₀	R (m)	θ °	V(不含迷路) (m ³)	换气率次/h	td (h)	tv (h)	O ₃ 产额 (mg/h)			O ₃ 浓度 (mg/m ³)
							有用	泄漏束	小计	
14	3.5	14	172.2	6	0.83	0.17	21.2	1.55	22.8	0.0023

对于伽玛刀治疗模式下，加速器 2 室中 γ 射线所致 O₃ 的产额和浓度。具体计算结果见表 11-6 所示。

表 11-6 γ 射线所致 O₃ 产额及浓度计算结果一览表

A (TBq)	G	V (m ³)	换气率次/h	td (h)	tv (h)	O ₃ 产额 (mg/h)	O ₃ 浓度 (mg/m ³)
888	10	179.6	6	0.83	0.17	86.66	0.068

由于该 X/γ 射线放射治疗系统加速器治疗功能和伽玛刀治疗功能不同时开机，加速器治疗年工作时间 428.5h (67.4%)，伽玛刀治疗年工作时间 207.5h (32.6%)，保守估算加速器 2 室所致 O₃ 浓度： $0.0023 \times 67.4\% + 0.068 \times 32.6\% = 0.024 \text{mg/m}^3$ 。

由表可知，在正常通风条件下，臭氧的平衡浓度为 0.0024mg/m^3 ，能够满足《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) 中规定的工作场所空气中 O₃ 最高容许浓度 (MAC) 不超过 0.3mg/m^3 的要求。

本项目产生的臭氧通过通风管道引至屋顶排放。本项目加速器 2 室机房的排风口终端位于放疗中心建筑屋顶。采取以上措施后，本项目直线加速器运行时所产生的臭氧对机房周围的大气环境影响较小。

(2)NO_x 分析

在多种氮氧化物 (NO_x) 中，以 NO₂ 为主，其产额约为 O₃ 的一半，即 0.0012mg/m^3 ，能够满足《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) 中规定 NO₂ 短时间接触容许浓度不超过 10mg/m^3 的要求。可见，NO_x 的危险小于 O₃。

因此，本项目 X/γ 射线放射治疗系统产生的臭氧和氮氧化物浓度较小，少量的有害气体直接与大气接触、不累积，很快被空气的对流、扩散作用所稀释，不会对机房外大气环境产生大的影响。

5) 放射性固废

①加速器废靶

加速器在运行过程中产生少量放射性固废，主要有加速器废靶。加速器钨靶的使用寿命较长，一般情况下，5-7年更换一次，如果使用不合理，会出现打穿情况产生废靶。运行中废靶的更换、退役拆卸等均由设备厂家专业人员进行，拆下来的废靶进行放射性水平检测，如不能满足清洁解控要求，由生产厂家回收处置。

②伽玛刀废旧放射源

伽玛刀治疗装置中放射源的活度低于医疗所需活度或不能满足医疗使用要求（换源周期约为6-7年），退役后成为废旧放射源，与放射源生产厂家签订废旧放射源回收协议，由生产厂家进行回收处理。

6) 非辐射环境影响分析

①大气环境影响分析

本项目拟采取强制排风系统（“上送下排”的通风方式，排风量 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数5-6次/h），将机房内产生的少量臭氧和氮氧化物通过排风系统和外界空气对流从机房排出，可满足《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）中规定的工作场所空气中 O_3 最高容许浓度（MAC）不超过 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 和 NO_2 短时间接触容许浓度不超过 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求，故本项目产生的臭氧和氮氧化物对工作人员和周围环境影响较小。

②水环境影响分析

本项目拟新增辐射工作人员2名，新增废水量极少，不会影响整体水量水质的变化，产生的生活污水依托医院南侧污水处理站处理达标后，排入市政污水管网。

X/γ射线放射治疗系统直线加速器冷却采用去离子蒸馏水，内循环使用，不会产生感生放射性废水，由于蒸发耗损，需要补充去离子蒸馏水时由生产厂家派专业人员补充，不外排。

③固体废物治理措施

本项目拟新增辐射工作人员2名，新增固废极少，产生的生活垃圾经统一收

集后送指定地点，由环卫部门统一清运处置，不会对周围环境造成明显影响。

④声环境影响分析

本项目运行时噪声主要为空调及动力排风系统产生的噪声。本项目选用低噪声设备，且风机安装在室内，小于 60dB（A），再通过建筑墙体隔声及距离衰减后，其运行产生的噪声对周围声环境的影响非常小。

综上所述，大同世纪友好医院有限责任公司针对本项目 X/γ 射线放射治疗系统产生的各项污染物均采取有效的污染防治措施。正常运行情况下在大气环境、水环境、声环境以及固体废物等方面均能做到合理处置，对环境造成的影响很小。

3.事故影响分析

（1）事故分析

II 类射线装置的使用，只有当设备开机时才会产生 X 射线，设备关机时不会产生 X 射线，直线加速器在异常和事故状态下，如安全装置失灵、损坏等，人员可能误入正在进行出束的加速器室内，或者人员误留而出束，此时将会受到 X 射线照射的危害。

可能出现概率较大的事故分析如下。

①人员误入正在运行的射线装置机房；

②工作人员或病人家属还未全部撤离机房，控制室人员启动设备，造成有关人员被误照。

③照射不能停束，在急停开关失灵或停束装置故障，不能停束造成意外照射。

（2）事故防范处理措施

加速器机房具有良好的屏蔽设计和监控联锁系统，以保证安全运行。另外医院需修订《辐射事故应急预案》，应急预案中应包含加速器急停开关失灵的应急、出束不能停止时的应急、事故出束应急、人员误入应急以及人员受到超剂量照射应急等内容。

①制定明确的操作规程，在放射诊疗操作时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作。为防止或减缓治疗病人的陪护人员或其他人员

误留在加速机房的误照射，加速器在每次出束的时候必须对机房进行检查，确认无误后，方可进行加速器出束。

②联锁装置及警示标志：直线加速器机房设计有门机安全联锁装置，机房门关闭到位后，加速器才能出束；机房防护门外设置醒目的电离辐射警示标志及工作状态指示灯。

③紧急停机装置：直线加速器机房内设置紧急停机按钮，分别位于控制台、治疗床、治疗室墙壁、迷道内墙等位置，相互串联，如果出现意外、人员误留或者误开机等情况时，可按下任一个终止机器电源，防止意外照射。

④当急停开关失灵后，要立即断开主电路器，即关掉整机动力电源；操作人员不能再开机，直到维修人员确保机器能够正常工作和急停开关正常。

⑤加速器放疗工作人员在每次进入加速器室时须佩戴剂量报警仪和个人剂量计。

⑥出束前有声音报警，提示工作人员及时从加速器室撤出。

项目落实了以上的各种安全装置后，能满足（GB18871-2002）中规定要求。有了以上安全防范设施，加上工作人员按规程正确操作，以及认真执行各种安全规章制度，可有效减少或避免辐射事故发生。

4. 应急处理措施

为避免设备运行期间，其他人员误入等造成的辐射事故，要求工作时首先要检查防护门上警示信号灯是否正常。如果警示信号灯失灵，应立即修理，恢复正常。平时加强对工作人员安全教育，严格按操作规程操作。

一旦有人员误入等立即使紧急停止按钮，切断电源、终止照射。并根据照射伤害情况启动应急预案。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

为有序开展使用 X/γ 射线放射治疗系统，加强辐射安全管理，应对可能发生的意外情况，最大限度的减少或消除隐患，根据《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）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 3 号）及生态环境主管部门的要求，大同世纪友好医院有限责任公司已设置专门的辐射安全与环境保护管理机构。

(1)大同世纪友好医院有限责任公司已成立以法人任组长，分管副院长任副组长，放疗科主任、医务科主任、办公室主任、护理部主任、其他相关辐射工作人员等为成员的辐射防护安全管理机构。全面负责辐射安全管理相关工作，制定单位辐射防护管理制度，并对执行情况进行监督检查。明确了辐射防护领导小组职责，要求贯彻落实国家辐射防护法律法规和标准，全面负责辐射防护领导工作，同时配备专职防护管理人员，负责日常辐射安全管理工作，整体辐射安全防护管理机构健全，运行情况良好。

建议专职辐射安全管理人员，应通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”（<http://fushe.mee.gov.cn>）中“辐射安全管理”的学习考核，取得合格成绩报告单后持证上岗。

(2)大同世纪友好医院有限责任公司现有辐射工作人员 12 名，包括医用 III 类 X 射线装置辐射工作人员 5 名，放射治疗辐射工作人员 7 名。12 名工作人员均已通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”（<http://fushe.mee.gov.cn>）的学习考核或医院组织的自主培训考核，成绩合格并持证上岗。

大同世纪友好医院有限责任公司若需新增辐射工作人员，应按照国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”（<http://fushe.mee.gov.cn>）的学习考核，成绩合格并持证上岗。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部第 3 号令）和

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）的相关管理要求，大同世纪友好医院有限责任公司已制定《辐射安全与防护管理规定》《射线装置安全操作规程》《辐射工作人员岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《设备检修维护保养制度》《监测方案》《辐射监测仪表使用与校验管理制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员培训计划》《交接班管理制度》《个人剂量档案和职业健康监护档案管理制度》《辐射事故应急预案》等各项规章制度，且各项规章制度执行良好。

随着 X/γ 射线放射治疗系统的运营以及本项目新增伽玛刀治疗功能的使用等，大同世纪友好医院有限责任公司需对现有规章制度进行补充完善。根据《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序》的相关要求，大同世纪友好医院有限责任公司需制定的辐射安全管理规章制度见表 12-1。

表 12-1 辐射安全管理规章制度一览表

1	放射源辐射安全防护管理规定
2	场所分区管理规定
3	放射源操作规程
4	辐射安全防护设施的维护与维修制度 (包括机构人员、维护维修内容与频度，对直线加速器需增加重大问题管理措施、重新运行审批级别等)
5	放射源场所及环境监测方案
6	检测仪表使用管理制度
7	辐射工作人员培训/再培训管理制度
8	辐射工作人员个人剂量管理制度
9	放射源辐射事故应急预案

大同世纪友好医院有限责任公司应参照以下原则对现有辐射安全管理规章制度进行完善。

(1)辐射安全防护管理规定：明确本单位辐射安全与防护管理的组织体系、职责分工，包括辐射防护领导机构及负责人、辐射安全与防护负责人等。应制定辐射防护目标；规定辐射工作人员上岗条件；规定本单位内部的辐射安全与防护管理和监督制度；以及整个运行操作寿期内的射线装置的管理。

(2)场所分区管理规定：明确划定控制区、监督区，并规定分区管理措施。

(3)操作规程：要求所有工作都使用程序，按程序办事。对所有射线装置制定操作程序，并定期对运行操作程序进行复查和必要的更新。

(4)辐射安全与防护设施的维护与维修制度：明确安全防护设施日常维护检修机构人员和职责、维护维修范围、内容、频次、方法等；对于直线加速器应包括重大问题管理措施（如安全联锁故障该如何处理）、重新运行审批（如安全联锁修复后，必须经核实验收才能恢复运行）级别等。

(5)场所及环境监测方案：明确监测项目，监测时间、地点和监测频次，监测方法和监测仪器要求，参考水平和超过参考水平时应采取的行动等。

(6)检测仪表使用管理制度：对配备的监测仪表使用与校验制定管理制度，明确使用要求、校验频次等。

(7)辐射工作人员培训/再培训管理制度：明确培训和复训人员范围、培训级别、培训方式和培训时间等。

(8)辐射工作人员个人剂量管理制度：明确规定个人剂量监测及职业健康体检的周期、监测结果记录、监测档案的组成和保存情况等。

(9)辐射事故应急预案：针对医院的核技术利用项目情况，对可能发生的辐射污染情况制定事故应急方案。应急预案应包括应急机构和职责分工，应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故分级及应急响应措施，辐射事故的调查、报告和处理程序等。应急预案内容全面、具体、可操作性强，应急措施和应急响应准备有效可行。

(10)环评审批后应重新申请领取辐射安全许可证。

(11)项目建成后3个月内组织进行竣工环保验收。

(12)项目运营后应当对本单位核技术利用设施的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告（包括纸质、电子版）。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；

②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；

③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育情况；

④核技术应用设施台账；

⑤场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；

⑥辐射事故及应急响应情况；

⑦核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；

⑧存在的安全隐患及其整改情况；

⑨其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射监测

1、监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部第3号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第18号令）及相关管理要求，医院应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，大同世纪友好医院有限责任公司已为全部辐射工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪，已配备便1台便携式X-γ辐射监测仪等。

本项目实施需在加速器2室机房内配固定式剂量报警仪。

大同世纪友好医院有限责任公司所有监测仪器应定期送有资质单位进行校准和检验，校准和检验合格后方可使用。

建设单位需制定放射性诊疗项目的日常辐射监测方案，对辐射工作场所放射性水平进行监测，并定期委托有资质的监测单位进行例行监测；对辐射工作人员配备个人剂量计，专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。同时接受生态环境部门开展的辐射环境监督（检测）检查。监测数据编入《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。

2、监测方法及项目

监测方法：场所监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）进行，个人有效剂量监测按照《职业性外照射照射个人监测规范》（GBZ128-2019）进行。

监测项目：X-γ射线辐射剂量率、累计剂量、职业性外照射个人剂量。

监测范围：辐射防护控制区、监督区及其周围环境；工作人员个人剂量监测。

3、监测方案

大同世纪友好医院有限责任公司需针对本次辐射工作场所制定《辐射监测计划》，规定利用便携式监测仪等开展至少一季度一次的放射性工作场所辐射监测，需委托有资质的单位对放射性工作场所开展周期为一年一次的辐射防护监测。

(1) 工作场所监测

加速器治疗室配备场所固定监测报警仪，可对场所的X、 γ 剂量率进行实时监测。另外需还配备便携式剂量监测仪，可对X、 γ 剂量率进行监测；具体监测点位如下：

在实际治疗中，本项目X/ γ 射线放射治疗系统加速器治疗和伽玛刀治疗模式不能同时开展，则需要分别对两种治疗模式进行工作场所监测。

①机房（加速器治疗功能）辐射剂量率监测

X、 γ 射线周围剂量当量率

检测条件：治疗设备应设定在X射线照射状态，并处于可选的最高能量档匹配的等中心处最高剂量率、最大照射野和等中心处最高剂量率档匹配的最高能量、最大照射野。当使用模体时，模体几何中心处于有用束中心轴线上，模体的端面与有用束中心轴垂直。

②机房（伽玛刀治疗功能）辐射剂量率监测

γ 射线周围剂量当量率

检测条件：治疗设备应设定最大出源活度照射状态，并处于等中心处最高剂量率和最大照射野。当使用模体时，模体几何中心处于有用束中心轴线上，模体的端面与有用束中心轴垂直。

监测点位：

- a、在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测；
- b、机房四周屏蔽墙外30cm处、防护门外30cm处、控制室人员操作位等位置；
- c、机房顶棚外表面30cm处及其他人员经常活动的位置。

(2)环境监测

委托有资质的单位定期对项目周围环境辐射剂量率进行监测，周期：1次/年。

①定期委托有资质的单位对产生辐射的仪器、设备、场所进行防护监测；

②放射性工作场所运行前，委托有资质的单位进行验收监测；

③工作场所屏蔽措施等关键条件发生改变时，以及设备大修后，均应请有资质的单位对相关工作场所进行全面辐射监测和辐射安全评价；

④出现放射事故，及时申报生态环境主管部门和相关部门，进行现场监测。

(3)个人剂量监测

所有辐射工作人员均配备个人剂量计，每个个人剂量计配备两个个人剂量片，使个人剂量片达到一用一备的水平，保证所有工作人员在进行辐射工作时专人佩戴。

辐射工作人员个人剂量片每三个月送检，并定期进行了职业健康体检。建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

本项目监测计划具体见表12-2所示。

表 12-2 项目监测方案

项目	监测项目	监测频度	监测范围	监测设备
自主监测	X-γ射线空气吸收剂量率	定期监测(至少一 季度一次)	直线加速器机房防护门及缝隙处、过道。控制室、操作台及机房屏蔽墙外。	利用医院已有便携式 X-γ 辐射监测仪、按照国家规定进行计量检定。
	累计剂量	定期送检(1-2次/ 年)	控制室操作台	热释光剂量计
委托监测	X-γ射线空气吸收剂量率	竣工环保验收监测	直线加速器机房防护门及缝隙处、控制室、操作台及机房屏蔽墙外	使用经过计量检定,并在有效期内仪器
		编制辐射防护年度评估报告(每年)		
	辐射安全许可证延续和更换			
职业性外照射个人剂量	每个季度送有资质的单位监测	项目辐射工作人员		

辐射事故应急

1、辐射事故应急机构设置及职责

大同世纪友好医院有限责任公司已设立辐射事故应急机构，成立了以医院法定代表人为组长、分管副院长任副组长，放疗科主任、医务科主任、办公室主任、护理部主任、其他相关辐射工作人员等为成员的辐射事故应急组织。明确了以法人作为应急机构负责人。

本项目实施后，需对现有应急机构进行修订完善，将放疗中心主要负责人及成员列入应急机构组织。另外还应设置组织机构负责人的替代人（事故时，如法人出差等，仍有应急总指挥）。应急机构中应设有技术（现场）处理组和后勤保障组等，并附上相关人员的联系电话。

明确辐射事故应急机构的职责包括：应急预案的启动、应急响应处置及解除、应急人员的组织和培训、应急物资准备、应急预案演习等。

2、辐射事故应急预案

大同世纪友好医院有限责任公司已制定《辐射事故应急处理预案》，规定了应急组织机构及职责，应急措施、处理程序等，大同世纪友好医院有限责任公司运行至今未发生过辐射事故，未进行过应急演练。本项目实施增加使用 X/γ 射线放射治疗系统，原有《辐射事故应急处理预案》不能满足项目实施后需求。

故为了加强对辐射治疗、诊断设备的安全管理，保障公众健康，保护环境，大同世纪友好医院有限责任公司应依据《大同市辐射事故应急预案》、《平城区辐射事故应急预案》完善医院辐射事故应急处理预案。

根据环发[2006]145 号文件的规定，本项目发生的辐射事故属于一般辐射事故。完善后的应急预案应包含以下内容：

(1)应急机构和职责分工：

(2)应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备：在预案中明确应急培训的内容、机构、频次等，同时根据事故类型配备与本单位最严重事故相适应的应急装备和物资。

(3)辐射事故分级与应急响应措施：根据本单位拥有的核技术利用项目情况，针对

可能发生的每类事故事件，制定相应的响应措施。

针对本项目射线装置使用情况，应急响应措施主要包括：

①避免病人、医务人员和公众不必要的电离辐射剂量的紧急措施。

②防止人员进入控制区的措施。

③一旦发生误照，立即切断电源，迅速安排受照人员远离辐射源，并实施医学检查或到指定的医院救治，并对现场进行保护，积极配合有关部门进行调查处理。对受照人员和应急工作人员做好个人剂量监测，要求应急工作人员佩戴热释光个人剂量计和个人剂量报警仪，并对应急工作人员做好个人防护措施。

(4)辐射事故的调查、报告和处理程序。根据国务院 449 号令和环保部第 18 号令的要求，事故单位应当将事故情况报告给相关部门，并规定调查和处理程序。

本项目可能发生的事故均为一般辐射事故，一旦发生辐射事故，应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的应急措施，并在 1h 内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境保护部门报告。有可疑故意引起的辐射事故应同时向公安部门报告，可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。不得隐瞒事故，不得拖延不报或者谎报。

应急预案中需有应急人员及当地生态环境、公安、卫生健康等行政部门的联系电话，明确上报程序、上报内容。

(5)辐射事故应急响应解除。本项目意外辐射解除或降至规定限值以内，则辐射事故应急响应解除。

大同世纪友好医院有限责任公司需按照以上要求完善本单位辐射应急预案，在发生事故时，立即启动应急预案，并上报各管理部门，可以满足应对辐射事故和突发性事件时应急处理要求。

3、应急人员的培训演习计划

制定完应急预案后，应规定应急人员的培训演习计划。

①制定周密的演练方案，明确演练内容、目的、时间、地点、人员等。

②进行合理的人员分工，成立演练领导组、工作组、保障组等机构，进行角色分工，明确人员职责。

- ③做好充分的演练准备，维护仪器设备，配齐物资器材，找好演练场地。
- ④认真开展实战演练，按照事先预定的方案和程序进行。
- ⑤演练完毕后及时进行总结归纳。

环保投资估算及环保竣工验收

1、环保投资估算

根据项目建设和运行情况，本项目辐射防护措施及环保投资见表12-3。项目环保投资94万元，占总投资2000万的4.7%。

表12-3 辐射防护措施及环保投资一览表

项目	“三同时”措施		要求	投资 (万元)
辐射安全管理机构	辐射防护管理		建立了以法定代表人为第一责任人的安全管理机构	/
辐射安全和防护措施	安全措施	加速器2室 机房	①机房设置门机/源连锁装置，机房应设置门-机/源连锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。伽玛刀装置应设有断电自动回源措施。控制台设置防止非工作人员操作的钥匙开关。 ②机房防护门入口拟设置警示标志、标语及工作状态指示灯；治疗室内设置准备出束音响提示。 ③在控制台、治疗床、治疗室墙壁、迷道内墙等位置设置标识清晰的急停按钮，相互串联，可在紧急情况下立即停止装置出束。 ④加速器机房内设置固定监测报警仪器，固定监测报警仪器与防护门连锁，机房内外设视频监控对讲系统。 ⑤防护门设防挤压功能。在入口门外旁侧，设置门控键盘，在入口门内设置门内紧急开门按钮。 ⑥工作状态指示灯 ⑦视频监控、对讲交流系统 ⑧机房设置强制排风系统，采取“上送下排”的通风方式。	88
人员配备	辐射防护与安全培训和考核		所有辐射工作人员均按照生态环境部《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，学习相关知识并通过考核后方可上岗工作。	/
	个人防护用品		机房配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜选配，铅橡胶手套。机房顶安装可移动的悬吊式铅防护屏，手术床的床沿悬挂铅围帘。	/
	个人剂量监测		辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（最长不应超过 90 天），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。	已有
监测仪器和防护用品	监测仪器		直线加速器机房设固定式剂量报警仪，利用已有便携式 α 、 γ 剂量仪	4.0
	个人剂量计		个人剂量计、个人剂量报警仪	2.0

辐射安全管理制度	完善现有辐射安全管理规定、场所分区管理规定、运行操作规程、辐射安全与防护设施的维护与维修制度、场所及环境监测方案，检测仪表使用管理制度、辐射工作人员培训/再培训管理制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射事故应急预案等。
----------	--

2、项目环保验收内容建议

根据生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序内容要求，结合本项目实际情况，项目环保竣工验收建议内容见表12-4。

表 12-4 项目环保验收内容建议表

验收内容	验收要求
工程内容	射线装置类型、数量、主要技术参数，辐射工作场所位置、布局与环评一致。
剂量限值	满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）及制定的剂量控制水平的限值要求。
防护用品与监测仪器	防护用品： 配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜选配，铅橡胶手套。 监测仪器： 机房内设固定式剂量报警仪；所有辐射工作人员每人配置 1 枚个人剂量计及个人剂量报警仪；医院配备一台可携式 x、γ 剂量仪（利旧）。
辐射安全和防护措施	直线加速器 屏蔽措施： 机房净空尺寸（不含迷路，吊顶后）7.0m×8.2m×3.0m，采用 2.35t/m ³ 的钢筋混凝土整体浇筑。加速器主射束为东向、西向、地面及屋顶。东墙主屏蔽区厚度 2600mm/宽 4400mm，次屏蔽区厚度 1300mm；西墙设置直迷路，迷道内墙主屏蔽区厚度 2100mm，次屏蔽区厚度 1300mm，迷道外墙厚 1100mm；南墙（侧屏蔽墙）厚度 1000mm；北墙（侧屏蔽墙）厚度 1300mm；屋顶主屏蔽区厚度 2600mm/宽 4400mm/长 11700m，次屏蔽区厚度 1300mm；地下无建筑，为自然土层。机房入口设在北墙西侧，机房防护门（拟采用 14mmPb 电动推拉防护门）。 警示标志： 机房防护门入口拟设置警示标志、标语及工作状态指示灯；治疗室内设置准备出束音响提示。 安全连锁： 门机/源连锁、控制台设置防止非工作人员操作的钥匙开关。 急停设施： 在控制台、治疗床、治疗室墙壁、迷道内墙等位置设置标识清晰的急停按钮，相互串联。 监视对讲系统： 机房内外设视频监控对讲系统。 防护门其它设施： 防护门设防挤压功能。在入口门外旁侧，设置门控键盘，在入口门内设置门内紧急开门按键。设闭门装置。 通风换气设施： 机械通风设施，通风管道不破坏机房整体屏蔽效果。 电缆沟设置： 加速器机房电缆线布设均采用“U”型管道，不破坏机房整体屏蔽效果。

规章制度	完善的辐射安全管理规定、场所分区管理规定、运行操作规程、辐射安全与防护设施的维护与维修制度、场所及环境监测方案，检测仪表使用管理制度、辐射工作人员培训/再培训管理制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射事故应急预案。
人员培训	所有辐射工作人员均应持证上岗，若需新增辐射工作人员，应按照生态环境部《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，学习相关知识并通过考核后方可上岗工作。
应急预案	辐射事故应急预案应符合工作实际，明确应急处理组织机构及职责、应急人员的组织、培训，辐射事故分级及应急措施、辐射事故的调查、报告和处理程序等。

从事辐射活动能力评价

依据《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》（环境保护部令第3号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第18号）规定，现对大同世纪友好医院有限责任公司从事本项目辐射活动能力评价列于表12-5和表12-6。

表12-5 项目执行“环保部3号令”要求对照表

序号	环保部3号令要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	应当设有专门的辐射安全环境保护管理机构,或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作;其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	本项目为使用II类X/γ射线放射治疗系统,医院已设置辐射安全防护领导小组,并指定1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与防护管理工作。	符合
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	本项目拟配备辐射工作人员6名,均应参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规知识学习,均取得合格证。医院若需新增辐射工作人员,则应按照生态环境部《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,学习相关知识并通过考核后方可上岗工作。	符合
3	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	机房门采取电动门,设置门机连锁装置,门外设置电离辐射警告标志。	符合
4	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器,包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	所有辐射人员已配备个人剂量计及个人剂量报警仪,医院已配置便携式辐射环境监测仪;直线加速器机房设置场所固定剂量报警仪。	符合
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	拟制定完善放射源相关操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。	符合
6	有完善的辐射事故应急措施。	拟修订完善辐射事故应急处理预案。	符合

表 12-6 项目执行“环保部 18 号令”要求对照表

序号	环保部 18 号令要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	第五条生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。	直线加速器机房门采取电动门，设置门灯连锁装置，门外设置电离辐射警告标志及工作状态指示灯。	符合
2	第九条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	加速器机房设置固定剂量监测报警仪，医院已有环境辐射监测仪进行自测，并定期委托有辐射水平监测资质的单位对辐射工作场所及其周围环境进行监督监测。	符合
3	第十二条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	承诺每年 1 月 31 日前向环保部门提交年度评估报告。	符合
4	第十七条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	本项目拟配备辐射工作人员 6 名，均为现有辐射工作人员，有上岗证。医院若需新增辐射工作人员，则应按照生态环境部《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，学习相关知识并通过考核后方可上岗工作。	符合
5	第二十三条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。	所有从事放射性工作的人员均配备了个人剂量计，并安排专人负责个人剂量监测管理，同时建立辐射工作人员个人剂量档案。	符合
6	第二十四条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。	拟委托有资质单位进行个人剂量监测（每季度 1 次）。	符合

以上分析可知，在采取环评规定措施情况下，该单位从事本项目辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

《辐射安全与防护监督检查技术程序》符合性分析

本项目 X/γ射线放射治疗系统兼具医用直线加速器治疗功能和伽玛刀治疗功能，同时配备 CBCT 图像引导系统。依据生态环境部《医用电子直线加速器使用场所监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-033）、《立体定向γ射线外科治疗装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-028）、《III类医用射线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-036），关于辐射安全防护设施与运行的规定及本项目符合性分析见表 12-7。

表 12-7 辐射安全防护设施与运行监督检查对照表

辐射安全防护设施与运行监督检查技术程序				
立体定向γ射线外科治疗装置（伽玛刀治疗功能）				
序号	检查项目		项目拟配置情况	符合性
1*	A 操纵台 控制	防止非工作人员操作的锁定开关	防止非工作人员操作的锁定开关	符合
2*		停机后源不能返回贮存位时报警	停机后源不能返回贮存位时报警	符合
3*		治疗室监控对讲装置	治疗室监控对讲装置	符合
4*		源位显示	源位显示	符合
5*	B 出入控制	治疗室门与源连锁	治疗室门与源连锁	符合
6*		防护门内侧设置紧急开门按钮	防护门内侧设置紧急开门按钮	符合
7*		治疗室内固定式辐射剂量监测报警装置	治疗室内固定式辐射剂量监测报警装置	符合
8*		治疗室有迷道	治疗室有迷道	符合
9*		个人剂量计	个人剂量计	符合
10*		工作人员进入治疗室时携带个人剂量报警仪	工作人员进入治疗室时携带个人剂量报警仪	符合
11*	C 警告标志	治疗室入口处电离辐射警告标志	治疗室入口处电离辐射警告标志	符合
12*		入口处设置治疗放射源工作状态的讯号灯	入口处设置治疗放射源工作状态的讯号灯	符合
13*		主机外表电离辐射标志	主机外表电离辐射标志	符合
14*	D 紧急停止照射装置	治疗床	治疗床	符合
15*		治疗室内	治疗室内	符合
16		入口处	入口处	符合
17*		控制台上	控制台上	符合
18*		停电或意外中断照射时自动关闭	停电或意外中断照射时自动关闭	符合
19*		手动应急回源装置	手动应急回源装置	符合

20	E 其它	治疗室门防夹人和强制开门装置	治疗室门防夹人和强制开门	符合
21		火灾报警仪	火灾报警仪	符合
22*		治疗室内良好的通风	治疗室内良好的通风	符合
23		不间断电源配置	不间断电源配置	符合
医用电子直线加速器（加速器治疗功能）				
序号	检查项目		项目拟配置情况	符合性
1*	A 控制 台及 安全 联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	控制台设防止非工作人员操作的钥匙开关	符合
2*		控制台有紧急停机按钮	控制台有紧急停机按钮	符合
3*		视频监控与对讲系统	设视频监控与对讲系统	符合
4*		治疗室门与高压联锁	治疗室门与高压束流联锁	符合
5*	B 警示 装置	入口电离辐射警告标志	入口设电离辐射警告标志	符合
6*		入口有加速器工作状态显示	入口设加速器工作状态显示	符合
7*		工作场所分区及标识	分控制区、监督区，并设分	符合
8*	C 治疗 室紧 急设 施	屏蔽门内开门按钮	屏蔽门内设紧急开门按钮	符合
9		治疗室门防夹人装置	治疗室门设防夹人装置	符合
10*		紧急照明或独立通道照明系统	设紧急照明或独立通道照明	符合
11*		治疗室内有紧急停机按钮	治疗室内设有紧急停机按钮	符合
12*		治疗床有紧急停机按钮	治疗床设有紧急停机按钮	符合
13	D 监测 设备	治疗室内固定式剂量报警仪	治疗室内设固定式剂量报警	符合
14*		便携式辐射监测仪器仪表	医院配便携式辐射监测仪	符合
15		个人剂量报警仪	辐射工作人员配个人剂量报	符合
16*		个人剂量计	辐射工作人员配个人剂量计	符合
17*	E	个人辐射防护用品	铅衣等防护用品	符合
18	其它	通风系统	设机械通风系统	符合
Ⅲ类医用射线装置（CBCT 图像引导系统）				
序号	检查项目		项目拟配置情况	符合性
1*	A 场所 设施	单独机房	单独机房	符合
2*		机房门窗防护	机房门窗防护	符合
3*		候诊位设置	候诊位设置	符合
4*		闭门装置	闭门装置	符合
5*		防护用品和辅助防护设施	防护用品和辅助防护设施	符合
6*		入口处电离辐射警告标志	入口处电离辐射警告标志	符合
7*		入口处机器工作状态显示	入口处机器工作状态显示	符合
8	B	监测仪表	监测仪表	符合
9*	其它	个人剂量计	个人剂量计	符合
<p>综上所述可知，本项目在采取环评报告表规定措施情况下，符合生态环境部《医用电子直线加速器使用场所监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-033）、</p>				

《立体定向 γ 射线外科治疗装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-028）、
《III类医用射线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-036）中的相关要求。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

大同世纪友好医院有限责任公司拟在医院地下二层加速器 2 室安装 1 台 X/γ 射线放射治疗系统，用于肿瘤放射治疗。

2、产业政策符合性及实践正当性

本项目属于核技术在医疗领域内的运用项目，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第一类“鼓励类”第十三项“医药”中第 4 条中“高端放射治疗设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

利用放射治疗设备对患者进行肿瘤放射治疗，所带来的社会效益远大于其可能引起的辐射危害，具有明显的社会效益和经济效益。因此，本项目对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益要远大于其可能引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

3、选址及平面布局的合理性

本项目辐射工作场所为加速器 2 室，位于医院地下二层。地下二层区域南侧主要为加速器 1 室及加速器 2 室放疗机房及配套辅助功能用房，北侧主要为模拟定位机房、CT、DR、核磁等诊疗机房及配套辅助用房，地下二层区域中间和西侧均设置人行楼梯和电梯间等出入口；拟安装 X/γ 射线放射治疗系统所在加速器 2 室机房位于地下二层南侧，机房西侧为控制室、水冷室、加速器 1 室机房、卫生间及通道；南侧为土层；东侧为信息化机房和临时库房；北侧紧邻走廊通道/更衣室/外科体检/耳鼻喉体检/妇科体检，再往北依次为送风机房、楼梯间、DR 机房和核磁控制室等；楼顶地下一层为整体设备管道层，楼下为土层（地基）。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中选址要求：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；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。

本项目辐射场所位于地下二层南侧，放疗科集中建设，设置在建筑物底层的一端，避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，充分考虑了对周边环境的辐射影响，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的选址要求，选址可行。

根据满足“诊治工作要求、有利于辐射防护和环境保护以及各组成部分功能分区明确，既能有机联系，又不相互干扰”的原则，对项目辐射工作场所平面布置合理性分析如下：

本项目辐射场所加速器 2 室机房位于医院地下二层，该辐射工作场所位置独立，避开了医院人流较多的场所和医院进出流通通道，采取机房屏蔽、辐射区域集中管理与监督等措施后，满足辐射安全布局的要求，同时方便患者就诊，布局合理。

4、辐射安全与防护能力分析

(1)辐射工作场所功能分区合理性

本工程辐射工作场所划分控制区、监督区，划分明确、独立，设置合理，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

(2)辐射屏蔽措施

机房净空尺寸（不含迷路，吊顶后）7.0M×8.2M×3.0M，采用 2.35T/M3 的钢筋混凝土整体浇筑。加速器主射束为东向、西向、地面及屋顶。东墙主屏蔽区厚度 2600MM/宽 4400MM，次屏蔽区厚度 1300MM；西墙设置直迷路，迷道内墙主屏蔽区厚度 2100MM，次屏蔽区厚度 1300MM，迷道外墙厚 1100MM；南墙（侧屏蔽墙）厚度 1000MM；北墙（侧屏蔽墙）厚度 1300MM；屋顶主屏蔽区厚度 2600MM/宽 4400MM/长 11700M，次屏蔽区厚度 1300MM；地下无建筑，为自然土层。机房入口设在北墙西侧，机房防护门（拟采用 14MMPB 电动推拉防护门），机房各侧屏蔽体厚度及主屏蔽墙宽度等均满足屏蔽要求。

(3)安全防护设施

加速器机房设置门机联锁装置，控制台设置防止非工作人员操作的钥匙开关；

机房防护门入口设置警示标志、标语及工作状态指示灯；治疗室内设置准备出束音响提示；在控制台、治疗床、治疗室墙壁、迷道内墙等位置设置标识清晰的急停按钮，相互串联；机房内设视频监控对讲系统；防护门设防挤压功能；在入口门外旁侧，设置门控键盘，在入口门内设置门内紧急开门按键等，满足安全防护要求。

(4)与《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定对照检查，满足要求。

综上，本项目各辐射工作场所采取的屏蔽措施及其防护能力均能满足要求。

5、环境影响分析

(1)现状剂量率评价

由辐射环境现状监测结果可知，本次评价大同世纪友好医院有限责任公司使用医用 II 类射线装置项目周围环境 γ 辐射剂量率在 $(0.056\sim 0.072)\mu\text{Gy/h}$ 之间，即 $(56\sim 72)\text{nGy/h}$ 之间，测量结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应部分，宇宙射线的响应值为 $0.017\mu\text{Gy/h}$ ；大同市天然 γ 辐射剂量率在 $(35.2\sim 75.2)\text{nGy/h}$ 之间，本项目辐射工作场所环境 γ 辐射剂量率与大同市天然辐射本底无明显差异，属于当地天然辐射本底水平。

(2)辐射环境影响预测评价

①通过理论预测可知，本项目直线加速器机房采取评价中的屏蔽措施后，机房屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率均满足制定剂量的限值要求。

②由剂量估算结果可知，本项目 X/ γ 射线放射治疗系统正常运行所致职业人员的年有效剂量最大为 0.140mSv/a ，低于剂量管理约束限值 5mSv/a 的要求；公众的年附加有效剂量最大为 0.0528mSv/a ，低于剂量管理约束限值 0.1mSv/a 的要求。

③加速器废靶的更换、退役拆卸等均由设备厂家专业人员进行，拆下来的废靶进行放射性水平检测，如不能满足清洁解控要求，由生产厂家回收处置。

④直线加速器及 DSA 在曝光过程中臭氧、氮氧化物产生量均很小，机房设置机械排风系统，经通排风系统排出后不会对环境造成明显影响。

⑤直线加速器冷却水循环使用，正常运行时，被活化的冷却水对人员没有危害，但停机检修水系统时，为了防止水体中的感生放射性残余，检修时需在停机后半小时以上再对水系统进行检修，则不会对人员及环境造成影响。

(3)非辐射环境影响分析

本项目运行不产生其他放射性废水、放射性废气及放射性固体废弃物。医护人员产生的少量生活污水依托医院主体工程污水处理设施处理，本项目医护人员均包含在医院总定员中，不新增生活污水产量。生活垃圾以及手术治疗过程中产生的医疗废物与医院主体工程产生生活垃圾及医疗废物一并处理，不会对周围环境造成明显影响。

6、辐射安全管理

医院设置了辐射安全与环境保护管理机构，全面负责辐射安全管理相关工作，制定了单位辐射防护管理制度及应急预案，并对执行情况进行监督检查。设置辐射专职管理人员，具体负责日常辐射安全与环保工作，组织实施辐射安全防护措施和落实各项管理制度。本项目实施后对现有辐射安全管理制度进行完善，可以满足辐射安全管理要求。

7、总结论

综上所述，大同世纪友好医院有限责任公司使用X/γ射线放射治疗系统项目在充分落实本报告提出的污染防治措施和管理措施后，具备从事相应辐射工作的技术能力和安全防护措施，其运行期间对周围环境的辐射影响能符合环境保护的要求，故从辐射环保角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺（主要指出还存在的问题及改进措施或承诺）

- ①要在整个运行期间认真落实各项规章制度；
- ②要认真落实本报告所述的各项环保措施。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日

24004502



营业执照

统一社会信用代码

91140200317131551A



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 大同世纪友好医院有限责任公司

注册资本 叁仟万圆整

类型 有限责任公司（非自然人投资或控股的法人独资）

成立日期 2014年10月23日

法定代表人 宋晓东

住所 大同市昌泰街117号

经营范围 内科；呼吸内科专业；消化内科专业；神经内科专业；心血管内科专业；血液内科专业；内分泌专业；老年病专业/外科；普通外科专业；神经外科专业；骨科专业；泌尿外科专业；胸外科专业/妇产科；妇科专业/眼科/耳鼻咽喉科/口腔科；牙体牙髓病专业；牙周病专业/肿瘤科/临终关怀科/麻醉科/医学检验科；临床体液、血液专业；临床化学检验专业；临床免疫、血清学专业/医学影像科；X线诊断专业；CT诊断专业；磁共振成像诊断专业；超声诊断专业；心电诊断专业；介入放射学专业；放射治疗专业/中医科/中西医结合科；健康体检（凭有效许可证方可经营）；医疗软件系统的设计、开发（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）***

登记机关

2024年8月29日



24004460



营业执照

(副本)

统一社会信用代码

91140200317131551A 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信息、记、备案、许可、监管信息。

名称 大同世纪友好医院有限责任公司

注册资本 叁仟万圆整

类型 有限责任公司（非自然人投资或控股的法人独资）

成立日期 2014年10月23日

法定代表人 宋晓东

住所 大同市昌泰街117号

经营范围 内科；呼吸内科专业；消化内科专业；神经内科专业；心血管内科专业；血液内科专业；内分泌专业；老年病专业/外科；普通外科专业；神经外科专业；骨科专业；泌尿外科专业；胸外科专业/妇产科；妇科专业/眼科/耳鼻咽喉科/口腔科；牙体牙髓病专业；牙周病专业/肿瘤科/临终关怀科/麻醉科/医学检验科；临床体液、血液专业；临床化学检验专业；临床免疫、血清学专业/医学影像科；X线诊断专业；CT诊断专业；磁共振成像诊断专业；超声诊断专业；心电诊断专业；介入放射学专业；放射治疗专业/中医科/中西医结合科；健康体检（凭有效许可证方可经营）；医疗软件系统的设计、开发（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）***

登记机关



2024年08月29日