

核技术利用建设项目

国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、 国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤 医院）使用医用II类射线装置项目 环境影响报告表

（公示本）

国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤医院）

2026 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、 国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤 医院）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：国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、
国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤医院）

建设单位法定代表人（签名或签章）：



通讯地址：大同市云冈区新胜街 1788 号

邮政编码：037000

联系人：张宏鹏

电子邮箱：1124813814@qq.com

联系电话：13593048120

编制单位和编制人员情况表

项目编号	g5ymri		
建设项目名称	国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤医院）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）	国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤医院）		
统一社会信用代码	12140200MB0565271L		
法定代表人（签章）	宋建芳		
主要负责人（签字）	张宏鹏		
直接负责的主管人员（签字）	张宏鹏		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	山西贝可勒环境检测有限公司		
统一社会信用代码	91140100MA0G7E3E		
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
李毅	03520250614000000005	BH047687	李毅
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
董雅青	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物（重点是放射性废弃物）、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状	BH060253	董雅青
李毅	项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH047687	李毅

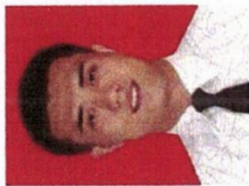


环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer



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



姓 名:	李毅
证件号码:	140108198406293215
性 别:	男
出生年月:	1984年06月
批准日期:	2025年06月15日
管 理 号:	03520250614000000005



中华人民共和国
人力资源和社会保障部



中华人民共和国
生态环境部



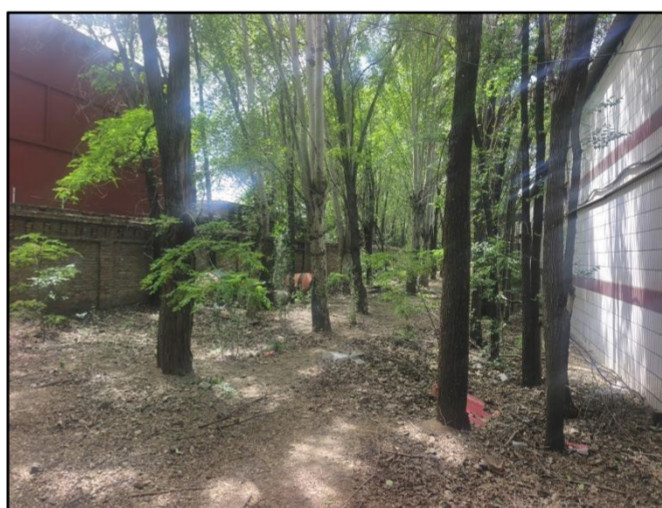
国药同煤二医院



放疗 CT 楼



放疗 CT 楼东侧（室外空地）



放疗 CT 楼南侧（室外空地）



放疗 CT 楼西侧（室外空地）



放疗 CT 楼北侧（室外空地）



直线加速器 2 室



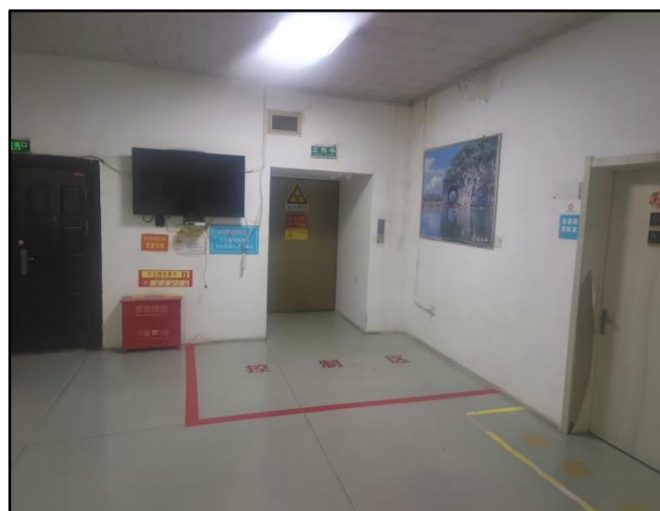
直线加速器 2 室迷道



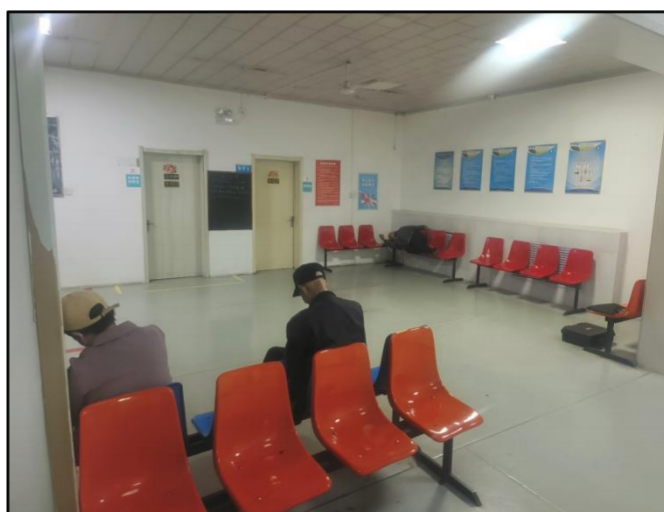
直线加速器 2 室东侧（机房门）



直线加速器 2 室东侧（更衣间/设备机房）



直线加速器 2 室北侧（直线加速器 1 室）



直线加速器 2 室西北侧（候诊大厅）

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	12
表 3 非密封放射性物质	12
表 4 射线装置	13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	14
表 6 评价依据	15
表 7 保护目标与评价标准	17
表 8 环境质量和辐射现状	20
表 9 项目工程分析与源项	24
表 10 辐射安全与防护	30
表 11 环境影响分析	36
表 12 辐射安全管理	50
表 13 结论与建议	59
表 14 审批	62

附件:

附件 1: 委托书

附件 2: 核技术利用项目环评批复、环保验收、备案文件

表 1 项目基本情况

建设项目名称		国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤医院）使用医用II类射线装置项目			
建设单位		国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤医院）			
法人代表	宋建芳	联系人	张宏鹏	联系电话	13593048120
注册地址		大同市云冈区新胜街 1788 号			
项目建设地点		国药同煤二医院放疗 CT 楼西南侧直线加速器 2 室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	1800	项目环保投资（万元）	94	投资比例（环保投资/总投资）	5.22%
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			建筑面积（m ² ） 165
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☒ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			

1.1 建设单位概述

国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤医院）（以下简称“国药同煤二医院”）是 2020 年 12 月，由原国药同煤二医院与原国药同煤肿瘤医院整合重组，在原国药同煤肿瘤医院的院址上建立的一所二级综合性医院，医院院区位于大同市云冈区新胜街 1788 号。医院现占地面积 55000 平方米，建筑面积 27313.11 平方米，现编制床位 703 张，实际开放 455 张。医院现有从业人员 348 人，其中高级职称 95 人，中级职称 108 人，现共设有临床科室 13 个，医技科室 5 个，职能科室 21 个。

国药同煤二医院于 2025 年 07 月 29 日在山西省生态环境厅重新申领《辐射安全许可证》，证书编号：晋环辐证【00206】，有效期至 2027 年 06 月 30 日，许可种类和范围为：使用III类放射源；使

用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。医院目前使用 3 枚Ⅲ类 ^{60}Co 放射源、1 台Ⅱ类医用射线装置和 4 台Ⅲ类医用射线装置，均在《辐射安全许可证》许可范围内。

1.2 项目由来

国药同煤二医院始建于 70 年代、90 年代初建院。2016 年 05 月 07 日，原大同市环境保护局矿区分局组织环保、工程专家成立技术审查组对医院建设项目进行了现场检查和现状环境影响审查，形成了技术审查组意见，同意该项目通过现状环境影响审查，最终出具现状环境影响报告的批复（同矿环函【2016】6 号）。

医院在放疗 CT 楼内西侧现建有直线加速器 1 室和直线加速器 2 室。直线加速器 1 室现安装使用 1 台 Clinac CX 型医用直线加速器（15MeV），已履行环评和竣工环境保护验收工作，并许可使用。直线加速器 2 室原安装使用 1 台 XHA600C 型医用直线加速器（6MV），该项目于 2004 年 05 月取得环评批复（晋环函【2004】185 号），并于 2008 年 11 月通过竣工环境保护验收（晋环辐验（2008）038 号）。直线加速器 2 室投入使用后，由于设备损坏，医院于 2012 年 08 月申请停用。目前直线加速器 2 室一直闲置，至今未再启用。

随着发展需要，医院计划对直线加速器 2 室进行改建，并拟使用 1 台Ⅱ类医用直线加速器开展放射治疗工作。拟选用设备 X 射线能量有 6MV、10MV 和 6MV（FFF），其中 10MV 最大剂量率为 600cGy/min，6MV（FFF）最大剂量率为 1400cGy/min；电子线能量最大为 15MeV，最大剂量率为 1000cGy/min；CBCT 最大参数为 150kV、630mA。

现根据医院规划，从保护机房周围辐射环境及人员安全角度出发，医院拟在直线加速器 2 室南侧主屏蔽、北侧迷道内墙和机房顶部增加混凝土屏蔽材料，重新设置辐射防护设施、设备。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，该项目的建设应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），本项目属于 172 核技术利用建设项目类别中的使用Ⅱ类射线装置项目，其环境影响评价文件类别为：核技术利用项目环境影响报告表。

为保护环境和人员健康，严格执行《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》，医院已委托山西贝可勒环境检测有限公司对“使用医用Ⅱ类射线装置项目”进行环境影响评价。经过编制人员的现场踏勘和资料收集，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，编制完成环境影响报告表。

1.3 项目概况

1.3.1 项目组成

1、拟购置放射治疗设备主要参数

表 1-1 本项目拟购设备及主要参数表

序号	设备名称	类别	数量	额定参数	状态	用途	拟安装位置
1	医用直线加速器	II	1 台	X 射线能量：6MV/10MV/6MV（FFF），10MV 最大剂量率 600cGy/min，6MV（FFF）最大剂量率 1400cGy/min；电子线最大能量：15MeV，电子线最大剂量率：1000 cGy/min；CBCT 最大参数 150kV/630mA；等中心最大照射野：40cm×40cm	新购	放射治疗与成像	放疗 CT 楼内西侧直线加速器 2 室

2、项目建设内容及规模

本项目为国药同煤二医院拟对放疗 CT 楼内西侧直线加速器 2 室进行改建，改建内容主要包括在南侧主屏蔽、北侧迷道内墙和机房顶部增加混凝土屏蔽材料，具体改建内容见下表。

表 1-2 本项目建设内容及规模一览表

工程		原工程内容	拟改造 engineered 内容	改造后情况
主体工程	东墙	1500mm 厚混凝土。	维持不变。	1500mm 厚混凝土。
	南墙	主屏蔽为 2470mm 厚，3240mm 长混凝土； 次屏蔽为 1620mm 厚混凝土。	主屏蔽北侧在原基础增加 600mm 厚，3900mm 长混凝土； 主屏蔽南侧在原基础两侧分别增加 880mm 厚，800mm 长混凝土； 次屏蔽维持不变。	主屏蔽中部为 3070mm 厚混凝土； 两侧为 2500mm 厚混凝土； 次屏蔽为 1620mm 厚混凝土。
	西墙	1500mm 厚混凝土。	维持不变。	1500mm 厚混凝土。
	北墙	迷道内墙：自西向东逐渐增厚，最西侧为 770mm 厚混凝土，最东侧为 1340mm 厚混凝土； 外墙：自东向西逐渐增厚，最东侧为 1000mm 厚混凝土，最西侧为 1900mm 厚混凝土。	东侧迷道内墙在原基础内侧增加 600mm 厚，3900mm 长混凝土； 东侧外墙屏蔽不变。	迷道内墙：主屏蔽自西向东逐渐增厚，最西侧为 1370mm 厚混凝土，最东侧为 1760mm 厚混凝土； 次屏蔽自西向东逐渐增厚，最西侧为 1160mm 厚混凝土，最东侧为 1340mm 厚混凝土； 外墙：自东向西逐渐增厚，最东侧为 1000mm 厚混凝土，最西侧为 1900mm 厚混凝土。
	送排风管线	在机房东南侧设置排风口，采用“Z”字型设计，机房外侧排风口距地面约 1.0m； 机房门上方设置送风口，采用“Z”字型设计。	拆除机房内、外所有送排风管线，保留现有机房内穿墙通过的排风口和送风口。重新铺设排风和送风管线。	在机房西南和东南侧距离地面约 30cm 处各设置 1 个排风口，并通过专用管线汇总后，最终从机房东南侧排出室外； 送风管线沿机房北侧疏散通道顶部铺设，从机房门上方穿入迷道，最终在机房内东北侧顶部设置出风口。

表 1-2 本项目建设内容及规模一览表（续表）

工程		原工程内容	拟改造 engineered 内容	改造后情况
主体工程	顶板	主屏蔽：1800mm 厚×3240mm 宽混凝土； 次屏蔽厚：1000mm 混凝土。	主屏蔽上方增加 1300mm 厚混凝土； 次屏蔽上方增加 600mm 厚混凝土。	主屏蔽：3100mm 厚×4000mm 宽混凝土； 次屏蔽厚：1600mm 混凝土。
	机房门	8mmPb 电动平移门。	更换 15mmPb 电动平移门。	15mmPb 电动平移门。
辅助工程	控制室	面积：14.40m ² （南北 3.05m、东西 4.72m）。		
	水冷机房	面积：4.13m ² （南北 2.95m、东西 1.40m）。		
公用工程	办公设施	办公及生活设施依托医院放疗 CT 楼现有主体工程设施。		
	供配电	由市政电网供电，依托医院供配电系统。		
环保工程	废水	工作人员产生的废水依托医院的污水处理站处理。 医院建有一座污水处理站，采用二级处理+二氧化氯消毒处理工艺，处理后排入市政污水管网。		
	固废	治疗过程中产生的医疗废物进行收集后，运至医院医疗废物暂存间收集暂存，最后交有资质单位处置。医院已安排专人负责医疗废物的统计和处置工作。 生活垃圾：医院院区采用封闭式堆放方式，送至储存集装箱，交由环卫部门统一清运。		
	废气	直线加速器 2 室拟设置专用机械排风系统进行排风。 （1）机房内设置机械排风系统，采用“上进风、下排风”方式，在机房东南侧和西南侧距离地面约 30cm 处各设置 1 个排风口，汇总后从机房南侧通过专用排风管线引出机房，排出室外； （2）机房内东南侧顶部设置 2 个新风口，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h。		
	电离辐射	直线加速器 2 室采用辐射屏蔽、安全防护设施、铅门等作为防护体，设置门机连锁系统、视频对讲监控装置、急停按钮、紧急开门按钮、防挤压装置、固定式报警仪；机房入口处张贴电离辐射警告标志，机房门外地面张贴警示线等，确保本项目满足相关法规、标准的要求。		

本项目依托工程建设内容及建设情况见表 1-3。

表 1-3 本项目依托工程建设情况表

类别		依托工程建设内容	依托工程建设情况
环保工程	废水	医院建有一座污水处理站，采用二级处理+二氧化氯消毒处理工艺，处理后排入市政污水管网。	本项目运行后依托现有污水管线和污水处理站，可满足污水处理需求。
	医疗废物	医院已建设一座医疗废物暂存间，医疗废物采用专用塑料袋或塑料桶收集后在暂存间暂存，定期由资质单位集中处置。	本项目运行后依托医疗废物处置方式可以满足医疗废物处置要求。
	生活垃圾	医院院区采用封闭式堆放方式，送至储存集装箱，交由环卫部门统一清运。	放疗 CT 楼已设置垃圾收集桶，生活垃圾经袋装收集后直接交由环卫部门清运处置，可以满足生活垃圾的堆放与清用需求。

本项目放疗技术室依托工程主要包括辅助定位设备、公用工程和环保工程。

辅助工程中包括 1 间控制室，控制室有效使用面积为 14.40m²，能够满足存放直线加速器控制设备需求。

环保工程中医疗废水排入医院污水管网，医院污水经过污水处理设施处理后排入市政污水管网。放射治疗过程中产生的医疗废物进行收集转运至医院医疗废物暂存库收集暂存。本项目不新增辐射工作人员，不会增加生活污水。医院已建设和配置的设备设施，以及采取的措施可满足本项目需求。

通过以上分析，本项目公用、辅助、环保等依托工程能满足本项目运行后日常工作需要。

3、劳动定员和工作制度

医院放疗技术室现配备有 13 名辐射工作人员，其中操作直线加速器人员有 6 名，均为在职员工，均已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，成绩合格并在有效期内。

表 1-4 医院放疗技术室直线加速器配备辐射工作人员情况表

序号	姓名	培训证号	有效期至	2025 年个人剂量监测值 (mSv/a)
1	左小坤	FS23SX0200138	2028 年 04 月 29 日	0.33
2	周文滨	FS23SX0200130	2028 年 04 月 27 日	0.16
3	邢秀琴	FS23SX0200162	2028 年 05 月 10 日	0.08
4	魏 岫	FS24SX0200128	2029 年 11 月 26 日	0.10
5	王 玲	FS23SX0200140	2028 年 04 月 29 日	0.16
6	曹旭静	FS24SX0200020	2029 年 04 月 16 日	0.05

注：左小坤和魏岫为医院放疗技术室物理师。

放疗技术室现已使用 1 台医用直线加速器，本项目运行后，不新增辐射工作人员。根据医院实际情况，医院现有辐射工作人员按排班顺序上岗，可以满足日常诊疗工作需要。

4、工作制度及工作负荷

工作制度：放疗技术室实行每班 8 小时工作制度，如治疗/诊断患者多，可顺延工作时间。放疗技术室年工作日 260 天（52 周、5 天/周）。

工作负荷：根据国药同煤二医院计划，并结合现有医用直线加速器的使用情况，本项目医用直线加速器医院拟开展常规放射治疗和调强放射治疗，每天治疗人数最大约 30 人，其中开展常规治疗出线时间 2min/人，10 人次/天，2600 人次/年，常规治疗照射时间 86.7h/a；开展调强放射治疗出线时间 5min/人，20 人次/天，5200 人次/年，调强治疗照射时间 433.3h/a。

1.4 项目位置

1.4.1 建设单位的地理位置

国药同煤二医院位于山西省大同市云冈区新胜街 1788 号，院区东侧为空地，东南侧为原同煤机加工车间（已停产），西侧为同煤集团矿铁实业公司，北侧为南环西路，具体地理位置见附图 1。

1.4.2 本项目辐射工作场所位置

放疗 CT 楼位于院区东南部，为一层独立建筑（无地下建筑）。放疗 CT 楼东侧和南侧为空地，西侧为室外过道和办公食堂楼（二层建筑），北侧室外过道和空地。本项目直线加速器 2 室位于放疗 CT 楼西南侧。

放疗 CT 楼内部主要包含后装治疗机房、CT2 室、DR 室、核磁治疗区、直线加速器 1 室、资料室和办公室等房间。直线加速器 2 室东侧为设备机房和水冷机房、南侧和西侧为室外空地，北侧为疏散通道，无楼上、楼下建筑。

本项目放疗技术室医护人员可以从北侧大厅进入诊疗区区域，向东进入控制室，开展诊疗活动；患者向南通过人员通道到达机房，接受诊疗。

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，本项目治疗机房与控制室分开设置，设置了迷道。机房周围不邻近产科、儿科及商业活动区域，加速器机房布局符合《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)中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中选址和布局要求，布局合理。

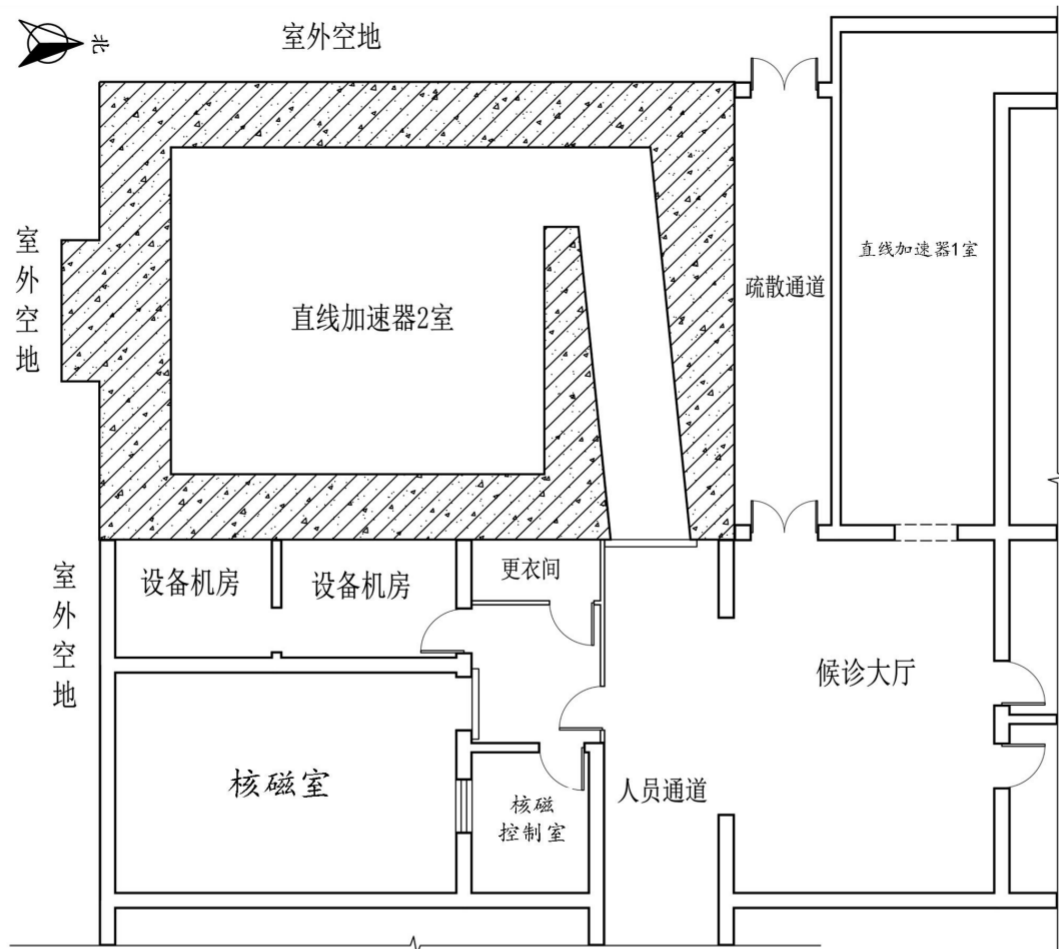


图 1-1 本项目改建前布局示意图（平面图）

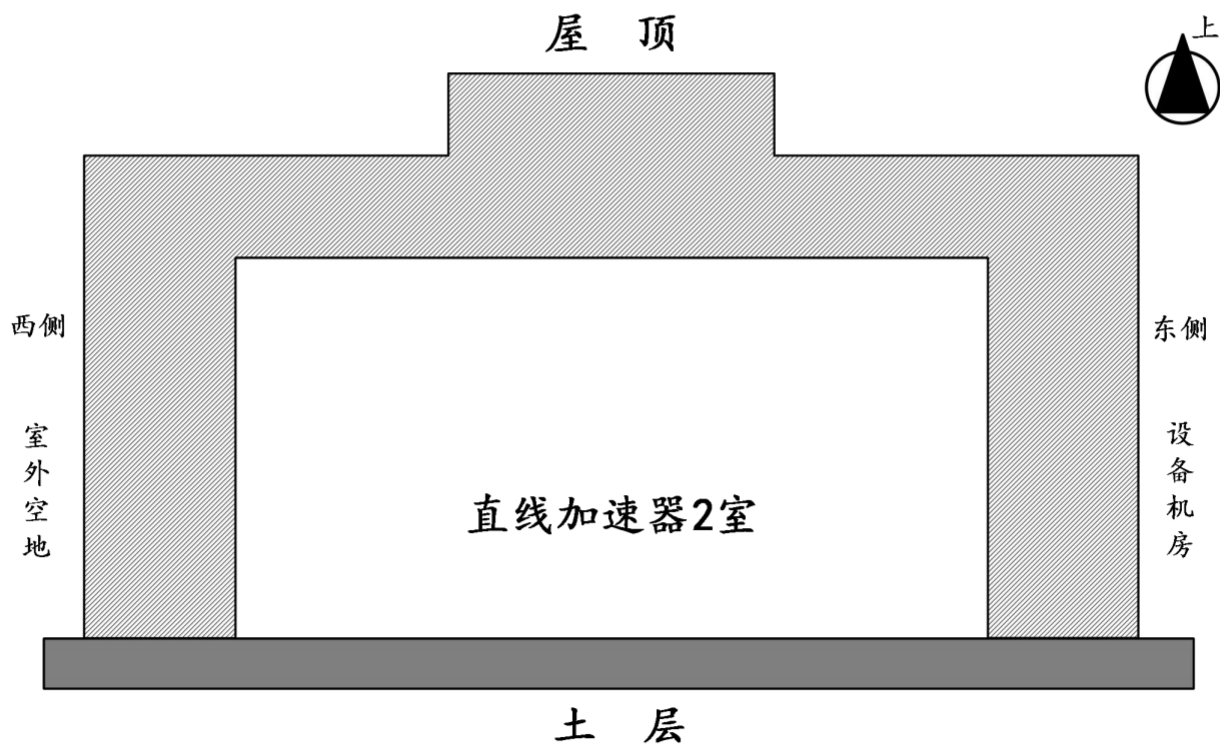


图 1-2 本项目改建前布局示意图（剖面图）

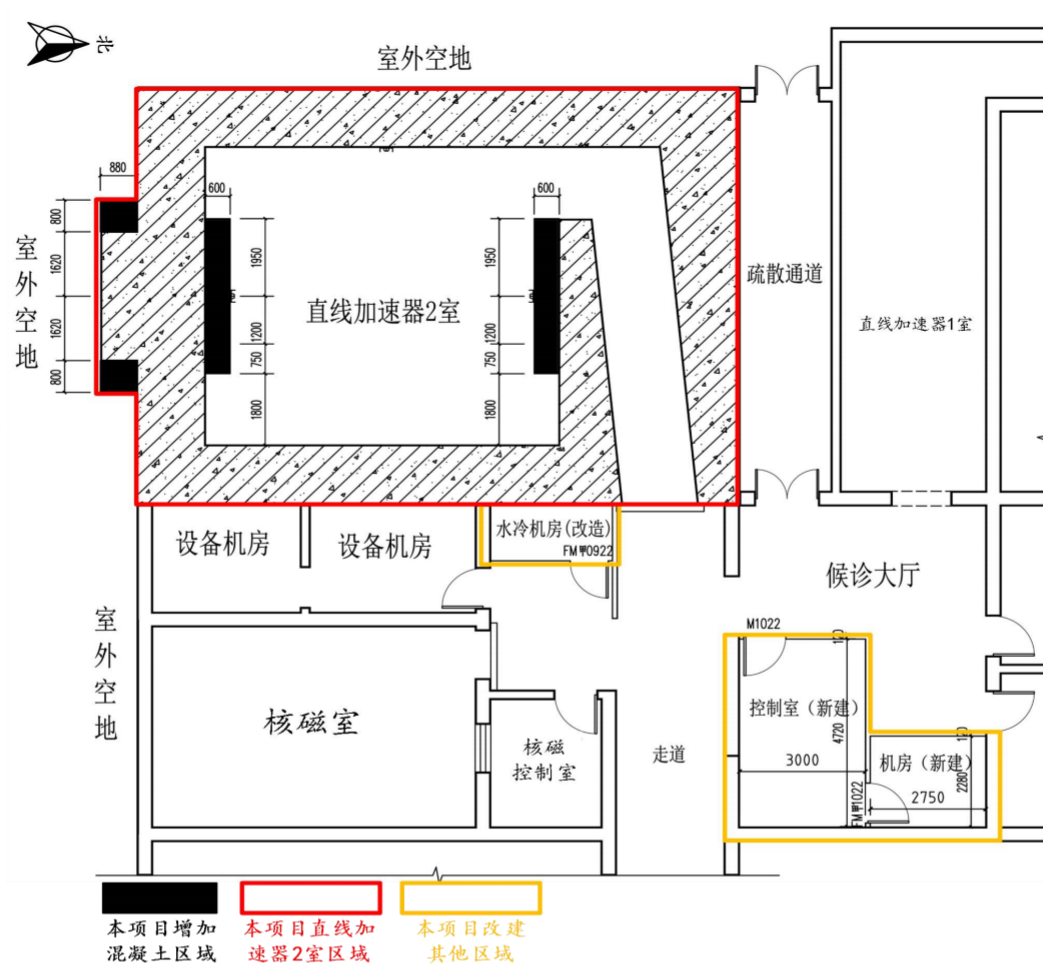


图 1-3 本项目改建后布局示意图（平面图）

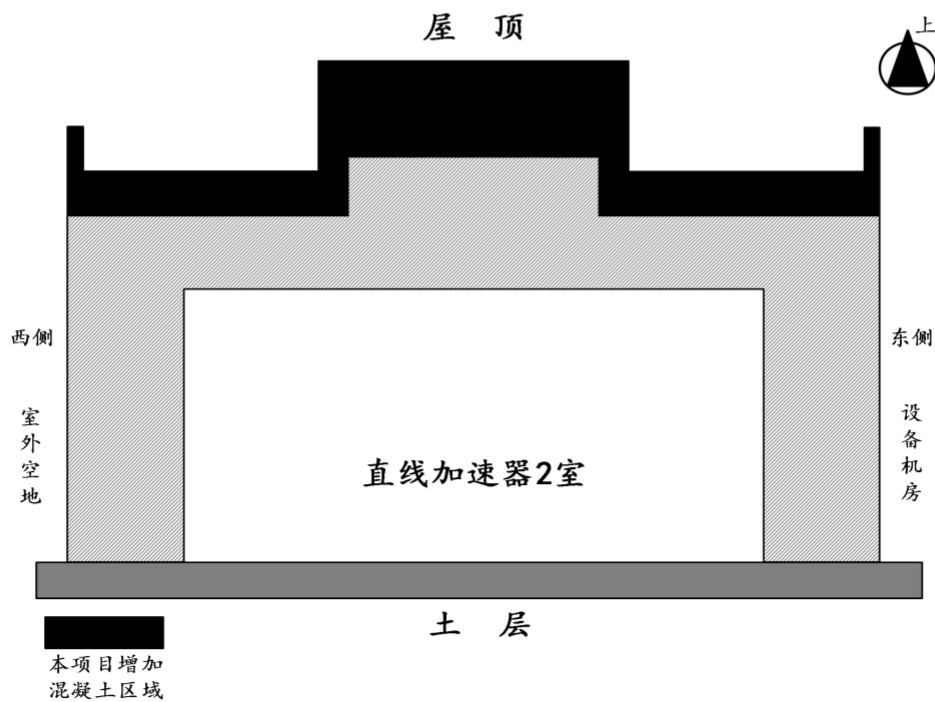


图 1-4 本项目改建后布局示意图（剖面图）

1.5 医院核技术利用现状

国药同煤二医院于 2025 年 07 月 29 日在山西省生态环境厅重新申领《辐射安全许可证》，证书编号：晋环辐证【00206】，有效期至 2027 年 06 月 30 日，许可种类和范围为：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。

1.5.1 现核技术利用项目许可种类和范围

国药同煤二医院放疗 CT 楼西南侧直线加速器 1 室，安装使用 1 台 Clinac CX 型医用直线加速器（15MeV）；放疗 CT 楼后装腔内治疗机房安装使用 1 台后装治疗机，使用 3 枚 ⁶⁰Co 放射源；放疗 CT 楼螺旋 CT 室安装使用 1 台 Discover RT 型螺旋 CT 机；放疗 CT 楼 DR 机房安装使用 1 台 Definium 6000 型螺旋医用诊断 X 射线系统（DR）；结核楼一层 CT 机房安装使用 1 台 ProSpeed F1 型 X 射线计算机体层摄影装置（CT）；结核楼一层医学诊断 X 线室使用 1 台 PX-2000 型移动 X 光机。

表 1-5 许可使用放射源一览表

序号	核素名称	类别	场所	活度（Bq）	编码	用途	备注
1	⁶⁰ Co	Ⅲ	放疗 CT 楼西 1 室后装腔内 治疗机房	9.62E+10	0317CO00 1213	后装治疗 机使用	环评审批：晋环监字（96） 308 号，1996.9.23； 环保验收：晋环辐验（2008） 038 号，2008.11.21； 安全分析报告：2024.10.22
2	⁶⁰ Co	Ⅲ		4.44E+10	0317CO00 1223		
3	⁶⁰ Co	Ⅲ		4.44E+10	0317CO00 1233		

表 1-6 许可使用加速器一览表

序号	名称	规格型号	类别	数量	加速 粒子	最大能量 （MeV）	安装位置	备注
1	医用电子直 线加速器	Clinac CX	Ⅱ	1 台	电子	15	放疗 CT 楼直 线加速器 1 室	环评审批：晋环函【2012】 886 号，2012.5.7； 环保验收：晋环函【2013】 94 号，2013.1.22

表 1-7 许可使用射线装置一览表

序号	名称	类别	数量	规格型号	技术参数	安装位置	备注
1	移动 X 光机	III	1 台	PX-2000	125kV/200mA	结核楼一层医学诊断 X 线室	环评审批：晋环监字（96）308 号，1996.9.23； 环保验收：晋环辐验（2008）038 号，2008.11.21；
2	螺旋 CT 机	II	1 台	Discover RT	140kV/800mA	放疗 CT 楼螺旋 CT 室	环评审批：晋环函【2004】185 号，2004.5.18； 环保验收：晋环辐验（2008）038 号，2008.11.21；
3	X 射线计算机体层摄影装置	III	1 台	ProSpeed F1	140kV/160mA	结核楼一层 CT 机房	备案号： 202414021100000027
4	医用诊断 X 射线系统	II	1 台	Definium 6000	150kV/800mA	放疗 CT 楼 DR 机房	

1.5.2 辐射安全与环境保护管理机构

国药同煤二医院已成立放射诊疗防护管理领导小组，法人宋建芳任组长，副院长任副组长，相关科室主任为成员，并配备 2 名本科以上学历的专职管理人员，全面负责医院辐射安全与环境保护工作。

1.5.3 规章制度制定

国药同煤二医院已制定规章制度主要包括：《辐射安全日常管理规定》、《操作规程》、《辐射安全和防护设施的维护与维修制度》、《场所及环境监测方案》、《监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》、《X 射线诊断中受检者防护规定》和《辐射事故应急预案》等各项规章制度。

医院放疗技术室相应制定有关制度，主要包括《放疗技术室工作制度》、《放疗技术室放射防护规定》、《放疗技术室安全保卫制度》、《加速器治疗工作制度》、《放疗流程图》、《直线加速器接诊制度》和《后装治疗机操作规程》等制度。

医院各项辐射安全规章制度较为完善，正常执行相关制度，可满足医院现有辐射工作需要。

1.5.4 人员培训

国药同煤二医院现配备辐射工作人员共 28 名，全部按照国家相关法规要求参加了辐射安全和防护知识培训与考核，均考核合格，并在有效期内。医院对今后新入职或培训证即将过期的辐射工作人员，按照培训与考核计划，进行考核，成绩合格后上岗，并由专人负责，建立档案。

1.5.5 辐射应急事故管理

国药同煤二医院已制定《辐射事故应急预案》，预案中明确了应急指挥机构及其职责、辐射事故分级、处置程序、处置措施和应急联系方式等内容，在发生辐射事故时能够立即启动《辐射事故应急预案》。国药同煤二医院截止到目前未发生过辐射安全事故。

1.5.6 个人剂量监测

国药同煤二医院委托中国辐射防护研究院对每位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 3 个月送检一次，建立了个人剂量监测档案。根据 2025 年度个人剂量监测结果可知，全院辐射工作人员年个人剂量监测值在（0.03～0.42）mSv 之间，其中放疗技术室本项目直线加速器辐射工作人员个人剂量监测值在（0.05～0.33）mSv 之间，均满足相应工作人员职业照射剂量约束值的要求。

1.5.7 年度辐射安全评估报告

2025 年度国药同煤二医院完成了各项辐射安全防护工作，依据相关法律法规对单位核技术应用设施的安全和防护状况进行了年度评估，编写年度评估报告，已按要求提交上级管理部门。

1.5.8 小结

综上可知，国药同煤二医院现有核技术利用设施环保手续完善、已取得《辐射安全许可证》并在有效期内，各项管理规章制度较为齐备完善，无超出许可种类和范围的项目，制定了辐射事故应急预案等相关制度，按要求对辐射工作人员进行了个人剂量监测，并建立了个人剂量监测档案，2025 年度评估报告已提交，无辐射事故的发生。

建议：加强个人剂量监测工作，合理安排辐射工作人员工作方式、时长，尽量降低工作人员受照剂量，确保人员身体健康；

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
	本项目不涉及							

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

表 3 非密封放射性物质

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

序号	设备名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量	最大剂量率	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II	1 台	待定	电子	10MV、15MeV	X 射线能量：6MV/10MV/6MV（FFF），10MV 最大剂量率 600cGy/min，6MV（FFF）最大剂量率 1400cGy/min； 电子线最大能量：15MeV； 电子线最大剂量率：1000 cGy/min； CBCT 最大参数 150kV/630mA； 等中心最大照射野：40cm×40cm	放射治疗与成像	放疗 CT 楼内西侧直线加速器 2 室	本次环评

(二) X 射线机

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
	本项目不涉及								

(三) 中子发生器

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	氡靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
	本项目不涉及												

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

[illegible]

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/kg，气态为 mg/m³；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/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(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； (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》，国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订），2019 年 3 月 2 日； (6) 《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； (7) 《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》，国家环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日； (8) 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； (9) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行； (10) 《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 日起实施； (11) 《山西省环境保护条例》，2017 年 3 月 1 日起施行； (12) 《<山西省环境保护条例>实施办法》，2020 年 3 月 15 日起施行； (13) 《山西省辐射事故应急预案》，晋政办发〔2021〕23 号，2021 年 2 月 26 日； (14) 《大同市辐射事故应急预案》； (15) 《大同市云冈区辐射事故应急预案》。
------	---

技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (2) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）； (3) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (4) 《辐射事故应急监测技术规范》（HJ1155-2020）； (5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (6) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）； (7) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； (8) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (9) 《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）； (10) 《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）； (11) 《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）； (12) 《中国环境天然放射性水平》2015年7月，原子能出版社。
其他	(1) 建设项目环境影响评价委托书； (2) 建设单位提供的相关证明资料； (3) 《国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤医院）使用医用II类射线装置项目环境现状检测报告》（SXBQ26HJ0106）； (4) 建设单位提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，因此确定本项目的评价范围为：直线加速器 2 室实体屏蔽外 50m 范围内区域。

7.2 保护目标

本项目拟在改造后的直线加速器 2 室更换使用 1 台医用直线加速器，直线加速器 2 室位于放疗 CT 楼，直线加速器 2 室东侧为人员通道、水冷机房和设备机房，南侧和西侧为室外空地，北侧为疏散通道。楼上无建筑，楼下为土层。

本项目直线加速器 2 室实体屏蔽外 50m 区域内分布人员主要包括放疗 CT 楼内医院工作人员、前来就诊的病患、陪护人员和放疗 CT 楼西北侧办公、食堂楼。

表 7-1 主要环境保护目标一览表

影响因素	核技术应用	保护目标	人数	位置	方位	距球管距离 (m)	
						垂直	水平
辐射环境	放疗技术室 (直线加速器 2 室)	辐射工作人员	2 人	控制室（直线加速器 2 室）	机房东北侧	0	7.20
			2 人	控制室（直线加速器 1 室）	机房东北侧	0	10.2
		公众	1-3 人	放疗 CT 楼物理室	机房东北侧	0	11.2
			2 人	放疗 CT 楼核磁控制室	机房东侧	0	8.50
			1-3 人	放疗 CT 楼主任办公室	机房东北侧	0	12.7
			2-4 人	放疗 CT 楼医生值班室	机房东北侧	0	23.2
			2-4 人	放疗 CT 楼医生办公室	机房东侧	0	18.7
			5-15 人	办公、食堂楼	机房西北侧	0-5	18-36

7.3 评价标准

GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》和 HJ1198-2021《放射治疗辐射安全与防护要求》对辐射工作人员和公众年有效剂量提出了相关规定，具体标准规定见表 7-2。

表 7-2 相关年有效剂量评价标准

序号	对 象	年有效剂量	
		GB18871-2002 剂量限值	HJ1198-2021 剂量约束值
1	辐射工作人员	20mSv/a（连续 5 年平均）	5mSv/a
2	公 众	1mSv/a	0.1mSv/a

根据上述标准规定，提出本项目年有效剂量约束值为：辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ，公众 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ 。

7.4 直线加速器 2 室外各关注点剂量率参考控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）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/T201.2-2011），治疗室外表面 30cm 处周围剂量当量率应满足下列（1）和（2）所确定的较小者作为关注点的剂量率参考控制水平。

（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，采用以下周剂量控制水平（ H_c ）求得关注点导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

①单一有用线束： $H_{c,d}=H_c/(t \times U \times T)$

式中： $H_{c,d}$ —关注点导出剂量率参考控制水平，（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

H_c —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），本项目周照射时间为 10h；

U —有用线束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单一泄漏辐射： $H_{c,d}=H_c/(N \times t \times T)$

式中： $H_{c,d}$ 、 H_c 、 t 和 T 同上式； N —调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常取 5。

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

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

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

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剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)。

表 7-3 直线加速器 2 室屏蔽体外 30cm 周围剂量率参考控制水平计算表

方位 参数	南墙		北墙		楼上		西墙	东墙	
	主屏蔽	次屏蔽	主屏蔽	次屏蔽	主屏蔽	次屏蔽			
相邻场所	室外空地		疏散通道		无建筑		室外空地	设备机房、 水冷机房	防护门 外 30cm
线束类型	主射	泄漏+ 散射	主射	泄漏+ 散射	主射	泄漏+ 散射	泄漏	泄漏	泄漏
使用因子 U	1/4	—	1/4	—	1/4	—	1	1	1
居留因子 T	1/40		1/5		1/40		1/40	1	1/8
周照射时 间 t（h）	10								
调强因子	—	—	—	—	—	—	5	5	5
H _c （μSv/周）	5		5		5		5	5	5
H _c （μSv/h）	80	—	10	—	80	—	4.0	2.5	0.8
H _{c, max} （μSv/h）	2.5		2.5		5.0		2.5	2.5	2.5
控制水平 （μSv/h）	2.5		2.5		5.0		2.5	2.5	0.8

注: 保守考虑, $H_{c, \max}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 机房四周取 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 屋顶取 $5.0\mu\text{Sv/h}$;

7.5 其他要求:

直线加速器 2 室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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 本项目所在的地理位置

国药同煤二医院位于大同市云冈区新胜街 1788 号，院区东侧为空地，东南侧为原同煤机加工车间（已停产），西侧为同煤集团矿铁实业公司，北侧为南环西路。

本项目拟在改造后的直线加速器 2 室位于放疗 CT 楼，东侧为人员通道、水冷机房和设备机房，南侧和西侧为室外空地，北侧为疏散通道。楼上无建筑，楼下为土层。医院平面布局见附图 2。

8.2 评价区辐射环境质量现状监测

为了解本项目评价区域的辐射环境质量，医院委托山西贝可勒环境检测有限公司对本项目场所进行环境 γ 辐射监测。

8.2.1 监测内容

评价区域内环境 γ 辐射剂量率。

8.2.2 监测方法

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。

8.2.3 监测仪器

本项目监测采用的仪器为 BY211D0808 型辐射剂量当量（率）仪。

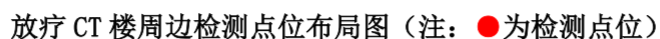
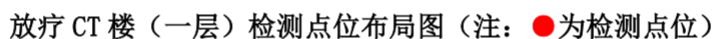
表 8-1 监测仪器信息表

检测仪器	型号	量程	能量响应	检定证书编号	有效期至
辐射剂量当量（率）仪	BY211D0808	0.01 μ Gy/h–1mGy/h	25keV–3MeV	检字第【2026】-L0027	2027 年 5 月 28 日

8.2.4 质量保证措施

- （1）被委托的检测机构具备与所从事检测业务相适应的能力和条件；
- （2）使用的仪器经法定部门检定，并在有效期内使用；
- （3）监测点位在现场标志性特征物拍照备案，保证点位的可重现性；
- （4）现场检测保证至少两人进行，做好原始记录和复核工作；
- （5）每个点位记录 10 次数据，取平均值，经修正仪器校正因子后作为该点剂量监测值。

对直线加速器 2 室位置、控制室、物理室、主任办公室、热疗室和放疗 CT 楼周边等环境敏感目标进行布点。监测点位覆盖环境保护目标，监测结果能够反映项目所在地辐射水平。具体点位布置情况见图 8-1。



21

8.2.6 周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

本项目辐射环境检测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目环境 γ 辐射剂量率监测结果

编号	检测点位描述	测量结果 ($\mu\text{Gy/h}$)
1	直线加速器 2 室 (室内)	0.072
2	拟建直线加速器 2 室控制室 (室内)	0.073
3	拟建直线加速器 2 室设备机房 (室内)	0.072
4	人员通道 (室内)	0.070
5	核磁控制室 (室内)	0.072
6	设备机房 (室内)	0.071
7	直线加速器 2 室北侧疏散通道 (室内)	0.073
8	直线加速器 1 室控制室 (室内)	0.070
9	物理室 (室内)	0.070
10	主任办公室 (室内)	0.071
11	热疗室 (室内)	0.070
12	放疗 CT 楼南侧空地 (室外)	0.066
13	放疗 CT 楼西侧 2m 空地 (室外)	0.065
14	放疗 CT 楼西侧 25m 空地 (室外)	0.066
15	放疗 CT 楼西北侧办公、食堂楼 (室外)	0.065
16	放疗 CT 楼东侧空地 (室外)	0.067
17	放疗 CT 楼北侧 5m 空地 (室外)	0.068
18	放疗 CT 楼北侧 30m 空地 (室外)	0.064

注：1、本项目直线加速器 2 室位于放疗 CT 楼西南侧，楼上、楼下均无建筑；检测时，直线加速器 1 室射线装置正常运行，曝光条件为：X 射线/6MV200MU；

2、检测结果已扣除实测点宇宙射线响应值：33nGy/h；

3、环境 γ 辐射剂量率测量结果计算： $D_r = k_1 \times k_2 \times R_r - k_3 \times D_c$ ，式中： D_r —测点处环境 γ 辐射空气吸收剂量率值，Gy/h； k_1 —仪器检定/校准因子； k_2 —仪器检验源效率因子，仪器无检测源，该值取 1； R_r —仪器测量读数均值， k_3 —建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1， D_c —测点处宇宙射线响应值；

4、各检测点位的建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子取值：平房取 0.9，原野、道路取 1。本次检测 1#-11#点位为平房，屏蔽修正因子取 0.9；12#-18#点为原野、道路，屏蔽修正因子取 1。

8.3 辐射环境质量现状

本项目直线加速器 2 室及放疗 CT 楼周边现状环境 γ 辐射剂量率监测值在(0.064~0.073) $\mu\text{Gy/h}$ 之间,属于山西省大同地区 γ 辐射剂量率(0.0352~0.0752) $\mu\text{Gy/h}$ 本底水平(数据来源《中国环境天然放射性水平》2015 年 7 月,原子能出版社)。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺分析

本项目的施工期主要包括对直线加速器2室进行防护工程改建、内部装修、设施设备安装调试等，施工期主要污染物有：噪声、少量扬尘、施工废水、建筑垃圾及包装废弃物等。

在直线加速器调试过程中，可能会产生X射线或电子线。

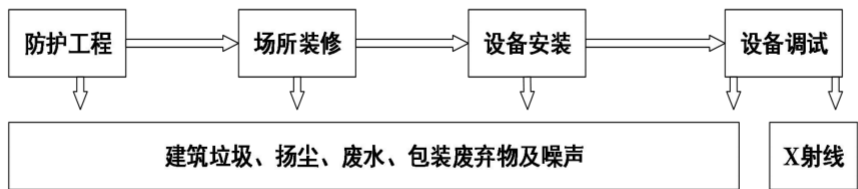


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节示意图

9.2 医用直线加速器工作原理及操作流程

(1) 工作原理

医用电子直线加速器是放射治疗设备中技术较复杂和先进的设备，包含近代核物理技术、微波技术、计算机技术、自动控制技术、高真空技术、机密机械设计与制造等高科技。医用电子直线加速器其基本结构和系统包括电子枪、微波功率源（磁控管或者速调管）、波导管监测器、移相器、RF 吸收负载、RF 窗等）、DC 直流电源（射频发生器、脉冲调制器、电子枪发射延时电路等）、真空系统、伺服系统（聚焦线圈、对中线圈）、偏转系统（偏转室、偏转磁铁）、剂量监测系统、均整系统、射野形成系统等，安装于治疗机头、固定机架、旋转机架、治疗床、控制台等处。

医用电子直线加速器虽然分类众多，但主要系统大致是一样的。电子直线加速器一般由加速管、微波功率源、微波传输系统、电子注入系统、脉冲调制系统、束流系统、真空系统、恒温水冷却系统、电源分配控制系统和应用系统等组成，电子直线加速器是利用微波电磁场以直线轨道加速电子的装置，加速后的电子辐射可直接用于治疗浅表肿瘤，将加速后的电子束轰击重金属靶，产生 X 射线用于治疗深部肿瘤。医用电子直线加速器产生的电子线和 X 射线都具有不同程度的组织穿透能力，当射线穿过人体组织细胞时，使细胞内部发生电离，破坏细胞内部成分，特别是直接或间接作用于 DNA 分子，从而抑制或杀灭肿瘤细胞以达到治疗肿瘤的目的。

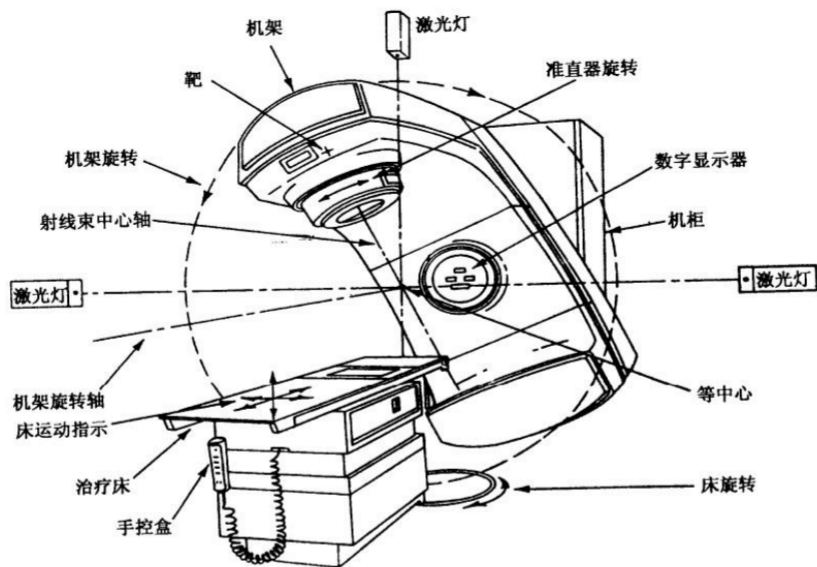


图9-2 典型医用直线加速器的结构框架

医院拟采购设备拥有图像引导放射治疗、调强治疗、容积旋转调强功能以及 CBCT 功能。

图像引导放射治疗：一种利用图像信息来精确定位肿瘤并确保放射治疗照射到确切的位置的治疗技术；

调强放疗（IMRT）：IMRT 是一种精确控制放射剂量分布的放疗技术。它利用计算机控制的线性加速器以不同强度的辐射束进行治疗，可以根据肿瘤大小、形状和位置等因素来调整每个治疗区域的辐射剂量。IMRT 可以更精确地照射肿瘤，减少对周围正常组织的损伤并提高治疗效果；

容积旋转调强放疗（VMAT）：VMAT 是一种先进的放疗技术，基于图像引导放疗，结合逆向优化治疗计划系统和高精度加速器，并在三维剂量验证的保证下实施。VMAT 技术使用单弧或多个弧度，以任意角度对肿瘤进行旋转照射。在旋转照射过程中，射线束的剂量率、机架转速、叶片位置等参数可以进行动态调整。这种技术具有更大的照射范围、更灵活的调整、更精准的照射和更好的剂量聚焦效果，在早期肿瘤和复杂肿瘤的治疗中表现出明显优势。

CBCT 功能：CBCT 图像引导模式是使用 kV System，绕患者治疗体位旋转 360°，采集到多个角度的平面图像。重建肿瘤靶区、敏感组织以及患者体内标志结构的体积影像。将获得的体积影像数据与对应的 CT（模拟定位）进行对比配准，可以得到肿瘤靶区的偏移量，通过控制治疗床移动，来实现图像引导的功能。

（2）设备组成

医用电子直线加速器是利用微波电磁场的行波或驻波加速方式，加速电子到高能装置。加速系统主要由电子发射单元、电子加速单元和电子束引出单元三部分组成。对 X 射线而言，除电子那部分构造外，还有一个金属靶和 X 射线准直装置，经过磁偏转转向的高速电子束，射向高原子序数的金属靶，当电子同金属靶的原子核相撞时，速度减慢并损失部分能量，电子损失的能量转换为 X 射线后再经过一个平板滤片，准直射出。加速器利用电控装置发出的 X 射线对肿瘤进行照射，消灭肿瘤细胞，医用电子直线加速器发出的 X 射线能量一般为 6~15MV。X 射线既是进行放射治疗的有用射线，又是需要采取措施进行防护。

本项目直线加速器有电子束和 X 射线两种治疗模式，其中 X 射线治疗模式又包括常规治疗模式和高剂量率治疗模式（FFF）。相对于常规治疗，高剂量率治疗模式（FFF）又称为非均整模式，输出剂量率显著增大，靶区接受的剂量大、靶区周围正常组织受照射剂量小，靶区定位及照射准、以及靶区内剂量分布均匀等优势。

（3）工作方式和操作流程

治疗前先确认治疗方案，包括确定照射时间和剂量，定位患者照射部位，调整照射角度和视野，再开机进行治疗。在加速器治疗过程中，除患者外其他人员均不在治疗室内，医护人员通过视频监控系统观察患者情况。

具体操作流程为：

①接收病人：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、分型确定治疗计划，与肿瘤科预约登记，确定模拟定位治疗的时间；

②模拟定位：向病人告知可能受到的辐射危害，并利用放疗CT楼一层模拟CT对患者病灶进行扫描，获得定位图像，工作人员隔室操作；

③勾画靶区 TPS 制定治疗计划：勾画病变靶区和正常器官，根据患者瘤体的类型、部位和大小等初步确定照射剂量和照射时间，并进一步制定相应的常规放疗、适形放疗及调强放疗的治疗计划；

④治疗计划确认：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：使用CBCT图像引导模式重建肿瘤靶区、敏感组织以及患者体内标志结构

的体积影像，并将获得的体积影像数据与对应的CT（模拟定位）进行对比配准，可以得到肿瘤靶区的偏移量，通过控制治疗床移动，调整治疗床高度，严格按照摆位要求实施摆位（在使用CBCT功能期间，摆位人员离开治疗室，并关闭防护门）；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。

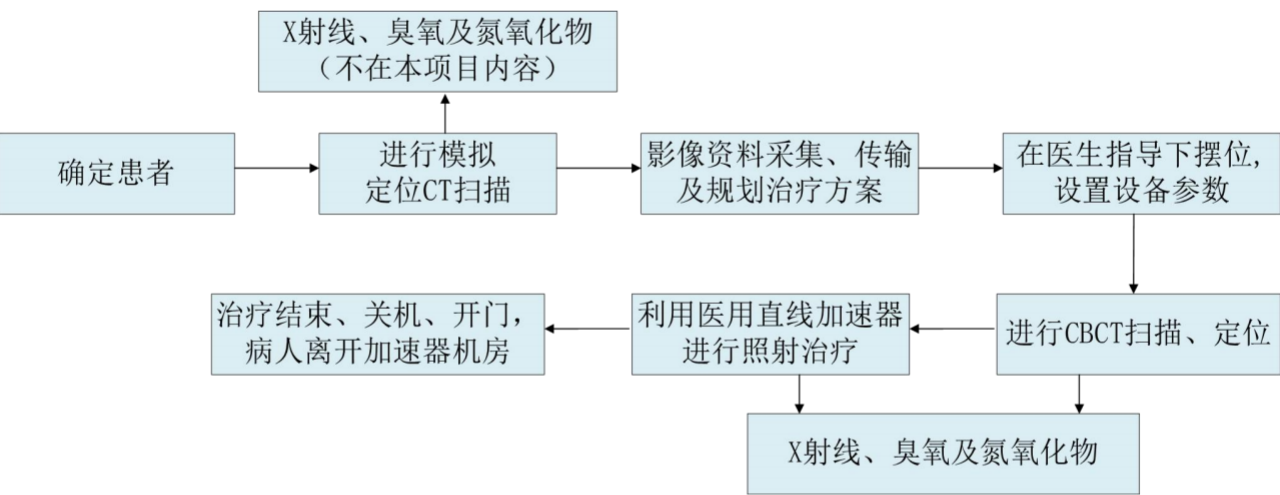


图 9-3 加速器治疗过程与产污环节简图

（4）水冷系统

直线加速器工作过程中由于部分部件散热量非常大，因此需要采用水冷系统来保持温度的相对恒定。直线加速器的水冷系统，由密闭的内循环水冷系统和外部水冷系统两个独立的水回路组成，内外两个水回路由热交换器联结。通过内外循环水热交换的方式进行散热。外循环水是由独立的制冷机提供较恒温的水源，通过热交换器使内循环水温保持恒定。水冷系统采用循环用水工艺，用水采用二次蒸馏水。正常工作情况不排水。只有检修情况下可能会进行排水。

加速器的冷却水循环系统中含有感生放射性水，当设备停机后立即检修水系统时，残余放射性可能会对人员造成危害。冷却水中被活化而形成的放射性核素主要是 ^{15}O 和 ^{16}N ，它们的半衰期分别为 2.1 分钟和 7.3 秒，因而只需待加速器停机后等待较短时间，其感生放射性的活度就可衰减到可忽略的水平。水冷机房内平常没有人员出入，检修只需稍等，水冷系统内循环水产生感生放射性已衰减到本底水平，即可外排，不会对人员及环境产生影响。

（5）医用直线加速器CBCT系统

医用直线加速器 CBCT 系统主要由 X 射线源、平板探测器、机架旋转机构和计算机重建软件等组成，主要用于影响引导放射治疗、自适应放疗和剂量验证等工作。

CBCT 系统工作原理为：利用 X 射线源产生 X 射线，并以锥形束的形式发射出来，锥形束能够覆盖较大的成像区域，可同时对患者身体局部的多个层面进行照射。X 射线穿过被扫患者的身体部位后，由平板探测器接收，将 X 射线信号转化为电信号，并记录下穿过人体后的 X 射线强度信息，这些信息包含了人体内部不同组织对 X 射线吸收和衰减的情况。在扫描过程中，射线源和平板探测器围绕被扫描人体旋转，从多个角度采集数据。采集到的大量投影数据被传输到计算机中，计算机运用专业图像重建算法，对这些数据进行处理和计算。通过对不同角度投影数据的综合分析，计算机可以重建出人体内部的三维结构信息，最终形成 CBCT 图像，医生可以根据这些图像进行诊断和治疗计划制定、调整等工作。

9.3 污染源项描述

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。本项目拟用直线加速器最高输出 X 射线为 10MV，故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，会产生臭氧和氮氧化物。因此，本项目直线加速器在开机治疗期间主要污染因子为 X 射线，其次为电离空气产生的臭氧和氮氧化物等。

（1）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。

（2）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引出后，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。保守估计，电子线韧致辐射所产生的 X 射线等份额较 10MV 的 X 射线少，本评价中不考虑韧致辐射所产生的射线。

（3）臭氧和氮氧化物

项目运行过程中，X 射线与空气作用产生少量臭氧和氮氧化物。

（4）废水

加速器冷却水循环系统中含有感生放射性水，当设备停机后立即检修水系统时，残余放射性可能会对人體造成危害。冷却水中被活化而形成的放射性核素主要是 ^{15}O 和 ^{16}N ，它们的半衰期分别为 2.1 分钟和 7.3 秒。检修时需在停机后等待一段时间（建议 30min 以上）再对水系统进行检修工作，不会对人员及环境产生影响。

（5）固体废物

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。日常产生的废靶由设备厂家进行更换、回收。

（6）噪声

机房空调工作时将产生一定的噪声，声压级 70~75dB（A）。

综上，本项目医用电子直线加速器的放射性污染因子主要为 X 射线，非放射性污染因子为加速器废靶、臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

10.1 本项目辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求，医院拟将直线加速器 2 室等放射治疗工作场所划分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：未被确定为控制区，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。

本项目将直线加速器 2 室及迷道划定为控制区（），与其相邻区域和控制室划定为监督区（）。本项目辐射防护分区见下图：

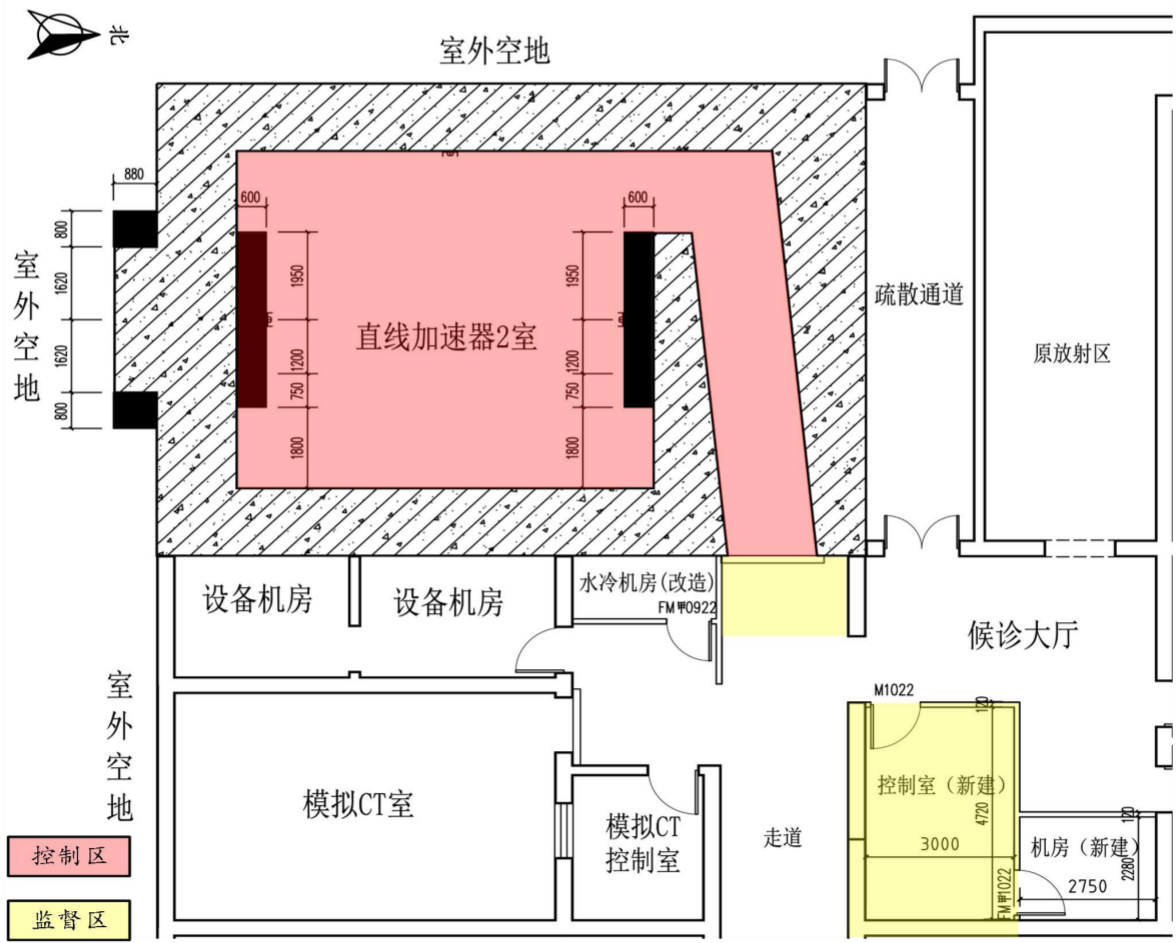


图 10-1 本项目直线加速器 2 室辐射防护分区图

10.2 本项目直线加速器 2 室屏蔽设计

表 10-1 本项目直线加速器 2 室毗邻关系及屏蔽设计一览表

屏蔽体	相邻场所	原屏蔽设计厚度	拟改造工程
东墙	设备机房/水冷机房	1500mm 厚混凝土。	维持不变。
南墙	室外空地	主屏蔽为 2470mm 厚，3240mm 长混凝土； 次屏蔽为 1620mm 厚混凝土。	主屏蔽北侧在原基础增加 600mm 厚，3900mm 长混凝土； 主屏蔽南侧在原基础两侧分别增加 880mm 厚，800mm 长混凝土； 次屏蔽维持不变。
西墙	室外空地	1500mm 厚混凝土。	维持不变。
北墙	疏散通道	迷道内墙：自西向东逐渐增厚，最西侧为 770mm 厚混凝土，最东侧为 1340mm 厚混凝土； 外墙：自东向西逐渐增厚，最东侧为 1000mm 厚混凝土，最西侧为 1900mm 厚混凝土。	东侧迷道内墙在原基础内侧增加 600mm 厚，3900mm 长混凝土； 东侧外墙屏蔽不变。
顶板	无建筑	主屏蔽：1800mm 厚×3240mm 宽混凝土； 次屏蔽厚：1000mm 混凝土。	主屏蔽上方增加 1300mm 厚混凝土； 次屏蔽上方增加 600mm 厚混凝土。
机房防护门	人员通道	8mmPb 电动平移门。	更换 15mmPb 电动平移门。

注：混凝土密度： $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ ，铅： $\rho=11.3\text{g/cm}^3$ 。

10.3 本项目辐射安全防护措施

1、拟在直线加速器 2 室防护门入口处设置“当心电离辐射”警告标志、工作状态指示灯，防护门外张贴警示线；

2、直线加速器 2 室的穿墙管线采用 U 型设计，不影响墙体的屏蔽效果。迷道入口处拟设置 15mmPb 电动平移门，门与墙体之间充分搭接；

3、直线加速器 2 室重新设置机房防护门、工作状态指示灯同加速器联锁装置，只有在防护门关闭时加速器才能进行操作治疗；

4、机房门拟设置红外线安全制动装置或其他安全装置，防止挤人事故的发生；

5、计划在机房内墙设紧急停机按钮，机身和治疗床侧自带急停按钮，按下按钮后，加速器立即停止出束；机房内防护门内侧设置急停按钮和紧急开门按钮，防护门设置防夹伤功能；急

停按钮和紧急开门按钮处设置醒目文字标示；

6、计划在直线加速器 2 室内设置视频监视系统，以方便医生可在控制室内观察到患者出入防护门情况和患者治疗时状态；同时拟设置双向语音对讲系统；

7、计划在直线加速器 2 室迷道内侧安装 1 套固定式辐射剂量监测仪，并在异常情况下可及时报警，显示单元设置在控制室内；

8、计划在控制台设置高压钥匙开关、电源按钮，当加速器和防护设施一切处于安全状态，将钥匙转动就位后，才能启动直线加速器出束；

9、计划在直线加速器 2 室配备 1 套成人铅衣、铅帽、铅围脖、铅三角巾等个人防护用品；

10、治疗期间，计划配备两名及以上辐射工作人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度；加速器试用、调试、检修期间，安排工作人员值守；

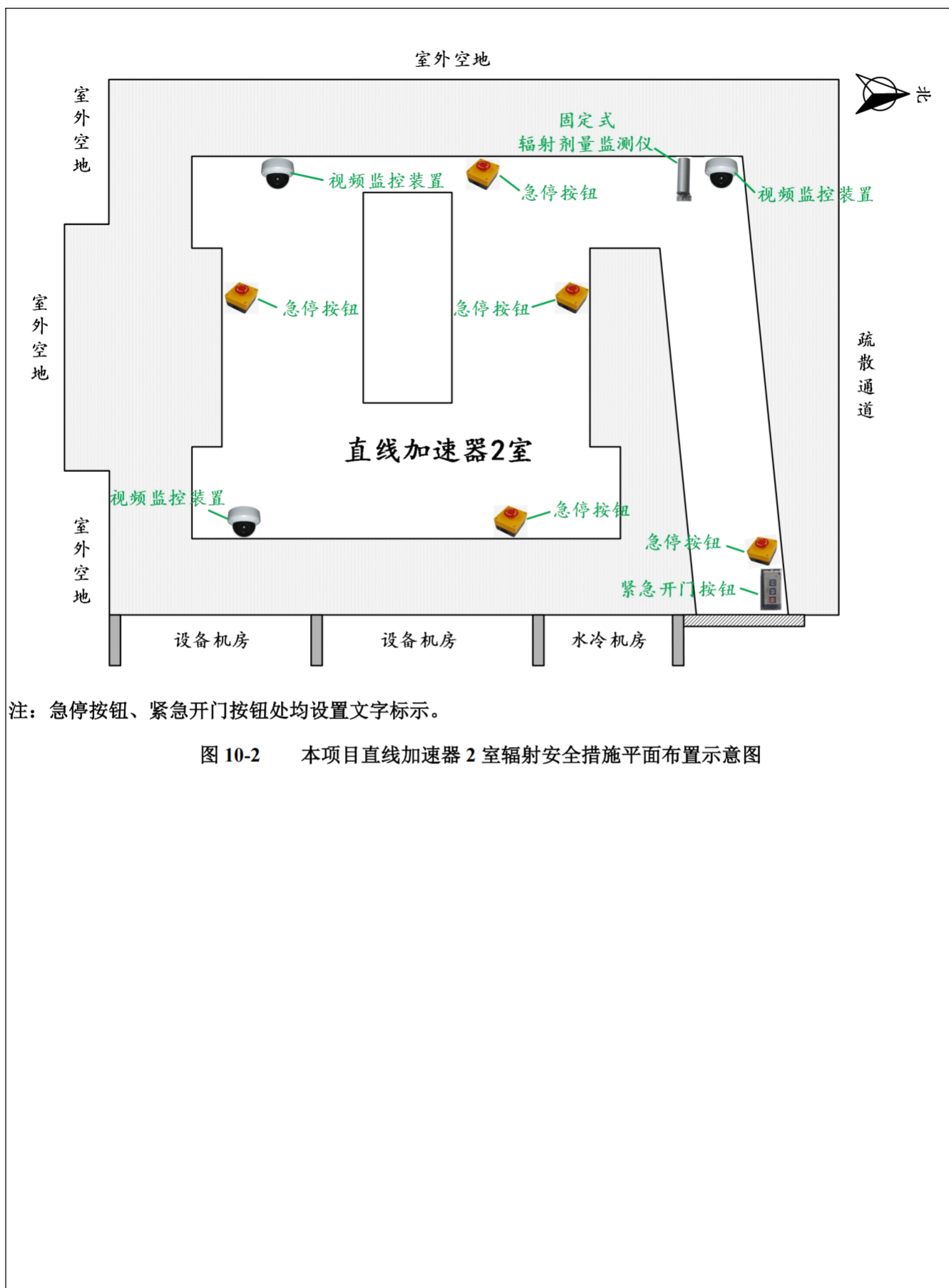
11、放疗技术室已配置 1 台便携式辐射巡检仪，可对工作场所进行自主监测任务；

12、放疗技术室计划在直线加速器 2 室新增配备 1 台个人剂量报警仪；

13、放射治疗的辐射工作人员每人已配备 1 支热释光个人剂量计。

表 10-2 本项目直线加速器 2 室辐射安全防护措施一览表

序号	类别	已设置安全防护措施	计划设置安全防护措施
1	警示标识	\	计划在防护门入口处设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯，防护门外张贴警示线
2	联锁系统	\	计划安装防护门同加速器联锁系统，只有在防护门关闭时加速器才能进行操作，机房门开启，加速器立即停止工作
3	视频监控/ 语音对讲	\	计划设置视频监视系统，医生可在控制室内观察到患者出入和治疗状态； 计划机房内和控制室设置双向语音对讲系统
4	固定式辐射 剂量监测报 警仪	\	计划在迷道内侧安装 1 套固定式辐射剂量监测仪，并在异常情况下可及时报警，显示单元设置在控制室内
5	紧急开门/ 防夹装置	\	计划在机房内墙设紧急停机按钮，机身和治疗床侧自带急停按钮，按下按钮后，加速器立即停止出束；机房内防护门内侧设置急停按钮和紧急开门按钮，防护门设置防夹伤功能；急停按钮和紧急开门按钮处设置醒目文字标示
6	急停按钮	\	
7	钥匙开关	\	计划在控制台设置高压钥匙开关、电源按钮。钥匙转动就位后，才能启动直线加速器出束
8	防护用品	\	计划配备 1 套成人铅衣、铅帽、铅围脖、铅三角巾等个人防护用品
9	穿线措施/ 防护门	\	穿墙管线计划采用 U 型设计，不影响墙体的屏蔽效果。 迷道入口处拟设置 15mmPb 铅当量的防护门，门与墙体之间充分搭接
10	检测设备	放疗技术室已配置 1 台便携式辐射巡检仪，每位辐射工作人员均已配备 1 支个人热释光剂量计	计划新增配备 1 台个人剂量报警仪



注：急停按钮、紧急开门按钮处均设置文字标示。

图 10-2 本项目直线加速器 2 室辐射安全措施平面布置示意图

10.4 本项目三废治理

1、废气治理措施：医用直线加速器运行过程中会与空气发生电离作用，产生 O_3 和 NO_x 。

医院拟在直线加速器 2 室设置专用机械排风系统进行排风，在机房西南和东南侧距离地面约 30cm 处各设置 1 个排风口，并通过专用管线引至机房顶部，在到达机房排口位置处向下，最终从机房东南侧排出室外，排口位置外为空地，排口距室外地面约 1.0m。机房内东北侧顶部设置送风出风口，同排风口对角设置。排风管线和送风管线在穿墙过程中采用“Z”字型设计，管线孔尺寸为 30cm×30cm 方形。

因此，治疗机房内设置机械通风系统，经通排风系统排出后不会对环境造成明显影响。

2、废水治理措施：本项目加速器的冷却水循环系统中含有感生放射性，当设备停机后立即检修水系统时，残余放射性可能会对人体造成危害。冷却水中被活化而形成的放射性核素主要是 ^{15}O 和 ^{16}N ，它们的半衰期分别为 2.1 分钟和 7.3 秒，因而只需待加速器停机后等待较短时间，其感生放射性的活度就可衰减到可忽略的水平。加速器正常运行时，被活化的冷却水对人员没有危害，但停机检修水系统时，为防止水体中的感生放射性残余，需要采取一定的防护措施，如检修时需在停机后等待一段时间（建议 30min 以上）再对水系统进行检修工作，检修时外排的也是洁净的二次蒸馏水，直接排入医院污水管网，不会对人员及环境产生影响。

3、固体废物治理措施：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等情况时，可能造成靶体散热不畅导致靶被打穿的情况，产生废靶。此外，加速器报废时，会有废靶产生。日常产生的废靶由设备厂家进行更换、回收。

4、噪声治理措施：机房空调或通风装置工作时产生的噪声 70~75dB，环境影响较小。

综上所述，国药同煤二医院对医用直线加速器运行产生的电离辐射和各项污染物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

11.1 建设阶段对环境的影响

国药同煤二医院计划对放疗 CT 楼内西侧直线加速器 2 室进行改建，并新配置使用 1 台 10MV 医用直线加速器。本项目建设阶段包括：直线加速器 2 室的防护工程改造、内部装修、安全防护设施及医用直线加速器安装调试等工作。

11.1.1 场所改造及装修期间的环境影响

本项目进行场所防护工程改造和内部装修期间，对环境的影响主要有粉尘、施工噪声、装修垃圾及施工废水等。

为避免施工对周围环境造成影响，合理安排施工时间，施工过程中采取洒水抑尘，将粉尘对周围环境产生的影响降低在可接受的范围内；施工期的噪声主要为施工、简单装修过程产生的一些零星的敲打声、打孔机声、吆喝声等，多为瞬间噪声，应对噪声较大的施工，安排在非工作时间进行，严禁夜间施工，减少人为噪声，合理安排施工流程、顺序，减少搬运过程中产生的碰撞声，合理安排施工时间；对改造和装修产生的建筑垃圾，首先考虑边角料回收利用，对可回收部分进行分类回收处理，不能回收利用的建筑垃圾统一收集后按照环卫部门要求，利用专用车辆运至环卫部门指定的建筑垃圾填埋场，不得随意倾倒，施工人员的生活垃圾集中收集后，由环卫部门定期统一清运；施工产生少量废水依托医院现有下水系统收集处置，不得随意泼洒。在采取以上措施后，对周围环境影响较小。

11.1.2 设施设备安装调试的环境影响

本项目改造装修工程完成后，对安全防护设施进行安装调试，会产生少量包装废弃物，其中可回收的部分收集后回收处理，不可回收部分收集后运至环卫部门指定地点倾倒。

本项目医用直线加速器调试过程，产生的 X 射线通过机房的墙体和防护设施进行屏蔽后，不会危害到屏蔽体外的人员。另外设备调试过程 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，通过机房内设置的机械排风装置排出，直接与大气接触、不累积，自然逸散，对环境影响可忽略不计。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 医用直线加速器主要参数

本次评价医用直线加速器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）编制，本章节中的公式及编号均引用于 BZ/T201.2-2011。

表 11-1 本项目拟用医用直线加速器参数表

序号	项目	参数
1	标称能量及最大剂量率	X 射线能量：6MV/10MV/6MV（FFF）， 10MV 最大剂量率 600cGy/min， 6MV（FFF）最大剂量率 1400cGy/min； 电子线最大能量：15MeV， 电子线最大剂量率：1000 cGy/min； CBCT 最大参数 150kV/630mA；
2	等中心最大照射野	40cm×40cm
3	等中心距地面高度	1240mm
4	射线源至等中心距离（SAD）	100mm
5	机架旋转角度	0°~360°

11.2.2 直线加速器 2 室屏蔽设计

根据医院提供的设计资料，本项目直线加速器 2 室改造后的设计参数见下表：

表 11-2 直线加速器 2 室屏蔽设计参数

名称	实际设计参数			
机房尺寸	操作区尺寸：8450mm（南北）×7500mm（东西）×3700mm（高） 迷道尺寸：1800（宽）×7200mm（长）×3700mm（高）			
机房面积	8.45m（东西）×7.50m（南北）=63.4m ²			
迷道	迷道宽度	1800mm	内口宽度	1800mm
屏蔽结构体	机房不同屏蔽区的混凝土屏蔽厚度			
	主屏蔽区		次屏蔽区	备注
东墙	1500mm 厚混凝土			混凝土 ρ=2.35g/cm ³
南墙	3070mm 厚混凝土		1620mm 厚混凝土	
西墙	1500mm 厚			
北迷道内墙	最宽处：1760mm 厚混凝土； 最窄处：1370mm 厚混凝土		1160mm 厚混凝土	
北外墙	最宽处：1900mm 厚混凝土；最窄处：1000mm 厚混凝土			
机房顶上	3100mm 厚		1600mm 厚	
机房防护门	15mmPb			电动平移门

11.2.3 预测点的选取

直线加速器室不同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。

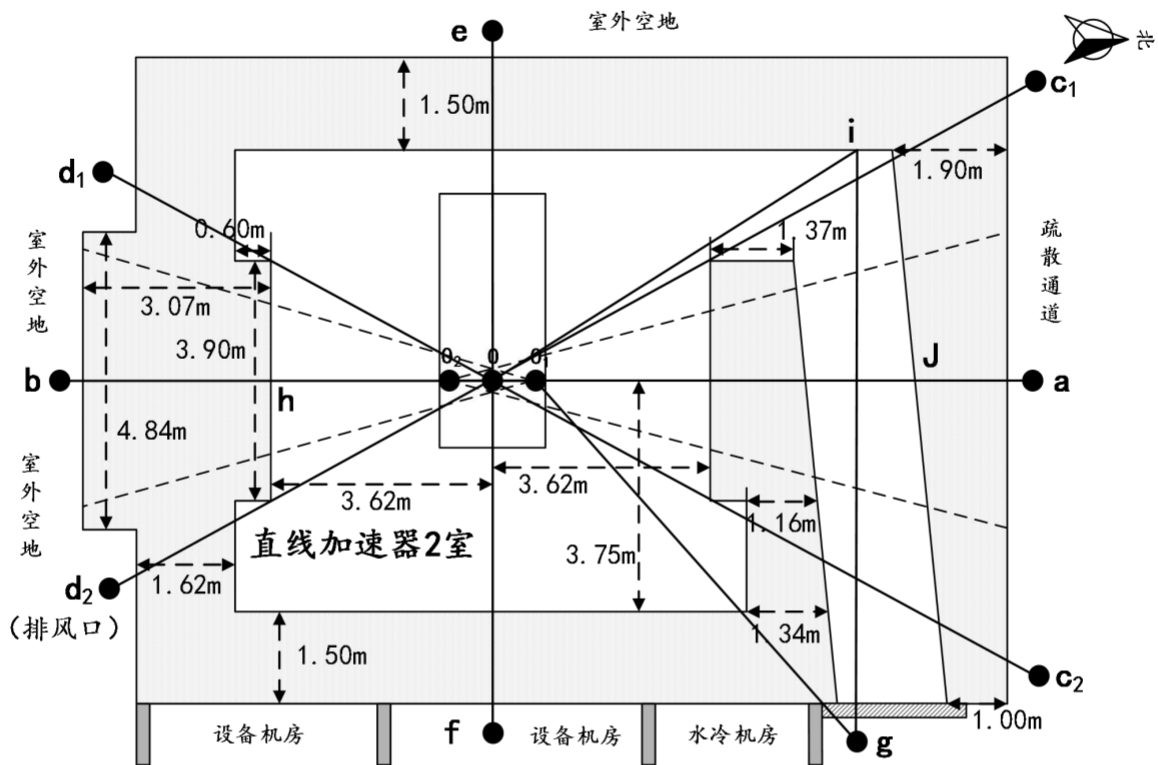


图 11-1 本项目直线加速器 2 室关注点位平面图

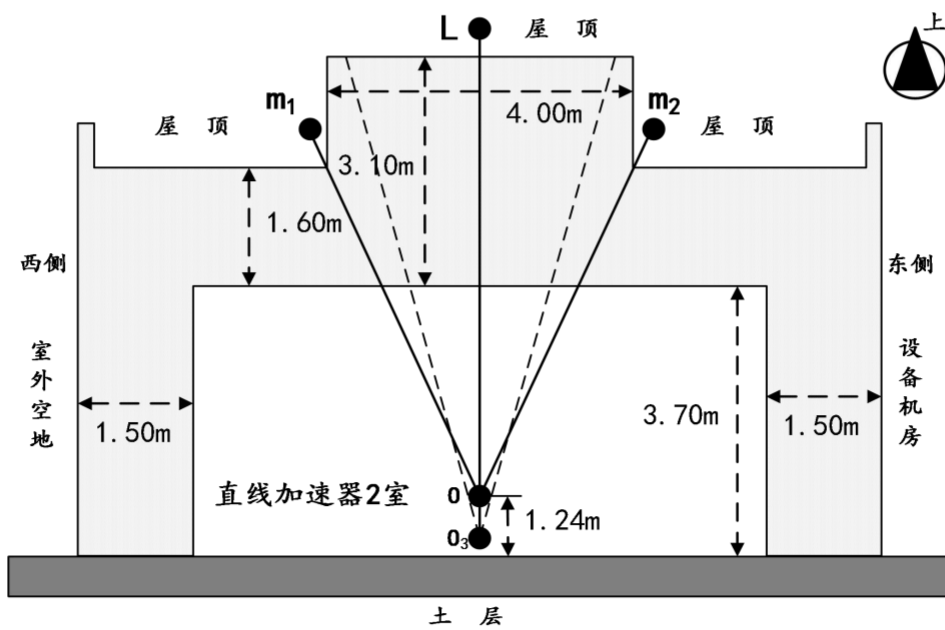


图 11-2 本项目直线加速器 2 室关注点位立面图

11.2.4 预测公式及选取参数

1、预测公示

本项目直线加速器 2 室周围关注点剂量估算公式如下：

(1) 有效屏蔽厚度 X_e 与实际屏蔽厚度 X 的关系

$$X = X_e \cdot \cos \theta$$

式中： X — 屏蔽体的实际厚度，cm；

X_e — 屏蔽体的有效厚度，cm；

θ — 次屏蔽区夹角。

(2) 屏蔽厚度 X_e 与屏蔽透射因子 B 的相应关系

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1) / TVL}$$

式中： B — 透射因子；

X_e — 屏蔽体的有效厚度，cm；

TVL_1 — 屏蔽材料第一个十分之一值层厚度，cm；

TVL — 屏蔽材料平衡时十分之一值层厚度，cm。

(3) 漏射线在屏蔽体外的剂量率计算公式

$$H = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B$$

式中： H — 关注点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 — 有用线束中心轴 1m 处的最高剂量率；

R — 关注点至辐射源（靶点）的距离，m；

B — 屏蔽体的透射因子；

f — 泄漏辐射比率，在有用线束中心轴 1m 处的最高剂量率计算时以 0.1% 考虑，后续计算不再重复计。

(4) 患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

$$H = \frac{H_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B$$

式中： H — 剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高；

R_s —患者（位于等中心点）至关注点的距离；

α_{ph} —患者 400cm² 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm² 面积上的散射因子；取 30° 散射角的值；

F —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积；

（5）治疗室迷路散射辐射屏蔽与剂量估算

入口 g 处的散射辐射剂量率 H_g 按下式计算：

$$H_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} H_0$$

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

α_{ph} —患者 400cm² 面积上的散射因子，取 45° 散射角的值；

F —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，40×40(cm²)；

α_2 —砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取 i 处的入射角为 45°，散射角为 0°；

A —i 处的散射面积；

R_1 —“o₂-o-i”之间的距离；

R_2 —“i-g”之间的距离；

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。

（6）防护门外的辐射剂量率

$$H_g' = H_g \cdot 10^{-\left(\frac{X}{\text{TVL}}\right)} + H_{01g}$$

式中，在 g 处的散射辐射能量约 0.2MeV，铅中的 TVL 值为 0.5cm。

X —治疗室防护门铅防护材料厚度，mm。

2、参数选取

本项目 X 射线治疗包括常规治疗和调强治疗。相对于常规治疗，调强治疗具有靶区接受的剂量大、靶区周围正常组织受照射剂量小，靶区定位及照射准、以及靶区内剂量分布均匀等优势。医用电子直线加速器的规格和参数要求如下：常规治疗模式：X 射线能量配备 6MV 和 10MV，其中 10MV 的 X 射线最大剂量率为 600cGy/min；调强治疗模式：6MV 时，X 射线高

剂量模式（FFF）剂量率为 1400cGy/min；无 10MV 高剂量模式（FFF）。X 射线有用线束张角 $\leq \pm 14^\circ$ ，X 射线最大照射野为 40cm×40cm 且连续可调；机头泄漏率 0.1%，机头旋转角度 $\geq 360^\circ$ ，等中心点距地面高度 124cm，源轴距 100cm。本项目以 X 射线 10MV 的 600cGy/min 和 6MV(FFF) 的 1400cGy/min 分别进行预测，估算各关注点的剂量。

表 11-3 直线加速器 2 室计算屏蔽预测所用参数一览表

参数		单位	取值	取值依据
1m 处: H_0	10MV	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	3.60×10^8	等中心最大剂量率：治疗 600cGy/min
	6MV（FFF）		8.40×10^8	等中心最大剂量率：治疗 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 ₁ （砼）	10MV	cm	41	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.1（10MV）
有用 TVL（砼）		cm	37	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.1（10MV）
有用 TVL ₁ （砼）	6MV	cm	37	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.1（6MV）
有用 TVL（砼）		cm	33	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.1（6MV）
90°泄漏 TVL ₁ （砼）	10MV	cm	35	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.1（10MV）
90°泄漏 TVL（砼）		cm	31	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.1（10MV）
90°泄漏 TVL ₁ （砼）	6MV	cm	34	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.1（6MV）
90°泄漏 TVL（砼）		cm	29	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.1（6MV）
30°泄漏 TVL（砼）	10MV	cm	28	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.4（10MV）
30°泄漏 TVL（砼）	6MV	cm	26	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.4（6MV）
30° α_{ph}	10MV	/	3.18×10^{-3}	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.2（10MV/30°）
45° α_{ph}		/	1.35×10^{-3}	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.2（10MV/45°）
30° α_{ph}	6MV	/	2.77×10^{-3}	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.2（6MV/30°）
45° α_{ph}		/	1.39×10^{-3}	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.2（6MV/45°）
F		cm ²	1600	最大照射野，厂家提供：40cm×40cm
α_2		/	22×10^{-3}	GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.6（0.5MeV）
A		m ²	6.66	迷道散射面积，设计图纸计算（1.8m 宽×3.7m 高）

11.2.5 关注点辐射剂量率计算结果

表 11-4 直线加速器室各关注点预测结果 (10MV)

关注点		相邻场所	计算条件	到靶点 距离 m	屏蔽 厚度	预测剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否 满足
北墙	$\text{o}_1 \rightarrow \text{a}$	疏散通道	$\text{TVL}_f=41\text{cm}$ $\text{TVL}=37\text{cm}$	8.80	3.00m 混凝土	0.0465		2.5	符合
	$\text{o} \rightarrow \text{c}_1$		$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	9.99	1.90m 混凝土	泄漏 0.0004	0.0056	2.5	符合
						散射 0.0052			
	$\text{o} \rightarrow \text{c}_2$		$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	9.99	2.16m 混凝土	泄漏 0.0001	0.0007	2.5	符合
						散射 0.0006			
南墙	$\text{o}_2 \rightarrow \text{b}$	室外空地	$\text{TVL}_f=41\text{cm}$ $\text{TVL}=37\text{cm}$	7.99	3.07m 混凝土	0.0365		2.5	符合
	$\text{o} \rightarrow \text{d}_1/\text{d}_2$		$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	6.94	1.62m 混凝土	泄漏 0.0093	0.1276	2.5	符合
						散射 0.1183			
	排风口		$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	6.94	1.32m 混凝土	泄漏 0.1219	1.6719	2.5	符合
						散射 1.5500			
顶板	$\text{o}_3 \rightarrow \text{L}$	屋顶	$\text{TVL}_f=41\text{cm}$ $\text{TVL}=37\text{cm}$	6.86	3.10m 混凝土	0.0411		5.0	符合
	$\text{o} \rightarrow \text{m}_1/\text{m}_2$		$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	4.86	1.60m 混凝土	泄漏 0.0225	0.3088	5.0	符合
散射 0.2863									
西墙	$\text{o} \rightarrow \text{e}$	室外空地	$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	5.55	1.50m 混凝土	0.2281		2.5	符合
东墙	$\text{o} \rightarrow \text{f}$	设备机房	$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	5.55	1.50m 混凝土	0.2281		2.5	符合
防护 门	$\text{o}_2 \rightarrow \text{g}$	人员通道	$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	6.96	1.50m 混凝土	0.0014	0.0890	0.8	符合
	$\text{o}_2 \rightarrow \text{o} \rightarrow \text{i} \rightarrow \text{g}$		$\text{TVL}=0.5\text{cm}$	$\text{R}_1=6.13\text{m}$ $\text{R}_2=9.30\text{m}$ $\text{A}=6.66\text{m}^2$	15mmPb	0.0876			
加速器 2 室控制室			$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	7.20	1.50m 混凝土	0.0242		/	/
加速器 1 室控制室			$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	10.2	1.50m 混凝土	0.0120		/	/
放疗 CT 楼物理室			$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	11.2	1.50m 混凝土	0.0100		/	/
放疗 CT 楼核磁控制室			$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	8.50	1.50m 混凝土	0.0173		/	/
放疗 CT 楼主任办公室			$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	12.7	1.50m 混凝土	0.0078		/	/
放疗 CT 楼医生值班室			$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	23.2	1.50m 混凝土	0.0023		/	/
放疗 CT 楼医生办公室			$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	18.7	1.50m 混凝土	0.0036		/	/
办公、食堂楼			$\text{TVL}_f=35\text{cm}$ $\text{TVL}=31\text{cm}$	18.0	1.50m 混凝土	0.0037		/	/

表 11-5 直线加速器室各关注点预测结果 (6MV, FFF 调强模式)

关注点		相邻场所	计算条件	到靶点 距离 m	屏蔽 厚度	预测剂量率 (μSv/h)		控制水平 (μSv/h)	是否 满足
北墙	$o_1 \rightarrow a$	疏散通道	$TVL_f=37\text{cm}$ $TVL=33\text{cm}$	8.80	3.00m 混凝土	0.0116		2.5	符合
	$o \rightarrow c_1$		$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	9.99	1.90m 混凝土	泄漏 0.0003	0.0041	2.5	符合
						散射 0.0038			
	$o \rightarrow c_2$		$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	9.99	2.16m 混凝土	泄漏 0.0001	0.0004	2.5	符合
						散射 0.0003			
南墙	$o_2 \rightarrow b$	室外空地	$TVL_f=37\text{cm}$ $TVL=33\text{cm}$	7.99	3.07m 混凝土	0.0087		2.5	符合
	$o \rightarrow d_1/d_2$		$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	6.94	1.62m 混凝土	泄漏 0.0092	0.1111	2.5	符合
						散射 0.1019			
	排风口		$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	6.94	1.32m 混凝土	泄漏 0.1439	1.7384	2.5	符合
						散射 1.5945			
顶板	$o_3 \rightarrow L$	屋顶	$TVL_f=37\text{cm}$ $TVL=33\text{cm}$	6.86	3.10m 混凝土	0.0095		5.0	符合
	$o \rightarrow m_1/m_2$		$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	4.86	1.60m 混凝土	泄漏 0.0225	0.2721	5.0	符合
					散射 0.2496				
西墙	$o \rightarrow e$	室外空地	$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	5.55	1.50m 混凝土	0.2727		2.5	符合
东墙	$o \rightarrow f$	设备机房	$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	5.55	1.50m 混凝土	0.2727		2.5	符合
防护 门	$o_2 \rightarrow g$	人员通道	$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	6.96	1.50m 混凝土	0.0012	0.2118	0.8	符合
	$o_2 \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow g$		$TVL=0.5\text{cm}$	$R_1=6.13\text{m}$ $R_2=9.30\text{m}$ $A=6.66\text{m}^2$	15mmPb	0.2106			
加速器 2 室控制室			$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	7.20	1.50m 混凝土	0.0257		/	/
加速器 1 室控制室			$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	10.2	1.50m 混凝土	0.0128		/	/
放疗 CT 楼物理室			$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	11.2	1.50m 混凝土	0.0106		/	/
放疗 CT 楼核磁控制室			$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	8.50	1.50m 混凝土	0.0184		/	/
放疗 CT 楼主任办公室			$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	12.7	1.50m 混凝土	0.0083		/	/
放疗 CT 楼医生值班室			$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	23.2	1.50m 混凝土	0.0025		/	/
放疗 CT 楼医生办公室			$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	18.7	1.50m 混凝土	0.0038		/	/
办公、食堂楼			$TVL_f=34\text{cm}$ $TVL=29\text{cm}$	18.0	1.50m 混凝土	0.0041		/	/

由以上分析可知，本项目直线加速器 2 室屏蔽墙外的剂量率均能满足各自剂量率参考控制水平，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）相关要求。

本项目主要对机房北侧迷道、南墙和屋顶进行增加混凝土屏蔽改建。改建后经预测东墙和西墙屏蔽体外 30cm 处最大预测剂量率均为 0.2727μSv/h，南墙屏蔽体外 30cm 处最大预测剂量率为 0.1276μSv/h，北墙屏蔽体外 30cm 处最大预测剂量率为 0.0465μSv/h，顶板屏蔽体外 30cm 处最大预测剂量率为 0.3088μSv/h，防护门外 30cm 处预测剂量率为 0.2118μSv/h，排风口外 30cm 处最大预测剂量率为 1.7384μSv/h 均满足剂量率控制水平。

11.2.6 有效剂量率分析

1、直线加速器有效剂量率分析

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；
- t：照射时间，h/a。

根据国药同煤二医院计划，并结合现有医用直线加速器的使用情况，本项目医用直线加速器医院拟开展常规放射治疗和调强放射治疗，每天治疗人数最大约 30 人，其中开展常规治疗出线时间 2min/人，10 人次/天，2600 人次/年，常规治疗照射时间 86.7h/a；开展调强放射治疗出线时间 5min/人，20 人次/天，5200 人次/年，调强治疗照射时间 433.3h/a，常规治疗照射和调强治疗照射时间共计 520.0h/a。

表 11-6 本项目医用直线加速器辐射工作人员及公众年有效剂量估算结果

人员分类	参考位置	照射时间	附加剂量率 (μSv/h)	居留因子	年有效剂量（mSv/a）	
辐射 工作人员	控制室（直线加速器 2 室）	520.0h/a	0.0257	1	0.0134	0.0201
	控制室（直线加速器 1 室）		0.0128	1	0.0067	
公众	放疗 CT 楼物理室		0.0106	1	0.0055	
	放疗 CT 楼核磁控制室		0.0184	1	0.0096	
	放疗 CT 楼主任办公室		0.0083	1	0.0043	
	放疗 CT 楼医生值班室		0.0025	1	0.0013	
	放疗 CT 楼医生办公室		0.0038	1	0.0020	
	办公、食堂楼		0.0041	1	0.0021	

放疗技术室每周工作 5 天，每天治疗人数最大约 30 人，因此每周治疗照射时间 10h/周，经计算，直线加速器 2 室外辐射工作人员每周最大有效剂量约 0.2570μSv/周（直线加速器 2 室），小于 100μSv/周；直线加速器 2 室外公众每周最大有效剂量约 0.1840μSv/周（放疗 CT 楼核磁控制室），小于 5μSv/周。

2、CBCT 系统有效剂量率分析

本次拟购直线加速器 CBCT 系统最大参数为 150kV/630mA，本设备 CBCT 系统和放射治疗系统不同时运行。

（1）年有效剂量估算公式：

$$E=52W_RW_TKNTB/d^2$$

式中：E：年有效剂量（mSv/a）；

W_R ：辐射权重因子，对于 X 射线取 1；

W_T ：组织权重因子，取 1；

K：距患者中心 1m 处每名患者的未屏蔽散射剂量，直线加速器 CBCT 等中心剂量范围为 5cGy/患者～10cGy/患者，本项目以 10cGy/患者计；

N：每周接受 X 射线检查的患者预期数目，医院提供的较大工作量为 150 人/周；

T：居留因子；

B：透射因子；

d：参考点距辐射源之间的距离（m），参照图 11-1 和图 11-2。

（2）透射因子计算公式：本项目透射因子计算参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 相关内容。

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}}$$

式中：B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α —铅对管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，2.009；

β —铅对管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，3.990；

γ —铅对管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，0.3420；

X—铅当量厚度。

表 11-7 本项目医用直线加速器 CBCT 辐射工作人员及公众年有效剂量估算结果

人员分类	参考位置	X (mmPb)	B	K	N (人/周)	T	d (m)	E (mSv/a)
辐射 工作人员	控制室 (直线加速器 2 室)	18.1	6.59E-18	10cGy	150	1	7.20	9.53E-14
	控制室 (直线加速器 1 室)	18.1	6.59E-18			1	10.2	4.75E-14
公众	放疗 CT 楼物理室	18.1	6.59E-18			1	11.2	3.94E-14
	放疗 CT 楼核磁控制室	18.1	6.59E-18			1	8.50	6.84E-14
	放疗 CT 楼主任办公室	18.1	6.59E-18			1	12.7	3.06E-14
	放疗 CT 楼医生值班室	18.1	6.59E-18			1	23.2	9.18E-15
	放疗 CT 楼医生办公室	18.1	6.59E-18			1	18.7	1.41E-14
	办公、食堂楼	18.1	6.59E-18			1	18.0	1.52E-14

注：参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C，混凝土密度 2.35g/cm³ 时，在 140kV 条件下，249mm 混凝土铅当量为 3.0mmPb，由此估算，1500mm 混凝土铅当量约为 18.1mmPb。

由以上估算可知，直线加速器 CBCT 系统在使用过程中，对周围敏感点的年有效剂量最大值为 9.53E-14mSv/a，可基本忽略。

因此，通过对本项目医用直线加速器运行期间治疗机房周围关注点的剂量估算，在保守考虑本项目运行后对辐射工作人员最大年有效剂量为 0.0201mSv/a，周围公众的最大年有效剂量为 0.0096mSv/a，均低于年有效剂量约束值。放疗技术室现按排班顺序上岗，不设置设备专岗，放疗技术室现有辐射工作人员均按需对各设备进行操作，根据 2025 年度个人剂量监测结果可知，放疗技术室本项目医用直线加速器辐射工作人员个人剂量监测值在（0.05~0.33）mSv/a 之间，在叠加本项目运行后的剂量估算值后最大为 0.3501mSv/a，低于年有效剂量约束值：辐射工作人员≤5mSv/a 的要求，公众≤0.1mSv/a 的要求。

11.2.7 非辐射环境影响分析

1、大气环境影响分析

直线加速器运行过程中会与空气发生电离作用，产生 O₃ 和 NO_x。

医院拟在直线加速器 2 室设置专用机械排风系统进行排风，在机房西南和东南侧距离地面约 30cm 处各设置 1 个排风口，并通过专用管线引至机房顶部，在到达机房排口位置处向下，最终从机房东南侧排出室外，排口位置外为空地，排口距室外地面约 1.0m（总排口位置利用机房原有排口）。排风管线在穿墙过程中采用“Z”字型设计，管线孔尺寸为 30cm×30cm 方形。

医院拟在直线加速器 2 室设置机械送风系统。送风管线沿机房北侧疏散通道顶部铺设，从机房门上方穿入迷道，最终在机房内东北侧顶部设置出风口，同排风口对角设置。

依据本项目设计，直线加速器 2 室内部有效容积约为 303.6m³（含迷道），设计排风风机风量为 4000m³/h，每小时可全排风约 13 次，可实现每小时换气次数不小于 4 次的要求。

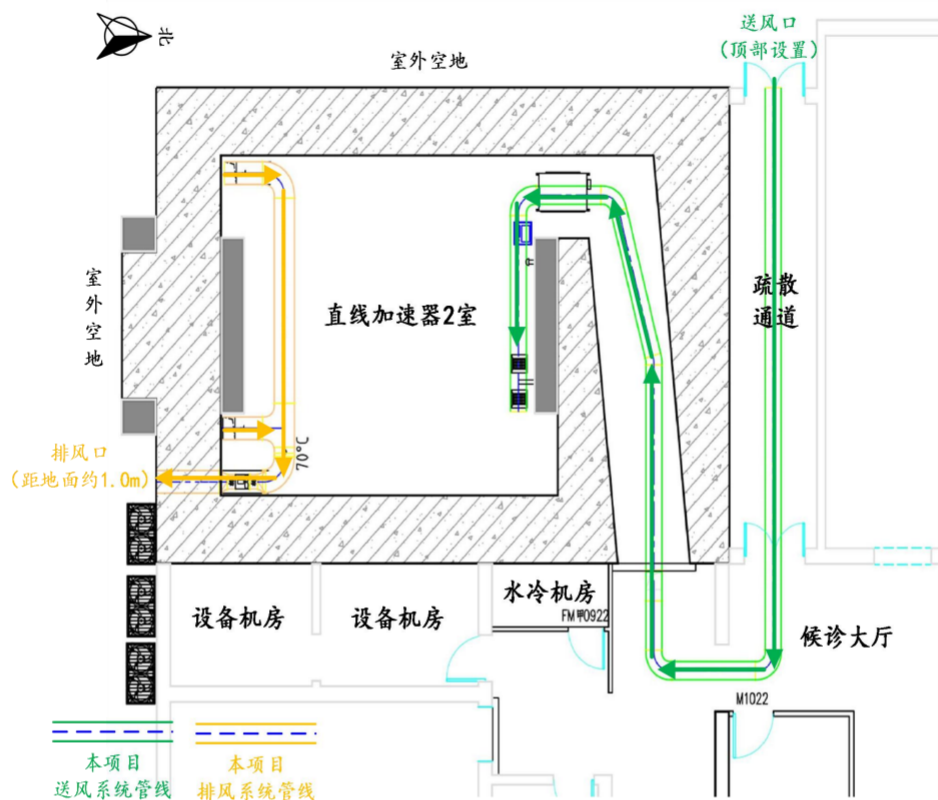


图 11-3 直线加速器 2 室进/排风管线布置图

2、给排水设计

加速器的冷却水循环系统中可能产生感生放射性水，当设备停机后立即检修水系统时，残余放射性可能会对人体造成危害。冷却水中被活化而形成的放射性核素主要是 ¹⁵O 和 ¹⁶N，它们的半衰期分别为 2.1 分钟和 7.3 秒，因而只需待加速器停机后等待较短时间，其感生放射性的活度就可衰减到可忽略的水平。检修时需在停机后等待一段时间（建议 30min 以上）再对水系统进行检修工作，不会对人员及环境产生影响。

加速器正常运行时，被活化的冷却水对人员没有危害，但停机检修水系统时，为防止水体中的感生放射性残余，需要采取一定的防护措施，如检修时需在停机后等待一段时间（一般建议半小时以上）后再对冷却水系统进行检修。

3、穿墙电缆洞口设计

直线加速器 2 室通往控制室内的电缆沟设计采取地下“U”形穿过屏蔽墙，做好穿墙处局部的放射防护。

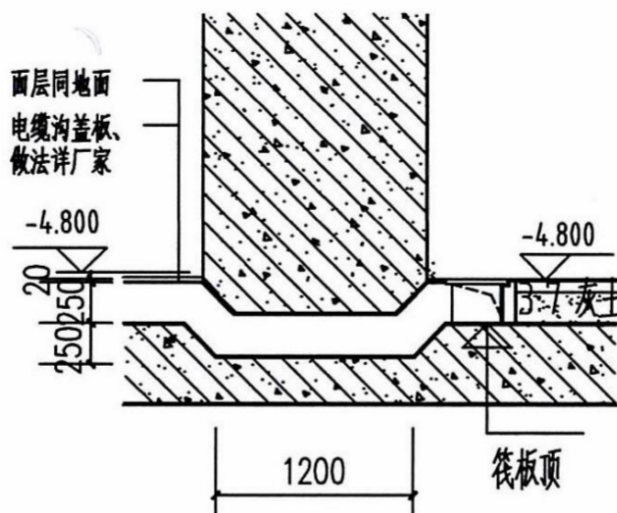


图 11-4 直线加速器 2 室穿墙电缆沟大样图

4、固体废物治理措施

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等情况时，可能造成靶体散热不畅导致靶被打穿的情况，产生废靶。此外，加速器报废时，会有废靶产生。日常产生的废靶由设备厂家进行更换、回收。

放疗技术室在增加本项目设备后,不计划新增医护人员,因此不新增生活垃圾和办公垃圾。

医院已设置加盖垃圾收集桶收集，采用封闭式堆放方式，送至储存集装箱，由环卫部门统一清运，不会对周围环境造成明显影响。

5、声环境影响分析

直线加速器 2 室空调噪声等级很低，在建筑隔声及距离衰减情况下，不会对周围环境造成明显影响。

11.3 事故影响分析

本项目可能出现的事故情形主要是人员超剂量受照，根据评价项目检查系统的工作方式和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中关于辐射事故分级规定，本项目可能发生的辐射事故为一般辐射事故；

1、在意外情况下，本项目医用直线加速器可能出现的事故如下：

- (1) 人员误入正在出束的射线装置治疗机房；
- (2) 辐射工作人员或病人家属未全部撤离机房，突然启动设备，造成人员被误照；
- (3) 急停开关失灵或停束装置出现故障，照射不能停束，造成意外照射；
- (4) 在医用直线加速器出现故障时，维修人员在维修过程中未采取预防措施，防护门未关闭等状态下，设备出束，对维修人员和周边人员意外照射，可能造成超剂量照射事故。

2、事故防范处理措施

(1) 机房进出口设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；安装门机联锁系统，防护门未完全关闭时不能出束，出束状态下开门停止出束；

(2) 机房具有良好的屏蔽设计和多重联锁装置，以保证其安全运行，定期进行检查和维护，保障安全设施的有效性；

(3) 制定明确的操作规程，在放射治疗操作时，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；

(4) 机房内墙设紧急停机按钮，机身和治疗床侧自带急停按钮，按下按钮后，加速器立即停止出束；机房内防护门内侧设置紧急开门按钮，防护门设置防夹伤功能；急停按钮和紧急开门按钮处设置醒目文字标识；

(5) 当急停开关失灵后，要立即断开整机动力电源；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；

(6) 辐射工作人员在每次进入治疗机房时须佩戴剂量报警仪和个人剂量计；

(7) 加速器出束前应使用对讲广播提示人员撤出治疗机房，并经视频监控确认无人员滞留后方可开机。

(8) 在检修过程中，出现意外出束照射时，应立即就近按下急停按钮，断开电源，安排专人对可能受到超剂量照射的人员开展健康体检，体检不合格的人员应及时复检，仍不合格时应调整工作岗位，不再从事辐射工作。

总之，当发生意外照射事故后，立即启动医院的辐射事故应急预案，采取必要的应急措施，及时将事故情况上报有关部门。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

为有序开展核技术应用，加强辐射安全管理，应对可能发生的意外事故，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》、《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，国药同煤二医院已成立放射诊疗防护管理领导小组，法人宋建芳任组长，副院长任副组长，相关科室主任为成员，并配备 2 名本科以上学历的专职管理人员，全面负责医院辐射安全与环境保护工作。

组 长：宋建芳（院长）

副组长：仝志超（副院长）

成 员：张宏鹏（放疗技术室主任）

曹官生（放射科主任）

赵喜东（后勤保障中心主任）

专职管理人员：左小坤 王 琨

本环境影响报告表获得批复后，国药同煤二医院应尽快重新申领《辐射安全许可证》，并结合项目情况，及时完善辐射安全管理机构和安全管理制度，对执行过程进行监督管理。

12.2 辐射安全管理规章制度

国药同煤二医院已制定规章制度主要包括：《辐射安全日常管理规定》、《操作规程》、《辐射安全和防护设施的维护与维修制度》、《场所及环境监测方案》、《监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》、《X 射线诊断中受检者防护规定》和《辐射事故应急预案》等各项规章制度。

医院放疗技术室相应制定有关制度，主要包括《放疗技术室工作制度》、《放疗技术室放射防护规定》、《放疗技术室安全保卫制度》、《加速器治疗工作制度》、《放疗流程图》、《直线加速器接诊制度》和《后装治疗机操作规程》等制度。

本项目为国药同煤二医院开展的放射诊疗项目，根据国家相关法规和监督检查技术程序的规定要求，对涉及本项目的医院现有规章制度进行补充修订，要求必须涵盖本项目内容。

需要补充修订的管理制度情况如下：

1、《辐射安全日常管理规定》中增加本项目设备；

- 2、《场所及环境监测方案》中增加本项目场所；
- 3、《操作规程》中补充制定本项目直线加速器操作规程；
- 4、场所分区管理中增加本项目场所；
- 5、《辐射事故应急预案》中增加本项目设备事故情景分析核应急内容。

12.3 辐射监测方案

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》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，包括个人剂量报警仪和辐射监测仪等。制定放射性诊疗项目的日常辐射监测方案，定期或不定期对机房四周屏蔽措施进行检查；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》。辐射工作人员个人年有效剂量达到职业人员剂量约束值即调离工作岗位，不得继续从事辐射相关工作。

12.3.1 监测目的

通过对本项目工作场所和周围环境辐射剂量率进行监测，了解该项目对环境的影响程度；通过对个人有效剂量的监测，了解该项目对辐射工作人员受照情况，为项目的安全管理防护措施的改进及职业评价提供依据。

12.3.2 监测方法及项目

监测方法：按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。

监测项目：X- γ 辐射空气吸收剂量率和职业性外照射个人剂量。

监测范围：辐射防护控制区边界、监督区及其周围环境；工作人员个人剂量监测。

12.3.3 监测内容及频次

医院放疗技术室利用已配备的 1 台便携式辐射巡检仪开展辐射监测；

直线加速器室等屏蔽墙体外 30cm 处的 X- γ 辐射空气吸收剂量率进行辐射水平监测，不少于 1 次/年；

直线加速器机房辐射剂量率监测点位：机房墙体外 30cm 处距离地面 1m 高，每面墙外测 3 个点；房顶上距房顶 30cm 处；屏蔽门表面（左、中、右），门缝和距门 1m 处；控制室中央和走廊中央，电缆及管道的出入口；周围环境及敏感点。

辐射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测委托具有个人剂量监测资质的单位进行，并存档。个人剂量监测频次为 1 次/每季度。并将监测结果及时填报至“全国核技术利用安全申报系统”，并编入《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，接受管理部门的监督（检测）检查。

本项目竣工后，医院应委托已取得《检验检测机构资质认定证书》并有相应检测参数的资质单位开展竣工验收监测，并出具正式监测报告；医院应开展季度监测和年度监测，并保存相关记录。

表 12-2 辐射环境监测计划

监测对象	采样（监测）布点	监测项目	监测频次
外照射	防护门四周缝隙及中部、通道、操作位及机房屏蔽墙外 30cm；直线加速器室楼上距地面 30cm；周围环境及敏感点。	γ 辐射空气吸收剂量率（未出束）	自主监测：1 次/月； 委托监测：1 次/年
		X 辐射空气吸收剂量率（出束）	
个人剂量	辐射工作人员	个人剂量	每 3 个月至少 1 次

12.4 工作人员培训计划

国药同煤二医院放疗技术室现有辐射工作人员，全部参加了辐射安全和防护知识培训，并取得了上岗证。本项目计划配备医院现有放疗技术室辐射工作人员进行轮班，不新增人员。

12.5 辐射事故应急预案

国药同煤二医院已制订射事故应急预案，成立以法人为组长、副院长等为副组长，科室负责人为成员的辐射应急领导组，明确职责，包括：应急领导组及其职责、处置程序、措施和应急紧急联系部门电话等内容。

针对本项目可能发生的辐射事故，结合医院应急管理现状，应完善和补充《辐射事故应急预案》的主要内容包括：

- 1、增加本项目的辐射事故源项描述、分析；
- 2、结合本项目情况确定辐射事故/事件类型、分级内容。本项目最可能出现的突发事件为直线加速器失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，属于一般辐射事故；
- 3、根据事故/事件类型的类型，补充具体的事故应急处理措施和物资准备；
- 4、补充应急响应的终止、调查总结及事故通报、保障措施、应急培训和应急演练等内容，

需涵盖本项目；

5、辐射事故调查、报告和处理程序。根据《山西省辐射事故应急预案》、《大同市辐射事故应急预案》和《大同市云冈区辐射事故应急预案》的要求，一旦发生辐射事故，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要应急措施，并在1小时内以电话和书面报告向大同市生态环境局云冈分局报告；

6、可能造成人员超剂量照射的，还应同时向大同市卫生健康委员会报告。不得隐瞒事故，不得拖延不报或者谎报。

12.6 环境保护投资估算及竣工验收

12.6.1 环保投资估算

本项目计划总投资1800万元，环保投资约94万元，占总投资的5.22%。

表 12-1 辐射防护措施及环保投资一览表

项目	“三同时”措施	内容或要求	投资 (万元)
辐射安全管理机构	辐射防护管理	建立以法定代表人为第一责任人的安全管理机构，任命具备本科以上学历人员担任专职管理人员。	/
辐射安全防护措施	屏蔽设施	直线加速器 2 室屏蔽措施按表 1-2 建设。 东墙和西墙：维持不变，1500mm 厚混凝土； 南墙：主屏蔽北侧在原基础增加 600mm 厚，3900mm 长混凝土；主屏蔽南侧在原基础两侧分别增加 880mm 厚，800mm 长混凝土；次屏蔽维持不变； 北墙：东侧迷道内墙在原基础内侧增加 600mm 厚，3900mm 长混凝土；东侧外墙屏蔽不变。。	75
	安全措施	直线加速器 2 室设置门机联锁装置，工作指示灯、辐射剂量监测与门联锁、紧急开门装置、防挤压装置；辐射工作场所外张贴警示标志、安装工作指示灯和急停按钮；机房内外设视频监控和双向语音对讲系统等。	12
人员配备防护用品	人员培训	放疗技术室现配备操作直线加速器人员有 6 名，均为在职员工，均已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，成绩合格。今后如有新增人员应全部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，考核后方可上岗。	/
	防护用品	直线加速器 2 室拟配备 1 套成人铅衣、铅帽、铅围脖、铅三角巾等个人防护用品。	1.0
	个人剂量监测	放疗技术室辐射工作人员每人配置 1 支个人剂量计（已配置）；委托有资质单位进行个人剂量监测，每季度 1 次。	/
监测仪器	监测仪器	放疗技术室已配备 1 台便携式辐射巡检仪； 放疗技术室拟新增配备 1 台个人剂量报警仪。	1.0
	报警设备	直线加速器 2 室计划安装 1 套固定式辐射剂量报警监测仪。	2.0
辐射安全管理制度		补充完善健全相关规章制度，《辐射安全日常管理规定》、《场所及环境监测方案》、《操作规程》和《辐射事故应急预案》等内容。	/
申领《辐射安全许可证》，辐射防护检测及环保验收等工作		医院整理相关资料，委托取得检验检测机构资质的单位对机房工作场所辐射防护检测，编制环保验收报告，履行自主验收等环保手续。	3.0
合计		/	94

12.6.2 环保竣工验收建议

根据《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第682号（2017年10月1日起实施），本项目竣工后，建设单位应按照环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收监测，编制验收报告。验收内容详见下表：

表 12-2 竣工环境保护自主验收一览表

验收项目	验收内容	验收要求
相关批复	环评批复文件。	文件齐备。
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。
剂量限值与剂量约束值	直线加速器 2 室四周墙壁外表面 0.3m、机房防护门外 0.3m 处、操作台前、电缆及管道的出入口各检测点周围剂量当量率满足相应限值要求。对辐射工作人员的辐射剂量贡献值满足 $\leq 5\text{mSv/a}$ ，公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ 的标准要求。	均满足相应剂量约束值要求。
防护用品监测仪器	个人防护用品： 直线加速器 2 室配备 1 套成人铅衣、铅帽、铅围脖、铅三角巾等个人防护用品； 监测仪器： 放疗技术室已配备 1 台便携式辐射巡检仪，拟新增配备 1 台个人剂量报警仪；机房拟安装 1 套固定式辐射剂量监测报警装置； 个人剂量计： 辐射工作人员每人配置 1 支个人剂量计。	防护用品类型、数量满足环评要求；个人剂量计、检测设备配备齐全。
辐射安全和防护措施	屏蔽设施： 直线加速器 2 室采用混凝土和铅防护门防护； 警示标志： 直线加速器 2 室机房门上设置工作指示灯，工作场所设置电离辐射标志牌和辐射警告标语。 安全联锁： 直线加速器 2 室设置门-机联锁；患者防护门外指示灯与防护门连锁，保证关门出束时灯亮，开门时灯灭、加速器不能出束； 急停设施： 直线加速器 2 室在迷道、机房内、控制室、设备控制板上设置标识清晰的急停按钮； 监视对讲系统： 直线加速器 2 室设置视频监控系统和语音对讲系统； 通风换气设施： 直线加速器 2 室设置机械排风装置，换气次数满足不小于 4 次/h 的要求。	按环评要求落实屏蔽设施，设置门-机安全联锁、警示标志、急停设施、监视对讲系统和通风换气设施，并可正常运行。
环境管理及规章制度	针对本项目的源项涉及的放疗设备，补充完善健全相关规章制度，《辐射安全日常管理规定》、《场所及环境监测方案》、《操作规程》和《辐射事故应急预案》等内容。	辐射安全管理制度已完善，并得到宣贯和落实。
辐射工作人员	放疗技术室现配备操作直线加速器人员有 6 名，均为在职员工，均已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，成绩合格。今后如有新增人员应全部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，考核后方可上岗。	人员全部考核合格并在有效期内。人员全部进行个人剂量监测并建立个人剂量档案。人员全部进行职业健康体检并建立职业健康监护档案。
	本项目所有辐射工作人员按要求进行个人剂量监测并建立个人剂量档案管理制度。	
	本项目所有辐射工作人员按要求进行职业健康体检并建立职业健康监护档案。	
辐射监测	委托有资质单位进行，并出具正式竣工验收监测报告。	严格落实并执行。

12.7 从事辐射活动能力评价

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全防护管理办法》及《医用电子直线加速器使用场所监督检查技术程序》的规定，对从事本项目辐射活动能力评价见下表。

表 12-3 项目执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求对照表

序号	要求	环评拟落实情况	评价
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。	国药同煤二医院已成立放射诊疗防护管理领导小组，法人宋建芳任组长，副院长任副组长，相关科室主任为成员，并配备 2 名本科以上学历的专职管理人员，全面负责医院辐射安全与环境保护工作。	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。	放疗技术室现配备操作直线加速器人员有 6 名，均为在职员工，均已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，成绩合格。	符合
3	放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	拟补充制定本项目直线加速器的操作规程，拟设置机房门上工作指示灯、警示标识；计划设置视频监控、门-机联锁、通风装置等。	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。	计划新增配备 1 套成人铅衣、铅帽、铅围脖、铅三角巾等个人防护用品；放疗技术室已配备 1 台便携式辐射巡检仪；拟新增配备 1 台个人剂量报警仪；计划配置 1 套固定式辐射监测报警装置。	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。	已制定各项制度，包括操作规程、辐射安全和防护设施的维护与维修制度、场所及环境监测方案、辐射工作人员培训/再培训管理制度和辐射工作人员个人剂量管理制度等。拟补充完善《辐射安全日常管理规定》、《场所及环境监测方案》、《操作规程》和《辐射事故应急预案》等内容。	符合
6	有完善的辐射事故应急措施。	辐射事故应急预案应符合实际工作，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；拟在辐射事故应急预案中增加的本项目的辐射事故源项描述、分析，补充事故应急处理措施和物资准备、辐射事故调查、报告和处理程序等内容。	符合
7	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不产生放射性废气和废水；日常产生的废靶由设备厂家进行更换、回收。	符合

表 12-4 项目执行《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求对照表

序号	要求	本单位拟落实情况	评价
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。	本项目直线加速器 2 室拟设置工作指示灯和警示标识；计划设置门-机联锁、紧急停机、通风装置、视频监控、固定式辐射监测报警仪和对讲系统等。	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。	已配备 1 台便携式辐射巡检仪自主进行本项目工作场所和环境的辐射监测，按标准要求进行自主监测并存档，委托有资质的单位监测频次每年 1 次，委托有资质单位进行本项目验收监测。	
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。	每年 1 月 31 日前向大同市生态环境局云冈分局提交年度环境影响评估报告，并上传全国核技术利用辐射安全申报系统。2025 年年度评估报告已提交并上传。	符合
5	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。	放疗技术室现配备操作直线加速器人员有 6 名，均为在职员工，均已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，成绩合格。	符合
6	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。	对从事辐射工作的人员已全部配备个人剂量计，安排专人负责个人剂量监测管理，委托有资质单位进行个人剂量监测（每季度 1 次），建立了辐射工作人员个人剂量档案，终生保存。	符合
7	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。	已委托具有放射卫生技术服务机构资质证书的单位对医院辐射工作人员进行个人剂量监测（每季度 1 次）并存档。	符合

表 12-5 医用电子直线加速器使用场所监督检查技术程序对照表

(NNSA/HQ-08-JD-IP-033)

辐射安全防护设施与运行			
序号	检查项目	项目拟设置、配备情况	符合性
1	防止非工作人员操作的锁定开关	拟配置高压钥匙开关	符合
2	控制台有紧急停机按钮	控制台拟配备紧急停机按钮	符合
3	视频监控与对讲系统	拟安装视频监控，并拟配备对讲系统	符合
4	治疗室门与高压联锁	拟配置门-机联锁	符合
5	入口电离辐射警告标志	防护门入口拟张贴电离辐射警告标志	符合
6	入口有加速器工作状态显示	拟安装加速器工作状态指示灯	符合
7	工作场所分区及标识	拟设置工作场所分区标识	符合
8	屏蔽门内开门按钮	拟安装屏蔽门内开门按钮	符合
9	治疗室门防夹人装置	治疗室门拟设置防夹装置	符合
10	紧急照明或独立通道照明系统	拟安装紧急照明	符合
11	治疗室内有紧急停机按钮	机房内和迷道拟安装紧急停机按钮	符合
12	治疗床有紧急停机按钮	设备拟配置治疗床紧急停机按钮	符合
13	治疗室内固定式剂量报警仪	拟安装固定式剂量报警仪	符合
14	便携式辐射监测仪器仪表	已配置 1 台便携式辐射巡检仪	符合
15	个人剂量报警仪	拟配置 1 台个人剂量报警仪	符合
16	个人剂量计	每名辐射工作人员已配备个人剂量计	符合
17	个人防护用品	拟配备 1 套成人铅衣、铅帽、铅围脖、铅三角巾等个人防护用品	符合
18	通风系统	拟安装机房机械通风装置	符合

通过以上分析可知，在采取环评规定措施情况下，国药同煤二医院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。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

国药同煤二医院根据整体规划和发展需要，计划对直线加速器 2 室进行改建，并拟使用 1 台 II 类医用直线加速器（X 射线最大能量为 10MV，最大剂量率为 2400cGy/min；电子线能量为 15MeV，最大剂量率为 1000cGy/min；CBCT 最大参数为 150kV、630mA），开展放射治疗工作。本项目配备的辐射工作人员均为现有放疗技术室辐射工作人员，均通过了辐射安全培训和考核，并持证上岗，不计划新增辐射工作人员。本项目计划总投资 1800 万元，环保投资约 94 万元，占总投资的 5.22%。

13.1.2 产业政策符合性及实践正当性分析

本项目加速器属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第六项“核能”中第 4 款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

国药同煤二医院开展放射治疗工作目的是为治病救人，保障公众健康，社会和个人从中取得的利益远大于辐射所产生的危害。因此，该院辐射诊疗装置的建设和运行符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.3 选址及平面布局的合理性

本项目直线加速器 2 室位于放疗 CT 楼内西侧，与其他场所采用实体门和墙隔离，避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，划分了控制区、监督区，各屏蔽体外 0.3m 处的辐射剂量当量率满足防护要求，根据距离衰减原理，对更远的场所及敏感目标产生的影响将更小，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的选址要求。

13.1.4 辐射安全与防护能力分析

1、辐射屏蔽措施

本次核技术应用项目通过预测计算，直线加速器 2 室按照评价及设计提出的辐射屏蔽材料和厚度能够满足标准所要求的屏蔽要求。直线加速器 2 室进行分区管理，实施隔室操作。本项目在现有基础上完善本报告提出的设门-机联锁装置等措施后，污染防治措施合理、全面。

2、安全防护设施

本项目直线加速器 2 室门外设置电离辐射警告标志和工作指示灯，并设置门-机联锁；医院已配备 1 台便携式辐射巡检仪，用于周围环境进行自主监测；控制区内拟安装视频监控和对讲装置

等安全防护设施。通过与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及监督检查程序的规定进行对照检查，本项目的安全设施能够满足安全防护需求，符合相关法规、标准的规定要求。

3、职业人员的配备

医院放疗技术室现配备有 13 名辐射工作人员，其中操作直线加速器人员有 6 名，均为在职员工，均已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，成绩合格并在有效期内。今后如有新增人员应全部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，考核后方可上岗。

医院已配备 1 台便携式剂量监测仪，拟配备 1 台个人剂量报警仪和 1 套固定式监测报警仪检测设备，同时为辐射工作人员和患者配备防护用品。医院为每名辐射工作人员已配备个人剂量计，每季度送检 1 次，建立个人剂量监测档案。

综上：通过与相关法规和监督检查技术程序进行对照检查，本报告项目采取的场所分区管理、辐射屏蔽设计、安全设施及其人员配备等能力均能满足要求。

13.1.5 环境影响分析

1、现状剂量率评价

本项目直线加速器 2 室及放疗 CT 楼周边现状环境 γ 辐射剂量率监测值在 $(0.064\sim0.073)\mu\text{Gy/h}$ 之间，属于山西省大同地区 γ 辐射剂量率 $(0.0352\sim0.0752)\mu\text{Gy/h}$ 本底水平（数据来源《中国环境天然放射性水平》2015 年 7 月，原子能出版社）。

2、辐射环境影响预测评价

通过对本项目医用直线加速器运行期间治疗机房周围关注点的剂量估算，在保守考虑本项目运行后对辐射工作人员最大年有效剂量为 0.0201mSv/a ，周围公众的最大年有效剂量为 0.0096mSv/a ，均低于年有效剂量约束值。放疗技术室现按排班顺序上岗，不设置设备专岗，放疗技术室现有辐射工作人员均按需对放疗技术室各设备进行操作，根据 2025 年度个人剂量监测结果可知，放疗技术室本项目医用直线加速器辐射工作人员个人剂量监测值在 $(0.05\sim0.33)\text{mSv/a}$ 之间，在叠加本项目运行后的剂量估算值后最大为 0.3501mSv/a ，低于年有效剂量约束值；辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ 的要求，公众 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ 的要求。

3、其他环境影响分析

医用直线加速器出束时产生少量的有害气体，通过机房内机械排风装置进行全排全送，满足换气次数不小于4次/h要求，排风口远离人流较大区域。

本项目正常运行不会产生放射性固废，但在使用过程中可能会出现合金靶体故障，需要更换靶体的情况，更换下来的废靶由厂家回收。

加速器运行期不产生放射性废水，只有检修情况下可能排水，排水均为洁净二次蒸馏水，直接排入医院污水管网。

13.1.6 辐射安全管理

国药同煤二医院已成立放射诊疗防护管理领导小组，法人宋建芳任组长，副院长任副组长，相关科室主任为成员，并配备2名本科以上学历的专职管理人员，全面负责医院辐射安全与环境保护工作；医院制定了辐射安全日常管理规定、辐射工作人员培训/再培训管理制度和场所及环境监测方案等各项规章制度，并组织实施和落实，已成立辐射应急领导组，已制定《辐射事故应急预案》。

在本项目运营前需对有关辐射安全管理制度和辐射事故应急预案进行重新修订或完善，以满足本项目的辐射安全防护管理要求。

13.1.7 总结论

综上所述，国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤医院）使用医用II类射线装置项目为改建项目，在全面落实本报告提出的污染防治和管理要求后，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辐射影响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。

13.2 建议

- 1、严格按照设计及环评要求进行施工；
- 2、设备安装调试完成后，应及时进行验收，验收合格后方可投入运行；
- 3、辐射工作人员配置规划合理，拟计划新上岗人员需尽快配置到位，满足日常工作需要。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公 章
年 月 日

审批意见：

经办人

公 章
年 月 日

附件 1： 委托书

委托书

山西贝可勒环境检测有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，特委托 山西贝可勒环境检测有限公司 就 国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤医院）使用医用II类射线装置项目 进行环境影响评价工作，望按照相关法规和技术文件的规定要求及时开展工作。

受托单位（盖章）：

山西贝可勒环境检测有限公司



2026 年 06 月 26 日

委托单位（盖章）：

国药同煤二医院（国药同煤老年病医院、
国药同煤结核病防治院、国药同煤肿瘤医院）



2026 年 06 月 26 日

附件 2: 核技术利用项目环评批复、环保验收、备案文件

西省

件

晋环监字(96)303号

签发: 刘四龙

关于大同市矿务局结核病防治院钴60与铯137
医疗设施放射性环境影响报告书的批复

大同矿务局结核病防治院:

你院新建的放射医疗设施环评报告书经有关专家工程技术人员进行了技术评审, 评价单位根据专家评审意见, 对报告书作了较大修改补充, 经再次复审补充, 现批复如下:

1、修改补充后的报告书, 内容全面, 重点突出, 对评价区内的辐射剂量现状调查充分, 选址周围环境清楚, 经分析预测认为选址可行, 设计部门提出的设计屏蔽可靠, 在医疗设施投运后不会对工作人员、当地居民造成影响, 结论可信, 可以作为工程建设和管理的依据。

2、建设单位应认真落实报告书中提出的防治措施和要求, 建立规章制度, 培训工作人员, 加强管理, 防止事故发生。

3、该工程在建成后投运之前，应进行全面的竣工验收监测，并应对其监测结果的科学性和可靠性。

一九九六年九月二十三日

主件：环评 报告书 批复

抄送：省公安厅、职防所、大同市环保局、评价单位

山西省环境保护局办公室

一九九六年九月二十四日打印

打 印 人：高怀杰

校 对：高怀杰

山西省环境保护局

晋环函[2004]185号

关于《大同煤矿集团有限责任公司肿瘤医院医用 直线加速器建设项目辐射环境影响报告书》的批复

大同煤矿集团有限责任公司肿瘤医院：

今年3月18日，省环境保护技术评估中心组织对你院医用直线加速器建设项目辐射环境影响报告书（以下简称“报告书”）进行了技术评估，之后，对评估单位——山西省辐射环境监督站评价中心修改的“报告书”提出了评估报告（晋环咨[2004]46号）。经研究，现对“报告书”批复如下：

一、你院医用直线加速器建设项目含一层机房283平方米，安装山东新华医疗器械股份有限公司生产的XHA600C医用电子直线加速器一台，CT模拟定位机一台。加速器呈东西放置。该项目已在你院放疗科西侧建成。“报告书”结论认为：项目选址可行；机房各屏蔽墙厚度及密度符合辐射防护要求，在加速器正常运行时机房外辐射剂量能达到国家标准要求。因此，我局同意你院医用直线加速器项目的建设。

二、项目建设要全面落实“报告书”论证确定的各项环境保护措施和环境管理、监测计划。加强管理，配备相应的物理专业

王丽平 收

王丽平

技术人员参与加速器及放疗科设备的运行管理，设立电离辐射防护标志，建立相应防护安全操作规程制度，制定应急计划。按此要求，立即着手项目辐射环境保护验收准备工作。由我局组织对该项目进行辐射环境保护验收，验收合格后，领取《放射性环境验收合格证》，方可正式运行。

三、请山西省辐射环境监督站、大同市环境保护局依据上述要求进行监督检查。



抄送：山西省辐射环境监督站、大同市环境保护局

王丽平 45

王丽平

第4页

山西省环境保护厅

晋环函〔2012〕886号

关于大同煤矿集团有限责任公司 肿瘤医院使用射线装置环境影响报告表的批复

大同煤矿集团有限责任公司肿瘤医院：

你单位报送的《大同煤矿集团有限责任公司肿瘤医院使用射线装置环境影响报告表》（以下简称“报告表”）及相关材料收悉。根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》及其实施细则的有关要求，经研究，现对“报告表”批复如下：

一、原则同意专家技术审查意见、大同市环保局和矿区分局对“报告表”的初审意见。

二、你院由于工作需要，拟新增使用1台Ⅱ类医用直线加速器（15MeV）。根据“报告表”结论，该项目在落实“报告表”提出的各项措施和要求条件下，能够达到环保要求。同意你院按照“报告表”中所列建设项目的性质、规模、地点、采取的环境保护措施进行建设。

三、在日常管理和建设过程中，要严格按照国家有关规定，全面落实“报告表”规定的各项环境管理和污染防治措施，主要做好以下工作：

1、制定完善各项规章制度和辐射事故应急措施，不断增强可操作性和实用性。

2、机房防护门设立门机联锁、系统联锁装置和工作状态指示灯并经常检修，重点部位实施分区管理，配置必要的监控和防护仪器设备，设置醒目的警示标志。

3、加强档案管理，明确专人负责。建立和完善个人剂量档案和职业健康档案，从业人员佩戴的热释光个人剂量计定期委托通过剂量认证的单位进行监测，认真保存记录。

4、认真落实从业人员培训教育制度，按时参加培训和复训，管理及操作人员要做到持证上岗。制定详细的人员培训计划，定期组织培训。

5、严格履行审批程序，建立清晰的台帐，每年年底前将单位安全和防护状况年度报告报送各级环保部门备案，发现问题及时整改，确保辐射环境安全。

6、如射线装置种类、范围和作业地址改变，需另行申报。

四、按规定程序申请环境保护验收。验收合格后，方可正式投入使用。

五、我厅委托省辐射环境监督站、大同市环保局负责对你院辐射安全环境保护日常监督管理。

六、你单位应在收到本批复后 20 个工作日内，将批准后的“报告表”送大同市环保局和矿区分局，并按规定接受各级环境保护行政主管部门的监督检查。

二〇一二年五月七日



表 7

负责验收的环境保护行政主管部门意见:

晋环辐验(2008) 038 号

大同市同煤集团肿瘤医院使用钴疗机 1 台、医用加速器 1 台、射线装置 5 台, 其中钴疗机属 I 类, 医用加速器 1 台属 II 类, 深部 X 线治疗机和血管造影机属 II 类射线装置, 其余均为 III 类射线装置, 基本落实了环评及其批复要求, 建立并完善了各项规章制度, 各项辐射防护措施基本落实到位, 我局同意该项目通过竣工环境保护验收。

大同市环保局、大同煤矿集团有限责任公司环境保护处负责该项目的日常监督管理工作, 确保使用安全。



负责人 (签字)

年 月 日

经办人 (签字)

郭雪峰

2008 年 11 月 2 日

山西省环境保护厅

晋环函〔2013〕94号

山西省环境保护厅 关于大同煤矿集团有限责任公司肿瘤医院 核技术利用项目竣工环境保护验收意见的函

大同煤矿集团有限责任公司肿瘤医院：

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》第三十条规定和《建设项目竣工环境保护验收管理办法》，由山西省环境保护厅、大同市环境保护局、大同市环境保护局矿区分局以及应邀到会专家组成的验收组，于2012年12月26日对你院使用1台II类医用射线装置（型号为CLINAC CX，最大能量为15MeV电子加速器）的核技术利用项目进行了现场验收。你院基本落实了环评及其批复要求，建立并完善了各项规章制度，各项辐射安全防护措施基本落实到位，同意通过竣工环境保护验收。

你院要加强日常管理，确保使用安全。我厅委托大同市环境保护局负责该项目的日常监督管理工作。



建设项目环境影响登记表

填报日期：2024-06-11

项目名称	国药同煤二医院使用3台医用射线装置项目		
建设地点	山西省大同市云冈区新胜街1788号	建筑面积(m²)	91
建设单位	国药同煤二医院	法定代表人或者主要负责人	薛希瑞
联系人	张宏鹏	联系电话	13593048120
项目投资(万元)	50	环保投资(万元)	3
拟投入生产运营日期	2024-08-14		
建设性质	新建		
备案依据	该项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》中应当填报环境影响登记表的建设项目，属于第172 核技术利用建设项目项中销售Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类放射源的；使用Ⅳ类、Ⅴ类放射源的；医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的；销售非密封放射性物质的；销售Ⅱ类射线装置的；生产、销售、使用Ⅲ类射线装置的。		
建设内容及规模	一、建设内容 国药同煤二医院使用Ⅲ类医用射线装置项目。 二、建设规模 1、使用1台航卫通用电气医疗系统有限公司生产的Prospect F1型X射线计算机体层摄影装置，属于Ⅲ类射线装置，最大管电压为140kV，最大管电流为160mA，安装使用场所为结核楼一层东北侧CT机房。 2、使用1台北京通用电气华伦医疗设备有限公司生产的Definium 6000型医用诊断X射线系统，属于Ⅲ类射线装置，最大管电压为150kV，最大管电流为800mA，安装使用场所为放疗CT楼一层东南侧DR机房。 3、使用1台上海西门子医疗器械有限公司生产的AXIOM Iconos MD型X射线诊断设备，属于Ⅲ类射线装置，最大管电压为150kV，最大管电流为500mA，安装使用场所为放疗CT楼一层东北侧胃肠机机房。		



主要环境影响

采取的环保措施
及排放去向



辐射环境影响

环保措施：
一、污染防治措施：1、机房防护设计：设置单独机房，采取隔室操作，机房内最小单边长度、最小有效使用面积和机房屏蔽防护铅当量应满足《放射诊断放射防护要求》（GB130-2020）中的要求。
2、警示标识：机房患者防护门外设置警戒线，告诫无关人员请勿靠近；机房门外张贴电离辐射警告标志和警示语句；机房门上方设置工作状态指示灯，并能与机房门有效联动；患者防护门设置防挤压装置。
3、通风装置：机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。
4、防护用品和监测仪器：医院为受检者和陪检者配备铅颈套、铅帽和铅方巾等个人防护用品；医院为放射工作人员配备热释光个人剂量计（1支/人），至少每3个月送检1次。
二、安全管理措施：1、医院已成立辐射防护管理领导小组，并任命辐射防护专管人员负责辐射安全管理。
2、医院已制定《辐射安全管理规定》、《辐射安全保卫制度》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射监测方案》等规章制度。
3、医院已制定《辐射放射事故应急预案》，明确应急领导组和应急响应等内容。
4、医院为本项目配备的辐射安全工作人员均已通过辐射安全法规的专业知识和相关法规法规的培训和考核，且均在有效期内。本次不新增辐射工作人员。
5、将本项目设备纳入原有管理体系，完善射线装置台帐内容。
6、医院对个人剂量检测报告和职业健康体检报告进行归档，建立个人剂量档案和人员健康档案。
7、依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定，应及时



重新申领辐射安全许可证。8、需定期对规章制度等文件进行修订。三、废弃物最终去向：本项目不产生放射性“三废”。机房设置动力通风装置，可将X射线与空气作用产生极少量的有害气体排出室外。

承诺：国药同煤二医院薛希瑞承诺所填写各项内容真实、准确、完整，建设项目符合《建设项目环境影响登记表备案管理办法》的规定。如存在弄虚作假、隐瞒欺骗等情况及由此导致的一切后果由国药同煤二医院薛希瑞承担全部责任。

法定代表人或主要负责人签字：薛希瑞

备案回执

该项目环境影响登记表已经完成备案，备案号：202414021100000027。