

编号：ZFHK-FB25220187

核技术利用建设项目

温州医科大学附属第一医院
新增1台直线加速器建设项目
环境影响报告表
(报批稿)

温州医科大学附属第一医院

2025年12月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

温州医科大学附属第一医院 新增1台直线加速器建设项目 环境影响报告表

建设单位名称：温州医科大学附属第一医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省温州市瓯海区南白象

邮政编码：325000

联系人：陈*

电子邮箱：1*****2@qq.com

联系电话：1*****3

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源.....	17
表 3 非密封放射性物质	17
表 4 射线装置.....	18
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	19
表 6 评价依据.....	20
表 7 保护目标与评价标准	23
表 8 环境质量和辐射现状	28
表 9 项目工程分析与源项	32
表 10 辐射安全与防护	38
表 11 环境影响分析.....	47
表 12 辐射安全管理	62
表 13 结论与建议.....	68
表 14 审批.....	71

附图

- 附图 1 医院地理位置图
- 附图 2 项目周边环境关系图
- 附图 3 医院总平面图
- 附图 4 放疗中心平面布局图
- 附图 5 本项目 5 号直线加速器机房平面图
- 附图 6 本项目 5 号直线加速器机房剖面图
- 附图 7 温州市区陆域生态环境管控单元分类图
- 附图 8 温州市“三区三线”划分图

附件

- 附件 1 委托书
- 附件 2 事业单位法人证书
- 附件 3 辐射安全许可证
- 附件 4 原有核技术利用项目环评及验收情况
- 附件 5 辐射环境质量现状监测报告
- 附件 6 辐射安全和环境管理领导小组成立文件
- 附件 7 放疗科应急处理预案
- 附件 8 个人剂量监测报告
- 附件 9 放疗科各机房辐射工作场所检测报告
- 附件 10 应急演练记录
- 附件 11 专家评审意见及修改说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		温州医科大学附属第一医院新增 1 台直线加速器建设项目				
建设单位		温州医科大学附属第一医院				
法人代表	张**	联系人	陈*	联系电话	1*****3	
注册地址		浙江省温州市瓯海区南白象				
项目建设地点		浙江省温州市瓯海区南白象 负一层放疗中心 5 号直线加速器机房				
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（万元）	50	投资比例（环保投资/总投资）	2.5%	
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<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	/				

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位概况

温州医科大学附属第一医院（以下简称“医院”）建于 1919 年，是浙江省首批通过三甲评审的四家综合性医院之一，医院现有三个院区，其中公园路院区位于浙江省温州市鹿城区府学巷 2 号，南白象院区位于浙江省温州市瓯海区南白象镇，龙港院区位于龙港市新城大道 980-1208 号。

医院南白象院区一期位于马屿河以北，已于 2012 年投入使用，建设有核医学科、放疗中心、导管室、放射影像中心、医疗保健中心、内镜中心、泌尿外科、口腔科等涉及放射类科室；预留二期位于马屿河以南，已于 2021 年开工建设，预计 2028 年投入使用，包括一座行政楼、一座高端体检楼、一座肿瘤中心楼和一座实验楼。医院南白象院区规划效果图见图 1-1。



图 1-1 医院南白象院区规划效果图

1.1.2 建设目的和任务由来

温州医科大学附属第一医院放疗中心现有 4 台直线加速器及 1 台 ^{192}Ir 后装机开展放射治疗工作。目前放疗科收治的患者放射治疗需求最高已将近 400 人次/天，放疗科配置的设备已基本满负荷工作，且部分设备已运行数年。为满足不断增长的放射治疗工作需求，保证放射治疗工作的质量，提供更好的放射治疗体验。医院拟启用已建设预留的 5 号直线加速器机房并配置 1 台直线加速器。拟配置的直线加速器具体设备型号待定，参数按照最高 X 射线能量 10MV，最大等中心剂量率 24Gy/min 选型。本项目 5 号加速器机房为已建设预留用房，所在放疗中心及医院其他主体建筑已委托编制《温州医学院附属第一医院迁扩建工程项目环境影响报告书》并取得相应批复（温环建〔2004〕128 号），该环评报告书不包括本项目 5 号加速器机房辐射环评。根据设备选型参数，结合预留的加速器机房现状，经前期预测，加速器机房迷路外墙西侧段防护厚度不足，东侧段由于受到迷路内墙及外墙的共同防护，可满足需求。故本次启用的 5 号直线加速器机房，除需对加速器机房内部进行装饰装修外，还拟对改机房迷路外墙进行改建，增

加迷路外墙西段墙体屏蔽厚度。

对照《关于发布<射线装置分类>的公告》(原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告,公告 2017 年第 66 号),本项目拟配置的直线加速器 X 射线最大能量为 10MV,为II类射线装置。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求,本项目建设前应组织编制环境影响评价文件,并依照国家法定程序上报审批。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版),本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”,环境影响评价类别为编制环境影响报告表。

为此,温州医科大学附属第一医院委托中辐环境科技有限公司开展“温州医科大学附属第一医院新增 1 台直线加速器建设项目”(简称“本项目”)的环评工作。在接受委托后,评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集、委托辐射环境现状监测等工作,并结合项目特点,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)等规定要求编制完成本环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

温州医科大学附属第一医院拟在预留的医院负一层放疗中心 5 号直线加速器机房内新增 1 台直线加速器(X 射线最高能量为 10MV,属 II 类射线装置),集成配套 1 套 kV 级 CT 影像引导设备(最大管电压 150kV,最大管电流 1000mA)。配套的加速器机房控制室、辅助机房和水冷机房均为已建设预留用房。本次启用拟将迷路外墙西段墙体厚度由 1200mm 加厚至 1400mm,增加段墙体长度为 2.5m,高度至顶棚,在墙外控制室侧扩建;此外拟对及机房进行内部装修和安装辐射安全防护设施,并设置防护门;本次改建不对机房的布局、机房大小、迷路、其余四周墙体及顶部的屏蔽防护设计做改动。本项目 5 号加速器机房改造前及改造方案详见图 1-1。

表 1-1 本项目建设内容与规模一览表

装置名称	型号	类别	数量	技术参数		用途	工作场所
直线加速器	待定	II类	1 台	X 射线最大能量	10MV	肿瘤治疗	放疗中心 5 号直线加速器机房
				最大 X 射线等中心剂量率	$1.44 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$		
				电子线最大能量	22MeV		
				最大电子线等中心剂量率	$3.6 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$		
				集成配套 kV 级 CT	150kV/1000mA		

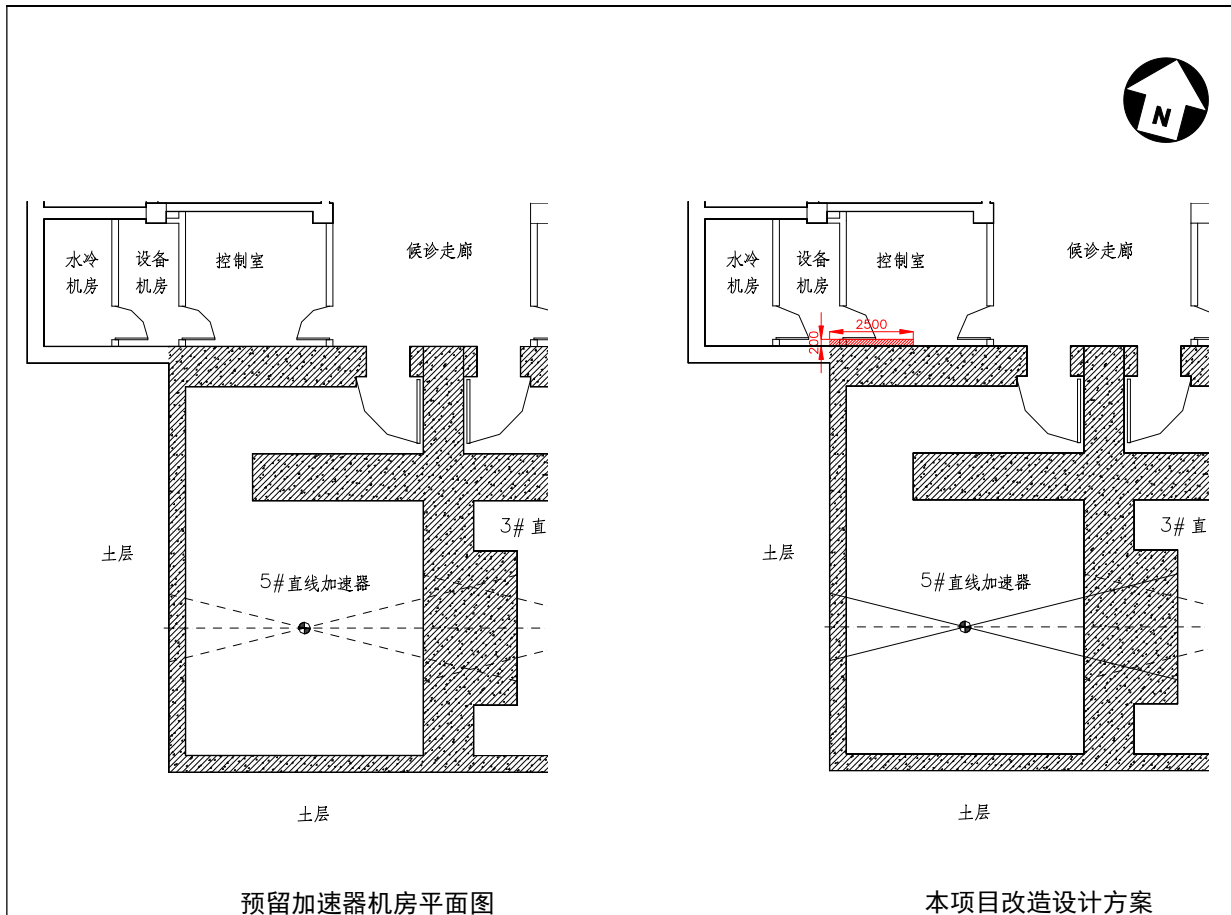


图 1-1 本项目加速器机房改造设计对比图

1.1.4 项目工作负荷及人员配置

(1) 工作负荷

根据医院提供的资料，本项目直线加速器投入使用后，预计每天放射治疗患者最多为 60 人次，平均每人治疗照射最大时间为 3min，每周工作 5 天，则本项目直线加速器周照射时间为 15h，年照射时间为 750h。

(2) 人员配置

本项目拟配备 6 名辐射工作人员，包括医师 2 人，技师 2 人，物理师 2 人，前期均由现有放疗中心辐射工作人员调配，存在兼岗和操作其他射线装置情况。待项目建成投入使用前确定具体人员，并根据后续患者诊疗量进行增加，确保辐射工作人员受照剂量满足标准要求。

根据生态环境部《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》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）和《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》（浙江省生态环境厅 浙江省卫生健康委员会，浙环函[2019]248 号），医院现有放疗科辐射工作人员均参加了浙江省卫生监督所组织的放射防护知识培

训或国家核技术利用辐射安全与防护培训并培训合格，考核成绩在有效期内。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

温州医科大学附属第一医院位于浙江省温州市瓯海区南白象，医院东侧为学府北路；南侧、西侧为河流（丁岱河），南侧隔河为医院二期工程，西侧隔河为沿河绿化及桥头河路；北侧为帆海西路。地理位置见附图 1。

1.2.2 项目周边环境关系

1.2.2.1 项目机房与外部建筑环境关系

本项目 5 号直线加速器机房位于医院放疗中心（地下共一层，无地上建筑）西南角，东侧距离机房约 100m 为医院综合楼主出入大厅，约 430m 为学府北路；南侧距机房约 53m 为河流（丁岱河）；西侧距机房约 96m 为医疗保健中心，约 270m 为河流（丁岱河）；北侧距机房约 45m 为 1 号住院楼，约 340m 为帆海西路；以上距离均为地面投影距离。项目周围环境关系图详见附图 2，医院总平面布置图见附图 3。

1.2.2.2 项目机房四周及上下方环境关系

本项目 5 号直线加速器机房东侧为 3 号直线加速器机房，西、南两侧为地下土层无建筑，北侧为加速器机房控制室、设备机房、水冷机房和候诊走廊。上方为医院内室外绿化，下方为土层无建筑。

1.2.3 项目选址合理性分析

本项目 5 号直线加速器机房位于负一层放疗中心，为已建设预留加速器机房，不新增土地，项目用地属于医院用地，周围无环境制约因素。机房外 50m 范围内均为医院内部建筑物、道路。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射安全防护和污染治理措施后对周围环境辐射影响是可接受的。

本项目放疗中心 5 号直线加速器机房楼下无构筑物（土层），位于建筑物的底层一端，选址不在居民、写字楼和商住两用楼内，同层为放疗中心其余工作用房，选址避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）关于放射治疗场所选址的相关要求，项目选址合理。

1.3 相关规划符合性分析

1.3.1 《温州市国土空间总体规划（2021~2035年）》符合性分析

根据《温州市国土空间总体规划（2021~2035年）》，温州市规划“提升公共卫生安全防控能力。完善疾控机构、医疗机构、基层医疗卫生机构三位一体疾控网络。在东部枢纽、南白象等交通便利、符合邻避要求的空间预留重大公共卫生应急空间，用地应具备交通和市政基础设施接入条件。新建大型公共建筑要兼顾公共卫生应急要求。以街镇为单位，配置可临时征用的应急场所和设施。”

本项目位于温州市瓯海区南白象，为医疗服务项目，项目建成后可为该区域提供较好的医疗卫生服务，有利于促进基础设施建设等城市功能的完善，符合《温州市国土空间总体规划（2021~2035年）》要求。

1.3.2 《温州市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

本项目位于浙江省温州市瓯海区南白象。根据《温州市生态环境局关于印发<温州市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》（温环发〔2024〕49号），项目所在地属于“浙江省温州市瓯海区一般管控单元（环境管控单元编码：ZH33030430001）”。本环评对“三线一单”（即生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）进行对照分析。

（1）生态保护红线

本项目位于浙江省温州市瓯海区南白象，根据温州市“三区三线”划分成果，项目所在地在城镇开发边界内，主体工程占地不涉及永久基本农田与生态保护红线，本项目已纳入主体工程征占地，无需新征用地，因此，本项目不涉及生态保护红线。

（2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目工作场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率属于正常本底范围。在落实本报告提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

本项目主要水源为自来水，由市政自来水管网供给，水资源使用占比较小，市政自来水管网有能力为本项目提供水资源保障；本项目主要能源为电能，主要依托市政电力管网。总体而言，本项目符合能源资源利用上线和水资源利用上线要求。

(4) 生态环境准入清单

根据《温州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目所在地属于浙江省温州市瓯海区一般管控单元（ZH33030430001），温州市环境管控单元分类图见附图 7，生态环境准入清单符合性分析见下表。

表 1-2 生态环境准入清单符合性分析表

环境管控单元编码	环境管控单元名称	生态环境准入清单要求		本项目情况	是否符合要求
ZH33030430001	温州市瓯海区一般管控单元	空间布局约束	原则上禁止新建三类工业项目，现有三类工业项目扩建、改建不得增加污染物排放总量并严格控制环境风险。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放的二类工业项目；工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外现有工业用地在土地性质调整之前，在不加大环境影响、符合污染物总量控制的基础上，可以从事符合当地产业定位的一、二类工业。建立集镇居住商业区、耕地保护区与工业功能区等集聚区块之间的防护带。严格执行畜禽养殖禁养区规定，根据区域用地和消纳水平，合理确定养殖规模。加强基本农田保护，严格限制非农项目占用耕地。	本项目为医疗机构的核技术利用项目，不属于一、二、三类工业项目、不属于畜禽养殖项目，本项目所在地属于医疗卫生用地，符合空间布局约束的要求。	符合
		污染物排放管控	落实污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。加强农业面源污染治理，严格控制化肥农药施加量，合理水产养殖布局，控制水产养殖污染，逐步削减农业面源污染物排放量。	由本评价表 11 章节环境影响分析可知，本项目运营过程中产生的电离辐射和三废采取一定的辐射防护和治理措施后，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的，各污染物可以做到达标排放，符合污染物排放管控要求。	符合
		环境风险防控	加强生态公益林保护与建设，防止水土流失。禁止向农用地排放重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥，以及可能造成土壤污染的清淤底泥、尾矿、矿渣等。加强农田土壤、灌溉水的监测及评价，对周边或区域环境风险源进行评估。	本项目不涉及。	符合
		资源开发效率要求	/	/	/

综上所述，本项目不涉及生态保护红线，不会突破环境质量底线和资源利用上线，符合准入清单内管控措施要求，因此，本项目的建设符合《温州市生态环境分区管控动态更新方案》的要求。

1.3.3 与“三区三线”符合性分析

根据《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函[2022]2080号）要求，“三区三线”划定成果作为建设项目用地用海组卷报批的依据。其中“三区”具体指农业空间、生态空间、城镇空间三种类型的国土空间，“三线”分别对应永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界三条控制线。

本项目位于浙江省温州市瓯海区南白象，根据温州市“三区三线”划分成果，项目所在地在城镇开发边界内，主体工程占地不涉及永久基本农田与生态保护红线，本项目已纳入主体工程征占地，无需新征用地，对照上述各类文件要求，本项目建设符合“三区三线”的要求。

1.3.4 污染物达标排放符合性

由本评价表 11 章节环境影响分析可知，本项目运营过程中产生的电离辐射、固废和废气经采取一定的辐射防护和治理措施后，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的，各污染物可以做到达标排放。

1.4 “四性五不批”符合性分析

对照《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）中的第九条“环境保护行政主管部门审批环境影响报告书、环境影响报告表，应当重点审查建设项目的环境可行性、环境影响分析预测评估的可靠性、环境保护措施的有效性、环境影响评价结论的科学性等”及第十一条“建设项目有下列情形之一的，环境保护行政主管部门应当对环境影响报告书、环境影响报告表作出不予批准的决定”，本项目与“四性五不批”相符性分析见表 1-3。

表 1-3 本项目与“四性五不批”符合性分析

内容		建设项目情况	是否符合要求
四性	建设项目的环境可行性	本项目符合总体规划、土地利用规划的要求，不触及生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，不在负面清单内，因此符合建设项目的环境可行性。	符合
	环境影响分析预测评估的可靠性	本项目环境影响分析预测依据国家相关规范及建设项目的设计资料进行影响分析，符	符合

		合环境影响分析预测评估的可靠性。	
	环境保护措施的有效性	本项目运营过程中产生的电离辐射、废水、废气、噪声及固废经采取一定的辐射防护和治理措施后，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的，各污染物可以做到达标排放。本项目采取的环境防护措施有效。	符合
	环境影响评价结论的科学性	本项目选址合理，采取的环境保护措施合理可行，排放的污染物符合国家、省规定的污染物排放标准，因此本项目符合环境影响评价结论的科学性。	符合
五不 批准	(一) 建设项目类型及其选址、布局、规模等不符合环境保护法律法规和相关法定规划	本项目选址、布局符合国家产业政策，符合《温州市生态环境分区管控动态更新方案》的生态管控要求，符合环境保护法律法规和相关法定规划。	不属于不予批准情形
	(二) 所在区域环境质量未达到国家或者地方环境质量标准，且建设项目拟采取的措施不能满足区域环境质量改善目标管理要求	根据环境质量现状监测结果，本项目工作场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率属于当地天然辐射水平范围之内。	不属于不予批准情形
	(三) 建设项目采取的污染防治措施无法确保污染物排放达到国家和地方排放标准，或者未采取必要措施预防和控制生态破坏	建设项目采用的辐射安全防护措施和污染防治措施可确保污染物排放达到国家排放标准。	不属于不予批准情形
	(四) 改建、扩建和技术改造项目，未针对项目原有环境污染和生态破坏提出有效防治措施	本项目为扩建项目，医院原有核技术利用项目已采取相应的辐射安全防护措施，不存在原有环境污染和生态破坏问题。	不属于不予批准情形
	(五) 建设项目的环境影响报告书、环境影响报告表的基础资料数据明显不实，内容存在重大缺陷、遗漏，或者环境影响评价结论不明确、不合理	本项目根据建设单位提供的基础资料，按照现行导则进行编制，不存在基础资料数据明显不实，内容存在重大缺陷、遗漏，或者环境影响评价结论不明确、不合理等情况。	不属于不予批准情形

1.5 原有核技术利用项目许可情况

1.5.1 原有核技术利用项目许可情况

温州医科大学附属第一医院现持有浙江省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为：浙环辐证[C0014]（见附件3）；发证日期：2024年11月12日，有效期至：2028年11月16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；生产、销售、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。医院已许可的核技术利用项目环保手续履行情况详见表1-4~表1-6，原有核技术利用项目环保手续文件详见附件3。

表 1-4 医院原有放射源环保手续履行情况

序号	核素	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	工作场所	环评及验收手续
1	⁹⁰ Sr (⁹⁰ Y)	1.11E+09*1	V类	使用	敷贴治疗	南白象院区核医学科	浙环辐(2015)30号/未投入使用
2	²² Na	3.70E+06*1	V类	使用	PET/CT 校准	南白象院区 PET/CT	浙环辐(2015)30号/2018年1月11日自主验收
3	²² Na	3.70E+05*6	V类	使用			
4	¹⁹² Ir	3.70E+11*1	III类	使用	后装机放射治疗	南白象院区放疗中心	温环辐(2016)7号/2023年12月自主验收

表 1-5 医院原有非密封放射性物质环保手续履行情况

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量 (Bq)	年最大使用量 (Bq)	活动种类	环评及验收手续
1	南白象院区(急诊CT二号机房、外周导管室一号DSA机房、外周导管室二号DSA机房、手术室手术时A04、医疗保健中心CT十号机房)	乙级	¹²⁵ I (粒子源)	5.92E+07	5.92E+11	使用	浙环辐[2015]30号/2018年1月11日自主验收
2	南白象院区核医学科	乙级	⁸⁹ Sr	3.70E+06	7.40E+09	使用	浙环辐[2015]30号/2018年1月11日自主验收
3			³² P	7.40E+07	1.48E+11	使用	浙环辐[2022]011号/2023年12月自主验收
4			^{99m} Tc (⁹⁹ Mo)	2.22E+07	1.11E+12	使用	浙环辐[2022]011号/未投入使用
5			¹³¹ I	1.85E+09	3.70E+11	使用	浙环辐[2022]011号/2023年12月自主验收
6			¹²³ I	1.85E+07	4.63E+10	使用	浙环辐[2022]011号/2023年12月自主验收
7			⁹⁰ Y	6.00E+07	6.00E+11	使用	浙环辐[2022]011号/2023年12月自主验收
8			^{99m} Tc	1.85E+07	4.62E+12	使用	
9			²²³ Ra	3.70E+08	5.55E+09	使用	
10			南白象院区 PET-CT	乙级	⁶⁸ Ga	1.85E+07	4.63E+11
11	¹⁸ F	7.40E+08			1.85E+13	生	

						产、销售、使用	
12	南白象院区（外周导管室三号机房、核医学科）	乙级	⁹⁰ Y	4.20E+07	4.20E+1 1	使用	浙环辐[2022]011号 /2023年12月自主验收
13			^{99m} Tc	2.96E+05	7.40E+1 0	使用	

表 1-6 医院已许可的射线装置环保手续履行情况一览表

序号	设备名称	类别	数量	型号	工作场所位置	活动种类	环评情况	验收情况
1	模拟定位CT	III类	1	Brilliance CT Big Bore	南白象院区放疗中心：CT 模拟定位室 1	使用	温环辐[2016]7号	2022年1月自主验收
2	口腔CT	III类	1	Kavo OP 3D Vision	公园路院区口腔科：6号楼2层口腔CBCT机房	使用	备案号：202233030400000100	
3	牙片机	III类	1	FOCUS	公园路院区口腔科：6号楼2层口腔牙片机房	使用	备案号：202233030400000100	
4	口腔全景机	III类	1	CS 8100SC	公园路院区口腔科：六号楼二层全景机房	使用	备案号：202133030400000144	
5	口腔颌面曲面体层X射线机	III类	1	OC200D	南白象院区口腔科：门诊全景机房	使用	登记表 202033030400000665	
6	口腔CT	III类	1	Kavo 3D eXam	南白象院区口腔科：门诊口腔科CT室	使用	浙环辐[2015]30号	浙环辐验[2017]66号
7	牙片机	III类	1	CS 2100	南白象院区口腔科：牙片机房	使用	备案号：202233030400000014	
8	直线加速器	II类	1	Synergy	南白象院区放疗中心：直线加速器1室	使用	温环辐[2022]44号	2023年12月自主验收
9	直线加速器	II类	1	Elekta Infinity	南白象院区放疗中心：直线加速器2室	使用	温环辐[2016]7号	2022年1月自主验收
10	直线加速器	II类	1	Elekta Synergy	南白象院区放疗中心：直线加速器4室	使用	温环辐[2016]7号	2023年12月自主验收
11	直线加速器	II类	1	Varian Edge	南白象院区放疗中心：直线加速器3室	使用	温环辐[2016]7号	2022年9月自主验收
12	细胞和小动物X光辐照仪	III类	1	RS2000-225	南白象院区动物中心：动物房一楼屏障操作间	使用	备案号：202133030400000144	
13	DSA	II类	1	IGS 5	公园路院区心导管室：8号机房	使用	温环辐[2022]44号	2023年12月自主验收
14	DSA	II类	1	IGS 5	公园路院区心导管室：7号机房	使用	温环辐[2022]44号	2022年9月自主验收
15	DSA	II类	1	UNIQ FD2020	南白象院区手术室：手术间23	使用	浙环辐[2015]30号	2021年3月自主验收

16	DSA	II类	1	Artis Qceiling	南白象院区外周导管室：1号机房	使用	温环辐 [2022]44号	2023年12月自主验收
17	DSA	II类	1	Siemens Artis Zee III biplane	南白象院区外周导管室：3号机房	使用	浙环辐 [2015]30号	2021年3月自主验收
18	DSA	II类	1	Innova 4100-IQ	南白象院区外周导管室：2号机房	使用	浙环辐 [2015]30号	浙环辐验 [2017]66号
19	DSA	II类	1	Innova IGS520	南白象院区心导管室：5号机房	使用	温环辐 [2019]01号	2021年3月自主验收
20	DSA	II类	1	AZURION 7B20	南白象院区心导管室：3号机房	使用	浙环辐 [2015]30号	浙环辐验 [2017]66号
21	DSA	II类	1	IGS 5	南白象院区心导管室：6号机房	使用	温环辐 [2022]44号	2022年9月自主验收
22	DSA	II类	1	Allura XperFD10	南白象院区心导管室：2号机房	使用	浙环辐 [2015]30号	浙环辐验 [2017]66号
23	DSA	II类	1	ALLura XperFD10	南白象院区心导管室：1号机房	使用	浙环辐 [2015]30号	浙环辐验 [2017]66号
24	CT	III类	1	Revolution apex	公园路院区12号楼：CT22号机房	使用	备案号： 202233030200000112	
25	CT	III类	1	uCT 710	公园路院区12号楼：CT21号机房	使用	备案号： 202233030200000120	
26	CT	III类	1	LightSpeed Pro16	公园路院区放射科：门诊一楼CT室一号机房	使用	浙环辐[2008]30号（以评代验）	
27	CT	III类	1	LightSpeed VCT	公园路院区放射科：门诊一楼CT室二号机房	使用	浙环辐[2008]30号（以评代验）	
28	CT	III类	1	UCT 530	公园路院区医疗保健中心：CT三号机房	使用	备案号： 202033030400000665	
29	CT	III类	1	Neu Viz Extra	公园路院区医疗保健中心：CT23号机房	使用	备案号： 202333030200000116	
30	PET-CT	III类	1	Gemini TF	南白象院区PET-CT：1号机房	使用	浙环辐 [2015]30号	2018年1月11日自主验收
31	PET-CT	III类	1	Umi Panorama 35S	南白象院区PET-CT：2号机房	使用	浙环辐 [2022]011号	2023年12月自主验收
32	CT	III类	1	UCT 530	南白象院区独立CT楼：CT14号机房	使用	备案号： 202233030400000054	
33	移动CT	III类	1	ScintCare CT16	南白象院区方舱CT	使用	备案号： 202033030400000593	
34	CT	III类	1	Revolution Apex	南白象院区放射影像中心：CT7号机房	使用	备案号： 202233030400000100	
35	CT	III类	1	Aquilion One TSX-301A	南白象院区放射影像中心：CT4号机房	使用	浙环辐 [2015]30号	浙环辐验 [2017]66号
36	CT	III类	1	Bright Speed Elite	南白象院区放射影像中心：CT6号机房	使用	浙环辐 [2015]30号	浙环辐验 [2017]66号
37	CT	III类	1	uCT 710	南白象院区放射影像中心：CT5号机房	使用	浙环辐 [2015]30号	浙环辐验 [2017]66号
38	CT	III类	1	NeuViz Prime	南白象院区放射影像中心：CT8号机房	使用	备案号： 202233030400000100	

39	SPECT-CT	Ⅲ类	1	Discovery NM/CT670	南白象院区核医学科：SPECT-CT 机房	使用	浙环辐[2015]30号	2018年1月11日自主验收
40	CT	Ⅲ类	1	Aquilion TSX-101A	南白象院区急诊：CT12号机房	使用	备案号：201833030400000030	
41	CT	Ⅲ类	1	LightSpeed VCT	南白象院区急诊：CT11号机房	使用	浙环辐[2015]30号	浙环辐验[2017]66号
42	CT	Ⅲ类	1	NeuViz Extra	南白象院区急诊：CT13号机房	使用	浙环辐[2015]30号	浙环辐验[2017]66号
43	CT	Ⅲ类	1	Philips CT Big Bore	南白象院区外周导管室	使用	备案号：202333030400000004	
44	CT	Ⅲ类	1	Discovery CT50HD	南白象院区医疗保健中心：CT10号机房	使用	浙环辐[2015]30号	2018年1月11日自主验收
45	CT	Ⅲ类	1	Brilliance CT	南白象院区医疗保健中心：CT9号机房	使用	备案号：202033030400000593	
46	移动X射线机	Ⅲ类	1	uDR 380i	公园路院区 54 病区	使用	备案号：202333030400000004	
47	移动X射线机	Ⅲ类	1	uDR 380i	公园路院区 631 病区	使用	备案号：202333030400000004	
48	移动X射线机	Ⅲ类	1	MUX-200D	公园路院区 ICU	使用	备案号：202033030400000665	
49	移动X射线机	Ⅲ类	1	MUX-100DJ	公园路院区 NICU	使用	浙环辐[2008]30号（以评代验）	
50	DR	Ⅲ类	1	新东方 1000FB	公园路院区急诊楼：DR21号机房	使用	备案号：202233030200000120	
51	移动式C臂机	Ⅲ类	1	uMC560i	公园路院区急诊手术室：1/2/3/4/6间	使用	备案号：202233030200000204	
52	移动式C臂机	Ⅲ类	1	BV Endura	公园路院区急诊手术室：1/2/3/4/6间	使用	备案号：202133030400000144	
53	移动式C臂机	Ⅲ类	1	BV Vectra	公园路院区急诊手术室：1间	使用	浙环辐[2008]30号（以评代验）	
54	DR	Ⅲ类	1	Digital Diagnost	公园路院区放射科：门诊三楼 DR2号机房	使用	浙环辐[2008]30号（以评代验）	
55	DR	Ⅲ类	1	DRX-Evlution Plus	公园路院区放射科：门诊三楼拍片室1	使用	浙环辐[2008]30号（以评代验）	
56	DR	Ⅲ类	1	Digital Diagnost	公园路院区医疗保健中心：胸片DR室	使用	浙环辐[2008]30号（以评代验）	
57	钼靶乳腺机	Ⅲ类	1	FDR MS-3500	公园路院区医疗保健中心：乳腺DR室	使用	备案号：202033030400000665	
58	X射线骨密度检测仪	Ⅲ类	1	Prodigy Advance	公园路院区医疗保健中心：双能X线检测机房	使用	备案号：202133030200000020	
59	移动DR	Ⅲ类	1	uDR 370i	南白象院区 EICU	使用	备案号：202033030400000665	
60	移动DR	Ⅲ类	1	MobiEye 700A	南白象院区 ICU	使用	备案号：202033030400000665	
61	移动DR	Ⅲ类	1	MobiEye 700A	南白象院区 NICU	使用	备案号：202033030400000665	

62	DR	Ⅲ类	1	Digital Diagnost	南白象院区放射影像中心：DR1号机房	使用	浙环辐[2015]30号	浙环辐验[2017]66号
63	DR	Ⅲ类	1	uDR 780i	南白象院区放射影像中心：DR3号机房	使用	备案号：202033030400000665	
64	骨密度仪	Ⅲ类	1	Prodigy Primo	南白象院区放射影像中心：DR6号机房	使用	浙环辐[2015]30号	浙环辐验[2017]66号
65	钼靶乳腺机	Ⅲ类	1	FDR MS-3500	南白象院区放射影像中心（DR5号机房）	使用	浙环辐[2015]30号	浙环辐验[2017]66号
66	DR	Ⅲ类	1	uDR 780i	南白象院区放射影像中心：DR2号机房	使用	备案号：202033030400000593	
67	数字胃肠机	Ⅲ类	1	Sonial Vision Safire Plus	南白象院区放射影像中心：DR4号机房	使用	浙环辐[2015]30号	浙环辐验[2017]66号
68	DR	Ⅲ类	1	Digital Diagnost	南白象院区急诊：DR11号机房	使用	浙环辐[2015]30号	浙环辐验[2017]66号
69	体外冲击波碎石机	Ⅲ类	1	Compact deltaII	南白象院区泌尿外科：门诊碎石室	使用	浙环辐[2015]30号	浙环辐验[2017]66号
70	ERCP	Ⅲ类	1	Ultimax-i DREX- UI80	南白象院区内镜中心：ERCP 机房	使用	备案号：201833030400000030	
71	移动式C臂机	Ⅲ类	1	BV Endura	南白象院区手术室：手术间B24/A501	使用	浙环辐[2015]30号	浙环辐验[2017]66号
72	移动式C臂机	Ⅲ类	1	BV Endura	南白象院区手术室：手术间C43/C46/C47	使用	备案号：201833030400000030	
73	移动式C臂机	Ⅲ类	1	BV Endura	南白象院区手术室：手术间B21	使用	浙环辐[2015]30号	浙环辐验[2017]66号
74	移动式C臂机	Ⅲ类	1	BV Endura	南白象院区手术室：手术间A04	使用	备案号：201833030400000030	
75	移动式C臂机	Ⅲ类	1	BV Endura	南白象院区手术室：手术间B25	使用	浙环辐[2015]30号	浙环辐验[2017]66号
76	移动式C臂机	Ⅲ类	1	uMC560i	南白象院区手术室：手术间A501	使用	备案号：202333030400000093	
77	动态DR	Ⅲ类	1	DT570E	南白象院区医疗保健中心：DR7号机房	使用	浙环辐[2015]30号	2018年1月11日自主验收
78	骨密度仪	Ⅲ类	1	Prodigy Advance	南白象院区医疗保健中心：DR9号机房	使用	浙环辐[2015]30号	2021年3月自主验收
79	钼靶乳腺机	Ⅲ类	1	FDR MS-1000	南白象院区医疗保健中心：DR8号机房	使用	浙环辐[2015]30号	2018年1月11日自主验收
80	回旋加速器	Ⅱ类	1	Qilin	南白象院区PET-CT：回旋加速器机房	使用	浙环辐[2015]30号	2018年1月11日自主验收
81	DSA	Ⅱ类	1	Innova2100-IQ	南白象院区心导管室：10号机房	使用	温环辐[2024]7号	2025年2月自主验收
82	DSA	Ⅱ类	1	Azurion 7 M12	南白象院区心导管室：9号机房	使用	温环辐[2024]7号	2025年2月自主验收
83	DSA	Ⅱ类	1	Azurion 7 B20	公园路院区外周导管室：介入导管室（4）	使用	温环辐[2024]7号	2025年2月自主验收

1.5.2 原有核技术利用项目污染物排放及达标情况

医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据医院提供的辐射工作场所的年度监测报告可知，医院各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求。医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。医院现有加速器均正常使用，未发生过异常情况致使加速器损坏产生废靶。

1.5.3 原有核技术利用项目运行和相关防护措施情况

医院已成立辐射安全防护领导小组，由 1 名组长、3 名副组长以及多名组员组成。各成员根据所处科室或岗位落实相应职责。医院三个院区共用一套辐射安全防护领导小组，医院现有辐射安全防护领导小组已明确规定各成员的职责，分工明确、职责分明，成员间具有监督管理机制。

现有辐射防护措施和管理制度汇总见表 1-7。

表 1-7 医院现有辐射防护措施和管理制度汇总一览表

名称	管理情况
辐射防护管理制度	已建立医院已制定《辐射事故预防措施及应急处理预案》《辐射防护和保卫制度》《监测方案》《人员培训方案》《设备维修维护制度》等规章制度。同时，各科室根据项目开展特点，制定了相应的操作规程及岗位职责，并落实执行。医院已有管理制度较健全，能够满足原有辐射防护管理需要，维持辐射安全与环境保护的日常运行。
辐射屏蔽防护措施	已按《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)等相关要求配置了工作场所防护用品及防护设施。
个人剂量监测	现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，个人剂量计定期委托温州市疾病预防控制中心检测，并建立了个人剂量档案。根据医院提供的 2024 年度四个季度个人剂量计检测报告可知，医院现有放疗科辐射工作人员的年有效剂量检测结果最大为 0.378mSv (张琛，详见附件 8)，满足工作人员剂量约束值低于 5mSv/a 的要求。
职业健康体检	医院现有辐射工作人员于 2024.6.23 进行了在岗期间的职业健康检查，检查结果表明现有辐射工作人员结论均为“可继续从事放射工作”。
辐射工作人员培训	医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。目前医院辐射工作人员均已参加了均参加了温州市卫生监督所组织的放射防护知识培训或国家核技术利用辐射安全与防护培训并培训合格。
辐射防护措施	医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警告标志、工作状态指示灯等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。
辐射工作场所年度监测	医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据医院提供的 2025 年度辐射工作场所监测报告，医院放射诊断设备满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中相关剂量率控制水平的要求；放疗机房满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中相关剂量率控制水平的要求。医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。放疗科各机房工作场所辐射防护检测报告详见附件 9。
辐射应急演练和年度评估	医院已制定有《辐射事故预防措施及应急处理预案》，放疗科于 2024 年 12 月开展了辐射事故应急演练，应急演练记录详见附件 10。经与医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。医院已自行编制《2024 年度辐射安全与防护状况评估报告》，对现有辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置及非密封放射性物质台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并上传至

1.5.4 与原有核技术利用项目依托情况

本项目依托现有辐射安全和防护领导小组作为辐射安全与环境保护管理机构, 依托《辐射事故预防措施及应急处理预案》《辐射防护和保卫制度》《监测方案》《人员培训方案》《设备维修维护制度》等辐射防护管理制度, 本项目辐射工作人员均由现有放疗中心辐射工作人员调配, 存在兼岗和操作其他射线装置情况。本项目依托放疗中心现有 1 台便携式 X- γ 射线巡测仪, 现有辐射工作人员均配备个人剂量计以及个人剂量报警仪。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	直线加速器	II类	1	待定	电子	X射线: 10MV 电子线: 22MeV	X射线1440Gy/h 电子线: 360Gy/h	肿瘤治疗	放疗中心 5 号直线 加速器机房	新购

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	不暂存	通过排风系统排放至楼外
废靶	固态	/	/	/	/	/	不暂存	废靶由厂家回收，最终交由具有放射性废物收贮资质的单位收贮。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(1989年12月26日第七届全国人民代表大会常务委 员会第十一次会议通过;2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委 员会第八次会议修订),中华人民共和国主席令第九号,2015年1月 1日施行修订版;</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2002年10月28日第九届全国人 民代表大会常务委 员会第三十次会议通过;2018年12月29日第二次修正),中 华人民共和国主席令第四十八号,自2018年12月29日起施行修正版;</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003年6月28日中华人民共 和国第十届全国人民代表大会常务委 员会第三次会议通过),中华人民共和国主 席令第六号,2003年10月1日施行;</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》(1998年11月29日中华人民共和国国 务院令第253号发布施行;2017年7月16日中华人民共和国国务院第682号 令 修订),自2017年10月1日起施行修订版;</p> <p>(5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,(2005年9月14日经中 华人民共和国国务院令第449号公布,2019年3月2日经中华人民共和国国 务院令第709号第二次修订),自2019年3月2日起施行修订版;</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006年1月18日国 家环境保护总局令第31号公布,2021年1月4日经生态环境部令第20号第 四 次修正),2021年1月4日施行修改版;</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011年4月18日 环境保护部令第18号),自2011年5月1日起施行;</p> <p>(8)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(中华人民共和 国生态环境部令第16号),自2021年1月1日起施行;</p> <p>(9)《关于发布〈射线装置分类〉的公告》(环境保护部 国家卫生和计划生 育委员会 公告2017年第66号),自2017年12月5日起施行;</p> <p>(10)《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》(中 华人民共和国生态环境部公告2019年第57号),2019年12月24日印发;</p> <p>(11)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(中华人民共和国生态环境部</p>
------------------	--

	<p>公告 2021 年第 9 号), 2021 年 3 月 15 日起实施;</p> <p>(12)《产业结构调整指导目录(2024 年本)》, 2023 年 12 月 1 日经国家发展改革委第 6 次委务会通过, 2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布, 自 2024 年 2 月 1 日起施行;</p> <p>(13)《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》(浙江省生态环境厅 浙江省卫生健康委员会, 浙环函[2019]248 号), 自 2019 年 7 月 18 日起施行;</p> <p>(14)《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》(国环规环评[2017]4 号), 自 2017 年 11 月 20 日起施行, 2017 年 11 月 22 日印发;</p> <p>(15)《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见(试行)》(环环评[2021]108 号), 自 2021 年 11 月 19 日起施行;</p> <p>(16)《医疗废物管理条例》(2003 年 6 月 16 日中华人民共和国国务院令 第 380 号公布, 根据 2011 年 1 月 8 日《国务院关于废止和修改部分行政法规的决定》修订);</p> <p>(17)《浙江省生态环境保护条例》, 自 2022 年 8 月 1 日起施行;</p> <p>(18)《浙江省建设项目环境保护管理办法》(2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布, 2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布第三次修正), 自 2021 年 2 月 10 日起施行修正版;</p> <p>(19)《浙江省辐射环境管理办法》(2011 年 12 月 18 日浙江省人民政府令第 289 号公布, 2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号修正), 自 2021 年 2 月 10 日起施行修正版;</p> <p>(20)《浙江省生态环境厅关于发布〈省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2024 年本)〉的通知》(浙环发〔2024〕67 号), 自 2025 年 2 月 2 日起施行;</p> <p>(21)《温州市生态环境局关于印发<温州市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》(温环发〔2024〕49 号), 2024 年 11 月 15 日起施行。</p>
技 术 标	<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》(GB18871-2002);</p>

准	<p>(3) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(6) 《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>(7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机》(GBZ/T201.2-2011);</p> <p>(8) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020);</p> <p>(9) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021);</p> <p>(10) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 温州医科大学附属第一医院提供的其他资料;</p> <p>(3) 辐射安全许可证, 证书编号“浙环辐证[C0014]”。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《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）评价范围的相关规定，本项目取 5 号直线加速器机房实体屏蔽物边界外 50m 为评价范围，评价范围示意图详见附图 2。

7.2 保护目标

根据附图 2 可知，本项目 5 号直线加速器机房实体屏蔽物边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑物、道路、绿化，不涉及温州市生态保护红线。

本项目环境保护目标为评价范围内本项目辐射工作人员和其他公众。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

环境保护目标	方位	距离本项目实体边界最近距离 (m)		规模	人员类别及剂量约束值	
		水平	垂直			
5 号直线加速器机房	控制室	北侧	紧邻	0	6 人	职业 5mSv/a
	3 号直线加速器机房	东侧	紧邻	/	约 6 人次/d	职业 5mSv/a
	水冷机房、辅助机房	北侧	紧邻	0	一般无人员停留	/
	候诊走廊	北侧	紧邻	0	流动人员	公众 0.1mSv/a
	医院内室外绿化	上方	紧邻	/	流动人员	公众 0.1mSv/a
	1 号住院楼	北侧	45m	/	约 100 人次/d	公众 0.1mSv/a
	50m 范围内其他公众	/	0~50	/	约 500 人次/d	公众 0.1mSv/a

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值和剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：

1) 职业照射

4.3.2.1 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。

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

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。

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) 年有效剂量，1mSv；

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）：

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。

综上所述，本项目的辐射工作人员职业照射的剂量约束值取 5mSv/a，公众照射的剂量约束值取 0.1mSv/a。

7.3.2 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）

5 选址、布局与分区要求

5.1 选址与布局

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

5.2 分区原则

5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。

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

6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明；

b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；

c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常

情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。

6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施：

a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束 /出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施；

b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

c) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

f) 安全联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。

8 放射性废物管理要求

8.1 总体要求

医疗机构应尽量减少放射性废物的产生；对产生的放射性废物按核素的种类、活度、半衰期、理化性质等分类收集处理。

8.2 固体废物管理要求

8.2.2 其他固体废物管理要求

8.2.2.1 质子/重离子加速器、直线加速器等治疗装置在调试及运行过程中，如活化后的回旋加速器、准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进屏蔽容器或固体废物暂存间衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。

8.4 气态废物管理要求

8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于4次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

9 辐射监测要求

9.1 监测管理

9.1.1 开展放射治疗活动的医疗机构应制定辐射监测计划，并按照计划落实监测

工作。不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。

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

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

9.2 放射治疗工作场所监测

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

9.2.2 应对放射治疗工作场所机房四周屏蔽墙外 30 cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注处点开展 X- γ 辐射周围剂量当量率监测；中子源治疗装置、质子/重离子加速器治疗装置、大于 10 MV 的 X 射线放射治疗设备还应对前述位置开展中子剂量当量率监测。

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

9.3 环境监测

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

9.4 个人剂量监测

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

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

温州医科大学附属第一医院位于浙江省温州市瓯海区南白象，医院东侧为学府北路；南侧、西侧为河流（丁岱河），南侧隔河为医院二期工程，西侧隔河为沿河绿化及桥头河路；北侧为帆海西路。地理位置见附图 1。本项目 5 号直线加速器机房位于医院放疗中心（地下共一层，无地上建筑）西南角，放疗中心平面布局图见附图 4。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- (1) 环境现状评价对象：拟建辐射项目区域及周边环境
- (2) 监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率。
- (3) 监测点位：

由于本项目机房为已建设预留机房，在机房和相邻关注区域对应位置布设监测点，所布点位能反映本项目评价范围内相关场所的辐射环境现状水平。根据项目的平面布局和周围环境情况，监测布点位见图 8-1、8-2。

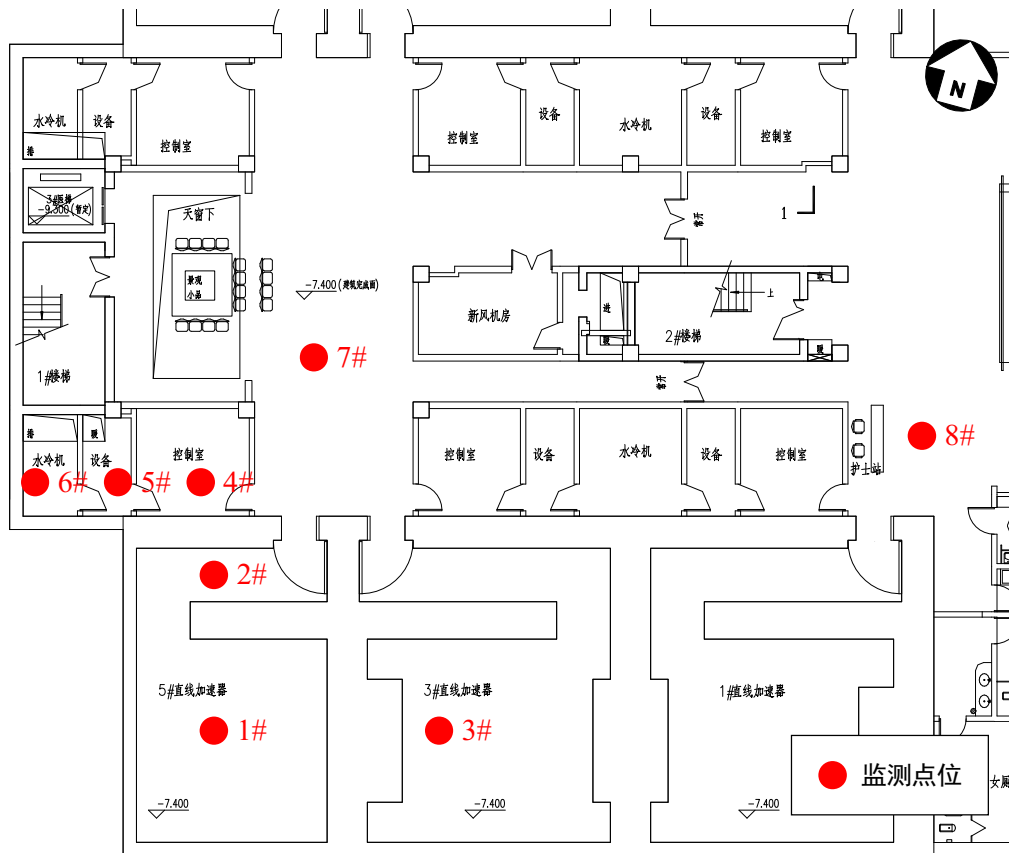


图 8-1 直线加速器机房周边监测点位图



图 8-2 放疗中心周边监测点位图

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

(1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司

(2) 监测日期：2025 年 9 月 15 日

(3) 监测方式：现场检测

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

(5) 监测频次：依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)确定为1次测量。

(6) 监测工况：辐射环境本底，放疗科其余设备正常运行（3#点监测时该机房内加速器未运行）

(7) 监测环境条件：温度 31℃，相对湿度 64%，晴。

(8) 监测设备

表 8-1 监测设备参数表

仪器型号	FH 40G-L10+FHZ 672E-10
仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
生产厂家	Thermo SCIENTIFIC
仪器编号	05035404
能量范围	40KeV~4.4MeV
量程	主机：10nSv/h~100mSv/h；探头：1nSv/h~100 μ Sv/h
校准单位	上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心
校准证书	2025H21-10-5778968002
校准日期	2025 年 03 月 13 日

8.3.2 质量保证措施

①本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性；

②采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

③监测仪器每年定期经计量部门检定或校准，符合要求后方可使用。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目直线加速器机房区域及四周 γ 剂量率监测结果

监测点编号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)	备注
-------	-------	-----------------	----

1#	本项目 5 号直线加速器机房	104±2	室内
2#	5 号直线加速器机房迷路	110±3	室内
3#	东侧 3 号直线加速器机房	96±2	室内
4#	北侧 5 号机房控制室	104±2	室内
5#	北侧 5 号机房设备机房	100±2	室外
6#	北侧 5 号机房水冷机房	107±2	室内
7#	北侧候诊走廊	104±1	室内
8#	放疗科护士站	102±2	室内
9#	本项目 5 号直线加速器机房上方室外绿化	96±3	室外
10#	放疗科上方绿化东侧室外道路	92±3	室外
11#	放疗科上方绿化南侧室外道路	100±1	室外
12#	放疗科上方绿化西侧室外道路	118±3	室外
13#	1 号住院楼南侧出入口	100±1	室外
注：1.测量时探头距离地面约 1m；2.每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；3.环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k_1 ×仪器检验源效率因子 k_2 ÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3 ×测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 1.14，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy, k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 12nGy/h。			

8.4 环境现状评价

由表 8-2 监测结果可知，本项目各监测点位室内 γ 辐射剂量率范围为 96nGy/h~107nGy/h，即 $9.6\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 10.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ；室外 γ 辐射剂量率范围为 92nGy/h~118nGy/h，即 $9.2\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 11.8\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 。

根据《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》温州市建筑物室内的 γ 辐射剂量率在 $7.3\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 19.8\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间，道路的 γ 辐射剂量率在 $3.6\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 15.4\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间。可见，本项目拟建场所各监测点位 γ 辐射剂量率处于温州市天然辐射本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 施工期工程分析

本项目 5 号直线加速器机房位于放疗中心西南角，为已建设预留机房。本次启用拟将迷路外墙西段墙体厚度由 1200mm 加厚至 1400mm，增加段墙体长度为 2.5m，高度至顶棚，在墙外控制室侧扩建；此外拟对及机房进行装修，进行内部装修，并设置防护门；本次改建不对机房的布局、机房大小、迷路、其余四周墙体及顶部的屏蔽防护设计做改动。加速器机房控制室、辅助机房和水冷机房均为已设置预留的配套用房。施工内容主要为迷路外墙部分加厚、机房的装修装饰和设备安装等内容。

本项目加速器机房墙体改建拟采购预拌商砼进行浇筑，水泥、集料、水及外加剂等组分在搅拌站集中计量、拌制后，通过运输车运至医院直接使用，不会产生大量扬尘；机房内部装修拟使用成品免漆木饰板等材料进行装饰，不涉及油漆的使用。因此本项目施工期主要的污染因子为：扬尘、施工人员生活污水、噪声及固体废物，屏蔽材料施工过程不会产生辐射影响。直线加速器在安装调试时，会产生 X 射线、臭氧和氮氧化物。安装调试阶段是在辐射防护施工完成后进行，在此过程中各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近。因安装调试时间短，各污染物产生量很少，且调试结束关机后，X 射线将立即消除，因此，本项目设备安装调试造成的环境辐射影响很小。本项目射线装置安装及调试由设备供货方专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。

9.1.2 运营期工程分析

(1) 电子直线加速器技术参数

根据医院配置计划，拟购 1 台 10MV 直线加速器的主要技术参数如表 9-1 所示。

表 9-1 本项目加速器的技术参数

设备名称	X 射线最大能量	X 射线最高输出率	电子线最大能量	源轴距 (SAD)	等中心距地面高度	线束张角	最大照射野	射线泄漏率
电子直线加速器	10MV：等中心处的 X 射线最大剂量率为 $1.44 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$		22MeV	1.0m	1295m	28°	40×40cm	≤0.1%

注：直线加速器上集成一台 kV 级 CT，最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA。

(2) 设备组成及工作原理

医用直线加速器通常是以磁控管为微波功率的驻波或行波直线加速器，其结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温

水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，高速射到金属钨靶，产生大量高能 X 射线，经一级准直器和均整器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后达到患者病灶实现治疗目的。典型医用直线加速器外部、内部结构示意图见图 9-1 和图 9-2。

直线加速器根据被加速的高能电子轰击重金属靶而产生高能 X 射线的原理，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射治疗；同时也能直接利用初始电子束进行治疗。

电子线束治疗工作原理：电子从发射源射出，进入真空加速管加速，经磁偏转装置转向（一般为 90° 或 270° ），电子扩散箔使电子均匀射出，形成电子线束。经散射箔扩大射束直径，再通过光阑提高电子野的均整性，最后由输出窗射出达到患者病灶实现治疗的目的，即初始电子束直接引出并经散射、均整后用于患者的治疗。

X 射线束治疗工作原理：电子从发射源射出，进入真空加速管加速，经磁偏转装置转向射向高原子序数的金属靶，电子同金属靶的原子核相撞，速度骤减并损失部分能量转换为 X 射线，经平板滤片过滤不必要的射线，剩余有用线束经二次准直后射出。X 射线和电子束治疗模式结构示意图见图 9-3。

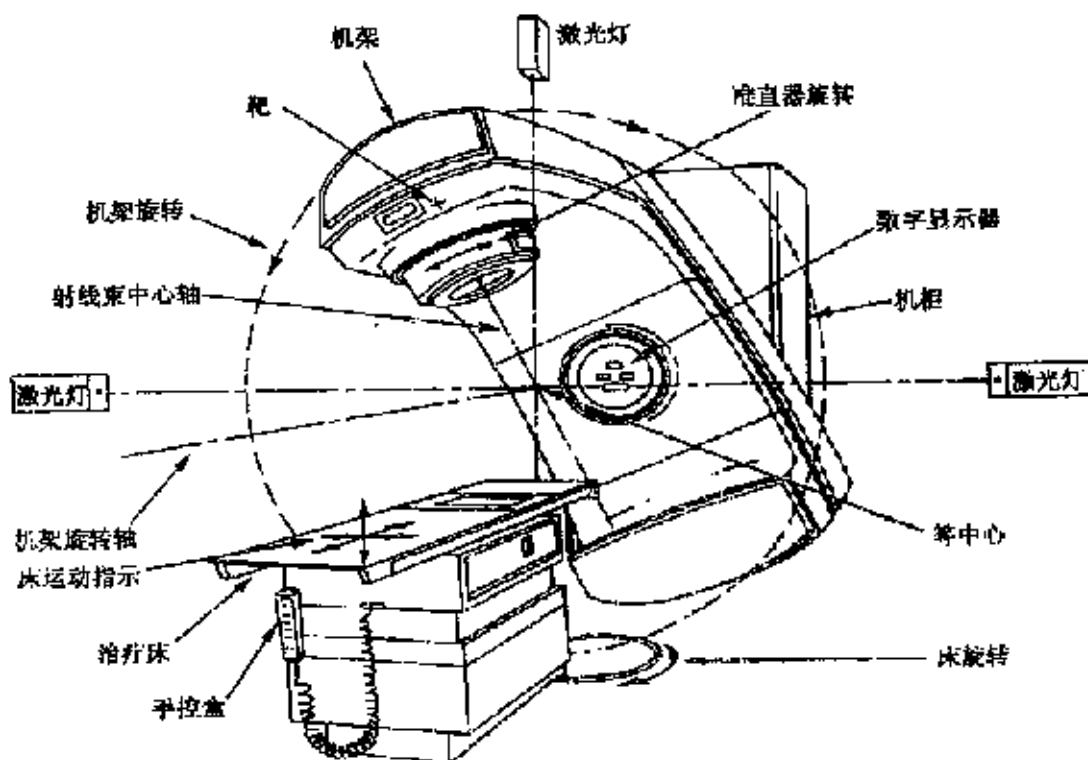


图 9-1 典型医用直线加速器外部结构示意图

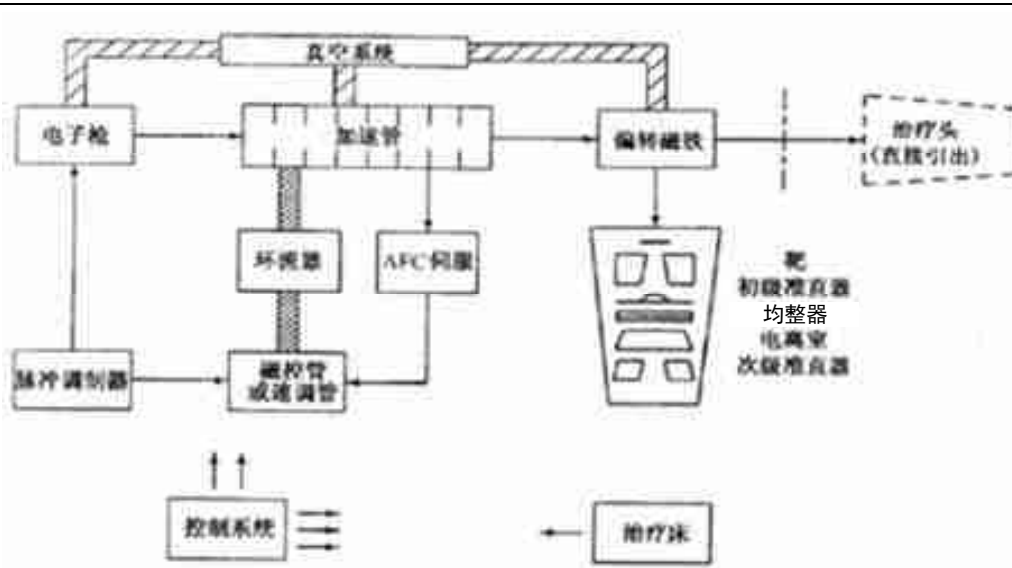


图 9-2 典型医用直线加速器内部结构示意图

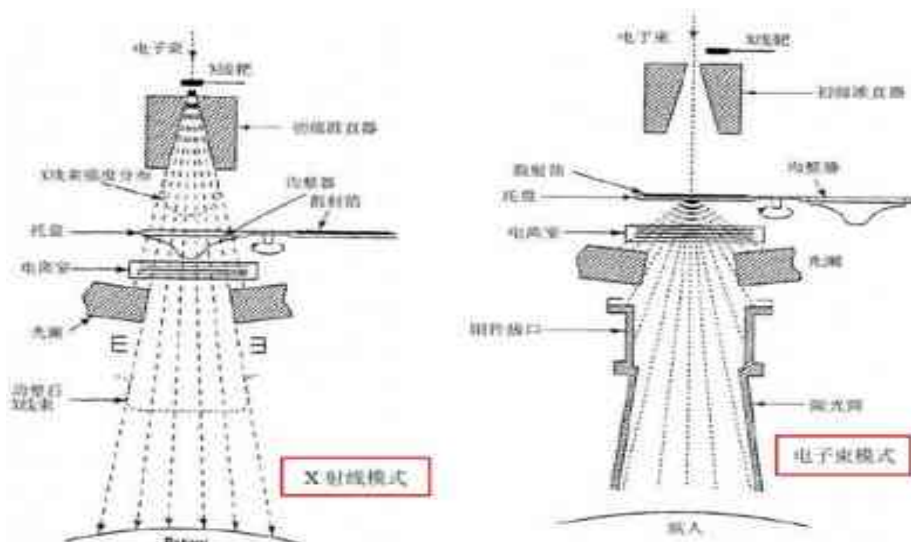


图 9-3 X 射线和电子束治疗模式结构示意图

本项目配备的加速器具备有 kV 级 CT 影像引导设备，使用 X 射线进行信息采集的计算机体层成像技术；球管产生 kV 级 X 射线，X 射线穿过物体和人体投影到影像板成像。

治疗计划选择 CT 图像验证时，病人在加速器治疗室开始治疗前，先完成病人肿瘤位置的验证，控制系统使 CT 高压发生器产生高压，球管产生 X 射线，控制系统将使用 CT 功能扫描病人，信号经过处理和图像完成重建后，对治疗计划中肿瘤位置图像进行优化和确认，完成图像引导，随后根据控制系统指令，加速器的电子枪产生电子，经加速管加速电子到相应能量打靶形成治疗所需的加速器 X 射线，根据物理师的治疗计划完成肿瘤的照射。CT 影像引导和加速器出束治疗不会同时进行。通常是交替开机。

(3) 工作方式

医用直线加速器的工作方式为工作人员将患者按照治疗计划要求，固定在治疗床上后，通过 kV 级 CT 调整病人位置，在加速器控制面板中输入治疗参数，使用 X 射线对患者进行治疗，治疗过程中，工作人员位于控制室内，并通过监视器，观察患者情况。

(4) 工艺流程与产污环节

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。工艺流程及产污环节如下图所示。

操作流程为：

- ①根据医生指导意见，需要接受治疗的患者提前预约登记，以确定治疗时间；
- ②预约患者首先在现有模拟定位 CT（依托已有设备，不属于本项目内容）上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状；
- ③物理师通过医生给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划；
- ④肿瘤患者在技师协助下躺上治疗床，进行摆位，根据 TPS 确定照射位置和面积；
- ⑤kV 级 CT 采集图像进行位置验证；
- ⑥根据放疗计划，实施照射；
- ⑦照射结束后，患者离开机房。

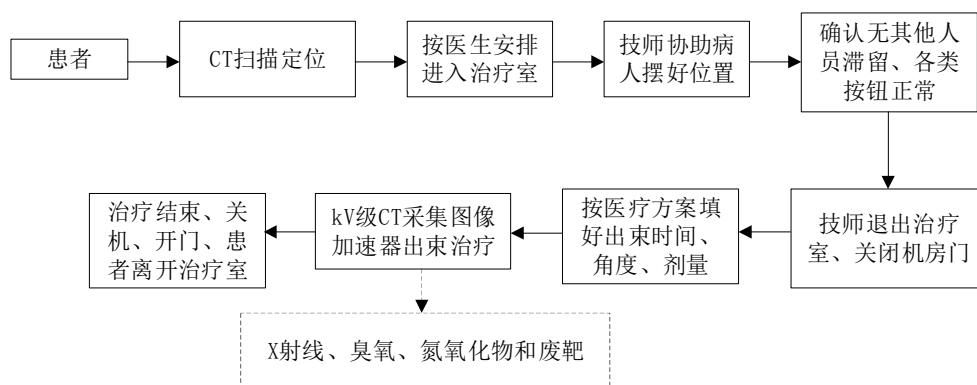


图 9-4 加速器放疗流程及产污环节示意图

正常工况时，直线加速器治疗污染源项主要为开机状态下产生的 X 射线，同时会产生少量臭氧及氮氧化物。另外，加速器靶件在检修更换或退役时会产生废靶。

(5) 冷却系统情况

直线加速器的冷却系统主要是通过风冷形式（利用新增的 1 套精密空调），另外加速器设备自带一套水冷内循环，也能起到一定冷却作用。冷却水定期添加去离子蒸馏水，

不外排。

(6) 人员路径

就诊患者从放疗中心北侧电梯进入，在入口厅处候诊，根据叫号进入指定加速器机房进行治疗，治疗结束后原路返回。工作人员从放疗中心北侧电梯进入，进入 5 号加速器机房控制室。

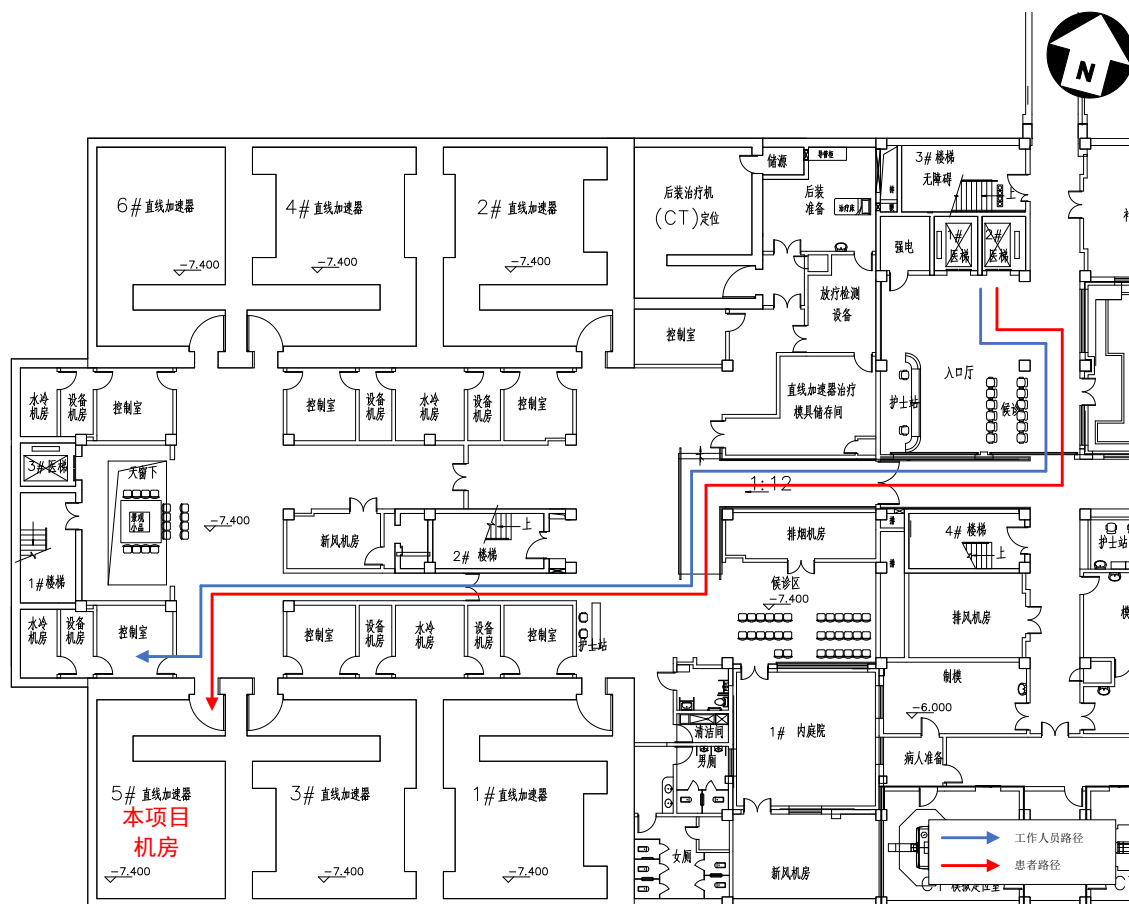


图 9-5 人员路径示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况污染源项描述

(1) X 射线

直线加速器运行时，从电子枪发出来的电子束，在直线加速管内经加速电压加速，轰击到靶上，产生 X 射线用于治疗。另外，集成配套的 kV 级 CT 产生 X 射线用于成像。本项目直线加速器 X 射线最大能量为 10MV。由于 X 射线贯穿能力强，将对周围环境造成一定的辐射污染，包含以下几种 X 射线辐射：

①有用线束

当直线加速器光阑完全打开时，从辐射头靶射出的 X 射线为一个出束角度 28° 的锥

形线束，其能量为 10MV。有用线束是唯一用于治疗目的的射线。

② 泄漏辐射

由靶向外从各个方向穿过辐射头泄漏出来的射线称为漏射线。漏射线遍布机架各处，因此泄漏线辐射源到任一点的距离会因机架角度不同而变化。

③ 散射辐射

当有用线束射入治疗床上的人体时，会产生散布于各个方面上的次级散射辐射，这种射线的能量和剂量率比有用线束低得多，剂量率大小决定于被照区域，初级射线能量和散射角度。

(2) 废靶

加速器正常运行时，无废靶产生。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，会有废靶产生。废靶由厂家回收，最终交由具有放射性废物收贮资质的单位收贮。

(3) 臭氧和氮氧化物

加速器在运行过程中，X 射线作用于空气以及次级辐射等因素，会产生少量臭氧及氮氧化物。

综上所述，本项目医用电子直线加速器在运行期间会产生 X 射线、少量臭氧和氮氧化物以及在检修更换或退役时产生的废靶。

9.2.2 非正常工况污染源项描述

(1) 安全联锁装置发生故障情况下，人员误入正在运行的机房而造成误照射。

(2) 工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房，设备运行，会对工作人员或病人家属产生不必要的照射。

(3) 工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，发生事故性出束，对工作人员造成辐射伤害。

(4) 控制系统出现故障，照射治疗不能停止，病人受到计划外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所平面布局

本项目拟在放疗中心预留的 5 号直线加速器机房内新增 1 台直线加速器（型号待定），加速器机房控制室、设备机房和水冷机房均为已建设的配套用房。

本项目辐射工作场所位置及四周布局见表 10-1。

表 10-1 5 号直线加速器机房周边场所布局一览表

所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
放疗中心	5 号直线加速器机房	东	3 号直线加速器机房
		南	土层
		西	土层
		北	加速器机房控制室、设备机房、水冷机房和候诊走廊
		上	医院内室外绿化
		下	土层

项目加速器机房（治疗室）与控制室、水冷机房和辅助机房分开设置，控制室位于加速器机房北侧。加速器机房由治疗室、迷路和防护门组成，且有用线束不向迷路和控制室照射。机房选址不在居民、写字楼和商住两用楼内，选址避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。加速器机房布局符合《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；直接与治疗机房相连的宽束治疗装置的控制室和其他居留因子较大的用室，应尽可能避开有用束可直接照射到的区域”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。

本项目直线加速器机房的治疗室与控制室均分开设置，加速器机房治疗室面积为 71.0m²（含迷路），本项目机房面积能够满足临床使用需求。机房治疗室入口设置了 L 型迷路，放射治疗场所布局满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“治疗设备控制室应与治疗机房分开设置”、“放射治疗机房应有足够的有效使用空间”的要求。

10.1.2 辐射工作场所分区管理

（1）分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置设立表明监督区的标牌或标识。

(2) 本项目分区管理情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)等相关标准对控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护情况和便于管理的考虑，将本项目5号加速器机房内部区域划为控制区，将本项目拟启用的5号加速器机房控制室、设备机房、水冷机房以及防护门外候诊走廊等区域划为监督区。本项目辐射工作场所分区情况表10-2，分区详见图10-1。

表 10-2 本项目“两区”划分表

场所名称	控制区	监督区
5号加速器机房	机房内部 (包括迷道)	控制室、设备机房、水冷机房以及防护门外候诊走廊区域

注：5号加速器机房东侧紧邻的3号机房为现有划定的控制区；其北侧配套的用房区域为现有划定的监督区。

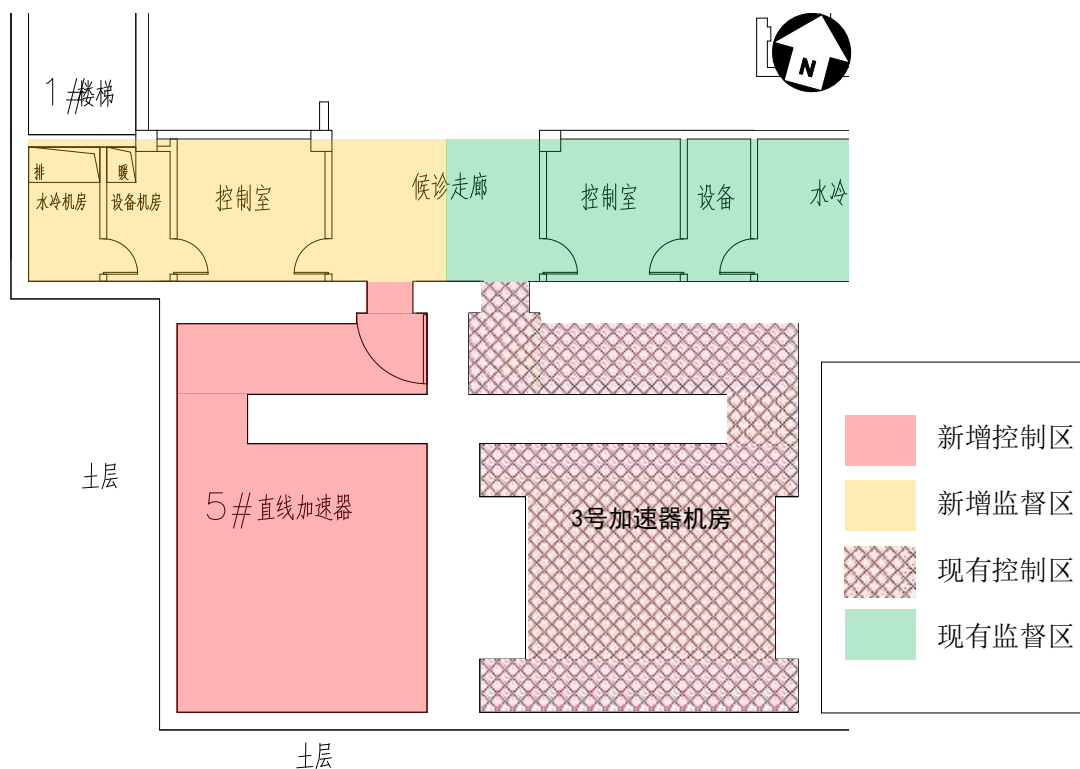


图 10-1 本项目控制区和监督区划分图

控制区通过实体屏蔽措施、电离辐射警告标志等进行控制管理，在直线加速器使用时，除放射治疗的患者外，禁止其他人员进入；监督区通过设置标明监督区的标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常应立即进行整改，整改完成后方可继续使用直线加速器。

10.1.3 机房墙体屏蔽设计

本项目 5 号直线加速器机房位于放疗中心西南角，为已建设预留机房。本次启用拟将迷路外墙西段墙体厚度由 1200mm 加厚至 1400mm，增加段墙体长度为 2.5m，高度至顶棚，在墙外控制室侧扩建；此外拟对及机房进行装修，进行内部装修，并设置防护门；本次改建不对机房的布局、机房大小、迷路、其余四周墙体及顶部的屏蔽防护设计做改动。机房屏蔽设计参数详见表 10-3。

表 10-3 本项目机房设计建设情况一览表

机房名称	部位		设计参数		
			尺寸		
5 号直线加速器机房	机房几何尺寸		机房东西宽 7100mm，南北长 7600mm（不含迷路），迷路内入口宽 2000mm，迷路外入口（门洞）宽 1300mm，迷路长 7100mm，迷路宽度 2000mm，加速器机房治疗室面积为 54.0m ² （不含迷道），顶高 4000mm。		
	屏蔽墙		厚度	宽度	高度
	东墙	主屏蔽墙	2800mm 混凝土	4600mm	4000mm
		副屏蔽墙	1500mm 混凝土	/	
	北墙	迷路内墙	1400mm 混凝土	/	
		迷路外墙	1200mm 混凝土 （迷路内入口段在墙外控制室内增加至 1400mm 混凝土）	/	
	南墙		500mm 混凝土	/	
	西墙		500mm 混凝土	/	
	顶盖	主屏蔽墙	2800mm 混凝土	4600mm	
		副屏蔽墙	1500mm 混凝土	/	
机房防护门		20mm 铅板		/	
注：混凝土密度不小于 2.35g/cm ³ ；铅板密度不小于 11.34g/cm ³ ；机房西、南两侧防护墙外为地下土层。					

10.1.4 辐射安全与防护措施

(1) 设备固有安全性

本项目直线加速器拟购于正规厂家，采用目前较先进的技术，设备各项安全措施齐备，本身具备多种安全防护措施。

①控制台上的显示装置可显示辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方

式等参数，操作人员可以随时了解设备运行情况。

②病人剂量监测与治疗控制安全联锁。为保证病人治疗剂量准确，不致出现超剂量照射，系统设置了治疗剂量联锁、治疗时间联锁和治疗中旋转机架角度联锁。当治疗剂量、时间及治疗机头旋转角度其中之一到达设定值时，联锁装置会自动停止照射。

③运动使能开关。为防止工作人员误操作造成事故，在手控盒两侧设置了运动使能开关，只有当左右两侧的开关同时按下时才有可能对机器运动部件进行启动和控制。

④红色紧急开关。当发现异常后，按下操作盒上此开关，机器将自动切断加速器主电源。

⑤剂量测试系统。在控制系统主菜单中有“剂量系统测试”部分，可以随时了解病人剂量情况。

⑥密码设置。设置有密码，操作密码只有相关的专业技术人员或授权人员掌握，只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改等。

⑦系统操作联锁。加速器设置了硬件联锁，在非正常操作或在异常情况下，可以停止机器运行或切断电源，以备特殊情况下应急之用。系统操作联锁情况见下表 10-4。

表 10-4 加速器硬件联锁一览表

名称	装置部位	功能	备注
紧急开关	主机架、治疗床及控制台	紧急切断系统控制电源	意外情况下可以切断控制电源
碰撞保护环	附件盘、影子盘	发生碰撞时停止机械部件运动	发生碰撞时自动停止机器运动和出束
运动部件二级限位开关	旋转机架、治疗床升降、辐射头旋转	二级限位开关，切断动力电源	异常情况切断动力电源

(2) 加速器机房辐射防护设施设计

①固定式剂量报警装置：加速器机房内迷道内入口处设置固定式剂量报警装置，仪表指示装在控制室内。对监测点进行实时剂量率监测和报警。仪器有声光报警，以警示现场工作人员，确保工作人员安全。

②视频监视系统、对讲系统：加速器机房的控制室和治疗室之间安装有监视器 7 个（东墙 1 个、南墙 1 个、西墙 1 个、北墙 1 个、迷道内 2 个、设备治疗床 1 个）、双向对讲装置 1 套（设备集成），控制室内能通过视频监视治疗室内患者的治疗情况，并通过对讲系统与室内人员联系，以便于医师在控制室观察患者在治疗室的状况、及时处理意外情况。视频监控数量和位置能实时、全方位观察治疗室及迷道内状况，可以保障治疗室内及迷道不留视频监控死角，因此视频监控布局数量及位置可行。

③急停按钮：直线加速器机房的治疗室和控制室设置 7 个急停开关（控制台 1 个、东墙 1 个、南墙 1 个、西墙 1 个、北墙 1 个、迷道内 2 个），急停开关为红色按钮式开关，高度约 1.2m，易于辨认，人员可以在事故情况下按下急停开关，按下后不能自动复位，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动。急停开关设置满足应急需求，布置位置和数量合理可行。

④设置门灯连锁、门机连锁，机房门关闭后，装置才能启动，防护门上方设有工作状态指示灯，能显示加速器工作状态，装置启动时工作状态指示灯亮起。防护门为电动平开门，防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙漏泄辐射，防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。防护门设红外线探测防挤压装置，防止人员被夹伤。另外防护门设紧急开门装置，紧急状况下，能从机房内开门。

⑤加速器机房入口处设置紧急开关门装置、电离辐射警告标志和中文警示说明。直线加速器机房内安全防护设施分布如图 10-2 所示。

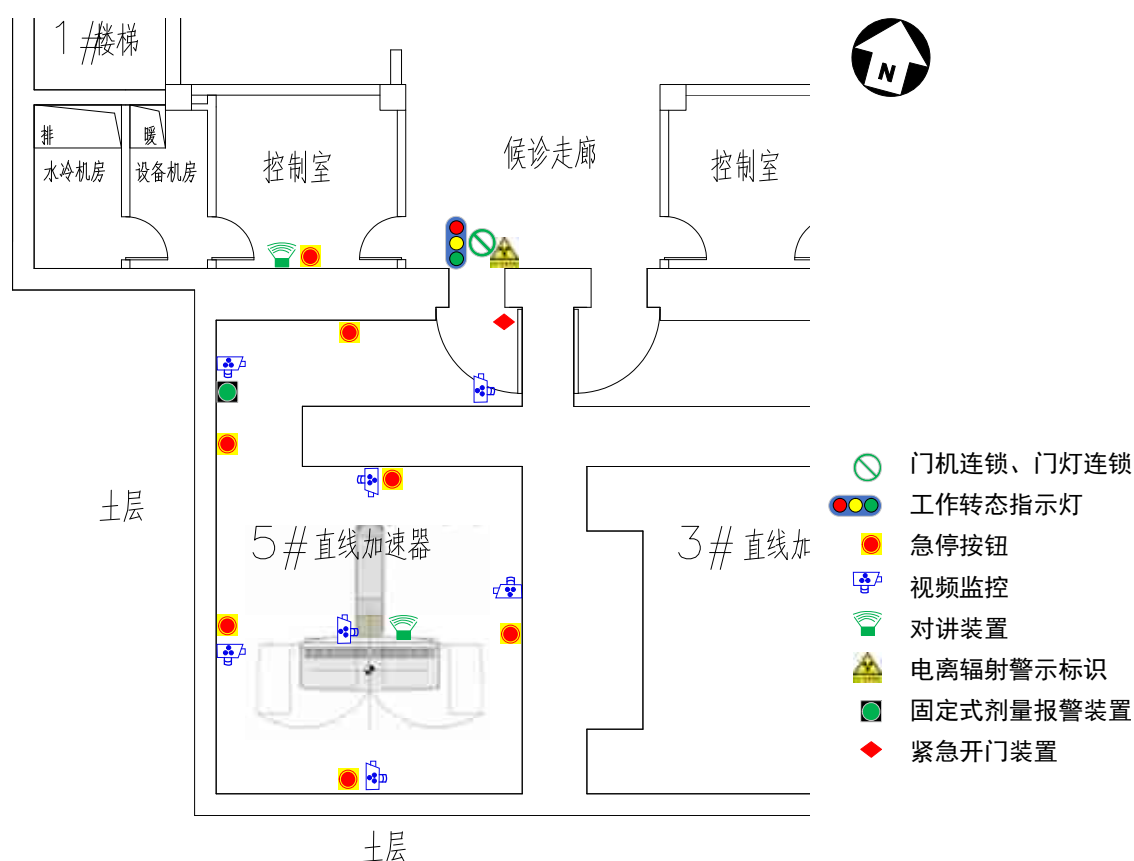


图 10-2 加速器机房紧急开关、监视系统等安全设施分布示意图

(3) 其他防护措施

①每个辐射工作人员均配备 1 枚 TLD 个人剂量计；本项目直线加速器工作人员共需配备 2 台个人剂量报警仪和 6 枚 TLD 个人剂量计；

- ②依托原有 1 台便携式 X-γ 剂量率监测仪；
- ③控制室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责、辐射事故应急预案等；
- ④放射治疗工作场所入口设置电离辐射警告标志，受检者出入口门外设置黄色警戒线、电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

(4) 加速器机房通风、电缆管线设置

①通风

直线加速器运行过程中，治疗室空气中会产生一定的臭氧和氮氧化物。据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 要求，治疗室的通风换气次数应不小于 4 次/小时。本项目加速器治疗室拟安装有效通风量不小于 1800m³/h 的风机进行通风，全排全送通风换气次数不小于 6 次/h。为避免影响屏蔽效果，新风、排风管线由防护门上方接入机房，风管以“Z”型穿墙，穿墙处预埋管道管壁四周包裹 2mm 铅板作为屏蔽补偿，新风口设置在机房北侧天花板上；排风口设置在机房东南角墙角处，风管底部(排风口)离地 30cm，送风口与排风口呈“上进下出，对角设置”设置，排风管再沿墙体内壁，向上接近顶板处，从机房北侧水冷机房处抽排至上方室外绿化灌木丛中，排风口未设置在有门、窗或人口流动较大的过道等位置，风管走向示意图见图 10-3，穿墙方式见图 10-4。

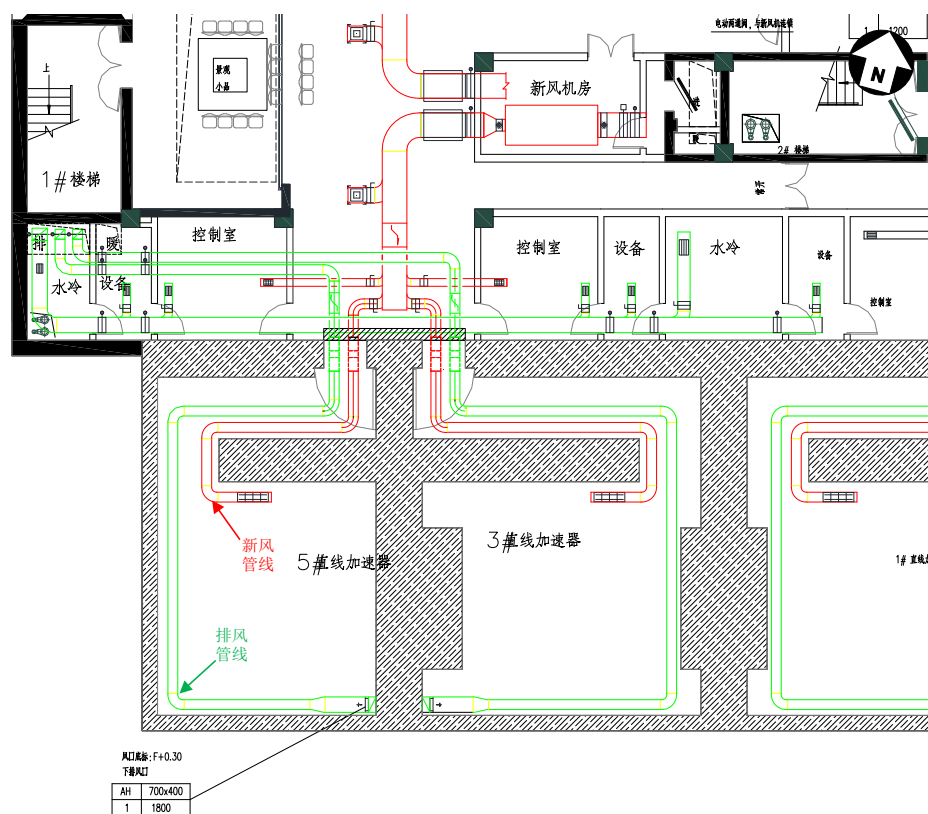


图 10-3 加速器机房管线走向示意图

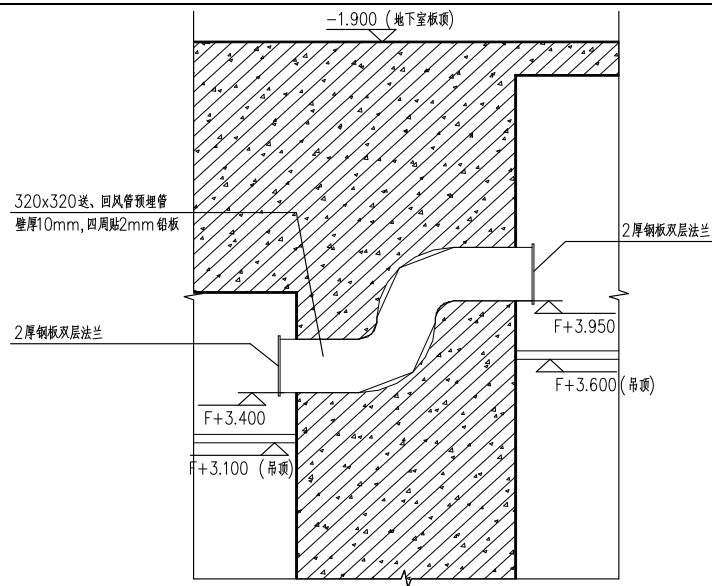


图 10-4 加速器机房风管穿墙示意图

②电缆及水管敷设

加速器治疗室与控制室操作台之间的各种电缆管线，室内部分以地沟形式在地坪以下铺设，电缆沟盖板采用 3mm 厚不锈钢盖板覆盖，电缆管线以“U”字型穿过迷路外墙，通过多次折返的电缆沟设计和下沉地面穿越屏蔽墙的设计，增加了射线的散射次数和衰减，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。电缆管线管道穿墙方式见图 10-5。其他所有电、水、气管、物理测试管线敷设走向必须符合辐射屏蔽防护要求，并在非主束照射部位采用斜 45°形式穿越墙体或顶盖，如在防护墙体部位设置开关箱等嵌入式电气设备，要在箱体后背衬填相应厚度的铅板。

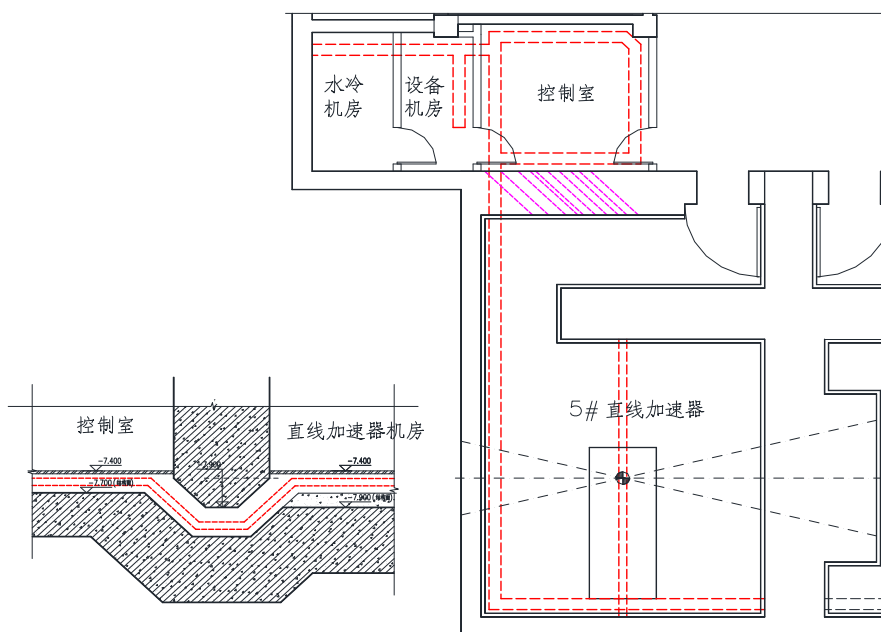


图 10-5 加速器机房电缆走向及穿墙示意图

(5) 直线加速器机房辐射安全与防护措施符合性分析

对照《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021), 本项目机房设置符合性分析如表 10-5 所示。

表 10-5 直线加速器机房设置符合性分析表

《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ 1198-2021) 中相关防护要求	项目设计情况	符合性
放射治疗场所宜单独选址、集中建设, 或设置在多层建筑物的底层的一端, 尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域, 或人员流动性大的商业活动区域。	本项目直线加速器机房选址于放疗中心负一层, 位于建筑物的底层, 选址避开了儿科病房、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。	符合
放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下, 控制区包括治疗室(含迷路)等场所。与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施, 但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区(如加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等)。	项目采取分区管理, 将直线加速器机房内部(包括迷道)划定为控制区, 将控制室、辅助机房、水冷机房以及与机房相邻区域划定为监督区。	符合
放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算, 同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。	加速器机房有用线束照射的防护墙(包括顶棚)按初级辐射防护要求进行设计, 其余按照次级辐射防护要求进行设计。通过预测分析, 治疗机房有用线束照射方向的防护设计满足主射线束的防护要求, 其余方向的防护设计满足泄漏辐射及散射辐射的防护要求。	符合
放射治疗室内应设置强制排风系统, 采取全排全送的通风方式, 换气次数不少于 4 次/h, 排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。	本项目加速器机房设计安装动力通排风系统。机房内设置进风口、排风口, 全排全送排风量为 1800m ³ /h, 通风换气次数不小于 6 次/小时。废气经排风系统引至放疗中心楼顶排放, 排气口不朝向门、窗或人流量较大的过道等位置。	符合
放射治疗室应设置室内紧急开门装置, 防护门应设置防夹伤功能; 放射治疗室应设置门-机联锁装置, 防护门未完全关闭时不能出束照射, 出束状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。	本项目设置门机安全联锁、门机联锁, 机房门关闭后, 装置才能启动, 防护门上方设有工作状态指示灯, 能显示加速器工作状态, 装置启动时工作状态指示灯亮起。防护门为电动平开门, 防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙漏泄辐射, 防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。防护门设红外防挤压装置, 防止人员被夹伤。另外防护门设紧急开门装置, 紧急状况下, 能从机房内开门。	符合
放射治疗工作场所, 应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等。	本项目加速器机房防护门上设计安装工作状态指示灯和电离辐射警告标志。其中, 工作状态指示灯与加速器联锁, 显示加速器工作状态。	符合
应在放射治疗设备的治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁内设置急停按钮。控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷路区域情况的视频装置, 并设置双向	本项目直线加速器机房的治疗室和控制室设置 7 个急停开关, 加速器机房的治疗室和控制室之间安装有监视器 7 个、双向对讲装置 1 套, 控制室内能通过视频监控治疗室内患者的治疗情况, 并通过对讲系统与室内人员联系, 以便于	符合

交流对讲系统。	医师在控制室观察患者在治疗室的状况、及时处理意外情况。	
医用电子加速器治疗室（一般在迷路的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。	本项目加速器机房内迷道内入口处设置固定式剂量报警装置，仪表指示装在控制室内。	符合

由表可知，直线加速器机房工作场所选址、屏蔽防护设计及安全设施均满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）标准要求。

10.2 三废的治理

10.2.1 废气

本项目直线加速器机房设有强制排风系统（废气走向图见图 10-3），新风、排风管由防护门上方接入机房，风管拟以“Z”型穿墙，穿墙处包裹 2mm 铅板作为屏蔽补偿，新风口设置在机房北侧天花板上；排风口设置在机房东南角墙角处，风管底部（排风口）离地 30cm，送风口与排风口呈“上进下出，对角设置”设置，排风管再沿墙体内壁，向上接近顶板处，从机房北侧水冷机房出抽排至上方室外绿化，排风口未设置在有门、窗或人口流动较大的过道等位置，产生的臭氧和氮氧化物对机房内外环境影响较小。

本项目直线加速器机房排风量为 1800m³/h，加速器机房治疗室面积为 71.0m²（含迷道），高 4m，体积为 284m³，通风换气次数不小于 6 次/h，能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“放射治疗室换气次数应不小于 4 次/h”的要求。

10.2.2 固体废物

对于检修更换或退役时拆卸下来的废靶，对于检修更换或退役时拆卸下来的废靶，由设备生产厂家回收最终交由具有放射性废物收贮资质的单位收贮，医院不暂存。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期环境影响分析

本次启用拟将迷路外墙西段墙体厚度由 1200mm 加厚至 1400mm，增加段墙体长度为 2.5m，高度至顶棚，在墙外控制室侧扩建；此外拟对及机房进行内部装修和安装辐射安全防护设施，并设置防护门；本次改建不对机房的布局、机房大小、迷路、其余四周墙体及顶部的屏蔽防护设计做改动。主要的施工期环境影响分析如下：

(1) 大气环境影响分析

本项目在施工期会产生扬尘、装修废气、臭氧和氮氧化物。装修过程中会产生扬尘，通过湿法作业，外围设置围挡，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小；机房装修过程会产生少量装修废气，采用“环保型”油漆，加强通风或室内净化措施，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对环境产生大的影响。

(2) 水环境影响分析

本项目在施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，不再进行分析；施工人员产生的生活污水产量较小，经医院污水处理站处理后纳入市政污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

(3) 固体废物影响分析

本项目在施工期会产生装修垃圾和生活垃圾。装修垃圾应在定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

(4) 声环境影响分析

本项目施工期的噪声源主要是机房装修产生的噪声，针对施工期声环境影响，具体防治措施有：

合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工；优先选择低噪音设备，日常应注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态；对施工人员进场进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗。经上述防治措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

综上所述，本项目施工范围较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境的影响较小，施工结束后，项目施工期环境影

响将随之消除。

11.1.2 设备安装调试期环境影响分析

设备的安装、调试应由设备厂家专业人员进行，医院不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，并在各个机房门外设立电离辐射警告标志。设备安装调试阶段时，不允许无关人员进入机房所在区域，以防止发生辐射事故。由于直线加速器的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 加速器运行阶段辐射环境影响分析

本项目直线加速器有电子线和 X 射线两种治疗模式，因电子线的穿透能力弱于 X 射线，所以一般情况下，机房屏蔽设计满足屏蔽 X 射线防护要求时即可满足屏蔽电子线的防护需要。本项目直线加速器 X 射线最大能量为 10MV，对应等中心最高输出剂量率为 1440Gy/h，无需考虑对中子的屏蔽。

本项目直线加速器集成配套的 kV 级 CT（最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA）用于影像引导定位（不与加速器治疗 X 射线同时出束），加速器机房防护条件在满足加速器屏蔽要求的情况下，机房屏蔽体完全可以满足对 kV 级 CT 开机产生 X 射线的防护，对辐射环境影响较小，因此以下主要对加速器使用 X 射线过程中的环境影响进行分析。

11.2.1.1 加速器机房屏蔽体的屏蔽核算

（1）关注点位设置

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的要求，在本项目直线加速器机房外表面 30cm 处，人员受照的剂量当量可能最大的位置设定关注点对治疗室的屏蔽体进行核算，关注点位见图 11-1、图 11-2、图 11-3。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A，不同场所的居留因子选取如表 11-1 所示。

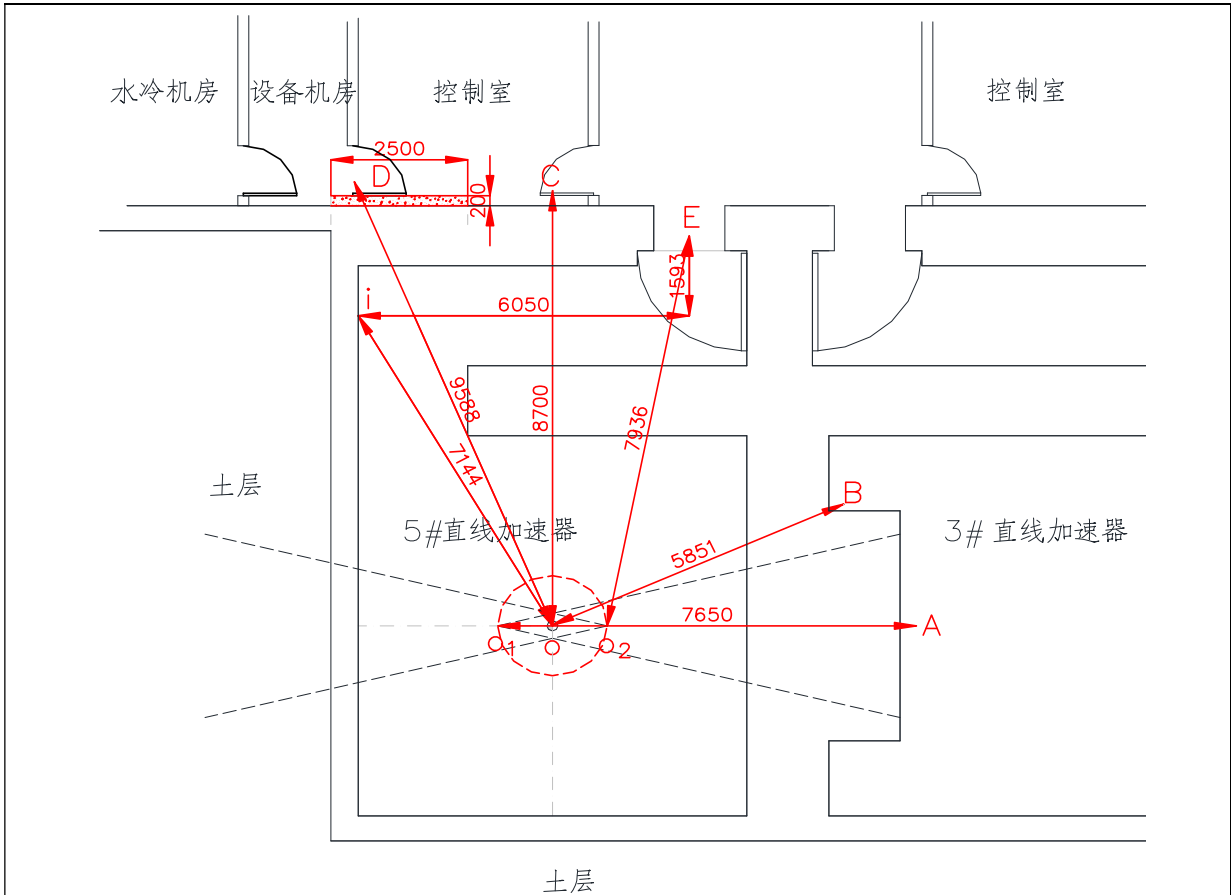


图 11-1 加速器机房平面布局关注点和主要照射路径示意图 (单位: mm)

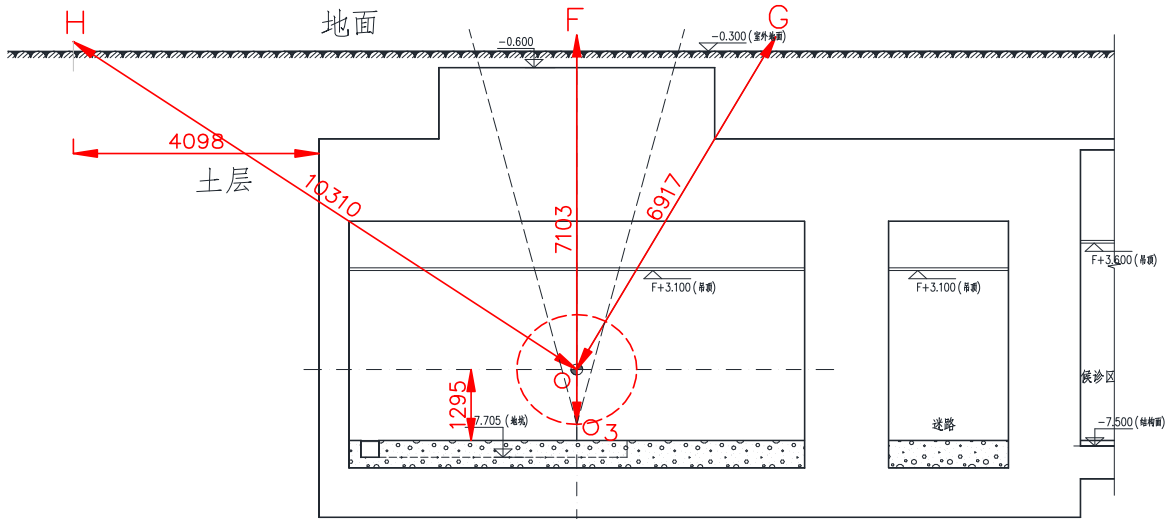


图 11-2 加速器机房剖面 (东-西) 布局关注点和主要照射路径示意图 (单位: mm)

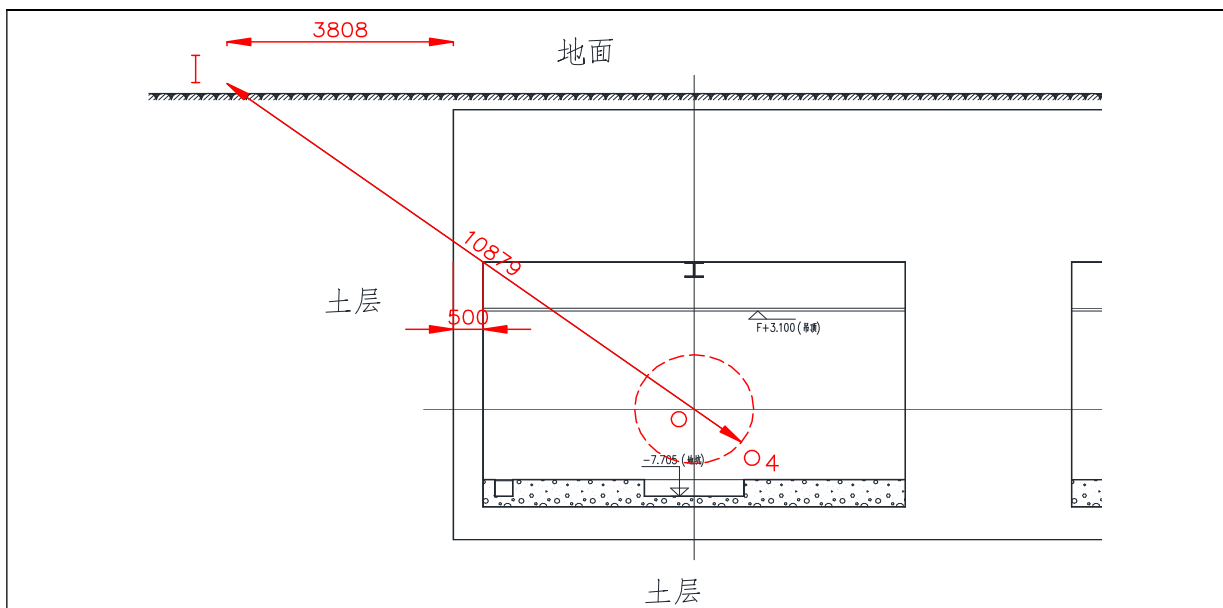


图 11-3 加速器机房剖面（南-北）布局关注点和主要照射路径示意图（单位：mm）

表 11-1 直线加速器机房各关注点一览表

序号	关注点	点位描述	居留因子	备注
1	A	东墙（主屏蔽墙的主屏蔽区）外 30cm 处，3 号直线加速器机房	1/2	部分居留
2	B	东墙（与主屏蔽区相连的次屏蔽区）外 30cm 处，3 号直线加速器机房	1/2	部分居留
3	C	北墙外 30cm 处，直线加速器机房控制室	1	全居留
4	D	北墙外 30cm 处，直线加速器机房控制室	1	全居留
5	E	加速器机房防护门外 30cm 处	1/8	偶然居留
6	F	机房顶部（主屏蔽墙的主屏蔽区）地面上方 30cm 处，室外绿化	1/16	偶然居留
7	G	机房顶部（与主屏蔽区相连的次屏蔽区）地面上方 30cm 处，室外绿化	1/16	偶然居留
8	H	机房南墙外，地面上方 30cm 处，室外绿化	1/16	偶然居留
9	I	机房西墙外，地面上方 30cm 处，室外绿化	1/16	偶然居留

(2) 导出剂量率参考控制水平确定

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

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

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A

选取), 由以下周剂量参考控制水平 (\dot{H}_c) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv/h})$:

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

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

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

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

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

各关注点的剂量率参考控制水平 H_c 见表 11-2。

表 11-2 各关注点剂量率控制水平

关注点	辐射类型	t (h/周)	使用因子 (U)	居留因子 (T)	$\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	H_c ($\mu\text{Sv/周}$)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	
							计算值	最终取值
A	有用线束	15	1/4	1	10	100	26.67	10
B	泄漏辐射 散射辐射	15	1	1	10	100	6.67	6.7
C	泄漏辐射	15	1	1	2.5	100	6.67	2.5
D	泄漏辐射 散射辐射	15	1	1	2.5	100	6.67	2.5
E	泄漏辐射	15	1	1/8	10	5	2.67	2.67
F	有用线束	15	1/4	1/16	10	5	21.33	10
G	泄漏辐射 散射辐射	15	1	1/16	10	5	5.33	5.33
H	泄漏辐射 散射辐射	15	1	1/16	10	5	5.33	5.33
I	有用线束	15	1/4	1/16	10	5	21.33	10

(3) 有用线束主屏蔽区宽度核算

依据《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)中相应的计算模式及相关参数。

主屏蔽墙体的宽度计算公式:

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

式中:

Y_p ——机房有用射线束主屏蔽区的宽度, m;

θ ——治疗束的最大张角 (相对束中的轴线), 即射线最大出射角的一半; 射线最大出射角 28° , θ 取 14° ;

SAD——源轴距, m; (对于医用加速器 SAD=1m)

a——等中心至“墙”的距离；

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

本项目加速器机房需考虑东墙、西墙、顶棚主防护区，计算结果如表 11-3 所示。

表 11-3 主屏蔽墙体的宽度计算一览表

机房名称	主屏蔽墙位置	a (m)	计算值 (m)	设计值 (m)	评价结果
加速器机房	东侧主屏蔽墙宽度(外凸)	6.35	4.27	4.60	满足
	顶棚主屏蔽墙宽度(外凸)	5.80	4.00	4.60	满足

注：建设单位和施工单位应按本次设计的设备摆放方位和等中心点位置安装设备，避免有用线束超出主屏蔽墙范围。

11.2.1.2 直线加速器机房屏蔽体的屏蔽效果分析

本环评采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011) 中不同辐射的屏蔽与剂量估算方法如下：

(1) 有用线束主屏蔽区屏蔽效果 (A、F、I)

首先按式 11-2 计算有效厚度 $X_e(\text{cm})$ ，接着按式 11-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B，再按式 11-4 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$ 。

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

式中：

X_e ——射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度，(cm)；

X ——屏蔽体厚度，(cm)；

θ ——入射角夹角。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_0)/TVL} \quad (\text{式 11-3})$$

式中， $TVL_0(\text{cm})$ 和 $TVL(\text{cm})$ 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。当未指明 TVL_0 时， $TVL_0 = TVL$ 。混凝土 TVL_0 、 TVL 出自《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机》(GBZ/T201.2-2011) 附录 B，铅 TVL_0 、 TVL 出自 NCRP151 报告。

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

式中：

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

f ——对有用线束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率，本项目取 0.001；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B ——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

表 11-4 有用线束主屏蔽区外预测点位辐射剂量率计算结果

参数	A 点（东墙）	F 点（顶棚主防护区）	I 点（西墙）
射线路径	O ₁ -A	O ₃ -F	O ₄ -I
屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土+土层
设计厚度 X (cm)	280	280	61.4+474.4（土）
斜射角 $\theta(^{\circ})$	0	0	0
有效厚度 X _e (cm)	280	280	263.3
距离 R (m)	7.65	7.10	10.87
$\dot{H}_o(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09
f	1	1	1
TVL ₁ (cm)	41	41	41
TVL (cm)	37	37	37
B	3.47E-08	3.47E-08	2.54E-06
$\dot{H}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	8.54E-01	9.92E-01	1.20E+00
导出剂量控制限值 $\dot{H}_c^{\text{R}}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	10	10	10
是否满足要求	满足	满足	满足

注：土层密度保守取 1g/cm³，503.2cm 土层折合约 214.1cm 混凝土。

(2) 迷路外墙和防护门外泄漏辐射的屏蔽效果（C、E）

泄漏辐射剂量估算方法与有用线束相同，其中 TVL₁、TVL 为《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机》（GBZ/T201.2-2011）附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值。预测点位的泄漏辐射剂量率估算结果如下表所示。

表 11-5 预测点位泄漏辐射剂量率估算结果

参数	侧屏蔽墙	
	C 点（迷路外墙+迷路内墙）	E 点（迷路内墙）
射线路径	O-C	O ₂ -E
屏蔽材料	混凝土	混凝土
设计厚度 X (cm)	260	140
斜射角 $\theta(^{\circ})$	0	10
有效厚度 X _e (cm)	260	161
距离 R (m)	8.70	7.93
$\dot{H}_o(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	1.44E+09	1.44E+09
f	0.001	0.001
TVL ₁ (cm)	35	35

TVL (cm)	31	31
B	5.52E-09	8.62E-06
H(μSv/h)	1.05E-04	8.00E-01
\dot{H}_c (μSv/h)	2.5	2.67
是否满足要求	满足	满足

(3) 泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果 (B、D、G、H)

① 泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量估算方法与有用线束相同，其中 TVL_l 、 TVL 为《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机》(GBZ/T201.2-2011) 附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值。

② 患者一次散射辐射的剂量估算

首先按式 11-2 计算有效厚度 X_e (cm)，接着按式 11-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B，再按式 11-5 计算辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

\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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；取值为 $1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

α_{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；

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_s ——患者 (位于等中心点) 至关注点的距离，m；

B ——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果预测如下表所示。

表 11-6 泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果预测

辐射类型	参数	B 点 (东墙)	D 点 (迷路外墙)	G (顶棚副防护区)	H (西墙)
泄漏辐射	射线路径	O-B	O-D	O-G	O-H
	屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土	混凝土+土层
	设计厚度 X (cm)	150	140	150	50+410
	斜射角 Θ (°)	30	30	30	30
	有效厚度 X_e (cm)	173	161	173	259
	距离 R_s (m)	5.85	9.58	6.91	10.3
	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09

	f	0.001	0.001	0.001	0.001
	TVL ₁ (cm)	35	35	35	35
	TVL (cm)	31	31	31	31
	B	3.53E-06	8.62E-06	3.53E-06	8.62E-06
	H(μSv/h)	1.49E-01	1.35E-01	1.07E-01	8.07E-05
散射 辐射	射线路径	O ₂ -O-B	O ₂ -O-c ₁	O ₂ -O-G	O ₂ -O-H
	屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土	混凝土+土层
	设计厚度 X (cm)	150	140	150	50+410
	斜射角 Θ(°)	30	30	30	30
	有效厚度 X _e (cm)	173	161	173	259
	距离 R (m)	5.85	9.58	6.91	10.3
	\dot{H}_0 (μSv.m ² /h)	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09
	α _{ph}	3.18E-03	3.18E-03	3.18E-03	3.18E-03
	F (cm ²)	1600	1600	1600	1600
	TVL (cm)	28	28	28	28
	B	6.53E-07	1.69E-06	6.53E-07	5.81E-10
	H(μSv/h)	3.50E-01	3.37E-01	2.51E-01	1.00E-04
总辐 射	H 总(μSv/h)	4.99E-01	4.72E-01	3.58E-01	1.81E-04
	导出剂量控制限值 (μSv/h)	6.67	2.5	5.33	5.33
	是否满足要求	满足	满足	满足	满足

(4) 防护门外辐射剂量

加速器在 10MV 下运行时有用线束不向迷道照射，加速器迷道入口处的辐射剂量主要考虑人体受有用线束照射时，散射至 i 处的辐射并再次受墙的二次散射到 E 处的辐射；以及加速器的泄漏辐射经过迷路内墙屏蔽后在 E 处的辐射剂量。

a、散射辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot \dot{H}_0 \quad (\text{式 11-6})$$

式中： \dot{H}_g —g 处的散射辐射剂量率，μSv/h；

α_{ph}—患者 400cm² 面积上的散射因子，通常取 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，cm²；

α₂——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°，α₂值见 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.6，通常取 0.5MeV 栏内容；

A——i 处的散射面积，m²；

R₁——“o-i”之间的距离，m；

R₂——“i-E”之间的距离，m；

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

患者散射经迷道内口散射至关注点 g 点处的辐射剂量率计算参数及结果见下表。

表 11-7 关注点 E 点处的散射辐射剂量率计算参数及结果

关注点	\dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	a_{ph}	a_2	A (m^2)	F (cm^2)	R_1 (m)	R_2 (m)	\dot{H}_g ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
E 点	1.44E+09	1.39E-03	0.022	13.6	1600	7.14	7.64	1117.78

b、泄漏辐射经迷道内墙屏蔽后在迷道外口处的辐射剂量率

见表 11-5。

c、经屏蔽后防护门外 E 点的辐射剂量率

本项目加速器机房防护门为内衬 20mm 铅板, 防护门外剂量按下式计算:

$$\dot{H} = \dot{H}_e \cdot 10^{-\left(\frac{X}{TVL}\right)} + \dot{H}_{OE} \quad (\text{式 11-7})$$

式中: \dot{H} —防护门外的辐射剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

\dot{H}_E —E 处的散射辐射剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

\dot{H}_{OE} —E 处的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

X —防护门厚度, mm;

TVL —辐射在屏蔽体中平衡什值层;

表 11-8 防护门外的辐射剂量率计算参数及结果

关注点	\dot{H}_E ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	X (mm)	TVL (mm)	\dot{H}_{OE} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
E 点	1117.78	20	5	0.80	0.91

(5) 预测计算汇总及评价

直线加速器机房墙、顶、门外关注点处辐射剂量率估算结果汇总见下表。

表 11-9 各关注点剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较

关注点	点位描述	预测剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率参考控制 水平值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	是否满足控制 要求
A	东墙(主屏蔽墙的主屏蔽区)外 30cm 处, 3 号直线加速器机房	8.54E-01	10	满足
B	东墙(与主屏蔽区相连的次屏蔽区)外 30cm 处, 3 号直线加速器机房	4.99E-01	6.67	满足
C	北墙外 30cm 处, 直线加速器机房控制室	1.05E-04	2.5	满足
D	北墙外 30cm 处, 直线加速器机房控制室	4.72E-01	2.5	满足
E	加速器机房防护门外 30cm 处	0.92	2.67	满足
F	机房顶部(主屏蔽墙的主屏蔽区)地面上方 30cm 处, 室外绿化	9.92E-01	10	满足
G	机房顶部(与主屏蔽区相连的次屏蔽区)地面上方 30cm 处, 室外绿化	3.58E-01	5.33	满足
H	机房南墙外, 地面上方 30cm 处, 室外绿化	1.81E-04	5.33	满足

I	机房西墙外，地面上方 30cm 处，室外绿化	1.20E+00	10	满足
---	------------------------	----------	----	----

通过上表可以看出，本项目加速器机房的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率满足各关注点处的剂量率参考控制水平要求。根据上表估算结果，机房上方各专注点处剂量率均符合相应标准控制限值要求，表明机房设计时已充分考虑了机房顶部的防护，故报告不再进行天空散射及侧散射估算分析。

11.2.1.3 年有效剂量预测分析

本项目加速器年出束时间为 750h。根据各关注点的剂量率，对本项目职业人员及周围的公众人员进行年有效剂量估算，更远的关注点利用屏蔽体外紧邻关注点剂量率预测结果按剂量率和关注点与源点距离平方成反比的规律估算剂量率。

①关注点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{Eff} = Dr \times t \times T \times U \quad (11-8)$$

式中：

D_{Eff} ——辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

Dr ——辐射剂量率，Sv/h；

t ——年工作时间，h；

T ——居留因子；

U ——使用因子。

②机房外职业人员和周围公众人员年有效剂量见下表：

表 11-10 直线加速器辐射工作人员及公众年有效剂量估算结果

保护目标	参考点	辐射剂量率 (μ Sv/h)	使用因子	与关注点 距离 (m)	T	年受照剂量 (mSv)	备注
5号加速器机房 控制室	D	4.72E-01	1	紧邻	1	0.352	职业
设备机房、水冷 机房	D	4.72E-01	1	紧邻	1/16	0.022	公众
3号加速器机房	A	8.54E-01	1/4	紧邻	1	0.574	职业
	B	4.99E-01	1	紧邻	1		
候诊走廊	E	0.91	1	紧邻	1/8	0.086	公众
机房上方室外绿 化	I	1.20	1/4	紧邻	1/16	0.014	公众
1号住院楼	G	3.58E-01	1	45m	1	1.323E-04	公众
	I	1.20	1/4	45m	1		

注：年照射时间均为 750h；1号住院楼公众的年剂量估算值考虑距离的衰减。

本项目加速器配套的 kv 级 CT 额定管电压为 150kV，远低于加速器 X 射线能量 10MV。由于 CT 自身带有屏蔽系统，机房周围主要受泄漏辐射影响，参考《医用电气设备 第 1-3 部分：基本安全和基本性能的通用要求 并列标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB9706.103-2020）中“12.4 加载状态下的泄漏辐射”，本项目 CT 泄漏辐射空气比释动能不超过 1mGy/h（参考 GBZ/T201.1， $\mu\text{Gy/h}$ 与 $\mu\text{Sv/h}$ 的转化因子取 1），也远低于加速器的泄漏剂量率 $1.44 \times 10^6 \mu\text{Sv/h}$ 。CBCT 作为加速器的配套设备，用于患者进行放射治疗前的影像定位及引导，根据其成像原理，每次曝光时间极短，故相对于加速器使用时各关注点处的年剂量估算，CBCT 的使用影响可忽略不计。

本项目按照平均每位患者摆位时间为 30s 考虑，则年总摆位时间为 125h，本项目直线加速器机房配置 2 名技师，则单名技师的年摆位时间按 62.5h 考虑，保守采用《医用电子直线加速器质量控制检测规范》（WS674-2025）标准规定限值最大值（距离外壳表面 0.1m 处 $\leq 20 \mu\text{Sv/h}$ ）进行估算，则本项目辐射工作人员在摆位时受到的感生放射性年有效剂量最大为 1.25mSv。

从估算结果可看出，本项目 5 号加速器机房工作人员的年有效剂量最大估算值约为 1.29mSv，对 3 号加速器机房工作人员的年有效剂量最大估算值约为 0.574mSv，公众的年有效剂量最大估算值 0.086mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”要求，也低于《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）提出的工作人员 5mSv 和公众 0.1mSv 年剂量约束值。

11.2.2 叠加分析

根据放疗科平面布局可知，本项目 5 号直线加速器机房东侧为紧邻的 3 号直线加速器机房。根据《温州医科大学附属第一医院医用电子直线加速器辐射环境检测》（BG-GACF25235270-2H）可知，3 号直线加速器机房内设备运行时，医用电子直线加速器机房外 X 射线周围剂量当量率检测结果均处于检测下限，因此不考虑 3 号直线加速器运行时对本项目的叠加影响。

医院其余射线装置位于门急诊医技病房综合楼、医疗保健中心楼，根据医院总平面布局可知，本项目直线加速器机房与其最近距离为 45m，参考《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）辐射剂量率计算公式可知，关注点剂量率与关注点距辐射源点的距离平方成反比关系的规律，距离设备越远，辐射剂量率越低，因此不考虑医院其他射线装置与本项目的叠加辐射影响。

本项目辐射工作人员为放疗科现有辐射工作人员兼任，放疗科辐射工作人员原有工

作辐射影响可根据往年放疗科个人剂量累积最高值考虑。根据医院提供的 2024 年度四个季度个人剂量计检测报告可知，医院现有放疗科辐射工作人员的年有效剂量检测结果最大为 0.378mSv，叠加本项目工作人员年有效剂量估算值 1.29mSv 后为 1.67mSv，仍能满足职业工作人员 5mSv 的年剂量约束值要求。

11.2.3 其他环境影响分析

(1) 放射性固废环境影响分析

对于检修更换或退役时拆卸下来的废靶，由设备生产厂家回收最终交由具有放射性废物收贮资质的单位收贮，医院不暂存。

(2) 臭氧及氮氧化物影响分析

直线加速器运行过程中，X 射线会与空气发生电离作用，产生臭氧和氮氧化物。本项目直线加速器机房治疗室拟安装有效通风量不小于 1800m³/h 的风机进行通风，加速器机房治疗室面积为 71.0m²（含迷道），高 4m，体积为 284m³，通风换气次数不小于 6 次/h。满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。排气口设置于所在上方室外绿化灌木丛内，不在有门、窗或人员流量较大的过道等位置，产生的臭氧和氮氧化物排入大气环境后，经自然分解，对周围环境影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 可能发生的辐射事故

直线加速器主要用于肿瘤放射治疗，其只有在治疗期间时才会产生 X 射线等，因此，该项目辐射事故多为人员误留或误入直线加速器机房产生的误照射事故，主要有：

(1) 安全联锁装置发生故障情况下，人员误入正在运行的机房而造成误照射。

(2) 工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房，设备运行，会对工作人员或病人家属产生不必要的照射。

(3) 工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，发生事故性出束，对工作人员造成辐射伤害。

(4) 控制系统出现故障，照射治疗不能停止，病人受到计划外照射。

11.3.2 事故预防措施

一旦发现有人误入或滞留与在运行的直线加速器机房，工作人员应立即利用最近的急停按钮切断设备电源，启动医院辐射事故应急预案。为防止辐射事故发生，应采取多种防范措施：

①控制台上显示有辐射类型、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，并当机房与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

③剂量控制联锁：有剂量监测系统，当吸收剂量未达到预选值时，照射终止。

④控制台上配置有独立于其他任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次辐照。

⑤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。

⑥有剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

⑦有安全联锁设施检查装置，保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

⑧有门-机联锁，机房门关闭后设备才能开机，被打开时会自动关机。

⑨有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

⑩控制台和机房内均安装有数个急停按钮。

⑪机房门外设置有工作状态指示灯和电离辐射警告标志。

⑫视频装置、双向交流对讲系统：机房和控制室之间安装有视频装置、双向交流对讲系统。

11.3.3 机房的安全保卫措施

为确保项目各辐射工作场所的安全，医院拟采用的安全保卫措施如下：

(1) 防火措施：各机房四周为实体结构墙体隔断，机房周围均没有易燃、易爆、腐蚀性等其他一切物品。

(2) 防水措施：机房四周墙体防水性强，防水设计施工由专业施工队伍进行施工，对容易造成局部损坏的薄弱部位设置增强层。

(3) 防盗措施：各辐射工作场所拟安装摄像头，和医院保卫科监控系统连接起来，且有保安人员 24h 巡逻和值班。

(4) 防丢失和破坏措施：各辐射工作场所纳入医院日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏。

(5) 防射线泄漏措施：本项目机房由具有资质的单位设计、经计算满足环保要求。

综上，本项目各辐射工作场所的防火、防水、防盗、防丢失和防破坏以及防射线泄漏六防措施可行。

11.3.4 辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关规定，已制订辐射事故应急预案，医院应在以后辐射工作开展过程中定期进行演练，及时进行整改。同时医院应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。

医院在落实本次环评提出的环境事故风险防范措施，并落实辐射事故应急预案中提出的各项应急措施和设施的前提下，本项目辐射事故影响可控制在可接受水平内。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 机构设置

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》《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》等法律法规要求，使用射线装置、放射性同位素的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射安全与环境保护管理工作人员和辐射工作人员必须通过辐射安全和防护培训和考核。

医院已成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确了各成员管理职责。医院辐射防护专职管理人员及现有辐射工作人员均已参加并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，合格证书均在有效期内。

12.1.2 辐射工作人员管理

(1) 职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行在岗期间职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

本项目辐射工作人员拟配备 6 名辐射工作人员，均由放疗中心辐射工作人员调配，根据医院提供的职业健康体检报告，现有辐射工作人员均可继续从事放射性工作。

医院应建立本项目工作人员职业健康档案，本项目工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托有相关资质的单位对辐射工作人员进行职业健康检查。

(2) 辐射工作人员培训

医院现有辐射工作人员，均参加了温州市卫生监督所组织的放射防护知识培训或国家核技术利用辐射安全与防护培训并培训合格。本项目辐射工作人员均由放疗中心辐射工作人员调配。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，根据《关于核技术利用辐射安全与防护培

训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）、《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号），若本次项目新增辐射工作人员，医院应及时组织从事使用 II 类射线装置操作的辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加相应类别培训学习，并报名集中考核，考核合格后方可上岗，从事辐射工作期间按时接受再培训和考核。

（3）个人剂量检测

医院现有辐射工作人员全部配备了个人剂量计，且个人剂量计定期送检，并建立了个人剂量档案。根据医院提供的 2024 年度四个季度个人剂量计检测报告可知，医院现有放疗科辐射工作人员的年有效剂量检测结果最大为 0.378mSv（详见附件 8），叠加本项目工作人员年有效剂量估算值 0.352mSv 后为 0.73mSv，仍能满足职业工作人员 5mSv 的年剂量约束要求。

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量检测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人检测档案应终生保存。建设单位应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量检测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

12.1.3 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用射线装置的单位，应当对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

医院已自行编制《2024 年度辐射安全与防护状况评估报告》，对现有辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置及非密封放射性物质台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并上传至核技术利用平台。本项目运行后，医院拟将本项目纳入现有评估体系。

12.2 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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法规要求，使用放射性同位素、射线装置的单位，应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测

方案等，还应有完善的辐射应急措施”。

温州医科大学附属第一医院已建立《辐射事故预防措施及应急处理预案》《辐射防护和保卫制度》《监测方案》《人员培训方案》《设备维修维护制度》等辐射防护管理制度，现有辐射防护管理制度基本满足医院现有辐射活动辐射安全和防护管理的要求，医院应认真落实各项规章制度，并根据本项目特点，对已制定的相关规章制度进行更新和完善。

本次项目新增的设备类别为医院已许可使用的核技术利用项目类型，医院在完善、补充现有辐射防护管理制度后，现有辐射防护管理制度基本可以满足本项目从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求，医院应将制定的所有规章制度中关于操作规程、辐射工作人员岗位职责和应急响应程序等内容张贴上墙，各辐射工作场所日常工作中严格按照各种制度执行，防止辐射事故的发生。

医院应对相关资料进行分类归档，根据环境影响评价文件、竣工环境保护验收文件、单位辐射工作文件、辐射安全许可证、年度评估报告、辐射安全和防护管理制度、工作人员辐射防护等文件要求建立不同类别的档案，并安排专人对核技术利用项目环保相关文件及档案进行管理。

12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，项目单位需建立辐射监测制度，包括工作场所、环境监测和个人剂量监测。

12.3.1 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》，使用放射性同位素、射线装置的单位应该配置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、辐射监测等仪器。根据以上要求，结合医院实际情况，本项目辐射工作场所可依托放疗中心原有 1 台辐射监测仪，辐射工作人员已配备 2 台个人剂量报警仪，详见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射工作场所辐射监测仪器拟配置情况

工作场所	监测仪器	配置情况说明	备注
放疗中心	便携式 X- γ 射线巡测仪	1 台	依托现有
	个人剂量报警仪	2 台	依托现有

12.3.2 工作场所、环境监测

(1) 年度监测

继续委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，年度监测报告应作为《辐射安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并上传至核技术利用平台。

(2) 日常自行监测

定期自行开展辐射监测，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

(3) 验收监测

项目建成、设备调试正常后，医院需委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，出具验收监测报告。

(4) 监测内容和要求

监测依据：《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）。

监测内容：周围剂量当量率、个人剂量当量。

监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

监测范围：控制区和监督区域及周围环境。

表 12-2 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	5号直线加速器机房	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	机房四周屏蔽墙外30cm处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注点处（可参考图11-1~11-3）	委托有资质的单位监测
日常监测			1次/季度			自行监测
验收监测			项目建成后3个月内			委托有资质的单位监测
个人剂量监测	/	个人剂量当量	至少每三个月1次	个人剂量计	所有辐射工作人员	委托有资质的单位监测

2.3.3 个人剂量监测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期一般为一个月，最长不超过三个月。

医院应将各季度发送的个人剂量计定期送往有资质的单位进行检测。如果在单个季度出现个人剂量超过1.25mSv时，医院需进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并经当事人签字。年剂量超过5mSv的管理限值时，医院应暂停该辐射工作人员继

续从事放射工作，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，经当事人签字，并上报当地生态环境主管部门。采取避免同样情况再次发生的措施，检测报告及有关调查报告应存档备查。

个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同辐射工作场所年度监测报告一起作为《辐射安全与防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

辐射工作人员个人剂量档案内容应包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等信息，个人剂量档案应终生保存。

12.4 竣工环保验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.5 辐射事故应急

根据国务院令 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- 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；
- 3、辐射事故分级与应急响应措施；
- 4、辐射事故的调查、报告和处理程序。

医院已制定有《辐射事故预防措施及应急处理预案》（见附件 7）。对照上述要求，现有辐射事故应急预案应补充培训、应急装备、物资清单等内容，医院应当在今后预案实施过程中，根据国家新发布的相关法规内容，结合医院实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。医院原来有和本次同类别设备的应用，使用以来未曾发生过辐射事故，未曾启动过应急预案，辐射事故防范措施较好。

在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要

防范措施，并根据要求在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生部门报告。

医院定期组织各核技术利用科室进行辐射事故应急演练，放疗科于 2024 年 12 月开展了辐射事故应急演练，根据演练内容总结经验并不断完善改进应急预案。相关应急演练记录详见附件 10。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

温州医科大学附属第一医院拟在医院放疗中心已建设预留的 5 号直线加速器机房内新增 1 台直线加速器（X 射线最大能量为 10MV，属 II 类射线装置），集成配套 1 套 kV 级 CT 影像引导设备（最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA）。加速器机房控制室、辅助机房和水冷机房为已建设预留用房。本次启用拟将迷路外墙西段墙体厚度由 1200mm 加厚至 1400mm，增加段墙体长度为 2.5m，高度至顶棚，在墙外控制室侧扩建；此外拟对及机房进行装修，进行内部装修，并设置防护门；本次改建不对机房的布局、机房大小、迷路、其余四周墙体及顶部的屏蔽防护设计做改动。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

（1）辐射安全防护措施结论

本项目 5 号直线加速器机房位于放疗中心西南角，为已建设预留机房。直线加速器机房四侧屏蔽墙体及顶棚为普通混凝土防护，防护门均为铅门，其防护效果符合要求，直线加速器机房内设有“L”型迷道。防护门设置门灯连锁、门机连锁和工作状态指示灯，防护门内设紧急开门装置，防护门外设置电离辐射警告标志，机房内和控制室均设置急停开关，设置视频监控和对讲系统，迷道内口设置有固定式剂量率报警仪等辐射安全设施。

在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

本项目机房的屏蔽防护设计方案能达到《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）等标准的要求。

（2）辐射安全管理结论

温州医科大学附属第一医院已成立辐射安全与环境保护领导小组，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作；医院应认真落实各项规章制度，并根据本项目特点，对已制定的相关规章制度进行更新和完善；医院已对辐射工作人员进行了职业健康监护和个人剂量监测，并建立了个人职业健康监护档案和个人剂量档案，医院应及时组织本项目调剂工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加相应类别培训学习，考核合格后上岗，并按时接受再培训。

13.1.3 环境影响分析结论

(1) 辐射影响分析结论

本项目的运行期主要污染因子为 X 射线。由理论预测结果可知，本项目直线加速器机房屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求。本项目所致工作人员和公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“限值”的要求，也低于本项目提出的年剂量约束值即工作人员 5mSv/a 和公众 0.1mSv/a。

(2) 三废影响分析

本项目机房设置强制排风系统，全排全送通风换气次数不低于 6 次/h，机房内产生的臭氧、氮氧化物对周围环境影响很小；对于直线加速器检修更换或退役时拆卸下来的废靶，由设备生产厂家回收最终送交有资质的单位回收处置，医院不暂存。因而正常情况下不会对环境造成明显影响。

13.1.4 可行性分析结论

(1) 产业政策符合性分析结论

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目为医院新增 1 台直线加速器，医院配套核技术利用项目，属于第一类“鼓励类”第三十七项“卫生健康”中第 1 条“医疗服务设施建设：预防保健、卫生应急、卫生监督服务设施建设，医疗卫生服务设施建设，传染病、儿童、精神卫生专科医院和康复医院（中心）、护理院（中心）、安宁疗护中心、全科医疗设施与服务，医养结合设施与服务”为国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

(2) 实践正当性分析结论

本项目建设的根本目的在于开展放疗工作、治病救人，实践过程中采取了可能的辐射防护措施，经预测分析，本项目运行后，在给患者带来利益的同时，引起的对工作人员和公众人员的照射剂量满足国家辐射防护安全标准的要求，同时满足根据最优化原则设置的项目管理约束值的要求，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“实践的正当性”要求。

(3) 选址合理性分析结论

本项目辐射工作场所布置在满足医疗流程完整、顺畅运行的前提下，充分考虑了周围环境的影响和辐射类项目尽量集中设置，机房相邻区域没有产科、儿科病房等敏感人群长时间集中停留的场所，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）相关

要求，因此项目选址合理。

(4) “温州市生态环境分区管控动态更新方案”符合性分析结论

本项目为医疗机构核技术利用项目，经分析，项目符合《温州市生态环境分区管控方案动态更新方案》的要求。

(5) 项目可行性

综上所述，本项目的选址和布局合理可行，医院在落实本报告提出的各项污染防治、辐射安全防护措施和辐射安全管理制度后，运行期对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求，对辐射工作人员及周围公众造成的影响满足国家辐射防护标准的要求。因此，从辐射安全和环境保护角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

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

13.2.2 承诺

①严格按照本次报批核技术利用项目类型和范围进行建设，后续采购设备的技术参数不得突破本次预测评价采用的参数，若发生变动，将按要求办理相关环保手续。

②严格按照本报告的屏蔽设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。项目竣工后正式运行前，根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制竣工环境保护验收报告。

③加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

④制定完善各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。按照辐射事故应急预案处理和上报辐射事故。

⑤严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

⑥本项目环评审批后，及时重新申领辐射安全许可证。

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