

核技术利用建设项目

常州市第二人民医院新增 1 台环形 CT
直线加速器项目环境影响报告表

常州市第二人民医院
2025 年 10 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

常州市第二人民医院新增 1 台环形 CT 直线加速器项目环境影响报告表

建设单位名称：常州市第二人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏省常州市武进区滆湖中路 68 号

邮政编码：213000

联系人：████████

电子邮箱：████████████████████

联系电话：████████████████

目 录

表 1 项目基本情况	- 1 -
表 2 放射源	- 5 -
表 3 非密封放射性物质	- 5 -
表 4 射线装置	- 5 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 7 -
表 6 评价依据	- 8 -
表 7 保护目标与评价标准	- 11 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 15 -
表 9 项目工程分析与源项	- 20 -
表 10 辐射安全与防护	- 28 -
表 11 环境影响分析	- 35 -
表 12 辐射安全管理	- 48 -
表 13 结论与建议	- 54 -
表 14 审批	- 60 -
附图 1 常州市第二人民医院新增 1 台环形 CT 直线加速器项目地理位置示意图 ...	- 61 -
附图 2 常州市第二人民医院总平面及周围环境示意图	- 62 -
附图 3 常州市第二人民医院阳湖院区住院楼负一楼平面布置图	- 63 -
附图 4 本项目环形 CT 直线加速器平面布置及周围环境示意图	- 64 -
附图 5 本项目环形 CT 直线加速器机房屏蔽设计示意图（平面）	- 65 -
附图 6 本项目环形 CT 直线加速器机房屏蔽设计示意图（立面）	- 66 -
附件 1：项目委托书	- 67 -
附件 2：射线装置使用承诺书	- 68 -
附件 3：机房屏蔽设计方案	- 69 -
附件 4：医院现有核技术利用项目情况一览表	- 70 -
附件 5：辐射安全许可证	- 75 -
附件 6：预留机房原有环评手续	- 85 -
附件 7：辐射工作人员个人剂量监测报告	- 90 -
附件 8：辐射环境现状监测报告	- 96 -

附件 9：江苏省生态环境分区管控综合查询报告书 - 105 -

附件 10：设备参数证明材料 - 107 -

附件 11：后装治疗机 2024 年度防护检测报告 - 109 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		常州市第二人民医院新增 1 台环形 CT 直线加速器项目				
建设单位		常州市第二人民医院 (统一社会信用代码: 123204004672858633)				
法人代表		██████	联系人	██████	联系电话	██████
注册地址		江苏省常州市武进区滆湖中路 68 号				
项目建设地点		江苏省常州市武进区滆湖中路 68 号住院楼负一楼放疗中心				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		██████	项目环保总投资 (万元)	██████	投资比例(环保 投资/总投资)	██████
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积(m²)	/
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	/				
	项目概述: 一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来 常州市第二人民医院暨南京医科大学第三附属医院(以下简称“医院”),自 1937 年建院以来,现已发展成为一所集医疗、教学、科研、预防、急救为一体的现代化三级甲等综合性医院。2024 年 7 月正式挂牌成为南京医科大学第三附属医院。医院现有阳湖(滆湖中路 68 号)、延陵(延陵中路 468 号)两个院区,开放床位 2534 张,2024 年全院门急诊 248.26 万人次,住院 12.59 万人次,完成手术 7.63 万人次,三四级手术					

占比 65.74%。在岗职工总数 3350 人，高级职称 1097 人，博士 157 人，硕士 812 人。

为了更好地为患者服务，常州市第二人民医院拟在阳湖院区住院楼负一楼放疗中心预留机房内新增 1 台环形 CT 直线加速器（型号：uLinac HalosTx，X 射线最大能量为 6MV，最大剂量率为 1200cGy/min，无电子线）用于肿瘤的放射治疗。该设备内含 1 个加速器机头和 1 个 CT 机头，安装在两个机架上，其中加速器机头既可产生 MV 级射线进行治疗，也可产生 kV 级射线进行图像引导（即实现 CBCT 功能，CBCT 模式下最大管电压 140kV，最大管电流 667mA）；CT 机头最大管电压 140kV，最大管电流 667mA，可在治疗前用于模拟定位，也可在治疗过程中对病灶进行在线监控。医院阳湖院区放疗中心现有 1 台模拟定位机和 1 台 CT 模拟定位机（均为 III 类射线装置，均已登记备案）已投入使用，可用于模拟定位，配合本项目环形 CT 直线加速器开展放射治疗工作；放疗中心另有 1 台医用直线加速器和 1 台后装治疗机已投入使用（均已履行环保手续，详见附件 4）。

同时为匹配本项目环形 CT 直线加速器的屏蔽防护和安全运行需求，医院拟对本项目拟建址预留机房进行改造，将东墙混凝土屏蔽厚度由 1000mm 增加至 1500mm、南墙混凝土屏蔽厚度由 1150mm 增加至 1500mm、迷道内墙在 750mm 混凝土基础上增加 60mm 铅板，新配备 15mmPb 防护门，并安装配套辐射安全联锁装置；线缆沿用预留的线缆地沟和穿墙孔；通风系统沿用预留的穿墙孔，对机房内风管路径和新风口、排风口位置重新调整布局。该预留机房原为伽玛刀机房，为医院 2007 年“新建核技术应用项目”建设内容，原已编制环境影响报告表并于 2007 年 10 月 24 日取得（原）江苏省环境保护厅的环评批复文件，文号：苏核表复〔2007〕302 号，详见附件 6。该机房建成后未启用，未进行过其他改造工程。

医院拟为本项目配备 9 名辐射工作人员（含医师 3 人、技师 2 人、物理师 2 人、护士 2 人），均为医院原有辐射工作人员，由 9 名辐射工作人员共同承担本项目全部辐射工作内容。本项目辐射工作人员到岗后，仅从事本项目辐射工作，不兼职其他辐射工作内容。本项目环形 CT 直线加速器日接诊量最大为 40 人次，患者治疗照射时间平均按 3min 计，年工作 250 天，年出束运行时间总计 500h。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律、法规和部门规章，常州市第二人民医院新增 1 台环形 CT 直线加速器项目需进行

环境影响评价。受常州市第二人民医院的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该单位新增 1 台环形 CT 直线加速器项目的环境影响评价工作（委托书见附件 1）。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年版），本项目为新增 1 台环形 CT 直线加速器项目，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置的”项目，确定为编制环境影响报告表。南京瑞森辐射技术有限公司在资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。该医院新增 1 台环形 CT 直线加速器项目情况见表 1-1：

表 1-1 新增 1 台环形 CT 直线加速器项目情况一览表

射线装置								
序号	射线装置名称型号	数量	技术参数	射线装置类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	备注
1	环形 CT 直线加速器 (uLinac HalosTx)	1	X 线能量：6MV X 线最大辐射剂量率： 1200cGy/min CBCT：140kV/667mA CT：140kV/667mA	II 类	阳湖院区放疗 中心环形 CT 加 速器机房	使用	本次 环评	拟新 购

二、项目选址情况

常州市第二人民医院阳湖院区位于常州市武进区滆湖中路 68 号，医院东侧为府南路、康居大厦及武进区公共卫生服务中心，南侧为滆湖中路，西侧为武宜中路，北侧为永胜中路。本项目地理位置示意图见附图 1，常州市第二人民医院周围环境示意图及总平面图见附图 2。

本次新增 1 台环形 CT 直线加速器项目位于阳湖院区住院楼负一楼放疗中心，住院楼东侧为院内道路，南侧隔院内道路为医技楼，西侧隔院内道路为急诊楼，北侧为院内道路。本项目拟建址机房东侧为后装治疗机机房（在用），南侧为设备间、控制室及库房，西侧为预留加速器机房，北侧为土层，拟建址下方为土层，上方为住院楼北侧楼外绿化地面及道路。常州市第二人民医院住院楼负一楼平面布置示意图见附图 3，本项目环形 CT 直线加速器拟建址机房平面布置及周围环境示意图见附图 4。

本次新增 1 台环形 CT 直线加速器项目周围 50m 评价范围均位于医院边界内。项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及其他公众等。

三、原有核技术利用项目许可情况

常州市第二人民医院现持有江苏省生态环境厅核发的辐射安全许可证（苏环辐证[00252]，见附件5），有效期至：2028年3月27日，许可种类和范围为“使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所”。

医院已开展的核技术利用项目均已履行环保手续（详见附件4），无历史遗留环保问题。

四、实践正当性分析

本项目的运行，可为患者提供放射诊疗服务，并可提高医疗卫生水平，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等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	环形 CT 直线加速器	II 类	1 台	uLinac HalosTx	电子	X 线能量：6MV CBCT: 140kV CT: 140kV	X 射线最高剂量率： 1200cGy/min CBCT: 667mA CT: 667mA	放射治疗	阳湖院区放疗中心环 形 CT 加速器机房	拟新购
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》，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； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令 第七十七号，2002年10月28日发布，根据2016年7月2日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》第一次修正，根据2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令 第六号，2003年10月1日起实施； (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第449号，2005年12月1日起施行；2019年修改，国务院令 第709号，2019年3月2日起施行； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令 第253号，1998年11月29日发布，根据2017年7月16日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（中华人民共和国国务院令 第682号）修订； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），生态环境部令 第20号，2021年1月4日起施行； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部令 第16号，2021年1月1日起施行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 第18号，2011年5月1日起施行； (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，2017年12月5日起施行； (10) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施；
------	--

	(11) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019年 第38号，2019年10月25日发布； (12) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019年 第39号，2019年10月25日发布； (13) 《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，2019年12月24日发布； (14) 《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； (15) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书(表)编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日发布； (16) 《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2025〕1号，2025年9月21日起施行； (17) 《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日发布； (18) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日发布； (19) 《江苏省辐射事故应急预案》(2020年修订版)，苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日发布； (20) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日发布。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)； (2) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)； (3) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)； (4) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)； (5) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)； (6) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)； (7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)； (8) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)；

	(9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019) ; (10) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T 201.1-2007) ; (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/T 201.2-2011) 。
其他	附图: (1) 常州市第二人民医院新增 1 台环形 CT 直线加速器项目地理位置示意图; (2) 常州市第二人民医院总平面及周围环境示意图; (3) 常州市第二人民医院住院楼负一楼平面布置示意图; (4) 本项目平面布置及周围环境示意图; (5) 本项目环形 CT 直线加速器机房屏蔽设计示意图(平面); (6) 本项目环形 CT 直线加速器机房屏蔽设计示意图(立面); 附件: (1) 项目委托书; (2) 射线装置使用承诺书; (3) 机房屏蔽设计方案; (4) 医院现有核技术项目利用一览表; (5) 辐射安全许可证; (6) 医院现有核技术利用项目情况; (7) 辐射工作人员个人剂量监测报告; (8) 辐射环境现状监测报告; (9) 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书; (10) 设备参数证明材料; (11) 后装治疗机 2024 年度防护检测报告。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为本次新增 1 台环形 CT 直线加速器项目工作场所实体屏蔽体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。

保护目标

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于常州市中心城区重点管控单元（编码：ZH32041220178）内，不在生态保护红线内，评价范围内均不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。

本项目周围 50m 评价范围均位于院区边界内。项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及其他公众等。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

保护对象类型	场所	保护目标	方位/位置	距本项目最近距离	人员规模	剂量约束值
辐射工作人员	环形 CT 直线加速器控制室	医师、技师、物理师、护士	控制室	毗邻	9 人	5mSv/a
公众	住院楼	其他医护人员	负一楼及楼上	毗邻	约 120 人	0.1mSv/a
		患者、患者家属、其他公众			若干	
	医技楼	其他医护人员	南侧	约 38m	约 50 人	

		患者、患者家属、其他公众			若干	
	急诊楼	其他医护人员	西侧	约 10m	约 80 人	
		患者、患者家属、其他公众			若干	
	辅助用房	其他医护人员	北侧	约 30m	约 30 人	
		患者、患者家属、其他公众			若干	
	院内道路	医护人员、患者、患者家属、其他公众	上方地面	约 1m	流动人员	

注：本项目环形 CT 直线加速器位于住院楼负一楼，保护目标为地面建筑时，本项目工作场所与保护目标最近距离保守取其水平距离。

评价标准

一、剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：

工作人员职业照射和公众照射剂量限值

照射类型	剂量限值
职业照射	应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv
公众照射	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

二、剂量约束值

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”标准要求，确定本项目剂量约束值为：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

三、关注点周围剂量当量参考控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）：

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）。

根据本项目环形 CT 直线加速器周开机治疗时间，导出得到机房外 30cm 处的辐射剂量率控制水平，见表 7-2：

表 7-2 环形 CT 直线加速器机房外 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平

参考点 ¹⁾		居留因子 ²⁾ T	使用因子 U	周剂量控制值 ($\mu\text{Sv/周}$)	周工作时间 ³⁾ (h)	剂量率参考控制水平 ⁴⁾ ($\mu\text{Sv/h}$)		
						$H_{c,d}$	$H_{c,max}$	H_c
环形 CT 直线加速器机房	东墙外后装机机房 (e 点)	1/2	1	100	10	20	10	10
	南墙外设备间 (c 点)	1/16	1/4	100		640	10	10
	南墙外控制室 (a 点)	1	1/4	100		40	2.5	2.5
	防护门口 (g 点)	1/8	1	5		4	10	4
	西墙外加速器机房 (k 点)	1/2	1	100		20	10	10
	楼上绿化地面 (l 点)	1/40	1/4	5		80	10	10

注：1) 环形 CT 直线加速器机房参考点点位布设详见图 11-1；

2) 居留因子取自《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）表 A.1；

3) 根据医院提供的工作量，本项目环形 CT 直线加速器投入使用后，预计日接诊量最大 40 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均按 3min 计，则周出束运行时间为 10h；

4) $H_{c,d}$ 为使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，由周剂量参考控制水平（机房外辐射工作人员周剂量参考控制水平 $\leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ，机房外非辐射工作人员周剂量参考控制水平 $\leq 5 \mu\text{Sv/周}$ ）求得的关注点的导出剂量率参考控制水平； $H_{c,max}$ 为按照关注点人员居留因子的不同确定的关注点的最高剂量率参考控制水平（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： $H_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ）； H_c 为同时满足 $H_{c,d}$ 、 $H_{c,max}$ 所确定的剂量率参考控制水平。

四、其他标准

《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）、《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）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）。

五、辐射环境质量现状监测评价参考值

根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第13卷第2期，1993年3月，江苏省环境监测站）确定本项目建设址的辐射环境质量现状检测评价参考值，见下表。

江苏省环境天然 γ 辐射水平（单位：nGy/h）

	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：*测量值已扣除宇宙射线响应值，现状评价时，取测值范围数值：即原野为（33.1~72.6）nGy/h；道路为（18.1~102.3）nGy/h；室内为（50.7~129.4）nGy/h。

六、参考资料

《辐射防护导论》，方杰主编。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目位置、布局和周边环境

常州市第二人民医院阳湖院区位于常州市武进区滆湖中路 68 号，医院东侧府南路、康居大厦及武进区公共卫生服务中心，南侧为滆湖中路，西侧为武宜中路，北侧为永胜中路。

本次新增 1 台环形 CT 直线加速器项目位于阳湖院区住院楼负一楼放疗中心，住院楼东侧为院内道路，南侧隔院内道路为医技楼，西侧隔院内道路为急诊楼，北侧为院内道路。本项目拟建址机房东侧为后装治疗机机房（在用），南侧为设备间、控制室及库房，西侧为预留加速器机房，北侧为土层，拟建址下方为土层，上方为住院楼北侧楼外绿化地面及道路。

本次新增 1 台环形 CT 直线加速器项目周围 50m 评价范围均位于医院边界内。项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及其他公众等。本项目周边环境见图 8-1 至图 8-5。

图 8-1 环形 CT 直线加速器机房拟建址

图 8-2 项目拟建址东侧后装机机房

图 8-3 项目拟建址南侧控制室拟建址

图 8-4 项目拟建址西侧预留加速器机房

图 8-5 项目拟建址上方
(住院楼北侧楼外地面绿化及道路)

二、辐射环境现状调查

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)相关方法和要求,在进行环境现场调查时,于本次新增 1 台环形 CT 直线加速器项目拟建址周围进行布点,测量本底辐射剂量率。监测结果见表 8-1,

监测点位示意图见图 8-6。

监测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测项目： γ 辐射剂量率

检测仪器：6150AD6/H+6150AD-b/H 型 X- γ 辐射监测仪（设备编号：NJRS-126，
检定有效期：2024 年 10 月 28 日~2025 年 10 月 27 日，检定单位：江苏省计量科学
研究院，检定证书编号：Y2024-0107802）

能量范围：20keV~7MeV

测量范围：1nSv/h~99.9 μ Sv/h

监测日期：2025 年 9 月 11 日

天气：晴

温度：30℃

湿度：45%RH

监测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

质量控制：本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过检验检测机构资质认定（证书编号：221020340350，检测资质见附件 8），具备相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）要求，实施全过程质量控制。

监测人员、监测仪器及监测结果：监测人员均经过考核，监测仪器经过检验检测部门资质检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检验，监测报告实行三级审核。

数据记录及处理： γ 辐射空气吸收剂量率监测每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准偏差。本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。

评价方法：参照江苏省环境天然 γ 辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

表 8-1 新增 1 台环形 CT 直线加速器项目拟建址周围 γ 辐射水平

测点编号	测点描述	测量结果（nGy/h）	标准差	备注
------	------	-------------	-----	----

1	项目拟建址机房内（治疗室）	■	■	楼房室内
2	项目拟建址机房内（迷道）	■	■	楼房室内
3	项目拟建址机房东侧（后装机机房）	■	■	楼房室内
4	项目拟建址机房南侧（设备间）	■	■	楼房室内
5	项目拟建址机房南侧（控制室）	■	■	楼房室内
6	项目拟建址机房南侧（库房）	■	■	楼房室内
7	项目拟建址机房南侧（缓冲间）	■	■	楼房室内
8	项目拟建址机房南侧（迷道口）	■	■	楼房室内
9	项目拟建址机房西侧（加速器机房）	■	■	楼房室内
10	项目拟建址机房楼上（绿化地面）	■	■	室外道路
11	院区道路	■	■	室外道路
12	住院楼一楼室内	■	■	楼房室内
13	急诊楼北侧楼外地面	■	■	室外道路
14	医技楼北侧楼外地面	■	■	室外道路
15	辅助用房南侧楼外地面	■	■	室外道路

注：1、上表数据已扣除检测仪器宇宙射线响应。环境 γ 辐射剂量率测量结果按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中公式 $\dot{D} = C_f(E_f\bar{X} - \mu_c\bar{X}_c')$ 计算，其中， C_f 为仪器量程检定/校准因子； E_f 为仪器检验源效率因子； $\bar{X}$ 为现场监测时仪器 n 次读数的平均值； μ_c 为建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为0.8，平房取值为0.9，原野、道路取值为1； $\bar{X}_c'$ 为测点处仪器对宇宙射线的响应值，本仪器的宇宙射线响应值为25nGy/h；

2、检测时，拟建址东侧后装机未开机运行。

由表 8-1 监测结果可知，常州市第二人民医院新增 1 台环形 CT 直线加速器项目拟建址周围楼房室内环境 γ 辐射剂量率在 52nGy/h~68nGy/h 之间，位于江苏省建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平 50.7nGy/h~129.4nGy/h 范围；道路环境天然 γ 辐射剂量率为 49nGy/h~52nGy/h，位于江苏省道路 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平 18.1nGy/h~102.3nGy/h 范围内。

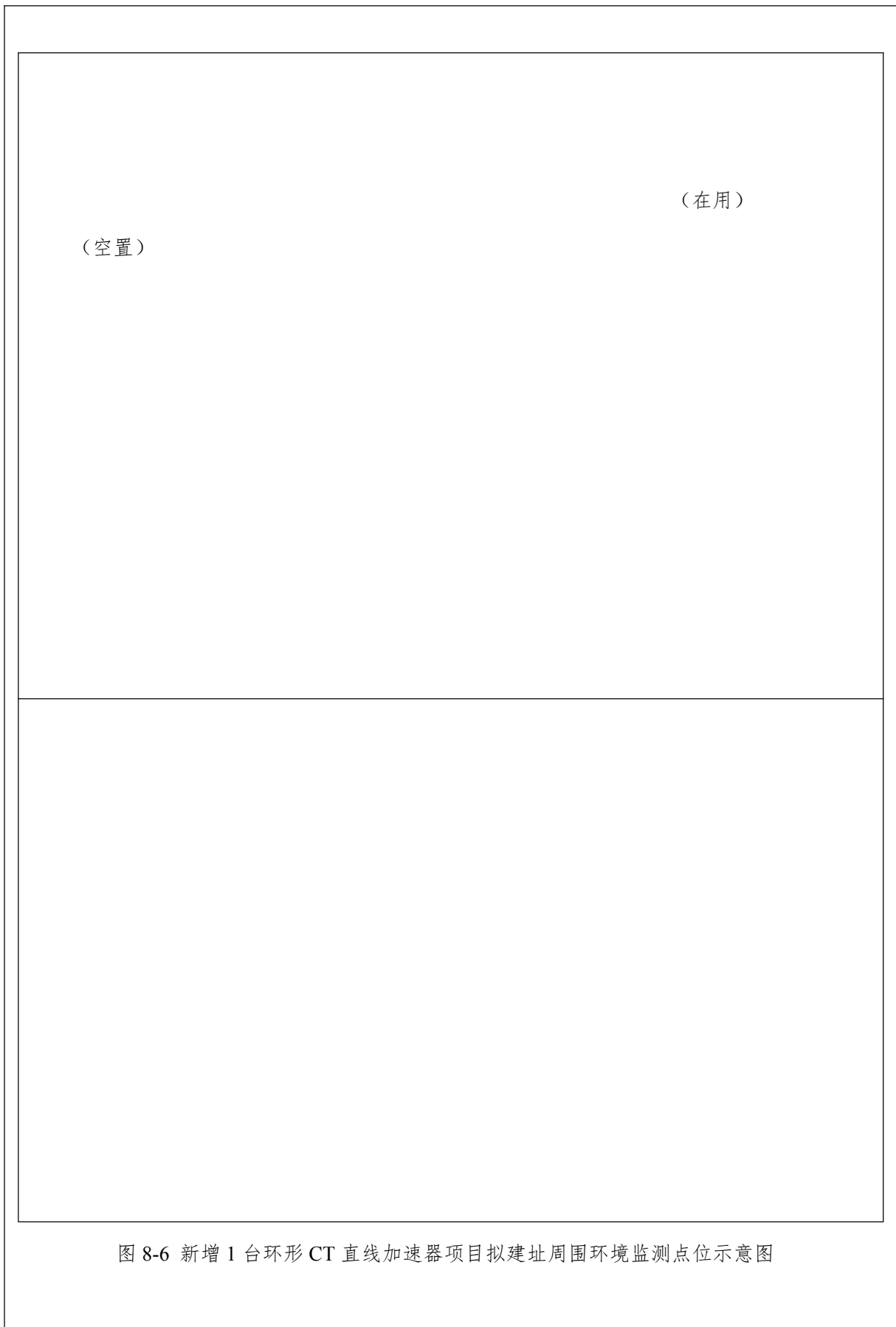


图 8-6 新增 1 台环形 CT 直线加速器项目拟建址周围环境监测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、工程设备

常州市第二人民医院拟在阳湖院区住院楼负一楼放疗中心预留机房内新增 1 台 uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器(型号:uLinac HalosTx,X 射线最大能量为 6MV,最大剂量率为 1200cGy/min,无电子线),用于肿瘤的放射治疗。该设备内含 1 个加速器机头和 1 个 CT 机头,安装在两个机架上,其中加速器机头既可产生 MV 级射线进行治疗,也可产生 kV 级射线进行图像引导(即实现 CBCT 功能,CBCT 模式下最大管电压 140kV,最大管电流 667mA);CT 机头最大管电压 140kV,最大管电流 667mA,可在治疗前用于模拟定位,也可在治疗过程中对病灶进行在线监控。本项目环形 CT 直线加速器外观见图 9-1。

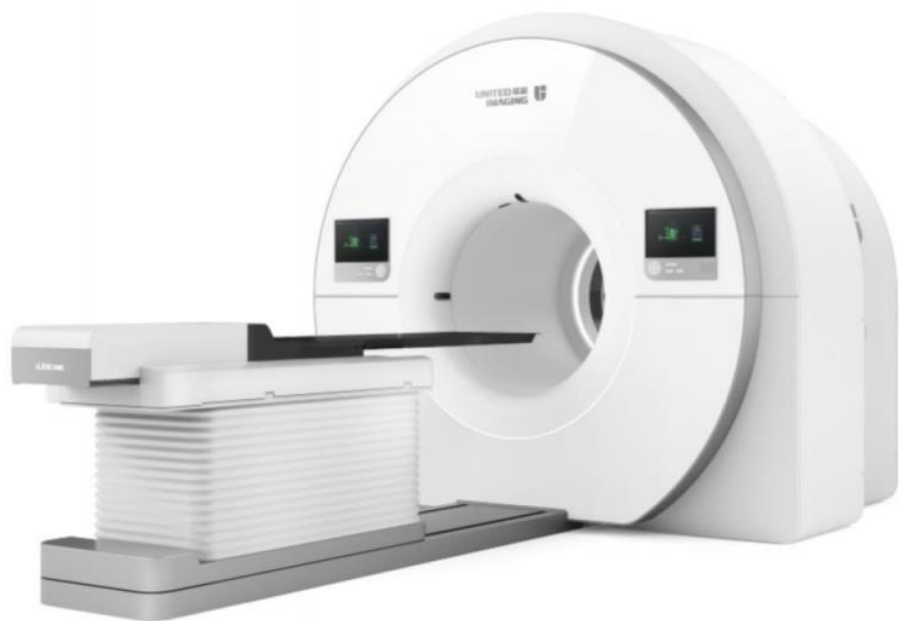


图 9-1 本项目环形 CT 直线加速器外观示意图

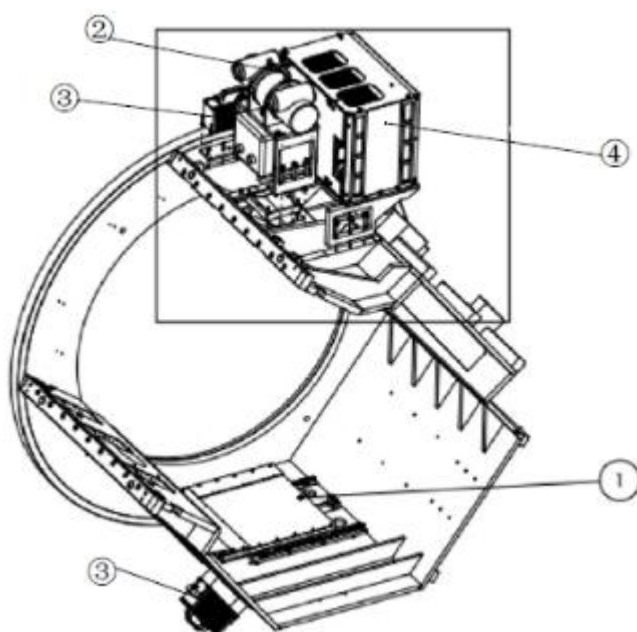
uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器是中国联影集团推出的区别于经典 C 型臂加速器的创新型放射治疗系统,其创新性融合 40 排 80 层 87cm 超大孔径 CT 与环形加速器,搭载 65cm×61cm 业界最大 EPID 平板,首创“影像剂量双感知”技术,不仅突破影像引导技术极限,更首次实现全疗程动态监测肿瘤变化与受照剂量,为患者治疗安全提供全程保障。设备基于环形架构与底层硬件革新,打造“三合一”(加速器、

CT、CBCT) 高效放疗引擎, 治疗效率较传统机型提升 50%, 有效缓解临床治疗压力。

uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器的 CT 部分与 CT 模拟定位机相似, 其机架旋转、机头转动、限束器开闭、距离指示、照射野指示、治疗床各部分运动, 都与加速器部分一样, 因此它能准确地模拟加速器部分的一切机械运动。并通过 140kV 的 X 线影像系统准确确定出肿瘤的照射位置、照射面积、肿瘤深度、等中心位置等几何参数, 以及机架旋转、机头旋转角度、源瘤距、源皮距、限束器开度、升床高度等机械参数, 为治疗摆位提供了有力的依据, 确保放射治疗的正确实施; 并在治疗过程中对病灶的位置进行在线监控, 例如当患者呼吸导致肿瘤位移时, CT 影像会引导加速器自动调整角度, 确保射线始终精准覆盖病灶, 同时减少对正常组织的辐射, 实现治疗射线的“动态追踪”能力。

CBCT 图像引导系统采用治疗床, 将患者固定, 用十字激光灯对患者位置进行初始定位, 确定治疗床坐标, 将 CT 图像中病灶的坐标转换到本系统的坐标系中。在治疗前, 通过图像引导定位装置进行摆位验证, 和治疗床各轴的微动来调整患者的姿态, 以确保放射治疗前靶区的准确性。CBCT 图像引导系统主要部件包括: kV 级影像平板、X 射线球管、影像光阑、高压发生器。

CBCT 和 CT 图像引导系统结构如图 9-2 所示。



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

图 9-2 CBCT 和 CT 图像引导系统结构示意图

uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器的加速器部分主要的设备组成与普通医用电子直线加速器相似，通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，主要由三大部分组成，即电子发射单元，电子加速单元和电子束引出单元。它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。其机架运动方式为顺时针或逆时针 360° 单圈旋转，运动轨迹随机架旋转绕圆环中心处旋转，自屏蔽铅块始终位于靶点对侧，屏蔽器尺寸可覆盖全部射野。uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器系统示意图见图 9-3，自屏蔽设计示意图见图 9-4。

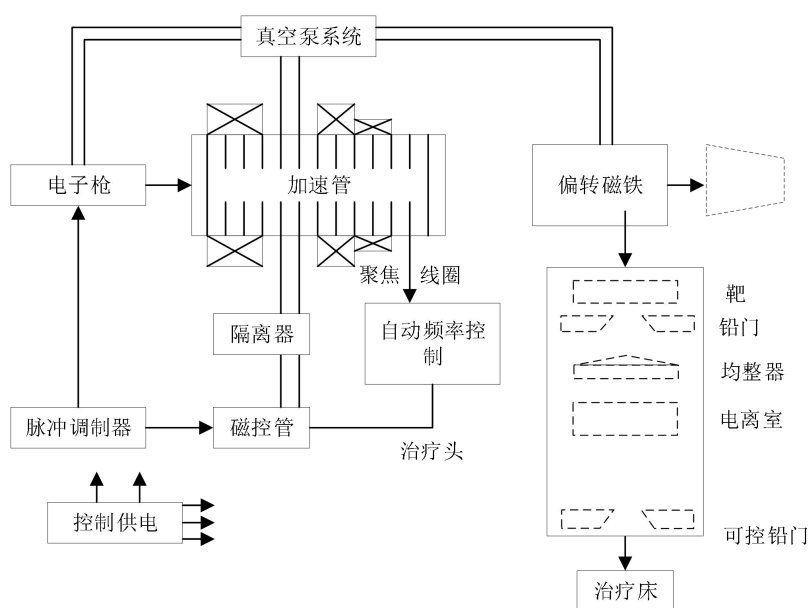


图 9-3 uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器系统示意图

图 9-4 uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器自屏蔽设计示意图

医院拟引进的 uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器主要技术参数见表 9-1 至表 9-2。

表 9-1 本项目环形 CT 直线加速器技术参数情况一览表（加速器部分）

项目名称	技术参数
型 号	uLinac HalosTx
位 置	阳湖院区住院楼负一楼放疗中心
X 射线最大能量	6MV
源轴距 SAD	1m
等中心点至机房地坪的高度	1.2m
距靶 1m 处 X 辐射剂量率	1200cGy/min
泄漏辐射比率	0.1%
射线最大出射角	28°（等中心点每侧 14°）
最大照射野大小	40cm×40cm
自带屏蔽器	20mm 钢板+155mm 铅板+20mm 钢板 （等效铅当量约为 182mm）
靶材料	钨合金
用途	放射治疗

注：本项目 uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器技术参数由设备供应商提供。

表 9-2 本项目环形 CT 直线加速器技术参数情况一览表（CBCT、CT 部分）

项目	技术参数	
设备（功能或模式）	CBCT	CT
型号	/	/
位置	阳湖院区住院楼负一楼放疗中心	
最大管电压	140kV	140kV
最大管电流	667mA	667mA

注：本项目 uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器技术参数由设备供应商提供。

本项目 1 台 uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器对肿瘤病人进行治疗，不开刀，

损伤小，病人痛苦小，恢复快，对肿瘤周围正常组织损害小，相较于医院现有的直线加速器缩短了治疗时间，提高了治疗效率，对提高肿瘤放疗水平具有重大意义；同时也为院方创造更大的经济效益，具有十分突出的社会效益。

二、工作原理及工作流程

1、工作原理

放疗是癌症三大治疗手段之一。是用各种不同能量的射线照射肿瘤，以抑制和杀灭癌细胞的一种治疗方法。放疗可单独使用，也可与手术、化疗等配合，作为综合治疗的一部分，以提高癌症的治愈率。放疗的基本目的是努力提高放疗的治疗增益比，即最大限度地将放射线的剂量集中到病变（靶区）内，而使周围的正常组织和器官少受或免受不必要的照射。

医用直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，其原理是利用具有一定能量的高能电子与大功率微波的微波电场相互作用，从而获得更高的能量。这时电子的速度增加不大，主要是质量不断变大。高能电子打击重金属靶，产生韧致辐射发射 X 射线，作 X 射线治疗。

uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器相对于普通医用电子直线加速器，该类型加速器大幅精简治疗操作步骤，减少误差发生的可能性，其系统性优化了多弧容积调强、多野调强治疗等先进技术。叶片速度提高到 5cm/s，机架旋转速度提升至四倍，从而提供高质量和高效率的治疗；该加速器采用双重多叶光栅，其在等中心点的最大照射野范围为 40cm×40cm，自屏蔽系统具备 100%射野面积覆盖能力；CT 图像采集和正侧位成像时间短，无论是常规放射治疗还是调强放射治疗，射束投照时间通常只需约 3~5 分钟，大大减少了出束时间；叶片布局“层叠交错”，优化了调强能力，并减少叶片间漏射。该类型直线加速器自带屏蔽器（等效 182mm 铅当量），使得机房尺寸及防护要求变低，主射线方向线束在穿过病人身体后经屏蔽系统屏蔽，使主射线透射率小于 0.1%，因此对周围环境辐射影响也大大减小。该设备运行过程中，仅产生 X 射线束，不产生电子束。

CT 最主要的部件是 X 射线管，其由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速

达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。X 射线管基本结构如图 9-5 所示。

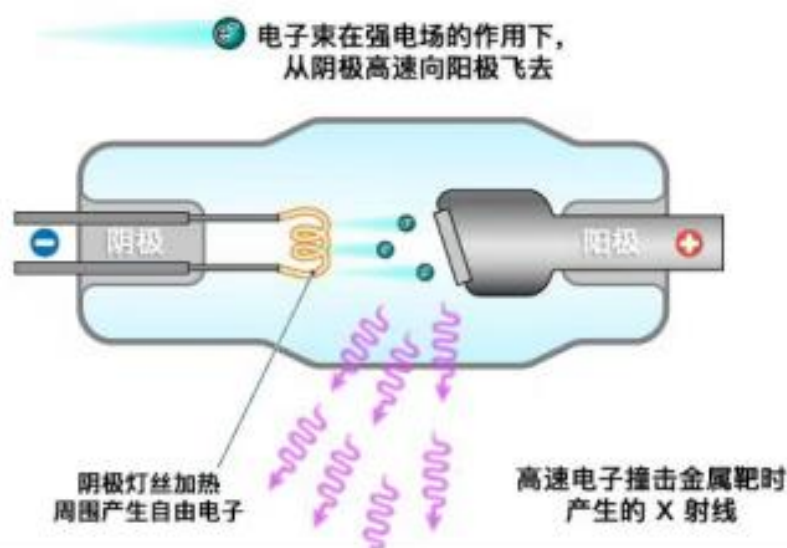


图 9-5 X 射线管基本结构示意图

2、工作流程

环形 CT 直线加速器工作流程及产污环节分析见图 9-6，其工作流程如下：

- ①患者在经诊断确诊需要进行放射治疗后，根据病灶的部位确定定位体位，通过模拟定位机或 CT 模拟定位机扫描采集影像资料，用于确定靶区位置、形状和大小；
- ②放疗医师根据医学影像临床诊断资料，提出放射治疗方案和精确治疗计划；
- ③放射治疗计划完成，并经放疗医师确认后，放疗技师引领患者进入治疗室，对患者进行摆位；
- ④技师确认治疗室内无其他人员滞留，确认各类按钮工作正常后，关闭防护门；
- ⑤技师在控制室内设置参数，加速器先以 kV 级射线（CBCT 模式）进行图像引导，验证治疗计划；如有需要调整治疗计划，则使用 CT 再次进行模拟定位，并重新以 CBCT 模式进行验证，直至无误后，按照最终的治疗方案调整好出束时间、角度、剂量，以 MV 射线（加速器模式）进行治疗。治疗过程中，CT 同时出束监控病灶位置，为加速器射线动态追踪提供定位引导。放疗过程中，加速器和 CT 会产生 X 射线，治疗室内的空气会电离产生臭氧和氮氧化物；
- ⑥治疗结束后，停止出束，解除定位，关闭系统，患者离开治疗室。

图 9-6 环形 CT 直线加速器放疗工作流程及产污环节示意图

三、工作负荷及人员配置

环形 CT 直线加速器日接诊量最大为 40 人次，患者治疗照射时间平均按 3min 计，本项目年开展工作 250 天，环形 CT 直线加速器年出束运行时间为 500h。医院拟为本项目配备 9 名辐射工作人员（含医师 3 人、技师 2 人、物理师 2 人、护士 2 人），由 9 名辐射工作人员共同承担本项目全部辐射工作内容。每次开展治疗工作时，应有两名及以上人员协同操作。本项目 9 名辐射工作人员均为医院原有辐射工作人员，到岗后仅从事本项目辐射工作，不兼职其他辐射工作内容。

四、原有工艺不足及改进情况

常州市第二人民医院新增 1 台环形 CT 直线加速器项目拟建址机房为医院预留伽玛刀机房，机房建成后未安装设备，且医院无开展伽玛刀项目的计划。为合理利用机房资源，医院拟在该机房内新增 1 台环形 CT 直线加速器，并对机房进行改造，使其匹配环形 CT 直线加速器的辐射防护与安全要求。医院放疗中心现有 1 台医用直线加速器、1 台后装治疗机、1 台模拟定位机和 1 台 CT 模拟定位机已投入使用，本次新增 1 台环形 CT 直线加速器项目可利用现有模拟定位机和 CT 模拟定位机开展模拟定位以配合放射治疗工作。本项目环形 CT 直线加速器 X 射线最大能量 6MV，最大剂量率 1200cGy/min，可以缩短患者的治疗时间，极大地缓解了患者因长时间保持治疗体位而带来的痛苦，也减少了患者体位不自主移动带来的误差，使患者的放射治疗更为精准高效。医院将放射治疗项目集中在放疗中心，利于患者一站式就诊，也便于医院统一管理。

污染源项描述

一、放射性污染

1.X 射线外照射: 环形 CT 直线加速器运行时,从加速器电子枪里发出来的电子束,在加速管内经加速电压加速,轰击到钨金靶上,产生 X 射线。发射出来的 X 射线主要用于治疗,治疗剂量与剂量率的大小、加速器电子能量、受照射的靶体材料、电子束流强度、电子入射方向、考察点到源的距离等因素有关。

本项目拟配备的环形 CT 直线加速器 X 射线能量为 6MV, 1m 处 X 射线最高输出剂量率为 1200Gy/min; 以 CBCT 模式运行时,最大管电压 140kV、最大管电流 667mA; 自带的 CT 最大管电压 140kV、最大管电流 667mA。由于 X 射线的贯穿能力极强,将对工作人员、公众及周围环境辐射造成辐射污染。

2.电子束: 本项目环形 CT 直线加速器只产生 X 射线,无电子束产生。

3.中子: 本项目拟配备的 1 台 uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器 X 射线能量为 6MV, 1m 处 X 射线最高输出剂量率为 1200cGy/min, 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/T 201.2-2011) 规定 (§4.3.2.5), 当加速器 X 射线 $\leq 10\text{MV}$ 时, 中子的影响可忽略。

4.感生放射性: 感生放射性核素主要是中子与加速器结构材料发生的 (n, γ) 俘获反应产生的, 仅适用于电子能量超过 10MeV 的设备; 本项目环形 CT 直线加速器 X 散射线能量最高为 6MV, 无电子线, 感生放射性影响较小。

因此, 本项目环形 CT 直线加速器开机期间, 产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素。

二、非放射性污染

(一) 废气

环形 CT 直线加速器 (含 CT) 出束时, 会使机房内的空气产生电离, 产生臭氧和氮氧化物。

(二) 废水、固体废物

主要是工作人员产生的生活污水、生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局及分区

(一) 工作场所布局

本项目 1 座环形 CT 直线加速器机房位于阳湖院区住院楼负一楼放疗中心，周围无儿科病房、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，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中关于选址与布局的规定。

本项目 1 座环形 CT 直线加速器机房东侧为后装机机房，南侧为设备间、控制室、库房及缓冲间，西侧为预留加速器机房，北侧为土层，上方为住院楼北侧楼外地面，下方为土层。

环形 CT 直线加速器机房控制室与治疗室分离，机房内设置直迷道，迷道口设有防护门；有用线束仅向南墙、北墙、地面及屋顶照射。环形 CT 直线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/T 201.1-2007）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”“治疗机房一般设于单独的建筑物或建筑物底层的一端”的规定、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需求”“治疗机房均应设置迷路”的规定以及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“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”“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”等规定，布局合理。

(二) 工作场所分区

为加强辐射防护管理和职业照射控制，本项目根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）拟将环形 CT 直线加速器机房治疗室、迷道作为辐射防护控制区，严格控制人员进出，并在治疗室入口处设置电离辐射警告标志；拟将与环形 CT 直线加速器机房相邻的控制室、设备间、库房、缓冲间作为辐射防护监督区，在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。本项目环形 CT 直线加速器机房辐射防

护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定要求。本项目环形 CT 直线加速器机房平面布置及分区示意图见图 10-1。



图 10-1 环形 CT 直线加速器机房平面布置及辐射防护分区管理示意图

（三）分区管理要求

医院拟在控制区进出口（防护门口）设置醒目的电离辐射警告标志及注意事项，安装工作状态指示灯，在正常工作中，禁止无关人员进入；拟在监督区进出口（缓冲区）设置醒目的监督区标识，监督区内实施监控管理，非辐射工作人员不得随意进入。

三、辐射防护屏蔽设计

本项目 1 座环形 CT 直线加速器机房采用混凝土浇筑结构，治疗室东西长 7.14m、南北长 7.05m、净面积为 50.3m²（不含迷道），机房顶部屏蔽内表面至地面约 4.2m（装饰面层下机房高 3m），设置直迷道，迷道横宽 2m，迷道口设有防护门。具体屏蔽设

计参数见表 10-1。

表 10-1 环形 CT 直线加速器机房屏蔽设计参数

场所名称	屏蔽体		屏蔽材料及厚度		
			原机房屏蔽设计	现调整后防护设计	调整情况
环形 CT 直线 加速器机房	东墙		1000mm 混凝土	1500mm 混凝土	增加 500mm 混凝土
	南墙		1150mm 混凝土	1500mm 混凝土	增加 350mm 混凝土
	西墙	迷道内墙	750mm 混凝土	750mm 混凝土 +60mm 铅板	增加 60mm 铅板
		迷道外墙	1500mm 混凝土	1500mm 混凝土	无调整
	北墙		700mm 混凝土	700mm 混凝土	无调整
	屋顶		700mm 混凝土 +1100mm 覆土	700mm 混凝土 +1100mm 覆土	无调整
	防护门		/	15mmPb	新配置防护门

注：混凝土密度不低于 2.35g/cm³，铅密度为 11.3g/cm³。

三、辐射安全措施

1.电线电缆布设

环形 CT 直线加速器机房电缆线穿墙方式拟采用“U”形穿墙管道，电缆沟上设置刚性盖板，电缆沟不会破坏治疗室墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

2.防护门搭接方式

机房防护门设计制作时，除要考虑足够的防护厚度外，拟考虑防护门与周围墙壁及地面的重叠搭接，以防止门缝处射线泄漏。本项目环形 CT 直线加速器机房门与墙之间的间隙小于 1cm，防护门与墙之间的搭接不小于 10cm，可有效防止门缝处射线泄漏。

3.通风要求

本项目环形 CT 直线加速器机房拟设计有通风装置，治疗室内拟采用机械进、出风，通风换气频率为不低于 4 次/h，进风口拟设置在治疗室西南角吊顶处，排风口拟设在治疗室东北角，排风口下沿距治疗室地面 0.3m 高，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换”以及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“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”的要求。环形 CT 直线加速器机房进排风管道避开主射线方向，射线经多次散射后，进、排风管道进出口处辐射剂量将在控制范围内。废气经排风管道引至住院楼楼顶排至室外，排气口位置不设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

4.电离辐射警告标志和工作状态指示灯

环形 CT 直线加速器机房入口拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，防止无关人员逗留和误入。工作状态指示灯与加速器设置有效关联，用以明确指示加速器工作状态。

5.紧急停机装置

在环形 CT 直线加速器机房内不同方向的墙面、迷道墙上、控制室控制台及设备壳体上均拟设置急停按钮，急停按钮拟设有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发，按下急停按钮，即可停止环形 CT 直线加速器出束。

6.紧急开门装置

环形 CT 直线加速器机房拟在迷道内设置从室内开启治疗机房门的紧急开门装置，防护门拟设有防挤压功能。

7.安全联锁装置

环形 CT 直线加速器机房拟设置门-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。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医院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.视频装置和双向交流对讲装置

本项目环形 CT 直线加速器机房控制室拟设置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，实时观察机房内的动态。

9.固定式辐射剂量监测仪

本项目环形 CT 直线加速器机房治疗室迷道的内入口处拟设置固定式辐射剂量监测仪并具有异常情况下报警功能，其显示单元拟设置在控制室内。

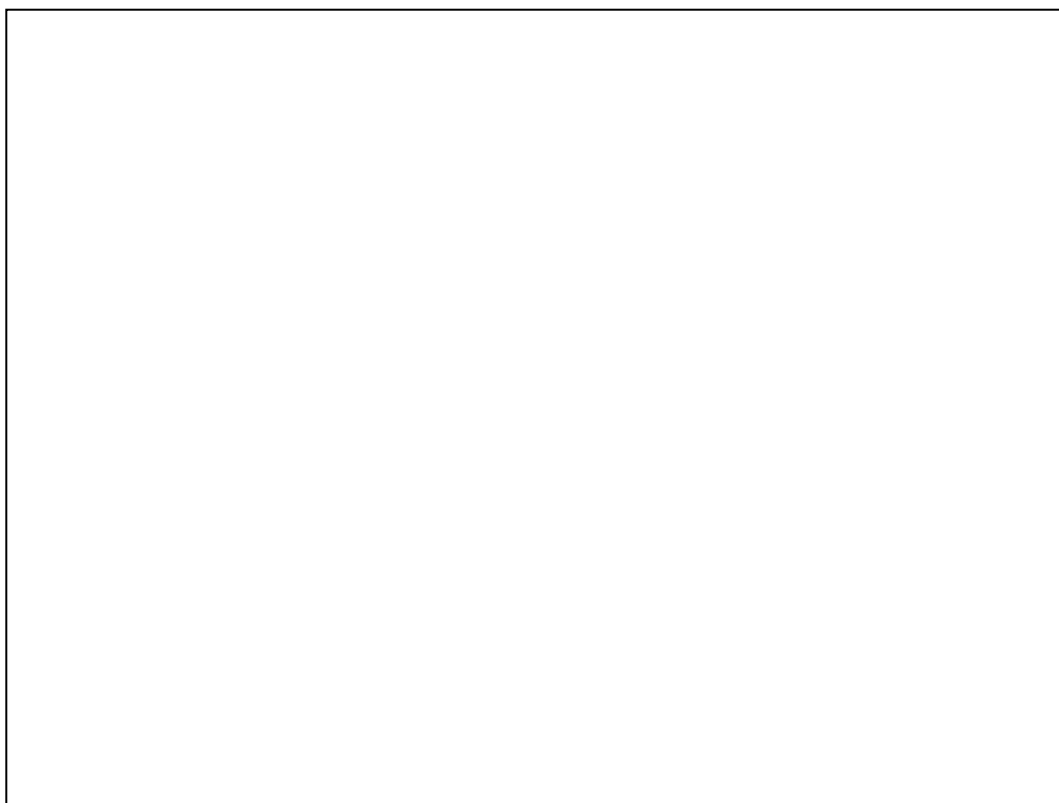


图 10-2 环形 CT 直线加速器机房安全设施位置示意图

常州市第二人民医院在落实以上辐射安全措施后，能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的标准要求。

四、监测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展放射诊疗的单位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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

常州市第二人民医院已配备有辐射巡测仪，医院拟为本项目环形 CT 直线加速器配备固定式剂量监测报警装置 1 套、个人剂量报警仪 2 台，辐射工作人员工作时佩戴个人剂量计，以监测累积受照情况。医院拟定期组织辐射工作人员进行健康体检，并将按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

三废的治理

一、废气

环形 CT 直线加速器机房内的空气在 X 射线电离作用下产生臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物通过动力排风装置排入大气。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）第 6.2.2 条款的要求：放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h。

本项目环形 CT 直线加速器机房内设有通风装置，采用机械排风方式。机房内采用上进下出的通风系统，进、排风管道从防护门上方穿墙至机房内，进风口与排风口位置拟对角设置。排风口拟设在治疗室东北角侧墙上，排风口下沿距治疗室地面 0.3m 高；新风口设于治疗室西南角天花板上。废气经管道引至住院楼楼顶排至室外，排气口位置不设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。本项目环形 CT 直线加速器机房通风设计平面图详见图 10-3。

本项目 1 座环形 CT 直线加速器机房治疗室容积约 284m³（含迷道），其排风机的设计排风量为 1200m³/h，每小时通风换气次数约为 4.2 次/h，能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）

中“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”的相关要求。

图 10-3 环形 CT 直线加速器机房通风布设示意图

二、废水、固体废物

工作人员产生的生活污水，由医院污水处理系统统一处理；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本次新增 1 台环形 CT 直线加速器项目机房建设时主要工作为建筑施工与内饰装潢，将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

1、大气：本项目在建设施工期需进行的墙体浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：及时清扫施工场地，设立围挡，并保持施工场地一定的湿度。

2、噪声：整个建筑施工阶段，如墙体浇筑等施工中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

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

4、废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放或回收用于施工场地洒水降尘。

医院在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在医院内部，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

根据建设单位提供的资料，本项目配备的 1 台 uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器，主要参数为：X 射线能量：6MV；1m 处输出剂量率：1200cGy/min。本项目环形 CT 直线加速器以 CBCT 模式运行时，最大管电压为 140kV、最大管电流为 667mA；CT 部分最大管电压为 140kV、最大管电流为 667mA。CBCT 与加速器为同一个机头，不可同时出束；CT 与加速器为两个机头，可同时出束。CBCT 和 CT 产生的射线能量远小于 X 射线能量最大为 6MV 时的环形 CT 直线加速器，故本项目环形 CT 直线加速器机房防护条件在满足环形 CT 直线加速器屏蔽要求的情况下，机房屏蔽体完全可以满足对 CBCT 和 CT 开机产生 X 射线的防护。因此即使考虑加速器与 CT 同时出束的

情况，当机房屏蔽能力满足加速器防护要求时，CT 对机房外的辐射影响基本可以忽略。

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/T 201.2-2011）的要求，在本项目环形 CT 直线加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在环形 CT 直线加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定环形 CT 直线加速器最大功率运行并针对关注点最不利情况进行预测计算，据此进行保守分析可以包络其他运行工况下的辐射环境影响。

本项目环形 CT 直线加速器机房的关注点设定如图 11-1。

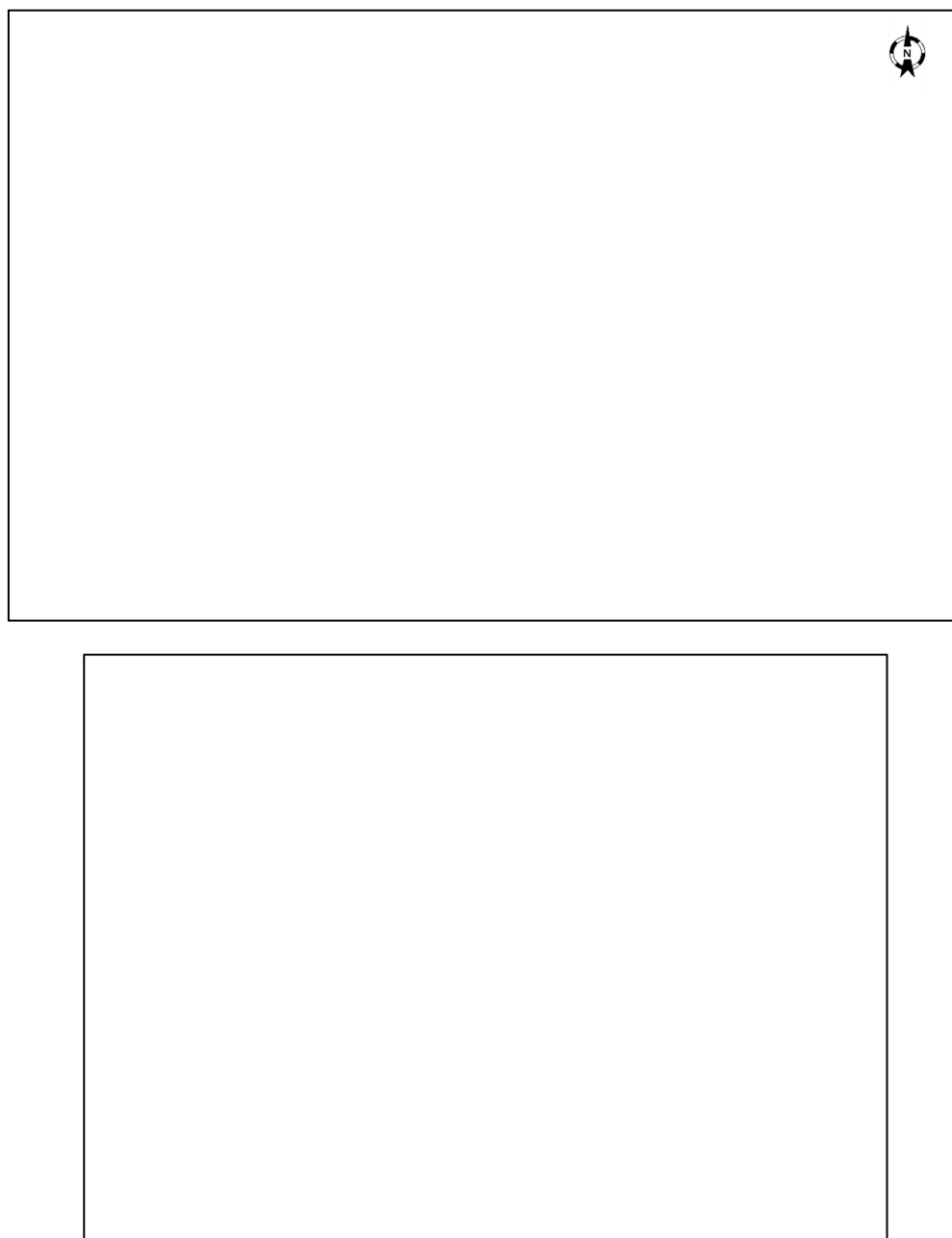


图 11-1 环形 CT 直线加速器机房预测点位示意图

1、辐射防护效果预测

如图 9-4 所示，本项目环形 CT 直线加速器有用线束对应的筒壁区带有自屏蔽器，屏蔽效能不低于 18.2cm 铅当量。射线源点距屏蔽器同侧为 1655mm，背面为 1850mm，屏蔽器宽度为 930mm。加速器有用线束最大张角为 28° （每侧 14° ），有用线束中心正对屏蔽器中心，则有用线束在屏蔽器处同侧的射野宽度为 825.3mm，背面射野宽度为 922.5mm，屏蔽器宽度能够完全覆盖主射线。由于自屏蔽器和治疗筒结构件的总屏蔽效能，使有用束对应的治疗筒外的辐射剂量与泄漏辐射相当，故本项目在进行环形 CT 直线加速器机房屏蔽设计核算时，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/T 201.2-2011）中“D.2.3.1 忽略患者散射辐射，按屏蔽泄漏辐射考虑机房屏蔽。对有用线束直接投射的区域，也按屏蔽泄漏辐射考虑”，因此本项目主要按照泄漏辐射预测计算机房的防护效果。

由于本项目为预留机房改造，保守考虑，为验证其防护能力，防护门口（g 点）处额外考虑了迷道散射的影响，南墙（a 点）及屋顶（l 点）额外考虑了有用线束的影响。

（1）射线路径及类型

$o_2 \rightarrow k$ （泄漏射线）， $o \rightarrow f$ （泄漏射线）， $o \rightarrow g$ （泄漏射线）， $o_1 \rightarrow a$ （泄漏射线）， $o_1 \rightarrow c$ （泄漏射线）， $o \rightarrow e$ （泄漏射线）， $o_3 \rightarrow l$ （泄漏射线）， $o \rightarrow i \rightarrow g$ （散射线）， $o_2 \rightarrow a$ （主射线）， $o_4 \rightarrow l$ （主射线）。

（2）计算模式及参数选择

使用《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）的相关公式进行有用线束和泄漏辐射屏蔽设计核算，在给定的屏蔽物质厚度 X （cm）时，首先按照公式 11-1 计算有效厚度 X_e （cm），按照公式 11-2 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，再按照公式 11-3 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

$$X_e = X / \cos\theta = X \cdot \sec\theta \quad \text{公式 11-1}$$

式中： X —设计屏蔽厚度，cm；

θ —斜射角。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_l) / TVL} \quad \text{公式 11-2}$$

式中， TVL_l （cm）和 TVL （cm）为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡

什值层厚度，当未指明 TVL_I 时， $TVL_I=TVL$ 。可根据加速器 X 射线能量查 GBZ/T 201.2-2011 的附录 B 表 B.1。本项目中，对应 6MV 的 X 射线，有用线束混凝土 TVL_I 为 37cm、 TVL 为 33cm，铅 TVL_I 为 5.7cm、 TVL 为 5.7cm；泄漏辐射混凝土 TVL_I 为 34cm、 TVL 为 29cm，铅 TVL_I 为 5.7cm、 TVL 为 5.7cm。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \text{公式 11-3}$$

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（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，本项目中 6MV 的 X 射线能量，1m 处的常用最高剂量率为 $7.20 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

R —靶点至参考点的距离，m，本项目参考点均为相应墙外 30cm；

f —对有用线束为 1，对泄漏辐射为 0.1%。

根据 GBZ/T201.2-2011，入口 g 点处的散射辐射剂量率 $\dot{H}_g$ 按公式 11-4 计算。

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \dot{H}_0 \quad \text{公式 11-4}$$

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

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上的散射因子，见附录 B 表 B.2，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， cm^2 ；

α_2 —砗墙入射的患者散射辐射（能量见附录 B 表 B.6）的散射因子，通常取 i 处的入射角为 45° ，散射角为 0° ； α_2 值见附录 B 表 B.6，通常使用其 0.5MeV 栏内的值；

A — i 处的散射面积， m^2 ；

R_1 —“ $o \rightarrow i$ ”之间的距离，m；

R_2 —“ $i \rightarrow g$ ”之间的距离，m；

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。

在给定防护门的铅屏蔽厚度 $X(\text{cm})$ 时，防护门外 g 点处的辐射剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按公式 11-5 计算。

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \quad \text{公式 11-5}$$

式中： $\dot{H}_{og}$ — g 处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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

TVL —辐射在铅中的什值层， cm 。

(3) 计算结果

本项目环形 CT 直线加速器机房外各关注点处的辐射剂量率预测结果见表 11-1 至表 11-5，其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-1 环形 CT 直线加速器机房外关注点处有用线束辐射剂量率核算值

参数		南墙外 30cm (a 点)	屋顶地面 30cm (l 点)
X (cm)		██████████	██████████████████
X_e (cm)		██████████	██████████████
TVL_l (cm)	砷	37	
	铅	5.7	
TVL (cm)	砷	33	
	铅	5.7	
B		██████████	██████████
R (m)		██	██
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)		7.20E+08	
f		1	
$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)		0.50	1.78
$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	10
评价		满足	满足

注：加速器机房顶上 110cm 覆土层以等密度换算为 60.8cm 混凝土（土壤密度保守取 $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ ，混凝土密度取 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ）。

表 11-2 环形 CT 直线加速器机房外关注点处泄漏辐射剂量率核算值

参数	东墙外 30cm (e 点)	南墙外 30cm (c 点)	南墙外 30cm (a 点)	防护门口 30cm (g 点 [®])	西墙外 30cm (f 点)	西墙外 30cm (k 点)	屋顶地面 30cm (l 点)
X (cm)	██████	██████	██████	██████ ██	██████ ██████	██████	██████ ██████

X_e (cm)		■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
TVL_I (cm)	砵	34					
	铅	5.7					
TVL (cm)	砵	29					
	铅	5.7					
B		■■■■■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■	■■■■
R (m)		■	■	■	■	■	■
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)		7.20E+08					
f		0.001					
$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		0.36	0.42	0.47	0.69	2.02E-05	0.07
$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		10	10	2.5	0.8 ^②	10	10
评价		满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：1.加速器机房顶上110cm覆土层以等密度换算为60.8cm混凝土（土壤密度保守取 $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ ，混凝土密度取 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ）；

2.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/T 201.2-2011）中4.3.2.5.1b）：“核算加速器的泄漏辐射（以偏离 o 的位置 o_I 为中心）经迷路内墙屏蔽后在迷路入口 g 的辐射剂量。核算结果应为 g 处的参考控制水平的一个分数（应小于 $1/4$ ）”，本项目 g 处参考控制水平为 $4\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，本评价报告保守按 $1/5$ 取 $0.8\mu\text{Sv}/\text{h}$ 对 g 处泄漏辐射进行控制；

3.以相同方法计算 $o_I \rightarrow g$ 、 $o \rightarrow g$ 、 $o_2 \rightarrow g$ 的泄漏辐射，结果分别为 $0.69\mu\text{Sv}/\text{h}$ 、 $0.68\mu\text{Sv}/\text{h}$ 、 $0.30\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，表11-1中仅列出最保守的 $o_I \rightarrow g$ 的泄漏辐射预测结果。

表 11-3 迷道入口处散射辐射剂量率核算值

参数	迷路入口处 (g 点)
α_{ph}	1.39×10^{-3}
F (cm^2)	1600
α_2	22×10^{-3}
R_I (m)	■■■■
R_2 (m)	■■■■
A (m^2)	■■■■
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	7.20E+08

$\dot{H}_g$ (μSv/h)	376.79
---------------------	--------

表 11-4 迷路入口防护门外辐射剂量率核算	
参数	机房入口防护门外 (g 点)
$\dot{H}_{og}$ (μSv/h)	0.69
$\dot{H}_g$ (μSv/h)	376.79
X (cm)	■■■■■
TVL (cm)	■■■■■
防护门外的辐射剂量率 $\dot{H}$ (μSv/h)	1.07
剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ (μSv/h)	4
评价	满足

表 11-5 环形 CT 直线加速器机房外辐射剂量率预测结果汇总			
参考点位置	预测结果 (μSv/h)	参考控制水平 (μSv/h)	结论
东墙外 30cm (e 点)	0.36	10	满足
南墙外 30cm (c 点)	0.50	10	满足
南墙外 30cm (a 点)	0.50	2.5	满足
防护门外 30cm (g 点)	1.07	10	满足
西墙外 30cm (f 点)	2.02E-05	10	满足
西墙外 30cm (k 点)	0.07	10	满足
屋顶地面 30cm (l 点)	1.97	10	满足

注：保守考虑，预测结果取有用线束和泄漏辐射所致辐射剂量率的较大值，c 点保守参考 a 点的有用线束剂量率。

由表 11-1 至表 11-5 计算结果可知，本项目环形 CT 直线加速器机房的屏蔽设计能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求。

当本项目环形 CT 直线加速器投入运行后，与机房相邻东侧现有的后装治疗机同时出束工作时，机房外辐射剂量率存在叠加影响。西侧相邻为现为空置机房，空置机房西侧为现有的加速器，现有加速器与本项目环形 CT 直线加速器不邻近且之间有空

置机房的屏蔽作用。参考医院提供的 2024 年度放疗中心直线加速器、后装治疗机防护检测报告（报告编号：瑞森（综）字（2024）第 0566 号，详见附件 11），后装机正常工作时，机房外辐射水平均为环境本底水平；直线加速器运行时机房外辐射剂量率最大为 $0.02\mu\text{Sv/h}$ 。因此即使考虑后装治疗机和直线加速器的剂量率叠加影响，本项目环形 CT 直线加速器机房外辐射水平仍能够满足上述标准要求。

（4）门缝、通风系统及电缆沟辐射防护评价

本项目环形 CT 直线加速器机房防护门设计制作时，除要考虑足够的防护厚度外，拟考虑防护门与周围墙壁及地面的重叠搭接，以防止门缝处射线泄漏。本项目环形 CT 直线加速器机房门与墙之间的间隙小于 1cm，防护门与墙之间的搭接不小于 10cm，可有效防止门缝处射线泄漏。

根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 指出：“迷道的屏蔽计算是比较复杂的。一种简易的安全的估算方法，是使辐射在迷道中至少经过三次以上散射才能到达出口处。”

本项目环形 CT 直线加速器机房采用上进下出的通风系统，进、排风管道均为方管，尺寸为 $500\text{mm}\times 250\text{mm}$ ，选用 2mm 厚的镀锌钢板风管板材，管道经防护门上方由迷道到达机房内，均于机房内吊顶上方铺设，穿墙处采用“S”形弯管设计，管道系统均避开主射线方向，射线在到达通风管道口前、在通风管道内，至少经过 5 次散射才能到达管道出口处，通风管道出口处辐射剂量将在控制范围内。

电缆沟埋设在地下，电缆线布设采用地下“U”形穿墙管道，穿墙处理地深度为 500mm，未破坏治疗室墙体的屏蔽效果，射线至少经过 6 次散射才能到达电缆沟出口，能够满足辐射防护要求。

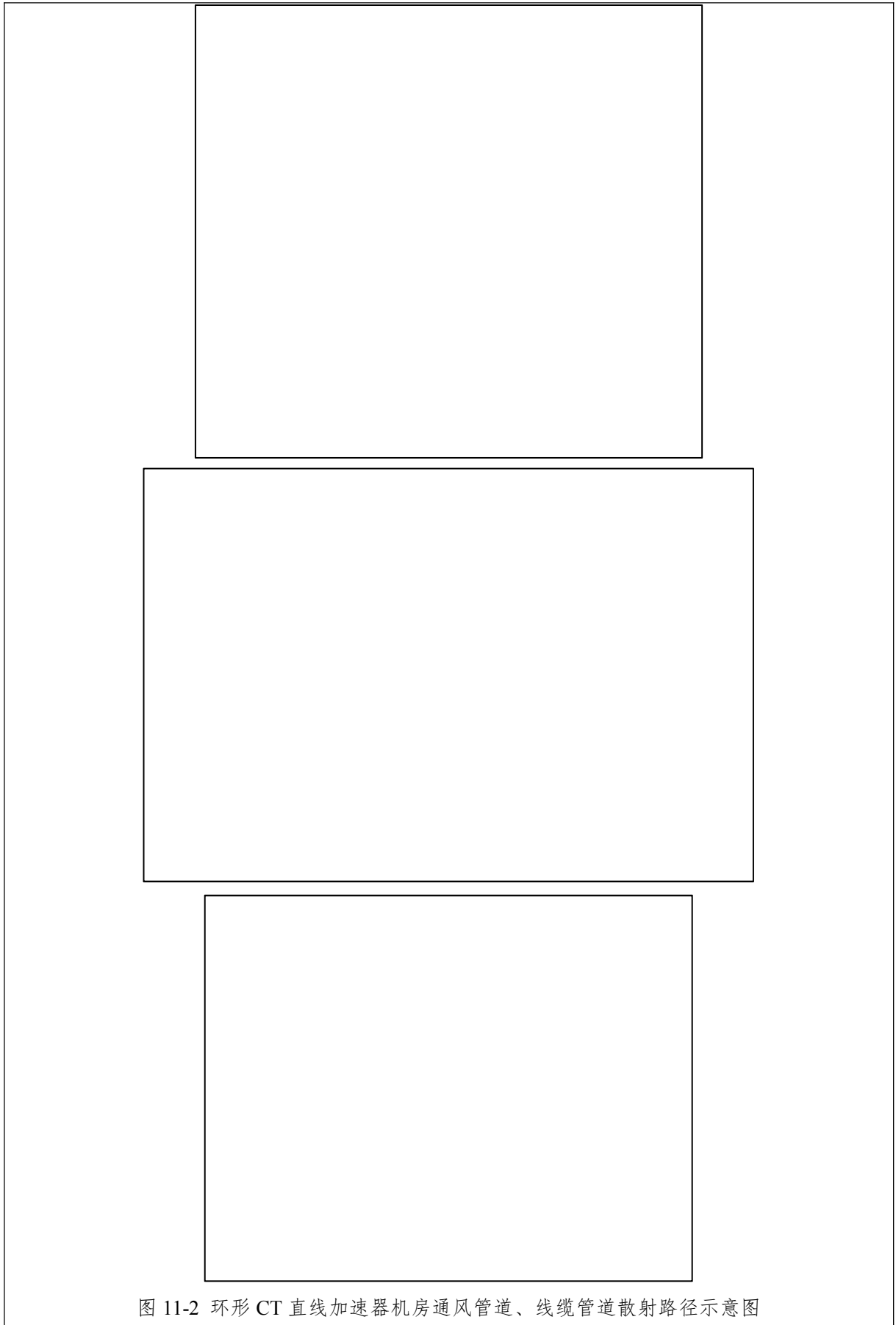


图 11-2 环形 CT 直线加速器机房通风管道、线缆管道散射路径示意图

2、保护目标有效剂量评价

(1) 根据辐射剂量率预测结果计算

考察点人员的年有效剂量由《辐射防护导论》给出的公式进行计算：

$$D_{\text{Eff}} = H \cdot t \cdot T \cdot U \quad \text{公式 11-6}$$

式中： D_{Eff} —考察点人员有效剂量，Sv；

H —考察点的辐射剂量率，Sv/h；

t —考察点处年受照时间，h；

T —居留因子；

U —使用因子。

本项目环形 CT 直线加速器年束运行时间约 500h（日接诊量最大 40 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均按 3min/人次计），考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子，将表 11-5 中环形 CT 直线加速器机房外各典型参考点处的辐射剂量率计算值代入公式 11-6，计算周围公众及辐射工作人员的年有效剂量，计算结果列于表 11-6。

表 11-6 环形 CT 直线加速器机房周围人员年有效剂量

参考点及参考点所在场所		居留因子 T	使用因子 U	剂量率计算值 ($\mu\text{Sv/h}$)	人员可达处年有效剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)	结论
环形 CT 直线加速器机房	东墙外 30cm (e 点, 后装机机房)	1/2	1	0.36	0.089	5	满足
	南墙外 30cm (c 点, 设备间)	1/16	1	0.50	0.016	5	满足
	南墙外 30cm (a 点, 控制室)	1	1	0.50	0.25	5	满足
	防护门外 30cm (g 点, 缓冲间)	1/8	1	1.07	0.067	5	满足
	西墙外 30cm (f 点, 加速器机房)	1/2	1	2.02E-05	<0.001	5	满足
	西墙外 30cm (k 点, 加速器机房)	1/2	1	0.07	0.018	5	满足
	顶上地面 30cm (l 点, 绿化地面)	1/40	1	1.97	0.025	0.1	满足

注：居留因子取值见 HJ 1198-2021 附录 A。

根据表 11-6 结果分析，本项目环形 CT 直线加速器投入运行后，辐射工作人员年

有效剂量最大为 0.25mSv，周围公众的年有效剂量最大为 0.025mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员、公众的剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

本项目周围其他环境保护目标处与表 11-6 中参考位置相比有更远的距离和其他建筑结构的屏蔽作用，由辐射水平的距离平方反比衰减规律可知，其他环境保护目标处的年有效剂量将低于表 11-5 中预测结果，也能够满足本项目剂量约束值要求。

（2）根据现有个人剂量监测结果分析

医院放疗中心现有辐射工作人员近一年内的个人剂量监测结果见表 11-7（检测报告详见附件 7）。

表 11-7 辐射工作人员个人累积剂量监测结果

姓 名	岗 位	监测编号	个人剂量监测结果（mSv）				合计（mSv）
			2024年 第二季度	2024年 第三季度	2024年 第四季度	2025年 第一季度	
████	████	████	████	████	██	████	0.12
████	████	████	██	████	████	████	0.10
████	████	████	████	████	██	████	0.12
████	████	████	████	████	██	████	0.12
████	████	████	████	████	██	████	0.15
████	██	████	██	████	██	████	0.17
████	██	████	████	████	██	████	0.14
████	██	████	████	████	██	████	0.19
████	████	██	████	████	████	████	0.130
████	████	██	████	████	████	████	0.173

注：MDL 为 0.04mSv。

根据表 11-7 的检测结果，放疗中心现有辐射工作人员近一年内个人累积剂量监测结果最大为 0.19mSv，则叠加本项目有效剂量贡献值后，辐射工作人员年有效剂量最大为 0.19mSv+0.237mSv=0.427mSv。医院合理安排辐射工作人员工作量，可满足本项目职业人员剂量约束值要求。

二、非放射性“三废”影响分析

（一）废气

环形 CT 直线加速器机房内的空气受 X 射线电离作用产生的臭氧和氮氧化物，通过动力排风装置排入大气。臭氧常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，氮氧化物产量约为臭氧的三分之一，对周围环境影响较小。

（二）废水

工作人员和部分患者产生的生活污水，由医院污水处理系统统一处理，对周围环境影响较小。

（三）固体废物

工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

事故影响分析

一、主要事故风险

本项目拟配备的环形 CT 直线加速器为 II 类射线装置，医院在开展放射治疗过程中，如果安全管理或防护不当，可能对人员产生误照射。因此本项目主要事故风险为：

（一）操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射；

（二）环形 CT 直线加速器工作过程中，未按工作流程进行清场，人员误留、误入机房内，导致发生误照射；

（三）机房门机联锁、门灯联动装置失效，导致防护门无法自动关闭，开机时防护门外工作人员或公众受到误照射。

（四）停机维修期间，因操作不当，导致工作人员受到误照射。

（五）环形 CT 直线加速器年久或更换部件和维护、检修后，未进行质量控制检测，设备性能指标发生变化，有可能在诊疗过程中使患者可能受到较大剂量的照射。

二、事故预防措施

针对本项目可能发生的辐射事故，医院拟采取如下事故预防措施：

（一）定期检查射线装置机房的安全联动装置，确保其正常、有效运行；

（二）加强辐射工作人员培训，不断提高人员的辐射安全意识；

（三）加强辐射安全管理，辐射安全管理人员定期检查；

（四）严格执行辐射安全管理规章制度，按照操作规程操作，工作期间，辐射工

作人员不得脱岗；

（五）辐射工作人员工作期间注意佩戴好个人剂量计，加强日常自主监测，关注固定式剂量监测系统报警状态，当发出警报信号时，应立即采取应对措施。

三、事故处理措施

针对本项目可能发生的辐射事故，医院拟采取如下事故处理措施：

（一）当发生误照射时，应立即按下急停开关，确保设备停止工作；

（二）迅速安排受照人员接受医学检查和救治；

（三）请设备厂家或相关单位进行检测或维修，分析事故发生原因，不得擅自进行维修；

（四）对辐射工作人员造成额外照射时，应及时检测个人剂量计，剂量超标则人员应及时就医检查并调岗；

（五）事故发生后，积极配合生态环境等管理部门做好事故调查和善后处理工作。

医院应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

常州市第二人民医院拟将阳湖院区住院楼负一楼放疗中心预留的机房进行防护改造，并在改造后的机房内新增 1 台 uLinac HalosTx 型环形 CT 直线加速器，兼具直线加速器（X 射线能量：6MV，X 线最大辐射剂量率：1200cGy/min）治疗和 CT（最大管电压为 140kV，最大管电流为 667mA）图像引导功能。本项目环形 CT 直线加速器属 II 类射线装置。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 II 类射线装置的单位，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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核。

常州市第二人民医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。医院应根据本次新增 1 台环形 CT 直线加速器项目修订相关文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。医院拟为本项目配置 9 名辐射工作人员（含医师 3 人、技师 2 人、物理师 2 人、护士 2 人），辐射工作人员均应通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并参加“放射治疗”辐射安全与防护考核，辐射防护管理人员参加“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗。如有辐射培训证书到期人员还应及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。

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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用射线装置的单位要“有健全操作规程、放射诊疗工作职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。目前常州市第二人民医院已针对现有核技术利用项目制定了相关辐射安全与防护管理制度，如《操作规程》《岗位职责》《辐射安全和防护管理制度》《设备维护

与维修制度》《射线装置使用登记制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射工作人员健康管理制度》《个人剂量监测制度》《辐射环境监测方案》《放射事故应急预案》等。医院现有管理制度内容较为全面，具有一定的针对性和可操作性，基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院已使用核技术利用项目开展放射诊疗多年，相关辐射安全管理规章制度较完善，建议医院根据本次新增 1 台环形 CT 直线加速器项目的特点及以下内容补充并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

针对本项目提出以下完善建议：

（1）操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。重点是：

①确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；

②从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

③在工作场所严禁吸烟、进食。

（2）岗位职责：明确射线装置使用工作人员、台帐管理人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

（3）辐射防护和安全保卫制度：根据射线装置的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度。重点是：

①定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；

②工作人员定期开展个人剂量监测和职业健康监护。

（4）设备维修制度：明确射线装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线检测装置、安全措施（联锁装置、警示标志、工作状态指示灯、急停按钮）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

（5）人员培训计划和健康管理制度：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握辐射防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《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》，辐射工作

人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。医院应组织新进辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于1次/2年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

（6）监测方案：明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。为了确保Ⅱ类射线装置的辐射安全，该单位应制定监测方案，重点是：

①明确监测项目和频次；

②辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理；

③医院应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在1小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

④委托有资质监测单位对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射监测

根据辐射管理要求，常州市第二人民医院阳湖院区已配备1台辐射巡测仪，拟为本项目配备个人剂量报警仪2台、固定式剂量监测报警装置1套，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，拟制定并完善如下监测计划：

1) 委托有资质的单位定期对项目周围环境X-γ辐射剂量率进行监测，周期：1~2次/年；

2) 辐射工作人员配备个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于1次/三个月）送有资质机构进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；

3) 定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录；

4) 所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检，以排除职业禁忌证。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于1次/2年），并建立个人职业健康档案；

5) 出现外照射事故, 立即采取应急措施, 并在 1 小时之内向县 (市、区) 或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

本项目监测计划一览表见表 12-1。

表 12-1 工作场所监测计划一览表

监测项目	监测类型	监测因子	监测单位和监测频次	监测点位	控制要求
工作场所监测	竣工环保验收监测	X-γ辐射剂量率	请有资质单位监测, 建设项目竣工后 3 个月内	机房墙体外 30cm 处、防护门外 30cm 处、顶上地面 30cm 处, 重点关注人员常居留位置、门缝处、操作位处、通风口外、电缆孔外等	见评价标准中辐射剂量率控制水平
	年度监测	X-γ辐射剂量率	请有资质单位监测, 1~2 次/年		
	日常监测	X-γ辐射剂量率	自主监测, 不少于 1 次/月		
	竣工环保验收监测	通风口通风速率	请有资质单位监测, 建设项目竣工后 3 个月内	通风口	每小时通风换气次数不小于 4 次
个人剂量监测	/	职业性外照射个人剂量	定期送有资质单位进行监测, 不少于 1 次/三个月	/	年有效剂量 ≤5mSv

常州市第二人民医院拟根据上述监测计划, 明确监测项目, 定期 (不少于 1 次/季) 使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检, 并保留自检记录, 每年委托有资质的单位定期对项目周围环境 X-γ辐射剂量率进行监测, 监测结果上报生态环境行政主管部门。2024 年度医院已委托南京瑞森辐射技术有限公司开展了辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测, 监测结果均符合《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)、《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)、《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)、《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 等国家相关标准要求, 均未出现剂量率超标的情况。

医院已为现有辐射工作人员配备个人剂量计, 组织辐射工作人员进行个人剂量监测 (不少于 1 次/三个月) 和职业健康体检 (不少于 1 次/2 年), 医院放射诊疗防护管理小组负责全院辐射工作人员个人剂量的收发和管理以及职业健康监护、个人剂量监测档案的存放保管。2024 年度医院已委托江苏省疾病预防控制中心、常州市疾病预防控制中心完成了辐射工作人员的个人剂量监测, 所有辐射工作人员监测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 等国家相关标准要求, 均未出现异常。

医院每年编写放射源、放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告,

包括射线装置、放射性同位素台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

根据医院《2024 年度安全和防护状况年度评估报告》显示，2024 年度医院未发生辐射事故，医院辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作，定期检查防护情况，发现的隐患及时处理；医院已制定和完善了相应辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。医院自开展核技术利用项目以来未发生过辐射事故，暂无需要改进完善的情况。

辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急方案应明确以下几个方面：

- ①应急机构和职责分工；
- ②应急的具体人员和联系电话；
- ③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；
- ④辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- ⑤辐射事故调查、报告和处理程序。

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效地采取以下应急措施：

①一旦发现有其他无关人员误入机房内，辐射工作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。误入人员应在最短的时间内撤离机房，尽量缩短受照时间。同时，事故第一发现者应及时向医院的辐射事故应急处理领导小组及上级领导报告。辐射事故应急处理领导小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

②对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境部门、卫生健康行政部门等主管部门。

③迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，组织专业技术人员，尽快排除故障。

④事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况时，应根据《放射性同位素与射

线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在 1 小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的还应当同时向卫生健康部门报告。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，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政部门报告。

常州市第二人民医院已制定辐射事故应急处理方案，该预案包括成立辐射事故应急处理领导小组、应急预案领导小组的职责、放射性事故应急处理的责任划分、放射性事故应急处理程序和放射性事故的调查等内容。由辐射事故应急处理领导小组组织辐射工作人员，定期（1 次/年）开展应急培训演练，在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均加以落实。医院已针对现有的核技术利用项目定期开展辐射事故应急演练，不断提高应急处理能力；医院开展核技术利用项目至今，未发生过辐射事故（事件）。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

常州市第二人民医院拟在阳湖院区住院楼负一楼放疗中心预留机房内新增 1 台环形 CT 直线加速器（型号：uLinac HalosTx，X 射线最大能量为 6MV，最大剂量率为 1200cGy/min，无电子线）用于肿瘤的放射治疗。该设备内含 1 个加速器机头和 1 个 CT 机头，安装在两个机架上，其中加速器机头既可产生 MV 级射线进行治疗，也可产生 kV 级射线进行图像引导（即实现 CBCT 功能，CBCT 模式下最大管电压 140kV，最大管电流 667mA）；CT 机头最大管电压 140kV，最大管电流 667mA，可在治疗前用于模拟定位，也可在治疗过程中对病灶进行在线监控。本项目环形 CT 直线加速器属 II 类射线装置。

二、项目产业政策符合性分析

本项目不属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修改）中“限制类”“淘汰类”项目，项目符合国家产业政策。

三、实践正当性

本项目的运行，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

四、选址合理性

常州市第二人民医院阳湖院区位于常州市武进区滆湖中路 68 号，医院东侧府南路、康居大厦及武进区公共卫生服务中心，南侧为滆湖中路，西侧为武宜中路，北侧为永胜中路。

本次新增 1 台环形 CT 直线加速器项目位于阳湖院区住院楼负一楼放疗中心，住院楼东侧为院内道路，南侧隔院内道路为医技楼，西侧隔院内道路为急诊楼，北侧为院内道路。本项目拟建址机房东侧为后装治疗机机房，南侧为设备间、控制室及库房，西侧为加速器机房，北侧为土层，拟建址下方为土层，上方为住院楼北侧楼外绿化地面。

本次新增 1 台环形 CT 直线加速器项目周围 50m 评价范围均位于医院边界内。项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及其他公众等。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于常州市中心城区重点管控单元（编码：ZH32041220178）内，不在生态保护红线内，评价范围内均不涉及优先保护单元和一般管控单元。

本项目环形 CT 直线加速器机房控制室与治疗室分离，区域划分明确；环形 CT 直线加速器机房设置直迷道，迷道口设有铅防护门。本项目选址与布局符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

六、辐射环境现状评价

常州市第二人民医院新增 1 台环形 CT 直线加速器项目拟建址周围楼房室内环境 γ 辐射剂量率在 52nGy/h~68nGy/h 之间，位于江苏省建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平 50.7nGy/h~129.4nGy/h 范围；道路环境天然 γ 辐射剂量率为 49nGy/h~52nGy/h，位于江苏省道路 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平 18.1nGy/h~102.3nGy/h 范围内。

七、环境影响评价

根据理论预测结果，常州市第二人民医院新增 1 台环形 CT 直线加速器项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

八、“三废”的处理处置

环形 CT 直线加速器机房内的空气在 X 射线电离下产生臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排入大气。环形 CT 直线加速器机房内拟设计有机

械通风装置，进风口与排风口位置拟对角设置，每小时通风换气次数大于 4 次/h。机房内产生少量的臭氧、氮氧化物通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，氮氧化物产量约为臭氧的三分之一，对环境影响较小；工作人员和部分患者产生的生活污水，由医院污水处理系统统一处理；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对环境影响较小。

九、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

常州市第二人民医院拟配备的 1 台环形 CT 直线加速器的 X 射线最大能量为 6MV，环形 CT 直线加速器开机期间，产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素，环形 CT 直线加速器机房入口处拟设置电离辐射警告标志、工作状态指示灯和门机联锁装置，机房内外设置相应的急停按钮及监控装置，控制室通过监视器与对讲机与治疗室联络，机房拟设置从室内开启治疗机房门的紧急开门装置，防护门拟设有防挤压功能，机房迷道的内入口处拟设置固定式辐射剂量监测仪并拟有报警功能，其显示单元拟设置在控制室内，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的安全管理要求。

十、辐射安全管理评价

常州市第二人民医院已设立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，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院已制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建立符合本院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

常州市第二人民医院已为现有辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质单位监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。常州市第二人民医院已配备有辐射巡测仪，拟为本项目环形 CT 直线加速器配备固定式剂量监测报警装置 1 套、个人剂量报警仪 2 台，用于辐射防护监测和报警。

综上所述，常州市第二人民医院新增 1 台环形 CT 直线加速器项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

一、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

二、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

三、医院取得本项目环评批复后，应及时申请换领辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，最长不超过 12 个月。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构,或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构,并以文件形式明确管理人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	■
辐射安全和防护措施	辐射屏蔽措施:环形CT直线加速器机房四侧墙体及顶面均采用混凝土结构进行辐射防护,防护门采用铅防护门。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求。	■
	辐射安全措施:环形CT直线加速器机房入口处拟设置电离辐射警告标志、工作状态指示灯和门机联锁装置,机房内外设置相应的急停按钮及监控装置,控制室通过监视器与对讲机与治疗室联络,机房拟设置从室内开启治疗机房门的紧急开门装置,防护门拟设有防挤压功能,治疗室迷道的内入口处拟设置固定式辐射剂量监测仪并拟有报警功能,其显示单元拟设置在控制室内。机房内拟设置强制排风系统,进风口拟设在放射治疗机房上部,排风口拟设在治疗机房下部,进风口与排风口位置拟对角设置,通风换气次数拟不小于4次/h。	满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)的相关要求。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员均应通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核,辐射安全管理人员参加“辐射安全管理”类、辐射工作人员参加“放射治疗”类,考核合格后上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	■
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计,并定期送检(两次监测的时间间隔不应超过3个月),加强个人剂量监测,建立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期进行职业健康体检(不少于1次/2年),并建立辐射工作人员职业健康档案。		
监测仪器和防护用品	已配备1台辐射巡测仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	■
	拟配备固定式剂量监测报警装置1套。		
	拟配备个人剂量报警仪2台。		

辐射安全管理制度	制定操作规程、放射诊疗工作职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求。	■
总计	/	/	■

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

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