

襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目
(放疗中心二期工程 TOMO 机房)
竣工环境保护验收报告

建设单位：襄阳市中心医院

二〇二二年七月

襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目
(放疗中心二期工程 TOMO 机房)
竣工环境保护验收监测报告

建设单位：襄阳市中心医院

二〇二二年七月

建设单位法人代表: 邢辉

编制单位法人代表: 邢辉

项目负责人: 曹波

填表人: 姚红群

建设单位: 襄阳市中心医院 (盖章) 编制单位: 襄阳市中心医院 (盖章)

电话: 0710-3511144

电话: 0710-3511144

传真: /

传真: /

邮编: 441021

邮编: 441021

地址: 襄阳市襄城区荆州街 39 号

地址: 襄阳市襄城区荆州街 39 号

目 录

1. 项目概况	1
2. 验收依据	4
3. 项目建设情况	6
4. 环境保护设施	12
5. 环境影响评价回顾	21
6. 验收执行标准	23
7. 验收监测内容	32
8. 质量保证和质量控制	35
9. 验收监测结果	36
10. 验收监测结论	39
11. 建设单位项目竣工环境保护“三同时”验收登记表	40
附件 1 辐射安全许可证	41
附件 2 事业单位法人证书	49
附件 3 相关辐射安全与防护管理制度	50
附件 5 本项目竣工环保验收检测报告	90
附件 6 省环保厅关于襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目环境影响报告表的批复	101
附件 7 省环保厅关于襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目竣工环境保护验收有关意见的函	103
附件 8 放疗中心加速器机房 3 场所检测报告	106
附件 9 TOMO 机房工程变更情况说明	112
附图 1 项目地理位置图	113
附图 2 TOMO 机房剖图	114
附图 3 TOMO 机房通风管道走向布局示意图	115

1. 项目概况

建设项目名称	襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目 (放疗中心二期工程 TOMO 机房)				
建设单位	襄阳市中心医院				
法人代表	邢辉	联系人		曹波	
通信地址	襄阳市襄城区荆州街 39 号				
联系电话	0710-3511144	邮编		441021	
建设地点	襄阳市襄州区楚山路与鹿门大道交叉口西北角				
工程内容	新建 1 间 TOMO 机房（加速器机房 5），配备 1 台 Radixact Treatment Delivery System 型螺旋断层放射治疗系统（TOMO）				
项目性质	新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技改 <input type="checkbox"/>	行业类别		Q8411 综合医院	
环境影响报告名称	襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目环境影响报告表				
环境影响评价单位	武汉网绿环境技术咨询有限公司				
环评审批部门	湖北省生态环境厅	鄂环审【2016】107 号	时间	2016 年 6 月 3 日	
建设项目开工日期	2020 年 12 月	建设项目竣工日期		2021 年 8 月	
建设项目调试日期	2022 年 1 月	验收监测时间		2022 年 4 月	
设计终期规模	拟建放疗中心二期工程（加速器机房 5、6），并新增 2 台直线加速器				
本期实际规模	新建 1 间 TOMO 机房（加速器机房 5），配备使用 1 台螺旋断层放射治疗系统(TOMO)				
环保设施设计单位	襄阳市第二建筑设计院				
环保设施施工单位	/				
验收监测单位	襄阳市中心医院				
投资总概算(万元)	35000	环境保护投资(万元)	861	环境保护投资占总投资比例	2.5%
实际总概算(万元)	4342	环境保护投资(万元)	342		7.9%
辐射安全许可证证号	鄂环辐证【00005】		发证日期	2021 年 11 月 15 日	
许可的辐射工作种类和范围	使用 I 类、II 类、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，乙级非密封放射性物质工作场所				

1.1 项目来源

襄阳市中心医院（湖北文理学院附属医院），是湖北省首批三级甲等医院、国际爱婴医院、国际紧急救援中心网络医院、国家药物临床试验机构，是湖北省卫健委重点建设的省级区域性医疗中心，综合实力名列湖北省医疗行业“十强”。

医院始建于1949年7月1日，现有规模分为南院区（原襄阳市中心医院）、北院区（原襄阳市铁路中心医院）、东津院区，共有建筑面积43.5万平方米。医院定编病床位3800张，设71个专科，80个病区。

2016年4月，医院在东津新区新建襄阳市中心医院东津院区，并拟新增6台直线加速器（其中一台从南院区搬迁），8台III类射线装置，1台后装机和籽植入由南院区搬迁到东津院区，项目委托武汉网绿环境技术咨询有限公司编制完成《襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目环境影响报告表》，并取得了由湖北省生态环境厅颁发的批复文件，批复文号为鄂环审【2016】107号。

2017年3月，医院对东津院区核技术应用项目进行了分批验收（4台直线加速器〈放疗中心一期工程〉、7台III类射线装置、1台后装机），项目委托核工业二三〇研究所编制完成《襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目竣工环境保护验收调查表》，并取得了由湖北省生态环境厅颁发的批复文件，批复文号为鄂环审【2017】205号。

2020年12月，东津院区放疗中心二期工程（加速器机房5和机房6）开工建设，项目于2021年8月建设完工。2022年1月，为了更好的治疗癌症患者，医院在加速器机房5（TOMO机房）把原拟安装的1台15Mv加速器更换为Radixact Treatment Delivery System型螺旋断层放射治疗系统（以下简称：“TOMO”），已完成调试，相关辐射防护措施也建设完成并能正常使用，具备验收条件。目前，加速器机房6闲置，尚未安装设备，不在本次验收范围内。

医院现持湖北省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为鄂环辐证[00005]，证书有效期至2026年02月22日，许可的种类和范围为：使用I类、II类、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，乙级非密封放射性物质工作场所，待本项目验收完成后将重新申领辐射安全许可证。

根据生态环境部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《关于发布<建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类>的公告》（公告2018年第9号）的有关要求和规定，现对上述放疗中心 TOMO 开展竣工环保验收工作。

表 1-1 本次项目验收内容一览表

项目环评批复文号	批复时间	本次验收内容	使用场所
鄂环审【2016】107号	2016年6月3日	1台 Radixact Treatment Delivery System 型 TOMO	东津院区放疗中心 TOMO 机房

2. 验收依据

2.1 建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度

(1) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第9号发布，2015年1月1日施行；

(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77号发布，2003年9月1日施行；2016年中华人民共和国主席令第48号第一次修正，2016年9月1日施行；2018年第二次修正，2018年12月29日施行；

(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第6号发布，2003年10月1日实施；

(4) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第682号发布，2017年10月1日施行；

(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第449号发布，2005年12月1日施行；2014年7月29日第一次修订施行；2019年中华人民共和国国务院令第709号修订，2019年3月2日施行；

(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，原环境保护部令第44号发布，2017年9月1日施行；2018年生态环境部令第1号修改，2018年4月28日施行；2020年生态环境部令第16号修改，2021年1月1日施行；

(7) 《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 2017年第66号公告发布，2017年12月5日施行；

(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局令第31号发布，2006年3月1日施行；2008年原国家环境保护部令第3号修改，2008年12月6日施行；2017年经原环境保护部第五次部务会议修正，2017年12月12日施行；2019年生态环境部令第7号修改，2019年8月22日施行；2021年生态环境部令第20号修改，2021年1月4日施行；

(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令

第 18 号发布，2011 年 5 月 1 日施行；

(10) 《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，2017 年 11 月 20 日施行；

(11) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类>的公告》，生态环境部 公告 2018 年第 9 号发布，2018 年 5 月 16 日施行。

2.2 建设项目竣工环境保护验收技术规范

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

(2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

(3) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

(4) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）；

(5) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）。

2.3 建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定

(1) 湖北省生态环境厅关于《襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目环境影响报告表》的批复鄂环审【2016】107 号；

(2) 《襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目环境影响报告表》（武汉网绿环境技术咨询有限公司 2016 年 2 月编制）。

(3) 湖北省生态环境厅关于《襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目竣工环境保护验收调查表》的批复鄂环审【2017】205 号；

(4) 《襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目竣工环境保护验收调查表》（核工业二三〇研究所 2017 年 3 月编制）。

2.4 其他相关文件

医院提供的相关资料。

3. 项目建设情况

3.1 地理位置及平面布置

襄阳市中心医院东津院区位于襄阳市襄州区楚山路与鹿门大道交叉口西北角（原襄阳市东津新区内环路以西，会展路以北，纵十路以东，横八路以南）。医院北侧邻近伏牛路，东侧邻近鹿门大道辅路，南侧邻近楚山路，西侧邻近浩然河东路。

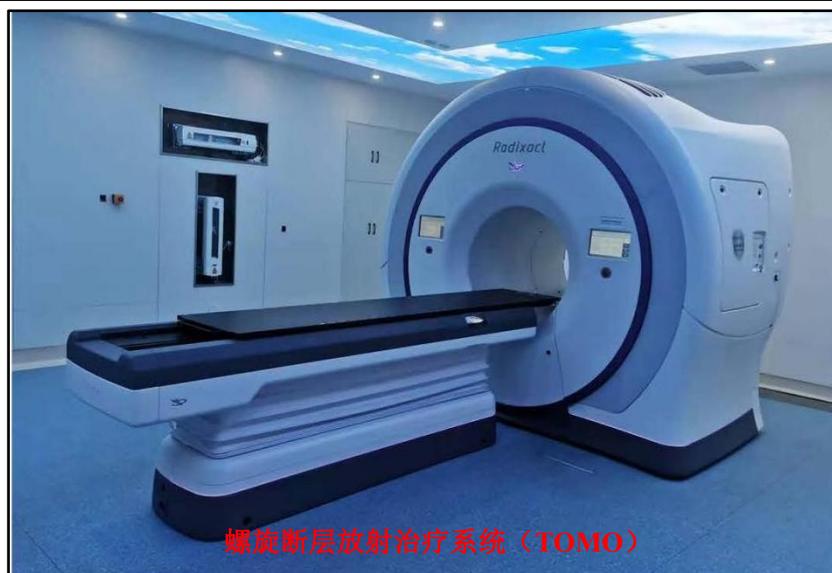
东津院区放疗中心位于院区东北角，放疗中心平面呈矩型，建筑层数为二层（局部一层），本项目位于放疗中心一楼 TOMO 机房。放疗中心北侧 35m 处为伏牛路，东侧 15m 处为核医学科，南侧邻近院内道路，西侧邻近院内空地。TOMO 机房位于放疗中心一楼东北角，其机房西侧依次为 TOMO 机房控制室及设备间、走廊和闲置的机房 6、控制室及设备间，北侧为院内空地，东侧为院内道路，南侧依次为加速器机房 3（10MV）、加速器机房 1（15MV）和相应的控制室、设备间，与机房 3 和机房 1 并排设置的加速器机房 4（15MV）和加速器机房 2（6MV）及相应的控制室、设备间，楼上为顶棚，无地下结构。详见图 3-3。

3.2 建设内容

本次验收调查内容为医院东津院区使用的 1 台 TOMO，设备参数见下表 3-1。

表 3-1 本次验收螺旋断层放射治疗系统（TOMO）参数一览表

设备名称	型号	设备参数	类别	使用场所
TOMO	Radixact Treatment Delivery System	6MV	II 类	东津院区放疗中心 TOMO 机房



3.3 工作流程

3.3.1 工作原理

螺旋断层放射治疗系统（TOMO）是专门设计进行调强治疗的设备，是将 6MV 的直线加速器安装在孔径为 85cm 的 CT 滑环架上，治疗时机头随机架绕患者进行 360°旋转形成扇形束照射，同时治疗床缓慢跟进，实施全身调强治疗，连续螺旋断层照射消除了层与层相连处可能产生的冷、热点问题。螺旋断层放射治疗可以产生几万个子野，计划设计时就有更多的调制能力，从而取得了更高的肿瘤剂量适型度，降低正常组织并发症风险。

螺旋断层放射治疗系统（TOMO）采用的是同源双束结构，即两种工作状态，成像状态和治疗状态。成像状态时能量为 3.5MV 的 X 射线，治疗状态能量为 6MV 的 X 射线。成像状态即直线加速器发射出 3.5MV 的 X 射线对患者进行 MVCT 扫描，形成影像，为验证患者摆位精度、剂量评估等提供基础影像资料，从而实现图像引导下的调强治疗。治疗状态即直线加速器发射出 6MV 的 X 射线对患者病灶进行出束治疗。

3.3.2 操作流程

螺旋断层放射治疗系统（TOMO）的核心部件是 6MV 的 X 射线加速器，属于一种窄束调强放射治疗装置。治疗束在等中心处的照射野。在加速器机架旋转、多叶光栅的窄束适形调强“断层”照射的同时，治疗床推移，使待照射区通过窄治疗束，待照射区以断层截面扫描照射的方式获得治疗计划的准确、均匀的治疗剂量，整个工作过程类似于螺旋 CT。放射治疗诊断流程如下：

- （1）病人经医生诊断、治疗正当性判断后，确定需要治疗的患者进行预约登记；
- （2）预约病人首先对肿瘤进行定位；
- （3）通过 MV 级 CT 扫描结果确认治疗体位在三维空间上与治疗计划一致；
- （4）技术人员启动 TOMO 治疗束部分开始照射治疗，治疗时工作人员隔室操作；
- （5）照射完毕后，技术人员协助病人离开机房。

本项目螺旋断层放射治疗系统（TOMO）最大 X 射线能量为 6MV，无需考虑中子和感生放射性问题。TOMO 的放射治疗流程及产污环节如图 3-1 所示。

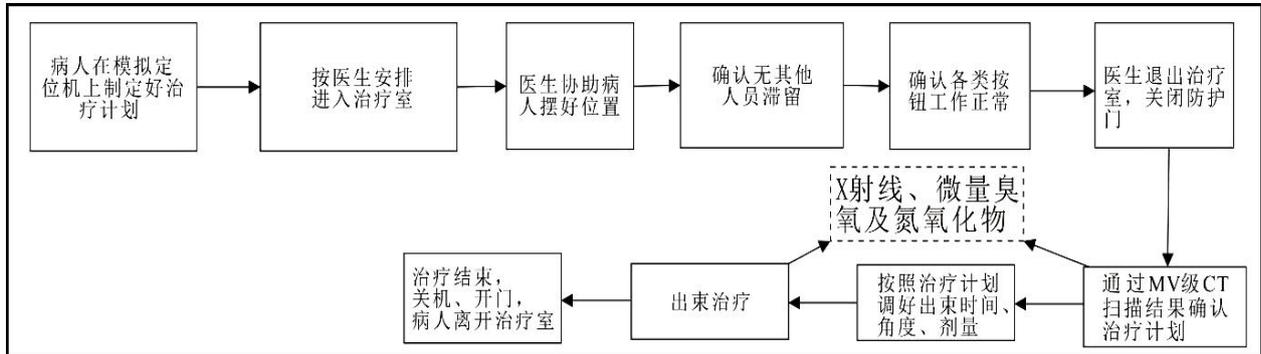


图 3-1 TOMO 放射治疗流程及产污环节示意图

3.4 项目变动情况

经现场调查及查阅有关资料文件，医院的 4 台直线加速器（放疗中心一期工程）、7 台 III 类射线装置、1 台后装机）已履行验收手续，本项目为放疗中心二期工程，，目前，加速器机房 6 不在本次验收范围内。医院东津院区放疗中心 TOMO 的工程规模与环评阶段对比情况见表 3-2。

表 3-2 验收阶段与环评阶段工程规模对比情况一览表

项目	环评阶段	验收阶段	备注
射线装置	拟新增 1 台直线加速器	1 台螺旋断层放射治疗系统（TOMO）	设备发生变化
型号	Synergy	Radixact Treatment Delivery System	型号发生变化
参数	15MV	6MV	参数改变，能量变小
场所	东津院区放疗中心 1 楼加速器机房 5	东津院区放疗中心 1 楼 TOMO 机房	一致
辐射活动种类和范围	使用 II 类射线装置	使用 II 类射线装置	一致
主要污染因子	X 射线、中子、感生放射性、电子线、臭氧和氮氧化物	X 射线、臭氧和氮氧化物	污染因子变少

由上表可知，本项目实际配备的设备型号和污染因子发生变化（能量变小，污染因子变少），不属于重大改变，其辐射工作场所及辐射活动种类和范围均与环评阶段一致。

经调查，本项目环境保护目标为评价范围内的辐射工作人员和公众人员，公众人员包括医院其他医护人员、患者、陪护人员及周边流动人群。

本次验收阶段针对本项目所在场所及周边主要环境保护目标情况见表3-3。环评阶段主要环境保护目标见表5-1。对比可知，本项目辐射工作场所与原环评阶段一致，本项目为放疗中心二期工程中的TOMO机房，环评阶段核医学科未规划设计，本项目环境保护目标与原环评阶段发生变化。

表 3-3 本次验收阶段主要环境保护目标一览表

周边点位描述	环境保护目标		人数	相对位置及距离	年有效剂量约束值
TOMO 机房控制室	职业	辐射工作人员	4 人	/	2mSv
放疗中心	公众	放疗中心内其他医护人员、就诊患者和陪护家属	约 25 人	/	0.1mSv
核医学科	公众	核医学科内其他医护人员、就诊患者和陪护家属	约 20 人	东侧约 15m	
伏牛路	公众	流动人群	/	北侧约 34m	
院内道路及空地	公众	流动人群	/	放疗中心周边邻近	

注：表中相对位置及距离以 TOMO 机房屏蔽墙为中心描述。

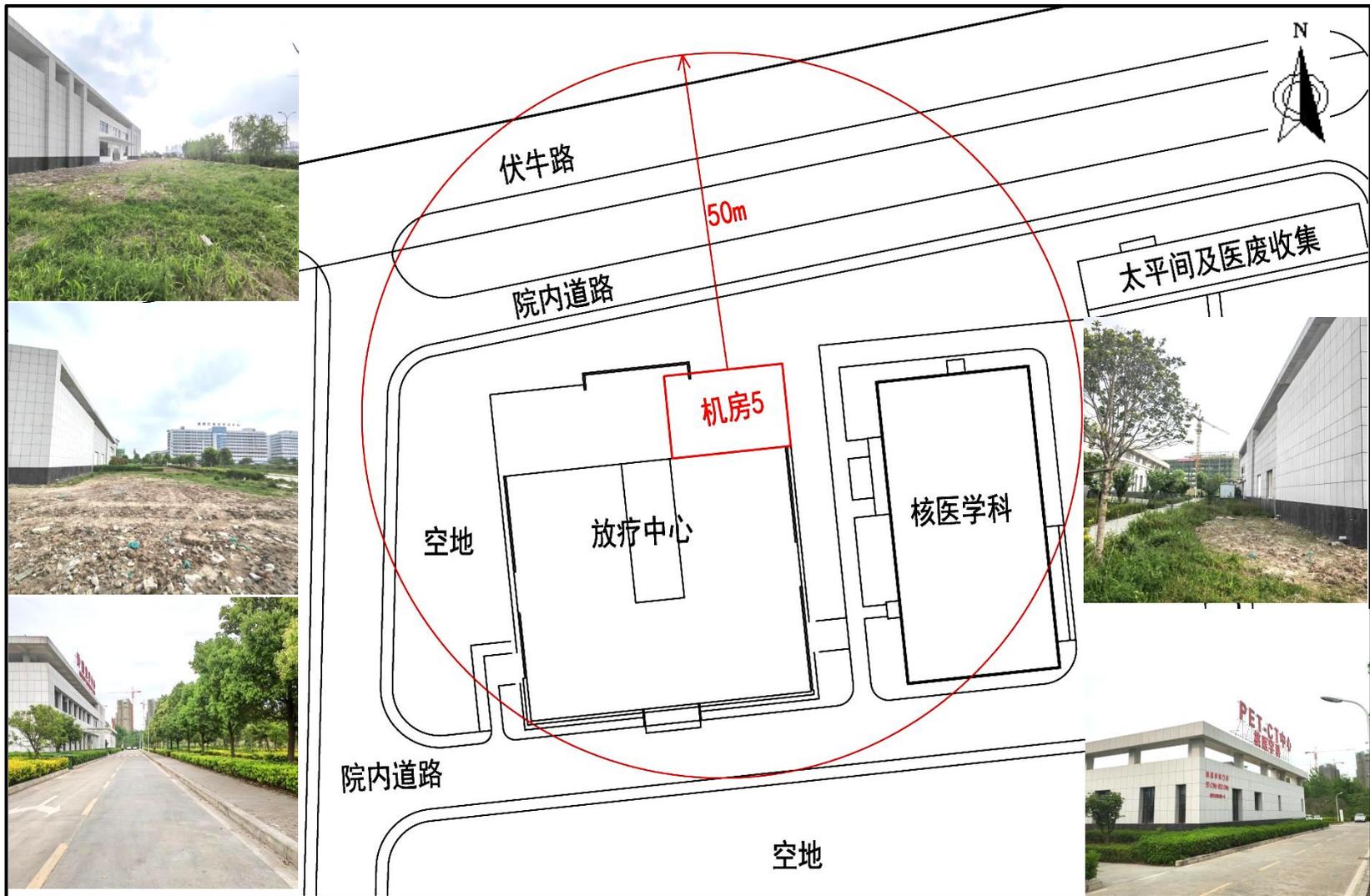


图 3-2 放疗中心及周边环境平面布局示意图

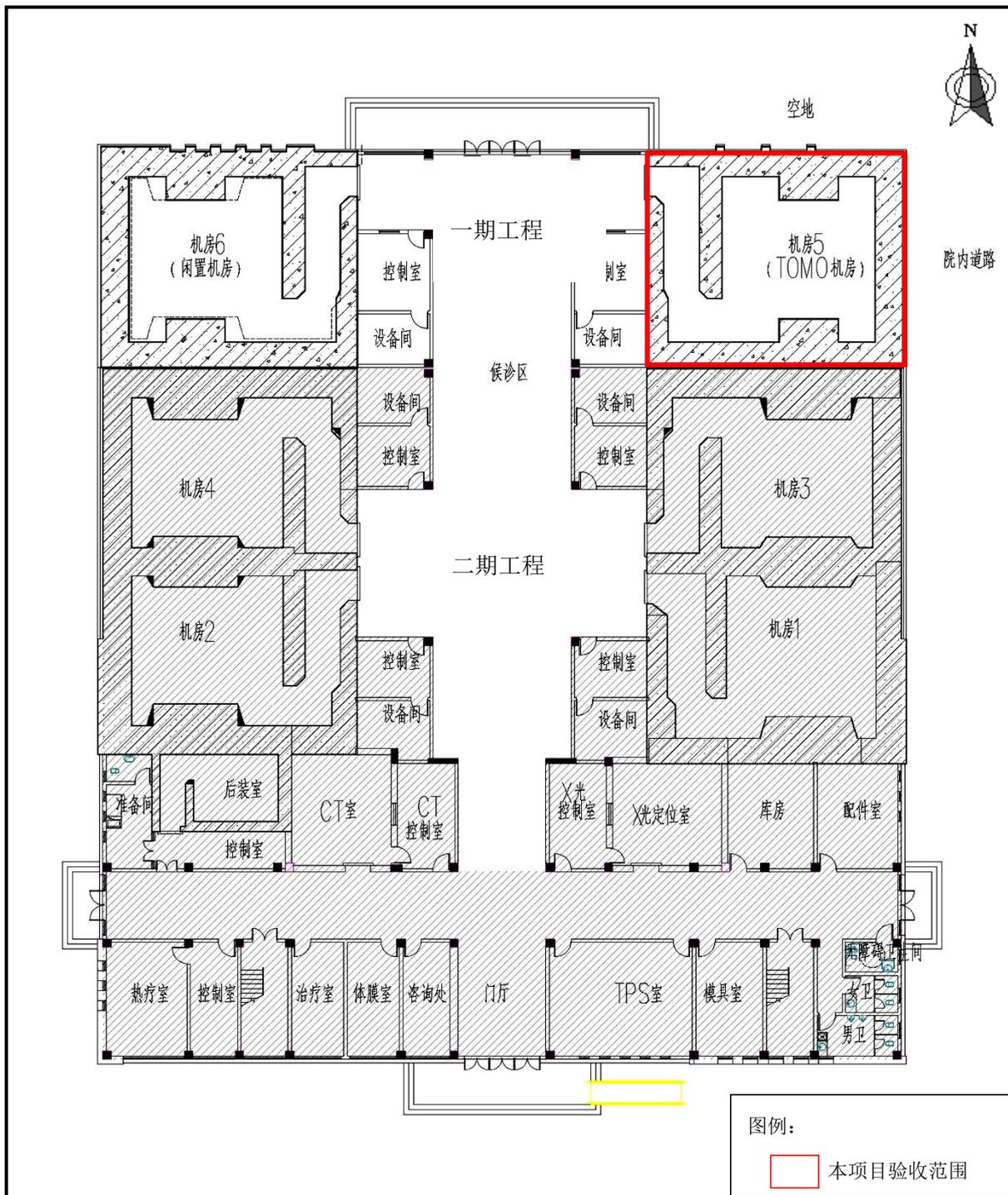


图 3-3 放疗中心平面布置图

4. 环境保护设施

4.1 污染治理/处置设施

4.1.1 辐射屏蔽设施

本项目 TOMO 安装于专用机房内使用，设置了主防护墙、次防护墙和铅防护门等。TOMO 机房具体屏蔽参数及屏蔽能力分析见表 4-1。

表 4-1 机房 5 屏蔽参数一览表

墙体屏蔽		参数		备注
		环评阶段设计参数 (mm)	验收阶段施工参数 (mm)	
北墙	主防护墙	3000 (宽度 5000) 的混凝土	3000 (宽度 3500) 的混凝土	优化
	次防护墙	1700 的混凝土	1700 的混凝土	一致
东墙	/	1700 的混凝土	1700 的混凝土	一致
南墙	主防护墙	3000 (宽度 5000) 的混凝土	3000 (宽度 3500) 的混凝土	优化
	次防护墙	1700 的混凝土	1700 的混凝土	一致
西墙	迷路内墙	1300 的混凝土	1350 的混凝土	优化
	迷路外墙	1000 的混凝土	1000 的混凝土	一致
	次防护墙	1500 的混凝土	1250 的混凝土	优化
顶棚	主防护墙	3000 (宽度 5000) 的混凝土	3000 (宽度 5000) 的混凝土	一致
	次防护墙	1700 的混凝土	1700 的混凝土	一致
防护门		2mm Fe+7.5mm Pb+77mm 含硼 5%聚乙烯+7.5mmPb+2mmFe	2mm Fe+7.5mm Pb+77mm 含硼 5%聚乙烯+7.5mmPb+2mmFe	一致

注：表中混凝土密度不低于 2.35g/cm³，铅的密度不低于 11.34g/cm³。

根据表 4-1 可知，本项目后期建设施工时，在机房屏蔽能力满足各项防护要求的前提下，对 TOMO 机房部分墙体进行了优化，其他的验收阶段施工参数与环评阶段设计参数均保持一致，同时根据本报告第九章验收检测结果可知，TOMO 机房屏蔽能力满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198—2021）中的有关要求。

4.1.2 废气处置措施

本项目 TOMO 在开机使用过程中会产生少量的 O₃ 和 NO_x 气体。在 TOMO 机房设置风机盘管系统和组合式风柜，在天花板靠东墙一侧，分别设有 2 个送风口，在天花板靠西墙一侧，分别设有 2 个回风口为 TOMO 机房提供新风；在 TOMO 机房西南角离地高度约 20cm 设置 1 个排风口，将室内气体通过排风管道排至放

疗中心北侧进行排放；送风口和排风口的布设方式，满足“上送、下排”，且形成对角线设置，可以实现有效通风。

根据建设单位提供的风机的排风量为 6000m³/h，机房容积（包含迷道，长 12.6m×宽 9.9m×高 3.0m）约为 375m³，通风换气次数约为每小时 16 次，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）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；通风换气次数应不小于 4 次/h。”和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）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。

4.1.3 固体废物管理要求

本项目 TOMO 在使用一定年限后报废时会产生加速器废靶，加速器废靶拆除后由生产厂家回收处置，在拆除前与厂家联系，确定厂家回收日期，在厂家到达后再进行拆除，医院不进行暂存。

4.2 相关环境保护设施及措施

为确保辐射工作人员及公众的安全，医院对 TOMO 机房采取了以下辐射安全防护设施及措施：

（1）在 TOMO 机房防护门上张贴规范的电离辐射警告标志，并在防护门处安装有工作状态指示灯及门-机联锁装置，灯箱表面设有“射线有害健康、灯亮请勿靠近”的字样。在防护门处安装防夹装置，并设有 3 个防护门启动开关，分别位于主控制台 1 个，防护门内 1 个，遥控开关 1 个。

（2）在 TOMO 机房内设有视频监控，在控制室内有视频监控终端显示器，可全景监控机房内和迷道情况。机房内设有对讲装置，并与控制室内对讲装置相连接，实现双向对讲。

（3）已设置 9 个急停开关，分别设置在：主控制台 1 个，设备立柱上 2 个，迷道内墙面（中间）1 个，机房墙体内 4 个（分别布设）。

（4）TOMO 机房所采取的管线穿墙方式为“U 型”穿墙，排风管道穿墙方

式为“L”型穿墙方式，送风管道穿墙方式为“Z”型穿墙方式，均保证其所在屏蔽体的屏蔽防护效果不受影响。详见附图 3。

(5) 医院在 TOMO 机房内安装了通风系统，采用上进风、下排风的方式，防止加速器机房内臭氧和氮氧化物等有害气体积累。

(6) 医院已为本项目 4 名辐射工作人员配备了 4 枚个人剂量计，并定期送检。

(7) 医院已为本项目配备 2 台 ZK-RG 1100 型个人剂量报警仪，已安装 1 台固定式 SB-1 型 x/γ射线报警仪，探头位于治疗室入口处，显示终端位于控制室，共用医院现有的 1 台 JB4000 型 X-γ辐射监测仪。

4.3 环境保护管理措施

(1) 辐射安全与环境保护管理机构的设置

医院已成立辐射安全与保护管理机构领导小组，由领导小组全面负责医院的辐射场所安全管理工作。

(2) 医院已制定一套辐射安全与防护管理规章制度，制度包括《辐射安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射诊疗安全防护管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《仪器管理操作保养和维修制度》、《Radixact 操作规程》、《放射工作监测方案》、《辐射人员培训制度》、《辐射事故处理和应急预案》等，并将部分规章制度上墙明示。

(3) 辐射工作人员培训

本项目 4 名辐射工作人员均已通过辐射安全与防护考核，取得了考核合格的合格证书，目前证书均在有效期内。

(4) 个人剂量及健康管理情况

医院已为本项目 4 名辐射工作人员配备了 4 枚个人剂量计，每季度交襄阳市疾病预防控制中心进行一次检测，每两年组织辐射工作人员到襄阳市中西医结合医院进行一次职业健康体检，体检结论均为可继续从事原放射工作。建立个人剂量和职业健康体检档案。

(5) 年度评估

医院每年委托有资质的单位对全院辐射场所进行年度检测，并于每年1月31日前经全国核技术利用辐射安全申报系统提交上一年度的评估报告。

本项目部分防护措施图集



防护门、警示灯、警告标识



固定式 SB-1 型 x/γ射线报警仪



监控器、应急按钮



排风口



制度上墙



视频监控

4.4 与法规文件的对比

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射

线装置安全和防护管理办法》的有关规定，将本项目现状与相关法规文件的对比见表 4-2 及表 4-3。

表4-2 本项目现状与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中有关要求的对比情况一览表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中有关要求	本项目情况	落实情况
16.1 使用 II 类射线装置的单位，应当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	医院已成立辐射安全与保护管理机构领导小组，由领导小组全面负责医院的辐射场所安全管理工作	已落实
16.2 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	本项目 4 名辐射工作人员均已通过辐射安全与防护考核，取得了考核合格的合格证书	已落实
16.4 放射性同位素和射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	在机房防护门上张贴规范的电离辐射警告标志，并在防护门处安装有工作状态指示灯及门-机联锁装置，灯箱表面设有“射线有害健康、灯亮请勿靠近”的字样。在防护门处安装防夹装置，并设有 3 个防护门启动开关，分别位于主控制台 1 个，防护门内 1 个，遥控开关 1 个	已落实
16.5 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	医院已为本项目配备 2 台个人剂量报警仪、1 台固定式报警仪和共用医院现有的 1 台 X-γ 辐射监测仪	已落实
16.6 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线置装使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	医院已制定一套辐射安全与防护管理规章制度，制度包括《辐射安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射诊疗安全防护管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《仪器管理操作保养和维修制度》、《Radixact 操作规程》、《放射工作监测方案》、《辐射人员培训制度》、《辐射事故处理和应急预案》等，并将部分规章制度上墙明示	已落实
16.7 有完善的辐射事故应急措施	医院已制定《辐射事故处理和应急预案》	已落实

表 4-3 本项目现状与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中有关要求的对比情况一览表

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中有关要求	本项目情况	落实情况
<p>第五条：生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全连锁、报警装置或者工作信号</p>	<p>在机房防护门上张贴规范的电离辐射警告标志，并在防护门处安装有工作状态指示灯及门-机连锁装置，灯箱表面设有“射线有害健康、灯亮请勿靠近”的字样。在防护门处安装防夹装置，并设有 3 个防护门启动开关，分别位于主控制台 1 个，防护门内 1 个，遥控开关 1 个</p>	<p>已落实</p>
<p>第九条：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责</p>	<p>本次验收检测报告检测结果均满足国家相关标准要求</p>	<p>已落实</p>
<p>第十二条：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告</p>	<p>医院已在每年 1 月 31 日前经全国核技术利用辐射安全申报系统提交上年度的评估报告</p>	<p>已落实</p>
<p>第十七条：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗</p>	<p>本项目 4 名辐射工作人员均已通过辐射安全与防护考核，取得了考核合格的合格证书</p>	<p>已落实</p>
<p>第二十三条：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关</p>	<p>医院已为全部辐射工作人员配备了个人剂量计，每季度交襄阳市疾病预防控制中心进行一次检测，每两年组织辐射工作人员到襄阳市中西医结合医院进行一次职业健康体检，建立了个人剂量和职业健康体检档案</p> <p>本项目辐射工作人员均已按要求配备个人剂量计，并开展了相应职业健康体检，体检结论为可从事放射工作或可继续原放射工作</p>	<p>已落实</p>

4.5 与环评报告及其批复文件要求的对比

本项目现状与环境影响报告表中提出的环保措施及其批复的要求进行了对比，落实情况见表 4-4。

表 4-4 本项目现状与环评批复要求的对比及落实情况一览表

工程内容	环评文件及批复的要求	实际建设情况	实际变动情况及原因	是否属于重大变更
项目性质	新建	新建	无变动	否
规模	襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目主要设置在放疗中心和门诊医技楼内。本项目拟新增 6 台直线加速器（其中一台从南院区搬迁），8 台 III 类射线装置，后装室和籽籽植入由南院区搬迁到东津院区	本项目为放疗中心二期工程，只涉及 TOMO 机房的验收工作。机房 6 目前闲置，不在本次验收范围内	15MV 直线加速器更换为 6MV TOMO	否
生产工艺	使用电离辐射产生 X 射线进行医用治疗诊断	使用电离辐射产生 X 射线进行放射治疗	无变动	否
环保设施或环保措施	（一）进一步完善各项辐射安全管理规章制度、操作规程和辐射事故应急方案，并严格实施	已完善各项辐射安全管理规章制度、操作规程和辐射事故应急方案，并严格实施	无变动	否
	（二）必须严格执行环境保护“三同时”制度。项目竣工后，建设单位必须按规定程序申请环境保护验收。验收合格后，项目方可投入正式使用	医院正在落实验收工作，项目验收完成后医院将重新申领辐射安全许可证	无变动	否
	（三）加强辐射安全与防护知识培训，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全与防护知识及相关法律法规的培训和考核。应配备相应的防护用品和监测仪器，并定期进行监测。操作人员必须持证上岗，佩戴个人剂量计，建立个人剂量和健康档案	本项目 4 名辐射工作人员均已通过辐射安全与防护考核，取得了考核合格的合格证书。并配备了个人剂量计，每季度按要求开展了个人剂量检测，建立个人剂量和健康档案。辐射场所，在辐射工作场所配备 1 台固定式报警仪、2 台个人剂量报警仪和共用医院现有的 1 台 X-γ 辐射监测仪等辐射安全防护设施	无变动	否
	（四）加强射线装置的安全监管，严格执行各项管理制度、操作规程和监测计划，定期检查各种安全防护设施设备，确保其正常运行	医院严格执行各项管理制度、操作规程和监测计划等，定期检查各种安全防护设施设备，确保其正常运行	无变动	否
	（五）应于每年 1 月 31 日前编写辐射安全和防护状况年度评估报告，并报送环境保护行政主管部门	医院已编写 2021 年辐射安全和防护状况年度评估报告，并报送生态环境行政主管部门	无变动	否

4.6 环保设施投资及“三同时”落实情况

本项目实际总投资约 4342 万元，其中环保投资 342 万元，环保投资占总投资的 7.9%。因本项目为放疗中心二期工程，辐射场所只涉及 TOMO 机房，故验收阶段与环评阶段的总投资和环保投资有所出入。环保投资及环保设施“三同时”落实情况见表 4-5。

表 4-5 环保投资及环保设施“三同时”落实情况一览表

防护设施	环评要求	实际建设情况	变动情况及原因	环保投资 (万元)
机房屏蔽	医院拟在放疗中心 1 楼新建加速器机房 5，建成后的屏蔽参数为： 北墙：主防护墙 3000mm（宽度 5000mm）；次防护墙 1700mm 东墙：1700mm 南墙：主防护墙 3000mm（宽度 5000mm）；次防护墙 1700mm 西墙：迷路内墙 1300mm；迷路外墙 1000mm；次防护墙 1500mm 顶棚：主防护墙 3000mm（宽度 5000mm）；次防护墙 1700mm 机房防护门： 2mmFe+7.5mmPb+77mm 含硼 5%聚乙烯+7.5mmPb+2mmFe	医院在放疗中心 1 楼新建一间直线 TOMO 机房，建成后的屏蔽参数为： 北墙：主防护墙 3000mm（宽度 3500mm）；次防护墙 1700mm 东墙：1700mm 南墙：主防护墙 3000mm（宽度 3500mm）；次防护墙 1700mm 西墙：迷路内墙 1350mm；迷路外墙 1000mm；次防护墙 1250mm 顶棚：主防护墙 3000mm（宽度 5000mm）；次防护墙 1700mm 机房防护门： 2mmFe+7.5mmPb+77mm 含硼 5%聚乙烯+7.5mmPb+2mmFe	因设备型号和能量发生变化，对墙体进行了优化	300
相关防护设施	设置电离辐射警告标志及中文说明、门机灯安全联锁、紧急停机按钮、固定式报警仪、通风装置、X-γ检测仪、个人剂量报警仪等	已按要求设置了电离辐射警告标志及中文说明、门机灯安全联锁、9 个紧急停机按钮、1 台固定式报警仪、通风装置、2 台个人剂量报警仪，共用医院现有的 1 台 X-γ辐射监测仪等辐射安全防护设施	医院已配备相关防护设施	40
规章制度	制定完整、有效可行的规章制度，并正常执行	医院已制定一套辐射安全与防护管理规章制度，制度包括《辐射安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射诊疗安全防护管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《仪器管理操作保养和维修制度》、《Radixact 操作规程》、《放射工作监测方案》、《辐射人员培训制度》、《辐射事故处理和应急预案》等，并将部分规章制度上墙明示	医院已制定相关制度	0.5
人员培训考核	从事管理工作和辐射操作的所有人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，每四年参加一次复训，取得合格证书	本项目 4 名辐射工作人员均已通过辐射安全与防护考核，取得了考核合格的合格证书	辐射工作人员均考核合格	

续表 4-5 环保投资及环保设施“三同时”落实情况一览表

防护设施	环评要求	实际建设情况	变动情况及原因	环保投资(万元)
个人剂量	每季度开展个人剂量检测,建立个人剂量档案	已为本项目 4 名辐射工作人员,配备了个人剂量计,并每季度按要求开展了个人剂量检测,建立了个人剂量档案	医院已按要求进行	1.5
职业健康体检	每两年组织开展职业健康体检,建立职业健康体检档案	已为本项目辐射工作人员开展了职业健康体检,建立了个人剂量检测档案及职业健康体检档案,后续将按要求每两年开展一次体检	医院已按要求进行	
场所监测	配备 1 台 X-γ 监测仪,对本项目工作场所每季度开展一次自行监测,同时每年开展一次委托监测	医院共用现有 1 台 X-γ 辐射监测仪,医院将每年委托有资质单位对 TOMO 机房进行年度检测	医院已按要求进行	/
年度评估	每年 1 月 31 日前向发证机关上报上一年度的辐射安全与防护年度评估报告	医院已按要求每年 1 月 31 日前向发证机关上报上一年度的辐射安全与防护年度评估报告,项目验收后,医院将按要求编制全院辐射安全与防护状况年度评估报告,并通过全国核技术利用网进行了上传	医院已提交 2021 年度评估报告	/
合计				342

5. 环境影响评价回顾

2016年2月，武汉网绿环境技术咨询有限公司对襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目进行了环境影响评价，编制完成了《襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目环境影响报告表》，主要内容归纳总结如下：

5.1 项目简介

项目名称：襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目

项目地点：襄阳市东津新区内环路以西，会展路以北，纵十路以东，横八路以南

项目性质：新建

项目规模：襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目主要设置在放疗中心和门诊医技楼内。本项目拟新增6台直线加速器（其中一台从南院区搬迁），8台Ⅲ类射线装置，后装机和籽籽植入由南院区搬迁到东津院区。

5.2 环保目标

根据对本项目周围环境的调查，本项目评价范围内的环境保护目标为：辐射工作人员及评价范围内公众成员，环评阶段的主要环境保护目标见表5-1。

表5-1 主要环境保护目标一览表

序号	区域	点位描述	保护对象	方位及距离	人数	年有效剂量约束值
1	控制区	放疗中心一楼	辐射工作人员	紧邻	20	2mSv
2		医技楼一楼2区（放射科）	辐射工作人员	紧邻	4	
3		医技楼四楼1区（手术室）	辐射工作人员	紧邻	6	
4		医技楼一楼10区（体检中心）	辐射工作人员	紧邻	2	
5	监督区	东津院区	医护人员、患者、流动人群	医院内	2000	0.25mSv

5.3 辐射环境检测

武汉网绿环境技术咨询有限公司对东津院区建辐射工作场所及周边环境辐射现状进行了检测。由检测结果可知，襄阳市中心医院东津院区拟建辐射工作场

所及其周围 γ 辐射空气吸收剂量率监测平均值范围在（0.09~0.12） $\mu\text{Gy/h}$ 之间，属当地天然本底辐射水平。

5.4 环境影响分析

通过剂量估算可知，辐射工作人员和公众成员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员和公众成员的辐射剂量限值要求，同时满足辐射工作人员、公众成员年有效剂量约束值 2mSv、0.25mSv 的要求。

5.5 环评结论

综上所述，该医院具备从事辐射活动的技术能力，在严格落实各项防护措施后，该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的运行是可行的。

5.6 生态环境主管部门批复

湖北省生态环境厅对《襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目环境影响报告表》提出审批要求如下：

1. 进一步完善各项辐射安全管理规章制度、操作规程和辐射事故应急方案，并严格实施。
2. 必须严格执行环境保护“三同时”制度。项目竣工后，建设单位必须按规定程序申请环境保护验收。验收合格后，项目方可投入正式使用。
3. 加强辐射安全与防护知识培训，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全与防护知识及相关法律法规的培训和考核。应配备相应的防护用品和监测仪器，并定期进行监测。操作人员必须持证上岗，佩戴个人剂量计，建立个人剂量和健康档案。
4. 加强射线装置的安全监管，严格执行各项管理制度、操作规程和监测计划，定期检查各种安全防护设施设备，确保其正常运行。
5. 应于每年 1 月 31 日前编写辐射安全和防护状况年度评估报告，并报送环境保护行政主管部门。

6. 验收执行标准

6.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本项目引用条款节选如下：

“本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

根据附录 B 中的规定：

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

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：

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

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

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。”

6.2 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

本项目引用条款节选如下：

“本标准适用于医疗机构放射治疗相关活动中的辐射工作人员和公众的辐射安全与防护管理。

4.4 从事放射治疗的医疗机构应根据放射治疗活动的潜在照射危害水平，根据纵深防御原则，设置相适应的多层防护与安全措施，确保当某一层次的防御措施失效时，可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正，达到：

a) 防止可能引起误照射的事故；

- b) 减轻事故的放射性后果；
- c) 将放射治疗设备恢复到安全状态。

4.5 构成放射治疗相关辐射工作场所安全联锁系统的物项应满足以下要求：

a) 应满足冗余性要求，采用的物项应为完成某一安全功能所必须的最少数目的物项，保证运行过程中某物项失效或不起作用的情况下可使其整体不丧失功能；

b) 应满足多元性要求，包括系统多元性和多重剂量监测，采用不同的运行原理、不同的物理变量、不同的运行工况、不同的元器件等；

c) 应满足独立性要求，当某一安全部件发生故障时，不会造成其它安全部件的功能出现故障或失去作用；

d) 应满足失效安全的要求，当某一安全物项或部件出现故障时，应确保放射治疗装置重新回到安全状态。

4.6 从事放射治疗的医疗机构应规范收集、妥善暂存和处理放射治疗活动中产生的放射性废物。

4.7 从事放射治疗的医疗机构应对放射治疗场所和周围环境进行定期的辐射监测和评估，证明采取的辐射安全与防护措施的有效性。

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

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

- a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。
- b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

4.10 开展放射治疗活动的医疗机构应制定相应的辐射事故应急预案，做好辐射事故应急准备、应急演练和应急响应，确保有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。

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。

5.1.3 术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施，并尽量设在医院手术区的最内侧，与相关工作用房（如控制室或专用于术中放射治疗设备调试、维修的房间）形成一个相对独立区域；术中控制台应与治疗设备分离，实行隔室操作，控制台可设在控制室或走廊内。

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。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。

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

6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

6.1 屏蔽要求

6.1.1 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。

6.1.2 放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。

6.1.3 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。

6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、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 $\dot{H}_c, d(\mu\text{v}/\text{h})$ ：

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

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

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

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

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

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 $250\mu\text{v}$ 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 $100\mu\text{v}/\text{h}$ 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。”

6.3 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）

本项目引用条款节选如下：

“本标准适用于利用医用电子加速器、钴-60 治疗机、中子放射源及 γ 放射源后装治疗机、X 射线及 γ 射线立体定向放射治疗系统、螺旋断层放射治疗系统、术中放射治疗的移动式电子加速器、医用 X 射线治疗机、低能 X 射线放射治疗设备和质子重离子加速器等设备开展放射治疗的防护要求。

6 工作场所放射防护要求

6.1 布局要求

6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。

6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。

6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。

6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室,尽可能避开被有用线束直接照射。

6.1.6 X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路；伽玛刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。

6.1.7 使用移动式电子加速器的手术室应设在医院手术区的一端，并和相关工作用房（如控制室或专用于加速器调试、维修的储存室）形成一个相对独立区域，移动式电子加速器的控制台应与移动式电子加速器机房分离，实行隔室操作。

6.2 空间、通风要求

6.2.1 放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。

6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，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。

6.3 屏蔽要求

6.3.1 治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平

6.3.1.1 治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外 30cm 处（关注点）的周围剂量当量率应不大于下述 a）、b）和 c）所确定的周围剂量当量率参考控制水平 H_c ：

a) 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求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平 H_c ，见式（1）：

$$H_c \leq H_e / (t \times U \times T) \dots \dots \dots (1)$$

式中：

H_c ——周围剂量当量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

H_e ——周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周（ $\mu\text{Sv/周}$ ），其值按如下方式取值：放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

t ——设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周（h/周）；

U ——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

T ——人员在关注点位置的居留因子，取值方法参见附录 A。

b) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高周围剂量当量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ：

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

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

c) 由上述 a) 中的导出周围剂量当量率参考控制水平 H_c 和 b) 中的最高周围剂量当量率参考控制水平 $H_{c,max}$, 选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平 H_c 。

6.3.2 治疗机房顶屏蔽的周围剂量当量率参考控制水平

6.3.2.1 在治疗机房上方已建、拟建二层建筑物或在治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点至机房顶内表面边缘所张立体角区域时, 距治疗机房顶外表面 30cm 处, 或在立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处, 周围剂量当量率参考控制水平同 6.3.1。

6.3.2.2 除 6.3.2.1 的条件外, 若存在天空反射和侧散射, 并对治疗机房墙外关注点位置照射时, 该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的周围剂量当量率的总和, 按 6.3.1 确定关注点的周围剂量当量率作为参考控制水平。

6.3.3 屏蔽材料

屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能和经济因素, 符合最优化要求, 新建机房一般选用普通混凝土。

6.4 安全装置和警示标志要求

6.4.1 监测报警装置

含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置, 应确保其报警功能正常。

6.4.2 联锁装置

放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施, 治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置, 防护门应有防挤压功能。

6.4.3 标志

医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志:

a) 放射治疗工作场所的入口处, 设有电离辐射警告标志;

b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

6.4.4 急停开关

6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。

6.4.6 视频监控、对讲交流系统

控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。”

6.4 验收标准限值要求

根据现场调查及医院提供的资料，本项目配置有 4 名辐射工作人员，分为两班制，TOMO 放射治疗每班最大工作量 20 人/天，每周工作 5 天，单个患者每次治疗最大出束时间为 10min。计算每班每周工作时间为 16.67h/周，由式（1）计算本项目 TOMO 机房关注点周围剂量当量率参考控制水平见表 6-1。

表 6-1 本项目 TOMO 机房关注点的周围剂量当量率参考控制水平一览表

序号	关注点	H _e (μSv/周)	t (h/周)	使用因子 (U)	居留因子 (T)	周围剂量当量率, μSv/h		
						H _c	H _{c, max}	控制值
1	控制室	100	16.67	1	1	6.0	2.5	2.5
2	机房设备间	100	16.67	1	1	6.0	2.5	2.5
3	机房防护门	5	16.67	1	1/8	2.4	10	2.4
4	机房东侧	5	16.67	1	1/16	4.8	10	4.8
5	机房北侧主防护墙	5	16.67	1/4	1/16	19.2	10	10
6	机房北侧次防护墙	5	16.67	1	1/16	4.8	10	4.8
7	候诊区	5	16.67	1	1/16	4.8	10	4.8

本项目采用的相关标准限值及要求见下表 6-2。

表 6-2 验收标准一览表

项目	环评控制值	验收控制值
年有效剂量限值	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) 职业照射: 20mSv/a, 公众照射: 1mSv/a	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) 公众照射: 20mSv/a, 公众照射: 1mSv/a

续表 6-2 验收标准一览表

项目	环评控制值	验收控制值
年有效剂量约束值	职业照射：2mSv/a；公众照射：0.25mSv/a	职业照射：2mSv/a；公众照射：0.1mSv/a
直线加速器机房屏蔽能力	《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011） 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处有周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。	见表 6-1

注：本项目验收控制值职业照射取环评阶段职业照射：2mSv/a；公众照射取《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中规定的公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

7. 验收监测内容

为掌握本项目辐射工作场所及周围环境的辐射水平，2022年4月24日，委托武汉网绿环境技术咨询有限公司对本项目辐射工作场所进行了检测。

7.1 工作分区与布局

参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“6.4 辐射工作场所的分区：应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制”和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“5.2 分区原则：5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流运输通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）”的要求，医院对 TOMO 机房及周边区域实施分区管理，将 TOMO 机房屏蔽体内的范围划为控制区进行管理，将与 TOMO 机房控制室和设备室划为监督区进行管理。工作场所分区示意图见图 7-1。

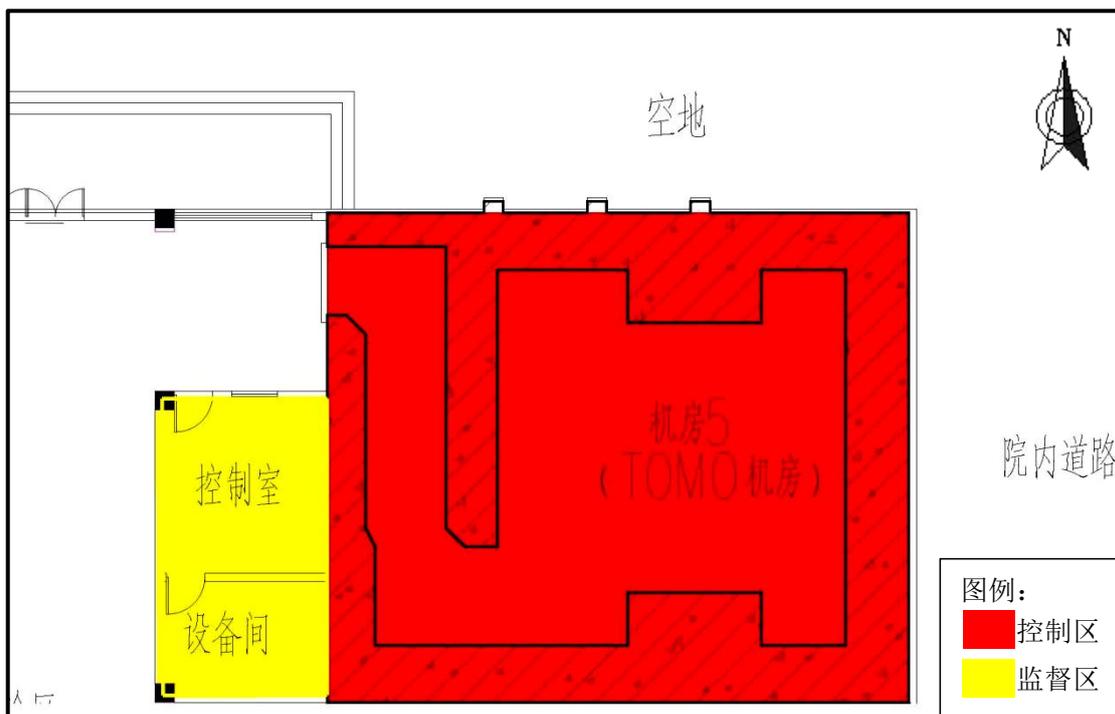


图7-1 本项目辐射工作场所分区管理图

7.2 辐射监测

本次现场检测期间，医院 TOMO 运行正常、稳定，各项环保设施处于正常运行状态。本次检测在 TOMO 机房四周及 50m 范围内的环境保护目标处进行布点。本项目 TOMO 机房及周边辐射环境检测点位图见图 7-2。

表 7-1 检测内容一览表

检测日期	检测因子	场所	点位名称
2022 年 4 月 24 日	X-γ辐射剂量率	TOMO 机房	操作位、TOMO 机房各防护墙体、铅防护门外 30cm 处及周边环境目标处

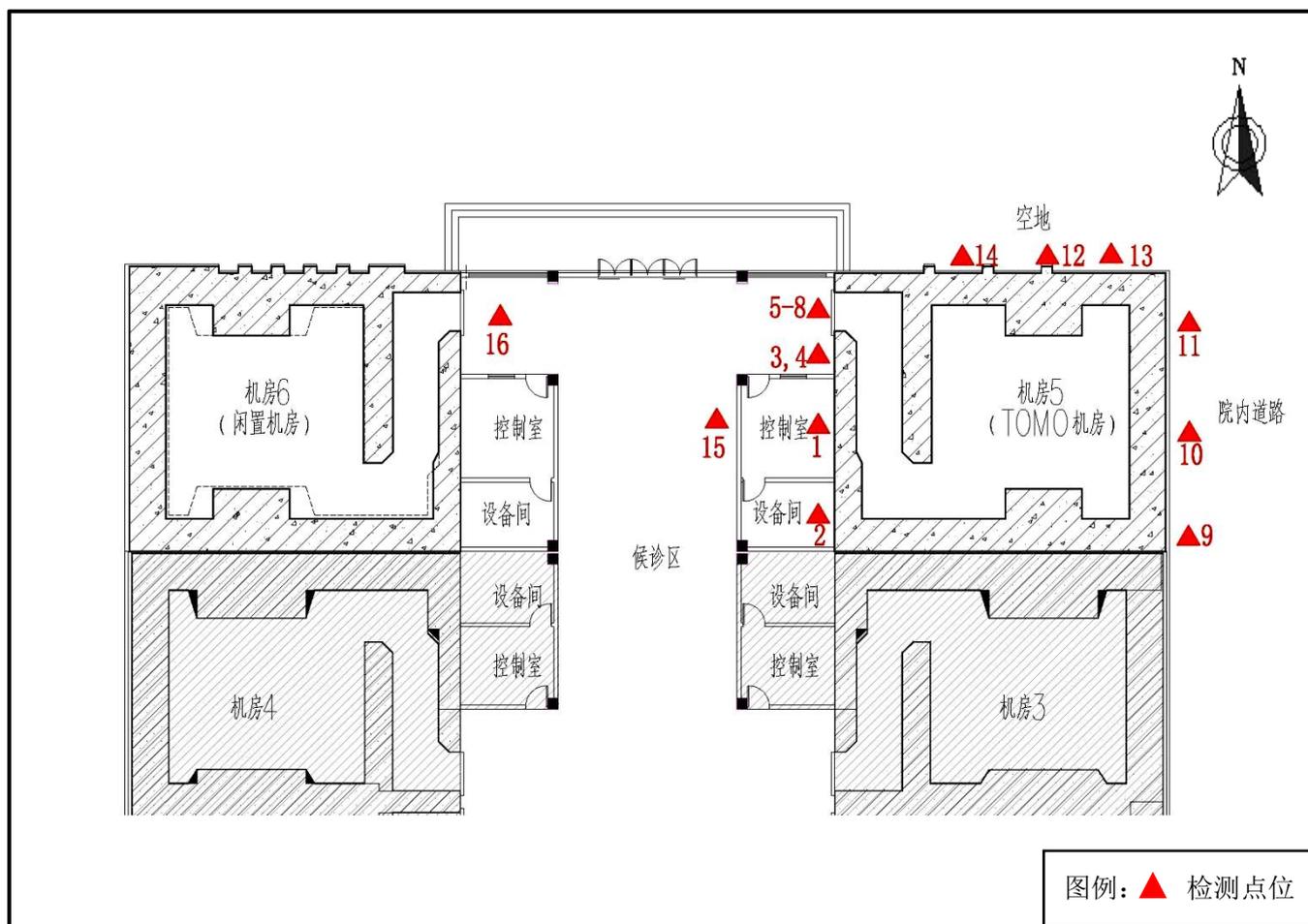


图 7-2 东津院区放疗中心 1 楼 TOMO 机房周边检测点位布置图

7.3 环境质量监测

结合本项目现状及周边环境状况，本次辐射环境验收调查范围为：TOMO 机房屏蔽墙外 50m 的范围。根据医院实际情况确定本项目放疗中心周边的环境质量检测点位见图 7-3。

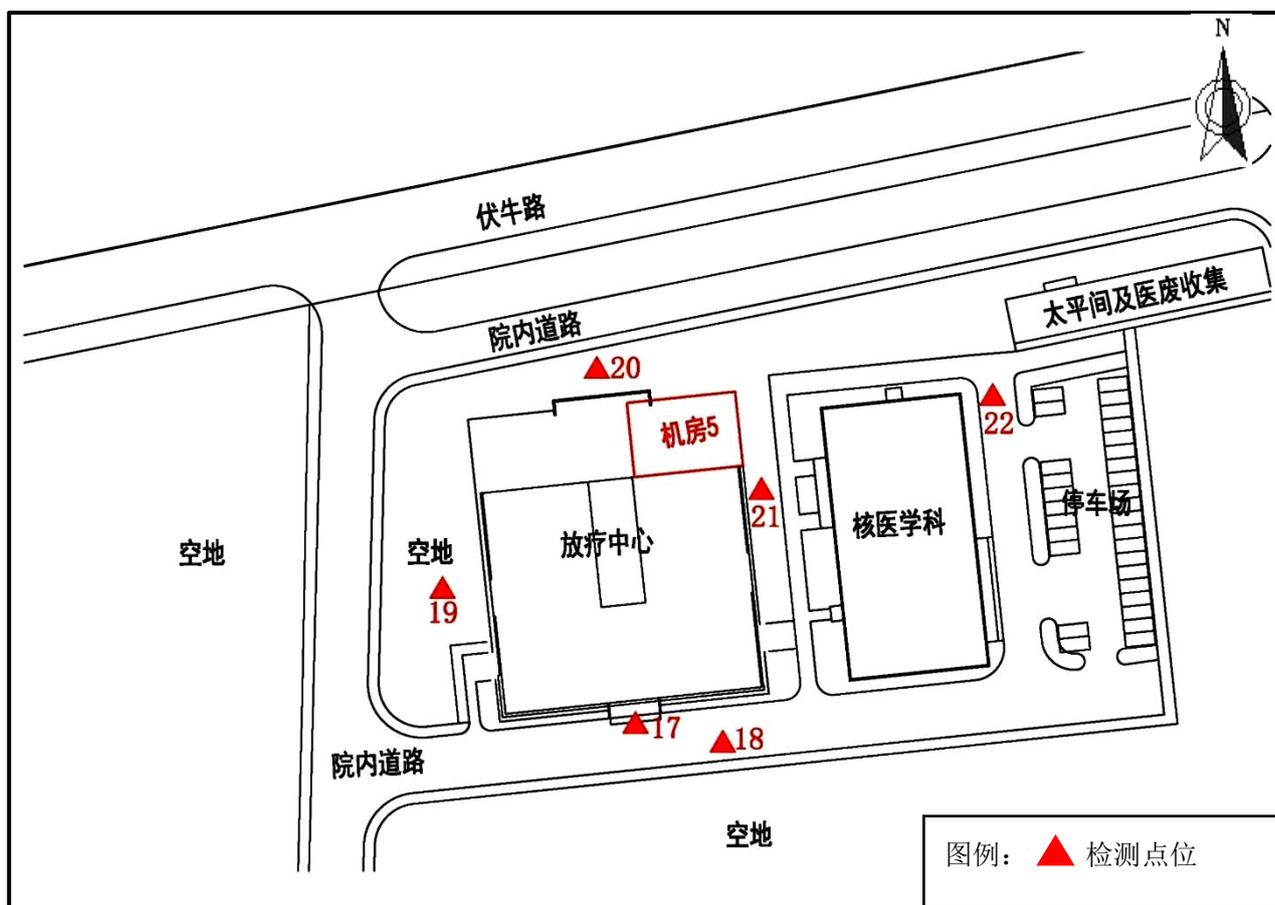


图 7-3 东津院区放疗中心周边检测点位布置图

8. 质量保证和质量控制

8.1 监测分析方法

按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），用 X- γ 剂量率仪直接测量点位上辐射吸收剂量率瞬时值。

8.2 监测仪器

表 8-1 检测仪器性能参数一览表

对比项目	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》中要求	本次检测仪器性能
仪器名称	/	ATOMTEX AT1121 型辐射检测仪
生产厂家	/	白俄罗斯
量程	下限不高于 1×10^{-8} Gy/h， 上限按照辐射源的类型和活度进行选择	环境连续 X 及 γ 射线剂量率，范围 50nSv/h~10Sv/h；短时辐射剂量率（照射时间 不小于 0.03s），范围 5 μ Sv/h~10Sv/h；X 射线、 γ 射线剂量范围 10nSv 到 10Sv
相对固有误差	$< \pm 15\%$	$\pm 15\%$ 连续和短时间辐射测量模式
能量响应	在 50keV~3MeV 相对响应之差 $< \pm 30\%$ （相 对 ^{137}Cs 参考 γ 辐射源）	15keV~3MeV
使用温度	-10 $^{\circ}\text{C}$ ~40 $^{\circ}\text{C}$ （即时测量）， -25 $^{\circ}\text{C}$ ~50 $^{\circ}\text{C}$ （连续测量）	-30 $^{\circ}\text{C}$ ~+50 $^{\circ}\text{C}$
使用相对湿度	$< 95\%$ （35 $^{\circ}\text{C}$ ）	$< 95\%$ （35 $^{\circ}\text{C}$ ）

8.3 人员能力

检测人员均经过培训合格后持证上岗。

8.4 质量保证和质量控制

检测机构已通过国家计量认证，并处于有效期内。本次辐射检测质量保证措施：

- ①验收检测在运行正常、工况稳定情况下进行；
- ②合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性；
- ③检测仪器经计量部门检定合格，设备在检定有效期内；
- ④每次测量前后均检查仪器的工作状态是否良好；
- ⑤按操作规程操作仪器，并做好记录；
- ⑥检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人签发。

9. 验收监测结果

9.1 运行工况

表 9-1 验收检测工况一览表

设备	检测因子	型号/参数	检测工况
TOMO	X-γ辐射剂量率	Radixact Treatment Delivery System 型 TOMO/6MV	6MV, 剂量率 847MU/min

9.2 检测结果

TOMO 机房周边辐射环境检测结果见表 9-2; 放疗中心周边辐射环境检测结果见表 9-3。

表 9-2 TOMO 机房周边辐射环境检测结果一览表

序号	场所、装置及运行工况	检测点位	开机检测平均值 (nSv/h)	保护目标
1	东津院区放疗中心 1 楼 TOMO 机房 Radixact Treatment Delivery System 型 TOMO 运行工况: 6MV, 剂量 率 847MU/min	控制室操作位	120	辐射工作人员
2		设备间	126	
3		机房西侧防护墙外 0.3m 处 (左)	123	公众成员
4		机房西侧防护墙外 0.3m 处 (右)	122	
5		机房防护门 0.3m 处 (左)	135	
6		机房防护门 0.3m 处 (中)	134	
7		机房防护门 0.3m 处 (右)	138	
8		机房防护门 0.3m 处 (底)	137	
9		机房东侧防护墙外 0.3m 处 (左)	137	
10		机房东侧防护墙外 0.3m 处 (中)	135	
11		机房东侧防护墙外 0.3m 处 (右)	132	
12		机房北侧主防护墙外 0.3m 处	134	
13		机房北侧次防护墙外 0.3m 处(左)	130	
14		机房北侧次防护墙外 0.3m 处(右)	129	
15		候诊区	126	
16		机房 6 (闲置房间) 入口处	135	

由表 9-2 可知, TOMO 正常运行时, 机房周边 X-γ辐射剂量率检测平均值范围为 (120~138) nSv/h, 满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 中的相关要求。

表 9-3 东津院区放疗中心周边辐射环境检测结果一览表

序号	检测点位	检测平均值 (nSv/h)
17	放疗中心出入口	103
18	放疗中心南侧院内道路	101
19	放疗中心西侧空地	103
20	放疗中心北侧空地	107
21	放疗中心东侧院内道路	108
22	停车场西侧院内道路	100

由表9-3可知，东津院区放疗中心周边环境的 γ 辐射剂量率检测平均值范围为（100~108）nSv/h。

9.3 项目运行对周边人员的辐射影响

9.3.1 人员工作制及装置运行时间

根据现场调查及医院提供的资料，本项目配置有 4 名辐射工作人员，分为两班制，TOMO 放射治疗每班最大工作量 20 人/天，每年工作 250 天，单个患者每次治疗最大出束时间为 10min。

表 9-4 医院 TOMO 辐射工作人员工作及装置出束情况一览表

每班辐射工作人员数量	每班年工作量 (人/年)	单个患者治疗出束时间 (min)	每班年受照时间 (h/a)
2	5000	10	833

9.3.2 年有效剂量估算

本项目 TOMO 机房辐射工作人员及周边区域公众成员年有效剂量计算采用联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附 A 中的计算公式进行估算：

$$H_{Er} = D_r \times T \times 10^{-3} \times t \quad \dots\dots\dots \text{（公式 11-1）}$$

式中：

H_{Er} ：X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量，mSv；

T：居留因子（全居留因子 T=1，部分居留 T=1/4，偶然居留 T=1/16）；

D_r ：X- γ 辐射剂量率， μ Sv/h；

t：X 或 γ 射线照射时间，h。

根据本项目的平面布局图可知，放疗中心现有 6 间加速器机房，其中机房 6 为闲置机房，考虑到 5 间加速器机房同时运行时，加速器机房 1、2、4 对 TOMO 机房产生额外的辐射影响较小，故只考虑机房 3 加速器运行时对 TOMO 机房产生额外的辐射影响。根据襄阳市中心医院东津院区放疗中心机房 3 的年度检测报告（详见附件 8）可知，检测结果扣除本底平均值后，最大值为 0.042 μ Sv/h。

通过上述检测数据和 TOMO 年出束情况，可计算出本项目辐射工作人员及公众成员所受外照射最大年有效剂量。本项目辐射工作人员及公众成员所受年有效剂量计算结果见表 9-5。

表 9-5 本项目辐射工作人员及公众人员所受年有效剂量一览表

保护对象	检测点位	最大辐射剂量率 (nSv/h)	叠加的辐射剂量率 (μ Sv/h)	年受照时间 (h/a)	居留因子	年受照剂量 (mSv/a)	年有效剂量约束值 (mSv/a)
辐射工作	设备间	126	0.042	833	1	0.14	2
公众成员	机房防护门 0.3m 处(右)	138	0.042	833	1/8	0.02	0.1

注：1 μ Sv/h=1000nSv/h

表 9-5 可知，本项目运行时，辐射工作人员和公众人员所受外照射最大年有效剂量分别为 0.14mSv 和 0.02mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作人员、公众人员年有效剂量限值分别为 20mSv、1mSv 的要求，同时也满足本项目对辐射工作人员、公众人员所取年有效剂量限值分别为 2mSv、0.1mSv 的要求。

10. 验收监测结论

10.1 环保设施调试运行效果

(1) 襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目（放疗中心二期工程 TOMO 机房）已根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《建设项目环境保护管理条例》等规定开展了环境影响评价工作，按照生态环境主管部门和环评报告及其批复文件的要求，在建设过程中执行了国家对建设项目要求的“三同时”等环境保护管理制度。

(2) 根据核实《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》以及环评报告中的辐射防护设施、措施的落实情况，医院在设立专门管理机构、制定各项辐射安全管理制度、采取有效防护措施等方面基本符合有关要求。在运行期间各项辐射防护措施、环保设施运行正常。

(3) TOMO 正常运行时，机房周边 X- γ 辐射剂量率检测平均值范围为(120~138) nSv/h，东津院区放疗中心周边环境的 γ 辐射剂量率检测平均值范围为(100~108) nGy/h 均满足相关要求。

(4) 根据剂量估算及个人剂量检测结果分析可知，本项目运行时，辐射工作人员和公众人员所受外照射最大年有效剂量分别为 0.14mSv 和 0.02mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作人员、公众人员年有效剂量限值分别为 20mSv、1mSv 的要求，同时也满足本项目对辐射工作人员、公众人员所取年有效剂量限值分别为 2mSv、0.1mSv 的要求。

10.2 工程建设对环境的影响

襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目（放疗中心二期工程 TOMO 机房）辐射工作场所设计合理，满足防护要求，严格执行了各项规章制度，各种辐射安全防护措施达到了环评报告及其批复文件提出的要求，满足竣工环境保护验收条件。

11. 建设单位项目竣工环境保护“三同时”验收登记表

填表单位（盖章）：

填表人（签字）：

项目经办人（签字）：

建设项目	项目名称	襄阳市中心医院东津院区核技术应用项目（放疗中心二期工程 TOMO 机房）				项目代码	/			建设地点	襄阳市襄州区楚山路与鹿门大道交叉口西北角			
	行业类别（分类管理名录）	172 核技术利用建设项目				建设性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造			项目厂区中心经度/纬度	112.262/32.065			
	设计生产能力	拟建放疗中心二期工程（加速器机房 5、6），并新增 2 台直线加速器				实际生产能力	已建 1 间直线加速器机房，配备使用一台 TOMO			环评单位	武汉网绿环境技术咨询有限公司			
	环评文件审批机关	湖北省生态环境厅				审批文号	鄂环审【2016】107 号			环评文件类型	报告表			
	开工日期	2020 年 12 月				竣工日期	2021 年 8 月			辐射安全许可证申领时间	2021 年 11 月 15 日			
	环保设施设计单位	襄阳市第二建筑设计院				环保设施施工单位	/			本工程辐射安全许可证编号	鄂环辐证【00005】			
	验收单位	襄阳市中心医院				环保设施监测单位	武汉网绿环境技术咨询有限公司			验收监测时工况	正常			
	投资总概算（万元）	35000				环保投资总概算（万元）	861			所占比例（%）	2.5%			
	实际总投资	4342				实际环保投资（万元）	342			所占比例（%）	7.9%			
	废水治理（万元）	/	废气治理（万元）	/	噪声治理（万元）	/	固体废物治理（万元）	/	绿化及生态（万元）	/	其他（万元）	/	/	
新增废水处理设施能力	/				新增废气处理设施能力	/			年平均工作时	/				
运营单位	襄阳市中心医院				运营单位社会统一信用代码（或组织机构代码）	12420600420424344L			验收时间	2022 年 6 月				
污染物排放达标与总量控制（工业建设项目详填）	污染物	原有排放量(1)	本期工程实际排放浓度(2)	本期工程允许排放浓度(3)	本期工程产生量(4)	本期工程自身削减量(5)	本期工程实际排放量(6)	本期工程核定排放总量(7)	本期工程“以新带老”削减量(8)	全厂实际排放总量(9)	全厂核定排放总量(10)	区域平衡替代削减量(11)	排放增减量(12)	
	废水													
	化学需氧量													
	氨氮													
	石油类													
	废气													
	二氧化硫													
	烟尘													
	工业粉尘													
	氮氧化物													
	工业固体废物													
与项目有关的其他特征污染物														

注：1、排放增减量：（+）表示增加，（-）表示减少。2、(12)=(6)-(8)-(11)，(9)=(4)-(5)-(8)-(11)+(1)。3、计量单位：废水排放量——万吨/年；废气排放量——万标立方米/年；工业固体废物排放量——万吨/年；水污染物排放浓度——毫克/升。