

编号：BG-ZFFB25220189

核技术利用建设项目

台州恩泽医疗中心（集团）浙江省台州医院（本部）

新增螺旋断层放射治疗系统（TOMO）建设项目

生态环境影响报告表

（公示稿）

台州恩泽医疗中心（集团）

2026年9月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

台州恩泽医疗中心（集团）浙江省台州医院（本部）

新增螺旋断层放射治疗系统（TOMO）建设项目

生态环境影响报告表

建设单位名称：台州恩泽医疗中心（集团）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省台州市临海市西门街 150 号

邮政编码：317000

联系人：***

电子邮箱：*****@139.com

联系电话：*****

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	16
表 3 非密封放射性物质	16
表 4 射线装置	17
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	18
表 6 评价依据	19
表 7 保护目标与评价标准	21
表 8 环境质量和辐射现状	26
表 9 项目工程分析与源项	30
表 10 辐射安全与防护	37
表 11 环境影响分析	47
表 12 辐射安全管理	60
表 13 结论与建议	66
表 14 审批	70

表 1 项目基本情况

建设项目名称		台州恩泽医疗中心（集团）浙江省台州医院（本部）新增螺旋断层放射治疗系统（TOMO）建设项目				
建设单位		台州恩泽医疗中心（集团）				
法人代表	梁军波	联系人	***	联系电话	*****	
注册地址		浙江省台州市临海市西门街 150 号				
项目建设地点		台州市临海市西门街 150 号放疗中心一层 TOMO 机房				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	4200	项目环保投资（万元）	331	投资比例（环保投资/总投资）	7.88%	
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m ²)	/
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类			
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类			
	其他	/				
	1.1 项目概述 1.1.1 建设单位概况 台州恩泽医疗中心（集团）是一家集医疗、健康、科研、教学、预防为一体的区域综合性公立医疗集团，前身为成立于 1901 年的恩泽医局，目前设有浙江省台州医院（本部）、浙江省台州医院（东院区）、恩泽医院（台州医院路桥院区）、台州市康复医院和恩泽妇产医院五个院区，开放床位 3800 张。现有员工 8000 余人，2024 年服务门诊病友 654.70 万人次，服务住院病友 23.90 万人次。 台州恩泽医疗中心（集团）现持有浙江省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（具体见附件 2），证书编号为浙环辐证[J0028]，发证日期为 2026 年 3 月 12 日，有效期至					

2028年3月26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。

本项目拟建于浙江省台州医院（本部）院区，本部院区位于台州临海市西门街150号（主院区）、临海市回浦路92号（医院延伸点）、临海市回浦路133号（医院延伸点）。浙江省台州医院（本部）院区占地面积9万余平方米，主要医疗用房包括门诊大楼、住院大楼、急诊大楼、VIP保健体检中心、行政办公楼、采购制剂楼、感染楼、肿瘤中心（含核医学科、放疗科、热疗中心）及其他附属用房。

1.1.2 建设目的和任务由来

为满足台州地区乃至毗邻省市县的医疗卫生需求，进一步优化医疗资源布局，增加优质医疗资源供给，台州恩泽医疗中心（集团）拟将浙江省台州医院（本部）放疗中心一层西南角的闲置机房改建为TOMO机房，并在TOMO机房东侧设置配套的TOMO准备室和TOMO控制室。TOMO机房内拟安装使用1台型号为TOMOC的螺旋断层放射治疗系统（以下简称“TOMO”）。

根据《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TOMOC型螺旋断层放射治疗系统属于Ⅱ类射线装置。根据《中华人民共和国生态环境法典》（2026年3月12日中华人民共和国第十四届全国人民代表大会第四次会议通过），本项目应依法进行生态环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（中华人民共和国生态环境部令第16号），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生态环境影响报告表。

为此，台州恩泽医疗中心（集团）委托中辐环境科技有限公司开展“台州恩泽医疗中心（集团）浙江省台州医院（本部）新增螺旋断层放射治疗系统（TOMO）建设项目”（简称“本项目”）的生态环境影响评价工作。在接受委托后，环评单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集、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）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的生态环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

台州恩泽医疗中心（集团）拟将浙江省台州医院（本部）放疗中心一层西南角的闲置机房改建为TOMO机房，并在TOMO机房东侧设置配套的TOMO准备室和TOMO

控制室。本次改建所涉闲置机房，在规划中为预留加速器机房，但建成后一直空置未用，目前用作杂物间，内部堆存杂物。具体现状如图 1-1 所示。



图 1-1 TOMO 机房改建前的闲置机房现状照片

闲置机房原结构四侧墙体为 800mm 混凝土，顶棚为 800mm 混凝土，地坪为中风化岩石，机房采用普通门。为满足新增 TOMO 的辐射屏蔽防护要求，本次改建对闲置机房各屏蔽体分别采取以下处理方案：东侧迷道外墙、西侧、北侧墙体在原有 800mm 混凝土外侧新增 700mm 混凝土，使总厚度达到 1500mm；东侧迷道内墙在原有 361~846mm 混凝土基础上增加 60mm 铅砖，并在原 3.45m 基础上向南侧延长 1.92m，延长段屏蔽结构采用 300mm 混凝土+200mm 铅砖，延长后迷路总长度达到 5.37m；拆除南侧原有 800mm 混凝土墙体，并外扩新建一道 300mm 混凝土+200mm 铅砖屏蔽墙体，作为与缩小后后装机房的共用屏蔽墙；顶棚在原有 800mm 混凝土基础上新增 700mm 现浇混凝土板，使总厚度达到 1500mm；地坪为中风化岩石，维持现状不做变动；拆除机房入口处的普通门，并安装一扇内衬 20mm 铅板防护门。

本次改建施工拟采用“先建后拆”方案（具体见后文表 10 描述），根据改建方案可知，本次改建施工拟将闲置机房向南侧进行区域性外扩（即向原后装机房方向外扩），扩建范围占用了原后装机房的部分物理空间。缩小后的后装机房仍能满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中选址和布局要求，后续拟继续开展放射治疗，医院已另行委托相关单位编制辐射环评，经审批取得环评批复后方可运行。TOMO 机房施工前，应先将后装机房放射源退回生产厂家，经有资质单位现场监测、确认现场不存

在污染后，方可进行 TOMO 机房改造施工。

TOMO 机房屏蔽设计变化情况见表 1-1，机房改建前后的平面布局情况见图 1-2 和图 1-3。

表 1-1 机房改造前后屏蔽体情况一览表

机房名称	防护设施		改造前屏蔽材料	本次改造情况	改造后屏蔽材料
TOMO 机房	东侧墙体	迷路内墙	361~846mm 混凝土	保留原墙体，新增 60mm 铅砖/300mm 混凝土+200mm 铅砖	北段：361~846mm 混凝土+60mm 铅砖 南段：300mm 混凝土+200mm 铅砖
		迷路外墙	800mm 混凝土	保留原墙体，并新增 700mm 混凝土	1500mm 混凝土
	西侧、北侧墙体		800mm 混凝土	保留原墙体，并新增 700mm 混凝土	1500mm 混凝土
	南侧墙体		800mm 混凝土	拆除原墙体，新增 300mm 混凝土+200mm 铅砖	300mm 混凝土+200mm 铅砖
	顶棚		800mm 混凝土	保留原墙体，并新增 700mm 混凝土	1500mm 混凝土
	地坪		中风化岩石	利旧	中风化岩石
	铅防护门		/	新增内衬 20mm 铅板防护门	内衬 20mm 铅板

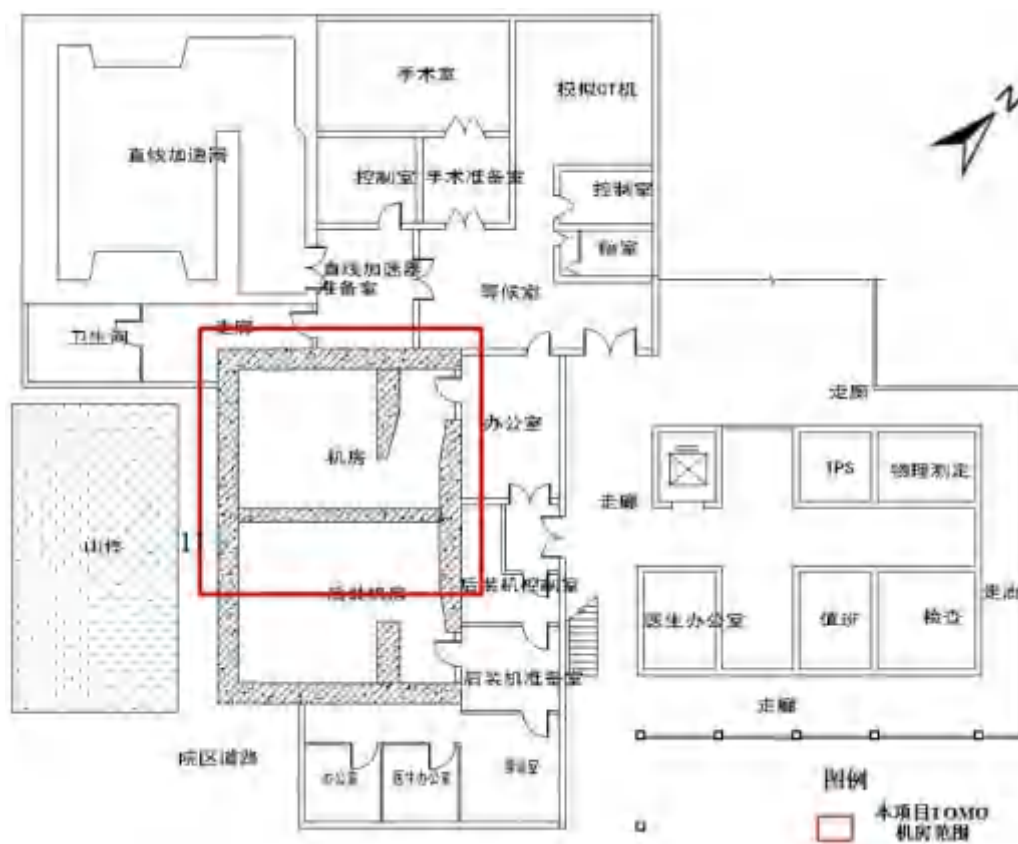


图1-2 放疗中心一层平面布局图（改建前）

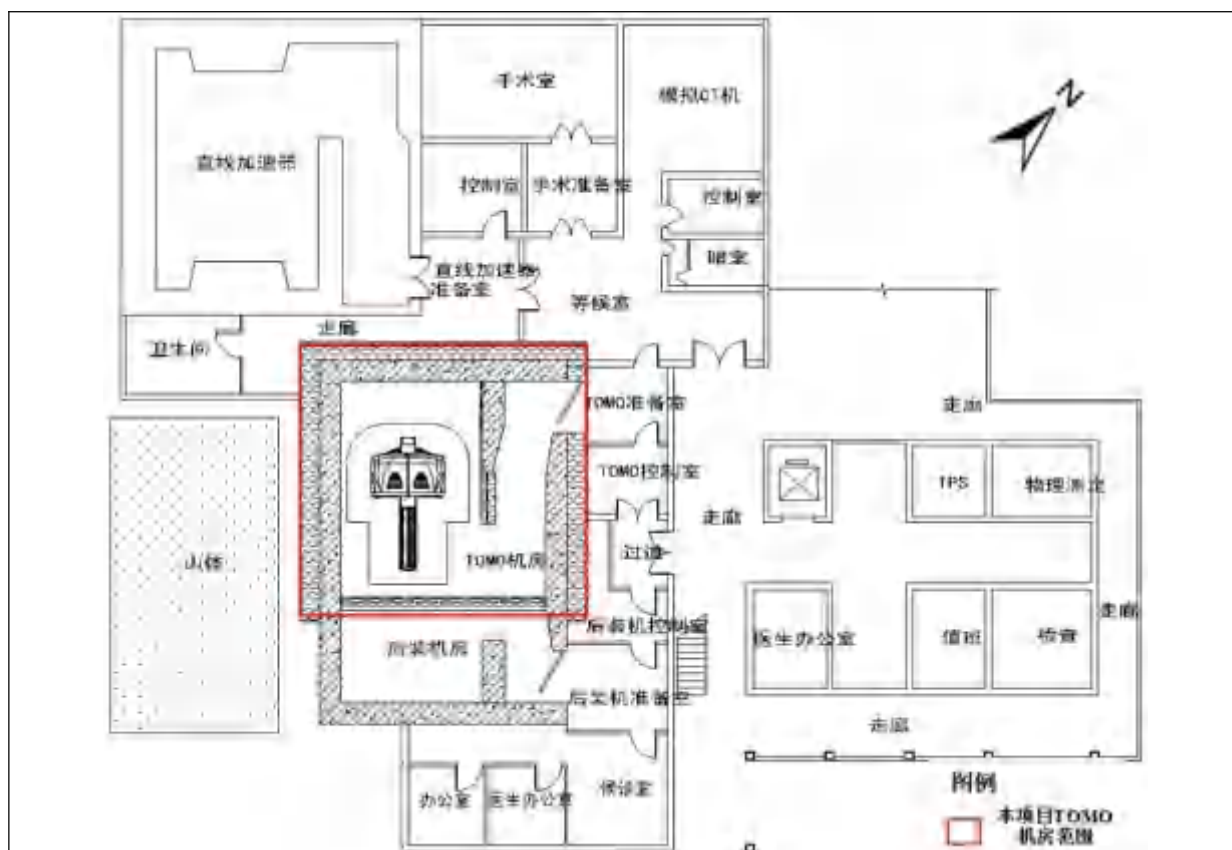


图1-3 放疗中心一层平面布局图（改建后）

TOMO 机房内拟安装使用 1 台型号为 TOMO C 的 TOMO，治疗束 X 射线能量为 6MV，治疗束等中心处剂量率最大值为 8.5Gy/min，设备内部集成 1 台 CT，CT 最大管电压 140kV，最大管电流 1300mA。本项目拟新增 TOMO 主要技术参数详见表 1-2。

表 1-2 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	备注	
TOMO	TOMO C	II类	1 台	治疗束 X 射线能量		6MV	肿瘤治疗	放疗中心一层 TOMO 机房	新购
				治疗束等中心处剂量率最大值		8.5Gy/min			
				CT 部分	最大管电压、管电流	140kV、1300mA			

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 TOMO 投入使用后，年工作约 250 天，每天接诊人数最多 30 人次，一年最多接诊患者 7500 人次，患者人均总出束时间 6min/人，周治疗时间为 15h，TOMO 治疗系统年出束时间为 750h。

(2) 人员配置

本项目实行 8h 单班制，年工作日为 250 天。本项目拟配备 12 名辐射工作人员，包括医师 4 人，技师 5 人，物理师 3 人，均由现有放疗中心辐射工作人员兼岗。辐射工作

人员除从事本项目 TOMO 放疗工作外，还会继续从事放疗科现有的放疗工作，其中医生的岗位职责主要包括：采集专科病史和专科体格检查，为肿瘤患者制定治疗方案，参与患者放疗体位制作，负责勾画放疗靶区及正常组织勾画，提交放疗计划要求，审核放疗计划，患者放疗体位验证以及治疗期间的患者管理及随访等工作，并及时记录各种病历文书；物理师的岗位职责主要包括：放疗计划设计，设备质量控制（QA）与校准，治疗计划验证等；技师的岗位职责主要包括：患者体位固定与定位，日常治疗摆位与照射，设备日常操作与维护，治疗记录与数据录入。

工作人员医院轮岗排班开展工作，医院根据实际工作量动态调整排班方案，避免人员长期超负荷，本项目辐射工作人员配置情况见下表 1-3。

表 1-3 TOMO 机房辐射工作人员配置情况一览表

序号	姓名	工作岗位	所在科室	培训考核时间	过去一年个人累计剂量(mSv)
1	邵明海	医师	放疗科	2026年3月21日	0.28
2	丁维军	医师	放疗科	2026年3月20日	0.23
3	朱健	医师	放疗科	2026年6月28日	0.10
4	顾娉郡	医师	放疗科	2026年2月13日	0.12
5	汤幸妮	物理师	放疗科	2026年2月12日	0.17
6	侯利桥	物理师	放疗科	2026年2月5日	0.17
7	苏适	物理师	放疗科	2026年2月14日	0.14
8	林亚琴	技师	放疗科	2026年2月11日	0.11
9	陈虹	技师	放疗科	2026年3月30日	0.18
10	余斌	技师	放疗科	2026年3月24日	0.25
11	姚炳阳	技师	放疗科	2026年3月12日	0.28
12	徐逸秀	技师	放疗科	2026年4月8日	0.21

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

本项目拟建于浙江省台州医院（本部）院区，本部院区位于浙江省台州市临海市西门街 150 号，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

浙江省台州医院（本部）院区位于台州府城文化旅游区，医院东侧为瓔珞街；南侧为西门街；西侧为西门街历史街区景区；北侧为后山路。

浙江省台州医院（本部）院区建设有病房楼、门诊大楼、放射中心、急诊与全科病

房楼、行政办公楼、办公楼、中心实验室、口腔眼科中心、医学工程楼、ICU、住院大楼、多媒体教室、图书楼、制剂楼、锅炉房、康复耳鼻咽喉区、集体宿舍、感染科、放疗中心等。本项目 TOMO 机房位于浙江省台州医院（本部）放疗中心一层西南角，放疗中心地上共三层，无地下层。项目周边环境概况见附图 2，浙江省台州医院（本部）院区总平面布置见附图 3。

根据附图 3 可知，本项目 TOMO 机房距东北侧台州医院党校宿舍约 43m，距东南侧病房楼约 41m，距南侧西门街历史街区景区约 13m，距西南侧库储约 14m，距西侧西门街历史街区景区约 43m，距西北侧感染科约 14m。因此，本项目 TOMO 机房实体屏蔽边界外 50m 评价范围主要为医院内部建筑物、医院内部道路、山体、西门街历史街区景区、台州医院党校宿舍。

1.2.2.2 项目机房四周环境关系

本项目 TOMO 机房东北侧为 TOMO 准备室、TOMO 控制室和后装机控制室，东南侧为拟停用的后装机房，西南侧为山体，西北侧为直线加速器准备室、走廊、等候室。上方为屋面、办公室（闲置）、盥洗室（闲置）、二床间（闲置）、走廊，下方为岩石层。

1.2.3 项目选址合理性分析

本项目依托医院用地，不新增用地。医院用地范围内可供新建的空间十分有限，故本项目考虑依托现有用房进行改建。为满足新增 TOMO 设备的安装和运行空间需求，同时保持放疗设备的集中布置，本次将放疗中心一层西南角的闲置机房改建为 TOMO 机房。

TOMO 机房向南侧外扩，占用了原后装机房部分物理空间，原后装机房保留其功能，使用面积相应缩小并重新分隔。TOMO 机房施工前，应先将后装机房放射源退回生产厂家，经有资质单位现场监测、确认现场不存在污染后，方可进行 TOMO 机房改造施工。TOMO 机房与缩小后的后装机房呈南北相邻布局，放疗中心整体功能完整、布局紧凑，未对医院整体功能产生不利影响。此种空间利用方式是在医院现有用地条件受限的情况下，充分利用既有建筑空间、实现放疗设备集中建设的最优方案。

本项目放疗中心 TOMO 机房下方无构筑物（岩石层），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。本项目 TOMO 机房实体屏蔽边界外 50m 评价范围主要为医院内部建筑物、医院内部道路、山体、西门街历史街区景区、台州医院党校宿舍，经采取一定防护措施后不会对周围环境和公众造成危害，项目周围无环境制约因素，影响可接受，因此本项目的选址是合理的。

1.3 产业政策符合性和实践正当性分析

本项目为核技术利用项目，根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，项目 TOMO 属于**第一类 鼓励类**中第十三项“医药”中第四条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，**高端放射治疗设备……**”项目。因此，本项目的建设符合国家现行产业政策。

本项目建设的根本目的在于开展放射诊疗工作、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。

1.4 相关规划符合性分析

1.4.1 《临海市国土空间总体规划（2021-2035 年）》符合性分析

根据《临海市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，临海市发展目标为台州市教育医疗中心。在公共服务方面，《规划》提出要“完善公共服务设施体系”，统筹完善教育、医疗等公共服务设施布局。在中心城区层面，《规划》构建了“两带、四核、七组团”的空间格局，其中“古城组团”是本项目所在地。

本项目位于浙江省台州市临海市西门街 150 号，地处《规划》确定的中心城区“古城组团”范围内。项目为 TOMO 机房改建工程，属于医疗卫生服务设施建设。项目建成后将进一步完善该区域的肿瘤放射治疗条件，提升医疗服务能力，有利于临海市“台州市教育医疗中心”城市功能的实现。同时，本项目建设内容为既有院区内的改建，不新增用地，符合集约节约用地的要求。

综上，本项目建设符合《临海市国土空间总体规划（2021-2035 年）》要求。

1.4.2 《临海市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

根据《临海市人民政府关于印发临海市生态环境分区管控动态更新方案的通知》（临政发〔2024〕11号），本项目位于台州市临海市城区城镇生活重点管控单元（ZH33108220030），对应环境管控单元分类图见附图7。

（1）生态保护红线

本项目位于浙江省台州市临海市西门街150号，根据台州市“三区三线”划分成果，本项目不涉及永久基本农田与生态保护红线。因此，本项目建设符合生态保护红线要求。

（2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址及周围各监测点位的 γ 辐射剂量率基本处于当地本底水平范围之内。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，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

本项目位于台州市临海市城区城镇生活重点管控单元（ZH33108220030），对应的环境管控单元准入清单符合性分析见下表。

表 1-4 生态环境准入清单符合性分析表

环境管控单元名称及编码	生态环境准入清单要求		本项目情况	是否符合
台州市临海市城区城镇生活重点管控单元（ZH33108220030）	空间布局约束	禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业项目搬迁关闭。禁止新建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目。现有二类工业项目改建、扩建，不得增加管控单元污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定。推进城镇绿廊建设，协同建设区域生态网络和绿道体系，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。推进既有建筑绿色化改造，高质量发展零碳低耗绿色建筑。	本项目为医疗机构的核技术利用项目，属于医疗卫生服务设施建设，本项目不属于工业项目，属于公共服务类基础设施建设项目，不涉及工业污染物排放。项目在原医院用地范围内进行改建，不新增用地，符合城镇生活重点管控单元的空间布局要求。	符合

	污染物排放管控	严格实施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。污水收集管网范围内,禁止新建除城镇污水处理设施外的入河入海排污口,现有的入河入海排污口应限期拆除,但相关法律法规和标准规定必须单独设置排污口的除外。加快污水处理设施建设与提标改造,加快完善城乡污水管网,强化城区截污管网精细化改造,加强对现有雨污合流管网的分流改造,深化城镇“污水零直排区”建设。加强污水收集管网特别是支线管网建设,强化城中村、老旧城区和城乡结合部污水截流、纳管及改造。餐饮、宾馆、洗浴(含美容美发、足浴)、修理(洗车)等三产污水,要做到雨、污分离,达标排放,产生油污的行业,污水必须按规范经隔油池预处理后,方可排入市政污水管道,餐饮油烟不得通过下水道排放。全面实施城镇污水纳管许可制度,依法核发排水许可证。加强噪声和臭气异味防治,强化餐饮油烟治理,严格施工扬尘监管,依法严禁秸秆、垃圾等露天焚烧。加强土壤和地下水污染防治与修复。推动能源、工业、建筑、交通、居民生活等重点领域绿色低碳转型。	由后文表 11 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	合理布局工业、商业、居住、科教等功能区块,严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。	本项目为医疗机构的核技术利用项目,不属于噪声、恶臭、油烟等污染物排放较大的建设项目。	符合
	资源开发效率要求	全面开展节水型社会建设,推进节水产品推广普及,限制高耗水服务业用水。到 2025 年,推进生活节水降损,实施城市供水管网优化改造,城市公共供水管网漏损率控制在 9%以内。	本项目为医院核技术利用项目,不属于高耗水服务业,医院建设将积极落实节水、节能等相关要求,提高资源能源利用效率。	符合

根据表 1-4 分析可知,本项目符合临海市环境管控单元准入清单的要求。综上所述,本项目符合《临海市生态环境分区管控动态更新方案》要求。

1.4.3 污染物达标排放符合性

根据后文表 11 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。

1.5 原有核技术利用项目许可情况

本项目拟建于浙江省台州医院(本部)院区,考虑到医院五个院区距离较远、管理

相对独立，故仅对本部院区的原有核技术利用项目许可情况进行分析。

1.5.1 原有核技术利用项目许可情况

台州恩泽医疗中心（集团）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[J0028]（见附件 2）；发证日期：2026 年 3 月 12 日，有效期至：2028 年 3 月 26 日；许可的辐射工作种类和范围为：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。

本项目拟建于浙江省台州医院（本部）院区，该院区已许可的核技术利用项目环保手续履行情况详见表 1-5~表 1-7，原有核技术利用项目环保手续文件详见附件 3。

表 1-5 浙江省台州医院（本部）院区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	Ir-192	3.70E+11*1	Ⅲ类	使用	后装治疗机	台州医院放疗科 后装机房	浙环开建（1998）91 号 浙环辐（2009）5 号
2	Ge-68	1.85E+7*2	Ⅴ类	使用	刻度/ 校准源	台州医院核医学科 PET-CT 机房	浙环辐（2012）41 号 2017 年 12 月自主验收
3	Ge-68	3.5E+6*2	Ⅴ类	使用	刻度/ 校准源	台州医院核医学科 PET-CT 机房	临环审（2014）144 号 2017 年 12 月自主验收

表 1-6 浙江省台州医院（本部）院区原有非密封放射性物质环保手续履行情况

序号	核素	工作场所名称	日等效 最大操 作量 （Bq）	年最大使 用量 （Bq）	场所 等级	活动 种类	环评及验收手续
1	I-125（粒 子源）	台州医院放射科 CT 机房	1.48E+6	2.67E+11	丙级	使用	备案号： 201933108200000169
2	Sr-89	台州医院核医学科	5.92E+7	3.56E+10	乙级	使用	浙环辐（2019）10 号 2020 年 9 月自主验收
3	I-131	台州医院核医学科	1.48E+8	1.78E+11	乙级	使用	浙环辐（2019）10 号 2020 年 9 月自主验收
4	Ra-223	台州医院核医学科	7.4E+8	1.11E+10	乙级	使用	浙环辐（2019）10 号，2023 年 5 月安全 分析材料
5	F-18	台州医院核医学科 PET-CT	1.11E+7	2.78E+12	乙级	使用	浙环辐（2012）41 号 2017 年 12 月自主验收
6	Tc-99m	台州医院核医学科 SPECT-CT 机房	1.85E+7	4.63E+12	乙级	使用	浙环辐（2019）10 号 2020 年 9 月自主验收

表 1-7 浙江省台州医院（本部）院区已许可的射线装置环保手续履行情况一览表

序号	工作场所	装置名称	规格型号	类别	环评及验收手续
1	台州医院放疗科 CT 模拟定位机 房	CT 模拟定 位机	Discovery CT590RT	Ⅲ类	备案号：201833108200000197

2	台州医院放疗科 加速器机房	医用螺旋 断层放射 治疗系统	Unique	II 类	浙环辐〔2019〕10 号 2020 年 9 月自主验收
3	台州医院放疗科 加速器机房	医用螺旋 断层放射 治疗系统	TRILOGY	II 类	浙环开建〔1998〕91 号 浙环辐〔2009〕5 号
4	台州医院放射科 CT 机房	40 排 CT	UCT530	III 类	备案号：201933108200000169
5	台州医院放射科 CT 机房	16 排 CT 机	BrightSpeed speed	III 类	备案号：201833108200000197
6	台州医院放射科 CT 机房	40 排 CT	uCT530	III 类	备案号：202133108200000158
7	台州医院放射科 DR 机房	X 射线 DR 机	NOVA FA-C	III 类	备案号：202133108200000158
8	台州医院放射科 DR 机房	X 射线 DR 机	Digital Diagnost	III 类	备案号：202133108200000158
9	台州医院放射科 DR 机房	移动 X 射 线 DR 机	OptimaXR220amx	III 类	备案号：201833108200000254
10	台州医院放射科 DR 机房	X 射线 DR 机	飞天 6000	III 类	备案号：201833108200000197
11	台州医院放射科 DR 机房	移动 DR 机	uDR370i	III 类	备案号：202133108200000139
12	台州医院放射科 宝石 CT 机房	宝石 CT 机	Discovery HD750	III 类	备案号：201833108200000197
13	台州医院放射科 乳腺机房	乳腺机	Senographe	III 类	备案号：201833108200000197
14	台州医院放射科 碎石机房	碎石机	Dornier	III 类	备案号：202133108200000158
15	台州医院放射科 胃肠机房	数字胃肠 机	Luminos dRF Max	III 类	备案号：201833108200000052
16	台州医院放射科 移动使用	移动式数 字化医用 X 射线摄 影系统	uDR 370i	III 类	备案号：201933108200000191
17	台州医院放射科 移动使用	移动 DR 机	uDR 370i	III 类	备案号：201933108200000191
18	台州医院骨科分 部 CT 机房	16 排 CT	Optima CT540	III 类	备案号：202133108200000158
19	台州医院骨科分 部 CT 机房	16 排 CT	联影 UCT 510	III 类	备案号：201933108200000169
20	台州医院骨科分 部 DR 机房	X 射线 DR 机	NOVA FA-C	III 类	备案号：201833108200000197
21	台州医院核医学 科 PET-CT 机房	PET-CT	GE Discovery PET/CT Elite 型	III 类	浙环辐〔2012〕41 号 2017 年 12 月自主验收
22	台州医院核医学 科 SPECT-CT 机 房	SPECT-CT	Discovery 670pro	III 类	浙环辐〔2019〕10 号 2020 年 9 月自主验收
23	台州医院急诊 CT 机房	本部急诊 一层 CT	uCT960+	III 类	备案号：202633108200000226

24	台州医院急诊 DR 机房	本部急诊 一层 DR	DigiEye 680E	III 类	备案号: 202633108200000226
25	台州医院健康管理 中心骨密度机 房	骨密度仪	Prodigy primo	III 类	备案号: 201833108200000197
26	台州医院健康管理 中心骨密度机 房	骨密度仪	Prodigy Advance	III 类	备案号: 201933108200000191
27	台州医院介入中 心 DSA 机房	数字血管 减影系统 DSA	Innova IGS 530	III 类	浙环开建〔1998〕91 号 浙环辐〔2009〕5 号
28	台州医院介入中 心 DSA 机房	DSA	Innova410 0-IQ	III 类	浙环辐〔2019〕10 号 2020年9月自主验收
29	台州医院介入中 心 DSA 机房	DSA	Innova IGS 5	III 类	浙环辐〔2019〕10号 2020 年 9 月自主验收
30	台州医院口腔科 口腔 CT 机房	口腔 CT 机	KvVo 3Dexam	III 类	备案号: 201833108200000197
31	台州医院口腔科 牙片机房	普通 X 射 线牙片机	MSD-III	III 类	备案号: 202133108200000158
32	台州医院丽景花 园门诊部口腔科	牙片机	RAY98(M)	III 类	备案号: 202533108200000121
33	台州医院丽景花 园门诊部口腔科	口腔 CBCT 机	New TomVGI	III 类	备案号: 201833108200000274
34	台州医院丽景花 园门诊部口腔科	口腔全景 机	X550	III 类	备案号: 202533108200000121
35	台州医院手术室	移动 C 臂 机	Flexi view 8800	III 类	备案号: 202133108200000158
36	台州医院手术室	移动 C 臂 机	Ziehm Vision	III 类	备案号: 202133108200000158
37	台州医院手术室	移动 C 臂 机	Ziehm Vision	III 类	备案号: 202133108200000158
38	台州医院手术室	C 臂机	Ziehm8000	III 类	备案号: 201933108200000191

1.5.2 原有核技术利用项目运行管理情况

(1) 医院已成立了浙江省台州医院辐射安全防护管理小组（详见附件 5），全面负责医院的辐射安全管理工作及相关工作，并明确了管理小组成员组成及相关职责，已建立《放射防护检测与评价制度》《放射工作人员剂量、职业健康体检制度》《放射诊疗安全防护管理制度》《放射诊疗许可证管理制度》《浙江省台州医院放射事故应急预案》等辐射防护管理制度。

医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事原有相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院应严格落实各项规章制度，加强各辐射防护设施运行、维护、检测，加强人员管理和档案管理等。

(2) 从事辐射工作期间，医院要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，个人剂量计三

个月送检一次，并建立个人剂量档案，档案应终生保存。医院上一年度委托浙江建安检测研究院有限公司开展辐射工作人员剂量监测，现有辐射工作人员个人剂量监测报告见附件 7。根据医院提供的 2025 年 2 月~2026 年 2 月个人剂量计检测报告可知，医院现有辐射工作人员的年有效剂量检测结果均在 0.01~0.80mSv 之间（除王宣萱因特殊原因导致剂量明显偏高外，因王宣萱曾经佩戴剂量计扶持接受放射性检查的患者且佩戴期间工作量较前期明显增加，非工作场所防护问题。该剂量虽高于常规水平，但仍低于国家年剂量限值 20 mSv，后续已要求其规范佩戴剂量计，避免类似情况发生，个人监测剂量核查登记表见附件 10）。

（3）医院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）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）等文件要求，医院现有辐射工作人员均参加了浙江省卫生监督协会所组织的放射防护知识培训或生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训并考核合格。

（4）医院对现有辐射工作人员开展有健康监护，并建有职业健康档案。辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行职业健康体检，在岗期间体检周期不超过 2 年。医院现有辐射工作人员均于本院进行职业健康体检。根据医院提供的职业健康检查报告，现有辐射工作人员均可继续从事放射岗位工作。

（5）医院现有辐射工作场所均采取了符合标准要求的屏蔽防护措施，机房设置有电离辐射警告标志和工作状态指示灯等。根据不同项目的实际情况，划分有辐射防护控制区和监督区，并采取了分区管理，进行了积极、有效的管控。医院配备有与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器。

（6）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。

（7）医院已制定《浙江省台州医院放射事故应急预案》（见附件 6），成立了辐射事故应急工作领导小组。经医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

医院执行年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，每年对射线装置台账、辐射环境管理相关法律法规执行情况、辐射安全和防护设施的配备、运行与维护状况、辐射工作相关人员管理情况进行年度总结和评估，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。

1.6.3 与原有核技术利用项目依托情况

本项目建成后，可依托医院现有比较健全的管理组织机构。医院目前配置的浙江省台州医院辐射安全防护管理小组人员学历大部分为本科学历，都具有一定的管理能力，本项目开展后，辐射管理成员为同一套班子成员，目前医院的管理人员也能满足配置要求。

本项目辐射工作人员均依托原有放疗科辐射工作人员，不对外新聘工作人员。医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事原有相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。本项目运行前，应根据本项目特色对已制定的相关规章制度进行更新和完善。

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/ 剂量率	用途	工作场所	备注
1	螺旋断层放射治疗系统（TOMO）	II 类	1	TOMO C	电子	X射线能量：6MV	治疗等中心处剂量率最大 值8.5Gy/min （510Gy/h） CT 部分最大管电压/最大 管电流：140kV/1300mA	肿瘤治疗	浙江省台州医院 （本部）放疗中心 一层 TOMO 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（ μ A）	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	/	/	少量	少量	少量	不暂存	经排风管道引至室外排放，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气
废靶	固态	/	/	/	/	/	不暂存	由设备生产厂家回收处置

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	(1) 《中华人民共和国生态环境法典》（2026 年 3 月 12 日中华人民共和国十四届全国人民代表大会第四次会议通过），自 2026 年 8 月 15 日起正式施行。 (2) 《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； (3) 《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，2014 年 7 月 29 日经中华人民共和国国务院令第 653 号第 1 次修订，2019 年 3 月 2 日经中华人民共和国国务院令第 709 号第 2 次修订），自 2019 年 3 月 2 日起施行修订版； (4) 《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，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号第一次修正，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号第二次修正，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号第三次修正，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号第四次修正），自 2021 年 1 月 4 日起施行修改版； (5) 《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； (6) 《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； (7) 《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 6 日印发； (8) 《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），自 2020 年 1 月 1 日起施行； (9) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号），自 2021 年 3 月 15 日起施行； (10) 《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； (11) 《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； （12）《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 22 日印发； （13）《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，2014 年 3 月 13 日浙江省人民政府令第 321 号第一次修订，2018 年 1 月 22 日浙江省人民政府令第 364 号第二次修订，2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号第三次修订，自 2011 年 12 月 1 日起施行)； （14）《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 号修订，自 2012 年 2 月 1 日起施行； （15）《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。
技 术 标 准	（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）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （5）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （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）； （7）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子螺旋断层放射治疗系统放射治疗机》（GBZ/T201.2-2011）； （8）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）； （9）《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）。
其 他	（1）《辐射防护导论》，方杰主编； （2）《辐射防护手册》（第三分册），李德平、潘自强主编； （3）《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》；

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)的相关规定,本项目取 TOMO 机房实体屏蔽物边界外 50m 为评价范围,评价范围详见附图 2。

7.2 保护目标

根据附图 2 可知,本项目 TOMO 机房实体屏蔽边界外 50m 评价范围主要为医院内部建筑物、医院内部道路、山体、西门街历史街区景区、台州医院党校宿舍。本项目环境保护目标为评价范围内从事本项目辐射工作的职业人员及评价范围内活动的其他公众。

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		
TOMO 机房	TOMO 控制室	东北侧	0	0	12 人	职业 5mSv/a
	后装机控制室	东北侧	0	0	6 人	职业 5mSv/a
	TOMO 准备室	东北侧	0	0	约 60 人/d	公众 0.1mSv/a
	后装机房	东南侧	0	0	6 人	职业 5mSv/a
	直线加速器准备室	西北侧	0	0	约 100 人/d	公众 0.1mSv/a
	走廊	西北侧	0	0	流动人员	公众 0.1mSv/a
	等候室	西北侧	0	0	约 100 人/d	公众 0.1mSv/a
	屋面	上方	0	5.1	一般无人员停留	公众 0.1mSv/a
	办公室 (闲置)	上方	0	5.1	约 5 人/d	公众 0.1mSv/a
	盥洗室 (闲置)	上方	0	5.1	约 20 人/d	公众 0.1mSv/a
	二床间 (闲置)	上方	0	5.1	约 10 人/d	公众 0.1mSv/a
	走廊	上方	0	5.1	流动人员	公众 0.1mSv/a
	病房楼	东南侧	41	0	约 600 人/d	公众 0.1mSv/a
	西门街历史街区景区	南侧	13	0	约 3000 人/d	公众 0.1mSv/a
		西侧	43	0		
	库储	西南侧	14	0	约 100 人/d	公众 0.1mSv/a
	感染科	西北侧	14	0	约 300 人/d	公众 0.1mSv/a
	台州医院党校宿舍	东北侧	43	0	约 100 人/d	公众 0.1mSv/a
	50m 范围内其他公众	/	0~50	/	约 5000 人次/d	公众 0.1mSv/a

注:西侧为山体,不作为保护目标考虑。

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 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。

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、医用电子螺旋

断层放射治疗系统治疗室（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。

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、螺旋断层放射治疗系统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

本项目拟建于浙江省台州医院（本部）院区，本部院区位于浙江省台州市临海市西门街 150 号，地理位置见附图 1。浙江省台州医院（本部）院区位于台州府城文化旅游区，医院东侧为瓯路街；南侧为西门街；西侧为西门街历史街区景区；北侧为后山路，项目周边环境概况见附图 2。本项目 TOMO 机房位于放疗中心（地上共三层，无地下层）一层西南角，医院总平面布置图见附图 3。

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：本项目在拟建场所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拟建场所的辐射环境现状水平。本次环境辐射现状监测期间，TOMO 机房南侧后装机房内的放射源存放于后装机设备自带的贮源器内，放射源 ^{192}Ir 活度为 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ 。监测期间，后装机房未进行出源治疗操作，放射源始终处于贮源状态，其对机房外环境的辐射影响仅为贮源状态下的漏射线，远小于治疗出束状态下的辐射水平。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 和 8-3，其中后装机房内布设一个点位（10#），距离后装机约 2m。



图 8-1 TOMO 机房周边监测点位图（当前现状）



图 8-2 TOMO 机房周边监测点位图（拟建）



图 8-3 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：2026 年 7 月 24 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：依据标准予以确定
- (6) 监测工况：辐射环境本底
- (7) 监测环境条件：温度 30℃；相对湿度 65%，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	浙江省质量科学研究院
校准证书	NJYF-20260350243
校准日期	2026 年 03 月 09 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，具有浙江省市场监督管理局颁发的资质认定证书，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 TOMO 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#	TOMO 机房内部	145 $\pm$ 2	室内
2#	TOMO 机房迷路	144 $\pm$ 2	室内
3#	东侧拟建 TOMO 控制室（现状为办公室）	146 $\pm$ 3	室内

4#	东侧后装机控制室	137±2	室内
5#	东侧走廊	162±2	室内
6#	东侧后装机准备室	126±1	室内
7#	候诊室	142±3	室内
8#	医生办公室	129±1	室内
9#	办公室	144±2	室内
10#	后装机房	181±1	室内
11#	院区道路	134±2	室外
12#	山体	138±1	室外
13#	北侧走廊	162±3	室内
14#	北侧直线加速器准备室	161±1	室内
15#	东北侧等候室	139±2	室内
16#	屋面	135±2	室外
17#	病房楼	142±2	室内
18#	西门街历史街区	123±2	室外
19#	库储	126±2	室外
20#	梅园	136±1	室外
21#	感染科	146±2	室内
22#	台州医院党校宿舍	137±1	室内
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 Dc，校准因子 k ₁ 为 1.12，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 9nGy/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 126nGy/h~181nGy/h，即 $12.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 18.1 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ；室外γ辐射剂量率范围为 123nGy/h~128nGy/h，即 $12.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 12.8 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 。

台州市室内的γ辐射剂量率在 $5.9 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 20.0 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间，室外的γ辐射剂量率在 $5.0 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 14.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间。可见，本项目拟建场所各监测点位γ辐射剂量率处于台州市天然辐射本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

台州恩泽医疗中心（集团）拟将浙江省台州医院（本部）放疗中心一层西南角的闲置机房改建为 TOMO 机房。本项目施工内容主要为机房墙体的改造和机房的装修装饰和设备安装、调试等内容。

机房改建过程中产生的污染因子主要为扬尘、施工人员生活污水、噪声、建筑垃圾、施工人员生活垃圾等，不涉及辐射污染。TOMO 设备安装、调试过程中产生的污染因子主要为 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。

9.2 工程设备和工艺分析

（1）设备组成

螺旋断层放射治疗系统包括以下几部分：

- ①旋转机架：加速器部分、CT 探测器子系统、温控系统安装在旋转机架上；
- ②患者治疗床：带有复合材料的平板床，用于支撑患者和旋转孔内移动患者；
- ③激光定位系统：有利于确定床上患者的初始位置，在断层图像匹配后也可实现修正患者位置；
- ④操作台工作站：控制室内，操作人员可控制和监视断层图像的采集、患者定位和治疗情况；
- ⑤状态控制台：配有选择步骤类型的钥匙开关，开始、停止出束、急停按钮及其状态指示灯；
- ⑥计划系统工作站：图像采集和组织定义，评估及保存优化治疗计划；
- ⑦共享数据库服务器：包含整个系统所使用的患者数据和机器数据；
- ⑧最优化引擎：采用剂量优化和剂量计算，该设备采用专用硬件来加速优化和剂量计算过程。

本项目使用的 TOMO C 外观示意图 9-1。

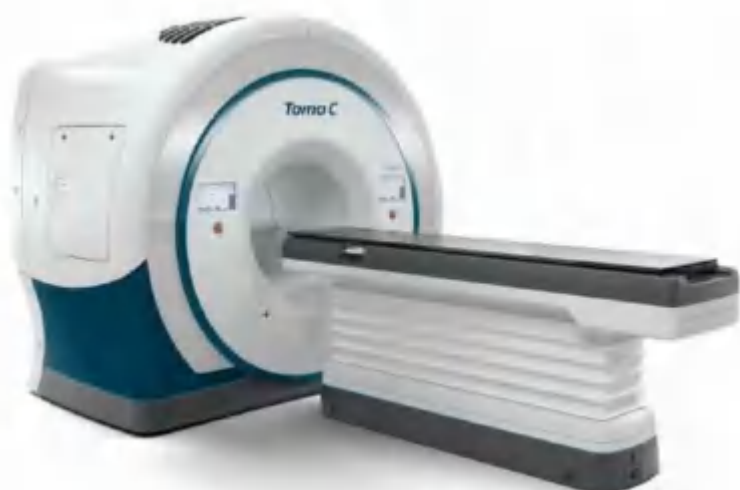


图 9-1 TOMO C 外观示意图

(2) 工作原理

螺旋断层放射治疗系统（TOMO）是一个综合的放射治疗系统，集成了计划、剂量计算、CT 扫描定位和螺旋治疗等功能调强放疗治疗。这一系统的主要特点在于：高能 X 射线束 360 度旋转聚焦照射肿瘤，靶区适形性佳，剂量分布均匀，使正常组织及器官得到最大限度的保护；具有图像引导功能，每次治疗前在治疗机上进行 CT 成像，确认治疗体位在三维空间上与治疗计划一致后再进行放疗，从而保证了治疗的精确性。

6MV 直线加速器安装在螺旋 CT 滑环机架上，加速管沿机架的径向安装，机架能够 360 度旋转，有用线束区带有自屏蔽部件，15.2cm 厚的铅板位于主线束源对面的旋转机架上，始终位于主射照射面。在治疗开始前进行 CT 成像扫描，重建出患者的三维影像，与计划 CT 影像进行比较，从三维方向上修正摆位误差，从而实现图像引导下的 IMRT 治疗。其治疗扇形束特性是向前呈峰形的束流曲线，直至通过一排 64 片二元开/关式钨多叶光栅实现调制为止，其中每一叶片投影到等中心的宽度为 0.625cm。仅大于且接近于 7 度的旋转间隔（即投影点）定义为单独调制模式，确切地说每机架旋转周对应有 51 个投影角度，并可通过 Hi-Art 计划系统来实现优化计算。初级射线通过初级准直器后，经可调整宽度（4mm 至 5cm）的次级准直器形成狭长扇形射束（40cm 长，4mm 至 5cm 宽）。每个叶片的物理外形像 1 个梯形挡块，高 10cm，准直器的叶片只有 2 种位置状态“开”和“闭”，当叶片处于“闭合”，该单元不允许射线穿过；叶片处于“开放”状态时，该射野单元允许射线穿过。依靠气动电动机快速推动活塞，使叶片进出扇形束，得到二维调强剂量分布。光栅叶片可以在 20ms 内关闭或打开扇形射线。每个治疗点都会被旋转扇形束重叠照射 2~5 次，大概可照射 100~250 个子束流，并且子束流可以分为 0~

100 个不同强度水平。每次治疗都会用到几万个子束流，因而这样的能量调制能力是无可比拟的，尤其在靶区附近的正常组织需要躲避时仍能非常好地维持靶区剂量均匀性。TOMO 系统结构示意图 9-2，自屏蔽区构造示意图 9-3。

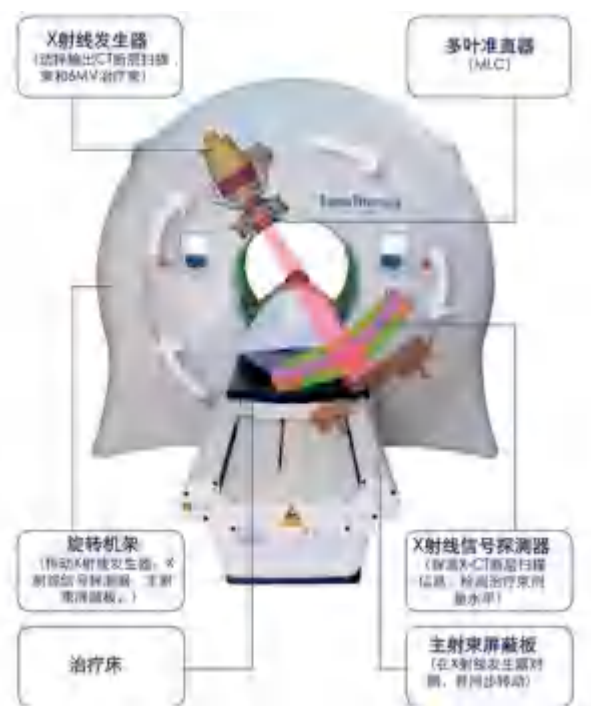


图 9-2 TOMO 系统结构示意图

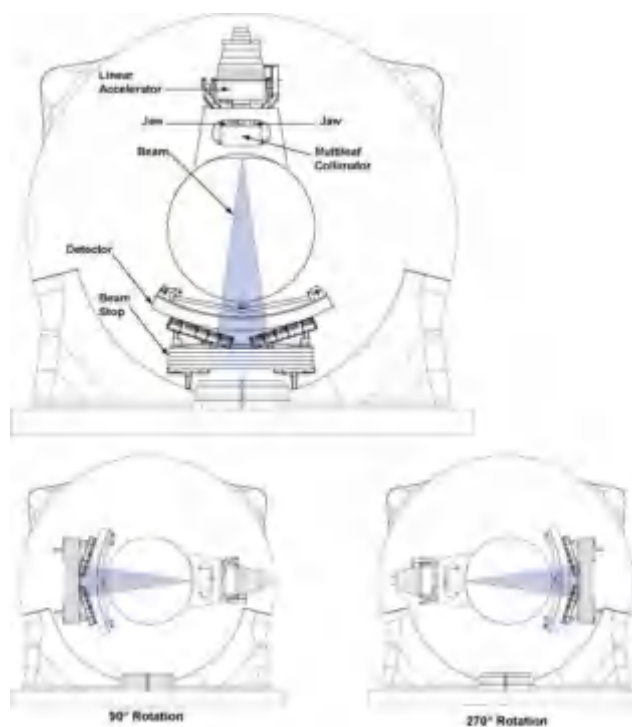


图 9-3 TOMO 系统自屏蔽区构造示意图

(3) TOMO 技术参数

TOMO 系统主要的技术参数如下表 9-1 所示。

表 9-1 TOMO 主要技术参数

设备名称		TOMO
治疗束种类及能量		X射线6MV
等中心治疗剂量率		治疗束等中心最大剂量率8.5Gy/min
CT部分	最大管电压	140kV
	最大管电流	1300mA
源轴距（SAD）		85cm
等中心点相对水平地面高度		113cm
系统等中心处最大照射尺寸		5cm×40cm
辐射源运动类型		主射束360度旋转，治疗床同步移动
系统自带主束挡铅厚度		15.2cm厚铅板，安装于X射线发生器对侧位置上，并同步转动

（4）工艺流程与产污环节

TOMO 治疗装置的核心部件是 6MV 电子加速器，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：长 4mm 至 5cm，宽 40cm。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。具体操作流程如下：

①患者经医生诊断、治疗正当性判断后，确定需要治疗的患者进行预约登记，告知辐射危害；

②预约患者首先在模拟定位 CT（依托放疗科原有 CT 模拟定位机）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，在治疗计划系统（TPS）制定治疗计划；

④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；

⑤技师离开治疗室，进入控制室，根据 TPS 计划进行出束治疗；

⑥通过 CT 扫描结果确认治疗体位在三维空间上与治疗计划一致；

⑦工作人员启动 TOMO 治疗束部分开始照射治疗，治疗时工作人员隔室操作；

⑧治疗结束后，关机，打开治疗室防护门，患者离开治疗室。

TOMO 的诊治流程及产污环节如图 9-4 所示。

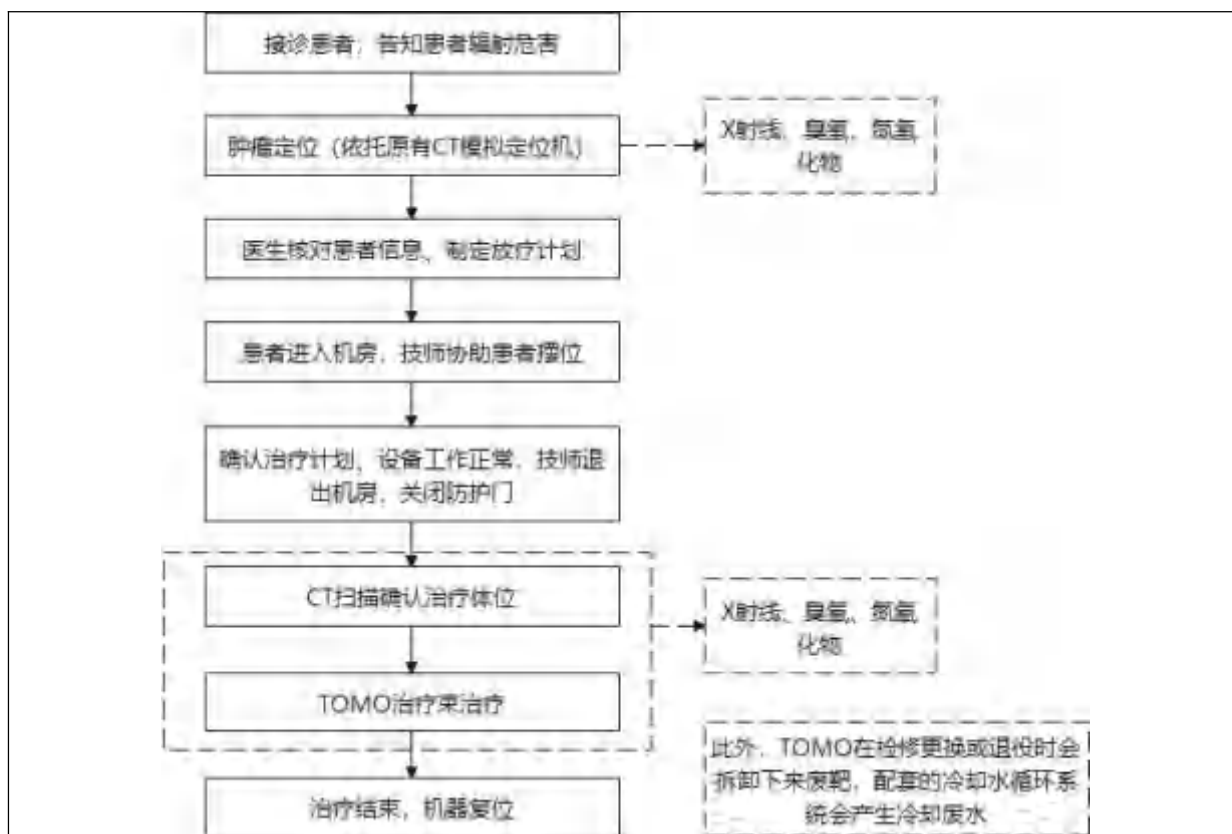


图 9-4 TOMO 工作流程和产污环节示意图

（5）人员路径规划

①工作人员路径

工作人员经过道进入 TOMO 机房控制室，操作设备出束；由 TOMO 机房东侧防护门进入 TOMO 机房，对患者进行摆位，完成工作后原路返回控制室。

②患者路径

患者由放疗中心南侧大门口进入，在 TOMO 机房东侧等候室候诊，医生叫号后进入 TOMO 机房进行治疗，治疗结束后原路离开。

TOMO 机房人员路径规划详见图 9-5。

（6）工作负荷

根据医院提供的资料，本项目 TOMO 投入使用后，预计每天放射治疗患者最多为 60 人次，平均每名患者治疗照射最大时间为 2.5min，每周工作 5 天，则单台 TOMO 周照射时间为 12.5h，年照射时间为 625h。

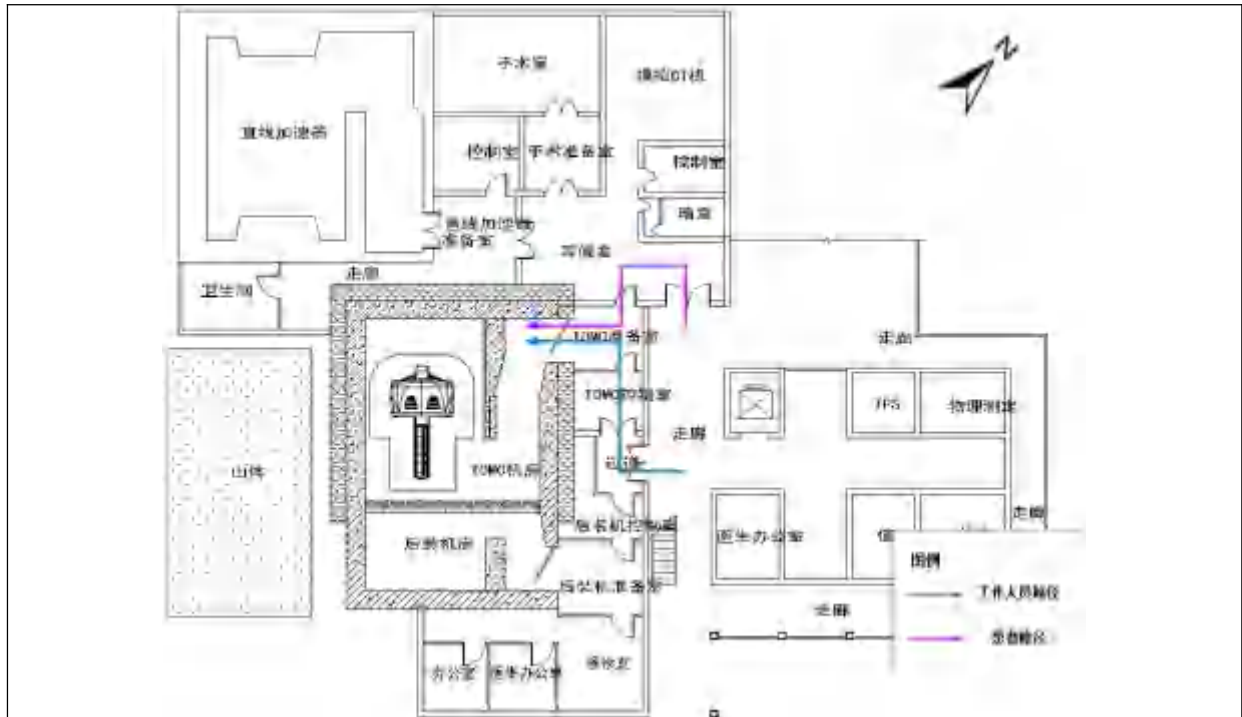


图 9-5 人员路径示意图

9.3 污染源项描述

9.3.1 正常工况污染源项描述

本项目 TOMO X 射线最大能量为 6MV，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中相关内容，无需考虑中子防护和感生放射性的放射防护。另外，本项目 TOMO 配套有冷却水循环系统，冷却水循环使用不外排，故后文不再分析。

本项目 TOMO 的污染源项罗列如下：

（1）X 射线

X 射线一般指电子线被靶或其它物质阻止所产生的具有连续能谱的韧致辐射。它的发射率与电子的能量、束流强度、靶物质原子序数及靶厚度有关，并随发射角度而异。加速电子轰击靶物质时，不仅沿电子入射方向（即 0° 方向）有 X 射线发射，沿其它方向也有 X 射线发射。

（2）废气

本项目 TOMO 运行过程中，X 射线与空气作用会产生微量臭氧和氮氧化物。

（3）固体废物

本项目 TOMO 在严重故障或靶件损坏时，会产生废靶。

（4）噪声

主要为 TOMO 机房配套的冷却水循环系统及通排风风机产生的噪声。

9.3.2 非正常工况污染源项描述

本项目 TOMO 设备设有固有安全联锁装置，在正常使用的情况下发生事故的概率极小，可能发生的辐射事故主要包括：

（1）安全联锁失效，人员可能在防护门未关闭时误入机房，如果这时运行设备，则可能造成误照射事故。

（2）除接受治疗患者以外，机房中仍有其他人员未撤离时，操作人员未严格按照操作规程确认机房中环境便运行设备，则会造成机房中人员误照射。

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 TOMO 机房位于浙江省台州医院（本部）放疗中心一层，TOMO 控制室位于 TOMO 机房的东侧，机房采用 L 型迷路，有用线束不向迷路照射。本项目 TOMO 机房位置及四周相邻环境情况见表 10-1，TOMO 机房平面布置图见附图 4，TOMO 机房上方平面布置见附图 5，TOMO 机房剖面图见附图 6。

表 10-1 后装机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	TOMO 机房	东北侧	TOMO 准备室、TOMO 控制室和后装机控制室
		东南侧	拟停用的后装机房
		西南侧	山体
		西北侧	直线加速器准备室、走廊、等候室
		上方	屋面、办公室（闲置）、盥洗室（闲置）、二床间（闲置）、走廊
		下方	岩石层

放疗中心地上共三层，无地下层，TOMO 机房位于一层西南角，避开了人员密集区域，且机房与控制室分开并单独设置；TOMO 的辅助机械、电器、水冷设备均与设备分离；有用线束方向未设置在控制室和其他居留因子较大的区域；TOMO 机房采用 L 型迷路等，满足《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“治疗机房的布局要求”的规定及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中选址和布局要求，布局基本合理，场所布局合理。

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。

（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，将 TOMO 机房内部区域划为控制区，将 TOMO 准备室、TOMO 控制室以及与机房相邻区域等区域划为监督区。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
TOMO 机房	机房内部（包括迷路）	TOMO 准备室、TOMO 控制室以及与机房相邻区域

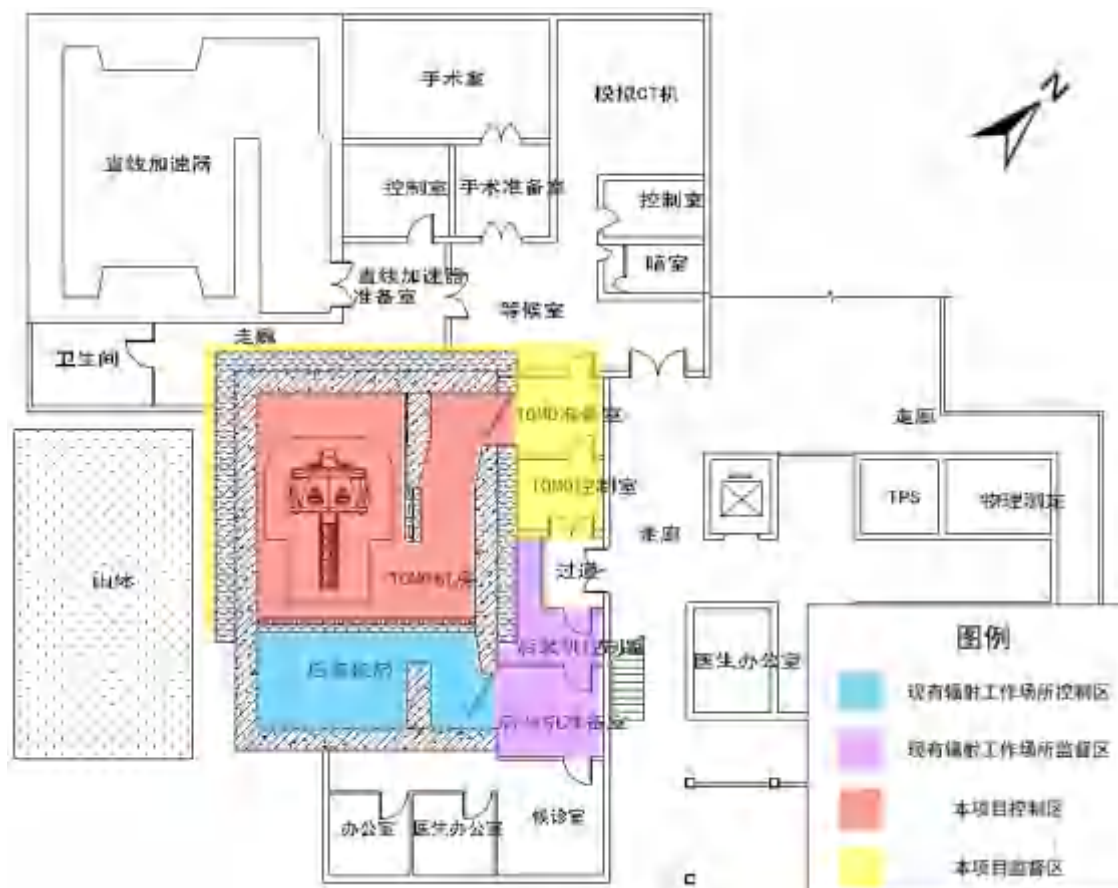


图 10-1 本项目控制区和监督区划分图

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 TOMO 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 TOMO。

10.1.3 TOMO工作场所屏蔽设计

(1) 机房墙体屏蔽设计

本项目 TOMO 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
TOMO 机房	机房几何尺寸		机房南北长 8.1m，东西宽 5.3m（不含迷路），迷路内入口宽 2.8m，迷路外入口（门洞）宽 1.9m，迷路宽度 1.9m，机房总面积 63.4m ² （含迷路），机房有效使用面积 57.6m ² 。
	北墙		1500mm 混凝土
	东墙	迷路内墙	361~846mm 混凝土+60mm 铅砖/300mm 混凝土+200mm 铅砖
		迷路外墙	1500mm 混凝土
	南墙		300mm 混凝土+200mm 铅砖
	西墙		1500mm 混凝土
	机房防护门		内衬 20mm 铅板
	顶棚		1500mm 混凝土板
	地坪		中风化岩石
注：根据建设单位提供的设计资料，混凝土密度不小于 2.35g/cm ³ ；铅砖、铅板密度不小于 11.34g/cm ³ 。			

本次改建过程中，新增的混凝土屏蔽体应满足密度不小于 2.35g/cm³ 的要求，新增的铅砖屏蔽体应满足密度不小于 11.34g/cm³ 的要求，确保强度与密度双重指标达标。混凝土与铅砖搭接处、新旧混凝土结合面应设置可靠的连接件（如预埋钢板或锚栓），确保两层结构协同受力、不产生相对位移；铅砖应采用交错砌筑方式，竖向灰缝错开不小于 1/3 砖长，确保整体性和稳定性。

表 11 环境影响预测表明，本项目 TOMO 机房的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率均小于机房外各关注点的导出剂量率参考控制水平，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中辐射屏蔽相关要求。因此，机房屏蔽设计基本合理。

(2) “先建后拆”方案说明

① 第一阶段

在原后装机房方向(南侧)的扩建区域内,先行施工新建的 300mm 混凝土+200mm 铅砖共用屏蔽墙，以及对应的顶棚和地坪衔接部分。新墙体施工期间，TOMO 机房原南侧 800mm 混凝土旧墙体保持完整，作为闲置机房与施工区域之间的临时辐射屏蔽

隔离。

新墙体达到设计强度并验收合格后，方可进入第二阶段。

②第二阶段

在新墙体已具备完整屏蔽能力的前提下，拆除 TOMO 机房原南侧 800mm 混凝土旧墙体，打通 TOMO 机房与南侧扩建区域的连接通道。旧墙体拆除后，原闲置机房与南侧扩建区域合并，形成扩大后的 TOMO 机房空间。

“先建后拆”方案可确保在整个施工周期内，TOMO 机房南侧始终有一道完整的屏蔽墙体存在，避免因墙体大面积拆除导致相邻区域（后装机房、走廊等）在施工期间出现屏蔽空窗期。

（3）电缆等管线布置

TOMO 机房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布置，电缆沟盖板拟采用铅板进行覆盖补偿。TOMO 机房电缆管线穿墙部分位于迷路外墙，穿墙管道以“U”字形从地坪下方穿越墙体至控制室。通过“U”字形穿墙体的电缆沟设计和铅板屏蔽补充的设计，增加了泄漏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。

其他所有电、水、气管、物理测试管线布置走向必须符合辐射屏蔽防护要求，如在防护墙体部位设置开关箱等嵌入式电气设备，要在箱体后补充相应的屏蔽防护措施。TOMO 机房电缆沟平面示意图见图 10-2，电缆沟穿墙示意图见图 10-3。

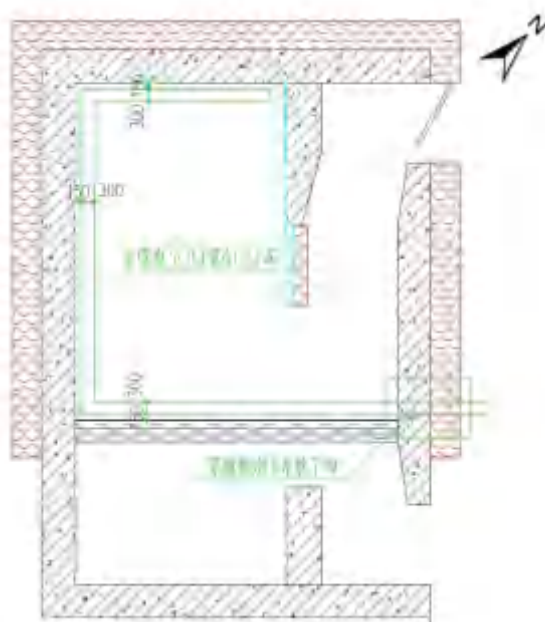


图 10-2 TOMO 机房电缆沟平面示意图

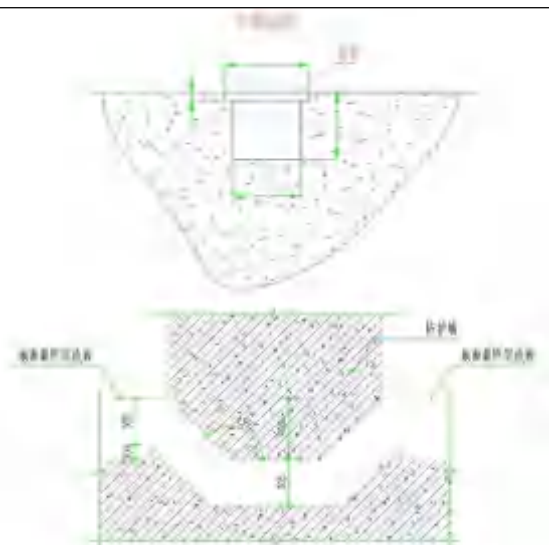


图 10-3 电缆沟过防护墙做法

(4) 机房通风设计

本项目TOMO机房设置独立机械强制通风系统，采取“全送全排”的通风方式，送风系统与排风系统联动运行，当加速器出束时通风系统同步启动。拟在TOMO机房内设置3个送风口、2个排风口，其中排风管底部（排风口）离地30cm，排风管沿天花板顶部经迷路通过防护门上方经等候室接原有建筑排气管，通至室外排风百叶；新风管接原有建筑新风主管，经防护门上方墙体引入机房。TOMO机房通排风管道布置见图10-4。

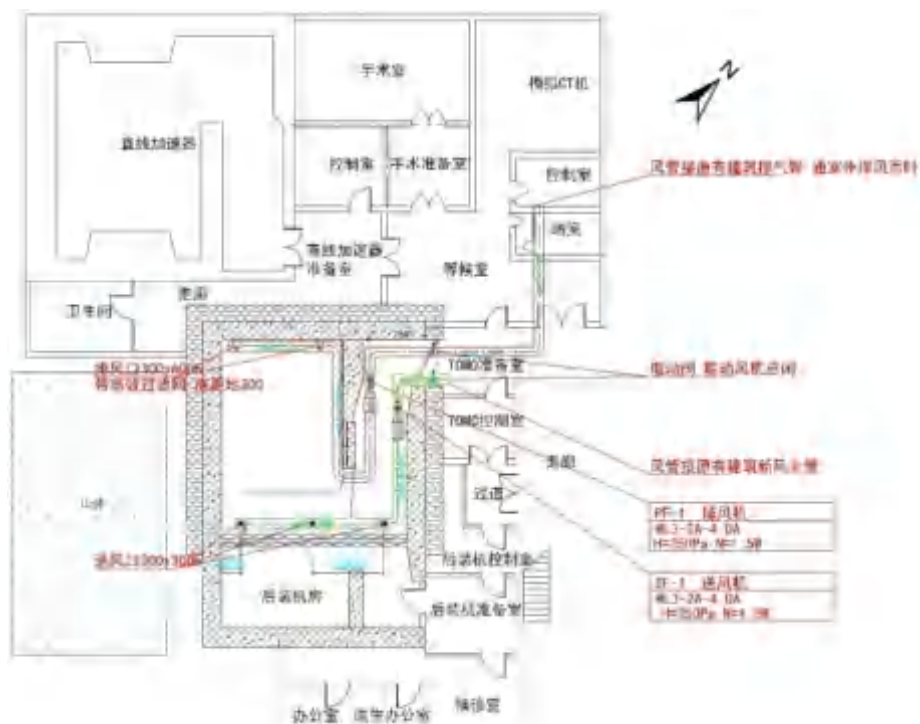


图 10-4 TOMO 机房通排风管道布置示意图

TOMO机房总使用面积约为 63.4m²（含迷路），净高约 3.4m，体积约为 215.6m³，设计排风量约为 1800m³/h，经计算机房换气次数约为 8 次/h，大于 4 次/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“放射治疗机房通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。

10.1.4 辐射安全与防护措施

（1）设备固有安全性

本项目TOMO已确定从正规厂家购买，采用目前较先进的技术，设备各项安全措施齐备，设备本身具备多种安全防护措施。

①TOMO系统只有在通电开机时才有X射线产生，断电停机即停止出束；通过多叶准直器定向出束，其他方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽。

②条件显示联锁：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控制台上设有蜂鸣器，在射线装置工作时发出声音以警示人员防止误入。

④治疗床旁设置有急停按钮。

⑤有时间控制联锁，当超过预选照射时间后，定时器能独立使照射停止。

从射线装置固有安全性能可以看出，TOMO系统在防止事故发生方面，设有相应措施。只要操作人员按照说明书要求严格执行，就能够减少X射线对人员的辐射危害和降低辐射事故的发生率。

（2）TOMO 机房辐射安全防护措施

①电离辐射警告标志、中文警示说明、工作状态指示灯：机房出入口处设置电离辐射警告标志、中文警示说明和工作状态指示灯，其中，工作状态指示灯与TOMO联锁，显示其工作状态。

②视频装置、双向交流对讲系统：控制室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，并设置双向交流对讲系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。

③固定式辐射剂量监测仪（带有报警功能）：机房内迷路口处设置带有异常情况下报警功能的固定式辐射剂量监测仪，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。

④门-机联锁装置、紧急开门装置：机房防护门与TOMO联锁，防护门开启或意外

开启状态下，无法出束或自动停止出束。防护门为平开门，设置有室内紧急开门装置，紧急状况下，能从机房内开门，并设有防夹伤功能。

⑤急停按钮：在TOMO机房控制室控制台上、迷路出入口及防护门内侧、机房四周墙壁等位置设置多个急停按钮，急停按钮相互串联，急停按钮为红色按钮，高度约1.2m，易于辨认，人员可以在事故情况下按下急停按钮，按下后不能自动复位。急停按钮设置满足应急需求，位置和数量合理可行。

⑥TOMO机房防护门设计为电动推拉式门，防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙泄漏辐射，防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。

本项目TOMO机房辐射安全防护设施布置情况见图 10-5。

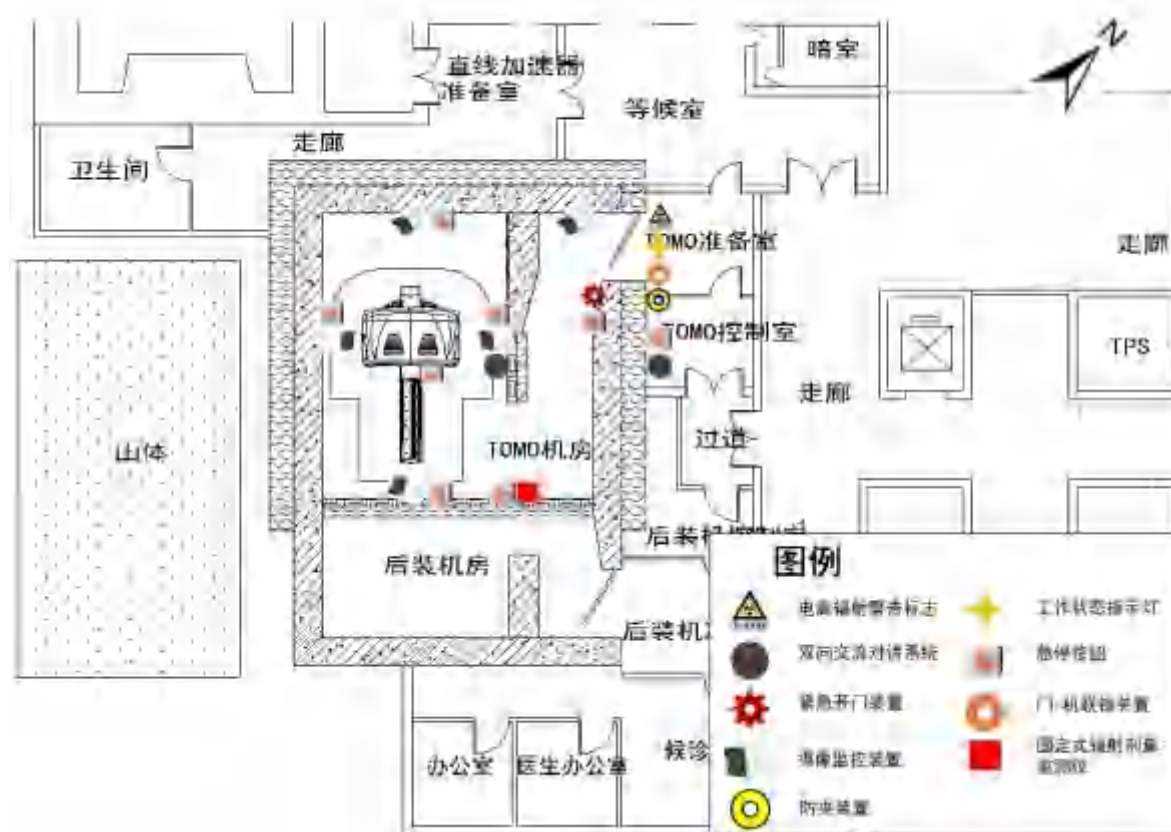


图 10-5 本项目 TOMO 机房辐射安全防护设施布置示意图

(3) 机房的安全保卫措施

为确保本项目放疗科 TOMO 机房辐射工作场所的安全，本项目拟采用的安全保卫措施如下：

①防火措施：TOMO 机房四周为混凝土结构墙体，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：设置全自动防护铅门，机房拟安装摄像头，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：将 TOMO 机房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。一旦可能盗抢事件，立即关闭机房防护门，并立即向公安机关报案。

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。本项目 TOMO 固有安全性良好。

(4) 其他辐射安全防护措施

①本项目 TOMO 机房拟配备个人剂量报警仪 2 台，本项目 TOMO 工作人员为放疗科原有辐射工作人员，医院已为每人配备个人剂量计，工作人员在工作期间应正确佩戴个人剂量计，在进入机房时应持个人剂量报警仪。

②本项目日常监测依托医院原有的便携式 X- γ 辐射剂量率巡测仪。

③控制室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

④机房出入口门外应设置红色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。

表 10-4 本项目 TOMO 辐射安全与防护措施符合性分析

《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ 1198-2021) 中要求	本项目设计情况	符合情况
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。	项目 TOMO 机房位于浙江省台州医院（本部）放疗中心一层，TOMO 机房下方为岩石层，周边无儿科病房、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。	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（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。	项目 TOMO 机房划分有控制区和监督区，TOMO 机房防护门上设计安装电离辐射警告标志和工作状态指示灯，严格控制非相关人员进入控制区，并定期对监督区进行监督和评价。	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。	TOMO 机房的屏蔽设计均按照额定最大能量、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，通过预测分析，治疗机房各个照射方向的防护设计均满足防护要求。	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	本项目 TOMO 机房设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，TOMO 机房内设置	符合

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。	3 个送风口和 2 个排风口，排风管沿天花板顶部经迷路通过防护门上方经等候室接原有建筑排气管，通至室外排风百叶；新风管接原有建筑新风主管，经防护门上方墙体引入机房。设计排风量约为 1800m ³ /h，经计算机房换气次数约为 8 次/h，大于 4 次/h。排气口不朝向门、窗或人流量较大的过道等位置。	
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 TOMO 机房防护门与 TOMO 联锁，防护门开启或意外开启状态下，无法出束或自动停止出束。防护门为平开门，设置有室内紧急开门装置，紧急状况下，能从机房内开门，并设有防夹伤功能。	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。	机房出入口处设置电离辐射警告标志、中文警示说明和工作状态指示灯，其中，工作状态指示灯与 TOMO 联锁，显示其工作状态。	符合
应在放射治疗设备的治疗室迷路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，并设置双向交流对讲系统。	本项目 TOMO 机房和控制室设计安装急停按钮，以便应急状态下停止出束。急停按钮分布于控制室控制台上、治疗床侧、机房内墙上、迷路墙上等位置，便于机房内人员观察到且易于触发。设置视频装置和双向交流对讲系统。	符合
医用电子直线加速器治疗室（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 TOMO 机房内迷路口处设置带有异常情况下报警功能的固定式辐射剂量监测仪。	符合

10.2 三废的治理

(1) 废气

本项目 TOMO 运行时会产生微量臭氧和氮氧化物等有害气体，机房设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，TOMO 机房内设置 3 个送风口和 2 个排风口，排风管沿天花板顶部经迷路通过防护门上方经等候室接原有建筑排气管，通至室外排风百叶，排气口不朝向门、窗或人流量较大的过道等位置；新风管接原有建筑新风主管，经防护门上方墙体引入机房。设计排风量约为 1800m³/h，经计算机房换气次数约为 8 次/h。

(2) 固体废物

本项目 TOMO 在严重故障或靶件损坏时会拆卸下来废靶，废靶由设备生产厂家回收利用，医院不暂存。

(3) 噪声

本项目 TOMO 机房配套的水冷设备及通排风风机拟选用低噪声设备，排风管设置

微穿孔消声器，风管与风机软连接，排风口设置防雨百叶窗，水泵等设备采取隔振处理、设置挠性连接等综合降噪措施，水冷设备及通排风风机经墙体隔声、距离衰减后，对医院场界噪声贡献值很小，运行期间场界噪声可达到相关标准要求。

10.3 环保措施及其投资估算

项目环保投资估算详见下表。

表 10-5 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

序号	类别	拟采取的环保设施	投资金额 (万元)
1	工程屏蔽	为满足新增 TOMO 的辐射屏蔽防护要求，本次改建主要在原屏蔽机房基础上新增混凝土、铅砖等屏蔽材料，具体设计见表 1-1。	300
2	防护门	拆除机房入口处的普通门，并安装一扇内衬 20mm 铅板防护门。	10
3	辐射安全装置	TOMO 机房拟配备视频装置、双向交流对讲系统、固定式辐射剂量监测仪、门-机联锁装置、紧急开门装置、急停按钮等辐射安全防护设施。	10
4	人员培训	初级辐射安全与防护培训、岗位培训等。	/
5	监测	委托第三方机构常规监测和自主环境保护竣工验收监测。	5
6	监测仪器	依托院内原有个人剂量监测仪器、X- γ 辐射剂量率巡测仪，本项目 12 名辐射工作人均配备个人剂量计。	/
7	通排风系统	本项目 TOMO 机房拟设置独立机械强制通风系统。	5
8	其它设施	辐射相关规章制度上墙、灭火器、垃圾桶等。	1
合计			331

根据表 10-5 分析可知，本项目最核心的投资为工程屏蔽，主要用于 TOMO 机房的墙体加厚，对于一个需要改造的机房，这笔费用是确保辐射安全的刚性成本；另外对辐射安全装置、监测仪器、通排风系统等各部分的具体投资金额进行了详细说明，并充分利用了医院现有资源，因此本项目环保投资整体结构是合理的。

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

本项目施工期内容主要为机房的改造装修装饰和设备安装等内容。主要的施工期环境影响分析如下：

(1) 防护装修工程施工期间的环境影响分析

机房改建过程中产生的污染因子主要为：扬尘、施工人员生活污水、噪声、建筑垃圾、施工人员生活垃圾等，不涉及辐射污染。建设单位应采取污染防治措施，减轻对周边环境的影响。

①粉状物料运输、暂存过程会施工扬尘，属无组织排放。在施工过程中应对施工现场实行合理化管理，使砂石料、水泥统一堆放，用苫布遮盖，并尽量减少搬运环节，搬运时做到轻举轻放，防止包装袋破裂。

②施工人员产生的少量生活污水依托医院原有污水收集设施收集，进入医院原有污水处理站处理后纳管排放。

③针对施工噪声在夜间影响相比昼间更为突出的特点，应避免夜间施工，运输车辆应减速行驶，禁止鸣喇叭，确保施工期噪声符合《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）规定的限值。

④固体废物主要为施工人员的生活垃圾和建筑垃圾。施工期产生的生活垃圾集中收集后交由环卫部门清运处置；建筑垃圾分拣后对可以回收利用的部分进行综合利用，对不能利用的及时清运至城管部门指定的地点堆放，合理处理处置。

本项目施工区域较小，且为室内施工，施工期较短，在采取一定的施工防护措施情况下，建设阶段环境影响范围较小，并且随施工期的结束而消失。

(2) 设备安装调试期间的环境影响分析

本项目设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。TOMO 设备在安装调试过程中，会产生 X 射线、臭氧和氮氧化物，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 射线将即时消除，因此，本项目设备安装调试造成的环境影响很小。

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，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备

安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。由于设备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，医院方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 营运期环境影响分析

11.2.1 辐射环境影响分析

本项目 TOMO 是一个综合的放射治疗系统，结构上是6MV 直线加速器安装在螺旋 CT 滑环机架上。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）附录 D“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”，结合本项目设备情况，本评价中 TOMO 机房屏蔽计算全部按6MV X 射线、治疗束等中心最大剂量率8.5Gy/min 调强放疗治疗工况下的泄漏辐射核算。

（1）TOMO 计算参数和运行工况

①TOMO 计算参数

根据建设单位提供资料，本项目 TOMO 相关计算参数见表 11-1。

表 11-1 本项目 TOMO 主要技术参数

设备名称		TOMO
治疗束种类及能量		X射线 6MV
CT部分	最大管电压	140kV
	最大管电流	1300mA
源轴距（SAD）		85cm
等中心剂量率		治疗束等中心最大剂量率8.5Gy/min，即510Gy/h
等中心点相对水平地面高度		113cm
系统等中心处最大照射尺寸		5cm×40cm
系统自带主束挡铅厚度		15.2cm厚铅板，安装于X射线发生器对侧位置上，并同步转动
泄漏辐射比率		1×10^{-3}

在进行机房外关注点辐射剂量率水平等估算时，距靶 1m 处最大剂量率 H_0 取值为 $5.1 \times 10^8 \times 0.85^2 = 3.68 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ 。

②TOMO 运行工况

本项目 TOMO 治疗系统年工作约 250 天，每天接诊人数最多 30 人次，一年最多

接诊患者 7500 人次，患者人均总出束时间 6min/人，周治疗时间为 15h，TOMO 治疗系统年出束时间为 750h。

(2) TOMO 机房关注点的选取

本项目不同场所的居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021) 选取，具体见表 11-2。

表 11-2 不同场所的居留因子

场所	居留因子 (T)		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗室门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

根据《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)，本项目 TOMO 机房下方为土层，人员无法到达，故仅对 TOMO 机房四侧墙体、防护门外及上方的关注点给予考虑。各关注点选取及分布见表 11-3 和图 11-1、图 11-2。

表 11-3 TOMO 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	东侧墙外 30cm 处 (TOMO 控制室)	1	全居留
2	b	东侧墙外 30cm 处 (后装机控制室)	1	全居留
3	c	南侧墙外 30cm 处 (后装机房)	1/2	部分居留
4	d	西侧墙外 30cm 处 (山体)	1/16	偶然居留
5	e	北侧墙外 30cm 处 (走廊)	1/5	部分居留
6	f	上方 30cm 处 (屋面)	1/16	偶然居留
7	g	防护门外 30cm 处 (TOMO 准备室)	1/8	偶然居留

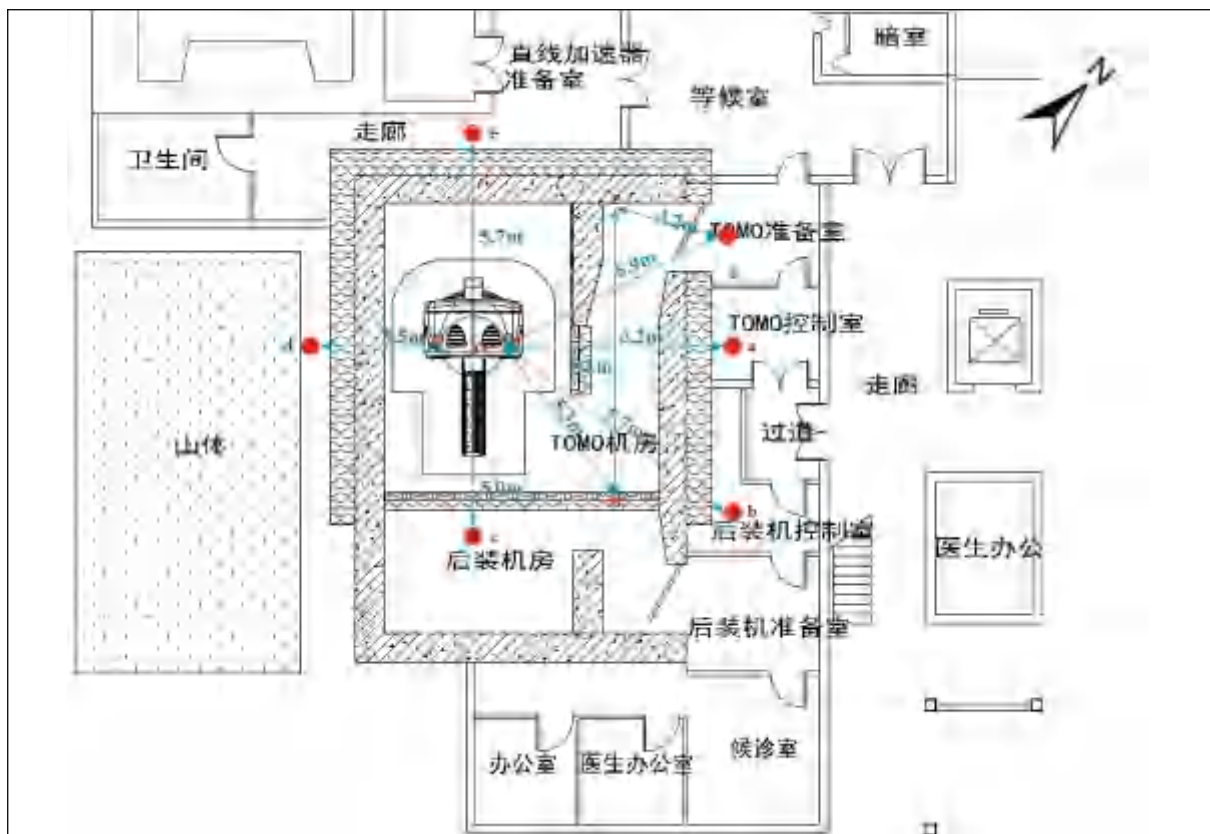


图 11-1 TOMO 机房关注点分布平面示意图



图 11-2 TOMO 机房关注点分布剖面示意图

(3) TOMO 机房关注点导出剂量率参考控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）6.1.4 中的相关要求：

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 (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: $H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$;

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

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: $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

各关注点导出剂量率控制水平见表 11-4。

表 11-4 各关注点导出剂量率参考控制水平

关注点	T	t (h)	$\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	H_c ($\mu\text{Sv/周}$)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$)
a 东侧墙外 30cm 处 (TOMO 控制室)	1	12.5	2.5	100	6.67	2.50
b 东侧墙外 30cm 处 (后装机控制室)	1	12.5	2.5	100	6.67	2.50
c 南侧墙外 30cm 处 (后装机房)	1/2	12.5	10	100	13.33	10.00
d 西侧墙外 30cm 处 (山体)	1/16	12.5	10	5	5.33	5.33
e 北侧墙外 30cm 处 (走廊)	1/5	12.5	10	5	1.67	1.67
f 顶棚地面上方 30cm 处 (屋面)	1/16	12.5	10	5	5.33	5.33
g 防护门外 30cm 处 (TOMO 准备室)	1/8	12.5	10	5	2.67	2.67

(4) TOMO 辐射环境影响分析

①防护材料有效屏蔽厚度与屏蔽透射因子

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) 5.1 中关于防护材料厚度与透射因子的公式进行计算。

a) 有效防护材料厚度

当 X 射线束以 θ 角斜入射厚度为 X (cm) 的屏蔽物质时, 射线束在斜射路径上的防护材料有效屏蔽厚度 X_e (cm) 见式 11-1。

$$X_e = X \cdot \sec \theta \dots\dots\dots (\text{式 11-1})$$

式中：

θ 为斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

b) 屏壁厚度与屏蔽透射因子的相应关系

对于给定的屏蔽物质的厚度 X (cm)，按式 11-1 计算有效屏蔽厚度 X_e (cm)，相应的辐射屏蔽投射因子 B 见式 11-2：

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \dots\dots\dots (式 11-2)$$

式中：

B —透射因子，无量纲；

TVL_1 —第一个什值层厚度，cm；

TVL —平衡什值层厚度，cm。

② 泄漏辐射影响剂量率估算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011) 5.2.1 中对于给定防护材料厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 见式 11-3：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots (式 11-3)$$

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 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，取 $3.68 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$ ；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f —为泄漏辐射比率，取 1×10^{-3} 。

③ 机房的迷路散射辐射屏蔽与剂量估算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011) 5.2.6，机房迷路散射辐射屏蔽与剂量估算如下：

a) 入口 g 处的散射辐射剂量率

入口 g 处的散射辐射剂量率按式 11-4 计算：

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \times \frac{\alpha_2 \cdot A'}{R_3^2} \cdot \dot{H}_0 \dots\dots\dots (式 11-4)$$

式中：

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

α_{ph} —患者 400cm² 面积上的散射因子，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；

α_2 —砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取 i（本项目为 B）处的入射角为 45°，散射角为 0°， α 值见（GBZ/T201.2-2011）附录 B 表 B.6，通常使用其 0.5MeV 栏内的值；

A—i 处（本项目为 B）的散射面积，m²；

A'—迷道的截面积，m²；

R₁—“o-i”（本项目为 o-B）之间的距离，m；

R₂—“i-g”（本项目为 B-P）之间的距离，m；

R₃—“i-g”（本项目为 P-g）之间的距离，m；

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv•m²/h。

b) 泄漏辐射在 g 点处的辐射剂量率

泄漏辐射经迷路内墙屏蔽后至 g 点辐射剂量率 $\dot{H}_{01g}$ ，根据式 11-3 计算。

c) 防护门外的辐射剂量率

当给定防护门屏蔽厚度 X 时，防护门 30cm 处的辐射剂量率 $\dot{H}$ (μSv/h) 根据式 11-5 计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{01g} \dots \dots \dots \text{（式 11-5）}$$

式中：

TVL—取 0.5cm，即 5mm；

X—为治疗机房防护门铅防护材料厚度，mm；

$\dot{H}_{01g}$ —在 g 点处的泄漏辐射剂量率。

（5）参数的选取

引用《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/T201.2-2011）附录 B 表 B.1 和表 B.4 和 NCRP151 报告内容，可知 X 射线在标准混凝土和铅中的 TVL_I 和 TVL。

表 11-5 标准混凝土（密度为 2.35g/cm³）和铅的 X 线 TVL 值表

材料名称	参数	6MV
混凝土	90° 泄漏辐射的 TVL _I	34cm
	90° 泄漏辐射的 TVL	29cm
铅	有用线束和泄漏辐射的 TVL _I	5.7cm

	有用线束和泄漏辐射的 TVL	5.7cm
--	------------------	-------

引用《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/T201.2-2011）附录B表B.2、表B.4内容，可知患者受照面积400cm²的散射因子 α_{ph} 和患者散射辐射在混凝土中的什值层。

表 11-6 散射因子（ α_{ph} ）和混凝土什值层（TVL）

参数		散射因子（ α_{ph} ）	混凝土什值层（TVL）
6MV	45°	1.39×10^{-3}	23cm

引用《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/T201.2-2011）附录B表B.6内容，混凝土对45°入射辐射的散射因子（ α_2 ）为 2.2×10^{-2} （0.5MeV）。

（6）预测结果与分析

①屏蔽体外剂量的计算

各关注点的辐射剂量率估算结果见表11-7。

表 11-7 各关注点泄漏辐射剂量率的预测结果

场所名称	关注点	点位描述	辐射类型	$\dot{H}_0$ Gy/h	斜射角。 °	屏蔽厚度 cm	有效厚度 cm	R m	f	TVL ₁ cm	TVL cm	$\dot{H}$ μSv/h
TOM O 机 房	a	东侧墙外 30cm 处 (TOMO 控 制室)	泄漏	368	0	180	180	6.2	0.001	34	29	2.74E- 06
						20	20			5.7	5.7	
	b	东侧墙外 30cm 处 (TOMO 控 制室)		368	0	150	150	7.7	0.001	34	29	6.21E- 02
	c	南侧墙外 30cm 处 (后 装机房)		368	0	30	30	5.0	0.001	34	29	6.28E- 01
						20	20			5.7	5.7	
	d	西侧墙外 30cm 处 (山 体)		368	0	150	150	3.5	0.001	34	29	3.01E- 01
	e	北侧墙外 30cm 处 (走 廊)		368	0	150	150	5.7	0.001	34	29	1.13E- 01
	f	顶棚地面上 方 30cm 处 (屋面)		368	0	150	150	4.2	0.001	34	29	2.09E- 01
g	防护门外 30cm 处	368	30	84	84	6.9	0.001	34	29	3.17E- 01		
				6	6			5.7	5.7			

		(TOMO 准备室)									
--	--	------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

②防护门外迷路散射辐射剂量

本项目 TOMO 设备能量最大为 6MV，关注点 g 点处的散射辐射剂量率 $\dot{H}_g$ 及防护门外辐射剂量率计算参数及结果见下表。

表 11-8 关注点g点处的散射辐射剂量率计算参数及结果

关注点	$\dot{H}_0$ Gy/h	a_{ph}	a_2	A m ²	A' m ²	F cm ²	R_1 m	R_2 m	R_3 m	$\dot{H}_g$ μSv/h
g	368	1.39×10^{-3}	2.2×10^{-2}	10.65	8.36	40×5	5.3	8.1	3.2	0.585

表 11-9 防护门外的辐射剂量率计算参数及结果

关注点	$\dot{H}_g$ μSv/h	X mm	TVL mm	$\dot{H}_{og}$ μSv/h	$\dot{H}$ μSv/h
g	5.85E-01	20	5	3.17E-01	3.17E-01

③TOMO 机房辐射防护评价小结

表 11-10 剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较

场所名称	关注点	点位描述	剂量率预测结果 (μSv/h)	剂量控制水平 (μSv/h)	是否符合要求
TOMO 机房	a	东侧墙外 30cm 处 (TOMO 控制室)	2.74E-06	2.50	符合
	b	东侧墙外 30cm 处 (后装机控制室)	6.21E-02	2.50	符合
	c	南侧墙外 30cm 处 (后装机房)	6.28E-01	10.00	符合
	d	西侧墙外 30cm 处 (山体)	3.01E-01	5.33	符合
	e	北侧墙外 30cm 处 (走廊)	1.13E-01	1.67	符合
	f	顶棚地面上方 30cm 处 (屋面)	2.09E-01	5.33	符合
	g	防护门外 30cm 处 (TOMO 准备室)	3.17E-01	2.67	符合

通过上表可以看出，本项目 TOMO 机房的辐射屏蔽措施均能够使机房外的辐射剂量率满足周围剂量当量率参考控制水平要求。

④TOMO 机房周围辐射剂量率叠加分析

本项目 TOMO 机房西北侧 1m 处设置有直线加速器机房 (已建)，南侧紧邻后装机房 (已建)。经核实医院相关资料，该直线加速器设备运行状态良好，日放射治疗最大接诊量约为 50 人次。本项目运行后，会存在 TOMO、直线加速器、后装机同时运行的情况，因此要考虑直线加速器、后装机运行时对 TOMO 机房的叠加影响。

根据浙江亿达检测技术有限公司出具的检测报告 (浙亿检 (放) 字 FH 2026 第 0218 号，具体见附件 9)，现有直线加速器、后装机房各检测点的辐射周围剂量当量率低于当地最低探测水平，因此对 TOMO 机房的叠加影响很小。

综上，本项目 TOMO 治疗系统正常运行时，机房外周围辐射剂量率均小于机房

外各关注点的导出剂量率参考控制水平，因此本项目 TOMO 机房四侧墙体、顶棚和防护门等屏蔽体均能满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中辐射屏蔽相关要求。

（7）项目运行对辐射工作人员和周围公众年有效剂量的影响

①TOMO 机房职业人员及周围公众年有效剂量估算

根据《辐射防护导论》，按照式 11-6 对 TOMO 机房外人员年受照剂量进行估算。

$$D_{\text{Eff}} = D_r \times t \times T \times U \quad (\text{式 11-6})$$

式中：

D_{Eff} ——辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

D_r ——辐射剂量率，mSv/h；

t ——年受照时间，h；

T ——居留因子；

U ——使用因子，从偏安全角度考虑，使用因子取 $U=1$ 。

TOMO 治疗系统年出束时间为 625h，对于职业人员，居留因子均取 1。本项目 TOMO 配备医师 4 人、物理师 3 人、技师 5 人，人员相对固定，由技师负责摆位，一般情况下医师和物理师不进入机房，必要时在控制室观察患者情况。

预测分析时，保守不再考虑其他功能用房的墙体屏蔽效果，根据式 11-6 计算，考虑机房更远处辐射剂量率与距离平方成反比的关系，TOMO 机房周围职业人员及公众年有效剂量计算结果见表 11-11。

表 11-11 TOMO 辐射工作人员和周围公众附加剂量估算结果

关注点	点位描述	剂量率预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子 T	使用因子 U	受照时间 h	年有效剂量 mSv	年剂量约束值 mSv
a	东侧墙外 30cm 处（TOMO 控制室）	2.74E-06	1	1	750	2.06E-06	职业人员 5
b	东侧墙外 30cm 处（后装机控制室）	6.21E-02	1	1	750	4.66E-02	
c	南侧墙外 30cm 处（后装机房）	6.28E-01	1/2	1	750	2.36E-01	
d	西侧墙外 30cm 处（山体）	3.01E-01	1/16	1	750	1.41E-02	公众 0.1
e	北侧墙外 30cm 处（走廊）	1.13E-01	1/5	1	750	1.70E-02	
f	顶棚地面上方 30cm 处（屋面）	2.09E-01	1/16	1	750	9.80E-03	
g	防护门外 30cm 处（TOMO 准备室）	3.17E-01	1/8	1	750	3.46E-02	

由上表可知，本项目 TOMO 机房控制室内辐射工作人员受照射剂量为 2.06E-

06mSv/a, TOMO 机房周围公众所受的年有效剂量最大值为 $3.46\text{E-}02\text{mSv}$, 能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中公众照射的年有效剂量不超过 1mSv 的剂量限值要求, 同时也满足本项目公众照射的年有效剂量不超过 0.1mSv 的剂量约束值要求。对于 TOMO 机房 50m 范围内其他公众, 由于剂量率与距离平方成反比以及评价范围内墙体以及土层的屏蔽, 随着距离的增加, 则 TOMO 机房外 50m 范围内公众所受的年有效剂量更小。

②本项目职业人员叠加辐射影响分析

本项目配备的工作人员为医院放疗科原有辐射工作人员, 存在兼岗和操作其他射线装置情况。

由表 11-11 可知, 本项目 TOMO 运行时, 控制室职业人员所受的年有效剂量最大值为 $1.71\text{E-}06\text{mSv}$ 。考虑到本项目 TOMO 辐射工作人员均由现有放疗中心辐射工作人员兼岗, 故考虑叠加影响, 由表 1-3 可知, 放疗科原有辐射工作人员中受照的个人累积剂量在 $0.10\text{mSv}\sim 0.28\text{mSv}$ 之间, 则叠加后年有效剂量最大约为 $1.71\text{E-}06\text{mSv}+0.28\text{mSv}=0.28\text{mSv}$, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量限值的要求和本次评价年剂量约束值(职业人员 5mSv/a) 的要求。

以上数据是以机房实体屏蔽体外 30cm 处根据最大使用剂量的预测剂量率值进行估算, 在实际的放疗工作中, 工作人员一般都不会近距离停驻在治疗室实体屏蔽体附近, 因此以上是偏保守的估算结果, 实际情况中职业人员和公众受照累计剂量均低于以上估算值。

(8) TOMO 自带 CT 的 X 射线辐射环境影响分析

本项目 TOMO 自带 CT 成像扫描系统(最大管电压为 140kV , 最大管电流为 1300mA)用于影像引导定位(不与加速器治疗 X 射线同时出束)。根据《辐射防护导论》(第三分册)图 3.1 可知, X 射线过滤材料为 2.5mmAl , 150kV 电压下发射率常数为 0.18mGy/mAs , 125kV 电压下发射率常数为 0.14mGy/mAs , 本项目 CT 保守对照 150kV 电压下对应参数, 经计算 TOMO 自带 CT 出束时距靶点 1m 处的空气比释动能为 $8.42\text{E}+08\mu\text{Gy/h}$ 。

根据前文计算可知, TOMO 机房南墙外的辐射剂量率为各屏蔽体处最大值。TOMO 机房南墙为 300mm 混凝土+ 200mm 铅砖, 根据《放射诊断放射防护要求》附录 C 的 C.1.2 中式 C.1 计算得 140kV 对应的屏蔽透射因子为 $1.26\text{E-}230$, 因此, TOMO

自带 CT 运行所致的辐射剂量率可以忽略不计，经过机房屏蔽后，不会对周围工作场所辐射工作人员和公众造成额外的辐射照射。

11.2.2其他环境影响分析

(1) 废气

本项目 TOMO 运行时会产生微量臭氧和氮氧化物等有害气体，机房设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，TOMO 机房内设置 3 个送风口和 2 个排风口，排风管沿天花板顶部经迷路通过防护门上方经等候室接原有建筑排气管，通至室外排风百叶，排气口不朝向门、窗或人流量较大的过道等位置；新风管接原有建筑新风主管，经防护门上方墙体引入机房。设计排风量约为 1800m³/h，经计算机房换气次数约为 8 次/h。臭氧和氮氧化物排入大气环境后，经自然分解，可达标排放，对周围环境影响较小。

(3) 固体废物

本项目 TOMO 在严重故障或靶件损坏时会拆卸下来废靶，废靶由设备生产厂家回收利用，医院不暂存。

(4) 噪声

本项目 TOMO 机房配套的水冷设备及通排风风机拟选用低噪声设备，排风管设置微穿孔消声器，风管与风机软连接，排风口设置防雨百叶窗，水泵等设备采取隔振处理、设置挠性连接等综合降噪措施，水冷设备及通排风风机经墙体隔声、距离衰减后，对医院场界噪声贡献值很小，运行期间场界噪声可达到相关标准要求。

11.3 辐射事故影响分析

(1) 可能发生的辐射事故

本项目放疗科 TOMO、直线加速器、射波刀和磁共振加速器设备设有固有安全连锁装置，在正常使用的情况下发生事故的极小，可能发生的辐射事故主要包括：

①安全连锁失效，人员可能在防护门未关闭时误入机房，如果这时运行设备，则可能造成误照射事故。

②除受治疗患者以外，机房中仍有其他人员未撤离时，操作人员未严格按照操作规程确认机房中环境便运行设备，则会造成机房中人员误照射。

(2) 预防措施

一旦发现有人误入治疗室，工作人员应立即利用最近的紧急止动开关切断设备电

源，启动医院辐射事故应急预案。为防止本项目加速器等设备辐射事故发生，应采取多种防范措施：

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

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

③剂量控制联锁：安装有剂量监测系统，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照射终止系统的照射控制计时器，当照射终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次照射。

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有全部安全联锁设施检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

⑧有门机安全联锁，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控制台和治疗室内均安有急停开关。

⑪机房门外设置工作状态指示灯和电离辐射警告标志。

⑫视频监控、对讲装置：治疗室和控制室之间安装有视频监控、对讲装置，控制室能通过视频监视治疗室内患者治疗的情况，并通过对讲机与室内人员联系，以便医师在操作时观察患者在治疗室的状态，及时处理意外情况。

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》等相关要求，使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有 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。

医院已成立了浙江省台州医院辐射安全防护管理小组（详见附件 5），全面负责医院的辐射安全管理工作及相关工作，并明确了管理小组成员组成及相关职责，确保医院放射治疗和诊断设备安全有效运行，保障工作人员与公众辐射防护安全。若辐射安全防护管理小组成员发生变动，医院应及时更新、调整管理机构的人员组成。

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 12 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

本项目辐射工作人员拟配备 12 名辐射工作人员，均由放疗中心辐射工作人员调配。医院现有辐射工作人员均参加了浙江省卫生监督协会所组织的放射防护知识培训或生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训并考核合格。除了辐射安全与防护培训，本项目物理师和技师必须取得《大型医疗设备上岗证》后方可上机操作。

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），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培训，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

本项目辐射工作人员拟配备 12 名辐射工作人员，均由放疗中心辐射工作人员调配。医院已为原有辐射工作人员配备了个人剂量计，每三个月委托浙江省疾病预防控制中心进行个人剂量检测，并建立有个人剂量档案。本项目技师、物理师、医生在工作期间必须规范佩戴个人剂量计，其中技师每日高频次在 TOMO 机房与控制室之间往返，应重点关注剂量计的年有效剂量检测结果，并应充分利用时间防护原则——快速完成摆位，减少滞留时间。

医院上一年度委托浙江建安检测研究院有限公司开展辐射工作人员剂量监测，根据医院提供的 2025 年 2 月~2026 年 2 月个人剂量计检测报告可知，医院现有辐射工作人员的年有效剂量检测结果均在 0.01~0.80mSv 之间（除王宣萱因特殊原因导致剂量明显偏高外，因王宣萱曾经佩戴剂量计扶持接受放射性检查的患者且佩戴期间工作量较前期明显增加，非工作场所防护问题。该剂量虽高于常规水平，但仍低于国家年剂量限值 20 mSv，后续已要求其规范佩戴剂量计，避免类似情况发生，个人监测剂量核查登记表见附件 10），能够满足工作人员剂量约束值低于 5mSv/a 的要求。

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；个人剂量档案应终生保存。医院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、个人剂量监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。医院年度评估报告包括：放射性同位素与射线装置台账、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，医院已按照要求执行年度评估。

台州恩泽医疗中心（集团）已按要求进行了辐射安全与防护状况评估，编制了《辐射安全与防护状况年度评估报告》，并上报至发证机关。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》等法律法规要求，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”。

浙江省台州医院（本部）院区已建立《放射防护检测与评价制度》《放射工作人员剂量、职业健康体检制度》《放射诊疗安全防护管理制度》《放射诊疗许可证管理制度》《浙江省台州医院放射事故应急预案》等辐射防护管理制度。现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事原有相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。本项目运行前，应根据本项目特色对已制定的相关规章制度进行更新和完善，具体建议如下：

①安全管理制度：根据项目运行的具体情况完善修订辐射防护和安全保卫制度；

②岗位职责：针对物理师、技师、医师三类人员，制定 TOMO 辐射工作人员对应的岗位职责；

③TOMO 操作规程：根据本项目运行的具体情况制定 TOMO 操作规程。

④TOMO 使用和管理制度：根据本项目运行的具体情况制定 TOMO 设备使用管理、维护保养、辐射安全管理、应急管理等制度。

医院在完善、补充原有辐射防护管理制度后，原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剂量监测制度，包括工作场所、环境监测和个人剂量监测。

12.3.1 监测仪器和防护设备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，医院已为辐射工作人员配备个人剂量监测仪器，同时配备有与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，本项目辐射工作场所可以依托院内原有个人剂量监测仪器、X- γ 辐射剂量率巡测仪。

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》的重要组成内容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）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）。

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 12-1 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	TOMO 机房	X- γ 辐射 周围剂量	1 次/年	按照国家规定进行计量检定	机房防护门、机房各屏蔽体外关注区域、机房防护门及门缝、控制室操作位、电缆/空调/风管	委托有资质单位监测
日常监测			1 次/季度	按照国家规定进行计量检定		自行监测

验收监测		当量率	项目建成、设备调试正常后，监测1次	按照国家规定进行	穿墙处等	委托有资质单位监测
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	委托有资质单位监测

医院需定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。委托有资质监测单位进行监测，其仪器必须在检定有效期内，监测工作人员必须持证上岗；对监测中出现辐射超标问题，及时向院方提出，并提出整改意见，在院方整改完成后，进行复测，直至符合要求，提供满足要求的监测报告。医院自主监测时，所用仪器须按国家规定进行剂量检定，检测时须按《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）制定检测方案及实施细则执行。

12.3.3 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。

（1）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。构成辐射事故，医院立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射安全与环境保护管理领导小组上报当地生态环境主管部门。检测报告及有关调查报告应存档备查。

（2）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》的重要组成部分一并提交给发证机关。

（3）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，个人剂量档案应保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作后三十年。

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。

浙江省台州医院（本部）院区已制定《浙江省台州医院放射事故应急预案》（见附件 6），成立了辐射事故应急工作领导小组。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。经医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》等要求，向生态环境主管部门报告。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。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

台州恩泽医疗中心（集团）拟将浙江省台州医院（本部）放疗中心一层西南角的闲置机房改建为 TOMO 机房，并在 TOMO 机房东侧设置配套的 TOMO 准备室和 TOMO 控制室。TOMO 机房内拟安装使用 1 台型号为 TOMOC 的螺旋断层放射治疗系统（简称“TOMO”），TOMO 最大 X 射线能量为 6MV，治疗束等中心处剂量率最大值为 8.5Gy/min，设备内部集成 1 台 CT，CT 最大管电压 140kV，最大管电流 1300mA，属 II 类射线装置。

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 TOMO 机房四侧墙体、顶棚采用标准混凝土（ $\rho \geq 2.35\text{g/cm}^3$ ）浇筑或复合屏蔽结构，部分墙体内加铅砖，防护门内衬 20mm 铅板。由理论预测结果可知，本项目 TOMO 机房屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中规定的剂量率参考控制水平要求。

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）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子螺旋断层放射治疗系统放射治疗机房》等标准的要求。

（2）辐射安全管理结论

医院已成立了浙江省台州医院辐射安全防护管理小组，全面负责医院的辐射安全管理工作及相关工作，并明确了管理小组成员组成及相关职责；医院已建立《放射防护检测与评价制度》《放射工作人员剂量、职业健康体检制度》《放射诊疗安全防护管理制度》《放射诊疗许可证管理制度》《浙江省台州医院放射事故应急预案》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，均已通过国家核技术利用辐射安全与防护考核并考核合格，已建立个人剂量档案和职业健康监护档案。医

院应在完善补充 TOMO 操作规程等相关制度后，将本项目纳入现有辐射安全管理体系。

综上，建设单位已具备从事辐射活动的的能力，能够满足辐射安全管理的要求。

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 TOMO 机房屏蔽体外关注点处的辐射剂量率能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）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，也低于本次评价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 TOMO 机房设置强制排风系统，采取全送全排的通风方式，设计排风量约为 1800m³/h，经计算机房换气次数约为 8 次/h，大于 4 次/h，机房内产生的臭氧、氮氧化物对周围环境影响很小。本项目 TOMO 配套有冷却水循环系统，冷却水循环使用不外排，不会对外环境产生影响。检修更换或退役时拆卸下来的废靶由设备生产厂家回收处置，医院不暂存。水冷设备及通排风风机选用低噪声设备，经墙体隔声、距离衰减后，运行期间场界噪声可达到相关标准要求。

13.1.4 可行性分析结论

（1）产业政策符合性分析结论

本项目为核技术利用项目，根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，项目 TOMO 属于**第一类 鼓励类**中第十三项“医药”中第四条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，**高端放射治疗设备……**”项目。因此，本项目的建设符合国家现行产业政策。

（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射诊疗工作、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

本项目放疗中心 TOMO 机房下方无构筑物（岩石层），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。本项目 TOMO 机房实体屏蔽边界外 50m 评价范围主要为医院内部建筑物、医院内部道路、山体、西门街历史街区景区、台州医院党校宿舍，经采取一定防护措施后不会对周围环境和公众造成危害，项目周围无环境制约因素，影响可接受，因此本项目的选址是合理的。

（4）规划符合性分析结论

本项目位于浙江省台州市临海市西门街 150 号，地处《规划》确定的中心城区“古城组团”范围内。项目为 TOMO 机房改建工程，属于医疗卫生服务设施建设。项目建成后将进一步完善该区域的肿瘤放射治疗条件，提升医疗服务能力，有利于临海市“台州市教育医疗中心”城市功能的实现。本项目建设符合《临海市国土空间总体规划（2021-2035 年）》要求。

根据《临海市生态环境分区管控动态更新方案》（临政发〔2024〕11 号），本项目位于“台州市临海市城区城镇生活重点管控单元（环境管控单元编码：ZH33108220030）”。本项目为医疗卫生服务设施建设，符合该管控单元的空间布局约束、污染物排放管控、环境风险防控和资源开发效率要求。

（5）项目可行性

综上所述，本项目的选址和布局合理可行。项目拟采取的辐射安全防护措施和环境保护措施符合相关标准要求，能够有效控制辐射环境影响。医院在落实本报告提出的各项污染防治措施、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辐射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的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

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。

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与考虑、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。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