核技术利用建设项目

宜宾市第二人民医院
新增医用射线装置使用项目
环境影响报告表

（公示本）

宜宾市第二人民医院

2025 年 12 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

宜宾市第二人民医院
新增医用射线装置使用项目
环境影响报告表

建设单位名称：宜宾市第二人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：四川省宜宾市翠屏区北大街 **96** 号

邮政编码：**644000**　　联系人：程*

电子邮箱：*　　联系电话：**186***

目　录

表 1 项目基本情况 ..... - 2 -
表 2 放射源 ..... - 9 -
表 3 非密封放射性物质 ..... - 9 -
表 4 射线装置 ..... - 10 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） ..... - 11 -
表 6 评价依据 ..... - 12 -
表 7 保护目标与评价标准 ..... - 14 -
表 8 环境质量和辐射现状 ..... - 18 -
表 9 项目工程分析与源项 ..... - 22 -
表 10 辐射安全与防护 ..... - 29 -
表 11 环境影响分析 ..... - 37 -
表 12 辐射安全管理 ..... - 55 -
表 13 结论与建议 ..... - 62 -

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">宜宾市第二人民医院新增医用射线装置使用项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">宜宾市第二人民医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>解德琼</td><td>联系人</td><td>程*</td><td>联系电话</td><td>*</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">四川省宜宾市翠屏区北大街 96 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">四川省宜宾市叙州区南广路 268 号宜宾市第二人民医院肿瘤院区</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>*</td><td>项目环保总投资（万元）</td><td>*</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>*</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☐新建 ☑改建 ☐扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="4">☐I类☐II类☐III类☐IV类☐V类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐I类（医疗使用）☐II类☐III类☐IV类☐V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td colspan="2">其他</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

项目概述

一、建设单位简介

宜宾市第二人民医院（以下简称“医院”）创建于 1889 年，前身是北美基督教浸礼会创办的“仁德男医院”和“明德女医院”，两所医院于 1946 年合并为仁德医院。1951 年 9 月由人民政府接管医院改称川南第三人民医院。1952 年底四川合署建省，医院改称宜宾地区第二人民医院。1954 年 6 月接省卫生厅合并医院的指示，与宜宾市医院合并后统称宜宾专区第二人民医院。1997 年宜宾撤地设市，医院正式更名为宜宾市第二人民医院，同年底原电子工业部 405 医院并入。2003 年，医院在 405 医院原址建成宜宾市传染病医院。2006 年，医院在旧州路建成第四分院，2012 年该分院改建为康复院区。2008 年，医院在蜀南大道中段建成南岸院区。2009 年，在南广路建成肿瘤

院区。2013 年，在大湾路代建代管宜宾市中医医院，2018 年，按市委市政府决策部署宜宾市中医医院独立运行。2018 年，临港妇女儿童院区正式运行。2024 年 8 月，临港院区全面运行。2019 年 5 月 13 日，四川大学华西医院正式领办宜宾市第二人民医院，有着 130 余年历史底蕴、服务一方百姓的医院，开启了深化医改新时期探索紧密型医联体的新篇章。

医院的医疗服务范围覆盖宜宾及川滇黔结合部 1000 余万人口，承担各类重大医疗应急和抢救任务，是川中南区域各级医院的后援机构。医院占地面积 294.04 亩，由临港院区（含临港妇女儿童院区和市传染病医院）、南岸院区、北大街院区、口腔医学中心、肿瘤院区五个院区组成。

二、项目由来

2025 年 8 月，宜宾市第二人民医院肿瘤院区门诊住院综合楼负二层放疗科 1 座 ^{60}Co 后装治疗机房暂停运行，该机房于 2009 年 3 月完成环境影响评价工作，并于 2009 年 4 月 9 日取得四川省生态环境厅（原四川省环境保护局）关于该项目的批复。

由于医院业务发展变化，医院拟对该 ^{60}Co 后装治疗机房实施退役，根据医院提供材料，原 ^{60}Co 后装治疗机内含有的 3 枚 ^{60}Co 放射源（出厂活度分别为 3.18E+10Bq、3.18E+10Bq 及 6.92E+10Bq，均属 III 类放射源）已于 2025 年 12 月 11 日交由成都中核高通同位素股份有限公司回收，根据现场检测结果可知，放射源转移后，该 ^{60}Co 后装治疗机房及其周围 γ 辐射剂量率和 β 表面污染水平检测均属于正常本底范围，工作场所不存在污染，可达到无限制开放使用的要求，医院已完成原机房退役备案登记。

为改善城市医疗环境，促进医疗配套设施升级，开辟新的诊疗手段，提升医院医疗服务水平，医院拟将肿瘤院区已退役的原 ^{60}Co 后装治疗机房改建为螺旋断层放射治疗系统（即 TOMO Therapy Hi·Art，以下简称“TOMO”）机房，并配备 1 台 TOMO（属II类射线装置）用于肿瘤治疗。

三、编制目的

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设单位宜宾市第二人民医院需对该项目进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目属于“第 172 条 核技术利用建设项目”中“**使用II类射线装置的**”应编制环境影响报告表。

为此，宜宾市第二人民医院委托四川瑞迪森检测技术有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件 1）。四川瑞迪森检测技术有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。

宜宾市第二人民医院新增医用射线装置使用项目环境影响评价报告表的评价内容与目的：

1、对新增医用射线装置使用项目施工期和运行期的环境影响进行评价分析。

2、对项目拟建址进行辐射环境质量现状监测，以掌握场所及周围的环境质量现状水平，并对项目进行环境影响预测评价。

3、提出污染防治措施，使辐射影响降低到“可合理达到的尽可能低水平”。

4、满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的环境管理提供科学依据。

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，建设单位已在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响报告表前，依法主动公开建设项目环境影响报告表全本信息（详见附件 11）。信息公示后到报告送审前，建设单位和环评单位均未收到单位或个人有关项目情况的反馈意见。

四、项目概况

项目名称：宜宾市第二人民医院新增医用射线装置使用项目

项目性质：改建

建设单位：宜宾市第二人民医院

建设地点：四川省宜宾市叙州区南广路 268 号宜宾市第二人民医院肿瘤院区

（一）建设内容与规模：

宜宾市第二人民医院拟将肿瘤院区门诊住院综合楼（已建，地上 6 层，地下 2 层建筑）负二层放疗科已退役的 1 座 ^{60}Co 后装治疗机房改建为 1 座 TOMO 机房开展肿瘤的放射治疗。

原 ^{60}Co 后装治疗机房四周墙体、迷道及屋顶均为钢筋混凝土结构，迷道位于机房

西南侧，其东侧墙体为 2000mm 混凝土，西侧及北侧墙体为 1200mm 混凝土，西南侧迷道内墙和外墙均为 1100mm 混凝土，顶部为 2000mm 混凝土，下方无建筑，防护门为 6mm 铅当量。为确保 TOMO 运行安全，本次拟对原机房进行改建，在机房内迷道口增加“长 2000mm~2412mm×厚 400mm×高 4000m”的混凝土屏蔽体（详见附图 7），其余墙体屏蔽及防护门均利旧使用，利旧使用原东南侧控制室，并将其南侧原候诊区改建为服务器机房和设备间等辅助用房。

本项目原 ^{60}Co 后装治疗机房已有平面布局满足开展 TOMO 放射治疗需求，本次仅对其机房内迷道口屏蔽体、通排风系统及辐射安全联锁结构进行改造，以确保项目安全运行，本项目不涉及原有平面布局改动，本次改造内容不新增穿墙孔洞，不会影响管道穿墙的方式，不会对原有屏蔽体结构进行破坏。

本次改建后，TOMO 治疗机房机房室内有效面积为 34.45m^2（不含迷道），机房净空尺寸为长 6.5m×宽 5.3m×高 4.0m（不含迷道），机房四周墙体、迷道及屋顶均为钢筋混凝土结构，迷道位于机房南侧，为 7.3m 长直迷道。机房东北侧墙体西段为 1200mm 厚混凝土，东段为 2000mm 厚混凝土；东南侧墙体为 2000mm 厚混凝土；西南侧迷道内墙为 1100mm 混凝土，迷道外墙为 1100~1500mm 混凝土；西北侧为 1200mm 厚混凝土；顶部为 2000mm 混凝土，下方无建筑，防护门为 6mm 铅当量。控制室位于机房东南侧，服务器机房和设备间等辅助用房位于机房南侧，空调机房位于机房内东北部区域。

本次拟新增的 TOMO 设备型号为 Tomo C，属II类射线装置，其主要参数为：X 射线最大能量为 6MV， 6MV 时其 0.85m 处输出剂量率最大为 8.50Gy/min，其主射线方向设置有射束屏蔽系统；该设备自带一套 KVCT 成像，其最大管电压为 140kV，最大管电流为 200mA，设备年工作负荷约 550h。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-1。

表 1-1 宜宾市第二人民医院新建项目射线装置使用情况一览表

射线装置							
序号	名称	型号	数量	参数	类别	活动种类	使用场所
1	螺旋断层放射治疗系统	Tomo C	1	X 射线最大能量： 6MV； 6MV 时其 0.85m 处输出剂量率最大为 8.50Gy/min； KVCT 成像： 140kV/200mA	II	使用	肿瘤院区门诊住院综合楼负二层放疗科 TOMO 机房

（二）项目组成内容及环境问题

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-2。

表 1-2 项目组成内容及主要环境问题

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	**本次改建后，**TOMO 治疗机房机房室内有效面积为 34.45m^2（不含迷道），机房净空尺寸为长 6.5m×宽 5.3m×高 4.0m（不含迷道），机房四周墙体、迷道及屋顶均为钢筋混凝土结构，迷道位于机房南侧，为 7.3m 长直迷道。机房东北侧墙体西段为 1200mm 厚混凝土，东段为 2000mm 厚混凝土；东南侧墙体为 2000mm 厚混凝土；西南侧迷道内墙为 1100mm 混凝土，迷道外墙为 1100~1500mm 混凝土；西北侧为 1200mm 厚混凝土；顶部为 2000mm 混凝土，下方无建筑，防护门为 6mm 铅当量。控制室位于机房东南侧，服务器机房和设备间等辅助用房位于机房南侧，空调机房位于机房内东北部区域。 本次拟新增的 TOMO 设备型号为 Tomo C，属Ⅱ类射线装置，其主要参数为：X 射线最大能量为 6MV， 6MV 时其 0.85m 处输出剂量率最大为 8.50Gy/min，其主射线方向设置有射束屏蔽系统；该设备自带一套 KVCT 成像，其最大管电压为 140kV，最大管电流为 200mA，设备年工作负荷约 550h。	施工废气、施工噪声、施工废水、固体废物、生活污水、生活垃圾	X 射线、噪声、臭氧、少量氮氧化物、医疗废物、生活污水、生活垃圾
环保工程	废气处理：改建一套通排风系统，室内废气由通排风系统抽排至室外排放。		
	废水处理：生活污水依托医院已建的污水管道和污水处理站，处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）中处理标准后，通过市政污水管网进入城市污水处理厂处理达标后排放。		
	固废处理：医疗废物依托医院已有医疗废物暂存间进行暂存，并统一交由有相应资质的单位处置；办公、生活垃圾均分类暂存至院内生活垃圾暂存间，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。		
公用工程	依托医院给水、供电、通风等配套设施。		\
办公生活设施	依托已有候诊大厅、护士站和医生办公室等。		生活垃圾、生活污水

（三）项目依托设施

①依托办公设施：医生办公室依托本次新建的医生办公室。

②依托环保设施：本项目废水主要为辐射工作人员和患者产生的少量的生活污水，废水均依托医院已有污水处理站处理，经处理达到《医疗机构水污染物排放标准》

(GB 18466-2005)表 2 预处理排放标准后排入市政污水管网，汇入城市污水处理厂进一步处理后排放。医院污水处理站现有处理能力能够满足现有生活污水产生量和排放量的排放需求。

医院已设置生活垃圾站，本项目产生的生活垃圾在此集中分类暂存，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置；本项目产生的医疗废物集中暂存于医院医疗废物暂存间，并由有资质单位定期统一收集、处置。

（四）工作制度及人员配置

工作制度：本项目辐射工作人员年工作天数为 250 天，实行 8 小时工作制。

人员配置：本项目拟配置辐射工作人员 6 人（放疗技师 2 名、物理师 2 名、医生 2 名），均为医院已有辐射工作人员，配置至本项目后，仍从事原有辐射工作。

本项目投入运营后，医院也将根据其发展规划持续引进技术熟练的肿瘤科医生、技师及护士，医院应做好辐射工作人员管理工作。

五、项目周边保护目标以及场址选址情况

本项目选址于四川省宜宾市叙州区南广路 268 号宜宾市第二人民医院肿瘤院区，项目地理位置见附图 1。本次新建项目所在地的用地性质为医疗卫生用地。从周边外环境关系可知，医院周边规划主要为居民区和市政道路，本项目 50m 评价范围均涉及医院围墙外，50m 评价范围内无学校等其他环境敏感点。

宜宾市第二人民医院已于 2009 年 3 月完成了原机房环境影响评价工作，并于 2009 年 4 月 9 日取得四川省生态环境厅（原四川省环境保护局）关于该项目的批复。

本项目 TOMO 机房位于医院肿瘤院区门诊住院综合楼负二层放疗科北部，位于建筑底层，避开了医院的儿科病房、产房和门诊等特殊人群区域或人员密集区域，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）中关于选址与布局的规定。

综上所述，拟建的辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

六、项目产业政策符合性

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 1

条“医疗服务设施建设：预防保健、卫生应急、卫生监督服务设施建设，医疗卫生服务设施建设，传染病、儿童、精神卫生专科医院和康复医院（中心）、护理院（中心）、安宁疗护中心、全科医疗设施与服务，医养结合设施与服务”，是目前国家鼓励发展的项目。本项目的运营可为宜宾市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全区医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射实践的正当性，符合现行的国家产业政策。

七、实践正当性

宜宾市第二人民医院新增医用射线装置使用项目的目的是为了对病人进行医学治疗。在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

八、项目单位核技术应用现状

（一）辐射安全许可证的许可种类和范围

宜宾市第二人民医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》，辐射安全许可证正副本详见附件 4。

（二）关于辐射安全与环境保护管理

建设单位开展核技术利用项目以来，严格遵守《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法规的要求，积极配合各级生态环境部门的监督和指导，各项辐射防护设施运行、维护良好，辐射安全与防护相关管理规章制度健全，并有效落实。

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》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
1	螺旋断层放射治疗系统	II	1 台	Tomo C	/	X 射线最大能量： 6MV； 6MV 时其 0.85m 处输出剂量率最大为 8.50Gy/min； 自带一套 KVCT 成像： 140kV/200mA		放射治疗	肿瘤院区门诊住院综合楼负二层 TOMO 机房	本次环评

（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
臭氧及氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过动力排风装置排入外环境，臭氧常温下自动分解为氧气，对环境影响较小

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/m^3；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/m^3）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 日发布施行；2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），2018 年 12 月 29 日发布施行； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，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 年修正，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日施行； （5）《建设项目环境保护管理条例》，（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行； （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，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 版）》，生态环境部第 16 号令，自 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）《射线装置分类》，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）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号）2024 年 2 月 1 日起施行； （11）《四川省辐射污染防治条例》， 2016 年 6 月 1 日起实施。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （2）《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）； （3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （5）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；

	（6）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）； （7）《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）； （8）《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）； （9）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分一般原则：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）； （10）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （11）《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）； （12）《医用电子直线加速器质量控制检测规范》（WS 674-2020）； （13）《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS 76-2020）。
其他	（1）《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》国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行； （2）《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，2020 年 1 月 1 日起施行； （3）《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 11 月 1 日起施行； （4）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》生态环境部公告 2019 年第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行； （5）《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 11 月 1 日起启用； （6）《四川省生态环境厅关于印发<四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）>的通知》（川环函〔2025〕616 号，2025 年 11 月 7 日）； （7）图纸及相关技术资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点并参照《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》（HJ 10.1-2016）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目评价范围，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**”，确定为宜宾市第二人民医院本次拟建 TOMO 机房实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围，详见附图 2。

保护目标

本项目 50m 评价范围均涉及医院外，评价范围内无学校等其他环境敏感点。本项目辐射环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内外公众，详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内辐射环境保护目标一览表

保护目标		方位及位置		与屏蔽体最近距离		规模	照射类型
				水平	垂直		
院内	职业人员	东南侧控制室及机房内		紧邻	/	6 人	职业
	其他医护人员、病患、陪同家属等公众	东侧	医用电子直线加速器治疗 1 室、2 室及其控制室	紧邻	/	约 20 人	公众
		东南侧	候诊区、CT 机房及其控制室、医生休息室、TPS 计划室、仓库、检查室、候诊区等负二层区域	9m	/	约 30 人	
		南侧	^{192}Ir 后装治疗机房及其控制室	12m	/	约 20 人	
		西南侧	中央空调机房、模拟定位室及其控制室（现已停用闲置）、库房、模具室、发电机房、楼梯和电梯间等负二层区域	紧邻	/	约 20 人	
		东北侧及西北侧山体		紧邻	/	/	
		斜上方门诊住院综合楼负一层~负二层		紧邻	/	约 50 人	
		斜上方门诊住院综合楼一层~六层		/	1.2m	约 200 人	
		正上方院内室外道路、停车场及医院制氧		/	3.6m	约 20 人	

		系统用房				
院外	公众	东侧寓苑小区居民楼部分区域	49m	/	约 200 人	
		西南侧宜宾市龙湾路集中办公区部分区域	48.8m	/	约 200 人	
		西北侧临街商铺及居民楼部分区域	45m	/	约 200 人	
		北侧量典·启辰小区居民楼部分区域	18m	/	约 500 人	

注：1. 机房位于地下，院外环境保护目标处距离均保守取水平距离；
2. 机房高度贯穿负二层~负一层，其正上方依次为覆土层、院内室外停车场。

评价标准

一、执行标准

本项目执行标准如下：

1、环境质量标准

地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中的III类水域标准；

大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及其修改单中的二级标准；

声环境：执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 2 类标准。

2、污染物排放标准

废水：医疗废水执行《医疗机构水污染排放标准》（GB 18466-2005）中表 2 排放标准。

废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）二级标准。

噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中相关标准，营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2 类标准。

固体废物：执行《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB 39707-2020）。

3、辐射防护标准

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的相关规定。

二、辐射环境评价标准

1、《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

对象	要求
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： 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。
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：

剂量限值	①年有效剂量，lmSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 lmSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

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。

控制区：

注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

2、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）：

4.8 辐射工作人员和公众成员的辐射照射应符合 GB 18871-2002 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。

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 30 cm 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 30 cm 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 $\dot{H}_{c,d}$(μSv/h)：

机房外辐射工作人员：$\dot{H}_c$≤100μSv/周；

机房外非辐射工作人员：$\dot{H}_c$≤5μSv/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 $\dot{H}_{c,max}$(μSv/h)：

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

人员居留因子 T≤1/2 的场所：$\dot{H}_{c,max}$≤10μSv/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 250μSv 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 30 cm 处的剂量率参考控制水平可按 100μSv/h 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

三、辐射环境评价标准限值

1、个人剂量约束值

①职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。结合医院已有辐射工作场所影响，宜宾市第二人民医院按照上述标准中

规定的职业照射年有效剂量的 1/4 执行，即辐射工作人员个人年有效剂量约束值为 5mSv/a。

②公众照射：第 B1.2.1 条的规定，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年有效剂量 1mSv。结合医院已有辐射工作场所影响，宜宾市第二人民医院按照上述标准中规定的公众照射年有效剂量的 1/10 执行，即公众个人年有效剂量约束值为 0.1mSv/a。

2、工作场所内外控制剂量率

TOMO 机房边界周围剂量率控制水平参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）等相关标准要求，TOMO 机房屏蔽体外人员居留因子 T＞1/2 的场所：$\dot{H}_{c,max}$≤2.5μSv/h，人员居留因子 T≤1/2 的场所：$\dot{H}_{c,max}$≤10μSv/h，**本项目综合考虑保守取 $\dot{H}_{c,max}$≤2.5μSv/h。**

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

（一）医院外环境关系

宜宾市第二人民医院肿瘤院区位于四川省宜宾市叙州区南广路 268 号（地理位置图见附图 1），医院东侧为寓苑小区，南侧依次为南广路及宜宾市龙湾路集中办公区，西北侧为临街商铺及居民楼，北侧为量典·启辰小区。本次拟建 TOMO 机房位于院内门诊住院综合楼负二层放疗科，该建筑位于院内中部，其四周均为院内室外道路、广场及停车场，宜宾市第二人民医院肿瘤院区总平面布置图详见附图 2。

（二）辐射工作场所外环境关系

本次拟建 TOMO 机房位于肿瘤院区门诊住院综合楼负二层放疗科，其高度贯穿负二层~负一层，其东南侧 50m 范围内依次为医用电子直线加速器治疗 1 室和 2 室内及其控制室、候诊区、CT 机房及其控制室、医生休息室、TPS 计划室、仓库、检查室及候诊区等负二层区域，负一层为山体，地上为室外道路及寓苑小区居民楼部分区域；西南侧 50m 范围内依次为空调机房、模拟定位室及其控制室（该模拟定位机现已停用）、库房、模具室、发电机房、楼梯间、电梯间、^{192}Ir 后装治疗机房及其控制室等负二层区域，空调机房上空、学习室、楼梯间及电梯间等负一层区域，地上室外道路及宜宾市龙湾路集中办公区部分区域；西北侧及东北侧外均为山体，该方位地上 50m 范围内依次为临街商铺及量典·启辰小区部分区域；机房正上方依次为覆土层、院内室外道路、停车场及制氧系统用房。肿瘤院区综合楼负二层~一层平面布局示意图详见附图 3。本项目拟建址现状如图 8-1~图 8-6 所示。

图 **8-1** 本项目拟建址现状（内部）　　图 **8-2** 本项目拟建址现状（外部）

图 8-3 本项目拟建址东南侧加速器治疗室等

图 8-4 本项目拟建址西南侧

图 8-5 本项目拟建址上方（负一层）学习室

图 8-6 本项目拟建址正上方（院内停车场及医院制氧机系统用房）

二、辐射环境现状评价

1、监测因子

本项目原 ^{60}Co 后装治疗机房内放射源已交由成都中核高通同位素股份有限公司回收，后装治疗机设备已转移，本次拟将该机房改建为 TOMO 机房，根据工程分析可知，本项目 TOMO 设备主要污染因子为射线装置运行时产生的 X 射线。

为掌握项目所在地的辐射环境现状，四川瑞迪森检测技术有限公司于 2025 年 12 月 26 日按照标准规范对本次拟建址及周边环境进行了 γ 辐射剂量率和表面污染水平的布点监测，监测报告见附件 5。

2、 监测内容

对拟建项目周围环境水平进行本底调查。

3、监测方案

（1）监测项目、方法及方法来源表

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	备注
γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）	探测限为本次测量使用方法和仪器的
表面污染水平	《表面污染测定第一部分：β 发射体（$E_{\beta max}$＞	

	0.15MeV）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）	综合技术指标

（2）监测布点

本次根据现场踏勘并结合《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中的方法布设监测点，结合项目平面布局及外环境关系，结合周边环境现状，监测点位的选取覆盖项目拟建区域及周围 50m 公众人员区域。根据上述布点原则与方法。

（3）监测仪器

监测使用仪器见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备		
	仪器名称	仪器编号	设备参数及检定情况
环境监测用 X-γ 吸收剂量率仪	BG9511	SCRDS-067	能量响应:35keV～3MeV 测量范围：10nGy/h～600μGy/h 校准证书编号：2025H21-10-5840177001 校准有效期：2025.4.10～2026.4.9
表面污染仪	COMO170	SCRDS-007	测量范围：0cps～20000cps 检定证书编号：检定字第 202511101318 号 检定有效期限：2025.11.10~2026.11.09

4、质量保证措施

人员培训：监测人员经考核并持有合格证书上岗。

仪器刻度：监测仪器定期经计量部门检定，每次监测必须在有效期内。

自检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

数据记录及处理：①γ 辐射剂量率：开机预热，手持仪器。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。②表面污染水平：选取直接测量，在探测器灵敏窗和待检表面避免接触的情况下，将探测器在表面上方慢慢地移动，读取测量值。

数据复核：监测报告实行三级审核制度，经校对审核后由授权签字人审定签发。

5、比较标准

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考四川省生态环境厅《2024 年四川省生态环境状况公报》中宜宾市环境 γ 辐射剂量率年均值范围：（70~100）nGy/h。

6、环境现状监测与评价

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家标准方法实施；测量数据处理符合统计学要求；布点合理，结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。具体监测结果如下：

表 8-3 拟建址及周围环境γ辐射剂量率监测结果

测点编号	点位描述	测量结果(nGy/h)	备注
1	拟建址内	76±1	室内
2	拟建址东南侧医用电子直线加速器治疗 1 室	75±1	室内
3	拟建址东南侧控制室	76±1	室内
4	拟建址南侧候诊区	73±1	室内
5	拟建址西南侧中央空调机房	75±1	室内
6	拟建址上方西南侧学习室（负一层）	78±1	室内
7	拟建址上方院内停车场	76±1	室外
8	拟建址东侧寓苑小区居民楼外	79±1	室外
9	拟建址西南侧宜宾市龙湾路集中办公区外	79±1	室外
10	拟建址西北侧临街商铺及居民楼外	79±1	室外
11	拟建址北侧量典·启辰小区居民楼外	78±1	室外

注：测量结果未扣除宇宙射线响应值。

表 8-4 原 ^{60}Co 后装治疗机房β表面放射性污染水平检测结果

测点编号	点位描述	表面β放射性污染水平检测结果（Bq/cm^2）	备注
1	机房内	＜LLD	/
2	机房地面	＜LLD	/
3	机房墙面	＜LLD	/
4	机房迷道内	＜LLD	/
5	机房迷道地面	＜LLD	/
6	机房迷道墙面	＜LLD	/
7	机房入口处地面	＜LLD	/
8	控制室地面	＜LLD	/

注：1. LLD 为 0.09Bq/cm^2；

2.拟建址为原 ^{60}Co 后装治疗机房（放射源已收贮，机房内无放射源；后装治疗机设备已转移，机房现为空置房间）。

由表 8-3~表 8-4 可知，本项目拟建位置周围环境γ辐射空气吸收剂量率监测值在（73～79）nGy/h 之间，与四川省生态环境厅《2024 年四川省生态环境状况公报》中宜宾市环境γ辐射剂量率范围：（70~100）nGy/h 相较，本项目拟建址区域周围辐射环境监测值属于正常本底范围。项目拟建位置周围β表面污染水平检测结果为低于仪器探测下限。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、施工期工艺分析

本项目原机房建设施工期环境影响已在《宜宾市第二人民医院放射性同位素、射线装置项目环境影响报告表》中进行评价，本报告不再赘述，原 ^{60}Co 后装治疗机房已随主体工程一同修建完成。本项目施工内容主要为增加机房部分屏蔽体、通排风系统、辐射安全联锁机构改造、室内装修及设备安装调试。

本项目建设内容为一般土建工程，其基础工程、主体工程、装饰工程、设备安装、工程验收等建设工序将以噪声、扬尘、固体废弃物、少量污水和废气等污染物为主，其排放量随工期和施工强度不同而有所变化。施工期工艺流程及产污环节如图 9-1 所示

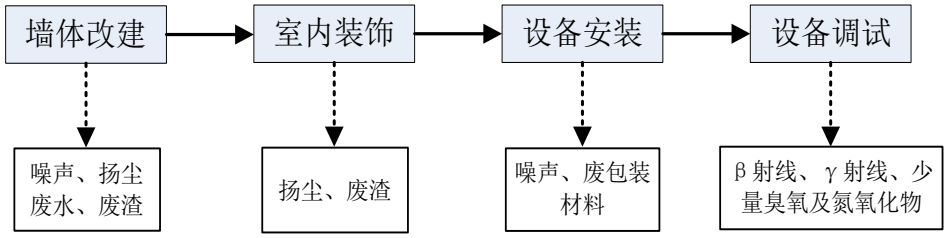


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节示意图

（一）施工阶段

本项目仅涉及在机房内迷道口增加“长 2000mm~2412mm×厚 400mm×高 4000m”混凝土屏蔽，不会对原有屏蔽体结构进行改动，本次改造内容不新增穿墙孔洞，不会影响管道穿墙的方式，不会对原有屏蔽体结构进行破坏。

房视频监控和语音对讲系统。本次改造内容仅涉及在机房内部进行，不新增穿墙孔洞，不会影响电缆沟穿墙方式，不会对原有屏蔽体结构进行破坏。

（二）设备安装调试阶段

本项目涉及的射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目射线装置的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置的运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和治疗室门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调

试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和治疗室上锁并派人看守。

本项目工作场所屏蔽满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）等标准要求，射线装置的安装和调试均在机房内进行，机房内设备正常安装和调试，经机房墙体、门屏蔽防护后，机房边界周围剂量率控制水平满足相关标准要求，对环境影响较小。

二、营运期工艺分析

（一）工程设备

宜宾市第二人民医院拟将肿瘤院区门诊住院综合楼负二层放疗科原 ^{60}Co 后装治疗机房改建为 TOMO 机房，配备 1 台 TOMO 用于肿瘤的放射治疗，其型号为 Tomo C，X 射线最大能量为 6MV， 0.85 米处最大输出剂量率为 8.50Gy/min，其主射线方向设置有射束屏蔽系统；该设备自带一套 KVCT 成像，其最大管电压为 140kV，最大管电流为 200mA，拟新增 TOMO 设备参数详见表 9-1。

表 9-1 本项目拟配备的 TOMO 设备技术参数一览表

项目名称	技术参数
设备名称	螺旋断层放射治疗系统（TOMO）
数量	1 台
型号	Tomo C
射线装置类别	II类
X 射线治疗能量	6MV
源轴距（SAD）	850mm
85cm 处最大剂量率	治疗剂量率：850cGy/min
系统等中心处最大照射尺寸	5cm×40cm
等中心点相对水平地面高度	113cm
系统自带主束挡铅厚度	15.2cm
机架旋转范围	360°螺旋运动
CT 成像系统	140kV/200mA

TOMO C 系统在高端放疗平台中首次引入了千伏级螺旋断层 CT，这一创新使得螺旋断层影像系统与螺旋断层治疗系统能够完美契合在一个环形机架体系中，形成了独特的“同轴共环”结构，这种“同轴共环”结构不仅简化了操作流程，还显著提高

了治疗的精准度和效率，患者无需在治疗过程中移动位置，即可实现从影像定位到精准治疗的无缝衔接。螺旋断层放射治疗系统（TOMO）由以下几部分组成：

1、旋转机架：直线加速器部分、双源 CT 影像系统、温控系统均安装在旋转机架上：Tomo C 系统将 6MV 直线加速器安装在螺旋 CT 滑环机架上，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。

2、患者治疗床：带有复合材料的平板床面，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、紧急停止按钮及其状态指示灯；

6、计划系统工作站：用于治疗 CT 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。

Tomo C 系统示意图如图 9-2 所示。

图 9-2　Tomo C 结构示意图

（二）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，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。

（三）工艺流程及产污环节

TOMO 具体治疗流程如下：

①患者预约：当病人被确诊需要进行 TOMO 放射治疗后，主治医生对患者进行预约登记并向其告知可能受到辐射危害；

②进行定位：预约病人首先通过模拟定位 CT（依托医院已有设备，属III类射线装置）进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状；

③制订治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

④固定患者体位：在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位、标记，调整照射角度及照射野。

⑤确认治疗计划：在 TOMO 机房内，通过 CT 扫描结果确认患者治疗体位在三维空间上与治疗计划一致。

⑥启动治疗：确认完毕，且机房内联锁条件建立后，工作人员在控制室内启动 TOMO 治疗束部分开始照射治疗，治疗时工作人员隔室操作。

⑦照射完毕后，患者离开机房。

TOMO 放疗流程及产污环节如图 9-3 所示。

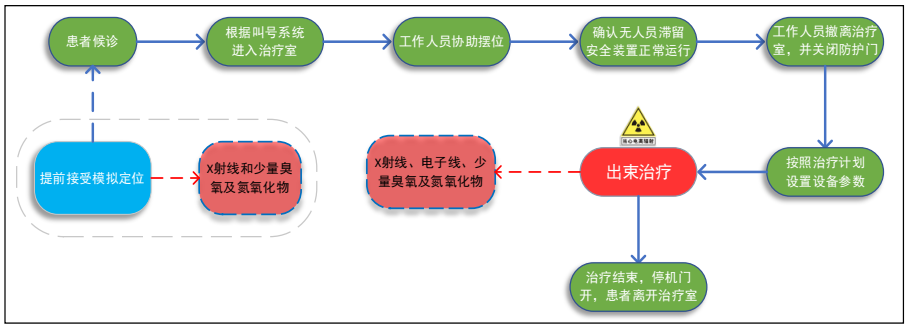


图 9-4 TOMO 放疗流程及产污环节示意图

（4）质控流程

在进行放射治疗前，物理师先进行质控，质控流程为：物理师摆好体模，模拟对病灶部位进行准确定位，确定肿瘤的具体位置和形状，确定放疗靶区，完成治疗计划及验证。根据经验，物理师进行质控操作，X 射线曝光时间约为放射治疗时间的 10%。

（5）工作负荷

TOMO 主要用于肿瘤的放射治疗，根据医院预测的诊疗需要，本项目 TOMO 机房投入使用后，预计每天接诊病人约 40 人次/台，每位病人出束治疗时间约 3min，年工作 250d，则单台 TOMO 年出束治疗时间约 500h，物理师的质量控制验证出束时间约 50h/a，则设备总出束时间约为 550h/a。

（五）人员流动路径规划

1、工作人员路径：

工作人员经患者候诊区及走廊到达 TOMO 机房控制室，随后进入治疗室内对患者摆位后离开，进入控制室对病人实施放射治疗活动（隔室操作）。

2、患者路径：

患者按预约到达负二层候诊区，随后向东南经过候诊区进入 CT 机房进行模拟定位，结束后原路返回至放疗候诊区，经患者通道进入 TOMO 治疗区，沿迷道进入 TOMO 机房，随后在机房内接受放射治疗，治疗完成按照原路径返回。上述人流路径详见图 9-5。

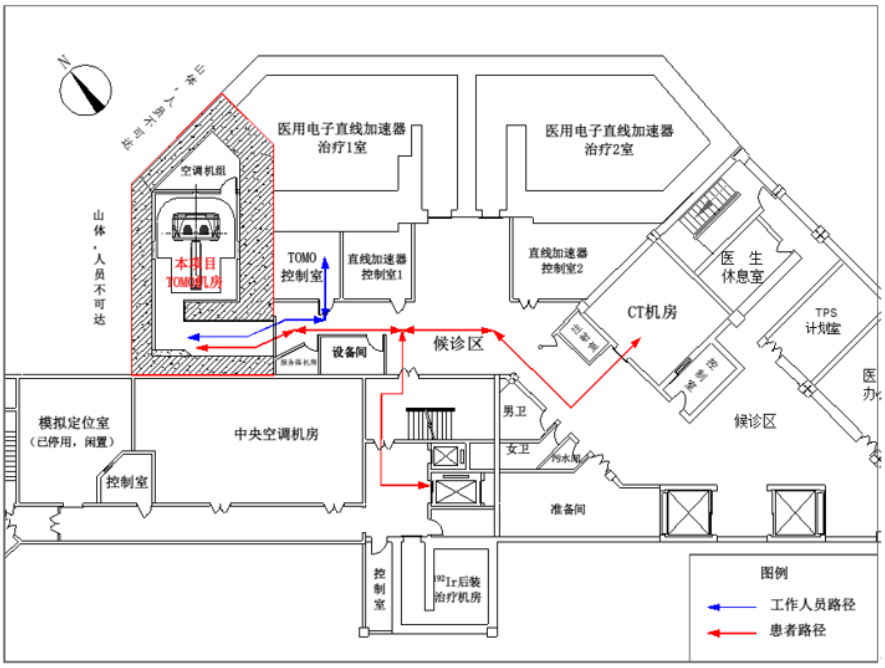


图 9-4 本项目 TOMO 治疗机房人流路径示意图

污染源项描述

一、施工期污染源

1、废水

施工期少量废水主要来自以下几个方面：

①施工场地废水；②施工人员生活污水。

2、扬尘

施工期的大气污染物主要是地面扬尘污染，污染因子为 TSP，为无组织排放。施工产生的地面扬尘主要来自三个方面，一是墙体装修扬尘；二是来自建筑材料包括水泥、沙子等搬运扬尘；三是来自来往运输车辆引起的二次扬尘。

3、固体废物

施工期产生的固体废弃物主要为施工人员的生活垃圾及废弃的各种建筑装饰材料等建筑垃圾。

4、噪声

主要是使用施工机械和装修设备产生的噪声。

二、营运期污染源

1、电离辐射

本项目拟配置的 TOMO 为II类射线装置，在开机状态下主要辐射为 X 射线，关机状态不产生 X 射线。TOMO 设备在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。本项目拟使用 TOMO 设备 X 射线最大能量为 6MV，根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）及《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分一般原则：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）等标准，可以不考虑运行过程中的中子和感生放射线。

2、固体废物

本项目 TOMO 工作过程不产生固体废物；工作人员工作中会产生少量的生活垃圾和办公垃圾。患者和家属候诊过程中会产生少量的生活垃圾。

3、废气

本项目 TOMO 治疗过程中产生的 X 射线，会使治疗室内的空气电离，产生少量臭氧和氮氧化物。

4、废水

本项目 TOMO 冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。辐射工作人员会产生少量生活废水。患者和家属候诊过程中会产生少量的生活废水。

5、噪声

本项目噪声主要来源于空调系统的室外机及通排风系统的风机，本项目所使用的通排风系统为低噪声节能排风机，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，噪声较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局与分区

（一）工作场所布局合理性

本项目的 TOMO 机房位于门诊住院综合楼负二层放疗科，位于本栋建筑的底层，其东南侧为控制室和医用直线加速器治疗 1 室，西南侧为中央空调机房，西北侧及东北侧均为山体，正上方为覆土层，根据其平面布局可知，控制室位于治疗室的东南侧，为隔室操作，减少了对职业人员的照射，详见附图 4。

本项目 TOMO 机房设置于建筑底层，避开了医院的儿科病房、产房和门诊等特殊人群区域或人员密集区域，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）中关于选址与布局的规定。

（二）两区划分

1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求，将本项目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。

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

监督区—通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的规定：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。开展术中放射治疗室，术中放射治疗室应确定为临时控制区。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）。

2、区域划分

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。医院拟将 TOMO 机房（含迷道和空调机组）内部等划分为控制区，该区域涉及射线装置的操作，属于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及其他法律法规定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：控制室、设备间及服务器机房等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及其他法律法规定义的监督区。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在图 10-1 上进行了标识。

表 10-1 项目控制区和监督区划分情况

场所名称	控制区	监督区
TOMO 机房	TOMO 机房（含迷道和空调机组）	控制室、设备间及服务器机房

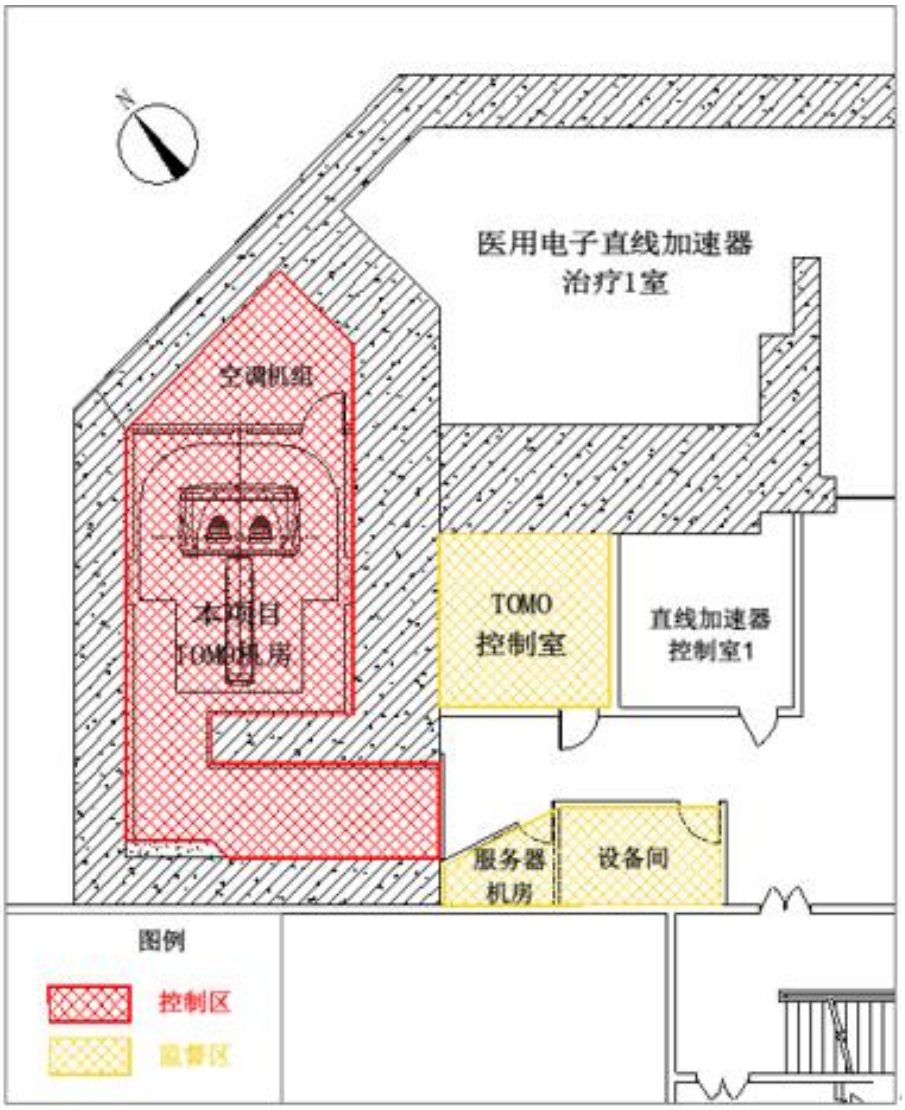


图 10-1 TOMO 机房分区示意图

（3）控制区的防护手段与安全措施：

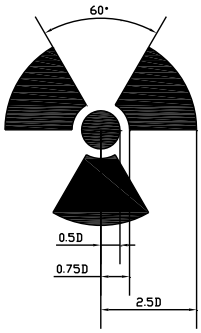
①控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（如图 10-2）。

②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

④在淋浴/更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；

⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。



a.电离辐射标志

b.当心电离辐射警告标志

图 **10-2** 电离辐射标志和电离辐射警告标志

（4）监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

二、辐射安全及防护措施

（一）工作场所的屏蔽措施

本次 TOMO 机房改建后屏蔽设计见表 10-2。

表 10-2 TOMO 机房防护屏蔽设计一览表

类别	屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）
TOMO 机房	东北墙		*
	东南墙		*
	西南墙	迷道内墙	*
		迷道外墙	*
	西北墙		*

	屋顶	*
	防护门	*

注：本项目拟使用的混凝土密度不低于 2.35g/cm^3，铅板的密度不低于 11.3g/cm^3。

本项目 TOMO 机房电缆线布设采用“U”型管道，通风管道采用“S”型穿墙方式，不会破坏墙体的屏蔽效果。本次改建不新增穿墙孔洞，不会对原有屏蔽体结构进行破坏。

（二）辐射安全装置

1、设备固有安全性

（1）TOMO 只有在通电开机时才有电子束、X 射线等产生，断电停机即停止出束；通过多叶准直器定向出束，其它方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽。

（2）控制台上有辐射类型、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。

（3）条件显示联锁：TOMO 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。

（4）控制台上有蜂鸣器，在 TOMO 工作时发出声音以警示人员防止误入。

（5）有剂量分布监测装置与照射终止系统联锁，当剂量超过预选值或当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

（6）有全部安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

（7）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。

（8）治疗床旁、TOMO 主机上安装紧急止动按钮。

2、辐射安全设施设备

（1）视频监控系统、对讲装置：本项目 TOMO 控制室与机房之间以墙体隔开，机房内拟安装视频监控系统、对讲装置，控制室能通过视频监控观察机房内患者治疗的情况，并通过对讲装置与机房内患者联系。

（2）门机联锁装置：TOMO 与防护门之间拟设联锁装置。防护门未关好，TOMO 不能出束；TOMO 工作期间如将防护门打开，照射立即自动停止。

（3）紧急止动装置和紧急开门按钮：除了 TOMO 治疗床、TOMO 主机上以及控

制台上自带的紧急止动按钮外，机房内墙、迷道门出口处均拟设置紧急止动按钮，以使误入人员按动紧急止动按钮就能使 TOMO 停机；迷道出口处设置了紧急开门按钮。

（4）工作状态显示及警示标识：TOMO 机房防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。TOMO 处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当 TOMO 处于非出束状态，指示灯为绿色。TOMO 机房屏蔽门上设置明显的当心电离辐射警告标志。

（5）固定式报警仪：拟在 TOMO 机房内设置固定式辐射剂量监测仪（探头一般设置在机房迷道内入口处），并设置有有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内，只要迷道内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

本项目 TOMO 机房辐射安全设施布置图详见图 10-4，辐射安全联锁逻辑示意图详见图 10-5。以上辐射防护措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。

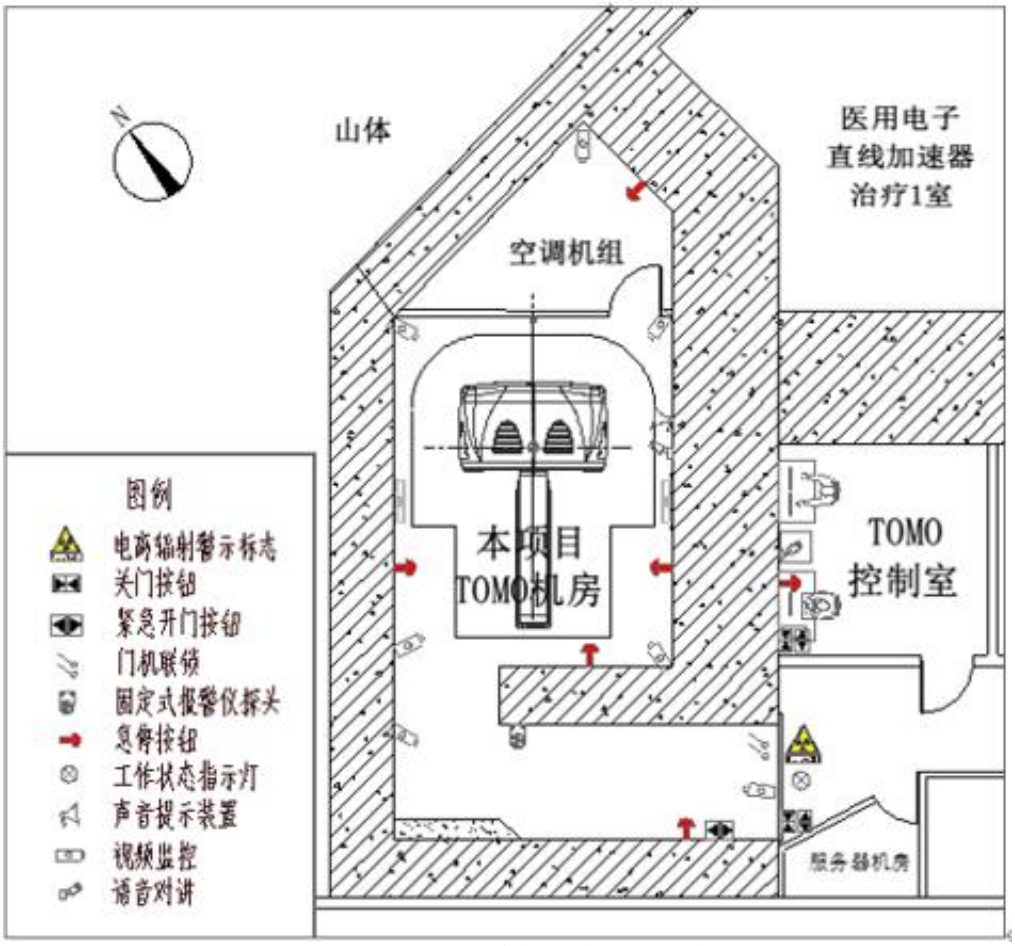


图 10-4 本项目 TOMO 机房辐射安全设施布置示意图

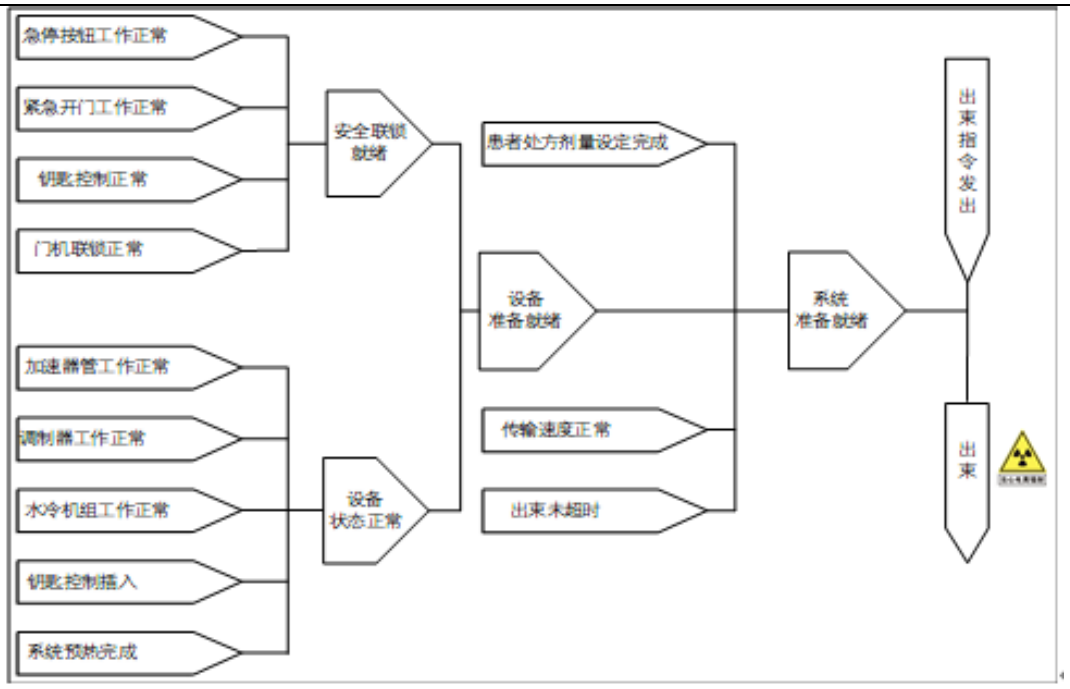


图 10-5　TOMO 安全联锁逻辑示意图

三、辐射安全防护设施对照分析

根据《辐射安全与防护监督检查技术程序》将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-3。

表 10-3 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目		规定的措施	落实情况	备注
TOMO 项目	场所设施	四周墙体+迷道+屋顶防护	已有，拟改建	/
		铅防护门	已有，利旧	/
		通风系统	拟改建	/
	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带钥匙开关	/
		控制台有紧急停机按钮	设备自带	/
		视频监控及对讲装置	/	拟配置
		治疗室门与高压联锁	设备设有门机联锁装置	/
	警示装置	入口当心电离辐射警告标识	/	拟配置
		入口有加速器工作状态显示	防护门上方设置工作状态指示灯	拟配置
		工作场所分区及标识	/	拟设置
	治疗室紧急设施	屏蔽门内开门按钮	设有紧急开门按钮	/
		治疗室门防夹人装置	/	拟设置
		紧急照明或独立通道照明系统	/	拟设置
		治疗室内急停按钮	/	拟配置
		治疗床急停按钮	设备自带	/
监测设备		固定式报警仪	已设计	/
		便携式 X-γ 巡检仪	利旧使用 1 台	/

	个人剂量报警仪	利旧使用 2 台	/
	个人剂量计	每名辐射工作人员均配备 1 套，均利旧使用	/

四、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，医院将投入一定资金建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-4。

表 10-4 环保设施及投资估算一览表

项目		规定的措施	数量	金额（万元）
新增使用医用射线装置项目	场所设施	四周墙体+迷道+屋顶防护	*	*
		铅防护门	*	*
		通风系统	*	*
	控制台及安全联锁	视频监控及对讲装置	*	*
		治疗室门与高压联锁	*	
	警示装置	入口当心电离辐射警告标识	*	*
		入口有加速器工作状态显示	*	
		工作场所分区及标识	*	
	治疗室紧急设施	屏蔽门内开门按钮	*	*
		治疗室门防夹人装置	*	
		紧急照明或独立通道照明系统	*	
		治疗室内急停按钮	*	
	监测设备	固定式报警仪	*	*
		便携式辐射巡测仪	*	*
		个人剂量报警仪	*	
		个人剂量计	*	
	其他	其他环保投资（人员个人剂量监测及职业健康体检、人员培训、应急物资及验收监测等）	*	*
	合计			*

今后医院在核技术利用项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合医院实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时医院应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

一、废水治理

本项目 TOMO 冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。本项目工作人员和候诊患者产生的生活污水均依托医院已有的污水处理站处理。

二、废气治理

本项目 TOMO 治疗过程中产生的 X 射线，会使治疗室内的空气电离，产生少量臭氧和氮氧化物。

为满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中关于 “进风口应设在机房上部，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”的要求，本次拟对机房原有通排风系统进行改造，利旧使用原有通排风口并新增部分通排风管道，机房已有本次改造内容仅涉及在机房内部新增布设通排风管道及通排风口，不新增穿墙孔洞，不会对原有屏蔽体结构进行破坏。

本项目机房通排风管道及屋面排风口如图 10-6 所示（略）。

三、噪声

本项目噪声主要来源于机房内通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值低于 60dB（A），噪声对周围环境影响较小。

四、固体废物处理措施

本项目 TOMO 工作过程不产生放射性固体废物。本项目工作人员工作中会产生少量的生活垃圾和办公垃圾，候诊病人候诊过程中产生少量的生活垃圾，院区内设置一处生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中分类暂存，由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。医院设有医疗废物暂存间，产生的医疗废物在此集中暂存，交由有资质单位进行统一收集、清运和处置。

五、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目使用的射线装置在进行报废处理时，应将该射线装置的高压射线管进行拆卸并破碎处理等去功能化措施并按相应要求执行报废程序。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、施工阶段的环境影响分析

本项目原机房建设施工期环境影响已在《宜宾市第二人民医院放射性同位素、射线装置项目环境影响报告表》中进行评价，本报告不再赘述，原 ^{60}Co 后装治疗机房已随主体工程一同修建完成。本项目施工内容主要为增加机房部分屏蔽体、通排风系统、辐射安全联锁机构改造、室内装修及设备安装调试。本项目施工工艺简单、施工周期短、施工范围小，通过对施工时段的控制以及施工现场严格管理等手段，可使本项目施工期环境影响的范围和强度进一步减小。施工结束后，同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

1、大气污染防治措施

本项目在建设施工期需进行的混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆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：

（1）及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；

（2）车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；

（3）施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

2、噪声污染防治措施

整个建筑施工阶段，如混凝土搅拌机、卷扬机及载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时需严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的要求，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，如需连续施工，在夜间施工而产生环境噪声污染时，按《中华人民共和国噪声污染防治法》的规定，需取得当地人民政府或有关主管部门的证明，并公告附近居民。

3、固体废物污染防治措施

项目施工期间，会产生一定量建筑垃圾、装修垃圾及施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾均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，生活垃圾分类收集后交由市政环卫部门处置。

4、废水污染防治措施

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水循环使用，生活污水产量较小，可依托厂区现有污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不会对周边地表水体造成不利影响。

综上所述，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内局部区域，对周围环境影响较小。同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目涉及射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目射线装置的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置的运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

由于本项目涉及的射线装置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。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

宜宾市第二人民医院拟将肿瘤院区门诊住院综合楼负二层放疗科原 ^{60}Co 后装治疗机房改建为 1 座 TOMO 机房并配备 1 台 TOMO，型号为 Tomo C，其 X 射线最大能量为 6MV，6MV 时 0.85 米处最大输出剂量率为 8.5Gy/min，年出束治疗时间约 500h，物理师的质量控制验证出束时间约 50h/a，则设备总出束时间约为 550h/a。

医院本次拟配备的 TOMO 带有 CT 影像系统，由于机房的防护均为混凝土结构且厚度最薄处也为 1200mm 厚混凝土，远远超过《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相关要求，故可忽略其对周围环境的辐射影响。

综上所述，从保守角度出发，在 TOMO 机房设计的尺寸厚度基础上，假定加速

器最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。本项目 TOMO 机房的关注点设定如图 11-1 所示。

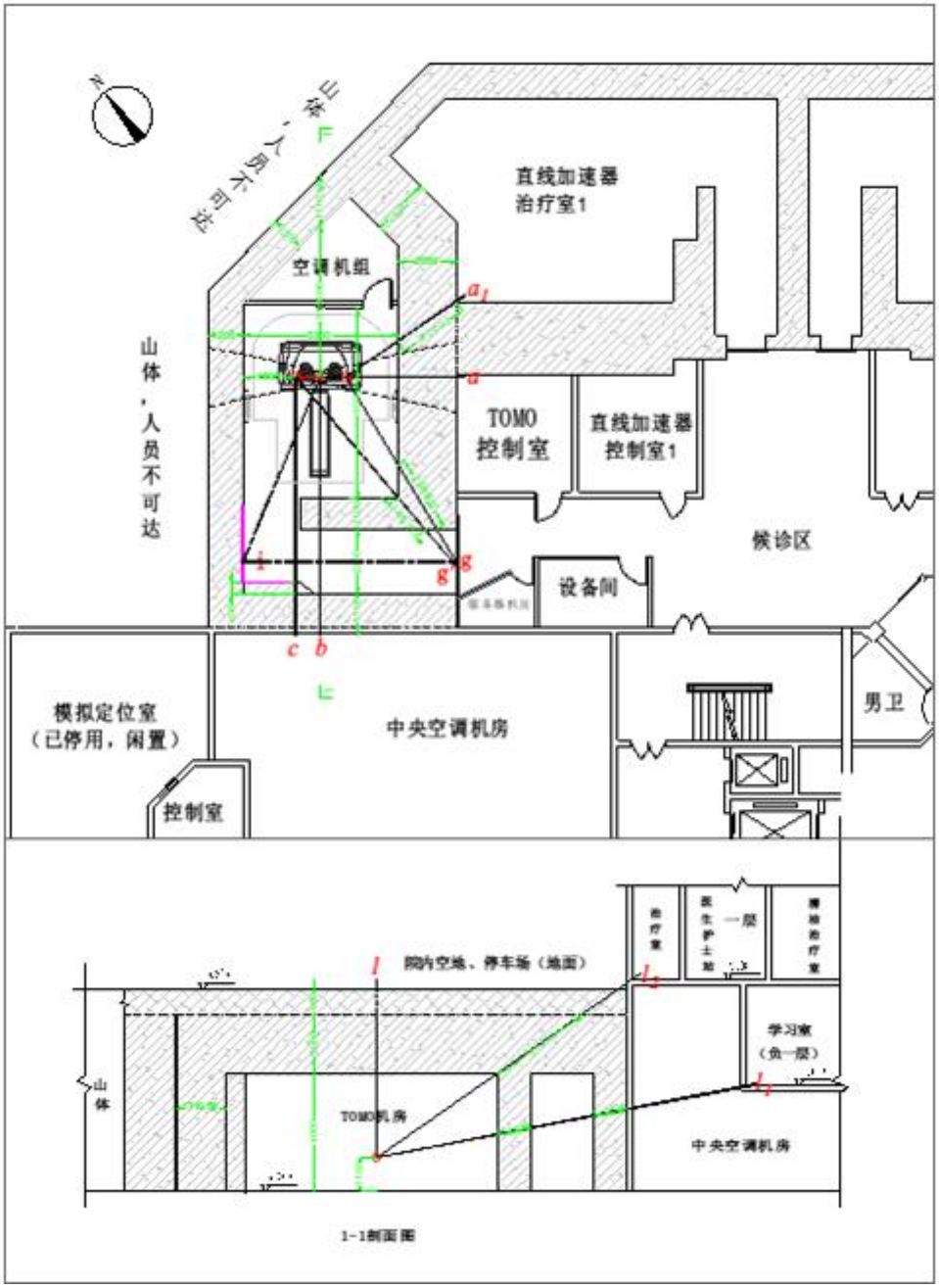


图 11-1　TOMO 机房关注点位置示意图

（一）TOMO 机房关注点剂量率参考水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中相关规定及本项目机房周开机治疗时间，估算得到机房外 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平$\dot{H}_c$。

$$\dot{H}_{c,\ d} = H_c/(t \cdot U \cdot T) \cdots\cdots \text{公式 11-1}$$

式中：$\dot{H}_{c,\ d}$—导出剂量率参考控制水平，μSv/h；

H_c—周剂量率参考控制水平 μSv/周；根据 HJ 1198-2021 中 6.1.4 的 a)，机房外辐射工作人员：H_c≤100μSv /周；机房外非辐射工作人员：H_c≤5μSv/周；

t—治疗装置周工作时间，根据医院提供资料，本项目 TOMO 年出束治疗时间约 550h，则周治疗照射时间为：t=11h/周；

U—关注位置的方向照射的使用因子；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子。

根据公式 11-1 并结合图 11-1，本项目 TOMO 机房各关注点剂量率参考水平详见表 11-1。

表 11-1 本项目 TOMO 机房各关注点剂量率参考水平一览表

关注点	T	U	H_c（μSv/周）	t（h）	$\dot{H}_{c,\ d}$（μSv/h）	$H_{c,\ max}$（μSv/h）	$\dot{H}_c$（μSv/h）
东南墙 a 点	*	*	*	*	9.09	2.5	2.5
东南墙 a_1 点	*	*	*		0.91	2.5	0.91
西南墙 b 点	*	*	*		1.82	2.5	1.82
西南墙 c 点	*	*	*		1.82	2.5	1.82
迷路入口防护门内 g'点	*	*	*		/	/	0.5
迷路入口防护门外 g 点	*	*	*		3.64	2.5	2.5
顶部 l 点	*	*	*		1.82	2.5	1.82
顶部 l_1 点	*	*	*		1.82	2.5	1.82
顶部 l_2 点	*	*	*		0.91	2.5	0.91

注：1.$\dot{H}_c$为 $H_{c,\ max}$ 与导出的剂量率参考控制水平$\dot{H}_{c,\ d}$二者中选择较小者；
2.各关注点位于屏蔽体外 30cm 处；
3.机房西北侧及东北侧均为山体，人员不可达。

本项目 $H_{c,\ max}$ 取 HJ 1198-2021 中 6.1.4 给出关注点最高剂量率参考水平 $H_{c,\ max}$ ≤2.5μSv/h（人员居留因子＞1/2 场所）和 $H_{c,\ max}$ ≤10μSv/h（人员居留因子≤1/2 场所），本项目综合考虑均按照 $H_{c,\ max}$ ≤2.5μSv/h 考虑。

（二）屏蔽效果估算

本项目TOMO系统机架旋转治疗筒内，有用束对应的筒壁区带有15.2cm的铅板，由于其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。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中“D.2 螺旋断层加速器放射治疗装置与机房屏蔽示例”

“D2.3.1：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，也按泄漏辐射考虑 ”，则本项目TOMO机房忽略患者散射辐射，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，也按泄漏辐射考虑。

1、机房屏蔽体外辐射剂量率核算

本报告使用 GBZ/T 201.2-2011 的相关公式计算机房屏蔽效果，在给定的屏蔽物质厚度 X（cm）时，首先计算有效厚度X_e（cm），估算屏蔽体的屏蔽透射因子B，再计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$X_e = X/\cos\theta \cdots\cdots \text{公式 11-2}$$

$$B = 10^{-(X_e+TVL-TVL_1)/TVL} \cdots\cdots \text{公式 11-3}$$

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \cdot f \cdot B/R^2 \cdots\cdots \text{公式 11-4}$$

式中：X——设计屏蔽厚度，cm；

θ——斜射角；

X_e——等效屏蔽厚度，cm；

B——屏蔽透射因子；

TVL_1（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_1 时，$TVL_1=TVL$。可根据加速器 X 射线能量查 GBZ/T 201.2-2011 的附录 B 表 B.1；

$\dot{H}_0$——设备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，μSv·m^2/h，本项目为 6MV 时为 3.68×10^{8}μSv·m^2/h；

R——靶点至关注点的距离，m，本项目关注点为相应屏蔽体外 30cm；

f——对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，0.1%。

将各参数代入公式计算，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（μSv/h），辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-2。

表 11-2 屏蔽体外关注点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	东南墙 *a* 点	东南墙 a_1 点	西南墙 *b* 点	西南墙 *c* 点	顶部 *l* 点	顶部 l_1 点	顶部 l_2 点
X（cm）	*	*	*	*	*	*	*
X_e（cm）	*	*	*	*	*	*	*
TVL_1（cm）	*						
TVL（cm）	*						
B	*	*	*	*	*	*	*
R（m）	*	*	*	*	*	*	*
$\dot{H}_0$（μSv·m²/h）	*						
f	*						
$\dot{H}$（μSv/h）	4.14×10^{-3}	1.05×10^{-4}	1.82×10^{-4}	4.73×10^{-2}	1.89×10^{-3}	5.88×10^{-5}	3.81×10^{-9}
$\dot{H}_e$（μSv/h）剂量率参考控制水平	2.5	0.91	1.82	1.82	1.82	1.82	0.91
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：X_e 由 CAD 图纸量出。

2、迷道内墙屏蔽设计核算（防护门内）

TOMO 靶点位于 O_1 和时 O_2，g'点辐射剂量率最大，泄漏辐射起决定性作用（泄漏辐射）。混凝土的 TVL_1 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，分别为 TVL_1=34cm，TVL=29cm。预测参数及计算结果见表 11-3。

表 11-3 穿过迷路内墙在 g′点的泄漏辐射剂量率估算值

参数	机房入口处（$O_1 \rightarrow g'$）	机房入口处（$O_2 \rightarrow g'$）
X（cm）	*	*
X_e（cm）	*	*
TVL_1	*	
TVL	*	
B	*	*
R（m）	*	*
$\dot{H}_0$（μSv·m²/h）	*	
f	*	
$\dot{H}$（μSv/h）	1.22×10^{-5}	8.08×10^{-2}
$\dot{H}_e$（μSv/h）剂量率参考控制水平	0.5μSv/h	0.5μSv/h
评价结果	满足	满足

3、机房入口防护门屏蔽效果核算

（1）射线路径（射线类型）：$O_1 \rightarrow O \rightarrow i \rightarrow g$（散射射线）。

（2）计算模式及参数选择：

g 点处的散射辐射剂量率按照公式 11-5 计算，g 点辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-4。

$$H_s = \frac{\alpha_{ph}\cdot(\frac{F}{400})}{R_1^2}\cdot\frac{\alpha_2\cdot A}{R_2^2}\dot{H}_0 \quad \cdots\cdots\text{公式 11-5}$$

式中，$\dot{H}_0$、α_{ph}、F 意义同前文；

α_2—砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，本项目 g 处的入射角取 45°，散射角取 0°，具体取值见 GBZ/T 201.2-2011 附录表 B.6；

α_3—砼墙入射的患者散射辐射的散射因子；

A—i 处的散射面积，m²；

R_1—等中心点到 i 之间的距离（由 CAD 图纸上读出），m；

R_2—i 到 g 之间的距离（由 CAD 图纸上读出），m。

表 11-4　g 处的散射辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	g 点
$\dot{H}_0$（μSv·m²/h）	*
α_{ph}	*
F	*
α_2	*
R_1	*
R_2	*
A	*
g 点散射辐射剂量率（估算值）	15.10μSv/h

入口门外的总辐射剂量率按公式 11-6 计算，入口防护门外辐射量率计算参数和计算结果见表 11-5。

$$\dot{H} = \dot{H}_{散} \cdot 10^{-\left(\frac{X}{TVL}\right)} + \dot{H}_{og} \cdots\cdots 公式\ 11\text{-}6$$

式中：$\dot{H}_{散}$是 g 处的散射辐射剂量率，$\dot{H}_{og}$是 g 处的泄漏辐射剂量率；

X—防护门铅屏蔽厚度，cm；

TVL—辐射在铅中的什值层，cm，取 0.5cm

表 11-5 防护门外的辐射剂量率核算值

参数		g 点
$\dot{H}_s$		*
X		*
TVL		*
$\dot{H}_{og}$		8.08×10^{-2}μSv/h
入口门外关注点总辐射剂量 $\dot{H}$	估算值	1.034μSv/h
	控制值	2.5μSv/h
	评价结果	满足

4、预测计算结果汇总及评价

综上所述，TOMO 机房墙、顶、门外理论估算结果汇总见表 11-6。

表 11-6　TOMO 机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

关注点	剂量率估算值（μSv/h）	参考控制水平（μSv/h）	结论
东南墙 a 点	4.14E-03	2.50	满足
东南墙 a_1 点	1.05E-04	0.91	满足
西南墙 b 点	1.82E-04	2.50	满足
西南墙 c 点	4.73E-02	0.45	满足
顶部 l 点	1.89E-03	1.82	满足
顶部 l_1 点	5.88E-05	1.82	满足
顶部 l_2 点	3.81E-09	0.91	满足

迷路入口防护门外 *g* 点	1.034	2.5	满足

由表 11-6 可知，TOMO 机房机房运行时，其周围关注点处辐射剂量率低于 2.5μSv/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的限值要求。

（三）与原核技术利用项目叠加影响

本项目 TOMO 机房位于门诊住院综合楼负二层放疗科西北部，其东南侧为医用电子直线加速器治疗 1 室、2 室及 CT 机房，西南侧为模拟定位室及 ^{192}Ir 后装治疗机房，故综合考虑负二层放疗科各辐射工作场所同时运行时对辐射工作人员及公众的叠加影响。

医院肿瘤院区负二层放疗科各辐射工作场所均设置良好的屏蔽措施，经机房屏蔽及距离衰减后，医用电子直线加速器治疗 2 室、CT 机房及 ^{192}Ir 后装治疗机房产生的叠加辐射环境影响较小，西南侧模拟定位室内模拟定位机已停用闲置，后期拟报废不再使用，故本次仅考虑与 TOMO 机房紧邻的医用电子直线加速器治疗 1 室的叠加影响。根据医院提供 2024 年辐射工作场所年度监测报告显示，直线加速器治疗 1 室运行时，其机房周围辐射剂量率监测值为（0.11~0.13）μSv/h（详见附件 7）。

综上所述，本项目保守选取 TOMO 机房控制室、东南侧候诊区、西南侧控制室及上方院内地面（空地和停车场）分别作为辐射工作人员及公众的辐射剂量率叠加分析关注点位，辐射剂量率叠加结果如表 11-7 所示。

表 11-7 本项目辐射剂量率叠加估算结果一览表

关注点位	辐射剂量率（μSv/h）		
	理论预测值	监测值①	总计
	TOMO 机房	医用电子直线加速器治疗 1 室	
控制室	4.14E-03 （*a* 点）	0.13	0.134
候诊区	1.034（*g* 点）	0.13	1.164
上方地面	1.89E-03 （*l* 点）	0.12	0.122

注：①该监测值取自监测报告相应方位最大监测值（均未扣除本底）；

②关注点辐射剂量率保守选取该方位屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率预测值或最大监测值，关注点位距机房墙体相对较远（远大于表面 30cm），故叠加处公众所受的辐射剂量将小于上述理论计算值。

综上所述，本项目邻近辐射工作场所同时运行时，其周围关注点处辐射剂量率低于 2.5μSv/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）等相关标准要求。本项目 50m 评价范围内环境保护目标距 TOMO 机房相对较远（远大于表面 30cm），故本项目 50m 评价范围内各环境保护目标处辐射剂量率将远小于上述表 11-6 和表 11-

7 理论计算值，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）等相关标准要求。

（四）人员所受年有效剂量

1、计算模式

关注点人员的年有效剂量由《辐射防护导论》给出的公式进行估算：

$$D_{Eff} = \dot{H} \cdot t \cdot T \cdot U \cdots\cdots \text{公式 11-7}$$

式中：D_{Eff}—关注点人员有效剂量（Sv）；

$\dot{H}$—关注点的辐射剂量率（Sv/h）；

t—关注点处受照时间（h）；

T—居留因子，全部居留 T=1，部分居留 T=1/4，偶尔居留 T=1/16；

U—使用因子。

2、预测结果

将表 11-6 中 TOMO 机房外各典型关注点处的辐射剂量率估算值代入公式 11-7，根据医院预测的诊疗需要，本项目 TOMO 机房投入使用后，预计每天接诊病人约 40 人次，TOMO 年出束治疗时间约 500h，物理师的质量控制验证出束时间约 50h/a，则设备总出束时间约为 550h/a；本项目医生、护士和物理师会在部分患者首次治疗时在对应的控制室内观察治疗情况受照时间约占设备正常治疗出束时间的 1/5，即 100h。

TOMO 放疗技师的受照时间为设备正常治疗的出束时间约 500h，医生和护士受照时间约 100h（患者首次治疗观察），物理师受照时间约 150h（患者首次治疗观察+质量控制验证），周围公众所受照时间需要考虑设备正常治疗出束时间和物理师非工作日质量控制验证时的出束时间的叠加影响，即 550h。

综上所述，考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子，估算公众及辐射工作人员的年有效剂量，计算结果列于表 11-8。

表 11-8 TOMO 机房周围人员年有效剂量

关注点所在场所	点位	居留因子 *T*	使用因子 *U*	辐射剂量率（μSv/h）	时间（h）	年有效剂量（mSv/a）	剂量约束值 (mSv/a)	结论
TOMO 控制室	*a*	*	*	*	*	6.70E-02	5	满足
					*	2.01E-02	5	满足
					*	1.34E-02	5	满足
医用电子直线加速器治疗 1 室	a_1	*	*	*	*	2.89E-05	0.1	满足
中央空调机房	*b*	*	*	*	*	2.50E-05	0.1	满足
中央空调机房	*c*	*	*	*	*	6.50E-03	0.1	满足
院内空地、停车场	*l*	*	*	*	*	1.68E-02	0.1	满足
负一层学习室	l_1	*	*	*	*	8.09E-06	0.1	满足
一层治疗室	l_2	*	*	*	*	1.05E-09	0.1	满足
机房入口处	*g*	*	*	*	*	8.00E-02	0.1	满足

由上表结果可知，本项目 TOMO 机房正常运行，辐射工作人员所受最大年有效剂量为 6.70E-02mSv/a，周围公众所受最大年有效剂量为 8.00E-02mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）剂量限值要求，均低于本报告执行的剂量约束值（职业：5mSv/a，公众：0.1 mSv/a）。

3、辐射工作人员剂量年有效剂量叠加

本项目拟配置辐射工作人员 6 人，辐射工作人员均为医院原有辐射工作人员调配至本项目，配备至本项目后，仍从事原有辐射工作，故综合考虑辐射工作人员所受年有效剂量，对其所受年有效剂量进行叠加计算。根据医院提供的 2024 年个人剂量监测结果（详见附件 8），院内从事放射治疗工作的辐射工作人员个人剂量最大监测值为 0.210mSv，本项目辐射工作人员年有效剂量叠加计算结果如下表所示：

表 11-9 本项目辐射工作人员年有效剂量叠加结果

人员类别	本项目最大理论预测值（mSv/a）	辐射工作人员最大监测值（mSv/a）	合计（mSv/a）	剂量约束值（mSv/a）
辐射工作人员	6.70E-02	0.210	0.277	5

4、汇总

综上所述， TOMO 机房周围辐射工作人员及公众所受年有效剂量汇总如下：

表 11-10 辐射工作人员及公众所受最大年有效剂量汇总表

人员类别	参考位置	所受最大年有效剂量（mSv/a）	照射类型	剂量约束值（mSv/a）
辐射工作人员	控制室内	0.277	职业	5
公众	机房入口处	8.00E-02	公众	0.1

由上表结果可知，本项目 TOMO 全年正常运行，辐射工作人员所受最大年有效剂量为 0.277mSv/a，周围公众所受最大年有效剂量为 8.00E-02mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）剂量限值要求，均低于本报告执行的剂量约束值（职业：5mSv/a，公众：0.1 mSv/a）。

（五）其他保护目标的环境影响分析

本项目 TOMO 机房位于肿瘤院区门诊住院综合楼负二层， 50m 范围均涉及医院院界外。根据确定的评价范围，本项目辐射环境保护目标为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患及院内外其他公众。

由于本项目院内四周环境保护目标距机房墙体相对较远（远大于表面 30cm），故本项目保守对院外环境保护目标所受剂量进行理论预测，辐射剂量率叠加结果如下表所示：

表 11-11 本项目院外保护目标辐射环境影响分析

关注点位	参考点位	辐射剂量率（μSv/h）	受照时间（h/a）	年有效剂量 (mSv/a)
东侧寓苑小区居民楼部分区域	*a*	5.34E-08	550	2.94E-08
西南侧宜宾市龙湾路集中办公区部分区域	*c*	2.40E-06	550	1.32E-06
西北侧临街商铺及居民楼部分区域	/	3.90E-05	550	2.14E-05
北侧量典·启辰小区居民楼部分区域	/	1.59E-04	550	8.75E-05

注：1.本项目拟建址位于地下负二层，地面保护目标与机房距离保守均取对应位置处水平距离；
2.保守不考虑土层的屏蔽效能；西北侧及北侧屏蔽体保守均取 120mm 混凝土核算；
3.公众居留因子和使用因子保守均取 1。

根据上表可知，本项目周围环境保护目标处辐射剂量率均低于 2.5μSv/h，公众所受年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）剂量限值要求，均低于本报告执行的剂量约束值（公众：0.1 mSv/a）。

（六）机房门缝、通风系统及电缆沟辐射防护评价

本项目 TOMO 机房防护门为利旧使用，其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，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。

本项目 TOMO 机房进风管道穿墙处采用“S”型穿墙设计，排风管道穿墙处均采用“U”型穿墙管道，机房进出风管道避开主射线方向，射线经多次散射后，风管道进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”型穿墙管道，未破坏机房墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

（七）CT 辐射防护评价

医院本次配备的 TOMO 带有一套 kVCT 系统，其最大管电压为 140kV，远远小于 TOMO 的最大 X 射线能量 6MV， TOMO 机房的防护均为混凝土结构且厚度最薄处为 1200mm 厚混凝土，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相关要求，对周围环境的辐射影响较小。

二、非辐射环境影响分析

1、废水

本项目产生的废水均依托医院已有污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）后进行排放，外排进入市政污水管网，并最终经城市污水处理厂处理后外排。

2、废物

本项目工作人员工作中会产生少量的生活垃圾和办公垃圾，候诊病人及家属候诊过程中产生少量的生活垃圾，院区内设置一处生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中分类暂存，由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。医院设有医疗废物暂存间，产生的医疗废物在此集中暂存，交由有资质单位进行统一收集、清运和处置。

3、废气

本项目 TOMO 机房每小时的换气次数满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“换气次数不少于 4 次/h”的要求。

本项目产生的少量臭氧及氮氧化物经排风系统引至室外楼顶排放，臭氧通过排风系统排入环境大气后，经自然分解扩散，对环境产生影响较小，满足《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中相关标准要求。

4、噪声

运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，该系统采用低噪声设备，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到相关标准要求，对周围环境产生影响较小。

5、射线装置报废

射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源和拆解加高压射线管），确保装置无法再次组装通电使用，并按照生态环境保护主管部门要求，履行相关报废手续。

事故影响分析

一、事故分级

根据《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）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事

故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见下表。

表 11-12 辐射事故等级划分表

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表。

表 11-13 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值（Gy）
骨髓型急性放射病	轻度	1.0~2.0
	中度	2.0~4.0
	重度	4.0~6.0
	极重度	6.0~10.0
肠型急性放射病	轻度	10~20
	重度	20~50
脑型急性放射病	轻度	＞50

二、辐射事故识别

（一）可能发生的辐射事故

本项目 TOMO 属于II类 X 射线装置，当设备运行时会产生 X 射线，关机时不会产生 X 射线，项目环境风险因子为 X 射线，根据其工作原理分析，考虑可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

（1）操作人员违反放射操作规程或误操作，造成意外照射；

（2）TOMO 机房联锁装置、声光报警系统等失效，治疗过程中工作人员或公众误留或误入治疗机房内，使其受到照射；

（3）TOMO 机房联锁装置失效，导致防护门在未完全关闭情况下出束治疗，致使射线泄漏到治疗机房外，给周围活动的人员造成不必要的照射。

（二）事故工况估算

（1）装置在运行时，人员误入或滞留机房内

①事故假设-人员误入

医务人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，控制室工作人员启动设备，造成滞留人员的误照射。

②剂量估算

假设考虑滞留人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头外 1m 远处的主射束方向，本项目开机治疗时， 设备 0.85m 处 X 射线的最大吸收剂量率为 8.5Gy/min。本项目机房内设置有“紧急停止”按钮，只要按下此按钮就可以停机，则事故情况下人员在机房内距设备不同距离处受到的辐射剂量见表 11-14。

表 11-14 装置在运行时，人员误入或滞留机房内所受剂量估算

与射线装置最近距离（m）	受照时间（s）	人员所受剂量（mSv）
1	5	511.77
	10	1023.54
	20	2047.08
	30	3070.63
2	5	127.94
	10	255.89
	20	511.77
	30	767.66
3	5	56.86
	10	113.73
	20	227.45
	30	341.18

通过上述计算，在以上假设事故情景下，误入人员在主射束方向 1m 处，受照射时间 5s，所受有效剂量为 511.77mSv/次，其所受剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值（职业人员 20mSv/a，公众 5mSv/a），属于一般辐射事故，但是若人员滞留时间较长，随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量可能将远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值，也可能造成更严重的辐射事故。

假设考虑误入人员在设备启动后立即进入迷道中，根据影响分析章节中的结果，迷道内的剂量率约为 15.10μSv/h。迷道内设置有“紧急停止”按钮，只要按下此按钮就可以停机，受照时间保守取 30s，则事故情况下人员在迷道内受到的辐射剂量约为 0.126μSv，人员受到的影响较小。

综上所述，一旦发现有其他无关人员误入机房内，操作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源，同时误入人员应立即撤离至迷道内并按下“紧急停止”按钮，尽量缩短受照时间。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

（三）事故工况辐射影响分析

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表 11-15。

表 11-15 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
TOMO	X 射线	超剂量照射	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故

综上，本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线装置。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

三、事故防范措施

上述辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施加以防范，将辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在运行过程中可能发生的事故，本次评价提出以下防范措施，尽可能的减小或控制事故的危害和影响，主要体现在以下几个方面：

1、制定 TOMO 操作规程和安全规章制度，并严格落实操作规程等制度的“制度上墙”要求（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在放射治疗操作时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员须按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作。

2、每季度按照辐射安全管理制度开展辐射安全防护设施设备的日常检查和维护，检查工作状态指示灯、急停开关、门-灯联锁、门-机联锁、固定式剂量报警仪及相关设施设备的完好性，测试联锁装置功能确保正常，并做好记录。发现辐射防护设施设备存在隐患或问题，应及时维修待功能恢复正常后再开展辐射工作。

3、定期对 TOMO 射线装置采取的安全防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

4、加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

5、制定事故应急预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

6、在治疗过程中应注意对被检者的防护，合理使用 X 射线，实施医疗照射防护最优化的原则，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。

7、严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测。

四、应急措施

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效的采取以下应急措施：

1、一旦发现有其他无关人员误入机房内，操作人员应立即利用最近的紧急停机按钮切断设备电源。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安全事故应急处理小组及上级领导报告。辐射安全事故应急处理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主管部门、卫生健康等主管部门。

3、迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

4、事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和原国家环境保护总局环发[2006]145 号文件之规定，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预案，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报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

宜宾市第二人民医院待项目建成后需及时修订事故应急预案，将本次新建的 TOMO 工作场所项目纳入其中，能确保事故情况下的影响处于可控范围内。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、关于辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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。

宜宾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（详见附件 9）。

二、辐射工作人员配置和能力分析

根据医院提供的年度评估报告（详见附件 6）可知，宜宾市第二人民医院现有辐射工作人员 499 人，均持证上岗。本项目 TOMO 拟配置辐射工作人员 6 名，均为医院现有辐射工作人员。医院可根据今后开展的项目和工作量等实际情况适当增减及调配辐射工作人员编制，医院应做好辐射工作人员管理工作。

1、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）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟配置的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，每 5 年接受一次再培训考核。

2、在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。

3、医院应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

本项目辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行辐射安全与防护相关知识的学习及考核，考核合格后持证上岗；同时医院应组织辐射工作人员进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射治疗工作。

在此基础上，环评认为，本项目辐射工作人员的配置可满足要求。

辐射安全管理规章制度

一、规章制度

根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（川环函〔2025〕616 号）的相关要求中的相关规定，将建设单位现有的规章制度落实情况进行对比说明，具体见表 12-1。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》		医院制定情况	备注
	制度	具体制度要求		
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	明确相关人员的管理职责，全面负责单位辐射安全与环境保护管理工作。	已制定	将本项目射线装置纳入其中
2	辐射工作场所安全管理规定	根据单位具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是射线装置运行和维修时辐射安全管理。	已制定	将本项目射线装置纳入其中
3	辐射工作设备操作规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确操作步骤、出束过程中必须采取的辐射安全措施。	已制定需完善	将本项目射线装置纳入其中
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	明确射线装置维修计划、维修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，确保射线装置保持良好的工作状态。	已制定需完善	将本项目射线装置纳入其中
5	辐射工作人员岗位职责	明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任。	已制定需完善	应包含本项目辐射工作人员
6	射线装置台账管理制度	应记载射线装置台账，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台帐的管理人员和职责，建立台帐的交接制度。	已制定需完善	将本项目射线装置纳入其中
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	/	已制定需完善	将本项目射线装置纳入其中
8	监测仪器使用与校验管理制度	/	已制定需完善	将本项目监测仪器纳入其中
9	辐射工作人员培训制度	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工	已制定	应包含本项目拟新增辐

		作人员参加辐射安全和防护培训，辐射工作人员须通过考核后方可上岗。		射工作人员
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	在操作射线装置时，操作人员必须佩戴个人剂量计。医院定期将个人剂量计送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案，在进行个人剂量监测的同时定期进行体检，建立健康档案，健康档案应终生保存。	已制定需完善	应包含本项目辐射工作人员
11	辐射事故应急预案	针对医用射线装置应用可能产生的辐射事故应制订较为完善的事故应急预案或应急措施。	已制定	将本项目射线装置纳入其中
12	质量保证大纲和质量控制检测计划	/	已制定	/

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》等有关要求，使用射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。医院应根据本项目的特点制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理，并且根据国家发布的新的相关法律法规内容，结合医院实际情况及时对各项规章制度补充完善，使之更能符合实际需要。

二、需上墙的规章制度

按照《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（川环函〔2025〕616 号）要求，医院应根据《辐射事故应急预案》编制《辐射事故应急响应程序》，并将《辐射事故应急响应程序》悬挂于辐射工作场所醒目位置，制度的内容应字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

三、档案管理

根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（川环函〔2025〕616 号）要求医院应加强档案管理：

1、档案管理内容：医院应根据使用放射性同位素和射线装置的情况，按照档案管理的要求，将项目环境影响评价、辐射安全日常管理、涉及放射性同位素转让、进口、出口、回收（收贮）、异地使用的相关审批备案表等相关资料归档存放。

2、档案管理方式：医院应落实人员归口管理单位辐射安全管理档案；因工作原因需要将原件留在辐射工作场所现场的使用记录、监测记录或交接记录等资料，管理部

门可定期收集保存复印件副本，保证资料完整。

3、档案资料分类：辐射安全管理档案资料可参考以下分类“单位许可制度执行资料”“项目环保手续履行资料”“台账管理档案”“辐射工作人员管理档案”“工作场所档案管理”“辐射事故应急管理资料”“年度评估报告”“整改落实资料”等资料。

四、年度辐射安全评估制度

建设单位应建立年度辐射安全评估制度，医院应根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》中《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告格式》的要求开展自查评估，并适时在全国核技术利用辐射安全申报系统填报单位相关信息。

医院应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。年度评估报告应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内容。在上报之前，应审核评估报告并将报告内容与往年进行对比，核实是否存在异常。

五、核技术利用辐射安全申报系统要求

根据生态环境部信息化管理要求，辐射工作单位办理辐射安全许可证审批环保手续时需在全国核技术利用辐射安全申报系统进行网上申报。

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，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

一、工作场所监测

（一）年度监测

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

宜宾市第二人民医院已委托有资质单位开展了 2024 年度的在用核技术利用项目

的年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求。

（二）医院日常自我监测

医院定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为 1 次/季度。

（三）监测内容和要求

1、监测内容：X-γ 辐射剂量率。

2、监测布点及数据管理：本项目监测布点可参考环评提出的监测计划（表 12-2）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。

表 12-2　工作场所监测计划建议

场所名称	监测项目	监测周期	监测点位①
TOMO 机房	X-γ 辐射剂量率	建设项目竣工后 3 个月内委托有资质的单位进行竣工环境保护验收监测	四周屏蔽体外 30cm 处、顶部上方距地面 100cm 处、防护门外（含四周门缝处）等人员可达处 。
		委托有资质的单位进行年度监测，频率为 1 次/年	
		自行开展辐射监测，频率为 1 次/季度	

注：①本项目 TOMO 机房下方无建筑。

3、监测范围：控制区和监督区域及周围环境

4、监测质量保证

（1）制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

（2）采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

（3）制定辐射环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不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。

二、个人剂量监测

（一）个人剂量监测管理要求

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片，根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）“常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小，剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为1个月，最长不得超过3个月”。

1、当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。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）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

3、根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019），就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

4、辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。医院应当将个人剂量档案保存终生。

（二）医院个人剂量监测现状

宜宾市第二人民医院已委托有资质单位对医院辐射工作人员进行了个人剂量监测，监测结果均未超过医院制定的剂量约束值。

医院应加强辐射管理工作，杜绝剂量计损坏或丢失的情况发生，对医院所有参与辐射工作的人员进行个人剂量检测，并建立剂量管理限值和剂量评价制度，优化实践行为，做好个人剂量档案及职业健康检查档案工作。

辐射事故应急

一、事故应急预案内容

为了应对放射治疗中的事故和突发事件，医院须完善和修订辐射事故应急预案。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，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处

理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理；

2、应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话；

3、应急人员的培训；

4、环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

5、辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话；

6、发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地县级地方人民政府及其生态环境、公安、卫生健康等部门报告。

在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效采取以下应急措施：

1、发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，同时向医院主管领导报告。

2、医院根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

3、事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

4、最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：宜宾市第二人民医院新增医用射线装置使用项目

项目性质：改建

建设单位：宜宾市第二人民医院

建设地点：四川省宜宾市叙州区南广路 268 号

建设内容与规模：

宜宾市第二人民医院拟将肿瘤院区门诊住院综合楼负二层放疗科已退役的 1 座 ^{60}Co 后装治疗机房改建为 1 座 TOMO 机房及其相关辅助用房开展肿瘤的放射治疗。

本次拟新增的 TOMO 设备型号为 Tomo C，属II类射线装置，其主要参数为：X 射线最大能量为 6MV， 6MV 时其 0.85m 处输出剂量率最大为 8.50Gy/min，其主射线方向设置有射束屏蔽系统；该设备自带一套 KVCT 成像，其最大管电压为 140kV，最大管电流为 200mA，设备年工作负荷约 550h（包括治疗出束时间 500h 和物理师质控时间 50h）。

二、产业政策符合性结论

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 1 条“医疗服务设施建设：预防保健、卫生应急、卫生监督服务设施建设，医疗卫生服务设施建设，传染病、儿童、精神卫生专科医院和康复医院（中心）、护理院（中心）、安宁疗护中心、全科医疗设施与服务，医养结合设施与服务”，是目前国家鼓励发展的项目。本项目的运营可为宜宾市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全区医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射实践的正当性，符合现行的国家产业政策。

三、实践正当性结论

宜宾市第二人民医院新增医用射线装置使用项目的目的是为了对病人进行医学治疗。在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

四、项目选址合理性结论

本次新建项目所在地的用地性质为医疗卫生用地。从周边外环境关系可知，医院周边规划为居民区和市政道路，本项目 50m 评价范围内无学校等其他环境敏感点。

宜宾市第二人民医院已于 2009 年 3 月完成了原机房环境影响评价工作，并于 2009 年 4 月 9 日取得四川省生态环境厅（原四川省环境保护局）关于该项目的批复。

本项目 TOMO 机房位于肿瘤院区门诊住院综合楼负二层北部，位于建筑底层，避开了医院的儿科病房、产房和门诊等特殊人群区域或人员密集区域，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）中关于选址与布局的规定。且本次拟建的辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

五、区域环境质量现状

根据监测结果，本项目拟建位置周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率与四川省生态环境厅《2024 年四川省生态环境状况公报》中宜宾市 γ 辐射空气吸收剂量率范围：（70~100）nGy/h 相较，本项目拟建址区域周围辐射环境监测值属于正常本底范围，β 表面污染水平检测结果为低于仪器探测下限。

六、代价利益分析

宜宾市第二人民医院新增医用射线装置使用项目符合区域医疗服务需要，能有效提高区域医疗服务水平，核技术在医学上的应用有利于提高疾病的治疗效果，能有效减少患者疼痛和对患者损伤，总体上大大节省了医疗费用，争取了宝贵的治疗时间，该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

为保护该项目周边其他科室工作人员和公众，对宜宾市第二人民医院新增医用射线装置使用项目加强了防护，从剂量预测结果可知，项目致工作人员所受附加剂量小于 5mSv、公众年所受附加剂量小于 0.1mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”及本项目剂量约束值的要求。因此，从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

七、环境影响分析结论

（一）施工期环境影响分析

本项目施工工程量较小，施工时间短，且随着施工结束后影响即可消除。

（二）营运期正常工况下辐射环境影响

1、辐射环境影响分析结论

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员和公众年剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a）。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

2、非放环境影响分析结论

本项目机房内设有通排风系统，运行期间产生的臭氧及氮氧化物均由通排风装置统一抽排至室外排放，排入环境大气后，经自然分解扩散，对周围环境影响较小。

本项目运行后，辐射工作人员和患者产生的生活污水及医疗废水均依托医院污水处理设施进行处理，处理后的废水经市政污水管网排入城市污水处理厂处理，对周围环境影响较小。

本项目噪声源为机房通排风系统，该系统采用低噪声设备，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到相关标准要求，对周围环境影响较小。

本项目产生的医疗废物采用专门的容器收集后转移至医院内医疗废物暂存间暂存，医院拟委托有资质单位定期进行统一收集、清运和处置，对周围环境影响较小。

本项目产生的少量的生活垃圾和办公垃圾，分类暂存于院区内生活垃圾暂存间，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置，对周围环境影响较小。

3、事故工况下环境影响

经分析，本项目可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故。环评认为，针对本项目可能发生的辐射事故，宜宾市第二人民医院须按相关规定完善辐射事故应急预案和辐射安全规章制度并认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、射线装置使用与安全管理的综合能力

宜宾市第二人民医院拥有专业的放射性医护人员和安全管理机构，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；已建立较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；在完善《辐射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》等相关管理制度后，认真落实并定期对辐射防护设施进行检查维护的前提

下，具有对医用辐射设施的使用和安全管理能力。

九、项目环境可行性结论

综上所述，本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布局合理。项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效；项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。在认真落实项目工艺设计及本报告表提出的相应防护对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众所受照射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的剂量限值和本环评提出的剂量约束值。评价认为，从辐射安全与防护以及环境影响角度分析，本项目建设是可行的。

建议和承诺

一、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度，对原有制度进行完善。

二、医院应加强管理，安排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（网址：http://fushe.mee.gov.cn）学习辐射安全和防护知识并进行考核，已取得辐射安全培训合格证，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员，需进行再培训，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台。

三、医院应于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并上传。

四、项目投入运行后，应经常检查辐射工作场所的当心电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

五、医院须重视控制区和监督区的管理。

六、根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目使用的射线装置在进行报废处理时，应将该射线装置的高压射线管进行拆卸并破碎处理等去功能化措施并按相应要求执行报废程序。

七、医院今后在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统，对相关信息进行修改。

八、本次环评射线装置工作场所，日后如有重大变化，应另作环境影响评价。

九、本项目建成后，医院应严格按照《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）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。

十、验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。验收报告公示期满后 5 个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。

“三同时”验收一览表

项目	“三同时”措施	预期效果
辐射安全管理机构		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		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的剂量约束值要求。
		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		满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。
监测仪器和防护用品		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。
辐射安全管理制度		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。

-