

核技术利用建设项目

新疆医科大学附属肿瘤医院小动物实验
室核技术利用项目
环境影响报告表

新疆医科大学附属肿瘤医院

2026年3月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新疆医科大学附属肿瘤医院小动物实验
室核技术利用项目

环境影响报告表

建设单位名称：新疆医科大学附属肿瘤医院

建设单位法人代表（签名或签章）：张永刚

通讯地址：新疆乌鲁木齐市新市区苏州东街 789 号

邮政编码：830011

联系人：戴珊珊

电子邮箱：1090466411@qq.com 联系电话：15699199639

目录

| | |
|--------------------------|----|
| 表 1 项目基本情况 | 1 |
| 表 2 放射源 | 3 |
| 表 3 非密封放射性物质 | 4 |
| 表 4 射线装置 | 5 |
| 表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） | 6 |
| 表6 评价依据 | 7 |
| 表 7 保护目标与评价标准 | 9 |
| 表8 环境质量和辐射现状 | 30 |
| 表9 工程分析与源项 | 34 |
| 表10 辐射安全与防护 | 44 |
| 表 11 环境影响分析 | 62 |
| 表 12 辐射安全管理 | 79 |
| 表 13 结论与建议 | 84 |
| 表 14 审批 | 88 |

附件：

附件1委托书

附件2辐射安全许可证及核医学楼环评批复

附件3关于调整放射防护及辐射安全管理委员会委员的通知

附件4防护考核培训证书

附件5个人剂量监测报告

附件6关于印发辐射事故应急处理预案(修订)的通知

附件7监测报告

附件8承诺文件

附件9原环评新疆天文台调查意见表

附图：

附图1现场调查照片

附图2项目平面图、剖面图

表 1 项目基本情况

| | | | | | |
|-------------|---|--|---|-----------------------|-------------|
| 建设项目名称 | | 新疆医科大学附属肿瘤医院小动物实验室核技术利用项目 | | | |
| 建设单位 | | 新疆医科大学附属肿瘤医院 | | | |
| 法人代表 | 张永刚 | 联系人 | 戴姗姗 | 联系电话 | 15699199639 |
| 注册地址 | | 新疆乌鲁木齐市新市区苏州东街 789 号 | | | |
| 项目建设地点 | | 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市新市区肿瘤医院北院区核医学楼负一层 | | | |
| 立项审批部门 | | / | | 批准文号 | / |
| 建设项目总投资（万元） | 800 | 项目环保投资（万元） | 50 | 投资比例（环保投资/总投资） | 6.25% |
| 项目性质 | | <input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 | | 占地面积（m ² ） | 138 |
| 应用类型 | 放射源 | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类 | | |
| | 非密封放射性物质 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> 制备PET用放射性药物 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | / | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> 乙 <input checked="" type="checkbox"/> 丙 | | |
| | 射线装置 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 | | |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类 | | |
| | 其他 | / | | | |
| | <p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位情况</p> <p>新疆医科大学附属肿瘤医院成立于1989年；1993年自治区批准新疆维吾尔自治区肿瘤防治研究所，院所合一。2004年医院被批准为新疆医科大学第三临床医学院及新疆维吾尔自治区肿瘤防治中心。历经30年的建设，现已成为集医疗、教学、科研和防治为一体的三级甲等肿瘤专科医院。</p> | | | | |

1.1.2 项目建设规模及目的

为了满足新疆医科大学附属肿瘤医院（以下简称“医院”）相关科研项目的开展及教学工作的需要，医院拟在已许可的北院区核医学楼负一层预留区域，扩建一处小动物实验室，开展新疆医科大学附属肿瘤医院小动物实验室核技术利用项目。

开展小动物实验室核技术利用项目，核心意义在于构建从基础研究到临床转化的定量核技术桥梁，通过活体、动态、高灵敏的核素示踪与成像能力，革新疾病机制研究、新药研发与核医学技术迭代，同时为辐射防护与核技术安全应用提供标准化实验依据，兼具重大科学价值、产业价值与社会价值。

1.1.3 任务由来

本项目使用 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{177}Lu 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 开展小动物核素实验，工作场所日等效最大操作量为 $1.85\text{E}+07\text{Bq}$ ，为丙级非密封放射性物质工作场所；配套使用小动物分子影像PET/CT成像系统（属于III类射线装置）。根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》可知，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172核技术利用建设项目”，项目应进行辐射环境影响评价并编制辐射环境影响报告表。为此医院于2026年2月正式委托乌鲁木齐星辰汇峰环保科技有限公司进行辐射环境影响评价。接受委托后，乌鲁木齐星辰汇峰环保科技有限公司立即组织有关技术人员开展了收集、查阅资料等工作，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》（HJ 10.1-2016）的基本要求，编制了《新疆医科大学附属肿瘤医院小动物实验室核技术利用项目环境影响报告表》。委托书见附件1。

1.1.4 评价目的

对项目工作场所及周围进行辐射环境质量现状监测，了解辐射环境现状水平，并对拟开展的核技术应用项目运行后的环境影响进行预测评价，掌握其运行后项目周围的辐射水平，对不利影响和存在的问题提出防治措施，把环境影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”，为该项目的辐射环境管理提供科学依据，最终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。

1.2 项目周边保护目标及场址选址

1.2.1 项目周边保护目标

据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m的范围，乙、丙级取半径50m的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围。

本项目涉及丙级非密封放射性物质工作场所和射线装置应用，涉源场所分布在核医学楼的负一层中，故本项目辐射环境评价为各涉源场所墙体以外50m范围区域。

根据现场调查，项目评价范围50m内的涉及核医学科其他部门辐射工作人员、患者、公众人员以及相关场所外，项目北侧存在一个保护目标（新疆天文台，北侧32m），但在采取合理的辐射防护措施后，本项目对周边保护目标的影响在可接受范围内。

1.2.2 场址选址情况

本项目位于新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市新市区肿瘤医院北院区核医学楼负一层东北角，为预留科研区域。该区域位置相对独立，北侧、东侧、南侧均为通道，各通道之间均设置防护门进行缓冲隔离；西侧为核医学科质控区域，公众难以进入。区域上方为SPECT/CT预留机房及医护通道，下方为设备机房，均不属于公众长期居留场所。评价范围50m内无学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感目标。综上所述，本项目选址较为合理。

1.3.3与生态环境分区管控相关政策文件符合性分析

（1）与“关于印发《新疆维吾尔自治区生态环境分区管控动态更新成果》的通知”（新环环评发〔2024〕157号）符合性分析

表1-1 本项目与新环环评发〔2024〕157号相符性分析

| 新环环评发〔2024〕157号文要求 | 本项目 | 相符性 |
|--|--|-----|
| 空间布局约束：（A1.1-1）禁止新建、扩建《产业结构调整指导目录(2024年本)》中淘汰类项目。禁止引入《市场准入负面清单(2022年版)》禁止准入类事项。（A1.1-2）禁止建设不符合国家和自治区环境保护标准的项目。（A1.2-2）建设项目用地原则上不得占用永久基本农田，确需占用永久基本农田的建设项目须符合《中华人民共和国基本农田保护条例》中的相关要求，占用水浇地、林地或草地的建设项目须按照国家、自治区相关补偿要求进行补偿。（A1.4-1）一切开发建设活动应符合国家、自治区主体功能区规划自治区和各地颁布实施的生态环境功能区划、国民经济发展规划、产业发展规划、国土空间规划等相关规划及重点生态功能区负面清单要求，符合区域或产业规划环评要求。 | 本项目使用放射性医疗设备，核素用于临床诊断、治疗，符合国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024年本）》中鼓励类项目（第六项核能，4.核技术应用，故本项目建设符合产业政策。本项目在已批复的核医学科楼内建设，不占用农田，符合乌鲁木齐市国土空间规划。 | 符合 |

| | | |
|---|--|-----------|
| <p>污染物排放管控：〔A2.1-1〕新、改、扩建重点行业建设项目应符合“三线一单”、产业政策、区域环评、规划环评和行业环境准入管控要求。重点区域的新、改、扩建重点行业建设项目应遵循重点重金属污染物排放“减量替代”原则。〔A2.2-1〕推动能源、钢铁、建材、有色、电力、化工等重点领域技术升级，控制工业过程温室气体排放，推动工业领域绿色低碳发展。积极鼓励发展二氧化碳捕集利用与封存等低碳技术。促进大气污染物与温室气体协同控制。实施污染物和温室气体协同控制，实现减污降碳协同效应。</p> | <p>本项目为核技术利用项目，不涉及重金属污染物排放，也不涉及能源、钢铁、建材、有色、电力、化工等重点行业。本项目选用绿色节能设备，可以降低碳排放。</p> | <p>符合</p> |
| <p>环境风险防控：〔A3.2-2〕依法推行农用地分类管理制度，强化受污染水浇地安全利用和风险管控。因地制宜制定实施安全利用方案，鼓励采取种植结构调整等措施，确保受污染水浇地全部实现安全利用。〔A3.2-4〕加强环境风险预警防控。加强涉危险废物企业、涉重金属企业、化工园区、集中式饮用水水源地及重点流域环境风险调查评估，实施分类分级风险管控，协同推进重点区域、流域生态环境污染综合防治、风险防控与生态修复。</p> | <p>本项目用地类型为医疗卫生用地，在已建成的核医学楼内进行建设，产生的施工废水、扬尘、建筑垃圾可以依托现有设施，本项目涉及的射线装置、核素经许可后才能使用，环境风险可控。</p> | <p>符合</p> |
| <p>资源利用要求：〔A4.1-4〕地下水资源利用实行总量控制和水位控制。取用地下水资源，应当按照国家和自治区有关规定申请取水许可。地下水利用应当以浅层地下水为主。〔A4.3-4〕鼓励使用清洁能源或电厂热力、工业余热等替代锅炉燃料用煤。</p> | <p>本项目不涉及取用地下水资源。</p> | <p>符合</p> |

(2) 与《关于发布乌鲁木齐市生态环境分区管控动态更新成果的通知》符合性分析

根据《关于发布乌鲁木齐市生态环境分区管控动态更新成果的通知》，本项目属于高新区(新市区)城镇重点管控单元，环境管控单元代码为ZH65010420003。该单元生态环境准入清单管控要求及符合性分析见表1-2。

表1-2 项目与生态环境准入清单管控要求及符合性分析

| 总体要求 | | | |
|--------|--|--|-----------|
| 管控维度 | 管控内容 | 项目概况 | 符合性 |
| 空间布局约束 | <p>(1.1) 执行乌鲁木齐市空间布局约束准入要求。1. 机场噪声影响区域内执行以下管控要求： (1.2) 飞机噪声大于75dB（计权等效连续感觉噪声级）的机场周围区域，不得规划新建住宅、学校及幼儿园、医院等噪声敏感建筑物。飞机噪声大于70小于75dB，应按照当地政府对该二类区域内国土空间规划的要求确定可否新建住宅、学校等建筑。 2. 农用地优先管控区区域内执行以下管控要求：(1.3) 永久基本农田一经划定，必须严格落实《基本农田保护条例》要求，严格占用永久基本农田建设项目的审查论证，</p> | <p>本项目在现有的肿瘤医院核医学楼内建设，符合乌鲁木齐市空间布局约束准入要求，项目不占用基本农田。</p> | <p>符合</p> |

| | | | |
|---|--|---|----|
| | 涉及占用永久基本农田的，报国务院审批。 | | |
| 污染物排放 | <p>(2.1) 执行乌鲁木齐市污染物排放管控要求。</p> <p>1. 单元内工业企业执行以下管控要求：</p> <p>(2.2) 全面加强配套管网建设。新建污水处理设施的配套管网应同步设计、同步建设、同步投运。</p> <p>2. 临空经济区和机场噪声影响区域内执行以下管控要求：</p> <p>(2.3) 临空经济区部分区域落实声环境敏感目标拆迁、安装隔声窗等各项噪声污染防治措施，加强对交通噪声、生产噪声、建筑施工噪声的管理，尽可能减少商业性和生活性的噪声源、建筑噪声和交通噪声。增大绿化面积，设置绿化缓冲带，隔离噪声的影响。对厂界噪声无法达到相应区域要求的，企业应对车间内设备进一步降噪，使其达到相应要求。</p> <p>3. 大气环境受体敏感区区域内执行以下管控要求：</p> <p>(2.4) 实施大气环境分区管控，严禁新（扩）建“三高”项目及淘汰类、限制类化工项目，禁止新增钢铁、电解铝、水泥、平板玻璃（光伏压延玻璃除外）、轮胎等产能严重过剩行业项目。对已建设投产的项目，深入挖掘节能减排潜力，积极推进节能减排改造。加大移动源污染防治力度，提升城市精细化管理水平，严格建筑施工扬尘管控。（2.5）防止已关停取缔的“散乱污”企业死灰复燃。运用网格化环境监管体系，加强区域巡查，坚决防止出现反弹；充分发挥群众监督作用，确保整治效果。</p> | 本项目产生的医疗废水排入核医学科楼内预留管道，经衰变池处理后排入医院污水处理厂。本项目不属于“三高”项目及淘汰类、限制类化工项目。 | 符合 |
| 环境风险 | <p>(3.1) 执行乌鲁木齐市环境风险防控准入要求。</p> <p>1. 农用地优先管控区区域内执行以下管控要求：</p> <p>(3.2) 确保耕地土壤环境安全，严控重金属类污染物和挥发性有机污染物等有毒物质排放。</p> <p>(3.3) 提高高风险地块关注度，企业应加强土壤环境监管，如果停产应被列为疑似污染地块进行管理。</p> <p>2. 疑似污染地块执行以下管控要求：</p> <p>(3.4) 疑似污染地块应当根据保守原则确定污染物的检测项目。疑似污染地块内可能存在的污染物及其在环境中转化或降解产物均应当考虑纳入检测范畴</p> | 本项目不属于危险化学品生产项目；本项目涉及的射线装置、核素经许可后才能使用，环境风险可控。 | 符合 |
| 资源利用效率 | <p>(4.1) 执行乌鲁木齐市资源利用效率要求。</p> <p>1. 临空经济区和机场噪声影响区域内执行以下管控要求：</p> <p>(4.2) 加强工业水循环利用：在高耗水行业开展试点示范，筛选具有明显经济效益的节水治污技术。工业生产、城区绿化、道路清扫、车辆冲洗、建筑施工以及生态景观等用水，优先使用再生水。</p> <p>2. 地下水限采区、禁采区执行以下管控要求：</p> <p>(4.3) 加强地下水超采区管控，落实超采区管控要求。</p> <p>3. 大气环境受体敏感区区域内执行以下管控要求：</p> <p>(4.4) 强化资源环保准入约束，严禁新建、扩建使用燃煤等高污染燃料项目。</p> | 本项目不开采地下水，本项目设备选型采用节能设备。 | 符合 |
| <p>1.3核技术利用项目许可情况</p> <p>1.3.1核技术利用现状</p> | | | |

新疆医科大学附属肿瘤医院已开展放射诊疗、放射治疗业务多年。医院于2025年11月17日重新申领了辐射安全许可证，证书编号:新环辐证[00096]。许可的种类和范围：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

医院现取得许可的辐射源项和场所有：2枚Ⅲ类放射源，2枚Ⅴ类放射源，2处非密封放射性物质乙级场所，1处非密封放射性物质丙级场所，12台Ⅱ类射线装置、27台Ⅲ类射线装置。医院现有核技术利用建设项目手续齐全、合法持证。其中北院区的核医学楼（乙级），是本项目所在位置。

医院涉源情况见下表表1-3~表1-7。医院辐射安全许可证及核医学楼环评批复见附件2。

表1-3 医院已许可使用的放射源

| 序号 | 活动种类和范围 | | | | |
|----|---------------|-------------|----|------|-------------------|
| | 辐射活动场所名称 | 核素 | 类别 | 活动种类 | 总活度(贝可)/活度(贝可)×枚数 |
| 1 | 放疗楼负二层PET/CT室 | Na-22 | Ⅴ类 | 使用 | 37E+6*1 |
| 2 | 放疗楼负二楼后装室2室 | Ir-192 | Ⅲ类 | 使用 | 3.7E+11*2 |
| 3 | 核医学楼一层敷贴室 | Sr-90(Y-90) | Ⅴ类 | 使用 | 1.48E+8*1 |

表1-4 医院已许可使用的非密封放射性物质工作场所

| 序号 | 辐射活动场所名称 | 场所等级 | 核素 | 物理状态 | 活动种类 | 用途 | 日等效最大操作量(贝可) | 年最大用量(贝可) |
|----|-----------|------|---------------|------|-------|---------|--------------|-----------|
| 1 | 放疗楼核医学科 | 乙级 | Sr-89 | 液态 | 使用 | 放射性药物治疗 | 1.48E+07 | 3.70E+10 |
| 2 | | | Tc-99m | 液态 | 使用 | 放射性药物诊断 | 3.07E+08 | 7.68E+12 |
| 3 | | | I-131 | 液态 | 使用 | 放射性药物治疗 | 2.96E+09 | 8.88E+12 |
| 4 | | | N-13 | 液态 | 生产，使用 | 放射性药物诊断 | 3.70E+07 | 1.85E+09 |
| 5 | | | F-18 | 液态 | 生产使用 | 放射性药物诊断 | 3.70E+08 | 1.11E+11 |
| 6 | | | C-11 | 气态 | 生产，使用 | 放射性药物诊断 | 1.48E+08 | 7.40E+09 |
| 7 | | | Mo-99(Tc-99m) | 液态 | 生产，使用 | 放射性药物诊断 | 3.70E+07 | 9.25E+12 |
| 8 | 放疗楼一层4号机房 | 丙级 | 125(粒子源) | 固态 | 使用 | 放射性药物治疗 | 1.07E+07 | 2.77E+12 |
| 9 | 核医学楼 | 乙级 | Ra-223 | 液态 | 使用 | 放射性药物治疗 | 3.30E+07 | 3.96E+07 |
| 10 | | | I-131 | 液态 | 使用 | 放射性药物诊断 | 1.48E+08 | 3.70E+11 |

| | | | | | | | | |
|----|--|--|---------------|----|-------|---------|----------|----------|
| 11 | | | Mo-99(Tc-99m) | 液态 | 生产 | 放射性药物生产 | 3.70E+07 | 9.25E+14 |
| 12 | | | I-131 | 液态 | 使用 | 放射性药物治疗 | 2.96E+09 | 1.48E+12 |
| 13 | | | F-18 | 液态 | 生产,使用 | 放射性药物诊断 | 9.99E+09 | 2.50E+12 |
| 14 | | | Lu-177 | 液态 | 使用 | 放射性药物治疗 | 3.70E+08 | 9.25E+11 |
| 15 | | | Ga-68 | 液态 | 生产,使用 | 放射性药物诊断 | 1.11E+07 | 2.78E+11 |
| 16 | | | Sr-89 | 液态 | 使用 | 放射性药物治疗 | 2.96E+07 | 7.40E+10 |
| 17 | | | Tc-99m | 液态 | 生产,使用 | 放射性药物诊断 | 3.07E+08 | 7.68E+12 |

表1-5 医院已许可使用的射线装置

| 序号 | 辐射活动场所名称 | 装置名称 | 生产厂家 | 规格型号 | 技术参数(最大) | 类别 | 活动种类 | 数量 |
|----|---------------|-----------------------|------|----------------|------------------|----|------|----|
| 1 | 发热门诊一层CT室 | 全身X射线计算机断层扫描系统 | 联影 | uCT520 | 管电压120kV管电流350mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 2 | 放疗楼负二层PET/CT室 | PET/CT | 飞利浦 | IngenuityTF | 管电压140kV管电流665mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 3 | 放疗楼负二层回旋加速器室 | 回旋加速器 | 日本住友 | HM-10HC | 粒子能量10MeV | Ⅱ类 | 使用 | 1 |
| 4 | 放疗楼负二楼定位CT机房 | X射线计算机断层摄影设备(模拟定位机CT) | 西门子 | SOMATOM go.Sim | 管电压140kV管电流625mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 5 | 放疗楼二楼加速器1室 | 医用直线加速器 | 瓦里安 | ClinaciX | 粒子能量 | Ⅱ类 | 使用 | 1 |
| 6 | 放疗楼负二楼加速器2室 | 医用直线加速器 | 瓦里安 | Clinac23EX | 粒子能量15MeV | Ⅱ类 | 使用 | 1 |
| 7 | 放疗楼负二楼加速器3室 | 医用直线加速器 | 瓦里安 | TrueBeam | 粒子能量10MeV | Ⅱ类 | 使用 | 1 |
| 8 | 放疗楼负二楼加速器4室 | 医用直线加速器 | 瓦里安 | ClinaciX | 粒子能量10MeV | Ⅱ类 | 使用 | 1 |
| 9 | 放疗楼负二楼加速器5室 | 医用直线加速器 | 雷泰 | Venusx | 粒子能量6MeV | Ⅱ类 | 使用 | 1 |
| 10 | 放疗楼负二楼加速 | 螺旋断层放射治疗系统 | 安科锐 | RadixactX5 | 粒子能量6MeV | Ⅱ类 | 使用 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----|----------------|--------------------|------------------------|----------------------|-------------------|------|----|---|
| | 器6室 | | | | | | | |
| 11 | 放疗楼负二楼加速器7室 | 医用直线加速器 | 医科达 | ElektaSynergy | 粒子能量10MeV | II类 | 使用 | 1 |
| 12 | 放疗楼负二楼模拟定位机房 | 放射治疗全数字化模拟定位机 | 瓦里安 | Acuity | 管电压150kV管电流50mA | III类 | 使用 | 1 |
| 13 | 放疗楼一层1号机房 | X射线计算机断层摄影设备(CT) | 西门子 | SOMATOM ForceVelo | 管电压150kV管电流1300mA | III类 | 使用 | 1 |
| 14 | 放疗楼一层2号机房 | 全身X射线计算机断层扫描系统 | 西门子 | SOMATOM DefinitionAS | 管电压140kV管电流600mA | III类 | 使用 | 1 |
| 15 | 放疗楼一层3号机房 | 全身X射线计算机断层扫描系统 | GE | DiscoveryCT 750HD | 管电压150kV管电流900mA | III类 | 使用 | 1 |
| 16 | 放疗楼一层4号机房 | 大孔径多排螺旋CT模拟定位机 | 飞利浦 | BrillianceCT BigBore | 管电压140kV管电流500mA | III类 | 使用 | 1 |
| 17 | 核医学楼二层PET/CT1室 | 正电子发射/X射线计算机断层成像系统 | 联影 | uMIPanorama28C | 管电压833kV管电流140mA | III类 | 使用 | 1 |
| 18 | 核医学楼负一层回旋加速器机房 | 回旋加速器 | 住友 | HM-10HC+ | 粒子能量10MeV | II类 | 使用 | 1 |
| 19 | 核医学楼一层SPECT2室 | 单光子发射及X射线计算机断层成像系统 | 通用 | NM/CT860Advance | 管电压140kV管电流200mA | III类 | 使用 | 1 |
| 20 | 核医学楼一层SPECT3室 | SPECT/CT | 西门子 | Symbiaintev o2 | 管电压120kV管电流50mA | III类 | 使用 | 1 |
| 21 | 门诊综合楼八层2号手术室 | 近距离术中放疗系统 | CARLZEISSMEDIT ECAG/德国 | INTRABEAMPRS500 | 管电压50kV管电流0.04mA | II类 | 使用 | 1 |
| 22 | 门诊综合楼八层7号手术室 | 移动X射线C臂机 | 南京普爱 | PLX118C-E | 管电压120kV管电流100mA | III类 | 使用 | 1 |
| 23 | 门诊综合楼二层B区230室 | 牙科X射线装置 | 宁波蓝野 | RAY68(M) | 管电压30kV管电流190mA | III类 | 使用 | 1 |
| 24 | 门诊综合楼负一层B101 | X射线摄影装置 | 赛德克 | NOVA-FA-C | 管电压150kV管电流800mA | III类 | 使用 | 1 |
| 25 | 门诊综合楼负一层B102 | X射线摄影装置 | GE | Definium6000 | 管电压120kV管电流800mA | III类 | 使用 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----|--------------|------------------|---------|------------------------|---------------------------|----|----|---|
| 26 | 门诊综合楼负一层B103 | X射线骨密度仪 | 康达洲际 | KD-GRAND | 管电压76kV 管电流 | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 27 | 门诊综合楼负一层B104 | 乳腺X射线装置 | HOLOGIC | SeleniaDimensions | 管电压49kV 管电流 200mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 28 | 门诊综合楼负一层B105 | 乳腺X射线装置 | 西门子 | MAMMOM ATRevelation | 管电压35kV 管电流 188mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 29 | 门诊综合楼负一层B106 | 胃肠X射线机 | 意大利GMM | OPERA FP | 管电压 150kV管电 流500mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 30 | 门诊综合楼负一层B132 | X射线骨密度仪 | 康达洲际 | KD-GRAND | 管电压76kV 管电流1mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 31 | 门诊综合楼负一层B132 | 床旁X射线摄影装置 | 赛德克 | SM50HF-B-C | 管电压 150kV管电 流640mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| | | 床旁X射线摄影装置 | 西门子 | MobilettMira Max | 管电压 133kV管电 流450mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 32 | 门诊综合楼负一层CT1室 | 全身X射线计算机断层扫描系统 | 西门子 | SOMATOM Drive | 管电压 150kV管电 流800mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 33 | 门诊综合楼负一层CT2室 | X射线计算机体层摄影设备(CT) | 联影 | uCTAtlasElite | 管电压 140kV管电 流833mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 34 | 门诊综合楼负一层CT3室 | 全身X射线计算机断层扫描系统 | 东软 | NeuViz128 | 管电压 150kV管电 流1000mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 35 | 门诊综合楼负一层CT4室 | X射线计算机体层摄影设备 | 联影 | uCT760 | 管电压 140kV管电 流667mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 36 | 外科楼三楼手术室7室 | 移动X射线C臂机 | 德国 | Ziehm8000 | 管电压 120kV管电 流50mA | Ⅲ类 | 使用 | 1 |
| 37 | 综合楼一层介入手术1室 | 数字减影血管造影机 | 西门子 | ArtisQceiling | 管电压 125kV管电 流1000mA | Ⅱ类 | 使用 | 1 |
| 38 | 综合楼一层介入手术 | 血管造影用X射线装置 | 佳能 | AlphenixINF X-9000V | 管电压 125kV管电 流1000mA | Ⅱ类 | 使用 | 1 |

本项目所在的北院区核医学科楼已于2023年8月2日取得新疆维吾尔自治区生态环境厅《关于新疆医科大学中亚肿瘤医学中心项目一标段核医学中心项目环境影响报告表的批复》（新环审〔2023〕169号），北院区核医学科楼于2024年9月1日开工，2025年10月1日完工，2025年11月17日取得了辐射安全许可证，项目竣工环保验收工作正在进行，暂未完成。经环评阶段初步调查，不存在遗留的环境问题。

1.3.2辐射安全管理现状

(1) 辐射环境安全管理机构

为了加强辐射安全和防护管理，保障各类人员的健康，新疆医科大学附属肿瘤医院于2025年10月27日发布了《关于调整放射防护及辐射安全管理委员会委员的通知》（新医大附肿〔2025〕75号），该通知调整了辐射安全管理委员会相关成员，具体为由医院法人张永刚担任放射防护及辐射安全管理委员会主任，吴兰华担任放射防护及辐射安全管理委员会副主任，相关科室人员任放射防护及辐射安全管理委员会委员，戴珊珊任辐射安全管理专职人员。辐射环境安全管理机构文件见附件3。

(2) 已建立的辐射防护规章制度及执行情况

新疆医科大学附属肿瘤医院制定了一系列辐射安全管理制度，其中包含新疆医科大学附属肿瘤医院放射防护及辐射安全管理制度、辐射安全总则、辐射防护和安全保卫制度、操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、人员培训制度、辐射监测方案、个人剂量管理和健康管理规定、辐射监测仪器使用维护操作规程、台账管理制度、医院放射性废物处理规范。新疆医科大学附属肿瘤医院现有的辐射防护规章制度较完善，执行情况较好，核技术利用期间未发生重大辐射事故。

(3) 辐射工作人员培训

医院拟为本项目投入3名辐射工作人员，3名辐射工作人员均持有有效期内的核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单，培训学习的科目为核医学，本项目辐射工作人员所培训的科目类别满足本项目的开展要求，拟投入的各专业辐射工作人员数量基本满足本项目的开展要求。3名辐射工作人员中，1名是新入职人员，2名是核医学科原有辐射工作人员。医院计划各类放射工作人员在岗期间按有关规定时间内接受再培训。核技术利用辐射安全与防护考核培训证书见附件4。

(4) 辐射工作人员个人剂量监测

新疆医科大学附属肿瘤医院已为辐射工作人员开展个人剂量监测委托监测多年，2025年四个季度个人剂量监测单位为新疆维吾尔自治区疾病预防控制中心，根据个人剂量监测结果，本项目拟配置的辐射工作人员个人剂量监测结果满足管理要求。辐射工作人员个人剂量监测报告见附件5。

(5) 辐射事故应急管理

新疆医科大学附属肿瘤医院已依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办

法》、《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》等法律法规的要求，于2025年10月27日修订了《新疆医科大学附属肿瘤医院辐射事故应急处理预案》同时该预案中进一步明确规定了医院有关意外放射事件处理的组织机构及其职责、事故报告、信息发布和应急处理程序等，其内容能够满足医院实际辐射工作的需要。预案见附件6。

（6）辐射环境监测

新疆医科大学附属肿瘤医院已依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《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》等法律法规的要求，每年委托有资质单位对现有辐射工作场所进行监测，保证辐射工作场所的人员安全。医院也制定了《辐射监测方案》，定期自主监测，保证出现异常照射情况能及时发现。

综上所述，新疆医科大学附属肿瘤医院已许可的核技术利用项目均能正常运行，辐射安全各项管理措施均能较好的执行。

1.4 产业政策的相符性

本项目使用放射性医疗设备，核素用于医疗科研，符合国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024年本）》中鼓励类项目（第六项核能，4. 核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造）和（第十三项医药，4. 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，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用。），故本项目建设符合产业政策。



图1-2 项目周边关系示意图（评价范围示意图）

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 | 储存方式与地点 | 备注 |
|----|--------|----------------------------|----|------|----|------|---------|----|
| / | 本项目不涉及 | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |

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 | 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 | 储存方式与地点 |
|----|--------------------------|------|------|---------------|---------------|------------|--------|-------|--------|------------------|
| 1 | ^{18}F | 液态 | 使用 | 2.22E+08 | 2.22E+05 | 6.93E+10 | 动物核素试验 | 很简单操作 | 小动物实验室 | 按计划申请, 实验全部用完不储存 |
| 2 | ^{68}Ga | 液态 | 使用 | 2.22E+08 | 2.22E+05 | 6.93E+10 | 动物核素试验 | 很简单操作 | 小动物实验室 | 按计划申请, 实验全部用完不储存 |
| 3 | $^{99\text{m}}\text{Tc}$ | 液态 | 使用 | 7.40E+07 | 7.40E+04 | 2.31E+10 | 动物核素试验 | 很简单操作 | 小动物实验室 | 按计划申请, 实验全部用完不储存 |
| 4 | ^{177}Lu | 液态 | 使用 | 1.85E+08 | 1.85E+07 | 5.77E+10 | 动物核素试验 | 简单操作 | 小动物实验室 | 按计划申请, 实验全部用完不储存 |

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 |
|----|--------|----|----|----|------|------------|------------------------|----|------|----|
| / | 本项目不涉及 | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

(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 |
|----|------------------------|-----|----|----|------------|------------|------------------------|-------|---|
| 1 | PET/SPECT/CT三合一小动物成像系统 | III | 1 | 待定 | ≤150 | ≤1000 | 动物核素实验 PET/SPECT/CT 显像 | 动物影像室 | 使用PET/SPECT/CT三合一小动物成像系统，属于III类射线装置应用，按《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》要求，单独填报登记表并备案。 |

(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 | | | 储存方式与地点 |
|----|--------|----|----|----|------------|------------|------------|----|------|---------|------|----|---------|
| | | | | | | | | | | 活度 (Bq) | 储存方式 | 数量 | |
| / | 本项目不涉及 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

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 |
|----------------------|----|---|----|------|-------|---|-------------|-------------------|
| O ₃ | 气体 | / | / | 极少量 | 极少量 | 极低浓度 | / | 经大气扩散稀释 |
| NO _x | 气体 | / | / | 极少量 | 极少量 | 极低浓度 | / | 经大气扩散稀释 |
| 含有放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸等 | 固态 | ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga、 ¹⁷⁷ Lu、 ^{99m} Tc | / | / | 312 | 剂量率满足α表面污染小于0.08Bq/cm ² 、β表面污染小于0.8 Bq/cm ² | 暂存于放射性废物暂存间 | 衰变后经检测达标，按医疗废物处理 |
| 废弃钼铈发生器 | 固态 | ⁹⁹ Mo、 ^{99m} Tc | / | / | 10 | 剂量率满足α表面污染小于0.08Bq/cm ² 、β表面污染小于0.8 Bq/cm ² | 更换前联系厂家不暂存 | 生产厂家回收 |
| 废弃活性炭 | 固态 | ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga、 ¹⁷⁷ Lu、 ^{99m} Tc | / | / | 10 | / | 更换前联系厂家不暂存 | 生产厂家回收 |
| 放射性废气 | 气态 | ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga、 ¹⁷⁷ Lu、 ^{99m} Tc | / | / | / | / | / | 经活性炭吸附，排至大气扩散稀释 |
| 含有放射性核素的冲洗废水等 | 液态 | ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga、 ¹⁷⁷ Lu、 ^{99m} Tc | / | / | / | 放射性废液总排放口总α不大于1Bq/L、总β不大于10Bq/L | 衰变池 | 达到衰变周期后，排入医院污水处理站 |

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

2、含有放射性的废弃物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为Bq/L（kg、m³）和活度（Bq）

表6 评价依据

| | |
|-------------|--|
| <p>法规文件</p> | <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》2015年1月1日修订并施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》2018年12月29日修订并施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003年10月1日施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令第682号，2017年10月1日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》2021年1月1日施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院令第709号，2019年3月2日修订并施行；</p> <p>(7) 《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日修订并施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011年5月1日施行；</p> <p>(9) 《突发事件应急预案管理办法》，国办发〔2024〕5号，2024年02月07日施行；</p> <p>(10) 《关于发布<射线装置分类>的公告》2017年12月6日施行；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》2006年9月26日施行；</p> <p>(12) 《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》2015年7月1日施行；</p> <p>(13) 《新疆维吾尔自治区环境保护条例》新疆维吾尔自治区第十三届人民代表大会常务委员会公告第11号2018年9月21日修订并施行；</p> <p>(14) 《中华人民共和国职业病防治法》2018年12月29日修订并施行；</p> <p>(15) 《放射工作人员职业健康管理辦法》卫生部令第55号，2007年11月1日施行；</p> <p>(16) 《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；</p> <p>(17) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》2017年11月20日施行；</p> <p>(18) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（中华人民共和国环境保护部，环办辐射函[2016]430号）；</p> <p>(19) 《放射性物品分类和名录（试行）》，国家环境保护总局公告2010年第31号，2010年3月4日；</p> <p>(20) 《新疆维吾尔自治区辐射事故应急预案》，新政办发〔2016〕175号。</p> |
| <p>技术</p> | <p>(1) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> |

| | |
|----|--|
| 标准 | <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(5) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；</p> <p>(6) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>(7) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(8) 《辐射事故应急监测技术规范》（HJ 1155-2020）；</p> <p>(9) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；</p> <p>(10) 《医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准》（HJ421-2008）；</p> <p>(11) 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；</p> <p>(12) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；</p> <p>(13) 《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）；</p> <p>(14) 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）；</p> <p>(15) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(16) 《核与辐射事故医学响应程序》（WS/T467-2014）；</p> <p>(17) 《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）。</p> |
| 其他 | <p>(1) 新疆医科大学附属肿瘤医院环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 新疆医科大学附属肿瘤医院小动物实验室设计图纸；</p> <p>(3) 新疆医科大学附属肿瘤医院提供的其它技术资料；</p> <p>(4) 《新疆维吾尔自治区2024年生态环境状况公报》（2025年5月，新疆维吾尔自治区生态环境厅）；</p> <p>(5) 《新疆医科大学中亚肿瘤医学中心项目一标段核医学中心项目环境影响报告表（报批稿）》（编制单位：乌鲁木齐众智安环工程咨询公司，2023年6月）；</p> <p>(9) 《关于新疆医科大学中亚肿瘤医学中心项目一标段核医学中心项目环境影响报告表的批复》（新环审〔2023〕169号）；</p> <p>(6) 《辐射防护手册（第三分册）》（李德平、潘自强主编）；</p> <p>(7) 《辐射安全手册》（潘自强主编）；</p> <p>(8) 《¹⁷⁷Lu-Dotatate 治疗的放射防护评估》（中国辐射卫生，2021.12.30）。</p> |

表 7 保护目标与评价标准

7.1评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中对于报告书项目的评价范围规定“丙级非密封放射性物质工作场所项目的评价范围取半径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”，结合项目特点，确定本项目辐射环境评价范围为该核技术应用辐射工作场所实体屏蔽墙体外周围50m的区域。

本项目评价因子为：X射线、 γ 射线、 β 表面污染、放射性废气、放射性废水及放射性固废，同时兼顾施工期、营运期产生的非放射性废水、废气、固废及设备噪声分析。

7.2保护目标

项目与其周围环境关系如图1-2所示，结合本项目的评价范围，确定本评价项目的环境保护目标是从事该项目辐射工作的医务人员及辐射工作场所周围50m范围内活动的非本项目工作人员和公众人员。根据下文各涉源场所周边位置关系介绍，本项目环境保护目标如表7-1所示。

本项目位于新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市新市区肿瘤医院北院区核医学楼负一层东北角，为预留科研区域。该区域位置相对独立，北侧、东侧、南侧均为通道，各通道之间均设置防护门进行缓冲隔离；西侧为核医学科质控区域，公众难以进入。区域上方为SPECT/CT预留机房及医护通道，下方为设备机房，均不属于公众长期居留场所。

表7-1 本项目环境保护目标信息

| 区域 | 保护目标 | 受照射线类型 | 位置描述 | 方位 | 人员数量 | 距离(m) | 年剂量限值 |
|--------|------|------------------|------------------------------|----|------|--------|----------|
| 小动物实验室 | 职业 | X射线、 γ 射线 | 小动物实验室内部 | 四周 | 3 | 0.3~10 | 5mSv/a |
| | 公众 | X射线、 γ 射线 | 小动物实验室东侧走廊 | 东 | 流动人员 | 1~3 | 0.1mSv/a |
| | | | 小动物实验室南侧走廊 | 南 | 流动人员 | 1~3 | |
| | | | 小动物实验室北侧走廊 | 北 | 流动人员 | 1~3 | |
| | | | 小动物实验室西侧核医学科质控区域 | 西 | 3 | 1~3 | |
| | | | 小动物实验室四周50m范围公众可达到区域（包含楼上楼下） | 四周 | 流动人员 | 1~50 | |
| | | | 小动物实验室北侧32m新疆天文台 | 北 | 100 | 32 | |

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限制

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

①职业照射

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

- a) 由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；
- c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv；
- e) 其中，对于年龄为16到18岁徒工或学生年有效剂量，6mSv。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

4.4.1 剂量限值

核医学工作人员职业照射剂量限值应符合 GB18871 附录 B 中 B1.1 的相关规定，核医学实践使公众成员所受到的剂量照射限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.2 的相关规定。

4.4.2 剂量约束值

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过5mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a。

4.4.3 放射性表面污染控制水平

核医学工作场所的放射性表面污染控制水平按照 GB 18871 执行。

本项目辐射工作人员职业照射年剂量约束值均取其相应剂量限值的四分之一，职业人员年有效剂量不超过5mSv/a作为职业工作人员的年有效剂量约束值。

②公众照射

B1.2.1款实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量, 1mSv;

本项目公众照射年剂量约束值取其十分之一, 即不超过0.1mSv作为剂量约束值。

7.3.2 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002):

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。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 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。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 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。

7.3.3 工作场所分级、分类

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002): 附录 C 规定的非密封源工作场所的分级, 应按表7-2将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表7-2 非密封源工作场所的分级

| 级别 | 具体内容 |
|----|------------------------------------|
| 甲 | $>4 \times 10^9$ |
| 乙 | $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$ |
| 丙 | 豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$ |

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量(Bq)与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表7-3和表7-4。

表7-3 放射性核素毒性组别修正因子

| 毒性组别 | 毒性组别修正因子 |
|------|----------|
| 极毒 | 10 |

| | |
|----|------|
| 高毒 | 1 |
| 中毒 | 0.1 |
| 低毒 | 0.01 |

表7-4 操作方式与放射源状态修正因子

| 操作方式 | 放射源状态 | | | |
|---------|-------------|-------------|----------|-------------------------|
| | 表面污染水平较低的固体 | 液体, 溶液, 悬浮液 | 表面有污染的固体 | 气体, 蒸汽, 粉末, 压力很高的液体, 固体 |
| 源的贮存 | 1000 | 100 | 10 | 1 |
| 很简单的操作 | 100 | 10 | 1 | 0.1 |
| 简单操作 | 10 | 1 | 0.1 | 0.01 |
| 特别危险的操作 | 1 | 0.1 | 0.01 | 0.001 |

根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)：

对临床核医学工作场所具体分类, 临床核医学工作场所属于非密封源工作场所, 依据计划操作最大量放射性核素的加权活度, 将工作场所分为I、II、III等三类(见表7-5)。

表7-5 核医学常用放射性核素的毒性权重因子

| 分类 | 操作最大量放射性核素的加权活度 (MBq) |
|-----|-----------------------|
| I | >50000 |
| II | 50—50000 |
| III | <50 |

注：¹⁾ 本表和7.3-7、表7.3-8 均依据国际放射防护委员会(ICRP)第57号出版物;
²⁾ 加权活度=(计划的日操作最大活度×核素的毒性权重因子)/操作性质修正因子

核医学常用放射性核素毒性权重因子和不同操作性质的修正因子分别见表7-6和表7-7。

表7-6 医学常用放射性核素的毒性权重因子

| 类别 | 放射性核素 | 核素的毒性因子 |
|----|---|---------|
| A | ⁷⁵ Se、 ⁹⁰ Sr、 ¹²⁵ I、 ¹³¹ I、 ³² P、 ⁹⁰ Y、 ⁹⁹ Mo、 ¹⁵³ Sm | 100 |
| B | ¹¹ C、 ¹³ N、 ¹⁵ O、 ¹⁸ F、 ⁵¹ Cr、 ⁶⁷ Ga、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In、 ¹²³ I、 ²⁰¹ Tl、 ^{111m} In | 1 |
| C | ³ H、 ¹⁴ C、 ^{81m} Kr、 ¹²⁷ Xe、 ¹³³ Xe | 0.01 |

表7-7 不同操作性质的修正因子

| 操作方式和地区 | 操作性质修正因子 |
|---------------------------------|----------|
| 贮存 | 100 |
| 废物处理 闪烁法计数和显像 候诊区及诊断病床区 | 10 |
| 配药、分装及施给药 简单放射性药物制备 治疗病床区 | 1 |
| 复杂放射性药物制备 | 0.1 |

工作场所室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表7-8。

表7-8 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

| 种类 | 分类 | | |
|-------|------------------------|------------------------|------------------|
| | I | II | III |
| 结构屏蔽 | 需要 | 需要 | 不需要 |
| 地面 | 与墙壁接缝无缝隙 | 与墙壁接缝无缝隙 | 易清洗 |
| 表面 | 易清洗 | 易清洗 | 易清洗 |
| 分装柜 | 需要 | 需要 | 不必须 |
| 通风 | 特殊的强制通风 | 良好通风 | 一般自然通风 |
| 管道 | 特殊的管道 ^a | 普通管道 | 普通管道 |
| 盥洗与去污 | 洗手盆 ^b 和去污设备 | 洗手盆 ^b 和去污设备 | 洗手盆 ^b |

*注:a 下水道宜短,大水流管道应有标记以便维修检测。
^b 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

7.3.4 表面放射性污染的控制水平

根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)中表2的规定,对于工作场所的放射性表面污染,应满足表7-9的控制水平。

表7-9 核医学工作场所的放射性表面污染控制水平 (Bq/cm²)

| 表面类型 | | β 放射性物质 |
|--------------|-------------------|--------------------|
| 工作台、设备、墙壁、地面 | 控制区 ¹⁾ | 4×10 ¹ |
| | 监督区 | 4 |
| 工作服、手套、工作鞋 | 控制区、监督区 | 4 |
| 手、皮肤、内衣、工作袜 | | 4×10 ⁻¹ |

1) 该区内的低污染子区除外

7.3.5 辐射剂量率控制水平

7.3.5.1 核医学科辐射剂量率控制水平

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021):

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于2.5μSv/h,如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域,其周围剂量当量率应小于10μSv/h。

6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风橱、注射窗等设备应设有屏蔽结构,以保证设备外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于2.5μSv/h,放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于25μSv/h。

6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施,以保证其外表面30cm处的周围剂量当量率小于

2.5 μ Sv/h。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）：

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3 m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μ Sv/h，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 μ Sv/h，宜不大于 2.5 μ Sv/h；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5 cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 μ Sv/h；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。

7.3.5.2射线装置工作场所辐射剂量率控制水平

参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）：

6.3.1机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a)具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h；测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

b)CT机、乳腺摄影、乳腺CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔CBCT和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于2.5 μ Sv/h；

c)具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于25 μ Sv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv；

7.3.6 设置布局规定

7.3.6.1 核医学科设置布局规定

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

5.1 选址

5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。

5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。

5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。

5.2 布局

5.2.1 核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。

5.2.2 核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。

5.2.3 核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）：

5.1.1 在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。

5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：

- a) 使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小；
- b) 保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰；
- c) 在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射；
- d) 在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。

5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作场所。其功能设置要求如下：

- a) 对于单一的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室（可含质控室）、给药后患者或受检者候诊室（根据放射性核素防护特性分别设置）、质控（样品测量）室、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房；

c) 诊断工作场所和治疗工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息室、护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房。

5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室等）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据GB18871的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。

5.1.5 核医学工作场所的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开布置。根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定核医学治疗区（病房）的位置及其放射防护要求，给药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。

5.1.6 通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。

5.1.7 应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源（核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者）对诊断区设备成像、功能检测的影响。

根据《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）：

5.1.1 款：为开展辐射防护管理工作并对职业照射进行控制，非密封源工作场所应实行严格的分区、分级管理，分区、分级管理的措施，应遵循GB18871-2002。

7.2.1 款：操作非密封源的单位，一般应建立放射性废液处理系统，确保产生的废液得到妥善处理。不得将放射性废液排入普通下水道，相关控制应遵循GB18871-2002的要求；不允许利用生活下水系统洗涤被放射性污染的物品；不允许用渗井排放废液。

7.3.6.2 X 射线影像诊断工作场所设置布局规定

参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）：

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束

直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。

7.3.7 放射防护要求

7.3.7.1 核医学科放射防护要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

6 工作场所的辐射安全与防护

6.1 屏蔽要求

6.1.1 核医学场所屏蔽层设计应适当保守，按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。

6.1.2 设计核医学工作场所墙壁、地板及顶面的屏蔽层时，除应考虑室内的辐射源外，还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。

6.1.3 回旋加速器机房的建造应避免采用富含铁矿物质的混凝土，避免混凝土中采用重晶石或铁作为骨料；不带自屏蔽的回旋加速器应有单独的设备间，机房选择不易中子活化的混凝土材料。

6.1.4 回旋加速器机房的电缆管沟、通风管道等穿过屏蔽体时，应采用地沟或S型、V型、Z型穿过墙壁，并进行屏蔽补偿，确保满足屏蔽体墙外的防护要求。防护门与墙体连接处应进行有效搭接，避免出现防护薄弱环节。

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风橱、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面30cm处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

6.2 场所安全措施要求

6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。

6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。

6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。

6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。

6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。

6.2.8 回旋加速器机房应设置门机联锁装置和延时开门措施，机房内应设置紧急停机开关、紧急开门按钮及清场措施，并安装固定式剂量率报警仪。机房门口应有声光报警装置和工作状态指示灯，并与加速器联锁。

6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。

6.3 密闭和通风要求

6.3.1 核医学工作场所应保持有良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

6.3.2 使用回旋加速器制备放射性药物的工作场所应设有单独的通风系统，加速器自屏蔽区内应有单独排气管道，并相对加速器室呈负压状态。

6.3.4 放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。

6.3.5 通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可

能远离邻近的高层建筑。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）：

5.2 放射防护措施要求

5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。

5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。

5.2.8 给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。

5.2.9 应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。

5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。

6 操作中的放射防护要求

6.1 个人防护用品、辅助用品及去污用品配备

6.1.1 个人防护用品及去污用品

开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品，其数量应满足开展工作需要。对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。对操作¹⁸F等正电子放射性药物和¹³¹I的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。

6.1.2 辅助用品

根据工作内容及实际需要，合理选择使用移动铅屏风、注射器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、分装柜或生物安全柜、屏蔽运输容器/放射性废物桶等辅助用品。

表7-10 个人防护用品

| 场所类型 | 工作人员 | | 患者或受检者 |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------|
| | 必备 | 选备 | |
| 普通核医学和SPECT场所 | 铅橡胶衣、铅橡胶围裙和放射性污染防护服、铅橡胶围脖 | 铅橡胶帽、铅玻璃眼镜 | — |
| 正电子放射性药物和 ¹³¹ I的场所 | 放射性污染防护服 | — | — |
| 敷贴治疗 | 宜使用远距离操作工具 | 有机玻璃眼镜或面罩 | 不小于3mm厚的橡皮泥或橡胶板等 |
| 粒籽源植入 | 铅橡胶衣、铅玻璃眼镜、铅橡胶围裙或三角裤 | 铅橡胶手套、铅橡胶围脖、0.25mm铅当量防护的三角裤或三角巾 | 植入部位对应的体表进行适当的辐射屏蔽 |
| 注：“—”表示不要求,宜使用非铅防护用品。 | | | |

应急及去污用品主要包括下列物品：一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂和/或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂和硫代硫酸钠的水）；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子。

6.2 放射性药物操作的放射防护要求

6.2.1 操作放射性药物应有专门场所，如临床诊疗需要在非专门场所给药时则需采取适当的防护措施。放射性药物使用前应适当屏蔽。

6.2.2 装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。

6.2.3 操作放射性药物时，应根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。

6.2.5 控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。

6.2.6 操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测，如其污染水平超过表 7.3-8 规定值，应采取相应去污措施。

6.2.7 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过表 7.3-8 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。

6.2.9 放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的部分。

6.2.10 放射性物质贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不应入内。

6.2.11 贮存和运输放射性物质时应使用专门容器，取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的固定措施。

6.2.12 贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。

6.2.13 所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。

6.2.14 当发生放射性物质溢出、散漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，参照使用 6.1.2 所列用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，应迅速去污并给予医学处理。

7.3.7.2 X 射线影像诊断工作场所放射防护要求

参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）：

X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求。

表7-11 X射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

| 机房类型 | 有用线束方向铅当量mmPb | 非有用线束方向铅当量mmPb |
|------|---------------|----------------|
| CT机房 | 2.5 | |

6.3.1 X射线设备机房屏蔽体外剂量水平

机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。CT 机的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

7.3.8 放射性废物处理规定

7.3.8.1 核医学项目

(1) 放射性废液

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

7.2 固体放射性废物的管理

7.2.1 固体放射性废物收集

7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。

7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。

7.2.2 固体放射性废物贮存

7.2.2.1 产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。

7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。

7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并

做好登记记录。

7.2.2.4 含放射性的实验动物尸体或器官应装入废物袋做好防腐措施（如存放至专用冰柜内），并做好屏蔽防护。不需要特殊防护措施即可处理的尸体含放射性常用核素的上限值见附录C。

7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

- a) 所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过30天；
- b) 所含核素半衰期大于24小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的10倍；
- c) 含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过180天。

7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、其他 α 发射体应小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

7.3 液态放射性废物的管理

7.3.1 放射性废液收集

7.3.1.1 核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器，收集放射性药物操作间、核素治疗病房、给药后患者卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液。

7.3.1.2 核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液和含放射性核素的其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。盛放放射性废液的容器表面应张贴电离辐射标志。

7.3.1.3 核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关，以减少场

所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。

7.3.1.4 放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于检测和维修。

7.3.2 放射性废液贮存

7.3.2.1 经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。

7.3.2.2 含碘-131治疗病房的核医学工作场所应设置槽式废液衰变池。槽式废液衰变池应由污泥池和槽式衰变池组成，衰变池本体设计为2组或以上槽式池体，交替贮存、衰变和排放废液。在废液池上预设取样口。有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压的措施。

7.3.2.3 核医学诊断和门诊碘-131治疗场所，可设置推流式放射性废液衰变池。推流式衰变池应包括污泥池、衰变池和检测池。应采用有效措施确保放射性废液经污泥池过滤沉淀固形物，推流至衰变池，衰变池本体分为3-5级分隔连续式衰变池，池内设导流墙。污泥池池底有防止和去除污泥硬化淤积的措施。

7.3.3 放射性废液排放

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

- a) 所含核素半衰期小于24小时的放射性废液暂存时间超过30天后可直接解控排放；
- b) 所含核素半衰期大于24小时的放射性废液暂存时间超过10倍最长半衰期（含碘-131核素的暂存超过180天），监测结果经审管部门认可后，按照GB18871中8.6.2规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 α 不大于1Bq/L、总 β 不大于10Bq/L、碘-131的放射性活度浓度不大于10Bq/L。

7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于24小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足GB18871附录A表A1的要求。

7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

7.4 气态放射性废物的管理

7.4.1产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。

7.4.2应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）：

8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。

8.4 开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

根据《电离辐射与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

8.6.2 不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于10倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a) 每月排放的总活度不超过10ALImin（ALImin是相应于职业照射的食入和吸入ALI值中的较小者，其具体数值可按B1.3.4和B1.3.5条的规定获得）；

b) 每一次排放的活度不超过1ALImin，并且每次排放后用不少于3倍排放量的水进行冲洗。

根据《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）：综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值），总β排放标准为10（Bq/L）。

5.4 款医疗机构的各种特殊排水应单独收集并进行处理后，再排入医院污水处理站。

5.4.1 款低放射性废水应经衰变池处理。

（2）放射性固体废物

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

7 放射性废物的管理

7.1 一般要求

7.1.1 应根据核医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素的种类、半衰期、活度水平和理化性质等，按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处

理。

7.1.2 应按照废物最小化的原则区分放射性废物与解控废物，不能混同处理，应尽量控制和减少放射性废物产生量。

7.1.3 核医学实践中产生的短寿命放射性废物，应尽量利用贮存衰变的方法进行处理，待放射性核素活度浓度满足解控水平后，实施解控。不能解控的放射性废物，应送交有资质的放射性废物收贮或处置机构进行处理。

7.1.4 应建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备案。

7.2 固体放射性废物的管理

7.2.1 固体放射性废物收集

7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。

7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。

7.2.2 固体放射性废物贮存

7.2.2.1 产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。

7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。

7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

7.2.2.4 含放射性的实验动物尸体或器官应装入废物袋做好防腐措施（如存放至专用冰柜内），并做好屏蔽防护。不需要特殊防护措施即可处理的尸体含放射性常用核素的上限值见附录C。

7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

- a) 所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过30天；
- b) 所含核素半衰期大于24小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的10倍；
- c) 含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过180天。

7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、其他 α 发射体应小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）：

8.1 放射性废物分类，应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物进行分类收集和分别处理。

8.2 设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。

8.5 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。

8.6 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及时转送存储室，放入专用容器中存储。

8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过 $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ，质量不超过20kg。

8.9 储存场所应具有通风设施，出入处设电离辐射警告标志。

8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

8.11 废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 0.4\text{Bq/cm}$ 。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

4.2.5 解控

4.2.5.1 已知或已获准实践中的源（包括物质、材料和物品），如果符合审管部门规定的清洁解控水平，则经审管部门认可，可以不再遵循本标准的要求，即可以将其解控。

4.2.5.2 除非审管部门另有规定，否则清洁解控水平的确定应考虑本标准附录A（标准的附录）所规定的豁免准则，并且所定出的清洁解控水平不应高于本标准附录A（标准的附录）中规定的或审管部门根据该附录规定的准则所建立的豁免水平。

表7-14 本项目放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度（摘自附录A中表A1）

| 核素 | 活度浓度/（Bq/g） | 活度/Bq |
|--------------------------|-------------|-------|
| ^{18}F | 1E+01 | 1E+06 |
| $^{99\text{m}}\text{Tc}$ | 1E+02 | 1E+07 |
| ^{177}Lu | 1E+03 | 1E+07 |
| ^{68}Ga | 1E+01 | 1E+05 |

（3）放射性废气

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

7.4 气态放射性废物的管理

7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）：

核医学工作场所的通风按表1要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主

管部门的要求。

7.3.9放射治疗工作场所空间、通风要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）：

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。

7.3.10监测规定

7.3.10.1核医学项目

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

8辐射监测

8.1一般要求

8.1.1开展核医学诊疗实践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。

8.1.2所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括测量对象、测量条件、测量方法、测量仪器、测量时间和测量人员等信息。

8.1.3应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应查找原因并及时报告，提出改进辐射防护工作的意见和建议。

8.2工作场所监测

8.2.1应根据使用放射性核素种类、数量和操作方式，对核医学工作场所的外照射剂量率水平和表面放射性污染水平进行监测。

8.2.2核医学工作场所辐射监测点位、内容和频次应包括但不限于表7-15的内容。

表7-15 核医学工作场所辐射监测关注点位

| 监测内容 | 监测点位 | 监测频次 |
|---------|--|--------------------------|
| 辐射水平 | 控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面 | 不少于1次/月 |
| 表面放射性污染 | 放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。 | 每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测） |

8.3 环境监测

开展核医学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周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于1次/年。

8.4 个人剂量监测

8.4.1 核医学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。

8.4.2 对于操作大量气态和挥发性放射性物质的工作人员，应根据场所的放射性气溶胶浓度开展内照射评价，当怀疑其体内受到放射性污染时，应进行体内放射性监测。

8.4.3 个人剂量档案应按要求妥善保存，监测数据异常时，及时进行调查。

7.4 非放射性评价标准

7.4.1 噪声

施工期：执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025），建筑施工场界噪声昼间不得超过70dB（A），夜间不得超过55dB（A）。

运营期：执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中1类标准，厂界噪声昼间不得超过55dB（A），夜间不得超过45dB（A）。

7.4.2 废水

医疗废水执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表2综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值中的预处理标准。

7.4.3 废气

《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）中规定：

表1 室内空气质量指标及要求中规定：臭氧1小时浓度 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 。

《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中规定：

表2 新污染源大气污染物排放限值中的氮氧化物无组织排放监控浓度限值为 $0.12\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表8 环境质量和辐射现状

8.1项目地理位置和场所描述

本项目位于新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市新市区肿瘤医院北院区核医学楼负一层。项目北侧为科学一街，西侧为肿瘤医院停车场，东侧为昆明路，南侧为空地。项目中心坐标：东经 $87^{\circ} 34' 20.580''$ ，北纬 $43^{\circ} 51' 52.784''$ 。各涉源场所周边的位置关系见前文“7.2保护目标”，项目周边关系及评价范围见图1-2。

8.2辐射环境监测

(1) 监测目的

本次监测目的为了解项目拟建地周围辐射环境水平。

(2) 监测因子

γ 剂量率、 α 、 β 表面污染

(3) 监测依据及方法

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；

《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

《表面污染测定 第1部分： β 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{ MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）。

(4) 监测仪器

监测仪器的参数详见表8-1。

表8-1 监测仪器参数一览表

| 序号 | 仪器名称 | 仪器型号 | 仪器编号 | 仪器参数 | 计量单位/证书编号 | 有效日期 | 校准因子 | 是否租用/借用 |
|----|----------------------------|-----------|-------------|---|--|-----------------------|------|---------|
| 1 | X、 γ 辐射检测仪 | RJ32-3602 | XCJC-YQ-026 | 量程:探头剂量率: 1nGy/h~1000.00 μ Gy/h; 能量范围: 20keV~3MeV | 广东六零二计量检测有限公司 GD6020725052 01441 | 2025.04.03~2026.04.02 | 0.99 | 否 |
| 2 | α 、 β 表面污染检测仪 | BG9611 | XCJC-YQ-028 | 探测器面积: 27cm ² ; 探测效率: $\alpha\geq 30\%$ (对 ²³⁹ Pu); $\beta\geq 20\%$ (对 ²⁰⁴ Tl); 灵敏度: α 表面活度响应: 7cps·s ⁻¹ , Bq/cm ² ; β 表面活度响应: 7cps·s ⁻¹ , Bq/cm ² ; | 深圳市计量质量检测研究院 JZ2512072253 | 2025.12.07~2026.12.06 | / | 否 |

(5) 监测单位

乌鲁木齐星辰汇峰环保科技有限公司。

(6) 监测时间及条件

2026年2月27日，天气晴，气温-5.1℃，相对湿度36.4%

(7) 质量保证措施

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- ②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- ③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- ④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- ⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- ⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术总负责人审定。

(8) 监测点位

为了解各工作场所的辐射环境现状，选择在拟建小动物实验室四周及楼上楼下设置监测点位，以确保本项目辐射环境现状水平处于正常水平，确保项目正式运行后对周围环境的影响在标准范围内。根据项目的平面布置和周围环境情况布设监测点，监测点位见图8-1。

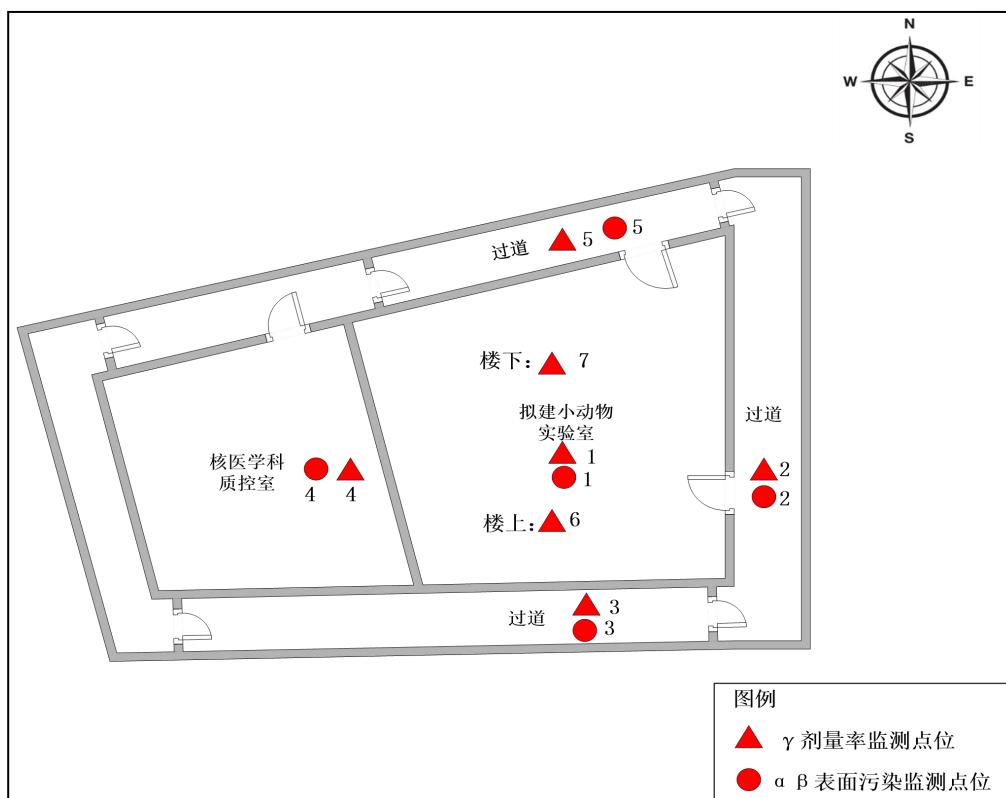


图8-1 监测点位示意图

(9) 监测结果

对拟建辐射工作场所周围辐射环境监测结果详见表8-2及表8-3，监测报告见附件7。

表8-2 γ 辐射剂量率监测结果^[1]

| 序号 | 点位描述 | 监测结果 ($\mu\text{Gy/h}$) |
|----|--------------------|---------------------------|
| 1 | 拟建小动物实验室中央 | 0.103 |
| 2 | 拟建小动物实验室东侧 | 0.104 |
| 3 | 拟建小动物实验室南侧 | 0.099 |
| 4 | 拟建小动物实验室西侧 | 0.099 |
| 5 | 拟建小动物实验室北侧 | 0.101 |
| 6 | 拟建小动物实验室楼上距地面100cm | 0.097 |
| 7 | 拟建小动物实验室楼下距地面170cm | 0.099 |

注：[1]监测结果未扣除宇宙射线响应值。

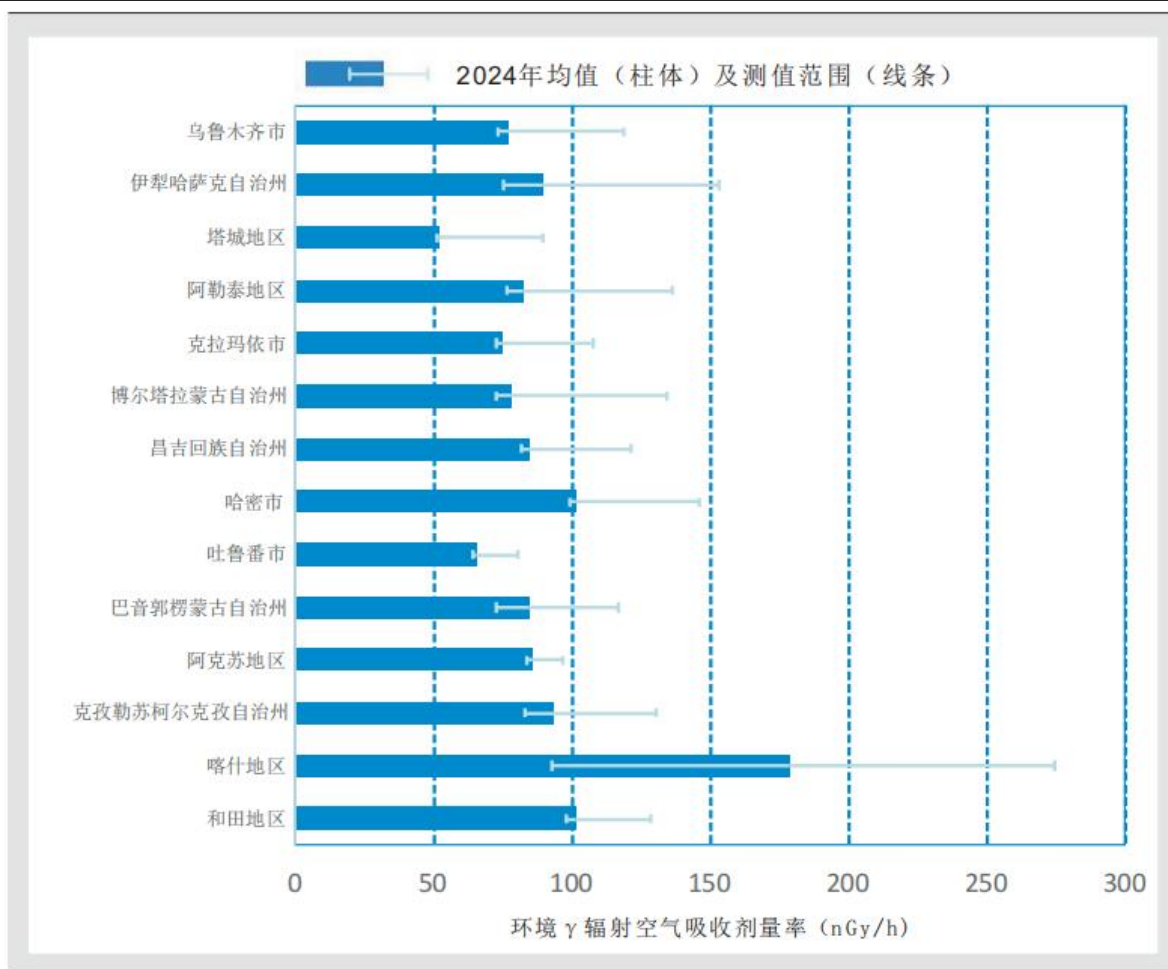
表8-3 拟建项目 α 、 β 表面污染监测结果^[2]

| 序号 | 点位描述 | α 表面污染 (Bq/cm^2) | β 表面污染 (Bq/cm^2) |
|----|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 拟建小动物核素实验室中央地面 | $<\text{MDL}\alpha$ | 0.25 |
| 2 | 拟建小动物核素实验室东侧过道地面 | $<\text{MDL}\alpha$ | 0.24 |
| 3 | 拟建小动物核素实验室南侧过道地面 | $<\text{MDL}\alpha$ | 0.23 |
| 4 | 拟建小动物核素实验室西侧过道地面 | $<\text{MDL}\alpha$ | 0.25 |
| 5 | 拟建小动物核素实验室北侧过道地面 | $<\text{MDL}\alpha$ | 0.23 |

注：[2] α 、 β 的仪器检出限分别为 α ：0.02 Bq/cm^2 ， β ：0.07 Bq/cm^2

(10) 评价结论

由表8-2 所列的监测结果可知：各监测点位的环境本底 γ 辐射空气吸收剂量率为0.097~0.104 $\mu\text{Gy/h}$ ，根据《新疆维吾尔自治区2024年生态环境状况公报》中的2024年全区环境 γ 辐射剂量率自动监测结果，乌鲁木齐市环境 γ 辐射剂量率在70~120 nGy/h 之间。则可说明本项目 γ 辐射剂量率监测结果属于天然本底水平，未发现辐射异常。



2024年全区环境γ辐射剂量率自动监测结果

由表8-3 所列的监测结果可知：各监测点位的环境本底β表面污染监测为0.23~0.25 Bq/cm²，α表面污染未检出，β表面污染监测结果低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中β放射性物质在工作台、设备、墙壁、地面控制区限值40Bq/cm²，监督区4 Bq/cm²的要求，项目区表面污染处于正常本底水平。

表9 工程分析与源项

9.1 工艺设备和工艺分析

9.1.1 工作原理和设备组成

(1) 小动物PET

小动物PET与临床用PET系统相比，其系统空间分辨率和灵敏度较临床用PET更高，以适应小体积动物模型研究的要求。其原理为标记上短衰变周期的放射性核素（本项目为 ^{18}F 、 ^{68}Ga ）的显像剂（如氟代脱氧葡萄糖，FDG），注入生物体内后，在衰变过程中释放出正电子，一个正电子在行进十分之几毫米到几毫米后遇到一个电子后发生湮灭，从而产生方向相反（180度）的一对能量为0.511MeV的高能 γ 光子。这对光子，通过高度灵敏的照相机捕捉，并经计算机进行散射和随机信息的校正。经过对不同的正电子进行相同的分析处理，我们可以得到显像剂在生物体内聚集情况的三维图像。PET是可在活体上显示生物分子代谢、受体及神经介质活动的新型影像技术，现已广泛用于多种疾病的诊断与鉴别诊断、病情判断、疗效评价、脏器功能研究和新药开发等方面。具有灵敏度高、特异性高、全身显像、安全性好等特点。

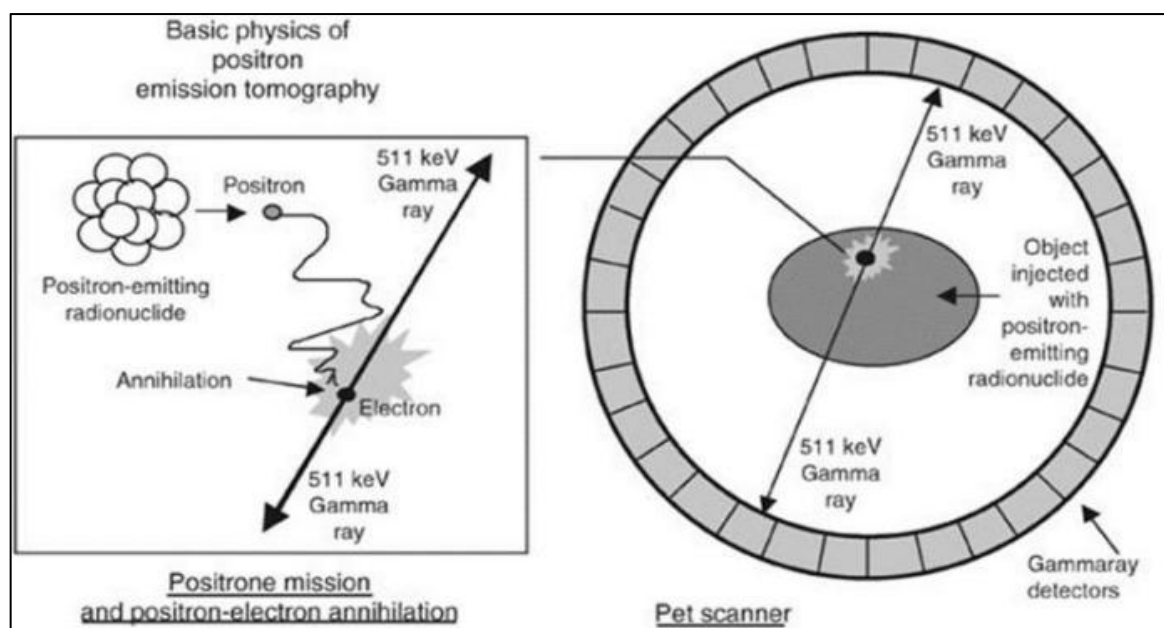


图9-1 小动物PET原理示意图

(2) 小动物SPECT

小动物SPECT临床用SPECT系统原理相近，首先生物体需要摄入含有半衰期适当的放射性同位素（本项目为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{177}Lu ）显像剂，显像剂到达所需要成像的断层位置后，由于放射性衰变，将从断层处发出 γ 光子，位于外层的 γ 照相机探测到透过准直器的 γ 光子，通过闪烁体将探测到的高能 γ 射线转化为能量较低但数量很大的光信

号，通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大，再经模拟/数字转换器转为数字，输入计算机处理。就可以得到显像剂在生物体内聚集情况的三维图像。

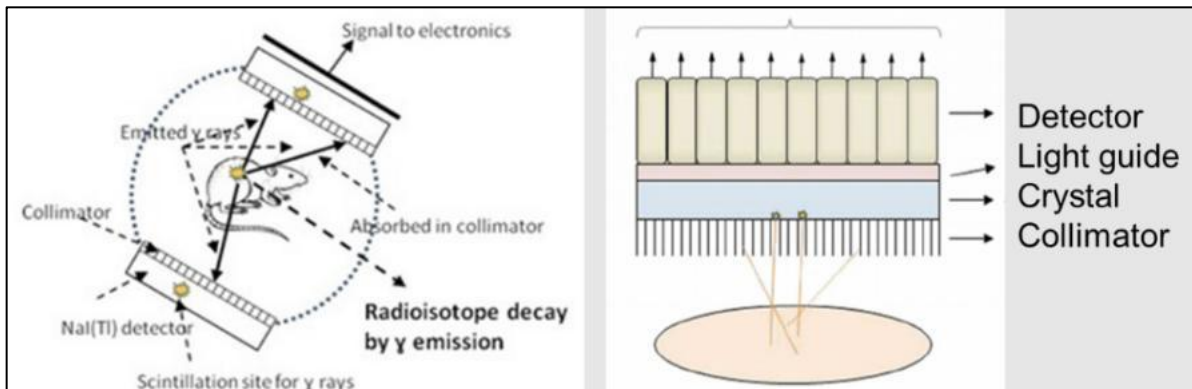


图9-2 小动物SPECT原理示意图

(3) 小动物CT

小动物CT是用X射线束对生物体某部位一定厚度的层面进行扫描，根据不同组织对X线的吸收与透过率的不同，由探测器接收透过该层面的X射线，转变为可见光后，由光电转换为电信号，再经模拟/数字转换器转为数字，输入计算机处理。计算机对数据进行处理后，就可摄下生物体被检查部位的断面或立体的图像，尤其适合于对骨骼等部位进行成像。

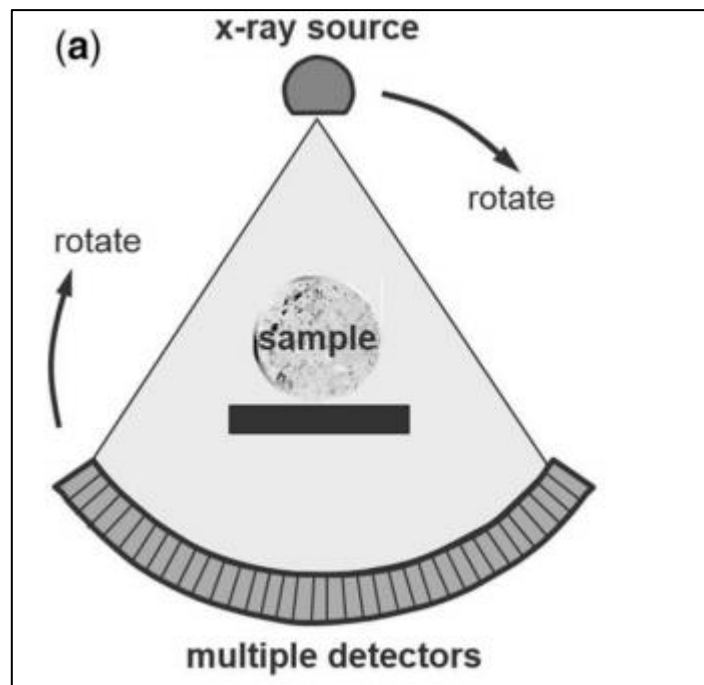


图9-3 小动物CT原理示意图

(4) ^{177}Lu 诊疗一体化实验

^{177}Lu 诊疗一体化，是基于 ^{177}Lu β⁻治疗+γ显像的双功能特性，实现诊断筛选、靶向治疗、疗效监测全流程闭环的精准核医学模式，是神经内分泌肿瘤、前列腺癌等领域的主流精准治疗方案。

^{177}Lu 为β⁻衰变核素，半衰期6.73天，同时释放治疗用β⁻射线与显像用γ射线：

β⁻射线（治疗）：最大能量0.498 MeV（占78.6%），软组织平均射程≈0.23 mm、最大≈1.7 mm，局部电离辐射精准杀伤肿瘤细胞，对周围正常组织损伤极小。

γ射线（显像）：主要能量0.2084 MeV（分支比11%），可穿透组织，通过SPECT/CT显像，清晰追踪药物体内分布、肿瘤摄取与代谢，实现治疗全程可视化监测。

^{177}Lu 诊疗一体化实验能通过实验明确 ^{177}Lu 同时兼具β⁻射线治疗作用与γ射线显像能力，为“同一核素、同一药物、既诊断又治疗”提供物理与生物基础数据。

9.1.2 操作流程及产污环节分析

实验室工作人员根据实验所需放射性核素的使用量，向放射性核素供应单位订购（ ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 由核医学楼负一层放药生产车间提供， ^{177}Lu 外购）。核素按约定的时间负责运送至实验室注射室内，科研人员通过6mmPb传递窗接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续后暂存在通风橱中。核素均按量订货，当天全部使用完毕不贮存，每天只使用一种核素。

实验室每天最多开展30只动物实验，小动物购买、检疫入笼后，小动物PET/SPECT/CT显像流程如下：

①预约订购放射性核素，运至注射室通风橱。按实验任务对放射性核素进行分装测活。

②将小动物麻醉后，通过静脉注射放射性药物。 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 小动物单次最大注射量0.2mCi， ^{177}Lu 小动物单次最大注射量1mCi。

③给药后将小动物在麻醉状态下置于显像设备内，摆位合适后，操作人员离开动物影像室进行PET/SPECT/CT显像，CT采集时间一般为1分钟之内，PET/SPECT采集时间一般为5~30分钟。

④图像采集结束后按实验计划留观小动物或者处死小动物。留观小动物防护动物实验室鼠笼内，处死小动物放入防护动物实验室冷冻冰柜内。小动物保存时注明实验

者姓名、所用核素、总活度和时间等信息。使用后手套、棉签和注射器等投入固体放射性废物桶内。实验室结束后，实验人员对实验室进行去污工作，使用多功能辐射检测仪对实验室放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面、放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋等进行检测，确保无放射性污染后并更换衣物后才能离开。

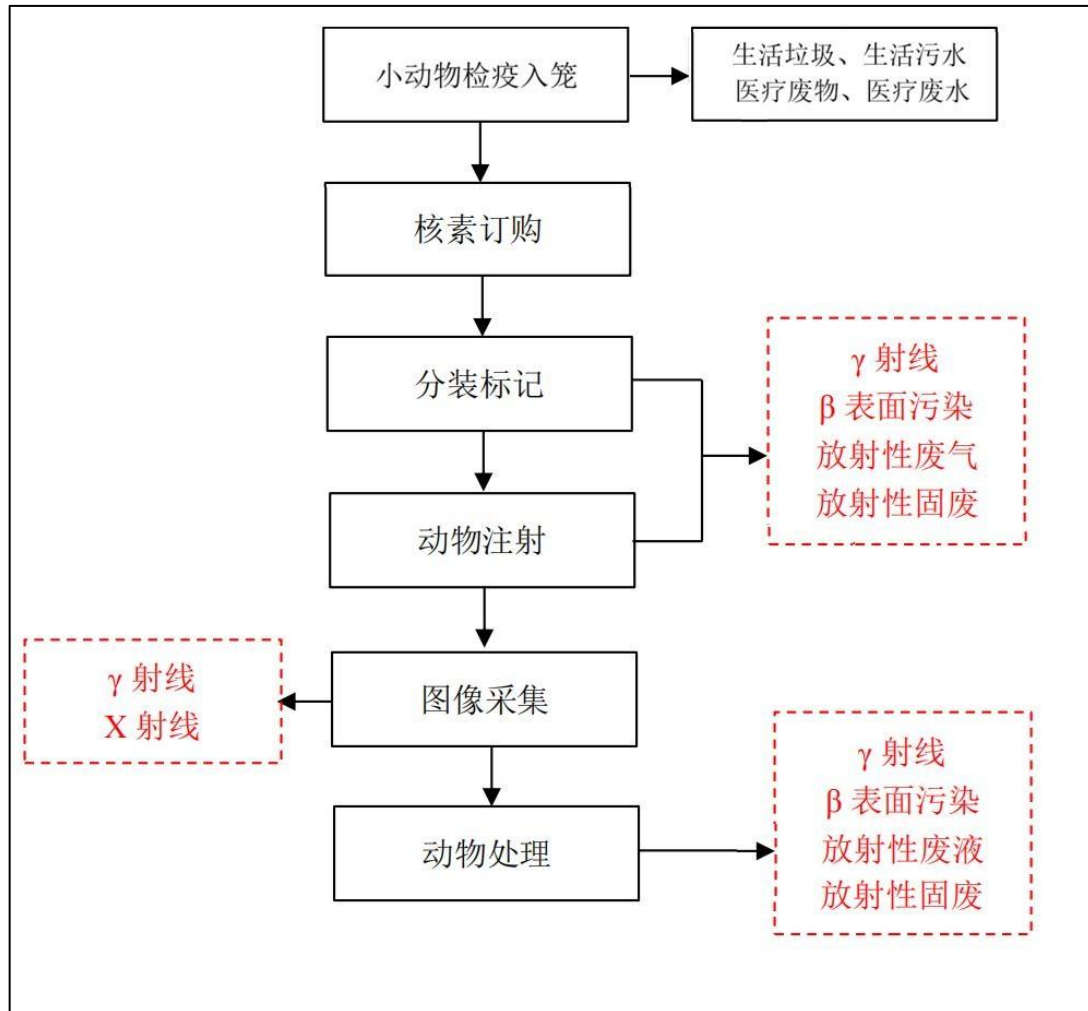


图9-4 本项目操作流程及产污环节示意图

在放药分装和动物注射环节主要产生 γ 射线、 β 表面污染、放射性废气、放射性固体废物，其中放射性固废主要包括废手套、注射器、吸水纸等。图像采集环节主要产生 γ 射线和X射线。在动物处理环节主要产生 γ 射线、 β 表面污染、放射性固体废物和放射性废液，其中放射性固废主要包括废手套、吸水纸、注射器、动物排泄物和动物尸体等；放射性废液主要为去污洗涤水。

为防止药物运送、放射性废物转移路线和工作人员工作路径之间有交叉，对工作人员产生额外的辐射影响，建设单位计划安排核素供应单位在工作人员上班前，运送

至实验室放射性物品间，建设单位安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续后暂存在通风橱中。放射性废物转移在非工作日在跟实验室负责人确认后进行现场放射性废物收集和转运。

9.1.3 人流和物流路径规划

(1) 药物路线

本项目使用 ^{99m}Tc 、 ^{177}Lu 开展小动物SPECT/CT显像， ^{99m}Tc 由本项目负一层单光子制药车间（已许可）按试验任务生产好后，由辐射工作人员通过生产人员通道将 ^{99m}Tc 送至科研区， ^{99m}Tc 经传递窗进入小动物实验室注射室通风橱内待用； ^{177}Lu 由厂家配送人员乘坐核医学楼医疗电梯到达负一层，前往科研区，经传递窗进入小动物实验室注射室通风橱内待用。

本项目使用 ^{18}F 、 ^{68}Ga 开展小动物PET/CT显像， ^{18}F 、 ^{68}Ga 均在正电子药物生产车间（已许可）按试验任务标记好后，由辐射工作人员通过生产人员通道将 ^{18}F 、 ^{68}Ga 至科研区， ^{18}F 、 ^{68}Ga 经传递窗进入小动物实验室注射室通风橱内待用。

(2) 科研人员路线

开展小动物实验的科研人员通过医疗电梯到达科研区，通过一更、二更进入小动物实验室。当天完成实验下班后经淋浴缓冲间，离开小动物实验室，从核医学楼南侧楼梯离开。

(3) 放射性固体废物路线

当天实验产生的放射性废物暂存在铅垃圾桶内，完成核素试验后，将放射性固体废物打包转移至科研区内的放射性废物暂存间铅垃圾桶内。放射性固体废物均暂存于20mmPb铅垃圾桶内，做好丢弃时间的记录。待10个以上半衰期后衰变至符合清洁解控水平后经监测达标，通过医疗电梯转移至医院医疗垃圾暂存间，按照医疗废物交由有资质单位进行处置。

(4) 放射性废液路线

本项目负一层已许可正电子药物车间，项目区已预留至长半衰期衰变池的下水管道，本项目产生的放射性废水通过现有管道排至核医学楼负三层长半衰期衰变池内。

(5) 放射性废气路线

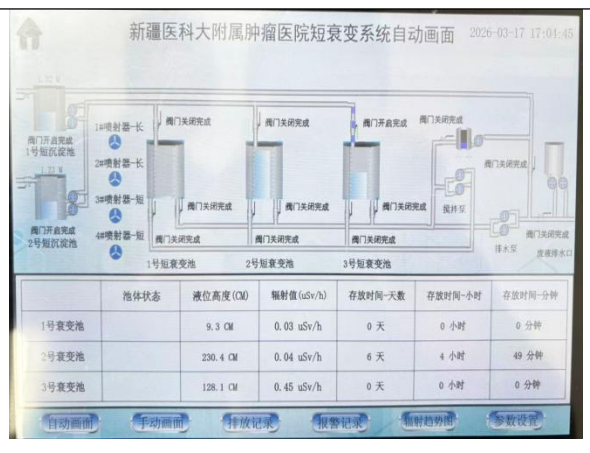
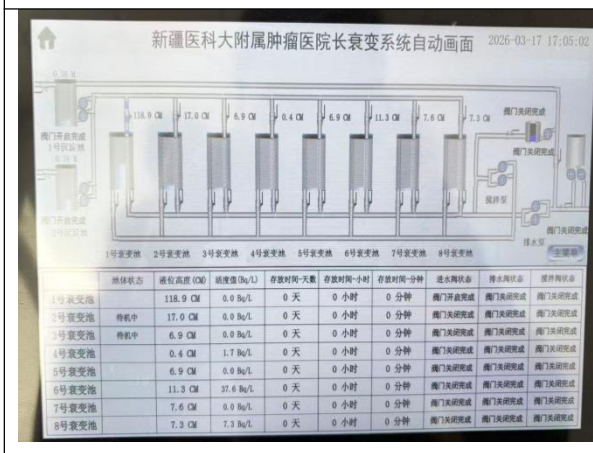
本项目核医学楼负一楼已预留独立的放射性废气排风管道，本项目放射性废气排风管道接入后，产生的放射性废气通过四楼楼顶专业排风口排出。

项目涉及的人流物流路径示意图见图9-5、放射性废液路径示意图见图9-6、放射性

废气路径示意图见图9-7。



核医学楼现有放射性排风系统（四楼楼顶）



核医学楼现有放射性废液排放系统（负三层）



核医学楼现有放射性废物库（负一层）

9.1.4原有工艺情况分析

经环评阶段现场调查，核医学楼负一层及相关的放射性废气、废液排放系统布局设计较合理，使用了科学先进的辐射防护设施和措施，场所取了辐射安全许可证，不存在工艺不足的情况。

9.2污染源项描述

9.2.1源项参数分析

（1）射线装置

本项目使用的1台PET/SPECT/CT三合一小动物成像系统属于III类射线装置，标称管电压 $\leq 150\text{kV}$ ，标称管电流 $\leq 1000\text{mA}$ 。

根据现有技术资料，PET/SPECT/CT三合一小动物成像系统最大管电压为 150kV ，最大管电流为 1000mA ，球管滤过为 2mm 厚过滤铝片，根据《辐射防护手册》第一分册P236中图4.4c可知，机头输出量约为 $1.5\text{R}/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，则可计算出 $D_0=X_0\cdot I\cdot 60\cdot (8.73\text{E}+3)=1.5\cdot 1000\cdot 60\cdot 8.73\text{E}+3=7.86\text{E}+08\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，则CT球管距靶 1m 处的空气比释动能率为 $6.81\text{E}+08\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

PET校准使用 ^{18}F ，一次使用 0.05mCi ，一个月校准一次，校准用 ^{18}F 包含在 ^{18}F 当天

最大操作中（6mCi），不再单独申请。

(2) ¹⁸F、⁶⁸Ga源项参数

本项目使用的¹⁸F、⁶⁸Ga，来自核医学科楼负一层正电子药物车间，¹⁸F、⁶⁸Ga、源项参数见下表。

表9-12 ¹⁸F、⁶⁸Ga源项参数

| 核素名称 | 状态 | 半衰期 | 毒性组别 | 衰变方式 | 主要射线和能量 (MeV) | 空气比释动能率常数 (μGy·m ² ·MBq ⁻¹ ·h ⁻¹) |
|------------------|----|----------|------|--------|---------------|---|
| ¹⁸ F | 液态 | 109.8min | 低毒 | β+, EC | 光子 0.511 | 0.143 |
| ⁶⁸ Ga | 液态 | 68.3min | 低毒 | β+, EC | 光子 0.511 | 0.134 |

(3) ^{99m}Tc源项参数

本项目使用的^{99m}Tc，来自核医学科楼负一层单光子药物车间，^{99m}Tc源项参数见下表。

表9-16 ^{99m}Tc源项参数

| 核素名称 | 状态 | 半衰期 | 毒性组别 | 衰变方式 | 主要射线和能量 (MeV) | 空气比释动能率常数 (μGy·m ² ·MBq ⁻¹ ·h ⁻¹) |
|-------------------|----|-------|------|--------|---------------|---|
| ^{99m} Tc | 液态 | 6.02h | 低毒 | 同质异能跃迁 | 光子0.140 | 0.0303 |

(4) ¹⁷⁷Lu源项参数

本项目购买成品¹⁷⁷Lu开展核素诊疗实验，源项参数见下表。

表9-17 ¹⁷⁷Lu源项参数

| 核素名称 | 状态 | 半衰期 | 毒性组别 | 衰变方式 | 主要射线和能量 (MeV) | 空气比释动能率常数 (μGy·m ² ·MBq ⁻¹ ·h ⁻¹) |
|-------------------|----|-------|------|------|---------------|---|
| ¹⁷⁷ Lu | 液态 | 6.73d | 中毒 | β - | β、0.498 | 0.00517 |

9.3.2污染源项描述

(1) 放射性污染物

1) X射线、γ 射线、β 射线、β表面污染

①PET/SPECT/CT三合一小动物成像系统扫描时产生的X射线；

②使用¹⁸F、⁶⁸Ga、^{99m}Tc、¹⁷⁷Lu进行核素实验产生γ 射线、β射线，β表面污染。

2) 放射性废气

放药分装、注射时，药物挥发产生的含放射性核素的废气。

3) 放射性废水

本项目注射室、防护动物实验室、鼠笼的清洁不使用水。放射性废水产生为动物解剖环节，根据《综合医院建筑设计规范》（GB51039-2014）医务人员每人最高日用水量为 150~250L/人·d。本项目仅解剖小动物，工作量很少，放射性医疗废水产生量（排放量）按50L/·d计。

在放射性核素操作过程中发生放射性物质泼洒事故，往往造成的是地面、台面或墙面表面污染，一般采用脱脂棉花、吸水纸等将撒泼液滴吸干，再用清洗剂擦洗去污，使表面放射性物质转移到棉花、吸水纸上，作为固体废物收集储存后再作处理。

4) 放射性固体废物

通风橱内活性炭定期由厂家更换，不在医院暂存，废活性炭每年产生量按10kg估算。本项目依托的单光子药物生产车间已取得辐射安全许可证，本项目产生的废钼铈发生器每年按10kg估算。

¹⁸F、⁶⁸Ga、^{99m}Tc、¹⁷⁷Lu注射、小动物解剖产生的沾有放射性核素的废注射器、安剖瓶、吸水纸按每天1kg计算。

表9-18 放射性废物产生情况一览表 单位（kg）

| 放射性固体废物最大产生情况 | 每天产量 | 每年产量 |
|----------------------|------|------|
| 活性炭 | / | 10 |
| 废钼铈发生器 | / | 10 |
| 沾有放射性核素的废注射器、安剖瓶、吸水纸 | 1 | 312 |
| 合计 | / | 332 |

(2) 非放射性污染物

①废水

由工程分析可知，开展小动物科研实验将产生生活污水和医疗废水，根据《综合医院建筑设计规范》（GB51039-2014）医务人员每人最高日用水量为 150~250L/人·d。本项目配备3名科研人员，产生的医疗废水和生活污水按450L·d计，医疗废水和生活污水的排放量按360L·d计。此外，防护施工期间将产生施工生活废水、泥浆废水。

②废气

辐射工作场所产生的X射线、γ射线与空气电离产生的O₃和NO_x等废气；此外，防

护施工期间将产生的施工扬尘。

③噪声

辐射工作场所各类设备产生的噪声；此外，防护施工期间将生产施工噪声。

④固体废物

由工程分析可知，开展小动物科研实验将产生生活垃圾和医疗废物，根据本项目时间情况，每天产生的生活垃圾按3kg计、产生的医疗废物按10kg计。



图9-5 人流物流路径示意图

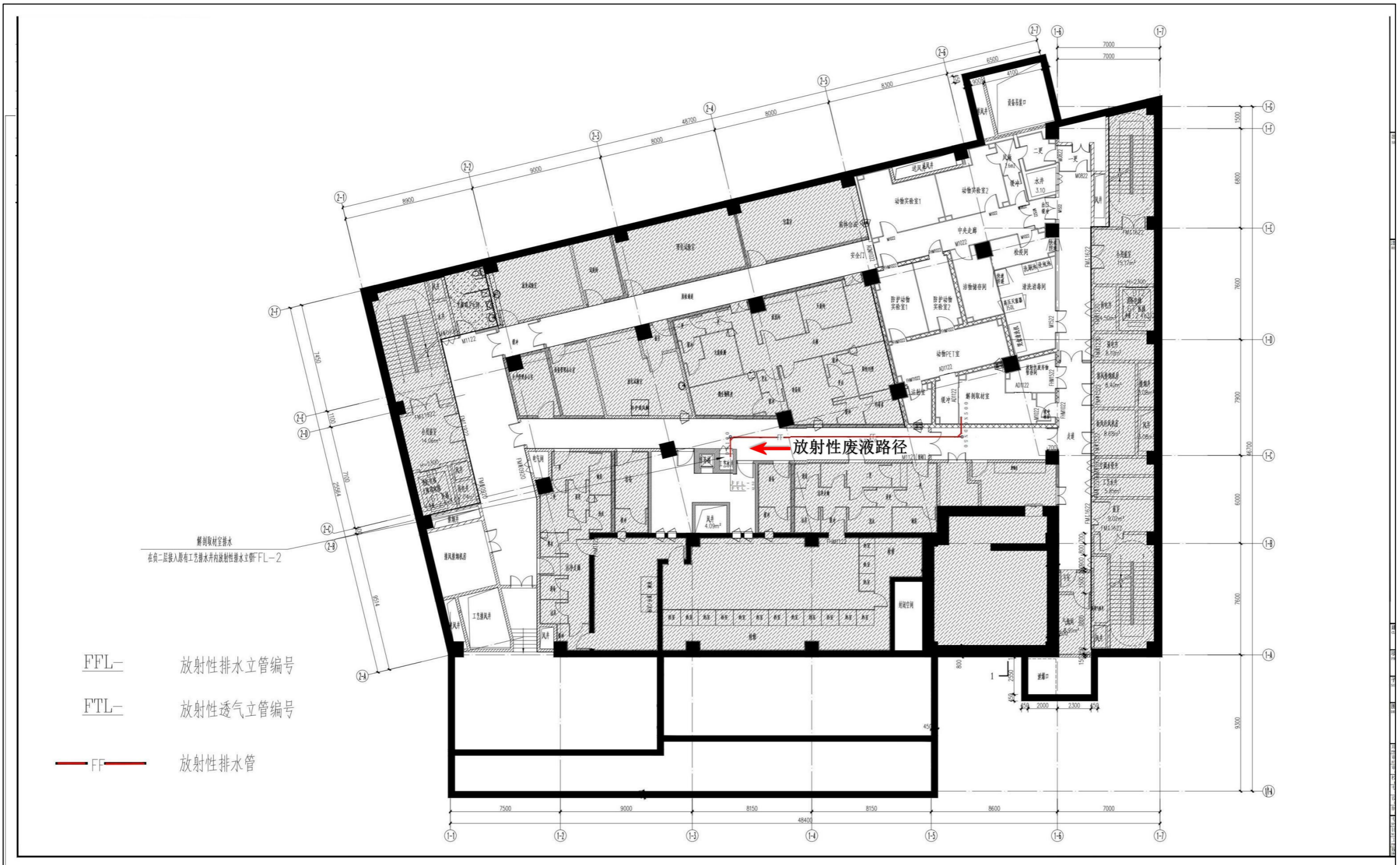


图9-6 放射性废液路径示意图



图10-3 核医学楼负三层现有衰变池布置示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要是实验室改造与装修。施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物及设备安装及调试过程可能产生的放射性污染。

(1) 扬尘、废气等防治措施主要为机房的建设、改造、装修时机械敲打、钻洞墙体等产生的粉尘以及装修材料中释放的有机废气。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，在施工过程中，施工单位应加强施工现场管理，运输及露天堆放材料加盖篷布、施工现场洒水抑尘。在装修施工中，通过选用合格的、通过国家质量检验的低污染建材，可有效减少有机废气的产生，所产生的少量有机废气经大气扩散后，对当地大气环境质量无明显影响。

(2) 废水防治措施

施工期间产生的废水主要为施工人员的生活污水。生活污水依托医院的排水系统，进入市政污水网管。

(3) 噪声防治措施

施工期噪声主要来自电钻、电锯等。通过选取噪声低、振动小的设备操作等，并合理安排施工时间等措施能减轻对外界的影响。

(4) 固体废物防治措施

施工期固体废物主要为建筑垃圾、装修垃圾。施工期产生的固体废物妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，集中运输至市政部门指定的建筑垃圾填埋场。

(5) 设备安装及调试过程可能产生的放射性污染及防治措施

本项目设备的安装和调试均在机房内完成，由厂家专业人员进行，医院方不得自行拆卸、安装设备，并应保证各屏蔽体屏蔽到位，安装调试期间操作人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。非密封放射源工作场所调试阶段，在机房门外设立辐射警示标志，工作人员使用个人剂量报警仪，调试完毕对工作场所进行 $\alpha\beta$ 表面污染监测，产生放射性污染的，应及时去污，场所清洁产生的放射性废物及其他含有放射性污染的物品，按放射性废物管理。其中，所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过30天；所含核素半衰期大于24小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的10倍。暂存期满后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

本项目施工期对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目施工期对外界影响小，不存在环保遗留问题。

量当量率最大，按正常¹⁸F时的条件进行人员剂量估算。

人员有效剂量估算公式按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）—2000年报告附录A公式演变计算：

$$E_T = D_s \cdot W_R \cdot W_T \cdot t \cdot T$$

式中：

ET—射线照射人体产生的年有效剂量当量，mSv；

Ds—射线空气吸收剂量率，μSv/h；

WR—辐射权重因子，取1；WT—组织权重因子，全身取

1。

T—居留因子；

则本项目人员有效剂量估算情况见下表11-5、表11-6。

表11-5 职业人员有效剂量估算情况一览表

| 序号 | 预测工序 | 预测剂量率 μSv/h | 工序时间 (min) | 年工作时间 (h) | 居留因子 | 年有效剂量 (mSv) |
|-------|-------------|----------------|---------------|--------------|------|----------------|
| 1 | 接源 | 1.37E+00 | 5 | 26 | 1 | 0.04 |
| 2 | 分装、测活 | 1.98E+00 | 30 | 156 | 1 | 0.31 |
| 3 | 小动物注射 | 1.32E+00 | 30 | 156 | 1 | 0.21 |
| 4 | 小动物摆位 | 1.10E+01 | 30 | 156 | 1 | 1.72 |
| 5 | 小动物显像完转运、解剖 | | 120 | 624 | 1 | 6.86 |
| 6 | 放射性废物处置 | 1.83E+00 | 10 | 52 | 1 | 0.10 |
| 7 | CT显像 | 1.00E-01 | 300 | 1560 | 1 | 0.16 |
| 合计 | | | | | | 9.38 |
| 3人分摊后 | | | | | | 3.13 |

表11-6 公众人员有效剂量估算情况一览表

| 序号 | 预测点位 | 预测剂量率 μSv/h | 年工作时间 (h) | 居留因子 | 年有效剂量 (mSv) |
|----|-------------------|----------------|--------------|------|----------------|
| 1 | 注射室南墙外30cm | 8.06E-01 | 30 | 1/8 | 0.003 |
| 2 | 解剖室南墙外30cm | 1.51E-01 | 624 | 1/8 | 0.012 |
| 3 | 解剖室东墙外30cm | 3.97E-02 | 624 | 1/8 | 0.003 |
| 4 | 解剖室淋浴间防护门外 | 3.03E-01 | 624 | 1/8 | 0.024 |
| 5 | 动物防护实验室楼上距地面100cm | 2.42E-02 | 8760 | 1/8 | 0.026 |
| 6 | 动物防护实验室楼下距地面170cm | 4.57E-02 | 8760 | 1/8 | 0.050 |

由上表计算可知，正常工作状态下，本项目辐射工作人员职业照射的剂量约束值未超过5mSv/a；公众人员的公众照射的剂量约束值未超过0.1mSv/a。满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中职业人员和公众剂量限值的要求。

11.2.5 保护目标处环境影响分析

根据调查，除了与小动物实验室相邻的过道、质控区、核医学楼其他相邻场所外，小动物实验室北侧32m还存在一个保护目标（新疆天文台）。根据理论计算，本项目产生的辐射影响不会影响到新疆天文台内公众人员的正常生活。此外，核医学楼环境影响评价阶段，还主动征求新疆天文台的意见，故本项目对新疆天文台的环境影响较小。原环评新疆天文台调查意见表见附件9。

11.2.6 三废的治理措施评价

（1）放射性废水

本项目产生的放射性废水全部排至核医学楼负三层长半衰期衰变池内，本项目一天约产生50L放射性废水，长半衰期衰变池剩余处理能力较大，本项目新增的放射性废水不会影响长半衰期衰变池的处置能力，本项目产生的放射性废水经十个半衰期自然衰变后，通过衰变系统活度检测达标，排入医院污水处理站，作为普通医疗废水处理。放射性废水的处置措施合理可行，对水环境影响较小。

（2）放射性废气

本项目在注射室设置了通风橱并单独设置1道放射性通风管道，风速不小于0.5m/s；其他场所与注射室设有压差，确保气流从低活度区向高活度区设计，防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。放射性通风管道设有止回阀，从预留风井引至核医学楼楼顶放射性排风口。排风口处设有活性炭，可以对放射性气溶胶进行吸附。本项目要求建设单位定期检测放射性排风系统，产生的废活性炭属于放射性废物，由活性炭厂家人员带回，不在放射性废物库中暂存。放射性废气的处置措施合理可行，对大气环境影响较小。

（3）放射性固体废物

本项目产生的放射性固体废物主要为放射性核素操作中沾染核素的注射器、一次性手套、棉签、吸水纸（含注射后动物的排泄物）、和小动物尸体等固体废物。建设单位计划配备4个20mmPb铅垃圾桶，用于收集放射性核素操作中沾染核素的注射器、一次性手套、棉签、吸水纸（含注射后动物的排泄物）、和小动物尸体等固体废物，废物桶的放置点避开人员经常活动的区域，桶内放置专用塑料袋直接收纳废物，注射器针头等尖刺和棱角的放射性废物先装入利器盒中，再放入废物铅桶的专用塑料袋中，小动物尸体应做好防腐措施。装满后的废物袋密封、不破漏。废物袋、废物箱及其他存放废物的容器必须安全可靠，并应在显著位置标有废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明。每袋废物的表面剂量率不超过0.1mSv/h，重量不超过20kg。放射性固体废物经过十个半衰期且经过检测达到解控水平

后，作为普通医疗废物，转移至医院医疗废物暂存间。放射性固体废物的处置措施合理可行，对医院周边环境影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 风险识别

本项目使用1台PET/SPECT/CT三合一小动物成像系统，并配套使用非密封放射性核素开展小动物核素实验。可能发生的辐射事故如下：

（1）射线装置可能发生的辐射事故主要是射线装置正常运行时，无关人员误留、误入机房，导致发生照射。

（2）使用放射性核素可能发生的辐射事故主要包括：

①放射性液体洒漏，使工作环境受到污染，工作人员受到外照射；

②操作人员身体受放射性物质表面沾污，可能发生的内照射；

③保管不善，放射性物品被盗，流失到社会，对局部环境产生污染，并可能使部分公众受到照射；

④放射性废物、废水、废气管理或处置不当，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

11.3.2 事故工况下辐射影响分析

本项目可能发生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制的照射。所使用的放射性同位素为极短寿命放射性核素，放射性核素不大量贮存，当天送药当天使用，PET/SPECT/CT三合一小动物成像系统的X射线能量不大，曝光时间都比较短，故所发生辐射事故为一般辐射事故。

11.3.3 事故处理及应急预案

（1）射线装置使用过程中的事故

①事故发生后，应立即切断电源，确保射线装置停止工作，误入或误留人员应在最短的时间内撤离机房，并通知辐射事故应急领导小组；

②辐射事故应急领导小组立即启动应急预案，小组安排应急救援人员检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

（2）实验室非密封放射性物质污染的处理

①一旦发生辐射事故，立即启动辐射事故处理应急预案。发生辐射事故时，当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组；

②确定发生污染的源项名称、数量、剂量和放射性污染的具体位置、范围、放射性强度等和发生的时间；

③做好警示标识，及时隔离及限制污染现场，并采取相应的放射性污染处理方法进行去污处理：

a.当发生液态放射性药物泼洒、泄漏导致的表面沾污事故时，应及时去污，尽量转移至放射性固废存放处。如：迅速用吸附衬垫或滤纸吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。去污结束后，需用表面沾污仪测量污染区，如果 β 表面污染大于控制限值（控制区 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，监督区 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ），表明该污染区未达到去污控制标准，这时应用清洁剂浸湿吸水纸擦拭，确保符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的控制的要求。

b.当放射性药物或放射性废物管理或处置不当造成污染时，应立即划定警戒区，设置放射性污染标识，限制人员随意走动或靠近，由专业人员处理，现场处置任务的工作人员应佩带防护用具及个人剂量计和剂量报警仪。根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间，现场经监测满足解控要求后方可解除警戒，并尽可能记录下现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。发生辐射事故时，应当立即启动辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，同时在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。

11.3.4 事故预防措施

(1) 加强辐射安全管理

建设单位已成立了辐射安全与环境保护管理机构，统一管理学校内的辐射安全防护工作，负责有关正常工作条件的保障及解决放射实践中出现的各种防护问题。

(2) 制定辐射工作场所工作制度

建设单位拟制定了小动物实验室工作制度，包括辐射安全管理制度、工作人员培训制度和辐射监测等规章制度。辐射工作场所日常工作中应严格按照工作制度执行，防止辐射事故的发生。在日常工作中，设置专人负责放射性药物的管理，做好日常检查，防止放射性药物丢失、被盗。

(3) 制定了辐射工作场所安全操作规程加强人员的培训，现有工作人员全部持有有效的辐射安全培训证书。医院应加强辐射工作人员对小动物实验室工作流程的培训，避免辐射事故的发生。医院应制定完善的安全操作规程，工作人员在日常工作中严格按照操作规程进行操作，避免因误操作发生的辐射事故。对辐射工作人员定期培训，使之熟练操作，严格按

照操作规范操作，减少药物洒漏事故的发生。操作过程中，操作者应穿戴防护服、防护眼镜及手套，如果意外事故下放射性液体溅到皮肤上，立即用自来水冲洗。

(4) 辐射工作场所按要求设置相应的辐射安全与防护设施，定期检查辐射工作场所和设备的辐射安全措施运行情况，定期对工作场所进行检测，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态。

(5) 加强放射性废物的管理，对放射性废物制定放射性三废的处理制度，对放射性废物单独收集，按照国家规定处理，并做好相应的记录。

(6) 医院已制定了《辐射事故应急预案》，本项目实施前，必须修订《辐射事故应急预案》，将小动物实验室可能发生的辐射事故应急措施明确。一旦发生误照射并导致人员受到超过年有效剂量限值，应立即启动辐射事故应急预案，并采取应急措施。定期、具有针对性的对可能发生的放射事故进行演练，尽可能避免辐射事故的发生。

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

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》的要求，使用II类射线装置及使用非密封放射性物质的，应当设有专门的辐射安全管理机构，且至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作。

新疆医科大学附属肿瘤医院于2025年10月27日发布了《关于调整放射防护及辐射安全管理委员会委员的通知》（新医大附肿〔2025〕75号），该通知调整了辐射安全管理委员会相关成员，具体为由医院法人张永刚担任放射防护及辐射安全管理委员会主任，吴兰华担任放射防护及辐射安全管理委员会副主任，相关科室人员任放射防护及辐射安全管理委员会委员，戴姗姗任辐射安全管理专职人员。辐射安全管理委员会委员

放射防护及辐射安全管理委员会工作职责如下：

（1）会议统筹管理

建立常态化会议机制，每半年定期组织召开辐射安全专项工作会议；针对突发情况、重大事项等特殊需求，可随时召开专题会议研究部署、决议相关工作，保障决策高效落地。

（2）法规宣传贯彻

牵头做好辐射安全与职业病防治领域合规宣贯，全面宣传、落实《中华人民共和国放射性污染防治法》《中华人民共和国职业病防治法》《放射性同位素及射线装置安全和防护条例》等相关法律法规，筑牢依法依规管理的基础。

（3）建设项目合规评价

针对医院新、改、扩建核技术利用建设项目，严格选聘具备专业资质的第三方技术服务机构，开展专项评价工作，从源头把控放射诊疗项目建设合规性。

（4）设备场所检测管控

定期委托有资质技术机构，对医院放射性同位素、射线装置的运行性能及作业场所开展专业检测；针对检测不合格的设备，及时拟定专项处理意见并上报医院，严控辐射安全风险。

（5）放射人员全周期管理

落实放射工作人员规范化管理，一方面统筹开展个人剂量监测、职业健康检查、放射防护及辐射安全专项培训等工作；另一方面严格执行人员准入、日常监督、定期考核

全流程管控，保障从业人员合规上岗、安全作业。

(6) 防护保障与日常督查

配齐配全放射诊疗科室所需的辐射监测仪器、个人防护用品等物资；定期排查放射性同位素、射线装置防护措施落实情况，常态化督导防护规范执行，堵塞安全漏洞。

(7) 应急处置与兜底任务

牵头负责辐射事故应急处置工作，定期组织相关科室开展辐射应急演练，提升应急处置能力；同时高效完成上级行政部门、院领导交办的其他临时性、专项性工作。

医院各科室职责如下：

- (1) 医学工程科：辐射安全与设备防护统筹管理；
- (2) 医务部：人员资质与健康风险管控；
- (3) 人力资源部：人员异动与政策落地；
- (4) 党委（医院）办公室：对外协调与会务统筹；
- (5) 教学科研管理办公室：实习教学人员辐射管控；
- (6) 后勤管理科：放射性废弃物合规处置；
- (7) 放射诊疗操作科室：一线防护落地与自查整改；
- (8) 科室放射防护专干：基层防护专职联络员。

12.2 辐射安全管理规章制度

新疆医科大学附属肿瘤医院制定了一系列辐射安全管理制度，其中包含新疆医科大学附属肿瘤医院放射防护及辐射安全管理制度、辐射安全总则、辐射防护和安全保卫制度、操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、人员培训制度、辐射监测方案、个人剂量管理和健康管理规定、辐射监测仪器使用维护操作规程、台账管理制度、医院放射性废物处理规范。医院现有制度较完善。本项目所使用的非密封放射性物质种类均已取得相应许可，医院对涉及核素的使用管理较为规范，许可周期内未发生辐射安全事故，现有辐射安全管理制度运行可行、满足实际使用需求。本项目实施前，应新增小动物实验室专项辐射安全管理制度，其内容应包含：辐射工作场所管理目标与权责分工、场所与设施辐射安全管控、放射性核素与动物管理、人员防护与培训准入、放射性三废与污染处置、辐射防护监测与监督、台账与档案管理、应急与事故处置。

12.3 辐射监测

本项目辐射监测分为工作场所及环境辐射监测、个人剂量监测。

- (1) 工作场所及环境辐射监测：

医院须委托有资质的单位定期对辐射工作场所及周围环境进行中子、X- γ 辐射剂量率以及 α/β 表面沾污监测，监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存，监测数据每年年底向生态环境主管部门上报备案。射线装置进行维修前后，应分别进行一次监测；事故发生后，在事故处理前后对周围环境分别进行一次监测。非密封放射性物质工作场所退役时，应进行一次退役监测。监测时设备应处于正常运行中，监测点位应包括机房四周墙外30cm、工作人员通道门及患者入口门外、线缆孔洞等易泄露射线位置以及可能造成表面污染的位置。

(2) 个人剂量监测：

辐射工作人员工作时要求佩戴个人剂量计，且按每季度 1 次的频度送其个人剂量计至有资质的部门进行个人剂量监测，医院应严格按照国家法规和相关标准进行个人剂量监测和相关的防护管理工作。建立了个人剂量档案并妥善保管。个人剂量监测档案包括辐射操作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。

12.4 辐射事故应急预案

根据国家《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和生态环境主管部门的要求新疆医科大学附属肿瘤医院已制定《新疆医科大学附属肿瘤医院辐射事故应急处理预案》，成立了辐射事故应急处理领导小组，组长为张永刚，副组长为吴兰华，其他相关人员为组员。

本项目投运前，应完善辐射事故应急预案，将小动物实验室应急响应内容纳入现有应急预案中，对应急措施、事故后续处理等做出要求，明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。

12.5 应急预案分析评价

新疆医科大学附属肿瘤医院为核技术利用单位，已制定《新疆医科大学附属肿瘤医院辐射事故应急处理预案》，成立了辐射事故应急组织机构，相关科室负责人为辐射事故应急组织机构组长，现场医师、技师为组员，协助组长完成事故现场处置工作，定期开展辐射应急演练，根据调查了解，医院应急演练每年开展一次，有突发情况临时增加演练。医院辐射事故应急预案中应急措施较全面，执行性较强，但缺少应急演练影像记录和应急演练后回顾总结的内容。本项目投运前医院辐射事故应急预案需按《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》补充完善，并将本次新增内容纳入医院现有的辐射防护管理体系。

12.6从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用辐射装置的单位应具备相应的条件，对其从事辐射活动能力的评价详见表12-1。

表12-1 从事辐射活动能力评价

| 应具备条件 | 落实情况 |
|---|--|
| (一) 使用II类放射源，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，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。 | 医院已设置辐射安全管理领导机构，并设有符合要求的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。 |
| (二) 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。 | 医院从事辐射工作的人员均已通过培训和考核，如新增人员将按要求落实。 |
| (三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存间或设备。 | 本项目设有放射性废物暂存库，非密封放射性物质当天用完不储存。 |
| (四) 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。 | 医院已制定相应的操作规程，按要求建设专用场所，实体屏蔽，设急停开关、监视和对讲系统，设工作警示灯及电离辐射警告标志。本项目将按要求执行。 |
| (六) 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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。 | 已制订比较健全的操作规程，辐射防护和安全保卫制度、人员培训、监测等制度，本项目将及时修订和完善。 |
| (七) 有完善的辐射事故应急措施。 | 医院制定有完善的辐射事故应急预案和应急措施，项目投运前将本次新增内容纳入医院现有的辐射防护管理体系。 |
| (八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。 | 本项目放射性废气通过专用排放管道排出，排风口设置活性炭吸附；衰变池的规模和功效满足相关要求；设有放废库，暂存能力满足项目规模。 |

综上所述，新疆医科大学附属肿瘤医院已具备从事辐射活动的能力。本项目在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

12.7 竣工环保验收

医院拟根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施在调试期间进行验收，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。验收意见包括工程建设基本情况、工程变动情况、环境保护设施落实情况、环境保护设施调试效果、工程建设对环境的影响、验收结论和后续要求等内容，验收结论应当明确该建设项目环境保护设施是否验收合格。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。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。

12.8 环保投资

本项目总投资800万元，环保投资50万元，环保投资占项目总投资比例6.25%。

本项目环保投资见表12-2。

表12-2 环保投资一览表

| 序号 | 环保措施 | 环保投资（万元） |
|----|------------------------|----------|
| 1 | 机房辐射屏蔽施工 | 7 |
| 2 | 监视对讲系统 | 3 |
| 3 | 通风橱、活性炭吸附净化及排风系统、铅下水管道 | 15 |
| 4 | 警示标志、工作指示灯等 | 1 |
| 5 | 个人防护用品、铅罐、铅垃圾桶、铅屏 | 10 |
| | 辐射巡检仪、表面污染检测仪 | 6 |
| 6 | 辐射工作人员体检及个人剂量 | 3 |
| 7 | 竣工环保验收、监测 | 5 |
| | 合计 | 50 |

表 13 结论与建议

13.1结论

13.1.1实践的正当性

新疆医科大学附属肿瘤医院小动物实验室核技术利用项目的建设，目的在于开展核技术应用科研工作，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

13.1.2产业政策符合性

本项目使用放射性医疗设备，核素用于临床诊断、治疗，符合国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024年本）》中鼓励类项目（第六项核能，4. 核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造）和（第十三项医药，4. 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，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用。），故本项目建设符合产业政策。

13.1.3选址的合理性

本项目位于新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市新市区肿瘤医院北院区核医学楼负一层东北角，为预留科研区域。该区域位置相对独立，北侧、东侧、南侧均为通道，各通道之间均设置防护门进行缓冲隔离；西侧为核医学科质控区域，公众难以进入。区域上方为 SPECT/CT预留机房及医护通道，下方为设备机房，均不属于公众长期居留场所。评价范围50m内无学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感目标，故本项目选址较为合理

13.1.4工程所在地区环境质量现状

由辐射环境现状 γ 辐射剂量率监测结果可项目区环境本底 γ 辐射空气吸收剂量率处于正常本底，未发现辐射异常情况。由辐射环境现状 α 、 β 表面污染监测结果可知，项目区表面污染处于正常本底水平。

13.1.5环境影响分析

辐射环境影响分析：

（1）本项目小动物实验室屏蔽措施能满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求的：距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外

表面30cm处的周围剂量当量率应小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10 \mu\text{Sv/h}$ 。放射性药物合成和分装的箱体、通风橱、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面30cm处的周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 本项目小动物实验室产生的放射性废气及气溶胶经通风橱收集，通过专用排风管道汇集后经活性炭过滤处理；放射性废气及气溶胶经活性炭过滤处理后，对大气环境影响较小。

(6) 本项目小动物实验室产生放射性废水依托医院现有长半衰期衰变池，含核素废水经十个半衰期衰变处理后进行监测，监测结果经审管部门认可后，按照GB18871中8.6.2规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 α 不大于 1Bq/L 、总 β 不大于 10Bq/L 、 ^{131}I 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L 。

(7) 放射性药物操作使用过程中沾染放射性药物的固体废物，按《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)的暂存时间要求在放废库暂存，放射性废物经过十个半衰期衰后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2 、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h ，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于 4Bq/cm^2 、其他 α 发射体应小于 0.4Bq/cm^2 。废弃钼铈发生器、废弃活性炭正常情况均为换新后厂家回收，特殊情况暂存于放射性废物暂存间，及时联系厂家回收，不做长期暂存处置。

非辐射环境影响分析：

(1) 本项目X射线、 γ 射线电离空气产生的少量臭氧、氮氧化物沿实验室内排气管道连接至楼顶排放，自然稀释，对大气环境影响较小。

(2) 项目运行产生的医疗废水和生活污水依托医院污水处理站处理后排入市政管网，对水环境影响较小。

(3) 本项目产生的生活垃圾、医疗垃圾分类收集，生活垃圾集中收集于垃圾箱，环卫部门定期清运，固体废弃物产生的环境影响在可接受范围内。

13.1.6辐射安全管理能力分析

通过对照国家有关要求对本项目从事辐射活动能力的逐项分析，医院按照《放射

性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第449号令）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第18号令）中关于使用医用射线装置和非密封放射性物质使用条件的相关规定，拟采取的辐射防护设施（措施）较齐全，防护效果可满足辐射防护要求；在落实本报告提出的要求后，基本具备了使用Ⅲ类射线装置、丙级非密封放射性物质工作场所的综合管理能力。

13.1.7可行性结论

本项目的建设方案已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行了设计，在全面落实本报告提出的辐射安全防护措施及环保措施的基础上，切实做到“三同时”，并在项目运行时严格执行辐射防护安全管理制度和监测计划，则本项目正常运行时，对周围环境的影响能够符合辐射环境保护的要求，对项目周围的环境、职业人员、公众人员产生的影响较小，从环境保护和辐射防护角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2建议与承诺

13.2.1建议

（1）认真落实环评提出的管理措施和辐射防护措施要求，完善管理制度。

（2）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，杜绝辐射事故的发生。各专业辐射工作人员上岗前必须取得所需专业的培训证书。

（3）定期将辐射监测设备送至有检定资质的单位进行检定，保证监测设备监测数据的有效性。严格限制辐射工作场所周围人员居留时间，公众人员非必要情况下不得在辐射工作场所周围居留1小时以上。

（4）医院应将辐射事故应急预案装裱上墙，每年至少组织一次预案培训工作，并定期进行应急演练。

（5）本项目试运行三个月内，医院应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的内容和要求，对本项目开展竣工环保验收工作。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，新疆医科大学附属肿瘤医院承诺：

（1）及时完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行，在项目建设和运行过程中，加强内部监督管理，不违规操作、不弄虚作假，并接受环保部门的监督检查和及时整改检查中发现的问题；

（2）按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》要求开展个人剂量监测、工作场所监测和环境监测工作；

(3) 本报告表系按现有设计资料编制，今后建设内容如发生重大变动，我院将另做相应的环境影响评价，办理相应手续；

(4) 按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）的要求，除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见

公章

经办人：年月日

审批意见

公章

经办人：年月日