

核技术利用建设项目

新疆医科大学第一附属医院新增⁹⁰Y 树脂微球核 素治疗项目环境影响报告表

建设单位名称：新疆医科大学第一附属医院

建设单位法人代表（签名或签章）



通讯地址：乌鲁木齐市鲤鱼山路137号

邮政编码：830000

联系人：张哲

电子邮箱：kellyzhang65@163.com 联系电话：15199132171

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	21
表 3 非密封放射性物质	21
表 4 射线装置	22
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	23
表 6 评价依据	24
表 7 保护目标与评价标准	27
表 8 环境质量和辐射环境现状	48
表 9 项目工程分析与源项	54
表 10 辐射安全与防护	75
表 11 环境影响分析	89
表 12 辐射安全管理	115
表 13 结论与建议	125
表 14 审批	131
附图 1 项目地理位置图	132
附图 2 项目周边环境关系图和评价范围图	133
附图 3 第一住院部一层拟改建前区域和第四手术间平面布局图	134
附图 4 第一住院部一层拟改建后区域和第四手术间平面布局图	135
附图 5 第一住院部负一楼核医学科控制区、监督区	136
附图 6 第一住院部二楼核医学科控制区、监督区	137
附图 7 第一住院部一层拟改建区域和数字减影室第四手术间控制区、监督区	138
附图 8 第一住院部负一层核医学科本项目路径图	139
附图 9 第一住院部二层核医学科本项目路径图	140
附图 10 第一住院部一层本项目路径图	141
附图 11 通风、排水管道示意图	142
附图 12 第一住院部负一楼核医学科平面图	143
附图 13 第一住院部二楼核医学科平面图	144
附图 14 衰变池	145
附图 15 废水处理流程图	145
附图 16 乌鲁木齐市“三线一单”环境管控单元分类图	146
附图 17 现场照片	151

附件 1 事业单位法人证书	152
附件 2 环评委托书	153
附件 3 辐射安全许可证	154
附件 4 原工作场所环评及验收	189
附件 5 环境监测报告	211
附件 6 质量与安全管理委员会	227
附件 7 辐射事故应急预案	235
附件 8 放射防护管理制度	249
附件 9 个人剂量检测报告（部分）	300
附件 10 核技术利用辐射安全与防护考核	321
附件 11 职业健康体检	325
附件 12 医疗废物处置合同	333

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新疆医科大学第一附属医院新增 ⁹⁰ Y 树脂微球核素治疗项目					
建设单位		新疆医科大学第一附属医院					
法人代表		罗坤	联系人	张哲	联系电话	15199132171	
注册地址		乌鲁木齐市鲤鱼山路 137 号					
项目建设地点		新疆医科大学第一附属医院第一住院部一层数字减影室第四手术间、第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧改建区域、第一住院部负一层核医学科钨制药室、二层核医学科 SPECT/CT 室					
立项审批部门		/			批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		150	项目环保投资 (万元)	80	投资比例(环保 投资/总投资)	53.3%	
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他				占地面积 (m²)	/
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input 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 checked="" type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类				
	其他	/					
	1.1、建设单位概况、项目建设规模、目的和任务由来						
1.1.1 建设单位概况							
<p>新疆医科大学第一附属医院始建于 1954 年，是国家第一个五年计划中原苏联援助中国 156 个重点建设项目之一，是一所集医疗、教学、科研、预防和管理为一体的大型综合性三级甲等医院。多年来，医院始终秉持“文化建院、依法治院、科教兴院、人才强院”的建院方针、“仁爱、诚信、精湛、卓越”的院训和“一切为了各族人民健康”的宗旨，构建了以“大爱无疆、大医精诚”为核心的文化发展理念，持续为疆内外乃至中亚各国提供高质量的医疗服务和高水平的医学教育。</p> <p>医院目前总建筑面积 53.9 万平方米，编制床位 2970 张。2024 年门诊量 341.48</p>							

万人次，住院患者手术量 8.31 万台次（其中“国考”四级手术台次 2.03 万人次）、年出院患者 21.94 万余人次。医院在职职工 5188 人，其中教授 99 名，副教授 217 名，主任医师 233 人、副主任医师 270 人，研究生导师共 432 名，其中博士研究生导师 149 名，硕士研究生导师 424 名。医院学科齐全、技术高超，特色专科突出，拥有副（县）处级临床医技机构 2 个、临床型中心 21 个，平台型中心 4 个，专病中心 2 个，其他临床医技科室 35 个、教研室 39 个，心血管、骨科及肝移植等一大批优势学科享誉疆内外。

医院（第一临床医学院）现有在校统招研究生 1755 名（其中博士 317 名、硕士 1438 名），以及临床医学（“5+3”一体化）专业、临床医学专业、精神医学专业本科生共计 1128 人。省部共建国家重点实验室 1 个、国家临床重点专科 11 个、自治区级临床医学重点学科 1 个、自治区临床重点专科 45 个，博士点 2 个、硕士点 2 个、国家级一流本科专业建设点 2 个、国家级特色专业 1 个、全国高校黄大年式教师团队 1 个、国家临床教学培训示范中心 1 个、国家级实验教学示范中心 1 个、国家医师资格考试实践技能考试基地 1 个、外科基础技能提升项目省级培训基地 1 个、国家住院医师规范化培训基地 1 个（全国示范基地、27 个专业基地）、重点专业基地 3 个、骨干师资培训基地 8 个，国家专科医师规范化培训试点专科基地 8 个，国家级临床医学博士后科研流动站 1 个，国家临床药师培训基地 1 个、国家临床药师师资培训基地 1 个，国家 GCP 认证专业 25 个及药物 I 期临床试验研究室 1 个，国家级一流本科课程 3 门，教育部“拓金计划”示范课程 2 门。

医院有享受国务院特殊津贴 53 人，国家百千万人才工程人选 4 人，全国先进工作者 1 人，全国“五一劳动奖章”4 人，全国优秀共产党员 2 人，全国优秀共青团员 1 人，全国道德模范提名奖 1 人，国家卫生健康突出贡献中青年专家 7 人，全国医药卫生系统先进工作者 4 人，全国最美科技工作者 1 人，全国杰出专业技术人才 1 人，“全国卫生健康系统新冠肺炎防控工作先进个人”2 人，中国最美医生 1 人，中国好医生 4 人，中国医师奖 7 人，“国之名医”5 人，“白求恩式好医生”4 人，国家优秀青年医师奖 2 人，国际南丁格尔奖 1 人，中国好护士 1 人，全国模范教师 1 人，全国优秀住培基地负责人 1 人、全国优秀住培专业基地主任 1 人、优秀带教老师 3 人，全国卫生系统职业道德建设标兵 1 人，全国三八红旗手 1 人，全国巾帼建功标兵 1 人，全国女职工“建功立业”标兵 1 人，全国教科文卫体工会先进女职工工作者 1 人，全

国维护妇女儿童权益先进个人 1 人，全国最美家庭 1 人，全国医科院校学生思政教育联盟优秀辅导员 1 人。全国五一巾帼标兵岗 1 个，全国工人先锋号 2 个、全国五四红旗团委 1 个、全国巾帼建功先进集体 1 个全国卫生健康系统先进集体 2 个、全国三八红旗先进集体 1 个、全国“青年文明号” 5 个。医院还有自治区开发建设新疆奖 2 人，自治区工人先锋号集体 2 个、自治区先进工作者 9 人、自治区三八红旗集体 1 个、自治区教育先锋号集体 2 个、自治区级优秀共产党员 10 人，自治区级优秀党务工作者 2 人，自治区道德模范 3 人，“自治区民族团结进步模范个人” 2 人，新疆青年五四奖章 1 人，自治区突出贡献优秀专家 21 人，自治区级教学名师 7 人、教学能手 3 人，全国高校教师教学创新大赛新疆区赛一等奖 1 项，二等奖 3 项，2024 年西部联盟第一届课程思政案例大赛特等奖 1 项，二等奖 1 项，新医名医 40 人，首届“新医护理之星” 15 人。获自治区研究生精品示范课程 3 项，获自治区专业学位研究生教学案例库 14 项，自治区级住培优秀专业基地主任 1 人、优秀住培带教教师 3 人、优秀住培管理工作 1 人，新疆最美科技工作者 4 人，新疆青年科技奖 4 人，自治区科学技术奖特等奖 2 人、突出贡献奖 3 人，自治区女职工“建功立业”标兵 1 人，自治区“劳模和工匠人才创新工作室” 1 个、自治区教科系统“劳模和工匠人才创新工作室” 3 个，自治区五四红旗团支部 1 个。

1.1.2 任务由来

新疆医科大学第一附属医院为了推动医院医疗事业的发展，提高医院的医疗服务水平，更好地服务患者，在医院核医学科和 DSA 手术室内开展 ^{90}Y 微球介入治疗改建项目。借助医院现有的第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA（利旧）将 ^{90}Y 微球通过插管直接输注至肿瘤病灶，通过第一住院部二层核医学科 SPECT/CT（利旧）进行扫描验证。第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA、第一住院部负一层核医学科锝制药室及相关功能房间、第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 均已履行过环境影响评价手续（详见附件 4）。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，“新疆医科大学第一附属医院新增 ^{90}Y 树脂微球核素治疗项目”（以下简称“本项目”）应进行环境影响评价。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 非密封

源工作场所的分级规定，本评价项目的非密封放射性工作场所“依据表 9-8”，核素的注射场所（DSA 室）为乙级；根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》的规定：“第五十五类、核与辐射，172 条：乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）”，环评类别为环境影响报告表。为此，医院委托合肥金浩峰检测研究院有限公司（以下简称“评价机构”）承担本项目的环评工作（附件 2）。

在接受委托后，组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集、辐射环境质量现状监测等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定编制了本环境影响报告表。

1.1.3 项目建设规模

1、依托不变的核医学科

本项目依托第一住院部负一层钨制药室进行药物分装、淋洗，第一住院部二层核医学科 SPECT/CT（利旧）进行扫描验证。

第一住院部负一层核医学科钨制药室，2021 年委托乌鲁木齐众智安环工程咨询有限公司编制了《新疆医科大学第一附属医院核医学科新建项目环境影响报告表》，2022 年 9 月取得了新疆维吾尔自治区生态环境厅批复（批复文号：新环审〔2021〕155 号）；2025 年 5 月对本项目涉及的核医学科钨制药室进行了竣工环境保护验收，2025 年 10 月组织专家对以上项目进行了验收评审，形成了验收意见，通过了验收。SPECT/CT 机房 2007 年委托新疆辐射环境监督站编制了《新疆医科大学第一附属医院放射性医疗设备辐射环境影响报告书》，2007 年 1 月取得了原新疆维吾尔自治区环境保护局批复（批复文号：新环控函〔2007〕44 号），2014 年委托新疆辐射环境监督站编制了《新疆医科大学第一附属医院 X 射线装置及非密封放射源核技术利用项目竣工环境保护验收监测表》，2014 年 9 月取得了验收意见（新环函〔2014〕1174）。利旧场所的环评批复及验收意见见附件 4。

2、依托不变的第一住院部一层数字减影室第四手术间

本项目依托医院现有的第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA（利旧），使用钨标记聚合白蛋白（ ^{99m}Tc ）注入肝动脉，以评估患者是否适合此项治疗。 ^{99m}Tc 药物使用时由医院按单人份在负一层核医学科钨制药室进行淋洗（单人份

用量 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$),使用铅罐将药物送至第一住院部一层数字减影室第四手术间, 钨标记聚合白蛋白 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) 注射过程在DSA 室内完成。

医院根据患者具体情况, 按照处方剂量向供货公司提前订购 ^{90}Y 微球。 ^{90}Y 微球剂量瓶外含 1 个透明的有机玻璃瓶防护罩, 厂商当天将 ^{90}Y 微球产品送至医院第一住院部负一层核医学科, 经质检人员核对放射性药物名称、活度, 检查药品包装和外观质量, 与供药公司办理交接手续后, 妥善放入核医学科储源室中。每瓶 ^{90}Y 微球活度为 3.0GBq , 每名患者用量为 $0.9\sim 2.5\text{GBq}$ (本项目最大为 2.5GBq), 每瓶 ^{90}Y 微球仅供 1 名患者使用, 使用时再转移至核医学科钨制药室的通风橱中, 在通风橱内进行活度测量及分装, 分装后的药物通过专用运输容器运送至第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室进行 ^{90}Y 微球治疗手术。

第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA, 2022 年委托乌鲁木齐众智安环工程咨询有限公司编制了《新疆医科大学第一附属医院新建血管造影用 X 射线装置工作场所建设项目环境影响报告表》, 2022 年 5 月取得了乌鲁木齐市生态环境局批复 (批复文号: 乌环评审 (2022) 17 号); 2025 年 5 月对本项目涉及的 DSA 进行了竣工环境保护验收, 2025 年 10 月组织专家对以上项目进行了验收评审, 形成了验收意见, 通过了验收。利旧场所的环评批复及验收意见见附件 4。

3、拟改建区域

本项目将第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的候诊区拟改建为候诊准备区、放射性固废间、留观病房、走廊, 将卫生间改建为留观病房的卫生间; 同时对 DSA 手术室淋浴间改造为应急淋浴间。

本次核技术应用项目建设规模见表 1-1。

表 1-1 本项目建设规模

项目组成	建设内容		建设规模
主体工程	对第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的候诊区改建为放射性固废间、留观病房。		拟改建留观病房面积: 12.96m^2 ($5.4\text{m} \times 2.4\text{m}$) 拟建放射性固废间 5.72m^2
辅助工程	依托已有工程: DSA 主控室, SPECT/CT 控制室; 改建区域: 拟建候诊准备区, 拟建专用走廊、留观病房卫生间; DSA 手术室淋浴间改造为应急淋浴间。		现有 DSA 主控室 15.05m^2 SPECT/CT 控制室 5.34m^2 拟建候诊准备区 9.36m^2 拟建专用走廊 20m^2 拟建卫生间 5.8m^2
环保工程	通风	依托已有工程: 本项目药品分装在第一住院部核医学科钨制药室通风橱内进行, 废气排入核	满足环境保护标准要求

		医学科专用管道；介入治疗室为十万级层流净化手术室，改造顶部通风管道，核素推注时连接到核医学专用通风管道排放；SPECT/CT 室连接专用核医学通风管道；改造区域设置专用通风管道连接核医学通风管道。	
	废水	将留观病房的卫生间下水排入核医学科衰变池，将 DSA 手术室淋浴间进行改造，将医护人员应急冲洗水排入核医学衰变池。叠加现有核医学废水产生量，放射性废水外排时至少已暂存 190 天（详见第 11 章，11.2 第 6 条放射性废水环境影响分析），满足标准要求。	
	固体废物	放射性固体物根据所含核素及产生时间分类收集在专用 10mmPb 铅废物收集桶内，再转移到放射性固废间暂存衰变，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中要求后，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。	
	屏蔽情况	现有第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室：东北侧墙体 240mm 黏土实心红砖+20mm 硫酸钡水泥，东南、西南、西北侧墙体轻钢龙骨+4mmPb 高纯度铅板，顶棚 200mm 混凝土+10mm 硫酸钡防护材料，4mmPb 当量成品防护门，4mmPb 当量成品观察窗	
		现有第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室：四周墙体轻质隔墙板+4mmPb 铅板，地板 400mm 混凝土，顶棚 200mm 混凝土+2mmPb，5mmPb 当量成品防护门，5mmPb 当量成品观察窗	
		现有第一住院部负一层核医学科药制药室：四面墙体 100mm 方钢架衬板+5mmPb 铅复合板，顶棚 120mm 混凝土+5mmPb 铅复合板，5mmPb 当量成品防护门	
		改建区域放射性固废间：四周墙体 50mm 方钢结构+15mm 含铅板材（1mmPb）+3mmPb 铅皮，顶棚和底板 200mm 混凝土，4mmPb 当量成品防护门	
		改建区域留观病房：西南、东南、东北侧墙体 50mm 方钢结构+15mm 含铅板材（1mmPb）+3mmPb 铅皮，西北侧墙体 50mm 方钢结构+15mm 含铅板材（1mmPb）+7mmPb 铅皮，顶棚和地板 200mm 混凝土，4mmPb 当量成品防护门	

		改建区域临时屏风：4mmPb 当量成品	
公用工程	由市政给水管网提供，依托医院供水系统供给；由市政电网供电，依托医院变配电所进行供电。		/
依托工程	本项目依托第一住院部核医学科钨制剂室进行药品分装，在医院现有的第一住院部一层数字减影室第四手术间DSA（利旧）将 ⁹⁰ Y微球通过插管直接输注至肿瘤病灶，通过第一住院部二层核医学科SPECT/CT（利旧）进行扫描验证。		依托现有 DSA 机房内有效面积：43.4m ² （6.2m×7.0m） 依托现有 SPECT/CT 机房内有效面积：31.31m ² （6.35m×4.93m） 依托现有钨制剂室 53.25m ²
	固废处置措施：医疗废物依托医院的医疗废物贮存库（医院东北角）存放，委托新疆汇和瀚洋环境工程技术有限公司进行处置，委托乌鲁木齐市城市废弃物处置监测中心进行监管（处置合同见附件12）；生活垃圾分类管理，收集至垃圾箱内，委托环卫部门清运处理。		依托
	废水处置措施：本项目产生的废水排入医院现有污水处理站。该污水处理站位于医院北侧，设计处理能力为3000m ³ /d，夏季用水量大时现处理量约为2000m ³ /d。		依托

本项目依托使用的射线装置情况见表 1-2，拟使用的非密封放射性物质情况见表 1-3，放射性核素参数表见表 1-4。

表 1-2 本项目应用的射线装置设备主要技术参数（利旧）

序号	装置名称	型号	生产厂家	额定参数	出厂编号	球管编号	类别	所在场所
1	血管造影用 X 射线机	Artis Zee Ceiling	SIEMENS	125kV 1000mA	629322 175	/	II	第一住院部一层数字减影室第四手术间
2	SPECT/CT	Symbia Pro.specta Flow	上海西门子医疗器械有限公司	130kV 240mA	101003	1125 3390	III	第一住院部二楼核医学科 SPECT/CT 室

表 1-3 本项目使用非密封型放射性核素用量一览表

核素名称	日最大操作量（Bq）		毒性组别	毒性组别修正因子	操作方式	操作状态	操作方式及状态修正因子	日最大等效操作量（Bq）	年工作天数	年最大使用量（Bq）
^{99m} Tc	淋洗	1.85×10 ⁸	低毒	0.01	简单	液态	1	1.85×10 ⁶	150	2.775×10 ¹⁰
	病人注射	1.85×10 ⁸	低毒	0.01	简单	液态	1	1.85×10 ⁶	150	2.775×10 ¹⁰
⁹⁰ Y	分装	3.0×10 ⁹	中毒	0.1	简单	液态	1	3.0×10 ⁸	150	4.5×10 ¹¹
	病人注射	2.5×10 ⁹	中毒	0.1	简单	液态	1	2.5×10 ⁸	150	3.75×10 ¹¹

表 1-4 本项目使用非密封型放射性核素参数表

核素名称	半衰期	最大接诊量	衰变模式	毒性分组	α/β 最大能量 MeV	光子能量 MeV	周围剂量当量率常数（裸源） $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	2 人/d	同质异能跃迁	低毒	/	0.140	0.0303
^{90}Y	2.67d	1 人/d	EC	中毒	最大 2.284 平均 0.9348	/	/

1.1.4 项目工作负荷及人员配置

（1）工作负荷：

根据医院提供的资料，本项目第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 每年新增介入手术 300 台。因每台手术患者和手术要求不同，1 台手术中 DSA 的减影时间和透视时间有较大差别，运行工况也不完全相同；本项目评价按每台手术减影曝光时间 1min，透视时间 20min 作为本项目射线装置出束时间进行保守考虑；手术室开展 ^{90}Y 微球注射最长时间为 20min， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射最长时间为 20min。本项目工作人员年工作负荷见表 1-5。

表 1-5 本项目大运行工况和工作负荷一览表

人员类别	关注对象	年受照时间
介入医师	动脉造影、栓塞、插管、介入治疗	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 每年 150 次， ^{90}Y 每年 150 次，每次 20min，年受照时间 100h
核医学药物分装人员	分装 ^{90}Y	每年 150 次，每次 5min，年受照时间 12.5h
药物转运人员	转运 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	每年 150 次，每次 5min，年受照时间 12.5h
	转运 ^{90}Y	每年 150 次，每次 5min，年受照时间 12.5h
药物输注人员	输注 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	每年 150 次，每次 20min，年受照时间 50h
	输注 ^{90}Y	每年 150 次，每次 20min，年受照时间 50h
核医学检查人员	输注 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 病人的摆位技师	每年 150 次，每次 1min，年受照时间 2.5h
	输注 ^{90}Y 病人的摆位技师	每年 150 次，每次 1min，年受照时间 2.5h

（2）人员配置：

本项目拟配置辐射工作人员 8 名，第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 配备介入医生 2 名，护士 2 名，操作技师 2 名；核医学科药物分装、药物转运、核医学检查、转运人员 2 名；药物输注过程由 1 名核医学影像装置物理师完成（核医学科 2 名工作人员中 1 名承担）。

医院为三级甲等医院，具有完整的功能科室、充足的医务工作人员，参与本项目工作人员均为医院现有辐射工作人员，工作人员相对固定；在从事本项目工作的同时还继续原有辐射工作。工作人员每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

医院根据生态环境部《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）要求，已组织本项目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（<http://fushe.mee.gov.cn>）上进行培训并取得了考核合格成绩单，并每五年定期再培训。

1.2、项目选址及周边环境概况

1.2.1 医院地理位置

新疆医科大学第一附属医院位于乌鲁木齐市鲤鱼山路 137 号，医院北侧为医院家属区和府友巷，东侧临鲤鱼山南路，南侧为新医路，西侧为新疆医科大学和医院内部道路—南北大道。院区中心地理坐标为东经 87°34'53.72"、北纬 43°50'20.59"，新疆医科大学第一附属医院位置示意图见附图 1。

1.2.2 项目周边环境关系

（1）本项目外环境关系

本项目位于第一住院部负一层核医学科、一层数字减影室第四手术间及改建区域、二层 SPECT/CT 室。本项目北侧 50m 范围内为医院内道路，西侧 50m 范围内为医院内道路，南侧 50m 范围内为医院内道路和停车场，东侧 50m 范围内为第一住院部。项目周边环境关系图见附图 2。

（2）本项目工作场所四周关系

本项目为核技术利用改建项目，位于第一住院部，依托 DSA 机房位于第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA（利旧）室，依托的 ^{90}Y 分装场所位于第一住院部负一层核医学科锝制药室，依托的 SPECT/CT 机房位于第一住院部二层核医学科 SPECT/CT（利旧）室，依托的衰变池位于第一住院部西侧；对第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的候诊区改建为候诊准备区、放射性固废间、留观病房、走廊，

将卫生间改建为留观病房的卫生间；同时对 DSA 手术室淋浴间改造为应急淋浴间。

第一住院部负一层核医学科平面布局图见附图 12，第一住院部二层核医学科平面布局图见附图 13，第一住院部负一层核医学科放射性药物运输路线图见附图 8，衰变池平面图见附图 14，废水处理流程图见附图 15，改建区域改建前的布局图见附图 4、改建区域改建后布局图见附图 5。

(3) 本项目涉及工作场所及临接区情况

表 1-6 本项目涉及的工作场所及邻接区域情况

序号	机房名称	西北侧	西南侧	东南侧	东北侧	楼上	楼下
1	第一住院部一层数字减影室 第四手术间 DSA 室（利旧）	病人缓冲/ 处置区和污 物间	医院外 环境	主控室和 缓冲区	楼梯、洗 涤间和 卫生间	第三检查室	土壤层
2	第一住院部二 楼核医学科 SPECT/CT 室 （利旧）	VIP 等候室	候诊走 廊、过道	过道	控制室、 过道	护士站	MR 候 诊区、 走廊
3	改建区域	医院走廊	主任办 公室、医 院外环 境	数字减影 室第四手 术间	候诊区	走廊、清洗 室、PET/CT 室、ECT 检 查（一）室	前室、 空调机 房、合 成热室

综上所述，本项目辐射工作场所边界外 50m 范围内主要为医院内部和医院内部道路，无学校、自然保护区、居民区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。

1.2.3 相关规划及选址合理性分析

本项目新增⁹⁰Y 树脂微球核素治疗项目位于医院第一住院部核医学科和数字减影室第四手术间，不新增用地，周围无环境制约因素。根据医院平面布置图及现场调查，本项目实体边界外 50m 范围内主要为医院内部道路、停车场和第一住院部内部，主要环境保护目标为从事本项目辐射工作的职业人员及上述区域内活动的公众，评价范围内无居民区、学校、自然保护区、居民区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。项目选址符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求，项目运营过程中产生的电离辐射，经采取满足标准要求的辐射防护及管理措施后对周围环境辐射影响是可接受的，故本项目的选址合理。

1.3 产业政策符合性分析

本项目属于国家发改委颁布的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》第六项“核能”中第四条“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”；第十三项“医药”中第四条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，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”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

1.4 实践正当性分析

由于 ^{90}Y 微球具有粒子能量高、半衰期短、发生纯 β 射线、组织穿透距离短等优势，临床应用证明 ^{90}Y 微球治疗恶性肿瘤具有疗效确切、不良反应少等优点，目前已成为治疗晚期恶性肿瘤的重要手段，是其他诊治手段无法替代的，能满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，同时《医用同位素中长期发展规划（2021-2035）》明确提出了鼓励针对国外已应用于临床的放射性诊疗药物（包括 ^{90}Y 放射性微泡、微球研发），加强放射性药物研发力量，协调推进临床转化与应用，因此本项目的实践是必要的。由于在诊断或治疗过程中非密封放射性物质的使用可能会造成如下辐射影响问题：①给周围环境造成一定的辐射影响；②给医务人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响；③非密封放射性物质使用及管理的失误会造成一般辐射事故。

建设单位在放射性治疗过程中，对非密封放射性物质的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并建立相应的规章制度和辐射事故应急预案。因此，在正确使用和管理非密封放射性物质的情况下，可以将本项目产生的辐射影响及风险降至尽可能小。本项目产生的辐射给医务人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用的实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.5 与《乌鲁木齐市生态环境分区管控动态更新成果》符合性分析

本项目位于乌鲁木齐市鲤鱼山路 137 号，根据《关于印发乌鲁木齐市生态环境分区管控动态更新成果的通知》（乌政办〔2024〕17 号），本项目所在的环境管控单元为高新区（新市区）城镇重点管控单元，管控单元编号：ZH65010420003，本项目与乌鲁木齐市环境管控单元位置关系见附图 16。本项目为医院核技术利用建设项目，不

属于“三高”项目及淘汰类、限制类项目，不产生恶臭气体，不产生高噪声污染，不涉及高耗水行业，不涉及新建、扩建使用燃煤等高污染燃料项目；投入运行后，各污染物的排放均能得到有效控制，满足相关标准的要求，不会改变环境质量现状，符合“高新区（新市区）城镇重点管控单元”管控要求。

1.6“三线一单”符合性分析

根据《新疆维吾尔自治区“三线一单”生态环境分区管控方案》的通知（新政发〔2021〕18号）中提出的分区管控方案，项目位于乌鲁木齐市鲤鱼山路137号，选址不涉及生态保护红线。

（1）与“生态保护红线”的相符性

生态保护红线是生态空间范围内具有特殊重要生态功能必须实行强制性严格保护的区域。本项目实体边界外50m范围内主要为医院内部建筑，不涉及自然保护区、风景名胜区等环境敏感区，不在饮用水源保护区范围内，不涉及新疆维吾尔自治区生态保护红线。

（2）与“环境质量底线”的相符性

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 γ 辐射剂量、表面污染属于正常本底范围。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

（3）与“资源利用上线”的相符性

本项目水、电等公共资源由当地专门部门供应，且整体而言本项目所用资源相对较少，也不占用当地其他自然资源和能源，因此本项目符合资源利用上限的要求。

（4）与“生态环境准入清单”的相符性

本项目位于高新区（新市区）城镇重点管控单元，管控单元编号：ZH65010420003，本项目属于核技术利用项目，不属于高污染、高能耗工业，满足管控措施，不属于环境管控单元限制的内容，符合生态环境准入清单的要求。

综上所述，本项目不涉及生态保护红线、符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，本项目的建设符合“三线一单”要求。

1.7 辐射安全管理现状

1.7.1 原有核技术利用项目许可情况

新疆医科大学第一附属医院于 2024 年 11 月 29 日取得了新疆维吾尔自治区生态环境厅颁发辐射安全许可证，许可证编号为：新环辐证[00097]；种类和范围为：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所，有效期至 2026 年 12 月 18 日（详见附件 3）。

1.7.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

医院现有射线装置情况见表 1-7，新疆医科大学第一附属医院核医学科环评手续履行情况见表 1-8，医院已许可的非密封放射性同位素使用情况见表 1-9，医院已许可的放射源使用情况见表 1-10。

表 1-7 新疆医科大学第一附属医院现有射线装置一览表

序号	设备名称	规格型号	类别	管电压 管电流	使用场所	环评情况	验收情况
1	CT	uCT510	Ⅲ类	140kV 500mA	北院区国际康复中心负1层CT室	备案号： 2024650 1040000 0034	登记表 无需验收
2	DR	UDR550i	Ⅲ类	150kV 800mA	北院区国际康复中心负1层DR室		
3	骨密度仪	Ostecore3	Ⅲ类	150kV 10mA	北院区国际康复中心负1层骨密度室		
4	口腔颌面锥形束计算机体层摄影（口腔 CBCT）	HaVo OP 3D Vision	Ⅲ类	120kV 20mA	第二住院部13层干部保健中心口腔体层摄影室	备案号： 2021650 1040000 1186	
5	骨密度仪	Prodigy	Ⅲ类	100kV 10mA	第二住院部13层干部保健中心双能骨密度室		
6	牙片数字成像系统	FOCUS	Ⅲ类	65kV 7mA	第二住院部13层干部保健中心牙片室		
7	C型臂	OEC ONE	Ⅲ类	120kV 20mA	第二住院部3层中心手术室11室		
8	C型臂	DigiArc10 0AC	Ⅲ类	120kV 20mA	第二住院部3层中心手术室设备间		
9	放射治疗模拟机	SL-IE	Ⅲ类	125kV 630mA	第二住院部负1层肿瘤中心常规模拟定位室		
10	CT	Aquilion ONE TSX-305A	Ⅲ类	150kV 1000mA	第一住院部1层医学影像中心CT第四检查室		

11	胃肠机	SONIALVISION SMIT	III类	150kV 630mA	第一住院部 2 层 医学影像中心第 三检查室
12	DR	uDR770i	III类	150kV 630mA	第一住院部 2 层 医学影像中心第 五检查室
13	C 型臂	OEC ONE	III类	120kV 300mA	第一住院部 3 层 中心手术室 C 形 臂室
14	移动 CT	NL3000	III类	140kV 7mA	第一住院部 3 层 中心手术室移动 CT 室
15	CT	uCT 760	III类	140kV 700mA	健康管理院 1 层 CT 检查室 (109)
16	CT	uCT 760	III类	140kV 700mA	健康管理院 1 层 CT 检查室 (110)
17	DR	DigiEye 680T	III类	150kV 630mA	健康管理院 1 层 DR 检查室
18	骨密度仪	Prodigy Pro	III类	76kV 1.5mA	健康管理院 1 层 骨密度检查室
19	牙科 X 射线机	INTR	III类	70kV 7mA	口腔/儿科综合楼 3 层牙片机房口 腔医学中心口腔 放射科
20	口腔 X 射线数字 化体层摄影设备	GALILEO S	III类	120kV 20mA	口腔/儿科综合楼 1 层 3 室口腔医学 中心口腔放射科
21	口腔 X 射线数字 化体层摄影设备	Pan eXam Plus	III类	120kV 20mA	口腔/儿科综合楼 1 层 5 室口腔医学 中心口腔放射科
22	口腔全景/头颅 X 射线机	OC200D	III类	85kV 16mA	口腔/儿科综合楼 1 层 6 室口腔医学 中心口腔放射科
23	口内 X 射线机	FOCUS	III类	70kV 7mA	口腔/儿科综合楼 1 层 7 室口腔医学 中心口腔放射科
24	CT	lightspeed	III类	140kV 440mA	门诊 7 层介入放 射中心 CT 室
25	移动式 X 射线机 (C 型臂)	OEC 9900 Elite	III类	120kV 300mA	门诊 8 层中心手 术室 10 号
26	CT	Aquilion PRIME TSX-305A	III类	150kV 1000mA	门诊负 1 层医学 影像中心 CT 第 二检查室
27	CT	Ingenuity	III类	150kV 1000mA	门诊负 1 层医学 影像中心 CT 第 一检查室

28	C 型臂	BV-libra	III类	120kV 10mA	第二住院部 1 层 骨科中心石膏室	新环控 函 【2007】 44 号	III类射 线装置 无需验 收
29	C 型臂	OEC One CFD	III类	120kV 10mA	第二住院部 3 层 中心手术室 10 室		新环函 【2014】 1175
30	C 型臂	OEC Fluorostar	III类	120kV 10mA	第二住院部 3 层 中心手术室 6 室		
31	C 型臂	SIREMO BIL CompactL	III类	120kV 10mA	第二住院部 3 层 中心手术室 8 室		
32	CT	SOMATO M Defintion Flash	III类	140kV 800mA	第二住院部负 1 层医学影像中心 5 号 CT 室		新环函 【2014】 1174
33	血管造影用 X 射 线装置（DSA）	Allura Xper FD20	II类	150kV 1000mA	第一住院部 2 层 介入放射中心 DSA1 室		
34	CT	SOMATO M Defintion Flash	III类	140kV 800mA	第二住院部 2 层 医学影像中心拍 片室 3		
35	骨密度仪	LEXXOS	III类	140kV 10mA	第六住院部 1 层 医学影像中心骨 密度室		
36	数字化乳腺机	Senograph e Pristina	III类	40kV 20mA	第六住院部 1 层 医学影像中心乳 腺机房		
37	血管造影用 X 射 线装置（DSA）	Artis zee Ceiling	II类	125kV 1000mA	第一住院部 2 层 介入放射中心 DSA2 室		
38	血管造影用 X 射 线装置（DSA）	Artis zee Ceiling	II类	150kV 1000mA	第一住院部 2 层 介入放射中心 DSA3 室		
39	CT	Discovery CT 750HD	III类	140kV 800mA	第一住院部 2 层 医学影像中心 CT 室 2		
40	胃肠机	Axiom Iconos R200	III类	150kV 630mA	第一住院部 2 层 医学影像中心第 1 检查室		
41	胃肠机（泌尿特 检）	UROSOP ACCESS	III类	150kV 630mA	门诊 2 层泌尿特 检室		/
42	胃肠机	Axiom Iconos R200	III类	150kV 630mA	第六住院部 1 层 医学影像中心胃 肠机房		/
43	医用血管造影 X 射线机（DSA）	GE Innova IGS5	II类	150kV 1000mA	第二住院部 2 层 心血管病中心第 1 导管室	新环控 建审 【2008】 62 号	新环函 【2014】 1175
44	心脏血管造影机 （DSA）	GE Innova IGS 5	II类	150kV 1000mA	第二住院部 2 层 心血管病中心第 2 导管室		

45	心脏血管造影机 (DSA)	GE Innova IGS 5	II类	150kV 1000mA	第二住院部 2 层 心血管病中心第 3 导管室		
46	心脏血管造影机 (DSA)	GE Innova IGS 5	II类	150kV 1000mA	第二住院部 2 层 心血管病中心第 4 导管室		
47	医用电子加速器	CLINACC X	II类	15MeV	第二住院部负 2 层肿瘤中心放射 治疗 1 室		
48	医用电子加速器	Synergy	II类	15MeV	第二住院部负 2 层肿瘤中心放射 治疗 2 室		
49	CT	Lightspeed VCT	III类	140kV 800mA	第一住院部 2 层 医学影像中心 CT 室 1		
50	骨密度	Prodigy Advance	III类	76kV 3mA	第一住院部 2 层 医学影像中心第 2 检查室		
51	数字化 X 射线摄影系统	uDR770i	III类	150kV 630mA	第六住院部 1 层 医学影像中心胸 片机房		/
52	DR	Definium 6000	III类	150kV 630mA	第一住院部 2 层 医学影像中心第 4 检查室		/
53	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	Discovery IGS 7	II类	150kV 1000mA	第二住院部 2 层 心血管病中心第 5 导管室	新环审 【2021】 48 号	已验收
54	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	Innova IGS5	II类	150kV 1000mA	第二住院部 2 层 心血管病中心第 6 导管室		
55	直线加速器	TrueBeam	II类	10MeV	第二住院部负 2 层肿瘤中心放射 治疗 3 室		
56	C 型臂	OEC Fluorostar Compact D	III类	120kV 10mA	第二住院部 3 层 中心手术室 7 室	备案号: 2024650 1040000 0126	登记表 无需验 收
57	C 型臂	Combo-SS IS-L	III类	110kV 20mA	第二住院部 3 层 中心手术室 9 室		
58	泌尿碎石机	X5	III类	120kV 15mA	门诊 2 层泌尿碎 石室		
59	CT	Optima CT 660	III类	140kV 800mA	门诊 2 层泌尿碎 石室	乌环评 审 【2016】 4 号	无需验 收
60	双探头 SPECT	Symbia Evo Excel	III类	140kV 800mA	第一住院部 2 层 核医学科 ECT 检 查 1 室		
61	移动式 X 射线机	MobiEye7 00	III类	120kV 300mA	第一住院部 2 层 医学影像中心		
62	移动式 X 射线机	MobiEye7 00	III类	120kV 300mA	第一住院部 2 层 医学影像中心		

63	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	Artis Zee III ceiling	II类	150kV 1000mA	第一住院部 1 层 介入放射中心 DSA 室	乌环评 审 【2022】 17 号	已验收
64	PET/CT	Discovery TM VCT	III类	140kV 800mA	第一住院部 2 层 核医学科 PET/CT 室	新环核 函 【2012】 244 号	新环函 【2014】 1176
65	回旋加速器	minitracqiling	II类	9.8MeV	第一住院部负 1 层核医学科回旋 加速器室		
66	口腔 CT	NewTom VGi evo	III类	100kV 20mA	口腔/儿科综合楼 一层 4 室口腔医 学中心口腔放射 科	备案号: 2024650 1040000 0125	登记表 无需验 收
67	数字减影血管造 影机 (DSA)	Artis Qzeego	II类	150kV 1000mA	门诊 7 层中心手 术室 15 号	新环审 【2018】 976 号	已验收
68	DR	Direc View DR3000	III类	150kV 800mA	第六住院部 1 层 医学影像中心 DR 机房	/	无需验 收

表 1-8 新疆医科大学第一附属医院核医学科环评手续履行情况表

序号	环评情况		验收情况
	报告名称	批复文件	
1	《新疆医科大学第一附属医院放射性医疗设备辐射环境影响报告书》	《关于新疆医科大学第一附属医院放射性医疗设施辐射环境影响报告书的批复》（新环控函（〔2007〕44 号）	《关于新疆医科大学第一附属医院 X 射线装置及非密封放射源核技术利用项目竣工环境保护验收意见的函》（新环函〔2014〕1174）
2	《新疆医科大学第一附属医院一区病房楼 PET-CT 项目辐射环境影响报告表》	《关于新疆医科大学第一附属医院一区病房楼 PET-CT 项目辐射环境影响报告表的批复》（新环核函〔2012〕244 号）	《关于新疆医科大学第一附属医院一区病房楼 PET-CT 项目竣工环境保护验收意见的函》（新环函〔2014〕1176 号）
3	《新疆医科大学第一附属医院核医学科新建项目环境影响报告表》	《关于新疆医科大学第一附属医院核医学科新建项目环境影响报告表的批复》（新环审〔2021〕155 号）	2025年9月编制了《新疆医科大学第一附属医院核技术利用项目竣工环境保护验收监测报告表》，2025年10月2025年10月组织专家对以上项目进行了验收评审，形成了验收意见，通过了验收。

表 1-9 已许可非密封放射性同位素使用情况一览表

序号	核素名称	辐射活动场所名称	场所等级	用途	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量 (Bq)
1	¹⁸ F	第一住	乙级	PET 显像检查	3.70×10 ¹⁰	3.70×10 ⁸	9.25×10 ¹²

2	^{13}N	院部核 医学科		PET 显像	3.7×10^9	3.70×10^7	1.85×10^{11}
3	^{11}C			PET 显像	3.7×10^9	3.70×10^7	1.85×10^{11}
4	$^{99}\text{Mo}-^{99\text{m}}\text{Tc}$ (^{99}Mo)			制备 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	4.10×10^{10}	4.1×10^7	4.1×10^{12}
5	$^{99\text{m}}\text{Tc}$			SPECT 显像 检查	3.7×10^{10}	3.70×10^8	3.7×10^{12}
6	^{89}Sr			骨癌治疗	2.96×10^8	2.96×10^7	5.92×10^{10}
7	^{223}Ra			前列腺癌 治疗	7.4×10^6	7.4×10^7	7.4×10^8
8	^{131}I			甲亢治疗	2.22×10^9	2.22×10^8	2.22×10^{11}
9	$^{68}\text{Ge}-^{68}\text{Ga}$ (^{68}Ge)		丙级	制备 ^{68}Ga	2.056×10^9	2.056×10^6	2.056×10^9
10	^{68}Ga	丙级	丙级	PET 显像 检查	1.85×10^9	1.85×10^7	1.85×10^{11}
11	^{125}I (粒子 源)		丙级	粒籽植入 治疗	5.92×10^9	5.92×10^6	5.92×10^{11}

表 1-10 已许可放射源使用情况一览表

序号	核素	辐射活动场所	类别	活度 (Bq)	编码
1	Sr-90 (Y-90)	第一住院部核医学科	V类	1.21E+9	0401SY984165
2	Ge-68	第一住院部 2 层核医学科 PET/CT 室	V类	5.55E+7	US19GE001465
3	Ir-192	第二住院部负二层肿瘤中心后装治疗室	III类	3.7E+11	NL24IR008623

1.7.3 原有核技术利用项目运行情况、辐射防护和监测情况

医院严格遵守《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》等相关辐射防护，配合各级生态环境部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

医院辐射工作场所均设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯，各机房通风良好，屏蔽防护措施满足要求；各机房设置铅玻璃观察窗，工作人员在控制室能清楚观察到机房内情况；各机房周围辐射水平符合相关标准的要求。由现场调查情况可知，医院已采取相应的辐射防护措施，本次环评认为医院辐射防护措施满足目前辐射防护要求。

另外，医院为受检者配备了相应的放射防护用品，如铅橡胶围裙、铅橡胶颈套等。医院现有射线装置已委托有资质的单位进行年度监测，并编制监测报告，现有射线装置未对辐射工作场所周围环境造成放射性影响，机房周边辐射剂量率符合满足相关标

准要求。

1.7.4 医院现有辐射安全管理情况

（1）辐射安全防护管理机构

根据相关的要求，医院已成立质量与安全管理委员会，下设了放射防护委员会，并明确了组织机构、工作职责。

（2）辐射工作制度

医院已制定了《辐射事故应急预案》、《放射诊疗许可登记制度》、《放射工作人员工作制度》、《放射工作人员休假制度》、《放射工作人员奖惩制度》、《放射工作人员操作规程》、《放射性工作场所管理制度》、《放射性诊疗设备管理制度》、《放射性同位素购置制度》、《放射性同位素运输制度》、《放射工作人员职业健康管理制

度》、《放射性同位素使用和保管制度》、《医用放射性检查项目实施制度》、《放射防护用品使用和保管制度》、《设备检修维护制度》、《放射性废物管理制度》、《放射诊断质量保证大纲和质量控制检测计划》、《受检者防护与告知制度》等综合规章制度。医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有管理制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射防护管理的要求。

环评要求：建议本项目运行前需补充⁹⁰Y核素治疗管理制度、⁹⁰Y注射后病人转运制度、⁹⁰Y树脂微球使用流程等相关制度的内容。

（3）辐射安全与防护培训情况

医院现有部分辐射工作人员从事使用Ⅲ类射线装置，均已进行自主培训，并建立档案；其余的辐射工作人员均在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上进行报名和培训并取得考核合格成绩单，并每五年定期再培训。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019年第57号）和《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告2021年第9号），医院从事使用Ⅱ类射线装置、Ⅴ类放射源、乙级、丙级非密封放射性物质工作场所的辐射工作人员应在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格，并按时接受再培训。从事使用Ⅲ类射线装置的辐射工作人员可由医院自行组织辐射安全与防护考核，并取得合格成绩，建立成绩档案。

（4）个人剂量监测及职业健康检查情况

医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，委托新疆维吾尔自治区疾病预防控制中心每三个月进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案，根据医院提供的最近 1 年（2024 年 10 月至 2025 年 10 月）的个人剂量检测报告可看出所有辐射工作人员年度个人剂量监测值满足职业人员年剂量 5mSv 的约束限值（详见附件 9）。

新疆医科大学第一附属医院对现有辐射工作人员于 2024 年全部在本院进行了职业健康检查，检查结论均为“可继续原放射工作”或“可从事放射工作”（详见附件 11）。

（5）辐射应急演练和年度评估

医院已制定有《辐射事故应急预案》，医院每年均定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结。根据《核技术利用单位辐射事故应急预案的格式和内容》（TBSRS052—2021）医院应当及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。与医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

医院执行年度评估制度，对现有辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、放射源和射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并及时提交至发证机关。

（本页以下空白）

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚(套)数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
以下空白								

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
1	^{99m} Tc	液态、半衰期 6.02h、低毒	使用	3.7×10 ⁸	3.7×10 ⁶	3.7×10 ¹⁰	显像诊断	简单操作	第一住院部负一层核医学科、数字减影室第四手术间	第一住院部负一层核医学科库房
2	⁹⁰ Y	液态、半衰期 2.67d、中毒	使用	3.0×10 ⁹	3.0×10 ⁸	3.0×10 ¹¹	核素治疗	简单操作	第一住院部负一层核医学科、数字减影室第四手术间	

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA)/剂量 率 (cGy/h)	用途	工作场所	备注
以下空白										

(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
以下空白									

(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	
以下空白													

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
粘有放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸等	固态	^{99m}Tc	/	/	/	β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$	存放于专用放射性废物铅桶及放射性固废间	含 ^{99m}Tc 核素废物暂存时间超过30天，含 ^{90}Y 核素超过其半衰期的10倍后经监测辐射剂量率满足所处环境的本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后，按照医疗废物进行处置
介入手术时产生的一次性手套、医用器具、药棉、纱布、输液管、患者体内管、注射器、含剩余药物的西林瓶等		^{90}Y	/	/	/			
介入手术时产生的废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾	固态	/	/	/	300kg		医疗废物污物间暂存	委托新疆汇和瀚洋环境工程技术有限公司进行处置，委托乌鲁木齐市城市废弃物处置监测中心进行监管
臭氧氮氧化物	气态	/	/	/	少量	少量	不暂存	通过排风系统排入外环境空气中
生活垃圾	固态	/	/	/	少量	少量	垃圾收集箱暂存	委托环卫部门统一处理
放射性废水	液态	^{99m}Tc 、 ^{90}Y	/	/	/	总 $\alpha < 1\text{Bq}/\text{L}$ 总 $\beta < 10\text{Bq}/\text{L}$	衰变池	经衰变池衰变，监测结果经审管部门确认符合排放要求后排放

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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第 48 号 2016 年修订，2016 年 9 月 1 日起施行）及《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》（第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议，2018 年 12 月 29 日）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起施行）；</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 日起施行）；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</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 号修订，2019 年 3 月 2 日）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环保总局第 31 号令；根据 2017 年 12 月 20 日环境保护部部务会议通过《环境保护部关于修改部分规章的决定》修正；根据 2019 年 7 月 11 日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修正；根据 2020 年 12 月 25 日生态环境部部务会议审议通过《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》修正，2021 年 1 月 4 日起施行）；</p> <p>(8)《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》（环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日实施）；</p> <p>(10) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(11) 《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》（中华人民共和国生态环境部，2019 年第 57 号）；</p>
------------------	--

	<p>(12) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令第9号,2019年11月1日施行);</p> <p>(13) 《中华人民共和国职业病防治法》(中华人民共和国)主席令第六号,(2018年12月29日修订);</p> <p>(14) 《关于发布<建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法>配套文件的公告》(生态环境部公告2019年第38号,2019年10月24日);</p> <p>(15) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》(生态环境部公告2019年第39号,2019年10月25日);</p> <p>(16) 《突发环境事件应急管理办法》(环境保护部令第34号,2015年6月5日);</p> <p>(17) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告2021年第9号,2021年3月15日);</p> <p>(18) 《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);</p> <p>(19) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函[2016]430号,2016年3月7日);</p> <p>(20) 《新疆维吾尔自治区环境保护条例》,根据2018年9月21日新疆维吾尔自治区第十三届人民代表大会常务委员会第六次会议《关于修改<新疆维吾尔自治区自然保护区管理条例>等7部地方性法规的决定》修正;</p> <p>(21) 关于发布《新疆维吾尔自治区建设项目环境影响评价文件分级审批目录(2024年本)》的公告,2025年1月1日;</p> <p>(22) 《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》(政府令第192号,2015年)。</p>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》(HJ2.1-2016);</p> <p>(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》(HJ10.1-2016);</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(6) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017);</p>

	<p>(7) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011) ；</p> <p>(8) 《医疗机构水污染物排放标准》 (GB18466-2005) ；</p> <p>(9) 《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 及 2018 年修改单；</p> <p>(10) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 (HJ1157-2021) ；</p> <p>(11) 《表面污染测定第一部分：β 发射体 ($E_{\beta \max} > 0.15\text{MeV}$ 和 α 发射体) 》 (GB/T14056.1-2008)</p> <p>(12) 《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) ；</p> <p>(13) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ128-2019) ；</p> <p>(14) 《放射工作人员健康要求》 (GBZ98-2017) ；</p> <p>(15) 《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 及 2018 年修改单；</p> <p>(16) 《核医学放射防护要求》 (GBZ120-2020) ；</p> <p>(17) 《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021) ；</p> <p>(18) 《钇[^{90}Y]树脂微球临床治疗放射防护要求》 (T/WSJD45-2023) 。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 《放射防护实用手册》 (济南出版社，主编赵兰才、张丹枫) ；</p> <p>(3) 《辐射防护手册》 (第三分册)，李德平、潘自强主编；</p> <p>(4) 《辐射防护导论》 (方杰，原子能出版社，1988 年) ；</p> <p>(5) 《辐射剂量与防护》 (霍雷、刘剑利、马永和) ；</p> <p>(6) 《钇-90 树脂微球使用过程辐射安全风险研究报告》 (生态环境部核与辐射安全中心，2021) ；</p> <p>(7) 《医疗机构开展钇-90 树脂微球治疗项目过程中的受照剂量分析》 (中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所) ；</p> <p>(8) 《钇-90 微球选择性放射治疗肝脏恶性肿瘤规范化操作专家共识》 (中华医学杂志，2024 年 2 月 20 日第 104 卷第 7 期) ；</p> <p>(9) 《新疆环境天然贯穿辐射水平调查研究》 ；</p> <p>(10) 新疆医科大学第一附属医院提供的其他资料。</p> <p>(本页以下空白)</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为使用非密封放射性物质工作场所，且项目场所有实体边界，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）规定及本项目的实际情况，本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，以项目实体边界为中心，取所在场所实体屏蔽物边界外 50m 范围作为本项目评价范围。本项目评价范围见附图 2。

7.2 评价因子

本项目评价因子为 X 射线、 γ 射线、韧致辐射、 β 射线、 β 表面污染、放射性固体废物、放射性废水、少量臭氧和氮氧化物。

7.3 保护目标

根据现场踏勘，本项目应用的工作场所为第一住院部负一层核医学科、一层数字减影室第四手术间及改建区域、二层 SPECT/CT 室。本项目工作场所屏蔽体外 50m 范围内：北侧为医院内道路，西侧为医院内道路、新疆医科大学和医院内部道路—南北大道，南侧为医院内道路和停车场，东侧为第一住院部；评价范围内无学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点，不涉及新疆维吾尔自治区生态保护红线。

本项目辐射环境保护目标为评价范围内从事本项目的辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内公众人员。具体见表 7-1。

表 7-1 50m 范围内辐射环境保护目标

工作场所	保护目标（项目50m范围内）		方位	与工作场所边界最近距离（m）	规模
第一住院部一层数字减影室第四手术间	辐射工作人员	DSA室	/	/	约3人
		缓冲间	西北	紧邻	病人缓冲区一般无人
			东南	紧邻	医护人员缓冲区一般无人
		控制室	东南	紧邻	约1-2人
	其他医护人员、患者、患者家属及院内周边公众	楼梯	东北	紧邻	一般无人
		卫生间、洗涤间、洗手区	东北	紧邻	一般无人
		休息、就餐区	东北	3m	约1-2人

		医院外环境（第一住院部设备区）	西南	紧邻	一般无人
		第三检查室	上层	紧邻	约50人/d
		楼下土壤层	/	/	/
第一住院部负一层钨制药室	辐射工作人员	负一层核医学科	/	/	5人
	其他医护人员、患者、患者家属及院内周边公众	第一住院部一楼CT/核磁室	楼上	紧邻	约200人/d
第一住院部二楼核医学科SPECT/CT室	辐射工作人员	SPECT/CT室	/	/	机房内摆位1人/次
		控制室	东北	紧邻	1人
	其他医护人员	过道	东南	紧邻	5人/d
	患者、患者家属	候诊走廊、过道	西南	紧邻	20人/d
	患者、患者家属	VIP等候室	西北	紧邻	5人/d
	其他医护人员、患者	护士站	上层	紧邻	20人/d
	其他医护人员、患者、患者家属及院内周边公众	MR候诊区、走廊	下层	紧邻	约200人/d
改建区域	辐射工作人员	拟建放射性固废间	/	/	一般无人
	患者	拟建留观病房	/	/	100人/a
	运输药品辐射工作人员	拟建专用走廊	/	/	1人/次
	转运病人辐射工作人员				2-4人/次
	患者、患者家属	候诊区	东北	紧邻	50人/d
	其他医护人员、患者、患者家属及院内周边公众	走廊	西北	紧邻	200人/d
		医院外环境（第一住院部设备区）	东南	紧邻	一般无人
	其他医护人员	主任办公室	西南	紧邻	1人
	其他医护人员、患者、患者家属及院内周边公众	二楼走廊、清洗室、PET/CT室、ECT检查（一）室	楼上	紧邻	200人/d
	其他医护人员	负一层核医学科前室、空调机房、合成热室	楼下	紧邻	5人

本项目工作场所 50m范围 区域	其他医护人员、患者、患者家属及院内周边公众	第一住院部内	东侧	紧邻	500人/d
		医院内道路和停车场	南侧	20m	500人/d
		医院内道路	西侧	5m	200人/d
		医科大学和医院内部南北大道		25m	500人/d
		医院内道路	北侧	15m	300人/d

7.4 评价标准

7.4.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

（1）剂量限值

①职业照射

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B 1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

c) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv；

②公众照射

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

a) 年有效剂量，1mSv；

对于职业人员，本项目取年有效剂量限值的四分之一，即不超过 5mSv 作为年剂量约束值，手部取四肢年当量剂量限值的四分之一，即不超过 125mSv 作为手部年当量剂量约束值；对于公众，本项目取年有效剂量限值的十分之一，即不超过 0.1mSv 作为年剂量约束值。

（2）放射性表面污染控制水平

①根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 工作

场所的放射性表面污染的控制水平见表7-2。

表 7-2 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	4×10
	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

②根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 B2 表面污染控制水平:“工作场所中的某些设备与用品,经去污使其污染水平降低到表 7-2 中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时,经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后,可当作普通物品使用”。

(3) 非密封源工作场所的分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C,应按表 7-3 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 7-3 非密封源工作场所分级

级别	日等效最大操作量 (Bq)
甲	>4×10 ⁹
乙	2×10 ⁷ ~4×10 ⁹
丙	豁免活度值以上~2×10 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 7-4 和表 7-5。

表 7-4 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
高度	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 7-5 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	修正因子			
	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 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

(4) 放射性废水

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。

(5) 分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，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。

7.4.2 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）

重点引用：

5 工作场所的放射防护要求

5.1 工作场所平面布局和分区

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；

b)对于单一的治疗工作场所应设置放射性药物贮存室、分装及药物准备室、给药室、病房（使用非密封源治疗患者）或给药后留观区、给药后患者专用卫生间、值班室和放置急救设施的区域等功能用房；

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；

d)对于综合性的核医学工作场所，部分功能用房和辅助用房可以共同利用；

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。

5.1.8 正电子药物制备场所,应按相关的药物生产管理规定，合理规划工作流程，使放射性物质的传输运送最佳化，减少对工作人员的照射。回旋加速器室、药物制备室及分装区域的设置应便于放射性核素及药物的传输，并便于放射性药物从分装热室至注射室间的运送。

5.2 放射防护措施要求

5.2.1 核医学的工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施。

5.2.2 应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理，把工作场所分为I、II、III三类。不同类别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见表 7-6，分类原则见表 7-7。

表 7-6 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
地面	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	一般管道	一般管道
盥洗与去污	洗手盆和去污设备	洗手盆和去污设备	洗手盆

表 7-7 核医学工作场所分类一览表

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

5.2.3 核医学工作场所的通风系统独立设置,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。

5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。

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。

5.3 工作场所的防护水平要求

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 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$,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 $25\mu\text{Sv/h}$,宜不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$;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 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$;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。

5.3.2 应根据使用核素的特点、操作方式以及潜在照射的可能性和严重程度,做好工作场所监测,包括场所周围剂量当量率水平、表面污染水平或空气中放射性核素浓度等内容,工作场所放射防护检测方法见附录 J。开展核医学工作的医疗机构应定期对

放射性药物操作后剂量率水平和表面污染水平进行自主监测，每年应委托有相应资质的技术服务机构进行检测。本项目工作场所的放射性表面污染控制水平见表 7-2。

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。当使用的 ^{99m}Tc 活度大于 800MBq 时，防护用品的铅当量应不小于 0.5mmPb ；对操作 ^{68}Ga 、 ^{18}F 等正电子放射性药物和 ^{131}I 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。

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。

6.2.4 操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体应在通风柜内进行。通风柜保持良好通风，并按操作情况必要时进行气体或气溶胶放射性浓度的监测；操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体的工作人员宜使用过滤式口罩。

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 7-2 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 7-2 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，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。

6.2.15 核医学放射工作人员应按 GBZ128 的要求进行外照射个人监测，同时对于近距离操作放射性药物的工作人员，宜进行手部剂量和眼晶状体剂量监测，保证眼晶状体连续 5 年期间，年平均当量剂量不超过 20 mSv，任何 1 年中的当量剂量不超过 50mSv；操作大量气态和挥发性物质的工作人员，例如近距离操作 ^{131}I 的工作人员，宜按照 GBZ129 的要求进行内照射个人监测。

7 患者或受检者放射防护要求

7.1 核医学诊断参考水平

7.1.1 执业医师应参照核医学诊断参考水平，以保证放射性药物施用活度的合理性。

7.1.2 使用参考水平的原则如下：

a) 当患者或受检者剂量或施用活度显著低于相应的参考水平，又不能提供有用的诊断信息或给患者或受检者带来预期的医疗利益时，应按要求采取纠正行动；

b) 当患者或受检者剂量或施用活度显著超出相应的参考水平时，应考虑参考水平是否未达到辐射防护优化，或医学实践活动是否保持在适当良好水平；这些参考水平是对一般而言的，仅具参考作用，实施诊断检查的医师，应根据患者或受检者的体质、病理条件、体重和年龄等具体情况，确定合理的施用量。

7.2 患者出院的管理要求

7.2.1 对接受其他放射性药物治疗的患者仅当患者体内放射性活度低于标准要求时才能出院。

7.3 陪护者、探视者和家属的防护管理要求

7.3.1 开展核医学工作的医疗机构应向陪护者、探视者和家庭成员提供有关的辐射防护措施（例如限定接触或接近患者或受检者的时间等）及其相应的书面指导，给出的剂量控制参考值对其所受剂量加以约束，使其在患者或受检者诊断或治疗期间所受剂量不应超过 5mSv。儿童应尽量避免探视已施用放射性药物的患者或受检者，无法避免时所受剂量不应超过 1mSv。

7.3.2 对接受放射性药物治疗的患者，应对其家庭成员提供辐射防护的书面指导。对接受放射性药物治疗的住院患者，仅当其家庭成员中的成人所受剂量不能超过 5mSv、其家庭成员中的儿童以及其他公众所受剂量不能超过 1mSv，才能允许患者出院。

8 医用放射性废物的放射防护管理要求

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。

8.3 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。

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 0.1mSv/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： $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$ 。

附录G 核医学工作场所分类

表7-8 核医学工作场所分类一览表

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：权活度=（计划的日操作最大活度×核素的毒性权重因子）/操作修正因子

表 7-9 核医学常用放射性核素的毒性权重因子

类别	放射性核素	核素的毒性权重因子
A	^{75}Se 、 ^{89}Sr 、 ^{125}I 、 ^{131}I	100
B	^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 、 ^{51}Cr 、 ^{67}Ge 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 $^{113\text{m}}\text{In}$ 、 ^{123}I 、 ^{201}Tl	1
C	^3H 、 ^{14}C 、 $^{81\text{m}}\text{Kr}$ 、 ^{127}Xe 、 ^{133}Xe	0.01

表7-10 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、分装以及施给药 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

注：数据来源自 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Medicine Resources Manual, IAEA, Vienna (2006)。

13 应急处理要求

13.1 应急预案的编制要求

对可能发生的核医学异常照射应制定相应的应急预案。

13.2 异常照射应急处理

13.2.1 以下情况为异常照射：

- a)任何放射性核素治疗中，出现患者或靶组织辨识错误，或使用的药物、剂量，或剂量的分次给予情况等与执业医师处方不同；
- b)任何诊断用药物的施用量偏离处方值的 50%及以上；
- c)任何治疗用药物的施用量偏离处方值的 25%及以上；
- d)任何设备故障、事故、错误或受到其他非正常发生的潜在照射。

13.2.2 针对异常照射，开展核医学工作的医疗机构通常应进行以下应急处理：

a)按推荐的方法估算患者或受检者受到的剂量，特别是怀孕患者或受检者及其胎儿；

b)当胎儿待积有效剂量有可能大于 100mSv 时，应对怀孕患者或受检者尽快使用阻断放射性药物吸收的方法，并使其加速排除；

c)立即组织实施所有为防止同类事件再次发生所需的纠正措施；

d)对异常照射调查后应尽快向监管机构提交书面报告，说明事件的原因，以及上述 a)和 b)的内容；

e)应将异常照射情况告知患者或受检者及其医生。

13.2.3 如果人员的皮肤或衣物受到放射性物质的污染，除立即进行去污处理外，还应按 GBZ/T244 推荐的方法进行皮肤剂量的估算和评价。

7.4.3 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

重点引用：

4 总则

4.1 一般要求

4.1.1 医疗机构应对所开展核医学活动的辐射防护与安全工作全面负责，实现保护辐射工作人员、公众和环境的目标。

4.1.2 医疗机构应对拟开展的核医学活动进行正当性判断，确保实施的活动都是正当的。

4.1.3 规划、设计、建设核医学工作场所和开展核医学活动的过程中，遵循辐射防护最优化原则，使得核医学活动涉及的相关个人受照剂量的大小、受到照射的人数和受到照射的可能性保持在可合理达到的尽量低的水平。

4.1.4 开展核医学活动的工作场所应实行分级管理。

4.1.5 开展核医学活动的辐射工作场所应划分出控制区和监督区，合理布局工作场所，规划好人流、物流、气流路径，妥善收集、暂存和处理核医学活动中产生的放射性废物。

4.1.6 医疗机构应对开展核医学活动的工作场所和周围环境进行定期的辐射监测和评估，证明采取的辐射防护与安全措施的合理性。

4.1.7 开展核医学活动的医疗机构应制定恰当的辐射事故应急预案，做好辐射事

故应急准备和响应工作安排，有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。

4.2 辐射工作场所分级

应按照 GB18871 的规定，将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲级、乙级和丙级。核医学常用放射性核素的毒性与操作方式修正因子可参考附录 A。

4.3 辐射工作场所分区

4.3.1 应按照 GB18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。

4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。

4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。

4.4 剂量限值与剂量约束值

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 GB18871 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 GB18871 执行。

4.5 服药患者出院要求

4.5.1 为确保放射性核素治疗患者出院后，不至于使接触患者的家庭成员及公众超过相关的剂量约束或剂量限值，出院患者体内放射性核素活度应符合附录 B 的相关规定。

5 选址和布局

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。

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。

6.1.5 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、通风柜、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 30 cm 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。

6.2.9 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。

6.3.4 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。

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 0.08Bq/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：

- 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 0.1mSv/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 。

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。

附录表 A.2 给出了核医学常见放射性核素状态与操作方式修正因子，详见表 7-11。

表 7-11 核医学常见放射性核素状态与操作方式修正因子

活动类型	核素及状态	操作方式界定	操作方式修正因子
发生器淋洗	母体（液态）	贮存	100
	子体（液态）	简单操作	1
医疗机构使用	¹⁸ F、 ^{99m} Tc（液态）	很简单操作	10
	¹²⁵ I 籽源（固态）	很简单操作	100
放射性药品生产	分装、标记（液体）	简单操作	1
	分装、标记（固体）	简单操作	10
核素治疗	¹³¹ I（液态）	简单操作	1

附录 B.1 患者出院的体内放射性核素活度要求为确保放射治疗患者出院后，不至于使接触患者的家庭成员及公众超过相关的剂量约束或剂量限值，放射治疗患者出院时体内放射性活度应符合表 7-12 的要求。

表 7-12 放射治疗患者出院时体内放射性核素活度的要求

放射性核素	主要发射（keV）		半衰期（d）	患者出院时体内放射性活度要求（MBq）
	βmax	βave		
⁹⁰ Y	2284	934	2.67	≤2500

7.4.4 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）：

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

6.3.2 机房的辐射屏蔽防护检测方法及检测条件按第 8 章和附录 B 的要求。

6.3.3 宜使用能够测量短时间出束和脉冲辐射场的设备进行测量，若测量仪器达不到响应时间要求，则应对其读数进行响应时间修正，修正方法参见附录 D。

7.4.5 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

4.3.1 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。

5.2.3 对于强贯穿辐射和弱贯穿辐射的混合辐射场，弱贯穿辐射的剂量贡献 $\leq 10\%$ 时，一般可只监测 $H_p(10)$ ；弱贯穿辐射的剂量贡献 $> 10\%$ 时，宜使用能识别两者的鉴别式个人剂量计，或用躯体剂量计和局部剂量计分别测量 $H_p(10)$ 和 $H_p(0.07)$ 。

5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。

5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

（本页以下空白）

表 8 环境质量和辐射环境现状

8.1、项目地理位置和场所位置

新疆医科大学第一附属医院位于乌鲁木齐市鲤鱼山路 137 号，医院北侧为医院家属区和府友巷，东侧临鲤鱼山南路，南侧为新医路，西侧为新疆医科大学和医院内部道路—南北大道。

本项目现有和拟改建区域的工作场所与周围区域毗邻关系详见表 7-1。

8.2、环境现状评价的对象、监测因子和监测方案

8.2.1 监测目的

掌握拟建工作场所的辐射环境水平，为本项目运行后对环境产生的辐射影响提供基础数据。

8.2.2 辐射现状评价对象

本项目现有和拟改建区域工作场所及周边环境。

8.2.3 监测因子

γ 周围剂量当量率和 β 表面污染。

8.2.4 监测点位

监测点位见图 8-1、8-2。

8.2.5 监测方案

- 1、监测单位：合肥金浩峰检测研究院有限公司（检验检测机构资质认定证书编号：221219130443，有效期至 2028 年 7 月 10 日）
- 2、监测日期：2025 年 9 月 29 日
- 3、监测方式：现场监测，监测时 DSA 未开机
- 4、监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《表面污染测定第一部分： β 发射体（ $E_{\beta \max} > 0.15\text{MeV}$ 和 α 发射体）》（GB/T14056.1-2008）
- 5、天气环境条件：天气：晴；温度：15℃；相对湿度：26%RH。
- 6、监测设备：监测设备参数表见表 8-1。



图 8-2 本项目拟工作场所周边室外辐射环境现状监测布点示意图

表 8-1 监测设备参数表

检测仪器	仪器名称	型号	仪器编号	设备检定信息及技术指标
	环境监测用 X-γ剂量率仪	XH-3512E	DR2022K208	相对扩展不确定度：6.5%（k=2） 检定单位：上海市计量测试技术研究院 证书编号：2025H21-10-5847931001 有效期限：2025.4.21-2026.4.20 能量响应：内置探测器 48keV~1.5MeV 外接探测器 30keV~7MeV 量程：0.01μGy/h~100mGy/h（主机） 10nGy/h~100μGy/h（探头）
	α、β表面污染仪	NT6108（100）	08A1011	检定单位：深圳市计量质量检测研究院 证书编号：JL2410120145 有效期限：2024.10.12-2025.10.12 测量范围：0-8000cps 表面活度：0.01-1500Bq/cm²

8.2.6 质量保证措施

1、结合现场实际情况及监测点的可到达性，在第一住院部一层数字减影室第四手术间、拟改建区域内和项目周围工作人员活动区域、人流量相对较大的区域布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性和可重复性，以保证监测结果的科学性和可比性。

2、监测仪器每年经有资质的计量部门校准/检定，校准/检定合格后方可使用。

3、每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

4、本次监测由合肥金浩峰检测研究院有限公司开展，监测实行全过程的质量控制，严格按照公司《质量手册》《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

5、监测报告严格实行三级审核制度，经编制、审核，最后由授权签字人批准。

8.2.7 监测结果

表 8-2 本项目工作场所外照射辐射环境质量本底监测结果

点位序号	测量点位描述	测量结果 (nGy/h)
1	DSA 室医生入口处	115.3±2.4
2	DSA 室医生缓冲区	114.3±4.7
3	DSA 室主控室	116.2±4.8
4	DSA 室卫生间	121.5±6.0
5	DSA 室内	125.3±3.2
6	DSA 室楼上对应第三检查室	116.7±2.9
7	DSA 室病人缓冲/处置区	118.8±4.7
8	DSA 室污物间	119.8±6.1
9	DSA 室东北侧楼梯处	117.9±4.3
10	拟改建候诊准备区	119.7±1.6
11	拟改建候诊准备区楼上对应走廊	113.0±4.3
12	拟改建留观病房、放射性固废间	114.5±5.4
13	拟改建留观病房、放射性固废间楼上对应走廊	117.8±4.3
14	拟改建区域东北侧走廊	121.0±2.1
15	本项目工作场所区域东北侧走廊	115.6±4.6

16	拟改建区域卫生间	115.0±4.9
17	主任办公室	119.6±4.8
18	10 号楼梯间	114.6±6.0
19	DSA 室西南侧（室外）	119.8±3.5
20	本项目工作场所东南侧第一住院部门口（室外）	119.2±4.4
21	本项目工作场所东南侧道路（室外）	127.0±2.3
22	本项目工作场所西南道路（室外）	123.9±5.3
23	本项目工作场所北侧道路（室外）	127.1±4.4
注：1、测量时外照射探头距离地面约 1m； 2、每个外照射监测点测量 10 个数据取平均值（未扣除宇宙射线）； 3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值 \times 校准因子 k_1 ，校准因子 k_1 为 1.14。		

表 8-3 本项目工作场所 β 表面污染检测

点位序号	测量点位描述	测量结果（Bq/cm ² ）
1	DSA 室医生入口处地面	0.179
2	DSA 室医生缓冲区地面	0.104
3	DSA 室主控室地面	0.161
4	DSA 室卫生间地面	0.311
5	DSA 室内地面	0.184
6	DSA 室楼上对应第三检查室地面	0.190
7	DSA 室病人缓冲/处置区地面	0.357
8	DSA 室污物间地面	0.317
9	DSA 室东北侧楼梯处地面	0.328
10	拟改建候诊准备区地面	0.363
11	拟改建候诊准备区楼上对应走廊地面	0.380
12	拟改建留观病房、放射性固废间地面	0.265
13	拟改建留观病房、放射性固废间楼上对应走廊地面	0.225
14	拟改建区域东北侧走廊地面	0.409
15	本项目工作场所区域东北侧走廊地面	0.219
16	拟改建区域卫生间地面	0.219

17	主任办公室地面	0.432
18	10 号楼梯间地面	0.363
19	DSA 室西南侧地面（室外）	0.380
20	本项目工作场所东南侧第一住院部门口地面（室外）	0.323
21	本项目工作场所东南侧道路地面（室外）	0.213
22	本项目工作场所西南道路地面（室外）	0.328
23	本项目工作场所北侧道路地面（室外）	0.265
注：1、测量时表面污染距地面 5mm； 2、每个表面污染监测点测量 1 个数据； 3、NT6108-100 型 α 、 β 表面污染仪： $R_p=0.28$ ，测量表面发射率响应所用标准平面源的效率 β 为 $0.62s^{-1}Bq^{-1}$ ，探测器灵敏面积 $100cm^2$ ；表面污染仪的表面活度响应 $17.36s^{-1}Bq^{-1}cm^2$ 。		

8.4 环境现状调查结果的评价

由表 8-2 监测结果可知，本项目拟开展辐射工作场所及周围环境的室内 γ 辐射空气吸收剂量率为 113.0~125.3nGy/h，室外 γ 辐射空气吸收剂量率为 119.2~127.1nGy/h。由《新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查研究报告》可知，乌鲁木齐市室内 γ 辐射剂量率为 82.5~206.1nGy/h，乌鲁木齐市室外 γ 辐射剂量率为 70.6~183.4nGy/h，本项目拟开展辐射工作场所辐射剂量率处于当地天然辐射正常水平范围内。

由表 8-3 监测结果可知，本项目辐射工作场所 β 表面污染测值范围为 0.104~0.432Bq/cm²，检测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中控制区的地面的 β 表面污染控制水平小于 40Bq/cm²，监督区小于 4Bq/cm² 的要求。

（本页以下空白）

表 9 项目工程分析与源项

9.1、工程设备和工艺分析

9.1.1 施工期

本项目建设内容主要为：对第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的候诊区拟改建。

本项目是在第一住院部一层主体工程建成的基础上对改建区域进行重新设计布局 and 改建。拟改建区域主要涉及现有卫生间、候诊区、走廊；对原有候诊区进行防护改造、铺设水泥砂浆，拆除原有吊顶后重新安装，封堵原有门窗、安装防护门，设置候诊准备区、放射性固废间、留观病房、专用走廊；将卫生间改建为留观病房的卫生间；对DSA手术室淋浴间改造为应急淋浴间；改造面积约50m²。因此，该项目施工工程量小、施工工艺简单、施工周期短，且施工期产生的少量废水和固体废物均可依托医院现有的处理措施进行处理，只要建设单位和施工单位在施工过程中严格落实对施工扬尘的管理和控制措施，施工期的环境影响能降到最低程度。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。

拟改建区域紧邻数字减影室第四手术间，建议医院在施工时，应充分考虑对数字减影室第四手术间病人和工作人员的影响，严禁夜间施工，尽量不使用高噪声设备，以减少对病人及工作人员的影响。

本项目在原有建筑内进行装修，并未新增用地。本项目施工内容主要为清理现场、拆除原有建筑部分墙体、新建墙体隔断、防护装修、室内外装饰工程以及设备的安装调试等内容，整个工期约为一个半月。施工期工艺流程及产污环节详见图 9-1。

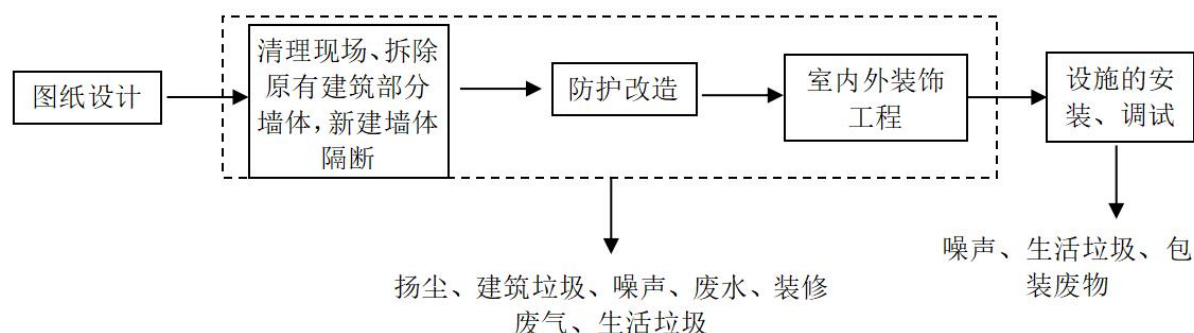


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节示意图

施工工艺流程：

(1) 清理现场、拆除原有建筑物部分墙体，新建墙体隔断

该工段施工期长，是施工期的主体工程。包括现有场所的清理，根据设计图纸利用

人工拆除原有门窗、部分墙体、吊顶、地板涂层，人工配合机械对现场进行清理，拆除过程中会产生扬尘、噪声、建筑垃圾等。

（2）防护改造

根据防护设计进行候诊准备区、放射性固废间、留观病房、专用走廊、留观病房卫生间墙体、防护门窗、吊顶、地板等防护施工，将主任办公室门更换为铅防护门，四周墙体铺设铅板、防护门窗的安装等。

（3）室内外装饰工程

利用各种加工机械对木材、塑钢等按图进行加工，然后采用环保型涂料喷刷，最后对外露的铁件进行油漆施工，本工段时间较短，且使用的涂料和油漆量较少，有少量的有机废气挥发。为减少施工的污染，施工单位应做到以下几个方面：

①施工阶段采用的墙体材料，其放射性指标限量应符合标准要求，室内用人造木板饰面、人造木板，必须测定游离甲醛含量或游离甲醇释放量达到标准要求。涂料胶粘剂、阻燃剂、防水剂、防腐剂等的总挥发性有机化合物（TVOC）和游离甲醛含量应符合规定的要求。

②进行机房装修时，应采用无污染的“绿色装修材料”和“生态装修材料”，使其对操作工人的健康不会产生危害。

本项目施工期污染物：

（1）废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和生活污水，施工废水仅为建筑物料拌和过程可能产生的废水，通过进入物料自然蒸发耗散，后续不再分析；施工人员产生的生活污水产量较小，经医院污水处理站预处理后纳入市政污水管网。

（2）废气

本项目施工过程中会产生扬尘，主要是装修过程中产生的扬尘。医院应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

（3）噪声

施工期噪声主要包括少量运输车辆的噪声以及改造、装修使用的小型施工设备产生的噪声，应合理制定施工计划，避开午休时间，禁止在夜间施工；施工设备应考虑选择低噪音设备，防止噪声超标。

(4) 固废

施工过程中会产生建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾部分回收利用，剩余部分由施工单位外运至建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾产生量不大，由医院分类收集后，交当地环卫部门清运。

9.1.2 运行期

9.1.2.1 工程设备

(1) SPECT/CT

SPECT/CT 的基本结构分 3 部分，即旋转探头装置、电子线路、数据处理和图像重建的计算机系统。SPECT/CT 将功能显像的 SPECT 与解剖显像的 CT 图像有机融合，提高信噪比，在获取衰减校正后的核医学影像同时与同机 CT 图像融合，实现 SPECT 的高敏感性优势及 CT 的解剖准确性优势互补，既可显示病变的血液及功能改变，又可显示其解剖学影像，有效提高病灶的检出能力和定位能力，提高疾病诊断的准确率从而大大提高了诊断的效能。本项目 SPECT/CT 射线装置参数见表 9-1，本项目 SPECT/CT 外观示意图见图 9-2。

表 9-1 本项目应用的射线装置设备主要技术参数（利旧）

序号	装置名称	型号	生产厂家	额定参数	出厂编号	球管编号	类别	所在场所
1	血管造影用 X 射线机	Artis Zee Ceiling	SIEMENS	125kV 1000mA	629322 175	/	II	第一住院部一层 数字减影室第四 手术间
2	SPECT/CT	Symbia Pro.specta Flow	上海西门子 医疗器械有 限公司	130kV 240mA	101003	1125 3390	III	第一住院部二楼 核医学科 SPECT/CT 室

(2) DSA

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，DSA 由 X 线发生装置(包括 X 射线球管及其附件、高压发生器、X 射线控制器等)和图像检测系统(包括光栅、影像增强管、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等)组成。本项目射线装置参数见表 9-1，本项目 DSA 外观示意图见图 9-3。



图 9-2 本项目 SPECT/CT 外观示意图



图 9-3 本项目 DSA 外观示意图

9.1.2.2 核素及非密封放射性物质工作场所的相关情况

(1) ^{90}Y

本项目涉及使用的 ^{90}Y 微球产品具有释放纯 β 射线、射线能量高、半衰期短(2.67 天)、射程短(人体组织中平均穿透距离为 2.5mm，最长穿透距离 11mm)、污染小、高聚集性等特点。

人体对 ^{90}Y 不具有特殊摄取的功能，游离的 ^{90}Y 会透过毛细血管网随血液分布于全身，因而不能直接用于靶向治疗恶性肿瘤。为解决上述问题，将 ^{90}Y 放射性核素结合到特殊的载体上并制成微小颗粒，通过选择性动脉插管的方法将载有 ^{90}Y 放射性核素的颗粒注入肿瘤血管，使 ^{90}Y 滞留于肿瘤组织内达到足够的剂量杀死肿瘤细胞。

以 ^{90}Y 树脂微球为例， ^{90}Y 树脂微球使用具有生物相容性且不可降解的树脂微球，粒径 20 μm ~60 μm ，小到可到达肿瘤动脉血管末端，但不足以通过毛细血管进入循环系统。微球比重为 1.1(血红蛋白 1.097)，在血管悬浮，可随血流栓塞到肿瘤血管末端。

^{90}Y 微球特性见表 9-2。

表 9-2 本项目拟新增 ^{90}Y 微球药物特性

项目	^{90}Y 微球
半衰期	2.67d
形态	悬浮液
直径	20 μm ~60 μm
微球密度	1.6g/cm ³
微球数量/3GBq 剂量瓶	4 $\times 10^8$ ~8 $\times 10^8$
产品规格	3GBq
剂量可调整性	根据患者需求进行抽取确定活度剂量（需进行二次分装）

(2) 非密封放射性物质工作场所

新疆医科大学第一附属医院拟在院内第一住院部一层数字减影室第四手术间开展 ^{90}Y 微球介入治疗项目。该治疗项目将依托医院现有第一住院部负一层核医学科负一层钨制药室分装所需核素药物；第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室进行术前评估；第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 检查室开展药物的介入输注；第一住院部一层数字减影室第四手术间北侧改建的候诊准备区、放射性固废间、留观病房、走廊、留观

病房的卫生间、病人专用楼梯。

综上所述，新疆医科大学第一附属医院拟于第一住院部负一层核医学科、二层核医学科 SPECT/CT 室新增使用放射性核素 ^{90}Y ，新增核素使用后，该场所仍为一处乙级非密封放射性物质工作场所；拟于第一住院部一层数字减影室第四手术间新增使用放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 及 ^{90}Y ，新增工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。本次拟新增辐射项目涉及的非密封放射性核素见表 9-3，本项目拟使用非密封型放射性核素参数表见表 9-4。

表 9-3 本项目拟使用非密封型放射性核素用量一览表

核素名称	单人单次最大用量 (Bq)		最大接诊量	计划日最大操作量 (Bq)	操作方式修正因子	毒性组别修正因子	计划日等效最大操作量 (Bq)	年工作天数	年最大用量 (Bq)	物理状态	用途
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.85×10^8		1 人/d	1.85×10^8	1	0.01	1.85×10^6	150	2.775×10^{10}	液态	显像诊断
^{90}Y	购置	3.0×10^9	1 人/d	3.0×10^9	1	0.1	3.0×10^8	150	4.5×10^{11}	液态	负一层核医学科分装
	病人注射	2.5×10^9	1 人/d	2.5×10^9	1	0.1	2.5×10^8	150	3.75×10^{11}		病人治疗

表 9-4 本项目拟使用非密封型放射性核素参数表

核素名称	半衰期	衰变模式	毒性分组	α/β 最大能量 MeV	光子能量 MeV	周围剂量当量率常数 (裸源) $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	同质异能跃迁	低毒 (0.01)	/	0.140	0.0303
^{90}Y	2.67d	EC	中毒 (0.1)	最大 2.284 平均 0.9348	/	/

参照《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函[2016]430号)中：

- ①有相对独立、明确的监督区和控制区划分；
- ②工艺流程连续完整；
- ③有相对独立的辐射防护措施的特点，工作场所人流及物流具有自己的独立通道，不与其他楼层交叉等条件。

新疆医科大学第一附属医院第一住院部负一层核医学科、二层核医学科 SPECT/CT 室现有工作场所为已许可的一处非密封放射性物质工作场所；本次新建的非密封放射性物质工作场所包含第一住院部一层数字减影室第四手术间、第一住院部一层数字减影室

第四手术间北侧改建区域。本次新建项目主要为放射性同位素的介入治疗，工作场所具有相对独立的监督区和控制区划分，场所具有明显的界限。工作场所的工艺流程连续完整。且工作场所具有独立的辐射防护措施，工作场所人流及物流具有独立通道互不交叉。

因此，新疆医科大学第一附属医院本次利旧及新建的非密封放射性物质工作场所应作为 2 个独立的非密封放射性物质工作场所，场所具有独立的监督区、控制区划分。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 附录 C 提供的放射性同位素工作场所放射性核素日等效最大操作计算方法和放射性同位素日最大操作量，可以计算出核素的日等效最大操作量。非密封放射性物质工作场所的分级判据如表 9-5。

表 9-5 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量
甲	$>4 \times 10^9 \text{ Bq}$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9 \text{ Bq}$
丙	豁免活度以上 $\sim 2 \times 10^7 \text{ Bq}$

放射性同位素的日等效最大操作量根据其毒性组别、操作方式、物理状态和实际日最大操作量确定。毒性组别和操作方式与放射源状态修正因子见表 9-6、表 9-7。

表 9-6 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 9-7 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	物理状态			
	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

根据本项目非密封放射性物质工作场所使用放射性同位素的毒性组别、操作方式和日等效操作量，确定出本项目各非密封放射性物质工作场所级别，详见表 9-8。

表 9-8 本项目非密封放射性核素等效操作量核算

核素名称	日最大操作量（Bq）		毒性组别	毒性组别修正因子	操作方式	操作状态	操作方式及状态修正因子	日最大等效操作量（Bq）	年工作天数	最大年操作量（Bq）
本项目核素分装场所										
⁹⁰ Y	分装	3.0×10 ⁹	中毒	0.1	简单	液态	1	3.0×10 ⁸	150	4.5×10 ¹¹
本项目核素注射场所										
^{99m} Tc	病人注射	1.85×10 ⁸	低毒	0.01	简单	液态	1	1.85E+6	150	2.775×10 ¹⁰
⁹⁰ Y	病人注射	2.5×10 ⁹	中毒	0.1	简单	液态	1	2.5×10 ⁸	150	3.75×10 ¹¹

本项目术前评估 ^{99m}Tc 单人次使用量最大约为 1.85×10⁸Bq，日最大操作量 1.85×10⁸Bq，使用量较小，医院现有核医学科已许可 ^{99m}Tc 放射性核素用量能够满足本项目术前评估 ^{99m}Tc 核素用量需求，无需额外增加核素操作量。

由表 9-8 可知，本项目核医学分装场所已许可的日等效最大操作量为 1.207×10⁹Bq，叠加本项目分装 ⁹⁰Y 核素后为 1.507×10⁹Bq；工作场所日等效最大操作量在 (2×10⁷~4×10⁹) Bq 的范围，为乙级非密封放射性物质工作场所。本项目病人介入抽注场所日等效最大操作量为 2.5185×10⁸Bq；工作场所日等效最大操作量在 (2×10⁷~4×10⁹) Bq 的范围，为乙级非密封放射性物质工作场所。

9.1.2.2 工作原理

⁹⁰Y 发出的β射线最大能量为 2.284MeV，平均能量为 0.935MeV，在人体组织中的最大射程为 11mm，其半衰期为 2.67 天，是通过化学方法从锆-90 中提取，将其离子键结合在微球上制成的微小颗粒，药物为悬浮液形式，通过选择性动脉插管的方法将载有 ⁹⁰Y 放射性核素的颗粒注入肿瘤血管，使 ⁹⁰Y 滞留于肿瘤组织内达到足够剂量杀死肿瘤细胞，此微球具有不能通过毛细血管网，且不被巨噬细胞所吞噬，生物相容性好、无毒、核素衰变基本完成后，微球开始生物降解而不再栓塞的特点。

以 ⁹⁰Y 树脂微球为例，⁹⁰Y 树脂微球是一款靶向放射治疗产品，由含有 ⁹⁰Y 的生物相容性树脂微球组成，直径为 20-60um，密度约为 1.6g/cm³，比重 1.6 (血液 1.097)，可随血液滞留于肿瘤末梢血管，持续照射以达到治疗的目的。该产品被广泛应用于肝癌的选择性体内放射治疗(SIRT) 中，即在肝脏病灶处，通过靶向的大剂量高能量β辐射起到

杀死癌细胞的目的，同时不伤害健康肝脏组织，被广泛用于手术治疗不可切除的肝癌。

9.1.2.3 工作流程及产污环节

本项目依托的 SPECT/CT 及 DSA 均为已许可设备，其工作流程及产污环节已在相应的环评报告中评价，本项目不再赘述。

^{90}Y 微球以 DSA 介入的形式开展治疗，微球通过导管经由肝总动脉、右肝动脉或左肝动脉注射引导到肝脏肿瘤中，在输送到肝动脉后，微球被选择性输送并停留在肿瘤的微血管中，发挥局部放射治疗。

单个病人在开展 ^{90}Y 介入治疗过程分为两个阶段：第一阶段为术前评估和准备阶段，第二阶段为介入手术阶段。具体工作流程如下：

(1) 第一阶段

在治疗前 7~10 天需使用钨标记聚合白蛋白 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) 注入肝动脉，以评估患者是否适合此项治疗。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物使用时由医院按单人份进行淋洗（单人份用量 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ），使用铅罐将药物送至第一住院部一层数字减影室第四手术间，钨标记聚合白蛋白 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) 注射过程在本项目 DSA 室内完成。其原理为：钨标记聚合白蛋白 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) 为一种诊断用蛋白，分子大小近似 ^{90}Y 微球，可模拟 ^{90}Y 微球于体内分布的状态，确保 ^{90}Y 微球会停驻在肝脏，而非其他器官，不会造成其他器官的放射性伤害。本次 ^{90}Y 微球治疗建设项目该阶段 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性核素单人次使用量仅为 3~5mCi（本项目最大为 5mCi），且年诊断次数较少，核医学科已批准使用的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性核素已履行完放射诊疗手续且能够满足本项目第一阶段的核素用量需求，无需额外增加核素操作量，故本项目只评价第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室内、留观病房内、放射性固废间及钨制药室分装过程的辐射影响，具体如下：

①提前 1 天填写血管摄影同意书，并通知禁食 6~8 小时；

②当日病人送检前注射静脉输注，排空尿液；

③手术前，将一次性吸水辅料敷设在第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室内及手术床上，以防止放射性核素直接沾污 DSA 室地面、墙面及手术床等；

④患者至 DSA 室（第一住院部一层数字减影室第四手术间）进行血管造影，放置导管并栓塞胃肠侧枝血管；

⑤将淋洗的钨标记聚合白蛋白 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) 放在铅罐内通过 10 号楼梯间运送至第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室，将导管注入钨标记聚合白蛋白 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) 至肝脏（注

射过程中医护人员穿戴防护用品进行注入，注射钨标记聚合白蛋白（ ^{99m}Tc ）后的患者覆盖铅衣等防护用品，医院拟对注射钨标记聚合白蛋白（ ^{99m}Tc ）的患者通过专门患者走廊（流动线路进行临时管控），由专人护送，专人引导，避免公众靠近），通过 10 号楼梯间进入第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室接受 SPECT/CT 扫描。

⑥介入和核医学科专家根据显像结果，了解钨标记聚合白蛋白（ ^{99m}Tc ）在人体分布情况，确定患者是否适合 ^{90}Y 微球治疗。

（2）第二阶段

在第一阶段，若确定患者适合 ^{90}Y 微球治疗，则需在 7~10 天内完成 ^{90}Y 微球输注，医院根据患者具体情况，制定治疗方案及手术时间后，按照处方剂量向供货公司提前订购 ^{90}Y 微球。 ^{90}Y 微球剂量瓶外含 1 个透明的有机玻璃瓶防护罩，厂商当天将 ^{90}Y 微球产品送至医院第一住院部负一层核医学科，经质检人员核对放射性药物名称、活度，检查药品包装和外观质量，与供药公司办理交接手续后，妥善放入核医学科储源室中。每瓶 ^{90}Y 微球活度为 3.0GBq，每名患者用量为 0.9~2.5GBq（本项目最大为 2.5GBq），每瓶 ^{90}Y 微球仅供 1 名患者使用，使用时再转移至核医学科钨制药室的通风橱中，在通风橱内进行活度测量及分装，分装后的药物通过专用运输容器运送至第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室进行 ^{90}Y 微球治疗手术，剩余 ^{90}Y 药品作为放射性固体废物收集至核医学科放射性废物暂存间的废物桶内暂存。第二阶段具体工作流程如下：

①通知病人住院准备进行第二阶段 ^{90}Y 微球输注， ^{90}Y 微球通常在手术当天送达医院核医学科；

②病人住院后按血管造影检查流程进行术前准备，将一次性吸水辅料敷设在第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室内及手术床上，以防止放射性核素直接沾污 DSA 室地面、墙面及手术床等；

③治疗当天，在核医学科钨制药室通风橱进行 ^{90}Y 微球药物活度测量及分装。将 ^{90}Y 微球通过 10 号楼梯间运送至第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室（在 ^{90}Y 微球由核医学科转运至 DSA 室过程中，剂量瓶放置在由供货商提供的专用屏蔽容器内），将 ^{90}Y 微球与一次性输入装置组装完毕，于 DSA 室内经导管将 ^{90}Y 微球注入（输注过程无需 DSA 出束照射，故机房内外主要受到 ^{90}Y 微球的辐射影响）；注射过程中医护人员穿戴防护用品，注射 ^{90}Y 微球后的患者覆盖铅衣等防护用品；

④完成 ^{90}Y 微球的患者覆盖棉被运送进入 DSA 室北侧留观病房进行医学留观，留观

患者 24h 内通过专门患者走廊（流动线路进行临时管控），由专人护送，专人引导，通过 10 号楼梯间进入第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室接受 SPECT/CT 扫描，对治疗部位进行剂量学评估。患者留观 24h 后离开留观病房，定期随访。

为避免 ^{90}Y 治疗患者对其他公众或医护人员产生辐射影响，医院拟对 ^{90}Y 治疗期间的患者流动线路进行临时管控，患者由专人护送，患者转运路线由专人引导，避免公众靠近，患者专属留观病房出入口设有门禁装置，严禁患者擅自出入，并建议患者留观休息，尽量减少活动。

本项目 ^{90}Y 微球的药物运送、输注、患者的转运均由核医学科调配辐射工作人员承担 ^{90}Y 微球治疗建设项目工作流程及产污环节分析见图9-4。

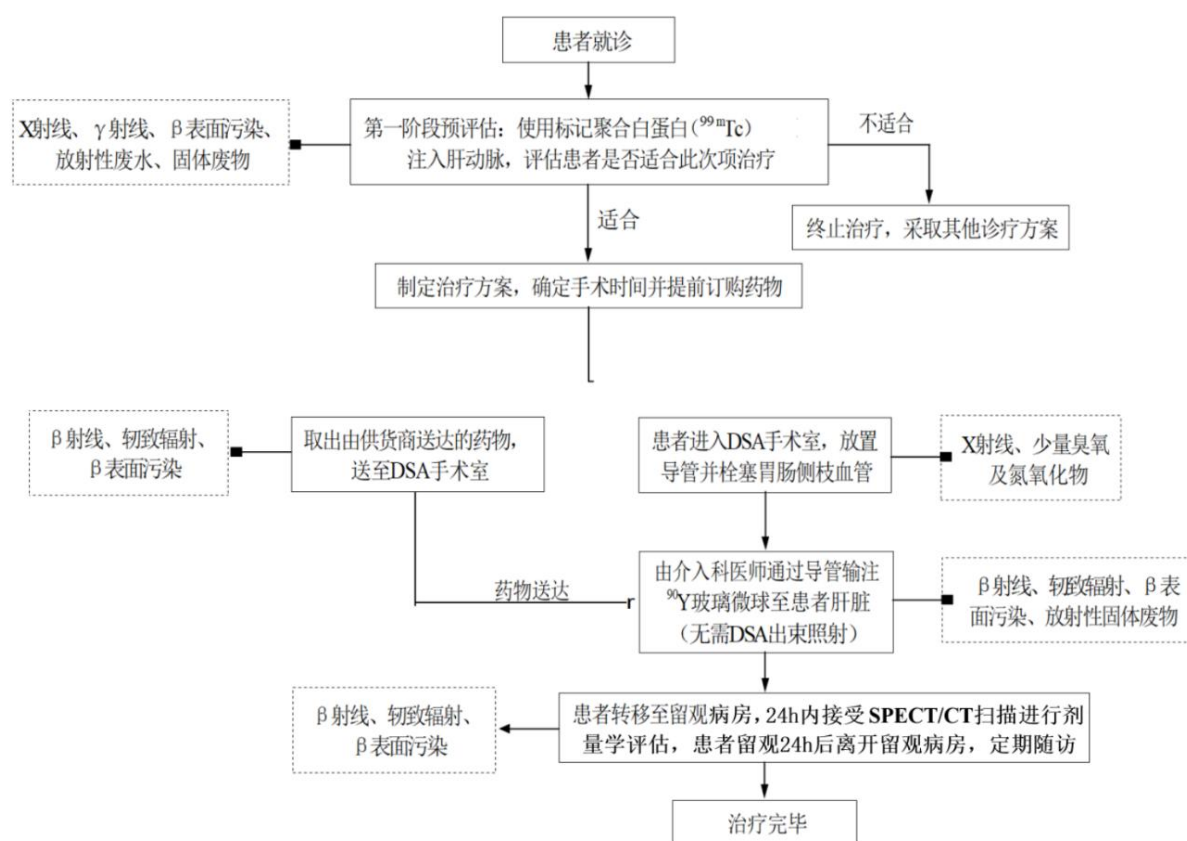


图 9-4 ^{90}Y 微球治疗建设项目工作流程及产污环节分析示意图

(3) 药物输注

医院按照处方剂量向供货公司提前订购，供货商按照订单将单人次用量的 ^{90}Y 微球封装进 1 个含有 0.6mL 无菌、无热原水的 1.0mL 锥形底玻璃剂量瓶中，剂量瓶外采用 12mm 厚有机玻璃防护防护罩及 6.4mmPb 铅罐进行辐射防护。每 1 个 ^{90}Y 微球剂量瓶都附带有 1 套预先装配的一次性使用输入装置以及 1 个可重复使用的输入附件盒。

一次性输入装置包括 1 套一次性无菌管组和 1 个空的无菌瓶。管组由预先装配的无菌组件制成，包含带针注射器活塞组件和一体化的 20cc 注射器。输入装置中的单向阀用于控制液体流动，保证无菌盐水只朝适当方向流动：抽回注射器活塞会将盐水灌满注射器，推进注射器活塞会将盐水推向带针注射器活塞组件。

输入附件盒主要部件包含 1 个底座、顶部屏蔽盖、可拆卸侧面屏蔽盖（均为有机玻璃材质，厚度为 12.6~13.5mm）和盐水袋挂钩，另含 1 个 9.5mm 厚防辐射有机玻璃废弃物容器。输入附件盒可确保 ^{90}Y 微球剂量瓶的最佳布局，有利于在输注过程提供辐射防护，输入附件盒上的延伸臂有利于输入装置与患者端导管连接件的对齐和定位。

^{90}Y 微球治疗项目输入装置使用步骤如下：

（1）输入装置预注：打开输入装置包装，取出一次性无菌管组及无菌瓶；将非排气针插入生理盐水袋，盐水袋挂到输入附件盒的盐水袋挂钩上；将排气针插入无菌瓶中；去掉带针注射器活塞组件的红色橡胶帽，缓慢地将注射器充满生理盐水，然后排出，以便将空气从输入装置管线及注射器中排出。预注完成时，将注射器内注满生理盐水。

（2）将 1 个个人剂量报警仪装入输入附件盒支架上，记录其显示数值（DSA 检查室本底剂量）。

（3） ^{90}Y 微球剂量瓶准备：拿起装有 ^{90}Y 微球剂量瓶的铅罐，反复倾斜转动，以沾湿附于剂量瓶封口橡胶塞上的微球。将铅罐底部用力在坚硬表面物体上敲击后，将铅罐放入输入附件盒底座的容器固定架中；取下铅罐盖子，用止血钳、无菌胶条分别去掉剂量瓶有机玻璃防护罩顶部的紫色封口、栓盖；用止血钳夹取酒精棉签擦拭剂量瓶橡胶塞。

（4）输入装置与输入附件盒组装：将无菌瓶置于输入附件盒的固定架中，将带针注射器活塞组件插入剂量瓶有机玻璃防护罩中，按压绿帽将其锁定。将输入装置的输入、输出管线放置在输入附件盒的相应卡槽中，管线环绕输入附件盒侧面布线；将带针注射器活塞组件上的黄色把柄一直向下推，将针头锁入 ^{90}Y 微球剂量瓶中；将侧面、顶部屏蔽盖组装到输入附件盒底座上，确认管线没有被夹住或扭结。

（5）将一条无菌毛巾覆盖在输入附件盒与患者之间的间隙处，将输入装置的输出管与导管连接，接口固定在输入附件盒延伸臂固定架上，使将输出管高于固定架，输注导管垂直悬挂在下方；松开输出管上的止流夹。

(6) ^{90}Y 微球输注：推动注射器来输注 ^{90}Y 微球，输入装置内盐水流速控制在 20cc/min，回拉注射器活塞，至少冲洗 3 次，总量为 60cc。观察输入附件盒支架上的个人剂量报警仪读数，连续冲洗盐水直至个人剂量报警仪读数达到本底剂量。

(7) 剪断输入装置的输入管线，撤去输入附件盒侧面、顶部屏蔽盖；从患者身上取下输注导管。小心处理输注导管和导引导管的尖端，为了辐射防护，尽量使用纱布、毛巾或止血钳来拿取导管。将输注导管、输入装置、 ^{90}Y 微球剂量瓶（含带针注射器活塞组件）、纱布、毛巾、手套等可能带有微球的物品放入废物容器桶（带 β 放射性防护板）中。

(8) 对于所有要离开 DSA 室的工作人员、工作场所及相关设备，采用表面沾污仪进行检查，酌情对相关物品进行去污处理。

微球西林瓶、防护铅罐、注射器和 V 瓶图见图 9-5，微球治疗项目输注配套装置见图 9-6，一次性输入装置示意图见图 9-7，输入附件盒与一次性输入装置示意图见图 9-8。



V 瓶、西林瓶及防护铅罐



注射器和 V 瓶防护用品图

图 9-5 微球西林瓶、防护铅罐、注射器和 V 瓶图

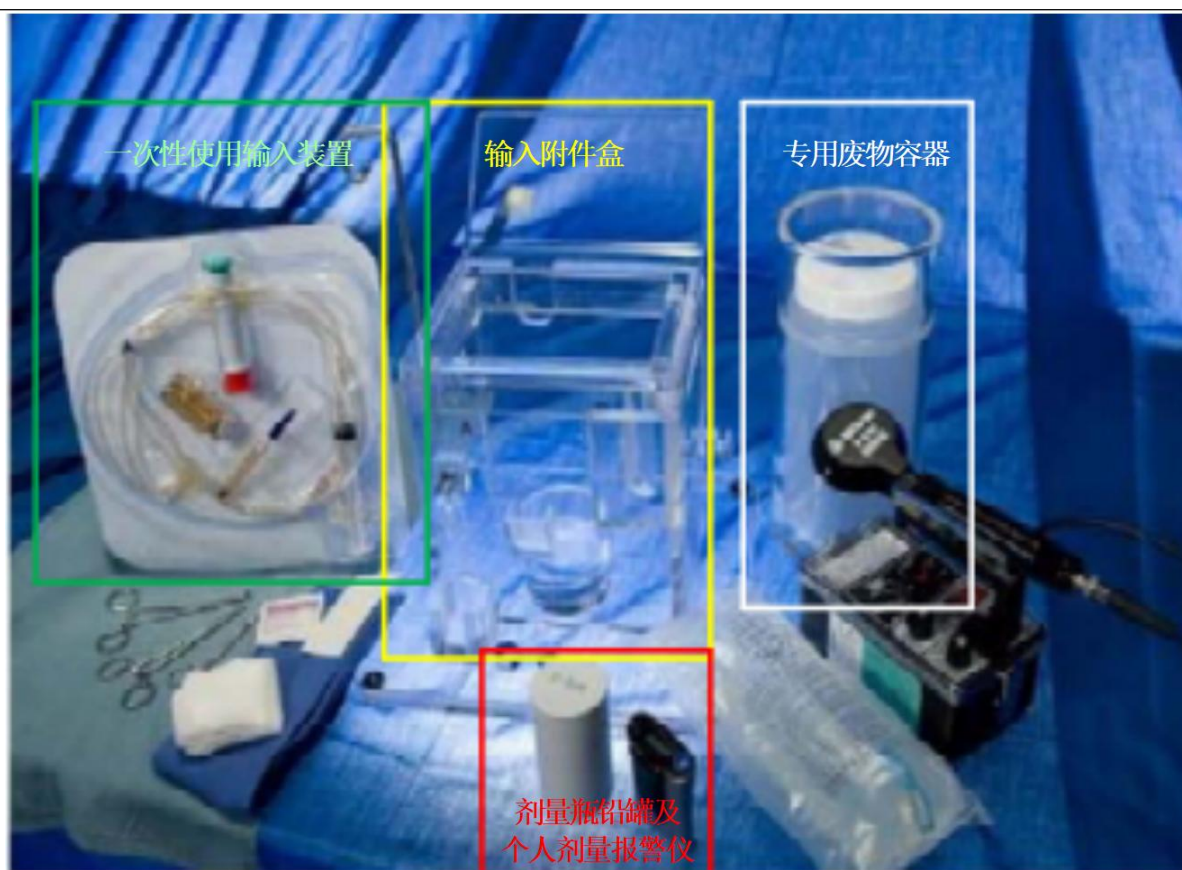


图 9-6 微球治疗项目输注配套装置

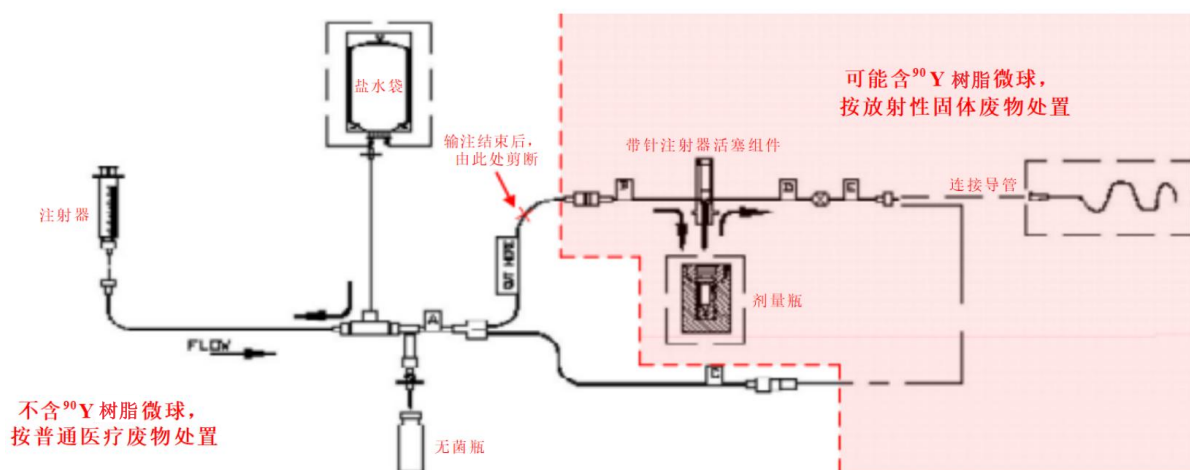


图 9-7 一次性输入装置示意图

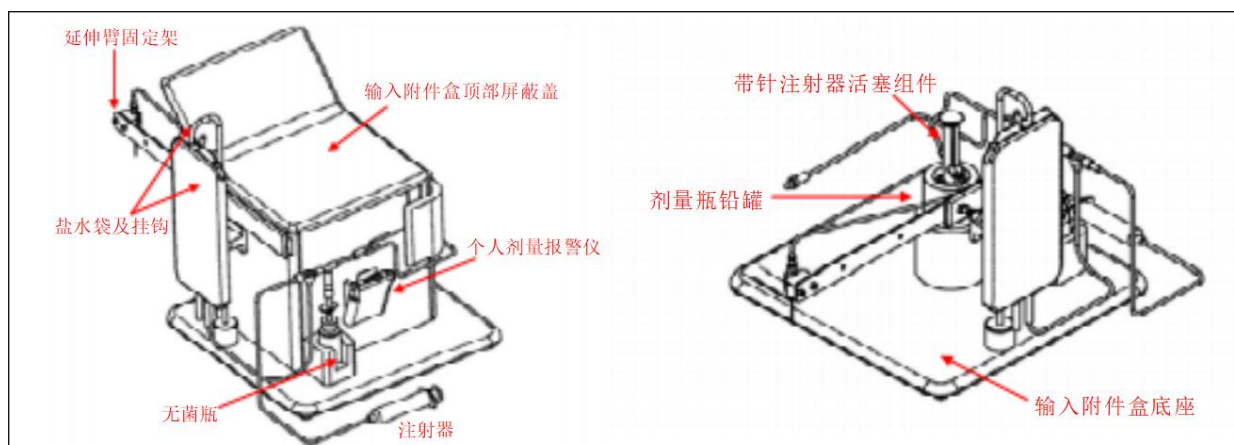


图 9-8 输入附件盒与一次性输入装置示意图

9.1.2.4 本项目人员配备

本项目拟配置辐射工作人员 8 名，第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 配备介入医生 2 名，护士 2 名，操作技师 2 名；核医学科药物分装、药物转运、核医学检查人员、病人转运人员 2 名；药物输注过程由 1 名核医学影像装置物理师完成拟配备的辐射工作人员上岗前均已参加辐射安全与防护考核和岗前体检。

9.1.2.5 路径分析

(1) 患者行进路线与流程

①第一阶段：患者经病患通道到达候诊准备区→病人缓冲/处置区→进入 DSA 手术室内术前准备→导管导丝介入，等候药物注射（ $^{99m}\text{TcMAA}$ ）→注射药物（检测手术室污染现状）→注射 ^{99m}Tc 的病人注射完成后由医护人员通过 10 号楼梯间转运至第一住院部二层核医学 SPECT/CT 室扫描检查→患者在二楼核医学科候诊室等候→评估是否适合 ^{90}Y 微球治疗。

②第二阶段：患者经病患通道到达候诊准备区→病人缓冲/处置区→进入 DSA 手术室内术前准备→导管导丝介入，等候药物注射（ ^{90}Y ）→注射药物（检测手术室污染现状）→手术完成后由医护人员转移至留观病房医学观察，留观 24 小时内通过 10 号楼梯间转运至第一住院部二层核医学 SPECT/CT 室扫描检查，对治疗部位进行剂量学评估。检查完成后患者返回留观病房，手术完成留观 24h 后离开留观病房，定期随访。

为避免 ^{90}Y 治疗患者对其他公众或医护人员产生辐射影响，医院拟对 ^{90}Y 治疗期间的患者流动线路进行临时管控，患者由专人护送，患者转运路线由专人引导，避免公众靠近，患者留观病房出入口设有门禁系统，严禁患者擅自出入，并建议患者留观休息，尽量减少活动。

（2）工作人员行进路线：

核医学科放射工作人员通过医护楼梯间进入第一住院部负一层核医学科，通过更衣室进入锝制药室，在通风橱内完成 ^{99m}Tc 的淋洗、分装， ^{90}Y 分装；用活度计测量活度。

药物分装好后，密封在带屏蔽的源罐内通过缓冲间→外包间→走廊→10 号楼梯间→专用运源通道→第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室。

介入科设备操作人员进入控制室进行设备操作；核素操作人员在洗涤间处进行消毒洗手，穿戴防护服和一次性防污染服等，进入 DSA 室接收药物和进行注射操作，操作完成后脱掉一次性防污染服、乳胶手套等一次性用品作为放射性固体废物，在医护人员进出缓冲区配备表面污染检测仪器，经表面污染监测合格后离开手术室（若有污染在淋浴间采用一次性清洁用品进行去污），原路返回。

（3）放射性药物路线：

^{99m}Tc 是通过 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器在锝药制药室自行淋洗制备。医院根据每周预约的受诊患者数量以及诊断要求进行 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器的购买，每次购买的 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器直接由有资质的运输公司运送到第一住院部负一层核医学科贮存分装场所中的锝药制药室分装箱下的铅箱暂存，待使用时，将 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器提至锝药制药室分装箱上方进行 ^{99m}Tc 核素的淋洗和分装，分装完成后 ^{99m}Tc 放射性药物贮药瓶放入铅罐内，通过缓冲间、外包间和 10 号专用楼梯运输至第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室。

^{90}Y 是药物供给方按约定时间将放射性药物由有资质的运输公司运送到第一住院部负一层核医学科锝药制药室分装箱下的铅箱暂存，待使用时由核医学科放射工作人员测定活度与分装， ^{90}Y 贮药瓶经检测无表面污染后放入专用有机玻璃箱内，分装好的药物由专人通过缓冲间、外包间和 10 号专用楼梯运输至第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室。

为了避免药物通道与其他人员通道交叉情况，且手术量较少，医院拟将手术安排在客流量较少时间，并对药物转运线路进行临时管控，在 10 号楼梯间出口处未完全封闭区域采取铅屏风围挡，药物由专人运输；患者转运路线由专人引导，避免公众靠近，以减少其他人员与药物接触的几率。

（4）放射性废物路线：

核医学科放射工作人员在分装药物过程中会产生少量放射性固体废物(如一次性

吸水纸、手套、注射器、针头、酒精棉球、含少量残液的药物容器等), 钨制剂室内产生的固体废弃物暂存于钨制剂室的废物铅桶内。第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室术前准备内在输注 ^{90}Y 手术过程中产生的放射性废物(导尿管、吸水纸、塑料膜、针头、棉球、一次性输注装置等) 统一收集到由供药单位提供的铅废物桶(10mmPb) 内, 手术结束后运送至放射性固废间内暂存; 输注 $^{99\text{m}}\text{TcMAA}$ 手术中产生的放射性废物统一收集至铅废物桶内, 手术结束后转移至放射性固废间; 以上放射性废物达到 10 个半衰期后经检测满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 豁免标准要求后, 按照医疗垃圾处理。

本项目在运输核素过程和转运注射核素病人过程中, 对临时铅屏风隔断区域进行临时管控, 通过折叠式铅屏风(4mmPb) 对该区域进行物理隔离, 禁止非相关人员进入该区域; 其余的改建区域全部采取了实体屏蔽措施, 与周边的区域硬性隔离。本项目 ^{90}Y 微球介入治疗区人流及物流路径规划见附图 8、附图 9、附图 10 所示。

9.2 污染源项分析

9.2.1 正常工况污染源项分析

医院拟在第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室开展 ^{90}Y 微球治疗项目, 借助 DSA 的血管造影技术将 ^{90}Y 微球通过肝动脉插管直接输注至肿瘤病灶, 达到肝癌治疗的目的。

本项目环境影响因子为 X 射线、 γ 射线、韧致辐射、 β 射线、 β 表面污染、放射性固体废物、放射性废水。本建设项目的辐射源项见表 9-9。

表 9-9 本项目场所主要辐射源项

序号	工作场所(或操作过程)	主要辐射源项
1	药物接收、分装过程 (库房暂存、钨制剂室分装)	放射性药物(β 射线和韧致辐射或 γ 射线)
2	转运过程	放射性药物(β 射线和韧致辐射或 γ 射线)
3	第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室	DSA(X 射线)、放射性药物(β 射线和韧致辐射或 γ 射线)
4	第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室	CT 部分(X 射线)、放射性药物(β 射线和韧致辐射或 γ 射线)
5	患者专用留观病房(患者留观到离开)	受检者(β 射线和韧致辐射或 γ 射线)
6	放射性固废间	剂量瓶、一次性使用输入装置、输注导管、纱布、毛巾、手套等(β 射线和韧致辐射或 γ 射线)

(1) X 射线

项目运行过程中, 需要使用 DSA 进行介入手术, 该过程会产生 X 射线, DSA 产生的 X 射线是随着机器的开、关而产生和消失, 因此在 DSA 开机出束期间, 会产生 X 射线。

SPECT/CT 的 CT 部分检查时会产生X 射线。

（2） γ 射线

本项目使用的核素 ^{99m}Tc 主要放出 γ 射线，在核素操作过程会产生 γ 射线。

（3） β 射线、轫致辐射

本项目使用的核素 ^{90}Y 主要放出 β 射线，在核素操作过程及输注进入患者体内后， β 射线会与物质相互作用产生轫致辐射。

（4） β 表面污染

本项目使用的核素需进行分装、转移、注射等，可能会发生核素洒落事故对工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成 β 表面污染。

（5）放射性固体废物

项目使用 ^{90}Y 微球治疗过程中产生的放射性固体废物包括注射 ^{99m}Tc 放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内管等；手术过程中铺设于地面、墙面及手术床上的一次性吸水辅料和棉布等； ^{90}Y 微球抽取过程中产生的转移用的一次性手套、注射器、含剩余药物的西林瓶等放射性固体废物；注射 ^{90}Y 放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内导管、V 瓶及有机玻璃防护罐等放射性固体废物。

本项目分装后剩余药品作为放射性固体废物于废物暂存间内暂存 10 个半衰期后作为医疗废物处理。

（6）放射性废水

本项目放射性废水主要为进行 ^{90}Y 微球治疗过程、留观过程中患者产生的排泄物，排泄物中含有 ^{90}Y 核素，根据生态环境部核与辐射安全中心出具的《钇-90 树脂微球使用过程辐射风险研究报告》，本项目每次手术时患者产生的排泄物量中所含 ^{90}Y 核素活度低于 GB18871-2002 中规定的活度浓度豁免水平，因此患者尿液可以直接排放。

（7）放射性废气

使用前本项目核素均存放于密封容器内， ^{90}Y 分装全程在通风橱内进行，治疗时药物固定于专用的密闭输运装置内，通过注射装置注入患者体内，全程不暴露于空气， ^{99m}Tc 及 ^{90}Y 挥发性极低，正常操作情况下难以在空气中形成气溶胶，故本项目不考虑放射性废气产生。

9.2.2 非正常工况污染源项分析

由于本项目使用的含放射性同位素药物主要为悬浮液，属开放放射性物质，操作放射性药物时发生容器破碎，药物泼洒等意外事件，有可能污染工作台、地面、墙壁、设备等，甚至造成手和皮肤的污染。泼洒的药物挥发将产生少量放射性废气，污染清除将产生少量的放射性固体废物。

（1）放射性液体

- 1）使用液体放射性物质过程中操作不当，发生意外泄漏，造成二次污染；
- 2）放射性药物贮源器表面的污染。

（2）放射性气体

^{90}Y 放射性核素在操作过程中，无开放液面，本项目无放射性废气产生。

（3）放射性固体

放射性核素使用过程中，与放射性药物注射有关的用品（剂量瓶、一次性使用输注装置、输注导管、纱布、毛巾、手套等医疗固体废弃物）均属于固态放射性物质。

（4）其他异常情况

- 1）注射后病人离开患者留观病房，对医务人员、公众造成意外照射；
- 2）配药计算错误，增加了病人药物的注射量，甚至导致超剂量照射；
- 3）放射性药物丢失、被盗和失控，造成人员的误照事件。

以上核素污染等异常状况，射线种类主要仍然为 β 射线和韧致辐射。如核素污染不能及时去除，会扩大污染范围，增加对周围公众人员的额外照射；也可能发生超剂量照射以及发生放射性药物丢失、被盗等辐射事故。

9.2.3 其他污染源项分析

9.2.3.1 废气

本项目 DSA 及 SPECT/CT 开机并曝光时会产生臭氧和氮氧化物。本项目 DSA 机房设置为万级层流净化手术室，手术室内形成正压环境，使气流从洁净度高的手术区域流向洁净度低的区域，并带走和排出气流中的尘埃颗粒（尘粒）和细菌。臭氧半衰期 22~25 分钟，常温下可自行分解为氧气。本项目核医学科二楼 SPECT/CT 室气流经收集后汇集至专用通风管井，统一接至大楼天台，经核级浸渍活性炭（碘吸附值 $\geq 1000\text{mg/g}$ ，更换周期为 1-3 年）吸附过滤后排放。本项目改建区域通风、排水示意图见附图 11。

9.2.3.2 固体废物

本项目介入手术时会产生的废造影剂等医疗废物；辐射工作人员工作中会产生少量的生活垃圾和办公垃圾，患者及家属候诊过程中产生少量的生活垃圾。

医院现有医疗废物贮存库位于医院内东北角府友巷路边，医疗废物定期委托新疆汇和瀚洋环境工程技术有限公司进行处置，委托乌鲁木齐市城市废弃物处置监测中心进行监管（处置合同见附件 12）；生活垃圾分类管理，收集至垃圾箱内，委托环卫部门清运处理。



图 9-9 医院医疗废物贮存库和生活垃圾暂存处现场照片

9.2.3.3 废水

本项目工作人员在工作中会产生医疗废水和生活污水。

本项目拟配置辐射工作人员共 8 人，参照《综合医院建筑设计规范》(GB51039-2014) 中的内容，结合医院实际用水情况，工作人员生活用水按每人每天 100L 计，排污系数取 0.8 进行计算，每天产生量为 $0.64\text{m}^3/\text{d}$ ，年工作 250 天，则生活污水产生量约为 $160\text{m}^3/\text{a}$ 。而且本项目运行后，医护人员未增加，产生的医疗废水不会对现有污水处理设施造成冲击，不会对现有环境造成不利影响。

废水经收集后进入医院北侧现有污水处理站处理，根据现场调查，污水处理站设计

处理能力 3000m³/d，医院医疗废水处理的最大负荷在夏季，日最大处理量约 2000m³/d，处理能力可以满足现有工程废水处理水量要求。现有废水经污水处理站处理达标后排入市政污水管网。



图 9-10 污水处理站现场图

9.2.3.4 噪声

本项目噪声源为机房通排风系统的风机，本项目所使用的通排风装置为低噪设备，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《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

（本页以下空白）

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

通过污染源分析可知，本项目产生的主要污染物为 X 射线、 γ 射线、韧致辐射、 β 射线、 β 表面污染、放射性固体废物、放射性废水。针对这些污染物，医院均制定了相应的污染防治措施。

10.1.1 辐射工作场所布局合理性分析

本项目借助医院现有的第一住院部负一层核医学科钨制药室进行药物的分装；第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA（利旧）将 ^{90}Y 微球通过插管直接输注至肿瘤病灶；通过第一住院部二层核医学科 SPECT/CT（利旧）进行扫描验证；将第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的候诊区改建为候诊准备区、放射性固废间、留观病房、走廊。

本项目依托的第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室，第一住院部负一层核医学科钨制药室及相关功能房间，第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 均已履行过环境影响评价手续，平面布局的合理性已在其环境影响评价报告表中进行分析评价，本项目不改变已有场所的布局。本项目的平面布置符合性与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）对照分析情况见表 10-1 和表 10-2。

表 10-1 平面布局与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）对照分析一览表

标准要求	设计落实情况	备注
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。	本项目依托的第一住院部负一层核医学科钨制药室、第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室、第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室、第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的改建区域分开布置，并在改建区域设置了放射性固废间，设置了专用通道，进入本项目区域工作人员和患者分别通过医生通道和患者通道进行流通，且不得随意走动， ^{90}Y 术后患者在留观病房进行留观。	满足
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。	本项目设置有独立的工作人员和患者通道，可以避免医生病人交叉影响；同时医院采取时空管理措施，错开药物运输与人员流动的时间，避免不必要的照射，最大限度的减少核医学科的工作人员在工作过程中与注射药物患者的接触，减少工作人员受到的照射。	满足
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	本项目工作区域均设有相应的门禁系统，控制人员随意流动。核医学科钨制药室入	满足

<p>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。</p>	<p>口设有卫生通过间、更衣室、冲洗设施等设备。拟在 DSA 室医护人员进出的缓冲区设置卫生通过间，进行污染监测，拟在 DSA 室淋浴间进行去污处理。改建的留观病房卫生间和 DSA 淋浴间设置了专用通道，将放射性废水排入医院衰变池。</p>	
<p align="center">表 10-2 平面布局与《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）对照分析一览表</p>		
标准要求	设计落实情况	备注
<p>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。</p>	<p>本项目依托的第一住院部负一层核医学科锝制药室、第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室、第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室、第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的改建区域不邻接产科、儿科、食堂等部门，整个场所相对独立且各个功能房间布置相对集中，且设计有单独的病人和医生出口和入口，出口处未设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。</p>	<p align="center">满足</p>
<p>①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； ②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； ③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； ④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。</p>	<p>①本项目辐射工作场所均设置有实体辐射屏蔽措施，有效屏蔽射线贯穿辐射，对周围公众辐射影响较小，同时辐射工作场所相对封闭，且布局实现了人、物分流，能有效控制污染扩散和交叉影响； ②本项目开展 ^{90}Y 微球输入时，DSA 不进行出束，不影响高剂量水平辐射对影像质量的干扰； ③整个工作区均有门禁系统，且有相应权限人员才能被许可进入，能保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射； ④核医学科锝制药室入口设有卫生通过间、更衣室、冲洗设施等设备。拟在 DSA 室医护人员进出的缓冲区设置卫生通过间，进行污染监测。DSA 室在完成 ^{90}Y 植入手术前对地面铺设一次性防水铺巾，在手术后并完成清理场地后进行污染检测，确保手术室不被污染。</p>	<p align="center">满足</p>
<p>①对于单一的治疗工作场所应设置放射性药物贮存室、分装及药物准备室、给药室、病房（使用非密封源治疗患者）或给药后留观区、给药后患者专用卫生间、值班室和放置急救设施的区域等功能用房； ②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。</p>	<p>①本项目第一住院部负一层核医学科设有放射性药物库房、锝制药室，第一住院部改建区域设置了放射性固废间、留观病房、留观病房专用卫生间等功能用房； ②核医学科锝制药室入口设有卫生通过间、更衣室、冲洗设施等设备。拟在 DSA 室医护人员进出的缓冲区设置卫生通过间，进行污染监测。DSA 手术室淋浴间改造为应急淋浴间。</p>	<p align="center">满足</p>
<p>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</p>	<p>本项目依托的第一住院部负一层核医学科锝制药室、第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室、第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室、第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的改建区域已划分控制区和监督区，并按</p>	<p align="center">满足</p>

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，结合核医学学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。	GB18871 的有关规定对控制区和监督区采取管理措施，具体场所分区见表 10-3，其中控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候应穿戴个人防护用品并尽量减小在控制区内居留时间，以减少不必要的照射。监督区范围内应尽量限制无关人员进入。	
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。	项目依托的第一住院部负一层核医学科钨制剂室、第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室、第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室、第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的改建区域；本项目 ^{90}Y 药物分装在第一住院部负一层核医学科钨制剂室进行，术后病人在第一住院部一层改建留观病房留观，留观期间该病房不收治其他病人，病人不随意流动。	满足
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。	本项目工作区域均设有专门的人流、物流通道，并可通过时间管理实现各流通过程不交叉。 ^{90}Y 药物配送和术后放射性固废转移将采取铅罐、铅桶的方式，术后病人采用搭盖铅方巾，转移前清理通道的方式，确保转移过程不对周围人群造成不必要的影响。	满足

综上所述，本项目依托的第一住院部负一层核医学科钨制剂室、第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室、第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室、第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的改建区域均是独立的场所，能实现就诊病人与医生的流通过程独立且不交叉，各单元功能分区明确，满足诊治工作要求，既能有机联系，又不相互干扰，平面布置符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求，同时各场所和射线装置机房采取了有效的屏蔽措施，产生的电离辐射经屏蔽后对周围辐射环境影响是可接受的，从辐射安全的角度考虑，其平面布置是合理的。

10.1.2 辐射工作场所分区

10.1.2.1 分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，根据《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）的相应要求，在辐射工作场所及周边划分为控制区、监督区，并在项目运营期间实行分区管理制度。

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。控制区的边界设置醒目的电离辐射警示牌，禁止辐射工作人员和受诊病人以外的其他无关人员进入控制区范围。

监督区：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。

10.1.2.2 本项目分区管理情况

医院拟按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，把辐射工作场所分为控制区、监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。本项目辐射工作场所分区情况表 10-3，分区详见附图 5、附图 6 和附图 7。

表 10-3 本项目辐射工作场所分区管理表

序号	名称	周围场所	所在方位	分区管理
1	第一住院部一层数字减影室 第四手术间 DSA 室	DSA	DSA 室内	控制区
		楼梯间、卫生间、洗涤间	东北侧	监督区
		缓冲区、主控室	东南侧	
		医院外环境	西南侧	
		病人缓冲/处置区、污物间	西北侧	
		第三检查室	楼上	
		土壤层	楼下	/
2	第一住院部一层改建区域	放射性固废间、留观病房、卫生间	/	控制区
		候诊准备区	改建区内	监督区
		走廊	改建区内	
		医院外环境	西南侧	
		10 号楼梯间	西南侧	
		走廊、清洗室、PET/CT 室、ECT 检查（一）室	楼上	
		前室、空调机房、合成热室	楼下	
3	第一住院部二楼核医学科 SPECT/CT 室	SPECT/CT	SPECT/CT 室内	控制区
		控制室、过道	东北侧	监督区
		过道	东南侧	

		候诊走廊、过道	西南侧	
		VIP 等候	西北侧	
		MR 候诊区、走廊	楼下	
		护士站	楼上	

(1) 控制区防护手段与安全措施

①控制区内禁止外来人员进入，职业人员在该区域工作时尽量不在控制区内停留，以减小不必要的照射，药品分装、药品转移、病房护理等环节工作人员，以及在 DSA 机房进行介入手术医生须穿戴个人防护用品开展工作；

②在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合 GB18871-2002 附录 F(标准的附录)规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示，并以红色地标线警示控制区的边界；

③制定辐射防护与安全措施，包括适用于控制区的规则和程序；

④运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁、门禁和联锁装置）限制进出控制区；

⑤在进入控制区有个人防护用品、工作服、个人剂量计等；

⑥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。

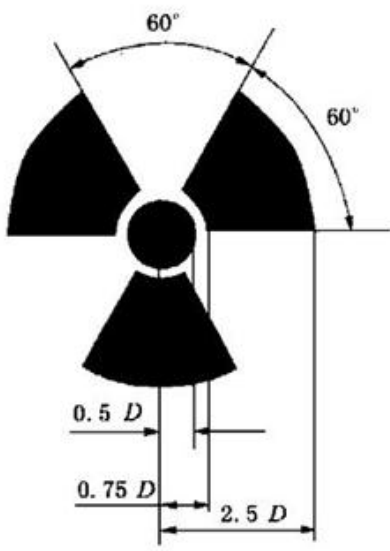


图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

(2) 监督区防护手段与安全措施

①监督区范围内尽量限制无关人员进入；

②以黄线地标线警示监督区的边界；

③在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

④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。

10.1.2.3 本项目工作场所分类情况

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020），按照计划操作最大量放射性核素的加权活度，把工作场所分为I、II、III等三类，本项目核医学相关工作场所分类如表 10-4 所示。

表 10-4 本项目第一住院部二楼核医学科工作场所分类

放射工作场所	核素种类	计划日操作最大活度，MBq	放射性核素的毒性权重因子	不同操作性质的修正因子	加权活度，MBq	工作场所分类
锝制药室	^{99m} Tc	1.85E+2	1	1	1.85E+2	Ⅰ
	⁹⁰ Y	3.0E+3	100	1	3.0E+5	
DSA 室	^{99m} Tc	1.85E+2	1	1	1.85E+2	Ⅰ
	⁹⁰ Y	2.5E+3	100	1	2.5E+5	
留观病房	⁹⁰ Y	2.5E+3	100	1	2.5E+5	Ⅰ
放射性固体废物间（考虑最不利情况）	^{99m} Tc	1.85E+2	1	100	1.85	Ⅱ
	⁹⁰ Y	2.5E+3	100	100	2.5E+3	
SPECT/CT 室	^{99m} Tc	1.85E+2	1	1	1.85E+2	Ⅰ
	⁹⁰ Y	2.5E+3	100	1	2.5E+5	
注：本表数据未考虑核素半衰期，结果偏保守。加权活度≥50000MBq 为Ⅰ类，加权活度 50~50000MBq 为Ⅱ类，加权活度<50MBq 为Ⅲ类。						

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）第五章内容，不同类别的核医学工作场所的室内表面及装备结构要求见表 10-5。本项目工作场所应采取污染控制措施达到表 10-5 的工作场所要求，地面应采用树脂一体式铺设，与墙面之间应做圆弧交角，易清洗、去污，与墙壁接缝无缝隙。锝制药室、SPECT/CT 室均为原核医学科用房，已按工作场所要求修建达到放射防护要求；DSA 室、留观病房需按照 I 类工作场所改造地面、洗手盆和

去污设备；放射性固废间按照II场所进行改造。

表 10-5 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
^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。			

10.1.3 工作场所辐射防护屏蔽设计

10.1.3.1 建筑屏蔽措施

医院提供了本项目改建区域和现有各功能房间屏蔽情况，本项目屏蔽防护情况见表 10-6。

表 10-6 本项目改建区域拟采取的防护情况和现有各功能房间防护情况一览表

功能用房	屏蔽方位	现有厚度
第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室	东北侧墙体	240mm 黏土实心红砖+20mm 硫酸钡水泥
	东南侧墙体	轻钢龙骨+4mmPb 高纯度铅板（4mmPb）
	西南侧墙体	轻钢龙骨+4mmPb 高纯度铅板（4mmPb）
	西北侧墙体	轻钢龙骨+4mmPb 高纯度铅板（4mmPb）
	顶棚	200mm 混凝土+10mm 硫酸钡防护材料
	地面	200mm 混凝土 （地板下为土壤层，2.5mmPb）
	受检者通道防护门	4mmPb 当量成品防护门（4mmPb）
	操作室防护门	4mmPb 当量成品防护门（4mmPb）
	观察窗	4mmPb 当量成品观察窗（4mmPb）

第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室		东北侧和西北侧墙体	轻质隔墙板+4mmPb 铅板
		东南侧和西南侧墙体	轻质隔墙板+4mmPb 铅板
		东北侧控制室观察窗	5mmPb
		东北侧控制室平开防护门	5mmPb
		西南侧病人进出电动防护门	5mmPb
		地板	400mm 混凝土
		顶棚	200mm 混凝土+2mmPb
		防护门	5mmPb
第一住院部负一层核医学科	钨药制药室	四面墙体	100mm 方钢架衬板+5mmPb 铅复合板
		顶棚	120mm 混凝土+5mmPb 铅复合板
		防护门	5mmPb
	库房	四面墙体	100mm 方钢架衬板+5mmPb 铅复合板
		顶棚	120mm 混凝土+5mmPb 铅复合板
改建区域	放射性固废间	四周墙体	50mm 方钢结构+15mm 含铅板材（1mmPb）+3mmPb 铅皮
		防护门	4mmPb 铅复合板
		顶棚	200mm 混凝土
		地板	200mm 混凝土
	留观病房	西南、东南、东北侧墙体	50mm 方钢结构+15mm 含铅板材（1mmPb）+3mmPb 铅皮
		西北侧墙体	50mm 方钢结构+15mm 含铅板材（1mmPb）+7mmPb 铅皮
		防护门	4mmPb 铅复合板
		顶棚	200mm 混凝土
		地板	200mm 混凝土
	留观病房卫生间	四周墙体	50mm 方钢结构+15mm 含铅板材（1mmPb）+3mmPb 铅皮
		顶棚	200mm 混凝土

		地板	200mm 混凝土
	走廊	四周墙体	50mm 方钢结构+15mm 含铅板材（1mmPb）+3mmPb 铅皮
		防护门	4mmPb 铅复合板
		顶棚	200mm 混凝土
		地板	200mm 混凝土
	临时屏 风	/	4mmPb 铅复合板
	主任办 公室	西北侧墙体	300mm 混凝土
		西北侧防护门	4mmPb 铅复合板
		东北侧墙体	300mm 混凝土
注：混凝土的密度为 2.35t/m ³ ；铅的密度为 11.3t/m ³ ；硫酸钡涂料密度大于 2.7g/cm ³ 。（《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C）。			

10.1.3.2 储存过程的防护措施

本项目外购的 ⁹⁰Y 树脂微球货包运输前按《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定货包的要求进行包装，每剂药品放置在一个具有 6.4mm 铅当量的防护罐中，防护罐置于一塑料小桶内，小桶放置在货包中，每剂药品仅 1 名病人使用，余量作为放射性固废处理。货包表面任意一点的最高辐射水平为 0.005mSv/h<H≤0.5mSv/h，并由生产厂家先转运至第一住院部负一层核医学科库房进行台账登记。

10.1.3.3 ⁹⁰Y 药品分装过程的防护措施

本项目对 ⁹⁰Y 树脂微球的分装在第一住院部负一层核医学科钨制药室的手套箱内进行，钨制药室的手套箱采用 50mm 铅当量的铅钢材料进行屏蔽，并设置强制通风，通风量不小于 0.5m/s。分装时将装有 ⁹⁰Y 西林瓶的铅罐放入手套箱内再进行分装操作，将抽取药品的空 V 瓶放置在 10mmPb 的废物铅桶。分装工作人员着铅衣等防护用品进行分装操作。

10.1.3.4 分装后 ⁹⁰Y 药品转运过程的防护措施

将分装好装有药品的 V 瓶放置在 12mm 有机玻璃材料的 V 瓶防护器中，将 V 瓶防护器放入一个铅当量为 6.4mm 的铅罐中，由两名工作人员通过 10 号楼梯间运送至第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室（在 ⁹⁰Y 微球由核医学科转运至 DSA 室过程中，剂

量瓶放置在由供货商提供的专用屏蔽容器内)。

10.1.3.5 ^{90}Y 树脂微球介入注入过程辐射屏蔽及表面污染控制措施

(1) 本项目 ^{90}Y 树脂微球介入注入过程由 1 名核医学物理师完成，在正式开展工作前应进行一次无放射性物质的模拟操作，并熟悉所有操作流程，减少操作时间；

(2) 介入治疗室内辐射工作人员操作位需铺设一次性双层铺巾，并在导管连接接头处铺设双层垫巾；

(3) 操作过程医生首先穿着铅衣、铅帽、铅围领、铅眼镜等(防护铅当量为 0.5mm)，并外套一次性手术服和双层手套和双层鞋套，在完成手术后按指定人员通道离开，并经过“洁衣剂量检查(监测不合格需经过“去污”过程)→脱洁衣→穿家常服→穿家常鞋→出口”的流程；

(4) 在输入装置连接后需每人核对装置连接是否正确，卡扣是否正常，并确认无堵塞，避免因连接不闭合或堵塞导致微球溶液加压注入过程泄漏；

(5) 输入装置连接无误后，需在输送导管旁挂置个人剂量报警仪并测定本底辐射剂量，并在注入过程连续测定输送导管辐射剂量，最终注入结束后需再次确认导管辐射剂量是否降至本底水平，避免大容量放射性液体残留，减少废物活度及人员受照剂量；

(6) ^{90}Y 微球 V 瓶是放入 12mm 有机玻璃的屏蔽盒中进行操作的(见图 9-6)，在加压注入过程中辐射工作人员应位于 DSA 铅屏风后进行操作，并尽量远离外露输送导管，整个操作过程要动作需迅速干脆；

(7) 注入结束后，应采用辐射监测仪确定输送导管接头辐射剂量，确保无放射性溶液残留后，抽离患者体内的导管，使用无菌布包裹导管，断开导管与输液管直接连接，直接将所有管线及 V 瓶弃置于专用的有机玻璃防护罐(9.5mm 厚)内，再将有机玻璃防护罐放入备好的 10mm 铅当量铅桶内，手术后铅桶转入放射性固废间；

(8) 手术结束后，对场所进行表面沾污监测和清理，并将存在表面沾污的物品作为放射性废物进行收集，包括：空药瓶、一次性输入装置(包括：无菌管组、无菌瓶、注射活塞、注射器)、一次性防护用品(包括：手套、口罩、纱布、手术洁净服)和一次性铺巾、垫巾等，并通过铅桶最终转入放射性固废间暂存衰变，若存在二次复用的器材如：手术钳、屏蔽盒等也应先放置于放射性固废间，等待衰变至少 10 个半衰期后经表面沾污监测小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后才能复用；

(9) 所有需离开介入治疗室的辐射工作人员应进行全身表面沾污监测，并对治疗

室地面、墙面、手术台等易接触部位进行表面沾污监测，若出现超过 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的情况，应进行去污处理。

表 10-7 抽注过程辐射安全防护设备设施

设备	参数	数量
屏蔽盒	12mm 厚有机玻璃	1 套
V 瓶	12mm 有机玻璃	1 个
铅屏风（DSA 自带）	0.5mm 铅当量	1 个
铅帘（DSA 自带）	0.5mm 铅当量	1 个
铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、 铅围裙、铅方巾	0.5mm 铅当量	每人 1 套
放射性废物收集器	9.5mm 有机玻璃	1 个
放射性废物收集桶	10mm 铅当量	1 个
个人剂量报警仪	/	1 个
便携式表面污染仪	/	1 台
X- γ 辐射剂量率检测仪	/	1 台

10.1.3.6 注入 ^{90}Y 树脂微球患者的管理措施

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 附录 B,表 B.1 放射治疗患者出院时体内放射性核素活度的要求， ^{90}Y 植入患者出院时体内放射性活度应 $\leq 2500\text{MBq}$ ，本项目对单个患者的 ^{90}Y 最大植入量为 2.5GBq (2500MBq)，满足出院活度限值要求，患者术后留观为医学留观。

由于本项目 ^{90}Y 微球输注场所(DSA 室)与 ^{90}Y 微球患者专用留观病房直线距离约 3.5m ，留观病房是封闭的独立区域，患者在完成微球输注手术后被送入专用留观病房的过程中对家属及周围公众造成辐射影响较小，同时将患者所在留观病房作为控制区进行管理。

另外，专用留观病房值班的护士严密注意患者情况，严禁无关人等进入留观病房。患者专用留观病房内有视频监控装置，可观察病人手术后身体状况。

10.1.3.7 辐射工作场所安全保卫措施

为确保本项目所使用的射线装置和乙级非密封放射性物质工作场所的辐射安全，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和防护管理办法》，放射性同位素贮存场所应当采取防火、防盗、防丢失、防破坏、防泄漏

的安全措施。本项目在运输核素过程和转运注射核素病人过程中，对临时铅屏风隔断区域进行临时管控，通过折叠式铅屏风（4mmPb）对该区域进行物理隔离，禁止非相关人员进入该区域；其余的改建区域全部采取了实体屏蔽措施，与周边的区域硬性隔离。本项目针对辐射工作场所拟采取的辐射安全保卫措施见表 10-8。

表 10-8 辐射工作场所安防措施一览表

措施类别	对应措施
防火	本项目涉及场所均安装有烟气报警装置和消防栓，且房间功能单位需满足《建筑设计防火规范》（GB50016-2006），本项目涉及场所禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与本项目无关的物品。
防水	本项目周边 50m 范围内无地表水体，不受地表水体影响，同时各场所房间地面均做了较好的防水设计，项目区域不受地下水影响。
防盗、防抢和防破坏	①整个辐射工作场所封闭管理，并由专人管理，非相关人员不能直接进入。 ②非密封放射性物质储存场所设置在第一住院部负一层核医学科库房，设置有双人双锁，同时该区域除核医学科工作人员外无其他人员。非密封放射性物质的转入、转出均由专人进行台账管理。 ③本项目储源室设置 24h 实时监控系统。
防泄漏	①本项目使用的放射性药品购于正规生产厂家，出厂时包装用铅罐密闭，铅罐表面剂量满足标准要求，且用完后的空铅罐经表面去污处理后放置于库房内待厂家进行回收； ②本项目辐射工作场所均采取有效的实体屏蔽措施，能够达到《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）防护要求； ③建设单位还将制定监测计划，并自行配备便携式 X-γ 辐射监测仪进行定期或不定期进行场所巡测，发现异常及时查明原因并进行处置。

10.2 三废治理措施

10.2.1 放射性废物

（1）放射性固体废物

项目使用 ^{90}Y 微球治疗过程中产生的放射性固体废物包括注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内管等；手术过程中铺设于地面、墙面及手术床上的一次性吸水辅料和棉布等； ^{90}Y 微球抽取过程中产生的转移用的一次性手套、注射器、含剩余药物的西林瓶等放射性固体废物；注射 ^{90}Y 放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内导管、V 瓶及有机玻璃防护罐等放射性固体废物。

本项目产生的放射性固废统一收集至废物暂存间内废物桶(10mmPb)中暂存，含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素废物暂存时间超过 30 天，含 ^{90}Y 核素超过其半衰期的 10 倍后（约 27 天），经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后，按照医疗废物执行转移联单制度，最终交由有资质单位进行统一收集、清运和处理。

本项目分装后剩余药品作为放射性固体废物于废物暂存间内暂存 10 个半衰期（约

27 天)后,经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平,β表面污染小于 0.8Bq/cm²后,作为医疗废物处理。

(2) 放射性废水

本项目放射性废水主要为进行 ⁹⁰Y 微球治疗过程、留观过程中患者产生的排泄物,排泄物中含有 ⁹⁰Y 核素,根据生态环境部核与辐射安全中心出具的《钇-90 树脂微球使用过程辐射风险研究报告》,本项目每次手术时患者产生的排泄物量中所含 ⁹⁰Y 核素活度低于 GB18871-2002 中规定的活度浓度豁免水平,因此患者尿液可以直接排放。

本项目将留观病人的废水接入医院核医学科衰变池进行衰变处理。

(3) 放射性废气

使用前本项目核素均存放于密封容器内,⁹⁰Y 分装全程在通风橱内进行,治疗时药物固定于专用的密闭输运装置内,通过注射装置注入患者体内,全程不暴露于空气,^{99m}Tc 及 ⁹⁰Y 挥发性极低,正常操作情况下难以在空气中形成气溶胶,故本项目不考虑放射性废气产生。

本项目 ⁹⁰Y 分装在第一住院部负一层核医学科钨制药室手套箱内进行,通风橱排风管道接入核医学科专用通风管道;第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室、改建区域的留观病房、放射性固废间设置专用通排风管道接入核医学科排风管道;统一接至大楼天台,经核级浸渍活性炭(碘吸附值≥1000mg/g,更换周期为 1-3 年)吸附过滤后排放。

10.2.2 非放射性废物

(1) 废气

本项目 DSA 及 SPECT/CT 开机并曝光时会产生臭氧和氮氧化物。本项目 DSA 机房设置为万级层流净化手术室,手术室内形成正压环境,使气流从洁净度高的手术区域流向洁净度低的区域,并带走和排出气流中的尘埃颗粒(尘粒)和细菌。臭氧半衰期 22~25 分钟,常温下可自行分解为氧气。本项目核医学科二楼 SPECT/CT 室气流经收集后汇集至专用通风管井,统一接至大楼天台,经核级浸渍活性炭(碘吸附值≥1000mg/g,更换周期为 1-3 年)吸附过滤后排放。

(2) 固体废物

本项目介入手术时会产生的废造影剂等医疗废物;辐射工作人员工作中会产生少量的生活垃圾和办公垃圾,患者及家属候诊过程中产生少量的生活垃圾。

医院现有医疗废物贮存库位于医院内东北角府友巷路边，医疗废物定期委托新疆汇和瀚洋环境工程技术有限公司进行处置，委托乌鲁木齐市城市废弃物处置监测中心进行监管；生活垃圾分类管理，收集至垃圾箱内，委托环卫部门清运处理。

(3) 废水

本项目工作人员在工作中会产生医疗废水和生活污水。

本项目拟配置辐射工作人员共 8 人，参照《综合医院建筑设计规范》(GB51039-2014) 中的内容，结合医院实际用水情况，工作人员生活用水按每人每天 100L 计，排污系数取 0.8 进行计算，每天产生量为 $0.64\text{m}^3/\text{d}$ ，年工作 250 天，则生活污水产生量约为 $160\text{m}^3/\text{a}$ 。而且本项目运行后，医护人员未增加，产生的医疗废水不会对现有污水处理设施造成冲击，不会对现有环境造成不利影响。

废水经收集后进入医院北侧现有污水处理站处理，根据现场调查，污水处理站设计处理能力 $3000\text{m}^3/\text{d}$ ，医院医疗废水处理的最大负荷在夏季，日最大处理量约 $2000\text{m}^3/\text{d}$ ，处理能力可以满足现有工程废水处理水量要求。现有废水经污水处理站处理达标后排入市政污水管网。

(4) 噪声

本项目噪声源为机房通排风系统的风机，本项目所使用的通排风装置为低噪设备，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《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求。

(本页以下空白)

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目依托医院现有的第一住院部负一层核医学科钨制剂室分装药品，第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA（利旧）将 ^{90}Y 微球通过插管直接输注至肿瘤病灶，通过第一住院部二层核医学科 SPECT/CT（利旧）进行扫描验证；以上场所无土建装修工程。

本项目对第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的候诊区在第一住院部一层主体工程建成的基础上对改建区域进行重新设计布局和改建。拟改建区域主要涉及现有卫生间、候诊区、走廊；对原有候诊区进行防护改造、铺设水泥砂浆，拆除原有吊顶后重新安装，封堵原有门窗、安装防护门，设置候诊准备区、放射性固废间、留观病房、专用走廊；将卫生间改建为留观病房的卫生间；对 DSA 手术室淋浴间改造为应急淋浴间；改造面积约 50m^2 。对改造区域墙体采取 50mm 方钢结构+ 15mm 含铅板材（ 1mmPb ）+ 3mmPb 铅皮，防护门采取 4mmPb 铅复合板；改造区域留观病房西北侧墙体采取 50mm 方钢结构+ 15mm 含铅板材（ 1mmPb ）+ 7mmPb 铅皮；改建区域的排风管道接入核医学科排风管道，在第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室设置专用排风管道接入核医学科排风管道，排风管道包裹 3mm 厚铅皮+ 0.5mm 厚镀锌铁皮保护层；改建区域的排水接入核医学科衰变池，排水管外包裹 3mm 厚铅皮+ 0.5mm 厚镀锌铁皮保护层。

建设阶段为在医院第一住院部一层拆除、砌筑部分墙体，铲除原有地面至结构楼板，拆除原有吊顶后重新安装，封堵后重新安装门窗，并增强各墙体、顶板、地板的屏蔽能力。该项目主要的施工过程均在室内进行，建设阶段施工工程量小、施工工艺简单、施工周期短及对周围环境影响较小，且施工期产生的少量废水和固体废物均可依托医院现有的处理措施进行处理，只要建设单位和施工单位在施工过程中严格落实对施工扬尘的管理和控制措施，施工期的环境影响能降到最低程度。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。

由于施工场所临近的数字减影室第四手术间 DSA、CT 检查室在运行，建议医院在施工时，应充分考虑对楼内病人及工作人员的影响，严禁夜间施工，尽量不使用高噪声设备，以减少对病人及工作人员的影响。

本次评价项目旧墙体的拆除、新墙体的砌筑、建筑装修等，在项目的建设过程中，应采取污染防治措施，减轻对医院及周边地区的环境影响。施工期间的主要环境影响包括：废气、废水、噪声、固体废物等。

（1）水环境影响分析

本项目施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，不外排；施工人员产生的生活污水产量较小，经医院污水处理站预处理后纳入市政污水管网，不会对周围水环境产生较大影响。

（2）大气环境影响分析

本项目施工过程中会产生扬尘，主要是装修过程中产生的扬尘。通过湿法作业，外围设置围挡，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小。

（3）声环境影响分析

本项目施工期噪声源主要有施工机械和设备，由于本项目工程量小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，机械设备的使用较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。因此，本项目施工对周围声环境影响时间和强度均较小，但必须重视对施工期噪声的控制。

施工期间，施工机械、设备的噪声时起时停，针对施工期声环境影响，施工期噪声污染防治措施具体有：

- a 合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工。
- b 优先选择低噪音设备，日常应注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态。经采取上述有效措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

（4）固体废物影响分析

本项目施工期会产生建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，医院分类收集后，交当地环卫部门清运。

综上所述，本项目施工期较短，施工范围和工程量较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做好各项环保措施，施工期对周围环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

该评价项目施工期的噪声主要来自场地建筑施工、相关设施的安装调试等阶段，但该评价项目的建设工程影响期短暂，其在现有建筑物内部完成，对周围环境影响小，随施工结束而消除，因此，施工在合理安排施工时间，夜间禁止高噪声机械作业后，对周围的影响不大。

11.2、营运期环境影响分析

11.2.1 工作场所周围环境辐射影响分析

11.2.1.1 原有工作场所辐射环境影响分析

1、第一住院部一层数字减影室第四手术间

本项目第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室已于 2022 年委托乌鲁木齐众智安环工程咨询有限公司编制了《新疆医科大学第一附属医院新建血管造影用 X 射线装置工作场所建设项目环境影响报告表》，2022 年 5 月取得了乌鲁木齐市生态环境局批复（批复文号：乌环评审〔2022〕17 号）；2025 年 5 月对本项目涉及的 DSA 进行了竣工环境保护验收，2025 年 10 月组织专家对以上项目进行了验收评审，形成了验收意见，通过了验收。

DSA 室屏蔽和防护措施已按照环评及批复要求落实，根据 2025 年 6 月 13 日对该医院第一住院部一层 DSA 机房（数字减影室第四手术间）验收监测报告（详见附件 5）显示：新疆医科大学第一附属医院第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室周围剂量当量率最大值为 $0.130\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的相关要求；在本次检测工况下，第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室内透视防护区检测平面上周围剂量当量率最大值为 $31.14\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）中“非直接荧光屏透视设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $400.0\mu\text{Sv/h}$ ”的相关要求。

2、核医学科

第一住院部负一层核医学科锝制药室，2021 年委托乌鲁木齐众智安环工程咨询有限公司编制了《新疆医科大学第一附属医院核医学科新建项目环境影响报告表》，2022 年 9 月取得了新疆维吾尔自治区生态环境厅批复（批复文号：新环审〔2021〕155 号）；2025 年 5 月对本项目涉及的核医学科锝制药室进行了竣工环境保护验收，2025 年 10 月组织专家对以上项目进行了验收评审，形成了验收意见，通过了验收。

SPECT/CT 机房 2007 年委托新疆辐射环境监督站编制了《新疆医科大学第一附属医院放射性医疗设备辐射环境影响报告书》，2007 年 1 月取得了原新疆维吾尔自治区环境保护局批复（批复文号：新环控函〔2007〕44 号），2014 年委托新疆辐射环境监督站编制了《新疆医科大学第一附属医院 X 射线装置及非密封放射源核技术利用项目竣工环境保护验收监测表》，2014 年 9 月取得了验收意见（新环函〔2014〕1174），详见附件 4。

核医学科锝制药室和 SPECT/CT 室屏蔽和防护措施已按照环评及批复要求落实，根据 2025 年 9 月 1 日对该医院第一住院部负一层核医学科锝制药室和第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室应用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 周围环境辐射水平进行了验收监测。新疆医科大学第一附属医院负一层核医学科锝

制药室、二层核医学科 SPECT/CT 室辐射水平检测结果能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“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”以及“放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、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”的相关要求；核医学科β放射性污染水平检测结果能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中表 B11 中“监督区地面β放射性物质小于 4Bq/cm²，控制区工作台、设备、墙壁、地面β放射性物质小于 40Bq/cm²”的放射性表面污染控制水平要求。

3、⁹⁰Y 微球介入治疗项目辐射环境影响分析

（1）^{99m}Tc 对周围环境的影响

本项目 ^{99m}Tc 涉及的场所包括何第一住院部负一层核医学科锝制药室、第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室、第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室。第一住院部负一层核医学科锝制药室、第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室已批复使用的 ^{99m}Tc 单人最大用量和日最大使用量均大于本项目，其屏蔽防护满足原使用要求同时能满足本项目使用要求，因此不对核医学场所的屏蔽防护进行分析；因此本次评价考虑 ^{99m}Tc（185MBq）对第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室的影响。

考虑到辐射防护最优化，取 DSA 手术床作为辐射源位置计算，手术床位距地面 1.0m，DSA 层高 4m，楼下取距地面 1.7m、楼上取距地面 0.3m 处。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）提供的屏蔽厚度 x 的计算公式：

$$x = TVL \cdot \lg \left(\frac{A \cdot \Gamma}{\dot{H}_p \cdot r^2} \right) \quad \longrightarrow \quad \dot{H}_p = \frac{A \Gamma}{r^2} \cdot 10^{-\frac{x}{TVL}}$$

式中：

TVL -γ射线的十分之一值层厚度，单位为毫米（mm）；具体数据见表 4-12。

A -放射源活度，单位为兆贝可（MBq）；

Γ -距源 1m 处的周围剂量当量率常数，单位为μSv·m²/MBq·h；

\dot{H}_p -屏蔽墙外关注点剂量率，单位为微希沃特每小时（μSv/h）；

r -关注点与放射源间的距离，单位为米（m）。

表 11-1 放射性核素在相关材料中的什值层数据

核素	TVL (mm)			
	硫酸钡防护涂料 (3.5g/cm³)	混凝土 (2.35g/cm³)	铅 (11.3g/cm³)	实心砖 (1.65g/cm³)
⁹⁹ Tc ^m	47	110	1	160

表11-2 项目放射性药物核素使用情况及相关参数

核素	单人单次最大用量 (Bq)	剂量率常数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{MBq}^{-1}$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.85E+8	0.0303

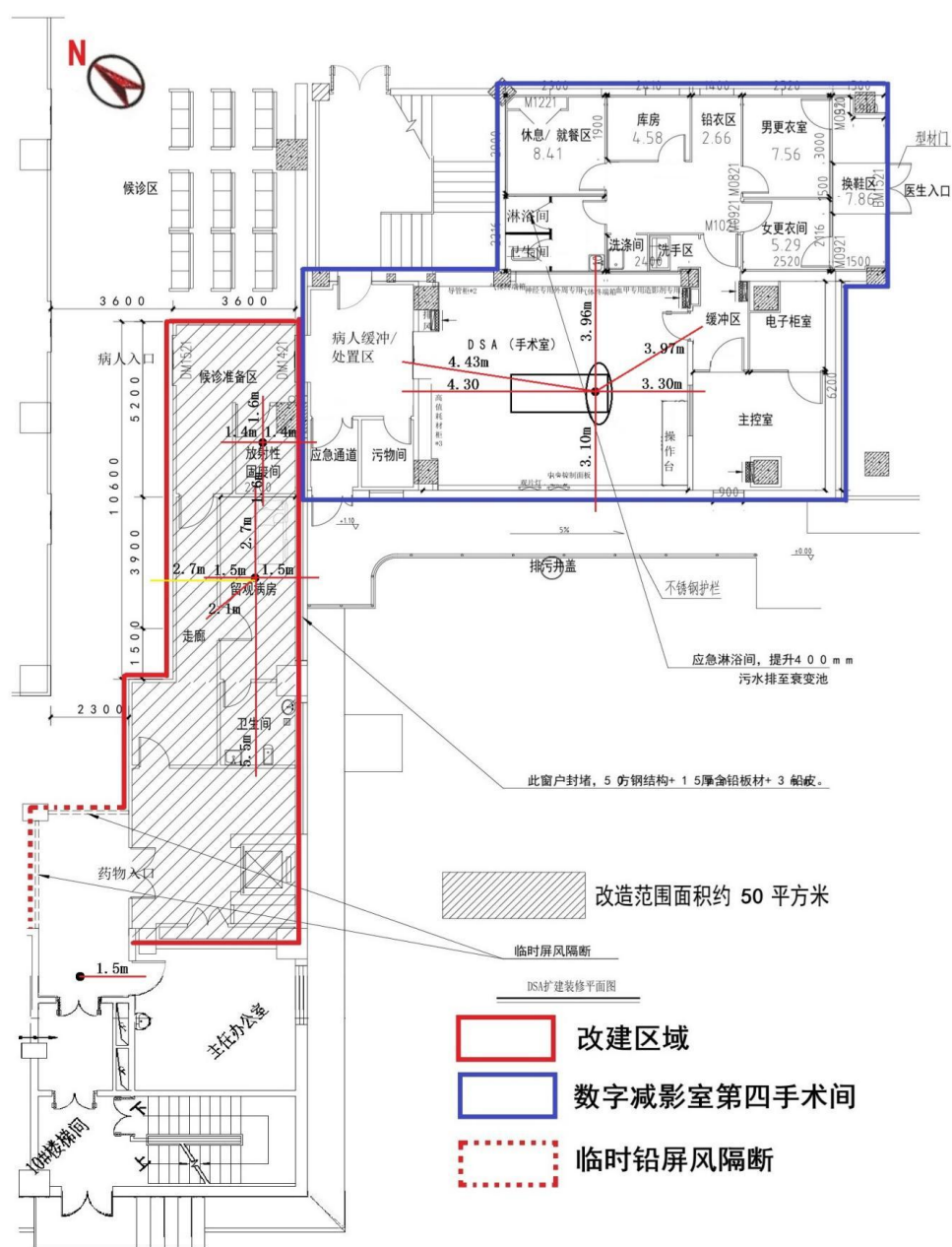


图 11-1 本项目预测关注点位示意图

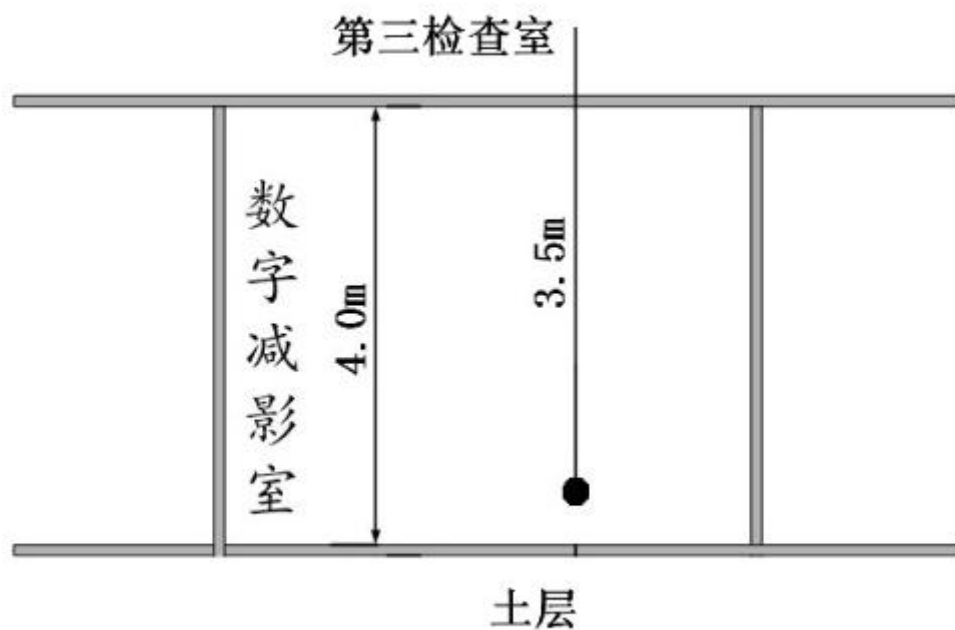


图 11-2 第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室楼上关注点剖面示意图

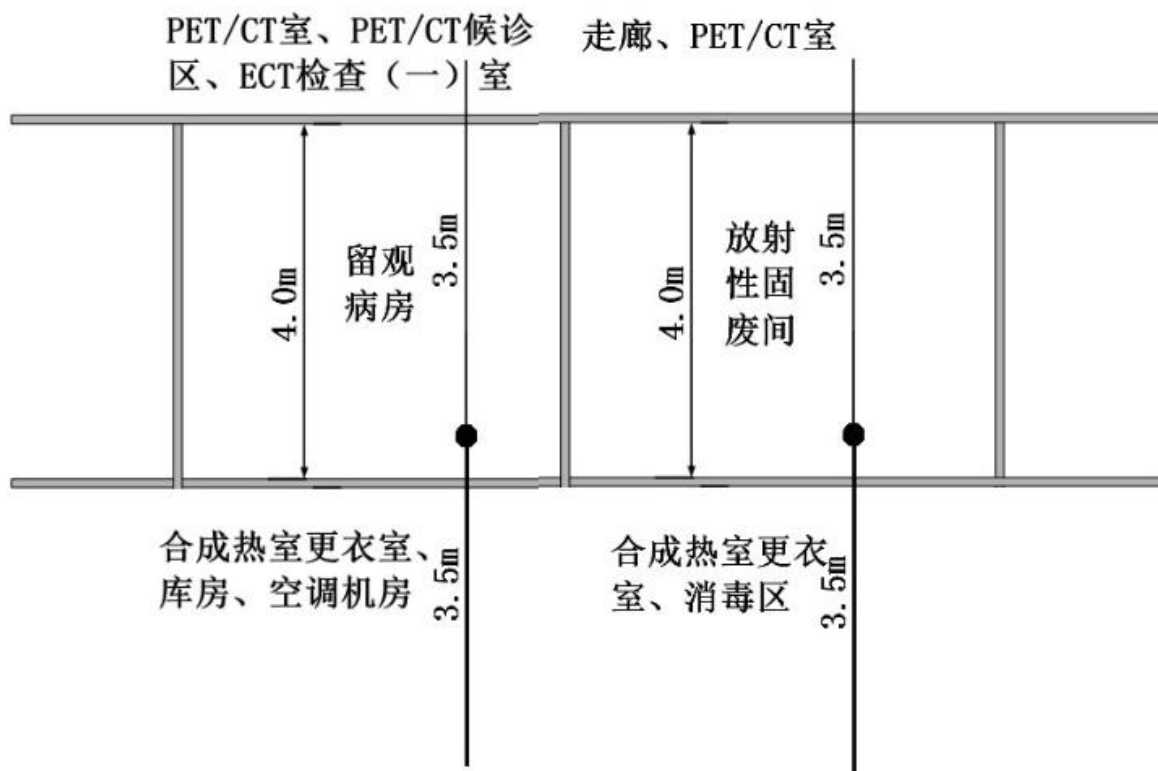


图 11-3 改建区域留观病房、放射性固废间楼上、楼下关注点剖面示意图

本项目 ^{99m}Tc 核素各个关注点的辐射剂量率预测结果见表 11-3。

表 11-3 使用 ^{99m}Tc 核素各个关注点的辐射剂量率预测结果

场所	预测点位	A (MBq)	屏蔽厚度 (mm)	Γ ($\mu\text{Gym}^2/\text{MBqh}$)	R (m)	\dot{H}_p ($\mu\text{Sv/h}$)	限值 ($\mu\text{Sv/h}$)
第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室	楼上距地板 30cm 处	185	200mm 混凝土 +10mm 硫酸钡	0.0303	3.50	4.26E-03	2.5
	东北侧卫生间墙外 30cm 处		240mm 实心粘土站+20mm 硫酸钡		4.56	3.20E-03	
	东南侧控制室防护门外 30cm 处		4mmPb		3.40	4.85E-05	
	东南侧控制室外观察窗外 30cm 处		4mmPb		2.50	8.97E-05	
	西南侧医院外环境墙外 30cm 处		轻钢龙骨 +4mmPb 高纯度铅板		3.30	5.15E-05	
	西北侧病人缓冲/处置区墙外 30cm 处		轻钢龙骨 +4mmPb 高纯度铅板		4.30	3.03E-05	
	西北侧铅防护门外 30cm 处		4mmPb		4.63	2.61E-05	
	医生药物输注位 (操作位)		0.5mmPb 铅衣 +4mmPb 注射器屏蔽套		0.5	7.09E-04	/
改建区域的放射性固废间	东北侧墙体外 30cm 处	185	4mmPb	0.0303	1.6	2.19E-04	2.5
	东北侧铅防护门外 30cm 处		4mmPb		1.6	2.19E-04	
	东南侧墙体外 30cm 处		4mmPb		1.4	2.86E-04	
	西南侧墙体外 30cm 处		4mmPb		1.6	2.19E-04	
	西北侧墙体外 30cm 处		4mmPb		1.4	2.86E-04	
	楼上距地板 30cm 处		200mm 混凝土		3.5	6.95E-03	
	楼下距地面 170cm 处		200mm 混凝土		3.5	6.95E-03	
改建区域的留观病房	东北侧墙体外 30cm 处		4mmPb		2.7	7.69E-05	2.5
	西北侧铅防护门外 30cm 处		4mmPb		2.1	1.27E-04	

	西北侧墙体 外 30cm 处		8mmPb		1.5	2.49E-08	
	西南侧墙体 外 30cm 处		4mmPb		5.5	1.85E-05	
	东南侧墙体 外 30cm 处		4mmPb		1.5	2.49E-04	
	楼上距地板 30cm 处		200mm 混凝土		3.5	6.95E-03	
	楼下距地面 170cm 处		200mm 混凝土		3.5	6.95E-03	
改建区 域走廊	西北墙外 30cm 处		4mmPb+8mmPb		2.7	7.69E-13	2.5
改建区 域主任 办公室	主任办公室 内铅防护门 内 30cm 处		4mmPb		1.5	2.49E-04	
	主任办公室 内墙体内 30cm 处		300mm 混凝土		1.5	4.67E-03	
^{99m} Tc 药物转运			6mmPb 防护铅 盒		0.5	2.24E-05	25
SPECT/CT 机房	摆位		0.5mmPb 铅衣		1	1.77	/
	扫描（操 作位）	4mmPb	3.05	6.03E-05	2.5		
病人转运		0.5mmPb 铅衣	0.5	7.09	/		

(2) ⁹⁰Y 对周围环境的影响

本项目 ⁹⁰Y 涉及的场所包括何第一住院部负一层核医学科锝制药室、第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室、第一住院部二层核医学科 SPECT/CT 室。

本次新建 ⁹⁰Y 微球治疗项目涉及的 ⁹⁰Y 放射性核素为 β⁻ 衰变，衰变时仅产生 β⁻ 射线，β 射线与物质相互作用会产生轫致辐射，因而在评价工作场所的辐照水平时，需要同时考虑 β 射线和轫致辐射。

①β射线辐射影响分析

β 射线的穿透性能较差，根据《辐射防护手册（第三分册）》，β 射线在不同物质中与最大射程对应的防护厚度为：

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{\max}$$

上式中：E_{max}—β射线的能量，MeV；

ρ—物质的密度，g/cm³。

d—与最大射程对应的防护厚度，cm。

主要计算参数及结果见表11-4。

表 11-4 与最大射程对应的防护厚度计算参数及结果

核素	β 射线最大能量 (MeV)	屏蔽材料	材料密度 (g/cm^3)	对应的防护厚度 (cm)
^{90}Y	2.284	空气	1.293×10^{-3}	883
		有机玻璃	1.18	0.968
		铅	11.3	0.101
		混凝土	2.35	0.486
		实心砖	1.65	0.692

本次 ^{90}Y 微球治疗项目暂不涉及放射性药物的生产、合成，医院按照处方剂量向供货公司提前订购，订购回的药品已按 1 人/份。 ^{90}Y 微球被装在含有 0.6mL 无菌、无热原水的 1.0mL 锥形底玻璃剂量瓶（内含 1 个透明的有机玻璃瓶防护罩（H: 64mm, \varnothing : 38mm, 壁厚: 12mm, 密度: $1.18\text{g}/\text{cm}^3$ ）中，剂量瓶被放置在 1 个 6.4mmPb 铅罐（H: 95mm, \varnothing : 59mm）内由供货商送入核医学科，经质检人员核对放射性药物名称、活度，检查药品包装和外观质量，与供药公司办理交接手续后，妥善放入第一住院部负一层核医学科库房中，使用时再取出，在第一住院部负一层药制剂室进行 ^{90}Y 树脂微球抽取(分装)、活度测量等准备工作，分装完成后将 ^{90}Y 树脂微球通过 10 号专用楼梯运输至第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室。本项目每瓶 ^{90}Y 微球活度为 3.0GBq，每名患者用量为 0.9~2.5GBq，每瓶 ^{90}Y 微球仅供 1 名患者使用，剩余的药物存在西林瓶中，统一收集至第一住院部负一层核医学科的库房内废物桶中暂存。

在整个转运及输注过程，剂量瓶被放置在有机玻璃瓶防护罩及铅罐内，DSA 检查室四周墙体、顶部、底部、防护门及观察窗的屏蔽厚度均大于 β 射线在相应介质中的射程； ^{90}Y 发射纯 β 射线，辐射范围小，在组织中最大穿透为 11mm，平均为 2.5mm， ^{90}Y 微球患者在转运至留观病房并在内留观期间，患者组织可对 β 射线起到屏蔽作用。

β 粒子在几种常见物质中的最大射程见表 11-4。由表可知， β 粒子能被体外、空气、衣物消减、阻挡或一张 9.68mm（本项目有机玻璃厚度 12mm）厚的有机玻璃完全阻挡。辐射工作人员不会直接接触放射性核素，在操作时会佩戴医用手套，因此 β 射线对本项目放射工作人员的影响可以忽略。但 β 射线被放射源本身以及源周围的其他物质阻止时会产生韧致辐射，故本项目主要考虑 ^{90}Y 的韧致辐射影响。

② β 射线所致韧致辐射辐射影响分析

1) β 射线与物质相互作用会产生韧致辐射，在进行韧致辐射环境影响预测时，将 ^{90}Y 微球及

已输注 ⁹⁰Y 微球的患者简化成点源，其周围空气比释动能率可近似按照点源模式计算，采用方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算β射线产生的韧致辐射在考察点处空气中的吸收剂量率：

$$D=4.58\times10^{-14}A\cdot Ze\cdot(E_b/r)^2\cdot(\mu_{en}/\rho)$$

上式中：D—是屏蔽层中由β粒子产生的韧致辐射在考察点处空气中的吸收剂量率，Gy/h；

A—放射源的活度，Bq；

Ze—吸收β粒子的屏蔽材料（或靶核）的有效原子序数，由《辐射防护导论》表4.4查得；

E_b—β粒子的平均能量，MeV；

r—放射源到考察点的距离，m；

μ_{en}/ρ—平均能量为E_b的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数，m²· kg⁻¹，其值可由《辐射防护导论》附表1查得。

主要计算参数（本项目核素活度按照3.0GBq）及结果见表11-5。

表11-5 韧致辐射在考察点处空气中的吸收剂量率计算参数及结果

核素	活度 (Bq)	有效原子序数		平均能量 (MeV)	距 离 (m)	质量能量吸收系数 (m ² /kg)	剂 量 率 (Gy/h)
⁹⁰ Y	3.0×10 ⁹	有机玻璃	5.85	0.9348	1	2.818×10 ⁻³	1.98×10 ⁻⁶
		空气	7.36				2.49×10 ⁻⁶
		人体组织	6.66				2.25×10 ⁻⁶

2) 有辐射屏蔽时，随距离变化的空气吸收剂量率计算公式：

$$H=H_0\times K^{-1}$$

式中：H₀—无辐射屏蔽时，在距源 Rm 处的空气吸收剂量率，Gy/h；

H—屏蔽减弱系数为 K⁻¹ 时，在距源Rm 处的空气吸收剂量率，Gy/h。

K⁻¹—屏蔽减弱系数，无量纲。

3) 屏蔽减弱系数计算公式：

$$K^{-1}=2^{-dp/HVT}$$

式中：HVT—半值层厚度，mm；

dp—屏蔽层厚度，mm；

K⁻¹—屏蔽减弱系数，无量纲。

HVT 取值参考《辐射剂量与防护》（霍雷、刘剑利、马永和）中表 6-10 中 E_γ 为 1.0MeV 对应的半减弱层厚度，其中铅的 HVT 为 0.90cm，混凝土的 HVT 为 5.0cm，实心砖和有机玻璃保守

按水的 HVT 取值为 10.3cm。

在整个输注过程，剂量瓶不从有机玻璃瓶防护罩及铅罐内取出，剂量瓶内 ^{90}Y 微球经导管输入患者体内。

表 11-6 屏蔽前 ^{90}Y 韧致辐射计算参数及结果一览表

关注点		源项活度 (Bq)	Z	E_b (MeV)	μ_{en}/ρ ($\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	R (m)	D ($\mu\text{Sv/h}$)
第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室	楼上距地板 30cm 处	3.0E+9	5.85	0.9348	2.818E-3	3.50	0.162
	东北侧洗涤间墙外 30cm 处					3.96	0.126
	东南侧控制室防护门外 30cm 处					3.97	0.126
	东南侧控制室外观察窗外 30cm 处					3.30	0.182
	西南侧医院外环境墙外 30cm 处					3.10	0.206
	西北侧病人缓冲/处置区墙外 30cm 处					4.30	0.107
	西北侧铅防护门外 30cm 处					4.43	0.101
	医生药物输注位 (操作位)					0.5	7.917
改建区域的放射性固废间	东北侧铅防护门外 30cm 处	3.0E+9	7.36	0.9348	2.818E-3	1.6	0.973
	东南侧墙体外 30cm 处					1.4	1.271
	西南侧墙体外 30cm 处					1.6	0.973
	西北侧墙体外 30cm 处					1.4	1.271
	楼上距地板 30cm 处					3.5	0.203
	楼下距地面 170cm 处					3.5	0.203
改建区域的留观病房	东北侧墙体外 30cm 处	3.0E+9	7.36	0.9348	2.818E-3	2.7	0.342
	西北侧铅防护门外 30cm 处					2.1	0.565
	西北侧墙体外 30cm 处					1.5	1.107
	西南侧墙体外 30cm 处					5.5	0.082
	东南侧墙体外 30cm 处					1.5	1.107
	楼上距地板 30cm 处					3.5	0.203

	楼下距地面 170cm 处					3.5	0.203
改建区域走廊	西北墙外 30cm 处					2.7	0.342
改建区域主任办公室	主任办公室内铅防护门内 30cm 处	3.0E+9	7.36	0.9348	2.818E-3	1.5	1.107
	主任办公室内墙体内部 30cm 处					1.5	1.107
SPECT/CT 机房	摆位	3.0E+9	7.36	0.9348	2.818E-3	1	2.490
	扫描（操作位）					3.05	0.268
负一层核医学科钨制药室	手套箱外 30cm（操作位）	3.0E+9	5.85	0.9348	2.818E-3	0.5	7.917
	分装室外 30cm（理化室一）					2.0	0.495
Y ⁹⁰ 转运过程		3.0E+9	5.85	0.9348	2.818E-3	0.5	7.917
病人转运过程		3.0E+9	6.66	0.9348	2.818E-3	0.5	9.014

表 11-7 屏蔽后⁹⁰Y 计算参数及结果一览表

关注点		H ₀ (μSv/h)	屏蔽材料	K ⁻¹	H ₀ (μSv/h)	限值 (μSv/h)
第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室	楼上距地板 30cm 处	0.162	200mm 混凝土+10mm 硫酸钡	0.053	0.009	2.5
	东北侧洗涤间墙外 30cm 处	0.126	240mm 实心粘土站+20mm 硫酸钡	0.151	0.019	
	东南侧控制室防护门外 30cm 处	0.126	4mmPb	0.735	0.092	
	东南侧控制室外观察窗外 30cm 处	0.182	4mmPb	0.735	0.134	
	西南侧医院外环境墙外 30cm 处	0.206	轻钢龙骨+4mmPb 高纯度铅板	0.735	0.151	
	西北侧病人缓冲/处置区墙外 30cm 处	0.107	轻钢龙骨+4mmPb 高纯度铅板	0.735	0.079	
	西北侧铅防护门外 30cm 处	0.101	4mmPb	0.735	0.074	
	医生药物输注位	7.917	0.5mmPb 铅衣	0.962	7.616	/
改建区域的放射性固废间	东北侧墙体外 30cm 处	0.973	10mmPb 铅罐+4mmPb	0.3402	0.331	2.5
	东北侧铅防护门外 30cm 处	0.973	10mmPb 铅罐+4mmPb	0.3402	0.331	
	东南侧墙体外 30cm 处	1.271	10mmPb 铅罐+4mmPb	0.3402	0.432	
	西南侧墙体外 30cm 处	0.973	10mmPb 铅罐+4mmPb	0.3402	0.331	

	西北侧墙体外 30cm 处	1.271	10mmPb 铅罐+4mmPb	0.3402	0.432	
	楼上距地板 30cm 处	0.203	200mm 混凝土	0.0625	0.013	
	楼下距地面 170cm 处	0.203	200mm 混凝土	0.0625	0.013	
改建区域的留观病房	东北侧墙体外 30cm 处	0.342	4mmPb	0.735	0.251	2.5
	西北侧铅防护门外 30cm 处	0.565	4mmPb	0.735	0.415	
	西北侧墙体外 30cm 处	1.107	8mmPb	0.540	0.598	
	西南侧墙体外 30cm 处	0.082	4mmPb	0.735	0.061	
	东南侧墙体外 30cm 处	1.107	4mmPb	0.735	0.813	
	楼上距地板 30cm 处	0.203	200mm 混凝土	0.0625	0.013	
	楼下距地面 170cm 处	0.203	200mm 混凝土	0.0625	0.013	
改建区域走廊	西北墙外 30cm 处	0.342	8mmPb+4mmPb	0.540	0.136	2.5
改建区域主任办公室	主任办公室内铅防护门内 30cm 处	1.107	4mmPb	0.735	0.813	2.5
	主任办公室内墙体内部 30cm 处	1.107	300mm 混凝土	0.0156	0.017	
SPECT/CT 机房	摆位	2.490	0.5mmPb 铅衣	0.962	2.396	/
	扫描（操作位）	0.268	4mmPb	0.735	0.197	2.5
负一层核医学科特制药室	手套箱外 30cm（操作位）	7.917	50mmPb	0.021	0.166	2.5
	分装室外 30cm（理化室一）	1.979	100mm 方钢架衬板+5mmPb 铅复合板	0.680	0.336	
Y ⁹⁰ 转运过程		7.917	12mm 有机玻璃+6.4mmPb	0.563	4.457	/
病人转运过程		9.014	0.5mmPb 铅衣	0.962	8.671	/

本项目⁹⁰Y 微球输注入患者体内的交付效率高于95%，故输注过程中产生的输注导管、输入装置、⁹⁰Y 微球剂量瓶（含带针注射器活塞组件）、纱布、毛巾、手套等可能带有⁹⁰Y 微球的物品内遗留的⁹⁰Y 微球低于总活度的5%，本项目配备有废物容器桶，手术结束后将可能带有⁹⁰Y 微球的放射性废物收集放置如废物容器桶内，废物容器桶为10mm 铅当量铅桶，放射性废物对周围环境影响较小。

由表表 11-7 可知，本次⁹⁰Y 微球治疗项目工作场所和⁹⁰Y 留观病房东南墙外 30cm（医院外

环境)处的辐射剂量率最大为0.813μSv/h,能够满足辐射防护标准要求。

4、工作人员及公众个人剂量估算

根据辐射安全手册,人员的年有效剂量计算公式如下:

$$E=H\times10^{-3}\times q\times h\times W_T$$

式中:

E—人员年有效剂量, mSv/a;

H—关注点处剂量率, μSv/h;

q—居留因子,本项目居留因子取值参考《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198—2021)

附录 A,具体数值见表 11-8;

h—年受照时间, h;

W_T— 组织权重因子,本项目取 1。

表 11-8 不同场所的居留因子

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

(1) 放射工作人员

表 11-9 工作人员辐射剂量估算一览表

人员类别	关注对象	辐射剂量率 (μSv/h)	年受照时间	年有效剂量 (mSv/a)
介入医师	动脉造影、栓塞、插管、介入治疗	DSA 室内透视防护区最大值为 31.14μSv/h, 穿戴 0.5mmPb 的防护用品后 2.30μSv/h。	^{99m} Tc 每年 150 次, ⁹⁰ Y 每年 150 次, 每次 20min, 年受照时间 100h	0.230
核医学药物分装人员	分装 ⁹⁰ Y	0.166	每年 150 次, 每次 5min, 年受照时间 12.5h	0.0021
药物转运人员	转运 ^{99m} Tc	2.04E-05	每年 150 次, 每次 5min, 年受照时间 12.5h	2.55E-07
	转运 ⁹⁰ Y	4.457	每年 150 次, 每次 5min, 年受照时间 12.5h	0.0557

药物输注人员	输注 ^{99m}Tc	7.09E-04	每年 150 次，每次 20min， 年受照时间 50h	3.55E-05
	输注 ^{90}Y	7.616	每年 150 次，每次 20min， 年受照时间 50h	0.3808
患者转运人员	转运输注 ^{99m}Tc 病人	7.090	每年 150 次，每次 5min，年 受照时间 12.5h	0.0886
	转运输注 ^{90}Y 病人	8.671	每年 150 次，每次 5min，年 受照时间 12.5h	0.1084
核医学检查人员	输注 ^{99m}Tc 病人的 摆位技师	1.773	每年 150 次，每次 1min，年 受照时间 2.5h	0.0044
	输注 ^{90}Y 病人的 摆位技师	2.396	每年 150 次，每次 1min，年 受照时间 2.5h	0.0060
注：工作人员同室操作时拟穿戴 0.5mmPb 的防护用品，DSA 在正常工作状态下所用最大电压为 125kV；根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中 C.1 式和表 C.2 可计算出 125kV（散射）时，0.5mmPb 的屏蔽透射因子 B 为 0.0737。				

由计算结果得出，本项目投入使用后，介入医师受到的附加年有效剂量为 0.230mSv；核医学药物分装、转运、输注、病人转运人员的附加年有效剂量为 0.636mSv；核医学检查人员的附加年有效剂量为 0.01mSv。以上工作全部由一组人员操作，总的附加年有效剂量为 0.876mSv；叠加本项目放射工作人员原有年有效剂量（2024 年 10 月至 2025 年 10 月个人剂量检测报告）最大值 0.71mSv，本项目放射工作人员年有效剂量 1.586mSv。本项目周边职业人员的年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值 20mSv 的要求，同时满足剂量约束值 5mSv/a 的要求。并且在实际操作过程中，核医学科的医护人员轮流操作，可有效降低本项目职业人员的年有效剂量。

（2）公众人员

本项目核素的分装过程在第一住院部负一层核医学科钨制药室内，公众人员不允许进入本区域；核素的转运、病人的转运设置了专用通道，不允许公众进入，四周的辐射剂量率在本底水平；介入手术过程、核素 ^{99m}Tc 输注过程，DSA 室周围环境的辐射剂量率在本底水平；核素 ^{90}Y 输注过程公众人员的剂量估算如下：

表 11-10 公众人员辐射剂量估算一览表

人员类别	关注对象	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年受照时间	年有效剂量 (mSv/a)
公众人员	放射性固废间西侧应急通道人员	0.432	这个位置的公众人员为 DSA 手术室工作人员应急通道，工作人员每年工作 250 天，每天路过时间偏安全考虑 2h，居留因子取 1/5	0.043

	留观病房东南侧医院外环境设备维护公众人员	0.813	这个位置是第一住院部室外设备区域，除了设备检修人员外无其他人员，150 个病人，每个病人留观 24 小时，年留观时间 3600h，居留因子取 1/40	0.073
	留观病房西北侧医院内走廊的公众人员	0.136	150 个病人，每个病人留观 24 小时，年留观时间 3600h，居留因子取 1/5	0.098
	主任办公室工作人员	0.813	每年 150 个病人，只有转运注射 ⁹⁰ Y 病人时剂量高于本底值，每次转运时间不超过 5min，包括往返 SPECT/CT 室，年受照时间 25h，居留因子取 1	0.020

本项目周边公众的年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的公众剂量限值 1mSv 的要求，同时满足剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

(3) 总结

由上述计算结果可知：本项目在正常运行时，职业人员年受照的最大有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对职业人员要求的剂量限值 20mSv/a 和年剂量约束值 5mSv/a 的要求。公众人员受照的有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对公众要求的剂量限值 1mSv/a 和年剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。由此说明，本项目正常运行后产生的辐射影响在国家允许的范围以内。

上述估算仅是理论推算，实际应用时，工作人员的受照剂量应以佩戴的个人剂量计检测结果为准。

5、放射性固体废物环境影响分析

本项目产生的放射性固体废弃物主要包括输注^{99m}Tc 放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内导管等；⁹⁰Y 树脂微球抽取过程中产生的一次性手套、注射器、含剩余药物的西林瓶等；输注⁹⁰Y 放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内导管、V 瓶及有机玻璃防护罐等。若手术中出现药物洒漏，则还可能产生吸水纸、去污用纸、医护人员手套、手术服、口罩、眼罩、有机玻璃盒子等。

放射性固体物根据所含核素及产生时间分类收集在专用 10mmPb 铅废物收集桶内，再转移到放射性固废间暂存衰变，满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中要求后，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。用来收集放射性固体废弃物的专用铅废物收集桶内须贴上电离辐射标志，并与普通废物分开收储，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明物品及封存时间。此外，医院剩余的药物也应该统一存放于专用容器中，放置在废物间存放达到清洁解控水平，经监测符合相关规定后，当作普通医疗废物处理。

①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。

②供收集废物的铅废物收集桶内具有外防护层和电离辐射警示标志。桶内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，及时转送放射性固废间暂存衰变。对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应装入锐器分离防护桶。

③每袋废物的表面剂量率应不超过0.1mSv/h，质量不超过20kg。废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 4\text{Bq/cm}^2$ 。

④放射性固废间出入处设电离辐射警告标志。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。

⑤本项目产生的放射性固体废物收集后，置于专用铅废物桶内，含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的放射性固体废物需暂存超过30天，含 ^{90}Y 的放射性固体废物需暂存超过10个半衰期（27天），满足暂存时间要求后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， 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。

本项目产生的放射性固体废物采取以上措施处理后对周围环境的影响较小。

6、放射性废水环境影响分析

根据《钇-90 树脂微球使用过程中辐射安全分析报告》中指出“ ^{90}Y 树脂微球治疗活度为 3GBq ，从微球中释放 ^{90}Y 核素的总活度为 $3.57 \times 10^6\text{Bq}$ ”，低于《电离辐射防护与放射源安全基本标准》(GB18871-2002)中单次放射性废水排放总活度(7.41MBq)的相关要求。

《电离辐射防护与放射源安全基本标准》(GB18871-2002)中附表 A 中对 ^{90}Y 核素的豁免比活度进行了规定，该值为 $1.0 \times 10^3\text{Bq/g}$ ，假设患者尿液的密度为 1g/cm^3 ，则豁免活度浓度为 $1.0 \times 10^6\text{Bq/L}$ 。

《钇-90 树脂微球使用过程中辐射安全分析报告》中显示，每注入 $1\text{GBq}^{90}\text{Y}$ 树脂微球，患者尿液中 ^{90}Y 核素最大活度浓度 $5.91 \times 10^5\text{Bq/L}$ ，本项目患者最大注射活度为 2.5GBq ，每次冲水 6L ，24小时排泄6次，则24小时排出的含 ^{90}Y 核素放射性废液的最大活度浓度为 $4.10 \times 10^4\text{Bq/L}$ ，低于豁免活度浓度($1.0 \times 10^6\text{Bq/L}$)。因此可不考虑该本项目产生的放射性废水的辐射影响。

本项目偏安全考虑，将留观病房的卫生间下水排入核医学科衰变池，将 DSA 手术室淋浴间进行改造，将医护人员应急冲洗水排入核医学衰变池。根据治疗流程留观时间不大于 24 小时，假设 24 小时排泄 6 次，每次排泄 1L，冲水 6L，共计 42L；医护人员注射过程中应急水量 50L；注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的病人不留观，检查完成后离开核医学科，每人每天产生废水 5L，每天保守取 1 人次，则每天产生废水 5L。本项目每天产生废液最大量为 97L。

核医学科现产生放射性废液主要含有放射性核素 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{15}O ，核医学科设置使用 1 套衰变池系统，设置在第一住院部（核医学科）外西侧地下。核医学科的衰变池为 1 个收集沉淀池和 3 个衰变池组合的并联式衰变池，收集沉淀池有效容积为 27.14m^3 ，单个衰变池有效容积为 31.96m^3 ，三个总容积为 95.88m^3 。放射性废水经过收集沉淀池沉淀后先由电动阀门控制流入第一格衰变池进行暂存，当第一格衰变池蓄满废水时关闭第一格进水阀门并打开第二格进水阀门，放射性废水流入第二格水池进行暂存；当第二格水池蓄满放射性废水时关闭第二格进水阀门并打开第三格进水阀门，放射性废水流入第三格水池进行暂存。以此类推，当第三格衰变池蓄满废水时，对第一格衰变池的放射性废水进行检测，达到排放标准后，作为普通医疗废水排放至医院污水处理站，以此类推依次检测、排放第二、三格废水。

放射性废水主要来源有：（1）放射诊疗病人排泄产生的废水，每人每天产生废水 5L，每天保守取 80 人次，则每天产生废水 400L；（2）辐射工作人员清洗去污废水，平均每个工作日产生废水 50L；（3）核医学科每天进行 1 次清洗，每次产生废水 50L；（4）保守考虑应急阈值，每天产生应急废水量为 50L。则核医学科每天平均产生废水量约为 0.55m^3 。

现每天产生废水 0.55m^3 +本项目每天产生废水 0.097m^3 ，则当第三格衰变池蓄满废水时，第一格衰变池放射性废水至少已暂存 190 天。排放到衰变池的废水中放射性核素半衰期最长的为 ^{131}I 半衰期为 8.02d），因此衰变池的设置可满足放射性废水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）的要求。

本项目将留观病人的废水、排泄物接入医院核医学科衰变池进行衰变处理，经监测达到排放标准要求后，排入医院污水处理站处理，本项目的放射性废水对周围环境的影响很小。

7、放射性废气环境影响分析

使用前本项目核素均存放于密封容器内， ^{90}Y 分装全程在通风橱内进行，治疗时药物固定于专用的密闭输运装置内，通过注射装置注入患者体内，全程不暴露于空气， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 及 ^{90}Y 挥发性极低，正常操作情况下难以在空气中形成气溶胶，故本项目不考虑放射性废气产生。

本项目 ^{90}Y 分装在第一住院部负一层核医学科钨制药室手套箱内进行，通风橱排风管道接入核医学科专用通风管道；第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室、改建区域的留观病房、放射性固废间设置专用通排风管道接入核医学科排风管道；统一接至大楼天台，经核级浸渍活性炭（碘吸附值 $\geq 1000\text{mg/g}$ ，更换周期为 1-3 年）吸附过滤后排放，本项目对周围大气环境影响较小。

11.2.2 运营期非辐射环境影响分析

1、大气环境影响分析

本项目 DSA 及 SPECT/CT 开机并曝光时会产生臭氧和氮氧化物。本项目 DSA 机房设置为万级层流净化手术室，手术室内形成正压环境，使气流从洁净度高的手术区域流向洁净度低的区域，并带走和排出气流中的尘埃颗粒（尘粒）和细菌。臭氧半衰期 22~25 分钟，常温下可自行分解为氧气。本项目核医学科二楼 SPECT/CT 室气流经收集后汇集至专用通风管井，统一接至大楼天台，经核级浸渍活性炭（碘吸附值 $\geq 1000\text{mg/g}$ ，更换周期为 1-3 年）吸附过滤后排放。

本项目 DSA 手术室采用万级层流净化排风，在介入手术过程中产生的臭氧可在 50 分钟后自然分解，氮氧化物产生额只有臭氧的 1/3，经自然分解后，能够满足《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）规定的工作场所空气中 O_3 的浓度标准限值和《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准要求。废气排出机房后对周围环境影响很小。

2、声环境影响分析

本项目噪声源为机房通排风系统的风机，本项目所使用的通排风装置为低噪设备，噪声源强一般小于 60dB（A），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《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求，对周围环境影响较小。

3、固体废弃物影响分析

本项目介入手术时会产生的废造影剂等医疗废物；辐射工作人员工作中会产生的少量的生活垃圾和办公垃圾，患者及家属候诊过程中产生少量的生活垃圾。

医院现有医疗废物贮存库位于医院内东北角府友巷路边，医疗废物定期委托新疆汇和瀚洋环境工程技术有限公司进行处置，委托乌鲁木齐市城市废弃物处置监测中心进行监管；生活垃圾分类管理，收集至垃圾箱内，委托环卫部门清运处理。

因此，本项目产生少量医疗废物及生活垃圾、办公垃圾依托医院建成的收储运系统是完全可行的，产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

4、水环境影响分析

本项目工作人员在工作中会产生医疗废水和生活污水。

本项目拟配置辐射工作人员共 8 人，参照《综合医院建筑设计规范》（GB51039-2014）中的内容，结合医院实际用水情况，工作人员生活用水按每人每天 100L 计，排污系数取 0.8 进行计算，每天产生量为 $0.64\text{m}^3/\text{d}$ ，年工作 250 天，则生活污水产生量约为 $160\text{m}^3/\text{a}$ 。产生的废水进

入医院污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入污水处理厂深度处理，对区域水体环境影响较小。

11.3事故影响分析

11.3.1事故分级

根据《放射源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，详见表 11-11。

表11-11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了人以上(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11-12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	50~100
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	> 100

11.3.2辐射事故识别

11.3.2.1事故情形

本项目主要考虑电离辐射损伤和放射性药物失控对环境的影响，具体为以下情形：

1、射线装置

（1）本项目涉及使用1台III类医用射线装置(SEPCT/CT)，为低危险射线装置，发生事故时一般不会对受照者造成永久性辐射损伤，事故等级属一般辐射事故。III类医用射线装置主要事

故是由于设备控制失灵或操作失误或质保不佳，使被检者受到不必要的照射。

(2) 本项目涉及使用1台DSA(属Ⅱ类射线装置)，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在⁹⁰Y树脂微球输注或DSA工作状态下，未按工作流程进行清场，人员误留、误入机房内，导致发生误照射。

②装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。

③医务人员由于缺乏操作经验和防护知识，安全观念淡薄等，违反操作规程和有关规定，在从事介入手术期间未采取穿戴个人防护用品等必要的防护措施，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

2、放射性药物撒漏

在药品输注过程中，由于操作不当发生泄露，造成其他手术人员的外照射，操作台面或仪器设备受到放射性污染。

3、放射性药物遗失

由于未锁好非密封放射性物质工作场所进出口的大门或取用药物后未及时锁好防护门或保险柜等药物保管工作不到位致使放射药剂丢失，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

11.3.2.2事故工况辐射影响分析

1、射线装置误照射

本项目所使用的SPECT/CT中CT属于Ⅲ类射线装置，DSA属Ⅱ类射线装置，曝光时间都比较短，事故情况下，人员误入或误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。事故情况下，X射线直接照射到人员身上，保守考虑，误入人员或病人被误照射，根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 表E.2典型成年受检者常见CT检查项目的辐射剂量和诊断参考水平可知，最大CTDIvol为60mGy/次，则机房内误入/误照射人员所受的X射线辐射剂量率最大为60mSv/次，超过公众外照射年剂量限值，事故等级为一般辐射事故；根据GBZ130-2020表E.4典型成年受检者X射线透视的诊断参考水平，入射体表剂量率最大为100mGy/min，假设受误照人员受照时间为30s,最近距离约1m,则误照人员所受剂量为50mGy，超过公众外照射年剂量限值，事故等级为一般辐射事故。

综上所述，在上述事故情景假设条件下，受误照公众所受剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中的剂量限值(公众1mSv/a)，属于一般辐射事故，但是随

着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量可能将超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中的剂量限值，也可能造成更大的辐射事故。

2、放射性同位素意外撒漏或遗失

本想项目涉及使用的非密封放射性物质主要有^{99m}Tc(日最大操作量3.7x10⁸Bq)及⁹⁰Y(日最大操作量3.00x10⁹Bq)。

(1) 事故情况假设

- ①本次预测事故情况假设^{99m}Tc及⁹⁰Y试剂瓶发生丢失，假设丢失时，内装的放射性药物活度均为该核素单日最大操作量；
- ②假设丢失后在整个事故持续时间内放射性药物未发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；
- ③保守假设事故持续时间内，丢失的药物被同一人随身携带，距离按10cm考虑；
- ④受照人员不考虑任何屏蔽措施；
- ⑤事故持续最长时间为2h。

(2) 计算结果

根据事故情景假设条件计算得出，距源0.1m内不同事故持续时段的个人有效剂量，计算结果见表11-13。

表11-13放射性药物丢失事故下不同持续时间个人有效剂量分布

核素类别	距源距离 (m)	事故持续时段内所致辐射剂量 (Gy)				
		10min	30min	60min	90min	120min
^{99m} Tc	0.1	9.34E-05	2.80E-04	5.61E-04	8.41E-04	1.12E-03
⁹⁰ Y	0.1	4.15E-05	1.25E-04	2.49E-04	3.74E-04	4.98E-04

在上述事故情景假设条件下，事故持续周期内可能造成人员超剂量照射而导致般辐射事故，随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量将超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值，也可能造成更大的辐射事故。由于计算过程未考虑核素衰变，计算结果偏保守。

综合上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表11-14。

表11-14项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

场所名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
第一住院部负一层核医学科得制药室	γ射线、β射线、韧致辐射	超剂量照射	放射性同位素失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。	一般辐射事故

第一住院部一层 DSA室	X射线、 γ 射线、 β 射线、韧致辐射	超剂量照射	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。	一般辐射事故
第一住院部二层 核医学科 SPECT/CT	X射线、 γ 射线、 β 射线、韧致辐射	超剂量照射	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。	一般辐射事故
第一住院部一层 改建留观病房	β 射线、韧致辐射	超剂量照射	放射性同位素失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。	一般辐射事故

根据分析，本项目可能发生的事故为一般辐射事故，若随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量可能远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值，可能造成更大的辐射事故。

11.3.3 辐射事故防范措施

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、制定射线装置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)。在放射诊断操作时，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。

2、每月检查门灯连锁装置，确保安全连锁装置正常运行；每月对射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

3、定期对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、制定完善的操作规范，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，减少药物撒漏事故的发生。发生撒漏等事故后，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦拭，直到擦干污染区。

患者在初期用药后，遇到不良反应引起呕吐造成工作场所的污染，医院工作人员应立即打扫，主要的呕吐物将打扫至控制区专门设置的废物桶内，并作为固体废物处理，暂存于放射性固废间内，地面再用专门的清洁工具清扫，此时会产生少量的放射性废水，清扫废水量较小，

且该事件发生率较低，不会造成放射性废水量的显著增加。

撒漏或病人呕吐后造成的地面污染，在清洁后须用表面污染监测仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，该污染区未达到控制标准，应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 β 表面污染小于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。擦拭物收集放到放射性固体废弃物衰变桶中，作为放射性固体废物进行管理。

7、在诊断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，实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。

8、制定和完善放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。注射间设置防盗门及报警装置等设施，做好防火防盗工作。

9、加强对用药患者的管理，在不影响诊断的情况下，限制患者出院时的放射性药物携带量，并对用药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面对指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公众场所活动，并避免与家人近距离密切接触。

10、加强放射性废物的管理，对储存的放射性废物在废物桶外标明放射性废物的类型、核素种类和存放日期的说明，并做好相应的记录。放射性废水和固体废物经足够长的时间衰变后，方可排放或按照普通医疗垃圾处理，并做好监测记录。

11、核医学科个人防护用品主要包括工作服、工作鞋、帽等基本防护用品，以及铅防护衣、防护镜等附加防护用品。工作人员进入监督区必须穿戴放射防护用品，个人剂量计佩戴于铅衣内部左胸前。在进行分装及注射放射性药物时穿铅衣、戴口罩、手套，必要时戴防护眼镜。尽量利用长柄钳、镊子等工具操作，增加与放射性药物的距离。为病人注射放射性药物时，工作人员手部有一定受照量，操作者应使用注射器屏蔽装置。科主任负责个人防护用品使用方法培训及个人防护用品的存放、更新工作。

11.3.4辐射事故应急措施

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、应急物资和装备：本项目相关部门及科室应做好辐射事故应急物资和装备准备，包括：个人剂量计、个人防护设备（铅防护服、铅眼镜、铅围脖、防护靴等）、辐射应急监测仪器（表面污染监测仪、X- γ 辐射剂量率仪、个人剂量报警仪）等，并及时更新和维护。同时为DSA室配备应急和去污用品包括：一次性防水手套、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 and 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。

2、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。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放射事件应急处理领导小组及上级领导报告。放射事件应急处理领导小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件(紧急救援需要除外)。

3、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。

4、由于操作不慎，有少量的液态药物溅洒。发生这种事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。最后用表面沾污仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。

5、因不慎造成放射性核素大面积污染了地面或台面时，应先用吸收滤纸将其吸干，以防扩散，并立即标记污染范围，注明放射性核素名称、日期。根据污染程度及时报告上级领导和有关部门。人体溅污放射性核素时，应先用吸水纸吸干体表，避免污染面积扩大，最终去污标准需达到 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

6、若发生放射性药物丢失、被盗，应第一时间将事故情况通报有关（生态环境、公安、卫生等）主管部门；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性同位素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对放射性同位素丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

7、一旦发生核素药物丢失或被盗，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，封闭场所应按规定启动本单位辐射事故应急方案，并及时报告当地生态环境主管部门、公安部门以及卫生健康部门。

8、放射性废物处置或管理不当造成污染时，立即划定警戒区，并设置放射性污染标识，限

制无关人员靠近，由专业人员处理，经监测满足解控要求后再解除警戒。

9、工作人员佩戴有个人剂量计，每3个月检测一次，可及时监控工作人员所受剂量，如发现超标现象应查明原因，改善防护条件或减少工作时间。.

10、人员受到不必要的照射或超计划外照射时，应评估其受照剂量，并进行必要的医学处理。

11、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。

新疆医科大学第一附属医院需完善事故应急预案，将本项目纳入其中，能确保事故情况下的影响处于可控范围内。

（本页以下空白）

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求，使用Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，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与环境保护管理工作。

新疆医科大学第一附属医院已按要求成立了质量与安全管理委员会，下设放射防护委员会全面负责医院的辐射安全管理及相关工作。该委员会明确了人员组成及相关职责并且涵盖了射线装置管理与使用等相关部门，建设单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足环保管理工作的要求。

12.1.2 辐射工作人员管理

（1）职业健康检查情况

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

本项目医院配备的放射工作人员均为在岗放射工作人员，已于 2024 年 3 月、2024 年 4 月由本院承检了在岗期间放射性职业健康检查，体检结论均为可继续原放射工作，并建立职业健康档案。

（2）辐射工作人员培训

本项目医院配备的放射工作人员均为在岗放射工作人员，均通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台，报名参加相应类别的核技术利用辐射安全与防护培训学习，并报名参加相应类别的考核并考核合格，在取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格报告单后方可从事辐射工作。考核成绩单有效期为 5 年，届时应及时参加再培训。

（3）个人剂量检测

根据《放射工作人员职业健康管理辦法》的要求，放射工作单位应当按照本辦法和国家有关标准、规范的要求，安排本单位的放射工作人员接受个人剂量监测；外照

射个人剂量监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月，建立并终生保存个人剂量监测档案；允许放射工作人员查阅、复印本人的个人剂量监测档案。

本项目医院配备的放射工作人员均为在岗放射工作人员，医院已按照相关要求委托新疆维吾尔自治区疾病预防控制中心开展放射工作人员个人剂量监测工作，每三个月出具一份检测报告，本项目配备的工作人员提供的最近一次的检测报告周期为 2024 年 10 月至 2025 年 10 月，未发现人员超标。个人剂量检测结果见表 12-1。

表 12-1 个人剂量监测结果

评价单元	姓名		2024. 10. 18-2025. 1. 17		2025. 1. 18-2025. 4. 15		2025. 4. 16-2025. 7. 11		2025. 7. 12-2025. 10. 10		年有效剂量	
DSA 手术室介入中心	顾俊鹏	介入放射学 (2E)	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)	6. 28 (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)	6. 28 (外)	<MDL (内)
	朱帝文	介入放射学 (2E)	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)	/	/	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)
	苏红梅	介入放射学 (2E)	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	0. 03 (内)	<MDL (外)	<MDL (内)	0. 23 (外)	<MDL (内)	0. 23 (外)	0. 03 (内)
	燕国俊	介入放射学 (2E)	<MDL (外)	<MDL (内)	0. 02 (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)	0. 02 (外)	<MDL (内)
	李文化	介入放射学 (2E)	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)
	穆民	介入放射学 (2E)	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)	<MDL (外)	<MDL (内)
核医学科	谢彬	核医学 (2C)	0. 38 (外)	0. 37 (内)	0. 16 (外)	0. 15 (内)	0. 13 (外)	0. 09 (内)	0. 11 (外)	0. 10 (内)	0. 78 (外)	0. 71 (内)
	刘立水	核医学 (2C)	0. 35 (外)	0. 32 (内)	0. 22 (外)	0. 21 (内)	0. 14 (外)	0. 10 (内)	0. 10 (外)	0. 06 (内)	0. 81 (外)	0. 69 (内)

注 1：个人剂量检测报告中“<MDL”值表示该测量结果小于 0.02mSv。

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人监测档案应终生保存。建设单位应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量监测报告及相关调查资料。以上资料应按年度进行整理、规范保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

12.1.3 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。年度评估报告应当包括：放射性同位素与射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

本项目正式开展后，医院应将本项目射线装置纳入《辐射安全与防护状况年度评估报告》，并于每年 1 月 31 日前上报至发证机关。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用放射性同位素与射线装置的单位，应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，还应有完善的辐射应急措施”。

为了保护辐射工作人员、公众及环境的安全，促进辐射实践的正当性和辐射防护的最优化，规范工作人员的操作规程，根据相关法律法规、规范的要求，新疆医科大学第一附属医院已制定了《放射诊疗许可登记制度》、《放射工作人员工作制度》、《放射工作人员休假制度》、《放射工作人员奖惩制度》、《放射工作人员操作规程》、《放射性工作场所管理制度》、《放射性诊疗设备管理制度》、《放射性同位素购置制度》、《放射性同位素运输制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《放射性同位素使用和保管制度》、《医用放射性检查项目实施制度》、《放射防护用品使用和保管制度》、《设备检修维护制度》、《放射性废物管理制度》、《放射诊断质量保证大纲和质量控制检测计划》、《受检者防护与告知制度》等综合规章管理制度。

新疆医科大学第一附属医院已制定的辐射防护相关管理办法与制度，内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。

医院应认真落实各项规章制度，并根据本项目特点，对已制定的相关规章制度进行更新和完善；补充制定 ^{90}Y 核素治疗管理制度、 ^{90}Y 注射后病人转运制度、 ^{90}Y 树脂微球使用流程等相关制度的内容。

12.3 辐射监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

12.3.1 个人剂量监测

项目建成投运后，医院应保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中要求：个人剂量常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月，同时建设单位应建立个人剂量档案并终生保存。

医院辐射工作人员在日常接触辐射工作过程中应正确佩戴个人剂量计，于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，并建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

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，并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；当单年个人剂量超过 50mSv 时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动辐射事故应急预案。

12.3.2 辐射工作场所监测

（1）监测内容：射线装置工作场所监测因子为： $X-\gamma$ 辐射剂量率、 β 表面沾污。

（2）监测布点及数据管理：监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致，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；

（3）监测频度：对于 $X-\gamma$ 辐射剂量率应自行配备监测设备每 1 个月监测 1 次， β 表面沾污应自行配备监测仪器每次工作结束后进行监测，若出现放射性药物洒落应及时进行监测。另外建设单位需委托有监测资质的单位在项目正式投运前开展验收监

测，并在投运后每年定期开展年度监测，并于每年 1 月 31 日前通过全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）提交。

（4）监测范围：射线装置工作场所主要监测屏蔽墙、防护门、观察窗外以及楼上、楼下区域和穿线孔洞外 X- γ 辐射剂量率，同时对于非密封放射性物质工作场所还需要监测控制区、监督区人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅表面沾污，以及一次性工作服、手套、鞋套及铺巾等表面沾污。

（5）监测设备：X- γ 辐射剂量率仪 1 台、 β 表面沾污仪 1 台。

（6）质量保证：制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用上级监测部门的监测数据与建设单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案。

表 12-2 监测计划一览表

项目	监测项目	监测范围	监测频度	监测设备
自主监测	β 表面污染	控制区、监督区人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅表面沾污，以及一次性工作服、手套、鞋套及铺巾等表面沾污	每次工作结束后进行监测，若出现放射性药物洒落应及时进行监测	β 表面污染仪
	X- γ 辐射剂量率	控制区、监督区所有房间		X- γ 辐射监测仪
	X- γ 辐射剂量率	DSA 出束状态下，屏蔽墙、防护门、观察窗外以及楼上、楼下区域和穿线孔洞外，SPECT/CT 出束状态下，屏蔽墙、防护门、观察窗外以及楼上、楼下区域和穿线孔洞外，钨制剂室屏蔽体外，改建区域的留观病房、放射性固废间屏蔽体外	每月 1 次	X- γ 辐射监测仪
委托监测	β 表面污染	控制区、监督区人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅表面沾污，以及一次性工作服、手套、鞋套及铺巾等表面沾污	（1）竣工环保验收监测；（2）编制辐射防护年度评估报告（每年）	β 表面污染仪
	X- γ 辐射剂量率	屏蔽墙、防护门、观察窗外以及楼上、楼下区域和穿线孔洞外		X- γ 辐射监测仪
	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次（需建立个人剂量档案）	个人剂量计

12.4 竣工环境保护验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）和《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），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告分为验收监测报告和验收意见等两项内容。

建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编

制验收监测报告。建设单位不具备编制验收监测报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，建设单位可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告书（表）编制机构、验收监测报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限最长不超过 12 个月。

表 12-3 验收监测计划一览表

项目	监测项目	监测范围	监测频度	监测设备
验收监测	β 表面污染	控制区、监督区人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅表面沾污，以及一次性工作服、手套、鞋套及铺巾等表面沾污	竣工环保验收监测 1 次	β 表面污染仪
	X- γ 辐射剂量率	屏蔽墙、防护门、观察窗外以及楼上、楼下区域和穿线孔洞外		X- γ 辐射监测仪

12.5 辐射事故应急

12.5.1 应急预案的要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对放射事件应急处理预案内容的要求，放射事件应急处理预案应当包括下列内容：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急救助的装备、资金、物资准备；
- （3）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故的调查、报告和处理程序；
- （5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

12.5.2 医院现有应急预案存在的问题与不足

为了应对突发辐射事故，医院已按要求制定了《辐射事故应急预案》，并成立了辐射事故应急领导小组，负责医院辐射安全与防护的全面工作。

（1）医院既有放射事件应急处理预案包括了以下内容：①总则，包括：目的、编制依据、应急原则、应急任务、适用范围；②辐射事故分级，包括：较大辐射事故、一般辐射事故；③应急准备职责，包括：分管院长职责、放射防护委员会的职责、开

展放射诊疗工作的临床科室的职责；④辐射事故应急响应组织及职责，包括：领导小组、医疗救援组、保障组；⑤应急行动，包括：应急响应、重要放射性物品存放地点、分布、应急物资与准备保障；⑥应急能力维持，包括应急培训、应急演练。

（2）根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定：医院制定了应急预案、成立了应急小组，并对应急小组的职责做了明确分工，对辐射事故分类、应急流程、辐射事故应急预案的执行、辐射事故报告制度、辐射事故报告流程做了详细的规定，明确各相关部门（科室）的责任，并明确各科室主要联系人的联系方式。医院所制定的应急预案基本满足本项目辐射环境安全的要求，在今后实施过程中，医院应根据国家新发布的相关法规内容，结合医院实际情况及时对预案进行补充修改，针对本项目 ^{90}Y 树脂微球特性制定专项处置流程，使之更能符合实际需要。

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，使用放射性同位素、射线装置单位应具备相应的条件，本项目建设单位从事辐射活动能力评价详见表 12-4。

表 12-4 本项目建设单位从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
（一）使用Ⅰ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	医院已成立质量与安全管理委员会，下设了放射防护委员会
（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	本项目医院配备的放射工作人员均为在岗放射工作人员，均通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台，取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格报告单
（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库或设备	本项目设置有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源库房和放射性废物间
（四）放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施	本项目钨制药室、DSA 室、SPECT/CT 室是利旧，按要求设置了实体屏蔽防护，设有急停开关和对讲系统，设有工作警示灯及电离辐射警告标志；拟改建区域按要求建设专用留观病房和放射性废物间，拟采取实体屏蔽措施，符合要求，拟设置急停监控和对讲系统，拟设有电离辐射警告标志
（五）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪	医院已配备相应的辐射检测仪器，并根据相关要求及工作需要配备工作人员使用的铅防护用品，根据要求为每名辐射工作人员配备个人剂量计

（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	已制定相关制度，基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求，本项目投用后，按照要求补充制定 ⁹⁰ Y核素治疗管理制度、 ⁹⁰ Y注射后病人转运制度、 ⁹⁰ Y树脂微球使用流程等相关制度的内容
（七）有完善的辐射事故应急措施	已制定辐射事故应急预案，基本满足本项目辐射环境安全的要求
（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	本项目根据医院的实际情况，具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力，制定了可行的处理方案

综上所述，新疆医科大学第一附属医院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基本符合相应法律法规的要求。

12.7 “三同时”验收一览表

针对新疆医科大学第一附属医院新增⁹⁰Y树脂微球核素治疗项目，提出以下“三同时”验收一览表，具体详见表12-5。

表 12-5“三同时”验收一览表

项目	“三同时”验收内容		验收要求
管理措施	管理机构	医院已成立专门的质量与安全管理委员会，下设了放射防护委员会，后期根据医院实际需要进行调整修订。	按要求进行调整修订
	管理制度	医院已制定了《辐射事故应急预案》《放射诊疗许可登记制度》、《放射工作人员工作制度》、《放射工作人员休假制度》、《放射工作人员奖惩制度》、《放射工作人员操作规程》、《放射性工作场所管理制度》、《放射性诊疗设备管理制度》、《放射性同位素购置制度》、《放射性同位素运输制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《放射性同位素使用和保管制度》、《医用放射性检查项目实施制度》、《放射防护用品使用和保管制度》、《设备检修维护制度》、《放射性废物管理制度》、《放射诊断质量保证大纲和质量控制检测计划》、《受检者防护与告知制度》等制度，后期根据实际操作需要逐步更新完善。	根据要求制定完善的管理制度，补充制定 ⁹⁰ Y核素治疗管理制度、 ⁹⁰ Y注射后病人转运制度、 ⁹⁰ Y树脂微球使用流程等相关制度的内容

防护措施	本项目钨制药室、DSA 室、SPECT/CT 室是利旧，按要求设置了实体屏蔽防护；拟改建区域按要求建设专用留观病房和放射性废物间，拟采取实体屏蔽措施	SPECT/CT 机房外 0.3m 处的周围剂量当量率控制值应不大于 2.5μSv/h；DSA 机房外 0.3m 处的周围剂量当量率应控制值不大于 2.5μSv/h；在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制值应不大于 2.5μSv/h；控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制值应不大于 25μSv/h，宜不大于 2.5μSv/h；核医学科工作场所表面污染控制水平满足标准要求。辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。
安全措施	<p>本项目钨制药室、DSA 室、SPECT/CT 室是利旧，电动推拉防护门设置防夹装置，平开防护门设置自动闭门装置，患者进出的防护门上方应安装工作状态指示灯且工作状态指示灯和与机房相通的门灯有效关联。拟改建区域留观病房设置门禁系统和监控系统。</p> <p>工作场所防护门外张贴电离辐射警告标志；候诊区张贴放射防护注意事项；患者进出防护门上方安装醒目的工作状态指示灯，灯箱处拟设警示标语：射线有害，灯亮勿入；岗位职责和操作规程等工作制度拟张贴上墙。</p>	按要求设置
个人防护	本项目辐射工作人员在参加辐射工作前必须参加辐射安全与防护考核并取得合格的成绩报告单。	辐射工作人员取得合格成绩报告单
	配置 1 台 X-γ 辐射监测仪，1 台表面污染监测仪，已有 2 台个人剂量报警仪，计划新增 5 台个人剂量报警仪。	按要求配备
	辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测并定期送检，送检周期不超过三个月。	按要求佩戴、送检
	辐射工作人员应开展岗前体检、岗中（周期不大于 2 年/次）及离岗职业健康体检。	按要求体检
	为工作人员和受检者配置不低于 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜；在导管室诊断床相应位置配置不低于 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏、不低于 2mmPb 的移动铅屏风等辅助防护设施；配备注射器配套工具、铅废物桶、一次性 ⁹⁰ Y 输注装，按需配备一次性工作服、工作帽、一次性防水手套、口罩、滤纸、衬垫等。	按要求配置
注：以上措施应在项目投入使用前落实到位。		
12.8 环保投资估算一览表		

本项目总投资 150 万元，主要用于拟改建区域改建、防护和防护用品采购等，其中安排用于环境保护方面的投资约 80 万元，占项目总投资的 53.3%。

表 12-6 辐射防护设施（措施）投资估算一览表

项目	设施（措施）		数量	金额（万元）	备注	
辐射屏蔽措施	DSA 室、钨制药室、SPECT/CT 室、核医学科库房		各 1 间	/	依托已有工程	
	钨制药室通风橱		1 个	/	依托已有工程	
	0.5mm 铅当量铅屏风、铅帘		各 1 个	/	DSA 自带	
	12mm 厚有机玻璃材料 V 瓶防护器		1 个	0.5	新增	
	12mm 厚有机玻璃材料注射器防护器		1 个	0.5	新增	
	12mm 厚有机玻璃屏蔽盒		1 个	0.5	新增	
	拟改建区域	放射性固废间		1 间	15	包括改造你改建区域的通风、下水
		留观病房		1 间	20	
		留观病房专用卫生间		1 间		
		专用走廊		/	10	
主任办公室更换铅防护门		1 扇	2			
个人防护用品	个人剂量计		12 个	/	已有	
	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾（0.5mm 铅当量）等		12 套	/	已有	
	个人剂量报警仪		2 个	/	已有	
			5 个	3	新增	
	患者用 0.5mm 铅当量的铅方巾		3 块	1	新增	
	一次性手术洁净服、手套和鞋套等		若干	2	新增	
	一次性地面铺巾和手术台垫巾		若干	2	新增	
放射性固废治理措施	9.5mm 有机玻璃放射性废物收集容器		2 个	1	新增	
	10mm 铅当量放射性废物收集桶		2 个	4	新增	
安全装置	DSA 室、SPECT/CT 室紧急止动开关，工作状态指示灯（门-灯联锁），语音对讲装置，电离辐射警示标识		/	/	已有	
	钨制药室固定式剂量报警仪、活度计		各 1 个	/	已有	
	改建区域的语音对讲装置，电离辐射警示标识、监控装置、门禁系统		各 1 套	10	新增	
运输环节防护措施	药品铅罐（6.4mmPb）		1 各	0.5	新增	
监测设备	X-γ 辐射剂量率监测仪		1 台	4	新增	
	表面沾污仪		1 台	4	新增	
合计				80	/	

（本页以下空白）

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目名称：新疆医科大学第一附属医院新增 ^{90}Y 树脂微球核素治疗项目

项目性质：改建

建设单位：新疆医科大学第一附属医院

建设地点：乌鲁木齐市鲤鱼山路 137 号，新疆医科大学第一附属医院第一住院部

建设内容及规模：

新疆医科大学第一附属医院拟于院内开展 ^{90}Y 树脂微球核素治疗项目，该治疗项目将依托医院现有的第一住院部负一层核医学科钨制药室进行药物的分装，现有的第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA（利旧）将 ^{90}Y 微球通过插管直接输注至肿瘤病灶，通过第一住院部二层核医学科 SPECT/CT（利旧）进行扫描验证。

对第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的候诊区进行重新设计布局 and 改建。拟改建区域主要涉及现有卫生间、候诊区、走廊；对原有候诊区封堵原有门窗、安装防护门，设置候诊准备区、放射性固废间、留观病房、专用走廊；将卫生间改建为留观病房的卫生间；对 DSA 手术室淋浴间改造为应急淋浴间；改造面积约 50m^2 。

1、第一住院部一层数字减影室第四手术间

本项目在原有的第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室内新增使用放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{90}Y 开展介入微球治疗，不涉及原有场所布局、屏蔽体结构的改动。

本项目拟于 DSA 室内新增使用放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ （日最大操作量 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $1.85 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年最大使用量 $2.775 \times 10^{10} \text{Bq}$ ）和 ^{90}Y （日最大操作量 $2.5 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $2.5 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大使用量 $3.75 \times 10^{11} \text{Bq}$ ）开展介入微球治疗项目，该工作场所总日等效最大操作量为 $2.519 \times 10^8 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目 DSA 室现有 1 台 DSA 设备，型号为 Artis Zee Ceiling，额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，属于 II 类射线装置，常用主束方向朝上。 ^{90}Y 微球治疗病人约 150 列/年， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 术前评估病人约 150 列/年。

2、第一住院部核医学科

本项目在原有第一住院部负一层核医学科、二楼核医学科工作场所内新增使用放

放射性核素⁹⁰Y，不涉及原核医学工作场所布局、屏蔽体结构及通排风系统的改动。

核医学科已许可使用的非密封放射性物质包括：¹⁸F、¹³N、¹¹C、⁹⁹Mo-^{99m}Tc（⁹⁹Mo）、^{99m}Tc、⁸⁹Sr、²²³Ra、¹³¹I、⁶⁸Ge-⁶⁸Ga（⁶⁸Ge）、⁶⁸Ga、¹²⁵I（粒子源），其总日等效最大操作量为 $1.207 \times 10^8 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目新增放射性核素⁹⁰Y日最大操作量 $3.0 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $3.0 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大使用量 $4.5 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；术前评估^{99m}Tc单人次使用量最大约为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，日最大操作量 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，使用量较小，医院现有核医学科已许可^{99m}Tc放射性核素用量能够满足本项目术前评估^{99m}Tc核素用量需求，无需额外增加核素操作量。本项目新增使用放射性核素⁹⁰Y后，工作场所总日等效最大操作量为 $1.507 \times 10^8 \text{Bq}$ ，仍属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目拟使用第一住院部二楼核医学科SPECT/CT机房内现有1台SPECT/CT开展⁹⁰Y微球介入治疗的扫描验证检查，该设备型号为Symbia Pro.specta Flow，额定管电压为130kV，额定管电流为240mA，属于III类射线装置。

3、第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的拟改建区域

第一住院部一层数字减影室第四手术间西北侧的拟改建区域设置候诊准备区、放射性固废间、留观病房、留观病房卫生间、专用走廊。留观病房设置1张病床，每次留观1名注射⁹⁰Y核素病人，病人留观时间不超过24h。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

（1）辐射安全防护措施结论

本项目钨制药室、DSA室、SPECT/CT室是利旧，按要求设置了实体屏蔽防护，设有急停开关和对讲系统，设有工作警示灯及电离辐射警告标志。

拟改建区域按要求建设专用留观病房和放射性废物间，拟采取实体屏蔽措施，对改造区域墙体采取50mm方钢结构+15mm含铅板材（1mmPb）+3mmPb铅皮，留观病房西北侧墙体采取50mm方钢结构+15mm含铅板材（1mmPb）+7mmPb铅皮，防护门采取4mmPb铅复合板；改建区域的排风管道接入核医学科排风管道，在第一住院部一层数字减影室第四手术间DSA室设置专用排风管道接入核医学科排风管道，排风管道包裹3mm厚铅皮+0.5mm厚镀锌铁皮保护层；改建区域的排水接入核医学科衰变池，排水管外包裹3mm厚铅皮+0.5mm厚镀锌铁皮保护层。拟改建区域拟张贴相应的规章制度和操作规程，门外均拟设电离辐射警告标志。

医院在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少了不必要的照射，根据理论计算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施符合辐射防护要求。

(2) 辐射安全管理结论

医院已成立了质量与安全管理委员会，下设了放射防护委员会全面负责辐射安全与环境保护管理工作。医院制订的辐射事故应急预案与其他规章制度内容较全面、措施可行。本项目投运后，医院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

医院现有从事辐射工作人员均已通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台，报名参加了相应类别的核技术利用辐射安全与防护培训学习，参加了相应类别的考核并考核合格，建立了成绩档案，合格成绩单均在有效期内。考核成绩单有效期为 5 年，届时应及时参加再培训。

医院对现有辐射工作人员进行了岗前、在岗期间和离岗前职业健康检查，每两年委托有相关资质的单位进行职业健康检查，建立职业健康档案。医院已经组织辐射工作人员进行身体健康检查，并建立了职业健康档案。医院应严格执行辐射工作人员健康管理制，及时组织在岗辐射工作人员进行职业健康体检，完善职业健康档案。

医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计。每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案，全院辐射工作人员年累积受照剂量均不超过职业年照射剂量约束值 5mSv。

13.1.3 环境影响分析结论

(1) 根据理论计算分析，本项目放射工作人员和周围公众人员可能受到的最大年有效剂量均满足本次评价提出的 5mSv 和 0.1mSv 的年剂量约束值的要求。

(2) 本项目 ^{90}Y 分装在第一住院部负一层核医学科锝制药室手套箱内进行，通风橱排风管道接入核医学科专用通风管道；第一住院部一层数字减影室第四手术间 DSA 室、改建区域的留观病房、放射性固废间设置专用通排风管道接入核医学科排风管道；统一接至大楼天台，经核级浸渍活性炭（碘吸附值 $\geq 1000\text{mg/g}$ ，更换周期为 1-3 年）吸附过滤后排放，本项目对周围大气环境影响较小。

本项目 DSA 及 SPECT/CT 开机并曝光时会产生臭氧和氮氧化物。本项目 DSA 机房设置为万级层流净化手术室，手术室内形成正压环境，使气流从洁净度高的手术区

域流向洁净度低的区域，并带走和排出气流中的尘埃颗粒（尘粒）和细菌。臭氧半衰期 22~25 分钟，常温下可自行分解为氧气。本项目核医学科二楼 SPECT/CT 室气流经收集后汇集至专用通风管井，统一接至大楼天台，经核级浸渍活性炭（碘吸附值 \geq 1000mg/g，更换周期为 1-3 年）吸附过滤后排放。

产生的臭氧可在 50 分钟后自然分解，氮氧化物产生额只有臭氧的 1/3，废气排出机房后对周围环境影响很小。

（4）本项目将留观病人的废水、DSA 室清洗废水、应急废水接入医院核医学科衰变池进行衰变处理，经监测达到排放标准要求后，排入医院污水处理站处理，本项目的放射性废水对周围环境的影响很小。

本项目辐射工作人员的生活污水和医疗废水进入医院污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入城市污水处理厂进行深度处理。本项目对区域水体环境影响较小。

（5）本项目产生的放射性固体废弃物根据所含核素及产生时间分类收集在专用 10mmPb 铅废物收集桶内，再转移到放射性固废间暂存衰变。含 ^{99m}Tc 的放射性固体废物需暂存超过 30 天，含 ^{90}Y 的放射性固体废物需暂存超过 10 个半衰期，达到暂存时间要求后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中要求后，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。本项目产生的放射性固体废物采取以上措施处理后对周围环境的影响较小。

本项目产生的生活垃圾和办公垃圾由医院分类收集后，交当地环卫部门清运；医疗废物采用专用容器分类收集后，转移至医院医疗垃圾暂存间暂存，按医疗废物执行转移联单制度，委托具有相关资质的单位处置。本项目产生的固体废物经妥善处理后对周围环境影响较小。

（6）本项目噪声源为机房通排风系统的风机，本项目所使用的通排风装置为低噪设备，噪声源强一般小于 60dB（A），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《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求，对周围环境影响较小。

13.1.4 可行性分析结论

（1）产业政策符合性分析结论

本项目属于国家发改委颁布的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》第六项“核

能” 中第四条“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”；第十三项“医药”中第四条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，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”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

（2）实践正当性分析结论

本项目的建设和运行，可满足医院对病人进行医学诊断和介入治疗，提升医院科研及医疗水平。经辐射防护屏蔽和放射性三废处理、辐射安全管理后，对辐射工作人员和公众的影响在剂量约束值和剂量限值范围内，其建设和运行对受照患者和社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)“实践正当性”的原则。

（3）选址合理性分析结论

本项目新增⁹⁰Y树脂微球核素治疗项目位于医院第一住院部核医学科和数字减影室第四手术间，不新增用地，周围无环境制约因素。根据医院平面布置图及现场调查，本项目实体边界外 50m 范围内主要为医院内部道路、停车场和第一住院部内部，主要环境保护目标为从事本项目辐射工作的职业人员及上述区域内活动的公众，评价范围内无居民区、学校、自然保护区、居民区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。项目选址符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求，项目运营过程产生的电离辐射，经采取满足标准要求的辐射防护及管理措施后对周围环境辐射影响是可接受的，故本项目的选址合理。

（4）“三线一单”符合性结论

本项目位于“高新区（新市区）城镇重点管控单元”，环境管控单元编码为 ZH65010420003，项目建设符合《新疆维吾尔自治区“三线一单”生态环境分区管控方案》的要求。

（5）项目可行性结论

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管理约束值。放射性“三废”及非辐射环境影响均可满足国家标准的要求。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。

13.2 建议和承诺：

1) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响。

2) 结合医院实际情况，不断完善辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案，使之更具有实操性和针对性，辐射安全负责人应取得科目为辐射安全管理的核技术利用辐射安全与防护考核合格成绩单。

3) 医院应使用辐射剂量巡测仪，定期进行辐射工作场所的自测，发现异常及时调查、及时整改。

4) 严格执行相关规定，个人剂量定期（不超过三个月）送有资质单位监测，保证个人剂量监测报告的有效性、准确性，对个人剂量超标人员应及时调查原因，年有效剂量超过管理限值的人员应及时脱离辐射工作岗位。完善辐射工作人员管理，严格落实辐射安全培训制度和职业健康体检制度，建立辐射工作人员职业健康档案。

5) 定期组织辐射事故应急人员培训和应急演练。

6) 本项目拟配备的辐射工作人员均应参加核技术利用辐射安全与防护考核合格、职业健康体检合格后方可从事本项目工作，杜绝无证上岗。对操作人员实行轮换制度，尽量减少接触射线时间、扩大操作距离。

7) 待该环境影响评价报告审批通过后，本项目投运后应及时进行辐射安全许可证重新申领，未取得辐射安全许可证相关设备不得投入调试运行。

8) 项目严格按照本次报批的设备类型、数量、场所建设，项目竣工后，按照国家相关法律法规尽快进行验收。

（本页以下空白）

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见:

经办人:

公章
年 月 日

审批意见:

经办人:

公章
年 月 日