

编号：GXPX-FS-20250101

核技术利用建设项目

桂林医学院附属医院 2024 年度
核医学科扩建放射性药品应用项目

环境影响报告表

(公示本)

桂林医学院附属医院

二〇二五年一月

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	23
表 6 评价依据	24
表 7 保护目标与评价标准	26
表 8 环境质量和辐射现状	32
表 9 项目工程分析与源项	43
表 10 辐射安全与防护	55
表 11 环境影响分析	88
表 12 辐射安全管理	99
表 13 结论与建议	104
表 14 审批	107
附件 1 委托书	
附件 2 辐射安全许可证	
附件 3 现状监测报告	
附件 4 辐射安全与环境保护管理机构	
附件 5 放射事故应急预案现有	
附件 6 核医学科废水排放检测报告	
附件 7 发改平台备案项目代码	
附件 8 原核医学项目环评批复、验收批复	
附件 9 核医学科个人剂量监测报告（摘录）	

表 1 项目基本情况

建设项目名称		桂林医学院附属医院 2024 年度核医学科扩建放射性药品应用项目			
建设单位		桂林医学院附属医院			
法人代表	汪丽燕	联系人	***	联系电话	***
注册地址		桂林市秀峰区乐群路 15 号			
项目建设地点		广西壮族自治区桂林市秀峰区乐群路 15 号 2 号楼一楼核医学科			
立项审批部门		/		批准文	/
建设项目总投资 (万元)	60	项目环保投资 (万元)	25	投资比例 (环保投资/总投资)	41.7%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	/
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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他				

1.1 建设单位概述

桂林医学院附属医院创建于 1958 年 5 月，是一所集医疗、教学、科研、预防、康复、急救为一体的综合性三级甲等医院，是国家药物临床试验基地、国家卫健委首批住院医师规范化培训基地、国家冠心病介入培训基地、国家心律失常介入诊疗基层普及培训基地、全国县级医院血液净化培训基地、中国胸痛中心认证医院、国家高级卒中中心建设单位、国家神经介入中心、广西神经系统疾病临床研究中心、广西胃癌早诊早治临床医学研究中心、广西临床病理质量控制中心及桂林诊断中心、广西地中海贫血产前诊断分中心。目前，医院在职职工 3400 多人，其中高级专业技术人员 800 多人、博士 150 多人。

医院现有乐群、漓东、东城三个院区，乐群院区定位为骨科中心、慢性疾病管理中心(肾

脏疾病中心、老年疾病中心、肿瘤中心)；漓东院区定位为急危重救治中心、外科中心、心脏中心、神经系统疾病中心、消化疾病中心、呼吸疾病中心、妇幼中心；东城院区则以医美、体检为主。

医院有近 50 个临床专业科室，近 100 个住院病区，开放床位近 3000 张。有国家中医药科研二级实验室 1 个，广西数字医学临床转化工程研究中心 1 个，省级重点实验室 1 个，广西卫健委重点（重点培育）实验室 4 个，广西高校重点实验室 1 个，广西高校重点实验室培养基地 1 个，广西高校协同创新中心 1 个，广西教育厅重点学科 2 个、优势特色重点学科 2 个。

弘德善医，拯护苍生。医院将始终坚持“以人为本、患者至上、爱心济世、百姓放心。”的服务理念，以一流的技术促进发展，以科学的管理开拓创新，以优质的服务赢得信誉，为建设成为专科特色鲜明的优质三级甲等医院和区域性医疗医学中心，创建一流的现代化医院而奋斗。

1.2 项目建设规模

医院现有核医学科辐射活动工作场所有 2 个区域，分别位于桂林市秀峰区乐群路 15 号 2 号楼一层和桂林市临桂区人民路 212 号桂林医学院第二附属医院医技综合楼二桂林医学院附属医院核医学 PET 分子影像中心；本项目核医学科扩建项目位于桂林市秀峰区乐群路 15 号 2 号楼一层，为 1 个乙级非密封放射性物质工作场所，于 2012 年取得原广西壮族自治区环境保护厅的批复，批复文号为桂环审[2012]67 号。现有核医学科已按原批复的环评文件建设、已通过竣工环保验收并投入使用，已开展内容包括：使用非密封放射性物质 ^{99m}Tc 进行 SPECT/CT 显像诊断，使用非密封放射性物质 ^{131}I 进行甲状腺功能测定和甲状腺疾病（甲癌和甲亢）治疗，使用非密封放射性物质 ^{89}Sr 、 ^{153}Sm 进行骨转移癌治疗，使用非密封放射性物质 ^{32}P 和 2 枚放射源 ^{90}Sr (^{90}Y) 用于敷贴治疗，和 ^{125}I 籽粒植入项目。

现为提升医院整体医疗服务水平，更好地利用核医学影像诊断技术服务于本地区广大患者，医院拟对现有核医学科区域进行平面布局优化调整改造，对现有分装室优化升级（增加淋浴间和卫生通过间），并在显像诊断区新增一个锝分装室（原显像诊断区无分装室，只有一个注射室），改造后平面图见图 1-1；以及负一层（负一层原为护送队办公区，目前准备搬迁，搬迁后改造为本项目衰变池区域）新增 2 个并联衰变池，（衰变池 7#有效容积为 18.9m^3 ，衰变池 8#有效容积为 19.2m^3 ），并与现有核医学科病房治疗场所衰变池之间设置切换阀门，

和现有衰变池 1#、衰变池 2#和衰变池 3#并联，作为核医学科病房治疗区域专用衰变池使用，现有病房治疗区衰变池 4#、衰变池 5#和衰变池 6#不做变动，保持原样。并拟新增核素 ^{123}I 、 ^{111}In 、 ^{177}Lu 、 ^{186}Re 、 ^{223}Ra 和 ^{225}Ac 的使用，其中新增核素 ^{123}I 和 ^{111}In 依托现有 SPECT/CT 进行显像诊断，新增核素 ^{177}Lu 、 ^{186}Re 、 ^{223}Ra 和 ^{225}Ac 进行疾病的治疗，核素 ^{177}Lu 的治疗项目依托现有甲癌治疗项目的病房，核医学科利用不同时间的安排分别收治甲癌治疗和 ^{177}Lu 治疗的患者。

现有核医学科区域平面布局优化改造变动如下：调整现有病房治疗区分装室，在碘分装室增加卫生通过间和淋浴间；调整现有核素显像区域分装注射室和登记室的位置，并在钨分装注射室增加卫生通过间和淋浴间，改造前后图纸分别见图 1-1 和图 1-2。

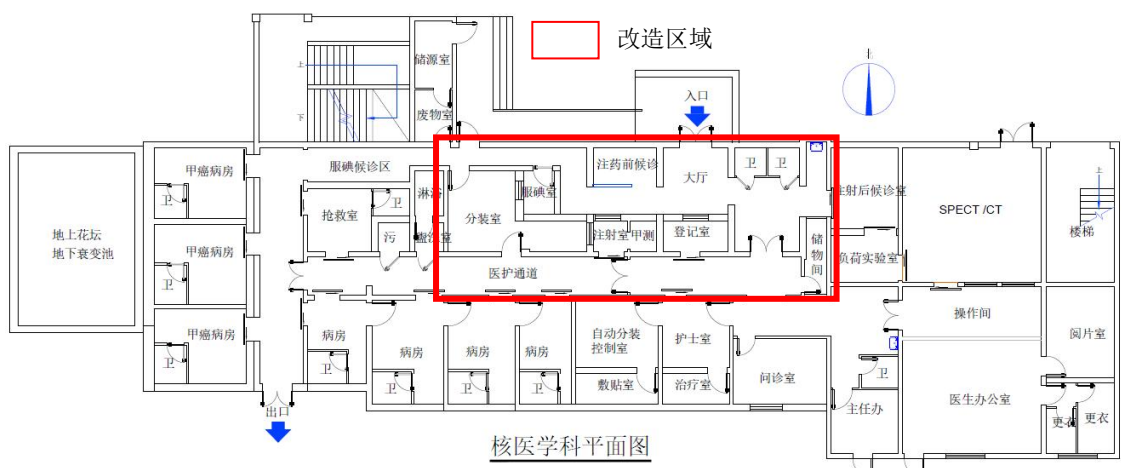


图 1-1 核医学科改造前平面图

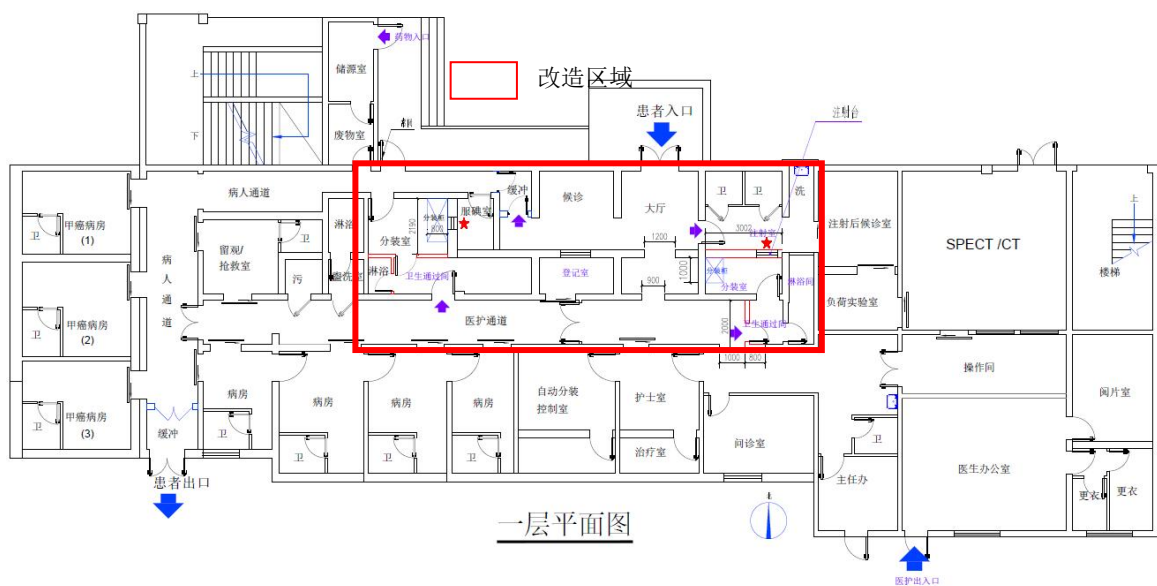


图 1-2 核医学科改造后平面图

表 1-1 本项目拟新增使用的非密封放射性物质情况

核素名称	物理状态	日最大诊断量	年最大诊断量	单个病人单次最大使用量	日最大操作量 (Bq)	给药方式	诊断 / 治疗项目	备注
¹²³ I	液态	2 人	500 人	3.7E+8Bq (10mCi)	9.4E+8	静脉注射	SPECT 显像标记	新增
¹¹¹ In	液态	2 人	500 人	3.7E+8Bq (10mCi)	9.4E+8	静脉注射	SPECT 显像标记	新增
¹⁷⁷ Lu	液态	1 人	100 人	7.4E+9Bq (200mCi)	7.4E+9	静脉注射	前列腺癌 治疗	新增
¹⁸⁶ Re	液态	1 人	250 人	1.11E+9Bq (30mCi)	1.11E+9	静脉注射	前列腺癌 治疗	新增
²²³ Ra	液态	1 人	250 人	3.7E+7Bq (1mCi)	3.7E+7	静脉注射	骨转移瘤 治疗	新增
²²⁵ Ac	液态	1 人	250 人	7.4E+6Bq (0.2mCi)	7.4E+6	静脉注射	肿瘤治疗	新增

新增 ¹²³I 规划日等效最大操作量为 9.4×10^6 Bq, ¹¹¹In 规划日等效最大操作量为 9.4×10^7 Bq, ¹⁷⁷Lu 规划日等效最大操作量为 7.4×10^8 Bq, ¹⁸⁶Re 规划日等效最大操作量为 1.11×10^8 Bq, ²²³Ra 规划日等效最大操作量为 3.7×10^8 Bq, ²²⁵Ac 规划日等效最大操作量为 7.4×10^7 Bq, 新增核素总日等效操作量为 1.4×10^9 Bq, 现有核医学科核素日等效操作量为 2.54×10^9 Bq, 扩建完成后核医学科核素总日等效操作量为 3.94×10^9 Bq, 仍为乙级非密封放射性物质工作场所。本项目建设内容及规模见表 1-2。本项目拟扩大负一层碘衰变池容积 (新增衰变池 7# 和衰变池 8#), 用于收集处理病房治疗区产生的放射性废液, 原有的核医学科显像诊断及衰变池保持现状。

以上项目将在医院持有《辐射安全许可证》及《放射药品使用许可证》并经审管部门批准使用相应放射药品后实施。上述核素药物均直接从有资质机构购买。

表 1-2 本项目改扩建完成后整个核医学科工作场所分级计算表

工作场所	核素名称	计划日最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	新增总日等效最大操作量 (Bq)	原有核医学科场所日等效最大操作量* (Bq)	本项目扩建后整个核医学科场所日等效最大操作量 (Bq) 及其等级
2 号楼一层核医学科	¹²³ I	9.4E+8	低毒, 0.01	液态、简单操作, 1	9.4E+6	1.40E+9	2.54E+9	$(2.54E+9) + (1.40E+9) = 3.94E+9$ 乙级
	¹¹¹ In	9.4E+8	中毒, 0.1	液态、简单操作, 1	9.4E+7			
	¹⁷⁷ Lu	7.4E+9	中毒, 0.1	液态、简单操作, 1	7.4E+8			

	¹⁸⁶ Re	1.11E+9	中毒， 0.1	液态、简 单操作，1	1.11E+8			
	²²³ Ra	3.7E+7	急毒，10	液态、简 单操作，1	3.7E+8			
	²²⁵ Ac	7.4E+6	急毒，10	液态、简 单操作，1	7.4E+7			

1.3 目的及任务由来

因桂林医学院附属医院 2024 年度核医学科扩建放射性药品应用项目运行时可能对周围环境造成辐射影响，依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，该项目需开展辐射环境影响评价工作，并办理相应审批手续。该项目属于使用非密封放射性物质工作场所的项目，依据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于其中第 172 核技术利用建设项目中“乙、丙级非密封放射性物质工作场所”，必须编制辐射环境影响报告表。为此，医院委托广西品信工程咨询有限公司对 2024 年度核医学科扩建放射性药品应用项目进行辐射环境影响评价（委托书见附件 1）。

环评单位在现场调查和理论分析的基础上，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）规定的建设项目辐射环境影响报告表的内容和格式，编制该桂林医学院附属医院 2024 年度核医学科扩建放射性药品应用项目辐射环境影响报告表。

1.4 周边保护目标以及场址选址等情况

1、项目周边环境关系

桂林医学院附属医院位于广西壮族自治区桂林市秀峰区乐群路 15 号，医院地理位置图见图 1-3。

本项目核医学科位于医院东部 2 号楼一层，该楼为地面 5 层、地下 1 层建筑。2 号楼楼东侧为行政楼、院外民房；南侧为 4 号楼消毒供应中心楼、院外民房；西南侧为 5 号楼内科楼；西侧为 3 号楼妇儿楼；北侧为门诊楼、1 号楼放射楼。

以该楼核医学科四周边界为起点，东侧 0m~21m 范围内为行政楼（6F，相邻）、医院边界、21m~50m 范围内为多栋院外民房（6F-7F，最近距离约为 24m）；南侧 0m~10m 范围为院内通道、10m~27m 范围为 4 号楼消毒供应中心楼（6F，最近距离约为 10m）、医院边界、27m~50m 范围为院外民房（6F，最近距离约为 33m）；西北侧 0m~11m 范围内为院内通道、

11m~50m 范围内为 5 号楼内科楼（6F，最近距离约为 11m）；西侧 0m~23m 范围内为院内通道、23m~50m 范围内为 3 号楼妇儿楼（5F，最近距离约为 23m）；北侧 0m~31m 范围内为院内通道、1 号楼放射楼（6F，最近距离约为 6m）、门诊楼（6F，最近距离约为 11m）、31m-50m 范围内主要为院外行政道路；上方主要为肾内科，下方主要为护送队办公室。

本项目核医学科场所及周围环境现状见图 1-4~图 1-12，医院总平面图示意图见图 1-13，本项目场所平面布置示意图见图 1-14，本项目场所上方和下方平面布置示意图分别见图 1-15 和图 1-16。

2、选址合理性分析

本项目用房为边界往外 50m 范围内除东侧和南侧民房、北侧乐群路及桂林医学院外其余区域均在院内。此外，项目使用分装柜、设置防护铅门及防护墙体，在门口设置电离辐射警告标志，将项目用房实施分区管理，无关人员不得进入控制区。项目运行过程中产生的电离辐射，经过屏蔽防护和距离衰减后，对周围工作人员和公众所致的辐射剂量符合剂量约束限值的要求。通过以上场所独立、划分区域等措施，本项目不会产生交叉污染。

按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 5.1 关于“选址”规定：“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。”该核医学扩建项目位于医院 2 号楼一楼，与周围建筑有一定距离；不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，同时设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。因此，项目选址能满足 HJ 1188-2021 第 5.1 的要求。

3、周边保护目标

本项目主要保护目标为项目辐射工作人员、评价范围内医院其他工作人员、评价范围内东侧和南侧院外住宅区常住公众，以及在评价范围内逗留或经过的公众成员。

1.5 原有核技术利用项目许可情况

1.5.1 原有辐射安全许可证情况

从辐射项目角度考虑，本项目属于扩建项目。

经医院核实，桂林医学院附属医院取得了辐射安全许可证，证号为：桂环辐证[C0200]，

许可范围及内容为：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、丙级非密封放射性物质工作场所（许可证见附件2），许可证有效期至2029年2月3日。

1.5.2 原有辐射安全管理情况

医院根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等辐射项目管理相关的法律法规，配合各级生态环境部门监督检查，辐射防护设施运行良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理方面运行良好。

（1）医院建立了《辐射工作岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《操作规程》、《射线装置使用登记制度》、《辐射事故应急预案》、《监测计划》、《辐射工作人员培训制度》等一系列制度，并严格按照规章制度执行。

表 1-3 医院辐射有关制度运行情况表

序号	医院现有辐射有关规章制度	制度内容	运行情况
1	操作规程	(1) 对人员的防护操作内容 (2) 对病人的防护操作内容 (3) 对设备及机房的安全使用的管理内容	制度均有可行性，且医院正常落实运行各项制度
2	岗位职责	(1) 要求工作人员遵守国家及医院有关辐射规章制度 (2) 明确对患者治疗诊断时采取辐射正当化和防护最优化原则 (3) 要求工作人员严格遵守台账使用登记、保存制度	
3	辐射防护和安全保卫制度	(1) 放射工作人员的防护内容 (2) 放射检查病人的防护内容 (3) 放射工作环境及设备管理的防护内容	
4	设备检修维护制度	(1) 工作人员对开机前设备的性能检查 (2) 设备故障时工作人员的应急措施 (3) 记录维修过程的全部经过	
5	人员培训计划	(1) 组织相关工作人员培训考核 (2) 每年组织学习一次辐射有关法律法规和医院的有关规章制度	
6	监测方案	(1) 制定个人剂量监测的监控内容和管理 (2) 对工作场所进行周期性检测及相关防护措施 (3) 对一些放射性废物的处置措施	
7	辐射事故应急预案	内容包括：目的、依据、适用范围、组织管理、	

		放射事故报告、放射事故应急处置程序、附件（放射事故应急处置流程）等内容	
--	--	-------------------------------------	--

综上所述，医院已制定的各项管理制度具有较好的可行性，本次项目为核医学科扩建放射性药品应用项目，即核医学科现有制度也可以满足本项目的制度要求。针对本项目，建设单位将本项目的相关内容纳入原有管理制度体系中。只要在日常工作中严格落实，即能够满足核技术利用项目的管理。

(2) 为加强对辐射安全和防护管理工作，医院成立了辐射安全与环境保护管理领导小组，明确辐射防护责任，并加强了对射线装置的监督和管理，见附件 4。

(3) 医院定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，并持证上岗。

(4) 辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受职业外照射剂量监测，建立剂量健康档案并存档。医院委托广西居里安检测技术有限公司对辐射工作人员开展个人剂量监测，最近四个季度（2023 年第四季度、2024 年第一至三季度）监测结果显示 4 个季度个人剂量累积值均低于年剂量管理约束值 5mSv 的要求。

(5) 医院辐射工作场所均设置有电离辐射警示牌和工作指示灯，并根据不同项目进行分区管理。

(6) 医院制定了设备定期保养维护制度，定期自行检测设备状况，记录设备日常运行和异常情况。

(7) 近年来医院委托监测机构对辐射工作场所开展辐射环境监测，监测结果显示在射线装置场所周围辐射剂量率满足相关标准要求。并对医院射线装置安全和防护状况进行评估，并于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交上一年度安全评估报告。

(8) 医院在放射科、放射治疗科、核医学科、健康体检中心等科室配置 6 台(套)II 类射线装置以及 22 台(套)III 类射线装置；使用 III 类 ^{192}Ir 密封放射源；核医学科属乙级非密封放射性物质工作场所，在核医学科使用开放性放射性同位素钼-锝发生器及 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 及其标记物用于 SPECT/CT 影像诊断项目，开展 ^{131}I 治疗“甲亢”及“甲癌”， ^{89}Sr 、 ^{153}Sm 、 ^{90}Y 、 ^{32}P 核素治疗项目，使用 ^{125}I 粒子源肿瘤内植入治疗项目，使用医用回旋加速器生产 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N 及其标记化合物进行 PET/CT 影像诊断项目以及 6 枚 V 类 ^{22}Na 放射源用于 PET/CT 质控项目。以上项目医院依据相关法律法规都进行了环境影响评价，并获得广西壮族自治区环保厅验收批复。

根据医院提供的 2023 年辐射安全与防护状况年度评估报告，医院严格遵守国家法律法

规，且严格遵照规章制度运行，未发生辐射安全隐患及安全事故。医院积极组织人员参与安全培训和健康检查，对项目辐射状况进行监控。辐射安全和防护设施运行良好，定期开展维护工作，保证辐射工作的安全开展。各项辐射安全和防护制度及措施均得到了落实。

综上所述，医院在用射线装置均办理了辐射安全许可证，制定了相关规章制度并严格执行，落实了辐射环境监测计划及个人剂量监测结果，且监测结果符合相关标准要求，因此可以认为医院具备核医学科扩建放射性药品应用项目运行及辐射安全管理基础能力。

现有核素使用情况见表 1-4。

表 1-4 现有核医学科已许可的非密封放射性物质使用情况

序号	核素名称	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	总日等效最大操作量 (Bq)	工作场所等级
1	³² P	1.85E+8	7.4E+10	2.54E+9	乙级 (2×10 ⁷ ~4×10 ⁹ Bq)
2	⁹⁰ Y	1.11E+8	1.11E+11		
3	¹²⁵ I(粒子源)	7.4E+6	8.88E+10		
4	^{99m} Mo (^{99m} Tc)	1.85E+7	8.88E+11		
5	^{99m} Tc	1.85E+7	8.88E+11		
6	⁸⁹ Sr	1.85E+8	1.85E+10		
7	¹⁵³ Sm	1.85E+8	1.85E+11		
8	¹³¹ I	1.85E+9	4.44E+11		

表 1-5 医院已许可射线装置列表

序号	装置名称	规格型号	工作场所	装置状态
1	移动式医用诊断 X 射线机	MUX-10J	乐群院区 1 号楼二楼放射科储藏室	使用
2	移动式医用诊断 X 射线机	Mobile Art Evolution Standard	乐群院区 1 号楼二楼放射科储藏室	使用
3	数字化 X 线摄影系统 DR	Definium 6000	乐群院区 1 号楼二楼放射科第二检查室	使用
4	数字化 X 线摄影系统(DR)	Rad speed M	乐群院区 1 号楼二楼放射科第四检查室	使用
5	数字化医用 X 线摄影系统	MULTIXI impact C	乐群院区 1 号楼二楼放射科第一检查室	使用
6	数字化双能 X 线骨密度	Osteocore 2	乐群院区 1 号楼二楼放射科骨密度检查室	使用
7	数字乳腺 X 射线机	MAMMO MAT Inspiration	乐群院区 1 号楼二楼放射科乳腺钼靶检查室	使用
8	数字医用诊断 X 射线透视摄影系统	Uni-Vision	乐群院区 1 号楼二楼放射科胃肠检查室	使用
9	数字减影血管造影 X 射线机	UNIQ-FD20	乐群院区 1 号楼三楼介入室第 3 手术室	使用
10	数字减影血管造影 X 射线机	Innova 3100-IQ	乐群院区 1 号楼三楼介入室第 2 手术室	使用

11	数字减影血管造影 X 射线机	Allura Xper FD20	乐群院区 1 号楼三楼介入室第 1 手术间	使用
12	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	Optima CT660	乐群院区 1 号楼一楼放射科第二 CT 检查室	使用
13	全身 X 射线计算机断层摄影装置 (CT)	Revolution CT	乐群院区 1 号楼一楼放射科第一 CT 检查室	使用
14	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	Light Speed VCT	乐群院区 1 号楼一楼放射科第三 CT 检查室	使用
15	SPECT/CT	Symbia T16	乐群院区 2 号楼一楼核医学科 SPECT/CT 室	使用
16	移动式 C 形臂 X 射线机	Cios Select	乐群院区 7 号楼七楼手术室 19 号手术间	使用
17	医用电子直线加速器	TRILOGY	乐群院区 8 号楼负一楼放疗科加速器治疗 1 室	使用
18	CT 定位机	Discovery CT590RT	乐群院区 8 号楼负一楼放疗科 CT 模拟定位机室	使用
19	移动式 C 形臂 X 射线机	Brivo OEC 785	乐群院区 8 号楼七楼手术室 5 号手术间	使用
20	移动式 C 形臂 X 射线机	BV Libra	乐群院区 8 号楼七楼手术室 9 号手术间	使用
21	医用电子直线加速器	UNIQUE	乐群院区 8 号楼一楼放疗科第二加速器治疗室	使用
22	车载 X 射线计算机断层摄影设备	Optima CT620	桂林市乐群路 15 号桂林医学院附属医院	使用
23	小动物 SPECT/PET/CT	MadicLab PSA	临桂院区医技综合楼二负一楼分子影像实验室	使用
24	医用回旋加速器	PETtrace 800 senes (5728015)	临桂院区医技综合楼二负一楼回旋加速器机房	使用
25	PET/CT	Ingenuity TF	临桂院区医技综合楼二一楼核医学科 PET 份子影像中心	使用
26	车载 X 射线机	AKHX-55H-RAD	桂林医学院附属医院健康体检中心	使用
27	乳腺 X 射线机	Senographe Pristina	健康体检中心 4 楼 407 室	使用
28	X 射线计算机断层摄影设备	Optima CT620	健康体检中心 4 楼 CT 室	使用
29	医用数字 X 射线摄影系统	RAD SPEED M	健康体检中心 5 楼放射检查室 1	使用
30	数字化医用数字 X 射线摄影系统	Brivo XR316	健康体检中心 5 楼放射检查室 2	使用

1.6 本次项目与原有核技术利用项目的依托关系说明

(1) 医院核医学科位于 2 号楼一层，本项目对现有核医学科平面布局进行优化升级改造，并新增核素使用的种类和数量，不新增机房和病房功能用房，本项目依托核医学科原工作场所用房即可。

(2) 辐射工作人员依托关系说明。医院乐群院区核医学科现有 17 名辐射工作人员，其中包括 7 名医生、5 名分装注射人员、5 名技师。本项目不新增辐射工作人员，本项目投入

使用后，将依托现有核医学科的辐射工作人员进行诊疗工作，辐射工作人员不兼岗。本院区核医学科现有工作人员情况见表 1-6。

表 1-6 核医学科现有工作人员情况一览表

序号	姓名	学历	性别	职称	专业	执业范围	主要工作岗位与工作内容
1	付巍	硕士	男	主任医师	核医学	影像医学与核医学	核医学影像与核素治疗
2	卢彦祺	硕士	男	主治医师	核医学	影像医学与核医学	核医学影像与核素治疗
3	林纯皓	硕士	男	主治医师	核医学	影像医学与核医学	核医学影像与核素治疗
4	吕金富	本科	男	主治医师	核医学	影像医学与核医学	核医学影像与核素治疗
5	张蕾	博士	女	主治医师	核医学	影像医学与核医学	核医学影像与核素治疗
6	牟兴宇	博士	男	主治医师	核医学	影像医学与核医学	核医学影像与核素治疗
7	赵雪芹	硕士	女	主治医师	核医学	影像医学与核医学	核医学影像与核素治疗
8	贾路路	硕士	男	化学师	核医学	影像医学与核医学	放药配制
9	莫玉峰	本科	男	物理师	核医学	影像医学与核医学	质量控制与放射剂量验证
10	崇维霞	硕士	女	技师	核医学	影像医学与核医学	设备操作
11	杨静	本科	女	技师	核医学	影像医学与核医学	设备操作
12	徐翠萍	本科	女	技师	核医学	影像医学与核医学	设备操作
13	李强	本科	男	副主任护师	核医学	护理	核素注射与给药
14	石云华	本科	女	主管护师	核医学	护理	核素注射与给药
15	李韦微	本科	女	主管护师	核医学	护理	核素注射与给药
16	钟佩璇	本科	男	护师	核医学	护理	核素注射与给药
17	陈朝阳	本科	男	护士	核医学	护理	核素注射与给药

(3) “三废”治理措施的依托关系说明。医院核医学科现有 2 套两套放射性废水衰变

池系统，分别为碘衰变池系统（槽式）和铊衰变池系统（推流式），本项目拟扩建碘衰变池系统，铊衰变池系统保持现状不变，本项目运行后，拟扩建衰变池系统和现有衰变池系统可以满足项目的需求；本项目的放射性废物治疗，依托核医学科现有的废物间的治疗措施；本项目拟新增2条分装柜的独立通风系统，控制区各业务用房通风依托核医学科现有通风设施，排风口高于建筑楼屋顶排放。

(4) 辐射监测设备依托关系说明。医院原核医学科配有3台 α 、 β 表面污染仪、2台活度计、1台便携式X- γ 辐射巡测仪和3台个人剂量报警仪。本项目不新增辐射监测设备，依托核医学科原有辐射监测设备。

(5) 辐射安全管理制度依托关系说明。医院原已成立了辐射安全与环境保护管理机构，并制定了一系列辐射安全管理制度。针对本项目，建设单位已制定了《SPECT/CT操作规程》，《放射性药品使用和等级制度》等，将本项目的相关内容纳入原有管理制度体系中，操作规程和应急预案等制度在工作场所张贴上墙。只要在日常工作中严格落实，能够满足医院核技术利用项目的管理需求。



图 1-3 桂林医学院附属医院地理位置图



图 1-4 2 号楼核医学科现状图



图 1-5 2 号楼东侧行政楼现状



图 1-6 2 号楼南侧 4 号楼消毒供应中心楼现状



图 1-7 2号楼西侧3号楼妇儿楼现状



图 1-8 2号楼西南侧5号楼内科楼现状



图 1-9 2号楼北侧门诊楼现状



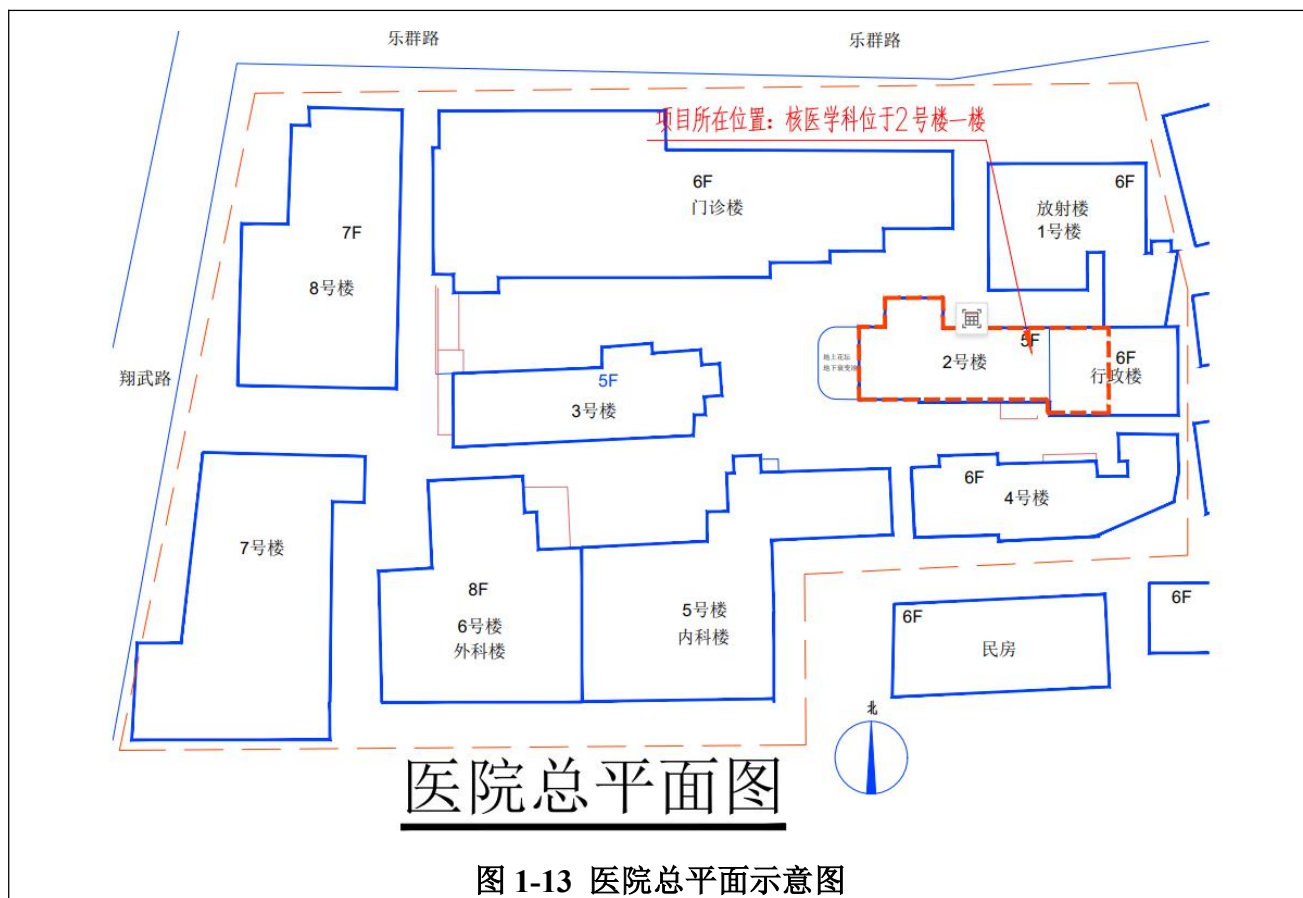
图 1-10 本项目核医学科现状



图 1-11 本项目核医学科上方肾内科现状



图 1-12 本项目核医学科下方负一层水电组办公室现状



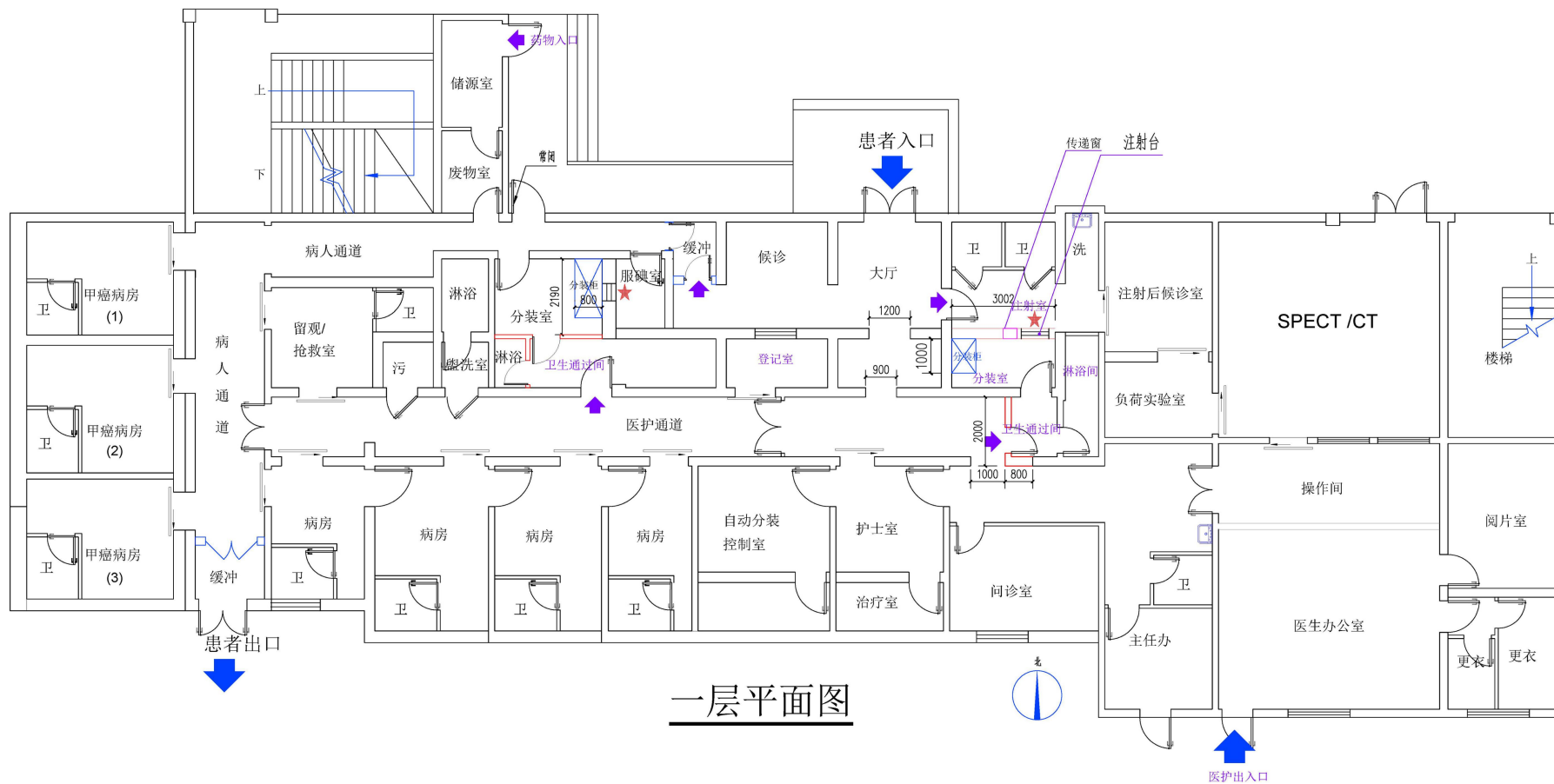


图 1-14 2 号楼 1 层核医学科平面布置图

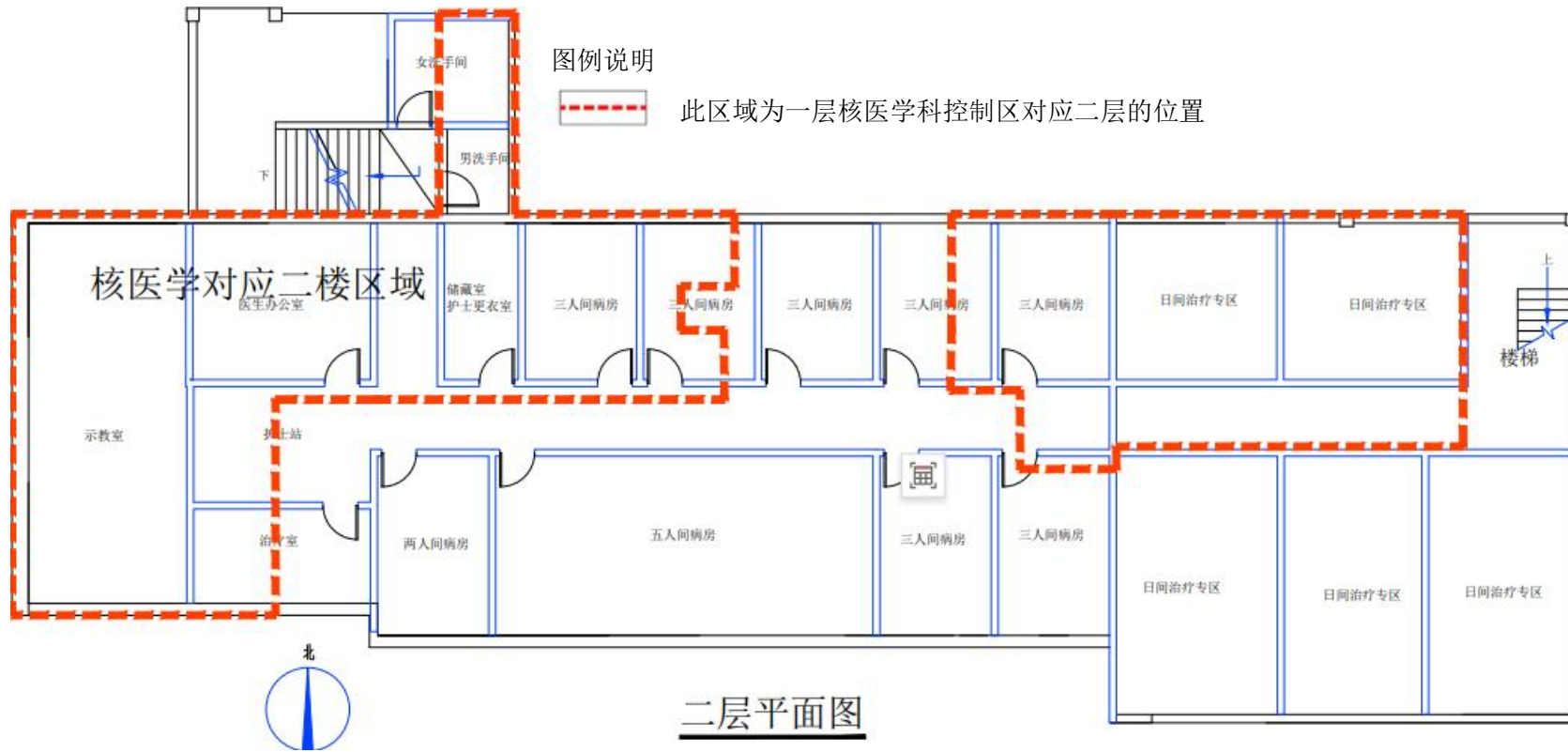
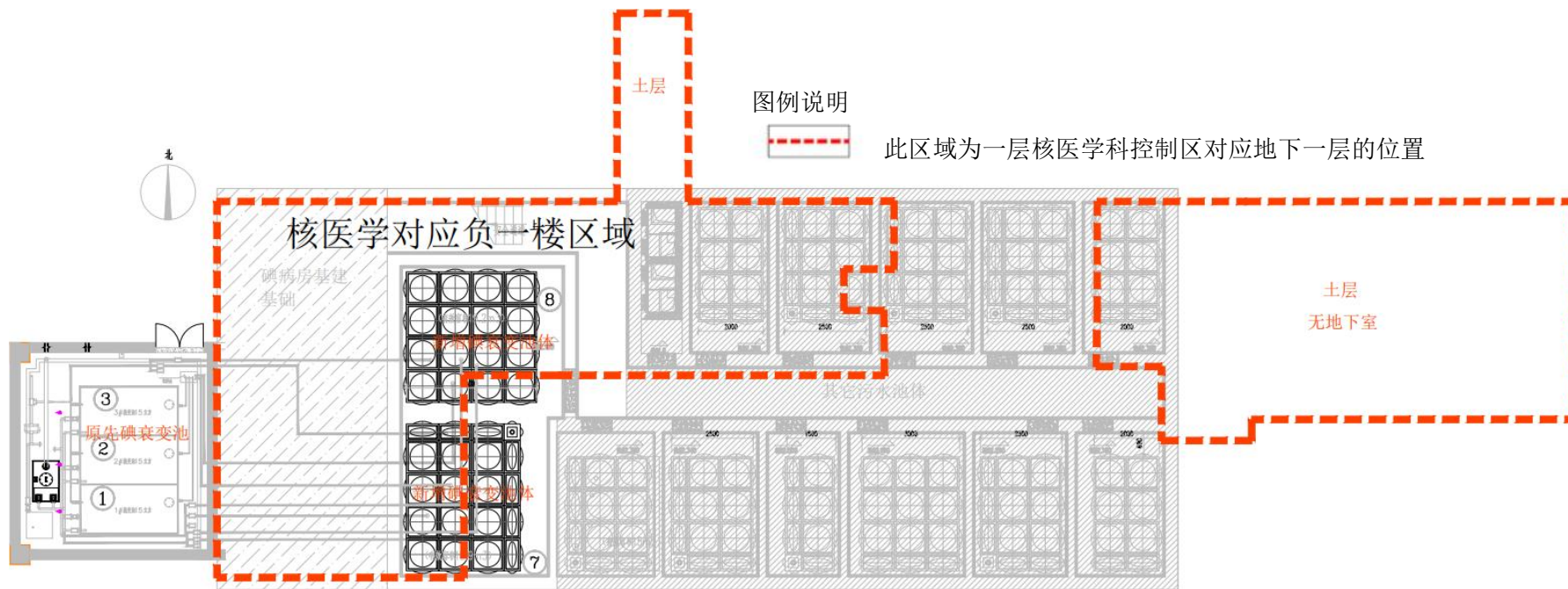


图 1-15 2 号楼 2 层核医学科上方平面布置图



负一层衰变池平面图

图 1-16 2 号楼负一层核医学科下方平面布置图

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
	无							

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	场所分级	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	¹²³ I	液态	使用	9.4×10 ⁸	9.4×10 ⁶	2.35×10 ¹¹	SPECT显像标记	非常简单	乙级	2号楼一楼核医学科	根据需要订购,暂存于2号楼一楼核医学科储源室中。	新增
2	¹¹¹ In	液态	使用	9.4×10 ⁸	9.4×10 ⁷	2.35×10 ¹¹	SPECT显像标记	非常简单				新增
3	¹⁷⁷ Lu	液态	使用	7.4×10 ⁹	7.4×10 ⁸	1.85×10 ¹²	前列腺癌治疗	非常简单				新增
4	¹⁸⁶ Re	液态	使用	1.11×10 ⁹	1.11×10 ⁸	2.78×10 ¹¹	前列腺癌治疗	非常简单				新增
5	²²⁴ Ra	液态	使用	3.7×10 ⁷	3.7×10 ⁸	9.25×10 ⁹	骨转移瘤治疗	非常简单				新增
6	²²⁵ Ac	液态	使用	7.4×10 ⁶	7.4×10 ⁷	1.85×10 ⁸	肿瘤治疗	非常简单				新增
7	³² P	液态	使用	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁸	7.4×10 ¹⁰	放射治疗	简单				现有
8	⁹⁰ Y	液态	使用	1.11×10 ¹⁰	1.11×10 ⁸	1.11×10 ¹¹	放射治疗	很简单				现有

9	¹²⁵ I(粒子源)	固态	使用	7.4×10 ⁹	7.4×10 ⁶	8.88×10 ¹⁰	粒子植入 肿瘤治疗	非常 简单				现有
10	^{99m} Mo (^{99m} Tc)	液态	使用	1.85×10 ¹⁰	1.85×10 ⁷	8.88×10 ¹¹	淋洗 ^{99m} Tc	贮存				现有
11	^{99m} Tc	液态	使用		1.85×10 ⁷	8.88×10 ¹¹	SPECT 显 像标记	非常 简单				现有
12	⁸⁹ Sr	液态	使用	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁸	1.85×10 ¹⁰	骨转移癌 治疗	简单				现有
13	¹⁵³ Sm	液态	使用	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁸	1.85×10 ¹¹	骨转移癌 治疗	简单				现有
14	¹³¹ I	液态	使用	1.85×10 ¹⁰	1.85×10 ⁹	4.44×10 ¹¹	甲癌甲亢 治疗	简单				现有

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

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
	无								

表 5 废弃物（本项目运行后整个核医学科废物情况）

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
放射性废水	液态	^{177}Lu 、 ^{131}I	/	9.38m ³	112.5m ³	总 α <1Bq/L、 总 β <10Bq/L	核医学科病房治疗区 衰变池暂存。	符合HJ 1188-2021的 排放要求后，排入医 院废水处理系统。
放射性废水	液态	^{123}I 、 ^{111}In 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$		8.75m ³	105m ³	总 α <1Bq/L、 总 β <10Bq/L	核医学科显像诊断区 衰变池暂存。	符合HJ 1188-2021的 排放要求后，排入医 院废水处理系统。
粘有放射性药品的一次性物品、排风系统活性炭等	固态	^{123}I 、 ^{111}In 、 ^{177}Lu 、 ^{186}Re 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{153}Sm 、 ^{32}P	/	73.13kg	877.5kg	低于相应核素清 洁解控推荐值。	集中收集于废物桶后 按日期存于废物间内 衰变。	废物储存衰变至不属 于放射性废物时按医 院医疗废物处置。
放射性废气	气态	^{123}I 、 ^{111}In 、 ^{177}Lu 、 ^{186}Re 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{153}Sm	/	微量	微量	/	/	高活区工作场所及分 装柜等均设有废气收 集排放系统，通过管 道抽到楼顶，出风口 高出建筑屋顶，通风 柜风速设计不低于 0.5m/s，并设有活性 炭过滤装置，最终排 向大气。

表 6 评价依据

法规 文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过；2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委 员会第八次会议修订），2015 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日通过，自 2003 年 9 月 1 日起 施行；2018 年 12 月 29 日第二次修正）；</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六号）， 2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院 令第 253 号发布施行；2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令修订， 自 2017 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，（2005 年 9 月 14 日经国务 院令第 449 号公布，2014 年 7 月 29 日经国务院令第 653 号修改，2019 年 3 月 2 日经国务院令第 709 号修改）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日经国家 环境保护总局令第 31 号公布，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改；2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保 护部令第 18 号），自 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号），自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《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》 （国家环保总局，环发[2006]145 号）；</p> <p>(11) 《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>(12) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号），2017 年 11 月 20 日；</p> <p>(13) 关于发布《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》的公告（生 态环境部公告 2018 年第 9 号），2018 年 5 月 15 日；</p>
----------	--

	<p>(14) 《产业结构调整指导目录(2024年本)》(2023年12月27日国家发展改革委令第7号公布), 2024年2月1日起施行;</p> <p>(15) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告2019年第57号), 2020年1月1日起施行;</p> <p>(16) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告2021年第9号), 自2021年3月15日起施行;</p> <p>(17) 《广西壮族自治区环境保护条例》(2019年修订版), 2019年7月25日公布, 自2019年7月25日起施行;</p> <p>(18) 广西壮族自治区生态环境厅关于印发《广西壮族自治区建设项目环境影响评价文件分级审批管理办法(2022年修订版)》的通知(桂环规范(2022)9号)。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》, HJ 10.1-2016, 环境保护部;</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(5) 《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020);</p> <p>(6) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021);</p> <p>(7) 《放射性废物的分类》(环境保护部公告2017年第65号)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环评委托书, 见附件1;</p> <p>(2) 辐射安全许可证, 见附件2;</p> <p>(3) 现状监测报告, 见附件3;</p> <p>(4) 辐射安全与环境保护管理机构, 见附件4;</p> <p>(5) 放射事故应急预案, 见附件5;</p> <p>(6) 发改平台备案项目代码, 见附件6;</p> <p>(7) 核医学科废水排放检测报告, 见附件7;</p> <p>(8) 原核医学项目环评批复、验收批复, 见附件8;</p> <p>(9) 辐射工作人员个人剂量监测报告。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，参照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中关于报告书评价范围的相关规定，从偏保守考虑，确定以核医学科所在的 2 号楼边界为起点周围 50m 区域作为本项目的的评价范围，具体评价范围示意图见图 7-1。

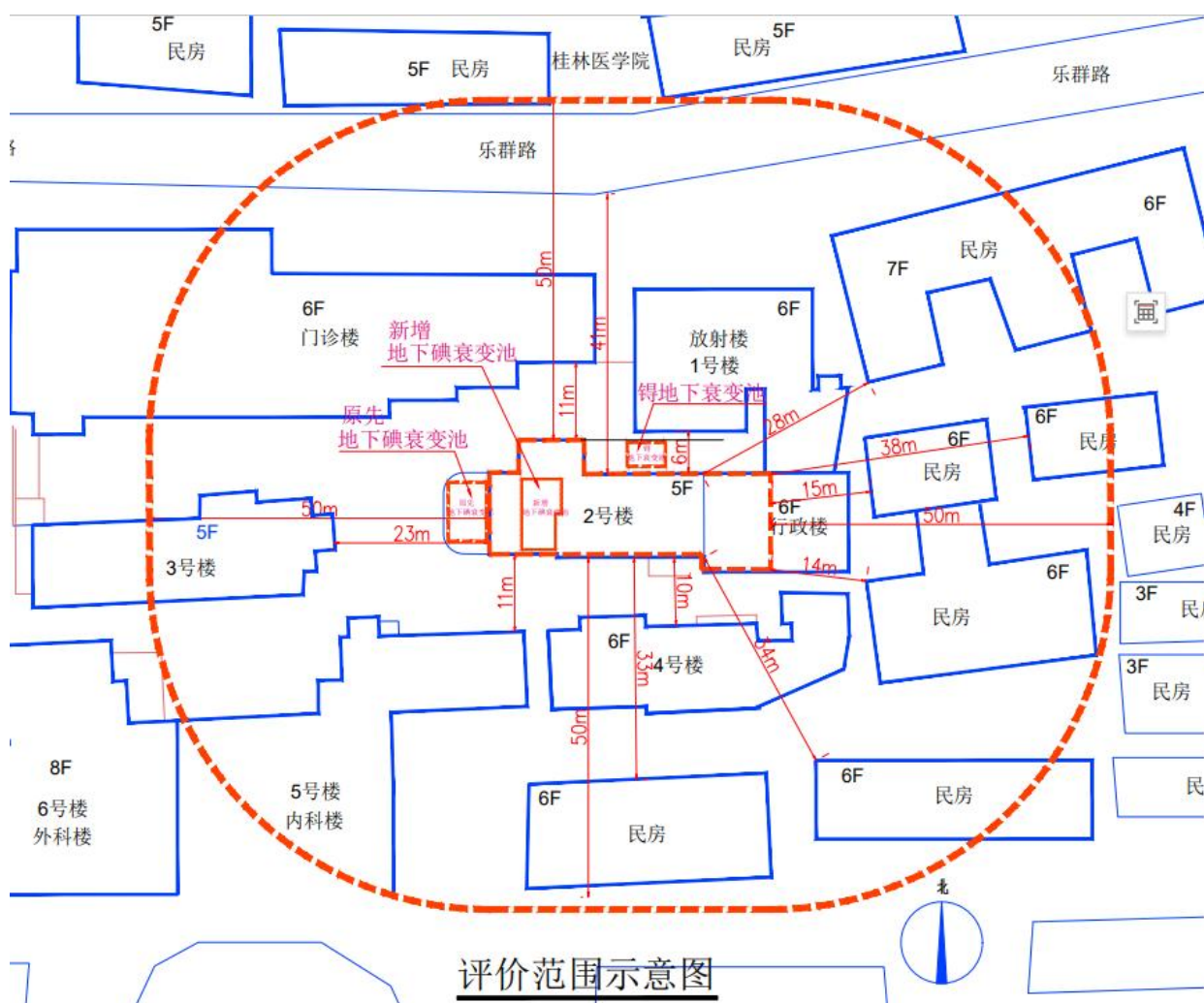


图 7-1 评价范围示意图

7.2 保护目标

环境保护目标为该医院核医学科辐射工作人员，评价范围内的其他非辐射工作人员和公众成员，使他们受到的辐射照射剂量低于各自的年剂量管理约束值。

本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

人员类型	保护对象	相对位置	与核医学病房楼距离 (m)	人员数量	年剂量管理约束值
职业人员	核医学科辐射工作人员	内部	--	15 人	5mSv/a
公众人员	肾内科工作人员	上方	同一栋楼	约 20 人	0.1mSv/a
	护送队办公室工作人员	下方	同一栋楼	约 10 人	
	行政楼工作人员	东侧	相邻	约 50 人	
	院外民房 (6F-7F)	东侧	约 24m	约 120 人	
	4 号楼消毒供应中心楼工作人员	南侧	约 10m	约 90 人	
	院外民房	南侧	约 33m	约 60 人	
	5 号楼内科楼工作人员	西北侧	约 11m	约 50 人	
	3 号楼妇儿楼工作人员	西侧	约 23m	约 100 人	
	1 号楼放射楼工作人员	北侧	约 6m	约 20 人	
	门诊楼工作人员	北侧	约 11m	约 150 人	
	评价范围内逗留或者经过的公众成员	核医学病房楼周围	50m 内	流动人群	

7.3 评价标准

1、年有效剂量限值及年剂量管理约束值要求

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)第 4.3.2.1 款关于剂量限制的规定：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。

该标准第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)，20mSv。

该标准中第 B1.2 款关于公众照射剂量限值的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

结合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“4.4.2 剂量约束值”的要求，本次评价项目年剂量管理约束值要求为：职业照射不超过 5mSv/a，公众照射不超过 0.1mSv/a。

2、辐射工作场所的分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对非密封源工作场所的分级规定：非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。标准第 C1 款，应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，具体见表 7-2。

表 7-2 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中第 6.2.1 款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。

3、工作场所辐射剂量率控制水平

按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求：

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 μ Sv/h。

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

4、非密封放射性物质工作表面沾污控制

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.2.3 款：工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B（标准的附录 B）B2 所规定的限制要求。根据其第 B2.1 款对工作场所的表面污染控制水平的相关规定，确定本评价项目核医学科正常运行时，辐射工作场所的放射性表面污染控制水平如表 7-3 所列。

表 7-3 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位：Bq/cm²

表 面 类 型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4 \times 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 \times 10 ⁻¹
¹⁾ 该区内的高污染子区除外。		

再根据 B2.2 工作场所的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 7-4 中所列设备类的控制水平的五分之一以下时即 0.08Bq/cm² 经主管部门确认同意后，可当作普通物品使用。

5、放射性三废的要求

(1) 放射性固体废物管理要求

按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求：

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/cm²、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm² 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 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、其他 α 发射体应小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

(2) 放射性废液管理要求

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 8.6.2 款规定：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 $10\text{ALI}_{\text{min}}$ (ALI_{min} 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 1ALI_{min} ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求：

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 GB 18871 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 $1\text{Bq}/\text{L}$ 、总 β 不大于 $10\text{Bq}/\text{L}$ 、碘-131 的放射性活度浓度不大于 $10\text{Bq}/\text{L}$ 。

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 GB 18871 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。

《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（国家核安全局，辐射函〔2023〕20 号，2023 年 9 月 11 日）的要求：

关于槽式衰变池中含碘-131 放射性废水排放。含碘-131 放射性废水可按照下列任意一种方式进行排放：

(一) 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 8.6.2 条规定，经监管部门确认

单次排入普通下水道的废水中碘-131 活度不超过 1ALlmin (9E+5 贝可), 每月排放的废水中碘-131 总活度不超过 10ALlmin(9E+6 贝可)。

(二)暂存 180 天后, 衰变池废水可以直接排放。

(三)暂存不满 180 天但监测结果表明碘-131 活度浓度已降至不高于 10 贝可/升水平, 也可直接排放医院应做好相关排放记录。

综上所述, 本项目放射性废水分两部分, 槽式衰变池中含碘-131 放射性废水执行“暂存 180 天后, 衰变池废水可以直接排放”, 推流衰变池中含镅-99m、碘-123、铟-111 等放射性废水执行“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”。

(3) 气态放射性废物的管理

按照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 的要求:

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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

桂林医学院附属医院乐群院区位于广西壮族自治区桂林市秀峰区乐群路 15 号，本项目核医学科场所在医院整体布局中部 2 号楼一楼（经纬度：东经 110°17'54.024"，北纬 25°17'15.782"）。医院地理位置见图 1-1，医院总平面图示意图见图 1-14。

8.2 环境现状评价的对象

环境现状评价的对象为医院2号楼一楼核医学科场所周围辐射环境现状。因本项目为核医学科扩建项目，现状监测方案中包含现有核医学科现状监测和本次扩建场所及周围的环境现状监测。

8.3 环境现状辐射监测

本项目场址周围环境现状辐射水平采用现场监测的方法进行调查，评价单位委托有资质监测机构对本项目拟建场址周围环境 γ 辐射剂量率水平进行监测，监测报告见附件3。

（1）监测目的

掌握该医院2024年度核医学科扩建放射性药品应用项目场址的辐射环境质量现状水平，为分析及预测项目运行时对职业人员、公众人员及周围环境的影响提供基础数据。

（2）监测因子

监测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率和 β 表面污染。

（3）监测点位布设

参考《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）有关布点原则“测量点位应依据测量目的布设”，结合项目场址以及四周建筑功能情况，主要在2号楼一层核医学科、负一层护送队和二层肾内科进行X- γ 辐射周围剂量当量率布点，其主要分布于核医学分装室（高活室）、核医学科注射室、核医学科服碘室及核医学SPECT/CT机房等处，因SPECT/CT机房、医生办公室及甲癌病房下方对应位置均为土层，因此无布点；本次监测共计布设71个X- γ 辐射周围剂量当量率测点；在分装室（高活室）地面等处布设12个 β 表面放射性污染测点。监测布点图具体见图8-1~图8-8。

（4）监测频次

监测一次，监测时间2024年7月29日。

（5）监测仪器与监测规范

监测仪器的参数与监测所依据的规范见表8-1。

表8-1 X-γ辐射测量仪参数与规范（一）

仪器名称	X-γ辐射测量仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E-10
出厂编号	43328+17810
生产厂家	Thermo 公司
能量响应	40keV~4.4MeV
测量范围	1nSv/h~100μSv/h
相对固有误差	7.4%（使用 ¹³⁷ Cs 辐射源）
工作环境	气温：-30℃~+50℃；相对湿度：10~95%，无冷凝
校准单位	湖南省电离辐射计量站
校准证书	hnjln2023278-665
有效时间	2023年12月06日~2024年12月05日
监测规范	(1) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） (2) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

表8-2 X-γ辐射测量仪参数与规范（二）

仪器名称	辐射剂量测量仪
仪器型号	AT1123
出厂编号	54699
生产厂家	ATOMTEX 公司
能量响应	25keV~3MeV
测量范围	50nSv/h~10Sv/h
工作环境	气温：-30℃~+50℃ 相对湿度：≤95%，无冷凝
校准单位	湖南省电离辐射计量站
校准证书	hnjlxz2023210-623
有效时间	2023年11月02日~2024年11月01日
监测规范	(1) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） (2) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

表8-2 表面污染仪参数与规范（二）

仪器名称	表面污染仪
仪器型号	CoMo-170
出厂编号	9719
生产厂家	NUVIA

表面发射率响应	α 表面发射率响应: 0.43 (^{241}Am) β 表面发射率响应: 0.60 (^{36}Cl)
灵敏窗面积	170cm ²
检定单位	湖南省电离辐射计量站
证书编号	hnjln2023256-629
有效时间	2023年11月06日~2024年11月05日
监测规范	《表面污染测定 第1部分: β 发射体 ($E_{\beta\text{max}} > 0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体》(GB/T 14056.1-2008)

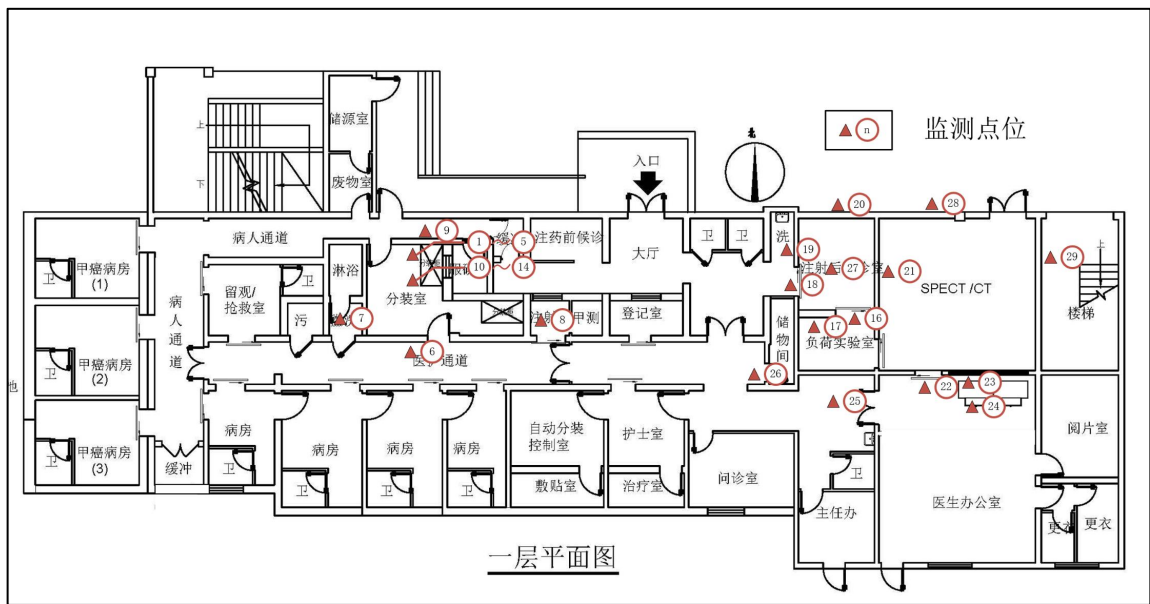


图 8-1 X- γ 辐射周围剂量当量率监测点位布设图一

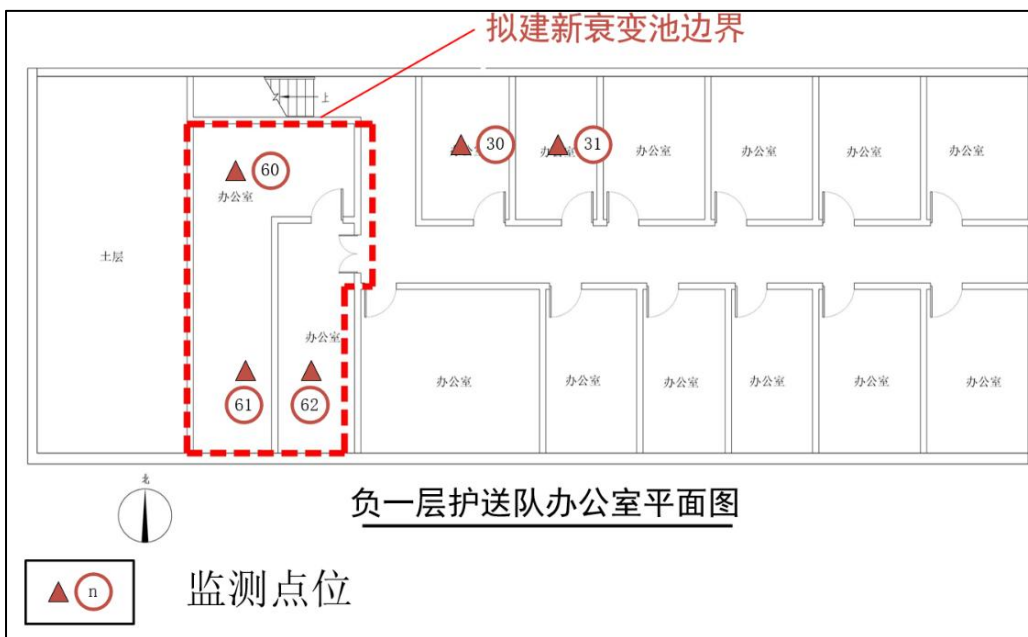


图 8-2 X-γ 辐射周围剂量当量率监测点位布设图二



图 8-3 X-γ 辐射周围剂量当量率监测点位布设图三

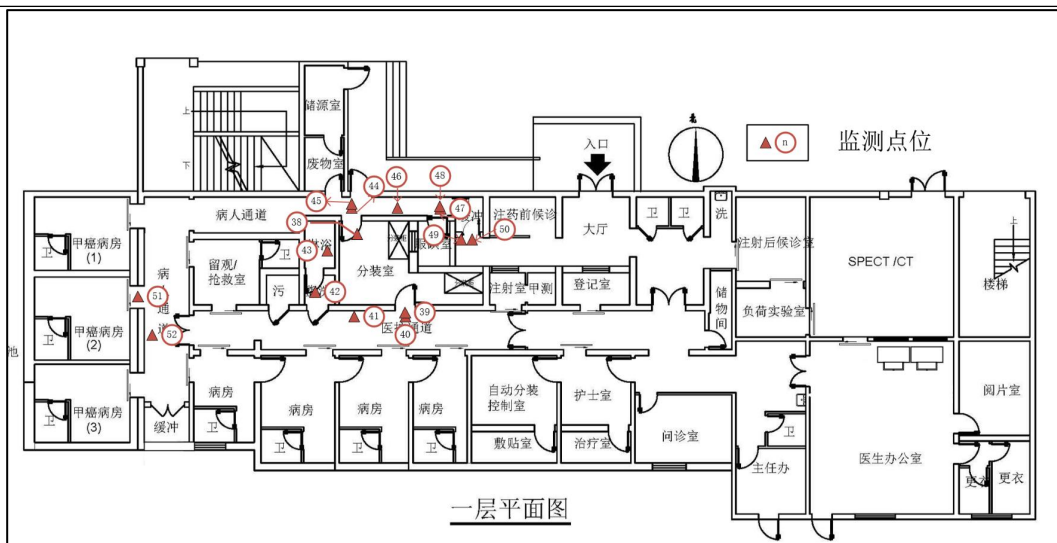


图 8-4 X-γ 辐射周围剂量当量率监测点位布设图四

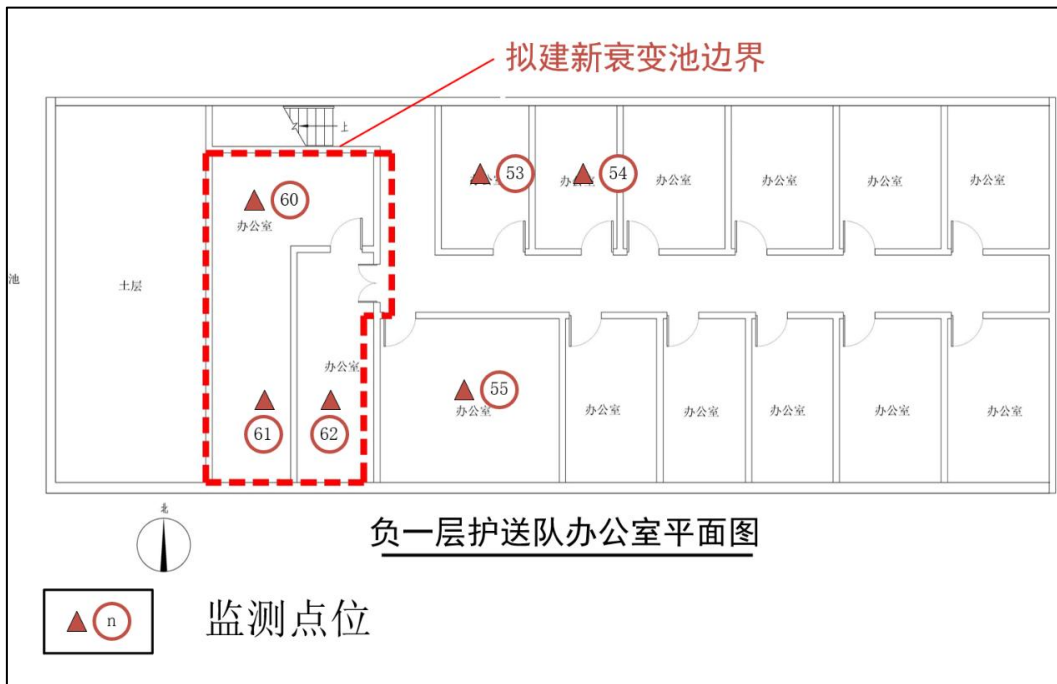


图 8-5 X-γ 辐射周围剂量当量率监测点位布设图五

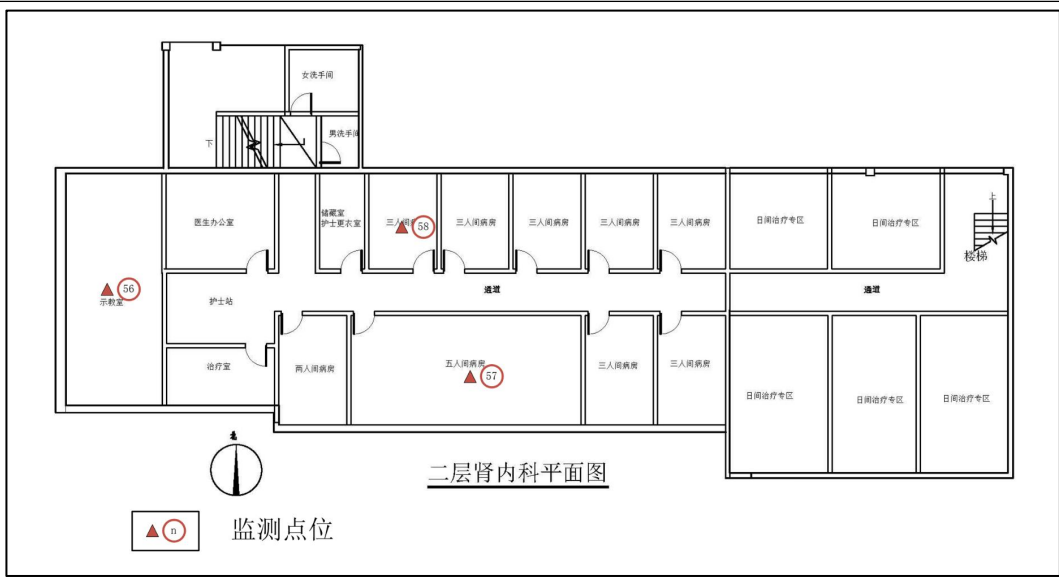


图 8-6 X-γ 辐射周围剂量当量率监测点位布设图六

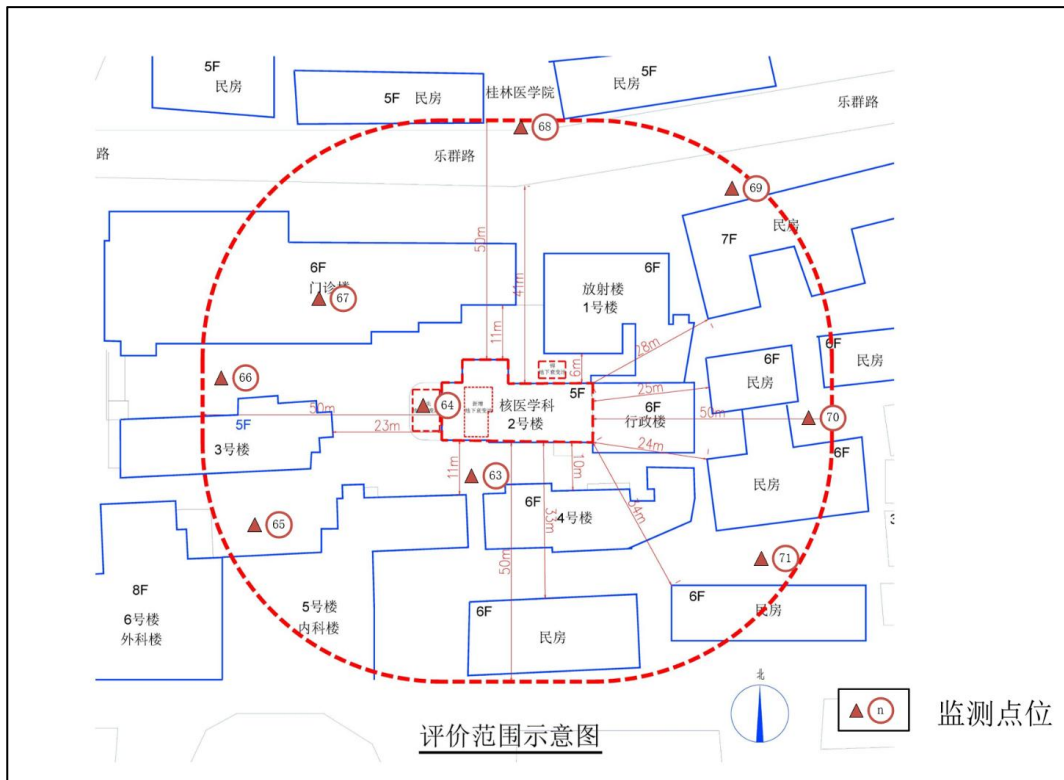


图 8-7 X-γ 辐射周围剂量当量率监测点位布设图七

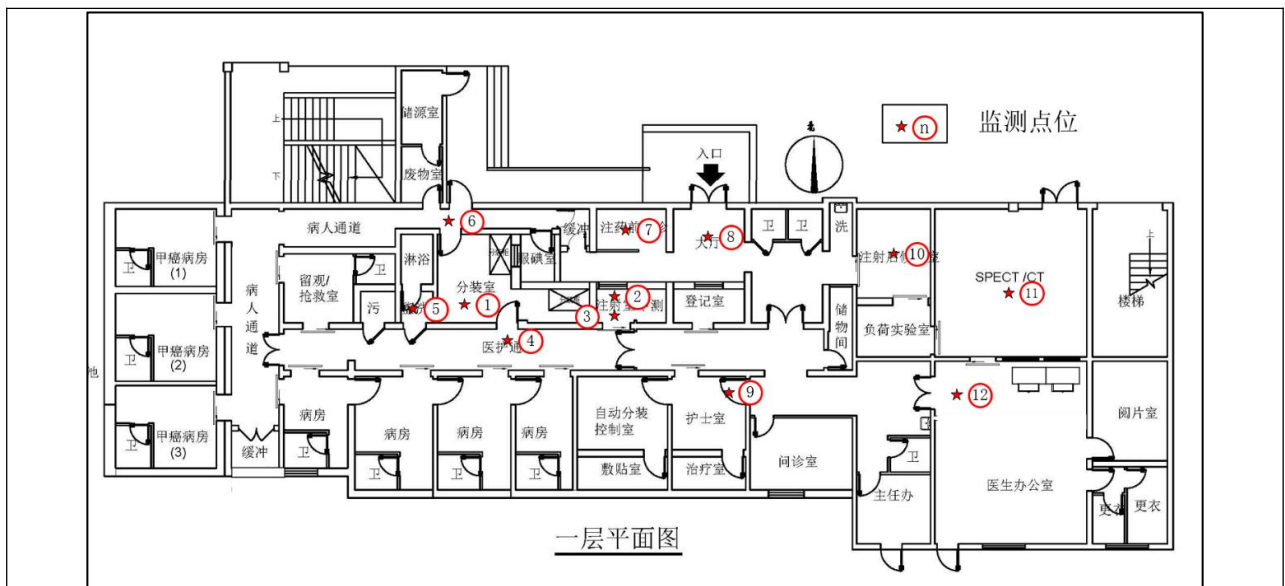


图 8-8 β 表面污染监测点位布设图

(6) 质量保证措施

- ①监测人员经考核合格并持有合格证书上岗
- ②监测前制定监测方案，合理布设监测点位，选择监测点位时充分考虑使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；
- ③监测所用仪器经国家法定计量检定部门检定合格，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；
- ④经常参加上级技术部门及同类单位组织的仪器比对；通过仪器的期间核查或绘制质量控制图等质控手段保证仪器设备的正常运行；
- ⑤监测实行全过程的质量控制，严格按照监测单位《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定实行；
- ⑥包括异常数据在内的所有监测结果按统计学要求进行处理；
- ⑦建立完整的现状监测资料档案，资料内容包括仪器的校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序及结果等，以备复查；
- ⑧监测报告严格按相关技术规范编制，报告编制人须为持监测上岗合格证人员、监测报告经审核，最后授权签字人签发，报告审核与签发人不能为同一人。

(7) 监测结果

监测单位于2024年7月29日对该项目开展现状监测，监测结果见表8-4。

表 8-4 项目拟建设场所 X-γ 辐射周围剂量当量率监测结果

核技术利用 项目名称	状态	测量 点号	点 位	X-γ辐射剂量率 (nSv/h)	备注
SPECT /CT 诊断	淋洗过程	1	分装柜左联左手操作位 (盖关)	472	控制区, 室内
		2	分装柜左联右手操作位 (盖关)	368	控制区, 室内
		3	分装柜左联铅窗表面 0.05m 处	493	控制区, 室内
		4	分装柜左联腹部位置	354	室控制, 区内
		5	分装柜左联下联表面 0.05m 处	498	控制区, 室内
		6	高活室南侧墙外 0.3m 处 (医务人员通道)	211	监督区, 室内
		7	高活室西侧墙外 0.3m 处 (盥洗室)	253	监督区, 室内
		8	高活室东侧墙外 0.3m 处 (注射室)	285	控制区, 室内
		9	高活室北侧墙外 0.3m 处 (患者通道)	331	控制区, 室内
SPECT /CT 诊断	分装过程 (分装出 15mCi)	10	分装柜右联左手操作位 (盖关)	297	控制区, 室内
		11	分装柜右联腹部位置	262	控制区, 室内
		12	分装柜右联铅窗表面 0.05m 处	302	控制区, 室内
		13	分装柜右联中间操作位	321	控制区, 室内
		14	分装柜右联右手操作位 (盖关)	271	控制区, 室内
	转移过程 (转移至注 射台)	15	铅盒表面 0.05m 处	1170	控制区, 室内
	注射过程	16	注射后候诊室南侧防护门外 0.3m 处	266	控制区, 室内
		17	注射后候诊室南侧墙外 0.3m 处	246	控制区, 室内
		18	注射后候诊室西侧防护门外 0.3m 处	275	控制区, 室内
		19	注射后候诊室西侧墙外 0.3m 处	258	控制区, 室内
		20	注射后候诊室北侧墙外 0.3m 处 (通 道)	245	监督区, 室外
		21	注射后候诊室东侧墙外 0.3m 处 (SPECT/CT 机房)	246	控制区, 室内
	扫描过程	22	控制室出入机房的防护门外 0.3m 处	270	监督区, 室内

	(ECT 机房)	23	控制室左侧铅玻璃观察窗外 0.3m 处	245	监督区, 室内	
		24	控制室操作位	287	监督区, 室内	
		25	机房西南侧走廊	308	监督区, 室内	
		26	储物间门口 (门关)	204	监督区, 室内	
		27	注射后候诊室	220	控制区, 室内	
		28	机房北侧墙外 0.3m 处 (通道)	204	监督区, 室外	
		29	机房东侧墙外 0.3m 处 (楼梯)	249	监督区, 室内	
	SPECT/CT 工作场所楼 下区域	30	负一层办公室 3 号 (沐浴室下方)	503	监督区, 室内	
		31	负一层办公室 4 号 (分装室下方)	130	监督区, 室内	
	SPECT/CT 工作场所楼 上区域	32	三人间病房 1 号 (分装室上方)	157	监督区, 室内	
		33	日间治疗专区 1 号 (机房上方)	176	监督区, 室内	
	¹³¹ I 甲亢与甲 癌治疗	运输货包	34	货包上表面 0.05m 处	7620	¹³¹ I 货包总活度 为 300mCi
			35	货包上方 0.3m 处	6360	
转移状态		36	铅罐上表面 0.05m 处	7610	控制区, 室内	
		37	铅罐上方 0.3m 处	4840	控制区, 室内	
贮存状态		38	自动分装仪旁铅屏风外 0.3m 处	1750	控制区, 室内	
		39	高活室南侧防护门表面 0.05m 处 (医务人员通道)	1730	监督区, 室内	
		40	高活室南侧防护门外 0.3m 处 (医务人员通道)	1640	监督区, 室内	
		41	高活室南侧墙外 0.3m 处 (医务人员通道)	241	监督区, 室内	
		42	高活室西侧墙外 0.3m 处 (盥洗间)	259	监督区, 室内	
		43	高活室西侧墙外 0.3m 处 (淋浴间)	205	监督区, 室内	
		44	高活室北侧防护门表面 0.05m 处 (住院患者通道)	362	控制区, 室内	
		45	高活室北侧防护门外 0.3m 处 (住院患者通道)	287	控制区, 室内	
		46	高活室北侧墙外 0.3m 处 (住院患者通道)	344	控制区, 室内	

	自动分装仪分装过程（分装出100mCi的药品）	47	服碘室北侧防护门表面 0.05m 处	408	控制区，室内	
		48	服碘室北侧防护门外 0.3m 处	403	控制区，室内	
		49	服碘室东侧墙表面 0.05m 处	391	控制区，室内	
		50	服碘室东侧墙外 0.3m 处	297	监督区，室内	
	住院病房（甲癌病房（2）：病人一名）	51	甲癌病房（2）东侧防护门外 0.3m 处（病人通道）	311	控制区，室内	
		52	甲癌病房（2）东侧墙外 0.3m 处（病人通道）	606		
	核素治疗工作场所楼下区域	53	负一层办公室 3 号（排水管道）	465	监督区，室内	
		54	负一层办公室 4 号（分装室下方）	122	监督区，室内	
		55	负一层办公室 5 号（甲亢病房下方）	136	监督区，室内	
	核素治疗工作场所楼上区域	56	肾内科示教室（甲癌病房上方）	181	监督区，室内	
		57	肾内科五人间病房（甲亢病房上方）	173	监督区，室内	
		58	肾内科三人间病房 1 号（分装室上方）	151	监督区，室内	
	/	区域环境本底	59	/	256	室内
	/	拟建衰变池区域	60	负一层办公室 1 号（拟建衰变池）	135	室内
61			负一层办公室 1 号（拟建衰变池）	136	室内	
62			负一层办公室 2 号（拟建衰变池）	135	室内	
/	核医学科外围	63	2 号楼南侧 10m 处道路	88.4	室外	
		64	2 号楼西侧花园（衰变池上方）	187	室外	
		65	2 号楼西南侧 50m 处道路	96.3	室外	
		66	2 号楼西侧 50m 处道路	88.1	室外	
		67	门诊楼一楼门诊大厅	124	室内	
		68	医学院出入口	86.8	室外	
		69	2 号楼东北侧 50m 处道路	132	室外	
		70	2 号楼东侧 50m 处道路	86.2	室外	
		71	2 号楼东南侧 50m 处道路	104	室外	

表 8-5 项目拟建设场所 β 表面污染监测结果

序号	点 位	β 表面污染 (单位: Bq/cm ²)
1	高活室地面	< 0.11
2	^{99m} Tc 注射台表面	< 0.11
3	注射室地面	< 0.11
4	高活室南侧走廊地面	< 0.11
5	盥洗室地面	< 0.11
6	高活室北侧走廊地面	< 0.11
7	注药前候诊室地面	< 0.11
8	核医学科门口大厅地面	< 0.11
9	护士室地面	< 0.11
10	注射后候诊室地面	< 0.11
11	扫描室机房地面	< 0.11
12	控制室地面	< 0.11

由监测点59-71监测结果可知,项目拟建场所及周围区域环境本底监测中室内测点测值范围为124~256nGy/h,室外地面测点 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为86.2~187nGy/h,根据《中国环境天然放射性水平》可知,广西原野 γ 辐射空气吸收剂量率在10.7~238.7nGy/h范围(扣除宇宙射线响应值),室内 γ 辐射剂量率范围在11.0~304.3nGy/h内(扣除宇宙射线响应值)。由8-5监测结果可知,本项目场所 β 表面污染< 0.11Bq/cm²,低于检测限。因此,本项目建设场址各监测点位环境本底 γ 辐射空气吸收剂量率仍然在其范围内, β 表面污染低于检测限,辐射环境质量状况未见异常。

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 项目基本情况、组成与工作方式

本次环评核医学科扩建放射性药品应用项目规模为：在现有核医学新增核素 ^{123}I 、 ^{111}In 、 ^{177}Lu 、 ^{186}Re 、 ^{223}Ra 和 ^{225}Ac ，增加后仍属于乙级非密封放射性工作场所。

以上项目将在医院持有《辐射安全许可证》及《放射药品使用许可证》并经审管部门批准使用相应放射药品后实施。以上放射药品直接从放射药品生产厂家订购，由生产厂家发货至医院。订购为核素的单支成品药物，不开展分装。

项目工作方式：本项目新增核素 ^{123}I 、 ^{111}In 依托医院核医学科现有 SPECT/CT 进行显像检查，核素药品的测活、注射均由核医学科专职医护人员负责，在分装室、注射室完成。测活后的药品转移至注射台的过程中有钨合金注射防护套屏蔽，在一体式全屏蔽铅注射防护窗屏蔽下注射。新增核素 ^{177}Lu 依托核医学科病房治疗区相关功能用房开展治疗工作，上述已分装好的核素药品由生产厂家送至核医学科储源室暂存，在甲癌病房充分水化后，通过滴注注射，全程由核医学科专职辐射工作人员负责。

9.1.2 ^{123}I 、 ^{111}In 显像

(1) 工作原理

本项目计划使用放射性核素 ^{123}I 和 ^{111}In 依托现有 SPECT/CT 诊断，所使用的核素均为外购单支成品药物。工作人员根据临床诊断所需药物的使用量、预约检查的人数，提前一天向供药单位订购放射性药物，供药单位在约定的时间，将预约用量的药物以单支成品药物送至核医学科核素诊断治疗场所，核医学科安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续后暂存在储源室。

SPECT 是一种利用放射性核素的检查方法。SPECT 其使用放射性核素进行诊断的基本原理是：受检者注射含放射性核素的药物，放射性核素在特定的器官或组织发射出 γ 射线，穿过组织器官后到达 SPECT 探测器。SPECT 使用低能准直器对 γ 射线进行准直，通过闪烁体将 γ 射线能力转换为光信号，再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大，得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小，再利用计算机从投影求解断层图形。其主要的功能特点是：除了显示脏器形态结构外，更重要的是可观察到脏器血流灌注、功能和代谢的变化。临床主要应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺

显像、肾动态显像等。SPECT/CT 主要由三部分组成，即探头、旋转运动机架、计算机及其辅助设备。探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路组成。SPECT/CT 自身带有一个 CT 球管，在 SPECT 核素扫描的基础上，可以同时获得 CT 解剖图像，从而更有利于对疾病作出全面、准确的判断。

(2) 工作流程

①根据医生指导意见，需要接受全身或脏器显像检查的人员提前预约登记，确定用药量，项目所需要放射性药物委托供药单位配送；

②受检者按约定时间在给药前候诊区准备和等候；

③准备好的受检者经过专用通道进入注射区，注射医务人员穿戴好个人防护用品从贮药铅罐内用套有钨合金注射防护套的一次性注射器汲取计划的药量，在注射台前为受检者注射药物，注射时间平均约 30s/人次；

④注射了放射性药物的受检者进入注射后候检区候诊进行检查前的准备；

⑤注射药物的受检者从注射后候检区直接进入 SPECT/CT 机房检查，当受检者依从性不好或者身体状况不佳时，医技人员需要进入机房内伺候受检者摆位，该部分受检者数量占比保守按 50%计算，摆位时间平均约 2 分钟/人次；扫描时，医技人员在控制室隔室操作。

⑥检查完成后，受检者离开 SPECT/CT 机房。

SPECT/CT 扫描工作流程及排污环节示意图 9-1。

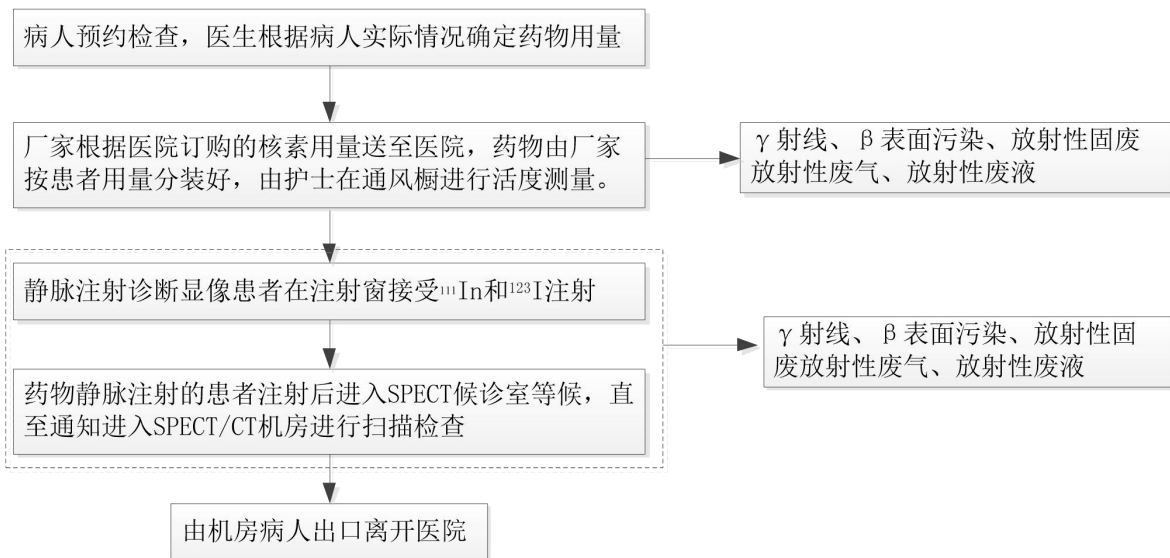


图 9-1 SPECT/CT 扫描工作流程及排污环节示意图

因此，SPECT/CT 诊断项目污染因子是： γ 射线、 β 表面污染、放射性废液、放射性废气和放射性固废。

9.1.3 ^{177}Lu 肿瘤治疗项目

(1) 工作原理

^{177}Lu 放射性药物主要用于缓解前列腺癌等晚期恶性肿瘤骨转移所致骨痛，用于治疗肿瘤转移的放射性药物都是趋骨性的，骨组织代谢活跃的部分浓聚更多的放射性药物。骨肿瘤病灶部位由于骨组织受到破坏，成骨细胞的修复作用极其活跃，所以浓聚大量的放射性药物。由于不是肿瘤细胞直接浓聚放射性药物，是肿瘤部位骨组织代谢活跃形成的放射性药物浓聚，因此是一种间接的浓聚机制。骨肿瘤病灶浓聚的放射性药物靶/非靶比值很高，非密封放射性物质衰变过程中发射 β 射线，辐射作用引起肿瘤组织内毛细血管扩张、水肿，细胞结构不清；染色体淡或固缩，炎细胞浸润；进一步肿瘤细胞核消失或空泡形成，坏死或纤维化形成，从而治疗骨肿瘤。

(2) 工作流程和产污环节

^{177}Lu 由医院根据临床诊断所需用量、患者预约情况等确定用量，并提前向药物供货商订药，由药物供货商负责药物运输至核医学科治疗场所碘药物传递间内，药物当日用完，不贮存。本项目所使用的 ^{177}Lu 核素为外购单支成品药物，无需分装（特殊情况使用分装柜进行按需分装），给药前由护士用小推车运送至核素病房，滴定时患者位于治疗场所单人病房内， ^{177}Lu 药物位于铅罐内，且外罩有有机玻璃盒。滴定时长约为 1-3h，完成后住院留观 3-5 天，若无异常，次日一早即可离开核医学科。因标准规范中无 ^{177}Lu 核素治疗相关出院标准，与 ^{131}I 相比， ^{177}Lu 半衰期短且发射的 γ 射线能量低，因此本评价建议 ^{177}Lu 核素治疗项目患者出院标准参照甲癌住院项目执行，即体内放射性活度降低至 400MBq（距患者 1m 处的辐射剂量率低于 25 $\mu\text{Sv/h}$ ）可出院。

需要指出的是：因使用 ^{177}Lu 核素患者较少，医院需根据甲癌患者住院情况提前制定治疗方案，使 ^{177}Lu 患者与甲癌患者住院不发生冲突；单独甲癌治疗全年规划人数最多为 500 人次，单独 ^{177}Lu 治疗全年规划人数最多为 100 人次，由于该 2 个项目治疗共用住院病房，即甲癌治疗及 ^{177}Lu 治疗人次全年共计不得超过 500 人次。

^{177}Lu 患者注射后注射器、棉签及手套均按规定以放射性废物丢指定的放射性废物衰变桶中； ^{177}Lu 患者住院期间的排泄物等放射性废水收集至碘衰变池衰变达标后排入医院

污水处理站； ^{177}Lu 药物注射操作过程，持续发射的射线，会对周围产生外照射影响。医院通过预约治疗安排治疗患者在预定时间内进行注射治疗，通过时间错峰安排使得在治疗期间无甲亢、甲癌等其他治疗操作，避免造成相互交叉污染和影响。

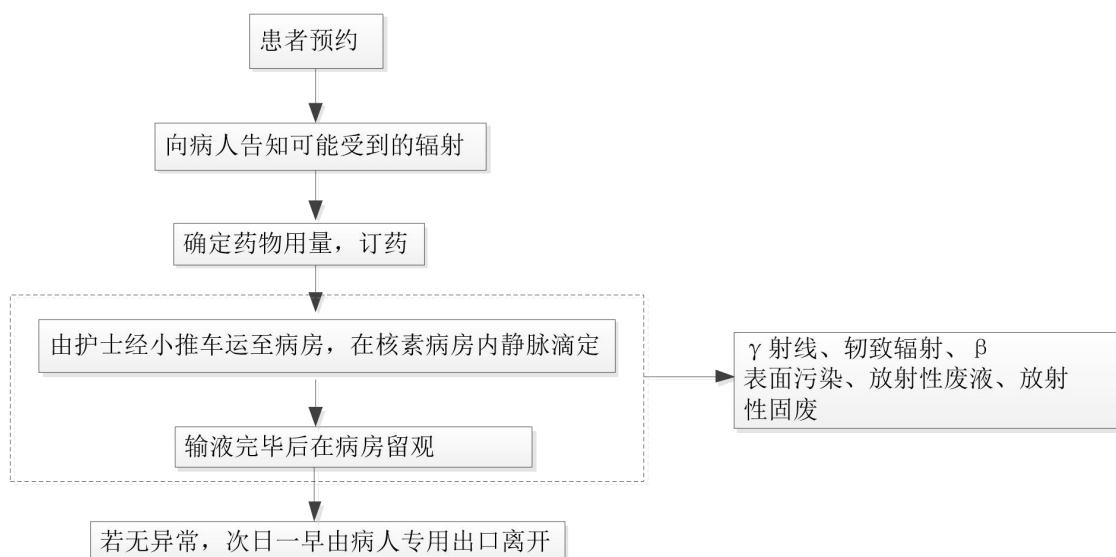


图 9-2 ^{177}Lu 工作流程及排污环节示意图

9.1.4 ^{186}Re 、 ^{223}Ra 和 ^{225}Ac 肿瘤治疗项目

(1) 工作原理

^{186}Re : ^{186}Re 为 β 治疗核素，通过高度选择性聚集在病变部位的放射性核素所发射出的射程很短的 β 射线粒子，对病变进行集中照射，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，其有效射程很短，因而邻近正常组织和全身辐射吸收剂量很低，从而达到止痛和破坏肿瘤的目的。

^{225}Ac : ^{225}Ac 为 α 治疗核素，半衰期为 10 天。主要发射 α 辐射，具有较 β 射线更高的传能线密度，可以直接损伤细胞的 DNA，具有极强的细胞杀伤能力，其在组织中的穿透距离为 50-90 μm ，是细胞直径的尺度，在镅 ^{225}Ac 的衰变过程中，可以高效地释放 α 射线，可对周围病变细胞造成电离辐射，进而抑制病变细胞的生长甚至杀死病变细胞。 ^{225}Ac 根据不同载体治疗不同类型肿瘤，如用于前列腺癌、神经内分泌、肾上腺或肾上腺外的嗜铬组织肿瘤等。

^{223}Ra : ^{223}Ra 为 α 治疗核素，用于肿瘤骨转移治疗。其原理是利用放射性核素参与人体代谢高浓度聚集在特定组织内，其发射的 α 射线可对周围病变细胞造成电离辐射，进而抑制病变细胞的生长甚至杀死病变细胞。

(2) 工作流程和产污环节

根据医院提供的资料，患者需提前预约治疗。所使用的核素为外购单支成品药物，用于治疗的药物由工作人员在分装柜内测量活度后直接在分装注射室的铅屏蔽窗的屏蔽下为病人注射，每份用于治疗放射性液体由供药商事先分装，预约病人后按约定用量和时间发货，治疗时不需再分装。骨癌治疗患者与 SPECT 诊断患者共用注射台，在分装注射室注射窗口对患者进行注射治疗后，如无异常情况，参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）附录 B.1 患者出院的体内放射性核素活度要求可知，本项目患者给药量远低于表 B.1 中各放射治疗患者出院时体内放射性核素活度的要求，患者可从病人出口离开医院，无需住院。

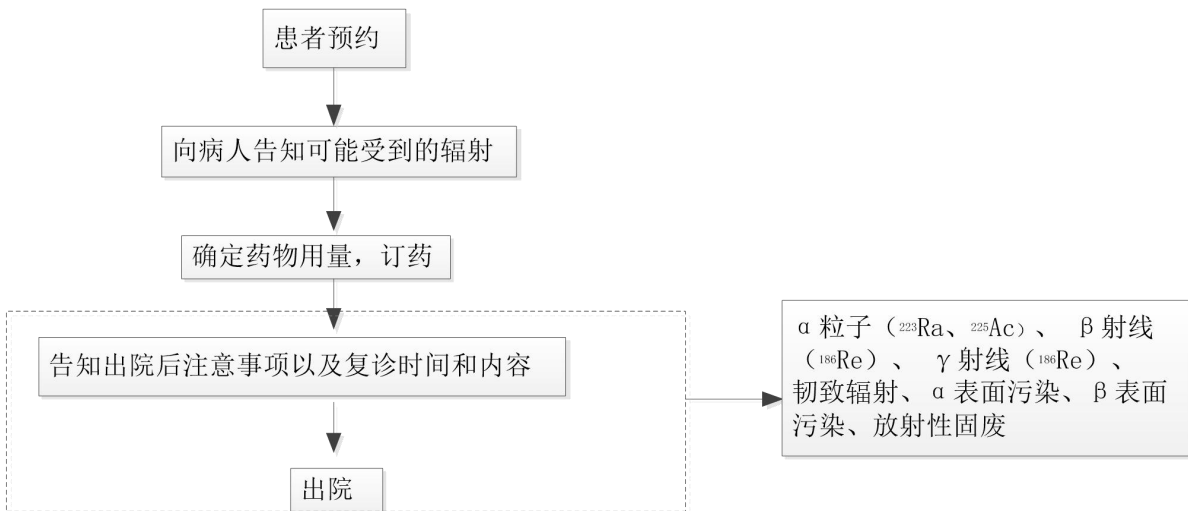


图 9-3 肿瘤治疗项目工作流程及排污环节示意图

9.1.5 核医学科现状

现有核医学科已按原批复的环评文件建设、已通过竣工环保验收并投入使用，已开展内容包括：使用非密封放射性物质^{99m}Tc进行SPECT/CT显像诊断，使用非密封放射性物质¹³¹I进行甲状腺功能测定和甲状腺疾病（甲癌和甲亢）治疗，使用非密封放射性物质⁸⁹Sr、¹⁵³Sm进行骨转移癌治疗，使用非密封放射性物质³²P和2枚放射源⁹⁰Sr（⁹⁰Y）用于敷贴治疗，和¹²⁵I籽粒植入项目。

(1) ^{99m}Tc的SPECT/CT显像诊断

受检者注射放射性核素^{99m}Tc的药物，放射性核素在特定的器官或组织发射出γ射线，穿过组织器官后到达SPECT探测器。SPECT使用低能准直器对γ射线进行准直，通

过闪烁体将 γ 射线能力转换为光信号，再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大，得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小，再利用计算机从投影求解断层图形。其主要的功能特点是：除了显示脏器形态结构外，更重要的是可观察到脏器血流灌注、功能和代谢的变化。临床主要应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺显像、肺显像、肾动态显像等。

(2) ^{131}I 的甲状腺功能测定和甲癌及甲亢治疗

甲测：甲状腺吸碘功能测定简称为甲测。碘是甲状腺合成甲状腺激素的原料之一，放射性的 ^{131}I 也能被摄取并参与甲状腺激素的合成，其被摄取量和速度与甲状腺功能密切相关。将 ^{131}I 引入受检者体内，利用体外探测仪器测定甲状腺部位放射性计数的变化，可以了解 ^{131}I 被甲状腺摄取的情况，从而判断甲状腺的功能。

甲亢：甲状腺具有高度选择性摄取 ^{131}I 的能力，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多，可高达血浆的几百倍，且在甲状腺内停留的时间较长，有效半衰期可达7.6天。在患者服用 ^{131}I 后，90%以上的 ^{131}I 都会聚集到患者的甲状腺，其余的 ^{131}I 随代谢排出体外。 ^{131}I 衰变为 ^{131}Xe 时放射出95%的 β 射线，该射线能量低，在甲状腺内的平均射程仅有0.5mm，一般不会造成甲状腺周围组织例如甲状旁腺、喉返神经等的辐射损伤。因此， ^{131}I 治疗可使部分甲状腺组织受到 β 射线的集中照射，使部分甲状腺细胞发炎症、萎缩、直至功能丧失，从而减少甲状腺激素的分泌，使亢进的功能恢复正常，达到治疗的目的。

甲癌：放射性核素 ^{131}I 可以高度选择性聚集在分化型甲状腺癌及转移灶， ^{131}I 衰变时发射出射程很短的 β 射线和能量跃迁时发出的 γ 射线，从而对病变组织进行内照射治疗，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，而邻近的正常组织吸收剂量很低，从而达到治疗目的。

(3) ^{89}Sr 和 ^{153}Sm 的骨转移癌治疗

静脉注射放射性药物 ^{89}Sr 和 ^{153}Sm ，通过高度选择性聚集在病变部位的放射性核素所发射出的射程很短的 β 射线，对病变进行集中照射，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，其有效射程很短，因而邻近正常组织和全身辐射吸收剂量很低，从而达到止痛和破坏肿瘤的目的。

(4) 敷贴治疗项目

当患者患有血管瘤、痣、疤痕疙瘩、酒渣鼻、毛细血管扩张、神经性皮炎、局限性

慢性湿疹、局限性皮肤瘙痒和某些皮肤癌等症时，通过非密封放射性物质或放射源的敷贴照射，让敷贴充分接近病变皮肤，通过核素在衰变过程中释放的纯 β 射线，作用于增生组织细胞，可以降低细胞分裂速度，延长核分裂周期，闭塞毛细血管及止痒和镇痛等作用而达到诊疗目的。

本项目使用的非密封放射性物质 ^{32}P 和2枚放射源 ^{90}Sr (^{90}Y) 衰变时释放 β 射线， β 射线在人体组织内的射程仅有几毫米，通过 β 射线对病变部位的电离辐射生物效应，可达到治疗的目的，并且减少对其它组织的损伤。

(5) ^{125}I 籽粒植入项目

^{125}I 籽粒植入是治疗恶性肿瘤的一种微创治疗方法，属于近距离内放射治疗。将放射性 ^{125}I 籽粒在术中或者CT、B超引导下，根据三维立体治疗计划，将 ^{125}I 籽粒准备植入肿瘤或受肿瘤侵犯的组织中，通过持续放出的低能量的 γ 射线不断作用于肿瘤，使肿瘤细胞或射线被抑制或者杀灭，使肿瘤得到最为有效的控制，到达良好的治疗效果。

9.1.6 人流及物流的路径规划

(1) 工作人员路线

工作人员主要分负责操作 SPECT/CT 设备的医技人员及负责药品分装、注射等操作的医护人员， ^{131}I 药品的分装采取远程控制自动分装，控制台设在核医学科南侧自动分装控制室。如图 9-4 中绿色线路所示，医技人员从核医学科南侧医护出入口进入 SPECT/CT 操作间（控制室），因给待检人员摆位需要由操作间出入 SPECT/CT 机房。图 9-4 中蓝色线路所示，医护人员从核医学科南侧医护出入口经过医生办公室进入医护走廊，然后分别通过病房治疗区和显像诊断区卫生通过间进入相应分装室进行分装前期准备，病房治疗区医护人员结束后通过卫生通过间出去到电控室进行操作，显像诊断区医护人员将分装后的药品转移至注射窗口，给待检人员注射，结束后通过卫生通过间出去。医护人员操作非密封放射性物质前，拟穿戴防护用品，工作结束经检测表面污染合格后，方能回到低活区。

(2) 原甲亢患者的进出路线

如图 9-4 中红色线路，患者在北侧患者入口进入候诊大厅等候，叫号后从北侧入口门禁进入病人通道，前往服碘室进行服药，用药后如没有不适则从西南侧患者出口离开，用药后如有不适则进入留观/抢救室处理，然后再从患者出口离开。

(3) 原甲癌/新增 ^{177}Lu 患者的进出路线

如图 9-4 中紫色路线所示，患者在北侧患者入口进入候诊大厅等候，叫号后从北侧入口门禁进入病人通道，原甲癌患者前往服碘室进行服药后进入相应的甲癌住院病房（病房区有门禁控制）， ^{177}Lu 治疗患者进入指定的病房进行滴注注射，住院一段时间满足出院标准后可通过患者出口离开。

(4) ^{186}Re 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{123}I 和 ^{111}In 患者的进出路线

如图 9-4 中蓝色路线所示，受检者在候诊大厅候诊，叫号后从大厅东侧入口门禁进入，前往注射室接受注射，注射后进入注射后候诊室等待，等待相应时间后经负荷实验室进入 SPECT/CT 扫描机房检查，检查完毕后从 SPECT/CT 北侧病人出口离开。

(5) 药物路线

如图 9-4 中橙色线路所示，供药单位将药物从核医学科北侧储源室进入，经废物间，通过走廊进入病房治疗区分装室；显像诊断区药物从储源室进入，经废物间，通过走廊、候诊大厅进入显像诊断区分装室，一般情况下直接放于分装柜内，如有必要暂存于储源室。特别要指出的是，药品的进入时间应控制在非开诊时段，如每天开诊前，确保路途中无人员逗留，避免对人员造成不必要的照射。

(6) 放射性固体废物路线

如图 9-4 黄色路线所示，病房、分装室、注射室设置有脚踏式放射性废物收集桶，项目运行过程产生的可能沾有放射性物质的一次性手套、注射器等固体废物，经收集后定期送至废物间暂存衰变，待其所含放射性核素活度衰变至低于相应核素在 GB 18871-2002 清洁解控水平推荐限值及 HJ 1188-2021 第 7.2.3.1 款要求后，按一般医疗废物处理。

9.2 污染源项描述

9.2.1 性能参数

本项目中使用的放射性同位素性能参数见表 9-1。

表 9-1 本项目使用的放射性同位素性能参数

核素	毒性	形态	半衰期	衰变方式（分支比）	最大粒子能量（MeV）	最大 γ 射线能量（MeV）	周围剂量当量率常数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}\cdot\text{h}^{-1}$)
----	----	----	-----	-----------	-------------	-----------------------	---

¹²³ I	低毒	液态	13.2h	EC (~100) β+ (<0.01)	/	0.159	0.061
¹¹¹ In	中毒	液态	67h	EC (100)	/	0.245	0.0893
¹⁷⁷ Lu	中毒	液态	6.71d	β- (100)	0.2058	0.208	0.00517
¹⁸⁶ Re	中毒	液态	3.72d	β- (100)	1.07	0.137	0.0069
²²³ Ra	极毒	液态	11.44d	α (100)	5.67	0.241	0.0265
²²⁵ Ac	极毒	液态	10.0d	α (100)	5.830	0.099	0.00583

9.2.2 辐射源项分析

9.2.2.1 正常工况

1、辐射

(1) γ射线、β射线、韧致辐射和α粒子

在放射性药物操作，病人注射后候诊、扫描及留观等过程中产生的γ射线、β射线、韧致辐射和α粒子。

(2) α表面污染、β表面污染

放射性药物在分装、注射等活动过程中，可能会引起工作台、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成放射性表面污染。

2、放射性固体废物

主要是放射性药物操作使用过程中沾染放射性药物的固体废物，包括一次性注射器、棉签、手套、更换下来的废活性炭等。

参照同类项目实际情况，医院门诊每人每天预计产生一次性注射器、口罩、手套以及擦拭废物等0.05kg计，本项目新增诊断病人数量为1750人/年(¹⁷⁷Lu治疗患者除外)，则核医学科诊断项目放射性固体废物年产生量为87.5kg；医院住院病人按照每人每天0.5kg产生量进行估算，¹⁷⁷Lu治疗患者均按照最长住院时间5天计，年住院人次为100人次，则¹⁷⁷Lu治疗患者放射性固体废物年产生量为250kg。每年更换下来的废活性炭约20kg。因此，本项目每年预计新增上述含放射性固体废物357.5kg。

核医学科原有放射性固体废物产生情况：根据医院提供资料，目前每天门诊诊断病人约10人，放射性固体废物年产生量约为125kg；¹³¹I住院治疗患者每周3人，均按照最长住院时间5天计，年住院人次为150人，¹³¹I住院治疗患者放射性固体废物年产生

量约为 375kg。每年更换下来的废活性炭约 20kg。现有核医学科每年产生放射性固体废物约 520kg。

综上，本项目实施后核医学科总的放射性固体废物产生量为每年 877.5kg。

3、放射性废水

项目药品按需采购，原则上当天用完，不存在废弃放射性液体。项目放射性废水主要为患者注射放射性药物后产生的排泄物及冲洗水等含有放射性核素的废水，工作人员完成放射性药物操作后清洗去污的废水。

核医学科原有放射性废水产生情况：根据医院提供资料，骨转移癌治疗患者和甲亢治疗患者注射后和敷贴治疗患者治疗后，均立刻离开核医学场所，因此以上患者均不产生放射性废液。目前 ^{99m}Tc 的 SPECT/CT 显像诊断病人每天最多 8 人，SPECT/CT 门诊诊断病人每例每天因排泄及清洗等排水量 10L，则每年预计产生含放射性废水量 70m^3 ，项目场所相关清洁用水每天排放 100L 即 0.1m^3 ； ^{131}I 住院治疗患者每周 3 人，均按照最长住院时间 5 天计， ^{131}I 住院治疗患者放射性废水年产生量约为 112.5m^3 。

本项目肿瘤治疗项目门诊患者注射后立刻离开核医学场所，因此以上患者均不产生放射性废液。SPECT/CT 检查项目每天 4 人次，年工作时间按 250 个工作日计，SPECT/CT 场所每年预计产生含放射性废水量 10m^3 。 ^{177}Lu 治疗患者均按照最长住院时间 5 天计，住院患者每人每天用水定额取 150L， ^{177}Lu 治疗患者 500 人/年， ^{177}Lu 治疗患者每年预计产生放射性废水量 75m^3 。

因此，本项目建成运行后，核医学科显像诊断区每年产生放射性废水 105m^3 ，病房治疗区每年产生放射性废水 112.5m^3 。

项目放射性废水影响评价详见 10.6 章节。

4、放射性废气

放射性药物在分装过程中因裸露会发生微量挥发，进而形成微量气态放射性物质。本项目工作场所拟设置良好的通风，工作场所的气流流向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。分装柜设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭过滤装置。放射性废气在经高效活性炭过滤吸附装置过滤后，在高于屋顶处排放。

9.2.2.2 非正常工况

(1) 由于管理不善，放射性药物的被盗、丢失。

(2) 在转移过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄漏，造成台面、地面辐射污染。

(3) 注射时意外泄漏，造成台面、地面辐射污染。

(4) 工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。

(5) 放射性固体废物未达到解控水平或排放标准即进行处理。

9.3 劳动定员及工作分配情况

本项目不新增辐射工作人员，本次项目投入使用后，将依托现有核医学科的辐射工作人员进行诊疗工作，辐射工作人员不兼岗，年工作日 250 天。项目工作人员分配情况见表 9-2。

表 9-2 项目工作人员分配情况

序号	项目	操作工序	操作时间	人员配置
1	SPECT/CT 检查项目			
	锝分装室	药品测活、转移	30s/人次	2 人一组轮岗，共 2 组
	锝分装室	注射	30s/人次	
	SPECT/CT 机房	机房内摆位	2min/人次	2 人一组轮岗，共 2 组
控制室内操作		20min/人次		
2	核素治疗项目			
	碘分装室	药品转移	30 秒/次	2 人一组轮岗，共 2 组
		给患者注射药物	30 秒/次	

注：按 50%数量的受检者需要摆位。

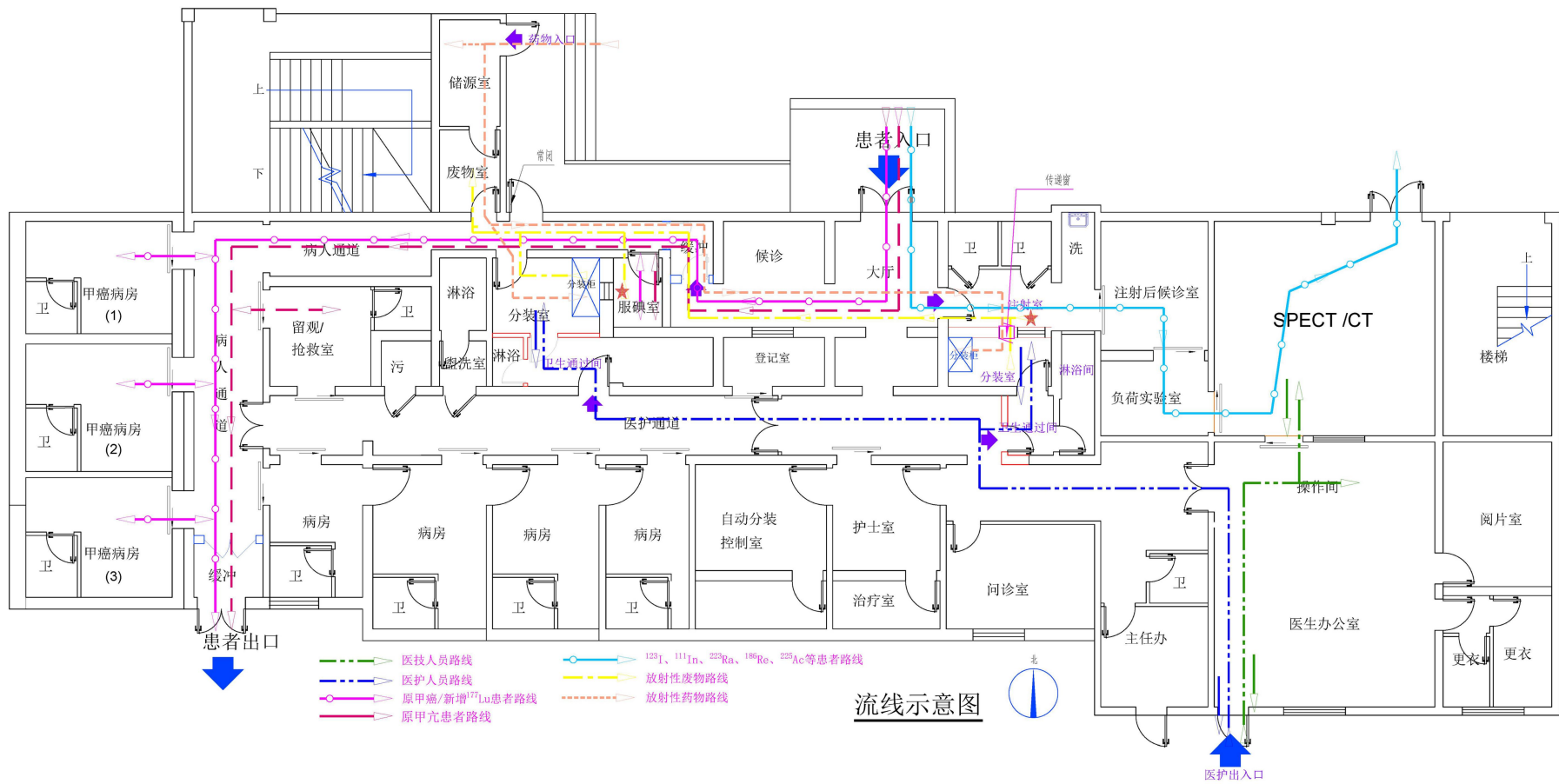


图 9-4 人流及物流的路径规划示意图

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 评价规模

拟对 2 号楼一层现有核医学域平面布局优化改造并新增使用放射性药品 ^{123}I 、 ^{111}In 、 ^{177}Lu 、 ^{186}Re 、 ^{223}Ra 和 ^{225}Ac ，该场所调整改造和新增核素的种类和数量后仍属于乙级非密封放射性物质工作场所。

10.1.2 辐射工作场所布局

本项目为扩建项目，依托现有核医学科场所开展工作，现有核医学应用项目场所涉及辐射操作的主要业务用房自东往西有：西侧为病房治疗区：依次有病房区卫生通过间、病房区分装室、病房区淋浴间、服碘室、废物间、储源室、病人通道、留观/抢救室、甲癌病房 1 含卫、甲癌病房 2 含卫、甲癌病房含卫等；东侧为显像诊断区：依次有显像区卫生通过间、显像区分装室、显像区淋浴间、注射室、专用卫生间、注射后候诊室、负荷实验室、SPECT/CT 机房。此外还有配套业务用房：候诊大厅、登记室、缓冲区、操作间（控制室）、医护通道、办公室、阅片室、更衣室、值班室等。核医学科应用项目场所平面图见图 1-17。

核医学科铯衰变池系统为地埋式，位于核医学科北侧室外道路地下，碘衰变池系统也为地埋式，位于核医学科西侧室外花坛地下，本项目拟扩大碘衰变池系统有效容积，新增 7#和 8#衰变池，位于现有核医学科负一层病房治疗区域下方，与现有碘衰变池系统并联设置，现有衰变池系统位置示意图 10-5。

核医学科工作场所属于相对独立的场所，场所严格划分控制区，在控制区出入口设置门禁系统，场所设置实体墙隔离（包括地板、顶棚），避免了与相邻区域人员的交叉污染。医护人员在南侧医护入口进入医护通道，分别通过卫生通过间进入病房区和显像区分装室，在分装室内进行测活、注射等操作工作，结束后通过卫生通过间出去。受检人员被叫号后通过北侧门口进入，根据医护叫号和指引分别前往核医学科西区或东区，进行治疗的患者在西区注射窗注射完药物后直接从病人出口离开（ ^{177}Lu 住院治疗患者除外）；需要 SPECT/CT 扫描的患者，注射药物后进入注射后候诊室休息，根据叫号进入 SPECT/CT 机房进行扫描，结束后身体无不适的直接从病人出口离开，有特殊情况的则在留观/抢救室做处理。

在医护人员出入分装室前设置有卫生通过间，卫生通过间设置洗手、淋浴去污设施，并配备表污监测仪，每次工作结束经监测达标后方可离开，能避免工作人员把污染扩散到控制区外。治疗区和显像区均设有病人专用厕所，含放射性的排泄物及冲洗水排入相应放射性废水衰变池处理。清洗间用于辐射工作场所拖把的清洗，清洗废水也排入放射性废水衰变池处理。

本项目辐射应用场所相对集中布置，控制区内储源、分装等高活功能房间集中布置，防止了交叉污染，减小了放射性药物、放射性废物的存放范围；设置有专门的留观/抢救室，并通过单向门禁和受控门禁限制给药后患者的活动空间；场所设置单向门禁、受控门，进入控制区前进行指导和提醒，通过语音叫号、路线指引、警告标识和视频监控等措施，能够有效控制无关人员随意进入控制区和给药后患者随意流动，避免公众、工作人员受到不必要的外照射；设置有卫生通过间，设有冲洗设施和表面污染监测设备，控制区内设有给药后患者的专用卫生间。通过时段管理，要求实现药物及废物转移时，路线上无人员逗留，以尽可能降低对周围人员的影响。核医学科现有衰变池为地埋式设计，新增 7#和 8#衰变池位于地下室负一层，周围活动人员较少，其便于核医学科放射性废液的收集衰变。

综上所述，本项目核医学科场所布局基本满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中关于布局的要求。

10.1.3 辐射屏蔽设计

（1）放射药品分装、注射屏蔽设计

核医学科拟改建 2 间有独立的高活区放射药品分装室，在分装室内各配 1 套分装柜（通风橱）。拟配备钨通风橱外形尺寸：长 1m×宽 0.8m×高 2m（单联），防护能力分别为：整体 10mmPb，设计示意图见 10-1。拟设置钨注射台设计示意图见 10-2。碘通风橱设计示意图见图 10-3。

（2）业务用房辐射屏蔽设计

该项目核医学科工作场所采用混凝土、硫酸钡、铅板和铅玻璃等作为主要屏蔽材料。混凝土密度不低于 2.35g/cm³，实心砖密度不低于 1.65g/cm³，硫酸钡密度不低于 3.2g/cm³；防护门内衬铅板；观察窗采用铅玻璃观察窗；分装柜、废物桶等为铅防护。

根据建设单位提供的资料，本项目主要房间设计规格信息见表 10-1，场所采取的辐射防护设计示意图见图 10-4。

表 10-1 本项目核医学科主要用房屏蔽设计情况

序号	所在位置	房间	长宽高 (m)	面积 (m ²)	墙体	材料及厚度
1	病房 治疗区	甲癌病房(1) 含卫	4.2×3.2 ×3.4	13.4	顶棚	楼板 50cm 混凝土+35mmPb 防护材料
					地面	楼板 27cm 混凝土+30mmPb 防护材料
					四周墙体	240mm 实心砖+39mmPb 防护材料
					防护门	20mmPb 铅板
2		甲癌病房(2) 含卫	4.2×3.2 ×3.4	13.4	顶棚	楼板 50cm 混凝土+35mmPb 防护材料
					地面	楼板 27cm 混凝土+30mmPb 防护材料
					四周墙体	240mm 实心砖+39mmPb 防护材料
					防护门	20mmPb 铅板
3		甲癌病房(3) 含卫	4.2×3.2 ×3.4	13.4	顶棚	楼板 50cm 混凝土+35mmPb 防护材料
	地面				楼板 27cm 混凝土+30mmPb 防护材料	
	四周墙体				240mm 实心砖+39mmPb 防护材料	
	防护门				20mmPb 铅板	
4	留观/抢救室 (含卫)	(2.9×2.9+1.7×1.2)×3.4	10.4	顶棚	楼板 50cm 混凝土+35mmPb 防护材料	
				地面	楼板 27cm 混凝土+30mmPb 防护材料	
				四周墙体	240mm 实心砖+39mmPb 防护材料	
				防护门	20mmPb 铅板	
5	储源室	3.1×1.7 ×3.4	5.2	顶棚	楼板 24cm 混凝土+3mmPb 防护材料	
				地面	楼板 27cm 混凝土+3mmPb 防护材料	
				四周墙体	24cm 实心砖+3mmPb 防护材料	
				防护门	5mmPb 铅板	
6	废物室	2.4×1.7 ×3.4	4	顶棚	楼板 24cm 混凝土+3mmPb 防护材料	
				地面	楼板 27cm 混凝土+3mmPb 防护材料	
				墙体	24cm 实心砖+3mmPb 防护材料	
				防护门	5mmPb 铅板	
7	分装室	3.1×2.2 ×3.4	6.8	顶棚	楼板 10cm 混凝土+6mmPb 防护材料	
				地面	楼板 27cm 混凝土	
				四侧墙体	墙体 240mm 实心砖+13mmPb 防护材料	
				分装柜	正面: 60mmPb; 侧面 50mmPb	
				注射窗	13mmPb	
				防护门	6mmPb 铅板	
8	服碘室	2×1.4×3.4	2.8	顶棚	楼板 10cm 混凝土+6mmPb 防护材料	
				地面	楼板 27cm 混凝土	
				四侧墙体	墙体 240mm 实心砖+13mmPb 防护材料	
				防护门	6mmPb 铅板	
9	医护通道	/	/	顶棚	楼板 10cm 混凝土+6mmPb 防护材料	
				地面	楼板 27cm 混凝土	
				四侧墙体	墙体 240mm 实心砖+13mmPb 防护材料	

						料
					防护门	6mmPb 铅板
10	病人通道	/	/		顶棚	楼板 24cm 混凝土+35mmPb 防护材料
					地面	楼板 27cm 混凝土+30mmPb 防护材料
					墙体	墙体 240mm 实心砖+39mmPb 防护材料
					防护门	20mmPb 铅板
11	分装室	3×1.4×3.4	4.2		顶棚	楼板 10cm 混凝土+6mmPb 防护材料
					地面	楼板 27cm 混凝土
					四侧墙体	墙体 240mm 实心砖+13mmPb 防护材料
					分装柜	正面: 60mmPb; 侧面 50mmPb
					注射窗	13mmPb
					防护门	6mmPb 铅板
12	注射室	4.4×1.3×3.4	5.7		顶棚	楼板 10cm 混凝土+8mmPb 防护材料
					地面	楼板 27cm 混凝土
					墙体	墙体 240mm 实心砖+5mmPb 防护材料
					防护门	5mmPb 铅板
13	注射后候诊室	3.1×3.7×3.4	11.5		顶棚	楼板 10cm 混凝土+11mmPb 防护材料
					地面	楼板 27cm 混凝土
					墙体	墙体 240mm 实心砖+5mmPb 防护材料
					防护门	8mmPb 铅板
14	卫生间(2间)	1.4×1.3×3.4	1.8		顶棚	楼板 10cm 混凝土+11mmPb 防护材料
					地面	楼板 27cm 混凝土
					墙体	墙体 240mm 实心砖+5mmPb 防护材料
					防护门	/
15	负荷实验室	3.1×2.2×3.4	6.8		顶棚	楼板 10cm 混凝土+11mmPb 防护材料
					地面	楼板 27cm 混凝土
					墙体	墙体 240mm 实心砖+5mmPb 防护材料
					防护门(操作间)	3mmPb 铅板
					防护门(卫生通过间)	8.5mmPb 铅板
16	SPECT/CT 机房	6.2×6.4×3.4	39.7		顶棚	楼板 10cm 混凝土+7mmPb 防护材料
					地面	楼板 27cm 混凝土+5mmPb 防护材料
					墙体	墙体 400mm 实心砖
					观察窗	3mmPb
					防护门(操作间)	6mmPb 铅板
					防护门(出口)	6mmPb 铅板

17	衰变池	7#和 8#衰变池	7#衰变池有效容积 18.9m ³ , 7#衰变池有效容积 19.2m ³ ,	顶棚	楼板 27cm 混凝土+30mmPb 防护材料
				西墙、南墙	墙体 400mm 混凝土
				北墙	墙体 370mm 实心砖+40mmPb 防护材料
				东墙(北段)	墙体 370mm 实心砖+40mmPb 防护材料
				东墙(南段)	墙体 240mm 实心砖+60mmPb 防护材料

(3) 防护设备和个人防护用品

核医学科现有的防护设备和个人防护用品如表 10-2 所示。

表 10-2 核医学科现有防护设备一览表

防护用品名称	规格	数量
个人剂量报警仪	/	3 台
铅衣	0.5mmPb	6 件
铅围裙	0.5mmPb	2 件
铅帽	0.5mmPb	2 顶
铅围脖	0.5mmPb	2 件
铅眼镜	0.5mmPb	10 副
铅手套	0.5mmPb	2 套
铅屏风	3mmPb	3 件
药物转运铅盒等贮存和转运容器	10mmPb	3 个
废物防护储物箱	10mmPb	3 个
铅废物桶	10mmPb	16 个
辐射防护检测仪	/	1 台
表面污染监测仪	/	3 台
活度计	/	2 台

根据表 10-2 可知，核医学科现有防护设备可以满足本次扩建放射性药品的需要。

10.2 工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法，可以计算出各核素的日等效最大操作量。

日等效最大操作量的计算公式如下：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \quad (10-1)$$

根据（10-1）式计算得到的日等效操作量及分级结果见表 1-3。根据表 1-3 可知，

改建核医学科场所应按照乙级工作场所进行管理。

10.3 工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射工作场所可分为控制区、监督区。控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）4.3 辐射工作场所分区要求，本项目工作场所管理分区如下。对于控制区，医院拟采取一系列的辐射防护与安全措施，设置防护门，严格限制人员进入控制区，保障在正常治疗的工作过程中，除患者外，无关人员不得在该区内滞留，同时拟在控制区的入口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志，以保障该区的辐射安全。对于监督区，在所划定监督区内可不采取专门的防护安全措施，但需要定期或不定期地监测其监督区内的辐射剂量水平，为评价周围辐射环境是否安全提供依据。

（1）现有核医学科工作场所管理分区情况：

现有核医学科工作场所管理分区情况见表 10-6 所示。

（2）项目改造后核医学科工作场所管理分区：

控制区：

项目扩造后，病房区卫生通过间、病房区分装室、病房区淋浴间、服碘室、废物间、储源室、病人通道、留观/抢救室、甲癌病房 1 含卫、甲癌病房 2 含卫、甲癌病房含卫和显像区卫生通过间、显像区分装室、显像区淋浴间、注射室、专用卫生间、注射后候诊室、负荷实验室、SPECT/CT 机房、衰变池系统等区域划为控制区（图 10-5 红色部分区域）。

对于控制区，医院拟采取一系列的辐射防护与安全措施，设置防护门，严格限制人员进入控制区，保障在正常治疗的工作过程中，除患者外，无关人员不得在该区内滞留，同时拟在控制区的入口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志，以保障该区的辐射安全。

监督区：

候诊大厅、登记室、缓冲区、操作间（控制室）、医护通道、办公室、阅片室、更

衣室、值班室、SPECT/CT 机房及诊断区专用卫生间北侧外 1m 区域、储源室北侧和西侧外 1m 区域、废物间西侧外 1m 区域和 3 间甲癌病房西侧外 1m 区域及衰变池系统外 1m 区域四周等区域划为监督区（图 10-5 蓝色部分区域）。

在所划定监督区内可不采取专门的防护安全措施，但需要定期或不定期地监测其监督区内的辐射剂量水平，为评价周围辐射环境是否安全提供依据。

综上，本项目辐射工作场所管理分区能满足《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 及《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中关于分区管理的要求。

10.4 辐射防护措施

本项目核医学科采取的安全防护措施和设施与《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 的符合情况见表 10-3。

表 10-3 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 符合性分析

序号	《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)	本项目情况	是否符合要求
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。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所有明确的分界隔离。	本项目核医学科位于医院 2 号楼一楼，该一层主要为核医学科业务用房，为独立、专用区域；不毗邻产科、儿科、食堂等部门。	符合
2	放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。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。	本项目使用的药物一般按需采购，到货后贮存于储源室内并及时使用，如遇特殊情况未能及时使用的，暂存于储源室内；贮存场所均位于控制区内，采取了屏蔽措施。安排专人管理，建立放射性物质台账，及时登记，确保账务相符。定期对贮存场所进行辐射水平监测并记录，贮存场所设置门锁及警告标志、警示语句，无关人员不会进入。	符合
3	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。	核医学科放射性核素操作设备的表面、工作台台面等均采用平整光滑设计，室内地面铺设防渗塑胶地板、在墙面施工至少离地 50cm，能够保证地面与墙壁衔接处无接触，易于清洗、去污。	符合
4	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	本项目的放射性药物在均分装柜内操作，分装柜具备通风和防护功能，只开	符合

	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。	2个供手伸入操作的窗口，设计有排风系统，操作过程始终处于负压状态，功能类似手套箱，且辐射防护效果更好；项目为药物操作人员配备防护用品。给药后患者候诊室内、治疗区病房的床位旁设置有足够屏蔽厚度的铅屏风，以减少多人留观时相互照射。	
5	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。	放射性药物操作均在分装室进行，工作人员出入分装室需经过卫生通过间，配备洗涤去污设施和表面污染检测仪器，药物操作人员和物品离开控制区前进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，将进行清洗去污直至表面污染水平满足控制标准要求。	符合
6	应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备足够屏蔽的贮存、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。	本项目配备有药物转运铅盒等贮存和转运容器，表面张贴规范的电离辐射标志，在转运时采取药箱盛装等固定措施，防止药物翻倒和跌落。	符合
7	核医学工作场所应保持有良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	本项目核医学科通风进行了专门的设计通过管线设计及压差控制，能够保证工作场所的气流自清洁区向监督区再向控制区的方向流动，并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。	符合
8	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。通风橱应有足够的通风能力。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。	本项目放射性物质测活、取药操作均在分装柜等密闭设备中进行，分装柜均设置了独立的排风系统，保证柜内负压，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出，并在设备顶壁安装活性炭过滤装置。本项目分装柜排风系统排气口及碘-131治疗病房的排气口均高于所在建筑屋顶，排放口远离邻近的高层建筑。	符合

本项目核医学科采取的安全防护措施和设施与《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的符合情况见表 10-4。

表 10-4 拟采取的安全防护措施和设施与 GBZ 120-2020 符合情况对照表

序号	核医学放射防护要求	项目拟采取的安全防护措施和设施	符合
----	-----------	-----------------	----

			情况
1	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。	本项目在控制区的入口和出口均设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射。	符合
2	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	在上班之前药物运送至储源室，废物运送在下班之后，放射性药物、废物运送通道较便于药物运送和处理，通过空间管控避免放射性物料和人员的交叉；病房治疗区和显像区有各自独立区域，给药前患者、给药后患者、住院患者、工作人员通道各自独立；通过相对独立的路线以及时间管控，能够做到患者、医护、药物运送、废物运送的不交叉。同时控制区内设卫生通过，方便开展放射性污染的清理、清洗。	符合
3	核医学工作场所通风系统独立设置，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厨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屋顶并安装专用过滤装置。	核医学科设有独立的通风系统，排风设计遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计；保持场所的负压并设有止回阀，防止气体交叉污染；两台分装柜设有专用的排风装置，风速设计不小于0.5m/s；排放口高于本建筑屋顶，并安装有活性炭过滤装置，废气经处理后排放。	符合
4	放射性废液衰变池，暴露的污水管道应做好防护设计。	核医学科设计有放射性废水衰变池，容积能满足废水达标排放要求，同时加强运行期间监测，一旦发现管道路径辐射剂量率异常，则及时采取措施。	符合
5	控制区的入口应设置电离辐射警告标志；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；扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。	本项目控制区的入口设置电离辐射警告标志；工作场所中相应位置有明确的患者导向标识、导向提示；SPECT扫描机房外防护门上方设置有工作状态指示灯。	符合
6	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。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。	给药后患者候诊室配备监视设施和对讲装置，项目配备满足需求的屏蔽容器。	符合

7	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。装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。	项目建设有分装操作放射性药物的专门场所；放射性药物使用前暂存于分装柜等带屏蔽的柜体中。装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。	符合
8	分装室与给药室之间药物传递应便捷，分装好的 ¹³¹ I 宜采用机械或自动、半自动的方式传递到给药室，给药过程应有监控。分装室应设置工作人员通过间，通过间应配备表面污染检测及剂量率检测仪表及清洗设施。	分装室的药物经直接输送至注射窗口。分装室设有工作人员卫生通过间，通过间配备表面污染检测及剂量率仪表及清洗设施。	符合

根据上述对照分析结果可知，本项目工作场所采取的辐射安全与防护措施基本符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）相关要求。

10.5 辐射安全管理系统

1、门禁系统（见图 10-7）：在治疗区患者入口、出口和显像区患者入口、出口等设置了门禁系统。根据患者单向流动不回流的走向考虑，拟在门外设置单向门禁入门按钮，入门后不可返回。设置门禁出门按钮，设置门禁读卡器。在治疗区分装室北侧防护门、治疗区病人通道与医护通道连接处防护门、留观/抢救室南侧医护通道防护门设置门锁权限。

2、视频监控系统（见图 10-7）：医院在核医学科设置摄像头，分别是候诊处、大厅、治疗区的缓冲间、服碘室、储源室、废物间、卫生通过间、甲癌病房 1、甲癌病房 2、甲癌病房 3、留观/抢救室等各安装 1 个监控装置，在治疗区病人通道安装 1 个监控装置；在诊断区注射处、分装室、注射后候诊室、负荷实验室、操作间、SPECT/CT 机房内、病人通道出口处等各安装 1 个监控装置，能让医护人员全方位的监控到实时动态。

3、语音对讲系统（见图 10-7）：拟在治疗区 3 间甲癌病房内、留观/抢救室内、诊断区注射窗处、注射后候诊室内、SPECT/CT 机房内和操作间等适当位置设置语音对讲系统。

4、辐射剂量率监控系统（见图 10-8）：拟在治疗区病人通道出入口外、病人通道内走廊北墙内、留观/抢救室西侧防护门外、留观/抢救室南侧防护门外、与治疗区病人通道相邻病房防护门内、治疗区分装室内、卫生通过间内；显像区分装室内和卫生通过

间内等处设置辐射剂量率监测探头，结果显示设在 SPECT/CT 操作间内。

受检人员按照排号顺序，通过接诊叫号，根据科室的语音提示，按秩序进入相应工作场所，未叫号的受检人员不能进入场所控制区，避免产生交叉污染。

通过以上登记及管理接诊的方式，可以严密控制受检人员接诊的秩序，降低注射药品后的患者之间的影响，同时接诊的工作人员可以控制公众不靠近控制区入口，降低公众的居留时间。工作场所内地面或墙体上张贴检查路径标识，指示受检人员进入相应区域。

10.6 三废的治理

10.6.1 废水

本项目产生的放射废水主要来源于给药后患者排泄物及冲洗水、工作台面及地面去污时产生的废水、工作人员操作过程中手部受到微量污染的清洁废水。必须特别提出，剩余的放射性废液，必须留于原容器中，贮存于分装柜中，切不可倒入废水贮存衰变池。

工作场所废水流向说明：本项目核医学科有 2 条放射性废水收集路线：病房治疗区域和显像区域各 1 条放射性废水收集线路。病房治疗区域主要收集病房区分装室淋浴间废水和 3 间甲癌病房及留观/抢救室卫生间废水，然后排入 2 楼西侧负一层的碘衰变池系统，先排入污泥池，再进入碘衰变池 1#、2#、3#、7#和 8#（其中衰变池 1#、2#、3#为核医学科原有，衰变池 7#和 8#为本次项目新增）贮存衰变。显像区域主要收集显像区分装室淋浴间和 2 间病人专用卫生间产生的放射性废水，然后排入 2 楼北侧负一层的锆衰变池系统，先排入污泥池，再进入锆衰变池 4#、5#和 6#（衰变池 4#、5#和 6#为核医学科原有）贮存衰变。该项目场所放射性废水收集路线示意图见图 10-9。

1、放射性废水治理设施

现有衰变池情况：目前医院在 2 号楼负一层建设有两套放射性废水衰变池系统，分别为碘衰变池系统（槽式）和锆衰变池系统（推流式）。现有碘衰变池系统为 3 级衰变池并联，每个衰变池有效容积为 15m^3 （为成品衰变池组），并配有预处理系统。现有锆衰变池系统为 3 级推流式衰变池，每个衰变池有效容积为 4.2m^3 （为成品衰变池组），并配 1 个污泥池（效容积为 5.8m^3 ）。衰变池组外围用厚度为 300mmC30 混凝土浇筑。衰变池组四周墙体和地面均做防水、防渗、防腐蚀处理，衰变池预留取样口。

本次扩建项目为碘衰变池系统新增 2 个衰变池，锆衰变池系统保持现状没有变化。

新增衰变池 7#和 8#与原衰变池 1#、2#、3#（原衰变池 1#、2#、3#有效容积均为 15m³）并联设置，即现有碘衰变池系统升级为 5 级并联衰变池，新增衰变池 7#有效容积为 18.9m³，衰变池 8#有效容积均为 19.2m³（均为成品衰变池组）。综上，项目衰变池建设满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中第 7.3.2.3 款的要求。项目衰变池设计示意图见图 10-9~图 10-14。

2、放射性废水排放

现有放射性废水排放现状：核医学科病房治疗区域目前开展有 ¹³¹I 治疗项目，含 ¹³¹I 放射性废水排入现有碘衰变池系统，目前医院碘衰变池采用单个衰变池废水贮存 180 天后排放的形式排放废水（根据《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函（2023）20 号）中“¹³¹I 放射性废水暂存 180 天后，衰变池废水可以直接排放。”），其可以满足目前工作的需求。显像诊断区目前开展有 ^{99m}Tc 显像诊断，含 ^{99m}Tc 放射性废水排入现有钨衰变池系统，其也可以满足目前工作的需求。核医学现有核素 ⁸⁹Sr、¹⁵³Sm、¹²⁵I（粒子源）、⁹⁰Y 和 ³²P 均不考虑放射性废水。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相关要求“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 GB 18871 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 1 Bq/L、总 β 不大于 10 Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。”。

本项目病房治疗区废水排放情况：本项目拟在病房治疗区域新增核素 ¹⁷⁷Lu，需住院治疗，其含核素 ¹⁷⁷Lu 的放射性废水排入碘衰变池系统。因目前核医学科只有 3 间治疗病房，每次最多接受 1 名 ¹⁷⁷Lu 治疗患者和 2 名 ¹³¹I 治疗患者住院治疗，住院治疗患者放射性废水每天产生量约为 0.45m³。碘衰变池系统为槽式排放，5 个衰变池并联设置，其中有效容积最小的为 15m³，当其贮存满后阀门关闭，放射性废水依次排入其他 4 分个衰变池，其他 4 分个衰变池总有效容积为 15+15+19.2+18.9=68.1m³，4 个衰变池都贮满需要 151 个工作日即 211 天，大于 180 天（¹³¹I 放射性废水暂存需超过 180 天）。并且核素 ¹⁷⁷Lu 半衰期为 6.71d，大于 24h，其 10 个半衰期为 67.1 天，小于碘衰变系统单个衰变池废水贮存天数，所以，碘衰变系统可以满足扩建后项目的使用。因此核素诊断场所碘衰变池内放射性废液需经贮存超过 180 天，且放射性废液总排放口总 α 不大于 1

Bq/L、总β不大于 10 Bq/L 后，可排入医院污水处理站。

本项目显像诊断区废水排放情况：本项目拟在显像诊断区域新增核素 ^{123}I 、 ^{111}In 、 ^{186}Re 、 ^{223}Ra 和 ^{225}Ac ，其中核素 ^{186}Re 、 ^{223}Ra 和 ^{225}Ac 均不考虑放射性废水，含 ^{123}I 和 ^{111}In 其放射性废水排入钨衰变池系统。其中核素 ^{111}In 的半衰期最长，为 67h，大于 24h，其 10 个半衰期越为 28 天。核医学科原有含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性废水每天产生量约 0.18m^3 ，本项目每天新增放射性废水产生量为 0.04m^3 ，每天总放射性废水产生量约为 0.22m^3 。钨衰变池系统总有效容积为 12.6m^3 ，放射性废水在钨衰变池系统中可以存放 57 天，大于 ^{111}In 的半衰期的 10 个半衰期 28 天，即本项目钨衰变池可以满足其贮存超过 28 天的要求。因此核素诊断场所钨衰变池内放射性废液需经贮存超过 28 天，且放射性废液总排放口总α不大于 1 Bq/L、总β不大于 10 Bq/L 后，可排入医院污水处理站。

医院制定相应的监测计划，定期委托有资质机构开展放射性废水监测，确保相应核素活度浓度满足上述要求。现有核医学科废水排放检测报告见附件 6。

综上，本项目设置了符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中要求的废水衰变池系统。

10.6.2 放射性固体废物

放射性固体废弃物主要包括一次性注射器、吸水纸、棉签、操作用的手套、废活性炭等物品。固体废弃物先收集在各自相关工作场所的专用收集箱内，再将收集箱内的固体废弃物连同垃圾袋分期存放到废物间内存放。废气排放口更换下的废活性炭也属于放射性固体废物，更换下的活性炭将存放于衰变箱中，标注活性炭存放日期、存放量等，满足清洁解控水平后作为医疗废物处理。

目前医院核医学科对放射性固废的收集、贮存和处理进管理严格。放射性固体废物收集于核医学科铅废物桶内专用塑料包装袋，包装袋显著位置要标明废物类型、收贮时间、核素种类及数量等内容。每袋废物的表面剂量率控制在 0.1mSv/h 以下，重量不超过 20kg 。装满后的专用塑料包装袋应密封、不破漏，及时转运暂存于废物间的衰变箱中，衰变箱采用 10mmPb 进行屏蔽防护。所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天，所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍，含 ^{131}I 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。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 ，

可对废物清洁解控并作为医疗废物（活性炭作为危险废物）进行处理。

本次扩建项目建成后，医院应根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，安排专人负责固体放射性废物的存储和处理，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。

10.6.3 放射性废气

由污染源分析可知，本项目药物均为分装好药物，操作比较简单，不经过加热、振荡等步骤。工作场所设置有独立的排风系统，用于放射性药物分装的分装柜设置单独的排风管道引至该栋楼楼顶，经过活性炭吸附装置过滤后高空排放，拟配风机风速不小于0.5m/s。

在控制区各业务用房均设置通风设施，排风量大于进风量，保持这些控制区的负压，空气流向为低活区向高活区流动，最后从屋顶排出，排风口高于建筑楼屋顶，并拟设置活性炭过滤装置。项目新风及通风设计满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中第 7.4 款要求。项目场所进排风示意图如图 10-15~图 10-17 所示。

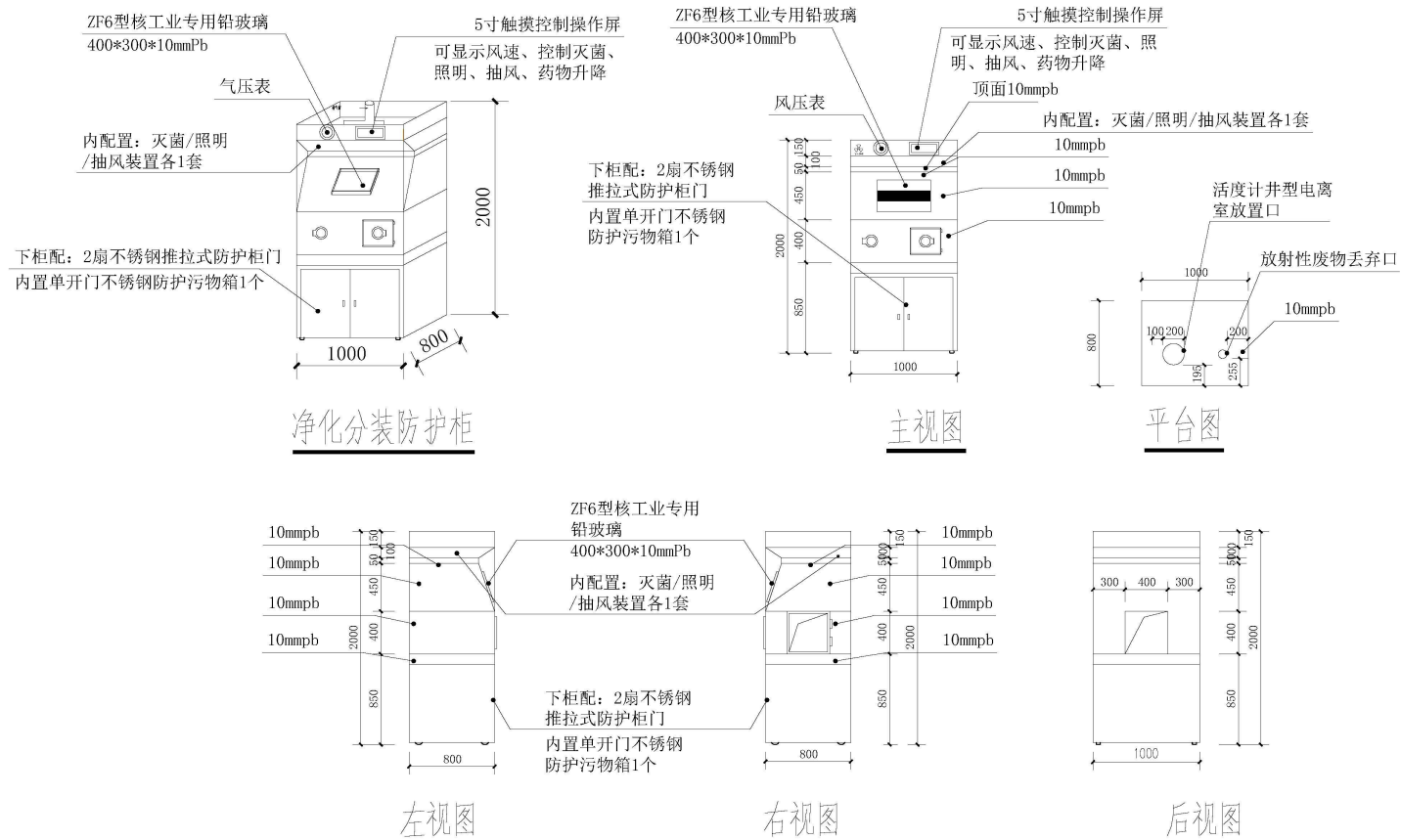
项目放射性废物管理与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的符合情况见表 10-6。

表 10-6 放射性废物管理与 HJ 1188-2021 的符合情况

序号	HJ 1188-2021 的要求	医院拟采取的措施	符合性
1	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。	本项目在相应控制区内均建有给药后病人专用卫生间，排泄物排入相应废水衰变池系统暂存衰变；本项目拟使用的核素将分类收集、分别处理。	符合
2	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。	工作场所配置有放射性废物收集箱，用于收集沾有放射性物质的废物，非放射性废物不得放入。	符合
3	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。	本项目使用的核素短寿命放射性核素，设置有专门贮存衰变的废物间，集中收集后贮存衰变至放射性核素活度浓度满足解控水平后，实施解控。且同本项目使用长寿命放射线核素分类收集、分别处理。	符合
4	7.1.4 应建立放射性废物收集、贮存、排	项目建有相关制度，已建立放射性	符合

	放管理台账，做好记录并存档备案。	废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备案。	
5	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。	本项目放射性废物暂存间（废物间）建有通风换气装置，入口处设置电离辐射警告标志，有防火、防丢失、防射线泄漏等措施。	符合
6	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。	废物暂存间（废物间）内设置有专用容器盛放固体放射性废物袋，不同类别废物分开存放；容器表面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。	符合
7	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。	医院已安排专人负责固体放射性废物的存储和处理，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。	符合
8	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。	本项目设置两套放射性废水衰变池系统，分别收集给药后患者卫生间、卫生通过间、清洗间等场所产生的放射性废水和事故应急时清洗产生的放射性废水。	符合
9	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。	本项目设置有两套衰变池系统，其容积应可以满足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；衰变池为成品衰变池组，池体坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。	符合
10	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。	本项目属于核医学门诊显像诊断和病房治疗项目，设有 2 套放射性废液衰变池系统。其中病房治疗项目衰变池为槽式衰变池；显像诊断项目衰变池为推流式衰变池，并配有污泥池，并有采取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 级	符合

		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。	
11	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。	本项目为锆衰变池系统为推流式衰变池贮存方式，医院已制定监测计划，每年对衰变池中的放射性进行监测，确保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。	符合
12	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。	本项目涉及放射性药物均在分装室分装柜内操作，整个分装、注射均在密封状态下进行，产生气态放射性废物的可能性不大。医院从偏安全考虑，设置有通风橱及独立的排风管道，并设置活性炭为过滤装置，排风口高于项目所在楼屋顶。拟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，更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。	符合

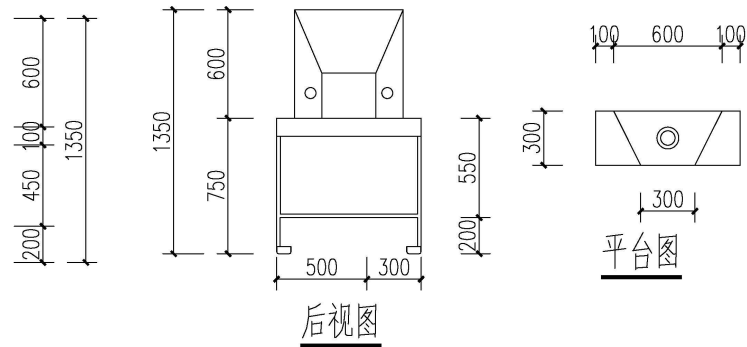
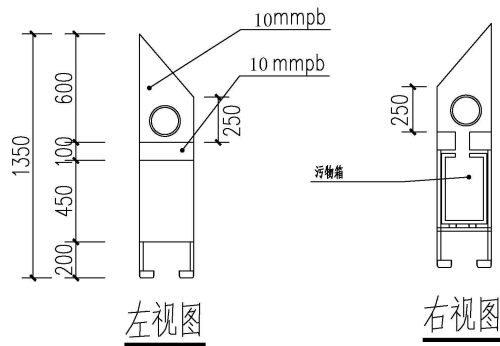
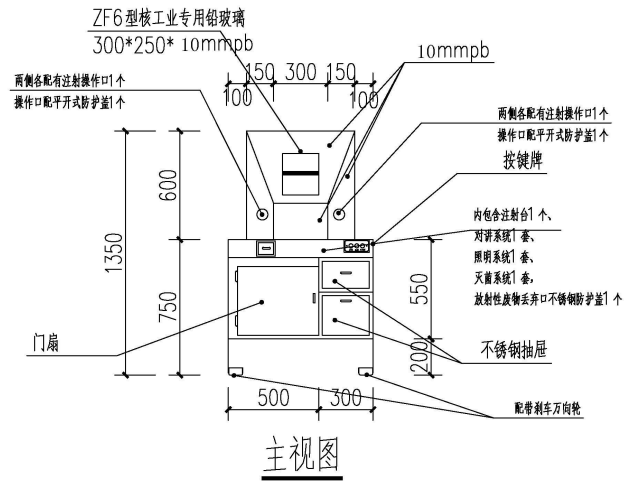
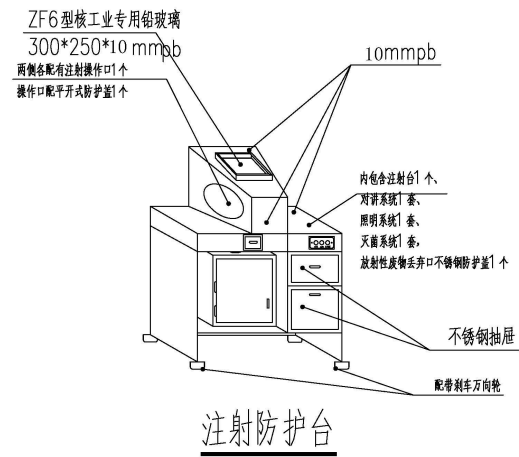


单联分装通风防护柜特征及配置描述：

- 1、上柜配：内置灭菌/照明/抽风装置各1套，镶嵌1块ZF6型400*300*10mmPb核工业专用铅玻璃视窗；
下柜配：2扇不锈钢推拉式防护柜门，分装平台预留活度计井型电离室放置口+电离室不锈钢活度计防护桶、预留放射性废物丢弃口，内置单开门不锈钢防护污物箱1个。
- 2、柜体上部镶嵌安装5寸触摸控制操作屏1个，可显示风速、控制灭菌、照明及抽风。
- 3、不含柜外风管及安装。
- 4、规格：长1000*宽800*高2000单联。

单联分装通风防护柜

图 10-1 单联通风橱防护设计示意图



- 不锈钢一体式注射防护台 10 mmpb 特征及配置描述:
- 1、镶嵌核工业专用300*250*10 mmpb ZF6型核工业专用铅玻璃视窗铅玻璃1块。
 - 2、注射操作台内具有五面防护，两侧各配有注射操作口1个，每个操作口配平开式防护盖1个。
 - 3、注射台1个，对讲系统1套，照明系统1套。
 - 4、配带刹车万向轮、灭菌系统1套
 - 5、放射性废物丢弃口不锈钢防护盖1个。
 - 6、内置注射器针头废物防护盖1个，单开门放射性废物防护箱1个
 - 7、配2个不锈钢抽屉

不锈钢一体式注射防护台 (钨-99)

图 10-2 钨注射台防护设计示意图

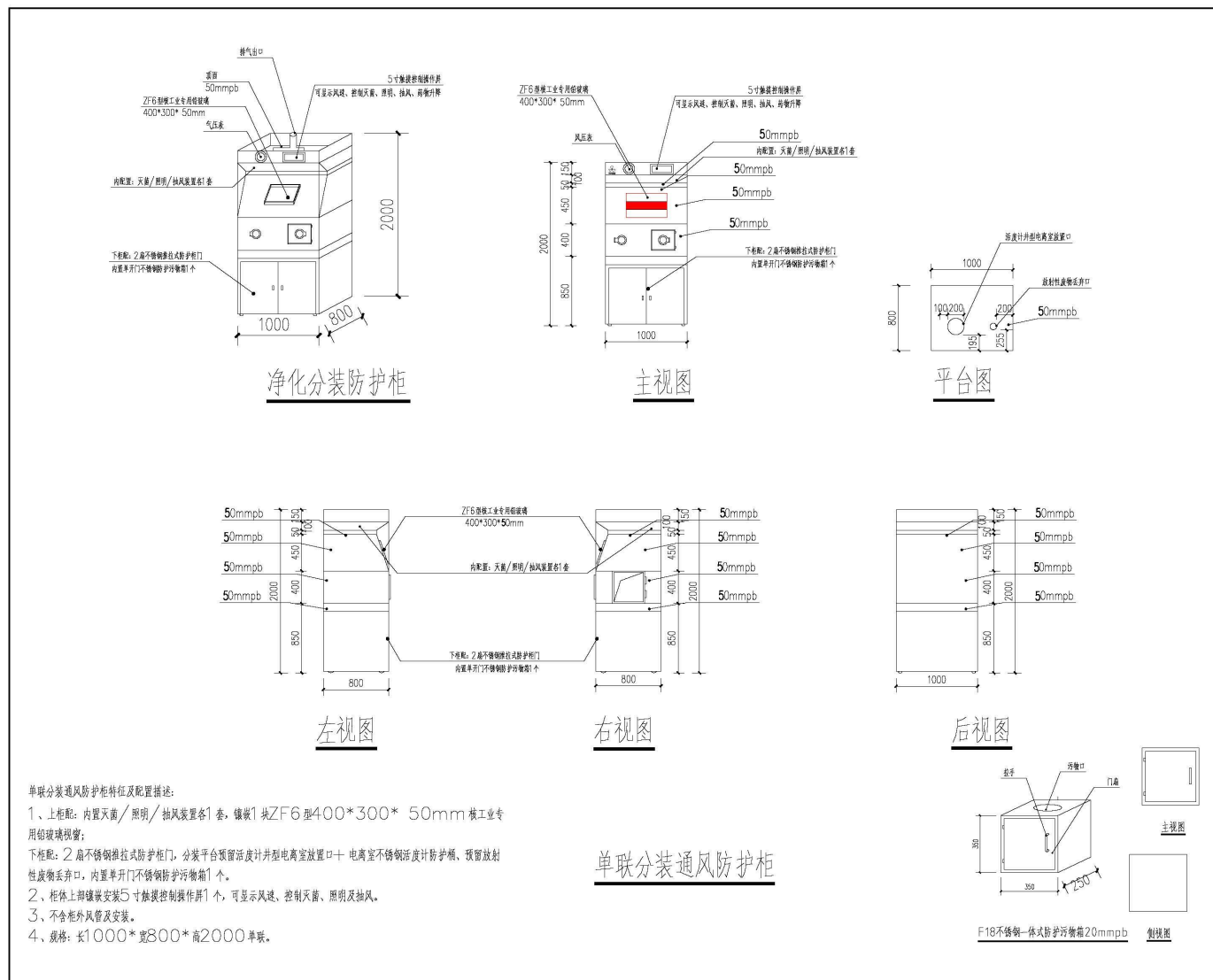
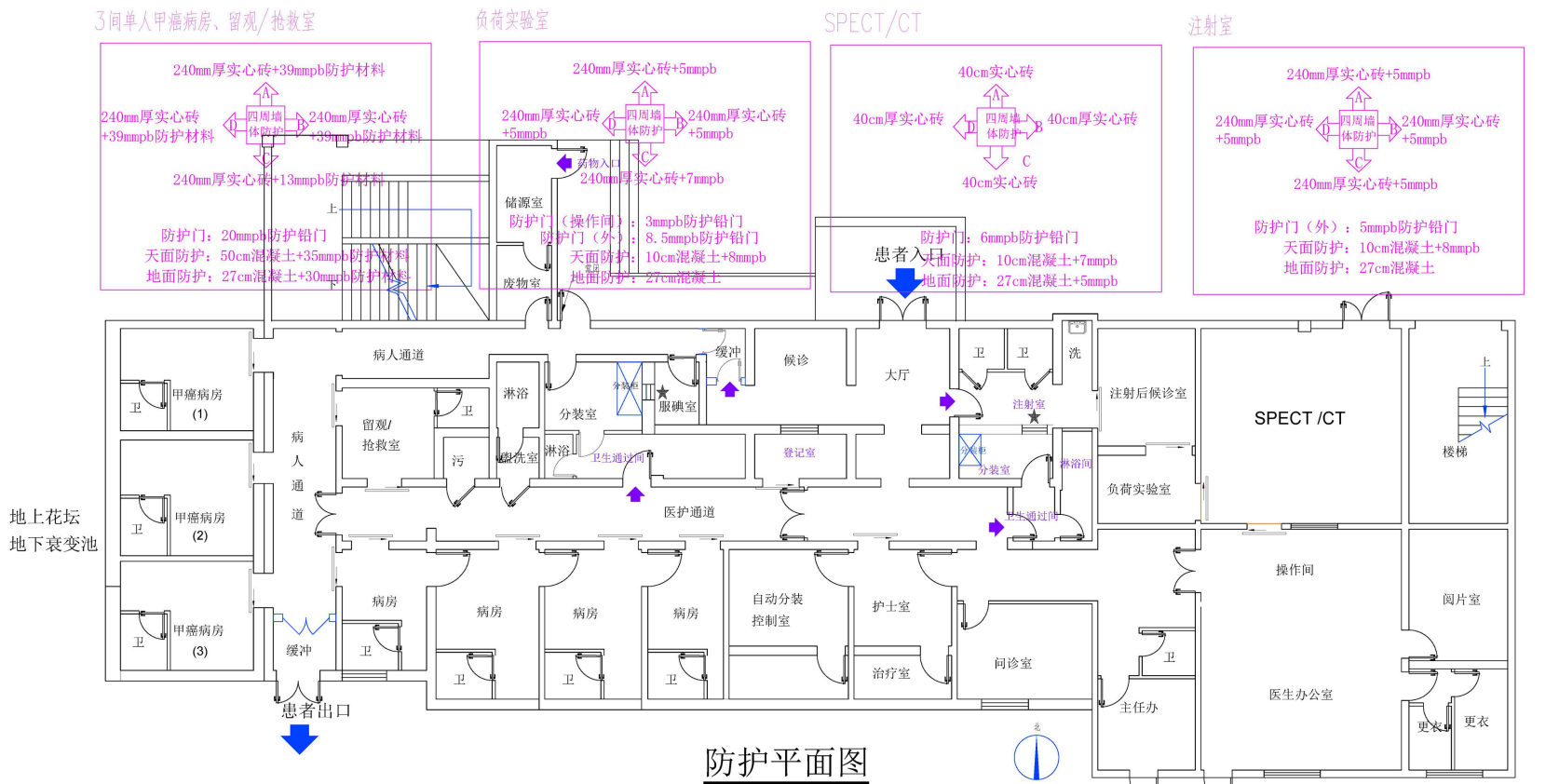


图 10-3 碘通风橱防护设计示意图



防护平面图

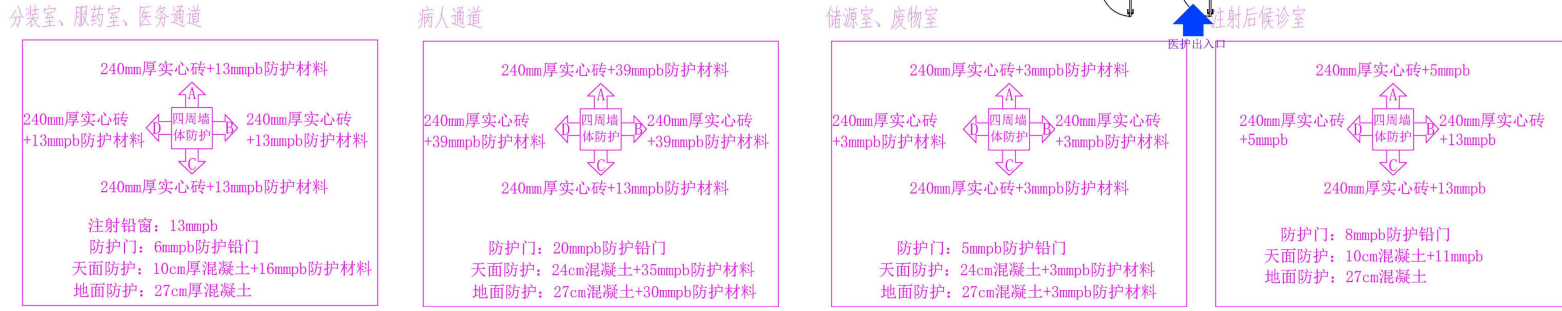


图 10-4 工作场所辐射防护设计示意图

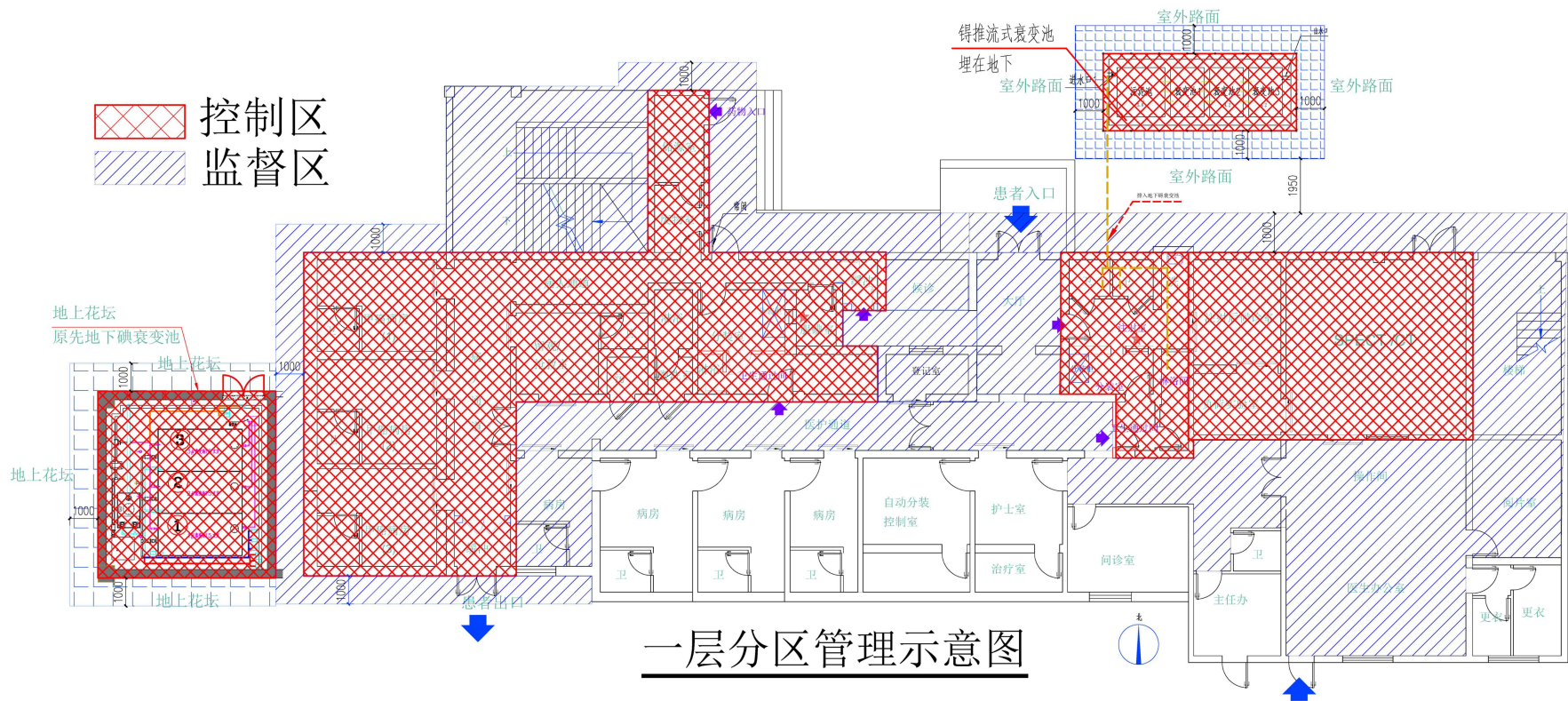


图 10-5 工作场所分区管理示意图

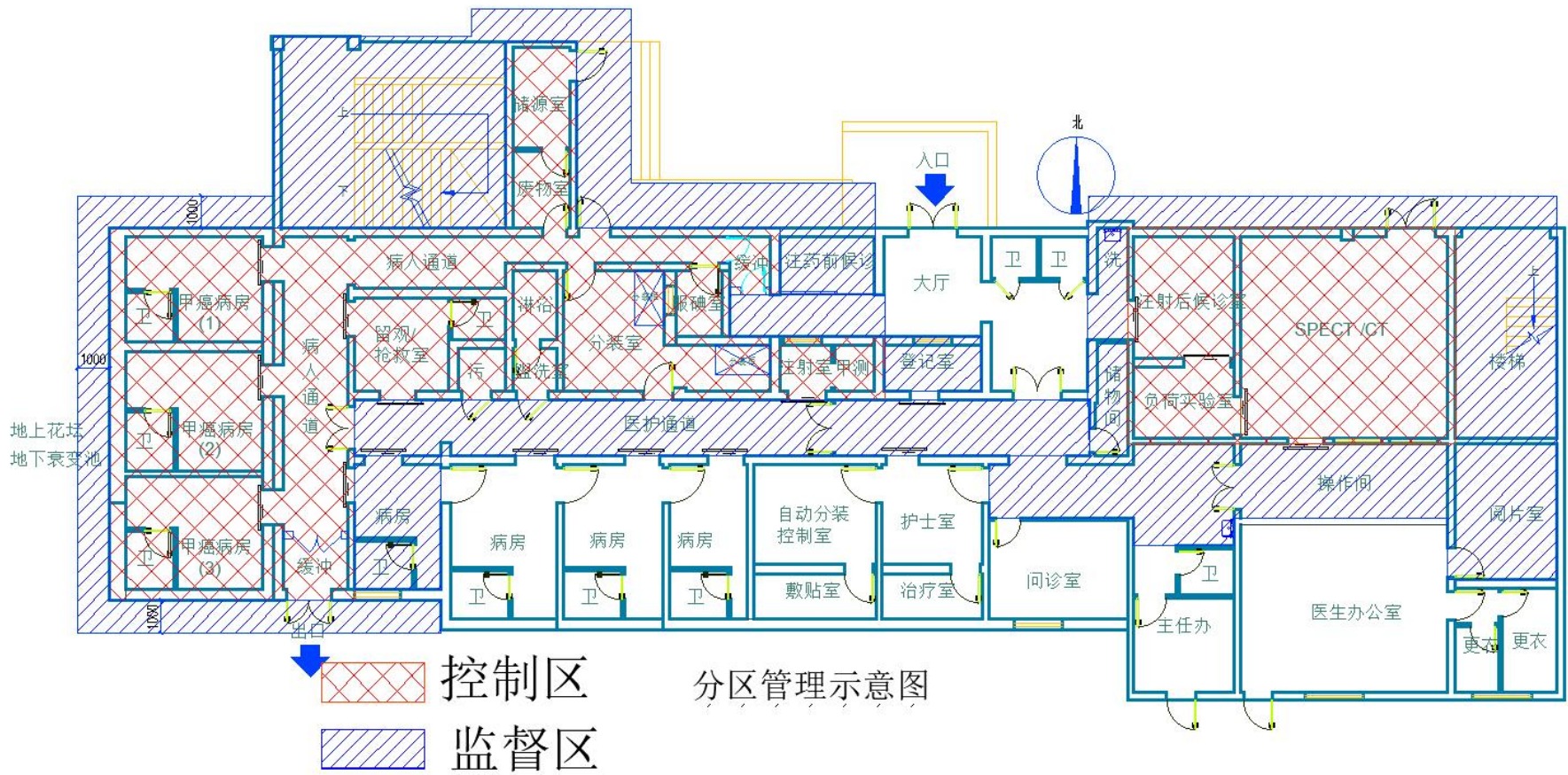


图 10-6 核医许科改造前工作场所分区管理示意图

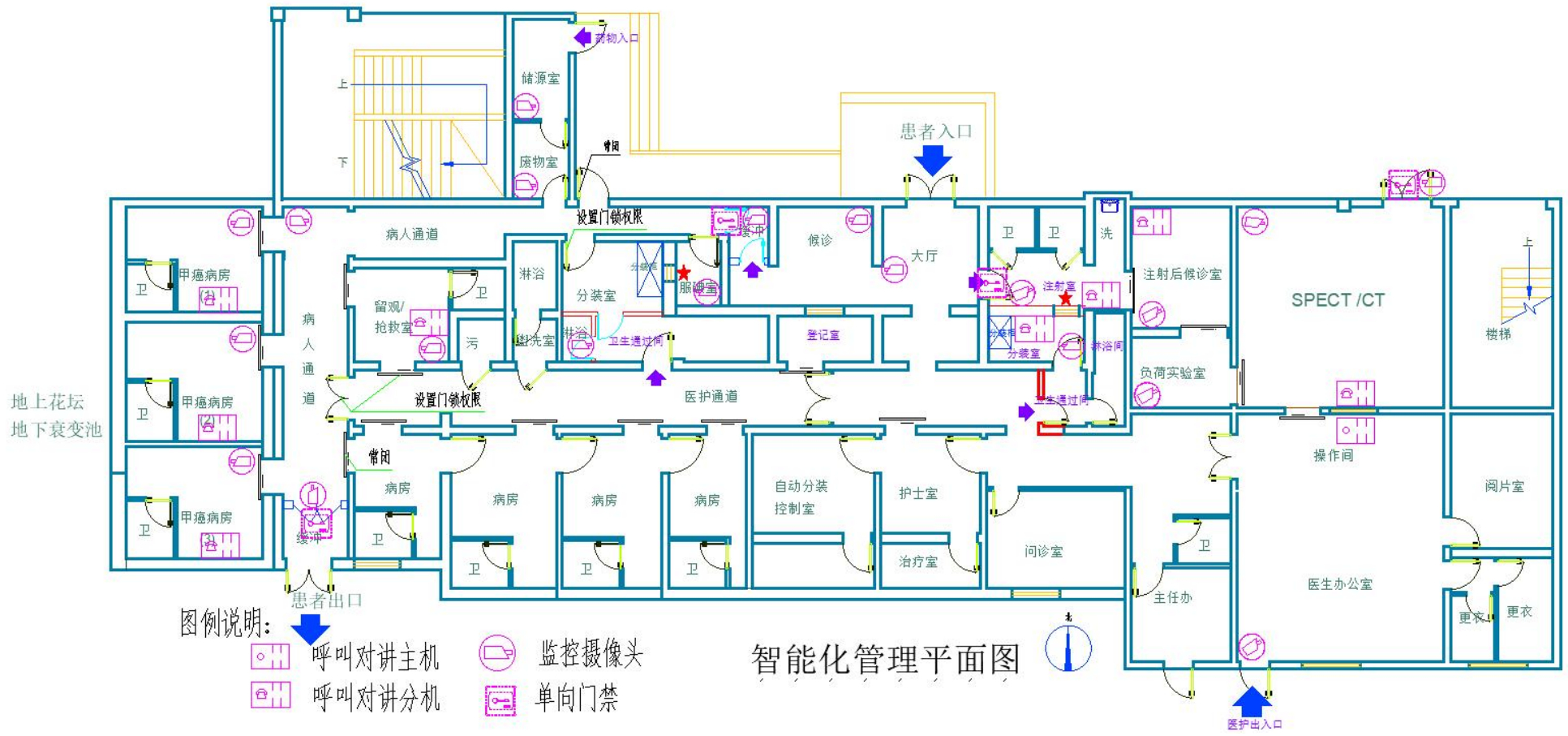


图 10-7 工作场所呼叫、可视门禁等点位示意图

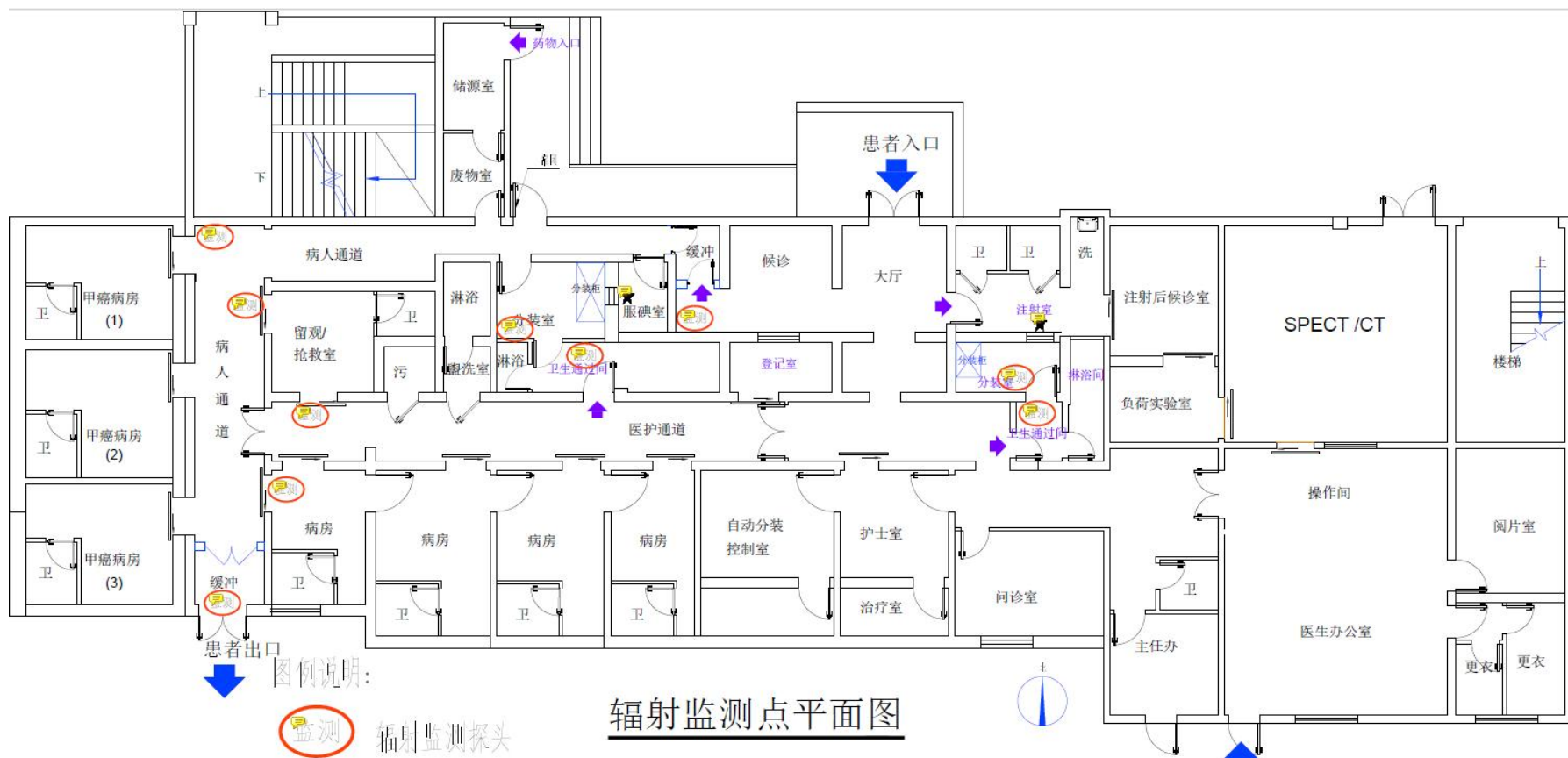


图 10-8 工作场所辐射剂量率监控点位布设示意图

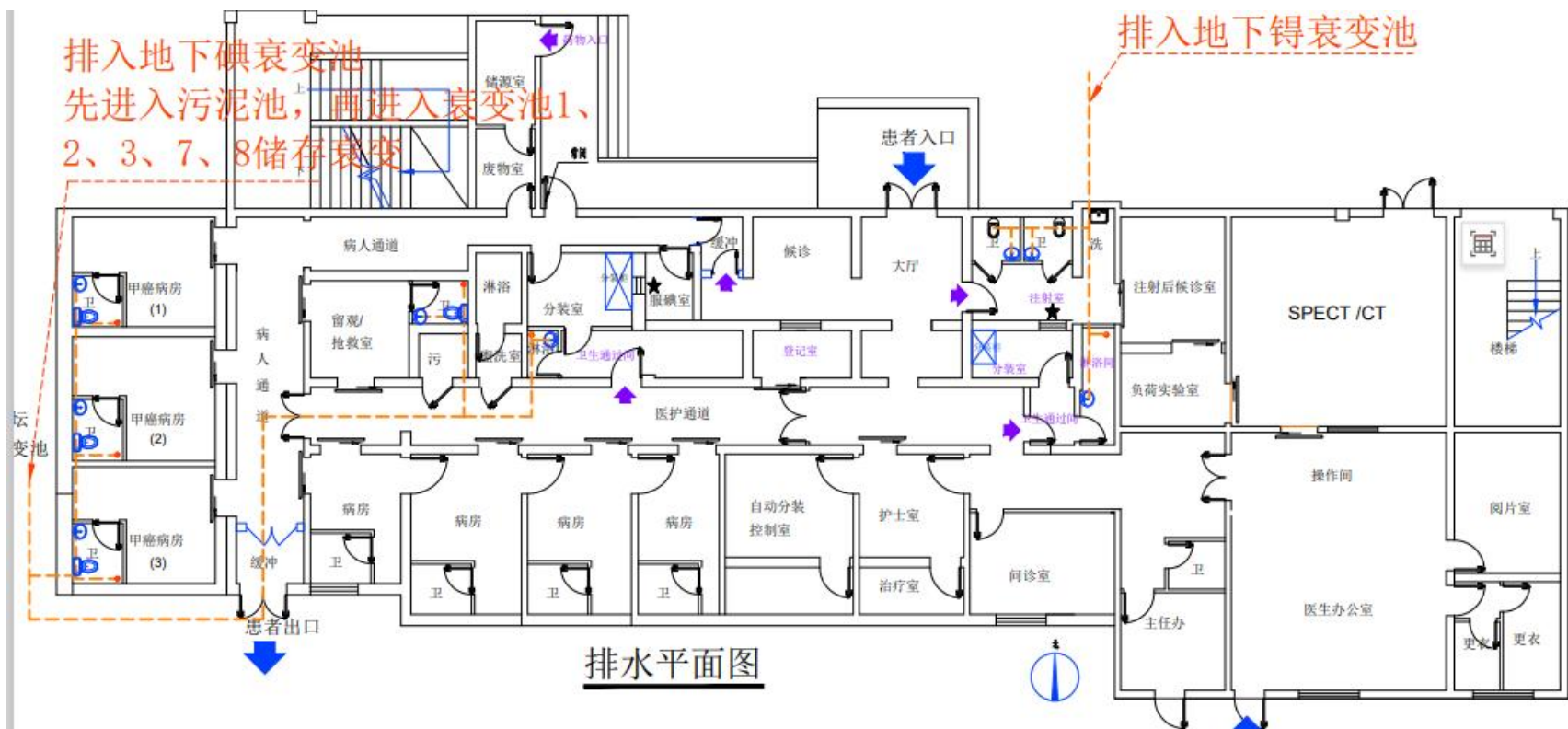


图 10-9 工作场所放射性废水收集线路示意图

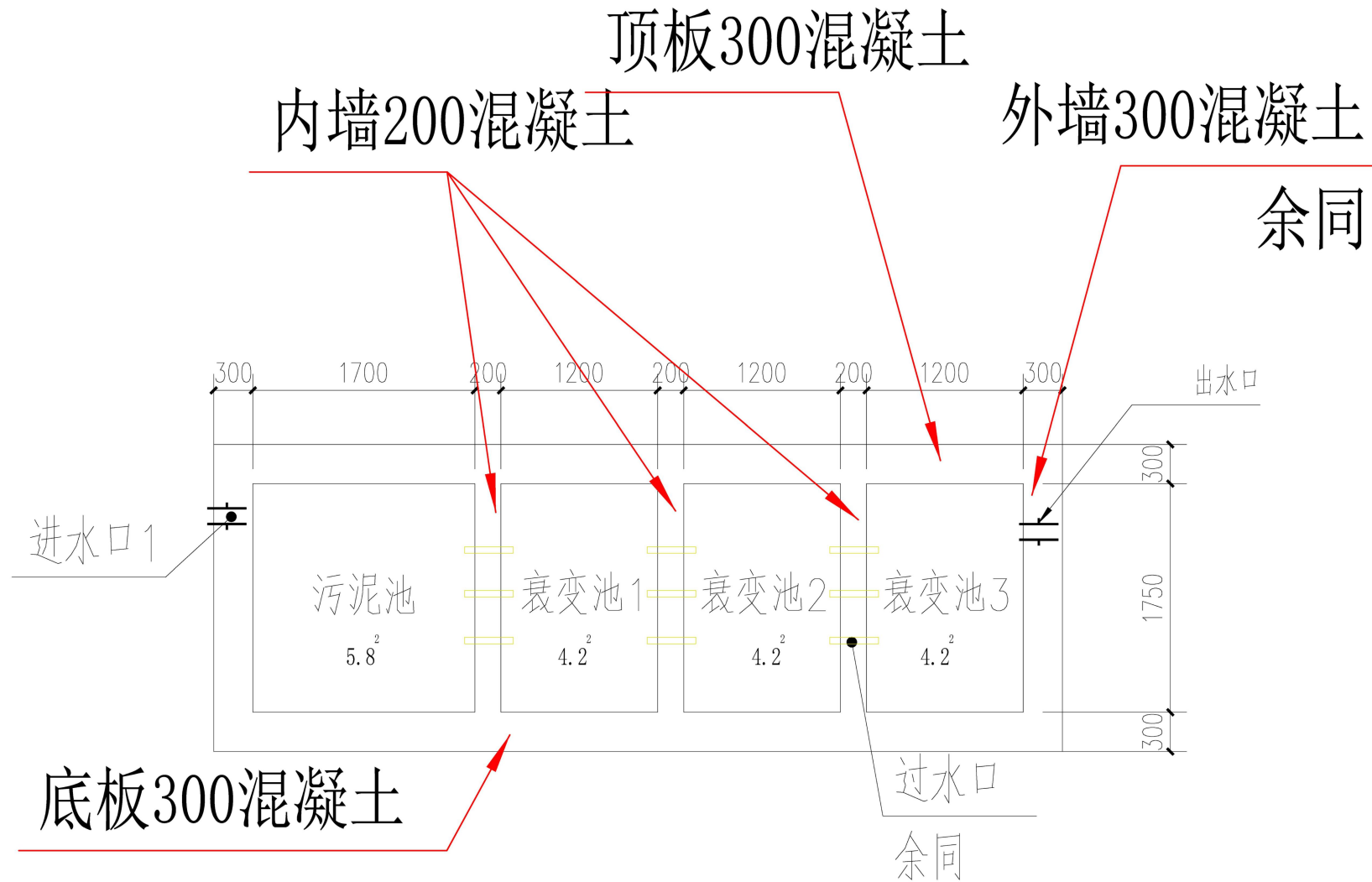
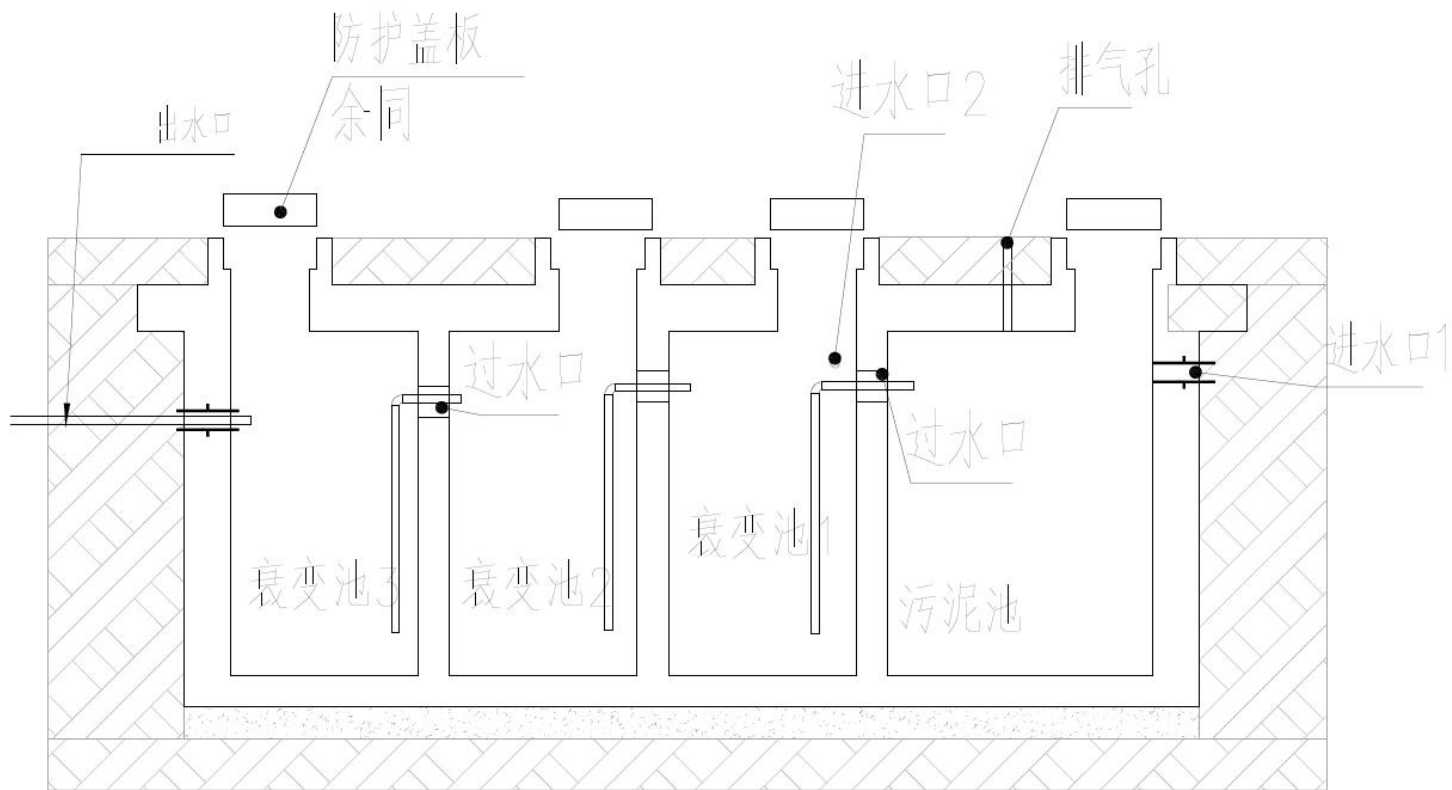
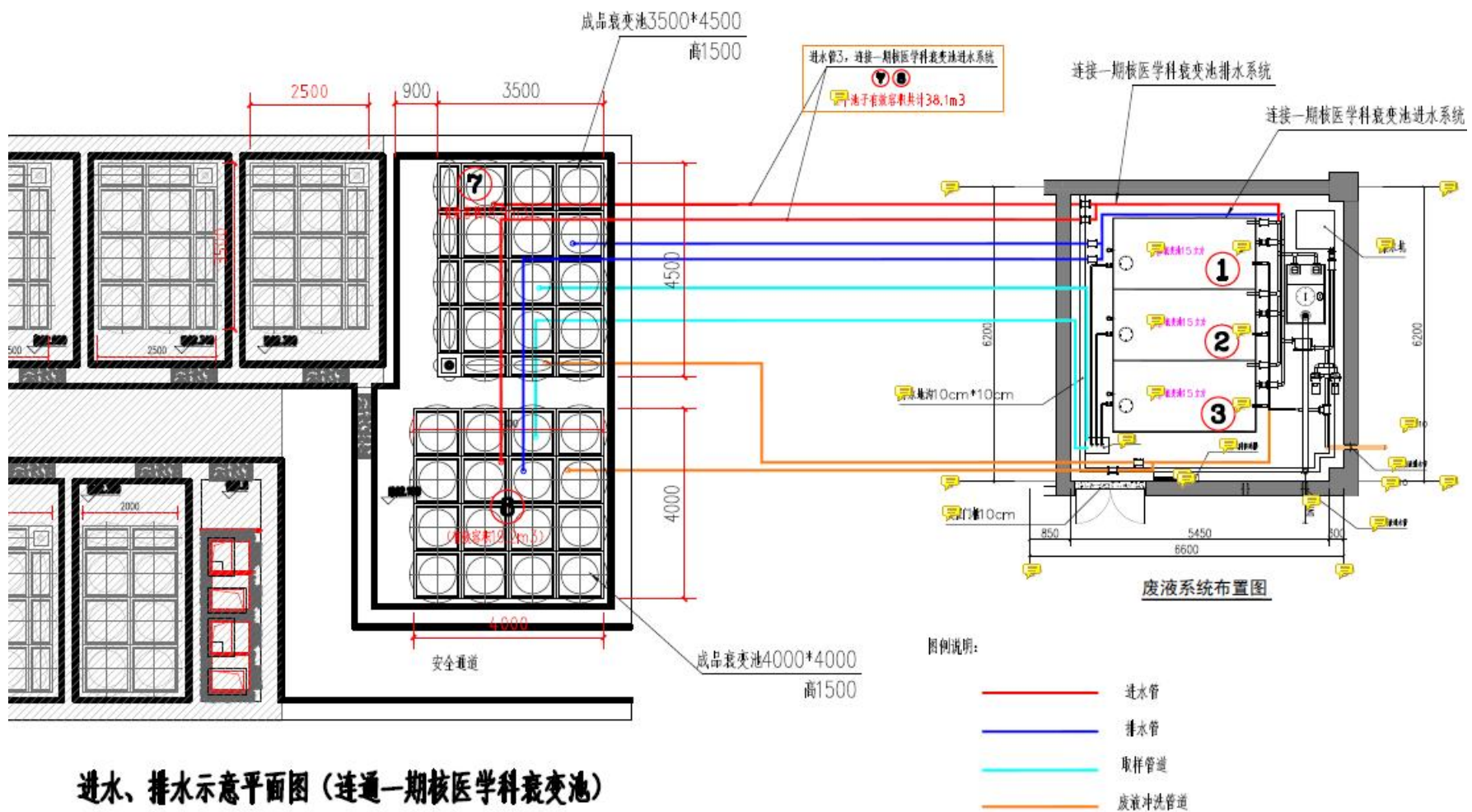


图 10-10 锑衰变池系统（推流式）平面设计示意图



剖面图

图 10-11 锔衰变池系统（推流式）剖面设计示意图



进水、排水示意平面图 (连通一期核医学科衰变池)

图 10-12 碘衰变池系统 (槽式) 平面设计示意图

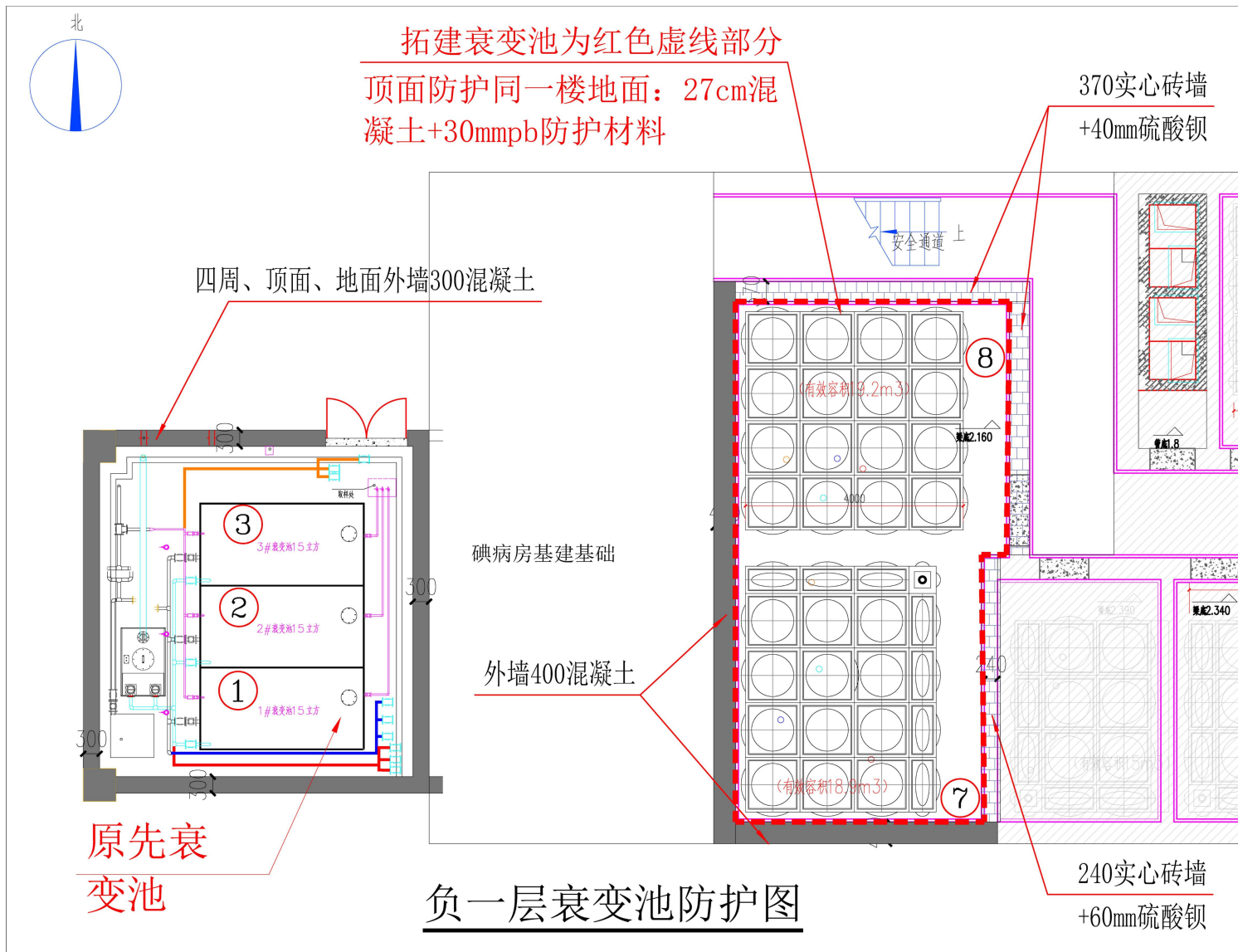


图 10-13 碘衰变池系统防护设计示意图

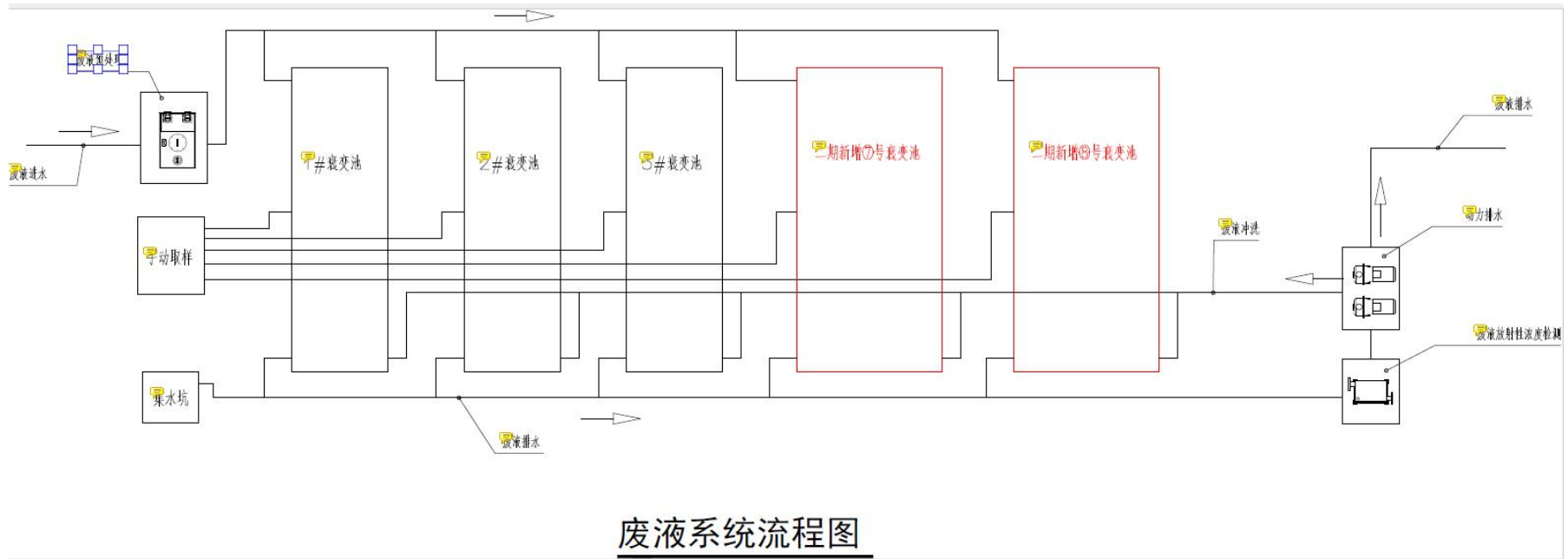


图 10-14 碘衰变池系统（槽式）剖面设计示意图

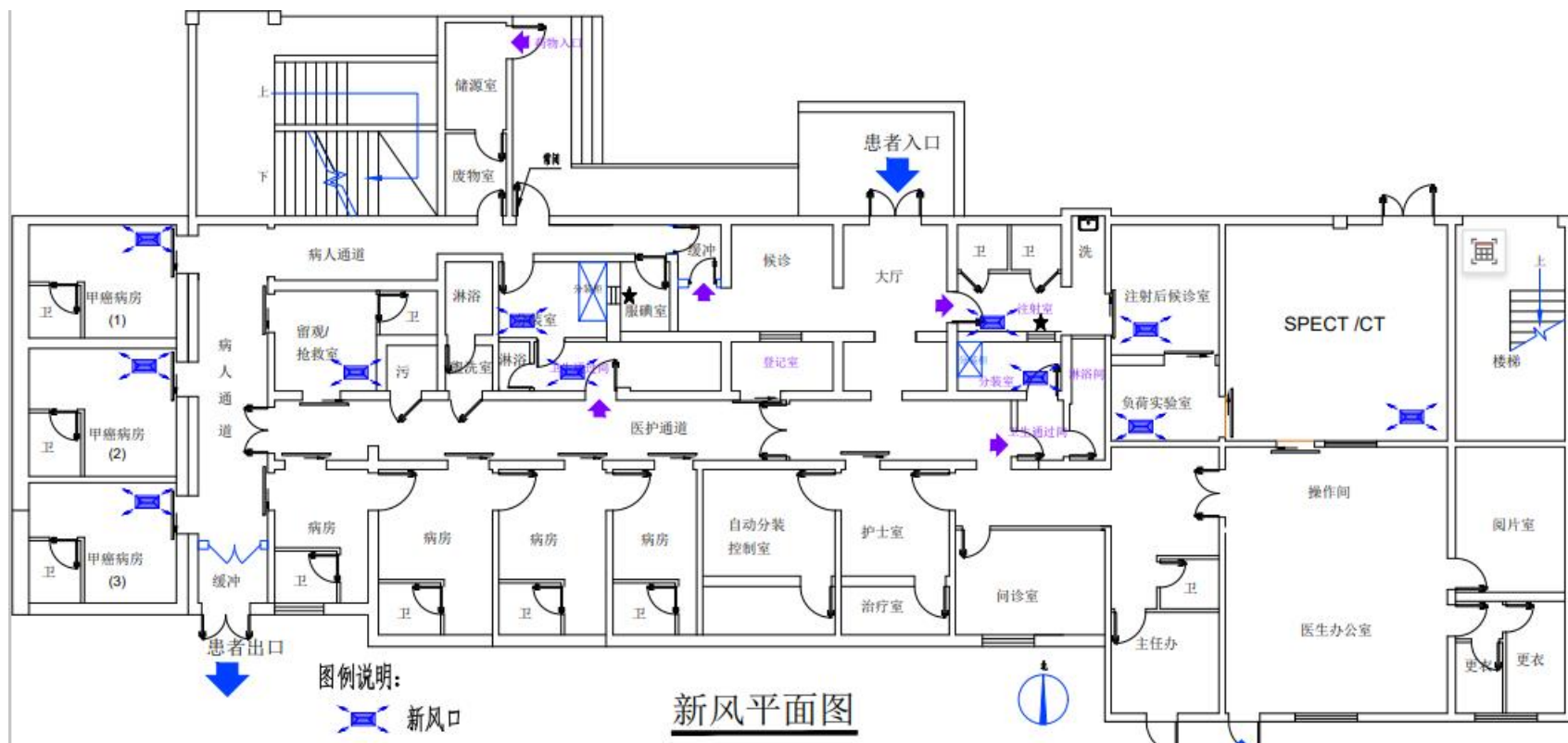


图 10-15 工作场所新风设计示意图

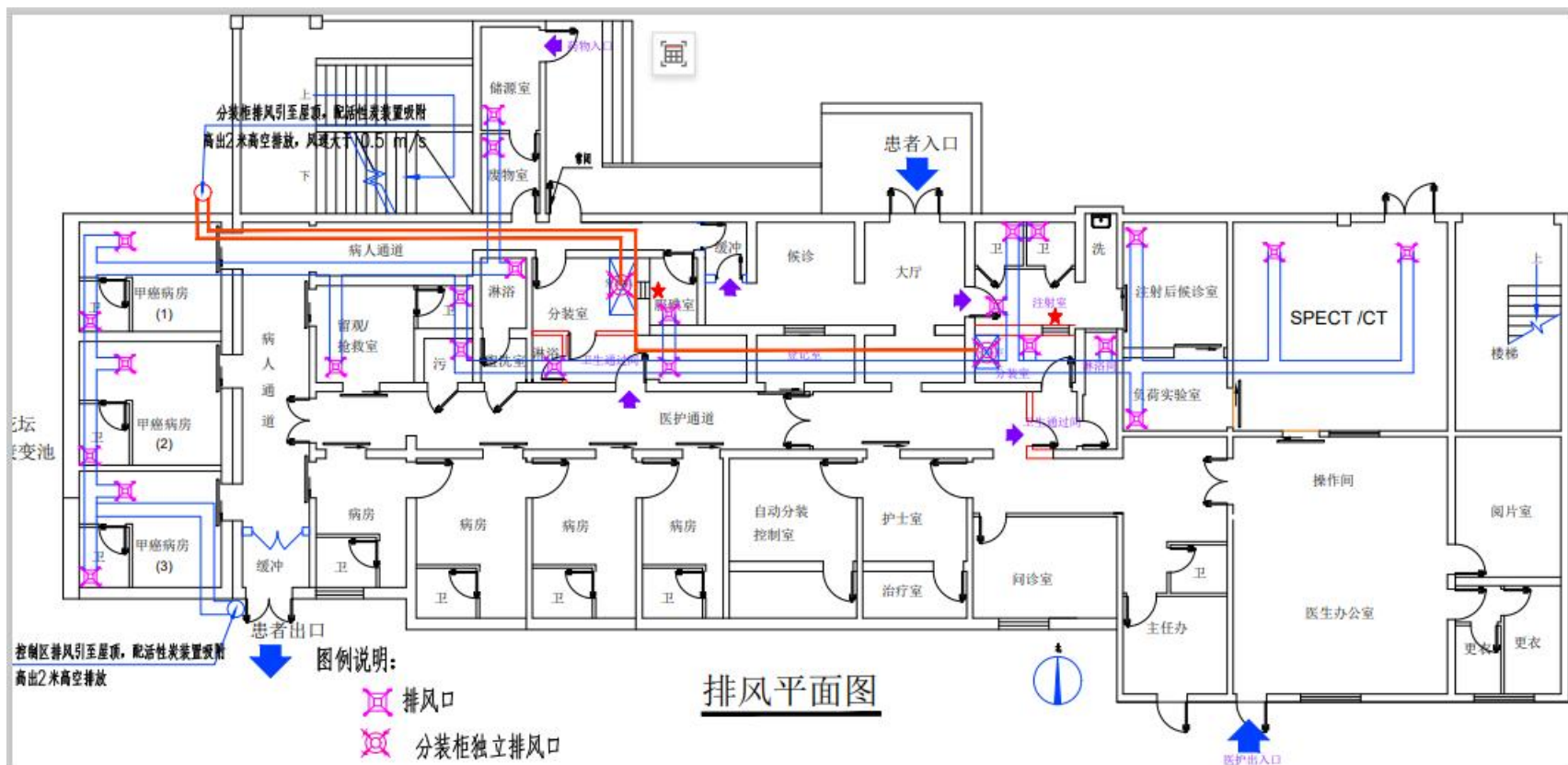


图 10-16 工作场所排风设计示意图

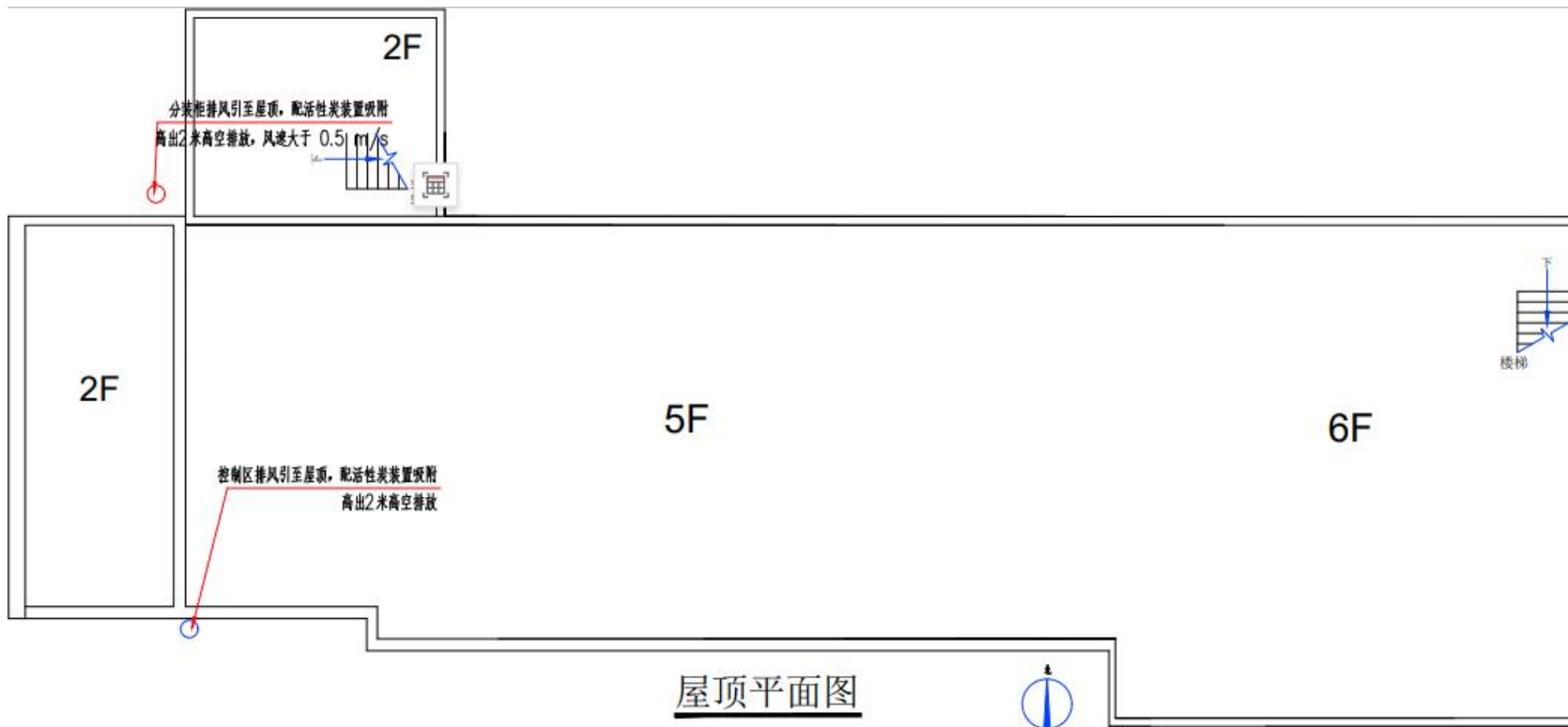


图 10-17 工作场所所在楼屋顶排风设计示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目辐射工作场所系在现有建筑中改造，需要完成拆墙及新搭建墙体，以及对地板和天花板的改造；此外还需开挖衰变池并浇筑。本项目在建设施工过程中会对环境会产生如下影响：

(1)大气。本项目在建设施工期需进行的拆除墙体、挖掘、混凝土浇筑作业、新砌墙体等，施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：**a.**及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；**b.**车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；**c.**施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

(2)噪声。整个建筑施工阶段，如混凝土搅拌机、卷扬机及载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响，施工也会产生切割噪声。在施工时尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

(3)固体废物。项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的公司清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

(4)废水。项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在本层内局部区域，对周围环境影响较小。

本项目放射性药物未运抵之前，均不会对周围环境产生辐射影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 放射性核素产生的 γ 射线辐射环境影响分析

本项目使用的放射性核 ^{111}In 和 ^{123}I 进行 SPECT 显像诊断；骨转移癌治疗项目使用 ^{186}Re 核素进行治疗。以上核素衰变过程中，会产生 γ 射线。

辐射工作人员在放射性药物操作区进行相关放射性药物的操作和给病人注射放射性核素，这个过程主要是放射性核素产生的 γ 射线引起的辐射照射。当病人注射了放射性药物之后，病人又成为一个活动的辐射体，其所在的工作场所则要考虑来自病人身体的射线辐射。

1、屏蔽计算方法

参照 GBZ120-2020 的式(I.1)，按以下公式计算：

$$H_R = A \cdot \Gamma \cdot r^{-2} \cdot 10^{-(x/\text{TVL})} \quad (11-1)$$

式中： H_R —经屏蔽材料屏蔽后，关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A —药物的放射性活度， MBq ；

Γ —距源 1 米处剂量率常数， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{MBq}^{-1}$ ；

r —关注点到辐射源的距离， m ；

x —拟采用的屏蔽厚度， cm ；

TVL — γ 射线在相应屏蔽材料中的半值层厚度， cm 。

表 11-1 本项目涉及核素辐射剂量率估算相关参数取值表

核素名称	^{123}I	^{111}In	^{177}Lu	^{186}Re
铅半值层厚度 mm ($\rho=11.3\text{t/m}^3$)	1	1.8	4.7	3
混凝土半值层厚度 mm ($\rho=2.35\text{t/m}^3$)	110	48	150	120
砖半值层厚度 mm ($\rho=1.65\text{t/m}^3$)	160	76	214	171
周围剂量当量率常数 (源) $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{h} \cdot \text{MBq})$	0.061	0.0893	0.00517	/
患者体外 1m 处的周围剂量当量 率 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{h} \cdot \text{MBq})$	0.0433	0.0796	0.0027	0.0069

注：① ^{123}I 、 ^{186}Re 周围剂量当量率常数及来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；② ^{177}Lu 周围剂量当量率常数取值参考《 ^{177}Lu -Dotatate 治疗的放射防护评估》，中国辐射卫生； ^{177}Lu 和 ^{111}In 的 TVL 取值参考《辐射防护手册第三分册》（潘自强主编）中的图 2.16 几种常用屏蔽材料对宽束 γ 射线的半值层和十分之一值层厚度。

2、屏蔽计算参数

1) 放射性药物活度

病房治疗区分装室分装柜按 ^{177}Lu 日最大操作量计算，服药（注射）室、留观/抢救室按最多同时容留 1 名受检人员进行计算，保守按照每人每次用药活度 74000MBq （ 200mCi ）进行计算。显像诊断区分装室分装柜按 ^{111}In 、 ^{123}I 和 ^{186}Re 日最大操作量计算。

2) 计算时四周屏蔽墙、防护门参考点位置在墙（门）外 0.3m 处，屋顶参考点位

置在楼板地面上方 0.3m 处，楼下距地面 1.7m 处。关注点设置示意图见图 11-1。

3) 参照 NCRP Report No.147 可知，CT 正常运行时其主射线绝大部分均被待检人体及探测器吸收，主要源项为散射线及漏射线，且远小于注射后病人身体输出的剂量率，因此 SPECT/CT 扫描室的屏蔽设计主要按内有注射核素的病人进行防护要求计算。

4) 分装柜、注射台为固定点，其与关注点距离为固定距离；而注射药物后的受检人员在注射后候诊室、抢救/留观室、治疗病房、SPECT/CT 机房等房间内是能活动的；而源点与关注点的距离直接关系到拟采取防护措施的多寡，涉及到投资投入。考虑到内部走廊正常情况下是无人员逗留的，依据 GB18871-2002 中第 4.3.3 “防护与安全的最优化”原则：“对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平，这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）”。综上考虑，注射后候诊室、抢救/留观室、治疗病房、SPECT/CT 机房等周围关注点与源点距离按 2m 计算。

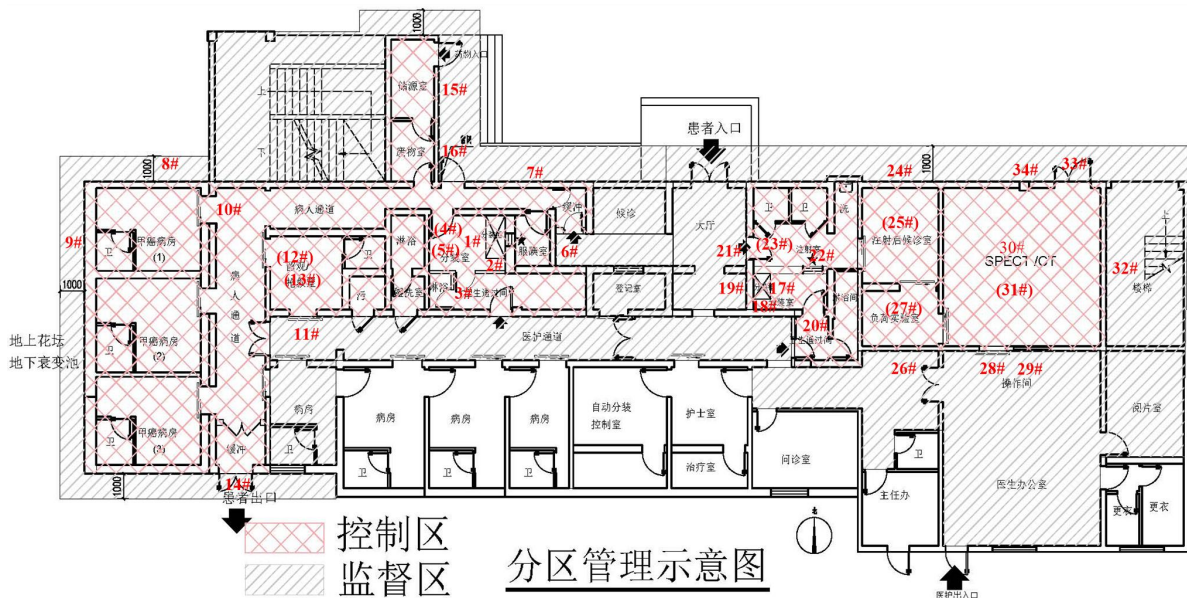


图 11-1 核医学科工作场所关注点示意图

3、关注点周围剂量当量率计算结果

根据以上屏蔽计算参数，估算出各关注点辐射剂量率结果见表 11-2。

表 11-2 辐射工作场所关注点辐射剂量率估算结果

点 位	所在 区域	关注点描述	源项活度 (MBq)		距离 (m)	屏蔽设计	γ辐射剂量率 (μSv/h)	
1#	病房 治疗 区	碘分装室内分装柜 正面 30cm	¹⁷⁷ Lu	200	0.6	50mmPb 分装柜	6.61E-11	
2#		碘分装室内分装柜 侧表面 30cm	¹⁷⁷ Lu	200	0.6	50mmPb 分装柜	6.61E-11	
3#		碘分装室防护门外 30cm (卫生通过间 内)	¹⁷⁷ Lu	200	2	50mmPb 分装柜 +6mmPb 防护门	3.14E-13	
4#		碘分装室下方负一 层地面 1.7m 处	¹⁷⁷ Lu	200	2.8	27cm 混凝土 +50mmPb 分装柜	4.81E-14	
5#		碘分装室上方二层 地面 30cm	¹⁷⁷ Lu	200	2.8	10cm 混凝土 +6mmPb 防护材料 +50mmPb 分装柜	3.46E-14	
6#		服碘室东侧 30cm(走 廊内)	¹⁷⁷ Lu	200	2	240mm 实心砖 +13mmPb 防护材 料	1.75E-05	
7#		病人通道北侧墙外 30cm(候诊室内)	¹⁷⁷ Lu	200	2	墙体 240mm 实心 砖+39mmPb 防护 材料	5.14E-11	
8#		甲癌病房北侧墙外 30cm(室外花坛)	¹⁷⁷ Lu	200	2	240mm 实心砖 +39mmPb 防护材 料	5.14E-11	
9#		甲癌病房西侧墙外 30cm(室外花坛)	¹⁷⁷ Lu	200	2	240mm 实心砖 +39mmPb 防护材 料	5.14E-11	
10#		甲癌病房防护门外 30cm(病人通道内)	¹⁷⁷ Lu	200	2	20mmPb 防护门	7.50E-06	
11#		留观/抢救室南侧防 护门外 30cm(医护走 廊内)	¹⁷⁷ Lu	200	2	240mm 实心砖 +39mmPb 防护材 料	5.14E-11	
12#		留观/抢救室下方负 一层地面 1.7m 处(衰 变池组)	¹⁷⁷ Lu	200	2.8	27cm 混凝土 +30mmPb 防护材 料	8.86E-10	
13#		留观/抢救室上方二 层地面 30cm (办公 区)	¹⁷⁷ Lu	200	2.8	50cm 混凝土 +35mmPb 防护材 料	2.24E-12	
14#		患者出口防护门外 30cm(走廊内)	¹⁷⁷ Lu	200	2	20mmPb 铅板	7.50E-06	
15#		储源室东侧墙外 30cm(室外通道)	¹⁷⁷ Lu	200	2	50mm 铅防护罐 +24cm 实心砖	1.03E-13	1.03 E-13
	¹²³ I		20	1.41E-55				

			¹¹¹ In	20		+3mmPb 防护材料 30	7.62E-35	
			¹⁸⁶ Re	30			4.40E-21	
16#	废物间东侧墙外 30cm(室外通道)	2	¹⁷⁷ Lu	2	24cm 实心砖 +3mmPb 防护材料	1.95E-07	2.38 E-06	
			¹²³ I	0.2		1.41E-07		
			¹¹¹ In	0.2		2.12E-10		
			¹⁸⁶ Re	0.3		2.04E-06		
17#	钨分装室内分装柜 正面 30cm	0.6	¹²³ I	20	10mmPb 分装柜	4.97E-10	2.68 E-4	
			¹¹¹ In	20		9.43E-07		
			¹⁸⁶ Re	30		2.67E-04		
18#	钨分装室内分装柜 侧表面 30cm	0.6	¹²³ I	20	10mmPb 分装柜	4.97E-10	2.68 E-4	
			¹¹¹ In	20		9.43E-07		
			¹⁸⁶ Re	30		2.67E-04		
19#	钨分装室西侧墙外 30cm (候诊大厅)	2	¹²³ I	20	240mm 实心砖 +13mmPb 防护材 料+10mmPb 分装 柜	1.41E-25	1.11 E-9	
			¹¹¹ In	20		3.54E-18		
			¹⁸⁶ Re	30		1.11E-09		
20#	钨分装室防护门外 30cm (卫生通过间 内)	2	¹²³ I	20	6mmPb 铅板	4.47E-07	5.32 E-04	
			¹¹¹ In	20		1.42E-05		
			¹⁸⁶ Re	30		5.18E-04		
21#	注射室防护门外 30cm (候诊大厅)	2	¹²³ I	20	5mmPb 铅板	4.47E-06	1.17 E-03	
			¹¹¹ In	20		5.09E-05		
			¹⁸⁶ Re	30		1.11E-03		
22#	注射窗外 30cm	0.5	¹²³ I	20	40mmPb	7.15E-40	3.84 E-14	
			¹¹¹ In	20		2.93E-23		
			¹⁸⁶ Re	30		3.84E-14		
23#	注射室上方二层地 面 30cm (办公区)	2.8	¹²³ I	20	10cm 混凝土 +8mmPb 防护材料	2.81E-10	5.69 E-05	
			¹¹¹ In	20		4.62E-09		
			¹⁸⁶ Re	30		5.69E-05		
24#	注射后候诊室北侧 墙外 30cm (室外)	2	¹²³ I	20	24cm 实心砖 +5mmPb 防护材料	1.26E-07	1.12 E-03	
			¹¹¹ In	20		2.51E-07		
			¹⁸⁶ Re	30		1.11E-03		
25#	注射后候诊室上方 二层地面 30cm (办 公区)	2.8	¹²³ I	20	10cm 混凝土 +11mmPb 防护材 料	2.50E-13	5.69 E-05	
			¹¹¹ In	20		7.06E-10		
			¹⁸⁶ Re	30		5.69E-06		
26#	负荷实验室南墙外 30cm (办公区)	2	¹²³ I	20	24cm 实心砖 +5mmPb 防护材料	1.26E-07	1.12 E-03	
			¹¹¹ In	20		2.51E-07		
			¹⁸⁶ Re	30		1.11E-03		
27#	负荷实验室上方二 层地面 30cm (办公	2.8	¹²³ I	20	10cm 混凝土 +11mmPb 防护材	2.50E-13	5.69 E-06	
			¹¹¹ In	20		7.06E-10		

	区)	¹⁸⁶ Re	30	2.8	料	5.69E-06	
28#	SPECT/CT 机房南防护门外 30cm (操作间)	¹²³ I	20	2	6mmPb 铅板	3.98E-07	6.18E-04
		¹¹¹ In	20	2		1.00E-04	
		¹⁸⁶ Re	30	2		5.18E-04	
29#	SPECT/CT 机房观察窗外 30cm (操作间)	¹²³ I	20	2	3mmPb	3.98E-04	1.02E-02
		¹¹¹ In	20	2		4.66E-03	
		¹⁸⁶ Re	30	2		5.18E-03	
30#	SPECT/CT 机房内距患者 1m 处	¹²³ I	20	1	0.5mmPb+0.5mmPb	1.59E-01	4.00E-01
		¹¹¹ In	20	1		2.41E-01	
31#	SPECT/CT 机房上方二层地面 30cm (办公区)	¹²³ I	20	2.8	10cm 混凝土+7mmPb 防护材料	2.50E-09	1.23E-04
		¹¹¹ In	20			1.18E-07	
		¹⁸⁶ Re	30	2.8		1.23E-04	
32#	SPECT/CT 机房东侧墙外 30cm (楼梯间)	¹²³ I	20	2	400mm 实心砖	1.26E-03	1.5E-03
		¹¹¹ In	20	2		1.18E-06	
		¹⁸⁶ Re	30	2		2.37E-04	
33#	SPECT/CT 机房防护门外 30cm (患者出口)	¹²³ I	20	2	6mmPb 铅板	3.98E-07	6.18E-04
		¹¹¹ In	20	2		1.00E-04	
		¹⁸⁶ Re	30	2		5.18E-04	
34#	SPECT/CT 机房北侧墙外 30cm (室外)	¹²³ I	20	2	400mm 实心砖	1.26E-03	1.5E-03
		¹¹¹ In	20	2		1.18E-06	
		¹⁸⁶ Re	30	2		2.37E-04	

注：(1) 表中防护材料的等效铅当量要求是对应相应核素的 γ 射线；(2) 同一个源项、相同的屏蔽参数时，只考虑典型关注点。余同。

由表 11-2 估算结果可见，项目产生的 γ 辐射剂量率水平能满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)规定的“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 μ 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 μ Sv/h”要求。

同时满足 HJ 1188-2021 规定的“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 μ 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 μ Sv/h。”的要求。

11.2.2 放射性核素产生的 α 粒子辐射环境影响分析

本项目骨转移癌治疗项目使用 ²²⁵Ac、²²³Ra 核素进行治疗，放射性核素 ²²⁵Ac、²²³Ra 为 α 衰变，在衰变过程中会产生 α 粒子。由于 α 粒子的体积比较大，又带两个正电荷，很容易就可以电离其他物质。因此，它的能量亦散失得较快，穿透能力在众多电离辐射中是

最弱的，人类的皮肤或一张纸已能隔阻 α 粒子，核医学科工作人员只要戴上手套和眼罩（或面罩），就能达到防护要求， ^{225}Ac 和 ^{223}Ra 核素的操作均在密闭分装柜（手套箱）内进行，注射时药物在针筒内，因此不考虑其对人体的辐射影响。

11.2.3项目运行对工作人员所致有效剂量分析

1、计算公式

根据潘自强主编的《电离辐射环境监测与评价》第 3.3.3 节（P51 页）“对于强贯穿辐射，10mm 深度是被经常使用的， $H^*(10)$ 应当是有效剂量 E 的合理近似”，外照射现场监测量为周围剂量当量率 $H^*(10)$ 。在有效剂量估算时，可以直接使用测量结果，不用进行系数转化。因此 X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式估算：

个人年有效剂量估算按下列公式计算：

$$H_e = H^*(10) * t * 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

其中： H_e 为年有效剂量，(mSv/a)；

$H^*(10)$ 为 X- γ 辐射周围剂量当量率，nSv/h；

t 为年受照射时间，小时；

10^{-3} 为 μSv 到 mSv 的转换系数。

2、项目工作人员年有效剂量估算

显像检查区 SPECT/CT 项目辐射工作人员主要为分装室医护人员以及负责 SPECT/CT 扫描操作的医技人员。该项目配备工作人员 4 人，其中负责摆位、扫描、校准 2 人(轮班上岗)，测活及注射 2 人(轮班上岗)，工作人员均为现有核医学科 SPECT/CT 工作人员，不新增。

病房治疗区核素 ^{177}Lu 治疗项目辐射工作人员主要为分装室医护人员。该项目配备工作人员 2 人，主要负责药物注射，均为现有核医学科核素治疗病房工作人员，不新增。

(1) SPECT/CT 检查项目运行所致医技人员年附加有效剂量估算

负责 SPECT/CT 扫描的工作人员受到的主要额外照射来自待服注射药物的受检人员进行 SPECT/CT 扫描、为受检人员摆位的过程中。从偏安全角度考虑，一名 SPECT/CT 扫描操作的工作人员，待服受检人员上机扫描每例需 2 分钟，摆位的过程中受照剂量按注射后待检人员 1m 处的辐射剂量率(铅服加铅屏风防护后)计算；平均每例 SPECT/CT

扫描时长按 20 分钟计，扫描过程中工作人员在控制室内受照剂量按观察窗前 30cm 的辐射剂量率计算。

本次扩建项目全年规划 SPECT/CT 检查 1000 人次，其中需要医技人员侍服摆位的保守按 30%（只有依从性不好或身体状况不好的受检人员才需要），即全年因侍服受检人员摆位时长共计 10 小时。全年在控制室内操作扫描时长为 2000h，按控制室室内关注点最大剂量率来估算该过程受照射剂量。以上工作内容由 2 名医技人员轮流负责。则由以上条件参数及式（11-2）可以估算出负责 SPECT/CT 检查操作的一名医技人员接受的附加年有效剂量约为 $1.22E-2mSv$ 。

综上所述，负责 SPECT/CT 检查操作的一名医技人员接受的附加年有效剂量共计为 $1.22E-2mSv$ ，低于职业人员年剂量管理约束值（5mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）的要求。

（2）显像诊断区分装室工作人员年附加有效剂量估算

分装室工作人员在测活、注射过程中会受到附加辐射照射，该环节工作由 2 名工作人员轮流完成。从偏安全角度考虑：a、负责诊断前期准备每天需进行测活、转移含药品的注射器过程（药品转移采用注射器外套钨金防护套进行）30s/人次、注射操作 30s/人次；b、全年规划使用检查 1000 人次；c、工作人员在测活、转移时受照剂量按分装柜前 30cm 剂量率计算；在给病人注射时受照剂量按注射台 30cm 剂量率计算。则由以上条件参数及式(11-2)可以估算出负责药品测活、注射等诊断前期准备工作的一名工作人员接受的附加年有效剂量为 $1.6E-7mSv$ 。低于职业人员年剂量管理约束值（5mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）的要求。

（3）病房治疗区分装室工作人员年附加有效剂量估算

分装室工作人员在药品转移、注射过程中会受到附加辐射照射，该环节工作由 2 名工作人员轮流完成。从偏安全角度考虑：a、负责诊断前期准备每次需进行转移含药品的注射器过程（药品转移采用注射器外套钨金防护套进行）30s/人次、注射操作 30s/人次；b、全年规划使用检查 100 人次（一周 2 人）；c、 ^{177}Lu 核素为外购单支成品药物不开展分装，注射前医护人员在 50mmPb 的分装柜内直接拿出带有铅防护套的注射

器。工作人员在转移时受照剂量按分装柜前 30cm 剂量率计算；在给病人注射时受照剂量按药物置于 10mmPb 注射器防护套内，工作人员分装室内在 13mmPb 铅玻璃注射窗后进行，并穿戴有 0.5mmPb 铅橡胶围裙来计算。则由以上条件参数及式(11-2)可以估算出负责药品转移、注射等诊断前期准备工作的一名工作人员接受的附加年有效剂量为 **7.2E-7mSv**。

(4) 辐射工作人员年附加有效剂量叠加估算

本项目为扩建项目，工作人员均为现有核医学科 SPECT/CT 工作人员，不新增。根据医院提供的核医学科现有辐射工作人员的个人剂量监测报告，最近 4 个季度现有核医学科人员个人剂量累计最大者为 0.3mSv，叠加上述各工作人员附加年有效剂量，均小于本报告提出的职业照射年剂量约束值 5mSv。

11.2.4 项目运行对公众人员所致有效剂量预测

核医学科所有辐射用房布置是相对独立、相对封闭的区域，科室有严格的“三区”管理制度，出入口均设有门禁，无关公众成员不会进入治疗区域。公众可达区域为辐射工作场所边界外及楼上楼下区域。根据表11-2预测结果，各区域公众成员受照剂量估算结果见表11-3。

表11-3 公众成员受照剂量估算结果

关注点	关注点位置	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年工作 时间(h)	居留 因子	年有效剂量 (mSv/a)
31#	肾内科工作人员	1.23E-04	2000	1	2.46E-04
12#	护送队办公室工作人员	8.86E-10	2000	1	1.77E-09
33#	行政楼工作人员	6.18E-04	2000	1/8	1.55E-04
34#	院外民房	1.5E-03	2000	1	3.0E-03
14#	4号楼消毒供应中心楼工作人员	1.35E-11	2000	1/8	3.38E-12
14#	5号楼内科楼工作人员	1.35E-11	2000	1/8	3.38E-12
14#	3号楼妇儿楼工作人员	1.35E-11	2000	1/8	3.38E-12
34#	1号楼放射楼工作人员	1.5E-03	2000	1/8	3.75E-04
34#	门诊楼工作人员	1.5E-03	2000	1/8	3.75E-04

从表11-4估算结果可知，在核医学科周边（含上下层）逗留或活动的公众成员因为该项目运行受到的年有效剂量均低于公众成员年剂量管理约束值（**0.1mSv**）。以上是以辐射工作场所边界外相邻处关注点的辐射剂量率贡献值来估算公众的受照剂量，由于

辐射剂量率与距离的平方成反比，对于评价范围内距离更远的公众（表7-1中所述），可推断其受到的年有效剂量均低于以上估算值。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

11.2.4 采取三废治理措施后放射性固体废物和流出物对环境的影响

本项目为扩建项目，项目产生的放射性废水、放射性固体废物、放射性废气均依托现有核医学科三废治理措施，并新增 2 个衰变池扩大了病房治疗区域衰变池系统的有效容量。

放射性废水：本扩建项目依托核医学科现有两套独立的废水衰变系统（病房治疗区新增 2 个并联衰变池），收集相应项目产生的含放射性废水，本项目衰变池有效容积、池体及管道防护设计均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相应要求。本项目运行后，需加强废水放射性监测，确保项排放的废水水质的放射性满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的相应要求。

放射性固体废物：本扩建项目配备了收集放射性固体废物的铅桶，放射性固体废物分类收集、分别处理，按《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中 7.2.3 款要求进行管理，收集的固体废物在专用贮存衰变箱内存放衰变，待其所含放射性核素活度衰变至低于相应核素 GB 18871-2002 清洁解控水平推荐限值及 HJ 1188-2021 第 7.2.3.1 款要求时，对废物清洁解控并作为医疗废物处理，项目放射性固体废物不会对周围环境产生放射性污染。

放射性废气：本项目 2 间分装室内各设置一套分装柜，拟配风机风速不小于 0.5m/s，分装柜均设置有独立的排风管道，排风口拟设置于所在建筑楼屋顶；在高活性区设置通风设施，排风量大于进风量，保持这些控制区的负压，空气流向为低活区向高活区流动，排风口高于建筑楼屋顶，并拟设置活性炭为过滤装置，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相应要求，项目放射性废气对周围环境影响较小。

因此，采取三废治理措施后，放射性固体废物和流出物预期对环境产生的影响很小。

11.3 事故影响分析

1、被盗或丢失事故

（1）放射性物质在途中失控。由于放射性药物或放射源都是从相应厂家进货，在运输过程中可能会发生货包的被盗或丢失等失控事故。如装有放射性物质的货包没有按

预定的时间到达,医院首先应在医院内部进行各种可能性的检查,然后与订货公司联系,要求追踪货包去向,直到找到放射性物质货包为止。

(2) 放射性物质在核医学科丢失。由于管理不善,安保不严,在核医学科使用或暂存的放射性物质可能会发生被盗或丢失等失控事故。

医院一旦确定放射性物质失控,应即刻向公安机关报警处理,并配合公安部门、生态环境部门调查、侦破工作。禁止任何单位和个人故意破坏事故现场、毁灭证据。

2、泄漏污染事故

在放射性药品转移、注射等使用过程中,可能会由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄漏,导致局部场所台面或地面产生放射性污染。发生此类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缘向中心擦抹,直到擦干污染区。用表面污染监测仪测量污染区,如果 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$,表明该污染区未达到控制标准,这时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。吸擦后的药棉或纸巾作放射性固体废弃物处置。

3、人员照射剂量超标事故

工作人员在开展辐射工作过程中未按要求穿戴铅服、铅围脖等个人防护用品,造成附加辐射照射剂量超过管理限值要求。医院应加强对辐射工作人员的教育培训,增强辐射防护与安全意识,严格落实各项规章制度,及时关注个人监测结果。确保每一位辐射工作人员正常操作不会受到超剂量照射。

4、固体废物超标排放

核医学科产生放射性固体废物的场所均设有带防护功能的废物桶,再将收集箱内的固体废弃物连同垃圾袋分期存放至废物间内。废气排放口更换下的废活性炭也属于放射性固体废物,更换下的活性炭将存放于衰变箱中,标注活性炭存放日期、存放量等。

严格要求每次处置前均需开展放射性检测,其所含放射性核素活度衰变至低于相应核素 GB 18871-2002 清洁解控水平推荐限值及 HJ 1188-2021 第 7.2.3.1 款要求时,可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款：使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、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；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院成立了辐射安全与防护管理领导小组（见附件 4 “关于调整辐射安全与防护管理领导小组的通知”），在该文件中明确了领导小组成员名单，并明确了相关职责，小组人员组成如下：

组长：付巍（核医学科主任）；

副组长：周志鹏（放射科主任）、刘美莲（放射治疗科主任）；

成员：韩明林（医务部主任）、廖春燕（护理部主任）等 11 位主任、科长组成（具体见附件 5）；

辐射安全与防护管理领导小组职责：

(一)全面领导医院的辐射诊疗及安全防护等相关工作，拟定配套制度，组织实施并督促落实。

(二)定期组织对辐射诊疗场所、设备和人员的防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时落实整改措施。

(三)按规定对新建、扩建、改建的放射诊疗场所、设备进行辐射防护竣工验收、检测、检查、校验；每年委托有资质认证的检测机构进行场所放射防护和机器性能检测。

(四)落实《职业病防治法》，为放射工作人员配备符合要求的职业防护设施和个人防护用品。

(五)定期组织放射工作人员接受辐射安全防护知识相关培训及考核，组织放射人员开展职业健康管理。

(六)各放射线相关科室制订并落实诊断质量控制方案、岗位职责、射线操作规程、应急预案等，定期组织培训及演练，依法执业。

(七)发生辐射安全事故后及时启动应急预案，组织有关部门和人员进行事故应急处

理。

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，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。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

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》（2019年，第57号）的相关要求，自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。医院应及时安排本项目未参加培训并考核合格的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训，考核合格后方可上岗（考核成绩合格有效期五年）。

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许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。医院已建立了相应的管理制度（包括辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、操作规程、人员培训、监测方案等）和辐射事故应急预案。

医院已制定的各项管理制度具有较好的可行性，本次项目为非密封放射性物质的应用，与原有核技术利用项目为同种类型，针对本项目，建设单位将本项目的相关内容纳入原有管理制度体系中。只要在日常工作中严格落实，即能够满足核技术利用项目的管理。

针对辐射活动规模扩大的变化情况，提出如下要求：

（1）项目实施后，《辐射事故应急预案》需修订完善，增加关于本次项目核素相应的应急预案内容。

（2）环评批复后，需及时向相关部门申请办理辐射安全许可证。

12.3 辐射监测

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》及《放射性同位素与射线装置安全和防

护条例》要求，医院须对使用射线装置、辐射工作场所及辐射从业人员开展辐射监测工作，以确保辐射从业人员的职业健康，控制放射性物质的照射，保障环境安全，规范辐射工作防护管理。建设单位需根据要求制定以下辐射监测计划。

12.3.1 个人剂量监测

建设单位应定期委托有资质的单位定期对辐射工作人员个人剂量计进行监测（监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天），并按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》的要求建立个人剂量记录及监测档案管理制度，并对职业照射个人监测档案终生保存。

本项目运行后，将继续委托有资质的单位开展辐射工作人员个人剂量计进行监测。同时按照《放射工作人员健康标准》的相关规定，医院应为辐射工作人员建立个人健康档案，对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检报告，合格者才能上岗；对从事辐射工作的工作人员建立职业健康监护档案，档案要终生保存，工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。职业健康检查周期为 1~2 年，但不得超过 2 年，必要时可适当增加检查次数；在本单位从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也应进行健康体检。

12.3.2 辐射环境监测

建设单位应委托有资质的机构定期（每年常规监测一次）对项目工作场所及周围环境进行辐射监测，并建立监测技术档案。监测方案要求如下：

- （1）监测范围：场所周围墙体、防护门等人员可达区域（包括上层相邻房间）；以及周围 50m 范围内环境关注点。
- （2）监测项目：X- γ 周围当量剂量率；表面污染；
- （3）监测频次：每年至少一次；
- （4）监测仪器：使用的仪器应与本项目源项特征相适应（由监测机构负责）；
- （5）监测报告所包含信息应清晰、准确、完整，并纳入档案进行保存。

12.3.3 年度安全评估报告

每年1月31日之前，医院应向辐射安全许可证发证机关及当地生态环境主管部门提交上一年的本单位辐射安全和防护状况年度评估报告。

12.4 辐射事故应急

12.4.1 应急响应机构设置

本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四章规定及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章的规定，结合单位的实际情况和表11中“事故影响分析”，制定了桂林医学院附属医院《辐射事故应急预案》（见附件5）。

预案中成立由分管副院长领导下的职业安全防护应急领导小组，成员由预防保健科、医务部、放射科、放疗科、核医学科、护理部、后勤管理部、保卫科、医院感染管理科等各部门主要负责人组成，下设办公室在医疗保健科。

预案规定了医院职业安全防护应急领导小组职责：

（1）每季度保健科组织对放射诊疗场所、设备和人员的放射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时落实整改措施；

（2）发生放射性同位素丢失；放射性同位素外壳损坏，发生泄露、污染事故；辐射装置无法停止导致人员受超剂量照射事故，应启动本预案；

（3）事故发生后立即组织有关部门和人员进行放射性事故应急处理；

（4）根据事故发生的等级、严重程度、波及范围等综合评估，按规定向环保、卫生行政、公安部门等相关部门及时报告事故情况；

（5）负责放射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

（6）放射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量；

（7）负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延；

（8）发生丢失放射性物质事故时，密切配合环保、卫生行政、公安部门迅速查找、侦查，尽快追回丢失的放射性物质；

（9）发生工作场所、地面、设备放射性污染事故时，应配合环保、卫生行政、公安部门确定污染的范围、水平，尽快采取相应的去污措施；

（10）组织有关人员对事故进行调查讨论，写出事故调查报告，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生；

（11）根据调查结果，做出对因违反规定、操作程序而造成事故的责任科室和责任

人的处罚决定。

12.4.2 应急预案内容

医院制定的放射事故应急处理预案内容包括：目的、依据、适用范围、组织管理、放射事故报告、放射事故应急处置程序、附件（放射事故应急处置流程）等内容，具体见附件5。

12.4.3 应急人员的培训与演习计划

医院制定的辐射事故应急预案具有可操作性，医院应做好事故应急人员保障、装备保障、应急文件管理等工作，加强人员培训及辐射事故应急演练，检验演习预案的可操作性及有效性，不断完善应急预案。

表 13 结论与建议

13.1 实践的正当性分析

医院2024年度核医学科扩建放射性药品应用项目目的在于开展医学放射治疗和诊断工作，对保障人民群众身体健康、拯救生命起着十分重要的作用；项目的建设为病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时项目的实施提高了医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也创造了更大的经济效益。因此，医院2024年度核医学科扩建放射性药品应用项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

13.2 选址合理性分析

本次扩建项目场所建于2号楼一楼，现有核医学科区域，属于独立区域，可严格划分控制区及监督区，不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第5.1关于“选址”规定。

13.3 辐射环境影响评价

（1）辐射环境影响现状评价

医院2024年度核医学科扩建放射性药品应用项目场址周围环境的辐射水平未见异常。

（2）辐射环境影响分析与预测

项目建设后，预计本扩建项目的辐射工作人员因项目运行而受到年有效剂量低于职业人员年剂量管理约束值（5mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于剂量限制的要求。

预计公众成员因本扩建项目运行而受到年有效剂量低于公众成员年剂量管理约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于剂量限制的要求。

13.4 辐射环境管理制度

（1）**管理机构：**医院为了加强医院环境保护工作领导，规范医院射线装置辐射安全及管理，成立了辐射安全与环境保护管理领导小组、辐射事故应急领导小组，明确了成员组成及各自的职责要求，并将加强监督管理。

(2) 规章制度：医院建立了相应的管理制度（包括操作规程、岗位职责、人员培训、监测方案等）和辐射事故应急预案。医院应根据本单位核技术利用项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中落实执行。

(3) 培训与个人剂量监测：在办理本项目辐射安全许可证前，医院按要求安排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参加培训，考核合格后方可上岗。医院委托有资质机构按照规范要求对辐射工作人员开展个人剂量监测，每两年进行一次健康体检，并做好档案管理。

综上所述，医院管理机构、规章制度及辐射工作人员的管理均可满足本项目对辐射安全管理的要求。

13.5 结论

综上所述，桂林医学院附属医院2024年度核医学科扩建放射性药品应用项目，在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施后，其运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.7 建议与承诺

13.7.1 建议

根据项目情况本评价提出以下建议：

- 1、根据工作实际，不断完善辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。
- 2、继续做好对放射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康体检和辐射环境监测等工作，发现问题及时整改，并分类保管保存相关资料。
- 3、按照辐射事故应急预案和报告制度的要求，定期进行应急演练。
- 4、落实辐射防护设施定期检查制度，如工作警示灯、辐射警示标记等等。

13.7.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，医院承诺：

- 1、按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》要求开展个人剂量监测、工作场所监测、放射性废水水质监测以及对本单位射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关及当地生态环境部门提交上一年度的评估报告。
- 2、接受生态环境部门的监督检查并及时整改检查中发现的问题。
- 3、完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行。

4、按要求开展竣工环保验收。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

公 章

经办人

年 月 日

审批意见：

公 章

经办人

年 月 日