

核技术利用建设项目
钦州市第二人民医院核医学科扩建项目
环境影响报告表

建设单位：钦州市第二人民医院
环评单位：广西北部湾环境影响评价有限公司
二〇二五年五月

表 1 项目基本情况

建设项目名称		钦州市第二人民医院核医学科扩建项目				
建设单位		钦州市第二人民医院				
法人代表		***	联系人	***	联系电话	***
注册地址		钦州市文峰南路 219 号				
项目建设地点		钦州市文峰南路 219 号核医学科				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		85	项目环保投资 (万元)	82	投资比例(环保 投资/总投资)	96.5%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m ²)	不征地
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 项目概述

1.1 建设单位简介

钦州市第二人民医院成立于 1933 年，是北部湾沿海地区集医疗、教学、科研、预防保健、中医康复为一体的国家三级甲等综合医院。医院医疗集团包括文峰院区、健康管理中心。同时还是国家住院医师规范化培训基地、广西医科大学附属医院、临床医学院、“国家高级卒中中心”、“中国胸痛中心（标准版）”、“国家呼吸与危重症医学科规范化建设项目三级医院达标单位”、“中国创面修复专科建设培育单位”、“中华医学学会脊柱脊髓共建示范单位”、“全国综合医院中医工作示范单位”、钦州市职业病防治院。医院学科健全，技术力量雄厚。心血管内科、麻醉科、医学影像科、呼吸与危重症医学科、消化内科（自治区临床重点培育学科）为自治区临床重点学/专科；心血管内科、胸心血管外科、呼吸与危重症医学科、普通外科、麻醉科、康复医学科、神

经内科、检验科、中医科、中西医结合科为钦州市医疗卫生重点（培育）专科。

1.2 项目建设规模

1.2.1 医院原有核医学科概况及规模

钦州市第二人民医院原有核医学科位于钦州市文峰南路 219 号 6 号楼一层，为乙级非密封放射性物质工作场所，于 2016 年 3 月 10 日取得原广西壮族自治区环境保护厅关于钦州市第二人民医院新建核医学科单光子发射型计算机断层仪（SPECT/CT）及放射药品核技术应用项目环境影响报告表的批复，文号为桂环审〔2016〕34 号，申请建设内容为：医院在核医学科配备一套双探头符合线路型 SPECT/CT 检查系统，申请使用放射药品 ^{99m}Tc 和 $^{18}\text{F-FDG}$ ，开展使用 ^{99m}Tc 及 $^{18}\text{F-FDG}$ 标记物进行 SPECT/CT 扫描检查项目，开展甲状腺摄 ^{131}I 率测定、 ^{131}I 治疗“甲亢”项目以及 $^{89}\text{SrCl}_2$ 与 $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ 核素治疗肿瘤等医学诊治项目，同时使用 $^{90}\text{Sr-90Y}$ 皮肤敷贴器及 ^{137}Cs 校准源。于 2017 年 11 月 21 日取得原广西壮族自治区环境保护厅关于钦州市第二人民医院新建核医学科 SPECT/CT 及放射药品应用（第一阶段）项目竣工环境保护验收申请的批复，文号为桂环审〔2017〕236 号，项目验收内容为：医院在核医学科配备一套双探头符合线路型 SPECT/CT 检查系统，开展使用 ^{99m}Tc 进行 SPECT/CT 扫描检查项目，开展甲状腺摄 ^{131}I 率测定、 ^{131}I 治疗“甲亢”等医学诊治项目，使用一枚皮肤敷贴器用 $^{90}\text{Sr-90Y}$ 源及一枚 ^{137}Cs 校准源；放射性药品 $^{18}\text{F-FDG}$ 应用项目、 $^{89}\text{SrCl}_2$ 与 $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ 核素治疗肿瘤项目建成后，另行验收。

原有核医学科 ^{18}F 显像诊断、 ^{89}Sr 核素治疗项目及 $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ 核素治疗肿瘤项目至今未建设，最新辐射安全许可证已申请终止该部分项目。

原有核医学科配备一套双探头符合线路型 SPECT/CT 检查系统，开展使用 ^{99m}Tc 标记检查，使用 ^{131}I 进行甲亢治疗，一枚皮肤敷贴用 $^{90}\text{Sr-90Y}$ 源及一枚 ^{137}Cs 校准源。原有核医学科废水衰变池为 3 级推流式废水衰变池，每级容积为 2.16m^3 ，共 6.48m^3 。

1.2.2 本项目建设内容及规模

为了满足患者需求和诊疗技术进一步发展的需求，医院拟对原有核医学科进行改造，新增放射性核素 ^{18}F 开展显像诊断（利用原有双探头 SPECT/CT 检查系统），新增 ^{89}Sr 开展核素治疗，对原有核医学科工作场所布局进行局部优化，辐射防护能力进行升级，扩增废水衰变池容积，重新布设废气排放系统等。本项目拟新增使用非密封放射性物质情况见表 1-1。

表 1-1 本项目拟新增使用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)	诊断/治疗项目	备注
¹⁸ F	液态	2人	500人	1.85E+8Bq (5mCi)	7.4E+8	显像诊断	新增
⁸⁹ Sr	液态	1人	100人	1.48E+8Bq (4mCi)	1.48E+8	骨转移瘤治疗	新增

新增 ¹⁸F 规划日最大操作量为 7.4×10^8 Bq (¹⁸F 半衰期为 109.8min, 单个病人单次用量为 5mCi, 考虑药物的衰减, 日最大操作量按日最大用量的 2 倍考虑), ⁸⁹Sr 规划日最大操作量为 1.48×10^8 Bq。本次拟扩增废水衰变池容积, 在原有废水衰变池前端增加一个 2m³ 污泥池, 末端增加一个 2m³ 检测池, 扩增后废水衰变池总容积为 10.48m³。

原有核医学科使用非密封放射性物质情况见表 1-2。 扩建后整个核医学科使用非密封放射性物质情况见表 1-3。原有核医学科射线装置情况见表 1-4, 原有核医学科放射源情况见表 1-5。

表 1-2 原有核医学科使用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)	诊断/治疗项目	备注
¹³¹ I	液态	5人	200人	<u>3.70E+8Bq (10mCi)</u>	<u>1.85E+9</u>	甲亢治疗	原有
^{99m} Tc	液态	20人	3600人	<u>9.25E+8Bq (25mCi)</u>	<u>1.85E+10</u>	显像诊断	原有

表 1-3 扩建后整个核医学科工作场所分级情况表

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)	核素情况	工作场所分级
6 号楼一楼核医学科	¹⁸ F	7.4E+8	低毒, 0.01	液态, 很简单操作, 10	7.4E+5	新增	1.90E+9 乙级
	⁸⁹ Sr	1.48E+8	中毒, 0.1	液态, 简单操作, 1	1.48E+7	新增	
	⁹⁹ Mo (^{99m} Tc)	1.85E+10	中毒, 0.1	液态, 贮存, 100	1.85E+7	现有	
	^{99m} Tc	1.85E+10	低毒, 0.01	液态, 很简单操作, 10	1.85E+7	现有	
	¹³¹ I	1.85E+10	中毒, 0.1	液态, 简单操作, 1	1.85E+9	现有	

注: 实际 ¹³¹I核素日最大操作量为 1.48×10^9 Bq (40mCi), 本次评价后, ¹³¹I日最大操作量减少到 1.48×10^9 Bq (40mCi), 年最大操作量较少到 7.4×10^{10} Bq (2Ci)。

表 1-4 原有核医学科射线装置情况表

名称	型号	生产厂家	类别	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	使用场所
SPECT/CT	Infinia VC Hawkeye 4	GE 公司	III类	1	140	2.5	核医学科 ECT 机房

表 1-5 原有核医学科密封放射源情况表

核素名称	出厂活度	出厂日期	类别	编码	数量	用途	使用场所
⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Y	8.1E+8	2000.02.28	V类	0400SR766975	1	皮肤敷贴	敷贴治疗室
¹³⁷ Cs	3.7E+6	2002.01.01	V类	0402CS766985	1	校准	分装室

注：本项目扩建不涉及 ⁹⁰Sr-⁹⁰Y 皮肤敷贴项目及 ¹³⁷Cs 校准密封源的贮存及应用。

1.3 目的和任务由来

医院在 6 号楼一楼扩建核医学科，属于乙级非密封放射性物质工作场所，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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。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，医院委托广西北部湾环境影响评价有限公司对该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，编制钦州市第二人民医院核医学科扩建项目辐射环境影响报告表。

1.4 项目周边保护目标及场址选址情况

1、项目周边环境关系

本项目建设地点位于钦州市文峰南路 219 号，项目地理位置图见图 1-1。

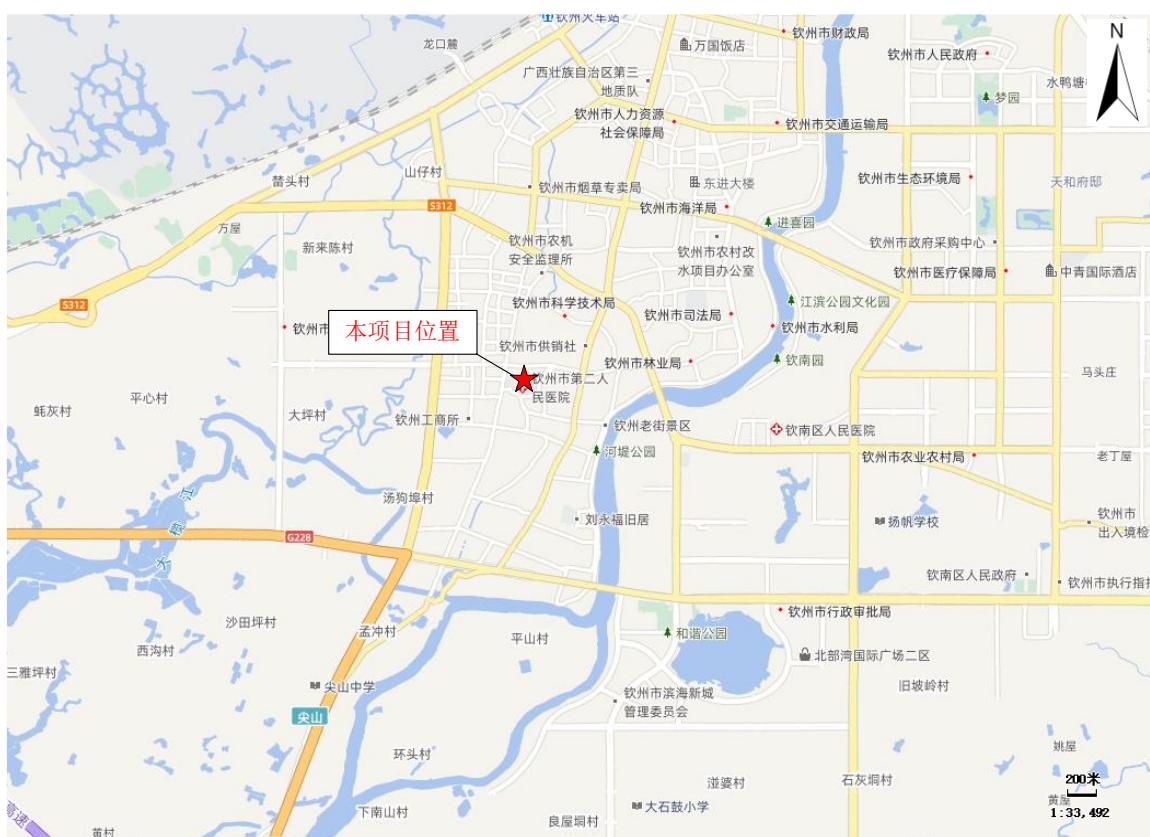


图 1-1 项目地理位置图

本项目核医学科位于医院东部 6 号楼一层，该楼为地面 4 层建筑，无地下空间。6 号楼东侧为原钦南区卫生局职工宿舍楼（目前空置）及沿水路，南侧为锅炉房及 2 号楼住院楼，西侧为 1 号楼门诊楼及地下停车场，北侧为 6 号楼放射科，楼上为中心药房，楼下为土层。

以该楼核医学科四周边界为起点，东北侧 0~15m 为空地，15~50m 为原钦南区卫生局职工宿舍楼；东南侧 0~15m 为锅炉房，15~45m 为沿水路及空地，45~50m 为居民楼；东侧 0~18 为空地，18~50m 为沿水路及空地；南侧 0~8m 为院内道路，8~27m 为 2 号楼住院楼，28~35m 为院内道路，35~50m 为餐厅，西南侧 45~50 为 4 号楼；西侧 0~10m 为 6 号楼电梯间，10~50m 为院内道路；西北侧 0~15m 为 6 号楼放射科，15~30m 为院内道路，30~50m 为 1 号楼门诊楼；北侧 0~30m 为 6 号楼放射科，30~50m 为空地及闲置空房；上方为中心药房，下方无空间。

本项目核医学科工作场所及周围环境现状见图 1-2~图 1-7，医院总平面图见图 1-8，本项目原有核医学科工作场所平面布置图见图 1-9，改造后核医学科工作场所平面布置图见图 1-10。



图 1-2 核医学科 ECT 扫描室



图 1-3 核医学科上方中心药房



图 1-4 核医学科东侧沿水路



图 1-5 核医学科南侧锅炉房及通道

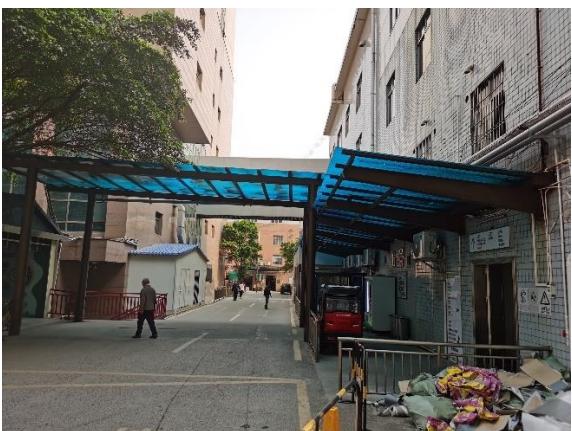


图 1-6 核医学科西侧道路



图 1-7 核医学科北侧放射科



图 1-8 医院总平面图

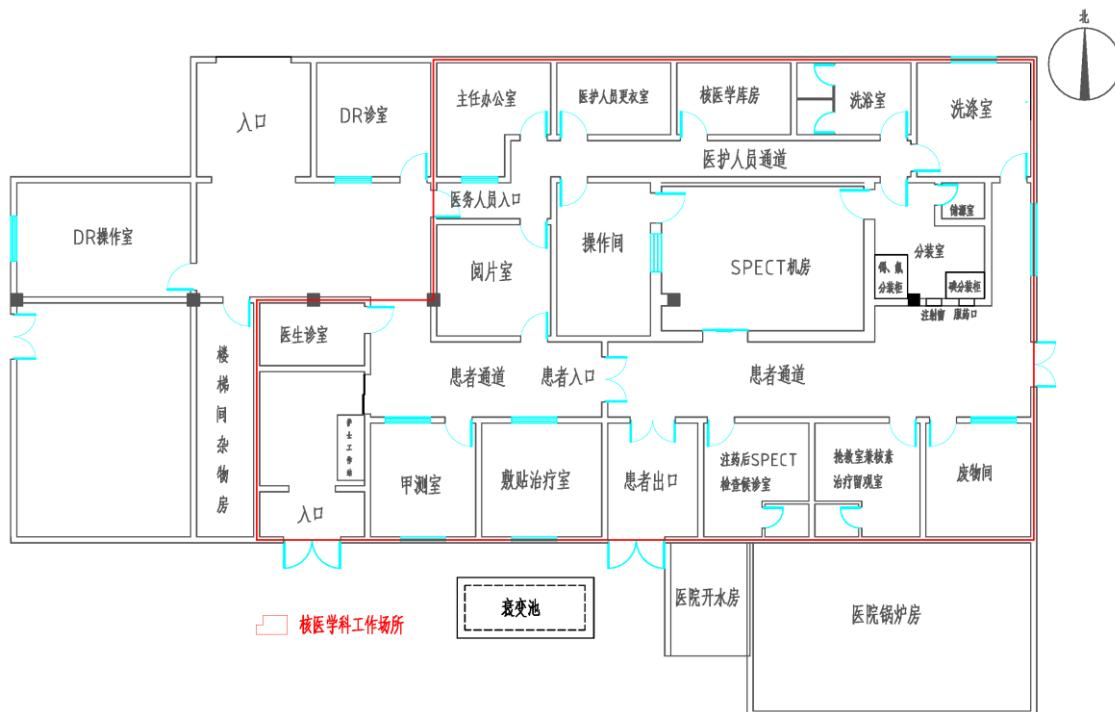


图 1-9 原有核医学科工作场所平面图

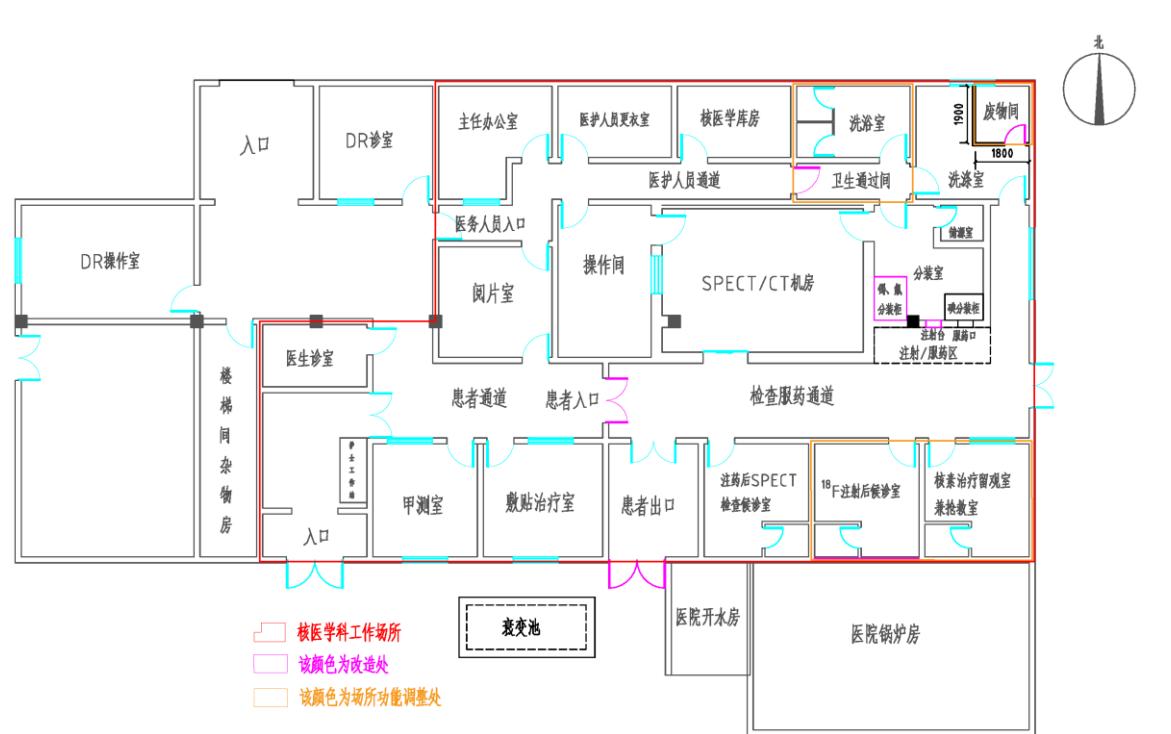


图 1-10 改造后核医学科工作场所平面布置图

2、选址合理性分析

本项目工作场所边界外 50m 范围内东北侧为原钦南区卫生局职工宿舍楼及空地，东南侧空地及少量居民楼，东侧道路，北侧空地及空房，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。”该核医学科扩建项目位于医院 6 号楼一楼，下方无空间，位于该 6 号楼底层，且与周围建筑有一定距离；不毗邻产科、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。废气排放口位于楼顶，远离周边高层建筑，并设有活性炭过滤装置，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

本项目评价范围内大部分区域属于医院内部，东侧区域有少量居民楼，无自然保护区、风景名胜区、学校等其他环境敏感目标，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及公众成员。

1.5 原有核技术利用项目许可情况

经医院核实，钦州市第二人民医院取得了辐射安全许可证，证号为：桂环辐证[N0247]，许可种类和范围为：使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所（许可证见附件4），许可证有效期至2029年08月08日。

1.5.1 原有辐射安全许可证情况

医院现有核医学科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进行甲亢治疗，使用放射源⁹⁰Sr-⁹⁰Y用于皮肤敷贴治疗。

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。

医院核医学科建立了《核医学科放射防护管理小组及岗位职责》、《核医学科放射性药物订制、接收、登记、贮存规定》、《核医学科核素药物操作规程》、《放射性核素注射流程》、《核医学科放射性废物储存管理制度》、《放射性核事故预防和应急处理预案》、《核医学科放射工作人员外照射个人剂量监测管理制度》等一系列制度，并严格按照规章制度执行。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，建设单位将本项目相关内容纳入原有管理制度体系中。

根据医院提供的2024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本项目运行及辐射安全管理基础能力。

1.6 本项目与原有核医学科依托关系说明

(1) 医院核医学位于 6 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，不新增机房和功能用房，仅对房间功能进行调整。

(2) 辐射工作人员依托关系：医院核医学科现有 6 名辐射工作人员，其中包括 3 名医生、2 名分装注射人员、1 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。

表 1-6 核医学科现有辐射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	主要工作内容
1	唐真武	研究生	男	主任医师	临床医学	医学影像和放射治疗	核医学影像与核素治疗
2	黄江河	本科	男	副主任医师	临床医学	医学影像和放射治疗	核医学影像与核素治疗
3	黄东	本科	男	副主任医师	临床医学	医学影像和放射治疗	核医学影像与核素治疗
4	李萍	本科	女	副主任护师	护理	护理专业	核素分装、注射、甲测、敷贴治疗
5	黄玲	中专	女	护师	护理	护理专业	核素分装、注射、甲测、敷贴治疗
6	王廷智	本科	男	主管技师	医学影像技术	核医学技师	核素显像检查操作

根据建设单位提供的 2024 年度个人剂量监测报告，本项目辐射工作人员 2024 年度个人剂量年受照剂量最大值为 2.80mSv/a，满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 规定的年有效剂量管理约束值 5mSv/a 的要求。

表 1-7 辐射工作人员 2024 年度个人剂量监测情况表

序号	姓名	个人剂量当量 $H_p(10)$ (mSv)				
		一季度	二季度	三季度	四季度	合计
1	唐真武	0.04	0.02	0.03	0.04	0.13
2	黄江河	0.05	0.12	0.13	0.06	0.36
3	黄东	0.06	0.12	0.10	0.02	0.30
4	李萍	-	-	0.24	0.28	0.52

5	黄玲	0.55	0.47	1.37	0.41	2.80
6	王廷智	0.26	0.34	0.32	0.25	1.17

注：李萍为 2024 年 10 月新入职工作人员，故无 2024 年一季度、二季度个人剂量监测结果。

(3) 分装柜依托关系：甲亢治疗继续延用现有的碘分装柜，显像诊断更换新分装柜（新分装柜防护能力为柜体和观察窗屏蔽为 40mmPb，顶部、后侧为 30mmPb）。

(4) “三废”治理措施，医院核医学科现有放射性废水衰变池为 3 级推流式废水衰变池，本次拟在现有衰变池之前增加一个 2m³ 污泥池，末端增加一个 2m³ 检测池，扩增后废水衰变池总容积为 10.48m³；重新布设废气排放系统；原有废物间改为核素治疗留观室兼抢救室，在洗涤室隔出一间废物间。

(5) 辐射监测设备，医院原核医学科配有 2 台 α、β 表面污染仪，本次新增 1 台便携式 X-γ 辐射巡测仪和 1 台个人剂量报警仪。

(6) 辐射安全管理制度，医院已成立了辐射安全与防护管理机构，并制定了一系列辐射安全管理制度，将本项目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。

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	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	备注
1	¹⁸ F	液体	使用	7.4E+8	7.4E+5	1.85E+11	SPECT 显像诊断	很简单	核医学科	锝分装柜 (新)	新增
2	⁸⁹ Sr	液体	使用	1.48E+8	1.48E+7	1.48E+10	骨转移瘤治疗	简单		储源室	新增
3	⁹⁹ Mo (^{99m} Tc)	液体	使用	1.85E+10	1.85E+7	8.88E+11	淋洗 ^{99m} Tc	贮存		储源室	原有
4	^{99m} Tc	液体	使用	1.85E+10	1.85E+7	8.88E+11	SPECT 显像标记	很简单		储源室	原有
5	¹³¹ I	液体	使用	1.85E+10	1.85E+9	8.88E+11	甲亢治疗	简单		储源室	原有

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

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	SPECT/CT	III类	1	Infinia VC Hawkeye 4	140	2.5	放射诊断	<u>6号楼一楼核医学科 ECT 机房</u>	原有
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
放射性废水	液态	^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{89}Sr	/	5.75m ³	69.08m ³	总 α <1Bq/L、 总 β <10Bq/L、 碘-131<10Bq/L	核医学科废水衰变池暂存	符合 HJ 1188-2021 的排放要求后，排入医院废水处理系统后排入市政网管。
粘有放射性药品的一次性物品、排风系统活性炭等	固态	^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{89}Sr	/	20kg	240kg	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	废物储存衰变至满足清洁解控水平后按医院医疗废物处置。
放射性废气	气态	^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{89}Sr	/	微量	微量	/	/	核医学科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，分装柜风速设计不低于 0.5m/s，并设有活性炭过滤装置，最终排向大气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量为 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/m³）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九号,于2014年4月24日修订,自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》(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6月28日公布,自2003年10月1日起施行);</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,2005年12月1日起施行;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,2006年3月1日起施行;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》(环境保护部18号令,2011年5月1日起施行);</p> <p>(8)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021版)》(生态环境部令第16号,2021年1月1日起施行);</p> <p>(9)《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,2006年9月26日公布并实施);</p> <p>(10)《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>(11)《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日发布并实施;</p> <p>(12)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</p>
------	---

	<p>(生态环境部公告 2018 年第 9 号), 2018 年 5 月 15 日;</p> <p>(13)《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>(14)《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>(15)《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>(16)《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>(17)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(2025 年修订版)》的通知(桂环规范〔2025〕2 号)。</p>
技术标准	<p>(1)《辐射环境保护管理导则核技术应用建设项目环境影响文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016);</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</p> <p>(3)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(4)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(5)《核医学放射防护要求》(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>
其他	<p>(1) 环评委托书, 见附件 1;</p> <p>(2) 项目备案证明, 见附件 2;</p> <p>(3) <u>原有核医学科项目验收监测报告, 见附件 3;</u></p> <p>(4) 辐射安全许可证, 见附件 4;</p> <p>(5) 辐射安全与防护领导小组制度, 见附件 5;</p> <p>(6) 放射性事故预防和应急处理预案, 见附件 6;</p> <p>(7) 原核医学项目环评批复、验收批复, 见附件 7;</p> <p>(8) 辐射工作人员个人剂量监测报告, 见附件 8;</p> <p>(9) 医院 2024 年辐射安全与防护状况年度监测报告, 见附件 9。</p>

表 7 保护目标及评价标准

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》(HJ 10.1-2016) 中关于报告书评价范围的相关规定，确定以核医学科工作场所边界为起点周围 50m 区域作为本项目的评价范围，具体评价范围示意图见图 7-1。

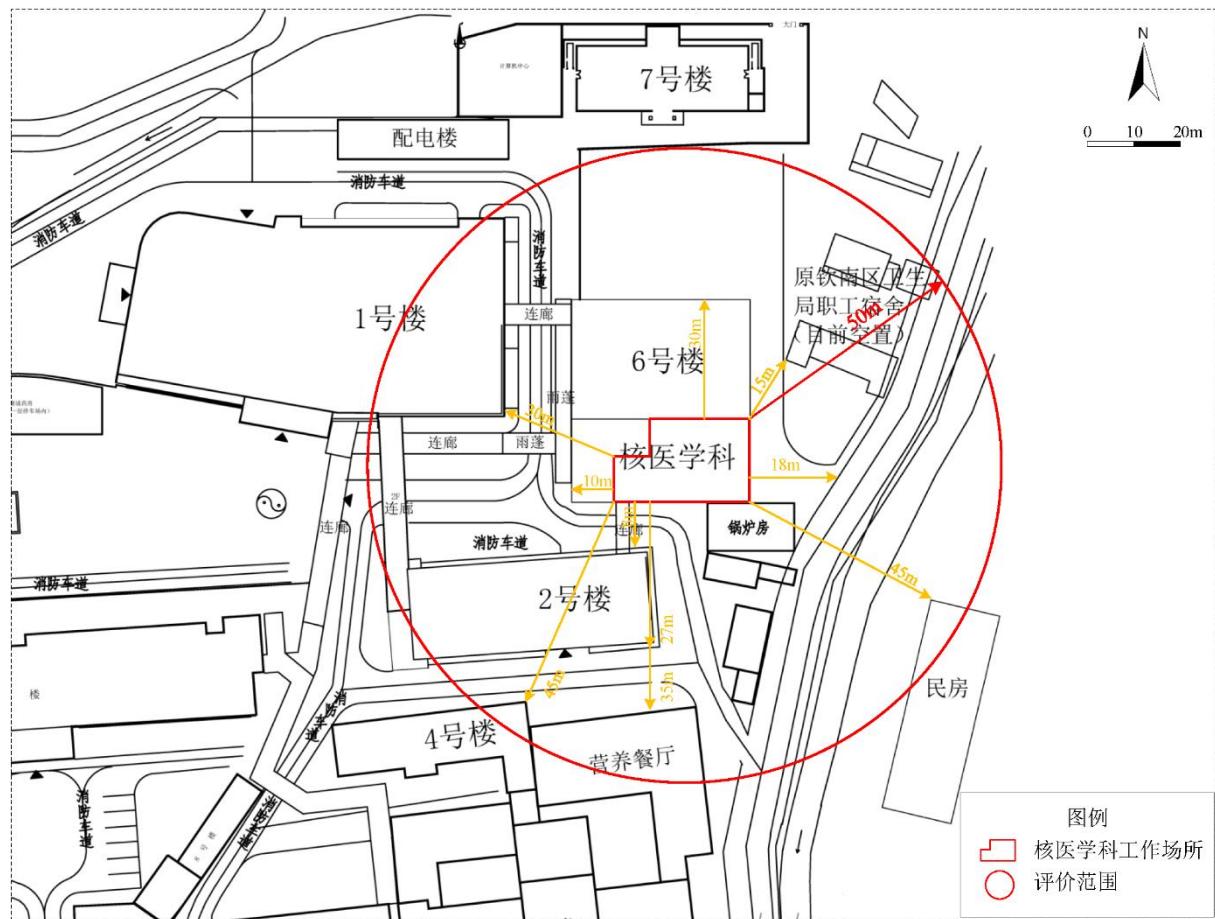


图 7-1 评价范围示意图

7.2 保护目标

环境保护目标为本项目辐射工作人员、评价范围内的其他工作人员及公众人员，使他们受到的辐射照射低于各自的年有效剂量管理约束值。

本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 主要环境保护目标

人员类型	保护对象	相对位置	与核医学科工作场所边界距离 (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	--	6 人	5mSv/a
公众人员	中心药房工作人员	上方	同一栋楼	约 10 人	0.1mSv/a
	原钦南区卫生局职工宿舍楼	东侧	约 15m	约 10 人	
	居民楼	东南侧	约 45m	约 50 人	
	锅炉房	南侧	相邻	约 2 人	
	餐厅公众人员	南侧	约 35m	约 200 人	
	2 号楼住院楼工作人员及患者	西南侧	约 8m	约 500 人	
	4 号楼工作人员及患者	西南侧	约 45m	约 100 人	
	1 号楼工作人员及患者	西北侧	约 30m	约 200 人	
	6 号楼其他工作人员及患者	核医学科周围	相邻	约 60 人	
评价范围内逗留或者经过的公众成员		核医学科周围	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

的分级的规定：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	$>4\times10^9$
乙	$2\times10^7\sim4\times10^9$
丙	豁免活度值以上~ 2×10^7

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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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

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⁾	4×10
	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}
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五十分之一以下时即 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；c) 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

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

(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 10ALI_{\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 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 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 1ALImin ($9E+5$ 贝可)，每月排放的废水中碘-131 总活度不超过 10ALImin($9E+6$ 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，本项目推流式衰变池中含锝-99m、碘-131、氟-18 等放射性废水的排放按 HJ 1188-2021 中的第 7.3.3.2 要求执行。

(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

本项目建设地址为钦州市文峰南路 219 号，地理位置图见图 1-1，医院总平面图见图 1-9。

8.2 环境现状评价的对象

环境现状评价的对象为医院 6 号楼一楼核医学科工作场所及周围辐射环境现状。

8.3 现状监测目的

掌握该项目工作场所及周围环境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。

8.4 核医学科场所辐射现状

根据医院 2024 年辐射安全与防护状况年度监测报告，详见附件 9。核医学科正常运行时工作场所辐射剂量率监测结果见表 8-1~表 8-5。

表 8-1 核医学科 2024 年 ^{99m}Tc 用于 SPECT/CT 影像诊断工作场所辐射剂量率监测结果

序号	工作状态	点位	X-γ 辐射剂量率 (单位: nSv/h)	备注
1	运输货包	货包上表面 5cm	111	药品贮存于运输货包中
2		货包上方 1m	103	
3		货包侧表面 5cm	150	
4		运输货包侧面 1m	111	
5	贮存状态	左联分装柜正面外 30cm	88.3	100mCi 的药品裸放在左联分装柜中
6		左联分装铅玻璃观察窗外 30cm	98.9	
7		左联分装柜侧面 30cm	81.9	
8		左联分装柜上方 30cm	80.8	
9		左联分装柜下联外 30cm	77.5	
10		分装室墙外 30cm (核医学科内走廊)	78.7	
11		分装室墙外 30cm (ECT 室)	77.6	
12		分装室墙外 30cm (走廊)	79.0	
13		分装室出入机房防护门外 30cm	77.6	
14	注射过程	注射台左手操作位 (无防护)	5.26×10^4	注射 25mCi
15		注射台右手操作位 (无防护)	6.69×10^4	
16		注射台铅玻璃观察窗外 30cm	416	
17		注射台腹部位置外 30cm	508	

18	候诊状态	候诊室墙外 30cm (观察室)	77.7	注射 25mCi 的 病人在候 诊室内
19		候诊室墙外 30cm	78.1	
20		候诊室门外 30cm	79.2	
21		候诊室墙外 30cm (通道)	77.6	
22	扫描过程	受检人员出入机房防护门外 30cm	77.5	注射 25mCi 的 病人进行 SPECT/CT 扫描 (120kV)
23		分装室出入机房防护门外 30cm	77.7	
24		控制室出入机房防护门外 30cm	77.6	
25		控制室操作位	77.7	
26		机房墙外 30cm (控制室)	77.3	
27		机房墙外 30cm (核医学科内走廊)	77.6	
28		机房墙外 30cm (走廊)	77.5	
29		机房墙外 30cm (分装室)	77.4	
30	固废处置	废物桶上方 30cm	79.7	/
31		废物桶侧面 30cm	113	/
区域环境本底			77.2	/

表 8-2 核医学科 2024 年 ^{131}I 治疗项目周围辐射剂量率监测结果

序号	工作状态	点位	<u>X-γ 辐射剂量率</u> (单位: nSv/h)	备注
1	分装过程	分装柜正面外 30cm	105	<u>23mCi 药品裸放在分装柜内</u>
2		分装柜侧面外 30cm	450	
3		分装柜铅玻璃观察窗外 30cm	940	
4		分装柜上方 30cm	2.49×10^3	
5		分装柜下联外 30cm	117	
6		服药窗口	436	
7		分装室墙外 30cm (ECT 室)	80.8	
8		分装室墙外 30cm (核医学科内走廊)	80.7	
9		分装室门外 30cm	77.4	
10		分装室墙外 30cm (走廊)	77.8	
11	固废处置	废物桶上方 30cm	88.2	废物桶
12		废物桶侧面 30cm	104	
13		废物室衰变池 1#上方 30cm	77.6	废物室
14		废物室衰变池 2#上方 30cm	77.5	
15		废物室衰变池 3#上方 30cm	78.1	
16		废物室门外 30cm	77.4	
17		废物室墙外 30cm (走廊)	78.6	
区域环境本底			77.2	/

表 8-3 核医学科 2024 年 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 皮肤敷贴器治疗项目周围辐射剂量率监测结果

序号	工作状态	点位	X- γ 辐射剂量率 (单位: nSv/h)	备注
1	治疗状态	皮肤敷贴器表面 5cm	3.20×10^5	放射源编号: <u>0400SR766975</u>
2		皮肤敷贴器外 30cm	1.78×10^4	
3		皮肤敷贴器外 50cm	4.69×10^3	
4		皮肤敷贴器表面 1m	2.21×10^3	
5		敷贴室门口	224	
6		敷贴室墙外 30cm (走廊)	186	
7		敷贴室窗户外 30cm (通道)	217	
8		敷贴室墙外 30cm (甲测室)	181	
9		敷贴室窗户外 30cm (电动车)	166	
10		皮肤敷贴器表面 5cm	1.32×10^6	
11		皮肤敷贴器外 30cm	6.57×10^4	
12		皮肤敷贴器外 50cm	2.46×10^4	
13		皮肤敷贴器表面 1m	8.74×10^3	放射源编号: <u>RU23SR000275</u>
14		敷贴室门口	416	
15		敷贴室墙外 30cm (走廊)	329	
16		敷贴室窗户外 30cm (通道)	187	
17		敷贴室墙外 30cm (甲测室)	438	
18		敷贴室窗户外 30cm (电动车)	194	
19	贮存状态	保险箱表面 5cm	4.32×10^3	两枚 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 和一枚 ^{137}Cs 源 同时贮存于保 险箱内
20		保险箱外 1m	223	
区域环境本底			111	/

表 8-4 核医学科 2024 年 ^{137}Cs 校准源周围辐射剂量率监测结果

序号	点位	X- γ 辐射剂量率 (单位: nSv/h)		备注
		平均值	标准差	
1	铅罐表面 5cm	7.65×10^3	77	/
2	铅罐外 1m	580	11	
3	源上表面	6.95×10^4	753	
4	源上方 30cm	5.13×10^3	77	
5	源上方 50cm	1.80×10^3	10	
6	源上方 1m	1.04×10^3	15	
区域环境本底		111	0.6	/

表 8-5 核医学科 2024 年 β 表面污染监测结果

序号	点位	β 表面污染 (Bq/cm^2)
1	分装室地面	<0.17
2	服药窗口下方地面	<0.17
3	候诊室地面	<0.17
4	洗涤室地面	<0.17
5	注射台面	<0.17

注：本次测量污染源效率依据《表面污染测定 第 1 部分： β 发射体 ($E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体》(GB/T 14056.1-2008) 保守取 0.5，测量最低探测限为 $0.17\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

可知，医院原有核医学科正常运行时工作场所及周围环境辐射剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，距核医学工作场所各业务用房屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，墙外人员偶尔居留的区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的要求。 β 表面污染测量结果满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中控制区 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，监督区 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的要求。

表 9 项目工程分析和源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 项目基本情况

本次环评核医学科扩建应用项目规模为：在现有核医学科新增核素¹⁸F、⁸⁹Sr，增加后仍属于乙级非密封放射性物质工作场所。

新增核素¹⁸F 依托医院核医学科现有 SPECT/CT 进行显像检查，该 SPECT 系统为双探头符合线路型，配备了高能正电子成像系统。新增核素⁸⁹Sr 开展骨转移癌治疗，根据患者预约情况提前向药物供货商订购分装好的放射性药品，由药物供货商负责将药物暂存于储源室，工作人员将分装好的药物直接给患者进行注射治疗。

9.1.2 核素¹⁸F 显像诊断

(1) 工作原理

本项目计划使用放射性核¹⁸F 依托现有 SPECT/CT 进行显像检查，医院现有 SPECT 是 Infinia 型双探头符合线路型，配备了高能正电子成像系统，同时配备 CT 功能，该设备是拥有 SPECT、PET、CT 检测于一体的多功能影响诊断系统。该系统可以进行^{99m}Tc 等单光子放射药物的单光子发射式计算机断层显像诊断以及¹⁸F 等正电子药物的正电子发射断层显像诊断，同时与 CT 图像的融合。

使用放射性核¹⁸F 进行显像诊断时，利用双探头对正电子湮灭产生的两个方向相反的 γ 光子进行符合探测成像。同时采用图像融合技术，利用 CT 图像对断层影像进行校正。

利用放射性核¹⁸F 进行显像诊断的工作原理是采用正电子放射性核素作为示踪剂，通过注射方式进入体内后，依其化学及生物学特性不同，随血流等进入某些特定的组织器官，参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病变组织在这个过程中的差异，使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。利用显像诊断设备来探测这种放射性核素正电子湮灭发射的 γ 射线在体内的分布状态并还原成图像，其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，更重要的是可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息，根据这些信息进行疾病诊断。

(2) 操作流程

本项目显像诊断用的¹⁸F 为外购核素，医院根据患者预约情况，向药物供货商订购

所需的放射性药品，由药物供货商负责将药物暂存于分装柜，购回的¹⁸F溶液使用前均置于密封铅容器内。

医院开具诊断单并告知患者诊断过程存在辐射危害，医护人员对药物进行活度测定后，分装需要注射的药品，分装后的药品转移至注射台的过程中有注射器防护套屏蔽，然后对患者实施放射性核素静脉注射，注射后患者进入候诊室，患者候诊约45分钟后进入PET机房进行扫描诊断，扫描结束无问题后离开核医学科。

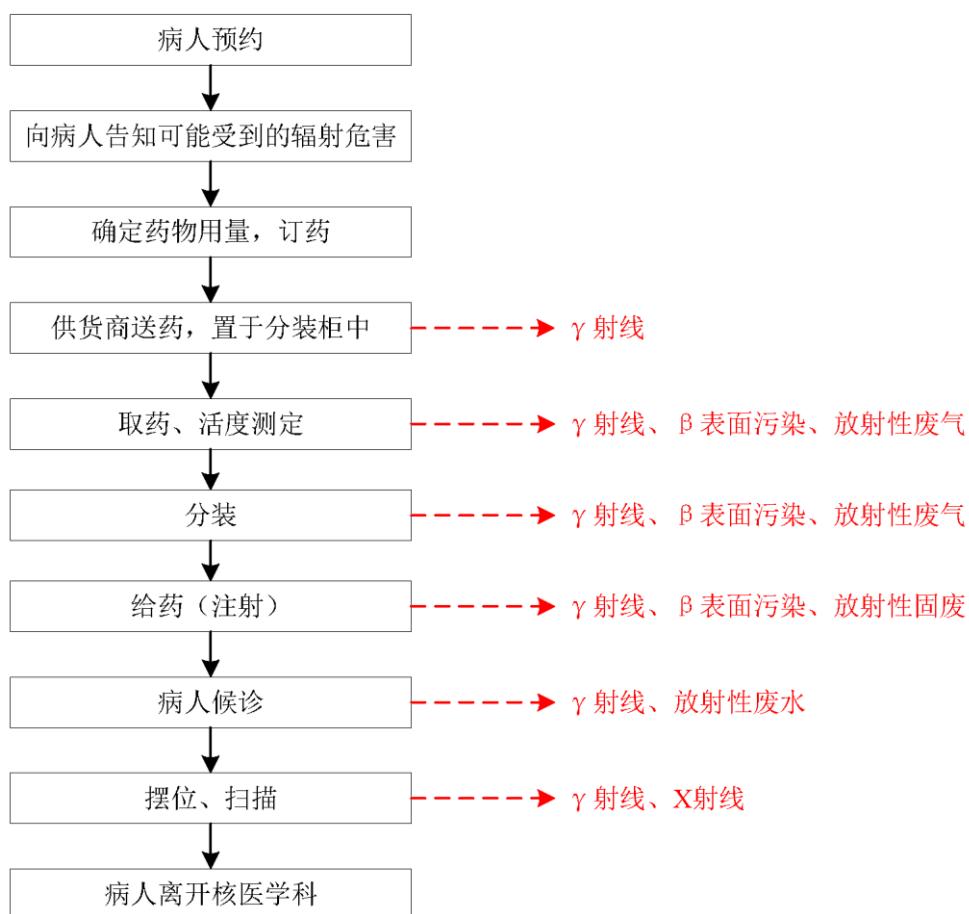


图 9.1-1 ¹⁸F 显像诊断操作流程及产污环节示意图

9.1.3 核素⁸⁹Sr治疗

(1) 工作原理

静脉注射放射性药物⁸⁹Sr的核素治疗，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。

(2) 操作流程

医院根据患者预约情况，向药物供货商订购分装好的放射性药品，并标记剂量和注明用药者信息，每份药物进行单独屏蔽包装，由药物供货商负责将药物暂存于储源室，由护士在分装柜外抽药后，在注射窗口进行注射，注射完成后即可离开核医学科，期间不产生放射性废水。

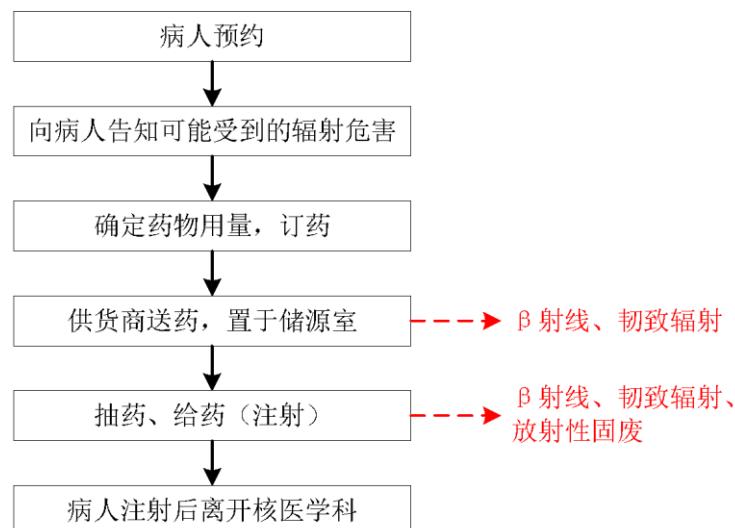


图 9.1-2 ⁸⁹Sr 核素治疗操作流程及产污环节示意图

9.1.4 涉及变动的现有核医学科项目

现有核医学科涉及变动的项目包括：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 进行甲亢治疗。

1、^{99m}Tc 的 SPECT/CT 显像诊断

(1) 工作原理

医院现有 SPECT 是 Infinia 型双探头符合线路型，配备了高能正电子成像系统，同时配备 CT 功能，该设备是拥有 SPECT、PET、CT 检测于一体的多功能影响诊断系统。该系统可以进行^{99m}Tc 等单光子放射药物的单光子发射式计算机断层显像诊断以及¹⁸F 等正电子药物的正电子发射断层显像诊断，同时与 CT 图像的融合。

使用放射性核^{99m}Tc 进行显像诊断时，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) 工作流程

本项目使用外购^{99m}Tc 标记物进行 SPECT/CT 显像检查，外购^{99m}Tc 是根据每位患者用量提前分装好的单支药品，工作人员在得分装柜内直接取出单支^{99m}Tc 药品，活度测定后转移至注射台，注射器外套有钨合金注射防护套屏蔽，根据检查内容的不同给等待进行 SPECT/CT 诊断的患者注射相应活度的^{99m}Tc 标记物。注射完毕后的一次性注射器，放入专用放射性废物铅桶内。患者在注射完放射性药物后前往注射后 SPECT 检查候诊室内根据不同检查项目候诊相应时间，候诊完成后进入 SPECT/CT 机房接受扫描，扫描时间约 30 分钟，扫描结束后从病人出口处离开核医学科工作场所。^{99m}Tc 显像诊断项目工作流程及产污环节示意图见图 9.1-3。



图 9.1-3 ^{99m}Tc 显像诊断项目工作流程及产污环节示意图

2、¹³¹I 的甲亢治疗

(1) 工作原理

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¹³¹I 也能被摄取并参与甲状腺激素的合成，其被摄取的量和速度与甲状腺功能密切相关。将¹³¹I 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¹³¹I 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¹³¹I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¹³¹I后，90%以上的¹³¹I都会聚集到患者的甲状腺，其余的¹³¹I随代谢排出体外。¹³¹I衰变为¹³¹Xe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，¹³¹I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。

(2) 工作流程

订药：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，提前向供药单位订购放射性药物，供药单位在约定的时间送药品，经确认无误完成相关交接、登记手续后，将碘药物放于储源室，本项目¹³¹I药品为铅罐装载货包形式的外购药物。

给药：开展甲亢治疗项目前，工作人员将¹³¹I药品放入碘分装柜内。接受甲亢治疗的患者到达服药窗口，医护人员手动稀释分装药物，分装后药物交由患者服药。

给药后：正常情况，甲亢患者服药后即可离开核医学科。少于患者服药后若有不适，进入核素治疗留观室进行留观，无异常后离开核医学科。

甲亢治疗项目工作流程与产污环节见图9.1-4，其中“前期病人检查”包括了甲测过程，甲测用量属于豁免水平。

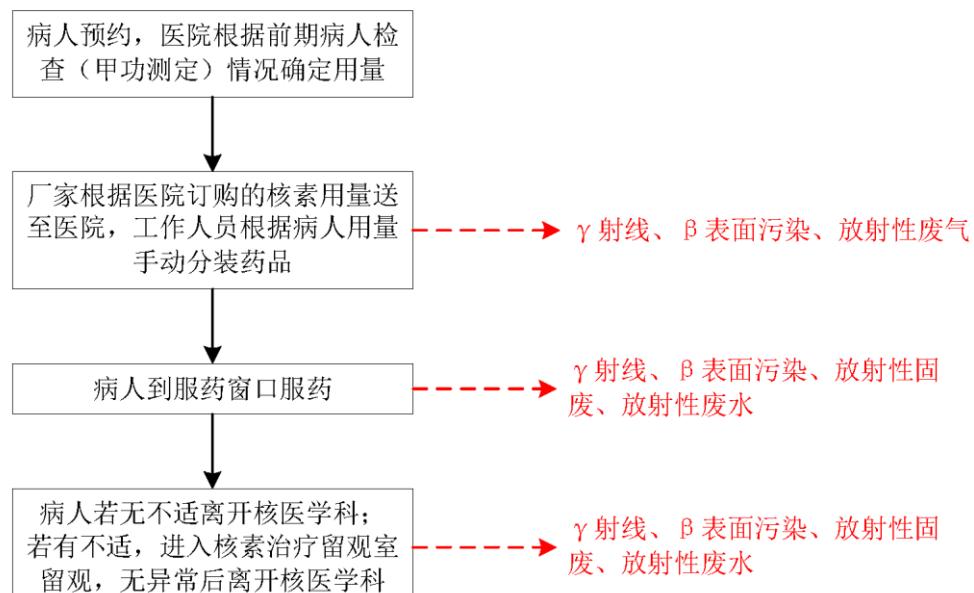


图9.1-4 ¹³¹I甲亢治疗项目操作流程及产污环节示意图

9.1.5 人流、物流路径规划

(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。如图 9.1-5 中蓝色线路所示，医技人员从核医学科西北侧医护人员入口进入 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，医护人员从核医学科西北侧医护人员入口经医护人员通道，通过卫生通过间进入分装室进行分装、注射等工作，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，检测不合格时，应进入淋浴间清洗，直至检测表面污染合格。

(2) 甲亢、⁸⁹Sr 核素治疗患者的进出路线

如图 9.1-5 中橙色线路，患者在西南侧患者入口进入等候，叫号后从西侧患者入口门禁进入病人通道，前往服药区进行给药，用药后 ⁸⁹Sr 患者从东侧患者出口离开，¹³¹I 甲亢患者如没有不适则从东侧患者出口离开，如有不适（约 5%）进入核素治疗留观室兼抢救室处理，然后再从东侧患者出口离开。

(3) ^{99m}Tc、¹⁸F 核素显像诊断患者的进出路线

如图 9.1-5 中红色线路，患者在西南侧患者入口进入等候，叫号后从西侧患者入口门禁进入病人通道，前往服药区进行注射药品，药品注射后，^{99m}Tc 核素显像诊断患者进入注药后 SPECT 检查候诊室，¹⁸F 核素显像诊断患者进入¹⁸F 注射后候诊室，等待相应时间后进入 SPECT/CT 扫描机房检查，检查完毕后从南侧病人出口离开。

(4) 药品运送路线

如图 9.1-5 中绿色线路所示，供药单位将药物从核医学科东侧患者出口进入，经卫生通过间进入分装室，暂存于分装柜或储源室。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。

(5) 放射性固体废物路线

如图 9.1-5 中洋红色路线所示，放射性固体废物从分装室、注射/服药区、候诊室、留观室将放射性固体废物收集一定量后统一送到废物间储存进行衰变，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。

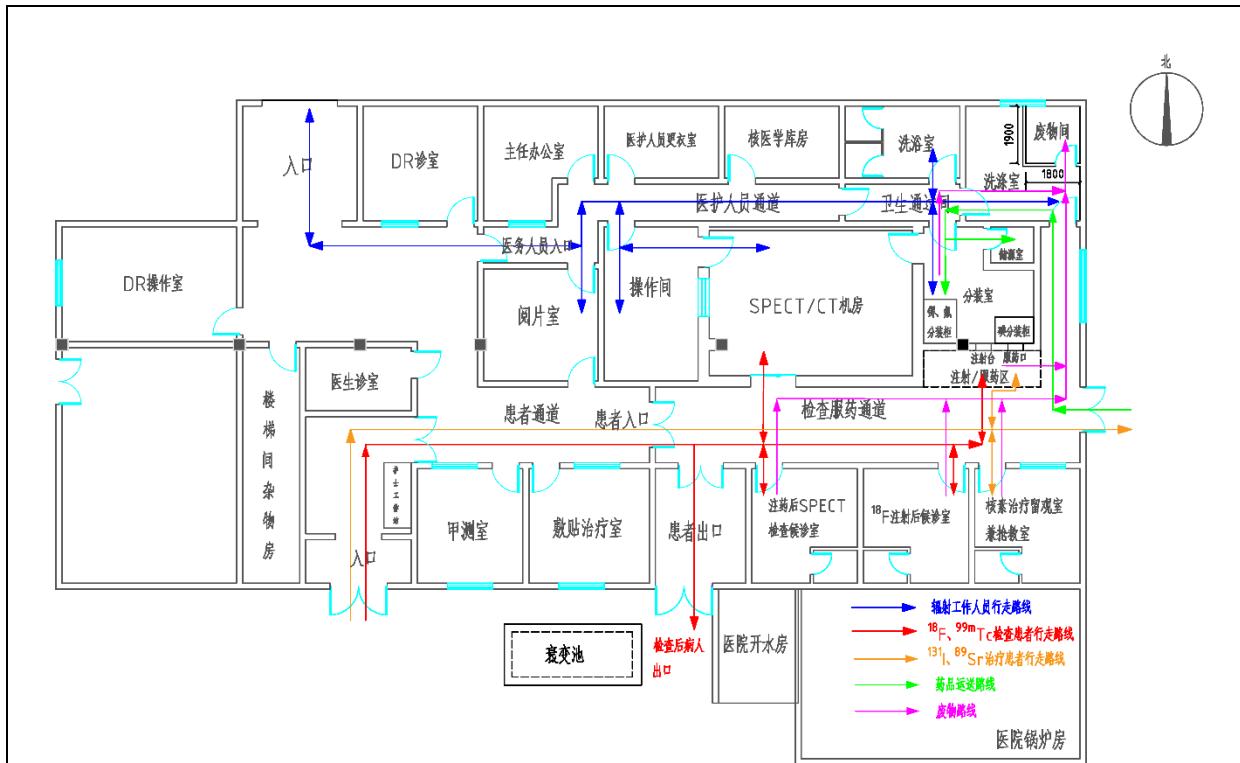


图 9.1-5 人流、物流路径规划

综上，空间上，工作人员与患者路线分开，不交叉；时间上，药品运送在每天开诊前，固体废物转移在下班前或无病人时，不同诊疗项目患者单独呼叫进入注射区、候诊室或扫描机房，避免患者之间的交叉。故本项目人流、物流路线设置合理。

9.1.6 原有核医学科不足及改进情况

(1) 医院原有核医学科废水衰变池缺少污泥池、检测池，不满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)中放射性废液贮存的要求。本项目在原有废水衰变池前端增加一个 2m^3 污泥池，末端增加一个 2m^3 检测池。

(2) 医院原有核医学科未设置卫生通过间，不满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)中核医学科布局的要求。本项目对原有核医学科布局进行优化，新增卫生通过间。

9.2 污染源项描述

9.2.1 非密封放射性核素性能参数

根据《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 中附录 H 及附录 L，本次新增非密封放射性核素性能参数如下：

表 9.2.1 本次新增非密封放射性核素性能参数

核素	毒性	形态	半衰期	衰变方式	最大粒子能量 (MeV)	γ 射线能量 (MeV)	周围剂量当量率常数 (裸源) ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	周围剂量当量率常数 (患者体内) ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)
^{18}F	低毒	液态	109.8min	β^+	0.63(+)	0.511	0.143	0.092
^{89}Sr	中毒	液态	50.53d	β^-	0.5846	—	—	—

9.2.2 污染源项分析

9.2.2.1 正常工况

1、污染因子

(1) γ 射线

用于显像诊断的核素 ^{18}F 在衰变过程中发射(产生)正电子，正电子与原子核周围的轨道电子(负电子)发生结合，同时释放两个能量相等方向相反的 γ 光子(0.511MeV)，即 γ 射线。

(2) β 射线、轫致辐射

^{18}F 与 ^{89}Sr 在衰变过程中释放出 β 射线， β 射线在空气及人体组织中射程均较短，较容易防护，不会对环境产生辐射污染。虽然 β 射线穿透能力弱，在空气及人体组织中射程较短，但 β 射线易产生轫致辐射，轫致辐射可能会对周围环境会产生辐射污染。

(3) 表面污染

工作人员在操作非密封放射性物质(^{18}F 、 ^{89}Sr)时，可能会引起工作台、地面等放射性沾污，造成 β 放射性表面污染。

2、放射性三废

(1) 放射性废气

放射性药物在分装、注射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。放射性废气经高效活性炭过滤吸附装置过滤后，在高于屋顶处排放。

(2) 放射性废水

项目药品按需采购，原则上当天购买、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(服用)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，核医学科工作人员完成放射性药物操作后清洗去污的废水。

本项目原有废水衰变池为推流式衰变池，医院现有^{99m}Tc核素显像诊断患者每天最多为20人，按每名患者每天因排泄等产生放射性废水约为8L/人，场所清洁用水每天100L，每天产生废水量最大为0.26m³，年工作时间按250个工作日计，每年废水量为65m³。经与建设单位核实，废水衰变池可满足现有核医学科废水排放要求。本次新增¹⁸F诊断患者日最大诊疗人数为2人，每月最多60人，按每名患者每天因排泄等产生放射性废水约为8L/人，场所清洁用水原有核医学科已包含，故本项目每天新增废水量为16L，每年新增废水量为4m³。

经与医院核实，¹³¹I甲亢治疗患者、⁸⁹Sr骨转移癌治疗患者注射后和敷贴治疗患者治疗后，均直接离开核医学科场所，不产生放射性废液。偏安全考虑，本次评价¹³¹I甲亢治疗按5%比例的患者服药后留观会产生废水，¹³¹I甲亢治疗患者年最大诊疗人数200人，按每名患者每天因排泄等产生放射性废水约为8L/人，故¹³¹I甲亢患者每年产生废水量约0.08m³。综上，扩建后核医学科废水年产生量为69.08m³。

（3）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。

根据医院提供资料并且参照同类项目实际情况，医院门诊每次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，目前核医学科日最大诊疗人数约25人（^{99m}Tc检查患者20人，¹³¹I甲亢治疗患者5人），年最大诊疗人数约3800人，原有放射性固体废物年产生量约为190kg。本项目新增病人数量为600人/年（¹⁸F诊断患者500人，⁸⁹Sr治疗患者100人），则核医学科放射性固体废物新增年产生量为30kg，每年更换下来的废活性炭约20kg。则放射性固体废物年产生量为240kg。

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。

(6) 对注射/服用放射性药物的患者/患者管理不善，使其脱离控制区，也可能导致周围人群（尤其是公众）受到异常照射。

(7) 放射性药物泼洒与患者的呕吐物造成的放射性污染。

(8) 因过量给药导致的超剂量治疗异常情况。

(9) SPECT/CT可能出现的异常情况包括：因机器故障导致超剂量出束，可能使放射工作人员、患者或陪护人员受到超剂量的外照射；在射线装置检修或调试过程中操作失误导致意外出束，可能使维修调试人员受到意外照射。

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9.3-1。

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射安全设施

10.1.1 工作场所布局

本项目为扩建项目，依托原有核医学科工作场所开展工作，原有核医学科工作场所主要包括操作间、SPECT/CT 机房、医护人员通道、洗浴室、分装室、储源室、洗涤室、患者通道、甲测室、敷贴治疗室、注射后 SPECT 检查候诊室、抢救室兼核素治疗留观室、废物间、办公室、阅片室、更衣室等。原有核医学科工作场所平面图见图 10-1。

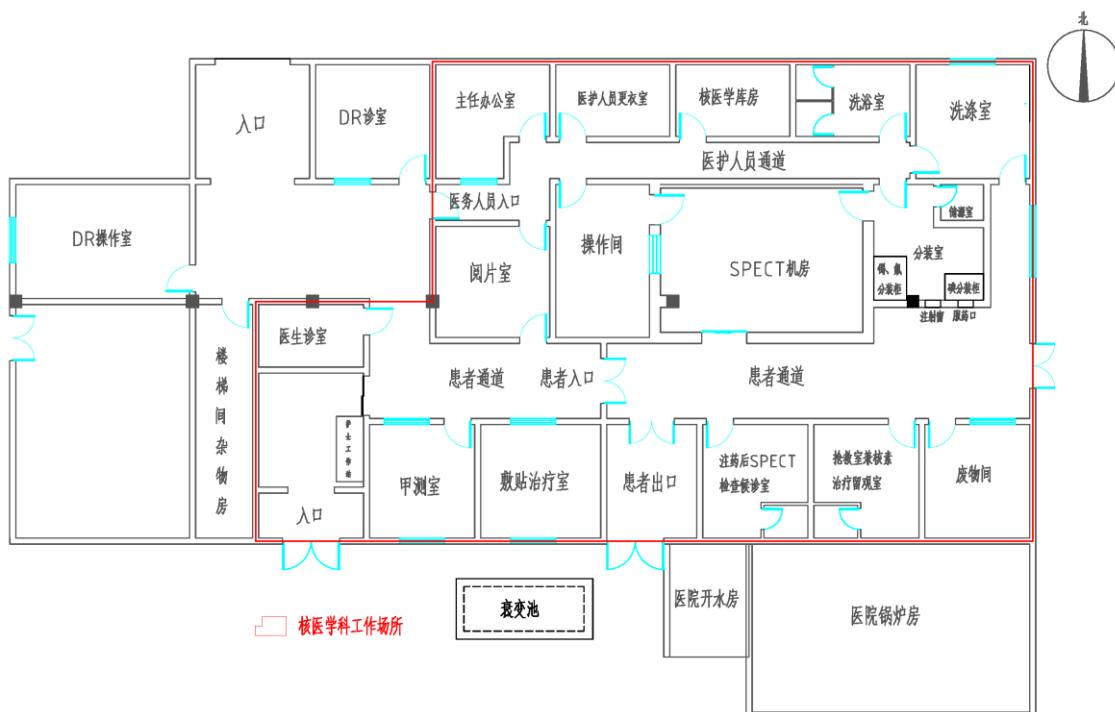


图 10-1 原有核医学科工作场所平面图

本次扩建拟对核医学科部分场所进行改造，主要改造内容为：更换锝分装柜、注射台，增加卫生通过间及防护门，原抢救室兼核素治疗留观室改为¹⁸F 注射后候诊室，原废物室改为核素治疗留观室兼抢救室，洗涤室东北角隔出一间废物间，改造患者入口及出口防护门，增加其屏蔽能力。改造后核医学科工作场所平面图见图 10-2。

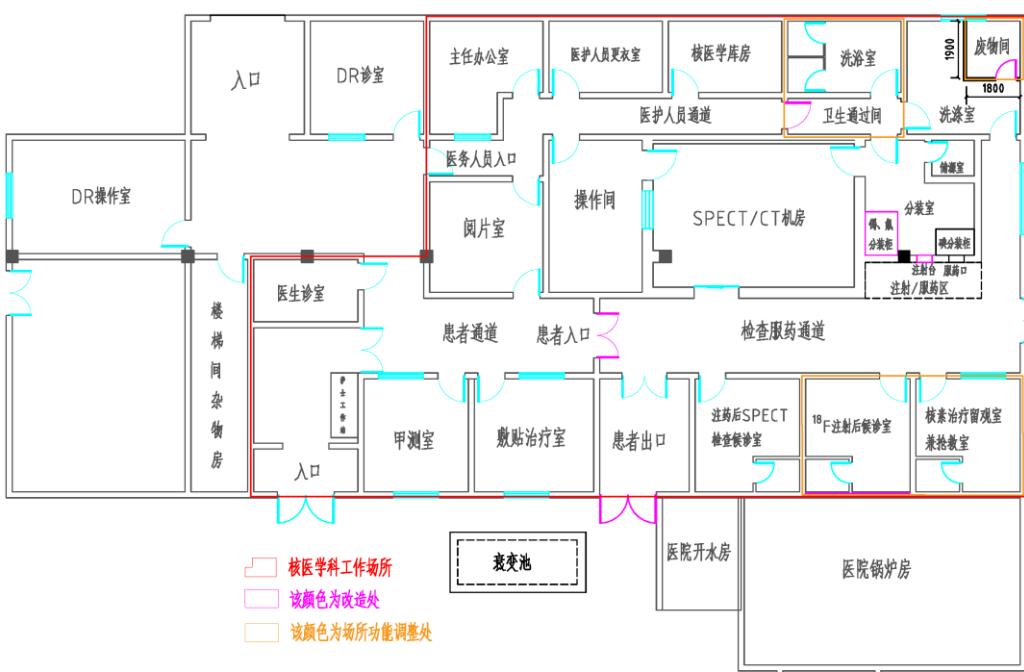


图 10-2 改造后核医学科工作场所平面图

改造后,¹⁸F 显像诊断项目涉及分装室、注射/服药区、¹⁸F 注射后候诊室、SPECT/CT 机房; ⁸⁹Sr 骨转移癌治疗项目涉及储源室、分装室、注射/服药区; ^{99m}Tc 显像诊断项目涉及储源室、分装室、注射/服药区、注射后 SPECT 检查候诊室、SPECT/CT 机房;
¹³¹I 甲亢治疗项目涉及储源室、分装室、注射/服药区、核素治疗留观室兼抢救室。

改造后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。医护人员从核医学科西北侧医护人员入口经医护人员通道，通过卫生通过间进入分装室进行分装、注射等工作，结束后通过卫生通过间出去。甲亢、⁸⁹Sr 核素治疗患者在西南侧患者入口进入等候，叫号后从西侧患者入口门禁进入病人通道，前往服药区进行给药，用药后如没有不适则从东侧患者出口离开，用药后如有不适则进入核素治疗留观室兼抢救室处理，然后再从东侧患者出口离开；^{99m}Tc、¹⁸F 核素显像诊断患者在西南侧患者入口进入等候，叫号后从西侧患者入口门禁进入病人通道，前往服药区进行注射药品，药品注射后，^{99m}Tc 核素显像诊断患者进入注药后 SPECT 检查候诊室，¹⁸F 核素显像诊断患者进入¹⁸F 注射后候诊室，等待相应时间后进入 SPECT/CT 扫描机房检查，检查完毕后从南侧病人出口离开。

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。候诊室、留观室均设有病人专用厕所，含放射性的排泄物及冲洗水排入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。

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》(GBZ 120-2020) 及《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 中关于工作场所布局的要求。

10.1.2 工作场所管理

1、工作场所分级

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，及《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 附录A中给出的放射性核素的毒性与操作方式修正因子，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10-1。根据表10-1可知，扩建核医学科工作场所应按照乙级非密封放射性物质工作场所进行管理。

表 10-1 扩建后整个核医学科工作场所分级情况表

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)	核素情况	工作场所分级
6号楼 一楼核 医学科	¹⁸ F	7.4E+8	低毒, 0.01	液态, 很简单操作, 10	7.4E+5	新增	1.90E+9 乙级
	⁸⁹ Sr	1.48E+8	中毒, 0.1	液态, 简单操作, 1	1.48E+7	新增	
	⁹⁹ Mo	1.85E+10	中毒, 0.1	液态, 贮	1.85E+7	现有	

	(^{99m} Tc)			存, 100			
	^{99m} Tc	1.85E+10	低毒, 0.01	液态, 很简单操作, 10	1.85E+7	现有	
	¹³¹ I	1.85E+10	中毒, 0.1	液态, 简单操作, 1	1.85E+9	现有	

2、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》(GB 18871-2002)的要求, 辐射工作场所应分为控制区、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, 本项目工作场所分区管理如下: 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, 保障在正常诊断、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) 控制区

工作场所改造后, 分装室、储源室、卫生通过间、洗浴室、洗涤室、敷贴治疗室、注射后SPECT检查候诊室、抢救室兼核素治疗留观室、废物间、SPECT/CT机房、衰变池等区域划为控制区(图10-3中红色阴影区域)。

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。

(2) 监督区

操作间(控制室)、医护通道、甲测室、核医学库房、开水房、锅炉房等与控制区周围相邻区域、核医学科场所东侧外1m区域、敷贴治疗室南侧外1m区域及废水衰变池上方区域划为监督区(图10-3中黄色阴影区域)。

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》(GBZ 120-2020) 及《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 中关于分区管理的要求。

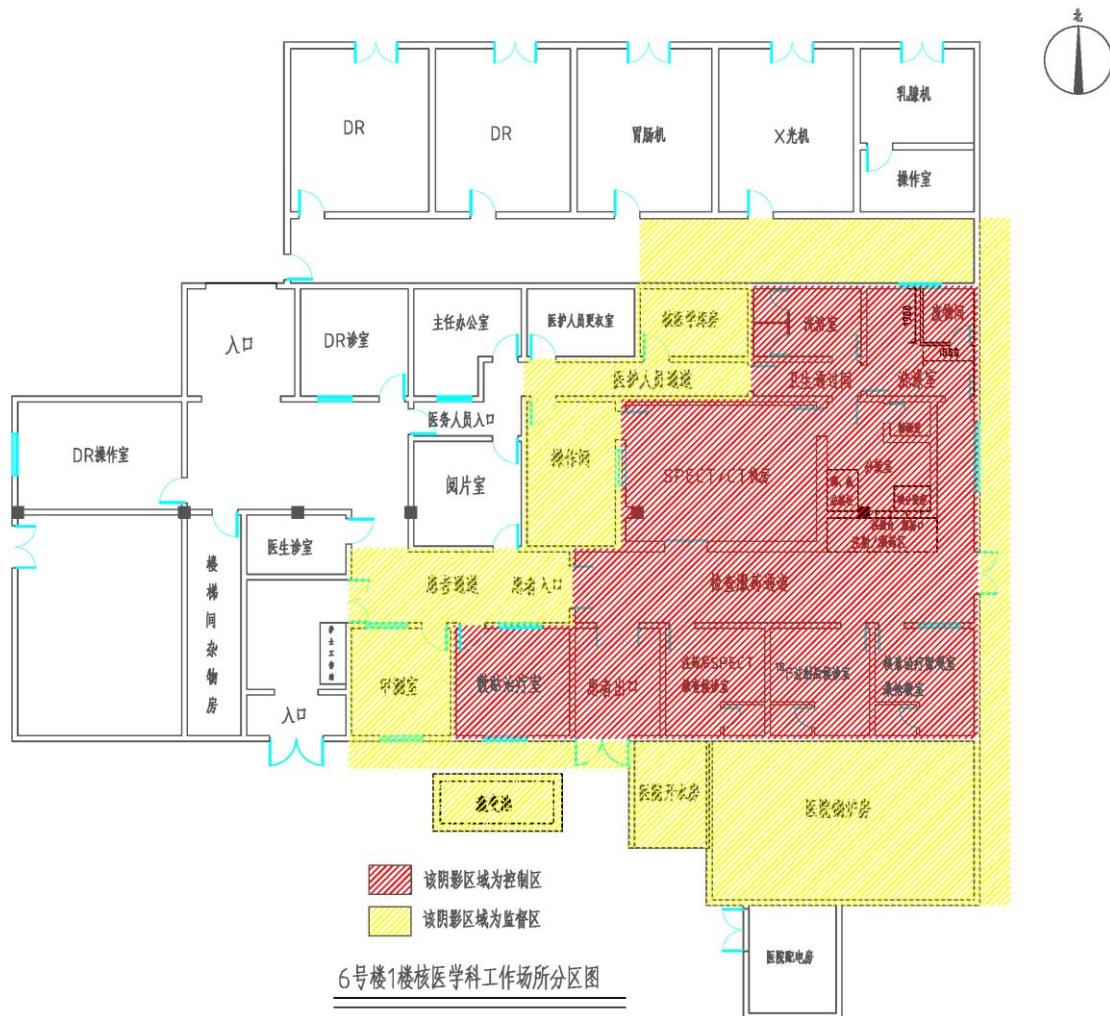


图10-3 核医学科工作场所分区情况

10.1.3 辐射屏蔽设计

(1) 分装柜、注射台

本项目核医学科拟更换分装柜，柜体和观察窗屏蔽为 40mmPb ，顶部、后侧为 30mmPb 。更换注射台，防护能力为整体 30mmPb 。

(2) 业务用房辐射屏蔽设计

本项目核医学科工作场所主要采用实心砖、混凝土、硫酸钡、铅板和铅玻璃等作为主要屏蔽材料。实心砖密度不低于 1.65g/cm^3 ，混凝土密度不低于 2.35g/cm^3 ，硫酸钡密度不低于 3.2g/cm^3 ；防护门内衬铅板；观察窗采用铅玻璃观察窗。

根据建设项目单位提供的资料，本项目主要房间屏蔽参数见表10-2。

表 10-2 屏蔽参数一览表

序号	机房名称	内部净尺寸 长宽高 (m)	屏蔽体	屏蔽能力
1	储源室	1.20×1.20×3.50	四面墙体	24cm实心砖
			顶棚	10cm混凝土+3cm硫酸钡涂料
			防护门	4mmPb铅门
2	分装室	3.65×3.52×3.50	四面墙体	西面墙体为 37cm 实心砖墙，其余三面墙体为 24cm 实心砖墙
			顶棚	10cm 混凝土+3cm 硫酸钡涂料
			防护门	2mmPb铅板
			注射台	30mmPb
			锝分装柜	柜体和观察窗屏蔽为 40mmPb，顶部、后侧为 30mmPb
3	服药处	/	顶层	10cm 混凝土+3cm 硫酸钡涂料
4	注射后 SPECT检 查候诊室	3.50×3.79×3.50	四面墙体	24cm实心砖
			顶棚	10cm 混凝土+3cm 硫酸钡涂料
			防护门	2mmPb铅板
5	18F注射后 候诊室	3.50×3.79×3.50	四面墙体	东、西、北三面墙 24cm 实心砖，南面墙加涂 3cm 硫酸钡涂料
			顶棚	10cm 混凝土+3cm 硫酸钡涂料
			防护门	4mmPb铅板
6	核素治疗 留观室兼 抢救室	3.49×3.79×3.50	四面墙体	24cm实心砖
			顶棚	10cm 混凝土+3cm 硫酸钡涂料
			防护门	4mmPb铅板
7	SPECT/CT 机房	6.74×4.81×3.50	四面墙体	37cm实心砖
			顶棚	10cm 混凝土+3cm 硫酸钡涂料
			防护门 (3 个)	4mmPb铅板
			观察窗	4mmPb铅玻璃
8	废物间 (新增)	1.80×1.90×3.50	四面墙体	北侧、东侧 24cm 实心砖，南侧、西侧新增 24cm 实心砖
			顶棚	10cm 混凝土
			防护门	4mmPb铅板
9	患者入口防护门		防护门	10mmPb铅板
10	患者出口防护门		防护门	10mmPb铅板
11	卫生通过间防护门		防护门	3mmPb铅板

注：本项目核医学科位于一层，楼下为土层。

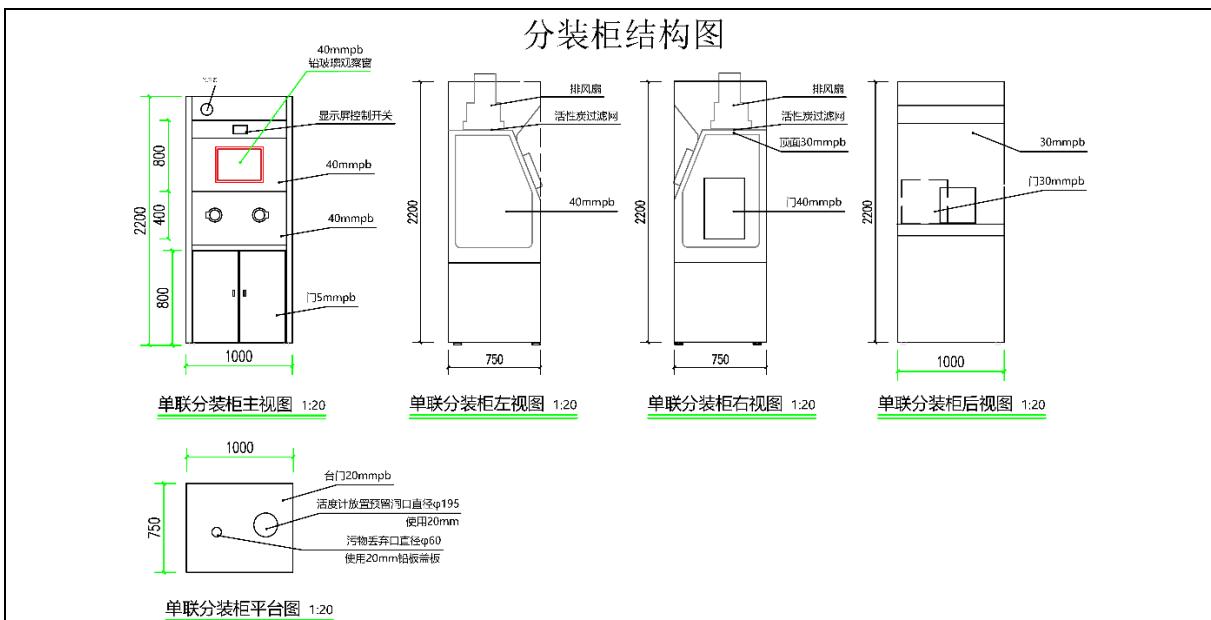


图10-4 新分装柜屏蔽设计图

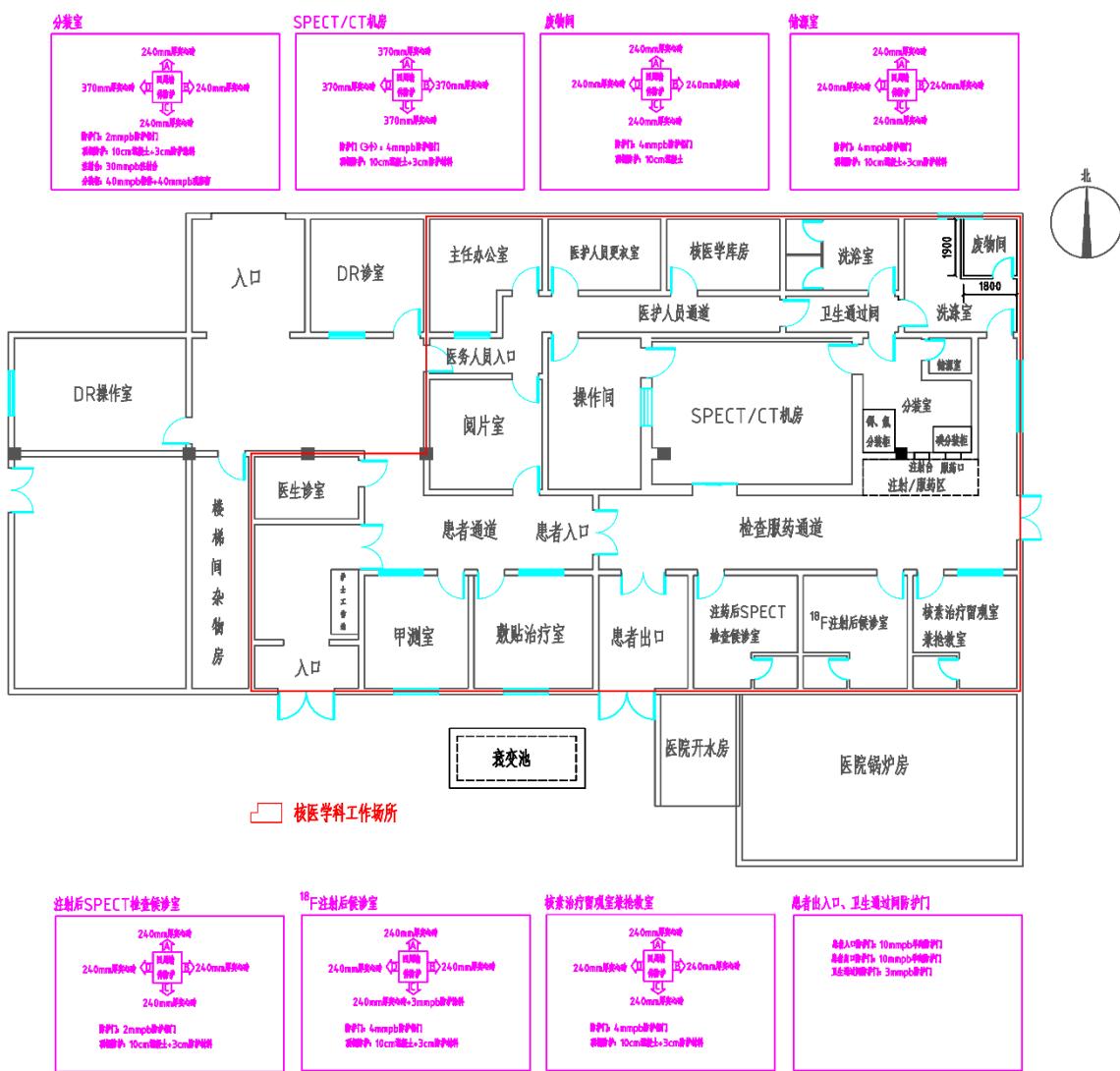


图10-5 主要房间屏蔽参数示意图

(3) 防护设备和个人防护用品

核医学科现有个人防护用品和防护设备见表10-3。

表10-3 核医学科现有个人防护用品和防护设备一览表

防护用品名称	规格	数量
铅衣	0.5mmPb	4件
铅围裙	0.5mmPb	4件
铅帽	0.5mmPb	4顶
铅围脖	0.5mmPb	4件
铅眼镜	0.5mmPb	4副
铅屏风	2mmPb	3件
药物转运铅罐等贮存和转运容器	10mmPb	随购买药品配置
铅废物桶	10mmPb	14个
注射器铅防护套	10mmPb	8个
表面污染监测仪	/	2台
活度计	/	2台
X-γ辐射剂量率仪	/	拟购1台
个人剂量报警仪	/	拟购1台

注：药物转运铅罐容器，由药品供应厂商随购买药品配置，同时回收使用后的铅罐。

根据表10-3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。

10.1.4 辐射防护措施符合性分析

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 的要求，本项目核医学科工作场所辐射防护措施符合性分析见表10-4。

表 10-4 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 符合性分析表

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有	本项目核医学科位于医院 6 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

	明确的分界隔离。		
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，到货后暂存于分装柜内并及时使用，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，室内地面与墙壁衔接处铺设防渗塑胶，能够保证地面与墙壁衔接处无缝隙，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。	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有个人防护用品。设置有SPECT检查候诊室、 ¹⁸ F给药后候诊室、核素治疗留观室等功能用房，以减少对其他患者和医护人员的照射。	符合
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、	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	符合

	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。	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。本项目分装柜及工作场所排风系统排气口高于所在建筑屋顶，排放口远离邻近的高层建筑。	
--	--	---	--

本项目核医学科工作场所辐射防护措施与《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 的符合性分析见表10-5。

表 10-5 《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 符合性分析表

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分装室暂存于分装柜，废物运送下班之后，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；给药前患者、给药后患者、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间，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	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；排气口高于本建筑屋顶，并安装有活性炭过滤装置，废气经处理后排放。	符合

	安装专用过滤装置。		
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/CT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的屏蔽的储存、转运等容器；容器表面应设置电离辐射标志。	给药后 SPECT/CT 检查室配备监视设施和对讲装置，项目配备满足需求的储存、转运等屏蔽容器。	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，有适当屏蔽。	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。

10.1.5 辐射安全管理措施

1、门禁系统：拟在患者入口、出口等设置了单向门禁系统。根据患者单向流动不回流的走向考虑，入门后不可返回。设置门禁出门按钮，设置门禁读卡器。在分装室防护门设置门锁权限。

2、视频监控系统：医院在分装室、操作间、SPECT/CT机房内、病人通道出口处等安装有监控装置，能让医护人员全方位的监控到实时动态。

3、语音对讲系统：在注射后候诊室内、SPECT/CT机房内和操作间等适当位置设置语音对讲系统。

4、工作状态指示灯、警告标志：在SPECT/CT检查室患者进入防护门上方设置有工作状态指示灯；在核医学科控制区出入口、控制区内各防护门上方均设置电离辐射警告标志。

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。

10.2 三废的治理

(1) 放射性废气

本项目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，排风口高于建筑楼房屋顶，并拟设置活性炭过滤装置。项目工作场所排风示意图如图10-6。

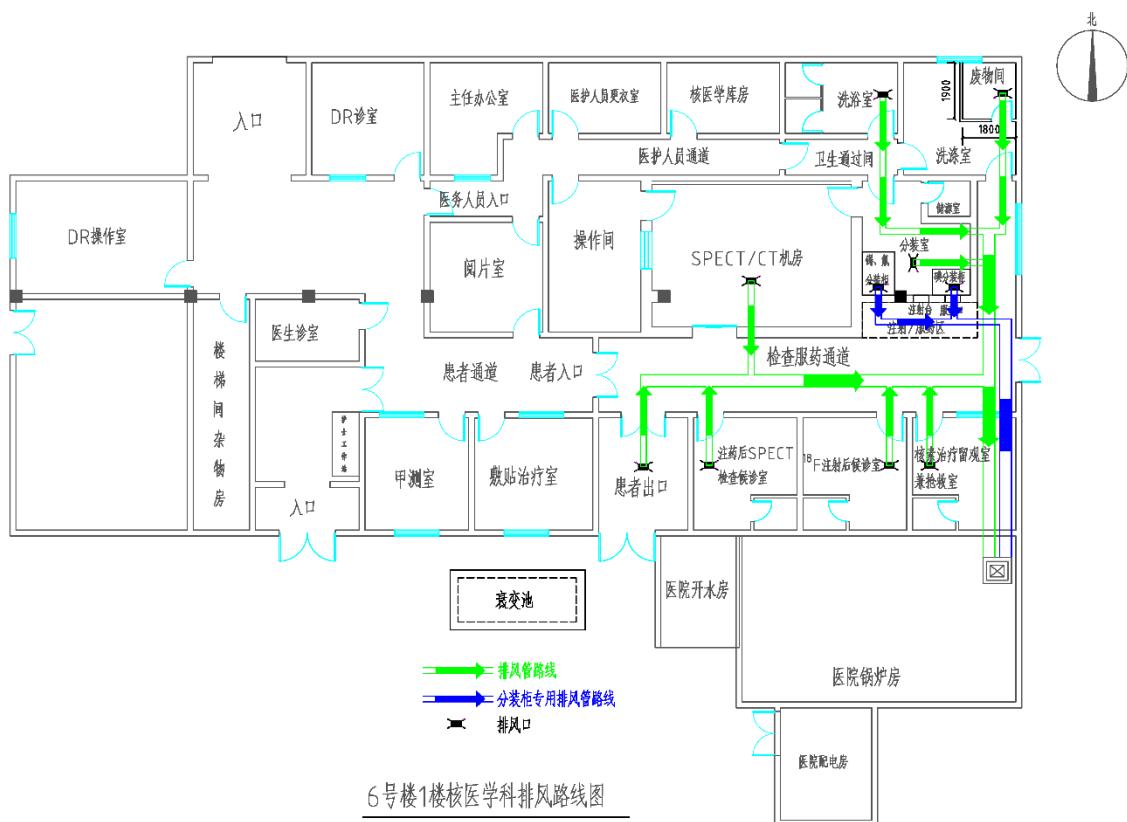


图10-6 核医学科工作场所排风示意图

(2) 放射性废水

现有放射性废水排放现状：本项目原有废水衰变池为推流式衰变池，容积为6.48m³，医院现有^{99m}Tc核素显像诊断患者每天最多为20人，按每名患者每天因排泄等

产生放射性废水约为8L/人，场所清洁用水每天100L，每天产生废水量最大为0.26m³，年工作时间按250个工作日计，每年废水量为65m³；¹³¹I甲亢治疗患者注射后和敷贴治疗患者治疗后直接离开核医学科场所，不产生放射性废液。

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 中第7.3.2.3款：“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。”本项目核医学为诊断和门诊碘-131治疗场所，废水衰变池为推流式。本次新增污泥池和检测池，衰变池本体为3级分隔连续式衰变池，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。

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 中第7.3.3.2款：“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。”本次新增¹⁸F诊断患者为每天最多2人，每月最多60人，按每名患者每天因排泄等产生放射性废水约为8L/人，场所清洁用水原有核医学科已包含，故本项目每天新增废水量为16L，每年新增废水量为4m³。⁸⁹Sr骨转移癌治疗患者注射后直接离开核医学科场所，不产生放射性废液。原有核医学科^{99m}Tc核素显像诊断患者每年废水量为65m³。
¹³¹I甲亢治疗患者服药后直接离开核医学科场所，偏安全考虑，本次按5%的患者服药后候诊产生废水，每年最多200人，按每名患者每天因排泄等产生放射性废水约为8L/人，故¹³¹I甲亢患者每年产生废水量约0.08m³。综上，扩建后核医学科废水年产生量为69.08m³。建设单位拟将原有衰变池扩容4m³（前、后各增加2m³），故可满足新增¹⁸F诊断后所产生的放射性废水量。医院拟制定相应的监测计划，每年定期委托有资质机构开展放射性废水监测，确保碘-131和最长半衰期核素的放射性活度浓度满足GB 18871附录A表A1的要求。

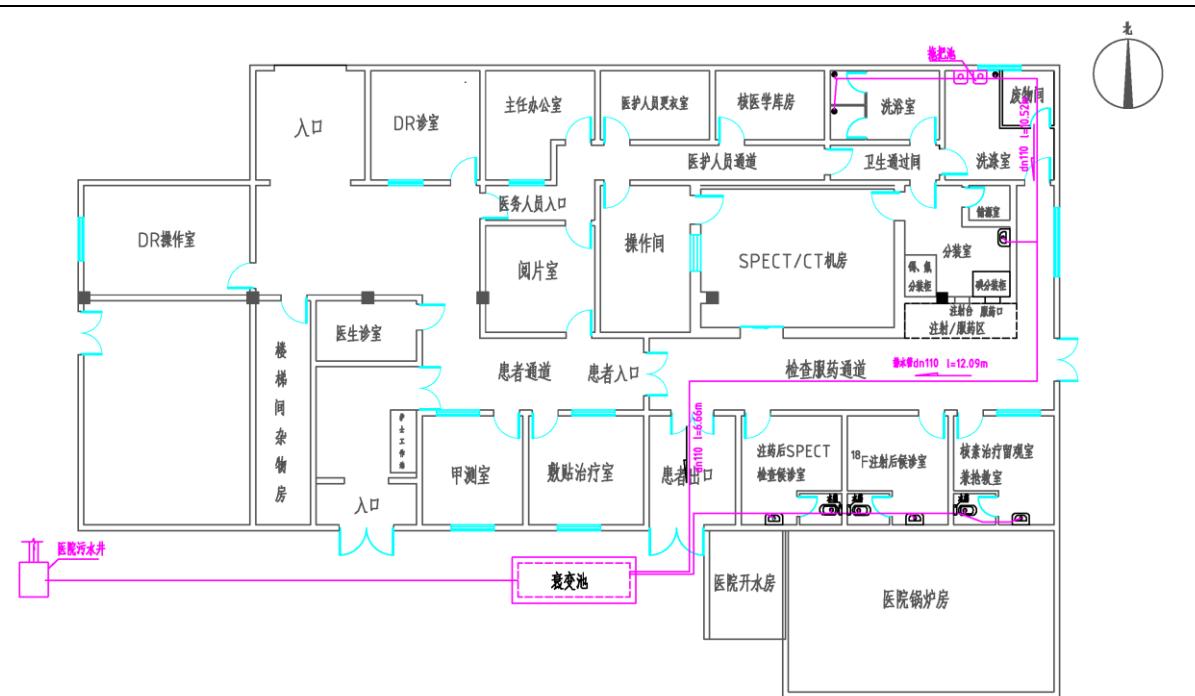
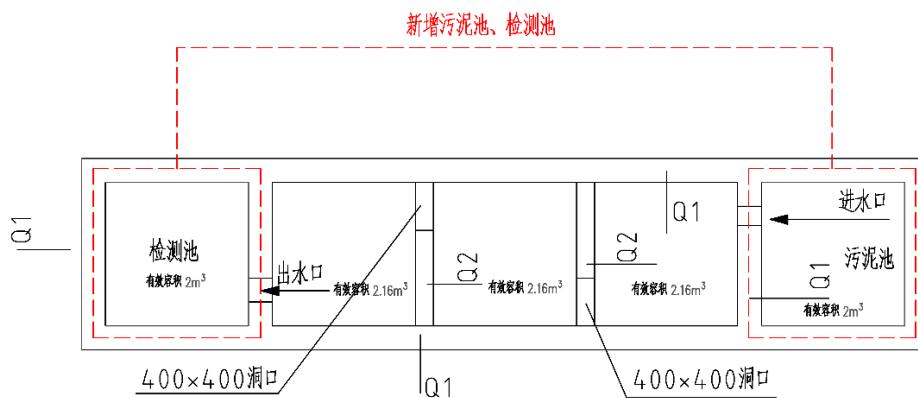


图10-7 放射性废水收集管线示意图



衰变池平面图

图10-8 废水衰变池平面布局图

(3) 放射性固体废物

放射性固体废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废物的收集、贮存和处理管理严格。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。

本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)的符合性分析见表10-6。

表10-6 放射性废物管理与HJ 1188-2021的符合性分析表

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；本项目产生的放射性废物将分类收集、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。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、排放管理台账，做好记录并存档备案。	项目建有相关制度，已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。	符合
5	7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通	本项目放射性废物暂存间（废物间）	符合

	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。	建有通风换气装置,入口处拟设置电离辐射警告标志,有防火、防丢失、防射线泄漏等措施。	
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。	本项目设置推流式废水衰变池系统,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。	本项目拟对原有废水衰变池系统扩容4m ³ ,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。	本项目属于核医学诊断和门诊碘-131治疗场所,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。	符合
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	本项目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	符合

	浓度应满足 GB18871 附录 A 表 A1 的要求。	GB18871 附录 A 表 A1 的要求。	
12	<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>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。</p>	符合

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，以及对部分墙体、地板、天花板及通风系统的改造，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) 施工期大气环境影响分析

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) 施工期废水环境影响分析

施工期间，有一定量的建筑装修废水产生，待施工期结束后，建筑废水对环境的影响会随着施工期结束而随之消除；项目施工期施工人员生活污水产生量较小，进入建设单位污水处理系统处理后进入城市污水管网，施工期废水对外环境影响较小。

(3) 施工期噪声环境影响分析

施工期的噪声污染源主要为施工车辆、电钻等设备产生，声源强度在 65~95dB(A)，经过已有房间屏蔽后，对周围厂界噪声影响将减小很多，但仍会造成一定影响。为尽量减少影响，项目将加强管理，且在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011) 的标准规定，将噪声降低到最低水平；禁止夜间施工。影响将随着施工期结束消除。

(4) 施工期固体废物影响分析

施工期的固体废物主要是装修垃圾和生活垃圾。建设单位拟在施工场地出入口设置临时垃圾桶，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。建筑材料可回收利用部分重新利用后剩余的建筑垃圾集中收集，由建设单位外运至市政部门指定的垃圾堆放场。故项目施工期间产生的固废对周边环境产生影响较小。

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 辐射影响分析

本项目新增放射性核素¹⁸F进行显像诊断，使用⁸⁹Sr核素进行骨转移癌治疗。

扩建涉及¹³¹I甲亢治疗、^{99m}Tc显像诊断项目变动，本项目放射性诊疗项目不同时开展，分装室内不同时进行两种及以上药物操作，通过流程控制，病人经呼叫后单独进入注射区，或从候诊室进入扫描室，避免患者走廊同时出现两个及以上病人。

本项目扩建涉及原有项目¹³¹I工作场所，需对原有项目¹³¹I工作场所屏蔽能力与本项目评价标准进行符合性分析，现有辐射安全许可证¹³¹I核素申请日最大操作量为 1.85×10^{10} Bq (500mCi)，经与建设单位核实，根据多年实际运行情况，实际¹³¹I核素日最大操作量为 1.48×10^9 Bq (40mCi)，且承诺（附件10）本次评价后重新申请辐射安全许可证，对¹³¹I核素日最大操作量减量为 1.48×10^9 Bq (40mCi)，故本次评价按实际日做大操作量 1.48×10^9 Bq (40mCi)对工作场所屏蔽能力进行评价标准符合性分析，用药后核素治疗留观室位置变动，故对¹³¹I核素治疗留观室周围辐射影响进行估算评价。

根据医院2024年辐射安全与防护状况年度监测报告（附件9），医院原有核医学科SPECT/CT影像诊断正常运行时工作场所周围环境辐射剂量率在本底范围内，表明该项目CT机正常运行对周围的辐射影响较小，可忽略不计，故本项目¹⁸F显像诊断项目周围剂量率估算时不叠加CT机产生X射线对周围环境的辐射影响。

辐射工作人员在分装室内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。

11.2.1.1 剂量率估算相关公式及参数

1、 γ 射线屏蔽计算方法

参照GBZ120-2020的式(I.1)，按以下公式计算：

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

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

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什值层厚度, cm。

2、相关参数

(1) 放射性药物活度

经与建设单位核实, 单个受检者的¹⁸F用药量为185MBq(5mCi), 日最大诊疗人数为2人, 考虑到¹⁸F的半衰期仅为109.8min, 为后续诊断能有充足药量, 购药量会大于370MBq(10mCi), 故分装柜按740MBq(20mCi)的药量去估算其屏蔽厚度, 分装柜内分装¹⁸F药品时, 不存放其他药品, 分装室、注射后候诊室、患者通道、SPECT/CT机房、患者进出口防护门按单个受检者的¹⁸F用药量为185MBq(5mCi)去估算其屏蔽厚度。原有碘分装柜及工作场所剂量率不再进行重新估算。根据《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 中“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”的要求, 偏安全考虑, 放射性废物包装袋表面(5cm)剂量率按0.1mSv/h进行估算, 屏蔽体什值层厚度按¹⁸F核素考虑, 废物间最多同时暂存8个废物桶。

(2) TVL (什值层)

表11-1 各屏蔽材料TVL (什值层) 厚度

屏蔽材料	TVL (什值层) 厚度 (mm)		
	¹⁸ F	¹³¹ I	^{99m} Tc
铅	16.6	11	<u>1</u>
混凝土(水泥)	176	170	<u>110</u>
实心砖	263	240	<u>160</u>
硫酸钡涂料	100	95	/

注: (1) 铅、混凝土、实心砖数据取自《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 表I.1, 硫酸钡涂料数据来自《辐射安全手册》P146页图6.4., ¹⁸F正电子湮灭产生 γ 射线能量为0.511MeV, ¹³¹I按主要射线能量0.365MeV, 各屏蔽材料TVL以产生 γ 射线能量为基础取值。
(2) 混凝土密度 $\geq 2.35\text{g/cm}^3$, 铅密度 $\geq 11.3\text{g/cm}^3$, 实心砖 $\geq 1.65\text{g/cm}^3$, 防护涂料密度 $\geq 3.2\text{g/cm}^3$ 。

(3) 周围剂量当量率常数

根据《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 中附录H和附录L, 周围剂量当量率常数取值见表11-2。

表11-2 周围剂量当量率常数取值

状态	剂量率常数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)		
	¹⁸ F	¹³¹ I	^{99m} Tc
裸源	0.143	0.0595	<u>0.0303</u>
注射药物后	0.092	0.0583	<u>0.0207</u>

3、关注点

(1) 计算时四周屏蔽墙、防护门关注点位置在墙(门)外0.3m处，屋顶关注点位置在楼板地面上方0.3m处，楼下为土层，不考虑楼下。

(2) 分装柜、注射台为固定点，其与关注点距离为固定距离；注射药物后的受检人员在注射后候诊室、核素治疗留观室、SPECT/CT机房等房间内是能活动的，按房间内病床(或椅子)、机房内扫描床(患者滞留时间最长)处作为源点；内部走廊正常情况下是无人员逗留的，进出口防护门按关注点距源点2m进行估算。

本项目关注点设置示意图见图11-1。

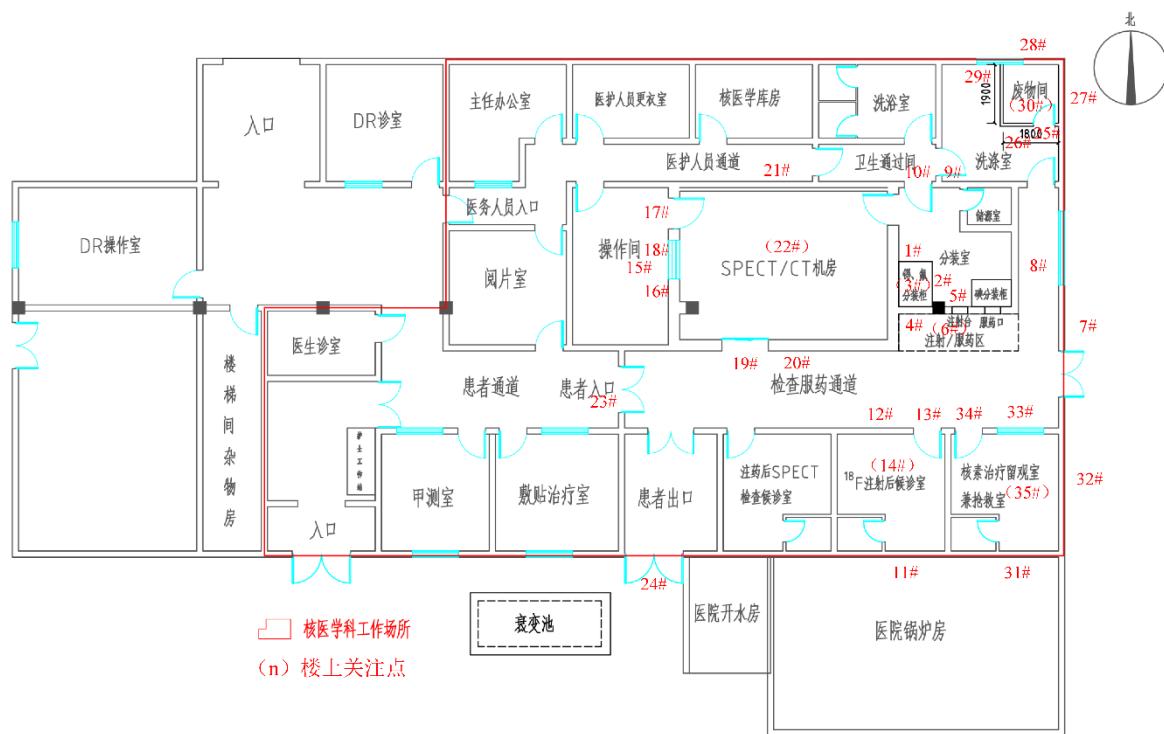


图11-1 周围关注点示意图

11.2.1.2 ^{18}F 显像诊断项目

^{18}F 显像诊断项目辐射工作场所各关注点辐射剂量率结果见表11-3。

表11-3 ^{18}F 显像诊断项目辐射工作场所关注点辐射剂量率估算结果

由表11-3估算结果可知， ^{18}F 显像诊断项目辐射工作场所周围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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。”的要求。

11.2.1.3 ^{89}Sr 治疗项目辐射影响分析

^{89}Sr 为纯 β 衰变核素， β 射线射程很短， β 射线易与容器壁作用产生轫致辐射（X射线）。本项目 ^{89}Sr 药品为分装好的药品，医院无需进行分装操作，由护士抽药后在注射窗直接注射即可，护士在抽药、注射时穿戴个人防护用品，且药物在注射器防护套内，故 β 射线对操作护士的辐射影响较小，可忽略不计。故本次评价 ^{89}Sr 主要考虑抽药、注射时轫致辐射对护士的辐射影响。

^{89}Sr 为纯 β 衰变核素， β 射线的最大能量为 1.492MeV ，物理半衰期为 50.5d 。

根据《辐射防护导论》P133页式4.20，轫致辐射在空气中的吸收剂量率计算公式：

$$D = 4.58 \times 10^{-14} \times A \times Z \times \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \times \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \quad (11-2)$$

式中： D —屏蔽层中 β 粒子产生的轫致辐射在 r （m）处空气中的吸收剂量率， Gy/h ；
 $\frac{\mu_{en}}{\rho}$ —是平均能量为 E_b （一般取 β 射线最大能量的三分之一）的轫致辐射在空气中的质量能量吸收系数， $\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$ ；由《辐射防护导论》附表1查得，本项目 ^{89}Sr 平均能量为 0.497MeV ，保守取 0.5MeV 所对应的空气质量能量吸收系数为 $2.966 \times 10^{-3}\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$ ；

A —放射源活度， Bq ；

Z —电子屏蔽材料的有效原子序数，有机玻璃为 5.85 ，水为 6.66 ；

r —关注点到辐射源的距离， m 。

偏安全考虑， ^{89}Sr 裸源状态下不同距离轫致辐射所致空气吸收剂量率预测结果见表11-4。

表11-4 ^{89}Sr 裸源状态下不同距离轫致辐射所致空气吸收剂量率预测结果

可知，在 ^{89}Sr 裸源状态下，不考虑注射器保护套及个人防护用品的屏蔽，距离 0.3m 处空气吸收剂量率最大为 $0.367\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，偏安全考虑，护士在 ^{89}Sr 核素抽药、注射时受照剂量均按 $0.367\mu\text{Gy}/\text{h}$ 进行估算。

11.2.1.4 原有核医学科项目与本项目评价标准符合性分析

(1) ^{131}I 甲亢治疗项目

^{131}I 核素治疗留观室周围辐射剂量率结果见表11-5。

表11-5 ^{131}I 核素治疗留观室周围辐射剂量率估算结果

由表11-5估算结果可知， ^{131}I 核素治疗留观室周围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“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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。”的要求。

原有核医学科 ^{131}I 甲亢治疗项目未变动区域周围剂量率引用原有核医学科验收监测报告（附件3）， ^{131}I 甲亢治疗项目场所周围剂量率监测结果见表11-6。

表 11-6 核医学科 ^{131}I 治疗项目运行时周围辐射剂量率监测结果

经与医院核实， ^{131}I 药品分装时，只需打开铅罐盖子即可分装操作，故 ^{131}I 甲亢治疗项目正常运行时分装柜周围剂量率最大值为 $0.883\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”要求。

(2) $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素诊断项目

经与医院核实， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素诊断项目目前使用药品为分装好的药品，贮存时有铅罐(10mmPb)屏蔽，需要注射时，取出单支药品即可。引用医院2024年辐射安全与防护状况年度监测报告，核医学科 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 用于SPECT/CT影像诊断工作场所辐射剂量率监测结果见表8-1。

可知， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素诊断项目注射、候诊、检查等环节周围剂量率满足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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。”的要求。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药品贮存在分装柜中周围剂量率估算结果见表11-7。

表11-7 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药品贮存在分装柜中周围剂量率估算结果

可知， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素诊断项目锝分装柜周围剂量率最大值为 $1.95\text{E-}29\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，可忽略不计，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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周

周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”要求。

综上所述，原有核医学科项目工作场所周围剂量率符合本项目评价标准要求。

11.2.1.5 职业工作人员及公众人员年有效剂量估算与评价

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。

外照射人均年有效剂量当量按下式计算：

$$H_{Er} = H(10) \times T \times t \dots \dots \dots \quad (11-11)$$

式中： H_{Er} ——X 射线外照射人均年有效剂量当量， mSv ；

$H(10)$ ——X 射线周围剂量当量率；

T ——居留因子；

t ——照射时间， h 。

(1) 辐射工作人员

本项目辐射工作人员主要为主治医生、分装室医护人员以及负责显像诊断扫描操作的医技人员。该项目配备工作人员 6 人，其中负责摆位、扫描的医技人员 1 人，测活及注射 2 名护士（轮班上岗），主治医生 3 名，工作人员均为现有核医学科辐射工作人员，不新增。3 名主治医生在医生办公室（监督区）问诊，受照剂量较小，故辐射工作人员仅分析护士及技师的受照剂量。

负责¹⁸F 显像诊断扫描的工作人员受到的主要额外照射来自侍服注射药物的受检人员进行显像扫描、为受检人员摆位的过程中。从偏安全角度考虑，侍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；平均每位患者扫描时长按 45 分钟计，扫描过程中工作人员在操作间内受照剂量按操作位的辐射剂量率计算。

分装室工作人员在测活、转移、分装、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、分装过程（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 500 人次；c、工作人员在测活、转移、分装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工作人员注射位剂量率计

算。

^{89}Sr 治疗项目药品转移时有铅罐屏蔽，故不考虑转移时护士受照剂量；主要考虑护士在抽药、注射过程中的受照剂量，该环节工作由2名护士轮流完成。从偏安全角度考虑，按 ^{89}Sr 裸源状态下，不考虑注射器保护套及个人防护用品的屏蔽，距离0.3m处空气吸收剂量率 $0.367\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，药物抽取过程30s/人次、注射操作30s/人次。全年规划治疗100人次。

本项目辐射工作人员的年有效剂量估算结果见表11-8。

表11-8 辐射工作人员年有效剂量估算结果

由表11-8可知，本项目职业人员护士受到的年有效剂量最大为 0.005mSv/a ，技师受到的年有效剂量最大为 0.43mSv/a 。本项目为扩建项目，辐射工作人员为原有辐射工作人员，应综合考虑其原有工作所受辐射剂量与本项目所受辐射剂量的叠加值，根据辐射工作人员2024年度个人剂量监测结果，分装、注射的护土年受照剂量最大值为 2.80mSv/a ，摆位、扫描的技师年受照剂量最大值为 1.17mSv/a ，故该项目运行后至辐射工作人员个人年受照剂量叠加值最大为 2.805mSv/a ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)规定的年有效剂量管理约束值(职业工作人员 20mSv/a)，也低于本报告提出的年有效剂量管理约束值(职业工作人员 5mSv/a)。

(2) 公众人员

核医学科所有辐射用房布置是相对独立、相对封闭的区域，科室有严格的分区管理制度，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区域。公众年受照时间， ^{18}F 核素相关区域根据不同功能房间药品操作时间或患者停留时间与年最大患者人数确定，核素治疗留观室兼抢救室按 ^{131}I 患者人数最多为200人/年，需留观人数按5%取值，留观时间按30min/人。根据表11-3预测结果，各区域公众成员受照剂量估算结果见表11-9。

表11-9 公众成员受照剂量估算结果

从表11-9估算结果可知，在核医学科周边(含楼上)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最大为 0.026mSv/a ，低于公众成员年有效剂量管理约束值(**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，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。

11.2.2 放射性三废环境影响分析

本项目为扩建项目，项目产生的放射性废气、放射性废水、放射性固体废物均依托现有核医学科三废治理措施，并新增污泥池和检测池，扩大了衰变池系统的有效容量。

放射性废气：本项目两个分装柜均设置有独立的排风管道，拟配风机风速不小于0.5m/s，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。

放射性废水：本扩建项目依托核医学科现有废水衰变系统，收集项目产生的放射性废水，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。

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。

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，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： ***

成 员： ***

负责人： ***

秘 书： ***

主要职责： 放射防护管理小组应建立健全各项规章制度和质量保证制度，定期召开例会，对放射工作的立项、设备的引进以及防护的配置等进行论证，提出实施方案与计划，为医院决策提供科学依据，落实各项放射防护措施。

1. 评估辐射防护措施计划；
2. 定期核对辐射防护措施计划，对不完善之处及时修订；
3. 审核辐射工作人员的操作能力及资格；
4. 放射性物质及可能发生游离辐射设备的辐射安全管理；
5. 制定辐射防护训练计划方案，并督导执行；
6. 多渠道规划并开展各种辐射防护学习培训；
7. 定期精查各种使用放射性物质及可发生游离辐射场所的辐射防护措施，发现违反规定者，应即停止作业，并限期整改；
8. 定期召开辐射安全与防护管理领导小组会议，总结讨论全院的辐射安全作业开展情况；
9. 审核放射性物质及可发生游离辐射设备的各项采购方案，评估辐射工作场所及各项设备配置是否符合辐射安全规定；
10. 督导各辐射工作科室做好应急预案，并严格按照规定处理全院发生的各类辐

射意外事件，并将发生原因，处理经过与所采用的改善措施等作出报告；

11. 督导辐射科室做好防护措施。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 规章制度及落实情况

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。

医院应制定一套相对完善的管理制度和操作规程，包括《辐射安全和防护领导小组制度》、《辐射监测计划》《放射防护安全及管理制度》《放射工作人员职业健康管理制度》《放射性事故预防和应急处理预案》《放射源购买、使用、保管、处置管理制度》和《安全与防护设施检查及维护制度》等关于辐射方面的规章制度。并落实“制度上墙”。

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。

12.2.2 辐射工作人员

(1) 辐射安全培训

根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发的《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》，自 2020 年 1 月 1 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。医院核医学科辐射工作人员均已通过生态环境部培训平台报名并参加考核合格。

(2) 职业人员的个人剂量管理

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，项目单位应对辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。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。

（3）职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

12.3 辐射监测

本项目辐射防护监测包括个人剂量监测、辐射环境监测和竣工验收监测。

12.3.1 个人剂量监测

为测量本项目辐射工作人员在一段时间的受照剂量，借以限制辐射工作人员的剂量当量和评价工作场所的安全情况，建设单位为本项目辐射工作人员均配个人剂量计并进行个人剂量监测，并委托有资质单位对公司辐射工作人员进行个人累积剂量监测（每季度进行一次个人计量监测）。项目建设单位应设置专人负责个人剂量监测管理，并建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案内容应当包括个人信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。

根据（GB 18871-2002）要求，辐射工作人员在开展放射性工作期间，必须佩戴由项目建设单位配发的个人剂量计。

12.3.2 工作场所监测

①监测项目：X- γ 辐射剂量率、 β 表面污染；

②监测频度：委托有资质单位至少每年监测1次，监测报告附录到年度评估报告中，监测数据应存档备案。

③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。

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。

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度的本单位辐射安全和防护状况年度评估报告。

12.3.3 竣工验收监测

本项目建成后，建设单位应主动开展项目竣工环境保护验收工作，验收按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》等相关要求进行。

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，制定了《放射性事故预防和应急处理预案》。

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，成员由医务部副部长、质管办常务主任、设备科科长、放射科主任、肿瘤科主任、核医学科主任、介入室副主任等各部门主要负责人组成。

预案规定了医院职业安全防护应急领导小组职责：

- (1) 执行国家核事故预防和应急的法规和政策；
- (2) 制定本院放射性核事故预防和应急管理的规划；
- (3) 制定本院放射性核素使用安全分析报告和事故应急计划；
- (4) 对放射性核事故预防和应急管理中的有关预防方案和应急及预防设施、设备进行审查或验收；
- (5) 协助相关部门对发生的核事故进行调查处理；
- (6) 组织有关部门开展核事故预防和应急的宣传教育。

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等内容，具体见附件 6。

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 结论

13.1.1 实践的正当性分析

钦州市第二人民医院核医学科扩建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、拯救生命起有着十分重要的作用；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，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

13.1.2 产业政策符合性

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“第一类 鼓励类”第三十七项“卫生健康”中第 1 款“医疗服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

13.1.3 选址及总平面布置合理性

本次扩建项目场所建于 6 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。

13.1.4 辐射环境现状评价结论

本项目现状监测结果表明，项目场所及周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率的范围在广西本底的范围内，项目辐射环境现状未见异常。

13.1.5 辐射安全与防护结论

本项目场所布局合理，设置控制区、监督区分区管理，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，机房辐射屏蔽设计及其辐射安全防护措施满足《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）的要求。

13.1.6 人员受照剂量分析

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(0.1mSv)，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。

13.1.7 放射性三废治理可行性分析

(1) 放射性废气

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。放射性废气排放满足标准要求。

(2) 放射性废水

放射性废水进入废水衰变池，废水衰变池容积满足贮存要求，经贮存满足排放浓度要求后排放，满足相关标准要求。

(3) 放射性固体废物

放射性固体废物经收集后放入固废衰变箱内，暂存于固废间，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 ¹³¹I 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/cm²， β 表面污染小于 0.8Bq/cm²，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，满足相关标准要求。

综上所述，钦州市第二人民医院核医学科扩建项目，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。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

(1) 不断提高工作人员素质，增强辐射防护意识，尽量避免发生意外事故。

(2) 定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断的完善事故应急预案。

13.2.2 承诺

- (1) 本项目环评获得批复后，及时申请办理辐射安全许可证。
- (2) 按要求开展竣工环保验收。
- (3) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。
- (4) 定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年 1 月 31 日前上报生态环境厅，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥存在的安全隐患及其整改情况；⑦其他有关法律、法规规定的落实情况。
- (5) 一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告上级主管部门。

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