

编号：GXPX-FS-20240801

核技术利用建设项目
核医学科核技术应用项目
环境影响报告表
(公示本)

广西科技大学第一附属医院

二〇二四年八月

广西品信工程咨询有限公司

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	13
表 3 非密封放射性物质	13
表 4 射线装置	13
表 5 废弃物	14
表 6 评价依据	15
表 7 保护目标与评价标准	17
表 8 环境质量和辐射现状	23
表 9 项目工程分析与源项	28
表 10 辐射安全与防护	39
表 11 环境影响分析	68
表 12 辐射安全管理	79
表 13 结论与建议	83
表 14 审批	86

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 放射诊疗辐射安全与防护管理委员会

附件 5 辐射事故应急预案

附件 6 发改平台备案项目代码

表 1 项目基本情况

建设项目名称		核医学科核技术应用项目			
建设单位		广西科技大学第一附属医院			
法人代表	覃天	联系人	***	联系电话	***
注册地址		柳州市柳北区跃进路 124 号			
项目建设地点		柳州市柳北区跃进路 124 号医院医技综合楼负一层			
立项审批部门		/		批准文	/
建设项目总投资 (万元)	1600	项目环保投资 (万元)	200	投资比例 (环保投资/总投资)	12.5%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input 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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类		
	其他				

1.1 建设单位概述

广西科技大学第一附属医院、第一临床医学院（原柳州医专第一附院、柳州地区医院），创建于 1933 年，重建于 1975 年，是一所集医疗、预防保健、康复、科研、教学为一体的国家三级甲等综合医院。医院占地面积 9 万平方米，建筑面积近 7 万平方米，编制病床 1000 张。医院有多名广西优秀医学专家、教授、博士、留学回国人员，服务范围覆盖以柳州、来宾为中心的整个桂中地区。医院于 2015 正式更名为广西科技大学第一附属医院。

医院设立临床科室 31 个、医技科室 8 个，一个口腔门诊部、一个社区卫生服务中心。神经内科、妇科、口腔科为院级临床重点专科，心血管内科、神经外科、肾内科为院级临床重点建设专科。医院成为国家级住院医师规范化培训基地、医学检验科获广西临床重点专科

建设单位、广西帕金森病诊治重点实验室为第一批广西壮族自治区卫生健康委员会重点培育实验室、医院柳州市区域医疗技术协同构建柳州市帕金森病诊治工程技术研究中心为柳州市第五批工程技术研究中心。

医院拥有一批满足三级综合医院诊疗需求的医疗设备，如：德国西门子 1.5T 超导磁共振、英国医科达全数字化直线加速器、美国 GE24 排全身 CT、美国 GE 数字化 X 光机及全数字化乳腺机、全兼容全数字化血管造影系统、史托克 C 型人工心肺机等，具有开展一系列疑难危急重病证的实力。

1.2 项目建设规模

广西科技大学第一附属医院因业务发展需要，拟在医院医技综合楼负一层东侧新建核医学科工作场所，配备 1 台 SPECT/CT（属于 III 类射线装置），利用 ^{99m}Tc （钼铯发生器淋洗得到或者直接购买）开展影像检查，使用 ^{131}I 开展“甲亢”治疗及甲功测定医学诊治项目，规划为乙级非密封源工作场所。

该医技综合楼为拟新建的地面 5 层、地下 1 层建筑。核医学科工作场所拟建于负一层东部位置，主要业务用房有：患者入口缓冲间（2 处）、卫生通过间（含淋浴）、分装室、服药室、储源室、注射室、运动平板室、甲亢留观/抢救室、铈注射后候检室、患者卫生间（3 间）、SPECT/CT 扫描室、固废间（2 间）、污洗间（2 间）、铈留观/抢救室、患者出口缓冲间（2 处）等。此外，还有诊室、甲测室、预留敷贴室、预留粒子填装室、阅片室等。本项目使用非密封放射性物质情况见表 1-1，计划配备辐射工作人员 5 人。

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。

表1-1 本项目使用非密封放射性物质情况

核素名称	单次最大使用量 (Bq)	日最大使用次数	日最大操作量 (Bq)	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)	使用场所
^{99}Mo (^{99m}Tc)	1.85×10^{10}	1	1.85×10^{10}	1.85×10^7	1.85×10^{12}	7.77×10^8	医技综合楼负一层核医学科
^{99m}Tc	8.0×10^8	30	1.85×10^{10}	1.85×10^7	4.625×10^{12}		
^{131}I	3.7×10^8	20	7.4×10^9	7.4×10^8	3.70×10^{11}		

1.3 目的及任务由来

为日益渐增的医疗服务需求及医院的发展需要，医院拟组建核医学科，开展 ^{131}I 治疗甲亢项目及 SPECT/CT 影像诊断项目。

因核医学科核技术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

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该核医学科核技术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，编制该广西科技大学第一附属医院核医学科核技术应用项目辐射环境影响报告表。

1.4 原有核技术利用项目许可情况

1.4.1 原有辐射安全许可证情况

本项目属于新建项目。

经医院核实，广西科技大学第一附属医院取得了辐射安全许可证，证号为桂环辐证[B0262]（许可证见附件2），许可范围及内容为：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。已许可的射线装置共有14台，其中Ⅱ类射线装置3台、Ⅲ类射线装置11台。许可证有效期至2027年12月19日。

1.4.2 原有辐射安全管理情况

医院遵守《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。

（2）为加强对辐射安全和防护管理工作，医院成立了放射诊疗辐射安全与防护管理委员会，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。近年来，医院委托柳州市疾病预防控制中心对辐射工作人员开展个人剂量监测，监测结果显示年累积个人剂量值均低于年剂量管理约束值 5mSv 的要求。

(5) 医院放射性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医院辐射工作场所开展辐射环境监测，并对医院放射性同位素与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。监测结果均满足相关标准要求。

1.5 周边保护目标以及场址选址等情况

1、项目周边环境关系

广西科技大学第一附属医院位于柳州市柳北区跃进路 124 号，医院地理位置图见图 1-1。

本项目建设的核医学科场所在医院医技综合楼负一层东侧，该楼位于医院整体布局的中部，拟建为地面 5 层、地下 1 层建筑。以该楼核医学科辐射工作场所四周边界为起点 50m 范围内：东侧 0m~3m 范围内为医技综合楼相关业务用房、3m~30m 范围内为院内通道、30m~50m 范围内为纺织厂宿舍（6F，最近距离约为 30m）、肾内科病房（2F，最近距离约为 31m）；南侧 0m~12m 范围为医技综合楼相关业务用房、12m~35m 范围为院内通道、医院边界、35m~50m 范围为纺织厂宿舍（6F，最近距离约为 35m）；西侧 0m~22m 范围内为医技综合楼相关业务用房、22m~49m 范围内为院内通道、49m~50m 范围内为临床教学综合楼（5F，最近距离约为 49m）；西南侧 0m~24m 范围内为医技综合楼相关业务用房、24m~37m 范围内主要为院内通道、37m~50m 范围内主要为食堂（2F，最近距离约为 37m）；北侧 0m~34m 范围内为医技综合楼相关业务用房、34~50m 范围内为室外活动场地；上层为急诊科室，无下层建筑。

本项目拟建场所及周围环境现状见图 1-2~图 1-7，医院总平面示意图见图 1-8，核医学科楼层及上下层平面布置示意图见图 1-9~图 1-11。

2、选址合理性分析

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。”该新建核医学位于医院医技综合楼负一层东侧，所在区域无人长期居留，与周围建筑有一定距离；同时设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道；且不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区。

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。

综上所述，本项目选址能满足 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、评价范围内东南侧柳州市第二棉纺织厂生活区住宅楼居民等，以及在评价范围内逗留或经过的公众成员。

1.6 产业政策符合性

项目属于《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）中第一类 鼓励类第六项核能的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家产业政策。



图 1-1 广西科技大学第一附属医院地理位置图



图 1-2 拟建核医学科所在的医技综合楼现状



图 1-3 医技综合楼东侧环境现状



图 1-4 医技综合楼南侧环境现状



图 1-5 医技综合楼西侧教学综合楼环境现状



图 1-6 医技综合楼西侧住院楼北楼环境现状



图 1-7 医技综合楼北侧环境现状

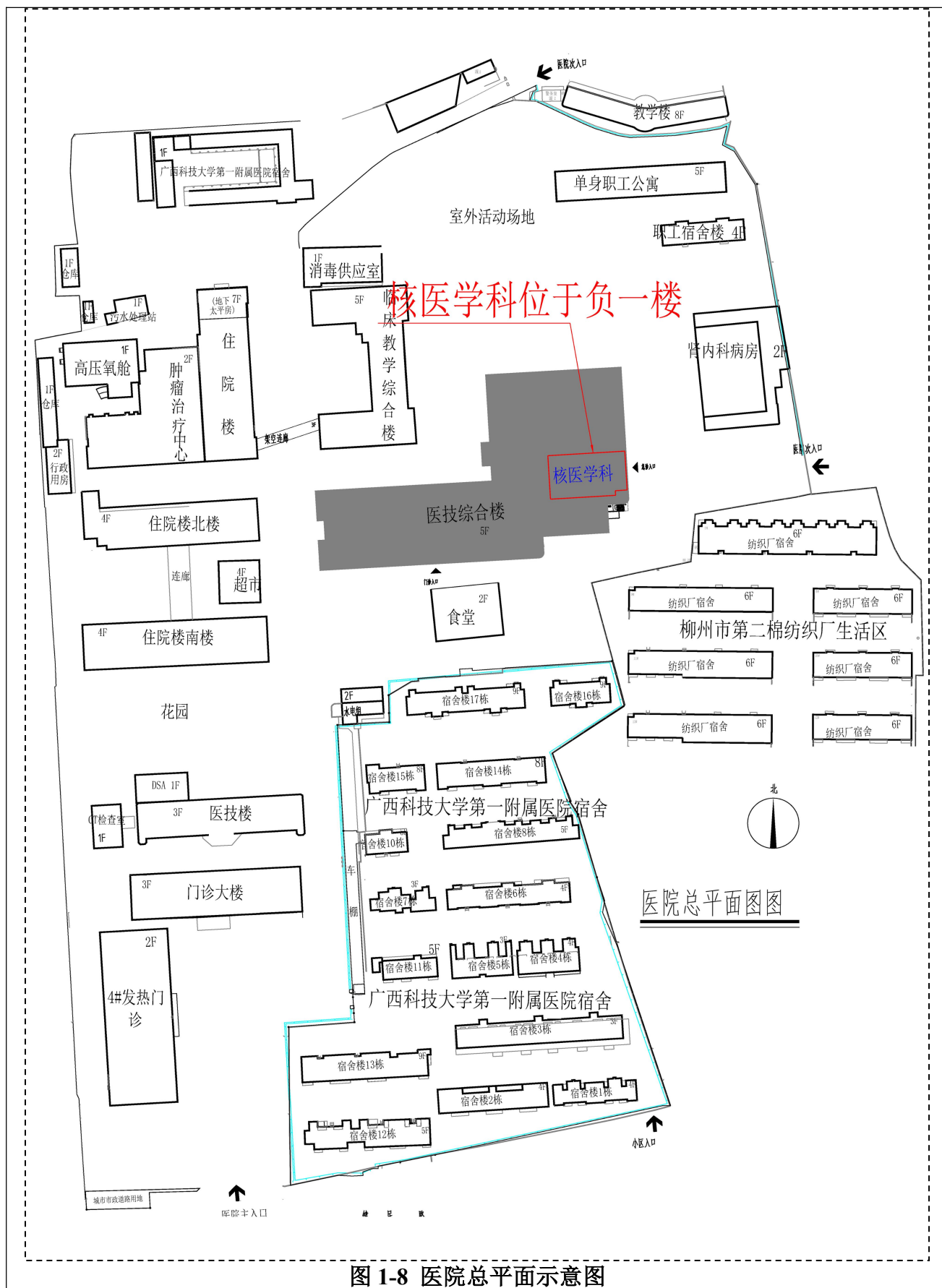


图 1-8 医院总平面示意图

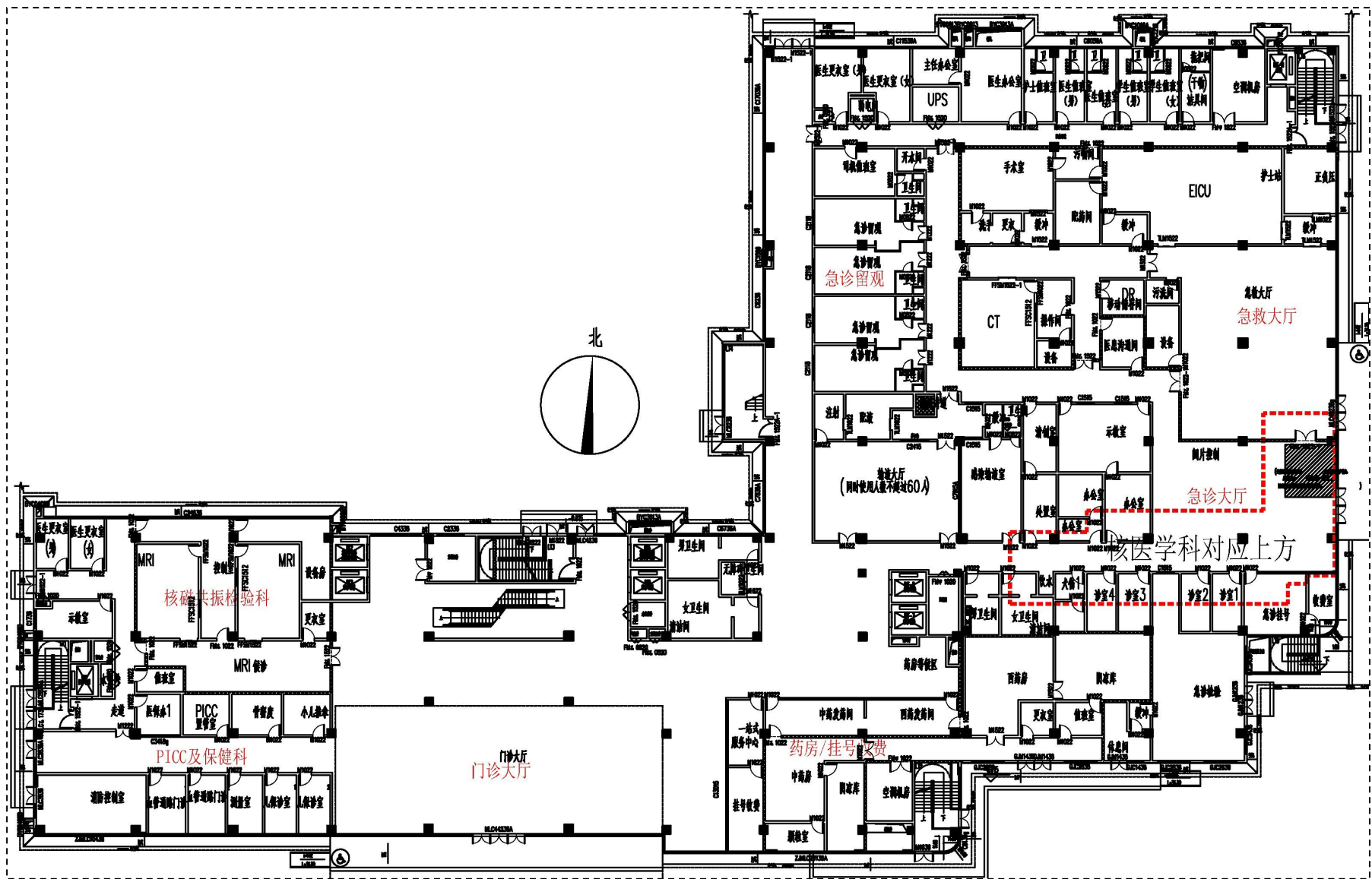


图 1-9 医技综合楼一层（核医学科上方）平面布置图

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	场所总日等效操作量 (Bq)	场所分级	使用场所	贮存方式与地点
1	¹³¹ I	液态	使用	7.40×10 ⁹	7.40×10 ⁸	3.70×10 ¹¹	“甲测”、“甲亢”治疗	简单	7.77×10 ⁸	乙级	医技综合楼负一层核医学科	根据需要订购，到货后一般直接放置于分装柜内，必要时暂存于核医学科储源室内。
2	⁹⁹ Mo (^{99m} Tc)	液态	使用	1.85×10 ¹⁰	1.85×10 ⁷	1.85×10 ¹²	淋洗 ^{99m} Tc	贮存				
3	^{99m} Tc	液态	使用	1.85×10 ¹⁰	1.85×10 ⁷	4.625×10 ¹²	SPECT 检查用标记物	很简单				

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
1	SPECT/CT	III类	1 台	待定	150	450	放射诊断	医技综合楼负一层核医学科 SPECT/CT 机房	/

表 5 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 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	/	8.5m ³	102.5m ³	/	废水衰变池。	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	^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	/	37.1kg	445kg	/	集中收集于废物收集箱后按日期存于放射性固体废物室（固废间）内衰变。	放射性固体废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 0.08Bq/cm ² 、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm ² 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：a) 含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；b) 含 ^{131}I 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。
废钼铈发生器	固体	^{99}Mo ($^{99\text{m}}\text{Tc}$)	/	8 个	约 100 个	/	暂存于放射性固体废物室（固废间）	由生产厂家定期回收。
放射性废气	气态	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I	/	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

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，于 2014 年 4 月 24 日修订公布，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》（2018 年修订版），2018 年 12 月 29 日起实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），2017 年 07 月 16 日发布实施；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订），2019 年 03 月 02 日发布实施；</p> <p>(6) 《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，于 2011 年 4 月 18 日公布，自 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（经《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》（生态环境部令第 20 号）修改，2021 年 1 月 4 日起实施）；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《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>(10) 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>(11) 《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>(12) 《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>(13) 《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）；</p> <p>(14) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号，2016 年 3 月 7 日）；</p> <p>(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</p>
------------------	---

	<p>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>
技术 标准	<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>(8) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)。</p>
其他	<p>(1) 委托书等相关资料；</p> <p>(2) 《中国环境天然放射性水平》(国家环境保护总局 1995 年)。</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，确定以医院核医学科放射性同位素应用项目场所边界周围 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。

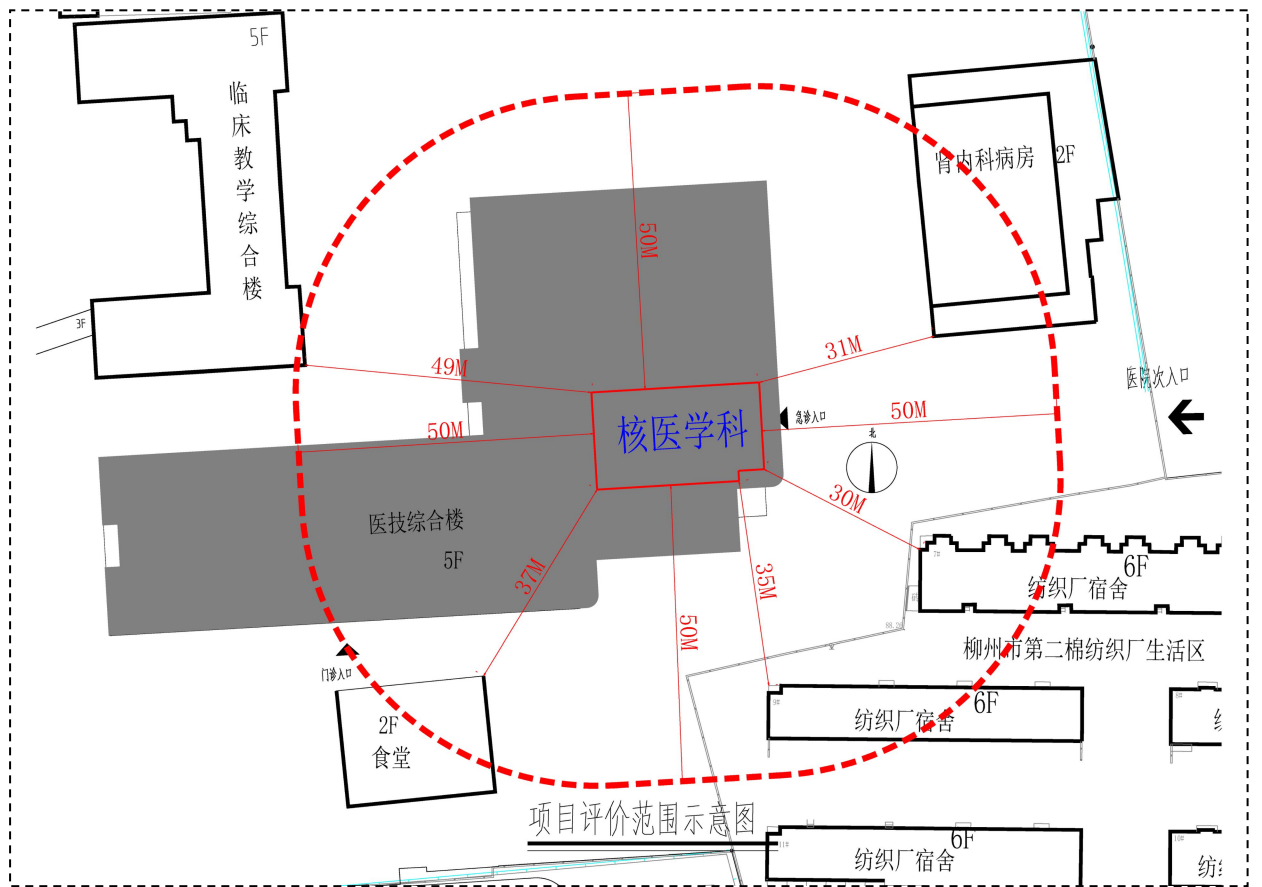


图 7-1 评价范围示意图

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、医技综合楼其他工作人员、纺织厂宿舍常驻人员、肾内科病房工作人员、临床教学综合楼工作人员、食堂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	--	5 人	5mSv/a
公众人员	医技综合楼其他工作人员	内部	同一栋楼	约 150 人	0.1mSv/a
	纺织厂宿舍常驻人员	东侧	30m	约 50 人	
	肾内科病房工作人员	东侧	31m	约 30 人	
	纺织厂宿舍常驻人员	南侧	35m	约 50 人	
	临床教学综合楼工作人员	西侧	49m	约 120 人	
	食堂工作人员	西南侧	37m	约 10 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 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。

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

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 4Bq/cm²、其他α发射体应小于 0.4Bq/cm²。

(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 1ALI_{\min} ($9\text{E}+5$ 贝可)，每月排放的废水中碘-131 总活度不超过 10ALI_{\min} ($9\text{E}+6$ 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”，槽式衰变池中含锝-99m 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。

6、CT 机房放射防护要求

依据 GBZ 130-2020 第 6.1.5 款，除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 7-4 要求。

表 7-4 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
CT 机	30	4.5

6.2 X 射线设备机房屏蔽：

6.2.1 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不低于表 7-5 要求。

表 7-5 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
CT 机房（不含头颅移动 CT）	2.5	

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 7-6 的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

广西科技大学第一附属医院位于柳州市柳北区跃进路 124 号，项目场所位于医院医技综合楼负一层。医院地理位置见图 1-1，项目场所所在的医技综合楼位置见图 1-8。

8.2 环境现状评价的对象

环境现状评价的对象为医技综合楼新建核医学科核技术应用项目场址周围辐射环境现状。

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

掌握该医院核医学科核技术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。

(3) 监测点位布设

参考《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）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，现状监测共布点43个。监测布点图具体见图8-1~图8-3。

(4) 监测频次

监测一次。

(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 辐射剂量率监测仪器参数与规范

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°C~+50°C 相对湿度: 10~95%, 无冷凝
检定单位	湖南省电离辐射计量站
检定证书	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)



图 8-1 负一层拟建核医学科监测布点

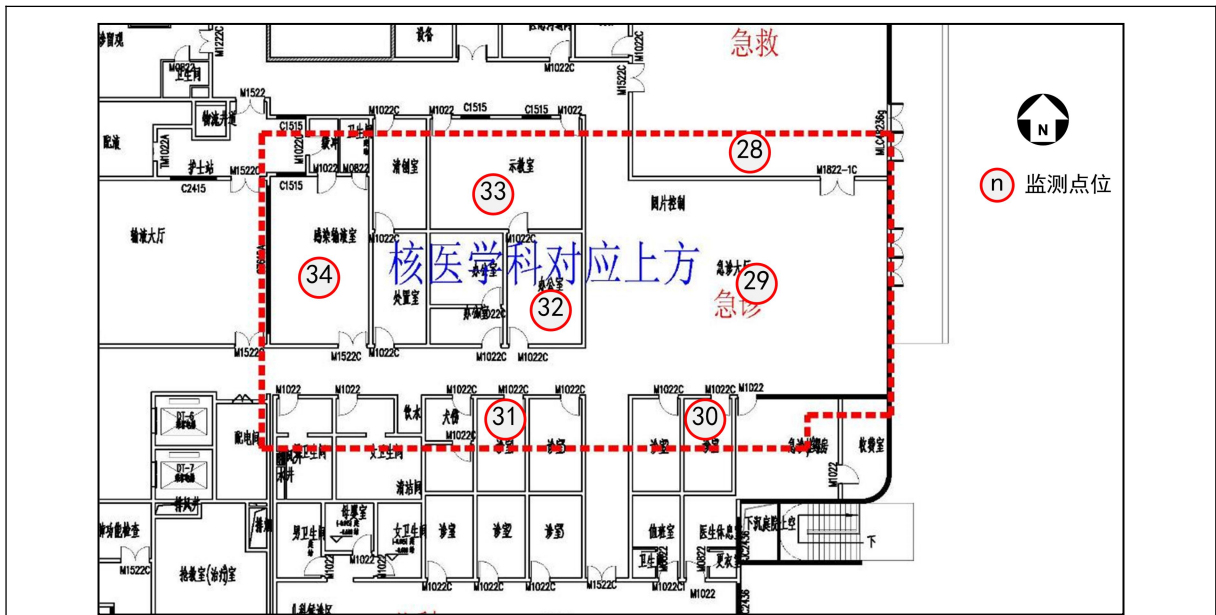


图 8-2 一层监测布点（拟建核医学对应上方）

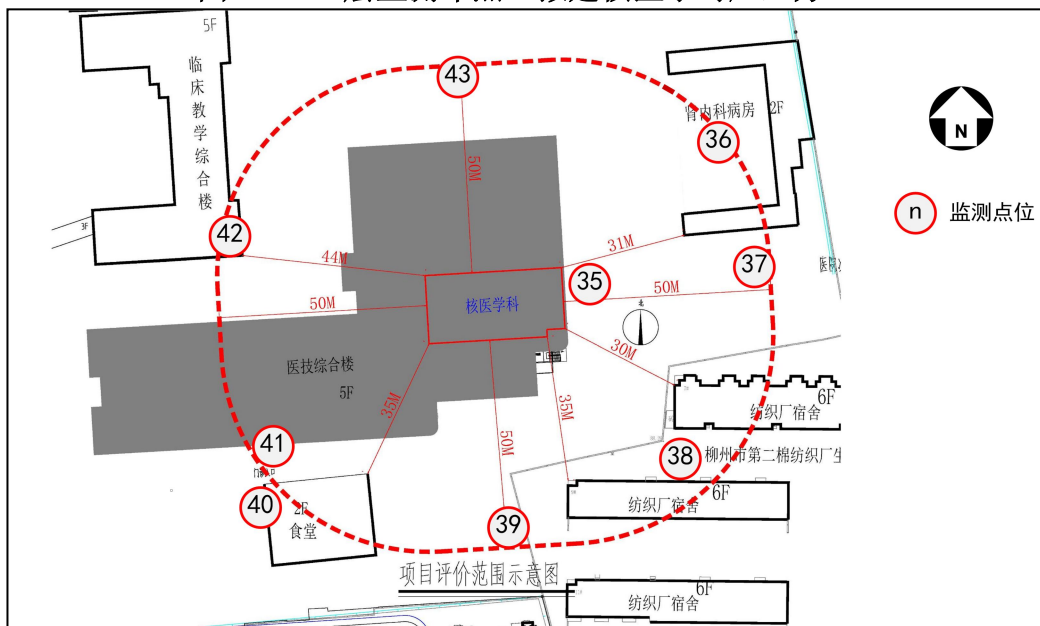


图 8-3 项目 50m 评价范围内监测布点

(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，报告编制人需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4月15日对该项目开展现状监测，监测结果见表8-2。

表 8-2 场所及周围环境辐射环境监测结果

测点编号	测点位置	X-γ辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1	负一层拟建核医学科候诊区	29.0	1.12	室内
2	负一层拟建核医学科诊室	28.3	1.56	室内
3	负一层拟建核医学科甲测室	27.2	0.29	室内
4	负一层拟建核医学科敷贴室	28.2	1.33	室内
5	负一层拟建核医学科粒子装填室	28.6	1.30	室内
6	负一层拟建核医学科储源室	27.6	1.64	室内
7	负一层拟建核医学科医护/阅片室	27.7	1.04	室内
8	负一层拟建核医学科控制室	27.8	1.58	室内
9	负一层拟建核医学科ECT室	30.5	0.29	室内
10	负一层拟建核医学科缓冲间	30.7	0.62	室内
11	负一层拟建核医学科固废间	27.7	1.60	室内
12	负一层拟建核医学科EC留观/抢救室	27.2	0.16	室内
13	负一层拟建核医学科固废间	28.3	1.40	室内
14	负一层拟建核医学科EC注射后候检室	28.6	1.25	室内
15	负一层拟建核医学科甲亢留观室	30.1	0.46	室内
16	负一层拟建核医学科服药室	28.4	1.61	室内
17	负一层拟建核医学科注射室	27.9	0.84	室内
18	负一层拟建核医学科分装室	28.5	0.64	室内
19	负一层拟建核医学科储源室	28.9	1.62	室内
20	负一层拟建核医学科内走廊	27.2	1.11	室内
21	负一层拟建核医学科南侧楼梯间	28.1	1.55	室内
22	负一层拟建核医学科南侧走廊	28.4	1.56	室内

23	负一层拟建核医学科候梯厅	28.7	1.08	室内
24	负一层拟建核医学科西侧大厅	28.4	1.21	室内
25	负一层拟建核医学科西侧停车场	28.7	1.14	室内
26	负一层拟建核医学科北侧通道	27.1	0.53	室内
27	负一层拟建衰变池上方 1m 处	29.1	1.67	室内
28	一层护士站	28.4	0.37	室内
29	一层急诊大厅	28.1	0.36	室内
30	一层诊室 1 号点	30.3	1.20	室内
31	一层诊室 2 号点	26.3	0.31	室内
32	一层办公室	24.8	2.22	室内
33	一层示教室	27.9	0.45	室内
34	一层感染输液室	28.4	0.80	室内
35	医技综合楼急诊入口	40.6	1.96	室外
36	肾内科病房庭院中心	72.1	2.62	室外
37	医院东侧入口	39.5	1.09	室外
38	柳州市第二棉纺厂生活区	51.4	0.85	室外
39	拟建核医学科上方一层南侧 50m 处道路	40.0	0.51	室外
40	食堂西侧大门门口	62.5	2.60	室外
41	门诊入口	34.6	1.88	室外
42	临床教学综合楼 样本检查室	84.1	2.44	室内
43	拟建核医学科上方一层北侧 50m 处道路	45.5	2.19	室外
室内测值范围		24.8~84.1	/	/
室外测值范围		34.6~72.1	/	/

注：1、监测结果已扣除宇宙射线响应值；

2、参照 HJ 1157-2021，X- γ 辐射空气吸收剂量率与周围剂量当量率换算系数取 1.2 Sv/Gy。

8.4 辐射环境质量现状评价

由表8-2的监测结果可知，项目机房场所及周围区域环境现状监测中室内测点测值范围为24.8~84.1nGy/h，室外地面测点 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为34.6~72.1nGy/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）。可见，本项目建设场址各监测点位 γ 辐射空气吸收剂量率仍然在其范围内，辐射环境质量状况未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

为日益渐增的医疗服务需求及医院的发展需要，医院拟在新建的医技综合楼负一层东侧新建核医学科工作场所，配备 1 台 SPECT/CT（属于 III 类射线装置），利用 ^{99m}Tc （钼铈发生器淋洗得到或者直接购买）开展影像检查，使用 ^{131}I 开展“甲亢”治疗及甲功测定医学诊治项目，规划为乙级非密封源工作场所。

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 SPECT/CT 检查项目

(1) 设备组成与工作原理

SPECT 即单光子发射型计算机断层显像（Single photon emission computed tomography，简称 SPECT）。SPECT 是在 γ 照相机的基础上发展起来的核医学影像设备，它实际上是在一台高性能 γ 照相机的基础上增加了探头旋转装置和图像重建的计算机软件系统，因此其基本机构主要由探头、旋转运动机架、计算机及其辅助设备等三大部分构成，其中 SPECT 的探头结构也由准直器、晶体、光导、光电倍增管组成，有单探头、双探头或多探头等不同类型，本项目属于单探头类型。SPECT 的探头借助运动机架围绕身体或受检器官旋转 360° 或 180° 进行完全角度或有限角度的放射性探测，从多角度、多方位采集一系列平面影像，然后利用专用的计算机软件处理重建为三维数据，根据需要可获得脏器的水平切面、冠状切面、矢状切面或任一角度的体层影像，清除了不同体层放射性的重叠干扰，可以单独观察某一体层内的放射性分布，这不仅有利于发现较小的异常和病变，还使得局部放射性核素定量分析进一步精确。SPECT 同时兼有平面显像、动态显像、断层显像和全身显像的功能，因而成为当今临床核医学的主流设备。

SPECT/CT 是将 SPECT 和 CT 这两种设备安装在同一个机架上，两种显像技术的定位坐标系统相互校准，在两次扫描期间患者处于同一个检查床上且保持体位不变，可防止因患者移位产生的误差，在一定程度上也解决了时间配准的问题。通过 SPECT/CT 图像融合技术，可以将 SPECT 灵敏反映体内组织器官生理、生化和功能的变化与 CT 提供的精确的解剖结构信息相结合，真正实现了功能、代谢、生化影像与解剖结构影像的实时融合，为临床提供了更加全面、客观、准确的诊断依据。不仅如此，CT 提供的图像数据还可用于 SPECT 的衰减校正，有效提高 SPECT 的图像质量。

本项目的 SPECT 显像主要使用单光子核素 ^{99m}Tc 标记物， ^{99m}Tc 为纯 γ 光子发射体，

方便易得，几乎可用于人体各重要脏器的形态和功能显像，是显像检查中最常用的放射性核素。目前全世界应用的显像药物中， ^{99m}Tc 及其标记的化合物占 80% 以上，广泛用于心、脑、肾、骨、肺等多种脏器疾患的显像检查。

(2) 工作流程及产污环节

本项目使用钼锝发生器淋洗得到放射性核素 ^{99m}Tc 或者直接购买 ^{99m}Tc 标记物进行 SPECT/CT 显像检查， ^{99m}Tc 的淋洗、标定、分装及注射由核医学科专职医护人员负责。工作人员在锝分装室锝分装柜内从 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器中淋洗出 ^{99m}Tc ，标记、分装，或者直接从购买的 ^{99m}Tc 标记物药品中分装，分装进注射器后置于注射器屏蔽器后转移至注射台，根据检查内容的不同给等待进行 SPECT/CT 诊断的人员注射相应活度的 ^{99m}Tc 标记物。 ^{99m}Tc 标记物分装后抽入一次性注射器，转移至注射台过程中套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，为 SPECT/CT 待检人员注射。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 扫描室接受扫描，扫描时间约 30 分钟，扫描结束短暂留观后，从病人出口处离开核医学科工作场所。本项目 ^{99m}Tc 显像每日每台 SPECT/C 最多接诊 30 名患者，每名患者 ^{99m}Tc 最大注射量为 800MBq，均在锝注射室注射。SPECT/CT 项目工作流程及产污环节示意图见图 9-1。

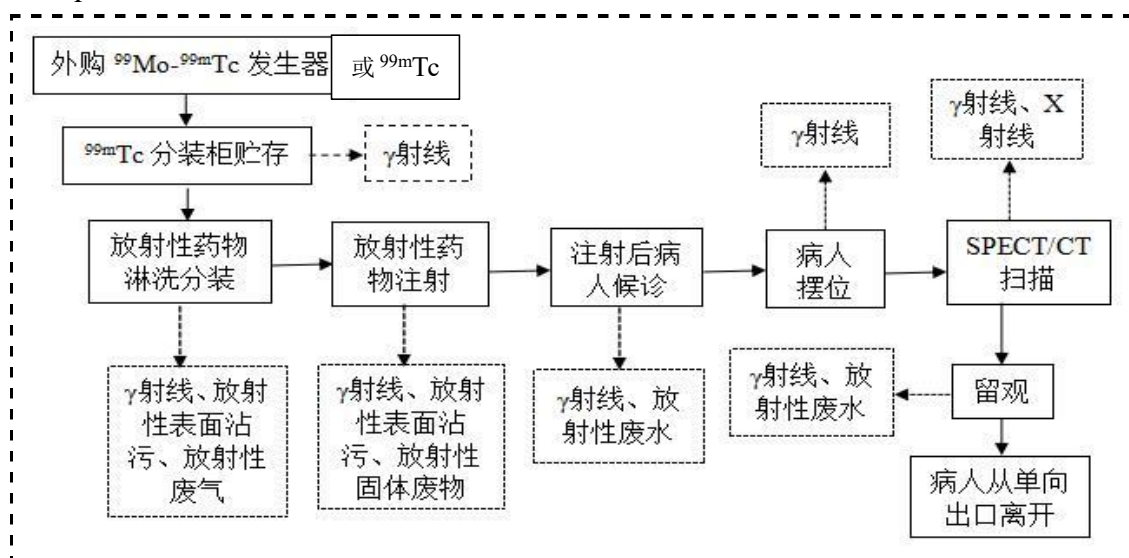


图 9-1 SPECT/CT 检查工作流程及产污环节示意图

9.1.2 ^{131}I 治疗甲亢项目

(1) 工作原理

甲亢治疗原理： ^{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，从而达到治疗的目的。需服用 ^{131}I 进行治疗的病人需事先进行甲状腺摄碘率测量（简称“甲测”）等项目的检查，确定每一病人的服用量后，进行服药治疗；甲测服用 $^{131}\text{I-NaI}$ 量很小，一般为 $2\mu\text{Ci}$ （依据 GB18871-2002 附录，属于豁免水平），与甲亢治疗服用量的影响相比，其辐射影响可忽略不计。

甲测原理：碘进入人体内后，首先被甲状腺摄取，用于 TH 的合成。极小部分存在于血液及组织中的碘化物参与机体代谢的其他过程。甲状腺中被浓聚的碘主要存在于甲状腺滤泡细胞中，在 T3、T4 的代谢和分泌过程中，甲状腺也向血液分泌少量的碘（以各种形式存在），其分泌速度视腺体贮碘量、甲状腺功能状态等因素而定。用 ^{131}I 作示踪物，测定碘在体内的移动速度和量，可间接评价甲状腺的功能状态，特别能反映甲状腺对无机碘的浓聚能力。口服放射性碘后，用盖格（Geiger）计数管或闪烁计数管测定甲状腺部位的计数率，计算出摄碘率，并从以下 3 个方面来推测甲状腺的功能：①甲状腺摄碘的速度及最大摄碘率；②放射性碘从尿中的排出量；③血浆蛋白结合碘量。甲状腺具有高度浓聚碘的能力。

（2）工作流程及产污环节

①诊疗规划

本项目拟使用 ^{131}I 开展甲亢治疗项目，服药前对病人做好充分教育，所用 ^{131}I 药物通过碘分装柜手动分装，病人自主服药。项目规划采取集中服药方式开诊，每周集中服药一次（每周订购一次 ^{131}I 开药品），全年按 50 周规划，即 ^{131}I 日规划最大操作量为 $7.40\times 10^9\text{Bq}$ （200mCi），规划年使用量为 $3.70\times 10^{11}\text{Bq}$ （10Ci）。规划 ^{131}I 治疗“甲亢”的病人量为 1000 人次/年， ^{131}I 治疗“甲亢”患者一般服用 6~10mCi 不等，本次评价以保守按照每人服用 10mCi 计；甲状腺功能检查患者服用 $^{131}\text{I-NaI}$ 量很小，一般为 $2\mu\text{Ci}$ ，其辐射影响可忽略不计。

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，将碘药物放于碘分装柜内，本项目 ^{131}I 药品为药罐装载货包形式的外购药物。

给药：开展甲亢治疗项目时，工作人员将 ^{131}I 放入分装柜内。接受甲亢治疗的患者到达服药窗口，医护人员通过手动分装药物，并通过视频及对讲指导患者服药。

给药后：甲亢患者服药短暂留观无异常后即可离开核医学科。

患者服药完毕后的一次性纸杯、纸巾放入专用放射性废物铅桶内。工作场所内放射性废气通过专用排风管收集、吸附处理后由屋顶排放。甲亢治疗项目工作流程与产污环节见图 9-2，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。

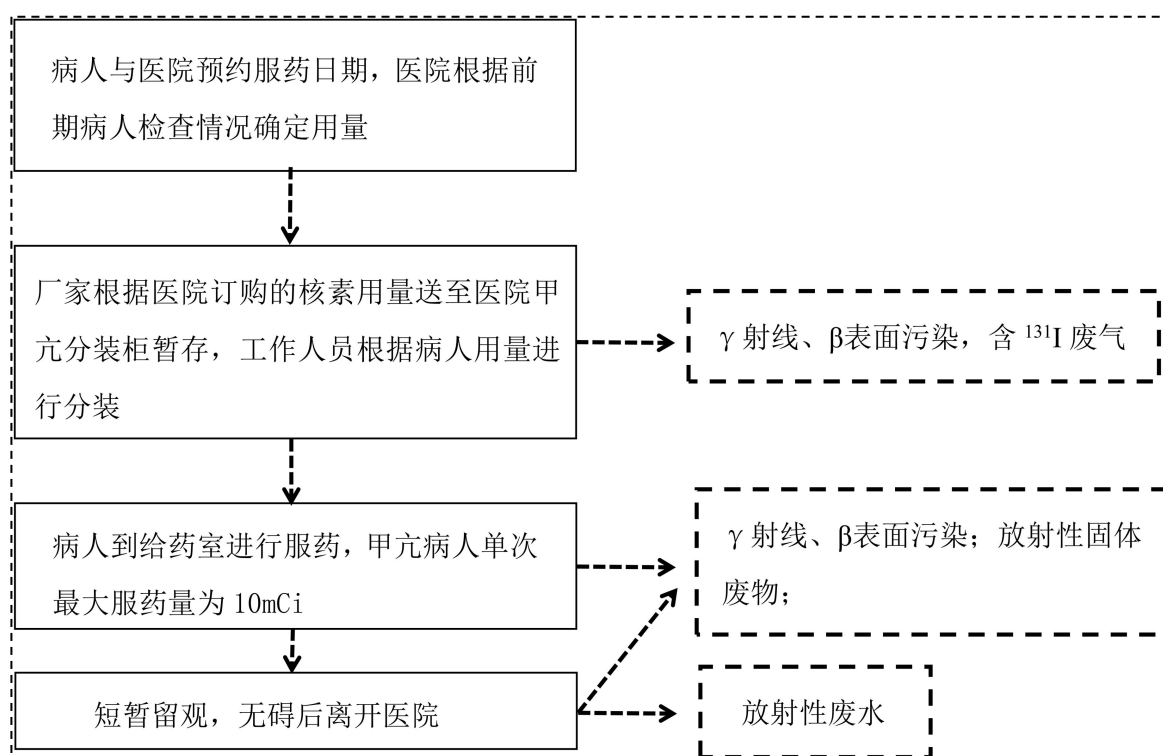


图 9-2 甲亢治疗项目工作流程及产污环节

9.1.3 射线装置

本项目包括的射线装置为 SPECT/CT 设备配套用的 CT。

(1) 工作原理

CT 是利用 X 射线进行诊断的，产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，详见图 9-3。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

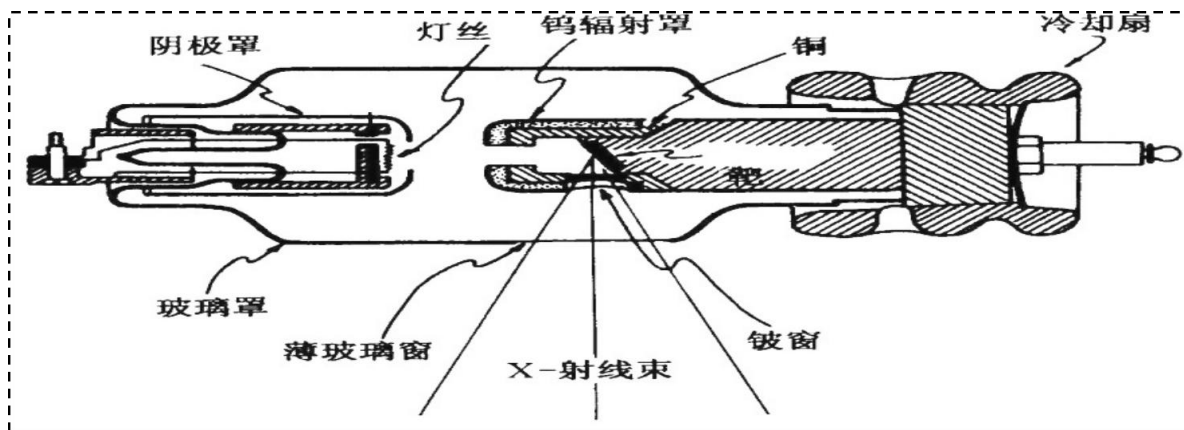


图 9-3 X 射线管结构原理图

CT 是计算机断层 X 射线摄影术 (Computed Tomography) 的简称, 它使用了精确准直的 X 射线从各种不同的离散角度扫描所关注的平面, 利用探测器记录透射光束的衰减量, 并经过数学运算, 电子计算机处理相应数据, 从而产生一个以检查层的相对衰减系数为依据的躯体横断面的影像。

(2) 设备组成

由产生 X 射线的 X 线管、供给 X 线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置, 以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置即外围设备组成。

(3) 操作流程

确定患者体层摄影的体位, 扫描定位, 投照摆位, 屏气曝光。扫描过程中, X 线球管连续地发射 X 线, 扫描床持续同步前移, 实现无间断容积数据采集。

(4) 污染因子

由 X 射线装置的工作原理可知, X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此, 该院核医学科 SPECT/CT 设备配套使用的 CT 装置在非诊断状态下不产生射线, 只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。因此, 在开机期间, X 射线成为污染环境的主要因子。CT 在运行时无放射性废气、废水和固体废弃物产生。

9.2 人流及物流的路径规划

9.2.1 SPECT/CT 检查项目

(1) 工作人员路线

SPECT/CT 检查项目工作人员主要分操作 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 9-4 中浅蓝色线路所示，医技人员从医技综合楼负一层西侧大厅通过候诊区、护士站进入核医学科北侧的医护通道到达控制室操作，因给待检人员摆位需要由控制室出入 SPECT/CT 机房。

医护人员（图 9-4 中深蓝色线路所示）从医技综合楼负一层西侧大厅通过候诊区、护士站进入卫生通过间抵达分装室，在分装室内进行淋洗、分装，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，拟在卫生通过间穿戴防护用品后进入高活区（分装室），工作结束经检测表面污染合格后，方能回到低活区。

(2) 接受 SPECT 检查的人员路线

如图 9-4 中洋红线路所示，从医技综合楼负一层西侧大厅进入候诊区候诊，叫号后从核医学科北侧缓冲间门禁进入，前往注射室接受注射，如需开展运动负荷检查则先到运动平板间运动后再接受注射，注射后进入 SPECT/CT 注射后候检室等待，等待相应时间后进入 SPECT/CT 扫描机房检查，检查完毕无身体不适的经过东侧缓冲间从东南侧楼梯离开，用药后如有不适则进入 SPECT/CT 留观/抢救室处理，然后再从楼梯离开。

(3) SPECT 检查药物路线

如图 9-4 中橙色线路所示，医院外购的检查用药物从西南侧电梯经过侯梯厅，门禁进入核医学科南侧缓冲间后通过内走廊进入分装室，一般情况下直接放于锝分装柜内，如有需要暂存于储源室。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。

(4) 放射性固体废物路线

如图 9-4 中紫色路线所示，分装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，经收集后定期送至医技综合楼负一层东侧中部尽头的固废间暂存衰变，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。

9.2.2 ^{131}I 治疗项目

(1) ^{131}I 治疗甲亢项目工作人员路线

^{131}I 治疗甲亢项目工作人员主要为药物稀释、分装、给药的医护人员，如图 9-5 中蓝色线路所示，医护人员从医技综合楼负一层西侧大厅通过候诊区、护士站进入卫生通过间抵达分装室，在分装室内进行药物操作，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，拟在卫生通过间穿戴防护用品后进入高活区（分装室），工作结束经检测表面污染合格后，方能回到低活区。

(2) 甲亢治疗患者路线

如图 9-5 中洋红线路所示，甲亢患者在候诊区被叫号后从核医学科南侧缓冲区入口门禁进入，前往服药室服药，服药后如没有不适则从东南侧楼梯离开，服药后如有不适则进入留观/抢救室处理，然后再从楼梯离开。

(3) 药物路线

如图 9-5 中橙色线路所示，医院外购所需的治疗用药物从西南侧电梯经过侯梯厅，门禁进入核医学科南侧缓冲间后通过内走廊进入分装室，一般情况下直接放于相应分装柜内，如有需要暂存于储源室。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。

(4) 放射性固体废物路线

如图 9-5 紫色路线所示，分装室、服药室等处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、纸杯、注射器等固体废物，经收集后定期送至内走廊东侧尽头的固废间暂存衰变（SPECT/CT 留观/抢救室的西侧，治疗项目专用），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。

综上所述，本项目核医学科医护人员的进出路线和患者的进出路线满足相互独立的要求，工作场所布局设计合理，流程清晰。该项目核医学工作人员的进出路线、受检者/患者进出路线和药物运送路线基本满足互相独立的要求。

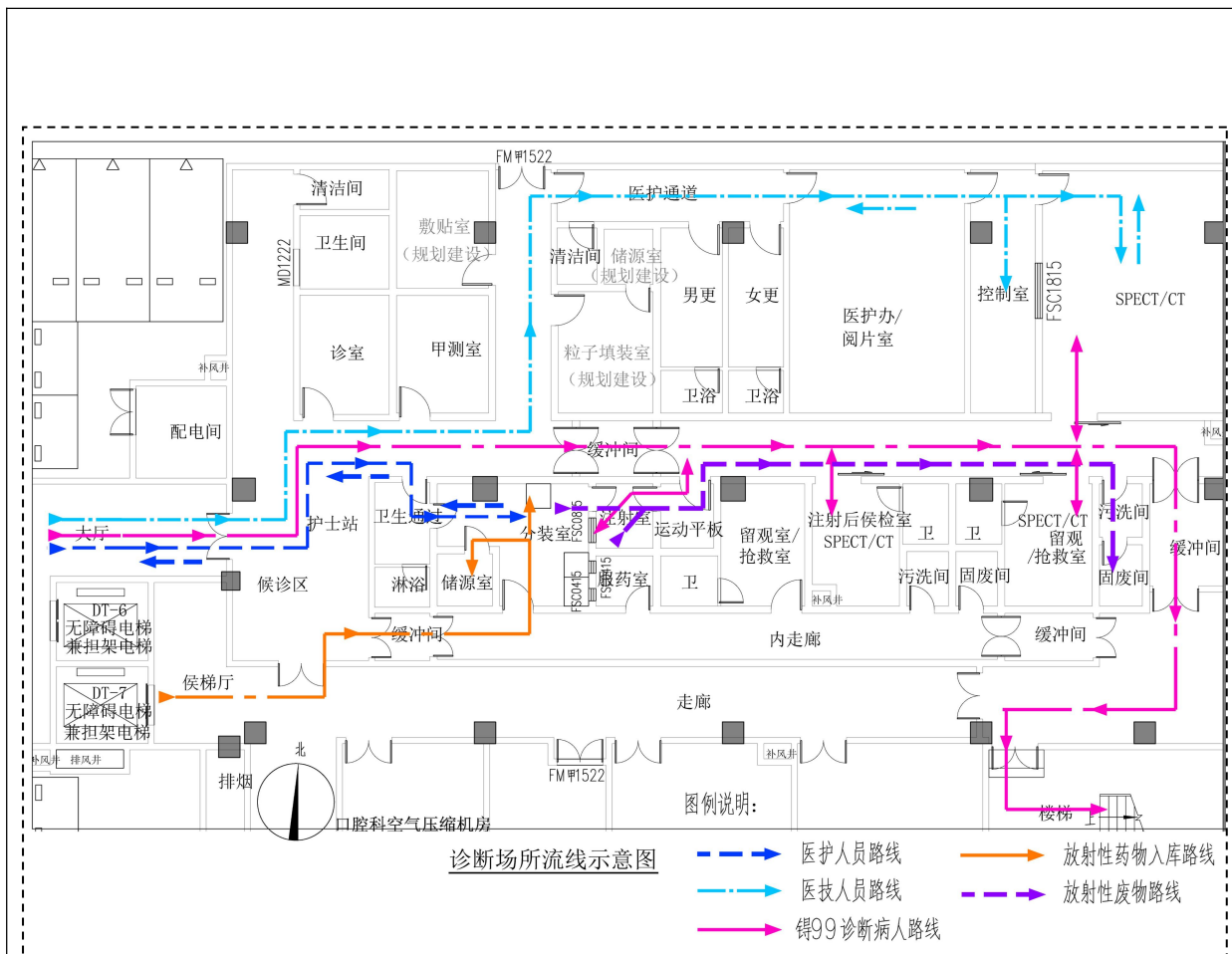


图 9-5 SPECT/CT 检查项目人流及物流的路径规划示意图

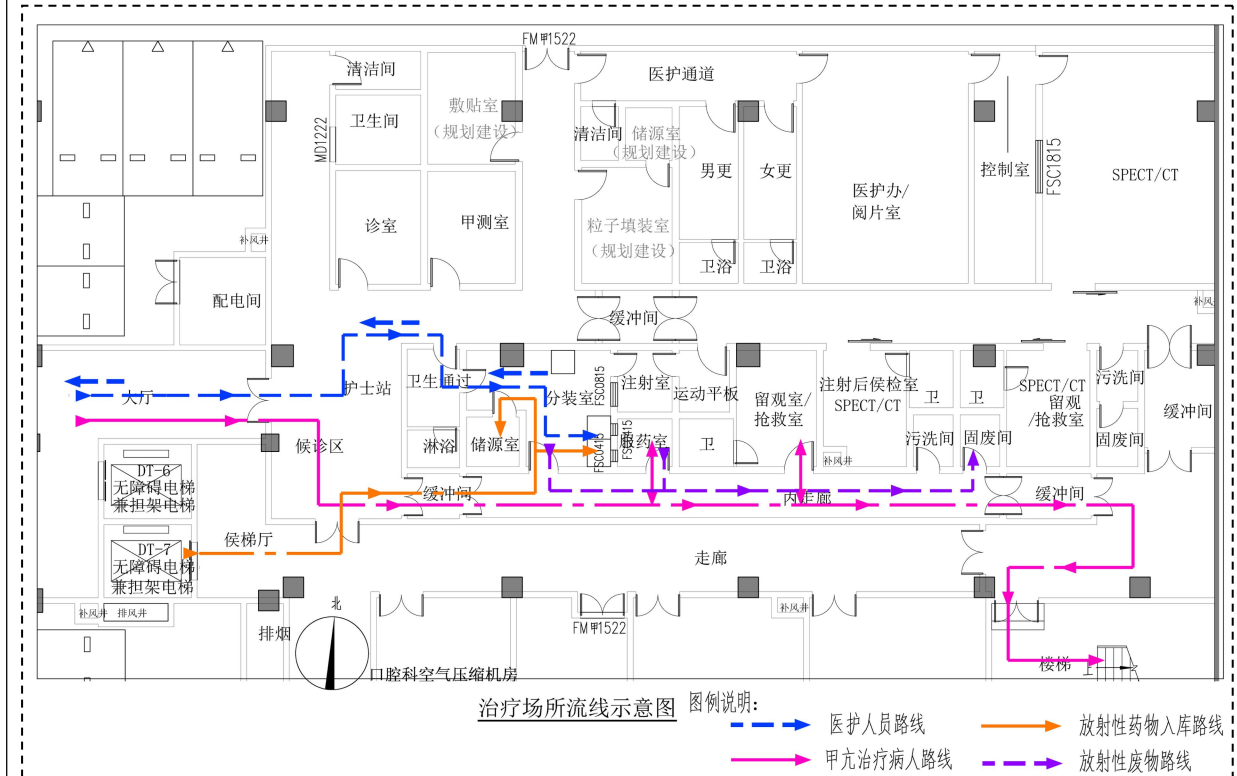


图 9-6 ¹³¹I 治疗甲亢项目人流及物流的路径规划示意图

9.3 污染源项描述

9.3.1 性能参数

本项目中，该院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	半衰期	衰变类型	主要射线能量 (MeV)
¹³¹ I	中毒	8.04d	β(100%)	β: 0.606; γ: 0.364
⁹⁹ Mo	中毒	66h	β(100%)	β: 1.215; γ: 0.740
^{99m} Tc	低毒	6.02h	IT(100%)	γ: 0.140

9.3.2 辐射源项分析

1、正常工况下的辐射源项

由前文核医学工作流程分析可知，X-γ射线外照射将伴随核素在核医学诊疗项目整个开展过程中，包括供药、分装、注射（服药）等过程。受诊者注射（服药）放射性药物后，本身短时间内也成为一个“辐射源”，随着患者的移动，将对周围环境造成辐射影响，排泄物成为放射性污染物。在诊疗过程产生的固体废物也可能受放射性污染而成为放射性固体废物。正常运行时，核医学项目主要污染因子包括：

(1) γ射线贯穿辐射

①本项目使用的核素 ¹³¹I、⁹⁹Mo、^{99m}Tc 在发生衰变时会伴随产生γ射线，在贮源铅罐转移、药物分装、口服或注射等过程中对周围环境产生γ射线辐射影响。

②患者服用或注射放射性药物后，本身短时间内是一个辐射体（源），对周围的环境可能造成γ射线外照射影响。

参照 GBZ120-2020 表 H.1，对于 ¹³¹I、^{99m}Tc 放射性核素，裸源状态下 1m 处的周围剂量当量率分别为 0.0595、0.0303μSv·m²(h·MBq)⁻¹；参照 GBZ120-2020 表 L.1，使用 ¹³¹I、^{99m}Tc 核素药品的患者 1m 处的周围剂量当量率分别为 0.0583、0.0207μSv·m²(h·MBq)⁻¹。

(2) β表面污染

放射性药物在分装、服用等活动过程中，可能引起工作台、地面、工作服、手套等

产生放射性沾污，造成 β 表面污染。

(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、滤纸、手套、一次性水杯、更换下来的废活性炭、未用完的 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 柱等。

①SPECT/CT检查项目，每天30人次（满负荷时），每人预计产生一次性注射器、口罩、手套以及擦拭废物等0.05kg计，年工作时间按250个工作日计算，则SPECT/CT检查项目放射性固体废物年产生量为375kg/a。

②甲亢治疗项目，每年治疗1000人次，每人预计产生一次性水杯以及纸巾等0.02kg计，则甲亢治疗项目放射性固体废物年产生量为20kg/a。

③废活性炭，根据医院提供资料，项目核医学每年更换下来的废活性炭约50kg。未用完的 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 柱若干均返回厂家。

综上，项目每年预计产生上述含放射性固体废物445kg。

(4) 放射性废液

项目药品按需采购、按需使用，原则上当天制备、当天用完，不存在废弃放射性液体（如特殊情况剩余放射性药品，不得随意倒入废水系统，应暂存于分装柜中直至满足清洁解控水平）。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。

该项目设置有2套放射性废水衰变池，其中锝衰变池主要收集SPECT/CT检查项目产生的放射性废水，主要为注射后候诊室及留观抢救室产生的放射性废水。该项目日检查人数最大为30人，每位受检者在待检期间产生废水量10L/人，该区域每天清洁用水50L，则锝衰变池每天收集废水0.35m³，全年按250个工作日算，则全年锝废水量87.5m³。

碘衰变池主要收集 ^{131}I 治疗项目产生的放射性废水。从偏保守考虑，甲亢治疗规划每周治疗一次，每次20人，一般情况下服药后即直接离开核医学，特殊情况下才会进抢救/观察室处理，才可能产生含碘-131废水排放，则保守估计该区域清洁用水、卫生通过间洗手及淋浴、甲亢治疗等排水按每周300L计，全年按50周算，则全年废水量15m³。

综上，核医学科场所每年预计产生含放射性废水量102.5m³。项目放射性废水影响评价详见10.4章节。

(5) 放射性废气

放射性药物在分装、服药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。本项目核医学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。放射性物质的分装操作在密闭的分装柜中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。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。

2、非正常运行状态下的辐射源项

(1) 由于管理不善，放射性药物被盗、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) 患者服药时意外泄漏，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。

9.4 劳动定员及工作分配情况

项目建设后，劳动定员规划 5 人，各项目工作均为排班轮流操作，实行 8 小时工作制度，年工作日 250 天。项目核医学科各项目工作人员分配情况见表 9-2。

表 9-2 核医学科各项目工作人员分配情况

序号	项目	操作工序	操作时间	次数/年	人员配置
1	SPECT/CT 检查项目	淋洗、分装操作	30s/人次	7500 人次	3 人轮流
		药品转移	30s/人次		
		注射	30s/人次		
		机房内摆位	30s/人次		2 人轮流
		控制室内操作	30min/人次		
2	甲亢治疗项目	药物接收	5min/次	50 次	由 SPECT/CT 检查项目分装、注射 3 名工作人员轮流负责
		分装	30s/人次	1000 人次	

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 评价规模

新建乙级非密封放射性工作场所，具体为：在医技综合楼负一层拟建核医学科场所，配备 1 台 SPECT/CT（属于 III 类射线装置），利用 ^{99m}Tc （钼铈发生器淋洗得到或者直接购买）开展影像检查，使用 ^{131}I 开展“甲亢”治疗及甲功测定医学诊治项目，规划为乙级非密封源工作场所。

10.1.2 辐射工作场所布局

拟建核医学科涉及辐射操作的主要业务用房有：患者入口缓冲间（2 处）、卫生通过间（含淋浴）、分装室、服药室、储源室、注射室、运动平板室、甲亢留观/抢救室、铈注射后候检室、患者卫生间（3 间）、SPECT/CT 扫描室、固废间（2 间）、污洗间（2 间）、铈留观/抢救室、患者出口缓冲间（2 处）等。此外，还有诊室、甲测室、预留敷贴室、预留粒子填装室、阅片室等。广西科技大学第一附属医院核医学科平面图见图 10-1。

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（包括门、顶棚），避免了与相邻区域人员的交叉污染。医护人员在门禁外通过卫生通过间进入分装室，在分装室内进行分装、注射的操作工作，结束后通过卫生通过间出去。病人通过西侧大厅进入，到核医学科给药前候诊区；患者被叫号后从核医学科西侧入口门禁进入，甲亢治疗患者前往服药室，服药后进入留观室，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室做短暂观察；接受 SPECT/CT 检查的人员进入控制区后前往注射室注射，然后进入注射后候检室等候一定时间后，进入 SPECT/CT 机房进行扫描检查，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室做短暂观察。

在工作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。留观室设有病人专用厕所，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。污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。

本项目核医学科场所相对集中布置，控制区内储源、分装、服药、注射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；核医学工作场所设置单向门禁、受控门，进入核医学科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核医学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、屏蔽材料

该项目使用的各种放射性核素衰变过程会产生不同能量的射线，核医学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，砖密度不低于 1.65g/cm³，硫酸钡密度不低于 3.2g/cm³；防护门采用内衬铅板；观察窗采用铅玻璃观察窗，注射采用一体式注射防护台；分装柜、废物桶等为铅防护。

2、业务用房屏蔽设计方案

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 10-2。

表 10-1 项目主要用房屏蔽设计情况

序号	房间	长宽高 (m)	面积 (m ²)	墙体	材料及厚度
1	储源室	1.8×1.7×4.4	3.06	顶棚	楼板 120mm 混凝土+5cm 硫酸钡
				地面	/
				墙体	东侧、北侧墙体 240mm 实心砖+8cm 硫酸钡
					南侧墙体 240mm 实心砖+5cm 硫酸钡
					西侧墙体 240mm 实心砖+4cm 硫酸钡
防护门	6mm 铅板				
2	分装室	(4.94×2.04+2.9×1.94)×4.4	15.71	顶棚	楼板 120mm 混凝土+18cm 硫酸钡
				地面	/
				四周墙体	240mm 实心砖+8cm 硫酸钡

				临内走廊防护门	10mm 铅板
				临注射室防护门	10mm 铅板
				临卫生通过间防护门	10mm 铅板
3	注射室	2.1×1.87×4.4	3.93	顶棚	楼板 120mm 混凝土+5cm 硫酸钡
				地面	/
				墙体	西侧、南侧墙体 240mm 实心砖+8cm 硫酸钡
					其余两侧墙体 240mm 实心砖+4cm 硫酸钡
			临运动平板室防护门	2mm 铅板	
4	甲亢服药室	1.87×1.64×4.4	3.07	顶棚	楼板 120mm 混凝土+18cm 硫酸钡
				地面	/
				四周墙体	240mm 实心砖+8cm 硫酸钡
				防护门	10mm 铅板
5	运动平板室	2.1×1.73×4.4	3.63	顶棚	楼板 120mm 混凝土+1cm 硫酸钡
				地面	/
				墙体	东侧墙体 240mm 实心砖+8cm 硫酸钡
					南侧墙体 240mm 实心砖+5cm 硫酸钡
其余两侧 240mm 实心砖+4cm 硫酸钡					
			防护门	2mm 铅板	
6	甲亢留观/抢救室(含卫)	(4.04×2.74+1.87×1.64)×4.4	14.14	顶棚	楼板 120mm 混凝土+12cm 硫酸钡
				地面	/
				墙体	西侧墙体 240mm 实心砖+8cm 硫酸钡
					其余三侧 240mm 实心砖+5cm 硫酸钡
			防护门	10mm 铅板	
7	ECT 注射后候检室(含卫)	(3.98×2.85+1.96×1.5)×4.4	14.28	顶棚	楼板 120mm 混凝土+5cm 硫酸钡
				地面	/
				墙体	西侧、南侧墙体 240mm 实心砖+5cm 硫酸钡
					其余两侧 240mm 实心砖+4cm 硫酸钡
			防护门	6mm 铅板	
8	污洗间(靠内走廊)	1.78×1.36×4.4	2.42	顶棚	楼板 120mm 混凝土+1cm 硫酸钡
				地面	/
				墙体	西侧墙体 240mm 实心砖+4cm 硫酸钡
					南侧、北侧墙体 240mm 实心砖+5cm 硫酸钡
东侧墙体 240mm 实心砖+1cm 硫酸钡					
			防护门	3mm 铅板	
9	ECT 留观/抢救室(含卫)	(3.98×2.85+1.96×1.5)×4.4	14.28	顶棚	楼板 120mm 混凝土+5cm 硫酸钡
				地面	/
				墙体	南侧墙体 240mm 实心砖+5cm 硫酸钡
其余三侧 240mm 实心砖+4cm 硫酸钡					

				防护门	6mm 铅板
10	碘固废间(靠内走廊)	1.78×1.36×4.4	2.42	顶棚	楼板 120mm 混凝土+1cm 硫酸钡
				地面	/
				墙体	东侧墙体 240mm 实心砖+4cm 硫酸钡
					南侧、北侧墙体 240mm 实心砖+5cm 硫酸钡
					西侧墙体 240mm 实心砖+1cm 硫酸钡
防护门	5mm 铅板				
11	污洗间(靠东侧缓冲间)	1.74×1.4×4.4	2.44	顶棚	楼板 120mm 混凝土+1cm 硫酸钡
				地面	/
				墙体	南侧墙体 240mm 实心砖+1cm 硫酸钡
					其余三侧 240mm 实心砖+4cm 硫酸钡
				防护门	3mm 铅板
12	锆固废间(靠东侧缓冲间)	2×1.4×4.4	2.8	顶棚	楼板 120mm 混凝土+1cm 硫酸钡
				地面	/
				墙体	北侧墙体 240mm 实心砖+1cm 硫酸钡
					东西两侧 240mm 实心砖+4cm 硫酸钡
					南侧墙体 240mm 实心砖+6cm 硫酸钡
防护门	3mm 铅板				
13	内走廊	/	/	顶棚	楼板 120mm 混凝土+12cm 硫酸钡
				地面	/
				防护门(2扇)	10mm 铅板
14	检查走廊	/	/	顶棚	楼板 120mm 混凝土+5cm 硫酸钡
				地面	/
				防护门(2扇)	6mm 铅板
15	SPECT/CT 机房	7.9×5.9×4.4	46.61	顶棚	楼板 120mm 混凝土+5cm 硫酸钡
				地面	/
				墙体	东侧墙体 300mm 混凝土
					其余三侧 240mm 实心砖+4cm 硫酸钡
				防护门(靠检查走廊)	6mm 铅板
				防护门(靠控制室)	6mm 铅板
防护窗	6mmPb				

注：表中“防护材料”的 mmPb 要求为碘-131 场所对应于碘-131 产生的 γ 射线能量等效的，SPECT 场所是相对于 Tc-99m 的 γ 射线能量等效的，共用场所是对应于碘-131 产生的 γ 射线能量等效的。

3、CT 机房屏蔽设计

由表 10-1 可知本项目 SPECT/CT 机房设计符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中对 CT 机房的要求。

4、分装柜及注射台屏蔽情况

项目拟设置 2 套放射药品分装柜，分别为：锝分装柜、碘分装柜。其中，锝分装柜为单联型，整体辐射屏蔽能力为 10mmPb；碘分装柜为双联型，整体辐射屏蔽能力为 35mmPb。分装柜设计示意图见图 10-3 至图 10-4。

项目拟设置的锝注射窗台防护设计能力为 5mmPb，设计示意图见图 10-5。

5、防护设备和个人防护用品

该项目核医学工作场所拟配置的防护设备和个人防护用品如表 10-2 所示。

表 10-2 核医学工作场所拟配置的防护设备

防护用品名称	规格	数量
个人剂量报警仪	/	5 台
铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜	0.5mmPb	5 件
铅手套	0.5mmPb	3 套
锝注射器防护套	5mmPb	3 套
废物箱	5mmPb、10mmPb	各 3 个
铅屏风	3mmPb、6mmPb	各 1 个（碘留观室和锝留观室各一个）
辐射防护检测仪	/	1 台
表面污染监测仪	/	1 台
活度计	/	2 台

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 10-3。

表 10-3 工作场所分级（乙级： $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）

序号	核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	毒性因子	操作因子	日等效最大操作量 (Bq)	总日等效最大操作量 (Bq)	工作场所分级
1	^{131}I	7.40×10^9	0.1	1	7.40×10^8	7.77×10^8	乙级
2	^{99}Mo	1.85×10^{10}	0.1	100	1.85×10^7		

3	^{99m}Tc	1.85×10^{10}	0.01	10	1.85×10^7		
---	-------------------	-----------------------	------	----	--------------------	--	--

根据表 10-3 可知，拟建核医学科应用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：

1、控制区

项目建成后，以卫生通过间（含淋浴）、分装室、储源室、服药室、碘留观（抢救）室、注射室、注射后候检室、SPECT/CT 项目留观（抢救）室、SPECT/CT 机房、内部走廊（2 处）、出入口缓冲区、清洗间、废物室等区域划为控制区（图 10-6 红色部分区域）。此外，还将废水衰变池上方区域划为控制区。

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

控制区入口外走廊及候诊区、规划建设的粒子灌装室（项目建设后需按控制区管理）、男更衣室、女更衣室、医护办/阅片室、SPECT/CT 控制室、与控制区相邻的南侧走廊划为监督区（图 10-6 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 GB 18871-2002、HJ 1188-2021 的分区管理的要求。

10.4 辐射防护措施

核医学科工作场所拟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 10-4。

表 10-4 《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有明确的分界隔离。	本项目场址位于医院医技综合楼负一楼东侧,该负一层除核医学业务用房外,主要为停车场、配电室、库房、药房等,为相对独立、专用区域;不毗邻产科、儿科、食堂等部门;设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。	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帐,及时登记,确保账物相符。	本项目放射性物质按需要订购,一般到货即用,暂存于分装室分装柜内,必要时暂存于储源室,贮存场所均位于控制区内,采取了屏蔽措施。安排专人管理,建立放射性物质台帐,及时登记,确保帐务相符。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。	核医学科涉及放射性核素操作设备的表面、工作台台面等拟采用平整光滑设计,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。	本项目药物在分装柜中分装,具有通风和防护功能的分装柜内(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防护用品。给药后患者留观室内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。	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,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。	本项目核医学科工作场所内部不需要运送放射性物质,碘-131分装后直接通过服药窗口给患者服用; ^{99m} Tc药物分装后拟装入注射器防护套转移至注射窗台。	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、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。	本项目核医学科放射性物质分装、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。本项目核医学科分装柜排风系统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

核医学科工作场所拟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 10-5。

表 10-5 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。	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	药物运送在核医学上班之前,废物运送在核医学下班之后,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;核医学给药前患者、给药后患者、工作人员通道各自独立;通过相对独立	符合

	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	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。同时核医学分区设专用污洗间，方便开展放射性污染的清理、清洗。	
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。	核医学工作场所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；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。	本项目设计有放射性废液衰变池，容积能满足废水达标排放要求；暴露的污水管道采取铅皮包裹或埋地加盖混凝土等防护设计，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；核医学场所中相应位置有明确的患者导向标识、导向提示；ECT扫描机房外防护门上方设置工作状态指示灯。	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。	锝注射后候检室、锝留观/抢救室、碘留观/抢救室、ECT扫描机房等配备监视设施和对讲装置，ECT扫描机房还装有观察窗，项目配备满足需求的屏蔽容器；碘药不涉及内部转运；分装好的含锝药注射器通过专用屏蔽器转移至注射台，该专用屏蔽器表面设置有电离辐射标志。	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----分装室；放射性药物使用前暂存于分装柜等带屏蔽的柜体中；分装好的含锝药注射器通过专用屏蔽器转移至注射台，该专用屏蔽器表面设置有电离辐射标志。	符合
8	分装室与给药室之间药物传递应便	碘药在分装柜内分装后，直接通过分装	符合

	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。	柜服药窗口递出给患者服用;服药室内设置监控设施,工作人员能够全方位清楚的观察给药、服药全过程。分装室拟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。	
--	---	--	--

根据上述对照分析结果可知,本项目核医学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 三废的治理

本项目核医学科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,必须仍留于原容器中,贮存于分装柜中,切不可倒入废水贮存衰变池。

镭废水流向说明:从镭污洗间开始,管线从东往西,收集镭留观/抢救室卫生间废水、镭注射后候诊室卫生间废水,在碘留观/抢救室地下往北,最后排入镭废水衰变池。

碘废水流向说明:从卫生通过间的清洗间及淋浴间开始收集废水,管线往东,收集分装室洗手池废水,再收集碘留观/抢救室卫生间废水,在碘留观/抢救室地下往北,最后排入碘废水衰变池。

该项目场所放射性废水收集路线见图 10-7。

1、放射性废水治理设施

医院拟在核医学北侧地下设置两套相互独立的槽式衰变池系统(衰变池位置示意图见图 1-9),根据核素半衰期不同分为碘衰变池与镭衰变池。

碘衰变池拟设置为 4 级主衰变池,每级有效容积为 3.4m^3 ,总容积为 13.6m^3 ,并配有收集过滤污泥池、手阀池、固废池。

镭衰变池拟设置为 3 级主衰变池,每级有效容积为 4.5m^3 ,总容积为 13.5m^3 ,并配有收集过滤污泥池、手阀池、固废池。

项目衰变池主体内部采用厚度为 300mmC30 混凝土浇筑,池体内部均刷 K11 防水防渗水泥基,池体做到防水、防渗、防腐蚀,池体盖板均采用 30mmPb 防护,衰变池预留取样口。碘衰变池到碘相关卫生间,排水管做 20mmPb 防护;镭衰变池到镭相关卫生

间，排水管做 8mmPb 防护。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 款要求。

项目衰变池工作原理：放射性污水从进水口进入收集过滤污泥池，当过滤后的放射性污水达到一定的水位时液位传感器将信息反馈到控制器上，控制器再控制进水泵启动衰变池 1 进水管上的电磁阀打开将化粪池的放射性污水通过衰变池 1 的进水管排入衰变池 1 中，当放射性污水量达到衰变池 1 的容量时衰变池 1 中的液位传感器将信息反馈至控制器中，控制器控制衰变池进水管上的电磁阀关闭停止进水开始衰变，当新进的放射性污水再次达到水位时衰变池 2 电磁阀启动，放射性污水将通过衰变池 2 的进水管进入衰变池 2 中。以此类推。当衰变池最后一级槽体刚注满前第一级槽体内废水达到排放标准后先排放。当最后一级槽体注满后，自动关闭，开启第一级槽体，依次循环；整体运行由衰变池废水排放检测系统进行监控管理。当衰变池暂存废水满足生态环境监管部门要求后，自动排放至医院污水管网中。项目衰变池设计示意图见图 10-8 至图 10-10。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），针对项目放射性废水衰变池提出如下管理措施要求：项目衰变池应通过可视化控制系统、摄像头、液位计（具有液位报警功能）监视衰变池水位情况，防止衰变池液体泄漏；放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水管道应尽量短，大水流管道应有标记，便于检测和维修；衰变池上方四周应设置围栏，并悬挂警示标识，禁止无关人员进入；此外，待项目建设后，医院拟加强对管线沿途及衰变池上方开展辐射剂量率监测，一旦发现剂量率超标及时增强辐射屏蔽。

2、正常工况放射性废水处理

①ALlmin 的计算

本项目设置两套衰变池均为槽式衰变池，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 7.3.3.1 款要求，镓衰变池的排放应按照“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”。根据《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，结合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 7.3.3.1 款要求，含碘-131 放射性废水暂存 180 天可直接排放。本项目设置两套槽式衰变池，其中碘衰变池收集废水涉及 ^{131}I 核素；镓衰变池涉及核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 。

根据 GB 18871-2002 的相关规定计算可得： ^{99m}Tc 的 ALI_{min} 为 $6.9 \times 10^8 \text{Bq}$ 、 ^{131}I 的 ALI_{min} 为 $9.1 \times 10^5 \text{Bq}$ 。

②废水量

碘衰变池主要收集 ^{131}I 治疗项目产生的放射性废水。从偏保守考虑，甲亢治疗规划每周 1 次，每次 20 人，一般情况下服药后即直接离开核医学，特殊情况下才会进抢救/观察室处理，才可能产生含碘-131 废水排放，则保守估计该区域清洁用水、卫生通过间洗手及淋浴、甲亢治疗等排水按每周 300L 计，即碘衰变池每周收集废水 0.3m^3 。

锆衰变池收集 SPECT/CT 检查项目产生的放射性废水，主要为注射后候诊室及留观抢救室产生的放射性废水。该项目日检查人数最大为 30 人，每位受检者在待检期间产生废水量 10L/人，该区域每天清洁用水 50L，则锆衰变池每工作日收集废水 0.35m^3 ，每周 5 个工作日，则每周（7 天）排水量为 1.75m^3 。

③衰变池的暂存衰变时间估算

a、碘废水

碘衰变池废水收集量为 $0.3\text{m}^3/\text{w}$ ，单个衰变池有效容积为 3.4m^3 ，注满单个衰变池时间为 11 周（约 77 天），当第一级池满水封闭后，第二级、三级、四级衰变池可容纳约 231 天排放的废水量，则此时第一级废水封闭时间大于 180 天，可以直接排放。以此类推。

b、锆废水

锆衰变池每周（7 天）收集废水量为 1.75m^3 ，单个衰变池有效容积为 4.5m^3 ，注满单个衰变池时间为 2.5 周（至少 17 天），当第一级池满水封闭后，第二级、三级衰变池可容纳约 34 天排放的废水量，则此时第一级废水封闭时间大于 30 天，可以直接排放。以此类推。

3、事故工况放射性废水处理

核医学科建设的废水衰变池，除收集核医学科正常工况下的废水及处理专用卫生间排出的病人排泄物外，还作为处理事故工况下废水的处理设施。一旦发生因分装操作不小心或病人服药出现失误而使 ^{131}I 溶液倾洒等事故工况时，按操作规程，应先用药棉、吸水纸等从污染区的边缘向中心擦抹，直到擦干污染区，然后用大量水冲洗，冲洗水排入废水衰变池。

假设发生事故工况，某次购回的 ^{131}I 全部发生倾洒，倾洒 ^{131}I 的活度以 $7.40 \times 10^9 \text{Bq}$

（日规划最大操作量）计，其中 90%转移固体废弃物中去（按操作规程，应先用药棉等擦去），10%转移到清洗水中去，则这些废水中 ^{131}I 的含量为 $7.40 \times 10^8 \text{Bq}$ ，大于 ^{131}I 的 $\text{ALI}_{\text{min}} = 9.1 \times 10^5 \text{Bq}$ 。因此，这部分废水不可以一次直接排放入医院废水处理系统，需排入核医学科当时在使用的衰变池中，排入后即关闭该级衰变池，待其衰变一定时间后经检测分析水中 ^{131}I 含量满足 ALI_{min} 值要求后，方可排往医院废水处理系统。

假设发生事故工况，某次拟用的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 全部发生倾洒，倾洒 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的活度以 $1.85 \times 10^{10} \text{Bq}$ （日规划最大操作量）计，其中 90%转移固体废弃物中去（按操作规程，应先用药棉等擦去），10%转移到清洗水中去，则这些废水中 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的含量为 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ ，大于 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的 $\text{ALI}_{\text{min}} = 6.9 \times 10^8 \text{Bq}$ 。因此，这部分废水不可以一次直接排放入医院废水处理系统，需排入核医学科当时在使用的衰变池中，排入后即关闭该级衰变池，待其衰变至 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的 ALI_{min} 值后，方可排往医院废水处理系统。

4、放射性固体废物

放射性固体废弃物主要包括未用完的 $^{99\text{Mo}}\text{-}^{99\text{m}}\text{Tc}$ 柱、一次性注射器、病人服药后的服药杯、吸水纸、棉花、沙布、操作用的手套、废活性炭等物品。旧的 $^{99\text{Mo}}\text{-}^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器一般使用二周后，因放射性活度下降已无实际医用价值，最终是连同原包装容器退回供方。因此，只要医院加强管理，不发生 $^{99\text{Mo}}\text{-}^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器丢失事故，则固态放射性废物—旧的 $^{99\text{Mo}}\text{-}^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器将不会造成环境污染。 ^{131}I 包装容器由生产厂家回收。

核医学科将一次性注射器、病人服药后的服药杯、吸水纸、棉花、纱布、操作用的手套等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建于核医学科的固废间内存放。核医学科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。

需要指出的是，医院应加强管理，用来收集放射性固体废弃物的专用收集箱应贴上电离辐射标志，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明物品及最后一天的收集时间。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，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），针对放射性固废的收集、

贮存和处理提出如下管理措施要求：

(1) 放射性固体废物收集

①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；②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；③放射性固废收集桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，放置刺破废物袋；④放射性废物每袋重量不超过 20kg，装满废物的塑料袋应密封密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。

(2) 放射性固废临时贮存和最终处理

①放射性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；②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， 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。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。

由于核医学科放射性固体废物产生量与诊疗患者数量有关，难以精确估计，医院规划配备 8 个带防护功能的废物桶，用于按上述要求收集、暂存放射性固体废物。此外，经与医院核实，医院承诺如规划配置的废物桶数量不能满足上述要求时，将会继续按需求配置，确保放射性固体废物收集及暂存满足标准要求。

5、放射性废气

由污染源分析可知，核医学科放射性同位素使用过程介质为水，操作比较简单，不经过加热、振荡等步骤。本项目核医学科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；碘分装室、服碘室、碘留观/抢救室等，产生的含 ^{131}I 挥发性核素的废气通过专门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。分装柜拟配风机风速不小于 $0.5\text{m}/\text{s}$ ，并设置活性炭过滤装置。

在控制区各业务用房均拟设置通风设施，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 10-11~图 10-12 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。	<p>(1) 废水。本项目核医学科在控制区内均建有给药后病人专用卫生间，排泄物排入废水衰变池暂存衰变；本项目根据核素种类、半衰期、活度水平和理化性质对病人排泄物进行分类收集处理。将服 ^{131}I 治疗的患者排泄物排入项目碘衰变池，注射显像患者排泄物排入项目铊衰变池。</p> <p>(2) 固废。已按要求落实收集和处理，具体见 10.4 节中“2”内容。</p> <p>(3) 废气。已按要求落实收集和处理，具体见 10.4 节中“4”内容。</p>	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。	<p>(1) 废水。核医学工作场所含放射性废水与非放射性废水分开收集处理；</p> <p>(2) 固废。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。</p>	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。	<p>(1) 废水。按半衰期长短，分别设置 2 套废水衰变池，其中一套收集处理半衰期较短的铊废水，另外一套收集处理碘废水。</p> <p>(2) 固废。本项目使用的核素属于短寿命放射性核素，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。</p>	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。	核医学科建有相关制度，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均建有独	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。	立的通风换气装置，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。	
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。	拟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。	本项目设置有两套槽式放射性废水衰变池，收集放射性药物操作间、给药后患者卫生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。	经理论预测，本项目设置的衰变池收集的放射性废液正常贮存衰变后能满足排放要求，衰变池配套应急池满足项目放射性事故废水排放需求。项目设计衰变池池体坚固、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	7.3.3.1 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 被最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 α 不大于 1Bq/L、总 β 不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。	本项目衰变池均为槽式衰变池，其中锝衰变池收集废水主要为含 ^{99m}Tc 核素的废水， ^{99m}Tc 核素半衰期小于 24 小时，项目含 ^{99m}Tc 核素的废水在锝衰变池池中暂存时间大于 30 天；碘衰变池收集的放射性废水在衰变池中暂存时间大于 180 天；项目衰变池均预留有取样口。依据《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），可直接排放。	符合

11	<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>核医学放射性药物均在分装室内分装柜内操作，均配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
----	--	--	----

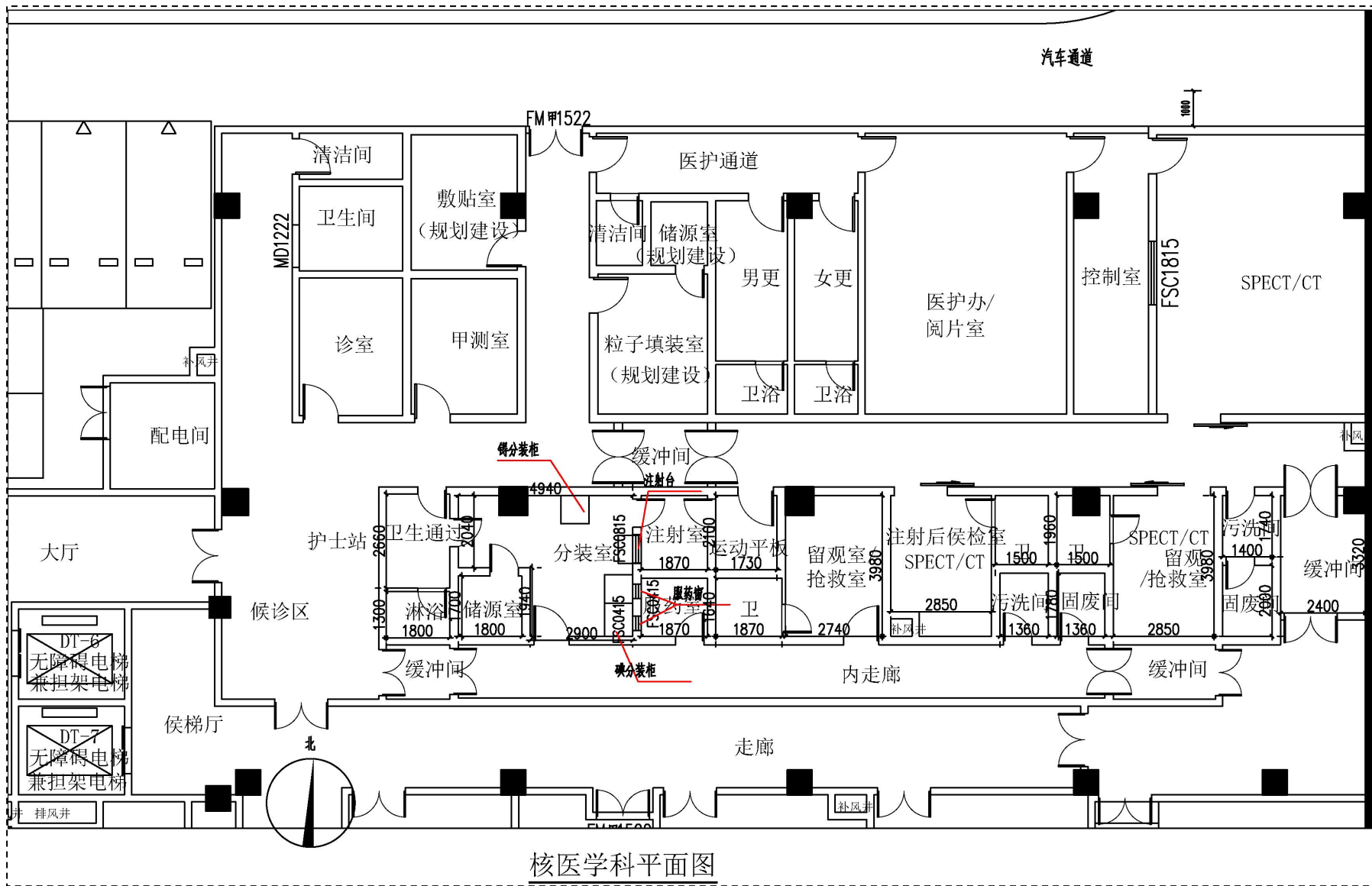


图 10-1 核医学科场所平面布置示意图

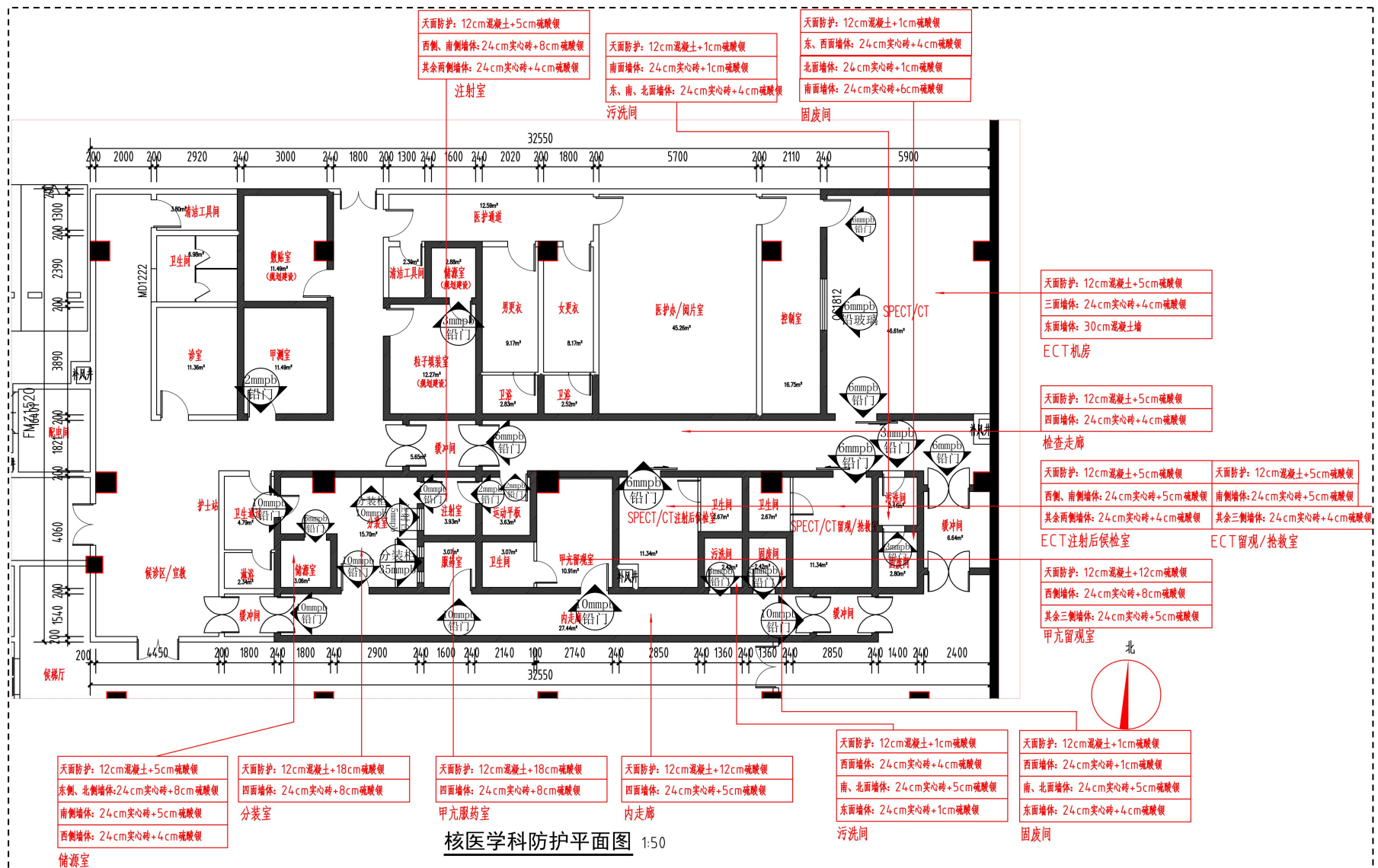
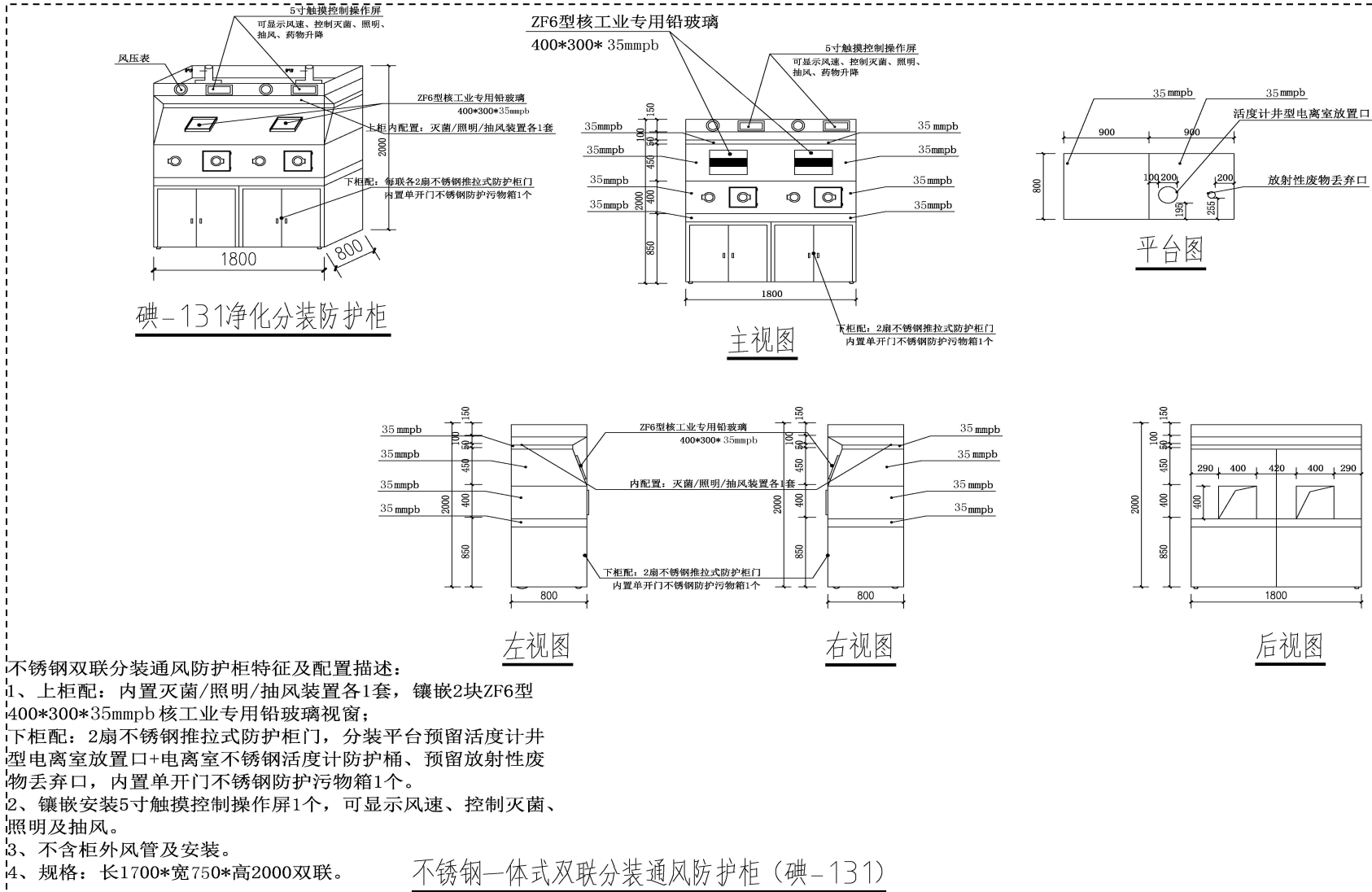


图 10-2 场所采取的辐射防护设计示意图



不锈钢双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2块ZF6型400*300*35mmpb核工业专用铅玻璃视窗；
- 2、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。
- 3、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。
- 4、规格：长1700*宽750*高2000双联。

不锈钢一体式双联分装通风防护柜(碘-131)

图 10-3 拟配备碘分装柜防护设计图

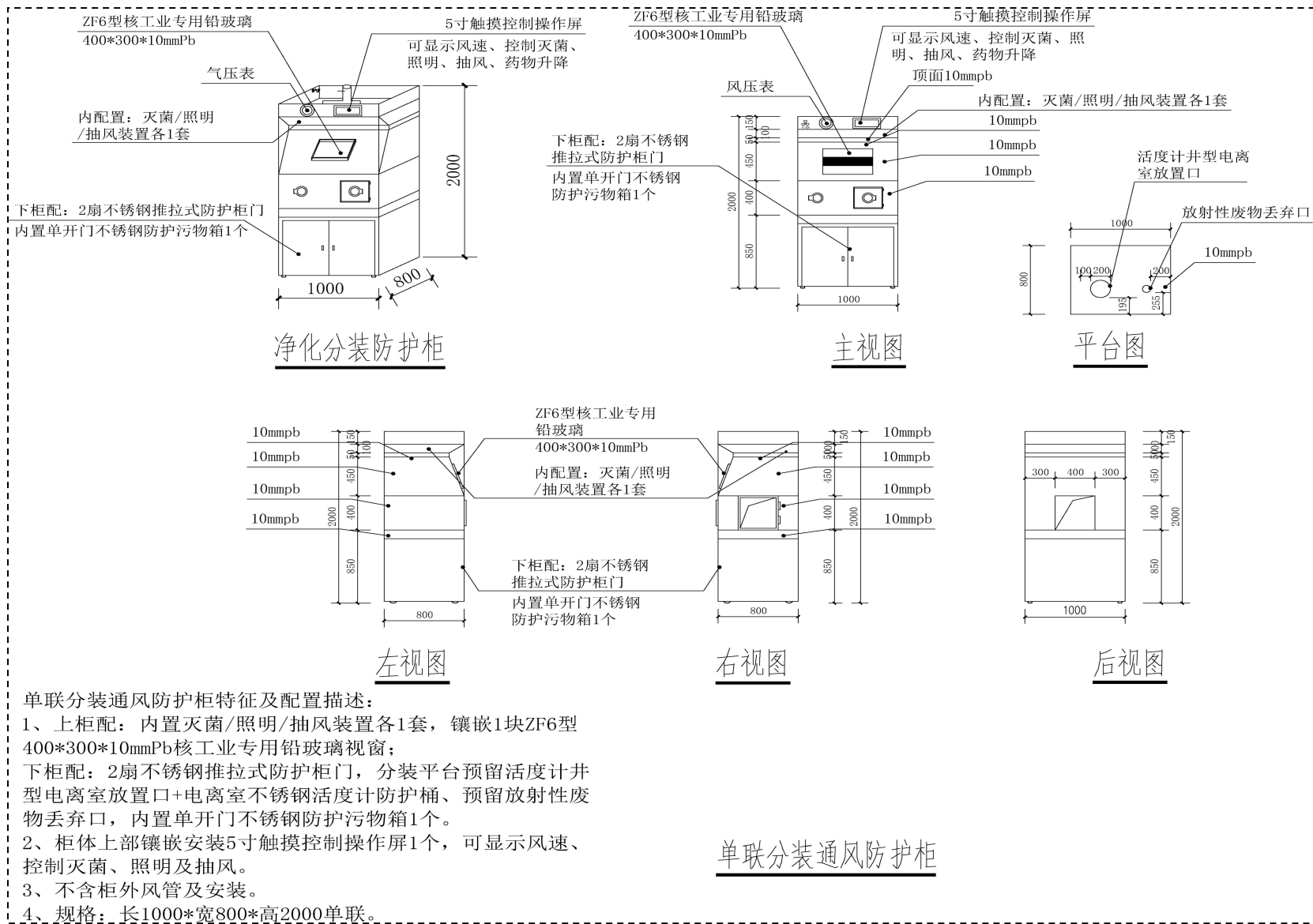


图 10-4 拟配备钨分装柜防护设计图

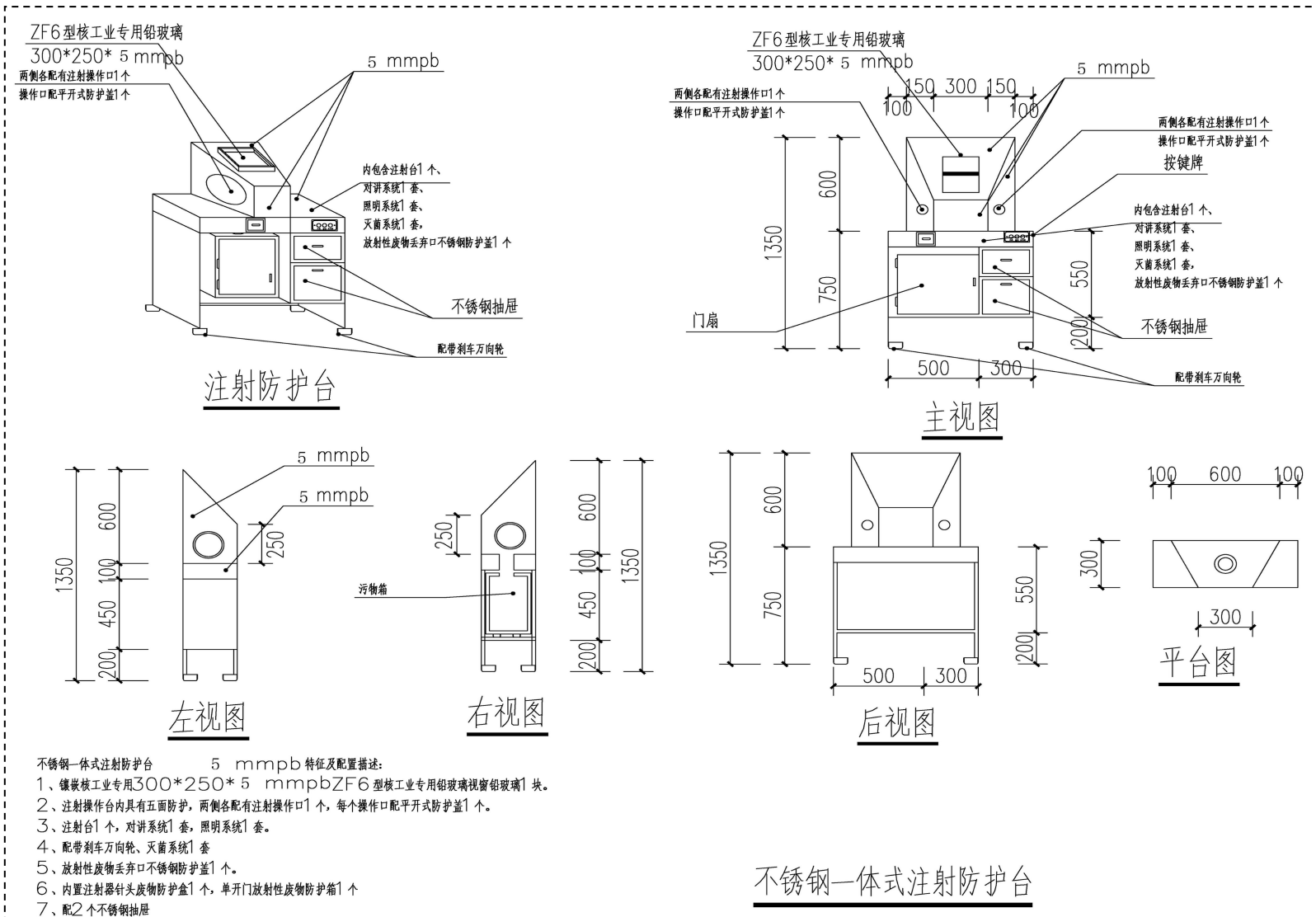
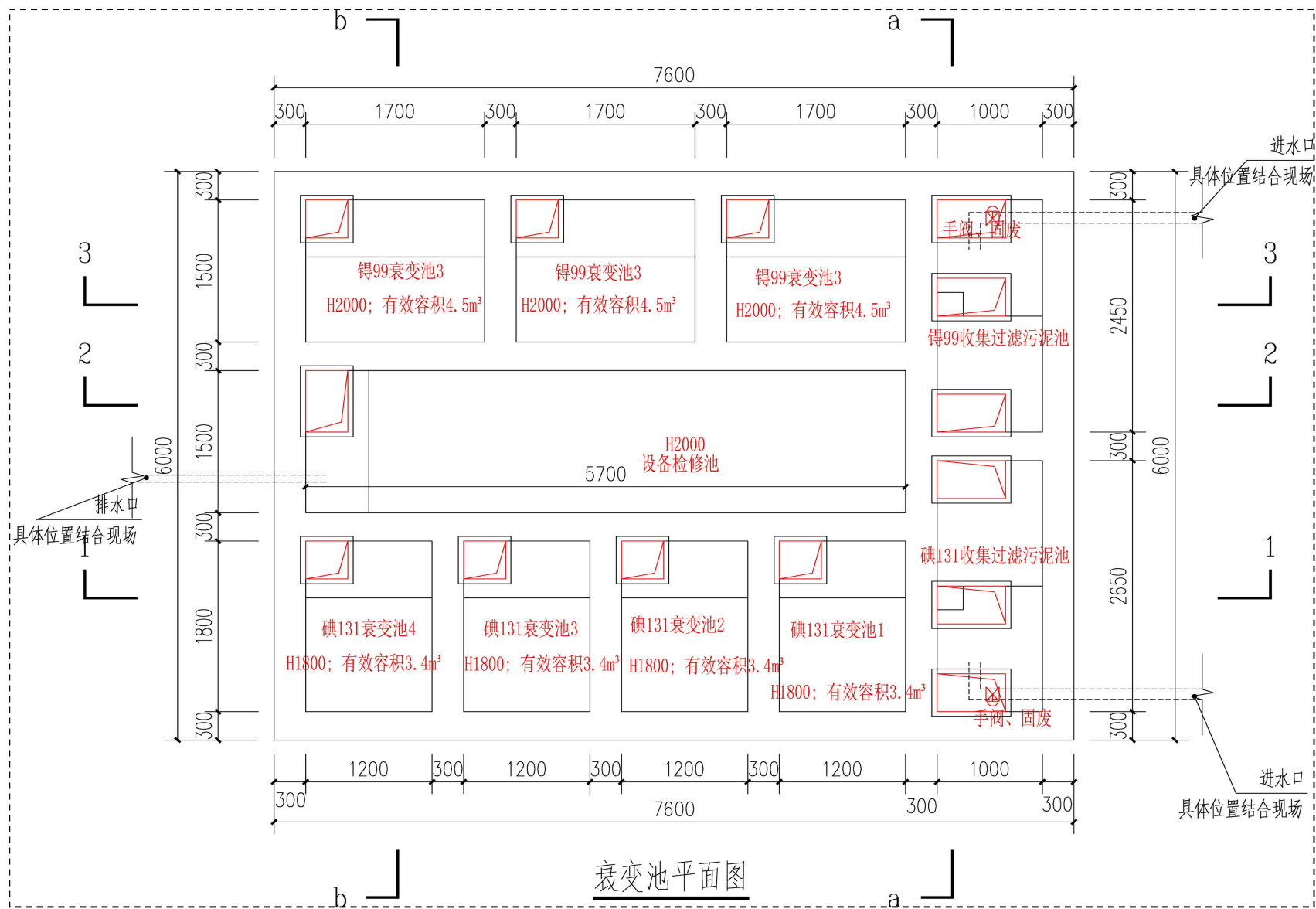


图 10-5 拟配备钨注射窗台防护设计图



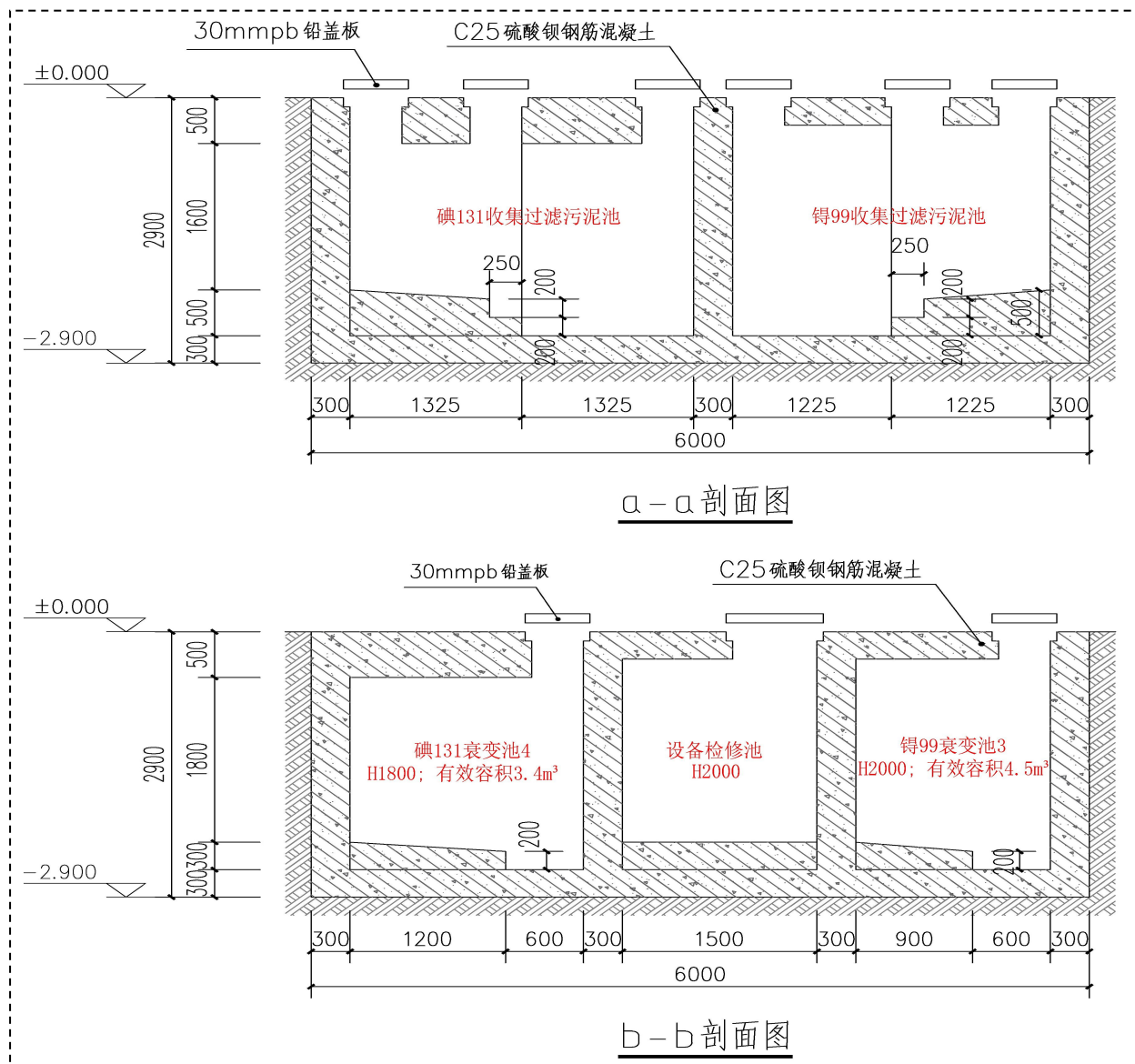


图 10-9 核医学科废水衰变池系统设计剖面示意图一

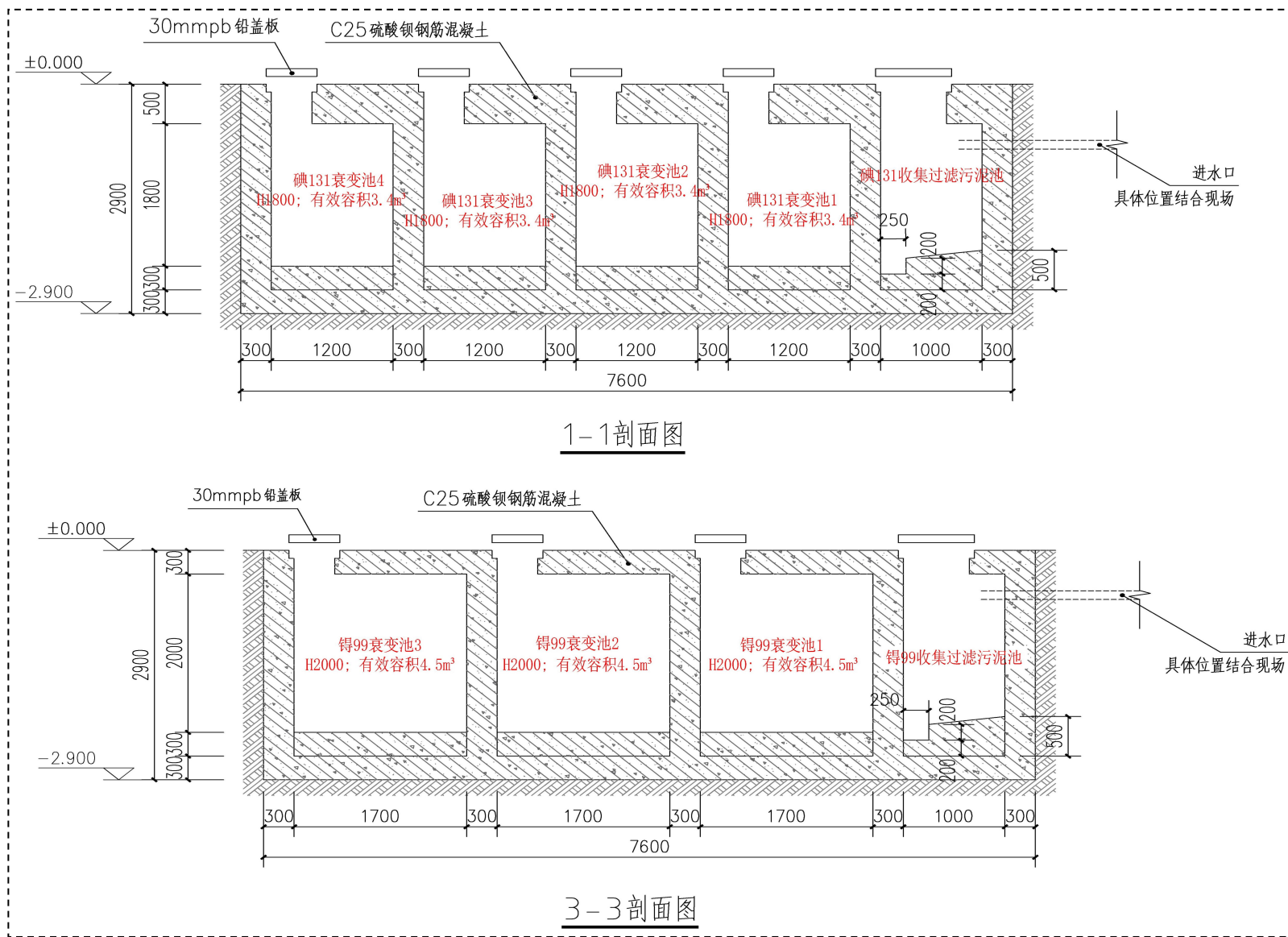


图 10-10 核医学科废水衰变池系统设计剖面示意图二

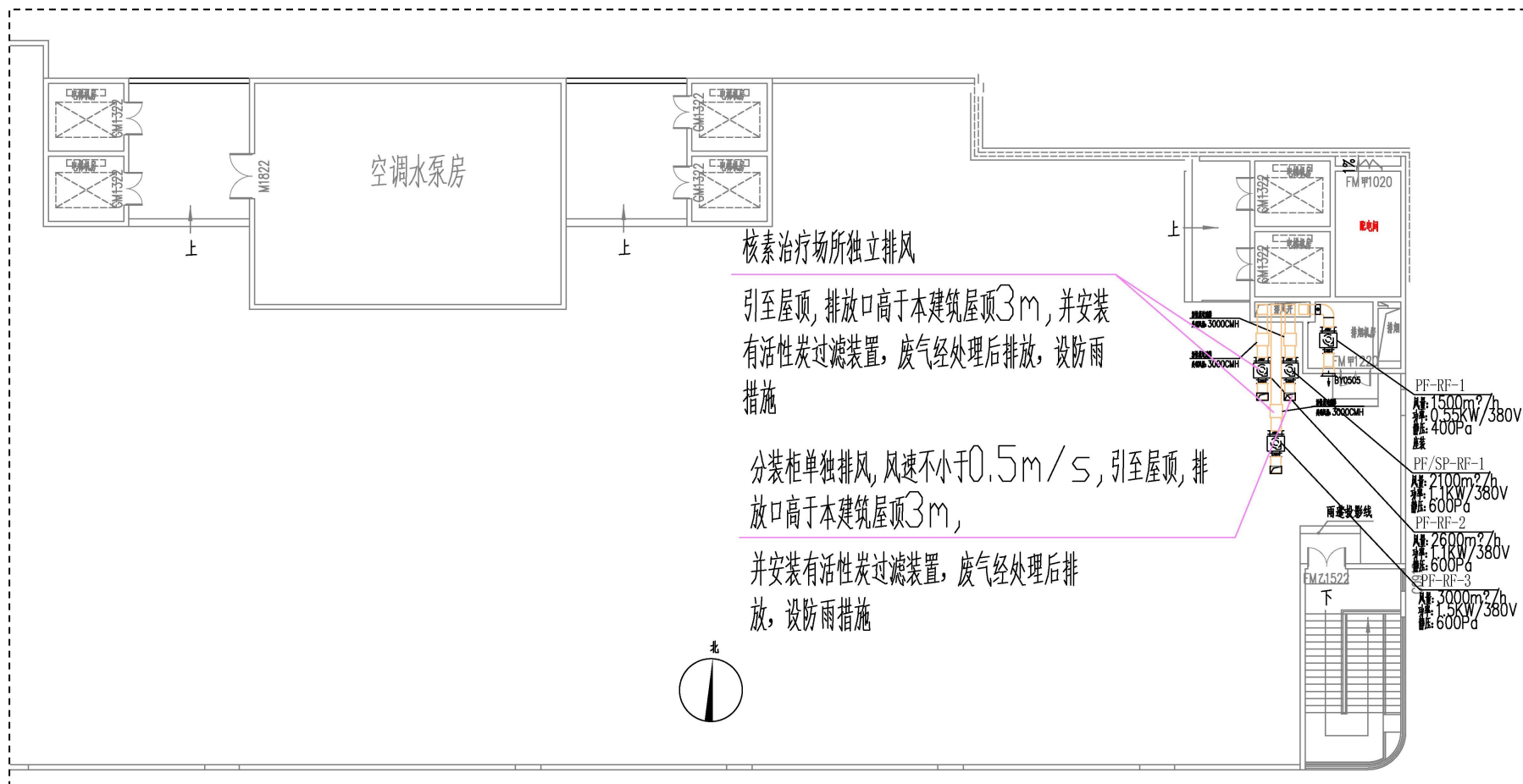


图 10-12 核医学科所在楼楼顶排风系统示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目在建设期对环境无辐射影响，亦无放射性废气、废水及固体废弃物产生。在建设阶段的环境影响主要为土建施工的影响。

11.1.1 空气环境影响分析

粉尘扬尘的主要来源有：建筑装修材料的运输装卸过程、土建施工过程和工地杂物的清理过程等。

为减少施工时产生的扬尘，在施工过程中应采取有效的防尘、降尘措施：在施工场地的出入口，设置一定的围闭措施拦截尘土的飘散；在施工场地内及附近路面洒水、喷淋，尽量减小扬尘的产生。

11.1.2 水环境影响分析

建设期污水主要来自是施工人员的生活污水。施工人员生活污水来自施工人员日常生活排放，主要为洗涤废水和粪便污水，污染物主要为 COD、NH₃-N、BOD₅、SS 等。施工人员在建设场所进行施工期间，所产生的粪便污水进入医院污水处理系统。

11.1.3 声环境影响分析

施工过程中设备安装、车辆运输、各类施工机械等将对周围环境产生噪声影响。为降低施工期声环境影响，建设单位应采取切实有效的防噪措施，尽可能的降低施工机械设备和运输车辆产生的噪声对周边环境的影响，具体措施如下：

- ①合理安排施工时间；
- ②对施工机械采取消声降噪措施；

通过采取以上措施后，施工噪声可得到较好的控制。

11.1.4 固体废弃物影响

固体废弃物有要为建筑垃圾，为减少工地施工建筑垃圾在堆放和运输过程中对环境的影响，建议车辆运输散体材料和废弃物时，必须密闭、包扎、覆盖，不得沿途漏撒。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 周围辐射剂量率估算

1、屏蔽计算方法

本评价报告参照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）式（I.1），采用瞬

时剂量率计算方法进行屏蔽计算，计算公式如下：

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

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什值层厚度， cm 。

2、屏蔽计算参数

(1) 计算中将患者视为“点源”，本报告给出的计算结果均使用点源公式。

(2) 参照 GBZ 120-2020 中表 L.1、表 H.1，项目主要核素参数见表 11-1。

表 11-1 项目使用核素相关参数

序号	项目	核素	最大使用量/次 (MBq)	患者体内单位放射性活度 所致体外 1m 处的周围剂 量当量率常数 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 /$ (h·MBq)	周围剂量当量率 常数(裸源) $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 /$ (h·MBq)
1	SPECT/CT	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	800	0.0207	0.0303
2	甲亢治疗	^{131}I	370 (10mCi)	0.0583	0.0595

(3) 计算时四周屏蔽墙、防护门参考点位置在墙(门)外 0.3m 处。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候诊室、抢救/留观室、扫描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、扫描机房等周围关注点与源点距离按 2m 计算。人体高度假定为 1.5m；参照 GBZ 120-2020 表 J.1，屋顶参考点位置在楼板地面上方 0.3m 处。关注点设置见图 11-1、图

11-2。

(4) 购进的放射性核素配备有储源铅罐，屏蔽计算时 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 分装柜按日最大操作量进行计算；SPECT/CT 注射后候诊室、留观抢救室按最多 2 名注得患者进行计算， ^{99m}Tc 注射室、SPECT/CT 检查室按最多容留 1 名注得患者进行计算； ^{131}I 服药室按最多 1 名患者进行计算，甲亢留观室按最多 2 名甲亢患者进行计算。

(5) 参照 GBZ 120-2020 的表 I.1， ^{131}I 、 ^{99m}Tc 对应硫酸钡的 TVL 参照 NCRP 第 151 号报告的 p158 页图，放射性核素的 TVL 取值见表 11-2。

表 11-2 放射性核素对应的 TVL 值 (mm)

屏蔽材料	铅 (11.3g/cm ³)	实心砖 (1.65g/cm ³)	混凝土 (2.35g/cm ³)	硫酸钡 (3.2g/cm ³)
^{99m}Tc 对应的 TVL 值	1	160	110	48
^{131}I 对应的 TVL 值	11	240	170	95

3、CT 运行对周围辐射环境影响类比分析

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。为分析本项目 SPECT/CT 设备所带 CT 正常运行时对机房周围环境的辐射影响，选取平南县人民医院门诊综合楼一楼放射科 Optima CT540 型 CT 机进行类比分析，所选取的类比项目与本项目可比性分析见表 11-3。

表 11-3 类比项目与本项目采取的屏蔽措施可比性分析结果

内容	类比项目	本项目	可比性结果
CT 参数	最大管电压 140kV、最大输出电流 440mA	最大管电压 140kV、最大输出电流 450mA	相当
机房墙体	墙体为厚度 20cm 的多孔砖结构，机房内壁和顶棚采用硫酸钡抹灰 4cm。	东侧墙体 30cm 混凝土，其余三侧 24cm 实心砖 +4cm 硫酸钡。	本项目优于类比项目
防护门	4mm 铅	6mm 铅	本项目优于类比项目
观察窗	4mmPb	6mmPb	本项目优于类比项目
机房长宽高 (m)	6.76×5.44×3.80	7.9×5.9×4.4	本项目优于类比项目

由表 11-3 分析可知，本项目机房整体屏蔽能力优于类比项目机房。通过对类比对象的监测结果，可预测本项目运行后的辐射环境影响。平南县人民医院门诊综合楼一楼放射科 Optima CT540 型 CT 机类比监测结果见表 11-4，监测机构为广西华彦检测技术服务有限公司，类比监测报告见附件 7。

表 11-4 CT 机正常运行时机房周围辐射剂量率类比分析数据

序号	点位	辐射剂量率 (单位: $\mu\text{Sv/h}$)
1	观察窗	0.121
2	操作位	0.118
3	东墙外	0.121
4	线孔	0.120
5	操作室门	0.122
6	机房门	0.116
7	南墙外	0.123
8	东墙外	0.123
9	北墙外	0.124
10	机房楼上通道	0.122
11	机房楼下地下室	0.122

注：（1）检测条件：散射模体（CT 体膜）；（2）天然本地为（0.094-0.122） $\mu\text{Sv/h}$ ，检测结果未扣除本底。

由表 11-4 类比分析数据可知，当该 CT 机曝光时，控制室观察窗、控制室操作位、控制室出入机房防护门外、病人出入机房防护门等机房周围 30cm 处测点的辐射剂量率与未开机时环境本底水平相当。

从类比分析可预测，医院建设的 SPECT/CT 项目只要能严格按照设计施工，则可以认为其机房建设可达到类比医院相似的防护效果，即机房建设能满足 SPECT/CT 设备中 CT 功能辐射屏蔽要求。即在后续评价 SPECT/CT 项目对机房周围环境影响时，只需要考虑注射后受检人员产生的辐射影响。

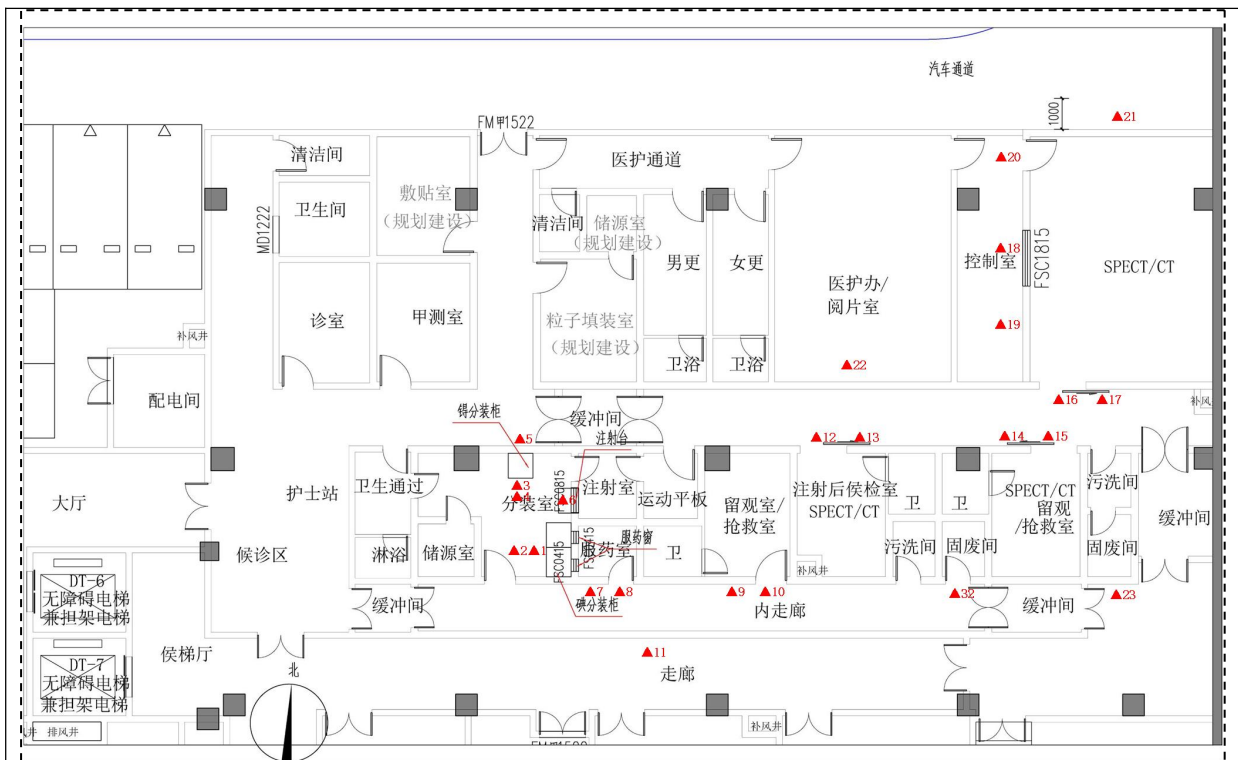


图 11-1 负一层关注点示意图

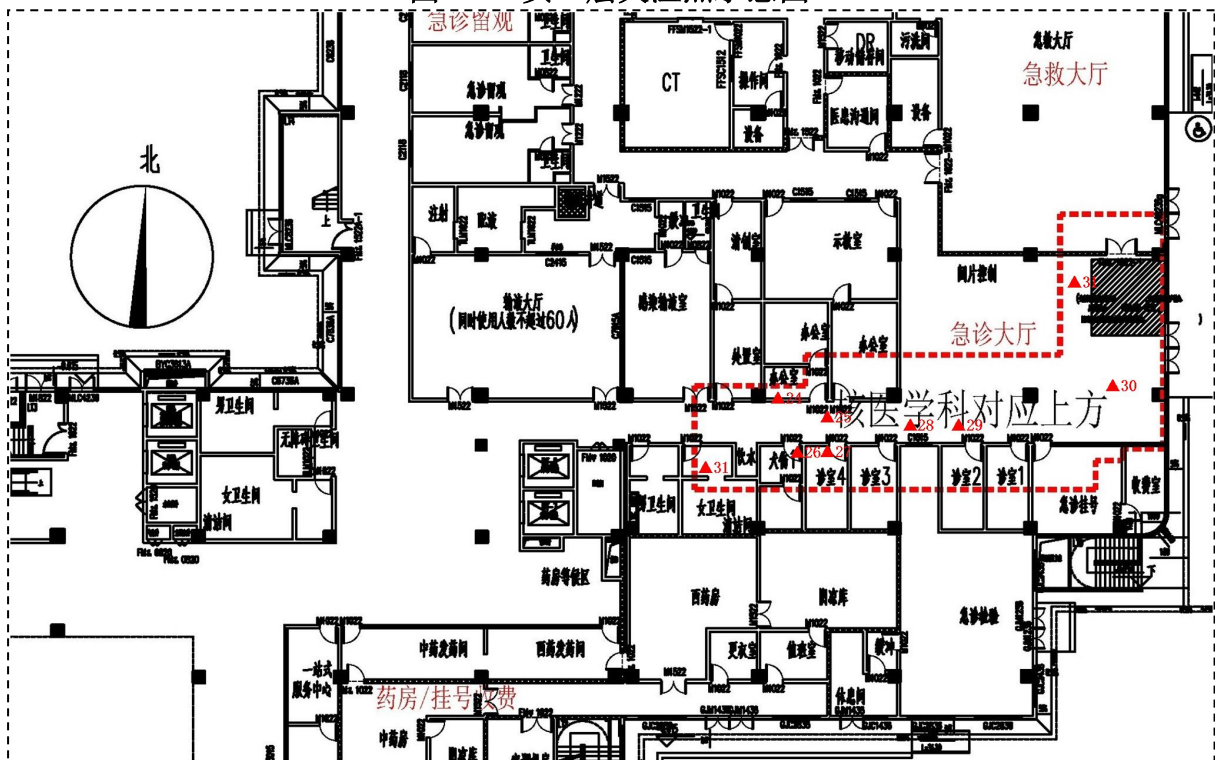


图 11-2 一层关注点示意图

4、屏蔽计算结果

根据以上屏蔽计算参数，本项目场所关注点辐射剂量率估算结果见表 11-5。

表 11-5 本项目场所关注点辐射剂量率估算结果

点位	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	碘分装柜表面 5cm	碘-131	7400	0.45	35mmPb 分装柜	1.43
▲2	碘分装柜表面 30cm	碘-131	7400	0.70	35mmPb 分装柜	0.59
▲3	锝分装柜表面 5cm	锝-99m	18500	0.45	10mmPb 分装柜	0.00
▲4	锝分装柜表面 30cm	锝-99m	18500	0.70	10mmPb 分装柜	0.00
▲5	锝分装柜北侧墙外 30cm	锝-99m	18500	1.00	10mmPb 分装柜 +24cm 实心砖+8cm 硫酸钡	0.00
▲6	锝注射窗台 30cm	锝-99m	800	0.45	5mmPb 注射窗台	0.00
▲7	服药室南侧墙外 30cm	碘-131	370	1.00	24cm 实心砖+8cm 硫酸钡	0.32
▲8	服药室南侧门外 30cm	碘-131	370	1.5	10mmPb 防护门	1.21
▲9	碘留观/抢救室南侧 墙外 30cm	碘-131	740	2.00	24cm 实心砖+5cm 硫酸钡	0.32
▲10	碘留观/抢救室防护 门外 30cm	碘-131	740	2.00	10mmPb 防护门	1.33
▲11	碘内走廊南侧墙外 30cm	碘-131	370	1.00	24cm 实心砖+5cm 硫酸钡	0.64
▲12	锝注射后候诊室防护 门外 30cm	锝-99m	800	2.00	6mmPb 防护门	0.00
▲13	锝注射后候诊室北侧 墙外 30cm	锝-99m	800	2.00	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡	0.02
▲14	锝留观/抢救室北侧 墙外 30cm	锝-99m	1600	2.00	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡	0.04
▲15	锝留观/抢救室防护 门外 30cm	锝-99m	1600	2.00	6mmPb 防护门	0.00
▲16	SPECT/CT 机房南侧 防护门外 30cm	锝-99m	800	2.00	6mmPb 防护门	0.00
▲17	SPECT/CT 机房南侧 墙外 30cm	锝-99m	800	2.00	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡	0.02
▲18	SPECT/CT 机房观察 窗外 30cm(控制室内)	锝-99m	800	2.00	6mmPb 防护门	0.00
▲19	SPECT/CT 机房西侧 墙外 30cm(控制室内)	锝-99m	800	2.00	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡	0.02
▲20	SPECT/CT 机房西侧 防护门外 30cm(控制 室内)	锝-99m	800	2.00	6mmPb 防护门	0.00
▲21	SPECT/CT 机房北侧 墙外 30cm(汽车通道)	锝-99m	800	2.00	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡	0.02

▲22	铊内走廊北侧墙外 30cm(医生办/阅片室 内)	铊-99m	800	2.00	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡	0.02
▲23	铊固废间南侧墙外 30cm	铊-99m	5 μ Sv/h	1.50	24cm 实心砖+6cm 硫酸钡	0.00
▲24	一楼急诊办公室(铊 分装柜上方)	铊-99m	18500	3.80	10mmPb 分装柜 +12cm 混凝土 +18cm 硫酸钡	0.00
▲25	一楼急诊科走廊(铊 注射台上方)	铊-99m	800	3.80	10mmPb 注射台 +12cm 混凝土 +18cm 硫酸钡	0.00
▲26	一楼急诊诊室(碘分 装柜上方)	碘-131	7400	3.80	35mmPb 注射台 +12cm 混凝土 +18cm 硫酸钡	0.00
▲27	一楼急诊诊室(碘服 药室上方)	碘-131	370	3.80	12cm 混凝土+18cm 硫酸钡	0.00
▲28	一楼急诊科走廊(碘 留观/抢救室上方)	碘-131	740	3.30	12cm 混凝土+12cm 硫酸钡	0.04
▲29	一楼急诊科走廊(铊 注射后候诊室上方)	铊-99m	1600	3.30	12cm 混凝土+5cm 硫酸钡	0.02
▲30	一楼急诊科走廊(铊 留观/抢救室上方)	铊-99m	800	3.30	12cm 混凝土+5cm 硫酸钡	0.01
▲31	一楼急诊科走廊 (SPECT/CT 机房上 方)	铊-99m	800	3.80	12cm 混凝土+5cm 硫酸钡	0.01
▲32	碘固废间门外 30cm	碘-131	5 μ Sv/h	2.00	5mmPb 防护门	0.44
/	铊注射器屏蔽器表面 30cm	铊-99m	800	0.30	5mmPb 注射器屏蔽 套	0.00
/	SPECT/CT 机房内注 射后待检人员 50cm	铊-99m	800	0.50	0.5mmPb 铅服	20.9
/	碘货包表面 30cm	碘-131	7400	0.40	30mmPb 货包铅罐	5.16

注1: 同一个源项、相同的屏蔽参数时, 只考虑典型关注点;

注2: ▲23、▲32源项考虑固废间存有2个废物箱, 每个表面剂量率最大为2.5 μ Sv/h, 分别计算剂量率后叠加;

注3: 参照图10-1, ▲7、▲11点位距离保守按1m计, ▲8点按与服药处距离计, 即约1.5m; 从最优化考虑, ▲23点距离按1.5m(废物桶尽量往北侧放置)。

由表11-5可见, 项目控制区外围关注点剂量率均低于2.5 μ Sv/h, 控制区内各关注点剂量率均低于25 μ Sv/h, 屏蔽柜体表面5cm处的剂量当量率均小于25 μ Sv/h; 屏蔽柜体表面30cm的剂量率均低于2.5 μ Sv/h, 可见该项目屏蔽效果能满足GBZ 120-2020中第5.3.1款剂量率目标值的要求, 同时满足HJ 1188-2021中第6.1款的要求。本项目屏蔽防护设计

方案合理。

11.2.2 项目运行对工作人员所致有效剂量分析

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：

$$H_e = H^*(10) * t * 10^{-6} \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

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^{-6} 为 nSv 到 mSv 的转换系数。

11.2.1.1 项目运行对工作人员所致有效剂量分析

根据表9-2各项目工作人员分配情况及表11-5各关注点辐射剂量率估算情况来开展有效剂量分析评价。

由表11-5的估算结果可知，分装好用防护套屏蔽的锝注射器30cm处、锝分装柜表面30cm处、锝注射台表面30cm处的剂量率不会升高，即可以认为工作人员在锝淋洗、分装、注射过程中基本不会受到附加辐射照射；负责核医学科SPECT/CT扫描的工作人员受到的主要额外照射来自侍服注射了^{99m}Tc标记液的病人进行SPECT/CT扫描、为病人摆位的过程中。

本项目运行对工作人员所致有效剂量情况如表11-6。

表11-6 辐射工作人员年有效剂量估算

序号	项目	操作工序	关注点剂量率 (μ Sv/h)	操作时间	数量/年	人员配置	人均年有效剂量 (mSv/a)
1	SPECT/CT 检查项目	淋洗、分装操作	<0.01	30s/人次	7500 人次/年	3 人轮流	0.004mSv/a (总和为 0.012mSv/a)
		药品转移	<0.01	30s/人次			
		注射	<0.01	30s/人次			

2	¹³¹ I 治疗项目	将药罐放入分装柜	5.16	5min/次	50 次/年		
		分装	1.43	30s/人次	1000 人次/年		
3	SPECT/CT 检查项目	机房内摆位	20.9	30s/人次	7500 人次/年	2 人轮流	0.69mSv/a (总和为 1.38mSv/a)
		控制室内操作	0.02	30min/人次			

由上表可见，每名辐射工作人员因本项目运行接受的年有效剂量值均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）的要求及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）的要求。

11.2.1.2 项目运行对公众人员所致有效剂量预测

医院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，公众成员不会进入控制区。由源项分析可知，最有可能受到本项目产生的辐射影响的是一楼核医学科上方、负一层核医学科周围逗留或者路过的其他工作人员及公众。

1、估算参数

（1）甲亢患者服药后在通道内逗留时长每人每次2分钟，则全年总时长为： $1000 \times 2 \div 60 = 33.3$ 小时（▲11关注点）；（2）正常情况下，甲亢患者服药后即离开核医学科，特殊情况下需要进入碘留观/抢救室处理，由医院反馈的信息可知，不会超过30%的患者需要处理（则保守按30%），每人每次在留观抢救室停留时长平均30分钟，则全年总时长为： $1000 \times 30\% \times 30 \div 60 = 150$ 小时（▲28关注点）；（3）SPECT待检人员注射后在通道内逗留时长每人每次2分钟，则全年总时长为： $7500 \times 2 \div 60 = 250$ 小时（▲22关注点）；（4）SPECT待检人员注射后平均每人每次在候诊室内逗留时长30分钟，则全年总时长为： $7500 \times 30 \div 60 = 3750$ 小时（▲29关注点）；（5）平均每人每次在SPECT/CT机房内逗留时长30分钟，则全年总时长为： $7500 \times 30 \div 60 = 3750$ 小时（▲21、▲31关注点）；（6）正常情况下，SPECT受检人员检查结束后即离开核医学科，特殊情况下需要进入留观/抢救室处理，由医院反馈的信息可知，不会超过30%的受检者需要处理（则保守按30%），每人每次在留观抢救室停留时长平均30分钟，则全年总时长为： $7500 \times 30\% \times 30 \div 60 = 1125$ 小时（▲30关注点）。

2、公众成员受照剂量估算结果

根据表11-5预测结果及以上参数，估算出公众成员受照剂量结果见表11-7。

表11-7 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 (μSv/h)	年照射时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
▲11	碘内走廊南侧墙外 30cm	0.64	33.3	1/8	2.66E-03
▲21	SPECT/CT 机房北侧墙外 30cm(汽车通道)	0.02	3750	1/8	9.38E-03
▲22	锝内走廊北侧墙外 30cm(医生办/阅片室内)	0.02	250	1	5.00E-03
▲28	一楼急诊科走廊(碘留观/抢救室上方)	0.04	150	1/8	7.50E-04
▲29	一楼急诊科走廊(锝注射后候诊室上方)	0.02	3750	1/8	9.38E-03
▲31	一楼急诊科走廊(SPECT/CT 机房上方)	0.01	3750	1/8	4.69E-03

从表11-7估算结果可知，在核医学科周围（含上层）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

本项目对放射性废水、放射性固体废物、放射性废气采取了一系列的治理措施。

放射性废水：本项目根据放射性废水所含核素的种类、半衰期、活度水平，建设了碘废水衰变系统，收集项目产生的含碘放射性废水，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，项目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）中相应要求。

放射性固体废物：本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：分装室内分装柜设置有通风橱，拟配风机风速不小于 0.5m/s，通风橱设置有单独的排风管道，排风口拟设置于核医学建筑楼屋顶；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、由于核医学科的放射性药物都是从相应部门进货，因此在运输过程中可能会发生货包的泄漏或丢失等事故。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、医院核医学科有专门的放射性物质储存房间，如果对放射性物质存放区的管理不善，发生放射物品失窃，将可能会造成放射性污染事故。

3、由于医生操作不慎，发生液态放射性药品（如 ^{131}I 放射性药品）试剂瓶打破而溅洒。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。

发生以上事故，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条规定，该院应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，以减轻事故危害后果。立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。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。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

医院成立了放射诊疗辐射安全与防护管理委员会（具体见附件 4），配备了相应成员，并规定了相应职能。其中主任委员为：覃天（院长）；副主任委员为：闭雄杰（副院长）、张施明（副院长）、黄进瑜（副院长兼大内科主任）；成员为谢正德（医务部副部长）、邝菁（医务部部长）等 19 位各相关科室负责人组成（具体见附件 4）。

规定了委员会的职责有：

1.制订本院放射诊疗辐射安全与防护工作的计划和总结，对辐射安全控制效果进行评议；定期对突发辐射事故应急预案、各辐射安全与防护制度进行修订并落实。

2.负责对全院放射诊疗辐射安全与防护工作进行监督，检查各种制度以及防护措施的贯彻落实情况。

3.负责放射诊疗辐射设备、场地的配置申请审批、建设规划和实施、诊疗项目的报批等手续办理。

4.负责本院放射人员的技术和健康档案管理。

5.组织实施放射人员关于放射诊疗辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识的培训、健康检查工作。

6.会同上级有关部门按有关规定调查和处理放射事故，并对有关责任人员提出处理意见。

7.定期召开委员会会议，审议放射诊疗辐射安全管理有关事项，部署工作任务。

8.制定放射事件应急预案并组织演练。

9.定期组织对放射诊疗工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查。

医院成立的放射诊疗辐射安全与防护管理委员会能满足医院辐射安全与防护要求，满足相关法律法规要求。

12.1.2 辐射工作人员配备情况

本项目规划配备 5 名辐射工作人员。

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

医院为加强以对放射性同位素安全和防护的监督管理，促进放射性同位素的安全应用，保证医疗质量和医疗安全，保障放射诊疗工作人员、患者和公众的人体健康，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。

本项目新建建成后，提出如下要求：

（1）补充完善项目使用的《操作规程》、相应的《岗位职责》，建立放射性核素使用管理台账制度和放射性废物管理台账。

（2）要求组织本项目所有新增的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，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，并按要求进行复训，同时应为辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康档案。

（3）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

根据国家相关法律法规要求，开展辐射工作的单位应当对其设备性能、工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测，以保障辐射工作的正常开展以及人员的健康和安全。医院需根据要求制定以下辐射监测计划。

12.3.1 个人剂量监测

医院应委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行监测，监测要求严格按照《职业性外照射个人监测规范》，并建立个人剂量记录及监测档案管理制度，对职业照射个人监测档案终生保存。

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 场所及环境辐射监测

医院应委托有资质的单位定期（每年常规监测一次）对设备使用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：

（1）监测布点：场所周围墙体、防护门等人员可达区域（包括上层相邻房间），建议操作表 11-5 中关注点来布设监测点位。

（2）监测项目：X- γ 辐射剂量率、表面污染。

（3）监测频次：每年不少于1次。

（4）监测仪器：监测委托有资质监测机构开展，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）其他：监测记录应清晰、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度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

医院核医学科所使用的放射性药品的工作场所为乙级场所，根据国家环保总局《关于发布放射源分类办法的公告》乙级非密封源工作场所的安全管理参照II类放射源。

12.4.1 应急组织与职责

医院制定了《辐射事故应急预案》（见附件5），预案中成立了以分管医技副院长为组长的辐射事故应急处理领导小组。预案规定了领导小组相应的职责包括：

（1）负责监督检查辐射安全工作防止辐射事故的发生；

（2）负责组织辐射事故应急准备工作，调度人员、设备、物资等，指挥相关成员迅速

赶赴现场开展工作；

(3)负责对辐射事故现场进行组织协调，指挥应急救援行动；

(4)负责组织做好善后处理工作及总结分析，提出整改措施并组织落实；

(5)负责组织开展辐射事故应急演练等。

12.4.2 事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定，医院制定了《辐射事故应急预案》（详见附件5），医院辐射事故应急预案包括以下内容：（1）目的与依据；（2）适用范围；（3）组织机构和职责；（4）辐射事故分级；（5）应急处理程序；（6）预防与控制；（7）辐射事故应急准备。

医院辐射事故应急预案中给出了具体的应急处理程序，具有较好的针对性和可操作性。一旦发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的辐射事故应急处理预案，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

但该预案中关于核医学科相关内容不够明确，建议医院在办理本项目辐射安全许可证前尽快修订完善应急预案，并加强辐射事故应急方面的培训，加强应急演练，维持应急物资，并不断总结修改完善预案内容。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 工程项目概况

广西科技大学第一附属医院位于柳州市柳北区跃进路124号，本项目建设内容为：在医院医技综合楼负一层东侧新建核医学科工作场所，配备1台SPECT/CT（属于III类射线装置），利用^{99m}Tc（钼铯发生器淋洗得到或者直接购买）开展影像检查，使用¹³¹I开展“甲亢”治疗及甲功测定医学诊治项目，规划为乙级非密封源工作场所。

13.1.2 项目可行性分析结论

（1）代价利益分析

医院核医学科核技术应用项目目的在于开展核医学放射诊疗工作，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，医院新建核医学科核技术应用项目符合《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。

（2）产业政策符合性

项目属于《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）中第一类 鼓励类第六项核能的第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家产业政策。

（3）选址合理性分析

核医学科建于医院医技综合楼负一层东侧，属于相对独立区域，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。

13.1.3 辐射安全与防护分析结论

医院严格按设计要求建造项目用房及防护门、观察窗、分装柜等防护措施，预计其防护能力均可满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中关于周围剂量当

量率的相关要求，满足辐射防护的要求。

13.1.4 环境影响分析结论

(1) 辐射环境现状分析

医院核医学科核技术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

根据本报告表11环境影响分析对本次核技术利用项目对周边环境评价范围保护目标及人员的辐射影响分析可知，在正常情况下，项目对周围环境中的工作人员和公众的辐射影响均能满足本报告提出的年剂量约束值：工作人员有效剂量约束值不超过5mSv/a，公众有效剂量约束值不超过0.1mSv/a，同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求。本项目正常运行后产生的辐射影响满足标准要求，对人员产生的辐射影响较小。

(3) 放射性三废处理措施评价

①废气。拟建的核医学科核技术应用项目产生的放射性废气采取独立的排放管道引至楼顶，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；分装室内分装柜通风橱设置有单独的排风管道，通风橱通风速率不小于0.5m/s；排气管出口高度高于所在楼楼顶，核医学科废气设活性炭净化过滤装置，更换下来的废活性炭按放射性固体废物处理，满足《核医学辐射防护与安全要求》（111188-2021）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的相关要求。

②废水。拟设置2套放射性废液衰变池，分别收集诊断项目废水及治疗项目废水，预计能满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中排放要求。

③固废。本项目核医学科废气排放口产生的废活性炭以及核医学科产生的其他受放射性污染物品作为放射性固体废物，放射性固体废物暂存一定时间，经监测满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）要求后，按医疗废物处理，不会对周围环境产生污染；不能清洁解控的放射性废物送有资质机构处理；报废放射源送原厂家处理。

13.1.5 辐射安全管理分析结论

(1) 管理机构：医院为了加强医院环境保护工作领导，规范医院射线装置与放射性同位素应用项目辐射安全及管理，成立了放射诊疗辐射安全与防护管理委员会、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。

综上所述，广西科技大学第一附属医院核医学科核技术应用项目，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，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。
- 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、尽快修订完善辐射事故应急预案，并加强应急演练。
- 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》（环保部 18 号令）要求开展个人剂量监测、工作场所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、尽快完善应急预案，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