

核技术利用建设项目

2020 年新建核医学科核技术应用项目

环境影响报告表

(公示本)

建设单位：梧州市红十字会医院

环评单位：江西省核工业地质局测试研究中心

二〇二〇年八月

环境保护部监制

表 1 项目基本情况

建设项目名称		2020 年新建核医学科核技术应用项目				
建设单位		梧州市红十字会医院				
法人代表		***	联系人	***	联系电话	***
注册地址		梧州市万秀区新兴一路 3-1 号				
项目建设地点		梧州市红十字会医院 3 号楼负一层				
立项审批部门			批准文号			
建设项目总投资 (万元)		***	项目环保投资 (万元)	***	投资比例 (环保投资/总投资)	***
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)	建筑面积约 400m ²
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类			
	其他					

1.1 建设单位概述

梧州市红十字会医院创建于 1911 年，是全国最早建设的红十字会医院之一。目前是梧州市规模宏大、环境优雅、管理规范、综合实力雄厚，集医疗、科研、教学、预防、保健、康复为一体的三级甲等综合公立医院，医疗服务覆盖桂东南以及粤西地区。

医院现有在职职工 1859 人，其中卫生技术人员 1467 人，高级职称人员 341 人，是梧州市卫生健康系统人员规模、高级职称人数占有量最多的医院。医院现有编制床位 1200 张，设置临床专科 40 余个、医技科室近 20 个。其中急诊科、神经内科、妇科、康复医学科、口腔科是自治区重点建设专科，重症医学科是广西医疗卫生重点学科，麻醉科是广西医疗卫生重点培育学科，自治区级重点专科的数量及排名居梧州市卫生健康系统首位；神经外科、骨

科、肿瘤科、重症医学科、医学检验科、医学影像科是梧州市 I 类临床重点专科，鼻咽癌病因学及分子机理重点实验室是梧州市卫生健康系统唯一的重点实验室。

1.2 建设项目概述

随着医院医疗改革的逐步推进，医院各科室技术力量逐步增强，业务水平不断提高，业务范围进一步扩大。为满足临床医疗与科研教学的不断发展需要，医院拟在医院 3 号楼负一层新建核医学科场所，使用钼铈发生器淋洗 ^{99m}Tc 开展 SPECT/CT 影像检查，使用 ^{131}I 治疗“甲亢”、使用 ^{89}Sr 治疗肿瘤等业务。

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。核医学科场所拟建场地现场照片见图 1-1。



图 1-1 核医学科场所拟建场地现场照片

1.3 现有工程回顾

经梧州市红十字会医院核实，医院取得了由自治区生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证号为桂环辐证[D0136]，许可范围及内容为：使用 II 类及 III 类射线装置，使用 III 类密封放射源，乙级非密封放射性物质工作场所（许可证见附件 5）。

在历年运行过程中，医院严格遵守了《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，配合各级生态环境部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

①医院制定了辐射防护和安全管理相关规章制度，其中包括《操作规程》、《射线装置使用登记制度》、《安全与防护设施检查与维护制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射源安全管理制度》等规章制度，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，医院成立了放射防护管理小组，明确辐射防护责任，并加强了对射线装置与放射性同位素的监督和管理。

③医院辐射工作人员定期参加了生态环境部门组织的上岗培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，提高守法和自我防护意识。

④辐射工作期间，辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立剂量健康档案并存档。医院近年来委托了广西疾病预防控制中心对辐射工作人员开展个人剂量监测工作。

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。

⑥医院近年来委托广西壮族自治区辐射环境监督管理站对医院辐射工作场所开展辐射监测，并按照有关规定每年向生态部门提交年度安全评估报告。

1.4 任务由来

因 2020 年新建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》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2018 年版）等相关法规的规定，该项目必须编制辐射环境影响报告表，办理辐射环境影响评价审批手续。为保护环境，保障公众健康，医院委托江西省核工业地质局测试研究中心对该 2020 年新建核医学科核技术应用项目进行辐射环境影响评价。

环评单位在现场调查和类比分析的基础上，按照国家有关建设项目辐射环境影响报告表的内容和格式，编制该梧州市红十字会医院 2020 年新建核医学科核技术应用项目辐射环境影响报告表。

本次环评核医学科项目规模为：乙级非密封放射性工作场所 1 处及 III 类射线装置 1 台。核医学科项目具体建设内容为：在核医学科申请使用 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器淋洗的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 开展 SPECT/CT 检查项目，配备一套单光子发射型计算机断层仪（简称 SPECT/CT，属于 III 类射

线装置)，使用 ^{131}I 治疗“甲亢”、使用 ^{89}Sr 治疗肿瘤等业务。

1.5 周边保护目标以及场址选址等情况

梧州市红十字会医院位于梧州市万秀区新兴一路 3-1 号，医院地理位置图见图 1-2，医院总平面布置图见图 1-3，本项目平面布置见图 1-4，所在建筑物四至图见图 1-5。

(1) 本项目所在建筑物外环境关系

本项目建设地点在医院 3 号楼负一层，3 号楼周围 50m 范围内，东侧为居民楼，南侧为 1 号楼、2 号楼，西侧为 5 号楼，北侧为新兴一路、中国人民保险公司业务楼。

(2) 核医学场所周围环境关系

本项目建设地点在医院 3 号楼负一层，属于独立区域，场所边界外无其他建筑，拟建场所上方为 3 号楼 1 楼用房（门诊办卡收费处、西药房、大厅），下方无负二层。

(3) 选址合理性分析

核医学科使用的非密封放射性物质在高活区内完成，用房设置防护铅门及防护墙体，在门口设置电离辐射警告标志，将核医学用房划分为控制区，无关人员不得进入。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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)关于“源物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定，对其它源的选址未作明文规定。本项目在正常运行和事故工况下，均不会造成大量放射性物质释放。

因此，本项目选址是合理可行的。

(4) 周边保护目标

本项目场所周围 50m 范围内，东侧为部分居民楼、北侧为市政道路及中国人保业务楼，南侧、西侧为医院内部区域。因此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、东侧部分居民楼及北侧中国人保业务楼的公众、评价范围内逗留或经过的公众成员。



图 1-3 医院总平面布置图

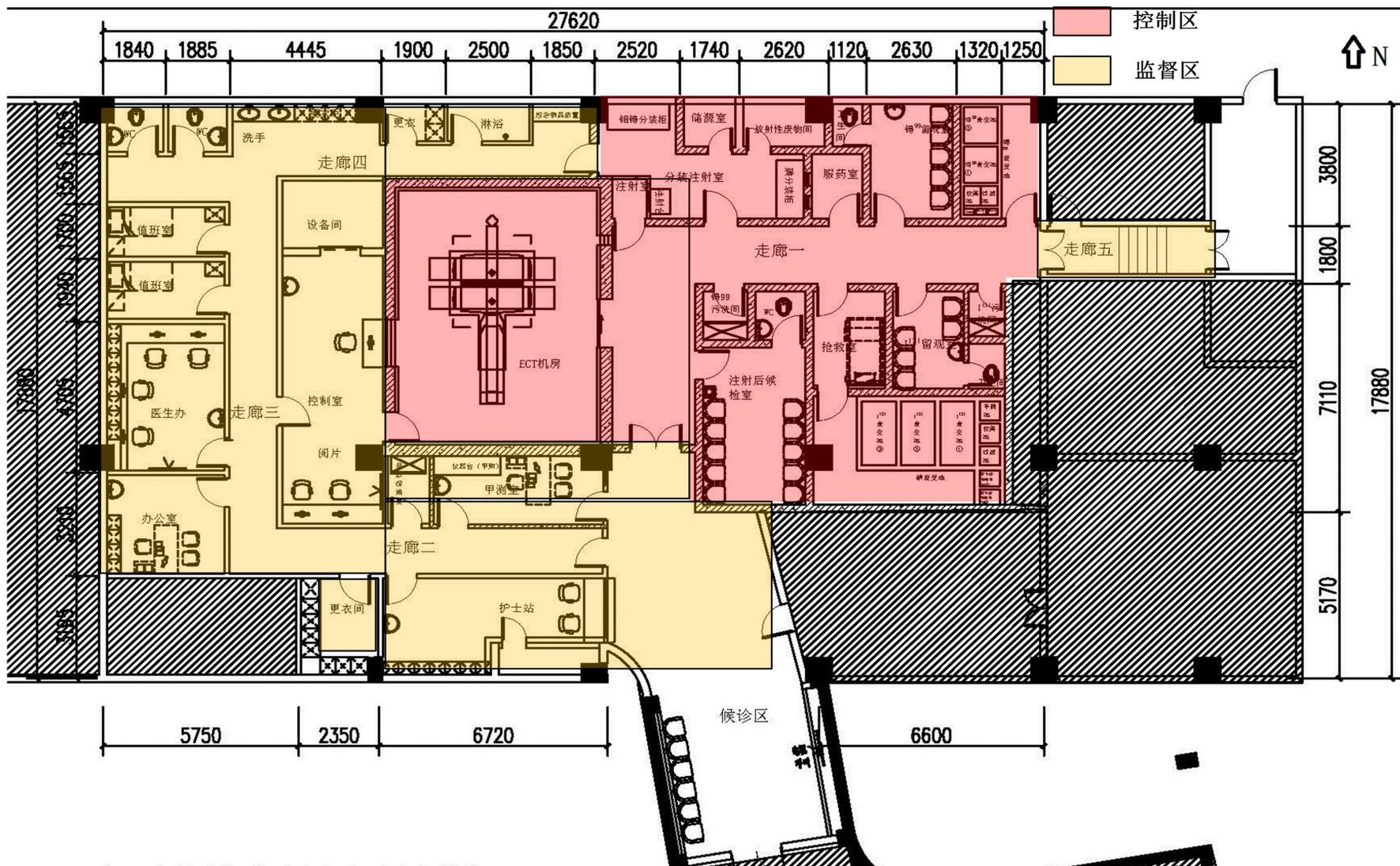


图 1-4 核医学科用房平面布置图

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
--	--	--	--	--	--	--	--	--

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	叠加日等效最大操作量 (Bq)	场所分级	使用场所	贮存方式与地点
1	¹³¹ I	液态	使用	1.85×10^{10}	1.85×10^9	4.44×10^{11}	“甲测”、“甲亢”治疗	简单	1.9832×10^9	乙级	3号楼负一楼核医学科	根据需要订购，暂存于核医学科分装室分装柜中。
2	⁹⁹ Mo	液态	使用	2.96×10^{10}	2.96×10^7	7.4×10^{12}	淋洗得到 ^{99m} Tc	贮存				
3	^{99m} Tc	液态	使用	2.96×10^{10}	2.96×10^7	7.4×10^{12}	SPECT/CT 扫描	很简单				
4	⁸⁹ Sr	液态	使用	7.4×10^8	7.4×10^7	3.7×10^{10}	放射治疗	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	1	待定	140	450	放射诊断	3号楼负一楼核医学科 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 、 ^{89}Sr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	/	9m ³	108m ³	总 α <1Bq/L 总 β <10Bq/L	核医学科 废水衰变池暂存	符合GB18871-2002 中低放废水排放条件后，排入医院废水处理系统。
粘有放射性药品的一次性物品	固态	^{131}I 、 ^{89}Sr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	/	5kg	60kg	满足 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 对应的清洁解控推荐水平后方可按一般医疗废物处置。	集中收集于废物桶后按日期存于放射性固体废物储存室内衰变。	废物储存衰变至不属于放射性废物时按医院医疗废物处置。

注：（1）废放射源是指不打算用于其初始目的的密封放射源；（2）该医院目前没有废放射源。

表 6 评价依据

法规 文件	<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》，自 2003 年 9 月 1 日起施行，根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》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 年发布，2003 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 682 号，2017 年修改，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》（国务院第 449 号令，于 2005 年 9 月 14 日公布，自 2005 年 12 月 1 日起施行；国务院于 2014 年 7 月 29 日发布《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国令第 653 号），其中对本条例部分条款进行了修改；国务院于 2019 年 3 月 18 日发布《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国令第 709 号），其中对本条例部分条款进行了修改）；</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》国家环境保护总局令 第 31 号，2019 年 8 月 22 日修订版；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2018 年修订版）；</p> <p>(9) 《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年 第 62 号）；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（国家环保总局，环发[2006]145 号）；</p> <p>(11) 《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》（2018 年修订版）。</p>
----------	---

<p>技术标准</p>	<p>(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》，HJ 10.1-2016，环境保护部。</p> <p>(2)《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93)；</p> <p>(3)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)；</p> <p>(4)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(5)《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ 120-2006)；</p> <p>(6)《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环评委托书，见附件 1；</p> <p>(2) 现状监测报告，见附件 2；</p> <p>(3) 类比监测报告等，见附件 3~附件 8。</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，结合《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 的相关规定，确定以医院核医学科应用项目场所及周围相邻房屋作为本项目的的评价范围，具体范围为以核医学科场所外边界为起点 50m 范围内。

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，医院内的其他非辐射工作人员和公众成员，使他们受到的辐射照射低于各自的辐射照射管理约束值。

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

环境保护对象		相对方位	规模	距离	年剂量管理约束值
职业人员	核医学科辐射工作人员	核医学科内部	6 人	/	5mSv
公众成员	3号楼（14F）医院工作人员	核医学科用房上层	约 350 人	0-50m	0.25mSv
	1号楼（25F）医院工作人员	核医学科南侧	约 850 人	50m 内	
	2号楼（9F）医院工作人员	核医学科南侧	约 200 人	50m 内	
	5号楼（11F）医院工作人员	核医学科西侧	约 150 人	50m 内	
	东侧居民房常住公众	核医学科东侧	约 100 人	50m 内	
	评价范围内逗留的其他公众	核医学科周围	流动人口	50m 内	

7.3 评价标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

该标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。《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；本次评价从辐射防护最优化原则出发，使职业人员尽量避免不必要的附加剂量照射，取其四分之一即 5mSv 作为职业人员的年剂量管理约束值。

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；本评价取其四分之一即 0.25mSv 作为公众成员年剂量管理约束值。

该标准关于表面放射性污染的控制规定：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）规定的限制要求，具体见表 2-1。

该标准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 2-2。

表 2-1 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。		

表 2-2 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	>4×10 ⁹
乙	2×10 ⁷ ~4×10 ⁹
丙	豁免活度值以上~2×10 ⁷

该标准对放射性物质向环境排放的控制规定。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10ALImin(ALImin是相应于职业照射的食入和吸入ALI值中的较小者，其具体数值可按B1.3.4和B1.3.5条的规定获得)；

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

(2)《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)

本标准适用于临床核医学应用放射性核素和药物进行诊断和治疗(不包括敷贴治疗)的单位和工作人员。

第4.2款中规定：为便于操作，针对临床核医学实践的具体情况，可以依据计划操作最大量放射性核素的加权活度，把工作场所分为I、II、III等三类。

第4.4款中规定，对划分为I、II、III等三类核医学工作场所室内表面及装备结果的基本防护要求。

第4.5款 合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速(一般风速不小于1m/s)，排气口应高于本建筑屋脊，并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置，排除空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。

第4.6款 凡I类工作场所和开展放射性药物治疗的单位应设有放射性污水池，以存放放射性污水直至符合排放要求时方可排放。废原液和高污染的放射性废液应专门收集存放。

第4.7款 临床核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器，容器上应有放射性标志。放射性废物应按长半衰期和短半衰期分别收集，并给予适当屏蔽。固体废物如污染的针头、注射器和破碎的玻璃器皿等应贮于不泄漏、较牢固、并有合适屏蔽的容器内。放射性废物应及时按GBZ133进行处理。

第4.8款 临床核医学诊断及治疗用工作场所(包括通道)应注意合理安排与布局。其布局应有助于实施工作程序，如一端为放射性物质贮存室，依次为给药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且应避免无关人员通过。

(3)《医用放射性废物管理卫生防护标准》(GBZ133-2009)

本标准规定了对医用放射性废物管理的基本防护、液体废物、固体废物、气载废物、含放射性核素尸体的卫生防护管理要求及废物管理制度。

本标准适用于医学实践中所产生的含有放射性核素或被放射性核素所污染且不再利用的废弃物即医用放射性废物的管理。

5 液体废物的管理

5.1 放射性废液

5.1.1 使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防渗透措施。

5.1.3 经审管部门确认的下列低放废液可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道；每月排放总活度或每一次排放活度不超过 GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限制要求，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应做记录并存档。

5.2 注射或服用过放射性药物的患者排泄物

5.2.1 使用放射性药物治疗患者的临床核医学单位，应为住院患者治疗提供有防护标志的专用厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理。规定患者住院治疗期间不得使用其他厕所。

5.2.2 专用厕所应具备时患者排泄物迅速全部冲洗入专用化粪池的条件，而且随时保持便池周围清洁；

5.2.3 专用化粪池内排泄物在贮存衰变后，经审管部门核准方可排入下水道系统。池内沉渣如难于排出，可进行酸化预处理后再排入下水道系统。

5.2.4 对不可设置专用厕所和专用化粪池的单位，应为注射或服用放射性药物（如 ^{131}I 、 ^{32}P 等）的住院患者提供具有辐射防护性能的尿液、粪便收集器和呕吐物收集器。收集器内的排泄物在贮存衰变后，经审管部门批准可作免管废物处理。

5.2.5 收集含 ^{131}I 排泄物时，应同时加入 NaOH 或 10%KI 溶液后密闭存放待处理。

5.2.6 对含有放射性核素的实验动物排泄物，如本单位不具备专用化粪池，可以按照 5.2.4 处理。

5.2.7 对同时含有病原体的患者排泄物应使用专用容器单独收集，在贮放衰变、杀菌

和消毒处理后，经审管部门批准可排入下水道系统。

5.2.8 符合下列条件之一的病人排泄物不需要统一管理：

- a) 注射或服用放射性药物的门诊患者排泄物；
- b) 符合出院条件的病人排泄物。

6 固体废物管理

6.1 废物收集

6.1.1 按第 4.2 条放射性废物分类和废物的可燃和不可燃、可压实与不可压实、有无病原体毒性，分开收集废物。

6.1.2 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。污物桶放置点应避开工作人员工作和经常走动的区域。

6.1.3 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送贮存室，并放入专用容器中贮存。

6.1.5 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。

7 气载废物的管理

7.1 操作放射性碘化物等具有挥发性的放射性物质时，应在备有活性炭过滤或其他专用过滤装置的通风橱内进行。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

1、辐射环境现状监测

医院2020年新建核医学科核技术应用项目场址辐射环境质量现状水平采用现场监测的方法进行调查。

(1) 监测目的

掌握该医院2020年新建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) 监测内容

根据污染因子分析，评价单位委托有资质机构对本项目拟建场址周围进行辐射剂量率水平监测，监测报告见附件2。

(3) 监测点位

对项目场址，根据现场条件，合理布点，现状监测布点图见图8-1、图8-2。

(4) 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 监测项目、监测仪器及监测方法

监测项目	X-γ辐射剂量率
仪器名称	便携式 X-γ剂量率仪
仪器型号	ESM FH40G+FHZ 672 E-10
出厂编号	031562+11311
生产厂家	Thermo 公司
能量响应	40keV~4.4MeV
量 程	1nSv/h~100μSv/h
检定证书及 检定单位	检定证书编号：DLjl2019-00802（检定单位：中国计量科学研究院），有效期：2019年11月20日~2020年11月19日。
监测规范	《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）。

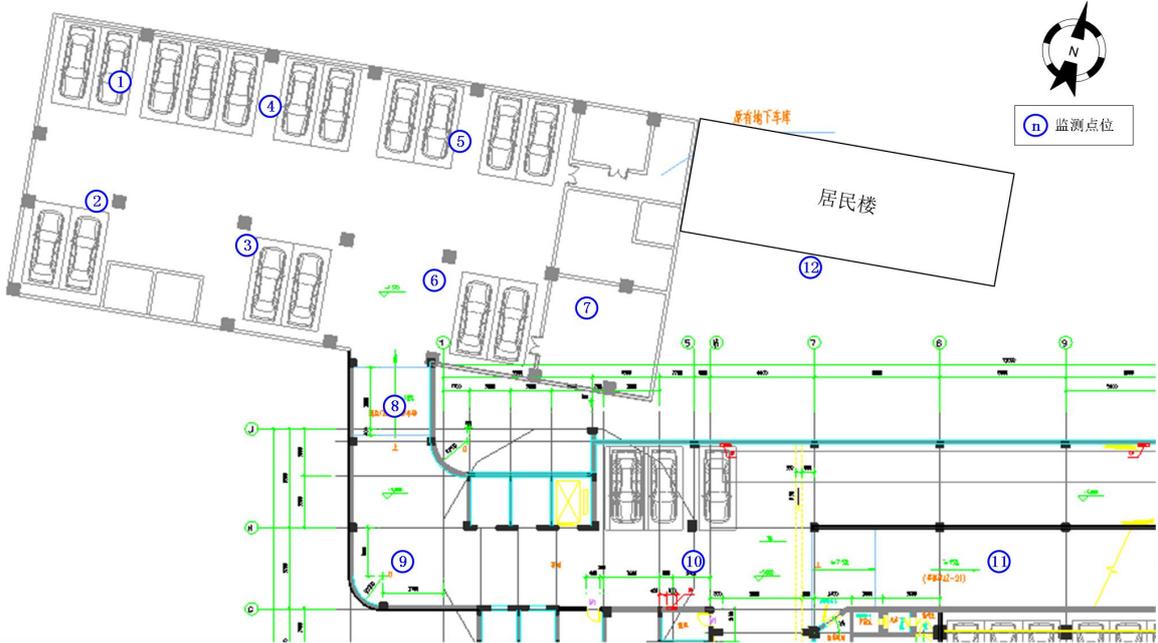


图 8-1 医院 2020 年新建核医学科核技术应用项目拟建场所现状监测点位图（一）



图 8-2 医院 2020 年新建核医学科核技术应用项目拟建场所现状监测点位图（二）

(5) 质量保证措施

①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；

②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；

③经常参加上级技术部门及兄弟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；

④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，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

(6) 监测结果

监测单位于2020年3月12日对医院2020年新建核医学科核技术应用项目场所及周围环境进行辐射监测，监测结果见表8-2。

表 8-2 医院 2020 年新建核医学科核技术应用项目拟建场地周围环境现状监测结果

点位	点位描述	γ辐射空气吸收剂量率 (单位: nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
①	拟建场所区域 1#	117	1.4	3 号楼负一层
②	拟建场所区域 2#	115	1.0	
③	拟建场所区域 3#	119	1.2	
④	拟建场所区域 4#	114	1.0	
⑤	拟建场所区域 5#	116	1.0	
⑥	拟建场所区域 6#	115	1.4	
⑦	拟建场所区域 7# (衰变池区域)	134	1.2	
⑧	拟建场所区域 8#	119	1.3	
⑨	拟建场所区域 9#	81	1.0	
⑩	拟建场所区域 10#	94	1.0	
⑪	拟建场所区域 11# (负一层入口)	108	1.3	
⑫	3 号楼东侧居民楼前 (医院围墙内)	107	0.7	室外地面
⑬	3 号楼南侧 1 号楼前	110	0.6	
⑭	3 号楼南侧 2 号楼前	111	1.4	
⑮	3 号楼西侧 5 号楼前球场	116	1.2	
⑯	拟建场所区域正上方 (大厅) 1#	127	1.0	
⑰	拟建场所区域正上方 (大厅) 2#	126	1.0	
⑱	3 号楼北侧 3 号楼前人行道	129	0.7	
⑲	3 号楼北侧马路对面人行道	122	1.4	
测值范围		81~134	/	/

*注：监测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应。

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81~134nGy/h，室外地面测点 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为107~129nGy/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，室内 γ 辐射剂量率范围在11.0~304.3nGy/h内。可见，本项目建设场址各监测点位 γ 辐射剂量率在其范围内，辐射环境质量状况未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 项目基本情况

本次环评核医学科项目规模为：乙级非密封放射性工作场所 1 处、III类射线装置 1 台。核医学科项目具体建设内容为：在核医学科申请使用 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器淋洗的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 开展 SPECT/CT 检查项目，配备一套单光子发射型计算机断层仪（简称 SPECT/CT，属于 III 类射线装置），使用 ^{131}I 治疗“甲亢”、使用 ^{89}Sr 治疗肿瘤等业务。

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

1、 ^{131}I 应用项目

医院核医学科 ^{131}I 日规划最大操作量为 $1.85 \times 10^{10}\text{Bq}$ （500mCi），规划年操作量为 $4.44 \times 10^{11}\text{Bq}$ （12Ci）。使用 ^{131}I -NaI 供患者口服用以检查甲状腺功能及“甲亢”治疗。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等项目的检查，确定每一病人的服用量后，进行服药治疗。供治疗用的碘 [^{131}I] 化钠口服溶液订购回来后即储存在核医学科分装室分装柜中。病人服药前，需由核医学科工作人员对当时碘 [^{131}I] 化钠口服溶液的 ^{131}I 活度进行测量或根据出厂活度及时间进行计算，在分装柜中对碘 [^{131}I] 化钠口服溶液进行稀释，根据治疗单中每一病人的治疗量进行分装。

规划 ^{131}I 治疗“甲亢”的病人量为 1200 人次/年， ^{131}I 治疗“甲亢”患者一般服用 6~10mCi 不等，以平均每人服 8mCi 计；甲状腺功能检查患者服用 ^{131}I -NaI 量很小，一般为 $2\mu\text{Ci}$ ，相对与治疗用量可忽略不计。因此，本评价重点以评价 ^{131}I 治疗“甲亢”活动。

2、SPECT/CT 应用项目

该院核医学科拟用于 SPECT/CT 检查的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 由 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器中淋洗得到或直接购置，该院的 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器拟从放射药品生产厂家订购，由生产厂家发货至医院。 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器及 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 规划年操作量均为 $7.4 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，日最大操作量均为 $2.96 \times 10^{10}\text{Bq}$ 。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的淋洗、标定及注射由核医学科专职医护人员负责，在分装室通风柜内从 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器中淋洗出 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，分装、标定后用转移至注射台，由护士根据检查内容的不同给等待进行 SPECT/CT 诊断的人员注射经活度标定的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记物。待检人员注

射后根据检查项目的不同，等候相应时间后进入机房进行 SPECT/CT 扫描检查。

注射放射性药物用的一次性注射器、棉签、医护人员操作时所戴手套等固体废物，收集于放射性废物箱中。收集一定量后送至固体废物衰变室内保存衰变。

3、⁸⁹Sr 治疗转移性骨肿瘤项目

⁸⁹Sr 药品一般按需订购，购置回来的药品将暂存在核医学科分装柜中。工作人员将 ⁸⁹Sr 药品注射给病人后，门诊病人一般情况即通过病人专用通道离开医院。⁸⁹Sr 放射药品使用项目所需的放射性药品均根据病人的需要量在使用前从生产厂家订购。由核医学科医生根据病人的病情确定使用的放射性核素及活度对病人进行核素治疗。

⁸⁹Sr 的规划最大日操作量为 $7.40 \times 10^8 \text{Bq}$ (20mCi)，全年规划最大使用量为 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ (1Ci)。

9.2 使用（操作）流程

1、¹³¹I 应用项目

(1) 诊断：①病人服药 $2\mu\text{Ci}$ 的 ¹³¹I-NaI 口服液；②甲状腺摄碘率测量；③根据病人甲状腺摄碘率及其它相关资料，确定病人服 ¹³¹I-NaI 的治疗量。

(2) 治疗：①计算或测定所贮存的 ¹³¹I-NaI 溶液活度；②根据每一病人的治疗量稀释分装 ¹³¹I-NaI；③病人服药；④门诊病人通过病人通道离开医院。

2、SPECT/CT 应用项目

先在分装柜内使用 ⁹⁹Mo-^{99m}Tc 发生器淋洗出 ^{99m}Tc，淋洗时先打开 ⁹⁹Mo-^{99m}Tc 发生器顶部的铅屏蔽盖，在发生器的一端插上生理盐水瓶作淋洗液，另一端插上真空瓶，由于负压作用，即能定量淋洗出 ^{99m}Tc 标记的溶液。淋洗出的 ^{99m}Tc 经标记、分装，由医护人员给病人直接静脉注射，注射量依检查项目的不同而不同，注射后等待相应的时间，由医技人员为检查病人摆位，医生操作 SPECT/CT 进行扫描检查。

3、⁸⁹Sr 治疗转移性骨肿瘤项目

用于治疗的 ⁸⁹Sr 是直接进行静脉注射的放射性液体，每份用于治疗放射性液体由供应商事先分装，预约病人后发货，治疗时不需再分装。到货后即给病人注射治疗。

9.2.1 性能参数

本项目中，该项目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	半衰期	衰变类型	毒性	主要射线能量 (MeV)
^{131}I	8.04d	β -(100%)	中毒	β : 0.606 γ : 0.364
^{99}Mo	2.75d	β -(100%)	中毒	β : 1.215 γ : 0.740
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	IT(100%)	低毒	γ : 0.141
^{89}Sr	50.5d	β -(100%)	中毒	β : 1.46

9.3 工作原理

1、 ^{131}I 治疗“甲亢”

当距辐射源的距离增大，来自源的辐射强度随距离平方值增长而减小。这个原理通过辐射源的安放位置可以应用，这就是将放射源“放”在病变细胞靠近处，这些细胞因此得到高的辐射剂量，而在比较远处的正常细胞得到较低的不太会引起损伤的剂量。甲状腺具有高度选择性摄取 ^{131}I 的功能，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多。

^{131}I 在甲状腺内停留的时间较长，在甲亢患者甲状腺内的有效半衰期约 3~5 天。 ^{131}I 衰变时主要发射 β 粒子，且射程短，仅约 2~3mm，对周围正常组织一般无影响。因此，大剂量 ^{131}I 进入功能亢进的甲状腺组织，这些组织在 β 粒子集中且较长时间的作用下将遭受部分抑制或破坏取得类似部分切除甲状腺的效果，达到治疗甲亢的目的。

2、SPECT/CT 应用项目

SPECT 是单光子发射型计算机断层仪的英文缩写，SPECT 检查采用某种放射性核素或其标记物作为示踪剂，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 SPECT 来探测这种放射性核素发射的 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。而血流、功能和代谢的异常，常是疾病的早期变化，出现在形态结构发生改变之前。因此，SPECT放射性核素显像有助于疾病的早期诊断。

CT是计算机断层扫描，英文computed tomography的缩写。CT是利用X射线对人体选定的断层层面进行照射，通过测定透过的X线量，获得断层图像的一种成像装置。检查过程中，X线球管及检测器不间断地进行扫描和数据采集。它可以清晰地显示人体的断层影像，准确描述病变（如肿瘤）的大小、位置、形态等解剖学特征；但仅靠病变的解剖学特征诊断疾病有一定的局限性，有些病灶性质CT难以做出准确的判断。

SPECT/CT是单光子发射型计算机断层仪与计算机断层摄影同机融合显像系统，是将SPECT和CT两个设备有机地结合在一起，使用同一个检查床和同一个图像处理工作站。SPECT/CT同时具有SPECT和CT的功能，但它绝不是二者功能的简单叠加，由于SPECT与CT优势互补， $1+1>2$ 。SPECT/CT中的SPECT通过定性和定量分析，能提供有价值的功能和代谢方面的信息；同时，SPECT/CT中的CT提供像地图一样的解剖信息；SPECT和CT的融合图像如同路标，能帮助确定和查找肿瘤的精确位置。为此，SPECT/CT不仅在对疾病的诊断、治疗计划的制订和疗效的监控等方面具有SPECT/CT的优势，具备SPECT和CT各自的功能，还独具融合图像的功能，可将SPECT图像与CT图像融合，可以同时反映病灶的病理生理变化及形态结构，其检查结果较单独的SPECT或CT有更高的准确性，特别是显著提高了对小病变的诊断能力，使对肿瘤的诊断和治疗迈上了一个新台阶。

3、 ^{89}Sr 治疗项目

几乎所有恶性肿瘤都可能发生骨转移，静脉注射趋骨性放射性药物如 $^{89}\text{SrCl}_2$ 、 ^{32}P -磷酸盐、 ^{153}Sm 等，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 粒子，对病变进行集中照射，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，其有效射程很短，因而邻近正常组织和全身辐射吸收剂量很低，从而达到止痛和破坏肿瘤的目的。

^{89}Sr 是 β 射线体，物理半衰期为 50.6 天， β 粒子的最大能量为 1.46MeV，在骨组织内的射程为 3mm，在病灶骨中的浓聚能保持很长时间。在转移灶的摄取高于正常骨 2-25 倍，这样，对病灶骨就有足够的照射剂量，而对病灶骨以外、周围的正常组织照射很少，不致引起不可逆的骨髓损伤。

9.4 污染因子

1、 ^{131}I 治疗“甲亢”项目

该院核医学科治疗“甲亢”使用 $^{131}\text{I-NaI}$ 液体经稀释后供病人口服的方法，属于简单的湿法操作，患者服药后，甲亢病人服用 ^{131}I 后一般情况即通过病人专用通道离开医院，如病人行动不便或其它特殊原因可回到专用甲亢病房住院观察。

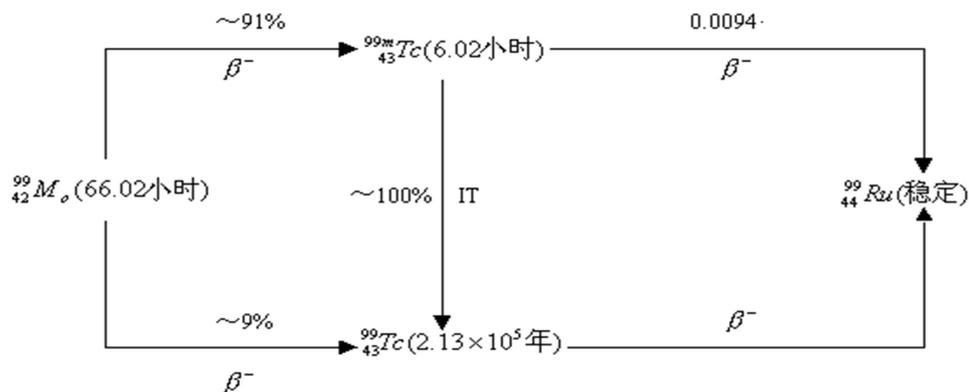
^{131}I 治疗对工作环境造成的影响主要在稀释分装操作中、服侍病人服药时 ^{131}I 对工作人员的 γ 外照射及对操作台面、地面等造成的表面污染。

^{131}I 治疗对环境潜在影响最大的是放射性废液，包括购置回来未用完的 ^{131}I 残液、病人的排泄物等。固态放射性废物主要是医生操作戴的手套、病人服用的一次性纸杯等。

由于 ^{131}I 发生 β 衰变时伴随发射 0.364MeV 的 γ 射线。因此， γ 射线是该项目的主要污染因子。另外，还有 β 射线、废液、废水和固体废弃物中的 ^{131}I 。

2、用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 作标记物的 SPECT/CT 检查

^{99}Mo 的衰变方式是 β^- ，衰变时除发射 β 射线外还发射 γ 射线， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的主要衰变方式是同质异能跃迁，同时发射 γ 射线，下面列出其衰变的详细过程：



由此可见，用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 作 SPECT 标记物对工作环境造成的影响主要是 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器本身，洗脱出来的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记溶液和注射标记液后的病人对工作人员的 γ 外照射， $^{99\text{m}}\text{Tc}$

洗脱液操作过程中对工作台面、地面等造成表面污染。

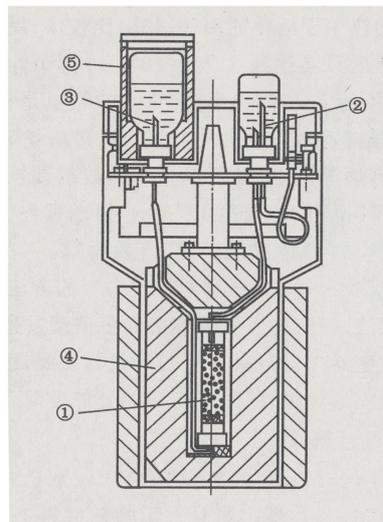
对环境潜在影响最大的是 SPECT 使用过程中产生的放射性废液，包括洗脱出来未用完的残液，病人排泄物等。固态放射性废物主要是旧的 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器、一次性注射器、医生操作戴的手套等，旧的钼-锝柱由供源厂家回收，不会进入环境。

^{99}Mo 及其衰变产物 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{99}Tc 等均为非挥发性物质，洗脱过程在密闭发生器中负压条件下进行（ ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器实物及 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器结构图见图 9-1）。

洗脱一次的时间仅需 3 分钟左右，无溶液的挥发，因此，无放射性气体污染。但是放射性药物的分装、取药可能存在洒出污染危险，为安全起见，洗脱操作通常都在通风柜内进行。

此外，SPECT/CT 所带 CT 运行时会产生 X 射线。

因此，用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记 SPECT/CT 项目污染因子是： γ 射线、X 射线、 β 射线、废液、废水和固体废弃物中的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 。



1. (吸附 ^{99}Mo 的) 色谱柱
2. 双针插座 (插盐水瓶)
3. 单针插座 (插真空瓶);
4. 铅屏蔽体; 5. 铅防护容器

图 9-1 ^{99}Mo — $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器实物图及内部结构图

3、 ^{89}Sr 治疗转移性骨肿瘤项目

^{89}Sr 的半衰期为 50.5 天，是纯 β 射线体，发射最大能量为 1.46MeV 的 β 射线。不伴 γ 射线，其发射的 β 射线能量较高，在骨组织内的射程为 3mm。

能量较高的 β 射线被源周围重元素材料物质阻止时，会产生轫致辐射，即产生 X 射

线。用于治疗的 $^{89}\text{SrCl}_2$ 是直接进行注射，每份用于治疗的放射性液体由供应商事先分装，预约病人后发货，治疗时不需再分装，可门诊治疗。

$^{89}\text{SrCl}_2$ 治疗对工作环境造成的影响主要是注射过程中对操作台面、地面可能造成的 β 表面污染。

$^{89}\text{SrCl}_2$ 治疗对环境潜在的影响是 ^{89}Sr 使用过程中产生的放射性废水，主要是病人排泄物；产生的固体废弃物是医生操作戴的手套、一次性注射器等；封装放射性药物的铅罐由供应商回收，不会进入环境。

因此，该项目的主要污染因子是：X 射线和 γ 射线和 β 表面污染。

9.5 正常工况下主要放射性污染源污染途径分析

该医院按需要向同位素生产厂商定购 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器、 ^{131}I - NaI 口服液、 $^{89}\text{SrCl}_2$ 溶液等，以上放射性药品到货后，直接运抵核医学科的分装室，分别储存于该室的防护通风柜内，由医生按患者检查及治疗需要的用量分别淋洗出 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记注射液，经活度测量后给 SPECT 检查待检者注射；稀释、分装 ^{131}I - NaI 后分发给“甲亢”患者服用； $^{89}\text{SrCl}_2$ 溶液是在确定患者用量后订购，药到后即按预约给患者注射。

购回的 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器和 ^{131}I - NaI 、 $^{89}\text{SrCl}_2$ 溶液使用前均置于密封铅容器内，储于有辐射屏蔽功能的密闭防护通风柜中。虽然贮源容器对放射源产生的 γ 射线有很好的屏蔽作用，但一般的贮源容器不可能将 γ 射线完全屏蔽，在其表面存在着符合国家规定要求的表面剂量率。当医生从 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器淋洗 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、分装及稀释碘 (^{131}I) 化钠口服溶液、取用 $^{89}\text{SrCl}_2$ 溶液用于放射性治疗时，由于打开屏蔽容器，使周围环境的辐射量增大；病人注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记液、 $^{89}\text{SrCl}_2$ 溶液或服用碘 (^{131}I) 化钠口服溶液后，即成为一个流动的放射源，将对与病人接触的周围人员产生辐射照射；医生进行淋洗、分装操作时穿、戴的衣服、手套会产生 β 表面污染；淋洗出未用完的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记液、购置未使用完的碘 (^{131}I) 化钠口服溶液、 $^{89}\text{SrCl}_2$ 溶液成为放射性废液；给病人注射用的注射器、病人吃药的杯子等均会因粘有 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{SrCl}_2$ 和 ^{131}I 而成为需要处理的放射性固体废弃物；病人注射或口服放射性药物后在医院的排泄物、事故工况下产生的放射性废水；这些污染的产生，将对核医学科工作场所及周围环境产生辐射影响。

由以上分析可知，本项目运行产生的辐射影响主要在核医学科控制区内，即主要是对本项目工作人员产生辐射影响，对控制区外公众成员基本不会产生辐射影响。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 评价规模

本次环评核医学科项目规模为：乙级非密封放射性工作场所 1 处及 III 类射线装置 1 台。核医学科项目具体建设内容为：在核医学科申请使用 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器淋洗的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 开展 SPECT/CT 检查项目，配备一套单光子发射型计算机断层仪（简称 SPECT/CT，属于 III 类射线装置），使用 ^{131}I 治疗“甲亢”、使用 ^{89}Sr 治疗肿瘤等业务。

10.1.2 辐射工作场所

在医院 3 号楼负一楼新建核医学科，主要业务用房有：核医学科办公室、阅片室、值班室、注射/服药前候诊区、甲测室、分装注射室、服药室、碘留观室、锝留观室、放射性废物间、储源室、注射后候检室、SPECT/CT 控制室、SPECT/CT 机房、抢救室，以及拟设置的防护设施。

梧州市红十字会医院核医学科平面图见图 1-4。

10.1.3 辐射屏蔽设计

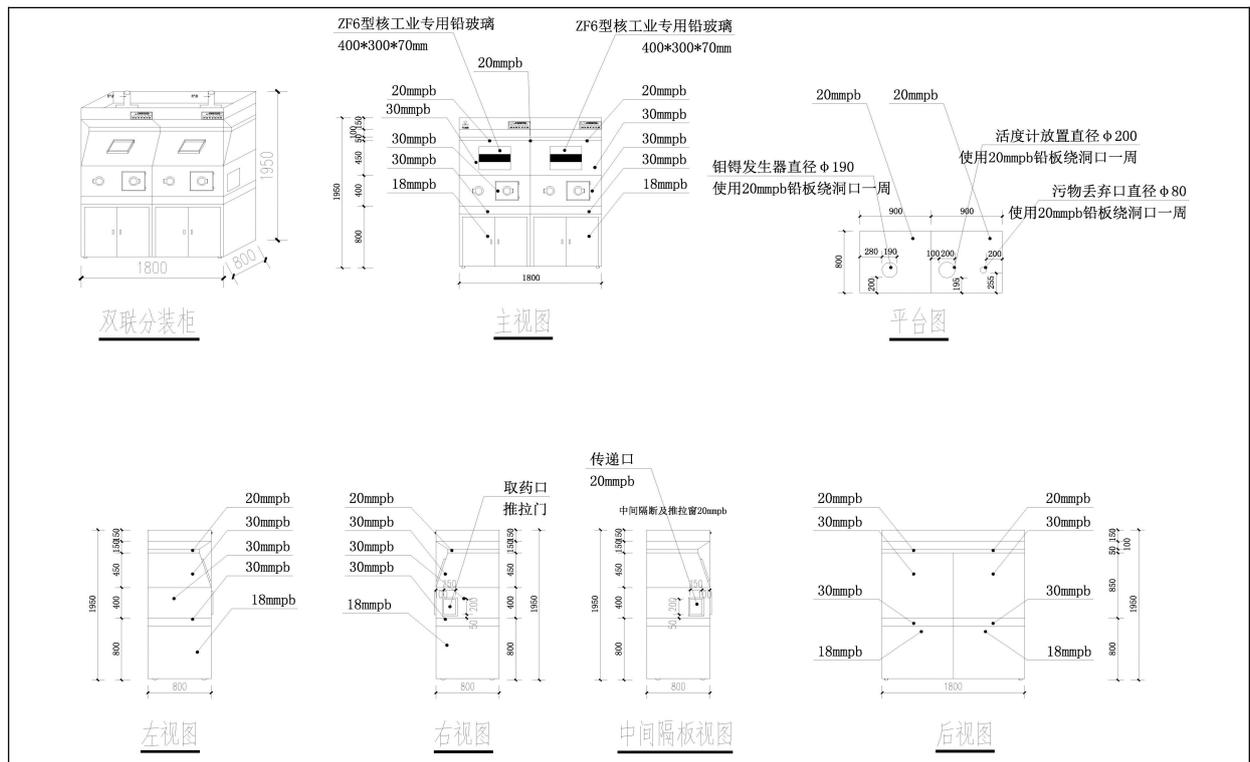
(1) 放射药品贮存、分装

医院核医学科建有独立的高活区：放射药品分装室、注射室、服药室，在分装室内医院还拟配 1 套碘分装柜及 1 套锝分装柜，分别用于 ^{131}I 放射性药品的分装、贮存以及钼锝贮存、淋洗、锝分装。拟配置的碘分装柜及锝分装柜辐射防护设计见图 10-1、图 10-2。

碘分装柜设在分装室东侧，碘分装柜的东侧设有服药窗口用于传递分装好的药品到服药室供病人服药，门诊病人服 ^{131}I 后即通过病人专用通道离开医院。锝分装柜设在分装室西北角，工作人员在该分装柜中进行淋洗、分装操作，分装后的药品装于注射器中，通过注射器屏蔽器转移至分装室西南角的注射窗口进行注射。注射窗口配备有专用的一体式注射防护车，其防护设计见图 10-3。

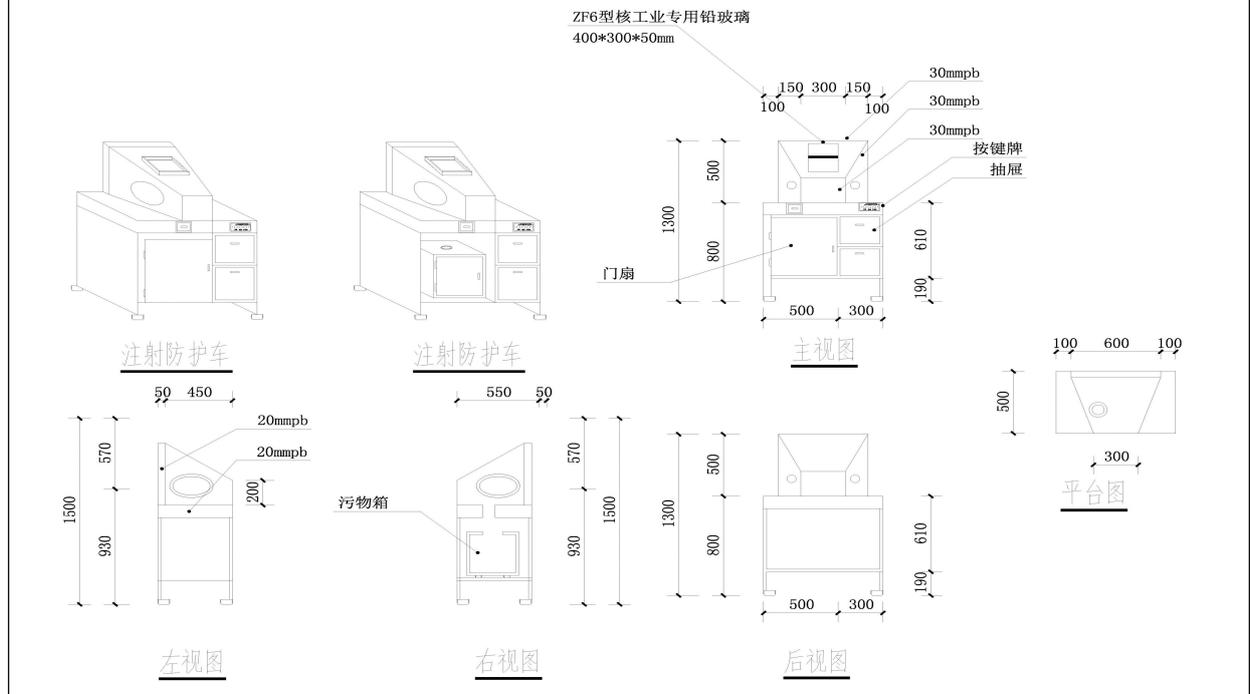
(2) SPECT/CT 机房

SPECT/CT 机房位于核医学科中部，机房长 7.8m、宽 5.8m，使用面积约 45m²；机房建有 2 处防护门，内铺 5mmPb 铅板；观察窗为 5mmPb；机房墙体为 36cm 实心砖结构加铺 4mmPb 的硫酸钡防护材料；顶棚为 12cm 钢筋混凝土加铺 5mmPb 的硫酸钡防护



不锈钢一体式双联分装通风防护柜(钨铍)

图 10-2 钨分装柜辐射防护设计示意图



不锈钢一体式注射防护车

图 10-3 一体式注射防护车防护设计示意图

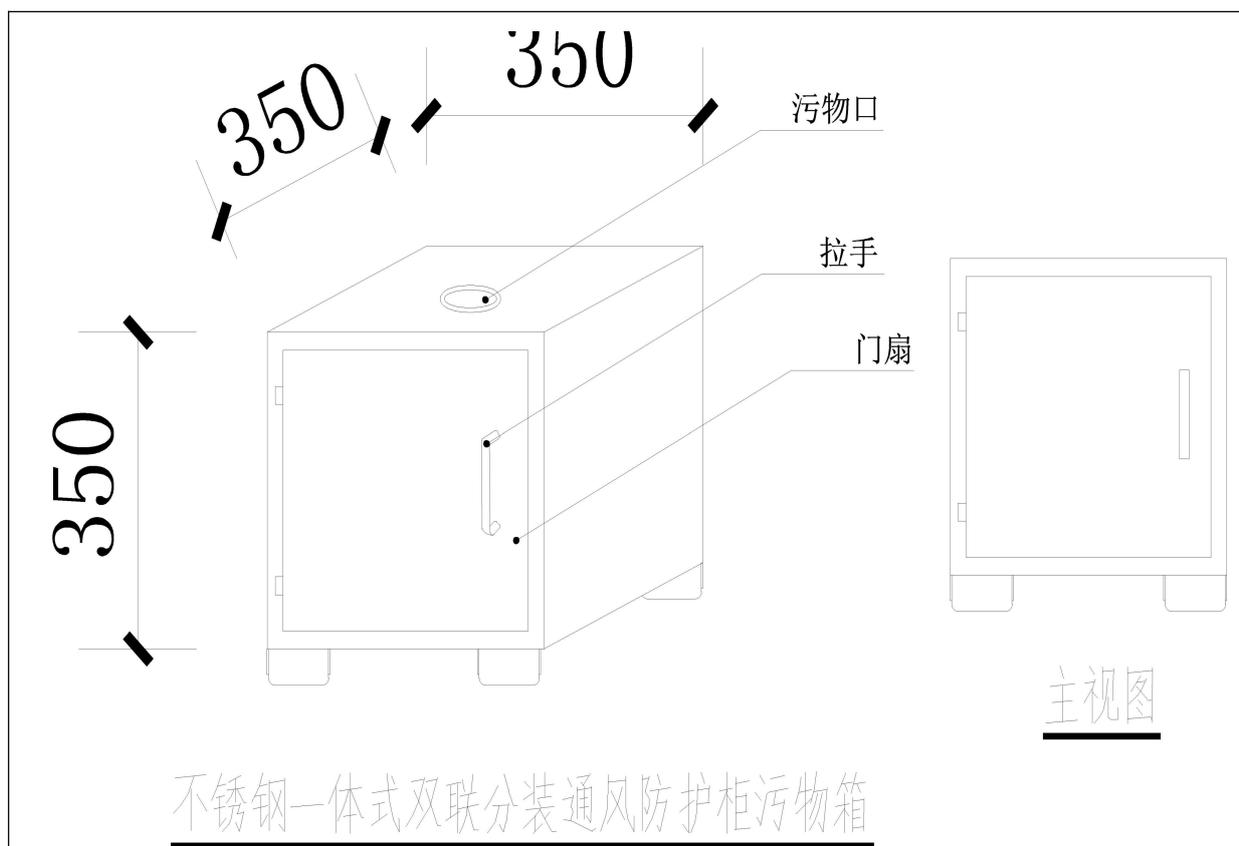


图 10-4 固体废物收集箱防护设计示意图

10.2 辐射防护措施

(1) 医院应对本项目所有能产生贯穿辐射的污染源采取辐射屏蔽措施，包括辐射用房各侧墙体采用可屏蔽贯穿辐射的实心砖墙或混凝土墙并加装作铅防护的防护门，严格按《放射性药品管理办法》制订“放射性药品的保管制度”，并且有效实施。科室应加强管理，对放射物品储存室、保险柜实行双人双锁管理。

(2) 核医学科的放射用房应布局合理，不与其他用房存在交叉现象，有病人的出入通道，是一个相对独立工作环境，有利于工作场所的“三区”划分。

(3) 核医学科放射药品使用控制区与监督区的地面与工作台面应按相关规定铺设无缝地板，墙面平整光滑，易于清洗不渗漏，有利于表面污染的防治。

(4) 核医学科配备环境 X- γ 剂量率仪、表面污染检测仪、个人剂量监测仪等仪器，定期对放射诊疗区各相关环境进行辐射监测，有利于污染的监测与防治。

(5) 核医学科分装室设置排风装置，以降低放射性工作场所空气中的放射水平。

(6) 核医学科可能受到贯穿辐射照射的职业工作人员，包括：进行放射药品稀释、

分装的工作人员，均应在操作过程中按规定穿戴防护用具，如铅服、铅眼镜、铅手套等个人防护用品，加强工作人员的防护。

(7) 核医学科应制订各项规章制度、操作规程、事故应急预案等。

(8) 核医学科放射性工作场所应张贴电离辐射警告标志。放射性药品的包装容器、储存、分装等操作场所，应当设置明显的放射性标识并有“当心电离辐射”的中文警示说明；各项辐射环境管理制度应张贴于工作现场处。

(9) 辐射工作场所（如储存、分装操作间、服药或注射放射药品后病人候诊室）外醒目处安装工作警示指示灯，并注明工作时严禁人员入内。

(10) 对放射性药品的储存场所应当采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施。

(11) 每次需分装或从密闭通风柜内取用放射药品前，要首先对分装室进行通风换气，通风量应达到每小时换风 3~4 次的要求。

(12) 所有辐射工作人员均应进行个人累积剂量的监测并建立个人档案，每两年进行一次健康体检。

(13) 对所有从事辐射工作的人员进行安全与防护知识教育培训，培训考核合格方能上岗，使工作人员熟练掌握操作技能，减少操作时间，从而达到减少受照剂量。

(14) 核医学科医生应给病人进行辐射防护指导，内容包括：排出尿液的处理、分床居住的重要性、与家人保持距离的重要性、对未成年人照顾的重要性；根据放射性药物的量推测一般几天后不必采取特别的辐射预防措施。

10.3 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 10-1。

表 10-1 工作场所分级（乙级： $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$ ）

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)	叠加日等效最大操作量(Bq)	工作场所分级
1	^{131}I	1.85×10^{10}	0.1	1	1.85×10^9	1.9832×10^9	乙级
2	^{89}Sr	7.40×10^8	0.1	1	7.40×10^7		
3	^{99}Mo	2.96×10^{10}	0.1	100	2.96×10^7		
4	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2.96×10^{10}	0.01	10	2.96×10^7		

根据表 10-1 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。

《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）提供的加权活度计算公式见式 10-2，根据该公式可计算得本项目核医学科使用的放射性药物加权活度最大为 $1.85 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，因此本项目核医学科属于 I 类工作场所。

$$\text{加权活度} = \frac{\text{计划的日操作最大活度} \times \text{核素的毒性权重因子}}{\text{操作性质修正因子}} \quad (10-2)$$

对照《临床核医学卫生防护标准》（GBZ120-2006）中关于“按不同级别工作场所室内表面和装备的要求”，I 类工作场所的要求见表 10-2。核医学科用房的地面、墙面要求光滑、平整、易于清洗的装修，药物分装室应有通风柜装置，应配备清洗及去污设备。

表 10-2 按不同级别工作场所室内表面和装备的要求

工作场所	地面	表面	通风柜	室内通风	管道	清洗及去污设备
I 类	地板与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要	应设抽风机	特殊要求	需要

10.4 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。

(1) 控制区

项目建成后，分装室、储源室、废物室、服药室、碘留观室、铊留观室、抢救室、注射室、注射后候检室、SPECT/CT 机房、废水衰变池区域等划为控制区（图 1-4 红色

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

设备间、控制室、阅片室、办公室、值班室、更衣室、护士站、候诊区等区域划为监督区。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。

本项目核医学科进行分区管理，并采取以下措施：

- 1) 设置病人通道，保证服药后门诊病人即离开核医学科。
- 2) 在控制区边界设置明显的电离辐射标志，并严格控制人员的单通道运行。

因此，本项目功能分区能满足分区管理的要求。

10.5 三废的治理

1、放射性废水（液）

根据 GB18871-2002 的排放要求：每月排放总活度不超过 $10\text{ALI}_{\text{min}}$ ，每次排放活度不超过 1ALI_{min} ，并且做好排放纪录。本项目中 ^{131}I 的 ALI_{min} 为 $9.1 \times 10^5 \text{Bq}$ ， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的 ALI_{min} 为 $9.1 \times 10^8 \text{Bq}$ 。

(1) 放射性废水的来源

医院核医学科放射性废水主要来自工作人员操作过程中手部可能沾有放射药品溶液污染的洗手水，清洗室内地面、工作台和一些重复使用的医疗器械带有微量放射药品溶液的清洗水；病人排泄物；放射性废液主要来自购置未用完的 $^{131}\text{I}\text{-NaI}$ 或放射药品 ^{131}I 使用过程中产生的放射性废水。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。

在核医学科用房，主要是使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 。因此，核医学放射性废水中可能存在的放射性核素为以上核素。由于 ^{89}Sr 核素治疗项目按病人用量订购，且一次注射完一疗程用量，不存在稀释、分装等过程。因此，核医学科放射性废水中可能存在的放射性核素主要为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 。

(2) 放射药品 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 使用过程中产生的放射性废水

^{131}I 的半衰期 (8.04d), 假设核医学诊治过程中某次 ^{131}I (每个病人服药 8mCi) 的分装操作不小心, 有 1/100 的 ^{131}I 沾到台面等处, 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 $2.96 \times 10^5 \text{Bq}$, 小于 ^{131}I 的 $\text{ALImin} = 9.1 \times 10^5 \text{Bq}$ 。因此, 这部分废水可以直接排放于流量大于 10 倍排放流量的普通下水道或医院污水处理设施, 但每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗, 并应对每次排放作好记录。若倾出的 ^{131}I 活度大于 8mCi, 冲洗水按事故工况处理, 应排往衰变池并控制其它废水进入该衰变池, 待其中的 ^{131}I 活度衰变至可排放水平时才能排放。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的半衰期 (6.02h), 假设 SPECT/CT 诊断过程中某次 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (每个病人注射 20mCi) 的淋洗或注射操作不小心, 有 1/100 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 沾到台面等处, 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, 则这些废水中的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 含量为 $7.4 \times 10^5 \text{Bq}$, 小于 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的 $\text{ALImin} = 9.1 \times 10^8 \text{Bq}$ 。因此, 这部分废水可直接排放入流量大于 10 倍的普通下水道或排往医院的普通医疗废水处理设施, 但排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗, 并应对每次排放作好记录。

(3) 病人排泄物

对于病人的排泄物, 按照《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009) 第 5.2.8 条规定, “符合下列条件之一的病人排泄物不需要统一管理: a) 注射或服用放射性药物的门诊患者排泄物; b) 符合出院条件的患者排泄物”。

① ^{131}I 治疗“甲亢”的病人排泄物

对于 ^{131}I 治疗“甲亢”的病人, 医院要求患者空腹吃药, 且患者服用 $^{131}\text{I}\text{-NaI}$ 后, 即离开医院, 在核医学科滞留时间很短, 服药后在核医学科排泄的可能性较小; 因“甲亢”病人治疗而使收集病人排泄物的化粪池及废水衰变池中的 ^{131}I 量增加的可能性不大。

② 进行 SPECT/CT 检查的病人排泄物

进行 SPECT/CT 检查的病人为门诊病人, 按照《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009) 第 5.2.8 条规定, 门诊病人的排泄物不需要统一管理。如果进行 SPECT/CT 检查的病人较多, 而医院在核医学科建有病人专用卫生间, 可考虑将病人排泄物排往医院建设的核医学科专用放射性废水衰变池, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 衰变至其 ALImin 值 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的 ALImin 值为 $9.1 \times 10^8 \text{Bq}$) 后再排往医院废水处理系统。

废水量粗略估算：注射 ^{99m}Tc 标记物进行影像检查的人数按日最大检查 40 人估算，假设每位受检者（病人）产生废水量 10L/人，则每天受检者（病人）通过注射后候检室卫生间排入碘衰变池的废水共计 400L，此外，每天排入清洁用水 100L，则一格 2.5m^3 的衰变池可容纳 5 天排放的废水量。当第一级排满后关闭第一级的进水阀门，废水向第二级衰变池排放，以此类推，则第二级及第三级衰变池可容纳 10 天排放的废水量；SPECT/CT 检查的病人注射 ^{99m}Tc 的量按平均每例 20 mCi，注射后候诊期间排放进入衰变池的量保守按注射量的 35%，则每天排入衰变池的 ^{99m}Tc 的总活度为 280mCi。

根据以上参数，可计算得到当第一级衰变池满时，池中 ^{99m}Tc 剩余活度大约为 1mCi，当第二级及第三级衰变池满时，第一级衰变池的 ^{99m}Tc 经过 10 天的衰变后活度降为 0Bq，远小于 ^{99m}Tc 的 $\text{ALI}_{\text{min}}=9.1\times 10^8\text{Bq}$ ，可以直接排放。

（4）放射性废水的处理

医院在核医学科设置两个废水处理室，分别为位于东北角的锆废水衰变室和位于东南角的碘废水衰变室。在废水衰变室分别建立废水衰变池，衰变池采用间隔排放的方式，即每次不完全抽排衰变池内放射性废水，而只排放最后一格内放射性废水。

其中，锆衰变池为 2 格串联式衰变池，每隔衰变池有效容积约为 1.3m^3 ，衰变池前段还设有收集池及过滤池；锆衰变池主要用于收集医生办公室、护士站、控制室、更衣室等房间洗手池以及医生卫生间、淋浴间等排放的非放射性废水，并收集锆留观室卫生间排水。SPECT/CT 检查的病人注射完 ^{99m}Tc 后即进入注射后候检室，在候检期间如需大小便则在候检室卫生间排放；除非特殊情况下才需用到锆留观室，通过锆留观室卫生间排放的可能性很小，即使有排放也是极少量，加上 ^{99m}Tc 的半衰期较短， $1.3\text{m}^3\times 2$ 级的锆衰变池能够暂存超过 10 个 ^{99m}Tc 的半衰期（60 小时），满足衰变要求。

碘衰变池为 3 格串联式衰变池，每隔衰变池有效容积约为 2.5m^3 ，衰变池前段还设有收集池及过滤池；用于收集注射后候检室卫生间、锆污洗间、碘污洗间、碘留观室卫生间等地方排放的放射性废水。废水排入碘衰变池衰变处理满足要求后排入院内的污水管网。锆污洗间、碘污洗间主要用于发生放射药品洒落等事故时，对被 ^{99m}Tc 或 ^{131}I 污染的拖把等物品进行清洗。可见碘衰变池是该项目主要衰变池。

废水收集管线示意图见图 10-5，拟建锆衰变池、碘衰变池设计图分别见图 10-6、图 10-7。

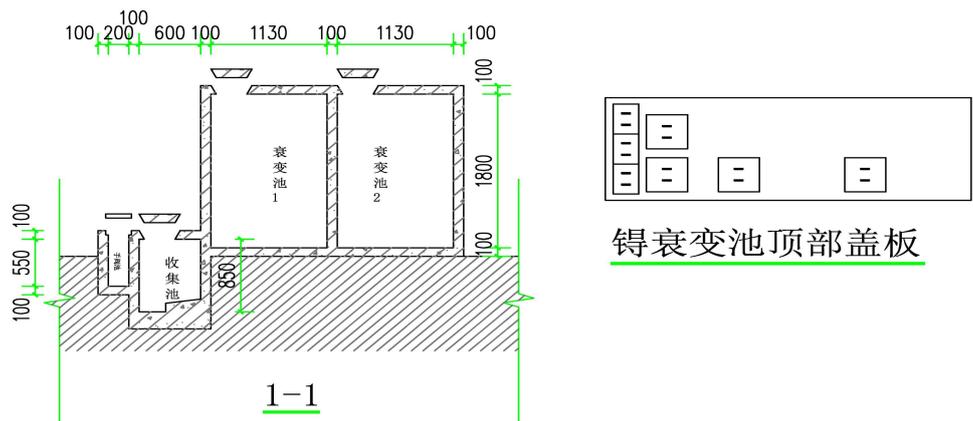
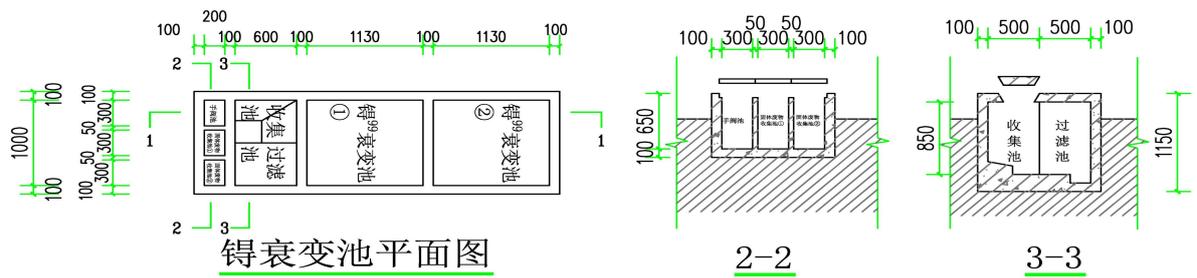


图 10-6 钨废水衰变池设计图

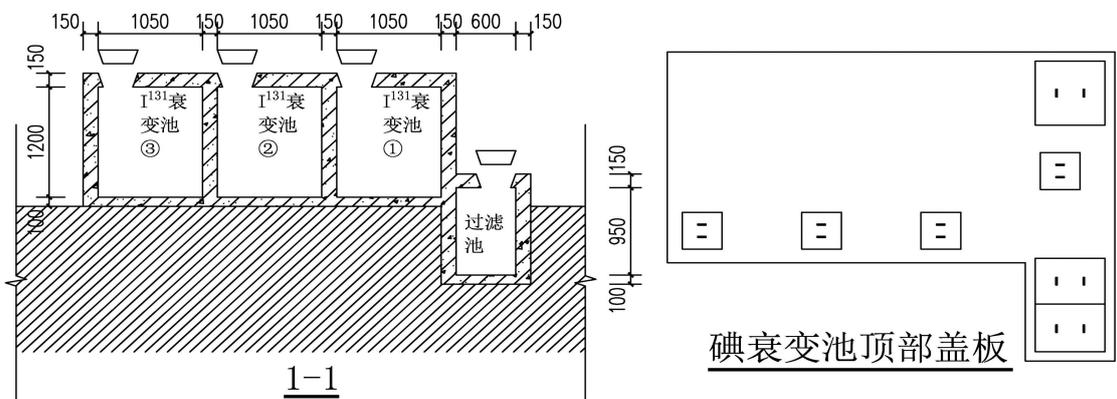
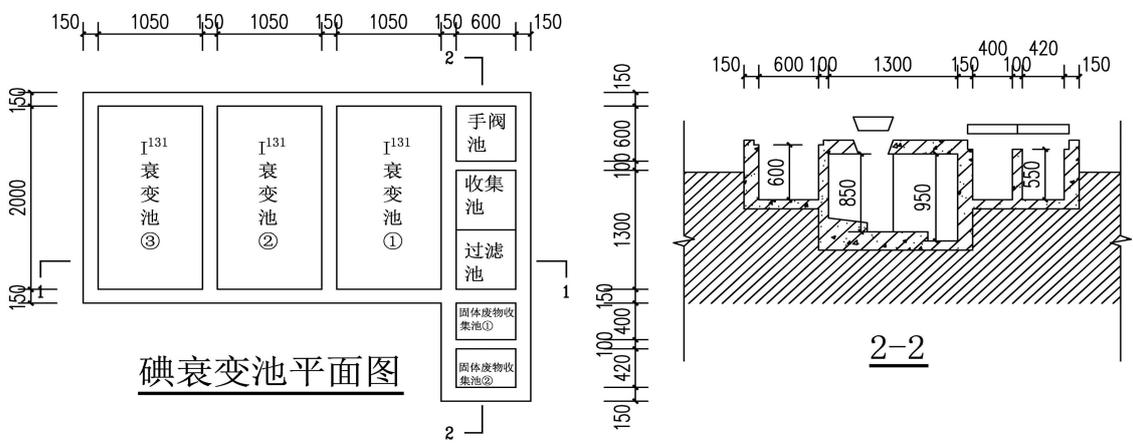


图 10-7 碘废水衰变池设计图

(5) 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放射药品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。

一旦发生因分装操作不小心或病人服药、注射出现失误而使放射药品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。

① 碘-131 事故废水

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 的活度均以 $1.85 \times 10^{10} \text{Bq}$ （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（假设清洗水为 100L）中去，则这些废水中 ^{131}I 的含量为 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ ，大于 ^{131}I 的 $\text{ALImin} = 9.1 \times 10^5 \text{Bq}$ 。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，需排入核医学科建设的碘废水衰变池，待其衰变至 ^{131}I 的 ALImin 值后，方可排往医院废水处理系统。

假设发生 ^{131}I 放射药品倾洒的事故工况，冲洗水应排入一级衰变池，此时需减少或停止排入一级衰变池中的其它废水量（如将专用卫生间排出的废水直接排往二级、三级衰变池而不经一级衰变池，控制进入一级衰变池的含 ^{131}I 的废水不立即外排，保证事故工况的废水存留在衰变池中的时间足以使 ^{131}I 活度小于 ^{131}I 的 ALImin 值（ $9.1 \times 10^5 \text{Bq}$ ，如发生 ^{131}I 倾洒事故时）。经估算，倾洒后进入衰变池的 ^{131}I 需经过约 88 天后可排放。由估算可知，如发生 ^{131}I 倾洒的事故工况，需严格控制进入衰变池的废水量，保证发生事故工况时的含 ^{131}I 的清洗水在衰变池的留存期达到 88 天以上。

② 锝-99m 事故废水

假设发生事故工况，某次淋洗出的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 全部发生倾洒，倾洒 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的活度以 $2.96 \times 10^{10} \text{Bq}$ （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（假设清洗水为 100L）中去，则这些废水中 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的含量为 $2.96 \times 10^9 \text{Bq}$ ，大于 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的 $\text{ALImin} = 9.1 \times 10^8 \text{Bq}$ 。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，需排入核医学科建设的碘废水衰变池，待其衰变至 ALImin 值后，方可排往医院废水处理系统。

假设发生 ^{99m}Tc 放射药品倾洒的事故工况，冲洗水应排入一级衰变池，此时需减少或停止排入一级衰变池中的其它废水量（如将专用卫生间排出的废水直接排往二级衰变池而不经一级衰变池，控制进入一级衰变池的含 ^{99m}Tc 的废水不立即外排，保证事故工况的废水存留在衰变池中的时间足以使 ^{99m}Tc 的活度小于 ^{99m}Tc 的 ALImin 值（ $9.1 \times 10^8 \text{Bq}$ ，如发生 ^{99m}Tc 倾洒事故时）。经估算，倾洒后进入衰变池的 ^{99m}Tc 需经过约 11 小时即可排放。由估算可知，发生 ^{99m}Tc 倾洒事故工况，则控制废水流量，保证发生事故工况时的含 ^{99m}Tc 的清洗水在衰变池的留存期达到 11 小时以上。

2、放射性固体废弃物

放射性固体废弃物主要包括未用完的 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 柱、一次性注射器、病人服药后的服药杯、吸水纸、棉花、沙布、操作用的手套等物品。旧的 ^{99}Mo - ^{99m}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}Mo - ^{99m}Tc 发生器丢失事故，则固态放射性废物——旧的 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器将不会造成环境污染。碘（ ^{131}I ）化钠口服液、 ^{89}Sr 等的包装容器也退回供方，这些容器中已不含放射性物品，不会造成环境污染。

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、沙布、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放射性固体废物池内存放。

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，拟设置废物桶的位置无人员长期驻留。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 GB18871-2002 清洁解控水平推荐值时，放射性污染固体废物可按一般医疗固体废物处置。

3、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。核医学科进行分装操作时，为了安全起见，在分装柜中进行操作，不存在食入、吸入等内照射影响。此外，分装柜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；在分装室、运动平板室、注射室、SPECT/CT 检查室、注射后候检室、服碘室、高活区通道、留观室、抢救室均拟设置通风设施，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，排风口计划高于建筑楼屋顶，并拟设置适当过滤装置。核医学科排风系统管线布置示意图见图 10-8。

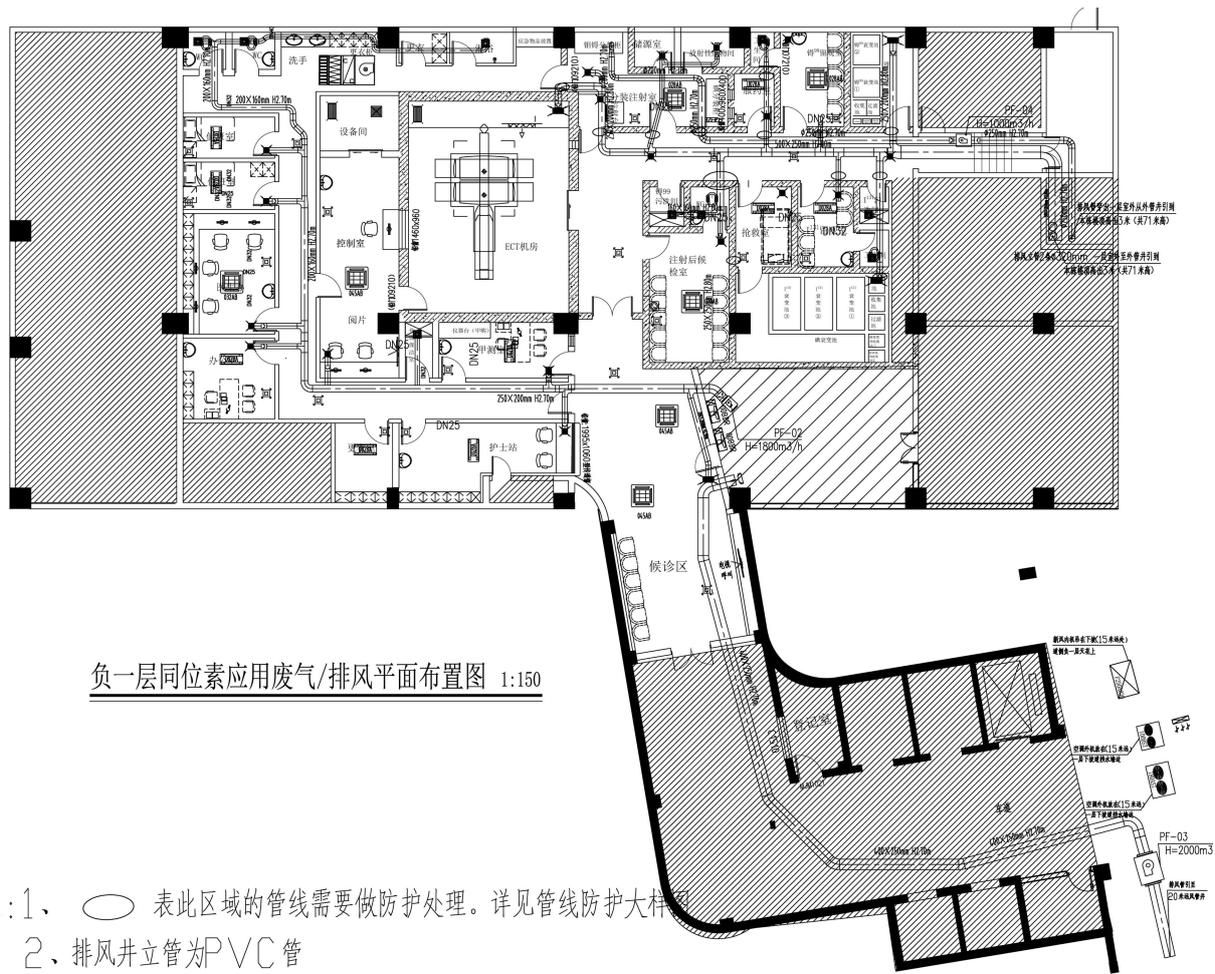


图 10-8 核医学科排风系统管线布置示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

核医学科新建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期间的影响。

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 类比分析

1、¹³¹I治疗项目

为分析使用 ¹³¹I 项目运行产生的辐射影响，本评价引用我公司以往开展同类项目环

评时委托进行的类比监测数据，该类比监测选取的是某医院核医学科使用 ^{131}I 项目进行监测，本项目辐射防护措施建设与类比项目相近，类比项目与本项目采取的屏蔽措施可比性分析见表 11-1。

由表 11-1 分析可知，本项目整体辐射屏蔽能力能达到类比项目的水平，因此两个项目有很好的可比性，通过对类比对象的监测，可预测本项目运行后的辐射环境影响。 γ 辐射剂量率类比监测结果见表 11-2，类比监测报告见附件 3。

由表 11-2 类比监测结果可知， ^{131}I 药品在进行分装过程中，分装柜周围各测点的辐射剂量率较大；由于该项目为采取集中服药形式开展，一般为每个月有一天为集中服药，工作人员分装药品的时间较短；分装室外有警示标识，禁止无关人员进入。工作人员接受辐射照射主要是在将新购置回来的药罐放置进分装柜、对药品进行稀释分装的过程中，以及因管理需要靠近贮存有药品的分装柜时。

2、 ^{89}Sr 治疗项目

对分析医院核医学科 ^{89}Sr 治疗项目运行后，对周围环境的辐射影响，本评价引用了我公司以往开展同类项目时委托进行的类比监测数据，该类比选取了某医院开展相同项目进行类比监测及调查。选取的 ^{89}Sr 治疗项目采取的辐射屏蔽措施与本拟建项目相近，项目流程一致。类比监测报告见附件 4，类比监测结果见表 11-3。

从表 11-3 的类比分析数据可知，距离 ^{89}Sr 药品一定距离内辐射剂量率较大，工作人员在对病人进行注射治疗时会受到一定量的辐射照射。

3、SPECT 检查项目

为分析 SPECT 检查项目运行产生的辐射影响，本评价引用我公司以往开展同类项目环评时委托进行的类比监测数据，该类比监测选取的是某医院开展相同项目进行类比监测及调查。本拟建与该类比报告中的 SPECT 检查项目采取的辐射屏蔽措施相近，项目流程一致。类比项目与本项目采取的屏蔽措施可比性分析见表 11-4。

由表 11-4 分析可知，本项目整体辐射屏蔽能力能达到类比项目的水平，因此两个项目有很好的可比性，通过对类比对象的监测，可预测本项目运行后的辐射环境影响。 γ 辐射剂量率类比监测结果见表 11-5，类比监测报告见附件 4。

由表 11-5 监测结果可知，SPECT/CT 检查项目在运行过程中，应用场所周围各测

点的辐射剂量率有一定升高。

11.2.2 项目运行对工作人员所致有效剂量分析

1、计算公式

X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式估算：

$$E = \dot{H}_T \times t \times 10^{-6} (mSv) \quad (11-1)$$

其中:E 为辐射外照射人均年有效剂量, mSv;

\dot{H}_T 为周围辐射剂量当量率, nSv/h;

t 为辐射照射时间, 小时。

2、工作人员年有效剂量估算

(1) ¹³¹I 治疗项目

从偏安全角度考虑, 假设: a、每次新药到达分装室后, 医生需将装源铅罐放置进分装柜, 按距离货包 30cm 的剂量率计算受照剂量, 每年操作次数按 50 次计算, 每次 5 分钟; b、每治疗 1 人次病人, 工作人员需进行 ¹³¹I 稀释分装等操作 2 分钟; c、全年治疗“甲亢”病人量按 1000 人次算; d、稀释分装过程中受到辐射剂量按分装柜前测得的最大剂量率 (2.01×10^4 nSv/h) 进行估算; 在操作过程中工作人员未采取防护屏蔽, 以上操作均由一名工作人员完成。则由表 11-2 监测数据、以上偏保守的假设条件及公式(11-1) 可以计算出负责 ¹³¹I 项目工作的核医学科工作人员接受的年有效剂量约为 **0.7mSv**, 低于职业人员年剂量管理约束值 (5mSv), 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

(2) ⁸⁹Sr 治疗项目

一例病人治疗需用 ⁸⁹Sr 量一般为 5mCi 左右, 根据工作流程可知, 工作人员受到的辐射照射来自为病人提供核素治疗过程中产生的照射。

从偏安全角度考虑, 假设: 每年使用⁸⁹Sr药品治疗病人量按200人次计算, 每例病人注射治疗过程中需近距离靠近⁸⁹Sr药品3分钟, 该过程受照剂量按距离⁸⁹Sr药品(装在注射器内) 30cm处辐射剂量率计算, 核素治疗工作由核医学科1名工作人员承担。则根据表11-3监测结果及式(11-1), 可以计算出辐射工作人员因为⁸⁹Sr治疗项目的运行所接受的年有效剂量约为**0.06mSv**。

(3) SPECT/CT 检查项目

A、SPECT/CT 检查项目运行所致扫描工作人员年附加有效剂量估算

由表 11-5 的类比分析数据可知，SPECT/CT 扫描时控制室操作位的 γ 辐射剂量率与环境本底相当，负责核医学科 SPECT/CT 扫描的工作人员受到的主要额外附加照射来自待服注射了 ^{99m}Tc 标记液的病人进行 SPECT/CT 扫描、为病人摆位的过程中。

核医学科某一负责 SPECT/CT 检查的医技人员，待服病人上机检测每例需 5 分钟，医技人员在待服注射了 ^{99m}Tc 标记液的病人进行 SPECT/CT 扫描、为病人摆位的过程中受照剂量按距病人 50cm 处的辐射剂量率计算；每位医技人员全年负责 SPECT/CT 检查病人 1500 例；则由表 11-5 监测数据、以上条件参数及公式 (11-1) 可以估算出负责 SPECT/CT 检查操作的核医学科医技人员接受的附加年有效剂量约为 **1.95mSv**，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) 的要求。

B、 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 淋洗、分装、注射工作人员年附加有效剂量估算

^{99}Mo - ^{99m}Tc 淋洗分装室工作人员在淋洗、分装、注射过程中会受到附加辐射照射。

从偏安全角度考虑，假设：a、每次新药到达分装室后，工作人员需将装源铅罐放置进分装柜内，按距离药品货包30cm的剂量率计算受照剂量，每年操作次数按50次计算，每次5分钟；b、核医学科负责诊断前期准备的护士每天需进行 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 淋洗操作1分钟、分装操作3分钟、注射操作3分钟；c、全年250个工作日；d、工作人员在给病人注射时受照剂量按工作人员手臂位的剂量率计算；则由表11-5监测结果、以上条件参数及公式(11-1)可以估算出负责 ^{99m}Tc 淋洗、分装、注射等诊断前期准备工作的核医学科工作人员接受的附加年有效剂量为**1.07mSv**，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) 的要求。

11.2.3 项目运行对公众人员所致有效剂量预测

核医学科所有辐射用房布置医院是相对独立、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，公众成员不会进入治疗区域。因此，可以认为公众成员不会因为医院扩建核医学科核技术应用项目应用受到额外的辐射照射，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

事故影响分析

1、由于核医学科的放射性药物和放射源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。如装有放射性物质或放射源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或放射源货包为止。

2、医院核医学科有专门的放射性物质储存房间（放射性物质储存在该房间具有屏蔽防护功能的密闭通风柜）、暂存退回生产厂家的放射性药品容器存放间，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 $^{131}\text{I-NaI}$ 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。立即向当地环境保护行政主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。配合公安部门、环保部门调查、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

为了加强医院环境保护工作领导，规范医院放射性同位素与射线装置辐射安全及管理，医院成立了放射诊疗安全与防护管理委员会，具体负责医院辐射安全管理工作，具体职责如下：

- (1) 负责对全院辐射安全工作的监督与检查。并经常检查各种制度、防护措施的落实情况。
- (2) 组织实施辐射安全法规，经常组织有关人员学习。
- (3) 组织辐射安全知识宣传，并组织有关人员进行辐射安全知识再教育和培训。
- (4) 会同上级有关部门按有关规定处理辐射安全事故，并对有关人提出处理意见。
- (5) 按国家规定定期组织本院辐射工作人员进行健康体检。

本项目建设后，原辐射安全与环境保护管理机构的设置能满足要求，不需要因为本项目扩建而进行修订。

12.2 辐射安全管理规章制度

医院为加强以对射线装置与放射性同位素安全和防护的监督管理，促进射线装置的安全应用，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。

本项目建成后，提出如下要求：

要求组织所有新增的辐射工作人员参加有资质单位的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，并按每 4 年一次的要求进行复训，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。更新相应的管理制度（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。

12.3 辐射监测

医院制定了监测计划，对本院的放射性同位素与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 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。辐射监测内容包括：

- (1) 核医学科放射性同位素及射线装置应用项目业务用房内及周围环境的 X- γ 辐

射剂量率，操作台面及地面的表面污染监测。

(2) 工作人员的个人剂量。

监测频度：周围环境辐射剂量率可一年一次，个人外照射累积剂量应委托有资质单位长期监测。

近年来，医院委托了广西辐射环境监督管理站定期对项目周围环境进行辐射监测，委托了有关公司对辐射工作人员进行个人剂量监测。

12.4 辐射事故应急

(1) 建立和完善《辐射事故应急处理预案》

医院核医学科所使用的放射性药品使用工作场所为乙级工作场，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类密封放射源。

医院应当根据可能发生的辐射事故的风险，建立完善的《辐射事故应急处理预案》，包括下列内容：

(1) 应急机构和职责分工；

(2) 应急人员的组织、培训以及应急；

(3) 可能发生辐射事故类别与应急响应措施；

(4) 辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急处理预案，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，应首先向当地环境保护部门报告，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。

医院已制定有辐射事故应急预案，该预案能满足要求，不需要因为本项目建设而进行修订。

表 13 结论与建议

13.1 实践的正当性分析

医院2020年新建核医学科核技术应用项目目的在于开展医学放射诊疗工作，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2020年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。

13.2 选址合理性分析

拟建核医学科位于梧州市万秀区新兴一路3-1号梧州市红十字会医院3号楼负一楼，属于相对独立区域，可严格划分控制区及监督区，有利于辐射防护。因此，建设项目的选址是合理可行的。

13.3 辐射环境影响评价

（1）辐射环境影响现状评价

医院2020年新建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）辐射环境影响分析与预测

项目建设后，预计核医学科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。

预计公众成员不会因为该项目运行而受到照射剂量，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

13.4 辐射环境管理制度

（1）医院为了加强医院环境保护工作领导，规范医院放射性同位素及射线装置辐射安全及管理成立了辐射安全与环境保护领导小组。

（2）医院为了加强以对放射性同位素、射线装置安全和防护的管理，促进放射性同位素、射线装置的安全应用，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。

(3)为应对医院出现的辐射突发事故,医院成立了成立放射事件应急处理领导小组。

13.5 安全培训及健康管理

(1)所有从事辐射工作的人员需进行辐射安全与防护知识教育培训,培训考核合格方能上岗,使工作人员熟练掌握操作技能,减少操作时间,从而达到减少受照剂量。

(2)所有辐射工作人员均应进行个人累积剂量的监测并建立个人档案,每两年进行一次健康体检。

13.6 结论

综上所述,梧州市红十字会医院2020年新建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。

承诺与建议

根据项目情况,本评价提出以下建议:

- 1、按照辐射安全许可证的许可内容从事辐射工作。
- 2、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,杜绝放射性事故的发生。
- 3、继续做好辐射防护工作档案,对放射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康查体和辐射防护检测等资料要分类保管并长期保存,严格执行辐射监测计划,发现问题及时整改。
- 4、做好职业工作人员的个人剂量监测和健康管理;做好辐射工作人员培训和再培训。按照辐射事故应急预案和报告制度的要求,定期进行熟练演习。
- 5、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。

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、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

