

核技术利用建设项目

改扩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：柳州市柳铁中心医院

二〇二二年六月

广西北部湾环境影响评价有限公司

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	10
表 3 非密封放射性物质	10
表 4 射线装置	11
表 5 废弃物	11
表 6 评价依据	12
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	24
表 9 项目工程分析与源项	29
表 10 辐射安全与防护	37
表 11 环境影响分析	55
表 12 辐射安全管理	63
表 13 结论与建议	65
表 14 审批	68

附件：

附件 1. 委托书

附件 2. 备案

附件 3. 辐射安全许可证

附件 4. 现状监测报告

附件 5. 辐射安全与防护管理委员会

附件 6. 辐射事故应急预案

表 1 项目基本情况

建设项目名称		改扩建核医学科核技术应用项目			
建设单位		柳州市柳铁中心医院			
法人代表	卢永刚	联系人	***	联系电话	***
注册地址		广西柳州市飞鹅路利民区 14 号			
项目建设地点		柳州市柳铁中心医院内 10B 号医技楼一楼核医学科			
立项审批部门		/		批准文 /	
建设项目总投资 (万元)		156	项目环保投资 (万元)	***	投资比例 (环保投资/总投资) ***
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他				
	<p>1.1 建设单位简介</p> <p>柳州市柳铁中心医院创立于 1946 年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复、急救为一体的国家三级甲等综合医院。医院是“自治区文明单位”、“全国爱婴医院”、“百姓放心示范医院”、“高等医学院校 A 级教学医院”。医院学科齐全，设有临床科室 40 个，医技科室 12 个，社区卫生服务中心 2 个，社区卫生服务站 3 个。现有职工 1716 人，其中高级职称专家 307 人，硕士及以上学历 138 人，广西医科大学教授、副教授 58 名。医院先后获得“国家级胸痛中心”、“国家级高级卒中中心”、“全国健康管理示范基地”、通过国家“呼吸与危重症医学科规范化建设项目”认证；检验科、输血科通过“ISO15189”认可；医院拥有桂中地区首个“个体化实验室”（基因测序）、规模最大、功能完善的血液净化中</p>				

心、康复中心等。

1.2 项目概况

随着核医学的不断发展，为满足患者不断增加对于核医学医疗服务需求，医院拟对核医学科核技术应用项目进行改扩建。本项目主要为在原来核医学用房的基础上改建出 3 间核素病房，收治甲癌患者。改建区域为：将原来的留观室、宣教室、贮源室改建为 3 间核素病房，将原有的分装室的更衣处改成服药室与 ^{131}I 自动分装室、服药室，分装室其余部分不做改动，原有的医生卫生间改建成贮源/污存室，病人卫生间改成卫生通过间，在核医学科南面空地新建一座衰变池。拟新购置一台 ^{131}I 自动分装仪。

放射性药物运输到医院后，核医学科安排专人接收放射性药物，经确认无误完成相关交接手续后暂存于贮源/污存室内。甲癌、甲亢治疗用 ^{131}I 分装采用自动分装仪分装后直接给药， ^{131}I 分装采用自动分装仪采取隔室远程操作，操作人员于办公室控制台进行远程自动分装操作（操作位置如图 1-4 所示）。

改建核医学科场所后，核素 ^{131}I 的使用量增加，增加的用量用于患者甲癌治疗，本项目场所 ^{131}I 用于开展甲功测定、甲亢治疗和甲癌治疗，该核医学非密封源工作场所依然属于乙级非密封放射性物质工作场所。本项目放射性同位素使用情况见表 1-1。

表 1-1 本项目场所放射性同位素改扩建前后使用情况

核素名称	改扩建前		改扩建后		备注
	实际日最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	实际日最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	
^{131}I	3.70×10^9 (100mCi)	2.96×10^{10} (800mCi)	2.59×10^{10} (700mCi)	5.55×10^{12} (150Ci)	增加的用量用于患者甲癌治疗。

1.3 任务由来

因改扩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》（国务院第 449 号令）、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）的等相关法规的规定，柳州市柳铁中心医院改扩建核医学科核技术应用项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》中 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，该改扩建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，

医院委托广西北部湾环境影响评价有限公司对该改扩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，编制该柳州市柳铁中心医院改扩建核医学科核技术应用项目辐射环境影响报告表。

1.4 现有工程回顾

经医院核实，医院取得了由原广西壮族自治区环境保护厅颁发的辐射安全许可证，证号为：桂环辐证[B0197]（见附件3），许可范围及内容为：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

医院10B医技楼一楼核医学科在用¹³¹I治疗项目原自治区环境保护局2009年4月21日以桂环辐字[2009]91号文对该项目环评报告表进行了批复。项目于2017年11月3日通过环境保护竣工验收，自治区环境保护厅以桂环验〔2017〕161号进行了批复。

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医院已建立医院制定了辐射防护和安全管理相关规章制度，其中包括《辐放射防护安全操作规程》、《放射事故应急处置预案》、《放射性废物及放射源退役处置方案》《辐射安全监测与报告制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射装置维护检修制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作岗位职责》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，医院成立了辐射安全与环境保护领导小组，明确了小组成员和相关职责，并加强了对射线装置与放射性同位素的监督和管理。

③医院从事辐射工作的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。

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近年来医院已委托有资质单位对医院辐射工作人员进行个人剂量监测及辐射工作场

所辐射环境监测，并按照有关规定每年向生态环境主管部门提交辐射环境年度评估报告。

1.5 原有项目存在问题及拟采取措施

随着项目扩建， ^{131}I 使用量增多，原有项目在用废水衰变系统的容积及排放方式不能满足项目改扩建后的需求。因此，医院拟在本次项目改建时重新设计建造一套放射性废水衰变系统，扩大容积满足排放要求，同时改为槽式排放方式，新建衰变池为本项目 ^{131}I 专用衰变池，不与其他项目共用，严格执行 GB18871-2002 的要求。在本项目新建衰变池系统建成投运后， ^{131}I 的废水不再接入原有衰变池。

1.6 项目地理位置及周边环境概况

柳州市柳铁中心医院位于柳州市飞鹅路利民区 14 号，医院地理位置图见图 1-1，医院总平面布置图见图 1-2。

(1) 周围环境关系

本项目核医学科用房柳州市柳铁中心医院内南部 10B 号医技楼一楼核医学科，该楼共两层，无地下室。以本项目场界为起点四周 50m 范围内，东面为医院道路以及 9 号楼放疗楼，南面卫校楼以及院外居民，西面为项目核医学科区域、DSA 区域以及 10A 号楼医技规培楼，北面为停车场 1 号楼。

(2) 选址合理性分析

核医学科项目使用的 ^{131}I 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 ^{131}I 项目用房划分为控制区，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。

项目选址按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第5.1关于“选址”的规定：“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。”，同时设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。因此，项目选址能满足HJ 1188-2021 第5.1的要求。

(3) 周边保护目标

本项目主要保护目标为项目辐射工作人员、评价范围内其他工作人员、南侧院外居民评价范围内逗留或经过的公众成员。



图 1-1 柳州市柳铁中心医院地理位置图

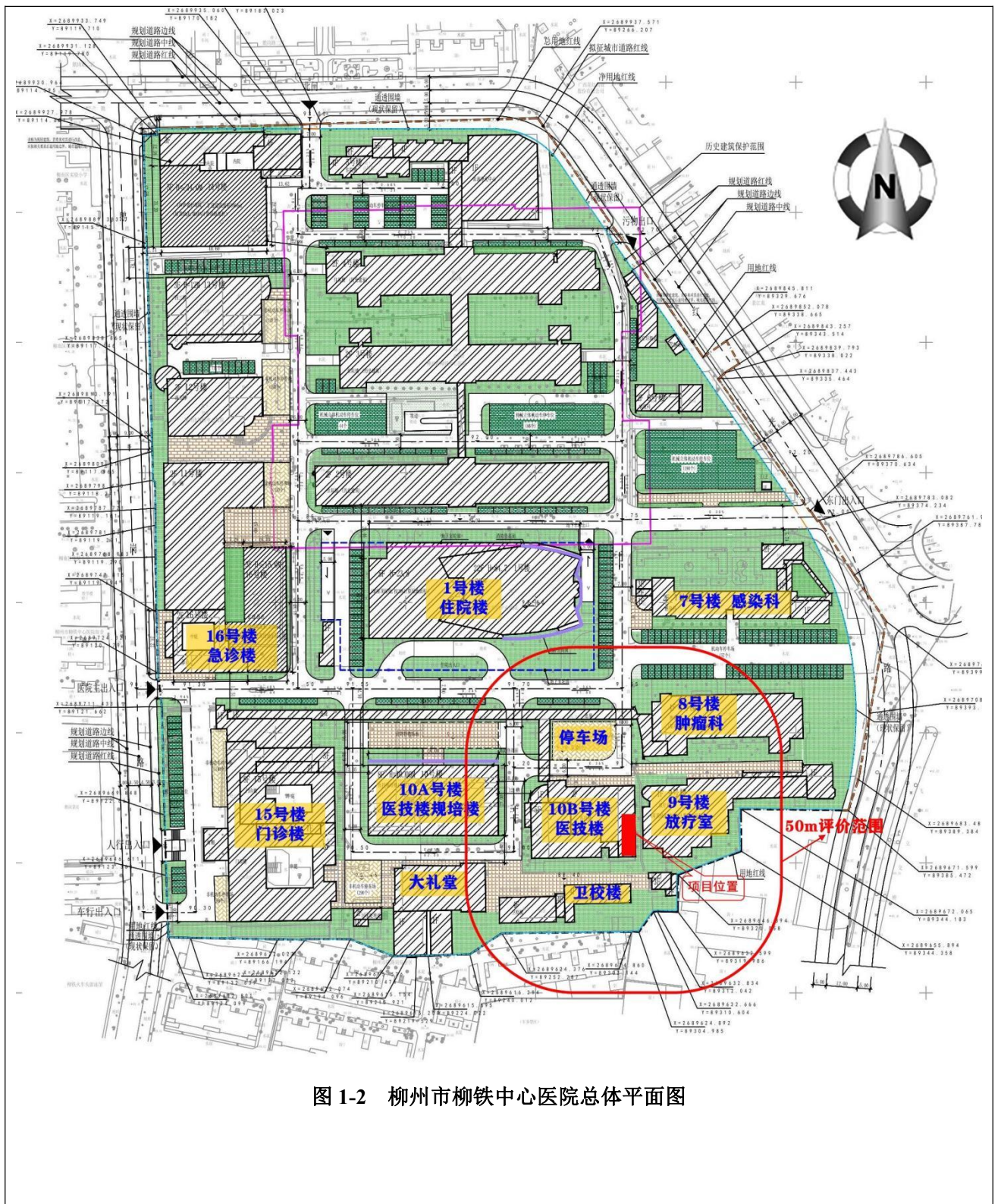


图 1-2 柳州市柳铁中心医院总体平面图

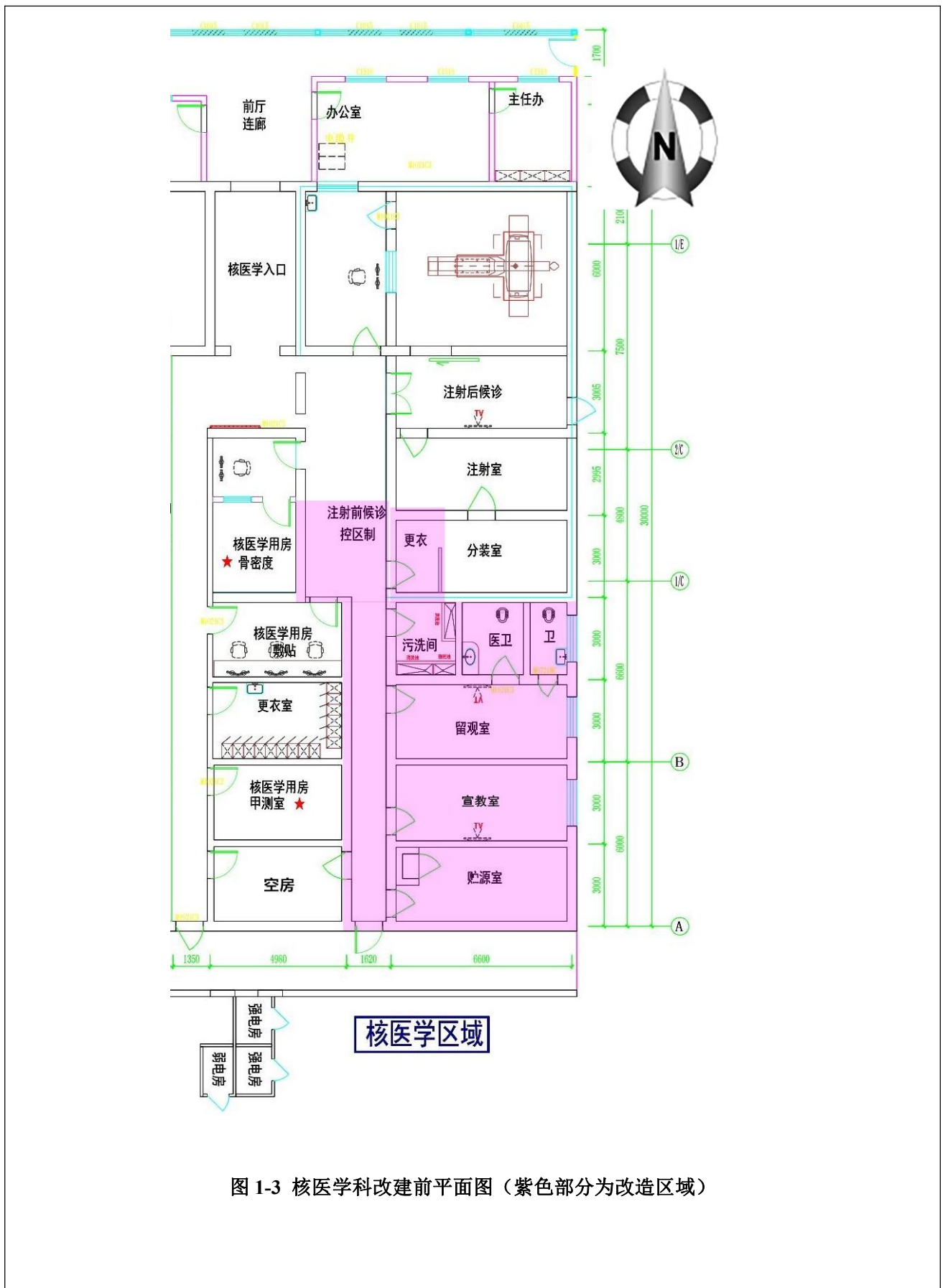


图 1-3 核医学科改建前平面图（紫色部分为改造区域）

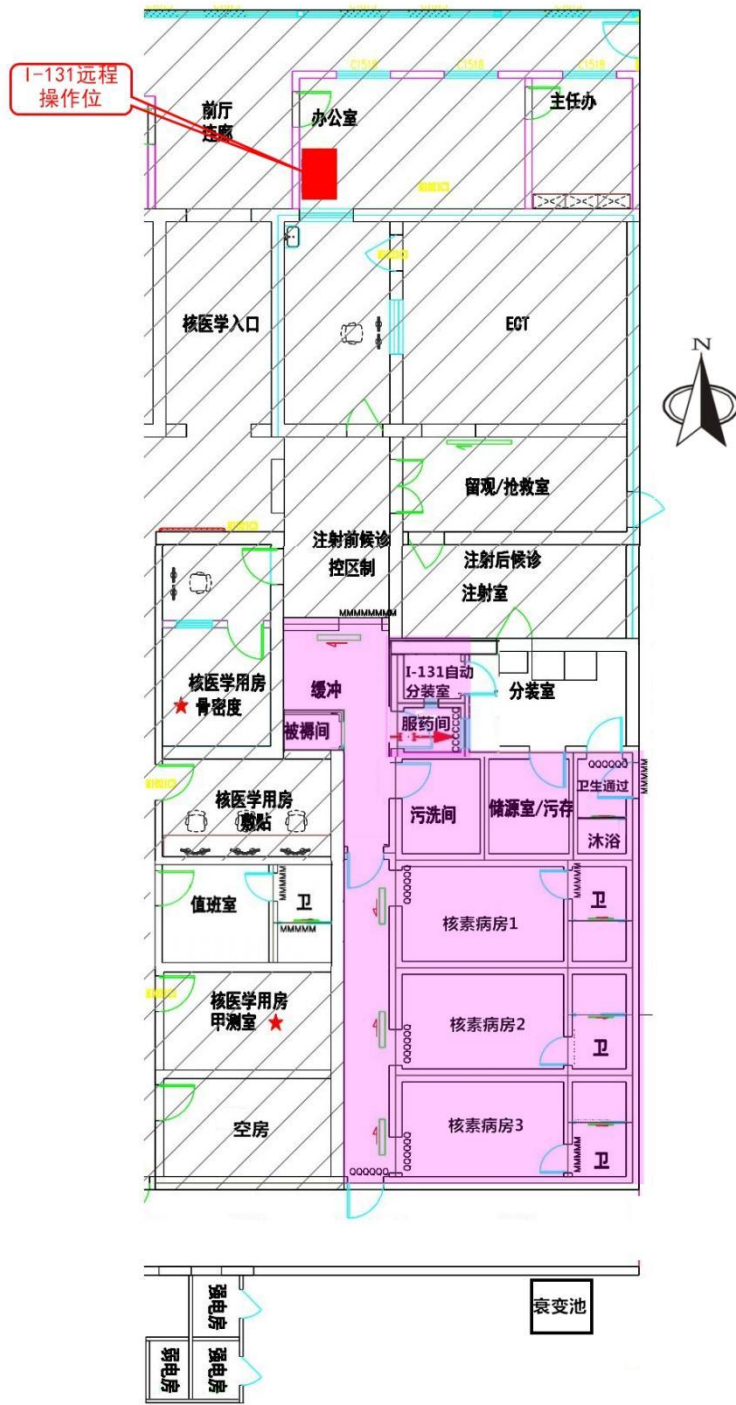


图 1-4 核医学科改建后平面图（紫色部分为改造区域）

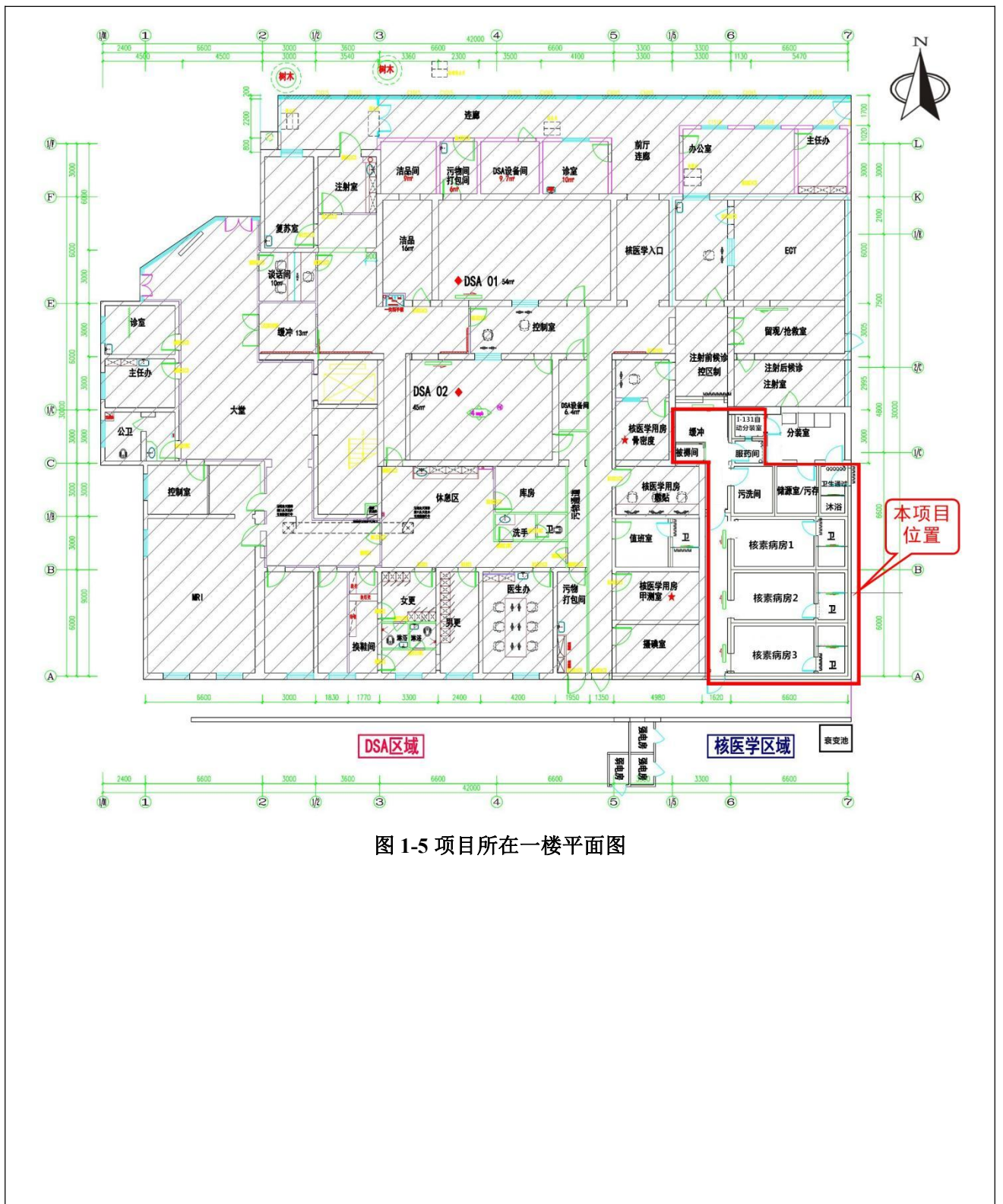


图 1-5 项目所在一楼平面图

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	场所分级	使用场所	贮存方式与地点
1	¹³¹ I	液态	使用	2.59×10^{10}	2.59×10^9	5.55×10^{12}	甲状腺摄碘率测量、“甲亢”、“甲癌”治疗	简单	乙级	10B号医技楼一楼核医学科	根据需要订购，暂存于核医学科 ¹³¹ I自动分装仪中。
/											

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
放射性固体废物	固态	¹³¹ I	/	35.7kg	428kg	/	主要是粘有放射性药品的一次性物品，集中收集于废物桶后按日期存于放射性污物间内衰变。	按类别和日期分别暂存于储源/污存室的铅罐中，待放射性废物暂存衰变满足清洁解控要求后，按一般医疗垃圾处理。
放射性废水	液态	¹³¹ I	/	≈14.58m ³	≈175m ³	总α<1Bq/L 总β<10Bq/L	废水衰变池	经衰变池衰变达标（总α<1Bq/L、总β<10Bq/L）排入医院污水处理站。
放射性废气	气态	¹³¹ I	/	少量	少量	/	/	废气在核医学科分装室通过管道抽到楼顶，出风口高出建筑屋脊，通风柜风速设计不低于1m/s，并设有活性炭过滤装置，最终排向大气。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年），2015 年 1 月 1 日起实施；</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》（中华人民共和国主席令 第 6 号），2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《中华人民共和国职业病防治法》（2018 年版），2018 年 12 月 29 日起实施；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月起实施；</p> <p>(6) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》（卫生部第 55 号令，2007 年），2007 年 11 月 1 日起实施；</p> <p>(7) 《关于印发辐射安全许可座谈会会议纪要的函》（国家环境保护总局办公厅 环办函[2006]629 号）；</p> <p>(8) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号）；</p> <p>(9) 《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环保总局公告 2005 年 第 62 号）；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（中华人民共和国生态环境部令第 1 号，2018 年 4 月 28 日起施行）；</p> <p>(11) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日 修订版）；</p> <p>(12) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订版）；</p> <p>(13) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号），2011 年 5 月 1 日起实施；</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）。</p> <p>(15) 《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》（2019</p>
------	---

	<p>年修订版)，桂环规范（2019）8号；</p> <p>（16）《放射性药品管理办法》（国务院令第676号，2017年修订版）。</p> <p>（17）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号，自2017年11月20日发布并施行）</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）《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89）；</p> <p>（3）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）；</p> <p>（4）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>（5）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>（6）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；</p> <p>（7）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p> <p>（8）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）。</p> <p>（9）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）</p>
其他	<p>附件 1. 委托书</p> <p>附件 2. 备案</p> <p>附件 3. 辐射安全许可证</p> <p>附件 4. 现状监测报告</p> <p>附件 5. 辐射安全与防护管理委员会</p> <p>附件 6. 辐射事故应急预案</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》（HJ 10.1-2016）相关规定以及本项目的实际情况，确定以医院核医学科场所边界以外 50m 范围作为评价范围，具体见图 1-3。

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评价范围内的公众成员，使他们受到的辐射照射低于各自的辐射照射管理约束值。本项目保护目标具体见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

人员类型	保护对象	相对方位	人员数量	年剂量管理约束值
职业人员	核医学科内部辐射工作人员	核医学科内部	6 人	5mSv
公众人员	10B 号医技楼其他工作人员	同一栋楼	约 30 人	0.1mSv
	9 号楼放疗室常驻工作人员	东侧 5m	10 人	
	8 号楼肿瘤科常驻工作人员	东北侧 20m	50 人	
	卫校楼常驻人员	南侧 15 米	20 人	
	10B 号医技楼规培楼常驻工作人员	西侧 35 米	30 人	
	评价范围内逗留或者经过的公众成员	核医学科周围 50m 内	流动人员	

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职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)，20mSv；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；本评价取其十分之一即 0.1mSv 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 7-2。

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 7-3。

表 7-2 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 7-3 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。

4.2.5 解控

4.2.5.1 已通知或已获准实践中的源（包括物质、材料和物品），如果符合审管部门规定的清洁解控水平，则经审管部门认可，可以不再遵循本标准的要求，即可以将其解控。

4.2.5.2 除非审管部门另有规定，否则清洁解控水平的确定应考虑本标准附录A（标准的附录）所规定的豁免准则，并且所定出的清洁解控水平不应高于本标准附录A（标准的附录）中规定的或审管部门根据该附录规定的准则所建立的豁免水平。

参照以上规定，本评价涉及的核素对应的清洁解控水平见下表7-4。

表 7-4 本评价涉及的核素对应的清洁解控水平

核素名称	清洁解控水平 (Bq/g)
^{131}I	100

(2) 《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)

本标准规定了医疗机构中核医学诊断、治疗、研究和放射性药物制备中有关人员以及工作场所的放射防护要求。

本标准适用于医疗机构开展核医学诊断、治疗、研究和放射性药物制备中使用放射性物质时的防护。

5.2 放射防护措施要求

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

5.2.2 应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理，把工作场所分为I、II、III三类。不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表7-5。

表 7-5 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道 ^a	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b

a 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。
b 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 7-5 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5 m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

5.2.4 分装药物操作宜采用自动分装方式，¹³¹I 给药操作宜采用隔室或遥控给药方式。

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

5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。

5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。

5.2.8 给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。回旋加速器机房内应装备应急对外通讯设施。

5.2.9 应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3 m 处的周围剂

量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。

8 医用放射性废物的放射防护管理要求

8.1 放射性废物分类，应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物进行分类收集和分别处理。

8.2 设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。

8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。

8.4 开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

8.5 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。

8.6 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及时转送存储室，放入专用容器中存储。

8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

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

8.9 储存场所应具有通风设施，出入口设电离辐射警告标志。

8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

8.11 废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

10 ^{131}I 治疗患者住院期间的放射防护要求

10.1 场所放射防护要求

10.1.1 ^{131}I 治疗病房区应为相对独立的场所，病房区入口处应设缓冲区。患者住院

后，只能在治疗区活动。

10.1.2 ^{131}I 治疗病房区应有独立的通风系统，通风管道应有过滤装置，并定期更换，更换的过滤装置按放射性固体废物处理。

10.1.3 ^{131}I 治疗住院患者的排泄物不应直接排到医院的公共污水管道，应先经过衰变池的衰变。下水管道宜短，露出地面的部分应进行防护和标记。

10.1.4 病房内应设置患者专用厕所和淋浴间，厕所内应有患者冲厕所和洗手的提示。

10.1.5 病房可设置采光窗，采光窗应进行必要的防护，使其符合 5.3.1 要求。

10.1.6 分装室与给药室之间药物传递应便捷，分装好的 ^{131}I 宜采用机械或自动、半自动的方式传递到给药室，给药过程应有监控。分装室应设置工作人员通过间，通过间应配备表面污染检测及剂量率检测仪表及清洗设施。

10.1.7 施用了 ^{131}I 治疗药物的患者如需住院应使用专用病房。专用病房宜为单人间，如不能实现，每间病房最多不应超过 2 人，并且 2 人之间应设置适当的防护屏蔽。

10.1.8 病房中应配备对讲、监控等设施。

10.1.9 患者使用过的被服应先进行存放衰变，衰变至少一个半衰期再进行清洗。

10.1.10 在 ^{131}I 病房场所应使用专用的保洁用品，不能和其他场所(包括核医学其他放射性场所)混用，病房区域内应有存放及清洗保洁用品的场所。

(3) 《核医学科辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)

4.2 辐射工作场所分级

应按照 GB 18871 的规定，将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲级、乙级和丙级。核医学常用放射性核素的毒性与操作方式修正因子可参照附录 A (标准的附录 A)。

4.3 辐射工作场所分区

4.3.1 应按照 GB 18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。

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

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

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

4.4 剂量限值与剂量约束值

4.4.1 剂量限制

核医学工作人员职业照射剂量限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.1 的相关规定，核医学实践使公众成员所受到的剂量照射限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.2 的相关规定。

4.4.2 剂量约束值

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

4.4.3 放射性表面污染控制水平

核医学工作场所的放射性表面污染控制水平按照 GB 18871 执行。

4.5 服药患者出院要求

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

4.5.2 接受碘-131 治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至 400MBq 以下或距离患者体表 1 米处的周围剂量当量率不大于 25 μ Sv/h 方可出院。

5 选址和布局

5.1 选址

5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构单独的建筑物内，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显的分界隔离。

5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。

5.2 布局

5.2.1 核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室

集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。

5.2.2 核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。

5.2.3 核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。

6 工作场所的辐射安全与防护

6.1 屏蔽要求

6.1.5 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

6.2 场所安全措施要求

6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。

6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。

6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人物和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。

6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台帐、及时登记，确保账物相符。

6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。

6.3 密闭和通风要求

6.3.1 核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

6.3.3 碘-131 治疗病房应设有单独的通风系统，病房的门窗应有封闭措施，保持治疗区域的负压。治疗区域内的空气应经单独的排气管道有组织排放。

6.3.4 放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。

6.2.5 通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131 治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。

7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；

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帐，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

7.3.3 放射性废液排放

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；
b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 α 不大于 1Bq/L、总 β 不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 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帐，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

7.4 气态放射性废物的管理

7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化。避免污染工作场所和环境。

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

（4）《放射性废物的分类》（环境保护部公告 2017 年第 65 号）

该公告中第九条豁免废物或解控废物规定：废物中放射性核素的活度浓度极低，满足豁免水平或解控水平，不需要采取或者不需要进一步采取辐射防护控制措施；豁免或解控废物的处理、处置应当满足国家固体废物管理规定。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

柳州市柳铁中心医院位于柳州市柳铁中心医院，地理位置见图1-1，新建核医学科拟设置在医院院内10B号医技楼一楼核医学科，医院总体平面图见图1-2，

8.2 环境现状评价的对象

本项目环境现状评价的对象为改扩建核医学科核技术应用项目场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率现状水平。

8.3 环境质量和辐射现状

(1) 监测目的

掌握该医院改扩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，以掌握拟用场址的辐射环境质量现状水平，为现状评价提供基础数据。评价单位委托有资质单位于2021年12月3日对本项目拟新建场址周围进行辐射剂量率水平监测，监测报告见附件4。

(2) 监测因子

本项目环境现状监测因子为X- γ 辐射剂量率、 β 表面污染。

(3) 监测点位布设

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。

现场监测时，监测场所范围内无剩余放射药品。

(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	β 表面污染
仪器名称	多功能辐射监测仪	表面污染监测仪
仪器型号	SCK-200	Como-170
仪器编号	21001	8224
厂家	上海钴景环境科技有限公司	NUVIA
能量响应范围	20keV~7MeV	——

量 程	10nGy/h~100μGy/h	1~1000000 cps
校准证书及校准单位	证书编号：2021H21-20-3562189001 检定单位：中国计量科学研究院 有效期：2022年09月26日止	证书编号：校准字第202110000734号 检定单位：中国测试技术研究院 有效期：2022年10月11日止
监测规范	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021	《表面污染测定第1部分：β发射体（Eβ max>0.15 MeV）和α发射体》GB/T 14056.1

(5) 质量保证措施

- a 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- b 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- c 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- e 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- f 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人签发。

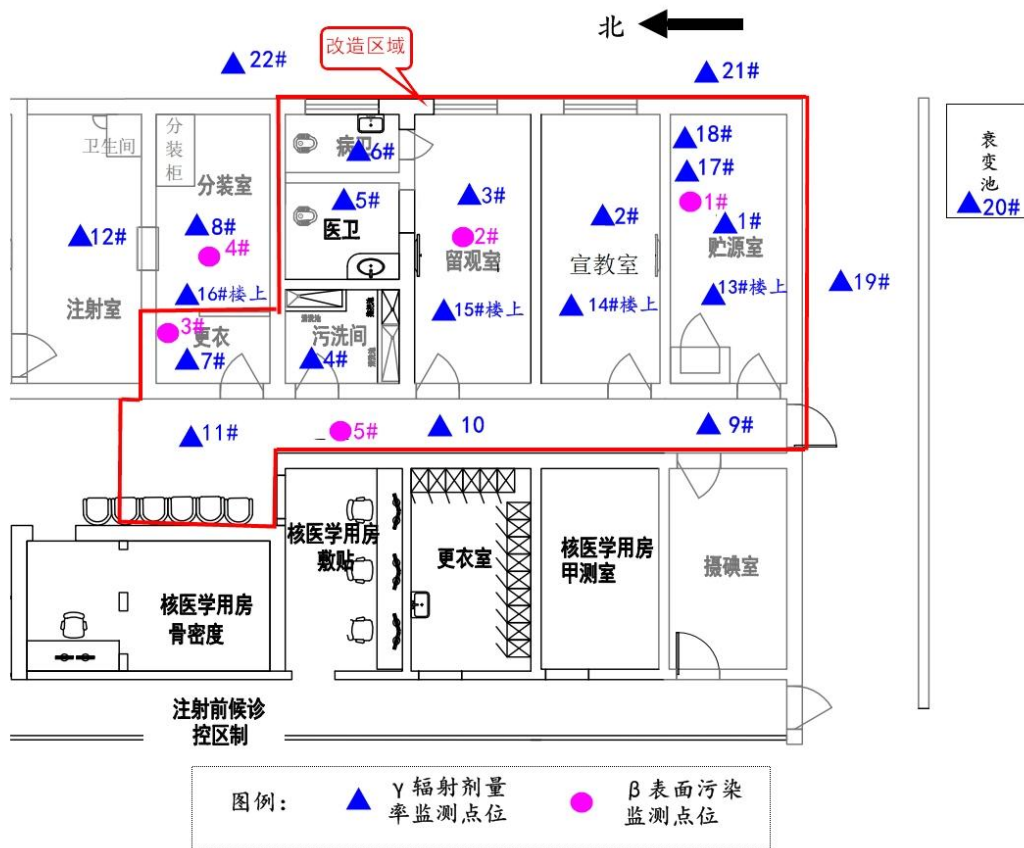


图8-1 现状监测布点图一

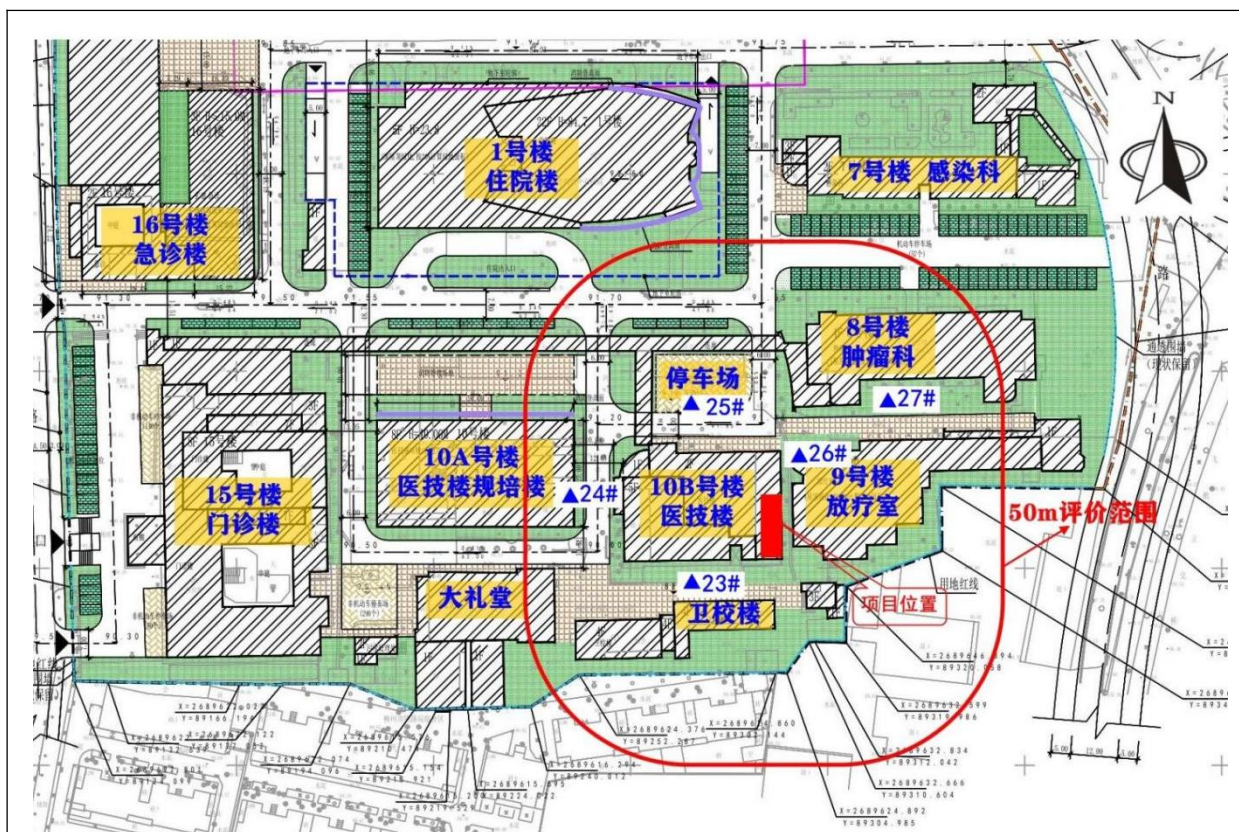


图8-2 现状监测布点图二

(6) 监测结果

医院改扩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、8-3。

表 8-2 改扩建项目场所周围环境 γ 辐射剂量率监测结果

监测点号	测量位置	γ 射线剂量率 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
1#	原贮源室 (拟建甲癌病房 3)	98	2.1	室内
2#	原宣教室 (拟建甲癌病房 2)	81	4.3	室内
3#	原留观室 (拟建甲癌病房 1)	93	6.0	室内
4#	污洗间	89	4.0	室内
5#	原医生卫生间 (拟建储源间/污物暂存间)	77	2.6	室内
6#	原病人卫生间 (拟建卫生通过间)	81	2.1	室内
7#	原分装室更衣处	100	2.1	室内

8#	分装室	87	3.0	室内
9#	原贮源室门外通道	87	1.0	室内
10#	原留观室门外通道	84	1.4	室内
11#	分装室门外通道	84	1.6	室内
12#	注射室	96	2.0	室内
13#	原贮源室（拟建甲癌病房3）正上方	91	2.1	室内
14#	原宣教室（拟建甲癌病房2）正上方	86	3.0	室内
15#	原留观室（拟建甲癌病房1）正上方	88	3.7	室内
16#	分装室正上方	81	2.6	室内
17#	铅废物桶1上方30cm处	192	9.8	/
18#	铅废物桶2上方30cm处	202	6.8	/
19#	原贮源室南侧通道	60	1.7	室外
20#	拟建衰变池上方	48	1.2	室外
21#	原贮源室东侧通道	64	3.1	室外
22#	分装室东侧通道	60	2.6	室外
23#	卫校楼旁	59	2.8	室外
24#	10A号楼旁	52	3.2	室外
25#	停车场	58	2.3	室外
26#	9号楼旁	49	2.9	室外
27#	8号楼旁	58	2.6	室外
室内测量范围		77~100	/	/
室外测量范围		48~64	/	/
注：1. 监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值。				
2. 建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取0.8，原野、道路取1。				

表 8-3 改扩建项目场所β表面污染监测结果

监测点号	监测点位	监测结果 (Bq/cm ²)
1#	贮源室地面	0.16
2#	留观室地面	0.03
3#	分装室更衣处地面	0.02
4#	分装室地面	0.18
5#	核医学科通道地面	0.01

表面污染仪探测下限 (MDL) : 0.01 Bq/cm², 若校准结果小于 0.01 Bq/cm², 则记录为<MDL。

1. 由表8-2的监测结果可知, 医院改扩建核医学科核技术应用项目场所及周围环境室内测点γ辐射剂量率在77~100nGy/h范围内 (已扣除宇宙射线响应值)。室外测点γ辐射剂量率背景水平在48~64nGy/h之间 (已扣除宇宙射线响应值)。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 (已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 (已扣除宇宙射线响应值)。

由以上数据比对可知, 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。

原有的2个铅废物桶外表面30 cm处的γ辐射剂量率分别为192nGy/h、202nGy/h, 满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)中“固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施, 以保证其外表面30 cm处的周围剂量当量率小于2.5 μSv/h。”的要求 (保守按1Sv=1Gy)。

2.从8-3现场检测结果可知, 改扩建场所的β表面污染测值最大为0.18Bq/cm², 污染值均小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)给出的清洁解控水平限值0.8Bq/cm² (限值的1/50)。

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；项目性质为改扩建。

具体建设内容为：将原来的贮源室、服药前候诊室、留观室改建为 3 间核素病房，将原有的分装室的更衣处改成服药室与 ^{131}I 自动分装室、服药室，原有的医生卫生间改建成储源/污存室、病人卫生间改成卫生通过间，在核医学科南面空地新建一座衰变池。拟新购置一台 ^{131}I 自动分装仪。使用核素 ^{131}I 进行甲功测定、甲亢治疗和甲癌治疗。

非密封放射性核素的来源及分装情况：核医学科使用放射性核素均为外购，到医院后进行简单分装或直接注射、口服，医院根据临床诊疗所需药物的使用量，向有相关资质的供应商订购放射性药物。供应商在约定的时间内，根据提前预订告知的放射性药品种类、活度和数量生产放射性药物，药瓶外采用防护罐屏蔽，经表面污染和外表面辐射剂量检测合格后，将铅罐置于专用运输外包装箱后配送至医院。

放射性药物运输到医院后，核医学科安排专人接收放射性药物，经确认无误完成相关交接手续后暂存于储源/污存室内。甲癌、甲亢治疗用 ^{131}I 分装采用自动分装仪分装后直接给药， ^{131}I 分装采用自动分装仪采取隔室远程操作操作人员于办公室控制台进行远程自动分装操作（操作位置如图 1-4 所示）。

医院改扩建后核医学科 ^{131}I 日规划最大操作量为 $2.59 \times 10^{10}\text{Bq}$ （700mCi）规划年操作量为 $5.55 \times 10^{12}\text{Bq}$ （150Ci）。

9.2 ^{131}I 治疗项目工作原理

9.2.1 甲功测定

（1）工作原理

碘是合成甲状腺激素的物质之一，甲状腺细胞通过钠/碘共转运子克服电化学梯度从血循环中浓聚 ^{131}I ，因此，病人口服的 ^{131}I 药剂大都聚集在甲状腺内。在体外用探测器在颈部测量甲状腺对 ^{131}I 的摄取速度和摄取量，即吸碘率。利用不同时间段患者摄碘率的变化曲线来判断患者甲状腺功能是否正常，为甲状腺疾病的诊断和放射性碘治疗提供了可靠的数据。甲状腺功能检查患者服用 $^{131}\text{I}\text{-NaI}$ 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

甲功测定病人一般于服药后 2h、4h、24h 在甲功室内进行吸碘率测量，甲功测定工作流程及产污环节见图 9-1。

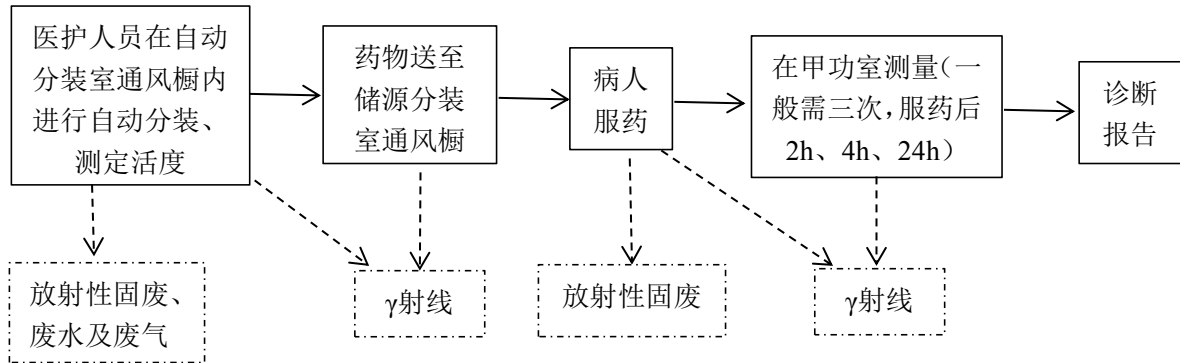


图 9-1 甲功测定工作流程及产污环节

9.2.1 ^{131}I 治疗甲亢项目

(1) 工作原理

^{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。

(2) 工作流程及产污环节

① 诊断治疗规划

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，所用核素通过碘自动分装仪分装，病人自主服药。接受甲亢治疗的每名患者最大用药量为 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ ，甲亢病人每天最多 10 例。

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，将甲亢药物放于分装柜内，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，工作人员在上班前将药分装注射到自动分装仪内。接受甲亢治疗的患者到达服药窗口，医护人员通过电脑控制系统操作碘自动分装仪自动分装药物，并通过视频及对讲指导患者服药。

给药后：甲亢患者服药无异常后即可离开核医学科。

(3) 废物处理措施

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。

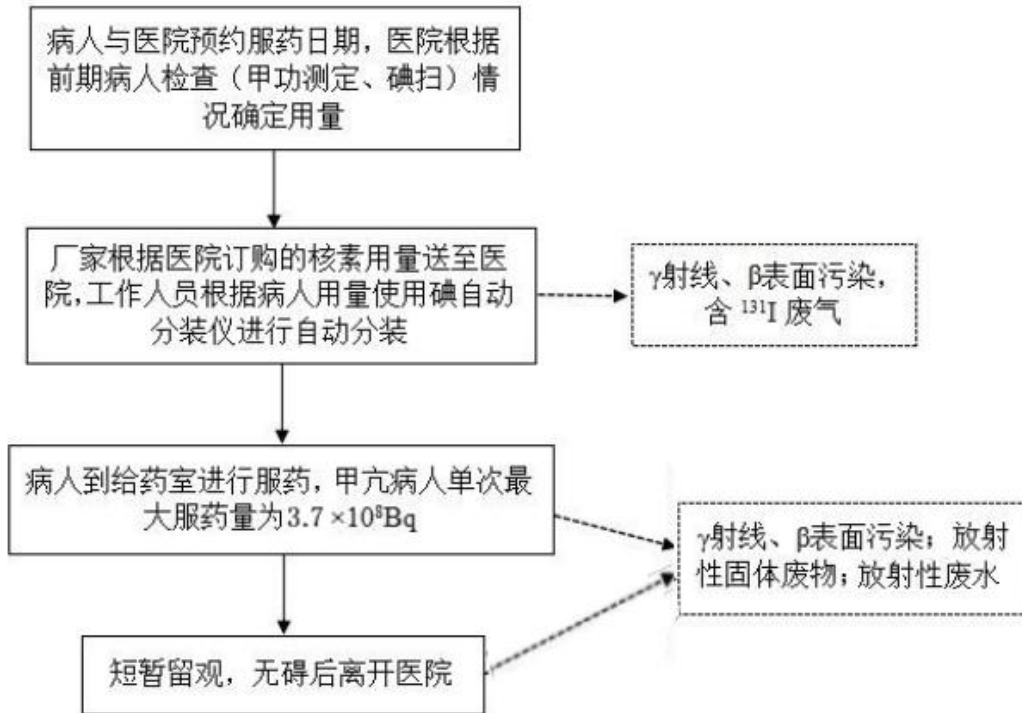


图 9-2 甲亢治疗项目工作流程及产污环节

9.2.2 ¹³¹I 治疗甲状腺癌项目

(1) 工作原理

¹³¹I 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。甲状腺癌 ¹³¹I 放射治疗主要用于治疗可浓集碘的转移性病灶，也可用于治疗微小癌、不能手术或手术切除不完全的原发癌。病变的甲状腺、大约 80%甲状腺癌患者转移到病灶有摄取放射性碘的能力，但是摄取的程度不如正常的甲状腺。虽然如此，大多数转移灶仍能摄取足够的 ¹³¹I，用以集中照射、有效地破坏转移病灶的目的，达到治疗的目的。

(2) 工作流程及产污环节

甲癌治疗使用 ^{131}I 为外购的放射性核素的碘 ^{131}I 化纳口服溶液，医院按需采购放射性药物，在约定的时间由放射性药物供应单位负责将放射性药物运送至核医学科甲癌储源/污存室，病人进行治疗前，辐射工作人员将药品放在 ^{131}I 自动分装室的碘自动分装仪内，通过电脑控制系统操作碘自动分装仪自动分装药物，患者根据指示进行服药。

甲癌患者经预约问诊后，通过走廊到达服药室，在分装窗口前服用放射性药物后在医生的语音指导下进入相应甲癌病房住院（核素病房 1、2、3，每间病房住院 1 人），住院 2-5 天，经检测患者体内放射性活度降低至 400MBq（距患者 1m 处的辐射剂量率低于 $25\mu\text{Sv/h}$ ）方可离开甲癌病房出院。本项目甲癌治疗每周开展一次，接受甲癌治疗的每名患者最大用药量为 200mCi，甲癌病人每次住院最多 3 例。患者住院时间要视患者病情和手术病灶切除情况而定。患者服药后一次性水杯以及住院期间使用的一次性用品均按规定以放射性废物丢指定的放射性废物衰变桶中；住院期间的排泄物等放射性废水单独收集至衰变池衰变达标后排入医院污水处理站。 ^{131}I 药物操作过程和口服服药后的病人呼吸，可能会导致核素进入工作区域内的空气中，造成工作人员吸入性内照射影响。甲癌治疗项目的工作流程见图 9-3。

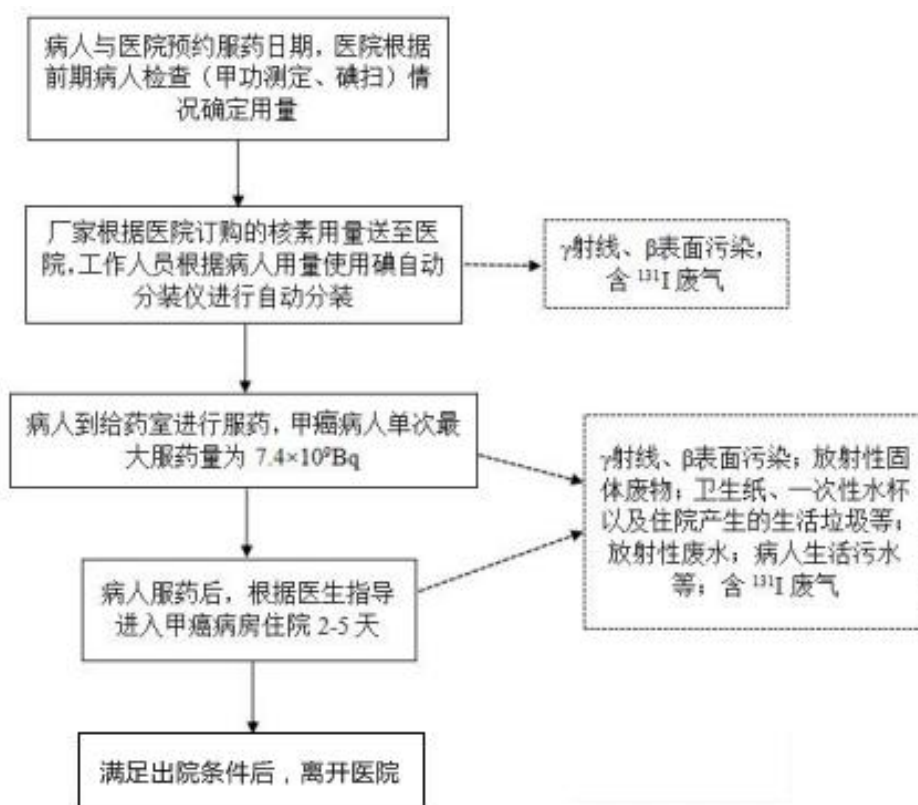


图 9-3 甲癌治疗项目工作流程及产污环节

9.4 人流及物流的路径规划

1、人流路径规划

(1) 工作人员路径规划：从卫生通道进入→分装室→¹³¹I自动分装室；

(2) 甲亢患者路径规划：核医学入口进入→注射服药前候诊走廊→服药室→出口离开。

(3) 甲癌患者路径规划：核医学入口进入→注射服药前候诊走廊→服药室→核素病房→出口离开。

2、物流路径规划

(1) 药物路径规划：从卫生通道进入→分装室→储源/污存室→¹³¹I自动分装室；

(2) 放射性固体废物路径规划：服药室/¹³¹I自动分装室→分装室→储源/污存室。

人流及物流的路径规划示意图具体见图 9-4。从平面布局来看，患者进入到离开，采用按诊断或治疗流程单向通道和单向通过门的限制办法，使医务人员和服药后患者各走自己通道，避免了人员交叉造成不必要的照射。项目通过屏蔽设计、单向通道和单向通过门，限制并区分了人员通道。

医护人员进出放射性区域位置设置了卫生通过间，工作人员操作非密封型放射源前，拟在卫生通过间穿戴防护用品后进入高活区，¹³¹I 分装操作技师在施药前将药物铅罐放入自动分装仪内，装好后经检测表面污染合格后，方能回到低活区。

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。

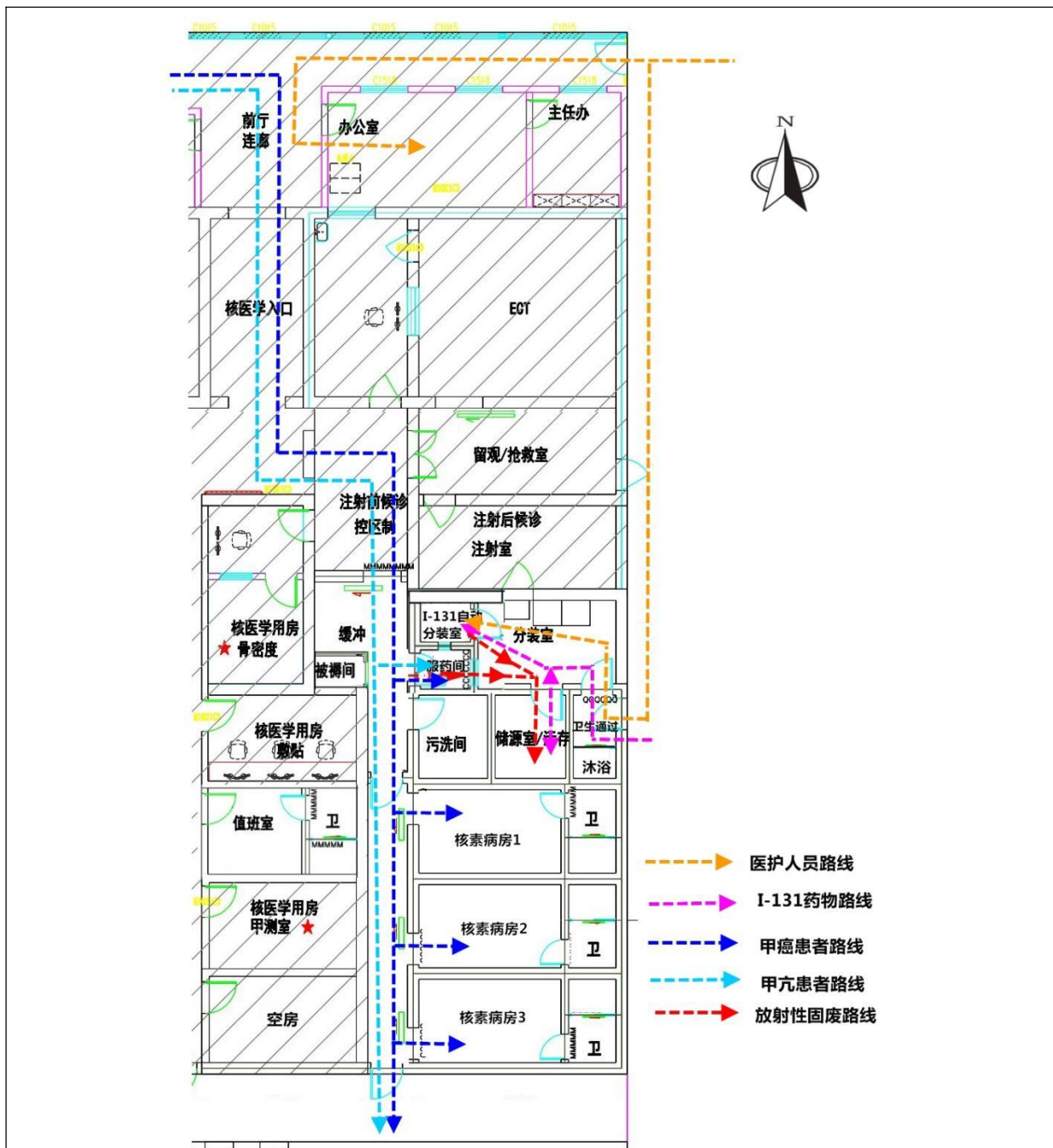


图 9-4 人流及物流的路径规划示意图

9.5 放射性同位素性能参数

本项目中，放射性同位素均在核医学科内使用，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	$\beta(100\%)$	中毒	$\beta: 0.606, \gamma: 0.364$

9.1.4 原有项目工艺不足及改进情况

随着项目扩建， ^{131}I 使用量增多，原有项目在用废水衰变系统的容积及排放方式不能满足项目改扩建后的需求。因此，医院拟在本次项目改建时重新设计建造一套放射性废水衰变系统，扩大容积满足排放要求，同时改为槽式排放方式，新建衰变池为本项目 ^{131}I 专用衰变池，不与其他项目共用，严格执行 GB18871-2002 的要求。在本项目新建衰变池系统建成投运后， ^{131}I 的废水不再接入原有衰变池。

9.6 辐射源项分析

1、正常工况状态下的辐射源项

由上文核医学工作流程分析可知，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，包括分装、服药等过程。受诊患者服用放射性药物后，本身短时间内也成为—个“辐射体”，随着患者的移动，将对周围环境造成辐射影响，排泄物也成为放射性污染物。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。核医学项目污染因子包括：

(1) γ 射线贯穿辐射

①本项目使用的核素 ^{131}I 在发生衰变时会伴随产生 γ 射线，在进行药物分装、口服等操作时，在周围停留的操作人员和患者可能受到核素释放出的 γ 射线外照射影响。

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

参照 GBZ120-2020 表 H.1，对于 ^{131}I 放射性核素，裸源状态下 1m 处的周围剂量当量率 $0.0595\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2(\text{h}\cdot\text{MBq})^{-1}$ ；参照 GBZ120-2020 表 L.1，服用 ^{131}I 药品的患者 1m 处的周围剂量当量率 $0.0583\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2(\text{h}\cdot\text{MBq})^{-1}$ 。

(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，包括一次性手套、一次性水杯等。

甲亢治疗项目每天 10 人次，一例病人，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产生量为 0.2kg/d，年工作间按 250 个工作日计算，则产生量为 50kg/a；甲癌治疗项目每次住院 3 人（满员计），住院前服药产生的一次性水杯以及纸巾等 0.02kg/人·次计，每天产生放射性固体废物 0.5kg/床，一年按 250 个工作日计算（每五个工作日换一批住院），则甲癌治疗项目放射性固体废物产生量为 378kg/a。

（4）放射性废液

患者服用放射性药物后产生的排泄物、呕吐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，核医学科工作场所应急洗消产生的废水。特殊情况当天未用完的放射性药物（暂存衰变，禁止排入衰变池）。项目放射性废水源强详见 10.5 章节

（5）放射性废气

放射性药物的在分装操作过程中会发生微量挥发，设置专用排风管道汇集后经活性炭过滤处理，高于屋顶排放。

2、非正常运行状态下的辐射源项

事故情况下，放射性药物分装、服药区等场所可发生如下危害：

- （1）放射性药物丢失或被盗；
- （2）在转移、分装过程中出现的意外泄漏而造成放射性表面污染。
- （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）放射性固废未达到解控水平或排放标准即进行处理。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 评价规模

改建医院南部乙级非密封放射性工作场所 1 处，具体开展 ^{131}I 甲功测定、甲测治疗甲亢及甲癌项目，建设 3 间甲癌住院病房。

10.1.2 辐射工作场所

本项目核医学科场所拟设置在医院南部 10B 号医技楼一楼核医学科，本项目主要目的为改建出 3 间核素病房，项目主要内容包括：将原来的留观室、宣教室、贮源室改建为 3 间核素病房，将原有的分装室的更衣处改成服药室与 ^{131}I 自动分装室、服药室，分装室其余部分不做改动，原有的医生卫生间改建成储源/污存室，病人卫生间改成卫生通过间，在核医学科南面空地新建一座衰变池。拟新购置一台 ^{131}I 自动分装仪。

活动路线规划：医务人员在办公室，有必要时，工作人员操作非密封型放射源前，拟在卫生通过间穿戴防护用品后通过分装室进入 ^{131}I 自动分装室或贮源室， ^{131}I 分装操作技师在施药前将药物铅罐放入自动分装仪内，装好后经检测表面污染合格后，方能回到低活区。之后于办公室控制台进行远程自动分装操作；患者进入服药室服药，服药后经病人通道从出口离开，经病人通道进入约定好的核素病房内住院观察，出院时从出口离开。医务人员与服药后的患者在路线上无交错重叠。

从平面布局来看，患者进入到外出，采用按治疗流程单向通道和单向通过门的限制办法，使医务人员和服药后患者各走自己通道，避免了人员交叉造成不必要的照射。项目通过屏蔽设计、单向通道和单向通过门，限制并区分了人员通道。核医学科路线图见图 9-4。

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。综上所述，该项目核医学科的平面布局合理。

10.1.3 辐射屏蔽设计方案

(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。四周墙体采用实心砖加硫酸钡，楼板为混凝土结构，混凝土密度不低于 2.35g/cm³，砖密度不低于 1.65g/cm³；防护门采用内衬铅板；观察窗采用铅玻璃观察窗，注射窗采用铅玻璃注射窗。

(2) 工作场所辐射屏蔽

根据医院提供的屏蔽设计图纸，本项目核医学工作场所主要对 ¹³¹I 自动分装室、服药室、储源/污存室、3 间核素病房、核素病房通道进行屏蔽防护施工；对新建放射性废水衰变池进行屏蔽防护施工，屏蔽计算主要针对以上区域进行核算。

储源/污存室存储放射源及固体废物时均储存在运源铅罐或 10mmPb 铅污物桶内，¹³¹I 自动分装室内涉及的放射性药物存储在 40mmPb 的 ¹³¹I 自动分装仪内不存在放射源裸露在分装室的情况。

根据建设单位提供资料，本项目场地建设屏蔽设计方案见表 10-1。

表 10-1 核医学科用房屏蔽设计方案

房间名称	屏蔽设计方案	
¹³¹ I 自动分装室	有效面积	长×宽×高=1.6×1.2×4.2m
	四周墙体	东墙：24cm 实心砖+14cm 硫酸钡防护材料 南墙：24cm 实心砖 西墙与北墙：36cm 实心砖
	天顶	30cm 混凝土
	防护门	5mm铅板
	¹³¹ I自动分装仪	药罐防护能力 40mmPb+外壳防护能力 3mmPb
服药室	四周墙体	东墙、北墙：24cm 实心砖+14cm 硫酸钡防护材料 西墙、南墙：36cm 实心砖+8cm硫酸钡防护材料
	天顶	30cm混凝土+6cm硫酸钡防护材料
	防护门	23mmPb
	传递窗	23mmPb
储源/污存室	四周墙体	东墙与西墙：24cm 实心砖 南墙：36cm 实心砖+8cm 硫酸钡防护材料 北墙：36cm 实心砖
	天顶	30cm 混凝土
	防护门	5mmPb

	铅废物桶	10mmPb
1 号核素病房	四周墙体	36cm实心砖+8cm硫酸钡防护材料
	天顶	30cm混凝土+15cm 硫酸钡防护材料
	防护门	20mmPb铅板
2、3 号核素病房	四周墙体	36cm实心砖+8cm硫酸钡防护材料
	天顶	30cm混凝土+6cm硫酸钡防护材料
	防护门	20mmPb铅板
核素病房通道	墙体	36cm实心砖+8cm硫酸钡防护材料
	天顶	30cm混凝土+6cm硫酸钡防护材料
	防护门	20mmPb铅板
注：实心砖密度不小于1.65g/cm ³ ，混凝土密度不小于2.35g/cm ³ ，含钡防护涂料密度不小于3.7g/cm ³		

(3) 核医学科防护用品配置

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。放射性测量仪器均属于强制检定设备，应按照国家法规要求定期到计量标准实验室进行校准，活度计检定周期为 2 年，其他仪器检定周期为一年。

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
铅废物桶	个 (10mmPb)	4
铅 (衣、眼镜、手套、围脖)	套 (铅玻璃眼镜 0.5mmPb, 铅衣 0.5mmPb, 铅手套 0.25mmPb, 铅围脖 0.5mmPb)	6
个人剂量报警仪	台	4
辐射防护检测仪	台	2
表面污染监测仪	台	2
活度计	台	2

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：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \quad (10-2)$$

根据（10-2）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)	工作场所分级
1	^{131}I	2.59×10^{10}	0.1	1	2.59×10^9	乙级

根据表 10-3 可知，医院核医学科应按照乙级工作场所进行管理。

按照 GBZ120-2020《核医学放射防护要求》第 5.2.2 规定，可以根据计划日操作大量放射性核素的加权活度，把核医学工作场所分为 I、II、III 类。根据划分三类来确定该实验室的室内表面及装备结构要求。GBZ120-2020《核医学放射防护要求》附录 G 加权活度的具体计算方法，第 5.2.2 条给出了 I、II、III 类实验室的室内表面及装备结构要求。此次对核医学科每个具体工作场所进行了分类，考虑到发展和实际常规使用量按最大量计算了加权活度，分类依据见表 10-4。核医学具体工作场所进行了分类，分类结果见下表 10-5。

表 10-4 临床核医学工作场所具体分类

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

加权活度计算方法如下：
 加权活度 = (计划的日操作最大活度 × 核素的毒性权重因子) / 操作性质修正因子

表 10-5 本项目核医学科工作场所分类情况

场所名称	核素	日操作最大活度 (Bq)	核素的毒性权重因子	操作性质修正因子	加权活度 (MBq)	场所分类
¹³¹ I 自动分装室	¹³¹ I	2.59×10 ¹⁰ (700mCi)	100	1	2.59×10 ⁶	I 类
服药室	¹³¹ I	2.59×10 ¹⁰ (700mCi)	100	1	2.59×10 ⁶	I 类
3 间甲癌病房	¹³¹ I	7.4×10 ⁹ (200mCi)	100	1	7.4×10 ⁵	I 类
储源/污存室	¹³¹ I	2.59×10 ¹⁰ (700mCi)	100	100	2.59×10 ⁴	II 类

对照《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)中关于不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求, I 类、II 类工作场所的要求见表 10-6。项目核医学科用房的地板、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 10-6 按不同级别工作场所室内表面和装备的要求

种类	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道 a	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆 b 和去污设备	洗手盆 b 和去污设备	洗手盆 b

a 下水道宜短, 大水流管道应有标记以便维修检测。

b 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

10.3 分区管理

医院拟按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 标准的要求, 把核医学科工作场所分为控制区、监督区, 以便于辐射防护管理和职业照射控制。具体分区见图 10-3。

(1) 控制区包括： ^{131}I 自动分装室、服药室、储源/污存室、卫生通过间、污洗间、核素病房、核素病房通道等区域。

控制区以防护门和屏蔽墙为界。医院拟采取一系列的放射卫生防护与安全措施，控制区的入口和出口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，禁止无关人员进入；病人使用的棉球等物品，及时清理作为低放射废物暂存，排泄物、呕吐物等由专用卫生间排入衰变池中。

碘分装服药室防护门设置遥控开关，控制器设在碘自动分装工作室内，在甲癌病人服药时遥控关闭该防护门，以禁止甲癌病人服药后从该防护门出去（让甲癌病人服药后往南侧门走入相应住院病房）。

(2) 监督区主要为项目控制区邻近区域（除未改动区原有控制区外），包括：注射前候诊区、空房、甲测室、值班室、南侧通道以及核素病房和项目东侧离屏蔽体 1 米范围内道路等区域。医院对该区不采取专门的防护安全措施，但定期进行辐射剂量和表面污染监测。

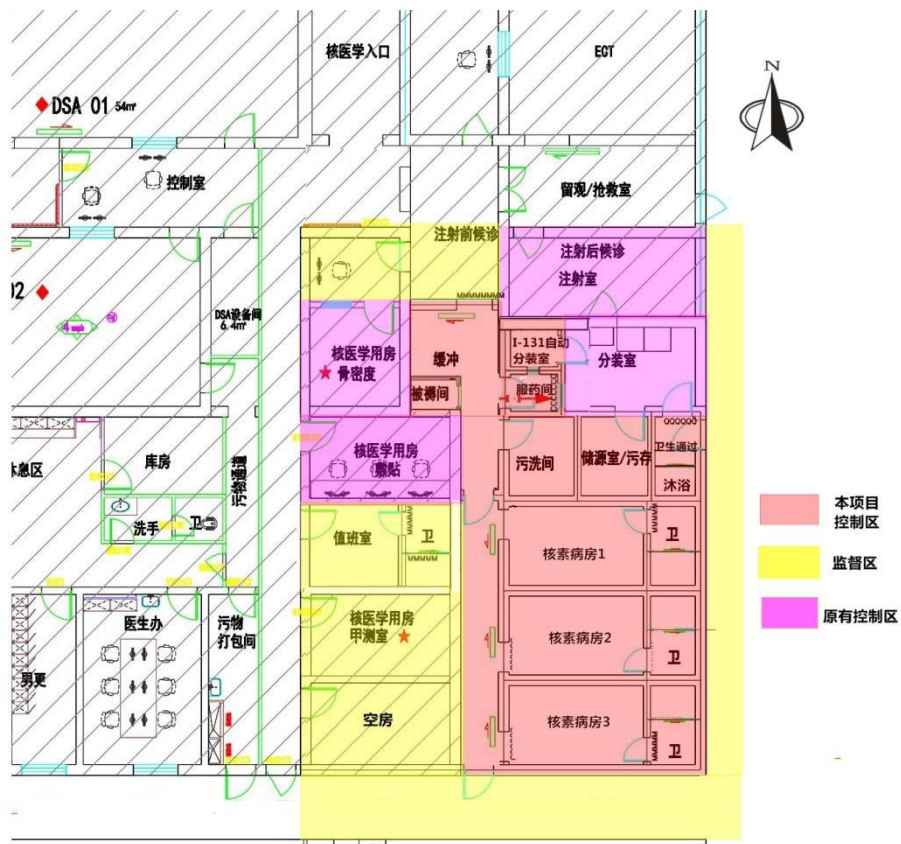


图 10-3 核医学科场所分区管理示意图

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 10-7。

表 10-7 拟采取的安全防护措施和设施与 HJ 1188-2021 符合情况对照表

序号	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	核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活区集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。	本项目场所位于医院 10B 号楼一楼东部，属于核医学科专用区域，布局合理；场所控制区集中，高活区集中在一端；放射性药物、放射性废物的存放位置固定，给药后患者一般当即通过病人通道离开，必要时在留观室作短暂观察后再离开。	符合
2	核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。	本项目核医学工作场所设立了相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径；工作人员通道和患者通道分开；放射性药物均在开诊前运达分装室，废物均在无就诊病人时转移到废物间，即药物、废物通道在时间上与人员不交叉。	符合
3	核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。	本项目控制区出入口设有门禁，无关人员不得随意进出控制区；在医生出入分装室处设置了卫生通过间，为工作人员提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备；控制区内设有给药后患者的专用卫生间。	符合
4	放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。	放射性物质一般按需购买，使用前暂存在分装室分装柜内，有适当屏蔽。	符合
5	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缝隙，易于清洗、去污。	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无缝隙，易于清洗、去污。	符合
6	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。	本项目碘-131 药品在通风橱内进行，通过远程控制自动分装；从事放射性药物操作的工作人员配备有铅衣、铅围脖、一次性工作服、手套等。	符合
7	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。	在医生出入分装室处设置了卫生通过间，并配备表面污染监测仪器，制定了监测制度，从控制区离开的人员和物品均进行表面污染监测。	符合

8	放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内,定期进行辐射水平监测,无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账,及时 登记,确保账物相符。	本项目使用的药物均为短半衰期 核素,一般按需求订购,集中使用,不专门贮存,购买后使用前 暂存于分装室通风橱中。	符合
9	放射性物质的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。	放射性物质的分装通过远程控制通风橱中自动分装仪进行,通风橱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;防止放射性液体泄漏 或放射性气体及气溶胶逸出。	符合
10	通风橱应有足够的通风能力,碘-131 治疗病房以及通风橱、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。	通风橱设计通风能力不少于 0.5m/s,通风橱通风系统排气口高于本建筑物屋顶。碘-131 治疗病房以及通风橱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶 2.5m,	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》(GBZ120-2020)的符合情况见表 10-8。

表 10-8 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	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	在医疗机构内部区域选择核医学场址,应充分考虑周围场所的安全,不应邻接产科、儿科、食堂等部门,这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置,宜有单独出、入口,出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。	本项目场址位于 10B 号楼一楼,为相对独立的专用区域;不邻接产科、儿科、食堂等部门。	符合
2	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
3	在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间,进行污染检测。	本项目在分装室的出口处设的工作间即为卫生通过间,科室制定有相应的表面沾污检测制度,在符合该房间内加强对完成非密封放射性物质操作后通过的工作人员衣服、手套等开展沾污测量。	符合
4	核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素房间(放射性药物贮存室、分装及(或)药物准备室、给药室等)、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房(使用非密封源治疗患者)、卫生通过间、保洁用品储存	本项目工作场所已按照 GB 18871 的有关规定划分了控制区及监督区,并计划制定相应的管理措施。	符合

	场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据 GB 18871 的有关规定，结合核医学学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。		
5	核医学的工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施。	本项目工作场所根据 GB 18871 的有关规定划分为乙级非密封源工作场所，并采取相应防护措施。	符合
6	核医学工作场所的通风按表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5 m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。	本项目工作场所设置有机排风系统，通风橱有专用的排风装置，风速不小于 0.5 m/s；排气口高于核医学屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度达到环境主管部门的要求。	符合
7	分装药物操作宜采用自动分装方式， ¹³¹ I 给药操作宜采用隔室或遥控给药方式。	本项目计划配备 ¹³¹ I 自动分装装置， ¹³¹ I 给药操作采用隔室遥控给药方式。	符合
8	放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。	本项目设计有放射性废液衰变池，并能满足 GB18871-2002 的要求；污水管道采取埋地加盖混凝土等防护设计。	符合
9	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。	本项目拟在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提示。	符合
10	给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器；容器表面应设置电离辐射标志。	给药后患者或受检者候诊室均配备监视设施或观察窗和对讲装置；项目配备满足需求的屏蔽容器。	符合
11	操作放射性药物应有专门场所，如临床诊疗需要在非专门场所给药时则需采取适当的防护措施。放射性药物使用前应适当屏蔽。装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。	项目建设有分装操作放射性药物的专门场所；放射性药物使用前暂存于分装柜中。	符合
12	操作放射性药物时，应根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。	医院加强对工作人员的培训及安全宣贯，使工作人员熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。	符合
13	控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，	医院禁止中控制区内进食、饮水、吸	符合

	也不应进行无关工作及存放无关物品。	烟、化妆，禁止中控制区内进行无关工作及存放无关物品。	
14	操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测，如其污染水平超过表 2 规定值，应采取相应去污措施。 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过表 2 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。	核医学科拟配备表面污染仪，并制定相关监测规定，操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测；从控制区取出物品应进行表面污染检测。	符合
15	贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。	核医学科制定有放射性物质使用、登记制度，项目运行后按制度落实登记。	符合
16	放射性废物分类，应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物进行分类收集和分别处理。	本项目只使用 ^{131}I 一种核素，配备有专用铅防护废物桶，进行收集处理。	符合
17	设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。	核医学科制定有放射性废物收集登记制度，项目运行后按制度落实登记。	符合
18	放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。	本项目设计有放射性废液衰变池，并能满足 GB18871-2002 的要求；池底和池壁坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并设有混凝土盖板等防泄漏措施。	符合
19	开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。	本项目设有专用厕所，专用厕所具备使患者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件。	符合
20	供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及时转送存储室，放入专用容器中存储。对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，质量不超过 20kg。	本项目供收集废物的污物桶为铅桶，具有电离辐射警示标志，放置在分装室、服药区等位置。 污物桶内放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋密封，不破漏，及时转送废物室暂存。 核医学科配备剂量率测量仪器，对每袋废物的表面剂量率进行测量，满足不超过 0.1mSv/h、质量不超过 20kg 时再暂存。	符合
21	储存场所应具有通风设施，出入口设电离辐射警告标志	储存场所设有通风设施，出入口处设电离辐射警告标志。	符合

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

10.5.1、放射性废水（液）

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020），使用放射性核素日等效最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的临床核医学单位研究机构，应设置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。本项目使用的放射性核素为 ^{131}I ，放射性废水中可能含有的核素为 ^{131}I 。

排放要求：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} ，并且做好排放记录。本项目中 ^{131}I 的 ALI_{min} 为 $9.1 \times 10^5 \text{Bq}$ ，

（1）放射性废水的治理设施

医院核医学科在用项目在所在楼南侧地下设置有 1 套放射性废水处理系统，收集核医学科产生的放射性废水。

由于核素病房的增加，医院原有的衰变池不能满足放射性废水的排放要求，医院拟在医技楼南面地下新增设置一个核素病房专用废水衰变池。衰变池拟设置为四级衰变池，主要收集 3 间核素病房卫生间的排泄废水以及污洗间、卫生通过间和分装室的清洗废水。碘衰变池由 4 个 45m^3 的子衰变池并联组成，每级衰变池设计规格均为长×宽×深= $4.6\text{m} \times 2.1\text{m} \times 4.7\text{m} \approx 45\text{m}^3$ 。同时设有 1 个过滤池（废水先经过该池过滤）、1 个收集池、1 个固体废物池（收集衰变池产生的固体废物）。

放射性污水从进水口进入收集过滤池，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收集过滤池的放射性污水通过衰变池 1 的进水管排入衰变池 1 中，当放射性污水的达到衰变池 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。三级衰变池、四级衰变池以此类推。当衰变池最后一级槽体未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环保监管部门要

求后，自动排放至医院污水管网中。

衰变池位置图见图 10-4，衰变池平面布置图见图 10-5。

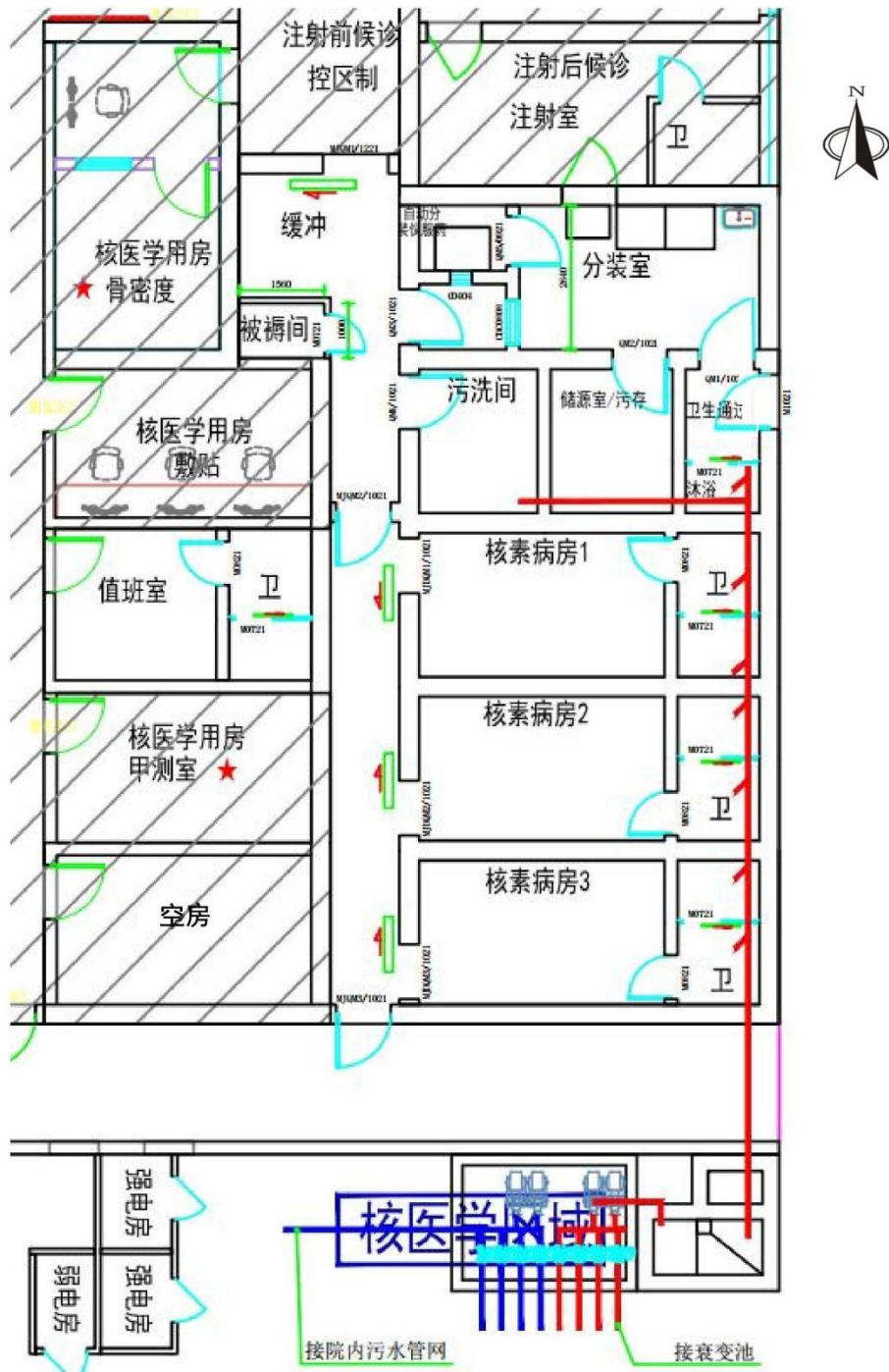


图 10-4 衰变池位置及废水排放路线示意图

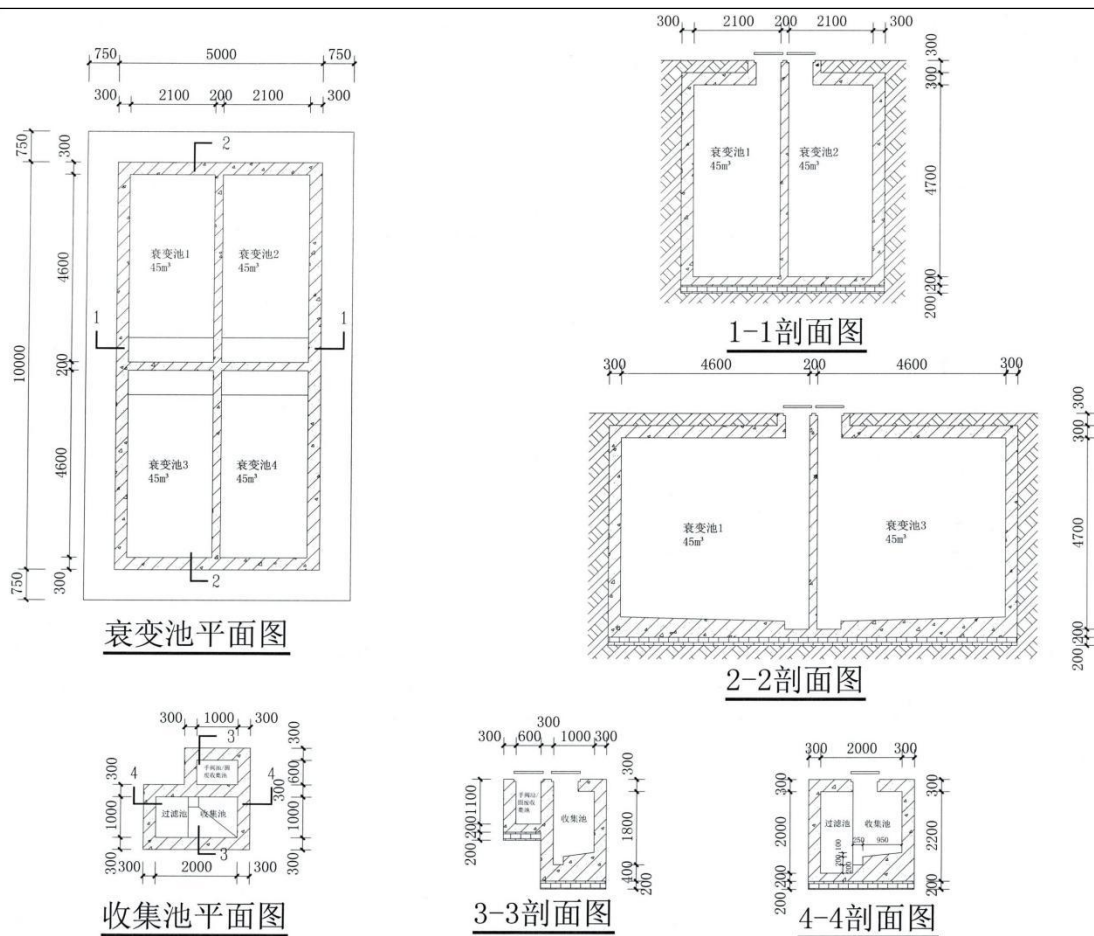


图 10-5 收集池、衰变池平面设计图

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）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。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。

使用 ^{131}I 甲癌的患者在专用病房住院时，此部分药物产生的影响主要为病人产生的排泄物。

本项目主要是使用 ^{131}I ，因此本项目放射性废水中可能存在的放射性核素主要为 ^{131}I 。

(3) 病人排泄物

对于病人的排泄物，按照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）第 10.1.3 条规定，“住院患者的排泄物不应直接排到医院的公共污水管道，应先经过衰变池的衰变。下水管道宜短，露出地面的部分应进行防护和标记。”

对于 ^{131}I 治疗“甲亢”、“甲癌”的病人，“甲亢”患者服用 $^{131}\text{I-NaI}$ 后，病人即离开医院，在核医学科滞留时间很短，服药后在医院排泄的可能性较小；对于“甲癌”患者，服用 $^{131}\text{I-NaI}$ 后，病人则回到相应住院病房，病房建有专用卫生间，病人排泄物排往本项目新建的废水衰变池。

废水放射性衰变粗略估算参数条件：a、从偏安全考虑，3 个病房均住有病人（最大设计工况，每间病房同时住院 1 人），甲癌住院病人每人每天用水定额取 200L，每天住院按满员 3 人，住院天数按最多 5 天计；每天清洁用水按 100L/天计；建成后衰变池每天收集废水 0.70m^3 ，合 $175\text{m}^3/\text{a}$ （年工作 250 天计）。b、甲癌治疗的病人（3 人）服用 ^{131}I 的量按甲癌患者用量每例 200mCi 计，服药后住院期间（5 天）排放进入衰变池的量按服药量的 85%计（根据 ICRP94 号，服碘治疗排放情况在前三天内排出施与活度的 83%，本项目住院期间病人服药后排出活度取施与活度的 85%）。

根据以上参数，单个衰变池有效容积为 45m^3 ，注满单个衰变池时间约为 64 个工作日（每周 5 个工作日，经历 12.8 周，共 88 天）池中碘-131 剩余活度大约为 1122mCi。当第四级满时，第一级衰变池的碘-131 至少暂存了 $88 \times 3 = 264$ 天，此时活度衰变后降为 5.12Bq，小于 ^{131}I 的 $\text{ALI}_{\text{min}} = 9.1 \times 10^5 \text{Bq}$ 。

碘衰变池收集的放射性废水在衰变池中暂存时间为 264 天，大于 180 天，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 7.3.3.1 款 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）的要求，项目碘衰变池废水监测结果经审管部门认可后，方可排放。

(4) 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。

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 的活度均以 $2.59 \times 10^{10} \text{Bq}$ （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 $2.59 \times 10^9 \text{Bq}$ ，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正常处理系统，需排入本项目建设的核医学科建设的废水衰变池，待其衰变至 ^{131}I 的 ALI_{min} 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，冲洗水应排入相应序号的衰变池，暂停该池交替使用功能，控制该衰变池的含 ^{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 ALI_{min} 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 92 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 92 天以上。

2、放射性固体废弃物

本放射性固体废弃物主要包括病人服药后的服药杯、吸水纸、棉花、沙布、操作用的手套、更换下来的通风系统活性炭过滤材料等物品。碘（ ^{131}I ）化钠口服液的包装容器退回供应方，这些容器中不含放射性物品，不会造成环境污染。

核医学科将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专用贮存室内存放。

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，且放射性废物每袋重量不超过 20 kg，注意含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。要求固体放射性废物收集桶外表面 30 cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。

参照 HJ1188-2021 的要求，医院拟采取暂存衰变后清洁解控处置。即在专用贮存衰变箱内存放衰变，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，暂存超过 180 天，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

3、放射性废气

核医学科各功能用房均采用机械通风，使气流方向从清洁区到污染区、从低活性区到高活性区单向流动，设计有分区独立的新风、排风系统；通风橱设置了抽排风系统，通风方式为机械通风，管道排放口于所在楼顶 2.5m；通风风速不小于 0.5m/s，并采用活性炭进行过滤处理。拟在 ¹³¹I 自动分装室、分装室、服药室、污洗间、储源/污存室、核素病房、患者通道均设置通风设施，采用管道收集排出，核医学科废气排放设计中，都设有一条排气总管，高活度区功能用房单独排气管道设置止回阀，汇集后的排气总管的排风口最后从屋顶排出，高出本建筑屋脊，并采用活性炭过滤或其他过滤装置进行过滤，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。核医学科新风和排风布局示意图见图 10-6、图 10-7。

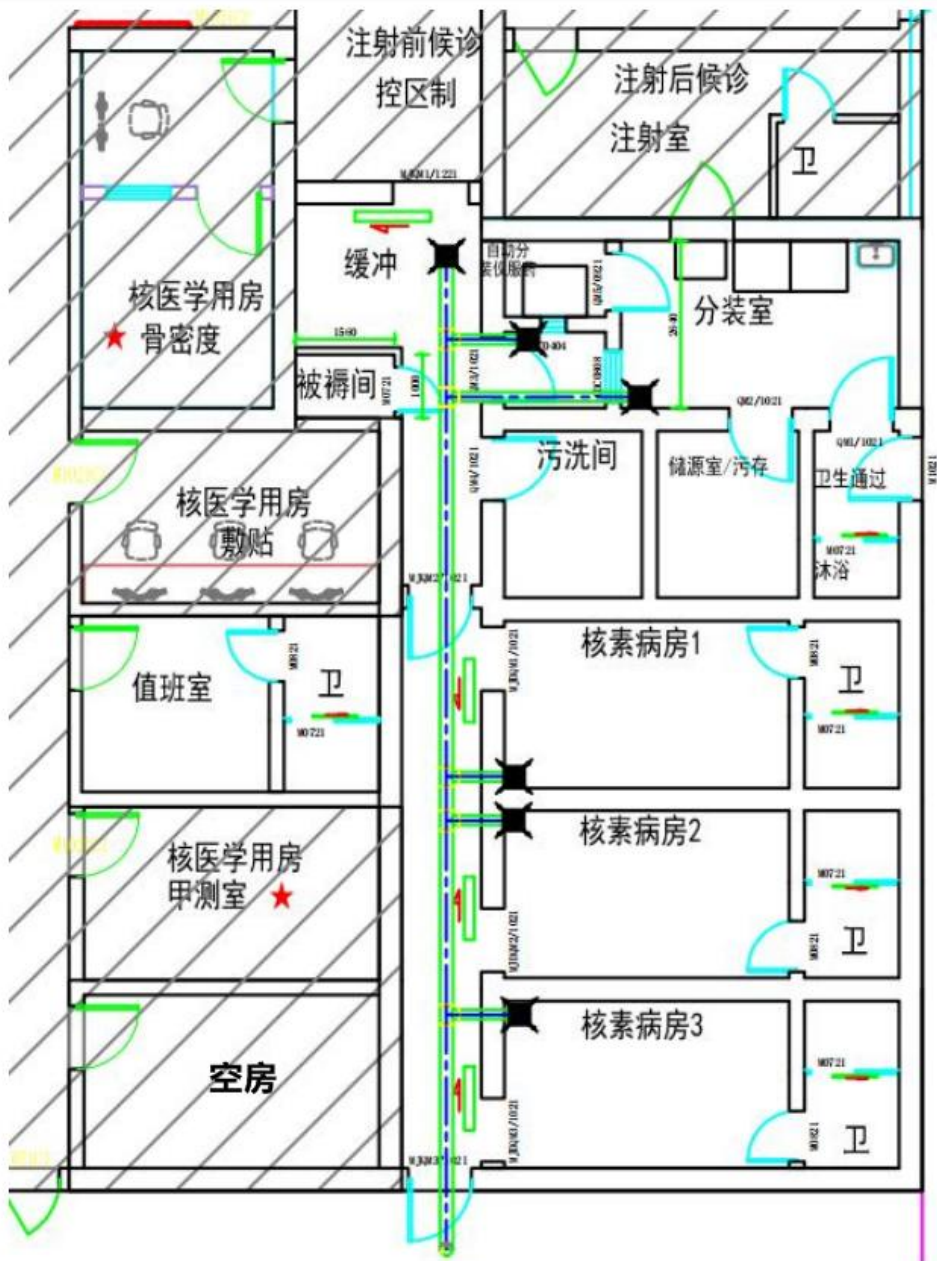


图 10-6 核医学科新风管道示意

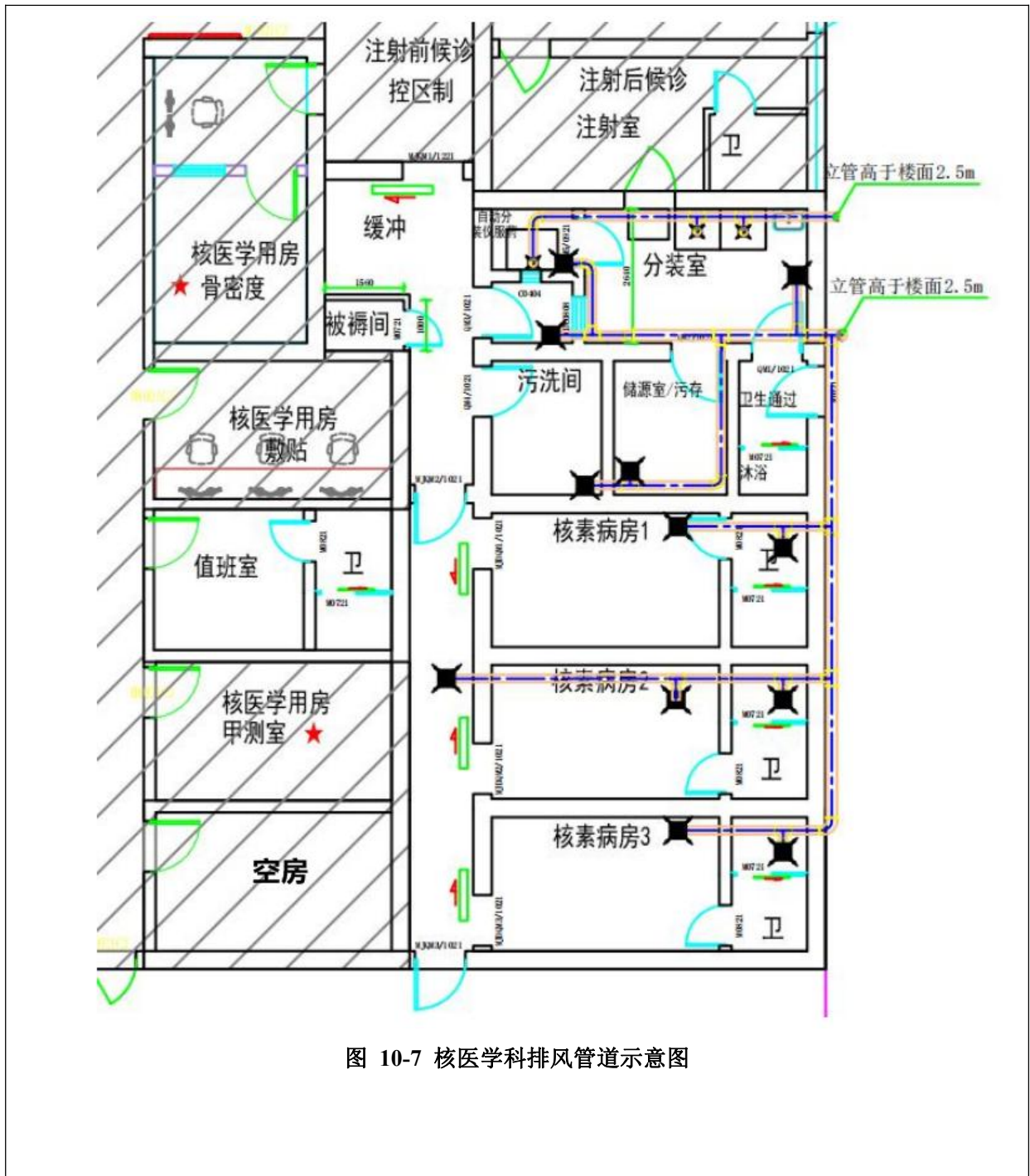


表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

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

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

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

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

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

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

本项目放射性药物未运抵之前，均不会对周围环境产生辐射影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射屏蔽核算

(1) 屏蔽计算方法

参照 GBZ120-2020 的式(I.1)，按以下公式计算：

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

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

A 为药物的放射性活度， Bq ；

f 为剂量率常数， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{MBq}^{-1}$ ；

R 为关注点到辐射源的距离， m ；

x 为拟采用的屏蔽厚度， cm ；

TVL 为 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) 放射性药物活度

购进的放射性核素配备有储源铅罐， ^{131}I 分装柜按日最大操作量计算，按最多同时容留1名服碘患者进行计算，甲亢治疗每人最大给药活度 370MBq (10mCi)、甲癌治疗每人最大给药活度 7400MBq (200mCi)；

2) 剂量率常数

参照 GBZ120-2020 表 H.1，对于 ^{131}I 放射性核素，裸源状态下 1m 处的周围剂量当量率 $0.0595\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot (\text{h} \cdot \text{MBq})^{-1}$ ；参照 GBZ120-2020 表 L.1，服用 ^{131}I 药品的患者 1m 处的周围剂量当量率 $0.0583\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot (\text{h} \cdot \text{MBq})^{-1}$ 。

3) TVL 值

对于 ^{131}I 产生的 γ 射线，对应混凝土、铅、实心砖的 TVL 值参照 GBZ120-2020 表 I.1，对应含钡防护涂料参考《辐射安全手册》图 6.4，TVL 值取值见表 11-1。

表 11-1 ^{131}I 的 TVL 值取值

屏蔽材料	核素名称	^{131}I
混凝土 (2.35t/m^3)		17cm

铅 (11.34t/m ³)	1.1cm
实心砖 (1.6t/m ³)	24cm
含钡防护涂料 (3.7t/m ³)	9.5cm

4) 计算时四周屏蔽墙、防护门窗参考点位置在墙(门窗)外 0.3m 处(源距离参考点保守按 1m), 人体高度假定为 1.5m, 屋顶参考点位置在楼板地面上方 0.3m 处。

(3) 屏蔽计算结果

根据以上屏蔽计算参数, 核医学科有关用房的屏蔽厚度核算结果见表 11-2。

表 11-2 核医学科有关用房的屏蔽核算

序号	屏蔽体		源强 A	距离 R	拟屏蔽设计	屏蔽后剂量率估算值 (μSv/h)
1	碘分装柜表面 5cm (内有自动分装仪)		25900MBq/ 700mCi	0.5m	40mmPb 药罐+外壳 3mmPb	0.76
2	服药室	东墙、北墙	7400MBq/ 200mCi (1 名甲癌患者)	1m	24cm 实心砖+14cm 硫酸钡防护材料	1.48
		西墙、南墙		1m	36cm 实心砖+8cm 硫酸钡防护材料	2.00
		天顶 (库房)		3.3m	30cm 混凝土+6cm 硫 酸钡防护材料	0.16
		防护门		1m	23mmPb 铅板	3.57
3	1 号核素 病房	四周墙体	7400MBq/ 200mCi (1 名甲癌患者)	1m	36cm 实心砖+8cm 硫 酸钡防护材料	1.96
		天顶 (CT机房)		3.3m	30cm 混凝土+15cm 硫酸钡防护材料	0.02
		防护门		1m	20mmPb 铅板	6.56
4	2/3 号核 素病房	四周墙体	7400MBq/ 200mCi (1 名甲癌患者)	1m	36cm 实心砖+8cm 硫 酸钡防护材料	1.96
		天顶(库房、 污洗间)		3.3m	30cm 混凝土+6cm 硫 酸钡防护材料	0.16
		防护门		1m	20mmPb 铅板	6.56
5	核素病房 通道	墙体	7400MBq/ 200mCi	1m	36cm 实心砖+8cm 硫 酸钡防护材料	1.96

		天顶	(1 名甲癌患者)	3.3m	30cm混凝土+6cm硫酸钡防护材料	0.16
		防护门		1m	20mmPb 铅板	6.56
6	碘货包表面10cm		25900MBq /700mCi	0.2m	40mmPb	8.90
注：分装室、服药室、货包按周围剂量当量率常数（裸源）计算。						

由上述估算结果可见，项目产生的辐射剂量率水平能满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）规定的“放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5 μSv/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 μSv/h”要求。

同时满足 HJ 1188-2021 规定的“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30 cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv /h。”的要求。

11.2.1 项目运行对人员所致有效剂量分析

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：

$$H_E = D_\gamma \times t \times W \times R \times 10^{-6} (\text{mSv}) \dots \dots \dots (11-2)$$

其中： H_E 为年有效剂量，(mSv/a)；

D_γ 为 X-γ辐射剂量率，nSv/h；

t 为年受照射时间，小时；

W 为物理权重因子，对 X-γ射线取 1；

R 为组织权重因子，评价全身均匀照射，R 取 1。

11.2.2.1 项目运行对工作人员所致有效剂量分析

由工作流程可知，¹³¹I 治疗“甲亢”、“甲癌”过程中，项目辐射工作人员受到附加辐射照射主要在将购买回来的 ¹³¹I 药品罐装进自动分装仪过程中受到的照射，以及医生在对住院病人查房过程中受到的照射。

¹³¹I 治疗甲亢或甲癌项目流程中，甲亢治疗门诊病人服药后即离开医院，甲癌治疗

的住院病人服药后即回到专用病房，且在住院期间医护人员主要是通过电话、对讲、视频等远程方式进行问诊，不近距离靠近服药后的病人。此外， ^{131}I 药品的稀释、分装是通过远程操作自动分装仪进行的。因此，该项目中工作人员受到附加辐射照射主要在将购买回来的 ^{131}I 药品罐装进自动分装仪过程中以及因管理需要进入分装室内受到的照射。

剂量估算参数：从偏安全角度考虑，参数：a、每次新药到达分装室后，医生需将装源铅罐放置进自动分装仪内，按距离 ^{131}I 药品货包 10cm 的剂量率（ $8.90\mu\text{Sv/h}$ ）计算受照剂量，每年操作次数按 300 次计算，每次 5 分钟；b、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。则由以上偏保守的假设条件及公式(11-2)可以计算出负责 ^{131}I 项目工作的核医学科工作人员接受的附加年有效剂量约为 0.22mSv ，远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。

11.2.2.2 项目运行对公众人员所致有效剂量预测

该楼为特殊医技楼，为辐射项目相对集中的区域。项目所有辐射用房布置处于独立、封闭的区域，核医学科室有严格的“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区域。

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核医学科上层（2楼）及室外道路路过的公众。

从偏安全角度考虑，甲癌病人住院为持续性的，假设一年250天有服药后甲癌住院病人，核素病房楼上为库房、污洗间、CT机房，该区工作人员居留因子取 $1/4$ ，年工作250天，每天工作8小时，则受照时间为 $250 \times 8 \times 1/4 = 500\text{h}$ ；根据表11-2，核素病房上方最大受照剂量率取 $0.16\mu\text{Sv/h}$ 。则根据式（11-2），可以计算出以上方公众成员因为本核医学科建设项目的运行所接受的附加年有效剂量约为 0.08mSv 。低于公众年剂量管理约束值（ 0.1mSv ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求的限值要求。

项目核素病房东侧为道路，属于公众偶然居留场所，假设一年250天有服药后甲癌

住院病人，路过的人每日出现在室外道路的时间按10分钟计，则每年室外道路因甲癌住院病人的照射时长为 $250 \times 10 \div 60 = 41.67$ 小时，根据表11-2中结果显示该区域剂量率估算值为 $1.96 \mu\text{Sv/h}$ ，则可估算出该区域公众成员年有效剂量为 0.08mSv 。低于公众年剂量管理约束值（ 0.1mSv ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求的限值要求。

11.2.3 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、固体废物、废气采取了一系列的治理措施。

固体废物：本项目配备了收集放射性固体废物的铅桶，各批次废物桶分别存放不少于十个半衰期，满足清洁解控要求后，可按一般医疗废物处理，不会对周围环境产生放射性污染。

废水：本项目新建设了放射性废水收集及衰变系统，含放射性的排泄物、废水等收集衰减，满足排放要求后排放至医院污水处理站进行处理，不会对周围环境产生放射性污染。

废气：服药室、 ^{131}I 分装室、储源室/污存间、核素病房、核素病房通道上方等处设置有抽风口，由单独的排风管道收集后从核医学科东侧墙体外出去再到楼顶，排风口拟设置于核医学建筑楼屋顶，高出本建筑屋脊，并拟设置过滤装置。同时，甲测室、通道等均设有排风系统。

放射性气溶胶经外排气口排放并大气扩散后，对周围环境保护目标影响很小，不会造成公众内照射影响。为进一步减少放射性气溶胶对周边环境的影响，医院应定期检查排风系统过滤装置的有效性，及时更换失效的过滤装置；更换下来的过滤装置按放射性固废进行收集，暂存于废物储源室内衰变处理，待其放射性水平满足清洁解控推荐限值后按一般医疗废物处理。

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

11.3.1 事故识别

(1) 辐射安全管理缺失或辐射安全措施失效情况下，放射性药品丢失或被盗造成辐射事故。

(2) 辐射安全措施失效情况下，放射性药品意外泄露，造成辐射事故。

11.3.2 事故防范措施

辐射安全必须依靠必要的体制和管理，良好的设施和完整的工作制度等。引起意外（或事故）的不安全因素有两大类：一类是物的不安全因素，另一类是人的不安全行为。医院应从加强管理和提高安全意识两方面促进辐射防护工作，通过宣传培训等手段，提高安全文化素质，增强辐射防护意识，预防辐射事故发生。为减少事故发生，医院需做好以下防范措施：

(1) 组织工作人员参加辐射安全与防护培训学习，提高工作人员的业务水平，提高管理人员和工作人员辐射安全意识和自我防范意识。

(2) 制定并落实岗位职责、操作规程、设备检修、辐射安全管理等规章制度，并结合实际不断完善，减少事故发生。

(3) 加强辐射防护分区管理，禁止非工作人员进入控制区。工作人员进入工作场所，应正确佩戴个人剂量计、穿戴个人防护用品，并按要求开展辐射环境测量。

(4) 做好交接记录工作，对放射性药品施行台账管理。

(5) 定期对工作场所辐射安全与环境保护措施的安全防护效果开展检测、维护、检修工作，核对发现的安全隐患立即整改，避免事故发生。

(6) 工作场所出入口处明显处应设置电离辐射警告标志。

(7) 加强工作场所的安保工作，确保门禁系统正常运行，减少放射性药品丢失、被盗事故的发生。

(8) 加强员工核安全文化培养，减少误操作的可能性，形成良好工作习惯，提高自身业务水平，杜绝安全隐患。

(9) 定期开展事故应急演练，检验应急程序的可操作性和实用性，检验应急人员是否明确各自岗位的职责，培养队伍的协同工作能力，起到锻炼队伍的能力。检验应急物资、技术等方面的完善情况。

11.3.3 辐射事故应急

为了积极应对可能发生的辐射事故，高效、迅速、有序地组织开展事故抢险、救灾及善后处理工作，最大限度地减少事故造成的损失，维护医院的正常秩序和社会的安定，依据《中华人民共和国职业病防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射诊疗管理规定》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，项目建设单位制定了《放射事件应急处理预案》并成立了以院领导税典奎为组长，相关科室为组员的放射事件应急领导小组。应急预案明确了应急领导小组职责、应急救援应遵循的原则、应急处理程序、放射事故的调查等内容。

11.3.4 建议

(1) 做好必要物质准备和对应急人员进行有关知识培训。

(2) 开展应急演练方面的工作。应急演练是检验应急培训效果，测试应急装备和保证应急预案有效性的最佳方法。应急演练要有针对性，应急演练的目的是验证应急预案的整体或关键局部是否可能有效付诸实施，验证预案在可能出现的各种意外情况方面所具有的适应性，验证信息渠道是否畅通，应急准备是否充分，反应机制的灵敏性、指挥系统的有效性，提高应急技术水平和应急反应能力，发现问题，及时对应急预案完善和修正，检查所有组织是否已经熟悉并履行了他们的职责，检查并提高应急救援的启动能力。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等有关法律法规及国家标准的要求，为有效处理放射性事故发生和强化事故应急处理责任，极大限度地控制事故危害，医院成立了辐射安全与防护管理委员会（具体见附件 5）。成立了领导小组，委员会主任为副院长税典奎，成员为各相关科室主任或负责人。明确了领导管理小组的职责、放射治疗防护人员的职责等。

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。

12.3 辐射监测

（1）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院第 449 号令等相关标准和规范的要求，医院应制定监测计划。具体监测方案、监测项目和监测频率见表 12-2。

表 12-2 辐射监测计划

监测对象		监测方案	监测点位	监测项目	监测频率
核医学科场所	分装室、服药室、分装柜、核素病房等	实测并检查	四周屏蔽体外 30cm 处、操作位、观察窗、防护门门缝处、核医学下方；内部地面、台面等表面。	X-γ辐射剂量率、表面污染	每年至少 1 次
	门禁、监控系统		检查	安全	每天 1 次

工作人员	佩带个人剂量计	/	个人累积剂量	进行放射性工作时
外环境	实测	核医学科外环境	X-γ辐射剂量率	每年1次

(2) 医院此次项目内容取得环评批复并竣工后，根据国务院第 682 号（国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定，2017.10.1 起施行）中的第十一条：“编制环境影响报告书、环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告”，医院应组织相关人员进行竣工环保验收并编制验收报告。

(3) 医院每年委托有资质的监测单位对核技术应用项目放射防护状况进行年度监测，并将监测数据写入年度评估报告。每年 1 月 31 日之前，核技术应用单位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。

12.5 辐射事故应急

医院应建立和完善《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。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。

医院在以往运行过程中，已制定了《辐射事故应急预案》（具体见附件 6），建议医院在以后工作中根据实际不断修改完善辐射事故应急预案，并加强演练，做好应急准备工作。

表 13 结论与建议

13.1 实践的正当性分析

医院改扩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；项目的新建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，医院改扩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

本项目核医学科场所拟设置在柳州市柳铁中心医院内10B号医技楼一楼核医学科，处相对独立区域，可严格划分控制区及监督区。

项目选址按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第5.1关于“选址”的规定：“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。”，同时设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。因此，项目选址能满足HJ 1188-2021 第5.1的要求。

13.3 辐射环境影响评价

（1）辐射环境影响现状评价

医院改扩建核医学科核技术应用项目场址的辐射水平未见异常。

（2）辐射环境影响分析与预测

预计负责¹³¹I核素治疗项目的工作人员接受的附加年有效剂量为**0.22mSv**，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于职业人员年剂量限制的要求，同时符合职业人员年剂量管理约束值（**5mSv**）的要求。

预计公众成员因为该项目运行而受到额外的附加照射年有效剂量最大值为**0.08mSv**，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于公众成员年剂量限制的要求，同时符合公众成员年剂量管理约束值（**0.1mSv**）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，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) 医院委托有资质机构定期开展辐射环境监测，按时向发证机关提交安全和防护状况年度评估报告。

13.5 安全培训及健康管理

(1) 对所有从事辐射工作的人员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，柳州市柳铁中心医院改扩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。

建议及承诺

建议项目建设单位认真做好以下几项工作：

(1) 项目用房应严格按照设计方案进行建设，并根据相关标准，设置各项辐射防护措施。

(2) 医院应加强对辐射工作人员管理，工作人员进入辐射工作场所时，应正确佩戴好个人剂量计、铅衣、铅帽等防护用品，以降低项目应用过程中对人员的影响。

(3) 医院应定期对项目场所周边辐射环境情况进行监测，并记录存档。

(4) 定期检查放射工作场所设置的电离辐射标志、工作指示灯。

医院承诺做好以下工作：

(1) 按要求开展个人剂量监测、工作场所监测以及对本单位辐射项目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。

- (2) 按要求开展竣工环保验收。
- (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) 接受生态环境部门的监督检查并及时整改检查中发现问题

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

