

核技术利用建设项目
广西九州通医药有限公司乙级非密封源工作
场所项目
环境影响报告表
(公示本)



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	13
表 3 非密封放射性物质	12
表 4 射线装置	14
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	21
表 9 项目工程分析与源项	25
表 10 辐射安全与防护	34
表 11 环境影响分析	42
表 12 辐射安全管理	52
表 13 结论与建议	58
表 14 审批	62

附件:

- 附件 1 委托书
- 附件 2 项目备案证明
- 附件 3 辐射安全许可证
- 附件 4 现状监测报告
- 附件 5 辐射安全与环境保护管理委员会
- 附件 6 放射性药品应急处理预案

表 1 项目基本情况

建设项目名称	广西九州通医药有限公司乙级非密封源工作场所项目					
建设单位	广西九州通医药有限公司					
法定代表人	王博涛	联系人	***	联系电话	*****	
注册地址	南宁市高新区永林路 88 号					
项目建设地点	广西壮族自治区南宁市高新区永林路 88 号广西九州通医药有限公司现代医药物流中心负一楼					
立项审批部门	/		批准文号	/		
建设项目总投资（万元）	200	项目环保投资（万元）	45	投资比例（环保投资/总投资）	22.5%	
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			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 checked="" type="checkbox"/> 销售	/			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
	其他					

1.1 建设单位简介

广西九州通医药有限公司成立于 2009 年 8 月 19 日，位于南宁市高新区永林路 88 号，是九州通医药集团旗下的企业。公司注册资本为 46400 万人民币，实缴资本 6400 万人民币。广西九州通医药有限公司主要从事医药批发零售业务，经营范围包括药品批发、第三类医疗器械经营、消毒器械销售等。

公司始终秉承“呵护民众健康，常让客户惊喜，打造合作共赢平台”的企业使命，致力于诚信经营和用心服务。公司推广“总经销、总代理、总配送”的经营模式，实施 OTC 终端和医疗终端双轮驱动战略，通过科学决策、高效运作和规范管理，力争成为北部湾地区具有影响力且为客户创造价值的大型医药现代物流企业。

1.2 项目建设规模

为适应放射性药品市场的需求，保障广西壮族自治区放射性药品的稳定供应，广西九州通医药有限公司拟开展放射性药品销售，并拟在南宁市高新区永林路 88

号广西九州通医药有限公司现代医药物流中心负一楼建设放射性药品仓库，临时贮存部分拟销售的放射性药品，项目不进行放射性药品分装。贮存和销售⁸⁹Zr、⁹⁰Y、¹⁸⁸W（¹⁸⁸Re）、⁹⁶Tc、^{95m}Tc、⁹⁰Sr、⁸⁹Sr、¹¹³Sn、¹⁷⁷Lu、¹³¹I、¹²⁵I（粒子源）、¹²³I、⁶⁷Ga、⁵⁹Fe、⁷Be、^{110m}Ag、²²³Ra、¹⁴C共18种核素的放射性药物。根据核算，项目放射性核素贮存的日等效最大操作量约为 2.48×10^9 Bq，年最大贮存量为 1.14×10^{15} Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。此外，公司仅从事销售的3种放射性药物为^{99m}Tc、¹⁸F、⁶⁸Ga，这些放射性药物直接从生产商送至使用单位，不进行贮存。

放射性药品仓库每天贮存放射性核素货包数量不超过34个，单种放射性核素货包数量最多不超过5个，每年工作时间250天，每年贮存数量不超过8500个。本项目销售和贮存放射性核素情况具体见表1-1，销售和贮存放射性核素日等效最大操作量具体见表1-2。

表1-1本项目销售和贮存放射性核素情况表

序号	核素名称	每个货包的核素最大活度(Bq)	每天最大贮存量(Bq)	每天最大存储货包数量	每年工作天数	每年最大贮存量(Bq)
1	⁸⁹ Zr	1.63×10^{10}	1.63×10^{10}	1	250	4.08×10^{12}
2	⁹⁰ Y	3.7×10^{10}	1.85×10^{11}	5	250	4.63×10^{13}
3	¹⁸⁸ W（ ¹⁸⁸ Re）	3.7×10^{10}	1.48×10^{11}	4	250	3.70×10^{13}
4	⁹⁶ Tc	1.48×10^8	1.48×10^8	1	250	3.70×10^{10}
5	^{95m} Tc	1.48×10^8	1.48×10^8	1	250	3.70×10^{10}
6	⁹⁰ Sr	8.00×10^4	8.00×10^4	1	250	2.00×10^7
7	⁸⁹ Sr	3.7×10^{10}	7.40×10^{10}	2	250	1.85×10^{13}
8	¹¹³ Sn	1.48×10^9	1.48×10^9	1	250	3.70×10^{11}
9	¹⁷⁷ Lu	2.96×10^{10}	2.96×10^{10}	1	250	7.40×10^{12}
10	¹³¹ I	7.4×10^{10}	2.96×10^{11}	4	250	7.40×10^{13}
11	¹²⁵ I（粒子源）	7.4×10^{11}	3.70×10^{12}	5	250	9.25×10^{14}
12	¹²³ I	3.7×10^{10}	7.40×10^{10}	2	250	1.85×10^{13}
13	⁶⁷ Ga	1.48×10^8	1.48×10^8	1	250	3.70×10^{10}
14	⁵⁹ Fe	1.48×10^8	1.48×10^8	1	250	3.70×10^{10}
15	⁷ Be	1.48×10^8	1.48×10^8	1	250	3.70×10^{10}
16	^{110m} Ag	1.48×10^9	1.48×10^9	1	250	3.70×10^{11}
17	²²³ Ra	1.48×10^{10}	1.48×10^{10}	1	250	3.70×10^{12}
18	¹⁴ C	1.47×10^{10}	1.47×10^{10}	1	250	3.68×10^{12}
合计	/	/	4.56×10^{12}	34	/	1.14×10^{15}

表1-2本项目销售和贮存放射性核素日等效最大操作量情况表

序号	核素名称	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	贮存方式与地点
1	^{89}Zr	1.63×10^{10}	1.63×10^7	4.08×10^{12}	南宁市高新区永林路 88 号广西九州通医药有限公司现代医药物流中心 负一楼
2	^{90}Y	1.85×10^{11}	1.85×10^8	4.63×10^{13}	
3	^{188}W (^{188}Re)	1.48×10^{11}	1.48×10^7	3.70×10^{13}	
4	^{96}Tc	1.48×10^8	1.48×10^5	3.70×10^{10}	
5	^{95m}Tc	1.48×10^8	1.48×10^5	3.70×10^{10}	
6	^{90}Sr	8.00×10^4	8.00×10^2	2.00×10^7	
7	^{89}Sr	7.40×10^{10}	7.40×10^7	1.85×10^{13}	
8	^{113}Sn	1.48×10^9	1.48×10^6	3.70×10^{11}	
9	^{177}Lu	2.96×10^{10}	2.96×10^7	7.40×10^{12}	
10	^{131}I	2.96×10^{11}	2.96×10^8	7.40×10^{13}	
11	^{125}I (粒子源)	3.70×10^{12}	3.70×10^8	9.25×10^{14}	
12	^{123}I	7.40×10^{10}	7.40×10^6	1.85×10^{13}	
13	^{67}Ga	1.48×10^8	1.48×10^5	3.70×10^{10}	
14	^{59}Fe	1.48×10^8	1.48×10^5	3.70×10^{10}	
15	^{7}Be	1.48×10^8	1.48×10^4	3.70×10^{10}	
16	^{110m}Ag	1.48×10^9	1.48×10^6	3.70×10^{11}	
17	^{223}Ra	1.48×10^{10}	1.48×10^9	3.70×10^{12}	
18	^{14}C	1.47×10^{10}	1.47×10^6	3.68×10^{12}	
合计	/	4.56×10^{12}	2.48×10^9	1.14×10^{15}	

表1-3本次环评仅销售放射性核素一览表

序号	核素名称	每个货包的核素最大活度 (Bq)	每天最大销售货包数量	实际日最大销售量 (Bq)	年最大销售量 (Bq)	备注
1	^{99m}Tc	7.4×10^{10}	5	3.70×10^{11}	9.25×10^{13}	仅销售, 不进行贮存
2	^{68}Ga	2.96×10^{10}	1	2.96×10^{10}	7.40×10^{12}	
3	^{18}F	7.4×10^{10}	4	2.96×10^{11}	7.40×10^{13}	

1.3 目的和任务的由来

放射性药品仓库主要是针对销售放射性核素过程中,一批放射性货包运到南宁时,需要根据不同使用方的运送到达时间、地点要求调整发货时间以及运输车辆的情况时,生产商运输人员申请将放射性核素货包暂存在放射性药品仓库,在约定时间再发货运送至使用方。本项目只设置放射性核素货包的暂存,不对放射性核素货包进行分装。

因放射性核素货包暂存项目运行时可能对周围环境造成辐射影响,依据《中华

人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，该项目需开展辐射环境影响评价工作，并办理相应审批手续。该项目属于使用非密封放射性物质工作场所的项目，依据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目属于其中第172核技术利用建设项目中“乙、丙级非密封放射性物质工作场所”，必须编制辐射环境影响报告表。广西盘氏环保科技有限公司作为“广西九州通医药有限公司乙级非密封源工作场所项目”的总包单位，广西盘氏环保科技有限公司委托广西北部湾环境影响评价有限公司开展该项目的环境影响评价工作（委托书和相关内容见附件1）。我公司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，编制了广西九州通医药有限公司乙级非密封源工作场所项目辐射环境影响报告表。

1.4 周边保护目标以及场址选址等情况

1.4.1 项目场所周边环境状况

本项目位于南宁市高新区永林路88号广西九州通医药有限公司现代医药物流中心负一楼，项目中心坐标：东经109°19'10.348"，北纬22°53'46.643"；地理位置见图1-1。

（1）本项目所在建筑物外环境状况

本项目所在现代医药物流中心楼为地面2层、地下1层建筑。以该楼四周边界为起点，东侧0m~10m范围内为公司内部道路、10m~35m范围内为公司外园艺路、35m~50m范围内为园区其他厂房（1F，最近距离约为35m）；南侧0m~30m范围为公司内部道路、31m~50m范围为公司办公楼（16F，最近距离约为31m）；西侧0m~12m范围内为公司内部道路、12m~50m范围内为公司内部停车场、公司临时倒班宿舍（1F，最近距离约为23m）；北侧0m~11m范围内为公司内部道路、11m~50m范围内为五金加工厂房（5F，最近距离约为15m）。

（2）项目场所相邻环境状况

本项目放射性药品仓库为地下室结构建筑，放射性药品仓库东侧为药品入口运输通道及消防水池，南侧为地下停车场，西侧为地下停车场，北侧为实土墙；无地下层，地上一层为仓库。

(3) 仓库边界为起点 50m 范围内环境状况

以项目场所四周边界为起点 0~50m 范围环境状况：东侧 0~8m 为地下室入口通道，8~50m 为消防水池；南侧 0~50m 为地下停车场；西侧 0~50m 为地下停车场；北侧 0~50m 为实土墙。

公司平面布置图见图 1-2。本项目场所平面布局图见图 1-3，现代医药物流中心楼地下一层平面图（本项目所在楼层）见图 1-4，现代医药物流中心楼一层平面图（本项目所在楼层上层）图 1-5。项目所在现代医药物流中心楼及场址周围环境现状见图 1-5~图 1-12。

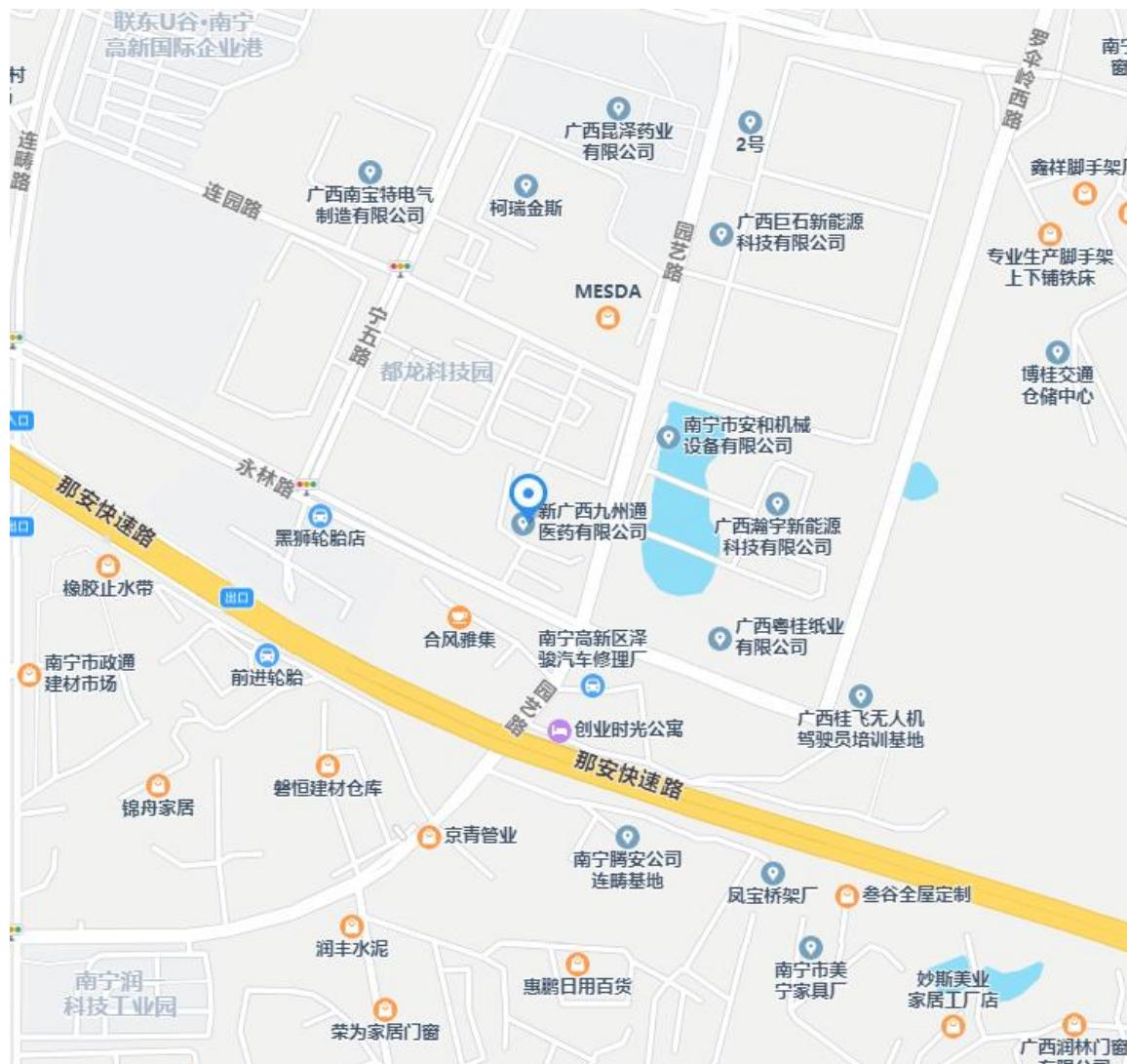


图 1-1 公司地理位置图



图 1-2 公司平面布置图

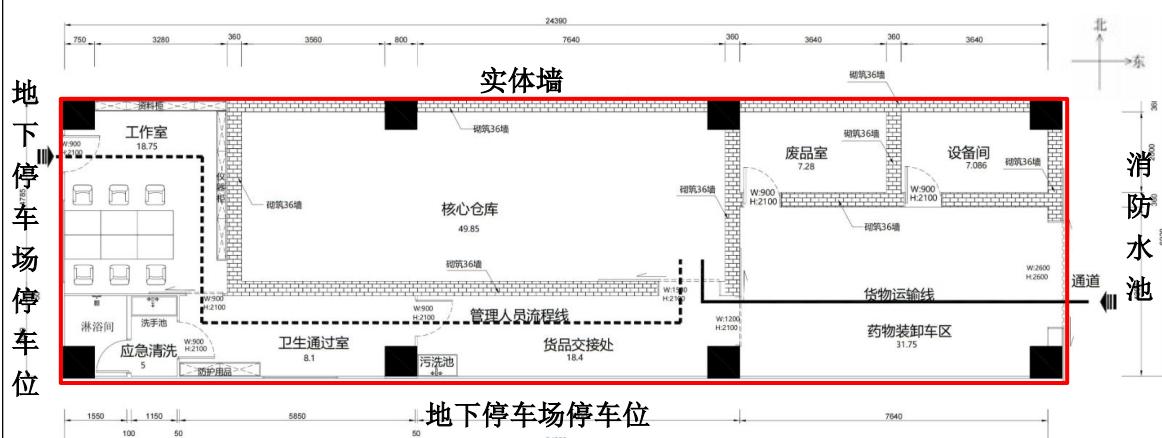


图 1-3 本项目场所平面布局图

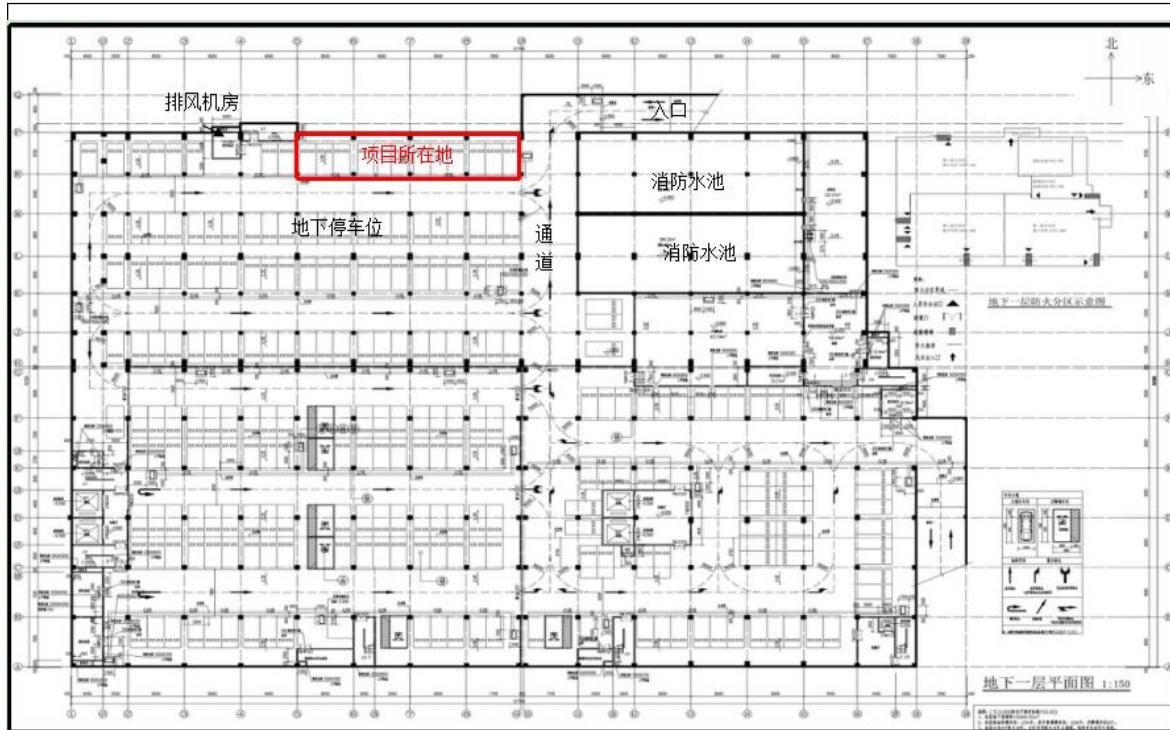


图 1-4 现代医药物流中心楼地下一层平面图（本项目所在楼层）

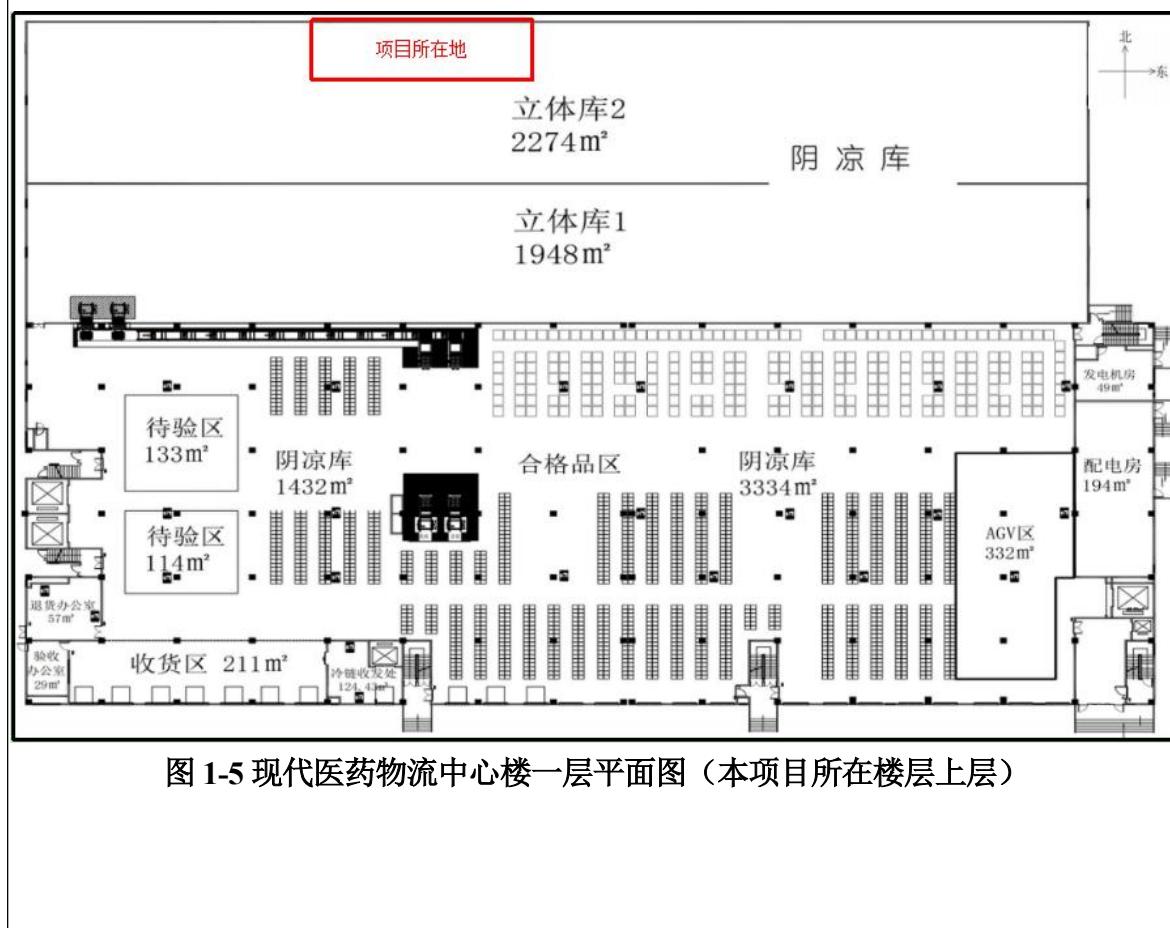


图 1-5 现代医药物流中心楼一层平面图（本项目所在楼层上层）

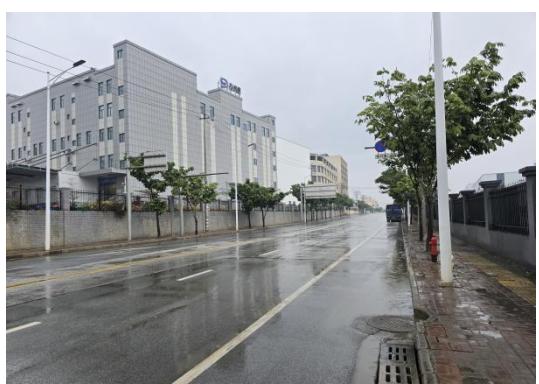


图 1-5 东侧环境现状 1 (公司内部道路) -----图 1-6 东侧环境现状 2 (公司外园艺路)



图 1-7 南侧环境现状 (公司办公楼) -----图 1-8 西侧环境现状 1 (内部停车场)



图 1-8 西侧环境现状 2 (员工临时倒班宿舍) -----图 1-9 北侧环境现状 (公司道路及五金厂房)



图 1-10 拟建场所上层建筑现状-----图 1-11 拟建场所周边环境现状 (地下车库)



图 1-12 拟建场所现状

1.4.2 选址合理性分析

本项目主要为放射性药品贮存项目（不进行放射性药品分装），因此本项目选址要求参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）第 5.1 关于“选址”规定执行，具体要求：“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。”。

本项目的放射性药品仓库位于地下室，属于相对独立区域，与周围建筑有一定距离，不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，同时设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。本项目项目使用分装柜、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。因此，本项目选址合理可行。

1.4.3 周边保护目标

本项目放射性药品仓库屏蔽壳外 50m 范围内无学校、医院、居民区等类型环境敏感目标。本项目主要保护目标为项目辐射工作人员、评价范围内公司其他工作人员、评价范围内逗留或经过的公众成员。

1.5 原有核技术利用项目许可情况

（1）辐射安全许可证

公司取得了广西壮族自治区生态环境厅颁发的辐射安全许可证（证号：桂环辐证[A0531]），有效期至 2026 年 2 月 24 日，详见附件 3。许可种类和范围为：销售 II 类、III 类射线装置。公司已许可销售射线装置见表 1-4。

（2）辐射安全管理

公司遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等辐射法律法规，配合各级生态环境部门监督检查，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公司建立了《辐射防护与安全保卫制度》、《辐射工作人员培训制度》、《台账销售登记制度》、《辐射监测制度》、《销售与售后服务管理制度》、《放射性药品应急处理预案》、《辐射安全防护领导小组》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，公司成立了辐射安全与环境保护管理委员会，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 5。

③公司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公司于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交上一年度评估报告，2024 年年度评估报告已提交。

综上所述，公司办理了辐射安全许可证，制定了相关规章制度并严格执行，落实了相关的档案管理，因此可以认为公司具备本项目运行及辐射安全管理基础能力。

表1-4公司已许可销售射线装置列表

序号	装置名称	类别	数量	活动种类
1	粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器	II 类	20	销售
2	医用诊断 X 射线装置	III类	20	销售
3	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	20	销售
4	血管造影用 X 射线装置	II类	20	销售
5	人体安全检查用 X 射线装置	III类	20	销售
6	其他各类 X 射线检测装置(测厚、称重、测孔径、测密度等)	III类	20	销售
7	口腔(牙科)X 射线装置	III类	20	销售
8	放射治疗模拟定位装置	III类	20	销售
9	X 射线治疗机(深部、浅部)	II类	20	销售
10	X 射线血液辐照仪	III类	20	销售

11	X 射线行李包检查装置	III类	30	销售
----	-------------	------	----	----

1.6 本次项目与原有核技术利用项目的依托关系说明

（1）辐射工作场所依托关系说明

本次放射性药品仓库场所位于公司现代医药物流中心负一楼，放射性药品仓库区域原作为地下室停车场，经过重新规划建设，将作为公司放射性药品仓库，属于相对独立完整的工作场所，原有核技术利用项目只负责销售不设置工作场所，不负责贮存、安装，因此本项目与原有核技术利用项目工作场所不存在依托关系。

（2）辐射工作人员依托关系说明

本次放射性药品仓库场所项目建成投入使用后，拟配备 4 名辐射工作人员，辐射工作人员只从事本项目工作，不从事其他辐射工作。

（3）辐射监测设备依托关系说明

公司拟为本项目场所配备 4 台个人剂量报警仪，并购买 1 台便携式 X- γ 辐射剂量率仪、1 台表面污染测量仪定期对工作场所开展辐射环境监测。

（4）辐射安全管理制度依托关系说明

辐射安全管理制度方面，公司原有核技术应用项目已制定了《辐射防护与安全保卫制度》、《人员培训管理制度》、《台账管理制度》、《辐射监测制度》、《销售与售后服务管理制度》、《放射性药品应急处理预案》、《辐射安全与环境保护管理委员会》，针对本次项目，建设单位拟补充制定相应的《人员健康管理制度》、《监测仪器使用及校验制度》、《放射性药品采购管理制度》、《放射性药品销售和售后服务管理制度》、《放射性药品运输管理制度》、《放射性药品不良反应报告和监测管理制度》、《放射性药品采购操作规程》、《放射性药品收货操作规程》、《放射性药品验收操作规程》、《放射性药品销售退回管理操作规程》、《药品储存、出库、运输操作规程》、《放射性“三废”安全管理规定》，并重新修订原有规章制度，将本项目相关内容纳入原有管理制度体系中。只要在日常工作中严格落实，能够满足核技术利用项目的管理需求。

表 2 放射源

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	⁸⁹ Zr	液态	使用 (贮存)、销售	1.63×10^{10}	1.63×10^7	4.08×10^{12}	贮存	源的贮存	/	不破坏购买时的外包装, 临时贮存于南宁市高新区永林路 88 号广西九州通医药有限公司现代医药物流中心负一楼
2	⁹⁰ Y	液态		1.85×10^{11}	1.85×10^8	4.63×10^{13}				
3	¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re)	固态		1.48×10^{11}	1.48×10^7	3.70×10^{13}				
4	⁹⁶ Tc	液态		1.48×10^8	1.48×10^5	3.70×10^{10}				
5	^{95m} Tc	液态		1.48×10^8	1.48×10^5	3.70×10^{10}				
6	⁹⁰ Sr	液态		8.00×10^4	8.00×10^2	2.00×10^7				
7	⁸⁹ Sr	液态		7.40×10^{10}	7.40×10^7	1.85×10^{13}				
8	¹¹³ Sn	液态		1.48×10^9	1.48×10^6	3.70×10^{11}				
9	¹⁷⁷ Lu	液态		2.96×10^{10}	2.96×10^7	7.40×10^{12}				
10	¹³¹ I	液态		2.96×10^{11}	2.96×10^8	7.40×10^{13}				
11	¹²⁵ I (粒子源)	固态		3.70×10^{12}	3.70×10^8	9.25×10^{14}				
12	¹²³ I	液态		7.40×10^{10}	7.40×10^6	1.85×10^{13}				
13	⁶⁷ Ga	液态		1.48×10^8	1.48×10^5	3.70×10^{10}				
14	⁵⁹ Fe	液态		1.48×10^8	1.48×10^5	3.70×10^{10}				

15	^{7}Be	液态		1.48×10^8	1.48×10^4	3.70×10^{10}				
16	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	液态		1.48×10^9	1.48×10^6	3.70×10^{11}				
17	^{223}Ra	液态		1.48×10^{10}	1.48×10^9	3.70×10^{12}				
18	^{14}C	液态		1.47×10^{10}	1.47×10^6	3.68×10^{12}				
19	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态	仅销售不贮存	3.70×10^{11}	/	9.25×10^{13}	仅销售不贮存	/	/	/
20	^{68}Ga	液态		2.96×10^{10}	/	7.40×10^{12}				
21	^{18}F	液态		2.96×10^{11}	/	7.40×10^{13}				

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》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

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

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	
废气(臭氧及氮氧化物)	气态	/	/	极少量	极少量	/	/	放射性药品仓库设置有排风系统,通过管道抽到楼顶排放,排气口高于屋顶,配抽拉式活性炭吸附后排放,且设置有防止回流功能。	
放射性固体废物	固态	⁸⁹ Zr、 ⁹⁰ Y、 ¹⁸⁸ W(¹⁸⁸ Re)、 ⁹⁶ Tc、 ^{95m} Tc、 ⁹⁰ Sr、 ⁸⁹ Sr、 ¹¹³ Sn、 ¹⁷⁷ Lu、 ¹³¹ I、 ¹²⁵ I(粒子源)、 ¹²³ I、 ⁶⁷ Ga、 ⁵⁹ Fe、 ⁷ Be、 ^{110m} Ag、 ²²³ Ra、 ¹⁴ C	/	/	/	/	废品室	含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过180天,其他含半衰期大于24小时的核素放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的10倍,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,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,对废物清洁解控并作为一般固体废物处理。	

注: 1.常规废弃物排放浓度,对于液态单位为mg/L,固体为mg/kg,气态为mg/m³;年排放总量用kg。

2.含有放射性的废物要注明,其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/L或Bq/m²)和活度(Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，于 2014 年 4 月 24 日修订，自 2015 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，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，于 2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号），2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订，于 2017 年 7 月 16 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》，《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国令第 709 号）对本条例部分条款进行了修改，于 2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，（2021 年 1 月 4 日生态环境部令第 20 号）第四次修订，于 2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号），2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令），2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第 9 号），2019 年 11 月 1 日施行；</p> <p>(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号），2020 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(12) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 号第 9 号），2021 年 3 月 15 日起施行；</p>
------	--

	<p>(13) 《广西壮族自治区环境保护条例》（2019年修订版），自2019年7月25日发布并施行；</p> <p>(14) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》（HJ1326-2023），2024年2月1日起施行；</p> <p>(15) 广西壮族自治区生态环境厅关于印发《广西壮族自治区建设项目环境影响评价文件分级审批管理办法（2025年修订版）》的通知（桂环规范〔2025〕2号）。</p>
技术标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目-环境影响评价文件的内容和格式》，HJ10.1-2016，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》（HJ61-2021）；</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》（GBZ120-2020）；</p> <p>(6) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；</p> <p>(7) 《辐射事故应急监测技术规范》（HJ1155-2020）；</p> <p>(8) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；</p> <p>(9) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；</p> <p>(10) 《职业性外照射个人剂量监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(11) 李德平，潘自强：《辐射防护手册（第一分册）、（第三分册）》原子能出版社，1990年。</p>
其他	<p>(1) 委托书，见附件1；</p> <p>(2) 项目备案证明，见附件2；</p> <p>(3) 辐射安全许可证，见附件3；</p> <p>(4) 现状监测报告，见附件4；</p> <p>(5) 辐射安全与环境保护管理委员会，见附件5；</p> <p>(6) 放射性药品应急处理预案，见附件6。</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，放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙、丙级取半径 50m 的范围，结合本项目实际情况，将本项目拟建放射性药品仓库屏蔽体外 50m 的区域作为评价范围，具体为：东侧至公司外道路（园艺路），南侧至物流中心地下停车场，西侧至物流中心地下停车场，北侧至公司外五金加工厂房。



图 7-1 评价范围示意图

7.2 保护目标

本项目拟建放射性药品仓库屏蔽边界外 50m 范围内无学校、医院、居民区等类型

环境敏感目标。环境保护目标主要为公司乙级非密封源工作场所项目辐射工作人员、评价范围内公司其他工作人员、各工作场所工作人员以及周边偶尔路过或停留的公众人员等，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 项目环境保护目标一览表

环境保护对象		位置描述	规模	年剂量管理约束值要求
职业人员	本项目辐射工作人员	放射性药品仓库	4人	5mSv
公众成员	项目所在大楼本项目以外的工作人员	同一栋楼	约50人	0.1mSv
	公司临时倒班宿舍	西侧约23m	约20人	
	五金加工厂房（5F）	北侧约15m	约30人	
	园区其他厂房（1F）	东侧约35m	约30人	
	评价范围内公司其他工作人员及公司外的路过公众人员	仓库屏蔽墙外50m范围内	流动人口	

7.3 评价标准

7.3.1 年有效剂量限值及约束值要求

《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项目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。

7.3.2 工作场所等级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C（标准的附录）的规定进行非密封源工作场所的分级。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- 2×10^7

按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）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。

7.3.3 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》（HJ1188-2021）的要求：

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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

7.3.4 非密封放射性物质工作表面沾污控制水平

根据《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

表面类型	α 放射性物质		β 放射性物质
	极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ^a	4	4×10
	监督区	4×10^{-1}	4
工作服、手套、工作鞋	控制区监督区	4×10^{-1}	4×10^{-1}
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-2}	4×10^{-2}

a 该区内的高污染子区除外

7.3.5 放射性三废的要求

(一) 放射性固体废物管理要求

参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)，本项目放射性固体废物处理应符合以下规定：

①固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

- a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；
- b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；
- c) 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

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 $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、其他 α 发射体应小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

(二) 气态放射性废物管理要求

参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 的要求：

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

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于南宁市高新区永林路 88 号，项目放射性药品仓库位于广西九州通医药有限公司现代医药物流中心负一楼。公司地理位置图见图 1-1，公司总平面图见图 1-2。

8.2 环境现状评价的对象

环境现状评价的对象为公司乙级非密封源工作场所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，评价单位委托广西壮族自治区辐射环境监督管理站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 4。

（1）监测目的

掌握该广西九州通医药有限公司乙级非密封源工作场所项目场址、评价区域及主要关注点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

本项目环境现状监测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

（3）监测点位布设

参考《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）有关布点原则，结合项目周围场址、评价范围内保护目标，根据现场条件，合理布点 16 个。监测布点图见图 8-1 和图 8-2。

（4）监测频次

监测一次，监测时间 2025 年 3 月 14 日。

（5）监测仪器与监测规范

监测仪器的参数与监测所依据的规范见表 8-1。

表 8-1X- γ 剂量率仪参数与监测规范

监测项目	γ 辐射空气吸收剂量率
仪器名称	X- γ 辐射剂量率仪
仪器编号	FH40G+FHZ672E-10
出厂编号	031258+11410
生产厂家	Thermo 公司
能量响应	40keV~4.4MeV
量程	1nSv/h~100 μ Sv/h
检定证书及有效期	证书编号: DLJ12024-14168 (检定单位: 中国计量科学研究院), 有效日期: 2024 年 9 月 20 日~2025 年 9 月 19 日。
监测依据	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)

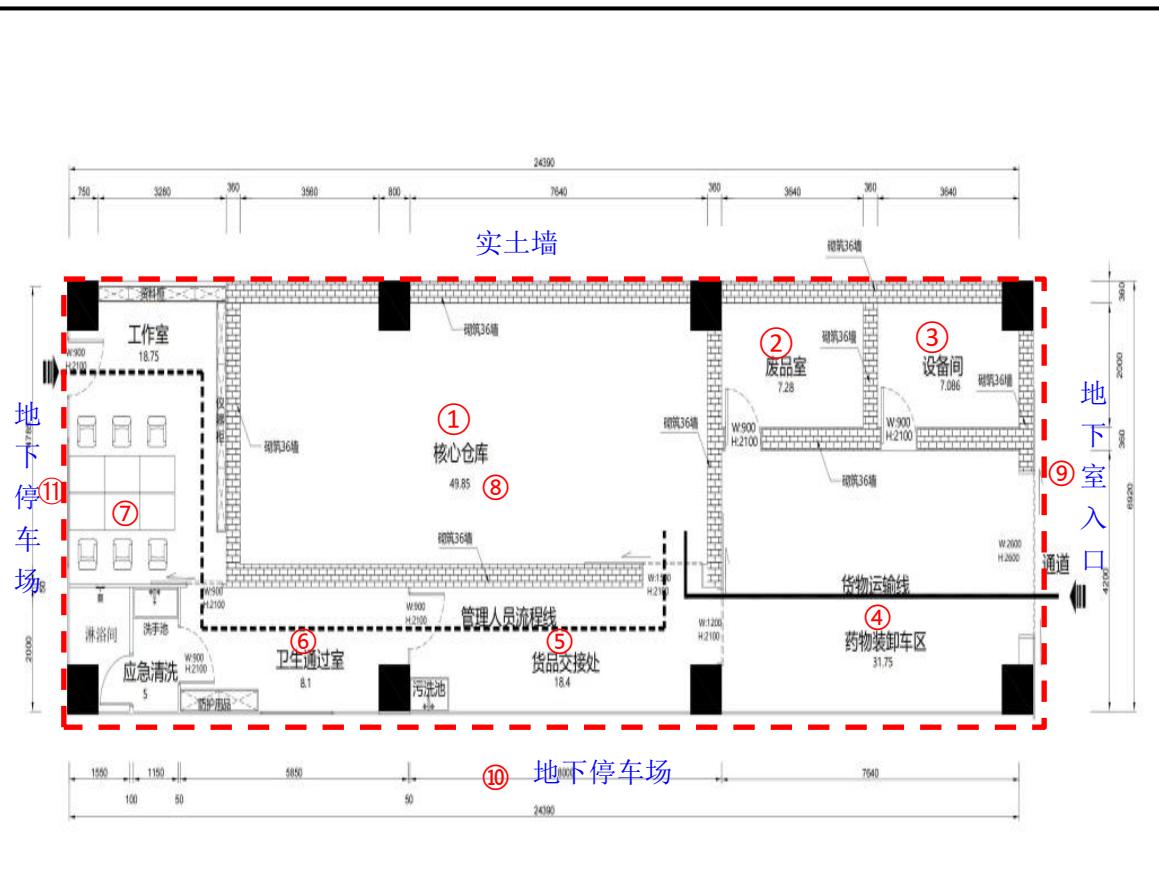


图 8-1 项目监测点位布置图 1



图 8-2 项目监测点位布置图 2

(6) 质量保证措施

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

(7) 监测结果

监测单位于 2025 年 3 月 14 日对该项目进行现状监测，监测结果见表 8-2。

表 8-2 项目场址及周围辐射剂量率背景水平监测结果

监测点号	监测位置	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
①	拟建场所核心仓库	30.1	1.2	室内
②	拟建场所废品室	29.5	1.6	
③	拟建场所设备间	14.4	0.5	
④	拟建场所药品装卸车间	22.2	0.3	
⑤	拟建场所货品交接处	21.5	1.4	
⑥	拟建场所卫生通过室	26.2	0.5	
⑦	拟建场所工作室	25.1	1.0	
⑧	拟建场所上方仓库	13.5	0.3	
⑨	拟建场所东侧地下室入口	11.7	0.8	
⑩	拟建场所南侧地下停车场	24.3	0.6	
⑪	拟建场所西侧地下停车场	26.3	0.6	
⑫	拟建场所在建筑物东侧厂区道路	20.6	0.4	室外
⑬	拟建场所在建筑物南侧物流中心楼一层	86.1	2.5	室内
⑭	拟建场所在建筑西侧道路	12.7	0.3	室外
⑮	拟建场所在建筑北侧五金加工厂房外道路	25.6	1.3	
⑯	拟建场所在建筑北侧厂区道路	31.9	0.2	
室内测值范围		11.7~86.1	/	/
室外测值范围		12.7~31.9	/	/

注：监测结果已根据 HJ1157-2021 的要求扣除仪器对宇宙射线的响应值。

由表 8-2 的监测结果可知，项目建设场址室内辐射剂量率监测结果值范围为 11.7~86.1nGy/h 之间（已扣除宇宙射线响应值），室外辐射剂量率监测结果值为 12.7~31.9nGy/h（已扣除宇宙射线响应值），根据《广西壮族自治区环境天然贯穿辐射水平调查研究》（《辐射防护》杂志第 12 卷第 5 期，1992 年 9 月，杨名生等著）可知，广西室内 γ 辐射剂量率范围在 11.0~304.3nGy/h（已扣除宇宙射线响应值），原野 γ 辐射剂量率在 10.7~238.7nGy/h 范围内（已扣除宇宙射线响应值），本项目建设场址各监测点位 γ 辐射剂量率在其相应范围内，表明该场所室内和室外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 项目规模与基本参数

9.1.1 源项和工作负荷

广西九州通医药有限公司拟开展放射性药品销售，并拟在广西九州通医药有限公司现代医药物流中心负一楼建设放射性药品仓库，临时贮存部分拟销售的放射性药品。贮存和销售⁸⁹Zr、⁹⁰Y、¹⁸⁸W（¹⁸⁸Re）、⁹⁶Tc、^{95m}Tc、⁹⁰Sr、⁸⁹Sr、¹¹³Sn、¹⁷⁷Lu、¹³¹I、¹²⁵I（粒子源）、¹²³I、⁶⁷Ga、⁵⁹Fe、⁷Be、^{110m}Ag、²²³Ra、¹⁴C共18种核素的放射性药物。此外，公司仅从事销售的3种放射性药物为^{99m}Tc、¹⁸F、⁶⁸Ga，这些放射性药物从生产商直接送至使用单位，不进行贮存。用药单位提前向公司提出订药申请，公司审核其相关资质满足要求的前提下，根据用药单位不同的需求向放射性药品生产商订购放射性药品。由生产商委托有资质的运输公司直接运送至使用方。

放射性药品仓库每天贮存放射性核素货包数量不超过34个，单种放射性核素货包数量最多不超过5个，每年工作时间250天，每年贮存数量不超过8500个。项目拟配置4名辐射工作人员，一年工作250日，每日8小时，每次装卸载货包分配两个验收人员、两个保管人员。放射性核素种类及相关参数见表9-1，销售和贮存放射性核素货包情况详见表9-2。

表 9-1 本项目涉及放射性核素种类及相关参数情况

序号	核素名称	状态	半衰期	毒性	衰变类型	主要射线和能量(MeV)
1	⁸⁹ Zr	液态	3.27d	中毒	β^+ 、EC	β^+ : 0.9047 (22.94%) γ (keV) : 511 (45.88%)
2	⁹⁰ Y	液态	64.1h	中毒	β^-	β^- : 2.2839 (99.99%)
3	¹⁸⁸ W（ ¹⁸⁸ Re）	固态	69.78d	中毒	β^-	β^- : 0.349 γ (keV) : 290
4	⁹⁶ Tc	液态	4.28d	中毒	EC	γ (keV) : 315、772、805、844、1120
5	^{95m} Tc	液态	61.0d	中毒	β^+ 、IT	γ (keV) : 204、582、852
6	⁹⁰ Sr	液态	28.79a	高毒	β^-	β^- : 0.546
7	⁸⁹ Sr	液态	50.53d	中毒	β^-	β^- : 1.4913 (99.99%)
8	¹¹³ Sn	液态	115.08d	中毒	EC	γ (keV) : 558
9	¹⁷⁷ Lu	液态	6.73d	中毒	β^-	β^- : 0.4971 (78.7%) γ (keV) : 208.360 (11%)
10	¹³¹ I	液态	8.02d	中毒	β^-	β^- : 0.6063 (89.3%) γ (keV) : 364.48 (81.16%)

11	¹²⁵ I (粒子源)	固态	59.4d	中毒	EC	γ (keV) : 27.472 (73.2%)
12	¹²³ I	液态	13.13h	低毒	EC	γ (keV) : 159 (83.4%)
13	⁶⁷ Ga	液态	3.26d	中毒	EC	γ (keV) : 93、185、300、393
14	⁵⁹ Fe	液态	44.5d	中毒	β^-	γ (keV) : 1099
15	⁷ Be	液态	53.22d	低毒	EC	γ (keV) : 477.6
16	^{110m} Ag	液态	249.76d	中毒	β^- 、IT	γ (keV) : 657.76
17	²²³ Ra	液态	11.4d	极毒	α	α : 5.715 (52.5%) γ (keV) : 269.46 (13.6%)
18	¹⁴ C	液态	5730a	低毒	β^-	β^- : 0.156 (100%)
19	^{99m} Tc	液态	6.02h	低毒	β^- 、IT	γ (keV) : 141 (89%)
20	⁶⁸ Ga	液态	68.3min	低毒	β^+ 、EC	γ (keV) : 511
21	¹⁸ F	液态	109.8min	低毒	β^+ 、EC	γ (keV) : 511 (194%)

表 9-2 本项目销售和贮存放射性核素情况表

序号	核素名称	每个货包的核素最大活度 (Bq)	每天最大贮存量 (Bq)	每天最大存储货包数量	每年工作天数	每年最大贮存量 (Bq)
1	⁸⁹ Zr	1.63×10^{10}	1.63×10^{10}	1	250	4.08×10^{12}
2	⁹⁰ Y	3.7×10^{10}	1.85×10^{11}	5	250	4.63×10^{13}
3	¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re)	3.7×10^{10}	1.48×10^{11}	4	250	3.70×10^{13}
4	⁹⁶ Tc	1.48×10^8	1.48×10^8	1	250	3.70×10^{10}
5	^{95m} Tc	1.48×10^8	1.48×10^8	1	250	3.70×10^{10}
6	⁹⁰ Sr	8.00×10^4	8.00×10^4	1	250	2.00×10^7
7	⁸⁹ Sr	3.7×10^{10}	7.40×10^{10}	2	250	1.85×10^{13}
8	¹¹³ Sn	1.48×10^9	1.48×10^9	1	250	3.70×10^{11}
9	¹⁷⁷ Lu	2.96×10^{10}	2.96×10^{10}	1	250	7.40×10^{12}
10	¹³¹ I	7.4×10^{10}	2.96×10^{11}	4	250	7.40×10^{13}
11	¹²⁵ I (粒子源)	7.4×10^{11}	3.70×10^{12}	5	250	9.25×10^{14}
12	¹²³ I	3.7×10^{10}	7.40×10^{10}	2	250	1.85×10^{13}
13	⁶⁷ Ga	1.48×10^8	1.48×10^8	1	250	3.70×10^{10}
14	⁵⁹ Fe	1.48×10^8	1.48×10^8	1	250	3.70×10^{10}
15	⁷ Be	1.48×10^8	1.48×10^8	1	250	3.70×10^{10}
16	^{110m} Ag	1.48×10^9	1.48×10^9	1	250	3.70×10^{11}
17	²²³ Ra	1.48×10^{10}	1.48×10^{10}	1	250	3.70×10^{12}
18	¹⁴ C	1.47×10^{10}	1.47×10^{10}	1	250	3.68×10^{12}
合计	/	/	4.56×10^{12}	34	/	1.14×10^{15}

9.1.2 放射性药品销售流程

建设单位在接到客户放射性药品购买需求后，将审查购买客户资质（已取得辐射安全许可证及相应的许可种类、范围），明确产品技术规格、交货时间等内容，接受

放射性药品需求订单。

寻找合适的放射性药品供货单位，并对供货商资质条件（已取得辐射安全许可证）进行审核，审核通过后，公司编制采购计划，与供货商签订采购合同。

在订立放射性药品采购合同后，采购的放射性药品将根据前期确定的交货时间，委托有运输资质的运输单位运送至使用方。

9.2 放射性药品仓库工作流程及产污环节

建设单位安排专人作为放射性药品仓库保管人员，负责放射性药品仓库的巡查和管理工作。放射性药品仓库主要工作流程可分为：放射性核素货包入库、放射性核素货包最终出库等 2 个流程。

（1）放射性核素货包入库

建设单位在接到客户放射性药品购买需求后，将审查购买客户资质（已取得辐射安全许可证及相应的许可种类、范围），明确产品技术规格、交货时间等内容。建设单位寻找合适的放射性药品供货单位，并对供货商资质条件（已取得辐射安全许可证）进行审核，审核通过后，公司编制采购计划，与供货商签订采购合同。在订立放射性药品采购合同后，采购的放射性药品将根据前期确定的交货时间，针对部分未能直接运输到使用方的放射性核素货包，生产商运输人员申请在本项目放射性药品仓库进行贮存：

①运输人员提前填写货包入库申请，经广西九州通医药有限公司批准后交由本项目放射性药品仓库保管人员，放射性药品仓库保管人员与运输人员确认货包到达时间，根据本项目放射性药品仓库的实际情况，提前安排好货包的存放位置。

②运输人员负责将放射性货包由厂外运送至本项目放射性药品仓库收货区处。

③放射性药品仓库保管人员打开仓库防护门，仓库验收人员将放射性货包推至仓库的验收区，仓库保管人员、验收人员和运输人员在验收区共同清点核对，放射性药品仓库验收人员使用本单位检测仪器对放射性核素货包表面进行 X-γ 辐射剂量率水平和表面污染水平进行检测确认后（β 和 γ 发射体及低毒性 α 发射体不超过 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，其他 α 发射体不超过 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，货包表面辐射剂量率不超过 $2\text{mSv}/\text{h}$ ），确保货包满足要求，并进行记录。

④放射性药品仓库验收人员将放射性核素货包从验收区转移至储存柜内，完成入

库, 放射性药品仓库保管人员、验收人员和运输人员退出仓库, 保管人员关闭仓库防护门。放射性药品仓库保管人员、验收人员和运输人员到工作室分别按照要求填写《放射性核素货包登记台账》。货包入库工艺流程及产污环节详见图 9-3。

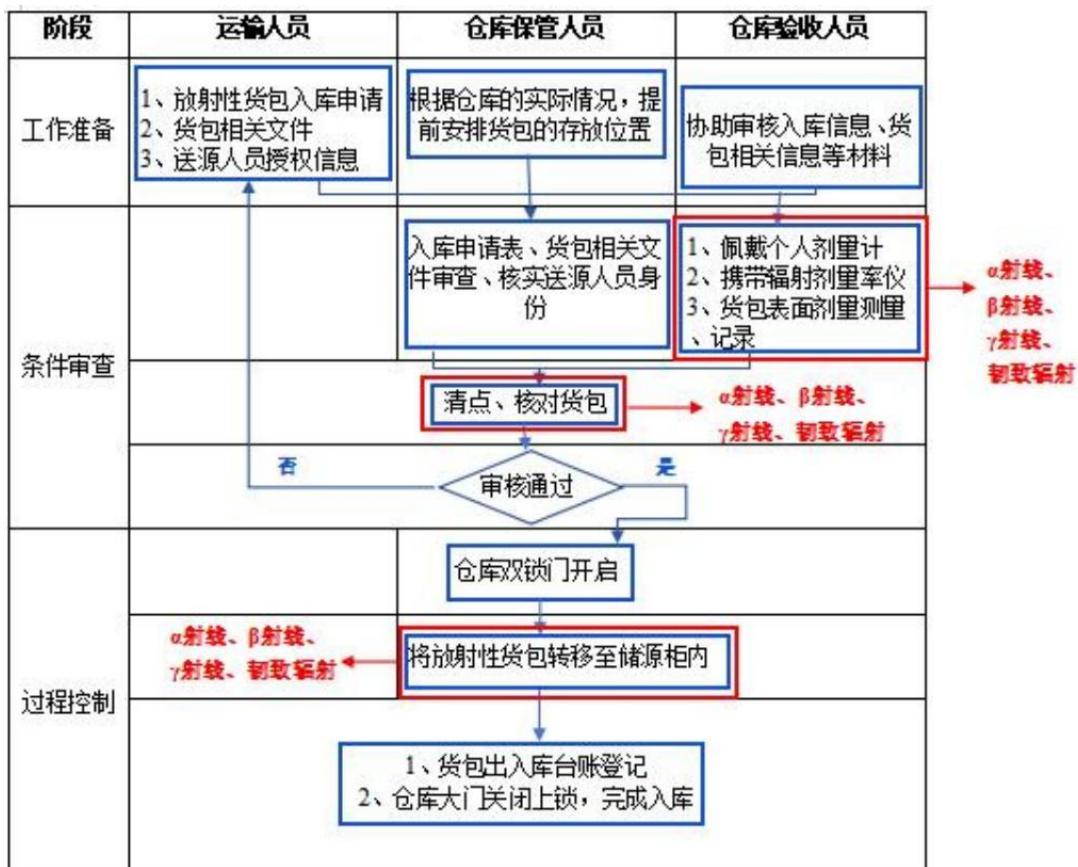


图 9-3 放射性核素货包入库工作流程及产污环节

(2) 放射性核素货包出库放射性核素货包出库流程：

①广西九州通医药有限公司放射性药品销售人员与使用方确定时间后, 安排第三方有运输资质的公司人员和时间, 提前填写货包出库申请, 交由广西九州通医药有限公司审核。

②审核完成以后, 运输人员出示出库申请等信息, 到放射性药品仓库领取放射性核素货包。

③放射性药品仓库保管人员核对出库申请表并核实源领用授权人身份, 并在《放射性核素货包出入库登记表》上进行登记。

④仓库保管人员打开仓库防护门, 仓库保管人员、验收人员和运输人员至仓库内发货区领取货包, 验收人员确认其取源情况, 取出后在发货区仓库验收人员使用本单

位检测仪器对设备表面进行剂量率监测（ β 和 γ 发射体及低毒性 α 发射体不超过 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，其他 α 发射体不超过 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，货包表面辐射剂量率不超过 $2\text{mSv}/\text{h}$ ），确认放射性货包是否完好无损、辐射水平是否在正常范围内。

⑤放射性药品仓库保管人员、验收人员和运输人员分别在台账上签字后，方可将货包取走。

⑥放射性核素货包出库后，仓库保管人员关闭仓库防护门，放射性核素货包的运送管理等均由第三方有运输资质的公司人员负责。运输人员按照申请表核准时间，将货包按时运出仓库，并妥善保管。货包出库工艺流程及产污环节详见图 9-4。

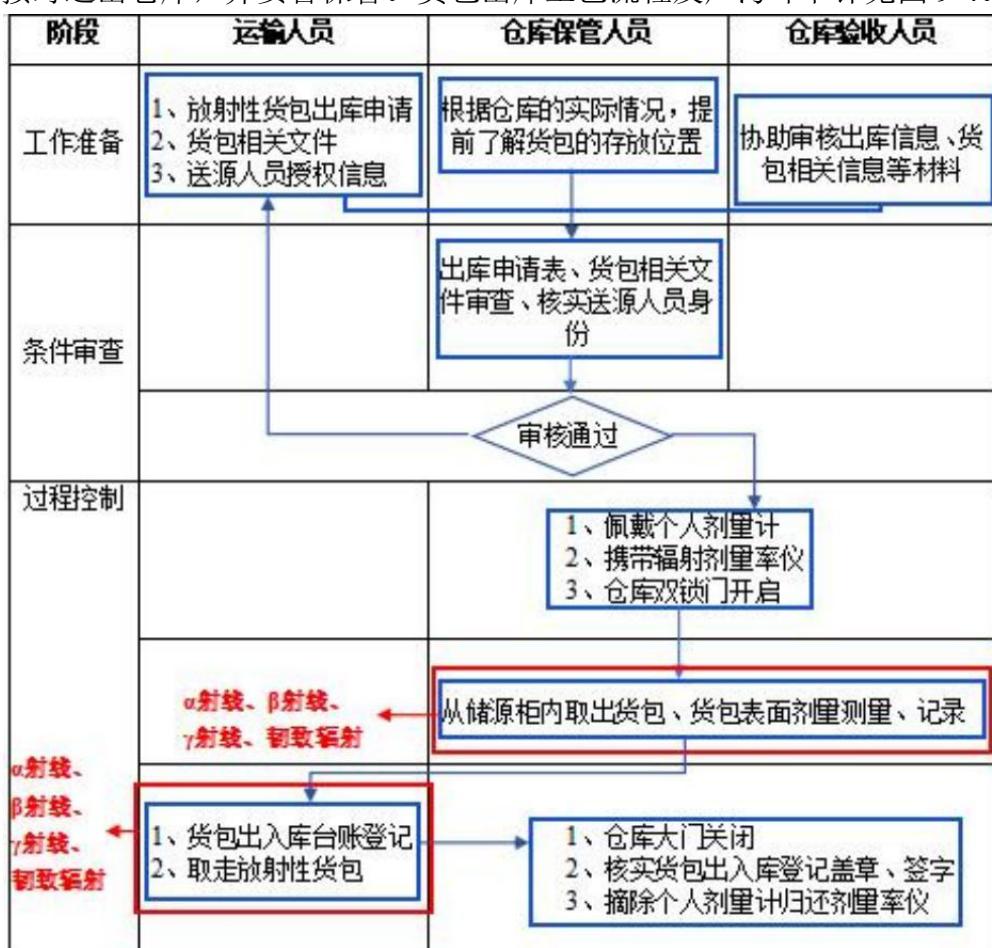


图 9-4 放射性核素货包出库工作流程及产污环节

9.3 人流物流路径

(1) 人流路径

管理人员和安全员从工作室西门进入工作室经卫生通过室，然后再由卫生通过间东侧门进入库房从事相应工作。工作完成后原路返回。管理人员和安全员离开放射性

药品库房工作场所控制区时，必须通过表面污染监测仪监测表面污染达标后方可离开。

(2) 放射性药品物流

生产商放射性药品运输专用车辆可以直接开到本项目放射性药品库房所在仓库东门外。货包从放射性药品库房东侧防护门入库，送源人员负责将货包从车辆搬至专用小推车，库房管理人员利用专用小推车完成货包的搬运。药品出库时由送源人员将所有药品用小车搬至运输车辆。

(3) 放射性废物路线

放射性废物主要产生于去污环节，采用 2 个 10mm 厚铅当量的铅桶收集后在不合格区进行暂存，较长半衰期和短放射性废物衰变达到相应时间，并经过仓库验收人员监测合格后由仓库进出口运出，再作为一般固废处置。

本项目人流、物流、废物路线如图 9-5 所示。综上所述，人流、放射性药品和放射性废物路线设置合理可行。

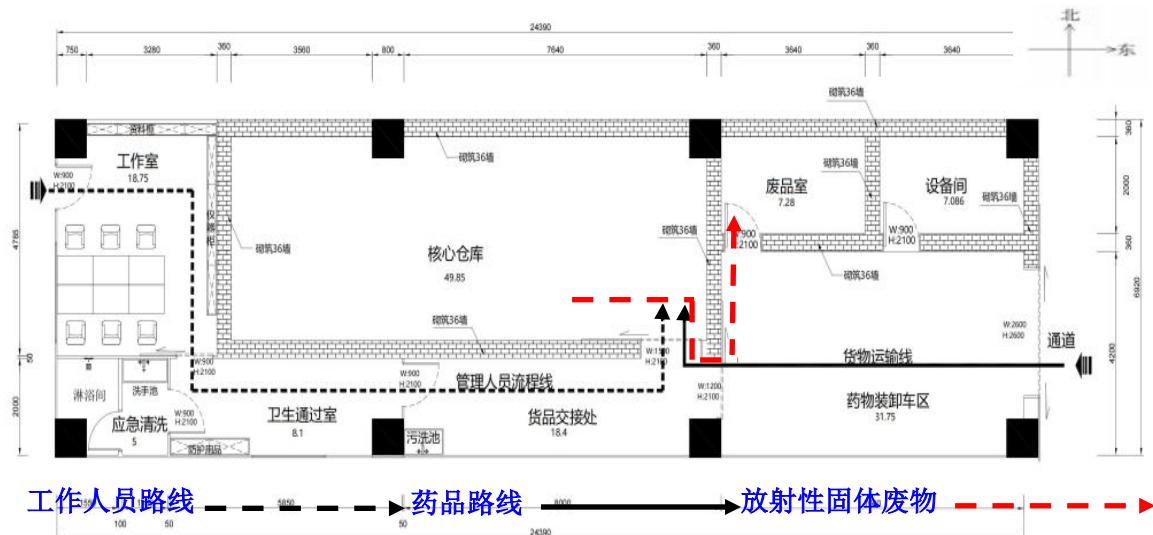


图 9-5 项目人流、物流路径

9.4 污染源项描述

9.4.1 正常工况

由操作流程及核素辐射特性表可知，正常工况放射性核素货包出入库过程中主要污染因子包括： α 射线、 β 射线、 γ 射线、轫致辐射。

(1) 电离辐射

1) α 射线

本项目贮存 ^{223}Ra 过程中会产生 α 射线， α 射线的最大能量为5.715MeV， α 射线在空气中、人体组织中的射程均很短，穿不透皮肤表层。因此，本评价不考虑 α 射线外照射影响。

2) β 射线

本项目贮存 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{59}Fe 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{14}C 过程中会产生 β 射线，其 β 射线能量主要在0.156MeV~2.2839MeV之间， β 射线在人体组织中的射程较短，人的身体完全能够阻挡 β 射线，同时人体皮肤也能有效阻挡 β 射线进入人体。因此，本项目评价时不考虑 β 射线的影响。

3) γ 射线

本项目贮存 ^{89}Zr 、 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{96}Tc 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{113}Sn 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I (粒子源)、 ^{123}I 、 ^{67}Ga 、 ^{59}Fe 、 ^{7}Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra 过程中会产生 γ 射线，其 γ 射线能量在0.001MeV~1.12MeV之间， γ 射线在人体组织中的射程较长，人体皮肤不能有效阻挡 γ 射线进入人体。因此，本项目评价时将考虑 γ 射线的影响。

本项目贮存产生 β^+ 的放射性核素 ^{89}Zr 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ ，正电子本身是不稳定的，正电子放射性同位素衰变产生的正电子丧失动能后，与物质中的负电子结合，转化为一对运动方向相反、能量均为0.511MeV的 γ 光子，正电子与负电子自身消失，这种现象称为湮没反应，所产生的 γ 光子也称湮没辐射。使用正电子药物发生湮没辐射产生0.511MeV的 γ 射线。

4) 韧致辐射

本项目贮存放射性核素 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{59}Fe 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{14}C 过程中会产生的 β 粒子穿过周围物质时将产生韧致辐射，即为X射线。

5) β 表面污染

正常工况下不会造成 β 放射性表面污染。

6) α 表面污染

正常工况下不会造成 α 放射性表面污染。

(2) 废气

本项目正常工况下不产生放射性废气。 γ 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气，经工作场所排风系统排放至楼顶。

(3) 废水

本项目正常工况下不产生放射性废水。

(4) 固体废物

正常情况下，本项目会接收少量退货及召回的放射性药品，退货及召回的放射性药品原则上送回药品厂家处理，不能送回厂家处理的作为放射性废物，企业应加强对货包的交接检测，不合格的货包应拒绝接收。

9.4.2 事故工况下的污染源项

事故工况导致放射性核素外泄时主要污染因子包括 α 射线、 β 射线、 γ 射线、韧致辐射、 β 表面污染、 α 表面污染、放射性废气、废水和放射性固体废物等。

(1) 电离辐射

项目在事故工况下货包受损，使放射性核素发生泄漏撒泼，相应的放射性核素将产生 α 射线、 β 射线、 γ 射线、韧致辐射，此时 α 射线、 β 射线、 γ 射线、韧致辐射成为主要污染因子。

事故工况下放射性核素货包发生泄漏撒泼时，不可避免地会引起墙壁、地面等的放射性沾污，造成 α 放射性表面污染、 β 放射性表面污染，其中 ^{223}Ra 放射性核素会造成 α 放射性表面污染，其余的放射性核素会造成 β 放射性表面污染。

(2) 废气

本项目事故工况下产生少量的放射性废气，包括臭氧和氮氧化物等废气，经工作场所排风系统排放至楼顶。

(3) 废水

本项目正常工况下不产生放射性废水。放射性废水主要来自事故状态时的洗手水，根据设计，项目设计1个槽式衰变池，收集事故状态时的放射性废水。放射性废水单独收集后经衰变池处理达标后，再排入公司现有生化池处理。

本项目发生撒泼事故时，最多2名工作人员进行清洗，洗手水按50L/人·次考虑；控制区污染地面需用吸水纸等清理干净，并检测合格后再拖地，不会产生拖地放射性废水。因此事故时用水量为0.1m³/次，排水系数取0.9，放射性废水排放量为0.09m³/

次。放射性废水从产生处通过管道进入衰变池内处理。

衰变池有效体积为 0.5m^3 。衰变池所在位置拟按照重点防渗区建设，处理设施池壁内部刷防渗砂浆，项目放射性废水管道则采用耐腐蚀的特种管道。放射性废水衰变池设计为实心砖结构，为槽式处理间歇排放工艺，为人工操作管理，衰变池拟设置采样口，衰变时间不够时，废水经监测合格后再行排放。

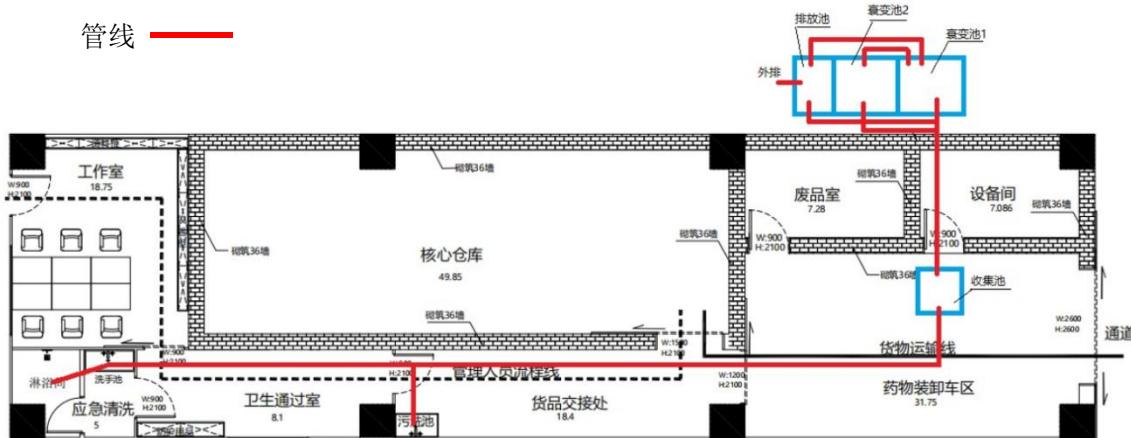


图 9-6 项目废水及管线图

（4）固体废物

事故状态时去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套、药瓶等，其产生量大约为 1kg/次。

放射性固体废物拟按核素类别和日期分别收集在放射性固废衰变罐内，打包、贴标识后进行暂存衰变。半衰期小于 24 小时，暂存时间超过 30 天后；半衰期大于 24 小时。暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍后；含核素 ^{131}I 的暂存时间超过 180 天后；经检测合格后去污废物等作为一般固废处理，废药瓶和废放射性药品返回厂家。不能解控的长半衰期放射性废物交由资质单位处置。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目工作场所布局

本项目位于广西九州通医药有限公司现代医药物流中心负一楼，项目场所四周相邻区域均为厂内区域。

本项目建设的放射性药品仓库东面为在地下室入口，南面和西面均为地下停车场，北面为实土墙，上方为仓库。拟建放射性药品仓库分为药物装卸区、设备间、废品室、货品交接处、核心仓库、卫生通过室和工作室，在对应区域画出边线。通过以上场所独立、划分区域等措施，减少公众受到的照射。

因此，本项目选址及平面布局是合理可行的。

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：

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

放射性工作场所因操作放射性物质的毒性组别和操作量的不同，产生的放射性危害的机率也不同，为了便于管理，非密封源工作场所按所用放射性核素日等效最大操作量，并考虑操作因素，分为甲、乙、丙三级。

根据公司提供的放射性同位素用量，可以计算本项目使用的各放射性同位素日等效最大操作量见表 10-1。

表 10-1 放射性药品仓库辐射工作场所日等效操作量核算表

序号	核素名称	实际日操作量 (Bq)	毒性组别修 正因子	操作方式修 正因子	日等效最大 操作量 (Bq)
1	⁸⁹ Zr	1.63×10^{10}	0.1 (中毒组)	100 (液态)	1.63×10^7
2	⁹⁰ Y	1.85×10^{11}	0.1 (中毒组)	100 (液态)	1.85×10^8
3	¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re)	1.48×10^{11}	0.1 (中毒组)	1000 (固态)	1.48×10^7
4	⁹⁶ Tc	1.48×10^8	0.1 (中毒组)	100 (液态)	1.48×10^5
5	^{95m} Tc	1.48×10^8	0.1 (中毒组)	100 (液态)	1.48×10^5
6	⁹⁰ Sr	8.00×10^4	1 (高毒组)	100 (液态)	8.00×10^2
7	⁸⁹ Sr	7.4×10^{10}	0.1 (中毒组)	100 (液态)	7.40×10^7
8	¹¹³ Sn	1.48×10^9	0.1 (中毒组)	100 (液态)	1.48×10^6

9	¹⁷⁷ Lu	2.96×10^{10}	0.1 (中毒组)	100 (液态)	2.96×10^7
10	¹³¹ I	2.96×10^{11}	0.1 (中毒组)	100 (液态)	2.96×10^8
11	¹²⁵ I (粒子源)	3.7×10^{12}	0.1 (中毒组)	1000 (固态)	3.70×10^8
12	¹²³ I	7.4×10^{10}	0.01 (低毒组)	100 (液态)	7.40×10^6
13	⁶⁷ Ga	1.48×10^8	0.1 (中毒组)	100 (液态)	1.48×10^5
14	⁵⁹ Fe	1.48×10^8	0.1 (中毒组)	100 (液态)	1.48×10^5
15	⁷ Be	1.48×10^8	0.01 (低毒组)	100 (液态)	1.48×10^4
16	^{110m} Ag	1.48×10^9	0.1 (中毒组)	100 (液态)	1.48×10^6
17	²²³ Ra	1.48×10^{10}	10 (极毒组)	100 (液态)	1.48×10^9
18	¹⁴ C	1.47×10^{10}	0.01 (低毒组)	100 (液态)	1.47×10^6
合计	/	/	/	/	2.48×10^9

放射性药品仓库每天最多贮存 34 个放射性核素货包，最大日等效操作量为 2.48×10^9 Bq，因此放射性药品仓库辐射工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。

10.3 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，为了便于辐射防护管理和职业照射控制，控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围，将辐射工作场所分为控制区和监督区。

根据以上要求并结合实际，本项目工作场所管理分区如下：

控制区：项目建成后，将核心仓库（放射性药品库房）、废品库（放射性固废衰变罐）区域划为控制区（图 10-1 红色部分区域）。对于控制区，公司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，保障在工作过程中，无关人员不得在该区内滞留，同时拟在控制区的入口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志，以保障该区的辐射安全。

监督区：核心仓库（放射性药品库房）东侧药物装卸车区、设备间，南侧的货品交接处、卫生通过室，西侧的应急清洗区、北侧办公区、工作室等区域划为监督区（图 10-1 蓝色部分区域）。在所划定监督区内可不采取专门的安全防护措施，但需要定期或不定期地监测其辐射剂量率水平，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 GB18871-2002、HJ1188-2021 的分区管理的要求。区域划分见图 10-1。

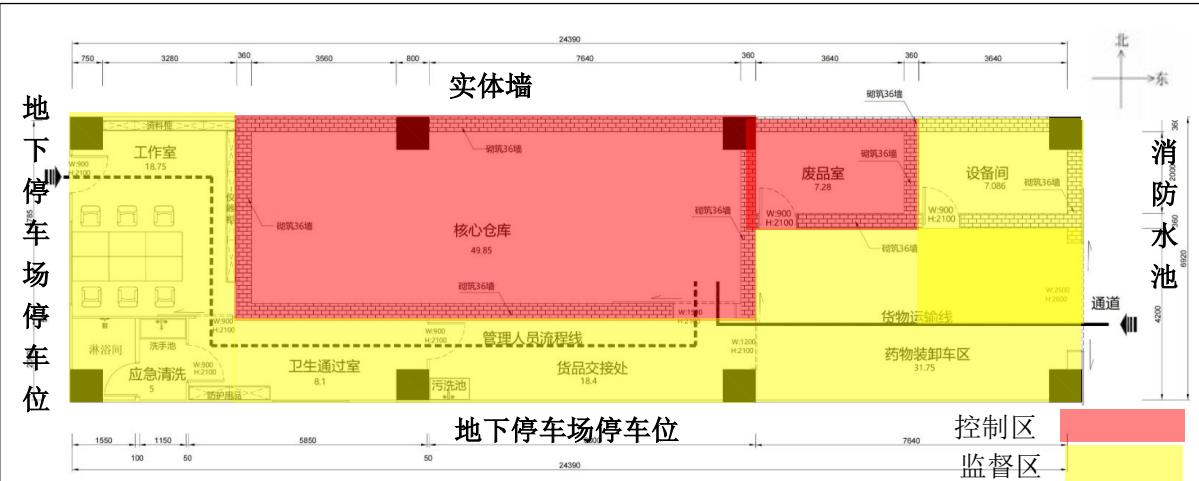


图 10-1 项目工作场所分区示意图

10.4 项目辐射防护设计

(1) 屏蔽设计

① 房间屏蔽设计

核心仓库（放射性药品库房）、在放射性药品贮存区进行了辐射防护屏蔽，放射性药品贮存区东、南、西及北侧墙体采用 36cm 实心砖，加铺 6mmPb 硫酸钡防护材料（密度不小于 3.2g/cm^3 ）；天花板为 25cm 厚的混凝土（密度为 2.35g/cm^3 ）加 3mmPb 铅板（密度不小于 11.4g/cm^3 ）；建有 1 处防护门，防护门为 8mmPb 的铅板+钢板结构。防护门上方设有“当心电离辐射”警示标志，以防人员误入。

项目具体屏蔽设计详见表 10-2，项目平面设计图见图 10-2，剖面图见图 10-3。

表 10-2 工作场所实体防护设计

场所名称	场所尺寸 (m)	防护实体	防护设计
核心仓库	长为 12.72m，宽为 4.835m（包含四周墙体厚度），内空高度为 3.6m	东侧、南侧、西侧和北侧墙体	36cm 实心砖+6mmPb 硫酸钡防护材料
		顶部	25cm 混凝土+3mmPb 铅板
		防护门	防盗门（铅板+钢板），内设 8mmPb 的铅板
废品室	长为 4.36m，宽为 2.72m（包含四周墙体厚度），内空高度为 3.6m	东侧、南侧、西侧和北侧墙体	36cm 实心砖+6mmPb 硫酸钡防护材料
		顶部	25cm 混凝土+3mmPb 铅板
		防护门	防盗门（铅板+钢板），内设 8mmPb 的铅板

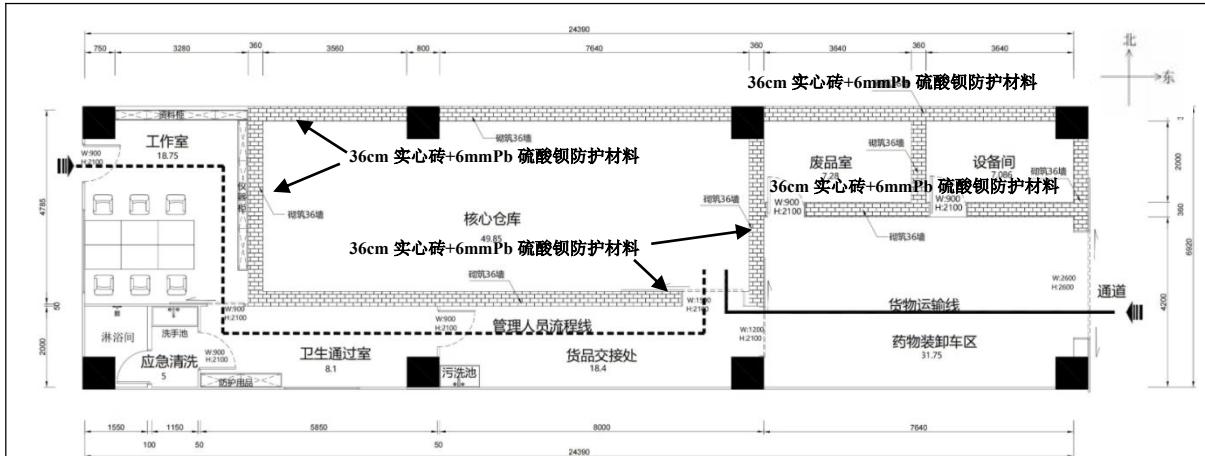


图 10-2 项目平面设计图



图 10-3 项目平面设计图

②放射性核素货包屏蔽

根据建设单位提供的资料, 放射性药品仓库内拟配备 2 个储存柜, 储存柜置于放射性药品仓库的中央并排布置, 每个储存柜分为 4 层, 每层最多放置 5 个货包, 每层之间用钢材料分隔开, 储存柜每个面均采用 30mmPb 的铅防护并用钢材料包裹, 储存柜 1 中存放 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{96}Tc 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{113}Sn 、 ^{177}Lu 等核素共 17 个货包, 储存柜 2 中存放 ^{131}I 、 ^{125}I (粒子源)、 ^{123}I 、 ^{67}Ga 、 ^{59}Fe 、 ^{7}Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C 等核素共 17 个货包, 储存柜存放示意图见图 10-4 和 10-5, 项目各个核素货包存放按示意图货包位置固定存放, 不会随意摆放。

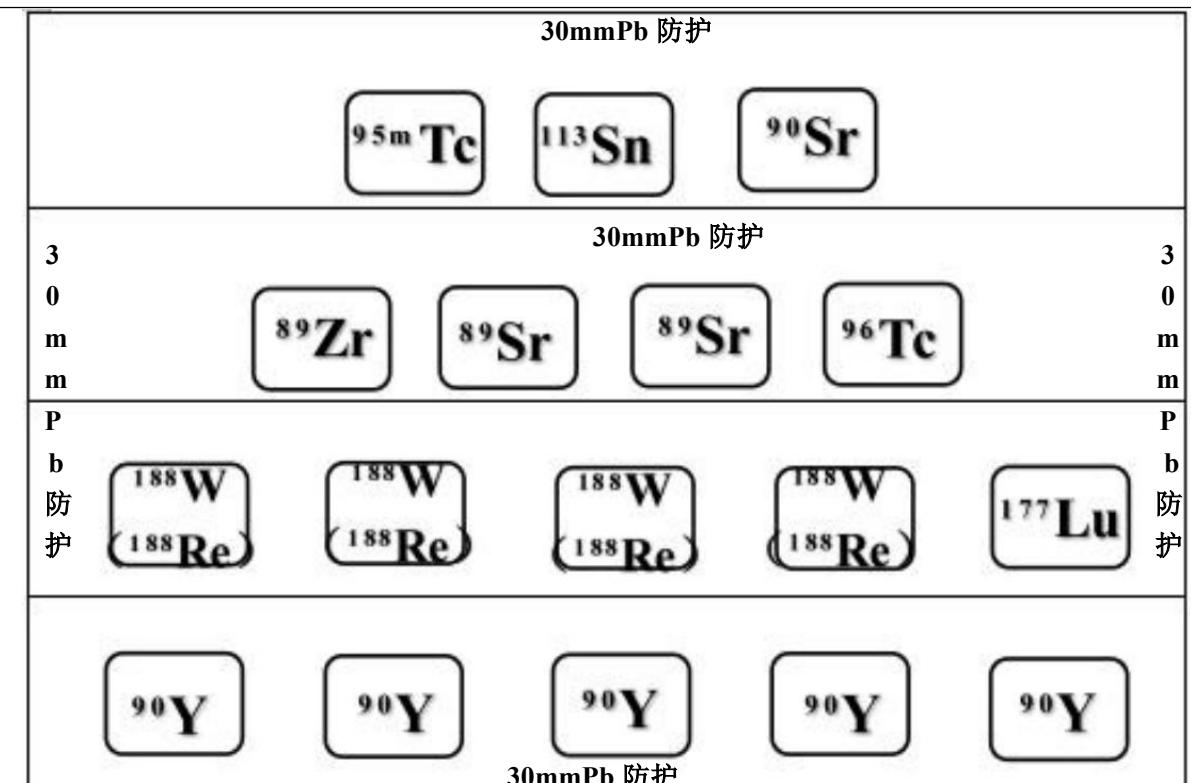


图 10-4 项目储存柜 1 存放示意图

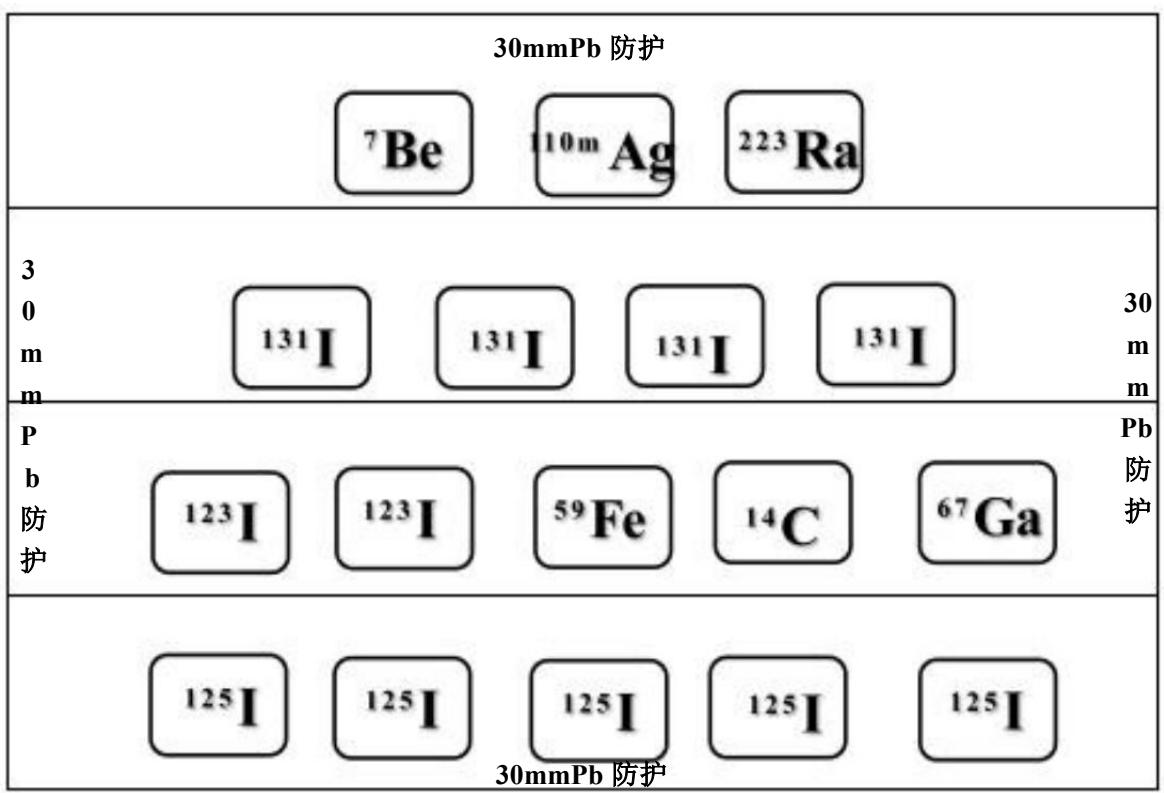


图 10-5 项目储存柜 2 存放示意图

(2) 通风设施

排风口设于暂存区靠东侧顶上位置，通过管道引到楼顶排放，排放口高于屋面3m，并配有抽拉式活性炭吸附箱吸附后再排放。项目排风系统设置示意图见图 10-6，屋顶排风机安装接管示意图见图 10-7。

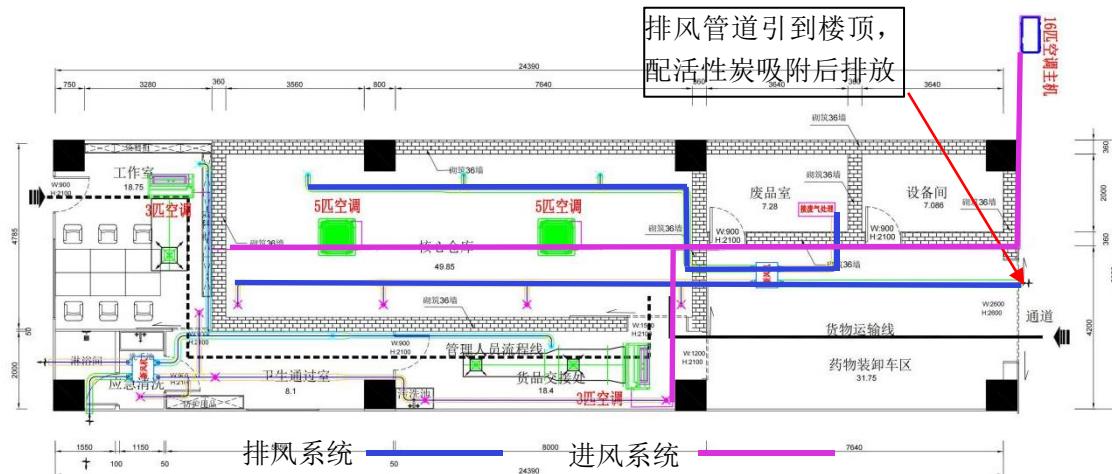


图 10-6 项目排风系统示意图

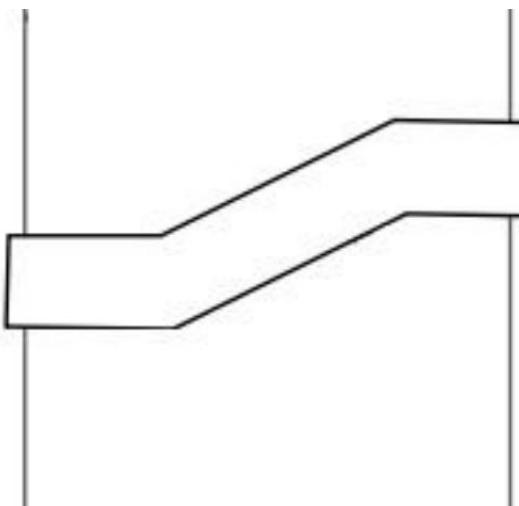


图 10-7 项目排风管穿墙示意图

(3) 辐射安全设施

① 24 小时监控系统

视频监控系统可提供直观的图像信息，对突发性事件进行监视，对放射性药品仓库出入口进行 24 小时监控，建设单位可以通过视频监控设备，设置报警时间段，该时间段内有人闯入放射性药品仓库，监控系统则会向门卫室发送报警信息，可有效防止非法人员进入，保障辐射安全。

系统主机设置在设备间内，分机（探头）设置在存放放射性药品区域出入口。

②防盗门

拟在放射性药品贮存区门口安装防盗门，设置双人双锁，两名辐射工作人员同时在场才能打开放射性药品贮存区防盗门，既增加了药品存放的防盗性，又起到相互监督作用，保证各项制度有效执行。并在门上加设 8mmPb 防护板，保证辐射防护安全。

③灭火器

拟在放射性药品贮存区门口放置灭火器，能在仓库发生火灾初期起到控制作用。

④红外报警

拟在在放射性药品贮存区门口安装红外报警装置，当有外来人员碰到红外线，将会触发报警器，增加了放射性药品的防盗性。

⑤辐射安全警示标志

建设单位拟在暂存库入口处设置电离辐射标志和中文警示说明。

⑥防护设备和个人防护用品

该项目工作场所拟配置的防护设备和个人防护用品如表 10-3 所示。

表 10-3 工作场所拟配置的防护设备

防护用品名称	规格	数量
铅衣	0.5mmPb	4 件
辐射防护检测仪	/	1 台
表面污染监测仪	/	1 台
个人剂量计	/	4 个
个人剂量报警仪	/	4 台
铅桶	10mmPb	2 个

10.5 三废的治理

本项目涉及放射性核素货包，由核素生产厂商负责运输，使用方接收放射性货包后，其保管责任转移到使用方，使用方使用放射性核素产生的放射性三废由使用方负责。根据工程分析，项目正常工况时只产生放射性固废，事故工况时涉及放射性三废。

（1）放射性废气

根据工程分析，本项目正常工况下不产生放射性废气。 ^{131}I 、 ^{14}C 等具有挥发性的放射性核素货包发生撒泼事故时，会产生少量的放射性气溶胶废气。

建设单位拟在放射性药品库房东侧室顶设置一个排风口，拟设置强制排风装置，发生事故时打开排风系统，引至现代医药物流中心楼顶排放。放射性药品库房废气经活性炭吸附后排放，排风机排风量不少于 $300\text{m}^3/\text{h}$ 。事故处理完成后及时更换活性炭。

（2）放射性废水

本项目正常工况下不产生放射性废水。本项目放射性废水主要来自事故状态时的清洗水，经衰变池处理后，接入企业现有废水系统，最终进入市政管网。

（3）放射性固废

根据工程分析，正常情况下，本项目会接收少量退货及召回的放射性药品，退货及召回的放射性药品原则上送回药品厂家处理，不能送回厂家处理的作为放射性废物。项目拟在废品室内设置 2 个 10mmPb 的铅桶收集放射性固体废物，放射性固体废物拟按核素类别和日期分别收集在放射性固废衰变罐，半衰期小于 24 小时，暂存时间超过 30 天后；半衰期大于 24 小时暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍后；含核素 ^{131}I 的暂存时间超过 180 天后；经监测合格后去污废物等作为一般固废处理，废药瓶和废放射性药品返回厂家。长半衰期放射性药物暂存后交由有资质单位处理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本次评价项目是需要对现有地下室进行改建，主要为墙体及门的辐射防护施工、门洞改造以及重新安装双锁门、安装辐射剂量率监测系统、视频监控等建设内容。

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施工的影响。

11.1.1 大气环境影响分析

粉尘扬尘的主要来源有：建筑装修材料的运输装卸过程、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。施工人员在建设场所进行施工期间，所产生的粪便污水依托公司现有楼房中卫生间收集后，排入污水处理系统，处理达标后通过总排口排入市政污水网管，最终排入污水处理厂处理。由于本项目工程量少，施工周期短，所需施工人数一般不会超过 3 人，施工人员产生的废水量不会对现有收集处理系统造成冲击。

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

固体废弃物主要为建筑垃圾，由施工单位统一收集后，运输至合法消纳场处理。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，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。施工人员产生的生活垃圾依托公司现有收集点分类集中收集后，定期交由环卫部门处理。

11.2 运行阶段对环境的影响

根据工艺分析及源项，项目运行阶段产生的辐射环境影响主要为外照射影响。本次环评采用模式预测方法来分析项目运行阶段产生的辐射环境影响。

11.2.1 放射性核素货包的分级

根据《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)中货包的包装分级，详见表11-1。

表 11-1 放射性核素货包的分级

条件		分级
运输指数 (TI)	外表面上任一点的最大辐射水平 H (mSv/h)	
0a	$H \leq 0.005$	I 级 (白)
$0 < TI \leq 1a$	$0.005 < H \leq 0.5$	II 级 (黄)
$1 < TI \leq 10$	$0.5 < H \leq 2$	III 级 (黄)
$10 \leq TI$	$2 < H \leq 10$	III 级 (黄) ^b

注：a 若测的 TI 值不大于 0.05，此数值可取为零；b 除集合包装以外，需按独家使用方式运输。

根据业主提供资料，本项目存放的货包满足 I 级 (白) 水平或 II 级 (黄) 要求，由《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019) 可知货包外表面上任一点的最高辐射水平应不超过 $500\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。每个货包体积很小，对于货包到关注点的距离来说，可考虑为点源，点源的剂量率变化符合反平方律的关系式。本项目大部分货包体积很小，为方便计算，统一将货包厚度计为 0.05m，货包外表面上任一点的最高辐射水平计为 $500\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。本报告将以放射性药品仓库满负荷工况下，考虑放射性药品仓库墙外表面 30cm 处以及上一层 30cm 处的 γ 辐射剂量率水平。

11.2.2 周围辐射剂量率估算

(1) 关注点设置

根据建设单位提供的资料，放射性药品仓库内拟配备 2 个储存柜，储存柜置于放射性药品仓库的中央并排布置，每个储存柜 4 层，每层最多放置 5 个货包，储存柜 1 中存放 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{96}Tc 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{113}Sn 、 ^{177}Lu 等核素共 17 个货包，储存柜 2 中存放 ^{131}I 、 ^{125}I (粒子源)、 ^{123}I 、 ^{67}Ga 、 ^{59}Fe 、 ^{7}Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra 、

¹⁴C 等核素共 17 个货包。每个储存柜长 1m，宽 0.5m，高 1m。

本报告将以放射性药品仓库满负荷工况下，考虑暂存库墙外表面 30cm 处以及上一层 30cm 处以及周围环境关注点的 γ 辐射剂量率水平(详见图 11-1)，关注点情况见表 11-2。

表 11-2 本项目各关注点位情况

关注点	关注点位置描述	辐射源与关注点距离		屏蔽设计
1#	东侧防护墙外 0.3m	储存柜 1	6.16m	360mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料+30mmPb 储存柜
		储存柜 2	6.16m	
2#	南侧防护墙外 0.3m	储存柜 1	2.72m	8mmPb 铅防护门+30mmPb 储存柜
		储存柜 2	2.22m	
3#	西侧防护墙外 0.3m	储存柜 1	6.16m	250mm 混凝土+3mmPb 铅板 +30mmPb 储存柜
		储存柜 2	6.16m	
4#	北侧防护墙外 0.3m	储存柜 1	2.72m	
		储存柜 2	2.22m	
5#	南侧防护门外 0.3m	储存柜 1	5.26m	
		储存柜 2	4.89m	
6#	场所上方地面距楼面 0.3m (仓库)	储存柜 1 和储存柜 2	1 层	3.9m
			2 层	3.65m
			3 层	3.4m
			4 层	3.15m

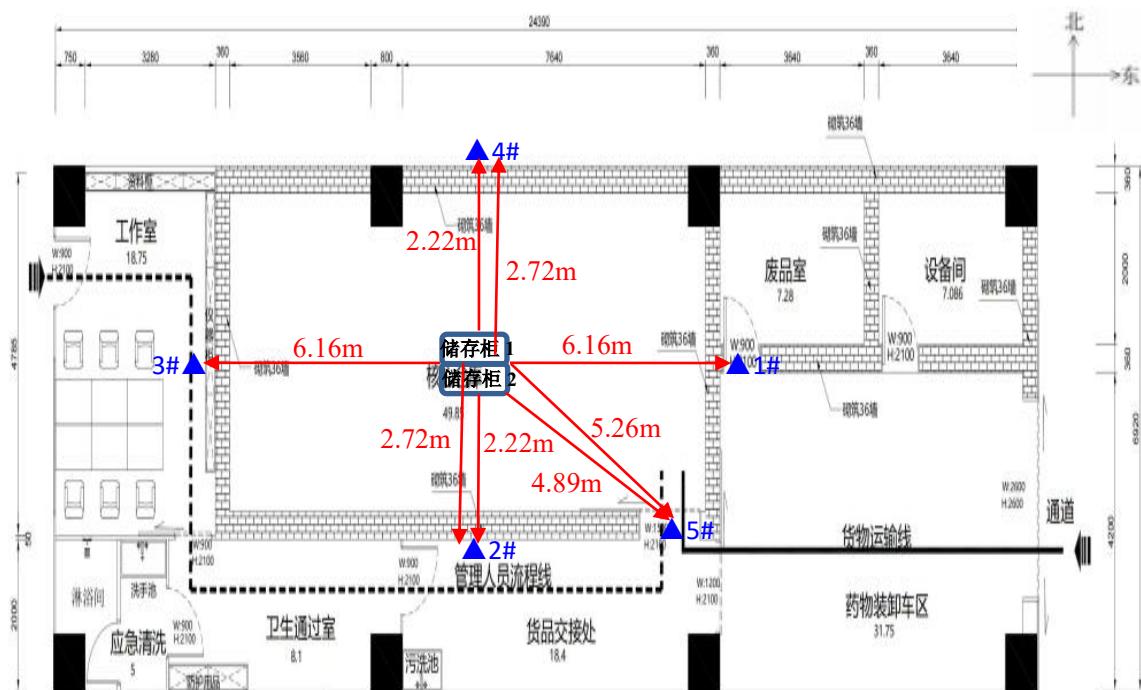


图 11-1 关注点设置示意图



图 11-2 关注点设置示意图 2

(2) 屏蔽计算方法

参照什值层的定义，按以下公式计算：

$$H = \frac{H_0 \times r_0^2}{r^2 \times 10^{X/TVL}} \dots \dots \dots \quad (11-1)$$

式中：

H—屏蔽墙外 30cm 关注点剂量率控制值，单位为微希沃特每小时($\mu\text{Sv}/\text{h}$)；

H_0 —靶点外 r_0 处的剂量率，单位为微希沃特每小时($\mu\text{Sv}/\text{h}$)；本项目保守按每个货包 $500\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

r_0 —剂量率为 H_0 时，与靶点间的距离，单位为米 (m)，为方便统一计算，本项目取 0.05m；

r —参考点与靶点间的距离，单位为米 (m)；

X —屏蔽厚度，mm；

TVL — γ 射线的十分之一值层厚度，单位为毫米 (mm)。

(3) 参数选取

①本项目贮存含 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{96}Tc 、 ^{95m}Tc 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{113}Sn 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I (粒子源)、 ^{123}I 、 ^{67}Ga 、 ^{59}Fe 、 ^{7}Be 、 ^{110m}Ag 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C 等放射性核素，对于不同核素的辐射屏蔽计算，主要考虑各种不同能量的核素对应的衰减因子或什值层。

^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{59}Fe 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{14}C 储存过程中会产生 β 射线，其中 ^{90}Y 的 β 射线能量最大为 2.2839MeV，根据《放射防护实用手册》， β 射线在介质中的射程可采用下式计算：

式中: d — β 射线在介质中的射程, cm;

ρ —介质的密度, g/cm^3 ; 空气密度为 $1.293 \times 10^{-3} \text{g}/\text{cm}^3$, 铅密度为 $11.4 \text{g}/\text{cm}^3$;
铅玻璃密度为 $4.6 \text{g}/\text{cm}^3$; 有机玻璃密度为 $1.18 \text{g}/\text{cm}^3$;

E_{MAX} — β 射线的最大能量, MeV; 本项目取 2.2839MeV。

本项目贮存核素衰变产生的 β 射线在屏蔽材料中的射程见表 11-3。

表 11-3 本项目涉及核素 β 射线在屏蔽材料中理论最大射程

本项目涉及核素	^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{59}Fe 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{14}C
最大 β 射线能量 (MeV)	2.2839
空气中的射程 (cm)	883
铅中的射程 (cm)	0.10
铅玻璃中的射程 (cm)	0.25
有机玻璃中的射程 (cm)	0.97

经计算可知，项目涉及暂存放射性核素产生的最大能量 β 射线在空气中的射程为883cm，在有机玻璃中的射程最大为0.97cm，在铅中的射程最大为0.10cm。本项目暂存的放射性核素一般放置在安培瓶内（屏蔽 β 射线）、置于铅罐中再用货包桶包装；放射性药品仓库设置了足够的空间，且有墙体和铅门进行屏蔽。本项目暂存的放射性核素货包具备屏蔽防护效果且货包均置于30mmPb的储存柜中暂存，故放射性核素产生的 β 射线对周围环境影响很小。

β 射线被周围的其他物质阻止时产生轫致辐射，轫致辐射会对周围环境产生辐射污染，本项目按放射性核素货包表面剂量率进行考虑，放射性核素货包表面剂量率已经考虑了轫致辐射、 γ 射线的贡献。因此，放射性核素货包表面剂量率计算表中考虑了 β 放射性核素货包剂量率影响。

^{223}Ra 为 α 核素，在衰变过中会产生 α 粒子。由于 α 粒子的体积比较大，又带两个正电荷，很容易就可以电离其他物质。因此，它的能量亦散失得较快，穿透能力在众多电离辐射中是最弱的，人类的皮肤或一张纸已能隔阻 α 粒子，本项目设有储存柜和防

护仓库。因此，本评价报告不考虑 α 射线对人体的辐射影响。

②由于放射性货包外表面辐射剂量率最大值已经确定，对于不同核素的辐射屏蔽计算，主要考虑各种不同核素产生的不同能量的 γ 射线对应的衰减因子或什值层。这17种核素发射 γ 射线能量相对较高的是 ^{96}Tc （主要能量1.12MeV），项目 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{131}I 、 ^{125}I （粒子源）有多个货包，考虑到每种核素相关能量的衰减因子和什值层数据，因此选取具有代表性的核素进行相关计算，计算时将 ^{96}Tc 、 ^{131}I 、 ^{125}I （粒子源）作为计算参数的核素，按其各自的参数考虑其辐射影响；没有计算参数的核素均按射线能量相对较高的 ^{96}Tc 参数来保守考虑其辐射影响。主要预测参数见表11-4所示。

表 11-4 放射性核素相关计算参数一览表

核素	1m处的周围剂量当量率 单位： $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\text{ (h}\cdot\text{MBq})^{-1}$	TVL, mm		
		铅 (11.4g/cm ³)	实心砖(1.65g/cm ³)	混凝土 (2.35g/cm ³)
^{96}Tc	0.371	45	427	280
^{131}I	0.0595	11	272	170
^{125}I （粒子源）	0.0165	3	18	12

注：(1) ^{131}I 和 ^{125}I （粒子源）剂量率常数出自 GBZ120-2020， ^{96}Tc 剂量率常数出自《辐射安全手册》；(2) ^{125}I （粒子源）和 ^{96}Tc 的 TVL 参照《辐射安全手册》图 6-4， ^{125}I （粒子源）按粒子能量 27.452keV 取值， ^{96}Tc 按粒子能量 1120keV 取值；(3) ^{131}I 的 TVL 出自 GBZ120-2020，项目保守按铅的密度为 11.3g/cm³ 进行取值，实际建设密度为 11.4g/cm³，同种材料一般情况下高密度材料对 γ 射线屏蔽更佳。

根据《辐射防护导论》，砖和混凝土由低 Z 物质组成的建筑材料，厚度可用密度进行换算，具体公式为：

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (11-3)$$

式中：d₁、d₂——屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度；

③考虑剂量估算和评价的方便及统一，在屏蔽及设计范畴内，不进行各物理量与周围剂量当量之间的转换系数修正。

④放射性药品库房正对楼下无建筑，不核算地板厚度。

(4) 关注点周围剂量当量率计算结果

根据以上屏蔽计算参数，估算出各关注点辐射剂量率结果见表 11-5。

表 11-5 关注点辐射剂量率估算结果

关注点	关注点距离 m	核素	货包个数	货包表面剂量率合计 $\mu\text{Sv/h}$	辐射屏蔽情况	剂量率估算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	
东侧防护墙外 0.3m	6.16	储存柜 1	$^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{113}Sn 、 ^{90}Sr	3	1500	360m m 实心 砖 +30m mPb 储存柜	0.00306
			^{89}Zr 、2 份 ^{89}Sr 、 ^{96}Tc	4	2000		0.00407
			4 份 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{177}Lu	5	2500		0.00509
			5 份 ^{90}Y	5	2500		0.00509
	6.16	储存柜 2	^{7}Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra	3	1500	360m m 实心 砖 +30m mPb 储存柜	0.00306
			4 份 ^{131}I	4	2000		0.000012
			2 份 ^{123}I 、 ^{59}Fe 、 ^{14}C 、 ^{67}Ga	5	2500		0.00509
			5 份 ^{125}I (粒子源)	5	2500		2.80×10^{-252}
南侧防护墙外 0.3m	2.72	储存柜 1	$^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{113}Sn 、 ^{90}Sr	3	1500	360m m 实心 砖 +30m mPb 储存柜	0.0157
			^{89}Zr 、2 份 ^{89}Sr 、 ^{96}Tc	4	2000		0.0209
			4 份 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{177}Lu	5	2500		0.0261
			5 份 ^{90}Y	5	2500		0.0261
	2.22	储存柜 2	^{7}Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra	3	1500	360m m 实心 砖 +30m mPb 储存柜	0.0235
			4 份 ^{131}I	4	2000		0.0000903
			2 份 ^{123}I 、 ^{59}Fe 、 ^{14}C 、 ^{67}Ga	5	2500		0.0392
			5 份 ^{125}I (粒子源)	5	2500		2.16×10^{-231}
西侧防护墙外 0.3m	6.16	储存柜 1	$^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{113}Sn 、 ^{90}Sr	3	1500	360m m 实心 砖 +30m mPb 储存柜	0.00306
			^{89}Zr 、2 份 ^{89}Sr 、 ^{96}Tc	4	2000		0.00407
			4 份 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{177}Lu	5	2500		0.00509
			5 份 ^{90}Y	5	2500		0.00509
	6.16	储存柜 2	^{7}Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra	3	1500	360m m 实心 砖 +30m mPb 储存柜	0.00306
			4 份 ^{131}I	4	2000		0.000012
			2 份 ^{123}I 、 ^{59}Fe 、 ^{14}C 、 ^{67}Ga	5	2500		0.00509
			5 份 ^{125}I (粒子源)	5	2500		2.80×10^{-252}
北侧防护墙外	2.72	储存柜 1	$^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{113}Sn 、 ^{90}Sr	3	1500	360m m 实心 砖 +30m	0.0157
			^{89}Zr 、2 份 ^{89}Sr 、 ^{96}Tc	4	2000		0.0209
			4 份 ^{188}W				0.0261

0.3m	2.22	储存柜 2	(¹⁸⁸ Re) 、 ¹⁷⁷ Lu	5	2500	mPb 储存柜		
			5 份 ⁹⁰ Y	5	2500		0.0261	
			⁷ Be、 ^{110m} Ag、 ²²³ Ra	3	1500		0.0235	
			4 份 ¹³¹ I	4	2000		0.0000903	
			2 份 ¹²³ I、 ⁵⁹ Fe、 ¹⁴ C、 ⁶⁷ Ga	5	2500		0.0392	
			5 份 ¹²⁵ I(粒子源)	5	2500		2.16*10 ⁻²³¹	
南侧防 护门外	5.26	储存柜 1	^{95m} Tc、 ¹¹³ Sn、 ⁹⁰ Sr	3	1500	8mmP b 铅防 护门 +30m mPb 储 存柜	0.0194	0.173
			⁸⁹ Zr、2 份 ⁸⁹ Sr、 ⁹⁶ Tc	4	2000		0.0295	
			4 份 ¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re) 、 ¹⁷⁷ Lu	5	2500		0.0323	
			5 份 ⁹⁰ Y	5	2500		0.0323	
	4.89	储存柜 2	⁷ Be、 ^{110m} Ag、 ²²³ Ra	3	1500		0.0224	
			4 份 ¹³¹ I	4	2000		0.0000734	
			2 份 ¹²³ I、 ⁵⁹ Fe、 ¹⁴ C、 ⁶⁷ Ga	5	2500		0.0374	
			5 份 ¹²⁵ I(粒子源)	5	2500		1.29*10 ⁻²⁹³	
场所上 方地面 距楼面 0.3m (仓 库)	3.15 (4 层)	储存柜 1	^{95m} Tc、 ¹¹³ Sn、 ⁹⁰ Sr	3	1500	250m m 混凝 土 +3mm Pb 铅 板 +30m mPb 储 存柜	0.00894	0.060
		储存柜 2	⁷ Be、 ^{110m} Ag、 ²²³ Ra	3	1500		0.00894	
	3.4 (3 层)	储存柜 1	⁸⁹ Zr、2 份 ⁸⁹ Sr、 ⁹⁶ Tc	4	2000		0.0102	
		储存柜 2	4 份 ¹³¹ I	4	2000		0.0000087 4	
	3.65 (2 层)	储存柜 1	4 份 ¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re) 、 ¹⁷⁷ Lu	5	2500		0.0111	
		储存柜 2	2 份 ¹²³ I、 ⁵⁹ Fe、 ¹⁴ C、 ⁶⁷ Ga	5	2500		0.0111	
	3.9 (1 层)	储存柜 1	5 份 ⁹⁰ Y	5	2500		0.00972	
		储存柜 2	5 份 ¹²⁵ I(粒子源)	5	2500		8.60*10 ⁻²⁷⁶	

综上，根据表 11-5 理论计算可知，本项目暂存库四周场所关注点的辐射剂量率最大预测值为 0.173 μ Sv/h，小于 2.5 μ Sv/h，满足参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 确定的场所剂量率控制值的要求。

11.2.4 项目运行对工作人员所致有效剂量分析

(1) 有效剂量估算公式

X- γ 外照射所致人均年有效剂量保守根据周围剂量当量来估算, 具体见下列公式:

$$E = \dot{H}_T \times t \times 10^{-6} (mSv) \dots \dots \dots \quad (11-4)$$

其中: E 为 X- γ 外照射所致人均年有效剂量, mSv;

\dot{H}_T 为 X- γ 辐射剂量率, nSv/h;

t 为辐射照射时间, 小时。

(2) 工作人员受照剂量估算

根据建设单位提供的资料, 项目拟配置 4 名辐射工作人员专门负责放射性药品仓库的工作, 辐射工作人员工作负荷见表 11-6。

表 11-6 放射性药品仓库辐射工作人员工作负荷

工作内容	人员数量	工作负荷
安保巡检、资料审查	2 名保管人员	日常安保巡检按照每日操作 1 小时来保守估算, 每年工作 250 天 (采用两班制), 每人每年累计工作时间为 125h; 其余时间工作人员在普通办公区进行办公。
货包出入库	2 名验收人员	货包出入库的核实过程很短, 按照保守情况估算, 每个货包出入库时间最多 2min, 一天 70min (采用两班制), 每人每年累计时间为 146h; 其余时间工作人员在普通办公区进行办公。

货包出入库时, 辐射工作人员操作位按照放射性核素货包 0.3m 处的辐射剂量率水平 (即 $13.89\mu\text{Sv}/\text{h}$) 来保守估算, 日常巡检所处位置的辐射剂量率水平以表 11-5 算出的辐射剂量率最大值 ($0.173\mu\text{Sv}/\text{h}$, 南侧防护门外 0.3m) 来保守估算, 辐射工作人员受照射剂量估算详见表 11-7。

表 11-7 暂存库辐射工作人员受照射剂量估算

工作内容	工作负荷	受照剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	年有效剂量 (mSv/a)
安保巡检、资料审查	125h	0.173	0.033
货包出入库	146h	13.89	2.028

由表 11-7 可知, 负责放射性药品仓库货包出入库的每名工作人员因项目运行接受的年有效剂量最大为 2.028mSv , 负责放射性药品仓库安保巡检、资料审查的每名工作人员因项目运行接受的年有效剂量最大为 0.033mSv , 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》(GB18871-2002)

及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求。

（3）公众成员受照剂量估算

参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）取居留因子，场所东侧防护墙外 0.3m（药品装卸车区）居留因子取 1/4，场所上方地面距楼面 0.3m（仓库）、南侧防护门外 0.3m（货品交接处，为普通人员不会到达区域）居留因子取 1/8，西侧防护墙外 0.3m（工作室）居留因子取 1，北侧防护墙外 0.3m（实土墙）居留因子取 1/20，公司每年工作 250 天，每天按 8h 考虑，则全年工作时间为 2000h/a。

根据表 11-5 的估算结果及公式 11-4 来估算项目运行对周围环境人员受照射剂量，项目周围关注点受照射剂量估算结果见表 11-8。

表 11-8 项目周围关注点受照射剂量估算结果

序号	点位	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)	备注
1#	东侧防护墙外 0.3m (药品装卸车区)	0.0255	2000	1/4	0.013	公众
2#	南侧防护墙外 0.3m (货品交接处)	0.152	2000	1/8	0.038	公众
3#	西侧防护墙外 0.3m (工作室)	0.0255	2000	1	0.051	职业
4#	北侧防护墙外 0.3m (实土墙)	0.152	2000	1/20	0.038	公众
5#	南侧防护门外 0.3m (货品交接处)	0.173	2000	1/8	0.043	公众
6#	场所上方地面距楼面 0.3m（仓库）	0.060	2000	1/8	0.015	公众

由表 11-8 可知，放射性药品仓库周围公众人员年有效剂量最大为 0.043mSv/a（南侧防护门外 0.3m），低于公众成员年剂量管理约束值（0.1mSv）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众成员剂量限值（1mSv）的要求。

因此，本项目工作场所的防护设计满足要求，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。

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

放射性废气：本项目新建成一套排风系统用于放射性药品仓库的排风。排风口设于放射性药品仓库所在大楼楼顶上方，排风系统通过排风管道将废气引到楼顶排放，

排放口高于屋面，并配有抽拉式活性炭吸附箱吸附后再排放。应定期检查通风系统活性炭吸附箱的有效性，及时更换失效的活性炭，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。放射性药品仓库排风系统设置示意图见图 10-6，废气治理措施满足参照标准《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相应要求。

放射性废水：本项目正常工况下不产生放射性废水。放射性废水主要来自事故状态时的洗手水，根据设计，项目设计 1 个槽式衰变池，收集事故状态时的放射性废水。放射性废水单独收集后经衰变池处理达标后，再排入公司现有生化池处理。

放射性固体废物：本建项目配备了收集放射性固体废物的铅桶，放射性固体废物分类收集、分别处理，按《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）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 GB18871-2002 清洁解控水平推荐限值及 HJ1188-2021 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。

11.3 事故影响分析

本项目可能发生最大概率风险事故为放射性核素货包在放射性药品仓库存放过程中发生失控事件，放射性核素货包的丢失、被盗和放射性核素货包破损有放射性物质泄露，可能导致无关人员近距离接触裸源造成大剂量照射，对外环境公众造成不同程度辐射危害。

11.3.1 被盗或丢失事故

(1) 放射性物质在途中失控。由于放射性药物或放射源都是从相应厂家进货，在运输过程中可能会发生货包的被盗或丢失等失控事故。如装有放射性物质的货包没有按预定的时间到达，公司首先应在公司内部进行各种可能性的检查，然后与订货公司联系，要求追踪货包去向，直到找到放射性物质货包为止。

(2) 放射性要求在仓库丢失。由于管理不善，安保不严，在暂存的放射性药品可能会发生被盗或丢失等失控事故。

公司一旦确定放射性药品失控，应即刻向公安机关报警处理，并配合公安部门、生态环境部门调查、侦破工作。禁止任何单位和个人故意破坏事故现场、毁灭证据。

11.3.2 泄漏污染事故

在放射性药品转移、注射等使用过程中，可能会由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄漏，导致局部场所台面或地面产生放射性污染。发生此类事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边缘向中心擦抹，直到擦干污染区。用表面污染监测仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到控制标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 β 表面污染小于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。吸擦后的药棉或纸巾作放射性固体废弃物处置。

11.3.3 人员照射剂量超标事故

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

11.3.4 固体废物超标排放

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

严格要求每次处置前均需开展放射性检测，其所含放射性核素活度衰变至低于相应核素 GB18871-2002 清洁解控水平推荐限值及 HJ1188-2021 第 7.2.3.1 款要求时，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

按照国务院令第 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及生态环境主管部门的要求，建设单位目前已成立辐射安全与环境保护管理小组，签订了辐射工作安全责任书，并配备了辐射安全管理人员，负责辐射安全与环境保护。辐射安全与环境保护管理小组成员如下：

组长：马德鑫全面负责委员会的工作；

副组长：秦玉文协助组长开展工作；

成员：范辉、吴雪莲、吕丽、覃显钧、张雯宇、韦幸、麻丽佳、潘澎、赖汉聪、石中柑、廖沛良、廖建观、王国磊（具体见附件 5）；

主要工作职责如下：

- (1) 定期开展辐射安全与环境保护检查，发现问题及时整改；
- (2) 加强与相关部门的沟通与协作；
- (3) 定期组织培训和交流，提高委员会成员的业务水平和综合素质；
- (4) 对辐射项目实行严格审批制度，确保项目安全、环保可行；
- (5) 建立健全辐射事故和环境污染事件应急预案，确保应急处置及时有效。

12.1.2 人员配备与职能

本项目规划配备 4 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。

公司应及时安排本项目未参加培训并考核合格的辐射工作人员在生态环境部辐

射安全与防护培训平台参加培训，考核合格后方可上岗（考核成绩合格有效期五年）。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，公司制定了《辐射防护和安全保卫制度》《辐射事故应急预案》、《人员培训管理制度》《监测方案》《设备检修维护制度》《台账记录管理制度》《岗位职责》《操作规程》等一系列规章制度。公司目前制定的制度基本满足《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关防护要求，但尚需进一步细化和完善，公司辐射安全领导小组应牵头对公司现有的辐射安全与防护相关制度进行系统修订，提高制度的可操作性，做到所有辐射工作都有章可循，有制度保障。

辐射安全管理制度较为全面，制度内容可行。公司应在今后工作中，不断总结经验，根据单位实际情况，对各项制度加以完善补充，并确保各项制度的落实。

针对本项目辐射活动情况，提出如下要求：

(1) 按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求组织本项目的所有辐射工作人员参加生态环境部门的辐射安全和防护知识考核，经考核合格并取得相应上岗资格证后才能上岗，并按每5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。

(2) 环评批复后，需及时向相关部门申请重新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。建设单位需根据要求制定以下辐射监测计划。

12.3.1 个人剂量监测

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

按照《放射工作人员健康标准》的相关规定，公司应为辐射工作人员建立个人健康档案，对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检报告，合格者才能上岗；对从事

辐射工作的工作人员建立职业健康监护档案，档案要终生保存，工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。职业健康检查周期为1~2年，但不得超过2年，必要时可适当增加检查次数；在本单位从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也应进行健康体检。

12.3.2 辐射环境监测

(1) 单位自检

建设单位将配备1台辐射剂量监测仪和表面污染监测仪，需利用自备的监测仪器对工作场所进行定期定制度监测，并建立档案。

(2) 年度监测

公司定期委托有资质单位定期（每年常规监测一次）对辐射工作场所及周围环境进行辐射环境和表面污染监测，并建立监测档案。监测数据每年年底向当地生态环境主管部门上报备案。本项目运行后，将继续委托有资质的单位开展相关监测。监测方案如下。

- ①监测范围：项目场所周围50m范围内、人员活动位置处等。
- ②监测项目：X-γ辐射剂量率、表面污染。
- ③监测频率：1次/年。
- ④监测仪器：由接受委托监测机构负责选取符合相关监测技术规范的监测仪器。
- ⑤监测要求：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，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。

12.4 辐射事故应急

12.4.1 应急响应机构设置与职责

本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四章规定及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章的规定，结合单位的实际情况和表11中“事故影响分析”，制定了《辐射事故应急预案》（见附件6）。

预案规定了公司职业安全防护应急领导小组职责：

主要职责：负责应急预案的修订、落实演练，以及事故时向环保、公安和卫生主管部门报告等工作，监督检查放射安全工作，防止辐射事故的发生；针对防范措施失效和未落实防范措施的部门提出整改意见；对已发生辐射事故的现场进行组织协调、安排救助、并向放射工作人员与公众通报；负责向上级行政主管部门报告辐射事故发生和应急救援情况，恢复正常秩序、稳定受照人员情绪等方面的工作。

12.4.2 应急预案内容

公司制定的辐射专项应急预案包括下列内容：事故风险分析、组织机构和职责、处置程序、处置措施、注意事项等内容。此外，公司总的事故应急管理制度中明确了应急演练及应急培训相关内容，还包括各组织机构人员名单及应急联系电话等，具体见附件 6。

12.4.3 应急人员的培训与演习计划

针对本公司开展放射技术应用的实际情况和需要，由辐射安全管理领导小组定期组织开展辐射事故应急培训与应急演练，对辐射事故应急技术人员和管理人员进行国家有关法规和应急专业知识培训和继续教育，使应急救援人员熟练掌握辐射损伤医疗救治、应急处置、辐射防护等知识，不断提高应急反应及救援能力，确保在突发辐射事故时能够及时、安全、有效开展应急工作。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

本项目位于南宁市高新区永林路88号，拟利用广西九州通医药有限公司现代医药物流中心负一楼地下停车场建设放射性药品库房项目，拟建放射性药品库房主要贮存和销售⁸⁹Zr、⁹⁰Y、¹⁸⁸W（¹⁸⁸Re）、⁹⁶Tc、^{95m}Tc、⁹⁰Sr、⁸⁹Sr、¹¹³Sn、¹⁷⁷Lu、¹³¹I、¹²⁵I（粒子源）、¹²³I、⁶⁷Ga、⁵⁹Fe、⁷Be、^{110m}Ag、²²³Ra、¹⁴C共18种核素的放射性药物。根据核算，项目放射性核素贮存的日等效最大操作量约为 2.48×10^9 Bq，年最大贮存量为 1.14×10^{15} Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。此外，公司仅从事销售的3种放射性药物为^{99m}Tc、¹⁸F、⁶⁸Ga，这些放射性药物直接从生产商送至使用单位，不进行贮存。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

项目工作场所布局合理，放射性药品仓库采取辐射防护措施，仓库设计防盗防火安全措施；正常工况下整个过程无放射性废物产生，整个贮存销售过程不打开放射性药品货物包装，项目场所的防护设施满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的防护要求。

13.1.3 选址的合理性

药品的运输直接到放射性药品仓库门口，不穿插其他厂房，减小交叉污染的可能性，且整个贮存销售过程中，不打开放射性药品货物包装，减少污染发生的可能性；场所布局各工序衔接合理，有利于辐射安全管理。因此本项目工作场所布局合理，能够满足辐射安全与防护的要求。项目各辐射工作场所控制区、监督区划分方案，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）分区管理的相关要求。

因此，本项目选址合理可行。

13.1.4 现状评价结论

项目工作场所及周围区域环境现状 γ 辐射空气吸收剂量率在广西 γ 辐射空气吸收剂量率范围内，辐射环境质量状况未见异常。

13.1.5 环境影响分析结论

由理论估算可知，项目在正常运行期间，工作场所各关注点处X- γ 辐射剂量率，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中的限值要求；工作人员及公众成员受照的年有效剂量均符合《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，同时符合年剂量管理约束值的要求。

13.1.6 相关管理制度

公司成立了辐射安全与环境保护管理委员会，制定了包括《人员培训管理制度》、《人员健康管理制度》、《辐射监测制度》、《监测仪器使用及校验制度》、《台账管理制度》、《放射性药品采购管理制度》、《放射性药品销售和售后服务管理制度》、《放射性药品运输管理制度》、《辐射防护与安全保卫制度》、《放射性药品不良反应报告和监测管理制度》、《放射性药品采购操作规程》、《放射性药品收货操作规程》、《放射性药品验收操作规程》、《放射性药品销售退回管理操作规程》、《药品储存、出库、运输操作规程》等相关管理制度及辐射事故应急预案，满足辐射环境管理要求。

公司已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求从事本项目辐射工作人员参加培训考核并取得合格证后，方可上岗。

13.1.7 产业政策符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》中第一类鼓励类第六项核能的第4条“核技术应用：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。

13.1.8 实践的正当性

本次放射性药品仓库建成后，能减少放射性货包在路上的逗留时间，进一步提高放射性核素销售项目的安全性，对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，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“实践的正当性”的原则与要求。

13.1.9 安全考核及健康管理

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年8月22日修改）第十六条要求：“辐射安全管理机构成员和辐射工作人员均需参加辐射安全与防护培训并取得培训合格证”。本项目所有辐射工作人员在上岗前均应在“国家核技术利用辐

射安全与防护培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn/>) 参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核，考核合格后方可上岗。同时，取得培训合格证的人员，公司应每5年组织一次复训。

定期开展个人剂量检测和职业健康体检，妥善保管个人剂量和职业健康体检结果，出现异常情况时，分析原因，并采取相应措施，可有效降低辐射对人员身体造成危害。

13.1.10 综合性结论

综上所述，广西九州通医药有限公司乙级非密封源工作场所项目，符合产业政策要求，在落实项目实施方案和本报告中提出的污染防治措施和辐射环境管理完善建议的前提下，项目正常运行对周围环境产生的辐射影响，在国家允许的标准范围内，符合环境保护的要求。因此，从辐射环境保护的角度分析认为本项目可行。

13.2 建议和承诺

13.2.1 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) 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，对辐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；做好辐射工作人员考核。按照辐射事故应急处理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，如检查辐射警示标志等。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，公司承诺：

- (1) 环评批复后，尽快办理辐射安全许可证。
- (2) 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放射性同位素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报告。

- (3) 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。
- (4) 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。
- (5) 按要求开展竣工环境保护验收。

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