

核技术利用建设项目
广西柳药集团股份有限公司
乙级非密封源工作场所项目
环境影响报告表
(公示本)

建设单位：广西柳药集团股份有限公司



环评单位：江西省地质局实验测试大队



二〇二四年十一月

表 1 项目基本情况

建设项目名称	广西柳药集团股份有限公司乙级非密封源工作场所项目				
建设单位	广西柳药集团股份有限公司				
法人代表	***	联系人	***	联系电话	***
注册地址	柳州市官塘大道 68 号				
项目建设地点	官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间 1 楼放射性药品仓库				
立项审批部门	/		批准文号		/
建设项目总投资（万元）	***	项目环保投资（万元）	***	投资比例（环保投资/总投资）	***
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m ² ）	150
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	/		
	射线装置	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<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		
	其他	/			
	1.1 公司概况				
<p>广西柳药集团股份有限公司（以下简称：柳药集团、集团、公司）是一家综合性医药上市企业，公司前身是 1953 年成立的柳州医药批发站，2002 年改制为民营企业，2014 年在上海证券交易所挂牌上市（股票简称：柳药集团，股票代码：603368）。公司经过七十年来在医药大健康领域的深耕细作，旗下已拥有 40 余家公司，形成以“医药批发、医药零售、医药工业为主业，供应链增值服务、医药互联网服务、终端健康服务等创新业务协同发展”的综合性医药大健康产业集团。2023 年公司营业收入达 208.12 亿元，目前在全国主营业务收入前 100 位的药品批发企业排序中位列第 16 位，已连续多年进入该排名前 50 名。</p>					

柳药集团是广西核心药械配送企业，业务覆盖广西 100%的中高端医疗机构；旗下全资子公司柳州桂中大药房连锁有限责任公司（简称：桂中大药房）拥有药店 800 多家，是全国药品连锁二十强企业。公司在广西具备突出的批零一体化业务优势，实现药械全品种、批零全渠道覆盖，是众多国内外知名制药企业在广西区内的主分销商和首选配送商。公司近年来积极推动传统批发和零售业务的数字转型，围绕上下游客户和终端消费者打造智慧医药供应链管理平台（SPD 平台）、互联网医疗平台、处方外延平台、慢病管理系统等。在批发端，公司以现代医药物流中心和信息系统为基础，开展医院器械耗材 SPD 项目等供应链增值服务，实现药械耗材的精细化、可追溯管理；在零售端，公司以打造专业药房为方向，发展专业化健康管理、慢病管理服务，通过互联网医院、处方外延项目以及大数据、云计算、人工智能的加持，形成“医+药+健康管理”的服务体系，提高健康消费专业性、可及性。

在医药工业领域，公司主要围绕中药产业积极布局，开展中药饮片生产加工以及中成药、中药配方颗粒等现代中药产品生产研发，打造培育“仙茱”中药饮片和配方颗粒品牌以及“万通”、“康晟”等民族制药品牌。目前公司旗下广西仙茱中药科技有限公司是广西规模和技术领先的中药饮片加工企业，已能生产加工中药饮片 1,100 多个品种、8000 多个品规；广西万通制药有限公司、广西康晟制药有限责任公司是中成药生产企业，分别拥有复方金钱草颗粒、万通炎康片（胶囊）、归芪补血口服液、安神养血口服液等专利品种和知名品牌；广西仙茱制药有限公司是集团旗下专门从事中药配方颗粒生产研发业务的企业，已完成 450 多个中药配方颗粒备案品种，拥有年产 1500 吨中药配方颗粒的生产能力。

未来，公司将继续以行业规范化、集约化、数字化发展为契机，发挥集团工商协同、批零协同、药械协同的优势，推动智慧医药供应链服务和医药“新零售”服务落地，实现传统业态数字化转型，夯实核心业务发展根基。同时加快医药工业发展，加大产品创新和技术创新，创造更多的优质中药产品，并向全国深度布局，做大做强柳药工业。通过数字创新赋能和大健康产业体系搭建，培育新质生产力，做强产业链协同经济，巩固公司在区域医药流通领域的龙头地位的同时将柳药工业体系打造成为全国知名中药创新品牌。

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

西柳药集团股份有限公司拟开展放射性药品销售，并在官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间 1 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 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{96}Tc 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{113}Sn 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I (粒子源)、 ^{123}I 、 ^{67}Ga 、 ^{59}Fe 、 ^7Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C 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 $2.48 \times 10^9 \text{Bq}$ ，年最大贮存量为 $1.14 \times 10^{15} \text{Bq}$ ，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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga ，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，仅销售放射性核素具体见表 1-3。

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	$^{95\text{m}}\text{Tc}$	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 本次环评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	官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间 1 楼放射性药品仓库
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柳州时，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。放射性核素货包来源于放射性核素生产商，由第三方有资质的公司负责运输，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》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）等规定，本项目为乙级非密封源工作场所项目，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，广西柳药集团股份有限公司需开展“乙级非密封源工作场所项目”辐射环境影响评价工作。广西盘氏环保科技有限公司作为“广西柳药集团股份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江西省地质局实验测试大队对该乙级非密封源工作场所项目进行辐射环境影响评价。

（委托书和相关合同内容见附件 1）。

环评单位在现场调查和理论估算的基础上，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，编制广西柳药集团股份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

广西柳药集团股份有限公司注册地址为柳州市官塘大道 68 号，公司总平面布置

图见图 1-1。

1、本项目所在建筑物外环境关系

本项目放射性药品仓库设置在官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间 1 楼，官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间共 6 层。放射性药品仓库区域原作为设备间，存放厂房有关设备，经过重新规划建设，将作为公司放射性药品仓库。官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间北侧为厂区道路和厂外道路，东侧为厂区道路、管理办公楼、物流中心和门卫室，南侧为在建库房，西侧为厂区道路和厂外道路。

本项目评价区域范围及周边情况见图 1-2，周围环境现状见图 1-3，拟建放射性药品仓库现状图见图 1-4。

2、项目场所周边 50m 范围环境状况

以项目场所四周边界为起点 0~50m 范围环境状况：东侧 34~39m 范围为门卫室，45m~50m 为管理办公楼，46m~50m 为物流中心；南侧 0~50m 为在建库房；西侧 0~50m 为柳官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间其他业务用房；北侧 0~11m 为厂区道路，11~50m 为厂外道路。

3、项目场所周围环境关系

本项目建设的放射性药品仓库设置在官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间 1 楼，放射性药品仓库北面厂区道路，东面为厂区道路和设备间，南面为预留空间，西面为通道，无地下室，上方为仓库、过道和卫生间（废弃）。

官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间 1 楼楼层平面图见图 1-5、项目场所周围区域平面布置及分区管理示意图见图 1-6，官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间 2 楼平面图见图 1-7。

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》（HJ 1188-2021）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1楼，属于相对独立区域，与周围建筑有一定距离。本项目放射性药品仓库设置防护门及防护墙体，在场所周围设置电离辐射警告标志，有相应的物理隔离和单独的物流通道。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，对周围环境产生的辐射剂量率能满足相关标准要求，对工作人员和公众所致的年有效剂量能满足相关标准要求。项目位于厂区内部，评价范围内无居民房、学校等敏感目标。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[B0559]），有效期至2026年8月5日，详见附件2。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4。

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，2023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	正电子发射断层扫描装置（PETCT）	Ⅲ类	1	销售
2	移动 X 射线机	Ⅲ类	10	销售
3	移动 C 臂机	Ⅲ类	10	销售
4	医用直线加速器	Ⅱ类	1	销售
5	医用 X 射线机	Ⅲ类	5	销售
6	数字减影血管造影装置	Ⅱ类	1	销售
7	数字化拍片机	Ⅲ类	1	销售
8	乳腺 X 射线机	Ⅲ类	5	销售
9	单光子发射断层扫描装置（SPECT）	Ⅲ类	1	销售
10	X 射线摄影装置	Ⅲ类	1	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官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间 1 楼，利用原有闲置房间改建而成，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，将本项目的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。



图 1-1 广西柳药集团股份有限公司厂区平面布置图



图1-2 评价范围示意图



北侧环境现状（厂区外侧区域）



西侧环境现状（厂区内道路）

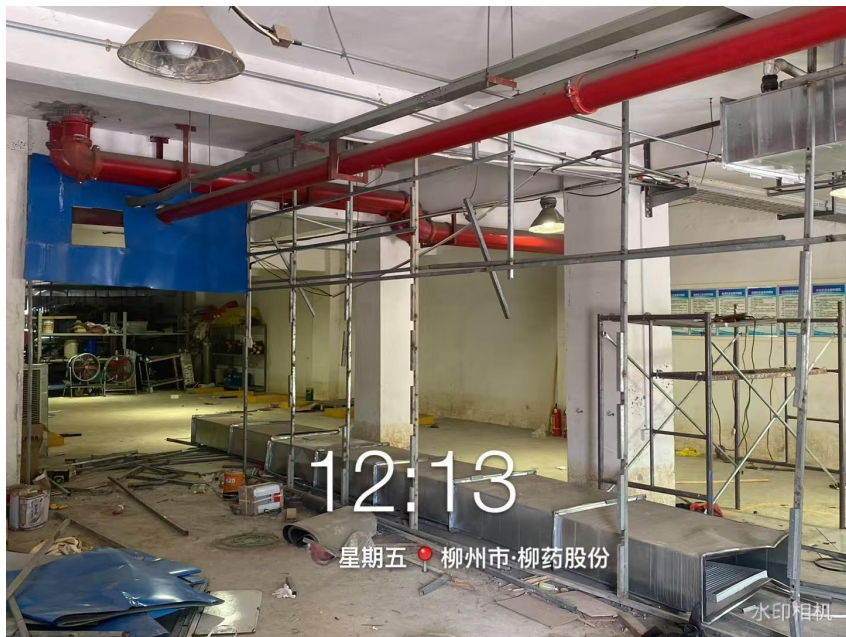


南侧环境现状（在建库房）



东侧环境现状（管理办公楼和物流中心）

图 1-3 项目周围环境现状



拟建场所环境现状 1



拟建场所环境现状 2

图 1-4 项目拟建场所现状



图 1-5 官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间 1 楼平面图

略

图 1-6 放射性药品仓库周围区域平面布置及分区管理示意图



图 1-7 官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间 2 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
无	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
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，临时贮存于官塘大道68号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间1楼放射性药品仓库
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	使用(贮存)、销售	2.96×10^{10}	2.96×10^7	7.40×10^{12}	贮存	源的贮存	/	不破坏购买时的外包装, 临时贮存于官塘大道68号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间1楼放射性药品仓库
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	^7Be	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	销售	3.70×10^{11}	/	9.25×10^{13}	销售	/	/	/
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》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

序号	名称	类别	数量	型号	厂家	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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。

去污废物	固态	^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{96}Tc 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{113}Sn 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I (粒 子源)、 ^{123}I 、 ^{67}Ga 、 ^{59}Fe 、 ^7Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C	/	/	/	/	临时暂存于放射性药品仓库的不合格区	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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 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/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第九号, 于 2014 年 4 月 24 日修订, 自 2015 年 1 月 1 日起施行);</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》, 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 年第 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》, 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》(HJ 1326-2023), 2024 年 2 月 1 日起施行;</p> <p>(15) 《放射性物品运输安全管理条例》, 2010 年 1 月 1 日起施行。</p>
------	---

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》，HJ 10.1-2016，环境保护部；</p> <p>(2) 《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》（HJ1157-2021）；</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) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人剂量监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(8) 《辐射事故应急监测技术规范》（HJ1155-2020）；</p> <p>(9) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；</p> <p>(10) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；</p> <p>(11) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>(12) 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>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 环评委托书，见附件 1；</p> <p>(2) 辐射安全许可证，见附件 2；</p> <p>(3) 现状监测报告，见附件 3；</p> <p>(4) 辐射安全与环境保护管理委员会，见附件 4；</p> <p>(5) 放射性药品应急处理预案，见附件 5；</p> <p>(6) 登记信息单，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》（HJ 10.1-2016）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：北侧至厂区外道路，东侧至门卫室、管理办公楼和物流中心，南侧至在建库房，西侧至厂区外道路。评价范围示意图见图 1-2。

7.2 保护目标

环境保护目标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 的工作人员	同一栋楼	约 50 人	0.1mSv
	在建库房	南侧相互连通	建成后 约 10 人	
	门卫室	东侧约 34m	约 2 人	
	管理办公楼	东侧约 45m	约 50 人	
	物流中心	东侧约 46m	约 20 人	
	评价范围内公司其他工作 人员及公司厂区外的路过 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

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。公式如下：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性组别修正因子}}{\text{操作方式与放射源状态修正因子}}$$

放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见以下两表：

表 7-3 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高度	1

中毒	0.1
低毒	0.01

表 7-4 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较低的固体	液体，溶液，悬浮液	表面有污染的固体	气体，蒸汽，粉末，压力很高的液体，固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

7.3.3 表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中表B11的规定，对于工作场所的放射性表面污染应满足一定的控制水平，具体如下：

表 7-5 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 ⁻¹	4×10 ⁻¹
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
	监督区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹

^a 该区内的高污染子区除外。

7.3.4 屏蔽防护效果

（一）工作场所

本项目工作场所屏蔽防护效果参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求执行：

①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2.5μSv/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。

②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2.5μSv/h。

综上所述，本项目拟建放射性药物仓库执行：“北侧防护墙外30cm办公区域周围

剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，东侧防护墙外30cm厂区道路区域、南侧防护墙外30cm预留空间区域、西侧防护墙外30cm通道区域、北侧防护门外30cm收货区域、北侧防护门外30cm收货区域为人员偶尔居留区域，其周围剂量当量率小于 $10\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求。

（二）放射性货包

《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定：

5.3.1 货包或集合包装的外表面上任一点的最高辐射水平应不超过 2mSv/h ，满足下列任何一项情况除外：

a) 按独家使用方式通过铁路或公路运输的货包或集合包装，在满足下述条件下时可超过 2mSv/h ，但不可超过 10mSv/h ；

1) 车辆采取实体防护措施防止未经批准的人员在常规运输条件下接近托运货物；

2) 对货包或集合包装采取了固定措施，在常规运输条件下它们在车辆内的位置能够保持不变；

3) 运输期间，无任何装载或卸载作业。

b) 使用船舶运输的货包或集合包装，按独家使用方式装载在车辆内或车辆上，且始终不从车辆上卸下；

c) 按特殊安排方式使用船舶或航空运输的货包或集合包装。

5.3.2 按独家使用方式运输，货包或集合包装的外表面上任一点的最高辐射水平应不超过 10mSv/h 。

5.4 表面污染水平限值

应使任何货包外表面的非固定污染保持在实际可行的尽量低的水平上，在常规运输条件下，这种污染不得超过下述限值：

a) 对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体为 4Bq/cm^2 ；

b) 对所有其他 α 发射体为 0.4Bq/cm^2 。

可以用在表面的任意部位任何 300cm^2 面积上取的非固定污染平均值来判断是否符合这一要求。

8.5.1 货包、集合包装和货物集装箱应按照表10（本环评见表7-7）中规定的条件并按下述要求划分为I级（白）、II级（黄）或III级（黄）。

表 7-7 货包、集合包装和货物集装箱的分级

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

a 若测得的TI值不大于0.05，此数值可取为零。

b 除集合包装外，需按独家使用方式运输。

本项目放射性核素货包非独家使用，存放的货包满足I级（白）水平或II级（黄）要求。

7.3.5 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），应将辐射工作场所分为控制区、监督区。

对于需要专门防护手段或安全措施的区域划分为控制区，对于未被设定为控制区，不需要专门防护手段或安全措施但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域，划分为监督区。对控制区和监督区的人员活动进行限制，辐射控制区和辐射监督区以外区域对人员活动不限制。

7.3.6 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》（HJ 1188-2021），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0.1mSv/h，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于4Bq/cm²、其他 α 发射体应小于0.4Bq/cm²。

（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》（HJ 1188-2021）的要求：

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

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

广西柳药集团股份有限公司注册地址位于柳州市官塘大道 68 号，项目放射性药品仓库位于官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间 1 楼放射性药品仓库。公司地理位置图见图 8-1。



图8-1 广西柳药集团股份有限公司地理位置图

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，江西省地质局实验测试大队对本项目拟用场所周围环境 γ 辐射剂量率水平进行了监测，监测报告见附件 3。

(1) 监测目的

掌握该公司乙级非密封源工作场所项目场址的辐射环境质量现状水平，为分析及预测项目运行时对职业人员、公众人员及周围环境的影响提供基础数据。

(2) 监测因子

本项目为建设放射性药品仓库临时暂存公司所销售放射性核素货包，按货包状态进行暂存，不涉及开放性的放射操作，故其对大气、地表水、底泥的影响可忽略。

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，结合本项目实际情况并依据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中“5.3.1.1 非密封放射性物质应用前的辐射监测”以及“表9”中土壤、地表水、底泥监测应只关注可能对环境有影响的应用核素，监测应有针对性的有关布点原则和方法，本项目环境现状监测因子为环境 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》（HJ 61-2021）、《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18个。监测布点图见图8-2和图8-3。

(4) 监测频次

监测一次。

(5) 监测仪器与监测规范

监测仪器的参数与监测所依据的规范见表8-1。

表8-1 X- γ 辐射剂量率监测仪器参数与规范

监测项目	γ 辐射空气吸收剂量率
仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E-10
编号	F119
生产厂家	Thermo 公司
能量响应	40keV~4.4MeV
量程	1nSv/h-100 μ Sv/h
相对固有误差	-12.9%
校准证书及有效期	校准证书编号：2024H21-10-5345111002（上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心），发布日期：2024年7月2日。

监测规范	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）
------	---

略

图 8-2 拟建场所区域周边环境γ辐射空气吸收剂量率监测布点图 1

略

图 8-3 拟建场所区域周边环境γ辐射空气吸收剂量率监测布点图 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校准合格，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；
- ④经常参加上级技术部门及同类单位组织的仪器比对；通过仪器的期间核查或绘制质量控制图等质控手段保证仪器设备的正常运行；
- ⑤监测实行全过程的质量控制，严格按照监测单位《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定实行；
- ⑥包括异常数据在内的所有监测结果按统计学要求进行处理；
- ⑦建立完整的现状监测资料档案，资料内容包括仪器的校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序及结果等，以备复查；
- ⑧监测报告严格按相关技术规范编制，报告编制人需为持监测上岗合格证人员、监测报告经由授权签字人审核，最后授权签字人签发，报告审核与签发人不能为同一人。

(7) 监测结果

监测单位于2024年7月22日对该项目开展现状监测，监测结果见表8-2。

表 8-2 项目拟建设场所辐射环境现状监测结果※

序号	设备名称	监测位置	γ辐射空气吸收剂量率（nGy/h）		
			开/关机	测量结果	标准偏差
1		拟建缓冲区（室内）	/	116	2
2		拟建收货区（室内）	/	120	2
3		拟建验收区（室内）	/	118	2

4	拟建 场所 区域	拟建发货区（室内）	/	117	2	
5		拟建储存区（室内）	/	117	2	
6		拟建不合格区（室内）	/	115	2	
7		拟建办公区（室内）	/	114	2	
8		拟建通道（室内）	/	109	2	
9		拟建预留空间（室内）	/	109	2	
10		拟建设备间（室内）	/	113	2	
11		拟建场所上方过道（室内）	/	103	2	
12		拟建场所上方卫生间（室内）	/	101	2	
13		拟建场所上方仓库（室内）	/	104	1	
14		拟建场所东侧厂区道路（室外）	/	89.6	1.5	
15		拟建场所东侧门卫室（室外）	/	89.4	2.3	
16		拟建场所东侧管理办公楼（室外）	/	92.0	2.1	
17		拟建场所东侧物流中心（室外）	/	91.8	2.7	
18		拟建场所南侧在建库房（室外）	/	91.1	1.0	
室内测值范围			/	101~120	/	
室外测值范围			/	89.4~92.0	/	

注：1、表中监测结果已扣除仪器对宇宙射线的响应值 11.3nGy/h。

2、根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），空气比释动能和周围剂量当量的换算系的转换因子是 1.2Sv/Gy。监测设备校准因子是 1.15。

3、现场监测为楼房和室外空地，建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子分别取 0.8 和 1。

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）8.6.1 环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测中宇宙射线响应值的扣除，在实际环境监测中，测点的海拔高度、经纬度与湖（库）水面一般不同，应对湖（库）水面测得的 \dot{X}_c 进行修正，得到测点处仪器对宇宙射线的响应值 \dot{X}'_c 。修正方法见附录 D。

D.1 修正公式

$$X'_c = \frac{D'_\text{宇}}{D_\text{宇}} X_c \quad (\text{式 8-1})$$

式中： X'_c —仪器在测点处对宇宙射线的响应值；

$D'_\text{宇}$ 、 $D_\text{宇}$ —分别为测点处和湖（库）水面处宇宙射线电离成分在低大气层中产生的空气吸收剂量率，nGy/h；

X_c —仪器在湖（库）水面上对宇宙射线的响应值。

$D_\text{宇}$ 和 $D'_\text{宇}$ 可参照 UNSCEAR 2000 报告中的经验公式计算：

$$D_\text{宇} = D_\text{宇}(0) \left[0.21e^{-1.649h} + 0.79e^{0.4528h} \right] \quad (\text{式 8-2})$$

$$D_\text{宇}(0) = \begin{cases} 30, \lambda_m \leq 30^\circ N \\ 32, \lambda_m > 30^\circ N \end{cases} \quad (\text{式 8-3})$$

式中： $D_\text{宇}(0)$ —计算点所在海平面处宇宙射线电离成分所致空气吸收剂量率，nGy/h；

h —计算点的海拔高度，km；

λ_m —计算点的地磁纬度，N。

地磁纬度由计算点的地理纬度 λ 和地理经度 φ 按下式计算：

$$\sin \lambda_m = \sin \lambda \cos 11.7^\circ + \cos \lambda \sin 11.7^\circ \cos (\varphi - 291^\circ) \quad (\text{式 8-4})$$

本项目监测仪器的宇宙射线响应值测点位于江西庐山西海中心水面上（北纬 29.247881，东经 115.493697，海拔 70m），测量值为 11.3nGy/h（已考虑空气比释动能和周围剂量当量的换算系的转换因子是 1.2Sv/Gy，监测设备校准因子是 1.15），建设项目测点位于广西柳药集团股份有限公司内（北纬 24.352421，东经 109.523301，海拔 79m），根据式 8-1~式 8-4 公式计算，建设项目测点处仪器对宇宙射线的响应值为 11.3nGy/h。

c) 在测量环境 γ 辐射空气吸收剂量率时，监测结果 \dot{D} 按公式（8-5）进行宇宙射线响应的扣除：

$$\dot{D} = C_f (E_f \dot{X} - \mu_c \dot{X}_c) \quad (\text{式 8-5})$$

式中： \dot{D} —环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果；

C_f —仪器量程检定/校准因子，由法定计量部门检定或校准时给出，本项目监测仪器校准因子为 1.15；

E_f —仪器检验源效率因子。 $E_f = A_0/A$ ，其中 A_0 、 A 分别是检定时和测量当天检

验源的净计数，如仪器无检验源，则该值取 1；本项目为 1。

\bar{X} ——现场监测时仪器 n 次读数的平均值， $n \geq 10$ ；

μ_c ——建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1。

\dot{X}_c ——测点处仪器对宇宙射线的响应值。

由表 8-2 的监测结果可知，项目场所及周围区域环境现状监测中室内测点测值范围为 101~120nGy/h，室外地面测点 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为 89.4~92.0nGy/h，根据《中国环境天然放射性水平》可知，广西原野 γ 辐射空气吸收剂量率在 10.7~238.7nGy/h 范围，室内 γ 辐射剂量率范围在 11.0~304.3nGy/h 内。可见，本项目建设场址各监测点位 γ 辐射空气吸收剂量率仍然在其范围内，辐射环境质量状况未见异常。

表9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

广西柳药集团股份有限公司拟开展放射性药品销售，并在官塘大道68号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间1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 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{96}Tc 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{113}Sn 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I (粒子源)、 ^{123}I 、 ^{67}Ga 、 ^{59}Fe 、 ^7Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C 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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga ，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。放射性药品生产商根据不同用药单位的订药种类和数量以及分装需要，对药品进行分装、质检和包装，最终形成符合《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)中相关要求的放射性药品货包。放射性药品生产商委托第三方有资质的运输公司对其放射性药品货包进行运输。当同一批放射性药品货包从厂家运至柳州后，由于不同用药单位所需药品送达时间和送达地点均不同，公司需对药品货包重新调配运送时间、地点和运送车辆。因此，公司所售放射性药品到达柳州后需暂存一段时间后再根据客户要求由第三方有资质的运输公司运至用药单位。本项目放射性药品仓库仅用于公司所售放射性药品货包的临时暂存，整个装卸、暂存过程始终保持放射性药品外包装为出厂状态，不对放射性药品货包进行拆封分装。

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 、 ^7Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C 等核素共17个货包，储存柜存放示意图见图9-1和9-2，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。

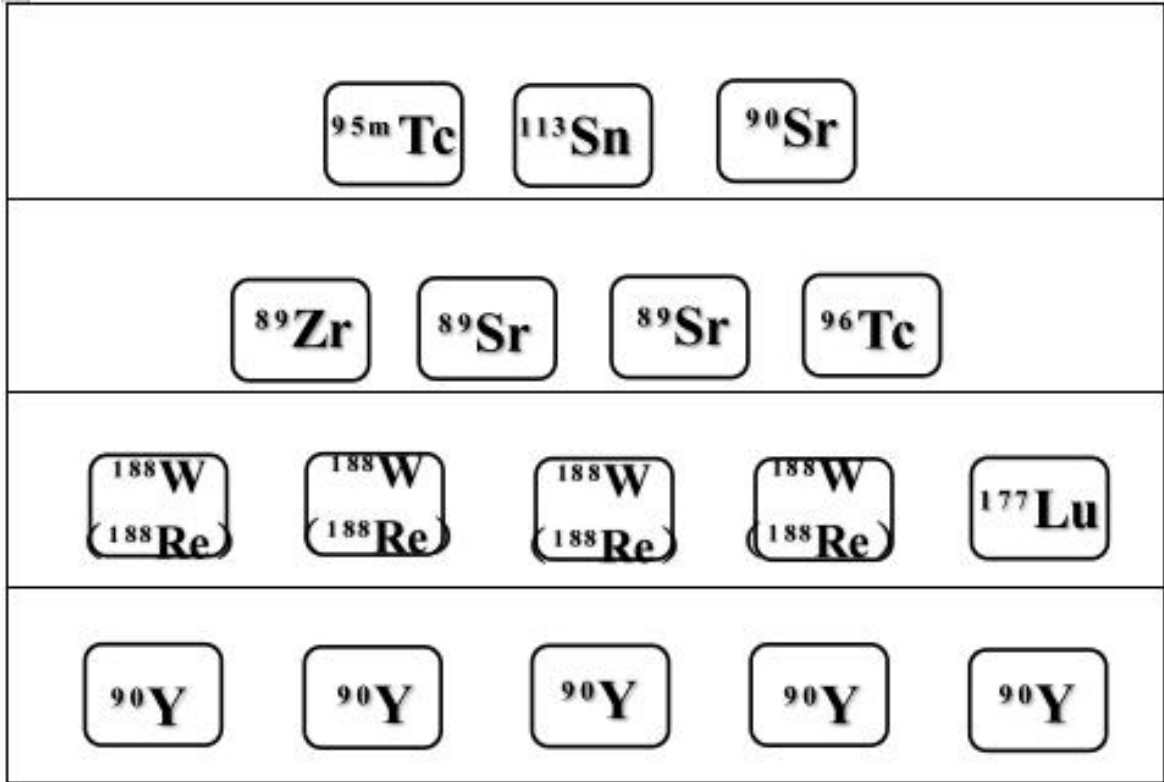


图9-1 项目储存柜1存放示意图

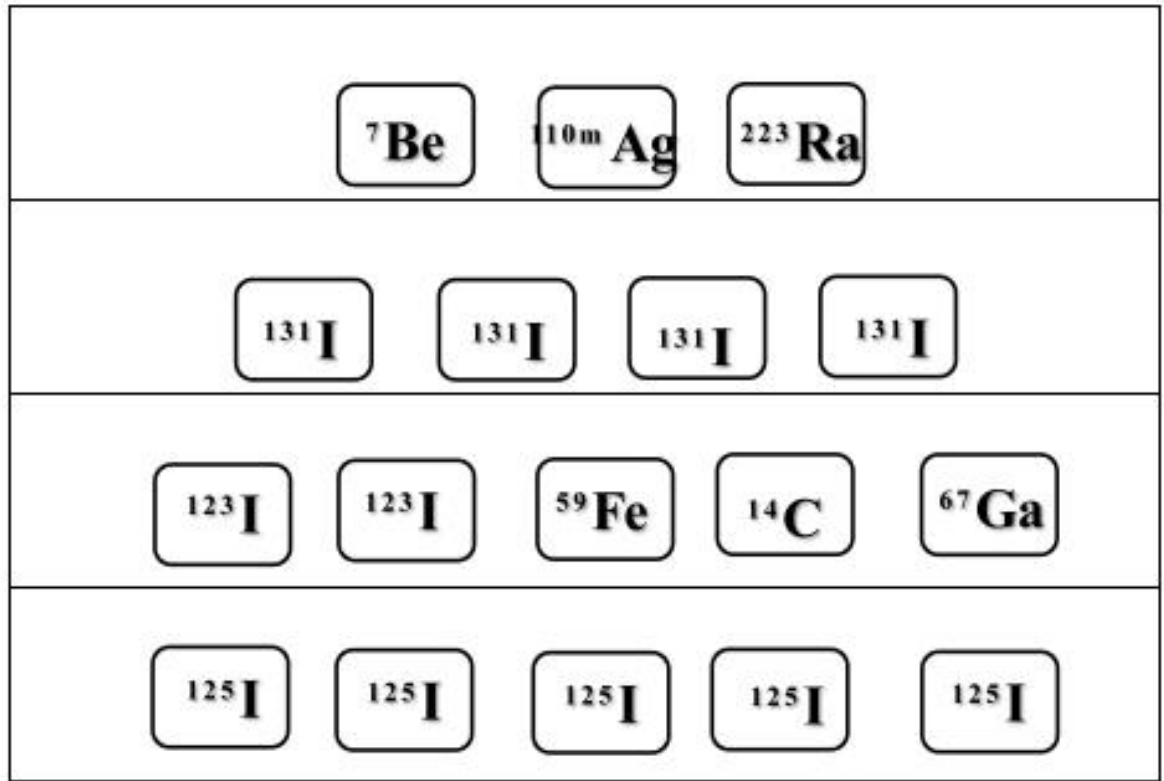


图9-2 项目储存柜2存放示意图

9.1.1 源项和工作负荷

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，仅销售放射性核素货包情况详见表 9-3。

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	EC、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%)

注：1) 衰变方式栏中 EC 表示轨道电子俘获；IT 表示同质异能跃迁；SF 表示自发裂变。

2) 数据来源于《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)；《辐射安全手册》；《简明放射性同位素应用手册》；National Nuclear Data Center, 网址: <https://www.nndc.bnl.gov>。

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

表 9-3 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)	每天最大销售量 (Bq)	每天最大销售货包数量	每年工作天数	每年最大销售量 (Bq)
1	^{99m} Tc	7.4×10^{10}	3.70×10^{11}	5	250	9.25×10^{13}
2	⁶⁸ Ga	2.96×10^{10}	2.96×10^{10}	1	250	7.40×10^{12}
3	¹⁸ F	7.4×10^{10}	2.96×10^{11}	4	250	7.40×10^{13}

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，经柳药集团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 4Bq/cm²，其他 α 发射体不超过 0.4Bq/cm²，货包表面辐射剂量率不超过 2mSv/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办公区分别按照要求填写《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。

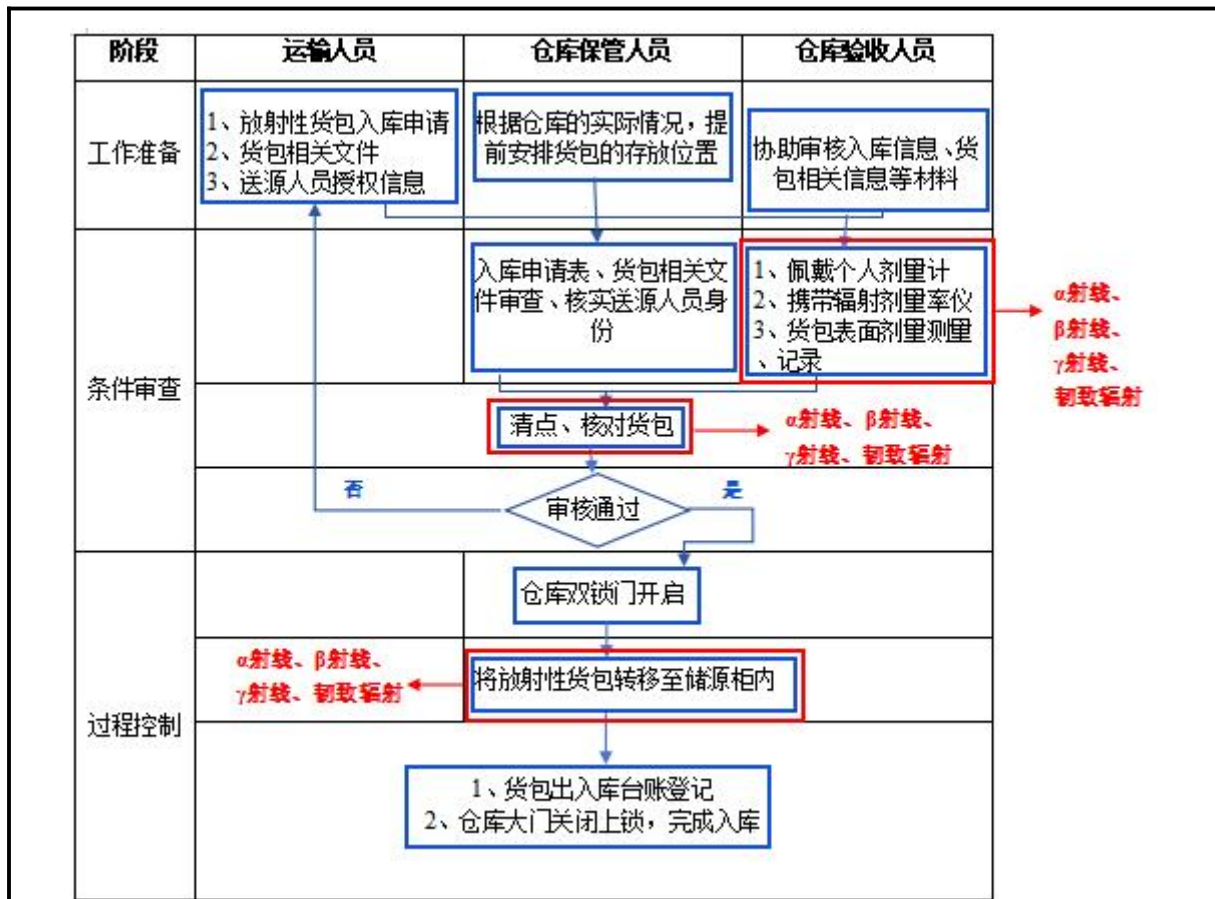


图 9-3 放射性核素货包入库工作流程及产污环节

(2) 放射性核素货包出库

放射性核素货包出库流程：

①柳药集团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，交由柳药集团审核。

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4Bq/cm²，其他α发射体不超过0.4Bq/cm²，货包表面辐射剂量率不超过2mSv/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。

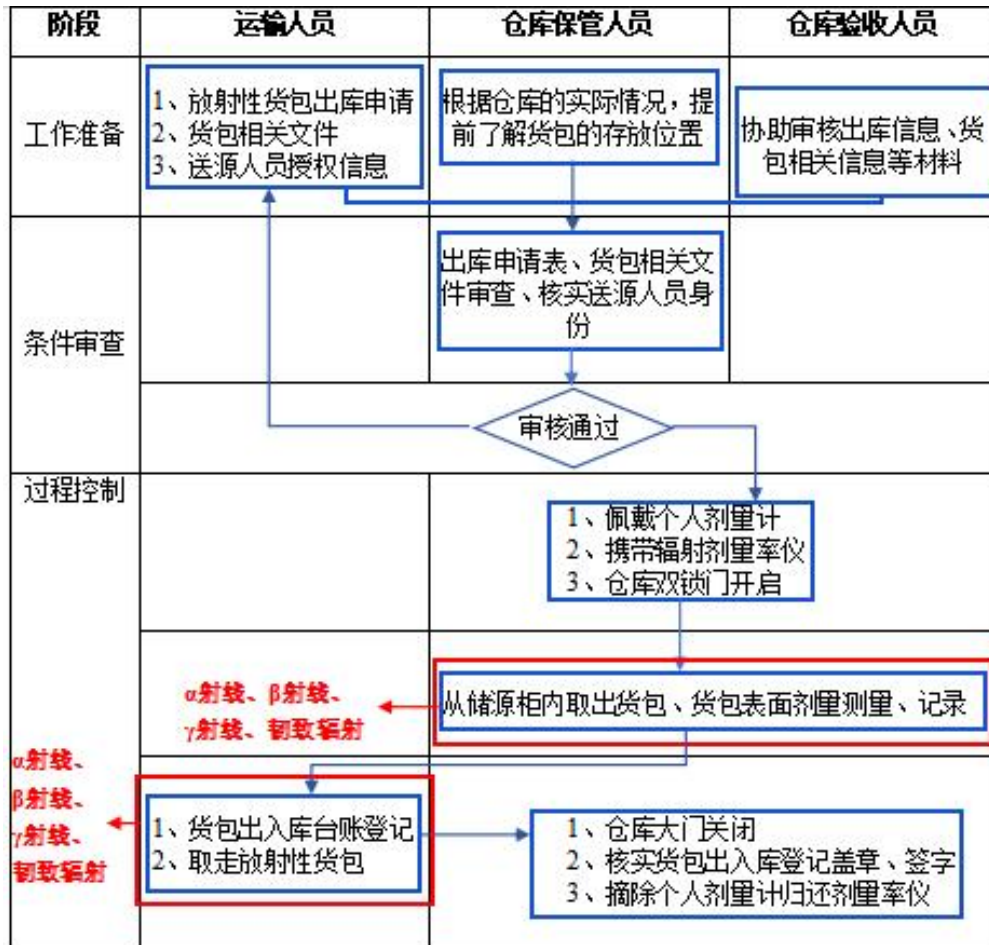


图 9-4 放射性核素货包出库工作流程及产污环节

9.3 人流物流路径

(1) 人流路径

辐射工作人员由放射性药品仓库进出口进入到缓冲区、收货区、办公区和储存区，在储存区的验收区和发货区进行放射性货物监测和出（入）库作业，将货包存放于储存柜中。退出时，在发货区进行表面污染监测，后退回储存区、收货区、缓冲区再离开工作场所。

(2) 放射性药品物流

放射性药品运至本项目后，由运输人员使用推车经过缓冲区、运至收货区，转交给仓库验收人员，仓库验收人员将放射性核素货包推至仓库储存区，在验收区使用本单位检测仪器对进行表面沾污和表面剂量水平检测，检测合格后运至储存柜进行贮存。放射性药品出库前，仓库验收人员在储存区的储存柜取出放射性药品至发货区，在储存区发货区仓库验收人员使用本单位检测仪器进行表面沾污和表面剂量率水平检测，检测合格后仓库验收人员将放射性药品使用手推车推到收货区，转交给运输人员，运输人员使用推车推出收货区和缓冲区，将放射性药品装货运至客户处。

(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。

略

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、韧致辐射。

(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 、 ^7Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{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

本项目正常工况下不产生放射性固体废物。

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、放射性废气和放射性固体废物。

(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) 固体废物

本项目事故工况下产生放射性固体废物。发生药物撒泼后，现场处置的立即用吸水纸、纱布等自外而内螺旋形吸水，换用吸水纸或纱布自外而内擦干，在此基础上用温水仔细清洗污染处，用表面污染监测仪测量污染区，如果该污染区未达到控制标准，这时应继续使用药棉或纸巾擦拭，直到该污染区达到控制限值为止。处理过程中使用过的吸水纸、纱布、药棉、纸巾等均视为放射性废物。

本项目可能发生以下事故工况：

(1) 在出入库移动放射性药品货物过程中发生跌落，可能导致放射性药品货物屏蔽破损，屏蔽减弱，对相关人员造成辐射照射。泼洒的药物挥发将产生少量放射性废气，擦除污染物将产生少量的放射性固体废物；

(2) 运输人员身体受放射性物质表面沾污，可能发生的内照射；

(3) 在放射性药品贮存过程中，发生药品丢失、被盗情况，产生安全隐患。

(4) 放射性药品仓库可能发生火灾，烧毁放射性药品密封外包装，造成放射性污染。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目工作场所布局

本项目位于官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间 1 楼放射性药品仓库，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北面和东面为厂区道路，南面为在建库房，西面为消防泵房，无地下室，上方为仓库、过道和卫生间（废弃）。拟建放射性药品仓库分为缓冲区、收货区、设备间、办公区和放射性药品贮存区域，放射性药品贮存区域又分为验收区、发货区、储存区 and 不合格区，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。

10.1.2 工作场所分区原则和区域划分情况

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。

控制区：应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便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。

监督区：应将下述区域定为监督区，这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据GB18871的规定，在控制区进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示；定期审查控制区，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；定期审查监督的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

根据分区原则，本项目将拟建放射性药品贮存区（包括验收区、发货区、储存区 and 不合格区）划分为控制区管理；将缓冲区、收货区、办公区和放射性药品贮存区（包括验收区、发货区、储存区 and 不合格区）东侧、南侧和西侧屏蔽墙体外 30cm 范围划分为监督区。区域划分见图 1-5。

拟在监督区边界地面标注标志，同时设立警示标牌。

10.1.3 项目工作场所采取辐射屏蔽措施

放射性药品仓库在放射性药品贮存区进行了辐射防护屏蔽，放射性药品贮存区北侧、南侧和西侧墙体采用 36cm 实心砖，加铺 4mmPb 硫酸钡防护材料（密度不小于 3.2g/cm³）；东侧墙体采用 18cm 实心砖，加铺 4mmPb 硫酸钡防护材料（密度不小于 3.2g/cm³），项目所在大楼原东侧墙体为 36cm 空心砖，东侧混凝土柱子区域防护为 80cm 混凝土（密度为 2.35g/cm³）加铺 4mmPb 硫酸钡防护材料（密度不小于 3.2g/cm³），为方便计算，东侧墙体统一采用 18cm 实心砖，加铺 4mmPb 硫酸钡防护材料进行相关计算；天花板为 12cm 厚的混凝土（密度为 2.35g/cm³）加 3mmPb 铅板（密度不小于 11.4g/cm³）；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。

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，储存柜长 1m，宽 0.5m，高 1m，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，每个储存柜存放放射性核素货包示意图见图 9-1 和图 9-2。

项目具体屏蔽设计详见表10-1，项目平面设计图见图10-1，剖面图见图10-2。

表 10-1 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
放射性药品 贮存区	长为 8.3m，宽为 6.5m（包含四周墙 体厚度），内空高 度为 2.6m	北侧、南侧和 西侧墙体	36cm 实心砖+4mmPb 硫酸钡 防护材料
		东侧墙体	18cm 实心砖+4mmPb 硫酸钡 防护材料
		顶部	12cm 混凝土+3mmPb 铅板
		防护门	防盗门（铅板+钢板），内设 8mmPb 的铅板

略

图10-1 项目平面设计图

略

图10-2 项目剖面设计图

10.1.4 辐射安全措施

（一）工作场所安全防范系统

放射性药品仓库拟配备 24 小时监控、双人双锁、防盗门、灭火器、红外报警等。

（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）设置在放存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。

（二）放射性药品包装及运输辐射安全措施

①在接到客户放射性药品购买需求后，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，确定放射性药品需求订单。

②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。

③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，委托有运输资质的公司运送至本项目放射性药品贮存仓库暂存。

④建立放射性药品销售台账，销售给用户时，严格核对对方辐射安全许可证，务必保证在许可的范围内使用。

⑤核对收发放射性药品的包装商标、标签、说明书、放射性药品标志、项目名称和药品批次等。

⑥利用表面污染测量仪和便携式X-γ辐射周围剂量当量率仪对货包表面沾污水平和表面剂量率水平检查（β和γ发射体及低毒性α发射体不超过4Bq/cm²，其他α发射体不超过0.4Bq/cm²，货包表面辐射剂量率不超过2mSv/h），不合格则运回供货商。

⑦根据《放射性物品运输安全管理条例》，本项目托运人应做到以下内容：1）应持有生产、销售、使用或者处置放射性物品的有效证明，配备必要的辐射监测设备、防护用品和防盗、防破坏设备，并编制运输说明书、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南，运输说明书应当包括放射性物品的品名、数量、物理化学形态、危害风险等内容；2）应向承运人提交运输说明书、辐射监测报告、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南，承运人应当查验、收存；3）应对其表面污染和辐射水平实施监测；4）应制定核与辐射事故应急方案，在放射性物品运输中采取有效的辐射防护和安全保卫措施，并对放射性物品运输中的核与辐射安全负责；5）放射性物品运输中发生核与辐射事故的，承运人、托运人应当按照核与辐射事故应急响应指南的要求，做好事故应急工作，并立即报告事故发生地的县级以上人民政府环境保护主管部门。

托运人应对拟交运的放射性物品作标记、贴标志、挂牌，准备相应的运输文件，并在确保各方面满足本标准所有要求的运输状态时，方可交运放射性物品。

（三）其他辐射安全与环境保护措施

（1）电离辐射警告标志及中文警示说明

放射性药品贮存区出口设置电离辐射警告标志，仓库入口设置标明监督区的标志，并在旁张贴“本仓库贮存药物请勿随意拆开，无关人员请勿靠近”的中文警示说明。

（2）表面污染控制措施

操作放射性药物的控制区出口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。

发生药物撒泼后，应立即报告辐射环境管理机构，现场处置的立即用吸水纸、纱布等自外而内螺旋形吸水，换用吸水纸或纱布自外而内擦干，在此基础上用温水仔细清洗污染处，用表面污染监测仪测量污染区，如果该污染区未达到控制标准（放射性药品贮存区墙壁、地面的 α 表面污染水平 $\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染水平 $\leq 40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；监督区办公桌面、墙壁、地面的 α 表面污染水平 $\leq 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染水平 $\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；工作人员手部、皮肤 α 表面污染水平 $\leq 0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染水平 $\leq 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ），这时应继续使用药棉或纸巾擦拭，直到该污染区达到控制限值为止。处理过程中使用过的吸水纸、纱布、药棉、纸巾等均视为放射性废物。

放射性药品仓库控制区采用室内地面与墙壁衔接处无缝设计，使用易于清洗、去污的材料。

禁止工作人员在控制区、监督区进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物品。

（3）个人剂量检测

建设单位将会为辐射工作人员配备个人剂量计，并开展职业健康检查工作，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

（4）场所辐射水平检测

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。建设单位拟配备表面污染测量仪和便携式 X- γ 辐射周围剂量当量率仪，存放于办公区的铅衣柜内，定期对放射性工作场所辐射水平进行检测，自检频率不少于 1 次/2 周。本项目投运后将委托有资质单位定期（每年一次）对放射性药品仓库及周围环境进行辐射环境监测，建立监测档案。

（5）通风系统

本项目将在放射性药品贮存区东墙设置排风口，排风口距离地面 2.5m 高，风管由放射性药品贮存区经官塘大道 68 号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间外立面引向大楼屋顶，在高于屋顶的排放口排放，排风管采用多折型穿墙，如图 10-3 所示，排风速率大于 0.5m/s，并配有活性炭过滤箱吸附，风管布置如图 10-4 所示。通风系统的设置，利于工作场所保持良好的通风。

(6) 放射性废物收集铅桶

拟建放射性药品仓库的不合格区放置 2 个 10mm 厚 Pb 当量的放射性废物铅桶，用于暂存事故工况下，因擦拭货包产生的少量固体放射性废物。

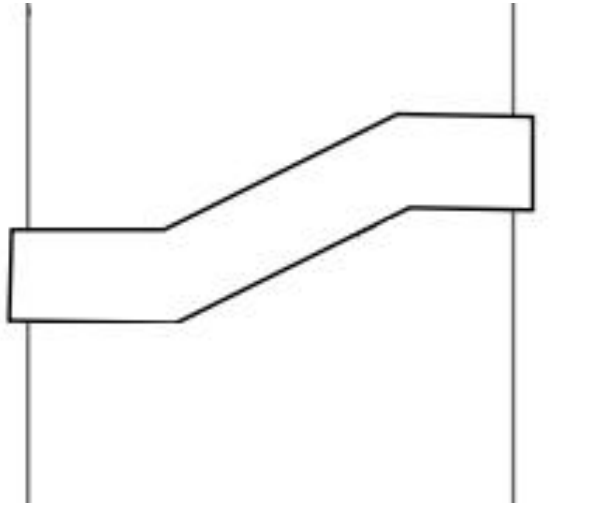


图10-3 项目排风管穿墙示意图

略

图10-4 项目排风系统示意图

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 非密封源工作场所的分级规定以及《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），对常用的放射性核素操作场所日等效操作量核算中操作因子选取通知中对操作因子的选取规定，放射性药品仓库辐射工作场所日等效操作量核算见表 10-2。

表 10-2 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	$^{95\text{m}}\text{Tc}$	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	^7Be	1.48×10^8	0.01 (低毒组)	100 (液态)	1.48×10^4
16	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	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 $2.48 \times 10^9 \text{Bq}$ ，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 三废的治理

本项目放射性药品正常销售和出入库过程，全程不破坏放射性药品货物外包装，放射性药品销售后在使用单位产生的废药液、废粒籽源等，由药物生产单位回收处置，本项目建设单位不负责回收和处置，因此在正常的销售过程中，无放射性废水、废气及固体废物产生。

小概率发生密封容器破损的事故时，对其进行擦拭去污产生少量放射性固体废物，不产生放射性废液。项目采用 2 个 10mmPb 的铅桶收集放射性固体废物后在不合格区进行暂存，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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，对废物清洁解控并作为一般固体废物处理。固体放射性废物的存储和处理安排仓库验收人员专门负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

非密封放射性物质在放射性药品仓库贮存时，放射性核素持续发射 γ 射线，射线与空气相互作用产生少量臭氧及氮氧化物，放射性药品仓库设置有通风系统，能有效排出放射性药品仓库内的有害气体。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

项目在预留场所进行防护装饰，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、安装视频监控等建设内容，工程量较小且在室内完成，不会对大气、水、声环境造成影响。本项目在建设期对环境无辐射影响，亦无放射性废气、废水及固体废弃物产生。在建设阶段的环境影响主要为装修施工的影响。

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 辐射影响分析

11.2.1.1 预测分析

1、屏蔽计算方法

本次屏蔽核算把货包当作一个整体的放射源（点源）进行考虑，计算公式：

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

式中：

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）；

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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

H_0 —靶点外 r_0 处的剂量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

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）。

2、参数选取

①本项目贮存含 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W （ ^{188}Re ）、 ^{96}Tc 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{113}Sn 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I （粒子源）、 ^{123}I 、 ^{67}Ga 、 ^{59}Fe 、 ^7Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{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⁹⁰Y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：

$$d = \frac{1}{2\rho} \cdot E_{MAX} \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：d—β射线在介质中的射程，cm；

ρ—介质的密度，g/cm³；空气密度为1.293×10⁻³g/cm³，铅密度为11.4g/cm³；铅玻璃密度为4.6g/cm³；有机玻璃密度为1.18g/cm³；

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11-1。

表 11-1 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)、 ^{95m} Tc、 ⁹⁰ Sr、 ⁸⁹ Sr、 ¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ⁵⁹ Fe、 ^{110m} 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韧致辐射，韧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韧致辐射、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。

²²³Ra为α核素，在衰变过程中会产生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。

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 18 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 11-2 所示。

表 11-2 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 ($11.4\text{g}/\text{cm}^3$)	混凝土 ($2.35\text{g}/\text{cm}^3$)
^{96}Tc	0.371	45	280
^{131}I	0.0595	11	170
^{125}I (粒子源)	0.0165	0.13	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，项目保守按混凝土的密度为 $2.2\text{g}/\text{cm}^3$ 进行取值，实际建设密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，同种材料一般情况下高密度材料对 γ 射线屏蔽更佳，TVL 取值示意图见图 11-1；

(3) ^{131}I 的 TVL 出自 GBZ120-2020，项目保守按铅的密度为 $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ 进行取值，实际建设密度为 $11.4\text{g}/\text{cm}^3$ ，同种材料一般情况下高密度材料对 γ 射线屏蔽更佳。

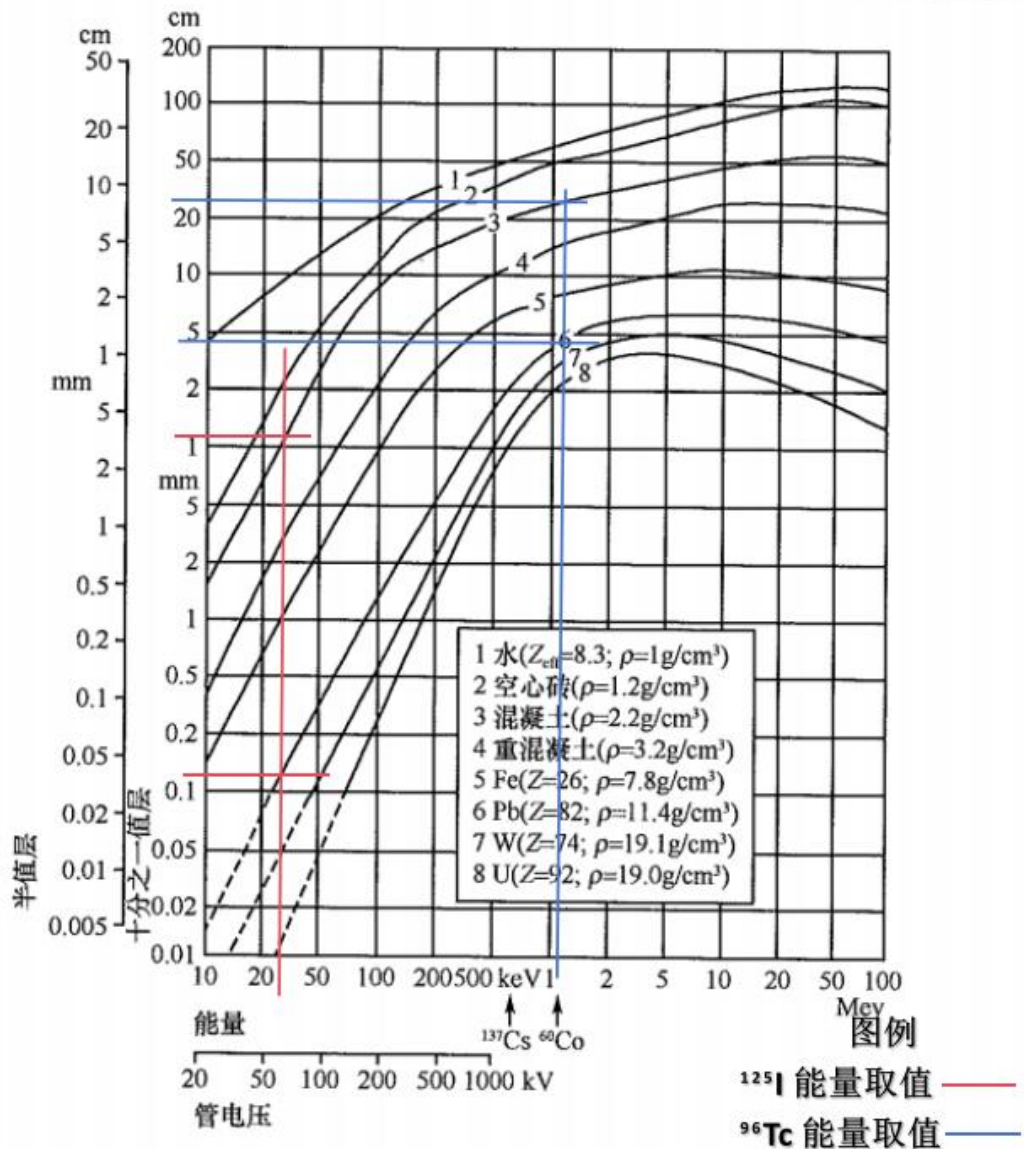


图 6.4 屏蔽材料的平均半值层和十分之一值层

资料来源: Bernard Shleien et al. 1998. Handbook of Health Physics and Radiological Health. 3rd ed

图11-1 项目TVL取值示意图

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：

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

式中：d1、d2——屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度；

ρ_1 、 ρ_2 ——屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度，砖的密度为 1.65g/cm³，混凝土的密度为 2.35g/cm³。

因此，180mm 实心砖墙相当于约 126mm 的混凝土，360mm 实心砖墙相当于约 252mm 的混凝土。

②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 $500\mu\text{Sv/h}$ 。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 $500\mu\text{Sv/h}$ 。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。

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，不进行诸物理量与周围剂量当量之间的转换系数修正。

④放射性药品仓库正对楼下无建筑，不核算地板厚度。

3、关注点选取

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 、 ^7Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C 等核素共 17 个货包。每个储存柜长 1m，宽 0.5m，高 1m，储存柜 1 外表面距离北侧墙面内表面 3.3m，南侧墙面内表面 3.3m，西侧墙面内表面 2.7m，东侧墙面内表面 2.2m；储存柜 2 外表面距离北侧墙面内表面 3.3m，南侧墙面内表面 3.3m，西侧墙面内表面 2.2m，东侧墙面内表面 2.7m。

计算时单个货包视为“点源”，货包按规定位置存放在储存柜中，为方便计算，每个储存柜中每层货架离地高度从下至上（1~4 层）按 0.1m，0.35m，0.6m，0.85m 考虑，货包距离四周墙壁距离按储存柜距离四周墙壁计算（最小距离）。项目所在 1 楼内空高 2.6m，楼上考察点为 2 楼地面 0.3m，项目用房外考察点为四周屏蔽体外 0.3m。

储存柜 1 距东侧防护墙外 0.3m 为 3.3m、距南侧防护墙外 0.3m 为 3.9m、距西侧防护墙外 0.3m 为 3.3m、距离北侧防护墙外 0.3m 为 3.9m、距北侧防护门外 0.3m 为 4.1m，储存柜 2 距东侧防护墙外 0.3m 为 3.8m、距南侧防护墙外 0.3m 为 3.9m、距西侧防护墙外 0.3m 为 2.8m、距离北侧防护墙外 0.3m 为 3.9m、距北侧防护门外 0.3m 为 4.3m，

储存柜 1 和储存柜 2 每层货架距离楼上地面 0.3m 高度从下至上(1~4 层)分别为 2.9m、2.65m、2.4m、2.15m。储存柜放置位置见图 11-2、项目储存柜 1 和储存柜 2 存放示意图见图 11-3 和图 11-4。各关注点情况见表 11-3。

略

图11-2 项目关注点位示意图

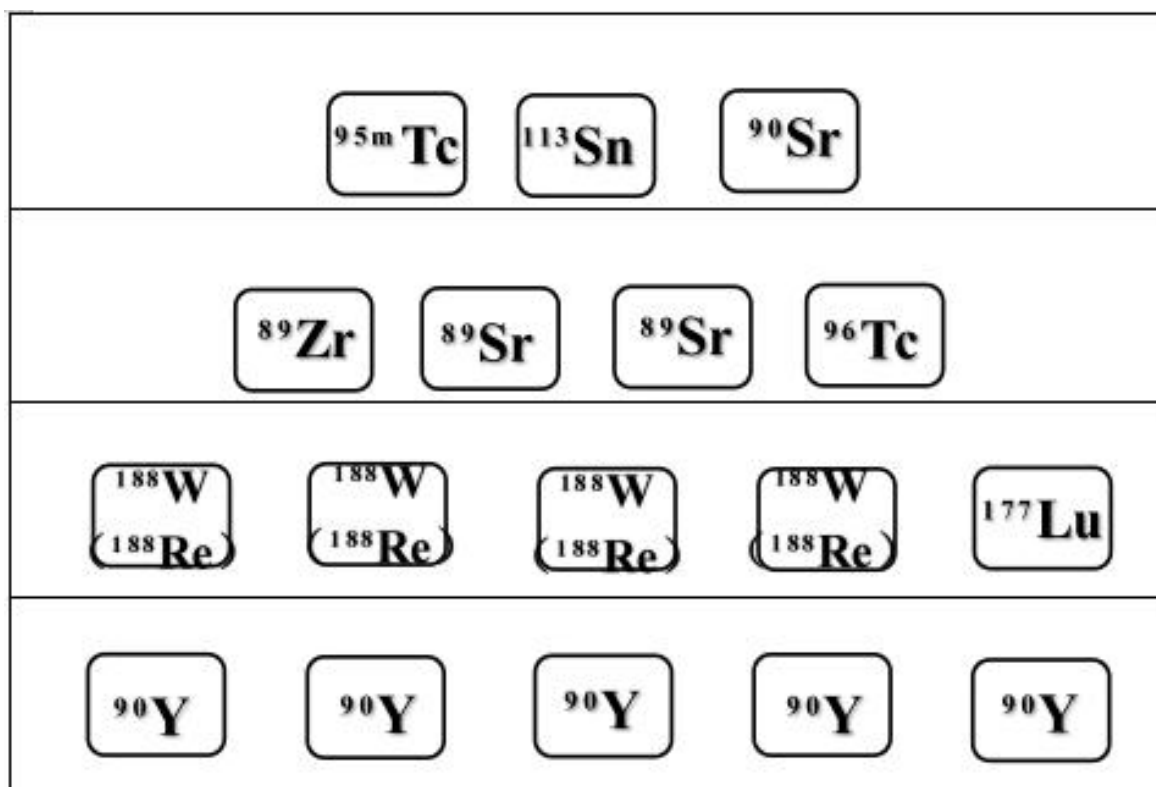


图11-3 项目储存柜1存放示意图

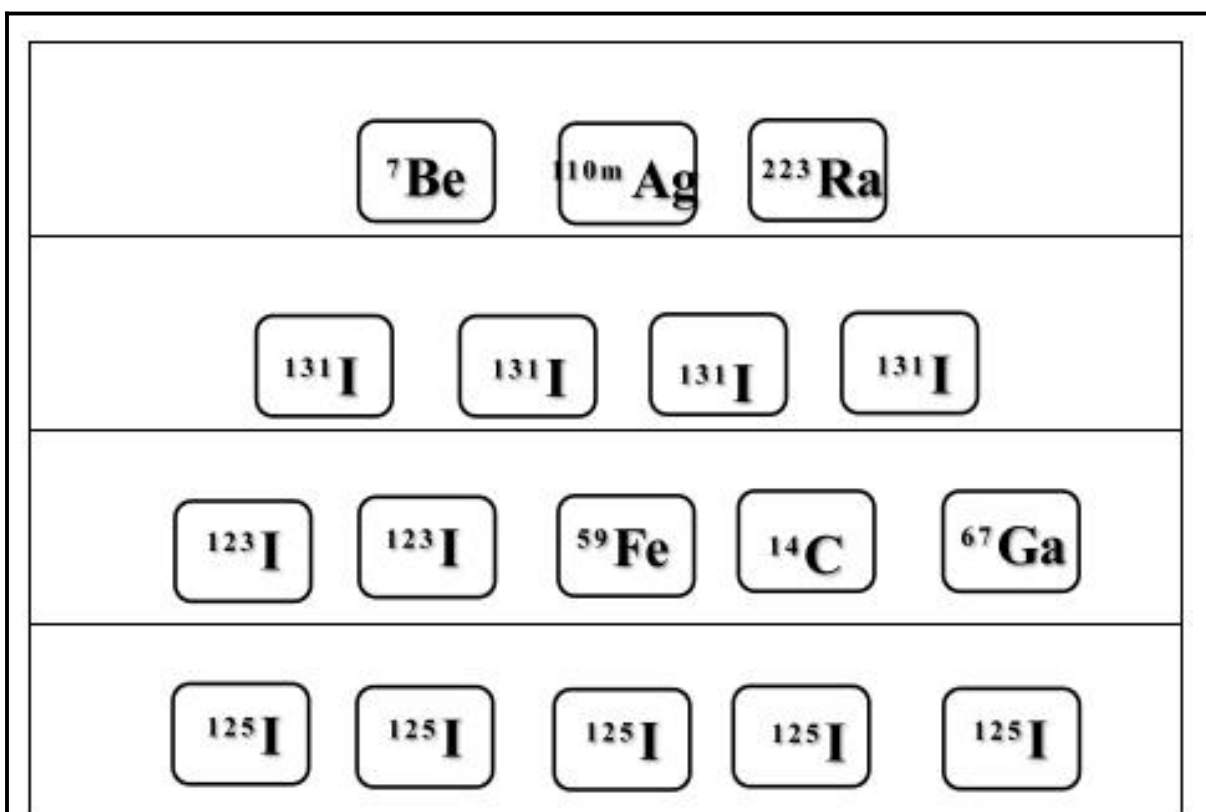


图11-4 项目储存柜2存放示意图

表 11-3 项目场所关注点位

关注点	位置	辐射源与关注点距离 (m)		屏蔽防护设计	
		辐射源	距离 (m)		
1#	东侧防护墙外 0.3m	储存柜 1	3.3	180mm 实心砖+4mmPb 硫酸钡涂料+30mmPb 储存柜	
		储存柜 2	3.8		
2#	南侧防护墙外 0.3m	储存柜 1	3.9	360mm 实心砖+4mmPb 硫酸钡涂料+30mmPb 储存柜	
		储存柜 2	3.9		
3#	西侧防护墙外 0.3m	储存柜 1	3.3		
		储存柜 2	2.8		
4#	北侧防护墙外 0.3m	储存柜 1	3.9		
		储存柜 2	3.9		
5#	北侧防护门外 0.3m	储存柜 1	4.1	8mmPb 铅防护门 +30mmPb 储存柜	
		储存柜 2	4.3		
6#	场所上方地面距 楼面 0.3m	储存柜 1 和储存柜 2	1 层	2.9	120mm 混凝土+3mmPb 铅板+30mmPb 储存柜
			2 层	2.65	
			3 层	2.4	
			4 层	2.15	

表 11-4 关注点辐射剂量率估算结果

关注点 位	关注点 距离 m	核素		货包 个数	货包表 面剂量 率合计 μSv/h	辐射屏蔽 情况	剂量率估算结 果 (μSv/h)	
东侧防 护墙 外 0.3 m	3.3	储存 柜 1	^{95m} Tc、 ¹¹³ Sn、 ⁹⁰ Sr	3	1500	180mm 实 心砖 +4mmPb 硫酸钡涂 料 +30mmPb 储存柜	0.0215	0.165
			⁸⁹ Zr、2 份 ⁸⁹ Sr、 ⁹⁶ Tc	4	2000		0.0286	
			4 份 ¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re)、 ¹⁷⁷ Lu	5	2500		0.0358	
			5 份 ⁹⁰ Y	5	2500		0.0358	
	3.8	储存 柜 2	⁷ Be、 ^{110m} Ag、 ²²³ Ra	3	1500		0.0162	
			4 份 ¹³¹ I	4	2000		0.0001	
			2 份 ¹²³ I、 ⁵⁹ Fe、 ¹⁴ C、 ⁶⁷ Ga	5	2500		0.0270	
			5 份 ¹²⁵ I (粒子 源)	5	2500		<0.0001	
南侧防 护墙 外 0.3 m	3.9	储存 柜 1	^{95m} Tc、 ¹¹³ Sn、 ⁹⁰ Sr	3	1500	0.0054	0.045	
			⁸⁹ Zr、2 份 ⁸⁹ Sr、 ⁹⁶ Tc	4	2000	0.0073		
			4 份 ¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re)、 ¹⁷⁷ Lu	5	2500	0.0091		
			5 份 ⁹⁰ Y	5	2500	0.0091		
	3.9	储存 柜 2	⁷ Be、 ^{110m} Ag、 ²²³ Ra	3	1500	0.0054		
			4 份 ¹³¹ I	4	2000	<0.0001		
			2 份 ¹²³ I、 ⁵⁹ Fe、 ¹⁴ C、 ⁶⁷ Ga	5	2500	0.0091		
			5 份 ¹²⁵ I (粒子 源)	5	2500	<0.0001		
西侧防 护墙 外	3.3	储存 柜 1	^{95m} Tc、 ¹¹³ Sn、 ⁹⁰ Sr	3	1500	0.0076	0.071	
			⁸⁹ Zr、2 份 ⁸⁹ Sr、 ⁹⁶ Tc	4	2000	0.0101		
			4 份 ¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re)、 ¹⁷⁷ Lu	5	2500	0.0127		

0.3 m	2.8	储存柜 2	5 份 ^{90}Y	5	2500	储存柜	0.0127	
			^7Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra	3	1500		0.0106	
			4 份 ^{131}I	4	2000		<0.0001	
			2 份 ^{123}I 、 ^{59}Fe 、 ^{14}C 、 ^{67}Ga	5	2500		0.0176	
			5 份 ^{125}I (粒子源)	5	2500		<0.0001	
北侧防护墙外 0.3 m	3.9	储存柜 1	$^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{113}Sn 、 ^{90}Sr	3	1500	360mm 实心砖 +4mmPb 硫酸钡涂料 +30mmPb 储存柜	0.0054	0.045
			^{89}Zr 、2 份 ^{89}Sr 、 ^{96}Tc	4	2000		0.0073	
			4 份 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{177}Lu	5	2500		0.0091	
			5 份 ^{90}Y	5	2500		0.0091	
	3.9	储存柜 2	^7Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra	3	1500		0.0054	
			4 份 ^{131}I	4	2000		<0.0001	
			2 份 ^{123}I 、 ^{59}Fe 、 ^{14}C 、 ^{67}Ga	5	2500		0.0091	
			5 份 ^{125}I (粒子源)	5	2500		<0.0001	
北侧防护门外 0.3 m	4.1	储存柜 1	$^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{113}Sn 、 ^{90}Sr	3	1500	8mmPb 铅 防护门 +30mmPb 储存柜	0.0319	0.258
			^{89}Zr 、2 份 ^{89}Sr 、 ^{96}Tc	4	2000		0.0426	
			4 份 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{177}Lu	5	2500		0.0532	
			5 份 ^{90}Y	5	2500		0.0532	
	4.3	储存柜 2	^7Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra	3	1500		0.0290	
			4 份 ^{131}I	4	2000		0.0001	
			2 份 ^{123}I 、 ^{59}Fe 、 ^{14}C 、 ^{67}Ga	5	2500		0.0484	
			5 份 ^{125}I (粒子源)	5	2500		<0.0001	
场所	2.15	储存柜 1	$^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{113}Sn 、 ^{90}Sr	3	1500	120mm 混凝土	0.0559	

上方地面距楼面0.3m	(4层)	储存柜2	^7Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra	3	1500	+3mmPb 铅板 +30mmPb 储存柜	0.0559	0.344
	2.4 (3层)	储存柜1	^{89}Zr 、2份 ^{89}Sr 、 ^{96}Tc	4	2000		0.0598	
		储存柜2	4份 ^{131}I	4	2000		0.0598	
	2.65 (2层)	储存柜1	4份 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{177}Lu	5	2500		0.0613	
		储存柜2	2份 ^{123}I 、 ^{59}Fe 、 ^{14}C 、 ^{67}Ga	5	2500		0.0002	
	2.9 (1层)	储存柜1	5份 ^{90}Y	5	2500		0.0512	
		储存柜2	5份 ^{125}I (粒子源)	5	2500		<0.0001	

由表 11-4 可知，放射性药品仓库按照现有屏蔽防护设计方案进行建设，距放射性药品仓库屏边界外人员可达处的周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足参考标准《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

11.2.2 项目运行对工作人员所致有效剂量估算

(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：

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

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 11-5。

表 11-5 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，辐射工作人员按照距离放射性核素货包表面 0.3m 处的辐射剂量率 13.9 μ Sv/h 来保守估算（根据距离平方反比关系估算出 0.3m 处剂量率为 13.9 μ Sv/h），日常巡检所到位置的辐射剂量率水平以表 11-4 算出的辐射剂量率最大值（0.344 μ Sv/h，场所上方地面距楼面 0.3m）来保守估算。辐射工作人员个人剂量估算详见表 11-6。

表 11-6 放射性药品仓库辐射工作人员受照射剂量估算

工作内容	工作负荷 (h)	受照剂量率 (μ Sv/h)	年有效剂量 (mSv/a)
安保巡检、资料审查	125	0.344	0.043
货包出入库	146	13.9	2.03

由表 11-6 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 2.03mSv，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 0.043mSv，均低于职业人员年剂量管理约束值（5mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—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》（HJ 1198-2021）取居留因子，场所东侧防护墙外 0.3m（厂区过道）居留因子取 1/4，场所上方地面距楼面 0.3m（仓库）、北侧防护门外 0.3m（收货区，为普通人员不会到达区域）居留因子取 1/8，南侧防护墙外 0.3m（预留空间）和西侧防护墙外 0.3m（通道）居留因子取 1/20，北侧防护墙外 0.3m（办公区）居留因子取 1。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 11-4 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 11-7。

表 11-7 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 (μ Sv/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(厂区道路)	0.165	2000	1/4	0.083	公众
2#	南侧防护墙外 0.3m(预留空间)	0.045	2000	1/20	0.005	公众
3#	西侧防护墙外 0.3m(通道)	0.071	2000	1/20	0.007	公众
4#	北侧防护墙外 0.3m(办公区)	0.045	2000	1	0.023	职业
5#	北侧防护门外 0.3m(收货区)	0.258	2000	1/8	0.065	公众
6#	场所上方地面距 楼面 0.3m(仓库)	0.344	2000	1/8	0.086	公众

由表 11-7 可知,放射性药品仓库周围公众人员年有效剂量最大为 0.086mSv/a(场所上方地面距楼面 0.3m、仓库),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。

11.2.3 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

(1) 正常工况下

本项目正常运行不会产生放射性废水、放射性固体废物,因电离辐射可能会产生少量废气,已采取了一系列的治理措施。

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,排风口高于屋面,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 10-3,废气治理措施满足参照标准《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)中相应要求。

(2) 事故工况下

本项目在事故工况下,会产生放射性废气、放射性固体废物。

项目放射性药品仓库拟建设一套排风系统用于放射性药品仓库的排风,事故状态

时产生少量放射性废气，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，吸附效果较好，放射性废气排放对周围环境的影响很小。

小概率发生密封容器破损的事故时，对其进行擦拭去污产生少量放射性固体废物，不产生放射性废液。当发生药物撒泼后，现场处置人员立即用吸水纸、纱布等自外而内螺旋形吸水，换用吸水纸或纱布自外而内擦干，在此基础上用温水仔细清洗污染处，用表面污染监测仪测量污染区，如果该污染区未达到控制标准，这时应继续使用药棉或纸巾擦拭，直到该污染区达到控制限值为止。处理过程中使用过的吸水纸、纱布、药棉、纸巾等均视为放射性废物，将统一收集放置于不合格区的放射性废物铅桶内衰变。

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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，对废物清洁解控并作为一般固体废物处理。固体放射性废物的存储和处理安排仓库验收人员专门负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

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 事故识别

(1) 由于管理不善，导致放射性药物货包保管不善丢失、被盗，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

(2) 放射性核素货包在出入库过程中发生跌落、碰撞，导致放射性核素货包破损，有放射性物质泄漏，可能污染储存柜、放射性药品仓库地面等，甚至造成手和皮肤的污染，并造成工作人员外照射。

(3) 对放射性药品仓库管理不到位，导致无关人员误入控制区，受到意外照射。

(4) 放射性药品贮存仓库可能发生火灾，烧毁放射性药品密封外包装，造成放射性污染。

11.3.2 辐射事故防范措施

要避免辐射事故的发生及发生后能立即采取有效防范措施，建设单位需做好以下防范措施：

(1) 加强放射性药品仓库管理，严格按《放射性药品质量管理体系文件》执行。

(2) 辐射工作人员须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照放射性药品仓库管理要求开展工作。辐射工作人员加强操作练习，严格执行操作规程，在放射性货包搬运过程中轻拿轻放，避免药物撒泼和破损。

(3) 定期检查放射性药品仓库的辐射屏蔽和各项辐射安全措施的性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，避免人员误入放射性药品仓库和其它安全事故。

(4) 每年委托检测机构对放射性药品仓库周围辐射水平进行检测，发现异常，及时找到原因，进行补正；定时核查放射性药品仓库监控记录，定时对放射性药品仓库周边进行巡逻，放射性药品仓库外围张贴相关文字和告示，告知风险情况。

(5) 培养辐射工作人员的安全文化素养，提高辐射工作人员个人防护意识，在开展工作时正确使用防护用品，佩戴个人剂量计，辐射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训。防护用品不使用时，采用悬挂或平铺方式妥善存放，防止断裂。加强辐射工作人员职业健康体检，发现辐射工作人员不适合参与放射工作应及时停止工作。

11.3.3 辐射事故防范措施和应急预案

11.3.3.1 辐射事故防范措施

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。从我国多年内所发生的放射事故来看，人为因素造成的责任事故占事故总数的80%以上。责任事故主要由管理不善、领导失职、安全观念淡漠引起。建设单位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，使辐射工作人员自觉服从管理，主动采取防护措施，控制不安全行为，预防辐射意外（或事故）的发生。建设单位需完善以下辐射事故防

范措施:

(1) 各级领导需把辐射防护工作放到重要议事日程, 制定严格的管理制度, 安排操作人员接受安全防护教育和培训。定期组织相关辐射防护知识培训学习, 告知相关人员辐射危害。

(2) 辐射安全工作领导小组应对本单位的应急组织人员、救护计划和方法、救护器材和设备以及联络方式进行明确布置和安排, 并在统一部署下定期组织演练, 一旦事故发生时可立即执行。

(3) 辐射工作人员需持证上岗, 确保岗位责任制度的落实, 严肃查处违规作业。

(4) 必须严格按照操作规程, 正确操作仪器, 对违规和粗疏管理的行为必须及时纠正。

(5) 为有效地控制辐射工作人员接受辐射的累积剂量, 确保剂量不超过规定的剂量限值, 辐射工作人员在工作时必须佩戴便携式个人剂量计。

(6) 加强职工安全和辐射防护知识的教育, 并定期进行考核。对辐射工作人员建立健康档案, 定期进行体检, 并对健康档案进行终身保存。

(7) 全体工作人员必须时刻保持高度警惕, 平时练为战的思想, 认真学习、掌握各项技能, 做好随时应对重大事故的思想准备。

(8) 每日做好设备运行记录, 认真填写设备维护记录表。

(9) 加强辐射安全管理, 严格落实使用时需两人在场管理体制。

11.4.3.2 辐射事故应急预案

(1) 事故报告程序

一旦发生辐射事故, 建设单位应立即采取措施防止事故继续发生和蔓延而扩大危害范围, 并在第一时间向辐射事故应急救援小组报告, 同时启动应急指挥系统, 具体程序如下:

① 迅速报告

发生事故的部门必须立即将发生事故的性质、时间、地点、部门名称、联系人、电话等报告给的辐射事故应急救援小组, 并立即组织本部门工作人员营救受照人员。辐射事故应急救援小组必须在2小时内将有关信息报告区生态环境、公安、卫生健康等部门。

② 现场控制

辐射事故应急救援小组接到事故发生报告后，立即赶赴现场，进行指挥，采取正确、有效的措施，保护现场，疏散无关人员，防止事故蔓延，避免更大伤害。

③ 启动应急系统

辐射事故应急救援小组接到现场报告后，立即赶赴现场，首先组织有关人员对受照人员及可能受照人员尽快进行初期处理，对可能受照射损伤的人员，立即采取暂时隔离，并实施医学检查和救治。保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展。

④ 现场报告

根据现场情况，由本单位辐射事故应急救援小组将事故发生时间、地点、造成事故的及放射性核素货包的名称、危害程度和范围等主要情况报告生态环境局、卫健委、公安局等相关部门以及上级行政主管部门。

协助上级有关部门迅速开展检测，确定现场的辐射强度、影响范围，切断一切可能扩大污染范围的环节。污染现场尚未达到安全水平以前，不得解除封锁。

⑤ 查找事故原因

积极协助卫生行政部门、公安部门及生态环境部门进行事故调查、处理等各方面的相关事宜。

⑥ 应急响应终止

辐射事故应急处置工作结束后，各部门要积极组织后续救治、公司秩序的恢复重建工作。对于重点部位和特殊区域，要认真分析研究，提出解决建议和意见。

（2）辐射事故应急措施

当发生误照射事故时，应采取以下措施：①立刻停止作业；②启动应急预案；③对受照人员进行相应的医疗救助；将事故情况上报当地生态环境主管部门、卫生部门，公安部门。

（3）辐射事故应急监测要求

①应急人员应熟悉和掌握相关仪器设备和分析方法，持证上岗。

②用于应急监测的各种计量器具要按有关规定定期检定/校准，定期检查和维护保养，保证仪器设备的正常运转。

③应配置必要的应急监测标准源与标准物质，建立针对性的应急监测作业指导书，定期进行培训、演练、能力验证与比对。

④应急监测仪器在使用前应进行检查测试，做好保护措施。

⑤建立设备安全检查的措施，并建立应急监测仪器本底校核的方法。

⑥应急监测仪器在进入现场测量前，应事先在对照点进行测量，读取本底，并将一台设备留在未污染的对照点，建立仪器本底现场参考数据。

⑦现场应急监测应保持至少两人同行。

⑧做好应急监测记录和审核工作，保证监测记录格式规范。

⑨监测报告信息要完整，并实行三级审核。

（4）辐射事故应急预案要求

事故应急预案需满足如下要求：

①制定有针对性的辐射事故应急预案，事故应急预案的内容需包括有效的组织结构、通畅的通信联络系统、事故报告程序、事故处理及监测、应急车辆等。需满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（第449号令）中对辐射事故应急预案的要求；

②辐射事故应急救援预案应当包括以下内容：应急机构和职责分工；应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；辐射事故分级应急响应措施；辐射事故调查、报告和处理程序；

③定期组织相关会议，总结辐射工作经验，深化事故分析，提高辐射事故处理能力；

④定期组织演练，提高应对辐射事故的软实力；

⑤根据国家有关部门出台的制度及时更新辐射事故应急预案，及时明确项目所在地生态环境部门、公安部门、卫生部门联系方式。

一旦事故发生，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

①确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害；

②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间；

③现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计和剂量报警仪；

④应尽可能记录下现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响；

⑤事故处理后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经

验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

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，为了加强公司辐射安全的监督管理，保障辐射工作场所的安全，正确应对突发性辐射事故，确保事故发生后能快速有效地进行现场应急处理、处置，维护和保障工作人员和公众的生命安全和财产，公司应将本项目纳入已成立的辐射安全与环境保护管理委员会管理范围，委员会全面负责辐射工作的管理和领导工作，统一领导、统一指挥。

辐射安全与环境保护管理委员会设工作组组长 1 人、副组长 1 人，组员 7 人。

主要职责：

- (1) 贯彻执行国家辐射安全与环境保护各项法规相关要求；
- (2) 负责辐射项目安全环保的审批、评估与验收，确保项目安全、环保可行；
- (3) 组织制定和完善辐射安全与环境保护的管理制度及规程，做好辐射安全与环境保护管理工作；
- (4) 协调处理辐射事故和环境污染事件，制定应急预案；组织相关人员参加辐射安全与防护的培训和应急演练，提高全员的辐射安全与环保意识；
- (5) 检查辐射安全设施设备，开展辐射环境监测工作，对辐射项目的安全与防护情况进行年度评估；
- (6) 实行辐射相关工作人员健康体检及个人剂量监测管理制度，并做好相应资料的档案管理工作；
- (7) 定期向生态环境行政主管部门报告辐射安全与环境保护管理工作，接受检查指导。

12.2 辐射安全管理规章制度

为做好工作过程中的辐射安全与防护管理工作，防止辐射污染环境，保障公众的健康，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，根据《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许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相应的规定，遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，运行管理单位需制定相应的辐射安全管理制度。

公司为加强应对放射性同位素安全和防护的监督管理，促进放射性同位素的安全应用，保障辐射工作人员和公众的人体健康，公司建立并落实了相应的管理制度，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》、《放射性药品应急处理预案》、《放射性“三废”安全管理规定》等规章制度。

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工作场所防护以及辐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。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

定期委托有资质单位对辐射工作人员个人剂量计进行监测（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月），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。

本项目运行后，将委托有资质的单位开展辐射工作人员个人剂量计进行监测。同时按照《放射工作人员健康标准》的相关规定，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。

(3) 竣工验收监测

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告分为验收监测（调查）报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

根据《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》，建设单位根据验收自查结果，明确实际建设情况和辐射安全与防护设施/措施落实情况，在此基础上确定验收工作范围、验收评价标准，明确监测期间工况记录方法，明确验收监测点位、监测因子、监测方法、频次等。验收单位制定验收监测质量保证和质量控制工作方案。

建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编

制验收监测（调查）报告。建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，建设单位可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告书（表）编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限最长不超过 12 个月。验收合格后，方可投入生产或使用。

12.3.3 年度安全评估报告

根据《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）的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的辐射监测机构进行监测。公司将按照辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对公司的辐射工作场所进行年度监测。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前上报上一年度年度评估报告至生态环境主管部门。

12.4 辐射事故应急

12.4.1 应急响应机构设置和应急预案

公司已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院 449 号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）和《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）编制并发布了《辐射事故应急处理预案》（下称应急预案），一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，并采取必要的应急措施。

一、成立辐射事故应急救援小组

1、配合公司辐射安全与环境保护管理委员会，成立辐射事故应急救援小组，组织、开展放射事故的应急救援工作。

组长：***

副组长：***

观察员：***

组员：***

应急救援办公室24小时值班电话：***

广西壮族自治区生态环境厅电话：0771-2803997

柳州市生态环境局电话：0772-2621337

广西壮族自治区卫生健康委员会：0771-2802380

柳州市公安局电话：110

2、主要职责为：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、并向辐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。

二、运行机制

通过定期进行内外部及委托运输方监测、检查，如发现储存、运输过程中一旦发生辐射事故，立即采取措施防止事故继续发生和蔓延而扩大危害范围，发现事故人员应立即报告24小时应急救援办公室电话，小组成员立即通知辐射事故应急救援组长及副组长。

应急领导小组组长同时启动应急指挥系统，具体程序如下：

1、迅速报告

发生事故的当事人必须立即将发生事故的性质、时间、地点、联系人、电话等报告给公司应急救援小组，应急救援小组成员立即将情况向小组组长汇报，并做好准备。

2、现场控制

应急救援小组接到事故发生报告后，立即赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；同时负责现场警戒，划定紧急隔离区，不让无关人员进入，保护好现场；迅速、正确判断事件性质，将事故情况报告应急指挥中心。

3、启动应急预案

辐射应急救援小组组长接到现场报告后，立即启动应急指挥系统：指挥其他小组

成员迅速赶赴现场，开展应急救援工作；后勤保障成员同时进行物资准备。

4、现场报告

根据现场情况，由公司应急救援小组副组长在2小时内将事故发生时间、地点、造成事故的放射药品的名称、危害程度和范围等主要情况报告广西壮族自治区生态环境厅、柳州市生态环境局、柳州市公安局、广西壮族自治区卫生健康委员会等相关部门。

5、现场处置

(1) 等待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小。

(2) 若是运输过程中放射药品外包装发生泄漏，公司应急救援小组应协助委托运输方立即进行现场救助，采取措施，以使人员损伤、环境污染降到最小，并立即安排转运至最近具备储存资质条件的机构进储存及保管，组织人员将辐射者送急诊治疗，并同时请市疾病预防控制中心进行检测。

(3) 若是放射药品丢失、被盗，由销售部组织人员协助采购单位进行排查，协助并将射线装置或放射药品的名称、状态、特性、危害等进行通告，引起采购单位职工与公众的重视，最大限度降低危害。

6、查找事故原因

查明辐射泄漏原因，进行不符合纠正预防，并将调查和整改形成报告，上报柳州市生态环境局。

7、应急终止与后续改进

(1) 应急终止：按规定辐射事故应急状态终止程序，由应急救援小组经过核查明确辐射事故的终止条件，启动应急终止。

(2) 后续改进：认真分析总结事故发生的原因，处理方式的合理性等；及时对相关设备进行维护及改进，并对相关人员进行培训，提高设施设备安全性及员工的安全意识，加强对内外部及委托运输方管理，杜绝类似事故发生。

8、人员培训和演习计划

辐射事故相关应急人员均需经过培训，培训内容应包括辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急源施行步骤等，辐射事故应急小组需定期（每年1-2次）组织应急演练，提高辐射事故应急能力，并通过演练逐步完善应急预案。

9、预案修订

对应急预案修订、变更、改进的基本要求和时限，以及采取的方式等进行说明。如本单位机构设置和人员变动后，及时对预案进行修订和完善。

三、应急保障

1、应急救援小组

(1) 组长：负责组织应急准备工作，调度人员、设备、物资等，指挥其他各应急小组成员迅速赶赴现场，开展工作；

(2) 副组长：对辐射事故的现场进行组织协调、安排救助，指挥辐射事故应急救援行动；负责向上级行政主管部门报告放射污染事件应急救援情况；

(3) 其它成员：负责恢复本单位正常秩序。

2、现场救护

(1) 接到指挥中心命令后，迅速赶赴现场；

(2) 现场进行伤员救助，并根据现场情况向指挥中心报告人员损伤情况；

(3) 将人员恢复情况随时报指挥中心。

3、后勤保障

(1) 接到指挥中心命令后，立即启动应急人员和设施；

(2) 保证水、电供应，交通运输；

(3) 保证食物用餐。

《辐射事故应急预案》在文件中明确了辐射事故应急救援领导小组的人员和职责，描述了详细的辐射事故应急处理措施和程序，明确了一旦发生突发事件应及时上报有关部门，以便及时得到上级有关部门的指导和支持，同时公布辐射事故应急处理领导小组人员电话，其应急预案的内容较全面，可操作性较强，对辐射事故的快速应急、有效处理将会起到积极作用。

12.4.2 应急人员的培训与演习计划

公司根据辐射事故应急预案开展了事故应急演习。建议定期进行辐射事故应急演练，对演练效果进行评估，提交演练报告，重点说明演练过程中发现的问题，列出不符合项，及时整改。公司应该尽快启动应急预案的修订工作，进一步完善，使其更具可操作性，切实做好辐射安全最后一道防线工作。此外，公司应加强人员培训及辐射事故应急演练，检验演习预案的可操作性及有效性，不断改进应急预案。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 工程项目概况

广西柳药集团股份有限公司注册地址为柳州市官塘大道68号，本项目建设内容为：拟开展放射性药品销售，并在官塘大道68号柳州医药现代物流配送中心工程特种加工车间1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 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{96}Tc 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{113}Sn 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I （粒子源）、 ^{123}I 、 ^{67}Ga 、 ^{59}Fe 、 ^7Be 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C 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 $2.48 \times 10^9 \text{Bq}$ ，年最大贮存量为 $1.14 \times 10^{15} \text{Bq}$ ，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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga ，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》（HJ 1188-2021）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》（HJ 1188-2021）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的危害。

广西柳药集团股份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 建议与承诺

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