核技术利用建设项目

福建同春药业股份有限公司
放射性药品暂存库项目

生态环境影响报告表
（公示稿）

福建同春药业股份有限公司

二〇二六年八月

核技术利用建设项目

福建同春药业股份有限公司
放射性药品暂存库项目

生态环境影响报告表

建设单位名称：福建同春药业股份有限公司

通讯地址：福建省福州市仓山区城门镇浚边村浚边 818 号

邮政编码：350104

目　录

表 1　项目基本情况 1
表 2　放射源 14
表 3　非密封放射性物质 14
表 4　射线装置 16
表 5　废弃物（重点是放射性废弃物） 17
表 6　评价依据 18
表 7　保护目标与评价标准 21
表 8　环境质量和辐射现状 30
表 9　项目工程分析与源项 33
表 10　辐射安全与防护 46
表 11　环境影响分析 58
表 12　辐射安全管理 77
表 13　结论与建议 85
表 14　审批 89

附件：

附件 1 委托书
附件 2 辐射安全许可证
附件 3 有关成立辐射安全与防护管理领导小组的通知
附件 4 辐射防护相关制度
附件 5 辐射事故应急预案
附件 6 辐射环境监测报告
附件 7 福建省生态环境分区管控综合查询报告

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="8">福建同春药业股份有限公司放射性药品暂存库项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="8">福建同春药业股份有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>***</td><td colspan="2">联系人</td><td>***</td><td colspan="2">联系电话</td><td>***</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="8">福建省福州市仓山区城门镇浚边村浚边 818 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="8">福建省福州市仓山区城门镇浚边村浚边 818 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>100</td><td colspan="2">项目环保投资（万元）</td><td>80</td><td colspan="2">投资比例(环保投资/总投资）</td><td>80%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">■新建 □改建 □扩建 □其它</td><td colspan="2">占地面积（m^2）</td><td>130.18</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="7">□Ⅰ类 □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="7">□Ⅰ类（医疗使用） □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="7">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>■销售</td><td colspan="7">/</td></tr>
<tr><td>■使用</td><td colspan="7">■乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="7">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="7">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="7">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="8">/</td></tr>
</table>

1.1 建设单位基本情况

福建同春药业股份有限公司（下文简称“同春药业”）是集团化、网络型、区域性的大型医药流通企业，位列福建省同行业前三名。其前身系 1997 年 5 月由福州医药、药材、医疗器械三大采购供应站合并组建的国有独资企业——福州同春药业（集团）有限公司。2002 年，在福州市委、市政府产业布局战略指引下，公司引入南京医药、漳州片仔癀药业、桂林三金药业等五家企业法人实施股份制改制，经福建省政府批准，于 2003 年 2 月 28 日正式挂牌成立。

福建同春药业股份有限公司深耕医药流通领域，在福州、龙岩、厦门、宁德、三明、

莆田、漳州等地布局 10 家全资和控参股子公司，现有员工 700 余人。公司经营范围涵盖中药、西药、医疗用品、保健品等全品类，具备麻醉药品和一、二类精神药品等特管药品经营资质。业务深度覆盖全省县级以上医疗机构，延伸至村卫生所、零售药店等终端市场；同步拓展非标市场、供应商合作、DTP 专业药房、医药电商、SPD 等创新业务，打造多元化、一体化医药流通服务体系。

1.2 项目由来及建设规模

1.2.1 项目由来

根据公司的发展，为迎合福建省内放射性药品供应需求，2026 年 2 月同春药业计划健全放射性药品的销售，拟在福建省福州市仓山区城门镇浚边村浚边 818 号一期厂房内空置仓库建设放射性药品暂存库，暂存 Lu-177、Zr-89、Ac-225、I-131、P-32、Ra-223、Sr-89、Th-227、I-125（粒子源）、Y-90、Tl-201 等 11 种医用同位素药品。

本项目暂存库只用于暂存医用同位素药品货包，由药品生产商委托有资质的第三方机构运输到同春药业放射性药品暂存库，公司辐射工作人员按照规定接收放射性核素货包并入库暂存，暂存至需要发货时，由同春药业委托有资质的第三方机构运输到客户单位。整个贮存及销售过程不破坏放射性核素货包外包装，亦不开展客户单位的放射性固废如废西林瓶、废药液等的回收和处置工作。

1.2.2 建设规模

本项目拟建设一间放射性药品暂存库及其配套用房，用于放射性药品的临时暂存。建设场所包括：暂存区、打包间等。放射性药品库年工作 250 天。

根据建设单位提供的资料，本项目涉及的 11 种货包，每种货包的包装规格只有 1 种，贮存方式为单层贮存，货包不堆叠放置。根据《放射性物品安全运输规程》（GB 11806—2019）中相关规定，Lu-177、Zr-89、Ac-225、I-131、P-32、Sr-89、Th-227、I-125（粒子源）、Y-90、Tl-201 货包均为非特殊形式的 A 型货包，其放射性活度不大于 GB 11806—2019 中规定的 A_2 值，Ra-223 货包为特殊形式的 A 型货包，其放射性活度不大于 GB 11806—2019 中规定的 A_1 值。

本项目放射性核素货包情况见表 1.2.1。

表 1.2.1　本项目放射性核素货包规格一览表

序号	核素	货物包装规格	单个货包最大活度（Bq）	包装屏蔽	货包尺寸	A_1 (Bq)	A_2 (Bq)	货包分类
1	Lu-177	圆形铅罐	1.85E+10	40mmPb	直径 30cm，高 50cm	-	7E+11	非特殊形式的 A 型货包
2	Sr-89	圆形铅罐	7.40E+08	40mmPb	直径 30cm，高 50cm	-	6E+11	非特殊形式的 A 型货包
3	Y-90	圆形铅罐	7.40E+08	40mmPb	直径 30cm，高 50cm	-	3E+11	非特殊形式的 A 型货包
4	I-131	圆形铅罐	1.85E+10	40mmPb	直径 30cm，高 50cm	-	7E+11	非特殊形式的 A 型货包
5	Ac-225	圆形铅罐	2.59E+07	40mmPb	直径 30cm，高 50cm	-	6E+09	非特殊形式的 A 型货包
6	Ra-223	圆形铅罐	7.40E+08	40mmPb	直径 30cm，高 50cm	4E+11	-	特殊形式的 A 型货包
7	Zr-89	圆形铅罐	1.48E+09	40mmPb	直径 30cm，高 50cm	-	3E+12	非特殊形式的 A 型货包
8	P-32	圆形铅罐	3.70E+09	40mmPb	直径 30cm，高 50cm	-	5E+11	非特殊形式的 A 型货包
9	Th-227	圆形铅罐	7.4E+08	40mmPb	直径 30cm，高 50cm	-	5E+09	非特殊形式的 A 型货包
10	I-125（粒子源）	圆形铅罐	4.63E+09	40mmPb	直径 30cm，高 50cm	-	3E+12	非特殊形式的 A 型货包
11	Tl-201	圆形铅罐	2.78E+10	40mmPb	直径 30cm，高 50cm	-	1E+12	非特殊形式的 A 型货包

本项目涉及的放射性核素使用（贮存）情况见表 1.2.2。

表 1.2.2　本项目放射性核素使用（贮存）情况

序号	核素名称	核素状态	包装情况				年最大使用（贮存）量(Bq)
			单个货包规格（Bq）	尺寸（直径）	最大贮存货包数量（个）	最大贮存货包数量(Bq)	
1	Lu-177	液态	1.85E+10	1cm 西林瓶	5	9.25E+10	7.40E+12
2	Sr-89	液态	7.40E+08	1cm 西林瓶	1	7.40E+08	5.92E+10
3	Y-90	液态	7.40E+08	1cm 西林瓶	5	3.70E+09	1.48E+11
4	I-131	液态	1.85E+10	1cm 西林瓶	20	3.70E+11	3.70E+13
5	Ac-225	液态	2.59E+07	1cm 西林瓶	5	1.30E+08	5.18E+09
6	Ra-223	液态	7.40E+08	1cm 西林瓶	5	3.70E+09	1.48E+11
7	Zr-89	液态	1.48E+09	1cm 西林瓶	5	7.40E+09	2.96E+11
8	P-32	液态	3.70E+09	1cm 西林瓶	5	1.85E+10	1.48E+12
9	Th-227	液态	7.40E+08	1cm 西林瓶	5	3.70E+09	2.96E+11
10	I-125（粒子源）	固态	4.63E+09	1cm 西林瓶	20	9.26E+10	4.63E+11
11	Tl-201	液态	2.78E+10	1cm 西林瓶	10	2.78E+11	1.11E+12

备注：货包为随机暂存，暂存库最大容量为 20 个货包，因此暂存库中的货包为各种核素货包的随机暂存数量之和。

本项目放射性药品暂存库的日等效最大操作量计算见表 1.2.3。

表 1.2.3　本项目非密封放射性药物基本情况

序号	核素名称	日最大操作量（Bq）	毒性组别修正因子	操作方式与放射源状态修正因子	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量（销售）(Bq)
1	Lu-177	9.25E+10	中毒，0.1	源的贮存（液体），100	9.25E+07	7.40E+12
2	Sr-89	7.40E+08	中毒，0.1	源的贮存（液体），100	7.40E+05	5.92E+10
3	Y-90	3.70E+09	中毒，0.1	源的贮存（液体），100	3.70E+06	1.48E+11
4	I-131	3.70E+11	中毒，0.1	源的贮存（液体），100	3.70E+08	3.70E+13
5	Ac-225	1.30E+08	极毒，10	源的贮存（液体），100	1.30E+07	5.18E+09
6	Ra-223	3.70E+09	极毒，10	源的贮存（液体），100	3.70E+08	1.48E+11
7	Zr-89	7.40E+09	中毒，0.1	源的贮存（液体），100	7.40E+06	2.96E+11
8	P-32	1.85E+10	中毒，0.1	源的贮存（液体），100	1.85E+07	1.48E+12
9	Th-227	3.70E+09	极毒，10	源的贮存（液体），100	3.70E+08	2.96E+11

				100		
10	I-125（粒子源）	4.63E+09	中毒，0.1	源的贮存（表面污染水平较低的固体），1000	9.26E+06	4.63E+11
11	Tl-201	2.78E+10	中毒，0.1	源的贮存（液体），100	2.78E+07	1.11E+12

备注：货包为随机暂存，暂存库最大容量为20个货包，因此暂存库中的货包为各种核素货包的随机暂存数量之和。

根据表1.2.3，该场所的日等效最大操作量在9.26E+06~9.25E+08Bq之间。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）中附录C规定的非密封源工作场所的分级，本项目放射性暂存库日等效最大操作量处于2E+07~4E+09Bq范围内，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

根据《中华人民共和国生态环境法典》以及《建设项目环境保护管理条例》等法律法规，本项目应开展核技术应用项目生态环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，“乙、丙级非密封放射性物质工作场所”的环评类别为报告表。根据表1.2.1估算，本项目应编制环境影响报告表。因此，福建同春药业股份有限公司于2026年5月委托福建省金皇环保科技股份有限公司（以下简称“我公司”）对其放射性药品暂存库项目进行环境影响评价工作。

我公司接受委托后，组织技术人员到现场进行调查和资料收集，充分收集了有关资料，在完成辐射环境质量现状检测、污染源分析等工作的基础上结合本项目的特点，依照《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》（HJ 10.1—2016）的相关要求编制完成了本项目的环境影响评价报告表。本次生态环境影响评价重点是对项目在施工和运营过程中可能产生的环境影响进行分析，在此基础上提出相应的环境保护措施，为生态环境主管部门和建设单位提供环境保护管理的依据。

1.3 原有核技术利用项目情况

建设单位现有辐射安全许可证内容为“销售Ⅱ类、III类射线装置”，证书编号为“闽环辐证[00468]”（见附件2），其中销售2种Ⅱ类射线装置、3种III类射线装置，现有的核技术应用项目情况见表1.3.1。

表 1.3.1　企业现有的核技术应用项目销售情况（射线装置）

序号	设备名称	分类	数量	环评/验收情况	性质
1	血管造影用 X 射线装置	Ⅱ类	5	环评备案表编号：202335010200000062	销售
2	粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器	Ⅱ类	5		
3	医用 X 射线计算机断层扫描（CT 装置）	Ⅲ类	5		
4	医用 X 射线计算机断层扫描（CT 装置）	Ⅲ类	5		
5	医用诊断 X 射线装置	Ⅲ类	5		

1.4 建设必要性

本项目的建设是顺应现代药品企业发展趋势、保障基层药品的有效供应，有利于福建省内医疗机构等放射性药品采购，也有利于医疗机构提高医疗卫生服务水平，从而提高人民生活水平。该项目在保障医疗机构等放射性药品充裕的同时也为医疗机构等创造了更大的经济效益和社会效益。

1.5 实践正当性

本项目的主要任务是贮存、销售放射性核素，为福建省及周边地区医院核医学科、科研院所、企事业单位等提供药物，便于各个医院开展放射性治疗和诊断，更多地救治病人，较医院自行制备的模式，在环境保护、药品质量、辐射安全等方面均会有较大的改善。经后文预测分析，在采取相应的辐射安全与防护措施之后，项目对于周围环境的辐射影响是可以接受的，因此符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）中关于辐射防护“实践的正当性”原则。

1.6 项目选址合理性分析

1.6.1 选址及周边环境

本项目位于福建省福州市仓山区城门镇浚边村浚边 818 号内一期厂房，厂区北侧为空地，南侧为菜地，西侧为福州茉莉花茶仓山产业园，东北侧和东南侧山上分布有零星居民点。

一期厂房四周均为厂内道路，东北侧为职工中心，南侧为二期厂房预留用地。同春公司拟建的放射性药品暂存库位于其一期厂房一层东北侧区域。本项目拟将原一期厂房中间库部分区域改造为放射性暂存库，放射性暂存库北侧为过道和立体库，东侧为公司内部道路，西侧为中间库，南侧为中间库，上方为厂房屋顶，下方为地面，无地下一层。项目地理位置及场所位置见图 1.6-1～图 1.6-6。

本项目拟建的放射性药品暂存库位于一期厂房东北部位置，与公司现有的工作场所

划分相对独立，无交叉影响，暂存库不毗邻食堂等部门及人员密集区，屏蔽墙体外 50m 评价范围内无学校等环境敏感点，周围辐射环境现状质量良好。

从环境保护和辐射防护角度考虑，本项目工作场所选址合理。

1.6.2 生态环境分区管控符合性分析

本项目位于福建省福州市仓山区城门镇浚边村浚边 818 号一期厂房。项目不占用生态保护红线，满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；项目运营过程中消耗一定的水、电等资源，不会突破区域资源利用上线。

根据《福建省人民政府办公厅关于加强生态环境分区管控的实施意见》和《福州市人民政府办公厅关于印发〈福州市生态环境分区管控方案（2023 年更新）〉的通知》（榕政办规〔2024〕40 号），并结合本项目在福建省生态环境分区管控数据应用平台导出的“福建省生态环境分区管控综合查询报告”（附件 7），本项目涉及 1 个重点管控单元——仓山区重点管控单元 1（ZH35010420003），项目本身为放射性药品暂存库，不涉及新建危险化学品，不涉及二氧化硫、氮氧化物和 VOCs 排放，不属于具有潜在土壤污染环境风险的企业，不燃用高污染燃料，符合空间布局约束要求，项目建成后，仅在事故工况下才会产生辐射影响，建设单位在辐射安全防护屏蔽措施和管理措施到位的情况下，风险可控。

综上所述，符合生态环境分区管控要求。

1.7 产业政策相符性分析

本项目主要为贮存、销售放射性核素，为医疗机构、科研院所、企事业单位等提供诊断、治疗药物。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号），属于“鼓励类”中“六、核能——4.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”之类别，因此本项目建设符合国家产业政策。

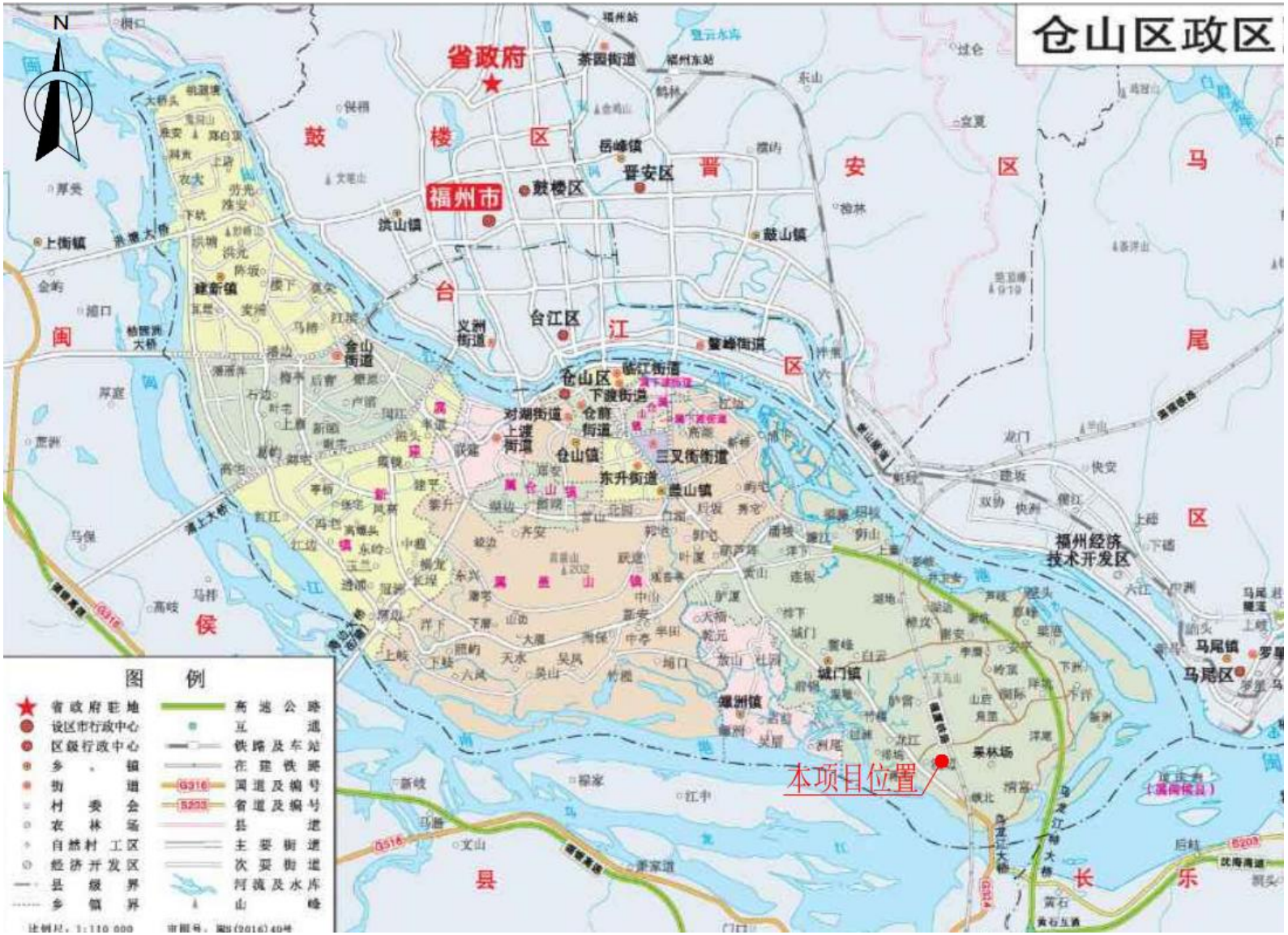


图 1.6-1 福建同春药业股份有限公司放射性药品暂存库地理位置示意图

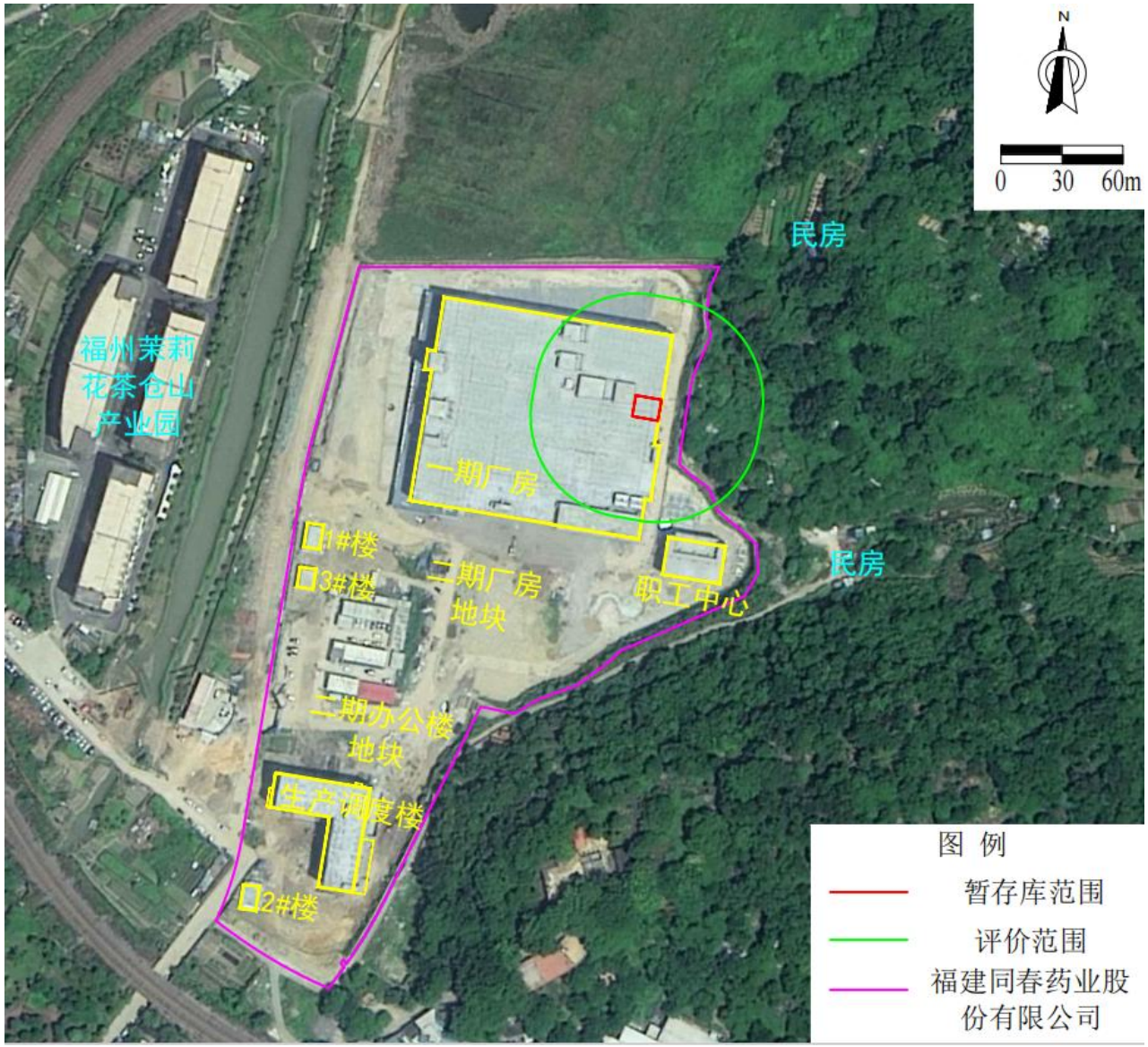


图 1.6-2 福建同春药业股份有限公司放射性药品暂存库周边环境及评价范围图

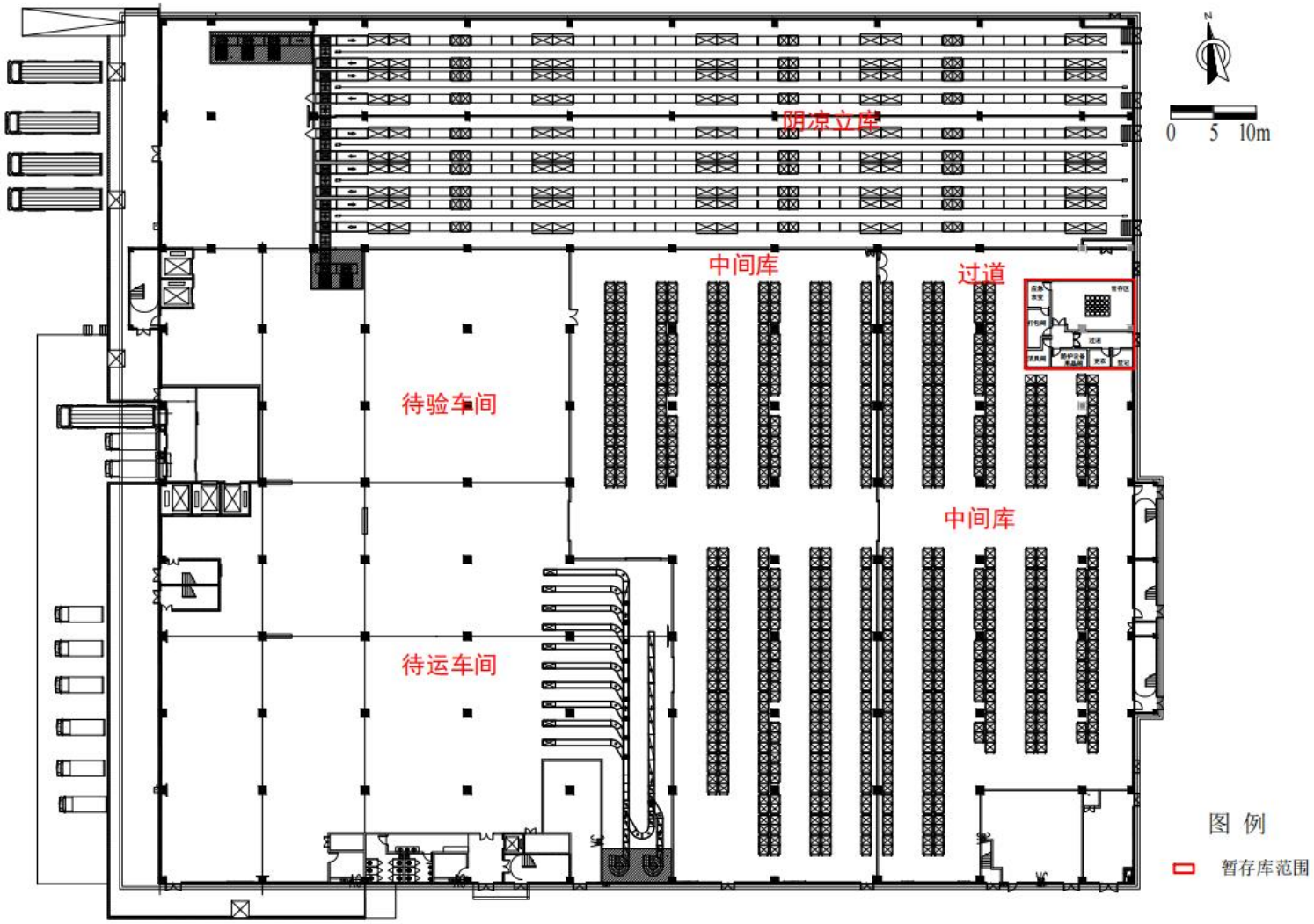


图 1.6-3 福建同春药业股份有限公司一期厂房平面布置图

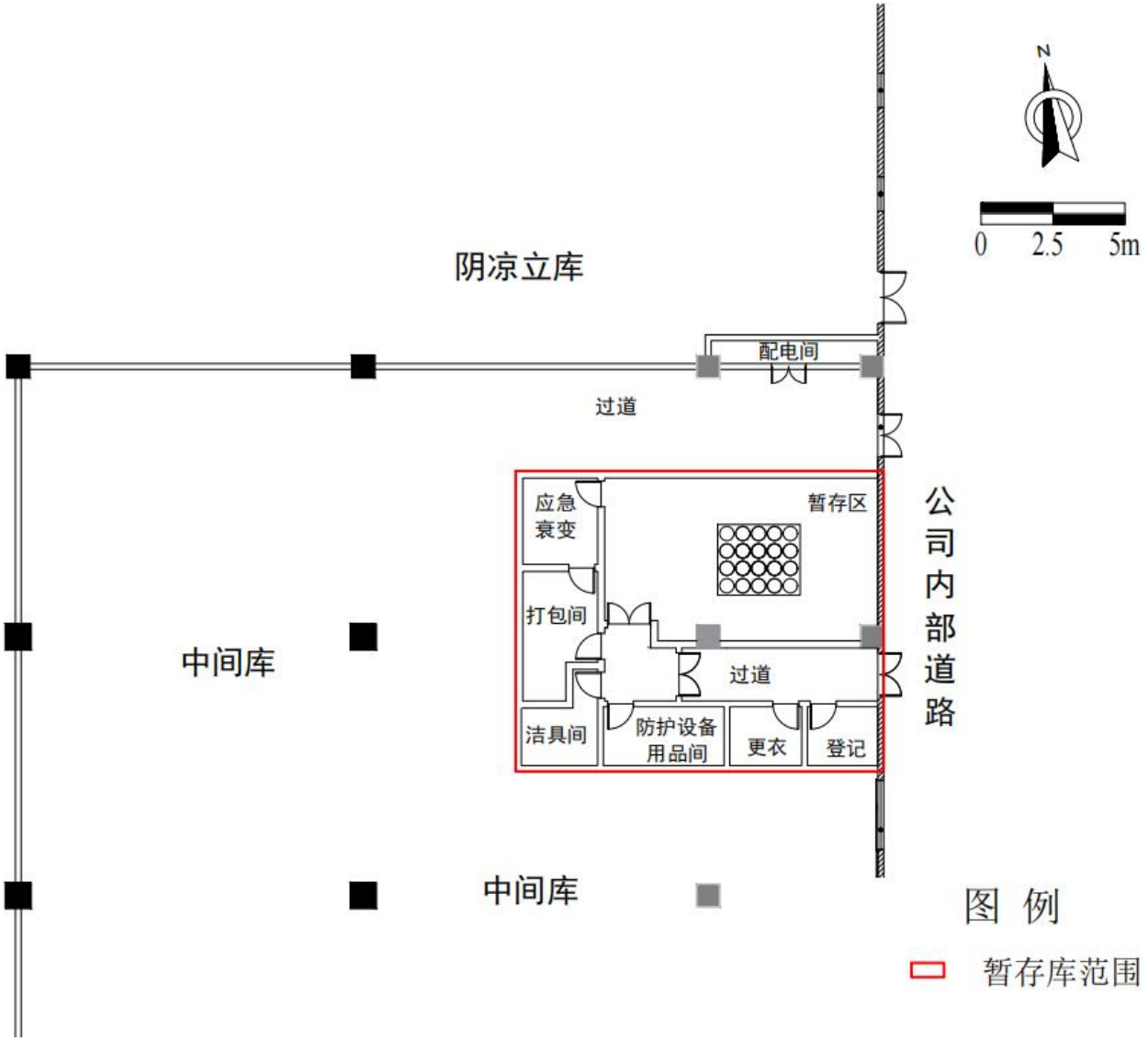


图 1.6-4 福建同春药业股份有限公司放射性药品暂存库所在一层（局部）平面布置图

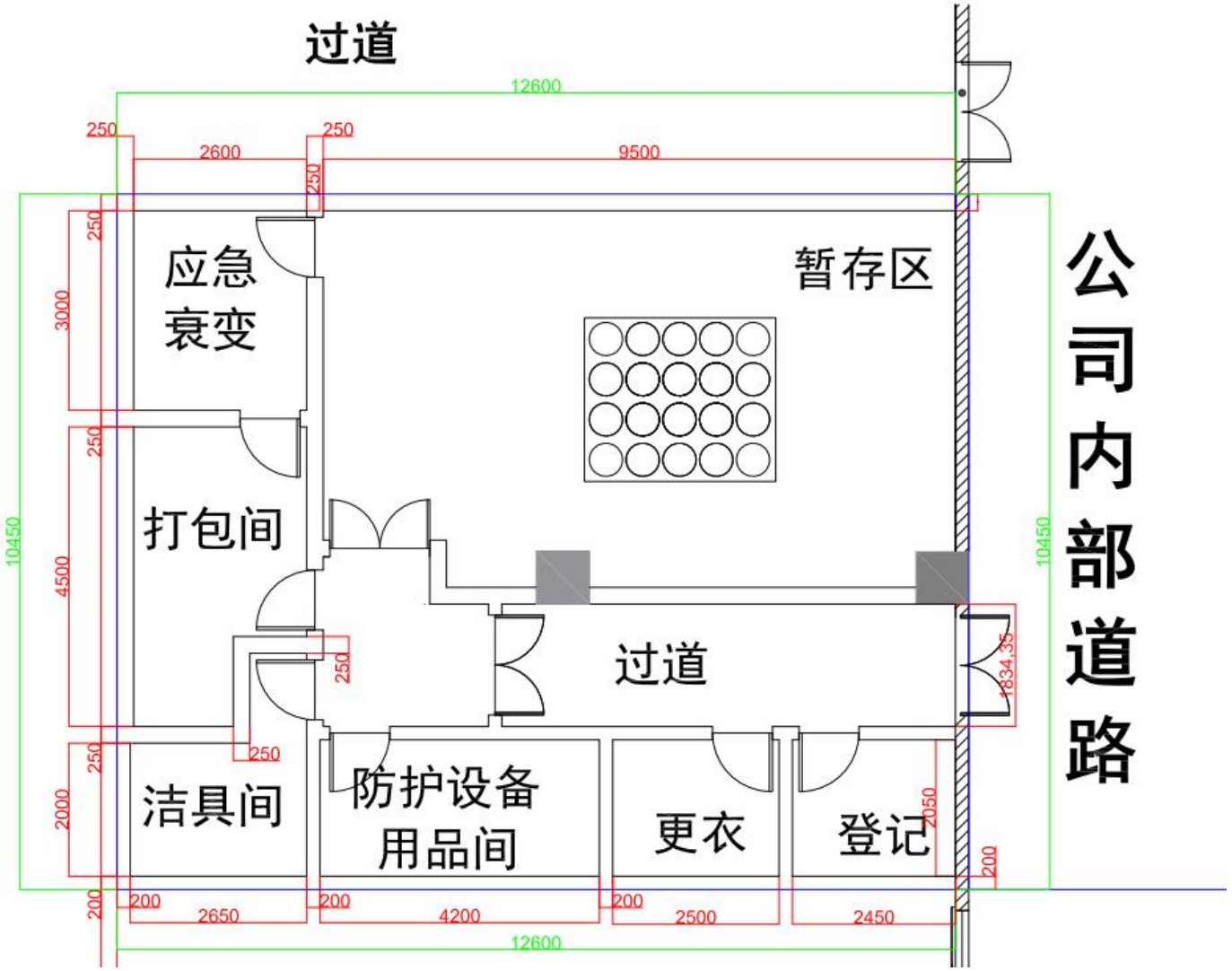
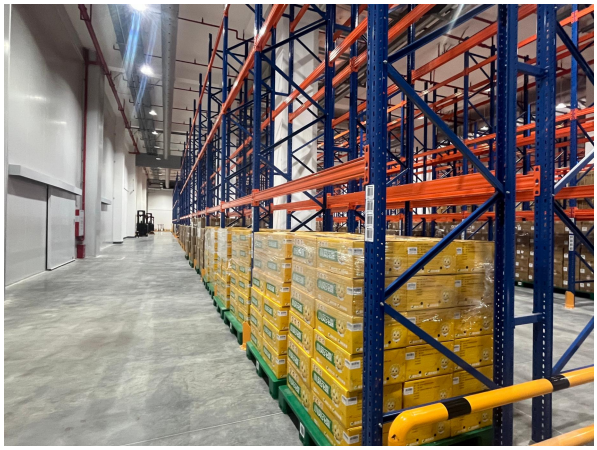


图 1.6-5 福建同春药业股份有限公司放射性药品暂存库平面布置图



药品暂存库现状



暂存库北侧配电室



一期厂房东侧公司内部道路



一期厂房北侧内部道路



一期厂房西侧内部道路



一期厂房南侧内部道路

图 1.6-6 福建同春药业股份有限公司放射性药品暂存库及周边环境现状照片

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	Lu-177	液态 中毒	销售、使用（暂存）	9.25E+10	9.25E+07	7.40E+12	外售后用于放射诊疗	源的贮存	/	放射性药品暂存库
2	Sr-89	液态 中毒	销售、使用（暂存）	7.40E+08	7.40E+05	5.92E+10	外售后用于放射诊疗	源的贮存	/	
3	Y-90	液态 中毒	销售、使用（暂存）	3.70E+09	3.70E+06	1.48E+11	外售后用于放射诊疗	源的贮存	/	
4	I-131	液态 中毒	销售、使用（暂存）	3.70E+11	3.70E+08	3.70E+13	外售后用于放射诊疗	源的贮存	/	
5	Ac-225	液态 极毒	销售、使用（暂存）	1.30E+08	1.30E+07	5.18E+09	外售后用于放射诊疗	源的贮存	/	
6	Ra-223	液态 极毒	销售、使用（暂存）	3.70E+09	3.70E+08	1.48E+11	外售后用于放射诊疗	源的贮存	/	
7	Zr-89	液态	销售、使用（暂	7.40E+09	7.40E+06	2.96E+11	外售后用于放	源的贮存	/	

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
		中毒	存）				射诊疗			
8	P-32	液态中毒	销售、使用（暂存）	1.85E+10	1.85E+07	1.48E+12	外售后用于放射诊疗	源的贮存	/	
9	Th-227	液态极毒	销售、使用（暂存）	3.70E+09	3.70E+08	2.96E+11	外售后用于放射诊疗	源的贮存	/	
10	I-125（粒子源）	固态中毒	销售、使用（暂存）	4.63E+09	9.26E+06	4.63E+11	外售后用于放射诊疗	源的贮存	/	
11	Tl-201	液态中毒	销售、使用（暂存）	2.78E+10	2.78E+07	1.11E+12	外售后用于放射诊疗	源的贮存	/	

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

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5　废弃物（重点是放射性废弃物）

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
废活性炭	固态	Lu-177、Tl-201、Zr-89、Ac-225、I-131、P-32、Ra-223、Sr-89、Th-227、I-125（粒子源）、Y-90	/	/	10kg	/	暂存于应急衰变桶	作为放射性废物委托有资质单位进行处理
正常工况时的手套 事故工况时去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套、防护服等	固态		/	/	/	α表面污染小于 0.08Bq/cm^2 β表面污染小于 0.8Bq/cm^2	暂存于应急衰变桶	放射性固废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，含 I-131 核素暂存超过 180 天，含 Sr-89 核素的暂存超过 505 天、含 Th-227 核素的暂存超过 187 天，含 I-125 核素的暂存超过 595 天，达到清洁解控水平，作为一般废物处理
事故工况时辐射工作人员洗手产生放射性废水	液态		/	/	/	总α不大于 1Bq/L、总β不大于 10Bq/L、I-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L	应急衰变桶暂存	暂存在该应急衰变桶中超过 10 个最长半衰期（含 I-131 核素的暂存超过 180 天、含 Sr-89 核素的暂存超过 505 天、含 Th-227 核素的暂存超过 187 天）后经人工转移送至市政污水处理系统进一步处理
事故工况时气载放射性废物	气态		/	/	/	/	不进行暂存	设置独立的通风系统，经活性炭过滤装置，最后经排气系统排至楼顶室外大气
臭氧和氮氧化物	气态		/	/	/	/		

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/m^3；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/m^3）和活度（Bq）。

表 6　评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 8 月 15 日起施行 （2）《中华人民共和国原子能法》，2026 年 1 月 15 日起施行 （3）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订版），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 18 日起施行 （4）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订），2017 年 7 月 16 日起施行 （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行 （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，自 2021 年 1 月 4 日起施行 （7）《关于发布〈放射性物品分类和名录〉（试行）的公告》，环境保护部公告 2010 年第 31 号，自 2010 年 3 月 18 日起施行 （8）《放射性物品运输安全管理条例》，国务院令第 562 号，2010 年 1 月 1 日起施行 （9）《放射性物品道路运输管理规定》，中华人民共和国交通运输部令第 6 号，自 2011 年 1 月 1 日起施行 （10）《放射性药品管理办法》（2025 年修改），国务院令第 797 号，2025 年 1 月 20 日起施行 （11）《放射性废物安全管理条例》，国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行 （12）《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告，2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行 （13）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行 （14）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环境保护部，环办辐射函〔2016〕430 号，2016 年 3 月 7 日发布 （15）《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日发布

	（16）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行 （17）《产业结构调整指导目录（2024 本）》，2023 年国家发展和改革委员会令第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行 （18）《福建省环保厅关于印发〈核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲〉（试行）的通知》，闽环保辐射〔2013〕10 号，2013 年 3 月 15 日印发 （19）《福建省生态环境保护条例》，福建省第十三届人民代表大会常务委员会第 32 次会议通过，2022 年 5 月 1 日起施行 （20）《福建省生态环境厅关于印发福建省辐射事故应急预案的函》，闽环函〔2020〕22 号，2020 年 9 月 23 日发布 （21）《福州市生态环境局关于印发福州市辐射事故应急预案的函》，榕环保函〔2020〕233 号，2020 年 9 月 27 日发布
技术标准	（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） （2）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1—2016） （3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002） （4）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930—2010） （5）《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）（参考） （6）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）（参考） （7）《放射性物品安全运输规程》（GB 11806—2019） （8）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021） （9）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021） （10）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128—2019） （11）《表面污染测定 第 1 部分：β发射体（$E_{\beta max}$＞0.15MeV）和α发射体》（GB/T 14056.1—2008） （12）《放射性废物管理规定》（GB 14500—2002） （13）《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002—2012）

	（14）《大气污染物综合排放标准》（GB 16297—1996） （15）《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523—2025）
其他	（1）项目委托书 （2）福建同春药业股份有限公司提供的放射性暂存库建筑结构设计图，以及与建设项目相关的技术资料 （3）《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，2015 年） （4）本项目辐射环境现状监测报告、检测单位资质认证证书、检测仪器检定证书、宇宙射线报告

表 7　保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《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）中对评价范围和保护目标的要求，“以项目实体边界为中心，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，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”。

本项目拟建的放射性暂存库属于乙级非密封放射性物质工作场所，因此，本项目取放射性暂存库实体边界外 50m 作为评价范围。评价范围示意图见图 1.6-2。

7.2 保护目标

根据现场调查和图 1.6-2 可知，本项目评价范围内无学校、居民区等环境敏感区域，环境保护目标主要为职业工作人员和公众人员。其中辐射工作人员包括本项目放射性药品工作人员，公众人员包括与本项目无关的同春药业人员和园区其他企业的工作人员。环境保护目标具体情况见表 7.2.1。

表 7.2.1　本项目环境保护目标一览表

保护目标	场所、环境情况	方位	距离 (m)	人员规模（人）	有效剂量约束值
辐射工作人员	放射性药品暂存库内部（包含洁具间、打包室、登记室、更衣室、应急衰变和防护用品间等）	内部	/	2	5mSv/a
公众	北侧过道	北侧	3.1	2	0.1mSv/a
	南侧中间库	南侧	3.1	1	
	西侧中间库	西侧	5.1	1	
	东侧公司内部道路	东侧	5.1	流动	

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值和剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）的相关要求，确定本项目辐射工作人员和公众人员的年剂量限值，以及结合本项目特点并遵循辐射防护最优化原则建议的年剂量约束值，具体见表 7.3.1。

表 7.3.1　本项目年剂量限值和剂量约束值　单位：mSv/a

分类	GB 18871—2002 剂量限值	本项目剂量约束值
职业照射有效剂量	20	5
公众照射有效剂量	1	0.1

7.3.2 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）的相关要求，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者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。

6.4.1.2 确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围。

6.4.1.3 对于范围比较大的控制区，如果其中的照射或污染水平在不同的局部变化较大，需要实施不同的专门防护手段或安全措施，则可根据需要再划分出不同的子区，以方便管理。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者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

7.3.3 辐射工作场所分级

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）的规定，将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲级、乙级和丙级。非密封放射性物质工作场所的分级应按附录 C（GB 18871—2002 的附录 C）的规定进行。

C1 应按表 7.3.2 将非密封放射性物质工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7.3.2　非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4\times10^9$
乙	2×10^7~4×10^9
丙	豁免活度值以上～2×10^7

C2 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）与核素毒性组别修正因子的乘积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。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表 7.3.3 和表 7.3.4。

表 7.3.3　放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	常用核素名称	毒性组别修正因子
极毒	Ac-225、Ra-223、Th-227	10
中毒	Lu-177、Tl-201、Zr-89、I-131、P-32、Sr-89、I-125（粒子源）、Y-90	0.1

表 7.3.4　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

注：本项目为放射性药品的暂存，不涉及分装等工序，属于“源的贮存”。

7.3.4 工作场所剂量率控制要求

参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）：

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 2.5μSv/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。

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 2.5μSv/h。

综上，本项目非密封放射性物质工作场所控制区屏蔽体外部 30cm 处的剂量率水平参考执行不大于 2.5 μ Sv/h；固体放射性废物收集桶外表面 30cm 处的周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h；同时确保场所及周围的公众和辐射工作人员满足个人剂量限值要求。

7.3.5 工作场所表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）B2.1 规定：工作场所的表面污染控制水平如表 7.3.5 所列。应用这些控制水平时应注意：

a）表 7.3.5 中所列数值系数指表面上固定污染和松散污染的总数。

b）手、皮肤、内衣、工作袜污染时，应及时清洗，尽可能清洗到本底水平。其他表面污染水平超过表 7.3.5 中所列数值时，应采取去污措施。

表 7.3.5　工作场所的放射性表面污染控制水平（单位：Bq/cm²）

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 1)	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	0.4	0.4	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04	0.4
1）该区内的高污染子区除外				

7.3.6 放射性货包分类、分级及要求

根据《放射性物品安全运输规程》（GB 11806—2019）中的相关要求：

6.3 特殊形式放射性物品

6.3.1 特殊形式放射性物品至少应有一维尺寸大于 5mm。

6.3.2 特殊形式放射性物品应具有这样一种性质，或应是这样设计的，即其经受了“附录 C3 特殊形式放射性物品的试验”所规定的试验时，应满足下述要求：

a）在经受“附录 C3 特殊形式放射性物品的试验”所规定的冲击、撞击和挠曲试验时，不会破碎或断裂；

b）在经受“附录 C3 特殊形式放射性物品的试验”所规定的耐热试验时，不会熔化或弥散；

c）在进行附录 C3.2 规定的浸出试验时在水中生成的放射性活度不超过 2kBq；或者对于密封源，在进行 GB/T 15849 中所规定的体积泄漏评估试验时，其泄漏率满足该标准的要求或不会超过有关政府部门认可的其他可适用的验收阈值。

6.3.3 当密封件成为特殊形式放射性物品的组成部分时，应把这种密封件制成仅在将其毁坏时才可被打开。

7.1 货包分类

根据放射性内容物的特性、活度水平、比活度和运输方式对货包进行分类。具体分为：例外货包、工业货包、A 型货包、B（U）型货包、B（M）型货包、C 型货包。此外还有易裂变材料货包和六氟化铀货包。

7.1.3 A 型货包：满足下列条件，盛放放射性物品的货包可被归类为 A 型货包。

7.1.3.1 A 型货包内的放射性活度不大于：

a）A1（对特殊形式放射性物品）；

b）A2（对所有其他放射性物品）。

7.7 A 型货包的附加要求

7.7.1 应将 A 型货包设计成经受“C4.4 验证经受正常运输条件能力的试验”规定的试验后，能防止：

a）放射性内容物的漏失或弥散；

b）货包的任何外表面上的辐射水平提高 20％以上。

7.7.2 设计用来装液体的 A 型货包还应同时满足下列要求：

a）如果该货包经受“附录 C4.5 盛装液体和气体的 A 型货包的附加试验”规定的试验，应防止放射性内容物的漏失或弥散；

b）满足下述两项要求之一：

1）配备足以吸收两倍液体内容物体积的吸收剂。这种吸收剂应置于适当的部位上，以便在发生泄漏事件时能与液体内容物相接触；

2）配备一个由初级的内部包容件和次级的外部包容件组成的包容系统，用以保证即使在初级的内部包容件发生泄漏时仍将液体内容物截留在次级的外部包容件内。

7.7.3 设计用来装气体的货包在经受“附录 C4.5 盛装液体和气体的 A 型货包的附加试验”规定的试验后，应能防止放射性内容物的漏失或弥散。为氚气或惰性气体设计的 A 型货包可不受这种要求的限制。

7.3.7 放射性货包表面剂量率要求

参考《放射性物品安全运输规程》（GB 11806—2019）中 5.3.1 和 5.4 规定：

5.3 辐射水平限值

5.3.1 货包或集合包装的外表面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，在常规运输条件下他们在车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。

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尽可能低的水平上，常规运输条件下，这种污染不得超过下述限值：

1）对β和γ发射体以及低毒性α发射体为 4Bq/cm^2；

2）对所有其他α发射体为 0.4Bq/cm^2。

7.3.8 密闭和通风要求

参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中 6.3 的相关要求：

6.3 密闭和通风要求

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

6.3.5 通风橱应有足够的通风能力。通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。

参照《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）中 5.2 的相关要求：

5.2.3 通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

7.3.9 放射性固体废物管理要求

依据《关于发布《放射性废物分类》的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告，2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日）中第十条规定：

极短寿命放射性废物：废物中所含主要放射性核素的半衰期很短，长寿命放射性核素的活度浓度在解控水平以下，极短寿命放射性核素半衰期一般小于 100 天，通过最多

几年时间的贮存衰变，放射性核素活度浓度即可达到解控水平，实施解控。

参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中 7.2 的相关要求：

7.2.1 固体放射性废物收集

7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。

7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过 20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。

7.2.2 固体放射性废物贮存

7.2.2.1 产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。

7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

7.2.3 固体放射性废物处理

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

a）所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

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

c）含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。根据上述要求，本项目放射性固废需在场所内暂存的最短时间如表 7.3.7。

表 7.3.7　放射性固废中各类放射性核素的最短暂存时间

序号	核素名称	半衰期	最短贮存衰变时间
1	Lu-177	6.70d	67d
2	Sr-89	50.5d	505d
3	Y-90	2.67d	30d
4	I-131	8.02d	180d
5	Ac-225	10.0d	100d
6	Ra-223	11.4d	114d
7	Tl-201	3.04d	30.4d
8	Zr-89	3.27d	32.7d
9	P-32	14.3d	143d
10	Th-227	18.7d	187d
11	I-125（粒子源）	59.5d	595d

7.3.10 气态放射性废物管理

参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中 7.4 相关要求。

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。

7.3.11《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002—2012）

放射源存放场所安全风险等级从高到低依次为一级、二级和三级。分级依据见表 7.3.8 所示。

表 7.3.8　放射源存放场所安全风险分级

级别	分级依据（具备之一）
一级	I 类放射源，但医疗单位使用的 I 类放射源除外。
二级	Ⅱ、Ⅲ类放射源；医疗单位使用的 I 类放射源。
三级	Ⅳ、Ⅴ类放射源；医疗单位使用的Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ类放射源。

本项目暂存库为乙级非密封放射性工作场所。根据《关于发布放射源分类办法的公告》（原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号）的要求“乙级和丙级非密封源工作场所的安全管理参照Ⅱ、Ⅲ类放射源。”，故本项目按二级风险考虑。

按照二级风险防范要求，本项目放射性药品暂存库需满足以下安全防范要求：

① 库房出入口应设置入侵报警装置和视频监控装置，监视及回放图像应能清楚地

辨别进出人员的体貌特征。

② 存放场所（部位）应设置入侵报警装置和视频监控装置，监视及回放图像应能清晰地显示人员的活动状况。

③ 保卫值班室应配备通讯工具并保持 24h 畅通，安装紧急报警装置，出现紧急情况时能人工触发报警。

④ 应设置监控中心，可设在保卫值班室内，监控中心应配备通讯工具，安装紧急报警装置和监控中心设备，出现紧急情况时能人工触发报警，监视及回放图像应能清楚地辨别人员的体貌特征。

⑤ 库房出入口应设置出入口控制装置。

⑥ 库房窗口、通风口应设置入侵报警装置和视频监控装置，监视及回放图像应能清楚地辨别人员的体貌特征。

⑦ 监控中心和保卫值班室宜合用，应为专用工作间。

7.3.12 其他相关环保标准

（1）《大气污染物综合排放标准》（GB 16297—1996）

施工期大气污染物执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297—1996）表 2 中的标准，标准限值见表 7.3.8。

表 7.3.8　大气污染物排放限值（摘录）

序号	污染物	无组织排放浓度限值	
		监控点	浓度（mg/m^3）
1	颗粒物	周界外浓度最高点	1.0

（2）《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523—2025）

项目施工期场界噪声执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523—2025）中表 1 的排放限值，见表 7.3.9。

表 7.3.9　建筑施工场界环境噪声排放限值　单位：dB（A）

昼间	夜间
70	55

表 8　环境质量和辐射现状

为了说明本项目所在区域及周围辐射环境水平，我公司委托长润安测科技有限公司（CMA 资质号：213003100448）于 2026 年 5 月 27 日对项目所在地的辐射环境现状进行监测。

8.1 项目地理位置和场所周边环境

本项目位于福建省福州市仓山区城门镇浚边村浚边 818 号内一期厂房，厂区北侧为空地，南侧为菜地，西侧为福州茉莉花茶仓山产业园，东北侧和东南侧山上分布有零星居民点。

一期厂房四周均为厂区道路，东北侧为职工中心，南侧为二期厂房预留用地。同春公司拟建的放射性药品暂存库位于一期厂房一层东北侧区域。放射性暂存库北侧为过道和立体库，东侧为公司内部道路，西侧为中间库，南侧为中间库，上方为厂房屋顶，下方为地面，无地下一层。项目地理位置及场所位置见图 1.6-1～图 1.6-4。

本项目拟建的放射性药品暂存库与现有公司工作人员无路径重叠，与公司现有的工作场所划分相对独立，无交叉影响，暂存库不毗邻食堂等部门及人员密集区，屏蔽墙体外 50m 评价范围内无学校等环境敏感点，周围辐射环境现状质量良好。

项目地理位置及场所位置见图 1.6-1～图 1.6-4。

8.2 环境现状评价对象、监测因子、监测方法

（1）现状评价的对象：本项目工作场所及周围环境辐射水平。

（2）监测因子：γ辐射剂量率。

（3）监测点位：根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）中有关布点原则和方法，并结合本项目的实际情况，对项目所在辐射工作场所周围布置 10 个监测点位，监测点位见表 8.2.1 和图 8.2-1。

表 8.2.1　本项目γ辐射剂量率背景水平调查点位及检测结果一览表

点位编号	检测点位描述	检测均值（nGy/h）
1#	放射性暂存库	130±1
2#	放射性暂存库北侧	134±1
3#	放射性暂存库南侧	125±1
4#	放射性暂存库东侧	132±1
5#	放射性暂存库西侧	134±1
6#	厂房大门处	109±2

7#	公司西侧福州茉莉花茶仓山产业园	114±2
8#	公司北侧地块	100±1
9#	公司东侧民房	109±2
10#	公司东南侧民房	109±1

注：1、测量时探头距离地面约 1m，每个检测点位测量 10 个数据取平均值，以上检测结果均已扣除宇宙射线响应值 17.2nGy/h；

2、环境γ辐射空气吸收剂量率=$k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times Dc$，仪器检定/校准因子 k_1 为 1.02，仪器检验源效率因子 k_2 取 1，仪器测量读数值均值 R_γ，屏蔽修正因子 k_3 室内按楼房取 0.8、室外按道路取 1。

（4）检测方法及检测仪器

本次监测仪器为 MR-3512 型便携式 X、γ 辐射周围剂量当量率仪，仪器参数见表 8.2.2。

表 8.2.2　监测使用仪器情况表

仪器名称	环境级便携式 X、γ辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	MR-3512 型
设备编号	CR-YQ-160
校准因子	1.02
能量响应	20keV-7MeV
测量范围	10nGy/h~100mGy/h
量值溯源方式	检定
检定单位	北京市计量检测科学研究院
检定证书编号	DD251-CA100506
检定有效日期	2025 年 9 月 11 日—2026 年 9 月 10 日

8.3 质量保证

监测时质量保证措施如下：

（1）监测单位：长润安测科技有限公司（CMA 资质号：213003100448），具备相应的检测资质和检测能力；

（2）监测单位制定有质量体系文件，所有监测行为均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

（3）监测仪器通过检定，检定有效期为 2025 年 9 月 11 日起至 2026 年 9 月 10 日，监测期为 2026 年 5 月 27 日，监测仪器处于有效期内；

（4）测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好，并用检验源对仪器进行校验；

（5）监测布点、监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；

（6）监测现场由专业人员按照操作规程操作监测仪器，并认真做好记录；

（7）检测报告严格实行三级审核制度，经报告编制人、审核人、签发人审核签字后报出。

8.4 监测结果及评价

本项目监测期间评价范围内核技术应用项目均处于运行状态，根据表 8.2.1，本项目周边室内环境（点位 1#～点位 3#、点位 5#）的γ辐射空气吸收剂量率在 125~134nGy/h 之间，周边室外环境（点位 4#、点位 6#～点位 10#）的γ辐射剂量率在 100~132nGy/h 之间。

根据《中国环境天然放射性水平》（2015 年 7 月第 1 版）中，福州市室内扣除宇宙射线响应值后的辐射环境本底范围值为 89.9～231.0nGy/h，室外（含原野及道路）扣除宇宙射线响应值后的辐射环境本底范围值为 30.1～161.7nGy/h。

对比结果显示，本项目工作场所的辐射剂量率处于福州市环境本底范围内。

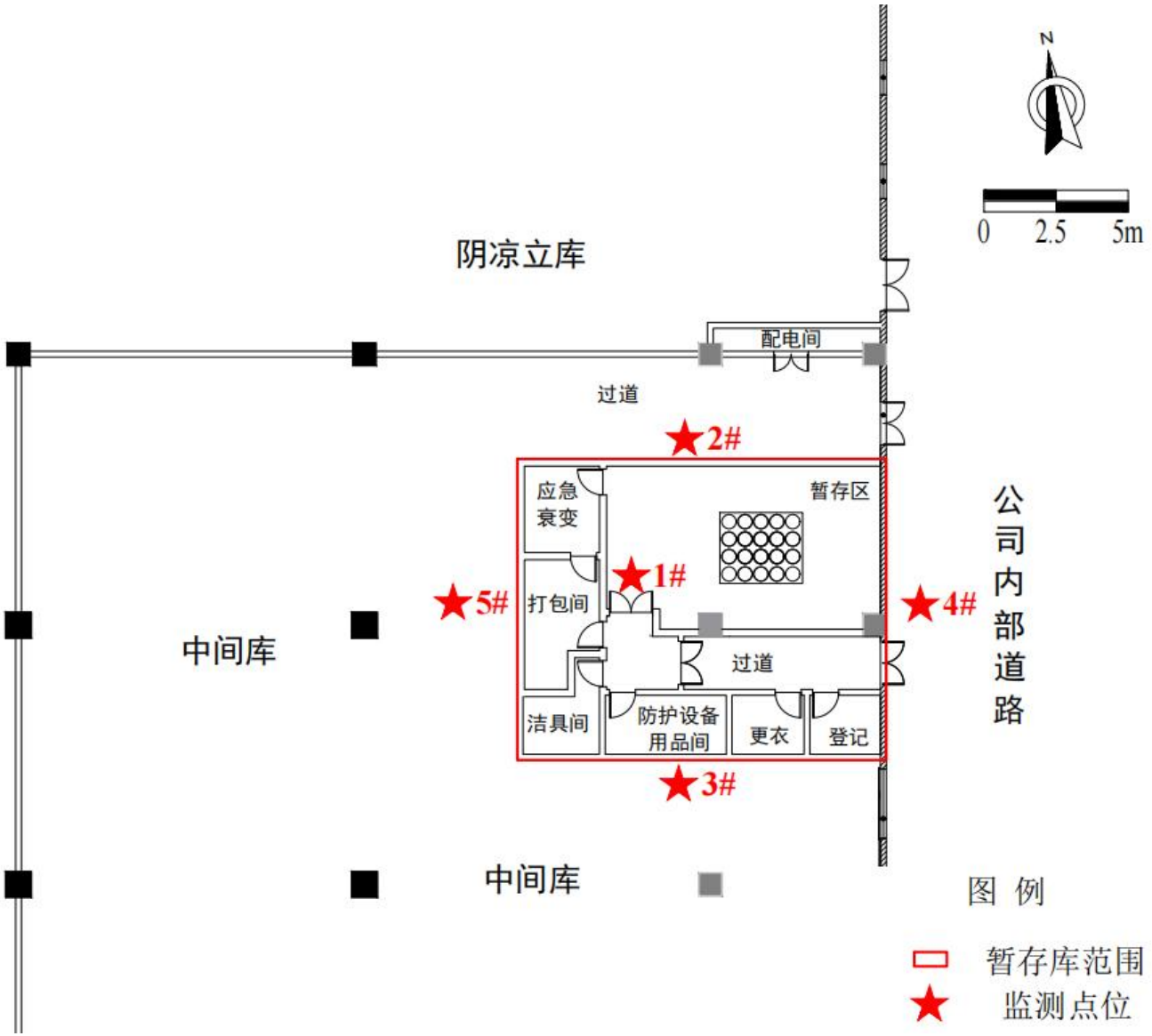


图 8.2-4　同春公司放射性药品暂存库所在一期厂房一层辐射环境监测点位图

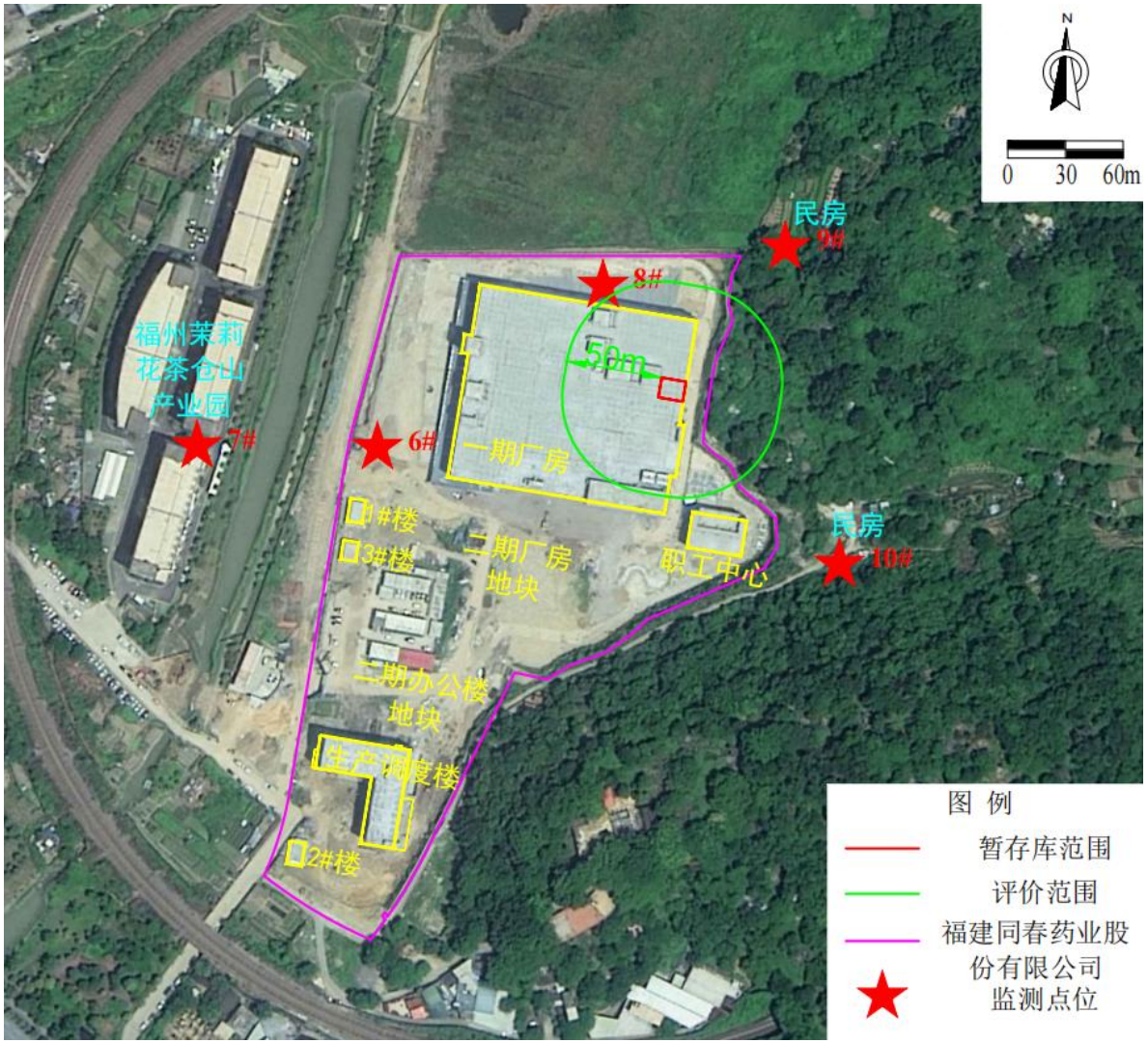


图 8.2-4　同春公司放射性药品暂存库周边辐射环境监测点位图

表 9　项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 放射性药品

福建同春药业股份有限公司拟从生产商采购放射性药品，供应给医院核医学科、科研院所、企事业单位等客户单位。

此类放射性药品由生产商置于专用货包内运输，该货包采用铅或铅复合有机玻璃等屏蔽材料制成，能有效减弱辐射。货包内置盛装药物的西林瓶，通过旋钮与密封圈实现顶盖与罐体的密封，可在西林瓶意外破裂时防止放射性物质泄漏。货包表面贴有注明品名、放射性比活度及装量等信息的标签；运输时，货包进一步置于外包装内。外包装主要由不锈钢桶与泡沫板构成，起到固定与缓冲作用，避免货包晃动，外部贴有商标、标签、说明书及放射性药物标识，并设有锁扣装置以防止意外开启。

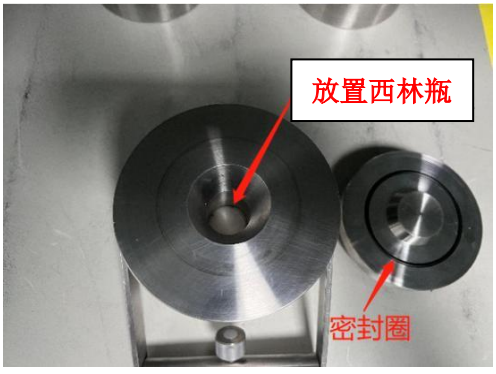
整体而言，放射性核素西林瓶置于屏蔽货包内，货包再固定于具有保护功能的外包装中，双重包装结构显著提升了运输过程中的安全性与封闭性。常见的放射性药品货包和外包装图 9.1-1 所示。



放射性核素货包示意图



放射性核素货包外包装（运输钢桶）示意图



放射性核素货包示意图



放射性核素货包外包装（运输钢桶）示意图

图 9.1-1　常见的放射性药品货包和外包装示意图

表 9.1.1　本项目贮存放射性核素货包参数

序号	核素名称	产品包装材料	常见货包尺寸	包装屏蔽	每个货包的核素最大活度（Bq）
1	Lu-177	西林瓶+铅罐	直径 30cm，高 50cm	40mmPb	1.85E+10
2	Sr-89	西林瓶+铅罐	直径 30cm，高 50cm	40mmPb	7.40E+08
3	Y-90	西林瓶+铅罐	直径 30cm，高 50cm	40mmPb	7.40E+08
4	I-131	西林瓶+铅罐	直径 30cm，高 50cm	40mmPb	1.85E+10
5	Ac-225	西林瓶+铅罐	直径 30cm，高 50cm	40mmPb	2.59E+07
6	Ra-223	西林瓶+铅罐	直径 30cm，高 50cm	40mmPb	7.40E+08
7	Zr-89	西林瓶+铅罐	直径 30cm，高 50cm	40mmPb	1.48E+09
8	P-32	西林瓶+铅罐	直径 30cm，高 50cm	40mmPb	3.70E+09
9	Th-227	西林瓶+铅罐	直径 30cm，高 50cm	40mmPb	7.40E+08
10	I-125（粒子源）	西林瓶+铅罐	直径 30cm，高 50cm	40mmPb	4.63E+09
11	Tl-201	西林瓶+铅罐	直径 30cm，高 50cm	40mmPb	2.78E+10

9.1.2 工作流程及产污环节

本项目的销售对象主要为下游医院核医学科、科研院所、企事业单位等客户单位，在销售人员收到客户的需求订单后，福建同春药业股份有限公司从生产商采购的放射性药品，由生产商运送至拟建的放射性药品暂存库，经暂存库工作人员核实无误后临时贮存于暂存库中，发货时根据客户需求，由暂存库工作人员负责货包的检查及出库，确认无误后将货包交给配送人员，货包送达后由客户单位的收货人员在“货物签收单”上签字确认。

本项目放射性核素由生产商委托有资质的单位将其运输至本项目的放射性药品暂存库内，同春药业委托有资质单位将所需核素从暂存库运输至客户处，整个过程同春药业仅提供放射性药品暂存库对放射性药品进行暂存，货包外包装始终维持出厂状态，不涉及对放射性核素进行拆封分装。

综上，本项目涉及的主要工作流程可分为：放射性核素货包入库、放射性核素货包出库以及其中涉及的货包销售等环节。

（1）放射性核素货包入库

放射性核素货包由生产商委托有资质单位进行运输，并由同春药业的相关人员提出申请在放射性药品暂存库内暂存：

1）由运输货包的相关人员提前填写货包入库申请，经同春药业主管人员批准后交由放射性药品暂存库工作人员，由暂存库工作人员和运输人员确认货包送达的时间，根据暂存库的实际情况，提前安排好货包的存放位置；

2）运输人员将货包运送至生产厂房货物出入口处，运送至暂存库的打包间内；

3）每次入库工作由 2 名辐射工作人员负责，辐射工作人员佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪，携带 X-γ辐射剂量率仪和α/β表面沾污仪后开展现场工作，运输人员将放射性核素货包送至打包间后，由暂存库工作人员核对入库申请表并核实送源人员身份，并和运输人员共同清点核对货包信息，确认信息无误后，辐射工作人员对放射性核素货包表面进行表面剂量率水平和表面污染水平监测后，确认满足货包要求，并进行记录；

4）暂存库工作人员佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪，将放射性核素货包转移至事先安排好的存放位置，完成入库后将暂存区上锁，暂存库工作人员和运输人员按照要求填写入库记录，并将暂存库大门上锁（双人双锁）。

货包入库的流程及产污环节详见图 9.1-2。

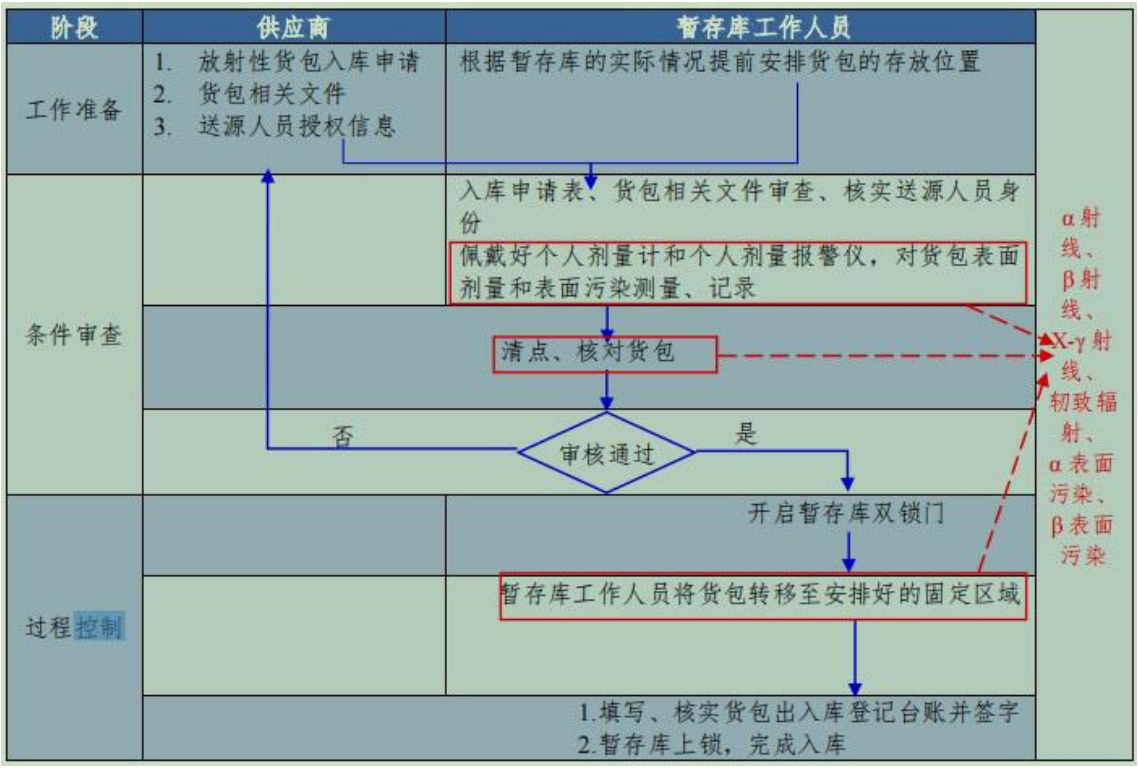


图 9.1-2　货包入库流程及产污环节

（2）放射性核素货包出库

1）放射性核素货包出库后的运输工作由同春药业委托有资质单位进行运输，负责放射性核素货包的运输工作。

2）运输公司的运输人员与使用方确定好具体出库日期后，提前填写货包出库申请，交由福建同春药业股份有限公司的主管人员审核签字；

3）审核完成以后，运输人员出示出库申请等信息，到放射性暂存库打包间内等候；

4）每次出库工作由 2 名辐射工作人员负责，辐射工作人员佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪、携带 X-γ辐射剂量率仪和α/β表面沾污仪开展现场工作；由辐射工作人员核对出库申请表并核实货包领用授权人身份，并在放射性核素货包出库登记表上进行登记；确认信息无误后，由暂存库工作人员进入暂存区内领取货包，取出后在打包间内对货包表面进行表面剂量率水平和表面污染水平监测，确认放射性核素货包是否完好无损、辐射水平是否在正常范围内，将监测结果填入监测报告；确认无误后，将放射性核素货包附上监测报告一并交由运输人员；（若监测发现货包破损或泄漏则立即组织在场人员撤离并封锁打包间，辐射工作人员穿戴好防护用品进入场所内进行事故清理，直至满足要求，清理过程中产生的放射性固废存放在放射性废物桶内妥善收集贮存）；

5）暂存库工作人员以及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，货包的运输管理均由同春药业委托的资质单位负责。运输人员按照申请表核准时间，将货包按时运出公司并妥善保管。货包出库流程及产污环节详见图 9.1-3。

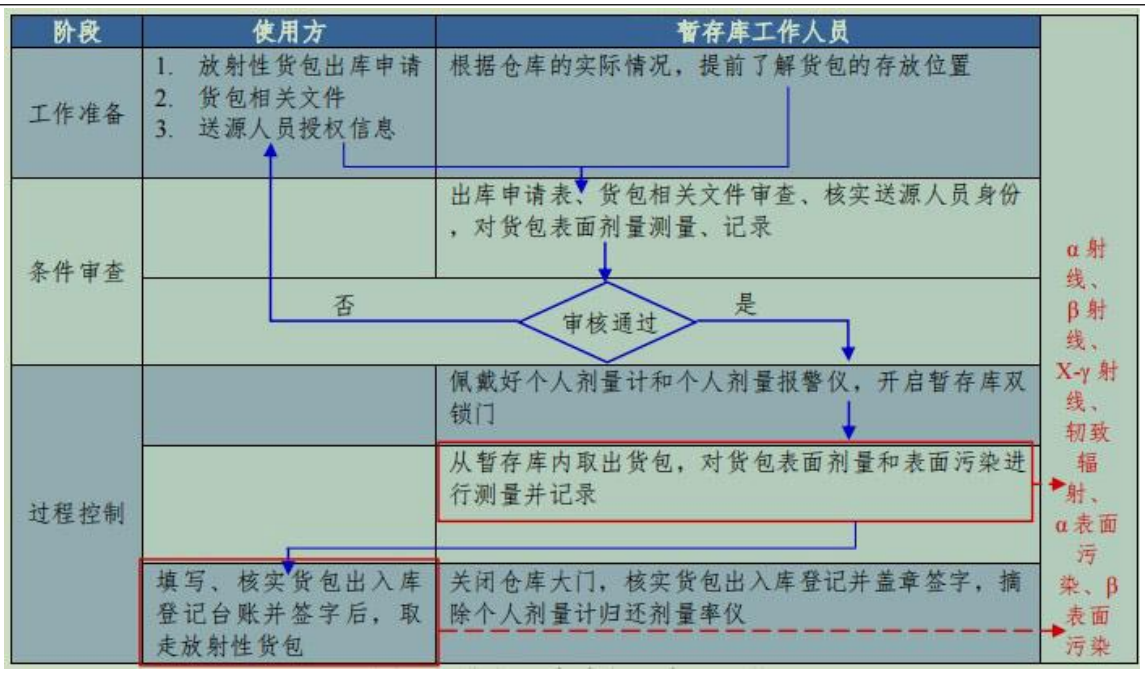


图 9.1-3　货包出库流程及产污环节

（3）销售流程

1）需购买核素且资质符合的客户必须先与公司签署相关协议，办理相关审批文件后，方可按审批要求进行销售。

2）需求计划由销售部下发并从其他单位采购放射性核素货包。

3）销售人员要按照岗位职责和分工认真做好各种记录和档案保管工作。

4）销售人员配合协助客户办理放射性核素货包转让审批工作。

5）公司只向持有相应《辐射安全许可证》并成功办理转让审批手续、所有资质均在有效期内的客户销售放射性核素。坚决不向无资质、手续不全的客户销售任何放射性核素。

6）公司对客户实行客户管理制度，对购买记录和客户的资质进行备案，对其负责人、转让审批活度量、审批有效期均做详细备案，并随时关注，资质到期前 30 日通知客户及时办理相关手续。否则，将停止为其提供购买服务。

9.1.2 人流物流路径

（1）人流路径

辐射工作人员在当天工作开始前由东侧暂存库大门通过门禁进入放射性药品暂存库，进入后前往更衣间，更换工作服后，在打包间进行放射性核素货包的监测以及出入库登记。退出时，在打包间内进行表面污染监测，确认无污染后原路退出暂存库。

（2）放射性核素货包物流

放射性核素货包由运输单位运送至厂房的货物进出口处，由运输工作人员使用推车将放射性核素货包运送至暂存库，穿过走廊运送至同春药业暂存库的打包间内，在打包间内进行表面剂量率水平和表面污染水平的监测，监测合格后由同春药业暂存库工作人员利用小推车运送至暂存区内事前安排好的指定位置存放。放射性核素货包出库前，由同春药业暂存库工作人员使用小推车运至打包间内，在打包间内进行表面污染监测和表面剂量率监测，监测合格后交由运输工作人员运输至货物出入口，装货运送至客户处。

（3）放射性废物物流

本项目的放射性废物主要产生于事故工况下的去污环节，废物产生量相对较小。去污产生的放射性废物收集于应急衰变间的放射性废物桶内，具体废物产生情况及最终去向见“表 5 废弃物”章节。产生的放射性废物定期经由货物出口运出厂房。

本项目人流、物流流线见图 9.1-4。由上述人员路径和物流路径可知，本项目能够有效避免公众受到不必要的外照射，路径规划合理。

9.1.3 劳动定员及工作制度

根据建设单位提供的资料，本项目拟配置 2 名辐射工作人员，负责放射性核素的接收、贮存、销售及库房管理等工作。

工作制度：每年工作 250 天，每天 1 班，每班 2 名辐射工作人员在岗。

工作内容：主要分为货包的搬运、货包的出入库检测和日常巡检三部分。

（1）本项目按照保守情况考虑，每日最多有 20 个货包出入库，货包入库搬运时间共需 10min，货包出库搬运时间共需 10min，故每天搬运的最大操作时间为 20min，按每年工作日为 250 天，每年累计时间为 83.33h。

（2）货包的出入库检测的核实过程很短，按照保守情况估算，单个货包每次操作时间最多 1min。本项目暂存库每天最大贮存 20 个货包，保守考虑每天有 20 个货包出入库，故每天最大操作时间为 40min，按每年工作日为 250 天，每年累计时间为 166.67h。

（3）暂存库日常巡检按照每日操作 30min 来保守估算，每年累计时间为 125h。

9.2 污染源项描述

9.2.1 建设阶段的污染源项

本项目拟建的放射性暂存库建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性废

气，主要是施工时产生的噪声、废水、固废等。拟建暂存库位于一期厂房一层，厂房主体建筑已完工，只需进行墙体改造、装修等作业，工程量相对较小，没有大型机械设备进入施工场地。施工人员较少，施工工期短。只要合理安排施工秩序和施工时间，本项目对周围敏感点的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随之结束。

（1）噪声

本项目施工期的噪声来源主要是墙体改造、装修电钻作业。噪声值一般在 65~105dB（A）之间，施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的结束而结束。

（2）废气

本项目建设阶段的环境空气影响主要是扬尘，主要有墙体建设及施工等活动产生。本项目的工程量较小，产生的扬尘量很小。

（3）废水

施工期的废水主要来自两个方面：一是施工废水，二是施工人员的生活污水。本项目施工期约为 2 个月，所需施工人员约 5 人，根据《建筑给水排水设计标准》（GB 50015—2019），按每人每天用水 80L 计算，则施工期总用水量 24t（0.4t/d），污水排放量按用水量的 90%计算，则施工期间生活污水总排放量为 21.6t。

（4）固废

本项目施工期间产生的固体废物主要有施工人员的生活垃圾，设备废包装和建筑垃圾等。施工期间施工人员按 5 人计，生活垃圾量按 0.5kg/人·d 计算，则施工期内产生生活垃圾约 150kg（0.25kg/d），这部分垃圾收集后由环卫部门清运处理。设备包装主要为纸箱、泡沫等，这些固体废物可回收部分应予以回收，其余部分应进入垃圾填埋场处理。工程施工期间会产生砖头、钢筋等建筑垃圾，这部分垃圾可利用部分应予以回收利用，不可利用部分交由环卫部门清运。

9.2.2 运行阶段污染源项

（1）正常工况下的污染源项

本项目暂存库主要是放射性核素货包出入库及暂存期间会产生α、β和γ射线。由于本项目仅为暂存货包和销售，暂存到发货时间后由同春药业委托第三方运输公司进行运输，不进行货包拆包操作，因此正常工况下，本项目运行主要是核素衰变产生的γ射线以及轫致辐射对辐射工作人员以及周围公众产生的辐射影响。

本项目涉及的放射性核素主要参数见表 9.2.1。

表 9.2.1　本项目放射性药品暂存库暂存核素的相关属性

序号	核素名称	状态	毒性级别	半衰期	衰变方式	主要射线和能量（MeV）
1	Lu-177	液态	中毒	6.70d	β^-、γ	β:0.497、γ:0.2084
2	Sr-89	液态	中毒	50.5d	β^-	β:1.492
3	Y-90	液态	中毒	2.67d	β^-	β:2.274
4	I-131	液态	中毒	8.02d	β^-、γ	β:0.606、γ:0.014、0.122、0.136
5	Ac-225	液态	极毒	10.0d	α、γ	α:5.793、5.830 γ:0.100
6	Ra-223	液态	极毒	11.4d	α、γ	α:5.7474、6.7164、5.6076、γ:0.2696
7	Zr-89	液态	中毒	3.27d	β^+、γ	β:0.9、γ:0.915、1.71
8	P-32	液态	中毒	14.3d	β^-	β:1.71
9	Th-227	液态	极毒	18.7d	α、γ	α:5.7474
10	I-125（粒子源）	液态	中毒	59.5d	γ	γ:0.035
11	Tl-201	液态	中毒	3.04d	γ	γ:0.135

由“表 9.2.1 放射性药品暂存库暂存核素的相关属性”和本项目工艺流程可知，正常工况下，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、X射线、韧致辐射，本项目正常工况下不产生放射性废气、废液。

① α射线

本项目贮存 Ac-225、Ra-223 和 Th-227 过程中会产生α射线，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。

② β射线

本项目贮存 Lu-177、I-131、P-32、Sr-89、Y-90 和 Zr-89 过程中会产生β射线，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。

③ γ射线

本项目贮存核素过程中会产生γ射线，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。

④ 韧致辐射

本项目贮存放射性核素的β粒子穿过周围物质时将产生韧致辐射。

⑤ 放射性固体废物

本项目辐射工作人员进行核素货包暂存作业过程均要求穿戴工作防护服和防护手套，离开工作场所前对工作服、工作鞋及手部表面污染监测后脱掉防护手套，不产生放射性固体废物。拟暂存的放射性核素均根据使用方的订购时间与订购量进行暂存及发货，不存在过期回收的情况。

⑥ 放射性废水

辐射工作人员均须经表面污染监测，确认无污染后方可离开，正常工况下不产生洗手、冲洗等放射性废水。

⑦ 非放射性废气

X、γ射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气。

⑧ 非放射性废水

本项目主要产生的非放射性废水主要来源于本项目辐射工作人员的生活污水。工作人员非出入库时间，在公司内办公，生活污水依托公司化粪池处理后排入市政污水管网，工作人员的废水产生量已纳入同春药业用排水考虑，本报告不再单独核算。

⑨ 非放射性固体废物

工作人员非出入库时间，在同春药业办公，运行产生的生活垃圾较少，本报告不再单独核算。生活垃圾依托厂房内的生活垃圾收运系统，交环卫部门处理。

（2）事故工况下的污染源项

① 放射性废气

本项目在事故工况下，如放射性核素货包在出入库过程中发生跌落、碰撞，导致放射性核素泼洒、I-131 等挥发性核素将产生少量的放射性废气。事故工况下利用场所的排风系统，经通风系统内的活性炭吸附后于生产厂房楼顶高度排放。

② 放射性废水

本项目放射性药品暂存库控制区和监督区保洁分开进行，相互不交叉。保洁工作由辐射工作人员轮值负责，遵从“定点定清洁”的原则。Lu-177、Y-90 等放射性核素为液态，事故状态时若发生意外泼洒则以局部清洁为主，清洁采用无水清洁方式，工作人员采用无水酒精或去污剂，利用一次性抹布或拖布对地面或台面进行清洁，一次性抹布或拖布纳入放射性固体废物进行管理。此外，由于辐射工作人员进入放射性核素暂存库控制区需更衣，穿戴工作服和工作鞋，且每日工作结束后，工作人员对工作台面、地面等需进行表污监测，如发现表面污染则进行去污，此时产生的一次性抹布或拖布量，均纳入放射性废物进行管理。

因此，放射性废水主要来自事故状态时辐射工作人员的应急清洗废水。本项目在洁具间内设有应急洗手池，设有供水管路但不设置排水管路，应急清洗产生的废水通过专用收集桶进行收集，废水产生量按 20L/人·次考虑，收集在应急衰变桶暂存，在该应急

衰变桶中超过 10 个最长半衰期（含 I-131 核素的暂存超过 180 天、含 Sr-89 核素的暂存超过 505 天、含 Th-227 核素的暂存超过 187 天）后经人工转移送至市政污水处理系统进一步处理。本项目拟销售和暂存的放射性核素中 I-125（粒子源）为固态，发生意外泼洒后，不产生放射性液体，事故状态时产生的放射性废水中不涉及 I-125（粒子源）。

③放射性固废

本项目放射性固体废物主要是事故状态时去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套、防护服等，其产生量大约为 1kg/次，放射性固废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，含 I-131 核素暂存超过 180 天，含 Sr-89 核素的暂存超过 505 天、含 Th-227 核素的暂存超过 187 天，含 I-125 核素的暂存超过 595 天，达到清洁解控水平，作为一般废物处理。

放射性废气处理系统采用活性炭吸附，根据其他公司已建同类设施的运行情况可知，活性炭定期更换，废气处理的活性炭吸附设施共 1 个，每次装填的活性炭滤网共重约 5kg，则废活性炭产生约 10kg/a。更换后的废活性炭作为放射性废物委托有资质单位进行处理。

④ 表面污染

放射性核素货包发生泄漏泼洒事故时，不可避免地会引起墙壁、地面等放射性沾污，从而造成α、β表面污染。在进行事故处理时，辐射工作人员也可能通过伤口接触或是沾染的身体部位碰到食物并食用而受到放射性物质表面玷污，从而导致人员受到吸入内照射。

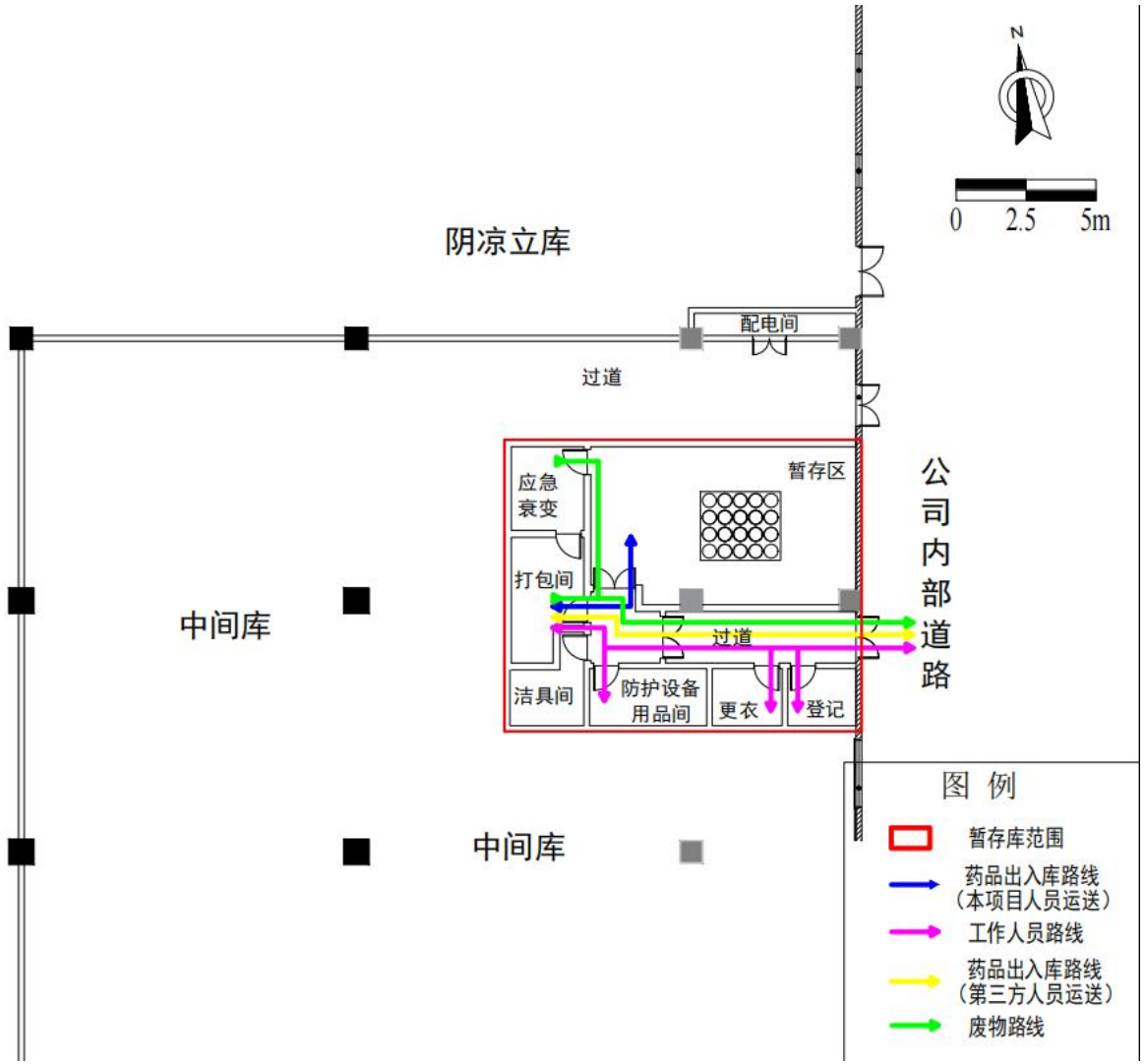

N
0
2.5
5m
阴凉立库
配电间
过道
暂存区
应急
衰变
打包间
中间库
过道
公
司
内
部
道
路
洁具间
防护设备
用品间
更衣
登记
中间库
图 例
暂存库范围
药品出入库路线
（本项目人员运送）
工作人员路线
药品出入库路线
（第三方人员运送）
废物路线

图 9.1-4　暂存库路径图

表 10　辐射安全与防护

10.1 工作场所布局和分区

10.1.1 工作场所布局

本项目位于福建省福州市仓山区城门镇浚边村浚边 818 号一期厂房。本次拟建的放射性药品暂存库位于厂房内。

本项目工作场所的布局结合放射性药品出入库路径布置，分别设有登记间、更衣间、防护设备用品间、洁具间、打包间、暂存区和应急衰变间。本项目设计了单一通道来控制辐射源（放射性药品、放射性废物）的转运活动，使运送通道相对短捷，便于放射性药品和放射性废物运送和处理。

暂存区域整体方正，面积约 51.7m^2，任意时间内货包最大暂存数量为 20 个，按照每个货包占地 0.2m^2 计算，暂存货包所需面积为 0.2×20=4.0m^2，货包入库后直接放置于地面，暂存区面积可满足暂存需求。

本项目的辐射工作人员在当天工作开始前，由暂存库东侧大门进入场所内，工作结束后原路返回；放射性核素货包利用小推车从东侧大门运输出入库。

本项目放射性药品暂存库工作场所布局集中、各功能用房布局分区明确，不相互穿插、干扰，场所利用实心砖墙进行物理隔离，避免对相邻区域造成污染；在暂存库出入口设置门禁系统，工作人员通过门禁进入场所内，进行货包登记及出入库工作，结束后通过打包间退出场所外。根据现有场所布局，场所周边无办公室、生产车间等人员长期居留场所。从环境保护和辐射安全与防护的角度来看，该项目放射性药品暂存库的平面布局是合理的。

10.1.2 工作场所分区

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）中的要求，对本项目相关区域进行辐射分区管理：

（1）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；

（2）通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域分为监督区。

结合本项目辐射防护以及环境情况的特点，将放射性药品暂存库划分为控制区与监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制，控制区进出口拟设实体边界，并安装电子

门禁系统，进出口及内部适当位置张贴醒目的电离辐射警告标志，且标志图形、颜色、字体等均按照 GB 18871—2002 规定要求设置，工作区内设置可视化监控系统，禁止无关人员进入工作场所。本项目具体的辐射防护分区划分见表 10.1.1 和图 10.1-2。

表 10.1.1　本项目辐射工作场所分区

场所	控制区	监督区
放射性药品暂存库	暂存区、应急衰变间、洁具间、打包间等区域	四周紧邻区域包括过道、登记间、更衣间、防护设备用品间、通道，暂存库东侧和北侧墙体外 30cm 处等区域

本项目放射性药品暂存库监督区、控制区划分明确、独立，设置合理，满足辐射防护管理和职业照射控制要求。

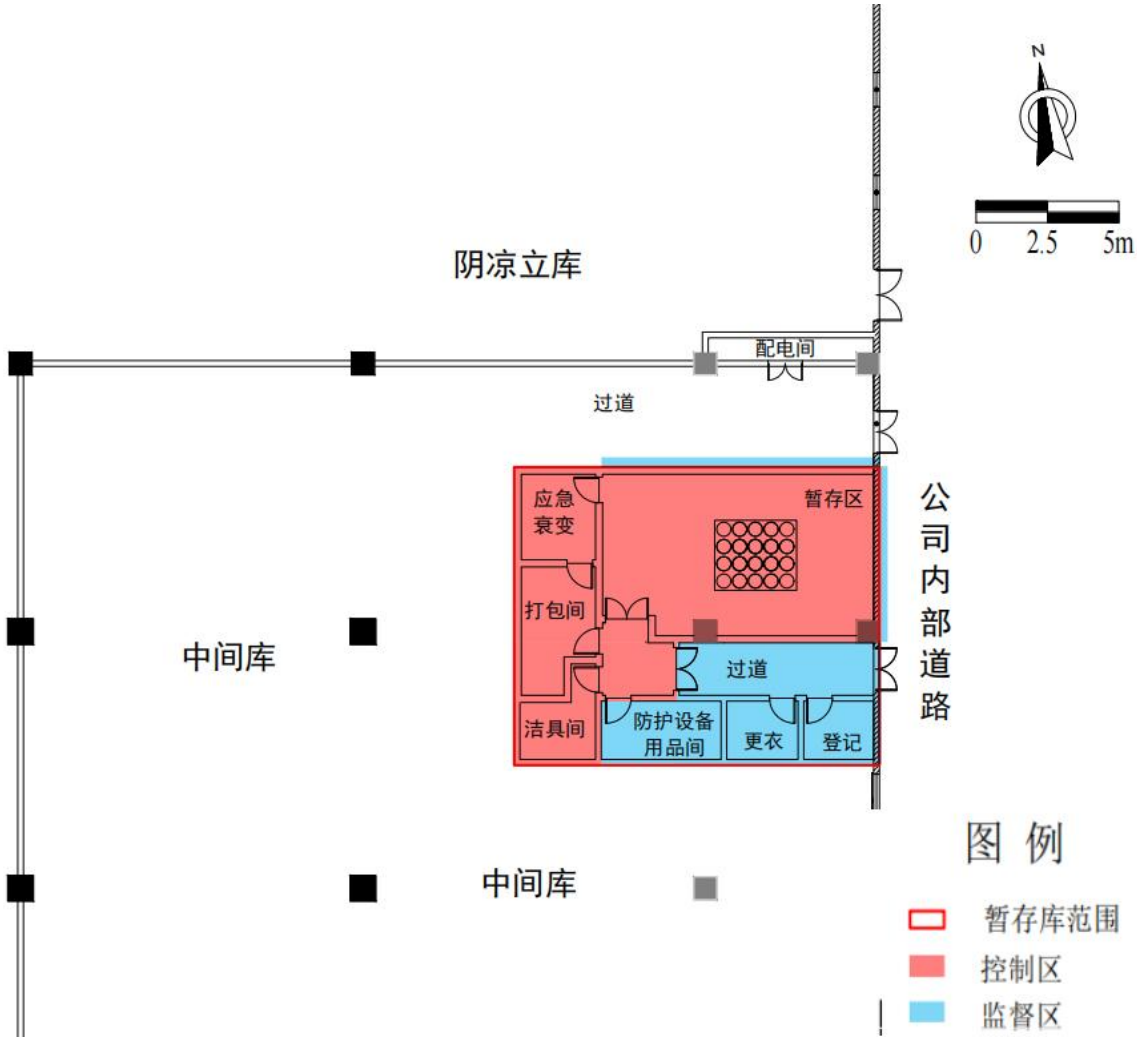


图 10.1-2　放射性药品暂存库分区示意图

10.1.3 工作场所分级

根据《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 号文）的相关要求，同春药业放射性药品暂存库具有独立、明确的监督区和控制区、转运流程连续完整，且设有独立的辐射防护措施，可作为一个单独场所进行日等效操作量核算。

根据国家《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）附录 C 非密封源工作场所的分级规定，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。由此通过查阅相关核素毒性组别修正因子、操作方式修正因子，估算本项目非密封放射性物质的日等效操作量，详见表 10.1.2。

表 10.1.2　本项目非密封放射性物质日等效最大操作量计算

序号	核素名称	核素状态	包装情况				日等效最大使用（贮存）量(Bq)
			单个货包规格（Bq）	尺寸（直径）	最大贮存货包数量（个）	最大贮存货包活度(Bq)	
1	Lu-177	液态	1.85E+10	1cm 西林瓶	5	9.25E+10	9.25E+07
2	Sr-89	液态	7.40E+08	1cm 西林瓶	1	7.40E+08	7.40E+05
3	Y-90	液态	7.40E+08	1cm 西林瓶	5	3.70E+09	3.70E+06
4	I-131	液态	1.85E+10	1cm 西林瓶	20	3.70E+11	3.70E+08
5	Ac-225	液态	2.59E+07	1cm 西林瓶	5	1.30E+08	1.30E+07
6	Ra-223	液态	7.40E+08	1cm 西林瓶	5	3.70E+09	3.70E+08
7	Zr-89	液态	1.48E+09	1cm 西林瓶	5	7.40E+09	7.40E+06
8	P-32	液态	3.70E+09	1cm 西林瓶	5	1.85E+10	1.85E+07
9	Th-227	液态	7.40E+08	1cm 西林瓶	5	3.70E+09	3.70E+08
10	I-125（粒子源）	固态	4.63E+09	1cm 西林瓶	20	9.26E+10	9.26E+06
11	Tl-201	液态	2.78E+10	1cm 西林瓶	10	2.78E+11	2.78E+08

本项目放射性药品暂存库每天同时存放货包最大数量 20 个，具体存储情况根据客户需求和药品供应情况确定，但根据建设单位介绍，每种药物同时最大储量不超过表 1.2.2 所列“最大贮存货包数量，因此，在暂存库装满情况下，当贮存货包为 20 个 I-125（粒子源）货包时，场所非密封放射性物质日等效最大操作量值最小为 9.26E+06Bq；当贮存货包组合为 5 个 Th-227 货包、5 个 Lu-177 货包、5 个 I-131 和 5 个 Ra-223 货包（也可以为 5 个 Th-227 货包、10 个 I-131 货包和 5 个 Ra-223 货包）时，场所非密封放射性物质日等效最大操作量值最大为 9.25E+08Bq，因此，暂存仓库非密封放射性物质日等效最大操作量在 9.26E+06~9.25E+08Bq 之间；根据《电离辐射防护与辐射源安全基

本标准》（GB 18871—2002）中的规定，确定本项目放射性药品暂存库属于乙级非密封放射性物质工作场所。

10.2 工作场所辐射安全和防护

10.2.1 辐射防护措施

（1）辐射防护屏蔽设计

本项目放射性药品暂存库主要针对放射性药品暂存区、应急衰变间和打包间采取辐射防护屏蔽设计，四周墙体、顶棚和地面屏蔽材料及厚度情况详见表 10.2.1。

表 10.2.1　本项目放射性药品暂存库辐射工作场所屏蔽防护设计一览表

工作场所	辐射屏蔽防护材料及厚度	使用面积
放射性药品暂存区	四周墙体：230mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡水泥	约 51.7m³
	顶棚：100mm 混凝土+2mmPb 硫酸钡水泥	
	地面：100mm 混凝土	
应急衰变间	四周墙体：230mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡水泥	约 8.55m³
	顶棚：100mm 混凝土+2mmPb 硫酸钡水泥	
	地面：100mm 混凝土	
打包间	四周墙体：230mm 实心砖+2mmPb 硫酸钡水泥	约 10.1m³
	顶棚：100mm 混凝土+2mmPb 硫酸钡水泥	
	地面：100mm 混凝土	

注：其中屏蔽材料密度：混凝土ρ=2.35g/cm³、砖ρ=1.65g/cm³

（2）辐射安全措施

1）本项目放射性药品暂存库场所实行严格的分区管理，张贴控制区和监督区的分区标识，同时在地面醒目位置处张贴货物、人员的导向标识，指示在工作场所的活动路径，地面采用抗渗混凝土，防止放射性药品泄漏后渗漏进土层；

2）在放射性药品暂存库出入口张贴电离辐射警告标志及中文警示说明，在放射性废物桶上张贴电离辐射警告标志，标志应符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）的要求；

3）拟在放射性药品暂存库内设置固定式剂量率探头开展常规检测，显示屏设置在登记室（1 个显示屏，3 个剂量探头），探头分别安装在暂存区入口处、应急衰变间、打包间，当剂量率超过设定阈值（本环评建议初始设置 2.5μSv/h，建议后期根据正常贮存状态下的实测值进行优化调整）时，考虑是否有药物泄漏发生，并由辐射工作人员进行处置。

4）拟为放射性药品暂存区设置防盗门，采用双人双锁，设专人保管防盗门钥匙，

仅当 2 名工作人员同时在场时，方可打开大门，进入暂存区；

5）拟在放射性暂存库的出入口设置门禁系统，采用人脸识别门禁系统，限制无关人员随意进入；

6）拟在放射性药品暂存库的出入口内外、暂存区、通道、登记室、打包间、应急衰变间设置视频监控设备；

7）拟将放射性暂存库防盗门加装入侵报警系统，入侵报警系统与视频安防监控、出入口控制等装置联动；

8）拟在放射性药品暂存库内放置灭火器，能在发生火灾初期起到控制作用。

9）放射性药品暂存库墙面、地面拟采用光滑饰面无缝隙，地面与相邻墙采用圆滑式连接、易去污、易清洗；放射性药品暂存库内设有应急清洗池。

10）当放射性核素的货包运送到建设单位，建设单位辐射工作人员与运输机构完成交接后，采用长柄推车运送放射性核素货包，推车四周设有围挡，可防止运输过程中货包意外掉落。

11）拟设置 4 个（15L，20mmPb）的放射性废物桶，用于暂存事故工况下产生的货包、清洁用品及活性炭等放射性固体废物；设置 4 个应急衰变桶（2 备 2 用，20mmPb），用于暂存事故工况下产生的人员冲洗废液。

表 10.2.2　本项目辐射防护措施符合性分析表

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）要求	本项目设计方案	对照结论
辐射工作场所分区：应将辐射工作场所划分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。	本项目将暂存区、应急衰变间、洁具间、打包间划为控制区；过道、登记间、更衣间、防护设备用品间、通道及暂存库东侧和北侧墙体外 30cm 处等划为监督区，分区明确、独立，并设门禁、警告标志、视频监控。	符合要求
电离辐射警告标志：应在辐射工作场所设置电离辐射警告标志及中文警示说明	本项目在暂存库出入口设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在放射性废物桶、应急衰变桶表面张贴电离辐射警告标志。	符合要求
个人防护用品：应配备与工作内容相适应的个人防护用品及辅助防护设施。	本项目配备铅衣、铅手套、铅眼镜（0.5 mmPb/0.25mmPb/0.025mmPb）2 套，并配备放射性污染防护服、工作帽、工作鞋、手套、口罩等个人防护用品。	符合要求
监测设备配置：应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器。	本项目配备 1 台固定式 X-γ辐射剂量率仪、1 台便携式 X-γ辐射剂量率仪、1 台	符合要求

	α/β表面沾污仪、2 枚个人剂量计、2 台个人剂量报警仪。	
表面污染控制水平：工作台、设备、墙壁、地面及工作服、手套、手、皮肤等表面的放射性污染控制水平应符合规定。	本项目墙面、地面采用光滑饰面无缝隙，地面与相邻墙圆滑式连接，易去污、易清洗；工作人员离开前对手部、工作服、工作鞋等进行表面污染监测，去污处理至解控水平。	符合要求
《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）要求	**本项目设计方案**	**对照结论**
6.3.1 核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	本项目设置动力通风装置，遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计。该套排风管道设计排风量约为 5000m^3/h，拟在排风管道穿墙前端设置活性炭过滤装置，排风管道内保持负压并安装防回流装置。	符合要求
7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。	本项目拟设置的 4 个 15L 放射性废物桶，张贴电离辐射标志，1 个用于收集活性炭，3 个用于应急使用。	符合要求
《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002—2012）要求	**本项目设计方案。**	**对照结论**
治安防范：放射源存放场所安全风险等级划分及防范要求应符合 GA 1002—2012； 乙级、丙级非密封源工作场所安全管理参照Ⅱ、Ⅲ类放射源，本项目按二级风险防范。	库房出入口拟设置入侵报警与防盗门；暂存区设置防盗门，并落实双人双锁管理；暂存库全区布置视频监控，覆盖库房出入口、暂存区、通道、登记室、打包间、应急衰变间等关键点位；同时监控区域配备通讯工具（配套紧急报警装置），保障 24h 通信畅通。	符合要求

10.2.2 辐射管理措施

（1）拟建的放射性药品暂存库按照乙级非密封放射性物质工作场所进行管理。

（2）制定放射性核素货包出入库管理制度，建立台账及时登记，对放射性核素的入库、出库等信息进行完整记录并保存，明确放射性核素货包的流向，并安排专人对台账进行管理，定期进行台账核查，做到交接账目清楚、账物相符。

（3）入库货包应在打包间内进行表面剂量率水平和表面污染水平监测，监测合格的货包方可转移至暂存区贮存，不合格的进行擦拭去污达标后再运至暂存区内进行贮存，若擦拭去污仍不能合格的则退回生产厂家。出库货包在打包间内进行监测，监测结果填入监测报告，监测合格的货包附上监测报告一并装车外运，不合格的进行擦拭去污

达标后再装车外运，若擦拭去污仍不能合格的则由生产厂家运回不再发往使用单位。拟将每次检测记录登记在台账上，并由放射性药品暂存库工作人员进行签名确认。

（5）项目拟安排 2 名辐射工作人员，计划购置的辐射防护用品清单详见表 10.2.2。

1）辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，在辐射工作人员进入工作场所时佩戴；

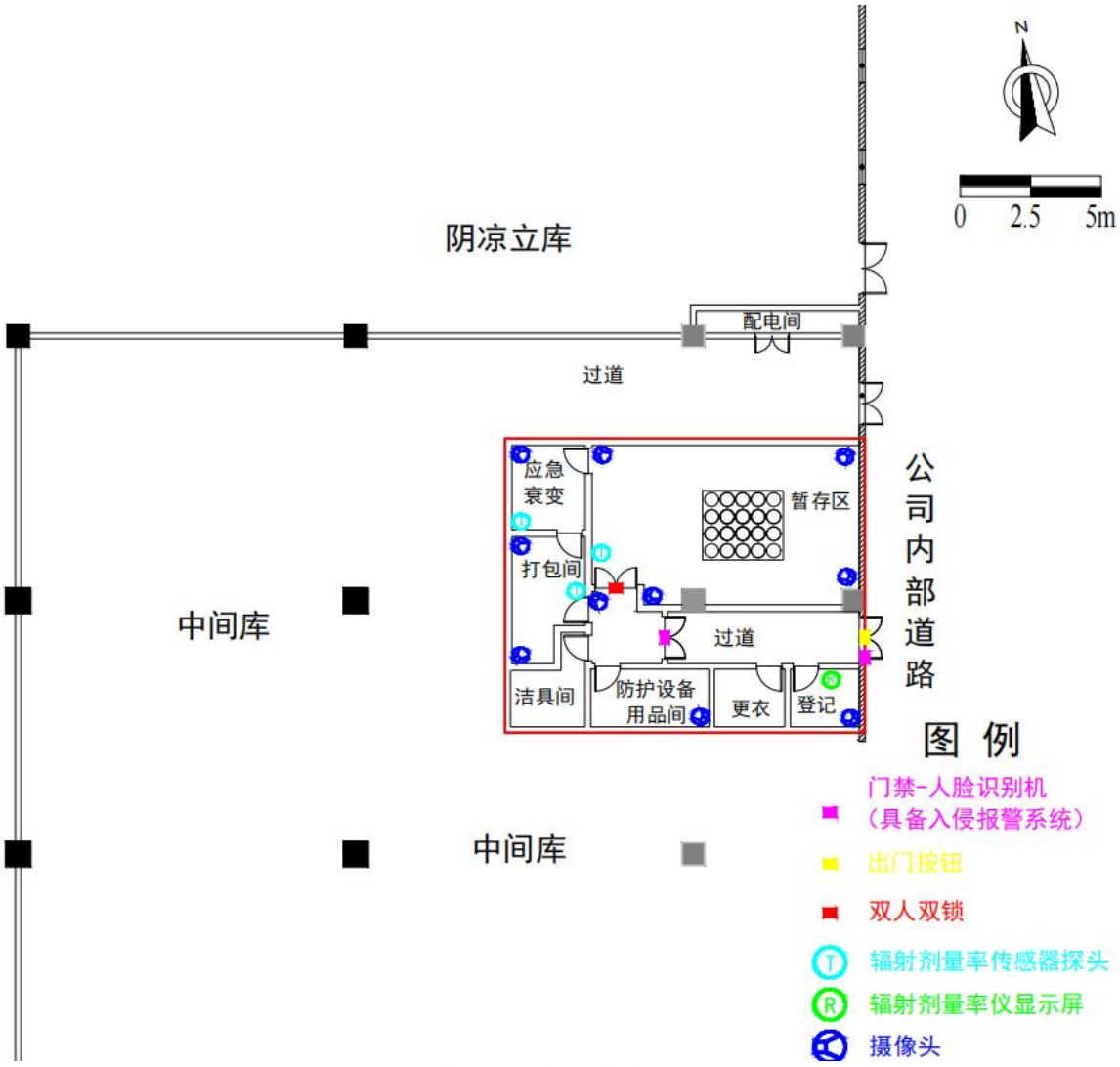


图 10.2-1　辐射安全设施设备安全位置示意图

2）配备铅衣、铅手套、铅眼镜等个人防护用具，用于应急事故下的人员防护；设置一次性橡胶手套、长镊子、吸水纸、去污剂等清洁用具，用于事故下的去污擦拭等应急处理；

3）配备固定和便携 X-γ辐射剂量率仪、α/β表面沾污仪等监测设备，X-γ辐射剂量率仪和α/β表面沾污仪用于放射性核素货包出入库时，货包的检测、本项目周围场所的自行监测及工作人员的监测；

4）辐射工作人员的管理措施：

① 日常工作中严格规范辐射工作人员工作和生活习惯，禁止在本项目工作场所饮食、饮水、化妆等与工作无关内容，定期进行培训，严格按照操作规程操作；

② 辐射工作人员进行放射性核素卸货、转移和出入库操作等期间穿工作服、戴好橡胶手套和防护口罩等防护用品，以减少放射性表面玷污和吸入途径照射；

③ 工作人员结束辐射工作，需在人员检测区对工作服、手部等体表部位进行污染测定，确认未受放射污染，方可更衣离开；

④ 在货包出入库时，辐射工作人员应随身携带便携式 X-γ辐射剂量率仪和个人剂量报警仪，当报警仪超过安全阈值时，需考虑是否有核素发生了泄漏，人员应立即退出，采取相应防护措施后，然后再进入处置。

表 10.2.2　个人防护用品和辅助防护设施一览表

序号	用品	数量	备注
1	铅衣、铅手套、铅眼镜	2 套	0.5mmPb/0.25mmPb/0.025mmPb
2	α/β表面沾污仪	1 台	
3	X-γ辐射剂量率仪	2 台	固定式和便携式各 1 台
4	个人剂量报警仪	2 台	
5	个人剂量计	2 枚	
6	放射性废物桶	4 个	15L,20mmPb
7	放射性污染防护服、工作帽、工作鞋、手套、口罩等	按需购买	

（6）辅助及应急去污用品

放射性药品暂存库拟配备应急防护用品见表 10.2.3。

表 10.2.3　放射性药品暂存库拟配置应急防护用品一览表

防护设备	数量
应急污物屏蔽的容器	4 个应急衰变桶
托盘	1 个
长柄工作夹	2 个
一次性防水手套、毛巾、镊子	若干
安全眼镜	2 副
防水工作服、高效过滤口罩	2 套
胶鞋	2 双
去污剂	若干
标记笔、标签及胶带	若干
电离辐射警告标志	若干
不透水的塑料布	2~3 套 2m^2 的塑料布

10.2.3 货包防护和运输管理

（1）生产商拟将放射性核素装于货包内运输，能够有效屏蔽辐射。货包内放置盛有药物的西林瓶，货包采用铅材料，能够有效屏蔽辐射，货包可通过旋钮和密封圈将顶盖和罐体进行密封，可防止西林瓶破裂后，放射性药物泄漏。

（2）放射性药品运输时，货包置于外包装内运输。外包装贴有商标、标签、说明书和放射性药物标志等，主要为不锈钢桶和泡沫板，能够有效包裹货包，外包装有锁扣装置，防止货包被意外打开；盛有放射性药物的西林瓶置于有屏蔽作用的货包内，货包固定在具有缓冲作用的外包装中，不容易产生晃动，货包包装具有良好的安全性和封闭性。

（3）有需求且资质符合的客户必须先与建设单位签署相关协议，办理转让审批表后，方可按审批要求进行销售；

（4）建设单位填写产品交接单，委托有资质的运输单位开展放射性药品运输工作，将放射性核素货包运送至使用方，使用方收到货包且确认货包内放射性核素无误后，送货司机和使用方接收人员填写产品交接单，填写完成后，三方共同留存。

10.3 三废治理

10.3.1 正常工况

本项目暂存库贮存放射性核素货包过程中建设单位不打开放射性核素货包，不涉及放射性核素操作，正常工况下不产生放射性废气和放射性废液。

（1）固体废物

本项目辐射工作人员进行核素货包暂存作业过程均要求穿戴工作防护服和防护手套，离开工作场所前对工作服、工作鞋及手部表面污染监测后脱掉防护手套，正常工况下不产生放射性固体废物。拟暂存的放射性核素均根据使用方的订购时间与订购量进行暂存及发货，不存在过期回收的情况。

（2）废水

辐射工作人员均须经表面污染监测，确认无污染后方可离开，正常工况下不产生洗手、冲洗等放射性废水。工作人员办公产生的生活污水依托公司化粪池处理后排入市政内污水管网。

（3）废气

本项目放射性药品暂存库内放射性核素衰变过程中产生的γ射线、韧致辐射与空气中的氧气发生作用，产生少量的臭氧和氮氧化物。暂存库拟设置动力通风装置，遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计。该套排风管道设计排风量约为5000m^3/h，拟在排风管道穿墙前端设置活性炭过滤装置，排风管道内保持负压并安装防回流装置。

建设单位拟为该项目放射性药品暂存库设置独立的排风系统，管道布置合理，气流排向正确，拟设置的排气口高于所在楼屋顶高度，且远离邻近的高层建筑物，对周围环境影响较小。

10.3.2 事故工况

（1）放射性固体废物

本项目放射性固体废物主要是事故状态时去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套、防护服等（1.0kg/次），以及放射性废气处理系统定期更换的活性炭（10kg/a）。

本项目拟设置的4个15L放射性废物桶（20mmPb），1个用于收集活性炭，3个用于应急使用。

本项目放射性固废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（含I-131核素暂存超过180天，含Sr-89核素的暂存超过505天、含Th-227核素的暂存超过187天，含I-125核素的暂存超过595天），达到清洁解控水平，作为一般废物处理。更换后的废活性炭根据监测结果，若超过解控标准则暂存于应急衰变间衰变一定时长，达到解控标准后作为危险废物（HW47其他废物，废物代码：900-047-49）处理。具体废物处置情况见表10.3.1。

表10.3.1　事故工况下放射性固废的贮存衰变时间及处置方式

核素	半衰期	贮存衰变最小时长	解控标准
Lu-177	6.70d	67d	在放射性废物桶内贮存衰变相应的时长，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于0.08Bq/cm^2，β表面污染小于0.8Bq/cm^{2}的，可对废物清洁解控作一般废物处置。
Sr-89	50.5d	505d	
Y-90	2.67d	30d	
I-131	8.02d	180d	
Ac-225	10.0d	100d	
Ra-223	11.4d	114d	
Zr-89	3.27d	32.7d	
P-32	14.3d	143d	
Th-227	18.7d	187d	
I-125（粒子源）	59.5d	595d	
Tl-201	3.04d	30.4d	

放射性废气处理系统采用活性炭吸附，根据其他公司已建同类设施的运行情况可知，活性炭定期更换，废气处理的活性炭吸附设施共 1 个，每次装填的活性炭滤网共重约 5kg，则废活性炭产生约 10kg/a。更换后的废活性炭作为放射性废物委托有资质单位进行处理。

放射性固体废物的存储和处理拟安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

（2）放射性废水

放射性废水主要来自事故状态时辐射工作人员的应急清洗废水。本项目在暂存库内设有应急洗手池，设有供水管路但不设置排水管路，应急清洗产生的废水通过专用收集桶进行收集，本项目共配置 4 个应急衰变桶（20mmPb），1 个置于洗手池下方，3 个置于打包间备用。事故工况下，收集放射性废水的应急衰变桶送至打包间内暂存，超过 10 个最长半衰期（含 I-131 核素的暂存超过 180 天、含 Sr-89 核素的暂存超过 505 天、含 Th-227 核素的暂存超过 187 天）后经人工转移送至市政污水处理系统进一步处理。

（3）放射性废气

本项目放射性药品暂存库拟设置动力通风装置，内含活性炭过滤装置。当放射性核素货包在出入库过程中发生跌落、碰撞，导致放射性核素泼洒，会产生少量的放射性气溶胶废气。此时，活性炭过滤器对空气中气溶胶进行吸附，吸附效率可至少达到 99%。为保证过滤效率的有效性，每半年进行一次更换，以防止过滤器失效造成放射性污染事故，且更换下的过滤器作为放射性固废进行管理和处理，作为放射性废物委托有资质单位处理。

10.4 辐射环境保护投资

本项目总投资 100 万元，环境保护投资共计 80 万元，占本项目总投资额的 80%。详见表 10.4.1。

表 10.4.1　环保投资一览表

序号	类别	环保措施	投资金额（万元）
1	墙体屏蔽措施	放射性药品暂存库墙体实心砖、硫酸钡水泥、防盗门等	68.0
2	防止人员误入	暂存库进出门设置电离辐射警示标识、门禁系统等	1.0
3	废气处理	设置机械通风装置等	2.0
4	应急处理	设置放射性应急衰变桶等	2.0

5	监控预警系统	拟安装视频监控系统、红外线报警、灭火器等	1.5
6	人员安全与防护	为每名辐射工作人员配备个人剂量计；并配备了铅橡胶衣、铅橡胶围裙、放射性污染防护服、应急物资等辐射防护用品	2.0
7	监测设备	个人剂量报警仪、固定和便携 X-γ辐射剂量率仪和 α / β 表面沾污仪等监测设备	2.0
8	年度监测	每年委托有资质单位监测放射性药品暂存库辐射工作场所	1.0
9	人员培训	安排辐射工作人员参加辐射安全防护专业知识及法律法规的培训并取得合格证书	0.5
10	辐射防护安全制度	制定了一套完善的辐射管理规章制度文件，并严格实施，并将部分文件张贴上墙	
合计			80.0

表 11　环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目辐射工作场所在建设阶段不产生放射性废物、放射性废液和放射性气体，产生的环境影响主要是拟建场所施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。单位应合理安排施工时间及施工场地的秩序，对施工场地进行适当的封闭，由于本项目工程量小，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目施工期对外界的影响较小。本项目对建设阶段的影响采取的措施均依托单位整体工程建设设施处理。

11.1.1 施工噪声环境影响分析

本项目工程量小，且施工期间产生的噪声具有阶段性、临时性和声源不固定性，因此，只要施工单位采取有效的噪声污染防治措施，本项目施工期间对周围声环境产生的影响可减小到最低程度。

为了降低施工噪声对周围环境的影响，满足《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523—2025）的要求，本项目应通过文明施工，合理安排施工时间，加快施工进度；选择噪声级尽可能低的施工机械进行施工，对施工机械采取消声降噪措施；施工场所采取消声减震等措施，避免对周边人员产生影响。

11.1.2 施工期扬尘影响分析

本项目施工期间因建筑材料运输等施工活动会产生二次扬尘。但本项目工程量小，施工期短，对周围的影响有限，在可接受范围内。

为减小施工期间扬尘对周围环境的影响，施工单位应合理安排施工时间，加快施工进度，通过缩短施工时间、封闭施工、洒水等相关措施，将对周边环境扬尘影响降至最低。

11.1.3 施工期废水影响分析

施工期污水主要来自两个方面：一是施工废水，二是施工人员的生活污水。

施工废水主要为混凝土搅拌及养护，这类生产废水量小，一般通过蒸发，不外排。

项目施工期间施工人员约 5 人，生活污水总排放量约 21.6t。项目施工生活污水主要依托现有设施（卫生间），通过下水管道排入市政管网，对周围环境影响较小。

11.1.4 施工期固体废物影响分析

本项目工程量较小，项目施工期间固废主要为施工人员生活垃圾、少量建筑垃圾及施工废物料。施工期间产生生活垃圾约 150kg（0.25kg/d）。生活垃圾分类收集至相应的垃圾箱，后交由环卫部门清运。

本项目的装修过程将产生少量建筑装修垃圾、包装纸箱、泡沫填充物和废胶桶等。建筑装修垃圾由施工方统一交由有资质的渣土运输公司处置，包装纸箱等可回收利用的施工废物料应予以回收利用，废胶桶等由厂家回收，其他部分分类收集后交由环卫部门清运。

项目施工期环境影响只是一种短期效应，其影响将随着施工期停止而结束，施工过程中采取抑尘措施、合理安排施工秩序、施工时间等措施，尽量将环境影响降低到最小。因此，总体来说，本项目施工期对周围环境的影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射工作场所辐射屏蔽预测分析

本项目放射性药品暂存库贮存放射性核素货包涉及 Lu-177、Tl-201、Zr-89、Ac-225、I-131、P-32、Ra-223、Sr-89、Th-227、I-125（粒子源）、Y-90 等 11 种核素器，暂存过程中，不打开放射性核素货包，暂存库内不涉及核素操作。放射性核素衰变时会产生α、β和γ射线。

本项目所涉及的核素参数见表 9.2.1，放射性核素货包暂存数量见表 1.2.2，工作场所屏蔽材料见表 10.2.1。本评价重点对工作场所的周围剂量率水平及人员受照剂量进行分析。

本报告将以暂存库满负荷的工况下，考虑暂存库墙、门外 30cm 处等周围环境关注点的辐射剂量率水平。

（1）α射线辐射环境影响分析

根据“表 9.2.1 放射性药品暂存库暂存核素的相关属性”，本项目 Ac-225、Th-227 和 Ra-223 核素为α衰变，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，本项目辐射工作人员只要戴上手套等防护用品，就能达到防护要求，放

射性核素 Ac-225、Th-227 和 Ra-223 货包的屏蔽材料均为 40mm 铅（40mmPb），远大于 Ac-225、Th-227 和 Ra-223 在铅中的最大射程，因此不考虑其对人体的外照射辐射影响。

（2）β射线辐射环境影响分析

① β射线

产生β射线的屏蔽分析采用《辐射防护技术与管理》第一卷（张丹枫 赵兰才编著）中的最大射程计算法：

$$d = \frac{R}{\rho} \qquad \text{（式 11-1）}$$

其中：d —— 屏蔽物质的厚度，cm；

R —— 屏蔽物质的质量射程（见公式 11-2），g/cm^2；

ρ —— 屏蔽物质的密度，空气密度取 $1.29\times10^{-3}g/cm^3$，铅取 $11.34g/cm^3$。

$$R=0.412E^{(1.265-0.0954\ln Emax)} \qquad \text{（式 11-2）}$$

其中：E ——β射线的最大能量，MeV。

表 11.2.1　核素衰变产生的β射线最大射程计算结果

核素	材料名称	$\rho(g/cm^3)$	$E_{\beta max}$（MeV）	最大射程（cm）	包装铅罐厚度（cm）
Lu-177	铅罐	11.34	0.497	0.014	4
Sr-89	铅罐	11.34	1.492	0.060	4
Y-90	铅罐	11.34	2.274	0.097	4
I-131	铅罐	11.34	0.606	0.019	4
Zr-89	铅罐	11.34	0.900	0.032	4
P-32	铅罐	11.34	1.710	0.070	4

由表 11.2.1 可知，本项目涉及的β核素衰变产生的β射线在铅中的最大射程均小于包装屏蔽铅厚度，通过货包屏蔽、工作人员个人防护、辐射工作场所屏蔽，本项目放射性药品暂存库贮存放射性核素衰变产生的β射线对辐射环境影响可接受。然而，对于 Y-90 这类核素而言，其衰变过程中往往会产生高能或高强度的β粒子流，当与阻挡材料发生碰撞时会产生轫致辐射，带来的影响不能忽视。对于 Lu-177、I-131 等核素在β衰变时也会伴随产生γ射线，其γ射线能量较高，且穿透性较β粒子的轫致辐射强得多，此时通常只需考虑γ辐射的屏蔽。

综上，对于本项目涉及的β核素，Y-90 需考虑其轫致辐射产生的影响，对于 Lu-177、

I-131 等核素重点关注其γ射线的屏蔽计算。

②β射线产生韧致辐射

根据《辐射防护基础》（李星洪 等编）P159 式 6.10，核素β粒子经材料阻挡产生的韧致辐射剂量率按照下式计算。

$$H=4.59\times10^{-8}AZ\times\left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)\cdot\left(\frac{E_\beta}{R}\right)^2 \quad （式 11-3）$$

式中：H —— 射线被阻挡材料吸收后产生的韧致辐射，在离源 R 处的空气中产生的剂量率， μSv/h；

A —— β源的活度，Bq；

Z—— 阻挡材料的原子序数，无量纲，对于有机玻璃取 5.85；

E_β—— β粒子平均能量，MeV，通常取β粒子最大能量的 1/3；

μ_{en}/ρ —— 空气质能吸收系数，m^2/kg；

R —— 距离，m。

β粒子因首层阻挡材料阻挡产生的韧致辐射，被后续屏蔽材料屏蔽后的辐射水平计算见下文“（3）γ射线辐射影响分析”计算公式，其屏蔽计算相关参数见表 11.2.2。

表 11.2.2 韧致辐射计算参数一览表

核素	E_β(MeV)	$TVL_{实心砖}$（mm）	$TVL_{混凝土}$（mm）	$TVL_{铅}$（mm）
Y-90	0.758	348	240	36.05

根据上述参数，Y-90 放射性核素货包产生的韧致辐射所致放射性货包表面剂量率计算结果见表 11.2.3，工作场所剂量率结果见表 11.2.4。

表 11.2.3 Y-90 放射性核素货包韧致辐射所致表面剂量率估算

核素	Y-90
源活度 A（Bq）	7.4E+08
阻挡材料原子序数	5.85
空气质能吸收系数（m^2/kg）	2.88E-03
E_β（MeV）	0.758
后续屏蔽材料	40mm 铅罐
B（屏蔽因子）	7.77E-02
铅罐表面 5cm 处 R_1（m）	0.10
铅罐表面 5cm 处剂量率 H_1（μSv/h）	2.55E+00
铅罐表面 30cm（操作人员距离货包）处 R_2（m）	0.35
铅罐表面 30cm 处剂量率 H_2（μSv/h）	2.09E-01

（3）γ射线辐射影响分析

辐射防护屏蔽分析采用《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）中的计算公式（I.1）进行推导计算：

$$D = \Gamma \cdot \frac{A}{r^2} \cdot B$$

（公式 11-4）

式中：D —— 表面剂量率，Sv/h；

表 11.2.4　Y-90 放射性核素货包韧致辐射所致工作场所剂量率估算

场所	预测点位	总活度 Bq	阻挡材料原子序数 Z	空气质能吸收系数（m^2/kg）	E_β（MeV）	TVL 铅 mm		TVL 实心砖 mm		B	R	Hγ μSv/h	标准 μSv/h
暂存区	北墙外 30cm（过道）	3.70E+09	5.85	2.88E-03	0.758	42	36.05	230	348	1.49E-02	3.1	2.55E-03	2.5
	西墙外 30cm（应急衰变间及打包间）		5.85	2.88E-03	0.758	42	36.05	230	348	1.49E-02	5.1	9.44E-04	2.5
	东墙外 30cm（公司内部道路）		5.85	2.88E-03	0.758	42	36.05	230	348	1.49E-02	5.1	9.44E-04	2.5
	南墙外 30cm（过道）		5.85	2.88E-03	0.758	42	36.05	230	348	1.49E-02	3.1	2.55E-03	2.5
	南侧门外 30cm（过道）		5.85	2.88E-03	0.758	40	36.05	0	348	7.77E-02	3.1	1.33E-02	2.5
打包间	北墙外 30cm（应急洁具间）	1.48E+09	5.85	2.88E-03	0.758	42	36.05	230	348	1.49E-02	2.8	1.25E-03	2.5
	西墙外 30cm（中间库）		5.85	2.88E-03	0.758	42	36.05	230	348	1.49E-02	1.6	3.83E-03	2.5
	东墙外 30cm（防护设备用品间）		5.85	2.88E-03	0.758	42	36.05	230	348	1.49E-02	1.6	3.83E-03	2.5
	南墙外 30cm（中间库）		5.85	2.88E-03	0.758	42	36.05	230	348	1.49E-02	2.8	1.25E-03	2.5
	东侧门外 30cm（过道）		5.85	2.88E-03	0.758	40	36.05	0	348	7.77E-02	1.6	2.00E-02	2.5
应急衰变间	北墙外 30cm（过道）	7.40E+06	5.85	2.88E-03	0.758	42	36.05	230	348	1.49E-02	1.8	1.52E-05	2.5
	西墙外 30cm（中间库）		5.85	2.88E-03	0.758	42	36.05	230	348	1.49E-02	1.6	1.92E-05	2.5

场所	预测点位	总活度 Bq	阻挡材料原子序数 Z	空气质能吸收系数（m^2/kg）	E_β（MeV）	TVL 铅 mm		TVL 实心砖 mm		B	R	Hγ μSv/h	标准 μSv/h
	东墙外 30cm（暂存区）		5.85	2.88E-03	0.758	42	36.05	230	348	1.49E-02	1.6	1.92E-05	2.5
	南墙外 30cm（应急洁具间）		5.85	2.88E-03	0.758	42	36.05	230	348	1.49E-02	1.8	1.52E-05	2.5
	北侧门外 30cm（过道）		5.85	2.88E-03	0.758	40	36.05	0	348	6.84E-02	1.6	9.98E-05	2.5
	东侧门外（暂存区）		5.85	2.88E-03	0.758	40	36.05	0	348	7.77E-02	1.6	9.98E-05	2.5

A —— 源活度，Bq；

Γ —— 周围剂量当量率常数，单位μSv·m²/（Bq·h），根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）表 H.1 取值；

B —— 屏蔽透射因子，$B = 10^{\frac{-x}{TVL}}$，其中，为屏蔽层厚度（mm），TVL 为γ射线在屏蔽材料十分之一层厚度，mm；

r —— 参考点与核素的距离，m；

暂存区内最多存放 20 个放射性核素货包，货包体积很小，可按照点源计算。小推车一次最多搬运 2 个货包；应急衰变间为应急情况下对放射性废液、放射性固体废物进行暂存，正常情况下为没有放射性废液、放射性固体废物，预测时按照一个货包泄漏 1%进行预测。

1）单个货包表面剂量率

本项目暂存的核素 Lu-177、I-131、I-125（粒子源）、Ac-225、Ra-223、Tl-201、Zr-89、Th-227 等货包表面剂量率，按照（公式-4）进行计算，详见表 11.2.5。

表 11.2.5　货包γ射线表面剂量率

核素	单个货包活度 Bq	Γ (Sv・m²/h・Bq)	屏蔽铅罐厚度 mm	TVL 铅 mm	B	铅罐表面 5cm R_1	铅罐表面 5cm H_1 μSv/h	铅罐表面 30cm R_2	铅罐表面 30cm H_e μSv/h
Lu-177	1.85E+10	4.75E-15	40	5.11	1.49E-08	0.10	1.31E-04	0.35	1.07E-05
I-131	1.85E+10	5.95E-14	40	11.0	2.31E-04	0.10	2.54E+01	0.35	2.08E+00
I-125（粒子源）	4.63E+09	1.65E-14	40	0.22	1.52E-182	0.10	1.16E-178	0.35	9.48E-180
Ac-225	2.59E+07	2.44E-14	40	1.00	1.00E-40	0.10	6.32E-39	0.35	5.16E-40
Ra-223	7.40E+08	4.75E-14	40	8.27	1.46E-05	0.10	5.12E-02	0.35	4.18E-06
Tl-201	2.78E+10	4.15E-14	40	0.15	1.15E-267	0.10	2.49E-262	0.35	2.03E-263
Zr-89	1.48E+09	1.50E-14	40	2.40	2.15E-17	0.10	4.78E-14	0.35	3.90E-15
Th-227	7.40E+08	1.15E-13	40	1.40	2.68E-29	0.10	2.28E-25	0.35	1.86E-26

2）暂存库工作场所剂量率

根据表 11.2.5 货包表面剂量率计算结果可知，在相同屏蔽条件下，本项目贮存的核素中，I-131 核素货包表面剂量率相对较大，因此，本项目保守选取 I-131 作为代表，以暂存库满负荷工况下（20 个 I-131 货包计算），打包间按照两个货包进行预测，应急衰

变间按照一个货包泄漏 1%进行预测（I-131 单个货包活度为 1.85E+10Bq，暂存区活度为 20 个货包活度，即 3.7E+11Bq，打包间为 2 个货包活度，为 3.7E+10Bq，应急衰变间为单个货包的 1%活度，即 1.85E+08Bq），进行暂存区工作场所剂量率估算，预测参数见表 11.2.6，预测结果见表 11.2.7~11.2.10。

表 11.2.6　本项目放射性核素在不同屏蔽材料中什值层一览表

参数名称		I-131
屏蔽材料的十分之一值层 TVL（mm）	铅（11.4g/cm^3）	11
	混凝土（2.35g/cm^3）	170
	实心砖（1.65g/cm^3）	240

表 11.2.7　暂存库γ射线影响估算（I-131）

场所	预测点位	总活度 Bq	Γ(Sv·m²/h·Bq)	TVL 铅 mm		TVL 实心砖 mm		B	R	Hγ μSv/h	标准 μSv/h
暂存区	北墙外 30cm（过道）	3.70E+11	5.95E-14	42	11	230	240	1.67E-05	3.10	3.83E-02	2.5
	西墙外 30cm（应急衰变间及打包间）		5.95E-14	42	11	230	240	1.67E-05	5.10	1.42E-02	2.5
	东墙外 30cm（公司内部道路）		5.95E-14	42	11	230	240	1.67E-05	5.10	1.42E-02	2.5
	南墙外 30cm（过道）		5.95E-14	42	11	230	240	1.67E-05	3.10	3.83E-02	2.5
	南侧门外 30cm（过道）		5.95E-14	40	11	0	240	2.31E-04	3.10	5.29E-01	2.5
打包间	北墙外 30cm（应急衰变间）	3.7E+10	5.95E-14	42	11	230	240	1.67E-05	2.80	4.70E-03	2.5
	西墙外 30cm（中间库）		5.95E-14	42	11	230	240	1.67E-05	1.60	1.44E-02	2.5
	东墙外 30cm（暂存区）		5.95E-14	42	11	230	240	1.67E-05	1.60	1.44E-02	2.5
	南墙外 30cm（洁具间）		5.95E-14	42	11	230	240	1.67E-05	2.80	4.70E-03	2.5
	东侧门外 30cm（过道）		5.95E-14	40	11	0	240	2.31E-04	1.60	1.99E-01	2.5
应急衰变间	北墙外 30cm（过道）	1.85E+08	5.95E-14	42	11	230	240	1.67E-05	1.80	5.68E-05	2.5
	西墙外 30cm（中间库）		5.95E-14	42	11	230	240	1.67E-05	1.60	7.19E-05	2.5
	东墙外 30cm（暂存区）		5.95E-14	42	11	230	240	1.67E-05	1.60	7.19E-05	2.5

场所	预测点位	总活度 Bq	Γ(Sv·m²/h·Bq)	TVL 铅 mm		TVL 实心砖 mm		B	R	Hγ μSv/h	标准 μSv/h
	南墙外 30cm（应急洁具间）		5.95E-14	42	11	230	240	1.67E-05	1.80	5.68E-05	2.5
	北侧门外 30cm（过道）		5.95E-14	40	11	0	240	1.52E-04	1.60	9.93E-04	2.5
	东侧门外（暂存区）		5.95E-14	40	11	0	240	2.31E-04	1.60	9.93E-04	2.5

（5）辐射影响分析汇总

由于本项目暂存库货包为随机暂存，暂存库最大容量为 20 个货包，因为结合表 11.2.4 和表 11.2.7 的预测结果，当贮存货包组合均为 I-131 货包时，辐射影响最大，暂存库周边关注点剂量率汇总情况见表 11.2.8。

表 11.2.8　本项目暂存区最大工况下周边关注剂量率汇总表（单位：μSv/h）

序号	位置	暂存区剂量率 (μSv/h)	打包间剂量率 (μSv/h)	应急衰变间剂量率 (μSv/h)	叠加剂量率 (μSv/h)
1	暂存库北墙外 30cm（过道）	3.83E-02	4.70E-03	5.68E-05	4.31E-02
2	暂存库南墙外 30cm（中间库）	3.83E-02	4.70E-03	5.68E-05	4.31E-02
3	暂存库东墙外 30cm（公司内部道路）	1.42E-02	1.44E-02	7.19E-05	2.87E-02
4	暂存库西墙外 30cm（中间库）	1.42E-02	1.44E-02	7.19E-05	2.87E-02

根据表 11.2.4 和表 11.2.7 预测结果，本项目放射性药品暂存库关注点剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中 6.1.5 中“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”的要求。

11.2.3 年附加有效剂量估算

11.2.3.1 辐射工作人员附加年有效剂量

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）——2000 年报告附录 A，X-y 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{E\text{-}r}=D_r\times t\times 10^{-3}\times T\text{（mSv/a）}\qquad\text{（式 11-5）}$$

式中：$H_{E\text{-}r}$ —— X、γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

D_r —— X、γ射线空气吸收剂量率，μSv/h；

T —— 居留因子；

t —— X、γ射线照射时间，h。

（1）照射剂量率 $H_{E\text{-}r}$ 取值

照射剂量率均取值包括辐射工作人员和放射性药品暂存库周边公众人员，各辐射工作人员和公众人员照射剂量率 H 取值见表 11.2.9。

表 11.2.9　各辐射工作人员和公众人员照射剂量率 H 取值一览表

人员类型	工况	取值位置	最大剂量率 H（μSv/h）
暂存库工作人员	暂存库日常巡检	暂存区北墙外 30cm 处	4.31E-02
	货包搬运	辐射工作人员搬运操作位	2.08E+00
	货包出入库检测	辐射工作人员检测操作位	2.08E+00
公众人员	暂存库北墙外 30cm（过道）	东侧防护墙外 30cm 处	4.31E-02
	暂存库南墙外 30cm（中间库）	南侧防护墙外 30cm 处	4.31E-02
	暂存库东墙外 30cm（公司内部道路）	东侧防护墙外 30cm 处	2.87E-02
	暂存库西墙外 30cm（中间库）	西侧防护墙外 30cm 处	2.87E-02

*注：*选择距离控制区最近的敏感目标作为代表，进行估算。*

（2）年照射时间

工作人员每天搬运的最大操作时间为 20min，每年累计时间为 83.33h；每天出入库检测最大操作时间为 40min，每年累计时间为 166.67h。暂存库工作人员日常巡检按照每日操作 30min 来保守估算，每年累计时间为 125h。工作人员未进行放射性暂存库工作时，主要在公司内生产调度楼办公（距离本项目 50m 评价范围外），公众主要考虑周边其他工作人员，其他工作人员受照时间以每天工作 8 小时，按每年工作 250 天，合 2000h/a，仅考虑核素货包贮存影响。

（3）居留因子

本项目放射性药品暂存库工作人员居留因子 T 取 1，其他区域的公众人员居留因子取值参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198—2021）中附录 A“不同场所的居留因子”，详细取值见表 11.2.13。

表 11.2.13　其他人员居留因子取值一览表

人员		位置	居留因子 T
公众人员	暂存库北墙外 30cm（过道）	北侧防护墙外 30cm 处	1/16
	暂存库南墙外 30cm（中间库）	南侧防护墙外 30cm 处	1/16
	暂存库东墙外 30cm（公司内部道路）	东侧防护墙外 30cm 处	1/16
	暂存库西墙外 30cm（中间库）	西侧防护墙外 30cm 处	1/16

（4）辐射工作人员年有效剂量

根据公式 11-5 计算出辐射工作人员年有效剂量见表 11.2.14。

表 11.2.14　辐射工作人员年有效剂量估算结果

辐射工作人员		货包表面 30cm 处最大辐射剂量率 H(μSv/h)	工作时间（h/a）	居留因子	剂量估算（mSv/a）	
暂存库工作人员	暂存库日常巡检	4.31E-02	125	1	5.39E-03	5.25E-01
	货包搬运	2.08E+00	83.33	1	1.73E-01	
	货包出入库检测	2.08E+00	166.67	1	3.47E-01	

注：（1）暂存库日常巡检选取暂存区南侧门外；

（2）对比各核货包表面 30cm 处最大剂量率，I-131 货包射线影响最大，为 2.08E+00μSv/h

（5）公众人员年有效剂量

根据公式 11-5 计算出公众人员年有效剂量见表 11.2.15。

表 11.2.15　公众人员年有效剂量估算结果

公众人员		照射剂量率 H（μSv/h）	工作时间（h/a）	居留因子	剂量估算（mSv/a）
公众人员	暂存库北墙外 30cm（过道）	4.31E-02	2000	1/16	5.39E-03
	暂存库南墙外 30cm（中间库）	4.31E-02	2000	1/16	5.39E-03
	暂存库东墙外 30cm（公司内部道路）	2.87E-02	2000	1/16	3.59E-03
	暂存库西墙外 30cm（中间库）	2.87E-02	2000	1/16	3.59E-03

根据表 11.2.8 和表 11.2.9 剂量估算结果，本项目辐射工作人员最大年有效剂量为 5.25E-01mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 的要求，同时满足剂量约束值 5mSv/a 的要求。

周边公众人员最大年有效剂量为 5.39E-03mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中规定的公众人员的剂量约束值 1mSv 的要求，同时满足剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

11.2.4 放射性“三废”处理环境影响

（1）放射性废气

本项目放射性核素货包正常贮存期间，核素均密闭包装于货包内，贮存期间不进行拆封分装等作业，因此正常情况不产生放射性废气，仅在事故工况下，如放射性核素货包在出入库过程中发生跌落、碰撞，导致放射性核素泼洒，I-131 等挥发性核素将产生少量的放射性废气。暂存库拟设置动力通风装置，穿过墙体直达屋面，高出屋顶 3m 处设置排气口。该套排风管道设计排风量约为 5000m^3/h，拟在排风管道穿墙前端设置活性炭过滤装置，排风管道内保持负压并安装防回流装置。

本项目产生的放射性废气经活性炭过滤吸附后高空排放，对周围环境影响很小。

（2）放射性废水

放射性废水主要来自事故状态时辐射工作人员的应急清洗废水。本项目在暂存库内设有应急洗手池，设有供水管路但不设置排水管路，应急清洗产生的废水通过专用收集桶进行收集，废水产生量按 20L/人·次考虑，收集后应急衰变桶送至暂存区北侧应急衰变间内暂存，超过 10 个最长半衰期（含 I-131 核素的暂存超过 180 天、含 Sr-89 核素的暂存超过 505 天、含 Th-227 核素的暂存超过 187 天）后经人工转移送至市政污水处理系统进一步处理。

本项目拟设置的 4 个应急衰变桶，应急衰变桶的四侧和底部均采用不锈钢材质内衬 10mm 厚铅，内壁光滑并防腐防渗。

参考同类项目实际操作经验，辐射工作人员特殊情况下去污废水量保守取 40L/次，最大去污频次约 2 次/年，则本项目暂存库每年产生的应急去污废水不超过 80L。在充分考虑各种意外频次的前提下，本项目应急衰变桶设计容量能够满足放射性废水存储时间要求。

本项目产生的废水得到有效地收集并处置，不外排，不会对周围环境产生不利影响。

（3）放射性固废

本项目放射性固体废物主要是事故状态时去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套、防护服等（1.0kg/次），以及放射性废气处理系统定期更换的活性炭（10kg/a）。

放射性固废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，含 I-131 核素暂存超过 180 天，含 Sr-89 核素的暂存超过 505 天、含 Th-227 核素的暂存超过 187 天，含 I-125 核素的暂存超过 595 天，达到清洁解控水平，作为一般废物处理。

本项目拟设置的 4 个 15L 放射性废物桶（20mmPb），1 个用于收集活性炭，2 个用于应急使用，参考同类项目实际操作经验，事故频次约 2 次/年，放射性废物桶足够容纳 1 次事故工况的放射性固体废物。

本项目产生的放射性固废收集后进行贮存衰变或委托资质单位处理，不会对周围环境产生明显影响，对环境的影响是可以接受的。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险危害识别分析

本项目运行期间可能出现的事故工况主要包括：对工作场所管理不到位，无关人员进入暂存库而受到不必要的照射；放射性核素货包丢失或被盗；放射性核素货包破损，造成放射性物质泄漏；存放过程中发生火灾等事故。针对上述辐射事故，所造成的环境影响分析如下：

（1）对暂存库管理不到位，无关人员进入暂存库而受到不必要的照射

本项目放射性药品暂存库设置门禁系统、暂存区设置防盗门，库内全面覆盖视频监控，日常无关人员无法进入，此类事故发生概率极低。若辐射工作人员离开暂存库时未上锁，导致无关人员进入监督区内，监控发现无关人员进入后，应立即由本项目的辐射工作人员指导无关人员离开该区域，并将暂存库及时上锁。

（2）放射性核素货包丢失或被盗

在放射性核素货包暂存或者运输过程中，可能由于各项安保设施的疏漏，造成货包丢失、被盗的情况，产生安全隐患。

（3）放射性核素货包破损，造成放射性物质泄漏

放射性核素货包内核素内包装因自然原因，或辐射工作人员因操作失误将货包打翻并且内包装瓶破碎，导致放射性溶液泼洒在暂存区内，从而造成辐射工作人员受到外照射（γ射线）。放射性核素泼洒后，应当立即组织辐射工作人员撤离并封锁暂存区，辐射工作人员在应急设备防护间穿戴好防护用品进入场所内进行事故清理，直至满足要求，清理过程中产生的放射性固废存放在放射性废物桶内妥善收集贮存。

11.3.2 辐射事故应急措施

11.3.2.1 放射性暂存库货包辐射水平异常风险预防措施

（1）全面配置监测设备：暂存库内配置足够数量的辐射监测设备，包括固定辐射剂量率监测仪、便携式辐射剂量率仪、表面沾污测量仪、个人剂量报警仪，确保覆盖货包接收、贮存、转运全流程，监测范围涵盖货包表面、周边环境、人员体表。

（2）定期检定与维护监测设备：委托具有资质的第三方机构，对所有辐射监测设备进行定期检定（每年至少 1 次），确保设备测量精度符合标准要求；制定设备日常检查表和维护保养计划，安排专人每日检查设备运行状态，每周进行清洁、校准，每月进

行全面维护，及时处理设备故障，建立设备维护档案，记录检定、维护情况。

（3）专用贮存设施：暂存库按核素种类、活度大小、半衰期长短分区贮存货包，确保货包摆放整齐、稳固，避免碰撞、挤压导致包装破损。

（4）视频监控：暂存库配置完善的视频监控系统（覆盖暂存库、出入口、打包间等关键位置，24 小时不间断监控）、入侵报警系统、出入口控制系统，防止无关人员进入库房，避免货包被破坏、移动。

（5）双人双锁：所有进入暂存库的操作（入库、出库、货包转运），必须由两名具备相应资质的工作人员同时在场，分别开启各自负责的锁具，方可进入区域开展操作；操作完成后，两人共同检查区域门、锁具是否关闭牢固，确认无误后，分别锁好各自负责的锁具，做好操作记录，注明操作时间、人员、操作内容。

（6）人员训练：所有工作人员必须具备相应的辐射安全与防护资质，经专业培训、考核合格后，方可上岗作业；定期组织工作人员参加辐射安全与防护培训（每年至少 2 次），内容包括辐射防护知识、异常情况处置流程、设备操作规范、应急演练等，提升工作人员的专业能力和应急处置能力，建立工作人员培训、考核档案。

（7）人员规范操作：①货包入库前，必须由两名工作人员共同操作，使用经检定合格的便携式辐射剂量率仪、表面沾污测量仪，对货包表面、包装完整性进行全面监测，重点检测货包表面任意一点剂量率、表面 1m 处剂量率及表面污染水平，确认符合安全限值。②监测合格后，工作人员核对货包信息（编号、核素名称、活度、送贮单位、包装规格），与送贮申请表、监测报告一致，确认无误后，方可办理入库手续。③工作人员佩戴符合标准的个人防护装备，使用专用防辐射搬运设备，轻拿轻放，避免货包碰撞、挤压、跌落，防止包装破损。④货包入库后，按核素种类、活度大小、半衰期长短分区摆放，放入专用贮存架，摆放稳固，做好标识，严禁混放、随意堆放。⑤货包出库前，工作人员再次对货包表面辐射水平、表面污染水平进行监测，确认无异常、符合出库标准，做好监测记录；同时检查货包包装完整性，确保无破损、泄漏，若监测异常，严禁出库，立即启动异常处置流程。⑥库管人员核对出库申请、货包信息，确认出库货包编号、核素、活度与申请一致，双人核对无误后，办理出库手续。⑦工作人员佩戴个人防护装备，使用专用搬运设备，规范搬运，其他工作人员全程陪同监测，确保搬运过程中辐射水平正常，货包无破损；搬运至指定转运车辆后，再次监测车辆周边辐射水平，确认无异常后，封车转运，做好转运记录。

（8）出入库台账管理：建立《放射性暂存库货包出入库台账》，台账内容至少包含以下信息：货包编号、核素名称、活度、半衰期、包装规格、送贮单位/接收单位、入库时间、入库监测数据、入库操作人员、出库时间、出库监测数据、出库操作人员、转运车辆信息、贮存位置。每笔出入库操作，必须在操作完成后立即记录，由两名操作人员共同核对、签字确认，严禁延迟记录、虚假记录、漏记。

11.3.2.2 辐射事故异常情况处理措施

（1）当发生液态放射性核素泄漏导致的表面沾污事故时，工作人员穿戴好防护用具（铅衣、铅手套、铅眼镜等），使用警戒线、警示标识（电离辐射警示标志）划定异常隔离区，隔离区范围根据辐射水平确定（确保隔离区外辐射水平符合安全限值），明确隔离区边界，严禁无关人员进入。同时佩戴口罩后进入隔离区内及时去污，如：迅速用吸附衬垫或滤纸吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。去污结束后，需用α/β表面沾污仪测量污染区，如果α表面污染大于 40Bq/cm^2（其他）、大于 4Bq/cm^2（极毒性）或β表面污染大于 40Bq/cm^2，表明该污染区未达到去污控制标准，这时应用无水酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，确保符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）中表 B11 对于控制区的要求。工作人员脱去受污染的手套及防护服，一次性手套及擦拭废物作为放射性固体废物处理。

（2）若发生放射性核素丢失、被盗，应第一时间将事故情况通报有关（生态环境、公安、卫健委等）主管部门；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗的放射性核素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对放射性核素丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染，应划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

（3）若发生火灾事故，建设单位应第一时间拨打 119 消防电话，并通知有关主管部门。在火势较小时，建设单位应使用灭火器阻止其进一步蔓延，在完全扑灭火势后，应对放射性暂存库进行监测，根据现场辐射剂量率的结果确定是否受到污染。如现场受到污染，应划定警戒线并撤离所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场进行擦拭去污。

（4）发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表

人报告。建设单位应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，并在事故发生后的 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向公安部门和当地卫健委报告。

为防止事故工况的发生，本项目采取 10.2.1 节中设置的辐射防范措施后，可减少或避免辐射事故的发生率，可保证项目的正常运行，保障工作人员和公众的健康与安全。

表 12　辐射安全管理

12.1 辐射安全与防护管理机构的设置

为认真贯彻辐射安全相关法规要求，加强公司辐射安全工作的管理，建设单位成立了辐射安全与防护管理小组。公司董事长***作为公司辐射安全第一责任人，授权辐射安全负责人***统筹管理辐射安全与防护管理小组的一切事务，具体内容如下：

一、辐射安全与防护管理小组成员

组长：***

成员：***、***、***

二、辐射安全与防护管理小组的职责：

（1）贯彻执行国家放射性同位素的法律法规，接受各级生态环境部门的监督与检查；

（2）制定公司辐射安全管理的各项规章制度，并组织培训，总结经验，完善修订；

（3）对公司的辐射安全工作全面负责，保证工作场所内环境辐射剂量水平符合国家和行业标准，避免发生辐射安全事故，对环境进行有效的保护；

（4）研究审查新建、扩建、改建销售、使用工作场所内设施及其防护的工作，以及组织相关环评、验收、辐射安全许可证申领工作；

（5）每年定期召开辐射安全专题工作会议，协调人员，集中力量解决辐射安全和环境保护工作中存在的问题；

（6）定期安排辐射安全专项检查，消除各种引起辐射安全的隐患；

（7）发生辐射事故时，指挥、协调、处理辐射事故的应急处理，防止事故蔓延扩大，将放射性伤害、环境影响和经济损失降到最低。

12.2 辐射安全与防护培训、职业健康体检

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关要求，本项目辐射工作人员应当通过辐射安全与防护考核，并考核合格后方可上岗。

公司拟安排 2 名辐射工作人员，上岗前需参加生态环境部举办的辐射安全与防护培训，并通过考核。后续项目投入运行前，必须进行上岗前职业健康检查，符合《放射工作人员健康标准》的方可从事相关工作。辐射工作人员在工作期间必须按规定佩戴个人剂量计，每 3 个月检测一次，一年四次。所有的辐射工作人员上岗后间隔不超过 2 年进

行一次职业健康检查。未来若新增或录用其他辐射工作人员，均需达到上述要求方可上岗。

12.3 辐射安全管理规章制度

建设单位根据本次放射性药品暂存库的经营内容，建立了相应的规章制度（详见附件 4），包括：辐射防护和安全管理制度、辐射工作岗位职责、个人辐射剂量监测管理制度、辐射安全与防护培训管理制度、辐射事故应急处理预案、放射性“三废”处理方案、辐射工作人员健康检查管理制度等，将在本项目运行后严格落实。

管理制度	主要内容
辐射防护和安全管理制度	对单位辐射工作人员职责、工作程序和个人防护作出要求
辐射事故应急预案	规定了放射性药品暂存库发生辐射事故时单位相关人员职责和处理程序，将辐射事故的影响减少到最小
辐射岗位职责	明确了辐射工作人员在辐射工作中的责任
个人辐射剂量监测管理制度	规定了个人辐射剂量监测的频率和内容，并要求对监测结果存档保留
辐射安全与防护培训管理制度	规定了辐射工作人员必须参加环保部门组织的辐射安全与防护培训，持证上岗，并对内部培训做了要求
放射性“三废”处理方案	提出了对放射性药品暂存库产生的放射性废物的处理要求，通过合理地处置，达到环境保护的要求
辐射工作人员健康检查管理制度	提出对辐射工作人员个人剂量监测和体检的要求，并要求如辐射工作人员未一直从事辐射工作，档案保存终身

12.4 辐射监测

建设单位为本项目的运行制定了《辐射监测方案》，对工作场所监测、周围环境监测、个人剂量监测等制定了监测计划，同时配备了相应的辐射监测设备，具体内容如下：

12.4.1 监测设备配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，建设单位配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括 1 台固定式辐射剂量率仪、1 台便携式 X-γ辐射剂量率仪、2 枚个人剂量计、2 台个人剂量报警仪和 1 台α/β表面沾污仪。

12.4.2 辐射工作场所监测

（1）日常监测计划

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求，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，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门，以便了解和监护防护设施的运行情况，为主管部门下一步辐射防护决策提供科学技术依据。

本项目竣工环保验收及投入正式运行后，计划对场所外部环境及内部工作场所开展定期监测，包括委外监测及自行监测，其中：委外监测将委托有资质的机构定期对工作场所及周围环境进行，频率不低于 1 次/年；自行监测频率参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）《核医学科辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930—2010）附录 A 等相关规定执行，表面污染需每次工作结束后开展（出现放射性药品洒落应及时进行监测），日常监测计划详见表 12.4.1。

1）X-γ辐射剂量率监测

每周对工作场所开展 X-γ辐射剂量率监测，监测点位布设于放射性暂存库屏蔽墙体外 30cm 处、防盗门外 30cm 处以及放射性废物桶表面。

监测要求可参照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）《核医学科辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）：

① 在距离屏蔽体以及防盗门外侧表面 30cm 处进行巡测。

② 监测应在场所正常储源状态下进行。

③ 辐射本底水平的测量应选择在建筑物的室内中间部位距地面 1m 高度处。

2）放射性表面污染水平监测

每次工作结束后对工作场所开展α、β表面污染监测，监测点位布设于打包间内的放射性核素货包操作位、洁具间洗手池表面、墙壁、地面，放射性药品暂存区的墙面、地面、放射性废物桶以及包装袋表面等可能受到污染的位置。

辐射监测要求如下：

① 在非工作状态（场所内未暂存放射性核素货包）时进行布点测量；

② 采用直接法测量，避免探头与污染表面直接接触；

③ 测量时，探头与被测表面之间的距离应在可行的情况下尽可能地小。

（2）年度监测计划

每年委托有资质的单位对辐射工作场所及环境周围辐射水平进行监测。主要对辐射工作场所及周围进行监测，其中，重点对控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留

的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面进行辐射水平的监测。

监测范围重点针对放射性暂存库屏蔽墙体外 30cm 处、防盗门外 30cm 处以及放射性废物桶表面 30cm 处，以及暂存库内墙面、地面，工作人员的手、皮肤暴露部分和工作服、手套、鞋、帽等表面，年度监测计划详见表 12.4.1。

（3）竣工环保验收监测

本项目工作场所建成后，及时组织开展竣工环保验收工作，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）中相关规定对辐射工作场所开展竣工环保验收监测。本项目竣工环境保护验收辐射监测计划见表 12.4.1。

12.4.3 个人剂量监测

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128—2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关要求，“常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素，一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月”。

本项目个人剂量监测主要是利用热释光个人剂量计，对辐射工作人员所受的外照射个人累积剂量进行监测，从事辐射工作的人员均需佩戴个人剂量计，按每季度 1 次的频率送有资质单位进行个人剂量监测，单位建立个人剂量监测档案，终身保存。建设单位还将关注工作人员每季度的累积剂量检测结果，对检测结果超过剂量管理限值的原因进行调查和分析，优化实践行为，并向生态环境部门报告。

12.4.4 辐射监测计划汇总

针对本项目制定相应的辐射监测计划汇总见表 12.4.1。

表 12.4.1　本项目辐射监测计划一览表

监测对象	监测点位	监测方案	监测项目	日常监测频率	年度监测频率
放射性药品暂存库	墙体外 30cm、门外 30cm、放射性废物桶表面 30cm 处	实测	X-γ 辐射剂量率	1 次/周	每年 1 次
	墙壁和地面，放射性废物桶表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	实测	α/β表面污染	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时监测）	每年 1 次
	放射性核素货包表面	实测	X-γ 辐射剂量率和α/β表面污染	每次工作时	/

外环境	公司内部道路、职工中心	实测	X-γ辐射剂量率	/	每年1次
辐射工作人员	个人剂量计	实测	累积剂量	90天1次	
竣工环保验收监测	墙体外30cm、门外30cm、放射性废物桶表面30cm处	实测	X-γ辐射剂量率	本项目建成后	
	墙壁和地面，放射性废物桶表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	实测	α/β表面污染		

12.5 辐射事故应急

福建同春药业股份有限公司已制定了《辐射事故应急预案》（详见附件5），适用于公司放射性药品贮存过程中发生辐射事故时的应急响应。

12.5.1 应急处理机构与职责

公司成立辐射事故应急处理领导小组，组织、开展辐射事故的应急处理和救援工作。小组工作职责主要有：

（1）定期组织对辐射工作场所和人员进行辐射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至公司领导层并落实整改措施；

（2）事故发生后立即组织有关部门和人员进行辐射事故应急处理；

（3）负责向公司及时报告事故情况；

（4）负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

（5）辐射事故中人员受照时，要迅速估算受照人员的受照剂量；

（6）负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩散蔓延。

12.5.2 辐射事故应急处理程序

当发生辐射事故或可能引发辐射事故的运行故障时，发现事故人员应向应急处理领导小组报告，应急处理领导小组依据应急预案相关内容对事故或故障进行分析，判断其类型和级别，并启动相应的应急响应小组和响应行动。

根据辐射所涉及的范围建立隔离区，在区域边界设立警戒线或警示标志。除消防应急人员及必要岗位人员外其他人员禁止进入隔离区，直到应急命令解除通知下达。

（1）非密封放射性物质丢失、被盗、失控

1）第一时间保护现场，严格控制进出人员；

2）发现丢失或被盗的现场人员立即向公司应急处理领导小组报告，应急处理领导小组根据应急状态等级严格按照规定上报相关部门并立即报警；

3）调取公司监控录像，收集证据；

4）根据存档资料迅速确定被盗或丢失非密封放射性物质的种类和数量、源强度等基本情况；

5）全力协助公安、生态环境等主管部门进行查找回收，避免造成更多人员的伤害和对环境的放射性污染，影响社会的稳定；

6）非密封放射性物质失控时立即疏散人员至安全区域。

（2）人员受到意外照射

1）应急处理领导小组应立即疏散相关人员至安全区域；

2）同时根据放射性物质活度等信息估算、调查人员可能的受照剂量，及时送至有条件救治辐射损伤的医院就诊。

（3）非密封放射性物质大量泄漏、泼洒事故

应急处理领导小组应立即组织撤离有关工作人员，对无需进行相关操作的区域第一时间进行隔离；如仍需在该区域或附近工作，需用吸水纸、酒精等对泼洒药品进行擦拭，擦拭尽量使用长柄工作夹进行操作，擦拭时穿戴防护用品，避免体表污染或内照射。清理用品需作为放射性固体废物处置，放入放射性废物桶并记录。

（4）放射性药品暂存库发生火灾事故

暂存库内配置适用于本场所的灭火器。发现火情及时选择相应灭火器或其他方式控制火势，同时向应急领导小组及消防部门报告。重点加强对暂存区相关设施的保护。

12.5.3 事故报告

发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，应立即启动本公司的应急方案，采取应急措施，并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门报告。根据事故分级还应同时向当地公安部门、卫健委报告。

如发生放射性同位素丢失、在公共场所泄漏被人为损坏等事故，应同时向当地公安部门报告；如发生人员受照等事故，应同时向当地卫健委报告。

12.5.4 后续整改

应急状态终止后，应急领导小组应遵循实事求是原则，认真分析总结事故的发生起因、过程和人员伤害情况及财产损失情况、处置方式合理性等进行调查分析，及时对设

备进行维护并对人员进行培训，提高辐射防护设施固有安全性及辐射工作人员的安全意识，并认真做好记录汇总编制成报告妥善保管存档。

综上，福建同春药业股份有限公司辐射事故应急响应预案具有一定的可操作性，建议定期开展应急演练（一年至少组织一次），做好应急演练记录，将应急预案演练效果纳入放射性同位素的安全和防护状况进行年度评估报告。

12.6 竣工环境保护验收

根据《建设项目环境保护管理条例》和《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）的要求，本项目需开展竣工环保验收，竣工环境保护验收责任主体为福建同春药业股份有限公司。本项目竣工环境保护验收一览表见表 12.6.1。

表 12.6.1　本项目竣工环境保护验收一览表

类别	类别	验收内容	验收要求
放射性药品暂存库	放射性药品暂存库辐射屏蔽防护建设	按照表 10.2.1 内容进行施工建设	按要求配备辐射防护设施并正常运行 剂量率、剂量约束值和表面污染满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）5.3.1 和《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188—2021）中 6.1.5 的要求
	视频监控系统、门禁系统	放射性药品暂存库的出入口内设置视频监控设备、门禁系统	
	灭火器	放射性药品暂存库内设置灭火器	
	固定式场所辐射探测报警装置	暂存库内配置 1 台固定式场所辐射探测报警装置	
	通风设施	设置了单独的通风系统，并安装活性炭过滤装置	
	电离辐射警告标志	在放射性药品暂存库的入口处和各放射性废物桶、应急衰变桶表面设置电离辐射警告标志和中文警示说明	
	工作场所表面污染防治	在暂存库墙面、地面均为光滑饰面无缝隙，地面与相邻墙采用圆滑式连接、易去污、易清洗	
监测	辐射监测仪器及个人防护用品	为辐射工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪，场所配备固定和便携 X-γ 辐射剂量率仪、α/β表面沾污仪。	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021） 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871—2002）
	辐射环境监测	委托有能力的检测机构对工作场所周围环境的辐射水平进行监测，频率不少于 1 次/年；定期自行监测，辐射水平监测频次不少于 1 次/周，表面污染监测频次为每次工作结束后；放射性固体废物贮存达到标准要求的贮存时间后进行表面剂量率水平和表面污染水平检测。	
管理制度	辐射安全管理机构	成立辐射安全与防护管理小组并明确职责	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）
	辐射事故应急预案	制定辐射事故应急预案	

	个人剂量管理	辐射工作人员佩戴个人剂量计，至少三个月送检一次，关注检测结果，并建立个人剂量档案	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）根据建设单位实际情况制定并完善规章制度；按制度执行到位
	辐射安全与防护培训	辐射工作人员均需通过辐射安全和防护专业知识考核，取得考核成绩单	
	职业健康体检管理	辐射工作人员均需进行职业健康体检，间隔时间不超过 2 年，建立辐射工作人员职业健康档案	
	监测制度	制定《辐射环境监测计划》并严格执行	
	年度评估报告制度	每年 1 月 31 日前提交辐射安全年度评估报告	
	辐射规章、管理制度	建立岗位职责、辐射防护与安全制度、人员培训、辐射监测、三废管理、辐射事故应急预案等规章制度 制定放射性核素货包出库、入库等登记台账、放射性固体废物处理处置等管理制度	
	全国核技术利用辐射安全申报系统	项目投入运行前，应重新申领辐射安全许可证	

表 13　结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

福建同春药业股份有限公司拟在福建省福州市仓山区城门镇浚边村浚边 818 号一期厂房内建设放射性药品暂存库，暂存医用同位素药品，该场所为使用非密封放射性物质，根据日等效最大操作量估算，为乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目暂存库只用于暂存医用同位素药品货包，运输委托有资质的第三方机构，整个贮存及销售过程不破坏放射性核素外包装，客户单位产生放射性固废如废西林瓶、废药液等，由客户单位回收处置，本项目建设单位不开展回收和处置工作。

13.1.2 项目可行性政策符合分析

（1）产业政策符合性分析

本项目主要为贮存、销售放射性核素，为医疗机构、科研院所、企事业单位等提供诊断、治疗药物。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号），属于“鼓励类”中“六、核能——4.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”之类别，因此本项目建设符合国家产业政策。

（2）实践正当性分析

本项目的主要任务是贮存、销售放射性核素，为福建省及周边地区医院核医学科、科研院所、企事业单位等提供药物，便于各个医院开展放射性治疗和诊断，更多地救治病人，较医院自行制备的模式，在环境保护、药品质量、辐射安全等方面均会有较大的改善。在采取相应的辐射安全与防护措施之后，项目对于周围环境的辐射影响是可以接受的，因此符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）中关于辐射防护“实践的正当性”原则。

（3）选址布局合理性分析

本项目拟在福建省福州市仓山区城门镇浚边村浚边 818 号一期厂房建设一间放射性暂存库。本项目拟建的放射性药品暂存库不毗邻食堂等部门及人员密集区，屏蔽墙体外 50m 评价范围内无学校等环境敏感点，周围辐射环境现状质量良好。

从环境保护和辐射防护角度考虑，本项目工作场所选址布局合理。

13.1.3 辐射安全与防护结论

（1）辐射安全防护

本项目拟建放射性药品暂存库有固定的辐射工作场所，按设计方案建设的辐射工作场所，其拟用的屏蔽材料和防护厚度能够有效屏蔽其辐射源产生的射线，对辐射工作场所拟采取的相应辐射安全与防护措施符合相关要求。

暂存库内按照控制区和监督区进行分区管控，同时设有门禁系统、警告标识、视频监控，配备防护用品、α/β表面沾污仪、辐射剂量率仪等辐射安全和防护措施，均符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）等相关文件的要求。

（2）辐射环境管理

建设单位已经设立了辐射安全与防护管理机构，并建立完善的辐射安全管理规章制度，制定了《辐射事故应急预案》，同时配备相关的辐射防护和监测设备，确保货包暂存期间的相关人员安全。

13.1.3 辐射环境影响分析

（1）建设阶段对环境影响

本项目通过合理安排施工时间及施工场地的秩序，对施工场地进行适当的封闭，避免因本项目建设影响厂区内正常生产活动及工作人员办公。由于本项目工程量小，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目施工期对外界的影响较小。

（2）运行阶段对环境影响

本项目放射性药品暂存库关注点剂量率满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）5.3.1 中“在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μSv/h，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 μSv/h，宜不大于 2.5 μSv/h”的要求。同时满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中 6.1.5 中“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 μSv/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 μSv/h”的要求。

本项目辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有

效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求，同时满足辐射工作人员的剂量约束值 5mSv/a 和公众人员剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

13.1.4 放射性“三废”治理

本项目放射性药品暂存库只用于暂存放射性核素货包，整个贮存及销售过程不破坏放射性核素货包外包装，因此在正常的贮存及销售过程中，无放射性废水、废气及固体废物产生。小概率发生的事故工况，会产生放射性废气、应急清洁产生放射性废水以及擦拭去污产生放射性固体废物。

（1）放射性废气

本项目放射性核素货包正常贮存期间，核素均密闭包装于货包内，贮存期间不进行拆封分装等作业，因此正常情况不产生放射性废气，仅在事故工况下，如放射性核素货包在出入库过程中发生跌落、碰撞，导致放射性核素泼洒，I-131 等挥发性核素将产生少量的放射性废气。暂存库拟设置动力通风装置，穿过墙体直达屋面，屋顶处设置排气口。拟在排风管道穿墙前端设置活性炭过滤装置，排风管道内保持负压并安装防回流装置。

本项目产生的放射性废气经活性炭过滤吸附后高空排放，对周围环境影响很小。

（2）放射性废水

放射性废水主要来自事故状态时辐射工作人员的应急清洗废水。本项目在暂存库内设有应急洗手池，设有供水管路但不设置排水管路，应急清洗产生的废水通过专用收集桶进行收集，废水产生量按 20L/人·次考虑，收集后应急衰变桶送至暂存区西侧应急衰变间内暂存，超过 10 个最长半衰期（含 I-131 核素的暂存超过 180 天、含 Sr-89 核素的暂存超过 505 天、含 Th-227 核素的暂存超过 187 天）后经人工转移送至市政污水处理系统进一步处理。

本项目拟设置的 4 个应急衰变桶，应急衰变桶的四侧和底部均采用不锈钢材质内衬 10mm 厚铅，内壁光滑并防腐防渗。

本项目产生的废水得到有效地收集并处置，不外排，不会对周围环境产生不利影响。

（3）放射性固废

本项目放射性固体废物主要是事故状态时去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套、防护服等（1.0kg/次），以及放射性废气处理系统定期更换的活性炭（10kg/a）。

放射性固废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，含 I-131 核素暂存超过 180 天，含 Sr-89 核素的暂存超过 505 天、含 Th-227

核素的暂存超过 187 天，含 I-125 核素的暂存超过 595 天，达到清洁解控水平，作为一般废物处理。

本项目排风系统内定期更换下来的废活性炭根据监测结果，若超过解控标准则作为放射性废物委托有资质单位进行处置。

综上，本项目事故工况下产生的放射性“三废”均可得到妥善处置，对周围环境的影响很小。

13.1.5 总结论

综上所述，本项目建设旨在保障基层药品的有效供应，建设单位具备开展核技术利用项目的技术能力，在认真贯彻执行国家有关环境管理的法律法规和国家标准，严格落实本评价提出的各项辐射污染防治措施和加强管理的前提下，本项目的建设具有良好的社会价值，不会对周围环境带来不可接受的环境影响，从辐射安全和环境保护的角度论证，福建同春药业股份有限公司放射性药品暂存库项目是可行的。

13.2 建议

为更好地做好本项目的环保工作，提出以下建议及要求：

（1）生态环境影响评价文件审批完成后，应根据有关规定及时重新申领辐射安全许可证。

（2）建设项目竣工后，建设单位应按照生态环境部规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

（3）加强辐射工作人员个人剂量监测管理工作，及时送检并统一管理维护辐射工作人员个人剂量监测档案。

（4）项目运行过程中，严格按照操作规程，加强对辐射工作人员有关辐射防护方面的培训，避免意外事故造成对公众和工作人员的附加影响。

（5）不断加强建设单位的辐射安全管理工作，落实辐射安全管理责任。

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