

核技术利用建设项目  
重庆医药集团和平物流有限公司  
放射性药品仓库建设项目工程  
环境影响报告表

建设单位：重庆医药集团和平物流有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司


编制时间：2023年11月

生态环境部监制



打印编号: 1698895165000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	8amhdc		
建设项目名称	重庆医药集团和平物流有限公司放射性药品仓库建设项目工程		
建设项目类别	55-172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	重庆医药集团和平物流有限公司		
统一社会信用代码	91500108MA5YRPY176		
法定代表人 (签字)	张瑞		
主要负责人 (签字)	范涛		
直接负责的主管人员 (签字)	熊峰		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004042		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
肖英	07355543507550272	BH001035	肖英
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
蒲小洁	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议	BH001011	蒲小洁

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		重庆医药集团和平物流有限公司放射性药品仓库建设项目工程				
建设单位		重庆医药集团和平物流有限公司				
法人代表		张瑞	联系人	张宇	联系电话	17*****28
注册地址		重庆市沙坪坝区土主镇明珠山一支路 4 号				
项目建设地点		重庆市沙坪坝区土主镇明珠山一支路 4 号重庆医药现代物流综合基地（二期）拣配中心二 1F 冷库区				
立项审批部门		重庆市沙坪坝区发展和改革委员会		批准文号	2308-500106-04-02-347902	
建设项目总投资（万元）		85	项目环保投资（万元）	10	投资比例（环保投资/总投资）	11.8%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m <sup>2</sup> ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
	其他	无				
<b>1.1 建设单位概况</b>						
<p>重庆医药集团和平物流有限公司（以下简称“和平物流公司”）位于重庆市沙坪坝区土主镇明珠山一支路 4 号，2018 年 3 月 6 日成立，是重庆医药（集团）股份有限公司（以下简称“重庆医药集团”）全资子公司。和平物流公司现有直接管理符合 GSP 管理规范的医药仓库总面积约 8 万 m<sup>2</sup>，包含位于重庆市沙坪坝区土主镇的重庆医药现代物流综合基地（土主中心库）及大黄路仓库 1 个分库。和平物流公司主要负责重庆医药集团覆盖区域内营销网络相匹配的配送体系建设和运营管理，同时提供医药行业第三方物流服务和仓储服务。</p>						

## 1.2 任务由来

根据重庆医药集团发展战略的需要，重庆医药集团和平物流有限公司拟配合集团放射性药品经营单位开展放射性药品的仓储经营活动，拟在重庆市沙坪坝区土主镇明珠山一支路 4 号重庆医药现代物流综合基地（二期）拣配中心二 1F 冷库区内实施“重庆医药集团和平物流有限公司放射性药品仓库建设项目工程”。该项目建设内容为新建 1 个放射性药品仓库，主要贮存含  $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$  粒子、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^7\text{Be}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{14}\text{C}$  共 23 种核素的放射性药物，不进行拆包、分装等工作。根据核算，项目放射性核素贮存的日等效最大操作量约为  $2.32 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》中的“五十五、核与辐射 172 核技术利用建设项目”可知，乙级非密封放射性物质工作场所的项目环境影响评价文件形式为编制环境影响报告表。因此，本项目为编制环境影响报告表。

为执行环评影响评价制度，重庆医药集团和平物流有限公司委托重庆宏伟环保工程有限公司开展该项目的环境影响评价工作。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础上，并按照《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）的要求，编制完成了《重庆医药集团和平物流有限公司放射性药品仓库建设项目工程环境影响报告表》。

## 1.3 评价思路和说明

（1）重庆医药集团和其他公司有放射性核素销售类别许可的，当有订单时，就向放射性核素生产商直接订购放射性核素，由生产商委托的运输公司直接运送至使用方。销售放射性核素过程中，一般情况是当天直接运送至使用方，不贮存；特殊情况是一批放射性核素货包运到重庆时，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，生产商送源人员申请将放射性核素货包贮存在本项目新建放射性药品仓库，在约定时间再发货运送至使用方。放射性核素货包的运输由放射性核素生产商负责。放射性核素货包的贮存时间一般不超过 24h。

因此，本项目只涉及放射性核素的贮存，不涉及放射性核素的销售和运输。

(2) 本项目拟建放射性药品仓库选址所在的重庆医药现代物流综合基地（二期）（以下简称“物流基地二期”）拣配中心二产权属于重庆医药(集团)股份有限公司所有，重庆医药集团和平物流有限公司与重庆医药(集团)股份有限公司签订了房屋租赁合同，有整个拣配中心二使用权。放射性药品仓库的责任主体为和平物流公司。

(3) 本项目利用原有冷库进行装修改造，不涉及新增用地。

(4) 放射性核素货包自带铅罐屏蔽。

#### 1.4 项目概况

(1) 建设规模：

拟将拣配中心二 1F 的 L25 号冷库和 L24 号冷库所在位置建设放射性药品仓库，项目用房包括放射性药品仓库和卫生通过间。拟在 L25 号冷库室外搭建转运平台，并拟将放射性废水衰变池置于新建平台下方。拟建放射性药品仓库主要贮存含  $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$  粒子、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^7\text{Be}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{14}\text{C}$  共 23 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  $2.32 \times 10^9 \text{Bq}$ ，年最大贮存量为  $4.47 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。放射性药品仓库（含卫生通过间）建筑面积约  $40.36 \text{m}^2$ 。

(2) 项目投资：总投资约 85 万元，其中环保投资约 10 万元。

(3) 施工期：3 个月。

根据项目特点，本项目主要由主体工程、辅助工程、公用工程、环保工程组成。项目组成情况见下表 1-1。

表 1-1 项目组成及现有工程依托关系表

项目组成		具体内容	依托关系
主体工程	放射性药品仓库	拟建放射性药品仓库位于拣配中心二 1F 北侧中部，主要功能用房包括放射性药品仓库和卫生通过间。建筑面积约 $40.36 \text{m}^2$ 。拣配中心二 1F 层高 8m，拟建放射性药品仓库吊顶后内空高度为 3.5m。	主体结构依托大楼，内部布局新建
辅助工程	转运平台	室外搭建尺寸为 4.6m（长）×2.6m（宽）×1.2m（高）的轻钢结构转运平台（另含 1.2m 高防护栏杆），低于原 L25 号冷库室内 100mm。平台上方新建尺寸为 10.4m×2.0m 的轻钢结构雨棚。	新建
公用工程	给水	依托物流基地内供水管网。	依托

续表 1-1 项目组成及现有工程依托关系表				
项目组成	具体内容		依托关系	
公用工程	排水	雨污分流，污污分流。一般生活污水依托物流基地现有污水排水管网进入二期生化池处理。事故状态下有放射性的清洗废水单独收集至新建衰变池衰变后再排入物流基地二期生化池，处理达标后接入市政污水管网。	衰变池新建，其余依托	
	供电	由市政电网供电，依托物流基地内供配电系统。	依托	
	通风	正常工况为自然进风和自然出风，事故状态时手动打开机械排风系统。	新建	
环保工程	废水	放射性废水（事故状态下）	项目拟新建 1 个推流式衰变池（混凝土结构），设置在室外新建平台下方的地面构筑物，用于存放事故状态下的放射性废水，衰变池由两个有效体积为 $1\text{m}^3$ 的池体组成，有效体积为 $2\text{m}^3$ 。放射性废水排入衰变池衰变达标后再排入物流基地西北侧的生化池处理。放射性废水通过重力自流收集至衰变池，管网设置在地面下，埋深不低于 700mm。	衰变池及配套管网新建，其余依托
		非放射性废水	普通生活污水直接接入污水管网，经物流基地西北侧的二期生化池（设计处理能力 $45\text{m}^3/\text{d}$ ）处理达标后排入市政管网，最终进入土主污水处理厂处理达标排放。	
	废气	拟设置 1 套独立的排风系统。拟设强制机械送风机及排风机；并设手动开启装置，设电动密闭阀使送排风风机联动。事故状态下废气经活性炭吸附后引至拣配中心二楼顶排放。	新建	
	固废	放射性固废（事故状态下）	拟在库房内配置 1 铅废物桶，存放事故状态下的放射性固废（如废活性炭和去污废物等）。含短半衰期（ $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等衰期小于 24 小时的）核素的固废在铅废物桶内暂存衰变，衰变达到规定时间要求并监测合格后作为一般固废处理。含长半衰期（ $^{131}\text{I}$ 等半衰期大于 24 小时的）核素的固废交资质单位处置。	新建
		非放射性固废	项目运行产生的生活垃圾交环卫部门处理。废防护用品妥善保存，做好记录，交有资质单位处理。	生活垃圾处理依托
	辐射防护	工作场所控制区边界及内部的四周墙体、顶棚、门等均采用足够厚的相应屏蔽材质（如：实心页岩砖、混凝土、铅防护门等）进行辐射屏蔽防护，保证屏蔽体外周围剂量当量率满足标准限值要求。	依托主体结构，内部防护新建	
其他	辐射环境管理	公司拟建立辐射防护管理机构，拟设置专人管理辐射环境，拟制定相应的管理制度和应急预案。	新建	

### 1.5 辐射防护方案

根据设计图可知，本项目用房是拟利用 L25 号冷库与 L24 号冷库用房的进行建设，目前均为冷藏库房，内部根据设计重新布局和建设。拟拆除 L25 号冷库与 L24 号冷库之间的现状隔墙，原有 L25 号冷库使用面积 28m<sup>2</sup> 全部利用，并向 L24 号冷库内部扩建，L25 号冷库面积由原 28m<sup>2</sup> 增至 40.36m<sup>2</sup>，将面积增加后的 L25 号冷库建设为放射性药品仓库（包括放射性药品仓库和卫生通过间），同时加厚、恢复墙体。拟在 L25 号冷库与 L24 号冷库之间新建 240mm 厚实心页岩砖墙，余墙体均由轻质保温墙板加厚为 240mm 厚实心页岩砖；顶棚依托原有建筑的 100mm 混凝土楼板；在 L25 号冷库位于建筑外墙上开设门洞，外侧设置双人双锁防盗门，内侧设置专用铅防护门；卫生通过间位于原通道处设置双人双锁防盗门，进入 L25 号冷库的位置设置专用铅防护门。具体屏蔽方案见表 1-2。

表 1-2 辐射防护设计方案表

名称	屏蔽体	设计防护方案	现有建筑情况	备注
放射性药品仓库	四周墙体	240mm 实心页岩砖	轻质保温墙板	新建
	顶棚	100mm 混凝土	100mm 混凝土	依托现有
	门	室外侧：内为 5mmPb 铅防护门， 外为双人双锁防盗门 卫生通过间侧：内为 5mmPb 铅防护门， 外为双人双锁防盗门	普通门	新建

#### 放射性废水处理设施

名称	有效体积	设计防护方案
衰变池	有效体积为 2m <sup>3</sup>	整体外墙体和池底为 200mm 混凝土，内部隔墙为 200mm 混凝土，顶部盖板为 5mmPb 铅板。内空尺寸为：1m（长）×1m（宽）×1m（高）×2 个池体。
放射性废水管网	/	放射性废水管网均埋在地下，埋深不低于 700mm

**总体备注：**①屏蔽材质的密度：混凝土（砣）2.35g/cm<sup>3</sup>，铅 11.3g/cm<sup>3</sup>，砖 1.65g/cm<sup>3</sup>。后文密度同此，不再重复。

②放射性药品仓库所在区域，地下层无建筑，不考虑防护。地板厚度为 300mm 混凝土。

### 1.6 设备配置

本项目主要配套设施设备见表 1-3。

表 1-3 本项目主要配套设施设备配置表

序号	名称	数量	使用位置	用途	备注
1	储源柜	2 个	放射性药品仓库	临时贮存放射性核素货包	每个尺寸为 1m (长)×0.5m (宽)×1m (高), 4 层, 30mmPb
2	放射性废物桶	1 个	放射性药品仓库	存放事故状态下的放射性固废	尺寸待定, 10mmPb
3	表面沾污仪	1 台	卫生通过间	工作场所表面污染检测	表面污染监测
4	监控系统	1 套	放射性药品仓库内设置监控探头	提供整个工作场所的监控	显示单元位于西门的门卫室
5	智能化 X-γ辐射仪	1 台	卫生通过间	工作场所辐射检测	/
6	个人剂量计	按需	放射工作人员使用, 人员随身携带	个人剂量监控	每名放射工作人员 1 枚
7	个人剂量报警仪	按需	放射性药品仓库工作场所使用	检测放射工作人员瞬时受照情况	/
8	铅衣	2 件	卫生通过间	放射工作人员防护	铅当量正面 0.5mmPb, 背面 0.25mmPb
9	洗消设备 (含洗消液)	按需	卫生通过间内清洗处	核素清洗	配置专用核素洗消液
10	应急及去污用品	按需	卫生通过间	应急处理	包括: 一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂; 小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料涂层、一次性镊子。
11	固定式剂量报警仪	1 套	放射性药品仓库	剂量监控	/
12	小推车	1 个	放射性药品仓库	搬运放射性药品货包	/

### 1.7 劳动定员和工作制度

本项目拟配置 5 名工作人员, 主要包括放射性药品仓库养护人员 1 名、管理人员和安全员各 2 名, 均为放射工作人员。本项目工作人员从公司劳动定员中调配和培养。

工作制度: 年运营 250 天, 即放射工作人员工作天数为 250 天, 工作人员实行轮休制。

### 1.8 工作负荷

根据公司提供的资料, 放射性药品仓库每天贮存放射性核素货包数量不超过 46 个, 每种放射性核素货包数量最多不超过 5 个, 每年贮存数量不超过 5750 个。具体情况见支撑性材料。



**1.9 项目外环境概况**

本项目位于重庆市沙坪坝区土主镇明珠山一支路 4 号物流基地二期拣配中心二 1F 北侧中部冷库区内。物流基地二期工程主要由拣配中心二、公共卫生间组成。

拣配中心二由北侧 1 栋 4F (H=23.6m) 的药品库房和南侧 1 栋 1F (H=23.8m) 的立体库组合而成。

拣配中心二北侧紧邻基地内道路(空坝)，之外为门卫室(约 40m)和公共卫生间(约 40m)等；南侧紧邻基地内道路，之外为一期拣配中心一(约 12m)等；西侧紧邻基地内道路，之外为明珠山一支路、中国石油西南化工重庆仓储中心办公楼(约 55m)和库房(约 55m)等；东侧紧邻基地内道路，之外为绿化带、新安大道南段等。

根据项目所在楼与周围环境位置关系，项目所在楼外环境关系见表 1-4 所示。

**表 1-4 项目所在楼周围外环境关系一览表**

序号	名称	方位	最近距离 (m)	高差 (m)	环境特征
1	物流基地内道路	北侧	紧邻	约-1.2m	物流基地内道路
	门卫室		约 40m	约-1.2m	物流基地内建筑，辅助用房(1F)
	公共卫生间		约 40m	约-1.2m	物流基地内建筑，辅助用房(1F)
2	物流基地内道路	南侧	紧邻	约-1.2m	物流基地内道路
	一期拣配中心一		约 12m	约 0m	物流基地内建筑，库房(1F 高架库和 4F/-1F 生产拣配中心)
3	物流基地内道路	西侧	紧邻	约-1.2m	物流基地内道路
	中国石油西南化工重庆仓储中心		约 55m	约-1.2m	办公楼和库房
4	物流基地内道路、绿化带	东侧	紧邻	约-1.2m	物流基地内道路、绿化
	新安大道南段		约 35m	约 0m	主干道，双向 6 车道

备注：“-”表示低于拣配中心二 1F 地面。

本项目环境保护目标为放射性药品仓库周围 50m 范围内的放射工作人员和公众成员。

**1.10 选址可行性**

本项目位于重庆市沙坪坝区土主镇明珠山一支路4号物流基地二期拣配中心二1F北侧中部冷库区内。该物流基地基地主要功能为存放各种药品，本项目功能为存放特殊药品，不冲突。拟建场址的辐射剂量背景监测结果表明，其辐射环境质量现状良好，无限

制和制约，能满足项目的建设需求。项目50m范围内主要为物流基地二期拣配中心二用房和物流基地的门卫室和公共卫生间，不涉及医院、学校、集中居住区等环境敏感区。拟建放射性药品仓库位于拣配中心二1F的北侧中部，距离南侧物流基地倒班及培训楼等公众成员停留时间较长的区域相对较远，放射性药品仓库周围人员活动相对较少，有利于减少项目运行对公众成员的辐射影响。

因此，项目选址是可行的。

### 1.11 与项目有关的环境保护问题

#### 1.11.1 项目用房的环保手续情况

本项目租用重庆医药(集团)股份有限公司物流基地二期拣配中心二用房建设。重庆医药(集团)股份有限公司于2012年完成了《重庆医药(集团)股份有限公司重庆医药现代物流综合基地项目环境影响报告表》，该项目于2012年2月取得了《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》(渝(沙)环准[2012]020号)。该项目分两期建设，一期总建筑面积为58792.78m<sup>2</sup>，包括拣配中心二(高架库和生产拣配中心)、倒班及培训楼、门卫及辅房等。二期总建筑面积为33231.17m<sup>2</sup>；包括拣配中心二、公共卫生间等。2015年1月一期工程开始建设，于2016年6月建成，进入调试阶段，2017年2月取得了《重庆市建设项目竣工环境保护验收批复》(渝(沙)环验[2017]010号)。2019年6月二期工程开始建设，于2022年2月建成，进入调试阶段，2022年3月16日进行了验收。本项目所在的拣配中心二属于二期工程的建设内容，根据调查，二期工程运行至今未收到环保投诉，无环保遗留问题。

#### 1.11.2 现有核技术利用情况及现有辐射环境问题

重庆医药集团和平物流有限公司为首次开展核技术利用工作，根据现场监测，拟建址的环境 $\gamma$ 辐射剂量率与重庆市的环境 $\gamma$ 辐射剂量率无明显差异。因此，拟建址不存在与本项目有关的环境污染情况和环境问题。

### 1.12 本项目依托情况

本项目主要依托物流基地给排水及供配电工程、生化池，依托情况详见表1-5。根据分析可知，本项目所在的物流基地进行了环境影响评价并取得了《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》，各项环保设施均已建成投用，并进行了竣工环境保护验收，本项目依托是可行的。

表 1-5 项目依托可行性分析表

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
主体工程	建筑主体依托	本项目由 L25 号冷库全部与 L24 号冷库部分改建而成，本次改建，拆除 L25 号冷库与 L24 号冷库之间的现状隔墙，并向 L24 号冷库内部扩建，保留了用房外墙主体结构，内部重新设计和布局。放射性药品仓库所在区域原有墙体和原有承重柱不影响项目布局，依托可行。项目用房原为冷库，改建后依然为冷库，不改变使用功能，无遗留问题。本项目库房用于放射性药物存放，使用该区域后不影响公司整体的布局。因此，项目主体建筑依托可行。	可行
公用工程	供电、供水	物流基地的供电电网、供水管网完善，本项目依托可行。	可行
环保工程	污水处理	本项目生活污水依托物流基地二期生化池处理，达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网。二期生化池位于西北侧，处理能力为 45m <sup>3</sup> /d。根据《重庆医药（集团）股份有限公司重庆医药现代物流综合基地项目（二期）竣工环境保护验收监测报告》，二期生化池尚有余量，本项目依托可行。项目建设在公司总考虑范围内，不新增劳动定员；本项目在二期生化池的纳入范围内。	可行
	固废处理	本项目产生的少量生活垃圾依托现有的生活垃圾收运系统，最终交环卫部门处理，依托可行。	可行
其他	放射工作人员	项目劳动定员 4 人，均从公司劳动定员中调配培养，不新增公司总劳动定员，可以依托。	可行
	制冷	新建放射性药品仓库依托原 L25 号冷库制冷系统，整个冷库区域为 1 套制冷系统，但每个冷库可以分别控制，制冷只有出风，事故状态下的放射性废气不会影响其他区域，可以依托。	可行

**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
本项目不涉及								

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	<sup>89</sup> Zr	液态中毒组	使用	1.63×10 <sup>10</sup>	1.63×10 <sup>7</sup>	4.07×10 <sup>12</sup>	贮存	源的贮存	放射性药品仓库贮存	放射性药品仓库贮存
2	<sup>90</sup> Y	液态中毒组		1.78×10 <sup>11</sup>	1.78×10 <sup>8</sup>	4.44×10 <sup>13</sup>	贮存	源的贮存		
3	<sup>188</sup> W	液态中毒组		1.48×10 <sup>11</sup>	1.48×10 <sup>8</sup>	3.70×10 <sup>13</sup>	贮存	源的贮存		
4	<sup>99m</sup> Tc	液态低毒组		3.40×10 <sup>11</sup>	3.40×10 <sup>7</sup>	8.51×10 <sup>13</sup>	贮存	源的贮存		
5	<sup>96</sup> Tc	液态中毒组		1.48×10 <sup>8</sup>	1.48×10 <sup>5</sup>	3.70×10 <sup>10</sup>	贮存	源的贮存		
6	<sup>95m</sup> Tc	液态中毒组		1.48×10 <sup>8</sup>	1.48×10 <sup>5</sup>	3.70×10 <sup>10</sup>	贮存	源的贮存		
7	<sup>90</sup> Sr	液态高毒组		8.00×10 <sup>4</sup>	8.00×10 <sup>2</sup>	2.00×10 <sup>7</sup>	贮存	源的贮存		
8	<sup>89</sup> Sr	液态中毒组		5.03×10 <sup>10</sup>	5.03×10 <sup>7</sup>	1.26×10 <sup>13</sup>	贮存	源的贮存		
9	<sup>113</sup> Sn	液态中毒组		1.48×10 <sup>9</sup>	1.48×10 <sup>6</sup>	3.70×10 <sup>11</sup>	贮存	源的贮存		
10	<sup>72</sup> Se	液态中毒组		1.48×10 <sup>8</sup>	1.48×10 <sup>5</sup>	3.70×10 <sup>10</sup>	贮存	源的贮存		
11	<sup>177</sup> Lu	液态中毒组		2.96×10 <sup>10</sup>	2.96×10 <sup>7</sup>	7.40×10 <sup>12</sup>	贮存	源的贮存		
12	<sup>131</sup> I	液态中毒组		2.96×10 <sup>11</sup>	2.96×10 <sup>8</sup>	7.40×10 <sup>13</sup>	贮存	源的贮存		
13	<sup>125</sup> I 粒籽	固态中毒组		3.26×10 <sup>11</sup>	3.26×10 <sup>7</sup>	8.14×10 <sup>13</sup>	贮存	源的贮存		
14	<sup>123</sup> I	液态低毒组		4.44×10 <sup>10</sup>	4.44×10 <sup>6</sup>	1.11×10 <sup>13</sup>	贮存	源的贮存		
15	<sup>68</sup> Ga	液态		2.96×10 <sup>10</sup>	2.96×10 <sup>6</sup>	7.40×10 <sup>12</sup>	贮存	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
		低毒组								
16	<sup>67</sup> Ga	液态中毒组		1.48×10 <sup>8</sup>	1.48×10 <sup>5</sup>	3.70×10 <sup>10</sup>	贮存	源的贮存		
17	<sup>59</sup> Fe	液态中毒组		1.48×10 <sup>8</sup>	1.48×10 <sup>5</sup>	3.70×10 <sup>10</sup>	贮存	源的贮存		
18	<sup>18</sup> F	液态低毒组		2.96×10 <sup>11</sup>	2.96×10 <sup>7</sup>	7.40×10 <sup>13</sup>	贮存	源的贮存		
19	<sup>252</sup> Cf	液态极毒组		8.00×10 <sup>4</sup>	8.00×10 <sup>3</sup>	2.00×10 <sup>7</sup>	贮存	源的贮存		
20	<sup>7</sup> Be	液态低毒组		1.48×10 <sup>8</sup>	1.48×10 <sup>4</sup>	3.70×10 <sup>10</sup>	贮存	源的贮存		
21	<sup>110m</sup> Ag	液态中毒组		1.48×10 <sup>9</sup>	1.48×10 <sup>6</sup>	3.70×10 <sup>11</sup>	贮存	源的贮存		
22	<sup>223</sup> Ra	液态极毒组		1.48×10 <sup>10</sup>	1.48×10 <sup>9</sup>	3.70×10 <sup>12</sup>	贮存	源的贮存		
23	<sup>14</sup> C	液态中毒组		1.47×10 <sup>10</sup>	1.47×10 <sup>7</sup>	3.70×10 <sup>12</sup>	贮存	源的贮存		
合计				1.79×10 <sup>12</sup>	2.32×10 <sup>9</sup>	4.47×10 <sup>14</sup>	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

**表 4 射线装置**

(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
本项目不涉及加速器										

(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
本项目不涉及 X 射线机									

(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 (mA)	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	
本项目不涉及中子发生器													

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
本项目正常工况下不产生放射性废气、废液、固废。								

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固态为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；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<sup>3</sup>）和活度（Bq）。



表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日最新修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，2014 年 7 月 29 日修订实施；中华人民共和国国务院令第 653 号，2014 年 7 月 29 日修订实施；中华人民共和国国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，中华人民共和国生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日第四次修正实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行）；</p> <p>(10) 《国家危险废物名录》（2021 年版）；</p> <p>(11) 《放射性废物分类》，公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日起施行修订版；</p> <p>(13) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第 338 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(14) 《关于印发放射性药品经营质量管理实施细则的通知》渝药监[2023]16 号，2023 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 《放射性药品管理办法》，2022 年 5 月 1 日起施行修订版。</p>
-------------	--

续表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(2) 《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)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 参考《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)；</p> <p>(5) 参考《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)；</p> <p>(6) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)；</p> <p>(7) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)；</p> <p>(8) 《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》(GBZ/T144-2002)；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(10) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；</p> <p>(11) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ98-2020)；</p> <p>(12) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(13) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(14) 参考《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》。</p>
-------------	--

续表 6 评价依据

其他	<p>(1) 评价内容确认函，附件 1；</p> <p>(2) 重庆医药现代物流综合基地项目环评批准书，附件 3；</p> <p>(3) 《监测报告》（渝泓环(监)[2023]710 号），附件 4；</p> <p>(5) NCRP147 号报告；</p> <p>(6) ICRP 第 94 号出版物；</p> <p>(7) 《辐射防护导论》；</p> <p>(8) 《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）；</p> <p>(9) 《Radionuclide and Radiation Protection Data Handbook-放射性核素和辐射防护数据手册》（2002年）</p> <p>(10) 《辐射防护技术与管理》；</p> <p>(11) 《重庆医药（集团）股份有限公司重庆医药现代物流综合基地项目环境影响报告表》，2012 年；</p> <p>(12) 公司设计资料及其他资料。</p>
----	--

表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

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）的相关规定，并结合该项目放射性同位素为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以该项目放射性药品仓库控制区边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

### 7.2 保护目标

#### （1）项目所在楼整体介绍

拟建项目位于公司二期拣配中心二内，拣配中心二由北侧 4F/-1F（H=23.6m，其中 1F 层高 8m，2F 层高 5.1m，3F 层高 4.7m，4F 层高 4.5m，地下层高 4.1m）的库房和南侧 1F（H=23.8m）的立体库组合而成。其中在 4F 的药品库房的西侧、东侧和北侧，有局部的地下-1F，在东南角通过设备连廊与一期的高架库连接。整个拣配中心二长约 98.5m，宽约 96.12m。二期拣配中心二 1F 地面高于与室外道路地面约 1.3m。

本项目位于二期拣配中心二 1F 北侧，其所在区域无地下建筑。

#### （2）项目用房周围环境概况及环境保护目标

项目用房控制区北侧紧邻物流基地内道路，之外约 40m~50m 为门卫室和公共卫生间等；南侧约 0~5m 为 L24 号冷库和冷库作业区，约 5m~38m 为 L23 号冷库、L22 号冷库、L21 号冷库，约 38m~50m 多层穿梭库等；西南侧约 20m~50m 为 L28 号冷库、1 号装卸区、待检区；西侧约 0~6m 为 L26 号冷库，约 6m~30m 为冷库站台 1、准备间、卫生间、楼梯，约 30m~50m 为物流基地内道路；东侧约 0~7m 为楼梯间，约 7m~50m 为 1 层集货区、发货区、电梯、收货间等；楼下正对应区域无地下建筑，东侧斜下方地下约 0m~10m 为-1F 设备间；楼上正对应 2F-4F 区域均为通道，楼上其余 50m 范围内均为库房。

项目评价范围内环境保护目标统计情况见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 项目控制区外环境保护目标一览表							
序号	保护目标名称	方向	最近水平距离	最小高差	保护目标特性	受影响人群	影响因素
1	物流基地内道路	北侧	约 0~40m	约-1.2m	物流基地内道路, 约 10 人	公众成员	电离辐射
	门卫室		约 40~50m	约-1.2m	公司辅助用房, 1F, 约 2 人	公众成员	
	公共卫生间		约 40~50m	约-1.2m	公司辅助用房, 1F, 约 5 人	公众成员	
2	L24 号冷库和冷库作业区	南侧	约 0~5m	同层	公司库房, 约 2 人	公众成员	
	L23 号冷库、L22 号冷库、L21 号冷库		约 5~38m	同层	公司库房, 约 2 人	公众成员	
	多层穿梭库		约 38~50m	同层	公司库房, 约 2 人	公众成员	
3	L26 号冷库	西侧	约 0~6m	同层	公司库房, 约 2 人	公众成员	
	冷库站台 1、准备间、卫生间、楼梯		约 6~30m	同层	公司用房, 约 2 人	公众成员	
	物流基地内道路		约 30~50m	约-1.2m	物流基地内道路, 约 10 人	公众成员	
4	L28 号冷库、1 号装卸区、待检区	西南侧	约 20~50m	同层	公司用房, 约 2 人	公众成员	
5	楼梯间	东侧	约 0~7m	同层	公司用房, 约 2 人	公众成员	
	1 层集货区、发货区、电梯、收货间		约 7~50m	同层	公司用房, 约 2 人	公众成员	
6	2F~4F 通道、库房等用房	楼上	/	/	项目所在二期拣配中心二 2F~4F, 约 5 人	公众成员	
7	-1F (东侧斜下方) 设备间	楼下	约 0~10m	斜下方, 约-4.5m	项目所在二期拣配中心二 -1F 设备间, 约 1 人	公众成员	

备注：“-”表示低于拣配中心二 1F 地面。

评价标准

(1) 相关评价标准及其限值要求

1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本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。

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

B1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制, 使之不超过下述限值:

a) 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;

b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv;

续表 7 保护目标与评价标准

- c) 眼晶体的年当量剂量, 150mSv;
- d) 四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量, 500mSv。

B1.2 公众照射

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超过下述限值:

- a) 年有效剂量, 1mSv。

6.2.3 表面放射性污染的控制

工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B (标准的附录 B) B2 所规定的限值要求。

工作场所的表面污染控制水平如表 B11 (本环评表 7-2) 所列。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平表 单位: Bq/cm<sup>2</sup>

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	4×10	4×10
	监督区	4×10 <sup>-1</sup>	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区/监督区	4×10 <sup>-1</sup>	4×10 <sup>-1</sup>	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-1</sup>

1) 该区内的低污染子区除外

附录 B2.2 工作场所中的某些设备与用品, 经去污使其污染水平降低到表 B11 (本环评表 7-3) 中所列设备类的控制水平的五分之一以下时, 经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后, 可当作普通物品使用。

6.4 辐射工作场所的分区

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。

6.4.3 非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所的分级应按附录 C (标准的附录) 的规定进行。

第 C1 款 应按表 C1 (本环评表 7-3) 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。

表 7-3 非密封源工作场所的分级

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

**续表 7 保护目标与评价标准**

**第 C2 款 放射性核素的日等效操作量的计算**

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) 与该核素毒行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。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 C2 (本环评表 7-4) 和表 C3 (本环评表 7-5)。放射性核素的毒性分组见附录 D (标准的附录)。

**表 7-4 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
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

**表 7-5 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

**8.6 放射性物质向环境排放的控制**

8.6.2 不得将放射性废液排入普通下水道, 除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液, 方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道, 并应对每次排放作好记录:

(a) 每月排放的总活度不超过 10ALImin(ALImin 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者);

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

**2) 参考《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)**

**4.2 辐射工作场所分级**

应按照 GB18871 的要求规定, 将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲级、乙级和丙级。核医学常用放射性核素的毒性与操作方式修正因子可参考

续表 7 保护目标与评价标准

附录 A。

#### 4.4.2 剂量约束值

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

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 30 cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 $\mu$ Sv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10 $\mu$ Sv/h。

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

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， $\alpha$ 表面污染小于 0.08Bq/cm<sup>2</sup>、 $\beta$ 表面污染小于 0.8Bq/cm<sup>2</sup> 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。

7.2.3.2 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 $\beta$ 和 $\gamma$ 发射体以及低毒性 $\alpha$ 发射体应小于 4Bq/cm<sup>2</sup>、其他 $\alpha$ 发射体应小于 0.4Bq/cm<sup>2</sup>。

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

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



续表 7 保护目标与评价标准

3) 参考《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)

5.2.2 应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理,把工作场所分为 I、II、III 三类。不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 1,核医学工作场所分类的加权活度计算方法见附录 G。

G.1 核医学工作场所分类见表 G.1 (本环评见表 7-6)。

表 7-6 核医学科工作场所分类一览表

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

G.2 加权活度计算方法见式 (G.1) :

$$\text{加权活度} = \frac{\text{计划的日操作最大活度} \times \text{核素的毒性权重因子}}{\text{操作性质修正因子}} \dots\dots\dots (G.1)$$

G.3 核医学常用放射性核素的毒性权重因子相关参数见表 G.2 (本环评见表 7-7),不同操作性质的修正因子取值见表 G.3 (本环评见表 7-8)。

表 7-7 常用放射性核素的毒性权重因子

类别	放射性核素	核素的毒性权重因子
A	<sup>75</sup> Se、 <sup>89</sup> Sr、 <sup>125</sup> I、 <sup>131</sup> I、 <sup>32</sup> P、 <sup>90</sup> Y、 <sup>99</sup> Mo、 <sup>153</sup> Sm	100
B	<sup>11</sup> C、 <sup>13</sup> N、 <sup>15</sup> O、 <sup>18</sup> F、 <sup>51</sup> Cr、 <sup>67</sup> Ga、 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>123</sup> I、 <sup>111</sup> In、 <sup>113m</sup> In、 <sup>201</sup> Tl	1
C	<sup>14</sup> C、 <sup>3</sup> H、 <sup>81m</sup> Kr、 <sup>127</sup> Xe、 <sup>133</sup> Xe	0.1

表 7-8 不同操作性质的修正因子

操作方式和地区	操作性质修正因子
贮存	100
废物处理,闪烁法计数和显像,候诊区及诊断病床区	10
配药、分装以及施给药,简单放射性药物制备,治疗病床区	1
复杂放射性药物制备	0.1

续表 7 保护目标与评价标准

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1 要求, 通风系统独立设置, 应保持核医学工作场所良好的通风条件, 合理设置工作场所的气流组织, 遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计, 保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染, 保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置, 风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置, 排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

### 5.3 工作场所的防护水平要求

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房, 应根据使用的核素种类、能量和最大使用量, 给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处, 距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ , 控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ , 宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ; 核医学工作场所的分装柜或生物安全柜, 应采取一定的屏蔽防护, 以保证柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ; 同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。

### 8 医用放射性废物的放射防护管理要求

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

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

### 4) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)

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  $2\text{mSv/h}$ , 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  $2\text{mSv/h}$ , 但不可超过  $10\text{mSv/h}$ ;

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;

续表 7 保护目标与评价标准

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 $\beta$ 和 $\gamma$ 发射体以及低毒性 $\alpha$ 发射体为4Bq/cm<sup>2</sup>；

b) 对所有其他 $\alpha$ 发射体为0.4 Bq/cm<sup>2</sup>。

可以用在表面的任意部位任何300cm<sup>2</sup>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7-9）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7-9 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 <sup>a</sup>	H≤0.005	I级（白）
0<TI≤1 <sup>a</sup>	0.005<H≤0.5	II级（黄）
0<TI≤10	0.5<H≤2	III级（黄）
10≤TI	2<H≤10	III级（黄） <sup>b</sup>

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，其运输指数均小于 10，根据不同的运输指数划分为 I 级（白）、II 级（黄）或 III 级（黄）货包。

### 5) 《放射性废物分类》（公告 2017 年第 65 号）

第七条 豁免或者解控的剂量准则：在合理预见的一切情况下，被豁免的实践或源（或者被解控的物质）使任何个人一年内所受到的有效剂量在 10 $\mu$ Sv 量级或更小，而且在发生低概率的意外不利情况下，所受到的年有效剂量不超过 1mSv。

#### (2) 本项目执行的评价标准及相关参数值

##### 1) 年剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B 要求，放射工作人员连续 5 年的年平均有效剂量不超过 20mSv，四肢（手和足）或皮肤的年当量

**续表 7 保护目标与评价标准**

剂量不超过 500mSv，公众成员年平均剂量有效剂量不超过 1mSv。参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)要求：一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

因此，建设单位根据以上相关要求，本项目按照“职业照射的有效剂量约束值不超过 5mSv/a，公众照射的有效剂量约束值不超过 0.1mSv/a”执行。另外，手部皮肤当量剂量取其要求的四分之一即 125mSv/a 作为核素操作人员的手部皮肤年当量剂量限值。

**2) 项目剂量限值与污染物排放指标**

本评价根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)、《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)等标准以及公司确定的个人剂量约束值，确定本项目的评价标准见表 7-10 所示。

**表 7-10 项目剂量限值及污染物排放指标表**

一、年剂量限值要求			执行依据
分类	年剂量限值 (mSv/a)	年剂量管理目标值 (mSv/a)	GB18871-2002 HJ1188-2021 及公司管理要求
放射工作人员年剂量	20	5	
手部皮肤的年当量剂量	500	125	
公众成员年剂量	1	0.1	
二、剂量率控制值			执行依据
放射性药物仓库	控制区	控制区边界屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h。	参照 HJ1188-2021 GBZ120-2020 综合取值
	废物桶、管道、衰变池等（事故状态下）	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。	

续表 7 保护目标与评价标准

续表 7-10 项目剂量限值及污染物排放指标表		
三、货包剂量水平		执行依据
放射性药物货包	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	
	$\beta$ 和 $\gamma$ 发射体以及低毒性 $\alpha$ 发射体药物货包表面污染水平限值为 4Bq/cm <sup>2</sup> ；其他 $\alpha$ 发射体药物货包表面污染水平限值为 0.4Bq/cm <sup>2</sup> 。	
四、工作场所表面污染		执行依据
工作场所控制水平	①工作台、设备、墙壁、地面：控制区： $\alpha$ （极毒性） $\leq 4\text{Bq/cm}^2$ ， $\beta \leq 4 \times 10^1 \text{Bq/cm}^2$ ；监督区： $\alpha$ （极毒性） $\leq 4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$ ， $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$ ； ②工作服、手套、工作鞋：控制区/监督区： $\alpha$ （极毒性） $\leq 4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$ ， $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$ ； ③手、皮肤、内衣、工作袜： $\alpha$ （极毒性） $\leq 4 \times 10^{-2} \text{Bq/cm}^2$ ， $\beta \leq 4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$ 。	
五、放射性废物排放（事故状态下）		执行依据
放射性药物仓库	放射性废水	衰变池：所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；所含核素半衰期大于 24 小时的暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），排放口总 $\alpha \leq 1 \text{Bq/L}$ ，排放口总 $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$ ，碘-131 的放射活度浓度 $\leq 10 \text{Bq/L}$ 。
	放射性固体废物	收集：每袋废物的表面辐射剂量率 $\leq 0.1 \text{mSv/h}$ ，质量不超过 20kg。 排放：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 天后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$ 表面污染小于 0.08Bq/cm <sup>2</sup> 、 $\beta$ 表面污染小于 0.8Bq/cm <sup>2</sup> 的，可对废物清洁解控并作为一般废物处理。所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物，交资质单位处置。
六、通风要求		执行依据
放射性药物仓库	排放口	应有单独的排气管网。
七、非放射性废物排放		执行依据
非放射性废水	经公司二期生化池处理后方可排放。	
危险废物	交资质单位处置。	

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

物流基地二期位于重庆市沙坪坝区土主镇明珠山一支路 4 号，本项目拟建放射性药品仓库位于物流基地二期拣配中心二 1F 冷库区北侧。

项目地理位置图见附图 1 所示，项目场所位置见附图 2 所示。

### 8.2 辐射环境现状评价

为了解拟建项目所在位置辐射环境质量背景及现状情况，本次环评委托重庆泓天环境监测有限公司于 2023 年 8 月 11 日对本项目所在位置的环境 $\gamma$ 辐射剂量率背景值进行了监测。

#### 8.2.1 监测因子

环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

#### 8.2.2 监测方案

##### (1) 监测方法和依据

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

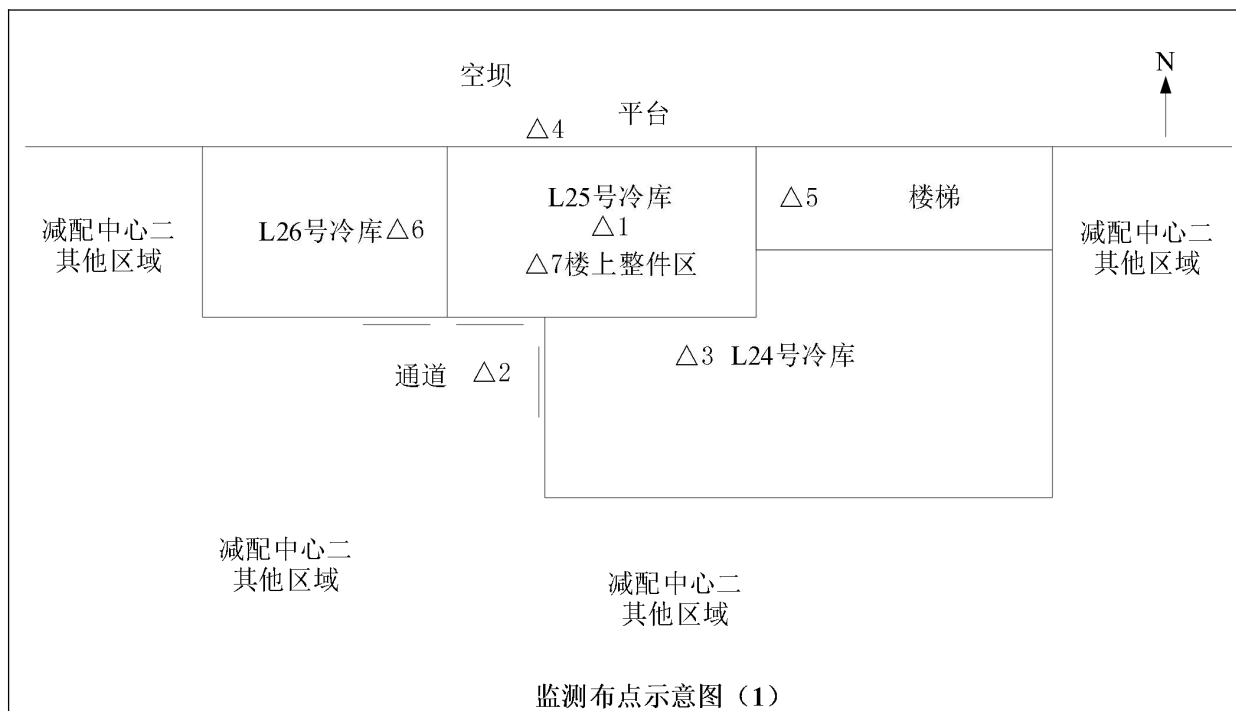
监测项目	监测方法	监测依据
环境 $\gamma$ 辐射剂量率	仪器法	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

##### (2) 监测点位选取

监测布点合理性分析：根据现场调查，本次共布设 7 个监测点，其中 1 个监测点位于拟建放射性药品仓库所在位置，还有 6 个监测点分别位于拟建放射性药品仓库的四周。这些监测点布置涉及到本项目拟建址 and 环境保护目标，能够反映本项目所在地的辐射环境背景水平，监测布点合理。

监测点位布点示意图见图 8-1，监测点位情况如表 8-3 所示。

续表 8 环境质量和辐射现状



备注：△为监测点位，项目位于拣配中心二 1 楼，监测点位距地面 1.0m。

图 8-1 项目监测布点示意图

### (3) 测定方式

本项目选取的测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

### 8.2.3 质量保证措施

#### (1) 监测仪器

本项目委托有资质的单位重庆泓天环境监测有限公司进行监测，监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器及检定情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器及检定情况

仪器名称	型号	仪器编号	计量检定证书编号	有效期至	校准因子	测量范围
环境级 $\chi$ 、 $\gamma$ 辐射巡检仪	RGM5 200	12222030 04005	Y2022-0108775	2023.11.13	0.95	1nSv/h-100 $\mu$ Sv/h

#### (2) 监测人员及报告审核制度

**续表 8 环境质量和辐射现状**

监测单位具备所监测项目的资质；合理布设监测点位；监测方法采用国家有关部门颁布的标准；监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的数量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，经过校验、审核、审定，最后由授权签字人签发。

**8.2.4 监测结果**

监测结果和监测布点见监测报告：渝泓环(监)[2023]710号（附件4）。监测结果统计见表8-3。

**表 8-3 项目所在区域辐射环境监测结果统计**

序号	监测点位描述	环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量值 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
$\Delta 1$	1楼 L25号冷库内（项目拟建地）	0.070
$\Delta 2$	1楼通道	0.054
$\Delta 3$	1楼 L24号冷库内	0.063
$\Delta 4$	减配中心二外空坝	0.080
$\Delta 5$	楼梯	0.094
$\Delta 6$	1楼 L26号冷库内	0.073
$\Delta 7$	2楼整件区	0.081

备注：未扣除宇宙射线的响应值

由监测统计结果可知，项目所在地的环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在 $0.054\mu\text{Gy/h}\sim 0.094\mu\text{Gy/h}$ （ $54\text{nGy/h}\sim 94\text{nGy/h}$ ）之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2022年重庆市辐射环境质量报告书》（简本），2022年重庆市X- $\gamma$ 辐射剂量率即时测量结果表明，环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率即时测量年均值范围为 $(21.6-103.3)\text{nGy/h}+17.1\text{nGy/h}$ 宇宙射线响应值= $(38.7\sim 120.4)\text{nGy/h}$ （未扣除宇宙射线响应值），项目所在地的环境 $\gamma$ 辐射剂量率与重庆市2022年X- $\gamma$ 辐射剂量率即时测量结果相比，在其正常涨落范围内。



## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目用房在现有房间基础上进行改造，施工期主要为墙体拆除和新建、装修（如装饰吊顶等），监控和防盗设备的安装等工作，不新增用地。

本项目施工期工艺流程及产物环节见图 9-1。

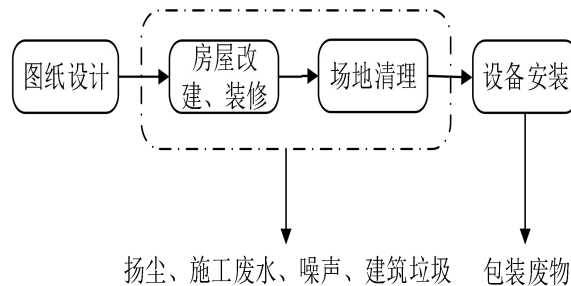


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

根据上图，项目施工期主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

扬尘：主要为项目现有用房改建（包括墙体拆除和新建等）及装修时产生的扬尘，装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘；本项目工程量小，扬尘产量很少；

噪声：主要来自于项目现有用房装修及现场处理等产生的噪声；装修时施工机械等产生的噪声，本项目工程量小，施工机械主要为小型机械设备，施工噪声较小；

废水：主要为施工人员产生的少量生活污水，无机械废水；建设和装修时的施工废水以及施工人员产生的少量生活污水，本项目工程量小，废水产生量也很少；

固体废物：主要为现有用房墙体拆除、墙体新建和装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾。根据项目工程量，预计建筑垃圾共产生约 3t。

## 续表 9 项目工程分析与源项

### 9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

拟建放射性药品仓库主要贮存含  $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$  粒子、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^7\text{Be}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{14}\text{C}$  共 23 种核素的放射性药物。重庆医药集团有放射性核素的销售类别的许可，当有订单时，销售单位向放射性物质生产商直接订购放射性核素，由生产商委托专业的运输公司直接运送至使用方。本次拟建放射性药品仓库贮存放射性核素货包，主要是针对销售放射性核素过程中，一批放射性货包运到重庆时，需要根据不同使用方的运送达到时间、地点要求调整发货时间以及运输车辆的情况时，生产商送源人员申请将放射性核素货包贮存在拟建放射性药品仓库，在约定时间再发货运送至使用方。放射性货包的运输由放射性核素生产商负责。

#### 9.2.1 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

针对部分未能直接运输到使用方的放射性核素货包，生产商送源人员（含运输人员）申请在本项目放射性药品仓库进行贮存：

①生产商送源人员提前填写货包入库申请，经和平物流公司主管人员批准后交由放射性药品仓库管理人员，放射性药品仓库管理人员与送源人员确认货包到达时间，根据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生产商送源人员负责将放射性货包由厂外运送至放射性药品仓库外新建平台处。

③放射性药品仓库管理人员和送源人员共同清点核对，放射性药品仓库安全员对放射性核素货包表面进行 X- $\gamma$  辐射剂量率水平和表面污染水平进行检测确认后，确保货包满足要求，并进行记录。

④放射性药品仓库管理人员先手动放射性核素货包转移至推车上，再用推车运至仓库内，然后手动从推车上转移至储源柜内，完成入库，放射性药品仓库管理人员、安全员和送源人员分别按照要求填写《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 9-2。

续表 9 项目工程分析与源项

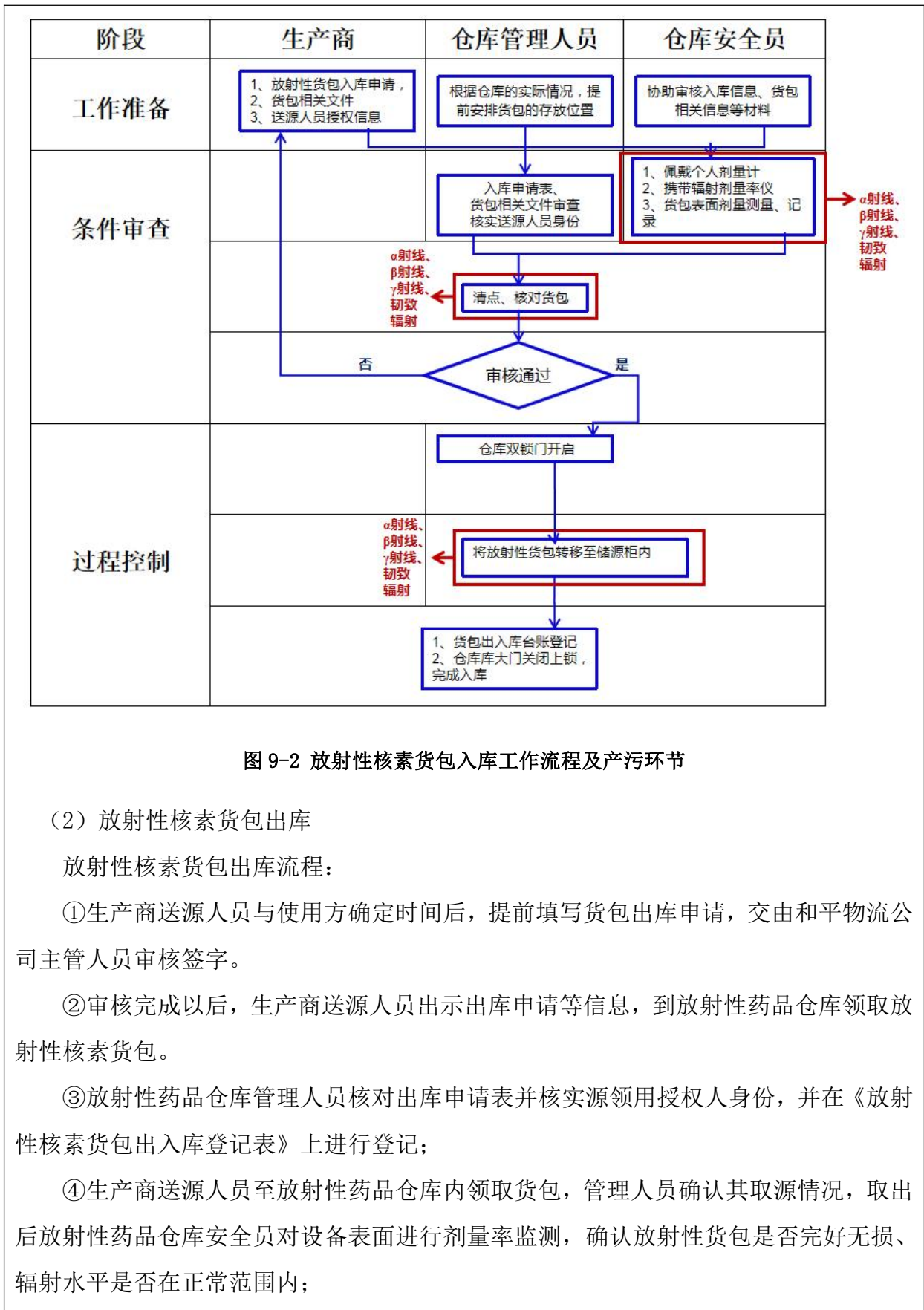


图 9-2 放射性核素货包入库工作流程及产污环节

(2) 放射性核素货包出库

放射性核素货包出库流程：

①生产商送源人员与使用方确定时间后，提前填写货包出库申请，交由和平物流公司主管人员审核签字。

②审核完成以后，生产商送源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放射性药品仓库管理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生产商送源人员至放射性药品仓库内领取货包，管理人员确认其取源情况，取出后放射性药品仓库安全员对设备表面进行剂量率监测，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；

续表 9 项目工程分析与源项

⑤放射性药品仓库管理人员、安全员和送源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，货包的运送管理等均由生产商送源人员负责。送源人员按照申请表核准时间，将货包按时运出和平物流公司，并妥善保管。

货包出库工艺流程及产污环节详见图 9-3。

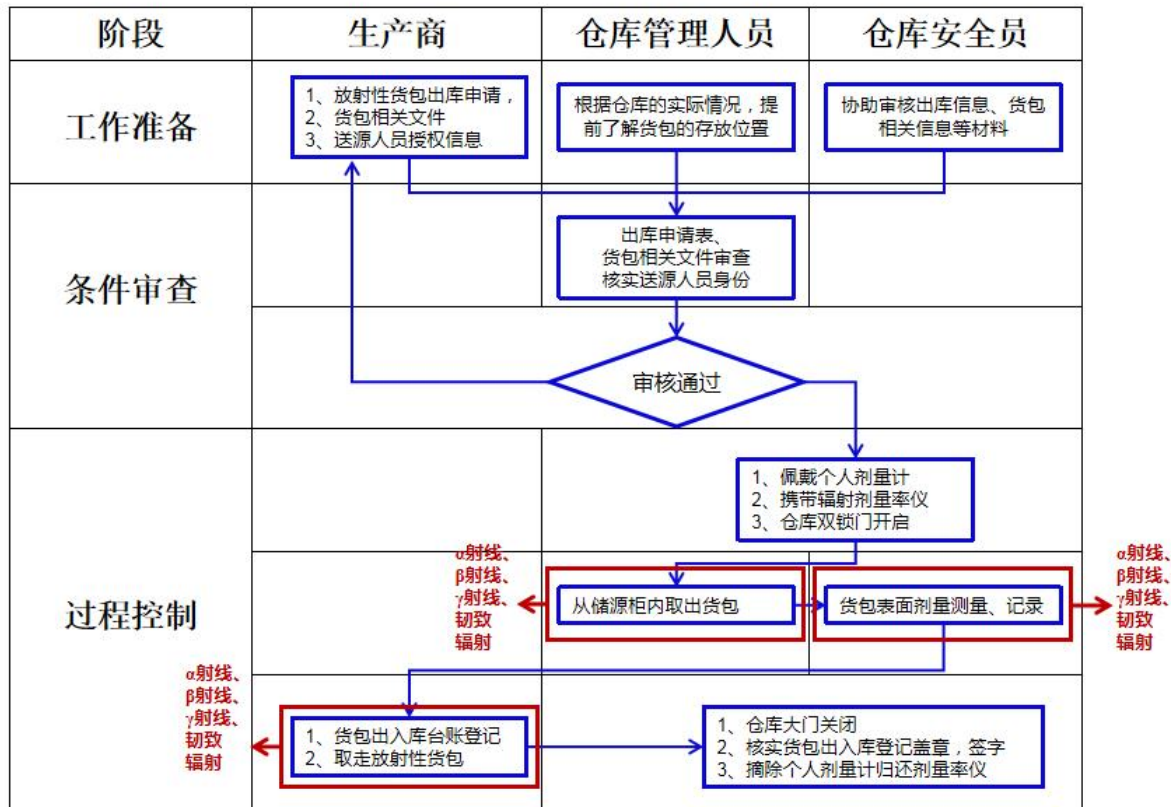


图 9-3 放射性核素货包出库工作流程及产污环节

### 9.2.2 工作负荷

放射性药品仓库贮存放射性核素货包项目拟配置 4 名放射工作人员，放射性药品仓库每天贮存放射性核素货包数量不超过 46 个，每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 5750 个。贮存放射性核素货包情况详见表 9-1。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-1 本项目贮存放射性核素情况							
序号	核素名称	货包尺寸	每个货包的核素最大活度 (Bq)	每天最大贮存量 (Bq)	每天最大贮存货包数量	每年最大贮存货包数量	每年最大贮存量 (Bq)
1	<sup>89</sup> Zr	直径 11cm, 高 15cm	1.63×10 <sup>10</sup>	1.63×10 <sup>10</sup>	1	250	4.07×10 <sup>12</sup>
2	<sup>90</sup> Y	直径 11cm, 高 15cm	3.7×10 <sup>10</sup>	1.78×10 <sup>11</sup>	5	250	4.44×10 <sup>13</sup>
3	<sup>188</sup> W	直径 11cm, 高 15cm	3.7×10 <sup>10</sup>	1.48×10 <sup>11</sup>	4	250	3.70×10 <sup>13</sup>
4	<sup>99m</sup> Tc	直径 11cm, 高 15cm	7.4×10 <sup>10</sup>	3.40×10 <sup>11</sup>	5	250	8.51×10 <sup>13</sup>
5	<sup>96</sup> Tc	直径 11cm, 高 15cm	1.48×10 <sup>8</sup>	1.48×10 <sup>8</sup>	1	250	3.70×10 <sup>10</sup>
6	<sup>95m</sup> Tc	直径 11cm, 高 15cm	1.48×10 <sup>8</sup>	1.48×10 <sup>8</sup>	1	250	3.70×10 <sup>10</sup>
7	<sup>90</sup> Sr	直径 11cm, 高 15cm	8.00×10 <sup>4</sup>	8.00×10 <sup>4</sup>	1	250	2.00×10 <sup>7</sup>
8	<sup>89</sup> Sr	直径 11cm, 高 15cm	3.7×10 <sup>10</sup>	5.03×10 <sup>10</sup>	2	250	1.26×10 <sup>13</sup>
9	<sup>113</sup> Sn	直径 11cm, 高 15cm	1.48×10 <sup>9</sup>	1.48×10 <sup>9</sup>	1	250	3.70×10 <sup>11</sup>
10	<sup>72</sup> Se	直径 11cm, 高 15cm	1.48×10 <sup>8</sup>	1.48×10 <sup>8</sup>	1	250	3.70×10 <sup>10</sup>
11	<sup>177</sup> Lu	直径 11cm, 高 15cm	2.96×10 <sup>10</sup>	2.96×10 <sup>10</sup>	1	250	7.40×10 <sup>12</sup>
12	<sup>131</sup> I	直径 11cm, 高 15cm	7.4×10 <sup>10</sup>	2.96×10 <sup>11</sup>	4	250	7.40×10 <sup>13</sup>
13	<sup>125</sup> I 粒籽	直径 11cm, 高 15cm	7.4×10 <sup>10</sup>	3.26×10 <sup>11</sup>	5	250	8.14×10 <sup>13</sup>
14	<sup>123</sup> I	直径 11cm, 高 15cm	3.7×10 <sup>10</sup>	4.44×10 <sup>10</sup>	2	250	1.11×10 <sup>13</sup>
15	<sup>68</sup> Ga	直径 11cm, 高 15cm	2.96×10 <sup>10</sup>	2.96×10 <sup>10</sup>	1	250	7.40×10 <sup>12</sup>
16	<sup>67</sup> Ga	直径 11cm, 高 15cm	1.48×10 <sup>8</sup>	1.48×10 <sup>8</sup>	1	250	3.70×10 <sup>10</sup>
17	<sup>59</sup> Fe	直径 11cm, 高 15cm	1.48×10 <sup>8</sup>	1.48×10 <sup>8</sup>	1	250	3.70×10 <sup>10</sup>
18	<sup>18</sup> F	直径 11cm, 高 15cm	7.4×10 <sup>10</sup>	2.96×10 <sup>11</sup>	4	250	7.40×10 <sup>13</sup>
19	<sup>252</sup> Cf	直径 11cm, 高 15cm	8.00×10 <sup>4</sup>	8.00×10 <sup>4</sup>	1	250	2.00×10 <sup>7</sup>
20	<sup>7</sup> Be	直径 11cm, 高 15cm	1.48×10 <sup>8</sup>	1.48×10 <sup>8</sup>	1	250	3.70×10 <sup>10</sup>
21	<sup>110m</sup> Ag	直径 11cm, 高 15cm	1.48×10 <sup>9</sup>	1.48×10 <sup>9</sup>	1	250	3.70×10 <sup>11</sup>
22	<sup>223</sup> Ra	直径 11cm, 高 15cm	1.48×10 <sup>10</sup>	1.48×10 <sup>10</sup>	1	250	3.70×10 <sup>12</sup>
23	<sup>14</sup> C	直径 11cm, 高 15cm	1.47×10 <sup>10</sup>	1.47×10 <sup>10</sup>	1	250	3.70×10 <sup>12</sup>
合计	/	/	/	1.79×10 <sup>12</sup>	46	5750	4.47×10 <sup>14</sup>

### 9.2.3 人流、物流规划

#### (1) 人员路径规划规划

续表 9 项目工程分析与源项

管理人员和安全员从卫生通过间南侧门进入卫生通过间，然后再由卫生通过间东侧门进入库房从事相应工作。工作完成后原路返回。管理人员和安全员离开放射性药品仓库工作场所控制区时，必须通过表面污染监测仪监测表面污染达标后方可离开。

## (2) 物流规划

### ①放射性药物货包

生产商放射性药品运输专用车辆从基地北门进入，车辆可以直接开到本项目放射性药品仓库北侧新建转运平台车处。货包从仓库北侧门入库，送源人员负责将货包从车辆搬至专用小推车，库房管理人员利用专用小推车完成货包的搬运，手动提上和提下小推车。药品出库时由送源人员将所有药品用小推车搬至运输车辆。转运平台作为放射性核素货包表面剂量、清点和核对的临时场所。

### ②事故状态时放射性废物

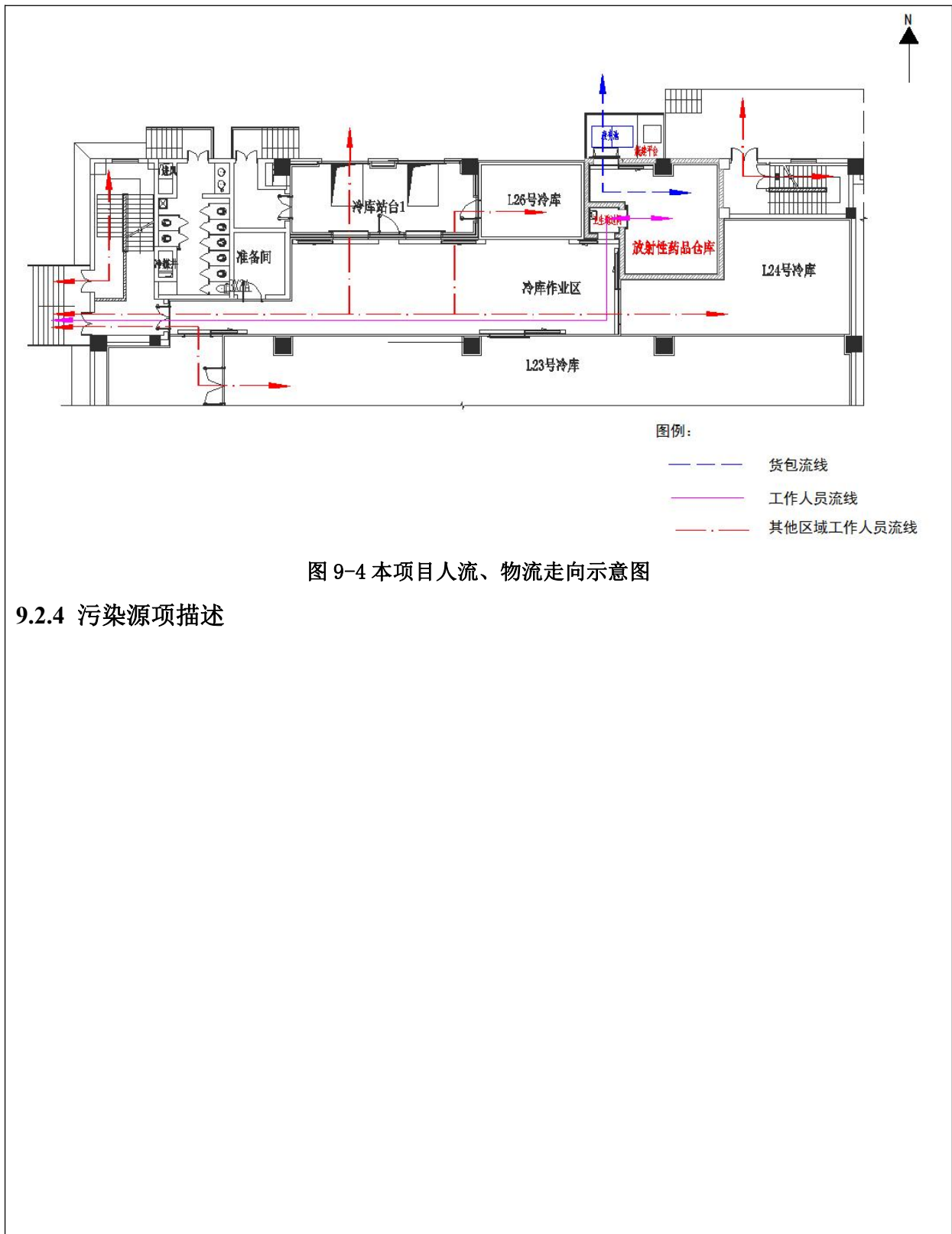
仓库拟设置1个放射性废物铅桶。发生放射性药物撒泼事故后产生的去污废物等作为放射性废物，收集到放射性废物铅桶内，打包、贴标识后进行暂存衰变。短半衰期放射性废物衰变达到相应时间并监测合格后由库房北侧货包进出口运出，再作为一般固废处置。长半衰期放射性废物交由资质单位处置。

另二期拣配中心二有多个货物进出口和工作人员进出口，与本项目通道不共用。

综上所述，本项目工作人员通道与货包通道分开，且不与二期拣配中心二其他工作人员通道和货物通道交叉。

本项目人流、物流走向示意图见图9-4。

续表 9 项目工程分析与源项



9.2.4 污染源项描述

续表 9 项目工程分析与源项

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： $\alpha$ 射线、 $\beta$ 射线、 $\gamma$ 射线、韧致辐射，事故工况导致放射性核素外泄时主要污染因子包括 $\alpha$ 射线、 $\beta$ 射线、 $\gamma$ 射线、韧致辐射、 $\beta$ 表面污染、 $\alpha$ 表面污染、放射性“三废”。

### (1) 电离辐射

#### 1) $\alpha$ 射线

本项目贮存 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 过程中会产生 $\alpha$ 射线， $\alpha$ 射线的最大能量为6.118MeV， $\alpha$ 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 $\alpha$ 射线外照射影响。

#### 2) $\beta$ 射线

本项目贮存 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{14}\text{C}$ 过程中会产生 $\beta$ 射线，其 $\beta$ 射线能量在0.058MeV~1.9MeV之间， $\beta$ 射线在人体组织中的射程较短，人的身体完全能够阻挡 $\beta$ 射线，同时人体皮肤也能有效阻挡 $\beta$ 射线进入人体。因此，本项目评价时不考虑 $\beta$ 射线的影响。

#### 3) $\gamma$ 射线

本项目贮存 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ 粒子、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^7\text{Be}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 过程中会产生 $\gamma$ 射线，其 $\gamma$ 射线能量在0.001MeV~1.713MeV之间， $\gamma$ 射线在人体组织中的射程较长，人体皮肤不能有效阻挡 $\gamma$ 射线进入人体。因此，本项目评价时将考虑 $\gamma$ 射线的影响。

① $^{252}\text{Cf}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 的 $\gamma$ 射线能量弱，其主要以 $\alpha$ 射线的辐射影响为主，故放射性核素 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 的 $\gamma$ 射线辐射影响忽略不计。

②本项目贮存产生 $\beta^+$ 的放射性核素 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ ，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 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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 $\gamma$ 射线。

#### 4) 韧致辐射

本项目贮存放射性核素的 $\beta$ 粒子穿过周围物质时将产生韧致辐射，韧致辐射能量在0.002MeV~0.061MeV之间。



续表 9 项目工程分析与源项

### 5) $\beta$ 表面污染

放射性核素货包发生泄漏撒泼事故时,不可避免地会引起墙壁、地面等放射性沾污,造成 $\beta$ 放射性表面污染。

### 6) $\alpha$ 表面污染

放射性核素  $^{252}\text{Cf}$ 、 $^{223}\text{Ra}$  货包发生泄漏撒泼事故时,不可避免地会引起墙壁、地面等放射性沾污,造成 $\alpha$ 放射性表面污染。

#### (2) 废气

##### 1) 放射性废气(事故工况)

本项目正常工况下不产生放射性废气。放射性核素货包发生泄漏撒泼事故时,会产生少量的放射性气溶胶废气。

事故时手工打开强排按钮,启动工作场所废气排风系统,废气经活性炭吸附后于拣配中心二楼顶排放。

##### 2) 非放射性废气

$\gamma$ 射线与空气作用,产生少量的臭氧和氮氧化物等废气,经工作场所自然通风排放。

#### (3) 废水

##### 1) 放射性废水(事故工况)

本项目正常工况下不产生放射性废水。本项目采用污污分流的方式。放射性废水主要来自事故状态时的清洗水,根据设计,项目设计1个推流式衰变池,收集事故状态时的放射性废水。放射性废水单独收集后经衰变池处理达标后,再排入公司西北侧二期生化池处理。

本项目发生撒泼事故时,最多2名工作人员进行清洗,洗手水按50L/人·次考虑;控制区地面需用吸水纸等清理干净,并监测合格后再拖地,不会有拖地放射性废水产生。因此放射性废水产生量为 $0.1\text{m}^3/\text{次}$ ,排水系数取0.9,放射性废水排放量为 $0.09\text{m}^3/\text{次}$ 。

卫生通过间洗手池上方张贴使用说明和制定洗手池使用管理制度,防止正常情况下人员在此洗手。

##### 2) 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放射工作人员产生,属于生活污水。项目工作场所位于拣配中心二内,这些公司工作人员的废水产生量已纳入拣配中心二用排水考虑,本报告不再单独核算。该部分废水直接进入公司西北侧的二期生化池收

续表 9 项目工程分析与源项

集处置。

#### (4) 固体废物

##### 1) 放射性固体废物（事故工况）

本项目正常工况下不产生放射性废气固废。本项目放射性废物主要是事故状态时去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套等，其产生量大约为1kg/次。

废活性炭：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 3~6 个月更换一次，废气处理的活性炭吸附设施共 1 个（排放口处），每次装填的活性炭滤网共重约 5kg，则废活性炭产生约 20kg/a（按每 3 月更换一次）。发生事故时更换的活性炭才作为放射性废物处理，未发生事故时更换的活性炭作为一般废物混入生活垃圾处理。

事故工况时产生的放射性固体废物拟按核素类别和日期分别收集在放射性废物桶内，半衰期小于 24 小时，暂存时间超过 30 天后经监测合格后按一般废物处理；半衰期大于 24 小时，交资质单位处置。

##### 2) 非放射性固体废物

本项目配置的铅防护用品使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，按有关规定由公司收集后妥善保存，交由有资质单位处理。

本项目位于拣配中心二内，运行产生的生活垃圾较少，本报告不再单独核算。生活垃圾依托公司的生活垃圾收运系统，交环卫部门处理。

### 9.3 主要污染物产生及预计排放情况汇总

综上所述，本项目运营期主要污染物产生及预计排放情况汇总见下表所示。

续表9 项目工程分析与源项

表 9-3 项目运营期污染物产生情况一览表

场所	污染物	产排污核素/场所/设备	主要污染因子		最大能量/产生量	处理方式及去向	
放射性药品仓库	电离辐射	$^{252}\text{Cf}$ 、 $^{225}\text{Ac}$	$\alpha$ 射线、事故状态时 $\alpha$ 表面污染		能量不大于 6.118MeV	屏蔽体防护	
		$^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{14}\text{C}$	$\beta$ 射线、事故状态时 $\beta$ 表面污染		能量不大于 1.9MeV		
		$^{89}\text{Zr}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ 粒子、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^{7}\text{Be}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{223}\text{Ra}$	$\gamma$ 射线		能量不大于 1.713MeV		
		$^{89}\text{Zr}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$	韧致辐射		/		
	放射性三废（事故工况）	废气	工作场所	含少量放射性核素		少量	引至放射性药品仓库北侧经活性炭吸附后拣配中心二楼顶排放。
		废水	工作场所	含少量放射性核素		约 0.09m <sup>3</sup> /次	排入衰变池处理后再排入二期生化池。
		固废	工作场所	去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套等	含少量放射性核素	约 1kg/次	放射性固体废物拟按核素类别和日期分别收集在放射性废物桶内，半衰期小于 24 小时，暂存时间超过 30 天后经监测合格后按一般废物处理；半衰期大于 24 小时，交资质单位处置。
	废气处理废活性炭			/			
	非放射性三废	废气	工作场所	臭氧、氮氧化物等		少量	自然出风。
		废水	工作场所	生活污水		少量	依托公司二期生化池收集处理
固废		工作场所	生活垃圾		少量	依托公司收运系统，交环卫部门处理 由公司收集后妥善保存，交有资质的单位处理	
	废铅防护用品						

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目布局

根据平面布置可知，项目用房包括放射性药品仓库和卫生通过间，放射性药品存放在仓库内，工作人员离开时在卫生通过间进行污染检测，功能房间设计齐全，能满足项目运行的需求。工作人员由卫生通过间进入放射性药品仓库，货物由北侧货物通道进入放射性药品仓库，货物通道和工作人员通道相互独立。货物和工作人员进出口处均拟设置双人双锁，控制无关人员进入辐射工作场所，避免公众受到不必要的照射。拟建放射性药品仓库周围活动人员较少，减少公众受到的照射。因此，从辐射防护角度，放射性药品仓库总体平面布局合理。

### 10.2 项目工作场所分区

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：控制区是在辐射工作场所划分的一区域，在这种区域内需要或可能需要采取专门的防护手段或安全措施，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；监督区是未被确定为控制区，通常不需要采取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。

根据上述要求，公司拟对项目工作场所进行分区管理，将工作场所划设为控制区和监督区，限制无关人员受到不必要的照射。

项目用房控制区、监督区具体划设见表 10-1 及图 10-1。

表 10-1 本项目控制区、监督区划分

控制区范围	监督区范围
放射性药品仓库、卫生通过间	新建平台、L26 号冷库、L24 号冷库、冷库作业区等，以及控制区相邻走廊/过道、楼梯和控制区楼上正对区域
衰变池内部	

续表 10 辐射安全与防护

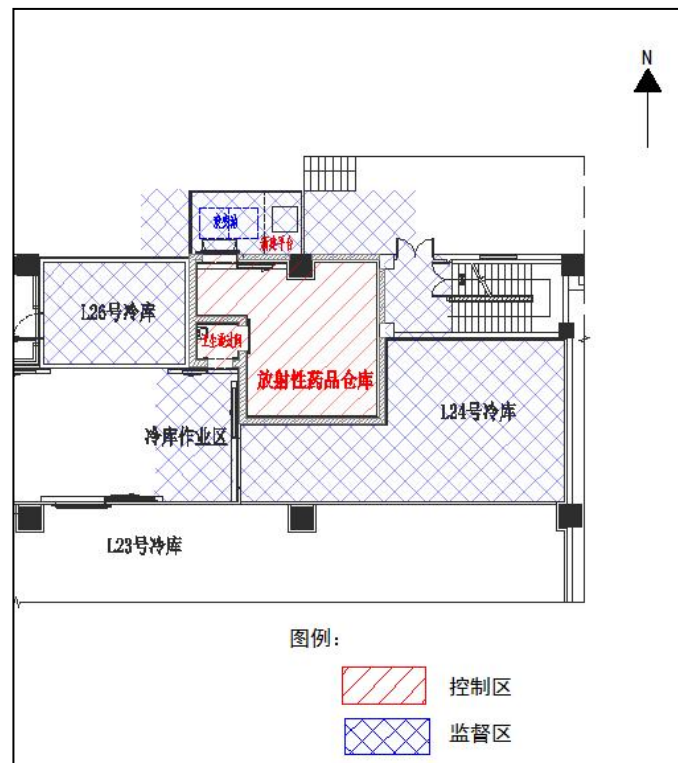


图10-1 项目分区图

公司拟严格限制无关人员进出控制区，在正常的工作过程中，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全。控制区设墙体、防护门等实体边界，设置电离辐射警示标志等设施，并在控制区入口设置规范的电离辐射警告标识及标明控制区的标识，限制无关人员随意进入，按要求定期检查辐射剂量水平，以便控制正常照射和防止（或限制）潜在照射；在监督区入口处的适当位置设立标明监督区的标识（如地面警示贴条）。

本项目工作场所按照相关要求进行了分区，控制区、监督区和清洁区互不交叉，分区较为合理。

### 10.3 工作场所分级与分类

#### (1) 非密封源工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关参数和计算方法，日等效最大操作量的计算公式如下：

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

## 续表 10 辐射安全与防护

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

根据公司提供的放射性同位素用量，可以计算本项目使用的各放射性同位素日等效最大操作量见表10-2。

表10-2 非密封源工作场所分级核算表

序号	核素名称	每日最大存储量	毒性组修正因子	操作方式修正因子	日等效操作量
1	<sup>89</sup> Zr	1.63×10 <sup>10</sup>	0.1	100	1.63×10 <sup>7</sup>
2	<sup>90</sup> Y	1.78×10 <sup>11</sup>	0.1	100	1.78×10 <sup>8</sup>
3	<sup>188</sup> W	1.48×10 <sup>11</sup>	0.1	100	1.48×10 <sup>8</sup>
4	<sup>99m</sup> Tc	3.40×10 <sup>11</sup>	0.01	100	3.40×10 <sup>7</sup>
5	<sup>96</sup> Tc	1.48×10 <sup>8</sup>	0.1	100	1.48×10 <sup>5</sup>
6	<sup>95m</sup> Tc	1.48×10 <sup>8</sup>	0.1	100	1.48×10 <sup>5</sup>
7	<sup>90</sup> Sr	8.00×10 <sup>4</sup>	1	100	8.00×10 <sup>2</sup>
8	<sup>89</sup> Sr	5.03×10 <sup>10</sup>	0.1	100	5.03×10 <sup>7</sup>
9	<sup>113</sup> Sn	1.48×10 <sup>9</sup>	0.1	100	1.48×10 <sup>6</sup>
10	<sup>72</sup> Se	1.48×10 <sup>8</sup>	0.1	100	1.48×10 <sup>5</sup>
11	<sup>177</sup> Lu	2.96×10 <sup>10</sup>	0.1	100	2.96×10 <sup>7</sup>
12	<sup>131</sup> I	2.96×10 <sup>11</sup>	0.1	100	2.96×10 <sup>8</sup>
13	<sup>125</sup> I 籽粒	3.26×10 <sup>11</sup>	0.1	1000	3.26×10 <sup>7</sup>
14	<sup>123</sup> I	4.44×10 <sup>10</sup>	0.01	100	4.44×10 <sup>6</sup>
15	<sup>68</sup> Ga	2.96×10 <sup>10</sup>	0.01	100	2.96×10 <sup>6</sup>
16	<sup>67</sup> Ga	1.48×10 <sup>8</sup>	0.1	100	1.48×10 <sup>5</sup>
17	<sup>59</sup> Fe	1.48×10 <sup>8</sup>	0.1	100	1.48×10 <sup>5</sup>
18	<sup>18</sup> F	2.96×10 <sup>11</sup>	0.01	100	2.96×10 <sup>7</sup>
19	<sup>252</sup> Cf	8.00×10 <sup>4</sup>	10	100	8.00×10 <sup>3</sup>
20	<sup>7</sup> Be	1.48×10 <sup>8</sup>	0.01	100	1.48×10 <sup>4</sup>
21	<sup>110m</sup> Ag	1.48×10 <sup>9</sup>	0.1	100	1.48×10 <sup>6</sup>
22	<sup>223</sup> Ra	1.48×10 <sup>10</sup>	10	100	1.48×10 <sup>9</sup>
23	<sup>14</sup> C	1.47×10 <sup>10</sup>	0.1	100	1.47×10 <sup>7</sup>
合计	—	1.79×10 <sup>12</sup>	—	—	2.32×10 <sup>9</sup>

根据项目拟使用的放射性核素的毒性组别、用量及操作因子，本项目工作场所的日等效最大操作量为2.32×10<sup>9</sup>Bq。根据GB18871-2002的分级，核定本项目工作场所为乙级非密封放射性物质工作场所。

### (2) 工作场所分类

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的要求，本项目工作场所的房间功

续表 10 辐射安全与防护

能及放射性同位素的使用情况对其进行分类，具体见表10-3。

表10-3 本项目工作场所分类计算

房间名称	使用核素	非密封性物质操作最大活度 (MBq)	毒性权重因子	操作性质	操作性质修正因子	该房间操作最大量放射性核素的加权活度 (MBq)	分类
放射性药品仓库	<sup>89</sup> Zr	16300	100	贮存	100	16300	1069656.59 I
	<sup>90</sup> Y	178000	100	贮存	100	178000	
	<sup>188</sup> W	148000	100	贮存	100	148000	
	<sup>99m</sup> Tc	340000	1	贮存	100	3400	
	<sup>96</sup> Tc	148	100	贮存	100	148	
	<sup>95m</sup> Tc	148	100	贮存	100	148	
	<sup>90</sup> Sr	0.08	100	贮存	100	0.08	
	<sup>89</sup> Sr	50300	100	贮存	100	50300	
	<sup>113</sup> Sn	1480	100	贮存	100	1480	
	<sup>72</sup> Se	148	100	贮存	100	148	
	<sup>177</sup> Lu	29600	100	贮存	100	29600	
	<sup>131</sup> I	296000	100	贮存	100	296000	
	<sup>125</sup> I 粒籽	326000	100	贮存	100	326000	
	<sup>123</sup> I	44400	1	贮存	100	444	
	<sup>68</sup> Ga	29600	1	贮存	100	296	
	<sup>67</sup> Ga	148	1	贮存	100	1.48	
	<sup>59</sup> Fe	148	100	贮存	100	148	
	<sup>18</sup> F	296000	1	贮存	100	2960	
	<sup>252</sup> Cf	0.08	100	贮存	100	0.08	
	<sup>7</sup> Be	148	1	贮存	100	1.48	
<sup>110m</sup> Ag	1480	100	贮存	100	1480		
<sup>223</sup> Ra	14800	100	贮存	100	14800		
<sup>14</sup> C	14700	0.01	贮存	100	1.47		

备注：计算时考虑为每天最大贮存量。

本项目工作场所根据分类要求，房间装修设计情况与《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）对比分析如下表所示。

续表 10 辐射安全与防护

表10-4 室内表面及装备结构设计防护与标准对照表				
房间	本项目设计	GBZ120-2020 要求	分类	是否符合
放射性药品仓库	结构屏蔽：放射性药品仓库有足够厚的屏蔽材料 地面：地板胶铺设，并延伸上墙 表面：乳胶漆，易清洗 室内通风：独立机械排风系统 管道：独立通风管、废水管，放射性废水就近收集，废水管理于地下 清洗及去污设备：卫生通过间内拟配置专用洗手池，配置感应式水龙头，放射性废水接入衰变池处理	结构屏蔽：需要 地面：与墙壁接缝无缝隙 表面：易清洗 分装柜：需要 通风：特殊的强制通风 管道：特殊的管道 <sup>a</sup> 盥洗与去污：洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备	I	是
<sup>a</sup> ：下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测； <sup>b</sup> ：洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。				
同时，参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）也要求：核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无缝隙，易于清洗、去污。				
根据上表对比分析可知，本项目放射性药品仓库的装修设计能满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中对核医学场所室内表面及装备结构要求，同时也满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求。				
<b>10.4 辐射安全与防护措施</b>				
<b>(1) 屏蔽措施</b>				
①拟建放射性药品仓库四周墙体屏蔽体主要采用 240mm 实心页岩砖，顶棚采用 100mm 混凝土；防护门主要采用 5mmPb 铅进行防护。拟在放射性药品仓库内配置 2 个 30mmPb 的储源柜用于放置货包。根据后文核算，放射性药品仓库外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h，现有设计屏蔽能力能满足标准要求。				
②单独建设 1 个混凝土结构衰变池，衰变池整体外墙体和池底为 200mm，内部隔墙为 200mm 混凝土，顶部盖板为 5mmPb 铅板。衰变池位于地面上，新建转运平台下方。根据分析，衰变池外的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，能满足标准限值要求。				
③放射性废水从产生处铺设在放射性药品仓库地下，埋地管道深度不低于 700mm。				



续表 10 辐射安全与防护

根据分析，管道外考察点处周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，能满足标准限值要求。

④放射性药品仓库电缆管线、通风、排气在用房吊顶上方走线，采用直穿方式穿越，穿越处较高（不低于  $4.5\text{m}$ ），管道尺寸根据需要尽量选择小口径管道，射线经多次散射后对人员活动区域的影响能满足要求。

⑤在建设时保证施工质量，防护门的生产和安装由有生产资质的厂家承担，注意其与墙体有足够的搭接，不影响屏蔽体的屏蔽效果。

## (2) 管理措施

①放射性药品仓库拟按照乙级非密封放射性物质工作场所进行管理，货包运输和放射工作人员进出有各自独立的通道。

②拟设置工作人员卫生通过间，放射工作人员离开控制区前进行表面污染监测，合格后方可离开。

③拟制定放射性药物货包台账登记制度，对放射性药物的入库、出库等信息进行完整记录并长期保存。明确放射性核素货包的流向，并安排专人进行台账管理，定期进行台账核查，做到交接账目清楚、账物相符。

④入库药物在转运平台进行表面沾污水平和表面剂量率水平检测，检测合格的再转运至库房内进行贮存，不合格的进行擦拭去污达标后再转运至库房内进行贮存，若擦拭去污仍不能合格的则由生产厂家运回。出库药物在转运平台进行表面沾污水平和表面剂量率水平检测，检测合格的装车外运，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，并由放射性药品仓库管理人员进行签名确认。

⑤拟在放射性药品仓库设置防盗门，采用双人双锁，设专人保管防盗门钥匙，仅当 2 人均在场时，方可打开大门，进入放射性药品仓库。

⑥拟在放射性药品仓库内设置 2 个高清视频监控探头，仓库两个门外各设置 1 个高清视频监控探头做到无死角监控，视频信息经光缆传输至门卫室显示单元，拟安排专职人员负责放射性药品仓库安保工作，进行 24 小时连续值班（放射性药物存放于放射性药品仓库内时）。后期根据情况，可增加对讲口、摄像头数量和调整对讲口、摄像头位置。

⑦放射性药品仓库内拟设置自动监测、记录库房温湿度的设备和照明设备。

续表 10 辐射安全与防护

⑧放射性药品仓库内拟安装固定式剂量报警仪，对辐照计量进行监控。

### (3) 标识设置

①拟在放射性药品仓库出入口处的防护门上张贴电离辐射警告标志，在放射性废物桶设置电离辐射标志。

②拟在放射性药品仓库张贴划分控制区和监督区的标识，同时在地面/墙面设置货物、工作人员的行走箭头标识，指示在工作场所的活动路径。

### (4) 防护用品

①拟配置储源柜、放射性废物桶等辅助用品，具体见表 1-3。

②拟配备铅衣、个人剂量计、个人剂量报警仪、智能化 X-γ辐射仪、表面污染监测仪等个人防护用品和监测设备，具体见表 1-3。

## 10.5 放射性“三废”的处理

本项目正常工况下不产生放射性废气、废液，固废。本项目涉及放射性核素货包，由生产厂商负责委托有资质的运输公司进行运输，使用方接收放射性货包后，其保管责任转移到使用方，使用方使用放射性核素产生的放射性三废由使用方负责。根据工程分析，项目事故工况时涉及放射性三废。

### (1) 放射性废气

根据工程分析，<sup>131</sup>I等具有挥发性的放射性核素货包发生撒泼事故时，会产生少量的放射性气溶胶废气。

建设单位拟在放射性药品仓库北侧设置一个排风管道，发生事故时打开排风系统，引至拣配中心二楼顶排放。放射性药品仓库废气经活性炭吸附后排放，排风机排风量不少于300m<sup>3</sup>/h。活性炭定期更换。

### (2) 放射性废水

本项目采用污污分流的方式。生活污水进入公司二期生化池处理，放射性废水主要来自事故状态时的清洗水，经衰变池处理后，再排入公司西北侧二期生化池处理。

本项目拟建衰变池位于新建平台下方，放射性药品仓库北侧，位于地面上方，日常无公众长期停留。

放射性废水收集管网拟布置在放射性药品仓库地板下方，通过重力自流经管网直接收集至衰变池内处理。收集管道尺寸主要有Φ75mm，放射性废水管网均采用地埋式，埋

**续表 10 辐射安全与防护**

深不低于 700mm。

放射性废水衰变池设计为混凝土结构，为槽式处理间歇排放工艺，为人工操作管理，衰变池拟设置采样口，衰变时间不够时，废水经监测合格后再行排放。

衰变池整体外墙体和池底为 200mm 混凝土，内部隔墙为 200mm 混凝土，顶为 5mmPb 铅板。根据后文分析，废水管道表面、衰变池外 30cm 处周围剂量当量率均低于 2.5 $\mu$ Sv/h。

衰变池有效体积为 2m<sup>3</sup>。根据后文分析，衰变处理设施的体积能满足需求，经处理后的废水能达标排放。

衰变池所在位置拟按照重点防渗区建设，处理设施池壁内部刷防渗砂浆，项目放射性废水管道则采用耐腐蚀的特种管道，地面上设电离辐射警示标识。

项目放射性废水收集管网图见附图 6-2。

### **(3) 放射性固废**

根据工程分析，本项目放射性废物主要是事故状态时去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套等，以及更换下来的活性炭吸附网等物品。

项目拟在放射性药品仓库内设置放射性废物桶，放射性固体废物拟按核素类别和日期分别收集在放射性废物桶内，半衰期小于 24 小时，暂存时间超过 30 天后经监测合格后按一般废物处理；半衰期大于 24 小时，交资质单位处置。

另外，项目放射性固废应严格采取以下治理措施：

①严格区分放射性废物与非放射性废物，不混同处理，力求控制和减少放射性废物产生量。

②放射性固废应按照危险废物的管理要求，实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。

③供收集的专用废物桶应具有外防护层和电离辐射警告标志，废物桶放置点应避开工作人员作业和经常走动的地方。

## **10.6 项目工作场所服务期满后环保要求**

若公司放射性药品仓库工作场所搬迁或者取消时，公司应编制相应退役方案、制定退役目标，首先安全、妥善处置放射性药物与放射性废物，并按照相关法规规定完善退役环保手续。

## 续表 10 辐射安全与防护

根据现行法律法规，本项目涉及到的乙级非密封放射性物质工作场所需要编制退役环境影响报告表，之后完成退役还需要进行验收监测，注销辐射安全许可证。

### 10.7 项目建设与相关要求的符合性

本项目建设拟采取的辐射安全与防护措施与《关于印发放射性药品经营质量管理实施细则的通知》渝药监[2023]16 号的对比分析情况见表 10-5 所示。

根据表 10-5 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《关于印发放射性药品经营质量管理实施细则的通知》渝药监[2023]16 号的要求。

表 10-5 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准号	标准要求	项目情况
渝药监[2023]16号	<p>第二十二条 企业应当具有与放射性药品经营范围、经营规模相适应的经营场所和库房，工作区域应有明显的放射性标志，并按要求对设施设备开展验证和校准。</p>	<p>本项目拟建放射性药品仓库是为了与放射性药品经营相适应，拟在工作区域设置明显的放射性标志，并按要求对设施设备开展验证和校准。</p>
	<p>第二十三条 企业库房的选址、设计、布局、建造、改造和维护应当符合放射性药品储存和放射性物品防护的要求，防止放射性药品的污染、交叉污染、混淆和差错。库房的规模及条件应当满足放射性药品的合理、安全储存，并符合以下要求：</p> <p>（一）储存放射性药品应设立专库，使用面积不得少于 40 平方米且应符合放射性物品安全、环保相关防护要求；</p> <p>（二）库房内外环境整洁，无污染源，库区地面硬化；</p> <p>（三）库房内墙、顶光洁，地面平整，门窗结构严密；</p> <p>（四）放射性工作区与非放射性工作区应有效隔离，确保非放射性工作区无核辐射风险，并有明确的分区标识；</p> <p>（五）库房有可靠的安全防护措施和放射性物品防护措施，能够对无关人员进入实行可控管理，防止放射性药品被盗、替换、混入假药；</p> <p>（六）有防止室外装卸、搬运、接收、发运等作业受异常天气影响的措施；</p> <p>（七）有特殊温控要求的放射性药品的，还应按《药品经营质量管理规范》规定配备符合要求的专库或专柜。</p>	<p>（一）本项目为储存放射性药品设立的专库，使用面积约 40.36 平方米，设计符合放射性物品安全、环保相关防护要求；</p> <p>（二）根据设计，库房内外环境整洁，无污染源，库区地面拟硬化；</p> <p>（三）根据设计，库房内墙、顶光洁，地面平整，门窗结构严密；</p> <p>（四）本项目监督区和控制区有效隔离，拟设置明确的分区标识，确保非放射性工作区无核辐射风险；</p> <p>（五）本项目库房拟设置监控系统和双人双锁防盗门，拟配置储源柜，能够对无关人员进入实行可控管理，防止放射性药品被盗、替换、混入假药；</p> <p>（六）本项目库房地新建平台，平台上方拟搭建雨棚，能防止异常天气的影响；</p> <p>（七）本项目库房为冷库，可以根据需要进行温控。</p>
	<p>第二十四条 企业库房应当配备以下设施设备：</p> <p>（一）放射性药品与地面之间有效隔离的设备；</p> <p>（二）防辐射、避光、通风、防潮、防虫、防鼠等设备；</p> <p>（三）有效调控温湿度及室内外空气交换的设备；</p> <p>（四）自动监测、记录库房温湿度的设备；</p> <p>（五）符合储存作业要求的照明设备；</p> <p>（六）辐照计量监控设备，放射性工作区应配备相关辐射防护设备；</p> <p>（七）包装物料的存放场所；</p> <p>（八）验收、发货的专用场所；</p> <p>（九）不合格、退货或召回的放射性药品隔离存放的专用存放场所；</p> <p>（十）有特殊温控要求的放射性药品应当配备符合其要求的设施设备。</p>	<p>（一）放射性药品拟放置在储源柜中，与地面之间能有效隔离；</p> <p>（二）库房四周墙体进行屏蔽，未设置窗户、自然通风、库房地面高于道路地面可以防止雨水渗入、库房的密闭性较好可以防止虫子和老鼠进入；</p> <p>（三）库房为冷库，能有效调控温湿度，库房一侧门打开后为室外，室内外空气可以自然交换；</p> <p>（四）库房内拟设置自动监测、记录库房温湿度的设备；</p> <p>（五）库房内拟设置照明设备；</p> <p>（六）库房内拟安装固定式剂量报警仪，拟配备铅衣等辐射防护设备；</p> <p>（七）本项目不进行拆包等，不需要设置包装物料的存放场所；</p> <p>（八）库房地新建平台，作为验收、发货的专用场所；</p> <p>（九）本项目为销售单位临时贮存放射性核素货包的临时场所，不接收不合格、退货或召回的放射性药品；</p> <p>（十）本项目库房为冷库，可以根据需要进行温控。</p>

续表10-5 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准号	标准要求	项目情况
渝药监[2023]16号	<p>第三十九条 放射性药品到货时，收货人员应当核实运输方式是否符合要求，并对照随货同行单（票）和采购记录核对放射性药品，做到票、账、货相符，并符合以下要求：</p> <p>（一）随货同行单（票）应当包括供货单位、上市许可持有人、生产厂商、药品的通用名称、剂型、规格、批号、数量、收货单位、收货地址、发货日期等内容，并加盖供货单位药品出库专用章原印章；</p> <p>（二）收货人员对符合收货要求的放射性药品，应当按品种特性要求放于相应待验区域，或者设置状态标志，通知验收；</p> <p>（三）有特殊温控要求的放射性药品，应按《药品经营质量管理规范》规定的要求收货。</p>	<p>放射性药品到库时，管理人员和安全员拟对货包进行核对，并记录，满足要求后才接收入库。</p>
	<p>第四十一条 企业应当根据放射性药品的质量特性和辐射防护要求对放射性药品进行合理储存，并符合以下要求：</p> <p>（一）按包装标示的贮藏要求储存药品，包装上没有标示的，按照《中华人民共和国药典》规定的贮藏要求进行储存；</p> <p>（二）在人工作业的库房储存放射性药品，按质量状态实行色标管理，合格药品为绿色，不合格药品为红色，待确定药品为黄色；</p> <p>（三）储存放射性药品应当按照要求采取避光、遮光、通风、防潮、防虫、防鼠等措施；</p> <p>（四）搬运和堆码放射性药品应当严格按照外包装标示要求规范操作，堆码高度符合包装图示要求，避免损坏药品包装；</p> <p>（五）放射性药品按批号堆码，不同批号的药品不得混垛，垛间距、与库房内墙、顶、温度调控设备及管道等设施间距、与地面间距应当符合规定；</p> <p>（六）放射性药品应当专库存放，不得与其他药品、非药品混放；</p> <p>（七）储存放射性药品应有相应的安全管理设施，储存场所应当安装高清可视探头，双人双锁储存保管；</p> <p>（八）储存放射性药品的货架、托盘等设施设备应当保持清洁，无破损和杂物堆放。不得存放与储存管理无关的物品；</p> <p>（九）未经批准的人员不得进入储存作业区，储存作业区内的人员不得有影响放射性药品质量和安全的行为。</p>	<p>本项目为存放放射性药品的专用库房；放射性药品到库时，管理人员和安全员拟对满足接收要求的货包按不同的存放要求进行贮存；</p> <p>搬运时拟按要求规范操作，堆码高度符合包装图示要求，避免损坏药品包装；库房拟安装高清可视探头，拟安装双人双锁储存保管；储存放射性药品的货架、托盘等设施设备拟保持清洁，无破损和不堆放杂物。不得存放与储存管理无关的物品；未经批准的人员不得进入储存作业区，储存作业区内的人员不得有影响放射性药品质量和安全的行为。</p>
	<p>第四十二条 养护人员应当根据库房条件、外部环境、放射性药品质量特性等对放射性药品进行养护，并按以下要求实施：</p> <p>（一）指导和督促储存人员对放射性药品进行合理储存与作业；</p> <p>（二）检查并改善储存条件、防护措施、卫生环境；</p> <p>（三）对库房温湿度、监控辐照计量进行有效监测、调控；</p> <p>（四）按照养护计划对库存放射性药品的外观、包装等质量状况进行检查，并建立养护记录；对储存条件有特殊要求的或者有效期较短的品种应当进行重点养护；</p> <p>（五）发现有问题的放射性药品应当及时在计算机系统中锁定和记录，并通知质量管理部门处理；</p> <p>（六）定期汇总、分析养护信息。</p>	<p>本项目拟设置1名养护人员指导和督促储存人员对放射性药品进行合理储存与作业；拟定期检查并改善储存条件、防护措施、卫生环境；</p> <p>拟对库房温湿度、监控辐照计量进行有效监测、调控；拟定期按照养护计划对库存放射性药品的外观、包装等质量状况进行检查，并建立养护记录；对储存条件有特殊要求的或者有效期较短的品种应当进行重点养护；发现有问题的放射性药品应当及时在计算机系统中锁定和记录，并通知相关部门处理；拟定期汇总、分析养护信息。</p>

**表 11 环境影响分析**

**11.1 施工期环境影响**

施工期主要为用房的改造（包括墙体的拆除和新建等）、装修，设备的安装等工作，主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。

施工扬尘主要为项目用房改造、装修时产生的扬尘，装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘，项目施工期短，采取洒水等措施，可以减少扬尘的扩散。

施工噪声主要来自于项目用房改建、装修及现场处理等，采取合理安排施工时间，选择低噪声设备和工艺等措施减少施工噪声影响。

施工期废水主要为施工人员产生的少量生活污水，无机械废水，生活污水依托公司现有的废水处理系统处理。

固体废物：主要为现有用房拆除，及改造后装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾运至市政指定的弃渣场，生活垃圾交环卫部门统一收运处置。

本项目工程量小，且均在建筑物内施工，对外环境及保护目标的影响较小；项目施工期短，施工期产生的影响随着施工的开始而消失，环境可以接受。

**11.2 营运期辐射环境影响分析**

**11.2.1 工作场所屏蔽效能核算**

**(1) 功能用房设计墙体屏蔽情况**

根据公司提供的资料，项目控制区各房间四周墙体的屏蔽防护设计情况见表 1-2。

**(2) 计算公式**

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，算公式：

$$x = TVL \times \lg\left(\frac{A \times \Gamma}{H_p \times r^2}\right) \quad (11-1)$$

续表 11 环境影响分析

根据上述公式，已知屏蔽体厚度和放射性货包外表面辐射剂量率最大值，则关注点外剂量率  $H$  的核算由公式11-1转换为：

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

式中：x—屏蔽厚度，mm；

TVL— $\gamma$ 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），本项目外表面距离取0.05m；

$r$ ——参考点与靶点间的距离，单位为米（m）。

砖和混凝土的相当厚度可用密度进行换算，具体公式为：

$$d_1 / d_2 = \rho_2 / \rho_1 \quad (11-3)$$

式中： $d_1$ 、 $d_2$ —屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度，

$\rho_1$ 、 $\rho_2$ —屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度。

因此，240mm 实心页岩砖墙相当于约 169mm 的混凝土。

### （3）计算参数

①本项目贮存含 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ 粒子、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^7\text{Be}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{14}\text{C}$ 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。 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{14}\text{C}$ 为 $\beta$ 核素， $^{252}\text{Cf}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 为 $\alpha$ 核素，其对工作场所外的辐射影响很小，因此，不考虑这几种核素的屏蔽防护计算。这23中核素发射主要射线能量最大的为 $^{89}\text{Zr}$ （主要能量为0.909MeV），因此计算时 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ 等有计算参数的核素，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最大的 $^{89}\text{Zr}$ 参数来保守考虑其辐射影响。

主要预测参数见表11-1所示。



续表 11 环境影响分析

表 11-1 放射性核素相关计算参数一览表

核素	对于裸源单位放射性活度所致 1m 处的周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2(\text{h}\cdot\text{MBq})^{-1}$ )	TVL, mm	
		铅	混凝土
$^{89}\text{Zr}$	0.163	31.0	260.5
$^{18}\text{F}$	0.1430	16.6	176
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.0303	1	110
$^{131}\text{I}$	0.0595	11	170
$^{125}\text{I}$	0.0165	0.1	10

②根据业主提供资料,本项目存放的货包为不需要按独家使用方式运输的 I 级(白)、II 级(黄)或 III 级(黄)货包,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 2mSv/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  $\gamma$  辐射剂量率水平。

③放射性药品仓库内拟配备 2 个储源柜,储源柜置于放射性药品仓库的中央并排布置,每个储源柜 4 层,每层最多放置 6 个货包,储源柜 1 中存放  $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  等核素共 23 个货包,储源柜 2 中存放  $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$  粒子、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^7\text{Be}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{14}\text{C}$  等核素共 23 个货包。储源柜放置位置见图 11-1,放射性药品货包放置位置见图 11-2。

续表 11 环境影响分析

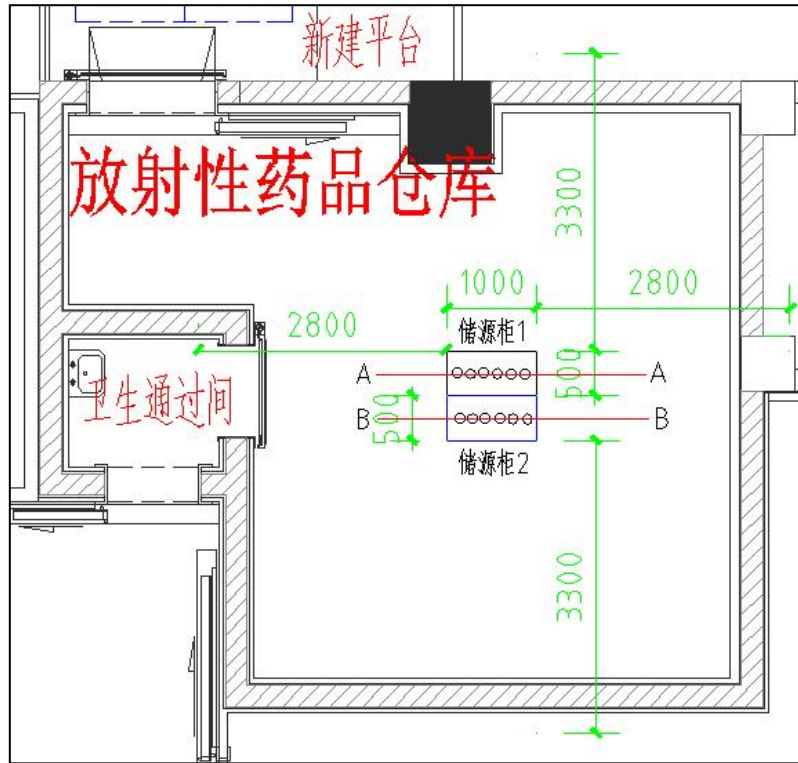
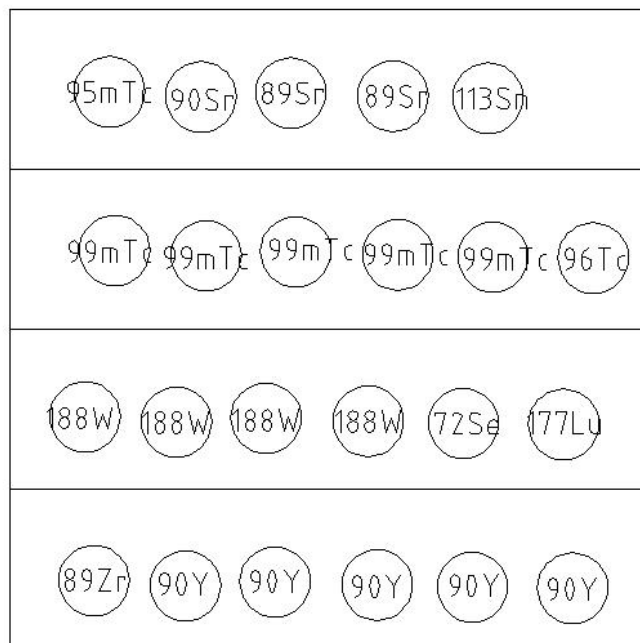
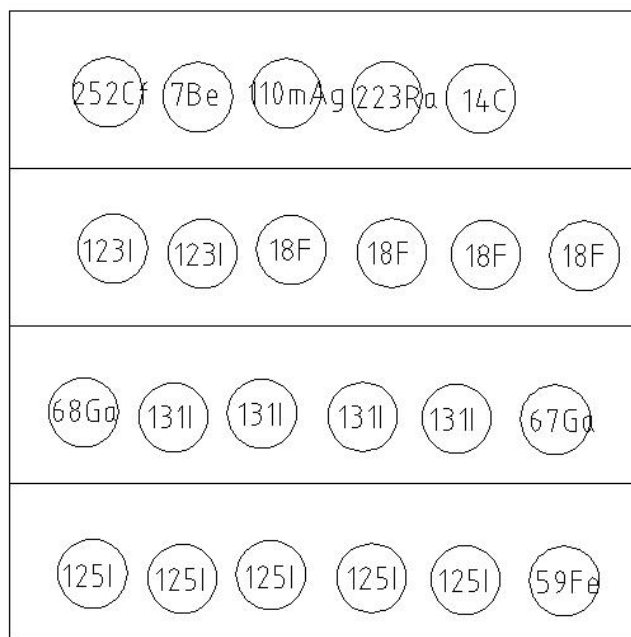


图 11-1 储源柜放置位置图



储源柜1 A-A剖面

续表 11 环境影响分析



储源柜2 B-B剖面

图 11-2 储源柜中各种放射性药品货包放置位置图

④计算时单个储源柜整体视为“点源”，点源源点考虑在储源柜中间，及“点源”离地按 0.5m 考虑，“点源”离北侧和南侧柜壁按 0.25m 考虑，“点源”离西侧和东侧柜壁按 0.5m 考虑。项目所在 1F 层高 8m，内空高 7.9m，本项目吊顶后内空高度为 3.5m，吊顶上方与 2F 之间为管道，人员不能到达，楼上考察点为 2F 地面 0.3m，则核算高度总体保守考虑约 7.8m。用房外考察点为四周屏蔽体外 30cm。

⑤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。

⑥放射性药品仓库正对楼下无建筑，不核算地板厚度。

续表 11 环境影响分析

(4) 墙体屏蔽防护效能核算

放射性药品仓库屏蔽体屏蔽效能核算结果见表 11-2。

表 11-2 放射性药品仓库屏蔽体屏蔽效能核算结果一览表

场所名称	屏蔽体	关注点距离 m	核素	考虑货包个数	货包表面剂量率合计 $\mu\text{Sv/h}$	防护设计厚度	屏蔽体外剂量率 $\mu\text{Sv/h}$					
放射性药品仓库	北墙 (室外)	3.55	储源柜 1	$^{89}\text{Zr}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$	5	10000	240mm 实心砖 +30mmPb 储源柜	0.05	0.09			
				$^{99\text{m}}\text{Tc}$	5	10000		$5.77 \times 10^{-32}$				
		4.05	储源柜 2	$^{131}\text{I}$	4	8000		$2.32 \times 10^{-4}$				
				$^{125}\text{I}$ 粒子	5	10000		$1.92 \times 10^{-317}$				
				$^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^7\text{Be}$	5	10000		0.04				
				$^{18}\text{F}$	4	8000		$2.08 \times 10^{-3}$				
		北侧防护门 (室外)	3.55	储源柜 1	$^{89}\text{Zr}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$	5		10000		5mmPb 铅防护门+30mmPb 储源柜	0.15	0.27
					$^{99\text{m}}\text{Tc}$	5		10000			$1.98 \times 10^{-35}$	
	4.05		储源柜 2	$^{131}\text{I}$	4	8000	$8.02 \times 10^{-4}$					
				$^{125}\text{I}$ 粒子	5	10000	/					
				$^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^7\text{Be}$	5	10000	0.11					
				$^{18}\text{F}$	4	8000	$9.50 \times 10^{-3}$					
	南墙 (L2 4号冷库)		4.05	储源柜 1	$^{89}\text{Zr}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$	5	10000	240mm 实心砖 +30mmPb 储源柜	0.04		0.09	
					$^{99\text{m}}\text{Tc}$	5	10000		$4.43 \times 10^{-32}$			
		3.55	储源柜 2	$^{131}\text{I}$	4	8000	$3.01 \times 10^{-4}$					
				$^{125}\text{I}$ 粒子	5	10000	$2.50 \times 10^{-317}$					
$^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^7\text{Be}$				5	10000	0.05						
$^{18}\text{F}$				4	8000	$2.71 \times 10^{-3}$						
西墙 (卫生通过间、冷库作业区和 L26 号冷库)		3.3	储源柜 1	$^{89}\text{Zr}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$	5	10000	240mm 实心砖 +30mmPb 储源柜		0.06	0.12		
				$^{99\text{m}}\text{Tc}$	5	10000			$6.68 \times 10^{-32}$			
	3.3	储源柜 2	$^{131}\text{I}$	4	8000	$3.49 \times 10^{-4}$						
			$^{125}\text{I}$ 粒子	5	10000	$2.89 \times 10^{-317}$						
			$^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^7\text{Be}$	5	10000	0.06						
			$^{18}\text{F}$	4	8000	$3.14 \times 10^{-3}$						

续表 11 环境影响分析

续表 11-2 放射性药品仓库屏蔽体屏蔽效能核算结果一览表											
场所名称	屏蔽体	关注点距离 m	核素	考虑货包个数	货包表面剂量率合计 $\mu\text{Sv/h}$	防护设计厚度	屏蔽体外剂量率 $\mu\text{Sv/h}$				
西侧防护门（卫生通过间）	3.3	储源柜 1	$^{89}\text{Zr}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$	5	10000	5mmPb 铅防护门+30mmPb 储源柜	0.17	0.36			
			$^{99\text{m}}\text{Tc}$	5	10000		$2.30 \times 10^{-35}$				
	3.3	储源柜 2	$^{131}\text{I}$	4	8000		$1.21 \times 10^{-3}$				
			$^{125}\text{I}$ 粒子	5	10000		/				
			$^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^7\text{Be}$	5	10000		0.17				
			$^{18}\text{F}$	4	8000		$1.43 \times 10^{-2}$				
	东墙（楼梯间和 L24 号冷库）	3.3	储源柜 1	$^{89}\text{Zr}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$	5		10000		240mm 实心砖+30mmPb 储源柜	0.06	0.12
				$^{99\text{m}}\text{Tc}$	5		10000			$6.68 \times 10^{-32}$	
		3.3	储源柜 2	$^{131}\text{I}$	4		8000			$3.49 \times 10^{-4}$	
$^{125}\text{I}$ 粒子				5	10000	$2.89 \times 10^{-317}$					
$^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^7\text{Be}$				5	10000	0.06					
$^{18}\text{F}$				4	8000	$3.14 \times 10^{-3}$					
顶棚（通道）	7.8	储源柜 1	$^{89}\text{Zr}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$	5	10000	100mm 砷+30mmPb 储源柜	0.01	0.02			
			$^{99\text{m}}\text{Tc}$	5	10000		$1.20 \times 10^{-32}$				
	7.8	储源柜 2	$^{131}\text{I}$	4	8000		$6.24 \times 10^{-5}$				
			$^{125}\text{I}$ 粒子	5	10000		$5.17 \times 10^{-318}$				
			$^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^7\text{Be}$	5	10000		0.01				
			$^{18}\text{F}$	4	8000		$5.62 \times 10^{-4}$				

备注：剂量率考虑了两个储源柜内货包的叠加影响。

根据表 11-2 可知，按照放射性药品仓库屏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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足评价标准限值要求。

## 续表 11 环境影响分析

### 11.2.2 个人剂量估算及环境保护目标影响

X- $\gamma$ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er}=H^*_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-4)$$

式中： $H_{Er}$ ：X 或 $\gamma$ 射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$H^*_{(10)}$ ：X 或 $\gamma$ 射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t：X 或 $\gamma$ 射线照射时间，h/a。

#### (1) 放射工作人员剂量估算

建设单位拟配置 5 名放射工作人员专门负责放射性药品仓库的管理工作，放射工作人员工作负荷详见表 11-3。

11-3 放射工作人员工作负荷

工作内容	配置人数	工作负荷
日常巡检	1 名养护员	日常巡检养护按照每日操作 1 小时来保守估算，其余时间管理员在普通办公室进行办公。每年累计时间为 250h。
货包出入库	管理员和安全员均在场	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 92min，每年累计时间为 191.7h。
手部接触货包时间	管理员搬运	管理员手动提上和提下推车，每个货包出入库接触时间最多 20s，每年累计时间为 31.9h。

货包出入库时，放射工作人员按照距离放射性核素货包表面 0.5m 处的辐射剂量率水平（即  $20\mu\text{Sv/h}$ ）来保守估算，日常巡检所到位置的辐射剂量率水平以表 11-2 算出放射性药品仓库表面外 30cm 处的辐射剂量率最大值来保守估算，手部接触货包的剂量率按照货包表面的剂量率来估算，放射工作人员个人剂量估算详见表 11-4

表 11-4 放射工作人员年受照剂量估算

操作	工作负荷 (h/a)	受照剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 (mSv/a)	年有效剂量合计 (mSv/a)
日常巡检	250	0.74	0.19	4.02
货包出入库	191.7	20	3.83	
手部剂量	31.9	2000	63.8	63.8

从表 11-14 理论计算得出放射工作人员在相应的屏蔽设施防护后，评价项目放射工作人员可能受到照射的年有效剂量不会超过  $5\text{mSv/a}$ ，小于项目设定的年有效剂量管理

续表 11 环境影响分析

目标值。手部受到的年有效剂量低于项目年当量剂量管理目标值 125mSv/a。

(2) 公众成员剂量估算

放射性药品仓库控制区屏蔽体外公众成员年有效剂量估算结果见表 11-5。

表 11-5 控制区外公众成员年有效剂量估算表

序号	环境保护目标	方位	最小距离	关注点最大周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	总时间(h)	居留因子	年有效剂量(mSv/a)
1	物流基地内道路	北侧	约 0~40m	0.27	2000	1/8	0.07
	门卫室		约 40~50m	$2.02 \times 10^{-3}$	2000	1	$4.05 \times 10^{-3}$
	公共卫生间		约 40~50m	$2.02 \times 10^{-3}$	2000	1/8	$5.06 \times 10^{-4}$
2	L24 号冷库和冷库作业区	南侧	约 0~5m	0.09	2000	1/8	0.07
	L23 号冷库、L22 号冷库、L21 号冷库		约 5~38m	0.02	2000	1/8	$4.04 \times 10^{-3}$
	多层穿梭库		约 38~50m	$7.14 \times 10^{-4}$	2000	1/8	$1.79 \times 10^{-4}$
3	L26 号冷库	西侧	约 0~6m	0.14	2000	1/8	0.04
	冷库站台 1、准备间、卫生间、楼梯		约 6~30m	0.03	2000	1/8	$7.74 \times 10^{-3}$
	物流基地内道路		约 30~50m	$3.13 \times 10^{-3}$	2000	1/8	$7.84 \times 10^{-4}$
4	L28 号冷库、1 号装卸区、待检区	西南侧	约 20~50m	0.01	2000	1/8	$1.53 \times 10^{-3}$
5	楼梯间	东侧	约 0~7m	0.12	2000	1/8	0.03
	1 层集货区、发货区、电梯、收货间		约 7~50m	0.01	2000	1/8	$2.94 \times 10^{-3}$
6	2F~4F 通道、库房等用房	楼上	/	0.02	2000	1/8	0.01
7	-1F (东侧斜下方) 设备间	楼下	约 0~10m	0.01	2000	1/20	$1 \times 10^{-3}$

备注：①物流基地工作 250d/a，每天按 8h 考虑，全年工作时间为 2000h/a。

②居留因子原则上参照 NCRP147 号报告 P31 表 4.1 取值。

③最小距离为屏蔽效核考察点到保护目标的距离。关注点最大周围剂量当量率仅考虑距离和控制区边界屏蔽体的屏蔽能力。

根据上表可知，放射性药品仓库控制区外的公众成员受到的年附加剂量最大为 0.07mSv/a，小于年有效剂量约束值 0.1mSv/a。

(3) 环境保护目标影响

根据前表11-2、表11-5可知，项目放射性药品仓库周围环境保护目标处的周围剂量当量率均小于相关标准及评价限值（不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ）的要求，保护目标的年剂量估算值最大为0.07mSv/a。上述核算结果仅考虑了放射性药品仓库自身屏蔽体和距离衰减影响，尚未考虑放射性药品仓库与环境保护目标之前其他墙体等的阻挡作用，实际上环境保护目标受到的影响可能更小。

因此，项目放射性药品仓库所致周围50m范围内环境保护目标的影响甚微，对各环

## 续表 11 环境影响分析

境保护目标不会带来不利影响，对环境的影响可以接受。

### 11.2.3 事故工况放射性“三废”环境影响分析

#### (1) 事故工况放射性废水影响分析

拟建放射性药品仓库主要贮存 23 种放射性核素 ( $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$  粒子、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^7\text{Be}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{14}\text{C}$ )，放射性废水主要来自事故状态时的清洗水。拟建设 1 个衰变池水收集事故工况时的放射性废水。根据工程分析核算，发生 1 次撒泼事故进入衰变池的废水量为：0.09m<sup>3</sup>/次。新建衰变池总有效体积为 2m<sup>3</sup>，能够存放单次事故状态下产生的废水量。事故下撒泼后先使用吸水纸等处理，不使用水冲洗，清洗废水主要是洗手水和拖把清洗水，产生的废水量也很小。因此，这些核素进入废水系统的量非常小。在下一事故之前，放射性废水一直在衰变池中衰变，不排放，衰变时间很长。排放时能满足总 $\alpha$ 不大于 1Bq/L，总 $\beta$ 不大于 10Bq/L、碘-131 不大于 10Bq/L 的排放浓度要求。

项目衰变池位于地面上。整体外墙体和池底为 200mm 混凝土，内部隔墙为 200mm 混凝土，顶部盖板为 5mmPb 铅板。废水中放射性核素含量很低，衰变池外的周围剂量当量率能满足小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$  的要求。

放射性废水排水收集管道尺寸主要有 $\Phi 75\text{mm}$ ，放射性废水管网均埋于地下，地埋深度不低于 700mm，废水中放射性核素含量很低，放射性废水管网人员可达处的周围剂量当量率能满足小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$  的要求。放射性管网具有流动性，不停留，对周围人员产生的影响很小。

#### (2) 事故工况放射性废气影响分析

项目贮存的放射性药物为非气态放射性药物，仅  $^{131}\text{I}$  属于碘化钠化合物，离子型的  $^{131}\text{I}$  放射性药物易氧化析出  $^{131}\text{I}$ （单质碘），碘在常温下易挥发，产生放射性气溶胶，其余核素均不易挥发。

本项目放射性药品仓库拟设置独立的排风系统，事故状态时产生少量放射性废气，通过北侧排气管引至室外距 1F 地面 4.5m 处经活性炭处理后排放，活性炭定期更换，吸附效果较好，放射性废气排放对周围环境的影响很小。

#### (3) 事故工况放射性固废影响分析

本项目事故状态时产生放射性固体废物拟分类（按不同核素、不同废物类别等）收



## 续表 11 环境影响分析

集在专用放射性废物桶内，桶内设专用塑料袋。含短半衰期（ $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  等衰期小于 24 小时的）核素的固废在铅废物桶内暂存衰变，衰变达到规定时间要求并监测合格后作为一般固废处理。含长半衰期（ $^{131}\text{I}$  等半衰期大于 24 小时的）核素的固废交资质单位处置。项目放射性固废得到有效处置，不会对周围环境产生压力，对环境影响可接受。

### 11.3 非放射性“三废”环境影响分析

#### 11.3.1 废水

项目运行产生少量的生活污水依托公司西北侧的二期生化池处理达标后排入市政管网，最终进入土主污水处理厂处理达标排放。项目非放射性废水能得到合理处置。

#### 11.3.2 固体废物

工作人员产生的少量生活垃圾交市政环卫部门处理。铅防护用品在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，由公司收集后妥善保存，交有资质单位处置。

项目产生的固体废物均能得到合理的处理，不会对环境产生影响。

#### 11.3.3 废气

$\gamma$ 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。放射性药品仓库在保持通风换气的条件下，臭氧和氮氧化物浓度甚小。少量的有害气体直接与大气接触、不累积，很快被空气的对流而扩散，不会影响放射性药品仓库外大气环境质量。

### 11.4 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

本次放射性药品仓库贮存放射性核素货包项目是和平物流公司母公司重庆医药集团销售放射性核素项目的补充，在和平物流公司设置放射性药品仓库临时贮存放射性核素货包，可根据使用方的送达时间和地点要求，通过放射性药品仓库放射性货包的出库安排和运输车辆的安排，调整优化放射性货包在重庆市内的运输路线，尽可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。本项目放射性药品仓库为满足所在地区医疗服务需要建设，具有明显的社会效益；公司在为销售公司提

## 续表 11 环境影响分析

供存储服务的同时也将创造经济效益。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的影响也在可接受范围内。

项目建设严格执行“三同时”，采取切实可行的环保措施，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保项目在取得经济效益和社会效益的同时，具备环境效益。因此，该项目放射性同位素的应用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。

### 11.5 产业政策符合性

本项目主要进行放射性药物临时贮存，根据《产业结构调整指导目录（2019年本、2021年修正）》，本项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类。根据国务院《促进产业结构调整暂行规定》（国发[2005]40号）第十三条“不属于鼓励类、限制类和淘汰类，且符合国家有关法律、法规和政策规定，为允许类”。因此，本项目为允许类。

### 11.6 事故影响分析

#### 11.6.1 辐射事故可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此所造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和确定性效应（组织反应）。

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率（而非其严重程度）与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在剂量阈值。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。随机性效应须重

## 续表 11 环境影响分析

点关注，因其无法防护，可通过减少人员的受照剂量以减少随机性效应的发生概率。

组织反应以存在阈值剂量并且反应严重程度随剂量增加而加重为特征的细胞群体的损伤。早期组织反应（照射后几个小时到几周）可能具有炎症性质，其发生是细胞渗透性改变和炎症介质释放的结果。随后的组织反应通常是细胞丢失（例如表皮组织黏膜炎和脱皮）的结果，尽管组织的非细胞毒性效应也会在该早期反应中起一定作用。晚期组织反应（照射后几个月到几年）如果是由于靶组织直接损伤（例如分割照射后血管阻塞导致的深层组织坏死）引起的就称为“一般性的”，如果是由严重早期反应（例如作为大面积表皮剥蚀或慢性感染的真皮坏死和严重黏膜溃疡导致的小肠狭窄的结果）引起的就称为“结果性的”。这两种情况并不相互排斥，常常是同时存在。

成年人敏感部位的组织效应阈值估计值见表 11-6，成人不同照射剂量的损伤估计情况见表 11-7。

表 11-6 成年人敏感部位的确定性效应阈值估计值

组织和效应		在一单次短时照射中受到的总剂量 (Sv)	分很多次的照射或迁延照射中受到的总剂量 (Sv)	多年中每年以很多分次照射或迁延照射接受剂量时的年剂量 (Sv/a)
睾丸	暂时不育	0.15	NA	0.4
	永久不育	3.5~6.0	NA	2.0
卵巢—不育		2.5~6.0	6.0	>0.2
晶状体	可查出的浑浊	0.5~2.0	5	>0.1
	视力障碍（白内障）	2.0~10.0	>8	>0.15
骨髓—造血功能低下		0.5	NA	>0.4

## 续表 11 环境影响分析

表 11-7 不同照射剂量对人体损伤的估计

剂量 (Gy)	类型		初期症状和损伤程度
<0.25	/		不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5			可恢复的机能变化, 可能有血液学的变化
0.5~1			机能变化, 血液学的变化, 但不伴有临床症状
1.0~2.0	骨髓型 急性 放射病	轻度	乏力, 不适, 食欲减退
2.0~4.0		中度	头昏, 乏力, 食欲减退, 恶心, 1h~2h 后呕吐, 白细胞短暂上升后下降
4.0~6.0		重度	1h 后多次呕吐, 可有腹泻, 腮腺肿大, 白细胞数明显下降
6.0~10.0		极重度	1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大, 白细胞数急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐, 腹泻严重, 腹痛, 血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐, 腹泻, 休克, 共济失调, 肌张力增高, 震颤, 抽搐, 昏睡, 定向和判断力减退

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-8。

表 11-8 辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害后果
特别重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果, 或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上 (含 3 人) 急性死亡。
重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控, 或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下 (含 2 人) 急性死亡或者 10 人以上 (含 10 人) 急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III 类放射源丢失、被盗、失控, 或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下 (含 9 人) 急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控, 或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

### 11.6.2 辐射潜在风险事故类型

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, 可能污染储源柜、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。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, 清洗还可能产生少量放射性废水。

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。

### 11.6.3 风险事故后果

**续表 11 环境影响分析**

(1) ①类辐射事故

根据上述事故类型，本项目放射性药物货包进入放射性药品仓库拟放置在储源柜内，出库时才由放射工作人员从其中拿出来。放射性药品仓库拟设置双人双锁的防盗防护门、视频监控设施，日常无关人员无法进入，因此，①类事故发生概率较低。

货包丢失，货包按未打开考虑，因放射性药品仓库内有监控系统，发现丢失后立即派人找回，因此公众接触时间考虑为30min，按最不利的直接接触货包表面考虑（货包外表面上任一点的最高辐射水平应不超过2mSv/h），该公众成员受到的误照射剂量为1mSv，超过年剂量，属于一般辐射事故。

(2) ②类事故

<sup>99m</sup>Tc、<sup>131</sup>I、<sup>125</sup>I 粒子、<sup>18</sup>F 这几种核素的单日存储量最大；<sup>125</sup>I 粒子为固体，不会发生撒泼；因此考虑单个 <sup>99m</sup>Tc、<sup>131</sup>I、<sup>18</sup>F 放射性药物货包撒漏事故概率较大，事故活度大，对人员和周围环境产生的影响最大。

放射性药物撒泼后，工作人员及时清洁处理（擦拭、冲洗、检测），直到满足要求为止。清洁完成后及时脱掉沾药衣物。货包撒泼一般发生在出入库过程，涉及人员为放射工作人员。估算参数及结果见表 11-9。

**表 11-9 事故剂量核算参数/条件表**

核素	裸源 1 米处的周围剂量当量率常数 (μSv·m <sup>2</sup> /MBq·h)	单个货包撒泼药量 (MBq)	处理距离 (m)		处理/受照时间 (min)		事故剂量 (mSv/次)	
			公众	工作人员	公众	工作人员	公众	工作人员
<sup>99m</sup> Tc	0.0303	340000	1	0.2	2	30	0.34	129
<sup>131</sup> I	0.0595	296000	1	0.2	2	30	0.59	220.15
<sup>18</sup> F	0.143	296000	1	0.2	2	30	1.41	530

根据上述核算，单个药物货包撒漏时，公众成员和工作人员的受照剂量超过年剂量限值，可能会发生机能变化，血液学的变化，但不伴有临床症状的情况，属于一般辐射事故。

(3) ③类事故

放射性药品仓库门未上锁，公众成员进入与用放射性药物货包接触，因放射性药品仓库内有监控系统，发现该现象后立即派人指导公众成员离开该区域，因此误入接触时间考虑为 5min，按最不利的直接接触货包表面考虑（货包外表面上任一点的最高辐射

## 续表 11 环境影响分析

水平应不超过 2mSv/h)，该公众成员受到的误照射剂量为 0.17mSv。发生③事故的公众单次受照剂量未超过年剂量；全年多次误照射的情况可能超过年剂量，属于一般辐射事故。

### 11.6.4 风险防范措施

发生在非密封放射性工作场所的放射事故主要是污染事故，导致人员的照射方式主要是外照射和放射性沾染。针对本项目辐射潜在事故类型，主要的风险防范措施如下：

①加强放射性药品仓库管理，严格按《放射性药品管理办法》制订“放射性药品的保管制度”。

②放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。放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，告风险情况。

⑤培植放射工作人员的安全文化素养，提高放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，放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。加强放射工作人员职业健康体检，发现放射工作人员不适合参与放射工作应及时停止工作。

综上，公司采取上述事故预防措施后，辐射事故产生的概率很低，对人员和周围环境的影响很小，辐射事故风险可防可控。

### 11.7 环保投资估算

本项目环保投资估算共约 10 万，占总投资 11.8%，具体情况见表 11-10。

续表 11 环境影响分析

序号	项目	环境保护（辐射防护）措施	投资（万元）
1	辐射安全管理	管理制度建立、修订等，制度上墙，各处标识标牌、警示标志等	0.5
2	人员	辐射安全与防护培训与考核	0.5
3	监测仪器和防护用品	个人剂量报警仪、智能化 X-γ辐射仪、表面污染检查仪、个人剂量计等	1
4	防护设施和防护用品	工作服、口罩、手套等 表 1-3 各工作场所辐射防护设施、防护用品	
5	废气治理措施	废气收集管网、处置	计入工程投资
6	废水治理措施	放射性废水收集管网、废水衰变池	
7	固体废物治理设施	放射性废物桶（含铅）	0.5
8	噪声治理设施	风机减振基座、消声设施等	0.5
9	辐射防护设施工程	铅防护门	计入工程投资
		墙体屏蔽	
10	环境影响评价、竣工验收、辐射安全许可证办理等		7
合计			10

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构设置

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保辐射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能的避免事故的发生，建设单位应培植和保持良好的安全文化素养，减少因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许可管理办法》要求：使用放射性同位素、射线装置的单位使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

和平物流公司原未开展过核技术利用项目，还未配置辐射防护与安全管理人员。建设单位承诺项目建成运营前，拟按照上述要求成立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人从事辐射环境管理工作。管理职责范围主要涉及到以下几个方面：①全面负责辐射安全防护管理工作。②负责环保手续办理及相关事项，如许可证申领、验收、人员培训、个人剂量送检、体检和辐射安全年度评估等。③负责日常防护设备维护。

### 12.2 放射工作人员及培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定：使用放射性同位素、射线装置的单位从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《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》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识，并参加考核，取得辐射安全培训合格证书，持证上岗。

本项目拟配置放射工作人员 5 人，包含在公司总劳动定员内。建设单位承诺在项目运营前，经过培训考核合格后，做到持证上岗。放射工作人员拟定期复训，并建立培训档案。



## 续表 12 辐射安全管理

### 12.3 辐射安全管理制度、档案等

#### 12.3.1 规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定，建设单位承诺按照相关规定制定相应的管理制度，包括：操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、人员健康及个人剂量管理制度、监测方案、辐射事故应急措施、年度评估制度、巡检制度等。各制度应健全，内容齐全。且在项目运营前，拟将操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、辐射事故应急措施等制作后悬挂于辐射工作场所。

另外，建设单位拟在工作中认真落实相关制度，并不断更新和完善。建设单位拟于销售单位、生产商、房东制定责任划分协议，明确本项目建设单位的责任和义务，一旦放射性药品货包运出本项目仓库，建设单位不再承担安全责任。

#### 12.3.2 个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立放射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。个人剂量档案应当保存至放射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。另外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量片相互传借，不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

本项目的放射工作人员尚未确定，在本项目运行前，公司也拟按照管理要求为每名放射工作人员配置个人剂量计，并按照规定要求进行剂量监测，建立个人剂量档案。

#### 12.3.3 职业健康体检

放射工作人员上岗前，拟进行岗前职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间，放射工作人员拟定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位拟建立和保存放射工作人员的健康

## 续表 12 辐射安全管理

档案。

### 12.3.4 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

建设单位拟建立年度评估制度，对辐射防护等进行总结，编制《放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告》，并于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交。年度评估报告包括放射性同位素台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

### 12.3.5 档案管理

辐射安全与防护管理档案资料分以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“年度评估”、“辐射应急资料”。

建设单位拟按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案进行分类归档。另外，建设单位项目建成运行后，承诺及时组织验收并办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。

## 12.4 核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事单位核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。

公司拟建立辐射环境安全管理体系，明确公司各层次人员的职责、不断识别公司内部核安全文化的薄弱处并加以纠正，落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”，拟将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

- ①公司拟组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；
- ②公司拟建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员

## 续表 12 辐射安全管理

工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

### 12.5 辐射活动能力评价

根据《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》的相关规定，和平物流公司从事本项目辐射活动的的能力评价如表 12-1。

表 12-1 从事本项目辐射活动能力评价表

应具备条件	落实情况
(一) 使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	辐射专职管理人员尚未定员。建设单位拟按要求定岗定员。
(二) 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	项目所有放射工作人员尚未到岗，尚未参加培训和尚未考核合格。
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源放射性药品仓库或设备。	本项目拟建放射性药品仓库为专用房间，配置铅箱等设施，并拟设置监控系统、防护门（具有防盗功能）等。
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	项目工作场所拟设置电离辐射警告标志、防盗系统、监控系统、分区标识等措施，配置防护用品、个人剂量计、剂量报警仪等设施。
(五) 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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	项目拟配备表面污染监测仪、智能化 X-γ 辐射仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等，同时拟配置铅衣服等防护设施和防护用品。
(六) 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位拟制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等制度，项目运行后拟将相应制度张贴上墙。
(七) 有完善的辐射事故应急措施。	建设单位拟制定辐射事故应急措施。
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	项目运行事故状态时将产生放射性“三废”，拟采取相应的处理措施（具体见表 10），保证放射性废物达标排放，对环境的影响可接受。

续表 12 辐射安全管理

续表 12-1 从事本项目辐射活动能力评价表	
应具备条件	落实情况
<p>第七条 放射性同位素和被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。</p> <p>贮存、领取、使用、归还放射性同位素时，应当进行登记、检查，做到账物相符。对放射性同位素贮存场所应当采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、放射线泄漏的安全措施。</p> <p>对放射源还应当根据其潜在危害的大小，建立相应的多重防护和安全措施，并对可移动的放射源定期进行盘存，确保其处于指定位置，具有可靠的安全保障。</p>	<p>拟配置放射性废物桶，用于专门储存放射性固废，室内无其它易燃、易爆、腐蚀性物品，并指定专人负责保管。</p> <p>拟制定放射性药物领取保管和使用制度、交接班管理制度等。本项目为存储放射性药物的仓库，设置监控系统、防护门（具有防盗功能）、四周墙体设计为辐射防护屏蔽体，具有防火、防水等功能。</p>
<p>从表 12-1 可知，因建设单位尚未开展过核技术利用项目，尚无相应的辐射安全与防护管理机构，放射工作人员和管理人员尚未到位，尚未形成相应的辐射环境管理体系，建设单位承诺全部落实上述各项要求，具备从事本项目辐射活动的的能力后，本项目方可投入正式运行。</p>	
<h3>12.6 辐射环境监测</h3> <p>根据《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》中的相关要求，建设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，以便主管部门及时了解项目安全运行情况。</p> <p>建设单位拟配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对辐射工作场所及个人剂量进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。</p> <p>本项目辐射监测内容包括：</p> <p><b>(1) 个人剂量监测</b></p> <p>对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，专人专戴，并将个人剂量结果存入档案。</p> <p>监测单位：具有个人剂量监测资质的单位；</p> <p>监测频率：1 个月测读一次个人剂量计，最长不超过 3 个月，如发现异常可加密监测频率；</p>	

续表 12 辐射安全管理

监测结果处理：年剂量超过 5mSv，报告发证机关，开展调查，根据调查结果改正或者调岗等。

**(2) 工作场所及周围环境监测**

为保证项目辐射工作场所的安全，项目建成后的监测包括验收监测、例行监测和日常监测。

①验收监测：项目建成后、辐射防护设施等发生大的变化等之后进行验收监测，委托有资质单位监测。监测结果交生态环境主管部门存档。

②例行监测：每一年监测一次，委托有资质单位监测。监测结果纳入年度评估报告提交生态环境主管部门。

③日常监测：按照监测计划开展日常监测，日常监测由建设单位自行监测。做好监测记录，存档备查，发现问题及时整改。

监测因子及执行标准限值如下表所示。

表 12-2 项目监测及检查内容一览表

监测地点		监测项目	日常监测频率	限值要求
放射性药品仓库	环境场所周围环境	周围剂量当量率	一年 1 次	/
	放射性药品仓库外人员可达屏蔽体外 30cm 处		4 周一次	≤2.5μSv/h
	放射性核素工作场所墙壁和地面、新建平台地面等	β表面污染	每次工作结束后（出现放射性药物洒落应及时监测）	工作台、设备、墙壁、地面： 控制区：α（极毒性）≤4Bq/cm <sup>2</sup> ，β≤4×10 <sup>1</sup> Bq/cm <sup>2</sup> ； 监督区：α（极毒性）≤4×10 <sup>-1</sup> Bq/cm <sup>2</sup> ，β≤4Bq/cm <sup>2</sup>
	人体手、皮肤、衣服、工作鞋、工作袜等		每次从控制区的高活区经卫生通过间离开	工作服、手套、工作鞋： 控制区/监督区：α（极毒性）≤4×10 <sup>-1</sup> Bq/cm <sup>2</sup> ，β≤4Bq/cm <sup>2</sup> ； 手、皮肤、内衣、工作袜： α（极毒性）≤4×10 <sup>-2</sup> Bq/cm <sup>2</sup> ，β≤4×10 <sup>-1</sup> Bq/cm <sup>2</sup> 。

备注：上述监测中，在屏蔽体外的监测，监测点位主要布置在四周屏蔽体 0.3m 处、防护门外 0.3m 处、门缝搭接等屏蔽相对薄弱处，以及屏蔽体楼上距地面 0.3m 处等。监测点可参考表 11-2 的关注点。

**(3) 安全检查**

为了确保核放射性药品仓库的安全运行，需定期对工作场所各项安全设施进行检查，确保其处于正常状态，检查内容和频率见表 12-3。

## 续表 12 辐射安全管理

表 12-3 工作场所安全措施检查一览表

检查地点	检查项目	日常检查频率
放射性药品仓库	电离辐射警告标志、防盗门、视频监控系统	每日

### 12.7 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求，辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。建设单位承诺编制应急预案和制定应急处置措施。

#### 12.7.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

根据本报告表 11 分析，放射性药物撒泼，单次会造成超剂量照射，属于一般辐射事故。

#### 12.7.2 事故应急方案与措施

##### (1) 事故报告程序和电话

根据《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》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向重庆市生态环境局、沙坪坝区生态环境局等部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

报告联系电话如下：

公司 24h 电话：65005863

政务服务便民热线：12345

重庆市卫健委电话：67706707

沙坪坝区生态环境局：65314510

沙坪坝区公安局：63755109

沙坪坝区卫生健康委员会：65368146

##### (2) 辐射事故应急措施

放射性药物丢失、被盗事故：发生放射性药物丢失、被盗事件后，应第一时间向公

续表 12 辐射安全管理

司辐射环境管理机构报告，由其及时向市生态环境局、区生态环境局、公安部门、卫生部门报告，按要求进行追查处置。

药物撒泼事故：发生药物撒泼后，应立即报告辐射环境管理机构，禁止无关人员进入事故区域，禁止事故区域人员随意走动。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 $\beta$ 表面污染大于  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到控制标准，这时应继续使用药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 $\beta$ 表面污染小于  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$  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。当发生人员身体、衣物受到表面污染时，受沾污人员应及时去污，防止污染扩散。体表沾污应用温水加肥皂或者洗涤剂冲洗，配合软毛刷或棉签刷洗。注意操作要轻柔，防止皮肤损伤，去污后经表面污染监测仪测量合格后方可离开。

去污后公司应根据人员受照剂量，判定事故类型和级别，提出控制措施及救治方案，迅速安排受照人员接受医学检查、救治和医学监护。具体处理方法按《辐射损伤医学处理规范》（卫生部、国防科委文件卫法监发[2002]133号）进行。发生照射事故时，人员接受医学检查或在指定的医疗机构救治，并向市生态环境局和卫生主管部门报告。

### （3）放射性事故应急处理程序

①事故发生后，当事人应立即通知同工作场所的工作人员离开，并及时上报；

②辐射事故应急处置领导小组召集相关专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

③事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护检测人员的允许不得进入事故区。

### （4）其他事项

除上述工作外，防护检测人员还应进行以下几项工作：

①应尽可能记录现场有关情况，对工作人员和公众成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，并对工作人员和公众成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。

②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。

## 续表 12 辐射安全管理

③加强公司辐射工作场所的检查和管理工作，认真做好事故预防措施，杜绝其他辐射工作场所辐射事故的发生。

④公司后续还应进行辐射事故应急演练，并做好记录，加强相关人员的辐射应急处置能力，减少辐射事故扩大影响的几率。

### 12.8 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应当如实查验、监测项目环境保护设施运行情况，编制验收（调查）报告，完成自主竣工环保验收工作。同时，项目建成后，应及时申办《辐射安全许可证》，在许可范围内从事核技术利用项目。

本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-4。

表 12-4 项目环保设施竣工验收内容及管理要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	环保资料	建设项目的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等	齐全
2	核技术利用工作场所及设备	乙级非密封放射性工作场所。	不超过该范围
3	年有效剂量管理	放射工作人员年有效剂量约束值 5 mSv/a。 公众成员年有效剂量约束值 0.1 mSv/a	GB18871-2002 参照 HJ1188-2021 及公司管理要求
4	剂量率控制	放射性药品仓库外人员可达屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率应小于 2.5 $\mu$ Sv/h。	参照 HJ1188-2021 GBZ120-2020
5	表面污染	①工作台、设备、墙壁、地面：控制区： $\alpha$ （极毒性） $\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， $\beta \leq 4 \times 10\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；监督区： $\alpha$ （极毒性） $\leq 4 \times 10^{-1}\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， $\beta \leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ； ②工作服、手套、工作鞋：控制区/监督区： $\alpha$ （极毒性） $\leq 4 \times 10^{-1}\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， $\beta \leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ； ③手、皮肤、内衣、工作袜： $\alpha$ （极毒性） $\leq 4 \times 10^{-2}\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， $\beta \leq 4 \times 10^{-1}\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。	GB18871-2002 参照 GBZ120-2020
6	辐射防护与安全措施	①放射性药品仓库设置电离辐射警告标志，划设控制区和监督区，设置相应的分区标识。 ②放射性药品仓库室内表面及装备结构要求满足 GBZ120-2020，屏蔽体的防护能力满足要求。 ③设置卫生通过间，工作人员离开时进行表面污染监测，设防盗装置。工作场所设置视频监控等。 ④加强管理，建立完善的贮存流程、放射性药物货包管理台账。 ⑤设置 1 个推流式衰变池，分类收集处置事故状态产生的放射性废水，并设置电离辐射警告标志。工作场所设置 1 套废气收集管网收集并设置活性炭吸附装置处理工作场所废气。设置放射性废物桶等收集、贮存事故状态产生的放射性废物。 ⑥配备个人防护用品及辅助防护设施，每个放射工作人员佩戴个人剂量计，工作场所配置表面污染监测仪、个人剂量报警仪等，具体见表 1-3。	齐全，满足相关要求



续表 12 辐射安全管理

续表 12-4 项目环保设施竣工验收内容及管理要求一览表				
序号	验收内容	验收要求		备注
7	废物排放	废气	放射性药品仓库内设置动力通风装置,并保持良好的通风。	按要求建设,满足相关要求。
		废水	非放射性废水直接经拣配中心二污水管网进入公司二期生化池收集处理。	
		固废	生活垃圾依托公司收运系统,交环卫部门处理;废铅防护用品由公司收集后妥善保存,交有资质的单位处理。	
8	人员要求	放射工作人员拟参加辐射安全与防护培训并考核合格后上岗。		《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等
9	辐射安全管理	有辐射环境管理机构;有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、年度评估制度、辐射事故应急预案等。相应制度张贴上墙。		档案管理规范
10	防护用品	每名放射工作人员均配置 1 枚个人剂量计,配置适宜数量的个人剂量报警仪,具体见报告表 1-3 对应内容。		GBZ128-2019 参照 HJ1188-2021
		配备相适宜的辅助防护设施及个人防护用品,主要是铅衣,具体见报告表 1-3 对应内容。		

表 13 结论及建议

### 13.1 项目概况

重庆医药集团和平物流有限公司拟在重庆医药现代物流综合基地（二期）拣配中心二 1F 冷库区实施“重庆医药集团和平物流有限公司放射性药品仓库建设项目工程”。项目建设内容包括：

拟将拣配中心二 1F 的 L25 号冷库改建为放射性药品仓库，改建后项目用房包括库房和卫生通过间。拟在 L25 号冷库室外搭建转运平台，并拟将成品放射性废水衰变池置于新建平台下方。拟建放射性药品仓库主要贮存含  $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{188}\text{W}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{72}\text{Se}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$  粒子、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{252}\text{Cf}$ 、 $^7\text{Be}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{14}\text{C}$  共 23 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  $2.32\times 10^9\text{Bq}$ ，年最大贮存量为  $4.47\times 10^{14}\text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。放射性药品仓库建筑面积约  $40.36\text{m}^2$ 。不进行拆包和分装等工作。

总投资约 85 万元，其中环保投资约 10 万元。

### 13.2 实践正当性

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。

### 13.3 产业政策符合性

本项目主要进行放射性药物临时贮存，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本、2021 年修正）》，本项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类。根据国务院《促进产业结构调整暂行规定》（国发[2005]40 号）第十三条“不属于鼓励类、限制类和淘汰类，且符合国家有关法律、法规和政策规定，为允许类”。因此，本项目为允许类。

### 13.4 辐射环境现状

根据监测统计结果，项目所在地的环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在  $0.054\ \mu\text{Gy/h}\sim 0.094\ \mu\text{Gy/h}$  之间（未扣除宇宙射线响应值），与 2022 年重庆市环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率即时测量年均值范围为  $(21.6\text{-}103.3)\ \text{nGy/h}+17.1\text{nGy/h}$  宇宙射线响应值 =  $(38.7\sim 120.4)\ \text{nGy/h}$ （未扣除宇宙射线响应值）相比，在其正常涨落范围内。

## 续表 13 结论及建议

### 13.5 选址可行性及布局合理性

#### (1) 选址可行性

本项目位于重庆市沙坪坝区土主镇明珠山一支路4号物流基地二期拣配中心二1F北侧中部冷库区内。该物流基地基地主要功能为存放各种药品，本项目功能为存放特殊药品，不冲突。拟建场址的辐射剂量背景监测结果表明，其辐射环境质量现状良好，无限制和制约，能满足项目的建设需求。项目50m范围内主要为物流基地二期拣配中心二用房和物流基地的门卫室和公共卫生间，不涉及医院、学校、集中居住区等环境敏感区。拟建放射性药品仓库位于拣配中心二1F的北侧中部，距离南侧物流基地倒班及培训楼等公众成员停留时间较长的区域相对较远，放射性药品仓库周围人员活动相对较少，有利于减少项目运行对公众成员的辐射影响。

因此，项目选址是可行的。

#### (2) 布局合理性

根据平面布置可知，项目用房包括放射性药品仓库和卫生通过间，放射性药品存放在仓库内，工作人员离开时在卫生通过间进行污染检测，功能房间设计齐全，能满足项目运行的需求。工作人员由卫生通过间进入放射性药品仓库，货物由北侧货物通道进入放射性药品仓库，货物通道和工作人员通道相互独立。货物和工作人员进出口处均拟设置双人双锁，控制无关人员进入辐射工作场所，避免公众受到不必要的照射。拟建放射性药品仓库周围活动人员较少，减少公众受到的照射。因此，从辐射防护角度，放射性药品仓库总体平面布局合理。

### 13.6 辐射防护与安全措施结论

①分区：本项目按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、参照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）等的要求进行了分区，按照要求进行分区管理，限制无关人员受到不必要的照射。

②屏蔽体防护：本项目放射性药品仓库设计了足够厚度的屏蔽体，可保证房间屏蔽体外周围剂量当量率满足辐射防护的要求；各屏蔽体的穿墙管线位于地下，对屏蔽体的防护能力削弱甚微，不影响墙体的屏蔽防护效果；铅防护门的生产和安装均交有资质的厂家负责，以保证防护门搭接处的屏蔽能力；施工时保证施工质量。

#### ③辐射安全与防护设施/措施

### 续表 13 结论及建议

A: 项目人流、物流独立; 拟在控制区工作人员出入口设置卫生通过间, 配备防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备; 放射性药品仓库设置防盗设施、视频监控装置; 放射性药品仓库墙面和地面设计建造为易于去除污染; 放射性药品仓库配置通风系统。非密封放射源工作场所辐射安全防护措施符合相关标准规范, 亦满足辐射安全要求。

B: 各防护门外上方拟设置醒目的电离辐射警告标志; 按有关标准要求配备工作人员个人防护用品。

④通风: 正常运行状态时放射性药品仓库自然通风。另放射性药品仓库设置事故状态时的强通排风系统。放射性废气收集至北侧后经活性炭吸附后再于拣配中心二楼顶排放。

⑤公司拟在项目放射性药品仓库配置个人剂量报警仪、智能化X-γ辐射仪等监测仪器, 保证放射工作人员、公众成员的安全。

综上, 建设单位拟采取的辐射安全与防护措施落到实处后, 项目的建设能够满足辐射防护的要求。

#### 13.7 环境影响分析

①本项目放射性药品仓库屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率低于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ , 屏蔽体外的剂量率满足评价标准限值要求。

②项目放射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均满足本项目的年有效剂量约束值 (工放射作人员  $5\text{mSv/a}$ , 公众成员  $0.1\text{mSv/a}$ , 手部  $125\text{mSv/a}$ ), 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 及相关标准的要求。项目运行后, 对周围环境保护目标的影响有限, 能为环境所接受。

③项目事故状态时产生的放射性废气引至放射性药品仓库北侧经活性炭吸附后于拣配中心二楼顶排放, 经处理和大气扩散后对周围环境的影响较小。

④项目事故状态时产生的放射性废水经衰变池处理, 衰变达到时间要求并低于排放标准后排入公司二期生化池处理, 非放射性废水直接排入公司二期生化池处理。项目运行产生的废水得到有效处理, 对环境的影响小。

⑤项目事故状态时产生的拟按核素类别和日期分别收集在放射性废物桶内, 半衰期小于 24 小时, 暂存时间超过 30 天后经监测合格后按一般废物处理; 半衰期大于 24 小时, 交资质单位处置。危险废物实行联单管理制度, 跟踪固废的处理方式和最终去向,

### 续表 13 结论及建议

做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。生活垃圾交环卫部门处理，废铅防护用品由公司收集后妥善保存，作好记录，交有资质单位处理。项目各固体废物均能得到效处理，对周围环境影响小。

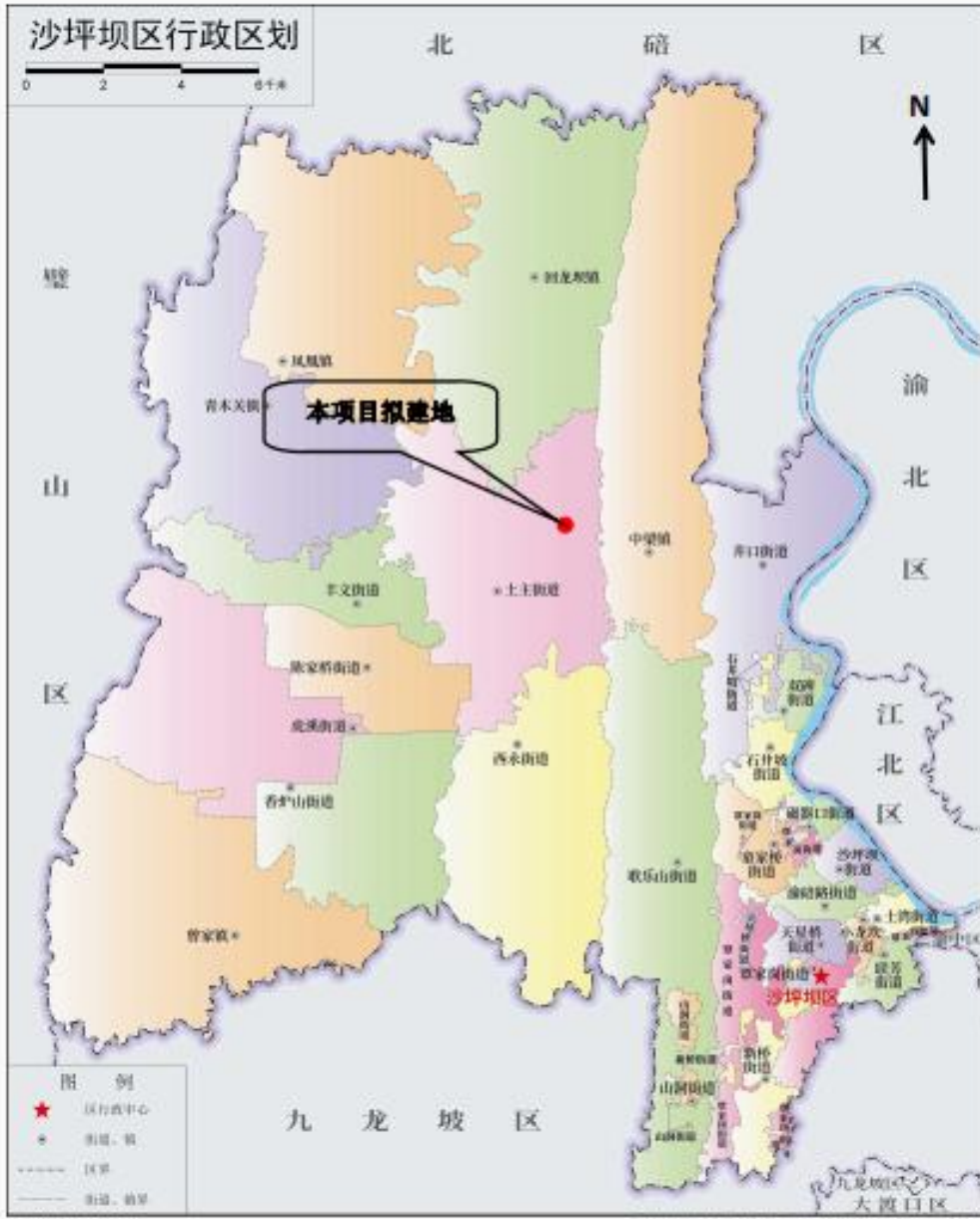
#### 13.8 辐射环境管理

建设单位拟按照相关要求建立辐射环境管理机构，配置辐射环境专职管理人员，制定相应的管理制度，保证辐射工作人员持证上岗，定期复训；建立辐射工作人员健康档案、个人剂量档案、辐射环境监测档案等，并及时办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。在今后的工作中，建设单位还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，重庆医药集团和平物流有限公司放射性药品仓库建设项目工程符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，项目选址可行，平面布局合理。在完善相应的辐射安全防护措施和管理措施后，项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全的目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

## 附录

附图	
附图 1	项目地理位置图



**附图1 项目地理位置图**