

核技术利用建设项目  
**新疆九州通医药有限公司**  
**放射性药品仓库建设项目**  
**环境影响报告表**

新疆九州通医药有限公司

2026 年 01 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目  
**新疆九州通医药有限公司**  
**放射性药品仓库建设项目**  
**环境影响报告表**

建设单位名称：新疆九州通医药有限公司  
建设单位法人代表（签名或签章）：  
通讯地址：新疆乌鲁木齐高新区（新市区）曲扬街3088号中国（新疆）  
自由贸易试验区  
邮政编码：830011 联系人：骆维  
电子邮箱：sdjztzgb@163. com 联系电话：15965999850

# 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 非密封放射性物质 .....	9
表 3 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	11
表 4 评价依据 .....	12
表 5 保护目标与评价标准 .....	15
表 6 环境质量和辐射现状 .....	26
表 7 项目工程分析与源项 .....	34
表 8 辐射安全与防护 .....	46
表 9 环境影响分析 .....	57
表 10 辐射安全管理 .....	74
表 11 结论与建议 .....	81
表 12 审批 .....	84
附件 1 委托书 .....	错误！未定义书签。
附件 2 辐射环境现状检测报告 .....	错误！未定义书签。
附件 3 土壤检测报告 .....	错误！未定义书签。
附件 4 产权证及环评批复 .....	错误！未定义书签。
附件 5 检验检测机构资质材料 .....	错误！未定义书签。
附图1 建设单位地理位置图 .....	85
附图2 乌鲁木齐市三区国土空间规划分区图 .....	86
附图3 乌鲁木齐环境管控单元分类图 .....	87
附图4 建设单位周围影像图及物流图 .....	88
附图5 分拣中心综合楼负一层平面图 .....	89
附图6 分拣中心综合楼一层平面图 .....	90
附图7 放射性药品仓库平面分区布置图及路线规划图 .....	91

表 1 项目基本情况

建设项目名称	新疆九州通医药有限公司放射性药品仓库建设项目				
建设单位	新疆九州通医药有限公司				
建设单位法人代表	骆维	建设单位联系人	童玲	建设单位联系电话	18999835877
注册地点	新疆乌鲁木齐高新区（新市区）曲扬街3088号中国（新疆）自由贸易试验区				
项目建设地点	新疆乌鲁木齐高新区（新市区）曲扬街3088号中国（新疆）自由贸易试验区，新疆九州通医药有限公司，分拣中心综合楼负一层东北侧				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	90	项目环保投资 (万元)	58.3	投资比例(环保 投资/总投资)	64%
		环保投资构成	屏蔽材料（铅板、硫酸钡砂等）40万元、辐射监测设备（表面污染检测仪等）4.7万元、应急设施（衰变池、活性炭吸附装置、防护用品等）11.6万元、其他（警示标识、培训等）2万元		
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m <sup>2</sup> )	113.26m <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 checked="" type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他				/	

## 1.1 公司概况

新疆九州通医药有限公司位于新疆乌鲁木齐高新区（新市区）曲扬街3088号中国（新疆）自由贸易试验区，项目中心坐标：北纬 $43^{\circ}56'55.8''$ 、东经 $87^{\circ}35'50.0''$ ，是九州通医药集团全资的核心子公司之一，作为省内领先的医药物流与医药批发企业，同时具备强大的供应链服务能力，成立于2004年05月26日，注册资本6.2亿元。公司现有员工1300余人，立足于大健康行业，主营业务包括数字化医药分销与供应链服务、总代品牌推广业务、医药工业自产及OEM业务、新零售与万店加盟业务（C端）、医疗健康（C端）与技术增值服务、数字物流技术与供应链解决方案六大方面。经营品规12000余种，与全国3500余家药品生产企业和11000余家药品经销商、药店、公立及民营医疗机构、乡镇卫生院、社区服务中心、诊所保持着良好的合作关系。现已成长为西北地区规模大、品种全、发展快、辐射广的大型现代化医药商业企业。公司历年被评为“国家AAAA级物流企业”、“国家两化融合贯标企业”、“自治区守合同重信用企业”、“信贷诚信企业”，并获得“自治区100户优强企业榜”、“乌鲁木齐双50强企业”、“高新区（新市区）突出贡献企业”等荣誉。该公司整体已进行了环境影响评价，并于2016年2月16日取得了环评批复文件，批文号为：乌环评审【2016】23号，详见附件4。

## 1.2 项目概况

根据公司发展规划，新疆九州通医药有限公司拟利用分拣中心综合楼（由中药配套立体库、中药配套分拣车间、办公区组成）负一层东北侧新建放射性药品仓库一座，主要是针对公司销售放射性核素过程中，一批放射性货包运到新疆时，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，将放射性核素货包贮存在放射性药品仓库，在约定时间发货运送至使用方。放射性货包的运输由新疆九州通医药有限公司自行负责。放射性药品仓库仅用于暂存本公司拟销售药物。

该项目建设内容为在分拣中心综合楼负一层东北侧使用实心砖隔断出放射性药品仓库（库中库）、淋浴间、废物间、药品交接区和衰变池间等。主要贮存含 $^{125}\text{I}$ （粒子源）、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{188}\text{W}$ （ $^{188}\text{Re}$ ）、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{7}\text{Be}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 共18种核医学常用核素的放射性药物。建设单位已成立辐射安全与环境保护管理小组，制定了《辐射防护和安全保卫制度》《辐射事故应急预案》等基础制度，暂无专用辐射监测设备（拟新增配置）。

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 1-2。

表1-2 本项目销售和贮存放射性核素情况表

项目组成		具体内容		依托关系
主体工程	放射性药品仓库	由放射性药品库、药品交接区、淋浴间、废物间、衰变池间、仪器间、办公室组成。放射性药品仓库总面积约113.26m <sup>2</sup> 。药品暂存区面积71.33m <sup>2</sup> ，拟建放射性药品仓库吊顶后内空高度为3.65m。		新建
辅助工程	库房管理区	利用放射性药品仓库办公室，位于放射性药品库南侧，设置库房监控系统的显示单元和库房管理人员工作位。		新建
公用工程	给水	依托公司现有供水管网。		依托
	排水	雨污分流。一般生活污水依托公司现有污水排水管网进入生化池处理。事故状态下有放射性的清洗废水单独收集至新建衰变罐衰变达标后接入市政污水管网。		衰变罐新建，其余依托。
	供电	由市政电网供电，依托公司内部供配电系统。		依托
	通风	设置一套独立的机械排风系统，事故状态下排风经活性炭吸附后于高于本项目建筑物屋顶排放。		本仓库独立的机械排风系统和活性炭装置新建，其余依托
环保工程	废水	放射性废水（事故状态下）	项目拟建3个5.0mmPb的衰变罐和1个不锈钢集水池，设置在衰变池间内，集水池为地下构筑物，衰变罐为地面构筑物，事故状态下的放射性废水通过重力自流收集至集水池，利用污泥泵将废水抽至衰变罐进行衰变180天。集水池体积为0.34m <sup>3</sup> ，3个衰变罐总体积为3.06m <sup>3</sup> 。达标后排入市政管网，最终进入污水处理厂处理达标排放。	衰变罐及配套管网新建，其余依托
		非放射性废水	普通生活污水直接接入污水管网，经公司内部处理后排入市政管网，最终进入污水处理厂处理，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。废气经活性炭吸附后引至高于本项目建筑物屋顶排放。		新建
	固废	放射性固废（事故状态下）	在放射性药品仓库内设置废物间，位于放射性药品仓库内南侧，面积5.48m <sup>2</sup> ，设置2个20mmPb当量的衰变箱，尺寸为40cm×40cm×40cm，含核素的放射性固废在废物间内暂存衰变，去污废物等衰变达到规定时间要求并检测合格后作为一般固废处理。废活性炭、药瓶衰变达到规定时间要求并检测合格后作为医疗废物交资质单位处理。	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。废旧防护用品妥善保存，做好记录，交有资质单位处理。	

			质单位处理。	
环保工程	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。		新建
	防渗措施	放射性药品仓库、衰变池间、废物间、淋浴间等为重点防渗。项目放射性药品仓库表面采用防渗混凝土，衰变池采用相当于5mmPb的不锈钢材料		新建
其他	辐射环境管理	公司拟建立辐射防护管理机构，拟设置专人负责辐射环境管理，拟制定相应的管理制度和应急预案。		/

本项目暂存核素量基本按照公司拟销售量确定，根据核算，项目放射性核素日最大暂存货包数为34个，贮存的日等效最大操作量约为 $2.49 \times 10^9 \text{Bq}$ ，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录C，该项目工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。本项目涉及核素及用量如下表：

**表 1-3 放射性药品仓库使用（贮存）放射性核素一览表**

序号	核素名称	实际日最大贮存量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大贮存量 (Bq)	操作方式
1	$^{89}\text{Zr}$	$1.63 \times 10^{10}$	$1.63 \times 10^7$	$4.08 \times 10^{12}$	贮存
2	$^{90}\text{Y}$	$1.85 \times 10^{11}$	$1.85 \times 10^8$	$4.63 \times 10^{13}$	贮存
3	$^{188}\text{W}$ ( $^{188}\text{Re}$ )	$1.48 \times 10^{11}$	$1.48 \times 10^7$	$3.70 \times 10^{13}$	贮存
4	$^{96}\text{Tc}$	$1.48 \times 10^8$	$1.48 \times 10^5$	$3.70 \times 10^{10}$	贮存
5	$^{95m}\text{Tc}$	$1.48 \times 10^8$	$1.48 \times 10^5$	$3.70 \times 10^{10}$	贮存
6	$^{90}\text{Sr}$	$8.00 \times 10^4$	$8.00 \times 10^2$	$2.00 \times 10^7$	贮存
7	$^{89}\text{Sr}$	$7.40 \times 10^{10}$	$7.40 \times 10^7$	$1.85 \times 10^{13}$	贮存
8	$^{113}\text{Sn}$	$1.48 \times 10^9$	$1.48 \times 10^6$	$3.70 \times 10^{11}$	贮存
9	$^{177}\text{Lu}$	$2.96 \times 10^{10}$	$2.96 \times 10^7$	$7.40 \times 10^{12}$	贮存
10	$^{131}\text{I}$	$2.96 \times 10^{11}$	$2.96 \times 10^8$	$7.40 \times 10^{13}$	贮存
11	$^{125}\text{I}$ (粒子源)	$3.70 \times 10^{12}$	$3.70 \times 10^8$	$9.25 \times 10^{14}$	贮存
12	$^{123}\text{I}$	$7.40 \times 10^{10}$	$7.40 \times 10^6$	$1.85 \times 10^{13}$	贮存
13	$^{67}\text{Ga}$	$1.48 \times 10^8$	$1.48 \times 10^5$	$3.70 \times 10^{10}$	贮存
14	$^{59}\text{Fe}$	$1.48 \times 10^8$	$1.48 \times 10^5$	$3.70 \times 10^{10}$	贮存
15	$^7\text{Be}$	$1.48 \times 10^8$	$1.48 \times 10^4$	$3.70 \times 10^{10}$	贮存
16	$^{110m}\text{Ag}$	$1.48 \times 10^9$	$1.48 \times 10^6$	$3.70 \times 10^{11}$	贮存
17	$^{223}\text{Ra}$	$1.48 \times 10^{10}$	$1.48 \times 10^9$	$3.70 \times 10^{12}$	贮存
18	$^{14}\text{C}$	$1.47 \times 10^{10}$	$1.47 \times 10^6$	$3.68 \times 10^{12}$	贮存

### 1.3 劳动定员及工作量

#### (1) 人员分工

拟配备7名辐射工作人员，其中仓库负责人1名（统筹管理，年工作2000h）、库房管理员3名（负责货包出入库、台账登记，每人年操作货包约1500次）、安全员3名（负责辐射监测、应急处置，每人年监测频次不少于200次）。

## **(2) 工作负荷**

日均操作货包≤34个，单次出入库操作约30分钟，每2小时进行一次巡检，全年工作250天。

## **1.4 项目选址合理性分析**

### **(1) 用地规划符合性分析**

本项目位于新疆乌鲁木齐高新区（新市区）曲扬街 3088 号中国（新疆）自由贸易试验区分拣中心综合楼负一层东北侧，位于公司现有厂区内部，根据建设单位提供的不动产权证书（见附件 4），项目土地用途为工业用地/其他/仓储/工业，且周围无环境制约因素，项目符合当地土地利用规划的要求。

### **(2) 《乌鲁木齐市国土空间总体规划（2021-2035 年）》符合性分析**

经与《乌鲁木齐市国土空间总体规划（2021-2035 年）》三线三区国土空间规划分区图比对，项目所在区域属于开发区，项目的建设符合《乌鲁木齐市国土空间总体规划（2021-2035 年）》。

项目位置与《乌鲁木齐市国土空间总体规划（2021-2035 年）》三线三区国土空间规划分区图相对位置见附图 2。

### **(3) 选址合理性分析**

公司厂区由综合楼、分拣中心综合楼、中药饮片车间及辅助用房组成，主体为分拣中心综合楼一座。公司分拣中心综合楼位于公司的中部，最高为 10 层建筑。以分拣中心综合楼四周边界为起点，东侧 0m~50m 范围内为厂区内部道路、中药饮片车间；南侧 0m~50m 范围为公司内部道路、厂区外空地；西侧 0m~50m 范围内为公司内部停车场；北侧 0m~50m 范围内为公司内部道路、曲扬路。另外，本项目评价范围内不涉及医院、学校、集中居住区等环境敏感区。项目药物运输道路拟利用分拣中心综合楼东侧厂内道路，项目及公司内运输道路周围人流量较小，项目拟建位置位于所在建筑的一端，周围公众人员活动相对较少，有利于减少项目运行对公众成员的辐射影响，故项目选址合理。

## **1.5 项目与乌鲁木齐市环境管控符合性分析**

根据《关于发布乌鲁木齐市生态环境分区管控动态更新成果的通告》（2024 年 5 月 27 日），本项目位于高新区（新市区）城镇重点管控单元，编码 ZH65010420003（详见附图 3），环境准入与管控要求见下表。

**表 1-5 本项目与高新区（新市区）城镇重点管控单元准入清单符合情况**

相关要求		本项目情况	结论
空间布局	<p>(1.1) 执行岛鲁木齐市空间布局约束准入要求。</p> <p>1.机场噪声影响区域内执行以下管控要求：</p> <p>(1.2) 飞机噪声大于 75dB (计权等效连续感觉噪声级) 的机场周围区域，不得规划新建住宅、学校及幼儿园、医院等噪声敏感建筑物。飞机噪声大于 70 小于 75dB，应按照当地政府对该二类区域内国土空间规划的要求确定可否新建住宅、学校等建筑。</p> <p>2.农用地优先管控区区域内执行以下管控要求：</p> <p>(1.3) 永久基本农田一经划定，必须严格落实《基本农田保护条例》要求，严格占用永久基本农田建设项目的审查论证，涉及占用永久基本农田的，报国务院审批。</p>	<p>本项目严格执行乌鲁木齐市空间布局约束准入要求，选址不在飞机噪声大于 75dB 的机场周围区域，且不涉及在飞机噪声 70-75dB 的二类区域新建住宅、学校及幼儿园、医院等噪声敏感建筑物；项目不占用永久基本农田，无需办理占用永久基本农田的审查论证及国务院审批手续。</p>	符合
污染物排放管控	<p>(2.1) 执行岛鲁木齐市污染物排放管控要求。</p> <p>1.单元内工业企业执行以下管控要求：</p> <p>(2.2) 全面加强配套管网建设。新建污水处理设施的配套管网应同步设计、同步建设、同步投运。</p> <p>2.临空经济区和机场噪声影响区域内执行以下管控要求：</p> <p>(2.3) 临空经济区部分区域落实声环境敏感目标拆迁、安装隔声窗等各项噪声污染防治措施，加强对交通噪声、生产噪声、建筑施工噪声的管理，尽可能减少商业性和生活性的噪声源、建筑噪声和交通噪声。增大绿化面积，设置绿化缓冲带，隔离噪声的影响。对厂界噪声无法达到相应区域要求的，企业应对车间内设备进一步降噪，使其达到相应要求。</p> <p>3.大气环境受体敏感区区域内执行以下管控要求：</p> <p>(2.4) 实施大气环境分区管控，严禁新（扩）建“三高”项目及淘汰类、限制类化工项目，禁止新增钢铁、电解铝、水泥、平板玻璃（光伏压延玻璃除外）、轮胎等产能严重过剩行业项目。对已建设投产的项目，深入挖掘节能减排潜力，积极推进节能减排改造。加大移动源污染防治力度，提升城市精细化管理水平，严格建筑施工扬尘管控。</p> <p>(2.5) 防止已关停取缔的“散乱污”企业死灰复燃。运用网格化环境监管体系，加强区域巡查，坚决防止出现反弹；充分发挥群众监督作</p>	<p>本项目严格执行乌鲁木齐市污染物排放管控要求，新建污水处理设施的配套管网已按“三同步”要求完成设计、建设及投运；若涉及临空经济区和机场噪声影响区域，已落实声环境敏感目标拆迁、安装隔声窗等噪声污染防治措施，加强各类噪声源管理，通过增大绿化面积设置绿化缓冲带隔离噪声影响，厂界噪声可满足相应区域管控要求；项目不属于“三高”项目、淘汰类及限制类化工项目，未新增产能严重过剩行业相关项目，已投产部分已推进节能减排改造，严格落实移动源污染防治及建筑施工扬尘管控；项目不涉及已关停取缔的“散乱污”企业，配合网格化环境监管及群众监督工作，确</p>	符合

	用，确保整治效果。	保无反弹情况。	
环境风险防控	<p>(3.1) 执行乌鲁木齐市环境风险防控准入要求。</p> <p>1.农用地优先管控区区域内执行以下管控要求：</p> <p>(3.2) 确保耕地土壤环境安全，严控重金属类污染物和挥发性有机污染物等有毒物质排放。</p> <p>(3.3) 提高高风险地块关注度，企业应加强土壤环境监管，如果停产应被列为疑似污染地块进行管理。</p> <p>2.疑似污染地块执行以下管控要求：</p> <p>(3.4) 疑似污染地块应当根据保守原则确定污染物的检测项目。疑似污染地块内可能存在的污染物及其在环境中转化或降解产物均应当考虑纳入检测范围。</p>	本项目严格执行乌鲁木齐市环境风险防控准入要求，不位于农用地优先管控区内，严格控制重金属类污染物及挥发性有机污染物等有毒物质排放，保障耕地土壤环境安全；项目所在地块不属于高风险地块，若后续涉及停产，将按要求列为疑似污染地块管理；若涉及疑似污染地块相关情形，将依据保守原则确定检测项目，涵盖可能存在的污染物及其转化、降解产物。	符合
资源利用	<p>(4.1) 执行岛鲁木齐市资源利用效率要求。</p> <p>1.临空经济区和机场噪声影响区域内执行以下管控要求：</p> <p>(4.2) 加强工业水循环利用：在高耗水行业开展试点示范，筛选具有明显经济效益的节水治污技术。工业生产、城区绿化、道路清扫、车辆冲洗、建筑施工以及生态景观等用水，优先使用再生水。</p> <p>2.地下水限采区、禁采区执行以下管控要求：</p> <p>(4.3) 加强地下水超采区管控，落实超采区管控要求。</p> <p>3.大气环境受体敏感区区域内执行以下管控要求：</p> <p>(4.4) 强化资源环保准入约束，严禁新建、扩建使用燃煤等高污染燃料项目。</p>	本项目严格执行乌鲁木齐市资源利用效率要求，若涉及临空经济区和机场噪声影响区域，已在高耗水行业开展节水治污技术试点示范，工业生产、城区绿化等各类用水优先使用再生水；项目不涉及地下水限采区、禁采区，或已严格落实地下水超采区管控要求；项目不位于大气环境受体敏感区内，且未新建、扩建使用燃煤等高污染燃料的项目。	符合
本工程属于放射性药物储存项目，符合国家产业政策及城市规划要求，不属于高污染高耗能项目，各污染物均得到合理处置，本项目符合生态环境准入要求。			
项目与《乌鲁木齐市环境管控单元分类图》相对位置见附图3。			
<b>1. 6 产业政策符合性</b>			
本项目不在《产业结构调整指导目录（2024年本）》中“限制类”、“淘汰类”所列项目中，符合国家产业政策。			

## 1.7 实践正当性分析

放射性药品在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起到了十分重要的作用，本项目符合所在地区医疗服务需要，本次项目在公司设置放射性药品仓库，可临时暂存销售的放射性核素货包，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新疆内的运输路线，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辐射安全性及便利性。项目具有明显社会效益、环境效益，同时项目的实施提高了公司服务水平，也创造了更大的经济效益，与此同时，拟建放射性药品仓库对周围环境、辐射工作人员、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求。因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

## 1.8 目的和任务由来

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》（生态环境部令第16号，2021年）五十五核与辐射172核技术利用建设项目：“乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）”核技术利用建设项目应编制环境影响报告表。本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，应编制环境影响报告表。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等有关规定，受新疆九州通医药有限公司委托，我单位承担了该项目的辐射环境影响评价工作。接受委托后，在进行现场勘察、充分收集和分析有关资料、实地辐射环境监测及分析预测评价的基础上，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》（HJ10.1—2016），编制了该项目的环境影响报告表。

表 2 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动类型	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	操作场所	贮存地点
1	$^{89}\text{Zr}$	液态/中毒/半衰期 3.27d	使用(贮存)、销售	$1.63 \times 10^{10}$	$1.63 \times 10^7$	$4.08 \times 10^{12}$	贮存	放射性药品仓库	新疆乌鲁木齐高新区(新市区)曲扬街3088号中国(新疆)自由贸易试验区新疆九州通医药有限公司分拣中心综合楼负一层东北侧放射性药品仓库	
2	$^{90}\text{Y}$ (粒子源)	固态/中毒/半衰期 2.67d		$1.85 \times 10^{11}$	$1.85 \times 10^8$	$4.63 \times 10^{13}$				
3	$^{188}\text{W}$ ( $^{188}\text{Re}$ )	固态/中毒/半衰期 69.4d		$1.48 \times 10^{11}$	$1.48 \times 10^7$	$3.70 \times 10^{13}$				
4	$^{96}\text{Tc}$	液态/中毒/半衰期 4.28d		$1.48 \times 10^8$	$1.48 \times 10^5$	$3.70 \times 10^{10}$				
5	$^{95\text{m}}\text{Tc}$	液态/中毒/半衰期 61.0d		$1.48 \times 10^8$	$1.48 \times 10^5$	$3.70 \times 10^{10}$				
6	$^{90}\text{Sr}$	液态/高毒/半衰期 29.1a		$8.00 \times 10^4$	$8.00 \times 10^2$	$2.00 \times 10^7$				
7	$^{89}\text{Sr}$	液态/中毒/半衰期 50.53d		$7.40 \times 10^{10}$	$7.40 \times 10^7$	$1.85 \times 10^{13}$				
8	$^{113}\text{Sn}$	液态/中毒/半衰期 115.0d		$1.48 \times 10^9$	$1.48 \times 10^6$	$3.70 \times 10^{11}$				
9	$^{177}\text{Lu}$	液态/中毒/半衰期 6.73d		$2.96 \times 10^{10}$	$2.96 \times 10^7$	$7.40 \times 10^{12}$				
10	$^{131}\text{I}$	液态/中毒/半衰期 8.02d		$2.96 \times 10^{11}$	$2.96 \times 10^8$	$7.40 \times 10^{13}$				
11	$^{125}\text{I}$ (粒子源)	固态/中毒/半衰期 59.4d		$3.70 \times 10^{12}$	$3.70 \times 10^8$	$9.25 \times 10^{14}$				
12	$^{123}\text{I}$	液态/低毒/半衰期 13.2h		$7.40 \times 10^{10}$	$7.40 \times 10^6$	$1.85 \times 10^{13}$				
13	$^{67}\text{Ga}$	液态/中毒/半衰期 78h		$1.48 \times 10^8$	$1.48 \times 10^5$	$3.70 \times 10^{10}$				
14	$^{59}\text{Fe}$	液态/中毒/半衰期 44.5d		$1.48 \times 10^8$	$1.48 \times 10^5$	$3.70 \times 10^{10}$				

15	$^{7}\text{Be}$	液态/低毒/半衰期 53.22d		$1.48 \times 10^8$	$1.48 \times 10^4$	$3.70 \times 10^{10}$				
16	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	液态/中毒/249.8d		$1.48 \times 10^9$	$1.48 \times 10^6$	$3.70 \times 10^{11}$				
17	$^{223}\text{Ra}$	液态/极毒/半衰期 11.44d		$1.48 \times 10^{10}$	$1.48 \times 10^9$	$3.70 \times 10^{12}$				
18	$^{14}\text{C}$	固态/中毒/半衰期 5730a		$1.47 \times 10^{10}$	$1.47 \times 10^6$	$3.68 \times 10^{12}$				
19	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态/低毒/半衰期 6.02h	仅销售不贮存	$3.70 \times 10^{11}$	/	$9.25 \times 10^{13}$	仅销售不贮存	/	/	/
20	$^{68}\text{Ga}$	液态/低毒/半衰期 68.3min		$2.96 \times 10^{10}$	/	$7.40 \times 10^{12}$				
21	$^{18}\text{F}$	液态/低毒/半衰期 1.83h		$2.96 \times 10^{11}$	/	$7.40 \times 10^{13}$				

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

表 3 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
放射性废气（事故状态）	气态	事故核素	/	/	/	/	/	活性炭吸附后，高于本项目建筑物室顶排入外环境
放射性废水（事故状态）	液态	事故核素	/	/	/	/	暂存在衰变罐内衰变	衰变达到解控水平废水泵入厂区污水排水井，排入城市污水管网，监测不能达到解控水平的委托有相关处理资质的单位处理
放射性固废（事故状态）	固态	事故核素	/	/	/	/	暂存在衰变箱内衰变	衰变达到解控水平后，按照医疗废物处理，监测不能达标的交由有相关处理资质的单位处理

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为 mg/kg，气态为mg/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 4 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，全国人民代表大会常务委员会，2003 年 9 月 1 日起施行，2016 年 7 月第一次修正，2018 年 12 月第二次修正；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日起实施，2014 年 7 月第一次修订，2019 年 3 月第二次修订；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2006 年 3 月 1 日起施行，2008 年 12 月第一次修订，2017 年 12 月第二次修订，2019 年 8 月第三次修订，2021 年 1 月第四次修订；</p> <p>(7) 《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；</p> <p>(8) 《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 日起实施；</p> <p>(9) 《放射性物品运输安全管理条例》，2009 年 9 月 14 日中华人民共和国国务院令第 562 号公布 自 2010 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《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 2010 年第 6 号，2011 年 1 月 1 日起施行，2016 年 9 月第一次修订，2023 年 11 月第二次修订；</p> <p>(11) 《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》，国家环境保护总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(12) 《关于发布&lt;放射性废物分类&gt;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，2018.1 施行；</p> <p>(13) 《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，生态环境部分辐射源安全监管司，辐射函[2023]20 号，2023.9.11。</p>
------	--

	<p>(14) 《乌鲁木齐市大气污染防治条例》，新疆维吾尔自治区第十届人民代表大会常务委员会第十四次会议批准，2005年3月1日起施行。经历2013、2018年、2021年、2022年四次修订。</p> <p>(15) 《放射性药品管理办法》（国务院令第25号，2019年修订）。</p> <p>(16) 《关于印发〈核技术利用建设项目重大变动清单(试行)〉的通知》（环办辐射〔2018〕64号）。</p> <p>(17) 《职业性皮肤放射性污染个人监测标准》（GBZ 144-2015）。</p>
技术 标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；</p> <p>(4) 参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>(5) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；</p> <p>(6) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(8) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）；</p> <p>(9) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(10) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(11) 参考《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）；</p> <p>(12) 参考《放射性物品运输核与辐射安全分析报告书格式和内容》（HJ 1187-2021）；</p> <p>(13) 《医疗、工业、农业、研究和教学中产生的放射性废物管理》（HAD401/16-2023）；</p> <p>(14) 《辐射事故应急监测技术规范》（HJ1155-2020）。</p> <p>(15) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）2023年1月20日由生态环境部与国家市场监督管理总局联合发布，2023年7月1日实施。</p>

其他	<p>1.新疆九州通医药有限公司放射性药品仓库建设项目环境影响评价委托书；</p> <p>2.新疆九州通医药有限公司提供的资料；</p> <p>3.《新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查研究报告》；</p> <p>4.《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》《辐射防护手册第三分册 辐射安全》（李德平、潘自强主编，原子能出版社）；</p> <p>5.《辐射安全手册》（潘自强主编，科学出版社）。</p>
----	---

## 表 5 保护目标与评价标准

### 5.1 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) 规定：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙、丙级取半径50m的范围。

本项目核技术利用类型为使用乙级非密封放射性物质工作场所，本次评价范围为放射性药品仓库屏蔽体外50m区域内。

### 5.2 保护目标

本项目保护目标为评价范围内活动的职业人员和公众成员。其中，职业人员主要指涉及本项目放射性药品管理、保养维护的辐射工作人员；公众成员主要为评价范围内活动的非本项目工作人员、环境保护目标处人员及其他公众人员。周围环境保护目标见下表。

表5-1 项目环境保护目标一览表

保护目标	人数	区域及人群	方位、距离	环境特征
职业人员	7人	辐射工作人员	放射性药品仓库内	--
公众成员	约100人	分拣中心综合楼	西侧（0-50m），南侧（0-50m），上侧（0-50m）	由中药配套立体库、中药配套分拣车间、办公区组成，评价范围内主要为中药配套立体库及中药配套分拣车间。中药配套分拣车间：地上5层，地下一层；中药配套立体库：地上1层，地下1层
	约60人	中药饮片车间	东侧0-50m	地下1层，地上5层建筑
	约2人	警卫室	东北侧0-50m	地面前单层建筑
	流动人员	公司内部道路及曲扬路	东侧和北侧0-50m	道路

### 5.3 评价标准

#### 5.3.1 工作场所辐射剂量率控制水平

参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》(国家核安全局，辐射函〔2023〕20号)：

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

由上述参照确定本次评价项目工作场所辐射剂量率控制水平：在放射性药品仓库控制区

外人员可达处，防护门、墙壁、室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

放射性药品仓库与废物间相邻，放射性药品仓库与废物间之间屏蔽墙及防护门两侧均为控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所，周围剂量当量率按照  $10\mu\text{Sv}/\text{h}$  控制。

### 5.3.2 剂量约束值

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)附录B规定：

1) 剂量限值：

① 职业照射

#### B 1.1.1 剂量限值

B 1.1.1.1 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），  
 $20\text{mSv}$ ；

b) 任何一年中的有效剂量， $50\text{ mSv}$ ；

c) 眼晶体的年当量剂量， $150\text{ mSv}$ ；

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量， $500\text{ mSv}$ 。

#### B 1.2 公众照射

##### B 1.2.1 剂量限值

实践时公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量， $1\text{ mSv}$ ；

参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)第 4.4.2 款剂量约束值：一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过  $5\text{mSv/a}$ ，公众照射剂量约束值不超过  $0.1\text{mSv/a}$ 。

因此，本次项目选取的剂量约束值为：职业照射的剂量约束值为  $5\text{mSv/a}$ ，公众照射剂量约束值为  $0.1\text{mSv/a}$ 。

### 5.3.3 表面放射性污染的控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录B规定：

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

#### B2 表面污染控制水平

B2.1 工作场所的表面污染控制水平如下表所列。

表5-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

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

注：1) 该区内的高污染子区除外。

### 5.3.4 非密封源工作场所的分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：

非密封源工作场所的分级应按附录C（标准的附录）的规定进行。

#### C1 非密封源工作场所的分级

应按下表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5-3 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>

附录C提供的非密封源场所放射性核素日等效操作量计算方法计算公式如下：

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

### 5.3.5 放射性物质向环境排放的控制

#### 5.3.5.1 放射性废液

①根据GB18871-2002中8.6.2条款规定：不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于10倍排放注量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

- 每月排放的总活度不超过10 ALImin（ALImin是相应于职业照射的食入和吸入ALI值中的较小者，其具体数值可按B1.3.4和B1.3.5条的规定获得）；
- 每一次排放的活度不超过1 ALImin，并且每次排放后用不少于3倍排放量的水进行冲洗。

根据B1.3.4和B1.3.5条规定，对于职业照射，在一定的假设下可将I<sub>j,L</sub>用作ALI。由相应的

单位摄入量的待积有效剂量的值得到放射性核素j的年摄入量限值 $I_{j,L}$ 计算公式：

$$I_{j,L} = \frac{DL}{e_j}$$

其中：DL—相应的有效剂量的年剂量限值，取20mSv/a；

$e_j$ —GB18871-2002给出的放射性核素j的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值。本项目放射性核素排放导出限值见表5-4。

表5-4 放射性核素排放导出限值

放射性核素	职业照射待积有效剂量(Sv/Bq)		ALImin 一次排放限值(Bq)	10ALImin 月排放限值(Bq)
	食入/吸入e (g)	转移因子f <sub>1</sub>		
<sup>89</sup> Zr	7.9×10 <sup>-10</sup>	0.002	2.53×10 <sup>10</sup>	2.53×10 <sup>11</sup>
<sup>90</sup> Y(粒子源)	2.7×10 <sup>-9</sup>	1.0×10 <sup>-4</sup>	7.41×10 <sup>9</sup>	7.41×10 <sup>10</sup>
<sup>188</sup> W( <sup>188</sup> Re)	2.3×10 <sup>-9</sup>	0.010	8.70×10 <sup>9</sup>	8.70×10 <sup>10</sup>
<sup>96</sup> Tc	1.1×10 <sup>-9</sup>	0.800	1.82×10 <sup>10</sup>	1.82×10 <sup>11</sup>
<sup>95m</sup> Tc	8.7×10 <sup>-10</sup>	0.800	2.30×10 <sup>10</sup>	2.30×10 <sup>11</sup>
<sup>90</sup> Sr	7.7×10 <sup>-8</sup>	0.010	2.60×10 <sup>8</sup>	2.60×10 <sup>9</sup>
<sup>89</sup> Sr	7.5×10 <sup>-9</sup>	0.010	2.67×10 <sup>9</sup>	2.67×10 <sup>10</sup>
<sup>113</sup> Sn	2.5×10 <sup>-9</sup>	0.020	8.00×10 <sup>9</sup>	8.00×10 <sup>10</sup>
<sup>177</sup> Lu	1.10×10 <sup>-9</sup>	5.0×10 <sup>-4</sup>	1.82×10 <sup>10</sup>	1.82×10 <sup>11</sup>
<sup>131</sup> I	2.2×10 <sup>-8</sup>	1.000	9.09×10 <sup>8</sup>	9.09×10 <sup>9</sup>
<sup>125</sup> I(粒子源)	1.5×10 <sup>-8</sup>	1.000	1.33×10 <sup>9</sup>	1.33×10 <sup>10</sup>
<sup>123</sup> I	2.1×10 <sup>-10</sup>	1.000	9.52×10 <sup>10</sup>	9.52×10 <sup>11</sup>
<sup>67</sup> Ga	2.8×10 <sup>-10</sup>	0.001	7.14×10 <sup>10</sup>	7.14×10 <sup>11</sup>
<sup>59</sup> Fe	3.5×10 <sup>-9</sup>	0.100	5.71×10 <sup>9</sup>	5.71×10 <sup>10</sup>
<sup>7</sup> Be	5.2×10 <sup>-11</sup>	0.005	3.5×10 <sup>11</sup>	3.5×10 <sup>12</sup>
<sup>110m</sup> Ag	7.3×10 <sup>-9</sup>	0.050	2.74×10 <sup>9</sup>	2.74×10 <sup>10</sup>
<sup>223</sup> Ra	6.9×10 <sup>-6</sup>	0.200	2.90×10 <sup>6</sup>	2.90×10 <sup>7</sup>
<sup>14</sup> C	5.8×10 <sup>-10</sup>	1.000	3.45×10 <sup>10</sup>	3.45×10 <sup>11</sup>

②参考《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》(辐射函[2023]20号)

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 GB 18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总α不大于 1Bq/L、总β不大于 10 Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

### 5.3.5.2 放射性废物

#### ① 清洁解控水平

**根据GB18871-2002：**除非审管部门另有规定，否则清洁解控水平的确定应考虑本标准附录A所规定的豁免准则，并且所定出的清洁解控水平不应高于本标准附录A中规定的或审管部门根据该附录规定的准则所建立的豁免水平。

GB18871-2002 附录 A 中表 A1 给出了作为申报豁免基础的豁免水平：放射性核素的豁免活度浓度。

表 5-5 以核素活度浓度表示的清洁解控水平推荐值 (Bq/g)

解控水平 (Bq/g)	核素
$1 \times 10^4$	$^{14}\text{C}$ 、
$1 \times 10^3$	$^{89}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{7}\text{Be}$ 、 $^{125}\text{I}$
$1 \times 10^2$	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{123}\text{I}$
$1 \times 10^1$	$^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{59}\text{Fe}$

注 1：上述解控水平推荐值原则上只适用于在组织良好、人员训练有素的工作场所对产生小量放射性固体废物的医学应用或实验室。

注 2：严禁为申报清洁解控水平而采用人工稀释等方法来降低核素活度浓度。

#### ② 参考《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于  $0.08 \text{ Bq/cm}^2$ 、β表面污染小于  $0.8 \text{ Bq/cm}^2$  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；

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  $0.1\text{mSv/h}$ ，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  $4\text{Bq/cm}^2$ 、其他  $\alpha$  发射体应小于  $0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

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。

### ③《医疗、工业、农业、研究和教学中产生的放射性废物管理》（HAD401/16-2023）

2.2.1 放射性废物产生单位应完成废物的产生控制、分类收集、表征、预处理、处理和整备。

2.2.2 放射性废物产生单位可以委托有资质或有能力的单位进行废物处置前管理，如废物的处理、整备和贮存。

2.2.4 放射性废物产生和管理单位应提供足够的资金和人力资源用于放射性废物管理。

2.2.6 应制订辐射防护与安全管理文件，使工作人员和公众辐射剂量在规定限值以下，并保持合理可行尽量低的水平。应对场所进行辐射监测和个人剂量监测。应考虑事故工况下的人员辐射剂量控制。对拟移出放射性工作场所控制区的设备和用品，监测后满足 GB18871-2002 附录 B2.2 要求的，才能移出。

2.2.8 放射性废物产生和管理单位应建立安保措施，确保废物具有可靠的安全保障。

3.1.2 为了减少潜在的放射性废物产生和污染扩散，无关物料（例如设备包装）不应带入放射性工作场所。应对放射性废物进行分类收集、暂存，避免交叉污染。

3.1.4 流出物排放、清洁解控、再循环和再利用应满足管理部门确定的要求和标准，同时应考虑其非放射性危害。

3.3.6 放射性废物收集和分拣过程中使用的容器应与所容纳的废物在物理和化学性质上相容，并且保证对废物的充分包容。应提供使工作人员免受化学、生物和物理危害或其他危害（例如被污染的尖锐物体伤害）的保护。容器所使用的材料应足够牢固，必要时（例如对于生物放射性废物）应使用双层包装材料或适当的外层容器。

3.3.7 放射性固体废物收集容器应内衬可以密封的结实塑料袋（通过塑料胶带密封或射频焊机热封）。

3.3.12 应记录每个废物暂存容器的以下信息：（1）编号；（2）所含放射性核素；（3）测量（或估算）的活度和日期；（4）来源（例如房间和实验室）；（5）表面剂量率和测量日期；（6）非放射性危害，例如化学危害和感染危害；（7）废物数量（重量或体积）；（8）负责人。

### 3.7 清洁解控

3.7.1 对于适合清洁解控的废物，当废物中的放射性核素含量低于清洁解控水平时，可参考附录III，按相关流程进行解控。

3.7.2 废物产生单位和管理单位应遵守以下关于清洁解控的管理规定：（1）清洁解控水平应依据国家标准或相关规定；（2）应建立程序制度，规定控制措施，确保遵守清洁解控方面的监管要求；（3）不得故意稀释废液或废气使其适合清洁解控，正常操作中的稀释除外；（4）应去除解除监管控制物料上的辐射标识；

3.7.3 应记录清洁解控物料的信息，按质量保证要求进行保管，并按要求向监管部门报告。

3.7.4 若清洁解控废物有其他危害（例如传染性或毒性），还应满足相关的监管要求。

3.7.5 放射性废物清洁解控前需完成的工作主要包括：（1）确定废物的活度；（2）分拣出计划进行储存衰变的废物；（3）清洁解控前对每批废物取样。

3.7.6 实施清洁解控前，应确认核素浓度，记录废物信息。只含极短半衰期核素的废物（主要是核医学领域、放射药物研发和检定产生的放射性废物），其清洁解控流程可参考附录III实施。

### 3.8 事故产生的放射性废物

放射性物质（例如放射源）丢失或未被授权的使用可能导致工作人员和/或公众受到辐照、设施和场地受到污染等事故，同时可能产生计划之外的放射性废物。废物产生单位或废物管理单位应采取措施确保有适当的技术和组织手段处理该类废物，应有处理和贮存该类放射性废物的必要应急安排。

### 3.10 放射性废物的贮存

3.10.1 放射性废物的贮存是将放射性废物暂时放置在一个配备有适当隔离和监测手段的设施内，在规定的贮存期间内确保废物不丢失、可回取和废物容器的完好。

3.10.2 在放射性废物产生前，废物产生单位应确保具备废物贮存场所。确定贮存后进行

排放、使用、清洁解控、处理和/或处置的废物类型时，应符合国家相关要求。

### 5.3.5.3 密闭和通风要求

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

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。

### 5.3.5.4 货包辐射水平限值

根据《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019），要求如下：

#### 第 5.3 款辐射水平限值

第 5.3.1 款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；

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。

#### 5.4 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  $4\text{Bq/cm}^2$ ；

b) 对所有其他  $\alpha$  发射体为  $0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

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

## 8.4 运输和中途贮存的要求

### 8.4.1 运输期间和中途贮存期间的隔离

8.4.1.1 盛装放射性物品的货包、集合包装、货物集装箱和无包装的放射性物质在运输期间和中途贮存期间都应：

- a) 与经常处于作业区内的工作人员隔离，确保工作人员所受剂量不超过 5mSv/a。
- b) 与公众经常出入的区域内的公众隔离，确保公众所受剂量小于 1mSv/a。

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5-6）中规定的条件并按下列要求划分为I 级（白）、II 级（黄）或III 级（黄）。

表 5-6 货包包装的分级

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

a若测的TI值不大于 0.05，此数值可取为 0;  
b除集合包装以外，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）货包。

### 5.3.5.5 销售运输管理要求

公司拟自备专用车辆从事为本单位服务的非经营性放射性物品道路运输活动，根据《放射性物品道路运输管理规定》，要求如下：

第七条 申请从事放射性物品道路运输经营的，应当具备下列条件：

(一) 有符合要求的专用车辆和设备。

1. 专用车辆要求。

- (1) 专用车辆的技术要求应当符合《道路运输车辆技术管理规定》有关规定；
- (2) 车辆为企业自有，且数量为5辆以上；
- (3) 核定载质量在1吨及以下的车辆为厢式或者封闭货车；
- (4) 车辆配备满足在线监控要求，且具有行驶记录仪功能的卫星定位系统。

2. 设备要求。

<p>(1) 配备有效的通讯工具;</p> <p>(2) 配备必要的辐射防护用品和依法经定期检定合格的监测仪器。</p> <p>(二) 有符合要求的从业人员。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.专用车辆的驾驶人员取得相应机动车驾驶证，年龄不超过60周岁；</li> <li>2.从事放射性物品道路运输的驾驶人员、装卸管理人员、押运人员经所在地设区的市级人民政府交通运输主管部门考试合格，取得注明从业资格类别为“放射性物品道路运输”的道路运输从业资格证（以下简称道路运输从业资格证）；</li> <li>3.有具备辐射防护与相关安全知识的安全管理人员。</li> </ol> <p>(三) 有健全的安全生产管理制度。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.有关安全生产应急预案；</li> <li>2.从业人员、车辆、设备及停车场地安全管理制度；</li> <li>3.安全生产作业规程和辐射防护管理措施；</li> <li>4.安全生产监督检查和责任制度。</li> </ol>				
<p>第八条 生产、销售、使用或者处置放射性物品的单位（含在放射性废物收贮过程中的从事放射性物品运输的省、自治区、直辖市城市放射性废物库营运单位），符合下列条件的，可以使用自备专用车辆从事为本单位服务的非经营性放射性物品道路运输活动：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(一) 持有有关部门依法批准的生产、销售、使用、处置放射性物品的有效证明；</li> <li>(二) 有符合国家规定要求的放射性物品运输容器；</li> <li>(三) 有具备辐射防护与安全防护知识的专业技术人员。</li> </ol>				
<b>表 5-7 评价标准及标准值汇总</b>				
评价类别	标准名称	标准值	适用场景	原文依据
工作场所辐射剂量率	《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)	控制区外人员可达处(防护门、墙壁、室顶外30cm)≤2.5 μSv/h; 设备间等偶尔居留区域≤10 μSv/h	放射性药品仓库 屏蔽体外	原文 5.3.1 款
职业照射剂量约束	《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)	年有效剂量≤5mSv/a; 任何一年≤50mSv; 眼晶体年当量剂量≤150mSv; 四肢/皮肤年当量剂量≤500mSv	辐射工作人员	原文 5.3.2 款

公众照射剂量约束	《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)	年有效剂量≤0.1mSv/a; 年有效剂量限值≤1mSv/a	评价范围内公众	原文 5.3.2 款
表面放射性污染	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)	$\beta/\gamma$ 及低毒 $\alpha$ 发射体≤4Bq/cm <sup>2</sup> ; 其他 $\alpha$ 发射体≤0.4Bq/cm <sup>2</sup>	工作场所表面、货包外表面	原文 5.3.3 款
放射性废水排放	《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)	总 $\alpha$ ≤1Bq/L、总 $\beta$ ≤10Bq/L、碘-131≤10Bq/L	衰变后排放废水	原文 5.3.5.1 款
放射性固体废物清洁解控	《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)	辐射剂量率符合环境本底; $\alpha$ 表面污染<0.08Bq/cm <sup>2</sup> 、 $\beta$ 表面污染<0.8Bq/cm <sup>2</sup>	暂存衰变后固体废物	原文 5.3.5.2 款
货包辐射水平	《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)	非独家使用货包外表面最高辐射水平≤2mSv/h	放射性核素货包运输及暂存	原文 5.3.5.4 款
货包表面污染	《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)	$\beta/\gamma$ 及低毒 $\alpha$ 发射体≤4Bq/cm <sup>2</sup> ; 其他 $\alpha$ 发射体≤0.4Bq/cm <sup>2</sup>	放射性核素货包外表面	原文 5.3.5.4 款

## 5.4 环境天然放射性水平

根据《新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查研究报告》可知，乌鲁木齐市室内 $\gamma$ 辐射剂量率为 $82.5\sim206.1\text{nGy/h}$ （即 $(8.25\sim20.61)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ），乌鲁木齐市室外 $\gamma$ 辐射剂量率为 $70.6\sim183.4\text{nGy/h}$ （即 $(7.06\sim18.34)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ）。

## 表 6 环境质量和辐射现状

### 6.1 项目地理及场所位置

新疆九州通医药有限公司位于新疆乌鲁木齐高新区（新市区）曲扬街3088号中国（新疆）自由贸易试验区，本项目位于分拣中心综合楼负一层东北侧放射性药品仓库。本项目场址及公司厂房影像图见附图4，分拣中心综合楼负一层平面图见附图5，分拣中心综合楼一层平面图见附图6，现场勘查时现状照片见图 6-1，本项目放射性药品仓库四周环境详见表6-1。

#### 表6-1 放射性药品仓库周围环境一览表

名称	方向	50m范围内场所名称
放射性药品仓库	东侧	药品仓库（0m~10m）；厂区内部道路（10m~45m）；中药饮片车间（45m~0m）；警卫室（东北侧45m~50m）
	南侧	药品交接区、淋浴间、废物间、衰变池间、仪器间、办公室（0m~7m）；药品仓库（7m~50m）
	西侧	放射性源通道（0~7m）；药品仓库（7m~50m）
	北侧	车辆运输坡道（0m~7m）；厂区内部道路（7m~18m）；曲扬路（18m~50m）
	楼上	药品仓库





图6-1 本项目周围现场拍摄照片（2026年01月06日）

## 6.2 环境质量和辐射现状

### 6.2.1 环境 $\gamma$ 空气吸收剂量率监测方案

本次评价根据项目实际情况制定辐射环境检测计划，对本项目放射性药品仓库拟建区域周围辐射环境现状进行检测。检测方案如下所示：

(1) 环境现状评价对象本项目放射性药品仓库拟建区域周围辐射环境现状。

(2) 检测因子

$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率。

(3) 检测点位

根据实际建设情况，按照《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)和《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)测点布设原则，于机房周围布设15个检测点。

(4) 质量保证措施

1) 检测单位

委托具备相应检测资质的山东科慧辐射检测评价有限公司开展检测，该单位已取得CMA资质，已取得生态环境监测机构资质认定。

## 2) 检测仪器

本次检测所用到的检测设备信息详情见下表。

表6-2 检测设备信息详细

仪器名称	便携式X-γ 剂量率仪
仪器型号	BH3103B
检测仪器技术指标	能量响应: 25KeV~3MeV, 相对固有误差: 19.2%、重复性: 1.1%, γ 校准因子: 0.98, 量程范围: 10nGy/h-1mGy/h
校准/检定单位	山东省计量科学研究院
检定校准证书编号	检定证书编号: Y16-20253596
检定校准有效期至	2026年12月10日
使用日期	2026年01月06日

## 3) 检测方法

依据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的要求和方法进行现场测量。将仪器接通电源预热 15min 以上，设置好测量程序，仪器自动读取 10 个数据，计算均值和标准偏差。

## 4) 其他保证措施

本次由两名检测人员共同进行现场检测，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。检测时获取足够的数据量，以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料、仪器校准（测试）证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留，以备复查。检测报告严格实行多级审核制度，经过校对、审核，最后由授权签字人审定。

## （5）检测时间与条件

2026年01月06日，天气：晴，温度：-7°C，相对湿度：74%。

环境γ辐射空气吸收量率检测布点图见图6-2，γ辐射空气吸收剂量率检测结果见下表。

表6-3  $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率检测结果 单位:  $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$

序号	点位描述	检测结果	标准差
1#	放射性药品库（中间位置）	9.04	0.05
2#	放射性药品库南侧（废物间）	9.03	0.05
3#	放射性药品库南侧（淋浴间）	9.13	0.05
4#	放射性药品库南侧（药品交接区）	9.02	0.05
5#	放射性药品库南侧（衰变池间）	9.02	0.05
6#	放射性药品库南侧（仪器间）	9.06	0.05
7#	放射性药品库南侧（办公室）	9.05	0.05
8#	放射性药品仓库东侧（药品仓库）	9.15	0.05
9#	放射性药品仓库西侧（放射性源通道）	9.07	0.04
10#	放射性药品仓库南侧（工作人员通道）	9.04	0.05
11#	放射性药品仓库北侧（车辆运输坡道）	11.19	0.05
12#	放射性药品仓库楼上（药品仓库）	13.27	0.05
13#	分拣中心综合楼东北侧（警卫室）	7.03	0.05
14#	分拣中心综合楼东侧（中药饮片车间）	7.23	0.05
15#	分拣中心综合楼北侧（道路）	7.22	0.05

注: 1.表中检测结果已扣除宇宙射线响应值 ( $1.75 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ) ;  
 2.建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子, 楼房取0.8, 平房取0.9, 原野、道路取1。



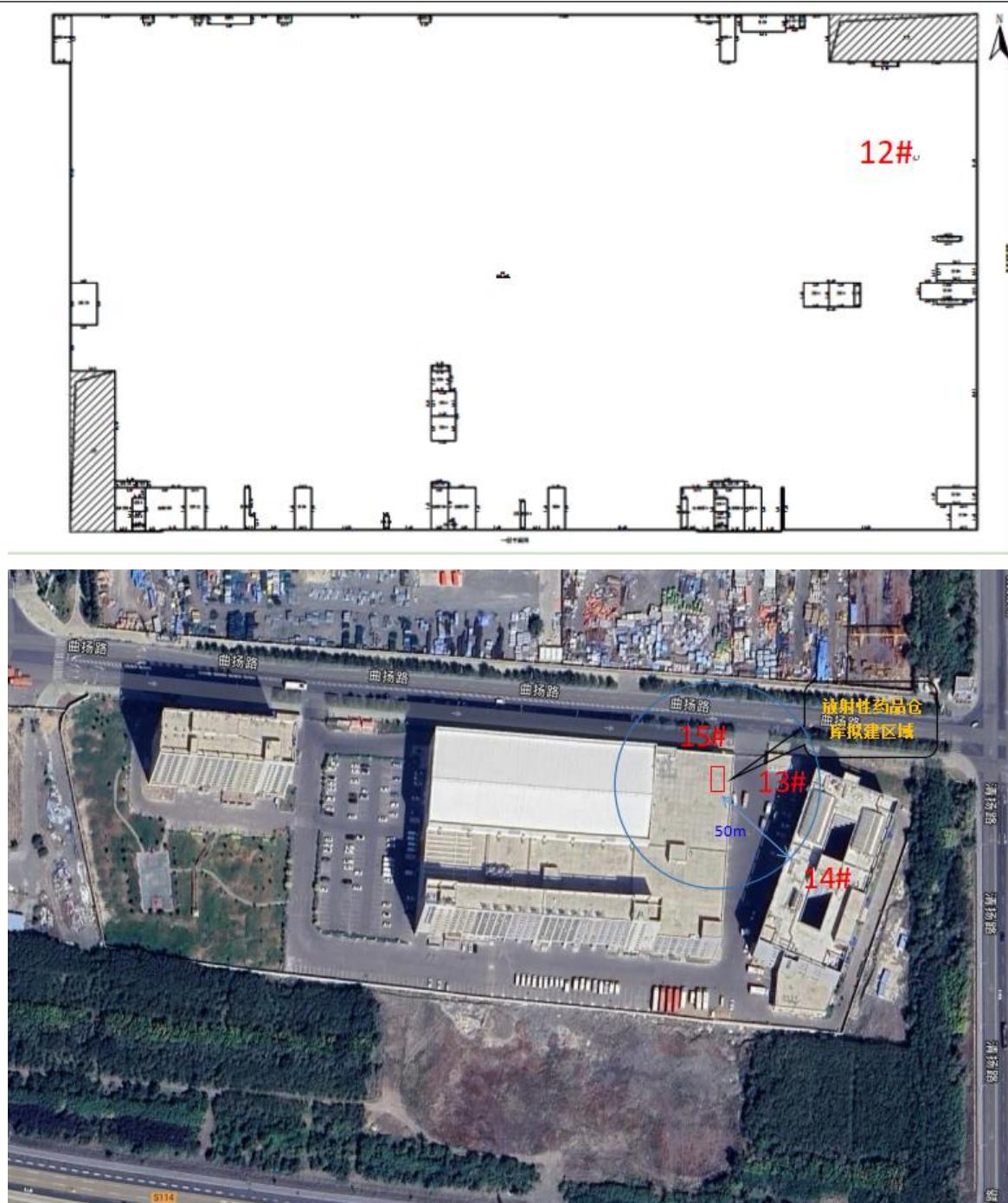


图6-2 环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率布点图

#### (7) 环境现状调查结果评价

由表6-3可知，本项目放射性药品仓库拟建场址周围室内 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率最大值为 $0.1327\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，室外 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率最大值为 $0.0723\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，均处于乌鲁木齐市环境天然放射性水平范围[室内 $0.0825\sim0.2061\mu\text{Sv}/\text{h}$ 、室外 $0.0706\sim0.1834\mu\text{Sv}/\text{h}$ ]。

### 6.2.2 土壤中的放射性

#### (1) 环境现状评价对象

场址附近及上下风向位置的土壤。

## (2) 检测因子

土壤中总放射性。

## (3) 质量保证措施

### 1) 检测单位

委托具备相应检测资质的黑龙江精益检测有限公司开展检测，该单位已取得 CMA 资质，已取得生态环境监测机构资质认定。

### 2) 检测仪器

名称：低本底 $\alpha\beta$ 测量仪 型号：WI-8A

出厂编号：1807019558

检定单位：山东省计量科学研究院

检定证书编号：Y15-20240168 有效期至：2026年06月26日

生产厂家：山东海强环保科技有限公司

$\alpha/\beta$ 交叉性能：3%的 $\alpha$ 进入 $\beta$ 道，0.5%的 $\beta$ 进入 $\alpha$ 道

效率稳定性：仪器连续通电8小时，探测器效率变化小于10%

### 3) 检测依据、方法

土壤参照ISO 18589-6：2019（E）《环境放射性的测量-土壤-第6部分：总 $\alpha$ 和总 $\beta$ 活度的测量》

### 4) 其他保证措施

本次由两名检测人员共同进行现场检测，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。检测时获取足够的数据量，以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料、仪器校准（测试）证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留，以备复查。检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，最后由技术负责人审定。

## (4) 取样点位

为了解场址周围土壤辐射水平，拟在场址附近及上下风向各布设一个点位。

乌鲁木齐近 20 年（2004~2023 年）年最大风速为 28.0m/s（2023 年），极端最高气温和极端最低气温分别为 40.6℃（2015 年）和 -29.0℃（2012 年），年最大降水量为 51.1mm（2015 年）；乌鲁木齐近 20 年各风向频率见表 6-4，图 6-3 为济南近 20 年风向频率玫瑰图。

表 6-4 乌鲁木齐气象站近 20 年（2004 年~2023 年）各风向频率

方位	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
平均	5.2	4.1	6.3	7.0	4.0	2.1	1.5	2.0	3.2	13.0	5.1	6.2	10.0	8.5	8.0	13.0	9.0

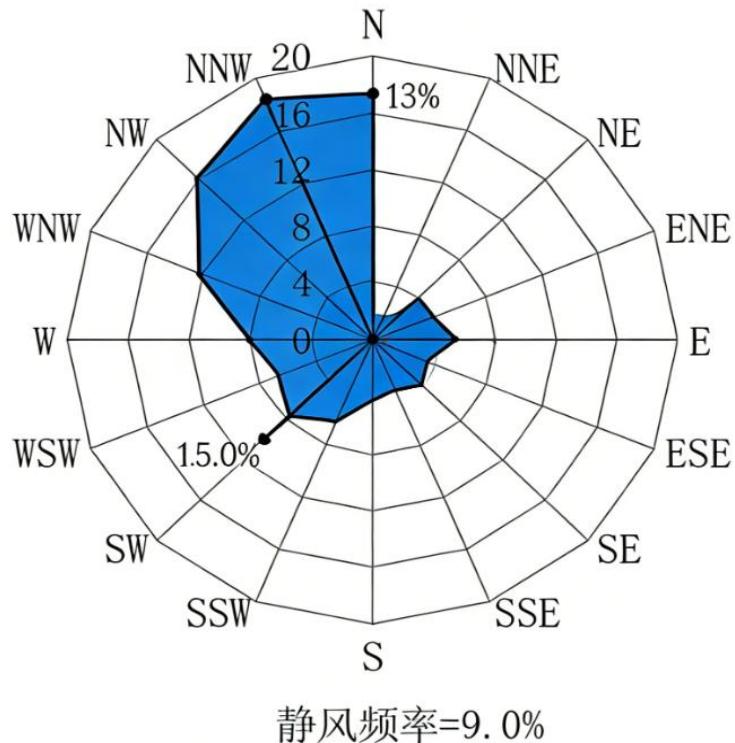


图 6-3 为乌鲁木齐站近 20 年年风向频率玫瑰图

根据上述资料，当地常年主导风向为WN风，本次土壤放射性监测点位，分别布在当地常年主导风向的上风向及下风向。

本项目监测布点图见图6-4。



图 6-4 土壤检测布点示意图

### (5) 分析结果

土壤分析时间：2026年1月4日-2026年1月8日

表 6-5 土壤放射性检测结果

测点编号	点位描述	总 $\alpha$ 放射性 (Bq/kg)	总 $\beta$ 放射性 (Bq/kg)
B1	放射性药品仓库上风向土壤	102	186
B2	放射性药品仓库附近土壤	135	203
B3	放射性药品仓库下风向土壤	168	230

### (5) 土壤中总 $\beta$ 放射性分析结果评价

根据监测结果，放射性药品仓库附近土壤总 $\alpha$ 为102~168Bq/kg、总 $\beta$ 为186~230Bq/kg，本项目周围土壤中放射性水平处于本底水平范围内。

表 7 项目工程分析与源项

### 7.1 施工期分析

本项目用房在现有仓库基础上进行隔断，项目拟建位置现状为分拣中心综合楼的负一层东北侧，施工期主要改造内容包括：①在放射性药品仓库的四周墙体使用240mm实心砖+40mm硫酸钡砂隔断出放射性药品仓库；室顶在距离地面3.65m处（负一层整体高4.2m，顶面为200mm混凝土）使用镀锌钢骨架+15mm复合防护板+3mm铅板；②在放射性药品仓库南侧隔断出废物间、淋浴间、仪器间、药品交接区、衰变池间和办公室；③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污环节见图7-1。

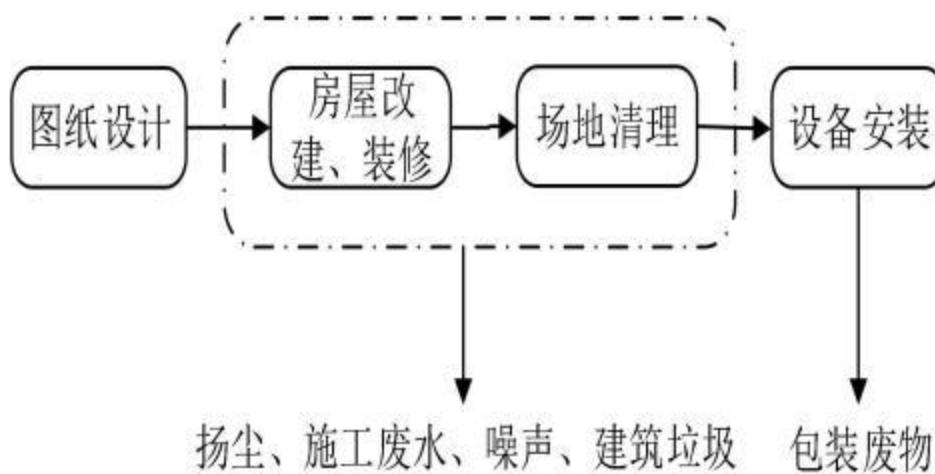


图 7-1 施工期工艺流程及产污环节

项目施工期主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。由于防护改造时间短，施工内容简单，且随施工期结束影响便会消失，故本项目施工期产生的环境影响较小。

### 7.2 工程源项及工艺分析

拟建放射性药品仓库主要贮存含<sup>125</sup>I（粒子源）、<sup>113</sup>Sn、<sup>89</sup>Sr、<sup>177</sup>Lu、<sup>131</sup>I、<sup>67</sup>Ga、<sup>110m</sup>Ag、<sup>223</sup>Ra、<sup>96</sup>Tc、<sup>95m</sup>Tc、<sup>188</sup>W（<sup>188</sup>Re）、<sup>90</sup>Y（粒子源）、<sup>59</sup>Fe、<sup>123</sup>I、<sup>14</sup>C、<sup>89</sup>Zr、<sup>7</sup>Be、<sup>90</sup>Sr共18种核素的放射性药物。在取得辐射安全许可证后，当有订单时，公司向放射性药物生产商直接订购放射性核素，由生产商直接运送至新疆九州通医药有限公司。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新疆时，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中，在约定时间再发货运送至使用方。

本项目单个货包内核素活度按照医院订购活度确定，按需订购，确保本项目建设单位不进行拆包、分装等工作，以供源厂家原货包包装的形式运送至医院。本项目放射性药品由仓库运往医院过程，由新疆九州通医药有限公司自行负责。在医院完成交接工作后即完成运送工作，不再参与医院的药物分装、诊疗等工作。

本项目暂存核素量基本按照公司拟销售量确定，因<sup>99m</sup>Tc、<sup>68</sup>Ga、<sup>18</sup>F三种核素因半衰期短，该三种核素一般均直接运送至医院，极特殊情况下才会运至放射性药品仓库。根据核算，项目放射性核素日最大暂存货包数为34个，其中I级货包18个，II级货包16个。贮存放射性药物货包情况详见表7-1。

**表 7-1 本项目贮存放射性核素情况**

序号	核素名称	每日最大存储货包数量(个)	每日最大贮存活度(Bq)	年最大贮存活度(Bq)	货包分类
1	<sup>89</sup> Zr	1	$1.63 \times 10^{10}$	$4.08 \times 10^{12}$	II 级
2	<sup>90</sup> Y	5	$1.85 \times 10^{11}$	$4.63 \times 10^{13}$	I 级
3	<sup>188</sup> W ( <sup>188</sup> Re)	4	$1.48 \times 10^{11}$	$3.70 \times 10^{13}$	II 级
4	<sup>96</sup> Tc	1	$1.48 \times 10^8$	$3.70 \times 10^{10}$	I 级
5	<sup>95m</sup> Tc	1	$1.48 \times 10^8$	$3.70 \times 10^{10}$	I 级
6	<sup>90</sup> Sr	1	$8.00 \times 10^4$	$2.00 \times 10^7$	I 级
7	<sup>89</sup> Sr	2	$7.40 \times 10^{10}$	$1.85 \times 10^{13}$	I 级
8	<sup>113</sup> Sn	1	$1.48 \times 10^9$	$3.70 \times 10^{11}$	I 级
9	<sup>177</sup> Lu	1	$2.96 \times 10^{10}$	$7.40 \times 10^{12}$	II 级
10	<sup>131</sup> I	4	$2.96 \times 10^{11}$	$7.40 \times 10^{13}$	II 级
11	<sup>125</sup> I (粒子源)	5	$3.70 \times 10^{12}$	$9.25 \times 10^{14}$	I 级
12	<sup>123</sup> I	2	$7.40 \times 10^{10}$	$1.85 \times 10^{13}$	II 级
13	<sup>67</sup> Ga	1	$1.48 \times 10^8$	$3.70 \times 10^{10}$	II 级
14	<sup>59</sup> Fe	1	$1.48 \times 10^8$	$3.70 \times 10^{10}$	II 级
15	<sup>7</sup> Be	1	$1.48 \times 10^8$	$3.70 \times 10^{10}$	I 级
16	<sup>110m</sup> Ag	1	$1.48 \times 10^9$	$3.70 \times 10^{11}$	II 级
17	<sup>223</sup> Ra	1	$1.48 \times 10^{10}$	$3.70 \times 10^{12}$	II 级
18	<sup>14</sup> C	1	$1.47 \times 10^{10}$	$3.68 \times 10^{12}$	I 级
合计		34	/	/	/

本项目拟设置2个1.95m×1.20m的三层货架，一层高0.885m，第二层高0.745m，第三层高0.87m，货包尺寸最大为直径35cm，高40cm，经计算，2个货架可容纳。故暂存货架容积可容纳拟暂存货包的数量。

## 7.2.1 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：放射性药物销售、放射性核素货包入库、放射性核素货包最终出库、货包托运等4个流程。

### （1）放射性药物销售

建设单位不生产放射性药物，为经销单位。

①公司在向客户销售放射性药品前必须确认：

1) 客户是否针对放射性药品开展环境影响评价工作；

2) 客户是否具备核技术利用项目辐射安全许可证，在确认客户方履行核技术利用项目环评手续，或取辐射安全许可后，双方签订合同。

②公司按照医院订购药物种类、活度及要求到货时间向供货商订货，并协定好送货时间，公司要求供货厂家提前将药品运至本项目拟建放射性药品仓库。

③公司根据不同使用方的运送到达时间、地点要求，规划运输路线及时间，并将放射性核素货包提前贮存在放射性药品仓库。

④按照使用方规定的时间将货包运送至使用方约定地点，完成查验及签收流程后即完成销售任务。公司工作人员不参与医院的分装、诊疗等工作。放射性药物的包装物（铅罐、铅箱、防护套等，不包含与药品直接接触的安瓿瓶、西林瓶等包装物），由供货商回收。特殊情况下，包装物无法返回供货商，由建设单位按照放射性废物管理。

### （2）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分拣中心综合楼负一层东北侧放射性药品仓库的药品交接区入口处。

③放射性药品仓库管理人员及安全员由放射性药品仓库南侧仪器间内穿戴铅衣等防护用品后前往药品交接区，在药品交接区入口处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将放射性核素货包转移至推车上，再用推车经药品交接区运至放射性药品仓库内，然后手动从推车上转移至储货架内，完成入库，工作人员关闭西侧药品交接区入口防护门，经南侧淋浴间、仪器间内脱下防护服并检测合格后出场所，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《放射性核素货包出入库台账》。

货包入库工艺流程及产污环节详见图7-2。

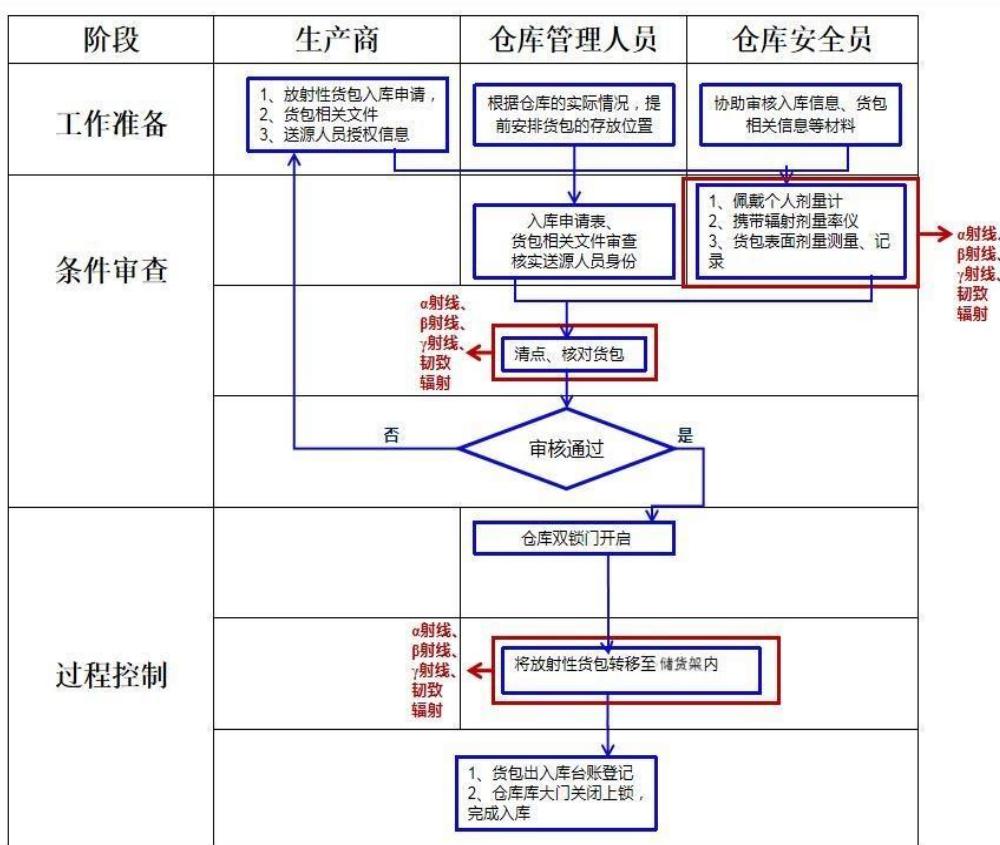


图 7-2 放射性核素货包入库工作流程及产污环节

### (3) 放射性核素货包出库

本项目放射性核素货包由放射性药品仓库运送至使用单位过程新疆九州通医药有限公司自行负责。放射性核素货包出库流程：

①公司放射性药品销售人员与使用方确定时间后，提前填写货包出库申请，交由公司主管人员审核签字，并与确定好出库时间、托运物品、运输路线及到达时间等信息。

②审核完成以后，送源人员到达分拣中心综合楼东北侧入口后经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台账》上进行登记。

③登记完成后，工作人员根据申请信息将出库货包由储货架中取出，在药品交接区入口处交给承运单位送源人员，工作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 $\text{X}$ - $\gamma$ 辐射剂量率水平和表面污染水平检测，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；

④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；

⑤放射性核素货包出库后，送源人员按照申请表核准时间，将货包按时运出，并妥善保管。本项目工作人员在货包取出后关闭西侧药品交界处防护门，在放射性药品仓库内巡检后，由南侧经淋浴间、仪器间内脱下防护服并检测合格后出场所。

货包出库工艺流程及产污环节详见图 7-3。

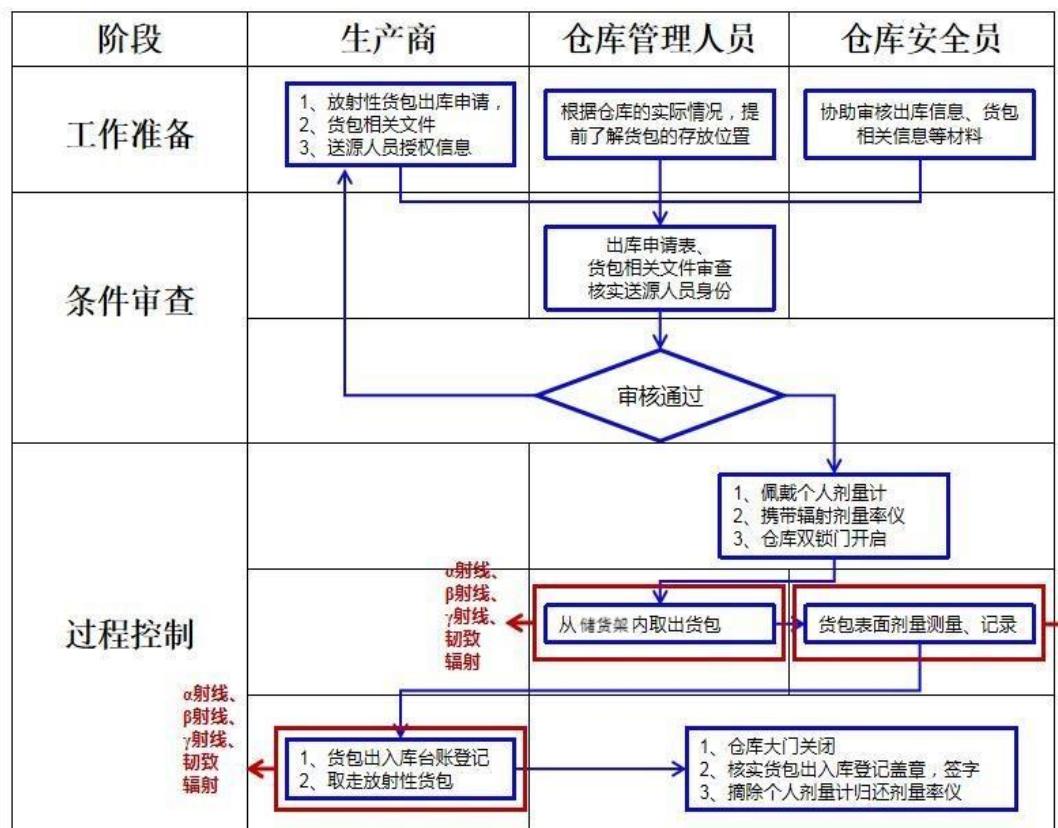


图 7-3 放射性核素货包出库工作流程及产污环节

#### (4) 放射性核素货包托运

公司拟自行负责运输工作，根据《放射性物品道路运输管理规定》，公司拟托运物品为

放射性药品，属三类放射性物品。

①公司进行运输工作前，拟向放射性物品的托运人（以下简称托运人）提交运输说明书（包括放射性物品的品名、数量、物理化学形态、危害风险等内容）、公司出具的辐射监测报告、核与辐射事故应急响应指南、装卸方法指南、安全防护指南。

②启运前，建设单位配合做好公安部门关于准予道路运输放射性物品的审批文件查验工作。

③建设单位将药品货包上设置符合《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2019）规定的警示标志。

④在运输车辆到达后，做好货包查验、检测、交接、登记工作。

根据《放射性物品运输安全管理条例》：放射性物品的托运人（以下简称托运人）应当制定核与辐射事故应急方案，在放射性物品运输中采取有效的辐射防护和安全保卫措施，并对放射性物品运输中的核与辐射安全负责。建设单位拟制定《核与辐射事故应急预案》，在放射性物品运输中采取有效的辐射防护和安全保卫措施，并对放射性物品运输中的核与辐射安全负责。

## 7.2.2 放射性药品仓库二次转运工作流程及产污环节

### （1）放射性核素二次转运申请与准备

针对已贮存于本仓库、需转运至指定接收单位的放射性核素货包，仓库所属单位协调开展转运筹备工作：

①转运单位（新疆九州通医药有限公司）提前填写《放射性核素二次转运申请表》，经本单位主管人员审核、并与接收单位确认接收意向后，交由放射性核素仓库管理人员；仓库管理人员根据货包的种类、活度、包装规格，提前协调具备放射性物品运输资质的车辆，规划避开人口密集区/敏感区域的转运路线，并在仓库外预留货包临时转运区域。

②仓库管理人员联系本单位辐射安全专员，准备X- $\gamma$ 辐射剂量率检测仪、表面污染检测仪等监测设备，同时备好货包转运专用推车、防护屏蔽铅布、货包固定绑带等工具。

### （2）放射性核素货包转运出库及交接

①仓库管理人员、辐射安全专员共同进入货包贮存区域，由辐射安全专员先对目标货包的表面X- $\gamma$ 辐射剂量率水平、表面污染水平进行检测，确认数据符合转运安全要求后，将检测结果记录在《放射性核素货包状态监测表》中。

②仓库管理人员使用专用推车，将货包从货架平稳转移至推车上，覆盖防护屏蔽铅布后，将推车运送至仓库外指定的装车区域。

③具备放射性物品运输资质的转运车辆驾驶员、押运员，与仓库管理人员、辐射安全专员共同清点核对货包信息（种类、数量、活度），确认包装无破损后，在辐射安全专员的监督下，将货包稳固固定在转运车辆的专用屏蔽容器内。

④双方人员分别按照要求填写《放射性核素货包二次转运交接台账》，明确货包信息、检测数据、转运时间等内容，台账经各方签字确认后，转运车辆按规划路线启运。

二次转运工作流程及产污环节详见图7-4。

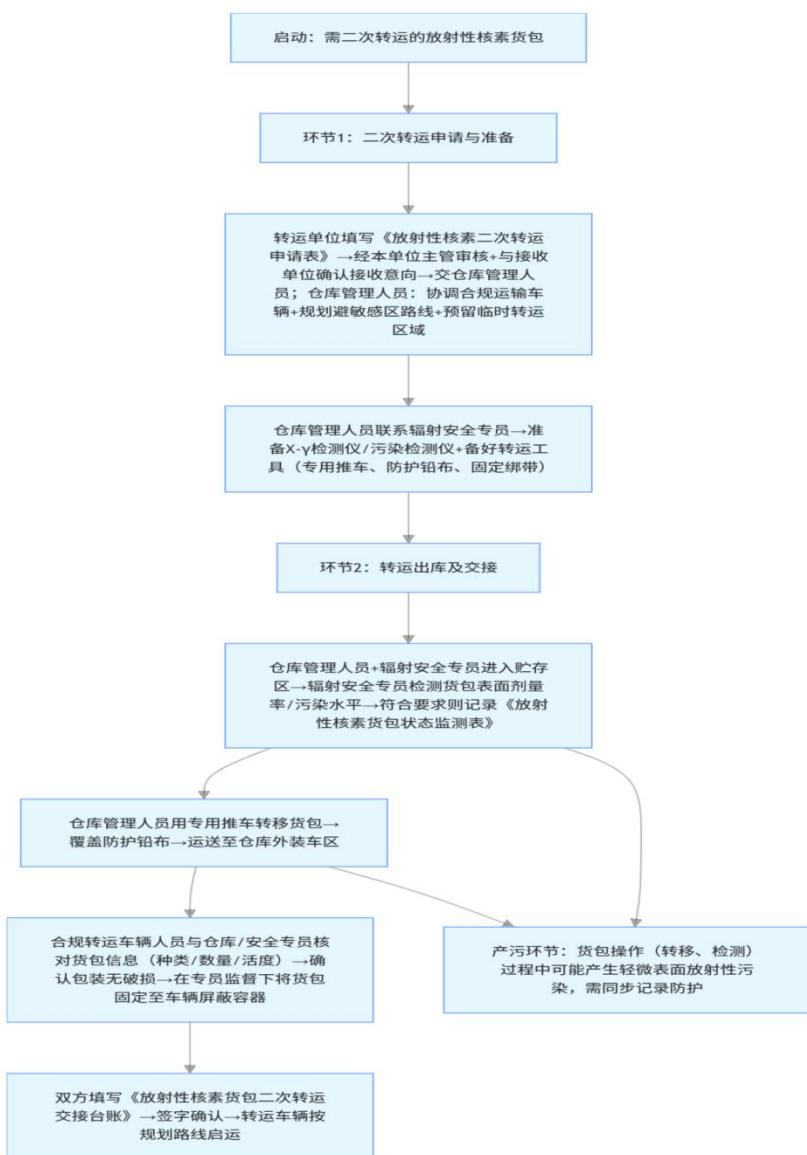


图 7-4 货包二次转运工作流程及产污环节图

## 7.3 人流、物流、废物流规划

### (1) 人流规划

仓库管理员和安全员从放射性药品仓库南侧仪器间入口进入，通过仪器间、淋浴间进入放射性药品仓库从事相应工作。工作完成后原路返回。仓库管理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

生产商放射性药品运输专用车辆从公司北侧东门进入，进入公司后左转进入分拣中心综合楼东北侧车辆运输坡道，进入坡道后左转进入放射性源通道然后到达药品交接区入口处。送源人员负责在药品交接区入口处将货包从车辆搬至专用小推车，放射性药品仓库管理人员利用专用小推车从药品交接区进入放射性药品仓库完成货包的搬运和入库。药品出库时由放射性药品仓库工作人员将所有药品用专用小推车搬至运输车辆。

### (3) 废物流规划

事故状态下产生的放射性废物（抹布、吸水纸等）→废物间暂存→衰变箱衰变→检测达标→医疗废物处理/有资质单位处置；废包装物优先由供货商回收，无法回收的按放射性废物处置。

综上所述，路线规划图详见附图4和附图7。

## 7.4 放射性核素特性

表7-2 拟贮存放射性同位素特性参数表

序号	核素名称	理化性质	衰变方式	射线和能量(MeV)	γ照射量率常数(R·m <sup>2</sup> /h·Ci)
1	<sup>89</sup> Zr	液态/中毒/半衰期3.27d	β+、EC	β+: 0.9047 (22.94%) γ±: 0.511 (45.88%)	0.163
2	<sup>90</sup> Y	固态/中毒/半衰期2.67d	β-	β-: 2.288 (99.99%)	/
3	<sup>188</sup> W ( <sup>188</sup> Re)	固态/中毒/半衰期69.4d	β-	β-: 0.349 γ: 290	0.032
4	<sup>96</sup> Tc	液态/中毒/半衰期4.28d	EC	γ: 315、772、805、844、1120	0.105
5	<sup>95m</sup> Tc	液态/中毒/半衰期61.0d	EC、β、IT	γ: 204、582、852	0.076
6	<sup>90</sup> Sr	液态/高毒/半衰期29.1a	β-	β-: 0.546	/
7	<sup>89</sup> Sr	液态/中毒/半衰	β-	β-: 1.488 (99.99%)	/

		期50.53d			
8	<sup>113</sup> Sn	液态/中毒/半衰期115.0d	EC	$\gamma$ (keV) : 558	0.062
9	<sup>177</sup> Lu	液态/中毒/半衰期6.73d	$\beta^-$	$\beta^-$ : 0.4968 (90%) , 0.3842 (2.95%) 0.175 (6.7%) $\gamma$ : 0.20834 (11%,164) , 0.11295 (100) X: 55.790	0.0084
10	<sup>131</sup> I	液态/中毒/半衰期8.02d	$\beta^-$	$\beta^-$ : 0.6065 (86%) , 0.336 (13%) $\gamma$ : 0.2843 (7.46) , 0.3645 (81%,10) , 0.6366973 (8.94) X: 29.779	0.22
11	<sup>125</sup> I (粒子源)	固态/中毒/半衰期59.4d	EC	$\gamma$ : 0.03548 (6.7%) X: 27.4723	0.0043
12	<sup>123</sup> I	液态/低毒/半衰期13.2h	EC	$\gamma$ : 159 (83.4%)	0.138
13	<sup>67</sup> Ga	液态/中毒/半衰期78h	EC	$\gamma$ : 93、185、300、393	0.154
14	<sup>59</sup> Fe	液态/中毒/半衰期44.5d	$\beta^-$	$\gamma$ : 1099	0.121
15	<sup>7</sup> Be	液态/低毒/半衰期53.22d	EC	$\gamma$ : 477.6	0.052
16	<sup>110m</sup> Ag	液态/中毒/249.8d	$\beta^-$ 、IT	$\gamma$ : 657.76	0.071
17	<sup>223</sup> Ra	液态/极毒/半衰期11.44d	$\alpha$	$\alpha$ : 5.7478 (9.1%) , 5.71642 (53.7%) , 5.6075 (26.0%) $\gamma$ : 0.1543 (5.58) , 0.2696 (14%,13.6) ;	0.048
18	<sup>14</sup> C	固态/中毒/半衰期5730a	$\beta^-$	$\beta^-$ : 0.155 (100%)	/

## 7.5 人员编制

本项目放射性药品仓库拟配备7名辐射工作人员，包含放射性药品仓库负责人1名、库房管理员3名、安全员3名。

## 7.6 污染源项分析

### 7.6.1 正常工况

由操作流程及核素辐射特性表可知，正常工况放射性核素货包暂存过程中主要污染因子包括： $\alpha$ 射线、 $\beta$ 射线、 $\gamma$ 射线、韧致辐射、非放射性废水、非放射性废气、非放射性固废。

(1) 电离辐射

1)  $\alpha$ 射线

本项目贮存<sup>223</sup>Ra过程中会产生 $\alpha$ 射线， $\alpha$ 射线的最大能量为5.7478MeV， $\alpha$ 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<sup>89</sup>Zr、<sup>90</sup>Y、<sup>188</sup>W（<sup>188</sup>Re）、<sup>95m</sup>Tc、<sup>90</sup>Sr、<sup>89</sup>Sr、<sup>177</sup>Lu、<sup>131</sup>I、<sup>59</sup>Fe、<sup>110m</sup>Ag、<sup>14</sup>C过程中会产生 $\beta$ 射线， $\beta$ 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<sup>89</sup>Zr、<sup>188</sup>W（<sup>188</sup>Re）、<sup>96</sup>Tc、<sup>95m</sup>Tc、<sup>113</sup>Sn、<sup>177</sup>Lu、<sup>131</sup>I、<sup>125</sup>I（粒子源）、<sup>123</sup>I、<sup>67</sup>Ga、<sup>59</sup>Fe、<sup>7</sup>Be、<sup>110m</sup>Ag、<sup>223</sup>Ra过程中会产生 $\gamma$ 射线， $\gamma$ 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。

本项目贮存产生 $\beta^+$ 的放射性核素<sup>89</sup>Zr、<sup>95m</sup>Tc，正电子本身是不稳定的，正电子放射性同位素衰变产生的正电子丧失动能后，与物质中的负电子结合，转化为一对运动方向相反、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。

#### （2）废气

正常工况下，本项目货包均为密闭铅罐，货包内放射性核素均密封于安瓿瓶内或为固体状态，不产生放射性废气。 $\gamma$ 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气，因公司所售核素大部分半衰期较短，建设单位不囤积药物，放射性药品仓库只临时暂存，核素暂存时间均较短，场所内产生的非放射性废气也较少，工作场所采用空调通风+自然通风的方式进行通风。

#### （3）废水

本项目产生一般废水为工作人员办公生活废水，本项目不在场内设置卫生间等，一般卫生设施拟利用公司其他区域卫生设施。本项目工作人员均为公司现有工作人员兼职，不新增公司劳动定员，不增加公司废水产生。

#### （4）固体废物

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、棉签、手套、拖布、工作服等，其产生量大约为1kg/次。

**废包装物：**正常情况下，放射性药物的包装物（铅罐、铅箱、防护套等，不含与药品直接接触的安瓿瓶、西林瓶等），由供货商回收，使用方使用后残留的核素也随包装物返回供货商。特殊情况下，放射性药物的包装物（铅罐、铅箱、防护套等）无法返回供货商，放射性药物的包装物（铅罐、铅箱、防护套等）属于放射性废物。为防止使用时活性炭吸附效果不好，公司拟定期检查并更换活性炭。在该期间内未发生事故工况时，更换下废活性炭为一般废物处理。

## 7.6.2 事故工况

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、放射性废物、放射性废水及放射性废气。

$\alpha$ 射线、 $\beta$ 射线、 $\gamma$ 射线、韧致辐射分析如下。

### 1) $\beta$ 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。结合核素特性及货包存储情况，具体事故场景：以<sup>90</sup>Sr货包为例，洒落量按货包总容量的5%估算，活度约 $4.00 \times 10^3$ Bq，<sup>90</sup>Sr为高毒核素，半衰期29.1a，泄漏后易造成地面 $\beta$ 表面污染；<sup>131</sup>I货包破裂泄漏，<sup>131</sup>I为挥发性中毒核素，半衰期8.02d，泄漏活度按日最大操作量 $2.96 \times 10^{11}$ Bq的10%估算，即 $2.96 \times 10^{10}$ Bq，泄漏后除造成 $\beta$ 表面污染外，还易形成放射性气溶胶。

### 2) $\alpha$ 表面污染

放射性核素<sup>223</sup>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。<sup>223</sup>Ra为极毒 $\alpha$ 核素，泄漏活度约 $1.48 \times 10^9$ Bq，可能导致局部区域 $\alpha$ 表面污染超标，需重点防范。

### 3) 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。其中<sup>131</sup>I、<sup>123</sup>I等挥发性核素泄漏后，废气产生量相对较大，需通过专用通风系统快速收集处理。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高于本项目建筑物室顶排入外环境。

#### 4) 放射性废水

本项目正常工况下不产生放射性废水。放射性废水主要来自事故状态时的工作人员冲淋废水。发生事故工况后，工作人员在场所南侧淋浴间内进行冲洗去污，该房间内产生的废水为放射性废水，经放射性废水收集管网收集后排入场所东南侧衰变罐内。结合最大事故场景核算，最大事故废水量按  $0.5\text{m}^3/\text{次}$  计算，含  $^{131}\text{I}$  等长半衰期核素的废水需暂存 180 天，衰变罐总容积  $3.06\text{m}^3$ （含 1.2 倍余量），可满足暂存衰变要求。

#### 5) 放射性固废

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、棉签、手套、拖布、工作服等，其产生量大约为  $1\text{kg}/\text{次}$ 。

废活性炭：发生事故工况后，更换下废活性炭为放射性废物。

废包装物：正常情况下，放射性药物的包装物（铅罐、铅箱、防护套等，不含与药品直接接触的安瓿瓶、西林瓶等），由供货商回收，使用方使用后残留的核素也随包装物返回供货商。特殊情况下，放射性药物的包装物（铅罐、铅箱、防护套等）无法返回供货商，放射性药物的包装物（铅罐、铅箱、防护套等）属于放射性废物。

**表 8 辐射安全与防护**

**8.1 项目安全与防护**

**8.1.1 项目布局及分区管理**

**(1) 场所布局分析**

本项目放射性药品仓库位于新疆乌鲁木齐高新区（新市区）曲扬街3088号中国（新疆）自由贸易试验区，在分拣中心综合楼负一层东北侧，项目由放射性药品库、药品交接区、淋浴间、衰变池间、废物间、办公室和仪器间组成。药品交接区、淋浴间、衰变池间、废物间、办公室和仪器间均位于放射性药品仓库南侧。事故工况下，淋浴间用于发生漏酒事故时工作人员冲淋；仪器间内放置多功能检测仪、表面污染检测仪、铅衣等防护用品，日常用于工作人员出入场所更衣、污染检测使用；废物间用于暂存事故状态下的放射性废物；衰变罐拟设置在衰变池间内，平时锁闭，减少对公众成员影响。项目功能房间设计齐全，能够满足项目运行的需求。本项目所在库房管理人员由仪器间南侧入口进出放射性药品仓库，货物由西侧药品交接区进入放射性药品仓库，本项目工作人员通道与其他区域工作人员通道相对独立，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设置电离辐射警示标志，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。

**(2) 分区管理**

根据《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）第6.4款规定，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。

**控制区：**把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

**监督区：**未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据上述要求及分区依据，建设单位拟对本项目进行分区管理。

**控制区：**放射性药品库、药品交接区、废物间、衰变池间；

**监督区：**仪器间、淋浴间、办公室；

**临时控制区：**药品交接区入口处在药品出入库装卸时设为临时控制区。

#### A、控制区防护手段与安全措施

- i) 控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志；
- ii) 制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- iii) 运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；
- iv) 在进入放射性药品仓库前，仪器间应有个人防护用品、工作服、表面污染监测仪等；
- v) 定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

#### B、监督区防护手段与安全措施

- i) 以黄线警示监督区的边界；
- ii) 在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标识；
- iii) 定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

#### C、临时控制区防护手段与安全措施

- i) 在临时控制区北端和南端设置警戒绳，防止公众成员靠近；
- ii) 在临时控制区边界设置电离辐射警示标志牌；
- iii) 制定临时控制区管控的相关管理制度；
- iv) 装卸货时对临时控制区边界进行辐射剂量率检测，如检测数值较高，可扩大临时控制区范围。

场所平面布局图及控制区和监督区划分示意图见附图7。

#### 8.1.2 场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录C中对非密封放射性物质工作场所分级原则及计算方法。日等效最大操作量计算方法：日等效最大操作量=日最大操作量×毒性组别修正因子/操作方式修正因子。

本项目放射性核素日等效最大操作量计算结果见下表。

表8-1 放射性核素日等效最大操作量

序号	核素名称	每日最大存储量	毒性修正因子	操作方式修正因子	日等效操作量
1	$^{89}\text{Zr}$	$1.63 \times 10^{10}$	0.1	100	$1.63 \times 10^7$
2	$^{90}\text{Y}$	$1.85 \times 10^{11}$	0.1	100	$1.85 \times 10^8$
3	$^{188}\text{W}$ ( $^{188}\text{Re}$ )	$1.48 \times 10^{11}$	0.1	1000	$1.48 \times 10^7$
4	$^{96}\text{Tc}$	$1.48 \times 10^8$	0.1	100	$1.48 \times 10^5$
5	$^{95\text{m}}\text{Tc}$	$1.48 \times 10^8$	0.1	100	$1.48 \times 10^5$
6	$^{90}\text{Sr}$	$8.00 \times 10^4$	1	100	$8.00 \times 10^2$
7	$^{89}\text{Sr}$	$7.40 \times 10^{10}$	0.1	100	$7.40 \times 10^7$
8	$^{113}\text{Sn}$	$1.48 \times 10^9$	0.1	100	$1.48 \times 10^6$
9	$^{177}\text{Lu}$	$2.96 \times 10^{10}$	0.1	100	$2.96 \times 10^7$
10	$^{131}\text{I}$	$2.96 \times 10^{11}$	0.1	100	$2.96 \times 10^8$
11	$^{125}\text{I}$ (粒子源)	$3.70 \times 10^{12}$	0.1	1000	$3.70 \times 10^8$
12	$^{123}\text{I}$	$7.40 \times 10^{10}$	0.01	100	$7.40 \times 10^6$
13	$^{67}\text{Ga}$	$1.48 \times 10^8$	0.1	100	$1.48 \times 10^5$
14	$^{59}\text{Fe}$	$1.48 \times 10^8$	0.1	100	$1.48 \times 10^5$
15	$^{7}\text{Be}$	$1.48 \times 10^8$	0.01	100	$1.48 \times 10^4$
16	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$1.48 \times 10^9$	0.1	100	$1.48 \times 10^6$
17	$^{223}\text{Ra}$	$1.48 \times 10^{10}$	10	100	$1.48 \times 10^9$
18	$^{14}\text{C}$	$1.47 \times 10^{10}$	0.1	100	$1.47 \times 10^7$
合计		/			$2.49 \times 10^9$

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 $2.49 \times 10^9 \text{Bq}$ 。根据GB 18871-2002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。

### 8.1.3 场所实体屏蔽设计

建设单位对非密封放射性物质工作场所主要工作场所防护屏蔽进行了设计，该项目工作场所拟采用实心砖、硫酸钡砂、铅板作为主要屏蔽材料。本项目屏蔽防护设施示意图见图8-1，涉及主要房间屏蔽设计参数见表8-2。

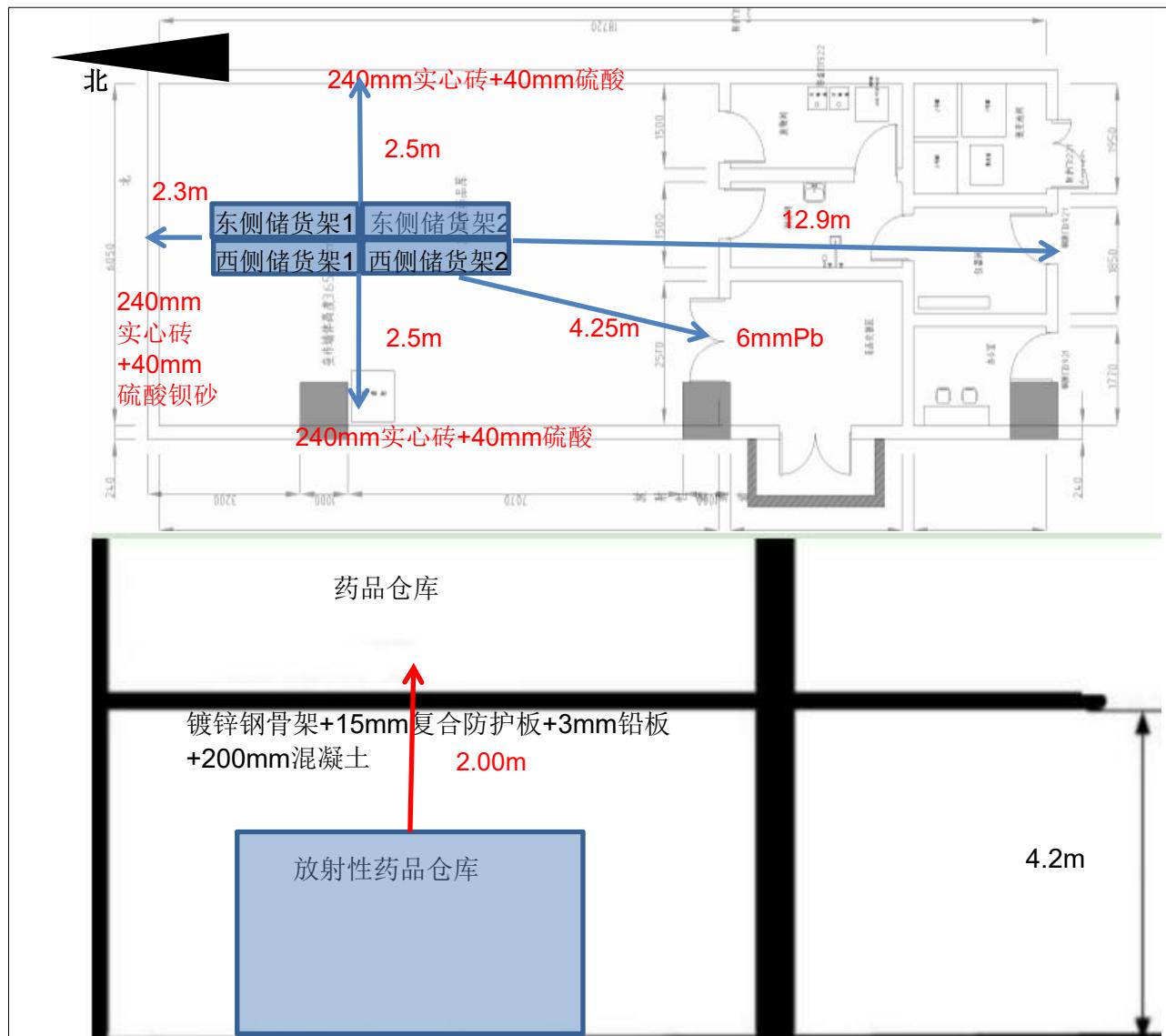


图8-1 屏蔽防护设施示意图

表8-2 本项目涉及主要房间防护设施一览表

名称	放射性药品仓库
东西×南北 (m)	6.05×18.72
面积 (m <sup>2</sup> )	113.26
四周墙体	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡砂
内墙	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡砂
室顶防护	镀锌钢骨架+15mm 复合防护板+3mm 铅板 +200mm 混凝土
层高 (m)	3.65m (放射性药品仓库高度)； 4.2m (分拣中心综合楼负一层高度)
防护门铅当量	防护门全部采用 6.0mmPb 设计
放射性药物储货架	配备 2 个储货架均长 1.95m，宽 1.20m，一层高 0.885m，第二层高 0.745m，第三层高 0.87m

## 8.1.4 辐射安全防护措施

### (1) 辐射安全设施设置

#### ① 双人双锁设置

放射性药品仓库西侧拟设置防盗门，并拟设置双人双锁，仅当放射性药品仓库管理人员和安全员2名人员均在场时，方可打开大门，进入放射性药品仓库。

#### ② 视频监控系统和防入侵报警系统

拟在放射性药品仓库内西南角和东北角设置2个高清视频监控探头做到无死角监控，日常安排专人巡视检查。以上视频信息可同时上传至企业视频监控系统，该系统24小时有人值班，可以有效防止无关人员进入，防止放射性药品被盗、替换、混入假药。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。公司在放射性药品仓库入口拟设置防入侵报警系统，入侵报警系统通过红外传感器、门磁等设备监测放射性药品仓库内是否有人员非法侵入且发生入侵行为，系统会立即发出警报，并将消息发送给管理人员，以便及时采取措施。

#### ③ 电离辐射警告标志

a. 拟在放射性药品仓库设置的全部防护门上、放射性药物储货架表面张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，在放射性废物衰变箱设置电离辐射标志。

b. 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 固定式辐射监测仪

拟在放射性药品仓库内西侧墙上设置固定式辐射剂量率监测探头，实时监测到辐射剂量率水平，便于工作人员及时了解放射性药品仓库内剂量水平。

#### ⑤ 工作场所表面污染防护

建设单位拟在辐射工作区的地面采取易清洁、不易渗透的材料，如PVC地板，地板和墙壁接缝采用无缝隙设计。

#### ⑥ 货包固定措施

生产商拟将放射性药物装于货包内运输，能够有效屏蔽辐射。货包内放置盛有药物的西林瓶/安瓿瓶，货包采用铅、铅+有机玻璃、铅+聚乙烯等材料，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/安瓿瓶破裂后，放射性药物泄

漏。



图8-1 放射性核素货包拟采取的固定措施示意图

#### ⑦容器固定措施

生产商拟将放射性药物装于货包内运输，能够有效屏蔽辐射。货包表面贴有标签，标签注明药品品名、放射性比活度、装量等。货包内放置盛有药物的西林瓶/安瓿瓶，货包采用铅或铅+有机玻璃等材料，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/安瓿瓶破裂后，放射性药物泄漏。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/安瓿瓶置于在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，货包包装具有很好的安全性和封闭性。运输时，对周围环境造成的影响很小。

当放射性药物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药物货包，推车四周设有围挡，可防止运输过程中货包意外掉落。

#### ⑧个人防护用品

建设单位拟在工作场所为工作人员配备0.5mmPb当量铅衣2套，工作人员在放射性药品出入库及发生放射性事故进行处理时穿戴铅衣。拟在配备放射性污染防护服，并为每位工作人员配备个人剂量计（人手1支，由合作的个人剂量检测机构配发，每季度检测1次）。

#### ⑨应急及去污用品

拟设置应急及去污用品一套，主要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（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子等。项目拟在放射性药品仓库南部放置1个清洁工具储物柜，用于暂存应急及去污用品。

#### ⑩检测设备

拟配备个人剂量报警仪2个、多功能检测仪1台、表面污染监测仪1台，工作人员在进入放射性药品仓库时佩戴个人剂量计，并携带个人剂量报警仪，多功能检测仪及表面污染监测仪用于药物、人员出入放射性药品仓库时对货包表面及人体表面辐射剂量率、表面污染水平进行监测，同时定期使用多功能检测仪对场所周围进行监测。

#### ⑪消防设施

放射性药品仓库只暂存货包，禁止带入易燃易爆品，仓库内拟设置烟感报警器，并拟配置2套干粉灭火器。

#### ⑫通风系统

放射性废气收集处理系统中，活性炭气体过滤箱型号为ZQ-SBC1154-220，额定风量1154m<sup>3</sup>/h，与设计排风量匹配，设计更换周期6个月（或根据吸附效率监测结果调整），安装于吊顶上方。每月检查风压，每年委托有资质单位检测吸附效率，确保对放射性气溶胶的吸附效率不低于95%。事故工况下，通风系统换气次数不低于10次/h，气流从监督区向控制区单向流动，有效控制污染扩散。

### （2）辐射安全管理措施

①放射性药品仓库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拟设置工作人员更衣室（仪器间），放射工作人员离开控制区前在仪器间内进行表面污染监测，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根据建设单位工作流程，每次出入库将对放射性核素货包表面的辐射剂量率及表面污染水平进行监测，确保放射性核素货包完整、无放射性核素泄漏方可出库和入库，每次检测记录将登记在台账上，并由放射性药品仓库管理人员进行签名确认。

### **(3) 风险及治安防范措施**

根据《关于发布放射源分类办法的公告》，乙级非密封源工作场所的安全管理参照II类放射源。根据《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA1002-2012）的相关要求，II类放射源暂存场所的治安危害潜在风险等级和治安防范级别均为二级，故本项目参考GA1002-2012中二级风险库房管理。

a) 仓库出入口拟设置出入口控制装置（双人双锁、门禁系统）、入侵报警装置和视频监控装置，监视及回放图像应能清楚辨别进出人员的体貌特征；

b) 仓库拟设置入侵报警装置和视频监控装置，监视及回放图像能清晰显示人员的活动状况；

c) 拟在放射性药品仓库南侧设置监控中心及保安值班室（即临时办公区），拟在其中配备通讯工具并保持24h畅通，拟安装紧急报警装置，出现紧急情况时能人工触发报警，本项目24h有专人值守。值守人员拟每两小时对存放场所周围进行一次巡查，巡查时携带自卫器具。

d) 本项目仓库不设置窗口，仓库通风拟使用通风管道穿墙后向上引至屋顶上方，无敞开式通风口。墙体和室顶采用足够的屏蔽材料，出入口均为防盗门并拟设置电离辐射警示标志。

e) 放射性药品单独存放，不与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放。并由专人保管，并做好贮存、领取、使用、归还情况的登记，登记资料拟至少保存1年。

本项目放射性药品仓库风险及治安防范措施基本能够满足《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA1002-2012）的相关要求。

## **8.2 三废的治理**

本项目正常工况下不产生放射性废气、废液，固废。本项目非放射性废气，公司拟使用空调通风+自然通风的方式进行通风。

## **8.3 事故应急处理设施**

本项目涉及放射性核素货包，由新疆九州通医药有限公司进行运输，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) 事故状态下的放射性废气处理设施

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，会产生放射性气溶胶废气。

建设单位拟在放射性药品仓库设置放射性废气收集处理系统，在全部房间室顶上方均设排风口，发生事故时打开排风系统，仓库内废气经放射性废气收集管道收集后经吊顶上方活性炭吸附箱内活性炭吸附后，引至中药配套分拣车间高于屋顶排放。考虑风管长度，设计排风量为3100m<sup>3</sup>/h。

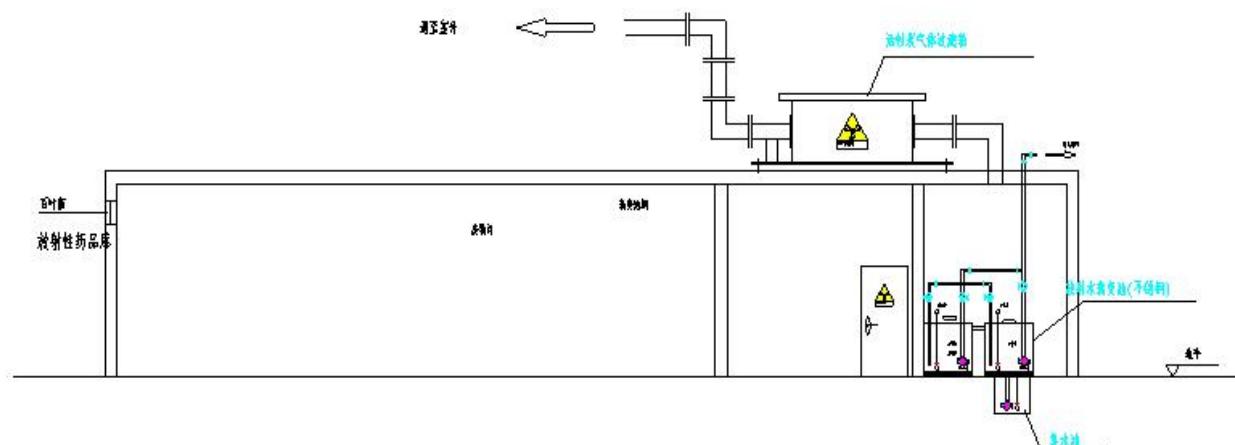
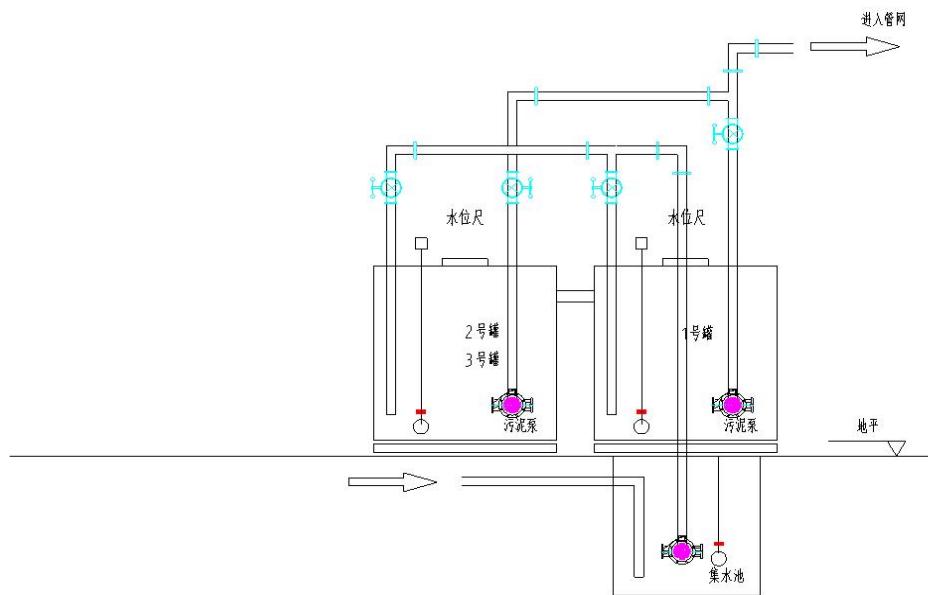


图8-2 放射性废气排放管线图

### (2) 放射性废水

本项目正常运行时无放射性废水产生，放射性废水主要为发生漏洒事故时产生的冲淋废水。发生漏洒事故时，人员用吸水纸、棉签、一次性抹布等将其擦拭处理，擦拭后产生的废棉签、吸水纸、抹布、手套按放射性固体废物收集至放射性废物箱内处理，故产生废水一般为工作人员紧急冲淋废水。本项目紧急冲淋在淋浴间内进行，经衰变罐衰变达到解控水平后泵入厂区污水排水井，排入城市污水管网。本项目放射性废水排放管线图见图8-3。



**图8-3 放射性废水排放管线图**

本项目拟设置一套放射性废水应急衰变系统，用于暂存事故状态下产生的放射性废水，为衰变罐。本项目放射性废水衰变系统位于放射性药品仓库南侧。放射性废水衰变系统由3个衰变罐，1个集水池组成，衰变罐均为地面构筑物、集水池为地下水池。衰变罐为 $5\text{mmPb}$ ，单个容积约为 $1.02\text{m}^3$ ，总容积为 $3.06\text{m}^3$ ；集水池容积为 $0.34\text{m}^3$ 。采用不锈钢材质，可有效防止腐蚀、青苔及废水渗漏。项目发生事故时，产生放射性废水排入集水池，由污泥泵抽到衰变罐进行衰变180天，监测合格后作为一般污水排入污水管道。

放射性废水衰变罐拟设置在衰变池间内，平时锁闭，只在维护时打开。

### (3) 放射性固废

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、棉签、手套、拖布、工作服等，其产生量大约为 $1\text{kg}/\text{次}$ 。结合核素污染类型及处置要求，补充放射性固废管理程序如下：

- ①按污染类型分为 $\alpha$  污染废物、 $\beta/\gamma$  污染废物，分别存入专用铅制衰变箱（ $20\text{mmPb}$  当量，尺寸  $40\text{cm} \times 40\text{cm} \times 40\text{cm}$ ），箱内铺设双层专用塑料袋。
- ②衰变箱外标明废物类型、核素名称、存放日期、负责人等信息，建立《放射性废物管理台账》，记录每个废物暂存容器的编号、所含核素、活度、来源、表面剂量率、废物数量等内容。

③废物间面积  $5.48\text{m}^2$ ，设置  $6\text{mmPb}$  当量防护门，暂存期间每月监测一次表面剂量率及表面污染水平。

④根据事故核素半衰期，半衰期小于 24 小时的废物暂存 30 天后，半衰期大于 24 小时的废物暂存 10 倍最长半衰期后，含  $^{131}\text{I}$  的废物暂存 180 天后，经监测  $\alpha$  表面污染  $\leq 0.08\text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta$  表面污染  $\leq 0.8\text{Bq/cm}^2$ ，可清洁解控按医疗废物处理；不可解控的长半衰期放射性废物交由有资质单位处置。

废活性炭：发生事故工况后，更换下废活性炭为放射性废物，按  $\beta/\gamma$  污染废物分类存入专用衰变箱，执行上述管理程序。

废包装物：正常情况下，放射性药物的包装物（铅罐、铅箱、防护套等，不含与药品直接接触的安瓿瓶、西林瓶等），由供货商回收，使用方使用后残留的核素也随包装物返回供货商。特殊情况下，放射性药物的包装物（铅罐、铅箱、防护套等）无法返回供货商，属于放射性废物，需按核素类型分类暂存于废物间，经衰变监测达标后处置。

## 8.4 服务期满后的环境保护措施

### 8.4.1 退役流程

①退役准备：项目停止运行后 6 个月内，编制退役环境影响评价文件，报有关部门审批；委托有资质单位开展辐射现状检测，制定去污方案；

②去污要求：对工作场所设备、地面、墙体进行去污，确保表面  $\alpha$  污染水平  $<0.08\text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta$  污染水平  $<0.8\text{Bq/cm}^2$ ，经检测合格并经审管部门许可后，设备可复用；

③废物处置：退役过程中产生的固体废物，经检测达到豁免水平的，按一般废物处理；未达标的，交由有资质单位处置；

④验收备案：退役完成后，委托有资质单位开展退役环境影响监测，出具验收报告并报生态环境部门备案。

### 8.4.2 便于退役的设计

为了便于退役，本项目设计中采取了以下措施：

控制区内各房间均拟采用易于清洁的材质；风管采用镀锌管、过滤器等采用不锈钢材质。

**表 9 环境影响分析**

**9.1 建设阶段对环境的影响**

施工期主要产生施工噪声、固体废物、废水、扬尘等。

**(1) 声环境影响分析**

本项目施工期较短，且施工过程主要在仓库内。施工期拟采取以下噪声防治措施：

- 1) 合理安排施工时间，中午及夜间停止施工，尽可能避免大量高噪声设备同时施工。
- 2) 合理布局施工现场，避免在同一地点安排大量高噪声设备，以避免局部声级过高。
- 3) 降低设备声级，选用低噪声设备和工艺，可从根本上降低源强，同时要加强检查、维护和保养机械设备，保持润滑，紧固各部件，减少运行振动噪声。整体设备应安放稳固，并与地面保持良好接触，有条件的应使用减振机座，降低噪声。
- 4) 减少施工交通噪声，施工期间运输车辆应尽量减少夜间运输量，限制大型载重车的车速。

采取以上措施后，对周边环境影响较小。

**(2) 水环境影响分析**

施工期废水主要为施工废水和施工人员的生活污水。施工废水上清水重复利用，淤泥集中堆放后期用作回填土，施工人员生活污水排入单位污水管道，不直接外排环境，对水环境影响较小。

**(3) 固体废物**

本项目固体废物主要为施工期间人员日常生活产生的生活垃圾和施工垃圾，生活垃圾统一放置单位垃圾存放点，由环卫部门定期清运。对弃渣处置必须坚持“先挡后弃”。其次将建筑垃圾分类，尽量回收其中尚可利用的部分建筑材料，对没有利用价值的废弃物运送到指定的建筑垃圾堆埋场。

经采取以上措施，固体废物对周围环境影响较小。

**(4) 大气环境影响分析**

本项目在建设施工期各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在仓库内，且产生量小，对周边大气环境影响较小。

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结束而消失，环境可以接受。

## 9.2 运行阶段对环境的影响

### 9.2.1 周围辐射剂量率估算

#### (1) 关注点设置

根据建设单位提供的资料，放射性药品仓库内拟配备2个储货架，储货架置于放射性药品仓库的北侧并排布置（由北向南，详见图9-1），储货架3层，每层最多放置4个货包（详见图9-3和图9-4），储货架中存放<sup>89</sup>Zr、<sup>90</sup>Y、<sup>188</sup>W（<sup>188</sup>Re）、<sup>96</sup>Tc、<sup>95m</sup>Tc、<sup>90</sup>Sr、<sup>89</sup>Sr、<sup>113</sup>Sn、<sup>177</sup>Lu、<sup>131</sup>I、<sup>125</sup>I（粒子源）、<sup>123</sup>I、<sup>67</sup>Ga、<sup>59</sup>Fe、<sup>7</sup>Be、<sup>110m</sup>Ag、<sup>223</sup>Ra、<sup>14</sup>C等核素共34个货包。2个储货架均长1.95m，宽1.20m，一层高0.885m，第二层高0.745m，第三层高0.87m。

本报告将以放射性药品仓库满负荷工况下，考虑暂存库墙外表面30cm处以及上一层30cm处以及周围环境关注点的γ辐射剂量率水平（详见图9-1、图9-2），关注点情况见表9-1。

表9-1 本项目各关注点位情况

关注点	关注点位置描述	辐射源与关注点距离		屏蔽设计
1#	东侧防护墙外 0.3m	东侧储货架1	2.8m	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂
		东侧储货架2	2.8m	
		西侧储货架1	3.4m	
		西侧储货架2	3.4m	
2#	西侧防护墙外 0.3m	东侧储货架1	3.4m	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂
		东侧储货架2	3.4m	
		西侧储货架1	2.8m	
		西侧储货架2	2.8m	
3#	南侧防护墙外 0.3m	东侧储货架1	11.25m	720mm实心砖+120mm硫酸钡砂
		东侧储货架2	13.2m	
		西侧储货架1	11.25m	
		西侧储货架2	13.2m	
4#	北侧防护墙外 0.3m	东侧储货架1	2.6m	240mm实心砖+40mm硫酸钡砂
		东侧储货架2	4.55m	
		西侧储货架1	2.6m	
		西侧储货架2	4.55m	
5#	药品交接区防护 门外0.3m	东侧储货架1	8.7m	6.0mmPb防护门
		东侧储货架2	6.4m	
		西侧储货架1	8.4m	
		西侧储货架2	6.2m	
6#	场所上方地面距 楼面0.3m (药品仓库)	所有储 货架	1层	镀锌钢骨架+15mm复合防 护板+3mm铅板+200mm混 凝土
			2层	
			3层	

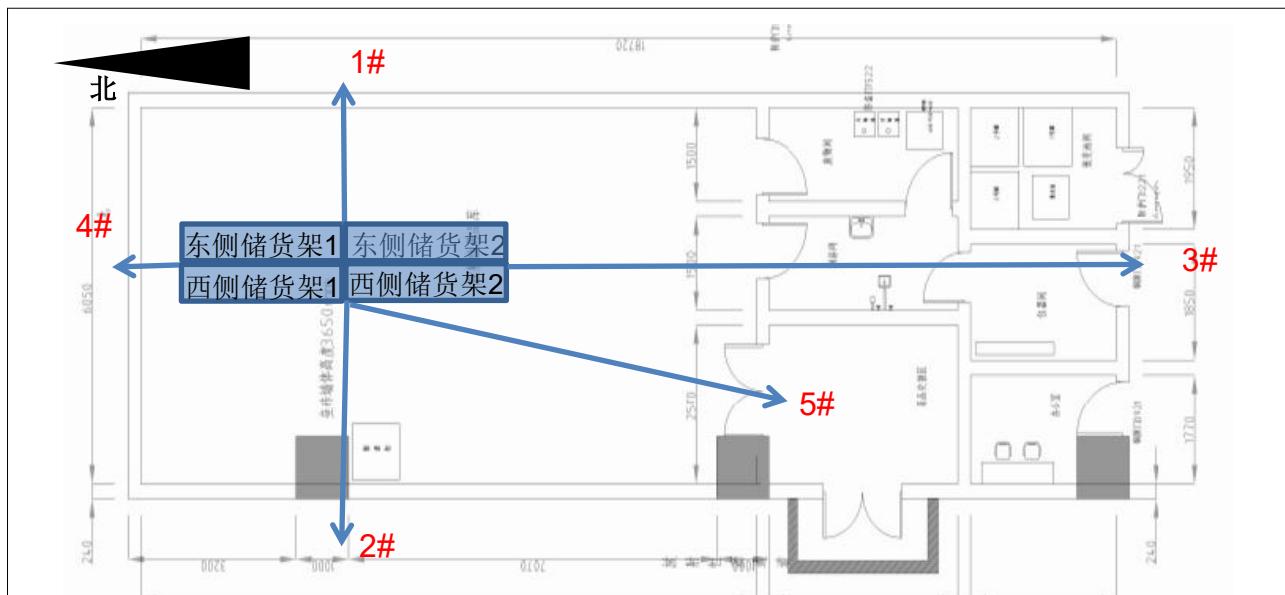


图9-1 储货架及关注点位置示意图

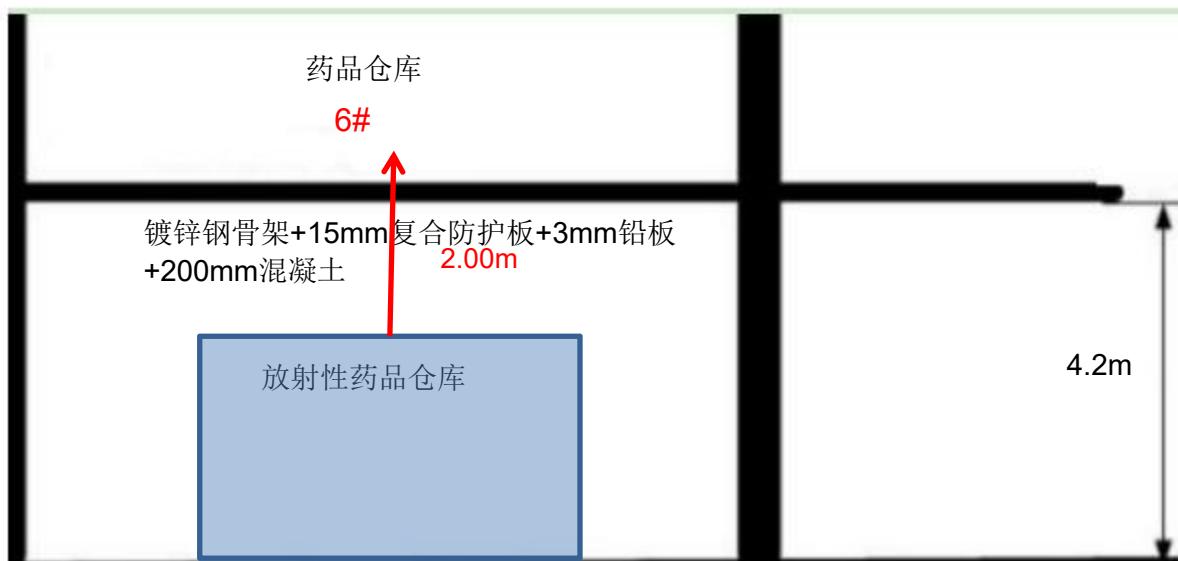


图9-2 关注点设置示意图

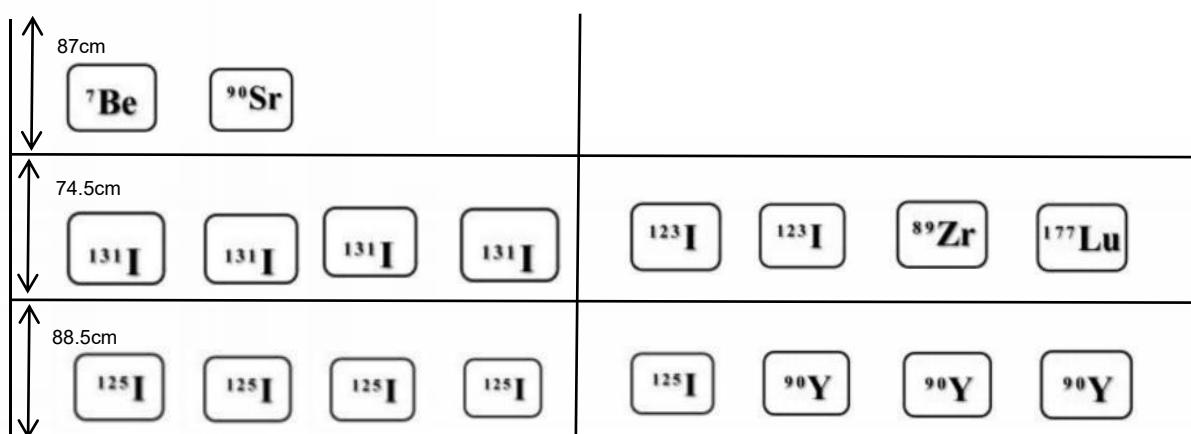


图9-3 项目储货架东侧存放示意图（依次从北向南摆放）

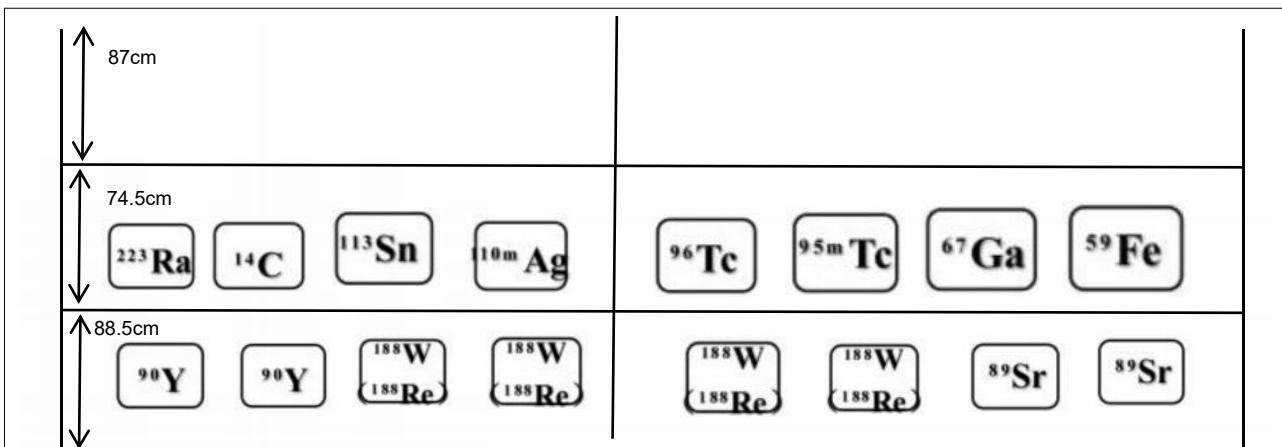


图9-4 项目储货架西侧存放示意图（依次从北向南摆放）

## (2) 屏蔽计算方法

本次放射性药品仓库四周墙体、室顶屏蔽计算把货架每一层的货包当作一个整体的放射源（点源）进行考虑，参考《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 I 中的核算公式：

$$x = TVL \times \lg \left( \frac{A \times \Gamma}{H_p \times r^2} \right) \quad (\text{式9-1})$$

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的核算由式 9-1转换为：

$$H = \frac{H_0 \times r_0^2}{r^2 \times 10^{\frac{x}{TVL}}} \times k_0 \quad (\text{式9-2})$$

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（ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）；本项目保守按每个货包 $500\mu\text{Sv}/\text{h}$

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

$r_0$ —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）；

$K_0$ —点源货包形状因子（ $\text{m}^2$ ）。

参考《放射性物品运输核与辐射安全分析报告书格式和内容》（HJ 1187-2021）附录B中的核算公式：

$$k_0 = (1 + 0.5 d_e)^2 \quad (\text{式9-3})$$

$d_e$ —货包有效尺寸（m），本项目货包特征尺寸均小于4m，故货包有效尺寸等于货包特征尺寸。

在这种方法中，把货包模拟成一个直径等于  $d_e$  的球体。 $d_e$  的值是通过从实际的货包尺寸中选择一个特征尺寸  $d_p$  来确定的。例如，对于圆柱形货包，其  $d_p$  通常等于圆柱体的长度。对于大型货包 ( $d_p > 4$  m)，使用  $d_p$  时要注意  $d_p$  过高估计了剂量率，因此估算时要修正  $d_e$ ， $d_e$  的表达式如下：

$$d_e = \begin{cases} d_p; & \text{当 } d_p < 4\text{m} \\ 2(1+0.5d_p)^{3/4}-0.55; & \text{当 } d_p \geq 4\text{m} \end{cases}$$

### (3) 参数选取

①本项目贮存含<sup>125</sup>I（粒子源）、<sup>113</sup>Sn、<sup>89</sup>Sr、<sup>177</sup>Lu、<sup>131</sup>I、<sup>67</sup>Ga、<sup>110m</sup>Ag、<sup>223</sup>Ra、<sup>96</sup>Tc、<sup>95m</sup>Tc、<sup>188</sup>W（<sup>188</sup>Re）、<sup>90</sup>Y、<sup>59</sup>Fe、<sup>123</sup>I、<sup>14</sup>C、<sup>89</sup>Zr、<sup>7</sup>Be、<sup>90</sup>Sr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。

<sup>89</sup>Zr、<sup>90</sup>Y、<sup>188</sup>W（<sup>188</sup>Re）、<sup>95m</sup>Tc、<sup>90</sup>Sr、<sup>89</sup>Zr、<sup>177</sup>Lu、<sup>131</sup>I、<sup>110m</sup>Ag、<sup>14</sup>C储存过程中会产生β射线，其中<sup>90</sup>Y的β射线能量最大为2.288MeV，根据《放射防护实用手册》，β射线在介质中的射程可采用下式计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} \cdot E_{MAX} \dots \dots \dots \quad (9-4)$$

式中：d—β射线在介质中的射程，cm

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

$E_{MAX}$ —β射线的最大能量，MeV；本项目取2.288MeV。

本项目贮存核素衰变产生的β射线在屏蔽材料中的射程见表 9-2。

表9-2 本项目涉及核素 $\beta$ 射线在屏蔽材料中理论最大射程

本项目涉及核素	$^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{188}\text{W}$ ( $^{188}\text{Re}$ )、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{14}\text{C}$
最大 $\beta$ 射线能量 (MeV)	2.288
空气中的射程 (cm)	883
铅中的射程 (cm)	0.10
铅玻璃中的射程 (cm)	0.25
有机玻璃中的射程 (cm)	0.97

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

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

$^{223}\text{Ra}$ 为 $\alpha$ 核素，在衰变过程中会产生 $\alpha$ 粒子。由于 $\alpha$ 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最弱的，人类的皮肤或一张纸已能隔阻 $\alpha$ 粒子，本项目设有防护仓库。因此，本评价报告不考虑 $\alpha$ 射线对人体的辐射影响。

②因评价期间未取得所有核素货包屏蔽体参数或货包表面剂量率等参数，本次保守根据《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）中货包的包装分级外表面上任一点的最大辐射水平限值最大值确定，详见表9-3。

表9-3 货包包装的分级

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

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

由上表可看出，II级（黄）货包要求放射性药物货包外表面辐射剂量率最大值不超过  $500\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，I级（白）货包外表面辐射剂量率最大值不超过  $5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。根据业主提供资料，项目放射性药品仓库仅存满足I级（白）水平或II级（黄）要求的货包，其中 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95m}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{125}\text{I}$ （粒子源）、 $^{7}\text{Be}$ 、 $^{14}\text{C}$ 货包按I级水平控制，其余核素按II级水平控制。II级（黄）货包要求放射性药物货包外表面辐射剂量率最大值不超过  $500\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，I级（白）货包外表面辐射剂量率最大值不超过  $5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

③由于放射性货包外表面辐射剂量率最大值已经确定，对于不同核素的辐射屏蔽计算，主要考虑各种不同核素产生的不同能量的 $\gamma$ 射线对应的衰减因子或什值层。这18种核素发射 $\gamma$ 射线能量相对较高的是 $^{96}\text{Tc}$ （主要能量  $1.12\text{MeV}$ ），项目 $^{90}\text{Y}$ （粒子源）、 $^{188}\text{W}$ （ $^{188}\text{Re}$ ）、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ （粒子源）有多个货包，考虑到每种核素相关能量的衰减因子和什值层数据，因此选取具有代表性的核素进行相关计算，计算时将 $^{96}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ （粒子源）作为计算参数的核素，按其各自的参数考虑其辐射影响；没有计算参数的核素均按射线能量相对较高的 $^{131}\text{I}$ 参数来保守考虑其辐射影响。主要预测参数见表9-4所示。

表9-4 放射性核素相关计算参数一览表

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

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

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

算，具体公式为：

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \dots \dots \dots \dots \quad (9-5)$$

式中：

d1、d2——屏蔽材料1和屏蔽材料2的厚度；

④考虑剂量估算和评价的方便及统一，在屏蔽及设计范畴内，不进行各物理量与周围剂量当量之间的转换系数修正。

⑤放射性药品仓库正对楼下无建筑，不核算地板厚度。

#### (4) 关注点周围剂量当量率计算结果

根据以上屏蔽计算参数，估算出各关注点辐射剂量率结果见表9-5。

**表9-5 放射性药品仓库屏蔽体屏蔽效能核算结果一览表**

关注点	关注点距离 (m)	核素		货包个数	K <sub>0</sub>	货包表面剂量率合计μSv/h	辐射屏蔽情况	剂量率估算结果 μSv/h
东侧防护墙外 0.3m	2.8m	东侧储货架1	<sup>7</sup> Be、 <sup>90</sup> Sr	2	1.96	10	240mm 实心砖 +40mm 硫酸钡砂 (折 67mm实 心砖)	0.00046
			4份 <sup>131</sup> I	4	3.24	2000		0.153646
			4份 <sup>125</sup> I	4	3.24	20		1.82×10 <sup>-19</sup>
		东侧储货架2	2份 <sup>123</sup> I、 <sup>89</sup> Zr、 <sup>177</sup> Lu	4	3.24	2000		0.153646
			<sup>125</sup> I、3份 <sup>90</sup> Y	4	3.24	20		1.82×10 <sup>-19</sup>
	3.4m	西侧储货架1	<sup>223</sup> Ra、 <sup>14</sup> C 、 <sup>113</sup> Sn、 <sup>110m</sup> Ag	4	3.24	1010		0.052623
			2份 <sup>90</sup> Y、2 份 <sup>188</sup> W ( <sup>188</sup> Re)	4	3.24	1010		0.052623
		西侧储货架2	<sup>96</sup> Tc、 <sup>95m</sup> Tc 、 <sup>67</sup> Ga、 <sup>59</sup> Fe	4	3.24	1010		0.135170
			2份 <sup>188</sup> W ( <sup>1</sup> <sup>88</sup> Re)、2 份 <sup>89</sup> Sr	4	3.24	1010		0.052623
西侧防护墙外 0.3m	3.4m	东侧储货架1	<sup>7</sup> Be、 <sup>90</sup> Sr	2	1.96	10	240mm 实心砖 +40mm 硫酸钡砂 (折 67mm实 心砖)	0.000315
			4份 <sup>131</sup> I	4	3.24	2000		0.104203

	2.8m	东侧储货架2	4份 <sup>125</sup> I	4	3.24	20	心砖)	$1.23 \times 10^{-19}$	0.000 487
			2份 <sup>123</sup> I、 <sup>89</sup> Zr、 <sup>177</sup> Lu	4	3.24	2000		0.104203	
			<sup>125</sup> I、3份 <sup>90</sup> Y	4	3.24	20		$1.23 \times 10^{-19}$	
		西侧储货架1	<sup>223</sup> Ra、 <sup>14</sup> C 、 <sup>113</sup> Sn、 <sup>110m</sup> Ag	4	3.24	1010		0.077591	
			2份 <sup>90</sup> Y、2 份 <sup>188</sup> W ( <sup>188</sup> Re)	4	3.24	1010		0.077591	
		西侧储货架2	<sup>96</sup> Tc、 <sup>95m</sup> Tc 、 <sup>67</sup> Ga、 <sup>59</sup> Fe	4	3.24	1010		0.199306	
			2份 <sup>188</sup> W ( <sup>1</sup> <sup>88</sup> Re)、2 份 <sup>89</sup> Sr	4	3.24	1010		0.077591	
		东侧储货架1	<sup>7</sup> Be、 <sup>90</sup> Sr	2	1.96	10	720mm 实心砖 +120mm 硫酸钡砂 (折 202mm 实心砖)	$1.59 \times 10^{-7}$	0.000 487
			4份 <sup>131</sup> I	4	3.24	2000		$5.22 \times 10^{-5}$	
			4份 <sup>125</sup> I	4	3.24	20		$7.67 \times 10^{-55}$	
		东侧储货架2	2份 <sup>123</sup> I、 <sup>89</sup> Zr、 <sup>177</sup> Lu	4	3.24	2000		$3.79 \times 10^{-5}$	
			<sup>125</sup> I、3份 <sup>90</sup> Y	4	3.24	20		$5.57 \times 10^{-55}$	
		西侧储货架1	<sup>223</sup> Ra、 <sup>14</sup> C 、 <sup>113</sup> Sn、 <sup>110m</sup> Ag	4	3.24	1010		$2.64 \times 10^{-5}$	
			2份 <sup>90</sup> Y、2 份 <sup>188</sup> W ( <sup>188</sup> Re)	4	3.24	1010		$2.64 \times 10^{-5}$	
		西侧储货架2	<sup>96</sup> Tc、 <sup>95m</sup> Tc 、 <sup>67</sup> Ga、 <sup>59</sup> Fe	4	3.24	1010		0.000325	
			2份 <sup>188</sup> W ( <sup>1</sup> <sup>88</sup> Re)、2 份 <sup>89</sup> Sr	4	3.24	1010		$1.91 \times 10^{-5}$	
		东侧储货架1	<sup>7</sup> Be、 <sup>90</sup> Sr	2	1.96	10		0.000539	
			4份 <sup>131</sup> I	4	3.24	2000		0.178193	
			4份 <sup>125</sup> I	4	3.24	20		$2.11 \times 10^{-19}$	
		东侧储货架2	2份 <sup>123</sup> I、 <sup>89</sup> Zr、 <sup>177</sup> Lu	4	3.24	2000	240mm 实心砖 +40mm 硫 (折 67mm实 心砖)	0.058186	0.521 753
			<sup>125</sup> I、3份 <sup>90</sup> Y	4	3.24	20		$6.89 \times 10^{-20}$	
		西侧储货架1	<sup>223</sup> Ra、 <sup>14</sup> C 、 <sup>113</sup> Sn、 <sup>110m</sup> Ag	4	3.24	1010		0.089987	
			2份 <sup>90</sup> Y、2 份 <sup>188</sup> W ( <sup>188</sup> Re)	4	3.24	1010		0.089987	

	4.55m	西侧储货架2	$^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$	4	3.24	1010		0.075477	
			2份 $^{188}\text{W}$ ( $^{188}\text{Re}$ )、2份 $^{89}\text{Sr}$	4	3.24	1010		0.029384	
药品交接区防护门防护门外0.3m	8.7m	东侧储货架1	$^7\text{Be}$ 、 $^{90}\text{Sr}$	2	1.96	10	6.0mmPb 铅防护门	0.000184	0.457 062
			4份 $^{131}\text{I}$	4	3.24	2000		0.060957	
			4份 $^{125}\text{I}$	4	3.24	20		$2.14 \times 10^{-5}$	
	6.4m	东侧储货架2	2份 $^{123}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$	4	3.24	2000		0.112642	
			$^{125}\text{I}$ 、3份 $^{90}\text{Y}$	4	3.24	20		$3.96 \times 10^{-5}$	
	8.4m	西侧储货架1	$^{223}\text{Ra}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$	4	3.24	1010		0.033021	
			2份 $^{90}\text{Y}$ 、2份 $^{188}\text{W}$ ( $^{188}\text{Re}$ )	4	3.24	1010		0.033021	
			$^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$	4	3.24	1010		0.156563	
	6.2m	西侧储货架2	2份 $^{188}\text{W}$ ( $^{188}\text{Re}$ )、2份 $^{89}\text{Sr}$	4	3.24	1010		0.060613	
			2份 $^{188}\text{W}$ ( $^{188}\text{Re}$ )、2份 $^{89}\text{Sr}$	4	3.24	1010		0.060613	
场所上方地面距楼面0.3m(物品仓库)	一层(3.76m)	东侧储货架1	4份 $^{125}\text{I}$	4	3.24	20	镀锌钢骨架+15mm复合防护板+3mm铅板+200mm混凝土	$1.15 \times 10^{-20}$	0.332 042
		东侧储货架2	$^{125}\text{I}$ 、3份 $^{90}\text{Y}$	4	3.24	20		$1.15 \times 10^{-20}$	
		西侧储货架1	2份 $^{90}\text{Y}$ 、2份 $^{188}\text{W}$ ( $^{188}\text{Re}$ )	4	3.24	1010		0.016685	
		西侧储货架2	2份 $^{188}\text{W}$ ( $^{188}\text{Re}$ )、2份 $^{89}\text{Sr}$	4	3.24	1010		0.016685	
	二层(2.87m)	东侧储货架1	4份 $^{131}\text{I}$	4	3.24	2000		0.056707	
		东侧储货架2	2份 $^{123}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$	4	3.24	2000		0.056707	
		西侧储货架1	$^{223}\text{Ra}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$	4	3.24	1010		0.028638	
		西侧储货架2	$^{96}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{59}\text{Fe}$	4	3.24	1010		0.156267	

综上，根据表 9-5 理论计算可知，本项目暂存库四周场所关注点的辐射剂量率最大预测值为 $0.641\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）确定的场所剂量率控制值的要求。

### 9.2.2 年有效剂量估算

### (1) 有效剂量估算公式

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B推导出X- $\gamma$ 外照射所致人均年有效剂量保守根据周围剂量当量来估算，具体见下列公式：

$$E = H_r \times t \times 10^{-6} (\text{mSv}) \dots \quad (9-6)$$

其中：E 为 X-γ 外照射所致人均年有效剂量，mSv

$H_T$ 为 X- $\gamma$ 辐射剂量率, nSv/h;

t为辐射照射时间，小时。

### (2) 居留因子

居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)选取,见下表。

表 9-6 居留因子的选取

场所	居留因子(T)		停留位置	本项目
	典型值	范围		
全停留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区	/
部分停留	1/4	1/2-1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的患者检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室	/
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗机房房门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯	1/40: 放射性源通道、工作人员通道、车辆运输坡道、药品仓库

### (2) 工作人员受照剂量估算

根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)附录I(点源衰减推导)放射性核素货

包0.3m处辐射剂量率估算，具体见下列公式：

$$H_2 = H_1 \times \left( \frac{r_1}{r_2} \right)^2 \dots\dots (9-7)$$

其中： $H_1$ 为货包外表面（0.05m 处）剂量率（500 $\mu\text{Sv/h}$ ）；

$r_1$ 为货包外表面到源的距离（0.05m）；

$r_2$ 为目标距离（0.3m，工作人员操作位距货包的距离）；

$H_2$ 为目标距离处的剂量率（即 13.89 $\mu\text{Sv/h}$ ）。

根据建设单位提供的资料，项目拟配置7名辐射工作人员专门负责放射性药品仓库的工作，辐射工作人员工作负荷见表9-7。

表9-7 放射性药品仓库辐射工作人员负荷

工作内容	配置人数	工作负荷
安保巡检、资料审查	3名保管人员	日常安保巡检按照每日操作1小时来保守估算，每年工作250天（采用两班制），每人每年累计工作时间为125h；其余时间工作人员在普通办公区进行办公。
货包出入库	3名管理员	货包出入库的核实过程很短，按照每天进出各一次保守情况估算，每批货包出入库时间最多60min（采用轮班制），每人每年累计时间为83h；其余时间工作人员在普通办公区进行办公。

放射性核素货包0.3m处的辐射剂量率水平=0.05<sup>2</sup>/0.3<sup>2</sup>×500=13.89 $\mu\text{Sv/h}$

货包出入库时，辐射工作人员操作位按照放射性核素货包0.3m处的辐射剂量率水平13.89 $\mu\text{Sv/h}$ 来保守估算，日常巡检所处位置的辐射剂量率水平以表9-5算出的辐射剂量率最大值（0.641 $\mu\text{Sv/h}$ ，西侧防护墙外外0.3m）来保守估算，辐射工作人员受照射剂量估算详见表9-7。

表9-8 药品库房辐射工作人员受照剂量估算

工作内容	工作负荷	受照剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 ( $\text{mSv/h}$ )
安保巡检、资料审查	125h	0.641	0.08
货包出入库	83h	13.89	1.153

由表 9-8 可知，负责放射性药品仓库货包出入库的每名工作人员因项目运行接受的年有效剂量最大为1.153 $\text{mSv}$ ，负责放射性药品仓库安保巡检、资料审查的每名工作人员因项目运行接受的年有效剂量最大为0.08 $\text{mSv}$ ，均低于职业人员年剂量管理约束值（5 $\text{mSv}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

### (3) 公众成员受照剂量估算

参考《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)取居留因子，场所东侧防护墙外0.3m(药品仓库)、场所上方距楼面0.3m(药品仓库)居留因子均取1/20；场所西侧防护墙外0.3m(放射性源通道)、场所南侧防护墙外0.3m(工作人员通道)、场所北侧防护墙外0.3m(车辆运输坡道)居留因子均取1/40，公司每年工作250天，每天按8h考虑，则全年工作时间为2000h/a。

表9-9 项目周围关注点受照射剂量估算结果

点位	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	时间(h)	居留因子	年有效剂量 ( $\text{mSv}/\text{a}$ )	备注
东侧防护墙外0.3m (药品仓库)	0.601	2000	1/40	0.030	公众
西侧防护墙外0.3m (放射性源通道)	0.641	2000	1/40	0.032	公众
南侧防护墙外0.3m (工作人员通道)	0.000487	2000	1/40	$2.43 \times 10^{-5}$	公众
北侧防护墙外0.3m (车辆运输坡道)	0.521753	2000	1/40	0.026	公众
场所上方地面距楼 面0.3m (药品仓库)	0.332042	2000	1/40	0.0166	公众

由表11-8可知，放射性药品仓库周围公众人员年有效剂量最大为0.032mSv/a(西侧防护墙外0.3m)，低于公众成员年剂量管理约束值(0.1mSv)和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对公众成员剂量限值(1mSv)的要求。

因此，本项目工作场所的防护设计满足要求，正常运行后产生的辐射影响满足标准要求，对人员产生的辐射影响较小。

### 9.2.3 非放射性三废环境影响分析

#### (1) 办公生活废水

本项目拟设置7名工作人员，均为公司现有工作人员，工作人员常驻办公地点为分拣中心综合楼三层办公区，卫生设施依托公司现有设施，工作人员办公生活污水排入厂区下水道，最终排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

#### (2) 非放射性固废

本项目工作人员不得将不相关物品带入拟建放射性药品仓库，不产生办公生活垃圾。为

防止使用时活性炭吸附效果不好，公司拟定期检查并更换活性炭。在该期间内未发生事故工况时，更换下废活性炭为一般废物处理。

### (3) 非放射性废气

γ射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气，因公司所售核素大部分半衰期较短，建设单位不囤积药物，放射性药品仓库只临时暂存，核素暂存时间均较短，场所内产生的非放射性废气也较少，经工作场所空调通风+自然通风的方式进行通风后，不会造成非放射性废气累积。

## 9.2.5 表面污染分析

在货包搬运/移动过程中，因违规操作可能会引起货包外表面、货架、墙壁地面、工作服、手套等发生放射性表面沾污，发生此类事件后，立即采用吸水纸或者卫生棉等擦拭。只要采用相应的防护措施进行去污经过监测能够满足相关标准要求，可以继续使用。建设单位应配备相应的检测仪器，对受污染的工作服、设备、墙壁、地面等应采取适当的去污措施，经监测其表面污染水平不超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中工作场所的表面污染控制水平的情况下，对周围环境的影响较小。

## 9.3 事故影响分析

### 9.3.1 可能的辐射事故（件）及处理措施

本项目是暂存库暂存放射性核素货包。本项目发生辐射事故的主要原因是管理上出问题，因此辐射工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求做好各种相应的辐射防护措施，并定期检查暂存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，避免人员误入暂存库和其他安全事故。

#### (1) 暂存库可能发生的辐射事故

- 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外照射。
- ② 放射性核素货包丢失或被盗，造成放射源丢失事故。

建设单位拟制定完善的暂存库管理规定，并在暂存库内安装有监控设施，由此可最大程度避免发生辐射事故。针对上述可能发生的辐射事故，建设单位应积极采取辐射事故预防措施，防患于未然，预防措施主要包括：辐射安全防护管理小组应定期对设备进行检修和维护，保证设备防护设施的可靠性，每年委托检测机构对暂存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；定时核查暂存库监控记录，定时对暂存库周边进行巡逻，暂存库外围张贴相关文字和告示，告知风险情况。

③ 放射性核素货包破损，有放射性物质泄漏。

建设单位在接收放射性核素货包时，暂存库安全员会对货包表面污染水平以及辐射剂量率水平进行确认，确保放射性核素货包的完整性以及满足Ⅱ级（黄）货包的要求。在放射性货包搬运过程中轻拿轻放，确保放射性核素货包的安全。

（2）暂存库放射性核素货包放射性物质泄漏的处理

① 如发生放射性核素货包放射性物质泄漏，应立即将放置泄漏货包的铅防护桶盖上桶盖，并立即封锁现场。

② 立即启动辐射事故处理应急预案。发生辐射事故时，当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组，同时在事故发生后的2小时内报告环保和公安部门。

③ 确定发生污染的货包中核素源项名称、数量、剂量和放射性强度等。

④ 做好警示标识，及时隔离及限制污染现场，联系送源人员，确认货包泄漏情况，由送源人员负责回收至厂家。

（3）放射性货包丢失被盗的应急处理

若发生放射性药物丢失、被盗，应第一时间将事故情况通报有关（生态环境、公安、卫生等）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、被盗放射性同位素，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；对放射性同位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。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，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。

### 9.3.2 风险防范措施

根据上述分析，本项目最大的风险影响因子为人员外照射和表面污染，建设单位针对可能发生的情景拟采取以下措施进行防范：

本项目发生辐射事故的原因主要是管理上出现问题，辐射工作人员只要严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程、放射性药物出入库管理制度落实放射性药物货包入库前辐射监测的要求，确保货包无破损、发生泼洒等情况，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,及有关的辐射安全警示标志,避免无关人员误入放射性药品仓库,就能有效避免事故的发生。主要可能发生的事故应付措施:

(1) 放射性物质丢失、被盗,均可能使放射性药物释放到环境中,从而形成环境介质的放射性污染。

防范措施:建设单位拟在放射性物质的入库、储存和出库等环节有详细的程序和记录,放射性药品仓库实行双人双锁、入侵报警装置、24小时连续视频监控、货包进出库台账专人专管等措施,切实做好防火防盗,以此避免此类事故的发生。

应急处理措施:若发生放射性药物丢失、被盗,应第一时间将事故情况通报有关(生态环境、公安、卫生等)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、被盗放射性同位素,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;对放射性同位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。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况,根据辐射剂量率大小划定警戒线,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。

(2) 放射性物质货包内的放射性药品容器倾倒/破碎,造成放射性物质撒漏货包外包装、放射性药品仓库地面及货架污染。

防范措施:发现此类情况后立即穿戴个人防护用品后,进行去污。建设单位应委托有资质单位专车运输、专人押运,按照《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)要求转运放射性物质至放射性药品仓库。运输人员搬运过程中应对放射性药物货包轻拿轻放,装车时将货包按照货包标识的方向放在铅箱内,并将铅箱用链条锁固定在车内。押运人员全程监护货包,避免货包发生倾倒情况。押运人员及运输司机每年应接受放射源安全的相关培训。放射性药物货包抵达放射性药品仓库后,运输单位/送源人与公司需确认放射性药物货包编码、状态、标识等信息,确认完整无误后交接入库,交接时建设单位放射性药品仓库管理员和本项目管理人员同时在场,并在出入库登记表单上签字确认。通过以上措施处理后,能够避免此类事故的发生。

应急处理措施:①如发生放射性核素货包放射性物质泄漏,应立即将放置泄漏货包的铅防护桶盖上桶盖,并立即封锁现场。

②立即启动辐射事故处理应急预案。发生辐射事故时,当事人应即刻报告辐射事故应

急处理小组，同时在事故发生后的2小时内报告环保和公安部门。

③确定发生污染的货包中核素源项名称、数量、剂量和放射性强度等。

④做好警示标识，及时隔离及限制污染现场，参考HJ1155-2020，在建筑物外部放射性货破损，以货包为中心设置30m半径范围的警戒区，放射性货包发生泄漏，以货包为中心设置100m半径范围的警戒区。在建筑物内部放射性货包发生破损、丢失或泄漏，将受影响的房间及临近区域设为警戒区，本项目拟建公司1号分拣中心及项目东侧公司围墙内区域划为警戒区。

⑤及时采取去污措施、开启放射性废气通风系统，尽量将放射性核素转移至放射性固体废物，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，需用表面污染仪测量污染区，如果 $\alpha/\beta$ 表面污染未达到去污控制标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 $\alpha/\beta$ 表面污染小于控制标准要求为止。

(3) 对放射性药品仓库管理不到位，无关人员进入放射性药品仓库而受到不必要的外照射防范措施：建设单位应制定完善的放射性药品仓库管理规定，实行双人双锁管理，并在放射性药品仓库内安装监控设施，由此可最大程度避免发生辐射事故。针对上述可能发生的辐射事故，建设单位应积极采取辐射事故预防措施，防患于未然，定时核查放射性药品仓库监控记录，定时对放射性药品仓库周边进行巡逻，放射性药品仓库外围张贴相关文字和告示告知风险情况。

(4) 发生火灾，导致暂存核素泄漏，同时导致公众受照和环境受到辐射污染。

防范措施：建设单位拟制定完善的放射性药品仓库管理规定，禁止将易燃易爆品带入放射性药品仓库，公司拟定期检查放射性药品仓库内的电源线路、用电设备等，并做好仓库内外定期巡查工作，避免火灾的发生。公司拟在仓库内设置烟感报警装置及干粉灭火器，发现火灾后立即采取灭火措施，防止火灾蔓延，造成核素泄漏。

应急处理措施：发生事故时，首先拨打应急响应电话，救援、救生、急救、火灾控制和其他危险的优先级比测量放射性水平的优先级别高，参考HJ1155-2020，立即隔离出仓库区域各个方向至少300m，使人员均呆在上风向，禁止未授权人员进入。如果将容器移走没有风险的话，则把容器从火区移开。不移动破损货包；把未损坏的货包从火灾区域移开。对受照射人员进行急救。

## 表 10 辐射安全管理

### 10.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

#### 10.1.1 管理机构

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

组 长：骆维

成 员：夏杰、赵园、张卫东、刘驰、张琨琨、谢云飞、杨虎

联系电话：18999835877

确定骆维为专职辐射安全管理人员。

主要工作职责如下：

- (1) 负责人专职负责管理放射性药品仓库的安全与防护工作；
- (2) 成员负责放射性药品仓库安全和防护管理工作；
- (3) 小组负责建立和完善放射性药品仓库的管理和射线的防护；
- (4) 小组负责制定本院辐射安全与防护工作计划和总结，适时修订辐射安全与防护突发事件应急预案及各项相关管理制度；
- (5) 小组负责新建、改扩建有关辐射防护工程进行前期工作场所辐射安全性评估并报批，负责射线装置及防护用品的购置审批与管理；
- (6) 小组负责监督全院辐射安全与防护工作，检查各项制度以及防护措施的贯彻落实情况；
- (7) 小组负责组织制定辐射工作人员的辐射防护培训制度，审核职业健康体检、辐射个人剂量计监测效果及档案管理工作；
- (8) 小组负责会同上级有关部门按照有关规定调查和处理辐射事故，对有关人员提出处理意见。

#### 10.1.2 职业人员

本项目拟配置辐射工作人员7人。待项目辐射工作人员到岗后，拟组织辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护考核。经过培训考核合格后，做到持证上岗。辐射工作

人员拟定期复训，并建立培训档案。

## 10.2 辐射安全管理规则制度

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

## 10.3 辐射监测

建设单位已制定《辐射监测方案》。建设单位拟配备表面污染检测仪1台，个人剂量报警仪2台，多功能检测仪1台。

### （1）辐射监测

辐射监测包括工作场所监测和个人剂量监测：

1) 委托监测（验收监测、年度监测）：取得环评批复后，应及时重新申请辐射安全许可证，并委托有资质单位对项目周围辐射环境进行验收监测；联系有监测资质的机构定期对企业辐射工作场所进行年度监测。

2) 自行监测：定期自行开展辐射监测，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测频次根据企业的实际工作量自行确定。

3) 应急监测：当有预期运行事件或异常情况下，为保证辐射安全和防止发生辐射污染进行必要的相关场所应急监测。

### 4) 个人剂量监测：

① 严格遵守国家辐射环境管理法规；

② 所有辐射工作人员必须接受个人剂量监测，建立个人剂量档案，个人剂量档案应包括个人基本信息、工作单位及剂量监测结果等信息，并终生保存；

③ 每位辐射工作人员工作期间须按要求佩戴个人剂量计；

- ④个人剂量计的读取时间为90天一次；  
 ⑤辐射工作人员受照剂量超过年管理剂量约束值时，应查明原因，采取改进措施；  
 ⑥安排专人负责个人剂量监测管理。

## (2) 工作场所监测方案

1) 本项目工作场所环境监测方案详见表10-1。

监测因子及执行标准限值如下表所示。

**表10-1 项目监测及检查内容一览表**

监测地点		监测项目	监测周期	限制要求
放射性药品仓库	放射性药品仓库外人员可达屏蔽体外30cm处	周围剂量当量率	每月一次	$\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$
	放射性核素工作场所墙壁和地面等	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： $\alpha$ （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） $\leq 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ , $\beta \leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。
	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： $\alpha$ （极毒性） $\leq 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ , $\beta \leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ； 手、皮肤、内衣、工作袜： $\alpha$ （极毒性） $\leq 0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$ , $\beta \leq 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；
	货包表面	周围剂量当量率、表面污染	货包交接时监测	$\leq 2\text{mSv}/\text{h}$ 、 $\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$

## 10.4 辐射事故应急

建设单位根据国家《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，制定了《辐射事故应急预案》。一旦发生辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全。该预案主要包括以下内容：

### 一、辐射事故应急处理机构与职责

(一) 成立辐射事故应急处理领导小组。

组 长：骆维

成 员：夏杰、赵园、张卫东、刘驰、张琨琨、谢云飞、杨虎

联系 电 话：18999835877

(二) 主要职责：

(1) 定期组织对辐射场所、设备和人员进行辐射防护情况自查和监测，发现事故隐患

及时上报并落实整改措施。

(2) 负责组织应急准备工作，调度人员，指挥其他各应急小组迅速赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展。

(3) 对辐射事故的现场进行组织协调，安排救助，不让无关人员进入，保护好现场，指挥辐射事故应急救援行动；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，防止事故的扩大蔓延。

(4) 迅速、正确判断事件性质，负责向上级行政主管部门报告放射事故应急救援情况。

(5) 负责恢复本单位正常秩序。稳定受照人员情绪等方面的工作。

## 二、分类应急流程

(1) 货包泄漏事故：①立即封锁现场，关闭铅防护桶盖；②启动应急预案，2小时内报告环保、公安部门；③确认泄漏核素名称、活度；④设置警戒区（建筑物内：受影响房间及临近区域；建筑物外：泄漏货包为中心100m半径）；⑤开启废气通风系统，用吸附衬垫吸干泄漏液体，从污染区边沿向中心擦拭去污，监测达标为止；⑥联系送源人员回收泄漏货包。

(2) 货包丢失/被盗事故：①第一时间报告生态环境、公安、卫生部门；②分析丢失时间及原因，提供货包信息；③携带辐射监测仪器协同查找，避免处置人员受照；④对存放场所监测，若存在污染，划定警戒线，处置人员穿戴防护用品进入。

(3) 火灾引发泄漏事故：①优先救援人员、控制火灾，拨打应急电话；②隔离仓库区域各方向至少300m，人员撤离至上风向；③无风险时转移未破损货包，不移动破损货包；④对受照人员进行急救。

## 三、放射事故应急救援应遵循的原则

(1) 迅速报告原则；

(2) 主动抢救原则；

(3) 生命第一的原则；

(4) 科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；

(5) 保护现场，收集证据的原则。

## 四、辐射事故的应急响应

### （1）应急准备

按照常备不懈、保障人身安全、保护环境的方针，做好响应准备。日常准备工作由建设单位仓库主任负责，应急状态时，自动转入辐射应急领导小组统一指挥。

### （2）辐射事故应急组织的启动

1) 有关辐射部门，当发生辐射安全事故时，必须及时通知辐射事件应急领导小组，并及时上报区、市生态环境部门、卫生健康委员会部门、公安部门，请求提供指导和支援。

2) 应急领导小组召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案。

3) 事故处理须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员的参与下进行，未得到允许不得进入事故区。

4) 发生辐射事故后，在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告，确保辐射事故及时、按要求上报。

### （3）应急措施

1) 对因发生事故，造成人员受到额外照射的情况，应评估受照人员剂量，进行必要的医学处理。上报卫生健康委员会以及生态环境部门。

2) 发生放射性药物被盗或丢失时，立即开展自查，并上报卫健委、生态环境部门以及公安部门，配合有关部门找回放射性药物。

3) 发生核素意外泄漏，造成台面、地面辐射污染时，用吸水纸或抹布擦拭被污染物品表面，人员淋浴清洗，消除污染。

## 五、辐射事故的调查

（1）本单位发生辐射事故后，应立即成立事故调查组、善后处理组和恢复工作组。

（2）调查组要遵循实事求是的原则对事故的发生时间、地点、起因、过程和人员伤害情况及财产损失情况进行细致的调查分析，并认真做好调查记录，记录要妥善保管。

（3）配合建设单位辐射领导小组编写、上报事故报告书方面的工作，同时，协助卫生健康委员会、公安部门进行事故调查、处理等各方面的相关事宜。

## 六、培训与应急演练

（1）制定应急培训计划，每年对辐射工作人员、辐射领导小组成员定期开展辐射事故应急知识的教育和宣传。向辐射工作人员和应急小组成员解读、培训本预案，使单位人员熟悉应急职责、响应程序和处置措施，切实提高应急联动处置能力。

(2) 每年定期进行辐射事故应急演练，模拟放射科、介入科等辐射事故现场。对应急演练过程中发现的问题及时纠正，对演练效果进行总结和评价，演练计划、演练方案、演练脚本、演练评估和演练音像资料要及时归档备查。

该应急预案内容全面，从机构组成、应急程序、应急演练等方面进行了说明，适用于本项目。

## 10.5 职业健康检查

辐射工作人员上岗前，拟进行岗前职业健康检查，符合辐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，辐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辐射工作人员的健康档案。

## 10.6 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》第十二条规定：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日前按要求提交。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。

## 10.7 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”“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。

## 10.8 核安全文化建设

核安全文化是以“安全第一”为根本方针，以维护公众健康和环境安全为最终目标；

保障核安全是培育核安全文化的根本目的，而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施，是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。

核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其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核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，增强并保持核安全意识。公司拟建立辐射环境安全管理体系，设立核安全保障机构，明确了单位各层级人员的职责，将良好的核安全文化融汇于运营和管理的各个环节；持续开展核安全文化建设，让其发挥的作用更加有效，做到凡事有章可循，凡事有据可查，凡事有人负责，凡事有人检查。在日常工作中将核安全文化的建设贯彻于核技术利用活动中，不断识别单位内部核安全文化的弱项和问题并积极纠正与改进；落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。让核安全文化落实到每个从事核技术利用活动人员的工作过程中，确保核技术利用项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

- ①公司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工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

## 10.9 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。

## 表 11 结论与建议

### 11.1 结论

#### 11.1.1 项目概况

新疆九州通医药有限公司位于新疆乌鲁木齐高新区（新市区）曲扬街3088号中国（新疆）自由贸易试验区，拟利用公司在分拣中心综合楼负一层东北侧增加1个区域进行建设放射性药品仓库项目，项目用房包括放射性药品仓库、药品交接区、淋浴间、衰变池间和废物间等。拟建放射性药品仓库主要贮存<sup>125</sup>I（粒子源）、<sup>113</sup>Sn、<sup>89</sup>Sr、<sup>177</sup>Lu、<sup>131</sup>I、<sup>67</sup>Ga、<sup>110m</sup>Ag、<sup>223</sup>Ra、<sup>96</sup>Tc、<sup>95m</sup>Tc、<sup>188</sup>W（<sup>188</sup>Re）、<sup>90</sup>Y、<sup>59</sup>Fe、<sup>123</sup>I、<sup>14</sup>C、<sup>89</sup>Zr、<sup>7</sup>Be、<sup>90</sup>Sr共18种核素的放射性药物，不进行拆包和分装等工作。此外，公司仅从事销售的3种放射性药物为<sup>18</sup>F、<sup>68</sup>Ga、<sup>99m</sup>Tc，这些放射性药物直接从生产商送至使用单位，不进行贮存。项目总建占地面积约113.26m<sup>2</sup>，放射性药品仓库有效使用面积约74.36m<sup>2</sup>。根据核算，项目放射性核素贮存的日等效最大操作量约为 $2.49 \times 10^9$ Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

#### 11.1.2 选址合理性

本项目拟建放射性药品仓库位于新疆乌鲁木齐高新区曲扬街3088号在1号分拣中心综合楼负一层东北侧，土地使用规划为工业用地/其他/仓储/工业，本项目对原有建筑内部进行装修改造，不涉及新增用地。根据《乌鲁木齐市国土空间总体规划（2021-2035年）》，厂区占地范围位于城镇开发范围内，位于高新区（新市区）城镇重点管控单元，符合国土空间规划要求。本项目放射性药品仓库位于在分拣中心综合楼负一层东北侧，位置相对独立，周围无关人员相对较少，便于日常辐射安全管理。放射性药品仓库东侧为药品仓库，南侧为工作人员通道，西侧为放射性源通道，北侧为车辆运输坡道；无地下层，地上一层为药品库房。经分析，本项目放射性药品仓库工作场所周围辐射水平可满足国家相关要求，经有效的防护和治理措施，运行过程中对周围环境及环境保护目标的辐射影响较小。综合考虑，本项目选址基本合理可行。

#### 11.1.3 现状监测

本项目放射性药品仓库拟建场址周围室内 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率最大值为 $0.1327\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，室外 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率最大值为 $0.0723\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，均处于乌鲁木齐市环境天然放射性水平范围[室内 $0.0825\sim0.2061\mu\text{Sv}/\text{h}$ 、室外 $0.0706\sim0.1834\mu\text{Sv}/\text{h}$ ]。

放射性药品仓库附近土壤总 $\alpha$ 为 $102\sim168\text{Bq}/\text{kg}$ 、总 $\beta$ 为 $186\sim230\text{Bq}/\text{kg}$ ，本项目周围土壤中放射性水平处于本底水平范围内。

#### 11.1.4 环境影响评价结论

(1) 放射性药品仓库用房包括放射性药品库、药品交接区、淋浴间、废物间、衰变池间、仪器间、办公室，放射性药品存放在放射性药品库内，工作人员通过南侧仪器间和淋浴间进入放射性药品仓库，货物由西侧放射性源通道通过药品交接区进入放射性药品仓库。货物和工作人员进出口处拟设置双人双锁，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。放射性药品仓库总体平面布局基本合理。

(2) 本项目按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、参照《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)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。

(3) 场所分级。本项目放射性药品仓库场所日等效最大操作量为 $2.49 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所（乙级： $2 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）。

(4) 屏蔽设计：屏蔽计算校核表明，相关工作场所屏蔽墙体、室顶、防护门的设计厚度均能满足工作场所外考察点 $\gamma$ 空气吸收剂量率低于 $2.5 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 的剂量率目标控制值。

(5) 人员剂量。项目辐射工作人员、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（放射工作人员 $5 \text{ mSv}/\text{a}$ ，公众成员 $0.1 \text{ mSv}/\text{a}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)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很小，能为环境所接受。

(6) 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。公司拟在项目放射性药品仓库配置个人剂量报警仪、多功能检测仪器等，保证辐射工作人员、公众成员的安全。

(7) 项目事故状态时产生的放射性废气引至放射性药品仓库所在分拣中心综合楼楼顶排放，经活性炭吸附和大气扩散后对周围环境的影响较小。

(8) 项目事故状态时产生的放射性废水经衰变罐处理，衰变达到时间要求并符合排放标准后排入基地生化池处理，非放射性废水直接排入基地生化池处理。项目运行产生的废水得到有效处理，对环境的影响小。

(9) 项目产生的放射性废物拟按核素类别和日期分别收集在放射性废物衰变罐内，半衰期小于 24 小时，暂存时间超过 30 天后；半衰期大于 24 小时暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍后；含核素 $^{131}\text{I}$ 的暂存时间超过 180 天后；经检测合格后废活性炭、去污废物等

作为一般固废处理。废药瓶和废药品返回厂家。不能解控的长半衰期放射性废物交由有资质单位处置。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，做好记录，交有资质单位处理。项目各固体废物均能得到有效处理，对周围环境影响小。

### 11.1.5 辐射安全管理结论

(1) 建设单位已成立辐射安全与环境保护管理小组，拟修订并完善各项辐射安全管理制度。在建立健全并落实各项规章制度条件下，可以确保工作人员和公众成员的安全满足辐射安全管理要求。

(2) 本项目拟配置 7 名专职职业人员，拟组织参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台网上培训并考核。

(3) 建设单位拟配备表面污染检测仪1台，个人剂量报警仪2台，多功能检测仪1台。在已有的风险防范措施和相应的事故应急预案条件下，通过进一步完善安全措施，其环境风险是可控的。

综上所述，新疆九州通医药有限公司放射性药品仓库建设项目，在切实落实报告中提出的辐射管理、辐射防护等各项措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件的前提下，该项目对职业人员和公众成员是安全的，对周围环境产生的辐射影响较小，不会引起周围辐射水平的明显变化。因此，从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

## 11.2 承诺和建议

### 11.2.1 承诺

- (1) 结合工作实际情况对辐射安全管理制度进行不断修改和完善；
- (2) 按照环评中屏蔽设计方案建设放射性药品仓库；
- (3) 按照辐射事故应急方案和制度的要求，定期进行演习；
- (4) 本次环评批复后，及时申领辐射安全许可证；
- (5) 按照国家有关规定，及时自行组织建设项目建设竣工环境保护验收。

### 11.2.2 建议

(1) 辐射工作人员要求熟知防护知识，能合理地应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众和工作人员所受到的照射降到最低。

(2) 加强辐射防护工作档案管理，对辐射工作人员的辐射防护培训、个人剂量监测、职业健康检查和辐射防护检测等资料要分开保管并保存。

表 12 审批

下一级生态环境部门预审意见

公章

经办人：

年 月 日

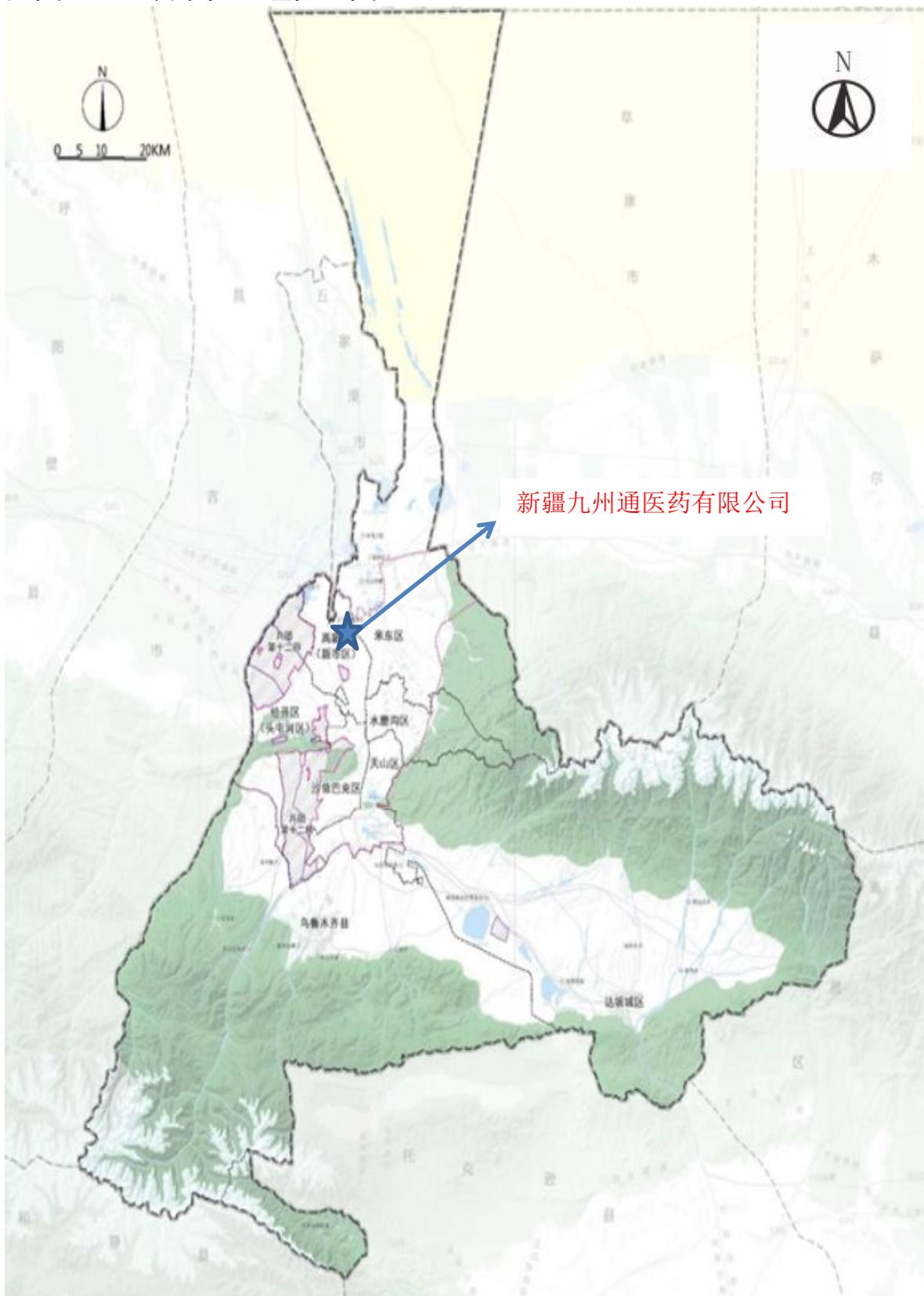
审批意见

公章

经办人：

年 月 日

附图 1 建设单位地理位置图



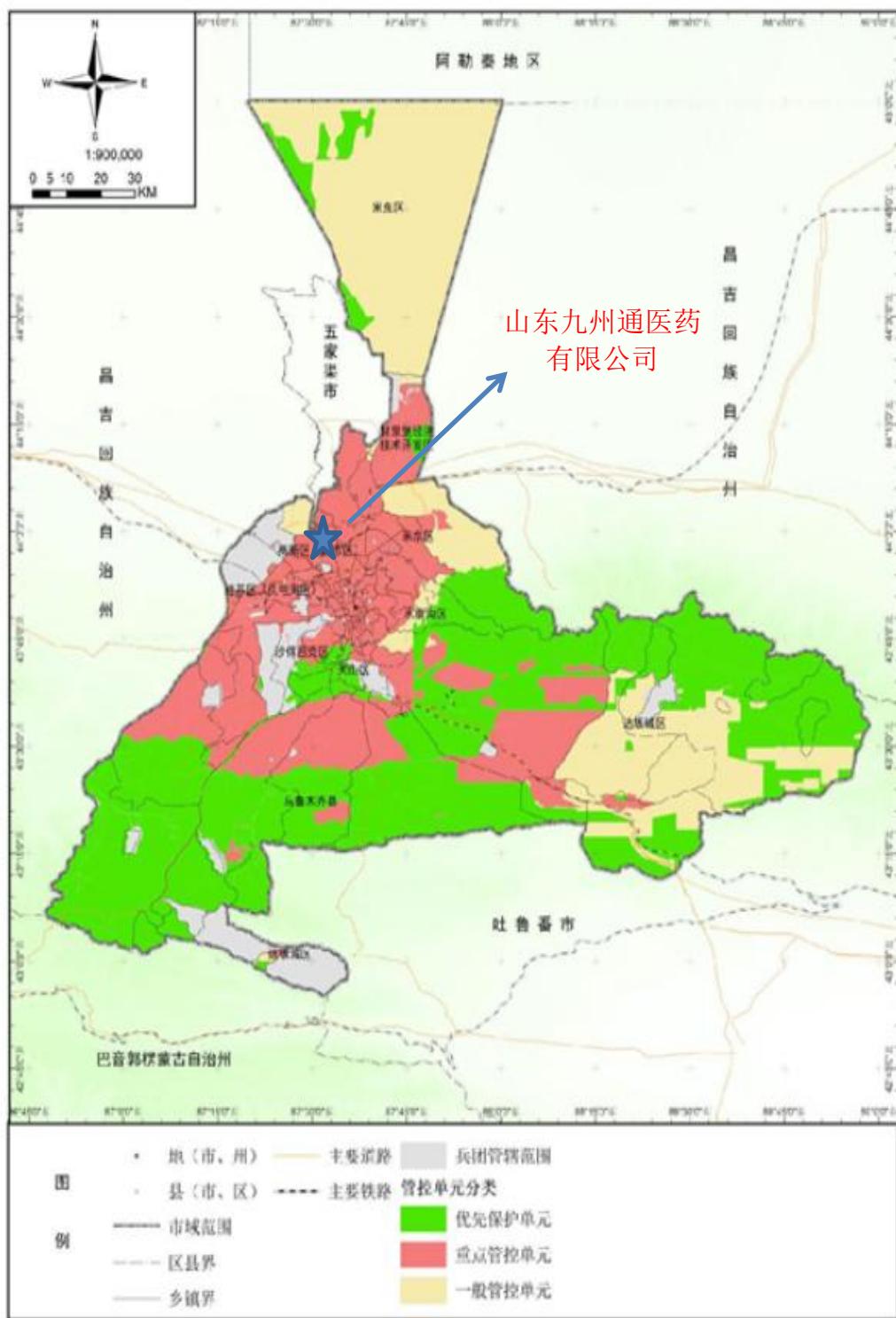
附图 2 乌鲁木齐市三区国土空间规划分区图



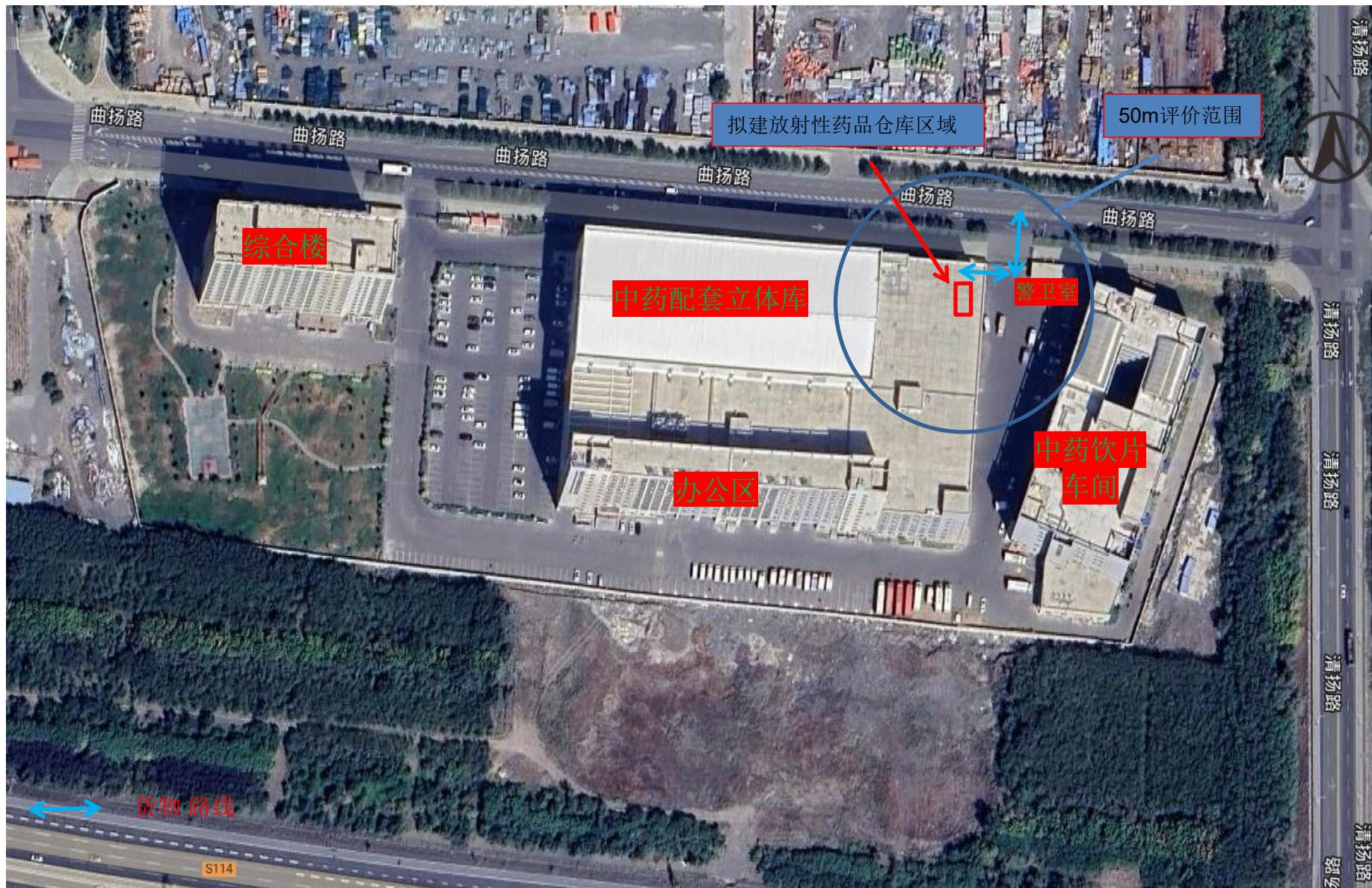
国土空间开发保护总体格局图

附图 3 乌鲁木齐环境管控单元分类图

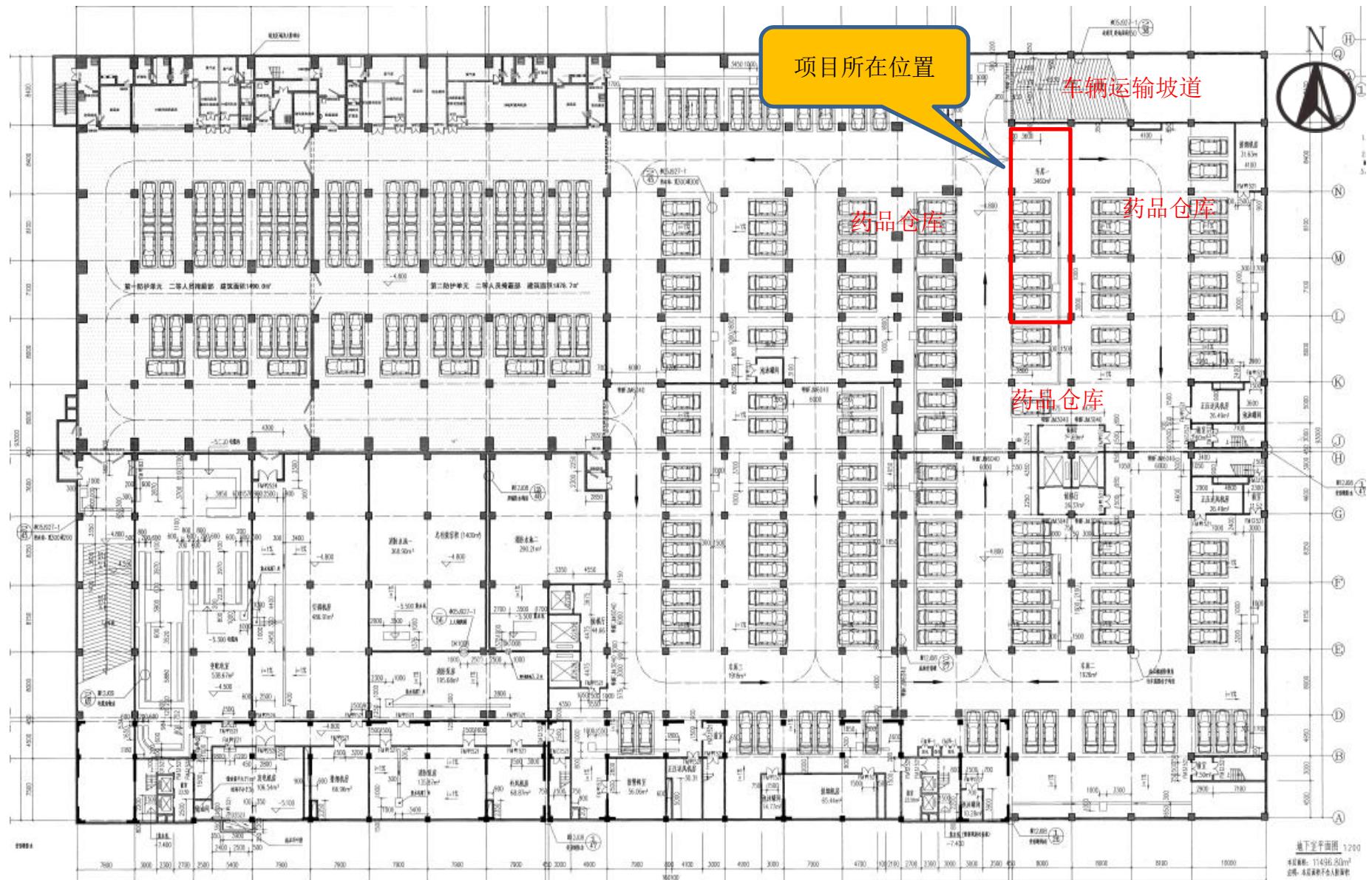
## 乌鲁木齐市环境管控单元分类图



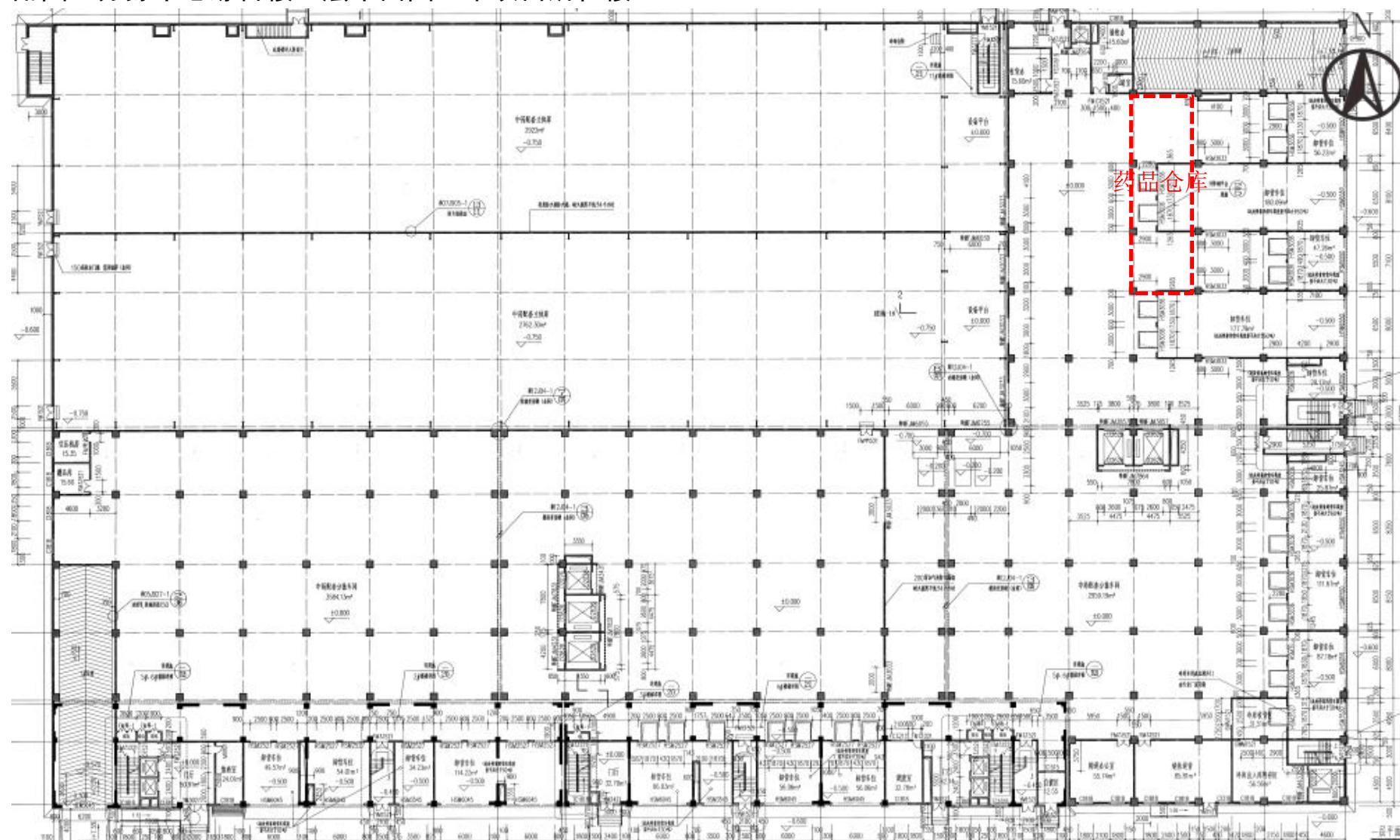
附图4 建设单位周围影像图及物流图 比例尺 1: 30m



附图5 分拣中心综合楼负一层平面图（本项目所在楼层）



附图6 分拣中心综合楼一层平面图（本项目所在楼上）



附图7 放射性药品仓库平面分区布置图及路线规划图 比例尺 1: 100

