核技术利用建设项目

国药控股广西有限公司
放射性药品暂存库建设项目
环境影响报告表

（公示本）

建设单位：国药控股广西有限公司

环评单位：广西南宁德星工程咨询有限公司

二〇二五年十一月

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">国药控股广西有限公司放射性药品暂存库建设项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">国药控股广西有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>彭敏</td><td>联系人</td><td>刘坤</td><td>联系电话</td><td>/</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">南宁市国凯大道东 18 号办公楼</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">广西壮族自治区南宁市江南区国凯大道东 18 号，国药控股广西有限公司，综合仓库一层东南侧</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">南宁经济技术开发区管理委员会</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>99.5</td><td>环保投资（万元）</td><td>50</td><td>投资比例</td><td>50%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>39.14m^2</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="4">□Ⅰ类 □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□Ⅰ类（医疗使用） □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="4">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☑销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="4">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td colspan="2">其他</td><td colspan="5">——</td></tr>
</table>

1.1 建设单位概况

国药控股广西有限公司（以下简称“国控广西、公司”）是国药控股股份有限公司在广西设立的省级平台公司，是国药集团一致药业股份有限公司的全资子公司。

国控广西是广西医药流通行业示范性经营企业、广西药品中转中心，通过 ISO 国际质量管理体系认证。公司以药品、医疗器械分销、零售和物流配送为核心，涵盖医药供应链全链条、全方位业务。2012 年，国药集团与广西壮族自治区人民政府签订了《战略合作框架协议》，为公司在医药产业升级和医药流通行业发展奠定了坚实的基础。国控广西先后在广西各地市

设立 14 家子公司、30+家专业零售药房，分销网络覆盖全区 14 个地级市，构建起城镇一体化药品供应保障体系。

公司于 2012 年在南宁投资建设广西首家具备高架立体库、获得第三方物流配送资质、“一库多仓”经营资质的现代医药物流中心。公司拥有专业化物流车队，具有先进的冷链运输配送能力及全程可视化跟踪查询体系，为全区分销网络提供安全、快捷的物流一体化服务。

1.2 项目由来和任务目的

为适应放射性药品市场的需求，保障广西壮族自治区放射性药品的稳定供应，国药控股广西有限公司拟开展放射性药品销售，并拟在广西壮族自治区南宁市江南区国凯大道东 18 号国药控股广西有限公司综合仓库一层东南侧建设放射性药品暂存库，临时贮存部分拟销售的放射性药品。

本项目建设内容包括建设 1 个放射性药品库房，涉及 ^{14}C、^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se、^{89}Sr、^{90}Sr、^{90}Y、^{111}In、^{113}Sn、^{123}I、^{125}I（粒子源）、^{125}I、^{131}I、^{133}Xe、^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl、^{223}Ra、^{225}Ac 等20 种核素的放射性药物，放射性货包日最大储存量为33 个。根据核算，项目放射性核素药物暂存库的日等效最大操作量约为 4.99E+08Bq。本项目建成后，企业属于使用乙级非密封放射性物质工作场所、销售非密封放射性物质。此外，公司仅从事销售的 2 种放射性药物为 ^{99m}Tc、^{18}F，这些放射性药物直接从生产商送至使用单位，不进行贮存。

建设单位销售放射性药品过程中，一批放射性货包到达南宁市后，需要根据购买方的要求调整发货时间以及运输车辆的情况时，由生产商运输人员申请将放射性核素货包暂存并运输到本项目放射性药品暂存库房，在库房做好入库登记台账并保存，根据购买单位用药需求，库房管理员从暂存库房提取货物并做好相应出库记录，国控广西委托有资质的第三方运输公司运输至用药单位。

本项目暂存库只涉及放射性核素货包的暂存，不涉及拆包、分装等工作。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》和《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行），本项目属于“五十五、核与辐射 172、核技术利用建设项目”中“乙级非密封放射性物质工作场所”类别，本项目应该编制环境影响报告表。

建设单位委托广西南宁德星工程咨询有限公司进行环境影响评价。广西南宁德星工程咨询有限公司接受委托后，组织了工程技术人员现场踏勘与调查，充分收集相关资料，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》（HJ10.1-2016）

的要求，编制完成了本项目环境影响报告表。

1.3 项目建设规模

国药控股广西有限公司拟在广西壮族自治区南宁市江南区国凯大道东 18 号国药控股广西有限公司综合仓库一层东南侧建设放射性药品暂存库，涉及临时贮存和销售 ^{14}C、^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se、^{89}Sr、^{90}Sr、^{90}Y、^{111}In、^{113}Sn、^{123}I、^{125}I（粒子源）、^{125}I、^{131}I、^{133}Xe、^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl、^{223}Ra、^{225}Ac 共 20 种核素的放射性药物。此外，公司仅从事销售的 2 种放射性药物为 ^{99m}Tc、^{18}F，这些放射性药物直接从生产商送至使用单位，不进行贮存。

放射性药品仓库每天贮存放射性核素货包数量不超过 33个，单种放射性核素货包数量最多不超过5 个，每年工作时间 250 天，每年贮存数量不超过 8250 个。

本项目销售和贮存放射性核素情况具体见表 1-1 ，销售和贮存放射性核素日等效最大操作量具体见表 1-2 ，仅销售放射性核素具体见表 1-3。

表 1-1　本项目销售和贮存放射性核素情况表

序号	核素名称	每个货包的核素最大活度（B q ）	每天最大存储货包数量	每天最大贮存量（Bq）	每年工作天数	每年最大贮存量（Bq）
1	^{14}C	1.47E+10	5	7.35E+10	250	1.84E+13
2	^{32}P	9.25E+08	1	9.25E+08	250	2.31E+11
3	^{51}Cr	9.25E+08	1	9.25E+08	250	2.31E+11
4	^{67}Ga	1.48E+08	1	1.48E+08	250	3.70E+10
5	^{75}Se	1.48E+09	1	1.48E+09	250	3.70E+11
6	^{89}Sr	3.70E+10	2	7.40E+10	250	1.85E+13
7	^{90}Sr	8.00E+04	2	1.60E+05	250	4.00E+07
8	^{90}Y	3.70E+10	3	1.11E+11	250	2.78E+13
9	^{111}In	3.70E+08	1	3.70E+08	250	9.25E+10
10	^{113}Sn	1.85E+09	1	1.85E+09	250	4.63E+11
11	^{123}I	1.85E+09	1	1.85E+09	250	4.63E+11
12	^{125}I（粒子源）	1.48E+10	3	4.44E+10	250	1.11E+13
13	^{125}I	1.85E+08	2	3.70E+08	250	9.25E+10
14	^{131}I	7.40E+10	3	2.22E+11	250	5.55E+13
15	^{133}Xe	7.40E+08	1	7.40E+08	250	1.85E+11
16	^{153}Sm	7.40E+09	1	7.40E+09	250	1.85E+12
17	^{177}Lu	2.96E+10	1	2.96E+10	250	7.40E+12
18	^{201}Tl	3.70E+08	1	3.70E+08	250	9.25E+10
19	^{223}Ra	7.40E+06	1	7.40E+06	250	1.85E+09
20	^{225}Ac	3.70E+08	1	3.70E+08	250	9.25E+10
合计			33	5.71E+11	/	1.43E+14

表 1-2　本次环评销售和贮存放射性核素日等效最大操作量情况表

序号	核素名称	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	贮存方式与地点
1	^{14}C	7.35E+10	7.35E+06	1.84E+13	南宁市江南区国凯大道东18号国药控股广西有限公司综合仓库一层东南侧放射性药品暂存库
2	^{32}P	9.25E+08	9.25E+05	2.31E+11	
3	^{51}Cr	9.25E+08	9.25E+04	2.31E+11	
4	^{67}Ga	1.48E+08	1.48E+05	3.70E+10	
5	^{75}Se	1.48E+09	1.48E+06	3.70E+11	
6	^{89}Sr	7.40E+10	7.40E+07	1.85E+13	
7	^{90}Sr	1.60E+05	1.60E+03	4.00E+07	
8	^{90}Y	1.11E+11	1.11E+08	2.78E+13	
9	^{111}In	3.70E+08	3.70E+05	9.25E+10	
10	^{113}Sn	1.85E+09	1.85E+06	4.63E+11	
11	^{123}I	1.85E+09	1.85E+05	4.63E+11	
12	^{125}I（粒子源）	4.44E+10	4.44E+06	1.11E+13	
13	^{125}I	3.70E+08	3.70E+05	9.25E+10	
14	^{131}I	2.22E+11	2.22E+08	5.55E+13	
15	^{133}Xe	7.40E+08	7.40E+04	1.85E+11	
16	^{153}Sm	7.40E+09	7.40E+06	1.85E+12	
17	^{177}Lu	2.96E+10	2.96E+07	7.40E+12	
18	^{201}Tl	3.70E+08	3.70E+04	9.25E+10	
19	^{223}Ra	7.40E+06	7.40E+05	1.85E+09	
20	^{225}Ac	3.70E+08	3.70E+07	9.25E+10	
合计		5.71E+11	4.99E+08	1.43E+14	

本项目暂存库日等效最大操作量为 4.99E+08Bq，大于 2.00E+07Bq，小于 4.00E+09Bq，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），本项目属于乙级非密封放射性物质工作场所。

表 1-3　本次环评仅销售放射性核素一览表

序号	核素名称	每个货包的核素最大活度（Bq）	每天最大销售货包数量	实际日最大销售量（Bq）	年最大销售量（Bq）	备注
1	^{99m}Tc	1.48E+08	1	1.48E+08	3.70E+10	仅销售，不进行贮存
2	^{18}F	1.55E+08	1	1.55E+08	3.88E+10	

1.4 区域环境及环境保护目标

1.4.1 项目周围环境概况

（1）本项目与外部建筑物环境关系

本项目位于南宁市江南区国凯大道东 18 号国药控股广西有限公司现有的综合仓库 1 层东南侧，综合仓库主体 1F，局部 2F 层，无地下层。项目拟建放射性药品仓库区域原作为收发货办公室，经过重新规划建设，将作为公司放射性药品仓库。

综合仓库北侧为厂区道路、恒大城居民区、恒大沃尔顿国际幼儿园，东侧为广西和桂集团有限公司 8 号仓库、厂区道路，南侧为厂内停车场、厂区仓储中心，西侧为厂区道路、国凯一支路。

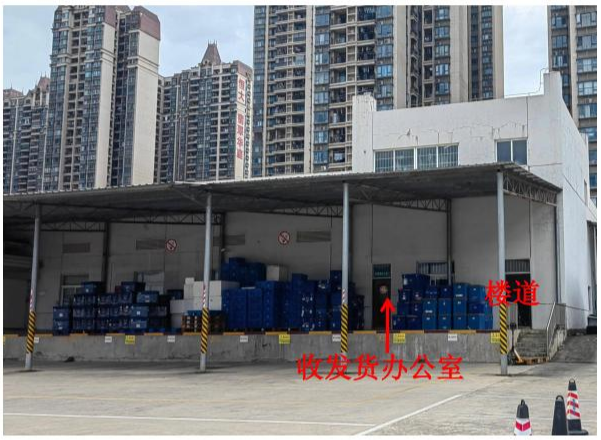
以项目场所建筑实体屏蔽物为边界 50m 范围内，拟建项目距东侧广西和桂集团有限公司 8 号仓库约 27m，距南侧厂区仓储中心约 48m；距北侧恒大城居民区约 43m。本项目外部环境关系及评价范围图见图 1-1。项目周围环境现状详见图 1-2。

（2）项目所在楼层四至环境关系

本项目的放射性药品仓库位于综合仓库 1F 的东南侧，东侧为楼道、室外通道，南侧为卸货平台，西侧为常规药品发货区，西北侧为库区二，北侧为卫生间、职工之家活动室，拟建暂存库顶上层为杂物间、走廊，下方为覆土层无建筑。

本项目区域平面布置情况见图 1-3，本项目顶上层平面布置见图 1-4。本项目立面布置见图 1-5、图 1-6。

图 1-1　项目总平面布置及评价范围图

	
拟建暂存库区域（现状收发货办公室）	拟建废物存储间（清洁间）
	
项目所在综合仓库	项目所在楼层东侧楼道
	
项目所在楼层西侧常规药品发货区	项目所在楼层北侧卫生间

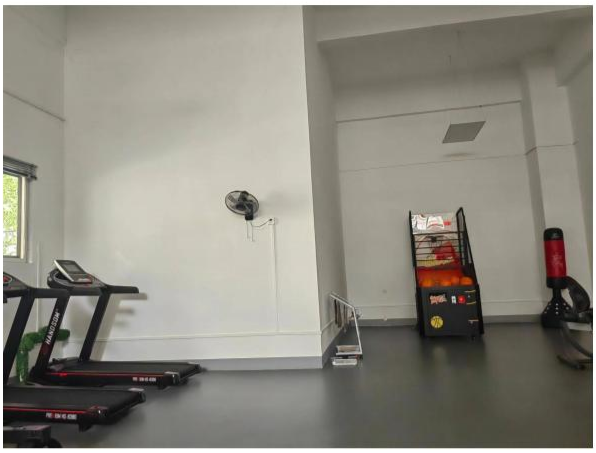
	
项目所在楼层北侧职工之家活动室	拟建暂存库顶上层杂物间
	
项目东侧建筑广西和桂集团有限公司 8 号仓库	项目南侧仓储中心及停车场
	
项目北侧居民区	

图 1-2　项目周围环境现状图

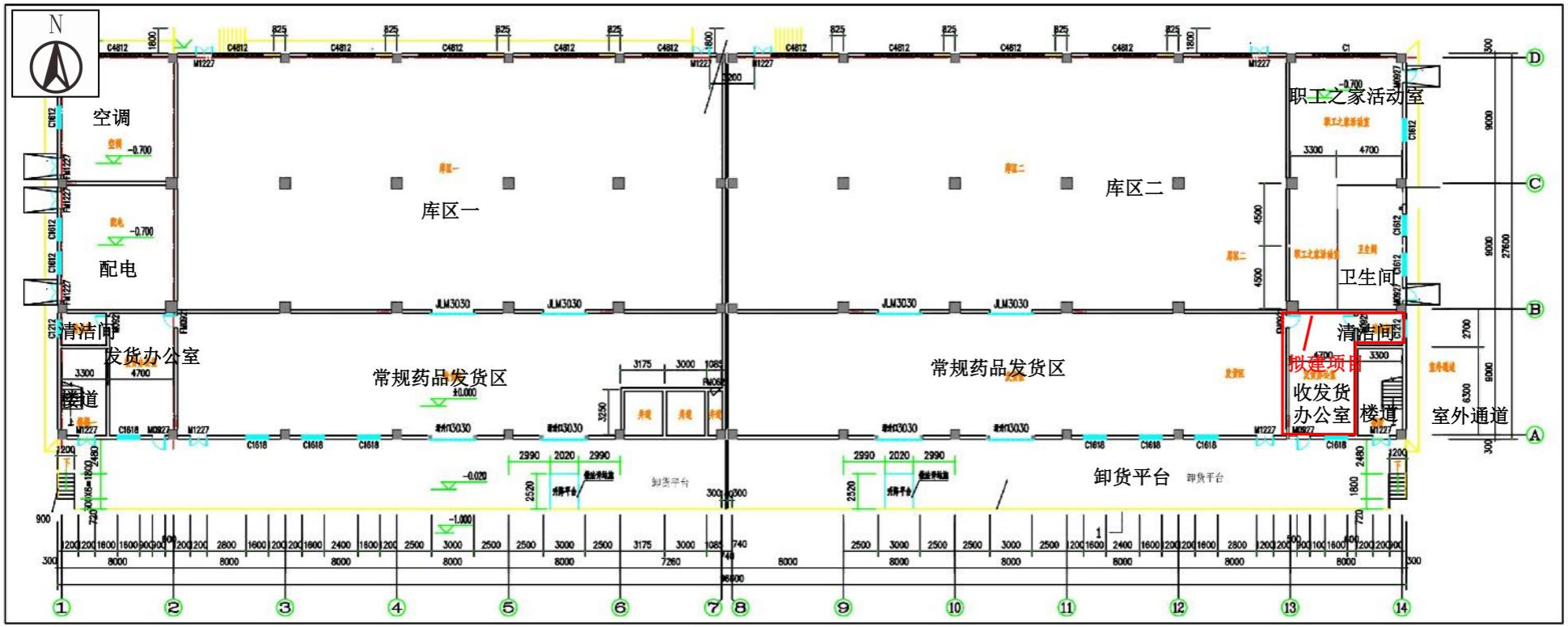


图 1-3　拟建项目所在综合仓库一层总平面布置图

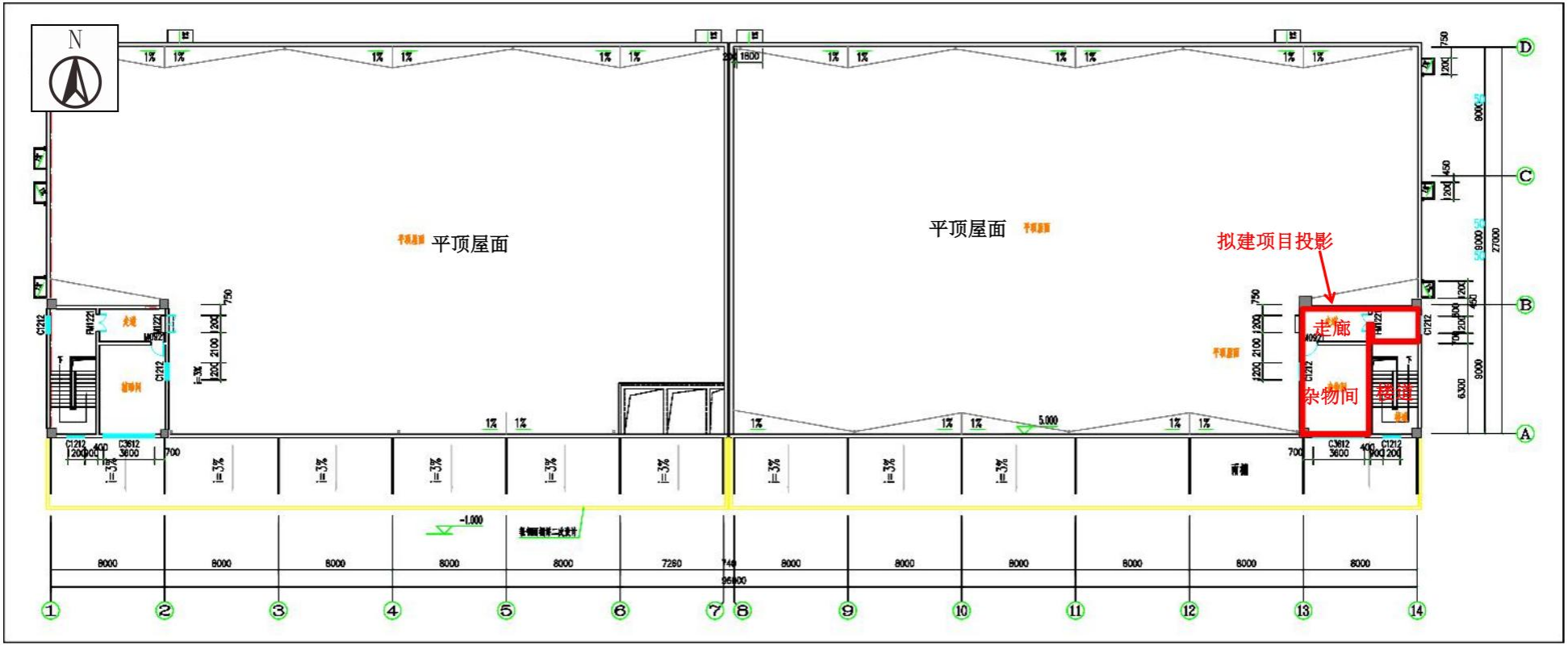


图 1-4　项目所在综合仓库顶上层总平面布置图

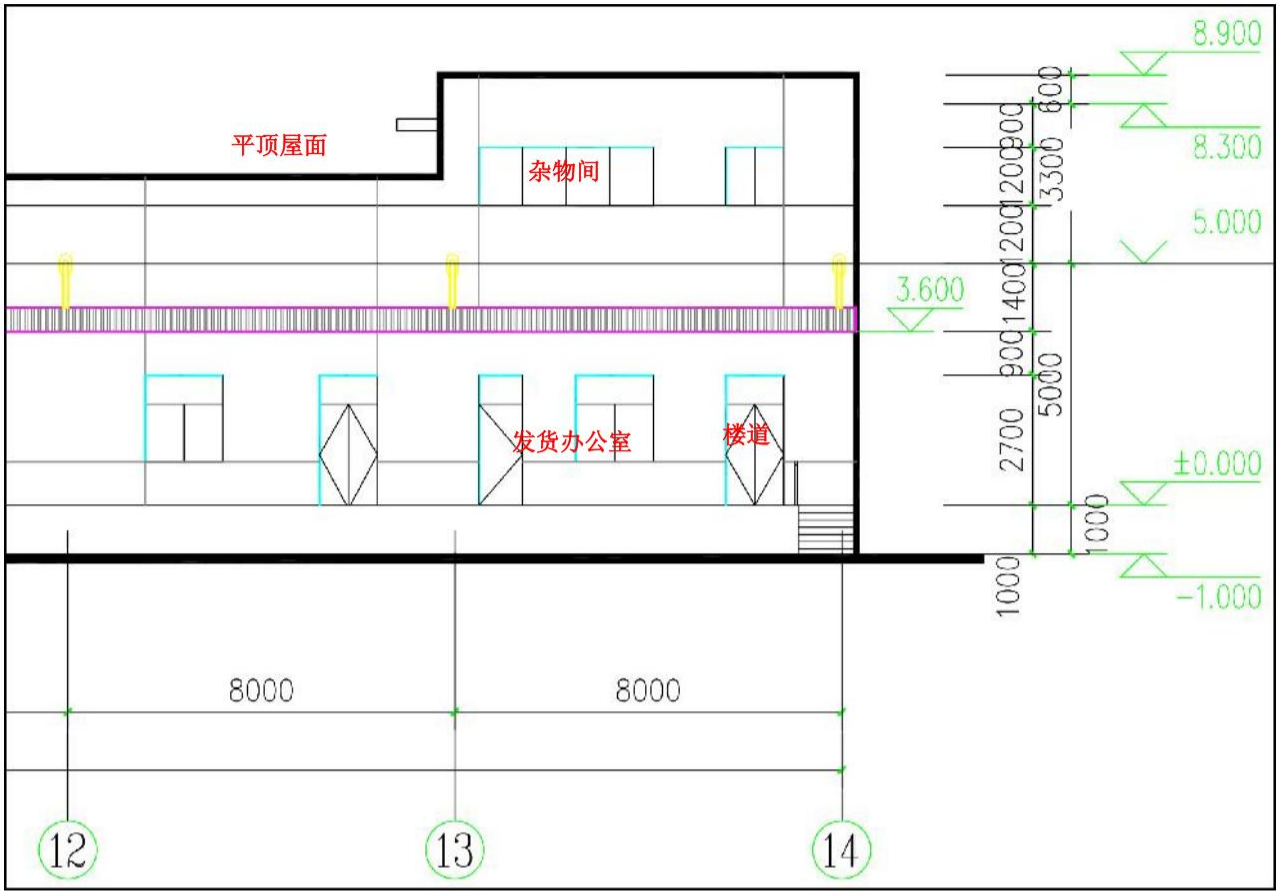


图 1-5　项目所在综合仓库立面布置图（局部）

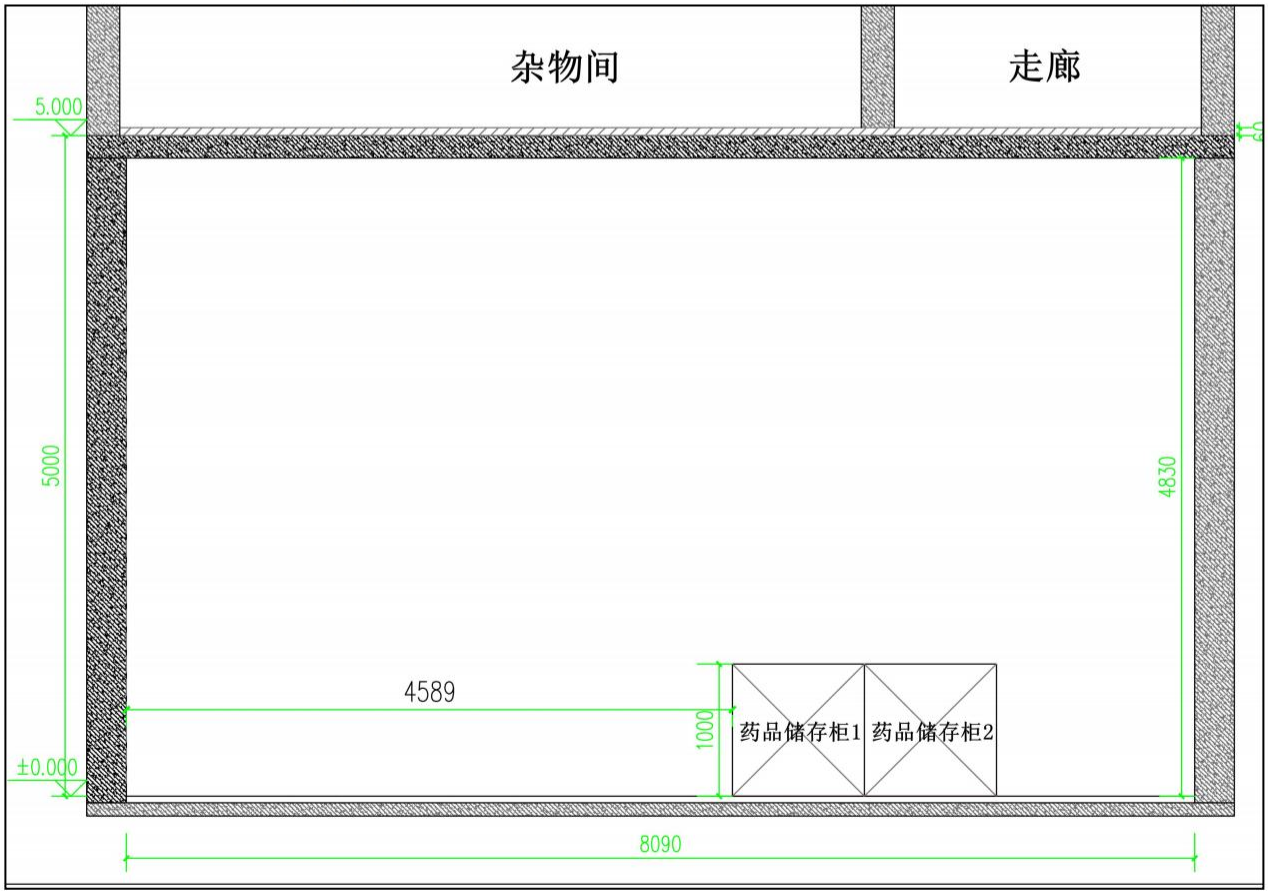


图 1-6　项目所在综合仓库立面剖面图

1.4.3 项目周围环境保护目标及选址合理性

本项目评价范围为拟建放射性药品仓库建筑实体屏蔽物边界外 50m 范围。项目 50m 评价范围内的环境保护目标主要为厂内建筑综合仓库、仓储中心，广西和桂集团有限公司 8 号仓库，项目北侧的恒大城居民区及厂内外道路，以上场所内包括辐射工作人员及其他流动人员。

本项目主要为放射性药品贮存项目（不进行放射性药品分装），本项目的放射性药品仓库位于建筑底层，属于相对独立区域，与周围建筑有一定距离。本项目放射性药品仓库设置防护门及防护墙体，在场所周围设置电离辐射警告标志，有相应的物理隔离和单独的物流通道，同时将项目用房实施分区管理，无关人员不得进入控制区。项目位于厂区内部，辐射工作场所紧邻区域无人员密集区域，也无人员流动性大的商业活动区域。项目运行过程中产生的电离辐射，在有良好的实体屏蔽和防护措施情况下，通过建筑物屏蔽和距离的衰减，对周围环境产生的辐射剂量率能满足相关标准要求，对工作人员和公众所致的年有效剂量能满足相关标准要求。

因此，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址合理。

1.4.4 产业政策的符合性分析

本项目主要进行放射性药物临时贮存，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类，属于允许类。因此，本项目符合国家产业政策。

1.4.5 实践的正当性分析

本项目拟建设 1 处放射性药品暂存库，用于临时暂存销售的放射性药物货包，在采取了相应的辐射防护措施后，可提高放射性药物销售项目的辐射安全性。同时本项目的建设可以更好地满足广西放射性药物的市场需求，有效减少放射性药品的运输时间，对保障人民群众身体健康、拯救生命起到十分重要的作用。

本项目的建设具有显著的经济效益及社会效益，项目产生的辐射影响满足相关规范要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的辐射防护“实践正当性”的要求。

1.5 现有核技术利用工程概况及辐射安全管理现状

经建设单位核实，建设单位以往未使用过放射性同位素及射线装置，建设单位以往未从事过任何核技术应用类项目活动，本次项目为首次申请辐射安全许可证开展的环境影响评价。

表 2　放射源

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

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（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	^{14}C	固态，中毒	使用（贮存）、销售	7.35E+10	7.35E+06	1.84E+13	贮存	源的贮存	仅在放射性药品暂存库暂存，不涉及分装及注射	以货包形式暂存于放射性药物暂存库。
2	^{32}P	液态，中毒		9.25E+08	9.25E+05	2.31E+11	贮存	源的贮存		
3	^{51}Cr	液态，低毒		9.25E+08	9.25E+04	2.31E+11	贮存	源的贮存		
4	^{67}Ga	液态，中毒		1.48E+08	1.48E+05	3.70E+10	贮存	源的贮存		
5	^{75}Se	液态，中毒		1.48E+09	1.48E+06	3.70E+11	贮存	源的贮存		
6	^{89}Sr	液态，中毒		7.40E+10	7.40E+07	1.85E+13	贮存	源的贮存		
7	^{90}Sr	液态，高毒		1.60E+05	1.60E+03	4.00E+07	贮存	源的贮存		
8	^{90}Y	液态，中毒		1.11E+11	1.11E+08	2.78E+13	贮存	源的贮存		
9	^{111}In	液态，中毒		3.70E+08	3.70E+05	9.25E+10	贮存	源的贮存		
10	^{113}Sn	液态，中毒		1.85E+09	1.85E+06	4.63E+11	贮存	源的贮存		
11	^{123}I	液态，低毒		1.85E+09	1.85E+05	4.63E+11	贮存	源的贮存		
12	^{125}I（粒子源）	固态，中毒		4.44E+10	4.44E+06	1.11E+13	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
13	^{125}I	液态，中毒	使用（贮存）、销售	3.70E+08	3.70E+05	9.25E+10	贮存	源的贮存	仅在放射性药品暂存库暂存，不涉及分装及注射	以货包形式暂存于放射性药物暂存库。
14	^{131}I	液态，中毒		2.22E+11	2.22E+08	5.55E+13	贮存	源的贮存		
15	^{133}Xe	液态，低毒		7.40E+08	7.40E+04	1.85E+11	贮存	源的贮存		
16	^{153}Sm	液态，中毒		7.40E+09	7.40E+06	1.85E+12	贮存	源的贮存		
17	^{177}Lu	液态，中毒		2.96E+10	2.96E+07	7.40E+12	贮存	源的贮存		
18	^{201}Tl	液态，低毒		3.70E+08	3.70E+04	9.25E+10	贮存	源的贮存		
19	^{223}Ra	液态，极毒		7.40E+06	7.40E+05	1.85E+09	贮存	源的贮存		
20	^{225}Ac	液态，极毒		3.70E+08	3.70E+07	9.25E+10	贮存	源的贮存		
21	^{99m}Tc	液态，低毒	销售	1.48E+08	/	3.70E+10	销售	/	/	/
22	^{18}F	液态，低毒		1.55E+08	/	3.88E+10	销售	/	/	/

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	加速粒籽	最大能量	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

（三）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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5　废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废气（臭氧及氮氧化物）	气态	/	/	极少量	极少量	/	不暂存	放射性药品仓库设置有排风系统，通过管道抽到楼顶排放，排气口高于屋顶，配抽拉式活性炭吸附后排放，且设置有防止回流功能。

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
放射性固体废物	固态	^{14}C、^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se、^{89}Sr、^{90}Sr、^{90}Y、^{111}In、^{113}Sn、^{123}I、^{125}I（粒子源）、^{125}I、^{131}I、^{133}Xe、^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl、^{223}Ra、^{225}Ac	/	/	/	/	废物存储间	含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天，其他含半衰期大于 24 小时的核素放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍，所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，对废物清洁解控并作为一般固体废物处理。

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m^3；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg，或 Bq/m^3）和活度（Bq）。

表 6　评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，2014 年修订，2015 年 1 月 1 日起施行）； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修正，根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正）； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 6 月 28 日公布，2003 年 10 月 1 日起施行）； （4）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）； （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 日起施行）； （6）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令），2024 年 2 月 1 日起施行； （7）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号公布，国务院令第 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日实施）； （8）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日生态环境部部令第 20 号）第四次修订，于 2021 年 1 月 4 日起施行； （9）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部 部令第 18 号），2011 年 5 月 1 日起施行； （10）《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令第 562 号，2009 年 9 月 14 日公布，2010 年 1 月 1 日起施行） （11）《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告，公告 2017 年第 65 号，2017 年 11 月 30 日起实施）； （12）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部 2019 年 第 57 号公告）； （13）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部 公告 2021 年第 9 号）； （14）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（环境保护部 国环规环评〔2017〕4 号）。

技术标准	（1）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目　环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； （2）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （4）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； （5）《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； （6）《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）； （7）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； （8）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （9）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （10）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019，2020 年 4 月 1 日起实施）。
其他	（1）项目委托书，见附件 1； （2）项目备案证明，见附件 2； （3）现状监测报告，见附件 3； （4）辐射安全与环境保护管理委员会，见附件 5； （5）放射性药品应急处理预案，见附件 6； （6）《辐射防护手册（第一分册）、（第三分册）》（李德平、潘自强等编著，原子能出版社，1990 年）； （7）《简明放射性同位素应用手册》（卢玉楷主编，上海科学普及出版社，2004 年）； （8）《辐射安全手册》（潘自强主编，北京科学出版社，2024 年第六次印刷）； （9）建设单位提供的有关其他材料。

表 7　保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件内容的内容和格式》（HJ10.1-2016）中的规定：“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，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围”。

本项目涉及乙级非密封放射性物质工作场所。根据本项目特点，将本项目拟建放射性药品仓库屏蔽体外 50m 的区域作为评价范围，评价范围示意图见图 7-1。

图 7-1　项目评价范围示意图

7.2 保护目标

由项目总平面布置及现场调查可知，本项目主要环境保护目标为本项目辐射工作人员、各场所周边偶尔路过或停留的其他非辐射工作人员以及评价范围内的公众。本项目的环境保护目标见表 7-1。

表 7-1　环境保护目标一览表

环境保护对象		位置描述	规模	年剂量管理约束值要求
职业人员	本项目辐射工作人员	放射性药品仓库	5 人	连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）20mSv；本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理约束值）。
公众人员	项目所在建筑本项目以外的工作人员	同一栋楼	约 25 人	年有效剂量，1mSv；本项目取其十分之一即 0.1mSv 作为管理约束值。
	仓储中心	南侧约 48m	约 130 人	
	广西和桂集团有限公司 8号仓库	东侧约 27m	约 40 人	
	恒大城居民区	北侧约 43m	人群	
	评价范围内公司其他工作人员及公司外的路过公众人员	仓库屏蔽墙 50m 评价范围内	流动人员	

7.3 评价标准

一、年有效剂量限值和剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B 中第 B1 款：

相关条款	具体内容
B1.1 职业照射	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
B1.2 公众照射	B1.2.1 实践使公众中有关关键人群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，1mSv

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 11.4.3.2 款，制定本项目剂量约束值：按防护与安全的最优化要求，结合本项目实际情况，**取职业照射年平均有效剂量的四分之一作为职业工作人员的年有效剂量约束值，即不超过 5mSv；取公众照射年有效剂量的十分之一作为公众成员的年有效剂量约束值，即不超过 0.1mSv**。

二、工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 规定的非密封源工作场所的分级，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 7-2　本项目非密封源工作场所的分级要求

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

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表 7-3 和表 7-4。

表 7-3　放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 7-4　操作方式与放射源状态修正因子

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

三、工作场所辐射剂量率控制水平

1.工作场所

参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求：

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

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

从保守考虑，本项目暂存库屏蔽体表面外 30cm 处最高剂量率参考控制水平统一为不超过 2.5μSv/h。

2.放射性货包

按《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定：

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

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

1）车辆采取实体防护措施防止未经批准的人员在常规运输条件下接近托运货物；

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

3）运输期间，无任何装载或卸载作业。

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

c）按特殊安排方式使用船舶或航空运输的货包或集合包装。

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

5.4 表面污染水平限值

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

a）对β和γ发射体以及低毒性α发射体为 4Bq/cm^2；

b）对所有其他α发射体为 0.4 Bq/cm^2。

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

8.5.1 货包、集合包装和货物集装箱应按照下表中规定的条件 并按下述要求划分为 I 级（白）、II 级（黄）或 III 级（黄）。

表 7-5　货包、集合包装和货物集装箱的分级

条件		分级
运输指数（TI）	外表面上任一点的最高辐射水平 H（mSv/h）	
0[a]	H≤0.005	I 级（白）
0<TI≤1[a]	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）[b]

a 若测得的 TI 值不大于 0.05，此数值可取为零。
b 除集合包装外，需按独家使用方式运输。

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

四、工作场所的放射性表面沾污控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B 中第 B2 款：工作人员体表、内衣、工作服以及工作场所的放射性表面污染控制水平见表 7-6。

表 7-6 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（Bq/cm²）		β放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4	4×10	4×10
	监督区	4×10^{-1}	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	4×10^{-1}	4	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-2}	4×10^{-1}	4×10^{-1}

五、放射性三废排放要求

（一）放射性固体废物管理要求

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

①固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于 0.08Bq/cm²、β表面污染小于 0.8Bq/cm² 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

a）所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

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

c）含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

②不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，

并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，表面污染水平对β和γ发射体以及低毒性α发射体应小于 4Bq/cm^2、其他α发射体应小于 0.4Bq/cm^2。

（二）气态放射性废物管理要求

参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求：

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

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

表 8　环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于南宁市江南区国凯大道东 18 号，项目放射性药品仓库位于国药控股广西有限公司，综合仓库一层东南侧。公司总平面布置、项目所在楼层及四至布置情况详见图 1-1~图 1-6。

8.2　辐射环境现状监测

1、辐射环境现状监测目的

为调查本项目所在区域及周围环境辐射水平现状，对本项目所在区域及周围环境进行环境γ辐射剂量率水平监测。

2、监测因子及频次

监测频次：监测一次，2025 年 10 月 9 日。

监测因子：γ辐射空气吸收剂量率；

3、监测点位

参考《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）有关布点原则，结合项目周围场址、评价范围内保护目标，根据现场条件，本次共布点 18 个，监测布点详见图 8.1。

4、监测仪器与监测规范

辐射监测仪器的参数与监测所依据的规范见表 8-1。

表 8-1　辐射监测仪器参数与规范

监测项目	γ辐射空气吸收剂量率
仪器名称	多功能辐射监测仪
仪器型号	SCK-200+SCK-2002
仪器编号	21002+21001
生产厂家	上海钴景环境科技有限公司
能量响应	20keV～7MeV
量程	1nGy/h～100μGy/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院
证书编号及有效期	2024H21-20-5681057001-01（检定单位：上海市计量测试技术研究院），有效日期：2024 年 12 月 26 日～2025 年 12 月 25 日。
监测规范	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

6、质量保证措施

①监测人员经考核合格并持有合格证书上岗

②监测前制定监测方案，合理布设监测点位，选择监测点位时充分考虑使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

③监测所用仪器经国家法定计量检定部门检定合格，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

④经常参加上级技术部门及同类单位组织的仪器比对；通过仪器的期间核查或绘制质量控制图等质控手段保证仪器设备的正常运行；

⑤监测实行全过程的质量控制，严格按照监测单位《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定实行；

⑥包括异常数据在内的所有监测结果按统计学要求进行处理；

⑦建立完整的现状监测资料档案，资料内容包括仪器的校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序及结果等，以备复查；

⑧监测报告严格按相关技术规范编制，报告编制人须为持监测上岗合格证人员、监测报告经审核，最后授权签字人签发，报告审核与签发人不能为同一人。

7、监测结果

监测单位于 2025 年 10 月 9 日对该项目开展现状监测，监测结果见下表下图。

表 8-2　本项目周围γ辐射空气吸收剂量率监测结果

监测点	测量位置	γ辐射空气吸收剂量率（nGy/h）		备注
		平均值	标准差	
1#	拟建项目区（现收发货办公室）		1.0	室内
2#	拟建项目区（现清洁间）		1.0	室内
3#	拟建项目区南侧卸货平台		1.4	室外
4#	拟建项目区东侧楼道		1.9	室内
5#	拟建项目区东侧室外通道		1.1	室外
6#	拟建项目区北侧卫生间		1.7	室内
7#	拟建项目区北侧职工之间活动室		1.6	室内
8#	拟建项目区西侧库区二		1.9	室内
9#	拟建项目区西侧常规药品发货区		1.9	室内
10#	拟建项目区顶上层走廊		1.3	室内

11#	拟建项目区顶上层杂物间		0.9	室内
12#	拟建项目区顶上层平顶屋面		0.9	室外
13#	停车场		1.5	室外
14#	仓储中心		1.8	室内
15#	广西和桂集团有限公司 8 号仓库		1.0	室内
16#	空地		1.0	室外
17#	恒大城居民区		1.8	室内
18#	国凯一支路		1.5	室外
室内测量范围		30~56	/	/
室外测量范围		19~24	/	/
注：监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值。				

8、辐射环境现状结果评价

由表 8-2 的监测结果可知，项目建设场址室内辐射剂量率监测结果值范围为 30~56nGy/h 之间（已扣除宇宙射线响应值），室外辐射剂量率监测结果值为 19~24nGy/h（已扣除宇宙射线响应值），根据《广西壮族自治区环境天然贯穿辐射水平调查研究》（《辐射防护》杂志第 12 卷第 5 期，1992 年 9 月，杨名生等著）可知，广西室内γ辐射剂量率范围在 11.0～304.3nGy/h（已扣除宇宙射线响应值），原野γ辐射剂量率在 10.7~238.7nGy/h 范围内（已扣除宇宙射线响应值），本项目建设场址各监测点位γ辐射剂量率在其相应范围内，表明该场所室内和室外辐射环境质量状况未见异常。

表 9　项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 项目整体情况

国药控股广西有限公司拟开展放射性药品销售，并拟在国药控股广西有限公司综合仓库一层东南侧建设放射性药品仓库，临时贮存部分拟销售的放射性药品。贮存和销售 ^{14}C、^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se、^{89}Sr、^{90}Sr、^{90}Y、^{111}In、^{113}Sn、^{123}I、^{125}I（粒子源）、^{125}I、^{131}I、^{133}Xe、^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl、^{223}Ra、^{225}Ac 共 20 种核素的放射性药物。此外，公司仅从事销售的 2 种放射性药物为 ^{99m}Tc、^{18}F，这些放射性药物从生产商直接送至使用单位，不进行贮存。用药单位提前向公司提出订药申请，公司审核其相关资质满足要求的前提下，根据用药单位不同的需求向放射性药品生产商订购放射性药品。

放射性药品仓库每天贮存放射性核素货包数量不超过 33 个，单种放射性核素货包数量最多不超过 5 个，每年工作时间 250 天，每年贮存数量不超过 8250 个。项目拟配置 5 名辐射工作人员，其中 1 名暂存库负责人、4 名暂存库工作人员。暂存库工作人员共2 组，每组 1 名验收人员和保管员，一年工作 250 日，每日 8 小时，企业根据后期实际运行情况适当增加辐射工作人员。

放射性核素种类及相关参数见表 9-1，销售和贮存放射性核素货包情况详见表 9-2，仅销售放射性核素货包情况详见表 9-3。

表 9-1　本项目涉及放射性核素种类及相关参数情况

序号	核素名称	状态	半衰期	毒性	衰变类型	主要射线与能量（keV）
1	^{14}C	固态	5730a	中毒	β^-	β^-：156.467（100%）
2	^{32}P	液态	14.26d	中毒	β^-	β^-：1710.3（100%）
3	^{51}Cr	液态	27.7d	低毒	EC	γ：320.083（9.87%）
4	^{67}Ga	液态	3.26d	中毒	EC	γ：93.311（39.2%）、184.577（21.2%）、300.219（16.8%）
5	^{75}Se	液态	120d	中毒	EC	γ：136（58.3%）、264.657（58.9%）
6	^{89}Sr	液态	50.53d	中毒	β^-	β^-：1495.1（99.99%）
7	^{90}Sr	液态	28.79a	高毒	β^-	β^-：546.0（100%）
8	^{90}Y	液态	2.67d	中毒	β^-	β^-：2280.1（99.98%）
9	^{111}In	液态	2.80d	中毒	EC	γ：171.28(90.66%)、245.4(94.09%)
10	^{113}Sn	液态	115.09d	中毒	EC	γ：391.698(64.97%)
11	^{123}I	液态	13.2h	低毒	EC	γ：158.97（83.3%）
12	^{125}I（粒子源）	固态	59.4d	中毒	EC	γ：27.472（74.5%）
13	^{125}I	液态	59.4d	中毒	EC	γ：27.472（74.5%）

14	^{131}I	液态	8.02d	中毒	β^-	β^-：606.3（89.9%） γ：364.489（81.7%）
15	^{133}Xe	液态	5.24d	低毒	β^-	β^-：346.4（99%） γ：80.997（38%）
16	^{153}Sm	液态	46.5h	中毒	β^-	β^-：705.0（49.6%） γ：103.18（29.8%）
17	^{177}Lu	液态	6.73d	中毒	β^-	β^-：497.8（78.6%） γ：208.36（11%）
18	^{201}Tl	液态	72.91h	低毒	EC	γ：167.43（10%）
19	^{223}Ra	液态	11.44d	极毒	α	α：5716.23（52.6%） γ：269.459（13.7%）
20	^{225}Ac	液态	10d	极毒	α	α：5830（50.7%） γ：10.6（9.3%）
21	^{99m}Tc	液态	6.02h	低毒	β^-、IT	γ：140.51（88.5%）
22	^{18}F	液态	109.8min	低毒	β^+、EC	γ：511（193.46%）

注：1）衰变方式栏中 EC 表示轨道电子俘获；IT 表示同质异能跃迁；β^+表示β正衰变，β^-表示β负衰变。2）数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《辐射安全手册》、《简明放射性同位素应用手册》。

表 9-2　本项目销售和贮存放射性核素情况表

序号	核素名称	每个货包的核素最大活度（B q ）	每天最大存储货包数量	每天最大贮存量（Bq）	每年工作天数	每年最大贮存量（Bq）
1	^{14}C	1.47E+10	5	7.35E+10	250	1.84E+13
2	^{32}P	9.25E+08	1	9.25E+08	250	2.31E+11
3	^{51}Cr	9.25E+08	1	9.25E+08	250	2.31E+11
4	^{67}Ga	1.48E+08	1	1.48E+08	250	3.70E+10
5	^{75}Se	1.48E+09	1	1.48E+09	250	3.70E+11
6	^{89}Sr	3.70E+10	2	7.40E+10	250	1.85E+13
7	^{90}Sr	8.00E+04	2	1.60E+05	250	4.00E+07
8	^{90}Y	3.70E+10	3	1.11E+11	250	2.78E+13
9	^{111}In	3.70E+08	1	3.70E+08	250	9.25E+10
10	^{113}Sn	1.85E+09	1	1.85E+09	250	4.63E+11
11	^{123}I	1.85E+09	1	1.85E+09	250	4.63E+11
12	^{125}I（粒子源）	1.48E+10	3	4.44E+10	250	1.11E+13
13	^{125}I	1.85E+08	2	3.70E+08	250	9.25E+10
14	^{131}I	7.40E+10	3	2.22E+11	250	5.55E+13
15	^{133}Xe	7.40E+08	1	7.40E+08	250	1.85E+11
16	^{153}Sm	7.40E+09	1	7.40E+09	250	1.85E+12
17	^{177}Lu	2.96E+10	1	2.96E+10	250	7.40E+12
18	^{201}Tl	3.70E+08	1	3.70E+08	250	9.25E+10
19	^{223}Ra	7.40E+06	1	7.40E+06	250	1.85E+09
20	^{225}Ac	3.70E+08	1	3.70E+08	250	9.25E+10
合计			33	5.71E+11	/	1.43E+14

表 9-3　本次环评仅销售放射性核素一览表

序号	核素名称	每个货包的核素最大活度（Bq）	每天最大销售货包数量	实际日最大销售量(Bq)	年最大销售量（Bq）	备注
1	^{99m}Tc	1.48E+08	1	1.48E+08	3.70E+10	仅销售，不进行贮存
2	^{18}F	1.55E+08	1	1.55E+08	3.88E+10	

本项目医用放射性药物以货包形式包装及运送，整体包装一般分为四层：

（1）最内层是内容器，用以盛装放射性药物，并保证使其不漏。不同的放射性药物有不同的内容器，如果是液态，一般使用玻璃安瓿瓶或有金属封口的小玻璃瓶或磨口瓶，如果是固态，通常使用橡皮塞的小玻璃瓶或磨口瓶。

（2）第二层为内层辅助包装，是内容器的衬垫物，起防震作用，以免内容器与外容器互相碰撞。如果是液体药物，当内容器发生破裂时，它可以吸收液体，使其不致渗透外流。常用的衬垫材料包括纸、棉絮、海绵、泡沫塑料等。

（3）第三层为外容器，即主要屏蔽容器，用以屏蔽射线和保护内容器，以满足运输方式对表面剂量的要求，确保人员的安全。不同类型射线的放射性药物，其外容器的材料也不相同。

①β射线放射性药物，一般是用几毫米厚的塑料或金属铝制成，一般称这种外容器为塑料罐和铝罐，因为塑料或金属铝只要有几毫米厚就足以屏蔽β射线，对于高能β射线放射性核素屏蔽容器屏蔽结构，一般由两层屏蔽材料，第一层（内层）用低原子序数的材料（如铝、有机玻璃等）吸收β射线，第二层（外层）用高原子序数的材料（如铁、铅等）屏蔽韧致辐射产生的 X 射线或其他γ射线，即在轻材料的后面加上足够厚度的重材料。

②γ射线的放射性药物，一般是用厚度不等的铅、铁或铅铁组合制成的铅罐、铁罐或铅铁组合罐等。

（4）第四层为外包装，货包外包装有木箱、纸箱、铁桶等形式，缓冲材料均为发泡聚苯乙烯。

9.1.2 放射性药品销售流程

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

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

在订立放射性药品采购合同后，采购的放射性药品将按照使用方要求选择是否在暂存

库暂存，①无需暂存情况下，由生产厂家直接配送至使用方；②需暂存情况下，由国控广西公司在约定时间委托第三方单位运输至使用方。暂存库暂存量最多为 33 个货包，货包在暂存库内的暂存时间将根据放射性药物半衰期及客户需求而定，一般贮存时间不超过 1 天。

9.1.3 放射性药品仓库工作流程及产污环节

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

（1）放射性核素货包入库流程：

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

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

②运输人员负责将放射性货包由厂外运送至本项目放射性药品仓库收货区处。

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

④放射性药品仓库验收人员将放射性核素货包从验收区转移至储存柜内，完成入库，放射性药品仓库保管人员、验收人员和运输人员退出仓库，保管人员关闭仓库防护门。放射性药品仓库保管人员、验收人员和运输人员到工作室分别按照要求填写《放射性核素货包登记台账》。货包入库工艺流程及产污环节详见图 9-1。

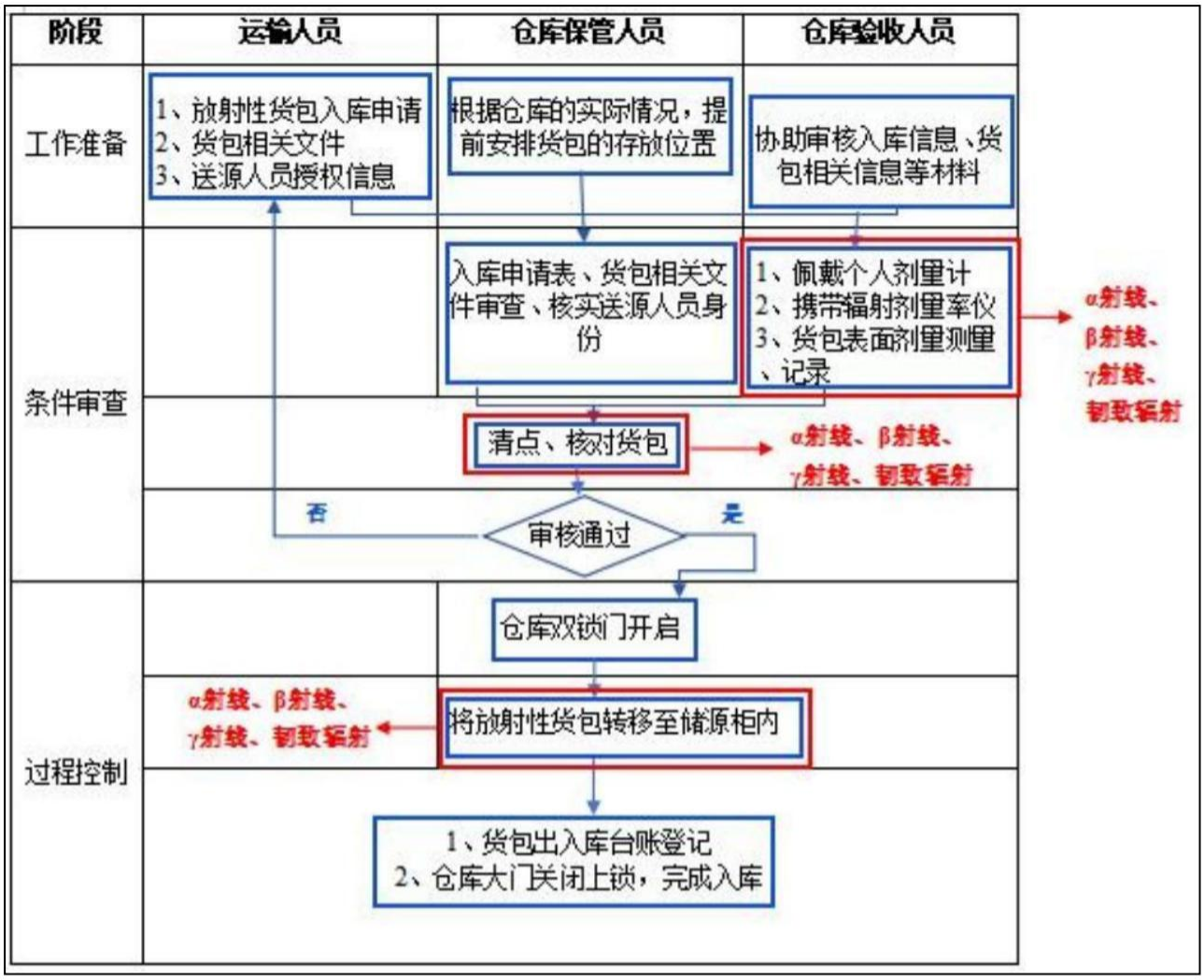


图 9-1 放射性核素货包入库工作流程及产污环节

（2）放射性核素货包出库流程：

①国药控股广西有限公司放射性药品销售人员与使用方确定时间后，安排运输人员和时间，提前填写货包出库申请，交由国药控股广西有限公司审核。

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

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

④仓库保管人员打开仓库防护门，仓库保管人员、验收人员和运输人员至仓库内发货区领取货包，验收人员确认其取源情况，取出后在发货区仓库验收人员使用本单位检测仪器对设备表面进行剂量率监测（β和γ发射体及低毒性α发射体不超过 4Bq/cm^2，其他α发射体不超过 0.4Bq/cm^2，货包表面辐射剂量率不超过 2mSv/h），确认放射性货包是否完好无损、辐射水平是否在正常范围内。

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

⑥放射性核素货包出库后，仓库保管人员关闭仓库防护门，运输人员按照申请表核准时间，将货包按时运出仓库，并妥善保管。货包出库工艺流程及产污环节详见图 9-2。

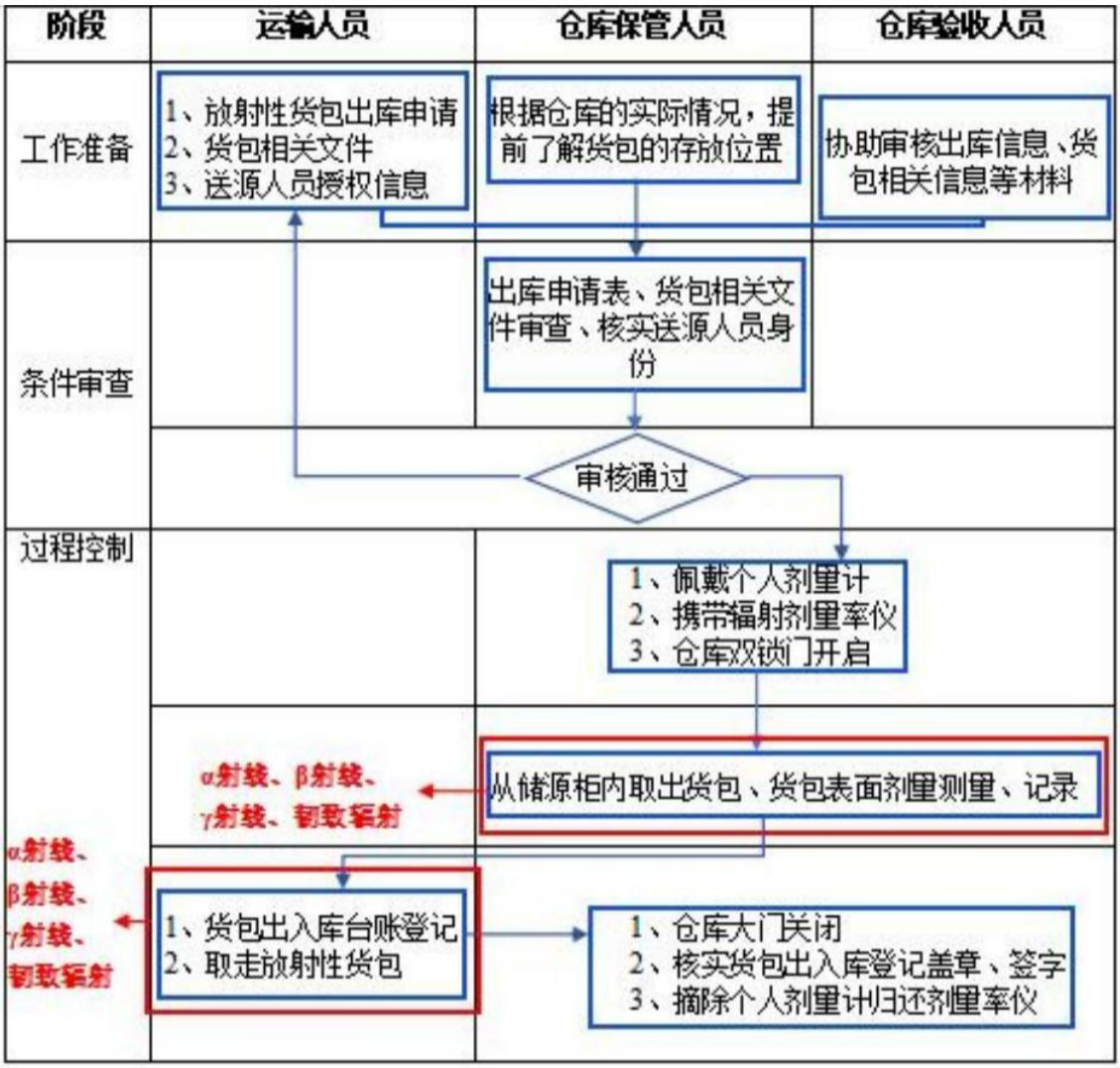


图 9-2 放射性核素货包出库工作流程及产污环节

9.1.4 工作负荷

根据建设单位提供的资料，暂存库每年工作时间 250 天，暂存库内每批次货包的暂存时间将根据放射性药物半衰期及客户需求而定，一般贮存时间不超过 1 天，暂存库每天运行时间保守按 24 小时，年运行时间不超过 6000 小时。放射性药品暂存库每天贮存放射性核素货包数量不超过 33 个，每年贮存数量不超过 8250 个。

本项目拟配置 1 名暂存库负责人以及 4 名暂存库工作人员，暂存库工作人员共 2 组，每组 1 名验收员和保管员，一年工作 250 日，每日 8 小时。

9.1.5 物流人流情况说明

1）人员路径规划

验收人员和保管员经厂区道路至卸货平台，由卸货平台进入暂存库接收区，货包在接收区检验合格并登记完成后，暂存库管理人员将货包转移至储存柜上，工作完成后原路返回，工作人员离开本项目暂存库时，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

放射性货包从厂区大门经厂区内部通道后到达本项目卸货平台处，货包经卸货平台进入暂存库接收区。在接收区内，本项目辐射工作人员对放射性货包的表面剂量水平及表面污染水平进行监测，对货包种类、货包级别、药物活度等进行核对，确认无误且监测合格后方可放置在库房储存柜指定位置，在该过程中做好台账记录。

货包原路出库，在出库过程中也需要监测合格并确认无误后方可出库。

②放射性废物及问题药品

库房内设置废物储存间，用于收集暂存退货及召回的放射性药品，退货及召回的放射性药品原则上送回药品厂家处理，不能送回厂家处理的短半衰期放射性药物衰变达到豁免标准，并经检测合格后运出，作为一般医疗废物处理，长半衰期放射性药物暂存后交由有资质单位处理。企业应加强对货包的交接检查，不合格的货包应拒绝接收。

废物储存间内设置固废池，同时建设单位购置若干放射性废物铅桶。发生放射性药物撒泼事故后产生的去污废物（废应急去污用品）以及更换的含放射性的废活性炭收集打包、并做好标识后放置在铅桶中或固废池内暂存衰变。短半衰期放射性废物衰变达到相应时间并监测合格后经登记室运出，再作为一般医疗废物处理，长半衰期放射性废物暂存后交由有资质单位处理。

本项目人流、物流、废物路线如图 9-3 所示。综上所述，人流、放射性药品和放射性废物路线设置合理可行。

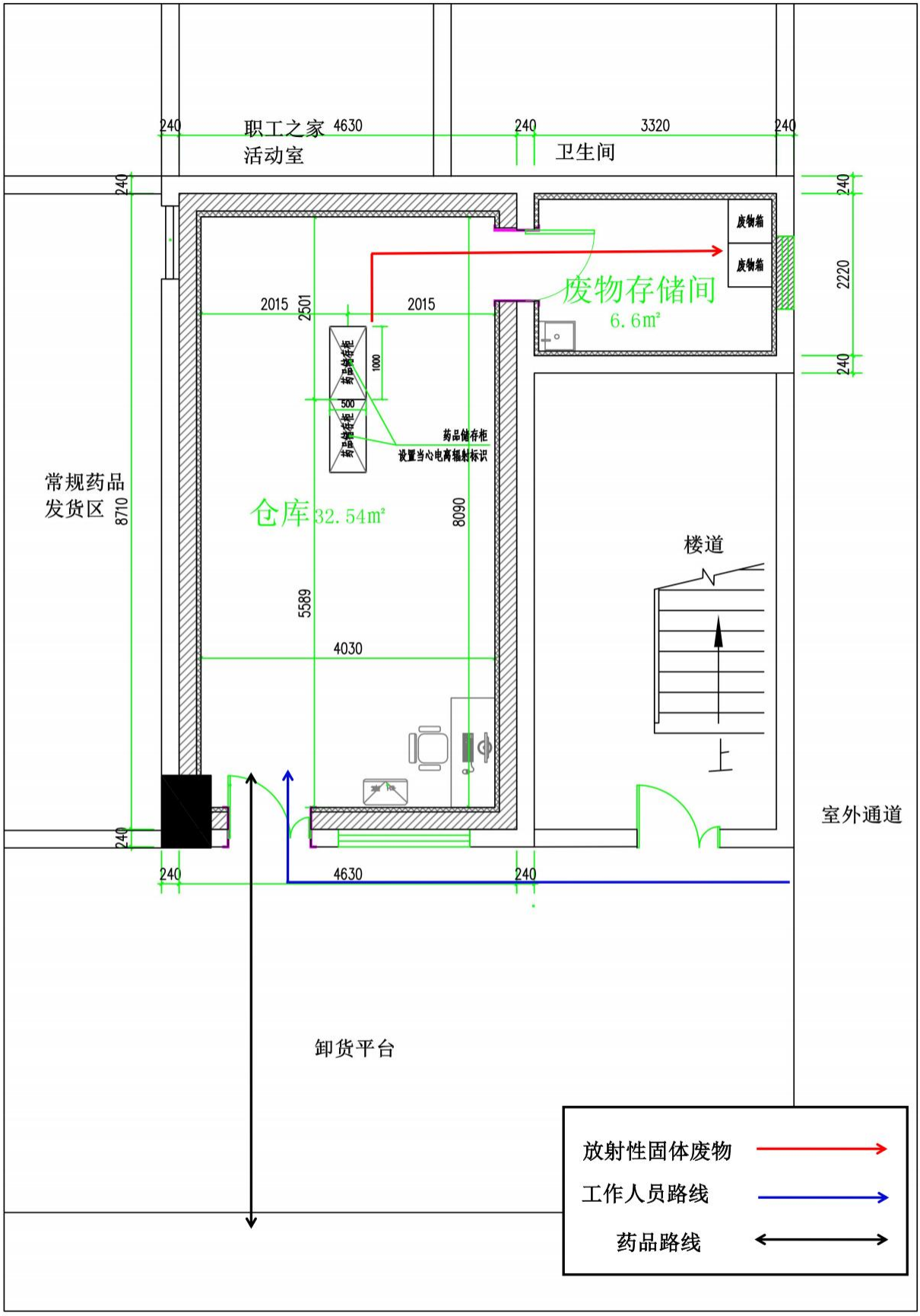


图 9-3　项目人流、物流路径示意图

9.2 污染源项

9.2.1 正常工况

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

（1）电离辐射

1）α射线

本项目贮存 ^{223}Ra、^{225}Ac 过程中会产生α射线，α射线的主要能量在 5.716~5.830MeV 之间，α射线在空气中、人体组织中的射程均很短，货包的外包装可以完全屏蔽，使α射线不能释放到环境中。因此，本项目评价不考虑α射线外照射影响。

2）β射线

本项目贮存 ^{14}C、^{32}P、^{89}Sr、^{90}Sr、^{90}Y、^{131}I、^{133}Xe、^{153}Sm、^{177}Lu 过程中会产生β射线，其β射线能量主要在 0.156MeV~2.2801MeV 之间，货包的外包装可以完全屏蔽，使β射线不能释放到环境中。因此，本项目评价不考虑β射线的影响。

3）γ射线

本项目贮存 ^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se、^{89}Sr、^{111}In、^{113}Sn、^{123}I、^{125}I、^{125}I（粒子源）、^{131}I、^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl、^{223}Ra、^{225}Ac 过程中会产生γ射线，其γ射线能量在 0.001MeV~0.391MeV 之间，γ射线穿透能力较强，有可能对环境产生辐射影响。因此，本项目评价时将考虑γ射线的影响。

4）轫致辐射

本项目贮存放射性核素 ^{14}C、^{32}P、^{89}Sr、^{90}Sr、^{90}Y、^{131}I、^{133}Xe、^{153}Sm、^{177}Lu 过程中会产生的β粒子穿过周围物质时将产生轫致辐射，即为 X 射线。本项目放射性药物出厂时均装在标准玻璃瓶（低原子序数的材料）中，能有效减小轫致辐射，且药物贮存过程中均放置于铅罐（高原子序数的材料）中，通过双层材料屏蔽作用下，此时轫致辐射所带来的影响较小。因此，本项目放射性核素重点考虑γ射线影响。

5）β表面污染

正常工况下不会造成β放射性表面污染。

6）α表面污染

正常工况下不会造成α放射性表面污染。

（2）废气

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

（3）废水

本项目正常工况下不产生放射性废水。

（4）固体废物

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

9.2.2 事故工况的污染源项

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

（1）电离辐射

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

事故工况下放射性核素货包发生泄漏撒泼时，不可避免地会引起墙壁、地面等的放射性沾污，造成α放射性表面污染、β放射性表面污染，其中 ^{223}Ra、^{225}Ac 放射性核素会造成α放射性表面污染，其余的放射性核素会造成β放射性表面污染。

（2）废气

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

（3）废水

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

本项目发生撒泼事故时，最多 2 名工作人员进行清洗，洗手水按 50L/人·次考虑；控制区污染地面需用吸水纸等清理干净，并检测合格后再拖地，不会产生拖地放射性废水。因此事故时用水量为 0.1m^3/次，排水系数取 0.9，放射性废水排放量约为 0.09m^3/次。放射性废水从产生处通过管道进入衰变池内处理。

衰变池有效容积约为 1.05m^3。衰变池所在位置拟按照重点防渗区建设，处理设施池壁内部刷防渗砂浆，项目放射性废水管道则采用耐腐蚀的特种管道。放射性废水衰变池设计为混凝土结构，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。

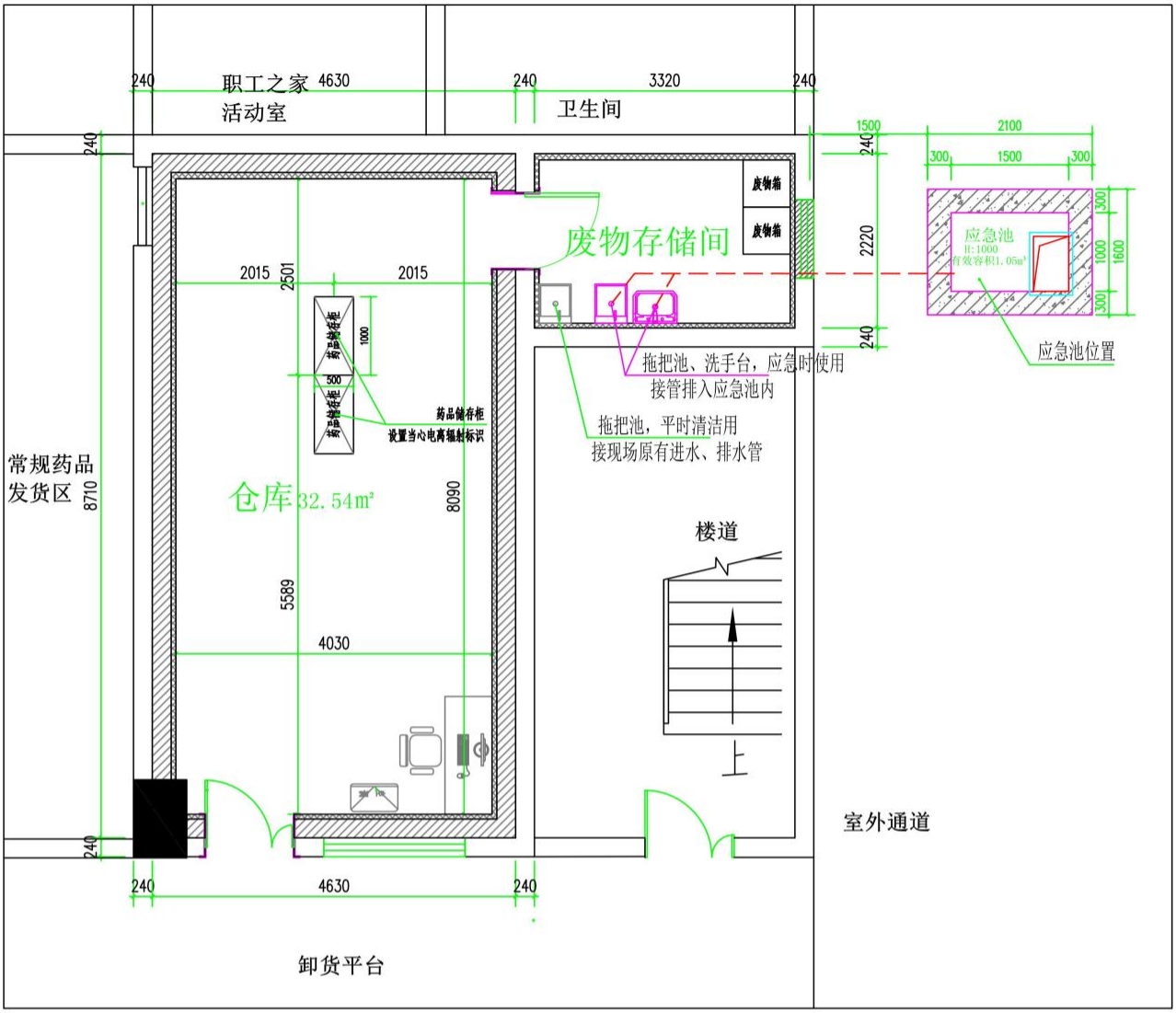


图 9-4　项目废水及管线图

（4）固体废物

本项目事故工况下处理过程中使用过的吸水纸、纱布、药棉、纸巾等均视为放射性废物。

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

表 10　辐射安全与防护

10.1 项目工作场所布局

项目拟建放射性核素货包暂存库位于国药控股广西有限公司综合仓库一层东南侧一端位置，放射性药物货包在暂存库库房内储存柜暂存，同时设置 1 间废物存储间用于暂存不合格放射性药品及事故工况下产生的放射性固废。

暂存库东侧为楼道、室外通道，南侧为卸货平台，西侧为常规药品发货区，西北侧为库区二，北侧为卫生间、职工之家活动室。综合仓库一层库房总高 5.0m，拟建暂存库高 5.0 米，暂存库顶上层为杂物间、走廊和楼道，下方为覆土层无建筑。

暂存库区域严格划分控制区，在出入口设置门禁系统，场所设置实体墙、防护门隔离，避免了对相邻区域人员造成污染。暂存库拟配备固定式γ剂量率在线监测系统和监控摄像头，可实时监测暂存库内的γ辐射剂量率水平和内部情况。

本项目工作场所独立布置，设置有门禁限制、警告标识、固定式γ剂量率在线监测系统和视频监控、防入侵报警系统等措施，能够有效控制无关人员随意进入暂存库，监控暂存库内的情况，避免公众、工作人员受到不必要的辐射影响。

从辐射防护角度而言，放射性药物暂存库平面布置合理。

10.2 工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法，可以计算出各核素的日等效最大操作量。日等效最大操作量的计算公式如下：

$$日等效操作量=\frac{实际日操作量\times毒性组别修正因子}{操作方式的修正因子}$$

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的规定，非密封放射性物质工作场所的分级见表 10-1。

表 10-1 本项目非密封源工作场所的分级要求

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

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　放射性药品仓库辐射工作场所日等效最大操作量计算

序号	核素名称	理化性质	毒性分组	日实际最大操作量（Bq）	毒性因子	操作因子	日等效最大操作量（Bq）
1	^{14}C	固态	中毒	7.35E+10	0.1	1000	7.35E+06
2	^{32}P	液态	中毒	9.25E+08	0.1	100	9.25E+05
3	^{51}Cr	液态	低毒	9.25E+08	0.01	100	9.25E+04
4	^{67}Ga	液态	中毒	1.48E+08	0.1	100	1.48E+05
5	^{75}Se	液态	中毒	1.48E+09	0.1	100	1.48E+06
6	^{89}Sr	液态	中毒	7.40E+10	0.1	100	7.40E+07
7	^{90}Sr	液态	高毒	1.60E+05	1.0	100	1.60E+03
8	^{90}Y	液态	中毒	1.11E+11	0.1	100	1.11E+08
9	^{111}In	液态	中毒	3.70E+08	0.1	100	3.70E+05
10	^{113}Sn	液态	中毒	1.85E+09	0.1	100	1.85E+06
11	^{123}I	液体	低毒	1.85E+09	0.01	100	1.85E+05
12	^{125}I（粒子源）	固态	中毒	4.44E+10	0.1	1000	4.44E+06
13	^{125}I	液态	中毒	3.70E+08	0.1	100	3.70E+05
14	^{131}I	液态	中毒	2.22E+11	0.1	100	2.22E+08
15	^{133}Xe	液态	低毒	7.40E+08	0.01	100	7.40E+04
16	^{153}Sm	液态	中毒	7.40E+09	0.1	100	7.40E+06
17	^{177}Lu	液态	中毒	2.96E+10	0.1	100	2.96E+07
18	^{201}Tl	液态	低毒	3.70E+08	0.01	100	3.70E+04
19	^{223}Ra	液态	极毒	7.40E+06	10	100	7.40E+05
20	^{225}Ac	液态	极毒	3.70E+08	10	100	3.70E+07
合计		/	/	/	/	/	4.99E+08

由上表可知，本项目放射性药品仓库的日等效最大操作量为 4.99E+08Bq，大于 2.00E+07Bq，小于 4.00E+09Bq，本项目属于乙级非密封放射性物质工作场所。

10.3 工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射工作场所可分为控制区、监督区。控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

结合定义与现场实际，本项目对控制区和监督区进行划分：

控制区：项目建成后，将放射性药品仓库、废物存储间区域划为控制区（图 10-1 红色部分区域）。对于控制区，公司拟采取一系列的辐射防护与安全措施，设置防护门，严格限制人员进入控制区，保障在工作过程中，无关人员不得在该区内滞留，同时拟在控制区的入口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志，以保障该区的辐射安全。

监督区：与控制区域相邻的区域（图 10-1 黄色部分区域），包括常规药品发货区、库区二、职工之家活动室、卫生间、室外通道、楼道、卸货平台。在所划定监督区内可不采取专门的安全防护措施，但需要定期或不定期地监测其辐射剂量率水平，为评价周围辐射环境是否安全提供依据。

因此，本项目控制区和监督区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

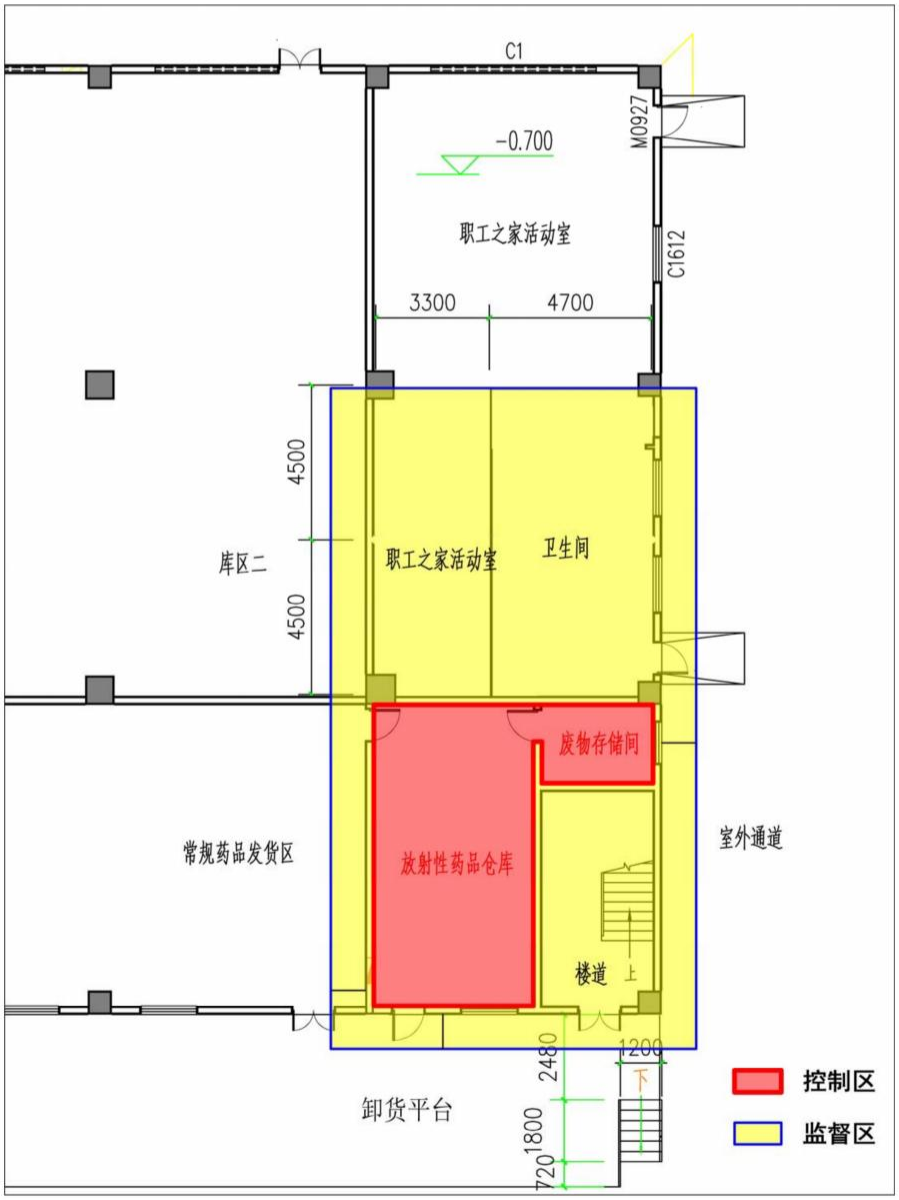


图 10-1　辐射工作场所分区管理示意图

10.4 工作场所辐射防护屏蔽设计及安全防护措施

1.工作场所辐射防护屏蔽设计

本项目放射性药品库房、废物储存间利用现有的收发办公室、清洁间改建，在保留原有建筑结构基础上进行了辐射防护屏蔽。由于原有墙体材料的密度未知，常规药品发货区至收发办公室的门为普通无防护功能的门，均不考虑屏蔽效果。

放射性药品库房北侧墙体新砌 24cm 实心砖，加铺 3cm 硫酸钡防护材料及 6cm 硫酸钡板；东侧、南侧、西侧墙体新砌 24cm 实心砖，加铺 3cm 硫酸钡防护材料及 4cm 硫酸钡板；天花板加铺 6cm 硫酸钡防护材料。建有 1 处防护门，防护门为 10mmPb 铅防护门。

废物储存间北侧墙体加铺 3cm 硫酸钡防护材料及 6cm 硫酸钡板；东侧、南侧、西侧墙体加铺 3cm 硫酸钡防护材料及 4cm 硫酸钡板；天花板加铺 6cm 硫酸钡防护材料。建有 1 处防护门，防护门为 10mmPb 铅防护门。本项目拟采用的辐射防护措施情况见表 10-3、图 10-2、图 10-3。

表 10-3　项目屏蔽防护设计一览表

场所名称	场所尺寸（m）	防护实体	防护设计
放射性药品库房	长为 8.09m，宽为 4.03m，高度 5.0m，净空高 4.83m	北侧墙体	24cm 实心砖+3cm 硫酸钡防护涂料+6cm 硫酸钡板
		东侧、南侧、西侧墙体	24cm 实心砖+3cm 硫酸钡防护涂料+4cm 硫酸钡板
		顶棚	6cm 硫酸钡防护涂料
		防护门	10 mmPb 铅防护门
废物储存间	长为 3.32m，宽为 2.22m，高度 5.0m，净空高 4.83m	北侧墙体	3cm 硫酸钡防护涂料+6cm 硫酸钡板
		东侧、南侧、西侧墙体	3cm 硫酸钡防护涂料+4cm 硫酸钡板
		顶棚	6cm 硫酸钡防护涂料
		防护门	10 mmPb 铅防护门

注：①以上硫酸钡防护涂料和硫酸钡板均为材料厚度值，非等效铅当量。

②铅板密度不低于 11.4g/cm^3，硫酸钡防护涂料和硫酸钡板密度不低于 3.2g/cm^3，实心砖密度不低于 1.65g/cm^3。

2.放射性核素货包屏蔽

根据建设单位提供的资料，放射性药品仓库内拟配备 2 个储存柜，储存柜置于放射性药品仓库的中央并排布置，每个储存柜分为 4 层，每层最多放置 5 个货包，每层之间用钢材料分隔开，储存柜每个面均采用 30mmPb 的铅防护并用钢材料包裹，

储存柜 1 中存放 ^{90}Y、^{90}Sr、^{89}Sr、^{225}Ac、^{223}Ra、^{201}Tl、^{177}Lu、^{153}Sm、^{133}Xe、^{111}In、^{113}Sn 等核素共 15 个货包，储存柜 2 中存放 ^{131}I、^{125}I（粒子源）、^{125}I、^{123}I、^{75}Se、^{67}Ga、^{14}C、^{32}P、^{51}Cr 等核素共 18 个货包，储存柜存放示意图见下图，项目各个核素货包存放按示意图货包位置固定存放，不会随意摆放。

3.通风设施

排风口设于暂存区东北侧顶上位置，通过管道引到楼顶排放，排放口高于本项目所在建筑物屋顶 2m 以上排放，排放风量为 4000m^3/h（约 1.1m^3/s），并配有抽拉式活性炭吸附箱吸附后再排放。项目排风系统设置示意图见图 10-6，屋顶排风机安装接管示意图见图 10-7。

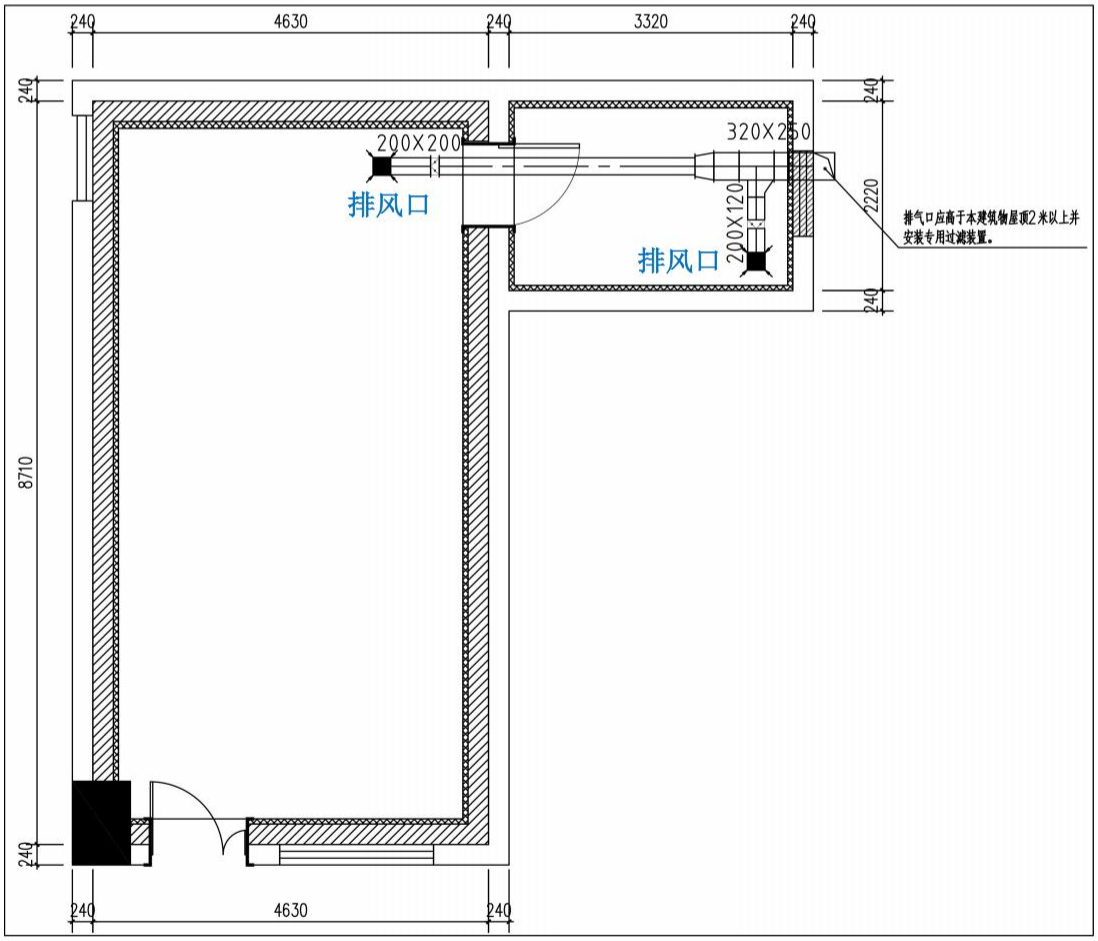


图 10-6　项目排风系统示意图

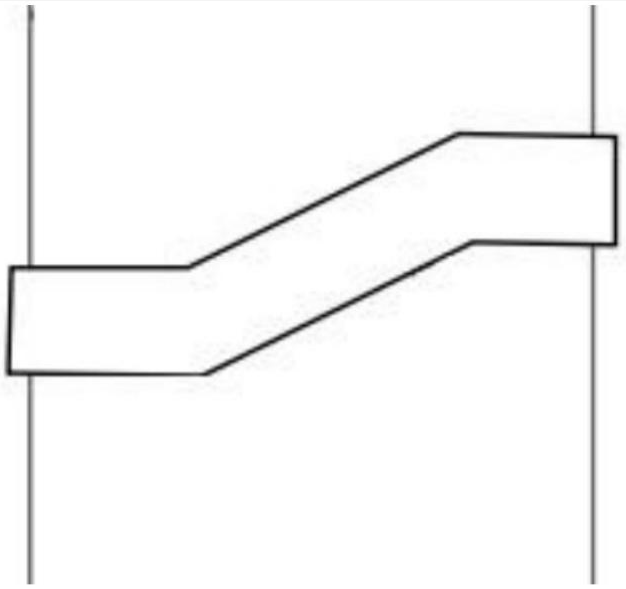


图 10-7 项目排风管穿墙示意图

4.辐射安全与防护设施

（1）双人双锁设置

从卸货平台进入暂存库的大门为双人双锁防盗门，仅当暂存库验收员和保管员 2 名人员均在场时，方可打开大门，进入暂存库。

（2）视频监控系统及红外报警系统

建设单位拟在暂存库入口侧墙处设置红外报警系统，在库房及废物存储间入口均设置视频监控设备，同时在暂存库入口大门外设置视频监控设备，对暂存库卸货平台进行监控。视频信息上传至企业视频监控系统。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；

（3）隔离与辐射安全警示标志

通过暂存库实体建筑结构（防护门、墙体、顶板）等实体进行暂存库内部与外部的隔离，同时在暂存库入口处、防护门处、放射性药品储存柜处设置电离辐射标志和中文警示说明。

（4）固定式剂量监测系统

固定式剂量监测仪探头分别安装在库房北侧墙面位置及库房内人员登记操作的位置，在线监测库房内剂量率水平；在暂存库入口处设置一个剂量报警仪，辐射报警显示当前库房的辐射剂量值，数据同步连接至普通办公区值班人员电脑系统。

（5）辐射防护用品及防护监测仪器

本项目所有辐射工作人员均需要佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，并定期送有资质

单位检测。本项目工作场所拟配置的防护设备和个人防护用品如下表 10-4 所示。

表 10-4　工作场所拟配置的防护设备

防护用品名称	规格	数量
铅衣	0.5 mmPb	暂存库 5 套
表面污染监测仪	未定	暂存库 1 台
X-γ辐射剂量率仪	未定	暂存库 1 台
个人剂量报警仪	/	暂存库 5 个
个人剂量计	/	暂存库 5 个
铅桶	10 mmPb	2 个

5.放射性药品包装及运输辐射安全措施

①在接到客户放射性药品购买需求后，审查购买客户资质（已取得辐射安全许可证及相应的许可种类、范围），明确产品技术规格、交货时间等内容，确定放射性药品需求订单。

②对供货商资质条件（已取得辐射安全许可证）进行审核，审核通过后，公司编制采购计划，与供货商签订采购合同。

③在订立放射性药品采购合同后，采购的放射性药品将根据前期确定的交货时间，由生产商负责将货包运送至本项目放射性药品贮存仓库暂存。

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

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

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

⑦由核素生产厂商或国控广西委托有资质的第三方运输机构负责本项目暂存的放射性药物货包的出库运输，根据《放射性物品运输安全管理条例》，本项目放射性药物货包托运人应做到以下内容：

1）应持有生产、销售、使用或者处置放射性物品的有效证明，配备必要的辐射监测设备、防护用品和防盗、防破坏设备，并编制运输说明书、核与辐射事故应急响应指南、装

卸作业方法、安全防护指南，运输说明书应当包括放射性物品的品名、数量、物理化学形态、危害风险等内容；

2）应向承运人提交运输说明书、辐射监测报告、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南，承运人应当查验、收存；

3）应对其表面污染和辐射水平实施监测；

4）应制定核与辐射事故应急方案，在放射性物品运输中采取有效的辐射防护和安全保卫措施，并对放射性物品运输中的核与辐射安全负责；

5）放射性物品运输中发生核与辐射事故的，承运人、托运人应当按照核与辐射事故应急响应指南的要求，做好事故应急工作，并立即报告事故发生地的县级以上人民政府环境保护主管部门。

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

10.5 放射性药物的销售与暂存分析

本项目与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部部令第 20 号，2021 年修订）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部 部令第 18 号，2011 年实施）对照分析见下表。

表 10-6　项目与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对照分析一览表

法规要求	建设单位执行情况	符合情况
第二条 在中华人民共和国境内生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当依照本办法的规定，取得辐射安全许可证。	建设单位拟根据本办法的规定，依法办理辐射安全许可证。	符合
第十四条 销售放射性同位素的单位申请领取许可证，应当具备下列条件： （一）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。	建设单位已成立有辐射安全环保管理领导小组、工作小组，全面负责辐射防护监督和管理工作，小组下设专职人员具体处理各项事务，各相关部门内部职责明确。	符合
（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。	建设单位制定了辐射工作人员培训计划。本项目拟配备的辐射工作人员将通过培训、考核后方可上岗，若有新增的辐射工作人员需参与工作，建设单位同样要求其完成学习后通过考核上岗。	符合
（三）需要暂存放射性同位素的，有满足辐射安全和防护、实体保卫要求的暂存库或设备。	本项目暂存库辐射屏蔽设计满足参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）相应剂量率控制水平要求。	符合
（五）具有符合国家相关规定要求的贮存、运输放射性同位素的包装容器。	本项目暂存和销售的放射性药物货包是由放射性药物生产商按照符合国家相关规定要求的包装容器进行包装，本项目仅暂存和销售成品货包。	符合
（七）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、便携式辐射监测、表面污染监测等仪器。	本项目拟根据辐射类型和辐射水平配备表面污染监测仪，X-γ辐射剂量率仪、拟配备个人剂量计、辐射防护检测仪和个人剂量报警仪。	符合
（八）有健全的操作规程、岗位职责、安全保卫制度、辐射防护措施、台帐管理制度、人员培训计划和监测方案。	公司已按管理要求制定了一系列辐射安全管理规章制度。	符合
（九）有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已按管理要求制定了《辐射事故应急处理预案》。	符合
第十六条 使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件： （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；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。	建设单位已成立有辐射安全环保管理领导小组、工作小组，全面负责辐射防护监督和管理工作，小组下设专职人员具体处理各项事务，各相关部门内部职责明确。	符合

（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。	建设单位制定了辐射工作人员培训计划。本项目拟配备的辐射工作人员将通过培训、考核后方可上岗，若有新增的辐射工作人员需参与工作，建设单位同样要求其完成学习后通过考核上岗。	符合
（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暂存库或设备。	本项目暂存库辐射屏蔽设计满足参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）相应剂量率控制水平要求。	符合
（四）放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	公司拟在暂存库入口处设置电离辐射标志和中文警示说明，设置双人双锁、视频监控系统及红外报警系统。	符合
（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。	本项目拟根据辐射类型和辐射水平配备表面污染监测仪，X-γ辐射剂量率仪、拟配备个人剂量计、辐射防护检测仪和个人剂量报警仪。	符合
（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。	公司已按管理要求制定了一系列辐射安全管理规章制度。	符合
（七）有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已按管理要求制定了《辐射事故应急处理预案》。	符合
（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。	建设单位拟对项目运用过程中产生的废气采用排气管、风机强制排出；设置废物暂存间，用于放射性固体废物收集及暂存衰变；拟设计 1 个槽式衰变池，收集事故状态时的放射性废水，废水经监测合格后再行排放。	符合
第四十一条 辐射工作单位应当建立放射性同位素与射线装置台帐，记载放射性同位素的核素名称、出厂时间和活度、标号、编码、来源和去向，及射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项。	公司拟制定放射性药物货包出入库台账记载放射性同位素的核素名称、出厂时间和活度、标号、编码、来源和去向等事项。	符合

表 10-7　项目与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对照分析一览表

法规要求	建设单位执行情况	符合情况
第五条　生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。 放射性同位素的包装容器、含放射性同位素的设备和射线装置，应当设置明显的放射性标识和中文警示说明；放射源上能够设置放射性标识的，应当一并设置。	（1）公司拟在暂存库入口处设置电离辐射标志和中文警示说明，设置双人双锁、视频监控系统及红外报警系统。 （2）本项目暂存和销售的放射性药物货包是由放射性药物生产商按照符合国家相关规定要求的包装容器进行包装；接收货包时，建设单位将核对放射性药品的包装商标、标签、说明书、放射性药品标志。	符合
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。 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、防射线泄漏的安全措施。	本项目放射性药物货包存放在暂存库，不与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并进行放射性药物货包出入库台账进行登记。	符合
第九条　生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	建设单位将严格执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对建设单位的辐射工作场所进行监测。	符合
第十条　建设项目竣工环境保护验收涉及的辐射监测和退役核技术利用项目的终态辐射监测，由生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位委托经省级以上人民政府环境保护主管部门批准的有相应资质的辐射环境监测机构进行。	建设单位承诺在项目运行后，及时进行环境保护竣工验收，并委托有相关资质的第三方辐射监测机构进行验收监测，验收完成正式投入后，根据需要进行监测。	符合
第十二条　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。	建设单位承诺按要求开展个人剂量监测、工作场所监测以及对本单位辐射场所的安全和防护状态进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	符合
第十七条　生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	本项目拟配备的辐射工作人员均将通过培训、考核后方可上岗，若有新增的辐射工作人员需参与工作，建设单位同样要求其完成学习后通过考核上岗。	符合
第二十三条　生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射	（1）建设单位应为所有辐射工作人员配备个人剂量计，保证所有辐射工作人员在进行辐射工作时专人佩戴，每	符合

工作人员进行个人剂量监测；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。 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，建立辐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。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。 辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。	季度定期送有资质单位检测个人剂量，并建立个人剂量健康档案。同时对检测结果及时分析，若检测结果存在超过个人剂量管理限值的情况，应及时查明原因，及时解决。 （2）建设单位拟委托具有资质的单位为本项目放射工作人员进行个人剂量监测，常规监测周期最长不超过 3 个月。 （3）建设单位对从事辐射工作的工作人员建立职业健康监护档案，档案终生保存，工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。	
第二十四条　生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测		符合
第四十三条　生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。	建设单位已按管理要求制定了《辐射事故应急处理预案》	符合

综上所述，本项目严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，建设单位从事辐射活动的技术能力满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部部令第 20 号，2021 年修订）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部部令第 18 号，2011 年实施）提出的要求。

10.6 三废的治理

本项目涉及放射性核素货包，由核素生产厂商或第三方运输机构负责运输，使用方接收放射性货包后，其保管责任转移到使用方，使用方使用放射性核素产生的放射性三废由使用方负责。根据工程分析，项目正常工况时只产生放射性固废，事故工况时涉及放射性三废。

（1）放射性废气

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

建设单位拟在放射性药品库房东北侧室顶设置一个排风口，拟设置强制排风装置，发生事故时打开排风系统，引至综合仓库楼顶排放。放射性药品库房废气经活性炭吸附后排放，排风机排风量不少于 4000m^3/h。事故处理完成后及时更换活性炭。

（2）放射性废水

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

（3）放射性固废

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

表 11　环境影响分析

11.1 建设阶段对环境影响

本项目需要对现有仓库进行改建，主要为墙体及门的辐射防护施工、门洞改造以及重新安装双锁门、安装辐射剂量率监测系统、视频监控等建设内容。本项目在建设期对环境无辐射影响，亦无放射性废气、废水及固体废弃物产生。建设阶段的环境影响主要为施工的影响。

（1）施工期大气环境影响分析

粉尘扬尘的主要来源有：建筑装修材料的运输装卸过程、施工过程和工地杂物的清理过程等。

为减少施工时产生的扬尘，在施工过程中应采取有效的防尘、降尘措施：在施工场地的出入口，设置一定的围闭措施拦截尘土的飘散；在施工场地内及附近路面洒水、喷淋，尽量减小扬尘的产生。

（2）施工期废水环境影响分析

施工期间产生的废水主要包括施工人员的生活污水。施工人员在建设场所进行施工期间，所产生的粪便污水依托公司现有楼房中卫生间收集后，排入污水处理系统，处理达标后通过总排口排入市政污水网管，最终排入污水处理厂处理。由于本项目工程量少，施工周期短，所需施工人数少，施工人员产生的废水量不会对现有收集处理系统造成冲击。

（3）施工期噪声环境影响分析

施工期噪声包括施工过程、通风及电气设备安装过程中机械产生的噪声。在施工时，建设单位应尽量选用噪声低的设备，同时加装减震基础，合理安排施工时间。施工噪声影响将随着施工期结束消除。

（4）施工期固体废物影响分析

施工期的固体废物主要是建筑垃圾和施工人员生活垃圾。建筑材料可回收利用的部分重新利用，剩余的建筑垃圾集中收集，由建设单位外运至市政部门指定合法消纳场处理。生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。采取措施后，项目施工期间产生的固废对周边环境产生影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

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

11.2.1 项目源强

根据业主提供的资料，本项目存放的放射性核素货包为不需要按独家使用方式运输的 I 级（白）、II 级（黄）货包，每个货包体积很小，对于货包到关注点的距离来说，可考虑为点源，点源的剂量率变化符合反平方律的关系式。本项目大部分货包体积很小，为方便计算，统一将货包厚度计为 0.05m。本评价按放射性药品仓库满负荷工况下考虑，本项目放射性货包日最大储存量为33 个，根据《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）中货包分级要求（详见前文“表 7-5”），每个货包外表面上任一点的最高辐射水平计为 500μSv/h。

11.2.2 屏蔽计算方法

由《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I 中公式（I.1），参照什值层的定义，按以下公式计算：

$$H=\frac{H_0\times r_0^2}{r^2\times 10^{\frac{x}{TVL}}}$$

式中：H—屏蔽墙外 30cm 关注点剂量率控制值，单位为微希沃特每小时（μSv/h）；

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

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

r—参考点与靶点间的距离，单位为米（m）；

X—屏蔽厚度，mm；

TVL—γ射线的十分之一值层厚度，单位为毫米（mm）。

11.2.3 关注点设置

根据建设单位提供的资料，放射性药品仓库内拟配备 2 个储存柜，每个储存柜长 1m，宽 0.5m，高 1m，储存柜 1 与储存柜 2 相邻布置；储存柜固定布置，储存柜 1 距离南侧墙内 4.589m，距离东侧墙内 1.765m。

本项目关注点考虑暂存库墙外表面 30cm 处以及顶棚 30cm 处，暂存库地下为岩土层，岩土层方向不再设置关注点。本报告按储存柜 1、储存柜 2 的中心点考虑关注点 F（东北侧防护墙外 0.3m）的距离；在立面方向上，储存柜 1、储存柜 2 与关注点 G、H（顶棚上方距

顶棚地面 0.3m 处）距离均按垂直距离保守考虑。

本报告关注点情况及屏蔽防护设计见下表。

表 11-1　本项目关注点和屏蔽设计方案

<table>
<tr><th>关注点</th><th>关注点描述</th><th colspan="3">辐射源与关注点距离</th><th>屏蔽设计</th></tr>
<tr><td rowspan="2">A</td><td rowspan="2">东侧防护墙外 0.3m</td><td colspan="2">储存柜 1</td><td>2.60m</td><td rowspan="4">24cm 实心砖+3cm 硫酸钡防护涂料+4cm 硫酸钡板</td></tr>
<tr><td colspan="2">储存柜 2</td><td>2.60m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">B</td><td rowspan="2">南侧防护墙外 0.3m</td><td colspan="2">储存柜 1</td><td>5.43m</td></tr>
<tr><td colspan="2">储存柜 2</td><td>6.43m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">C</td><td rowspan="2">南侧防护门外 0.3m</td><td colspan="2">储存柜 1</td><td>5.25m</td><td rowspan="2">10 mmPb 铅防护门</td></tr>
<tr><td colspan="2">储存柜 2</td><td>6.24m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">D</td><td rowspan="2">西侧防护墙外 0.3m</td><td colspan="2">储存柜 1</td><td>2.60m</td><td rowspan="2">24cm 实心砖+3cm 硫酸钡防护涂料+4cm 硫酸钡板</td></tr>
<tr><td colspan="2">储存柜 2</td><td>2.60m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">E</td><td rowspan="2">北侧防护墙外 0.3m</td><td colspan="2">储存柜 1</td><td>3.36m</td><td rowspan="2">24cm 实心砖+3cm 硫酸钡防护涂料+6cm 硫酸钡板</td></tr>
<tr><td colspan="2">储存柜 2</td><td>2.36m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">F</td><td rowspan="2">东北侧防护墙外 0.3m</td><td colspan="2">储存柜 1</td><td>5.11m</td><td rowspan="2">10 mmPb 铅防护门+3cm 硫酸钡防护涂料+6cm 硫酸钡板</td></tr>
<tr><td colspan="2">储存柜 2</td><td>5.11m</td></tr>
<tr><td rowspan="4">G</td><td rowspan="4">顶棚上方距顶棚地面 0.3m 处</td><td rowspan="4">储存柜 1 和储存柜 2</td><td>1 层</td><td>5.11m</td><td rowspan="4">6cm 硫酸钡板</td></tr>
<tr><td>2 层</td><td>4.86m</td></tr>
<tr><td>3 层</td><td>4.61m</td></tr>
<tr><td>4 层</td><td>4.36m</td></tr>
<tr><td rowspan="4">H</td><td rowspan="4">顶棚上方距顶棚地面 0.3m 处</td><td rowspan="4">储存柜 1 和储存柜 2</td><td>1 层</td><td>5.11m</td><td rowspan="4">6cm 硫酸钡板</td></tr>
<tr><td>2 层</td><td>4.86m</td></tr>
<tr><td>3 层</td><td>4.61m</td></tr>
<tr><td>4 层</td><td>4.36m</td></tr>
</table>

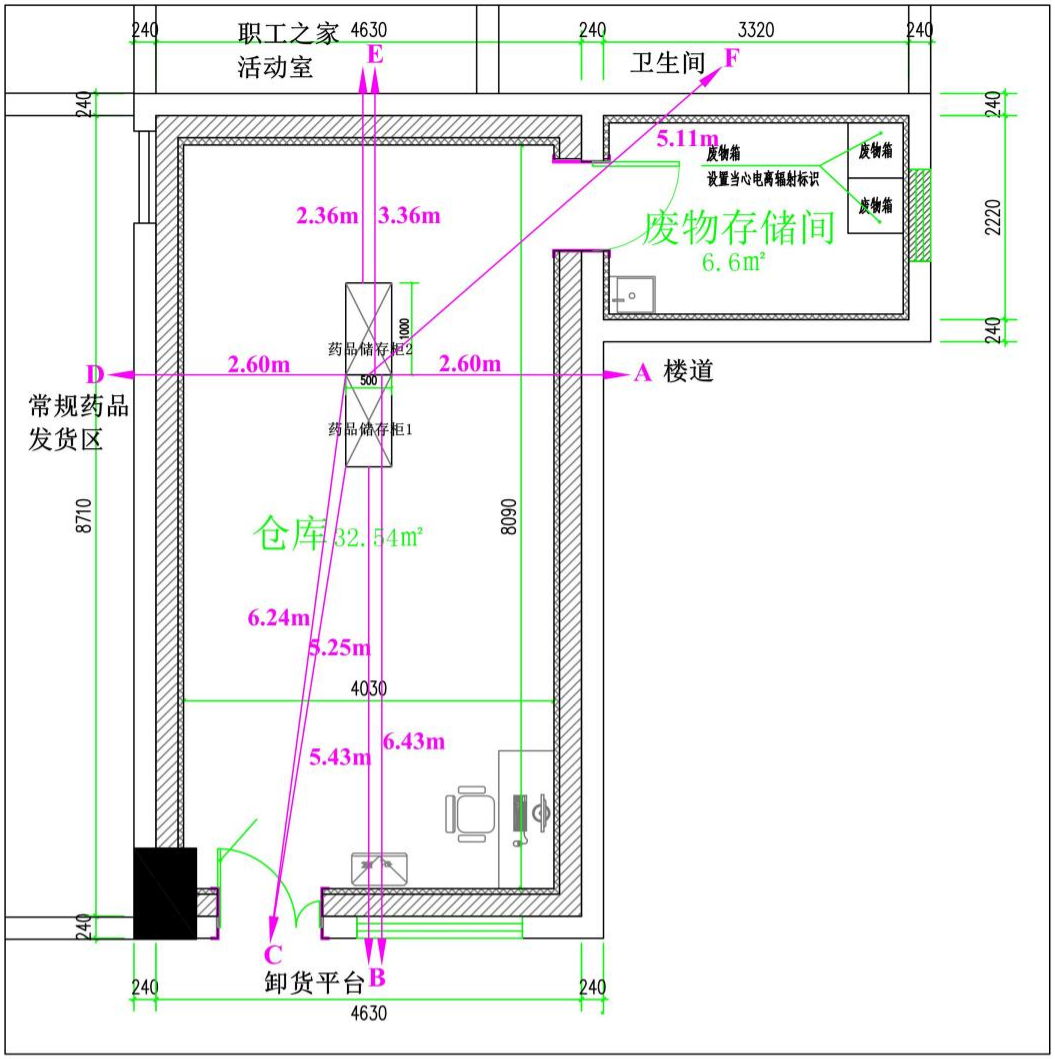


图 11-1　项目关注点平面示意图

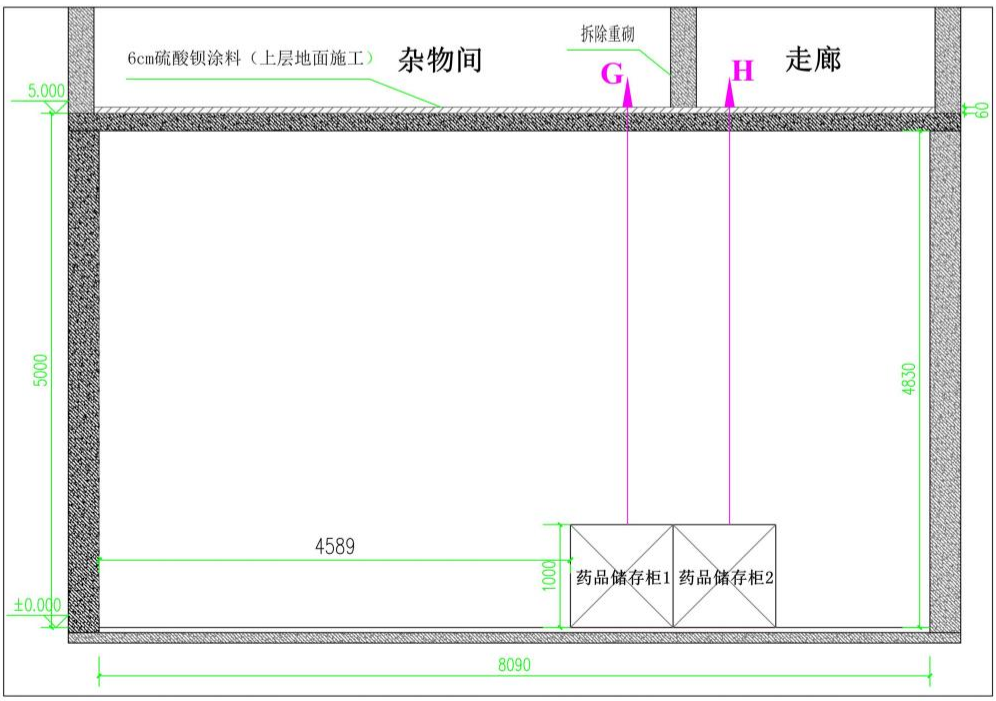


图 11-2　项目关注点立面示意图

11.2.4 屏蔽计算参数

（1）本项目将以暂存库满负荷工况下进行屏蔽计算，本项目放射性货包日最大储存量为 33 个，每个货包外表面上任一点的最高辐射水平计为 500μSv/h。

（2）本项目贮存含 ^{14}C、^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se、^{89}Sr、^{90}Sr、^{90}Y、^{111}In、^{113}Sn、^{123}I、^{125}I（粒子源）、^{125}I、^{131}I、^{133}Xe、^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl、^{223}Ra、^{225}Ac 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。

^{14}C、^{32}P、^{89}Sr、^{90}Sr、^{90}Y、^{131}I、^{133}Xe、^{153}Sm、^{177}Lu 储存过程中会产生β射线，其中 ^{90}Y 的β射线能量最大为 2.2801MeV，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：

$$d = \frac{1}{2\rho} \bullet E_{\max}$$

式中：d—β射线在介质中的射程，cm；

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

E_{MAX}—β射线的最大能量，MeV；本项目取 2.2801MeV。

本项目贮存核素衰变产生的β射线在屏蔽材料中的射程见表 11-2。

表 11-2　本项目涉及核素β射线在屏蔽材料中理论最大射程

本项目涉及核素	^{14}C、^{32}P、^{89}Sr、^{90}Sr、^{90}Y、^{131}I、^{133}Xe、^{153}Sm、^{177}Lu
最大β射线能量（MeV）	2.2801
空气中的射程（cm）	882
铅中的射程（cm）	0.10
铅玻璃中的射程（cm）	0.25
有机玻璃中的射程（cm）	0.97

经计算可知，项目涉及暂存放射性核素产生的最大能量β射线在空气中的射程为 882cm，在有机玻璃中的射程最大为 0.97cm，在铅中的射程最大为 0.10cm。本项目暂存的放射性核素一般放置在安培瓶内（屏蔽β射线）、置于铅罐中再用货包桶包装；放射性药品仓库设置了足够的空间，且有墙体和铅门进行屏蔽。本项目暂存的放射性核素货包具备屏蔽防护效果且货包均置于 30mmPb 的储存柜中暂存，故放射性核素产生的β射线对周围环境影响很小。

β射线与物质作用时，一部分动能会以 X 射线的形式辐射出来，这种辐射称为韧致辐射，韧致辐射会对周围环境产生辐射污染，本项目按放射性核素货包表面剂量率进行考虑，放射性核素货包表面剂量率已经考虑了韧致辐射、γ射线的贡献。因此，放射性核素货包表面

剂量率计算表中考虑了β放射性核素货包剂量率影响。

^{223}Ra、^{225}Ac 为α核素，在衰变过中会产生α粒子。由于α粒子的体积比较大，又带两个正电荷，很容易就可以电离其他物质。因此，它的能量亦散失得较快，穿透能力在众多电离辐射中是最弱的，人类的皮肤或一张纸已能阻隔α粒子，同时本项目放射性核素均密封在安培瓶内，并放置在铅罐内，正常情况下不会被人员摄入体内，不会造成内照射影响。因此，本评价报告不考虑α射线对人体的辐射影响。

（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γ射线对应的衰减因子或什值层。

这 15 种核素发射γ射线能量相对较高的是 ^{113}Sn（主要能量 391.698keV），项目 ^{14}C、^{89}Sr、^{90}Sr、^{90}Y、^{131}I、^{125}I（粒子源）、^{125}I 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 ^{113}Sn、^{131}I、^{125}I、^{125}I（粒子源）作为计算参数的核素，按其各自的参数考虑其辐射影响；没有计算参数的核素均按射线能量相对较高的 ^{113}Sn 参数来保守考虑其辐射影响。

主要预测参数见表 11-3 所示。

表 11-3 放射性核素相关计算参数一览表

核素	*TVL*，mm		
	铅(11.4g/cm³)	实心砖(1.65g/cm³)	硫酸钡(3.2g/cm³)
^{113}Sn	12	243	93
^{131}I	11	240	90
^{125}I、^{125}I（粒子源）	0.12	13	2.6

注：①^{125}I 和 ^{90}Sr 的 *TVL* 参照《辐射安全手册》图 6-4，^{125}I、^{125}I（粒子源）按最大射线能量 27.452keV 取值，^{113}Sn 按最大射线能量 391.698keV 取值；

②^{131}I 的 *TVL* 出自 GBZ120-2020 表 I.1，项目保守按铅的密度为 11.3g/cm³ 进行取值，实际建设密度为 11.4g/cm³，同种材料一般情况下高密度材料对γ射线屏蔽更佳。^{131}I 对于硫酸钡材料的 *TVL* 值参考《辐射安全手册》图 6.4，^{131}I 产生的γ射线能量按 364.48keV 取值。

本项目使用的各防护材料中，实心砖墙体不小于密度 1.65g/cm³，铅密度不小于 11.4g/cm³，硫酸钡密度不小于 3.2g/cm³。

参考《辐射安全手册》（潘自强主编，北京科学出版社）图 6.4（见下图 11-3），对 ^{113}Sn 取几种常用材料对 391.698keV 的γ射线的十分之一值层厚度，其中混凝土（密度 2.2g/cm³）为 182mm，根据《放射卫生学》，低原子序数物质组成材料，可以采用密度比（d 混凝土×ρ混凝土=d 材料×ρ材料）换算，砖和混凝土均为由低 Z 物质组成的建筑材料，可换算 *TVL*（实心砖）=243mm。

（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，不进行诸物理量与周围剂量当量之间的转换系数修正。

11.2.5 关注点辐射剂量率估算结果

根据以上屏蔽计算参数，估算出各关注点辐射剂量率结果见表 11-4。

表 11-4　关注点辐射剂量率估算结果

关注点	关注点距离 m	核素		货包个数	货包表面剂量率合计μSv/h	辐射屏蔽防护情况	剂量率估算结果 μSv/h	
A（东侧墙外 0.3m）	2.60	储存柜 1	^{111}In、^{113}Sn、^{133}Xe	3	1500	30mmPb 储存柜+24cm 实心砖+3cm 硫酸钡防护涂料+4cm 硫酸钡板	0.00003	0.0003
			^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl	3	1500		0.00003	
			2 份 ^{89}Sr、2 份 ^{90}Sr	4	2000		0.00004	
			3 份 ^{90}Y、^{225}Ac、^{223}Ra	5	2500		0.00005	
	2.60	储存柜 2	^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se	4	2000		0.00004	
			5 份 ^{14}C	5	2500		0.00005	
			3 份 ^{131}I、1 份 ^{123}I	4	2000		0.00003	
			3 份 ^{125}I（粒子源）、2 份 ^{125}I	5	2500		<1.00E-5	
B（南侧墙外 0.3m）	5.43	储存柜 1	^{111}In、^{113}Sn、^{133}Xe	3	1500	30mmPb 储存柜+24cm 实心砖+3cm 硫酸钡防护涂料+4cm 硫酸钡板	0.00001	0.0001
			^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl	3	1500		0.00001	
			2 份 ^{89}Sr、2 份 ^{90}Sr	4	2000		0.00001	
			3 份 ^{90}Y、^{225}Ac、^{223}Ra	5	2500		0.00001	
	6.43	储存柜 2	^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se	4	2000		0.00001	
			5 份 ^{14}C	5	2500		0.00001	
			3 份 ^{131}I、1 份 ^{123}I	4	2000		<1.00E-5	
			3 份 ^{125}I（粒子源）、2 份 ^{125}I	5	2500		<1.00E-5	
C（南侧防护门外 0.3m）	5.25	储存柜 1	^{111}In、^{113}Sn、^{133}Xe	3	1500	30mmPb 储存柜+10mmPb 铅防护门	0.00006	0.0005
			^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl	3	1500		0.00006	
			2 份 ^{89}Sr、2 份 ^{90}Sr	4	2000		0.00008	
			3 份 ^{90}Y、^{225}Ac、^{223}Ra	5	2500		0.00011	
	6.24	储存柜 2	^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se	4	2000		0.00006	
			5 份 ^{14}C	5	2500		0.00007	
			3 份 ^{131}I、1 份 ^{123}I	4	2000		0.00004	
			3 份 ^{125}I（粒子源）、2 份 ^{125}I	5	2500		<1.00E-5	
D（西侧墙	2.60	储存	^{111}In、^{113}Sn、^{133}Xe	3	1500	30mmPb 储存柜	0.00003	0.0003

外 0.3m）		柜 1	^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl	3	1500	+24cm 实心砖+3cm 硫酸钡防护涂料+4cm 硫酸钡板	0.00003	
			2 份 ^{89}Sr、2 份 ^{90}Sr	4	2000		0.00004	
			3 份 ^{90}Y、^{225}Ac、^{223}Ra	5	2500		0.00005	
	2.60	储存柜 2	^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se	4	2000		0.00004	
			5 份 ^{14}C	5	2500		0.00005	
D（西侧墙外 0.3m）	2.60		3 份 ^{131}I、1 份 ^{123}I	4	2000		0.00003	
			3 份 ^{125}I（粒子源）、2 份 ^{125}I	5	2500		<1.00E-5	
E（北侧墙外 0.3m）	3.36	储存柜 1	^{111}In、^{113}Sn、^{133}Xe	3	1500	30mmPb 储存柜+24cm 实心砖+3cm 硫酸钡防护涂料+6cm 硫酸钡板	0.00001	0.0002
			^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl	3	1500		0.00001	
			2 份 ^{89}Sr、2 份 ^{90}Sr	4	2000		0.00002	
			3 份 ^{90}Y、^{225}Ac、^{223}Ra	5	2500		0.00002	
	2.36	储存柜 2	^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se	4	2000		0.00003	
			5 份 ^{14}C	5	2500		0.00004	
			3 份 ^{131}I、1 份 ^{123}I	4	2000		0.00002	
			3 份 ^{125}I（粒子源）、2 份 ^{125}I	5	2500		<1.00E-5	
F（东北侧墙外 0.3m）	5.11	储存柜 1	^{111}In、^{113}Sn、^{133}Xe	3	1500	30mmPb 储存柜+10 mmPb 铅防护门+3cm 硫酸钡防护涂料+6cm 硫酸钡板	0.00001	0.0007
			^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl	3	1500		0.00001	
			2 份 ^{89}Sr、2 份 ^{90}Sr	4	2000		0.00001	
			3 份 ^{90}Y、^{225}Ac、^{223}Ra	5	2500		0.00001	
	5.11	储存柜 2	^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se	4	2000		0.00001	
			5 份 ^{14}C	5	2500		0.00001	
			3 份 ^{131}I、1 份 ^{123}I	4	2000		0.00001	
			3 份 ^{125}I（粒子源）、2 份 ^{125}I	5	2500		<1.00E-5	
G（顶棚上方距顶棚地面 0.3m 处）	4.36（4 层）	储存柜 1	^{111}In、^{113}Sn、^{133}Xe	3	1500	30mmPb 储存柜+6cm 硫酸钡板	0.00014	0.0011
		储存柜 2	^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se	4	2000		0.00019	
	4.61（3 层）	储存柜 1	^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl	3	1500		0.00013	
		储存柜 2	5 份 ^{14}C	5	2500		0.00021	
	4.86（2 层）	储存柜 1	2 份 ^{89}Sr、2 份 ^{90}Sr	4	2000		0.00015	
		储存柜 2	3 份 ^{131}I、1 份 ^{123}I	4	2000		0.00010	
	5.11	储存	3 份 ^{90}Y、^{225}Ac、^{223}Ra	5	2500		0.00017	

	（1 层）	柜 1						
		储存柜 2	3 份 ^{125}I（粒子源）、2 份 ^{125}I	5	2500		<1.00E-5	
H（顶棚上方距顶棚地面 0.3m 处）	4.36（4 层）	储存柜 1	^{111}In、^{113}Sn、^{133}Xe	3	1500	30mmPb 储存柜+6cm 硫酸钡板	0.00014	0.0011
		储存柜 2	^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se	4	2000		0.00019	
	4.61（3 层）	储存柜 1	^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl	3	1500		0.00013	
		储存柜 2	5 份 ^{14}C	5	2500		0.00021	
	4.86（2 层）	储存柜 1	2 份 ^{89}Sr、2 份 ^{90}Sr	4	2000		0.00015	
		储存柜 2	3 份 ^{131}I、1 份 ^{123}I	4	2000		0.00010	
	5.11（1 层）	储存柜 1	3 份 ^{90}Y、^{225}Ac、^{223}Ra	5	2500		0.00017	
		储存柜 2	3 份 ^{125}I（粒子源）、2 份 ^{125}I	5	2500		<1.00E-5	

综上，根据上表理论计算可知，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 0.0011μSv/h，小于 2.5μSv/h，满足参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）确定的场所剂量率控制值的要求。

11.2.6 项目运行对工作人员所致有效剂量分析

（1）有效剂量估算公式

关注点人员的有效剂量由的《辐射防护导论》（方杰主编）中的公式算出：

$$D_{Eff} = \dot{k}_{\alpha} \cdot t \cdot T \cdot U \qquad (11\text{-}9)$$

式中：D_{Eff}——年有效剂量，Sv；

$\dot{k}_{\alpha}$——辐射剂量率，Sv/h；

t——年工作时间，h；

T——居留因子；

U——使用因子，放射性核素以点源考虑，U 取 1；

简化估算：参照 GBZ/T 201.1-2007 的第 4.8.3 款，1mGy 近似为 1mSv。

（2）工作人员受照剂量估算

根据建设单位提供的资料，项目拟配置 4 名辐射工作人员专门负责放射性药品仓库的工作，辐射工作人员工作负荷见表 11-5。

表 11-5　本项目辐射工作人员工作负荷

岗位及人员数量	工作内容	工作负荷
2 名保管人员	安保巡检、资料审查	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。
2 名验收人员	货包出入库	货包出入库的核实过程很短，按照保守情况估算，每个货包出入库时间最多 2min，一天 70min（采用两班制），每人每年累计时间为 146h；其余时间工作人员在普通办公区进行办公。

货包出入库时，辐射工作人员操作位按照放射性核素货包 0.3m 处的辐射剂量率水平（即 13.89μSv/h）来保守估算，日常巡检所处位置的辐射剂量率水平以表 11-4 算出的辐射剂量率最大值（0.0011μSv/h，顶棚外顶棚上方距顶棚地面 0.3m）来保守估算。

本项目辐射工作人员受照射剂量估算详见表 11-6。

表 11-6　本项目辐射工作人员受照射剂量估算

岗位	工作内容	工作负荷 h	受照剂量率（μSv/h）	年有效剂量（mSv/a）
保管人员	安保巡检、资料审查	125	0.0011	0.00014
验收人员	货包出入库	146	13.89	2.028

由表 11-6 可知，负责放射性药品仓库货包出入库的每名工作人员因项目运行接受的年有效剂量最大为 2.028mSv，负责放射性药品仓库安保巡检、资料审查的每名工作人员因项目运行接受的年有效剂量最大为 0.00014mSv，均低于职业人员年剂量管理约束值（5mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）的要求。

（3）公众成员受照剂量估算

参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A 取居留因子。

①本项目东侧防护墙外 0.3m（楼道）居留因子取 1/40；

②南侧防护墙外 0.3m（卸货平台）居留因子取 1/4，南侧防护门外 0.3m（防护门）居留因子取 1/8；

③西侧防护墙外 0.3m（常规药品发货区）居留因子取 1/4；

④北侧防护墙外 0.3m（职工之家活动室）居留因子保守取 1/2，东北侧防护墙外 0.3m（卫生间）居留因子取 1/20；

⑤顶棚上方距顶棚地面 0.3m（杂物间）居留因子取 1/20，顶棚上方距顶棚地面 0.3m（走

廊）居留因子取 1/5。

公司人员每年工作 250 天，每天按 8h 考虑，则全年工作时间为 2000h/a。根据上述公式，计算出项目运行对周围环境人员受照射剂量年有效剂量见表 11-7。

表11-7　项目周围关注点受照射剂量估算结果

序号	关注点位置	环境属性	居留因子	工作时间（h/a）	预测关注点剂量率(μSv/h)	年有效剂量（mSv/a）	目标管理值（mSv/a）
1	A（东侧防护墙外 0.3m）	楼道	1/40	2000	0.0003	0.00002	0.1（公众）
2	B（南侧防护墙外 0.3m）	卸货平台	1/4		0.0001	0.00005	0.1（公众）
3	C（南侧防护门外 0.3m）	防护门	1/8		0.0005	0.00013	0.1（公众）
4	D（西侧防护墙外 0.3m）	常规药品发货区	1/4		0.0003	0.00015	0.1（公众）
5	E（北侧防护墙外 0.3m）	职工之家活动室	1/2		0.0002	0.00020	0.1（公众）
6	F（东北侧防护墙外 0.3m）	卫生间	1/20		0.0007	0.00007	0.1（公众）
7	G（顶棚上方距顶棚地面 0.3m）	杂物间	1/20		0.0011	0.00011	0.1（公众）
8	H（顶棚上方距顶棚地面 0.3m）	走廊	1/5		0.0011	0.00044	0.1（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 0.00044mSv/a（北侧防护墙外 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。

（4）项目运行对环境保护目标的辐射影响

项目距北侧恒大城居民区最近约 43m，距东侧广西和桂集团有限公司 8 号仓库最近约 27m，仅考虑本项目暂存库辐射防护屏蔽，保守不考虑其他建筑物屏蔽作用，取本项目暂存库四周场所关注点的辐射剂量率最大值 0.0011μSv/h（屏蔽体外 0.3m 处）进行估算，公众受照时间按 250 天（暂存库年工作 250 天）×24h（每天 24h）=6000h 考虑，居留因子按 1，考虑辐射剂量率与距离的平方成反比，估算得项目运行所致项目东侧广西和桂集团有限公司 8 号仓库的公众人员年有效剂量最大为 8.15E-07 mSv/a，项目北侧恒大城居民区的公众人员年有效剂量最大为 3.21E-07 mSv/a，均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。

因此预计本项目运行对周边环境影响是可以接受的。

11.2.7 采取三废治理措施后放射性固体废物和流出物对环境的影响

（1）正常工况下

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

废气：本项目新建成一套排风系统用于放射性药品仓库的排风。排风口设于放射性药品仓库所在建筑楼顶上方，排风系统通过排风管道将废气引到楼顶排放，排放口高于屋面，并配有抽拉式活性炭吸附箱吸附后再排放。应定期检查通风系统活性炭吸附箱的有效性，及时更换失效的活性炭，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。放射性药品仓库排风系统设置示意图见图 10-6，废气治理措施满足参照标准《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相应要求。

（2）事故工况下

本项目在事故工况下，会产生放射性废气、放射性固体废物。

项目放射性药品仓库拟建设一套排风系统用于放射性药品仓库的排风，事故状态时产生少量放射性废气，通过排风管道将废气引到楼顶排放，排放口高于屋面，并配有抽拉式活性炭吸附箱吸附后再排放，吸附效果较好，放射性废气排放对周围环境的 影响很小。

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

含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天，其他含半衰期大于 24 小时的核素放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍，所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，对废物清洁解控并作为一般固体废物处理。固体放射性废物的存储和处理安排仓库验收人员专门负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

11.5 事故影响分析

11.5.1 可能发生的事故

①对暂存库管理不到位，无关人员进入放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事故；

③放射性核素货包破损，有放射性物质泄露；

④放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。

11.5.2 预防措施

①辐射工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守操作规程，如进入暂存库采用双人双锁防盗门，暂存库 24h 视频监控无死角，视频监控系统 24 小时有人值班，规定了出入库管理制度，放射性核素货包入库前进行辐射监测确保无破损、泼洒等措施，并定期检查暂存库的辐射监测系统、各项辐射安全措施的性能，及有关的安全警示标志，避免人员误入暂存库和其它安全事故。

②接收放射性核素货包时，需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相应货包等级的要求。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。

③对放射性废物制定放射性三废的处理制度，对放射性废物单独收集，按照国家规定处理。

④对工作人员进行岗前培训合格后上岗。

⑤建立放射性药物的安全管理制度，加强放射性药物安全管理，落实放射性物质安保措施，以防止放射性药物丢失。

⑥暂存库配备防护面罩、吸水滤纸、纱布、酒精、便携式剂量监测仪等应急物资和灭火器材。

11.5.3 辐射事故应急处理

（1）放射性物质泄漏、洒落的应急处理

放射性药物货包在出入库过程中发生跌落、碰撞、摔破，放射性药物脱出、撒漏，造成发生场内污染时，工作人员穿戴好防护用具（铅防护服、铅手套等）、佩戴防护口罩后，防止放射性物质经体表进入体内，造成内照射，并监测人员负责迅速确定现场情况，如果现场剂量率较高，监测人员应立即作出判断，封锁现场，禁止无关人员靠近，根据现场实际情况制定去污方案，如若污染较轻，可以直接去污，采用吸水纸或吸水棉处理液体，以防止污染扩散，后采用表面擦拭法去污，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，擦拭时先干

擦后湿擦，最后通过表面污染监测结果（采用间接擦拭法）判断是否需要使用去污剂，去污结束后，工作人员脱去受污染的手套及防护工作服，一次性手套和去污用品均作为放射性固体废物处理。

（2）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，佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪进入事故现场。

表 12　辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版）等法律法规要求，建设单位已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，并明确了相关成员名单及职责（详见附件 5），小组组成人员如下：

组　长：彭　敏

副组长：秦晓玲、朱恭春、陆　丽

成　员：梁　鸣、林　莉、李　刚、李佳益、刘冰峰、简卫东、陈丹丹、阮文榜、蒋钟、蔡晓阳、陈少鲁。

领导小组职责：

（一）贯彻执行国家及地方辐射安全环保法规，制定本单位辐射安全管理制度、操作规程及应急预案；

（二）协调国控广西区域内的跨部门合作，确保辐射安全环保、销售、运输、设备管理等环节无缝衔接；

（三）负责放射性药品的采购、储存、运输、销售、报废等全流程的安全环保管理工作，建立放射性药品管理档案；

（四）核查防护设施运行状态及操作规范性，确保辐射水平符合国家规定；

（五）组织放射性药品暂存库相关从业人员、管理人员参加辐射安全培训和职业健康检查，确保人员具备对应岗位从业知识以及个人身体健康符合要求；

（六）负责开展辐射安全环保事故的报告、调查和处理，配合有关部门进行辐射事故的应急救援和调查处理工作；

（七）国家、地方及行业法律法规及规章制度要求的其他工作事项。

12.1.2 人员配备与职能

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十四条、第十六条要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部2019年第57号）及《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部 2021年第9号公告）的相关要求，自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。建设单位应及时安排本项目未参加培训并考核合格的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训，考核合格后方可上岗（考核成绩合格有效期五年）。

本项目规划配备的辐射工作人员5人，建设单位应及时安排本项目未参加培训并考核合格的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训，考核合格后方可上岗（考核成绩合格有效期五年）。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修订）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第18号令）的相关管理要求，使用放射性同位素与射线装置的单位应当具备有健全的操作规程、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、监测方案等。

建设单位已制定了《放射源暂存库管理细则》《辐射事故应急预案》《辐射安全管理制度》《放射性沾污现场处置方案》《放射工作人员培训计划与管理制度》《放射工作人员个人剂量管理制度》《辐射场所辐射监测与人员监测计划》《放射性药品暂存库辐射防护与安全保卫制度》《放射性药品暂存库作业人员操作规程》《放射性药品暂存库作业人员岗位职责》等一系列基本规章制度。

建设单位建立的辐射安全管理制度较为全面，且规章制度内容符合建设单位实际情况，并从操作人员岗位责任，辐射防护和安全保卫，放射性药品暂存库管理等方面分别做了明确要求和规定，同时制定了较为符合实际情况的、切实可行的辐射事故应急预案，保障了从事辐射工作的人员和公众的健康与安全，基本满足《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关防护要求。

本项目运行后，建设单位应严格落实各项规章制度，结合实施情况定期修改和完善各项规章制度，确保辐射工作场所的安全运行。

12.3 辐射监测

根据国家相关法律法规要求，开展辐射工作的单位应当对其设备性能、工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测，以保障辐射工作的正常开展

以及人员的健康和安全。建设单位需根据要求制定以下辐射监测计划。

12.3.1 辐射工作人员个人剂量监测

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

按照《放射工作人员健康标准》的相关规定，公司应为辐射工作人员建立个人健康档案，对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检报告，合格者才能上岗；对从事辐射工作的工作人员建立职业健康监护档案，档案要终生保存，工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。职业健康检查周期为 1~2 年，但不得超过 2 年，必要时可适当增加检查次数；在本单位从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也应进行健康体检。

12.3.2 工作场所和周围环境监测

（1）单位自检

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

（2）年度监测

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

①监测范围：项目场所周围 50m 范围内、人员活动位置处等。

②监测项目：X-γ辐射剂量率、表面污染。

③监测频率：1 次/年。

④监测仪器：由接受委托监测机构负责选取符合相关监测技术规范的监测仪器。

⑤监测要求：监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

12.3.3 年度安全评估报告

每年 1 月 31 日之前，核技术应用单位应向辐射安全许可证发证机关及当地生态环境主管部门提交上一年度的本单位辐射安全和防护状况年度评估报告。

12.4 辐射事故应急

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）第四十条、《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）第四十三条等有关规定，建设单位应制定辐射事故应急预案，辐射事故应急预案应包括下列内容：

（一）应急机构和职责分工；

（二）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（三）辐射事故分级与应急响应措施；

（四）辐射事故的调查、报告和处理程序；

（五）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

辐射事故应急预案还应当包括可能引发辐射事故的运行故障的应急响应措施及其调查、报告和处理程序。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健委报告。

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

公司制定的辐射专项应急预案包括下列内容：事故风险分析、应急指挥机构和职责、响应处置程序、应急处置措施、注意事项等内容以及各组织机构人员名单及应急联系电话等，具体见附件6。

为使事故发生时能有效应对，建设单位每年至少须进行一次组织开展辐射事故应急培训与应急演练，模拟事故发生时应进行的流程和应采取的措施，当辐射事故发生时能熟练、沉着、有效应对，将事故的危害降到最低。

表 13　结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

本项目位于广西南宁市江南区国凯大道东 18 号，拟利用国药控股广西有限公司综合仓库一层东南侧建设放射性药品库房项目，拟建放射性药品库房主要贮存和销售 ^{14}C、^{32}P、^{51}Cr、^{67}Ga、^{75}Se、^{89}Sr、^{90}Sr、^{90}Y、^{111}In、^{113}Sn、^{123}I、^{125}I（粒子源）、^{125}I、^{131}I、^{133}Xe、^{153}Sm、^{177}Lu、^{201}Tl、^{223}Ra、^{225}Ac 共 20 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 4.99E+08Bq，年最大贮存量为 1.43E+14Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。此外，公司仅从事销售的 2 种放射性药物为 ^{99m}Tc、^{18}F，这些放射性药物直接从生产商送至使用单位，不进行贮存。

13.1.2 产业政策符合性

本项目主要进行放射性药物临时贮存，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类，属于允许类。因此，本项目符合国家产业政策。

13.1.3 实践的正当性

本项目拟建设放射性药品暂存库，用于临时暂存销售的放射性药物货包，在采取了相应的辐射防护措施后，可提高放射性药物销售项目的辐射安全性。同时本项目的建设可以更好地满足广西地区放射性药物的市场需求，有效减少放射性药品的运输时间，对保障人民群众身体健康、拯救生命起到十分重要的作用。

本项目的建设具有显著的经济效益及社会效益，项目产生的辐射影响满足相关规范要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.4 选址合理性

项目放射性药物暂存场所选址在现有的药品仓库内单独建设，选址集中于无人长期居留的仓库底层一侧，本项目放射性药品仓库设置防护门及防护墙体，在场所周围设置电离辐射警告标志，有相应的物理隔离，项目运行过程中产生的电离辐射，在有良好的实体屏蔽和防护措施情况下，通过建筑物屏蔽和距离的衰减，对周围环境产生的辐射剂量率能满足相关标准要求，对工作人员和公众所致的年有效剂量能满足相关标准要求，项目产生的辐射对周围环境影响较小。

因此，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址合理。

13.1.5 辐射环境影响现状评价

根据监测结果，拟建地点各监测点位监测结果属于天然外照射水平，未发现辐射异常情况。

13.1.6 环境影响分析结论

（1）辐射屏蔽能力评价

本项目拟规划良好的屏蔽防护设计，根据理论预测，在项目正常运营过程中，辐射工作场所及相邻场所各评价关注点的辐射剂量率水平均满足参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）确定工作场所辐射剂量率控制水平。

（2）职业人员及公众成员年有效剂量评价

从偏保守角度考虑，预计采取辐射防护措施后，工作人员受照的年有效剂量符合职业人员年有效剂量管理约束值（5mSv），同时符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的限值要求。

预计公众成员因为项目的运行而受到额外的年有效剂量符合公众成员年有效剂量管理约束值（0.1mSv）的要求，同时符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的限值要求。

（3）辐射环境管理制度

建设单位成立了辐射安全管理领导小组，落实了机构的成员及其职责，并对本次核技术应用项目已制定了较完善的辐射安全管理相关制度，结合本次项目情况制定了较为符合建设单位实际情况的、切实可行的辐射事故应急预案。制定了相关岗位操作规程，明确了工作人员的岗位职责。

综上所述，建设单位具有一定的辐射安全管理能力，基本符合《放射性同位素与射线装置安全管理办法》的相关要求。

（4）安全培训及健康管理

1）对所有从事辐射工作的人员进行辐射安全与防护知识教育培训，培训考核合格方能上岗，使工作人员熟练掌握操作技能，减少操作时间，从而达到减少受照剂量。

2）所有辐射工作人员均应进行个人累积剂量的监测并建立个人档案，每两年进行一次健康体检。

13.2 结论

综上，本次评价项目建设方案按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，建设过程严格按照设计方案进行施工，建筑施工质量能达到要求时，并且落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相

应的辐射安全防护措施，则本评价项目正常运行时，对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，该项目可行。

13.3 建议和承诺

建议建设单位认真做好以下几项工作：

1、积极落实各项辐射管理制度，定期进行日常自行监测和年度监测，发现问题及时解决，以防止辐射照射事故发生。

2、建设单位在取得本次环评报告批复文件后，按要求做好工作场所的防护，工作场所达到使用标准后，应当按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定的许可证申请程序，申请领取《辐射安全许可证》。

3、本次核技术利用建设项目在建设过程中，如发生重大变动应按法律法规要求向有关生态环境主管部门进行申报，办理相关手续，并采取相应的污染治理措施，主动接受生态环境主管部门的监督管理。

建设单位承诺做好以下工作：

（1）保证提供的本项目建设内容真实合法。

（2）按要求开展个人剂量监测、工作场所监测以及对本单位辐射场所的安全和防护状态进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

（3）在项目施工同时应确保辐射防护设施和管理措施的建设，切实做到环境保护设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”，并按要求开展竣工环保验收。

（4）保证各项环保设施及辐射防护设施正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作。

表 14　审批

下一级生态环境部门预审意见： 经办人：公　　章 年　　月　　日
审批意见： 经办人：　　　　盖章 年　　月　　日