

核技术利用建设项目

放射性药品仓库建设项目

生态环境影响报告表

苏鲁海王医药集团有限公司

2026 年 8 月

环境保护部监制

表 1 项目基本情况

建设项目名称		放射性药品仓库建设项目			
单位名称		苏鲁海王医药集团有限公司			
法人代表	张翼飞	联系人	魏光宝	联系电话	\
注册地址		山东省枣庄市高新区光明大道 X2999 号			
项目建设地点		山东省枣庄市高新区光明大道 X2999 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	140	项目环保投资 (万元)	38	投资比例(环保 投资/总投资)	27%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²) 120
应用 类 型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类(医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☒ 销售	/		
		☒ 使用	☒ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 使用	☐ II类 ☐ III类		
	其他	/			
	1.1 公司概况 苏鲁海王医药集团有限公司成立于 2005 年 11 月 2 日，是一家从事药品批发、医疗器械经营和医疗器械租赁等业务的公司，公司地址为：山东省枣庄市高新区光明大道 X2999 号。建设单位的经营范围为：药品批发；第三类医疗器械经营；食品销售；第三类医疗设备租赁；道路货物运输（不含危险货物）；中药饮片代煎服务。（依法须经批准的项目，				

经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准）

一般项目：日用品批发；化妆品批发；服装服饰批发；体育用品及器材批发；五金产品批发；第一类医疗器械销售；第二类医疗器械销售；针纺织品销售；制冷、空调设备销售；终端计量设备销售；消毒剂销售（不含危险化学品）；教学用模型及教具销售；化工产品销售（不含许可类化工产品）；仪器仪表销售；软件销售；金属材料销售；金属制品销售；金属矿石销售；非金属矿及制品销售；煤炭及制品销售；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；眼镜销售（不含隐形眼镜）；专用设备修理；第二类医疗设备租赁；第一类医疗设备租赁；以自有资金从事投资活动；社会经济咨询服务；软件开发；普通货物仓储服务（不含危险化学品等需许可审批的项目）；非居住房地产租赁；货物进出口；医护人员防护用品批发；汽车销售。（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）。

公司地理位置见附图 1，苏鲁海王医药集团有限公司平面布置见附图 2，项目周边影像见附图 3。

1.2 公司现有核技术利用项目

1.2.1 现有项目规模

本项目建设地点位于山东省枣庄市高新区光明大道 X2999 号。建设单位已于 2024 年 8 月 22 日取得枣庄市生态环境局下发的《辐射安全许可证》，证书编号：鲁环辐证[04804]，有效期至 2029 年 8 月 21 日，种类和范围为：销售Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。详细内容见附件 3。具体如下表所示：

表 1-1 公司射线装置许可情况

装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	技术参数（最大）	产品序列号	生产厂家
医用诊断 X 射线装置	Ⅲ类	销售	1	DR	Volpa	管电压 60kV 管电流 5mA	A08020625	图湃
医用诊断 X 射线装置	Ⅲ类	销售	1	DR	Maspgoi	管电压 90kV 管电流 7mA	2310/A	图湃
医用诊断 X 射线装置	Ⅲ类	销售	1	DR	Azutiom	管电压 60kV 管电流 10mA	2219/A	PHILIPS
医用诊断 X 射线装置	Ⅲ类	销售	1	DR	Accession	管电压 65kV 管电流 6mA	2315/A	PHILIPS

医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III类	销售	1	X 断层 CT 扫描	SOMAT OM Drive	管电压 140kV 管电流 11mA	2315/A	西门子
医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III类	销售	1	X 断层 CT 扫描	DigitalDiagnost	管电压 99kV 管电流 13mA	2324/A	PHILIPS
血管造影用 X 射线装置	II类	销售	1	血管造影系统	PoleStar m680	管电压 140kV 管电流 45mA	2219/A	PHILIPS
粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器	II类	销售	1	中子加速器	Focus	管电压 120kV 管电流 23mA	MINO1 A080 20533	PHILIPS
口腔(牙科) X 射线装置	III类	销售	2	口腔 CT	Azurion5 M20	管电压 60kV 管电流 7mA	2310/A	PHILIPS

1.2.2 现有项目环保手续情况

2024 年 01 月 16 日公司填报销售（不贮存）II、III类射线装置项目环境影响登记表备案（备案号：20243704000100000002）。

1.2.3 公司辐射安全管理情况

（1）行政许可符合性

公司在辐射安全许可证许可范围内开展核技术利用项目。

（2）辐射安全管理

①公司成立了辐射安全管理领导小组，负责公司辐射安全与防护管理工作，签订了《辐射工作安全责任书》，明确了公司法人为辐射工作安全第一责任人，指定辐射安全管理领导小组负责公司的辐射安全和防护工作。

②工作制度。制定了《辐射工作安全责任书》、《射线装置销售操作规程》、《辐射防护与安全保卫制度》、《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》、《人员培训计划》、《辐射防护措施》等，建立了辐射安全管理档案。

③应急程序。制定了《辐射事故应急预案》。

④监测计划。制定了《监测计划》。

1.3 项目概况

根据苏鲁海王医药集团有限公司发展战略的需要，公司拟开展放射性药物的销售工作，

为配合公司放射性药品经营活动，公司拟于山东省枣庄市高新区光明大道 X2999 号，苏鲁海王医药集团有限公司院内北侧建设 1 处放射性药品仓库，暂存含 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{68}Ga 、 ^{67}Ga 、 ^{18}F 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C 、 ^{64}Cu 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{32}P 共 16 种核医学常用核素的放射性药物。

项目具体内容为：

（1）常规直送模式：接收订单后，公司向放射性物质供货商采购，由供货商直接配送至终端使用方。

（2）暂存中转模式：针对特殊配送需求，当一批放射性货包运抵仓库后，根据各使用方的接收时间、地点等要求调整物流方案，供货商配送人员可申请将货包暂存于拟建放射性药品仓库，待运输条件满足后，再按约定时效完成最终配送。

放射性核素一览表如下表：

表 1-2 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}Zr	1.85×10^{10}	1.85×10^7	5.55×10^{12}	源的贮存
2	^{90}Y	1.85×10^{11}	1.85×10^8	5.55×10^{13}	源的贮存
3	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	9.25×10^{10}	9.25×10^6	2.78×10^{13}	源的贮存
4	^{89}Sr	5.55×10^{10}	5.55×10^7	1.66×10^{13}	源的贮存
5	^{177}Lu	7.40×10^{10}	7.40×10^7	2.22×10^{13}	源的贮存
6	^{131}I	9.25×10^{10}	9.25×10^7	2.78×10^{13}	源的贮存
7	^{125}I	3.70×10^{11}	3.70×10^7	1.11×10^{14}	源的贮存
8	^{68}Ga	2.96×10^{10}	2.96×10^6	8.88×10^{12}	源的贮存
9	^{67}Ga	3.70×10^8	3.70×10^5	1.11×10^{11}	源的贮存
10	^{18}F	5.55×10^{10}	5.55×10^6	1.66×10^{13}	源的贮存
11	^{223}Ra	1.48×10^{10}	1.48×10^9	4.44×10^{12}	源的贮存
12	^{14}C	1.85×10^{10}	1.85×10^6	5.55×10^{12}	源的贮存

13	^{64}Cu	1.48×10^{10}	1.48×10^6	4.44×10^{12}	源的贮存
14	^{225}Ac	1.30×10^8	1.30×10^7	3.90×10^{10}	源的贮存
15	^{227}Th	1.48×10^9	1.48×10^8	4.44×10^{11}	源的贮存
16	^{32}P	1.85×10^{10}	1.85×10^7	5.55×10^{12}	源的贮存

根据核算，贮存的核素日等效最大操作量约为 $2.15 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

1.4 项目选址合理性分析

本项目位于枣庄市国土空间规划中的城镇开发边界内，符合枣庄市国土空间总体规划（2021-2035 年）要求。与枣庄市国土空间总体规划位置图见附图 4。

本项目位于山东省枣庄市高新区光明大道 X2999 号，利用公司自有房产（鲁（2022）枣庄市不动产权第 6009048 号）进行建设，土地类型为工业用地，故本项目用地性质符合土地利用要求。本项目不动产权证书见附件 2。

本项目位于苏鲁海王医药集团有限公司院内北侧，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。项目建成后 50m 范围内主要为：项目南侧厂区内空地、厂区道路和厂房，北侧厂区内空地、厂区外空地和蟠龙河南支流，东侧和西侧均为厂区内空地，故项目选址合理。

1.5 产业政策符合性

公司主营药品批发、医疗器械经营和医疗器械租赁等业务，本项目为放射性药品销售过程中的药品贮存，根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本）目录，属于鼓励类中的二十九、现代物流业——“农产品物流配送设施建设，农产品、食品、药品冷链物流，食品、药品物流质量安全控制技术服务”，符合国家产业政策。

1.6 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、拯救生命起了十分重要的作用，本项目符合所在地区医疗服务需要。拟建的放射性药品仓库，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的运输路线，尽可能减少放射性货包在路上的逗留时间，进一步提高放射性核素销售项目的安全性及便利性。项目具有明显的社会效益、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。

1.7 目的和任务由来

根据《中华人民共和国生态环境法典》以及《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》等相关规定的要求，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。苏鲁海王医药集团有限公司委托我公司开展该项目的辐射环境影响评价工作。接受委托后，我公司在进行现场勘察、充分收集和分析有关资料、实地辐射环境检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	活动种类	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)	用途	操作方式	操作场所	贮存方式与地点
1	^{89}Zr	液态/中毒/半衰期 3.27d	暂存、销售	1.85×10^{10}	1.85×10^7	5.55×10^{12}	暂存	源的贮存	仅在放射性药品仓库暂存，不涉及分装	非密封性放射源药品货包，山东省枣庄市高新区光明大道 X2999 号，苏鲁海王医药集团有限公司院内北侧放射性药品仓库内
2	^{90}Y	液态/中毒/半衰期 2.67d		1.85×10^{11}	1.85×10^8	5.55×10^{13}	暂存	源的贮存		
3	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态/低毒/半衰期 6.02h		9.25×10^{10}	9.25×10^6	2.78×10^{13}	暂存	源的贮存		
4	^{89}Sr	液态/中毒/半衰期 50.5d		5.55×10^{10}	5.55×10^7	1.66×10^{13}	暂存	源的贮存		
5	^{177}Lu	液态/中毒/半衰期 6.71d		7.40×10^{10}	7.40×10^7	2.22×10^{13}	暂存	源的贮存		
6	^{131}I	液态/中毒/半衰期 8.04d		9.25×10^{10}	9.25×10^7	2.78×10^{13}	暂存	源的贮存		
7	^{125}I	固态/中毒/半衰期 60.1d		3.70×10^{11}	3.70×10^7	1.11×10^{14}	暂存	源的贮存		
8	^{68}Ga	液态/低毒/半衰期 1.13h		2.96×10^{10}	2.96×10^6	8.88×10^{12}	暂存	源的贮存		
9	^{67}Ga	液态/中毒/半衰期 3.26d		3.70×10^8	3.70×10^5	1.11×10^{11}	暂存	源的贮存		
10	^{18}F	液态/低毒/半衰期 1.83h		5.55×10^{10}	5.55×10^6	1.66×10^{13}	暂存	源的贮存		
11	^{223}Ra	液态/极毒/半衰期 11.44d		1.48×10^{10}	1.48×10^9	4.44×10^{12}	暂存	源的贮存		

12	^{14}C	固态/中毒/半衰期 5730a		1.85×10^{10}	1.85×10^6	5.55×10^{12}	暂存	源的贮存		
13	^{64}Cu	液态/低毒/半衰期 12.7h		1.48×10^{10}	1.48×10^6	4.44×10^{12}	暂存	源的贮存		
14	^{225}Ac	液态/极毒/半衰期 10d		1.30×10^8	1.3×10^7	3.90×10^{10}	暂存	源的贮存		
15	^{227}Th	液态/极毒/半衰期 18.7d		1.48×10^9	1.48×10^8	4.44×10^{11}	暂存	源的贮存		
16	^{32}P	液态/中毒/半衰期 14.3d		1.85×10^{10}	1.85×10^7	5.55×10^{12}	暂存	源的贮存		

注：放射性核素的物理半衰期和毒性分组见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

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	/	/	/	/	/	活性炭过滤后，高于室顶排入外环境
放射性废水（事故状态）	液态	^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{67}Ga 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{32}P	/	/	/	/	暂存在衰变池内衰变	放射性废水收集后排入仓库东北侧衰变间衰变池内，满足排放要求后，进入园区污水管道，排入市政污水管网；
放射性固体废物（事故状态）	固态	半衰期 $<100\text{d}$ 的放射性核素（ ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{67}Ga 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{32}P ）	/	/	/	/	暂存在铅桶内衰变	暂存时间满足要求后，经检测，满足解控标准交由有相关医疗废物处置资质的单位处理；不能解控的交由有相关放射性废物处理资质的单位处理；
		半衰期 $\geq 100\text{d}$ 的放射性核素（ ^{14}C ）	/	/	/	/		交由有相关放射性废物处理资质的单位处理
废活性炭	固态	/	/	/	/	/	暂存在铅桶内衰变	本项目未发生事故时更换的活性炭由供应商回收。事故情况下产生的废活性炭拟交由有相关放射性废物处理资质的单位处理
氮氧化物（ NO 、 NO_2 ）和臭氧（ O_3 ）等非放射性气体	气态	/	/	/	/	/	/	经排风系统收集后至活性炭吸附系统净化处理后排入外环境

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 、 Bq/m^3 ）和活度（ Bq ）。

表 4 评价依据

法规文件	一、法律法规 1.《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，2026 年 8 月 15 日施行； 2.《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； 3.《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；国务院令第 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日； 4.《放射性废物安全管理条例》，中华人民共和国国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行。 二、部门规章 1.《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； 2.《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，2021 年 1 月 4 日第四次修正； 3.《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； 4.《关于发布<放射性废物分类>的公告》环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行； 5.《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、公安部、卫生部，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日实施； 6.《国家危险废物名录（2025 年版）》，生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第 36 号，2025 年 1 月 1 日施行； 7.《危险废物转移管理办法》，生态环境部、公安部、交通运输部令第 23 号，2022 年 1 月 1 日起施行； 8.《放射性固体废物贮存和处置许可管理办法》，环境保护部令第 25 号，2014 年 3 月 1 日起施行，2019 年 8 月 22 日修正； 9.《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函[2016]430 号，2016 年 3 月实施；
------	--

	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； 11.《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》，中华人民共和国生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日； 12.《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局令第 62 号，2005 年 12 月 23 日。 三、地方性法规及地方性规章 1.《山东省辐射事故应急预案》，山东省生态环境厅，鲁环发[2021]11 号，2021 年 12 月 29 日施行； 2.《山东省放射性药品经营质量管理实施细则（试行）》，山东省药品监督管理局，鲁药监规〔2024〕14 号，2025 年 1 月 1 日施行。
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》（HJ10.1-2016）； 2.《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 3.《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）（参考）； 4.《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）（参考）； 5.《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）； 6.《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； 7.《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 8.《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）； 9.《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 10.《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 11.《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA1002-2012）（参考）； 12.《放射性物品运输核与辐射安全分析报告书格式和内容》（HJ1187-2021）（参考）； 13.《水质 总α放射性的测定 厚源法》（HJ898-2017）（参考）； 14.《水质 总β放射性的测定 厚源法》（HJ899-2017）（参考）。

其他	1.苏鲁海王医药集团有限公司辐射环境影响评价委托书及其提供的相关技术资料; 2.《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》（山东省环境监测中心站，1989 年）； 3.《辐射防护手册》（原子能出版社，李德平）； 4.《南水北调东线山东段沿线土壤的放射性水平》（邓太平、许家昂等，中国辐射卫生 2006 年 12 月第 15 卷第 4 期）； 5.《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，2023 年 9 月 11 日。
----	--

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》（HJ10.1-2016）的规定要求，评价范围为本项目放射性药品仓库实体屏蔽体外 50m 的区域。

5.2 保护目标

本项目保护目标为评价范围内受本项目影响的辐射工作人员和公众成员。其中，辐射工作人员为本项目的仓库保管员及安全员；公众成员主要为本项目放射性药品仓库四周 50m 范围内公众成员等。

表 5-1 本项目保护目标情况

保护目标		规模	人群	方位、距离、环境特征
职业人员		4 人	辐射工作人员	放射库内及周围短暂停留
公众成员	空地	<20 人	流动人员	N/E/W, 紧邻, 空地
	厂区道路	<20 人	流动人员	S, 4m, 道路
	配送中心二	<10 人	流动人员	S, 11m, 配送中心二, 房高 11m

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）：

第 6.1.5 款 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

由上述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，室顶、防护门、墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

5.3.2 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）：

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量

剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

附录 B

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；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

B1.2 公众照射

B1.2.1 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

- a) 年有效剂量，1mSv。

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 5mSv/a，公众照射剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

因此，本项目选取的剂量约束值为：职业照射的剂量约束值为 5mSv/a，公众照射剂量约束值为 0.1mSv/a，取 GB18871-2002 规定的年当量剂量限值的 1/4，以 125mSv/a 作为工作人员手部的职业照射剂量约束值。

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 Bq/cm²

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4

工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10^{-1}	4×10^{-1}	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-2}	4×10^{-2}	4×10^{-1}

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	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

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 放射性废水

①参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

第 7.3.2 款 放射性废液贮存

第 7.3.2.1 款 经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期立生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。

第 7.3.3 款 放射性废液排放

第 7.3.3.1 款 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核素最长半衰期的 10 倍(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 1 Bq/L、总 β 不大于 10 Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

②参考《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）中规定：

含碘-131 放射性废水可按照下列任意一种方式进行排放：

（一）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 8.6.2 条规定，经监管部门确认单次排入普通下水道的废水中碘-131 活度不超过 1ALlmin（9E+5 贝可），每月排放的废水中碘-131 总活度不超过 10ALlmin(9E+6 贝可)。

（二）暂存 180 天后，衰变池废水可以直接排放。

（三）暂存不满 180 天但监测结果表明碘-131 活度浓度已降至不高于 10 贝可/升水平，也可直接排放。

5.3.5.2 放射性固体废物

参考《关于发布<放射性废物分类>的公告》环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号

第十条 极短寿命放射性废物：废物中所含主要放射性核素的半衰期很短，长寿命放射性核素的活度浓度在解控水平以下，极短寿命放射性核素半衰期一般小于 100 天，通过最多几年时间的贮存衰变，放射性核素活度浓度即可达到解控水平，实施解控。

常见的极短寿命放射性废物如医疗使用碘-131 及其他极短寿命放射性核素时产生的废物。

第十一条 极低水平放射性废物：废物中放射性核素活度浓度接近或者略高于豁免水平或解控水平，长寿命放射性核素的活度浓度应当非常有限，仅需采取有限的包容和隔离措施，可以在地表填埋设施处置，或者按照国家固体废物管理规定，在工业固体废物填埋场中处置。

极低水平放射性废物的活度浓度下限值为解控水平，上限值一般为解控水平的 10~100 倍。

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

第 7.2.3.1 款 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 Bq/cm^2 、 β 表面污染小于 0.8 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；
- 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。

第 7.2.3.2 款 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 mSv/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 4 Bq/cm^2 、其他 α 发射体应小于 0.4 Bq/cm^2 。

第 7.2.3.3 款 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。

5.3.6 密闭和通风要求

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

第 7.4.1 款 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。

第 7.4.2 款 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。

5.3.7 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：

5.3 辐射水平限值

5.3.1 货包或集合包装的外表面上任一点的最高辐射水平应不超过 2 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，在满足下述条件时可超过 2 mSv/h ，但不可超过 10 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 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体为 4Bq/cm^2 。

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

8.4 运输和途中贮存的要求

8.4.1 运输期间和途中贮存期间的隔离

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途中贮存期间都应：

- 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 5-4）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 5-4 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 ^a	$H \leq 0.005$	I (白)
$0 < TI \leq 1^a$	$0.005 < H \leq 0.5$	II (黄)
$1 < TI \leq 10$	$0.005 < H \leq 2$	III (黄)
$10 \leq TI$	$2 < H \leq 10$	III (黄) ^b

a 若测的 TI 值不大于 0.05，此数值可取为零；
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）或Ⅲ级（黄）货包。

5.3.8 根据《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010），要求如下：

第 5.1.2 款 宜在辐射工作场所的醒目位置悬挂（张贴）辐射警告标志，人员通行和放射性物质传递的路线应严格执行相关规定，防止发生交叉污染。应制定严格的辐射防护规程和操作规程。

第 5.1.3 款 操作非密封源的单位应制定辐射防护大纲并对其实施和评价负全面责任。单位应设立相应的安全与防护机构，并用文件的形式明确规定其职责。

第 5.1.4 款 应建立安全与防护培训制度，培植和保持工作人员良好的安全文化素养，自觉遵守规章制度，掌握辐射防护基本原则、防护基本知识及辐射防护技能。

第 5.3.3 款 辐射工作场所应具备适当的防护手段与安全措施，做好个人防护工作。

第 5.3.5 款 在任何情况下均不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件的操作。

第 6.4.2 款 乙、丙级工作场所一般可以用定期取样测量的方法对气态流出物进行监测。

第 7.2.1 款 操作非密封源的单位，一般应建立放射性废液处理系统，确保产生的废液得到妥善处理。

第 7.3.1 款 产生放射性固体废物较多的单位应当建立固体废物暂存库，确保储存的废物可回收。

第 7.3.2 款 操作非密封源的单位产生的废物，应按要求送指定的废物库暂存。送贮的废物应符合送贮条件。

第 7.3.3 款 对于半衰期短的废物可用放置衰变的办法，待放射性物质衰变到清洁解控水平后作普通废物处理，以尽可能减少放射性废物的数量。

第 7.4.1 款 对工作场所放射性废气或气溶胶的排放系统，应经常检查其净化过滤装置的有效性。

5.3.9 销售运输管理要求

公司拟委托有放射性物品运输资质的专业运输机构负责运输工作，根据《放射性物品道路运输管理规定》，要求如下：

第二十条 道路运输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。

第二十一条 道路运输放射性物品的承运人（以下简称承运人）应当取得相应的放射性物品道路运输资质，并对承运事项是否符合本企业或者单位放射性物品运输资质许可的运输范围负责。

第二十三条 承运人与托运人订立放射性物品道路运输合同前，应当查验、收存托运人提交的下列材料：

- （一）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；
- （二）辐射监测报告，其中一类放射性物品的辐射监测报告由托运人委托有资质的辐射监测机构出具；二、三类放射性物品的辐射监测报告由托运人出具；
- （三）核与辐射事故应急响应指南；
- （四）装卸作业方法指南；
- （五）安全防护指南。

托运人将本条第一款第（四）项、第（五）项要求的内容在运输说明书中一并作出说明的，可以不提交第（四）项、第（五）项要求的材料。

托运人提交材料不齐全的，或者托运的物品经监测不符合国家放射性物品运输安全标准的，承运人不得与托运人订立放射性物品道路运输合同。

第二十四条 二、三类放射性物品启运前，承运人应当向托运人查验公安部门关于准予道路运输放射性物品的审批文件。

第二十五条 托运人应当按照《放射性物质安全运输规程》（GB11806）等有关国家标准和规定，在放射性物品运输容器上设置警示标志。

第二十八条 在放射性物品道路运输过程中，除驾驶人员外，还应当在专用车辆上配备押运人员，确保放射性物品处于押运人员监管之下。运输一类放射性物品的，承运人必要时可以要求托运人随车提供技术指导。

第三十一条 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，结合本企业安全生产应急预案的有关内容，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生态环境主管部门。

5.3.10 环境天然放射性水平

根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，枣庄市环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 5-5。

表 5-5 枣庄市环境天然 γ 空气吸收剂量率 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)

监测内容	范 围	平均值	标准差
原 野	3.92~9.14	5.92	1.04
道 路	1.64~11.19	4.59	1.86
室 内	4.53~14.12	8.22	1.93

注：摘自山东省环境监测中心站《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》，1989 年。

表 6 环境质量和辐射现状

6.1 项目地理及场所位置

本次评价项目位于山东省枣庄市高新区光明大道 X2999 号，苏鲁海王医药集团有限公司院内北侧，厂区布置见附图 2，项目场址及周围现状照片见附图 5。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	北侧	紧邻厂区内空地、厂区外空地、蟠龙河南支
	东侧	紧邻厂区内空地
	南侧	紧邻厂区内空地、南侧 4m 厂区道路和南 11m 配送中心二
	西侧	紧邻厂区内空地

6.2 辐射环境现状检测与评价

6.2.1 检测方案

1、环境现状评价对象

本项目位置及周围辐射环境现状。

2、检测因子

γ 辐射剂量率、土壤总 α 放射性、总 β 放射性

3、检测点位

本次评价按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）测点布设原则，在拟建非密封放射性药品仓库 50m 范围内布点，进行环境 γ 辐射剂量率检测。

根据资料，当地常年主导风向为 E 风，本次土壤放射性检测点位，分别布在当地常年主导风向的上风向及下风向、仓库拟建位置。

本项目检测布点图见图 6-1~6-2。



图 6-1 γ 辐射剂量率检测布点示意图



图 6-2 土壤检测布点示意图

6.2.2 质量保证措施

1、检测单位

山东省环科院环境检测有限公司开展检测。

2、检测分析方法

本次采用的检测分析方法、方法标准号、方法检出限见表 6-2。

表 6-2 检测分析方法、方法标准号、方法检出限

序号	监测项目	方法名称		方法标准号	方法检出限
1	γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》		HJ1157-2021	1nGy/h
2	土壤总 α 、总 β 放射性	采样	《土壤环境监测技术规范》	HJ1212-2021	/
		分析	参考《水质 总 α 放射性的测定 厚源法》	HJ898-2017	检出限与具体样品有关
			参考《水质 总 β 放射性的测定 厚源法》	HJ899-2017	

3、检测仪器

检测仪器名称：便携式 X- γ 剂量率仪；

仪器型号：FH40G+FHZ672E-10；仪器编号：YQ0775；

主机测量范围：10nSv/h~1Sv/h；主机能量范围：36keV~1.3MeV；

探头测量范围：1nSv/h~100 μ Sv/h；探头能量范围：40keV~4.4MeV；

校准单位：山东省计量科学研究院；

校准证书编号：Y16-202600950；

校准有效期至：2027 年 3 月 31 日；校准因子：1.31。

仪器名称：低本底 α β 测量仪；仪器型号：FYFS-400X；

仪器编号：YQ0785；仪器检定单位：山东省计量科学研究院；

检定证书编号：Y15-20250166；

检定日期：2025 年 7 月 2 日

单位面积平均本底计数率（计数 $\text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ ）： $\alpha \leq 0.003$ $\beta \leq 0.118$ ；

效率比： $\alpha \geq 77\%$ $\beta \geq 51.4\%$ ；

串道比： α 射线对 β 道 $\leq 2.14\%$ 、 β 射线对 α 道 $\leq 0.11\%$ 。

4、人员能力

本项目检测单位为山东省环科院环境检测有限公司，是一家专业的环境检测机构，有

完整的组织管理机构体系和检测工作体系，包括评价标准规范、规程标准体系以及国家计量认证的质量检验机构体系。

公司装备有便携式 X- γ 剂量率仪、低本底 α β 测量仪、高纯锗 γ 谱仪等检测设备。具备环境检测、放射性及放射性核素检测、土壤、水和废水、空气和废气检测能力。从事本项目的人员均具有承担该项任务的知识水平和业务水平，均经过上岗培训，考核合格后上岗操作。

5、检测分析过程中的质量保证

①仪器检定与测量质量控制

检测仪器都有合格证书并按国家质量管理体系的规定进行刻度或检定，并在使用前均认真地进行了仪器的自检；采用国家标准推荐的检测方法，以保证检测结果的准确与可靠。

测量仪器在每次使用之前及测量结束后，填写仪器使用信息，详细记录项目名称、使用日期、使用人、开关机时间及仪器状态信息。字迹清楚，不随意涂改，以备随时查阅。

②采样过程质量控制

a.保证采样器和样品容器的清洁，防止交叉污染。严格遵守采样操作规范，采集足够的样品量。

b.详细填写采样记录，包含准确的点位信息，检测指标，采样时间等。

c.样品送达实验室后，接样人员和送样人员清点样品。分析人员对分析完毕的样品，加贴状态标识以免发生混淆，使样品具有可追溯性。

d.为了避免分析的样品在存储、处置和检测过程中发生非正常损坏，样品分类存放，以保证分析结果的准确可靠。

③实验室分析过程质量控制

a.实验室分析测试仪器设备根据国家检定规程定期进行检定。检定或校准所用标准源、标准参考物质或计量器具，应根据国家规定的准确等级正确的使用。

b.样品的预处理和分析测量方法采用国标、行标或技术规范的方法。任何操作人员不得擅自修改常规采用的方法或程序。

c.为了发现和确定样品的预处理、分析过程中的沾污和提供适当扣除本底的资料，在分析时应同时分析测量空白样品，且空白样品与待测样品同时进行预处理和分析测量。空白样品的计数率与仪器本底的计数率应没有明显的差异。

d.实验室分析测量人员须经过专业培训，经考试合格进行分析测量工作。

④成果阶段

严格按照规定的程序进行数据的记录、检查、复审、保存。内部成果审查采用三级质量检查制度，即审查人、审核人、授权签字人三级审核。

6.2.3 检测时间与条件

γ 辐射剂量率检测时间：2026 年 4 月 17 日，天气：晴；温度：24.6℃；湿度：61%RH。

土壤采样时间：2026 年 4 月 17 日。

土壤实验室检测时间：2026 年 4 月 28 日~4 月 29 日，天气：晴；温度：22.3~23.9℃；湿度：40~46%RH。

6.2.4 检测结果

γ 辐射吸收剂量率检测结果见表 6-2。

表 6-2 本项目场址周围 γ 辐射吸收剂量率检测结果

序号	点位描述	检测结果（nSv/h）	
		平均值	标准差
1#	厂区内道路	72.1	0.5
2#	拟建区域北侧	89.0	0.5
3#	拟建区域东侧	86.9	0.7
4#	拟建区域南侧	82.2	2.1
5#	拟建区域西侧	85.5	0.5
6#	南侧 11m 配送中心二	105.7	0.6

注：1.表中检测数据均已扣除宇宙射线响应值 12.9nSv/h；

2.宇宙射线响应值的屏蔽修正因子，原野及道路取 1。

表 6-3 土壤放射性检测结果

测点编号	点位描述	总 α 放射性 (Bq/kg)	总 β 放射性 (Bq/kg)
1	拟建放射库上风向 (东经 117.41819724°，北纬 34.82242596°)	306	1.04×10^3
2	拟建放射库下风向 (东经 117.41730165°，北纬 34.82241381°)	544	1.23×10^3
3	拟建放射库 (东经 117.41770387°，北纬 34.82244380°)	706	1.41×10^3

6.2.5 检测结果评价

① γ 辐射剂量率

由表 6-2 可知，本项目各检测点位 γ 辐射吸收剂量率为 $(7.21 \sim 10.57) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，均处于枣庄市天然辐射水平本底原野波动范围内[原野 $(3.92 \sim 9.14) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 、道路 $(1.64 \sim$

11.19) $\times 10^{-8}$ Gy/h]。

②土壤放射性水平

根据检测结果，放射性药品仓库附近土壤总 α 放射性为(306~706) Bq/kg、总 β 放射性为(1.04 $\times 10^3$ ~1.41 $\times 10^3$) Bq/kg，参考《南水北调东线山东段沿线土壤的放射性水平》(邓大平、许家昂等，中国辐射卫生 2006 年 12 月第 15 卷第 4 期)中总 α 放射性范围为(4.11~9.44) $\times 10^2$ Bq/kg 和总 β 放射性范围为(5.10~8.58) $\times 10^2$ Bq/kg，本项目周围土壤中总 α 放射性略低于南水北调山东段沿线土壤中的总 α 放射性水平，总 β 放射性略高于南水北调山东段沿线土壤中的总 β 放射性水平，均在本底波动范围内。

6.3 自然环境状况

6.3.1 气候条件

枣庄市位于山东省南部，属暖温带亚湿润季风气候。具有热量丰富、雨量充沛、夏雨集中、春风大、回暖早、四季分明的气候特点。枣庄市多年平均气温有13-14℃，各季气温差异明显。全市多年平均降水量在750~950毫米之间，是山东省降雨量最充沛的地区之一。由于受大陆季风控制，冬季比较干冷。夏季平均气温26℃，降水最多，占全年降水量的60-75%，春、秋两季平均气温为15-16℃，季平均降水量130-160毫米。

枣庄地区盛行风向为E风，其次是ENE风，风频分别为16.80%和15.83%，静风频率7.80%。枣庄地区近20年风向频率见下表。

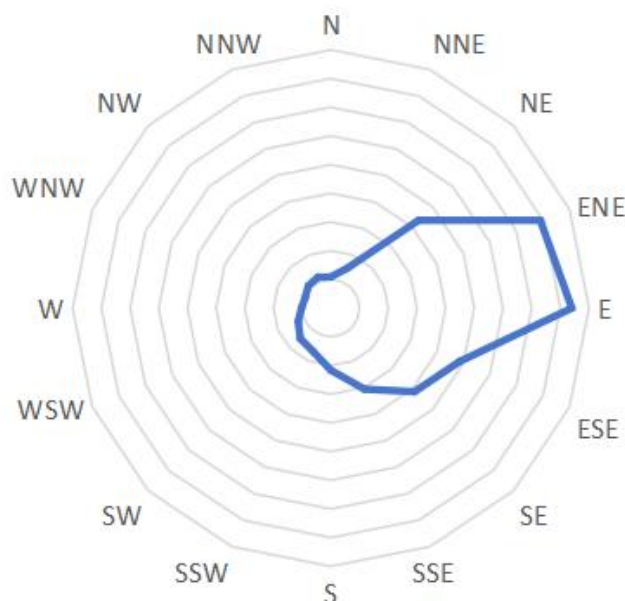


图6-3 近20年枣庄地区风向频率

6.3.2 地表水

蟠龙河支流主要有三条，薛河、蟠龙河南支、蟠龙河北支。薛河位于夏庄乡中部，明嘉靖四十五年，从滕县官庄东至夏庄皇殿村开挖支流入蟠龙河，在区境内河长4公里。每逢汛期，常夹沙南流吞没良田。1957年冬，从官庄村东截流入新薛河，今留有薛河故道。蟠龙河南支发源于张范乡南于村东南山地。西向汇宏图河，于山家林车站西北入蟠龙河。宏图河发源于南石乡焦山北、巨山东一带，水出石穴。乡人开挖，拦山截流，建成水库。汛期开闸放水，崎岖东流，绕旱麓山，经大、小吕巷之间北去，汇蟠龙河南支，全长7公里，属季节性河。蟠龙河北支(曲水河)发源于邹坞镇西尚庄以北山地曲水泉，水流状如曲突，蜿蜒南下，入曲水河，流向南，经北安阳村东至庄头村东汇入蟠龙河，全长6公里。

表 7 项目工程分析与源项

7.1 施工期分析

本项目施工期工艺流程及产污环节见图 7-1。

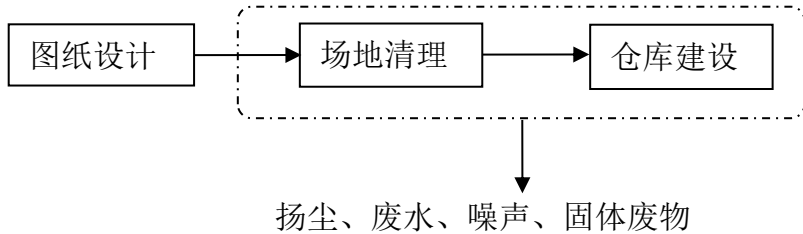


图 7-1 施工期工艺流程及产污环节

扬尘：在整个施工期，扬尘来自于材料运输、装卸和墙体建造等施工活动，由于扬尘源多且分散，属无组织排放。受施工方式、设备、气候等因素制约，产生的随机性和波动性大，土建工程结束后即可恢复。

噪声：该评价项目施工期的噪声主要来自暂存库场地的施工，但该评价项目的建设工程影响期短暂，影响范围小，随施工结束而消除。

废水：本工程项目施工期较短，主要影响为少量施工废水，施工废水含泥沙和悬浮物，直接排出会阻塞排水沟和对附近水体造成污染。施工单位应对施工废水进行妥善处理，在适当位置设置简易沉容器对施工废水进行澄清处理，清水外排，淤泥妥善堆放。

固体废物：施工期间固体废物主要为建筑垃圾和生活垃圾。施工产生的建筑垃圾若不妥善处置不仅污染环境而且破坏景观，该垃圾应委托环卫部门妥善处理，及时清运至环卫部门指定的地点安全处理处置。施工期间人员日常生活产生的生活垃圾统一放至厂区内施工生活垃圾存放点，由环卫部门定期清运。

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

7.2.1 工程源项

拟建放射性药品仓库主要贮存含 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{68}Ga 、 ^{67}Ga 、 ^{18}F 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C 、 ^{64}Cu 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{32}P 共 16 种核素的放射性药物。在取得辐射安全许可证后，公司按以下流程开展放射性核素供应工作：①常规直送模式：接收订单后，公司向放射性物质供货商采购，由供货商直接配送至终端使用方。②暂存中转模式：针对特殊

配送需求，当一批放射性货包运抵仓库后，根据各使用方的接收时间、地点等要求调整物流方案，供货商配送人员可申请将货包暂存于拟建放射性药品仓库，待运输条件满足后，再按约定时效完成最终配送。

本项目单个货包内核素活度按照使用方订购活度确定，按需订购，确保在拟建放射性药品仓库内不进行拆包、分装等工作，以供货商原货包包装的形式运送至使用方。本项目放射性药物由仓库运往使用方过程，由建设单位委托有放射性物品运输资质的专业运输机构负责。在使用方完成交接工作后即完成运送工作。

本项目暂存核素量基本按照公司拟销售量确定，16种核素一般直接运送至使用方，极特殊情况下才会运至放射性药品仓库暂存。本项目核算保守按照放射性核素日暂存最大27个货包计算，仓库最大贮存时间约为300天/年。贮存放射性药物货包情况详见表7-1。

表 7-1 本项目放射性货包规格一览表

序号	核素名称	每个货包的核素最大活度 (Bq)	每日货包数量	每日最大贮存活度 (Bq)	年最大贮存量 (Bq)
1	^{89}Zr	1.85×10^{10}	1	1.85×10^{10}	5.55×10^{12}
2	^{90}Y	9.25×10^{10}	2	1.85×10^{11}	5.55×10^{13}
3	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	9.25×10^{10}	1	9.25×10^{10}	2.78×10^{13}
4	^{89}Sr	1.11×10^{10}	5	5.55×10^{10}	1.66×10^{13}
5	^{177}Lu	7.40×10^{10}	1	7.40×10^{10}	2.22×10^{13}
6	^{131}I	9.25×10^{10}	1	9.25×10^{10}	2.78×10^{13}
7	^{125}I	7.40×10^{10}	5	3.70×10^{11}	1.11×10^{14}
8	^{68}Ga	2.96×10^{10}	1	2.96×10^{10}	8.88×10^{12}
9	^{67}Ga	3.70×10^8	1	3.70×10^8	1.11×10^{11}
10	^{18}F	5.55×10^{10}	1	5.55×10^{10}	1.66×10^{13}
11	^{223}Ra	4.93×10^9	3	1.48×10^{10}	4.44×10^{12}
12	^{14}C	1.85×10^{10}	1	1.85×10^{10}	5.55×10^{12}
13	^{64}Cu	1.48×10^{10}	1	1.48×10^{10}	4.44×10^{12}

14	^{225}Ac	1.30×10^8	1	1.30×10^8	3.90×10^{10}
15	^{227}Th	1.48×10^9	1	1.48×10^9	4.44×10^{11}
16	^{32}P	1.85×10^{10}	1	1.85×10^{10}	5.55×10^{12}
合计			27	/	/

放射性核素置于铅罐内并固定在有屏蔽作用的货包内，货包内放置铅罐数量根据建设单位需求来选择。



图7-2 放射性核素货包拟采取的固定措施示意图

本项目非密封物质工作场所日最大暂存 27 个货包。本项目拟在放射库北墙中间放置 2 个四层货架，用于暂存放射性核素货包，每个货架尺寸为 $1.8\text{m} \times 0.5\text{m} \times 1.6\text{m}$ 。每个货包最大尺寸长宽高均按 40cm 计算，1 个货架一层最大可放置 4 个货包，2 个货架可放置 32 个货包，可满足每日最大暂存需求。货架最上端放置 β 射线核素（ ^{90}Y 、 ^{89}Sr 、 ^{14}C 、 ^{32}P ）。

7.2.2 放射性药品仓库工作流程及产污环节

建设单位安排专人作为放射性药品仓库管理员和安全员，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、放射性同位素托运共 4 个流程。

（1）放射性药物销售

建设单位不生产放射性药物，仅贮存、销售放射性药物。

①建设单位在向使用方销售放射性药品前必须确认：

- 1）使用方是否具备核技术利用项目辐射安全许可证；
- 2）使用方是否有放射性药品使用许可证；
- 3）在确认使用方取辐射安全许可和放射性药品使用许可后，双方签订合同。

②建设单位按照使用方订购药物种类、活度及要求到货时间向供货商订货，并协定好送货时间，常规直送模式：接收订单后，公司向放射性物质供货商采购，由供货商直接配送至终端使用方。暂存中转模式：针对特殊配送需求，当一批放射性货包运抵仓库后，根据各使用方的接收时间、地点等要求调整物流方案，供货商配送人员可申请将货包暂存于拟建放射性药品仓库，待运输条件满足后，再按约定时效完成最终配送。

③建设单位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，并委托有放射性物品运输资质的专业运输机构负责运输工作。

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。放射性药物的包装物（铅罐、铅箱、防护套等），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。

（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，供货商送源人员（含运输人员）申请在本项目放射性药品仓库进行贮存：

①供货商送源人员提前填写货包入库申请，经建设单位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供货商送源人员负责将放射性货包由厂外运送至放射性药品仓库南侧药物入库通道入口处。

③放射性药品仓库管理人员及安全人员佩戴个人剂量计和剂量报警仪由场所东南侧入口经缓冲办公室进入放射性药品仓库，打开南侧药物通道入口防护门，在南侧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- γ

辐射剂量率水平和表面污染水平检测，确保货包满足要求，并进行记录。货包检测不合格退回供货商。

④放射性药品仓库管理人员先将放射性核素货包转移至推车上，再用推车运至放射性药品仓库内，然后将放射性核素货包从推车上转移至货架上，完成入库，工作人员关闭南侧药物通道入口防护门，经东侧更衣室检测合格后，出场所，在场所东南角办公室内，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 7-3。

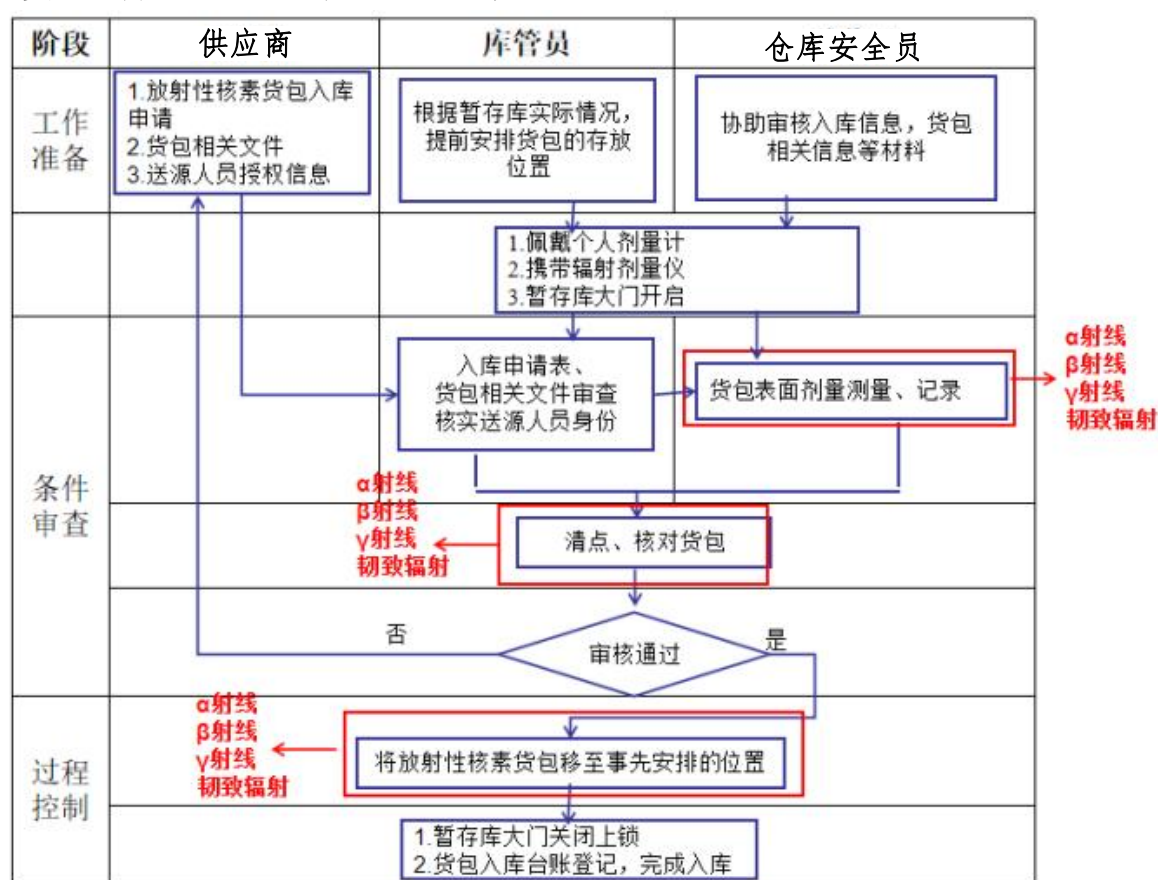


图 7-3 放射性核素货包入库工作流程及产污环节

(3) 放射性核素货包出库

放射性核素货包出库流程：

①与使用方确定时间后，提前填写货包出库申请，交由建设单位主管人员审核签字。

②审核完成以后，工作人员佩戴个人剂量计和剂量报警仪在场所东南侧入口经更

衣室进入放射性药品仓库，打开南侧药物通道入口防护门，送源人员出示出库申请等信息。

③放射性药品仓库管理人员核对出库申请表并核实源领用授权人身份，并在《放射性核素货包出入库台账》上进行登记；

④工作人员根据申请信息将出库货包由货架中取出，利用手推车转移至南侧药物通道入口处，由放射性药品仓库安全员对货包表面进行 X-γ辐射剂量率水平和表面污染水平检测，检测合格后交接送源人员，送源人员确认其取源情况，之后由有资质单位运至使用方；

⑤放射性药品仓库管理人员、安全员和送源人员分别在台账上签字后，方可将货包取走；

⑥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南侧药物通道防护门，在放射性药品仓库内巡检后，经东南侧更衣室检测合格后出放射性药品仓库。建设单位拟委托有放射性物品运输资质的专业运输机构负责运输工作。

货包出库工艺流程及产污环节详见图 7-4。

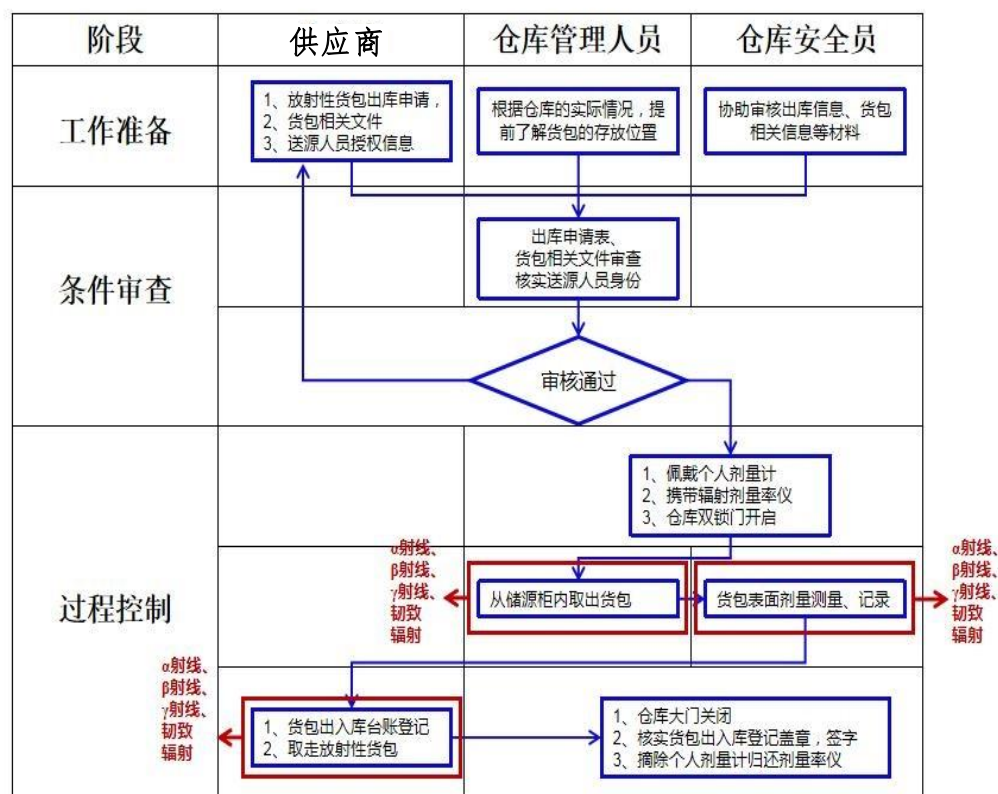


图 7-4 放射性核素货包出库工作流程及产污环节

（4）放射性同位素托运

公司拟委托有放射性物品运输资质的专业运输机构负责运输工作，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同位素。

①公司与承运单位签订合同前，拟向承运单位提交运输说明书（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）、公司出具的辐射检测报告、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运输前，建设单位配合承运单位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建设单位将在核素货包上设置符合《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2019）规定的警示标志。

④在承运车辆到达后，配合承运单位做好货包查验、检测、交接、登记工作。

建设单位拟制定《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。

7.2.3 人流、物流规划

（1）人员路径规划

管理人员和安全员从放射性药品仓库东南侧门进入，通过办公室、更衣室等进入放射性药品仓库从事相应工作。工作完成后原路返回。管理人员和安全员离开放射性药品仓库工作场所控制区时，必须通过表面污染监测仪检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

供货商放射性药品运输专用车辆从厂区南门进入，直接开到放射性药物仓库卸货平台处。在入库入口处，本项目辐射工作人员对放射性货包的表面剂量率水平及表面污染水平进行检测，对货包种类、货包级别、药物活度等进行核对，确认无误且检测合格后方可转移至库房内，放置在库房货架指定位置，在该过程中做好台账记录。货包检测不合格退回供货商。

货包原路出库，在出库过程中也需要对放射性核素货包进行 X- γ 辐射剂量率水平和表面污染水平检测，核对货包种类、货包级别、核素活度等，确认无误且监测合格后方可出库。

②放射性废物及问题药品

仓库内设置废物暂存区，退货及召回的放射性问题核素暂存在废物暂存区铅桶内，退货及召回的放射性问题核素从放射性药物入库入口处出库，送回供应商处理。

同时建设单位购置 2 个铅桶放置在废物暂存区内。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、并做好标识后暂存在铅桶中作为放射性废物。

人流、物流规划图见图 8-1。

7.2.4 放射性核素特性

表 7-2 本项目暂存的放射性核素种类及相关参数

序号	核素名称	状态	半衰期	毒性	衰变类型	主要射线和能量 (MeV)	Γ 照射量率常数($R \cdot m^2/h \cdot Ci$)
1	^{89}Zr	液态	3.27d	中毒	β^+ 、EC	β^+ :0.9047 (22.94%) γ^+ :0.511 (45.88%)	0.163
2	^{90}Y	液态	2.67d	中毒	β^-	β^- :2.288 (99.99%)；未见 γ	\
3	^{99m}Tc	液态	6.02h	低毒	IT、 β^-	γ :0.140511 (89%,100)，0.14263 (7.2)，0.3224 (9.7×10^{-5})	0.060
4	^{89}Sr	液态	50.5d	中毒	β^-	β^- :1.488 (99.99%)；未见 γ	\
5	^{177}Lu	液态	6.71d	中毒	β^-	β^- :0.4968 (90%)，0.3842 (2.95%) 0.175 (6.7%) γ :0.20834 (11%,164)，0.11295 (100) X: 55.790	0.0084
6	^{131}I	液态	8.04d	中毒	β^-	β^- :0.6065 (86%)，0.336 (13%) γ :0.2843 (7.46)，0.3645 (81%,10)， 0.6366973 (8.94) X: 29.779	0.22
7	^{125}I	固态	60.1d	中毒	EC	γ :0.03548 (6.7%) X:27.4723	0.0043
8	^{68}Ga	液态	1.13h	低毒	β^+ 、EC	β^+ :1.8991 (88%) γ :1.0774 (3.0%,100)，1.2613 (3.00)， 1.8832 (4.33) γ :0.511 (178%)	0.079
9	^{67}Ga	液态	3.26d	中毒	β^+ 、EC	γ :0.0933 (38.0%,100)，0.1846 (62)， 0.300 (50)，0.39365 (14) X:8.63886	0.56
10	^{18}F	液态	1.83h	低毒	β^+	β^+ :0.635 (97%) γ :0.511	0.58
11	^{223}Ra	液态	11.44d	极毒	α	α :5.7478 (9.1%)，5.71642 (53.7%)， 5.6075 (26.0%) γ :0.1543 (5.58)， 0.2696 (14%,13.6)	0.048

12	^{14}C	固态	5730a	中毒	β^-	β^- :0.156 (100%) , 未见 γ	\
13	^{64}Cu	液态	12.7h	低毒	β^- 、 β^+ 、 EC	β^- :0.571 (39.6%) ; β^+ :0.657 (19.3%) γ :1.3459 (0.6%)	0.12
14	^{225}Ac	液态	10d	极毒	α	α :5.83 (50.65%) , 5.794 (24.30%) , 5.732 (10.1%) γ :0.0998 (1.7%) , 0.15009 (0.71%)	0.00606
15	^{227}Th	液态	18.7d	极毒	α	α :6.03821 (24.5%) , 5.97792 (23.4% , 5.75706 (20.3%) , 5.7090 (8.2%) γ :0.0502 (65) , 0.236 (11% , 100) , 0.2563 (57)	0.053
16	^{32}P	液态	14.3d	中毒	β^-	β^- :1.711 (100%) , 未见 γ	\

7.3 人员编制

本项目放射性药品仓库拟配备 4 名辐射工作人员, 包含仓库管理员 2 名、安全员 2 名。

表 7-3 工作人员工作负荷一览表

工作内容	配置人数	负责工作	工作负荷
仓库管理员	2 名工作人员轮岗	仓库日常巡检	日常巡检养护按照每次 2min, 每日在放射性药品仓库四周巡检 2 次计, 则每日巡检时间约 4min, 其余时间管理员在其他办公室进行办公, 年巡检时间 20h。
		货包出入库核实	货包出入库的核实过程很短, 按照保守情况估算, 每个货包出入库核实时间最多 1min, 每日最大操作 27 个货包, 年工作按 300d 计, 每年累计时间为 135h。 管理员手动提上和提下推车及摆放到货柜, 每个货包出入库工作人员手部接触时间最多 20s, 故手部接触货包每年累计时间为 45h。 在东南角办公室进行录入, 日工作时间 30min, 年最大 150h。
安全员	2 名工作人员轮岗	货包出入库检测	货包出入库的核实过程很短, 按照保守情况估算, 每个货包出入库检测时间最多 1min, 每年累计时间为 135h。

7.4 污染源项分析

7.4.1 正常工况

(1) 电离辐射

1) α 射线

本项目贮存 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 核素在衰变过程中会产生 α 射线, α 射线在空气中、人体组织中的射程均很短, 穿不透皮肤表层。

2) β 射线

本项目贮存 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{14}C 、 ^{32}P 等核素在衰变过程中会产生 β 射线, β 射线在人体组织中的射程较短, 人的身体完全能够阻挡 β 射线, 同时人体皮肤也能有效阻挡 β 射线进入人体。

3) γ 射线

本项目贮存 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{68}Ga 、 ^{67}Ga 、 ^{18}F 、 ^{223}Ra 、 ^{64}Cu 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 核素在衰变过程中会产生 γ 射线， γ 射线具有很强的穿透力，在人体组织中的射程较长，人体皮肤不能有效阻挡 γ 射线进入人体。因此，本项目主要考虑 γ 射线的影响。

本项目贮存产生 β^+ 的放射性核素 ^{89}Zr 、 ^{64}Cu 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{67}Ga ，正电子本身是不稳定的，衰变产生的正电子丧失动能后，与物质中的负电子结合，转化为一对运动方向相反、能量均为 0.511MeV 的 γ 光子，正电子与负电子自身消失，这种现象称为湮没反应，所产生的 γ 光子也称湮没辐射。

4) 韧致辐射

本项目贮存放射性核素的 β 粒子穿过周围物质时将产生韧致辐射，韧致辐射的强度与 β 射线的能量成正比，与吸收物质的有效原子序数 Z 的平方成正比。本项目货包内部采用低 Z 材料，可以有效减少韧致辐射的产生，货包内部同时设置有铅防护材料，可有效屏蔽韧致辐射。

(2) 废气

正常工况下，本项目货包均为密闭铅罐，正常情况下不会挥发出含放射性核素的气溶胶。 γ 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气，经工作场所废气排风系统于仓库顶部排出。

(3) 废水

本项目产生废水为工作人员办公生活废水，本项目不在场所内设置卫生间等，工作人员生活废水拟利用建设单位其他区域卫生设施。本项目正常情况下不产生放射性废水。

(4) 固体废物

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，场所仅产生少量的生活垃圾。项目产生的生活垃圾由工作人员从办公室南侧出入口带出，集中收集至垃圾箱后交由环卫部门处理。同时，正常情况下，本项目会接收退货及召回的放射性药品，储存在废物暂存区内，由供应商回收。

废活性炭：因发生漏洒事故的概率较低，而活性炭长时间放置不用吸附效果会下降，为防止使用时活性炭吸附效果不好，建设单位定期更换活性炭。在使用期间内未发生事故，更换的废活性炭，由供应商回收。

7.4.2 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 α 射线、 β 射线、 γ 射线、韧致辐射、表面污染、放射性固体废物、放射性废水及放射性废气。

α 射线、 β 射线、 γ 射线、韧致辐射分析如上。

1) 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，造成放射性表面污染。

2) 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废气。通过工作场所废气通风系统，经活性炭吸附后，在仓库顶部排出。

3) 放射性废水

事故状态污染洗消过程中，地面首先需用吸水纸等清理干净，并检测合格后再拖地，无放射性废水产生。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，工作人员在场所东南角冲淋间内进行冲洗去污，最多2名工作人员进行清洗，清洗水按50L/人·次考虑；因此放射性废水产生量为0.1m³/次。放射性废水收集后排入仓库东北侧衰变间衰变池内，满足排放要求后，进入园区污水管道，排入市政污水管网。

4) 放射性固体废物

发生事故工况后，工作人员去污产生的沾染了核素的抹布、吸水纸、棉签、手套、拖布、工作服为放射性废物，公司拟收集后置于废物暂存区铅桶内。

不含¹⁴C放射性固废暂存时间满足要求后，经检测，满足解控标准交由有相关医疗废物处置资质的单位处理；不能解控的交由有相关放射性废物处理资质的单位处理；含¹⁴C放射性固废交由有相关放射性废物处理资质的单位处理。

废活性炭：发生事故后，更换下的废活性炭为放射性废物，公司拟收集后置于放射性废物暂存区铅桶内，拟交由有相关放射性废物处理资质的单位处理，满足《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）中放射性废物排放的相关要求。

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) 场所布局合理性分析

本项目放射性药品仓库位于山东省枣庄市高新区光明大道X2999号院内北侧，由办公室、更衣室、放射库、废物暂存区及衰变间组成。办公室内设置电脑及监控摄像头显示器，可实现药物出入库数据录入，并可实时显示场所周围及内部影像；更衣室内放置辐射剂量率仪、表面污染监测仪，用于工作人员出入场所辐射剂量率检测、表面污染检测；事故工况下，更衣室兼做应急冲淋间用于工作人员冲淋；拟在放射性药品仓库北侧隔断出废物暂存区，设置铅桶用于暂存事故状态下的放射性固体废物；拟在放射性药品仓库东北侧隔断出衰变间，设置衰变池用于暂存事故状态下的放射性废水，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。放射性药品仓库南侧设置卸货平台，卸货平台在卸货时放置安全警示带。本项目工作人员由东南侧入口通过更衣室进入放射库，货物由南侧货物通道进入放射库，货物通道和工作人员通道相互独立。货物和工作人员进出口处均拟设置双人双锁，控制无关人员进入辐射工作场所，避免公众受到不必要的照射。拟建放射性药品仓库周围活动人员较少，可减少对公众的照射。因此，从辐射防护角度考虑，放射性药品仓库总体平面布局合理。

场所平面布置图见图 8-1，剖面布置图见图 8-2。

(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：放射库、衰变间、废物暂存区；

监督区：缓冲办公室、更衣室、卸货平台（药品贮存时）；

临时控制区：放射性药品仓库南侧卸货平台在药品出入库装卸时设为临时控制区。（放射性药品仓库南侧至南侧道路之间区域，见图 8-1）。

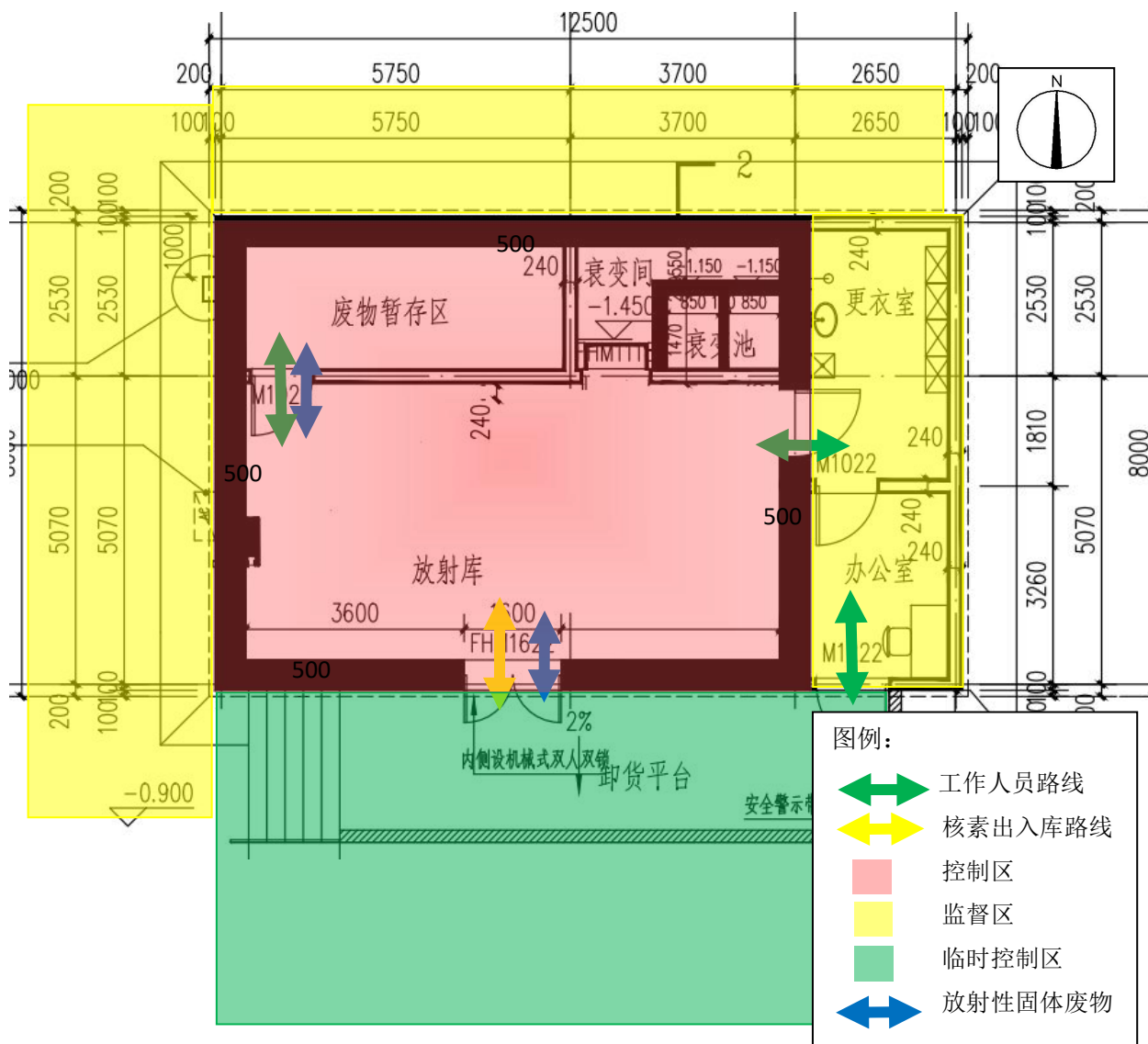


图 8-1 场所平面布置及分区图

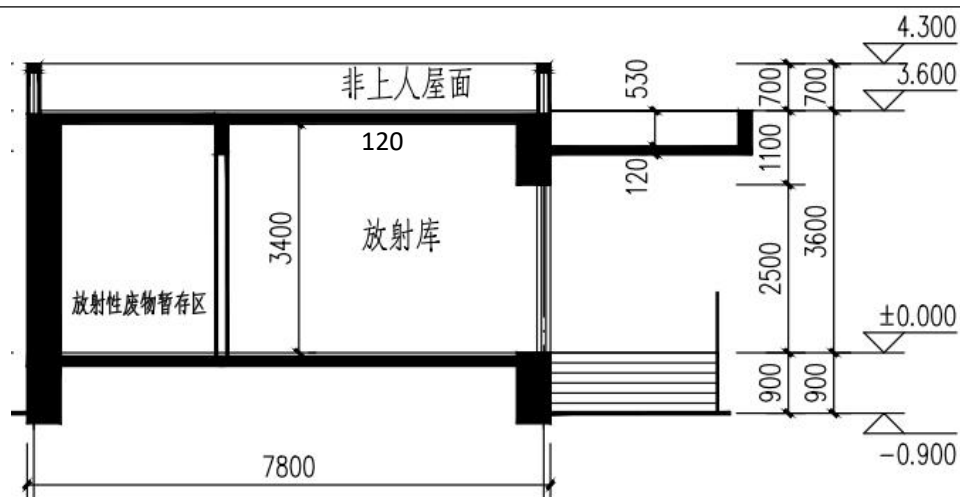


图 8-2 剖面布置图

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表 8-1。

表 8-1 放射性核素日等效最大操作量

序号	名称	日最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	工作场所
1	^{89}Zr	1.85×10^{10}	0.1	100	1.85×10^7	放射性药品仓库
2	^{90}Y	1.85×10^{11}	0.1	100	1.85×10^8	
3	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	9.25×10^{10}	0.01	100	9.25×10^6	
4	^{89}Sr	5.55×10^{10}	0.1	100	5.55×10^7	
5	^{177}Lu	7.40×10^{10}	0.1	100	7.40×10^7	
6	^{131}I	9.25×10^{10}	0.1	100	9.25×10^7	
7	^{125}I	3.7×10^{11}	0.1	1000	3.70×10^7	
8	^{68}Ga	2.96×10^{10}	0.01	100	2.96×10^6	
9	^{67}Ga	3.70×10^8	0.1	100	3.70×10^5	
10	^{18}F	5.55×10^{10}	0.01	100	5.55×10^6	
11	^{223}Ra	1.48×10^{10}	10	100	1.48×10^9	
12	^{14}C	1.85×10^{10}	0.1	1000	1.85×10^6	
13	^{64}Cu	1.48×10^{10}	0.01	100	1.48×10^6	

14	^{225}Ac	1.30×10^8	10	100	1.30×10^7	
15	^{227}Th	1.48×10^9	10	100	1.48×10^8	
16	^{32}P	1.85×10^{10}	0.1	100	1.85×10^7	
合计					2.15×10^9	

本项目非密封放射性物质工作场所贮存核素 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{68}Ga 、 ^{67}Ga 、 ^{18}F 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C 、 ^{64}Cu 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{32}P ，日等效最大操作量为 $2.15 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所（乙级： $2 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）。

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防护屏蔽进行了设计，该项目工作场所拟采用混凝土、铅板作为主要屏蔽材料。本项目涉及主要房间屏蔽设计参数见表8-2。

表8-2 本项目涉及主要房间防护设施一览表

名称	长×宽 (m)	面积 (m ²)	四周墙体 防护	室顶防 护	层高 (m)	防护门铅当 量
放射库	8.8×4.55	40.04	东侧、西侧、南侧 500mm 混凝土，北 侧 200mm 加气混凝 土砌块	120mm 混凝土	3.4	5mmPb
衰变间	3.2×2.4	7.68	北侧和东侧为 500mm 混凝土，西 侧、南侧 200mm 加 气混凝土砌块		3.4	\
废物暂存区	5.2×2.4	12.48	北侧和西侧为 500mm 混凝土，东 侧、南侧 200mm 加 气混凝土砌块		3.4	\

注：根据建筑设计单位提供资料混凝土的密度大于 2.35t/m^3 。

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

放射性药品仓库东南侧人员进出口及南侧药物进出口均拟设置防盗门，并拟设置双人双锁，仅当放射性药品仓库管理员和安全员各1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 and 防入侵报警系统

拟在放射性药品仓库内设置2个高清视频监控探头，放射库西北角和东南角各设置1个

高清视频监控探头，视频信息经光缆传输至仓库东南角缓冲办公区显示屏上，日常安排专人巡视检查。建设单位在放射性药品仓库入口设置防入侵报警系统，入侵报警系统通过红外传感器、门磁等设备检测放射性药品仓库内是否有人员非法侵入，一旦发生入侵行为，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东侧及南侧出入口处的防护门上、衰变间防护门上、废物暂存区门上、放射性药物储存货架表面张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，在铅桶表面张贴电离辐射警告标志。

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南侧墙上设置固定式辐射剂量率监测探头，实时监测辐射剂量率水平显示在仓库东南角缓冲办公区中，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治

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；墙面采取易清洁不易渗透的彩钢板，地板和墙壁接缝采用无缝隙设计。



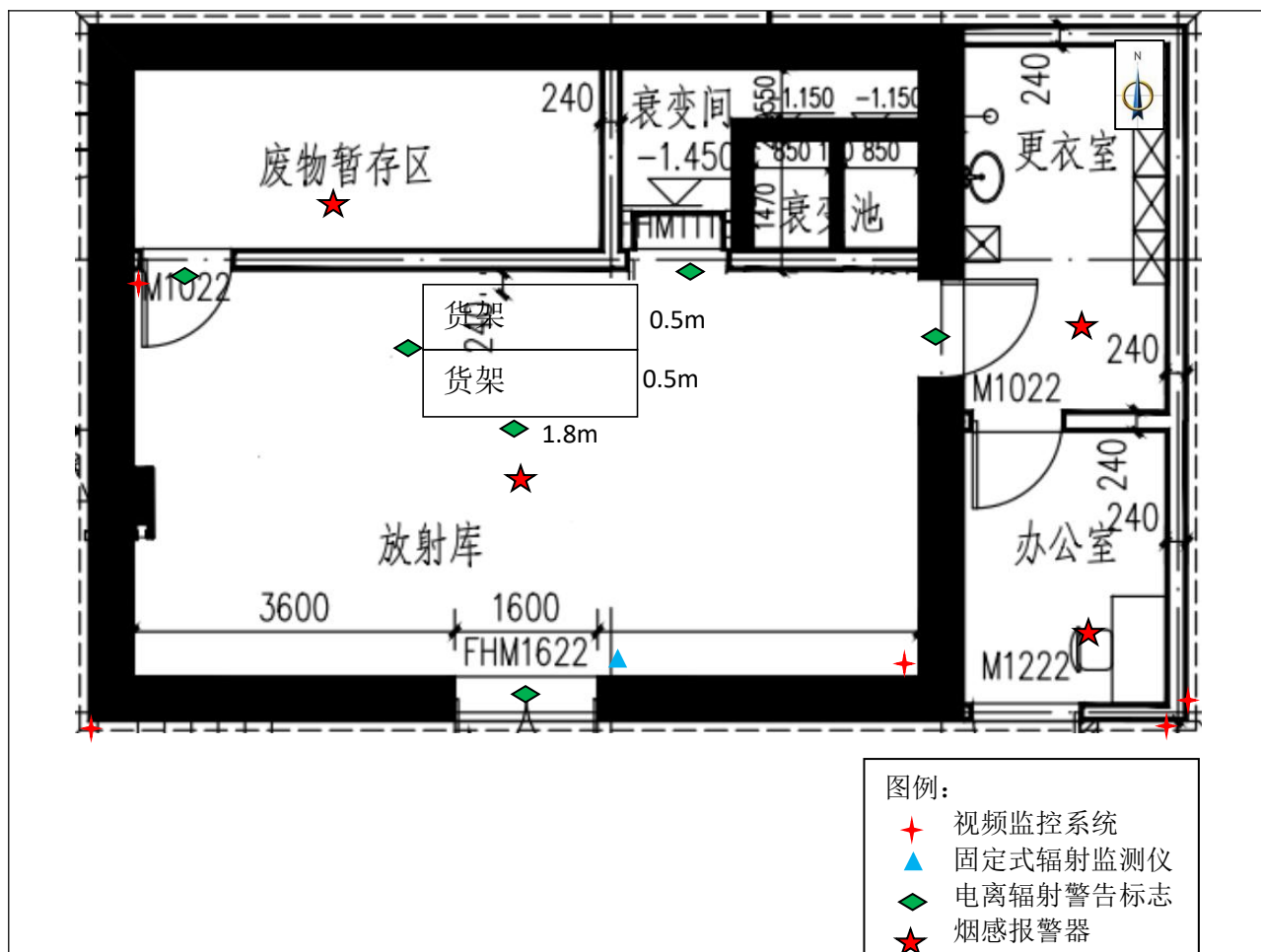


图 8-3 放射性药品仓库示意图及辐射防护设施情况

⑥容器固定措施

在出厂前，放射性药品供应商根据放射性核素的种类和活度，对放射性药物经过了多层包装，一般分为四层，分别为内容器、内层辅助包装、外容器、外层辅助包装，内容器如图所示。

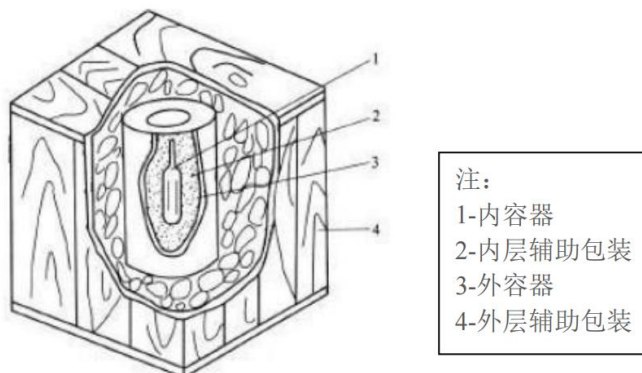


图8-4 典型放射性物质包装示意图

内容器：用以盛装放射性物品，并保证使其不漏，放射性同位素制剂如果是液体的，一般使用玻璃安瓿瓶或有金属封口的小玻璃瓶或磨口瓶。

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。如果是液体物质，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。

外容器：即主要包装，用以屏蔽射线和保护内容器。不同类型射线的放射性物品，其外容器的材料也不相同：**a.**主要产生 β 射线的药物，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；**b.**主要产生 γ 线的药物，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。

外层辅助包装：用以保护外容器不受损伤和防止人员、放置场所、搬运工具或其他物品受到污染。通常可用木箱、纸箱、铁筒、金属箱等。外包装可保持货包在储运过程中的稳定，不易倾倒。

货包搬运时，对周围环境造成的影响很小。

⑦个人防护用品

建设单位拟为工作人员配备0.5mm铅衣2套，拟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。

⑧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、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子、铅桶等。

⑨检测设备

拟配备个人剂量报警仪2个、X- γ 辐射剂量率仪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，X- γ 辐射剂量率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、表面污染水平进行检测，同时定期使用X- γ 辐射剂量率仪和表面污染监测仪对场所周围进行检测。

⑩通风

放射性药品仓库内设计1套机械排风系统，废气经活性炭过滤管道引至仓库上方排放。

（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，货包出入和辐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、冲淋间，辐射工作人员离开控制区前在更衣室内进行表面污染检测，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检测，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；并设有值班人员24h值班，可有效防止放射性核素被盗。项目安排有专职保安，昼夜值班，可防止放射性核素被破坏。

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；项目采取的各项安全措施可有效的防止放射性核素被盗。

c) 拟在仓库东南角缓冲办公室设置监控中心，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) 仓库通风拟使用通风管道引至仓库上方，无敞开式通风口。墙体采用500mm厚的混凝土，室顶拟设置厚度120mm的混凝土，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。同时仓库内设置烟感报警器。

f) 放射性药品仓库地面均进行防渗处理,地面均采取易去污、可拆除更换的材料敷设,并保证其边缘高出地面约10cm,墙面与地面交接作圆角处理。

g) 项目采取了安全可靠的辐射屏蔽措施,可有效防止项目放射性核素产生射线的泄漏。

i) 仓库消防设施配备两种类型,分别为干粉灭火器和二氧化碳灭火器。灭火后的材料作为放射性固体废物处置。蟠龙河南支属于中小支流设计10~20年一遇防洪标准,本厂区200多员工属于小型普通工厂厂区自身防洪标准为10~20年一遇,蟠龙河南支防洪能力满足本厂区标准要求。

对放射性同位素贮存场所满足防火、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、固体废物。项目产生的生活废水、固体废物依托厂区设施。

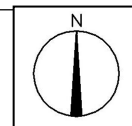
8.3 事故应急处理设施

本项目的放射性核素货包由供货商负责进行运输,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,本项目仅在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,放射性核素货包发生撒泼事故时,会产生少量放射性废气。

排风管道由西侧吊顶底部穿墙引至室外后向上高于室顶且高于周围建筑物排放,放射性药品仓库废气经活性炭吸附后排放,仓库设计排风量为2820m³/h,建设单位拟设置尺寸为320mm×200mm的活性炭吸附箱,内设碘吸附值应不低于800mg/g的活性炭约40kg。因发生漏洒事故的概率较低,而活性炭长时间放置不用吸附效果会下降,为防止使用时活性炭吸附效果降低,建设单位定期更换活性炭。



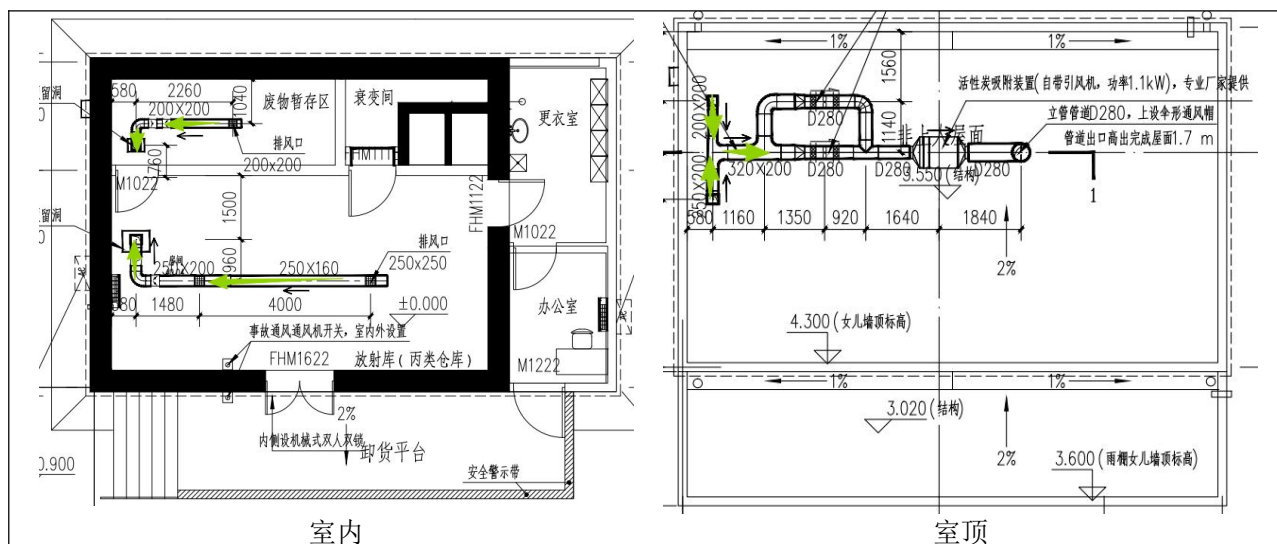


图8-5 放射性废气排放管线图

(2) 放射性废水

放射性废水主要为发生漏洒事故时产生的冲淋废水。本项目紧急冲淋在冲淋间内进行，拟设置一套放射性废水衰变系统，用于暂存事故状态下产生的放射性废水。本项目放射性废水衰变系统位于放射性药品仓库东北侧衰变间内，设有2个衰变池。事故状态下，产生放射性废水收集到衰变池，放射性废水收集后排入仓库东北侧衰变间衰变池内，满足排放要求后，进入园区污水管道，排入市政污水管网。

放射性废水衰变池拟放在衰变间内，平时关闭，只在维护时打开。

本项目放射性废水排放管线图见图8-6。

(3) 放射性固体废物

放射性固体废物主要为发生漏洒事故时产生擦拭废物。发生漏洒时，建设单位仅对货包外表面进行擦拭，货包返回供货商。产生的放射性固体废物主要为擦拭产生的吸水纸、一次性抹布等，建设单位拟设置2个容积为40L，防护当量为10mmPb当量的放射性固体废物铅桶，短半衰期核素及长半衰期核素各设置1个，用于放射性固废收集。铅桶体上拟设电离辐射警告标志。

对于半衰期 $<100\text{d}$ 的放射性核素 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{67}Ga 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{32}P 、 ^{99}Mo)，放置一段时间后，公司对其进行监测，参考标准《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中规定的监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，经检测和审管部门同意后解控，按一般固体废物处置。

事故情况下，更换的废活性炭为放射性固体废物，拟交由有相关放射性废物处理资质的单位处理。

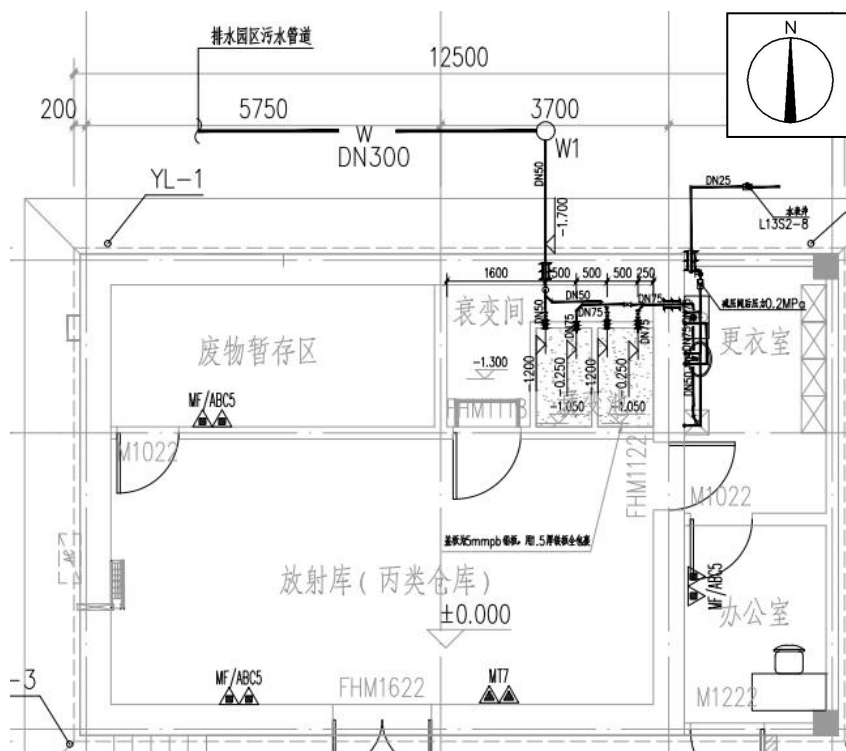


图8-6 放射性废水排放管线图

8.4 服务期满后的环境保护措施

8.4.1 退役管理及要求

建设单位的辐射安全管理机构负责本项目退役前、退役过程中以及退役后的辐射安全管理工作。

退役前，建设单位将按照相关法律法规要求编制项目退役环境影响评价文件，送有关部门审批；退役过程中，按照相应程序和要求办理退役手续，经审管部门批准后实施退役。

工作场所内的设备与用品，经去污后，其α表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、表面β污染水平低于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，经有资质的机构检测并经审管部门许可后，可作为普通物件继续使用。退役过程中产生的擦拭、铲除等固体废物，经有资质的机构检测达到豁免水平，经审管部门许可后，可作为医疗废物进行处理，否则按照放射性废物就近送至有相关处理资质的单位回收处理。

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

本项目建设阶段主要包括放射性药品仓库的土建施工、各房间的防护装修以及设备的安装。

9.1.1 声环境影响分析

本项目施工期噪声主要为场所建设、房间装修过程产生的一些突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声。在施工时严格执行《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)的标准，尽量使用噪声低的先进设备，此外经距离衰减后，对周边环境影响较小。

9.1.2 水环境影响分析

施工单位应对施工废水进行妥善处理，在适当位置设置简易沉容器对施工废水进行澄清处理，清水外排，淤泥妥善堆放。

施工人员生活污水主要为洗涤废水和粪便污水，含 COD_{Cr}、NH₃-N、BOD₅、SS 等。本项目施工期生活污水依托厂区设施，不直接外排环境。

9.1.3 固体废物

生活垃圾，施工期间人员日常生活产生的生活垃圾统一放至厂区内施工生活垃圾存放点，由环卫部门定期清运。

建筑垃圾，施工期间产生的建筑垃圾应进行分类，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环卫部门指定的建筑垃圾堆埋场。

9.1.4 大气环境影响分析

本项目施工期扬尘产生环节较少，施工过程产生的扬尘仅局限在施工现场，对周围环境影响较小。

9.2 运行阶段对环境的影响

9.2.1 β 射线辐射环境影响分析

以 β 射线为主的核素为 ⁹⁰Y、⁸⁹Sr、¹⁴C、³²P，本评价选用 β 射线最大能量 ⁹⁰Y 和最小能量 ¹⁴C 来保守估算 β 射线影响。

根据《辐射安全手册》（潘自强主编）和《辐射防护导论》（方杰主编），β 射线在介质中的射程按式 9-1 计算，β 射线的屏蔽厚度按式 9-4 计算，计算结果见下表。

$$R = 0.412 \quad E_{\max}^{(1.265 - 0.954 \ln E_{\max})}$$

0.01 < E_{max} < 2.5MeV

(式 9-1)

$$d=R/\rho \quad (\text{式 9-2})$$

式中：

R——β射线在介质中射程，g/cm²；

ρ——介质的密度，g/cm³；空气密度取 1.29×10⁻³g/cm³，混凝土密度取 2.35g/cm³，铅密度取 11.34g/cm³；

E_{max}——β射线的最大能量，MeV；

d——β射线的屏蔽厚度，cm。

表 9-1 核素衰变产生的 β 射线在各介质中的所需屏蔽厚度

核素	⁹⁰ Y	¹⁴ C
β射线能量 (MeV)	2.288	0.156
空气中的射程 (cm)	473.2	1.10
铅中的射程 (cm)	0.05	1.25×10 ⁻⁴
混凝土中的射程 (cm)	0.26	6.02×10 ⁻⁴

暂存过程中，核素采用生产厂家货包放置在放射性药品仓库内货架上，由上表可知，核素衰变产生的 β 射线在铅、混凝土等材质中射程有限。经计算，上述核素在铅中射程最远为 0.05cm。经货包等屏蔽，货包外的剂量率忽略不计。本项目放射性药品仓库贮存放射性核素衰变产生的 β 射线对辐射环境影响可接受。

9.2.2 γ射线辐射环境影响分析

本次评价以放射性药品仓库满负荷工况下，预测放射性药品仓库各侧墙体外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处、室顶上方 30cm 处的辐射剂量率，预测点位见图 9-1 和表 9-2。

1、计算公式

放射性药品仓库屏蔽计算公式参考《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），辐射剂量率估算公式为：

根据建设单位提供的资料，本项目满负荷工况下，共暂存 27 个货包，其中 I 级（白）货包 25 个，II 级（黄）货包 1 个、III 级（黄）货包 1 个。其中 β 射线核素涉及 I 级（白）货包 9 个，本次只计算 18 个货包。

根据 HJ 1187-2021，对于距离货包相对较远的工作人员或公众，当其受照距离大于货包特征

尺寸两倍以上时，可将货包考虑为点源。根据建设单位提供资料，2 个货架尺寸按照 1.8m×0.5m×1.2m。本项目计算放射性药品仓库外的辐射剂量率时，受照距离均大于货架尺寸 2 倍以上，故按照点源进行计算。

$$D(r) = k_0 \times \frac{D_{1m}}{r^2} \times 10^{-\frac{x}{TVL}} \quad (\text{式 9-3})$$

式中：

$D(r)$ ：距货包中心 r 处某点的辐射剂量率，单位为微希沃特每小时，（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

D_{1m} ：货包外 1m 处的最大辐射剂量率，单位为微希沃特每小时，（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

x ：屏蔽厚度，单位为毫米（mm）；

r ：参考点与货包中心的距离，单位为 m；

TVL ： Γ 射线的十分之一值层厚度，单位为毫米（mm）；

k_0 ：用于修正辐射源几何形状对剂量率的影响。

$$k_0 = (1 + 0.5d_e)^2 \quad (\text{式 9-4})$$

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（ $d_p > 4\text{ m}$ ），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：

$$d_e = \begin{cases} d_p; & \text{当 } d_p < 4\text{m} \\ 2 \cdot (1 + 0.5d_p)^{3/4} - 0.55; & \text{当 } d_p \geq 4\text{m} \end{cases} \quad (\text{式 9-5})$$

式中：

d_e ：货包有效尺寸（m），本项目货架尺寸均小于 4m；

2、计算参数

本次评价将选用这 12 种核素中发射主要 γ 射线能量最大的为 ^{64}Cu （主要能量为 1.346MeV）来保守估算，查阅《辐射防护导论》（方杰著）附表 9、附表 11，对于 1.5MeV 的 γ 射线所需混凝土的什值层为 345mm，铅的什值层为 52.9mm。根据公式 9-1 计算得到暂存库周围辐射剂量率结果，放射性药品仓库辐射剂量率结果见表 9-2。

本次屏蔽核算把 γ 射线货架当作一个整体的放射源（点源）进行考虑，根据表 5-4，暂存库点源源强为 $16 \times 5 + 1 \times 500 + 1 \times 2000 = 2580 \mu\text{Sv/h}$ （5cm 处），计算 1m 处的源强为 $6.45 \mu\text{Sv/h}$ 。

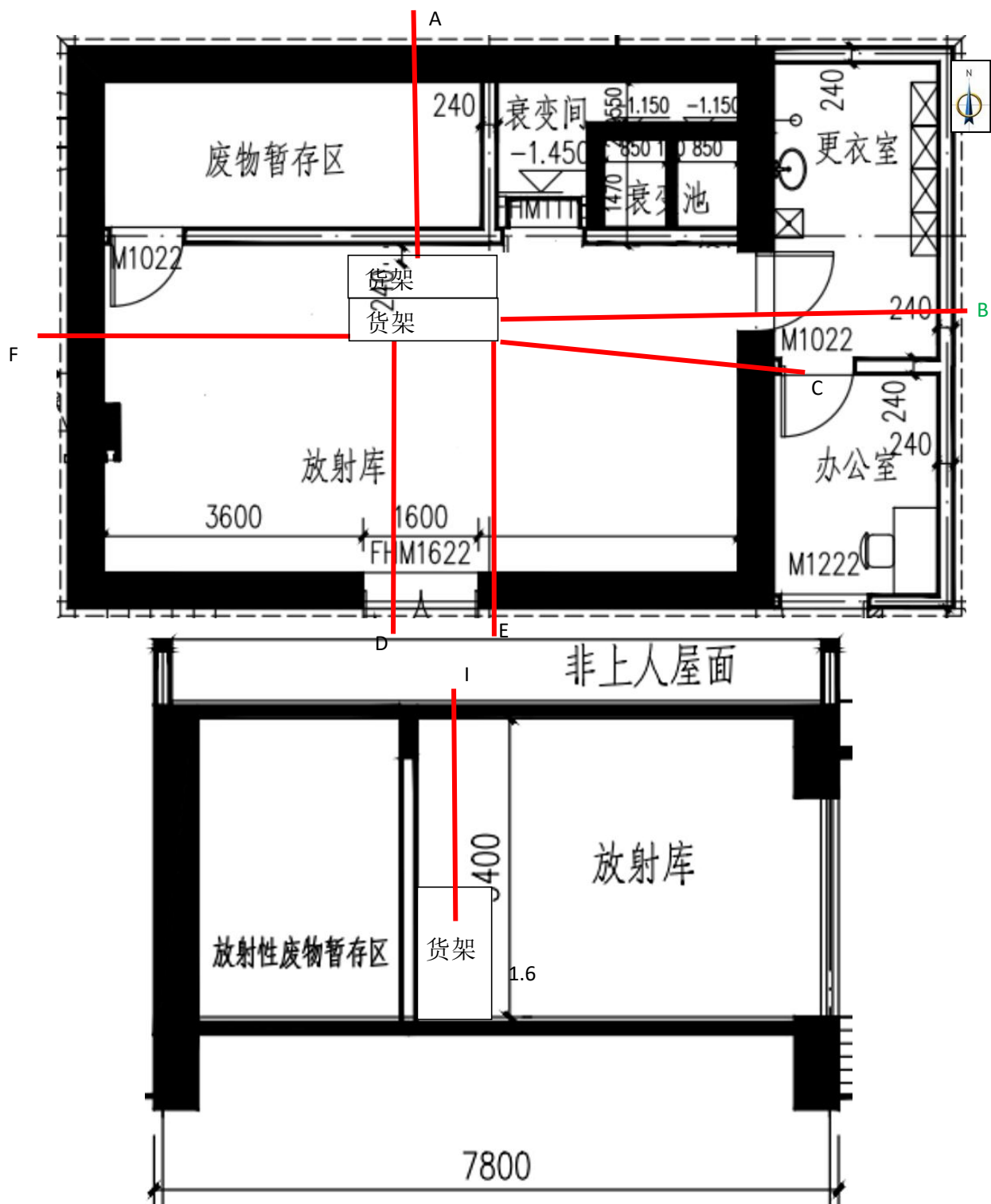


图 9-1 辐射路径示意图

3、墙体屏蔽防护效能核算

放射性药品仓库辐射剂量率结果见表 9-2。

表 9-2 放射性药品仓库辐射剂量率

点位	H0 (μ Sv/h)	考察点到源的 最近距离 (m)	屏壁厚度 X(mm)	TVL (mm)	k_0	屏蔽体外剂量率
A	6.45	3.1+0.3=3.4	500 (混凝土)	345	2.25	4.46×10^{-2}
B	6.45	3.45+0.3=3.75	5 (铅)	345	3.61	4.65×10^{-1}
C	6.45	3.7+0.3=4	500 (混凝土)	52.9	3.61	5.17×10^{-2}
D	6.45	3.65+0.3=3.95	5 (铅)	345	2.25	7.48×10^{-1}
E	6.45	3.9+0.3=4.2	500 (混凝土)	52.9	2.25	2.92×10^{-2}
F	6.45	4.4+0.3=4.7	500 (混凝土)	345	3.61	3.75×10^{-2}
I	6.45	2.2+0.3=2.5	120 (混凝土)	345	2.56	1.19

根据表 9-2 可知, 在本项目控制区外人员可达处, 距屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率最大为 $7.48 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$, 小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$; 室顶较少停留或无需到达的场所周围剂量当量率最大为 $1.19 \mu\text{Sv/h}$, 小于 $10 \mu\text{Sv/h}$, 均满足评价标准限值要求。

通过表 9-2 放射性药品仓库周围辐射剂量率计算结果, 根据辐射剂量率与距离的平方成反比的规律, 选南侧防护门的剂量率 $7.48 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$, 计算本项目南侧 11m 处配送中心二的周围剂量当量率为 $5.44 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$, 小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

9.2.3 年有效剂量估算

1、估算公式选取

根据工作负荷对职业人员辐射年有效剂量进行理论估算, 估算公式如下:

$$H = D_r \times T \quad (\text{式 9-6})$$

式中: H ——年有效剂量, Sv/a;

T ——年受照时间, h;

D_r ——剂量当量, Sv/h。

2、居留因子

表 9-3 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	本项目辐射工作人员	1

部分居留	1/4	1/2-1/5	配送中心二	1/4
偶然停留	1/16	1/8-1/40	空地、道路	1/40

3、工作负荷

建设单位拟配置 4 名辐射工作人员专门负责放射性药品仓库的日常工作，放射性药品仓库工作人员工作负荷详见表 7-3。

①日常巡检按照暂存库四周外 30cm 处最大剂量率预测值计算，取 $7.48 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ；

②货包出入库的核实按照放射性核素货包 0.5m 处的辐射剂量率水平（即 $2000 \mu\text{Sv/h} \div (50 \div 5)^2 = 20 \mu\text{Sv/h}$ ）来保守估算；

③手部剂量按放射性核素 III 级（黄）货包 5cm 处的辐射剂量率水平（即 $2000 \mu\text{Sv/h}$ ）来保守估算。

④办公室进行录入剂量率取 $5.17 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ；辐射工作人员个人剂量估算详见表 9-4。

表 9-4 工作人员年受照剂量表

工作内容	配置人数	工作负荷
仓库管理员	2 名	$[7.48 \times 10^{-1} \times 20/1000 + 20 \times 135/1000 + 5.17 \times 10^{-2} \times 150/1000]/2 = 1.36 \text{mSv/a}$
安全员	2 名	$20 \times 135/1000/2 = 1.35 \text{mSv/a}$
工作人员手部受照剂量		$2000 \times 45/1000/2 = 45 \text{mSv/a}$

从表 9-4 理论计算得出辐射工作人员在未做屏蔽措施时，评价项目工作人员最大可能受到照射的年有效剂量率为 1.36mSv/a ，低于年有效剂量管理目标值 5mSv/a 。手部受到的年有效剂量为 45mSv/a ，低于项目年当量剂量管理目标值 125mSv/a 。本项目仓库管理员及安全员不涉及其他辐射工作。辐射工作人员在铅衣防护下的受照剂量远小于预测的受照剂量。

在实际工作中，工作人员应注重个人防护，综合采用时间、距离、屏蔽防护措施加强辐射防护，尽量缩短受照时间、增加距离、加强屏蔽防护。

4、公众成员年有效剂量

根据上述计算，工作场所外公众活动区域辐射水平估算工作场所外公众成员所受剂量，如下表：

表 9-5 放射性药品仓库外公众成员辐射年有效剂量

关注场所	计算点处剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	时间 (h/a)	最大年有效剂量 (mSv/a)
放射性药品仓库北侧(厂区内空地、厂区外空地)	4.46×10^{-2}	1/40	7200	8.0×10^{-3}
放射性药品仓库东侧(厂区内空地)	4.65×10^{-1}	1/40	7200	8.4×10^{-2}
放射性药品仓库南侧(厂区内空地、厂区道路)	7.48×10^{-1}	1/40	7200	0.13
放射性药品仓库西侧(厂区内空地)	3.75×10^{-2}	1/40	7200	6.8×10^{-3}
配送中心二	5.44×10^{-2}	1/4	7200	0.098

由上表可知,放射性药品仓库外公众成员年辐射剂量最大为 0.098mSv/a,满足本评价采用的公众年剂量管理目标值不超过 0.1mSv/a 的管理要求。

9.2.4 废水环境影响分析

本项目拟设置 4 名辐射工作人员,辐射工作人员生活废水利用建设单位其他区域卫生设施排入厂区下水道,最终排入园区污水管道,对周围环境影响较小。

9.2.5 固体废物环境影响分析

1、生活垃圾

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,场所仅产生少量的生活垃圾。项目产生的生活垃圾由工作人员从办公室南侧出入口带出,集中收集至垃圾箱后交由环卫部门处理。

2、废活性炭

本项目活性炭吸附设施装填的活性炭重约 40kg。未发生事故时更换的活性炭由供应商回收。事故情况下,产生的废活性炭放置在铅桶内,拟交由有相关放射性废物处理资质的单位处理。

9.2.68 废气环境影响分析

γ 射线与空气作用,产生少量的臭氧和氮氧化物等废气,经放射库排风系统排放。

9.2.7 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、货包架、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检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，经检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 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，如办公室及仓库均采用双人双锁防盗门，仓库 24h 视频监控无死角，规定了出入库管理制度，放射性核素货包入库前进行辐射检测确保无破损、泼洒等措施，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，避免人员误入暂存库和其它安全事故。

②建设单位在接收放射性核素货包时，暂存库安全委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对放射性固体废物制定放射性三废的处理制度，设置放射性固体废物安全员，对放射性固体废物单独收集，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，落实放射性药物安保措施，以防止放射性药物丢失。

⑥暂存库及运输车辆配备防护面罩、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。

9.3.2 事故风险防范措施

①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检测，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发生放射性核素货包放射性物质泄露、洒落时，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。最后用表面污染监测仪测量污染区，如未达到解控标准，则继续用湿药棉或纸巾擦

拭，直到该污染区表面污染达到解控标准为止。人体溅污放射性核素时，可先用氧化肽膏或高锰酸钾的饱和溶液洗涤，再用 50%的酸性亚硫酸钠进行洗涤。

③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。

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。

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，立即隔离出仓库区域各个方向至少 25-50m，使人员均待在上风向，禁止未经授权人员进入。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。

对放射性同位素贮存场所满足防火、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。

9.3.3 事故状态下三废影响分析

1、事故废水

放射性废水主要来自事故状态时的清洗水，根据设计，项目设计 2 个衰变池，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桶衰变，满足排放要求后，再排入市政管网。本项目发生漏洒事故时，最多 2 名工作人员进行清洗，紧急冲淋水按 50L/人·次考虑；因此放射性废水产生量为 0.1m³/次。单个衰变池容积为 1m³，故衰变池容积可满足 10 次事故下的事故废水收集容积要求。冲淋间冲淋设施上方张贴使用说明和制定冲淋设施使用管理制度，防止正常情况下人员在此使用冲淋设施。

对于放射库内核素发生漏洒时建设单位拟采用干法去污，采用吸水纸吸取泄漏核素，后使用抹布、拖布等进行擦拭清洁，沾染了放射性核素的清洁用品，工作服等，建设单位拟收集后作为放射性固体废物处理。

建设单位拟销售的货包内设置有固定装置且工作人员按照流程操作时，货包发生漏洒事故的概率极低，建设单位拟加强培训，并设置便于操作的手推车，进一步降低事故发生概率。

按上述处理方式处理事故废水，对周围环境影响较小。

2、事故工况放射性废气

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废气。

事故时通过工作场所废气通风系统，经活性炭吸附后，由仓库顶部排出。事故发生后，建设单位拟安排应急处理小组成员立即对现场进行清理，减少挥发时间，经活性炭吸附后，排入环境中的放射性废气极少，对周围公众成员影响较小。

3、事故状态下放射性固体废物

放射性固体废物主要为发生漏洒事故时产生擦拭废物。发生漏洒时，建设单位仅对货包外表面进行擦拭，货包返回供货商。产生的放射性固体废物主要为擦拭货包、货包架、地面等产生的吸水纸、一次性抹布等，建设单位拟设置 2 个容积为 40L 的铅桶，其产生量大约为 1kg/次，约为 2L，建设单位拟购置铅桶容积可满足使用需求。铅桶暂存在废物暂存区。

不含 ^{14}C 放射性固废暂存时间满足要求后，经检测，满足解控标准交由有相关医疗废物处置资质的单位处理；不能解控的交由有相关放射性废物处理资质的单位处理；含 ^{14}C 放射性固废交由有相关放射性废物处理资质的单位处理。多种核素同时漏洒时，公司拟按照半衰期最长的核素的衰变期进行管理。按上述处理方式处理事故状态下的放射性废物，对周围环境影响较小。

正常情况下，放射性药物的包装物（铅罐、铅箱、防护套等），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）无法返回供货商时，公司拟对废包装物进行检测，未沾染放射性核素且经检测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，可解控作为一般物品回收利用或作为一般废物处理。

公司销售药物采用订购制，正常情况下，不产生剩余药品，且公司不会接收退货及召回的不合格药品，原则上不合格药品直接退回厂家处理。特殊情况下，如医院已订购，但药品出库前患者死亡或不能就诊时医院退订药品，造成药品无法出库且生产厂家不予回收的情况，公司拟按照放射性废物进行处置，对其进行暂存。

按上述处理方式处理事故状态下的放射性固体废物，对周围环境影响较小。

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

按照国家有关放射性核素管理的法律法规，该建设单位必须采取和完善以下多种辐射环境管理的要求和措施：

1、设立管理机构

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）要求，苏鲁海王医药集团有限公司已设立辐射环境保护机构—辐射安全管理领导小组，公司法人为第一责任人，分管负责人为直接责任人，负责本项目放射性药品暂存过程中的辐射安全防护和管理。

2、人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号），有辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识，并参加考核，取得辐射安全培训合格证书，持证上岗。

本项目拟配置辐射工作人员 4 人。建设单位承诺在项目运营前，经过培训考核合格后，做到持证上岗。辐射工作人员拟定期复训，并建立培训档案。

3、检测设备能力

拟配备个人剂量报警仪 2 个、X- γ 辐射剂量率仪 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，X- γ 辐射剂量率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、表面污染水平进行检测，同时定期使用 X- γ 辐射剂量率仪对场所周围进行检测。拟在放射性药品仓库内配备一台固定式场所辐射探测报警装置，能够满足放射性药品仓库使用需求及相关要求。

综上，该项目在落实上述要求后，能够满足生态环境部门对辐射工作单位技术管理能力的要求。

10.2 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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等要求，建设单位应制定《辐射安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员体检制度》、《辐射工作人员培训及考核制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《放射性药物出入库操作规程》、《放射性核素出入库登记及台账管理制度》、《放射性药品仓库监测计划》等规章制度。

本项目投入使用时，应切实落实各项辐射管理规章制度，并建立辐射安全管理档案。

本项目拟由辐射安全与防护管理机构，负责宣传贯彻辐射安全的相关政策及法规，制定合理的规章制度及防护措施，对辐射工作提出合理建议并进行监督管理，对环境风险事故进行处理，对辐射工作人员的工作过程进行管理。建设单位制定的各项规章制度，可满足日常辐射安全管理要求。

10.3 辐射检测

公司拟配置便携式 X- γ 辐射环境检测仪 1 台用于自行检测。拟为 4 名现场操作人员每人配备 1 枚个人剂量计，委托有资质的单位定期对工作人员个人剂量进行检测，检测周期不超过 90 天。拟为工作人员配备 2 台个人剂量报警仪。公司应定期委托有资质的单位对便携式 X- γ 辐射环境检测仪、表面污染仪、固定式辐射监测仪、个人剂量报警仪进行检定校准。

公司已制定《放射性药品仓库监测计划》，建议按以下内容补充《辐射监测计划》：

10.3.1 辐射工作场所监测计划

表 10-1 公司拟制定监测计划一览表

序号	项目	监测位置	监测周期及频次	监测依据
1	X- γ 周围剂量当量率	货包外表面	货包入库、出库前自行监测	/
		放射性药物仓库四周墙体外 30cm 处、更衣室，办公室、配送中心二等	验收监测 1 次，委托有资质的单位监测，频率为 1 次/年；自行开展辐射监测，频率为 1 次/月	参考 HJ61-2021、 HJ1188-2021
2	表面污染水平	货包外表面	货包入库、出库前自行监测	/
		出入门口，废物暂存区，衰变间，放射性药物仓库，办公室等	验收监测 1 次，委托有资质的单位监测，频率为 1 次/年；自行开展辐射监测，频率为 1 次/月	参考 HJ61-2021、 HJ1188-2021
		从控制区离开的人员	出库前自行监测	/
3	工作人员个人剂量	/	常规监测周期最长不应超过 90 天	参考 GBZ128-2019

4	工作场所退役监测	γ 辐射、土壤、废水、放射性固废参照标准中表 6。同时增加场所和设备的表面污染水平	退役时	HJ61-2021
---	----------	--	-----	-----------

10.3.2 个人剂量监测

- 1、严格遵守国家有关辐射环境管理法规；
- 2、所有辐射工作人员，必须接受个人剂量检测，工作期间须按要求正确佩戴个人剂量计。
- 3、建立个人剂量档案，个人剂量档案包括个人基本信息、工作单位、个人剂量计佩戴起止时间、剂量检测结果等信息，个人剂量档案终生保存。
- 4、个人剂量检测周期不超过 90 天；
- 5、按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）要求，辐射工作人员的受照剂量超过调查水平 5.0mSv/a 时，所在单位应查明原因，采取改进措施。

本项目建成后，公司拟按照《辐射监测计划》和生态环境部门要求落实辐射环境检测和个人剂量检测。

10.4 辐射事故应急

苏鲁海王医药集团有限公司已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条、国家环保总局《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号）的有关规定，制定了《辐射事故应急预案》，成立了辐射事故应急小组，组织、开展辐射事件的应急处理救援工作，并对放射安全与防护、辐射事故应急措施、辐射事故调查处理等做出规定。

公司应根据《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、国家环保总局《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号）的有关规定，对可能发生的辐射事故，不断修订和完善本单位的应急预案，做好应急准备，辐射事故应急处理预案应包括下列内容：

10.4.1 辐射事故应急处理机构与职责

- 1、单位成立辐射事故应急处理领导小组，组织开展风险事件的应急处理救援工作，应急处

理领导小组应明确成员名单及职责。

2、应急处理领导小组职责

(1) 定期组织对设备和人员进行辐射防护情况自查和检测，发现事故隐患及时督导整改；

(2) 发生人员受超剂量照射事故，应启动应急预案；

(3) 事故发生后立即组织有关部门和人员进行事故应急处理；

(4) 负责向生态环境及卫生行政部门及时报告事故情况；

(5) 负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

(6) 人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量；

(7) 负责迅速安置受照人员就医，及时控制事故影响。

10.4.2 本项目可能发生的辐射事故及分级

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

10.4.3 辐射事故应急处理程序

1、事故报告程序和电话

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向枣庄市生态环境局等部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

报告联系电话如下：

公司应急联系电话：

枣庄市生态环境局电话：0632-3312294

政务服务便民热线：12345

枣庄市卫健委电话：0632-36929558

枣庄市公安电话：0632-110

2、辐射事故应急措施

放射性药物丢失、被盗事故：发生放射性药物丢失、被盗事件后，应第一时间向公司

辐射环境管理机构报告，由其及时向市生态环境局、区生态环境局、公安部门、卫生部门报告，按要求进行追查处置。药物撒泼事故：发生药物撒泼后，应立即报告辐射环境管理机构，禁止无关人员进入事故区域，禁止事故区域人员随意走动。现场处置的立即用吸水纸、纱布等自外而内螺旋形吸水，换用吸水纸或纱布自外而内擦干，用表面污染监测仪测量污染区，如果 α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，可解控作为一般物品回收利用或作为一般废物处理。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固体废物。当发生人员身体、衣物受到表面污染时，受沾污人员应及时去污，防止污染扩散。体表沾污应用温水加肥皂或者洗涤剂冲洗，配合软毛刷或棉签刷洗。注意操作要轻柔，防止皮肤损伤，去污后经表面污染监测仪测量合格后方能离开。

去污后公司应根据人员受照剂量，判定事故类型和级别，提出控制措施及救治方案，迅速安排受照人员接受医学检查、救治和医学监护。发生照射事故时，人员接受医学检查或在指定的医疗机构救治，并向市生态环境局和卫生主管部门报告。

10.4.4 其他事项

除上述工作外，辐射工作管理人员还应进行以下几项工作：

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

2、事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

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

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

综上所述，项目经采取以上防范措施，严格按照相关法律法规的要求进行管理，定期演习辐射事故应急预案，对发现的问题及时整改，可使项目环境风险影响降至最低。

表 11 结论与建议

11.1 结论

1、项目概况

苏鲁海王医药集团有限公司拟新建 1 个放射性药品仓库，主要贮存含 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{68}Ga 、 ^{67}Ga 、 ^{18}F 、 ^{223}Ra 、 ^{64}Cu 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{32}P 、 ^{89}Sr 、 ^{125}I 、 ^{14}C 共 16 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为 $2.15 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。根据前文分析，本项目采取辐射防护措施，保证放射性药品仓库外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，具有明显的经济效益、社会效益，符合“实践正当性”的要求。

项目拟建位置位于公司厂区的北侧，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。

2、环境现状检测

本项目各检测点位吸收剂量率为 $(7.21 \sim 10.57) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，均处于枣庄市天然辐射水平本底原野波动范围内[原野 $(3.92 \sim 9.14) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 、道路 $(1.64 \sim 11.19) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$]，属于正常的本底水平。

放射性药品仓库附近土壤总 α 放射性为 $(306 \sim 706) \text{Bq/kg}$ 、总 β 放射性为 $(1.04 \times 10^3 \sim 1.41 \times 10^3) \text{Bq/kg}$ ，参考《南水北调东线山东段沿线土壤的放射性水平》（邓太平、许家昂等，中国辐射卫生 2006 年 12 月第 15 卷第 4 期）中总 α 放射性范围为 $(4.11 \sim 9.44) \times 10^2 \text{Bq/kg}$ 和总 β 放射性范围为 $(5.10 \sim 8.58) \times 10^2 \text{Bq/kg}$ ，本项目周围土壤中总 α 放射性略低于南水北调山东段沿线土壤中的总 α 放射性水平，总 β 放射性略高于南水北调山东段沿线土壤中的总 β 放射性水平，均在本底波动范围内。

3、防护设施及措施

①分区：本项目按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、参照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）等要求进行分区管理。

②屏蔽体防护：本项目放射性药品仓库设计了足够厚度的屏蔽体，可保证房间屏蔽体外周围剂量当量率满足辐射防护的要求。

③项目人流、物流独立；拟在控制区工作人员出入口设置卫生通过间，配备防护用品、冲洗设施和表面污染检测设备；放射性药品仓库设置防盗设施、视频监控装置、入侵报警系统；放射性药品仓库墙面和地面设计建造为易于去除污染；放射性药品仓库配置通风系统。非密封放射源工作场所辐射安全防护措施符合相关标准规范，亦满足辐射安全要求。

④各防护门外上方拟设置醒目的电离辐射警告标志；按有关标准要求配备工作人员个人防护用品。

⑤建设单位拟在项目放射性药品仓库配置个人剂量报警仪、X- γ 辐射剂量率仪等检测仪器，保证辐射工作人员、公众成员的安全。

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

4、辐射环境影响分析结论

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

②项目辐射工作人员、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（辐射工作人员 5mSv/a ，公众成员 0.1mSv/a ，手部 125mSv/a ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求。

5、三废治理

①项目事故状态时产生的放射性废气引至放射性药品仓库室顶通风系统，经活性炭吸附后高于室顶排放，经处理和大气扩散后对周围环境的影响较小。

②项目事故状态时产生的放射性废水经衰变池处理，放射性废水收集后排入仓库东北侧衰变间衰变池内，满足排放要求后，进入园区污水管道，排入市政污水管网。对环境的影响小。

③项目事故状态时产生的放射性固体废物收集在铅桶内，不含 ^{14}C 放射性固废暂存时间满足要求后，经检测，满足解控标准交由有相关医疗废物处置资质的单位处理；不能解控的交由有相关放射性废物处理资质的单位处理；含 ^{14}C 放射性固废交由有相关放射性废物处理资质的单位处理。事故工况时，更换的废活性炭为放射性固体废物，交由有相关危

险废物处置资质的单位处理。

6、健康管理

建设单位拟每两年组织一次职业健康检查。建设单位拟建立职业健康监护档案和个人剂量档案，职业健康监护档案与个人剂量档案一起由专人负责保管和管理。

8、人员培训

本项目拟设4名辐射工作人员，含2名安全员，2名仓库保管员，建设单位承诺在项目运营前，辐射工作人员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。

9、辐射安全管理

建设单位已经设立辐射安全管理领导小组，拟制定相关的规章管理制度，在落实环评要求后，建设单位辐射环境管理组织、规章制度、辐射事故应急预案以及防护设施基本符合相应环保规定。同时建设单位应结合本项目的开展，进一步完善并加强对辐射工作人员的安全防护意识教育。

综上所述，苏鲁海王医药集团有限公司在认真落实各项污染防治措施和辐射环境管理计划的基础上，该单位将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，从辐射环境保护的角度分析，该项目的运行是安全可行的。

11.2 建议和承诺

11.2.1 承诺

为保护环境，保障人员健康，建设单位承诺：

1、建设单位承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

2、建设单位承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置等辐射环保内容进行建设。

3、建设单位承诺加强辐射工作人员的管理，监督辐射工作人员防护用品的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量检测、职业健康检查，并按要求建立和保管辐射工作人员档案。

4、建设单位承诺制定完善各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。按照辐射事故应急预案处理和上报辐射事故，并及时将应急预案向生态环境主管部门备案。

5、建设单位承诺严格执行辐射工作场所监测计划，发现问题及时整改。

11.2.2 建议

建设单位应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。