

核技术利用建设项目
鹭燕医药股份有限公司乙级非密封源工作
场所项目环境影响报告表
(公示稿)

建设单位：鹭燕医药股份有限公司
编制单位：福建省环境保护设计院有限公司
二〇二五年十一月

打印编号: 1762499508000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	q60to4		
建设项目名称	鹭燕医药股份有限公司乙级非密封源工作场所项目		
建设项目类别	55-172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	鹭燕医药股份有限公司		
统一社会信用代码	913502006782575042		
法定代表人 (签章)	吴金祥		
主要负责人 (签字)	吴金和		
直接负责的主管人员 (签字)	向阳		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	福建省环境保护设计院有限公司		
统一社会信用代码	91350000MA347B3Y15		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
康明雄	2015035350352013351006000567	BH017619	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
康明雄	全文	BH017619	

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	15
表 3 非密封放射性物质.....	17
表 4 射线装置.....	19
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	20
表 6 评价依据.....	21
表 7 保护目标与评价标准.....	23
表 8 环境质量和辐射现状.....	28
表 9 项目工程分析与源项.....	33
表 10 辐射安全与防护.....	45
表 11 环境影响分析.....	53
表 12 辐射安全管理.....	69
表 13 结论与建议.....	75

附件:

- 1、委托书
- 2、建设单位营业执照
- 3、公示、同意项目建设说明及厂房租赁合同（已删除）
- 4、原有和技术利用项目环评登记表
- 5、现有辐射安全许可证
- 6、放射性药品委托运输意向（已删除）
- 7、现状及宇宙射线监测报告
- 8、检测单位资质
- 9、检测仪器检定证书
- 10、辐射安全与防护考核合格证书（已删除）
- 11、生态环境分区管控综合查询报告
- 12、管理制度（已删除）

表 1 项目基本情况

项目名称	鹭燕医药股份有限公司乙级非密封源工作场所项目					
建设单位	鹭燕医药股份有限公司					
法人代表	吴金祥	联系人	向**	联系电话	13834*****	
注册地址	厦门市湖里区安岭路 1004 号					
项目建设地点	福建省厦门市集美区灌口镇安仁大道 1599 号 厦门燕来福制药有限公司 4#楼 1 层放射性药品仓库					
立项审批部门	/		批准文号	/		
建设项目总投资 (万元)	**	项目环保投资 (万元)	**	投资比例	**%	
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m ²)	64	
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input checked="" type="checkbox"/> 销售	/			
	射线装置	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
		<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类				
	其他	/				

1.1 建设单位情况

鹭燕医药股份有限公司（以下简称“鹭燕医药”）是一家以人类健康事业为核心产业的医药集团企业。公司始创于 1992 年，致力于人类健康产品的研发、生产、销售等业务。2016 年 2 月 18 日，公司在深圳证券交易所挂牌上市（股票代码 002788）。

在 30 多年的企业发展历程中，鹭燕医药坚持依法规范经营，凭借卓越的战略规划、优秀的人才团队、高效的市场网络、广泛的合作伙伴、优质的服务体系、知名的企业品牌等优势，实现了企业的健康、快速、持续发展。如今，公司已跻身中国服务业企业 500 强第 287 位、中国药品流通行业 100 强第 15 位等，在行业内树立了良好的口碑。

鹭燕医药总部位于厦门，主要从事药品的研发、生产与销售，并在医药零售和医疗器械领域拥有强大实力。鹭燕医药构建了以福建为枢纽，辐射多省的高效药品分销网络，提供专业化的批发和配送服务。旗下“鹭燕大药房”等知名零售品牌，在福建省内拥有超过 250 家直营门店，为消费者提供全品类的医药产品零售服务。在医疗器械领域，业务涵盖低值耗材、高值耗材及医疗设备的生产和销售。公司还积极拓展中药与医养领域，涉足中药饮片的生产，并在安徽亳州等地投资建设了现代中医药产业园。

公司大力推动医药物流的现代化与智能化升级，建设医药类公用型保税仓库等数字化基础设施，全面提升运营效率。目前，鹭燕医药已在江西、四川、安徽、海南、香港等多个地区设立分支机构，实现跨区域发展，并与国内外众多知名医药企业建立了稳固的战略合作关系。

鹭燕医药股份有限公司，注册地位于厦门市湖里区安岭路 1004 号，基于拓展经营核药产品的需要，经营范围增加“I 类射线装置销售；II、III 类射线装置销售；I 类放射源销售；II、III、IV、V 类放射源销售；放射性物品道路运输”等内容，并于 2025 年 5 月取得辐射安全许可证（许可证证号：闽环辐证[00540]）。

鹭燕医药股份有限公司拟利用其全资子公司厦门燕来福制药有限公司（原为厦门鹭燕制药有限公司）的现有厂房建设放射性药品贮存仓库，用于临时存放公司采购的放射性药品，以便于放射性药品销售业务的开展。厦门燕来福制药有限公司位于厦门市集美区灌南工业区安仁大道 1599 号，放射性药品贮存仓库布置于厦门燕来福制药有限公司 4#楼 1 层。

1.2 建设内容与项目由来

随着国民经济及国内核医学事业的持续发展，人民生活水平不断提高，我国对放射性药品试剂的需求越来越大。为适应放射性药品市场的需求，保障福建省放射性药品的稳定供应，满足《中华人民共和国药品管理法》第五十二条第二款“从事药品经营活动应当具备有与所经营药品相适应的营业场所、设备、仓储设施和卫生环境”。

鹭燕医药股份有限公司在现有辐射安全许可证（销售非密封放射性物质，不贮存）基础上，拟建设放射性药品贮存仓库，临时贮存拟销售的放射性药品，项目不进行放射性药品分装。公司在接受放射性药品需求单位（医院、科研院所等）订单后，向有资质单位外购药物，并将外购的⁸⁹Zr、⁹⁰Y、³²P、¹⁵³Sm、⁹⁰Sr、⁸⁹Sr、¹⁷⁷Lu、¹³¹I、¹²⁵I（粒子源）、¹²³I、⁶⁷Ga、²²³Ra、¹⁴C（固态）等14种放射性药物和¹⁸⁸W（¹⁸⁸Re）发生器临时贮存于拟建放射性药品贮存仓库，随后根据订单运输给下游福建省内医院核医学科、科研院所、企事业单位等客户单位，整个贮存过程不破坏放射性药品外包装，已与陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司签订运输合作意向书。此外，公司仅从事销售的3种放射性药物为^{99m}Tc、¹⁸F、⁶⁸Ga，这些放射性药物直接从生产商送至使用单位，不进行贮存，运输由生产商负责或委托。需求单位使用放射性药品产生的废发生器、废药液、废粒籽源等，由药物生产单位回收处置，本项目建设单位不负责回收和处置，因此在正常的销售过程中，无放射性废水、废气及固体废物产生。小概率发生的事故工况，会因擦拭去污产生固体放射性废物。

（一）建设内容及规模

鹭燕医药股份有限公司拟建放射性药品贮存仓库，临时存放公司采购的放射性药品，以便于放射性药品销售业务的开展。拟建放射性药品贮存仓库占地面积为64m²，建设地为福建省厦门市集美区灌口镇安仁大道1599号厦门燕来福制药有限公司4#楼1层放射性药品仓库。

根据建设单位提供的资料，货包参数具体详见表1-1。

本项目放射性药品委托第三方有资质单位，主要销售对象为福建省内医院核医学科，也包括科研院所、企事业单位等。客户单位需要有辐射安全许可证并具备所购买核素的使用许可。

表 1-1 非密封源货物包装一览表

序号	核素名称	每个货包的核素最大活度(Bq)	产品包装规格	包装屏蔽(铅当量)mm	尺寸(mm)
1	⁸⁹ Zr	3.70×10^8	西林瓶+铅罐	50	300×300 (直径×高)
2	⁹⁰ Y	3.00×10^9	西林瓶+铅罐 (内衬 5mm 有机玻璃)	40	300×300 (直径×高)
3	¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re)	1.48×10^{10}	铅罐	20	300×300 (直径×高)
4	³² P	3.70×10^9	西林瓶+铅罐 (内衬 5mm 有机玻璃)	30	300×300 (直径×高)
5	¹⁵³ Sm	7.40×10^9	西林瓶+铅罐	20	300×300 (直径×高)
6	⁹⁰ Sr	1.85×10^9	西林瓶+铅罐 (内衬 5mm 有机玻璃)	10	300×300 (直径×高)
7	⁸⁹ Sr	2.96×10^8	西林瓶+铅罐 (内衬 5mm 有机玻璃)	10	300×300 (直径×高)
8	¹⁷⁷ Lu	4.00×10^{10}	西林瓶+铅罐	20	300×300 (直径×高)
9	¹³¹ I	7.40×10^9	西林瓶+铅罐	30	300×300 (直径×高)
10	¹²⁵ I (粒子源)	3.70×10^{10}	西林瓶+铅罐	30	300×300 (直径×高)
11	¹²³ I	3.70×10^{10}	西林瓶+铅罐	30	300×300 (直径×高)
12	⁶⁷ Ga	7.40×10^8	西林瓶+铅罐	10	300×300 (直径×高)
13	²²³ Ra	3.85×10^8	西林瓶+铅罐	5	300×300 (直径×高)
14	¹⁴ C (固态)	3.70×10^9	塑料袋密封+ 铅罐	2	300×300 (直径×高)
15	^{99m} Tc	3.70×10^{10}	西林瓶+铅罐	5	300×300 (直径×高)
16	⁶⁸ Ga	4.00×10^9	西林瓶+铅罐	40	300×300 (直径×高)
17	¹⁸ F	7.40×10^9	西林瓶+铅罐	40	300×300 (直径×高)

根据建设单位的工作计划及安排, 本项目拟建放射性药品贮存仓库一天最多同时贮存 25 个货包, 货包为随机暂存 (其中 ⁸⁹Zr 货包不超过 2 个、¹³¹I、²²³Ra 和 ⁶⁷Ga 总共货包不超过 10 个、以 ¹⁷⁷Lu 为代表的核素不超过 8 个), 一年工作 250 天, 本次环评涉及贮存非密封源情况见 1-2。拟建放射性药品贮存仓库的日等效最大操作量为 $5.40 \times 10^7 \sim 5.76 \times 10^8$ Bq, 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中附录 C 规定的非密封源工作场所的分级, 本项目拟建放射性药品贮存仓库的日等效最大操作量处于 $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$ Bq 范围内, 属于乙级非密封源工作场所。

表 1-2 项目非密封源一览表

核素名称	每天可能的暂存最大货包数量(个)	实际日最大操作量(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)	年最大用量(Bq)
⁸⁹ Zr	2	7.40×10^8	中毒:0.1	液态源的贮存:100	7.40×10^5	1.85×10^{11}
⁹⁰ Y	6	1.80×10^{10}	中毒:0.1	液态源的贮存:100	1.80×10^7	4.50×10^{12}
¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re)	2	2.96×10^{10}	中毒:0.1	固态源的贮存:1000	2.96×10^6	7.40×10^{12}
³² P	2	7.40×10^9	中毒:0.1	液态源的贮存:100	7.40×10^6	1.85×10^{12}
¹⁵³ Sm	2	1.48×10^{10}	中毒:0.1	液态源的贮存:100	1.48×10^7	3.70×10^{12}
⁹⁰ Sr	2	3.70×10^9	高毒:1	液态源的贮存:100	3.70×10^7	9.25×10^{11}
⁸⁹ Sr	2	5.92×10^8	中毒:0.1	液态源的贮存:100	5.92×10^5	1.48×10^{11}
¹⁷⁷ Lu	6	2.40×10^{11}	中毒:0.1	液态源的贮存:100	2.40×10^8	6.00×10^{13}
¹³¹ I	8	5.92×10^{10}	中毒:0.1	液态源的贮存:100	5.92×10^7	1.48×10^{13}
¹²⁵ I (粒子源)	2	7.40×10^{10}	中毒:0.1	固态源的贮存:1000	7.40×10^6	1.85×10^{13}
¹²³ I	2	7.40×10^{10}	低毒:0.01	液态源的贮存:100	7.40×10^6	1.85×10^{13}
⁶⁷ Ga	2	1.48×10^9	中毒:0.1	液态源的贮存:100	1.48×10^6	3.70×10^{11}
²²³ Ra	6	2.31×10^9	极毒:10	液态源的贮存:100	2.31×10^8	5.78×10^{11}
¹⁴ C (固态)	6	2.22×10^{10}	中毒:0.1	固态源的贮存:1000	2.22×10^6	5.55×10^{12}

备注：货包为随机暂存，暂存库最大容量为 25 个货包，因此暂存库中的货包为各种核素货包的随机暂存数量之和。

注：查《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 附录 C2、C3 和附录 D 可知放射性核素毒性组别修正因子、操作方式修正因子和放射性核素的毒性分组类别。

表 1-3 仅销售放射性药品一览表

核素名称	日最大操作量(Bq)	毒性组别修正因子	日等效最大操作量(Bq)	年最大操作量(Bq)	备注
^{99m} Tc	1.11×10^{11}	低毒:0.01	/	2.78×10^{13}	仅销售，不进行贮存
⁶⁸ Ga	1.20×10^{10}	低毒:0.01	/	3.00×10^{12}	
¹⁸ F	2.22×10^{10}	低毒:0.01	/	5.55×10^{12}	

综上所述，鹭燕医药股份有限公司本次拟建的放射性药品贮存仓库为乙级非密封源

工作场所。

（二）项目由来

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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订本）（国务院令第 653 号）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定，生态环境部令第 20 号）、《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）等国家环境管理相关法律法规的规定，鹭燕医药股份有限公司乙级非密封源工作场所项目应进行环境影响评价并编制辐射环境影响报告表。

鹭燕医药股份有限公司于 2025 年 6 月正式委托福建省环境保护设计院有限公司进行辐射环境影响评价。福建省环境保护设计院有限公司则立即组织人员继续现场踏勘和资料收集等相关工作，在此基础上编制完成了本项目环境影响报告表。

1.3 项目地理位置及周边

本项目拟建放射性药品贮存仓库位于福建省厦门市集美区灌口镇安仁大道 1599 号厦门燕来福制药有限公司 4#楼 1 层放射性药品仓库。厦门燕来福制药有限公司周边均为工业企业，有厦门通威饲料有限公司、厦门立林科技有限公司、厦门协晟工贸有限公司等，无居民区和学校等。项目所在位置周边交通便利，紧邻沈海高速和海翔大道，20 分钟可到达厦门北站，地理坐标为：东经 118.002685°，北纬 24.602197°。项目地理位置图及周边环境状况，见图 1-1、图 1-2。

厦门燕来福制药有限公司 4#楼共 4 层，其中 4 楼为办公区，其余楼层主要作为仓库使用。本项目放射性药品仓库设置在厦门燕来福制药有限公司 4#楼 1 层，主要为仓库，东北侧有大药房和云药房。放射性药品仓库区域原作为设备间和仓库，设备间存放厂房有关设备，经过重新规划建设，将作为公司放射性药品仓库。厦门燕来福制药有限公司 4#楼北侧为厦门通威饲料有限公司（厂房）及其厂区道路，东侧为厂区道路、员工休息楼，南侧为厂区道路、厦门燕来福制药有限公司 6#楼（鹭燕厦门现代医药仓储中心），西侧为厂区道路、厦门燕来福制药有限公司 3#楼（厂房）。厦门燕来福制药有限公司 8#办公楼及 9#生产车间已基本建成，目前正在装修，预计 3 个月内能投入使用，届时 4#楼将主要作为仓库使用，无办公区；4#楼东侧员工休息楼将拆除，改建停车场。项目周边环境现状、项目拟建场所现状、项目评价区域及厦门燕来福制药有限公司平面布局图及项目周边

环境情况，见图 1-3~图 1-5。

表 1-4 项目周围场所一览表

位置	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
厦门燕来福制药有限公司 4#楼	员工休息楼	厦门燕来福制药有限公司 6#楼	厦门燕来福制药有限公司 3#楼	厦门通威饲料有限公司	/	/
拟建放射性药品贮存仓库	厂区道路、员工休息楼	厂区道路、仓库（鹭燕厦门现代医药仓储中心）	厂区道路、厂房	厦门通威饲料有限公司厂房及其厂区道路	厦门燕来福制药有限公司仓库	土层

备注：4#楼东侧员工休息楼将拆除，改建停车场。

以项目场所四周边界为起点 0~50m 范围环境状况：东侧、北侧 0~50m 为厦门燕来福制药有限公司 4#仓库；南侧 20~50m 为鹭燕厦门现代医药仓储中心；西侧 10~40m 为厦门燕来福制药有限公司 3#厂房。

项目拟建放射性药品贮存仓库所处位置相对独立，放射性药品由放射性药品贮存仓库南门直接进出，不与周边非放射性场所出入口存在交叉影响，整个销售贮存过程不打开货包，周边人员停留较少，屏蔽物质厚度符合相关标准要求，选址充分考虑了周围场所的人员防护与安全，避开了人群聚集点，拟建放射性药品贮存仓库屏蔽墙体外 50m 评价范围内无学校等环境敏感区，且周围辐射环境现状质量良好，从环境保护和辐射防护角度考虑，项目工作场所选址合理。

厦门市集美区灌口镇安仁大道 1599 号厦门燕来福制药有限公司 4#楼 1 层楼层平面图见图 1-6，厦门市集美区灌口镇安仁大道 1599 号厦门燕来福制药有限公司 4#楼 2 层平面图见图 1-7。

1.4 项目可行性分析

(1) 产业政策相符性分析

本项目主要为贮存、销售放射性核素，为医疗机构、科研院所、企事业单位等提供诊断、治疗药物，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展改革委第 7 号令公布），鼓励类中第 6 点核能中“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”之规定，本项目属于“同位素”类项目，属于鼓励类，因此本项目符合国家产业政策。

(2) 代价利益分析

本项目放射性药品暂存库建设项目建成后，有利于福建省及周边地区医疗机构等放射性药品采购，也有利于医疗机构提高医疗卫生服务水平，从而提高人民生活水平。该

项目在保障医疗机构等放射性药品充裕的同时也为医疗机构等创造了更大的经济效益和社会效益。

（3）实践正当性分析

本项目的主要任务是贮存、销售放射性药品，为福建省及周边地区医院核医学科、科研院所、企事业单位等提供诊断、治疗药物，便于各个医院开展放射性治疗和诊断，更多地治病救人，较医院自行制备的模式，在环境保护、药品质量、辐射安全等方面均会有较大的改善。经预测分析，在采取相应的辐射安全与防护措施后，项目对周围环境的辐射影响是可以接受的，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”的原则。

（4）生态环境准入清单符合性分析

根据《厦门市人民政府关于印发厦门市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》及福建省生态环境分区管控信息平台导出的《福建省生态环境分区管控综合查询报告》（见附件9），本项目所在区域为重点管控单元，环境管控单元编码为ZH35021120002。

厦门市管控要求及符合性分析见表1-7。

1.5 原有核技术利用项目许可情况

（一）许可情况

鹭燕医药股份有限公司原销售Ra-223、Y-90微球注射液（抗癌药）、Lu-177共3种非密封源。建设单位已于2025年5月办理了辐射安全许可证，证书编号为闽环辐证[00540]，有效期至2030年5月26日。

表1-5 鹭燕医药股份有限公司辐射安全许可证许可销售情况一览表

序号	核素名称	物理状态	活动种类	用途	年最大用量(Bq)
1	Ra-223	液态	销售（不贮存）	放射性药物治疗	1.85×10^{13}
2	Y-90微球注射液（抗癌药）	液态		放射性药物治疗	7.5×10^{12}
3	Lu-177	液态		放射性药物治疗	1.85×10^{13}

（二）辐射安全管理

鹭燕医药股份有限公司现有辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面情况如下：

（1）建设单位已成立辐射安全与环境保护管理机构（见附件）全面负责单位辐射安

全及应急管理工作。建设单位已制订《辐射防护与安全保卫制度》、《辐射安全管理人员培训管理制度》、《台账登记制度》、《辐射安全监测方案》、《设备检修维护制度》、《辐射安全设备操作规程》、《辐射事故应急预案》等规章制度，并要求相关工作人员严格按照规章制度要求执行。

(2) 为进一步强化公司辐射安全管理工作，确保辐射安全相关法规及规章制度得到有效执行，切实保障员工健康和环境安全，公司成立了辐射安全与环境保护管理机构。

(3) 公司定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，并持证上岗。

1.6 评价目的

(1) 对本项目辐射工作场所及周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状。

(2) 通过环境影响评价，预测本项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染对策，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

(3) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，使辐射环境影响满足相关标准要求和减少到“可合理达到的尽量低的水平”。

(4) 提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目建设管理规定的要求，为辐射环境管理提供科学依据。

1.7 环保投资

项目总投资为**万元，其中环保投资为**万元，占总投资的**%。环保投资情况见下表。

表 1-6 环保投资情况一览表

项目		环保投资金额 (万元)	合计： **
拟建放射性药品贮存仓库	贮存仓库辐射防护装修改造	**	
	个人剂量报警仪、便携式 X-γ 辐射周围剂量当量率仪、监控系统、防盗门（加设 10mm 的防护铅板）、红外线报警、灭火器等	**	
	安排工作人员参加辐射安全防护专业知识培训、个人剂量监测和职业病健康体检。	**	
	环评、竣工环保验收、辐射年度监测、规章制度上墙等。	**	
	废物暂存铅桶、放射性废物处理。	**	



图 1-1 项目地理位置图



图 1-2 周边环境状况图

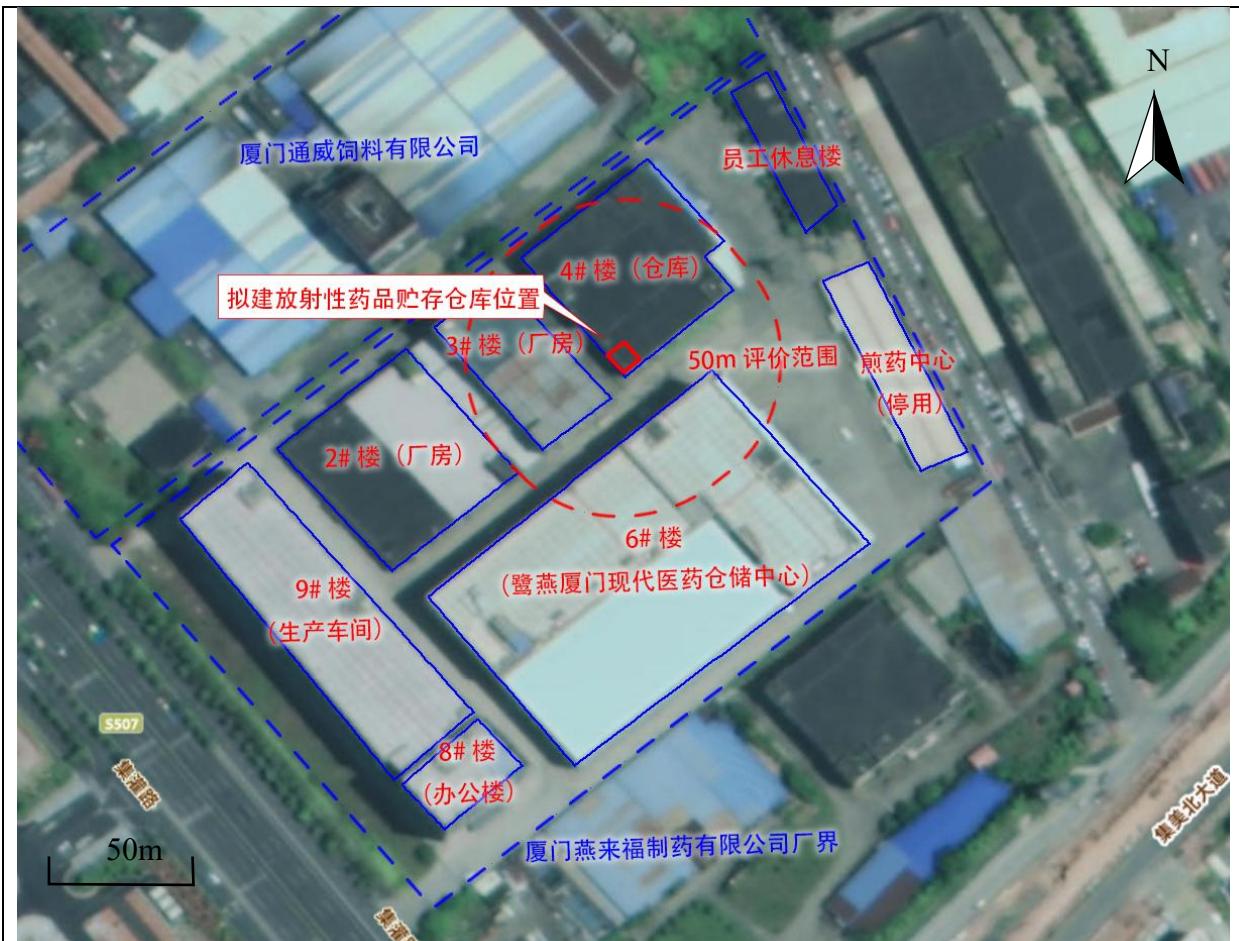


图 1-3 评价区域范围及厦门燕来福制药有限公司平面布局



北侧环境现状
(厂区道路及厦门通威饲料有限公司)

西侧环境现状 (厂区道路和 3#厂房)



南侧环境现状（厂区道路和仓储中心）

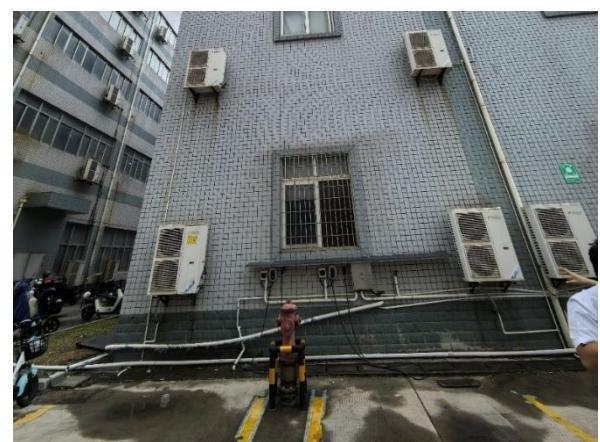


东侧环境现状（厂区道路、员工休息楼）

图 1-4 项目周围环境现状



拟建场所在所在楼栋（4#仓库）



拟建位置（4#仓库南侧）



拟建场所环境现状



拟建场所上方仓库

图 1-5 项目拟建场所现状

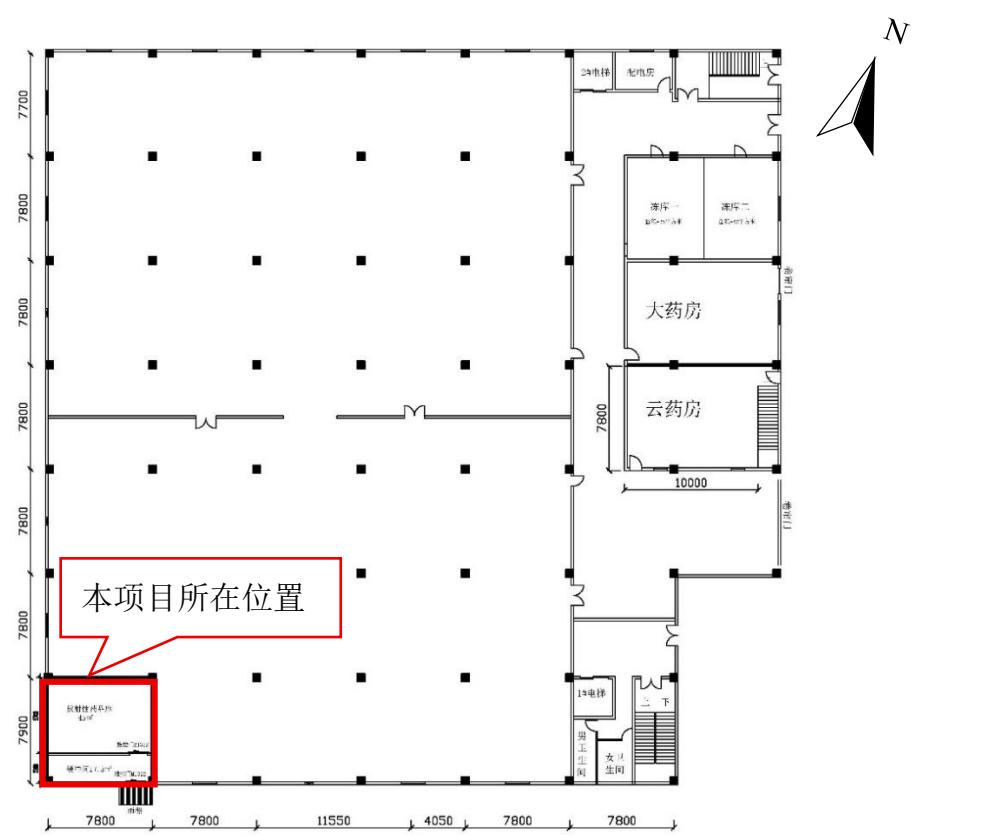


图 1-6 厦门市集美区灌口镇安仁大道 1599 号厦门燕来福制药有限公司 4#楼 1 层楼层平面图

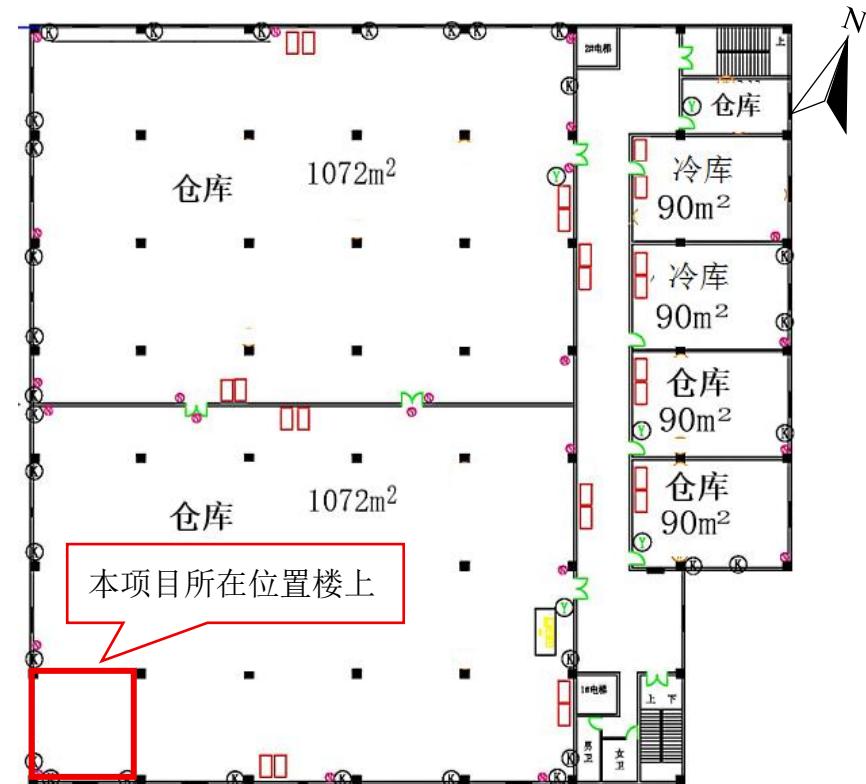


图 1-7 厦门市集美区灌口镇安仁大道 1599 号厦门燕来福制药有限公司 4#楼 2 层楼层平面图

表 1-7 项目涉及管控单元管控要求及符合性分析一览表

环境 管控 单元 编码	环境 管控 单元 名称	管控单 元类别	管控 内容	管控要求	符合性分析	是否 符合 管控 要求
ZH35 02112 0002	机械 工业 集中 区(灌 口片 区)	重点管 控单元	空间 布局 约束	<p>1.禁止准入非配套涉及重金属排放的新(扩)建项目。涉及金属铸锻件的铸造、锻造、热处理、日用五金表面处理和电镀工序的，仅准入属于主导产业配套工序的项目，并落实区域排放总量有余量、承诺清洁生产后方可准入。2.禁止在先锋电镀集控区以外新(扩)建专业电镀项目以及排放废水重点重金属污染物的其他工业项目；先锋电镀集控区禁止扩建园区规模，禁止扩(改)建无重点重金属污染物排放指标调剂来源的电镀项目。（省市重点重大产业项目、“高技术、高成长、高附加值”（简称“三高”）重点企业增资扩产项目、规划发展的新材料、新能源和节能环保产业重点项目确需配套的电镀工艺除外）。3.在现有和规划的集中居住区（包括村庄、住宅小区）、学校等敏感目标外围 100m 范围内，禁止准入排放挥发性有机物、异味污染物及其他列入《有毒有害大气污染物名录》污染物的新建、改(扩)建工业生产项目，具体见厦门市中陆域-空间布局约束-重点管控单元-第 7 条要求，如有新规定发布的则执行最新要求。4.如准入涂装专业企业或生产线应采用薄膜处理等清洁生产工艺代替表面磷化工艺。5.严格限制耗水量大、重污染项目准入。6.除集中供热外，不再新建非清洁能源锅炉及工业窑炉。7.根据永久基本农田的相关法律法规、管理规章管理，从严管控非农建设占用永久基本农田。一般建设项目不得占用永久基本农田，重大建设项目选址确实难以避让永久基本农田的，必须依法依规办理，落实最严格的节约集约用地制度，并按照“数量不减、质量不降、布局稳定”的要求进行补划。临时用地一般不得占用永久基本农田，建设项目施工和地质勘查需要临时用地、选址确实难以避让永久基本农田的，必须依法依规办理。对各类未经批准或不符合规定要求的建设项目、临时用地、农村基础设施、设施农用地，以及人工湿地、景观绿化工程等占用永久基本农田的，责令限期恢复原种植条件。申请新设矿业权，应避让永久基本农田。</p>	<p>1.本项目不属于及重金属排放的新(扩)建项目。</p> <p>2.本项目不属于新(扩)建专业电镀项目以及排放废水重点重金属污染物的其他工业项目。</p> <p>3.本项目不属于排放挥发性有机物、异味污染物及其他列入《有毒有害大气污染物名录》污染物的新建、改(扩)建工业生产项目。</p> <p>4.本项目不属于涂装专业企业或生产线，不涉及表面磷化工艺。</p> <p>5.本项目不属于耗水量大、重污染项目。</p> <p>6.本项目不属于新建非清洁能源锅炉及工业窑炉。</p> <p>7.本项目不属于非农建设占用永久基本农田的情形。</p>	符合

		污染物排放管控	1.新建、扩建项目，实行区域内二氧化硫、氮氧化物、VOCS 总量控制，落实相关规定要求。2.建立区域重点 VOCs 排放企业污染管理台账，深化 VOCs 治理技术改造，推进原辅材料的水性化改造或低挥发性有机物含量原辅材料的使用。3.严格落实涉重金属重点行业企业新（改、扩）建设项目重点重金属污染物排放总量控制与指标调剂制度。4.产生含重金属废水、或难以生化降解废水、或高盐废水的企业，应对生产废水进行有效预处理，第一类污染物应在车间处理设施出口达到行业排放标准，污水综合排放标准中相应标准，企业生产废水经处理后总排放口应达到 DB35/322《厦门市水污染物排放标准》相应标准要求后再排入市政污水管网。5.单元内生产生活污水实现 100%收集和处理，依托的杏林水质净化厂（远期为前场水质净化厂）执行 DB35/322《厦门市水污染物排放标准》中表 2 中的 A 级标准限值。	本项目不属于排放二氧化硫、氮氧化物、VOCS 项目，不产生废物。	符合
		环境风险防控	1.制定园区环境风险应急预案，成立应急组织机构，建设突发事件应急物资储备库。对单元内具有潜在污染环境风险的企业应加强管理，实施项目环评、设计建设、拆除设施、终止经营全生命周期污染防治，建立环境风险隐患排查治理制度、风险防控体系和长效监管机制。2.对单元内具有潜在土壤污染环境风险的企业应加强管理，实施项目环评、设计建设、拆除设施、终止经营全生命周期土壤和地下水污染防治，建立土壤和地下水污染隐患排查治理制度、风险防控体系和长效监管机制。制定环境风险应急预案，建设突发事件应急物资储备库，成立应急组织机构。3.按照重点管控新污染物清单要求，禁止、限制重点管控新污染物的生产、加工使用和进出口。严格涉新污染物建设项目准入管理。排放重点管控新污染物的企事业单位和其他生产经营者应按照相关法律法规要求，对排放（污）口及其周边环境定期开展环境监测，评估环境风险，排查整治环境安全隐患，依法公开新污染物信息，采取措施防范环境风险。土壤污染重点监管单位应严格控制有毒有害物质排放，建立土壤污染隐患排查制度，防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散。	本项目不产生废物。	符合
		资源开发效率要求	推进区内优化能源结构，使用清洁能源，提高能源利用率。	本项目不涉及。	符合

注：本项目为核技术利用项目，主要为贮存、销售非密封放射性物质。

表 2 放射源

序号	核素名称	活度 (Bq)	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	理化性状	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	⁸⁹ Zr	液态	使用(贮存)、销售	7.40×10^8	7.40×10^5	1.85×10^{11}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	不破坏购买时的外包装，临时贮存于厦门市集美区灌口镇安仁大道1599号厦门燕来福制药有限公司4#楼1层放射性药品库
2	⁹⁰ Y	液态	使用(贮存)、销售	1.80×10^{10}	1.80×10^7	4.50×10^{12}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	
3	¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re)	固态	使用(贮存)、销售	2.96×10^{10}	2.96×10^6	7.40×10^{12}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	
4	³² P	液态	使用(贮存)、销售	7.40×10^9	7.40×10^6	1.85×10^{12}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	
5	¹⁵³ Sm	液态	使用(贮存)、销售	1.48×10^{10}	1.48×10^7	3.70×10^{12}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	
6	⁹⁰ Sr	液态	使用(贮	3.70×10^9	3.70×10^7	9.25×10^{11}	外售后用于	源的贮存	/	不破坏购买时

序号	核素名称	理化性状	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
			存)、销售				放射治疗			的外包装,临时贮存于厦门市集美区灌口镇安仁大道1599号厦门燕来福制药有限公司4#楼1层放射性药品库
7	⁸⁹ Sr	液态	使用(贮存)、销售	5.92×10^8	5.92×10^5	1.48×10^{11}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	
8	¹⁷⁷ Lu	液态	使用(贮存)、销售	2.40×10^{11}	2.40×10^8	6.00×10^{13}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	
9	¹³¹ I	液态	使用(贮存)、销售	5.92×10^{10}	5.92×10^7	1.48×10^{13}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	
10	¹²⁵ I (粒子源)	固态	使用(贮存)、销售	7.40×10^{10}	7.40×10^6	1.85×10^{13}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	
11	¹²³ I	液态	使用(贮存)、销售	7.40×10^{10}	7.40×10^6	1.85×10^{13}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	
12	⁶⁷ Ga	液态	使用(贮存)、销售	1.48×10^9	1.48×10^6	3.70×10^{11}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	
13	²²³ Ra	液态	使用(贮存)、销售	2.31×10^9	2.31×10^8	5.78×10^{11}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	
14	¹⁴ C (固态)	固态	使用(贮存)、销售	2.22×10^{10}	2.22×10^6	5.55×10^{12}	外售后用于放射治疗	源的贮存	/	
15	^{99m} Tc	液态	销售	1.11×10^{11}	/	2.78×10^{13}	外售后用于放射治疗	仅销售	/	
16	⁶⁸ Ga	液态	销售	1.20×10^{10}	/	3.00×10^{12}	外售后用于放射治疗	仅销售	/	
17	¹⁸ F	液态	销售	2.22×10^{10}	/	5.55×10^{12}	外售后用于放射治疗	仅销售	/	

注: 日等效操作量和操作方式见国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871- 2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各类加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类比	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	氚靶情况			备注
									活度	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
非正常工况时去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套	固态	⁸⁹ Zr、 ⁹⁰ Y、 ³² P、 ¹⁵³ Sm、 ⁹⁰ Sr、 ⁸⁹ Sr、 ¹⁷⁷ Lu、 ¹³¹ I、 ¹²⁵ I、 ¹²³ I、 ⁶⁷ Ga、 ²²³ Ra、 ¹⁸⁸ W、 ¹⁴ C	/	/	/	/	临时暂存于放射性药品贮存仓库	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 倍后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，对废物清洁解控并作为一般固体废物处理
非正常工况时废活性炭	固态	¹³¹ I	/	/	5kg	/	临时暂存于放射性药品贮存仓库	
非正常工况时辐射工作人员洗手产生放射性废水	液体	⁸⁹ Zr、 ⁹⁰ Y、 ³² P、 ¹⁵³ Sm、 ⁹⁰ Sr、 ⁸⁹ Sr、 ¹⁷⁷ Lu、 ¹³¹ I、 ¹²³ I、 ⁶⁷ Ga、 ²²³ Ra	/	/	50L	总 α 不大于 $1\text{Bq}/\text{L}$ 、总 β 不大于 $10\text{Bq}/\text{L}$ 、碘-131 的放射性活度浓度不大于 $10\text{Bq}/\text{L}$	应急衰变桶	暂存在该应急衰变桶中超过 10 个最长半衰期(含 ¹³¹ I 核素的暂存超过 180 天)后经监测达标后排入市政污水管网
非正常工况时气态放射性废物	气态	¹³¹ I	/	/	/	/	/	设置独立的通风系统，场所的通风系统排气口高于本建筑物屋顶，经活性炭过滤装置，最后经排气系统排至楼顶室外大气
非正常工况时臭氧和氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	/	
本项目正常工况下不产生放射性废气、废液和固废。								

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L ，固体为 mg/kg ，气态为 mg/m^3 ；年排放总量用 kg 。2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（ Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3 ）和活度（ Bq ）。

表 6 评价依据

法律 法规	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，（2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，2015年1月1日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第二十四号，2018年12月29日起施行）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起施行）；</p> <p>(4) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院令第682号，2017年10月1日起实施）；</p> <p>(5) 《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709号，2019年修订）；</p> <p>(6) 《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）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定，生态环境部令第20号）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行）；</p> <p>(9) 《产业结构调整指导目录(2024年本)》（中华人民共和国国家发展改革委令第7号公布）；</p> <p>(10) 《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，2006年9月26日）；</p> <p>(11) 《放射性废物安全管理条例》（2011年12月20日国务院第612号令发布，2012年3月1日施行）；</p> <p>(12) 《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）；</p> <p>(13) 福建省环保厅关于印发《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》（试行）的通知（闽环保辐射〔2013〕10号）；</p> <p>(14) 《福建省环境保护管理条例》（福建省第十三届人民代表大会常务委员会第32次会议通过，2022年5月1日施行）</p>
----------	--

	<p>(15) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令第9号,2019年11月1日起施行);</p> <p>(16) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告2019第57号,2020年1月1日起实施)</p>
技术标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1—2016);</p> <p>(2) 《环境影响评价技术导则——总纲》(HJ2.1-2016);</p> <p>(3) 参考标准: 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021);</p> <p>(4) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010);</p> <p>(5) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019);</p> <p>(6) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002);</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(8) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(9) 参考标准: 《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020);</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019);</p> <p>(11) 《表面污染测定 第1部分: β发射体($E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$)和$\alpha$发射体》(GB/T14056.1-2008);</p> <p>(12) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。</p>
其他	<p>(1) 委托书(附件1);</p> <p>(2) 《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社,2015年7月);</p> <p>(3) 现状监测报告;</p> <p>(4) 《辐射防护手册》(第三分册);</p> <p>(5) 《简明放射性同位素应用手册》;</p> <p>(6) 《辐射防护导论》;</p> <p>(7) 其他技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中第 1.5 条规定：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。考虑到本项目的实际情况，本次项目评价范围为福建省厦门市集美区灌口镇安仁大道 1599 号厦门燕来福制药有限公司 4#楼 1 层放射性药品仓库屏蔽墙体外 50m 范围。

7.2 环境保护目标

据现场踏勘和调查，本项目拟建放射性药品贮存仓库屏蔽墙体外 50m 范围内无学校等环境敏感区域。本项目的环境保护目标主要为职业工作人员和公众人员。职业工作人员包括本项目放射性药品销售的辐射工作人员，公众人员为厦门燕来福制药有限公司 4#仓库、3#厂房、鹭燕厦门现代医药仓储中心 6#楼等拟建放射性药品贮存仓库屏蔽墙外 50m 范围内的公众人员。结合本项目评价范围示意图 1-3、平面布置图 1-2、区域现状照片图 1-4，本项具体环境保护目标见下表 7-1。

表 7-1 主要环境保护目标一览表

主要环境保护目标	场所	距离	人数	年有效剂量约束值
辐射工作人员	放射性药品仓库	/	4 人	5mSv/a
公众人员	项目所在位置正上方（2 层）	上方	约 7 人	0.1mSv/a
	项目所在大楼（厦门燕来福制药有限公司 4#仓库）本项目以外的工作人员	同一栋楼	约 103 人	0.1mSv/a
	鹭燕厦门现代医药仓储中心 6#楼	西侧约 20m	约 147 人	0.1mSv/a
	厦门燕来福制药有限公司 3#厂房	西侧约 10 m	约 51 人	0.1mSv/a
	评价范围内公司其他工作人员及公司厂区外的路过公众人员	仓库屏蔽墙外 50m 范围内	流动人口	0.1mSv/a

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，本项目辐射工作人员和公众（包括本项目内的非辐射工作人员）的年剂量限值见下表。

表 7-2 主剂量限值

适用范围	剂量限值
职业照射有效剂量	20mSv/年
公众照射有效剂量	1mSv/年

7.3.2 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）的规定，并参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），遵循辐射防护最优化原则，根据本项目特点，建议的剂量约束值见下表。

表 7-3 剂量约束值

适用范围	剂量限值
职业照射有效剂量	5mSv/年
公众照射有效剂量	0.1mSv/年

7.3.3 工作场所等级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中附录 C 规定的，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 7-4 非密封源工作场所分级

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- 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。公式如下：

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

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以下两表：

表 7-5 放射性核素毒性组别修正因子

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

表 7-6 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

参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021), 核医学常见放射性核素状态与操作方式修正因子见表 7-6。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002), 本项目放射性核素毒性组别修正因子见表 7-7。

表 7-7 项目放射性核素毒性组别修正因子

毒性级别	本项目核素名称	毒性组别修正因子
极毒	^{223}Ra	10
高毒	^{90}Sr	1
中毒	^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re) 、 ^{32}P 、 ^{153}Sm 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{67}Ga	0.1
低毒	^{123}I 、 ^{14}C 、 ^{99}mTc 、 ^{68}Ga 、 ^{18}F	0.01

综上, 本项目涉及的放射性核素毒性组别修正因子根据《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) 的相关内容取值; 参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021), 本项目属于放射性药品贮存, 视为源的贮存。

7.3.4 表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中表 B11 的规定, 对于工作场所的放射性表面污染应满足一定的控制水平, 具体如下:

表 7-8 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		极毒性 α 放射性物质(Bq/cm ²)	β 放射性物 (Bq/屏 cm ²)
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区	4	4×10
	监督区	4×10^{-1}	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区	4×10^{-1}	4
	监督区		
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-2}	4×10^{-1}
该区内的高污染子区除外			

7.3.5 屏蔽防护效果

(一) 工作场所

本项目工作场所屏蔽防护效果参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 的要求执行:

①距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$, 如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域, 其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

②放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构, 以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$, 放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

③固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施, 以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

综上, 本项目拟建放射性药物仓库执行: “各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$, 如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域, 其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的限值要求。

(二) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019) 中 5.3.1 和 5.4 规定:

货包或集合包装的外表面任一点的最高辐射水平应不超过 $2\text{mSv}/\text{h}$, 满足下列任一项情况除外:

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

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。应使任何货包外表面的非固定污染保持在实际尽可能低的水平上, 常规运输条件下, 这种污染不得超过下述限值:

- a) 对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体为 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$;
- b) 对所有其他 α 发射体为 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

7.3.6 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002), 应将辐射工作场所分为控制区、监督区。

对于需要专门防护手段或安全措施的区域划分为控制区, 对于未被设定为控制区, 不需要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的区域, 划分为监督区。对控制区和监督区的人员活动进行限制, 辐射控制区和辐射监督区以外区域对人员活动不限制。

7.3.7 放射性固体废物

参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021), 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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 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。

②不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备, 并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 $0.1\text{mSv}/\text{h}$, 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 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、其他 α 发射体应小 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 监测计划

1、项目地理和场所位置

本项目拟建的放射性药品贮存仓库位于福建省厦门市集美区灌口镇安仁大道 1599 号厦门燕来福制药有限公司 4#楼 1 层放射性药品仓库，项目地理位置见图 1-1。

2、监测内容与点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) 并结合本项目实际情况进行监测布点，本次监测主要针对拟建辐射工作场所及周边环境 γ 辐射剂量率和 α 、 β 表面污染。监测布点示意图如图 8-1~图 8-3 所示

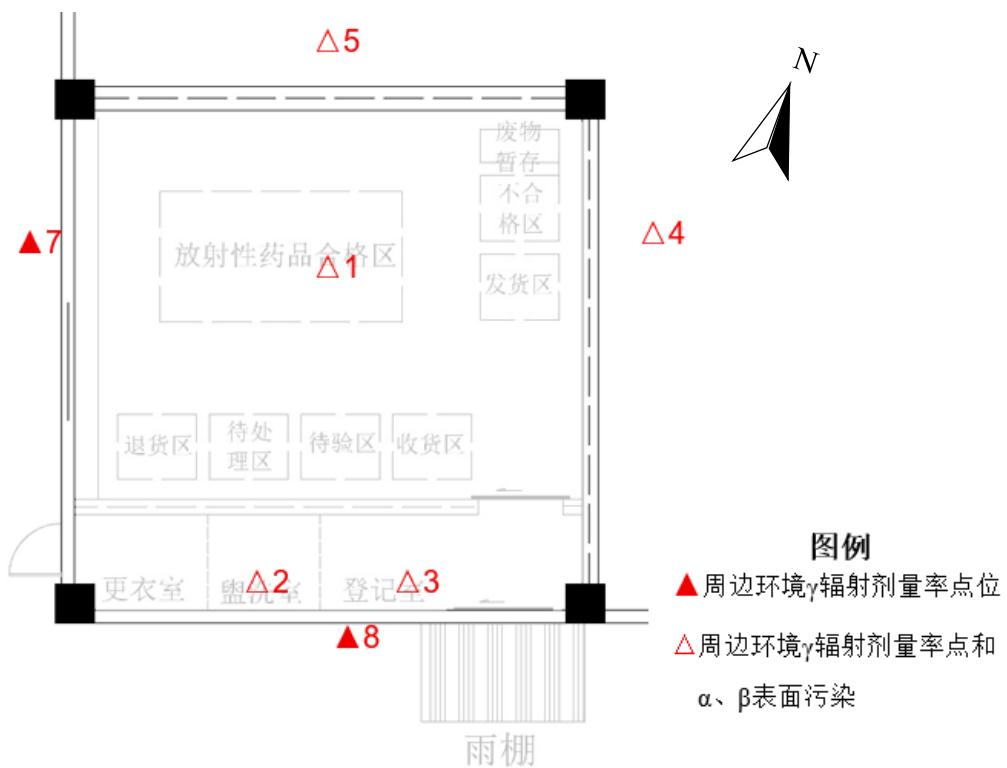


图 8-1 拟建场所区域周边环境监测布点图 1 (一楼)

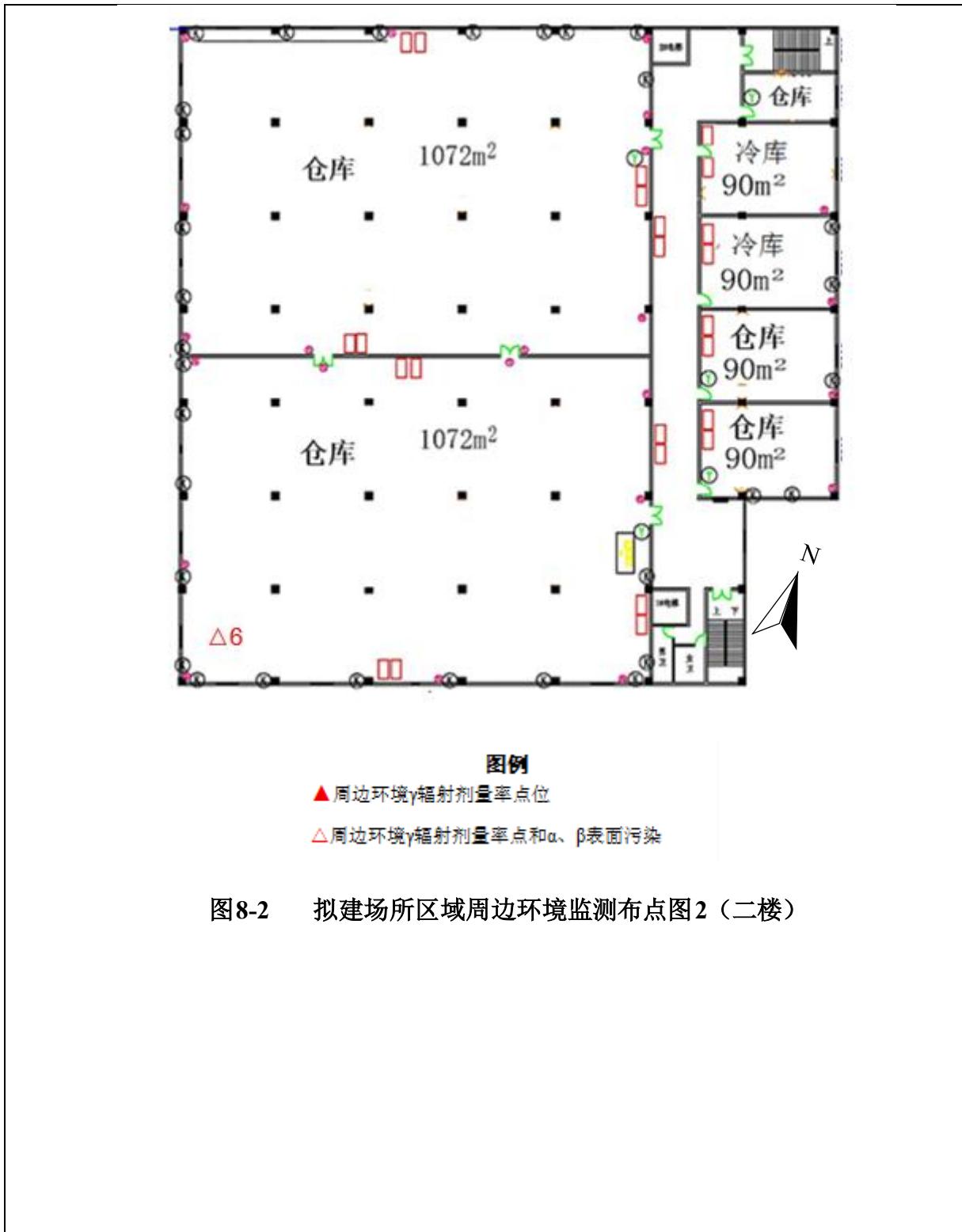


图8-2 拟建场所区域周边环境监测布点图2(二楼)

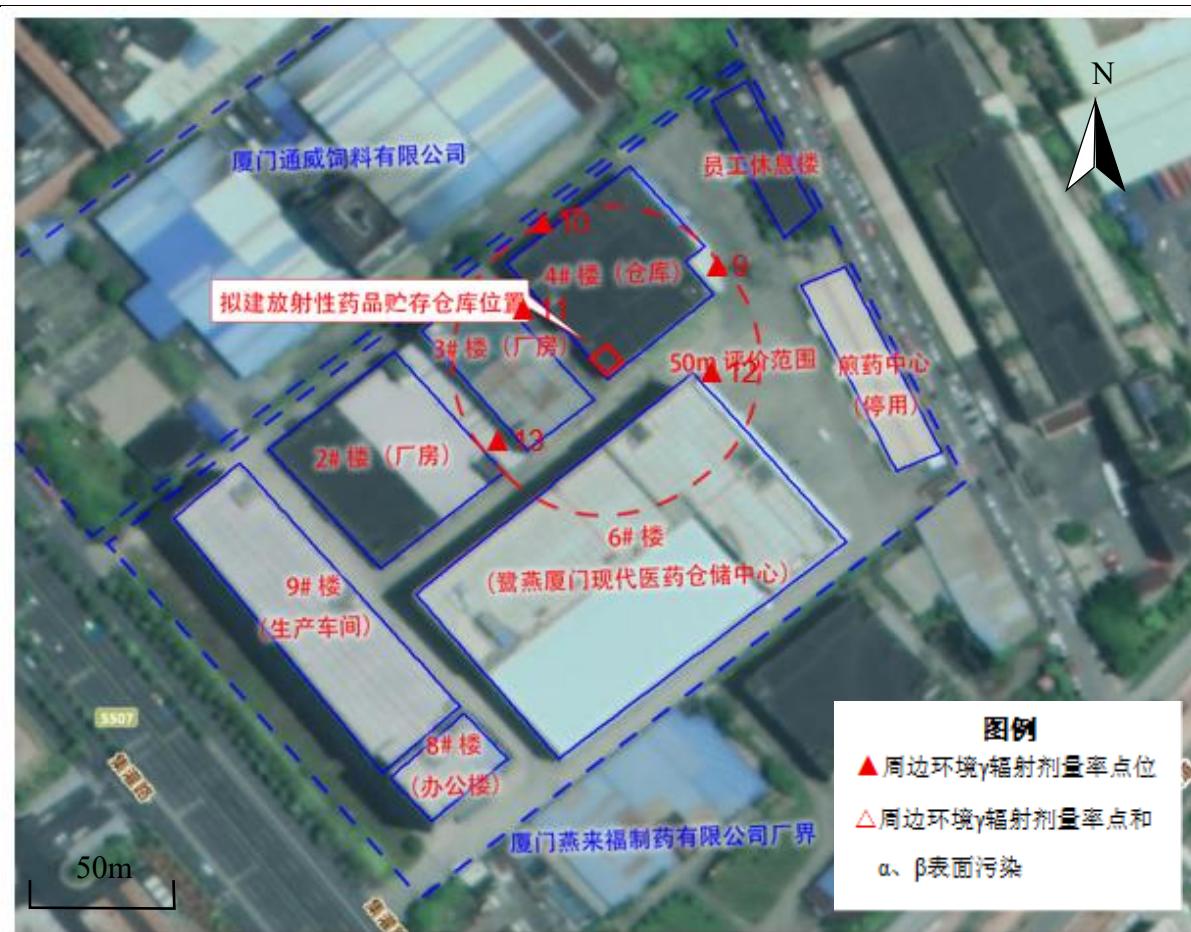


图8-3 拟建场所区域周边环境监测布点图3

3、监测仪器与规范

本次检测仪器的参数见表 8-1。

表 8-1 检测仪器及参数

便携式环境 x 、 γ 剂量仪	生产厂家	美国赛默飞世尔
	型号	FH40G
	能量响应范围	40keV~4.4MeV
	测量范围	1nSv/h-100 μ Sv/h
	出厂编号	31664
	检定/校准证书编号	250003010000493
	检定单位	中检计量有限公司
	有效期	2025 年 3 月 6 日至 2026 年 3 月 5 日
α 、 β 表面污染仪	生产厂家	美国赛默飞世尔
	型号	RadEye AB100
	测量范围	α : 0.01-10000cps β : 0.01-100000cps

出厂编号	42506/83-11355
检定/校准证书编号	250003010001004
检定单位	中检计量有限公司
有效期	2025年4月29日至2026年4月28日

本次检测方法依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)、《表面污染测定 第1部分: β 发射体($E_{\beta}^{\max} > 0.15\text{MeV}$)和 α 发射体》(GB/T 14056.1-2008)。

4、质量保证措施

- a 合理布设监测点位, 保证各监测点位布设的科学性和可比性, 同时满足标准要求。
- b 监测方法采用国家有关部门颁布的标准, 监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- c 监测仪器每年定期经计量部门检定, 检定合格后方可使用。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- e 由专业人员按操作规程操作仪器, 并做好记录。
- f 监测报告严格实行三级审核制度, 经过校对、校核, 最后由技术总负责人审定。

8.2 辐射环境质量现状监测结果

福建省闽环试验检测有限公司于2025年6月12日对本项目厂址及周围的辐射环境现状进行监测, 监测条件见表8-2, 监测结果见表8-3~表8-4。

表8-2 项目监测条件一览表

检测日期	天气	温湿度条件			
		室内		室外	
		温度(°C)	湿度(%)	温度(°C)	湿度(%)
2025.06.12	晴	25.6~26.5	42~46	33.0~35.8	52~58

表8-3 项目辐射工作场所周围环境 γ 辐射剂量率监测数据

序号	点位编号及名称	检测结果(nGy/h)	备注
1	1# 拟建放射性药品仓库内(药品贮存区)	196.2	室内
2	2# 拟建放射性药品仓库内(盥洗区)	171.2	室内
3	3# 拟建放射性药品仓库内(登记室)	181.2	室内
4	4# 拟建放射性药品仓库东侧仓储区	196.2	室内
5	5# 拟建放射性药品仓库北侧仓储区	186.2	室内
6	6# 拟建放射性药品仓库上方仓储区	152.0	室内
7	7# 拟建放射性药品仓库西侧道路	139.4	室外
8	8# 拟建放射性药品仓库南侧道路	142.7	室外

9	9# 厦门燕来福制药有限公司 4#楼出入口	157.9	室外
10	10# 厦门燕来福制药有限公司 4#楼北侧道路	141.1	室外
11	11# 厦门燕来福制药有限公司 4#西侧道路	136.9	室外
12	12# 厦门燕来福制药有限公司 6#楼北侧出入口	127.0	室外
13	13# 厦门燕来福制药有限公司 3#楼西南出入口	140.4	室外

注：检定/校准因子 k_1 取 1.17，仪器检验源效率因子 k_2 取 1，换算系数取 1.20Sv/Gy，建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 k_3 ，点位 k_3 取 0.8，室外取 1.0，测点处宇宙射线响应值 D_c 取 13.1。

由表 8-3 的监测结果可知，项目场所及周围区域环境现状监测中室内测点测值范围为 152.0~196.2nGy/h，室外地面测点 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为 127.0~157.9nGy/h，根据《中国环境天然放射性水平》可知，厦门市内室内辐射环境本底范围在 161.9~193.5nGy/h，室外辐射环境本底范围在 72.77~129.4nGy/h。可见，本项目建设场址各监测点位 γ 辐射空气吸收剂量率基本在其范围内，辐射环境质量状况未见异常。

表 8-4 项目拟建设场所辐射环境现状监测结果

序号	监测位置		α 表面污染 (Bq/cm ²)	β 表面污染 (Bq/cm ²)
1	拟建放射性药品仓库内 (药品贮存区)	地面	<0.0003	<0.0003
2	拟建放射性药品仓库内 (盥洗区)	地面	<0.0003	<0.0003
		墙面	<0.0003	<0.0003
3	拟建放射性药品仓库内 (登记室)	地面	<0.0003	<0.0003
		墙面	<0.0003	<0.0003
4	拟建放射性药品仓库东侧 仓储区	地面	<0.0003	<0.0003
5	拟建放射性药品仓库北侧 仓储区	地面	<0.0003	<0.0003
6	拟建放射性药品仓库上方 仓储区	地面	<0.0003	<0.0003
		墙面	<0.0003	<0.0003

注：表中“<”表示检测结果低于仪器探测下限。

根据表 8-4，拟建放射性药品贮存仓库区域 α 和 β 表面污染水平均低于探测下限，属正常环境本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

鹭燕医药股份有限公司拟开展放射性药品销售，并在福建省厦门市集美区灌口镇安仁大道 1599 号厦门燕来福制药有限公司 4#楼 1 层放射性药品仓库，临时贮存部分拟销售的放射性药品。贮存和销售 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{32}P 、 ^{153}Sm 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I （粒子源）、 ^{123}I 、 ^{67}Ga 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C （固态）等 14 种放射性药物和 ^{188}W （ ^{188}Re ）发生器。此外，公司仅从事销售的 3 种放射性药物为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga ，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。放射性药品生产商根据不同用药单位的订药种类和数量以及分装需要，对药品进行分装、质检和包装，最终形成符合《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）中相关要求的放射性药品货包。放射性药品生产商委托第三方有资质的运输公司对其放射性药品货包进行运输。当同一批放射性药品货包从厂家运至厦门后，由于不同用药单位所需药品送达时间和送达地点均不同，公司需对药品货包重新调配运送时间、地点和运送车辆。因此，公司所售放射性药品到达厦门后需暂存一段时间后再根据客户要求由第三方有资质的运输公司运至用药单位。本项目放射性药品仓库仅用于公司所售放射性药品货包的临时暂存，整个装卸、暂存过程始终保持放射性药品外包装为出厂状态，不对放射性药品货包进行拆封分装。

9.2 源项和工作负荷

放射性药品仓库每天贮存放射性核素货包数量不超过 25 个，货包为随机暂存，每年工作时间 250 天，每年贮存数量不超过 6250 个。项目拟配置 4 名辐射工作人员，一年工作 250 日，每日 8 小时，每次装卸载货包分配 1 个验收人员、1 个保管人员。放射性核素种类及相关参数见表 9-1，本项目销售和贮存放射性核素情况表详见表 9-2，仅销售放射性核素情况详见表 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	半衰期	衰变类型	主要射线和能量 (MeV)	最大 γ 射线能量或者最大轫致辐射能量 (keV)
1	^{89}Zr	78.41h	β^+ 、 EC	β^+ : 0.902 (22.74%) γ : 0.511 (\leq 45.5%) 、 0.909 (99.04%)	909
2	^{90}Y	64.1h	β^-	β^- : 2.2785 (99.99%)	760
3	^{188}W (^{188}Re)	69.78d	β^-	β^- : 0.349 (98.98 %)	117
4	^{32}P	14.26d	β^-	β^- : 1.71 (100%)	570
5	^{153}Sm	46.5h	β^-	β^- : 0.635 (32.2%) 、 0.705 (49.6%) 、 0.808 (17.5%) γ : 0.103 (29.8%)	270
6	^{90}Sr	28.91a	β^-	β^- : 0.5459 (100 %)	182
7	^{89}Sr	50.53d	β^-	β^- : 1.501 (99.99%)	501
8	^{177}Lu	6.73d	β^-	β^- : 0.497 (79.44%) γ : 0.208 (10.41%)	208
9	^{131}I	8.02d	β^-	β^- : 0.6063 (89.6%) γ : 0.364 (81.5%)	364
10	^{125}I (粒子源)	59.4d	EC	γ : 0.0272 (39.6%) 、 0.0275 (73.1%) 、 0.0310 (13%)	31
11	^{123}I	13.22h	EC	γ : 0.159 (83.6%)	159
12	^{67}Ga	3.26d	EC	γ : 0.9331 (38.81%) 、 0.1846 (21.41%) 、 0.300 (16.64%)	300
13	^{223}Ra	11.4d	α	α : 5.607 (25%) 、 5.716 (51.2%) γ : 0.269 (13.3%)	269
14	^{14}C (固态)	5730a	β^-	β^- : 0.156 (100%)	52

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；SF 表示自发裂变。

2) 数据来源于《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)；《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 (Bq)	每天可能的暂存最大货包数量 (个)	每日日最大贮存量 (Bq)	每年工作天数	年最大贮存量 (Bq)
1	^{89}Zr	3.70×10^8	2	7.40×10^8	250	1.85×10^{11}
2	^{90}Y	3.00×10^9	6	1.80×10^{10}	250	4.50×10^{12}
3	^{188}W (^{188}Re)	1.48×10^{10}	2	2.96×10^{10}	250	7.40×10^{12}
4	^{32}P	3.70×10^9	2	7.40×10^9	250	1.85×10^{12}
5	^{153}Sm	7.40×10^9	2	1.48×10^{10}	250	3.70×10^{12}
6	^{90}Sr	1.85×10^9	2	3.70×10^9	250	9.25×10^{11}
7	^{89}Sr	2.96×10^8	2	5.92×10^8	250	1.48×10^{11}
8	^{177}Lu	4.00×10^{10}	6	2.40×10^{11}	250	6.00×10^{13}
9	^{131}I	7.40×10^9	8	5.92×10^{10}	250	1.48×10^{13}
10	^{125}I (粒子源)	3.70×10^{10}	2	7.40×10^{10}	250	1.85×10^{13}
11	^{123}I	3.70×10^{10}	2	3.70×10^8	250	9.25×10^{10}
12	^{67}Ga	7.40×10^8	2	1.48×10^9	250	3.70×10^{11}
13	^{223}Ra	3.85×10^8	6	3.96×10^7	250	9.90×10^9
14	^{14}C (固态)	3.70×10^9	6	6.72×10^6	250	1.68×10^9

备注：货包为随机暂存，暂存库最大容量为25个货包，因此暂存库中的货包为各种核素货包的随机暂存数量之和。

表 9-3 本项目仅销售放射性核素情况表

序号	核素名称	每日日最大贮存量 (Bq)	每年工作天数	年最大贮存量 (Bq)
1	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.11×10^{11}	250	2.78×10^{13}
2	^{68}Ga	1.20×10^{10}	250	3.00×10^{12}
3	^{18}F	2.22×10^{10}	250	5.55×10^{12}

9.3 放射性药品仓库工作流程及产污环节

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、放射性核素货包出库等2个流程。

(1) 放射性核素货包入库

实行“以销定采”的销售模式，该模式能减少库存的堆积，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、放射性药品生产、经营许可等）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，由供货方或其委托的第三方运输人员运输到本项目放射性药品仓库暂存：

①供货方或其委托的第三方运输人员应提前联系鹭燕医药辐射工作人员，告知货包预计到达时间，鹭燕医药辐射工作人员要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供货方或其委托的第三方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本项目辐射工作人员打开仓库防护门，将放射性货包推至仓库，本项目辐射工作人员使用本单位检测仪器对放射性核素货包表面进行 $X-\gamma$ 辐射剂量率水平和表面污染水平进行检测确认后(β 和 γ 发射体及低毒性 α 发射体不超过 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，其他 α 发射体不超过 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，货包表面辐射剂量率不超过 $2\text{mSv}/\text{h}$)，确保货包满足要求，并和供货方或其委托的第三方运输人员在收货区共同清点核对。若放射性核素货包满足要求，在系统上做收货管理相关的系统操作，将其转移至放射性药品待验区；若放射性核素货包不满足要求，对放射性核素货包进行拒收，后续由供货方或其委托的第三方运输公司直接运回放射性药品供货单位。

④本项目辐射工作人员在放射性药品待验区对货包相关信息与凭证进行验收核对，信息确认无误后，在系统上做验收管理相关的系统操作并将放射性核素货包从待验区转移至合格品区内，完成入库，本项目辐射工作人员退出仓库，关闭仓库防护门。本项目辐射工作人员和第三方运输人员到登记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。

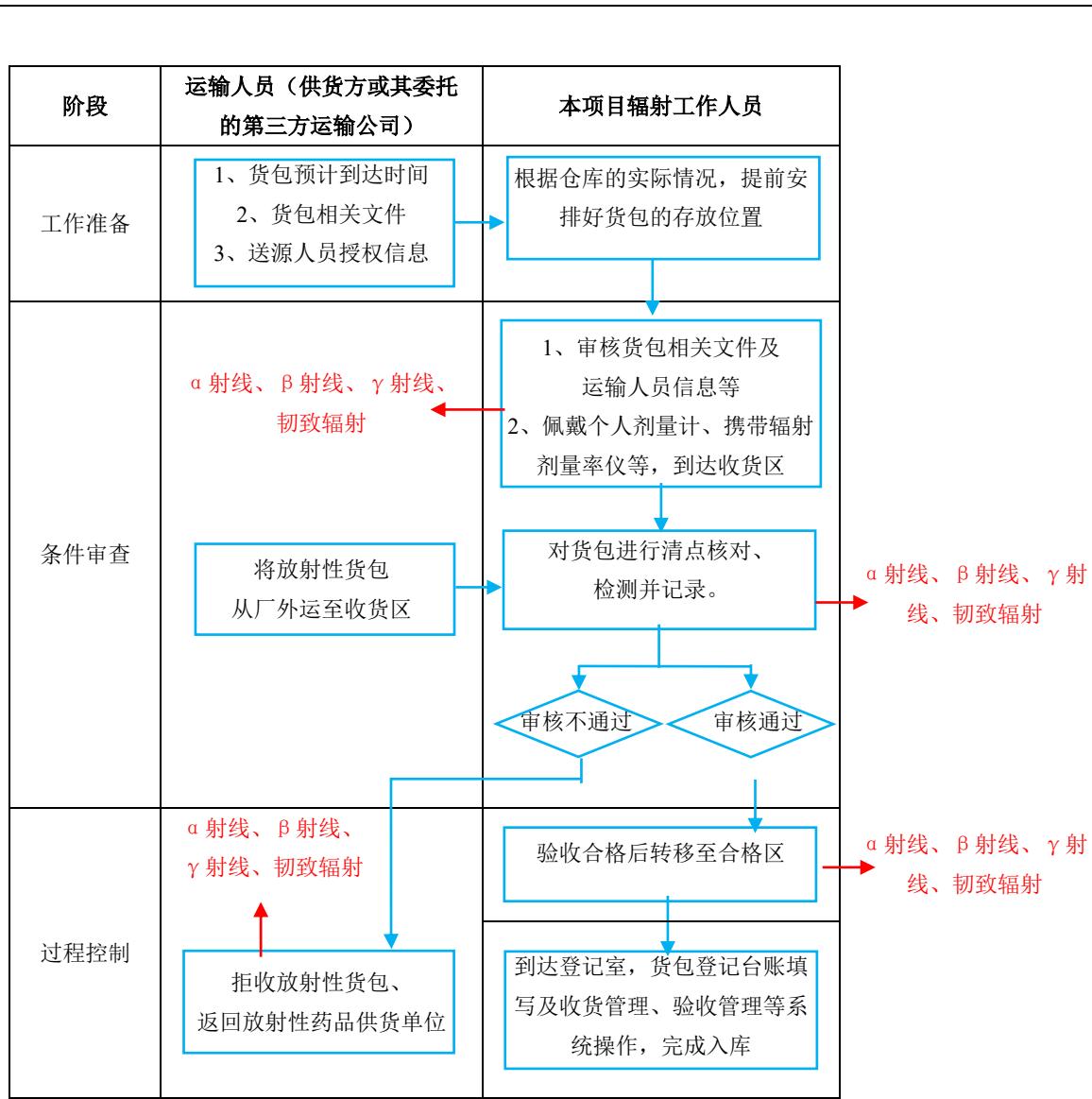


图 9-1 放射性核素货包入库工作流程及产污环节

(2) 放射性核素货包出库

放射性核素货包出库流程：

①鹭燕医药放射性药品销售人员与使用方确定时间后，制定放射性药品销售订单，本项目辐射工作人员接收到放射性药品出库订单信息，将待出库放射性核素货包转移至发货区，并联系第三方有运输资质的公司，确认运输人员和时间。

②第三方运输人员按照约定时间前来提货，并出示提货委托书及提货运输人员身份证复印件。

③本项目辐射工作人员核对提货委托书并核实源领用授权人身份，并在《放射性核素货包登记台账》上进行登记。

④本项目辐射工作人员打开仓库防护门，本项目辐射工作人员和第三方运输

人员至仓库内发货区领取货包，本项目辐射工作人员确认其取源情况，取出后在发货区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 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，其他 α 发射体不超过 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，货包表面辐射剂量率不超过 $2\text{mSv}/\text{h}$)，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本项目辐射工作人员和第三方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，本项目辐射工作人员关闭仓库防护门，放射性核素货包的运送管理等均由第三方有运输资质的公司人员负责。运输人员按照委托书核准时间，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。

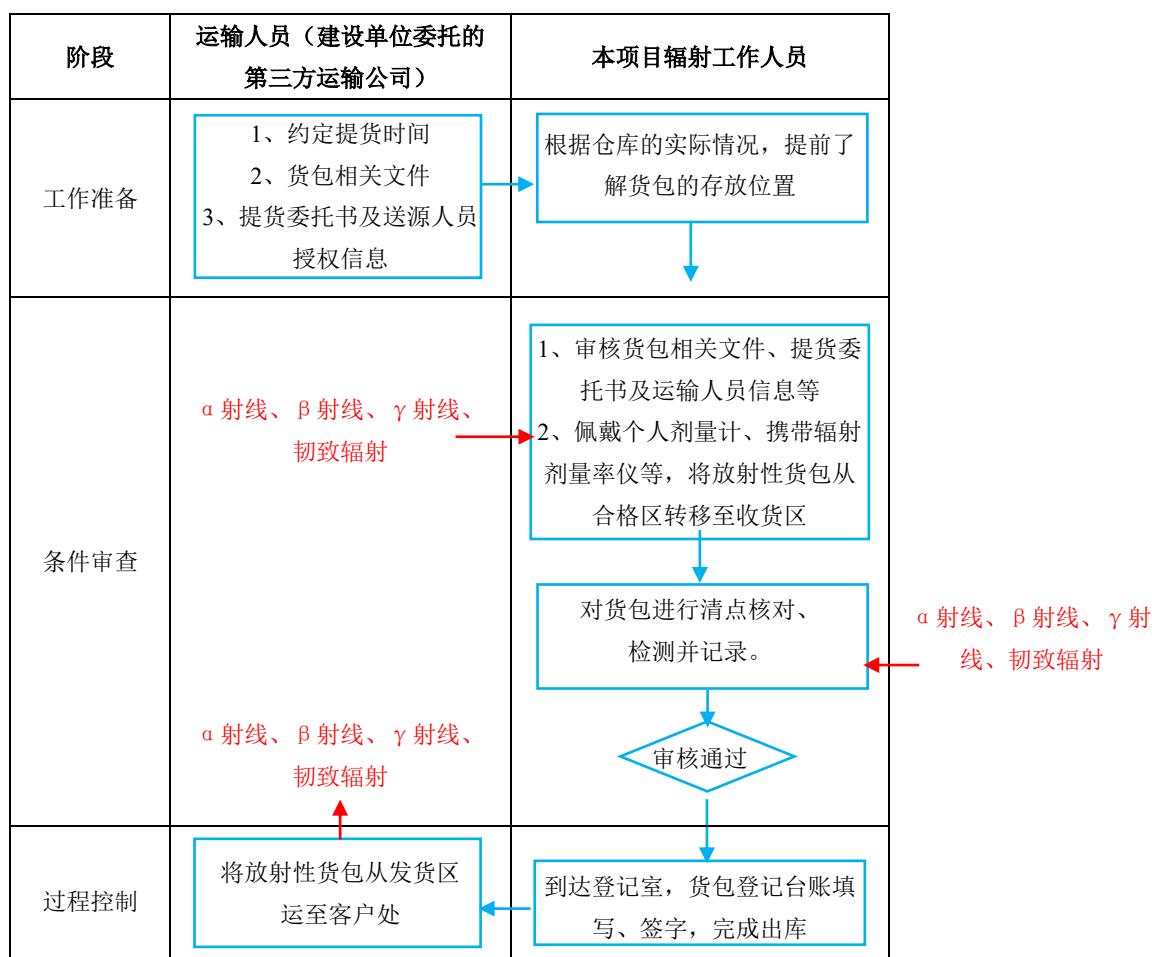


图 9-2 放射性核素货包出库工作流程及产污环节

9.4 人流物流路径

（1）人流路径

辐射工作人员佩戴个人剂量计和剂量报警仪后由西侧进出口进入到更衣室，再到登记室、收货区等从事相应工作，在收货区和发货区进行放射性货物监测和入(出)库作业，将货包存放于合格品区中。退出时，在收货区、待验区和发货区进行表面污染监测，后退回登记室、更衣室再离开工作场所。

（2）放射性药品物流

放射性药品运至本项目所在位置后，由供货方或其委托的第三方运输人员东侧进出口使用推车经过登记室、运至收货区，转交给本项目工作人员，本项目工作人员在收货区使用本单位检测仪器对进行表面沾污和表面剂量水平检测，检测合格后运至待验区进行验收，验收合格后运至合格品区储存。

检测合格后运至合格区进行贮存。放射性药品出库前，本项目辐射工作人员在合格品区取出放射性药品至发货区，在储存区发货区本项目辐射工作人员使用本单位检测仪器进行表面沾污和表面剂量率水平检测，检测合格后本项目辐射工作人员将放射性药品转交给第三方运输人员，运输人员使用推车推出发货区和登记室，将放射性药品装货运至客户处。

（3）放射性废物路线

放射性废物主要产生于去污环节，采用 2 个 20mm 厚铅当量的铅桶收集后在废物暂存区进行暂存，含 ^{131}I 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 倍后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，对废物清洁解控并作为一般固体废物处理。

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。

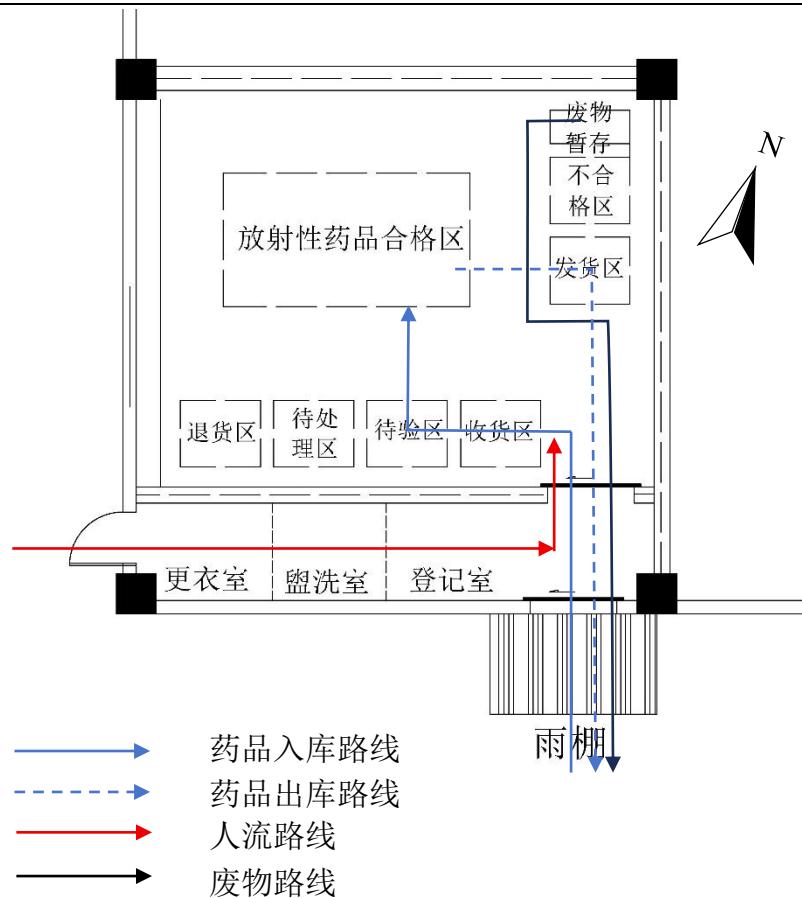


图 9-3 项目人流、物流路径

9.5 污染源项描述

9.5.1 施工期的污染源项

本项目放射性药品仓库建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，主要是施工时产生的噪声、废水、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工人员较少，施工期短，只要合理安排施工秩序和施工时间，本项目对周围敏感点的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

(1) 噪声

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

(2) 废水

施工期污水主要来自两个方面：一是施工废水，二是施工人员的生活污水。本

项目施工期约为 1 个月，本项目建设内容所需施工人员约 3 人，根据给水排水设计规范，按每人每天用水 80L 计算，则施工期总用水量为 7.2t (0.24t/d)，污水排放量按用水量的 90%计算，则生活污水总排放量为 6.48t。

（3）固体废物

本项目固废主要为：生活垃圾、建筑垃圾等。本项目建设内容所需施工人员约 3 人，生活垃圾量按 0.5kg/人·d 计算，则施工期内每天产生生活垃圾约 1.5kg，则施工期总生活垃圾约为 45kg。生活垃圾采取袋装分类收集，投放至指定地点，而后由环卫部门每日及时统一清运、处置。

（4）废气

本项目的环境空气影响主要是扬尘，主要由墙体建设及施工等活动产生。本项目的工程量小，产生的扬尘量很小。

9.5.2 运行期的污染源项

9.5.2.1 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、X 射线、轫致辐射。

（1）电离辐射

1) α 射线

本项目贮存 ^{223}Ra 过程中会产生 α 射线， α 射线的最大能量为 5.716MeV， 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。因此，本评价不考虑 α 射线外照射影响。

2) β 射线

本项目贮存核素过程中会产生 β 射线，其 β 射线能量主要在 0.156MeV~2.28MeV 之间， 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。因此，本项目评价时不考虑 β 射线的影响。

3) γ 射线

本项目贮存核素过程中会产生 γ 射线，其 γ 射线能量在 0.027MeV~0.909MeV 之间， γ 射线在人体组织中的射程较长，人体皮肤不能有效阻挡 γ 射线进入人体。因此，本项目评价时将考虑 γ 射线的影响。

本项目贮存产生 β^+ 的放射性核素 ^{89}Zr ，正电子本身是不稳定的，正电子放射性

同位素衰变产生的正电子丧失动能后，与物质中的负电子结合，转化为一对运动方向相反、能量均为 0.511MeV 的 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。使用正电子药物发生湮没辐射产生 0.511MeV 的 γ 射线。

4) 韧致辐射

本项目贮存放射性核过程中会产生的 β 粒子穿过周围物质时将产生韧致辐射，即为 X 射线。

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。X 射线、 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

本项目正常工况下不产生放射性固体废物。

9.5.2.1 事故工况下的污染源项

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、韧致辐射、 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、韧致辐射，此时 α 射线、 β 射线、 γ 射线、韧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 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楼顶。

（3）废水

本项目放射性核素暂存库控制区和监督区保洁分开进行，相互不交叉。放射性核素暂存库保洁工作由辐射工作人员轮值负责，遵从“定点定清洁”的原则。 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 等放射性核素为液态，事故状态时若发生意外泼洒则以局部清洁为主，清洁采用无水清洁方式，工作人员采用无水酒精或去污剂，利用一次性抹布或拖布对地面或台面进行清洁，一次性抹布或拖布纳入到放射性固体废物进行管理。本项目拟销售和暂存的放射性核素中 ^{14}C 和 ^{125}I 粒籽、 ^{188}W （ ^{188}Re ）发生器为固态，发生意外泼洒后，不会产生放射性液体，事故状态时产生的放射性废水中不涉及 ^{188}W 、 ^{14}C 和 ^{125}I 核素。

放射性废水主要来自事故状态时辐射工作人员洗手产生放射性废水，本项目设置2个应急衰变桶，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达标后，排入市政污水管网。

由于辐射工作人员进入放射性核素暂存库控制区需更衣，穿戴工作服和工作鞋，且每日工作结束后，工作人员对工作台面、地面等需进行表污监测，如发现表面污染则进行去污，通常情况下暂存库无需进行日常清洁，因此清洁产生的一次性抹布或拖布量很少，将其与暂存库去污物品一起纳入放射性废物进行管理。

建设单位应建立放射性核素暂存库保洁规章制度，负责保洁的工作人员严格按照制度执行清洁工作。

（4）固体废物

本项目事故工况下产生放射性固体废物。发生药物撒泼后，现场处置的立即用吸水纸、纱布等自外而内螺旋形吸水，换用吸水纸或纱布自外而内擦干，在此基础上用温水仔细清洗污染处，用表面污染监测仪测量污染区，如果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工作防护服、防护手套、吸水纸、纱布、药棉、纸巾等均视为放射性废物，其产生量大约为1kg/次。

废活性炭：放射性废气处理系统采用活性炭吸附，根据其他公司已建同类设施的运行情况可知，活性炭定期更换，废气处理的活性炭吸附设施共1个，每次装填

的活性炭滤网共重约 5kg，则废活性炭产生约 5kg/a（一年 1 次更换）。

事故工况时产生的放射性固体废物拟按核素类别和日期分别收集在放射性废物桶内，所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍，含 ^{131}I 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天后，达到清洁解控水平，作为一般废物处理。

本项目可能发生以下事故工况：

- (1) 在出入库移动放射性药品货物过程中发生跌落，可能导致放射性药品货物屏蔽破损，屏蔽减弱，对相关人员造成辐射照射。泼洒的药物挥发将产生少量放射性废气，擦除污染物将产生少量的放射性固体废物；
- (2) 运输人员身体受放射性物质表面沾污，可能发生的内照射；
- (3) 在放射性药品贮存过程中，发生药品丢失、被盗情况，产生安全隐患。
- (4) 放射性药品仓库可能发生火灾，烧毁放射性药品密封外包装，造成放射性污染。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

本项目放射性药品仓库拟建于福建省厦门市集美区灌口镇安仁大道 1599 号厦门燕来福制药有限公司 4#楼 1 层放射性药品仓库，项目场所四周相邻区域均为厂内区域。

本项目建设的放射性药品仓库北面、东面为 4#仓库，西面为厂区道路和 3#厂房，南面为厂区道路和鹭燕厦门现代医药仓储中心，无地下室，上方为仓库。拟建放射性药品贮存仓库分为更衣室、盥洗室、登记室和放射性药品贮存区域，放射性药品贮存区域又分为放射性药品合格区、收货区、发货区、待验区、待处理区、废物暂存区、退货区和不合格区，在对应区域画出边线，放射性药品合格区边界上设置围栏，围栏距离东墙最近距离为 2.7m，距南墙最近距离为 2.5m、距离西墙最近距离为 1.06m、北墙最近距离为 1.34m。详见图 10-1。

10.1.2 工作场所分区原则和区域划分情况

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，为了便于辐射防护管理和职业照射控制，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，将辐射工作场所分为控制区和监督区。

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

监督区：应将下述区域定为监督区，这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据 GB18871 的规定，在控制区进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示；定期审查控制区，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；定期审查监督的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

根据分区原则，本项目将拟建放射性药品贮存区（包括放射性药品合格区、收货

区、发货区、待验区、待处理区、废物暂存区、退货区和不合格区)划分为控制区管理;将更衣室、盥洗室、登记室和拟建放射性药品贮存区屏蔽墙体外30cm范围划分监督区。区域划分见图10-1。

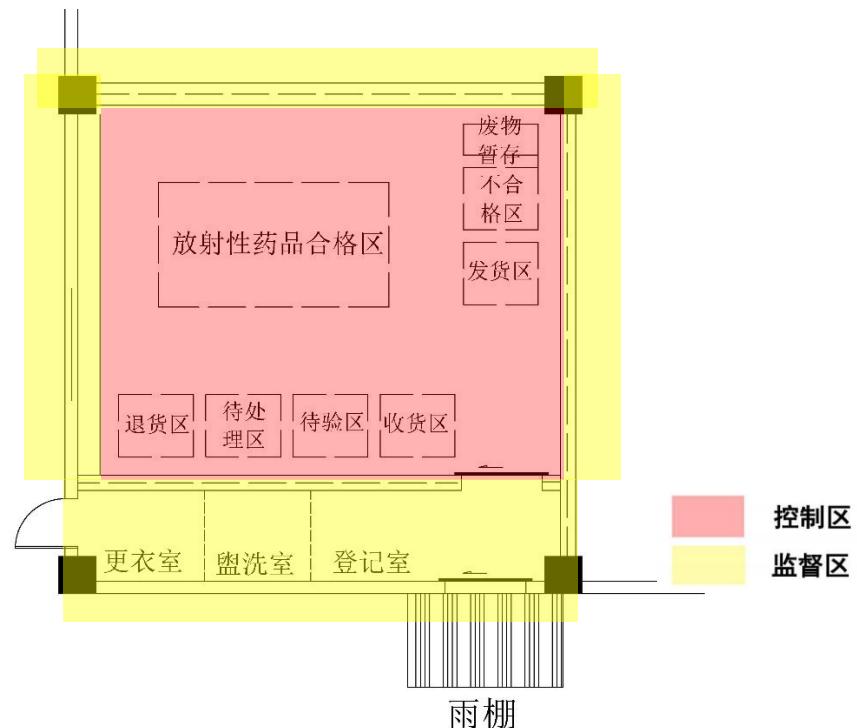


图 10-1 拟建场所区域两区划分图

10.1.3 辐射防护设计

工作场所(控制区)实体防护设计,见表10-1。

表 10-1 工作场所实体防护设计

场所名称	内部尺寸	防护实体	防护设计
放射性药品贮存区	长 7.5m, 宽 5.9m (约 44m ²)	四周墙	西侧、北侧: 360mm 实心砖+2mm 铅板 其他: 240mm 实心砖+2mm 铅板
		顶部	120mm 混凝土
		防护门	防盗安全乙级以上防盗门(大于 2mm 钢)加设 10mm 铅板

本项目贮存的放射性药品自带屏蔽包装,具体见表1-1。

项目配备辐射监测设备和用品,见表10-2。

表 10-2 辐射监测设备

设备名称	数量
个人剂量检测	2
固定式报警装置(主机和探头) 主机监督区, 探头控制区	1
监测设备-表面沾污仪	1

监测设备-巡测仪	1
监测设备-个人剂量报警仪	2
铅防护服、铅帽、铅手套、铅围脖、铅眼镜	2

本项目辐射监测设备数量和种类符合项目生产需要。

10.1.4 辐射安全与环境保护措施

(一) 工作场所安全防范系统

拟建放射性药品贮存仓库拟配备 24 小时监控、双人双锁、防盗门、灭火器、红外报警等。

(1) 24 小时监控系统

视频监控系统可提供直观的图像信息，对突发性事件进行监视，对放射性药品贮存仓库出入口进行 24 小时监控，可有效防止非法人员进入，保障辐射安全。

系统主机设置在仓库办公室内，分机（探头）设置在存放放射性药品区域出入口。

(2) 防盗门

拟在放射性药品贮存区门口安装防盗安全乙级以上的防盗门，设置双人双锁，两名辐射工作人员同时在场才能打开放射性药品贮存区防盗门，既增加了药品存放的防盗性，又起到相互监督作用，保证各项制度有效执行。并在门上加设 10mm 的 Pb 防护板，保证辐射防护安全。

(3) 灭火器

拟在放射性药品贮存区门口放置灭火器，能在仓库发生火灾初期起到控制作用。

(4) 红外报警

拟在放射性药品贮存区门口安装红外报警装置，当有外来人员碰到红外线，将会触发报警器，增加了放射性药品的防盗性。



图 10-2 辐射安全设施设备安装位置示意图

（二）放射性药品包装及运输辐射安全措施

①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。

②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。

③利用表面污染测量仪和便携式 X- γ 辐射周围剂量当量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 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，其他 α 发射体不超过 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，货包表面辐射剂量率不超过 $2\text{mSv}/\text{h}$ ），不合格则运回供货商。

（三）其他辐射安全与环境保护措施

（1）电离辐射警告标志

放射性药品贮存区出口设置电离辐射警告标志，仓库入口设置标明监督区的标志。

（2）表面污染控制措施

放射性药品贮存仓库控制区采用室内地面与墙壁衔接处无接缝设计，使用易于清洗、去污的材料。仓库盥洗室设计使用感应式水龙头。禁止工作人员在控制区、监督

区进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物品。

（3）个人剂量检测

建设单位拟与相关单位签订辐射工作人员剂量检测协议，对辐射工作人员开展个人剂量监测和职业健康检查工作，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

（4）场所辐射水平检测

建设单位拟配备表面污染测量仪和便携式 X- γ 辐射周围剂量当量仪，定期对放射性工作场所辐射水平进行检测，自检频率不少于 1 次/2 周。本项目投运后将委托有资质单位定期（每年一次）对放射性药品贮存仓库及周围环境进行辐射环境监测，建立监测档案。

（5）通风系统

本项目拟在放射性药品贮存区西墙设置出风管，引至 4#楼屋顶排放，在风管排放前设置活性炭过滤装置。穿墙通风管道拟采用 4mmPb 铅屏蔽补偿，排风管道内保持负压并安装防回流装置。排风管从放射性药品贮存区到仓库办公室采用多折型穿墙，排风量为 640m³/h，放射性药品贮存区体积为 160m³，计算可得通风换气次数为 4 次/h，风管布置和穿墙图如图 10-2 所示。通风系统的设置，利于工作场所保持良好的通风，工作场所的气流流向遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计。

（6）放射性废物收集铅桶

拟建放射性药品贮存仓库的废物暂存区放置 2 个 20mm 厚 Pb 当量，尺寸为 300mm×500mm×20mm 的放射性废物铅桶，用于暂存事故工况下，因擦拭货包产生的少量固体放射性废物。

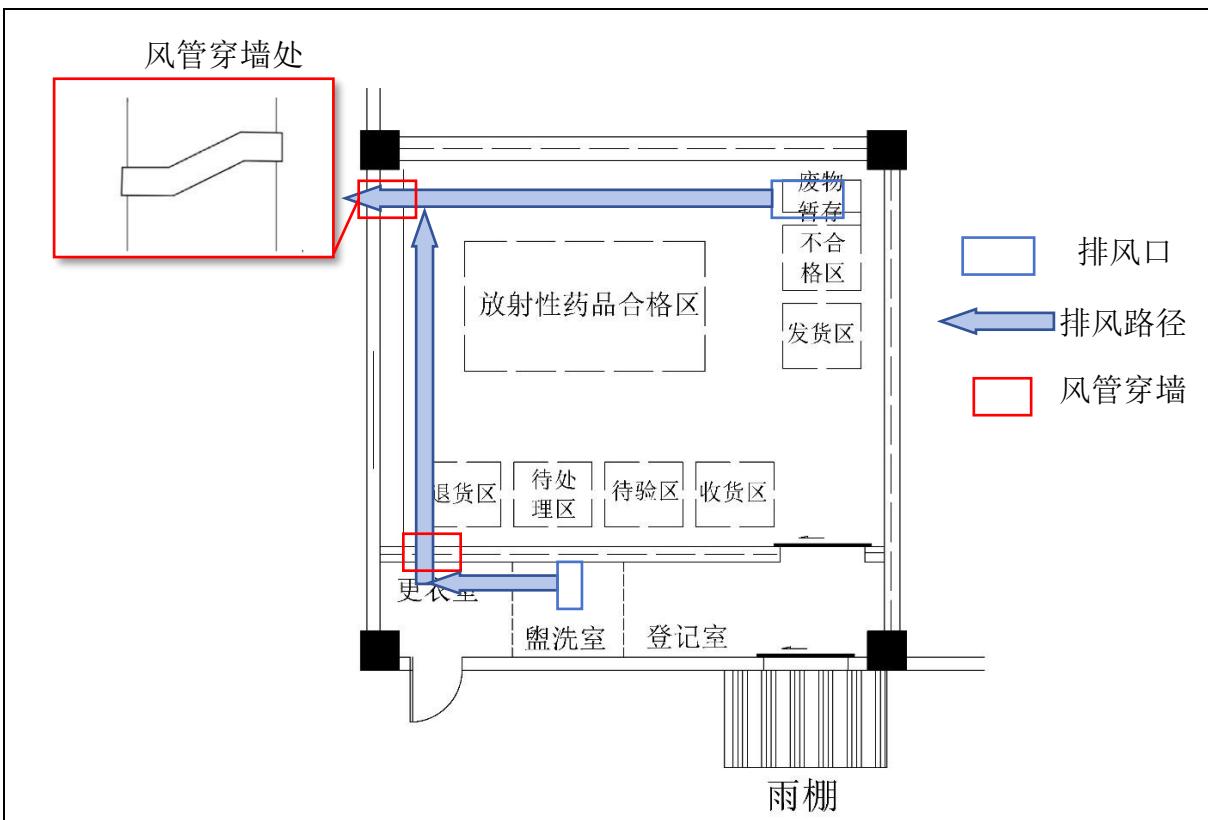


图 10-3 拟建放射性药品贮存仓库通风管道布置图

10.2 三废的治理

本项目放射性药品正常销售和出入库过程，全程不破坏放射性药品货物外包装，放射性药品销售后在使用单位产生的废发生器、废药液、废粒籽源等，由药物生产单位回收处置，本项目建设单位不负责回收和处置，因此在正常的销售过程中，无放射性废水、废气及固体废物产生。

事故工况三废治理情况如下：

(1) 放射性固体废物

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。

放射性废气处理系统采用活性炭吸附，根据其他公司已建同类设施的运行情况可知，活性炭定期更换，废气处理的活性炭吸附设施共 1 个，每次装填的活性炭滤网共重约 5kg，则废活性炭产生约 5kg/a。发生事故时更换的活性炭才作为放射性废物处理，未发生事故时更换的活性炭作为一般废物处理。

事故工况时产生的放射性固体废物拟按采用 2 个 20mm 厚 Pb 当量，尺寸为

300mm×500mm×20mm 铅桶收集后在废物暂存区进行暂存，含¹³¹I 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 倍后，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，对废物清洁解控并作为一般固体废物处理。

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

（2）放射性废水

本项目放射性核素暂存库控制区和监督区保洁分开进行，相互不交叉。放射性核素暂存库保洁工作由辐射工作人员轮值负责，遵从“定点定清洁”的原则。⁸⁹Zr、⁹⁰Y 等放射性核素为液态，事故状态时若发生意外泼洒则以局部清洁为主，清洁采用无水清洁方式，工作人员采用无水酒精或去污剂，利用一次性抹布或拖布对地面或台面进行清洁，一次性抹布或拖布纳入到放射性固体废物进行管理。本项目拟销售和暂存的放射性核素中¹⁴C 和¹²⁵I 粒籽、¹⁸⁸W（¹⁸⁸Re）发生器为固态，发生意外泼洒后，不会产生放射性液体，事故状态时产生的放射性废水中不涉及¹⁸⁸W、¹⁴C 和¹²⁵I 核素。

放射性废水主要来自事故状态时辐射工作人员洗手产生放射性废水，本项目设置 2 个应急衰变桶，该应急衰变桶仅用于收集应急情况下辐射工作人员洗手产生的废水，放射性废水均暂存在该应急衰变桶中超过 10 个最长半衰期（含¹³¹I 核素的暂存超过 180 天），衰变达标后排入市政污水管网。

本项目拟设的单个应急衰变桶内部尺寸长约 1.1m、宽约 0.7m、高度约 0.9m，利用率为 90%，则收集系统有效容积为 0.62m³。应急衰变桶的四侧和底部均采用不锈钢材质内衬 10mm 厚铅，内壁光滑并防腐防渗。参考同类项目实际操作经验，辐射工作人员特殊情况下去污废水量保守取 25L/次，最大去污频次约 2 次/年，则本项目暂存库每年产生的应急去污废水不超过 50L。在充分考虑各种意外频次的前提下，本项目应急衰变桶设计容量能够满足放射性废水存储时间要求。

（3）放射性废气

非密封放射性物质在放射性药品贮存仓库贮存时，放射性核素持续发射 γ 射线，射线与空气相互作用产生少量臭氧及氮氧化物，放射性药品贮存仓库设置有通风系

统，排风量为 $640\text{m}^3/\text{h}$ ，能有效排出放射性药品贮存仓库内的有害气体。

本项目拟在放射性药品贮存区西墙设置出风管，引至 4#楼屋顶排放，在风管排放前设置活性炭过滤装置。穿墙通风管道拟采用 4mmPb 铅屏蔽补偿，排风管道内保持负压并安装防回流装置。排风管从放射性药品贮存区到仓库办公室采用多折型穿墙，排风量为 $640\text{m}^3/\text{h}$ ，放射性药品贮存区体积为 160m^3 ，计算可得通风换气次数为 4 次/ h ，风管布置和穿墙图如图 10-2 所示。通风系统的设置，利于工作场所保持良好的通风，工作场所的气流流向遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计。

放射性核素货包发生泄漏泼洒事故时，会产生少量的放射性气溶胶废气。本项目拟使用的活性炭过滤器对空气中气溶胶进行吸附，吸附效率可至少达到 99%。为保证过滤效率的有效性，建设单位拟根据设备特性定期进行过滤器维护，每半年对过滤器的过滤效率进行校核，以防止过滤器失效，造成放射性污染事故，且更换下的过滤器作为放射性固废进行管理和处理，解控后需作为危险废物进行管理和处理。

建设单位拟为该项目放射性核素暂存库设置独立的排风系统，管道布置合理，气流排向正确，拟设置的排气口高于所在楼屋顶，且远离邻近的高层建筑物（本项目周边无高层建筑物），拟设置活性炭过滤装置，符合要求。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目没有大型机械设备进入施工场地，施工人员较少，施工涉及的区域面积较小，施工期间以墙体和地面装修噪声为主，同时伴有少量扬尘、固体废物和废水产生。本项目施工期间产生的扬尘、噪声、固体废物、废水造成的影响均仅限于厦门燕来福制药有限公司厂区，对厂区周边环境基本不造成影响。

（一）施工期扬尘影响分析

本项目在建设施工期需进行的墙体和地面装修、水电安装等作业，各种施工将产生少量扬尘，另外材料运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。

针对上述扬尘污染采取以下措施：a、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b、施工场地应进行围挡，设置洒水装置，车辆在运输材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c、施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

（二）施工期噪声环境影响分析

放射性药品贮存仓库装修电钻作业、设备安装等施工时产生间歇性噪声和振动，最大噪声可达 105dB，对项目周边人员有一定的影响。

为了降低施工噪声对周围环境的影响，施工时应文明施工，合理安排施工时间，午间和夜间休息时间禁止施工；同时应选择噪声级尽可能低的施工机械进行施工，对施工机械采取消声降噪措施，施工场所应采取消声减震措施，避免对项目周边人员产生影响。

（三）施工期固体废物环境影响分析

项目施工期间固废主要为建筑垃圾、施工废物料及施工人员生活垃圾。对项目施工期间产生的建筑垃圾、施工废物料，可回收利用的部分应尽量予以回收，不可回收的部分运送至建筑垃圾定点收集处，统一交由有资质的渣土运输单位处置。建设单位应做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

本项目建设内容所需施工人员 3 人，生活垃圾量按 0.5kg/人·d 计算，则施工期内每天产生生活垃圾约 1.5kg，则施工期总生活垃圾约为 45kg。生活垃圾采取袋装分类收集，投放至指定地点，而后由环卫部门每日及时统一清运，处置。

（四）施工期废水环境影响分析

施工期废水主要有施工废水及施工人员生活污水。本项目建设内容所需施工人员3人，根据给水排水设计规范，按每人每天用水80L计算，则施工期总用水量为7.2t(0.24t/d)，污水排放量按用水量的90%计算，则生活污水总排放量为6.48t。生活污水依托4#仓库现有卫生间排入污水管道进入市政污水处理管网，不会对周边水环境造成影响。

本项目为新建项目，建设期间不涉及非密封放射性核素的使用，不会对周边环境产生电离辐射影响。

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由外照射影响。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 辐射环境影响分析

11.2.1.1 预测模式

因为 α 、 β 射线穿透力弱，故本项目仅考虑 γ 射线和轫致辐射外照射。

(1) α 射线辐射环境影响分析

根据“表9-1 本项目涉及放射性核素种类及相关参数情况”，本项目 ^{223}Ra 核素为 α 衰变，在衰变过程中会产生 α 粒子。

由于 α 粒子的体积比较大，又带两个正电荷，很容易就可以电离其他物质。因此，它的能量亦散失得较快，穿透能力在众多电离辐射中是最弱的，人类的皮肤或一张纸已能隔阻 α 粒子，本项目辐射工作人员只要戴上手套等防护用品，就能达到防护要求，放射性核素 ^{223}Ra 货包的屏蔽材料均5mm铅，因此不考虑其对人体的外照射辐射影响。

(2) β 射线辐射环境影响分析

本项目 ^{90}Y 、 ^{188}W 、 ^{32}P 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{14}C (固态)种核素为纯 β 衰变，在衰变过程中主要产生 β 射线，部分核伴随低能 γ 射线发射。综合考虑各核素的实际日最大操作量和各核素发射主要射线能量最大值，以上核素中核素 ^{90}Y 、 ^{32}P 、 ^{89}Sr 发射的纯 β 射线能量较大(主要能量)，故本次评价将选用这三个核素来保守估算 β 射线辐射环境影响。

① β 射线

产生 β 射线的屏蔽分析采用《辐射防护导论》中的最大射程计算法：

当屏蔽材料的厚度大于或等于 β 粒子在该材料中的最大射程时，即可将 β 粒子完全挡住，参考《辐射防护导论》，能量为 E (MeV) β 粒子的射程在低 Z 物质中的射程，可由下面经验计算公式计算，即：

$$R = 0.412E^{(1.265-0.0954\ln E)} \dots \dots \dots \quad (\text{式 11-1})$$

其中： E —— β 射线的能量， MeV；

R —— β 射线在低原子序数中的射程， g/cm^2 ；

$$d = \frac{R}{\rho} \dots \dots \dots \quad (\text{式 11-2})$$

其中： d ——屏蔽物质的厚度， cm；

ρ ——屏蔽物质的密度， 空气密度取 $1.29 \times 10^{-3} \text{g}/\text{cm}^3$ ， 有机玻璃取 $1.18 \text{g}/\text{cm}^3$ ，

混凝土取 $2.35 \text{g}/\text{cm}^3$ ， 典型铅玻璃取 $11.34 \text{g}/\text{cm}^3$ 。

表 11-1 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	^{32}P	^{89}Sr
β 射线能量 (MeV)	2.279	1.71	1.50
空气中的射程 (cm)	848	612.5	525.5
铅中的射程 (cm)	0.097	0.070	0.060
混凝土中的射程 (cm)	0.47	0.34	0.29
有机玻璃中的射程 (cm)	0.93	0.67	0.57
货包屏蔽厚度 (cm)	4	3	1

由上表可知，核素衰变产生的 β 射线在铅、有机玻璃等材质中射程有限。经计算，上述核素中射程最远的为 ^{90}Y ，在铅中射程最远为 0.097cm，在有机玻璃中射程最远为 0.93cm， ^{90}Y 货包的屏蔽材料 4cm 铅，能够达到屏蔽效果。因此，通过货包屏蔽、铅防护桶屏蔽、工作人员个人防护、辐射工作场所屏蔽，本项目放射性药品暂存库贮存放射性核素衰变产生的 β 射线对辐射环境影响可接受。

② β 粒子所致轫致辐射

对于能量为 E 的 β 射线在屏蔽材料中产生的轫致辐射可采用方杰主编的《辐射防护导论》中的公式 (4.21) 进行计算：

$$H_r = 4.58 \times 10^{-14} \times A \times Z \times \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \times \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \times q \times \eta \dots \dots \dots \quad (\text{式 11-3})$$

式中: H_r — β 射线在屏蔽材料中产生的轫致辐射在 r (m) 处的剂量当量率, Gy/h;

A —放射源的活度, Bq;

Z —屏蔽材料的原子序数, 来源于《辐射防护导论》表 4.4, 有机玻璃取 5.85;

E_b —轫致辐射的平均能量, 为入射 β 粒子最大能量的 $1/3$, MeV, 取值见表 9-1;

$\frac{\mu_{en}}{\rho}$ —平均能量为 E_b 的轫致辐射在空气中的质量能量吸收系数, m^2/kg , 其值见《辐射防护导论》附表 1, 本项目 ^{90}Y 取 4.83×10^{-3} , ^{32}P 取 7×10^{-3} 、 ^{89}Sr 取 9.56×10^{-3} ;

q —居留因子, 取 1;

η —透射比, $\eta = 10^{-X/TVL}$, TVL 数据取自《辐射防护导论》表 3.5, 插值法取值,

本项目 ^{90}Y 取 1.8cm, ^{32}P 取 1.25cm、 ^{89}Sr 取 1.03cm。

表 11-2 本项目工作场所轫致辐射剂量率估算

核素	源活度 A (Bq)	E _b (MeV)	位置	距离 r (m)	屏蔽厚度	透射比	辐射剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)
^{90}Y	3.00×10^9	0.76	货包外表面	0.15	40mm 铅	5.99×10^{-3}	0.5985
			距离货包 0.3m 处 (辐射工作人员检测时)	0.45	40mm 铅	5.99×10^{-3}	0.066
			距离货包 1m 处	1	40mm 铅	5.99×10^{-3}	0.0042
^{32}P	3.70×10^9	0.57	货包外表面	0.15	30mm 铅	3.98×10^{-3}	0.3989
			距离货包 0.3m 处 (辐射工作人员检测时)	0.45	30mm 铅	3.98×10^{-3}	0.0443
			距离货包 1m 处	1	30mm 铅	3.98×10^{-3}	0.0028
^{89}Sr	2.96×10^8	0.501	货包外表面	0.15	10mm 铅	1.07×10^{-1}	0.9048
			距离货包 0.3m 处 (辐射工作人员检测时)	0.45	10mm 铅	1.07×10^{-1}	0.1005
			距离货包 1.8m 处 (距离最近的关注点)	1	10mm 铅	1.07×10^{-1}	0.0063

注: 源活度 A, 为单个货包内裸源最大活度, 参考国家药品监督管理局网站查询的药品规格。

由上表估算结果可知, 单个放射性核素货包产生的轫致辐射最大的核素为 ^{89}Sr , 在货包外表面的辐射剂量率为 $0.9048 \mu\text{Gy}/\text{h}$, 在距离货包 0.3m 处 (辐射工作人员检测时) 的辐射剂量率为 $0.1005 \mu\text{Gy}/\text{h}$, 距离货包 1.8m 处 (距离最近的关注点) 的辐射剂量率为仅 $0.0063 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 。总体来说, 本项目 β 粒子所致轫致辐射对辐射环境影响可

接受。

(3) γ 射线外照射

为预测本项目核素衰变产生的 γ 射线对周围环境及人群的外照射影响, 评价采用《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 附录 I 的计算模式, 预测各工作场所各关注点的 γ 辐射剂量率。

$$H = \frac{10^{-X/TVL} \times A \times \Gamma}{r^2} \dots \dots \dots \text{ (式 11-4)}$$

式中: H—屏蔽体外关注点剂量率控制值, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

X—屏蔽厚度, mm;

TVL— γ 射线的十分之一值层厚度, mm;

A—放射源的最大活度, MBq;

Γ —距源 1m 处的周围剂量当量率常数, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$, 见表 11-3;

r—参考点与放射源间的距离, m。

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 射线以及韧致辐射对应的衰减因子或什值层。因为射线能量越高, 同种材料达到相同屏蔽效果所需要的屏蔽厚度越大, 所以对于单种核素只需考虑其所放出的最大 γ 射线能量或者最大韧致辐射能量。考虑到每种核素相关能量的衰减因子和什值层数据不同, 因此对所有 18 种核素的衰减因子和什值层数据进行分析。核素能量及放射性核素什值层、周围剂量当量率常数一览表见表 11-3。

表 11-3 核素能量及放射性核素什值层、周围剂量当量率常数一览表

核素名称	衰变类型	主要射线和能量 (MeV)	周围剂量当量率常数 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$)	最大 γ 射线能量 (keV)	什值层 (mm)
^{89}Zr	β^+ 、 EC	β^+ : 0.902 (22.74%) γ : 0.511 ($\leq 45.5\%$) 、 0.909 (99.04%)	0.19	909	铅: 39 混凝土: 263
^{90}Y	β^-	β^- : 2.2785 (99.99%)	/	/	铅: 30 混凝土: 230
^{188}W (^{188}Re)	β^-	β^- : 0.349 (98.98 %)	/	/	铅: 26.7 混凝土: 224
^{32}P	β^-	β^- : 1.71 (100%)	/	/	铅: 20 混凝土: 200
^{153}Sm	β^-	β^- : 0.635 (32.2%) 、 0.705 (49.6%) 、 0.808	0.072	270	铅: 7.1 混凝土: 165

		(17.5%) γ : 0.103 (29.8%)				
^{90}Sr	β^-	β^- : 0.5459 (100 %)	/	/	铅: 4.4 混凝土: 135	
^{89}Sr	β^-	β^- : 1.501 (99.99%)	/	/	铅: 16.6 混凝土: 176	
^{177}Lu	β^-	β^- : 0.497 (79.44%) γ : 0.208 (10.41%)	0.00413	208	铅: 5.8 混凝土: 155	
^{131}I	β^-	β^- : 0.6063 (89.6%) γ : 0.364 (81. 5%)	0.0595	364	铅: 11 混凝土: 170	
^{125}I (粒子源)	EC	γ : 0.0272 (39.6%) 、 0.0275 (73.1%) 、 0.0310 (13%)	0.0165	31	铅: 0.13 混凝土: 12	
^{123}I	EC	γ : 0.159 (83.6%)	0.061	159	铅: 3.2 混凝土: 124	
^{67}Ga	EC	γ : 0.9331 (38.81%) 、 0.1846 (21.41%) 、 0.300 (16.64%)	0.026199	300	铅: 8.2 混凝土: 168	
^{223}Ra	α	α : 5.607 (25%) 、 5.716 (51.2%) γ : 0.269 (13.3%)	0.0161	269	铅: 7.1 混凝土: 165	
^{14}C (固态)	β^-	β^- : 0.156 (100%)	/	/	铅: 0.35 混凝土: 30	

注: ①数据来源参照表 9-1。

②依据《辐射防护导论》P132, β 射线产生韧致辐射的能量取 β 射线最大能量的三分之一。

③ ^{131}I 的 TVL 查 GBZ120-2020 附录 I 可知。其余核素的 TVL 由各核素的射线能量由《辐射安全手册》P146 的图 6-4 进行取值, 本项目部分核素 TVL 取值示意图见图 11-1。

④ ^{125}I 和 ^{131}I 周围剂量当量率常数查《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 表 H.1 所得, 其余核素周围剂量当量率常数由《辐射防护手册(第三分册)》P24 (式 2.7) 和 P27 (式 2.10) 计算可得, 液态药品 β 射线作用物质为水, 固态药品 β 射线作用物质为玻璃瓶, 根据《辐射防护基础》P158, 表 6-3 可得液态药品有效原子序数 $Z=6.6$, 固态药品有效原子序数 $Z=6.3$, National Nuclear Data Center 中可得每次衰变 β 射线平均能量和 γ 射线能量。

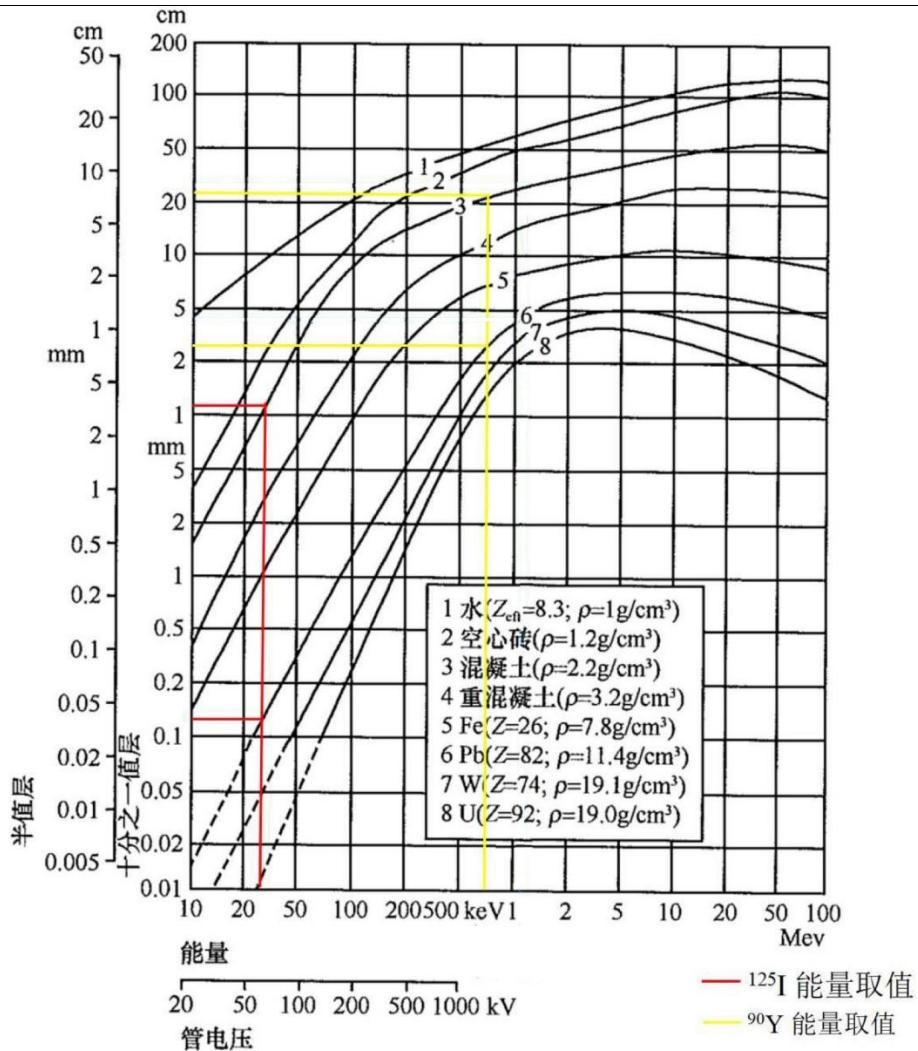


图 6.4 屏蔽材料的平均半值层和十分之一值层

资料来源: Bernard Shleien et al. 1998. Handbook of Health Physics and Radiological Health. 3rd ed

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

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式 11-5})$$

式中：d₁、d₂—屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度；

ρ₁、ρ₂—屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度，由建设单位提供的资料可知本项目原有墙体为不具备辐射屏蔽作用空心砖，楼顶为 120mm 混凝土，楼层净空高度 6m；根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020），混凝土的密度取 2.35g/cm³。

因此，240 mm 实心砖墙相当于约 169mm 的混凝土，360mm 实心砖墙相当于约 253mm 的混凝土。

放射性药品贮存仓库楼下无地下室，不核算地板厚度。

表 11-4 货包表面 30cm 处 γ 射线周围环境的剂量率

核素	屏蔽因子	距离 r m	单个货包 最大活度 MBq	周围剂量当 量率常数 $\Gamma \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{M}$ $\text{Bq} \cdot \text{h}$	屏蔽情况	周围剂量 当量率 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
^{89}Zr	0.0522	0.45	3.70×10^2	0.1900	50mmPb	18.133
^{131}I	0.0019	0.45	7.40×10^3	0.0595	30mmPb	4.074
^{67}Ga	0.0603	0.45	7.40×10^2	0.0262	10mmPb	5.775
^{223}Ra	0.0390	0.45	3.85×10^2	0.0161	10mmPb	1.195
^{177}Lu	0.0004	0.45	4.00×10^4	0.0043	20mmPb	0.301
^{123}I	4.22×10^{-10}	0.45	3.70×10^4	0.0610	30mmPb	<0.001
^{125}I (粒 子源)	1.70×10^{-231}	0.45	3.70×10^4	0.0165	30mmPb	<0.001
^{153}Sm	5.18×10^{-15}	0.45	7.40×10^3	0.0720	20mmPb	<0.001

注：单个货包最大活度为货包内内裸源最大活度，参考国家药品监督管理局网站查询的药品规格。

由上表估算结果可知，单个放射性核素货包产生的 γ 射线外照辐射最大的核素为 ^{89}Zr ，在货包外表面的辐射剂量率为 $18.1\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；其次是 ^{131}I 、 ^{67}Ga 和 ^{223}Ra ，在货包外表面的辐射剂量率为 $4.07\mu\text{Sv}/\text{h}$ 、 $5.78\mu\text{Sv}/\text{h}$ 和 $1.195\mu\text{Sv}/\text{h}$ ； ^{177}Lu 在货包外表面的辐射剂量率为 $0.301\mu\text{Sv}/\text{h}$ ； ^{123}I 、 ^{125}I 及 ^{153}Sm 等货包外表面的辐射剂量率 $<0.001\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

11.2.1.2 关注点选取

根据建设单位提供的资料，放射性药品贮存仓库内拟在放射性药品合格区配备货架用于储存放射性核素货包，放射性药品合格区长 3.7m，宽 2.0m，货架高 1.5m。放射性药品合格区距东侧防护墙外 0.3m 为 3.24m；距南侧防护墙外 0.3m 为 3.24m；距西侧防护墙外 0.3m 为 1.8m；距北侧防护墙外 0.3m 为 2.0m；距南侧防护门外 0.3m 为 3.68m；距二层地面 0.3m 为 4.92m（一层层高为 6m，二楼地板厚 120mm 混凝土）；距登记室南侧墙外 0.3m 为 5.2m。项目关注点平面示意图见图 11-2，项目关注点情况表见表 11-5。

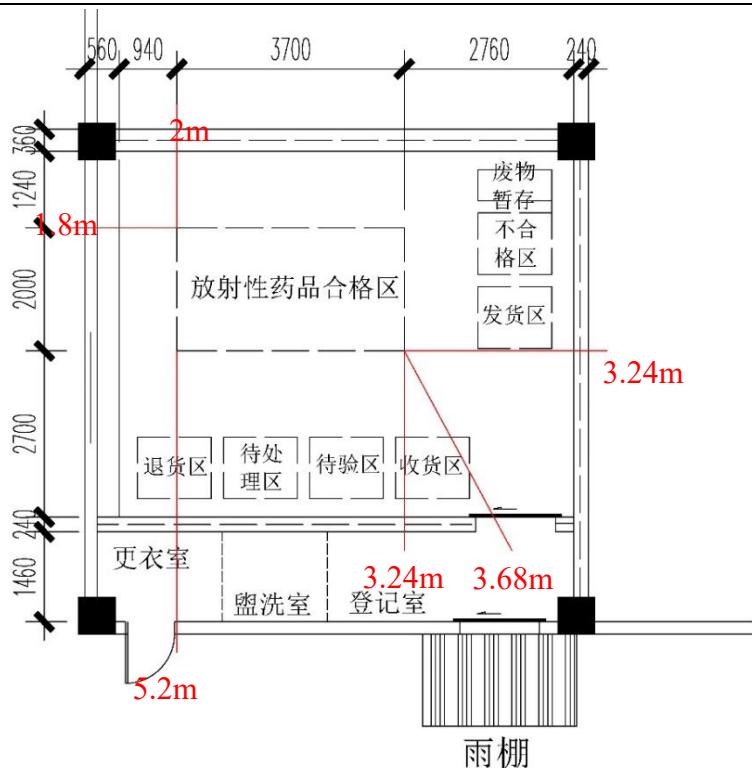


图 11-2 项目关注点平面示意图

表 11-5 项目场所关注点位

关注点位	辐射源与关注点 距离 (m)	屏蔽防护设计
距南侧墙防护门外 30cm	3.68	10mm 铅防护门
距南侧墙外 30cm	3.24	240mm 实心砖+2mm 铅板
距东侧墙外 30cm	3.24	240mm 实心砖+2mm 铅板
距西侧墙外 30cm	1.8	360mm 实心砖+2mm 铅板
距北侧墙外 30cm	2.0	360mm 实心砖+2mm 铅板
距登记室南侧墙外 30cm	5.2	240mm 实心砖+2mm 铅板
距二楼地面 30cm	4.92	120mm 混凝土+2mm 铅板

备注：本项目原有墙体为不具备辐射屏蔽作用空心砖，屏蔽防护设计不考虑其屏蔽能力。

注：源至关注点距离按保守估计，取放射性药品合格区到各关注点最近距离。

11.2.1.3 周围环境的剂量率估算分析

根据 11.2.1 的估算结果可知，本项目单个放射性核素货包在距离货包 0.3m 处（辐射工作人员检测时）产生的轫致辐射最大辐射剂量率为 $0.1005\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，而 γ 射线外照射最大能到达 $18\mu\text{Sy}/\text{h}$ ， γ 射线周围环境的剂量率明显高于轫致辐射，因此本项目周围环境的剂量率估算主要以 γ 射线为主，选取 ^{89}Zr 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{123}I 等为代表核素进行讨论。根据表 11-2 和表 11-4， ^{90}Y 、 ^{32}P 、 ^{89}Sr 的轫致辐射影响以影响相当的 ^{177}Lu 代表，其他纯 β 衰变以 ^{123}I 为代表。

表 11-6 本项目 γ 辐射对周围环境的剂量率

位置	核素	屏蔽因子	R (m)	实际日最大 操作量 (MBq)	包装屏 蔽(铅 当量) (mm)	周围剂量 当量率常 数 Γ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/$ MBq \cdot h)	屏蔽情况	关注点周 围剂量当 量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	合计关注 点周围剂量 当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
距东 侧墙 外 30cm	^{89}Zr	0.0106	3.24	7.40×10^2	50	0.1900	50mmPb 桶+240mm 实心 砖+2mmPb 板	0.142	0.196
	^{177}Lu	1.31×10^{-5}	3.24	3.20×10^5	20	0.0043	20mmPb 桶+240mm 实心 砖+2mmPb 板	0.002	
	^{131}I	0.0001	3.24	7.40×10^4	30	0.0595	30mmPb 桶+240mm 实心 砖+2mmPb 板	0.052	
	^{123}I	4.34×10^{-12}	3.24	9.25×10^2	30	0.0610	30mmPb 桶+240mm 实心 砖+2mmPb 板	<0.001	
距南 侧墙 外 30cm	^{89}Zr	0.0106	3.24	7.40×10^2	50	0.1900	50mmPb 桶+240mm 实心 砖+2mmPb 板	0.142	0.196
	^{177}Lu	1.31×10^{-5}	3.24	3.20×10^5	20	0.0043	20mmPb 桶+240mm 实心 砖+2mmPb 板	0.002	
	^{131}I	0.0001	3.24	7.40×10^4	30	0.0595	30mmPb 桶+240mm 实心 砖+2mmPb 板	0.052	
	^{123}I	4.34×10^{-12}	3.24	9.25×10^2	30	0.0610	30mmPb 桶+240mm 实心 砖+2mmPb 板	<0.001	
距西 侧墙 外 30cm	^{89}Zr	0.0051	1.8	7.40×10^2	50	0.1900	50mmPb 桶+360mm 实心 砖+2mmPb 板	0.220	0.276
	^{177}Lu	3.76×10^{-6}	1.8	3.20×10^5	20	0.0043	20mmPb 桶+360mm 实心 砖+2mmPb 板	0.002	
	^{131}I	4.01×10^{-5}	1.8	7.40×10^4	30	0.0595	30mmPb 桶+360mm 实心 砖+2mmPb 板	0.054	
	^{123}I	9.11×10^{-13}	1.8	9.25×10^2	30	0.0610	30mmPb 桶+360mm 实心 砖+2mmPb 板	<0.001	
距北 侧墙 外 30cm	^{89}Zr	0.0051	2	7.40×10^2	50	0.1900	50mmPb 桶+360mm 实心 砖+2mmPb 板	0.178	0.223
	^{177}Lu	3.76×10^{-6}	2	3.20×10^5	20	0.0043	20mmPb 桶+360mm 实心 砖+2mmPb 板	0.001	
	^{131}I	4.01×10^{-5}	2	7.40×10^4	30	0.0595	30mmPb 桶+360mm 实心 砖+2mmPb 板	0.044	
	^{123}I	9.11×10^{-13}	2	9.25×10^2	30	0.0610	30mmPb 桶+360mm 实心 砖+2mmPb 板	<0.001	
距南 侧墙 防 护 门 外 30cm	^{89}Zr	0.0289	3.68	7.40×10^2	50	0.1900	50mmPb 桶+10mm 铅防 护门	0.300	0.375
	^{177}Lu	6.72×10^{-6}	3.68	3.20×10^5	20	0.0043	20mmPb 桶+10mm 铅防 护门	<0.001	
	^{131}I	0.0002	3.68	7.40×10^4	30	0.0595	30mmPb 桶+10mm 铅防 护门	0.075	
	^{123}I	3.16×10^{-13}	3.68	9.25×10^2	30	0.0610	30mmPb 桶+10mm 铅防 护门	<0.001	
距登 记室 南侧 墙 外 30cm	^{89}Zr	0.0106	5.2	7.40×10^2	50	0.1900	50mmPb 桶+240mm 实心 砖+2mmPb 板	0.055	0.075
	^{177}Lu	1.31×10^{-5}	5.2	3.20×10^5	20	0.0043	20mmPb 桶+240mm 实心 砖+2mmPb 板	<0.001	
	^{131}I	0.0001	5.2	7.40×10^4	30	0.0595	30mmPb 桶+240mm 实心 砖+2mmPb 板	0.020	
	^{123}I	4.34×10^{-12}	5.2	9.25×10^2	30	0.0610	30mmPb 桶+240mm 实心 砖+2mmPb 板	<0.001	

距二楼地面30cm	⁸⁹ Zr	0.0162	4.92	7.40×10^2	50	0.1900	50mmPb 桶+120mm 混凝土+2mmPb 板	0.094	0.140
	¹⁷⁷ Lu	2.71×10^{-5}	4.92	3.20×10^5	20	0.0043	20mmPb 桶+120mm 混凝土+2mmPb 板	0.002	
	¹³¹ I	0.0002	4.92	7.40×10^4	30	0.0595	30mmPb 桶+120mm 混凝土+2mmPb 板	0.044	
	¹²³ I	1.08×10^{-11}	4.92	9.25×10^2	30	0.0610	30mmPb 桶+120mm 混凝土+2mmPb 板	<0.001	

注：日实际最大操作量参考国家药品监督管理局网站查询的药品规格作为单个货包的活度，本项目暂存库每日拟贮存的放射性核素货包最多 25 个，其中 ⁸⁹Zr 货包不超过 2 个、¹³¹I、²²³Ra 和 ⁶⁷Ga 总货包不超过 10 个、以 ¹⁷⁷Lu 为代表的核素不超过 8 个，若高活度类型的货包未贮存的情况下，可允许增加不超过总操作量的低活度类型货包数量。

根据表 11-6 计算结果，各关注点周围剂量当量率估算值中，本项目控制区外表面 30cm 处的最大周围剂量当量率为 $0.375\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，位于放射性药品贮存区距南侧墙防护门外 30cm，满足参考标准《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）应小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的要求。

11.2.2 职业工作人员和公众年有效剂量评价

11.2.2.1 工作人员年有效剂量评价

在整个放射性药品贮存、装卸载货过程中，均不打开货物包装，无核素挥发到工作环境中，根据前文分析各个核素外包装屏蔽铅厚度均大于其 α 、 β 射线在铅中的最大射程，因此，评价仅考虑 β 射线所致韧致辐射和 γ 射线外照射对工作人员产生的辐射影响。

（一）估算模式

（1）外照射剂量估算模式

外照射致人员剂量估算参照下式计算。

$$H=D \cdot T \cdot t \cdot W \dots \dots \dots \text{公式 (11-6)}$$

式中：H——外照射人均年剂量，mSv

D——辐射剂量率，mSv/h

T——居留因子，无量纲

W——辐射权重因数；光子取 1

t——照射时间，h

（二）工作人员工作负荷

建设单位拟配备 4 名辐射工作人员，一年工作 250 日，每日 8 小时。4 名辐射工作人员分为 2 组，每组 2 人。每组辐射工作人员负责放射性药品贮存仓库一年中二分

之一的辐射工作。拟建放射性药品贮存仓库涉及 14 种核素，每天最多贮存 25 个货包核素，每次装卸载货包分配两个人，时间不超过 4 分钟。

（三）工作人员剂量估算分析

由图 11-2 所示，放射性药品贮存区域南侧的仓库办公室为辐射工作人员工作场所，居留因子取 1，由表 11-5，取放射性药品贮存区南侧防护门外 30cm（仓库登记室处）结果，保守估计其工作时间均在登记室，将周围剂量当量率的和乘以 1000（250 日 \times 8 小时 \div 2=1000 小时），结果为 0.375mSv。实际上本项目工作人员仅在需要出入库前后及巡逻时停留在登记室，照射时间远小于 1000 小时。

货包出入库时，主要采用小推车转移放射性核素货包，仅放入和取出货架以及监测时需近距离接触放射性核素货包，出于保守考虑，均按距放射性核素货包 30cm 处的剂量率来估算辐射工作人员个人剂量。利用式（11-4）分析货包表面 30cm 处周围剂量当量率，结果如表 11-4 所示，⁸⁹Zr 货包表面 30cm 处周围剂量当量率为 18.13 μ Sv/h；其次是¹³¹I、⁶⁷Ga 和²²³Ra，在货包外表面的辐射剂量率为 4.07 μ Sy/h、5.78 μ Sy/h 和 1.195 μ Sy/h；¹⁷⁷Lu 在货包外表面的辐射剂量率为 0.301 μ Sy/h；¹²³I、¹²⁵I 及¹⁵³Sm 等货包外表面的辐射剂量率 $<0.001 \mu$ Sy/h。结合表 11-2 和 11-4 可知，本项目单个放射性核素货包在距离货包 0.3m 处产生的轫致辐射最大辐射剂量率仅为 0.1005 μ Gy/h，明显低于 γ 射线周围环境的剂量率，因此，轫致辐射影响以¹⁷⁷Lu 代表。因此搬运照射时间按货包类型分别统计，选取⁸⁹Zr、¹³¹I、¹⁷⁷Lu 等为代表核素。本项目暂存库每日拟贮存的放射性核素货包最多 25 个，其中⁸⁹Zr 货包不超过 2 个、¹³¹I、⁶⁷Ga 和²²³Ra 总共货包不超过 10 个，若高活度类型的货包未贮存的情况下，可允许增加不超过总操作量的低活度类型货包数量。每个货包出、入库总搬运时间不超过 4min。

综上，根据表 11-7，本项目辐射工作人员总受照射剂量为 1.24mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业剂量限值（辐射工作人员 20mSv/a）和本报告提出剂量约束值辐射工作人员 5mSv/a 的要求。

表 11-7 工作人员年计量计算结果

受照射类型	货包类型	辐射剂量率 μ Sv/h	居留因子	辐射权重因子	照射时间 /h	年有效剂量 mSv/a	合计 mSv/a	限值 mSv/a
搬运	⁸⁹ Zr	18.5	1	1	16.7	0.308	1.24	5
	¹³¹ I	6.0	1	1	83.3	0.500		
	¹⁷⁷ Lu	0.5	1	1	108	0.054		
办公	/	0.375	1	1	1000	0.375		

备注：①根据货包表面 30cm 处周围剂量当量率计算结果，选取 ^{89}Zr 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 等为代表核素，因此搬运照射时间按货包类型分别统计，各类型货包按最大值保守取值。
 ②本项目暂存库每日拟贮存的放射性核素货包最多 25 个，其中 ^{89}Zr 货包不超过 2 个， ^{131}I 、 ^{67}Ga 和 ^{223}Ra 总共货包不超过 10 个，若高活度类型的货包未贮存的情况下，可允许增加不超过总操作量的低活度类型货包数量。按最不利情况考虑，即 25 个货包每天出入库各一次，每个货包出入库总搬运时间不超过 4min。
 ③4 名辐射工作人员分为 2 组，每组 2 人。每组辐射工作人员负责放射性药品贮存仓库一年中二分之一的辐射工作。

11.2.2.2 公众人员年剂量评价

参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）取居留因子，本项目放射性药品贮存区周边为仓库和厂区内道路，属于偶然居留区域，居留因子均取典型值 1/16。公司每年工作 250 天，每天按 8h 考虑，则全年工作时间为 2000h/a。周围剂量当量率为 25 个货包（其中 ^{89}Zr 货包不超过 2 个， ^{131}I 、 ^{67}Ga 和 ^{223}Ra 总共货包不超过 10 个，以 ^{177}Lu 为代表的核素不超过 8 个）同时存放产生周围剂量当量率的和，计算结果见表 11-6。

表 11-8 公众人员年计量计算结果

位置	区域功能	辐射剂量率 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	居留因子	辐射权重因子	照射时间 /h	年有效剂量 mSv/a	限值 mSv/a
距东侧墙外 30cm	仓库	0.196	0.0625	1	2000	0.025	0.1
距西侧墙外 30cm	道路	0.276	0.0625	1	2000	0.035	
距北侧墙外 30cm	仓库	0.223	0.0625	1	2000	0.028	
距登记室南侧墙外 30cm	道路	0.075	0.0625	1	2000	0.009	
距二楼地面 30cm	仓库	0.14	0.0625	1	2000	0.018	

由上表分析，拟建放射性药品仓库周围公众人员年剂量最大值为 0.035mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）1mSv/a 的要求，同时也满足本报告提出的公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a 要求。

11.3 辐射事故环境影响分析

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>(试行)的通知》(闽环保辐射[2013]10号) 要求，建设单位已编制《鹭燕医药股份有限公司辐射事故应急预案》。

11.3.1 事故分析

(1) 放射性药品屏蔽破损

在移动放射性药品货物过程中发生跌落，可能导致放射性药品屏蔽破损，屏蔽减弱，对相关人员造成辐射照射。

发生密封容器破损的事故，建设单位将对其进行擦拭去污，产生少量的放射性固体废物，采用 2 个 20mm 厚 Pb 当量，尺寸为 300mm×500mm×20mm Pb 铅桶收集后在废物暂存区进行暂存（长短半衰期分别存放），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 倍后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，对废物清洁解控并作为一般固体废物处理。

应急情况下放射性沾污去污产生的废水，收集于应急衰变桶中。放射性废水均暂存在该应急衰变桶中超过 10 个最长半衰期(含 ^{131}I 核素的暂存超过 180 天)，衰变达标后排入市政污水管网，对周围环境影响较小。

放射性核素货包发生泄漏泼洒事故时，会产生少量的放射性气溶胶废气。本项目拟使用的活性炭过滤器对空气中气溶胶进行吸附，吸附效率可至少达到 99%。建设单位拟为该项目放射性核素暂存库设置独立的排风系统，管道布置合理，气流排向正确，拟设置的排气口高于屋脊，拟设置活性炭过滤装置，符合要求。因此，项目场所产生的非放射性废气经活性炭吸附处理后对周围环境影响较小。

(2) 运输事故

在放射性药品运输过程中，运输车辆发生事故，导致屏蔽层破损，容器周围辐射水平增强，严重时可能导致路面和周围体表的放射性污染。发生事故情况时，运输单位要立即启动其相应的应急预案，保护好现场并立即通知福建鹭燕医药有限公司领导或应急小组负责人，建设单位应迅速向生态环境部门和公安部门报告并配合上述部门对事故进行调查。建设单位协同运输单位一起对事故进行妥善处置，尽量控制现场，并拉警戒线防止公众靠近放射性核素，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。同时采取措施（药物棉吸附并密封在封闭容器内）防止放射性核素扩散，可以有效防止事态扩大，并使事故得到及时处理，确保不会对周围环境和公众造成较大影响。

(3) 放射性药品丢失、被盗事故

在放射性药品贮存和运输过程中，发生药品丢失、被盗情况，产生安全隐患。若发生放射性药品丢失、被盗，建设单位应第一时间将事故情况通报有关（生态环境和公安）主管部门。分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗的放射性药物，在查找过程中携带辐射检测仪器，防止事故处理人员受到照射。对放射性药品丢失前贮存仓库进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染，应划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场进行擦拭去污。

(4) 火灾事故

放射性药品贮存仓库可能发生火灾，烧毁放射性药品密封外包装，造成放射性污染。若发生火灾事故，建设单位应第一时间拨打 119 消防电话，并通知有关（生态环境和公安）主管部门，火势较小时，建设单位使用配备的灭火器防止其进一步蔓延，在消防部门完全扑灭火势之后，应对放射性药品贮存仓库进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染，应划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场进行擦拭去污。

11.3.2 项目典型事故分级

参考《实用辐射安全手册第二版》关于急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-9。

表 11-9 急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量 (Gy)	急性放射病发生率 (%)	辐射剂量 (Gy)	死亡率 (%)
0.7	1	2.00	1
0.9	10	2.50	10
1.0	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.1	40	3.20	40
1.2	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.4	80	4.00	80
1.6	90	4.50	90
2.0	99	5.50	99

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第 40 条关于辐射事故分级要求, 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, 见表 11-10。

表 11-10 辐射事故分级

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

11.3.3 辐射事故防范措施

针对本项目可能发生的辐射事故, 本项目采取的预防措施如表 11-11。

表 11-11 本项目采取的预防措施

可能发生的辐射事故	采取的风险防范措施
在移动放射性药品货物过程中发生跌落, 可能导致放射性药品屏蔽破损, 屏蔽减弱, 对相关人员造成辐射照射。	放射性药品的密封容器在设计时已经考虑抗跌落、防火等情况, 因此即便在事故情况下, 容器仍然能保持完好的屏蔽防护能力
在放射性药品运输过程中, 运输车辆发生事故, 导致屏蔽层破损, 容器周围辐射水平增强, 严重时可能导致路面和周围体表的放射性污染	放射性药品的密封容器具有抗跌落设计, 运输人员严格遵守交通规则, 防止交通事故发生。
在放射性药品贮存和运输过程中, 发生药品丢失、被盗情况, 产生安全隐患。拟建放射性药品贮存仓库可能发生火灾, 烧毁放射性药品密封外包装, 造成放射性污染。放射性药品的密封容器具有防火设计, 拟建放射性药品贮存仓库严禁使用明火, 拟配备 24 小时监控、灭火器, 灭火器在放射性药品贮存区门口位置, 严防仓库发生火灾情况。	在运输过程中, 有资质的第三方运输单位将安排专人押运, 严防放射性药品丢失、被盗和失控。拟建放射性药品贮存仓库拟配备 24 小时监控、双人双锁、防盗门、红外报警等设置, 放射性药品贮存区无窗, 严防仓库发生盗窃情况。

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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十四条第一款要求，销售放射性同位素的单位应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。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款要求，使用除I类、II类、III类放射源的其他辐射工作单位应当有一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。

鹭燕医药股份有限公司已成立了以陈**为辐射安全管理负责人，李**为辐射安全管理员，郭**为辐射安全设备管理员的辐射安全与环境保护管理机构，其工作要求为切实履行职责，确保辐射安全与环境保护管理工作有效开展。

具体负责公司的辐射安全与环境保护工作。其主要职责内容包括：

- (1) 深入学习并严格遵守国家和地方关于辐射安全的法律法规/标准及政策；
- (2) 确保所有辐射活动均在法律框架内进行，防止违法违规行为的发生；
- (3) 监督辐射工作场所的安全防护措施，确保其正常运行和有效防护；
- (4) 负责辐射安全日常工作；
- (5) 定期组织对工作场所的辐射水平精选检测，确保辐射剂量在允许范围内；
- (6) 进行辐射风险评估，提出改进建议，降低发生风险；
- (7) 建立和维护辐射安全管理档案，包括辐射检测数据、培训记录、台账等；
- (8) 确保档案的完整性和可追溯性，为辐射安全管理提供有力支持。

12.2 辐射安全管理

(一) 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》第十四条第八、九款要求，销售放射性同位素的单位应有健全的操作规程、岗位职责、安全保卫制度、辐射防护措施、台账管理制度、人员培训计划和监测方案；有完善的辐射事故应急措施。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第六、七款要求，使用放射性同位素的单位应有健全的操作规程、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；有完善的辐射

事故应急措施。

建设单位已制定已制订《辐射防护与安全保卫制度》、《辐射安全管理人员培训管理制度》、《台账登记制度》、《辐射安全监测方案》、《设备检修维护制度》、《辐射安全设备操作规程》、《辐射事故应急预案》等规章制度。

（二）辐射工作人员拟配备人数

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十四条第二款要求，销售放射性同位素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。

公司计划为项目配备 4 名辐射工作人员（陈**、李**、叶**、吴**），辐射工作人员在工作时佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。配备的 4 名辐射工作人员均已通过辐射安全与防护知识考试，并取得辐射安全与防护考核合格证（见附件 13）。

12.3 环境管理与辐射监测

12.3.1 环境管理计划

①责任主体

本项目环境管理责任主体为鹭燕医药股份有限公司及相关部门负责人，鹭燕医药股份有限公司及相关部门负责人在项目施工期及运行期应及时落实本项目环境管理计划。

②环境管理内容

施工期：施工现场的环境管理包括施工期污水、废水处理、防尘降噪、固废处理等，监督并做好项目施工过程中的环境管理工作，确保各项环保措施落实到位。

运行期：建设单位应按照规定在本项目投运后及时开展竣工环境保护验收工作，确保工作场所的防护效果满足要求；落实有关环保措施，确保其正常运行；组织制定和完善管理制度和操作规程，监督检查各规章制度、各项环保措施的执行，督促整改辐射事故隐患；组织落实环境监测计划，分析、整理监测结果；负责安排环保设施的投入运行和环境管理、环保设施的经费；组织人员进行环保知识的学习和培训，提高工作人员的环保意识。

12.3.2 监测目的

开展辐射监测的目的主要是及早发现和获取可能发生污染与危害的征兆，确保项目生产安全运行；防止对环境产生有害的影响和避免对工作人员造成不必要的危害；

为采取相应的安全措施提供必要的依据；同时监测数据为生产运行阶段的环境现状提供参考资料；与本底数据进行对照，分析项目运行后对区域环境的影响。

12.3.3 个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第二十九条要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

建设单位拟与相关单位签订辐射工作人员剂量检测协议，项目建成运行后，公司计划给辐射工作人员开展个人剂量监测和职业健康检查工作，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

人员剂量超标（异常）上报程序

（1）当工作人员剂量计读数 \geq 调查水平或个人单周期剂量突增时，单位辐射防护负责人当日收悉结果后，立即对比历史值与现场作业记录，排除错佩、误照、剂量计跌落等人为因素。

（2）进行内部通报与现场管控，2小时内口头通知单位主管领导，暂停相关人员进入控制区；若怀疑现场泄露，立即启动辐射异常应急预案：封锁区域、复检剂量率、溯源放射源。

（3）对确属超标人员，当年剩余时间实行“按比例剂量限额”管理，并调整其作业岗位。

12.3.4 工作场所及周围环境监测

为了解项目运行过程中的辐射安全，控制和评价辐射危害，使工作人员和公众所受照射尽可能低，项目计划配备相应的辐射监测设备，定期开展外照射监测、表面污染监测等，并委托有资质单位定期（每年一次）对放射性药品贮存仓库及周围环境进行辐射环境监测，建立监测档案。

（1）监测因子

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的相关要求，本项目核素衰变类型为 α 、 β 和 EC 衰变，因此主要监测因子为 γ 辐射剂量率和表面污染。本项目测量 ^{125}I 应配备光子能量下限不高于 27keV 的便携式 X- γ 辐射周围剂量当量率仪。

（2）辐射监测设备

本项目计划配备相应的辐射监测设备，用于开展外照射监测、表面污染监测等。项目计划配备的监测设备详见表 10-2。

（3）监测范围及监测频次

根据项目辐射源特点、工作场所布局、周围环境特征、照射途径以及环保目标分布情况，项目监测范围主要以下几个方面。

1 工作场所监测

项目工作场所内环境 γ 辐射剂量率和表面污染监测。

2 环境监测

评价范围内各环保目标处环境 γ 辐射剂量率。

（4）监测布点

监测布点采取巡测与定点监测相结合的方式。定点监测位置一般为重点关注区域，如工作人员作业区域、控制区边界等。

（5）质量保证

建立测量分析质量保证体系，可以对监测分析全过程进行全面质量管理与控制，确保监测分析数据的质量，为项目管理和项目正常运行提供有效的、可靠的基础数据资料。

表 12-1 辐射监测计划

监测项目	监测因子	监测场所	监测位置	监测频次	监测依据
外照射辐射剂量率	γ 剂量率	放射性药品贮存仓库及周边	放射性药品贮存区，放射性药品屏蔽墙，防盗门外部 30cm 人员可达处	项目正常运行后进行监测，以后每季度进行一次日常监测，每年委托有资质单位进行一次年度监测	GB18871-2002 HJ 61-2021 HJ 1188-2021 HJ 1157-2021
			仓库办公室		
			盥洗室		
表面污染	放射性药品贮存仓库	放射性药品贮存区、仓库办公室、盥洗室地面和墙面			

本项目制定的辐射监测计划符合建设单位实际情况，包括竣工环境保护验收监测、定期委托监测、自行监测以及辐射工作人员个人剂量监测，内容全面，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）等相关标准要求。

12.4 辐射事故应急

12.4.1 应急救援机构

建设单位已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>（试行）的通知》（闽环保辐射[2013]10号）要求制定了《鹭燕医药股份有限公司辐射事故应急预案》，明确组织结构和职责，对应急保障措施、应急管理及应急演练作出明确要求。

辐射事故应急处理工作领导小组成员名单如下：

组长：辐射安全管理负责人

副组长：辐射安全管理员

成员：辐射安全设备管理员等

辐射事故应急处理工作领导小组其主要职责内容包括：

- (1) 应急保障小组负责实施相关应急管理制度。
- (2) 小组组长负责全面指挥和协调辐射事故的应急响应工作。
- (3) 副组长负责事故现场的应急处理，包括人员疏散、现场控制。
- (4) 成员负责应急物资的准备和调配，保障应急响应工作的顺利进行及辐射事故的检测、评估和报告。

12.4.2 人员培训和演习计划

辐射事故相关应急人员均需经过培训，培训内容应包括辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急源施行步骤等，辐射事故应急小组需定期（每年1-2次）组织应急演练，提高辐射事故应急能力，并通过演练逐步完善应急预案。

本项目运行后，建设单位将对辐射应急预案进行细化完善，建设单位的辐射事故应急预案可以满足要求。

12.5 建设项目竣工环境保护验收一览表

本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

表 12-2 辐射环境保护“三同时”验收清单

污染源或保护源	验收内容及要求		验收标准	
辐射防护措施	剂量率水平	①放射性药品贮存区域墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$, 偶尔居留的设备间等区域周围剂量当量率小于 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 的要求	
	表面污染水平	放射性药品贮存区墙壁、地面的 α 表面污染水平 $\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$, β 表面污染水平 $\leq 40\text{Bq}/\text{cm}^2$; 监督区办公桌面、墙壁、地面的 α 表面污染水平 $\leq 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$, β 表面污染水平 $\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$; 工作人员手部、皮肤 α 表面污染水平 $\leq 0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$, β 表面污染水平 $\leq 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)	
辐射防护措施	个人剂量约束值	职业照射剂量约束值 $5\text{mSv}/\text{年}$; 公众照射剂量约束值 $0.1\text{mSv}/\text{年}$ 。	《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)	
	辐射监测仪器及个人防护用品	为每名辐射工作人员配备个人剂量计并定期送检, 配备个人剂量报警仪、便携式 X- γ 辐射周围剂量当量率仪、表面污染测量仪等监测设备。并满足表 10-2 中监测仪器数量要求。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》	
	辐射监测	开展自主监测和委托检测。委托有资质的检测单位对放射性药品仓库区域等进行剂量率和表面污染监测, 频率为不低于 1 次/年。		
管理措施	工作人员佩带个人剂量计并建立个人剂量监测档案。		《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》	
	制定相应的规章制度和辐射事故(件)应急预案。			
	辐射工作人员参加生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的培训和学习, 并取得辐射安全与防护考核合格证书。			
	所有辐射工作人员参加职业病健康体检。			
	本项目环评批复后, 建设单位应向生态环境主管部门办理辐射安全许可证重新申领手续。			

表 13 结论与建议

13.1 结论

鹭燕医药股份有限公司乙级非密封源工作场所项目位于福建省厦门市集美区灌口镇安仁大道 1599 号厦门燕来福制药有限公司 4#楼 1 层放射性药品仓库。项目建设放射性药品贮存仓库，临时贮存和销售 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{32}P 、 ^{153}Sm 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{125}I (粒子源)、 ^{123}I 、 ^{67}Ga 、 ^{223}Ra 、 ^{14}C (固态) 14 种放射性药物和 ^{188}W (^{188}Re) 发生器，仅从事销售的 3 种放射性药物为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga ，日等效最大操作量为 $5.40 \times 10^7 \sim 5.76 \times 10^8 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封源工作场所。本项目销售对象主要为福建省及周边地区医院核医学科、科研院所、企事业单位等。

(一) 辐射安全与防护分析结论

(1) 场所布局与分区

药品的运输直接到放射性药品贮存仓库门口，不穿插其他厂房，减小交叉污染的可能性，且整个贮存销售过程中，不打开放射性药品货物包装，减少污染发生的可能性；场所有布局各工序衔接合理，有利于生产管理和辐射安全管理。因此本项目工作场所布局合理，能够满足辐射安全与防护的要求。

项目各辐射工作场所控制区、监督区划分方案，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）分区管理的相关要求。

(2) 辐射安全与环境保护措施

本项目放射性药品贮存仓库采取辐射防护措施；仓库设计防盗防火安全措施；正常工况下整个过程无放射性废物产生，整个贮存销售过程不打开放射性药品货物包装，对周围辐射环境影响满足参考标准《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关要求。

① 放射性固体废物

事故工况下，放射性药品密封容器破损，对其进行擦拭去污产生少量放射性固体废物，采用 2 个 10mm 厚 Pb 当量，尺寸为 600mm×400mm×500mm（长×宽×高）的铅桶收集后在废物暂存区进行暂存，含 ^{131}I 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 倍后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表

面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，对废物清洁解控并作为一般固体废物处理。

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

③ 放射性废液

根据设计，本项目拟设置 2 个应急衰变桶，该应急衰变桶仅用于收集应急情况下放射性沾污去污产生的废水，放射性废水均暂存在该应急衰变桶中超过 10 个最长半衰期(含 ^{131}I 核素的暂存超过 180 天)，衰变达标后排入市政污水管网。

③ 放射性废气

放射性核素货包发生泄漏泼洒事故时，会产生少量的放射性气溶胶废气。本项目拟使用的活性炭过滤器对空气中气溶胶进行吸附，吸附效率可至少达到 99%。为保证过滤效率的有效性，建设单位拟根据设备特性定期进行过滤器维护，每半年对过滤器的过滤效率进行校核，以防止过滤器失效，造成放射性污染事故，且更换下的过滤器作为放射性固废进行管理和处理，解控后需作为危险废物进行管理和处理。

建设单位拟为该项目放射性核素暂存库设置独立的排风系统，管道布置合理，气流排向正确，拟设置的排气口高于屋顶，拟设置活性炭过滤装置，符合要求。

（二）环境影响评价结论

（1）关注点剂量率预测分析

根据轫致辐射及核素衰变产生 γ 射线对控制区屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率的估算结果，本项目控制区外表面 30cm 处的最大周围剂量当量率为 $0.375\text{ }\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足参考标准《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）应小于 $2.5\text{ }\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的要求。

（2）放射性固体废物环境影响分析

发生密封容器破损的事故，建设单位将对其进行擦拭去污，产生少量的放射性固体废物，采用 2 个 20mm 厚 Pb 当量，尺寸为 $300\text{mm}\times500\text{mm}\times20\text{mm}$ Pb 铅桶收集后在废物暂存区进行暂存（长短半衰期分别存放），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 倍后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，对废物清洁解控并作为一般固体废物处理。

应急情况下放射性沾污去污产生的废水，收集于应急衰变桶中。放射性废水均暂

存在该应急衰变桶中超过 10 个最长半衰期(含 ^{131}I 核素的暂存超过 180 天), 衰变达标后排入市政污水管网, 对周围环境影响较小。

放射性核素货包发生泄漏泼洒事故时, 会产生少量的放射性气溶胶废气。本项目拟使用的活性炭过滤器对空气中气溶胶进行吸附, 吸附效率可至少达到 99%。建设单位拟为该项目放射性核素暂存库设置独立的排风系统, 管道布置合理, 气流排向正确, 拟设置的排气口高于屋脊, 拟设置活性炭过滤装置, 符合要求。因此, 项目场所产生的非放射性废气经活性炭吸附处理后对周围环境影响较小。

(3) 年有效剂量分析

本项目辐射工作人员总受照射剂量为 1.24mSv , 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的职业剂量限值(辐射工作人员 20mSv/a)和本报告提出剂量约束值辐射工作人员 5mSv/a 的要求。拟建放射性药品仓库周围公众人员年剂量最大值为 0.035mSv/a , 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 1mSv/a 的要求, 同时也满足本报告提出的公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a 要求。

(三) 可行性分析结论

①实践正当性分析

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。根据国务院《促进产业结构调整暂行规定》(国发[2005]40 号)第十三条“不属于鼓励类、限制类和淘汰类, 且符合国家有关法律、法规和政策规定, 为允许类”。因此本项目建设符合国家当前产业政策要求。

②利益代价分析

本项目的主要任务是贮存、销售放射性药品, 为福建省及周边地区医院核医学科、科研院所、企事业单位等提供诊断、治疗药物, 便于各个医院开展放射性治疗和诊断, 更多地治病救人, 较医院自行制备的模式, 在环境保护、药品质量、辐射安全等方面均会有较大的改善。在采取相应的辐射安全与防护措施后, 项目对周围环境的辐射影响是可以接受的, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于辐射防护“实践的正当性”的原则。

(四) 总结论

综上所述, 鹭燕医药股份有限公司乙级非密封源工作场所项目在落实本报告表提

出的各项污染防治措施和安全管理措施后，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，项目正常运行对周围环境产生的影响能够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，该项目建设是可行的。

13.2 建议

- (1) 对本评价提出的辐射管理和辐射防护措施，建设单位应尽快落实，严格按照设计方案进行施工，确保建筑施工质量达到防护要求。在项目建设同时，切实做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。
- (2) 建设单位如需增加本报告表所涉及之外的放射性同位素、射线装置或对其使用功能进行调整，则应按要求向生态环境主管部门进行申报，并按污染控制目标采取相应的辐射防护措施。
- (3) 项目建成运行前，应完善辐射安全与环境保护管理制度，并随国家辐射安全与环境保护方面法律法规的更新，及时组织修订各项辐射安全与环境保护管理制度。
- (4) 本项目环评批复后，建设单位应及时向生态环境主管部门办理辐射安全许可证重新申领手续并按要求开展竣工环境保护验收工作。

附件1 委托书

委托书

福建省环境保护设计院有限公司：

现根据《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》等有关法律法规的要求，委托贵公司承担鹭燕医药股份有限公司乙级非密封源工作场所项目环境影响评价工作。

根据该项目环境影响评价的需要，我司将提供项目有关文件、技术资料和协助现场踏勘。有关本项目环境影响评价的其他事宜，由双方共同协商解决。

委托单位：鹭燕医药股份有限公司

2025年6月2日



附件2 建设单位营业执照



附件3 公示、同意项目建设说明及厂房租赁合同

附件4 原有和技术利用项目环评登记表

建设项目环境影响登记表

填报日期: 2025-04-18

项目名称	非密封放射性物质		
建设地点	福建省厦门市湖里区厦门市湖里区安岭路1004号501单元	营业面积(㎡)	1261
建设单位	鹭燕医药股份有限公司	法定代表人或者主要负责人	吴金祥
联系人	兰丽萍	联系电话	0592-8128891
项目投资(万元)	30	环保投资(万元)	0.3
拟投入生产运营日期	2025-05-20		
建设性质	新建		
备案依据	该项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》中应当填报环境影响登记表的建设项目，属于第172核技术利用建设项目项中销售I类、II类、III类、IV类、V类放射源的；使用IV类、V类放射源的；医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的；销售非密封放射性物质的；销售II类射线装置的；生产、销售、使用III类射线装置的。		
建设内容及规模	该项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》中应当填报环境影响登记表的建设项目，属于第172核技术利用建设项目项中销售I类建设内容及规模、II类、III类、IV类、V类放射源的；使用IV类、V类放射源的；医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的；销售非密封放射性物质的；销售II类射线装置的；生产、销售、使用III类射线装置的。		
主要环境影响	辐射环境影响	采取的环保措施及排放去向	环保措施： 公司负责销售该产品，环保措施及排放去向由具体使用单位实施。
<p>承诺: 鹭燕医药股份有限公司吴金祥承诺所填写各项内容真实、准确、完整，建设项目符合《建设项目环境影响登记表备案管理办法》的规定。如存在弄虚作假、隐瞒欺骗等情况及由此导致的一切后果由鹭燕医药股份有限公司吴金祥承担全部责任。</p> <p>法定代表人或主要负责人签字: </p>			
备案回执	该项目环境影响登记表已经完成备案，备案号: 20253502060000017。		

附件5 现有辐射安全许可证





辐射安全许可证



中华人民共和国生态环境部监制



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	鹭燕医药股份有限公司			
统一社会信用代码	913502006782575042			
地址	福建省厦门市湖里区安岭路 1004 号			
法定代表人	姓名	吴金祥	联系方式	0592-8128891
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人	
	鹭燕医药股份有限公司	福建省厦门市湖里区安岭路 1004 号	陈艳英	
证书编号	闽环辐证[00540]			
有效期至	2030 年 05 月 26 日			
发证机关	福建省生态环境厅			
发证日期	2025 年 05 月 27 日			



(一) 放射源

证书编号：闽环辐证[00540]

活动种类和范围						使用台账				备注			
序号	辐射活动场所名称	核素	类别	活动种类	总活度(贝可)/枚数	编码	出厂活度(贝可)	出厂日期	标号	用途	来源	申请单位	监管部门
	此页无内容												





(二) 非密封放射性物质

证书编号: 闽环辐证[00540]

活动种类和范围							备注			
序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	年最大操作量 (贝可)	申请单位	监管部门
1			Ra-223	液态	销售(不贮存)	放射性药物治疗		1.85E+13		
2	鹭燕医药股份有限公司	无	Y-90 微球注射液 (抗癌药)	液态	销售(不贮存)	放射性药物治疗		7.5E+12		
3			Lu-177	液态	销售(不贮存)	放射性药物治疗		1.85E+13		



(三) 射线装置

证书编号: 闽环辐证[00540]

序号	活动种类和范围			使用台账				备注			
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量(台/套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位
此页无内容											



(四) 许可证条件

证书编号: 闽环辐证[00540]

此页无内容



5 / 7



(五) 许可证申领、变更和延续记录

许可证编号：闽环辐证[00540]			
序号	业务类型	批准时间	内容事由
1	申请	2025-05-27	申请，批准时间：2025-05-27 闽环辐证[00540]





证书编号: 闽环辐证[00540]

(六) 附件和附图

7/7



附件6 放射性药品委托运输意向

福建省闽环试验检测有限公司
检测报告

闽环测[2025]委 402 号

项目名称: 鹭燕医药股份有限公司乙级非密封源工作场所
项目环境影响报告表现状检测

委托单位: 福建省环境保护设计院有限公司

检测类别: 委托监测

报告日期: 2025 年 6 月 19 日

福建省闽环试验检测有限公司

声 明

- 1.未加盖“福建省闽环试验检测有限公司检验检测专用章”、“**MA**专用章”及“骑缝章”的报告及复制报告无效。
- 2.检测报告经任何增删、涂改、复制、无签发人签字无效。
- 3.检测结果不受任何行政部门、个人和其他方面利益的干预。
- 4.未经本公司书面的同意不得将本报告内容用于商业广告任何新闻媒体及公开场合，不得利用本报告进行任何商业运作。
- 5.为委托方保守秘密，对其提供的保密的资料、样品及检测数据严格保密。
- 6.自送样品的委托检测，其检测结果仅对来样负责。对不可复现的检测项目，结果仅对采样（或检测）所代表的时间和空间负责。
- 7.如对本报告有疑议，请于收到报告 15 个工作日内通知本公司，以便及时处理。

福建省闽环试验检测有限公司

地址：福建省福州市晋安区福飞北路 400 号核应急指挥中心 5~7 层

报告质量投诉电话：0591-28302705

传真：0591-83571272

邮政编码：350012

编 制：_____ 签 发：_____

审 核：_____ 签发日期：_____

一、 检测信息

项目委托单位、项目名称、项目地址、联系人、联系方式等信息见下表：

表1 基本信息

委托单位	福建省环境保护设计院有限公司		
项目名称	鹭燕医药股份有限公司乙级非密封源工作场所项目环境影响报告表 现状检测		
项目地址	福建省厦门市		
联系人	康工	联系方式	15959012937
检测方式	现场检测	检测日期	2025.6.12

项目具体检测内容详见下表：

表2 检测内容

检测类别	检测点位编号及名称	检测项目	检测频次
辐射	1# 拟建放射性药品仓库内（药品贮存区）	环境 γ 辐射剂量率	1 次/天， 共 1 天
	2# 拟建放射性药品仓库内（盥洗区）		
	3# 拟建放射性药品仓库内（登记室）		
	4# 拟建放射性药品仓库东侧仓储区		
	5# 拟建放射性药品仓库北侧仓储区		
	6# 拟建放射性药品仓库上方仓储区		
	7# 拟建放射性药品仓库西侧道路		
	8# 拟建放射性药品仓库南侧道路		
	9# 厦门燕来福制药有限公司 4#楼出入口		
	10# 厦门燕来福制药有限公司 4#楼北侧道路		
	11# 厦门燕来福制药有限公司 4#西侧道路		
	12# 厦门燕来福制药有限公司 6#楼北侧出入口		
	13# 厦门燕来福制药有限公司 3#楼西南出入口		
表面污染	1#拟建放射性药品仓库内（药品贮存区）	α 表面污染、 β 表面污染	
	2# 拟建放射性药品仓库内（盥洗区）		
	3# 拟建放射性药品仓库内（登记室）		
	4# 拟建放射性药品仓库东侧仓储区		
	5# 拟建放射性药品仓库北侧仓储区		
	6# 拟建放射性药品仓库上方仓储区		

项目检测点位详见下图：

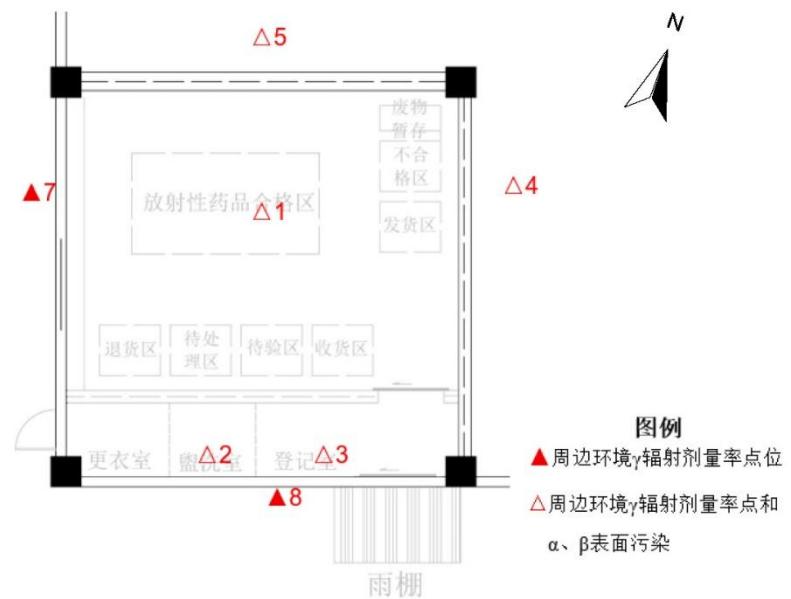
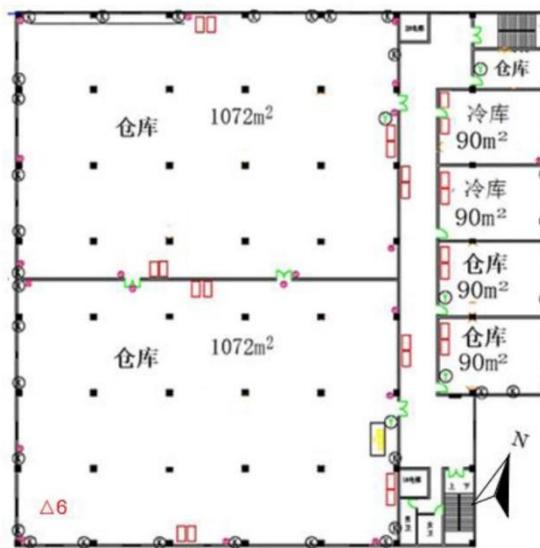


图1 拟建场所区域周边环境监测布点图 1



图例
 △ 周边环境 γ 辐射剂量率点位
 ▲ 周边环境 γ 辐射剂量率点和 α 、 β 表面污染

图2 拟建场所区域周边环境监测布点图 2

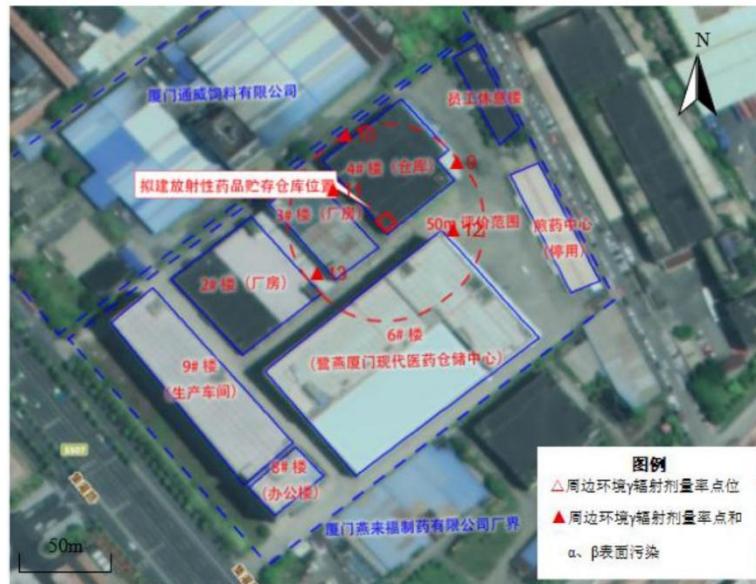


图3 拟建场所区域周边环境监测布点图 3

二、检测结果

项目具体检测结果如下表：

表3 环境 γ 辐射剂量率检测结果

序号	点位编号及名称	检测结果 (nGy/h)
1	1# 拟建放射性药品仓库内 (药品贮存区)	196.2
2	2# 拟建放射性药品仓库内 (盥洗区)	171.2
3	3# 拟建放射性药品仓库内 (登记室)	181.2
4	4# 拟建放射性药品仓库东侧仓储区	196.2
5	5# 拟建放射性药品仓库北侧仓储区	186.2
6	6# 拟建放射性药品仓库上方仓储区	152.0
7	7# 拟建放射性药品仓库西侧道路	139.4
8	8# 拟建放射性药品仓库南侧道路	142.7
9	9# 厦门燕来福制药有限公司 4#楼出入口	157.9
10	10#厦门燕来福制药有限公司 4#楼北侧道路	141.1
11	11#厦门燕来福制药有限公司 4#西侧道路	136.9
12	12#厦门燕来福制药有限公司 6#楼北侧出入口	127.0
13	13#厦门燕来福制药有限公司 3#楼西南出入口	140.4

注：检定/校准因子 k_1 取 1.17，仪器检验源效率因子 k_2 取 1，换算系数取 1.20Sv/Gy，建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 k_3 ，点位 k_3 取 0.8，室外取 1.0，测点处宇宙射线响应值 D_c 取 13.1。

表4 环境 γ 辐射剂量率检测结果

序号	点位编号及名称	检测结果	
		α 表面污染	β 表面污染
1	1#拟建放射性药品仓库内 (药品贮存区)	<0.0003	<0.0003
2	2# 拟建放射性药品仓库内 (盥洗区)	<0.0003	<0.0003
3	3# 拟建放射性药品仓库内 (登记室)	<0.0003	<0.0003
4	4# 拟建放射性药品仓库东侧仓储区	<0.0003	<0.0003
5	5# 拟建放射性药品仓库北侧仓储区	<0.0003	<0.0003

三、检测项目、方法及检出限

项目及方法等详见下表:

表5 检测项目及方法

类别	检测项目	检测标准(方法)名称及编号(含年号)
辐射	环境 γ 辐射剂量率	环境 γ 辐射剂量率测量技术规范 HJ 1157-2021
	α 表面污染	表面污染测定 第1部分: β 发射体 (E β max > 0.15MeV) 和 α 发射体 GB/T 14056.1-2008
	β 表面污染	表面污染测定 第1部分: β 发射体 (E β max > 0.15MeV) 和 α 发射体 GB/T 14056.1-2008

四、仪器信息

仪器相关信息详见下表:

表6 仪器信息

仪器设备名称	便携式环境 x 、 γ 剂量仪	α 、 β 表面污染仪	
生产厂家	美国赛默飞世尔	美国赛默飞世尔	
型号	FH40G	RadEye AB100	
能量响应范围	40keV~4.4MeV	α	β
测量范围	1nSv/h-100 μ Sv/h	0.01-10000cps	0.01-100000cps
出厂编号	31664	11355	
检定/校准证书编号	250003010000493	250003010001004	
检定单位	中检计量有限公司	中检计量有限公司	
有效期	2025年3月6日至2026年3月5日	2025年4月29日至2026年4月28日	

五、气象条件

表7 气象条件

检测日期	天气	温湿度条件			
		室内		室外	
		温度(°C)	湿度(%)	温度(°C)	湿度(%)
2025.06.12	晴	25.6~26.5	42~46	33.0~35.8	52~58

六、 现场检测图片

项目现场检测图片见下图：



图4 9#·厦门燕来福制药有限公司 4#楼出入口



图5 3#·拟建放射性药品仓库内(登记室)。-



图6 6# 拟建放射性药品仓库上方仓储区



图7 1#拟建放射性药品仓库内(药品贮存区)

..... 报告结束

福建省闽环试验检测有限公司

检测报告

项目名称：宇宙射线响应值检测



福建省闽环试验检测有限公司

2025年3月

便携式 X、 γ 剂量周围剂量当量率仪（赛默飞）在福清东张水库对宇宙射线的响应

目的：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）要求，在进行环境辐射剂量率测量时，应扣除仪器对宇宙射线的响应部分。由于不同仪器对宇宙射线的响应不同，为了便携式 X、 γ 剂量周围剂量当量率仪在校准周期间有效可靠运行，福建省闽环试验检测有限公司检测人员在福清市东张水库使用便携式 X、 γ 剂量周围剂量当量率仪（赛默飞）开展了宇宙射线响应值的测量。

1. 检测依据

- 1.1 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）
- 1.2 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

2. 检测

2.1 检测仪器

X、 γ 剂量率仪（赛默飞）：FH40G-L10+FHZ672E-10

厂家：美国热电（赛默飞）

出厂编号：31664

测量范围：

主机（FH40GL-10）：10nSv/h~100mSv/h;

探头（FHZ 672E-10）：1nGy/h~200 μ Gy/h;

能量范围：

主机（FH40GL-10）：30keV~4.4MeV;

探头（FHZ672E-10）：40keV~4.4MeV;

相对固有误差：-11.9%;

重复性：0.8%;

检定单位：中检计量有限公司

证书号：250003010000493

2.2 检测地点

《环境辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）标准中 5.4.3 要求“在进行环境辐射剂量率测量时，应扣除仪器对宇宙射线的响应部分，不扣除时应注明。不同仪器对宇宙射线的响应不同，可在水深大于 3m，距岸边大于 1km 的淡水水面上测量，仪器应放置于对读数干扰小的木制、玻璃钢或橡胶船体上，船体内不能有压舱石。测量仪器的宇宙射线响应及其自身本底时，在读数间隔为 10s 时应至少读取或选取 50~100 个读数，也可选取仪器自动给出的平均值，或使读数平均值统计

涨落小于 1%”。因此本次测量地点选取位于北纬 $25^{\circ} 25' 5''$ ，东经 $119^{\circ} 25' 5''$ 的福清市东张水库，水库总面积 15 平方公里，正常蓄水位 54 米，相应库容 1.85 亿立方米，测点 R1 选在水库中距岸 1km 处。

2.3 检测时间

2025 年 3 月 11 日，天气：多云，气温：18.5~19.6°C，湿度：61~65%。

2.4 检测过程

根据《环境辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）选择对仪器测量干扰较小的橡皮船，行驶至距岸边 1km 处，测量测点气象参数，测点 10 秒读一数值，读取 100 个数据。

3. 检测数据

现场记录数据，具体数据见表 1。

表 1 现场测试数据

序号	点位名称	仪器读数值（单位：nSv/h）									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	R1 水库中距 岸 1km 处	11.7	11.4	11.9	11.2	11.7	11.8	12.0	11.4	11.5	12.1
2		11.4	11.4	11.8	11.5	11.6	11.3	11.6	11.3	11.8	12.0
3		11.7	11.9	11.2	11.3	11.8	11.2	11.7	11.7	11.7	11.2
4		11.2	11.7	11.8	11.7	11.5	11.3	11.8	12.0	11.7	11.7
5		12.0	11.5	11.8	11.4	12.1	11.2	11.7	11.4	11.8	11.5
6		11.3	11.8	11.9	12.0	11.3	11.5	11.6	11.6	11.3	11.8
7		11.8	12.0	12.1	11.5	11.3	12.0	11.8	11.4	11.7	11.3
8		11.9	11.7	11.5	11.7	11.3	11.8	12.0	11.6	11.9	11.5
9		11.9	11.7	11.9	11.9	11.2	11.8	12.1	12.1	11.3	11.6
10		11.3	11.5	11.6	11.3	11.2	11.9	11.5	11.6	11.4	11.9
仪器读数均值 \bar{X} ：11.63nSv/h				检定/校准因子 C_f ：1.13				响应值 \bar{X}' ：13.1nSv/h			

仪器对宇宙射线的响应值 \bar{X}' 按式中计算

$$\bar{X}' = C_f \cdot \bar{X} \quad (1)$$

式中： \bar{X}' --- 仪器对宇宙射线的响应值；

C_f --- 仪器量程检定/校准因子，由法定计量部门检定或校准时给出；

\bar{X} --- 现场监测时仪器 n 次读数的平均值。

4.小结

从测量数据可得便携式 X、 γ 剂量周围剂量当量率仪（赛默飞）对宇宙射线的响应值为 13.1nSv/h。

附件8 检测单位资质



检验检测机构 资质认定证书附表



231312050136

检验检测机构名称：福建省闽环试验检测有限公司

批准日期：2023 年 12 月 22 日

有效期至：2029 年 12 月 21 日

批准部门：福州市市场监督管理局



国家认证认可监督管理委员会制

注 意 事 项

1. 本附表分两部分，第一部分是经资质认定部门批准的授权签字人及其授权签字范围，第二部分是经资质认定部门批准检验检测的能力范围。
2. 取得资质认定证书的检验检测机构，向社会出具具有证明作用的数据和结果时，必须在本附表所限定的检验检测的能力范围内出具检验检测报告或证书，并在报告或者书中正确使用 CMA 标志。
3. 本附表无批准部门骑缝章无效。
4. 本附表页码必须连续编号，每页右上方注明：第 X 页共 X 页。



一、批准的福建省闽环试验检测有限公司授权签字人及领域表

资质认定证书编号：231312050136

检验检测机构地址：福建省福州市晋安区福飞北路 400 号核应急指挥中心 5 至 7 层

序号	姓 名	职务/职称	批准授权签字领域	备注
1	李辉	工程师	资质认定行政许可的气、声项目	
2	林易晨	技术负责人/工程师	资质认定行政许可的全部检测项目	
3	吴明言	工程师	资质认定行政许可的全部检测项目	
4	余蓉	质量负责人/工程师	资质认定行政许可的水和废水、海水、海洋沉积物、环境空气和废气、土壤和沉积物、固体废物、室内空气、生活饮用水项目	

以下空白

二、批准的福建省闽环试验检测有限公司检验检测的能力范围

资质认定证书编号: 231312050136

检验检测机构地址: 福建省福州市晋安区福飞北路 400 号核应急指挥中心 5 至 7 层

能力代码	类别/对象	项目/参数	依据的标准(方法)名称及编号(含年号)	限制范围	备注
10040050 001	室内空气	PM10	环境空气 PM10 和 PM2.5 的测定 重量法 及其修改单 HJ 618-2011		
10040050 002	室内空气	PM2.5	环境空气 PM10 和 PM2.5 的测定 重量法 及其修改单 HJ 618-2011		
10040070 001	室内空气	苯	室内空气质量标准 GB/T 18883-2022	能检: 附录 C(规范性) 苯、甲苯、二甲苯的测定 C.2 活性炭吸附-二硫化碳解吸-气相色谱法	
10040070 002	室内空气	甲苯	室内空气质量标准 GB/T 18883-2022	能检: 附录 C(规范性) 苯、甲苯、二甲苯的测定 C.2 活性炭吸附-二硫化碳解吸-气相色谱法	
10040070 003	室内空气	二甲苯	室内空气质量标准 GB/T 18883-2022	能检: 附录 C(规范性) 苯、甲苯、二甲苯的测定 C.2 活性炭吸附-二硫化碳解吸-气相色谱法	
10040080 001	室内空气	甲醛	室内环境空气质量监测技术规范 HJ/T 167-2004	能检: 附录 H(规范性附录) 室内空气中甲醛的测定方法 H.2 酚试剂分光光度法	
10050010 001	辐射	α 表面污染	表面污染测定 第 1 部分: β 发射体 ($E\beta_{max} > 0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体 GB/T 14056.1-2008		
10050010 002	辐射	β 表面污染	表面污染测定 第 1 部分: β 发射体 ($E\beta_{max} > 0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体 GB/T 14056.1-2008		
10050020 001	辐射	$X-Y$ 辐射剂量率	环境 γ 辐射剂量率测量技术规范 HJ 1157-2021		

附件9 检测仪器检定证书



中检计量有限公司
CCIC Metrology Co.,Ltd.



中国认可
国际互认
校准
CALIBRATION
CNAS L16668

校准证书



CALIBRATION CERTIFICATE

证书编号: 1111111111111111

Certificate No. 250003010000493

客户名称
Client

福建省国环试验检测有限公司

器具名称
Instrument

便携式X, γ 辐射周围剂量当量率仪

型号/规格

FH 40G-L10+FHZ 672 E
-10

出厂编号
Serial No.

31664+11491

设备编号

/

Equipment No.

制造单位
Manufacturer

Thermo SCIENTIFIC

客户地址
Client Address

福建省晋安区福飞北路400号核应急指挥中心5至7层



批准人
Authorized by

徐一鹤

徐一鹤

核验员
Reviewed by

周捷

周捷

校准员
Calibrated by

潘兴建

潘兴建

校准日期 2025 年 02 月 26 日

Year

Month

Day

Calibration Date

样品接收日期
Sample Acceptance Date

2025 年 02 月 26 日

Year Month Day

证书发布日期
Date of issue

2025 年 03 月 06 日

Year Month Day

总部地址(Head quarters Add): 北京市朝阳区西坝河东里18号中检大厦16层

邮编(Post Code): 100028

投诉/建议邮箱(E-mail): ccicjl@ccic.com

电话(Tel): 010-84606947

实验室地址(Add of the Lab): 江苏省南通市崇川区长兴路398号3号楼

Building 3, No. 398 Changxing Road, Chongchuan District, Nantong City, Jiangsu Province

邮编(Post Code): 226002

电话(Tel): 0513-85156188



中检计量有限公司

CCIC Metrology Co.,Ltd.

限制使用条件和范围

Restrictions and Scope of use

■ 本证书校准结果仅对所校准样品有效。

The calibration result is only valid for the calibrated sample.

■ 本证书未经实验室批准，不得部分印制。

The certificate shall not be partly photocopied without the permission of our laboratory.

■ 本证书未加盖校准专用章无效。

The certificate is invalid without special seal for calibration.

■ 对本次校准若有异议，委托方应于收到校准证书之日起十五个工作日内向本实验室提出。

If you have any question, please feedback to us within 15 days from the date you received the certificate.

■ 被校准仪器修理后或使用过程中，如对被校准仪器的技术指标产生怀疑，请重新校准。

During the use or after repair of the calibrated instrument, if you have doubts about the technical specifications of the calibrated instrument, please calibrate again.

■ 以下校准项目已在委托单中与客户约定。

The calibration items below have been confirmed with the client in the order.

■ “#”项目为实验室具备能力，非CNAS认可能力。

"#"represents the capacity of the laboratory, which is beyond the scope of accreditation of CNAS.

■ 校准结果中“P”代表“Pass”，“F”代表“Fail”，“N/A”代表“Not Applicable”。

In the Results of calibration, the "P"represents "Pass", the "F" represents "Fail", and the"N/A"represents"Not Applicable".

■ 根据客户使用及要求，建议本次校准结果有效期最长不超过 / 个月。

According to customer requirements and the usage of the instrument, it is suggested that the term of validity of calibration results should not exceed / months.

■ 本证书编号具有唯一性，后缀若带有“A~Z”的证书为替换证书，自替换证书发出后原证书即刻作废。

Each certificate has a unique number. The suffix of "A~Z"will be added to the number as a replacement of the old certificate. The original certificate will be officially invalid once the new certificate number is issued.



中检计量有限公司

CCIC Metrology Co.,Ltd.

证书编号



Certificate No. 250003010000493

中检计量有限公司是中国合格评定国家认可委员会(CNAS)认可的实验室
认可证书号为L16668

CCIC Metrology Co.,Ltd. is accredited by CNAS, the accreditation certificate No. L16668

校准依据的技术文件(代号、名称) JJG393-2018《便携式X、 γ 辐射周围剂量当量
Reference documents for the calibration(Code、Name) (率)仪和监测仪》

校准所使用的主要计量器具

Measuring instruments used in the Calibration

名称/编号 Instruments/S/N	型号规格 Model	技术指标 Specifications	溯源机构/证书编号 Traceability Institute/ Certificate No.	有效日期 Valid Date
电离室剂量仪+1L电 离室(γ) 092753+000778	UNIDOS E + TW 32002	0.1uGy/h~1Gy/h $U_{rel}=3.3\%, k=2$	中国计量科学研究院 DLJ12024-05293	2025-05-09
电离室剂量仪+10L 电离室(γ) 092753+000272	UNIDOS E + TW 32003	0.01uGy/h~100mGy/h $U_{rel}=5.0\%, k=2$	中国计量科学研究院 DLJ12024-05292	2025-05-09
电离室剂量仪+1L电 离室(X) 092753+000778	UNIDOS E+TW32 002	0.1uGy/h~1Gy/h $U_{rel}=2.6\%, k=2$	中国计量科学研究院 DLJ12024-07465	2025-06-16
电离室剂量仪+10L 电离室(X) 092753+000272	UNIDOS E+TW32 003	0.01uGy/h~100mGy/h $U_{rel}=4.0\%, k=2$	中国计量科学研究院 DLJ12024-07781	2025-06-23
数显温湿度计(配 γ 场实验室传感器) YSWSQ230504136/A1 0249	YS-WS1Q140354	温度: (-20~50) °C 湿度: (0~95) %RII 温度: $U=0.2\%$, $k=2$ 湿度: $U=1.0\%RH$, $k=2$	上海市计量测试技术研 究院 2024E13-10-548980900 2	2025-09-13
环境监测用X、 γ 辐 射空气比释动能(吸 收剂量)率仪 RJ380700378	RJ38 3602	(1×10^{-7} ~ 1×10^{-4}) Gy/h $U_{rel}=6.5\%, k=2$	上海市计量测试技术研 究院 2024H21-20-555684100 1	2025-10-22



中检计量有限公司

CCIC Metrology Co.,Ltd.

证书编号



Certificate No. 250003010000493

校准所使用的主要计量器具

Measuring instruments used in the Calibration

名称/编号 Instruments/S/N	型号规格 Model	技术指标 Specifications	溯源机构/证书编号 Traceability Institute/ Certificate No	有效日期 Valid Date
大气压传感器(配γ 场实验室传感器) B236357	/	(80~106) kPa $t=0.16\%FS$, $k=2$	上海市计量测试技术研 究院 2024E21-10-548981000 1	2025-09-22
电子秒表 SBNT-0045	XL-026N	(0~35999) s $t=0.03s$, $k=2$	深圳市华中航技术检测 有限公司 HZHE20240600608	2025-06-23

校准地点及环境条件

Location and Environmental Condition of the calibration

温度/°C Temperature	(18.3~18.6)	校准地点 Location	江苏省南通市崇川区长兴路398号3号楼X辐射实 验室/γ辐射实验室
相对湿度/% Relative humidity	43.6	其他 Others	气压为102.8kPa; 实验室环境γ本底辐射为0.094 μ Gy/h; 且实验 室环境周边50m内无明显影响正常工作的机械振 动和电磁干扰

溯源性说明

Traceability Description

本证书中的校准结果可溯源至国际单位制(SI)单位。

用章



中检计量有限公司
CCIC Metrology Co.,Ltd.

证书编号



Certificate No. 250003010000493

校准结果

Results of calibration

1. 通用技术要求 符合 JJG393-2018 中 6.1~6.3 条的技术要求。

2. 相对固有误差 (使用 ^{137}Cs γ 参考辐射)

周围剂量当量率 mSv/h	0.138	0.095	0.012	0.006
校准因子 C_f	1.07	1.09	1.16	1.13
相对误差(%)	-6.1	-8.3	-13.6	-11.9

相对固有误差: -13.6%

3. 重复性: 0.8%

4. 能量响应

辐射质	N-80	N-100	N-150	N-200
校准因子 C_f	0.95	1.00	1.46	1.74
相对响应 R'_E	1.15	1.09	0.75	0.63

校准因子 C_f 测量值的相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}} = 6.9\% (k=2)$

校准结果内容结束。

——以下空白——



中检计量有限公司
CCIC Metrology Co.,Ltd.



中国认可
国际互认
校准
CALIBRATION
CNAS L16668

校准证书



CALIBRATION CERTIFICATE

证书编号:

Certificate No. 250003010001004

客户名称 Client	福建省闽环试验检测有限公司		
器具名称 Instrument	a、 β 表面污染仪	型号/规格 Model	RadEye AB100
出厂编号 Serial No.	11355	设备编号 Equipment No.	/
制造单位 Manufacturer	Thermo Fisher Scientific Messtechnik GmbH		
客户地址 Client Address	福建省晋安区福飞北路400号核应急指挥中心5至7层		



批准人
Authorized by

徐一鹤

徐一鹤

核验员
Reviewed by

周捷

周捷

校准员
Calibrated by

张浩宇

张浩宇

校准日期 2025 年 04 月 22 日

Year

Month

Day

Calibration Date

样品接收日期 2025 年 04 月 22 日

Sample Acceptance Date Year Month Day

证书发布日期 2025 年 04 月 29 日

Date of issue Year Month Day

总部地址 (Head quarters Add): 北京市朝阳区西坝河东里18号中检大厦16层

邮编 (Post Code): 100028

投诉/建议邮箱 (E-mail): ccicjl@ccic.com 电话 (Tel): 010-84606947

实验室地址 (Add of the Lab): 江苏省南通市崇川区长兴路398号3号楼

Building 3, No. 398 Changxing Road, Chongchuan District, Nantong City, Jiangsu Province

邮编 (Post Code): 226002

电话 (Tel): 0513-85156188



中检计量有限公司

CCIC Metrology Co.,Ltd.

限制使用条件和范围

Restrictions and Scope of use

■ 本证书校准结果仅对所校准样品有效。

The calibration result is only valid for the calibrated sample.

■ 本证书未经实验室批准，不得部分印制。

The certificate shall not be partly photocopied without the permission of our laboratory.

■ 本证书未加盖校准专用章无效。

The certificate is invalid without special seal for calibration.

■ 对本次校准若有异议，委托方应于收到校准证书之日起十五个工作日内向本实验室提出。

If you have any question, please feedback to us within 15 days from the date you received the certificate.

■ 被校准仪器修理后或使用过程中，如对被校准仪器的技术指标产生怀疑，请重新校准。

During the use or after repair of the calibrated instrument, if you have doubts about the technical specifications of the calibrated instrument, please calibrate again.

■ 以下校准项目已在委托单中与客户约定。

The calibration items below have been confirmed with the client in the order.

■ “#”项目为实验室具备能力，非CNAS认可能力。

"#"represents the capacity of the laboratory, which is beyond the scope of accreditation of CNAS.

■ 校准结果中“P”代表“Pass”，“F”代表“Fail”，“N/A”代表“Not Applicable”。

In the Results of calibration, the "P"represents "Pass", the "F" represents "Fail", and the"N/A"represents"Not Applicable".

■ 根据客户使用及要求，建议本次校准结果有效期最长不超过 / 个月。

According to customer requirements and the usage of the instrument, it is suggested that the term of validity of calibration results should not exceed / months.

■ 本证书编号具有唯一性，后缀若带有“A~Z”的证书为替换证书，自替换证书发出后原证书即刻作废。

Each certificate has a unique number. The suffix of "A~Z"will be added to the number as a replacement of the old certificate. The original certificate will be officially invalid once the new certificate number is issued.



中检计量有限公司

CCIC Metrology Co.,Ltd.

证书编号



Certificate No. 250003010001004

中检计量有限公司是中国合格评定国家认可委员会(CNAS)认可的实验室
认可证书号为L16668

CCIC Metrology Co.,Ltd. is accredited by CNAS, the accreditation certificate No. L16668

校准依据的技术文件(代号、名称) JJG478-2016《 α 、 β 表面污染仪》
Reference documents for the calibration(Code、Name)

校准所使用的主要计量器具

Measuring instruments used in the Calibration

名称/编号 Instruments/S/N	型号规格 Model	技术指标 Specifications	溯源机构/证书编号 Traceability Institute/ Certificate No	有效日期 Valid Date
α 平面源 P2411510585	^{241}Am $\Phi 150\text{mm} \times 100\text{mm}$ (活性区尺寸)	表面发射率: $9.09 \times 10^3 \text{ min}^{-1}$ $U_{\text{rel}} = 3.0\%, k = 2$	上海市计量测试技术研 究院 2023H00-10-463569800 1	2025-06-18
α 平面源 P2411510586	^{241}Am $\Phi 150\text{mm} \times 100\text{mm}$ (活性区尺寸)	表面发射率: $5.69 \times 10^4 \text{ min}^{-1}$ $U_{\text{rel}} = 3.0\%, k = 2$	上海市计量测试技术研 究院 2023H00-10-463569800 1	2025-06-18
α 平面源 P2411510587	^{241}Am $\Phi 150\text{mm} \times 100\text{mm}$ (活性区尺寸)	表面发射率: $2.97 \times 10^5 \text{ min}^{-1}$ $U_{\text{rel}} = 3.0\%, k = 2$	上海市计量测试技术研 究院 2023H00-10-463569800 1	2025-06-18
β 平面源 P361510588	^{36}Cl $\Phi 150\text{mm} \times 100\text{mm}$ (活性区尺寸)	表面发射率: $2.41 \times 10^4 \text{ min}^{-1}$ $U_{\text{rel}} = 3.5\%, k = 2$	上海市计量测试技术研 究院 2023H00-10-463569800 4	2025-06-18
β 平面源 P361510589	^{36}Cl $\Phi 150\text{mm} \times 100\text{mm}$ (活性区尺寸)	表面发射率: $2.01 \times 10^5 \text{ min}^{-1}$ $U_{\text{rel}} = 3.5\%, k = 2$	上海市计量测试技术研 究院 2023H00-10-463569800 4	2025-06-18
β 平面源 P361510590	^{36}Cl $\Phi 150\text{mm} \times 100\text{mm}$ (活性区尺寸)	表面发射率: $7.74 \times 10^5 \text{ min}^{-1}$ $U_{\text{rel}} = 3.5\%, k = 2$	上海市计量测试技术研 究院 2023H00-10-463569800 4	2025-06-18
温湿度记录仪 EF7231000202	RC-4HC	温度: $(-30 \sim 60)^\circ\text{C}$ 湿度: $(0 \sim 99)\% \text{RH}$ 温度: $U = 0.4^\circ\text{C}$, $k = 2$ 湿度: $U = 2.2\% \text{RH}$, $k = 2$	品冠(南通)检测认证技 术有限公司 PGAR25032001A	2026-03-19



中检计量有限公司

CCIC Metrology Co.,Ltd.

证书编号



Certificate No. 250003010001004

校准所使用的主要计量器具

Measuring instruments used in the Calibration

名称/编号 Instruments/S/N	型号规格 Model	技术指标 Specifications	溯源机构/证书编号 Traceability Institute/ Certificate No	有效日期 Valid Date
环境监测用X、 γ 辐射空气比释动能(吸收剂量)率仪 RJ380700378	RJ38-3602 300mm	$(1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-4}) \text{ Gy/h}$ $U_{\text{rel}} = 6.5\%, k = 2$ $(0 \sim 300) \text{ mm}$ MPE: $\pm 0.10 \text{ mm}$	上海市计量测试技术研究院 2024沪21-20-555684100 1 深圳市华中航技术检测有限公司 HZHL20250303626	2025-10-22
钢直尺 SBNT-0050				2026-03-19

校准地点及环境条件

Location and Environmental Condition of the calibration

温度/°C Temperature	21.9	校准地点 Location	江苏省南通市长兴路398号3幢一层活度实验室
相对湿度/% Relative humidity	58.6	其他 Others	实验室环境本底辐射为 $0.08 \mu \text{Gy/h}$; 现场实验环境周边50m内无建筑施工或其它明显 震动干扰源, 无大型基站或变电站等电磁干扰源

溯源性说明

Traceability Description

本证书中的校准结果可溯源至国际单位制 (SI) 单位。



中检计量有限公司
CCIC Metrology Co.,Ltd.

证书编号



Certificate No. 250003010001004

校 准 结 果

Results of calibration

外观: 满足JJG 478-2016中的6通用技术要求。

检测时, 标准源表面与探测器窗之间距离: α 源为 5 mm, β 源为 10 mm

测量档	本底计数率 s^{-1}	表面发射率响应	相对固有误差 %	重复性 %
α	13.3	0.32	-30.1	5.0
β	13.3	0.43	4.1	1.8

表面发射率响应测量结果的相对扩展不确定度: $U_{\alpha_{rel}}=5.8\%$, $k=2$

$U_{\beta_{rel}}=5.2\%$, $k=2$

——以下空白——

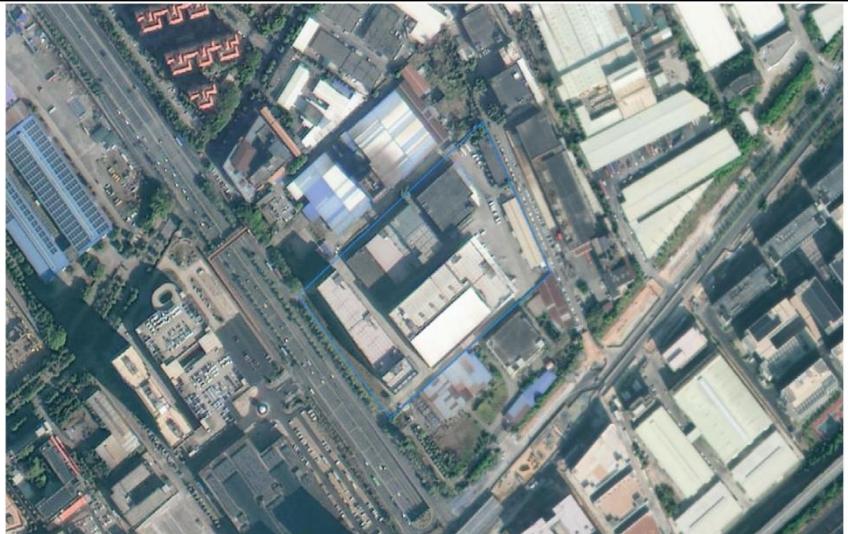
CCIC

附件10 辐射安全与防护考核合格证书

附件11 生态环境分区管控综合查询报告

福建省生态环境分区管控综合查询报告

分析报告仅供参考，不构成任何形式专业建议及审批意见

基本情况			
报告编号	FQGK1762329285890	报告名称	报告 05155445
报告时间	2025-11-05	划定面积(公顷)	
缓冲半径(米)		行业类别	
总体概述			
项目所选地块涉及 1 个生态环境管控单元，其中重点管控单元 1 个			
			

环境管控单元准入要求

机械工业集中区(灌口片区)			
陆域生态环境管控单元	ZH35021120002		
市级行政单元	厦门市	县级行政单元	集美区
管控单元分类	重点管控单元		
1、空间布局约束			
1. 禁止准入非配套涉及重金属排放的新(扩)建项目。涉及金属铸锻件的铸造、锻造、热处理、日用五金表面处理和电镀工序的，仅准入属于主导产业配套工序的项目，并落实区域排放总量有余量、承诺清洁生产后方可准入。2. 禁止在先锋电镀集中区以外新(扩)建专业电镀项目			

以及排放废水重点重金属污染物的其他工业项目；先锋电镀集控区禁止扩建园区规模，禁止扩(改)建无重点重金属污染物排放指标调剂来源的电镀项目。（省市重点重大产业项目、“高技术、高成长、高附加值”（简称“三高”）重点企业增资扩产项目、规划发展的新材料、新能源和节能环保产业重点项目确需配套的电镀工艺除外）。3.在现有和规划的集中居住区（包括村庄、住宅小区）、学校等敏感目标外100m范围内，禁止准入排放挥发性有机物、异味污染物及其他列入《有毒有害大气污染物名录》污染物的新建、改(扩)建工业生产项目，具体见厦门市中陆域-空间布局约束-重点管控单元-第7条要求，如有新规定发布的则执行最新要求。4.如准入涂装专业企业或生产线应采用薄膜处理等清洁生产工艺代替表面磷化工艺。5.严格限制耗水量大、重污染项目准入。6.除集中供热外，不再新建非清洁能源锅炉及工业窑炉。7.根据永久基本农田的相关法律法规、管理规章管理，从严管控非农建设占用永久基本农田。一般建设项目不得占用永久基本农田，重大建设项目选址确实难以避让永久基本农田的，必须依法依规办理，落实最严格的节约集约用地制度，并按照“数量不减、质量不降、布局稳定”的要求进行补划。临时用地一般不得占用永久基本农田，建设项目施工和地质勘查需要临时用地、选址确实难以避让永久基本农田的，必须依法依规办理。对各类未经批准或不符合规定要求的建设项目、临时用地、农村基础设施、设施农用地，以及人工湿地、景观绿化工程等占用永久基本农田的，责令限期恢复原种植条件。申请新设矿业权，应避让永久基本农田。

2、污染物排放管控

1.新建、扩建项目，实行区域内二氧化硫、氮氧化物、VOCS总量控制，落实相关规定要求。2.建立区域重点VOCS排放企业污染管理台账，深化VOCS治理技术改造，推进原辅材料的水性化改造或低挥发性有机物含量原辅材料的使用。3.严格落实涉重金属重点行业企业新(改、扩)建设项目建设重点重金属污染物排放总量控制与指标调剂制度。4.产生含重金属废水、或难以生化降解废水、或高盐废水的企业，应对生产废水进行有效预处理，第一类污染物应在车间处理设施出口达到行业排放标准，污水综合排放标准中相应标准，企业生产废水经处理后总排放口应达到DB35/322《厦门市水污染物排放标准》相应标准要求后再排入市政污水管网。5.单元内生产生活污水实现100%收集和处理，依托的杏林水质净化厂（远期为前场水质净化厂）执行DB35/322《厦门市水污染物排放标准》中表2中的A级标准限值。

3、环境风险防控

1.制定园区环境风险应急预案，成立应急组织机构，建设突发事件应急物资储备库。对单元内具有潜在污染环境风险的企业应加强管理，实施项目环评、设计建设、拆除设施、终止经营全生命周期污染防治，建立环境风险隐患排查治理制度、风险防控体系和长效监管机制。2.对单元内具有潜在土壤污染环境风险的企业应加强管理，实施项目环评、设计建设、拆除设施、终止经营全生命周期土壤和地下水污染防治，建立土壤和地下水污染隐患排查治理制度、风险防控体系和长效监管机制。制定环境风险应急预案，建设突发事件应急物资储备库，成立应急组织机构。3.按照重点管控新污染物清单要求，禁止、限制重点管控新污染物的生产、加工使用和进出口。严格涉新污染物建设项目准入管理。排放重点管控新污染物的企业和其他生产经营者应按照相关法律法规要求，对排放（污）口及其周边环境定期开展环境监测，评估环境风险，排查整治环境安全隐患，依法公开新污染物信息，采取措施防范环境风险。土壤污染重点监管单位应严格控制有毒有害物质排放，建立土壤污染隐患排查制度，防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散。

4、资源开发效率要求

推进区内优化能源结构，使用清洁能源，提高能源利用率。

区域总体管控

产业集聚类重点管控单元	<p>1、空间布局约束 对于存在未依法开展规划环境影响评价或环境风险隐患突出且未完成限期整改或未按期完成污染物排放总量控制计划的工业园区，暂停受理除污染治理、生态恢复建设和循环经济类以外的入园建设项目环境评价文件。</p> <p>2、污染物排放管控 1.以福州江阴工业区和环罗源湾区域、厦门市岛外工业园区、漳州市周边工业区和台商投资区、泉州市泉港和泉惠石化工业区、莆田华林和西天尾工业园区、宁德漳湾工业区和湾坞钢铁集中区等为重点，削减现有企业氮氧化物和挥发性有机物排放量，新增氮氧化物和挥发性有机物排放应实施区域等量或倍量替代削减。2.各类开发区、工业园区应全面实现污水集中处理并安装自动在线监控装置；现有化工园区、涉重金属工业园区内企业污水接管率必须达到100%。3.新建、升级工业园区应同步规划、建设污水、垃圾集中处理等污染治理设施。4.大型石化产业基地、以化工为主导行业的工业园区，以及规模化的皮革、合成革、电镀专业集中区，应配套建设危险废物贮存处置设施。5.鼓励国家级和省级开发区在符合依法、合理、集约用地和环境保护的要求下，整合托管区位邻近且产业趋同的各类工业园区及其环境保护设施（包括污水、固废集中治理设施）。6.化工园区新建项目实施“禁限控”化学物质管控措施，项目在开展环境影响评价时应严格落实相关要求，严格涉新污染物建设项目源头防控和准入管理。</p> <p>3、环境风险防控 所有石化、化工园区均应健全环境风险防控工程，建设公共环境应急池系统，完善事故废水导流措施，建设功率足够的双向动力提升设施，形成企业应急池、企业间应急池共用和园区公共应急池三级应急池体系，提升园区应对环境风险能力。</p> <p>4、资源开发效率要求 无</p>
-------------	---

全省陆域	<p>1、空间布局约束 1.石化、汽车、船舶、冶金、水泥、制浆造纸、印染等重点产业，要符合全省规划布局要求。2.严控钢铁、水泥、平板玻璃等产能过剩行业新增产能，新增产能应实施产能等量或减量置换。3.除列入国家规划的大型煤电和符合相关要求的等容量替代项目，以及以供热为主的热电联产项目外，原则上不再建设新的煤电项目。4.氟化工产业应集中布局在《关于促进我省氟化工产业绿色高效发展的若干意见》中确定的园区，在上述园区之外不再新建氟化工项目，园区之外现有氟化工项目不再扩大规模。5.禁止在水环境质量不能稳定达标的区域内，建设新增相应不达标污染物指标排放量的工业项目。6.禁止在通风廊道和主导风向的上风向布局大气重污染企业，推进建成区大气重污染企业搬迁或升级改造、环境风险企业搬迁或关闭退出。7.新建、扩建的涉及重点重金属污染物〔1〕的有色金属冶炼、电镀、</p>
------	---

	<p>制革、铅蓄电池制造企业布局应符合《福建省进一步加强重金属污染防治实施方案》（闽环保固体〔2022〕17号）要求。禁止低端落后产能向闽江中上游地区、九龙江北溪江东北引桥闸以上、西溪桥闸以上流域、晋江流域上游转移。禁止新建用汞的电石法（聚）氯乙烯生产工艺。</p> <p>2、污染物排放管控</p> <p>1.建设项目新增的主要污染物（含 VOCs）排放量应按要求实行等量或倍量替代。重点行业建设项目新增的主要污染物排放量应同时满足《关于加强重点行业建设项目区域削减措施监督管理的通知》（环办环评〔2020〕36号）的要求。涉及新增总磷排放的建设项目应符合相关削减替代要求。新、改、扩建重点行业〔2〕建设项目要符合“闽环保固体〔2022〕17号”文件要求。2.新改扩建钢铁、火电项目应执行超低排放限值，有色项目应当执行大气污染物特别排放限值。水泥行业新改扩建项目严格对照超低排放、能效标杆水平建设实施，现有项目超低排放改造应按“闽环规〔2023〕2号”文件的时限要求分步推进，2025年底前全面完成〔2〕〔4〕。3.近岸海域汇水区域、“六江两溪”流域以及排入湖泊、水库等封闭、半封闭水域的城镇污水处理设施执行不低于一级A排放标准。到2025年，省级及以上各类开发区、工业园区完成“污水零直排区”建设，混合处理工业污水和生活污水的污水处理厂达到一级A排放标准。4.优化调整货物运输方式，提升铁路货运比例，推进钢铁、电力、电解铝、焦化等重点企业和工业园区货物由公路运输转向铁路运输。5.加强石化、涂料、纺织印染、橡胶、医药等行业新污染物环境风险管控。</p> <p>3、环境风险防控</p> <p>无</p> <p>4、资源开发效率要求</p> <p>1.实施能源消耗总量和强度双控。2.强化产业园区单位土地面积投资强度和效用指标的刚性约束，提高土地利用效率。3.具备使用再生水条件但未充分利用的钢铁、火电、化工、制浆造纸、印染等项目，不得批准其新增取水许可。在沿海地区电力、化工、石化等行业，推行直接利用海水作为循环冷却等工业用水。4.落实“闽环规〔2023〕1号”文件要求，不再新建每小时35蒸吨以下燃煤锅炉，以及每小时10蒸吨及以下燃生物质和其他使用高污染燃料的锅炉。集中供热管网覆盖范围内禁止新建、扩建分散燃煤、燃油等供热锅炉。5.落实“闽环保大气〔2023〕5号”文件要求，按照“提气、转电、控煤”的发展思路，推动陶瓷行业进一步优化用能结构，实现能源消费清洁低碳化。</p>
--	--

厦门市陆域	<p>1、空间布局约束</p> <p>1.思明区禁止新建涉及增加大气、水污染物排放的工业生产项目，改、扩建项目严格控制污染物排放总量，引导已建项目进行升级改造。2.湖里区禁止准入需新增废水重点重金属排放指标的工业生产项目。3.先锋电镀集控区禁止扩大园区规模，原则上禁止在先锋电镀集控区之外新(扩)建专业电镀项目，涉及重点重金属污染物排放的须确保指</p>
-------	--

<p>标调剂来源后方可进入该园区。4.对省、市级重点重大产业项目，省、市级“高技术、高成长、高附加值”重点企业增资扩产项目，规划发展的电子产业、新材料、新能源和节能环保产业重点项目确需配套电镀工艺等涉及重点重金属废水排放的须确保重点重金属污染物排放指标调剂来源，在落实污染防治和风险防控的前提下，可予准入。5.合理规划和布局污水处理和垃圾处置等环保设施建设。6.对于生态控制线内的既有工业用地，按照下列规定处理：(1)经出让取得国有建设用地使用权的合法建设项目建设，符合环保要求的，可以按土地出让合同建设或保留，不得进行增加污染物排放的新建、改建、扩建，到期按规定予以收回；不符合环保要求的依法予以征收。(2)经划拨取得国有建设用地使用权的合法建设项目建设，符合环保要求的，可以保留，不得进行增加污染物排放的新建、改建、扩建；不符合环保要求的依法予以收回。(3)集体土地上具有合法土地使用权属证明的建设项目建设，符合环保要求的，可以保留，不得进行增加污染物排放的新建、改建、扩建；不符合环保要求的依法予以征收。7.在现有和规划的集中居住区（包括村庄、住宅小区）、学校等敏感目标外围 100 米范围[1]内，禁止准入增加排放有机废气污染物、恶臭（异味）污染物[2]及其他列入《有毒有害大气污染物名录》污染物的新(改、扩)建工业生产项目，主要禁止以下项目类型：(1)化学原料和化学制品制造业、医药制造业类项目（不使用挥发性有机溶剂原料、异味物料的单纯物理分离、物理提纯、混合、分装、药品复配的项目经环评论证可行的可准入）。(2)制革，人造革，发泡胶，塑料再生（包括改性），制浆造纸（含废纸），轮胎制造，橡胶再生，含炼化及硫化工艺的橡胶制品（硅橡胶制品项目经环评论证可行的可准入）。(3)化纤制造（单纯纺丝除外），制鞋，含染整、染色、印花工艺的服装、纤维、塑料纺织品生产项目。(4)饲料及其添加剂，树脂工艺品，沥青制品，玻璃钢制品制造项目。(5)香辛料调味品，发酵制品，屠宰，含发酵工艺的食品、饮料、调味品加工项目。(6)含有喷漆（工业涂装）工序的项目（使用电泳、水性涂料、粉末涂料、固化涂料的项目经环评论证可行的，方可准入）。(7)丝印，包装印刷项目（使用水性油墨的印刷项目经环评论证可行的，方可准入）。(8)含金属、合金高温熔炼、熔铸（铸造）工艺的，含 PVC、尼龙、再生塑料加热成型或塑料涂覆工艺的项目。(9)其他使用挥发性有机溶剂、稀释剂原辅材料年使用总量 2 吨以上的，或者 2 吨以下但需要设置大气环境防护距离的建设项目（2 吨及以下的项目经环评论证可行的，方可准入）。8.旧城改造和新区开发建设应当根据城市功能需要，在商业服务区内集中规划建设餐饮业经营场所。规划建设的餐饮业经营场所应当设置专用烟道。禁止在住宅楼、未配套设立专用烟道的商住楼以及商住楼内与居住层相邻的商业楼层内新建、改建、扩建产生油烟、异味、废气的餐饮服务项目。禁止将上述物业提供用于产生油烟、异味、废气的餐饮服务项目。</p> <p>2、污染物排放管控</p> <p>1.重点区域和行业新(改、扩)建项目新增污染物排放指标的应执行污染物总量控制相关规定。2.严格落实涉重金属重点行业企业新(改、</p>
--

扩) 建设项目重点重金属污染物排放总量控制与指标调剂制度, 总量来源应优先选择同一重点行业内企业削减的重点重金属污染物排放量。3.所有 VOCs 排放行业企业必须采取有效的 VOCs 削减和控制措施, 特别是化工、家具、橡胶、印刷和表面涂装等重点行业 VOCs 项目, 推广水性或低 VOCs 含量的涂料, 对于新建项目需增加 VOCs 排放量的应执行污染物总量控制相关规定。4.热电联产、集中供热项目除外, 新、改、扩建工业锅炉(包括各种容量用于生产、经营的热水锅炉、蒸汽锅炉、热载体炉、热风炉和烘干炉)必须使用电、天然气等清洁能源, 禁止新建、扩建以煤、水煤浆、生物质成型燃料、重油、柴油等燃料的工业锅炉等燃烧设施。燃气已供达或集中供热已建成区域尽快完成生物质成型燃料锅炉及气化炉淘汰或清洁能源改造。完善烟气排放在线连续监测仪器的设置和维护, 确保日常监管到位, 工业锅炉烟气排放持续稳定达标。5.现有及新建项目水污染物排放应执行 DB35/322《厦门市水污染物排放标准》, 对于厦门地方标准中未规定的指标, 执行 GB8978《污水综合排放标准》、国家或福建省发布的行业污染物排放标准; 大气污染物排放应执行 DB35/323《厦门市大气污染物排放标准》, 对于厦门地方标准中未规定的指标, 执行 GB16297《大气污染物综合排放标准》、国家或福建省发布的行业污染物排放标准。6.开展省级及以上开发区、工业园区“污水零直排区”建设, 鼓励有条件的企业开展中水回用, 提升工业园区废水处理水平, 改善流域水质。7.对使用有毒有害化学物质或在生产过程中排放新污染物的企业, 全面实施强制性清洁生产审核。加强石化、涂料、纺织印染、橡胶、医药等行业新污染物环境风险防控。全面落实《产业结构调整指导目录》中有毒有害化学物质的淘汰和限制措施, 强化绿色替代品和替代技术的推广应用。鼓励对限制或禁止的持久性有机污染物替代品和替代技术的研发与应用。8.在城市建成区等以行政办公、居住生活为主的城市发展功能区内, 污染物排放管控应执行以下要求: (1)对现状企业进行整合或升级改造, 全面提升污染治理水平。(2)通过实施清洁柴油车(机)、清洁运输和清洁油品行动, 发展绿色交通, 基本淘汰国三及以下排放标准汽车, 按照国家统一部署实施国六排放标准。推动氢燃料电池汽车示范应用, 有序推广清洁能源汽车。强化城市扬尘污染管控和对加油站、储油库、油罐车等油气回收设施运行监管等措施减少城市交通源、扬尘源。(3)禁止在人口聚集区新建涉及危险化学品或危险废物的集中仓储的项目(加油站和燃气充装站等城镇基础能源保供设施配套的仓储按国土空间规划要求执行)。(4)列入建设用地土壤污染风险管控和修复名录的地块, 不得作为住宅、公共管理与公共服务用地。(5)规划建设的餐饮业经营场所应当设置专用烟道。对餐饮服务项目: ①可能产生油烟污染的, 应满足: a.安装油烟净化设施并保持正常使用, 油烟通过餐饮业专用烟道排放, 不得排入下水管道, 专用烟道的排放口高度和位置不得影响周围居民生活、工作环境; b.现有油烟排放口应符合 DB35/323《厦门市大气污染物排放标准》规定, 新建项目按 GB18483、HJ554 执行; c.油烟排放应执行 GB18483 规定。②噪声、振动排放应符合规定标准。③设置油水

	<p>分离设施，污水经隔油预处理后排入市政污水管网，废油脂交由有资质的单位处置。(6)服装干洗、机动车维修等服务活动项目，应当按照国家有关标准等要求设置异味和废气处理装置等污染防治设施并保持正常使用。(7)严格控制新建、改建、扩建建筑物采用玻璃幕墙等反光材料。建筑外立面采用反光材料的，不得采用镜面玻璃或者抛光金属板等材料。</p> <p>3、环境风险防控 无</p> <p>4、资源开发效率要求 无</p>
--	--

附件12 管理制度