

核技术利用建设项目

游仙区放射药研发生产基地二期项目

环境影响报告书

(公示本)

国通(绵阳)新药技术有限公司

二〇二五年三月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

游仙区放射药研发生产基地二期项目

环境影响报告书

建设单位名称：国通（绵阳）新药技术有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省绵阳市游仙区游仙街道康宁路 19 号

邮政编码：621000

联系人：胥**

电子邮箱：hongjun.xu@glotope.com

联系电话：13*****677

目 录

1	概述	1
1.1	项目名称、地点	1
1.2	项目概况	1
1.3	编制依据	34
1.4	评价标准	38
1.5	评价等级	42
1.6	评价范围和保护目标	45
2	自然环境与社会环境状况	47
2.1	自然环境状况	47
2.2	社会经济状况	52
2.3	环境质量和辐射现状	54
2.4	厂址适宜性评价	58
3	工程分析与源项	60
3.1	项目规模与基本参数	60
3.2	工艺设备与工艺分析	101
3.3	污染源项	118
3.4	废弃物	156
4	辐射防护与安全措施	175
4.1	场所布局与屏蔽	175
4.2	辐射安全与防护措施	186
4.3	三废治理	200
4.4	服务期满后的环境保护措施	215
5	环境影响分析	217
5.1	施工期环境影响评价	217
5.2	运营期环境影响评价	219
5.3	事故影响分析	238
6	辐射安全管理	247
6.1	机构与人员	247

6.2	辐射安全管理规章制度	248
6.3	辐射监测	249
6.4	辐射事故应急	253
7	利益-代价简要分析	257
7.1	利益分析	257
7.2	代价分析	258
7.3	正当性分析	259
8	结论与建议	261
8.1	项目工程概况	261
8.2	辐射安全与防护	261
8.3	环境影响分析	262
8.4	辐射安全管理	263
8.5	公众参与	263
8.6	结论	264
8.7	建议和承诺	264
8.8	竣工验收要求	265

附图

附图 1 地理位置图

附图 2 产业园（青龙北片区）规划用地布局图

附图 3 项目辐射环境质量现状监测布点示意图-1（核医疗产业园）

附图 4 项目辐射环境质量现状监测布点示意图-2（国通新药厂区）

附图 5 项目外环境关系图

附图 6 项目总平布局及废气排口布置示意图

附图 7-1 综合车间（一）一层平面布局及“人流、污流、物流”平面图

附图 7-2 综合车间（一）二层平面布局及“人流、污流、物流”平面图

附图 8-1 综合车间（二）一层平面布局及“人流、污流、物流”平面图

附图 8-2 综合车间（二）二层平面布局及“人流、污流、物流”平面图

附图 9-1 综合车间（一）一层辐射分区图

附图 9-2 综合车间（一）二层辐射分区图

附图 10-1 综合车间（二）一层辐射分区图

附图 10-2 综合车间（二）二层辐射分区图

附图 11-1 综合车间（一）一层放射排风分区示意图

附图 11-2 综合车间（一）二层放射排风分区示意图

附图 12-1 综合车间（二）一层放射排风分区示意图

附图 12-2 综合车间（二）二层放射排风分区示意图

附图 13-1 综合车间（一）一层气流组织示意图

附图 13-2 综合车间（一）二层气流组织示意图

附图 14-1 综合车间（二）一层气流组织示意图

附图 14-2 综合车间（二）二层气流组织示意图

附图 15 衰变池布置示意图

附图 16-1 综合车间（一）一层放废排管道平面图

附图 16-2 综合车间（一）二层放废排管道平面图

附图 17-1 综合车间（二）一层放废排管道平面图

附图 17-2 综合车间（二）二层放废排管道平面图

附图 18-1 综合车间（一）一层辐射监测设备分布图

附图 18-2 综合车间（一）二层辐射监测设备分布图

附图 19-1 综合车间（二）一层辐射监测设备分布图

附图 19-2 综合车间（二）二层辐射监测设备分布图

附件

附件 1 先通二期-环评委托书

附件 2 先通二期-备案证明表

附件 3-1 辐射安全许可证-正本

附件 3-2 辐射安全许可证-副本

附件 4 关于成立公司辐射安全与环境管理小组的通知（2023）4 号

附件 5 辐射工作人员考核证信息

附件 6 近四季度个人剂量监测

附件 7-1 引用产业园辐射环境监测-川辐环监字（2022）第 RM0029RM0031 号（气水土、芙蓉溪底泥，多种核素）

附件 7-2 引用产业园辐射环境监测-川辐环监字（2021）第 RM0036（气地表地下水，碘系）

附件 7-3 新增核素检测-辐测院监字（2024）第 H248 号 国通（绵阳）新药技术有限公司游仙区放射药研发生产基地二期项目环境质量现状监测报告

附件 7-4 引用一期项目验收环境监测-RDSY202502 一国通（绵阳）新药技术有限公司-游仙区放射药研发生产基地项目

附件 7-5 引用产业园辐射环境监测 川辐环监字（2024）第 RM0072 号-辐射环境现状监测（气溶胶、地下水、地表水、土壤及底泥）-西安迈斯拓扑科技有限公司加速器生产²²⁵Ac 等医用同位素项目环境质量监测

附件 7-6 引用产业园辐射环境监测-川辐环监字（2024）第 RM0069 号-中广核同位素科技（绵阳）有限公司中能回旋加速器生产医用放射性同位素项目

附件 7-7 引用产业园辐射环境监测-川辐环监字（2022）第 RM0031 号-中国（绵阳）科技城医疗健康产业园青龙山片区样品核酸分析

附件 7-8 游仙区放射药研发生产基地二期项目-久测环检字 202501062 号

附件 8 项目建设厂区土地证

附件 9 四川先通医药科技有限公司游仙区放射药研发生产基地项目环境报告书的批复（川环审批（2022）26 号）

附件 10 国通（绵阳）新药技术有限公司游仙区放射药研发生产基地项目（第一阶段验收）竣工环境保护验收意见及专家组名单

1 概述

1.1 项目名称、地点

1.1.1 项目名称

游仙区放射药研发生产基地二期项目

1.1.2 建设地点

本项目位于四川省绵阳市游仙区游仙街道康宁路 19 号中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山片区（东经 104°48'3.168"；北纬 31°32'12.660"），项目地理位置见附图 1。

1.2 项目概况

1.2.1 建设单位概况

国通（绵阳）新药技术有限公司（原四川先通医药科技有限公司）是国通（成都）新药技术有限公司的全资子公司，注册资本 6000 万元。公司定位于以创新为战略的诊疗一体化的放射性药物研发生产企业，专注于脑神经、心血管、肿瘤领域创新放射性诊断及治疗药物研发生产。

1.2.2 项目由来

国通（绵阳）新药技术有限公司（原四川先通医药科技有限公司，以下简称“公司”或“建设单位”）于 2021 年选址在四川省绵阳市游仙区中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山片区建设游仙区放射药研发生产基地项目（以下简称“一期项目”），开展放射性药物的生产、销售和研发。2022 年，一期项目取得了四川省生态环境厅出具的环评批复（川环审批〔2022〕26 号）。2024 年，国通（绵阳）新药技术有限公司申请了辐射安全许可证（国环辐证〔00534〕），许可种类和范围为使用 V 类放射源；生产、销售和使用非密封放射性物质，甲、乙级非密封放射性物质工作场所。目前，一期项目环评、办证及验收情况见下表。

表 1-1 一期项目建设、办证及环保验收情况

工程内容	建设情况	办证情况	环保验收情况
综合车间（一）一层 α核素中试车间： 拟设 2 条试生产线，以外购核素 ²²⁵ Ac、 ²²⁷ Th 料液为原料的 ²²⁵ Ac/ ²²⁷ Th 标记药物生产线和以外购核素 ²²⁸ Ra 或 ²²⁸ Th 料液为原的料 ²¹² Pb/ ²¹² Bi 标记药物生产线。	已建设	²¹² Pb、 ²¹² Bi、 ²²⁸ Ra、 ²²⁴ Ra、 ²²⁸ Th、 ²²⁷ Th 和 ²²⁵ Ac 已上证	未验收
α核素车间 1： 拟设 1 条生产线，外购核素 ²²⁸ Ra 或 ²²⁸ Th 料液为原料，利用自动分离纯化装置生成核素 ²²⁴ Ra 料液，以此制备 ²²⁴ Ra 核素溶液。	未建设	未上证	未验收
α核素车间 2： 拟设 1 条生产线，以自产的 ²²⁴ Ra 核素溶液为原料，制备 ²²⁴ Ra- ²¹² Pb 发生器和中间产品 ²¹² Pb 核素溶液和 ²¹² Bi 核素溶液。	未建设	未上证	未验收
α核素药物车间 1： 拟设 2 条试生产线，以自产的 ²¹² Pb、 ²¹² Bi 核素溶液生产 ²¹² Pb 标记药物、 ²¹² Bi 标记药物。	未建设	未上证	未验收
α核素药物车间 2： 拟设 2 条试生产线，以外购的 ²²³ Ra 和 ⁸⁹ Sr 溶液为原料，通过稀释、分装等工艺生产 ²²³ RaCl ₂ 和 ⁸⁹ SrCl ₂ 注射液。	已建设	²²³ Ra 和 ⁸⁹ Sr 已上证	未验收
α核素药物车间 3： 拟设 2 条试生产线，以外购核素 ²²⁵ Ac 料液为原料，分装生产 ²²⁵ Ac 标记药物。	未建设	未上证	未验收
α核素药物车间 4： 拟设 2 条试生产线，以外购核素 ²²⁷ Th 料液为原料，分装生产 ²²⁷ Th 注射液。	未建设	未上证	未验收
综合车间（一）二层 ¹⁷⁷Lu 车间 1： 拟设 1 条生产线，以外购 ¹⁷⁷ Lu 料液为原料，通过纯化、分装生产 ¹⁷⁷ Lu 核素 GMP 溶液。	已建设	¹⁷⁷ Lu 已上证	未验收
¹⁷⁷Lu 车间 2： 拟设 1 条生产线，以外购 ¹⁷⁷ Lu 料液或自加工的 ¹⁷⁷ Lu 核素 GMP 溶液为原料，通过标记、分装等工艺生产 ¹⁷⁷ Lu 标记药物注射液。	未建设	未上证	未验收
¹⁷⁷Lu-车间 3： 拟设 2 条生产线，以外购 ¹⁷⁷ Lu 料液或自加工的 ¹⁷⁷ Lu 核素 GMP 溶液为原料，通过标记、分装等工艺生产 ¹⁷⁷ Lu-DOTATATE 注射液。	已建设	¹⁷⁷ Lu 已上证	未验收
¹⁷⁷Lu-车间 4： 拟设 2 条生产线，以外购 ¹⁷⁷ Lu 料液或自加工的 ¹⁷⁷ Lu 核素 GMP 溶液为原料，通过标记、分装等工艺生产 ¹⁷⁷ Lu-EB-PSMA 注射液。	未建设	未上证	未验收
⁹⁰Y 车间： 拟设 2 条生产线，以外购 ⁹⁰ Y-玻璃微球为原料，分装生产 ⁹⁰ Y-玻璃微球注射剂。	已建设	⁹⁰ Y 已上证	未验收
¹³¹I 车间： 拟设 1 条生产线，以外购碘（ ¹³¹ I）化钠溶液为原料，通过标记、分装生产 ¹³¹ I-MIBG 注射液。	未建设	未上证	未验收
综合车间（一）放射质检区 主要开展放射性活度检测、放射化学纯度检测、放射性核纯检测和细菌内毒素等相关检验，涉及 ¹⁷⁷ Lu、 ⁹⁰ Y、 ¹³¹ I、 ¹²⁵ I、 ¹²⁴ I、 ¹²³ I、 ³² P、 ¹⁶¹ Tb、 ¹¹¹ In、 ¹⁸⁸ Re、 ⁶⁸ Ga、 ^{99m} Tc、 ¹⁸ F、 ⁸⁹ Zr、 ⁶⁴ Cu、 ²²³ Ra、 ²²⁴ Ra、 ²²⁸ Ra、 ²²⁵ Ac、 ²²⁷ Th、 ²²⁸ Th、 ²¹² Pb、 ²¹² Bi、 ⁸⁹ Sr 等 24 种核素。	已建设	¹⁷⁷ Lu、 ⁹⁰ Y 等 24 种核素已上证	已验收
综合车间（二）研发中心 开展放射性核素的标记、吸附、分离等相关检验实验，涉及放射性核素 ¹⁷⁷ Lu、 ⁹⁰ Y、 ¹³¹ I、 ¹²⁵ I、 ¹²⁴ I、 ¹²³ I、 ¹¹¹ In、 ¹⁸⁸ Re、 ¹⁸⁸ W（ ¹⁸⁸ Re）、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁸ Ge（ ⁶⁸ Ga）、 ^{99m} Tc、 ⁹⁹ Mo（ ^{99m} Tc）、 ¹⁸ F、 ⁸⁹ Zr、 ⁶⁴ Cu、 ³² P、 ¹⁶¹ Tb、 ²²³ Ra、 ²²⁴ Ra、 ²²⁸ Ra、 ²²⁵ Ac、 ²²⁷ Th、 ²²⁸ Th、 ²¹² Pb、 ²¹² Bi、 ²³² Th 和 ⁸⁹ Sr 共 28 种核素。	已建设	¹⁷⁷ Lu、 ⁹⁰ Y 等 28 种核素已上证	已验收

综合车间（二）动物实验区	涉及操作核素有 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{124}I 、 ^{123}I 、 ^{32}P 、 ^{161}Tb 、 ^{111}In 、 ^{188}Re 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{89}Zr 、 ^{64}Cu 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{212}Bi 、 ^{212}Pb 共 20 种。	已建设	^{177}Lu 、 ^{90}Y 等 20 种核素已上证	未验收
--------------	---	-----	---	-----

随着国内核医学水平的进步和和医药市场的快速发展，为更好地适应市场需求，进一步拓展生产能力及品种范围，公司拟对一期项目进行改扩建，主要包括：①对综合车间（一）一层的 6 个生产车间新增/调减核素产品种类或调整生产天数，包括 10 条生产线，涉及 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{224}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 、 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 等 10 种核素，调整后一层的日等效最大操作量为 $5.37\text{E}+13\text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所；②对综合车间（一）二层的 6 个生产车间新增/调减核素产品种类或调整生产天数，将预留的 2 个车间改建为放药生产线，包括 15 条生产线，涉及 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 、 ^{225}Ac 、 ^{90}Y 等 6 种核素，调整后二层生产区的日等效最大操作量为 $1.35\text{E}+14\text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所；③在综合车间（一）二层质检中心新增 ^{11}C 、 ^{68}Ge （ ^{68}Ga ）、 ^{86}Y 、 ^{99}Mo （ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）、 ^{188}W （ ^{188}Re ）、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{224}Ra （ ^{212}Pb ）、 ^{228}Th （ ^{212}Pb ）等 9 种核素的操作，调整既有 ^{32}P 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 等 24 种核素的操作量或活动种类，调整后二层质检中心的日等效最大操作量为 $7.34\text{E}+11\text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所；④在综合车间（二）研发中心新增 ^{11}C 、 ^{68}Ge 、 ^{86}Y 、 ^{137}Cs 、 ^{137}Cs （ $^{137\text{m}}\text{Ba}$ ）、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 、 ^{166}Ho 、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{224}Ra （ ^{212}Pb ）等 10 种核素，调整 ^{18}F 、 ^{32}P 、 ^{64}Cu 等 28 种核素的操作量及活动种类，调整后综合车间（二）研发中心日等效最大操作量为 $2.44\text{E}+11\text{Bq}$ ，为甲级非密封放射性物质工作场所。

本次具体改扩建前后内容对照分析见下表。

表 1-2 改扩建情况对比表

类别	改扩建前	改扩建后	变更情况
主体工程	<p>α核素中试车间（已建）： 本车间位于综合车间（一）一层，设 ²²⁵Ac/²²⁷Th 标记药物试生产线和 ²¹²Pb/²¹²Bi 标记药物试生产线各 1 条，分别进行 ²²⁵Ac 标记药物/²²⁷Th 标记药物和 ²¹²Pb 标记药物/²¹²Bi 标记药物生产。</p> <p>²²⁵Ac/²²⁷Th 标记药物试生产线的 ²²⁵Ac 或 ²²⁷Th 日最大操作量为 3.7E+08Bq，年最大操作量为 1.85E+10Bq，核素 ²²⁵Ac 或 ²²⁷Th 的活动种类为生产、使用、销售。</p> <p>²¹²Pb/²¹²Bi 标记药物试生产线的 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th 日最大操作量为 3.7E+08Bq，年最大操作量为 1.85E+10Bq；²²⁴Ra 日最大操作量为 2.96E+08Bq，年最大操作量为 1.48E+10Bq；核素 ²¹²Pb 日最大操作量为 2.37E+08Bq，年最大操作量为 1.18E+10Bq；核素 ²¹²Bi 日最大操作量为 1.89E+08Bq，年最大操作量为 9.45E+09Bq。核素 ²²⁸Ra、²²⁸Th、²²⁴Ra 的活动种类为生产、使用，核素 ²¹²Pb、²¹²Bi 的活动种类为生产、使用、销售。</p>	<p>放药101车间： 位于综合车间（一）一层，设 2 条通用生产线且可同时运行，车间每日最多生产 2 种核素。生产方案包括：①²²⁸Ra、²²⁸Th、²²⁴Ra、²¹²Pb、²¹²Bi 核素溶液的生产、使用、销售；②²²⁵Ac 标记药物的生产、使用、销售；③²¹¹At 标记药物的生产、使用、销售。</p> <p>方案①²²⁸Ra 日最大操作量为 3.7E+09Bq，年最大操作量为 1.35E+12Bq，活动种类为生产、使用、销售；²²⁸Th 日最大操作量为 3.7E+09Bq，年最大操作量为 1.35E+12Bq，活动种类为生产、使用、销售；²²⁴Ra 日最大操作量为 3.7E+09Bq，年最大操作量为 1.35E+12Bq，活动种类为生产、使用、销售；²¹²Pb 日最大操作量为 3.7E+09Bq，年最大操作量为 7.40E+11Bq，活动种类为生产、使用、销售；²¹²Bi 日最大操作量为 3.7E+09Bq，年最大操作量为 3.70E+11Bq，活动种类为生产、使用、销售。</p> <p>方案②²²⁵Ac 日最大操作量为 1.48E+10Bq，年最大操作量为 1.48E+12Bq，活动种类为生产、使用、销售。</p> <p>方案③²¹¹At 日最大操作量为 3.7E+11Bq，年最大操作量为 7.40E+13Bq，活动种类为生产、使用、销售。</p>	<p>①场所名称变更：将“α核素中试车间”更名为“放药101车间”。</p> <p>②生产线总数不变，功能调整：由原2条专用生产线改为通用生产线。</p> <p>③调整核素种类、操作量：取消原申请的核素²²⁷Th；新增核素²¹¹At的生产、使用和销售，增加²²⁴Ra、²¹²Pb、²¹²Bi、²²⁵Ac的日最大操作量。</p> <p>④产品种类增加：取消原有²²⁷Th标记药物；新增²²⁸Ra溶液、²²⁸Th溶液、²²⁴Ra溶液、²¹¹At标记药物。</p>
	<p>α核素药物车间 2（已建）： 本车间位于综合车间（一）一层，设 2 条通用生产线且可同时运行，车间每日最多生产 2 种核素。</p> <p>以外购 ²²³Ra、⁸⁹Sr 核素料液为原料进行 ²²³RaCl₂ 注射液或 ⁸⁹SrCl₂ 注射液生产。核素 ²²³Ra 日最大操作量 7.40E+09Bq，年最大操作量 7.40E+11Bq，活动种类为生产、使用和销售；核素 ⁸⁹Sr 日最大操作量 3.70E+10Bq，年最大操作量 3.70E+12Bq，活动种类为生产、使用和销售。</p>	<p>放药105车间： 本车间位于综合车间（一）一层，设 2 条通用生产线且可同时运行，车间每日最多生产 2 种核素。</p> <p>以外购²²³Ra、⁸⁹Sr核素料液为原料进行²²³RaCl₂注射液或⁸⁹SrCl₂注射液生产。核素²²³Ra日最大操作量7.40E+09Bq，年最大操作量7.40E+11Bq，活动种类为生产、使用和销</p> <p>售；核素⁸⁹Sr日最大操作量3.70E+10Bq，年最大操作量3.70E+12Bq，活动种类为生产、使用和销售。</p>	<p>场所名称变更：将：“α核素药物车间2”更名为“放药105车间”。</p>
	<p>⁹⁰Y 车间（已建）： 本车间位于综合车间（一）二层，设 2 条生产线，以外购 ⁹⁰Y-玻璃微球为原料生产 ⁹⁰Y-玻璃微球注射剂。核素 ⁹⁰Y 日最大操作量为 9.25E+12Bq，年操作 50 天，年最大操作量为 4.63E+14Bq，活动种类为生产、使用和销售。</p>	<p>放药 203 车间： 本车间位于综合车间（一）二层，设有 2 条生产线。</p> <p>以外购 ⁹⁰Y-玻璃微球为原料生产。核素 ⁹⁰Y 日最大操作量为 9.25E+12Bq，年操作 200 天，年最大操作量为 1.85E+15Bq，活动种类为生产、使用和销售。</p>	<p>①场所名称变更：将“⁹⁰Y 车间”更名为“放药203车间”。</p> <p>②增加⁹⁰Y操作天数。</p>
	<p>¹⁷⁷Lu-车间3（已建）： 本车间位于综合车间（一）二层，设2条生产线，以外购镧（¹⁷⁷Lu）料液或自加工的¹⁷⁷Lu核素GMP溶液为原料生产¹⁷⁷Lu-DOTATATE注射液。核素¹⁷⁷Lu日最大操作量为4.07E+12Bq（1100Ci），年最大操作量为4.07E+14Bq（11000Ci），活动种类为生产、使用和销售。</p>	<p>放药204车间： 位于综合车间（一）二层，设 2 条通用生产线且可同时运行，车间每日最多生产 2 种核素。生产方案包括：①¹⁷⁷Lu 标记药物的生产、使用、销售；②¹⁶¹Tb 标记药物的生产、使用、销售；③²²⁵Ac 标记药物的生产、使用、销售。</p> <p>方案①¹⁷⁷Lu 日最大操作量为 2.22E+13Bq，年最大操作量为 4.44E+15Bq，活动种类为生产、使用、销售。</p> <p>方案②¹⁶¹Tb 日最大操作量 2.96E+12Bq，年最大操作量 5.92E+14Bq，活动种类为生产、使用、销售。</p> <p>方案③²²⁵Ac 日最大操作量为 1.48E+10Bq，年最大操作量为 2.96E+12Bq，活动种类为生产、使用、销售。</p>	<p>①场所名称变更：“¹⁷⁷Lu 车间3”更名为“放药204车间”。</p> <p>③调整核素种类、操作量：增加¹⁷⁷Lu的日最大操作量，新增¹⁶¹Tb和²²⁵Ac生产、使用、销售。</p> <p>③生产线总数不变，功能调整：由原2条专用生产线改为通用生产线。</p>
<p>¹⁷⁷Lu 车间 1（已建）： 本车间位于综合车间（一）二层，设 1 条生产线，以外购镧（¹⁷⁷Lu）料液为原料生产 ¹⁷⁷Lu 核素 GMP 溶液。核素 ¹⁷⁷Lu 日最大操作量为 2.22E+13Bq（600Ci），年最大操作量为 1.11E+13Bq（30000Ci），活动种类为生产、使用和销售。</p>	<p>放药206车间： 位于综合车间（一）二层，设 2 条通用生产线且可同时运行，车间每日最多生产 2 种核素。生产方案包括：①¹⁷⁷Lu 标记药物的生产、使用、销售；②¹⁶¹Tb 标记药物的生产、使用、销售；③²²⁵Ac 标记药物的生产、使用、销售。</p> <p>方案①：¹⁷⁷Lu 日最大操作量为 2.22E+13Bq，年最大操作量为 4.44E+15Bq，活动种类为生产、使用、销售。</p> <p>方案②：¹⁶¹Tb 日最大操作量 1.48E+12Bq，年最大操作量 2.96E+14Bq，活动种类为生产、使用、销售。</p> <p>方案③：²²⁵Ac 日最大操作量为 1.48E+10Bq，年最大操作量为 2.96E+12Bq，活动种类为生产、使用、销售。</p>	<p>①场所名称变更：将“¹⁷⁷Lu 车间1”更名为“放药206车间”。</p> <p>②调整核素种类、操作量：增加¹⁷⁷Lu的年操作天数，新增¹⁶¹Tb和²²⁵Ac生产、使用、销售。</p> <p>③生产线总数不变，功能调整：由原2条专用生产线改为通用生产线。</p>	
<p>质检中心： 主要对自产产品和研发产品进行相关质检，按功能划分为放射质检区、常规质检区两个功能区。其中： ①放射质检区：开展放射性活度检测、放射性化学纯度检测、放射性核纯检测和细菌内毒素检验等相关检验，涉及使用核素¹⁷⁷Lu、⁹⁰Y、¹³¹I等24种，每天操作不超过6种，场所日等效最大操作量合计9.94E+09Bq； ②常规质检区：开展理化检验、微生物检验、细菌内毒素检验、pH值检验等非放实验。</p>	<p>质检中心： 主要对自产产品和研发产品进行相关质检，按功能划分为放射质检区、常规质检区两个功能区。其中： ①放射质检区：开展放射性活度检测、放射性化学纯度检测、放射性核纯检测和细菌内毒素检验等相关检验。场所日等效最大操作量为1.85E+11Bq，二期项目在二期24种操作核素的基础上新增了¹¹C、⁶⁸Ge（⁶⁸Ga）、⁸⁶Y、⁸⁹Sr、⁹⁹Mo（^{99m}Tc）、¹⁸⁸W（¹⁸⁸Re）、²⁰³Pb、²¹¹At、²²⁴Ra（²¹²Pb）、²²⁸Th（²¹²Pb）等10种核素的操作，场所日等效最大操作量合计7.34E+11Bq。 ②常规质检区：开展理化检验、微生物检验、细菌内毒素检验、pH值检验等非放实验。</p>	<p>①新增9种核素： ¹¹C、⁶⁸Ge（⁶⁸Ga）、⁸⁶Y、⁹⁹Mo（^{99m}Tc）、¹⁸⁸W（¹⁸⁸Re）、²⁰³Pb、²¹¹At、²²⁴Ra（²¹²Pb）、²²⁸Th（²¹²Pb）；</p> <p>②增加原有核素操作量：增加原有24种核素的操作量；</p> <p>③增加原有核素的活动种类：增加原有⁶⁸Ga、^{99m}Tc、¹⁸⁸Re、²¹²Pb三种核素的活动种类，由原申请的使用增加为生产、使用。</p> <p>④单独设置为 1 个非密封放射性物质工作场所，等级为甲级。</p>	

综合车间 (二), 共三层	一层、 二层	放射性药物研发中心: 主要开展放射性核素的标记、吸附、分离等相关研发实验, 涉及使用核素 ¹⁷⁷ Lu、 ⁹⁰ Y、 ¹³¹ I等28种, 每天操作不超过4种, 场所日等效最大操作量合计2.96E+09Bq, 为 乙级 非密封放射性物质工作场所。此外, 拟使用4枚V类校正源(⁶⁰ Co、 ¹³⁷ Cs、 ²⁴¹ Am、 ⁶⁸ Ge)。	放射性药物研发中心: 主要开展放射性核素的标记、吸附、分离等相关研发实验, 项目二期在第一期涉及放射性核素基础上新增 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ge、 ⁸⁶ Y、 ⁸⁹ Sr、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁷ Cs(^{137m} Ba)、 ^{137m} Ba、 ¹⁶⁶ Ho、 ¹⁸⁸ W(¹⁸⁸ Re)、 ²⁰³ Pb、 ²¹¹ At、 ²²⁴ Ra(²¹² Pb)、 ²³² Th等13种核素, 调整 ¹⁸ F、 ³² P、 ⁶⁴ Cu等26种核素的操作量及活动种类, 场所日等效最大操作量合计2.44E+11Bq, 为 甲级 非密封放射性物质工作场所。此外, 拟使用4枚V类校正源(⁶⁰ Co、 ¹³⁷ Cs、 ²⁴¹ Am、 ⁶⁸ Ge), 暂存在综合车间(二)一层的同位素暂存间。	①新增 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ge、 ⁸⁶ Y、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁷ Cs(^{137m} Ba)、 ^{137m} Ba、 ¹⁶⁶ Ho、 ²⁰³ Pb、 ²¹¹ At、 ²²⁴ Ra(²¹² Pb)等10种核素; ②调整 ¹⁸ F、 ³² P、 ⁶⁴ Cu等28种核素的操作量及活动种类; ③非密封放射性物质工作场所等级由乙级升为甲级。
	三层	动物实验区: 位于车间三层, 涉及使用核素 ¹⁷⁷ Lu、 ⁹⁰ Y、 ¹³¹ I等20种, 每天操作不超过4种, 场所日等效最大操作量为2.96E+09Bq, 为 乙级 非密封放射性物质工作场所。 在影像实验室里使用1台小动物PET/CT(额定管电压100kV、额定管电流1mA)和1台小动物SPET/CT(额定管电压100kV、额定管电流1mA), 属于III类射线装置。	动物实验区: 位于车间三层, 涉及使用核素 ¹⁷⁷ Lu、 ⁹⁰ Y、 ¹³¹ I等20种, 每天操作不超过4种, 场所日等效最大操作量为2.96×10 ⁹ Bq, 为 乙级 非密封放射性物质工作场所。 在影像实验室里使用1台小动物PET/CT(额定管电压100kV、额定管电流1mA)和1台小动物SPET/CT(额定管电压100kV、额定管电流1mA), 属于III类射线装置。	不变
配套工程	综合楼	总建筑面积约3682.42m ² , 为地下一层、地面三层建筑。其中, 地下一层为设备间等公辅用房, 地面一层为职工食堂、接待展示厅等; 二层和三层均为办公区。项目职工食堂最多供60人就餐, 提供早、午餐, 食堂采用天然气为燃料。	总建筑面积约3682.42m ² , 为地下一层、地面三层建筑。其中, 地下一层为设备间等公辅用房, 地面一层为职工食堂、接待展示厅等; 二层和三层均为办公区。项目职工食堂最多供60人就餐, 提供早、午餐, 食堂采用天然气为燃料。	不变
	门卫	单层建筑, 建筑面积约45m ² 。	单层建筑, 建筑面积约45m ² 。	不变
公用工程	给水	市政管网供给自来水。	市政管网供给自来水。	不变
	供配电	由市政电网引入。	由市政电网引入。	不变
环保工程	废水治理措施	采取雨污分流制: 雨水: 直接排入厂区雨水管网, 汇入市政雨水管网; 放射性废水: 分类收集、分类处理, 含核素 ²²⁸ Ra、 ²²⁸ Th的放射性废水由专用容器单独收集, 定期移交有资质单位处理处置; 其余放射性废水经自建衰变池暂存衰变, 经监测达标(总α平≤1Bq/L、总β≤10Bq/L), 与非放工艺废水经一体化污水处理设施处理达标后, 排入所在核医疗健康产业园污水处理厂处理。 食堂废水、生活污水和非放工艺废水: 非放工艺废水经自建一体化污水处理设施处理达标后, 排入所在核医疗健康产业园污水处理厂处理达标后, 接入绵梓路市政污水管网; 餐饮废水经隔油池预处理后和生活污水一并经自建一体化污水处理设施处理达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后, 进入产业园生活污水管网, 由园区统一外运至新桥镇污水处理站处置。	采取雨污分流制: 雨水: 直接排入厂区雨水管网, 汇入市政雨水管网; 放射性废水: 分类收集、分类处理, 含核素 ²²⁸ Ra、 ²²⁸ Th等长半衰期放射性核素的放射性废水由专用容器单独收集, 定期移交有资质单位处理处置; 有机放射性废水经自建衰变池暂存衰变, 经监测达标(总α平≤1Bq/L、总β≤10Bq/L)后定期移交有资质单位处理处置; 含短半衰期放射性核素废水经自建衰变池暂存衰变, 经监测达标(总α平≤1Bq/L、总β≤10Bq/L), 与非放工艺废水一并经一体化污水处理设施处理达标后, 经核医疗健康产业园污水处理厂处理达标后排入芙蓉溪。 食堂废水、生活污水和非放工艺废水: 非放工艺废水经自建一体化污水处理设施处理达标后, 接入产业园生产污水管网; 餐饮废水经隔油池预处理后和生活污水一并经自建一体化污水处理设施处理达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后, 进入产业园生活污水管网, 上述废水经核医疗健康产业园污水处理厂处理达标后排入芙蓉溪。	针对有机放射性废水单独收集暂存衰变, 并经监测达标(总α平≤1Bq/L、总β≤10Bq/L)后定期移交有资质单位处理处置。
	废气治理措施	放射性气载流出物: 各涉放场所设局排和全排系统, 废气经高效过滤(含碘废气经除碘高效过滤)处理后, 由排气筒于屋顶排放。 油烟废气: 职工食堂设油烟净化装置, 处理后的废气经专用管道引至楼顶排放	放射性气载流出物: 各涉放场所设局排和全排系统, 废气经高效过滤(含碘废气经除碘高效过滤)处理后, 由排气筒于屋顶排放。 油烟废气: 职工食堂设油烟净化装置, 处理后的废气经专用管道引至楼顶排放。	在备用车间新增排风系统
	噪声防治措施	选用低噪声设备; 风机组、冷水机组、水泵等设备置于机房内, 利用建筑墙体隔声, 采取基础减震、软管连接设计等降噪措施。	选用低噪声设备; 风机组、冷水机组、水泵等设备置于机房内, 利用建筑墙体隔声, 采取基础减震、软管连接设计等降噪措施。	不变
固废处置措施	放射性固体废物: 由专用桶装容器分类收集, 暂存于放射性废物暂存间内, 按期核素衰变特性分类处置。 生活垃圾: 设垃圾桶, 定点袋装收集, 定期交当地环卫部门统一清运。 餐厨垃圾: 与生活垃圾分类收集、暂存, 定期交城管部门许可的单位回收处理。 废油脂: 食堂隔油池产生的浮油定期清掏收集, 定期交城管部门许可的单位回收处理。 一般固废: 废弃外包装材料, 废擦拭纸等一次性非放射性的耗材, 分类收集, 可回收的交回收单位处理, 不可回收的交当地环卫部门清运处置。未注射放射性药物的实验动物饲养过程产生的吸附有动物尿液的垫料及粪便, 达到清洁解控水平的动物粪便、尸体及组织器官, 定期交资质单位处理。 危险废物: 非放质检研发过程产生的有机废液与达到清洁解控水平的实验有机废液, 交有资质的单位处理。	放射性固体废物: 由专用桶装容器分类收集, 暂存于放射性废物暂存间内, 按其核素衰变特性分类处置。 生活垃圾: 设垃圾桶, 定点袋装收集, 定期交当地环卫部门统一清运。 餐厨垃圾: 与生活垃圾分类收集、暂存, 定期交城管部门许可的单位回收处理。 废油脂: 食堂隔油池产生的浮油定期清掏收集, 定期交城管部门许可的单位回收处理。 一般固废: 废弃外包装材料, 废擦拭纸等一次性非放射性的耗材, 分类收集, 可回收的交回收单位处理, 不可回收的交当地环卫部门清运处置。未注射放射性药物的实验动物饲养过程产生的吸附有动物尿液的垫料及粪便, 达到清洁解控水平的动物粪便、尸体及组织器官, 定期交资质单位处理。 危险废物: 非放质检研发过程产生的有机废液与达到清洁解控水平的实验有机废液, 交有资质的单位处理。	不变	

由上表 1-1 可见，本项目涉及调整已建车间操作的核素种类和操作量且新增规模超过原环评规模的 50%，将综合车间（一）预留的两个车间新建放射性药物生产线，综合车间（二）的放射性药物研发中心由乙级非密封放射性物质工作场所调整为甲级非密封放射性物质工作场所。根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《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》等法律法规要求，**本项目须进行环境影响评价。**

另外，综合车间（一）放药 105 车间（原 α 核素药物车间 2）、综合车间（二）的动物实验区、综合楼及食堂等的建设内容、工艺及产污等仍与已审批的《游仙区放射药研发生产基地项目环境影响报告书》（环评批文号：川环函〔2023〕974 号）内容一致。因此，**本报告评价范围不包含放药 105 车间、动物实验区、综合楼和食堂。**

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》中“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目”中“……甲级非密封放射性物质工作场所为报告书类……”的分类管理要求，**本项目应编制环境影响报告书。**为此，国通（绵阳）新药技术有限公司委托四川久远环保安全咨询有限公司承担本项目的的环境影响报告书编制工作，为公司申请《辐射安全许可证》扩项提供技术支持文件。环评单位接受委托后，随即组织专业人员开展资料收集、现场踏勘、资料整理分析、调研有关法规等工作，并与建设单位进行多方咨询交流，反复核实，在进行工程分析的基础上，结合工程的具体情况以及辐射危害特征，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的要求，编制了本环境影响报告书。

1.2.3 项目基本情况

- 1、建设性质：改扩建
- 2、项目总投资：5000 万元
- 3、工程占地情况

本项目在既有厂房内进行改扩建，不涉及新征用地和新、扩建建筑，工程总用地面积 18175.28 平方米，总建筑面积 21549.16 平方米。项目所在地块已取得绵阳市自然资源和规划局核发的建设项目用地规划许可证，地字第 510700202100133 号，项目用地属于工业用地。

- 4、项目建设规模

本项目改扩建涉及包括综合车间（一）内的 12 个生产小车间、放射质检区及其配

套库房等，综合车间（二）的放射性药物研发中心。具体建设内容及规模如下：

（1）综合车间（一）一层

综合车间（一）一层用于放射性药物生产及产品销售等，包括6个生产车间、原料库、成品库和稳定性室2等，涉及 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{224}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 、 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 等10种核素，活动种类包括生产、使用、销售，场所日等效最大操作量为 $5.37\text{E}+13\text{Bq}$ ，为甲级非密封放射性物质工作场所。车间内各工作场所的具体建设规模如下：

①放药101车间（原 α 核素中试车间）

放药101车间位于综合车间（一）一层，已建成投运，设有2条生产线，操作核素 ^{228}Th 、 ^{228}Ra 、 ^{224}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At ，生产 $^{212}\text{Pb}/^{212}\text{Bi}$ 标记药物、 ^{228}Ra 核素溶液、 ^{228}Th 溶液、 ^{224}Ra 核素溶液、 ^{225}Ac 标记药物、 ^{211}At 标记药物。生产方案包括：① ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{224}Ra 核素溶液和 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 标记药物的生产、销售；② ^{225}Ac 标记药物的生产、销售；③ ^{211}At 标记药物的生产、销售。

方案① ^{228}Ra 日最大操作量为 $3.7\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.35\text{E}+12\text{Bq}$ ，活动种类为生产、使用、销售； ^{228}Th 日最大操作量为 $3.7\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.35\text{E}+12\text{Bq}$ ，活动种类为生产、使用、销售； ^{224}Ra 日最大操作量为 $3.7\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.35\text{E}+12\text{Bq}$ ，活动种类为生产、使用、销售； ^{212}Pb 日最大操作量为 $3.7\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，活动种类为生产、使用、销售； ^{212}Bi 日最大操作量为 $3.7\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ ，活动种类为生产、使用、销售。

方案②年最大生产100天， ^{225}Ac 日最大操作量为 $1.48\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+12\text{Bq}$ ，活动种类为生产、使用、销售。

方案③年最大生产200天， ^{211}At 日最大操作量为 $3.7\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+13\text{Bq}$ ，活动种类为生产、使用、销售。

②放药102车间（原 α 核素车间1）

放药102车间位于综合车间（一）一层，尚未安装设备，拟设1条生产线，操作核素包括 ^{228}Th 、 ^{228}Ra 、 ^{224}Ra ，生产方案包括：① ^{224}Ra （ ^{212}Pb ）发生器生产、销售；② ^{228}Th （ ^{212}Pb ）发生器的生产、销售；③ ^{228}Ra 或 ^{228}Th 核素溶液的生产、销售；④ ^{224}Ra 核素溶液的生产、销售。

方案①年最大生产100天， ^{224}Ra 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为

7.40E+11Bq，年最大生产100天，年最大操作量为7.40E+12Bq。

方案②年最大生产100天， ^{228}Th 日最大操作量为7.40E+10Bq，日等效最大操作量为7.40E+11Bq，年最大生产100天，年最大操作量为7.40E+12Bq。

方案③年最大生产100天， ^{228}Ra 日最大操作量为7.40E+10Bq，日等效最大操作量为7.40E+11Bq，年最大生产100天，年最大操作量为7.40E+12Bq；或 ^{228}Th 日最大操作量为7.40E+10Bq，日等效最大操作量为7.40E+11Bq，年最大生产100天，年最大操作量为7.40E+12Bq。

方案④年最大生产100天，生产期间 ^{224}Ra 日最大操作量为7.40E+10Bq，日等效最大操作量为7.40E+11Bq，年最大操作量为7.40E+12Bq； ^{228}Th 或 ^{228}Ra 日最大操作量为7.40E+10Bq，日等效最大操作量为7.4E+11Bq，年最大操作量为7.40E+12Bq。贮存期间， ^{228}Th 或 ^{228}Ra 日最大操作量为7.40E+10Bq，日等效最大操作量为7.40E+09Bq，年最多贮存265天，则年最大操作量为1.96E+13Bq。

③放药103车间（原 α 核素车间2）

放药103车间位于综合车间（一）一层，尚未安装设备，拟设1条生产线，操作核素包括 ^{228}Th 、 ^{228}Ra 、 ^{224}Ra ，生产方案包括：① ^{224}Ra （ ^{212}Pb ）发生器生产、销售；② ^{228}Th （ ^{212}Pb ）发生器的生产、销售；③ ^{228}Ra 或 ^{228}Th 核素溶液的生产、销售；④ ^{224}Ra 核素溶液的生产、销售。

方案①年最大生产100天， ^{224}Ra 日最大操作量为7.40E+11Bq，日等效最大操作量为7.40E+12Bq，年最大生产100天，年最大操作量为7.40E+13Bq。

方案②年最大生产100天， ^{228}Th 日最大操作量为7.40E+11Bq，日等效最大操作量为7.40E+12Bq，年最大生产100天，年最大操作量为7.40E+13Bq。

方案③年最大生产100天， ^{228}Ra 日最大操作量为7.40E+11Bq，日等效最大操作量为7.40E+12Bq，年最大操作量为7.40E+13Bq；或 ^{228}Th 日最大操作量为7.40E+11Bq，日等效最大操作量为7.40E+12Bq，年最大操作量为7.40E+13Bq。

方案④年最大生产100天，生产期间 ^{224}Ra 日最大操作量为7.40E+11Bq，日等效最大操作量为7.40E+12Bq，年最大操作量为7.40E+13Bq； ^{228}Th 或 ^{228}Ra 日最大操作量为7.40E+11Bq，日等效最大操作量为7.4E+12Bq，年最大操作量为7.40E+13Bq。贮存期间， ^{228}Th 或 ^{228}Ra 日最大操作量为7.40E+11Bq，日等效最大操作量为7.40E+10Bq，年最多贮存265天，则年最大操作量为1.96E+14Bq。

④放药104车间（原 α 核素药物车间1）

放药104车间位于综合车间（一）一层，尚未安装设备，拟设2条生产线，操作核素包括 $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb ，生产方案包括：① ^{212}Pb 标记药物生产、销售；② ^{212}Bi 标记药物的生产、销售；③ ^{225}Ac 标记药物的生产、销售；④ ^{211}At 标记药物的生产、销售；⑤ ^{203}Pb 标记药物的生产、销售。

方案①年最大生产200天， ^{212}Pb 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+13\text{Bq}$ ； $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+13\text{Bq}$ 。

方案②年最大生产200天， ^{212}Bi 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+13\text{Bq}$ ； $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+13\text{Bq}$ 。

方案③年最大生产100天， ^{225}Ac 日最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+13\text{Bq}$ 。

方案④年最大生产200天， ^{211}At 日最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+14\text{Bq}$ 。

方案⑤年最大生产100天， ^{203}Pb 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ 。

⑤放药106车间（原 α 核素药物车间3）

放药106车间位于综合车间（一）一层，尚未安装设备，拟设2条生产线，操作核素包括 $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At ，生产方案包括：① ^{212}Pb 标记药物生产、销售；② ^{212}Bi 标记药物的生产、销售；③ ^{225}Ac 标记药物的生产、销售；④ ^{211}At 标记药物的生产、销售。

方案①年最大生产200天， ^{212}Pb 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+13\text{Bq}$ ； $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+13\text{Bq}$ 。

方案②年最大生产100天， ^{212}Bi 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ ； $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ 。

方案③年最大生产100天， ^{225}Ac 日最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为

7.40E+12Bq，年最大操作量为7.40E+13Bq。

方案④年最大生产200天， ^{211}At 日最大操作量为7.40E+11Bq，日等效最大操作量为7.40E+11Bq，年最大操作量为1.48E+14Bq。

⑥放药107车间（原 α 核素药物车间4）

放药107车间位于综合车间（一）一层，尚未安装设备，拟设2条生产线，操作核素包括 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{177}Lu 和 ^{161}Tb ，生产方案包括：① ^{225}Ac 标记药物的生产、销售；② ^{211}At 标记药物的生产、销售；③ ^{177}Lu 标记药物的生产、销售；④ ^{161}Tb 标记药物的生产、销售。

方案①年最大生产100天， ^{225}Ac 日最大操作量为1.48E+10Bq，日等效最大操作量为1.48E+11Bq，年最大操作量为1.48E+12Bq。

方案②年最大生产200天， ^{211}At 日最大操作量为2.96E+11Bq，日等效最大操作量为2.96E+13Bq，年最大操作量为5.92E+13Bq。

方案③年最大生产200天， ^{177}Lu 日最大操作量为2.22E+13Bq，日等效最大操作量为2.22E+12Bq，年最大操作量为4.44E+15Bq。

方案④年最大生产200天， ^{161}Tb 日最大操作量1.48E+12Bq，日等效最大操作量1.48E+11Bq，年最大操作量2.96E+14Bq。

（2）综合车间（一）二层生产区

综合车间（一）二层生产区用于放射性药物生产，主要设 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{131}I 等 β 核素药物生产线及配套房间，涉及操作放射性核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{90}Y 、 ^{131}I 等，活动种类包括生产、使用、销售，场所日等效最大操作量为1.35E+14Bq，为甲级非密封放射性物质工作场所。综合车间（二层）生产区各工作场所的具体建设规模如下：

①放药201车间（原 ^{131}I 车间）

本车间位于综合车间（一）二层，尚未安装设备，拟设1条生产线，以外购碘（ ^{131}I ）化钠溶液为原料进行生产，年产200天，产品为 ^{131}I 口服液。 ^{131}I 日最大操作量为7.40E+12Bq，日等效最大操作量为7.40E+11Bq，年最大操作量为1.48E+15Bq。

②放药202车间（原 ^{177}Lu 车间4）

本车间位于综合车间（一）二层，尚未安装设备，拟设2条生产线，操作核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 、 ^{225}Ac ，生产方案包括：① ^{177}Lu 标记药物生产、销售；② ^{161}Tb 标记药物的生产、销售；③ ^{203}Pb 标记药物的生产、销售；④ ^{225}Ac 标记药物的生产、销售。

方案①年最大生产200天， ^{177}Lu 日最大操作量为 $2.22\text{E}+13\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $2.22\text{E}+13\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $4.44\text{E}+15\text{Bq}$ 。

方案②年最大生产200天， ^{161}Tb 日最大操作量 $1.48\text{E}+12\text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $1.48\text{E}+12\text{Bq}$ ，年最大操作量 $2.96\text{E}+14\text{Bq}$ 。

方案③年最大生产100天， ^{203}Pb 日最大操作量为 $2.96\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $2.96\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $2.96\text{E}+12\text{Bq}$ 。

方案④年最大生产200天， ^{225}Ac 日最大操作量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ 。

③放药203车间（原 ^{90}Y 车间）

本车间位于综合车间（一）二层，已建成，设有2条生产线，以外购 ^{90}Y -玻璃微球为原料进行生产、年生产200天，产品为 ^{90}Y -玻璃微球注射剂。 ^{90}Y 日最大操作量 $9.25\text{E}+12\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $9.25\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.85\text{E}+15\text{Bq}$ 。

④放药204车间（原 ^{177}Lu 车间3）

本车间位于综合车间（一）二层，已建成，设有2条生产线，该车间操作核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac ，生产方案包括：① ^{177}Lu 标记药物的生产、销售；② ^{161}Tb 标记药物的生产、销售；③ ^{225}Ac 标记药物的生产、销售。

方案①年最大生产200天， ^{177}Lu 日最大操作量为 $2.22\text{E}+13\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $2.22\text{E}+13\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $4.44\text{E}+15\text{Bq}$ 。

方案②年最大生产200天， ^{161}Tb 日最大操作量 $2.96\text{E}+12\text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $2.96\text{E}+12\text{Bq}$ ，年最大操作量 $5.92\text{E}+14\text{Bq}$ 。

方案③年最大生产200天， ^{225}Ac 日最大操作量为 $1.48\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.48\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $2.96\text{E}+12\text{Bq}$ 。

⑤放药206车间（原 ^{177}Lu 车间1）

本车间位于综合车间（一）二层，已建成，设有2条生产线，该车间操作核素 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac 、 ^{177}Lu ，生产方案包括：① ^{177}Lu 标记药物的生产、销售；② ^{161}Tb 标记药物的生产、销售；③ ^{225}Ac 标记药物的生产、销售。

方案①年最大生产200天， ^{177}Lu 日最大操作量为 $2.22\text{E}+13\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $2.22\text{E}+13\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $4.44\text{E}+15\text{Bq}$ 。

方案②年最大生产200天， ^{161}Tb 日最大操作量 $1.48\text{E}+12\text{Bq}$ ，日等效最大操作量

1.48E+11Bq，年最大操作量2.96E+14Bq。

方案③年最大生产200天， ^{225}Ac 日最大操作量为1.48E+10Bq，日等效最大操作量为1.48E+11Bq，年最大操作量为2.96E+12Bq。

⑥放药207车间（原 ^{177}Lu 车间2）

本车间位于综合车间（一）二层，尚未进行设备安装，拟设2条生产线，操作核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac ，生产方案包括：① ^{177}Lu 标记药物的生产、销售；② ^{161}Tb 标记药物的生产、销售；③ ^{225}Ac 标记药物的生产、销售。该车间操作核素种类、操作量、产品方案、生产工艺流程、日等效最大操作量等与放药206车间一致。

⑦放药208车间（新建）

本车间位于综合车间（一）二层，原为预留车间，拟设2条生产线，操作核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac ，生产方案包括：① ^{177}Lu 标记药物的生产、销售；② ^{161}Tb 标记药物的生产、销售；③ ^{225}Ac 标记药物的生产、销售。

方案①年最大生产200天， ^{177}Lu 日最大操作量为2.22E+13Bq，日等效最大操作量为2.22E+13Bq，年最大操作量为4.44E+15Bq。

方案②年最大生产200天， ^{161}Tb 日最大操作量1.48E+12Bq，日等效最大操作量1.48E+12Bq，年最大操作量2.96E+14Bq。

方案③年最大生产200天， ^{225}Ac 日最大操作量为3.70E+09Bq，日等效最大操作量为3.70E+10Bq，年最大操作量为7.40E+11Bq。

⑧放药209车间（新建）

本车间位于综合车间（一）二层，原为预留车间，拟设2条生产线，操作核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac ，生产方案包括：① ^{177}Lu 标记药物的生产、销售；② ^{161}Tb 标记药物的生产、销售；③ ^{225}Ac 标记药物的生产、销售。

方案①年最大生产200天， ^{177}Lu 日最大操作量为2.22E+13Bq，日等效最大操作量为2.22E+13Bq，年最大操作量为4.44E+15Bq。

方案②年最大生产200天， ^{161}Tb 日最大操作量1.48E+12Bq，日等效最大操作量1.48E+12Bq，年最大操作量2.96E+14Bq。

方案③年最大生产200天， ^{225}Ac 日最大操作量为1.48E+10Bq，日等效最大操作量为1.48E+11Bq，年最大操作量为2.96E+12Bq。

(3) 综合车间（二层）放射质检区

位于综合车间（一）二层，主要对自产产品和研发产品进行相关质检，开展放射性活度检测、放射性化学纯度检测、放射性核纯检测和细菌内毒素检验等相关检验，涉及核素包括 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{124}I 、 ^{123}I 、 ^{32}P 、 ^{161}Tb 、 ^{111}In 、 ^{188}Re 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{89}Zr 、 ^{64}Cu 、 ^{223}Ra 、 ^{224}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{228}Th 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{89}Sr 、 ^{11}C 、 ^{68}Ge （ ^{68}Ga ）、 ^{86}Y 、 ^{99}Mo （ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）、 ^{188}W （ ^{188}Re ）、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{224}Ra （ ^{212}Pb ）、 ^{228}Th （ ^{212}Pb ）等33种。除核素 ^{212}Pb 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{188}Re 的活动种类为生产、使用外，其余核素活动种类均为使用。该场所日等效最大操作量为 $7.34\text{E}+11\text{Bq}$ ，为甲级非密封放射性物质工作场所。

(4) 综合车间（二）

本项目改扩建主要在位于综合车间（二）一层和二层的放射性药物研发中心内新增核素种类及操作量。建成后，场所涉及操作核素 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{124}I 、 ^{123}I 、 ^{111}In 、 ^{188}Re 、 ^{188}W （ ^{188}Re ）、 ^{68}Ga 、 ^{68}Ge （ ^{68}Ga ）、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{99}Mo （ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）、 ^{18}F 、 ^{89}Zr 、 ^{64}Cu 、 ^{32}P 、 ^{161}Tb 、 ^{223}Ra 、 ^{224}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{228}Th 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{232}Th 、 ^{89}Sr 、 ^{11}C 、 ^{68}Ge 、 ^{86}Y 、 ^{137}Cs 、 ^{137}Cs （ $^{137\text{m}}\text{Ba}$ ）、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 、 ^{166}Ho 、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{224}Ra （ ^{212}Pb ）等38种，活动种类包括生产、使用、销售，场所日等效最大操作量为 $2.44\text{E}+11\text{Bq}$ ，为甲级非密封放射性物质工作场所。

1.2.4 产业政策符合性分析

(1) 与《医用同位素中长期发展规划（2021-2035年）》符合性分析

2021年3月，国家原子能机构等八部委联合发布《医用同位素中长期发展规划（2021-2035年）》（以下简称《发展规划》），旨在推动医用同位素技术研发、产业发展和核医学诊疗的普及推广。这是我国首个针对核技术在医疗卫生应用领域发布的纲领性文件，对医用同位素的研制生产、放射性药品研发、医保政策、产业布局等诸多方面作出部署，对推动我国核医疗产业的健康发展、保障人民生命健康和建设健康中国具有十分重要的意义。

本项目主要内容为在热室内利用放射性原料直接制备放射性药物，涉及 ^{11}C 、 ^{32}P 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ge 、 ^{89}Zr 、 ^{99}Mo 、 ^{223}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{224}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 、 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 等放射性药物的研发/制备。因此，本项目建设符合《医用同位素中长期发展规划（2021-2035）》。

(2) 与《四川省医用同位素及放射性药物产业发展行动计划（2022-2025年）》

符合性分析

2023年1月，中共四川省委军民融合发展委员会办公室、四川省经济和信息化厅、四川省科学技术厅、四川省生态环境厅、四川省交通运输厅、四川省卫生健康委员会、四川省医疗保障局、四川省药品监督管理局联合印发了《四川省医用同位素及放射性药物产业发展行动计划（2022-2025年）》，提出应大力提升四川医用同位素相关产业能力水平、积极推动建立完整医用同位素及药物产业链。

本项目为放射性原料直接制备放射性药物，涉及 ^{11}C 、 ^{32}P 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ge 、 ^{89}Zr 、 ^{99}Mo 、 ^{223}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{224}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 、 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 等放射性药物的研发/制备；本项目建成后将大幅提升国内相关医用放射性同位素的产业规模，健全相关医用同位素及放射源的相关产业链及应用。因此，本项目建设符合《四川省医用同位素及放射性药物产业发展行动计划（2022-2025年）》。

（3）与《四川省人民政府关于促进核医疗产业高质量发展的意见》（川府发〔2024〕13号）符合性分析

为充分发挥四川核工业大省独特资源优势，大力发展自主可控的核医疗产业，加快补齐我国医用同位素、放射性药物、高端核医疗装备和核医学转化应用短板，全力打造世界级核医疗产业高地，2024年7月23日四川省人民政府发布了《四川省人民政府关于促进核医疗产业高质量发展的意见》。意见中提出以乐山、成都、绵阳、泸州为重点区域，一体推进科技创新和科技成果产业化，聚力打造贯通医用同位素生产、放射性药物研发、核医疗装备制造、临床应用推广的全产业链，形成“一链四极”的发展格局；加快建成中高能加速器同位素生产项目，实现钒-225、铜-64、镅-68（镓-68）等医用同位素稳定供应，支持医用同位素发生器关键技术攻关，推动锝-90/钷-90、镱-166/铟-166、钨-188/铼-188等医用同位素稳定供给。争创国家医用同位素示范中心。

本项目的实施，可实现钒-225、钷-90等医用放射性同位素稳定供应。因此，本项目符合《四川省人民政府关于促进核医疗产业高质量发展的意见》。

（4）与《四川省核技术应用科技创新发展实施方案（2023-2025年）》符合性分析

2023年12月，四川省科学技术厅、中共四川省委军民融合发展委员会办公室、四川省发展和改革委员会、四川省人力资源和社会保障厅、四川省生态环境厅、四川省

农业农村厅、四川省卫生健康委员会、四川省药品监督管理局联合印发了《四川省核技术应用科技创新发展实施方案（2023-2025年）》，提出“开展具有精准靶向性、生物活性的多肽、抗体类放射性新药研发”。

本项目涉及利用热室生产放射性同位素后制备放射性药物，为精准靶向性、生物活性的多肽、抗体类放射性新药的研发和应用提供了充分的保障，因此，本项目与《四川省核技术应用科技创新发展实施方案（2023-2025年）》相符。

1.2.5 与有关区域规划相符性分析

1.2.5.1 用地规划符合性

本项目位于中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园的青龙山北片区，根据该产业园用地规划布局图，项目拟建厂址为工业用地。项目已取得绵阳市自然资源和规划局核发的建设项目用地规划许可证，地字第 510700202100133 号（见附件），用地为工业用地。

因此，本项目用地符合中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园用地规划。

1.2.5.2 与中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区的规划符合性

本项目位于中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山片区内，该园区于 2023 年编制完成了《中国（绵阳）科技城医疗健康产业园青龙山北片区控制性详细规划环境影响报告书》，并取得了《四川省生态环境厅关于印发中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区控制性详细规划环境影响报告书审查意见的函》（川环建函〔2023〕11 号）。由该规划环评报告书及其审查意见可知：

（1）园区规划概况及准入要求

①规划范围

总规划面积 50.97 公顷，规划区东至游仙区旅游环线，西南至青龙山，北至棉梓路。

②产业定位

重点发展放射性同位素研发及生产、放射性诊断和治疗药物研发及生产、放射医疗装置研发及制造、核探测成像仪器仪表研发制造及应用、辐照加工等核技术利用相关产业。

③生态环境准入清单

规划区仅引入放射性同位素研发及生产、放射性同位素药物研发及生产、核探测成像仪器仪表研发制造及应用、放射性医疗装置研发及制造、核辐射加工等核技术利

用相关产业的项目。

④规划区禁止引入的项目：

- a、不符合国家环保法律法规、产业政策、准入条件、列入国家产能过剩的项目。
- b、不符合国家及省、市辐射污染防治要求及重金属污染防治规划的项目。
- c、清洁生产水平不能达到行业清洁生产标准二级标准要求或低于全国同类企业平均清洁生产水平的项目。
- d、经环评论证与周边企业、规划用地等环节不相容或存在重大环节风险隐患且无法消除的项目。
- e、规划区内禁止引入含酸洗、磷化等工序的项目，禁止引入专业电镀和专业喷漆等污染相对较重的项目。核探测成像仪器仪表及放射医疗装置制造所涉及表面处理（电镀、喷漆）应交由第三方加工，禁止在园区内进行专业电镀和专业喷漆。
- f、禁止引入核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产加工、贮存、后处理；铀矿开采、冶炼；铀矿地质勘探、退役治理；伴生放射性矿产资源的采选等项目。

(2) 与园区规划符合性分析

本项目的建设符合园区规划符合性分析见下表。

表 1-3 项目与中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区规划符合性分析表

项目	四川省生态环境厅关于印发《中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区控制性详细规划环境影响报告书》审查意见的函（川环建函（2023）11号）中相关要求	本项目建设内容	符合性
鼓励入园行业	1、以园区确定的主导产业及其配套产业等符合产业政策和规划的行业。 2、用水、节水、排水设计等清洁生产标准达到或优于国家先进水平的项目。 3、优先引入低污染、低能耗、高效益，遵循清洁生产及循环经济的项目。	1、本项目为放药研发生产项目，属于园区主导产业。 2、本项目建成后经过各项节能工程，清洁生产标准可达二级要求（国家清洁生产先进水平） 3、本项目不属于高污染、高能耗项目	符合
禁止入园行业	1、不符合国家环保法律法规、产业政策、准入条件、列入国家产能过剩的项目。 2、不符合国家及省、市辐射污染防治要求及重金属污染防治规划的项目。 3、清洁生产水平不能达到行业清洁生产标准二级标准要求或低于全国同类企业平均清洁生产水平的项目。 4、经环评论证与周边企业、规划用地等环节不相容或存在重大环节风险隐患且无法消除的项目。 5、规划区内禁止引入含酸洗、磷化等工序的项目，禁止引入专业电镀和专业喷漆等污染相对较重	1、本项目属于放射同位素生产项目，根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目属于 鼓励类 第六项“核能”中第四条“ 同位素 、加速器及辐照应用技术开发”，项目符合国家当前产业政策。 2、项目属于园区主导产业，不涉及重金属污染。 3、项目建成后经过各项节能工程可达行业清洁生产标准二级要求。 4、本项目为放药的研发生产项目，符合园区主导的核技术利用产业。项目不属于高污	符合

	的项目。核探测成像仪器仪表及放射医疗装置制造所涉及表面处理（电镀、喷漆）应交由第三方加工，禁止在园区内进行专业电镀和专业喷漆。 6、禁止引入核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产加工、贮存、后处理；铀矿开采、冶炼；铀矿地质勘探、退役治理；伴生放射性矿产资源的采选等项目。	染、高耗能项目，经分析与周边环境相容。 5、本项目不涉及酸洗、磷化等。 6、本项目不属于园区禁入行业。	
清洁生产要求	新引进项目清洁生产水平必须达到行业清洁生产标准二级标准要求或国内先进水平的项目。	①生产工艺及装备 项目主要工艺设备为各生产热室，不涉及高能耗高污染设备；经分析，项目各屏蔽体均能满足辐射防护要求。 ②资源能源消耗 本项目主要消耗电能，及少量工艺用水。 ③污染物产生和排放 本项目主要污染物为使用的各热室和实验场所产生的放射性废气、放射性废水、放射性固废。各生产线均设有多套生产热室，操作均在热室中进行，经分析各热室及屏蔽体满足辐射防护要求，所致的职业人员和公众受照剂量低于GB18871规定的剂量限值和本报告提出的剂量约束值。采取环保治理措施可使非放类“三废”达标排放，可达清洁生产二级标准要求。	符合
规划区制约因素对策措施	环境敏感点的制约：规划区东侧隔芙蓉溪约200m为新桥镇玉泉村，西南约2.8km为游仙街道场镇，产业园区西北端的科研组团与阅翠府小区相邻。绵阳市常年最大风频风向为东北风，产业园区位于游仙街道场镇的上风向，产业园区实施产生的放射性气载流出物可能对游仙街道场镇及周边相邻玉泉村、阅翠府小区等环境敏感区造成不利环境影响。	项目主要进行放药的研发生产，对周边环境主要的影响为放射性废气，经分析本项目运行期间对周边公众影响轻微。	符合

综上所述，项目属于中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区允许类行业，符合园区规划。

1.2.6 项目生态环境分区管控符合性分析

根据生态环境部《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评[2016]150号）的要求，建设项目选址选线、规模、性质和工艺路线等应与“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”（以下简称“分区管控”）进行对照。

1.2.6.1 生态保护红线

根据《四川省人民政府关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发

〔2018〕24号)生态保护红线划定结果:四川省生态保护红线总面积14.80万平方公里,占全省幅员面积的30.45%,涵盖了水源涵养、生物多样性维护、水土保持功能极重要区,水土流失、土地沙化、石漠化极敏感区,自然保护区、森林公园的生态保育区和核心景观区,风景名胜区的一级保护区(核心景区)、地质公园的地质遗迹保护区、世界自然遗产地的核心区、湿地公园的湿地保育区和恢复重建区、饮用水水源保护区的一级保护区、水产种质资源保护区的核心区等法定保护区域,以及极小种群物种分布栖息地、国家一级公益林、重要湿地、雪山冰川、高原冻土、重要水生生境、特大和大型地质灾害隐患点等各类保护地。

本项目位于绵阳市游仙区,周边生态红线的生态功能和保护重点见下表。

表 1-4 绵阳市涉及四川省生态红线区类型和保护要求一览表

名称	生态功能	保护重点
盆中城市饮用水源—水土保持生态保护红线	四川盆地区是成渝经济区的重要组成部分,是成渝城市群核心区域,人口密集,经济发展,城镇化率大于50%,该区主体功能区定位为重点开发区域和农产品主产区,其主导功能为人居保障和农林产品提供,该区的生态保护红线主要以保障城市饮水安全的饮用水水源保护区为主,还有零散分布于四川盆地及成都平原区自然保护区、风景名胜区、湿地公园、地质公园等各类生态保护重要区域,它们在维护区域水土保持功能方面发挥着重要作用。	严格按照现有相关法律法规对禁止开发区域的管理要求,对生态保护红线实施严格保护,严格控制人为因素对区内自然生态的干扰。

本项目与绵阳市生态保护红线位置关系如下图所示。

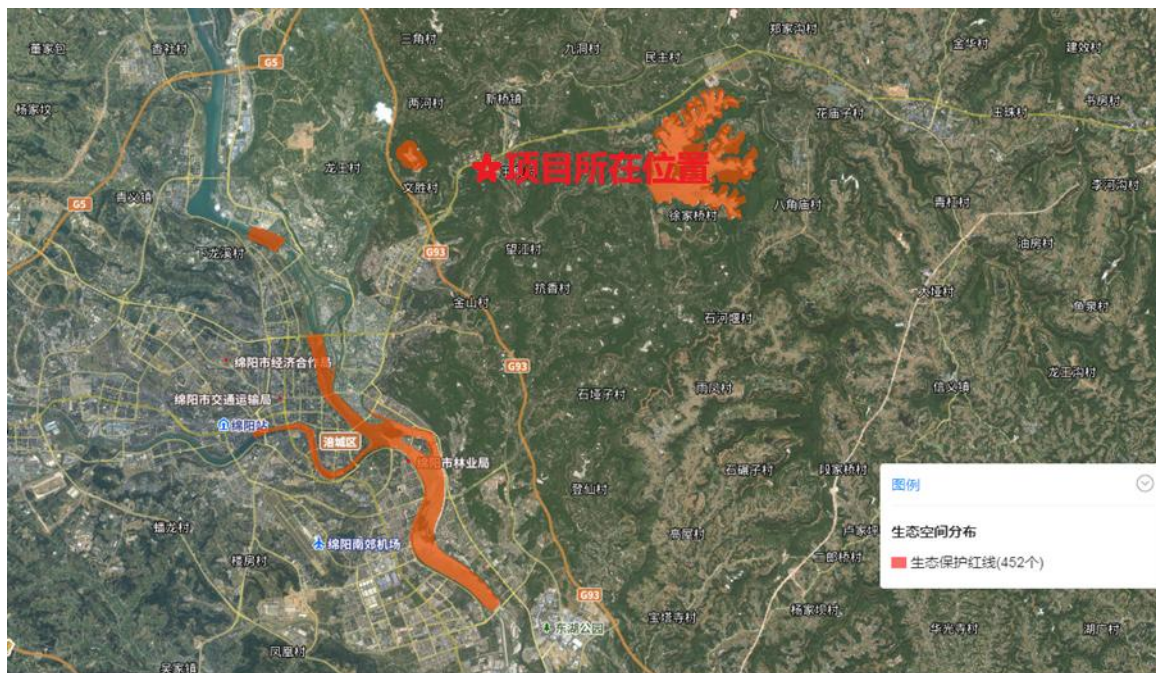


图 1-1 绵阳市生态保护红线分布图

1.2.6.2 生态环境分区管控符合型分析

根据绵阳市人民政府《绵阳市人民政府办公室关于加强生态环境分区管控的通知》（绵府发[2024]42号），本工程所在区域不涉及优先保护管控单元和一般管控单元，涉及4个重点管控区，及1个禁燃区，具体涉及管控单元见下。

生态环境分区管控符合性分析

按照相关管理要求，本系统查询结果仅供参考。

游仙区放射性药物研发生产基地二期项目

核辐射加工

选择行业

104.804531

查询经纬度

31.534268

立即分析

重置信息

导出文档

导出图片

分析结果

项目游仙区放射性药物研发生产基地二期项目所属核辐射加工行业，共涉及5个管控单元，若需要查看管控要求，请点击右侧导出按钮，导出管控要求进行查看。

序号	管控单元编码	管控单元名称	所属城市	所属区县	准入清单类型	管控类型
1	ZH51070420002	游仙高新技术产业园区（含中国...	绵阳市	游仙区	环境综合	环境综合管控单元工业重点管控单元
2	YS5107042310002	游仙高新技术产业园（含中国（...	绵阳市	游仙区	大气环境分区	大气环境高排放重点管控区
3	YS5107042530001	游仙区城镇开发边界	绵阳市	游仙区	资源利用	土地资源重点管控区
4	YS5107042540001	游仙区高污染燃料禁燃区	绵阳市	游仙区	资源利用	高污染燃料禁燃区
5	YS5107042550001	游仙区自然资源重点管控区	绵阳市	游仙区	资源利用	自然资源重点管控区

图 1-2 四川生态环境分区管控符合性分析系统

表 1-5 项目涉及环境管控单元表

环境管控单元编码	环境管控单元名称	所属城市	所属区县	准入清单类型	管控类型
YS5107042310002	游仙高新技术产业园 (含中国(绵阳)科技城核医疗健康产业园)	绵阳市	游仙区	大气环境管控分区	大气环境高排放重点管控区
YS5107042530001	游仙区城镇开发边界	绵阳市	游仙区	资源管控分区	土地资源重点管控区
YS5107042540001	游仙区高污染燃料禁燃区	绵阳市	游仙区	资源管控分区	高污染燃料禁燃区
YS5107042550001	游仙区自然资源重点管控区	绵阳市	游仙区	资源管控分区	自然资源重点管控区
ZH51070420002	游仙高新技术产业园区 (含中国(绵阳)科技城核医疗健康产业园)	绵阳市	游仙区	环境综合管控单元	环境综合管控单元工业重点管控单元

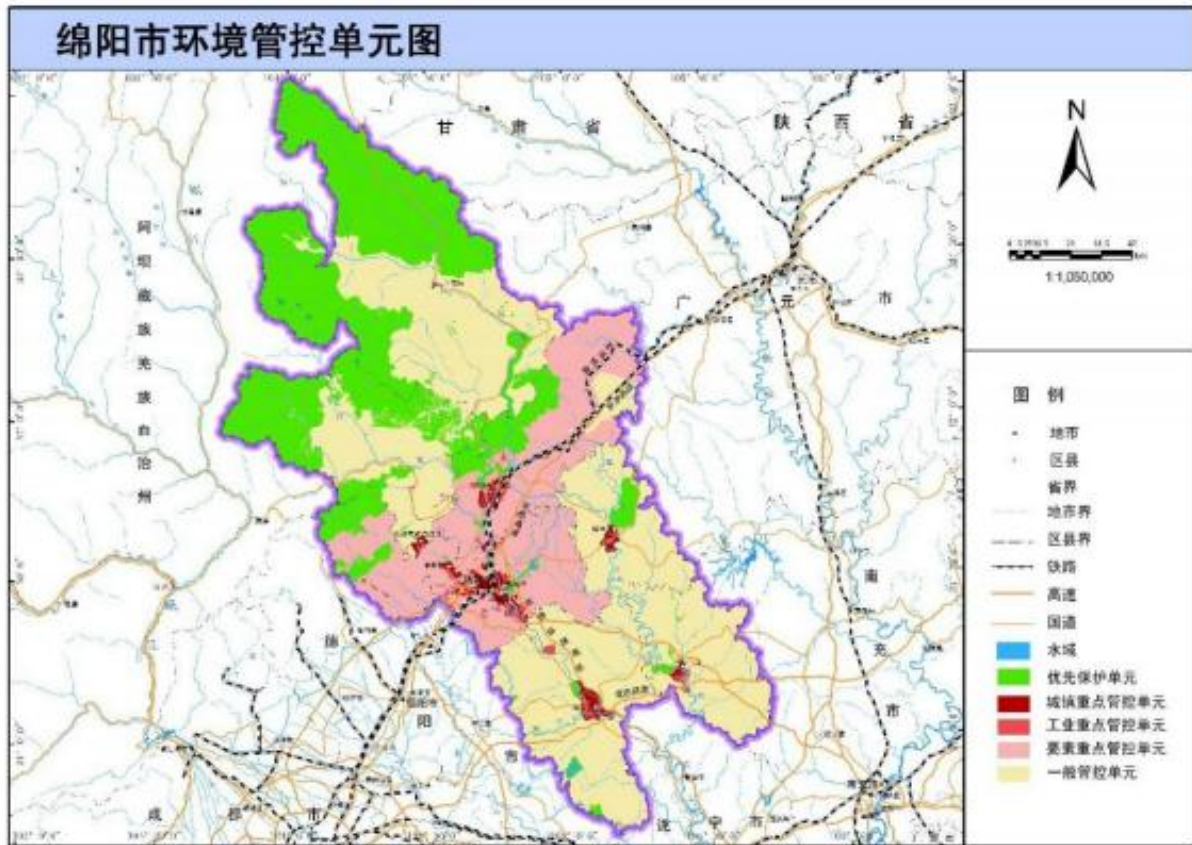


图 1-3 绵阳市环境管控单元图

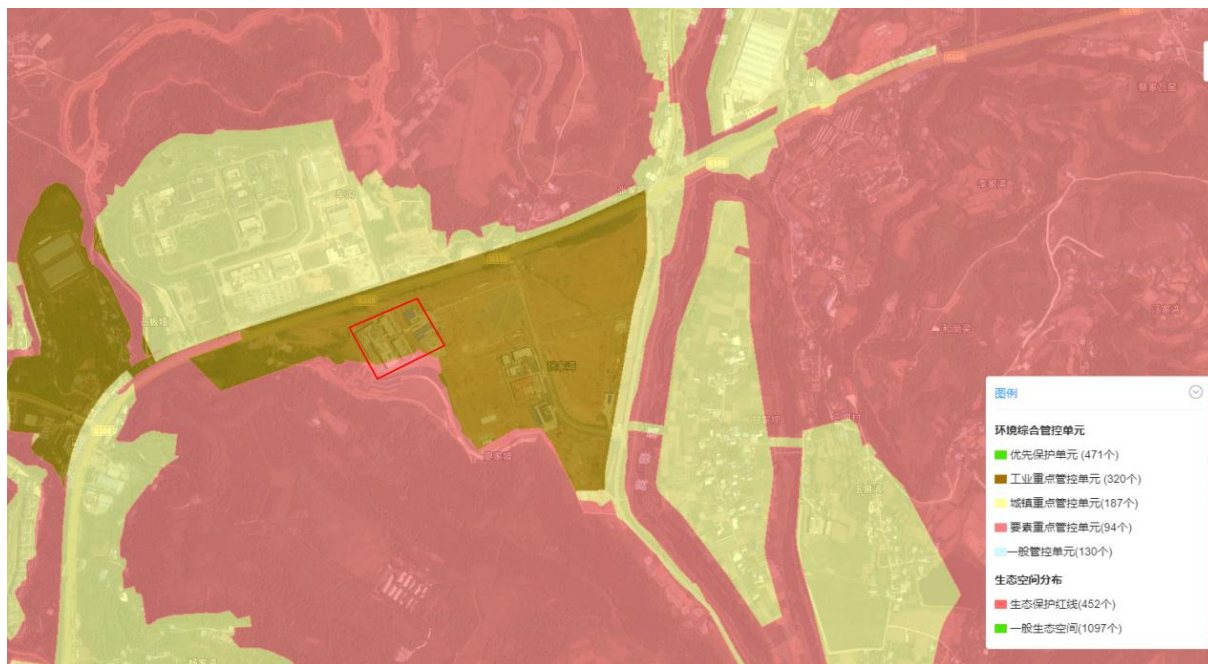


图 1-4 四川省生态环境分区管控数据分析系统导出结果

表 1-6 本项目生态环境分区管控符合性对照分析清单

生态环境分区管控具体要求			本项目	符合性分析
类别		对应管控要求		
YS5107042310002 游仙高新技术产业园 (含中国(绵阳)科技城核医疗健康产业园)	单元级清单 管控要求	空间布局约束	/	/
		污染物排放管控	本项目不涉及燃煤锅炉，非钢铁、火电、铸造、钢铁等行业。运营期产生的主要为放射性废气，经采取有效的过滤措施，对评价范围内的公众影响是可接受的。	符合

			/ 农业生产经营活动大气污染控制要求 / 重点行业企业专项治理要求 加快实施低VOCs含量原辅材料替代。持续开展VOCs治理设施提级增效，对采用单一低温等离子、光氧化、光催化以及非水溶性VOCs废气采用单一喷淋吸收等治理技术且无法稳定达标的，加快推进升级改造。强化VOCs无组织排放整治。石化、化工等行业加强非正常工况废气排放管控。推进涉VOCs产业集群治理提升 其他大气污染物排放管控要求 /		
		环境风险防 控	/	/	/
		资源开发效 率要求	/	/	/
YS5107042530001 游仙区城镇开发边界	单元级清单 管控要求	空间布局约 束	1.以城镇开发建设现状为基础，综合考虑资源承载能力、人口分布、经济布局、城乡统筹、城镇无序蔓延科学预留一定比例的留白区，为未来发展留有开发空间城镇建设和发展不得违法违规侵占河道、湖面、滩地2.城镇开发边界调整报国土空间规划原审批机关审批	本项目建设在“中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园”规划区域内，建设单位已取得相应建设规划用地许可（川（2022）绵阳市不动产权第0000652号）。	
		污染物排放 管控	/	/	/
		环境风险防 控	/	/	/
		资源开发效 率要求	土地资源开发效率要求： 土地资源开发利用量不得超过土地资源利用上线控制性指标。 能源资源开发效率要求 / 其他资源开发效率要求 /	/	/
YS5107042540001	单元级清单	空间布局约	坚决遏制“两高一低”项目盲目发展	本项目不属于“两高一低”	符合

游仙区高污染燃料禁燃区	管控要求	束		项目，属于国家鼓励类产业，符合国家当前产业政策。	
		污染物排放管控	/	/	
		环境风险防控	/	/	/
		资源开发效率要求	土地资源开发效率要求 / 能源资源开发效率要求 能源消耗、污染物排放不得超过能源利用上线控制性指标。 其他资源开发效率要求 /	/	/
YS5107042550001 游仙区自然资源重点管控区	单元级清单管控要求	空间布局约束	/	/	/
		污染物排放管控	/	/	/
		环境风险防控	/	/	/
		资源开发效率要求	土地资源开发效率要求 / 能源资源开发效率要求 / 其他资源开发效率要求 /	/	/
ZH51070420002 游仙高新技术产业园区（含中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园）	普适性清单管控要求	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求 -禁止在长江干支流、重要湖泊岸线一公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目。 -禁止引入清洁生产水平达不到行业清洁生产标准二级标准要求或低于全国同类企业平均清洁生产水平的项目。 -未通过认定的化工园区，不得新建、改扩建化工项目（安全、环保、节能和智能化改造项目除外），按属地原则依法依规妥善做好	本项目属于核技术利用类高新技术产业不属于高污染、化工类项目，属于国家鼓励类项目；本项目拥有完善的污染防治措施，经有效的环保措施处理后可达到清洁生产二级标准。	符合

		<p>未通过认定的化工园区及园内企业的转型、关闭、处置及监管工作。</p> <p>限制开发建设活动的要求 现有属于园区禁止引入产业门类的企业，原则上限制发展，污染物排放只降不增。</p> <p>不符合空间布局要求活动的退出要求 现有属于禁止引入产业门类的企业，应按相关规定限期整治或退出。</p> <p>-二类、三类工业用地 50m 范围内，不新增居住、教育、卫生用地。</p> <p>-新建、扩建石化、化工、焦化、有色金属冶炼、平板玻璃项目应布设在依法合规设立并经规划环评的产业园区。</p> <p>其他空间布局约束要求</p>		
	<p>污染物排放 管控</p>	<p>1.新增源等量或倍量替代：-上一年度水环境质量未完成目标的，新建排放水污染的建设项目按照总量管控要求进行倍量削减替代。</p> <p>-上一年度空气质量年平均浓度不达标的城市，建设项目新增相关污染物按照总量管控要求进行倍量削减替代。</p> <p>-对新建排放二氧化硫、氮氧化物、工业烟粉尘和VOCs的项目实施现役源倍量削减量替代。</p> <p>-严禁钢铁、水泥、电解铝、平板玻璃等行业新增产能，对确有必要新建的必须实施等量或减量置换，防范过剩和落后产能跨地区转移。</p> <p>2.污染物排放绩效水平准入要求：-工业固体废弃物利用处置率达100%，危险废物处置率达100%。</p> <p>-重金属重点排污企业达标排放率达100%，重有色金属矿采选业、重有色金属冶炼行业、金属表面处理及热处理加工行业、皮革及其制品制造业、化学原料及化学制品制造业、铅酸蓄电池制造行业等应满足重点重金属排放行业污染治理相关要求，重金属重点行业清洁生产总体上达到国内先进水平。</p> <p>-禁止露天和敞开式汽修喷漆作业，严禁露天焚烧建筑垃圾；新建涉及VOCs排放的工业企业入园。</p> <p>-按照“减量置换”或“等量置换”的原则，前置审批新（改、扩）建重</p>	<p>本项目生产过程中主要产生放射性废气、放射性废水、放射性固废等污染物，并对相关废物处置拟定了完善的处置方式：①放射性废气：各辐射工作场所设有局排及全排，产生的废气经过滤装置处理后排放。每个工作场所的排风系统独立设置，互不干扰；②放射性废水：项目产生放射性废水分类收集，短半衰期核素废水衰变至清洁解控水平并经主管部门同意后直接排入园区污水处理厂，由园区污水处理厂处理达标后排放至芙蓉溪；有机放射性废水衰变至解控水平并经主管部门认可后交由有资质单位处置；含长半</p>	<p>符合</p>

		<p>点行业（包括重有色金属矿采选业（铅锌矿采选、铜矿采选、铋矿采选、金矿采选等）、重有色金属冶炼业（铅锌冶炼、铜冶炼等）、金属表面处理及热处理加工业（电镀）、铅蓄电池制造业、皮革制造业、化学原料及化学制品制造业（聚氯乙烯、铬盐等基础化学原料制造、硫化物矿制酸等））生产类项目重金属总量替代与削减要求。</p> <p>-2030年，涪江流域水总量控制在41.16亿m³以内，COD排放总量限制在3.61万t/a内、NH₃-N排放总量限制在0.41万t/a内。全面推进涪江流域水环境保护工作，确保流域相关控制断面水质达标。全面推进流域水生生态保护及修复工作。</p> <p>-以“两高”行业为主导产业的园区规划环评应增加碳排放情况与减排潜力分析，推动园区绿色低碳发展。</p> <p>-新建、扩建“两高”项目应采用先进适用的工艺技术和装备，单位产品物耗、能耗、水耗等达到清洁生产先进水平，依法制定并严格落实防治土壤与地下水污染的措施。-电子信息重点行业新建应参考绵阳市“三线一单”生态环境分区管控中电子信息行业资源环境绩效准入门槛。</p> <p>3.化工园区应按照分类收集，分质处理的要求，配备专业化工生产废水集中处理设施（独立建设或依托骨干企业）及专管或明管输送的配套管网，化工生产废水纳管率达到100%。入河排污口设置应符合相关规定。</p> <p>4.重点行业建设项目应遵循重点重金属污染物排放“等量替代”原则。按国家规定，建设单位在提交环境影响评价文件时应明确重点重金属污染物排放总量及来源，无明确具体总量来源的，各级生态环境部门不得批准相关环境影响评价文件。重金属污染物排放总量替代管理豁免的情形参见《四川省“十四五”重金属污染防控工作方案》；重点行业、重点重金属的界定参见《四川省“十四五”重金属污染防控工作方案》。</p> <p>5.落实《四川省深入打好重污染天气消除、臭氧污染防治和柴油货车污染治理攻坚战实施方案》要求，推进重点行业超低排放改造和深度治理，加快实施低VOCs含量原辅材料替代，持续开展VOCs治理设施提级增效，强化VOCs无组织排放整治，加强非正常工况废</p>	<p>衰期核素的放射性废水暂存在长半衰期核素放射性废水罐，定期交资质单位处置③放射性固废按核素种类分类收集，其中综合车间（一）固废分为长半衰期核素、α短半衰期核素、β短半衰期核素固废收集，综合车间（二）分为α短半衰期核素、β短半衰期核素收集。固废收集后含半衰期<24h核素的固废经30天暂存衰变后，监测其α表面污染小于0.08Bq/cm²、β表面污染小于0.8Bq/cm²的解控作为一般固废处置，含半衰期>24h核素的固废经暂存衰变固废中最长半衰期核素的10个半衰期后，监测其α表面污染小于0.08Bq/cm²、β表面污染小于0.8Bq/cm²的解控作为一般固废处置。</p>	
--	--	---	--	--

			<p>气排放管控，推进涉VOCs产业集群治理提升，推进油品VOCs综合管控。</p>		
		<p>环境风险防 控</p>	<p>联防联控要求 涪江流域干流建设流域突发环境事件监控预警体系。</p> <p>其他环境风险防控要求 1.企业环境风险防控要求：涉及有毒有害、易燃易爆物质新建、改扩建项目，严控准入要求。（根据GB 8978中第一类污染物以及《优先控制化学品名录》《有毒有害大气污染物名录》《有毒有害水污染物名录》确定）园区环境风险防控要求：严格限制高风险化学品生产、使用，并逐步淘汰替代。优化调整高风险化学品企业布局，逐步退出环境敏感区。 2.用地环境风险防控要求：化工、电镀等行业企业拆除生产设施设备、构筑物和污染治理设施，要事先制定残留污染物清理和安全处置方案，要严格按照有关规定实施安全处理处置，防范拆除活动污染土壤。 -有色金属矿采选、有色金属冶炼、石油加工、化工、焦化、电镀、制革、天然（页岩）气开采、铅蓄电池、汽车制造、农药、危废处置、电子拆解等行业企业及其他可能影响土壤环境质量的生产设施设备、构筑物和污染治理设施的拆除，按照有关规定制定残留污染物清理和安全处置方案，要严格按照有关规定实施安全处理处置，防范拆除活动污染土壤。 3.化工园区应具有安全风险监控体系、建立生态环境监测监控体系、建立必要的突发环境事件应急体系。</p>	<p>本项目系放射性药物生产项目，运营期仅涉及放射性废气及少量有机废气，同时本项目拟设计完善的废气处理设施等一系列环保设施，经处理后可满足区域排放要求，影响轻微。</p>	<p>符合</p>
		<p>资源开发效 率要求</p>	<p>水资源利用总量要求 -新、改扩建项目污染水耗指标满足《四川省省级生态工业园区指标》综合类生态工业园区要求。 -到 2025 年，全市万元 GDP、万元工业增加值用水量分别降低到 61m 和 25m，比 2020 年再降低 29%、26%。 -工业用水重复利用率提高至 95%。 地下水开采要求 绵阳市 2025 年地下水开采控制量以省市下发指标为准</p> <p>能源利用总量及效率要求</p>	<p>本项目不涉及地下水开采，用水由市政给水管网供给且用水量小。</p>	<p>复合</p>

			<p>启动实施碳达峰行动。实施二氧化碳排放总量和强度“双控”，从严从紧控制煤炭消费，持续挖掘存量碳减排空间。有序推进风能、生物质等新能源开发，严控以化石能源为燃料的火力发电项目，稳定并逐步降低火电运行小时数。</p> <p>-实施水泥等行业产能减量和减量置换，提高钢铁行业能效煤效，推动水泥熟料原料替代和能源梯级利用。推动生活清洁替代和电能替代，扩大可再生能源电力调入和消纳规模，提升工业用能终端电气化水平。</p> <p>-国家大气污染防治重点区域（以下称重点区域）内新建耗煤项目还应严格按照规定采取煤炭消费减量替代措施，不得使用高污染燃料作为煤炭减量替代措施。</p> <p>-实施煤炭消费总量控制：严格控制煤炭消费总量；严格控制新建、改建、扩建耗煤项目，新增耗煤项目实行煤炭消耗减量倍量替代</p>		
<p>单元级清单管控要求</p>	<p>空间布局约束</p>	<p>禁止开发建设活动的要求 禁止引入不符合法律法规、有关政策及规划的项目；禁止引入不符合产业政策和准入条件的项目；禁止引入列入《环境保护综合目录（2017版）》确定的“高污染、高环境风险”产品项目（电子信息产业及相关产业除外）；禁止引入按照《建设项目环境风险评价技术导则》确定环境风险潜势为IV级及以上的项目 中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园：禁止引入含酸洗、磷化等工序的项目；医疗仪器设备及器械制造、仪器仪表制造所涉及表面处理（电镀、喷漆）应交由第三方加工，禁止在园区内进行专业电镀和专业喷漆核辐射加工禁止引入对各种药材、食品、水产品等的核辐射加工</p> <p>-其他同工业重点管控单元普适性管控要求 限制开发建设活动的要求 同工业重点管控单元普适性管控要求 允许开发建设活动的要求 / 不符合空间布局要求活动的退出要求</p>	<p>游仙高新区五里梁片区南侧二类工业用地靠近松垭镇日新社区居民</p>	<p>本项目系放药的研发生产，不属于上述“高污染、高环境风险”项目，符合中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园整体规划。</p>	<p>符合</p>

			<p>点房屋一侧 50米内不布置生产车间及易燃易爆物质堆放点，边界处布置绿化隔离带，与松垭镇日新社区居民点相隔离该区域工业项目厂界噪声达 2 类标准，严格控制挥发性有机物等废气污染物排放量，禁止引入有恶臭污染物产生的工业项目</p> <p>-其他同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>其他空间布局约束要求</p> <p>/</p>		
	<p>污染物排放 管控</p>		<p>现有源提标升级改造 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>新增源等量或倍量替代 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>新增源排放标准限值 同工业重点管控单元普适性管控要求</p> <p>污染物排放绩效水平准入要求 按照《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822）要求，严格控制生产、储存、装卸等环节的排放，提高有机废气收集及处理效率；工业企业堆场实施规范化全封闭管理，各类堆场要采取密闭存储、密闭作业、喷淋抑尘、覆盖防尘、设置防风围挡、硬化稳定及绿化等措施； 中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园：放射性气载流出物向环境的排放包括总量控制和浓度控制，需满足 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中8.6 款规定，并经审管部门认可。放射性废水按所含核素半衰期分类收集处理，含短半衰期核素的放射性废水经企业建设的衰变设施暂存衰变达排放标准后，与非放工业废水经企业预处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中三级标准或相关行业标准后，进入园区污水处理厂处理；放射性固废由产生单位按核素半衰期和特性分类收集，含长半衰期核素交资质单位处置，含短半衰期核素解控后按工业固废处置。</p> <p>其他同工业重点管控单元普适性管控要求。</p> <p>其他污染物排放管控要求</p> <p>/</p>	<p>本项目生产过程中主要产生放射性废气、放射性废水、放射性固废等污染物，并对相关废物处置拟定了完善的处置方式：①放射性废气：各辐射工作场所设有局排及全排，产生的废气经过滤装置处理后排放。每个工作场所的排风系统独立设置，互不干扰；②放射性废水：项目产生放射性废水分类收集，短半衰期核素废水衰变至清洁解控水平并经主管部门同意后直接排入园区污水处理厂，由园区污水处理厂处理达标后排放至芙蓉溪；有机放射性废水衰变至解控水平并经审管部门认可后交由有资质单位处置；含长半衰期核素的放射性废水暂存在长半衰期核素放射性废水罐，定期交资质单位处置③放射性固废按核素种类分类收集，其中综合车间（一）固废分为长半衰期核素、α短</p>	<p>符合</p>

				<p>半衰期核素、β短半衰期核素固废收集，综合车间（二）分为α短半衰期核素、β短半衰期核素收集。固废收集后含半衰期<24h核素的固废经30天暂存衰变后，监测其α表面污染小于0.08Bq/cm²、β表面污染小于0.8Bq/cm²的解控作为一般固废处置，含半衰期>24h核素的固废经暂存衰变固废中最长半衰期核素的10个半衰期后，监测其α表面污染小于0.08Bq/cm²、β表面污染小于0.8Bq/cm²的解控作为一般固废处置。</p>	
		<p>环境风险防控</p>	<p>严格管控类农用地管控要求 同工业重点管控单元普适性管控要求 安全利用类农用地管控要求 对拟收回土地使用权的石油加工、化工、电镀、制革、机械加工、铅蓄电池、汽车制造、农药、危险废物处置、汽车拆解、涉重金属等行业企业用地，以及用途拟变更为居住和商业、学校、医疗、养老机构等公共设施的上述企业用地，由土地使用权人负责开展土壤及地下水环境状况调查评估，其他同工业重点管控单元普适性管控要求 污染地块管控要求 同工业重点管控单元普适性管控要求 园区环境风险防控要求 园区内、外紧邻居住和医疗教育用地的工业用地不得补助危险化学品贮存设施。 其他同工业重点管控单元普适性管控要求 / 企业环境风险防控要求</p>	<p>/</p>	<p>/</p>

			<p>同工业重点管控单元普适性管控要求 其他环境风险防控要求 /</p>		
		<p>资源开发效率要求</p>	<p>水资源利用效率要求 同工业重点管控单元普适性管控要求 地下水开采要求 同工业重点管控单元普适性管控要求 能源利用效率要求 园区内禁止使用高污染燃料，鼓励引入天然气分布式能源，鼓励新建锅炉加装低氮燃烧装置 其他同工业重点管控单元普适性管控要求 其他资源利用效率要求 /</p>	<p>/</p>	<p>/</p>

1.2.7 项目外环境关系

1.2.7.1 厂区周围外环境关系

本项目位于绵阳市游仙区游仙街道康宁路 19 号（东经 104.805911°；北纬 31.536308°）。结合现场踏勘，本项目周边 500m 评价范围内外环境关系如下表。

表 1-7 项目外环境关系

外环境关系	方位	距离	性质	备注
绵梓路	北	30~55m	城市干道	/
某科研基地	北	55~460m	科研基地	/
某国家专项工程预留用地	东北	70~200m	科研基地	规划待建，目前为空地
散户	东北	320~500m	住宅	/
科技城核医疗健康产业园规划用地	东	0~160m	规划建设用地	待规划，目前为空地
中广核测控设备	东	160~280m	测控设备生产销售企业	工业用地，目前已开始建设
中玖闪光医疗科技有限公司	东	160~280m	医用设备研发生产销售企业	工业用地，目前已开始建设（位于中广核测控设备北侧）
科技城核医疗健康产业园规划用地	东	290~500m	规划建设用地	待规划，目前为空地
中广核中能回旋加速器生产医用放射性同位素项目	东南	200~300m	同位素研发生产销售企业	工业用地，目前已开始建设
中广核质子医疗	东南	70~200m	医用质子加速器研发生产销售企业	工业用地，已建成未正式投运
科技城核医疗健康产业园规划用地	东南	320~500m	规划建设用地	规划待建，目前为空地
山林地	南	0~500m	山林地	/
科技城核医疗健康产业园规划用地	西	0~50m	规划建设用地	规划待建，目前为空地
科技城核医疗健康产业园规划用地	西	50~500m	规划建设用地	待规划，目前为空地

1.2.7.2 项目选址合理性分析

（1）与园区功能的相容性

本项目厂址地处中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园中的青龙山北片区。根据园区规划，中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园的青龙山北片区规划重点发展放射性同位素研发及生产、放射性药物研发及生产、射线装置研发及生产等核技术产业。本项目属于医用放射性同位素药物研发及生产，为园区主导产业之一，项目符合园区的产业规划。

本项目产生的放射性生产废水经自建放射性废水衰变池暂存衰变达标（总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ ）后，与非放生产废水一并排入中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区规划建设的污水处理厂处理达标后排放。同时，项目可充分依托园区配套的给排水、供配电、供气、道路等基础设施。

（2）与周边环境关系的相容性

由前述外环境关系简述可知，项目东北厂界外隔绵梓路约 70~200m 为某国家专项工程预留用地。项目东北厂界外 320~500m 范围内存在少量散户。项目南厂界外为山林地，东、西厂界外均为中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区规划用地。项目东南厂界外 70~200m 为中广核质子医疗项目，该项目主要从事医用质子加速器研发生产及销售，目前已建设完毕；项目东厂界外 320~500m 处为产业园规划用地；项目东南厂界外 200~300m 为中广核中能回旋加速器生产医用放射性同位素项目，目前正在建设，该项目主要从事同位素研发生产及销售；东厂界外 160~280m 为中广核测控设备项目，该项目主要从事测控设备生产及销售，目前正在建设；东厂界外 160~280m 为中玖闪光医疗科技有限公司（紧邻中广核测控设备项目），该项目主要从事医疗设备研发制造，目前正在建设。西厂界外 50~500m 处为产业园规划用地。

综上所述，项目建成后周边存在少量居民住宅，已建成的、规划引入的企事业单位则以科研院所、放射性核素研发生产、核医疗设备制造、核测控装备等相关核技术应用产业为主，无重污染企业，对本项目的建设无明显环境制约影响。项目为医用同位素药物生产项目，与周边企业同属于中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区规划的主导产业。经预测分析，项目在采取相应辐射安全与防护措施及环保防治措施后，能保证各类污染物达标排放，对周边环境影响轻微。

综上所述，本项目与周边环境相容，采取的环保治理措施可保证污染物达标排放，对周边环境影响轻微，**从辐射防护和环境保护角度而言，本项目选址合理可行。**

1.3 编制依据

1.3.1 国家相关法律

- （1）《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；
- （2）《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订实施；
- （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；
- （4）《中华人民共和国大气污染防治法》，2018 年 10 月 26 日修订实施；

- (5) 《中华人民共和国水污染防治法》，2018年1月1日实施；
- (6) 《中华人民共和国噪声污染防治法》，2022年6月5日修订实施；
- (7) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年9月1日修订实施。

1.3.2 国家相关行政法规、条例

- (1) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）（2019 年 3 月 2 日修改并实施《国务院关于修改部分行政法规的决定》，中华人民共和国国务院令 第 709 号）；
- (2) 《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 日起施行）；
- (3) 《放射性废物安全管理条例》（国务院令 第 612 号）；
- (4) 《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令 第 562 号）；
- (5) 《危险化学品安全管理条例》（国务院令 第 591 号）。

1.3.3 部门规章、规范性文件

- (1) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）；
- (2) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年，国家环境保护总局令 第 31 号，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令 第 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 第 20 号修改）；
- (3) 《建设项目环境影响评价分类管理目录（2021 版）》（生态环境部令 第 16 号）；
- (4) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（发展和改革委员会令 第 7 号）；
- (5) 《环境保护部办公厅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）；
- (6) 《放射性物品运输安全许可管理办法（2019 年修正本）》（生态环境部令 第 7 号）；
- (7) 《放射性物品运输安全监督管理办法》（环保部令 第 38 号）；
- (8) 《放射性物品道路运输管理规定（2016 年修正版）》（交通运输部令 2016 年第 71 号）；

- (9) 《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第4号）；
- (10) 《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年第57号，2020年1月1日施行）；
- (11) 《生态环境部（国家核安全局）核素利用项目监督检查技术程序》（2020年版）；

1.3.4 地方环境法规和政府规章文件

- (1) 《四川省环境保护条例》（四川省第十二届人民代表大会常务委员会第三十六次会议通过）；
- (2) 《四川省辐射污染防治条例》（由四川省第十二届人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过）；
- (3) 《四川省环境保护厅关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知》（川环办〔2010〕49号），2010年3月29日实施；
- (4) 《四川省生态环境厅关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函〔2016〕1400号）；

1.3.5 技术规范和标准

- (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- (2) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；
- (3) 《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）；
- (4) 《放射性物质运输包装质量保证》（GB/T 15219-2009）；
- (5) 《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB 27742-2011）；
- (6) 《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）；
- (7) 《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》（GB 12711-91）；
- (8) 《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB 11928-1989）；
- (9) 《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ 380-1989）；
- (10) 《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》（T/CIRA5-2019）；
- (11) 《核技术利用放射性废物最小化》（HAD 401/11-2020）；
- (12) 《核技术利用设施退役》（HAD401/14-2021）；
- (13) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；
- (14) 《职业性内照射个人监测规范》（GBZ 129-2016）；

- (15) 《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WST 613-2018）；
- (16) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；
- (17) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；
- (18) 《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）；
- (19) 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）；
- (20) 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；
- (21) 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）；
- (22) 《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）；
- (23) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）；
- (24) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；
- (25) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）；
- (26) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）；
- (27) 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- (28) 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；
- (29) 《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ 2.3-2018）；
- (30) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；
- (31) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；
- (32) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）；
- (33) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；
- (34) 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018）；
- (35) 《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB51/2682-2020）；
- (36) 《核技术利用单位反恐怖防范要求》（GA 1807-2022）；
- (37) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；
- (38) 《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；
- (39) 《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》（DB51 2377-2017）；
- (40) 《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）。

1.3.6 与项目相关的文件、资料

- (1) 项目立项备案表，备案号为“川投资备〔2311-510704-07-02-597052〕JXQB-0279号”。
- (2) 《建设用地规划许可证》（地字第 510700202100133 号）；
- (3) 其他项目相关资料

1.4 评价标准

1.4.1 电离辐射标准

1.4.1.1 个人剂量控制

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的相关标准：

职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 B 剂量限值：应对任何工作人员的职业水平进行控制，使之不超过下述限值：a) 由审管部门决定的连续5年的平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

由于本项目是在已审批建设的工程基础上进行改扩建，职业人员个人剂量约束值参考已审批的《游仙区放射药研发生产基地项目环境影响报告书》（环评批文号：川环函〔2023〕974号）确定的个人剂量约束值：5mSv/a。

公众照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 B 剂量限值：实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

由于本项目是在已审批建设的工程基础上进行改扩建，公众个人剂量约束值参考已审批的《游仙区放射药研发生产基地项目环境影响报告书》（环评批文号：川环函〔2023〕974号）确定的个人剂量约束值：0.1mSv/a。

1.4.1.2 剂量率水平控制限值

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）与《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》（T/CIRA5-2019）中关于工作场所屏蔽要求，结合本项目工艺特点，按照屏蔽防护从严原则，确定本项目工作场所的屏蔽防护控制目标值如下：

(1) 放射性药物合成和分装的箱体、通风橱等设备外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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 $25\mu\text{Sv/h}$ ；

(2) 固体放射性废物收集桶、衰变池的放射性废液收集罐外表面30cm处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

(3) 控制区内房间防护门、墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。屏蔽墙体外的人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

1.4.1.3 放射性表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定，工作人员的衣服、体表及工作场所的设备、工具、地面等放射性表面污染控制水平见下表：

表 1-8 工作场所放射性表面沾污控制水平

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

1.4.1.4 放射性废水

总 α 、总 β 属于一类污染物，根据《污水综合排放标准》(GB8978-1996)规定，车间内废水排放限值：总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ 。

1.4.1.5 放射性固体废物清洁解控水平

参照《核医学辐射防护与安全要求》HJ 1188-2021 中 7.2.3 节关于固体放射性废物清洁解控要求：经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2 ， β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控处理：

- 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。

不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备

并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，表面污染水平对 β 和 γ 发射体应小于 4Bq/cm²。

1.4.1.6 气载流出物管控要求

依据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定，产生气态放射性废物的工作场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

1.4.2 非放射性评价标准

根据本项目所在环境功能区，确定项目环境评价执行标准如下：

1.4.2.1 环境质量标准

（1）环境空气质量

根据项目区域功能特点，SO₂、NO₂、CO、O₃、PM₁₀、PM_{2.5}执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中的二级标准，主要评价因子标准限值见下表。

表 1-9 环境空气质量评价标准

污染物名称	取值时间	标准浓度限值	浓度单位	标准来源
SO ₂	1 小时平均	500	μg/m ³	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 二级
	日平均	150		
	年均	60		
NO ₂	1 小时平均	200		
	日平均	80		
	年均	40		
CO	1 小时平均	10	mg/m ³	
	24小时平均	4		
O ₃	1 小时平均	200	μg/m ³	
	日最大8小时平均	160		
PM ₁₀	日平均	150		
	年均	70		
PM _{2.5}	日平均	75		
	年均	35		

（2）地表水环境质量

本项目污水最终受纳水体为芙蓉溪。芙蓉溪水质类别为《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类水域，评价因子标准限值见下表。

表 1-10 地表水环境质量评价标准（GB3838-2002）

项目浓度	pH	DO	CODCr	BOD ₅	NH ₃ -N	高锰酸盐指数
III	6~9	5	20	4	1.0	6

注：上述标准中，pH无量纲，其余因子单位为mg/L。

（3）声环境质量

项目建设厂址所在区域属于《声环境质量标准》（GB3096-2008）中3类声功能区，执行3类标准，详见下表。

表 1-11 声环境质量标准（GB3096-2008）

适用区域	标准值（Leq: dB (A)）	
	昼间	夜间
3类	65	55

1.4.2.2 污染物排放标准

（1）大气污染物

施工期扬尘排放执行《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB51/2682-2020）相关要求；生产及质检产生的挥发性有机物执行《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》（DB51 2377-2017）。

表 1-12 大气污染物排放标准限值

污染物		排放浓度	执行标准
施工期	TSP	600 μ g/m ³	《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB51/2682-2020）

表 1-13 挥发性有机物排放标准

污染物	有组织排放			无组织排放监控浓度限值（mg/m ³ ）
	最高允许排放浓度（mg/m ³ ）	排气筒高度（m）	排放速率（kg/h）	
VOCs	60	15	3.4	0.2
		20	6.8	

（2）水污染物

本项目营运期间产生的生活污水经化粪池处理后经园区污水处理厂（在建）处理达标后排放至芙蓉溪；短半衰期核素放射性废水暂存衰变经监测达标（总 α ≤1Bq/L、总 β ≤10Bq/L）后，与非放生产废水一并排至园区污水管网，由园区污水处理厂（在建）处理达标排放。长半衰期核素放射性废水及有机放射性废水收集暂存，定期交由有资质的单位处置，不外排。废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标

准，见下表。

表 1-14 废水排放标准限值

类别	污染物	标准限值
第一类污染物	总 α	1Bq/L
	总 β	10Bq/L
第二类污染物	pH（无量纲）	6~9
	COD	500mg/L
	BOD5	300mg/L
	SS	400mg/L

（3）噪声

施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），见下表。

表 1-15 建筑施工场界环境噪声排放限值

标准类别	噪声限值（Leq: dB (A)）	
	昼间	夜间
《建筑施工场界环境噪声排放标准》 （GB12523-2011）	70	55

运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中3类标准，见下表。

表 1-16 工业企业厂界环境噪声标准

标准类别		噪声限值（Leq: dB (A)）	
		昼间	夜间
《工业企业厂界环境噪声排放标准》 （GB12348-2008）	3类	65	55

（4）固体废物

《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）。

1.5 评价等级

1.5.1 大气环境影响评价等级

同位素生产及质检产生的少量挥发性有机废气。根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016），放射性气载流出物主要评价其所致项目周围关注点人员受照剂量是否满足确定的剂量约束值；对于非放类大气污染物，需依据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）进行评价工作分级判定，具体环境空气评价工作等级判定见下表。

表 1-17 环境空气评价等级划分表

评价工作等级	评价工作分级判据
一级	$P_{\max} \geq 10$
二级	$1\% \leq P_{\max} < 10\%$
三级	$P_{\max} < 1\%$

表中 $D_{10\%}$ 为第 i 个污染物的地面浓度达标准值 10% 时所对应的最远距离。 P_i 为每一种污染物的最大地面浓度占标率（第 i 个污染物），可按下列公式计算：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{oi}} \times 100\%$$

式中： P_i -----第 i 个污染物的最大地面浓度占标率，%；

C_i -----采用估算模式计算出的第 i 个污染物的最大 1h 地面空气质量浓度， $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ；

C_i -----第 i 类污染物大气环境质量标准， mg/m^3 。

C_{oi} -----第 i 个污染物的环境空气质量浓度标准， $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 。一般选取用 GB3095 中 1h 平均采样时间的二级标准的浓度限值；对仅有 8h 平均质量浓度限值、日平均质量浓度限值或年平均质量浓度限值的，可分别按 2 倍、3 倍、6 倍折算为 1h 平均浓度限值。

根据污染源项目分析，主要大气污染源为放药研发生产及质检产生的少量挥发性有机废气。采用 AERSCREEN 估算模式计算其占标率及最远距离 $D_{10\%}$ 得知，VOCs 等占标率 $< 1\%$ ，根据评价工作等级划分的相关判据，**大气环境评价等级为三级。**

1.5.2 地表水环境影响评价等级

本项目为水污染影响型建设项目。根据初步工程分析，项目运营期外排废水主要为核素生产过程产生的工艺废水和生活污水。

本项目营运期间产生的生活污水经化粪池处理后经园区污水处理厂（在建）处理达标后排放至芙蓉溪；短半衰期核素放射性废水暂存衰变经监测达标（总 $\alpha \leq 1\text{Bq}/\text{L}$ ，总 $\beta \leq 10\text{Bq}/\text{L}$ ）后，与非放生产废水一并排至园区污水管网，由园区污水处理厂处理达标排入芙蓉溪。长半衰期核素放射性废水及有机放射性废水收集暂存，定期交由有资质的单位处置，不外排。

综上，项目废水排放形式为间接排放。根据《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ 2.3-2018）评价工作等级划分原则与方法，本项目地表水环境影响评价工作等级为三级 B，可不进行水环境影响预测，主要评价内容包括（1）水污染控制和水环境影响减缓措施有效性评价；（2）依托污水处理设施的环境可行性评价。地表水评价等级

判别依据见下表。

表 1-18 地表水评价等级判断

评价等级	判定依据	
	排放方式	废水排放量Q/(m ³ /d)；水污染物当量数W/（无量纲）
一级	直接排放	Q≥20000或W≥600000
二级	直接排放	其他
三级A	直接排放	Q<200且W<6000
三级B	间接排放	-

1.5.3 地下水环境影响评价等级

根据《建设项目环境影响评价分类管理目录（2021版）》（生态环境部令第16号），本项目属于“172 核技术利用建设项目”，对照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）附录 A，未提及本项目所属行业，评价参考附录 A 中“M 医药”中“单纯药品分装、复配”行业分类，属于IV类建设项目，本项目位于工业园区内，项目用水来源于市政管网，项目所在区域无集中式饮用水源地、特殊地下水资源保护区以及分散式居民饮用水水源等环境敏感区，地下水敏感程度为不敏感，本项目不需要开展地下水环境影响评价，评价重点为提出地下水污染防治措施和建议。

1.5.4 声环境影响评价等级

本项目评价区域属于《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的3类标准区域，依照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）的规定，结合本项目噪声特征，项目声环境影响评价工作等级判定见下表。

表 1-19 声环境影响评价工作等级判定表

项目	声环境区划	项目建设前后噪声级的变化程度	受噪声影响范围内的人口
三级评价标准判据	3类区	增高量在3dB(A)以下[不含3dB(A)]	变化不大
实际情况	3类区	增高量在3dB(A)以下	变化不大
评价等级判定	声环境影响评价工作等级判定结果：三级评价		

项目建成后评价范围内声环境保护目标噪声级增加小于3dB（A），受影响的人口变化不大，根据HJ2.4-2021规定的等级判定要求，本项目声环境影响评价等级为三级。

1.5.5 土壤环境影响评价等级

本项目属于核与辐射类建设项目，不适用于《环境影响评价技术导则 土壤环境》（HJ964-2018）。由于本项目产生的各类污染物排放量很小，并且采用了严格的分区防渗措施，所以本项目对土壤环境的影响很小，本项目所处区域土壤环境不敏感。根

据《环境影响评价技术导则 土壤环境》（HJ964-2018）评价等级的判定，本项目可不开展土壤环境影响评价工作。

1.5.6 生态环境影响评价

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），“符合生态环境分区管控要求且位于原厂界（或永久用地）范围内的污染影响类改扩建项目，位于已批准规划环评的产业园区内且符合规划环评要求、不涉及生态敏感区的污染影响类建设项目，可不确定评价等级，直接进行生态影响简单分析”。本项目属于在符合生态环境分区管控要求且位于原厂界范围内的污染影响类改扩建项目，可不确定评价等级，直接进行生态影响简单分析。

1.6 评价范围和保护目标

1.6.1 评价范围

1.6.1.1 辐射环境

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016），“放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所的评价范围，甲级取半径500m的范围，乙、丙级取半径50m的范围”。本项目涉及放射性药物生产及非密封甲级工作场所，评价范围为：以综合车间（一）与综合车间（二）实体边界为中心，取半径500m的范围。

1.6.1.2 其他要素

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018），三级评价项目不需设置大气环境影响评价范围。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021），项目声环境影响评价范围为厂界外 200m 以内的区域。

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），间接排放项目可不进行水环境影响预测。

根据《环境影响评价技术导则 生态环境》（HJ 19-2022），评价范围应涵盖项目的影响范围，因此生态环境影响评价范围确定为厂界外 500m 以内的区域。

1.6.2 环境保护目标

根据现场踏勘，项目运营期主要环境保护目标见下表。

表 1-20 环境保护目标一览表

敏感目标名称		方位	距离 (m)	规模	保护要求
职业照射	本项目辐射工作人员	综合车间 (一)、综合车间 (二) 内	/	74人	5mSv/a
公众照射	散户	综合车间 (二) 东北	320	约60人	0.1mSv/a
		综合车间 (二) 东北	340		
	某科研基地	综合车间 (一) 北	85	约300人	0.1mSv/a
		综合车间 (二) 北	70		
	中广核质子医疗项目	综合车间 (一) 东南	250	约100人	
		综合车间 (二) 东南	200		
	中广核中能回旋加速器生产医用放射性同位素项目 (建设中)	综合车间 (一) 东南	140	约100人	
		综合车间 (二) 东南	170		
	中广核测控设备 (建设中)	综合车间 (一) 东	225	约50人	
		综合车间 (二) 东	290		
中玖闪光医疗科技有限公司 (建设中, 中广核测控设备北侧)	综合车间 (一) 东	225	约39人		
	综合车间 (一) 东	290			

2 自然环境与社会环境状况

2.1 自然环境状况

2.1.1 地理位置

绵阳市地处四川盆地西北部，涪江中上游地带，北纬 $30^{\circ}42' \sim 33^{\circ}03'$ ，东经 $103^{\circ}45' \sim 105^{\circ}43'$ 。东接南充市，南接遂宁市，西南界德阳市，西靠阿坝藏族羌族自治州，北抵甘肃省，东北与广元市为邻。全市幅员面积 20249km^2 。

游仙区位于四川盆地西北部边缘丘陵地带，地理坐标介于北纬 $30^{\circ}20' \sim 31^{\circ}43'$ ，东经 $104^{\circ}40' \sim 105^{\circ}09'$ 之间。东接梓潼县、南临三台县、西接涪城区、北靠江油市，是绵阳市的重要组成部分。东西长约 43 公里，南北宽 42 公里。宝成铁路和川陕、绵梓、绵盐等高等级公路穿境而过，距成都 127 公里。

本项目选址于绵阳市游仙区游仙街康宁路 19 号，厂址北临绵梓路，建设项目地理位置见附图 1。

2.1.2 地形、地貌、地质

(1) 地形地貌

绵阳市境内地层发育较齐全，岩石建造复杂，岩性岩相变化大；多期多次构造继承、干扰、叠加，构造形态极复杂；晚期岩浆活动及区域变质作用微弱；沉积成矿作用强，内生矿化弱。绵阳市处于龙门山前缘向四川盆地过渡带。该区域地跨摩天岭、龙门山及四川盆地三个地理地貌单元。北部属摩天岭南缘，南部为盆地边远山区，中部为龙门山山脉。绵阳市属于四川盆地盆中丘陵区北部，总的地势呈北高南低，自北而南呈阶梯逐渐降低。东西两面高中间低。中部为河谷冲积平原，两边为高阶地形成的丘状台地或丘陵。区境海拔一般为 500 米至 600 米。地势东北高西南和西部涪江及中部芙蓉溪、魏城河谷较低。最高点在太平乡与柏林镇交界处的旱山庙山顶，海拔 728 米，最低点在玉河镇花碑湾魏城河谷与三台县交界处，海拔 419 米。全市按地貌主要类型分为：山区占 61.00%，丘陵区占 20.40%，平坝区占 18.60%。

游仙区地处四川盆地西北边缘，地势北高南低，海拔高程多在 465m~550m 之间，地形相对切割深度一般在 30m 左右。全区以低山丘陵地形为主，山坡自然陡度在 200 以内，山体宽厚、沟壑和缓，按成因划分为侵蚀堆积和构造侵蚀堆积两大类型，山间洼地之间有树状水沟连通，侵蚀作用不很强烈。

拟建项目场地原为丘陵地貌，现已场平，地势较平坦，整体呈西高东低，场地东侧约 550m 处为芙蓉溪。根据《游仙区放射药研发生产基地一期项目岩土工程勘察报告》（四川蜀西地质工程勘测有限责任公司，2021 年 6 月），勘探点孔口绝对高程为 486.89~490.30m。

（2）地质

根据《游仙区放射药研发生产基地一期项目岩土工程勘察报告》（四川蜀西地质工程勘测有限责任公司，2021 年 6 月），勘察深度范围内地基土按时代和成因划分为三个工程地质层，即第四系人工填土层（ Q_4^{mL} ）、第四系全新统残坡积层（ Q_4^{el+dl} ）、第四系全新统残坡积（ Q_4^{el+dl} ）、白垩系灌口组泥岩（ K_{2g} ）。地层结构自上而下为：

①第四系全新统人工填土层（ Q_4^{mL} ）

杂填土 1：杂色，成分以粉质粘土、砖块、水泥混凝土、卵石、漂石等为主，夹少量生活垃圾，结构松散，成分混杂，其中硬杂质含量大于 30%。为新近填土，堆填时间小于 3 年。该层在场地内均有分布，层厚 2.00~6.20m，平均厚度 4.36m。

②第四系全新统残坡积层（ Q_4^{el+dl} ）

粉质粘土 2：黄褐色、灰褐色，可塑-硬塑状，稍有光泽，干强度中等，韧性中等。土体含碎石，土质不均匀。该层在场地内大部分区域分布，层厚 0.60~3.70m，平均厚度 2.29m。

③第四系全新统残坡积层（ Q_4^{el+dl} ）

粉质粘土 3：褐色、灰褐色，软塑，成份主要以粘粒矿物为主，土体含少量碎石、卵石，物理力学性质较差。该层在场地内仅 CK4 有分布，层厚 2.80m。

④白垩系剑门关组泥岩（ K_{1j} ）

泥岩（ K_{1j} ）：棕红色，由石英、长石及少量粘土矿物等碎屑矿物组成，厚—巨层状构造，岩石遇水易软化，脱水易崩解。根据钻孔揭露厚度，按风化程度可分为强风化泥岩和中风化泥岩。

强风化泥岩 4-1：棕红色，强风化，岩层风化强烈，色泽陈旧，风化裂隙较发育，沿裂隙夹土状全风化泥岩，局部含中风化泥岩，岩芯多呈碎块状，少量呈短柱状，岩块用手可捏碎，敲击声闷，岩芯采取率一般为 65% 以上。该层在场地内广泛分布，层厚 1.80~6.90m，平均厚度 3.69m。

中风化泥岩 4-2：棕红色，中风化，风化裂隙发育-轻微发育，色泽较新鲜，岩体

较完整，岩芯以长柱状为主，少量短柱状，岩块用手难折断，岩芯采取率一般为80%~95%，岩体 RQD=70~80。岩质软，浸水或日晒易软化和崩解，岩体完整程度为较完整，岩体基本质量等级为V级。在钻孔 CK05、CK06 区域内中风化岩层有强风化透镜体，层厚 1.8~3.2m，岩芯多呈碎块状，岩块用手可捏碎，敲击声闷，岩芯采取率一般约 60%。该层在场区内广泛分布，本次钻探未揭穿。

(3) 地震

拟建场地位于四川省绵阳市游仙区，根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010、2016）附录 A 的规定，拟建场地抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，设计地震分组为第二组，根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）的规定，II类场地条件下，拟建场地峰值加速度为 0.10g，反应谱特征周期为 0.40s。

2.1.3 水文特征

(1) 地表水

绵阳境内河流属嘉陵江水系，涪江是绵阳市的主要河流、嘉陵江右岸的一级支流，发源于岷山东麓松潘县的三舍驿雪宝顶（海拔 5555m），经平武、江油、绵阳、三台、遂宁、合川注入嘉陵江，全长 670km，流域面积 36400km²。支流呈树枝状，涪江左岸有芙蓉溪、梓江；右岸有平通河、通口河、安昌江等较大支流流入。

芙蓉溪：系涪江的支流，共有两源，西源为正源名杜家河，东源名战旗河，两源分别发源于江油市新兴、新安、双河 3 乡交界海拔 825 米的垮石岩南坡和东坡，杜家河与战旗河南流至绵阳市游仙区太平场镇北面汇合后始名芙蓉溪，再经太平、凤凰、忠兴、街子、瓦子、新桥、游仙等乡镇，至城区沈家坝南注入涪江。河流全长 90.7km，流域面积 594.9km²，流经市境河段长约 60km，天然落差 63m，平均比降 1.05‰，汇水面积 311.5km²。河道蜿蜒曲折，两岸开阔，有 1~2 级阶地发育。芙蓉溪主要水体功能为纳污、灌溉和泄洪等，水质类别为 III 类水域。

本项目营运期间产生的生活污水经化粪池处理后经园区污水处理厂处理达标后排放至芙蓉溪；短半衰期核素放射性废水暂存衰变经监测达标（总 $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）后，与非放生产废水一并排至园区污水管网，由园区污水处理厂处理达标排放至芙蓉溪。

(2) 地下水

据区域地质资料及钻探揭示，拟建场地的地下水由上层滞水、基岩裂隙水组成，

上层滞水主要富存于填土层及黏性土裂隙中，受大气降水的补给，并通过渗流和蒸发排泄，无统一水位，含水量和水位随季节变化较大，而岩石裂隙、节理为基岩裂隙水的主要含水层，主要受地下径流补给和排泄，埋藏较深，含水量一般。

勘察期间正值平水期，钻孔内测得水位，埋深 2.20~5.41m，高程 484.01~487.11m，无统一地下水位，地下水位年变化幅度为 2~3m。

2.1.4 气候特征

绵阳市属北亚热带湿润季风气候区，气候温和，四季分明，具有冬长但无严寒，无霜期长（年平均在 253~301 天之间）；夏热但无酷暑，春旱、秋凉的特点。全年都适于农作物生长。年平均气温 14.7~17.3℃，年平均日照时数 929.7~1391.4 小时。雨量充沛，年降雨量 825~1417mm，但季节分配不均，主要集中在 6~9 月份，占全年降雨量的 76%，11 月~翌年 2 月降雨量仅为 5%，形成冬春少雨多旱、初夏干旱频繁、立夏西部多涝、东部旱涝交错的气候特征。主要参数如下：

多年平均气温：	16.3℃
多年极端最高气温：	39.4℃
多年极端最低气温：	-4.5℃
多年平均日照时数：	1298.1 小时
全年无霜期：	272 天
多年平均相对湿度	79%
多年平均降水量	963.2mm
常年主导风向	NE
最大风速	15.7m/s,
多年平均风速	1.1 米/秒
多年静风风频	49%

2.1.5 土壤资源

游仙区 90%的土地面积的母质属白垩系城墙岩群剑阁组紫色砂质页岩母质。岩层由黄色砂岩与紫色泥岩相间组成，多呈水平状。因此丘陵地区从坡脚到坡顶的土地多是梯地。该类母质形成的土壤为紫色土壤类型，富含钙质，土壤中呈中性至微碱性，砂岩裸露多的地方质地较轻，黄砂岩裸露的地方土壤呈微酸性。

2.1.6 矿产资源

绵阳自然资源丰富，全境水能总量 293.28 万千瓦，可开发水能 138.35 万千瓦。天然气储量 100 亿立方米，有铁、金、铝、铜、煤、铅、锌、钨、锰、锡、铂、汞、银、磷、石灰石、石英石、重晶石、石油、天然气、大理石、油页岩、玻璃砂岩、耐火粘土、膨润土、高岭土、方解石、白矾、石棉、水晶、萤石等有工业开采价值的矿产资源 57 种，已有 26 种矿产探明储量，已开发利用的矿产 21 种。开采价值大、储量居四川重要地位的共 15 种。其中黄金、锰、熔剂白云岩、膨润土的探明储量居全省首位；重晶石、玻璃砂岩居第二位；天然气、水泥灰岩、水泥配料、铸型砂居第三位；熔剂灰岩列第四位，磷块岩居第六位。有矿产地 335 处，其中黑色金属 73 处，贵金属 69 处，燃料矿产 13 处，非金属矿产 155 处；全市各类矿产具有一定工业矿床规模的产地共 74 处：其中黑色金属 17 处，有色金属 4 处，贵金属 14 处，燃料矿产 4 处，非金属矿产 35 处。

经调查，项目用地区域内无矿产资源存储。

2.1.7 动植物资源

绵阳生物多样性丰富，自然植被主要林相为马尾松木林，以及次生灌丛和草丛。乔木以马尾松、柏树、青冈为主，灌木以麻栎、栓皮栎、马桑、黄荆为主要代表，主要经济林木是油桐、乌桕、桑、柑橘等。市境共有林业用地 1562.2 万亩。森林面积 941.08 万亩，森林覆盖率为 36%，现有林地 73 万多公顷。林木总面积量 8136 万立方米。全市有维管束植物 4500 余种，其中主要植物有 2471 种，列入全国植物保护的有珙桐、连香、杜仲、四川红杉、水杉、木青等 39 种。有药用植物 2156 种，其中常用药材 457 种。桔梗、麦冬、附子、枣皮、杜仲、天麻、黄连、党参、银杏、贝母、虫草等数十种优质药材著称中外。木耳等大型真菌和地衣植物、蕨类植物资源丰富。项目区域自然植被受人为经济活动影响基本不复存在，取而代之的是农田植被、四旁植被和缓丘植被。区域的植被覆盖率一般，有轻度或微度的水土流失。

绵阳区系代表动物以鼬科和鼠类为主，鸟类以白鹭、斑鸠、家燕、喜鹊、麻雀最为常见。动物资源中，除家养动物 57 个品种外，有野生动物 330 种。其中属全省重点保护的珍稀动物 42 种，列入全国重点保护的珍稀动物 26 种，包括大熊猫、金丝猴、云豹、牛羚、黑颈鹤、小熊猫等。

游仙区森林植被分区位于四川省亚热带常绿阔叶林区，川东盆地及西南山地常绿

阔叶林地带，川东盆地偏湿性常绿阔叶林亚带、盆地底部丘陵低山植被地区、盆地深丘植被小区。主要植被群落为亚热带常绿针叶林、以柏木、马尾松构成群落的优势树种。还有阔叶树种、桉木、栎类、桉树、梧桐、槐等，珍贵树种有杏樟、银杏、红豆树等。灌木以马桑、黄荆为主。草本植物主要有茅草、蓑草，巴茅等。全区有乔木树种 57 科、109 属、187 种。全区活立木蓄积量 50 万 m^3 ，其中用材林 36.15 万 m^3 ，占总蓄积量的 72.3%，其余为防护林、薪炭林、特用林。全区森林覆盖率为 31.9%，林业用地占全区土地总面积的 36%。绿色覆盖率为 32.4%。

经调查，受人类活动影响深远，评价区域内植被多以农作植被、经济作物及果树为主，无天然林。评价区域内无重点保护的珍稀、濒危动植物及古、珍树木。

2.2 社会经济状况

2.2.1 人口简况

本项目选址于绵阳市游仙区游仙街道康宁路 19 号（东经 104°48'3.168"；北纬 31°32'12.660"），根据绵阳市游仙区经济试验区管委会提供的中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区规划方案，项目属于产业园生产组团内。

根据现场勘查，项目运营期周边 500m 范围均在游仙区管辖范围内。根据现场调查并结合 2020 年 8 月某科研基地周边区域人口调查资料，项目评价范围内的人口分布情况见下表。

表 2-1 项目评价范围内人口分布情况

名称	方位	距离	性质	人数
某科研基地	北	约65m	科研基地	约300人
散户	东北	约245m	居民住宅	约60人
中广核质子医疗项目	东南	约70m	企业	约100人
中广核中能回旋加速器生产医用放射性同位素项目	东南	约200m	企业	约66人
中广核测控设备项目	东	约160m	企业	约50人
中玖闪光医疗科技有限公司	东（位于中广核测控设备北侧）	约160m	企业	约39人

2.2.2 中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区

（1）园区规划概况

根据城市总体规划，2021 年在游仙区成立中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园（以下简称“核医疗健康产业园”）。

核医疗健康产业园位于游仙区游仙街道石垭村、金山村、文胜村、吴家社区和新桥镇玉泉村，园区规划用地 4000 亩，园区规划研发、生产、安评和医疗、科研配套和文商旅等 5 个组团，以核技术应用产业为主导，重点发展放射性同位素研发及生产、放射性诊断和治疗药物研发及生产、放射医疗装置研发及制造、核探测成像仪器仪表研发制造及应用、辐照加工等相关产业。

核医疗健康产业园规划分批次启动建设，建设周期五年。首期启动区为青龙山北片区，该片区由研发组团（绵梓路以北）和生产组团组成。生产组团位于游仙区游仙街道石垭村，规划范围东至游仙区乡村旅游环线，西、南至青龙山，北至绵梓路，规划总面积 50.97 公顷（约 764.55 亩），该片区规划重点发展放射性同位素研发及应用、放射性药物研发及生产和放射医疗设备研发设计及制造等核技术产业。该片区计划先期启动国通（绵阳）新药技术有限公司医药研发生产项目、中广核同位素项目和中广核质子加速器项目等建设项目。

目前，中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区已完成规划环评编制工作并取得批复（川环建函【2023】11 号）。

（2）核医疗健康产业园污水处理厂概况

2022 年 8 月 27 日，绵阳市游仙区发展和改革局对中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园基础设施建设项目（二期）可行性研究报告（代立项）进行了批复（绵游发改法规[2022]258 号），为加快中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区基础设施的建设，绵阳惠东市政建设工程有限公司决定对中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园基础设施建设项目（二期）进行分段实施，一期建设污水处理厂 1 座，设计污水处理能力 500m³/d，处理中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区区域内的生活污水及工业废水，处理工艺采用粗细格栅+调节池/事故池+混合絮凝沉淀+一体化 AAO-MBR+电子束辐照+次氯酸钠接触消毒工艺，尾水处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标后经污水排放管道排入芙蓉溪。

（3）核医疗健康产业园现状

根据现场踏勘情况，核医疗产业园内已陆续有企业入驻，其中中广核质子治疗装备制造基地现已建成，暂未正式投运，其余企业均在施工建设中。

2.3 环境质量和辐射现状

2.3.1 非放环境质量现状

2.3.1.1 空气环境质量现状评价

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），项目所在区域达标情况判定优先采用国家或地方生态环境主管部门公开发布的环境质量公告或环境质量报告中的数据或结论。

根据绵阳市生态环境局 2024 年 2 月发布的《2023 年绵阳市环境质量状况年报》，其中的数据和结论作为空气质量达标区的判定依据，环境空气质量年均浓度统计及达标情况见下表：

表 2-2 区域环境空气质量现状评价

污染物	年度评价指标	现状浓度/ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	标准值/ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	占标率/%	达标情况
SO ₂	年平均质量浓度	4.4	60	7.33	达标
NO ₂	年平均质量浓度	18.3	40	0.46	达标
CO	24小时平均 第95百分位数	0.9	4000	0.00	达标
O ₃	8小时平均 第90百分位数	160.6	160	1.00	不达标
PM _{2.5}	年平均质量浓度	33.7	35	0.96	达标
PM ₁₀	年平均质量浓度	49.4	70	0.71	达标

由上表可知，游仙区 2023 年 SO₂、NO₂、PM_{2.5}、PM₁₀ 年平均浓度达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）相应的二级标准，CO 24 小时平均第 95 百分位数达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中相应的二级标准，O₃ 8 小时平均第 90 百分位数不达标。因此，游仙区环境空气质量不达标。

2.3.1.2 地表水环境质量现状评价

本项目最终受纳水体为芙蓉溪，芙蓉溪属于Ⅲ类水域。根据绵阳市生态环境局官网发布的《2023 年绵阳市环境质量状况年报》中地表水环境质量：2023 年，绵阳市地表水 26 个断面中，I-Ⅲ类（优良水体）断面 26 个，地表水优良率 100%。河流中，涪江、通口河、凯江、梓江、安昌河、平通河、土门河、青竹江、秀水河整体水质优；芙蓉溪、魏城河水质良。

表 2-3 2023 年地表水环境质量评价结果统计表

河流/湖泊名称	断面名称	所在地	控制级别	划定类别	上年度平均水质类别	本年度平均水质类别
芙蓉溪	仙鱼桥	游仙区	市控	III	III	III

由上述监测结果可知，芙蓉溪水质类别达到了《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水域标准的要求，表明芙蓉溪水质良好。

2.3.1.3 声环境质量现状评价

本项目位于工业园区内，周边为在建（中广核测控）、待建（现为空地）或已建成暂未正式投运（中广核质子）企业。本次评价引用四川久测环境技术有限公司于2025年1月8日-1月9日对拟建厂址声环境进行的现状监测。

（1）监测因子

等效连续 A 声级

（2）监测布点

在拟建厂址东南西北四周各布设 1 个监测点位，共计 4 个点位。

（3）监测时段

监测 2 天，昼夜各监测 1 次。

（4）监测方法

按照《声环境质量标准》（GB3096-2008）的规定进行监测。

（5）监测结果与分析

评价区域环境噪声监测结果如下表所示。

表 2-4 区域声环境质量监测与评价结果表（dB(A)）

点位编号	点位名称	检测日期	昼间测量结果 dB(A)	夜间测量结果 dB(A)
1#	厂界东北侧外1m处	2025/1/8	54	46
		2025/1/9	46	42
2#	厂界东南侧外1m处	2025/1/8	46	43
		2025/1/9	58	49
3#	厂界西南侧外1m处	2025/1/8	54	46
		2025/1/9	45	42
4#	厂界西北侧外1m处	2025/1/8	46	44
		2025/1/9	59	49

由上表结果可知，项目拟建厂址厂界监测点位昼夜噪声监测值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 3 类区标准（昼间≤65 dB(A)、夜间≤55 dB(A)）要求，表明区域声环境质量较好。

2.3.2 辐射环境现状

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）对应用非密封放射性物质及射线装置的项目在应用前的辐射环境监测要求，本次监测包含拟建厂址及周围环境的 γ 辐射，大气、土壤、地表水和地下水等环境介质中的放射性核素含量现状水平。

经调查，项目东南厂界外为中广核质子医疗项目及中广核中能回旋加速器生产医用放射性同位素项目，其中中广核质子医疗项目已建设完毕尚未投入运行，中广核中能回旋加速器生产医用放射性同位素项目正在建设；东厂界外为中广核测控设备项目，目前正在建设，本次二期项目周围辐射环境相较于一期无较大变化。因此本次评价引用了2021、2022、2023、2024年的产业园区内其他企业及本项目一期验收时的辐射监测数据，包括了产业园的辐射环境质量及样品分析监测报告-川辐环监字（2021）第RM0036号、川辐环监字（2021）第RM0031号、川辐环监字（2022）第RM0029号，中广核同位素科技（绵阳）有限公司中能回旋加速器生产医用放射性同位素项目的环境质量监测报告-川辐环监字（2024）第RM0069号，西安迈斯拓扑科技有限公司加速器生产 ^{225}Ac 等医用同位素项目环境质量监测-川辐环监字（2024）第RM0072号，本项目一期竣工验收的环境质量检测报告-瑞迪森（检）字（2024）第1330号。

另外根据项目具体情况，委托了四川久测环境技术有限公司对该产业园的X- γ 剂量率， α 、 β 表面沾污等进行了补充检测（久测环检字20250162号），委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省应急技术中心）对本项目新增的部分核素进行了补充监测（辐测院监字（2024）第H248号报告）。

基于当前辐射环境监测技术条件限制和核素半衰期、衰变特性等因素，本项目以环境介质中放射性核素 ^{228}Ra 、 ^{224}Ra 、 ^{223}Ra 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{211}At 、 ^{212}Pb 、 ^{228}Th 、 ^{225}Ac 、 ^{161}Tb 的核素含量及总 α 、总 β 为监测指标。

2.3.2.1 环境 γ 辐射剂量水平

由监测结果可知，项目拟建场址周围环境X- γ 辐射剂量率监测值为41.7~69.3nSv/h，经换算后环境 γ 辐射空气吸收剂量率为34.8~57.8nGy/h，对比《2023年四川省生态环境状况公报》中绵阳市空气吸收剂量率自动监测结果70~100nGy/h，属于当地正常天然本底辐射水平。

2.3.2.2 β 表面污染水平

由监测结果可知，项目建设地点 β 表面污染监测值在 $0.01\text{Bq}/\text{cm}^2$ ~ $0.13\text{Bq}/\text{cm}^2$ 之间。

2.3.2.3 气溶胶

由监测结果可知，项目所在区域监测点气溶胶总 α 监测值范围为 $3.87\text{E}-04\text{Bq}/\text{m}^3$ ~ $4.73\text{E}-04\text{Bq}/\text{m}^3$ 、总 β 监测值范围为 $2.08\text{E}-03\text{Bq}/\text{m}^3$ ~ $2.68\text{E}-03\text{Bq}/\text{m}^3$ ，与规划环评监测报告（川辐环监字（2021）第 RM0036 号）中气溶胶总 α 监测值范围 $1.09\text{E}-04\text{Bq}/\text{m}^3$ ~ $1.5\text{E}-04\text{Bq}/\text{m}^3$ 、总 β 监测值范围 $2.25\text{E}-03\text{Bq}/\text{m}^3$ ~ $2.64\text{E}-03\text{Bq}/\text{m}^3$ 相比，无明显异常。

项目区域监测点气溶胶中放射性核素 ^{228}Ra 监测值最大为 $3.65\text{E}-05\text{Bq}/\text{m}^3$ 、 ^{224}Ra 监测值最大为 $5.02\text{E}-05\text{Bq}/\text{m}^3$ 、 ^{223}Ra 监测值最大为 $3.23\text{E}-06\text{Bq}/\text{m}^3$ 、 ^{131}I 监测值 $< 7.51\text{E}-07\text{Bq}/\text{m}^3$ 、 ^{177}Lu 监测值最大为 $1.42\text{E}-06\text{Bq}/\text{m}^3$ ， ^{211}At 监测值最大为 $2.09\text{E}-06\text{Bq}/\text{m}^3$ ， ^{212}Pb 监测值最大为 $1.85\text{E}-04\text{Bq}/\text{m}^3$ ， ^{228}Th 监测值最大为 $1.44\text{E}-04\text{Bq}/\text{m}^3$ ， ^{123}I 监测值 $\leq 6.30\text{E}-06\text{Bq}/\text{m}^3$ ， ^{124}I 监测值 $\leq 7.78\text{E}-06\text{Bq}/\text{m}^3$ ， ^{125}I 监测值 $\leq 1.77\text{E}-04\text{q}/\text{m}^3$ ， ^{68}Ga 监测值 $\leq 3.11\text{E}-03\text{Bq}/\text{m}^3$ ， ^{89}Zr 监测值 $\leq 5.84\text{E}-04\text{Bq}/\text{m}^3$ ， ^{161}Tb 监测值 $\leq 1.01\text{E}-04\text{Bq}/\text{m}^3$ ， ^{225}Ac 监测值 $\leq 1.50\text{E}-04\text{Bq}/\text{m}^3$ ， ^{227}Th 监测值 $\leq 3.0\text{E}-05\text{Bq}/\text{m}^3$ ， ^{99}Mo 监测值 $\leq 1.7\text{E}-05\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

2.3.2.4 地表水

由监测结果可知，项目所在区域地下水中放射性核素 ^{228}Ra 监测值 $< 4.62\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{131}I 监测值 $< 5.17\text{E}-02\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{177}Lu 监测值 $< 3.70\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{211}At 监测值 $< 2.97\text{E}-02\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{212}Pb 监测值 $< 3.56\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{228}Th 监测值 $< 3.82\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{223}Ra 监测值 $< 1.96\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{224}Ra 监测值 $< 7.08\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{225}Ac 监测值 $< 3.69\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{161}Tb 监测值 $< 4.10\text{Bq}/\text{L}$ ， ^{68}Ga 监测值 $\leq 1.65\text{E}+01\text{Bq}/\text{L}$ ， ^{89}Zr 监测值 $\leq 4.23\text{Bq}/\text{L}$ ， ^{99}Mo 监测值 $\leq 2.69\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ ， ^{123}I 监测值 $\leq 8.35\text{E}-02\text{Bq}/\text{L}$ ， ^{124}I 监测值 $\leq 6.90 \times 10^{-2}\text{Bq}/\text{L}$ ， ^{125}I 监测值 $\leq 1.77\text{Bq}/\text{L}$ ， ^{227}Th 监测值 $\leq 4.97\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 。

2.3.2.5 地下水

由监测结果可知，项目所在区域地下水中放射性核素 ^{228}Ra 监测值 $< 4.80\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{131}I 监测值 $< 5.25\text{E}-02\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{177}Lu 监测值 $< 2.27\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{211}At 监测值 $< 2.55\text{E}-02\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{212}Pb 监测值 $< 3.89\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{228}Th 监测值 $< 3.61\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{223}Ra 监测值 $< 2.24\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ 、 ^{224}Ra 监测值 $< 6.69\text{E}-01\text{Bq}/\text{L}$ ， ^{99}Mo 监测值 $\leq 5.0\text{E}-02\text{Bq}/\text{L}$ ， ^{225}Ac 监测值 \leq

$3.69\text{E}-01\text{Bq/L}$, ^{123}I 监测值 $\leq 7.62\text{E}-02\text{Bq/L}$, ^{124}I 监测值 $\leq 6.90\text{E}-02\text{Bq/L}$, ^{68}Ga 监测值 $\leq 2.21\text{E}+01\text{Bq/L}$, ^{89}Zr 监测值 $\leq 6.51\text{E}-01\text{Bq/L}$, ^{227}Th 监测值 $\leq 6.7\text{E}-02\text{Bq/L}$, ^{161}Tb 监测值 $\leq 4.21\text{E}-01\text{Bq/L}$, ^{125}I 监测值 $\leq 1.77\text{Bq/L}$ 。

2.3.2.6 土壤

由监测结果可知,项目所在区域土壤中放射性核素 ^{228}Ra 监测值为 $1.68\text{E}+01\text{Bq/kg}$ 、 ^{131}I 监测值 $< 4.71\text{E}-01\text{Bq/kg}$ 、 ^{177}Lu 监测值 $< 4.90\text{Bq/kg}$ 、 ^{211}At 监测值 $< 2.43\text{E}-01\text{Bq/kg}$ 、 ^{212}Pb 监测值为 9.67Bq/kg 、 ^{228}Th 监测值为 $5.10\text{E}+01\text{Bq/kg}$ 、 ^{223}Ra 监测值为 8.07Bq/kg 、 ^{224}Ra 监测值 $< 9.18\text{Bq/kg}$ 、 ^{99}Mo 监测值 $\leq 4.09\text{Bq/kg}$ 、 ^{225}Ac 监测值 $\leq 5.3\text{E}+01\text{Bq/kg}$ 、 ^{123}I 监测值 $\leq 6.10\text{E}-01\text{Bq/kg}$ 、 ^{124}I 监测值 $\leq 4.44\text{E}-01\text{Bq/kg}$ 、 ^{68}Ga 监测值 $\leq 2.28\text{E}+02\text{Bq/kg}$ 、 ^{89}Zr 监测值 $\leq 3.61\text{E}+01\text{Bq/kg}$ 、 ^{227}Th 监测值 $\leq 6.32\text{Bq/kg}$ 、 ^{161}Tb 监测值 $\leq 1.64\text{E}+01\text{Bq/kg}$ 、 ^{125}I 监测值 $\leq 7.62\text{Bq/kg}$ 。

2.3.2.7 底泥

由监测结果可知,监测期间芙蓉溪底泥中放射性核素 ^{228}Ra 监测值为 $2.11\text{E}+01\text{Bq/kg}$ 、 ^{131}I 监测值 $< 5.52\text{E}-01\text{Bq/kg}$ 、 ^{177}Lu 监测值 $< 4.61\text{Bq/kg}$ 、 ^{211}At 监测值 $< 3.27\text{E}-01\text{Bq/kg}$ 、 ^{212}Pb 监测值为 9.84Bq/kg 、 ^{228}Th 监测值为 $4.92\text{E}+01\text{Bq/kg}$ 、 ^{223}Ra 监测值 $< 3.29\text{Bq/kg}$ 、 ^{224}Ra 监测值 $< 1.01\text{E}+01\text{Bq/kg}$ 、 ^{99}Mo 监测值 $\leq 4.09\text{Bq/kg}$ 、 ^{225}Ac 监测值 $\leq 5.3\text{E}+01\text{Bq/kg}$ 、 ^{123}I 监测值 $\leq 3.65\text{E}-01\text{Bq/kg}$ 、 ^{124}I 监测值 $\leq 5.33\text{Bq/kg}$ 、 ^{68}Ga 监测值 $\leq 2.28\text{E}+02\text{Bq/kg}$ 、 ^{89}Zr 监测值 $\leq 3.61\text{E}+01\text{Bq/kg}$ 、 ^{227}Th 监测值 $\leq 6.32\text{Bq/kg}$ 、 ^{161}Tb 监测值 $\leq 1.64\text{E}+01\text{Bq/kg}$ 。

2.4 厂址适宜性评价

本项目厂址位于绵阳市游仙区游仙街道康宁路 19 号。经对建设区域自然环境状况分析可知,项目场地区域内无不良地质现象,无矿产资源存储,评价范围内受人类活动影响深远,多以城市绿化乔灌木等人工植被为主,无天然林,无重点保护的珍稀、濒危动植物及古、珍树木。

经调查,已建成的、规划引入的企事业单位以科研院所、放射性核素药物研发生产、核医疗设备制造、核测控装备等相关核技术应用产业为主,对本项目的建设无明显环境制约影响。项目为医用同位素生产项目,周边企业同属于中国(绵阳)科技城核医疗健康产业园青龙山北片区规划的主导产业。项目所在区域主导风向为东北风,

项目地块下风向为青龙山，无集中居民住宅、医院、学校。因此，本项目与周边环境相容。

本项目各放药生产车间及放药研发中心运营期产生的挥发性有机物产生量极少，经过过滤装置处理后，可达标排放。短半衰期核素放射性废水暂存衰变经监测达标后排入所在核医疗健康产业园园区污水处理厂处理、长半衰期核素放射性废水及有机放射性废水定期交由有资质的单位处置；放射性固废按核素半衰期和特性分类收集，部分交有资质单位处置、部分解控后作为一般固废处置。经采取上述措施后，项目所致影响可接受。

根据《2023年绵阳市生态环境质量年报》分析可知，项目所在区域属于环境空气质量不达标区；芙蓉溪水质满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水域标准要求。经现场监测，拟建厂址厂界监测点位昼夜间噪声监测值均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中3类标准要求，区域声环境质量较好。根据辐射环境监测结果，项目厂址环境 γ 辐射剂量率处于四川省天然本底涨落范围内，所在区域空气、地表水、地下水及土壤中与本项目活动相关的放射性核素活度浓度、总 α 和总 β 活度浓度监测值未见异常。

根据《中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园控制性详细规划》并咨询规划实施部门，青龙山片区北侧设计有排洪管、西侧（靠青龙山）设计有截洪沟和排洪沟，规划区排涝的标准为2年一遇24小时暴雨一天排干，暴雨发生时雨水管（渠）网协同片区内各类绿地排除地面径流，保证地面无明显积水。经现场调查，项目东侧约550m为芙蓉溪。芙蓉溪全长90.7km，流域面积594.9km²，流经市境河段长约60km，天然落差63m，平均比降1.05‰，汇水面积311.5km²。经调查，项目所在河段百年一遇洪水流量为2970m³/s。项目拟建的综合车间（一）、综合车间（二）等场所按照《防洪标准》（GB201-2014）中防护等级I级进行设计。同时，综合车间（一）、综合车间（二）整体高出场地30cm~100cm，且在出入口附近设置雨水口，保证雨水就近快速排走。因此，项目可避免内涝影响。

综上所述，项目评价范围内无明显环境制约因素，项目的建设及周边环境相容，区域内环境质量良好，辐射环境水平属于区域辐射本底水平，因此，从环境保护和辐射安全角度分析，项目场址适宜。

3 工程分析与源项

3.1 项目规模与基本参数

3.1.1 项目建设内容

项目拟对“游仙区放射药研发生产基地项目”进行改扩建，主要包括：①对综合车间（一）一层的6个生产车间新增/调减核素产品种类或调整生产天数，包括10条生产线，涉及 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{224}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 、 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 等10种核素，调整后一层的日等效最大操作量为 $5.37\text{E}+13\text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所；②对综合车间（一）二层的6个生产车间新增/调减核素产品种类或调整生产天数，将预留的2个车间改建为放药生产线，包括15条生产线，涉及 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 、 ^{225}Ac 、 ^{90}Y 等6种核素，调整后二层生产区的日等效最大操作量为 $1.35\text{E}+14\text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所；③在综合车间（一）二层质检中心新增 ^{11}C 、 ^{68}Ge （ ^{68}Ga ）、 ^{86}Y 、 ^{99}Mo （ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）、 ^{188}W （ ^{188}Re ）、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{224}Ra （ ^{212}Pb ）、 ^{228}Th （ ^{212}Pb ）等9种核素的操作，调整既有 ^{32}P 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 等24种核素的操作量或活动种类，调整后二层质检中心的日等效最大操作量为 $7.34\text{E}+11\text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所；④在综合车间（二）研发中心新增 ^{11}C 、 ^{68}Ge 、 ^{86}Y 、 ^{137}Cs 、 ^{137}Cs （ $^{137\text{m}}\text{Ba}$ ）、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 、 ^{166}Ho 、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{224}Ra （ ^{212}Pb ）等10种核素，调整 ^{18}F 、 ^{32}P 、 ^{64}Cu 等28种核素的操作量及活动种类，调整后综合车间（二）研发中心日等效最大操作量为 $2.44\text{E}+11\text{Bq}$ ，为甲级非密封放射性物质工作场所。

3.1.1.1 主体工程

3.1.1.1.1 综合车间（一）一层

综合车间一层包括放药101车间、放药102车间、放药103车间、放药104车间、放药105车间、放药106车间、放药107车间、 α 放射性原料库、 β 放射性原料库、放射性成品库1、放射性成品库2及辅助房间（铅罐库、铅罐清洗间、收发货大厅、外包间、门厅、UPS间、空调机房等），改扩建后一层的日等效最大操作量为 $5.37\text{E}+13\text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所。

（1）放药101车间（一层）

放药101车间（原 α 核素中试车间）位于综合车间（一）一层，由一更、二更、缓冲（一）、缓冲（二）、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、

操作间和外包区等房间组成，面积约 211m²，设有 2 条生产线。

本次改建内容包括：本次拟增加 ²²⁸Ra、²²⁸Th、²²⁴Ra、²¹²Pb、²¹²Bi、²²⁵Ac 的日最大操作量，取消 ²²⁷Th 核素，新增 ²¹¹At；将两条专用生产线改为通用生产线，核素可在 2 条生产线内进行生产操作但每天最多进行两种核素的生产。该车间生产方案包括：①²²⁸Ra、²²⁸Th、²²⁴Ra、²¹²Pb、²¹²Bi 核素溶液或标记药物的生产、使用、销售；②²²⁵Ac 标记药物的生产、使用、销售；③²¹¹At 标记药物的生产、使用、销售。

1) ²²⁸Ra、²²⁸Th、²²⁴Ra、²¹²Pb、²¹²Bi 的生产、使用、销售

该生产方案的产品包括 ²²⁸Ra 核素溶液、²²⁸Th 核素溶液、²²⁴Ra 核素溶液、²¹²Pb 标记药物、²¹²Bi 标记药物。偏保守考虑，按照 2 条生产线生产同一种核素进行分析，具体如下：

①²²⁸Ra 核素溶液

以外购的 ²²⁸Ra 核素溶液进行分装，生产小量的 ²²⁸Ra 核素溶液，每条生产线日最大生产 2 批次、单批次最大操作量 9.25E+08Bq，两条生产线同时生产，则日最大操作量为 3.70E+09Bq，日等效最大操作量为 3.70E+10Bq，年最大生产 10 天，年最大操作量为 3.70E+10Bq。²²⁸Ra 核素溶液产品年最大生产 / 销售 20 瓶（每瓶 3.33E+08Bq~3.70E+09Bq）。

②²²⁸Th 核素溶液

以外购的 ²²⁸Th 核素溶液进行分装，生产小量的 ²²⁸Th 核素溶液，每条生产线日最大生产 2 批次、单批次最大操作 9.25E+08Bq，两条生产线同时生产，则日最大操作量为 3.70E+09Bq，日等效最大操作量为 3.70E+10Bq，年最大生产 10 天，年最大操作量为 3.70E+10Bq。²²⁸Th 核素溶液产品年最大生产 / 销售 20 瓶（每瓶 3.33E+08Bq~3.70E+09Bq）。

③²²⁴Ra 核素溶液

以外购的 ²²⁸Th 或 ²²⁸Ra 核素溶液，经贮存衰变后进行分离纯化制备 ²²⁴Ra 核素溶液，每条生产线日最大生产 2 批次、2 条生产线日最大生产 4 批次，年最大生产 100 天。²²⁴Ra 核素溶液产品年最大生产 / 销售 200 瓶（每瓶 3.33E+08Bq~3.70E+09Bq）。

生产期间 ²²⁴Ra 日最大操作量为 3.70E+09Bq，日等效最大操作量为 3.70E+10Bq，年最大操作量为 3.70E+11Bq；²²⁸Th 或 ²²⁸Ra 日最大操作量为 3.70E+09Bq，日等效最大操作量为 3.70E+10Bq，年最大操作量为 3.70E+11Bq。贮存期间，²²⁸Th 或 ²²⁸Ra 日最大

操作量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ，年最多贮存 265 天，则年最大操作量为 $9.81\text{E}+11\text{Bq}$ 。

④ ^{212}Pb 标记药物

以外购的 ^{228}Ra 或 ^{228}Th 或自主生产的 ^{224}Ra 为原料，经贮存衰变后进行分离纯化制备 ^{212}Pb 标记药物，每条生产线日最大生产 2 批次、2 条生产线日最大生产 4 批次，年最大生产 200 天。 ^{212}Pb 标记药物年生产/销售 2000 瓶（每瓶最大 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ）。

生产期间 ^{212}Pb 日最大操作量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ； ^{228}Ra 或 ^{228}Th 或 ^{224}Ra 日最大操作量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ 。贮存期间 ^{228}Ra 或 ^{228}Th 或 ^{224}Ra 日最大操作量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ，年最多贮存 165 天，则年最大操作量为 $6.11\text{E}+11\text{Bq}$ 。

⑤ ^{212}Bi 标记药物

以外购的 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 或自主生产的 ^{224}Ra 或 ^{212}Pb 为原料，经贮存衰变后进行分离纯化制备 ^{212}Bi ，每条生产线日最大生产 2 批次、2 条生产线日最大生产 4 批次，年最大生产 100 天。 ^{212}Bi 标记药物产品年最大生产/销售 800 瓶（每瓶最大 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ）。

生产期间， ^{212}Bi 日最大操作量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ ； ^{228}Ra 或 ^{228}Th 或 ^{224}Ra 日最大操作量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ ； ^{212}Pb 日最大操作量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ 。贮存期间， ^{228}Ra 或 ^{228}Th 或 ^{224}Ra 日最大操作量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ，年最多贮存 265 天，则年最大操作量为 $9.81\text{E}+11\text{Bq}$ ； ^{212}Pb 日最大操作量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+06\text{Bq}$ ，年最多贮存 265 天，则年最大操作量为 $9.81\text{E}+11\text{Bq}$ 。

综上所述，在进行 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{224}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 的生产、使用、销售时，放药 101 车间在生产 ^{224}Ra 核素溶液的日等效最大操作量最大，为 $3.70\text{E}+10\text{Bq}$ 。

2) ^{225}Ac 标记药物

以外购的 ^{225}Ac 溶液为原料，进行合成、分装，制备 ^{225}Ac 标记药物，每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年最大生产 100 天，单批次最大操作量 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，则日最大操作量为 $1.48\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.48\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最

大操作量为 $1.48E+12Bq$ 。 ^{225}Ac 标记药物产品年最大生产/销售 14400 瓶（每瓶 $9.25E+07 Bq$ ）。

3) ^{211}At 标记药物

以外购的 ^{211}At 溶液为原料，进行合成、分装，制备 ^{211}At 标记药物，每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年最大生产 200 天，单批次最大操作量 $9.25E+10Bq$ ，则日最大操作量为 $3.70E+11Bq$ ，日等效最大操作量为 $3.70E+11Bq$ ，年最大操作量为 $7.40E+13Bq$ 。 ^{211}At 标记药物产品年最大生产/销售 35200 瓶（每瓶 $1.85E+09 Bq$ ）。

表 3-1 放药 101 车间改扩建后核素变更一览表

核素	改扩建前			改扩建后			变更情况
	日最大操作 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
^{228}Ra	$3.70E+08$	$1.85E+10$	生产、使用	$3.70E+09$	$1.35E+12$	生产、使用、销售	新增活动种类、增加操作量
^{228}Th	$3.70E+08$	$1.85E+10$	生产、使用	$3.70E+09$	$1.35E+12$	生产、使用、销售	
^{224}Ra	$2.96E+08$	$1.48E+10$	生产、使用	$3.70E+09$	$1.35E+12$	生产、使用、销售	
^{212}Pb	$2.37E+08$	$1.18E+10$	生产、使用、销售	$3.70E+09$	$7.40E+11$	生产、使用、销售	增加操作量
^{212}Bi	$1.89E+08$	$9.45E+09$	生产、使用、销售	$3.70E+09$	$3.70E+11$	生产、使用、销售	增加操作量
^{225}Ac	$3.70E+08$	$1.85E+10$	生产、使用、销售	$1.48E+10$	$1.48E+12$	生产、使用、销售	增加操作量
^{211}At	/	/	/	$3.70E+11$	$7.40E+13$	生产、使用、销售	新增
^{227}Th	$3.70E+08$	$1.85E+10$	生产、使用、销售	/	/	/	取消

(2) 放药 102 车间（一层）

放药 102 车间（原 α 核素车间 1）位于综合车间（一）一层，由一更、二更、缓冲（一）、缓冲（二）、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成，面积约 $203m^2$ ，设有 1 条生产线。

本次扩建内容包括：新增 $^{224}Ra(^{212}Pb)$ 发生器、 $^{228}Th(^{212}Pb)$ 发生器的生产、使用、销售，增加 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{224}Ra 的日最大操作量。该车间生产方案包括：① $^{224}Ra(^{212}Pb)$ 发生器生产、销售；② $^{228}Th(^{212}Pb)$ 发生器的生产、使用、销售；③ ^{228}Ra 或 ^{228}Th 核素溶液的生产、使用、销售；④ ^{224}Ra 核素溶液的生产、使用、销售。

1) $^{224}Ra(^{212}Pb)$ 发生器

以放药 101 车间或放药 102 车间或放药 103 车间生产的 ^{224}Ra 核素溶液为原料组装为发生器，年最大生产/销售 500 个（每个 $1.48E+10Bq\sim 1.81E+10Bq$ ）。该生产线单批

次 ^{224}Ra 最大操作量 $3.70\text{E}+10\text{Bq}$ ，日最大生产 2 批次，日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大生产 100 天，年最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ 。

2) $^{228}\text{Th} (^{212}\text{Pb})$ 发生器

以外购的 ^{228}Th 核素溶液组装为发生器，年最大生产/销售 500 个（每个 $1.48\text{E}+10\text{Bq}\sim 1.81\text{E}+10\text{Bq}$ ）。该生产线单批次最大操作量 $3.7\text{E}+10\text{Bq}$ ，每日最大生产 2 批次，日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大生产 100 天，年最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ 。

3) ^{228}Ra 或 ^{228}Th 核素溶液

^{228}Ra 核素溶液：以外购的 ^{228}Ra 核素溶液进行分装，生产小量的 ^{228}Ra 核素溶液，日最大生产 2 批次，单批次最大操作量 $3.70\text{E}+10\text{Bq}$ ，日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大生产 100 天，年最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ 。 ^{228}Ra 核素溶液产品年最大生产/销售 2000 瓶（每瓶 $3.33\text{E}+08\text{Bq}\sim 3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ）。

^{228}Th 核素溶液：以外购的 ^{228}Th 核素溶液进行分装，生产小量的 ^{228}Th 核素溶液，日最大生产 2 批次，单批次最大操作量 $3.70\text{E}+10\text{Bq}$ ，日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大生产 100 天，年最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ 。 ^{228}Th 核素溶液产品年最大生产/销售 2000 瓶（每瓶 $3.33\text{E}+08\text{Bq}\sim 3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ）。

4) ^{224}Ra 核素溶液

以外购的 ^{228}Th 或 ^{228}Ra 核素溶液，经贮存衰变后进行分离纯化制备 ^{224}Ra 核素溶液，最大生产 2 批次，年最大生产 100 天。 ^{224}Ra 核素溶液产品年最大生产/销售 2000 瓶（每瓶 $3.33\text{E}+08\text{Bq}\sim 3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ）。

生产期间 ^{224}Ra 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ ； ^{228}Th 或 ^{228}Ra 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.4\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ 。贮存期间， ^{228}Th 或 ^{228}Ra 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最多贮存 265 天，则年最大操作量为 $1.96\text{E}+13\text{Bq}$ 。

表 3-2 放药 102 车间改扩建后核素变更一览表

核素	改扩建前			改扩建后			变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
^{228}Ra	9.25E+09	1.85E+12	生产、使用	7.40E+10	7.40E+12	生产、使用、销售	新增活动种类、增加操作量
^{228}Th	9.25E+09	1.85E+12	生产、使用	7.40E+10	7.40E+12	生产、使用、销售	
^{224}Ra	7.40E+09	1.48E+12	生产、使用、销售	7.40E+10	7.40E+12	生产、销售、使用	增加操作量

3) 放药 103 车间（一层）

放药 103 车间（原 α 核素车间 2）位于综合车间（一）一层，由一更、二更、缓冲（一）、缓冲（二）、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成，面积约 203m²，设有 1 条生产线。

本次扩建内容包括：拟增加 ^{224}Ra 的日最大操作量；新增 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 核素的生产、使用和销售；新增 $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 发生器、 $^{228}\text{Th}(^{212}\text{Pb})$ 发生器的生产、使用、销售；取消 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 核素溶液的生产、销售、使用。

1) $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 发生器

以放药 101 车间或放药 102 车间或放药 103 车间生产的 ^{224}Ra 核素溶液为原料组装为 $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 发生器，年最大生产/销售 1800 个（每个 1.48E+10Bq~1.81E+10Bq）。该生产线单批次最大操作量 3.70E+11Bq，日最大生产 2 批次，日最大操作量为 7.40E+11Bq，日等效最大操作量为 7.40E+12Bq，年最大生产 100 天，年最大操作量为 7.40E+13Bq。

2) $^{228}\text{Th}(^{212}\text{Pb})$ 发生器

以外购的 ^{228}Th 核素溶液为原料生产为 $^{228}\text{Th}(^{212}\text{Pb})$ 发生器，年最大生产/销售 1800 个（每个 1.48E+10Bq~1.81E+10Bq）。该生产线单批次最大操作量 3.70E+11Bq，每日最大生产 2 批次，日最大操作量为 7.40E+11Bq，日等效最大操作量为 7.40E+12Bq，年最大生产 100 天，年最大操作量为 7.40E+13Bq。

3) ^{228}Ra 或 ^{228}Th 核素溶液

^{228}Ra 核素溶液：以外购的 ^{228}Ra 溶液进行分装，生产小量的 ^{228}Ra 核素溶液，年最大生产/销售 20000 瓶（每瓶 3.33E+08Bq~3.70E+09Bq）。生产线单批次最大操作量 3.70E+11Bq，日最大生产 2 批次，年最大生产 100 天，则日最大操作量为 7.40E+11Bq，日等效最大操作量为 7.40E+12Bq，年最大操作量为 7.40E+13Bq。

²²⁸Th 核素溶液：以外购的 ²²⁸Th 溶液进行分装，生产小量的 ²²⁸Th 核素溶液，年最大生产/销售 20000 瓶（每瓶 3.33E+08Bq~3.70E+09Bq）。生产线单批次最大操作量 3.70E+11Bq，每日最大生产 2 批次，年最大生产 100 天，日最大操作量为 7.40E+11Bq，日等效最大操作量为 7.40E+12Bq，年最大操作量为 7.40E+13Bq。

4) ²²⁴Ra 核素溶液的生产

以外购的 ²²⁸Th 或 ²²⁸Ra 核素溶液，在分离纯化装置中衰变生成 ²²⁴Ra，该生产线每日最大生产 2 批次，年最大生产 100 天。²²⁴Ra 核素溶液产品年最大生产/销售 2000 瓶（每瓶 3.33E+08Bq~3.70E+09Bq）。

生产期间 ²²⁴Ra 日最大操作量为 7.40E+11Bq，日等效最大操作量为 7.40E+12Bq，年最大操作量为 7.40E+13Bq；²²⁸Th 或 ²²⁸Ra 日最大操作量为 7.40E+11Bq，日等效最大操作量为 7.4E+12Bq，年最大操作量为 7.40E+13Bq。贮存期间，²²⁸Th 或 ²²⁸Ra 日最大操作量为 7.40E+11Bq，日等效最大操作量为 7.40E+10Bq，年最多贮存 265 天，则年最大操作量为 1.96E+14Bq。

表 3-3 放药 103 车间改扩建后核素变更一览表

核素	改扩建前			改扩建后			变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
²²⁸ Ra	/	/	/	7.40E+11	7.40E+13	生产、使用、销售	新增
²²⁸ Th	/	/	/	7.40E+11	7.40E+13	生产、使用、销售	
²²⁴ Ra	7.40E+09	7.4E+10	生产、使用、销售	7.40E+11	7.40E+13	生产、使用、销售	增加操作量
²¹² Pb	5.92E+09	1.184E+12	生产、使用	/	/	/	取消
²¹² Bi	4.74E+09	9.47E+11	生产、使用	/	/	/	

(4) 放药 104 车间（一层）

放药 104 车间（原α核素药物车间 1）位于综合车间（一）一层，由一更、二更、缓冲（一）、缓冲（二）、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成，面积约 198m²，设有 2 条生产线。本次扩建内容包括：增加 ²¹²Pb、²¹²Bi 核素的日最大操作量；新增 ²²⁵Ac、²¹¹At、²⁰³Pb 核素的生产、使用和销售。

1) ²¹²Pb 标记药物

以外购或者自产的 ²²⁴Ra(²¹²Pb) 发生器生产 ²¹²Pb 标记药物，每条生产线日最大生

产 2 批次，年生产 200 天，年最大生产/销售 29600 瓶（每瓶 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ）。

^{212}Pb 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+13\text{Bq}$ ； $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+13\text{Bq}$ 。

2) ^{212}Bi 标记药物

以外购或者自产的 $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 发生器生产 ^{212}Bi 标记药物。每条生产线每天最大生产 2 批次，年生产 200 天，年最大生产/销售 27459 瓶（每瓶 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ）。

^{212}Bi 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+13\text{Bq}$ ； $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+13\text{Bq}$ 。

3) ^{225}Ac 标记药物

以外购的 ^{225}Ac 溶液为原料，进行合成、分装，制备 ^{225}Ac 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年最大生产 100 天，年最大生产/销售 774000 瓶（每瓶 $9.25\text{E}+07\text{Bq}$ ）。 ^{225}Ac 日最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+13\text{Bq}$ 。

4) ^{211}At 标记药物

以外购的 ^{211}At 溶液为原料，进行合成、分装，制备 ^{211}At 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年最大生产 200 天，年最大生产/销售 53600 瓶（每瓶 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$ ）。 ^{211}At 日最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+14\text{Bq}$ 。

5) ^{203}Pb 标记药物

以外购的 ^{203}Pb 溶液为原料，进行合成、分装，制备 ^{203}Pb 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年最大生产 100 天，年最大生产/销售 3545 瓶（每瓶约 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$ ）。 ^{203}Pb 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ 。

表 3-4 放药 104 车间改扩建后核素变更一览表

核素	改扩建前			改扩建后			变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
^{224}Ra (^{212}Pb)	/	/	/	$7.40\text{E}+10$	$1.48\text{E}+13$	使用	新增
^{212}Pb	$5.92\text{E}+9$	$1.184\text{E}+12$	生产、使用、销售	$7.40\text{E}+10$	$1.48\text{E}+13$	生产、使用、销售	增加操作量
^{212}Bi	$4.736\text{E}+9$	$9.47\text{E}+11$	生产、使用、销售	$7.40\text{E}+10$	$1.48\text{E}+13$	生产、使用、销售	
^{225}Ac	/	/	/	$7.40\text{E}+11$	$7.40\text{E}+13$	生产、使用、销售	新增
^{211}At	/	/	/	$7.40\text{E}+11$	$1.48\text{E}+14$	生产、使用、销售	
^{203}Pb	/	/	/	$7.40\text{E}+10$	$7.40\text{E}+12$	生产、使用、销售	

(5) 放药 106 车间（一层）

放药 106 车间（原 α 核素药物车间 3）位于综合车间（一）一层，由一更、二更、缓冲（一）、缓冲（二）、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成，面积约 207m²，设有 2 条生产线。本次扩建内容包括：增加 ^{225}Ac 核素的日最大操作量；新增 ^{212}Pb 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 核素的生产、使用和销售。

1) ^{212}Pb 标记药物的生产

以外购或者自产的 $^{224}\text{Ra}(\text{}^{212}\text{Pb})$ 发生器生产 ^{212}Pb 标记药物，每条生产线日最大生产 2 批次，年生产 200 天，年最大生产/销售 29600 瓶（每瓶 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ）。

^{212}Pb 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+13\text{Bq}$ ； $^{224}\text{Ra}(\text{}^{212}\text{Pb})$ 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+13\text{Bq}$ 。

2) ^{212}Bi 标记药物的生产

以外购或者自产的 $^{224}\text{Ra}(\text{}^{212}\text{Pb})$ 发生器生产 ^{212}Bi 标记药物。每条生产线每天最大生产 2 批次，年生产 100 天，年最大生产/销售 13720 瓶（每瓶约 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ）。

^{212}Bi 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ ； $^{224}\text{Ra}(\text{}^{212}\text{Pb})$ 日最大操作量为 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ 。

3) ^{225}Ac 标记药物的生产

以外购的 ^{225}Ac 溶液为原料，进行合成、分装，制备 ^{225}Ac 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年最大生产 100 天，年最大生产/销售 774000 瓶（每瓶 $9.25\text{E}+07\text{Bq}$ ）。 ^{225}Ac 日最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，日等效最大操作

量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $7.40\text{E}+13\text{Bq}$ 。

4) ^{211}At 标记药物的生产

以外购的 ^{211}At 溶液为原料，进行合成、分装，制备 ^{211}At 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年最大生产 200 天，年最大生产/销售 53600 瓶（每瓶 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$ ）。 ^{211}At 日最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+14\text{Bq}$ 。

表 3-5 放药 106 车间改扩建后核素操作量一览表

核素	改扩建前			改扩建后			变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
^{224}Ra (^{212}Pb)	/	/	/	$7.40\text{E}+10$	$1.48\text{E}+13$	使用	新增
^{212}Pb	/	/	/	$7.40\text{E}+10$	$1.48\text{E}+13$	生产、使用和销售	
^{212}Bi	/	/	/	$7.40\text{E}+10$	$7.40\text{E}+12$	生产、使用和销售	
^{225}Ac	$7.40\text{E}+8$	$7.40\text{E}+10$	生产、使用和销售	$7.40\text{E}+11$	$7.40\text{E}+13$	生产、使用和销售	增加操作量
^{211}At	/	/	/	$7.40\text{E}+11$	$1.48\text{E}+14$	生产、使用和销售	新增

(6) 放药 107 车间（一层）

放药 107 车间（原 α 核素药物车间 4）位于综合车间（一）一层，由一更、二更、缓冲（一）、缓冲（二）、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成，面积约 207m^2 ，设有 2 条生产线。

本次扩建内容包括：取消 ^{227}Th 的生产、使用和销售，改为进行 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{177}Lu 和 ^{161}Tb 核素的生产、使用和销售；将两条专用生产线改为通用生产线，该车间核素可在 2 条生产线内进行生产操作。该车间生产方案包括：① ^{225}Ac 标记药物的生产、使用、销售；② ^{211}At 标记药物的生产、使用、销售；③ ^{177}Lu 标记药物的生产、使用、销售；④ ^{161}Tb 标记药物的生产、使用、销售。

1) ^{225}Ac 标记药物

以外购的 ^{225}Ac 溶液为原料，进行合成、分装，制备 ^{225}Ac 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年最大生产 100 天，年最大生产/销售 14400 瓶（每瓶 $9.25\text{E}+07\text{Bq}$ ）。 ^{225}Ac 日最大操作量为 $1.48\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.48\text{E}+11\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.48\text{E}+12\text{Bq}$ 。

2) ²¹¹At 标记药物

以外购的 ²¹¹At 溶液为原料，进行合成、分装，制备 ²¹¹At 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年最大生产 200 天，年最大生产/销售 21600 瓶（每瓶 1.85E+09 Bq）。²¹¹At 日最大操作量为 2.96E+11Bq，日等效最大操作量为 2.96E+11Bq，年最大操作量为 5.92E+13Bq。

3) ¹⁷⁷Lu 标记药物

以外购 ¹⁷⁷Lu 溶液原料，经过合成、分装制备 ¹⁷⁷Lu 标记药物，每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年生产 200 天，年最大生产/销售 464400 瓶（每瓶 9.25E+09Bq）。¹⁷⁷Lu 日最大操作量为 2.22E+13Bq，日等效最大操作量为 2.22E+13Bq，年最大操作量为 4.44E+15Bq。

4) ¹⁶¹Tb 标记药物

以外购 ¹⁶¹Tb 溶液原料，经过合成、分装制备 ¹⁶¹Tb 标记药物，每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年生产 200 天，年最大生产/销售 30400 瓶（每瓶 9.25E+09Bq）。¹⁶¹Tb 日最大操作量 1.48E+12Bq，日等效最大操作量 1.48E+12Bq，年最大操作量 2.96E+14Bq。

表 3-6 放药 107 车间改扩建后核素变更一览表

核素	改、扩建前			改、扩建后			变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
¹⁷⁷ Lu	/	/	/	2.22E+13	4.44E+15	生产、使用、销售	新增
¹⁶¹ Tb	/	/	/	1.48E+12	2.96E+14	生产、使用、销售	新增
²²⁵ Ac	/	/	/	1.48E+10	1.48E+12	生产、使用、销售	新增
²¹¹ At	/	/	/	2.96E+11	5.92E+13	生产、使用、销售	新增
²²⁷ Th	7.4E+8	7.4E+10	生产、使用、销售	/	/	/	取消

3.1.1.1.2 综合车间（一）二层

综合车间（一）二层生产区包括放药 201 车间、放药 202 车间、放药 203 车间、放药 204 车间、放药 205 车间（预留）、放药 206 车间、放药 207 车间、放药 208 车间、放药 209 车间及配套房间，二层生产区的日等效最大操作量为 1.35E+14Bq，属于甲级非密封放射性物质工作场所。

（1）放药 201 车间（二层）

放药 201 车间（原 I-131 车间）位于综合车间（一）二层，由一更、二更、缓冲

(一)、缓冲(二)、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成,面积约211m²,设有1条生产线。本次拟增加¹³¹I核素的最大操作量。

以外购碘(¹³¹I)化钠溶液生产¹³¹I口服液,日最大生产1批次,年最大生产200天,年最大生产/销售77000瓶(每瓶1.85E+10Bq)。¹³¹I日最大操作量为7.40E+12Bq,日等效最大操作量为7.40E+11Bq,年最大操作量为1.48E+15Bq。

表3-7 放药201车间改扩建后核素变更一览表

核素	改、扩建前			改、扩建后			变更情况
	日最大操作量(Bq)	年最大操作量(Bq)	活动种类	日最大操作量(Bq)	年最大操作量(Bq)	活动种类	
¹³¹ I	1.85E+11	1.85E+13	生产、使用、销售	7.40E+12	1.48E+15	生产、使用、销售	增加操作量

(2) 放药202车间(二层)

放药202车间(原¹⁷⁷Lu车间4)位于综合车间(一)二层,由一更、二更、缓冲(一)、缓冲(二)、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成,面积约211m²,设有2条生产线。

本次扩建内容包括:增加放药¹⁷⁷Lu的日最大操作量,新增¹⁶¹Tb、²⁰³Pb、²²⁵Ac生产、使用、销售;将两条专用生产线改为通用生产线,该车间核素可在2条生产线内进行生产操作,每天最多进行两种核素的生产。该车间生产方案包括:①¹⁷⁷Lu标记药物的生产、使用、销售;②¹⁶¹Tb标记药物的生产、使用、销售;③²⁰³Pb标记药物的生产、使用、销售;④²²⁵Ac标记药物的生产、使用、销售。

1) ¹⁷⁷Lu 标记药物

以外购¹⁷⁷Lu溶液原料,经过合成、分装制备¹⁷⁷Lu标记药物,每条生产线日最大生产2批次、两条生产线同时生产,年生产200天,年最大生产/销售464400瓶(每瓶9.25E+09Bq)。¹⁷⁷Lu日最大操作量为2.22E+13Bq,日等效最大操作量为2.22E+13Bq,年最大操作量为4.44E+15Bq。

2) ¹⁶¹Tb 标记药物

以外购¹⁶¹Tb溶液原料,经过合成、分装制备¹⁶¹Tb标记药物,每条生产线日最大生产2批次、两条生产线同时生产,年生产200天,年最大生产/销售30400瓶(每瓶9.25E+09Bq)。¹⁶¹Tb日最大操作量1.48E+12Bq,日等效最大操作量1.48E+12Bq,年最大操作量2.96E+14Bq。

3) ²⁰³Pb 标记药物

以外购的 ²⁰³Pb 溶液为原料，进行合成、分装，制备 ²⁰³Pb 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年最大生产 100 天，年最大生产/销售约 1400 瓶（每瓶约 1.85E+09 Bq）。²⁰³Pb 日最大操作量为 2.96E+10Bq，日等效最大操作量为 2.96E+09Bq，年最大操作量为 2.96E+12Bq。

4) ²²⁵Ac 标记药物

以外购的 ²²⁵Ac 溶液为原料，进行合成、分装，制备 ²²⁵Ac 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产，年最大生产 200 天，年最大生产/销售 5600 瓶（每瓶 9.25E+07Bq）。²²⁵Ac 日最大操作量为 3.70E+09Bq，日等效最大操作量为 3.70E+10Bq，年最大操作量为 7.40E+11Bq。

表 3-8 放药 202 车间改扩建后核素变更一览表

核素	改、扩建前			改、扩建后			变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
¹⁷⁷ Lu	4.07E+12	4.07E+14	生产、使用、销售	2.22E+13	4.44E+15	生产、使用、销售	增加操作量
¹⁶¹ Tb	/	/	/	1.48E+12	2.96E+14	生产、使用、销售	新增
²⁰³ Pb	/	/	/	2.96E+10	2.96E+12	生产、使用、销售	新增
²²⁵ Ac	/	/	/	3.70E+09	7.40E+11	生产、使用、销售	新增

(3) 放药 203 车间（二层）

放药 203 车间（原 ⁹⁰Y 车间）位于综合车间（一）二层，由一更、二更、缓冲（一）、缓冲（二）、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成，面积约 211m²，设有 2 条生产线。本次改建内容为增加 ⁹⁰Y 的年操作天数。

以外购 ⁹⁰Y-玻璃微球为原料，分装生产 ⁹⁰Y-玻璃微球注射剂。每条生产线日最大生产 1 批次、年生产 200 天，年最大生产/销售 83000 瓶（每瓶最大 1.85E+10Bq）。⁹⁰Y-日最大操作量 9.25E+12Bq，日等效最大操作量为 9.25E+11Bq，年最大操作量为 1.85E+15Bq。

表 3-9 放药 203 车间改扩建后核素变更一览表

核素	改、扩建前			改、扩建后			变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
^{90}Y	9.25E+12	4.63×10^{14}	生产、使用、销售	9.25E+12	1.85E+15	生产、使用、销售	增加操作天数

(4) 放药 204 车间 (二层)

放药 204 车间 (原 ^{177}Lu 车间 3) 位于综合车间 (一) 二层, 由一更、二更、缓冲 (一)、缓冲 (二)、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成, 面积约 211m², 设有 2 条生产线。

本次改建内容包括: 增加 ^{177}Lu 的日最大操作量, 新增 ^{161}Tb 和 ^{225}Ac 生产、使用、销售; 将两条专用生产线改为通用生产线, 该车间核素可在 2 条生产线内进行生产操作, 每天最多进行两种核素的生产。该车间生产方案包括: ① ^{177}Lu 标记药物的生产、使用、销售; ② ^{161}Tb 标记药物的生产、使用、销售; ③ ^{225}Ac 标记药物的生产、使用、销售。

1) ^{177}Lu 标记药物

以外购 ^{177}Lu 溶液原料, 经过合成、分装制备 ^{177}Lu 标记药物, 每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年生产 200 天, 年最大生产/销售 464400 瓶 (每瓶 9.25E+09Bq)。 ^{177}Lu 日最大操作量为 2.22E+13Bq, 日等效最大操作量为 2.22E+13Bq, 年最大操作量为 4.44E+15Bq。

2) ^{161}Tb 标记药物

以外购 ^{161}Tb 溶液原料, 经过合成、分装制备 ^{161}Tb 标记药物, 每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年生产 200 天, 年最大生产/销售 60800 瓶 (每瓶 9.25E+09Bq)。 ^{161}Tb 日最大操作量 2.96E+12Bq, 日等效最大操作量 2.96E+12Bq, 年最大操作量 5.92E+14Bq。

3) ^{225}Ac 标记药物

以外购的 ^{225}Ac 溶液为原料, 进行合成、分装, 制备 ^{225}Ac 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年最大生产 200 天, 年最大生产/销售 28800 瓶 (每瓶约 9.25E+07Bq)。 ^{225}Ac 日最大操作量为 1.48E+10Bq, 日等效最大操作量为 1.48E+11Bq, 年最大操作量为 2.96E+12Bq。

表 3-10 放药 204 车间改扩建后核素变更一览表

核素	改、扩建前			改、扩建后			变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
^{177}Lu	4.07E+12	4.07E+14	生产、使用、销售	2.22E+13	4.44E+15	生产、使用、销售	增加操作量
^{161}Tb	/	/	/	2.96E+12	5.92E+14	生产、使用、销售	新增
^{225}Ac	/	/	/	1.48E+10	2.96E+12	生产、使用、销售	新增

(5) 放药 206 车间 (二层)

放药 206 车间 (原 ^{177}Lu 车间 1) 位于综合车间 (一) 二层, 由一更、二更、缓冲 (一)、缓冲 (二)、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成, 面积约 198m², 设有 2 条生产线。

本次改建内容包括: 增加 ^{177}Lu 的操作量, 新增 ^{161}Tb 和 ^{225}Ac 生产、使用、销售; 将专用生产线改为通用生产线, 该车间核素可在 2 条生产线内进行生产操作, 每天最多进行两种核素的生产。该车间生产方案包括: ① ^{177}Lu 标记药物的生产、使用、销售; ② ^{161}Tb 标记药物的生产、使用、销售; ③ ^{225}Ac 标记药物的生产、使用、销售。

1) ^{177}Lu 标记药物

以外购 ^{177}Lu 溶液原料, 经过合成、分装制备 ^{177}Lu 标记药物, 每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年生产 200 天, 年最大生产/销售 464400 瓶 (每瓶 9.25E+09Bq)。 ^{177}Lu 日最大操作量为 2.22E+13Bq, 日等效最大操作量为 2.22E+13Bq, 年最大操作量为 4.44E+15Bq。

2) ^{161}Tb 标记药物

以外购 ^{161}Tb 溶液原料, 经过合成、分装制备 ^{161}Tb 标记药物, 每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年生产 200 天, 年最大生产/销售 30400 瓶 (每瓶 9.25E+09Bq)。 ^{161}Tb 日最大操作量 1.48E+12Bq, 日等效最大操作量 1.48E+12Bq, 年最大操作量 2.96E+14Bq。

3) ^{225}Ac 标记药物

以外购的 ^{225}Ac 溶液为原料, 进行合成、分装, 制备 ^{225}Ac 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年最大生产 200 天, 年最大生产/销售 28800 瓶 (每瓶 9.25E+07Bq)。 ^{225}Ac 日最大操作量为 1.48E+10Bq, 日等效最大操作量为 1.48E+11Bq, 年最大操作量为 2.96E+12Bq。

表 3-11 放药 206 车间改扩建后核素变更一览表

核素种类	改、扩建前			改、扩建后			变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
^{177}Lu	2.22E+13	1.11E+15	生产、使用、销售	2.22E+13	4.44E+15	生产、使用、销售	增加操作天数
^{161}Tb	/	/	/	1.48E+12	2.96E+14	生产、使用、销售	新增
^{225}Ac	/	/	/	1.48E+10	2.96E+12	生产、使用、销售	新增

(6) 放药 207 车间 (二层)

放药 207 车间 (原 ^{177}Lu 车间 2) 位于综合车间 (一) 二层, 由一更、二更、缓冲 (一)、缓冲 (二)、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成, 面积约 198m², 设有 2 条生产线。

本次改建内容包括: 增加 ^{177}Lu 的操作量, 新增 ^{161}Tb 和 ^{225}Ac 生产、使用、销售; 将专用生产线改为通用生产线, 该车间核素可在 2 条生产线内进行生产操作, 每天最多进行两种核素的生产。该车间生产方案包括: ① ^{177}Lu 标记药物的生产、使用、销售; ② ^{161}Tb 标记药物的生产、使用、销售; ③ ^{225}Ac 标记药物的生产、使用、销售。

1) ^{177}Lu 标记药物

以外购 ^{177}Lu 溶液原料, 经过合成、分装制备 ^{177}Lu 标记药物, 每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年生产 200 天, 年最大生产/销售 464400 瓶 (每瓶 9.25E+09Bq)。 ^{177}Lu 日最大操作量为 2.22E+13Bq, 日等效最大操作量为 2.22E+13Bq, 年最大操作量为 4.44E+15Bq。

2) ^{161}Tb 标记药物

以外购 ^{161}Tb 溶液原料, 经过合成、分装制备 ^{161}Tb 标记药物, 每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年生产 200 天, 年最大生产/销售 30400 瓶 (每瓶 9.25E+09Bq)。 ^{161}Tb 日最大操作量 1.48E+12Bq, 日等效最大操作量 1.48E+12Bq, 年最大操作量 2.96E+14Bq。

3) ^{225}Ac 标记药物

以外购的 ^{225}Ac 溶液为原料, 进行合成、分装, 制备 ^{225}Ac 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年最大生产 200 天, 年最大生产/销售 28800 瓶 (每瓶 9.25E+07Bq)。 ^{225}Ac 日最大操作量为 1.48E+10Bq, 日等效最大操作量为 1.48E+11Bq, 年最大操作量为 2.96E+12Bq。

表 3-12 放药 207 车间改扩建后核素变更一览表

核素	改、扩建前			改、扩建后			变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
^{177}Lu	4.07E+12	4.07E+14	生产、使用、销售	2.22E+13	4.44E+15	生产、使用、销售	增加操作量
^{161}Tb	/	/	/	1.48E+12	2.96E+14	生产、使用、销售	新增
^{225}Ac	/	/	/	1.48E+10	2.96E+12	生产、使用、销售	新增

(7) 放药 208 车间 (二层)

放药 208 车间 (原预留生产区) 位于综合车间 (一) 二层, 由一更、二更、缓冲 (一)、缓冲 (二)、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成, 面积约 198m², 设有 2 条生产线。

本次扩建内容包括: 新增 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac 生产、使用、销售; 设置 2 条通用生产线, 该车间核素可在 2 条生产线内进行生产操作, 每天最多进行两种核素的生产。该车间生产方案包括: ① ^{177}Lu 标记药物的生产、使用、销售; ② ^{161}Tb 标记药物的生产、使用、销售; ③ ^{225}Ac 标记药物的生产、使用、销售。

1) ^{177}Lu 标记药物

以外购 ^{177}Lu 溶液原料, 经过合成、分装制备 ^{177}Lu 标记药物, 每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年生产 200 天, 年最大生产/销售 464400 瓶 (每瓶 9.25E+09Bq)。 ^{177}Lu 日最大操作量为 2.22E+13Bq, 日等效最大操作量为 2.22E+13Bq, 年最大操作量为 4.44E+15Bq。

2) ^{161}Tb 标记药物

以外购 ^{161}Tb 溶液原料, 经过合成、分装制备 ^{161}Tb 标记药物, 每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年生产 200 天, 年最大生产/销售 30400 瓶 (每瓶 9.25E+09Bq)。 ^{161}Tb 日最大操作量 1.48E+12Bq, 日等效最大操作量 1.48E+12Bq, 年最大操作量 2.96E+14Bq。

3) ^{225}Ac 标记药物

以外购的 ^{225}Ac 溶液为原料, 进行合成、分装, 制备 ^{225}Ac 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年最大生产 200 天, 年最大生产/销售 5600 瓶 (每瓶 9.25E+07Bq)。 ^{225}Ac 日最大操作量为 3.70E+09Bq, 日等效最大操作量为 3.70E+10Bq, 年最大操作量为 7.40E+11Bq。

表 3-13 放药 208 车间改扩建后核素操作量一览表

核素	改、扩建前			改、扩建后			变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
¹⁷⁷ Lu	/	/	/	2.22E+13	4.44E+15	生产、使用、销售	新增
¹⁶¹ Tb	/	/	/	1.48E+12	2.96E+14	生产、使用、销售	新增
²²⁵ Ac	/	/	/	3.70E+09	7.40E+11	生产、使用、销售	新增

(8) 放药 209 车间 (二层)

放药 209 车间 (原预留生产区) 位于综合车间 (一) 二层, 由一更、二更、缓冲 (一)、缓冲 (二)、退更、洁净走道、洁具间、收发间、生产准备间、外清间、操作间和外包区等车间组成, 面积约 198m², 设有 2 条生产线。

本次扩建内容包括: 新增 ¹⁷⁷Lu、¹⁶¹Tb、²²⁵Ac 生产、使用、销售; 设置 2 条通用生产线, 该车间核素可在 2 条生产线内进行生产操作, 每天最多进行两种核素的生产。该车间生产方案包括: ①¹⁷⁷Lu 标记药物的生产、使用、销售; ②¹⁶¹Tb 标记药物的生产、使用、销售; ③²²⁵Ac 标记药物的生产、使用、销售。

1) ¹⁷⁷Lu 标记药物

以外购 ¹⁷⁷Lu 溶液原料, 经过合成、分装制备 ¹⁷⁷Lu 标记药物, 每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年生产 200 天, 年最大生产/销售 464400 瓶 (每瓶 9.25E+09Bq)。¹⁷⁷Lu 日最大操作量为 2.22E+13Bq, 日等效最大操作量为 2.22E+13Bq, 年最大操作量为 4.44E+15Bq。

2) ¹⁶¹Tb 标记药物

以外购 ¹⁶¹Tb 溶液原料, 经过合成、分装制备 ¹⁶¹Tb 标记药物, 每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年生产 200 天, 年最大生产/销售 30400 瓶 (每瓶 9.25E+09Bq)。¹⁶¹Tb 日最大操作量 1.48E+12Bq, 日等效最大操作量 1.48E+12Bq, 年最大操作量 2.96E+14Bq。

3) ²²⁵Ac 标记药物的生产

以外购的 ²²⁵Ac 溶液为原料, 进行合成、分装, 制备 ²²⁵Ac 标记药物。每条生产线日最大生产 2 批次、两条生产线同时生产, 年最大生产 200 天, 年最大生产/销售 28800 瓶 (每瓶 9.25E+07Bq)。²²⁵Ac 日最大操作量为 1.48E+10Bq, 日等效最大操作量为 1.48E+11Bq, 年最大操作量为 2.96E+12Bq。

表 3-14 放药 209 车间改扩建后核素操作量一览表

核素	改、扩建前			改、扩建后			变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	活动种类	
¹⁷⁷ Lu	/	/	/	2.22E+13	4.44E+15	生产、使用、销售	新增
¹⁶¹ Tb	/	/	/	1.48E+12	2.96E+14	生产、使用、销售	新增
²²⁵ Ac	/	/	/	1.48E+10	2.96E+12	生产、使用、销售	新增

3.1.1.1.3 综合车间（一）放射质检区

放射质检区位于综合车间（一）二层南部，建筑面积约 1079m²，主要进行核素溶液或药品、放射性样品质量检验，包括放射性活度检测、放射性化学纯度检测和放射性核纯检测等相关检验。

表 3-15 放射质检区改扩建后核素操作量一览表

核素	改扩建前				改扩建后				变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	活动种类	
¹¹ C	/	/	/	/	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+08	使用	新增
¹⁸ F	7.40E+08	3.70E+10	7.40E+06	使用	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+08	使用	增加操作量
³² P	1.85E+09	9.25E+10	1.85E+08	使用	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+09	使用	增加操作量
⁶⁴ Cu	7.40E+08	3.70E+10	7.40E+06	使用	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+08	使用	增加操作量
⁶⁸ Ga	7.40E+08	3.70E+10	7.40E+06	使用	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+08	生产使用	增加操作量、活动种类
⁶⁸ Ge (⁶⁸ Ga)	/	/	/	/	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+07	使用	新增
⁸⁶ Y	/	/	/	/	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+09	使用	
⁸⁹ Sr	/	/	/	/	1.85E+09	3.70E+11	1.85E+08	使用	
⁸⁹ Zr	7.40E+08	3.70E+10	7.40E+07	使用	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+09	使用	增加操作量
⁹⁰ Y	1.85E+10	9.25E+11	1.85E+09	使用	1.85E+11	3.70E+13	1.85E+10	使用	新增
⁹⁹ Mo (^{99m} Tc)	/	/	/	/	3.70E+10	7.40E+12	3.70E+07	使用	
^{99m} Tc	7.40E+08	3.70E+10	7.40E+06	使用	3.70E+10	7.40E+12	3.70E+08	生产使用	增加操作量、活动种类
¹¹¹ In	7.40E+08	3.70E+10	7.40E+07	使用	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+09	使用	增加操作量
¹²³ I	7.40E+08	3.70E+10	7.40E+06	使用	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+08	使用	
¹²⁴ I	7.40E+08	3.70E+10	7.40E+07	使用	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+09	使用	
¹²⁵ I	1.85E+09	9.25E+10	1.85E+08	使用	4.63E+10	9.25E+12	4.63E+09	使用	
¹³¹ I	3.70E+09	3.70E+11	3.70E+08	使用	3.70E+10	7.40E+12	3.70E+09	使用	
¹⁶¹ Tb	1.85E+09	9.25E+10	1.85E+08	使用	1.85E+11	3.70E+13	1.85E+10	使用	
¹⁷⁷ Lu	3.70E+10	7.40E+12	3.70E+09	使用	1.85E+11	3.70E+13	1.85E+10	使用	
¹⁸⁸ Re	1.85E+09	9.25E+10	1.85E+08	使用	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+09	生产使用	增加操作量、活动种类
¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re)	/	/	/	/	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+07	使用	新增
²⁰³ Pb	/	/	/	/	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+08	使用	
²¹¹ At	/	/	/	/	3.70E+10	7.40E+12	3.70E+10	使用	

^{212}Bi	5.55E+07	1.11E+10	5.55E+07	使用	7.40E+09	1.48E+12	7.40E+09	使用	增加操作量
^{212}Pb	5.55E+07	1.11E+10	5.55E+06	使用	7.40E+09	1.48E+12	7.40E+08	生产使用	增加操作量、活动种类
^{223}Ra	5.55E+07	5.55E+09	5.55E+08	使用	1.85E+09	3.70E+11	1.85E+10	使用	增加操作量
^{224}Ra	5.55E+07	1.11E+10	5.55E+08	使用	7.40E+09	1.48E+12	7.40E+10	使用	
$^{224}\text{Ra} (^{212}\text{Pb})$	/	/	/	/	7.40E+09	1.48E+12	7.40E+08	使用	新增
^{225}Ac	5.55E+07	5.55E+09	5.55E+08	使用	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+11	使用	增加操作量
^{227}Th	5.55E+07	5.55E+09	5.55E+08	使用	1.85E+10	3.70E+12	1.85E+11	使用	
^{228}Ra	3.70E+07	7.40E+08	3.70E+08	使用	7.40E+09	1.48E+12	7.40E+10	使用	
^{228}Th	3.70E+07	7.40E+08	3.70E+08	使用	7.40E+09	1.48E+12	7.40E+10	使用	
$^{228}\text{Th} (^{212}\text{Pb})$	/	/	/	/	7.40E+09	1.48E+12	7.40E+08	使用	新增

3.1.1.1.4 综合车间（二）放射性药物研发中心

研发中心位于综合车间（二）的一层和二层，一层主要由放射性分析实验室、放射性化学实验室、天平室、物理测量室、质谱室、气相色谱室、稳定性实验室、细胞间、同位素暂存间及配套更衣间、冷冻放射性废物库、放射性废物库等用房组成。二层主要由放射性分析实验室、放射性化学实验室、天平室、物理测量室、质谱室、气相色谱室、稳定性实验室、同位素暂存间及配套更衣间、细胞间以及预留用房组成。

本次改、扩建内容包括：①调整 ^{18}F 、 ^{32}P 、 ^{64}Cu 等 28 种核素的操作量及活动种类；新增 ^{11}C 、 ^{68}Ge 、 ^{86}Y 、 ^{137}Cs 、 $^{137}\text{Cs}(^{137\text{m}}\text{Ba})$ 、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 、 ^{166}Ho 、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{224}Ra (^{212}Pb) 等 10 种核素。调整后，综合车间（二）放射性药物研发中心日等效最大操作量为 $2.44\text{E}+11\text{Bq}$ ，为甲级非密封放射性物质工作场所。

表 3-16 放射性药物研发中心改扩建后核素操作量一览表

核素	改扩建前				改扩建后				变更情况
	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	活动种类	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	活动种类	
^{11}C	/	/	/	/	1.85E+10	1.85E+12	1.85E+08	使用、销售	新增
^{18}F	7.40E+09	3.70E+11	7.40E+07	使用	7.40E+10	7.40E+12	7.40E+08	使用、销售	增加操作量、 活动种类
^{32}P	7.40E+09	3.70E+11	7.40E+08	使用	7.40E+10	7.40E+12	7.40E+09	使用、销售	
^{64}Cu	3.70E+09	1.85E+11	3.70E+07	使用	3.70E+10	3.70E+12	3.70E+08	使用、销售	
^{68}Ga	1.85E+09	9.25E+10	1.85E+07	生产、使用	3.70E+10	3.70E+12	3.70E+08	生产、使用、 销售	
^{68}Ge	/	/	/	/	3.70E+10	3.70E+12	3.70E+09	使用、销售	新增
$^{68}\text{Ge}(^{68}\text{Ga})$	1.85E+09	9.25E+10	1.85E+06	使用	3.70E+10	3.70E+12	3.70E+07	使用、销售	增加操作量、 活动种类
^{86}Y	/	/	/	/	1.85E+10	1.85E+12	1.85E+09	使用、销售	新增
^{89}Sr	/	/	/	/	1.85E+11	1.85E+13	1.85E+10	使用、销售	新增
^{89}Zr	3.70E+09	1.85E+11	3.70E+08	使用	3.70E+10	3.70E+12	3.70E+09	使用、销售	增加操作量、 活动种类
^{90}Y	7.40E+09	3.70E+11	7.40E+08	使用	7.40E+10	7.40E+12	7.40E+09	使用、销售	
$^{99}\text{Mo}(^{99\text{m}}\text{Tc})$	1.11E+10	5.55E+11	1.11E+07	使用	1.11E+11	1.11E+13	1.11E+08	使用、销售	
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.11E+10	5.55E+11	1.11E+08	生产、使用	1.11E+11	1.11E+13	1.11E+09	生产、使用、 销售	
^{111}In	3.70E+09	1.85E+11	3.70E+08	使用	3.70E+10	3.70E+12	3.70E+09	使用、销售	
^{123}I	3.70E+09	1.85E+11	3.70E+07	使用	3.70E+10	3.70E+12	3.70E+08	使用、销售	
^{124}I	3.70E+09	1.85E+11	3.70E+08	使用	3.70E+10	3.70E+12	3.70E+09	使用、销售	
^{125}I	3.70E+09	1.85E+11	3.70E+08	使用	3.70E+10	3.70E+12	3.70E+09	使用、销售	
^{131}I	7.40E+09	3.70E+11	7.40E+08	使用	7.40E+10	7.40E+12	7.40E+09	使用、销售	
^{137}Cs	/	/	/	/	3.70E+09	3.70E+11	3.70E+08	使用、销售	新增
$^{137}\text{Cs}(^{137\text{m}}\text{Ba})$	/	/	/	/	3.70E+09	3.70E+11	3.70E+06	使用、销售	新增
$^{137\text{m}}\text{Ba}$	/	/	/	/	3.70E+09	3.70E+11	3.70E+07	生产、使用、 销售	新增
^{161}Tb	7.40E+09	3.70E+11	7.40E+08	使用	7.40E+10	7.40E+12	7.40E+09	使用、销售	增加操作量、 活动种类

^{166}Ho	/	/	/	/	3.70E+08	3.70E+10	3.70E+08	使用、销售	新增
^{177}Lu	7.40E+09	3.70E+11	7.40E+08	使用	7.40E+10	7.40E+12	7.40E+09	使用、销售	增加操作量、 活动种类
^{188}Re	3.70E+09	1.85E+11	3.70E+08	生产、使用	3.70E+10	3.70E+12	3.70E+09	生产、使用、 销售	
$^{188}\text{W} (^{188}\text{Re})$	4.44E+09	2.22E+11	4.44E+06	使用	4.44E+10	4.44E+12	4.44E+07	使用、销售	
^{203}Pb	/	/	/	/	3.70E+10	3.70E+12	3.70E+08	使用、销售	新增
^{211}At	/	/	/	/	3.70E+10	3.70E+12	3.70E+10	使用、销售	新增
^{212}Bi	1.85E+07	9.25E+08	1.85E+07	使用	3.70E+09	3.70E+11	3.70E+09	生产、使用、 销售	增加操作量、 活动种类
^{212}Pb	1.85E+07	9.25E+08	1.85E+06	使用	3.70E+09	3.70E+11	3.70E+08	生产、使用、 销售	
^{223}Ra	1.85E+07	9.25E+08	1.85E+08	使用	1.85E+08	1.85E+10	1.85E+09	使用、销售	
^{224}Ra	1.85E+07	9.25E+08	1.85E+08	使用	3.70E+09	1.35E+12	3.70E+10	生产、使用、 销售	
^{224}Ra (^{212}Pb)	/	/	/	/	1.85E+10	1.85E+12	1.85E+09	使用、销售	新增
^{225}Ac	1.85E+07	9.25E+08	1.85E+08	使用	1.85E+08	1.85E+10	1.85E+09	使用、销售	增加操作量、 活动种类
^{227}Th	1.85E+07	9.25E+08	1.85E+08	使用	1.85E+08	1.85E+10	1.85E+09	使用、销售	
^{228}Ra	1.85E+07	9.25E+08	1.85E+08	使用	3.70E+09	1.35E+12	3.70E+10	生产、使用、 销售	
^{228}Th	1.85E+07	9.25E+08	1.85E+08	使用	3.70E+09	1.35E+12	3.70E+10	生产、使用、 销售	
^{232}Th	/	/	/	/	3.70E+10	1.35E+13	3.70E+08	使用、销售	新增

3.1.1.1.5 放射性仓储设施

本项目在综合车间（一）内设有原辅料库、包装材料库、放射性成品库、放射性废物库等，在综合车间（二）内设有同位素暂存间、放射性废物库等，以满足生产及放化实验用原辅料、产品及放射性废物暂存的需要，具体配置见下。

表 3-17 项目仓储设施一览表

序号	存储间	位置	仓储用途
1	α 放射性原料库	综合车间 (一) 一层	α 核素原料临时存放
2	β 放射性原料库		β 核素原料临时存放
3	放射性成品库1、放射性成品库2		放药成品发货前暂存
4	放射性废物库		存放生产及质检过程中产生的放射性废物
5	铅罐库		外包用的空铅罐暂存间
6	运输包装库		运输纸箱、泡沫、铁罐、捆扎带等运输包材暂存（非放）
7	危化品暂存间		生产和实验用的危化品试剂暂存（非放）
8	危废暂存间		危险废物暂存间（非放）
9	非放原、辅料库	综合车间 (一) 三层	生产和实验用的非放原、辅料存放（非放）
10	包材库、包材库2		西林瓶等内包材料存放（非放）
11	备品库		备用生产工具暂存间
12	不合格品库		药盒生产线和 ^{89}Y 车间产生的不合格品暂存（非放）
13	同位素暂存间	综合车间 (二) 一层	实验用放射性原料暂存、发生器暂存、V类放射源暂存
14	放射性废物库		实验产生的放射性废物暂存间
15	同位素暂存间	综合车间 (二) 二层	实验用放射性原料暂存

项目生产和实验用的非放原、辅料都存放在综合车间（一）三层的非放原、辅料库内，使用当天领取、结余的当天退还，生产车间和实验室内不存放非放原辅料。

本项目产品涉及核素采取订单订购生产、即产即销的生产方式。生产用放射性原料及生产的放药成品原则上不暂存，只有在不能立即开展生产时，临时暂存在原料库、成品库内（一般不超过 2 天）。由于核素衰变特性，放射性药物研发实验根据实验计划分批次订购核素，即来即用，原则上不暂存。

3.1.1.2 公辅工程

本项目公辅工程依托一期工程相关设施，具体如下。

(1) 公辅设施

①放射性废水处理设施

在综合车间（一）北侧室外设一座埋地式放射性废水处理设施，占地约 132 平方

米，用于收集、处理运营期间产生的放射性废水。

放射性废水处理设施包含 3 个衰变间（短半衰期衰变间包含 5 个 10m^3 储罐，长半衰期衰变间包含 2 个 0.5m^3 储罐，有机放射性废水衰变间包含 3 个 3.3m^3 储罐），其中短半衰期衰变间 55.44m^2 ，有机放射性废水衰变间 18.72m^2 ，长半衰期衰变间 5.32m^2 ，衰变间均采用 C30 抗渗混凝土构筑，墙壁和顶板为 200mm 厚混凝土，衰变间之间隔板为 200mm 厚混凝土，房间底板为 250mm 厚，墙壁四周采取防渗处理，3 个衰变间均已建成。

②非放废水处理设施

在综合车间（二）东北侧室外设 2 套埋地式一体化污水处理设施（含 1 座隔油池），一套采用“生物接触氧化+沉淀”处理工艺，设计日处理量 $60\text{m}^3/\text{d}$ ，用于处理办公、生活污水；一套采用“混凝反应沉淀+过滤消毒”处理工艺，设计日处理量 $25\text{m}^3/\text{d}$ ，用于处理非放工艺废水；处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后，生产废水进入园区生产污水管网，生活污水进入园区生活污水管网。

（2）给排水

①给水

本项目供水由市政管网供水，使用自来水作为厂区供水水源。

本项目用水接自建筑内自来水管网，自来水主要用于生产车间用水、纯化水制备用水、实验用水及办公生活用水。

②排水

项目实行雨污分流制，雨水通过雨水管网直接排放，污水采取分类收集、处理。

放射性废水：分类收集处理，含有 ^{232}Th 、 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 等长半衰期核素的放射性废水由工作场所内专用容器单独收集后，转运至衰变间。将专用容器连接至衰变罐的导管，打开阀门，使废液进入长半衰期废液衰变罐内，并定期移交有资质单位处理处置；含有机废液的放射性废液收集后暂存衰变，经监测达解控水平（总 $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）后，作为危废交由有资质单位处置；其余放射性废水排入自建放射性废水衰变池暂存衰变，经监测达解控水平（总 $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）后，与非放工艺废水一并经自建一体化污水处理设施处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后，排入园区生产污水管网，进入健康产业园（青龙山北片区）建设的园区污水处理厂处理达标后排入芙蓉溪。

非放废水：非放工艺废水经自建一体化污水处理设施处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后，排入园区生产污水管网，进入健康产业园（青龙山北片区）规划建设的园区污水处理厂处理达标排放至芙蓉溪。生活污水经自建一体化污水处理设施处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后，进入园区生活污水管网，经健康产业园（青龙山北片区）建设的园区污水处理厂处理达标后排放至芙蓉溪。

（3）供电

本项目厂区用电依托已建成的市政电网，经总配电站变压后为厂区供电，供建筑内工艺设备、电梯及照明用电。项目配电电压为~220V/380V。

3.1.2 产品方案

本项目改扩建后拟销售产品有 ^{228}Ra 核素溶液、 ^{228}Th 核素溶液、 ^{224}Ra 核素溶液、 ^{212}Pb 标记药物、 ^{212}Bi 标记药物、 ^{225}Ac 标记药物、 ^{211}At 标记药物、 ^{224}Ra (^{212}Pb) 发生器、 ^{228}Th (^{212}Pb) 发生器、 ^{203}Pb 标记药物、 $^{223}\text{RaCl}_2$ 注射液、 $^{89}\text{SrCl}_2$ 注射液、 ^{131}I 口服液、 ^{177}Lu 标记药物、 ^{161}Tb 标记药物、 ^{90}Y 玻璃微球，具体产品方案详见下表：

表 3-18 项目产品方案

序号	生产车间	产品名称	年最大生产规模	物理形态	外运单位
1	放药101车间	^{228}Ra 核素溶液	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq/瓶，每天生产/销售2瓶，年生产/销售20瓶	液态	委外运输
2		^{228}Th 核素溶液	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq/瓶，每天生产/销售2瓶，年生产/销售20瓶	液态	
3		^{224}Ra 核素溶液	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq/瓶，每天生产/销售2瓶，年生产/销售200瓶	液态	
4		^{212}Pb 标记药物	3.70E+08Bq/瓶，每天生产/销售10瓶，年生产/销售2000瓶	液态	
5		^{212}Bi 标记药物	3.70E+08Bq/瓶，每天生产/销售8瓶，年生产/销售800瓶	液态	
6		^{225}Ac 标记药物	9.25E+07Bq/瓶，每天生产/销售144瓶，每年生产/销售14400瓶	液态	
7		^{211}At 标记药物	1.85E+09Bq/瓶，每天生产/销售176瓶，每年生产/销售35200瓶	液态	
8	放药102车间	^{228}Ra 核素溶液	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq/瓶，每天生产/销售20瓶，年生产/销售2000瓶	液态	
9		^{228}Th 核素溶液	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq/瓶，每天生产/销售20瓶，年生产/销售2000瓶	液态	
10		^{224}Ra 核素溶液	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq，每天生产/销售20瓶，年生产/销售2000瓶	液态	
11		^{224}Ra (^{212}Pb) 发生器	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq/瓶，每天生产/销售5瓶，年生产/销售500瓶	液态	

12		^{228}Th (^{212}Pb) 发生器	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq/瓶, 每天生产/销售5瓶, 年生产/销售500瓶	液态
13		^{228}Ra 核素溶液	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq/瓶, 每天生产/销售200瓶, 年生产/销售2000瓶	液态
14		^{228}Th 核素溶液	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq/瓶, 每天生产/销售200瓶, 年生产/销售2000瓶	液态
15	放药103车间	^{224}Ra 核素溶液	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq/瓶, 每天生产/销售200瓶, 年生产/销售2000瓶	液态
16		^{224}Ra (^{212}Pb) 发生器	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq/瓶, 每天生产/销售18瓶, 年生产/销售1800瓶	液态
17		^{228}Th (^{212}Pb) 发生器	3.33E+08Bq~3.70E+09Bq/瓶, 每天生产/销售18瓶, 年生产/销售1800瓶	液态
18		^{212}Pb 标记药物	3.70E+08Bq/瓶, 每天生产/销售148瓶, 年生产/销售29600瓶	液态
19	放药104车间	^{212}Bi 标记药物	3.70E+08Bq/瓶, 每天生产/销售137瓶, 年生产/销售27459瓶	液态
20		^{225}Ac 标记药物	9.25E+07Bq/瓶, 每天生产/销售7740瓶, 年生产/销售774000瓶	液态
21		^{211}At 标记药物	1.85E+09Bq/瓶, 每天生产/销售268瓶, 年生产/销售53600瓶	液态
22		^{203}Pb 标记药物	1.85E+09Bq/瓶, 每天生产/销售35瓶, 年生产/销售3545瓶	液态
23	放药105车间*	$^{223}\text{RaCl}_2$ 注射液	7.40E+06Bq/瓶, 每天生产/销售930瓶, 每年生产/销售93000瓶	液态
24		$^{89}\text{SrCl}_2$ 注射液	1.48E+08Bq/瓶, 每天生产/销售249瓶, 每年生产/销售24900瓶	液态
25	放药106车间	^{212}Pb 标记药物	3.70E+08Bq/瓶, 每天生产/销售148瓶, 年生产/销售29600瓶	液态
26		^{212}Bi 标记药物	3.70E+08Bq/瓶, 每天生产/销售137瓶, 年生产/销售13720瓶	液态
27		^{225}Ac 标记药物	9.25E+07Bq/瓶, 每天生产/销售7740瓶, 年生产/销售774000瓶	液态
28		^{211}At 标记药物	1.85E+09Bq/瓶, 每天生产/销售268瓶, 年生产/销售53600瓶	液态
29	放药107车间	^{177}Lu 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售7740瓶, 年生产/销售1548000瓶	液态
30		^{161}Tb 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售152瓶; 年生产/销售30400瓶	液态
31		^{225}Ac 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售144瓶, 年生产/销售14400瓶	液态
32		^{211}At 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售108瓶, 年生产/销售21600瓶	液态
33	放药201车间	^{131}I 口服液	1.85E+10 Bq/瓶, 每天生产/销售385瓶, 年生产/销售77000瓶	液态
34	放药202车间	^{177}Lu 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售2322瓶, 年生产/销售464400瓶	液态
35		^{161}Tb 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售152瓶。年生产/销售30400瓶	液态
36		^{203}Pb 标记药物	1.85E+09Bq/瓶, 每天生产/销售14瓶, 年	液态

		生产/销售1400瓶		
37		^{225}Ac 标记药物	9.25E+07Bq/瓶, 每天生产/销售28瓶, 年生产/销售5600瓶	液态
38	放药203车间	^{90}Y 玻璃微球	3.70E+09Bq-1.85E+10Bq/瓶, 每天生产/销售415瓶, 年最大生产/销售83000瓶	液态
39		^{177}Lu 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售2322瓶, 年生产/销售464400瓶	液态
40	放药204车间	^{161}Tb 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售304瓶, 年最大生产/销售60800瓶	液态
41		^{225}Ac 标记药物	9.25E+07Bq/瓶, 每天生产/销售144瓶, 年最大生产/销售28800瓶	液态
42		^{177}Lu 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售2322瓶, 年生产/销售464400瓶	液态
43	放药206车间	^{161}Tb 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售152瓶, 年最大生产/销售30400瓶	液态
44		^{225}Ac 标记药物	9.25E+07Bq/瓶, 每天生产/销售144瓶, 年最大生产/销售28800瓶	液态
45		^{177}Lu 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售2322瓶, 年生产/销售464400瓶	液态
46	放药207车间	^{161}Tb 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售152瓶, 年最大生产/销售30400瓶	液态
47		^{225}Ac 标记药物	9.25E+07Bq/瓶, 每天生产/销售144瓶, 年最大生产/销售28800瓶	液态
48		^{177}Lu 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售2322瓶, 年生产/销售464400瓶	液态
49	放药208车间	^{161}Tb 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售152瓶, 年最大生产/销售30400瓶	液态
50		^{225}Ac 标记药物	9.25E+07Bq/瓶, 每天生产/销售28瓶, 年最大生产/销售5600瓶	液态
51		^{177}Lu 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售2322瓶, 年生产/销售464400瓶	液态
52	放药209车间	^{161}Tb 标记药物	9.25E+09Bq/瓶, 每天生产/销售152瓶, 年最大生产/销售30400瓶	液态
53		^{225}Ac 标记药物	9.25E+07Bq/瓶, 每天生产/销售144瓶, 年最大生产/销售28800瓶	液态

注1: *代表本次改扩建不涉及该车间

3.1.3 项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要环境问题见下表。

表 3-19 项目组成及主要环境问题一览表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题		备注
			施工期	运营期	
主体工程	综合车间（一）	综合车间一层包括放药101车间、放药102车间、放药103车间、放药104车间、放药105车间、放药106车间、放药107车间、α放射性原料库、β放射性原料库、放射性成品库1、放射性成品库2及辅助房间（铅罐库、铅罐清洗间、收发货大厅、外包间、门厅、UPS间、空调机房等），改扩建后一层的日等效最大操作量为5.37E+13Bq，属于甲级非密封放射性物质工作场所。	施工扬尘 施工废水 施工噪声 建筑垃圾	α射线、β射线、γ射线、放射性气载流出物、放射性废水、放射性固废	改扩建
	综合车间（一）生产区	综合车间（一）二层生产区包括放药201车间、放药202车间、放药203车间、放药204车间、放药205车间（预留）、放药206车间、放药207车间、放药208车间、放药209车间及配套房间，二层生产区的日等效最大操作量为1.35E+14Bq，属于甲级非密封放射性物质工作场所。	施工人员生活污水和生活垃圾		改扩建
	综合车间（一）放射质检区	本次改、扩建内容包括：①调整核素操作量；②新增 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ge（ ⁶⁸ Ga）、 ⁸⁶ Y、 ⁸⁹ Sr、 ⁹⁹ Mo（ ^{99m} Tc）、 ¹⁸⁸ W（ ¹⁸⁸ Re）、 ²⁰³ Pb、 ²¹¹ At、 ²²⁴ Ra（ ²¹² Pb）、 ²²⁸ Th（ ²¹² Pb）等10种核素。项目实施后，放射质检区共涉及核素33种，日等效最大操作量为7.34E+11Bq，属于甲级非密封放射性物质工作场所。	/		改扩建
	综合车间（二）研发中心	本次改、扩建内容包括：①新增 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ge、 ⁸⁶ Y、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁷ Cs（ ^{137m} Ba）、 ^{137m} Ba、 ¹⁶⁶ Ho、 ²⁰³ Pb、 ²¹¹ At、 ²²⁴ Ra（ ²¹² Pb）等10种核素；②调整 ¹⁸ F、 ³² P、 ⁶⁴ Cu等28种核素的操作量及活动种类；调整后，综合车间（二）研发中心日等效最大操作量为2.44E+11Bq，为甲级非密封放射性物质工作场所。	/		改扩建
公用工程	给水	市政管网供给自来水。	/	/	/
	供配电	由市政电网引入。	/	/	/
环保工程	废水治理措施	雨水：直接排入厂区雨水管网，汇入市政雨水管网； 放射性废水 ：分类收集、分类处理，含核素 ²²⁸ Ra、 ²²⁸ Th、 ²³² Th等长半衰期核素的放射性废水由专用容器单独收集，定期移交有资质单位处理处置；含有机废液的放射性废液收集后暂存衰变，经监测达解控水平（总α≤1Bq/L、总β≤10Bq/L）后，作为危废交由有资质单位处置；其余放射性废水排入放射性废水衰变罐暂存衰变，经监测达排放标准（总α≤1Bq/L、总β≤10Bq/L）后，与非放工艺废水一并经自建一体化污水处理设施处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后，排入园区生产污水管网，进入健康产业园（青龙山北片区）建设的园区污水处理厂处理达标后排入芙蓉溪。 非放废水 ：非放工艺废水经自建一体化污水处理设施处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后，排入园区生产污水管网，进入健康产业园（青龙山北片区）规划的园	/	放射性废水、非放射性废水、底泥	依托现有

	区污水处理厂处理达标排放至芙蓉溪。生活污水经自建一体化污水处理设施处理达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后,进入园区生活污水管网,经健康产业园(青龙山北片区)建设的园区污水处理厂处理达标后排放至芙蓉溪。			
废气治理措施	各涉放场所设局排和全排系统,废气经普通高效过滤器或BIBO高效过滤(含碘废气经除碘高效过滤和普通高效过滤)处理后,由排气筒于屋顶排放。	/	放射性废气、噪声	
噪声防治措施	选用低噪声设备;风机组、冷水机组、水泵等设备置于机房内,利用建筑墙体隔声,采取基础减震、软管连接设计等降噪措施。	/	噪声	已建设
固废处置措施	放射性固体废物: 由专用桶装容器分类收集,暂存于放射性废物暂存间内,按核素衰变特性分类处置。含有核素 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{68}Ge 、 ^{137}Cs 、 ^{232}Th 的放射性固废单独收集,定期交资质单位处置;其余放射性固废衰变解控后作为一般固废或危险废物处置。 生活垃圾: 设垃圾桶,定点袋装收集,定期交当地环卫部门统一清运。 一般固废: 废弃外包装材料,废擦拭纸等一次性非放射性的耗材,分类收集,可回收的交回收单位处理,不可回收的交当地环卫部门清运处置。 危险废物: 非放质检研发过程产生的有机废液与达到清洁解控水平的涉放有机废液,交有资质的单位处理。	/	固体废物 生活垃圾	依托现有

3.1.4 工作场所分级

3.1.4.1 判断依据

根据环境保护部办公厅《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）满足以下条件应当作为一个单独场所进行日等效操作核算：①有相对独立、明确的监督区和控制区划分；②工艺流程连续完整；③有相对独立的辐射防护措施。

本项目综合车间（一）一层主要由放药生产车间、成品库、稳定性室、原料库组成，二层由放药生产车间及质检区组成，有部分物流交叉情况；综合车间（二）一二层均为放射性药物研发中心。参考以上原则，本项目综合车间（一）一层、综合车间（一）二层生产区、综合车间（一）放射质检区、综合车间（二）互为独立场所，有明确的场所功能及“人、物、污流”区分，因此将综合车间（一）一层、综合车间（一）二层生产区、综合车间（一）放射质检区、综合车间（二）放射性药物研发中心各作为一个非密封放射性物质工作场所来管理。

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 非密封源工作场所的分级，放射性同位素工作场所放射性核素日等效最大操作计算方法（见式 3-1），非密封放射性物质工作场所的分级依据如表 3-20，核素毒性修正因子见表 3-21、操作方式修正因子见表 3-22。

$$\text{日等效用量} = \frac{\text{日操作量} \times \text{毒性修正因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \dots\dots\dots \text{(式 3-1)}$$

表 3-20 非密封性放射性物质场所分级

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

表 3-21 放射性核素毒性组别修正因子

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

表 3-22 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

参考《辐射防护手册（三分册）》确定本项目核素的操作方式，各种操作类型的具体方式举例如下：

(1) **贮存**：把盛装在容器内的放射性溶液、样品和废液等密封后存放于工作场所的通风柜、手套箱、样品架、工作台和专用贮存柜内等属贮存操作。这类操作的危害最小。

(2) **很简单的操作**：例如少量稀溶液的合并、分装或稀释，污染不严重的器皿和工具等的洗涤等。这类操作，会有少量的放射性物质散布开来，主要是要防止洒漏。

(3) **简单的操作**：例如溶液的取样、转移、沉淀、过滤或离心分离，萃取或反萃取，离子交换，色层分离，吸移或滴定放射性溶液等。这类操作，可能会有较多的放射性物质散布开来，除了会有表面污染外，还会有空气污染出现。

(4) **有特别危险的操作**：例如对溶液的加热蒸馏或蒸发，热烤烘干，强放溶液的取样或转移，粉末料样的称重、溶解、干沉淀物的收集与转移等。操作过程中均会产生少量气体或气溶胶。更危险的操作还有干式操作和发尘操作，例如破碎研磨样品，粉末物质剧烈混合或包装等。因为这类操作，不发生意外时并不一定有较多的放射性物质散布开来，但发生事故的概率较大，而且后果较严重。

3.1.4.2 判断结果

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），本项目非密封放射性物质工作场所分级见表3-20。

由表 3-23 可知，综合车间（一）一层日等效最大操作量为 $5.37E+13Bq$ ，综合车间（一）二层生产区日等效最大操作量为 $1.35E+14Bq$ ，综合车间（一）二层放射质检区日等效最大操作量为 $7.34E+11Bq$ ，均属于甲级非密封放射性物质工作场所；综合车间（二）放射性药物研发中心日等效最大操作量为 $2.44E+11Bq$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所。

表 3-23 项目各场所放射性核素操作量一览表

工作场所	核素	毒性	毒性修正因子	性状	操作方式	操作修正因子	日最大操作 (Bq)	年操作天数 (d)	年最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	活动种类	车间日等效最大操作量 (Bq)	场所日等效最大操作量 (Bq)	场所等级	
综合车间 (一) 一层	放药 101 车间	²²⁸ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	3.70E+09	365	1.35E+12	3.70E+10	生产、使用、销售	3.70E+11 (保守该车间全天生产 ²¹¹ At)	5.37E+13Bq	甲级
		²²⁸ Th	极毒	10	液态	简单操作	1	3.70E+09	365	1.35E+12	3.70E+10	生产、使用、销售			
		²²⁴ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	3.70E+09	365	1.35E+12	3.70E+10	生产、使用、销售			
		²¹² Pb	中毒	0.1	液态	简单操作	1	3.70E+09	200	7.40E+11	3.70E+08	生产、使用、销售			
		²¹² Bi	高毒	1	液态	简单操作	1	3.70E+09	100	3.70E+11	3.70E+09	生产、使用、销售			
		²²⁵ Ac	极毒	10	液态	简单操作	1	1.48E+10	100	1.48E+12	1.48E+11	生产、使用、销售			
		²¹¹ At	高毒	1	液态	简单操作	1	3.70E+11	200	7.40E+13	3.70E+11	生产、使用、销售			
	放药 102 车间	²²⁸ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+10	100	7.40E+12	7.40E+11	生产、使用、销售	1.48E+12 (保守该车间全天生产 ²²⁴ Ra (²¹² Pb) 发生器)		
		²²⁸ Th	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+10	100	7.40E+12	7.40E+11	生产、使用、销售			
		²²⁴ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+10	100	7.40E+12	7.40E+11	生产、销售、使用			
	放药 103 车间	²²⁸ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+11	100	7.40E+13	7.40E+12	生产、使用、销售	1.48E+13 (保守该车间全天生产 ²²⁴ Ra (²¹² Pb) 发生器)		
		²²⁸ Th	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+11	100	7.40E+13	7.40E+12	生产、使用、销售			
		²²⁴ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+11	100	7.40E+13	7.40E+12	生产、使用、销售			
	放药	²²⁴ Ra (²¹² Pb)	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+10	200	1.48E+13	7.40E+11	使用	7.40E+12		

104 车间	b)											(保守该车间全天生产 ²²⁵ Ac)
	²¹² Pb	中毒	0.1	液态	简单操作	1	7.40E+10	200	1.48E+13	7.40E+09	生产、使用、销售	
	²¹² Bi	高毒	1	液态	简单操作	1	7.40E+10	200	1.48E+13	7.40E+10	生产、使用、销售	
	²²⁵ Ac	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+11	100	7.40E+13	7.40E+12	生产、使用、销售	
	²¹¹ At	高毒	1	液态	简单操作	1	7.40E+11	200	1.48E+14	7.40E+11	生产、使用、销售	
	²⁰³ Pb	低毒	0.01	液态	特别危险操作	0.1	7.40E+10	100	7.40E+12	7.40E+09	生产、使用、销售	
放药 105 车间	²²³ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+09	100	7.40E+11	7.40E+10	生产、使用、销售	7.40E+10 (保守该车间全天生产 ²²³ Ra)
	⁸⁹ Sr	中毒	0.1	液态	简单操作	1	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+09	生产、使用、销售	
放药 106 车间	²²⁴ Ra(²¹² Pb)	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+10	200	1.48E+13	7.40E+11	使用	7.40E+12 (保守该车间全天生产 ²²⁵ Ac)
	²¹² Pb	中毒	0.1	液态	简单操作	1	7.40E+10	200	1.48E+13	7.40E+09	生产、使用和销售	
	²¹² Bi	高毒	1	液态	简单操作	1	7.40E+10	100	7.40E+12	7.40E+10	生产、使用和销售	
	²²⁵ Ac	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+11	100	7.40E+13	7.40E+12	生产、使用和销售	
	²¹¹ At	高毒	1	液态	简单操作	1	7.40E+11	200	1.48E+14	7.40E+11	生产、使用和销售	
放药 107 车间	¹⁷⁷ Lu	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	2.22E+13	200	4.44E+15	2.22E+13	生产、使用、销售	2.22E+13 (保守该车间全天生产 ¹⁷⁷ Lu)
	¹⁶¹ Tb	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	1.48E+12	200	2.96E+14	1.48E+12	生产、使用、销售	
	²²⁵ Ac	极毒	10	液态	简单操作	1	1.48E+10	100	1.48E+12	1.48E+11	生产、使用、销售	

	²¹¹ At	高毒	1	液态	简单操作	1	2.96E+11	200	5.92E+13	2.96E+11	生产、使用、销售			
放药201车间	¹³¹ I	中毒	0.1	液态	简单操作	1	7.40E+12	200	1.48E+15	7.40E+11	生产、使用、销售	7.40E+11		
放药202车间	¹⁷⁷ Lu	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	2.22E+13	200	4.44E+15	2.22E+13	生产、使用、销售	2.22E+13 (保守该车间全天生产 ¹⁷⁷ Lu)		
	¹⁶¹ Tb	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	1.48E+12	200	2.96E+14	1.48E+12	生产、使用、销售			
	²⁰³ Pb	低毒	0.01	液态	特别危险操作	0.1	2.96E+10	100	2.96E+12	2.96E+09	生产、使用、销售			
	²²⁵ Ac	极毒	10	液态	简单操作	1	3.70E+09	200	7.40E+11	3.70E+10	生产、使用、销售			
放药203车间	⁹⁰ Y	中毒	0.1	固体、液体	简单操作	1	9.25E+12	200	1.85E+15	9.25E+11	生产、使用、销售	9.25E+11		
放药204车间	¹⁷⁷ Lu	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	2.22E+13	200	4.44E+15	2.22E+13	生产、使用、销售	2.22E+13 (保守该车间全天生产 ¹⁷⁷ Lu)		
	¹⁶¹ Tb	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	2.96E+12	200	5.92E+14	2.96E+12	生产、使用、销售			
	²²⁵ Ac	极毒	10	液态	简单操作	1	1.48E+10	200	2.96E+12	1.48E+11	生产、使用、销售			
放药206车间	¹⁷⁷ Lu	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	2.22E+13	200	4.44E+15	2.22E+13	生产、使用、销售	2.22E+13 (保守该车间全天生产 ¹⁷⁷ Lu)		
	¹⁶¹ Tb	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	1.48E+12	200	2.96E+14	1.48E+12	生产、使用、销售			
	²²⁵ Ac	极毒	10	液态	简单操作	1	1.48E+10	200	2.96E+12	1.48E+11	生产、使用、销售			
放药207车间	¹⁷⁷ Lu	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	2.22E+13	200	4.44E+15	2.22E+13	生产、使用、销售	2.22E+13 (保守该车间全天生产 ¹⁷⁷ Lu)		
	¹⁶¹ Tb	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	1.48E+12	200	2.96E+14	1.48E+12	生产、使用、销售			

1.35E+14Bq 甲级

放药 208 车间	²²⁵ Ac	极毒	10	液态	简单操作	1	1.48E+10	200	2.96E+12	1.48E+11	生产、使用、销售	2.22E+13 (保守该车间全天生产 ¹⁷⁷ Lu)			
	¹⁷⁷ Lu	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	2.22E+13	200	4.44E+15	2.22E+13	生产、使用、销售				
	¹⁶¹ Tb	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	1.48E+12	200	2.96E+14	1.48E+12	生产、使用、销售				
	²²⁵ Ac	极毒	10	液态	简单操作	1	3.70E+09	200	7.40E+11	3.70E+10	生产、使用、销售	2.22E+13 (保守该车间全天生产 ¹⁷⁷ Lu)			
	¹⁷⁷ Lu	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	2.22E+13	200	4.44E+15	2.22E+13	生产、使用、销售				
	¹⁶¹ Tb	中毒	0.1	液态	特别危险操作	0.1	1.48E+12	200	2.96E+14	1.48E+12	生产、使用、销售				
放药 209 车间	²²⁵ Ac	极毒	10	液态	简单操作	1	1.48E+10	200	2.96E+12	1.48E+11	生产、使用、销售	7.34E+11Bq	7.34E+11Bq	甲级	
	¹¹ C	低毒	0.01	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+08	使用				
	¹⁸ F	低毒	0.01	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+08	使用				
综合 车间 (一) 二层	³² P	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+09	使用	7.34E+11Bq	7.34E+11Bq	甲级	
	⁶⁴ Cu	低毒	0.01	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+08	使用				
	⁶⁸ Ga	低毒	0.01	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+08	生产使用				
	⁶⁸ Ge (⁶⁸ Ga)	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+07	使用				
	⁸⁶ Y	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+09	使用				
	⁸⁹ Sr	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+09	200	3.70E+11	1.85E+08	使用				
	⁸⁹ Zr	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+09	使用				
	⁹⁰ Y	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+11	200	3.70E+13	1.85E+10	使用				
	⁹⁹ Mo (^{99m} Tc)	中毒	0.1	液态	简单操作	1	3.70E+10	200	7.40E+12	3.70E+07	使用				
	^{99m} Tc	低毒	0.01	液态	简单操作	1	3.70E+10	200	7.40E+12	3.70E+08	生产使用				
	¹¹¹ In	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+09	使用				
	¹²³ I	低毒	0.01	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+08	使用				
	¹²⁴ I	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+09	使用				

		¹²⁵ I	中毒	0.1	液态	简单操作	1	4.63E+10	200	9.25E+12	4.63E+09	使用			
		¹³¹ I	中毒	0.1	液态	简单操作	1	3.70E+10	200	7.40E+12	3.70E+09	使用			
		¹⁶¹ Tb	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+11	200	3.70E+13	1.85E+10	使用			
		¹⁷⁷ Lu	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+11	200	3.70E+13	1.85E+10	使用			
		¹⁸⁸ Re	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+09	生产使用			
		¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re)	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+07	使用			
		²⁰³ Pb	低毒	0.01	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+08	使用			
		²¹¹ At	高毒	1	液态	简单操作	1	3.70E+10	200	7.40E+12	3.70E+10	使用			
		²¹² Bi	高毒	1	液态	简单操作	1	7.40E+09	200	1.48E+12	7.40E+09	使用			
		²¹² Pb	中毒	0.1	液态	简单操作	1	7.40E+09	200	1.48E+12	7.40E+08	生产使用			
		²²³ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	1.85E+09	200	3.70E+11	1.85E+10	使用			
		²²⁴ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+09	200	1.48E+12	7.40E+10	使用			
		²²⁴ Ra (²¹² Pb)	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+09	200	1.48E+12	7.40E+08	使用			
		²²⁵ Ac	极毒	10	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+11	使用			
		²²⁷ Th	极毒	10	液态	简单操作	1	1.85E+10	200	3.70E+12	1.85E+11	使用			
		²²⁸ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+09	200	1.48E+12	7.40E+10	使用			
		²²⁸ Th	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+09	200	1.48E+12	7.40E+10	使用			
²²⁸ Th(²¹² Pb)	极毒	10	液态	简单操作	1	7.40E+09	200	1.48E+12	7.40E+08	使用					
综合 车间 (二)	放射 性药 物研 发中 心	¹¹ C	低毒	0.01	液态	简单操作	1	1.85E+10	100	1.85E+12	1.85E+08	使用、销 售	2.44E+11	2.44E+11	甲级
		¹⁸ F	低毒	0.01	液态	简单操作	1	7.40E+10	100	7.40E+12	7.40E+08	使用、销 售			
		³² P	中毒	0.1	液态	简单操作	1	7.40E+10	100	7.40E+12	7.40E+09	使用、销 售			
		⁶⁴ Cu	低毒	0.01	液态	简单操作	1	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+08	使用、销 售			
		⁶⁸ Ga	低毒	0.01	液态	简单操作	1	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+08	生产、使 用、销 售			

⁶⁸ Ge	中毒	0.1	液态	简单操作	1	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+09	使用、销售
⁶⁸ Ge(⁶⁸ Ga)	中毒	0.1	液态	贮存	100	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+07	使用、销售
⁸⁶ Y	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+10	100	1.85E+12	1.85E+09	使用、销售
⁸⁹ Sr	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+11	100	1.85E+13	1.85E+10	使用、销售
⁸⁹ Zr	中毒	0.1	液态	简单操作	1	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+09	使用、销售
⁹⁰ Y	中毒	0.1	液态	简单操作	1	7.40E+10	100	7.40E+12	7.40E+09	使用、销售
⁹⁹ Mo(^{99m} Tc)	中毒	0.1	液态	贮存	100	1.11E+11	100	1.11E+13	1.11E+08	使用、销售
^{99m} Tc	低毒	0.01	液态	简单操作	1	1.11E+11	100	1.11E+13	1.11E+09	生产、使用、销售
¹¹¹ In	中毒	0.1	液态	简单操作	1	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+09	使用、销售
¹²³ I	低毒	0.01	液态	简单操作	1	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+08	使用、销售
¹²⁴ I	中毒	0.1	液态	简单操作	1	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+09	使用、销售
¹²⁵ I	中毒	0.1	液态	简单操作	1	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+09	使用、销售
¹³¹ I	中毒	0.1	液态	简单操作	1	7.40E+10	100	7.40E+12	7.40E+09	使用、销售
¹³⁷ Cs	中毒	0.1	液态	简单操作	1	3.70E+09	100	3.70E+11	3.70E+08	使用、销售
¹³⁷ Cs(^{137m} Ba)	中毒	0.1	液态	贮存	100	3.70E+09	100	3.70E+11	3.70E+06	使用、销售
^{137m} Ba	低毒	0.01	液态	简单操作	1	3.70E+09	100	3.70E+11	3.70E+07	生产、使

											用、销售		
¹⁶¹ Tb	中毒	0.1	液态	简单操作	1	7.40E+10	100	7.40E+12	7.40E+09	7.40E+09	使用、销售		
¹⁶⁶ Ho	高毒	1	液态	简单操作	1	3.70E+08	100	3.70E+10	3.70E+08	3.70E+08	使用、销售		
¹⁷⁷ Lu	中毒	0.1	液态	简单操作	1	7.40E+10	100	7.40E+12	7.40E+09	7.40E+09	使用、销售		
¹⁸⁸ Re	中毒	0.1	液态	简单操作	1	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+09	3.70E+09	生产、使用、销售		
¹⁸⁸ W(¹⁸⁸ Re)	中毒	0.1	液态	贮存	100	4.44E+10	100	4.44E+12	4.44E+07	4.44E+07	使用、销售		
²⁰³ Pb	低毒	0.01	液态	简单操作	1	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+08	3.70E+08	使用、销售		
²¹¹ At	高毒	1	液态	简单操作	1	3.70E+10	100	3.70E+12	3.70E+10	3.70E+10	使用、销售		
²¹² Bi	高毒	1	液态	简单操作	1	3.70E+09	100	3.70E+11	3.70E+09	3.70E+09	生产、使用、销售		
²¹² Pb	中毒	0.1	液态	简单操作	1	3.70E+09	100	3.70E+11	3.70E+08	3.70E+08	生产、使用、销售		
²²³ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	1.85E+08	100	1.85E+10	1.85E+09	1.85E+09	使用、销售		
²²⁴ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	3.70E+09	365	1.35E+12	3.70E+10	3.70E+10	生产、使用、销售		
²²⁴ Ra (²¹² Pb)	极毒	10	液态	贮存	100	1.85E+10	100	1.85E+12	1.85E+09	1.85E+09	使用、销售		
²²⁵ Ac	极毒	10	液态	简单操作	1	1.85E+08	100	1.85E+10	1.85E+09	1.85E+09	使用、销售		
²²⁷ Th	极毒	10	液态	简单操作	1	1.85E+08	100	1.85E+10	1.85E+09	1.85E+09	使用、销售		
²²⁸ Ra	极毒	10	液态	简单操作	1	3.70E+09	365	1.35E+12	3.70E+10	3.70E+10	生产、使用、销售		

		²²⁸ Th	极毒	10	液态	简单操作	1	3.70E+09	365	1.35E+12	3.70E+10	生产、使用、销售			
		²³² Th	低毒	0.01	液态	简单操作	1	3.70E+10	365	1.35E+13	3.70E+08	使用、销售			

3.1.5 劳动定员

本项目改扩建后拟定 85 人，其中拟配辐射工作人员 74 人（包含各放射性药品生产组、质检中心、放射性药物研发中心、动物实验人员、辐射安全管理人员），人员具体配置见下表。

表 3-24 项目劳动人员配置一览表

序号	工作场所		人数	备注
1	综合车间（一）一层	放药101车间、放药102车间、放药103车间、放药104车间、放药105车间、放药106车间、放药107车间	21人，分7组	不同小组之间不交叉操作
2	综合车间（一）二层生产区	放药201车间、放药202车间、放药203车间、放药204车间、放药206车间、放药207车间、放药208车间、放药209车间	24人，分8组	
3	综合车间（一）二层放射质检区	质检中心	10人，拟分2组	
4	综合车间	放射性药物研发中心	8	
5	（二）	动物实验区	8	
6	综合楼		11（非放）	
			3	辐射安全管理
合计			85	/

国通（绵阳）新药技术有限公司承诺，将依据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）要求，积极组织项目拟定的辐射工作人员在上岗前参加辐射安全和防护考核，确保所有辐射工作人员考核通过持证上岗。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400 号）要求：①辐射工作人员在上岗前，建设单位应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作；②建设单位应当建立并保存辐射工作人员考核取证档案。

3.2 工艺设备与工艺分析

3.2.1 主要工艺设备

本项目涉及工艺设备汇总见下表。

表 3-25 本项目主要工艺设备一览表

序号	场所	工艺设备	数量	备注	
1	综合车间 (一) 一、二 层	放药101车间 生产热室	1套	已有	
2		放药102车间 生产热室	1套	拟配备	
3		放药103车间 生产热室	1套	拟配备	
4		放药104车间 生产热室	1套	拟配备	
5		放药106车间 生产热室	1套	拟配备	
6		放药107车间 生产热室	1套	拟配备	
7		放药201车间 生产热室	1套	拟配备	
11		放药202车间 生产热室	1套	拟配备	
12		放药203车间 生产热室	1套	已有	
13		放药204车间 生产热室	1套	已有	
14		放药206车间 生产热室	1套	已有，新增改造	
16		放药207车间 生产热室	1套	拟配备	
17		放药208车间 生产热室	1套	拟配备	
18		放药209车间 生产热室	1套	拟配备	
19		放射质检区	辐射防护通风柜	3台	已有
20			辐射防护通风柜	1台	拟配备
21			热室屏蔽箱	1台	已有
22			热室屏蔽箱	1台	拟配备
23			辐射防护生物安全柜	1台	已有
24			辐射防护无菌隔离器	1台	已有
25			γ能谱仪	1台	已有
26			ICP-MS	1台	已有
27			电子天平	4台	已有
28			高效液相色谱仪	3台	已有
29			高效液相色谱仪	6台	拟配备
30			冰箱	4台	已有
31			常规通风橱	2台	已有
32			超声波清洗仪	1台	已有
33			步入式通风柜	2台	已有
34	气相色谱仪		1台	已有	
35	PH计		1台	已有	
36	放射性薄层色谱扫描仪		1台	已有	
37	活度计		1台	已有	
38	B2生物安全柜		1台	拟配备	
39	密封完整性测试仪		1台	拟配备	
40	残氧仪		1台	拟配备	
41	渗透压仪		1台	拟配备	
42	不溶性微粒仪		1台	拟配备	
43	ICP-OES	1台	拟配备		
44	放射性药品研发中心	辐射防护通风柜	9台	已有	
45		辐射防护生物安全柜	2台	已有	
46		热室	9台	已有	
47		高效液相色谱仪	3台	已有	
48		气相色谱仪	1台	已有	
49		干式恒温器	3台	已有	
50		电子天平	5台	已有	

51		冰箱	4台	已有
52		储源柜	2台	已有

3.2.2 主要原辅材料

(1) 原辅材料消耗

本项目主要原辅材料见下表。

①放射性原料

表 3-26 本项目主要放射性原辅材料一览表

场所	名称	年用量 (Bq)	储存场所	来源
放药101车间	$^{225}\text{AcCl}_3$ 核素料液	1.48E+12	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
	$^{211}\text{AtCl}_3$ 核素料液	7.40E+13	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
	^{228}Ra 核素料液	3.70E+10	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
	$^{228}\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ 核素料液	3.70E+10	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
放药102车间	^{228}Ra 核素料液	7.40E+12	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
	$^{228}\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ 核素料液	7.40E+12	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
	发生器 ^{224}Ra (^{212}Pb) 原料	7.40E+12	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
放药103车间	^{228}Ra 核素料液	7.40E+13	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
	$^{228}\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ 核素料液	7.40E+13	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
	发生器 ^{224}Ra (^{212}Pb) 原料	7.40E+13	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
放药104车间	$^{225}\text{AcCl}_3$ 核素料液	7.40E+13	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
	$^{211}\text{AtCl}_3$ 核素料液	1.48E+14	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
	^{203}Pb 核素料液	7.40E+12	综合车间(一) β 放射性原料库	外购
放药106车间	$^{225}\text{AcCl}_3$ 核素料液	7.40E+13	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
	$^{211}\text{AtCl}_3$ 核素料液	1.48E+14	综合车间(一) α 放射性原料库	外购
	发生器 ^{224}Ra (^{212}Pb) 原料	1.48E+13	综合车间(一) β 放射性原料库	外购
放药107车间	$^{177}\text{LuCl}_3$ 核素料液	4.44E+15	综合车间(一) β 放射性原料库	外购
	$^{161}\text{TbCl}_3$ 核素料液	2.96E+14	综合车间(一) β 放射性原料库	外购
	$^{225}\text{AcCl}_3$ 核素料液	1.48E+12	综合车间(一) α 放射性原料库	外购

			放射性原料库	
	$^{211}\text{AtCl}_3$ 核素料液	5.92E+13	综合车间（一） α 放射性原料库	外购
放药201车间	Na^{131}I 溶液	1.48E+15	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
放药202车间	$^{177}\text{LuCl}_3$ 核素料液	4.44E+15	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
	$^{161}\text{TbCl}_3$ 核素料液	2.96E+14	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
	$^{225}\text{AcCl}_3$ 核素料液	7.40E+11	综合车间（一） α 放射性原料库	外购
	^{203}Pb 核素料液	2.96E+12	综合车间（一） α 放射性原料库	外购
放药203车间	^{90}Y 玻璃微球	1.85E+15	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
放药204车间	$^{177}\text{LuCl}_3$ 核素料液	4.44E+15	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
	$^{161}\text{TbCl}_3$ 核素料液	5.92E+14	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
	$^{225}\text{AcCl}_3$ 核素料液	2.96E+12	综合车间（一） α 放射性原料库	外购
放药206车间	$^{177}\text{LuCl}_3$ 核素料液	4.44E+15	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
	$^{161}\text{TbCl}_3$ 核素料液	2.96E+14	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
	$^{225}\text{AcCl}_3$ 核素料液	2.96E+12	综合车间（一） α 放射性原料库	外购
放药207车间	$^{177}\text{LuCl}_3$ 核素料液	4.44E+15	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
	$^{161}\text{TbCl}_3$ 核素料液	2.96E+14	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
	$^{225}\text{AcCl}_3$ 核素料液	2.96E+12	综合车间（一） α 放射性原料库	外购
放药208车间	$^{177}\text{LuCl}_3$ 核素料液	4.44E+15	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
	$^{161}\text{TbCl}_3$ 核素料液	2.96E+14	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
	$^{225}\text{AcCl}_3$ 核素料液	7.40E+11	综合车间（一） α 放射性原料库	外购
放药208车间	$^{177}\text{LuCl}_3$ 核素料液	4.44E+15	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
	$^{161}\text{TbCl}_3$ 核素料液	2.96E+14	综合车间（一） β 放射性原料库	外购
	$^{225}\text{AcCl}_3$ 核素料液	2.96E+12	综合车间（一） α 放射性原料库	外购
放射性药物研发中心	^{228}Ra 核素溶液	3.70E+11	综合车间（二） 同位素暂存间	外购
	^{228}Th 核素溶液	3.70E+11		
	^{224}Ra 核素溶液	3.70E+11		
	^{212}Pb 核素溶液	3.70E+11		

²¹² Bi核素溶液	3.70E+11		
²²⁵ Ac核素溶液	1.85E+10		
²²⁷ Th核素溶液	1.85E+10		
²¹¹ At核素溶液	3.70E+12		
²²³ Ra核素溶液	1.85E+10		
⁸⁹ Sr核素溶液	1.85E+13		
¹¹ C核素溶液	1.85E+12		
¹⁸ F核素溶液	7.40E+12		
⁶⁴ Cu核素溶液	3.70E+12		
⁶⁸ Ge核素溶液	3.70E+12		
¹⁶⁶ Ho核素溶液	3.70E+10		
⁸⁶ Y核素溶液	1.85E+12		
⁸⁹ Zr核素溶液	3.70E+12		
¹²³ I核素溶液	3.70E+12		
¹²⁴ I核素溶液	3.70E+12		
¹³¹ I核素溶液	7.40E+12		
¹⁷⁷ Lu核素溶液	7.40E+12		
¹⁶¹ Tb核素溶液	7.40E+12		
²⁰³ Pb核素溶液	3.70E+12		
⁹⁰ Y核素溶液	7.40E+12		
⁹⁹ Mo (^{99m} Tc) 发生器	1.11E+13		
¹⁸⁸ W (¹⁸⁸ Re) 发生器	4.44E+12		
⁶⁸ Ge (⁶⁸ Ga) 发生器	3.70E+12		
³² P核素溶液	7.40E+12		
¹²⁵ I核素溶液	3.70E+12		
¹¹¹ In核素溶液	3.70E+12		
¹³⁷ Cs核素溶液	3.70E+11		
¹³⁷ Cs (^{137m} Ba) 发生器	3.70E+11		
²²⁴ Ra (²¹² Pb) 发生器	1.85E+12		
²³² Th核素溶液	3.7E+11		

表 3-27 本项目主要原辅材料一览表

场所	名称	年用量	包装规格	储存场所	来源
放药101车间	带双功能螯合剂靶向前体	100g	10g/瓶	综合车间（一）三层的非放原辅料库	外购
	乙酸	5L	500mL/瓶		
	乙醇	5L	500mL/瓶	综合车间（一）一层危化品暂存间	
	乙酸钠	2.5kg	500g/瓶	综合车间（一）三层的非放原辅料库	
	氢氧化钠	1kg	500g/瓶		
	抗坏血酸	25kg	25kg/桶		
	龙胆酸	0.5kg	50g/瓶		
	灭菌注射用水	150L	50g/瓶		
	发生器冷柱	15000个	/		
	氯化钠注射液	500L	500mL/瓶		
灭菌注射用水	500L	500mL/瓶			
放药102、103车间	盐酸	20kg	500mL/瓶	综合车间（一）一层危化品暂存间	外购

	灭菌注射用水	125L	200mL/瓶	综合车间（一）三层的非放原辅料库	
放药105车间	0.9%氯化钠注射液	125L	500mL/瓶	综合车间（一）三层的非放原辅料库	外购
	灭菌注射用水	125L	500mL/瓶		
放药104、106、107车间	乙酸	5L	500mL/瓶	综合车间（一）三层的非放原辅料库	外购
	乙醇	5L	500mL/瓶	综合车间（一）一层危化品暂存间	
	乙酸钠	5kg	500g/瓶	综合车间（一）三层的非放原辅料库	
	龙胆酸	0.5kg	50g/瓶		
	氢氧化钠	2.5kg	500g/瓶		
	抗坏血酸	25kg	25kg/桶		
	二乙烯三胺五乙酸	0.5kg	50g/瓶		
	0.9%氯化钠注射液	125L	500mL/瓶		
	注射用水	125L	500mL/瓶		
带双功能螯合剂靶向前体	100g	10g/瓶			
放药201车间	0.9%氯化钠注射液	125L	500mL/瓶	综合车间（一）三层的非放原辅料库	外购
	灭菌注射用水	125L	500mL/瓶		
放药202、204、206、207、208、209车间	乙酸	5L	500mL/瓶	综合车间（一）三层的非放原辅料库	外购
	乙醇	5L	500mL/瓶		
	乙酸钠	5kg	500g/瓶		
	龙胆酸	0.5kg	50g/瓶		
	氢氧化钠	2.5kg	500g/瓶		
	抗坏血酸	25kg	25kg/桶		
	二乙烯三胺五乙酸	0.5kg	50g/瓶		
	0.9%氯化钠注射液	125L	500mL/瓶		
注射用水	125L	500mL/瓶			
放药203车间	0.9%氯化钠注射液	100L	500mL/瓶	综合车间（一）三层的非放原辅料库	外购
放射性质检验区[综合车间（一）二层]	灭菌注射用水	500L	500ml/瓶	综合车间（一）三层的非放原辅料库	外购
	氢氧化钠	1kg	500g/瓶	综合车间（一）二层的放药质检区试剂室	
	培养基	10kg	500g/瓶		
	鲎试剂	1L	0.2ml/支		
	乙腈	450kg	500mL/瓶	综合车间（一）一层危化品暂存间	
	甲醇	450kg	500mL/瓶		
	硫酸	10L	500mL/瓶		
	硝酸钾	1kg	500g/瓶		
	硝酸	2L	500mL/瓶		
	丙酮	1L	500mL/瓶		
	过氧化氢	5L	500mL/瓶		
硝酸银	1kg	500g/瓶			
放射性药物研发中心[综合车间（二）]	前体溶液	500g	10g/瓶	用量大：在综合车间（一）三层非放原料库，即用即领； 用量小：在综合车	外购
	乙酸	20L	500mL/瓶		
	乙醇	20L	500mL/瓶		
	乙酸钠	10kg	500g/瓶		
	龙胆酸	1kg	50g/瓶		

	氢氧化钠	5kg	500g/瓶	间（二）一层试剂间
	抗坏血酸	25kg	25kg/桶	
	0.9%氯化钠注射液	500L	500mL/瓶	
	注射用水	500L	500mL/瓶	
	灭菌注射用水	500L	500ml/瓶	综合车间（一）一层危化品暂存间
乙腈	50kg	500mL/瓶		

(2) 原辅材料理化特性

①放射性同位素理化特性

本项目各核素物理参数见下表。

表 3-28 放射性核素物理参数一览表

序号	核素名称	毒性	半衰期	衰变方式	α 平均能量 (MeV/nt)	平均电子能量 (MeV/nt)	光子平均能量 (MeV/nt)	空气比释动能率常数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$
1	¹¹ C	低毒	20.3m	EC、 β^+	-	0.3847	1.0196	1.44E-01
2	¹⁸ F	低毒	109.7m	EC、 β^+	-	0.2416	0.9886	1.40E-01
3	³² P	中毒	14.26d	β^-	-	0.6948	-	/
4	⁶⁴ Cu	低毒	12.7h	EC、 β^+ 、 β^-	-	0.1248	0.1855	2.62E-02
5	⁶⁸ Ga	低毒	67.7m	EC、 β^+	-	0.7379	0.9487	1.33E-01
6	⁶⁸ Ge	低毒	270.9d	EC	-	0.005	0.0041	7.15E-04
7	⁸⁶ Y	中毒	14.74h	EC、 β^+	-	0.2179	3.5777	/
8	⁸⁹ Sr	中毒	50.5d	β^-	-	0.5845	<E-04	1.52E-05
9	⁸⁹ Zr	中毒	78.4h	EC、 β^+	-	0.1019	1.1581	1.55E-01
10	⁹⁰ Y	中毒	64.1h	β^-	-	0.9331	<E-04	4.61E-06
11	⁹⁹ Mo	中毒	65.9h	β^-	-	0.3929	0.1484	3.80E-02
12	^{99m} Tc	低毒	6.01h	IT、 β^-	-	0.0162	0.1266	1.83E-02
13	¹¹¹ In	中毒	2.80d	EC	-	0.0348	0.4061	6.16E-02
14	¹²³ I	低毒	13.27h	EC	-	0.0282	0.173	2.84E-02
15	¹²⁴ I	中毒	4.176d	EC、 β^+	-	0.1943	1.1132	1.47E-01
16	¹²⁵ I	中毒	59.4d	EC	-	0.0192	0.0428	1.24E-02
17	¹³¹ I	中毒	8.0207d	β^-	-	0.1918	0.3828	5.46E-02
18	¹³⁷ Cs	中毒	30.1671y	β^-	-	0.1884	<E-04	7.78E-02
19	^{137m} Ba	中毒	2.552m	IT	-	0.0653	0.5963	8.24E-02
20	¹⁶¹ Tb	中毒	6.906d	β^-	-	0.2025	0.0365	7.70E-03
21	¹⁷⁷ Lu	中毒	6.647d	β^-	-	0.1479	0.0351	4.98E-03
22	¹⁸⁸ Re	中毒	17h	β^-	-	0.7793	0.0613	8.07E-03
23	¹⁸⁸ W	中毒	69.78d	β^-	-	0.0997	0.0019	2.79E-04
24	²⁰³ Pb	低毒	51.87h	EC	-	0.053	0.3143	4.69E-02
25	²¹¹ At	高毒	7.214h	EC、 α	2.4998	0.0059	0.0367	6.43E-03
26	²¹² Bi	高毒	60.55m	β^- 、 α	2.2164	0.5046	0.1038	1.36E-02
27	²¹² Pb	中毒	10.64h	β^-	-	0.1766	0.145	2.13E-02
28	²²³ Ra	极毒	11.43d	α	5.7702	0.0781	0.1413	2.06E-02
29	²²⁴ Ra	极毒	3.66d	α	5.7766	0.0023	0.0104	1.51E-03
30	²²⁵ Ac	极毒	10d	α	5.892	0.0248	0.0171	2.79E-03
31	²²⁷ Th	极毒	18.68d	α	5.9883	0.0755	0.1317	1.87E-02

32	^{228}Ra	极毒	5.75y	β^-	-	0.0132	0.0031	5.05E-04
33	^{228}Th	极毒	1.91y	α	5.4956	0.021	0.0036	6.57E-04
34	^{232}Th	低毒	1.405E+ 10y	α	4.0688	0.0126	0.0015	3.38E-04

注：①空气比释动能率常数引自GBZ 120-2020 表H.1、《辐射安全手册》表6.2、

《EXPOSURERATE CONSTANTS AND LEAD SHIELDING VALUESFOR OVER 1,100 RADIONUCLIDES》Table 1。

②《辐射安全手册》、《EXPOSURERATE CONSTANTS AND LEAD SHIELDING VALUESFOR OVER 1,100 RADIONUCLIDES》中数据均进行单位换算得到。

② α 核素分析

本项目主要涉及的 α 核素有 ^{211}At 、 ^{212}Bi 、 ^{223}Ra 、 ^{224}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{228}Th 、 ^{232}Th ，根据放射性同位素衰变特征， α 衰变类型的核素有较为丰富的子代核素，其中少数的子代核素衰变时放出的能量较高，甚至是对工作人员的主要影响，因此 α 核素的子代核素应纳入影响评价，本项目涉及 α 核素衰变分支及所占比例如下图所示：

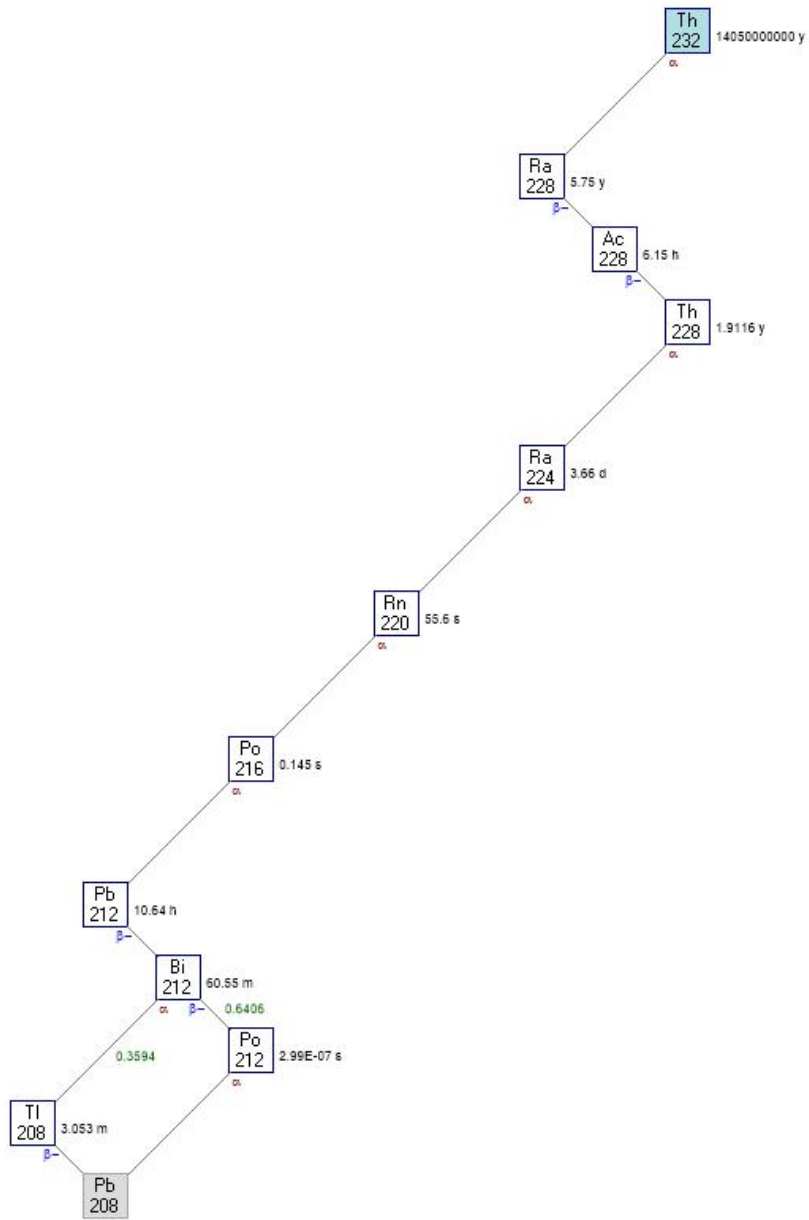


图 3-1 ^{232}Th 、 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{224}Ra 、 ^{212}Bi 衰变链示意图

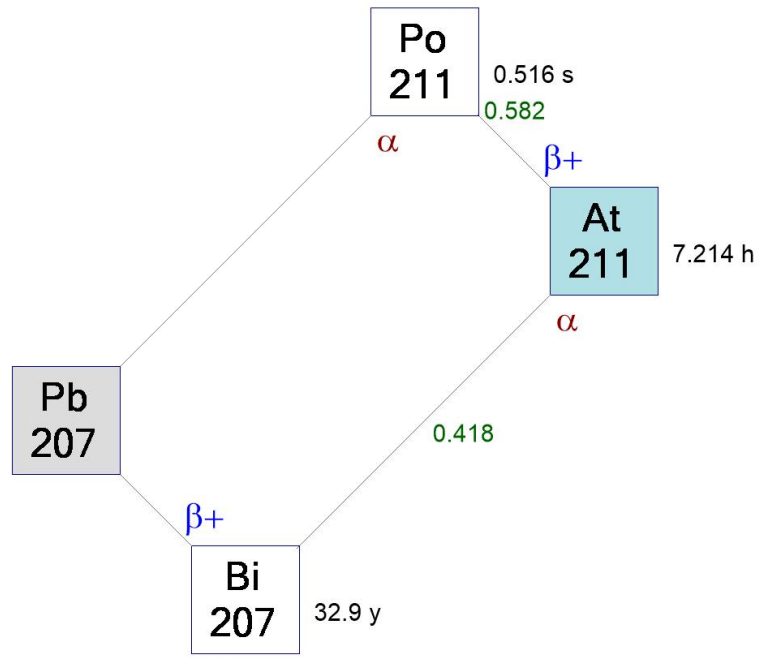


图 3-2 ²¹¹At 衰变分支示意图

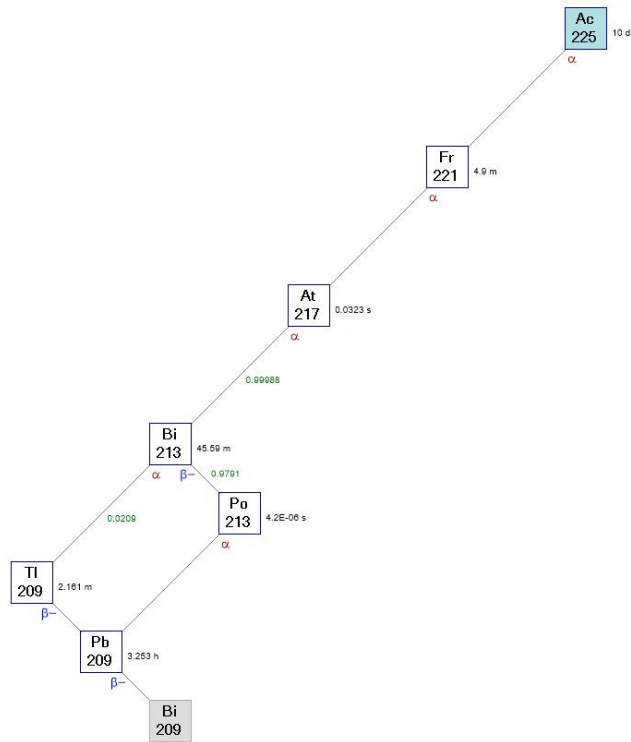


图 3-3 ²²⁵Ac 衰变分支示意图

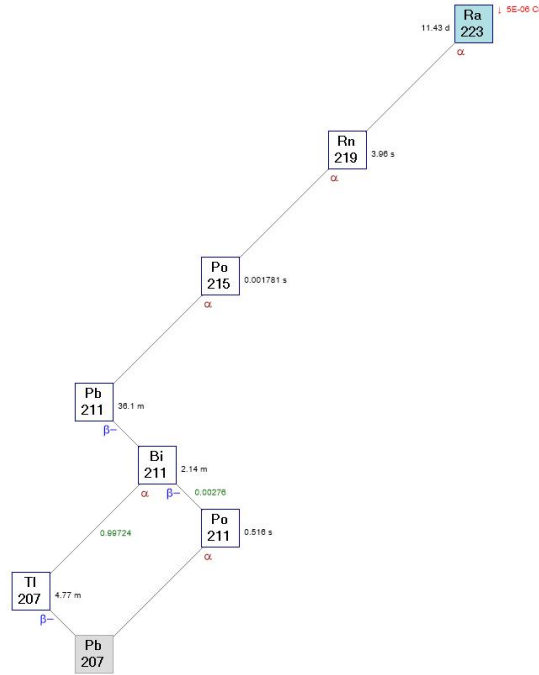


图 3-4 ²²³Ra 衰变分支示意图

根据项目特征， α 核素生成过程中，应考虑子代核素的含量情况；经分析子代核素随时间变化所占初始母代核素的百分比如下图所示：

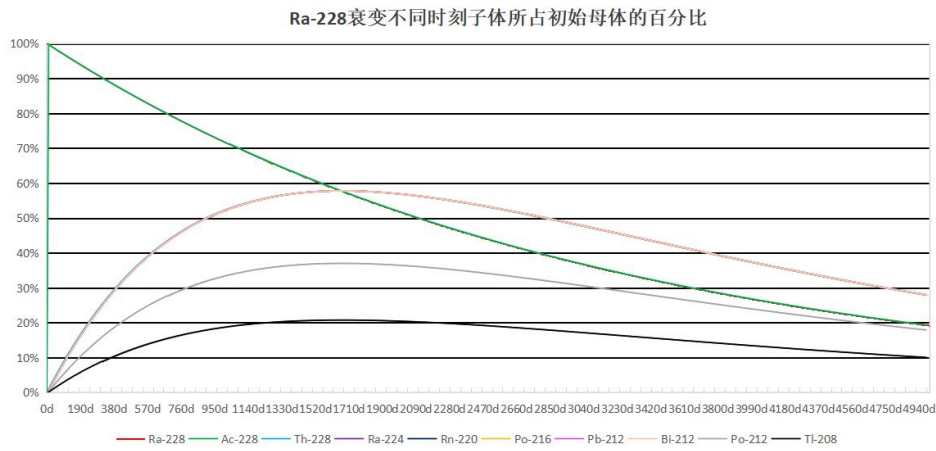


图 3-5 ²²⁸Ra 衰变不同时刻子体所占初始母体的百分比

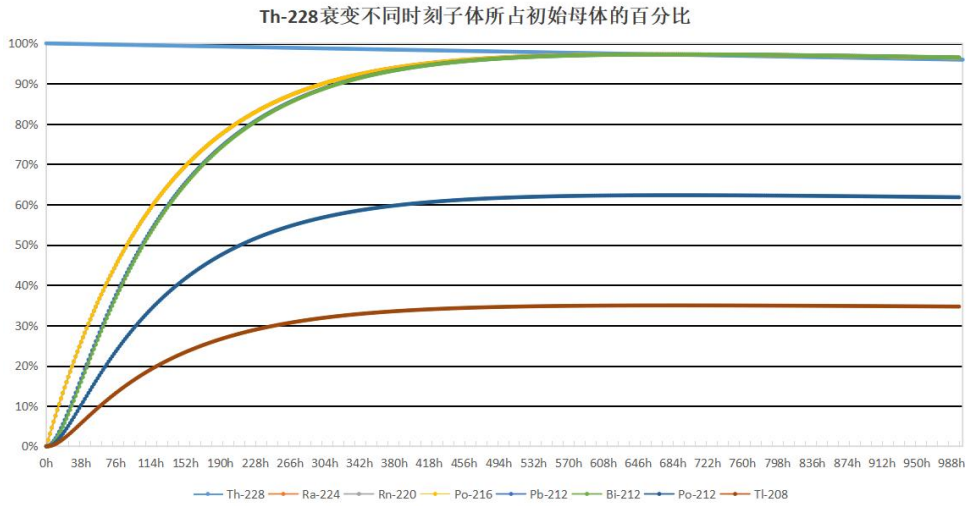


图 3-6 ²²⁸Th 衰变不同时刻子体所占初始母体的百分比

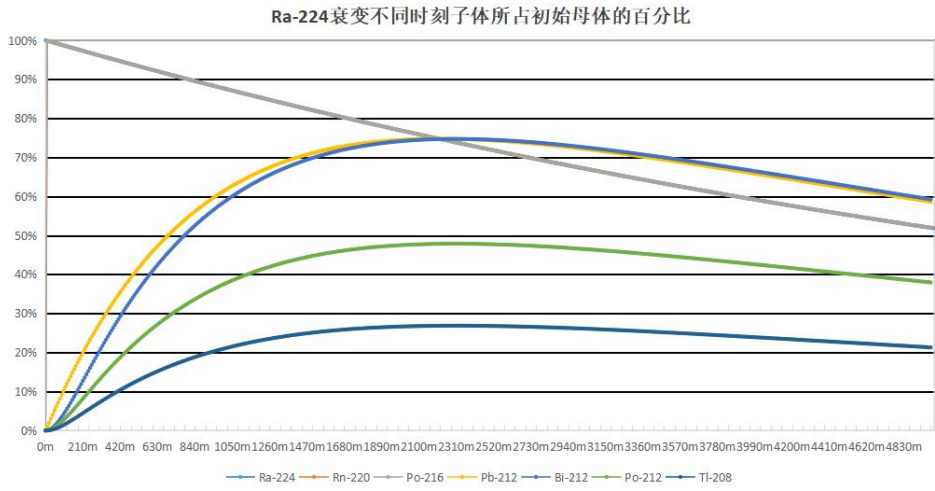


图 3-7 ²²⁴Ra 衰变不同时刻子体所占初始母体的百分比

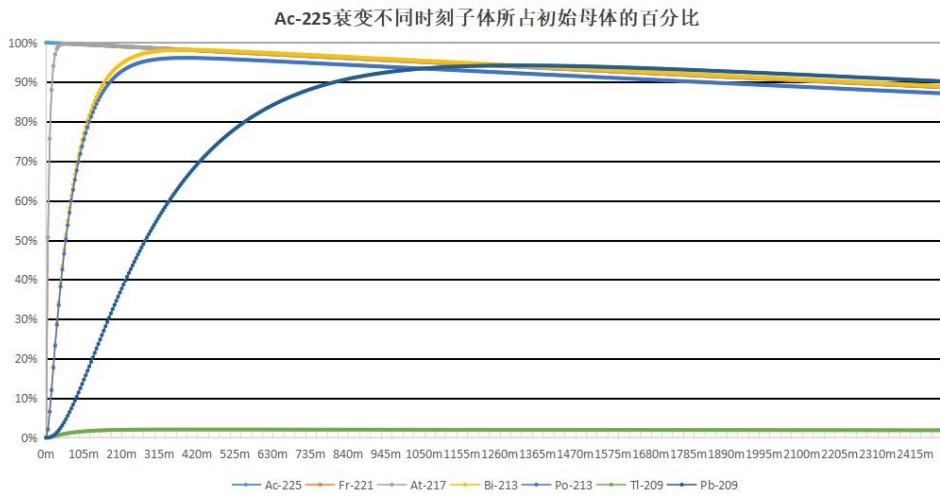


图 3-8 ²²⁵Ac 衰变不同时刻子体所占初始母体的百分比

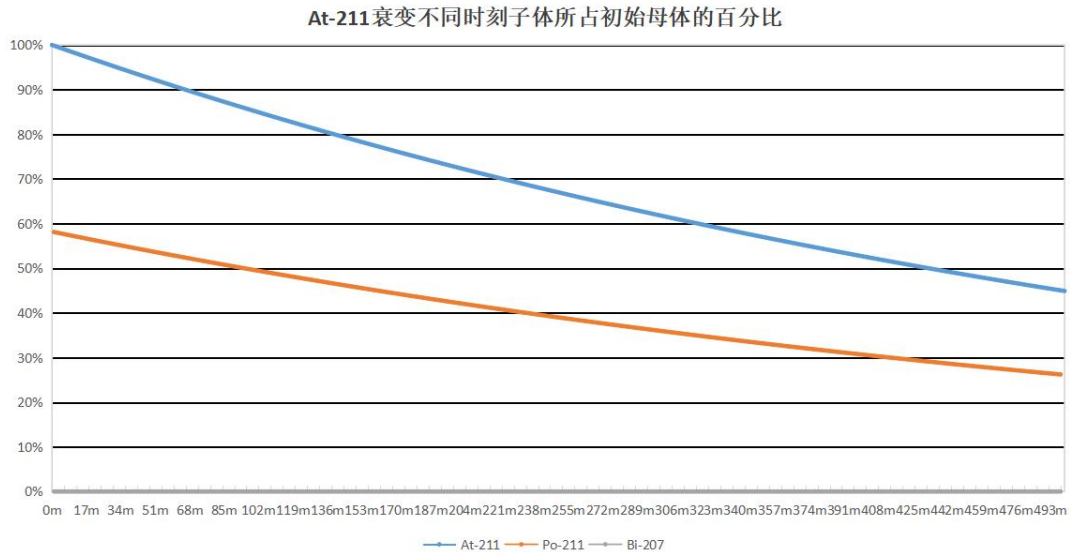


图 3-9 ²¹¹At 衰变不同时刻子体所占初始母体的百分比

③非放射性物物理化性质

本项目生产线及质检室涉及使用的非放射性物物理化性质见下表。

表 3-29 本项目涉及的非放射性物物理化性质一览表

名称	理化性质	燃爆性	毒理性质	贮存方法
盐酸	为无色液体，在空气中产生白雾，有刺鼻气味和强腐蚀性。相对密度为1.20，沸点84℃，熔点-43℃，易溶于水、乙醇、乙醚和油等。	不燃	剧毒。急性毒性LD50：900mg/kg（大鼠经口）；LC50：3124ppm（大鼠吸入，1h）	盐酸要储存在密封容器当中，存于阴凉、干燥、通风处，应与易燃、可燃物，碱类、金属粉末等分开存放。不可混储混运，搬运时要轻装轻卸，防止包装及容器损坏，分装和搬运作业要注意个人防护，运输按规定路线行驶。
氢氧化铵	无色透明液体，有强烈的刺激性臭味。相对密度（水=1）：0.91；饱和蒸汽压（KPa）：1.59/20℃；溶解性：溶于水、醇。	可燃。燃烧分解物为氨。	LD50：350mg/kg（大鼠经口）。侵入途径：吸入、食入、经皮吸收。	储存于阴凉、干燥通风良好的房间内。远离火种、热源。防止阳光直射。应与酸类、金属类粉末分开存放。搬运时轻装轻卸，防止包装盒容器损坏。
丙酮	无色透明易流动液体，有芳香气味，极易挥发。熔点（℃）-94.6；相对密度（水=1）：0.8；沸点（℃）：56.5；饱和蒸气压（KPa）：53.32（39.5℃）；溶解性：与水混溶，可混溶于乙醇、乙醚、氯仿、油类、烃类等多数有机溶剂。	易燃。燃烧分解物为一氧化碳、二氧化碳。	毒性LD50：5800mg/kg（大鼠经口）；2000mg/kg（兔经皮）；人吸入12000ppm×4小时，最小中毒浓度。人经口200mL，昏迷，12小时恢复。	储存于阴凉、通风的房间内。远离火种、热源。防止阳光直射。保持容器密封。应与氧化剂、还原剂、碱类分开存放，切忌混储。
乙醇	无色液体，有酒香。熔点（℃）-114.1；相对密度（水	易燃。燃烧分	毒性LD50：7060mg/kg（兔经口）；7340mg/kg（兔经	储存于阴凉、通风的房间内。远离火种、热源。防

	=1) : 0.79; 沸点 (°C) : 78.3; 饱和蒸气压 (KPa) : 5.33 (19°C); 溶解性: 与水混溶, 可混溶于醚、氯仿、甘油等大多数有机溶剂。	解物为一氧化碳、二氧化碳。	皮); LC50: 37620mg/m ³ , 10小时 (大鼠吸入)。人吸入 4.3mg/L×50分钟, 头面部发热, 四肢发凉, 头痛; 人吸入2.6mg/L×39分钟, 头痛, 无后作用。	止阳光直射。保持容器密封。应与氧化剂、酸类、碱金属、胺类等分开存放, 切忌混储。
乙酸	无色透明结晶或粉末, 其晶体结构有两种形态, 即α型 (菱形) 和β型 (单斜晶形), 无嗅, 味酸; α型, 189.5°C, β型: 182°C; 沸点150°C (升华) 折射率: 1.540; 189.5°C 分解; 易溶于乙醇, 可溶于水, 微溶于乙醚, 不溶于苯和氯仿	可燃	该物品具有强烈刺激性和强烈腐蚀性。其粉尘或浓溶液可导致皮肤、眼或黏膜的严重损害。具有较强毒性和腐蚀性。草酸对人的最低致死量为71mg/kg, 对成年人的致死量为15~30g。人若口服5g草酸即发生胃肠道炎、虚脱、抽搐和休克等症状甚至死亡。	密封于干燥阴凉处保存。严格防潮、防水、防晒。贮存温度应不超过40°C。远离氧化物及碱性物质。用聚丙烯编织袋内衬塑料袋包装。
甲醇	无色透明液体, 有刺激性气味; 熔点 (°C) : -97.8; 沸点 (°C) : 64.7;	易燃	甲醛中毒对人体健康的影响主要表现在嗅觉异常、刺激、过敏、肺功能异常、肝功能异常和免疫功能异常等方面。大量接触或误饮可能导致严重健康问题, 甚至死亡。	应存放在阴凉、通风、干燥的地方, 避免阳光直射和高温环境。建议贮存温度为4°C, 以降低其挥发性和提高安全性。
硫酸	硫酸是一种无机化合物, 化学式是H ₂ SO ₄ , 是硫的最重要的含氧酸。纯净的硫酸为无色油状液体, 10.36°C时结晶。通常使用的是它的各种不同浓度的水溶液, 沸点338°C, 相对密度1.84	不燃	急性毒性LC50: 510mg/m (大鼠吸入, 2h)、320mg/m (小鼠吸入, 2h); 对眼睛严重损害或刺激: 家兔经眼: 1380rg, 重度刺激; IARC致癌性评论: G1, 确认人类致癌物; 特异性靶器官系统毒性-反复接触: 牛长期每天摄入含硫酸的饮水 (剂量110~190mg/kg), 出现疲乏, 外观极度衰弱, 以致转入死亡。狗长期摄入含硫酸 (115mg/kg) 饮水, 出现腹泻。	储存于阴凉、通风的库房。库温不超过35°C, 相对湿度不超过85%。应与易 (可) 燃物、还原剂、碱类、碱金属、食用化学品分开存放, 切忌混储。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。
硝酸	硝酸, 是一种具有强氧化性、腐蚀性的一元无机强酸。是六大无机强酸之一, 也是一种重要的化工原料, 化学式为HNO ₃ , 分子量为63.01, 其水溶液俗称硝镪水或氨氮水, 纯品为无色透明发烟液体, 有酸味。熔点: -42°C (无水), 沸点: 83°C (无水), 相对密度 (水=1): 1.50 (无水)。	不燃	急性毒性LC50:130mg/m ³ (大鼠吸入, 4h)、67ppm (小鼠吸入, 4h); 对鱼类的毒性LC50:72mg/L(96h) (鱼)	储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。库温不超过30°C, 相对湿度不超过80%。保持容器密封。应与还原剂、碱类、醇类、碱金属等分开存放, 切忌混储。储区应备有泄漏应急处理设备和合适的收容材料。
过氧	过氧化氢, 化学式为H ₂ O ₂ , 是	不燃	经常接触多患皮炎及支气	储存于阴凉、干燥、通风

化氢	一种蓝色、有轻微刺激性气味的粘稠液体，在暗处较稳定，受热、光照或遇到某些杂质易分解为氧气和水，能以任意比例与水互溶。熔点：-0.425℃，沸点：150.1℃，密度：1.441g/cm ³		管和肺脏疾病。经口中毒时会出现腹痛、胸口痛、呼吸困难、呕吐、体温升高、结膜和皮肤出血，个别可能出现视力障碍、痉挛、轻瘫。美国通常规定最高容许浓度为1.4mg/m ³	良好的专用库房内，远离火种、热源。库温不超过30℃，相对湿度不超过80%。保持容器密封。应与易（可）燃物、还原剂、活性金属粉末等分开存放，切忌混储。储区应备有泄漏物应急处理设备和合适的收容材料。
----	--	--	---	---

3.2.3 工艺分析

略

3.2.4 辐射工作场所流通过程规划

3.2.4.1 综合车间（一）

（1）一层的流通过程规划

本楼层设有放药101~107车间及配套放射性原料库、放射性废物库。为防止交叉污染，各功能区设有相对独立的人员、物流专用出入口。本场所流通过程规划如下：

人流：放射性工作人员进入和退出放射性工作场所需按照规定的路线行进：

进入路线：放药生产区：厂房东侧人员专用门厅进入→门厅区更衣区更衣（日常服）→辐射监测间→工作区走廊→各放药生产车间的一更→二更→缓冲间（一）→洁净走廊→缓冲间（二）→各放药生产车间操作区

外包区：厂房东侧人员专用门厅进入→门厅区更衣区更衣（日常服）→辐射监测间→工作区走廊→走廊→缓冲间（外包区）→走廊（外包区）→α放射性原料库/β放射性原料库/放射性成品库1/放射性成品库2/收发货大厅/外包间。

退出路线：放药生产区：生产区（操作区）（便携式污染仪检查衣物污染水平。若有污染，沾污外衣脱掉存于专用容器作放射性固废处理）→缓冲间（二）→洁净走廊→各放药生产车间的更衣间脱洁衣→工作区走廊→辐射监测间（手脚沾污及表面污染监测，作为事故应急用。若人体沾污，则进入淋浴间淋浴去污，污水由特排管道收集至衰变罐内）→门厅区更衣区更外衣→厂房东侧人员专用门厅出；

外包区：α放射性原料库/β放射性原料库/放射性成品库1/放射性成品库2/收发货大厅/外包间→走廊（外包区）→缓冲间（外包区）→洁净走廊→辐射监测间（手脚沾污及表面污染监测，作为事故应急用。若人体沾污，则进入淋浴间淋浴去污，污水由特排管道收集至衰变罐内）→门厅区更衣区更外衣→厂房东侧人员专用门厅出。

放射性原料流入通道：厂房西南端收发货大厅进入→工作区走廊→各放药生产车间外包区的缓冲间→外包间→生产区（操作间）生产热室。若因生产计划放射性原料需临时暂存，其路线为：厂房西南端收发货厅进入→一层 α 放射性原料库/ β 放射性原料库→工作区走廊→各放药生产车间外包区的缓冲间→外包间→生产区（操作间）生产热室。

非放射性原料流入通道：厂房西北端非放原料收发货大厅进入→西北端非放物料专用货梯上三楼库房→西北端非放物料专用货梯下一楼→工作区走廊→各放药生产车间的外清间→准备间的传递窗→生产区（操作间）生产热室。

放射性产品流出通道：各放药生产车间的生产区（操作间）生产热室→外包间（生产车间内）打内包→外包间（生产车间内）的缓冲间→工作区走廊→外包间打外包和外包表面剂量监测→厂房西南端收发货厅出。若因生产计划放药产品需临时暂存，其路线为：各放药生产车间的生产区（操作间）生产热室→外包间（生产车间内）打内包→外包间（生产车间内）的缓冲间→工作区走廊→成品库→外包间打外包和外包表面剂量监测→厂房西南端收发货厅出。

放射性废物流出通道：各放药生产车间的生产区（操作间）生产热室→外包间→外包间的缓冲间→工作区走廊→一楼西侧放射性废物库。

（2）二层的流通路径规划

本楼层分为生产区和质检区两大功能区，生产区共设有放药201~209车间，其中放药205车间为预留生产车间；质检区按功能划分为放射质检区和非放质检区。为防止交叉污染，各功能区设有相对独立的人员、物流专用出入口。本场所流通路径规划如下：

①核素药物生产区

人流：1) 放射性工作人员进入和退出放射性工作场所需按照规定的路线行进：

进入路线：厂房东侧人员专用门厅（一层）进入→员工专用楼梯或电梯上二层→二层生产区的专用更衣间更衣（日常服）→辐射监测间→工作区走廊→各放药生产车间的一更→二更→缓冲间（一）→缓冲间（二）→生产区（操作间）；

退出路线：1) 生产区（操作区）（便携式污染仪检查衣物污染水平。若有污染，沾污外衣脱掉存于专用容器作放射性固废处理）→缓冲间（二）→洁净走廊→退更间→各放药生产车间的更衣间脱洁衣→工作区走廊→辐射监测间（手脚沾污及表面污染监测，作为事故应急用。若人体沾污，则进入淋浴间淋浴去污，污水由特排管道收集

至衰变池) → 二层生产区的专用更衣间更外衣 → 员工专用楼梯或电梯下一楼 → 厂房东侧人员专用门厅出;

放射性原料流入通道: 厂房西南端收发货厅进入 → 缓冲间 → 工作区走廊 → 专用放射性物料货梯上二楼 → 工作区走廊 → 各放药生产车间外包区的缓冲间 → 外包间 → 生产区(操作间)生产热室。若因生产计划放射性原料需临时暂存, 其路线为: 厂房西南端收发货厅进入 → 一层 α 放射性原料库/ β 放射性原料库 → 缓冲间 → 工作区走廊 → 各放药生产车间外包区的缓冲间 → 外包间 → 生产区(操作间)生产热室。

非放射性原料流入通道: 厂房西北端非放原料收发货厅进入 → 西北端非放物料专用货梯上三楼库房 → 西北端非放物料专用货梯下二楼 → 工作区走廊 → 各放药生产车间的外清间 → 准备间的传递窗 → 生产区(操作间)生产热室。

放射性产品流出通道: 各放药生产车间的生产区(操作间)生产热室 → 外包区打内包 → 外包区的缓冲间 → 工作区走廊 → 二楼东侧专用放射性物料货梯下一楼 → 外包间打外包和外包表面剂量监测 → 厂房西南端收发货厅出。若因生产计划放药产品需临时暂存, 其路线为: 各放药生产车间的生产区(操作区)生产热室 → 外包区的传递热室 → 外包区打内包 → 外包区的缓冲间 → 工作区走廊 → 二楼东侧专用放射性物料货梯下一楼 → 成品库 → 外包间打外包和外包表面剂量监测 → 厂房西南端收发货厅出。

放射性废物流出通道: 各放药生产车间的生产区(操作区)生产热室 → 外包区的缓冲间 → 工作区走廊 → 二楼东侧专用放射性物料货梯下一楼 → 一楼西侧放射性废物库。

②放射质检区(放射质检区)

人流: 放射性工作人员进入和退出放射性工作场所需按照规定的路线行进:

进入路线: 厂房东端人员出入口进(1#楼梯间) → 东南端员工专用楼梯上二层 → 二层质检区的专用更衣间更衣(日常服) → 辐射监测室 → 工作区走廊 → 放射质检区实验室。

退出路线: 放射质检区实验室 → 工作区走廊 → 辐射监测室(手脚沾污及表面污染监测。若人体沾污(事故情况), 则进入淋浴间淋浴去污, 污水由特排管道收集至衰变池) → 二层质检区的专用更衣间更衣(日常服) → 东南端员工专用楼梯下一楼 → 厂房东端人员出入口进(1#楼梯间)出。

放射性物料流入通道: 各生产车间 → 缓冲间 → 工作区走廊 → 专用放射性物料货梯上二楼 → 工作走廊 → 放射质检区样品传递窗 → 放射质检区实验室。

放射性废物流出通道：放射质检区实验室→放射质检区样品传递间→工作区走廊→二楼东侧专用放射性物料货梯下一楼→一楼西侧放射性废物库。

综合车间（一）一层、二层辐射人、物流路径规划见附图7-1至附图7-2。

3.2.4.2 综合车间（二）

综合车间（二）一、二层为放射性药物研发中心，本场所流通过程规划如下：

人流：放射性工作人员进入和退出放射性工作场所需按照规定的路线行进：

进入路线：厂房南端人员专用门厅进入→更衣（日常服）→污染监测间→工作区走廊→一层实验区；厂房南端人员专用门厅进入→更衣（日常服）→污染监测间→南端专用楼梯→二层实验区；

退出路线：一层实验区→工作区走廊→污染监测间（手脚沾污及表面污染监测。若人体沾污，则进入淋浴间淋浴去污，污水由特排管道收集至衰变池）→更外衣→厂房南端人员专用门厅出；二层实验区→南端专用楼梯下一楼→污染监测间（手脚沾污及表面污染监测。若人体沾污，则进入淋浴间淋浴去污，污水由特排管道收集至衰变池）→更外衣→厂房南端人员专用门厅出。

放射性物料流入通道：厂房北端门厅进入→工作区走廊→一层实验区；厂房北端门厅进入→北端货梯→二层实验区。

放射性废物流出通道：一层实验区→工作区走廊→一层放射性废物库；二层实验区→北端货梯→一层放射性废物库。

综合车间（二）一层至二层辐射人、物流路径规划见附图8-1至附图8-2。

3.3 污染源项

3.3.1 施工期污染源

本项目施工环节主要包括：尚未投产车间的装修、设备设施安装、场地清理等，施工期主要环境污染因子包括废气、废水、噪声、固体废物等。施工期工艺流程如下图所示。

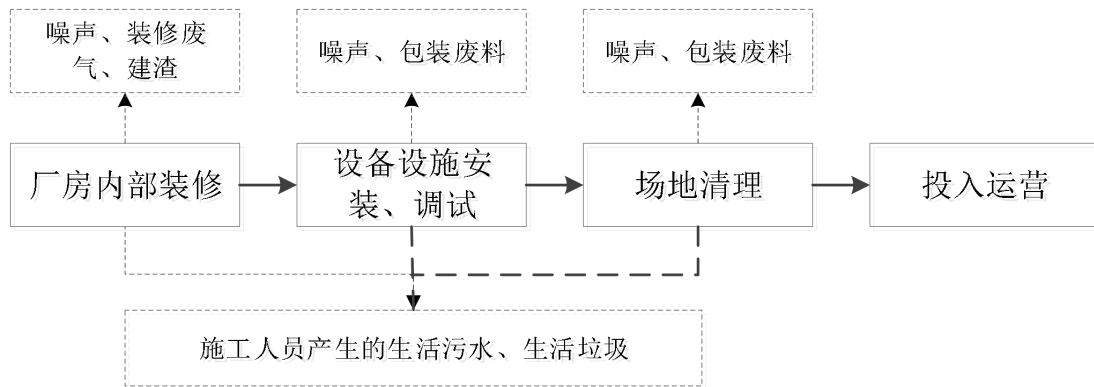


图 3-10 施工期工艺流程及产污环节示意图

(1) 废气

施工废气主要为装修过程油漆和喷涂产生的少量有机废气。

(2) 废水

施工期主要为装修施工人员生活污水。

施工高峰期工人人数可达 20 人左右，生活用水量按每人 $0.1\text{m}^3/\text{d}$ 计算，产生量为 $2\text{m}^3/\text{d}$ ，以排放系数为 0.8 计，生活污水排放量为 $1.6\text{m}^3/\text{d}$ 。

(3) 噪声

施工期噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声，电锯、电钻、点焊机等，这些机械的噪声一般在 $80\sim 105\text{dB}(\text{A})$ 之间。

(4) 固体废物

施工期固体废物主要源自预留车间室内水电气适配性改造及设备安装过程中产生的废建材（废砖石、废建材）、废包装材料（纸箱、泡沫、塑料等）等，以及施工人员产生的生活垃圾。

施工期废建材、废包装材料产生量约 1t；项目施工高峰期施工人数可达 20 人左右，生活垃圾产生量按 $0.5\text{kg}/\text{人}\cdot\text{d}$ 计，产生量为 $10\text{kg}/\text{d}$ 。

3.3.2 运营期辐射污染源

3.3.2.1 放药 101 车间

本车间拟设 2 条生产线，包括①外购 ^{225}Ac 、 ^{211}At 原料溶液进行分装，生产 ^{225}Ac 标记药物、 ^{211}At 标记药物；②外购 ^{228}Ra 或 ^{228}Th 核素料液在分离纯化装置中衰变生成 ^{224}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi ，生产 ^{224}Ra 核素溶液或 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 标记药物；③ ^{228}Ra 或 ^{228}Th 核素溶液的分装。

(1) $^{225}\text{Ac}/^{211}\text{At}$ 标记药物生产：

①气载流出物

$^{225}\text{Ac}/^{211}\text{At}$ 各操作过程中会有气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰ 计。本生产线每批次只生产 1 种核素产品，每条生产线每日最大生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ^{225}Ac 或 ^{211}At 的最大操作量分别为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ， $9.25\text{E}+10\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量为 $3.70\text{E}+05\text{Bq/批次}$ (^{225}Ac)， $9.25\text{E}+06\text{Bq/批次}$ (^{211}At)。

②放射性废液

生产过程中产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L，废水中含有 $3.70\text{E}+06\text{Bq}$ 的 ^{225}Ac 或含有 $3.70\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{211}At 。

③放射性固体废物

生产过程中产生的废合成卡套、废原料瓶、分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ^{225}Ac 或 ^{211}At 的放射性固废，产生量约 50g/批次，固废中含有 $9.25\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{225}Ac 或含有 $9.25\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{211}At 。

④电离辐射

^{225}Ac 半衰期为 10.0d，极毒，为 α 衰变，衰变时产生 5.892MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0171MeV/nt 的 γ 射线及 0.0248MeV/nt 的 β -射线；

^{211}At 半衰期为 7.214h，极毒，为 α/EC 衰变，衰变时产生 2.4998MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0367MeV/nt 的 γ 射线及 0.0059MeV/nt 的 β -射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次， ^{225}Ac 每批次操作量为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ， ^{211}At 每批次操作量为 $9.25\text{E}+10\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-47 放药 101 车间 $^{225}\text{Ac}/^{211}\text{At}$ 标记药物生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
		损失类型	损失量	
^{225}Ac	$3.70\text{E}+09\text{Bq}$	废气损失量	$3.70\text{E}+05$	$3.52\text{E}+09$
		废液损失量	$3.70\text{E}+06$	
		固废损失量	$9.25\text{E}+07$	
		衰变损失量	$8.45\text{E}+07$ (8h)	
^{211}At	$9.25\text{E}+10\text{Bq}$	废气损失量	$9.25\text{E}+06$	$8.31\text{E}+10$
		废液损失量	$3.70\text{E}+07$	
		固废损失量	$9.25\text{E}+08$	
		衰变损失量	$8.47\text{E}+09$ (1h)	

(2) $^{212}\text{Pb}/^{212}\text{Bi}$ 标记药物或 ^{224}Ra 核素溶液生产:

①气载流出物

$^{212}\text{Pb}/^{212}\text{Bi}$ 标记药物或 ^{224}Ra 核素溶液生产是对核素 ^{228}Ra 或 ^{228}Th 或 ^{224}Ra 原料溶液进行操作, 将原料核素溶液淋洗离子交换柱, 并加入分离纯化剂, 直接获得 $^{212}\text{Pb}/^{212}\text{Bi}/^{224}\text{Ra}$ 核素溶液, 标记反应、分装环节是对核素 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 溶液进行操作, 在核素溶液分离纯化、反应、转移等操作过程中会有含有核素 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验, 气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰ 计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品, 每日生产 2 批次, 核素 ^{212}Pb 或 ^{212}Bi 的每批次最大操作量均 $9.25\text{E}+08\text{Bq}$, 则放射性气载流出物产生量为 $9.25\text{E}+04\text{Bq}$ /批次。

②放射性废液

生产各环节产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液, 每批次生产产生废水约 0.1L/批次, 废水中含有 $3.70\text{E}+05\text{Bq}$ 的 $^{212}\text{Pb}/^{212}\text{Bi}/^{224}\text{Ra}$ 。

③放射性固体废物

生成过程中产生的废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱, 分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件, 为含有核素 ^{212}Pb 或 ^{212}Bi 或 ^{224}Ra 的放射性固废, 产生量约 50g/批次, 固废中含有 $1.85\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{212}Pb 或含有 $1.85\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{212}Bi , 或含有 $1.85\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{224}Ra 。

④电离辐射

^{228}Ra 半衰期为 5.75y, 极毒, 为 β -衰变, 衰变时产生 0.0132MeV/nt 的 β -射线, 此外, 也有较低几率产生 0.0031MeV/nt 的 γ 射线;

^{228}Th 半衰期为 1.9116y, 极毒, 为 α -衰变, 衰变时产生 5.4956MeV/nt 的 α 射线, 此外, 也有较低几率产生 0.0015MeV/nt 的 γ 射线及 0.021MeV/nt 的 β -射线;

^{224}Ra 半衰期为 3.66d, 极毒, 为 α -衰变, 衰变时产生 5.7766MeV/nt 的 α 射线, 此外, 也有较低几率产生 0.0104MeV/nt 的 γ 射线及 0.0023MeV/nt 的 β -射线;

^{212}Pb 半衰期为 10.64h, 中毒, 为 β -衰变, 衰变时产生 0.1766MeV/nt 的 β -射线, 此外, 也有较低几率产生 0.145MeV/nt 的 γ 射线;

^{212}Bi 半衰期为 60.55m, 极毒, 为 α/β -衰变, 衰变时产生 2.2164MeV/nt 的 α 射线, 此外, 也有较低几率产生 0.1038MeV/nt 的 γ 射线及 0.5046MeV/nt 的 β -射线;

物料衡算:

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线最大生产 2 批次，²¹²Pb 每批次最大操作量为 9.25E+08Bq，²¹²Bi 每批次最大操作量为 9.25E+08Bq，²²⁴Ra 每批次最大操作量为 9.25E+08Bq。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-48 放药 101 车间 ²¹²Pb/²¹²Pb 标记药物生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
²¹² Pb	9.25E+08	废气损失量	9.25E+04	8.48E+08
		废液损失量	3.70E+05	
		固废损失量	1.85E+07	
		衰变损失量	5.83E+07 (1h)	
²¹² Bi	9.25E+08	废气损失量	9.25E+04	6.37E+08
		废液损失量	3.70E+05	
		固废损失量	1.85E+07	
		衰变损失量	2.69E+08 (0.5h)	
²²⁴ Ra	9.25E+08	废气损失量	9.25E+04	8.49E+08
		废液损失量	3.70E+05	
		固废损失量	1.85E+07	
		衰变损失量	5.66E+07 (8h)	

(3) ²²⁸Th 或 ²²⁸Ra 核素溶液生产:

①气载流出物

²²⁸Ra 或 ²²⁸Th 的生成是对 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th 原料溶液直接进行分装，操作过程中会有含有核素 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th 的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th 的最大操作量均 9.25E+08Bq，则放射性气载流出物产生量为 9.25E+04Bq/批次。

②放射性废液

生产各环节产生的少量残余溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次，废水中含有 3.70E+05Bq 的 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th。

③放射性固体废物

生成过程中产生的废原料瓶、分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th 的放射性固废，产生量约 50g/批次，固废中含有 1.85E+07Bq 的 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th。

④电离辐射

²²⁸Ra 半衰期为 5.75y，极毒，为β-衰变，衰变时产生 0.0132MeV/nt 的β-射线，此外，

也有较低几率产生 0.0031MeV/nt 的 γ 射线；

^{228}Th 半衰期为 1.9116y，极毒，为 α 衰变，衰变时产生 5.4956MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0015MeV/nt 的 γ 射线及 0.021MeV/nt 的 β -射线；

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线最大生产 2 批次， ^{228}Ra 或 ^{228}Th 每批次最大操作量为 $9.25\text{E}+08\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-49 放药 101 车间 $^{228}\text{Ra}/^{228}\text{Th}$ 标记药物生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
^{228}Ra	9.25E+08	废气损失量	9.25E+04	9.06E+08
		废液损失量	3.70E+05	
		固废损失量	1.85E+07	
		衰变损失量	1.02E+05 (8h)	
^{228}Th	9.25E+08	废气损失量	9.25E+04	9.06E+08
		废液损失量	3.70E+05	
		固废损失量	1.85E+07	
		衰变损失量	3.06E+05 (8h)	

3.3.2.2 放药 102 车间

本车间主要进行 ^{228}Ra 核素溶液、 ^{228}Th 核素溶液的生成、使用、销售和贮存以及 ^{224}Ra (^{212}Pb) 发生器、 ^{228}Th (^{212}Pb) 发生器及 ^{224}Ra 核素溶液的生产、使用、销售。设有 1 条生产线，每条生产每日最大生产 2 批次。

(1) ^{224}Ra 核素溶液的生产

①气载流出物

分离纯化环节是对核素 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 进行操作，将原料核素溶液淋洗离子交换柱，并加入分离纯化剂，直接获得 ^{224}Ra 核素溶液，分装环节是对 ^{224}Ra 核素溶液进行操作，转移等操作过程中会有含有 ^{224}Ra 核素的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次， ^{224}Ra 每批次最大操作量为 $3.70\text{E}+10\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量为 $3.70\text{E}+06\text{Bq}$ /批次。

②放射性废液

放射性废液为少量的冲洗废液，每天生产产生废水约 0.1L/批次，废水中含有 $7.40\text{E}+06\text{Bq}$ 的 ^{224}Ra 。

③放射性固体废物

放射性固体废物包括分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有 ^{224}Ra 核素的放射性固废，产生量约 50g/批次，固废中含有 $7.40\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{224}Ra 。

④电离辐射

^{228}Ra 半衰期为 5.75y，极毒，为 β -衰变，衰变时产生 0.0132MeV/nt 的 β -射线及 0.0031MeV/nt 的 γ 射线；

^{228}Th 半衰期为 1.9116y，极毒，为 α 衰变，衰变时产生 5.4956MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0036MeV/nt 的 γ 射线及 0.021MeV/nt 的 β -射线。

^{224}Ra 半衰期为 3.66d，极毒，为 α 衰变，衰变时产生 5.7766MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0104MeV/nt 的 γ 射线及 0.023MeV/nt 的 β -射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，每日每条产线生产 2 批次， ^{224}Ra 每批次最大操作量均为 $3.70\text{E}+10\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-50 放药 102 车间 ^{224}Ra 核素溶液生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		主要核素
^{224}Ra	3.70E+10	废气损失量	3.70E+06	3.40E+10
		废液损失量	7.40E+06	
		固废损失量	7.40E+08	
		衰变损失量	2.26E+09 (8h)	

(2) ^{224}Ra (^{212}Pb)、 ^{228}Th (^{212}Pb) 的生产

①气载流出物

对 ^{224}Ra 或 ^{228}Th 核素溶液进行操作，在核素溶液反应、转移等操作过程中会有含有 ^{224}Ra 或 ^{228}Th 核素的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每条生产线每日最大生产 2 批次，每种产品每批次对 ^{224}Ra (^{212}Pb)、 ^{228}Th (^{212}Pb) 的每批次最大操作均为 $3.70\text{E}+10\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量为 $3.70\text{E}+06\text{Bq/d}$ 。

②放射性废液

生产过程中，放射性废液为少量的冲洗废液，每天生产产生废水约 0.1L/批次，废水中含有 $7.40\text{E}+06\text{Bq}$ 的 ^{224}Ra 或 ^{228}Th 。

③放射性固体废物

生产过程中，固体废物为废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有 ^{224}Ra 或 ^{228}Th 核素的放射性固废，产生量约 50g/d，固废中含有 $7.40\text{E}+08 \text{ Bq}$ 的 ^{224}Ra 或 $7.40\text{E}+08$ 的 ^{228}Th 。

④电离辐射

^{224}Ra 半衰期为 3.66d，极毒，为 α 衰变，衰变时产生 5.7766MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0104MeV/nt 的 γ 射线及 0.023MeV/nt 的 β -射线。

^{228}Th 半衰期为 1.9116y，极毒，为 α 衰变，衰变时产生 5.4956MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0036MeV/nt 的 γ 射线及 0.021MeV/nt 的 β -射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，每日每条产线生产 2 批次， $^{224}\text{Ra}/^{228}\text{Th}$ 每批次最大操作量为 $3.70\text{E}+10\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-51 放药 102 车间 ^{224}Ra (^{212}Pb)、 ^{228}Th (^{212}Pb) 的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
^{224}Ra	3.70E+10	废气损失量	3.70E+06	3.40E+10 (^{224}Ra (^{212}Pb))
		废液损失量	7.40E+06	
		固废损失量	7.40E+08	
		衰变损失量	2.26E+09	
^{228}Th	3.70E+10	废气损失量	3.70E+06	3.62E+10 (^{228}Th (^{212}Pb))
		废液损失量	7.40E+06	
		固废损失量	7.40E+08	
		衰变损失量	1.23E+07	

(3) ^{228}Th 或 ^{228}Ra 核素溶液生产：

①气载流出物

^{228}Ra 或 ^{228}Th 的生成是对 ^{228}Ra 或 ^{228}Th 原料溶液直接进行分装，操作过程中会有含有核素 ^{228}Ra 或 ^{228}Th 的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ^{228}Ra 或 ^{228}Th 的最大操作量均 $3.70\text{E}+10\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量为 $3.70\text{E}+06\text{Bq}$ /批次。

②放射性废液

生产各环节产生的少量残余溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/

批次，废水中含有 $7.40E+06Bq$ 的 ^{228}Ra 或 ^{228}Th 。

③放射性固体废物

生成过程中产生的废原料瓶、分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ^{228}Ra 或 ^{228}Th 的放射性固废，产生量约 $50g/批次$ ，固废中含有 $7.40E+08Bq$ 的 ^{228}Ra 或 ^{228}Th 。

④电离辐射

^{228}Ra 半衰期为 $5.75y$ ，极毒，为 β -衰变，衰变时产生 $0.0132MeV/nt$ 的 β -射线，此外，也有较低几率产生 $0.0031MeV/nt$ 的 γ 射线；

^{228}Th 半衰期为 $1.9116y$ ，极毒，为 α 衰变，衰变时产生 $5.4956MeV/nt$ 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 $0.0015MeV/nt$ 的 γ 射线及 $0.021MeV/nt$ 的 β -射线；

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，每日每条产线最大生产 2 批次， ^{228}Ra 或 ^{228}Th 每批次最大操作量为 $3.70E+10Bq$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-52 放药 102 车间 $^{228}Ra/^{228}Th$ 标记药物生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
^{228}Ra	$3.70E+10$	废气损失量	$3.70E+06$	$3.62E+10$
		废液损失量	$7.40E+06$	
		固废损失量	$7.40E+08$	
		衰变损失量	$4.07E+06$ (8h)	
^{228}Th	$3.70E+10$	废气损失量	$3.70E+06$	$3.62E+10$
		废液损失量	$7.40E+06$	
		固废损失量	$7.40E+08$	
		衰变损失量	$1.23E+07$ (8h)	

3.3.2.3 放药 103 车间

本车间主要进行 ^{228}Ra 核素溶液、 ^{228}Th 核素溶液的生成、使用、销售和贮存以及 ^{224}Ra (^{212}Pb) 发生器、 ^{228}Th (^{212}Pb) 发生器及 ^{224}Ra 核素溶液的生产、使用、销售。设有 1 条生产线，每日最大生产 2 批次。

(1) ^{224}Ra 核素溶液的生产

①气载流出物

生产过程中核素溶液反应、转移等操作过程中会有含有 ^{224}Ra 核素的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1% 计。本生产车间每条

产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次，²²⁴Ra 每批次最大操作量为 3.70E+11Bq，则放射性气载流出物产生量为 3.70E+07Bq/批次。

②放射性废液

放射性废液为少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次,废水中约含有 7.40E+07Bq 的 ²²⁴Ra。

③放射性固体废物

放射性固体废物为废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，每批次生产产生放射性固废约 100g/批次,固废中约含有 3.70E+09Bq 的 ²²⁴Ra。

④电离辐射

²²⁸Ra 半衰期为 5.75y，极毒，为β-衰变，衰变时产生 0.0132MeV/nt 的β-射线及 0.0031MeV/nt 的γ射线；

²²⁸Th 半衰期为 1.9116y，极毒，为α衰变，衰变时产生 5.4956MeV/nt 的α射线，此外，也有较低几率产生 0.0036MeV/nt 的γ射线及 0.021MeV/nt 的β-射线。

²²⁴Ra 半衰期为 3.66d，极毒，为α衰变，衰变时产生 5.7766MeV/nt 的α射线，此外，也有较低几率产生 0.0104MeV/nt 的γ射线及 0.023MeV/nt 的β-射线。

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，每日每条产线生产 2 批次，²²⁴Ra 每批次最大操作量为 3.70E+11Bq。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-53 放药 103 车间 ²²⁴Ra 的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
		损失类型	损失量	
²²⁴ Ra	3.70E+11Bq	废气损失量	3.70E+07	3.44E+11
		废液损失量	7.40E+07	
		固废损失量	3.70E+09	
		衰变损失量	2.26E+10 (8h)	

(2) ²²⁴Ra(²¹²Pb) 发生器、²²⁸Th(²¹²Pb) 发生器的生产

①气载流出物

生产过程中，核素溶液反应、转移等操作过程中会有含有 ²²⁴Ra 或 ²²⁸Th 核素的气

溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次，每种产品每批次对 ^{224}Ra 或 ^{228}Th 每批次最大操作量均为 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量为 $3.70\text{E}+07\text{ Bq/d}$ 。

②放射性废液

放射性废液为少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次,废水中约含有 $7.40\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{224}Ra 或 ^{228}Th 。

③放射性固体废物

放射性固废为废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，每批次生产产生放射性固废约 100g/批次,固废中约含有 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ 的 ^{224}Ra 或 ^{228}Th 。

④电离辐射

^{228}Th 半衰期为 1.9116y，极毒，为 α 衰变，衰变时产生 5.4956MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0036MeV/nt 的 γ 射线及 0.021MeV/nt 的 β -射线。

^{224}Ra 半衰期为 3.66d，极毒，为 α 衰变，衰变时产生 5.7766MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0104MeV/nt 的 γ 射线及 0.023MeV/nt 的 β -射线。

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品。每日每条产线生产 2 批次， ^{224}Ra 或 ^{228}Th 每批次最大操作量均为 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-54 放药 103 车间 ^{224}Ra (^{212}Pb)、 ^{228}Th (^{212}Pb) 的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
^{224}Ra	3.70E+11	废气损失量	3.70E+07	3.44E+11 ^{224}Ra (^{212}Pb)
		废液损失量	7.40E+07	
		固废损失量	3.70E+09	
		衰变损失量	2.26E+10 (8h)	
^{228}Th	3.70E+11	废气损失量	3.70E+07	3.66E+11 ^{228}Th (^{212}Pb)
		废液损失量	7.40E+07	
		固废损失量	3.70E+09	
		衰变损失量	1.23E+08 (8h)	

(3) ^{228}Th 或 ^{228}Ra 核素溶液生产:

①气载流出物

²²⁸Ra 或 ²²⁸Th 的生成是对 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th 原料溶液直接进行分装，操作过程中会有含有核素 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th 的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th 的最大操作量均 3.70E+11Bq，则放射性气载流出物产生量为 3.70E+07Bq/批次。

②放射性废液

生产各环节产生的少量残余溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次，废水中含有 7.40E+07Bq 的 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th。

③放射性固体废物

生成过程中产生的废原料瓶、分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th 的放射性固废，产生量约 100g/批次，固废中含有 7.40E+09Bq 的 ²²⁸Ra 或 ²²⁸Th。

④电离辐射

²²⁸Ra 半衰期为 5.75y，极毒，为β-衰变，衰变时产生 0.0132MeV/nt 的β-射线，此外，也有较低几率产生 0.0031MeV/nt 的γ射线；

²²⁸Th 半衰期为 1.9116y，极毒，为α衰变，衰变时产生 5.4956MeV/nt 的α射线，此外，也有较低几率产生 0.0015MeV/nt 的γ射线及 0.021MeV/nt 的β-射线；

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，每日每条产线最大生产 2 批次，²²⁸Ra 或 ²²⁸Th 每批次最大操作量为 3.70E+11Bq。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-55 放药 103 车间 ²²⁸Ra/²²⁸Th 标记药物生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
²²⁸ Ra	3.70E+11	废气损失量	3.70E+07	3.62E+11
		废液损失量	7.40E+07	
		固废损失量	7.40E+09	
		衰变损失量	4.07E+07 (8h)	
²²⁸ Th	3.70E+11	废气损失量	3.70E+07	3.62E+11
		废液损失量	7.40E+07	
		固废损失量	7.40E+09	
		衰变损失量	1.23E+08 (8h)	

3.3.2.4 放药 104 车间

本车间主要进行 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 的生产、使用、销售和 $^{224}\text{Ra} (^{212}\text{Pb})$ 发生器的贮存。设有 2 条生产线，包括①以外购或者自产的 $^{224}\text{Ra} (^{212}\text{Pb})$ 发生器生产 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 标记药物②外购 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 核素料液生产 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 标记药物。

(1) $^{212}\text{Pb}/^{212}\text{Bi}$ 标记药物生产:

①气载流出物

使用淋洗液淋洗发生器，并用负压瓶收集洗脱液。将淋洗得出的洗脱液与分离纯化装置对接，并将准备好的分离纯化试剂通过管路泵入热室内的分离纯化装置，启动装置，自动完成分离、纯化。收集产生的 ^{212}Pb 或 ^{212}Bi 溶液。

根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次， ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 每批次最大操作量为 $1.85\text{E}+10\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量均为 $1.85\text{E}+06\text{Bq}/\text{批次}$ 。

②放射性废液

放射性废液为少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 $0.05\text{L}/\text{批次}$ ，废水中约含有 $3.70\text{E}+06\text{Bq}$ 的 ^{212}Pb ，或 $1.85\text{E}+06\text{Bq}$ 的 ^{212}Bi 。

③放射性固体废物

放射性固废包括废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 的放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 $50\text{g}/\text{批次}$ ，固废中约含有 $5.61\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{212}Pb ，或 $4.25\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{212}Bi 。

④电离辐射

^{212}Pb 半衰期为 10.64h，中毒，为 β -衰变，衰变时产生 $0.1736\text{MeV}/\text{nt}$ 的 β -射线及 $0.145\text{MeV}/\text{nt}$ 的 γ 射线；

^{212}Bi 半衰期为 60.55m，高毒，为 α 衰变，衰变时产生 $2.2164\text{MeV}/\text{nt}$ 的 α 射线，和 $0.1038\text{MeV}/\text{nt}$ 的 γ 射线及 $0.5046\text{MeV}/\text{nt}$ 的 β -射线。

物料衡算:

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次， ^{212}Pb 或 ^{212}Bi 每批次最大操作量均为 $1.85\text{E}+10\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-56 放药 104 ^{212}Pb 或 ^{212}Bi 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
		损失类型	损失量	
^{212}Pb	1.85E+10	废气损失量	1.85E+06	1.37E+10
		废液损失量	3.70E+06	
		固废损失量	5.61E+08	
		衰变损失量	4.24E+09 (4h)	
^{212}Bi	1.85E+10	废气损失量	1.85E+06	1.27E+10
		废液损失量	1.85E+06	
		固废损失量	4.25E+08	
		衰变损失量	5.38E+09 (0.5h)	

(2) ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 标记药物的生产:

①气载流出物

生成过程中，核素溶液进行反应、转移等操作过程中会有气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰ 计。本生产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 每批次的最大操作量分别为 1.85E+11 Bq，1.85E+11 Bq 和 1.85E+10 Bq，则放射性气载流出物产生量为 1.85E+07 Bq/批次 (^{225}Ac)，1.85E+07 Bq/批次 (^{211}At) 和 1.85E+06Bq/批次 (^{203}Pb)。

②放射性废液

生产过程中产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次，废水中约含有 3.70E+07Bq 的 ^{225}Ac 或 ^{211}At ，或含有 3.70E+06 Bq 的 ^{203}Pb 。

③放射性固体废物

生产过程中产生的废合成卡套、废原料瓶，分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 的放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 50g/批次，固废中约含有 1.92E+09Bq 的 ^{225}Ac 或 ^{211}At ，或含有 1.92E+08Bq 的 ^{203}Pb 。

④电离辐射

^{225}Ac 半衰期为 10.0d，极毒，为 α 衰变，衰变时产生 5.892MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0171MeV/nt 的 γ 射线及 0.0248MeV/nt 的 β -射线；

^{211}At 半衰期为 7.214h，极毒，为 α/EC 衰变，衰变时产生 2.4998MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0367MeV/nt 的 γ 射线及 0.0059MeV/nt 的 β -射线。

^{203}Pb 半衰期为 51.873h，低毒，为 EC 衰变，衰变时产生 0.053MeV/nt 的射线及

0.3143MeV/nt 的 γ 射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次， ^{225}Ac 或 ^{203}Pb 每批次最大操作量为 $1.85\text{E}+11\text{Bq}$ 、 ^{203}Pb 每批次最大操作量为 $1.85\text{E}+10\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-57 放药 104 ^{225}Ac 或 ^{211}At 或 ^{203}Pb 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
		废气损失量	废液损失量	
^{225}Ac	1.85E+11	废气损失量	1.85E+07	1.79E+11
		废液损失量	3.70E+07	
		固废损失量	1.92E+09	
		衰变损失量	4.23E+09 (8h)	
^{211}At	1.85E+11	废气损失量	1.85E+07	1.24E+11
		废液损失量	3.70E+07	
		固废损失量	1.92E+09	
		衰变损失量	5.90E+10 (4h)	
^{203}Pb	1.85E+10	废气损失量	1.85E+06	1.64E+10
		废液损失量	3.70E+06	
		固废损失量	1.92E+08	
		衰变损失量	1.88E+09 (8h)	

3.3.2.5 放药 106 车间

(1) $^{212}\text{Pb}/^{212}\text{Bi}$ 标记药物生产：

①气载流出物

使用淋洗液淋洗发生器，并用负压瓶收集洗脱液。将淋洗得出的洗脱液与分离纯化装置对接，并将准备好的分离纯化试剂通过管路泵入热室内的分离纯化装置，启动装置，自动完成分离、纯化。收集产生的 ^{212}Pb 或 ^{212}Bi 溶液。

根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次， ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 每批次最大操作量为 $1.85\text{E}+10\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量均为 $1.85\text{E}+06\text{Bq}$ /批次。

②放射性废液

放射性废液为少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.05L/批次,废水中约含有 $3.70\text{E}+06\text{Bq}$ 的 ^{212}Pb ，或 $1.85\text{E}+06\text{Bq}$ 的 ^{212}Bi 。

③放射性固体废物

放射性固废包括废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，分装环节转移核素溶液用的

一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 的放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 50g/批次，固废中约含有 $5.61\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{212}Pb ，或 $4.25\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{212}Bi 。

④电离辐射

^{212}Pb 半衰期为 10.64h，中毒，为 β -衰变，衰变时产生 0.1736MeV/nt 的 β 射线及 0.145MeV/nt 的 γ 射线；

^{212}Bi 半衰期为 60.55m，高毒，为 α 衰变，衰变时产生 2.2164MeV/nt 的 α 射线，和 0.1038MeV/nt 的 γ 射线及 0.5046MeV/nt 的 β 射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次， ^{212}Pb 或 ^{212}Bi 每批次最大操作量均为 $1.85\text{E}+10\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-58 放药 106^{212}Pb 或 ^{212}Bi 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
^{212}Pb	1.85E+10	废气损失量	1.85E+06	1.37E+10
		废液损失量	3.70E+06	
		固废损失量	5.61E+08	
		衰变损失量	4.24E+09 (8h)	
^{212}Bi	1.85E+10	废气损失量	1.85E+06	1.27E+10
		废液损失量	1.85E+06	
		固废损失量	4.25E+08	
		衰变损失量	5.38E+09 (0.5h)	

(2) ^{225}Ac 、 ^{211}At 标记药物的生产：

①气载流出物

生产过程中，对核素溶液进行反应、转移等操作过程中会有气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ^{225}Ac 、 ^{211}At 每批次的最大操作量均为 $1.85\text{E}+11\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量为 $1.85\text{E}+07\text{Bq/批次}$ (^{225}Ac)， $1.85\text{E}+07\text{Bq/批次}$ (^{211}At)。

②放射性废液

生产过程中产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次，废水中约含有 $3.70\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{225}Ac 或 ^{211}At 。

③放射性固体废物

生产过程中产生的废合成卡套、废原料瓶，分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ^{225}Ac 、 ^{211}At 的放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 50g/批次，固废中约含有 $1.92\text{E}+09\text{Bq}$ 的 ^{225}Ac 或 $1.96\text{E}+09\text{Bq}$ 的 ^{211}At 。

④电离辐射

^{225}Ac 半衰期为 10.0d，极毒，为 α 衰变，衰变时产生 5.892MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0171MeV/nt 的 γ 射线及 0.0248MeV/nt 的 β -射线；

^{211}At 半衰期为 7.214h，极毒，为 α/EC 衰变，衰变时产生 2.4998MeV/nt 的 α 射线，此外，也有较低几率产生 0.0367MeV/nt 的 γ 射线及 0.0059MeV/nt 的 β -射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次， ^{225}Ac 或 ^{211}At 每批次最大操作量为 $1.85\text{E}+11\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-59 放药 106 ^{225}Ac 或 ^{211}At 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
^{225}Ac	1.85E+11	废气损失量	1.85E+07	1.79E+11
		废液损失量	3.70E+07	
		固废损失量	1.92E+09	
		衰变损失量	4.23E+09 (8h)	
^{211}At	1.85E+11	废气损失量	1.85E+07	1.24E+11
		废液损失量	3.70E+07	
		固废损失量	1.96E+09	
		衰变损失量	5.90E+10 (4h)	

3.3.2.6 放药 107 车间

本车间主要进行 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 的生产、使用、销售。设有 2 条生产线，包括①以外购的 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 核素料液生产 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 标记药物②外购 ^{225}Ac 、 ^{211}At 核素料液生产 ^{225}Ac 、 ^{211}At 标记药物。

(1) ^{225}Ac 、 ^{211}At 标记药物的生产。

①气载流出物

生产过程中核素溶液进行反应、转移等操作过程中会有气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ^{225}Ac 、 ^{211}At 每批次的最大操作量分别为 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ 、 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量为 $3.70\text{E}+05\text{Bq}$ /批次

(²²⁵Ac)，7.40E+06Bq/批次 (²¹¹At)。

②放射性废液

生产过程中产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约0.1L/批次，废水中约含有 3.70E+06 Bq 的 ²²⁵Ac 或 3.70E+07 的 ²¹¹At。

③放射性固体废物

生产过程中产生的废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ²²⁵Ac、²¹¹At 的放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 50g/批次,固废中约含有 1.89E+08Bq 的 ²²⁵Ac 或 4.22E+08Bq 的 ²¹¹At。

④电离辐射

²²⁵Ac 半衰期为 10.0d，极毒，为α衰变，衰变时产生 5.892MeV/nt 的α射线，此外，也有较低几率产生 0.0171MeV/nt 的γ射线及 0.0248MeV/nt 的β-射线；

²¹¹At 半衰期为 7.214h，极毒，为α/EC 衰变，衰变时产生 2.4998MeV/nt 的α射线，此外，也有较低几率产生 0.0367MeV/nt 的γ射线及 0.0059MeV/nt 的β-射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次，²²⁵Ac 每批次最大操作量为 3.70E+09Bq，²¹¹At 每批次最大操作量为 7.40E+10Bq。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3- 60 放药 107 ²²⁵Ac 或 ²¹¹At 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
		废气损失量	衰变损失量	
²²⁵ Ac	3.70E+09	废液损失量	3.70E+05	3.42E+09
		固废损失量	3.70E+06	
		衰变损失量	1.89E+08	
		衰变损失量	8.45E+07 (8h)	
²¹¹ At	7.40E+10	废气损失量	7.40E+06	4.99E+10
		废液损失量	3.70E+07	
		固废损失量	4.22E+08	
		衰变损失量	2.36E+10 (4h)	

(2) ¹⁷⁷Lu、¹⁶¹Tb 标记药物生产：

①气载流出物

生产过程中，核素溶液反应、转移等操作过程中会有含有核素 ¹⁷⁷Lu、¹⁶¹Tb 的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次，¹⁷⁷Lu 每批次最大操作

量为 $5.55\text{E}+12\text{Bq}$ ， ^{161}Tb 每批次最大操作量为 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量为 $5.55\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{177}Lu 或 $3.70\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{161}Tb 。

②放射性废液

生产过程中产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 $0.1\text{L}/\text{批次}$ ，废水中约含有 $2.22\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{177}Lu 或 $3.70\text{E}+06\text{Bq}$ 的 ^{161}Tb 。

③放射性固体废物

生产过程中产生的废合成卡套、废原料瓶、分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，每批次生产产生放射性固废约 $100\text{g}/\text{批次}$ ，固废中约含有 $4.37\text{E}+09\text{Bq}$ 的 ^{177}Lu 或 $6.25\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{161}Tb 。

④电离辐射

^{177}Lu 半衰期为 6.647d ，中毒，为 β -衰变，衰变时产生 $0.1479\text{MeV}/\text{nt}$ 的 β -射线，此外，也有较低几率产生 $0.0351\text{MeV}/\text{nt}$ 的 γ 射线。

^{161}Tb 半衰期为 6.906d ，中毒，为 β -衰变，衰变时产生 $0.2025\text{MeV}/\text{nt}$ 的 β -射线，此外，也有较低几率产生 $0.0365\text{MeV}/\text{nt}$ 的 β -射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线最大生产 2 批次， ^{177}Lu 每批次最大操作量为 $5.55\text{E}+12\text{Bq}$ ， ^{161}Tb 每批次最大操作量为 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-61 放药 ^{177}Lu 或 ^{161}Tb 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
		损失类型	损失量	
^{177}Lu	$5.55\text{E}+12$	废气损失量	$5.55\text{E}+08$	$5.35\text{E}+12$
		废液损失量	$2.22\text{E}+08$	
		固废损失量	$4.37\text{E}+09$	
		衰变损失量	$1.90\text{E}+11$ (8h)	
^{161}Tb	$3.70\text{E}+11$	废气损失量	$3.70\text{E}+07$	$3.57\text{E}+11$
		废液损失量	$3.70\text{E}+06$	
		固废损失量	$6.25\text{E}+08$	
		衰变损失量	$1.22\text{E}+10$ (8h)	

3.3.2.7 放药 201 车间

本车间主要进行 ^{131}I 的生产、使用、销售。设有 1 条生产线，包括以外购 ^{131}I 核素料液生产 ^{131}I 口服液。

①气载流出物

分装环节中对核素溶液进行反应、转移等操作过程中会有气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，碘系属易挥发核素，气溶胶释放量保守按操作量的 1‰ 计。本生产线只生产 1 种核素产品，每日最大生产 1 批次，每种产品每批次对 ^{131}I 核素的日最大操作量分别为 $7.4\text{E}+12\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量为 $7.4\text{E}+09\text{Bq/d}$ 。

②放射性废液

放射性废液为少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 1L/批次，废水中约含有 $7.40\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{131}I 。

③放射性固体废物

放射性固体废物包括废合成卡套、废原料瓶，分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ^{131}I 的放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 500g/批次，固废中约含有 $4.07\text{E}+10\text{Bq}$ 的 ^{131}I 。

④电离辐射

^{131}I 半衰期为 8.02d，中毒，为 β -衰变，衰变时产生 0.5746MeV/nt 的 γ 射线及 0.3828MeV/nt 的 β -射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，每日每条产线生产 1 批次， ^{131}I 日最大操作量为 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-62 放药 201 ^{131}I 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
^{131}I	7.40E+12	废气损失量	7.40E+09	7.14E+12
		废液损失量	7.40E+08	
		固废损失量	4.07E+10	
		衰变损失量	2.10E+11 (8h)	

3.3.2.8 放药 202 车间

本车间拟设 2 条生产线，包括①外购 ^{225}Ac 原料溶液进行纯化分装，生产 ^{225}Ac 标记药物；②外购 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 核素料液进行分装，生产 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 标记

药物

²²⁵Ac 标记药物生产:

①气载流出物

生成过程中，核素溶液进行反应、转移等操作过程中会有气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次 ²²⁵Ac 每批次最大操作量为 9.25E+08Bq，则放射性气载流出物产生量为 9.25E+04Bq/批次。

②放射性废液

生产过程中产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次,废水中约含有 7.40E+06Bq 的 ²²⁵Ac。

③放射性固体废物

生产过程中产生的废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ²²⁵Ac 放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 50g/批次,固废中约含有 2.49E+08Bq 的 ²²⁵Ac。

④电离辐射

²²⁵Ac 半衰期为 10.0d，极毒，为α衰变，衰变时产生 5.892MeV/nt 的α射线，此外，也有较低几率产生 0.0171MeV/nt 的γ射线及 0.0248MeV/nt 的β-射线。

物料衡算:

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次，²²⁵Ac 每批次最大操作量为 9.25E+08Bq。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-63 放药 202 ²²⁵Ac 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
²²⁵ Ac	9.25E+08	废气损失量	9.25E+04	6.47E+08
		废液损失量	7.40E+06	
		固废损失量	2.49E+08	
		衰变损失量	2.11E+07 (8h)	

¹⁷⁷Lu、¹⁶¹Tb、²⁰³Pb 标记药物生产:

①气载流出物

生成过程中，核素溶液反应、转移等操作过程中会有含有核素 ¹⁷⁷Lu、¹⁶¹Tb、²⁰³Pb

的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 的日最大操作量分别为 $2.22\text{E}+13\text{Bq}$ ， $1.48\text{E}+12\text{Bq}$ ， $2.96\text{E}+10\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量分别为 $5.55\text{E}+08\text{Bq/批次}$ ， $3.70\text{E}+07\text{Bq/批次}$ ， $7.40\text{E}+05\text{Bq/批次}$ 。

②放射性废液

生产过程中产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次,废水中约含有 $2.22\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{177}Lu 或 $3.70\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{161}Tb 、 $7.40\text{E}+05\text{Bq}$ 的 ^{203}Pb 。

③放射性固体废物

生产过程中产生的废合成卡套、废原料瓶、分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 的放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 100g/批次,固废中约含有 $4.37\text{E}+09\text{Bq}$ 的 ^{177}Lu 或 $6.25\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{161}Tb 或 $1.10\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{203}Pb 。

④电离辐射

^{177}Lu 半衰期为 6.647d，中毒，为β-衰变，衰变时产生 0.1479MeV/nt 的β-射线，此外，也有较低几率产生 0.0351MeV/nt 的γ射线。

^{161}Tb 半衰期为 6.906d，中毒，为β-衰变，衰变时产生 0.2025MeV/nt 的β-射线，此外，也有较低几率产生 0.0365MeV/nt 的β-射线。

^{203}Pb 半衰期为 51.8h，低毒，为 EC 衰变，衰变时产生 0.3143MeV/nt 的γ射线，此外，也有较低几率产生 0.053MeV/nt 的β-射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 的日最大操作量分别为 $5.55\text{E}+12\text{Bq}$ ， $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ ， $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-64 放药 202 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
		废气损失量	废液损失量	
^{177}Lu	5.55E+12	废气损失量	5.55E+08	5.35E+12
		废液损失量	2.22E+08	

		固废损失量	4.37E+09	
		衰变损失量	1.90E+11 (8h)	
¹⁶¹ Tb	3.70E+11	废气损失量	3.70E+07	3.57E+11
		废液损失量	3.70E+07	
		固废损失量	6.25E+08	
		衰变损失量	1.22E+10 (8h)	
²⁰³ Pb	7.40E+09	废气损失量	7.40E+05	6.54E+09
		废液损失量	7.40E+05	
		固废损失量	1.10E+08	
		衰变损失量	7.50E+08 (8h)	

3.3.2.9 放药 203 车间

本车间拟设 1 条生产线，外购 ⁹⁰Y 分装，生产 ⁹⁰Y-玻璃微球注射剂。

①气载流出物

生产过程中，核素溶液反应、转移等操作过程中会有含有核素 ⁹⁰Y 的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产车间每条产线每日生产 1 批次，⁹⁰Y 每批次最大操作量为 4.63E+12Bq，则放射性气载流出物产生量为 4.63E+08Bq/批次。

②放射性废液

生产过程中会产生少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.4L/批次,废水中约含有 2.22E+09Bq。

③放射性固体废物

分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，每批次生产产生放射性固废约 50g/批次，固废中约含有 2.54E+10Bq。

④电离辐射

⁹⁰Y 半衰期为 64.1h，中毒，为β-衰变，衰变时产生 0.9331MeV/nt 的β-射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线 2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 1 批次，⁹⁰Y 每批次最大操作量为 4.63E+12Bq，核素平衡见下表。

表 3-65 放药 203 ⁹⁰Y 的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
⁹⁰ Y	4.63E+12	废气损失量	4.63E+08	3.83E+12
		废液损失量	2.22E+09	
		固废损失量	2.54E+10	
		衰变损失量	7.67E+11 (8h)	

3.3.2.10 放药 204 车间

本车间拟设 2 条生产线，包括①外购 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 核素料液进行标记分装，生产 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 标记药物；②外购 ^{225}Ac 原料溶液进行纯化分装，生产 ^{225}Ac 标记药物。

^{177}Lu 、 ^{161}Tb 标记药物生产：

①气载流出物

生产过程中，核素溶液反应、转移等操作过程中会有含有核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰ 计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次， ^{177}Lu 每批次最大操作量为 $5.55\text{E}+12\text{Bq}$ ， ^{161}Tb 每批次最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量为 $5.55\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{177}Lu 或 $7.40\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{161}Tb 。

②放射性废液

生产过程中产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次，废水中约含有 $2.22\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{177}Lu 或 $7.40\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{161}Tb 。

③放射性固体废物

生产过程中产生的废合成卡套、废原料瓶、分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，每批次生产产生放射性固废约 100g/批次，固废中约含有 $4.37\text{E}+09\text{Bq}$ 的 ^{177}Lu 或 $1.25\text{E}+10\text{Bq}$ 的 ^{161}Tb 。

④电离辐射

^{177}Lu 半衰期为 6.647d，中毒，为 β -衰变，衰变时产生 0.1479MeV/nt 的 β -射线，此外，也有较低几率产生 0.0351MeV/nt 的 γ 射线。

^{161}Tb 半衰期为 6.906d，中毒，为 β -衰变，衰变时产生 0.2025MeV/nt 的 β -射线，此外，也有较低几率产生 0.0365MeV/nt 的 β -射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次， ^{177}Lu 每批次最大操作量为 $5.55\text{E}+12\text{Bq}$ ， ^{161}Tb 每批次最大操作量为 $7.40\text{E}+11\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-66 放药 204 ^{177}Lu 或 ^{161}Tb 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
		废气损失量	废液损失量	
^{177}Lu	5.55E+12	废气损失量	5.55E+08	5.36E+12
		废液损失量	2.22E+08	

		固废损失量	4.37E+09	
		衰变损失量	1.90E+11 (8h)	
¹⁶¹ Tb	7.40E+11	废气损失量	7.40E+07	7.03E+11
		废液损失量	7.40E+07	
		固废损失量	1.25E+10	
		衰变损失量	2.43E+10 (8h)	

²²⁵Ac 标记药物生产:

①气载流出物

生产过程中，核素溶液进行反应、转移等操作过程中会有气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次 ²²⁵Ac 每批次最大操作量为 3.70E+09 Bq，则放射性气载流出物产生量为 3.70E+05Bq/批次。

②放射性废液

生产过程中产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次,废水中约含有 3.70E+06Bq 的 ²²⁵Ac。

③放射性固体废物

生产过程中产生的废合成卡套、废原料瓶，分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ²²⁵Ac 放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 50g/批次,固废中约含有 1.89E+08 Bq 的 ²²⁵Ac。

④电离辐射

²²⁵Ac 半衰期为 10.0d，极毒，为α衰变，衰变时产生 5.892MeV/nt 的α射线，此外，也有较低几率产生 0.0171MeV/nt 的γ射线及 0.0248MeV/nt 的β-射线；

物料衡算:

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次，²²⁵Ac 每批次最大操作量为 3.70E+09Bq。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-67 放药 204 ²²⁵Ac 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
²²⁵ Ac	3.70E+09	废气损失量	3.70E+05	3.42E+09
		废液损失量	3.70E+06	
		固废损失量	1.89E+08	
		衰变损失量	8.45E+07	

3.3.2.11 放药 206 车间

^{177}Lu 、 ^{161}Tb 标记药物生产：

①气载流出物

生成过程中，核素溶液反应、转移等操作过程中会有含有核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰ 计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 的日最大操作量分别为 $2.22\text{E}+13\text{Bq}$ ， $1.48\text{E}+12\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量分别为 $5.55\text{E}+08\text{Bq/批次}$ ， $3.70\text{E}+07\text{Bq/批次}$ 。

②放射性废液

生产过程中产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次，废水中约含有 $2.22\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{177}Lu 或 $3.70\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{161}Tb 。

③放射性固体废物

生产过程中产生的废合成卡套、废原料瓶、分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 的放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 100g/批次，固废中约含有 $4.37\text{E}+09\text{Bq}$ 的 ^{177}Lu 或 $6.25\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{161}Tb 。

④电离辐射

^{177}Lu 半衰期为 6.647d，中毒，为 β -衰变，衰变时产生 0.1479MeV/nt 的 β -射线，此外，也有较低几率产生 0.0351MeV/nt 的 γ 射线。

^{161}Tb 半衰期为 6.906d，中毒，为 β -衰变，衰变时产生 0.2025MeV/nt 的 β -射线，此外，也有较低几率产生 0.0365MeV/nt 的 β -射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 的日最大操作量分别为 $5.55\text{E}+12\text{Bq}$ ， $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-68 放药 206 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
^{177}Lu	5.55E+12	废气损失量	5.55E+08	5.35E+12
		废液损失量	2.22E+08	
		固废损失量	4.37E+09	
		衰变损失量	1.90E+11 (8h)	
^{161}Tb	3.70E+11	废气损失量	3.70E+07	3.57E+11
		废液损失量	3.70E+07	

	固废损失量	6.25E+08
	衰变损失量	1.22E+10 (8h)

²²⁵Ac 标记药物生产:

①气载流出物

生产过程中，核素溶液进行反应、转移等操作过程中会有气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次 ²²⁵Ac 每批次最大操作量为 3.70E+09 Bq，则放射性气载流出物产生量为 3.70E+05Bq/批次。

②放射性废液

生产过程中产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次,废水中约含有 3.70E+06Bq 的 ²²⁵Ac。

③放射性固体废物

生产过程中产生的废合成卡套、废原料瓶，分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ²²⁵Ac 放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 50g/批次,固废中约含有 1.89E+08 Bq 的 ²²⁵Ac。

④电离辐射

²²⁵Ac 半衰期为 10.0d，极毒，为α衰变，衰变时产生 5.892MeV/nt 的α射线，此外，也有较低几率产生 0.0171MeV/nt 的γ射线及 0.0248MeV/nt 的β-射线；

物料衡算:

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次，²²⁵Ac 每批次最大操作量为 3.70E+09Bq。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3- 69 放药 206 ²²⁵Ac 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
²²⁵ Ac	3.70E+09	废气损失量	3.70E+05	3.42E+09
		废液损失量	3.70E+06	
		固废损失量	1.89E+08	
		衰变损失量	8.45E+07	

3.3.2.12 放药 207 车间

本车间产品种类，生产工艺与放药车间 206 一致，详细产排污核算情况参考

3.3.2.12 节。

3.3.2.13 放药 208 车间

本车间拟设 2 条生产线，包括①外购 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 核素料液进行标记分装，生产 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 标记药物；②外购 ^{225}Ac 原料溶液进行纯化分装，生产 ^{225}Ac 标记药物。

^{177}Lu 、 ^{161}Tb 标记药物生产：

①气载流出物

生成过程中，核素溶液反应、转移等操作过程中会有含有核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 的气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产车间每条产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 的日最大操作量分别为 $2.22\text{E}+13\text{Bq}$ ， $1.48\text{E}+12\text{Bq}$ ，则放射性气载流出物产生量分别为 $5.55\text{E}+08\text{Bq/批次}$ ， $3.70\text{E}+07\text{Bq/批次}$ 。

②放射性废液

生产过程中产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次，废水中约含有 $2.22\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{177}Lu 或 $3.70\text{E}+07\text{Bq}$ 的 ^{161}Tb 。

③放射性固体废物

生产过程中产生的废合成卡套、废原料瓶、分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 的放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 100g/批次，固废中约含有 $4.37\text{E}+09\text{Bq}$ 的 ^{177}Lu 或 $6.25\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{161}Tb 。

④电离辐射

^{177}Lu 半衰期为 6.647d，中毒，为 β -衰变，衰变时产生 0.1479MeV/nt 的 β -射线，此外，也有较低几率产生 0.0351MeV/nt 的 γ 射线。

^{161}Tb 半衰期为 6.906d，中毒，为 β -衰变，衰变时产生 0.2025MeV/nt 的 β -射线，此外，也有较低几率产生 0.0365MeV/nt 的 β -射线。

物料衡算：

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次，每种产品每批次对核素 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 的日最大操作量分别为 $5.55\text{E}+12\text{Bq}$ ， $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ 。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-70 放药 208 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)	产品中含量 (Bq)
------	------------	--------------	------------

¹⁷⁷ Lu	5.55E+12	废气损失量	5.55E+08	5.35E+12
		废液损失量	2.22E+08	
		固废损失量	4.37E+09	
		衰变损失量	1.90E+11 (8h)	
¹⁶¹ Tb	3.70E+11	废气损失量	3.70E+07	3.57E+11
		废液损失量	3.70E+07	
		固废损失量	6.25E+08	
		衰变损失量	1.22E+10 (8h)	

²²⁵Ac 标记药物生产:

①气载流出物

生成过程中，核素溶液进行反应、转移等操作过程中会有气溶胶释放到空气中。根据行业生产经验，气溶胶释放量保守按操作量的 0.1‰计。本生产线每批次只生产 1 种核素产品，每日生产 2 批次 ²²⁵Ac 每批次最大操作量为 9.25E+08Bq，则放射性气载流出物产生量为 9.25E+04Bq/批次。

②放射性废液

标记反应环节产生的少量残余标记溶液及少量的冲洗废液，每批次生产产生废水约 0.1L/批次,废水中约含有 7.40E+06Bq 的 ²²⁵Ac。

③放射性固体废物

标记反应产生的废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，分装环节转移核素溶液用的一次性针头、输送软管等套件，为含有核素 ²²⁵Ac 放射性固废，每批次生产产生放射性固废约 50g/批次,固废中约含有 2.49E+08Bq 的 ²²⁵Ac。

④电离辐射

²²⁵Ac 半衰期为 10.0d，极毒，为α衰变，衰变时产生 5.892MeV/nt 的α射线，此外，也有较低几率产生 0.0171MeV/nt 的γ射线及 0.0248MeV/nt 的β-射线。

物料衡算:

根据建设单位提供的方案，本生产车间产线每批次只生产 1 种核素产品，2 条产线可同时生产，每日每条产线生产 2 批次，²²⁵Ac 每批次最大操作量为 9.25E+08Bq。生产过程中，核素平衡见下表。

表 3-71 放药 208 ²²⁵Ac 标记药物的生产核素平衡核算（每批次）

主要核素	原料投入量 (Bq)	生产过程损失量 (Bq)		产品中含量 (Bq)
²²⁵ Ac	9.25E+08	废气损失量	9.25E+04	6.47E+08
		废液损失量	7.40E+06	
		固废损失量	2.49E+08	

	衰变损失量	2.11E+07 (8h)	
--	-------	---------------	--

3.3.2.14 放药 209 车间

本车间产品种类，生产工艺与放药车间 206 一致，详细产排污核算情况参考 3.3.2.11 节。

3.3.2.15 放射质检区

(1) 电离辐射

放射质检区涉及放射性核素 ^{11}C 、 ^{32}P 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{68}Ge (^{68}Ga)、 ^{86}Y 、 ^{89}Sr 、 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{99}Mo ($^{99\text{m}}\text{Tc}$)、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{123}I 、 ^{124}I 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{161}Tb 、 ^{177}Lu 、 ^{188}Re 、 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{18}F 、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{212}Bi 、 ^{212}Pb 、 ^{223}Ra 、 ^{224}Ra 、 ^{224}Ra (^{212}Pb)、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{228}Th (^{212}Pb) 等 33 种核素，各核素的特性见表 3-28，其中发生器用于淋洗子体核素，母体核素位于吸附柱内因此主要考虑发生器子体核素，故主要考虑放射性废物 28 种。。

(2) 放射性废气

放射质检区涉及放射性核素的操作，碘系挥发量保守按 1‰计，其他非碘核素挥发量保守按 0.1‰计。放射质检测区废气排放量见下表。

表 3-72 放射质检测区放射性废气产生量核算表

核素	日最大操作量 (Bq)	挥发率	废气产生量 (Bq/d)
^{11}C	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
^{32}P	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
^{64}Cu	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
^{68}Ga	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
^{86}Y	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
^{89}Sr	1.85E+09	0.0001	1.85E+05
^{89}Zr	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
^{90}Y	1.85E+11	0.0001	1.85E+07
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.70E+10	0.0001	3.70E+06
^{111}In	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
^{123}I	1.85E+10	0.001	1.85E+07
^{124}I	1.85E+10	0.001	1.85E+07
^{125}I	4.63E+10	0.001	4.63E+07
^{131}I	3.70E+10	0.001	3.70E+06
^{161}Tb	1.85E+11	0.0001	1.85E+07
^{177}Lu	1.85E+11	0.0001	1.85E+07
^{188}Re	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
^{18}F	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
^{203}Pb	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
^{211}At	3.70E+10	0.0001	3.70E+06
^{212}Bi	7.40E+09	0.0001	7.40E+05

²¹² Pb	7.40E+09	0.0001	7.40E+05
²²³ Ra	1.85E+09	0.0001	1.85E+05
²²⁴ Ra	7.40E+09	0.0001	7.40E+05
²²⁵ Ac	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
²²⁷ Th	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
²²⁸ Ra	7.40E+09	0.0001	7.40E+05
²²⁸ Th	7.40E+09	0.0001	7.40E+05

(3) 放射性废水

放射质检测区产生的放射性废水主要包括：剩余受检药品、稀释原液、实验器具清洗废液和检验混合分析液体等。放射质检区废水主要为实验混合分析液。放射性废水产生情况见下表：

表 3-73 放射质检测区放射性废水产生量核算表

场所	放射性废水名称	每种核素质检每日最大废液产生量 (mL/种)
放射性质检间	受检药物稀释原液	10
	含有有机溶剂的放射性废液	100

本项目放射质检区日最大操作核素 28 种，则每天放射性废水最大产生量为 0.28L，含有机溶剂的放射废液 2.8L。实验过程放射性核素主要残留于放射性固体废物中，放射性废水中核素残留比按 1%估算，产生量见表：

表 3-74 放射质检测区放射性废水产生量核算表

核素	日最大操作量 (Bq)	废液中含量 (Bq)
¹¹ C	1.85E+10	1.85E+08
³² P	1.85E+10	1.85E+08
⁶⁴ Cu	1.85E+10	1.85E+08
⁶⁸ Ga	1.85E+10	1.85E+08
⁸⁶ Y	1.85E+10	1.85E+08
⁸⁹ Sr	1.85E+09	1.85E+07
⁸⁹ Zr	1.85E+10	1.85E+08
⁹⁰ Y	1.85E+11	1.85E+09
^{99m} Tc	3.70E+10	3.70E+08
¹¹¹ In	1.85E+10	1.85E+08
¹²³ I	1.85E+10	1.85E+08
¹²⁴ I	1.85E+10	1.85E+08
¹²⁵ I	4.63E+10	4.63E+08
¹³¹ I	3.70E+10	3.70E+08
¹⁶¹ Tb	1.85E+11	1.85E+09
¹⁷⁷ Lu	1.85E+11	1.85E+09
¹⁸⁸ Re	1.85E+10	1.85E+08
¹⁸ F	1.85E+10	1.85E+08
²⁰³ Pb	1.85E+10	1.85E+08
²¹¹ At	3.70E+10	3.70E+08
²¹² Bi	7.40E+09	7.40E+07
²¹² Pb	7.40E+09	7.40E+07

^{223}Ra	1.85E+09	1.85E+07
^{224}Ra	7.40E+09	7.40E+07
^{225}Ac	1.85E+10	1.85E+08
^{227}Th	1.85E+10	1.85E+08
^{228}Ra	7.40E+09	7.40E+07
^{228}Th	7.40E+09	7.40E+07

(4) 放射性固废

核素鉴别产生的废滤纸，放射化学纯度检验产生的一次性废试纸或硅胶板，pH值和核素活度浓度检验产生的废试纸，检验过程转移核素溶液用的一次性注射器、试管、样品包装瓶，以及检验完成后抽检的液态样品、实验台面擦拭纸和实验人员产生的一次性手套口罩，将收集作为放射性固废，放射性固废产生情况见下表。

表 3-75 放射质检测区放射性固废产生量核算表

场所	放射性固废种类	单次实验产生量 (g/种)
放射质检区	原液玻璃瓶、试验台垫层吸水纸、pH试纸、纯化测定层析纸、移液器枪头、毛细管	100
	稀释液玻璃瓶	50

本项目放射质检区日最大操作核素 33 种，则放射质检区放射性固废最大产生量为 4.95kg。不考虑放射性核素衰变的情况下，残留比按 99%估算，实验过程放射性核素产生量见下表：

表 3-76 放射质检区固废产生量核算表（核素含量）

核素	日最大操作量 (Bq)	固废中含量 (Bq)
^{11}C	1.85E+10	1.83E+10
^{32}P	1.85E+10	1.83E+10
^{64}Cu	1.85E+10	1.83E+10
^{68}Ga	1.85E+10	1.83E+10
^{86}Y	1.85E+10	1.83E+10
^{89}Sr	1.85E+09	1.83E+09
^{89}Zr	1.85E+10	1.83E+10
^{90}Y	1.85E+11	1.83E+11
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.70E+10	3.66E+10
^{111}In	1.85E+10	1.83E+10
^{123}I	1.85E+10	1.83E+10
^{124}I	1.85E+10	1.83E+10
^{125}I	4.63E+10	4.58E+10
^{131}I	3.70E+10	3.66E+10
^{161}Tb	1.85E+11	1.83E+11
^{177}Lu	1.85E+11	1.83E+11
^{188}Re	1.85E+10	1.83E+10
^{18}F	1.85E+10	1.83E+10
^{203}Pb	1.85E+10	1.83E+10
^{211}At	3.70E+10	3.66E+10
^{212}Bi	7.40E+09	7.33E+09
^{212}Pb	7.40E+09	7.33E+09

^{223}Ra	1.85E+09	1.83E+09
^{224}Ra	7.40E+09	7.33E+09
^{225}Ac	1.85E+10	1.83E+10
^{227}Th	1.85E+10	1.83E+10
^{228}Ra	7.40E+09	7.33E+09
^{228}Th	7.40E+09	7.33E+09

3.3.2.16 放射性药物研发中心

放射性药物研发中心主要开展放射性核素的标记、吸附、分离等研发实验，涉及使用放射性核素 ^{11}C 、 ^{166}Ho 、 ^{68}Ge 、 ^{18}F 、 ^{32}P 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{68}Ge (^{68}Ga)、 ^{86}Y 、 ^{89}Sr 、 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{99}Mo ($^{99\text{m}}\text{Tc}$)、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{123}I 、 ^{124}I 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{137}Cs ($^{137\text{m}}\text{Ba}$)、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 、 ^{161}Tb 、 ^{177}Lu 、 ^{188}Re 、 ^{188}W (^{188}Re)、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{212}Bi 、 ^{212}Pb 、 ^{223}Ra 、 ^{224}Ra 、 ^{224}Ra (^{212}Pb)、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{232}Th 等 38 种核素，其中发生器用于淋洗子体核素，母体核素位于吸附柱内因此主要考虑发生器子体核素，故主要考虑放射性废物 33 种。

(1) 电离辐射

各核素的特性见表 3-28。

(2) 放射性废气

放射性研发实验在对核素料液进行纯化、合成及标记操作时一般使用移液器，纯化、合成及标记、分装制样过程在密闭热室内操作，后续对制样的指标检验环节涉及的核素操作量较少（每份样品约 100 微升），且分装制样与各质检项目不涉及高温加热。因此，研发实验过程中放射性气溶胶主要源于纯化、合成、标记与分装制样环节。对于易挥发的氟-18 及碘系挥发量保守按 1‰计，其余金属类及不易挥发类核素挥发量保守按 0.1‰计，其中发生器母体核素贮存于特定容器中，放射性废气、废液、固废主要来自于淋洗出的子体核素，因此不考虑发生器的放射性废气、废液、固废。

表 3-77 放射性药物研发中心放射性废气产生量核算表

核素	日最大操作量 (Bq)	挥发率	废气产生量 (Bq/d)
^{11}C	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
^{18}F	7.40E+10	0.001	7.40E+07
^{32}P	7.40E+10	0.0001	7.40E+06
^{64}Cu	3.70E+10	0.0001	3.70E+06
^{68}Ga	3.70E+10	0.0001	3.70E+06
^{68}Ge	3.70E+10	0.0001	3.70E+06
^{86}Y	1.85E+10	0.0001	1.85E+06
^{89}Sr	1.85E+11	0.0001	1.85E+07
^{89}Zr	3.70E+10	0.0001	3.70E+06
^{90}Y	7.40E+10	0.0001	7.40E+06
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.11E+11	0.0001	1.11E+07
^{111}In	3.70E+10	0.0001	3.70E+06

¹²³ I	3.70E+10	0.001	3.70E+07
¹²⁴ I	3.70E+10	0.001	3.70E+07
¹²⁵ I	3.70E+10	0.001	3.70E+07
¹³¹ I	7.40E+10	0.001	7.40E+07
¹³⁷ Cs	3.70E+09	0.0001	3.70E+05
^{137m} Ba	3.70E+09	0.0001	3.70E+05
¹⁶¹ Tb	7.40E+10	0.0001	7.40E+06
¹⁶⁶ Ho	3.70E+08	0.0001	3.70E+04
¹⁷⁷ Lu	7.40E+10	0.0001	7.40E+06
¹⁸⁸ Re	3.70E+10	0.0001	3.70E+06
²⁰³ Pb	3.70E+10	0.0001	3.70E+06
²¹¹ At	3.70E+10	0.0001	3.70E+06
²¹² Bi	3.70E+09	0.0001	3.70E+05
²¹² Pb	3.70E+09	0.0001	3.70E+05
²²³ Ra	1.85E+08	0.0001	1.85E+04
²²⁴ Ra	3.70E+09	0.0001	3.70E+05
²²⁵ Ac	1.85E+08	0.0001	1.85E+04
²²⁷ Th	1.85E+08	0.0001	1.85E+04
²²⁸ Ra	3.70E+09	0.0001	3.70E+05
²²⁸ Th	3.70E+09	0.0001	3.70E+05
²³² Th	3.70E+10	0.0001	3.70E+06

(3) 放射性废水

研发中心产生的放射性废水主要包括：剩余实验药品、稀释原液、实验器具清洗废液和检验混合分析液体等，放射性废水产生情况见下表：

表 3-78 放射性药物放射性废水产生量核算表

场所	放射性废水名称	每种核素研发实验每日最大废液产生量 (mL/种)
放射性药物研发中心	剩余实验药品、稀释原液、实验器具清洗废液和检验混合分析液体等	20
	含有有机溶剂的放射性废液	150

本项目放射研发中心日最大操作核素 33 种，则每天放射性废水最大产生量为 0.66L，含有机溶剂的放射废液 4.95L。实验过程放射性核素主要残留于放射性固体废物中，放射性废水中核素残留比按 1%估算，产生量见表：

表 3-79 研发中心放射性废水产生量核算表

核素	日最大操作量 (Bq)	废液中含量 (Bq)
¹¹ C	1.85E+10	1.85E+08
¹⁸ F	7.40E+10	7.40E+08
³² P	7.40E+10	7.40E+08
⁶⁴ Cu	3.70E+10	3.70E+08
⁶⁸ Ga	3.70E+10	3.70E+08
⁶⁸ Ge	3.70E+10	3.70E+08
⁸⁶ Y	1.85E+10	1.85E+08
⁸⁹ Sr	1.85E+11	1.85E+09
⁸⁹ Zr	3.70E+10	3.70E+08

⁹⁰ Y	7.40E+10	7.40E+08
^{99m} Tc	1.11E+11	1.11E+09
¹¹¹ In	3.70E+10	3.70E+08
¹²³ I	3.70E+10	3.70E+08
¹²⁴ I	3.70E+10	3.70E+08
¹²⁵ I	3.70E+10	3.70E+08
¹³¹ I	7.40E+10	7.40E+08
¹³⁷ Cs	3.70E+09	3.70E+07
^{137m} Ba	3.70E+09	3.70E+07
¹⁶¹ Tb	7.40E+10	7.40E+08
¹⁶⁶ Ho	3.70E+08	3.70E+06
¹⁷⁷ Lu	7.40E+10	7.40E+08
¹⁸⁸ Re	3.70E+10	3.70E+08
²⁰³ Pb	3.70E+10	3.70E+08
²¹¹ At	3.70E+10	3.70E+08
²¹² Bi	3.70E+09	3.70E+07
²¹² Pb	3.70E+09	3.70E+07
²²³ Ra	1.85E+08	1.85E+06
²²⁴ Ra	3.70E+09	3.70E+07
²²⁵ Ac	1.85E+08	1.85E+06
²²⁷ Th	1.85E+08	1.85E+06
²²⁸ Ra	3.70E+09	3.70E+07
²²⁸ Th	3.70E+09	3.70E+07
²³² Th	3.70E+10	3.70E+08

(4) 放射性固废

放射性药物研发中心涉及各核素的各项检验工作，及部分核素的生产实验，实验过程转移核素溶液用的一次性注射器、试管、样品包装瓶，以及检验完成后抽检的液态样品、实验台面擦拭纸和实验人员产生的一次性手套口罩，收集作为放射性固废，放射性固废产生情况见下表。

表 3-80 研发中心放射性固废产生量核算表

场所	放射性固废种类	单种核素产生量 (g/次)
放射质检区	原液玻璃瓶、试验台垫层吸水纸、pH试纸、纯化测定层析纸、移液器枪头、毛细管	200
	稀释液玻璃瓶	100

本项目放射性药物研发中心日最大操作核素 33 种，则放射性药物研发中心放射性固废最大产生量为 9.9kg。不考虑放射性核素衰变的情况下，残留比按 99%估算，实验过程放射性核素产生量见下表：

表 3-81 研发中心固废产生量核算表

核素	日最大操作量 (Bq)	固废中含量 (Bq)
¹¹ C	1.85E+10	1.83E+10
¹⁸ F	7.40E+10	7.33E+10
³² P	7.40E+10	7.33E+10
⁶⁴ Cu	3.70E+10	3.66E+10
⁶⁸ Ga	3.70E+10	3.66E+10

^{68}Ge	3.70E+10	3.66E+10
^{86}Y	1.85E+10	1.83E+10
^{89}Sr	1.85E+11	1.83E+11
^{89}Zr	3.70E+10	3.66E+10
^{90}Y	7.40E+10	7.33E+10
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.11E+11	1.10E+11
^{111}In	3.70E+10	3.66E+10
^{123}I	3.70E+10	3.66E+10
^{124}I	3.70E+10	3.66E+10
^{125}I	3.70E+10	3.66E+10
^{131}I	7.40E+10	7.33E+10
^{137}Cs	3.70E+09	3.66E+09
$^{137\text{m}}\text{Ba}$	3.70E+09	3.66E+09
^{161}Tb	7.40E+10	7.33E+10
^{166}Ho	3.70E+08	3.66E+08
^{177}Lu	7.40E+10	7.33E+10
^{188}Re	3.70E+10	3.66E+10
^{203}Pb	3.70E+10	3.66E+10
^{211}At	3.70E+10	3.66E+10
^{212}Bi	3.70E+09	3.66E+09
^{212}Pb	3.70E+09	3.66E+09
^{223}Ra	1.85E+08	1.83E+08
^{224}Ra	3.70E+09	3.66E+09
^{225}Ac	1.85E+08	1.83E+08
^{227}Th	1.85E+08	1.83E+08
^{228}Ra	3.70E+09	3.66E+09
^{232}Th	3.70E+09	3.66E+09

3.3.2.17 成品库及原料库

项目成品库及原料库存放的非密封放射性物质均有完整包装，且经过表面沾污检测合格，暂存过程中不会拆开包装，项目营运期间正常工况下不会产生放射性废气和放射性废水，因此在暂存过程中主要污染源项为电离辐射。

(1) α 射线

本项目拟暂存的放射性药物包括治疗用 α 核素药物 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{223}Ra 、 ^{224}Ra 和 ^{225}Ac 等核素，这些放射性核素会自发衰变产生 α 射线。

(2) β 射线

本项目拟暂存放射性药物包括正电子药物和治疗用 β 核素药物，这些放射性核素会自发衰变产生 β^+ 粒子或 β^- 粒子。

(3) γ 射线

诊断用单光子药物会通过轨道电子俘获产生 γ 射线，另外其他放射性核素在发生 α 衰变或 β 衰变时也伴随产生 γ 射线。

(4) 放射性固体废物

为确保放射性药物暂存过程中的辐射安全，项目拟对进出库放射性药物货包进行表面沾污水平检测，检测合格方可入库或装车外运，不合格的进行擦拭去污，去污过程中将产生少量擦拭放射性废物约 5kg/a。

3.3.2.18 其他辐射污染源项

(1) 废过滤材料

本项目高效过滤和活性炭吸附装置需定期更换过滤和吸附材料以保证净化效果，本项目辐射工作场所共有 71 套过滤机组，平均每套过滤机组内置过滤材料约 10kg。废弃的过滤材料含有放射性核素，作为放射性固体废物处理。

(2) 铅罐去污擦拭废纸

本项目产品包装铅罐采取回收重复利用方式。铅罐回收后，经暂存一定时间后，先测定表面污染情况，满足要求（小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）可直接进行清洁后回用。若个别铅罐经检测不满足要求，则需延长暂存时间至满足要求为止；或进行清洁去污，去污方式拟采用擦拭纸进行清洁，不涉及水洗，产生含有放射性核素的擦拭废纸，产生量约 200g/d。

实际生产营运期间，因铅罐内的放射性药品盛装在密封的产品瓶中，铅罐不直接与放射性药品接触，通常情况下铅罐沾污几率较低。

(3) 废弃材料和沾污衣物

本项目产生的放射性固体废物主要包括：废弃的瓶子、标签、管道、手套、鞋套、口罩等用品，同时，生产线辐射工作人员每日离开生产线时需进行手脚体表沾污监测，正常情况下，生产线工作人员不会产生沾污；若出现监测不达标，则需进行去污清洁，并将沾污衣物作为放射性固体废物处理。各类物品产生量约为 200kg/a。

(4) 工作人员应急去污擦拭固废

生产线辐射工作人员每日离开生产线时需进行手脚沾污监测，正常情况下，生产线工作人员不会产生沾污，无冲淋废水产生。若出现监测不达标，则采取湿巾纸擦拭去污的方式进行去污，擦拭至满足要求为止，去污完成后方可退出至淋浴间二次清洗，因此本项目不产生放射性废水。根据建设单位提供资料，本项目建成后每个生产车间擦拭去污用纸最大为 5kg/a，研发中心质检区擦拭去污用纸最大为 10kg/a，因此本项目辐射工作场所产生擦拭去污用纸最大为 90kg（14 个生产车间及放射性质检区及研发中

心)。

(5) 废旧发生器回收

本项目生产的发生器由建设单位回收处置，根据本项目建设规模及产品方案可知，本项目年最大生产销售 4600 个，根据工艺描述回收后的发生器主要废物为离子交换柱，每个约 20g，故废旧发生器回收年最大产生 92kg 放射性固废。

3.3.3 营运期非放射性污染源

本项目是对一期工程进行改扩建，根据建设单位提供的建设方案，本次改扩建不涉及一期工程已建综合车间(二)中动物实验区建设内容及规模和职工食堂就餐规模的调整。同时，项目场所通排风系统依托一期工程已建通排风系统。前述内容产生的非放射性污染源项目(主要为油烟废气、恶臭、设备运行噪声等)已在一期工程环评报告书中进行了分析，因此，本项目非放射性污染源项目主要为本次涉及改扩建的各放射性生产线、放射性药物研发中心在运营期间产生的污染源项目，主要包括生产废水、固体废物及工作人员产生的生活污水和生活垃圾，其产生情况分析如下：

(1) 废水

项目非放射性废水包括生活污水和生产废水，其中生产废水包括外购空铅罐在使用前清洗产生的清洗废水、放射性药物研发中心及质检区在实验前对器皿清洗产生的清洗废水、辐射工作人员洁净服清洗废水。

① 生活污水

本项目拟定 85 人。参照《四川省用水定额》(川府函〔2021〕8 号)，生活用水按 240L/(人·d) 计，日用水量为 20.4m³/d，排放系数取 0.8，则生活污水排放量为 16.32m³/d(年工作 250 天，4080m³/a)。

② 生产废水

生产废水包括外购空铅罐在使用前清洗产生的清洗废水、放射性药物研发中心及质检区在实验前对器皿清洗产生的清洗废水。

空铅罐清洗废水：空铅罐清洗采用自来水清洗，用水量约 2.5m³/d，排放系数取 0.8，则清洗废水产生量约 2m³/d(年工作 250 天，500m³/a)。

实验前空器皿清洗废水：实验器皿在实验前需用纯水进行清洗，用水量约 0.3m³/d。纯水由一期工程已建纯水制备系统提供。排放系数取 0.8，则清洗废水产生量约 0.24m³/d(年工作 250 天，60m³/a)。

洁净服清洗废水：进入涉放工作场所的工作人员需更换洁净服，更换下的洁净服用自来水清洗，用水量约 $1.5\text{m}^3/\text{d}$ 。排放系数取 0.8，则清洗废水产生量约 $1.2\text{m}^3/\text{d}$ （年工作 250 天， $300\text{m}^3/\text{a}$ ）。

（2）固体废物

本项目非放射性固体废物包括工作人员产生的生活垃圾，以及放射性药物生产线、放射性药物研发中心和质检区产生的各类非放射性固体废物。

①本项目拟设置工作人员 85 人，生活垃圾按 $0.5\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{d})$ 计，产生量为 $42.5\text{kg}/\text{d}$ （年工作 250 天， $1.06\text{t}/\text{a}$ ）。

②放射性药物生产线产生的非放射性固废主要是原辅料外包装废材（纸盒、塑料袋等）、产品外包发货环节产生的包装废材（纸箱、泡沫、塑料袋等）、一次性劳保用品（手套、口罩等）；放射性药物研发中心和质检区产生的非放射性固废主要是实验用溶液配置过程产生的废有机溶液、废培养基等活性物质、空试剂瓶等，前述污染物产生量详见本报告 3.4.2 章节。

3.4 废弃物

3.4.1 放射性废物

3.4.1.1 气载流出物

本项目放射性原料及放药成品原则上不暂存，只有在不能立即开展生产时，临时暂存在相应的库房内（一般不超过 2 天）。且放射性原料、放药产品和放射性废物存储期间均密封在铅罐内。因此，运营期间，项目放射性气载流出物主要源于各放药生产线、放射性质检与研发等场所对核素溶液操作过程中产生。

本项目放射性工作场所采用分区域独立排风设计，各功能区均设置局部排风与全面排风双系统。热室或设备废气经局部排风系统收集后，先通过一级活性炭过滤装置进行预处理，再经二级过滤装置（设计过滤效率 $\geq 99\%$ ）净化后排放；放射质检区、放射性药物研发中心通风橱等密闭操作设备产生的废气，由专用局部排风系统直接经同规格高效过滤装置处理后排放，系统风量经严格匹配设计，确保过滤装置处理效率；各生产车间操作间、外包间及质检研发的实验室废气经各场所全排系统收集，经相应高效过滤装置净化后排放；各工作场所排风系统均采用独立风道设计，实现物理隔离，有效避免交叉污染风险。

根据 3.3.2 节污染源和核素平衡分析可知，放射性气载流出物的产生量及排放量汇

总见表 3-65。

3.4.1.2 放射性废液

放射性废液主要各生产线产生的少量纯化废液、质检区产的少量质检废液及研发区产生的少量研发实验废液，根据3.3.2节污染源和核素平衡分析可知，放射性废水的产生量及排放量汇总见表 3-66。

3.4.1.3 放射性固废

本项目放射性固废主要来自各放药生产线、放射性质检与研发，以及涉放区排风系统高效过滤装置定期更换产生的含有核素的废过滤芯。

根据 3.3.2 节污染源和核素平衡分析可知，放射性固废的产生量及处置情况汇总见表 3-67。

表 3-65 放射性气载流出物排放量

场所名称	核素	工作时间 (d)	日产生量 (Bq/d)	年产生量 (Bq/a)	治理措施及排放去向	排放量 (Bq/a)	
放药101车间	²²⁸ Ra	365	3.70E+05	1.35E+08	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤,再由α-1#BIBO高效过滤装置过滤由JP(1F1)-2F-2排风机引至1-2#排口排放;操作区废气由全排系统收集,经α-2#BIBO高效过滤装置,由JP(1F1)-2F-1排风机引至1-2#排口排放;外包区废气由全排系统收集,经α-3#BIBO高效过滤装置,由JP(1F1)-2F-3排风机引至1-2#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。	1.35E+06	7.40E+07 (²¹¹ At) 7.40E+05 (²²⁵ Ac) (保守考虑年生产200天 ²¹¹ At、50天 ²²⁵ Ac)
	²²⁸ Th	365	3.70E+05	1.35E+08		1.35E+06	
	²²⁴ Ra	365	3.70E+05	1.35E+08		1.35E+06	
	²¹² Pb	200	3.70E+05	7.40E+07		7.40E+05	
	²¹² Bi	100	3.70E+05	3.70E+07		3.70E+05	
	²²⁵ Ac	100	1.48E+06	1.48E+08		1.48E+06	
	²¹¹ At	200	3.70E+07	7.40E+09		7.40E+07	
放药102车间	²²⁸ Ra	100	7.40E+06	7.40E+08	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤,再由α-4#BIBO高效过滤装置过滤由JP(1F2)-2F-2排风机引至1-3#排口排放;操作区废气由全排系统收集,经α-5#BIBO高效过滤装置,由JP(1F2)-2F-1排风机引至1-3#排口排放;外包区废气由全排系统收集,经α-6#BIBO高效过滤装置,由JP(1F2)-2F-3排风机引至1-3#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。	7.40E+06	7.40E+06 (²²⁸ Th) 7.40E+06 (²²⁴ Ra)
	²²⁸ Th	100	7.40E+06	7.40E+08		7.40E+06	
	²²⁴ Ra	100	7.40E+06	7.40E+08		7.40E+06	
放药103车间	²²⁸ Ra	100	7.40E+07	7.40E+09	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤,再由α-7#BIBO高效过滤装置过滤由JP(1F3)-2F-2排风机引至1-3#排口排放;操作区废气由全排系统收集,经α-8#BIBO高效过滤装置,由JP(1F3)-2F-1排风机引至1-3#排口排放;外包区废气由全排系统收集,经α-9#BIBO高效过滤装置,由	7.40E+07	7.40E+07 (²²⁸ Th) 7.40E+07 (²²⁴ Ra)
	²²⁸ Th	100	7.40E+07	7.40E+09		7.40E+07	
	²²⁴ Ra	100	7.40E+07	7.40E+09		7.40E+07	

					JP(1F3)-2F-3排风机引至1-3#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。		
放药104车间	²¹² Pb	200	7.40E+06	1.48E+09	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤,再由α-10#BIBO高效过滤装置过滤由JP(1F4)-2F-2排风机引至1-4#排口排放;操作区废气由全排系统收集,经α-11#BIBO高效过滤装置,由JP(1F4)-2F-1排风机引至1-4#排口排放;外包区废气由全排系统收集,经α-12#BIBO高效过滤装置,由JP(1F4)-2F-3排风机引至1-4#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。	1.48E+07	1.48E+08 (²¹¹ At) 3.70E+07 (²²⁵ Ac) (保守考虑年生产200天 ²¹¹ At、50天 ²²⁵ Ac)
	²¹² Bi	200	7.40E+06	1.48E+09		1.48E+07	
	²²⁵ Ac	100	7.40E+07	7.40E+09		7.40E+07	
	²¹¹ At	200	7.40E+07	1.48E+10		1.48E+08	
放药106车间	²¹² Pb	200	7.40E+06	1.48E+09	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤,再由α-16#BIBO高效过滤装置过滤由JP(1F6)-2F-2排风机引至1-1#排口排放;操作区废气由全排系统收集,经α-17#普通高效过滤装置,由JP(1F6)-2F-1排风机引至1-1#排口排放;外包区废气由全排系统收集,经α-18#普通高效过滤装置,由JP(1F6)-2F-3排风机引至1-1#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。	1.48E+07	1.48E+08 (²¹¹ At) 3.70E+07 (²²⁵ Ac) (保守考虑年生产200天 ²¹¹ At、50天 ²²⁵ Ac)
	²¹² Bi	100	7.40E+06	7.40E+08		7.40E+06	
	²²⁵ Ac	100	7.40E+07	7.40E+09		7.40E+07	
	²¹¹ At	200	7.40E+07	1.48E+10		1.48E+08	
放药107车间	¹⁷⁷ Lu	200	2.22E+09	4.44E+11	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤,再由α-19#BIBO高效过滤装置过滤由JP(1F7)-2F-2排风机引至1-2#排口排放;操作区废气由全排系统收集,经α-20#普通高效过滤装置,由JP(1F7)-2F-1排风机引至1-2#排口排放;外包区废气由全排系	4.44E+09	5.92E+07 (²¹¹ At) 7.40E+05 (²²⁵ Ac) (保守考虑年生产200天 ²¹¹ At、50天
	¹⁶¹ Tb	200	1.48E+08	2.96E+10		2.96E+08	
	²²⁵ Ac	100	1.48E+06	1.48E+08		1.48E+06	
	²¹¹ At	200	2.96E+07	5.92E+09		5.92E+07	

					统收集，经 α -21#普通高效过滤装置，由JP(1F7)-2F-3排风机引至1-2#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。		²²⁵ Ac)
放药201车间	¹³¹ I	200	7.40E+09	1.48E+12	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤，再由I-1#除碘高效过滤装置过滤由JP(2F1)-WD-2排风机引至1-5#排口排放；操作区废气由全排系统收集，经I-2#除碘高效过滤装置，由JP(2F1)-WD-1排风机引至1-5#排口排放；外包区废气由全排系统收集，经I-3#除碘高效过滤装置，由JP(2F1)-WD-3排风机引至1-5#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。	1.48E+10	1.48E+10
放药202车间	¹⁷⁷ Lu	200	2.22E+09	4.44E+11	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤，再由Lu-4-1#普通高效过滤装置过滤由JP(2F2)-3F-2排风机引至1-1#排口排放；操作区废气由全排系统收集，经Lu-4-2#普通高效过滤装置，由JP(2F2)-3F-1排风机引至1-1#排口排放；外包区废气由全排系统收集，经Lu-4-3#普通高效过滤装置，由JP(2F2)-3F-3排风机引至1-1#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。	4.44E+09	1.11E+09 (¹⁷⁷ Lu) 7.40E+05 (²²⁵ Ac) (保守考虑年生产100天 ¹⁷⁷ Lu、50天 ²²⁵ Ac)
	¹⁶¹ Tb	200	1.48E+08	2.96E+10		2.96E+08	
	²⁰³ Pb	100	2.96E+06	2.96E+08		2.96E+06	
	²²⁵ Ac	200	3.70E+05	7.40E+07		7.40E+05	
放药203车间	⁹⁰ Y	200	9.25E+08	1.85E+11	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤，再由Y-1#普通高效过滤装置过滤由JP(2F3)-3F-2排风机引至1-2#排口排放；操作区废气由全排系统收集，经Y-2#普通高效过滤装置，由JP(2F3)-3F-1排风机引至1-2#排	1.85E+09	1.85E+09

					口排放；外包区废气由全排系统收集，经Y-3#普通高效过滤装置，由JP(2F3)-3F-3排风机引至1-2#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。		
放药204车间	¹⁷⁷ Lu	200	2.22E+09	4.44E+11	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤，再由Lu-3-1#普通高效过滤装置过滤由JP(2F4)-3F-2排风机引至1-2#排口排放；操作区废气由全排系统收集，经Lu-3-2#普通高效过滤装置，由JP(2F4)-3F-1排风机引至1-2#排口排放；外包区废气由全排系统收集，经Lu-3-3#普通高效过滤装置，由JP(2F4)-3F-3排风机引至1-2#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。	4.44E+09	1.11E+09 (¹⁷⁷ Lu) 2.96E+06 (²²⁵ Ac) (保守考虑年生产50天 ¹⁷⁷ Lu、200天 ²²⁵ Ac)
	¹⁶¹ Tb	200	2.96E+08	5.92E+10		5.92E+08	
	²²⁵ Ac	200	1.48E+06	2.96E+08		2.96E+06	
放药206车间	¹⁷⁷ Lu	200	2.22E+09	4.44E+11	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤，再由Lu-1-1#普通高效过滤装置过滤由JP(2F6)-3F-2排风机引至1-4#排口排放；操作区废气由全排系统收集，经Lu-1-2#普通高效过滤装置，由JP(2F6)-3F-1排风机引至1-4#排口排放；外包区废气由全排系统收集，经Lu-1-3#普通高效过滤装置，由JP(2F6)-3F-3排风机引至1-4#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。	4.44E+09	1.11E+09 (¹⁷⁷ Lu) 2.96E+06 (²²⁵ Ac) (保守考虑年生产50天 ¹⁷⁷ Lu、200天 ²²⁵ Ac)
	¹⁶¹ Tb	200	1.48E+08	2.96E+10		2.96E+08	
	²²⁵ Ac	200	1.48E+06	2.96E+08		2.96E+06	
放药207车间	¹⁷⁷ Lu	200	2.22E+09	4.44E+11	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤，再由Lu-2-1#普通高效过滤装置过滤由JP(2F5)-3F-2排风机引至1-4#排口排放；操作区废气由全排系统收集，经Lu-2-2#普通高效过	4.44E+09	1.11E+09 (¹⁷⁷ Lu) 2.96E+06 (²²⁵ Ac) (保守考虑年生产
	¹⁶¹ Tb	200	1.48E+08	2.96E+10		2.96E+08	
	²²⁵ Ac	200	1.48E+06	2.96E+08		2.96E+06	

					滤装置，由JP(2F5)-3F-1排风机引至1-4#排口排放；外包区废气由全排系统收集，经Lu-2-3#普通高效过滤装置，由JP(2F5)-3F-3排风机引至1-4#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。		50天 ¹⁷⁷ Lu、200天 ²²⁵ Ac)
放药208车间	¹⁷⁷ Lu	200	2.22E+09	4.44E+11	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤，再由Tb-1-1普通高效过滤装置过滤由JP(2F11)-3F-2排风机引至1-9#排口排放；操作区废气由全排系统收集，经Tb-1-2普通高效过滤装置，由JP(2F11)-3F-1排风机引至1-9#排口排放；外包区废气由全排系统收集，经Tb-1-3普通高效过滤装置，由JP(2F11)-3F-3排风机引至1-9#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。	4.44E+09	1.11E+09 (¹⁷⁷ Lu) 7.40E+05 (²²⁵ Ac) (保守考虑年生产50天 ¹⁷⁷ Lu、200天 ²²⁵ Ac)
	¹⁶¹ Tb	200	1.48E+08	2.96E+10		2.96E+08	
	²²⁵ Ac	200	3.70E+05	7.40E+07	7.40E+05		
放药209车间	¹⁷⁷ Lu	200	2.22E+09	4.44E+11	热室内废气经局排系统收集经热室内活性炭一级过滤过滤，再由Ac-1-1普通高效过滤装置过滤由JP(2F12)-3F-2排风机引至1-9#排口排放；操作区废气由全排系统收集，经Ac-1-2普通高效过滤装置，由JP(2F12)-3F-1排风机引至1-9#排口排放；外包区废气由全排系统收集，经Ac-1-3普通高效过滤装置，由JP(2F12)-3F-3排风机引至1-9#排口排放。所有过滤机组综合过滤效率>99%。	4.44E+09	1.11E+09 (¹⁷⁷ Lu) 2.96E+06 (²²⁵ Ac) (保守考虑年生产50天 ¹⁷⁷ Lu、200天 ²²⁵ Ac)
	¹⁶¹ Tb	200	1.48E+08	2.96E+10		2.96E+08	
	²²⁵ Ac	200	1.48E+06	2.96E+08	2.96E+06		
放射质检区	¹¹ C	200	1.85E+06	3.70E+08	放射质检区内热室、试剂柜、通风柜等设备经自带活性炭一级过滤，再由除碘高效过滤装置过滤后由相应排风机组引至1-6#、1-8#、1-7#排口排放；	3.70E+06	
	¹⁸ F	200	1.85E+07	3.70E+09		3.70E+07	
	³² P	200	1.85E+06	3.70E+08		3.70E+06	
	⁶⁴ Cu	200	1.85E+06	3.70E+08		3.70E+06	

	⁶⁸ Ga	200	1.85E+06	3.70E+08	液相室、能谱室等各实验室废气由全排系统收集经除碘高效过滤装置过滤后引至1-6#排口排放。各过滤机组综合排放效率>99%。	3.70E+06
	⁸⁶ Y	200	1.85E+06	3.70E+08		3.70E+06
	⁸⁹ Sr	200	1.85E+05	3.70E+07		3.70E+05
	⁸⁹ Zr	200	1.85E+06	3.70E+08		3.70E+06
	⁹⁰ Y	200	1.85E+07	3.70E+09		3.70E+07
	^{99m} Tc	200	3.70E+06	7.40E+08		7.40E+06
	¹¹¹ In	200	1.85E+06	3.70E+08		3.70E+06
	¹²³ I	200	1.85E+07	3.70E+09		3.70E+07
	¹²⁴ I	200	1.85E+07	3.70E+09		3.70E+07
	¹²⁵ I	200	4.63E+07	9.26E+09		9.26E+07
	¹³¹ I	200	3.70E+07	7.40E+09		7.40E+07
	¹⁶¹ Tb	200	1.85E+07	3.70E+09		3.70E+07
	¹⁷⁷ Lu	200	1.85E+07	3.70E+09		3.70E+07
	¹⁸⁸ Re	200	1.85E+06	3.70E+08		3.70E+06
	²⁰³ Pb	200	1.85E+06	3.70E+08		3.70E+06
	²¹¹ At	200	3.70E+06	7.40E+08		7.40E+06
	²¹² Bi	200	7.40E+05	1.48E+08		1.48E+06
	²¹² Pb	200	7.40E+05	1.48E+08		1.48E+06
	²²³ Ra	200	1.85E+05	3.70E+07		3.70E+05
	²²⁴ Ra	200	7.40E+05	1.48E+08		1.48E+06
²²⁵ Ac	200	1.85E+06	3.70E+08	3.70E+06		
²²⁷ Th	200	1.85E+06	3.70E+08	3.70E+06		
²²⁸ Ra	200	7.40E+05	1.48E+08	1.48E+06		
²²⁸ Th	200	7.40E+05	1.48E+08	1.48E+06		
放射性药物研发中心	¹¹ C	100	1.85E+06	1.85E+08	放射质检区内热室、通风橱等设备经自带活性炭一级过滤，再由BIBO高效过滤装置过滤后由相应排风机组引至2-1#、2-3#、2-5#、2-7#排口排放；放射性化学实验室1、放射性化学实验室2等各实验室废气由全排系统收集经BIBO高效过滤装置过滤后引至2-1#、2-3#、2-5#、2-7#排口排放。各过滤机组综合排放效率>99%。	1.85E+06
	¹⁸ F	100	7.40E+07	7.40E+09		7.40E+07
	³² P	100	7.40E+06	7.40E+08		7.40E+06
	⁶⁴ Cu	100	3.70E+06	3.70E+08		3.70E+06
	⁶⁸ Ga	100	3.70E+06	3.70E+08		3.70E+06
	⁶⁸ Ge	100	3.70E+06	3.70E+08		3.70E+06
	⁸⁶ Y	100	1.85E+06	1.85E+08		1.85E+06
	⁸⁹ Sr	100	1.85E+07	1.85E+09		1.85E+07
	⁸⁹ Zr	100	3.70E+06	3.70E+08		3.70E+06
	⁹⁰ Y	100	7.40E+06	7.40E+08		7.40E+06
^{99m} Tc	100	1.11E+07	1.11E+09	1.11E+07		

¹¹¹ In	100	3.70E+06	3.70E+08	3.70E+06
¹²³ I	100	3.70E+07	3.70E+09	3.70E+07
¹²⁴ I	100	3.70E+07	3.70E+09	3.70E+07
¹²⁵ I	100	3.70E+07	3.70E+09	3.70E+07
¹³¹ I	100	7.40E+07	7.40E+09	7.40E+07
¹³⁷ Cs	100	3.70E+05	3.70E+07	3.70E+05
^{137m} Ba	100	3.70E+05	3.70E+07	3.70E+05
¹⁶¹ Tb	100	7.40E+06	7.40E+08	7.40E+06
¹⁶⁶ Ho	100	3.70E+04	3.70E+06	3.70E+04
¹⁷⁷ Lu	100	7.40E+06	7.40E+08	7.40E+06
¹⁸⁸ Re	100	3.70E+06	3.70E+08	3.70E+06
²⁰³ Pb	100	3.70E+06	3.70E+08	3.70E+06
²¹¹ At	100	3.70E+06	3.70E+08	3.70E+06
²¹² Bi	100	3.70E+05	3.70E+07	3.70E+05
²¹² Pb	100	3.70E+05	3.70E+07	3.70E+05
²²³ Ra	100	1.85E+04	1.85E+06	1.85E+04
²²⁴ Ra	365	3.70E+05	1.35E+08	1.35E+06
²²⁵ Ac	100	1.85E+04	1.85E+06	1.85E+04

注：①根据建设方案，各放药生产车间每条生产线最多只生产一种核素，综合各核素日最大操作量、挥发性及剂量转换因子等因素考虑，各生产车间保守以辐射影响最大的核素为例，其排放量则保守取车间合计排放量计。

表 3-66 放射性废液产生及处置情况表

产生车间	核素名称	废水种类	单产生量 (L/d)	比活度 (Bq/L)	年生产天数 (d)	年产生废水量 (L/a)	暂存处置情况及最终去向
放药101车间	²²⁸ Ra	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+06	365	146	采取分类收集、分类处理： ①含长半衰期核素：由热室内专用容器收集暂存一定量后转移至衰变池的长半衰期放射性废液暂存罐中，定期委托相关资质单位处置。 ②含短半衰期核素：经各产线特排水管道排入综合车间（一）室外设置的埋地式衰变池内暂存衰变，衰变至总α≤1Bq/L、总β≤10Bq/L，监测结果经监管部门认可后，排入厂区内污水处理站，经过污水处理站处理后排入园区污水管网，进入产业园污水处理厂处理。
	²²⁸ Th	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+06	365	146	
	²²⁴ Ra	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+06	365	146	
	²¹² Pb	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+06	200	80	
	²¹² Bi	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+06	100	40	
	²²⁵ Ac	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+07	100	40	
	²¹¹ At	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+08	200	80	
放药102车间	²²⁴ Ra	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.2	7.40E+07	100	20	
	²²⁴ Ra (²¹² Pb)	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.2	7.40E+07	100	20	
	²²⁸ Th (²¹² Pb)	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.2	7.40E+07	100	20	
	²²⁸ Th	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.2	7.40E+07	100	20	
	²²⁸ Ra	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.2	7.40E+07	100	20	
放药103车间	²²⁴ Ra	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.2	7.40E+08	100	20	
	²²⁴ Ra (²¹² Pb)	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.2	7.40E+08	100	20	

	^{228}Th (^{212}Pb)	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.2	7.40E+08	100	20
	^{228}Th	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.2	7.40E+08	100	20
	^{228}Ra	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.2	7.40E+08	100	20
放药104车 间	^{212}Pb	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.2	7.40E+07	200	40
	^{212}Bi	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.2	3.70E+07	200	40
	^{225}Ac	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.4	3.70E+08	100	40
	^{211}At	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.4	3.70E+08	200	80
	^{203}Pb	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.4	3.70E+07	100	40
放药106车 间	^{212}Pb	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.2	7.40E+07	200	40
	^{212}Bi	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.2	3.70E+07	100	20
	^{225}Ac	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.4	3.70E+08	100	40
	^{211}At	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.4	3.70E+08	200	80
放药107车 间	^{225}Ac	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.4	3.70E+08	100	40
	^{211}At	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.4	3.70E+08	200	80
	^{177}Lu	残余核素溶液及生产 管路冲洗废水	0.4	2.22E+09	200	80
	^{161}Tb	残余核素溶液及生产	0.4	3.70E+07	200	80

		管路冲洗废水				
放药201车间	¹³¹ I	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	1	7.40E+08	200	200
放药202车间	²²⁵ Ac	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	7.40E+07	200	80
	¹⁷⁷ Lu	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	2.22E+09	200	80
	¹⁶¹ Tb	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+08	200	80
	²⁰³ Pb	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	7.40E+06	100	40
放药203车间	⁹⁰ Y	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	5.55E+09	200	80
放药204车间	¹⁷⁷ Lu	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	2.22E+09	200	80
	¹⁶¹ Tb	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	7.40E+08	200	80
	²²⁵ Ac	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+07	200	80
放药206车间	¹⁷⁷ Lu	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	2.22E+09	200	80
	¹⁶¹ Tb	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+08	200	80
	²²⁵ Ac	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+07	200	80
放药207车间	¹⁷⁷ Lu	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	2.22E+09	200	80
	¹⁶¹ Tb	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+08	200	80
	²²⁵ Ac	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+07	200	80

放药208车间	¹⁷⁷ Lu	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	2.22E+09	200	80	
	¹⁶¹ Tb	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+08	200	80	
	²²⁵ Ac	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	7.40E+07	200	80	
放药209车间	¹⁷⁷ Lu	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	2.22E+09	200	80	
	¹⁶¹ Tb	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+08	200	80	
	²²⁵ Ac	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.4	3.70E+07	200	80	
放射质检区	¹¹ C、 ³² P、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁸ Ga等	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.33	3.99E+09	250	82.5	<p>采取分类收集、分类处理：</p> <p>①含长半衰期核素：由热室内专用容器收集暂存一定量后转移至衰变池的长半衰期放射性废液暂存罐中，定期委托相关资质单位处置。</p> <p>②含短半衰期核素：经各产线特排水管道排入综合车间（一）室外设置的埋地式衰变池内暂存衰变，衰变至总$\alpha\leq 1\text{Bq/L}$、总$\beta\leq 10\text{Bq/L}$，监测结果经审管部门认可后，排入厂区内部污水处理站，经过污水处理站处理后排入园区污水管网，进入产业园污水处理厂处理。</p> <p>③含有机溶剂的放射性废水：经各实验室内专用特排水管道收集排入综合车间（一）室外设置的埋地式衰变池内暂存衰变，衰变至总$\alpha\leq 1\text{Bq/L}$、总$\beta\leq 10\text{Bq/L}$，监测结果经审管部门认可后，作为危废交由有资质单位处置。</p>
		含有有机溶剂的放射性废液	2.8			700	
放射性药物研发中心	¹⁸ F、 ³² P、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁸ Ga等	残余核素溶液及生产管路冲洗废水	0.66	2.22E+09	250	165	
		含有有机溶剂的放射性废液	4.95			1237.5	

表 3-67 运行期间放射性固废产生及处置情况表

场所	核素名称	废水种类	产生量 (g/d)	比活度 (Bg/g)	年生产天数 (d)	年产生固废量 (kg/a)	暂存处置情况及最终去向
放药101 车间	²²⁸ Ra	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	200	3.70E+05	365	73	采取分核素收集、暂存的方式： 按核素种类由专用容器分类收集打包，集中至该车间一层的放射性废物库进行暂存。其中长半衰期放射性固体废物转移至放射性废物库的长半衰期收集桶（防护铅当量为10mmPb）内暂存，定期交由有资质的单位处置；α短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的α短半衰期收集桶（防护铅当量为10mmPb）内暂存，β短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的β短半衰期收集桶（防护铅当量为10mmPb）内暂存，暂存至辐射剂量率满足所处环境本地水平，且α表面污染小于0.08Bq/cm ² ，β表面污染小于0.8Bq/cm ² ，经主管部门同意后解控作为一般固废处置。
	²²⁸ Th		200	3.70E+05	365	73	
	²²⁴ Ra		200	3.70E+05	365	73	
	²¹² Pb		200	3.70E+05	200	40	
	²¹² Bi		200	3.70E+05	100	20	
	²²⁵ Ac		200	1.85E+06	100	20	
	²¹¹ At	200	1.85E+07	200	40		
放药102 车间	²²⁴ Ra	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	100	1.48E+07	100	10	
	²²⁴ Ra (²¹² Pb)		100	1.48E+07	100	10	
	²²⁸ Th (²¹² Pb)		100	1.48E+07	100	10	
	²²⁸ Th		100	1.48E+07	100	10	
放药103 车间	²²⁸ Ra	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	200	3.70E+07	100	20	
	²²⁴ Ra (²¹² Pb)		200	3.70E+07	100	20	
	²²⁸ Th (²¹² Pb)		200	3.70E+07	100	20	
	²²⁸ Th		200	7.40E+07	100	20	
	²²⁸ Ra	200	7.40E+07	100	20		
放药104 车间	²¹² Pb	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	200	1.12E+07	200	40	
	²¹² Bi		200	8.50E+06	200	40	
	²²⁵ Ac		200	3.84E+07	100	20	
	²¹¹ At		200	3.84E+07	200	40	
	²⁰³ Pb		200	3.84E+06	100	20	
放药106 车间	²¹² Pb	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	200	1.12E+07	200	40	
	²¹² Bi		200	8.50E+06	100	20	
	²²⁵ Ac		200	3.92E+07	100	20	
	²¹¹ At		200	3.92E+07	200	40	

放药107 车间	²²⁵ Ac	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	200	3.78E+06	100	20	采取分核素收集、暂存的方式： 按核素种类由专用容器分类收集打包，集中至该车间一层的放射性废物库进行暂存。其中长半衰期放射性固体废物转移至放射性废物库的长半衰期收集桶（防护铅当量为10mmPb）内暂存，定期交由有资质的单位处置；α短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的α短半衰期收集桶（防护铅当量为10mmPb）内暂存，β短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的β短半衰期收集桶（防护铅当量为10mmPb）内暂存，暂存至辐射剂量率满足所处环境本地水平，且α表面污染小于0.08Bq/cm ² ，β表面污染小于0.8Bq/cm ² ，经主管部门同意后解控作为一般固废处置。
	²¹¹ At		200	8.44E+06	200	40	
	¹⁷⁷ Lu		400	4.37E+07	200	80	
	¹⁶¹ Tb		400	6.25E+06	200	80	
放药201 车间	¹³¹ I	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	500	8.14E+07	200	100	
放药202 车间	²²⁵ Ac	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	200	4.98E+06	200	40	
	¹⁷⁷ Lu		400	4.37E+07	200	80	
	¹⁶¹ Tb		400	6.25E+06	200	80	
	²⁰³ Pb		400	1.10E+06	100	40	
放药204 车间	¹⁷⁷ Lu	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	400	5.08E+08	200	10	
	¹⁶¹ Tb		400	4.37E+07	200	80	
	²²⁵ Ac		200	1.25E+08	200	80	
放药206 车间	¹⁷⁷ Lu	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	400	3.78E+06	200	40	
	¹⁶¹ Tb		400	4.37E+07	200	80	
	²²⁵ Ac		200	6.25E+06	200	80	
放药207 车间	¹⁷⁷ Lu	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	400	3.78E+06	200	40	
	¹⁶¹ Tb		400	4.37E+07	200	80	
	²²⁵ Ac		200	6.25E+06	200	80	
放药208 车间	¹⁷⁷ Lu	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	400	3.78E+06	200	40	
	¹⁶¹ Tb		400	4.37E+07	200	80	
	²²⁵ Ac		200	6.25E+06	200	80	
放药209 车间	¹⁷⁷ Lu	废合成卡套、废原料瓶、废凝胶柱，沾污一次性针头及输送软管等套件等	400	4.98E+06	200	40	
	¹⁶¹ Tb		400	4.37E+07	200	80	
	²²⁵ Ac		200	6.25E+06	200	80	

放射质检区	^{11}C 、 ^{32}P 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 等	受检药物稀释原液	4.95kg	2.02E+08	250	1237.5	采取分核素收集、暂存的方式： 按核素种类由专用容器分类收集打包，集中至该车间一层的放射性废物库进行暂存。其中长半衰期放射性固体废物转移至长半衰期收集桶内暂存，定期交由有资质的单位处置； α 短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的 α 短半衰期收集桶内暂存， β 短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的 β 短半衰期收集桶内暂存，暂存至辐射剂量率满足所处环境本地水平，且 α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，经主管部门同意后解控作为一般固废处置。
放药生产区	^{212}Pb 、 ^{224}Ra 、 ^{228}Th 等	离子交换树脂	/	/	/	92	在放药 102/103 车间热室拆解，分类收集转运至综合车间（一）一层放射性废物库发生器回收暂存区，定期交由有资质单位处置。
放射性药物研发中心	^{18}F 、 ^{32}P 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 等	受检药物稀释原液	9.9kg	1.21E+08	250	2475	采取分核素收集、暂存的方式： 研发实验室产生的放射性固废运至该车间一层放射性废物库暂存。其中，含有 α 短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的 α 短半衰期收集桶（防护铅当量为 10mmPb ）内暂存， β 短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的 β 短半衰期收集桶（防护铅当量为 10mmPb ）内暂存，暂存至辐射剂量率满足所处环境本地水平，且 α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，经主管部门同意后解控作为一般固废处置。。
通排风系统	项目所有核素	废活性炭、滤芯等	/	/	/	710	废活性炭及废滤芯由过滤机组拆出后打包转运至各生产车间1层放射性废物库滤芯暂存区暂存，暂存至辐射剂量率满足所处环境本地水平，且 α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，经主管部门同意后交由有资质单位处置
铅罐回收区	^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac 等	去污擦拭废纸	/	/	/	50	采取分核素收集、暂存的方式： 研发实验室产生的放射性固废运至综合车间一层放射性废物库暂存。其中，含有 α 短半衰期放射性废物转

成品库及原料库	^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac 等	去污擦拭废纸	/	/	/	5	移至放射性废物库的 α 短半衰期收集桶（防护铅当量为10mmPb）内暂存， β 短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的 β 短半衰期收集桶（防护铅当量为10mmPb）内暂存，暂存至辐射剂量率满足所处环境本地水平，且 α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，经主管部门同意后解控作为一般固废处置。
---------	---	--------	---	---	---	---	---

注：废活性炭、滤芯保守考虑每年更换一次。

3.4.2 非放废物

3.4.2.1 废气

本项目非放射性废气主要来源于质检中心及放药研发中心实验使用的盐酸、磷酸和硝酸等挥发产生的酸雾，以及乙醇产生的挥发性有机物；由于实验过程中酸性试剂和乙醇等试剂年用量较少，操作过程中酸雾、挥发性有机废气产生量较少，且各实验室及设备均设有相应的通排风系统，所有废气均经过滤装置过滤后排放，因此可忽略不计。

3.4.2.2 废水

根据源项分析，项目非放射性废水包括生活污水和生产废水，其中生产废水包括外购空铅罐在使用前清洗产生的清洗废水、放射性药物研发中心及质检区在实验前对器皿清洗产生的清洗废水、辐射工作人员洁净服清洗废水，废水汇总如下表所示：

表 3-68 运行期间非放废水产生及处置情况表

废水类别		日产生量 (m ³)	年产生量 (m ³)	处置方式
生产废水	生活污水	16.32	4080	非放废水经厂区污水管网收集，经厂区已建污水处理设施处理达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，进入核医疗产业园污水处理厂处理达标后排放。
	空铅罐清洗废水	2	500	
	实验前空器皿清洗废水	0.24	60	
	洁净服清洗废水	1.2	300	

3.4.2.3 噪声

本项目生产设备均为低噪声设备，主要噪声源于风机组运行噪声，噪声源强度在80dB(A)左右。

项目拟采用低噪声设备，同时针对不同的噪声源采取基础减振、厂房隔声、风机进出口设软接头等降噪措施。项目各产噪设备情况及治理措施见下表。

表 3-69 项目产噪设备及治理措施

噪声源	声源类型	噪声源强		降噪措施		噪声排放值		持续时间/h
		核算方法	噪声源强 dB(A)	工艺	降噪效果 dB(A)	核算方法	噪声值 dB(A)	
排风机	频发	类比法	80	隔声、减震、风机进出口设软接头	15	类比法	65	2920

注：保守按365天运行，每天8小时。

3.4.2.4 固体废物

本项目非放射性固体废物包括工作人员产生的生活垃圾，以及放射性药物生产线、放射性药物研发中心和质检区产生的各类非放射性固体废物，各类固废产生及处置情况见下表。

表 3-70 项目非放固废产生量、处理措施

工作场所	产污环节	产生量	暂存处置情况	最终去向
综合车间（一）、综合车间（二）的放射性药物生产线	原辅料外包装废材（纸盒、塑料袋等）、产品外包发货环节产生的包装废材（纸箱、泡沫、塑料袋等）、一次性劳保用品（手套、口罩等）；每条生产线产生量约1kg/d，本项目改扩建共涉及28条生产线	7t/a	车间内设非放固废专用收集容器收集，暂存于综合车间（一）非放危废暂存间	可回收的变卖废品收购站处置，不可回收的交市政环卫部门处理。
综合车间（一）、综合车间（二）放射性药物研发中心	实验用溶液配置过程产生的废有机溶液、沾染空试剂瓶等，产生量约10kg/d，属于《国家危险废物名录（2021版）》中HW49其他废物-非特定行业-900-047-49的危险废物	2.5t/a	场所内设非放固废专用容器收集，分类收集，暂存于危废暂存间	定期交有资质单位处理。
	废培养基等活性物质，产生量约5kg/d，属于《国家危险废物名录（2021版）》中HW49其他废物-非特定行业-900-047-49的危险废物	1.3t/a		先经高压蒸汽灭活后，定期交有资质单位处理。
综合楼	员工日常办公：生活垃圾产生量按每天0.5kg/人计，拟定85人。	10.625t/a	办公区设垃圾桶收集	交由市政环卫部门处理。

4 辐射防护与安全措施

4.1 场所布局与屏蔽

4.1.1 场所布局

4.1.1.1 厂区总平面布置及合理性分析

本项目包括对一期已批复的综合车间（一）部分放射性药物生产车间和质检区、综合车间（二）放射性药物研发区进行改建或扩建，所有工程是在一期已批复建设的厂房内进行建设，不涉及一期工程厂区总平布局的改、扩建。一期工程已于 2022 年编制了《游仙区放射药研发生产基地项目环境影响报告书》，并取得了四川省生态环境厅的批复（川环审批[2023]974 号），一期工程厂区总平布局已在该环境影响报告书中进行评价。本项目于 2025 年 1 月 8 日，对已建成的综合车间（一）质检中心的放射质检区和综合车间（二）放射性药物研发中心进行了竣工环保验收。根据《国通（绵阳）新药技术有限公司游仙区放射药研发生产基地项目竣工环境保护验收意见（第一阶段）》，项目建设过程中未对厂区总平面布置进行变动，结合现场调查，厂区各建筑设施布局与已批复的一期工程布局一致，因此，项目厂区总平布置合理。

4.1.1.2 车间平面布置

（1）综合车间（一）

综合车间（一）为三层高局部二层的建筑，无地下室设计。车间各层建筑平面布置图见附图 7-1 至附图 7-2。

车间一层包含放射性药物生产区及配套辅助用房，楼层东侧区域布置为工作人员进出门厅（包括更衣间、去污淋浴间、辐射监测间等）和辅助用房（包含空调机房、UPS 电源存放间、制水间等）。生产区集中布置在本楼层中部区域，项目二期将其划分为 7 个放射性药物生产车间（放药 101 车间、放药 102 车间、放药 103 车间、放药 104 车间、放药 105 车间、放药 106 车间、放药 107 车间）和 1 个预留生产车间，各生产车间由更衣间、缓冲间、准备间及操作区、外包区组成，空间相对独立，各车间之间人员通过更衣等进行出入管控。楼层西侧布设空调机房、放射性废物库、危化品暂存间和危废暂存间等辅助用房。本楼层人流主入口为东侧门厅。楼层东南端布置为库房区及运输打包收发货区，主要设有放射性原料库、成品库、外包间、稳定室、运输包装库、铅罐库、运输容器外清间等，为放射性原料、包装用铅罐等生产原料的进出

口和放药成品运输外包装打包、发货出口区。楼层西北端为非放射性物料进出口非放库区。

车间二层为放射性药物生产区及配套辅助用房，楼层东侧区布置为工作人员进出楼梯间和辅助用房（包含排风机房、空调机房等）。生产区集中布置在本楼层北部及中部区，项目二期将其划分为 8 个放射性药物生产车间（放药 201 车间、放药 202 车间、放药 203 车间、放药 204 车间、放药 206 车间、放药 207 车间、放药 208 车间、放药 209 车间）和 1 个预留生产车间，各生产车间由更衣间、缓冲间、准备间及操作区、外包区组成，空间相对独立，各车间之间人员通过更衣、监测间等进行出入管控。楼层南部为质检中心，按功能划分为放射质检区和常规质检区，放射质检区与常规质检区通过实验室墙体隔离，并设更衣、监测间等场所出入管控措施。楼层西端布置为空调机房。本楼层人流主出入口为东侧楼梯/电梯间，非放物料由西北端专用非放物料货运电梯进出，放射性原料及放药成品由东侧专用放射性货运电梯进出。

（2）综合车间（二）

综合车间（二）为三层高的建筑，无地下室设计。车间各层建筑平面布置图见附图 8-1 至附图 8-2。

车间一、二层设为放射性药物研发中心。一层南端布置为工作人员准备区（包括更衣间、淋浴间、辐射监测间等），作为人流进出车间的主出入口，工作人员经准备区更衣后进入一层或二层的实验区。一层北端布置为放射性物料出入口，并设冷冻放射性废物库与放射性废物库。

车间三层用于动物实验区（二期项目不涉及），工作人员在一楼准备区更衣后由南端电梯进入三层实验区；放射性物料由一楼北端专用货物电梯运至三层实验区。实验区北端为未注射放药的动物饲养区，南端为注射后的动物饲养区及实验区。实验区放射性废物由楼层北端专用货运电梯运至一楼放射性废物库或冷冻放射性废物库暂存。

综上所述，综合车间（一）与综合车间（二）各楼层的涉放工作场所相对独立，实现了人流、物流互不干扰，各楼层的平面布局既便于生产实验的操作需求，又便于辐射分区管理和辐射安全防护。因此，从辐射防护和环境保护的角度而言，本项目各车间的平面布置合理。

4.1.2 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4 条要求，应在

辐射工作场所内划出控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区是在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序禁止无关人员进入，职业人员在进行日常工作时尽量缩短在控制区内停留时间。

监督区通常不需要专门的防护手段或安全措施，需要对职业照射条件进行监督和评价。监督区入口处设置标明监督区的标志。监督区范围内限制无关人员进入。

结合本项目涉放工作场所内工艺系统布置、工艺特点、人物流路径规划及涉放场所辐射水平、辐射安全防护措施等因素，确定本项目控制区和监督区的划分见下表。辐射“两区”分布图见附图 9-1 至附图 10-2。

表 4-1 本项目辐射“两区”划分一览表

工作场所	控制区	监督区
综合车间（一）		
一层	放药101车间、放药102车间、放药103车间、放药104车间、放药105车间、放药106车间、放药107车间的操作区、外包间、缓冲间、洁具间（外包间旁）； α 放射性原料库、 β 放射性原料库、放射性成品库1、放射性成品库2、稳定性室2、放射性废物库	放药101车间、放药102车间、放药103车间、放药104车间、放药105车间、放药106车间、放药107车间的缓冲（一）、缓冲（二）、一更、二更、退更、生产准备间、洁具间（收发间旁）、收发间、外清间、洁净走道；收发货厅、外包间、运输包装库、运输容器外清间、铅罐清洗间、铅罐库；走廊、器具分发间、药盒分发间；门厅区辐射监测间、去污淋浴间。
二层	生产区： 放药201车间、放药202车间、放药203车间、放药204车间、放药206车间、放药207车间、放药208车间、放药209车间的操作区、外包间、缓冲和洁具间（外包区旁）； 放射质检区： 无菌操作室、培养室、灭菌室、阳性菌操作室、气相室、数据室、液相室、理化间稳定性室、内毒检测室、天平室、质谱室、能谱室、留样间、分析室2、分析室1、理化室2及其配套的走廊。	生产区： 放药201车间、放药202车间、放药203车间、放药204车间、放药206车间、放药207车间、放药208车间、放药209车间的缓冲（一）、缓冲（二）、一更、二更、退更、生产准备间、洁具间（收发间旁）、收发间、外清间；走廊、辐射监测间、去污间、器具分发、包材分发、药物分发、空调机房； 放射质检区： 更衣室、去污淋浴间、剂量管理室、辐射监测间。
综合车间（二）		
一层	涉放实验室： 放射性分析实验室1/2/3、放射性	更衣室、缓冲间

	化学实验室1/2/3/4/5、试剂室、清洗间、物理测量室、质谱室、气相色谱室、放射细胞间、稳定性实验室、同位素暂存室、冷冻放射性废物库、放射性废物库、放化实验耗材间、实验区内走廊。	
二层	涉放实验室：放射性分析实验室1/2/3、放化实验室1/2/3、物理测量室、质谱室、气相色谱室、放射性细胞间、稳定性实验室、动物房耗材间、UPS间、备品备件间及实验区内走廊	/
其他	放射性废水衰变池废液储罐存放区及放射性废水衰变控制室	/

4.1.3 屏蔽设计

4.1.3.1 生产车间辐射屏蔽设计

(1) 生产车间墙体屏蔽设计

综合车间（一）与综合车间（二）为钢筋混凝土框架结构，建筑外墙为 300mm 厚的砖墙。建筑内划分的各放射性核素生产小车间、质检中心、放射性药物研发中心的各实验室等工作场所隔墙采用 50mm 厚净化岩棉彩钢板。

(2) 放药生产装置屏蔽设计

生产线的涉放生产流程（标记、纯化、分装等）均在热室内进行，根据工艺内容，生产线由若干个相连热室组成。根据设备厂家提供的资料，生产线热室箱体符合《密封箱室密封性分级及其检验方法》（EJ/T1096-1999）的 2 级标准，小时泄漏率不大于 2.5×10^{-3} 。



图 4-1 本项目已建成热室示意图

热室位于车间内的操作区。工作人员用转运小车将装有放射性核素原料溶液的铅罐运至外包区，将铅罐放在热室底部的升降装置托盘上，用顶升装置将其升至热室的腔体内，将原料铅罐与进料口对接后，关闭热室底部防护门，退出外包区，进入操作区进行操作。

放射性物料从第一个热室到最后一个热室的传递由箱体内部运输通道完成转移。生成的放射性药品在最后一个热室内通过内部运输通道送至热室下方的铅罐内，经顶升装置将装有药品的铅罐下降传出送至外包区，在外包区进行铅罐外表面贴签等内包装工序，再送至一层的外包间完成运输外包装的打包。

本项目各生产线防护屏蔽设计情况见下表。

表 4-2 生产线热室防护屏蔽设计

(一) 放药101车间 (已建设)									
工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
合成热室	140×80×100	50+50	50+50	50+50	50+50	50	50+50	50	共设4个合成热室，每条生产线2个。
分装热室	116×100×130	50+50	50+50	50+50	50+50	50	50+50	50	共设1个分装热室
包装热室	190×110×135	50	50	50	50	50	50	50	共设1个包装热室
(二) 放药102车间 (拟建设)									
工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
纯化热室	110×120×70	200	200	200	200	200	200	200	1-2个
分装热室	110×120×70	200	200	200	200	200	200	200	1-2个
(三) 放药103车间 (拟建设)									
工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
纯化热室	110×120×70	250	250	250	250	250	250	250	1-2个
分装热室	110×120×70	250	250	250	250	250	250	250	1-2个
(四) 放药104车间 (拟建设)									
工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
合成热室	110×120×70	150	150	150	150	150	150	150	2-4个
分装热室	110×120×70	150	150	150	150	150	150	150	1-2个
(五) 放药105车间 (已建设)									
工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		

合成热室	140×80×100	20	20	20	20	20	20	20	20	2个合成热室
分装热室	166×100×130	20	20	20	20	20	20	20	20	2个分装热室
包装热室	205×110×135	20	20	20	20	20	20	20	20	1个包装热室

(六) 放药106车间 (拟建设)

工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
合成热室	110×120×70	150	150	150	150	150	150	150	2-4个
分装热室	110×120×70	150	150	150	150	150	150	150	1-2个

(七) 放药107车间 (拟建设)

工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
合成热室	110×120×70	50	50	50	50	50	50	50	2-4个
分装热室	110×120×70	50	50	50	50	50	50	50	1-2个

(八) 放药201车间 (拟建设)

工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
原料热室	120×80×100	100	100	100	100	100	100	100	1个
稀释热室	120×80×100	100	100	100	100	100	100	100	1个
分装热室	120×80×100	100	100	100	100	100	100	100	1个

(九) 放药202车间 (拟建设)

工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
合成热室	110×120×70	20	20	20	20	20	20	20	2-4个
分装热室	110×120×70	20	20	20	20	20	20	20	1-2个

(十) 放药203车间 (已建设)

工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
分装热室	175×110×130	120	120	120	120	120	120	120	已建设2个
包装热室	210×110×135	120	120	120	120	120	120	120	已建设1个

(十一) 放药204车间 (已建设)

工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
合成热室	166×100×115	50	50	50	50	50	50	50	4个
分装热室	140×80×100	50	50	50	50	50	50	50	2个

(十二) 放药206车间 (已建设)

工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
分装热室 (已建)	166×100×130	50	50	50	50	50	50	50	1个分装热室, 已建设
合成热室 (已建)	140×80×100	50	50	50	50	50	50	50	1个合成热室, 已建设
合成热室 (拟建)	140×80×100	50	50	50	50	50	50	50	1个合成热室, 拟建设
分装热室 (拟建)	166×100×130	50	50	50	50	50	50	50	1个分装热室, 拟建设

(十三) 放药207车间 (拟建设)

工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
合成热室	110×120×70	50	50	50	50	50	50	50	2-4个
分装热室	110×120×70	50	50	50	50	50	50	50	1-2个

(十三) 放药208车间 (拟建设)

工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
合成热室	110×120×70	20	20	20	20	20	20	20	2-4个
分装热室	110×120×70	20	20	20	20	20	20	20	1-2个

(十三) 放药209车间 (拟建设)

工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗 防护铅当量 (mmPb)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
合成热室	110×120×70	50	50	50	50	50	50	50	2-4个
分装热室	110×120×70	50	50	50	50	50	50	50	1-2个

表 4-3 实验室屏蔽设计

综合车间（一）放射质检区									
工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗尺寸 (长×宽×厚) (cm)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
热室屏蔽箱	81*63*70	50	50	50	50	50	50	材质：铅玻璃 尺寸：	理化间内1台、理化室2内1台
辐射防护通风柜	92*59*65	30	30	30	30	30	30	材质：铅玻璃 尺寸：	留样室内1台、理化间内1台、理化室2内1台
液相防护箱	39.6*43.6*32	30	30	/	/	30	30	/	液相室3台
放射性生物安全柜	100*70*70	20	20	20	20	20	20	材质：铅玻璃 尺寸：35*60	内毒素检测室1台
L防护屏	尺寸： 35*35*55	30	/	/	/	/	30	材质：铅玻璃 尺寸：35*32	理化间1台
辐射防护无菌隔离器	/	20	10	10	10	10	10	/	无菌操作室内1台
综合车间（二）一、二层 放射性药物研发中心（甲级场所）									
工作箱	箱体内部净尺寸 (长×宽×高) (cm)	屏蔽厚度 (mmPb)						观察窗尺寸 (长×宽×厚) (cm)	数量
		前面	后面	左面	右面	顶面	底面		
热室	120*85*70	60	60	60	60	60	60	/	一层放射性化学实验室2内3台、一层放射性化学实验室3内3台、二层放射性化学实验室1内2台、二层放射性化学实验室3内1台
辐射防护通风柜	92*59*65	30	30	30	30	30	30	/	一层放射性分析实验室3内1台、一层物理测量室内1台、一层气相色谱室1台、一层质谱室1台、二层放射性化学实验室2内3台、二层放射性分析实验室1内2台
放射性生物安全柜	100*70*70	20	20	20	20	20	20	材质：铅玻璃 尺寸：35*60	一层放射性分析实验室2内1台

放射性生物安全柜	160*70*/70	20	20	20	20	20	20	材质：铅玻璃 尺寸：35*60	一层放射细胞间1台
辐射防护隔离器	2400×1160×1100	54	54	54	54	54	54	/	一层放射性化学实验室4内1台

4.1.3.2 放射性原料库/成品库/废物库屏蔽设计

综合车间（一）与综合车间（二）内的各放射性原料库、成品库、放射性废物库的墙体均为 300mm 厚混凝土墙，地面采用环氧地面，库门为 6mmPb 防护门，各库房尺寸见下表所示。

表 4-4 各非密封放射性物质暂存库房屏蔽设计

场所	屏蔽厚度	尺寸
α原料库	300mm厚混凝土墙+6mmPb防护门+200mm混凝土顶板	4050×6500×4500mm
β原料库	300mm厚混凝土墙+6mmPb防护门+200mm混凝土顶板	3300×5900×4500mm
成品库1	300mm厚混凝土墙+6mmPb防护门+200mm混凝土顶板	4000×4000×4500mm
成品库2	300mm厚混凝土墙+6mmPb防护门+200mm混凝土顶板	4000×4900×4500mm
稳定性室2	300mm厚混凝土墙+6mmPb防护门+200mm混凝土顶板	8100×3700×4500mm
放射性废物库	300mm厚混凝土墙+6mmPb防护门+200mm混凝土顶板	39000×7400×4500mm

4.1.3.3 原料包装屏蔽设计

本项目放射性原料在购入时自带铅罐进行辐射屏蔽。原料货包由其生产厂家按《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定的II级（黄）或I级（白）货包标准。

4.1.3.4 产品包装屏蔽设计

生产的同位素药物产品包装屏蔽按《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定的II级（黄）或I级（白）货包标准，其中II级（黄）货包外表面上任一点的最高辐射水平 $0.005\text{mSv/h} < H \leq 0.5\text{mSv/h}$ ，I级（白）货包外表面上任一点的最高辐射水平 $H \leq 0.005\text{mSv/h}$ ，包装屏蔽设计参数见下表。

表 4-5 项目同位素产品包装屏蔽设计

序号	生产车间	产品名称	物理形态	包装方式
1	放药101车间	²²⁸ Ra核素溶液	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
2		²²⁸ Th核素溶液	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
3		²²⁴ Ra核素溶液	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
4		²¹² Pb标记药物	液态	西林瓶+50mmPb+外桶
5		²¹² Bi标记药物	液态	西林瓶+50mmPb+外桶
6		²²⁵ Ac标记药物	液态	西林瓶+3mmPb+纸箱

7		^{211}At 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
8	放药102车间	^{228}Ra 核素溶液	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
9		^{228}Th 核素溶液	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
10		^{224}Ra 核素溶液	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
11		^{224}Ra (^{212}Pb) 发生器	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
12		^{228}Th (^{212}Pb) 发生器	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
13	放药103车间	^{228}Ra 核素溶液	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
14		^{228}Th 核素溶液	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
15		^{224}Ra 核素溶液	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
16		^{224}Ra (^{212}Pb) 发生器	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
17		^{228}Th (^{212}Pb) 发生器	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
18	放药104车间	^{212}Pb 标记药物	液态	西林瓶+50mmPb+外桶
19		^{212}Bi 标记药物	液态	西林瓶+50mmPb+外桶
20		^{225}Ac 标记药物	液态	西林瓶+3mmPb+纸箱
21		^{211}At 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
22		^{203}Pb 标记药物	液态	西林瓶+20mmPb+外桶
23	放药105车间	$^{223}\text{RaCl}_2$ 注射液	液态	西林瓶+8mmPb+纸箱
24		$^{89}\text{SrCl}_2$ 注射液	液态	西林瓶+5mmPb+纸箱
25	放药106车间	^{212}Pb 标记药物	液态	西林瓶+50mmPb+外桶
26		^{212}Bi 标记药物	液态	西林瓶+50mmPb+外桶
27		^{225}Ac 标记药物	液态	西林瓶+3mmPb+纸箱
28		^{211}At 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
29	放药107车间	^{212}Pb 标记药物	液态	西林瓶+50mmPb+外桶
30		^{212}Bi 标记药物	液态	西林瓶+50mmPb+外桶
31		^{225}Ac 标记药物	液态	西林瓶+3mmPb+纸箱
32		^{211}At 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
33	放药201车间	^{131}I 口服液	液态	西林瓶+50mmPb+外桶
34	放药202车间	^{177}Lu 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
35		^{161}Tb 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
36		^{203}Pb 标记药物	液态	西林瓶+20mmPb+外桶
37		^{225}Ac 标记药物	液态	西林瓶+3mmPb+纸箱
38	放药203车间	^{90}Y 玻璃微球	液态	西林瓶+30mmPb+外桶
39	放药204车间	^{177}Lu 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
40		^{161}Tb 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
41	放药206车间	^{177}Lu 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
42		^{161}Tb 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
43		^{177}Lu 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
44	放药207车间	^{161}Tb 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
45		^{225}Ac 标记药物	液态	西林瓶+3mmPb+纸箱
46		^{177}Lu 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
47	放药208车间	^{161}Tb 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
48		^{225}Ac 标记药物	液态	西林瓶+3mmPb+纸箱
49		^{177}Lu 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
50	放药209车间	^{161}Tb 标记药物	液态	西林瓶+9mmPb+纸箱
51		^{225}Ac 标记药物	液态	西林瓶+3mmPb+纸箱

4.1.3.5 放射性废水处理设施（措施）屏蔽设计

每条生产线采用的热室内均设有一个放射性废水暂存罐（10L），生产过程中产生的短半衰期放射性废水可先暂存在该暂存罐内，暂存到一定量后将暂存罐内废水倒入放射性排放口进入特排管道，汇入放射性废水衰变池内的短半衰期放射性废水暂存罐。生产区总更区设置的去污淋浴间和应急洗手池设有特排管道，去污淋浴废水经特排管道汇入放射性废水衰变池内的短半衰期放射性废水暂存罐。

质检、研发期间由于单批次放射性废水产生量较少，在实验用的防护工作箱体内设专用废水收集罐（10L）临时收贮在防护工作箱体内，再定期将暂存罐内废水倒入放射性排放口，排入特排管道，汇入放射性废水衰变池内。放射质检区、研发区的总更区设置的去污淋浴间和应急洗手池设有特排管道，去污淋浴废水经特排管道汇入放射性废水衰变池内的短半衰期放射性废水暂存罐。

项目放射性废水采取分类收集处理方式，在综合车间（一）北侧室外地下设 1 座放射性废水衰变池。

上述各类处理措施和设施采取的屏蔽设计如下：

①热室及防护箱内的放射废水收集罐

各放药生产区、放射性质检和研发区操作过程中产生的放射性废水先由防护工作箱（如热室、辐射防护通风柜等）内的专用废水暂存罐，暂存到一定量后再统一通过特排管道排放至衰变池处理系统内，其中所有放射性药物生产车间分装热室下方设置有 1 个 10L 不锈钢罐放射性废液暂存罐其防护厚度为 30mmPb。放射质检区热室屏蔽箱下方设置有一个 10L 的不锈钢放射性废液储罐，其防护为 30mmPb。放射性药物研发中心一层的放射性化学实验室 2 的 3 台热室和放射性化学实验室 3 的 3 台热室中分别至少有一个热室下方设置有一个 10L 的不锈钢放射性废液储罐，一层放射性化学实验室 4 的热室下方设置有一个 10L 的不锈钢放射性废液储罐，废液储罐的防护均为 30mmPb；放射性药物研发区一层的放射性分析实验室 3 的辐射防护通风柜下方设置有一个 10L 的不锈钢放射性废液储罐，其防护为 30mmPb；放射性药物研发中心二层的放射性化学实验室 3 台热室的下方设置有一个 10L 的不锈钢放射性废液储罐，其防护为 30mmPb。

②放射性废水特排管道

放射性特排管道采用 304 不锈钢管道，分支管道采用 DN50 的 304 不锈钢管道，主

管道采用 DN100 的 304 不锈钢管道，室内的管道外采用 2mm 厚铅皮防护，室外的管道埋深为 1.1 米，管道外采用 200mm 厚的混凝土防护。特排管道转弯处采取无接头、平滑转弯的施工工艺，水平段采用 5‰ 倾斜，以避免放射性废水存积。

③放射性废水衰变池

位于综合车间（一）北侧室外地下，设置放射性废水处理设施，内设有普通短半衰期放射性废液储存区、有机短半衰期放射性废液储存区、长半衰期放射性废液储存区，各储存区采用 C30 抗渗混凝土构筑，侧壁为 300mm 厚混凝土，各储存区之间隔板为 300mm 厚混凝土，其中短半衰期放射性废液储存区与长半衰期放射性废液储存区之间的隔板为 800mm 厚混凝土，池底板为 400mm 厚混凝土，顶板为 200mm 厚混凝土，侧壁四周、底板、顶板采取防渗处理。普通短半衰期储罐区设置有 5 个储罐，每个储罐的容积为 10m³；有机短半衰期储罐区设置有 3 个储罐，每个储罐的容积为 3.3m³；长半衰期储罐区设置有 2 个储罐，每个储罐的容积为 0.5m³，储罐本身设置有 25mm 厚的铸铁防护。

4.1.3.6 放射性固废处理措施屏蔽设计

各放药生产车间的操作区内均设置有 1 个 30L，厚度为 20mmPb 的不锈钢桶，用于收集生产过程中产生的放射性固体废物。

放射质检区、研发区的各涉放实验室内各设 1 个 20L 的不锈钢桶（防护铅当量为 20mmPb），收集实验过程中产生的放射性固体废物。

4.2 辐射安全与防护措施

4.2.1 非密封放射性物质工作场所的辐射防护措施

4.2.1.1 操作过程中的辐射安全与防护措施

本项目在操作放射性物质过程中，主要采取隔离、屏蔽以及合理的工作场所气流组织等辐射安全与防护措施。

（1）隔离与屏蔽措施

①生产原料采用专用铅罐转运，铅罐的屏蔽设计在额定装载量情况下，铅罐外面的辐射水平满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的相关要求。

②非密封放射性物质的操作均在密闭的屏蔽工作箱内进行。屏蔽工作箱均设计有机械手和（或）手套操作孔，通过窥视窗用机械手或铅手套操作放射性物质。屏蔽工作箱的屏蔽设计（包括窥视窗）可使操作人员所在的操作前区的辐射水平满足辐射防

护设计要求。

③生产的产品采用专用铅罐包装，产品铅罐的屏蔽设计在额定装载量情况下，铅罐外面的辐射水平满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的相关要求。

（2）气流组织和放射性气体排风设计

①气流组织

药品生产车间相对正压；根据 GMP 附录放射性药品原则，操作放射性区域要求相对负压。在设计生产车间时，综合考虑两个原则不冲突的前提下，以生产车间洁净走廊或洁净走廊内部缓冲间为最大压差，往两边逐级递减；操作热室较操作前区相对负压，可保证放射性气溶胶流出方向仅为车间全排和防护工作箱（热室或通风橱等）局排。

②放射工作场所排风设计

本项目各生产区、质检区、研发区和实验区的排风系统均独立设计，互不干扰，可独立开启。

◆ 放射性药物生产区

放药生产区集中布设在综合车间（一）的一层和二层，一层包含 7 个放射性药物生产车间，二层包含 8 个放射性药物车间，各生产车间相对独立，各车间的放射性排风系统均由设备（热室）局排与房间全排两套系统组成，其中：

设备（热室）局排系统：生产线的各热室均设计独立的局排系统，热室内废气经设备局排一级过滤器（活性炭过滤）过滤处理后，合并汇入一根主排风管道，引至本栋厂房内的排风机房经高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。为确保热室密闭性，热室设置微负压，压力在-5Pa 至-20Pa 之间，并在热室对外接口内外及主腔防护门处设橡胶密封圈。

房间全排系统：分别在操作区、外包区设房间全排系统。其中，操作区及其缓冲间的排风合并汇入一根主排风管道，引至本栋厂房内的排风机房经高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）；外包区及其缓冲间的排风合并汇入一根主排风管道，引至本栋厂房内的排风机房经高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

◆ 放射性质检区

放射性质检区的排风系统分为设备（如热室、通风柜等）局排与房间全排两套系

统，其中：

设备（热室、通风橱）局排系统：设备内废气经设备局排一级过滤器（活性炭过滤）过滤处理后，合并汇入一根主排风管道，引至综合车间（一）屋顶经除碘高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

房间全排系统：涉放实验室（液相室、理化间、灭菌室、培养室、准备室、稳定性间、能谱室、内毒素检测室等）设房间全排系统，房间内气体合并汇入主排风管道，引至本栋厂房内的排风机房经除碘高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

◆ 放射性药物研发中心

本实验区的排风系统分为设备（如热室、通风柜等）局排与房间全排两套系统，其中：

设备局排系统：设备内废气经局排一级过滤器（活性炭过滤）过滤处理后，合并汇入一根主排风管道，引至综合车间（二）屋顶经高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

房间全排系统：涉放实验室（如放射性化学实验室、放射性分析实验室、细胞间等）设房间全排系统，房间内气体合并汇入一根主排风管道，引至综合车间（二）屋顶经高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

◆ 放射性库房

各放射性原料库、成品库、放射性废物暂存库均为房间全排系统，其中：

综合车间（一）：位于一楼的 α/β 放射性原料库、成品库 1/2 的气体合并汇入一根主排风管道，引至本栋厂房内的排风机房经高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。位于一层的放射性废物库的气体合并汇入一根主排风管道，引至本栋厂房内的排风机房经高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。位于一层的外包间的气体合并汇入一根主排风管道，引至本栋厂房内的排风机房经高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

综合车间（二）：同位素暂存间、放射性废物库、冷冻放射性废物库、整备间的房间气体合并汇入一根主排风管道，引至综合车间（二）屋顶经高效过滤装置（净化效率达 99%）处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

综上，项目二期涉及综合车间（一）放射性气载流出物排风系统共设有 56 套高效

过滤装置（其中 11 套除碘高效过滤装置、17 套 BIBO 高效过滤装置、28 套普通高效过滤装置）、9 个放射性气载流出物排气筒（距地面约 23.4m 高）；综合车间（二）放射性气载流出物排风系统共有 15 套高效过滤装置（BIBO 高效过滤装置）、4 个放射性气载流出物排气筒（距地面约 16.5m 高）。

本项目放射性工作场所排风设计见下表：

表 4-6 放射性工作场所排风设计一览表

工作场所	区域	排风量 m ³ /h	备注		
(一) 综合车间 (一)					
一层	放药 101车间	热室	1700	热室内废气经热室局排系统一级过滤（活性炭）处理后，合并汇入一根管道，由JP(1F1)-2F-2排风机引至综合车间（一）二层排风机房经α-1#BIBO高效过滤装置处理	统一由1-2#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为64400m ³ /h
		操作区（含其缓冲间）	5000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(1F1)-2F-1排风机引至综合车间（一）二层排风机房经α-2#BIBO高效过滤装置处理	
		外包区（含其缓冲间、洁具间）	9000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(1F1)-2F-3排风机引至综合车间（一）二层排风机房经α-3#BIBO高效过滤装置处理	
	放药 102车间	热室	1500	热室内废气经热室局排系统一级过滤（活性炭）后合并汇入一根管道，由JP(1F2)-2F-2排风机引至综合车间（一）二层排风机房经α-4#BIBO高效过滤装置处理	统一由1-3#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为31000m ³ /h
		操作区（含其缓冲间）	5000	房间全排经合并汇入一根管道，由JP(1F2)-2F-1排风机引至综合车间（一）二层排风机房经α-5#BIBO高效过滤装置处理	
		外包区（含其缓冲间、洁具间）	9000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(1F2)-2F-3排风机引至综合车间（一）二层排风机房经α-6#BIBO高效过滤装置处理	
	放药 103车间	热室	1500	热室内废气经热室局排系统一级过滤（活性炭）处理后，合并汇入一根管道，由JP(1F3)-2F-2排风机引至综合车间（一）二层排风机房经α-7#BIBO高效过滤装置处理	统一由1-3#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为31000m ³ /h
		操作区（含其缓冲间）	5000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(1F3)-2F-1排风机引至综合车间（一）二层排风机房经α-8#BIBO高效过滤装置处理	
		外包区（含其缓冲间、洁具间）	9000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(1F3)-2F-3排风机引至综合车间（一）二层排风机房经α-9#BIBO高效过滤装置处理	
	放药 104车间	热室	3600	热室内废气经热室局排系统一级过滤（活性炭）处理后，合并汇入一根管道，由JP(1F4)-2F-2排风机引至综合车间（一）二层排风机房经α-10#BIBO高效过滤装置处理	统一由1-4#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为67700m ³ /h
		操作区（含其缓冲间）	5000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(1F4)-2F-1排风机引至综合车间（一）二层排风机房经α-11#BIBO普通过滤装置处理	

	外包区（含其缓冲间、洁具间）	9000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(1F4)-2F-3排风机引至综合车间（一）二层排风机房经 α -12#BIBO普通过滤装置处理		
放药 106车 间	热室	3600	热室内废气经热室局排系统一级过滤（活性炭）处理后，合并汇入一根管道，由JP(1F6)-2F-2排风机引至综合车间（一）三层排风机房经 α -16#BIBO高效过滤装置处理	统一由1-1#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为35600m ³ /h	
	操作区（含其缓冲间）	5000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(1F6)-2F-1排风机引至综合车间（一）三层排风机房经 α -17#普通高效过滤装置		
	外包区（含其缓冲间、洁具间）	9000	房间全排经合并汇入一根管道，由JP(1F6)-2F-3排风机引至综合车间（一）二层排风机房经 α -18#普通高效过滤装置		
放药 107车 间	热室	3600	热室内废气经热室局排系统一级过滤（活性炭）处理后，合并汇入一根管道，由JP(1F7)-2F-2排风机引至综合车间（一）三层排风机房经 α -19#BIBO高效过滤装置处理	统一由1-2#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为64400m ³ /h	
	操作区（含其缓冲间）	5000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(1F7)-2F-1排风机引至综合车间（一）三层排风机房经 α -20#普通高效过滤装置		
	外包区（含其缓冲间、洁具间）	9000	房间全排经合并汇入一根管道，由JP(1F7)-2F-3排风机引至综合车间（一）二层排风机房经 α -21#普通高效过滤装置		
一 层	成品库1、成品库2、 α 放射性原料库、 β 放射性原料库	8500	各房间全排合并汇入一根管道，由P-WD-4排风机引至综合车间（一）屋顶经普通高效过滤装置处理	统一由1-6#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为89500m ³ /h	
	放射性废物库	40000	各房间全排合并汇入一根管道，由P-WD-1排风机引至综合车间（一）屋顶经普通高效过滤装置处理		
一 层	外包间、运输包装库、铅罐库、铅罐清洗间	19000	各房间全排合并汇入一根管道，由P-WD-5排风机引至综合车间（一）屋顶经普通高效过滤装置处理		
二 层	J-2F-7系统无菌操作室	1800	房间全排经合并汇入一根管道，由JP(2F7)-WD-1排风机引至综合车间（一）屋顶排风机房经除碘过滤装置处理	统一由1-7#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为2400m ³ /h	
	J-2F-7系统无菌隔离器	600	经设备局排系统处理后，合并汇入一根管道，由JP(2F7)-WD-2排风机引至综合车间（一）屋顶经除碘高效过滤装置处理		
二 层	放药 201车 间	热室	4000	热室内废气经热室局排系统一级过滤（活性炭）处理后，合并汇入一根管道，由JP(2F1)-WD-2排风机引至综合车间（一）屋顶排风机房经I-1#除碘高效过滤装置处理	统一由1-5#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为18000m ³ /h
		操作区（含其缓冲间）	5000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(2F1)-WD-1排风机引至综合车间（一）屋顶排风机房经I-2#除碘高效过滤装置处理	
		外包区（含其缓冲间、洁具间）	9000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(2F1)-WD-3#排风机引至综合车间（一）屋顶排风机房经I-3#除碘高效过滤装置处理	
二 层	放药	热室	4000	热室内废气经热室局排系统一级过滤（活性炭）	统一由1-1#排

层	202车间			处理后, 合并汇入一根管道, 由JP(2F2)-3F-2#排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Lu-4-1#普通高效过滤装置处理	气筒排放(距地面约23.4m高), 排口总排风量为35600m ³ /h
		操作区(含其缓冲间)	5000	房间全排经合并汇入一根管道, 由JP(2F2)-3F-1排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Lu-4-2#普通高效过滤装置处理	
		外包区(含其缓冲间、洁具间)	9000	房间全排合并汇入一根管道, 由JP(2F2)-3F-3排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Lu-4-3#普通高效过滤装置处理	
放药	203车间	热室	500	热室内废气经热室局排系统一级过滤(活性炭)处理后, 合并汇入一根管道, 由JP(2F3)-3F-2排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Y-1#普通高效过滤装置处理	统一由1-2#排气筒排放(距地面约23.4m高), 排口总排风量为64400m ³ /h
		操作区(含其缓冲间)	5000	房间全排合并汇入一根管道, 由JP(2F3)-3F-1排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Y-2#普通高效过滤装置处理	
		外包区(含其缓冲间、洁具间)	9000	房间全排处理后合并汇入一根管道, 由JP(2F3)-3F-3排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Y-3#普通高效过滤装置处理	
放药	204车间	热室	2600	热室内废气经热室局排系统一级过滤(活性炭)处理后, 合并汇入一根管道, 由JP(2F4)-3F-2排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Lu-3-1#普通高效过滤装置处理	统一由1-2#排气筒排放(距地面约23.4m高), 排口总排风量为64400m ³ /h
		操作区(含其缓冲间)	5000	房间全排合并汇入一根管道, 由JP(2F4)-3F-1排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Lu-3-2#普通高效过滤装置处理	
		外包区(含其缓冲间、洁具间)	9000	房间全排合并汇入一根管道, 由JP(2F4)-3F-3排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Lu-3-1#普通高效过滤装置处理	
放药	206车间	热室	500	热室内废气经热室局排系统一级过滤(活性炭)处理后, 合并汇入一根管道, 由JP(2F6)-3F-2排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Lu-1-1#普通高效过滤装置处理	统一由1-4#排气筒排放(距地面约23.4m高), 排口总排风量为67700m ³ /h
		操作区(含其缓冲间)	5000	房间全排合并汇入一根管道, 由JP(2F6)-3F-1#排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Lu-1-2#普通高效过滤装置处理	
		外包区(含其缓冲间、洁具间)	9000	房间全排合并汇入一根管道, 由JP(2F6)-3F-3排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Lu-1-3#普通高效过滤装置处理	
放药	207车间	热室	4000	热室内废气经热室局排系统一级过滤(活性炭)处理后, 合并汇入一根管道, 由JP(2F5)-3F-2#排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Lu-2-1#普通高效过滤装置处理	统一由1-4#排气筒排放(距地面约23.4m高), 排口总排风量为67700m ³ /h
		操作区(含其缓冲间)	5000	房间全排合并汇入一根管道, 由JP(2F5)-3F-1排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Lu-2-2#普通高效过滤装置处理	
		外包区(含其缓冲间、洁具间)	9000	房间全排合并汇入一根管道, 由JP(2F5)-3F-3排风机引至综合车间(一)三层排风机房经Lu-2-3#普通高效过滤装置处理	
放药	热室	4000	热室内废气经热室局排系统一级过滤(活性炭)	统一由1-9#排	

208车间			处理后，合并汇入一根管道，由JP(2F11)-3F-2排风机引至综合车间（一）三层排风机房经Tb-1-1#普通高效过滤装置处理	气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为36000m ³ /h
	操作区（含其缓冲间）	5000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(2F11)-3F-1排风机引至综合车间（一）三层排风机房经Tb-1-2#普通高效过滤装置处理	
	外包区（含其缓冲间、洁具间）	9000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(2F11)-3F-3排风机引至综合车间（一）三层排风机房经Tb-1-3#普通高效过滤装置处理	
放药209车间	热室	4000	热室内废气经热室局排系统一级过滤（活性炭）处理后，合并汇入一根管道，由JP(2F12)-3F-2排风机引至综合车间（一）三层排风机房经#Ac-1-1#普通高效过滤装置处理	统一由1-9#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为36000m ³ /h
	操作区（含其缓冲间）	5000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(2F12)-3F-1排风机引至综合车间（一）三层排风机房经#Ac-1-2普通高效过滤装置处理	
	外包区（含其缓冲间、洁具间）	9000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(2F12)-3F-3排风机引至综合车间（一）三层排风机房经Ac-1-3#普通高效过滤装置处理	
放射质检区	无菌操作室	1800	房间全排合并汇入一根管道，由JP(2F7)-WD-1排风机引至综合车间（一）屋顶经除碘高效过滤装置	统一由1-7#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为2300m ³ /h
	无菌操作室-无菌隔离器	500	房间局排合并汇入一根管道，由JP(2F7)-WD-2排风机引至综合车间（一）屋顶经除碘高效过滤装置	
	液相室、能谱室、质谱室、气相室、暗室、内毒素检测室、留样间、理化间、稳定性室、准备室、培养室、阳性菌操作室、灭菌室、缓冲间、理化室2、分析室1、分析室2	14500	房间全排合并汇入一根管道，由P(2F2)-WD-1排风机引至综合车间（一）屋顶经除碘高效过滤装置	统一由1-6#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为24500m ³ /h
	质谱室通风橱、理化间通风柜、排气罩、留样室通风橱、理化室2通风橱、液相室排气罩	10000	房间全排合并汇入一根管道，由P(2F2)-WD-2排风机引至综合车间（一）屋顶经除碘高效过滤装置	
	理化间热室	1000	房间局排合并汇入一根管道，由P(2F2)-WD-4排风机引至综合车间（一）屋顶经除碘高效过滤装置	
	理化室2热室			
	内毒素检测室生物安全柜	1200	房间局排合并汇入一根管道，由P(2F2)-WD-3排风机引至综合车间（一）屋顶经除碘高效过滤装置	统一由1-8#排气筒排放（距地面约23.4m高），排口总排风量为2700m ³ /h
	理化间试剂柜			
	阳性菌操作室隔			

		离子			
		气象室通风柜	5000	房间局排合并汇入一根管道，由P-WD-8排风机引至综合车间（一）屋顶经除碘高效过滤装置	
(二) 综合车间 (二)					
一层	放射性药物研发中心	热室（放射性化学实验室2、3、4）、通风柜（放射性化学实验室1）	10000	经局排系统一级过滤（活性炭）处理后，合并汇入一根管道，由P-WD-7排风机引至综合车间（二）屋顶经高效过滤装置处理	统一由2-3#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为74500m ³ /h
		防护通风橱（物理测量室、质谱室、气相色谱室）	11500	经设备局排系统处理后，合并汇入一根管道，由P-WD-10排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-5#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为39800m ³ /h
		防护通风柜（放射性分析实验室1、放射性分析实验室2、放射性分析实验室3）	10500	经设备局排系统处理后，合并汇入一根管道，由P-WD-2排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-1#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为36000m ³ /h
		放射性分析实验室2	13000	房间全排合并汇入一根管道，由P-WD-1排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-5#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为39800m ³ /h
		放射性分析实验室3			
		放射性分析实验室1			
		前室			
一层	放射性药物研发中心	放射性化学实验室1	13000	房间全排合并汇入一根管道，由P-WD-8排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-3#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为74500m ³ /h
		放射性化学实验室2			
		放射性化学实验室3			
		放射性化学实验室4			
		放射性化学实验室5			
		物理测量室	11500	房间全排合并汇入一根管道，由P-WD-9排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-3#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为74500m ³ /h
		质谱室			
		气相色谱室			
同位素暂存间	10500	房间全排合并汇入一根管道，由P-WD-15排风机	统一由2-5#排		

	稳定性实验室		引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为44800m ³ /h
	冷冻放射性废物库			
	放射性废物库			
	放射细胞间、培养间、气锁、二更房间	2800	房间全排合并汇入一根管道，由JP(1F1)-WD-1排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-5#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为39800m ³ /h
	生物安全柜	1700	经设备局排系统处理后，合并汇入一根管道，由JP(1F1)-WD-2排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-7#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为6200m ³ /h
二层 放射性药物研发中心	热室（放射性化学实验室1、放射性化学实验室3）、防护通风橱（放射性化学实验室2）	6500	经设备局排系统处理后，合并汇入一根管道，由P-WD-11排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-3#排气筒排放，排口距屋顶面3m，排口总排风量为74500m ³ /h
	防护通风柜（物理测量室、质谱室、气相色谱室）	11500	经设备局排系统处理后，合并汇入一根管道，由P-WD-14排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-3#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为74500m ³ /h
	防护通风柜（放射性分析实验室2、放射性分析实验室3、放射性分析实验室1）、生物安全柜及排风罩（放射性分析实验室2）	10500	经设备局排系统处理后，合并汇入一根管道，由P-WD-4排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-1#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为36000m ³ /h
	放射性分析实验室1	13000	房间全排合并汇入一根管道，由P-WD-3排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-1#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为36000m ³ /h
	放射性分析实验室2			
	放射性分析实验室3			
	前室			
放射性化学实验室1	10500	房间全排合并汇入一根管道，由P-WD-12排风机	统一由2-3#排	

放射性化学实验室2		引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为74500m ³ /h
放射性化学实验室3			
物理测量室	11500	房间全排合并汇入一根管道，由P-WD-13排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-3#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为74500m ³ /h
质谱室			
气相色谱室			
同位素暂存间	10500	房间全排合并汇入一根管道，引至综合车间（二）屋顶经P-WD-15#高效过滤装置处理	统一由2-5#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为39800m ³ /h
稳定性实验室			
放射细胞间、培养间、二更、气锁	2800	房间全排合并汇入一根管道，由JP(2F1)-WD-1排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-7#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为2800m ³ /h
生物安全柜（放射细胞间）	1700	房间全排合并汇入一根管道，由JP(2F2)-WD-2排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-7#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为6200m ³ /h
非放细胞间、培养间、二更、气锁	2000	房间全排合并汇入一根管道，由JP(2F2)-WD-1排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-4#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为600m ³ /h
生物安全柜（非放细胞间）	600	房间全排合并汇入一根管道，由JP(2F2)-WD-2排风机引至综合车间（二）屋顶经BIBO高效过滤装置处理	统一由2-4#排气筒排放（距地面约16.5m高），排口总排风量为2600m ³ /h

(3) 辐射工作人员辐射防护措施

在涉放操作过程中，辐射工作人员穿有洁净服、橡皮手套和防护口罩等个人防护用品，以减少放射性表面沾污和吸入途径照射。

4.2.1.2 其他辐射安全与防护措施

(1) 放射性工作场所的出入控制措施

①综合车间（一）生产区

综合车间（一）一层东侧设工作人员进出门厅，作为整个车间人流总出入口，人员进入一层须通过门厅进入，通过一层生产区的门禁系统进入更衣间，更换工作服，再通过辐射监测间进入一层的放射工作区；人员进入二层须通过门厅后由专用客梯或楼梯通过二层生产区的门禁系统进入更衣间，更换工作服，再通过辐射监测区域进入一层的放射工作区。

出综合车间（一）时，工作人员均需在退出操作生产车间操作间时进行表面沾污监测，确保无沾污后由退更间退出生产车间，最后经过一层东侧辐射监测区域进行表面沾污监测，检测合格的方可进入更衣室再出综合车间；若表面污染水平超标则进行淋浴去污，再经检测合格后方可退出。

②综合车间（一）放射质检区

二层质检区由东南侧楼梯间进入，经走廊进入放射质检区更衣室更换工作服后进入放射质检区。

出放射质检区时工作人员必须通过放射质检区北侧辐射监测间进行表面沾污监测，确保无污染后由更衣室退出至质检区走廊，最后由东南侧楼梯间退出。

③综合车间（二）

综合车间（二）一层南端设有工作人员出入门厅，作为整个楼层人流总出入口，人员须通过门厅的门禁系统进入更衣间，更换工作服，再通过辐射监测区域进入一层的放射工作区；通过南端的楼梯上楼，前往二层的放射性工作区；通过南端的客梯上楼，前往三层的放射性工作区。出综合车间（二）时，工作人员由各楼层南端楼梯或电梯下至一层的辐射监测区域进行表面沾污监测，检测合格的方可进入更衣室再出综合车间（二）；若表面污染水平超标则进行淋浴去污，再经检测合格后方可退出。

为限制无关人员进入辐射工作场所，在门厅人流出入口设门禁系统，以防止未经授权人员进入，并对进入放射性工作区的授权人员进行统计和管理。

(2) 放射性原料、成品及放射性固废库房的控制措施

本项目放射性原料是按生产订单，采取即买即用的方式。购入的放射性原料经综合车间（一）南端的收发货厅接收后，经检测相关表面剂量水平数据登记后，直接转运至各生产车间进行生产。若当日不能立即生产，则将原料转入综合车间（一）一层放射性原料暂存库暂存（一般暂存不超过 2 天）。

项目生产的放射性药品采取即产即卖的方式，产出的成品包装好后在收发货厅经表面剂量水平监测合格后发出。若当日不能立即运出，则将放药转入综合车间（一）一层专设的成品库暂存（一般暂存不超过 2 天）。生产过程中检出的不合格品直接转入综合车间（一）一层放射性废物库暂存。

综合车间（一）内的各生产线及质检中心产生的放射性固体废物按核素种类由专用容器分类收集，集中至该车间一层的放射性废物库，按照核素种类分别暂存在放射性废物库内的专用容器中。综合车间（二）产生的放射性固体废物按核素种类由专用容器分类收集，其他送至一层放射性废物库暂存。

上述各放射性原料、成品及放射性固废库房均设置有视频监控系统，采取双人双锁管理，以确保放射性物质的安全。

（3）台账管理

本项目制定有放射性同位素台账管理制度，对放射性原料及成品的使用、销售、最终去向等信息进行完整记录并长期保存。项目安排专人进行台账管理，并定期进行台账核查，确保“物-账”统一。

（4）放射性工作场所的安保措施

本项目在厂区内和各放射性工作场所均设置有视频监控系统，防止非法人员进入，保障生产人员、放射性物质的安全。其中，厂区视频监控主要对厂区出入口、周界、重要厂房出入口进行监控。放射性工作场所视频监控主要对工作场所人员进出门厅、各生产线、收发货厅、放射性原料库房、放药成品库房、放射性废物库等重要涉放场所进行监控；同时，各放射性工作场所安排有保安人员进行 24h 值守，并采取定期、不定期巡查，确保放射性物质的安全。

（5）防火措施

本项目综合车间（一）、综合车间（二）与综合楼的建筑设计满足《建筑设计防火规范》（GB50016-2018）相关要求。各放射性药物生产车间、质检中心、放药研发中心均设置火灾自动报警系统，火灾报警控制器（联动型）设置在门卫室，24 小时有

人值守。

放射性原料、成品及放射性固废库房内禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与项目无关的物品，并在场所内人员易于接触的地方配备干粉灭火器。

(6) 防水、防渗措施

本项目各建筑四周设置有雨水排水系统，可有效防止雨水侵入。

各放药生产车间内工作场所房间地面进行防水、防渗处理，地面采取易去污、可拆除更换的聚乙烯材料敷设，并保证其边缘高出地面约 10cm，墙面与地面交接作圆角处理。同时，放射性原料、成品（含不合格品）和放射性固废均由专用密闭容器盛装，以便洪涝灾害时及时转移。

(7) 防泄漏措施

本项目购入的放射性原料来自于正规生产厂家，根据出厂时核素浓度不同，由生产厂家采用适宜的铅罐密闭包装，铅罐表面剂量满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）相关标准要求。

各放射性药品生产线及涉放实验室采取的防护工作箱为不锈钢板，四壁夹角之间采用无缝焊接。经预测分析，各防护工作箱的屏蔽设计满足场所辐射防护要求。

(8) 环境监测措施

本项目一期制定有辐射监测计划，二期结合项目具体情况对一期计划进行补充并按计划定期对放射性工作场所进行监测，监测采取自检及委托有相关资质单位监测的方式，监测计划包括：

个人剂量监测：项目为所有辐射工作人员配有个人剂量计，并定期（每季度至少一次）委托有相应资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，并将检测报告存档保管。

场所辐射水平监测：项目一期已配便携仪辐射剂量监测仪（包含 α 、 β 表面污染监测仪和 γ 剂量率监测仪），二期利用一期配备设备定期对放射性工作场所辐射水平进行检测。同时，在工作人员进出放射性工作场所出入口处设手脚表面污染测量仪，对进出人员进行表面沾污监测。

流出物监测：项目拟在放药 201 车间放射性废气排口设置有碘在线监测设备，其他放射性废气排口留有取样口，拟利用移动式气溶胶监测设备或气溶胶取样设备对总 α 浓度和总 β 浓度进行测量。衰变池暂存的废水在排放前送有资质的单位进行检测后

再排放。

过滤器效率监测：项目在过滤机组前后设置压差监测口，用于检定高效过滤装置的过滤效率，当压差高于 2 倍设定值或无压差则立即更换滤芯，确保高效过滤装置正常运行。

4.2.2 放射性废物暂存间安全防范措施

- (1) 废物间库房安装防盗安全门；
- (2) 废物间通向地面一层的门设置门锁或门禁装置，非授权不得入内；
- (3) 废物间设置实体保护设施，实体保护设施的控制应实行双人双锁并联管理。
- (4) 废物间设置视频安防监控装置；

经采取上述措施后，可确保放射性废物暂存间的运行安全。

4.2.3 放射性同位素暂存间安全防范

- (1) 产品暂存间、原料库内禁止存放易燃易爆和腐蚀性物品；
- (2) 暂存间内和门外走廊安装录像监控设备，录像监控可对暂存间内进行无死角监控。监控室位于公司门卫室内，通过监控装置对暂存间进行 24 小时监控。
- (3) 产品暂存间防护门采用带屏蔽防护功能的防盗门，实行双人双锁，确保安全；
- (4) 产品暂存间防护门外张贴醒目的电离辐射警示标志，严禁无关人员入内；
- (5) 产品暂存间应建立放射性同位素进出台账，建立进入和运出登记制度。
- (6) 建立辐射监测制度，对进入或运出产品暂存间的放射性同位素产品进行表面污染水平和表面剂量率监测，满足运行规程要求方能接收货运出。

经采取上述措施后，可确保产品暂存间的运行安全。

4.2.4 非密封放射性物质运输的辐射安全与防护措施

- (1) 货包分级

根据《放射性物品分类和名录》（环境保护部公告 2010 年第 31 号），本项目销售的放射性核素产品货包属于 II 级（黄）（外表面上任一点的最高辐射水平 $\leq 0.5\text{mSv/h}$ ）、I 级（白）型货包（外表面上任一点的最高辐射水平 $\leq 0.005\text{mSv/h}$ ）。

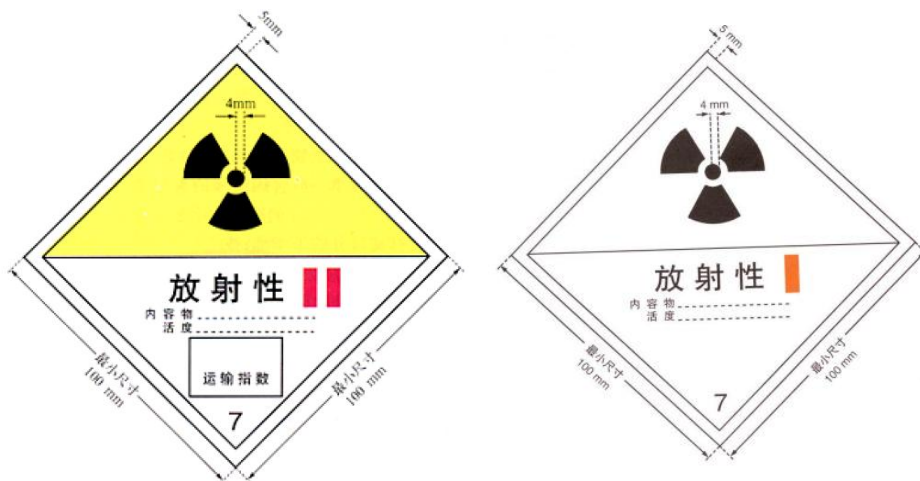


图 4-2 II级（黄）标志图

I级（白）标志

(2) 运输安全与防护措施

本项目产品采用 A 型货包屏蔽容器，一般出厂货包分为三层包装结构，第一层为与放射性物料直接接触的储液瓶（罐），储液瓶（罐）口有密封胶塞并压有铝盖，在搬运过程中不会发生液体倾洒；第二层包装结构为屏蔽辐射的屏蔽铅罐或铅套；第三层包装结构为缓冲泡沫塑料和铁皮外桶或纸箱，起到保护屏蔽铅罐或铅套不受外力破坏的作用。货包准备好以后在装车前需对每个货包表面 γ 辐射剂量率和 α/β 表面沾污进行监测，并经监测达标后才进行装车，同时根据货包分级在外包装张贴标识。对于例外货包需在包装外张贴“放射性”字样。

4.2.5 辐射安全与防护措施要求对照分析

根据《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》中关于甲级非密封放射性物质操作场所、放射性同位素销售单位的辐射安全防护设施监督要求，国通（绵阳）新药技术有限公司拟采取的辐射安全防护措施对照如下：

表 4-7 与甲级非密封放射性物质操作场所的辐射安全与防护措施要求对照一览表

序号	辐射安全防护设施检查项目	设计建造	备注
1	工作场所设置在单独建筑内	已配备	拟根据改扩建内容增添
2	场所分区布局是否合理及有无相应措施/标识	拟配备	
3	入口处电离辐射警示标志	拟配备	
4	卫生通过间	已配备	
5	人员出口污染监测仪	已配备	
6	独立的放射性通风设施（流向）	已配备	
7	排风过滤器	已配备	
8	工作箱或热室（箱内保持合适负压）	已配备	
9	屏蔽防护设施	已配备	
10	防过热或超压保护（有易燃易爆和高温高压操作	已配备	

		时)		
11		易去污的工作台面和防污染覆盖材料	已配备	
12		负压吸液器械（吸取液体时）	已配备	
13		移动放射性液体时容器不易破裂	已配备	
14		前区有火灾报警仪	已配备	
15		机械手（强外照射操作时）	已配备	
16		放射性下水系统或暂存设施	已配备	
17		放射性下水系统标识	已配备	
18		放射性同位素暂存库或设施	已配备	
19		放射性固体废物暂存设施	已配备	
20		安保设施	已配备	
21		防火设备、应急出口	已配备	
22		B监测设备	固定式辐射监测报警仪	已配备
23			固定式或移动式气溶胶取样监测设备	已配备
24			放射性液态流出物取样监测设备	已配备
25			放射性气体流出物取样监测设备	已配备
26			便携式辐射监测仪表（污染、辐射水平等）	已配备
27			个人剂量计	已配备
28			个人剂量报警仪	已配备
29		C防护器材	气衣、面罩等以及专门的送风系统	已配备
30			防护手套、口罩等个人防护用品	已配备
31		D应急物资	去污用品和试剂	已配备
32	应急处理工具		已配备	
33	必备的警示标志和标识线		已配备	
34	灭火器材		已配备	
35	放射性同位素应急包装容器		已配备	

表 4-8 与放射性同位素销售的辐射安全与防护措施要求对照一览表

序号	辐射安全防护设施检查项目		设计建造	备注
1	A场所设施	入口处电离辐射警示标志	已配备	拟根据改扩建内容增添
2		双人双“锁”	已配备	
3		非法入侵报警装置	已配备	
4		监视系统	已配备	
5		防盗装置	已配备	
6		火灾报警仪	已配备	
7		应急出口	已配备	
8	B监测设备	便携式辐射监测仪表（表面污染、辐射水平等）	已配备	
9		个人剂量计	已配备	
10		个人剂量报警仪	已配备	
11	C防护器材	合适的屏蔽和个人防护用品	已配备	
12	D应急物资	去污用品和试剂	已配备	
13		应急处理工具	已配备	
14		必备的警示标志和标识线	已配备	
15		灭火器材	已配备	
16		放射性同位素应急包装容器	已配备	

表 4-9 与《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）符合性分析

序号	标准要求	本项目执行情况	对比结果
1	非密封源工作场所应实行严格的分区、分级管理，分区分级管理的措施，应遵循GB18871-2002的要求。	本项目对辐射工作场所进行了控制区和监督区划分，具体见4.1.2。	符合
2	宜在辐射工作场所的醒目位置悬挂（张贴）辐射警告标志，人员通行和放射性物质传递的路线应严格执行相关规定，防止发生交叉污染。应制定严格的辐射防护规程和操作规程。	项目拟在控制区和监督区出入口张贴辐射警告标志；项目合理设计了人流和物流线路，确保不交叉；项目后期拟制定严格的辐射防护规程和操作规程。	符合
3	非密封源的操作应根据所操作的放射性物质的量和特性，选择符合安全和防护要求的条件，尽可能在通风橱、工作箱或手套箱内进行。	本项目非密封源的操作均安排在热室或通风橱内进行。	符合
4	操作过程中所用的设备、仪器、仪表、器械和传输管道等应符合安全和防护要求。吸取液体的操作应使用合适的负压吸液器械，防止放射性液体溅出、溢出，造成污染。储放射射性溶液的容器应由不易破裂的材料制成。	本项目拟采购符合安全和防护要求的设备、仪器、仪表、器械和传输管道；采用合适的负压吸液器械吸取液体；采用不易破裂的材料制成的容器储存放射性溶液。	符合
5	有可能造成污染的操作步骤应在铺有塑料或不锈钢等易于去污的工作台面上或搪瓷盘内进行。	本项目涉及有可能造成污染的操作均安排在铺有不锈钢等易于去污的工作台面上进行，且在热室内。	符合
6	对工作场所放射性废气或气溶胶的排放系统，应经常检查其净化过滤装置的有效性。凡预计会产生大量放射性废气或气溶胶而可能污染环境的一次性操作，亦应采取有效的防护与安全措施和监测手段。	项目拟在高效过滤装置前后设置压差监测口，确保高效过滤装置正常运行。 项目设置火灾报警系统，防止因火灾导致气溶胶大量释放。	符合
7	操作非密封源的单位一般应建立放射性废液处理系统，确保产生的废液得到妥善处理。不得将放射性废液排入普通下水道，相关控制应遵循GB18871的要求；不允许利用生活污水下水系统洗涤被放射性污染的物品；不允许用渗井排放废液。将过处理的废液在向环境排放前，应先送往监测槽逐槽分析，符合排放标准后方可排放。	短半衰期核素放射性废水暂存衰变经监测达标后排入所在核医疗健康产业园园区污水处理厂处理、长半衰期核素放射性废水定期交由有资质的单位处置，含有有机废液的放射性废水暂存衰变经监测达标后作为危废交由有资质单位处置。	符合
8	产生放射性固体废物的单位应建立固体废物暂存库，确保储存的废物可回取；操作非密封源的单位产生的废物应按要求送指定的废物库暂存，送贮的废物应符合送贮条件。对于半衰期短的废物可用放置衰变的方法，将放射性物质衰变到清洁解控水平后作普通废物处理，以尽可能减少放射性废物的数量。	本项目在各场所设置放射性废物暂存间，固废经暂存衰变至解控水平后作为一般固废处置或作为危废定期交由有资质单位处置，长半衰期固废定期交由有资质单位处置。	符合

4.3 三废治理

4.3.1 放射性污染物治理措施

4.3.1.1 废气治理措施

(1) 治理措施

本项目各生产区、质检区、研发区和实验区的排风系统均独立设计，互不干扰，可独立开启，各放射性工作场所排风设计如下：

◆ 放射性药物生产区

放射性药物生产区集中布设在综合车间（一）的一层和二层，一层包含 7 个放射性药物生产车间，二层包含 8 个放射性药物生产车间，各生产车间相对独立，各车间的放射性排风系统均由设备（热室）局排与房间全排两套系统组成，其中：

设备（热室）局排系统：生产线的各热室均设计独立的局排系统，各热室内废气经设备局排一级过滤器（活性炭过滤）过滤处理，处理后碘热室废气通过本栋厂房内的除碘高效过滤装置和普通高效过滤器处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。其他热室废气经 BIBO 高效过滤装置或普通高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。为确保热室密闭性，热室设置微负压，压力不高于 -20Pa，并在热室对外接口内外及主腔防护门处设橡胶密封圈。

房间全排系统：分别在操作区、外包区设房间全排系统。其中，操作间及外包间的排风分别引至本栋厂房内的排风机房经普通高效过滤装置或除碘高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）；外包区和成品库等的排风合并汇入一根主排风管道，引至本栋厂房内的排风机房经普通高效过滤装置或除碘高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

◆ 放射质检区

本实验区的排风系统分为设备（如热室、通风橱、万象罩等）局排与房间全排两套系统，其中：

设备（热室、通风橱）局排系统：设备内废气经设备局排一级过滤器（活性炭过滤）过滤处理后，合并汇入一根主排风管道，引至综合车间（一）屋顶经除碘高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

房间全排系统：涉放实验室（液相室、理化间、灭菌室、培养室、准备室、稳定性间、能谱室等）设房间全排系统，房间内气体合并汇入一根主排风管道，引至综合

车间（一）屋顶经除碘高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

◆ 研发中心

本实验区的排风系统分为设备（如热室、通风橱等）局排与房间全排两套系统，其中：

设备局排系统：设备内废气经局排一级过滤器（活性炭过滤）过滤处理后，合并汇入一根主排风管道，引至综合车间（二）屋顶经 BIBO 高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

房间全排系统：涉放实验室（如稳定性间、放射性化学实验室、放射性分析实验室等）设房间全排系统，房间内气体合并汇入一根主排风管道，引至综合车间（二）屋顶经 BIBO 高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

◆ 放射性库房

各放射性原料库、成品库、放射性废物暂存库均为房间全排系统，其中：

综合车间（一）：位于一楼的 α/β 放射性原料库、成品库 1、成品库 2 的废气合并汇入一根主排风管道，引至本栋厂房内的排风机房经普通高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。位于一楼的放射性废物库气体引至本栋厂房内的排风机房经普通高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。位于一楼的外包间、铅罐库、运输包装间、铅罐清洗间的气体合并汇入一根主排风管道，引至本栋厂房内的排风机房经普通高效过滤装置处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

综合车间（二）：稳定性实验室、同位素暂存间、放射性废物库、冷冻放射性废物库的废气合并汇入一根主排风管道，引至综合车间（二）屋顶经 BIBO 高效过滤装置（净化效率达 99%）处理后于屋顶排放（排口高于屋脊 3m）。

（2）净化装置及可行性分析

本项目各放射性工作场所的放射性排风系统拟采用高效过滤装置，涉及含碘核素的涉放场所使用除碘高效过滤器。

①普通高效过滤装置/BIBO 高效过滤装置

项目除放药 201 车间外的放药生产车间和质检中心、放药研发中心的涉放实验区均采用普通高效过滤装置或 BIBO 高效过滤装置。

高效过滤装置主要由过滤器段、风机段组成。其中过滤器单元包含预过滤段、中效过滤段 H8 和高效过滤段 H14。中效过滤段主要用于捕集 1~5 μm 的颗粒灰尘及各种

悬浮物，过滤效率大于等于 45%；高效过滤段主要用于捕集 $0.5\mu\text{m}$ 以下的颗粒灰尘及各种悬浮物，过滤效率可达 99.9%。过滤器的滤料为玻璃纤维纸。

根据建设单位已建成情况，本项目综合车间（一）一层 7 个放药生产车间热室采用袋进袋出式高效过滤器（简称“BIBO”），其余放药生产车间和涉放实验区拟采用普通的高效过滤器或除碘高效过滤装置。

袋进袋出过滤器即“具备利用气密袋安全进行更换的条件”的过滤器。其区别于普通高效过滤器的最大特点是安装、更换、检测过滤器时均在 PVC 袋（或高温袋）保护下进行，过滤单元完全不与外界空气接触，从而保证了人员的安全并防止污染环境。

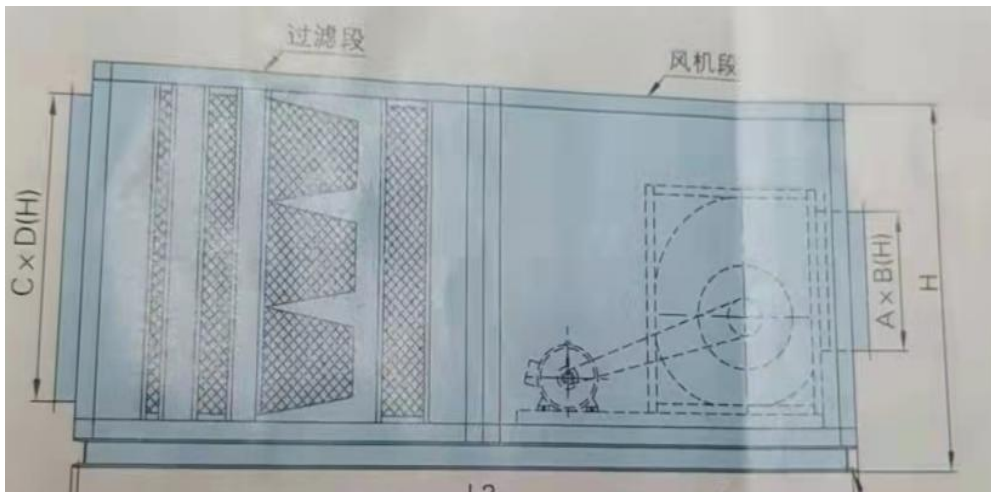


图 4-3 已建普通高效过滤器结构示意图

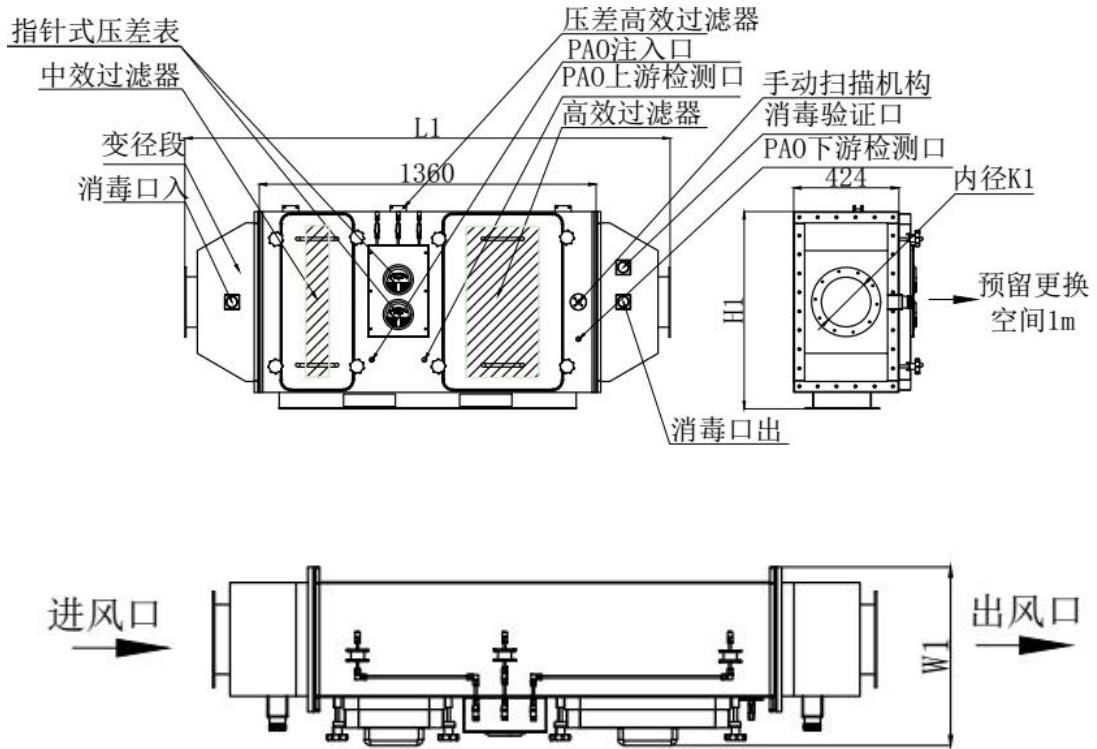


图 4-4 已建 BIBO 型高效过滤器典型外观及结构示意图

②除碘高效过滤装置

项目放药 201 车间 (^{131}I) 车间、质检区、废物库拟采用除碘高效过滤装置。该装置沿气流方向依次设置为电加热器段、预过滤器段、前置高效过滤器段、碘吸附器段和后置高效过滤器段。各功能段采用非进入式结构，碘吸附段设置有消防喷淋系统。装置整体简图如下：

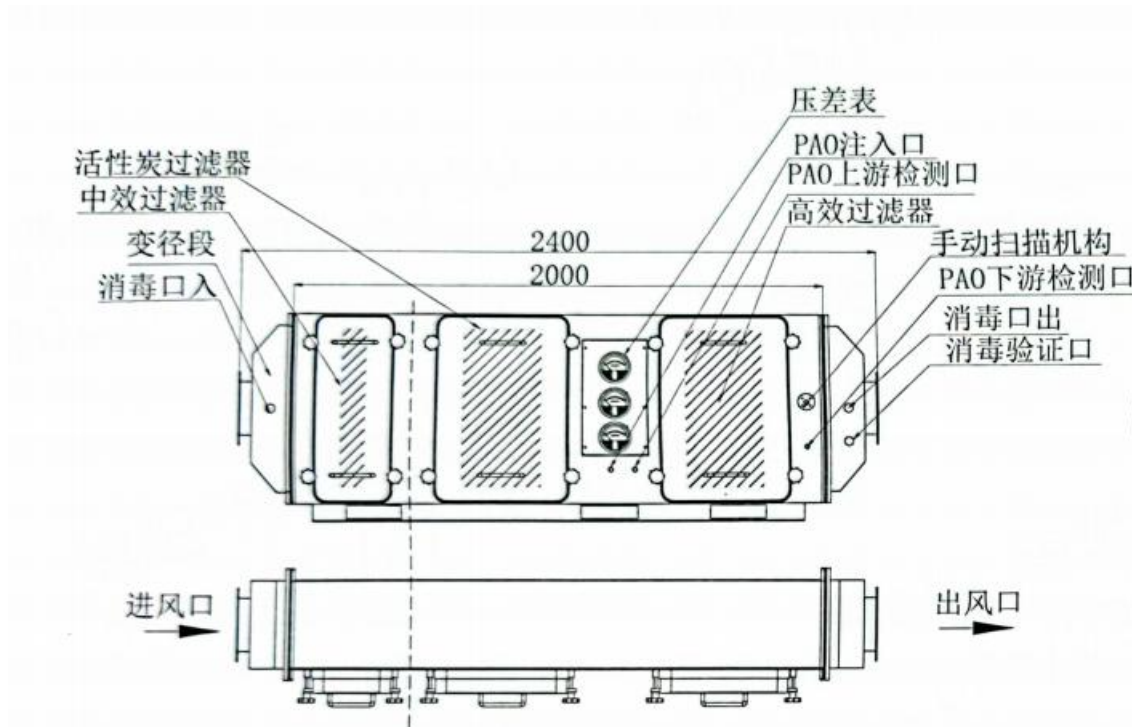


图 4-5 除碘高效过滤装置整体结构简图

中效过滤器：为第一级过滤段，用于去除空气中稍大的微粒，滤料为玻璃纤维纸。

活性炭过滤器：用于吸附通风系统中的放射性碘，滤料为浸渍活性炭，碳床厚51mm，，初阻力 $\leq 310\text{Pa}$ ，过滤效率大于99%。

后置高效过滤器段：主要是净化从碘吸附器中可能被气流带出的炭粉尘，为净化段最后的屏障。

综上，项目各放射性工作场所均设有通排风系统，并能保证室内负压；各高效过滤器装置与排风系统尾端紧密连接，防止污染物外泄。通过排风后，遗留在室内的放射性气体量极少，过滤处理后的放射性气体对周边环境的辐射影响轻微，项目采取的放射性废气治理措施有效可行。

综上，项目各放射性工作场所均设有通排风系统，并能保证室内负压；各高效过滤器装置与排风系统尾端紧密连接，防止污染物外泄。通过排风后，遗留在室内的放射性气体量极少，过滤处理后的放射性气体对周边环境的辐射影响轻微，项目采取的放射性废气治理措施有效可行。

建设单位需定期对过滤器的过滤效率进行校核，一般通过检测过滤器前后的阻力差来判断是否需要更换。如确定初阻力值 ΔP ，一般超过 $2\Delta P$ 作为确认更换的要求，更换下来的过滤器应作为放射性固废进行处理。

4.3.1.2 放射性废液

(1) 收集及治理方式

放射性废液涉及核素包括 ^{11}C 、 ^{18}F 、 ^{32}P 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{68}Ge 、 ^{86}Y 、 ^{89}Sr 、 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{99}Mo 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{123}I 、 ^{124}I 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 、 ^{161}Tb 、 ^{177}Lu 、 ^{188}Re 、 ^{166}Ho 、 ^{188}W 、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{212}Bi 、 ^{212}Pb 、 ^{223}Ra 、 ^{224}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 、 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{232}Th 等 35 种核素。

针对放射性废水拟采取分类收集：①含有长半衰期核素（ $^{228}\text{Ra}/5.75\text{a}$ 、 $^{228}\text{Th}/1.913\text{a}$ 、 $^{137}\text{Cs}/30.1617\text{a}$ 、 $^{232}\text{Th}/1.405\text{E}+10\text{a}$ 、 $^{68}\text{Ge}/270.95\text{d}$ ）的放射性废液。②除长半衰期核素以外的短半衰期核素。③放射质检区、放射性药物研发中心产生的含有有机溶剂的有机放射性废液。各类别放射性废液产量总量分析如下表所示：

表 4-10 不同类别废液总量分析一览表

类别	产生场所	产生总量 (L)	废水比活度 (Bq/L)	总水量 (L)
长半衰期废液 (^{228}Ra)	放药101车间	146	3.70E+06	342
	放药102车间	146	7.40E+07	
	放药103车间	50	7.40E+08	
短半衰期废液 (^{225}Ac)	放药101车间	50	3.70E+07	847.5
	放药104车间	50	3.70E+08	
	放药106车间	50	3.70E+08	
	放药107车间	50	3.70E+07	
	放药201车间	50	3.70E+07	
	放药202车间	50	3.70E+07	
	放药203车间	50	3.70E+07	
	放药204车间	50	3.70E+07	
	放药206车间	50	3.70E+07	
	放药207车间	50	3.70E+07	
	放药208车间	50	3.70E+07	
	放药209车间	50	3.70E+07	
	放射质检区	82.5	3.99E+09	
	放射性药物研发中心	165	2.22E+09	
有机放射性废液 (^{225}Ac)	放射质检区	700	3.99E+09	1937.5
	放射性药物研发中心	1237.5	2.22E+09	

注：保守考虑取相应类别中综合考虑半衰期及操作天数最大的核素作为计算依据，废水量以该场所250d最大废水产量。

分类处置方式：①对于短半衰期废液在综合车间（一）北侧设置埋地式衰变池 1 座，衰变池内设置有短半衰期放射性废液储罐区，内设容积为 10m^3 （有效容积 8m^3 ）的储罐 5 个，收集综合车间（一）和综合车间（二）产生的短半衰期核素（ ^{11}C 、 ^{18}F 、

^{32}P 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{68}Ge 、 ^{86}Y 、 ^{89}Sr 、 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{99}Mo 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{123}I 、 ^{124}I 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 、 ^{161}Tb 、 ^{166}Ho 、 ^{177}Lu 、 ^{188}Re 、 ^{188}W 、 ^{203}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{211}At 、 ^{212}Pb 、 ^{223}Ra 、 ^{224}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th) 放射性废水, 每个暂存罐收集产生的放射性废水达到警戒水位后不再转入废水, 经衰变暂存罐内最长半衰期核素的 10 个半衰期后取样检测达标 (总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$), 经主管部门认可后, 排入公司内部污水处理站, 经过污水处理站处理后排入园区污水管网, 进入产业园污水处理厂处理。②对于长半衰期核素生产线热室内或质检研发实验室内配 1 个 50L 收集铅罐, 收集含 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{68}Ge 、 ^{137}Cs 、 ^{232}Th 、放射性废液, 收储至容积 2/3 时由生产线工作人员转运至放射性衰变池长半衰期衰变罐 (0.5m^3 , 共 2 个) 处, 对接衰变罐的进水口将长半衰期废液转移至衰变罐中暂存, 待衰变罐收储至容积 80% 时交由有资质单位处置; ③对于有机放射性废液: 衰变池内设置有有机放射性废水储罐区, 内设容积为 3.3m^3 的储罐 3 个, 收集产生的有机放射性 (不包含长半衰期核素) 废水, 每个暂存罐收集产生的有机放射性废水达到警戒水位后不再转入废水, 经衰变暂存罐内最长半衰期核素的 10 个半衰期后取样检测达标 (总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$), 经主管部门认可后, 作为危废交由有资质单位处置。

另外, 综合车间 (一) 与综合车间 (二) 均设有去污专用去污洗手池及淋浴间, 用于生产线或实验区人员的去污。该去污洗手池及淋浴间产生的人体去污废水经地漏排入放射性特排管道, 经管道收集至衰变池集中处理。

(2) 衰变池运行方式

短半衰期放射性储罐运行方式: 采取并联方式运行, 当 1#暂存罐收集生产、质检、研发过程中产生的放射性废水到达警戒水位, 关闭 1#暂存罐的出水阀和进水阀, 对 1#暂存罐进行封存衰变, 打开 2#暂存罐的进水阀。当 2#暂存罐收集生产、质检、研发过程中产生的放射性废水后采取同样的操作方式进行封闭衰变并将废水切换到 3#暂存罐收集; 1#、2#、3#、4#暂存罐按照此方式依次循环运行。当 1#暂存罐封存衰变暂存罐内最长半衰期核素的 10 个半衰期后, 对 1#暂存罐里面的废液进行取样后送有资质的检测公司进行检测, 检测达标 (总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$), 监测结果经审管部门认可后, 排入公司污水处理站, 经污水处理站处理后排入园区污水管网, 2#、3#、4#暂存罐内暂存的废液均按照此方式进行解控检测及排放。其中 5#暂存罐作为应急备用暂存罐使用, 其 1#、2#、3#、4#、5#暂存罐之间通过阀门控制能实现相互之间倒罐操作。衰变池内

设计有取样系统，在排放前先对储罐内的废液进行循环混匀，然后对需要排放的暂存罐进行取样，送第三方有资质的单位检测，达标后排放。

长半衰期储罐运行方式：在衰变池内设置有 2 个容积为 0.5m³ 的长半衰期放射性废液暂存罐，当向 1#暂存罐内收集废液时，打开 1#暂存罐的进水阀，关闭 1#暂存罐的排水阀和 2#暂存罐的进水阀和排水阀。当 1#暂存罐达到警戒水位后，关闭 1#暂存罐的进水阀，联系有资质的处理公司来进行收集处理，在这期间产生的废液按照此方式往 2#暂存罐内收集。

有机放射性废液储罐运行方式：采取并联方式运行，当 1#暂存罐收集产生的放射性废水到达警戒水位，关闭 1#暂存罐的出水阀和进水阀，对 1#暂存罐进行封存衰变，打开 2#暂存罐的进水阀。当 1#暂存罐封存衰变暂存罐内最长半衰期核素的 10 个半衰期后，对 1#暂存罐里面的废液进行取样后送有资质的检测公司进行检测，检测达标（总 $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ），监测结果经审管部门认可后，交由有资质的单位进行处置。2#暂存罐内暂存的废液均按照此方式进行解控检测。其中 3#暂存罐作为应急备用暂存罐使用，其 1#、2#、3#暂存罐之间通过阀门控制能实现相互之间倒罐操作。衰变池内设计有取样系统，在清洁解控前先对储罐内的废液进行循环混匀，然后对需要排放的暂存罐进行取样，送第三方有资质的单位检测，检测达标（总 $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ），监测结果经审管部门认可后，交由有资质的单位进行处置。

衰变池上方人员进出口加盖上锁，安排专人管理。四周设置围栏和电离辐射警示标识，防止无关人员进入和滞留。

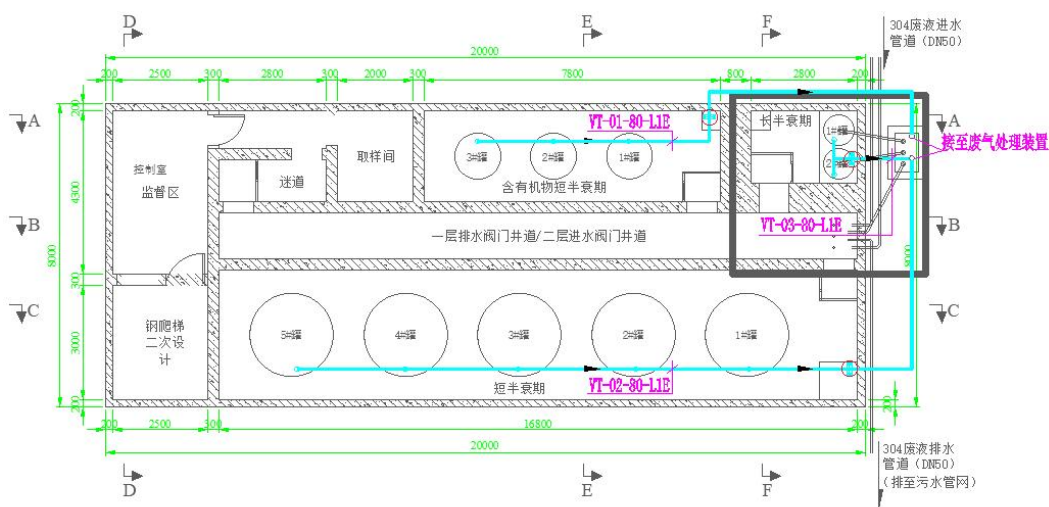


图 4-6 衰变池示意图

(3) 衰变池容积合规性分析

根据放射性废水的活度衰减公式： $N=N_0(0.5)^t$

式中： N_0 ——排放时的每升废水的放射性活度，Bq/L；

N ——项目放射性废水允许排放的活度，Bq/L；

t ——达到允许排放的放射性活度时所用的半衰期个数。

在综合车间（一）北侧设置有 1 座衰变池，内设 5 个普通短半衰期放射性废液暂存罐（单个暂存罐的有效容积均为 8m^3 ）、3 个有机放射性废液暂存铅罐（单个有效容积 3.3m^3 ）收集各放射性工作场所产生的放射性废液（其中短半衰期废液 847.5L/a ，平均活度 $6.72\text{E}+08\text{Bq}$ ，含有有机溶剂的放射性废液 1937.5L/a ，平均活度 $2.86\text{E}+09\text{Bq}$ ）进行暂存衰变，经检测达标（总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ ），监测结果经审管部门认可后，排入公司污水处理站，经过污水处理站处理后排入园区污水管网，进入产业园污水处理厂处理。

表 4-11 排放时活度分析

废水类别	核素类别	半衰期	排入时比活度 (Bq/L)	排放时该部分核素衰变时间 (d)	排放时核素活度 (Bq)
短半衰期废液	^{225}Ac	10 d	$6.72\text{E}+08$	365	$6.91\text{E}-03$
含有有机溶剂的放射性废液	^{225}Ac	10 d	$2.86\text{E}+09$	365	$2.94\text{E}-02$

经计算，短半衰期废水经衰变 1 年后总 α 浓度小于 0.1Bq/L ，有机放射性废液 α 浓度小于 0.1Bq/L ，满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）规定的放射性废水排放限值（总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ ）。

根据上述内容可知，本项目短半衰期衰变罐单个容积 8m^3 ，可容纳 5 年以上生产过程中产生的短半衰期废液，暂存仅需 1 年即可满足排放标准；有机放射性废液罐单个容积 3.3m^3 ，可容纳 1 年以上生产过程中产生的有机放射性废液，暂存 1 年可满足排放标准；长半衰期衰变罐单个容积 0.5m^3 ，共两个，可容纳 2-3 年生产过程中产生的长半衰期废液。综上所述本项目短半衰期衰变罐，有机放射性废液衰变罐收储时间均大于暂存时间，且均有多个备用，对于长半衰期衰变罐，建设单位已与有资质的单位签订处置协议，无需长时间贮存，因此本项目放射性废液收储设施容积合理。

4.3.1.3 放射性固废

本项目放射性固废主要来自各放药生产线、放射性质检、研发的沾污废弃原料瓶、反应瓶、一次性注射器等、含有放射性核素固废等，以及涉放区排风系统高效过滤装

置定期更换产生的含有核素的废过滤芯。

(1) 固废收集方式

放射性固体废物采取分核素收集、暂存的方式。

各放药生产车间的操作区内拟各设 1 个 30L 不锈钢桶（防护铅当量为 20mmPb），收集生产过程中产生的放射性固体废物。放射质检区、放射性药物研发中心的各涉放实验室内拟按需配备 20L 的不锈钢桶（防护铅当量为 20mmPb），收集实验过程中产生的放射性固体废物。待容器装满时由转运小推车就近运至所在生产厂房内的放射性废物库暂存。

综合车间（一）内的各生产线及质检中心产生的放射性固体废物按核素种类由专用容器分类收集打包，集中至该车间一层的放射性废物库进行暂存。其中长半衰期放射性固体废物转移至放射性废物库的长半衰期收集桶（防护铅当量为 10mmPb）内暂存， α 短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的 α 短半衰期收集桶（防护铅当量为 10mmPb）内暂存， β 短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的 β 短半衰期收集桶（防护铅当量为 10mmPb）内暂存。

综合车间（二）研发实验室产生的放射性固废运至该车间一层放射性废物库暂存。其中，含有 α 短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的 α 短半衰期收集桶（防护铅当量为 10mmPb）内暂存， β 短半衰期放射性废物转移至放射性废物库的 β 短半衰期收集桶（防护铅当量为 10mmPb）内暂存。

盛放放射性固体废物的容器内设专用塑料袋收纳废物，在塑料袋外表面醒目位置处标注废物所含核素名称、废物类别、入库日期等信息，并建立废物存储和处理台账，安全专人负责管理。

(2) 固废最终处置去向

产生的放射性固废属于《关于发布<放射性废物分类>的公告》（原环境保护部，2017 年第 65 号）中的极短寿命放射性废物（仅含有核素的半衰期小于 100 天）和低水平放射性废物。

按固废中所含放射性核素的种类、半衰期、活度水平等特性进行分类收集、分别处理：

①仅含有 ^{131}I 核素的放射性固体废物暂存时间超过 180 天，经检测辐射剂量满足 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可清洁解控作为一般固废处理。

②所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天，经检测辐射剂量满足 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，可清洁解控作为一般固废处理。

③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所含核素最长半衰期的 10 倍，经检测辐射剂量满足 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，可清洁解控作为一般固废处理。

④含有核素 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{68}Ge 、 ^{137}Cs 、 ^{232}Th 的放射性固废单独收集，定期交资质单位处置。

各类放射性固废达清洁解控水平后，最终去向如下：

废 $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 发生器、 $^{228}\text{Th}(^{212}\text{Pb})$ 发生器、 $^{99}\text{Mo}(^{99\text{m}}\text{Tc})$ 发生器、 $^{188}\text{W}(^{188}\text{Re})$ 发生器、 $^{68}\text{Ge}(^{68}\text{Ga})$ 发生器、 $^{137}\text{Cs}(^{137\text{m}}\text{Ba})$ 发生器分类、单独收集，交发生器生产厂家回收处置。

达清洁解控水平的各放药生产线、放射性质检和研发实验产生的废合成卡套、废分装套件（输送软管、输送针头等）、废滴定枪头、废储液瓶、一次性滤膜、不合格产品及废劳保（口罩、手套等），交当地环卫部门清运。

达清洁解控水平的废液相色谱检验样品溶液、混有乙腈的废样品溶液、废过滤器芯等，《国家危险废物名录（2021 版）》中“HW49 其他废物”中“900-047-49 具有危险特性的残留样品”类，达清洁解控水平后交有相应资质单位处理。

此外，参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中固体放射性废物的管理要求，建设单位在营运期还应采取以下措施：

①含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

②放射性废物每袋重量不超过 20kg，装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。

③放射性废物暂存间内不同类别的废物应分开存放。放射性废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

④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 发射体应小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

4.3.2 非放污染治理措施

(1) 废气治理

本项目非放射性废气主要来源于质检中心及放药研发中心实验使用的盐酸、磷酸和硝酸等挥发产生的酸雾，以及乙醇产生的挥发性有机物。由于实验过程中酸性试剂和乙醇等试剂年用量较少，操作过程中酸雾、挥发性有机废气产生量较少，且本项目工作场所中均设有排风过滤系统，可使酸雾、挥发性有机废气有效减少。

(2) 废水治理

根据污染源项分析，本项目非放废水包括非放工艺用水和生活废水。

治理措施

根据 3.3.3 章节污染源项分析，空铅罐清洗废水产生量约 $2\text{m}^3/\text{d}$ ($500\text{m}^3/\text{a}$)，实验前空器皿清洗废水产生量约 $0.24\text{m}^3/\text{d}$ ($60\text{m}^3/\text{a}$)，洁净服清洗废水产生量约 $1.2\text{m}^3/\text{d}$ ($300\text{m}^3/\text{a}$)；生活污水排放量为 $16.32\text{m}^3/\text{d}$ ($4080\text{m}^3/\text{a}$)。

生产废水经厂区污水管网进入一期工程已建成的非放废水处理设施处理达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，进入核医疗产业园污水处理厂处理达标后排放。生活污水经厂区污水管网进入一期工程已建成的非放废水处理设施处理达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，进入核医疗产业园污水处理厂处理达标后排放。

废水处理措施的可行性

根据《中国(绵阳)科技城核医疗健康产业园青龙山北片区规划》，本项目生产废水经核医疗健康产业园污水处理厂处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准，生活污水经核医疗健康产业园污水处理厂处理后排入芙蓉溪。

核医疗健康产业园污水处理厂设计生产污水处理能力 $1500\text{m}^3/\text{d}$ (拟分两期建设，一期建设 $500\text{m}^3/\text{d}$ ，二期建设 $1000\text{m}^3/\text{d}$)，办公及生活污水沉淀池 1000m^3 。本项目外排的非放工艺废水主要为含少量 SS 的清洗废水和生活污水，水质成分简单，易于处理，且排放的非放类生产废水总量为 $17.08\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水(含食堂废水)产生量为 $6.63\text{m}^3/\text{d}$ ，只占污水处理厂一期处理能力极小部分。可见，核医疗健康产业园污水处理厂可满足本项目污水处理需求。

综上，核医疗健康产业园污水处理厂从处理工艺到处理能力都能满足本项目排放

污水处理需求，本项目进入科技园污水处理厂处理可行。

(3) 噪声治理

项目生产设备均为低噪声运行设备，主要噪声源于通排风机组运行噪声。项目拟采用距离衰减和建筑物隔声的方式减弱通排风系统产生的噪声。

(4) 固废治理

一般固废

生活垃圾：办公区设垃圾桶，生活垃圾袋装收集后，定期交由环卫部门统一收运处置。

危险废物

质检、研发过程中产生的废培养基等活性物质、废有机溶剂、废酸液，属于《国家危险废物名录（2021版）》中“HW49 其他废物类--非特定行业-900-047-49 生产、研究、开发活动中，产生的含有机溶剂，废酸、废碱，具有危险特性的残留样品”类，为危险废物，须交有资质单位进行处理。其中，废培养基等活性物质应先经高压蒸汽灭活处理，再交资质单位处理。

以上危险废物由专用容器收集暂存于综合车间（一）一层的危废暂存间，定期委托有资质的单位处置。

4.4 服务期满后的环境保护措施

本项目非密封放射性物质工作场所服务期满后，建设单位需根据相关要求实施场所退役。

4.4.1 设计阶段对退役设施的考虑

(1) 本项目各类医用同位素生产车间、涉放实验区均设置相对独立的场所，且对于易挥发和易撒漏的放射性物质均局限在空间较小的操作台或热室内操作，尽可能减少非密封放射性物质的扩散，并减小污染区域的面积；

(2) 车间地面铺设均采用了易拆性、易去污的环氧自流平地，且墙角作圆角处理，防止撒漏放射性物质扩散到土壤中；

(3) 项目设置了专用放射性固废间和放射性废液处理设施，对放射性废物进行分类、集中处理，并采用先进工艺，尽可能减少“三废”的产生量、处理量、排放量和存量。

4.4.2 退役环保措施

(1) 建设单位需根据《核技术利用设施退役核安全导则》(HAD401/14-2021)要求编制退役方案,并在正式开展退役活动前编制退役环境影响评价文件,并取得生态环境主管部门许可后才能正式按照方案实施退役活动。

(2) 在退役过程中需先进行源项调查,对无法达到解控水平的设施、设备需先进行去污工作,对无法去污的需进行集中暂存收集衰变或交由资质单位进行处置。

(3) 实施退役工作人员应作为辐射工作人员进行管理,并做好个人防护。

(4) 退役过程按《核技术利用项目放射性废物最小化》(HAD401/11-2020)进行放射性废物的分类和整备,并通过源头控制、再循环与再利用、清洁解控、处理优化及强化管理,使最终放射性固体废物产生量(体积和活度)减小至可合理达到的尽量低的水平。

5 环境影响分析

5.1 施工期环境影响评价

本项目不涉及对已投运的辐射工作场所进行改建，施工期内相应场所暂停生产工作，因此施工期不考虑辐射环境影响。

5.1.1 施工期大气环境影响评价

本项目废气主要来源于改建时拆除原有墙板时产生的少量施工扬尘，以及装修过程油漆和喷涂产生的少量有机废气。

(1) 施工扬尘

本项目施工扬尘是在已建成建筑内拆除部分墙板时产生，产生量较小且对周围大气环境影响轻微。

(2) 装修废气

项目装修阶段废气主要来自装修中使用的涂料、胶、石材、地砖、木材等材料挥发气体，这些废气含有甲醛、苯等物质，向环境中释放，污染源性质为无组织面源，对周围环境产生一定影响。建议采取以下防治措施：

①装修工程提倡绿色装修，采用符合国家标准的室内装饰和装修材料，从根本上降低装修废气对周围大气的污染；

②涂料和涂料喷涂产生的废气，对近距离接触的人体有一定危害，施工期的污染对象主要是施工人员，应采取必要的安全防护措施，如防护面具或口罩等。

通过采取上述措施，可以降低施工阶段对周围大气环境的影响，同时，这些影响随着施工期的结束而结束，不会对项目所在地环境空气质量造成明显影响。

5.1.2 施工期废水环境影响评价

施工期主要废水包括施工废水及施工人员生活废水。

(1) 施工废水

施工废水主要为场地清洗废水，产生量较小，废水主要含少量悬浮物。

(2) 施工人员生活污水

本项目施工高峰期工人人数可达 20 人左右，生活用水量按每人 $0.1\text{m}^3/\text{d}$ 计算，以排放系数为 0.8 计，生活污水排放量为 $1.6\text{m}^3/\text{d}$ 。废水主要污染物为 COD、氨氮、 BOD_5 、SS。

施工人员生活污水经已建卫生间下水管道接入厂区污水管网，经厂区既有污水处理设施处理后排入园区污水处理厂处理达标排放，不会对所在地地表水环境产生明显不利影响。

5.1.3 施工期声环境影响评价

施工期的噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声，主要有电锯、电钻、等，这些机械的噪声一般在 80~105dB（A）之间。

施工期的噪声影响是短期的，项目建成后，施工期噪声的影响也就此结束。但是由于施工机械均为强噪声源，噪声影响范围较大，结合本项目特点，应采取以下措施，严格管理：

①严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)中对施工阶段的噪声要求。合理安排高噪声施工作业的时间，每天 22 点至次日晨 6 点禁止高噪声机械作业，尽可能减少对周围地区的影响。因特种要求必须连续作业的，必须有县级以上人民政府或者有关主管部门的证明，并且必须公告附近公民。

②优先选用低噪声设备，以减少施工噪声。

③日常应注意对施工设备的维修、保养，使各种施工机械保持良好的运行状态。

经采取上述有效措施后，本项目施工过程中噪声对周围的影响可忽略。

5.1.4 施工期固废影响评价

施工期固体废物包括施工建筑垃圾以及施工人员的生活垃圾。

(1) 建筑垃圾

建筑垃圾主要来自拆除墙板及装修产生的废建材等根据施工行业经验估算，保守按新建工程按每新建 100m² 建筑产生 0.5t 建筑垃圾计算，本项目涉及改建的建筑面积约 12500m²，则建筑垃圾产生量约 62.5t。建筑垃圾收集堆放于指定地点，其中可回收的由相关单位回收，其余运至当地建设部门指定填埋场处置。

(2) 施工人员生活垃圾

项目施工高峰期工人人数为 20 人，生活垃圾产生量按 0.5kg/人.d 计，产生量为 10kg/d。生活垃圾定点集中收集后，由环卫部门统一清运。

综上所述，项目施工期间对环境存在一定的影响，但是这些影响具有时效性，随着施工期间的结束，对环境的影响也消除。只要工程在施工期严格执行上述基本要求，可以使施工期的环境影响降到最小程度。

5.2 运营期环境影响评价

5.2.1 运营期辐射环境影响

5.2.1.1 生产/研发线运行期间贯穿辐射环境影响

本项目涉及使用的核素种类较多，包括β核素和γ核素，其中β核素产生的β粒子在遇到重质材料时会产生韧致辐射，由于本项目各生产线和实验室均采用重质材料铅进行屏蔽，β粒子穿透能量较弱，本次外照射剂量不考虑β射线辐射影响，主要考虑γ射线和韧致辐射的外照射影响；对于内照射，本项目核素均在相应的热室或屏蔽防护设备中操作，设备或热室均采用负压设计，因此本项目不考虑工作人员的吸入内照射。

(1) 职业人员贯穿外照射剂量估算公式

由于生产/质检/研发过程中辐射源尺寸很小，故可视为点源。参考《核医学科放射防护要求》（GBZ120-2020）γ射线点源的剂量率计算公式如下：

$$x = TVL \times \lg\left(\frac{A \times \Gamma}{\dot{H}_p \times r^2}\right) \dots\dots\dots \text{(式 5-1)}$$

$$\text{推导得: } \dot{H}_p = \frac{A \Gamma}{r^2} \times 10^{\left(\frac{x}{TVL}\right)} \dots\dots\dots \text{(式 5-2)}$$

式中：A—放射源活度，MBq；

Γ—距源 1m 处的周围剂量当量率常数，μSv·m²/h·MBq，取自 ICRP 107 数据库；

r—计算点与放射源之间的距离，m；

x—屏蔽层厚度，mm；

TVL—半值层厚度，取值见 EXPOSURE RATE CONSTANTS AND LEAD SHIELDING VALUES FOR OVER 1,100 RADIONUCLIDES；

\dot{H}_p —屏蔽体外关注点剂量率值，μSv/h。

(2) 韧致射线贯穿辐射剂量率计算公式

β射线与物质相互作用会产生韧致辐射，物质的原子序数越高，所产生的韧致辐射越强。本次评价不考虑β射线与空气的相互作用，保守地认为产生的韧致辐射均为β射线与热室箱体材料相互作用的结果。

参考《辐射防护导论》（方杰主编、李士骏主审，P133）计算在距源 r 米处β粒子所致韧致辐射剂量率为：

$$\dot{D} = \frac{4.58 \times 10^{-14} \cdot A \cdot Z \cdot \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \cdot (\mu_{en} / \rho)}{K} \dots\dots\dots \text{(式 5-3)}$$

其中： D —屏蔽体外韧致辐射的空气吸收剂量率，Gy/h；

A ——源的活度，Bq；

Z ——吸收 β 射线的屏蔽材料的有效原子序数；

E_b ——韧致辐射的平均能量，取值为入射 β 粒子的最大能量的 1/3，单位为 MeV；

r ——预测点与源之间的距离，m；

(μ_{en}/ρ) ——平均能量 E_b 的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数， m^2/kg ；

K —屏蔽材料的减弱倍数， K 值取自《辐射防护导论》附表 8；

d —屏蔽层厚度，mm；

TVL—什值层厚度。

(3) 外照射年受照剂量计算

$$E = 1000 \times \sum_i W_{Ri} \cdot W_{Ti} \cdot D_i \cdot t_i \dots\dots\dots \text{(式 5-5)}$$

式中： W_{Ri} —第 i 种放射性核素产生射线的辐射权重因子，保守取 1；

W_{Ti} —第 i 种放射性核素产生射线的组织权重因子，保守取 1；

D_i —第 i 种放射性核素屏蔽体外的空气吸收剂量率，Gy/h；

t_i —第 i 种放射性核素的年操作时间，h。

5.2.1.1.1 综合车间（一）

5.2.1.1.1.1 放药 101 车间

本车间主要进行 ^{224}Ra 核素溶液及 ^{212}Bi 、 ^{212}Pb 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 标记药物的生产， ^{228}Th 、 ^{228}Ra 的少量生产及长期贮存，本车间共 2 条生产线，每条生产线每天最大生产 2 批次。其中 ^{228}Ra 每批次最大操作 $9.25\text{E}+08\text{Bq}$ ， ^{228}Th 每批次最大操作 $9.25\text{E}+08\text{Bq}$ ， ^{224}Ra 每批次最大操作 $9.25\text{E}+08\text{Bq}$ ， ^{212}Bi 每批次最大操作 $9.25\text{E}+08\text{Bq}$ ， ^{212}Pb 每批次最大操作 $9.25\text{E}+08\text{Bq}$ ， ^{225}Ac 每批次最大操作 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ， ^{211}At 每批次最大操作 $9.25\text{E}+10\text{Bq}$ 。

本车间热室六面均采用 50mmPb 进行辐射屏蔽，合成热室箱体内部净尺寸为 140cm×80cm×100cm，分装热室箱体内部净尺寸为 116cm×100cm×130cm，包装热室箱体内部净尺寸为 190cm×110cm×135cm。

由计算可知，放药 101 车间在放药生产期间操作位最大剂量率为 $1.96\text{E}+00\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位最大剂量率为 $5.75\text{E}+00\mu\text{Sv/h}$ ，低于本报告提出的正对操作位低于

2.5 μ Sv/h, 非正对操作位低于 25 μ Sv/h 的剂量约束值。

5.2.1.1.1.2 放药 102 车间

本车间主要进行 ^{224}Ra 核素溶液及 ^{224}Ra (^{212}Pb)、 ^{228}Th (^{212}Pb) 发生器的生产, ^{228}Th 、 ^{228}Ra 的少量生产及长期贮存, 本车间共 1 条生产线, 每条生产线每天最大生产 2 批次。其中 ^{228}Ra 每批次最大操作 3.70E+10Bq, ^{228}Th 每批次最大操作 3.70E+10Bq, ^{224}Ra 每批次最大操作 3.70E+10Bq。

本车间热室六面均采用 200mmPb 进行辐射屏蔽, 箱体内部净尺寸均为 110cm \times 120cm \times 70cm。

由计算可知, 放药 102 车间在放药生产期间操作位最大剂量率为 8.78E-01 μ Sv/h, 非正对操作位最大剂量率为 9.64E-01 μ Sv/h, 低于本报告提出的正对操作位低于 2.5 μ Sv/h, 非正对操作位低于 25 μ Sv/h 的剂量约束值。

5.2.1.1.1.3 放药 103 车间

本车间主要进行 ^{224}Ra 核素溶液及 ^{224}Ra (^{212}Pb)、 ^{228}Th (^{212}Pb) 发生器的生产, ^{228}Th 、 ^{228}Ra 的少量生产及长期贮存, 本车间共 1 条生产线, 每条生产线每天最大生产 2 批次。其中 ^{228}Ra 每批次最大操作 3.70E+11Bq, ^{228}Th 每批次最大操作 3.70E+11Bq, ^{224}Ra 每批次最大操作 3.70E+11Bq。

本车间热室六面均采用 250mmPb 进行辐射屏蔽, 箱体内部净尺寸均为 110cm \times 120cm \times 70cm。

由计算可知, 放药 103 车间在放药生产期间操作位最大剂量率为 9.87E-01 μ Sv/h, 非正对操作位最大剂量率为 1.08E+00 μ Sv/h, 低于本报告提出的正对操作位低于 2.5 μ Sv/h, 非正对操作位低于 25 μ Sv/h 的剂量约束值。

5.2.1.1.1.4 放药 104 车间

本车间主要进行 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 标记药物的生产, 本车间共 2 条生产线, 每条生产线每天最大生产 2 批次。其中 ^{212}Pb 每批次最大操作 1.85E+10Bq, ^{212}Bi 每批次最大操作 1.85E+10Bq, ^{225}Ac 每批次最大操作 1.85E+11Bq, ^{211}At 每批次最大操作 1.85E+11Bq, ^{203}Pb 每批次最大操作 1.85E+10Bq, ^{224}Ra (^{212}Pb) 发生器每批次操作 1.85E+10Bq。

本车间热室六面均采用 150mmPb 进行辐射屏蔽, 箱体内部净尺寸均为

110cm×120cm×70cm。

由计算可知，放药 104 车间在放药生产期间操作位最大剂量率为 $2.37\text{E}+00\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位最大剂量率为 $1.79\text{E}+00\mu\text{Sv/h}$ ，低于本报告提出的正对操作位低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位低于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的剂量约束值。

5.2.1.1.1.5 放药 106 车间

本车间主要进行 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 标记药物的生产，本车间共 2 条生产线，每条生产线每天最大生产 2 批次。其中 ^{212}Pb 每批次最大操作 $1.85\text{E}+10\text{Bq}$ ， ^{212}Bi 每批次最大操作 $1.85\text{E}+10\text{Bq}$ ， ^{225}Ac 每批次最大操作 $1.85\text{E}+11\text{Bq}$ ， ^{211}At 每批次最大操作 $1.85\text{E}+11\text{Bq}$ ， ^{224}Ra (^{212}Pb) 发生器每批次操作 $1.85\text{E}+10\text{Bq}$ 。

本车间热室六面均采用 150mmPb 进行辐射屏蔽，箱体内部净尺寸均为 $110\text{cm}\times 120\text{cm}\times 70\text{cm}$ 。

本车间热室规格及 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 核素操作量与放药 104 车间一致，计算见放药 104 车间。

5.2.1.1.1.6 放药 107 车间

本车间主要进行 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 标记药物的生产，本车间共 2 条生产线，每条生产线每天最大生产 2 批次。其中 ^{225}Ac 每批次最大操作 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ， ^{211}At 每批次最大操作 $7.40\text{E}+10\text{Bq}$ ， ^{177}Lu 每批次最大操作 $5.55\text{E}+12\text{Bq}$ ，其中 ^{161}Tb 每批次最大操作 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ 。

本车间热室六面均采用 50mmPb 进行辐射屏蔽，热室箱体内部净尺寸均为 $110\text{cm}\times 120\text{cm}\times 70\text{cm}$ 。

由计算可知，放药 107 车间在放药生产期间操作位最大剂量率为 $7.46\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位最大剂量率为 $8.31\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ，低于本报告提出的正对操作位低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位低于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的剂量约束值。

5.2.1.1.1.7 放药 201 车间

本车间主要进行 ^{131}I 口服液的的生产，本车间共 1 条生产线，每条生产线每天最大生产 1 批次，其中 ^{131}I 每批次最大操作 $7.40\text{E}+12\text{Bq}$ 。

本车间热室六面均采用 100mmPb 进行辐射屏蔽，热室箱体内部净尺寸均为 $120\text{cm}\times 80\text{cm}\times 100\text{cm}$ 。

由计算可知，放药 104 车间在放药生产期间操作位最大剂量率为 $6.01E-04\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位最大剂量率为 $3.85E-04\mu\text{Sv/h}$ ，低于本报告提出的正对操作位低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位低于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的剂量约束值。

5.2.1.1.1.8 放药 202 车间

本车间主要进行 ^{225}Ac 、 ^{203}Pb 、 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 标记药物的生产，本车间共 2 条生产线，每条生产线每天最大生产 2 批次。其中 ^{225}Ac 每批次最大操作 $9.25E+08\text{Bq}$ ， ^{203}Pb 每批次最大操作 $7.40E+09\text{Bq}$ ， ^{177}Lu 每批次最大操作 $5.55E+12\text{Bq}$ ，其中 ^{161}Tb 每批次最大操作 $3.70E+11\text{Bq}$ 。

本车间热室六面均采用 20mmPb 进行辐射屏蔽，热室箱体内部净尺寸均为 $110\text{cm}\times 120\text{cm}\times 70\text{cm}$ 。

由计算可知，放药 202 车间在放药生产期间操作位最大剂量率为 $2.08E+00\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位最大剂量率为 $2.33E+00\mu\text{Sv/h}$ ，低于本报告提出的正对操作位低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位低于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的剂量约束值。

5.2.1.1.1.9 放药 203 车间

本车间主要进行 ^{90}Y 玻璃微球的生产，本车间共 2 条生产线，每条生产线每天最大生产 1 批次，其中 ^{90}Y 每批次最大操作 $4.625E+12\text{Bq}$ 。

本车间热室六面均采用 120mmPb 进行辐射屏蔽，其中分装热室箱体内部净尺寸为 $175\text{cm}\times 110\text{cm}\times 130\text{cm}$ ，包装热室热室箱体内部净尺寸为 $210\text{cm}\times 110\text{cm}\times 135\text{cm}$ 。

由计算可知，放药 203 车间在放药生产期间操作位最大剂量率为 $1.42E-05\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位最大剂量率为 $7.94E-06\mu\text{Sv/h}$ ，低于本报告提出的正对操作位低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位低于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的剂量约束值。

5.2.1.1.1.10 放药 204 车间

本车间主要进行 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac 标记药物的生产，本车间共 2 条生产线，每条生产线每天最大生产 2 批次。其中 ^{225}Ac 每批次最大操作 $3.70E+09\text{Bq}$ ， ^{177}Lu 每批次最大操作 $5.55E+12\text{Bq}$ ， ^{161}Tb 每批次最大操作 $7.40E+11\text{Bq}$ 。

本车间热室六面均采用 50mmPb 进行辐射屏蔽，其中合成热室箱体内部净尺寸为 $166\text{cm}\times 100\text{cm}\times 115\text{cm}$ ，分装热室热室箱体内部净尺寸为 $140\text{cm}\times 80\text{cm}\times 100\text{cm}$ 。

由计算可知，放药 204 车间在放药生产期间操作位最大剂量率为 $9.88E-01\mu\text{Sv/h}$ ，

非正对操作位最大剂量率为 $5.04\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，低于本报告提出的正对操作位低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位低于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的剂量约束值。

5.2.1.1.1.11 放药 206 车间

本车间主要进行 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac 标记药物的生产，本车间共 2 条生产线，每条生产线每天最大生产 2 批次。其中 ^{225}Ac 每批次最大操作 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ， ^{177}Lu 每批次最大操作 $5.55\text{E}+12\text{Bq}$ ， ^{161}Tb 每批次最大操作 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ 。

本车间热室六面均采用 50mmPb 进行辐射屏蔽，其中合成热室箱体内部净尺寸为 $166\text{cm}\times 100\text{cm}\times 130\text{cm}$ ，分装热室热室箱体内部净尺寸为 $140\text{cm}\times 80\text{cm}\times 100\text{cm}$ 。

由计算可知，放药 206 车间在放药生产期间操作位最大剂量率为 $7.69\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位最大剂量率为 $7.34\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，低于本报告提出的正对操作位低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位低于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的剂量约束值。

5.2.1.1.1.12 放药 207 车间

本车间主要进行 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac 标记药物的生产，本车间共 2 条生产线，每条生产线每天最大生产 2 批次。其中 ^{225}Ac 每批次最大操作 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ， ^{177}Lu 每批次最大操作 $5.55\text{E}+12\text{Bq}$ ， ^{161}Tb 每批次最大操作 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ 。

本车间热室六面均采用 50mmPb 进行辐射屏蔽，热室箱体内部净尺寸均为 $110\text{cm}\times 120\text{cm}\times 70\text{cm}$ 。

由计算可知，放药 207 车间在放药生产期间操作位最大剂量率为 $6.16\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位最大剂量率为 $6.86\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，低于本报告提出的正对操作位低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位低于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的剂量约束值。

5.2.1.1.1.13 放药 208 车间

本车间主要进行 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac 标记药物的生产，本车间共 2 条生产线，每条生产线每天最大生产 2 批次。其中 ^{225}Ac 每批次最大操作 $9.25\text{E}+08\text{Bq}$ ， ^{177}Lu 每批次最大操作 $5.55\text{E}+12\text{Bq}$ ， ^{161}Tb 每批次最大操作 $3.70\text{E}+11\text{Bq}$ 。

本车间热室六面均采用 20mmPb 进行辐射屏蔽，热室箱体内部净尺寸均为 $110\text{cm}\times 120\text{cm}\times 70\text{cm}$ 。

由计算可知，放药 208 车间在放药生产期间操作位最大剂量率为 $1.31\text{E}+00\mu\text{Sv/h}$ ，非正对操作位最大剂量率为 $1.46\text{E}+00\mu\text{Sv/h}$ ，低于本报告提出的正对操作位低于

2.5 μ Sv/h, 非正对操作位低于 25 μ Sv/h 的剂量约束值。

5.2.1.1.1.14 放药 209 车间

本车间主要进行 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{225}Ac 标记药物的生产, 本车间共 2 条生产线, 每条生产线每天最大生产 2 批次。其中 ^{225}Ac 每批次最大操作 3.70E+09Bq, ^{177}Lu 每批次最大操作 5.55E+12Bq, ^{161}Tb 每批次最大操作 3.70E+11Bq。

本车间热室六面均采用 50mmPb 进行辐射屏蔽, 热室箱体内部净尺寸均为 110cm \times 120cm \times 70cm。

源项及外照射剂量与放药 207 车间完全一致, 计算结果详见放药 207 车间。

5.2.1.1.1.2 放射质检区

根据放射质检区各种类操作核素的日最大操作量、剂量率系数以及什值层等参数, 保守选取 ^{124}I 、 ^{212}Bi 、 ^{203}Pb 作为特征核素以分析不同质检实验过程中对操作人员造成的外照射影响分析。部分种类操作核素参数见下表所示:

由计算可知, 放射质检区在质检实验期间操作位最大剂量率为 4.99E-01 μ Sv/h, 低于本报告提出的正对操作位低于 2.5 μ Sv/h。

5.2.1.1.1.3 放射性药物研发中心

根据放射性药物研发中心各种类操作核素的日最大操作量、剂量率常数以及什值层等参数, 保守选取 ^{124}I 、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 、 ^{212}Bi 、 ^{188}Re 、 ^{208}Tl 作为特征核素以分析不同研发实验过程中对操作人员造成的外照射影响分析, 部分操作核素参数见下表所示:

由计算可知, 放射性药物研发中心在实验期间操作位最大剂量率为 1.53E+00 μ Sv/h, 低于本报告提出的正对操作位低于 2.5 μ Sv/h。

5.2.1.1.1.4 外包及转运过程中的辐射环境影响

根据产品方案及产品包装设计, 本项目产品货包外表面剂量率计算结果如下:

略

由计算可知, 本项目产品最低需满足《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019) 规定的 II 级 (黄) 型货包外表面 (5cm 处) 上任一点的最高辐射水平 \leq 0.5mSv/h 的要求。

5.2.1.2 生产/研发过程中职业人员的影响分析

5.2.1.2.1 放药生产线

由计算可知，本项目辐射工作人员年最受照剂量为 3.62mSv，低于本评价报告提出的 5mSv/a 的剂量约束值。

5.2.1.2.2 放射质检区

根据源项目分析可知，本项目每日质检不超过 33 种核素，根据每项质检用时及年实验次数，本项目放射质检区工作人员年剂量估算如下表所示：

略

由上表可知，本项目放射质检区辐射工作人员年受照剂量约为 $7.63E-03mSv/a$ 低于本环评报告提出的 5mSv/a 的剂量约束值。

5.2.1.2.3 放射性药物研发中心

根据源项目分析可知，本项目研发中心每天实验次数不超过 10 次，根据每项质检用时及年实验次数，本项目放射质检区工作人员年剂量估算如下表所示：

略

由计算可知，本项目研发中心辐射工作人员年受照剂量约为 $2.82E-02mSv/a$ 低于本环评报告提出的 5mSv/a 的剂量约束值。

5.2.1.3 项目运行期间对公众的辐射环境影响

根据项目辐射污染源项及相应的照射途径分析，结合厂区布局及外环境关系可知，各放射性工作场所均设有门禁系统，正常营运期间禁止无关人员进入，故厂房内为职业照射。项目营运期正常工况下产生的放射性废水由建设单位收集贮存，达标排放或交由有资质单位处置。因此，营运期对公众照射剂量估算主要考虑气载流出物所致剂量。同时，本项目位于核医疗产业园内，根据现场踏勘及调查，评价范围内主要为工业企业和居民住宅，范围内公众主要为园区内各企事业单位的工作人员及周边居住人群，其饮用水取自市政供水管网供应。因此，本评价不考虑饮水造成的食入内照射途径，主要以烟云浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气，评价的人群组为幼儿、青少年、成年。

(1) 气载流出物源项

根据辐射排风系统设计，项目综合车间（一）共设 9 个放射性气载流出物排气筒（距地面约 23.4m 高）；综合车间（二）共设 4 个放射性气载流出物排气筒（距地面约 16.5m 高）。考虑到各排气筒之间相距较近，且综合车间（一）与综合车间（二）相距也较近（约 12m），故本评价保守考虑，将排气筒归一化考虑。根据本报告 3.4.1.1 节的放射性气载流出物源项分析，项目正常工况下排放的气载流出物汇总如下。

略

（2）气载流出物所致公众剂量估算

①地面空气浓度计算模式

本次评价采用 AERMODSYSTEM 大气预测软件对气载流出物的落地浓度进行预测，AERMODSYSTEM 以 EPA 的 AERMOD 为核心模型开发的界面化大气模拟预测软件，考虑了预测点位当地气象和地形数据，提供了功能较强的数据分析，是一款基于 AERMOD 核心的新一代大气预测软件。

本次评价采用 23.4m 高排气筒中心地面投影为原点，预测下风向具有等代表性距离处的气载流出物落地浓度。各核素落地浓度见下表。

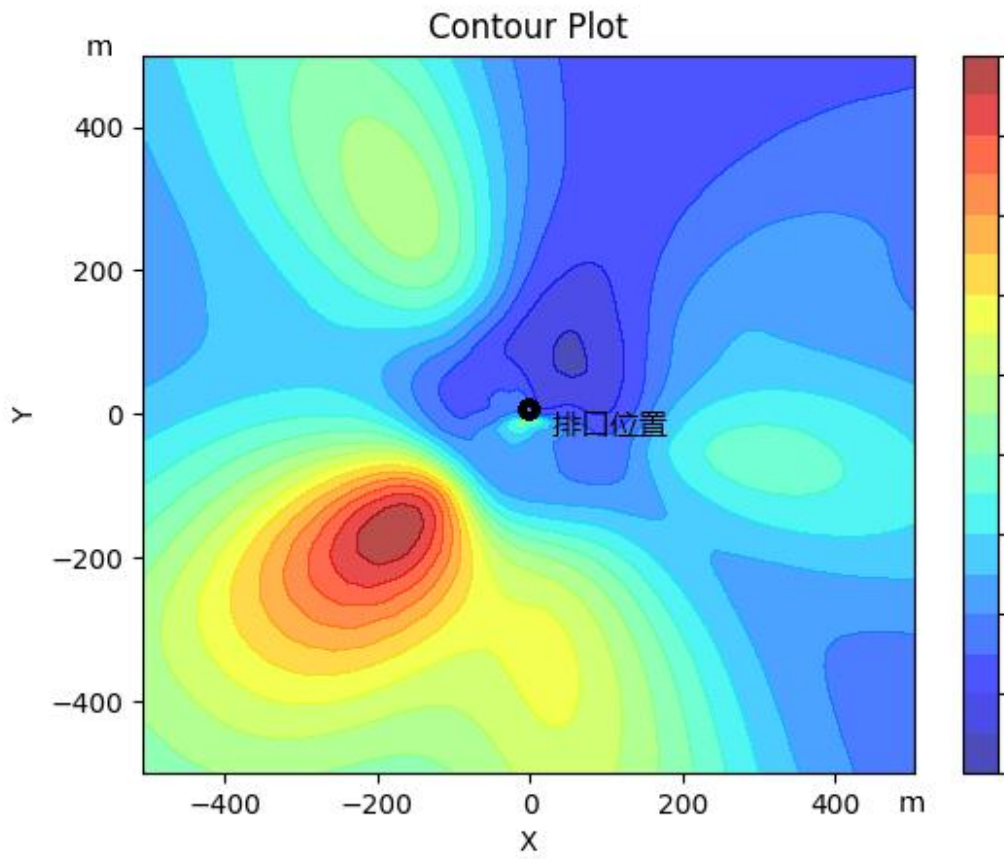


图 5-1 本项目地面落地浓度分布示意图

表 5-1 不同距离处各核素最大地面空气浓度 (Bq/m³)

距离/核素	²²⁵ Ac	²¹¹ At	²²⁸ Th	²²⁴ Ra	¹³¹ I	¹⁷⁷ Lu	⁹⁰ Y
50	1.14E-06	5.45E-06	1.02E-06	1.04E-06	1.84E-04	8.25E-05	2.33E-05
60	1.04E-06	4.98E-06	9.36E-07	9.50E-07	1.68E-04	7.54E-05	2.13E-05
70	1.01E-06	4.83E-06	9.08E-07	9.21E-07	1.63E-04	7.32E-05	2.07E-05
80	9.94E-07	4.75E-06	8.92E-07	9.06E-07	1.60E-04	7.19E-05	2.03E-05
100	1.19E-06	5.68E-06	1.07E-06	1.08E-06	1.92E-04	8.60E-05	2.43E-05
150	2.93E-06	1.40E-05	2.63E-06	2.67E-06	4.72E-04	2.12E-04	5.99E-05
200	3.96E-06	1.89E-05	3.56E-06	3.61E-06	6.39E-04	2.87E-04	8.10E-05
250	4.08E-06	1.95E-05	3.66E-06	3.72E-06	6.57E-04	2.95E-04	8.34E-05
300	3.88E-06	1.85E-05	3.48E-06	3.53E-06	6.25E-04	2.81E-04	7.93E-05
350	3.56E-06	1.70E-05	3.20E-06	3.25E-06	5.74E-04	2.58E-04	7.28E-05
400	3.25E-06	1.55E-05	2.91E-06	2.96E-06	5.23E-04	2.35E-04	6.64E-05
450	2.96E-06	1.41E-05	2.66E-06	2.70E-06	4.77E-04	2.14E-04	6.05E-05
500	2.69E-06	1.29E-05	2.42E-06	2.46E-06	4.34E-04	1.95E-04	5.51E-05

注：

②公众受照剂量估算

◆ 空气浸没外照射

空气浸没外照射采用半无限烟云模式，保守地假设受照个人无屏蔽而且全部时间停留在野外：

$$D_i^{in} = C_{Ai} \cdot DF_{in} \cdot Q_f \dots\dots\dots (式 5-12)$$

式中： C_{Ai} —核素 i 的地面空气浓度， Bq/m^3 ；
 DF_{in} —核素 i 的空气浸没外照射有效剂量转换因子， $(Sv \cdot a^{-1}) / (Bq \cdot m^3)$ ；
 Q_f —浸没在 C_{Ai} 浓度下的年时间份额，保守认为 Q_f 取 1。

◆ 地面沉积外照射所致剂量估算模式

采用常规计算模式，不考虑屏蔽和居留时间份额，按下式计算：

$$H_{bi} = 3600 G_{gi} \cdot K_{br} \cdot g_{bi} \cdot b \dots\dots\dots (式 5-13)$$

$$G_{gi} = (V_d + V_w) Q_i \dots\dots\dots (式 5-14)$$

$$K_{br} = [1 - \exp(-(\lambda_i + \lambda_m) \cdot t_b)] / (\lambda_i + \lambda_m) \dots\dots\dots (式 5-15)$$

式中： H_{bi} —沉积在地面上的放射性核素 i 产生的外照射有效剂量， $Sv \cdot a^{-1}$ ；

G_{gi} —放射性核素 i 在地面上的全年平均沉积率， $Bq \cdot (m^2 \cdot s)^{-1}$ ；

V_t —总沉积速度， m/s ； $V_t = V_d + V_w = 1000m/d = 0.0116m/s$ ；

V_d —干沉积速度， m/s ；

V_w —湿沉积速度， m/s ；

Q_i —核素 i 的地面空气浓度， Bq/m^3 ；

g_{bi} —放射性核素 i 的地面辐射产生的外照射有效剂量转换因子， $(Sv \cdot a^{-1}) / (Bq \cdot m^{-2})$ ；

b —考虑地面粗糙度和渗透到深层土壤的校正因子。保守地取 $b = 1$ ；

λ_i —核素 i 的衰变常数， h^{-1} ；

λ_m —核素在陆地环境中的去除常数， h^{-1} ；

t_b —核素在地面上的沉积时间， h ，保守取 30 年。

表 5-2 核素在陆地环境中的去除常数取值

元素	λ_m (h ⁻¹)
阴离子 (如TcO ₄ 、Cl ⁻ 、I ⁻)	1.4E-03
Sr和Cs	1.4E-04
其余元素 (包括非阴离子形态的Tc和I)	0

注：数据来源IAEANA.19 TABLEX

◆ 吸入内照射所致剂量估算模式

$$D_i^{inh} = C_{Ai} R_{inh} DF_{inh} \dots\dots\dots (式 5-16)$$

式中：

C_{Ai} —核素 i 的地面空气浓度，Bq/m³；

R_{inh} —呼吸率，m³/a；查 IAEANo.19 表 14，成人呼吸率取 8400m³/a，青少年 5500 m³/a，幼儿 1400 m³/a；

DF_{inh} —吸入内照射剂量转换因子，Sv/Bq。

本项目相关核素各种照射剂量转换因子取值汇总见下表

表 5-3 本项目相关核素各照射剂量转换因子

核素	烟云浸没外照射 (Sv·Bq ⁻¹ ·s ⁻¹ ·m ³)			地面沉降外照射 (Sv·Bq ⁻¹ ·s ⁻¹ ·m ²)			吸入内照射 (Sv/Bq)		
	幼儿	少年	成人	幼儿	少年	成人	幼儿	少年	成人
²²⁵ Ac	7.25E-16	6.33E-16	5.32E-16	9.98E-18	8.73E-18	7.71E-18	2.30E-05	1.10E-05	8.50E-06
²¹¹ At	1.61E-15	1.38E-15	1.06E-15	2.39E-17	2.08E-17	1.82E-17	3.70E-07	1.40E-07	1.10E-07
²²⁸ Th	1.07E-16	9.20E-17	7.49E-17	1.46E-18	1.28E-18	1.11E-18	1.50E-04	5.20E-05	2.90E-05
²²⁴ Ra	5.66E-16	4.97E-16	4.36E-16	7.75E-18	7.17E-18	5.92E-18	9.20E-06	4.40E-06	3.40E-06
¹³¹ I	2.15E-14	1.92E-14	1.69E-14	3.03E-16	2.74E-16	2.44E-16	7.20E-08	1.90E-08	7.40E-09
¹⁷⁷ Lu	2.12E-15	1.86E-15	1.62E-15	2.91E-17	2.63E-17	2.24E-17	4.10E-09	1.70E-09	1.20E-09
⁹⁰ Y	3.79E-15	3.49E-15	3.18E-15	1.54E-16	1.50E-16	1.47E-16	/	/	/

由上表可见，正常运行工况下，外排放射性气载流出物所致排气筒下风向 500m 范围内的公众受照剂量在 $2.50E-04\sim 1.47E-03\text{mSv/a}$ 范围，低于本报告提出的公众剂量约束值 0.1mSv/a ；关键人群组为青少年，关键核素为 ^{228}Th ，关键途径为吸入内照射。

5.2.1.4 放射性废水环境影响分析

本项目针对放射性废水采取分类收集、分类处理的方式。根据废液中核素的衰变特性以及载体是否为有机溶液分为长半衰期放射性废水、短半衰期放射性废水以及有机放射性废水。

含有长半衰期核素（ $^{228}\text{Ra}/5.75\text{a}$ 、 $^{228}\text{Th}/1.913\text{a}$ 、 $^{137}\text{Cs}/30.1617\text{a}$ 、 $^{232}\text{Th}/1.405E+10\text{a}$ 、 $^{68}\text{Ge}/270.95\text{d}$ ）的放射性废液，产生量约 $0.019\text{m}^3/\text{a}$ ，收集方式为设置 1 个 50L 暂存桶收集生产线、质检、研发中心产生的长半衰期放射性废水，暂存一定量后转移至衰变间内的长半衰期放射性废液暂存罐（ 0.5m^3 ），定期委托相关资质单位处理处置，不会外排，对项目周围水环境影响较小。

含有短半衰期核素（ ^{11}C 、 ^{18}F 、 ^{32}P 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{68}Ge 、 ^{86}Y 、 ^{89}Sr 、 ^{89}Zr 、 ^{90}Y 、 ^{99}Mo 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{123}I 、 ^{124}I 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 、 ^{161}Tb 、 ^{177}Lu 、 ^{188}Re 、 ^{188}W 、 ^{203}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{211}At 、 ^{212}Pb 、 ^{223}Ra 、 ^{224}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{227}Th ）的放射性废水，收集方式为在各个放药生产车间、放射性质检区、研发中心内设置 10L 废液收集罐收集短半衰期放射性废水，并在罐体上标记核素种类、收集时间等参数。暂存一定量后通过导管倒入特排管道转移至衰变间的短半衰期放射性废液储罐（ 10m^3 ）内，每个暂存罐收集产生的放射性废水达到警戒水位后，经衰变罐内最长半衰期核素的 10 个半衰期后取样检测达标（总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ ），且监测结果经生态环境主管部门认可后，排入公司内部污水处理站，经过污水处理站处理后排入园区污水管网，进入产业园污水处理厂处理后，最终排入芙蓉溪，对项目周围水环境影响较小。

有机放射性废液（不包含长半衰期核素）通过设置在各生产车间、质检区以及研发中心的特排管道收集转移至有机放射性废水储罐（ 3.3m^3 ），每个暂存罐收集产生的有机放射性废水达到警戒水位后，经衰变暂存罐内最长半衰期核素的 10 个半衰期后取样检测达标（总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ ），经生态环境主管部门认可后，作为危废交由有资质单位处置，作为危废交由有资质单位处置，对项目周围水环境影响较小。

5.2.1.5 放射性固体废物影响分析

本项目放射性固废主要来自各放药生产线、放射性质检、研发的沾污废弃原料瓶、

反应瓶、一次性注射器、含有放射性核素等，以及涉放区排风系统高效过滤装置定期更换产生的含有核素的废过滤芯。根据核素半衰期特性、衰变种类等参数，将固废主要分为 α 短半衰期放射性固废、 β 短半衰期放射性固废、长半衰期放射性固废收集处置。

(1) 长半衰期放射性固废

综合车间（一）放药生产车间、放射质检区以及综合车间（二）放射性药物研发中心中含有 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{68}Ge 、 ^{137}Cs 、 ^{232}Th 的放射性固废分别由30L不锈钢桶（防护铅当量为20mmPb）和20L不锈钢桶（防护铅当量为20mmPb）单独收集，收集后转运至综合车间（一）或综合车间（二）一层放射性废物库中的长半衰期收集桶（防护铅当量为10mmPb）内暂存，并定期交由有资质单位处置。

(2) 短半衰期放射性固废

综合车间（一）放药生产车间、放射质检区以及综合车间（二）放射性药物研发中心产生的 β 短半衰期放射性核素的放射性固废分别由30L不锈钢桶（防护铅当量为20mmPb）和20L不锈钢桶（防护铅当量为20mmPb）单独收集，上述放射性固废收集后转运至综合车间（一）或综合车间（二）一层放射性废物库中的 α 短半衰期放射性固废收集桶（防护铅当量为10mmPb）内暂存，经取样监测活度水平达《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）规定的清洁解控水平后，作为一般固体废物处理。

(3) 短半衰期放射性固废

综合车间（一）放药生产车间、放射质检区产生的 β 短半衰期放射性核素的放射性固废由30L不锈钢桶（防护铅当量为20mmPb）单独收集，综合车间（二）放射性药物研发中心产生的 β 短半衰期放射性核素的放射性固废由20L不锈钢桶（防护铅当量为20mmPb）单独收集，上述放射性固废收集后转运至综合车间（一）或综合车间（二）一层放射性废物库中的 β 短半衰期放射性固废收集桶（防护铅当量为10mmPb）内暂存。

① β 短半衰期放射性固废中仅含 ^{131}I 核素的，暂存180天后经检测达标（ β 表面污染 $<0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）作为一般固废处置。

② β 短半衰期放射性固废中所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过30天，经检测达标（ α 表面污染 $<0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染 $<0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）后，解控作为一般固废处理。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所

含核素最长半衰期的 10 倍后，经检测达标（ α 表面污染 $<0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染 $<0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ），解控作为一般固废处理。

(4) 其他放射性固废

外购的废 $^{224}\text{Ra}(^{212}\text{Pb})$ 发生器、 $^{228}\text{Th}(^{212}\text{Pb})$ 发生器、 $^{99}\text{Mo}(^{99\text{m}}\text{Tc})$ 发生器、 $^{188}\text{W}(^{188}\text{Re})$ 发生器、 $^{68}\text{Ge}(^{68}\text{Ga})$ 发生器、 $^{137}\text{Cs}(^{137\text{m}}\text{Ba})$ 发生器分类、单独收集，交发生器生产厂家回收处置。废过滤器芯等，满足《国家危险废物名录（2021 版）》中“HW49 其他废物”中“900-047-49 具有危险特性的残留样品”类描述的，达清洁解控水平后交有相应资质单位处理。

自主生产的废发生器由在生产车间拆解，分类收集暂存至综合车间（一）一层放射性废物库，定期交由有资质单位处置。

综上所述，本项目放射性固废采取以上措施后可确保有效处置，对周边环境影响是可控的。

5.2.2 运营期非放射性环境影响

5.2.2.1 大气环境影响分析

本项目非放射性废气主要来源于质检中心及放药研发中心实验使用的盐酸、磷酸和硝酸等挥发产生的酸雾，以及乙醇产生的挥发性有机物。由于实验过程中酸性试剂和乙醇等试剂年用量较少，操作过程中酸雾、挥发性有机废气产生量较少，影响轻微。

5.2.2.2 声环境影响分析

(1) 噪声源

本项目噪声主要来源于机房通风系统机组运行噪声。本项目声源强度在 80dB(A) 左右，噪声控制措施主要是设备选型时选用低噪声设备，同时针对不同的噪声源采取减振、房间隔声等降噪措施。本项目主要设备噪声产生情况见下表。

表 5-4 本项目噪声排放一览表

工序/ 生产线	装置	噪声源	声源类型 (频发、 偶发等)	噪声源强		降噪措施		噪声排放值		持续时 间/h
				核算 方法	噪声值 dB(A)	工艺	降噪 效果	核算 方法	噪声值 dB(A)	
排风	排风 机	排风 机	频发	类比 法	80	隔声、减 震、风机 进出口设 软接头	6	类比 法	74	800

(2) 预测模式

本次评价通过距离衰减和噪声叠加对噪声值进行预测，预测模式选用点源衰减模

式和噪声叠加模式：

A、点声源影响预测公式：

$$L_{(r)} = L_{(r_0)} - 20 \lg(r/r_0) \dots\dots \text{(式 5-17)}$$

B、多源叠加公式：

$$L = 10 \lg(\sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i}) \dots\dots \text{(式 5-18)}$$

式中： $L_{(r)}$ ——距离噪声源 r 处的等效 A 声级值，dB(A)；

$L_{(r_0)}$ ——距离噪声源 r_0 处的等效 A 声级值，dB(A)；

r ——预测点距噪声源距离，(m)；

r_0 ——源强外 1m 处；

L ——总等效 A 声级值，dB(A)；

L_i ——第 i 个声源的等效 A 声压级值，dB(A)；

n ——声源数量。

(3) 声环境预测结果与评价

各高噪声源产生噪声经减振、机房隔声及距离衰减后，对东、南、西、北方向的厂界噪声影响预测结果见下表。

表 5-5 项目运行期噪声预测结果 单位：dB(A)

预测结果		预测点	厂界噪声			
			东	南	西	北
工程运行期噪声预测	昼	贡献值	40.2	37.0	40.1	47.2
		背景值	50	52	50	52
		预测值	54.2	57.0	50.4	61.2
		标准值	65			
		超标情况	未超标	未超标	未超标	未超标
	夜	贡献值	40.2	37.0	40.1	47.2
		背景值	44	46	44	46
		预测值	44.2	47.2	44.2	49.7
		标准值	55			
		超标情况	未超标	未超标	未超标	未超标
评价标准		《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 3 类标准 (昼 65dB(A)、夜 55dB(A))				

本项目噪声源经减振、机房隔声及距离衰减后可保证厂界噪声值满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 的 3 类标准，对周边声环境影响轻微。

5.2.2.3 废水环境影响

本项目非放废水包括非放生产废水和生活污水。其中，生产废水包括外购空铅罐在使用前清洗产生的清洗废水、放射性药物研发中心及质检区在实验前对器皿清洗产生的清洗废水。

生产废水经厂区污水管网进入一期工程已建成的非放废水处理设施处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后，进入核医疗产业园污水处理厂处理达标后排放。生活污水经厂区污水管网进入核医疗产业园污水处理厂处理达标后排放。

根据本报告 3 章节分析可知，本项目外排非放生产废水总量为 3.44m³/d，生活污水产生量为 16.7m³/d，而核医疗产业园污水处理厂为本园区配套污水处理厂，日均处理水量可达到 500m³/d，且污水处理厂设计初已将本项目纳入容量范围，因此本项目废水经预处理后排入园区污水处理厂处理达标后排放是可行的，对区域地表水环境影响轻微。

5.2.2.4 固体废物环境影响

本项目非放射性固体废物包括工作人员产生的生活垃圾，以及放射性药物生产线、放射性药物研发中心和质检区产生的各类非放射性固体废物。其中，放射性药物生产线产生的非放射性固废主要是原辅料外包装废材（纸盒、塑料袋等）、产品外包发货环节产生的包装废材（纸箱、泡沫、塑料袋等）、一次性劳保用品（手套、口罩等）；放射性药物研发中心和质检区产生的非放射性固废主要是实验用溶液配置过程产生的废有机溶液、废培养基等活性物质、空试剂瓶等。

（1）一般固废

生活垃圾由办公区设置的垃圾桶收集后，定期交由环卫部门统一收运处置。

包装废材、一次性劳保用品（手套、口罩等）等分类收集，如纸箱等可回收的变卖废品收购站处置，不可回收的交市政环卫部门处理。

（2）危险废物

废培养基等活性物质、废有机溶剂等属于危险废物，危险废物由专用容器收集暂存于综合车间（一）一层的危废暂存间，须交有资质单位进行处理。其中，废培养基等活性物质应先经高压蒸汽灭活处理，再交资质单位处理。

综上，本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

5.2.2.5 地下水环境影响

本项目地下水污染防治措施和对策，坚持“源头控制、分区防治、污染监控、应急响应”的原则。为落实以上原则，本项目已实施清洁生产，最大程度实现了各类废物的循环利用，减少了污染物排放，并根据国家相关规定采取了防止和降低污染物跑、冒、滴、漏的措施，在日常巡检过程中，若发现防渗材料老化，会及时对材料进行维修更换。采用具有防腐蚀、不易破裂的容器作为放射性废水收集罐、放射性固废收集罐、危险废物收集容器，降低污染物跑、冒、滴、漏的风险。

目前，综合车间（一）及综合车间（二）已对不同场所采取了分区防渗措施，其中综合车间（一）放射性原料库及成品库、放射性危废暂存间为重点防渗区，采用等效黏土防渗层 $Mb \geq 6.0m$ ， $K \leq 1 \times 10^{-7} cm/s$ 的措施。综合车间（一）外包区、放药生产车间、综合车间（二）放射性药物研发中心为一般防渗区，采用等效黏土防渗层 $Mb \geq 1.5m$ ， $K \leq 1 \times 10^{-7} cm/s$ 的措施，其余场所为简单防渗区，采用一般地面硬化。

本项目已采取上述地下水防治措施，在项目营运期不会对地下水水质及水位造成影响。

5.3 事故影响分析

5.3.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条“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”，详见下表。

表 5-6 国务院令 第 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危险结果
特别重大辐射事故（I级）	放射性物质泄漏，造成大范围（江河流域、水源等）放射性污染事故；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（II级）	放射性物质泄漏，造成局部环境放射性污染事故；放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故（III级）	放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故（IV级）	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控；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。

根据《职业外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）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，见下表。

表 5-7 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50Gy~100Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

5.3.2 辐射事故识别

本项目涉及生产、使用和销售非密封放射性物质。根据分析，本项目营运期间可能存在的辐射事故风险隐患如下表：

表 5-8 辐射事故识别一览表

序号	工作场所	设备或物质	类型	风险因子	可能发生的辐射事故
1	综合车间（一）、综合车间（二）的药物生产研发场所	¹¹ C、 ¹⁸ F、 ³² P、 ⁶⁴ Cu、 ⁶⁸ Ga等38种核素	非密封放射性物质工作场所	β射线、韧致辐射、γ射线、放射性气载流出物	①工作人员误操作，导致放射性溶液撒漏。 ②工作箱负压不足或破损泄漏，导致放射性气溶胶逸散到操作区。 ③过滤装置断电、活性炭吸附达到饱和或过滤材料受潮等导致过滤失效。 ④突然性断电致使通排风系统停止运转，导致热室或超净工作台内放射性气溶胶逸散到操作区域。
2	综合车间（一）、综合车间（二）的放射性原料、产品暂存库	所有放射性药物货包	非密封放射性物质	β射线、韧致辐射、γ射线、放射性气载流出物	①因管理不善，放射性药物货包丢失或被盗。 ②因工作人员操作失误，造成放射性药物货包破损洒漏。

5.3.3 事故影响分析

5.3.3.1 放射性溶液误操作撒漏事故

(1) 事故情景

对于使用密封防护工作箱进行生产的各类生产线，以及使用手套箱的涉放质检与研发进行高中活度实验操作时，放射性溶液撒漏不会直接沾染工作人员手部皮肤，因而对人体的影响不大。对于在质检、研发过程中，在防护通风橱等半开敞式环境下进行低活度实验操作时，可能会存在因人员误操作而导致放射性溶液撒漏对工作人员手部造成辐射影响。

◆假设工作人员因操作失误，导致盛装放射性核素溶液的容器被打翻或破碎，放射性核素溶液均匀溅射在操作人员手部表面，且操作人员未穿戴防护手套。

◆假设发生事故时撒漏量为单次实验的最大操作量。

◆假设发生事故后，工作人员立即进行去污处理，事故持续时间约 1min。

(2) 事故源强

射性质检、放射性药物研发涉及操作的核素有 ^{177}Lu 、 ^{131}I 等放射性核素。根据放射性核素衰变能量、单次实验操作量等因素综合考虑，本次评价以 ^{131}I 作为代表分析。假设发生撒漏事故时，撒漏量为单次实验最大操作量 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ （放射性研发区，单次实验最大用量为 0.2Ci ）。假设放射性液体均匀洒在手部皮肤表面，受污染皮肤面积保守取 280cm^2 。保守考虑皮肤沾染量为总操作量的 100%，即皮肤沾染量为 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ 。

(3) 事故后果预测

根据《RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK 2002》（Published by Nuclear Technology Publishing），不同放射性核素溅洒到手部时，每 $1\text{kBq}\cdot\text{cm}^{-2}$ 对皮肤造成的剂量率及事故状态下受照剂量见下表。

表 5-9 放射性溶液溅洒对手部造成的剂量估算

核素	单次最大操作活度 (Bq)	手部沾染活度 ($\text{kBq}\cdot\text{cm}^{-2}$)	每 $1\text{kBq}\cdot\text{cm}^{-2}$ 对皮肤造成的辐射剂量率 (mSv/h)	事故中皮肤受照剂量 (mSv)	全身受照剂量 (mSv)
^{131}I	$7.40\text{E}+09$	$2.64\text{E}+04$	1.62	$7.14\text{E}+02$	$7.14\text{E}+00$

备注：根据《辐射安全手册》（潘自强主编）表 1.4，皮肤组织权重因子为 0.01，全身受照剂量=皮肤受照剂量/0.01。

由上表可知，工作人员操作时洒漏所致皮肤最大受照剂量为 714mSv ，超过了《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量 500mSv 的限值；对应全身最大受照剂量为 7.14mSv ，小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员任何一年中有效剂量 50mSv 限

值，属于一般辐射事故。

5.3.3.2 防护屏蔽箱泄露

(1) 事故情景

假设防护屏蔽箱泄漏时，箱体内排风系统停止工作，气载流出物均匀分布在箱体内，通过泄漏点扩散至操作区，操作区的通排风系统仍正常运行。操作人员在不知情的情况下，在操作区持续进行生产操作。

评价保守考虑，防护屏蔽箱发生泄漏时，泄漏率达到 100%，即工作箱内的气体全部扩散到操作前区。考虑场所生产条件、不同照射途径的影响程度等因素，对于操作位的人员受照途径主要为吸入内照射。

本项目放射性药物生产、质检涉及操作的核素有 ^{131}I 、 ^{225}Ac 、 ^{177}Lu 等。根据本报告 3.4.1.1 章节气载流出物源性分析可知，外排气载流出物主要源自放射性药物生产。

事故持续时间保守按每日最大生产操作时间计。

(2) 事故后果预测

屏蔽箱体泄漏事故所致职业人员受照剂量计算结果见下表。

表 5-10 屏蔽箱体泄漏事故所致职业人员受照射剂量计算结果

活动	核素	每批次最大操作量 (Bq)	每批次气溶胶最大产生量 (Bq)	核素浓度 (Bq/m ³)	事故持续时间 (h)	吸入剂量转换因子 (Sv/Bq)	操作区房间设计排风量 (m ³ /h)	吸入内照射 (mSv)
放药 101 车间	^{225}Ac	3.70E+09	3.70E+05	3.70E+01	2	8.50E-06	5000	7.55E-01
放药 102 车间	^{228}Th	3.70E+10	3.70E+06	3.70E+02	2	2.90E-05	5000	2.58E+01
放药 103 车间	^{228}Th	3.70E+11	3.70E+07	3.70E+03	2	2.90E-05	5000	2.58E+02
放药 104 车间	^{225}Ac	1.85E+11	1.85E+07	7.40E+02	5	8.50E-06	5000	3.77E+01
放药 106 车间	^{225}Ac	1.85E+11	1.85E+07	1.85E+03	2	8.50E-06	5000	3.77E+01
放药 107 车间	^{225}Ac	3.70E+09	3.70E+05	3.70E+01	2	8.50E-06	5000	7.55E-01
放药 201 车间	^{131}I	7.40E+12	7.40E+09	4.93E+05	3	7.40E-09	5000	1.31E+01
放药 202 车间	^{225}Ac	9.25E+08	9.25E+04	4.63E+00	4	8.50E-06	5000	1.89E-01
放药 204 车间	^{225}Ac	3.70E+09	3.70E+05	1.85E+01	4	8.50E-06	5000	7.55E-01
放药 207	^{225}Ac	3.70E+09	3.70E+05	1.85E+01	4	8.50E-06	5000	7.55E-01

车间								
放药208 车间	²²⁵ Ac	9.25E+08	9.25E+04	4.63E+00	4	8.50E-06	5000	1.89E-01
放药 209 车间	²²⁵ Ac	3.70E+09	3.70E+05	1.85E+01	4	8.50E-06	5000	7.55E-01

注 1：由于同种核素的中试生产线操作量小于正式生产线的操作量，故评价以正式生产线为主。保守按日最大产生量计。事故持续时间按日最大生产时间计；保守考虑，泄漏到操作区的气载流出物浓度与屏蔽箱内浓度相同；

注 2：根据《γ辐射防护规定》（GB8703-88），成人取 1.2m³/h；

注 3：房间体积保守取 200m³。

由上表结果可知，防护屏蔽箱泄漏事故状态下，事故持续期间对操作区人员造成的吸入内照射剂量最大为 2.58E+02mSv，高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员剂量限值 20mSv，符合表 5-11 中对一般辐射事故（IV 级）的描述，故在发生防护屏蔽箱泄漏时，对工作人员影响属于一般辐射事故。

5.3.3.3 过滤系统失效事故影响分析

（1）事故情景假设

项目生产线各热室废气经局排一级活性炭过滤后，再经高效过滤装置处理后由排气筒排放；质检区、研发区使用的工作箱（如通风橱）内气体经局排收集后直接经高效过滤装置处理后由排气筒排放。

假设热室局排过滤与高效过滤装置同时失效后，在 24h 内发现并及时更换了过滤器，当天（单日最大操作时间 8h）产生的放射性气载流出物全部排入环境。

（2）事故源项

根据 5.2.1.3 节计算结果分析，选取影响最大核素（²²⁵Ac）、影响最大途径（吸入内照射）、影响最大人群（青年），作为代表分析。根据 3.4.1.1 节污染源核算，按日最大操作量操作时产生的含 ²²⁵Ac 气体为 2.74E+07Bq，未经过滤全部排入环境。

（3）事故后果预测及评价

在事故工况下，考虑到核素照射途径的影响大小，本次评价主要考虑吸入空气内照射途径对公众造成的影响，计算结果见表。

表 5-12 过滤系统失效事故所致公众受照剂量预测结果

距排放口距离 (m)	排放浓度 (Bq/m ³)	吸入内照射 (mSv)
20	4.18E-01	2.75E-02
50	4.18E-01	2.75E-02
100	8.18E-03	5.37E-04
150	5.03E-03	3.30E-04
200	3.45E-03	2.27E-04
250	2.53E-03	1.66E-04
300	1.94E-03	1.27E-04

350	1.54E-03	1.01E-04
400	1.25E-03	8.21E-05
450	1.04E-03	6.85E-05
500	8.81E-04	5.77E-05

根据表可以看出，在过滤器失效状态下，公众最大受照射剂量为 $2.75E-02\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 1mSv 的剂量限值及本报告提出的 0.1mSv 的剂量约束值，因此在过滤器失效状态下，排放的气载性流出物对周围公众的辐射影响是可接受的，属于辐射事件。

5.3.3.4 非密封放射性物质丢失/被盗

（1）事故情景假设

由于正常情况下建设单位生产销售的产品或原料不会长时间暂存，因此暂存库内日常不会同时暂存较多货包，也就不可能同时丢失多个货包。本项目放射性药物包括I级（白）和II级（黄）货包，假设丢失1个II级（黄）货包，丢失2h后找回。事故持续过程中货包按点源考虑，受照人员不考虑任何屏蔽措施。

（2）事故后果估算

根据本项目事故情景假设条件，结合《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019），货包表面5cm处最大剂量率不超过 $500\mu\text{Sv/h}$ 。距货包0.3m~1.5m范围内，不同事故持续时间内的人员受照剂量计算结果见下表。

表 5-13 非密封放射性物质丢失事故下不同时间不同距离处所致人员有效剂量

与货包距离	事故持续不同时间下的有效剂量（mSv）			
	10min	30min	60min	90min
0.3m	2.31E-03	6.94E-03	1.39E-02	2.08E-02
0.5m	8.33E-04	2.50E-03	5.00E-03	7.50E-03
1m	2.08E-04	6.25E-04	1.25E-03	1.88E-03
1.5m	9.26E-05	2.78E-04	5.56E-04	8.33E-04

由上表可知，丢失1个II级（黄）货包与货包0.3m距离接触90min的情况下，人员所受剂量为 $2.08E-02\text{mSv}$ ，不构成辐射事故，属于辐射事件。

5.3.4 辐射事故防范及应急措施

5.3.4.1 辐射事故防范

针对项目建设内容和事故风险源项，本项目拟采取的辐射事故防范及应急措施主

要包括辐射安全管理、辐射防护设施及措施、事故预防措施三方面。

(1) 辐射安全管理

① 建设单位承诺成立辐射防护管理领导小组，负责全公司的辐射安全管理工作。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规要求，针对项目特点制定辐射安全防护规章制度，按照制度严格做好落实，并定期检查各种制度的贯彻落实情况。

② 制定放药生产操作规程，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置，确保辐射工作人员按操作规程执行，并做好个人防护。

③ 根据项目可能发生的辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等情况，制定辐射事故应急预案和事故应急响应程序，并将辐射事故应急预案和应急响应程序悬挂于辐射工作场所醒目位置。

④ 定期对各热室、通风橱和放射性气体排风过滤装置的安全防护效果和过滤效果等进行检查、检测及维护保养，对发现的隐患或问题立即整改，避免发生辐射事故。

⑤ 根据项目需要组织辐射工作人员参加辐射安全与防护知识学习，对于新增辐射工作人员应在其上岗前组织参加辐射安全与防护知识培训考核，确保辐射人员全部持证上岗。

⑥ 加强辐射工作场所控制区和监督区管理，通过“两区”划分和在控制区和监督区进出口附近设置电离辐射警告标识等措施，限制公众在监督区滞留。

(2) 辐射防护设施、措施

针对本项目可能发生的各种辐射事故，建设单位拟采取以下防范措施：

① 放射性药物生产线：采用合适的负压吸液器械吸取液体，采用不易破裂的材料制成的容器储存放射性溶液。各放射性药物生产线使用的屏蔽生产工作箱为不锈钢工作台面，质检、研发过程中在屏蔽箱体内或操作台面设置搪瓷盘和吸水垫纸，以防溶液撒漏；

② 采购符合国家相关质量安全和辐射防护要求的屏蔽箱设备，定期对防护屏蔽箱的气密性、安全性等进行维保检查，发现问题及时进行维修。拟配备移动式气溶胶监测设备，定期开展自行巡测，并定期委托有资质的监测单位进行场所气溶胶监测。

③ 做好供电保障和备用电源配置，定期检查、维护供配电设备，保证供配电设施

的正常运行。

④合理设置并定期检查通排风和过滤净化系统，在放射性废气排放口设人工取样口，定期取样监测，发现异常及时处理，保证净化系统运行正常。

⑤放射性原料、成品库：按要求落实库房屏蔽措施、安全监控及监测设备，做好管理。

综上，建设单位在严格落实以上各项事故防范措施的前提下，可减少或避免辐射事故的发生，从而保证项目的正常运营，保障工作人员和公众的健康与安全。

(3) 事故预防措施

①预防放射性溶液撒漏事故

建设单位拟制定严格的放射性物质操作规程，并对上岗人员进行公司内部操作培训，同时辐射工作人员均通过辐射防护与安全培训考核，持证上岗。

②预防屏蔽箱泄漏导致的气溶胶逸散至操作区事故

建设单位拟制定辐射防护设施的维护保养制度，并定期对负压密闭屏蔽箱进行检修，同时为及时发现屏蔽箱泄漏，避免放射性气体逸散到操作间对人员造成误照射。建设单位拟配备移动式气溶胶监测设备或定期委托监测单位对车间放射性气溶胶进行监测。

③预防过滤系统失效事件

建设单位拟制定辐射防护设施的维护保养制度，定期在废气排放口取样进行监测，对过滤装置的过滤效率进行检查，效率达不到使用要求时，及时对过滤器滤芯进行更换。

实行以上各种安全管理，辐射设施防护及事故预防措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

5.3.4.2 安全保卫措施

为确保放射性核素的安全，本项目采用的安全保卫措施如下：

①防火措施：各生产线配备手提式干粉灭火器，各车间内部功能单元之间的墙体设计为不易燃材料，非密封性工作场所四周禁止易燃、易爆、腐蚀性等其他一切物品。

②防盗措施：公司的放射性核素存放于固定场所并实时监控。

③防抢和防破坏措施：项目运营后，放射性原料库及成品库和放射性废物暂存间及各个放药车间为保安巡逻重点区域，加强巡视管理，以防遭到不法分子的破坏。

6 辐射安全管理

6.1 机构与人员

6.1.1 辐射安全与环境保护组织机构

国通（绵阳）新药技术有限公司成立了辐射安全与环境保护领导小组，组长由总经理担任，成员由公司各部门负责人担任。

辐射安全与环境保护领导小组主要职责应涉及以下几方面：

（1）严格遵守和执行国家及四川省的辐射安全与环境保护的法律、法规；宣传国家和上级主管部门有关射线装置安全使用的方针、政策、法律法规、行业标准，落实安全措施，不断提高职工的劳动保护和安全防护意识；

（2）接受上级及属地化主管部门的管理和检查；

（3）组织制定辐射应急预案。应急期间充分调动人力、物力资源，实施统一指挥，统一行动，最大限度减少辐射危害；

（4）负责及时向上级和属地有关部门报告单位运营期内发生的辐射事故和事件；

（5）根据单位辐射设备及防护环境实际情况，制定辐射防护与安全有关制度，并落实实施；

（6）组织协调射线装置使用单位制定岗位责任制、安全操作规程，并督促检查有关各项制度与岗位责任制度的落实情况。

（7）负责组织新上放射项目的安全和环境、职业卫生评价；

（8）督促辐射工作场所及辐射工作人员个人剂量定期监测等工作，督促辐射工作人员定期参加辐射防护培训及参加职业健康体检，切实保障辐射工作人员及公众的辐射安全；

（9）定期组织安全检查，发现重大安全隐患及时采取有效措施，防止事故发生。一般安全隐患要提出处理意见，落实整改措施。

6.1.2 辐射工作人员配备情况

本项目建成后拟定 74 名辐射工作人员。根据资料调查，目前已有 34 人取得了辐射安全与防护考核合格证，证书详见附件。

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400 号）等规定：①项目所有辐射

工作人员在上岗前，国通（绵阳）新药技术有限公司应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作；②所有辐射工作人员应在上岗前参加辐射安全与防护考核，考核合格持证上岗，并且公司应当建立并保存辐射工作人员考核取证档案；③根据国家核安全局《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》（国核安发〔2015〕40号）的要求，结合本项目生产特点，本项目应设置辐射安全关键岗位两个，为辐射防护负责人和辐射环境监测与评价专职人员，最少在岗人数2名；关键岗位配备注册核安全工程师。

6.2 辐射安全管理规章制度

与《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400号）对照，国通（绵阳）新药技术有限公司辐射安全管理规章制度落实情况如下：

表 6-1 本项目辐射安全管理制度建立情况对照一览

序号	四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲要求的主要规章制度		本项目规章制度落实情况	改进要求
	制度	具体制度要求		
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	明确相关人员的管理职责，全面负责单位辐射安全与环境保护管理工作。	已制定	/
2	辐射工作场所安全管理规定（综合性文件）	根据单位具体情况制定辐射防护和安全保卫制度。	已制定，且各涉放场所已落实《辐射安全管理规定》上墙制。	/
3	辐射工作设备操作规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确操作步骤、出束过程中必须采取的辐射安全措施。	已制定，且各涉放场所已落实各类操作规程上墙制。	/
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	明确辐射安全和防护设施维修计划、维修记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全和防护设施保持良好的工作状态。	已制定有《辐射安全防护设施维护与维修制度》。	/
5	辐射工作人员岗位职责	明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任。	已制定有《辐射工作人员岗位职责》，且各涉放场所已落实辐射工作人员岗位职责上墙制。	/
6	辐射工作人员个人剂量管理	明确辐射工作人员剂量计佩戴、定期送检和个人剂量档案的管理，以及超约束值和	已制定有《辐射工作人员个人剂量管理制度》，定期（每季度一次）组织个人剂量计送有	/

		超限值情况的上报和整改内容。	资质单位检测。	
7	放射源与射线装置台账管理制度	应记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度。	已制定有同位素、放射源台账，并安排专人负责台账管理。	/
8	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	对辐射工作场所和周边环境的辐射水平进行监测，明确监测点位、监测频次、监测报告或记录的档案管理。	已制定有辐射工作场所和环境辐射水平监测方案，定期自行监测及每年委托有资质检测单位进行监测。	应结合二期建设内容和本报告书提出的监测计划进一步完善现有监测方案
9	监测仪器使用与校验管理制度	明确监测仪器仪表日常使用和维护保养相关规定。	已制定	/
10	辐射工作人员培训制度	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训，辐射工作人员须通过考核后方可上岗。	已制定有《辐射工作人员培训制度》	/

由上表对比可见，国通（绵阳）新药技术有限公司已制定有较完善的辐射安全管理规章制度。根据资料调查，公司应结合二期建设内容和本报告书提出的监测计划进一步完善现有监测方案。

6.3 辐射监测

国通（绵阳）新药技术有限公司已根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等相关规定，制定有环境监测方案，监测内容包括工作场所监测、流出物监测、环境监测、个人剂量监测。

6.3.1 工作场所监测

公司已制定有工作场所监测计划。本项目是对一期工程进行改扩建，工作场所监测在一期基础上进行调整后参照执行，调整后的工作场所监测计划见下表。

表 6-2 工作场所辐射环境监测表

工作场所	监测点位	监测项目	监测频次	备注
综合车间一、综合车间二	①各放药生产车间、放射质检区、放药研发中心：区域内控制区与监督区内有代表性的点位，如生产车间的操作区、车间外相邻走廊；实验区中涉放人员操作位、与涉放实验室相邻的走廊等。 ②各放射性原料库、放射性废物库、成品库、收发货厅：放射性废物桶的表面、库房外相邻走廊。 ③放射性废水衰变池上方	γ辐射空气吸收剂量率	1次/季	委托有相关检测资质单位
			2周/次	自行监测
	综合车间（一）和综合车间（二）的各放射性废气排气筒出口。	¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、总α、总β	1次/年	委托有相关检测资质单位
			1次/月	自行监测
	①各放药生产车间、放射质检区、放药研发中心和动物实验区：核素操作台面、设备表面、涉核生产区或实验区的墙壁与地面。 ②各放射性原料库、放射性废物库、成品库、收发货厅：设施的墙壁和地面、放射性废物桶和包装袋表面。 ③涉放操作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋和帽子等。	α、β表面污染	1次/年	委托有相关检测资质单位
各放药生产车间、放射质检区、放药研发中心和动物实验区、涉放操作人员体表及工作服等：生产区-每批次生产结束后测1次；实验区-每种核素实验结束后测1次。各放射性原料库、放射性废物库、成品库、收发货厅：2周1次。			自行监测	
影像实验室	控制室内的操作人员操作工位处。机房四周墙体外30cm、离地面高度1m处。 机房防护门外30cm、离地面高度1m处，以及防护门的左、中、右3个点和门缝四周。 其他人员经常活动的位置，如与机房相邻的用房，以及机房正下方的用房等。	γ辐射空气吸收剂量率	1次/年	委托有相关检测资质单位
			1次/月	自行监测

监测设备：公司自行监测应配备辐射监测仪，并保证仪器的准确性和可靠性。

监测质量保证：①公司应安排专人负责自行监测任务；②制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用有资质监测单位的监测数据与自有监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；③制定辐射环境监测管理制度。

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函（2016）1400号）等规定：①辐射工作场所

环境监测结果应记录，并存档备案。②若发现异常情况，立即采取应急措施，停止辐射工作，查找原因。③从事自我监测的人员应具有辐射安全及环境监测的相关知识。自查监测结果和工作场所监测结果应作为年度自查评估报告的附件。

6.3.2 流出物监测

6.3.2.1 流出物排放监测

(1) 放射性气载流出物监测

本项目放射性气载流出物排放依托一期已建成的排气筒及流出物监测系统。根据调查，各放射性气载流出物排气筒上已建有取样口，监测方式主要为取样监测，监测并记录放射性气溶胶的排放量和排放浓度。

本项目现有监测内容如下：

①监测对象、监测项目

监测对象：放射性气载流出物

监测项目：总 α 、总 β 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 的排放量和排放浓度

②监测点位

综合车间（一）9个放射性气载流出物排气筒排口处，综合车间（二）4个放射性气载流出物排气筒排口处。

③监测方法

在各气载流出物排气筒的排放总管上设取样口进行取样监测，取样口设在过滤装置后端、总排口距屋脊约2.4米处。同时，已配有移动式气溶胶取样监测设备对放射工作场所进行定期或不定期气溶胶浓度监测、记录。

④监测频次：运行期间一月一次。

(2) 液态流出物监测

本项目放射性废水依托一期已建成的放射性废水处理设施，故放射性废水监测依托已有放射性废水监测系统，现有监测内容如下：

①监测对象、监测项目

监测对象：放射性废水

监测项目：总 α 、总 β

②监测点位

放射性衰变池排放口处。

③监测方法

采用取样监测的方式，在排放前取样检测分析，水质符合《污水综合排放标准》（GB8978-1996）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的排放要求后，排入厂区污水管网。

④监测频次：每次排放前。

6.3.2.2 过滤器效率监测

本项目放射性气载流出物排放依托一期已建成的排气系统及高效过滤净化装置。根据调查，现制定的过滤器效率监测方案为：每半年对高效过滤器的阻力进行监测，并做好记录，高效空气过滤器的阻力达到初阻力的两倍或出现无法修补的渗漏时予以更换。此外，当过滤器两端无压差（穿漏）时亦予以更换。

6.3.3 环境监测

6.3.3.1 辐射环境监测

本项目是对一期工程进行改扩建，辐射环境监测主要为应用期间的进行监测。结合本次改扩建内容，对现有辐射环境监测进行调整后参照执行，调整后的监测计划列于下表。

表 6-3 辐射环境监测内容

监测对象	监测项目	监测点位	监测频次	备注
γ辐射	γ辐射空气吸收剂量率	以综合车间（一）、综合车间（二）为中心，半径50~300m以内，详细点位可参照表6-2场所γ辐射监测点位。	1次/季	根据HJ61-2021表9要求： 甲级场所1次/季。
土壤	¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、总α、总β等	以综合车间（一）、综合车间（二）为中心，半径50~300m以内。	1次/年	关注项目对环境有影响的应用核素，若核素难以分析，以总放替代
废水	总α、总β	放射性废水衰变池的排放口	每次排放前	/
废气	总α、总β、 ¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、	放射性废气排放口	1次/年	关注项目对环境有影响的应用核素，若核素难以分析，以总放替代
放射性固废	γ辐射空气吸收剂量率和α、β表面污染	综合车间（一）、综合车间（二）内的各放射性固废暂存间内；放射性固废收储容器外表面。	1次/年	/

6.3.3.2 非放环境监测

本项目为放射性药物生产项目，运营期主要环境影响因素为电离辐射，主要非放

类环境影响因素为噪声和恶臭，项目于一期已制定相关非放环境监测计划，本次改扩建不涉及动物实验内容及规模的调整，故非放环境监测参照现有监测计划执行，具体内容见下表。

表 6-4 非放环境监测内容

监测对象	监测项目	监测点位	监测频次
厂界环境噪声	等效连续A声级	东南西北侧厂界外1m	1次/年
废气	恶臭	动物饲养区排气筒排口处	1次/年

6.3.4 个人剂量监测

建设单位已制定有《辐射工作人员个人剂量管理制度》，为所有辐射工作人员配备有个人剂量片，定期（每季度至少一次）将个人剂量片送有资质单位进行检定，并对个人剂量监测报告建档保存。

6.3.5 监测设备

根据前述监测计划，本项目拟配置的监测设备见下表。

表 6-5 监测设备配置表

序号	监测项目	设备	数量	备注
1	个人剂量	74个（每人1个）	其中35个为已配置，剩余的等二期工程建成，所有辐射工作人员到岗后逐步配置到位	74个（每人1个）
2	γ 辐射	固定式23台+10台便携式	利旧	/
3	α 、 β 表面沾污	固定式4台	利旧	/
4		便携式10台	20台	/
5	气溶胶	1套	利旧	/
6	总 α 、总 β	1套	利旧	/

6.4 辐射事故应急

建设单位已制定有《辐射事故应急预案》。根据资料调查，现有《辐射事故应急预案》内容已包括有目的、使用范围、职责分工、事故处理程序、应急总结、事故预防措施、应急设备及保障、记录与报告、通讯等内容，具体内容如下：

6.4.1 应急响应机构

6.4.1.1 应急组织机构

建设单位成立有辐射事故应急小组，由公司总经理为总指挥、副总经理为副总指挥，成员由 EHS 部经理、综合部负责人、生产负责人和质量负责人等相关人员组成。

6.4.1.2 应急组织机构职责

(1) 应急总指挥职责

- ①贯彻落实国家有关应急管理的法律法规；
- ②负责公司辐射事故（事件）的应急响应的指挥。
- ③领导和保证应急预案可随时启动，保证应急响应所需的足够的人力和物资。
- ④发生重大辐射安全事故时，负责及时向相关行业行政主管部门报告。

(2) 应急副总指挥职责

- ①总指挥的第一替代人；
- ②协助总指挥工作，负责应急救援人员的调配和组织、应急物资的保障及现场救援工作，对总指挥负责

(3) EHS 部职责

EHS 部是公司应急响应活动的日常管理部门，职责如下

- ①负责应急预案的编制和修订；
- ②负责应急事故的受理和接报；
- ③协助应急总指挥实施应急响应工作；
- ④事故发生后赴现场按照应急指挥部的指示进行事故处理；
- ⑤对辐射事故现场进行事故监测，组织事故现场工作人员进行应急处理，控制应急人员受照剂量，划定警戒范围，组织人员疏散等工作；
- ⑥负责辐射监测设备的日常维护和送检；
- ⑦负责组织日常应急演练及应急培训工作；
- ⑧事故发生后向有关监管部门提交报告；
- ⑨参与辐射事故（事件）原因调查，落实上级部门整改要求。

6.4.2 应急响应

(1) 应急启动

发生辐射事故时，应立即报告现场专职辐射安全员，并开展现场警戒和处理措施。

在接到报告后由应急办公室通知应急总指挥、各相关专业人员，根据应急总指挥指示启动应急程序。

(2) 应急响应行动

辐射事故应急小组根据辐射事故类型特点，提供专业技术支持，以便更好地处理放射性物质与恢复环境。

辐射事故应急小组根据现场情况建立事故警戒、控制区，人员进入现场须经批准，离开现场须经辐射监测和去污，保障事故处理人员、设备或物资通畅。

辐射防护人员立即对现场的辐射水平进行监测，检查应急处置人员防护设备，设置环境监测点，开展人员剂量监测和污染监测，根据事故处理进展提供防护建议。

对有急性照射或摄入核素的人员进行医疗救治，为现场事故处理人员提供防护。

立即向生态环境部西南核与辐射安全监督站、四川省生态环境厅、绵阳市生态环境局、当地公安部门、当地政府和集团公司等相关部门报告，并在事故发生后两小时内填写《辐射事故初始报告表》上报西南核与辐射安全监督站和四川省生态环境厅。

根据监管部门的要求填写《辐射事故后续报告表》上报生态环境部西南核与辐射安全监督站和四川省生态环境厅。

(3) 应急终止

应急终止需满足以下条件：

- ①事故得到控制，事故影响已经消除；
- ②放射性物质的泄漏或释放已降到规定限值以下；
- ③事故现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要。

应急总指挥确认终止条件和时机，发布应急终止命令。

应急办公室向应急办公室提交辐射事故初始报告表和后续报告表。组织事故原因调查和经验反馈，改进安全措施。

6.4.3 应急物资与保障

根据应急预案的职责分工，准备好应对辐射事故的人力、物力、车辆、通讯和资金保障工作，主要应急装备有：

表 6-6 应急装备器材使用及存放地点

设施名称	主要功能	存放地点
隔离带	防止非应急人员进入	库房
放射性警示牌	警 示	库房
剂量率仪	辐射剂量监测	工作场所、设备管理部存放
表面污染仪	表面污染监测	工作场所、设备管理部存放
个人剂量报警仪	辐射剂量监测	工作场所、设备管理部存放
防护面具	屏蔽和防止吸入放射性物质	工作场所
铅防护服	应急人员防护	工作场所
铅眼镜	应急人员防护	工作场所
铅帽	应急人员防护	工作场所
滤纸/棉纱	吸附液体放射性物质	库房

6.4.4 应急培训与演练

6.4.4.1 培训

承担应急任务的人员每年不低于一次培训辐射事故专项应急预案，熟悉事故类型、危害与处置程序，使之正确理解应急响应要求，有效执行应急响应。应急培训应形成记录并保存。

6.4.4.2 演练

(1) 每年开展不低于一次的针对放射性同位素辐射事故应急演练，使相关人员熟悉应急预案、应急处置方案，并能有序、协调配合；

(2) 每次演练后，针对演练中发现的问题，及时对应急预案加以必要修改和完善，以提高应对突发辐射异常事故的应急处置能力。

6.4.5 小结

综上所述，国通（绵阳）新药技术有限公司现已制定有较完善的辐射事故应急预案，应急预案具有针对性和操作性。公司在运营期间应严格执行各项辐射安全管理规章制度，将安全和防范措施落实到工作实处，防患于未然。

7 利益-代价简要分析

7.1 利益分析

我国同位素药物行业起步于 20 世纪 90 年代，起步较晚，2017 年人均同位素药物支出 3.2 元，仅为美国的 5.7%，同位素药物市场在中国属于方兴未艾的阶段，与国外市场相比，我国同位素药物市场规模小，但增速快，未来发展空间巨大。根据 2019 年 Frost&Sullivan 机构统计数据显示，2017 年国内同位素药物市场约 43.8 亿元，2013~2019 年复合增长率约为 12.1%，随着我国人均 GDP 超过 1 万美元，步入中高等收入国家，人民群众对健康服务的需求日益增加，2022 年同位素药物市场已超过 100 亿元，2019-2022 年复合增长率高达 19.4%，国内同位素药物市场迎来高速发展期。

放射性药物具有独特的特点，在心血管、脑神经、肿瘤等诊断方面具有独特的不可替代的作用；在肿瘤治疗方面相对于化学药、生物药也具有独特的特点，放射性是低剂量药物，研发成本相对较低，研发成功率高于 80%，远高于普药研发成功率 30%。此外，项目的财务核算结果表明各项指标较好，项目达到设计生产能力后平均年利润总额 48643 万元，财务内部收益率为 43.37%（所得税后），总投资回收期为 4.84 年。放射性核素药物由于其高壁垒，建成后投资收益可稳固提高，实现长期盈利，具有较好的经济效益。

此外，由于放射性药物具有自然衰变的特殊性，运输过程太长会造成极大的浪费，给患者增加负担。本项目的生产和经营将覆盖成绵地区，其建设可推进区域患者总体诊疗费用下降、医药分离、推广经验和方案等医改目标。

同时，项目建成后，将对研发、生产技术、销售及其他职能人员有一定的需求，并为新型研发人才打造很好的就业平台，这对减轻社会就业或再就业压力，保障社会安定起到了积极作用。

综上所述，本项目的建设符合新兴产业发展需要，有利于加快实现区域产业发展布局的总规划，有利于促进当地经济快速发展，增强企业的综合经济能力，增加就业机会，具有明显的经济和社会效益。

7.2 代价分析

7.2.1 社会代价

社会代价主要考虑两个方面，一是资源，二是能源。

资源方面，项目在中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区规划内进行，故评价项目无土地、农作物和其他经济作物征购问题，也不存在新建道路问题，项目运行依托整个园区的基础设施，不单独建设供水、排水系统，故社会损失可忽略。

能源方面，项目单位运营期间需用水、电等能源，年耗量见下表。

表 7-1 项目运营期能耗情况

名称	年耗量	来源
电	200万kWh	城市电网
水	4940m ³ /a	市政水网

7.2.2 经济代价

经济代价主要包括以下三方面的成本：

- (1) 建筑场地成本；
- (2) 设备投资成本；

(3) 环保投资：包含环保设施、环境管理、环境监测及事故防范措施等费用，合计投入约 33 万元，本项目总投资约 5000 万元，环保投资占比约 0.66%。项目拟采取的污染防治（辐射防护）措施及环保投资估算见下表。

。

略

7.2.3 环境代价

本项目环境代价主要表现在：

(1) 项目建设施工阶段，将产生噪声、施工建渣及施工人员产生的生活污水、生活垃圾等，如果不加强施工管理将对周围环境造成一定影响。但是这些影响具有时效性，随着施工期间的结束，对环境的影响也消除。只要工程在施工期严格执行上述基本要求，可以使施工期的环境影响降到最小程度。

(2) 项目运营阶段，将产生放射性气载流出物、放射性废液和放射性固废，同时对职业人员及公众造成一定辐射影响。

通过理论预测，项目运营期间排入环境的放射性气载流出物所致 500m 评价范围内的公众剂量低于本报告提出的剂量约束值 0.1mS/a；电离辐射对辐射工作人员造成的附加剂量值低于本报告提出的剂量约束值（职业人员 5mS/a）。

运营期间产生的短半衰期放射性废液暂存衰变，经监测满足排放标准后，排入园区污水管网，有机放射性废液暂存衰变，经监测满足标准后，交由有资质单位处置，长半衰期及有机放射性废液收集暂存，定期交由有资质单位处置；产生的生活污水、餐饮废水经自建非放废水处理设施预处理达标后排入园区污水管网，最终经下游污水处理厂处理达标后排入芙蓉溪，对区域地表水环境影响轻微。

运营期间产生的放射性固废分类收集，分类处置，其中 α 短半衰期放射性固废收集后衰变后，经取样监测活度水平达《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）规定的清洁解控水平后，作为一般固体废物处理。 β 短半衰期放射性固废收集衰变后，经检测达标（ α 表面污染 $< 0.08\text{Bq/cm}^2$ 、 β 表面污染 $< 0.8\text{Bq/cm}^2$ ），解控作为一般固废处理。长半衰期放射性固废单独收集后，定期交由有资质单位处置，不会对项目所在区域环境造成影响。

7.3 正当性分析

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

本项目生产的放射性药品用于临床核医学诊断及治疗可以达到一般非放射性治疗方法所不能及的诊断及治疗效果，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，具有明显的经济效益和社会效益。

综上所述，通过对本项目的利益-代价的简要分析，考虑社会、经济、环境各方面的因素，本项目为接受治疗的个人和给社会所带来的利益远大于其引起的辐射影响，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求，项目的实践具有正当性。

8 结论与建议

8.1 项目工程概况

项目拟对“游仙区放射药研发生产基地项目”进行改扩建，主要包括：①对综合车间（一）一层的6个生产车间新增/调减核素产品种类或调整生产天数，包括10条生产线，涉及 ^{228}Ra 、 ^{228}Th 、 ^{224}Ra 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{225}Ac 、 ^{211}At 、 ^{203}Pb 、 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 等10种核素，调整后一层的日等效最大操作量为 $5.37\text{E}+13\text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所；②对综合车间（一）二层的6个生产车间新增/调减核素产品种类或调整生产天数，将预留的2个车间改建为放药生产线，包括15条生产线，涉及 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{161}Tb 、 ^{203}Pb 、 ^{225}Ac 、 ^{90}Y 等6种核素，调整后二层生产区的日等效最大操作量为 $1.35\text{E}+14\text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所；③在综合车间（一）二层质检中心新增 ^{11}C 、 ^{68}Ge （ ^{68}Ga ）、 ^{86}Y 、 ^{99}Mo （ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）、 ^{188}W （ ^{188}Re ）、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{224}Ra （ ^{212}Pb ）、 ^{228}Th （ ^{212}Pb ）等9种核素的操作，调整既有 ^{32}P 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 等24种核素的操作量或活动种类，调整后二层质检中心的日等效最大操作量为 $7.34\text{E}+11\text{Bq}$ ，属于甲级非密封放射性物质工作场所；④在综合车间（二）研发中心新增 ^{11}C 、 ^{68}Ge 、 ^{86}Y 、 ^{137}Cs 、 ^{137}Cs （ $^{137\text{m}}\text{Ba}$ ）、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 、 ^{166}Ho 、 ^{203}Pb 、 ^{211}At 、 ^{224}Ra （ ^{212}Pb ）等10种核素，调整 ^{18}F 、 ^{32}P 、 ^{64}Cu 等28种核素的操作量及活动种类，调整后综合车间（二）研发中心日等效最大操作量为 $2.44\text{E}+11\text{Bq}$ ，为甲级非密封放射性物质工作场所。

8.2 辐射安全与防护

8.2.1 电离辐射防护

本项目各同位素生产线、放射质检区配有屏蔽工作箱、手套箱或通风橱等来进行放射性同位素操作期间的屏蔽防护。经预测分析，拟采取的各类屏蔽工作箱防护设计满足相关标准要求，可使辐射工作人员受照剂量满足GB18871提出的职业人员剂量照射限值和本报告提出的职业人员剂量约束值。同时，各涉放工作场所按相关要求划定控制区与监督区进行管理，人流、物流路径分离，尽可能限制放射性污染范围。

8.2.2 放射性“三废”治理

8.2.2.1 放射性废气

项目各放药生产车间和涉放实验室均设有独立的通排风系统，生产工作箱或防护

通风橱设有局排系统，房间设有全排系统，其中含碘废气经对应碘吸附装置过滤后进入对应高效过滤装置过滤。综合车间（一）过滤后的废气引至 23.4m 高烟囱排放，综合车间（二）过滤后的废气引至 16.5m 高烟囱排放。经预测分析，产生的放射性气载流出物经过滤处理后，对周边公众的辐射影响满足 GB18871 提出的公众剂量照射限值和本报告提出的公众剂量约束值。

8.2.2.2 放射性废水

根据废液中核素半衰期、比活度以及是否为有机废液，将废水划分为含长半衰期核素废水、含短半衰期核素废水、有机放射性废液，分别采取不同的处理方式。含短半衰期核素废水暂存衰变一定时间后，取样检测达清洁解控水平后经主管部门同意后排放，对区域地表水环境影响轻微。含长半衰期核素的废液以及有机放射性废液单独收集暂存，定期交由有资质单位处置。

8.2.2.3 放射性固废

项目各放药生产车间及放药研发中心产生的固废，按核素种类分类放置于车间的操作区内设置的不锈钢桶内，待容器装满后，由小推车运至所在生产厂房内的放射性废物暂存库暂存。固废含短半衰期放射性核素的，经过暂存衰变，表面污染满足相关规定后解控，作为一般固废处理。长半衰期放射性固废单独收集，定期交资质单位处理。核素发生器单独收集，交发生器生产厂家回收处置。

8.3 环境影响分析

8.3.1 施工期环境影响分析结论

项目施工期间对环境存在一定的影响，但是这些影响具有时效性，随着施工期间的结束，对环境的影响也消除。只要工程在施工期严格执行上述基本要求，可以使施工期的环境影响降到最小程度。

8.3.2 运营期环境影响分析结论

8.3.2.1 辐射环境影响分析

预测分析表明，项目操作非密封放射性物质所致职业人员受照剂量满足 5mSv/a 管理限值要求；项目通过放射性流出物途径对公众产生辐射影响，放射性气载流出物所致 500m 范围内公众个人有效剂量最大值低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的 1mSv/a 公众照射剂量限值，也低于本次评价提出的 0.1mSv/a

的公众剂量约束值。项目运行对职业人员和公众的辐射影响很小。

8.3.2.2 非放环境影响分析结论

(1) 工艺废气经排风系统送至屋顶废气总排口的末端治理设施，通过中效过滤风机箱处理后达标排放，对环境空气影响很小。

(2) 工艺废水（清洁解控后）、生活污水、洁衣清洗废水等排入厂区污水管网，经园区污水处理厂进行处理达标后排入芙蓉溪，对地表水环境影响较小。

(3) 工艺设备及生产噪声通过减震垫及距离衰减的方式降噪后，厂界噪声满足相应标准要求，对周围环境影响较小。

(4) 生活垃圾等非放射性固体废物交由市政环卫部门清运，工艺固体废物采取分类收集对可回收的固体废物交由废品收购站处置，对不可回收的固体废物集中收集后由环卫部门统一集中处理与处置。危险废物交由有资质的单位处置。

8.4 辐射安全管理

本项目为改扩建项目，项目建设单位——国通（绵阳）新药技术有限公司已成立了辐射安全与环境保护管理机构，负责公司辐射安全与环境保护工作，并按照机构管理职责制定相关内容。公司按相关规定要求及本环评提出的辐射安全管理制度建立要求，制定《辐射安全管理规定》，各放药生产线及实验室、放药运输操作规程，放射性同位素和射线装置台账管理制度，《辐射工作人员岗位职责》等辐射安全管理制度。

国通（绵阳）新药技术有限公司承诺在项目投运前完成所有辐射工作人员的辐射安全与防护考核，确保辐射工作人员考核通过，持证上岗。

本项目已制定有《辐射事故应急预案》，其内容包括目的、使用范围、职责分工、事故处理程序、应急总结、事故预防措施、应急设备及保障、记录与报告、通讯等内容。经对已制定的应急预案内容的分析，项目辐射事故应急预案是可行的。

本项目各涉放工作场所均配备了相应的辐射监测仪器，并制定有相应的环境监测制度。环境监测方案包含工作场所监测计划、流出物监测计划和个人剂量监测计划，各监测计划包含监测项目、监测频次、监测点位及监测方法，监测方案满足相关环境监测规范要求，满足本项目环境监管要求。

8.5 公众参与

公众本项目建设单位已编制《游仙区放射性药物研发生产基地二期项目环境影响

公众参与说明》。根据该说明，项目公众参与工作历程如下：

(1) 在确定环境影响报告书编制单位后，建设单位于 2024 年 7 月 1 日，在其网站上对项目的基本情况等内容进行了公示。

(2) 环境影响报告书征求意见稿形成后，建设单位于年月日，在其网站上对项目环境影响报告书征求意见稿的相关内容进行了公示。

(3) 在环境影响报告书征求意见稿公示期间，分别于 2025 年 1 月 15 日、年 1 月 20 日在报上刊登了项目的公示情况；于 2025 年 1 月 10 日，进行了现场张贴公示。

项目公众参与工作开展期间，未收到与本项目环境影响和环境保护措施等环保方面有关的建议和意见。

8.6 结论

本项目符合国家产业政策，项目在正常工况下可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员及公众照射的剂量限值和管理约束值要求。在坚持“三同时”的原则基础上，采取切实可行的辐射安全和环境保护措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本评价认为，项目的建设及运营从辐射安全和环境保护的角度是可行的。

8.7 建议和承诺

8.7.1 建议

(1) 本项目在建设和运营过程中须严格落实项目设计及本报告书提出的各项污染防治措施与辐射安全防护措施。

(2) 建设单位应在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）中及时更新本次变更相关信息。

(3) 定期对辐射安全防护设施进行检查、维护，发现问题及时维修。

(4) 建设单位应按照环境保护部令第 3 号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第四十二条之规定编写辐射防护安全与防护状况年度评估报告，并按时（每年 1 月 31 日前）向生态环境主管部门网站申报辐射安全与防护状况年度自查评估报告。报告内容应包括单位放射性工作场所采取的辐射安全防护设施、放射工作场所管理制度、辐射工作人员年剂量和事故应急预案等。

(5) 定期进行辐射事故应急演练，检验应急预案的可行性、可操作性，并根据演

练反映的问题，总结、完善事故应急预案。

8.7.2 承诺

本项目建设单位——国通（绵阳）新药技术有限公司作出以下承诺：

（1）在项目投运前完成所有辐射工作人员的辐射安全与防护考核，保证所有辐射工作人员考核通过持证上岗。并在后续的运营期间，按相关规定对辐射工作人员进行再培训教育。

（2）放射性核素和发生器产品只销售给持有辐射安全许可证的单位，并在转入单位的辐射安全许可证规定的种类和范围内。

8.8 竣工验收要求

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定，建设单位国通（绵阳）新药技术有限公司是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。验收报告分为验收监测报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

验收的程序和内容：建设项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测报告。

公示：除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

- （一）建设项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；
- （二）对建设项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；
- （三）验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地县级以上环境保护主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

验收期限：本项目环境保护设施的验收期限不超过3个月。验收期限是指自建设项目环境保护设施竣工之日起至建设单位向社会公开验收报告之日止的时间。

验收报告公示期满后5个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保

护验收信息平台（网址为 <http://47.94.79.251>），填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，环境保护主管部门对上述信息予以公开。

建设单位应当将验收报告以及其他档案资料存档备查。

表 8-1 项目竣工环境保护验收一览表

场所	设施（措施）		数量	要求	
综合车间 (一) 放药生产 车间	屏蔽设施	热室	若干	铅屏蔽厚度不低于设计值，箱体正面工作人员操作位置辐射剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	
		产品防护屏蔽	若干	根据实际需求配置数量、型号和屏蔽厚度	
		发生器储存箱	若干		
		放射性废物收集/转移铅桶	若干	/	
	安全设施	电离辐射警告标识、“两区”划分	若干	/	
		人员出入口门禁系统	15套	满足场所管控要求，正常使用	
	监测和个人防护用品	γ 个人剂量报警仪	43	所有辐射工作人员配备	
		γ 个人剂量计	43	所有辐射工作人员配备	
		洁净工作服、一次性口罩、手套、表面污染清洗剂等	若干	/	
		固定式表面沾污监测仪	4台	各生产车间人员及辐射工作场所进出口配备，监测设备参数满足响应要求	
		便携式表面沾污监测仪	10台		
		便携式 γ 辐射监测仪	4台	可与其他场所共用，监测设备参数满足响应要求	
		气溶胶取样设备	1套	可与其他场所共用，监测设备参数满足响应要求	
	液态流出物监测	1套	可与其他场所共用，监测设备参数满足响应要求		
	综合车间 (一) 放射质检 区	屏蔽设施	热室	2	铅屏蔽厚度不低于设计值，箱体正面工作人员操作位置辐射剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$
			辐射防护柜	3	
			液相防护柜	3	
放射性生物安全柜			1		
L防护屏			1		
辐射防护无菌隔离器			1		
		放射性废物收集/转移铅桶	若干	/	
安全设施		电离辐射警告标识、“两区”划分	若干	/	
		人员出入口门禁系统	若干	满足场所管控要求，正常使用	
监测和个人防护用品		γ 个人剂量报警仪	10	所有辐射工作人员配备	
	γ 个人剂量计	10	所有辐射工作人员配备		
	洁净工作服、一次性	若干	/		

		口罩、手套、表面污染清洗剂等		
		固定式表面沾污监测仪	1台	人员进出口配备，监测设备参数满足响应要求
综合车间 (一) 原料库、 成品库	屏蔽设施	墙体屏蔽	/	原料库、成品库均为300mm混凝土墙体
	安全设施	人员出入口门禁系统	4套	满足场所管控要求，正常使用
		电离辐射警告标识、“两区”划分标识	若干	/
综合车间 (二) 放射性药物 研发中心	屏蔽设施	热室	10	铅屏蔽厚度不低于设计值，箱体正面工作人员操作位置辐射剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。
		辐射防护柜	9	
		放射性生物安全柜	2	
		辐射防护无菌隔离器	1	
	安全设施	产品防护屏蔽	若干	根据实际需求配置数量、型号和屏蔽厚度
		电离辐射警告标识、“两区”划分	若干	/
	监测和个人 防护用品	人员出入口门禁系统	1套	满足场所管控要求，正常使用
		γ 个人剂量报警仪	8	所有辐射工作人员配备
		γ 个人剂量计	8	所有辐射工作人员配备
		洁净工作服、一次性口罩、手套、表面污染清洗剂等	若干	/
		表面沾污监测仪	1台	各生产车间配备，监测设备参数满足响应要求
放射性污 染治理	放射性废水 治理	埋地式放射性废水处理设施	1套	包含一个短半衰期放射性废液暂存区（5个 10m^3 储罐）、一个有机放射性废液暂存区（3个 3.3m^3 储罐）和一个长半衰期放射性废液暂存区（2个 0.5m^3 储罐）
	放射性废气 治理	通排风系统	1套	包含综合车间（一）放射性气载流出物排风系统共设有56套高效过滤装置（其中11套除碘高效过滤装置）、9个放射性气载流出物排气筒（距地面约23.4m高）；综合车间（二）放射性气载流出物排风系统共有23套高效过滤装置、8个放射性气载流出物排气筒（距地面约16.5m高）
	放射性固体 废物处置	不锈钢桶	若干	放射性固废收贮容器：各放药生产车间设30L不锈钢

				桶（防护铅当量为20mmPb），放射质检区、研发区和动物实验区的各涉放实验室设20L的不锈钢桶（防护铅当量为20mmPb）
非放射性污染治理	非放射性废水治理	污水处理设施	1套	处理达标排放至园区污水处理站
		隔油池	1座	
	非放射性废气治理	通排风系统	/	共用放射性废气的通排风系统
	非放射性固体废物处置	生活垃圾收集桶	若干	生产垃圾由环卫部门统一收集后处理。
危险废物收集桶		若干	分类收集暂存在危废间，定期交资质单位收集处理。	
综合管理	辐射安全管理机构		/	需要明确辐射安全管理部门及人员职责，且分工明确。
	制度上墙		/	上墙制度的尺寸不小于400mm×600mm
	档案管理		/	主要包括相关规章制度及应急预案、环保手续及辐射安全许可资料、射线装置和非密封放射性物质台账、监测和检查记录、个人剂量及健康档案、培训档案、三废排放记录、辐射应急、运输作业查验（记录）资料等，并由专人进行管理。
	人员配置		/	配置与项目运行相适应的职业人员数量，并根据管理与操作参加相应类别的培训。