



编号：P-2024-19104

## 核技术利用建设项目

# 百适核素制药（天津）有限公司 新建生产、销售、使用 I-125 粒籽源 (百适核素放射性药物生产经营) 项目

## 环境影响报告书

(报批稿)

百适核素制药（天津）有限公司

2025 年 10 月

打印编号：1753240804000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	273qa0		
建设项目名称	百适核素制药（天津）有限公司新建生产、销售、使用 <sup>125</sup> I-125I粒籽源（百适核素放射性药物生产经营）项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告书		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称（盖章）	百适核素制药（天津）有限公司		
统一社会信用代码	91120112MADBMU55 20237851		
法定代表人（签章）	范佳雯		
主要负责人（签字）			
直接负责的主管人员（签字）			
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	联合泰泽环境科技发展有限公司		
统一社会信用代码	91120101MA05KTQY3M		
<b>三、编制人员情况</b>			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
李海新			
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
关跃	概述、附图、附件		
杨沛丽	利益-代价简要分析		
高文翰	工程分析与源项、辐射安全管理		
李海新	自然环境与社会环境状况、辐射安全与防护、环境影响分析、结论与建议		



本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security  
The People's Republic of China



编号: HP 00018605  
No.



李海新

Full Name \_\_\_\_\_

性别: \_\_\_\_\_

Sex \_\_\_\_\_

出生年月: \_\_\_\_\_

Date of Birth \_\_\_\_\_

专业类别: \_\_\_\_\_

Professional Type \_\_\_\_\_

批准日期: 2016年05月

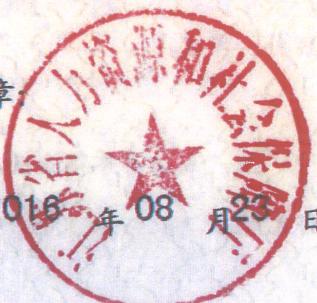
Approval Date \_\_\_\_\_

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2016年08月23日

Issued on



持证人签名:  
Signature of the Bearer

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2016035320352013321405000031

管理号:

File No.





# 注册核安全工程师

Nuclear Safety Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环

境部批准颁发，项目名称：公司新建全性、别：  
表明持证人通过国家统一组织的考试，取得注册核安全工程师职业资格。

姓名：李海新

出生年月：



## 目 录

<b>第一章 概述 .....</b>	<b>1</b>
1.1 项目名称、地点 .....	1
1.2 项目概况 .....	1
1.3 编制依据 .....	2
1.4 评价标准 .....	8
1.5 评价范围 .....	17
1.6 保护目标 .....	20
<b>第二章 自然环境与社会环境状况 .....</b>	<b>22</b>
2.1 自然环境状况 .....	22
2.2 社会经济状况 .....	24
2.3 环境质量与辐射现状 .....	26
2.4 场址适宜性评价 .....	32
<b>第三章 工程分析与源项 .....</b>	<b>50</b>
3.1 项目规模与基本参数 .....	50
3.2 工程设备和工艺分析 .....	56
3.3 污染源项 .....	69
3.4 废弃物 .....	73
<b>第四章 辐射安全与防护 .....</b>	<b>82</b>
4.1 场所布局与屏蔽 .....	82
4.2 辐射安全与防护措施 .....	88
4.3 三废的治理 .....	91
4.4 服务期满后的环境保护措施 .....	100
4.5 辐射防护与环保投资 .....	101
<b>第五章 环境影响分析 .....</b>	<b>103</b>
5.1 建设阶段对环境的影响 .....	103
5.2 运行阶段对环境的影响 .....	104
5.3 事故影响分析 .....	151

<b>第六章 辐射安全管理 .....</b>	<b>163</b>
6.1 机构与人员 .....	163
6.2 辐射安全管理规章制度 .....	165
6.3 辐射监测 .....	165
6.4 辐射事故应急 .....	171
6.5 从事辐射活动能力评价 .....	174
6.6 核技术利用建设项目环保手续流程及要求 .....	180
<b>第七章 利益-代价简要分析 .....</b>	<b>183</b>
7.1 利益分析 .....	184
7.2 代价分析 .....	185
7.3 正当性分析 .....	186
<b>第八章 结论与建议 .....</b>	<b>187</b>
8.1 项目工程概况 .....	187
8.2 辐射安全与防护 .....	187
8.3 环境影响分析 .....	188
8.4 辐射安全与管理 .....	190
8.5 公众参与 .....	190
8.6 综合结论 .....	191
8.7 建议和承诺 .....	191

## 附图

附图 1 建设项目地理位置图

附图 2 建设项目周边环境及评价范围图

附图 3 建设项目环境现状监测点位图

附图 4-1 建设项目平面布局图（1层）

附图 4-2 建设项目平面布局图（2层）

附图 4-3 建设项目平面布局图（3层）

附图 4-4 建设项目平面布局图（3a 层）

附图 5 建设项目与天津市环境管控单元位置关系图

附图 6 建设项目与天津市津南区生态环境分区管控单元位置关系图

附图 7 建设项目与天津市声环境功能区划位置关系图

附图 8 建设项目周边用地规划图

附图 9 建设项目与天津市国土空间总体规划三条控制线位置关系图

附图 10 建设项目与天津市国土空间规划分区位置关系图

附图 11 建设项目与天津市津南区国土空间规划分区位置关系图

附图 12 建设项目与天津市双城中间绿色生态屏障区规划位置关系图

## 附件

附件 1 环评委托书

附件 2 建设单位承诺书

附件 3 建设单位营业执照

附件 4 建设项目备案登记表

附件 5 建设项目房地产权证

附件 6 建设项目环境现状监测报告

附件 7 规划环评审查意见的复函（津辰环管函〔2021〕2号）

附件 8..关于同意百适核素制药（天津）有限公司建设废水衰变设施的说明

附件 9 技术评估会会议纪要

附件 10 修改索引

附件 11 建设项目环境影响报告书审批基础信息表

**附表**

大气环境影响评价自查表

地表水环境影响评价自查表

声环境影响评价自查表

环境风险评价自查表

## 第一章 概述

### 1.1 项目名称、地点

项目名称：百适核素制药（天津）有限公司新建生产、销售、使用 I-125 粒籽源（百适核素放射性药物生产经营）项目

建设地点：天津市津南区津南经济开发区（东区）达海路 9 号江恒产业园 5 号楼 2 单元

地理位置图

详见附图 1。

### 1.2 项目概况

#### 1.2.1 建设单位基本情况

百适核素制药（天津）有限公司（以下简称“百适核素”）成立于 2024 年 2 月，注册地址为：天津市津南区津南经济开发区（东区）达海路 9 号江恒产业园 5-2-10，主要经营范围为：药品生产、放射性同位素生产、放射源销售、射线装置生产销售等（营业执照见附件 3）。

#### 1.2.2 项目背景

$^{125}\text{I}$  是医学领域常用的放射性核素之一，主要用于癌症近距离放射性治疗和体外放射性免疫分析。碘 $[^{125}\text{I}]$ 粒籽源是一种人工合成的低能放射性粒籽，患者通过经皮穿刺、手术植入等方式植入碘 $[^{125}\text{I}]$ 粒籽源， $^{125}\text{I}$  衰变过程中发射出的低能  $\gamma$  射线，对肿瘤组织进行不间断地持续照射，以达到近距离杀死或抑制癌细胞的目的。

近年来随着粒籽治疗的普及，粒籽治疗国内市场规模快速增长。为了满足日益增长的市场需求，百适核素制药（天津）有限公司拟投资 4000 万元建设“百适核素制药（天津）有限公司新建生产、销售、使用 I-125 粒籽源（百适核素放射性药物生产经营）项目”（以下简称“本项目”）。项目建成后，可为周边区域医院稳定供应耗材，降低医疗成本，提高治疗可及性。项目落地津南区可带动上下游产业链（如放射性药物研发、医疗器械制造）聚集，形成医药产业集群，增强区域竞争力。

#### 1.2.3 项目内容及规模

百适核素制药（天津）有限公司拟投资 4000 万元建设“百适核素制药（天津）有限公司新建生产、销售、使用 I-125 粒籽源（百适核素放射性药物生产经营）项目”，项目建设地点位于天津市津南区津南经济开发区（东区）达海路 9 号江恒产业园 5 号楼

2 单元 1 层粒籽源生产车间（房地产权证见附件 5）。本项目用地面积 471.68m<sup>2</sup>，建筑面积 1548.26m<sup>2</sup>，土地性质为工业用地，主要建设内容为：在现有厂房 1 层新建 1 个乙级非密封放射性物质工作场所——粒籽源生产车间，在粒籽源生产车间内新建碘[<sup>125</sup>I]粒籽源生产线，包括银丝切割机、激光焊机、手套箱、屏蔽通风橱等设备。本项目建成后年产碘[<sup>125</sup>I]粒籽源 30 万粒，主要用于医院肿瘤患者近距离放疗。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》（国务院令[2017]年第 682 号），本项目需开展环境影响评价。本项目属于放射性药物生产项目，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射——172、核技术利用建设项目”中“生产放射性同位素的（制备 PET 用放射性药物的除外）”，应编制环境影响报告书。

百适核素制药（天津）有限公司委托联合泰泽环境科技发展有限公司承担百适核素制药（天津）有限公司新建生产、销售、使用 I-125 粒籽源（百适核素放射性药物生产经营）项目的环境影响评价工作，评价单位接受委托后，项目相关人员开展了现场踏勘、资料收集等工作，并按照相关环境影响评价技术导则的要求编制完成了该项目环境影响报告书。

#### 1.2.4 产业政策及规划符合性

##### （1）产业政策符合性分析

对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号），本项目不属于鼓励类、限制类、淘汰类，属于允许类。同时，本项目不属于《市场准入负面清单（2025 年版）》禁止准入类，属于许可准入类。

本项目已取得天津市内资企业固定资产投资项目备案登记表（项目代码为 2404-120112-89-03-814281，见附件 4）。综上所述，本项目符合国家相关产业政策。

##### （2）规划符合性分析

本项目位于天津市津南区津南经济开发区（东区）（津南经济开发区隶属于海河工业区）达海路 9 号江恒产业园 5 号楼，用地性质为工业用地，且不属于规划及规划环评提出的严禁发展的产业。本项目周围 200m 范围内用地主要为工业用地及公用设施用地等，不涉及居住用地、教育用地、医疗用地等。本项目新建放射性废水衰变系统位于生产厂房西侧，用地已取得园区同意（详见附件 8）。综上所述，本项目符合项目所在地规划要求。

## 1.3 编制依据

### 1.3.1 国家法律、法规和政策文件

#### 1.3.1.1 法律

- (1) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003年6月28日通过，自2003年10月1日起施行）；
- (2) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号修订，2015年1月1日起施行）；
- (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第二十四号第二次修正，2018年12月29日起施行）；
- (4) 《中华人民共和国大气污染防治法》（中华人民共和国主席令第十六号第二次修正，2018年10月26日起施行）；
- (5) 《中华人民共和国水污染防治法》（中华人民共和国主席令第七十号第二次修正，2018年1月1日起施行）；
- (6) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（中华人民共和国主席令第八号，2019年1月1日起施行）；
- (7) 《中华人民共和国噪声污染防治法》（中华人民共和国主席令第一〇四号，2021年12月24日通过，2022年6月5日起施行）；
- (8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（中华人民共和国主席令第四十三号第二次修订，2020年9月1日起施行）。

#### 1.3.1.2 法规和政策文件

- (1) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第253号，1998年11月29日发布，2017年7月16日修订）；
- (2) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第449号，2005年9月14日发布，2019年3月2日第二次修订并施行）；
- (3) 《放射性废物安全管理条例》（中华人民共和国国务院令第612号，2012年3月1日起施行）；
- (4) 《放射性物品运输安全管理条例》（中华人民共和国国务院令第562号，2010年1月1日起施行）；
- (5) 《放射性药品管理办法》（中华人民共和国国务院令第25号，1989年1月

13 日发布施行，2024 年第四次修订）；

（6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日原国家环境保护总局令第 31 号公布，2021 年 1 月 4 日生态环境部令第 20 号修改）；

（7）《放射性物品运输安全许可管理办法》（原环境保护部令第 11 号，2010 年 11 月 1 日起施行，2021 年 1 月 4 日生态环境部令第 20 号修改）；

（8）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日）；

（9）《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号，2019 年 1 月 1 日起施行）；

（10）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）；

（11）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；

（12）《放射性物品分类和名录（试行）》（原环境保护部公告 2010 年第 31 号，2010 年 3 月 18 日起施行）；

（13）《国家危险废物名录（2025 年版）》（生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会部令第 36 号，2025 年 1 月 1 日起施行）；

（14）《放射性废物分类》（原环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2017 年 11 月 30 日）；

（15）《放射性物品道路运输管理规定》（交通运输部令 2010 年第 6 号发布，2011 年 1 月 1 日起实施，2016 年 9 月 2 日第二次修订）；

（16）《关于印发<建设项目环境影响评价信息公开机制方案>的通知》（环发〔2015〕162 号）；

（17）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（原环境保护部办公厅（环办辐射函〔2016〕430 号），2016 年 3 月 7 日）；

（18）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（原国家环保总局（环发〔2006〕145 号），2006 年 9 月 26 日）；

（19）《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，2015年2月27日印发）；

（20）《突发环境事件信息报告办法》（原环境保护部令第17号，2011年3月24日通过，自2011年5月1日起施行）；

（21）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第9号，2019年8月19日通过，自2019年11月1日起施行）；

（22）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号，2017年11月20日起施行）；

（23）《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，2019年12月23日起施行）；

（24）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告2021年第9号，2021年3月15日起实施）。

### 1.3.2 天津市地方性法规、规章和政策文件

（1）《天津市大气污染防治条例》（天津市人民代表大会常务委员会公告第58号，2020年9月25日第三次修正）；

（2）《天津市水污染防治条例》（天津市人民代表大会常务委员会公告第58号，2020年9月25日第三次修正）；

（3）《天津市土壤污染防治条例》（天津市人大常委会公告第三十八号，2020年1月1日起施行）；

（4）《天津市生活垃圾管理条例》（天津市人民代表大会常务委员会公告第49号，2020年7月29日发布）；

（5）《天津市生态环境保护条例》（天津市人民代表大会公告第8号，2019年3月1日起施行）；

（6）《天津市环境噪声污染防治管理办法》（天津市人民政府令[2003]第6号，2020年12月5日第二次修正）；

（7）《天津市建设工程文明施工管理规定》（天津市人民政府令第100号，2006年4月28日发布，2018年11月2日修改）；

（8）《天津市人民政府办公厅关于印发天津市重污染天气应急预案的通知》（津政办规〔2023〕9号，2023年11月18日）；

（9）《天津市人民政府办公厅关于印发天津市持续深入打好污染防治攻坚战三年

行动方案的通知》（津政办发〔2023〕21号，2023年9月21日）；

（10）《关于印发天津市全面推进美丽天津建设暨持续深入打好污染防治攻坚战2025年工作计划的通知》（津生态环保委〔2025〕1号，2025年3月24日）；

（11）《市生态环境局关于印发〈天津市声环境功能区划（2022年修订版）〉的通知》（津环气候〔2022〕93号，2022年9月22日）；

（12）《天津市人民政府办公厅关于印发天津市生态环境保护“十四五”规划的通知》（津政办发〔2022〕2号，2022年1月6日起施行）；

（13）《天津市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（津政规〔2020〕9号，2020年12月30日施行）；

（14）《关于落实〈天津市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见〉实施方案》（2021年8月25日）；

（15）《天津市生态环境局关于公开天津市生态环境分区管控动态更新成果的通知》（2024年12月2日）；

（16）《关于公开天津市津南区生态环境分区管控动态更新成果的通知》（津南环境〔2025〕4号，2025年2月25日）；

（17）《关于发布〈天津市污染源排放口规范化技术要求〉的通知》（津环保监测[2007]57号）；

（18）《天津市重点污染物排放总量控制管理办法（试行）》（津政办规〔2023〕1号）。

### 1.3.3 环境保护技术导则、规范及标准

（1）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；

（2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；

（3）《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；

（4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

（5）《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）；

（6）《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB 11928-89）；

（7）《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）；

（8）《职业性内照射个人监测规范》（GBZ 129-2016）；

（9）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；

- (10) 《表面污染测定 第1部分： $\beta$ 发射体( $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ )和 $\alpha$ 发射体》(GB/T 14056.1-2008)；
- (11) 《职业性皮肤放射性污染个人监测规范》(GBZ 166-2024)；
- (12) 《医药工业洁净厂房设计规范》(GB 50457-2008)；
- (13) 《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)（参考标准）；
- (14) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)（参考标准）；
- (15) 《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》(T/CIRA 5-2019)；
- (16) 《核技术利用放射性废物最小化》(HAD 401/11-2020)（参考标准）；
- (17) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；
- (18) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)；
- (19) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018)；
- (20) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2021)；
- (21) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)；
- (22) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022)；
- (23) 《建设项目危险废物环境影响评价指南》(环境保护部公告2017年第43号)；
- (24) 《声环境质量标准》(GB 3096-2008)；
- (25) 《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)；
- (26) 《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)及2018年修改单；
- (27) 《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)；
- (28) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)；
- (29) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)；
- (30) 《污水综合排放标准》(DB 12/356-2018)；
- (31) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)；
- (32) 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》(HJ 2025-2012)；
- (33) 《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022)；
- (34) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB 18599-2020)；
- (35) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)；
- (36) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010)。

### 1.3.4 相关规划及产业政策

- (1) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号）；
- (2) 《市场准入负面清单（2025年版）》（发改体改规〔2025〕466号）；
- (3) 《医用同位素中长期发展规划（2021-2035年）》（国原发〔2021〕2号）；
- (4) 《“健康中国2030”规划纲要》；
- (5) 《天津市制造业高质量发展“十四五”规划》（津政办发〔2021〕23号）；
- (6) 《天津市国土空间总体规划（2024-2035年）》（津政发〔2024〕18号）；
- (7) 《天津市生态环境保护“十四五”规划》（津政办发〔2022〕2号）；
- (8) 《天津海河工业区总体规划（2009-2020年）》；
- (9) 《关于对天津海河工业区总体规划（2009-2020年）环境影响报告书审查意见的复函》（津环保管函〔2010〕188号）。

### 1.3.5 技术资料

- (1) 建设单位委托编制单位进行环境影响评价的委托书及技术咨询合同；
- (2) 建设单位提供的本项目设计资料、放射性废气及废水治理方案等相关工程技术资料；
- (3) 《辐射安全手册》（潘自强主编，2011.11）；
- (4) 《辐射防护导论》（方杰主编，1991.06）；
- (5) 《实用辐射安全手册第二版》（从慧玲主编，2007.8）；
- (6) 《ICRP No.33》国际放射防护委员会. 1982;
- (7) 《中国核与辐射安全管理体系第三层级》；
- (8) 《天津市环境天然贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护，第13卷第3期（唐旭兴、梁维华，田金池）；
- (9) 《2024年天津市生态环境状况公报》。

## 1.4 评价标准

### 1.4.1 放射性评价标准

#### 1.4.1.1 职业及公众剂量约束值

- (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

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

不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。

（2）参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）

核医学工作人员职业照射剂量限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.1 的相关规定，核医学实践使公众成员所受到的剂量照射限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.2 的相关规定；一般情况下，职业照射的约束值不超过 5mSv/a；公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

结合项目建设规模及工艺特点，提出了职业照射和公众照射的剂量约束值，以此作为本项目评价标准，具体见表 1.4-1。

表 1.4-1 职业照射和公众照射的剂量限值

照射类型	标准剂量限值	剂量约束值
职业照射	① 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv; ② 任何一年中的有效剂量, 50mSv; ③ 眼晶体的年当量剂量, 150mSv; ④ 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量, 500mSv。	年个人有效剂量约束值 5mSv/a。
公众照射	① 年有效剂量, 1mSv; ② 特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。	年个人有效剂量约束值 0.1mSv/a。

注：本项目辐射工作人员剂量约束值取 2mSv/a。

#### 1.4.1.2 周围剂量当量率控制水平

（1）参照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）

在控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。

（2）参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）

距工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于  $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。固体放

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

#### 1.4.1.3 表面放射性污染水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 6.2.3 条，工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B（标准的附录 B）B2 所规定的限制要求。本项目工作场所的表面污染控制水平见表 1.4-2。

表 1.4-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		$\beta$ 放射性物质 ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ )
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 <sup>1)</sup>	$4\times 10$
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		$4\times 10^{-1}$
1) 该区内的高污染子区除外		

#### 1.4.1.4 放射性废水

(1) 《污水综合排放标准》(DB 12/356-2018)

放射性废水执行《污水综合排放标准》(DB 12/356-2018) 三级标准，其中总  $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总  $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ 。

(2) 参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)

所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB 18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总  $\alpha$  不大于  $1\text{Bq/L}$ 、总  $\beta$  不大于  $10\text{Bq/L}$ 、碘-131 的放射性活度浓度不大于  $10\text{Bq/L}$ 。

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

#### 1.4.1.5 放射性废气

(1) 参照《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)

合成和操作放射性药物所用的屏蔽通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于  $0.5\text{m/s}$ 。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主

管部门的要求。

（2）参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）

放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、屏蔽通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、屏蔽通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。

屏蔽通风橱应有足够的通风能力。设有屏蔽通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。

#### 1.4.1.6 放射性固体废物

（1）参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）

固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$  表面污染小于  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：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；

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

#### 1.4.1.7 非密封源工作场所的分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），按下表将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 1.4-3 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4\times10^9$
乙	$2\times10^7\sim4\times10^9$
丙	豁免活度值以上~ $2\times10^7$

#### 1.4.1.8 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》（GB 18871-2002），应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

（1）控制区

① 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定

为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

② 确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围。

③ 对于范围比较大的控制区，如果其中的照射或污染水平在不同的局部变化较大，需要实施不同的专门防护手段或安全措施，则可根据需要再划分出不同的子区，以方便管理。

④ 注册者、许可证持有者应：

- a) 采用实体边界划定控制区；采用实体边界不现实时也可以采用其他适当的手段；
- b) 在源的运行或开启只是间歇性的或仅是把源从一处移至另一处的情况下，采用与主导情况相适应的方法划定控制区，并对照射时间加以规定；
- c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F（标准的附录）规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示；
- d) 制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；
- e) 运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区；限制的严格程度应与预计的照射水平和可能性相适应；
- f) 按需要在控制区的入口处提供防护衣具(监测设备和个人衣物贮存柜)；
- g) 按需要在控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的贮存柜；
- h) 定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。

## （2）监督区

① 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区；这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

② 注册者和许可证持有者应：

- a) 采用适当的手段划出监督区的边界；
- b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

c) 定期审查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

#### 1.4.1.9 放射性物品安全运输

(1) 《放射性物品安全运输规程》(GB 11806-2019)

##### ① 辐射防护

人员所受剂量应低于 GB18871 规定的剂量限值。防护应是最优化的，即在考虑了经济和社会因素之后，在个人所受剂量低于剂量约束值的条件下，个人剂量的大小、受照射人数以及引起照射的可能性保持在可合理达到的尽量低的水平。应从组织结构和系统上采取措施，并考虑运输与其他活动之间的关系。

##### ② 辐射水平限值

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

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

##### ③ 表面污染水平限值

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

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

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

#### 1.4.1.10 放射性评价标准和标准值总结

本评价根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)、《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)等标准以及建设单位确定的个人剂量约束值，确定本项目的评价标准和标准值见表 1.4-4 所示。

表 1.4-4 本项目评价标准和标准值

一、年剂量约束值要求			
分类	年剂量限值	年剂量约束值	执行依据

职业照射	20mSv/a	2mSv/a	GB 18871-2002 HJ 1188-2021
	眼晶体 150mSv/a; 四 肢（手和足） 或皮肤 500 mSv/a	/	
公众照射	1mSv/a	0.1mSv/a	

**二、周围剂量当量率控制值要求**

粒籽源 生产车间	控制区内、外	各控制区内、外房间防护门、墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于2.5 $\mu$ Sv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于10 $\mu$ Sv/h。	GBZ 120-2020 HJ 1188-2021
	箱体表面	放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于2.5 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h。工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面5cm处的周围剂量当量率控制目标值应不大于25 $\mu$ Sv/h。	
	废物桶表面	固体放射性废物收集桶、暴露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面30cm处的周围剂量当量率小于2.5 $\mu$ Sv/h。	GBZ 120-2020 HJ 1188-2021

**三、工作场所表面污染**

工作场所 控制水平	工作台、设备、墙壁、地面：控制区不大于40Bq/cm <sup>2</sup> ，监督区不大于4Bq/cm <sup>2</sup> 。 工作服、手套、工作鞋：控制区、监督区不大于4Bq/cm <sup>2</sup> 。 手、皮肤、内衣、工作袜：控制区、监督区不大于0.4Bq/cm <sup>2</sup> 。	GB 18871-2002
--------------	---	---------------

**四、放射性废气**

放射性废气	合成和操作放射性药物所用的屏蔽通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。 放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、屏蔽通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、屏蔽通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。	GBZ 120-2020 HJ 1188-2021
-------	---	------------------------------

**五、放射性固体废物**

放射性 固体废物	所含核素半衰期大于24小时的( <sup>125</sup> I)放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的10倍(不少于594d)，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$ 表面污染小于0.8Bq/cm <sup>2</sup> 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。	HJ 1188-2021
-------------	---	--------------

**六、放射性废液**

放射性 废液	所含核素半衰期大于24小时的放射性废液暂存时间超过10倍最长半衰期，监测结果经审管部门认可后，按照GB 18871中8.6.2规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 $\alpha$ 不大于1Bq/L、总 $\beta$ 不大于10Bq/L。 放射性废水执行《污水综合排放标准》(DB 12/356-2018)三级标准，其中总 $\beta\leqslant 10$ Bq/L。	HJ 1188-2021 DB 12/356-2018
-----------	--	--------------------------------

六、货包剂量水平		
放射性 货包	货包或集合包装的外表面上任一点的最高辐射水平应不超过 2mSv/h。 $\beta$ 和 $\gamma$ 发射体以及低毒性 $\alpha$ 发射体药物货包表面污染水平限值为 4Bq/cm <sup>2</sup> 。	GB 11806-2019

## 1.4.2 非放射性评级标准

### 1.4.2.1 环境质量标准

#### (1) 环境空气质量标准

根据《环境空气质量标准》（GB 3095-2012），本项目所在区域为二类环境空气功能区，环境空气基本污染物执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及 2018 年修改单中二级浓度限值，详见表 1.4-5。

表 1.4-5 环境空气质量标准

序号	污染物	浓度限值			单位	标准来源
		年平均	日平均	小时平均		
1	SO <sub>2</sub>	60	150	500	μg/m <sup>3</sup>	《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级
2	NO <sub>2</sub>	40	80	200	μg/m <sup>3</sup>	
3	CO	—	4	10	mg/m <sup>3</sup>	
4	O <sub>3</sub>	日最大 8h 平均 160		200	μg/m <sup>3</sup>	
5	PM <sub>10</sub>	70	150	—	μg/m <sup>3</sup>	
6	PM <sub>2.5</sub>	35	75	—	μg/m <sup>3</sup>	

#### (2) 地下水环境质量标准

本项目涉及地下水放射性指标为总  $\beta$  放射性，执行《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017），详见表 1.4-6。

表 1.4-6 地下水质量标准

序号	监测项目	类别					标准来源
		I类	II类	III类	IV类	V类	
放射性指标							
1	总 $\beta$ 放射性 (Bq/L)	$\leq 0.1$	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$	$> 1.0$	$> 1.0$	《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)

#### (3) 声环境质量标准

根据《天津市声环境功能区划（2022 年修订版）》，本项目所在地属于 3 类功能区（津南经济开发区），与声环境功能区划位置详见附图 7，执行《声环境质量标准》

(GB 3096-2008) 3类标准，具体见表 1.4-7。

表 1.4-7 声环境质量标准

声环境功能区类别	噪声限值		执行标准
	昼间	夜间	
3类	65 dB(A)	55 dB(A)	《声环境质量标准》(GB 3096-2008)

注：西侧达海路不属于交通干线、城市轨道交通地面。

#### 1.4.2.2 污染物排放标准

##### (1) 大气污染物排放标准

源芯清洗过程排放有机废气中的非甲烷总烃、TRVOC 执行《工业企业挥发性有机物排放控制标准》(DB12/524-2014) 表 1 医药制造行业有组织排放限值，具体限值见表 1.4-8。

表 1.4-8 挥发性有机物有组织排放限值

污染源	污染物	有组织排放			执行标准
		排气筒高度 /m	排放浓度 /(mg/m <sup>3</sup> )	排放速率 /(kg/h)	
P1	非甲烷总烃	24	40	6.8	DB12/524-2020
	TRVOC		40	6.8	

##### (2) 噪声排放标准

施工期间排放噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)，具体限值见表 1.4-9。

表 1.4-9 建筑施工场界环境噪声排放标准

《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB 12523-2011)	昼间	夜间
	70 dB(A)	55 dB(A)

运营期四侧厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008) 3类标准。具体限值见表 1.4-10。

表 1.4-10 工业企业厂界环境噪声排放限值

厂界	执行标准 类别	时段		执行标准
		昼间	夜间	
四侧厂界	3类	65 dB(A)	55 dB(A)	《工业企业厂界环境噪声排放标准》 (GB 12348-2008)

##### (3) 水污染物排放标准

本项目生活污水、纯水制备系统浓水排放执行《污水综合排放标准》(DB12/356-

2018) 三级标准，具体限值见表 1.4-11。

表 1.4-11 污水综合排放标准

单位: mg/L (pH 无量纲)

污染因子	pH	BOD <sub>5</sub>	COD	SS	氨氮	总磷	总氮
数值	6~9	300	500	400	45	8	70

#### (4) 固体废物相关标准

一般工业固体废物在厂内暂存执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)。采用库房、包装工具(罐、桶、包装袋等)贮存一般工业固体废物过程的污染控制，其贮存过程应满足相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求。

危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)、《危险废物收集 贮存 运输技术规范》(HJ 2025-2012)、《危险废物污染防治技术政策》和《危险废物转移联单管理办法》中的有关规定。

生活垃圾执行《天津市生活垃圾管理条例》。

### 1.5 评价范围

#### 1.5.1 辐射环境影响评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)规定，本项目新建1个乙级非密封放射性物质工作场所，辐射环境影响评价范围为本项目工作场所(江恒产业园5号楼2单元)实体屏蔽边界外50m范围。

#### 1.5.2 大气环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则大气环境》(HJ 2.2-2018)，进行大气环境影响评价等级确定，选择推荐模式中 AERSCREEN 估算模型，进行筛选计算和大气环境影响评价等级确定。根据本项目产生的大气污染物，大气评价因子选取主要污染物非甲烷总烃、TRVOC。

本项目估算模型点源排放参数及计算结果分别见表 1.5-1、表 1.5-2。

表 1.5-1 点源参数表

名称	排气筒底部中心坐标		排气筒底部海拔高度/m	排气筒高度/m	排气筒出口内径/m	烟气流速/(m/s)	烟气温度/°C	年排放小时数/h	排放工况	污染物排放速率/(kg/h)	
	E/°	N/°								TRVOC	非甲烷总烃
P1	117.428023	38.972084	3	24	0.3	17.69	25	150	正常	0.008	0.008

表 1.5-2 点估算模型计算结果表

排放方式	污染源	污染物	下风向最大质量浓度 $C_i$ /( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	占标率 $P_i$ /%	出现距离 /m	$D_{10\%}$ /km
点源	排气筒 P1	非甲烷总烃	0.00355	0.18	226	/
		TRVOC	0.00355	0.30		/

经计算，非甲烷总烃、TRVOC 的最大落地点浓度为  $0.00355\text{mg}/\text{m}^3$ ，最大占标率为 0.30%。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）的大气评价工作分级依据，本项目大气评价等级为三级，无需设置大气环境影响评价范围。

### 1.5.3 声环境影响评价范围

本项目选址位于天津市津南区津南经济开发区（东区）达海路 9 号江恒产业园 5 号楼，根据《天津市声环境功能区划（2022 年修订版）》，本项目位于 3 类声功能区，周围 200m 范围内无声环境保护目标。根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021），本项目声环境影响评价工作等级为三级，评价至项目厂界外 200m 范围。

### 1.5.4 地表水环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018），地表水环境影响评价按照影响类型、排放方式、排放量或影响情况、受纳水体环境质量现状、水环境保护目标等综合确定。本项目排水经厂区污水总排口排入园区市政污水管网，最终排入津南双桥污水处理厂集中处理。本项目排放方式属于间接排放，水环境影响评价等级为三级 B。本项目不涉及地表水环境风险，评价至厂区废水总排放口，并对依托的市政污水处理设施环境可行性进行分析。

### 1.5.5 地下水环境影响评价范围

本项目属于核与辐射建设项目，《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）附录 A 未涉及，根据本项目工程特点、污染途径及污染物排放特点，本项目无需设置地下水环境影响评价范围，重点提出防治地下水污染的具体措施和建议。

### 1.5.6 土壤环境影响评价范围

对照《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018），本项目属于核与辐射建设项目，该导则不适用于本项目。根据本项目工程特点、污染途径及污染物排放特点，本项目无需设置土壤环境影响评价范围，仅对土壤环境辐射现状进行监测和评价。

### 1.5.7 地下水环境影响评价范围

本项目属于核与辐射建设项目，《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）附录 A 未涉及，根据本项目工程特点、污染途径及污染物排放特点，本项目不专门开展地下水环境影响评价，重点提出防治地下水污染的具体措施和建议。

### 1.5.8 环境风险评价范围

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），本项目环境风险评价工作等级为简单分析，无需设置环境风险评价范围。

### 1.5.9 生态环境影响评价范围

本项目占地面积 471.68m<sup>2</sup>，位于已批准规划环评的产业园内且符合规划环评要求，不涉及生态敏感区，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目可不确定生态评价等级，直接进行生态影响简单分析，无需设置生态环境影响评价范围。本项目评价范围汇总详见表 1.5-3。评价范围图详见图 1.5-1。

表 1.5-3 环境影响评价等级和评价范围一览表

项目	评价等级	评价范围
辐射环境	/	辐射工作场所（粒籽源生产车间）实体屏蔽边界外 50m 范围
环境空气	三级	无需设置大气环境影响评价范围
噪声	三级	厂界外 200m 范围
地表水	三级 B	评价至厂区废水总排放口，并对依托污水处理设施环境可行性进行分析
风险评价	简单分析	无需设置评价范围
生态	/	无需设置评价范围



图 1.5-1 本项目评价范围图

## 1.6 保护目标

本项目以工作场所实体边界为中心，半径 50m 的范围内无居民区、学校等类型的环境敏感点，涉及的环境敏感点为天津市津南区津南经济开发区（东区）达海路9号江恒产业园 3、4、5、6、10、11 号楼，涉及人员为辐射工作人员和周边公众，其中辐射工作人员为本项目生产车间放射性核素操作人员（5号楼 2 单元内），公众为本项目非辐射工作人员（5号楼 2 单元内）、周边楼宇内的工作人员（5号楼 1 单元及 3、4、6、10、11 号楼）及途径公众。具体如表 1.6-1 所示，其分布示意图见附图 3。本项目周边主要为园区内企业，评价范围内无声环境保护目标。

表 1.6-1 环境保护目标一览表

序号	环境保护目标	方位	距离	规模	性质
1	本项目放射性核素操作人员	厂内 (5号楼 2 单元一层)	/	8人	辐射工作人员
2	粒籽源生产车间楼上（二层、三 层、3a 层）工作人员	楼上	/	7人	公众
3	江恒产业园 3 号楼工作人员	北侧	46m	约 50~100 人	公众
4	江恒产业园 4 号楼工作人员	北侧	12m	约 50~100 人	公众
5	江恒产业园 5 号楼 1 单元艾莫斯 (天津) 科技有限公司工作人员	东侧	紧 邻	约 30~70 人	公众
6	江恒产业园 6 号楼工作人员	南侧	26m	约 50~100 人	公众
7	江恒产业园 10 号楼工作人员	东北侧	36m	约 50~100 人	公众
8	江恒产业园 11 号楼工作人员	东侧	33m	约 50~100 人	公众
9	评价范围内途径公众	四侧	/	/	公众

注：[1]表中方位以工作场所实体屏蔽边界为参考点，距离为工作场所屏蔽边界至环境保护目标的最近距离。

## 第二章 自然环境与社会环境状况

### 2.1 自然环境状况

#### 2.1.1 地形地貌

津南区位于天津市东南部，北依海河，南临南疆港，西连中心城区，东叠滨海新区，处于天津“双城双港、相向拓展、一轴两带、南北生态”总体发展战略主轴上，是承接中心城区城市功能和滨海新区产业功能的黄金走廊，具有良好的海陆空交通，地理位置优越。距中心城区 11km，距滨海国际机场 12km。距天津港南疆码头 25km；距天津港 22km。

津南区属海积及河流冲积平原，现代的津南地貌是 4000 年以来，在古渤海湾滩涂及水下岸坡区，经黄河、海河携带泥沙与古渤海潮汐、风浪搬运海底物质共同堆积而成的。境内地势低平，河道纵横，极富垦殖之利。据地质探测资料，津南区境内地下分布着元古界、古生界、中生界、新生界的地层。津南区位于新华夏构造体系华北沉降带内次一级构造的沧县隆起和黄骅拗陷两大构造带的北部。全区是一个被深厚新生代松散沉积物覆盖的平原地区，地表坦荡低平，地下的岩石基底断裂构造则比较复杂。

津南区境内为华北冲积平原一部分，区境地势平坦，除马厂减河、洪泥河等河大堤高于 5 米之外，均在 5 米以下，绝大部分地区为 3~4 米，地面起伏小，从西向东，从南至北微微倾斜，坡度为 1/10000~1/6000。

本项目位于天津市津南区津南经济开发区（东区）达海路 9 号江恒产业园 5 号楼，厂址中心坐标：东经  $117^{\circ} 25' 40.881''$ ，北纬  $38^{\circ} 58' 19.368''$ ，公司周围情况如下：东侧为 5 号楼 1 单元艾莫斯（天津）科技有限公司（与本项目所在 5 号楼 2 单元之间有墙体间隔），南侧、西侧、北侧为江恒产业园内部道路及绿化带。本项目地理位置图见附图 1，周边环境位置图见附图 2。本项目选址及四至情况实景照片如下：



5号楼2单元一层粒籽源生产车间



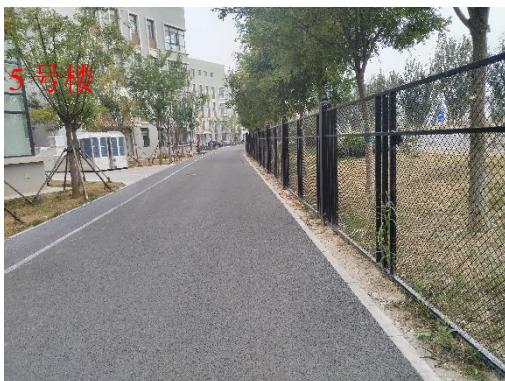
衰变池选址处现状



选址东侧艾莫斯（天津）科技有限公司



选址南侧道路及绿化带



选址西侧道路及绿化带



选址北侧道路及绿化带

图 2.1-1 建设项目选址及周边现状照片

### 2.1.2 气候与气象

津南区属暖温带半湿润季风型气候，季风显著，四季分明。年平均气温 12.6℃，年平均降水量 521.4mm，年平均日照时数 2538.6h，年平均蒸发量 1662.1mm，年平均雷暴日数 27.5 天，年平均相对湿度 63%，年平均最多风向为南西南，年平均风速 2.8m/s，年平均无霜期 206 天。

### 2.1.3 水文

津南区有区管二级河道 16 条：马厂减河、洪泥河、月牙河、双桥河、双白引河、卫津河、十米河、幸福河、幸福横河、四丈河、咸排河、石柱子河、跃进河、八米河、胜利河、海河故道，总长度 185.3km。津南区境内年内降水量最大时期为汛期，主要集中在 7 月、8 月，开始产生径流。其他时期由于降雨量少，无径流产生。年均径流量 1.30 亿 m<sup>3</sup>，折径流深 311.2mm。区境内自产地上水资源并不丰富，且分配不均。

#### 2.1.4 土壤和植被

津南区多数植物为夏绿，生长繁茂；冬凋，落叶休眠或枯萎。地带性植被属暖温带落叶阔叶林并混有温性针叶林和次生灌草丛植被，植物区系以华北成分为主。种子植物主要以禾本科、菊科、豆科和蔷薇科种类为最多，其次为百合科、莎草科、伞形科、毛茛科、十字花科及石竹科。草木植物多与木本植物。野生灌木与半灌木植物主要有野酸枣、小叶鼠李等 82 种。稻田植物有水蓼、两栖蓼等 31 种。盐生植物有盐地碱蓬棵、盐角草等。

津南区土壤可分为 4 个土类：潮土、水稻土、沼泽土、盐土，5 个亚：盐化潮土亚类、盐化湿潮土亚类、北方水稻土亚类、草甸沼泽土亚类、滨海盐土亚类及若干个土属、土种。

#### 2.1.5 地质概况

津南区境内地下分布着元古界、古生界、中生界、新生界的地层。津南区位于新华夏构造体系华北沉降带内次一级构造的沧县隆起和黄骅拗陷两大构造带的北部。全区是一个被深厚新生代松散沉积物覆盖的平原地区，地表坦荡低平，地下的岩石基底断裂构造则比较复杂。

### 2.2 社会经济状况

#### 2.2.1 行政区划

津南区面积 387.84km<sup>2</sup>，截至 2024 年 12 月，津南区下辖 3 个街道、8 个镇：双新街道、双林街道、海棠街道、咸水沽镇、葛沽镇、小站镇、双港镇、辛庄镇、双桥河镇、八里台镇、北闸口镇。1 个办事处：长青办事处。3 个园区：津南开发区东区、津南开发区西区、津南国家农业园区。津南区居住着汉、回、满、蒙、朝鲜、壮、苗、土家、彝、维吾尔、白、布依、侗、哈尼、东乡、瑶、纳西等 17 个民族，辖咸水沽、双港、八里台、辛庄、双桥河、北闸口、葛沽、小站等 8 镇和地处市区的长青办事处，全区共有 173 个行政村。区政府驻地咸水沽镇。2024 年末津南区全区常住人口总量 59.16 万人，其中城

镇常住人口 42.1 万人。

### 2.2.2 基础设施建设概况

天津市津南区是天津市环城四区之一，区位优势明显，近年来在基础设施建设方面持续推进，蓟港铁路、天津大道、津港高速、宁静高速、丹拉高速、津晋高速横跨津南区。天津轨道交通 1 号线、天津轨道交通 6 号线穿过津南区。津南区距首都北京 120km，距天津新港 40km，距天津滨海国际机场 25km。区内设置多做变电站保障电力供应，配套自来水厂及管网体系，保证居民和工业用水。

### 2.2.3 社会经济结构

津南区地处天津市东南部，经济发展生机勃勃，各项事业长足进步，综合实力不断增强，已形成机械、化工、轻工等 20 多个工业门类，工、商、建、运、服全面发展，农、林、牧、渔各具特色。2024 年全区地区生产总值达到 457.8 亿元，比上年增长 4.5%，三次产业比例为 0.95：36.50：62.55。

### 2.2.4 教育、文化状况

津南区驻有：南开大学津南校区、天津大学北洋园校区、天津职业技术师范大学、天津中德应用技术大学、天津电子信息职业技术学院、天津轻工职业技术学院、天津现代职业技术学院、天津海运职业学院、天津商务职业学院、天津职业大学、天津机电职业技术学院、天津滨海建筑工程职业学院。

2024 年，津南区小学招生 8278 人，毕业 6973 人，在校 45515 人，专任教师 2598 人。普通中学招生 10739 人，其中小升初 7189 人、中招高 3550 人；毕业 8182 人，其中初中 5573 人、高中 2609 人，年末在校 29911 人，专任教师 1681 人。

### 2.2.5 天津海河工业区简况

本项目位于津南经济开发区（东区），属于海河工业区。根据《天津海河工业区总体规划（2009-2020 年）》，天津海河工业区位于津南区中部，津南区咸水沽、双桥河和北闸口镇域内，园区规划四至为津晋高速以北地块东至汉港快速，南至津晋高速，西至新兴南路，北至津沽二线；津晋高速以南地块东至北闸口工业区边界，南至北闸口工业区南边界，西至北闸口工业区西边界，北至津晋高速，规划面积 10km<sup>2</sup>。海河工业区是对咸水沽镇鑫达工业区、津南开发区东区、北闸口工业区、双桥河乡等部分区域的整合、统一规划。

海河工业区的发展定位为：以功能型电子元器件为核心，以集成电路设计和电子元器件设计为重点的电子工业区。园区土地利用类型包括工业用地、居住用地、公共设施用地、市政基础设施用地。园区供水、排水、供汽、电力、燃气、消防等基础设施配套齐全。排水采用雨、污分流制，雨水排入周边河道；污水经管网收集后最终排入津南双桥污水处理厂。

## 2.3 环境质量与辐射现状

### 2.3.1 环境空气质量现状

根据《2024 年天津市生态环境状况公报》，天津市津南区的环境空气质量现状见下表。

表 2.3-1 区域空气质量现状评价表

单位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (CO:  $\text{mg}/\text{m}^3$ )

污染物		年评价指标	现状浓度	标准值	占标率/%	达标情况
津南区	PM <sub>2.5</sub>	年平均质量浓度	40	35	114.29	不达标
	PM <sub>10</sub>		70	70	100	达标
	SO <sub>2</sub>		7	60	11.67	达标
	NO <sub>2</sub>		35	40	87.5	达标
	CO	24h 平均浓度第 95 百分位数	1.2	4	30	达标
	O <sub>3</sub>	8h 平均浓度第 90 百分位数	185	160	115.63	不达标

该地区环境空气基本污染物中 PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>2</sub> 的年平均质量浓度、CO 24h 平均浓度第 95 百分位数均达到《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及其修改单中二级浓度限值，PM<sub>2.5</sub> 的年平均质量浓度、O<sub>3</sub> 日最大 8h 平均浓度第 90 百分位数不满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及其修改单中浓度限值要求。六项基本污染物未全部达标，故本项目位于不达标区。

为改善环境空气质量，天津市大力推进《天津市重污染天气应急预案》、《天津市人民政府办公厅关于印发天津市持续深入打好污染防治攻坚战三年行动方案的通知》（津政办发〔2023〕21 号）、《关于印发天津市全面推进美丽天津建设暨持续深入打好污染防治攻坚战 2025 年工作计划的通知》（津生态环保委〔2025〕1 号）等工作的实施，环境空气质量将逐年好转。

### 2.3.2 地表水环境质量现状

根据《2024 年天津市生态环境状况公报》，全市地表水水质基本平稳。优良水体

（I -III类）断面比例 52.8%，无劣V类断面，同比持平。2024年，全市入海河流全部消除劣V类。

### 2.3.3 声环境质量现状

为掌握项目周围声环境质量现状，本次评价委托天津市核人检测技术服务有限公司对本项目选址周围的等效连续A声级进行监测。检测报告见附件6。

#### （1）监测因子

等效连续A声级。

#### （2）监测布点

选址四侧厂界各布设1个噪声监测点。

#### （3）监测时间及频次

2024年11月14日、11月15日，昼间、夜间各监测1次。

#### （4）监测方法

《声环境质量标准》（GB 3096-2008）

#### （5）监测仪器

本项目声环境现状监测设备如下表所示。

表 2.3-2 监测仪器一览表

仪器名称	型号	编号	技术参数	检定单位	检定证书编号	检定有效期
多功能声级计	AWA6228+	HR-SJ-01	23 dB (A) - 135dB (A)	天津市计量监督检测科学研究院	FLXsx24012329	2024年3月12日至2025年3月11日
声校准器	AWA6221A	HR-SJZ-01	94dB±0.3dB 及 114dB±0.5dB		FLXsx24012330	2024年3月12日至2025年3月11日

#### （6）监测结果

项目所在地声环境质量监测结果详见下表。

表 2.3-3 建设项目选址周边噪声监测结果 单位：dB (A)

序号	监测点位置	监测时间	测量值 dB (A)		标准值 dB (A)	是否达标
			昼间	夜间		
1	厂界东侧	2024.11.14	52	43	昼间 65 夜间 55	达标
		2024.11.15	53	42		
2	厂界南侧	2024.11.14	48	42	昼间 65 夜间 55	达标
		2024.11.15	49	41		
3	厂界西侧	2024.11.14	50	42		达标
		2024.11.15	50	42		

序号	监测点位置	监测时间	测量值 dB (A)		标准值 dB (A)	是否达标
			昼间	夜间		
4	厂界北侧	2024.11.14	52	41		达标
		2024.11.15	52	42		

根据现状监测结果，本项目四侧厂界处昼间及夜间现状环境噪声均满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）3类标准值要求。

### 2.3.4 辐射环境质量现状

#### （1）辐射环境背景调查

根据《天津市环境天然贯穿辐射水平调查研究》，天津市原野  $\gamma$  辐射剂量率范围为（36.0~99.7）nGy/h，天津市室内  $\gamma$  辐射剂量率范围为（48.0~140.4）nGy/h，道路  $\gamma$  辐射剂量率范围为（20.8~104.0）nGy/h。

根据《2024 年天津市生态环境状况公报》，天津市辐射环境自动监测站的实时连续空气吸收剂量率年均值范围为（59.3~74.2）nGy/h，与 1989 年天津市环境天然辐射剂量调查结果（36.0~99.7）nGy/h 处于同一水平。

2024 年天津市城市集中式饮用水水源地水、海河流域（天津段）地表水、地下水、近岸海域海水中天然放射性核素活度浓度处于本底涨落范围内，人工放射性核素未见异常；城市集中式饮用水水源地水中总  $\alpha$  和总  $\beta$  活度浓度符合国家规定的生活饮用水卫生标准；土壤中天然放射性核素活度浓度处于本底涨落范围内，人工放射性核素活度浓度未见异常；环境电磁辐射水平低于国家规定的电磁环境控制限值。

#### （2）辐射环境质量现状监测

为了解本项目辐射工作场所辐射环境现状，本次评价委托天津市生态环境监测中心、天津市核人检测技术服务有限公司于 2024 年 11 月 14 日、2024 年 12 月 9 日、2024 年 12 月 11 日、2025 年 1 月 9 日对本项目选址周围的环境  $\gamma$  辐射剂量率、环境介质（空气、地下水、土壤）中放射水平进行监测，监测报告详见附件 6，具体监测结果见表 2.3-7。环境  $\gamma$  辐射剂量率监测点位图见图 2.3-1，空气、地下水、土壤监测点位图见图 2.3-2。

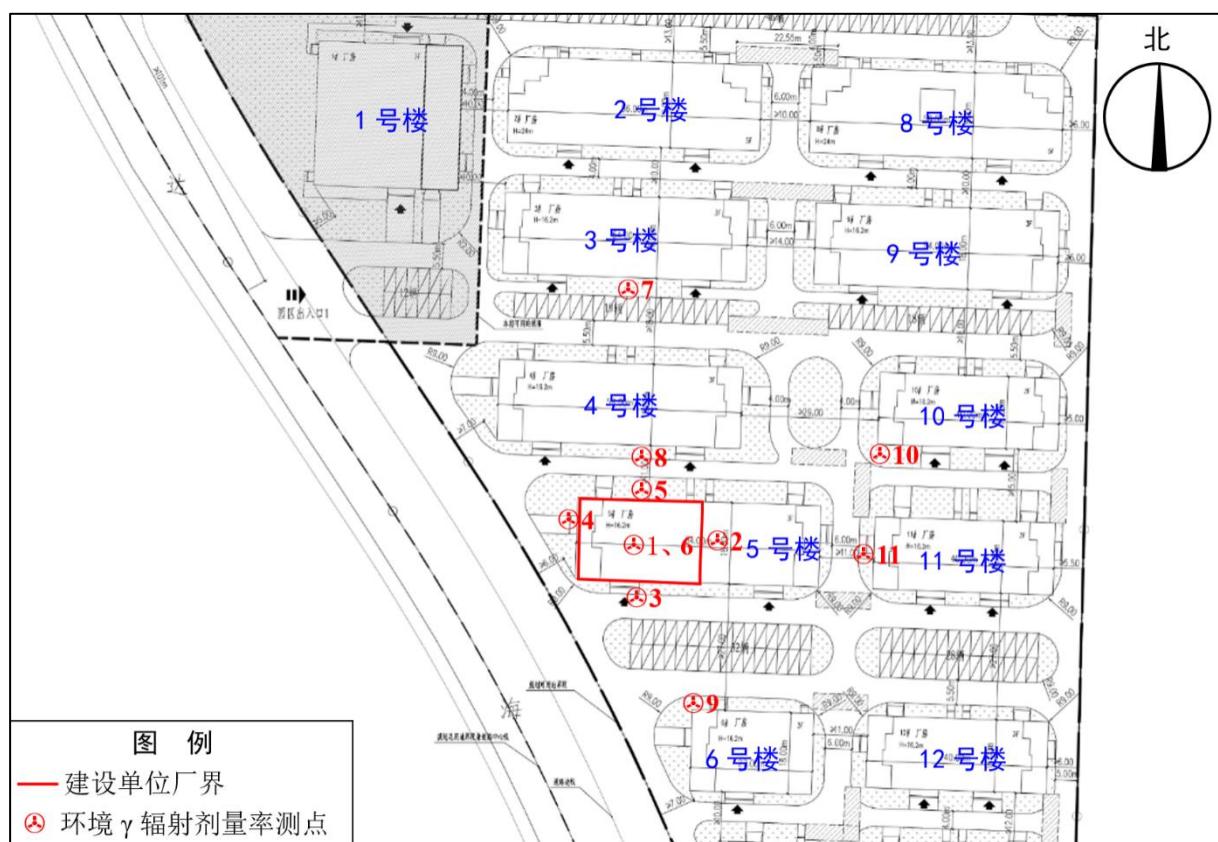
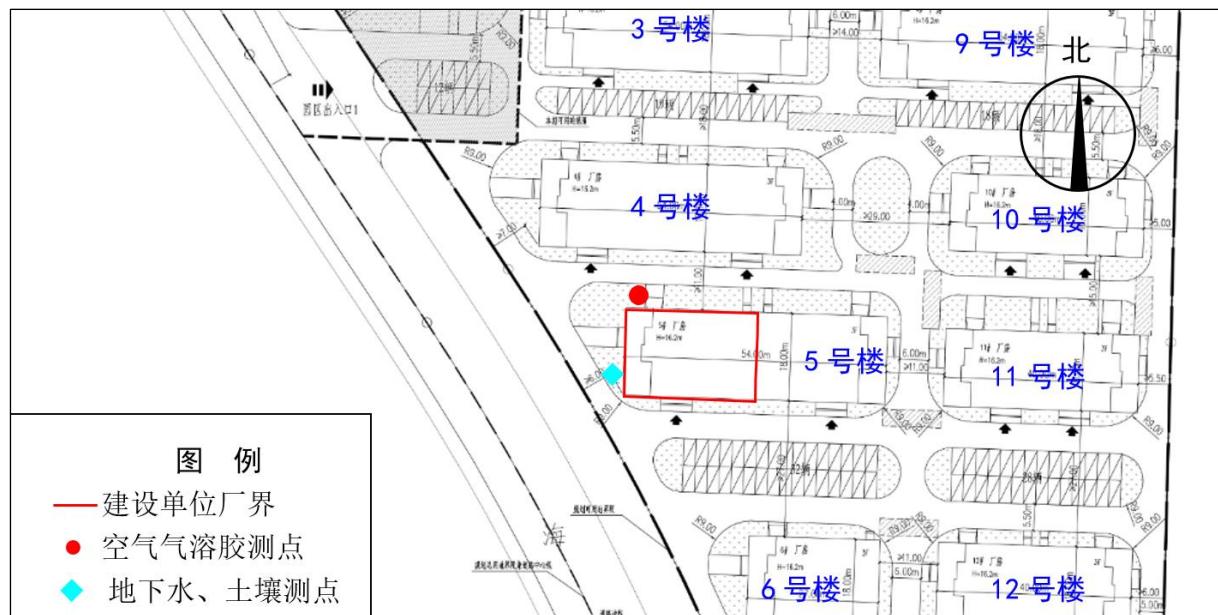
图 2.3-1 本项目环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测点位示意图

图 2.3-2 空气、地下水、土壤监测点位图

### （3）监测因子及方法

项目辐射环境质量现状监测因子及方法见下表。

表 2.3-4 监测因子及方法

监测对象	监测因子	监测方法
陆地 $\gamma$ 辐射	环境 $\gamma$ 辐射剂量率	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）
地下水	$\gamma$ 核素分析	《环境及生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T 16145-2022） 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）
空气	空气中 $\gamma$ 核素	《空气中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（WS/T184-2017） 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）
土壤	$\gamma$ 核素分析	《环境及生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T 16145-2022） 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

### （4）监测布点

根据本项目使用放射性核素的污染特征，结合厂址及周围布局条件，布设辐射环境监测点位，具体见下表。

表 2.3-5 监测布点

监测对象	监测布点
陆地 $\gamma$ 辐射	厂房一层、二层中央、厂房四周及有代表性的环保目标处各布设 1 个监测点
地下水	本项目拟建衰变池处布设 1 个采样点
空气	本项目厂房周边布设 1 个采样点
土壤	本项目拟建衰变池处布设 1 个采样点

### （5）监测仪器

本项目辐射环境现状监测设备如下表所示。

表 2.3-6 本项目辐射环境现状监测设备

监测对象	监测因子	监测仪器	型号	编号	能量响应范围	测量范围	检定/校准单位	检定/校准证书编号	检定/校准有效期
陆地 $\gamma$ 辐射	环境 $\gamma$ 辐射剂量率	环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪	RJ38-3602	HR-JL-04	30keV~3MeV	10nGy/h~600.00 $\mu$ Gy/h	中国计量科学研究院	2024H2 1-20-506306 5001	2024 年 1 月 17 日-2025 年 1 月 16 日
地下水	$\gamma$ 核素	高纯锗 $\gamma$ 谱仪	GEM-FX85 30P4	48-TP50 503A	/	$\gamma$ 射线 3keV-3MeV	中国计量科学研究院	DLhd2 023-03896	2023 年 8 月 16 日至 2025 年 8 月 15 日
空气	$\gamma$ 核素								

监测对象	监测因子	监测仪器	型号	编号	能量响应范围	测量范围	检定/校准单位	检定/校准证书编号	检定/校准有效期
土壤	$\gamma$ 核素								

## （6）监测质量保证措施

监测时质量保证措施如下：

- ① 监测仪器经计量部门检定合格并在检定有效期限内。
- ② 测量前、后检查仪器的工作状态是否良好，并用检验源对仪器进行校验。
- ③ 监测方法采用国家有关部门颁布标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- ④ 由专业人员按照操作规程操作监测仪器，并认真做好记录。
- ⑤ 监测数据严格实行校对、校核、审定三级审核制度，专人负责质量保证及核查、检查工作。

## （7）监测结果及分析

本项目周边辐射环境质量监测详见下表。

表 2.3-7 辐射环境监测质量结果

监测对象	测量日期	监测点位		监测结果		
陆地 $\gamma$ 辐射	2024.11.14	序号	监测点位描述	环境 $\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h)		
		1#	厂房一层中心	99		
		2#	东侧厂界处	119		
		3#	南侧厂界处	69		
		4#	西侧厂界处	92		
		5#	北侧厂界处	80		
		6#	厂房二层中心	97		
		7#	3 号楼	83		
		8#	4 号楼	87		
		9#	6 号楼	66		
		10#	10 号楼	76		
		11#	11 号楼	87		
地下水	测量日期	序号	监测点位描述	项目	测量值 (Bq/L)	探测下限 (Bq/L)
	2024.12.9	1#	拟建衰变池处	$^{125}\text{I}$	<探测下限	$4.147 \times 10^{-2}$
空气	测量日期	序号	监测点位描述	项目	测量值 (mBq/m <sup>3</sup> )	探测下限 (mBq/m <sup>3</sup> )
	2024.12.11	1#	本项目厂房周边	$^{125}\text{I}$	<探测下限	$1.6 \times 10^{-4}$
土壤	测量日期	序号	监测点位描述	项目	测量值 (Bq/kg)	探测下限 (Bq/kg)
	2025.1.9	1#	拟建衰变池处	$^{125}\text{I}$	<探测下限	33.90

注：环境  $\gamma$  辐射剂量率未扣除宇宙射线响应值；

由上表可知，本项目拟建非密封放射性物质工作场所室内  $\gamma$  辐射剂量率为（97~119）nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），处于天津市室内  $\gamma$  辐射剂量率本底范围内，室外空地  $\gamma$  辐射剂量率为（66~87）nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），处于天津市原野  $\gamma$  辐射剂量率本底范围内，室外道路  $\gamma$  辐射剂量率为（69~92）nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），处于天津市道路  $\gamma$  辐射剂量率本底范围内。本项目选址周边地下水、土壤、空气中  $\gamma$  核素分析结果均低于探测下限。

## 2.4 场址适宜性评价

### 2.4.1 自然环境适宜性分析

经现场调查、资料调研，本项目不处于下列地区：

- ① 发震断层和抗震设防烈度为 9 度及高于 9 度的地震区；
- ② 有泥石流、滑坡、流沙、溶洞等直接危害的地段；
- ③ 采矿陷落（错动）区地表界限内；
- ④ 爆破危险界限内；
- ⑤ 坝或堤决溃后可能淹没的地区；
- ⑥ 有严重放射性物质污染影响区；
- ⑦ 生活居住区、文教区、水源保护区、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区和其它需要特别保护的区域；
- ⑧ 对飞机起落、电台通讯、电视转播、雷达导航和重要的天文、气象、地震观察以及军事设施等规定有影响的范围内；
- ⑨ 很严重的自重湿陷性黄土地段，厚度大的新近堆积黄土地段和高压缩性的饱和黄土地段等地质条件恶劣地段；
- ⑩ 具有开采价值的矿藏区；
- ⑪ 受海啸或湖涌危害的地区。

综上所述，周边自然环境与本项目建设相适应，项目选址合理。

### 2.4.2 社会经济适宜性分析

根据《医用同位素中长期发展规划（2021-2035 年）》，规划重点任务之一为加快产业步伐，推动高效发展，实施核医学科推广计划，科学合理设定核医

学科在我国医疗体系发展中的定位和布局，推动实现“一县一科”。<sup>125</sup>I粒籽源植入作为近距离治疗肿瘤的关键技术之一，具有精准靶向、创伤小、疗效显著等特点，在肿瘤治疗领域发挥着重要作用。本项目的建设将为周边医疗机构提供稳定可靠的<sup>125</sup>I粒籽源，有效补充区域同位素医疗产品供应能力，优化产业布局，提高供应链稳定性，满足日益增长的临床需求，全面助力我国核医学事业高质量发展，符合国家医用同位素中长期发展规划的战略要求。

本项目所在天津市为直辖市，毗邻北京市，区域经济发达，人口集中，医疗资源水平位居全国前列。随着核医学市场的发展，天津及周边地区放药需求快速发展，市场空间很大。本项目建设可以满足周边市场需求，具有良好的经济效益，有助于促进该地区的核医学发展，培养一批放射性同位素产品生产的技术人员和企业经营管理人员，促进区域社会经济发展。

本项目选址周边交通便利，具有公路、铁路、机场运输条件。选址南侧有津晋高速，北侧有天津大道，距中心城区 11km，距滨海国际机场 12km。距天津港南疆码头 25km；距天津港 22km。便利的交通便于原料及产品的运送。

根据海河工业区规划，本项目所在地属于工业用地，项目建设符合园区用地性质；本项目不属于园区禁止项目，未列入环境准入负面清单，符合园区的产业规划。园区现有基础设施齐全，建有完善的供水、供气、供电、供热等配套管线，可以满足项目生产用能需求。

本项目评价范围内无铁路、机场，四侧毗邻道路均为园区普通道路，与高速公路最近距离为 0.6km，且中间间隔坑塘、道路、绿化带等，受高速汽车撞击、飞机坠毁或重大交通事故引发的火灾、爆炸的概率较小。评价范围内无易燃易爆或产生爆燃气团的化学品的集中装卸、加工和贮存区，受火灾、爆炸影响导致辐射扩散的概率很小。

综上所述，周边社会经济状况与本项目建设相适应，项目选址合理。

#### 2.4.3 环境质量现状适宜性分析

本项目所在区域地表水环境质量整体尚可，水质持续改善；厂界声环境质量现状满足所在声功能区限值要求；辐射环境现状监测结果监测无明显异常，项目所在区域内没有放射性污染存在。项目所在区域大气环境不满足《环境空

气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准，天津市通过实施清新空气行动，加快以细颗粒物为重点的大气污染治理，空气质量逐年好转。

根据现场踏勘，本项目位于津南经济开发区（东区），选址周边以企业为主，厂址未毗邻医院、学校、居民区、自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区、食品饮料生产加工企业、自来水厂等区域。根据本报告第五章环境影响分析结果，本项目对厂界外公众年受照剂量的贡献值微小，小于环境本底值。因此无项目建设的环境限制性因素。

根据环境影响分析，本项目运行期外照射所致公众年受照剂量满足 0.1mSv/a 的剂量约束值要求，本项目无放射性废气、废水排放，固体废物均能得到合理处置，去向可行，预计不会对周围环境造成明显不良影响，不会造成二次污染。

综上所述，本区域环境质量现状与本项目建设相适宜，选址合理。

#### 2.4.4 法律法规、标准规范选址符合性分析

本项目与法律法规、标准规范中相关选址要求的符合性分析见下表。

表 2.4-1 与相关法律法规、标准规范中相关选址要求的符合性分析

法律法规、标准规范相关选址要求	本项目情况	符合性结论
《中华人民共和国放射性污染防治法》	第二十九条 生产、销售、使用放射性同位素和加速器、中子发生器以及含放射源的射线装置的单位，应当在申请领取许可证前编制环境影响评价文件，报省、自治区、直辖市人民政府环境保护行政主管部门审查批准；未经批准，有关部门不得颁发许可证。国家建立放射性同位素备案制度。具体办法由国务院规定。	本项目拟按相关文件要求在申请领取许可证前编制环境影响评价文件，并报直辖市人民政府环境保护行政主管部门审查批准。
《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）	9.3.2.1 为具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源选择场址时，应考虑可能影响该源的辐射安全的各种场址特征和可能受到该源影响的场址特征，并应考虑实施场外干预（包括实施应急计划和防护行动）的可行性。	根据环境影响分析，本项目使用放射性物质较少，并采取了辐射防护和污染防治措施，放射性物质不会大量释放，选址考虑了地质条件、周围环境等场址条件，厂址条件不会影响辐射安全，场外干预措施可行，选址合理可行。
《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）	5.1.1 在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立	本项目选址充分考虑了周围场所的安全，毗邻区域无学校、医院、居民区，场所独立布置，设有单独出、入口。

法律法规、标准规范相关选址要求		本项目情况	符合性结论
	布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。		
《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）	<p>5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。</p> <p>5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。</p> <p>5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。</p>	<p>(1) 本项目选址独立，辐射工作场所位于建筑物一端，设有物理隔离和单独的人员、物流通道。</p> <p>(2) 本项目辐射工作场所毗邻区无人员密集区，与非放射性工作场所设有物理隔离。</p> <p>(3) 本项目放射性废气由专用排风管道汇至厂房楼顶二级活性炭吸附装置处理后由 1 根 24m 高排气筒 P1 有组织排放，排风口高于建筑屋顶，并尽可能远离周边高层建筑。</p>	符合
《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》（T/CIRA 5-2019）	<p>5.1.1 厂址应避免建设在人员密集、交通易拥堵等区域。</p> <p>5.1.2 厂址不宜毗邻学校、居民区、食品饮料生产加工企业、自来水厂、自然保护区等区域。</p> <p>5.1.3 厂址周围环境 <math>\gamma</math> 剂量率与当地本底水平比较无明显异常。</p> <p>5.1.4 厂址不应受洪水、潮水或内涝的威胁。</p> <p>5.1.5 厂址应符合所在地的区域规划。</p>	<p>(1) 本项目位于津南经济开发区（东区），周边主要为工业企业、道路、绿化带等，周边交通便利。</p> <p>(2) 本项目厂址未毗邻学校、居民区、食品饮料生产加工企业、自来水厂、自然保护区等区域。根据本报告第五章环境影响分析结果，本项目对公众年受照剂量的贡献值微小，小于环境本底值。</p> <p>(3) 根据监测结果，本项目厂址周围环境 <math>\gamma</math> 剂量率与当地本底水平比较无明显异常。</p> <p>(4) 根据选址分析，本项目厂址处不受洪水、潮水或内涝的威胁。</p> <p>(5) 本项目厂址符合天津市、津南区的相关区域规划。</p>	符合

由上表可知，本项目选址符合法律法规、标准规范中相关选址要求。

#### 2.4.5 规划及规划环评符合性分析

##### (1) 与《天津市国土空间总体规划（2024-2035 年）》符合性分析

本项目位于天津市津南区津南经济开发区（东区），对照《天津市国土空间总体规划（2024-2035 年）》，本项目位于城镇开发边界内（位置关系详见附图 9），属于城镇发展区（位置关系详见附图 10），不涉及占用生态保护红线，符合国土空间总体规划相关要求。

##### (2) 与《天津市津南区国土空间总体规划（2021-2035 年）》符合性分析

对照《天津市津南区国土空间总体规划（2021-2035年）》中规划分区与用地结构，津南区工业发展区依托津南经济开发区、双港工业区、海河工业区等产业园区，大力发展战略性新兴产业、装备制造、新一代信息技术等产业链，兼顾发展生物医药产业链，形成产城融合的现代产业聚集区。本项目位于津南经济开发区，生产产品为碘[<sup>125</sup>I]粒籽源，是肿瘤放射治疗的关键耗材，项目建设有利于打通生物医疗上下游产业链，符合津南区国土空间总体规划相关要求。

（3）与《天津海河工业区总体规划（2009-2020 年）》及规划环评符合性分析

#### ① 规划符合性分析

海河工业区是对咸水沽镇的鑫达工业区、津南开发区东区、北闸口工业区、双桥河乡等部分区域的整合、统一规划。海河工业区四至范围：津晋高速以北地块东至汉港快速，南至津晋高速，西至新兴南路，北至津沽二线；津晋高速以南地块东至北闸口工业区边界，南至北闸口工业区南边界，西至北闸口工业区西边界，北至津晋高速。

根据《天津海河工业区总体规划（2009-2020 年）》，园区发展定位为以功能型电子元器件为核心，以集成电路设计和电子元器件设计为重点的电子工业区，禁止三类工业项目入园。园区负面清单要求：杜绝三类工业（采掘工业、冶金工业、大中型机械制造工业、化学工业、造纸工业、制革工业、建材工业等）入园。

本项目位于津南经济开发区（东区），属于海河工业区规划范围内。本项目用地类型为工业用地，生产产品为碘[<sup>125</sup>I]粒籽源，不属于三类工业，满足园区入园要求。

#### ② 规划环评符合性分析

对照《天津海河工业区总体规划（2009-2020 年）环境影响报告书》及审查意见（津环保管函〔2010〕188 号），本项目与园区规划环评符合性详见下表。

表 2.4-2 规划区域环境准入清单

序号	管控要求	项目情况	符合性
1	入区企业需符合《产业结构调整目录》、《外商投资产业指导目录》	本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》允许类、	符合

	要求，禁止能源、资源消耗和污染严重，可能对区域环境、其它产业造成恶劣影响，景观不协调的产业入园。	《市场准入负面清单（2025 年版）》许可准入类项目；本项目生产过程排放污染物较少，运行过程辐射环境影响满足相关标准要求，废气、废水污染物经相应的环保措施治理后均可实现达标排放，厂界噪声可实现达标排放，固体废物处置去向合理，不属于上述禁入产业。	
2	进入海河工业区的项目首先必须符合产业区的定位，入区企业应至少达到相应行业的国内清洁生产先进水平。	本项目不属于海河工业区禁入产业，不涉及园区负面清单，符合园区产业定位要求；本项目生产工艺及装备、资源能源消耗、资源综合利用、污染物产生、产品特征和清洁生产管理等指标符合国内清洁生产先进水平。	符合
3	要加强环境管理，杜绝三类工业（采掘工业、冶金工业、大中型机械制造工业、化学工业、造纸工业、制革工业、建材工业等对居住和公共设施等环境有严重干扰和污染的企业）入园，防治环境污染。	本项目不属于三类工业，各项污染物经治理后均可达标排放。	符合

由上表可知，本项目能源、资源消耗量较少，污染物产生量较少，不属于上述禁止引入类、限制引入类，并采用可行的辐射安全防护和污染防治技术，对运行过程中产生的污染物进行收集处理，确保污染物达标排放，环境质量满足要求，符合海河工业区规划环评相关要求。

#### 2.4.6 其他管理要求符合性分析

##### （1）生态环境分区管控符合性分析

###### ① 与《天津市生态环境准入清单市级总体管控要求》的符合性分析

根据《天津市生态环境局关于公开天津市生态环境分区管控动态更新成果的通知》（2024年12月2日），更新了天津市生态环境准入清单市级总体管控要求。本项目与天津市生态环境准入清单市级总体管控要求符合性分析详见下表。

表 2.4-3 本项目与天津市生态环境准入清单市级总体管控要求符合性分析

天津市生态环境准入清单市级总体管控要求	总体管控要求	本项目情况	符合性
	空间布局约束		
	优先保护生态空间。生态保护红线按照国家、天津市有关要求进行严格管控；生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的	本项目不涉及占用、穿（跨）越生态保护红线。本项目不占用天津市双城中间绿色生态屏障、大运河核心监控区。	符合

	<p>前提下，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动；生态保护红线内自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等区域，依照法律法规执行。在严格遵守相应地块现有法律法规基础上，落实好天津市双城中间绿色生态屏障、大运河核心监控区等区域管控要求。对占用生态空间的工矿仓储用地进行整体清退，确保城市生态廊道完整性。</p>	
	<p>优化产业布局。加快钢铁、石化等高耗水高排放行业结构调整，推进钢铁产业“布局集中、产品高端、体制优化”，调整优化不符合生态环境功能定位的产业布局，相关建设项目须符合国家及市级产业政策要求。除国家重大战略项目外，不得新增围填海和占用自然岸线的用海项目，已审批但未开工的项目依法重新进行评估和清理。大运河沿岸区域严格落实《大运河天津段核心监控区国土空间管控细则（试行）》要求。除与其他行业生产装置配套建设的危险化学品生产项目外，新建石化化工项目原则上进入南港工业区，推动石化化工产业向南港工业区集聚。天津港保税区临港化工集中区、大港石化产业园区和中国石油、中国石化现有在津石化产业聚集区控制发展，除改扩建、技术改造、安全环保、节能降碳、清洁能源以及依托所在区域原材料向下游消费端延伸的化工新材料等项目外，原则上不再安排其他石化化工项目。在各级园区的基础上，划分“三区一线”，实施区别化政策引导，保障工业核心用地，保护制造业发展空间，引导零星工业用地减量化调整，提高土地利用效率。</p>	<p>本项目位于津南经济开发区（东区），不涉及新增围填海和占用自然岸线，不属于大运河沿岸区域，本项目不属于石化化工。</p>
	<p>严格环境准入。严禁新增钢铁、焦化、水泥熟料、平板玻璃（不含光伏玻璃）、电解铝、氧化铝、煤化工等产能；限制新建涉及有毒有害大气污染物、对人居环境安全造成影响的各类项目，已有污染严重或具有潜在环境风险的工业企业应责令关停或逐步迁出。严控新建不符合本地区水资源条件高耗水项目，原则上停止审批园区外新增水污染物排放的工业项目。除已审批同意</p>	<p>本项目为放射性药物生产行业，不属于严禁新增行业和限制行业。本项目生产过程用水量较少，不属于新增高耗水项目；本项目位于津南经济开发区（东区），不涉及占用基本农田，不涉及新建锅炉及炉窑。</p>

	并纳入市级专项规划的项目外，垃圾焚烧发电厂、水泥厂等原则上不再新增以单一焚烧或协同处置等方式处理一般固体废物的能力。禁止新建燃煤锅炉及工业炉窑，除在建项目外，不再新增煤电装机规模。永久基本农田集中区域禁止规划新建可能造成土壤污染的建设项目。		
	生态建设协同减污降碳。强化国土空间规划和用途管制，科学推进国土绿化行动，不断增强生态系统自我修复能力和陆地碳汇功能。推进海洋生态保护修复，加快岸线整治修复，因地制宜实施退养还滩、退围还湿等工程，恢复和发展海洋碳汇。提升城市水体自然岸线保有率。强化生态保护监管，完善自然保护地、生态保护红线监管制度，落实不同生态功能区分级分区保护、修复、监管要求。	本项目位于工业园区内，符合国土空间规划和用途管制，对生产过程中污染物进行治理，实现达标排放。	符合
污染物排放管控			
	实施重点污染物替代。严格执行钢铁、水泥、平板玻璃等行业产能置换要求。新建项目严格执行相应行业大气污染物特别排放限值要求，按照以新带老、增产减污、总量减少的原则，结合生态环境质量状况，实行重点污染物（氮氧化物、挥发性有机物两项大气污染物和化学需氧量、氨氮两项水污染物）排放总量控制指标差异化替代。	本项目实施重点污染物（VOCs、COD、氨氮）替代，实行重点污染物排放总量控制指标差异化替代。	符合
	严格污染排放控制。25个重点行业全面执行大气污染物特别排放限值；火电、钢铁、石化、化工、有色（不含氧化铝）、水泥、焦化行业现有企业以及在用锅炉，执行二氧化硫、氮氧化物、颗粒物和挥发性有机物特别排放限值。推进燃煤锅炉改燃并网整合，整改或淘汰排放治理设施落后无法稳定达标的生物质锅炉。坚决遏制高耗能、高排放、低水平项目盲目发展。建立管理台账，以石化、化工、煤电、建材、有色、煤化工、钢铁、焦化等行业为重点，全面梳理拟建、在建、存量高耗能高排放项目，实行清单管理、分类处置、动态监控。到2030年，单位地区生产总值二氧化碳排放比2005年下降65%以上。	本项目严格污染物排放控制，废气排放执行大气污染物特别排放限值。本项目不属于高耗能高排放项目。	符合

<p>强化重点领域治理。深化工业园区水污染防治集中治理，确保污水集中处理设施达标排放，园区内工业废水达到预处理要求，持续推动现有废水直排企业污水稳定达标排放。严格入海排污口排放控制。继续加快城镇污水处理设施建设，全市建成区污水基本实现全收集、全处理。全面防控挥发性有机物污染，控制机动车尾气排放，无组织排放。加强农村环境整治，推进畜禽、水产养殖污染防控。控制农业源氨排放。强化天津港疏港交通建设，深化船舶港口污染控制。严格落实禁止使用高排放非道路移动机械区域的规定。强化固体废物污染防治。全面禁止进口固体废物，推进电力、冶金、建材、化工等重点行业大宗固体废弃物综合利用，有序限制、禁止部分塑料制品生产、销售和使用，推广使用可降解可循环易回收的替代产品，持续推进生活垃圾分类工作。大力推进生活垃圾减量化资源化。加强生活垃圾分类管理。实现原生生活垃圾“零填埋”。加强塑料污染全链条治理，整治过度包装，推动生活垃圾源头减量。推进污水资源化利用。到2025年，全市固体废物产生强度稳步下降，固体废物循环利用体系逐步形成。到2025年，城市生活垃圾分类体系基本健全，城市生活垃圾资源化利用比例提升至80%左右。到2030年，城市生活垃圾分类实现全覆盖。</p>	<p>本项目施工阶段严格控制机动车尾气排放，严格落实禁止使用高排放非道路移动机械区域的规定。施工人员产生的生活垃圾在施工营地集中收集后，委托城市管理委员会定期清运，不会对环境造成二次污染。</p> <p>本项目生活垃圾分类收集后由城市管理部门定期清运，放射性固体废物和非放射性固体废物处置合理，不会造成二次污染。</p>	符合
<p>加强大气、水环境治理协同减污降碳。加大PM<sub>2.5</sub>和臭氧污染共同前体物 VOCs、氮氧化物减排力度，选择治理技术时统筹考虑治污效果和温室气体排放水平。强化 VOCs 源头治理，严格新、改、扩建涉 VOCs 排放建设项目环境准入门槛，推进低 VOCs 含量原辅材料的源头替代。落实国家控制氢氟碳化物排放行动方案，加快使用含氢氯氟烃生产线改造，逐步淘汰氢氯氟烃使用。开展移动源燃料清洁化燃烧，推进我市移动源大气污染物排放和碳排放协同治理。提高工业用水效率，推进工业园区用水系统集成优化。构建区域再生水循环利用</p>	<p>本项目仅涉及使用少量乙醇，经活性炭吸附装置处理后有组织排放。本项目不涉及国家控制氢氟碳化物使用和排放。</p>	符合

<p>体系。持续推动城镇污水处理节能降耗，优化工艺流程，提高处理效率，推广污水处理厂污泥沼气热电联产及水源热泵等热能利用技术，提高污泥处置水平。开展城镇污水处理和资源化利用碳排放测算，优化污水处理设施能耗和碳排放管理，控制污水处理厂甲烷排放。提升农村生活污水治理水平。</p>		
环境风险防控		
<p>（一）加强优先控制化学品的风险管控。重点防范持久性有机污染物、汞等化学品物质的环境风险，研究推动重点环境风险企业、工序转移，新建石化项目向南港工业区集聚。严格涉重金属项目环境准入，落实国家确定的相关总量控制指标，新（改、扩）建涉重金属重点行业建设项目实施“等量替代”或“减量替代”。严防沿海重点企业、园区，以及海上溢油、危险化学品泄漏等环境风险。进一步完善危险废物鉴别制度，积极推动华北地区危险废物联防联控联治合作机制建立，加强化工园区环境风险防控。加强放射性废物（源）安全管理，废旧放射源 100% 安全收贮。实施危险化学品企业安全整治，对于不符合安全生产条件的企业坚决依法关闭。开展危险化学品企业安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制建设，加快实现重大危险源企业数字化建设全覆盖。推进“两重点一重大”生产装置、储存设施可燃气体和有毒气体泄漏检测报警装置、紧急切断装置、自动化控制系统的建设完善，涉及国家重点监管的危险化工工艺装置必须实现自动化控制，强化本质安全。加强危险货物道路运输安全监督管理，提升危险货物运输安全水平。</p>	<p>本项目不涉及使用持久性有机污染物、汞等化学物质、重金属。本项目不涉及使用放射性源，产生的放射性固体废物衰变解控后合理处置，不会对周围环境造成二次污染。本项目使用放射性物质（<sup>125</sup>I 核素）拟购于专业供货商，放射性物质（<sup>125</sup>I）由供货商或其委托的第三方有资质单位运输，生产产品碘[<sup>125</sup>I]粒籽源委托第三方有资质单位运输，运输过程均应符合《放射性物品运输安全管理条例》和《放射性物品运输安全许可管理办法》要求。</p>	符合
<p>（二）严格污染地块用地准入。实行建设用地土壤污染风险管控和修复名录制度。对列入建设用地土壤污染风险管控和修复名录中的地块，不得作为住宅、公共管理与公共服务用地。按照国家规定，开展土壤污染状况调查和土壤污染风险评估、风险管控、修复、风险管控效果评估、修复效果评估、后期管理等；未达到土壤污染风险评估报</p>	<p>本项目位于工业园区内，不涉及土壤污染风险。</p>	符合

	告确定的风险管控、修复目标的建设用地地块，禁止开工建设任何与风险管控、修复无关的项目。		
	<p>（三）加强土壤污染源头防控。动态更新土壤、地下水重点单位名录，实施分级管控，开展隐患排查整治。完成土壤污染源头管控重大工程国家试点建设，探索开展焦化等重点行业土壤污染源头管控工程建设。深入实施涉镉等重金属行业企业排查。划定地下水污染防治重点区域，分类巩固提升地下水水质。加强生活垃圾填埋场封场管理，妥善解决渗滤液问题。强化工矿企业土壤污染源头管控。严格防范工矿企业用地新增土壤污染。动态更新增补土壤污染重点监管单位名录。强化重点监管单位监管，定期开展土壤污染重点监管单位周边土壤环境监测，监督土壤污染重点监管单位全面落实土壤污染防治义务，依法将其纳入排污许可管理。实施重点行业企业分类分级监管，推动高风险在产企业健全完善土壤污染隐患排查制度和工作措施。鼓励企业因地制宜实施防腐防渗及清洁生产绿色化改造。加强企业拆除活动污染防治现场检查，督促企业落实拆除活动污染防治措施。</p>	<p>本项目位于工业园区内，采取了地面硬化，衰变池防腐防渗等风险防控措施。</p>	符合
	<p>（四）加强地下水污染防治工作，防控地下水污染风险。完成全市地下水污染防治分区划定。2024 年底前完成地下水监测网络建设，开展地下水环境状况调查评估、解析污染来源，探索建立地下水重点污染源清单。加快制定地下水水质保持（改善）方案，分类实施水质巩固或提升行动，探索城市区域地下水环境风险管控、污染治理修复模式。</p>	<p>本项目位于工业园区内，采取了地面硬化，衰变池防腐防渗等风险防控措施。</p>	符合
	<p>（五）加强土壤、地下水协调防治。推进实现疑似污染地块、污染地块空间信息与国土空间规划“一张图”，新（改、扩）建涉及有毒有害物质、可能造成土壤污染的建设项目，严格落实土壤和地下水污染防治要求，重点企业定期开展土壤及地下水环境自行监测、污染隐患排查。加强调查评估，防范集中式污染治理设施周边土壤污染，加强工业固体废物堆存场所管理，对</p>	<p>本项目采取了地面硬化，衰变池防腐防渗等风险防控措施，严格落实土壤和地下水污染防治要求。本项目不属于重点行业，不涉及占用土壤污染地块。</p>	符合

<p>可能造成土壤污染的行业企业和关停搬迁的污水处理厂、垃圾填埋场、危险废物处置场、工业集聚区等地块，开展土壤污染状况调查和风险评估。加强石油、化工、有色金属等行业腾退地块污染风险管理，落实优先监管地块清单管理。推动用途变更为“一住两公”（住宅、公共管理、公共服务）地块土壤污染状况调查全覆盖，建立分级评审机制，严格落实准入管理，有效保障重点建设用地安全利用。</p>		
<p>（六）加强生物安全管理。加强外来入侵物种防控，开展外来入侵物种科普和监测预警，强化外来物种引入管理。</p>	<p>本项目生产不涉及外来物种。</p>	<p>符合</p>
<b>资源开发效率要求</b>		
<p>（一）严格水资源开发。严守用水效率控制红线，提高工业用水效力，推动电力、钢铁、纺织、造纸、石油石化、化工等高耗水行业达到用水定额标准。促进再生水利用，逐步提高沿海钢铁、重化工等企业海水淡化及海水利用比例；具备使用再生水条件但未充分利用的钢铁、火电、化工、制浆造纸、印染等项目，不得批准新增取水许可。</p>	<p>本项目不属于高耗水行业，并采用节水器具，节约水资源。</p>	<p>符合</p>
<p>（二）推进生态补水。实施生态补水工程，积极协调流域机构，争取外调生态水量，合理调度水利工程，不断优化调水路径，充分利用污水处理厂达标出水，实施河道、水库、湿地生态环境补水。以主城区和滨海新区为重点加强再生水利用，优先工业回用、市政杂用、景观补水、河道湿地生态补水和农业用水等。保障重点河湖生态水量（水位）达标，维持河湖基本生态用水。</p>	<p>本项目用水来源为市政管网，不涉及生态补水，并采用节水器具，节约水资源。</p>	<p>符合</p>
<p>（三）强化煤炭消费控制。削减煤炭消费总量，“十四五”期间，完成国家下达的减煤任务目标，煤炭占能源消费总量比重达到国家及市级目标要求。严控新上耗煤项目，对确需建设的耗煤项目，严格执行煤炭减量替代。推动能源效率变革，深化节能审批制度改革，全面推行区域能评，确保新建项目单位能耗达到国际先进水平。</p>	<p>本项目不涉及使用煤炭。</p>	<p>符合</p>

<p>（四）推动非化石能源规模化发展，扩大天然气利用。巩固多气源、多方向的供应格局，持续提高电能占终端能源消费比重，推动能源供给体系清洁化低碳化和终端能源消费电气化。坚持集中式和分布式并重，加快绿色能源发展。大力开发太阳能，有效利用风资源，有序开发中深层水热型地热能，因地制宜开发生物质能。持续扩大天然气供应，优化天然气利用结构和方式。支持企业自建光伏、风电等绿电项目，实施绿色能源替代工程，提高可再生资源和清洁能源使用比例。支持企业利用余热余压发电、并网。支持企业利用合作建设绿色能源项目、市场化交易等方式提高绿电使用比例，探索建设源网荷储一体化实验区。“十四五”期间，新增用能主要由清洁能源满足，天然气占能源消费总量比重达到国家及市级目标要求；非化石能源比重力争比 2020 年提高 4 个百分点以上。</p>	<p>本项目使用能源为电力，不涉及使用天然气等其他能源。</p>	<p>符合</p>
---	----------------------------------	-----------

综上所述，本项目在落实生态环境保护基本要求的前提下，本项目符合天津市生态环境准入清单市级总体管控要求。

② 与《关于公开天津市津南区生态环境分区管控动态更新成果的通知》（津南环境〔2025〕4号）符合性分析

根据《关于公开天津市津南区生态环境分区管控动态更新成果的通知》（津南环境〔2025〕4号），本项目所在区域属于重点管控单元（市级-津南区经济开发区，环境管控单元编码为 ZH12011220002），本项目与该文件符合性分析见下表，与天津市津南区生态环境管控单元的位置关系见附图6。

表 2.4-4 本项目与津南区生态环境分区管控符合性分析

内容及要求		项目情况	符合性
天津市生态环境准入清单津南区区级管控要求			
空间布局约束	<p>生态保护红线按照国家、天津市有关要求进行严格管控。生态保护红线内，自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动；自然保护地核心保护区外禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线内，自然保护区、风景名胜区、自然公园、</p>	<p>本项目位于工业园区内，不涉及占用生态保护红线。</p>	<p>符合</p>

	饮用水水源保护区、一级河道等区域的保护和管理措施，依照相关法律法规执行。		
	强化国土空间规划和用途管制，科学推进国土绿化行动，不断增强生态系统自我修复能力和陆地碳汇功能。	本项目符合国土空间规划和用途管制相关要求。	符合
	除与其他行业生产装置配套建设的危险化学品生产项目外，新建石化化工项目原则上进入南港工业区，鼓励符合产业政策和导向的现有石化化工生产企业逐步搬迁进入南港工业区，提高产业聚集度，实现园区化、集约化发展。	本项目不属于石化化工项目。	符合
	禁止新建、扩建制浆造纸、制革、染料、农药合成等严重污染水环境的生产项目。	本项目不属于上述严重污染水环境的生产项目。	符合
	严格限制建设项目占用湿地，严禁开（围）垦或排干自然湿地、永久性截断自然湿地水源、擅自填埋自然湿地，以及擅自采砂、采矿、取土等破坏湿地及其生态功能的行为。在湿地范围内从事旅游、种植、水产养殖、航运等利用活动，应当避免改变湿地的自然状况，并采取措施减轻对湿地生态功能的不利影响。	本项目位于工业园区内，不涉及占用湿地或擅自采砂、采矿、取土等破坏湿地及其生态功能的行为。	符合
	优化提升园区鼓励整合周边零星工业地块，鼓励现有产业转型升级和技术改造提升，逐步关停高耗能、高污染、高危险、低效益的“三高一低”企业，严禁向禁止类工业项目供地。	本项目不属于“三高一低”企业。	符合
	位于双城屏障等管控区域内以及城镇开发边界外的现状危险化学品企业原则上禁止改扩建，具备条件的逐步向化工园区集中。	本项目位于工业园区内，属于生态屏障区的三级管控区，本项目采取了地面硬化，衰变池防腐防渗等风险防控措施，满足三级管控区要求。	符合
	构建“一城两芯三区，四廊五带多节点”的生态空间格局，推进起步区中央绿芯、八里台郊野生态区、海河生态廊道、卫南洼湿地绿廊、卫津河—洪泥河生态带等重点片区生态建设。严格控制绿色生态屏障一级管控区内项目开发建设活动，除生态保护和修复工程及配套设施、重大基础设施、重大民生保障工程及设施、应急抢险救灾设施、符合管控要求的农业生产和农村生活服务设施、生态旅游及配套设施外，不得建设其他项目。严格生态保护红线管控，确保面积不减少、功能不降低、性质不改变。	本项目位于生态屏障区的三级管控区，不涉及占用生态保护红线。	符合
	加快构建绿色制造体系，优先发展智能	本项目生产过程污染物排	符合

	科技产业，培育壮大高端装备制造、新材料、生物医药、节能环保等战新产业。	放量较少，使用核素 $^{125}\text{I}$ 释放低能 $\gamma$ 射线，且半衰期较短，辐射影响可接受，产品碘 [ $^{125}\text{I}$ ] 粒籽源是肿瘤放射治疗的关键耗材，属于高端医疗器械。	
污染物排放管控	坚决遏制高耗能、高排放、低水平项目盲目发展。	本项目不属于高耗能、高排放、低水平项目。	符合
	严格落实《关于京津冀大气污染传输通道城市执行大气污染物特别排放限值的公告》，全面实施国家大气污染物排放标准中的二氧化硫、氮氧化物、颗粒物和挥发性有机物特别排放限值。	本项目涉及排放挥发性有机物，严格执行国家及天津市大气污染物排放限值要求。	符合
	纳入本市重污染天气应急减排清单的工业企业应制定重污染天气应急响应实施方案，在厂区入口显著位置设立重污染天气应急减排公示牌。重污染天气预警期间，严格落实相应级别减排措施，配合生态环境部门和其他负有监督管理职责的部门实施现场检查。	若我单位纳入本市重污染天气应急减排清单，将制定重污染天气应急响应实施方案，在厂区入口显著位置设立重污染天气应急减排公示牌。重污染天气预警期间，严格落实相应级别减排措施，配合生态环境部门和其他负有监督管理职责的部门实施现场检查。	符合
	每年 6 月份，工业企业不进行构筑物、管道、装备等防腐、防水、防锈涂装作业；市政工程外立面改造、道路施工等每年 6 月份不实施涂装、划线、沥青铺设等作业。	本项目施工过程中，合理安排施工进度，6 月份不进行构筑物、管道、装备等防腐、防水、防锈涂装作业。	符合
	以工业涂装、包装印刷、涂料制造和化学制药等行业为重点，推动企业实施废气治理设施升级改造。对采用低温等离子、光催化、光氧化等低效 VOCs 治理设施按照《国家污染防治技术指导目录（2024 年，限制类和淘汰类）》进行淘汰。	本项目属于放射性药品生产，生产过程排放少量 VOCs，经二级活性炭处理后有组织排放。	符合
	加大 $\text{PM}_{2.5}$ 和臭氧污染共同前体物 VOCs、氮氧化物减排力度，选择治理技术时统筹考虑治污效果和温室气体排放水平。强化 VOCs 源头治理，严格新、改、扩建涉 VOCs 排放建设项目环境准入门槛，推进低 VOCs 含量原辅材料的源头替代。	本项目涉及使用乙醇，用量较少，运行过程中会排放少量的 VOCs，本项目采用密闭收集+活性炭吸附方式处理后有组织排放。	符合
	严格落实禁止使用高排放非道路移动机械区域的规定。	本项目施工期不使用高排放非道路移动机械。	符合
	强化固体废物污染防治。全面禁止进口固体废物，推进电力、冶金、建材、化工等重点行业大宗固体废弃物综合利用，有序限制、禁止部分塑料制品生产、销售和使用，推广使用可降解可循	本项目产生的放射性固体废物分类收集后，送至废料衰减室内储存衰变，经取样监测活度水平达清洁解控水平后，作为危险废	符合

	环易回收的替代产品。	物委托有资质单位处置。一般工业固体废物，委托有资质单位定期清运，危险废物委托有组织单位处置，生活垃圾委托城市管理部门定期清运，合理处置，不会造成二次污染。	
	大力推进生活垃圾减量化资源化。加强生活垃圾分类管理。加强塑料污染全链条治理，整治过度包装，推动生活垃圾源头减量。推进污水资源化利用。	本项目生活垃圾分类收集后委托城市管理部门定期清运。	符合
	实施精细化管控，完成各类涉 VOCs 物质储罐排查及提升改造，动态更新工业企业 VOCs 排放源清单，对排放量大的企业实施“一厂一策”精细化管控，动态更新无组织排放改造全口径清单。	本项目涉及排放少量 VOCs，使用量较少，不涉及储罐，产生的有机废气收集后经二级活性炭处理后有组织排放，不涉及无组织排放源。	符合
	按照以新带老、增产减污、总量减少的原则，结合生态环境质量状况，实行重点污染物（氮氧化物、挥发性有机物两项大气污染物和化学需氧量、氨氮两项水污染物）排放总量控制指标差异化替代。	本项目新增排放挥发性有机物实施污染物总量控制。	符合
	严格控制生产和使用高 VOCs 含量的涂料、油墨、胶粘剂、清洗剂等建设项目。	本项目不涉及使用高 VOCs 含量的涂料、油墨、胶粘剂、清洗剂等，仅涉及使用少量无水乙醇，用量仅 39L/a。	符合
	施工工地严格落实“六个百分之百”管控要求，外环线以内区域以及区人民政府所在地等城市建成区范围内施工工地，100% 使用低挥发性工程涂料和国三及以上排放标准非道路移动机械，市政、城市道路、水利等长距离线性工程实行分段施工，全面推行绿色施工，将绿色施工纳入企业资质评价、信用评价。	本项目施工期严格落实“六个百分之百”管控要求，外环线以内区域以及区人民政府所在地等城市建成区范围内施工工地，100% 使用低挥发性工程涂料和国三及以上排放标准非道路移动机械，全面推行绿色施工。	符合
环境风险防控	加强放射性废物（源）安全管理，废旧放射源 100% 安全收贮。	本项目产生的放射性固体废物分类收集后，送至废料衰减室内储存衰变，经取样监测活度水平达清洁解控水平后，作为危险废物委托有资质单位处置。	符合
	加强放射性物品运输安全管理，完善核与辐射事故应急预案，加强核与辐射事故必要的应急物资配备。	本项目放射性物品运输由供货商或其委托的第三方有资质单位运输。	符合
资源开发效率要求	淘汰高耗水工艺和落后的设备，提高工业用水重复利用率，培育创建一批节水管理制度完善、用水效率高的节水型示范企业。	本项目用水较少，不涉及高耗水工艺和落后的设备。	符合

天津市生态环境准入清单津南区单元管控要求			
空间布局约束	依托津南经济开发区、双港工业区、海河工业区等产业园区，大力发展新能源、新材料、集成电路、轻工、生物医药等产业链，形成产城融合的现代产业聚集区。	本项目位于津南经济开发区东区，生产的碘[ <sup>125</sup> I]粒籽源是肿瘤放射治疗的关键耗材，项目建设有利于打通生物医疗上下游产业链。	符合
	进入园区的企业要按其生产性质严格把关，根据园区规划功能区的布局进行相应安排。要严格控制有污染的企业进入园区。	本项目符合所在园区规划，排放污染物满足排放限值要求。	符合
	临近居住区周边应在满足园区入园条件的前提下，尽量布置无污染或污染小的企业。 依据《天津市工业布局规划（2022-2035年）》，本区域属于工业布局重点发展区，重点支持发展以电子核心产业、智能制造装备为主导的产业。	本项目评价范围内不涉及居住区。 本项目不属于园区禁入行业，符合园区规划要求。	符合
污染物排放管控	在执行国家及天津市现行大气环境管理要求基础上，避免进一步布局大规模排放大气污染物的项目建设。现有产生大气污染物的工业企业应持续开展节能减排，逐步降低大气污染物排放，大气污染严重的工业企业应责令关停或逐步迁出。	本项目不属于大规模排放大气污染物的项目。	符合
环境风险防控	深化挥发性有机物污染防治。严格落实国家及我市工业涂装及包装印刷行业原辅料替代要求。大力推广使用低 VOCs 含量涂料油墨、胶粘剂，在技术成熟的家具、集装箱、整车生产、船舶制造、机械设备制造、包装印刷等行业进一步推动低 VOCs 含量原辅材料和产品。落实汽车原厂涂料、木器涂料、工程机械涂料、工业防腐涂料即用状态下 VOCs 含量限值要求。	本项目仅清洗过程使用少量乙醇，经密闭收集+活性炭吸附处理后有组织排放。	符合
资源利用效率要求	健全危险废物收运和利用处置体系，进一步优化小微企业危险废物收集体系。	本项目非放射性危险废物委托有资质单位处置，去向合理。	符合

综上，本项目符合天津市和津南区生态环境分区管控要求。

## （2）与天津市双城中间绿色生态屏障区符合性分析

对照《天津市加强滨海新区与中心城区中间地带规划管控建设绿色生态屏障实施细则》（规管控字[2018]264号）、《天津市双城中间绿色生态屏障区生态环境保护专项规划（2018-2035年）》、《天津市津南区绿色生态屏障区空间

规划（2018-2035 年）》，本项目位于生态屏障区的三级管控区，位置关系见附图 12。

三级管控区内的各类产业园区应当坚持以城产融合为导向，以高端、智能和绿色为发展方向，按照《国家生态工业示范园区标准》（HJ 274-2015）和《国家园林城市系列标准》（建城[2016]235 号），完善生态工业链，加快完善园林绿化和生活服务等配套设施，营造融生产、生活和生态于一体的空间环境。

二、三级管控区管控目标为：“到 2021 年新建工业项目全部进入规划保留工业园区，污染地块安全利用率达到 100%，建设用地土壤环境风险得到基本管控，到 2023 年建设用地土壤环境风险得到全面管控”。本项目位于工业园区内，采取了地面硬化，衰变池防腐防渗等风险防控措施，符合上述文件要求。

#### 2.4.7 小结

本项目选址符合法律法规、标准规范和所在地规划、规划环评的要求，与所在地的自然环境、社会经济、环境质量相适宜，本项目选址可行。

### 第三章 工程分析与源项

#### 3.1 项目规模与基本参数

##### 3.1.1 建设内容及规模

###### (1) 项目建设内容

百适核素制药（天津）有限公司计划投资 4000 万元建设“百适核素制药（天津）有限公司新建生产、销售、使用 I-125 粒籽源（百适核素放射性药物生产经营）项目”，项目建设内容为：在现有厂房 1 层新建 1 个乙级非密封放射性物质工作场所——粒籽源生产车间，在粒籽源生产车间内新建碘<sup>[125]I</sup>粒籽源生产线，包括银丝切割机、激光焊机、手套箱、屏蔽通风橱等设备。项目建成后年产碘<sup>[125]I</sup>粒籽源 30 万粒。本项目生产碘<sup>[125]I</sup>粒籽源主要销售医院，用于开展肿瘤近距离治疗。

本项目使用放射性物质（<sup>125</sup>I 核素）拟购于专业供货商，放射性物质（<sup>125</sup>I）由供货商或其委托的第三方有资质单位运输，生产产品碘<sup>[125]I</sup>粒籽源委托第三方有资质单位运输，运输过程均应符合《放射性物品运输安全管理条例》和《放射性物品运输安全许可管理办法》要求。放射性物质（<sup>125</sup>I）、生产产品碘<sup>[125]I</sup>粒籽源运输过程环境影响由供货商或第三方运输单位另行评价，不属于本项目评价范围。

本项目主要组成见下表。

表 3.1-1 建设项目组成一览表

类别	名称	项目内容	备注
主体工程	碘 <sup>[125]I</sup> 粒籽源生产线	粒籽源生产车间（位于厂房一层）新建碘 <sup>[125]I</sup> 粒籽源生产线，用于将外购的 <sup>125</sup> I 核素进行源芯制备、组装、焊接、分装、销售，日等效最大操作量为 3.92E+09Bq。	新建
公用工程	给水	自来水依托园区现有市政供水管网，已有完善的供水设施。	依托
	排水	采用雨污分流制，依托园区现有的市政排水管网，雨水排入市政雨水管网，污水经总排放口排至市政污水管网。	依托
	供电	依托园区现有的市政供电设施。	依托
	通风	机械通风，设置新风及排风机组。	新建
	采暖制冷	采暖制冷采用空调机组。	新建
辅助工程	办公、食宿	员工办公依托所在建筑办公室，本项目不设置食堂及宿舍。 员工就餐依托园区集中食堂，在生产厂房内不进行就餐。	/
环保工程	辐射安全与防护措施、	① 工作场所采用手套箱、屏蔽通风橱等操作放射性物质；配备铅防护罐、储源柜等放射源包装屏蔽设施。	新建

	设施	② 配备铅橡胶衣、铅防护眼镜、铅防护手套、铅防护围裙、铅防护帽、铅防护围脖等个人防护用品。 ③ 配备放射性废物储存箱、放射性废物桶等放射性固体废物屏蔽设施。 ④ 辐射工作场所入口拟设置电离辐射警告标识、中文警示说明。碘[ <sup>125</sup> I]粒籽源包装容器拟设置电离辐射警示标识、中文警示说明。运输放射性药物的工具，拟设置明显的放射性标志。 ⑤ 配备便携式 X-γ 剂量率仪、表面污染检测仪、个人剂量报警仪、个人剂量计、指环剂量计、放射性气溶胶连续监测仪等仪器设备。	
	废气	本项目手套箱（2套，位于粒籽源生产室）、激光焊机防护罩（1套，位于粒籽源生产室）、屏蔽通风橱（3套，分别位于粒籽源生产室、质控室、分装室）放射性废气负压收集后经设备顶壁活性炭吸附装置处理后与废料衰减室、碘原料室、污物暂存间、质控室、淋浴间、洁净衣物暂存间、洁具间房间排风汇集，由专用排风管道汇至厂房楼顶二级活性炭吸附装置处理后由1根24m高排气筒P1有组织排放。各排风支管均设置单向阀，防止气流回流。	
	废水	新建1套放射性废水衰变系统，为地理式混凝土结构衰变池，并采取防雨水、防渗、防腐、防泄漏、防倒灌措施。该衰变池为槽式，由格栅池、衰变池1#、衰变池2#、衰变池3#4个池体组成，单个衰变池体的容积为1.5m <sup>3</sup> （有效容积为1m <sup>3</sup> ）。放射性废水在衰变池中暂存时间超过10倍半衰期(>594d)，监测结果经审管部门认可后，汇同非放射性废水（生活污水、纯水制备系统浓水、辅料清洗废水）经厂区废水总排口排入园区市政污水管网，最终排入津南双桥污水处理厂处理。	
	固体废物	本项目设置1间污物暂存间（7.8m <sup>2</sup> ）和1间废料衰减室（5m <sup>2</sup> ）用于收集和暂存放射性固体废物，辐射工作场所设置铅废物桶。本项目工作场所产生的放射性废物分类收集至污物暂存间，并由污物暂存间转运至废料衰减室暂存。本项目放射性废物含有核素 <sup>125</sup> I，暂存时间超过半衰期的10倍(>594d)，经检测达到清洁解控水平后，作为危险废物委托有资质的单位处理。 本项目于1层北侧设置1间危废间（9.8m <sup>2</sup> ）用于暂存危险废物及放射性固体废物清洁解控后的危险废物。	

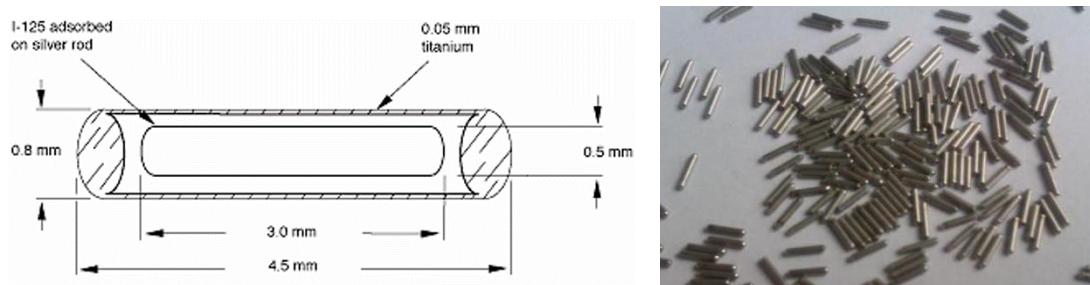
本项目主要经济技术指标见表 3.1-2。

表 3.1-2 本项目主要经济技术指标

序号	项目名称	单位	数量指标
1	投资额	万元	4000
2	占地面积	m <sup>2</sup>	471.68
3	本项目建筑面积	m <sup>2</sup>	1548.26
4	建设周期	月	3
5	环境保护投资	万元	154.5

## （2）项目建设规模

### 1) 产品规模

图 3.1-1 碘[<sup>125</sup>I]粒籽源示意图

## 2) 核素操作量及工作场所等级划分

本项目新建 1 个乙级非密封放射性物质工作场所（即粒籽源生产车间），根据场所日等效最大操作量判定场所工作等级，具体如下。

### ① 非密封放射性物质操作量

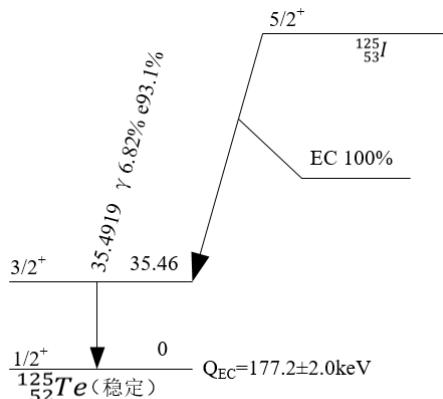
粒籽源生产车间用于将外购的 <sup>125</sup>I 核素进行源芯制备、组装、分装、销售等，核素操作量如表 3.1-3 所示。

本项目使用、销售的放射性核素种类及衰变特性见表 3.1-4。

表 3.1-4 核素衰变特性参数表

核素种类	核素半衰期 <sup>[1]</sup>	衰变类型分支比 <sup>[1]</sup> , %	主要辐射能量与绝对强度 (%) 能量 <sup>[1]</sup>	毒性	理化性质
<sup>125</sup> I	59.4d	$\epsilon$ (100)	$\gamma$ : 0.03548MeV (6.7%) , X 27.4723keV	中毒	液体（原料）、固体（中间品及产品）

注[1]: 核素衰变类型分支比、主要辐射能量与绝对强度能量数据来自于《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》P47 表 1.11。半衰期参考《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 H。

图 3.1-2  $^{125}\text{I}$  衰变纲图

## ② 场所分级

### a. 日等效最大操作量计算公式

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 C 规定的非密封放射源工作场所分级标准进行分级。日等效最大操作量计算方法如下：

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

### b. 分级依据及计算参数

非密封源工作场所的分级依据见表 3.1-5，放射性核素毒性组别修正因子见表 3.1-6，操作方式与放射源状态修正因子见表 3.1-7。

表 3.1-5 非密封源工作场所的分级

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

表 3.1-6 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 3.1-7 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

### c. 分级计算

根据本项目放射性核素的毒性组别、操作方式、放射源状态、日最大操作量，查《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中各核素的毒性组别及操作修正因子，场所的分级计算详见表 3.1-8。

表 3.1-8 粒籽源生产车间日等效最大操作（贮存）量及工作场所分级一览表

工作场所	核素	实际操作量/Bq	操作方式	放射源状态 <sup>[1]</sup>	操作方式与放射源状态修正因子	毒性组别	毒性组别修正因子	日等效最大操作量/Bq
粒籽源生产车间	<sup>125</sup> I	2.22E+11	源的贮存	液体	100	中毒	0.1	2.22E+08
		3.7E+10 <sup>[1]</sup>	简单操作 <sup>[2]</sup>	液体	1			3.70E+09

注[1]: 本项目使用 Na<sup>125</sup>I 原液每周配送 1 次，每次配送量约 2.22E+11Bq (6Ci)，单个货包包装规格为 3.7E+10Bq (1Ci)，每天生产使用 1 个货包，故日操作量为 3.7E+10Bq。

[2]根据《辐射防护手册 第三分册》(P143)，简单操作具体方式举例为：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。本项目生产过程中主要涉及溶液取样、转移、沉淀、吸移放射性溶液等操作，操作方式属于简单操作。

由表 3.1-8 可知，本项目粒籽源生产车间放射性核素的日等效最大操作量为 3.92E+09Bq，处在 2E+07Bq~4E+09Bq 之间，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

### 3) 原辅材料使用规模

本项目主要原辅料情况见下表。

表 3.1-9 主要原辅料一览表

### (3) 平面布局

本项目位于天津市津南区津南经济开发区（东区）达海路 9 号江恒产业园 5 号楼 2 单元，厂址中心坐标：东经 117° 25' 40.881"，北纬 38° 58'

19.368”，公司周围情况如下：东侧为5号楼1单元艾莫斯（天津）科技有限公司（与本项目所在5号楼2单元之间有实体墙体间隔，无内部通道），南侧、西侧、北侧为江恒产业园内部道路及绿化带。

本项目所在厂房占地面积471.68m<sup>2</sup>，建筑面积1548.26m<sup>2</sup>，为3层建筑（即房产证中1层、2层、3层），3层楼顶局部有单层建筑（即房产证中3a层）。所在厂房高度为19.2m，无地下建筑空间。厂房一层为粒籽源生产车间，为独立的辐射工作场所，包括粒籽源生产室、质控室、碘原料室、废料衰减室等；二层为远期预留生产办公区（后续生产内容单独履行环保手续），三层为办公区，3a层为活动室，二层、三层、3a层均属于非辐射工作场所。厂房各层功能划分如下所示。本项目各楼层平面布置图详见附图4。

表 3.1-10 本项目所在厂房各层功能规划

楼层	功能	单层高度	主要功能板块规划	备注
1层	粒籽源生产车间	7.2m	粒籽源生产室 用于粒籽源生产，涉及工序包括源芯制备、源芯清洗、装芯、封焊、粒籽源清洗	乙级非密封放射性物质工作场所
			质控室 产品测量分级、质量检验	
			分装室 产品分装	
			外包室 产品外包	
			碘原料室 暂存外购Na <sup>125</sup> I溶液	
			污物暂存室 放射性废物转运	
			废料衰减室 放射性固体废物暂存衰变	
			监测室1 粒籽源生产室、质控室、分装室工作人员生产结束后检测表面污染	
			监测室2 准备间、辅料清洗室、污物暂存室、外包室工作人员检测表面污染、去污	
			计量室 非放射性辅料计量，不涉及放射性物质操作	
			准备间 非放射性物料拆包，不涉及放射性物质操作	
			辅料清洗室 银棒切割，非放射性物料（银棒、钛管清洗），不涉及放射性物质操作	
			原料库 用于暂存银棒、钛管等非放射性物料，不涉及放射性物质操作	
			包材库 用于暂存包材，不涉及放射性物质操作	
			仪器室 用于存放仪器，不涉及放射性物质操作	
			备品间 用于暂存备用零部件，不涉及放射性物质操作	
2层	预留生产	4.5m	预留生产办公区	非辐射工

楼层	功能	单层高度	主要功能板块规划	备注
	办公区			作场所
3 层	办公区	3.9m	办公室、会议室、空调机房等	
3a 层	活动室	3.6m	活动室等	

### 3.1.2 设备参数

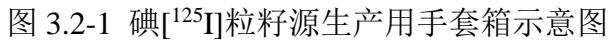
本项目涉及设备主要包括银丝切割机、激光焊机、手套箱、屏蔽通风橱等设备，具体详见表 3.1-11。

表 3.1-11 主要生产设备一览表

序号	名称	单位	数量	用途	位置	备注 <sup>[1]</sup>
1	手套箱					
2	激光焊机					
3	旋转振荡器					
4	电子天平					
5	放射性活度计					
6	放射免疫 $\gamma$ -计数					
7	$\gamma$ -能谱仪					
8	银丝切割器					
9	放大成像系统					
10	水浴锅					
11	超声波清洗仪					
12	游标卡尺					
13	表面污染检测仪					
14	屏蔽通风橱					

注[1]: 本项目涉及使用品钛管, 不涉及操作放射性物质, 该激光焊

### 3.2 工程设备和工艺分析

图 3.2-1 碘[<sup>125</sup>I]粒籽源生产用手套箱示意图

### 3.2.2 工作方式

本项目生产方式为以销定产，按照药物约定量及使用时间进行生产，不贮存产品。放射性物质（<sup>125</sup>I）、生产产品碘[<sup>125</sup>I]粒籽源运输由供货商或第三方运输单位负责。

本项目涉及百适核素、第三方运输单位和使用单位，其各自的责任划分如下：

#### （1）百适核素

百适核素负责碘<sup>[125]I</sup>粒籽源的生产、销售，本项目原料、生产产品委托第三方运输单位进行，建设单位不负责原料及产品的运输，根据《放射性物品运输安全管理条例》等，百适核素在放射性物质运输过程应履行以下责任。

表 3.2-1 本项目建设单位托运责任

序号	履行责任内容
1	放射性物品的托运人（以下简称托运人）应当制定核与辐射事故应急方案，在放射性物品运输中采取有效的辐射防护和安全保卫措施，并对放射性物品运输中的核与辐射安全负责。
2	托运放射性物品的托运人应当持有生产、销售、使用或者处置放射性物品的有效证明，使用与所托运的放射性物品类别相适应的运输容器进行包装，配备必要的辐射监测设备、防护用品和防盗、防破坏设备，并编制运输说明书、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南。
3	托运人应当对其表面污染和辐射水平实施监测，并编制辐射监测报告。
4	托运人和承运人应当对直接从事放射性物品运输的工作人员进行运输安全和应急响应知识的培训，并进行考核；考核不合格的，不得从事相关工作。
5	托运人和承运人应当按照国家放射性物品运输安全标准和国家有关规定，在放射性物品运输容器和运输工具上设置警示标志。
6	托运人和承运人应当按照国家职业病防治的有关规定，对直接从事放射性物品运输的工作人员进行个人剂量监测，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。
7	托运人应当向承运人提交运输说明书、辐射监测报告、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南，承运人应当查验、收存。托运人提交文件不齐全的，承运人不得承运。
8	放射性物品运输中发生核与辐射事故的，承运人、托运人应当按照核与辐射事故应急响应指南的要求，做好事故应急工作，并立即报告事故发生地的县级以上人民政府环境保护主管部门。接到报告的环境保护主管部门应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施控制事故影响，并及时向本级人民政府报告，通报同级公安、卫生、交通运输等有关主管部门。

### （2）第三方运输单位

第三方运输单位负责碘<sup>[125]I</sup>粒籽源出库后的运输。运输过程由第三方运输单位安排辐射工作人员负责，运输过程环境影响由第三方运输单位另行评价。

### （3）使用单位

使用单位使用碘<sup>[125]I</sup>粒籽源需要履行核技术利用项目环境影响评价、辐射安全许可证、竣工环境保护验收手续，同时需配备一定数量的监测设备和辐射工作人员，辐射工作人员需持证上岗。使用过程中产生的一切事宜和事故均由使用单位负责。

#### 3.2.3 工作原理

碘<sup>[125]I</sup>粒籽源是一种微型密封放射源，其制备过程主要包括源芯制备（固定核素）、封焊、测量分级、分装等工序。源芯制备工序采用高纯银棒固定<sup>125</sup>I，

通过化学镀的方式将放射性核素  $^{125}\text{I}$  固定在银棒上，反应式为：

### 3.2.4 工艺分析

#### 3.2.4.1 工艺流程

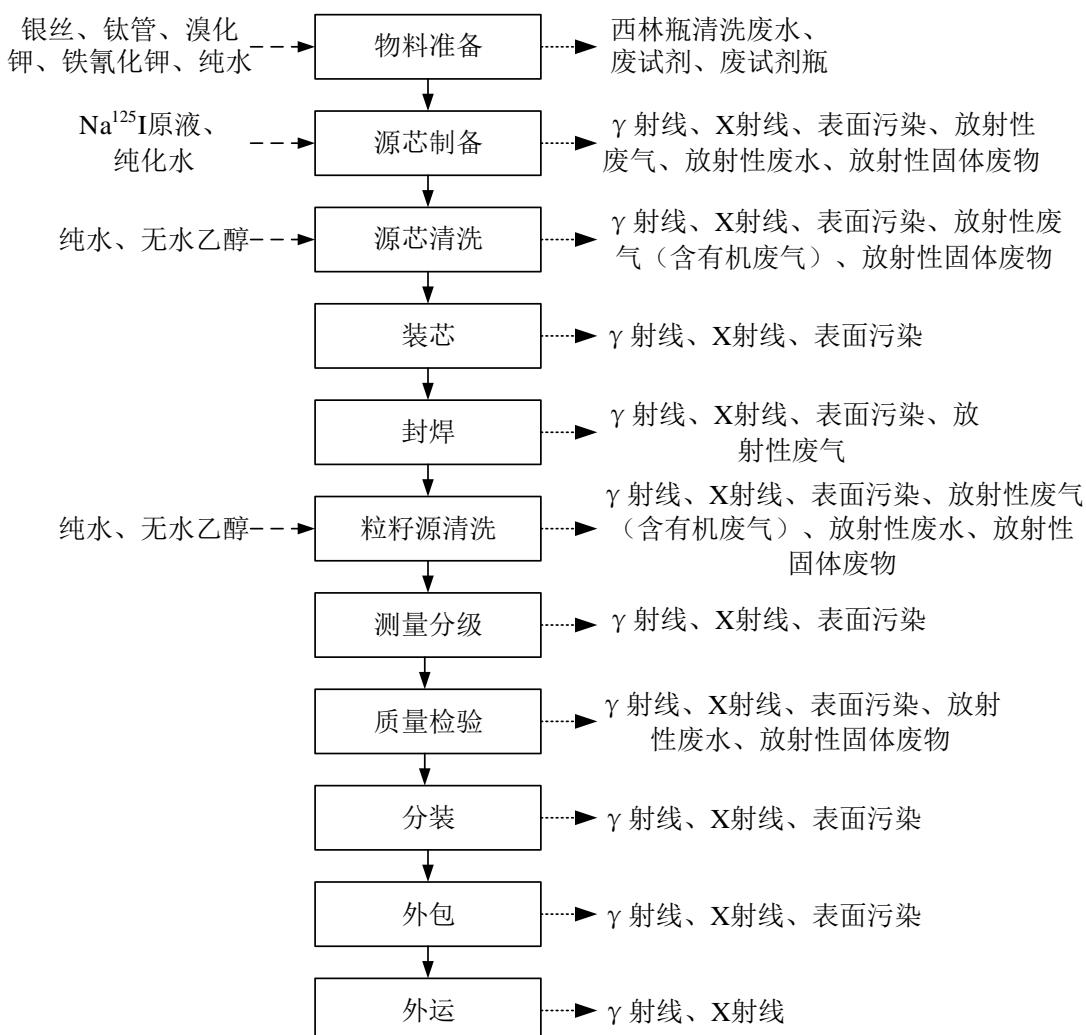
碘 [ $^{125}\text{I}$ ] 粒籽源由源芯和包壳组成，源芯为含放射性核素  $^{125}\text{I}$  的银丝，包壳为电子束或激光焊封的高纯钛管，生产过程主要包括物料准备、源芯制备、源芯清洗、装芯、封焊、测量分级、分装、质量检验、外包。手套箱内工序物料转运通过箱内隔板自带平开门进行，生产线其他工序物料转运通过传递窗进行，均为人工转运。本项目生产操作均为人工手动方式，手套箱内工序通过手套箱自带铅橡胶手套完成（0.5mm 铅当量），激光焊机防护罩、屏蔽通风橱内工序通过配备的铅橡胶手套（0.3mmPb）完成。









图 3.2-2 碘[<sup>125</sup>I]粒籽源生产工艺流程及产污环节图

### 3.2.4.2 涉源环节

根据前文工艺描述可知，粒籽源生产、分装、销售过程中，涉源环节包括源芯制备、源芯清洗、装芯、封焊、粒籽源清洗、测量分级、质量检验、分装、外包、运输。其中源芯制备、源芯清洗、装芯在手套箱内进行，封焊在激光焊机防护罩内进行，粒籽源清洗、测量分级、质量检验、分装在屏蔽通风橱内进行。

### 3.2.5 岗位设置及操作时间

#### (1) 劳动定员

本项目拟配置 15 名工作人员（包括 8 名辐射工作人员）。本项目实行单班工作制，每天 8h，年工作 300 天，人员配备情况如下表。

表 3.2-2 本项目工作人员配置表

序号	岗位		涉及主要生产工序	数量（人）
1	辐射 工作 人员	粒籽源生产室工作人员	源芯制备、源芯清洗、装芯、封焊、粒籽源清洗	2
2		质控室工作人员	测量分级、质量检验	2
3		分装室工作人员	分装	2
4		外包室工作人员，原料、废料运输人员	外包	2
5		财务、行政人员等	/	7
合计			/	15

## (2) 岗位设置及工作时间

本项目定岗定责，辐射工作人员只负责各自辐射岗位的操作，辐射工作人员岗位设置和工作时间详见下表。

表 3.2-3 辐射工作人员岗位设置和工作时间一览表

序号	岗位名称	岗位设置	工作内容	每日最多生产批次	日操作工作时间(h)	年工作天数(天)	单人年受照时间(h)
1	粒籽源生产室工作人员	2 人	源芯制备	1	0.5	300	150
			源芯清洗		0.1	300	30
			装芯		1	300	300
			封焊		1.5	300	450
			粒籽源清洗		0.5	300	150
			小计		3.6	/	1080
2	质控室工作人员	2 人	测量分级、质量检验	1	2	300	600
3	分装室工作人员	2 人	分装	1	2	300	600
4	外包室工作人员，原料、废料运输人员	2 人	外包、厂内运输	1	0.3	300	90

注：[1]：本项目工作人员不轮班，单人年受照时间（h）=日操作工作时间（h）×年工作天数。

[2]：本项目工作人员定岗定责，只负责各自岗位的操作。

根据《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），本项目属于生产放射性药物的单位，场所等级为乙级，无需设置辐射安全关键岗位。

### 3.2.6 人流、物流路径规划

为避免交叉污染，本项目粒籽源生产车间布局设计采取“工序衔接合理、人流物流分开”的原则，设有单独的人流、物流（原料产品流、废物流）通道，车间北侧为人员通道，南侧为物流通道。

#### （1）人流路径

粒籽源生产工作人员由厂房一层北侧人员通道门统一进入（厂房西侧门为应急通道门，正常情况下不启用），其他工作人员根据岗位职责由西侧电梯进入一层以上楼层；工作结束后工作人员沿原路返回至一层北侧门厅退出工作场所。本项目辐射工作人员路径分为粒籽源生产前区辐射工作人员路径、粒籽源生产后区辐射工作人员路径，具体如下：

粒籽源生产前区辐射工作人员（粒籽源生产室、质控室、分装室工作人员）经门禁系统后由北侧人员通道进入一更室换鞋脱外衣，进行换鞋洗手，在二更室穿洁净服后，进入缓冲间手消毒后经洁净走廊进入辐射工作场所开展粒籽源生产工作。在生产结束后，辐射工作人员由洁净走廊进入监测室 1 检测表面污染，如果工作服、手套、鞋、帽的表面污染大于表面污染控制水平，及时脱下更换并作为放射性固体废物处理；如果手、皮肤暴露部分的表面污染大于表面污染控制水平，应进入淋浴间进一步清洗去污直至满足表面污染控制水平，检测合格后，经缓冲间进入二更、一更，更衣、换鞋后离开。

粒籽源生产后区辐射工作人员（准备间、计量室、辅料清洗室、碘原料室、污物暂存室、外包室工作人员）经门禁系统、监测室 2 后由西侧走廊进入各房间。计量室工作人员经准备间进入计量室（准备间和计量室均不涉及放射性物质操作）。生产结束后，后区辐射工作人员沿原路由西侧走廊经监测室 2 检测表面污染合格后离开，如表面污染水平超标，及时脱下工作服更换并作为放射性固体废物处理，如果手、皮肤暴露部分的表面污染水平超标，在监测室 2 进行快速去污（人体体表放射性核素污染洗消药箱）并经检测合格后离开。

#### （2）物流路径

原料产品流：制备粒籽源用的原料、内外包材均由厂房一层南侧物流通道门进入，放射性物料运至碘原料室储源柜，非放射性物料运至原料库，内外包

材运至包材库，若涉及不合格原料，由原路退回供应商；碘原料室、辅料清洗室的物料由所在房间传递窗转运至粒籽源生产室；产品经由厂房一层南侧缓冲区、物流通道门送出。

**废物流：**场所生产过程产生的放射性固体废物收集在各工作场所的铅垃圾桶内，当日经传递窗送至污物暂存间，并由污物暂存间当日运送至废料衰减室。放射性固体废物暂存衰变达到清洁解控水平后在危废间暂存，并交由有资质单位处理。

本项目人流、物流、废物流示意图见图 3.2-3。

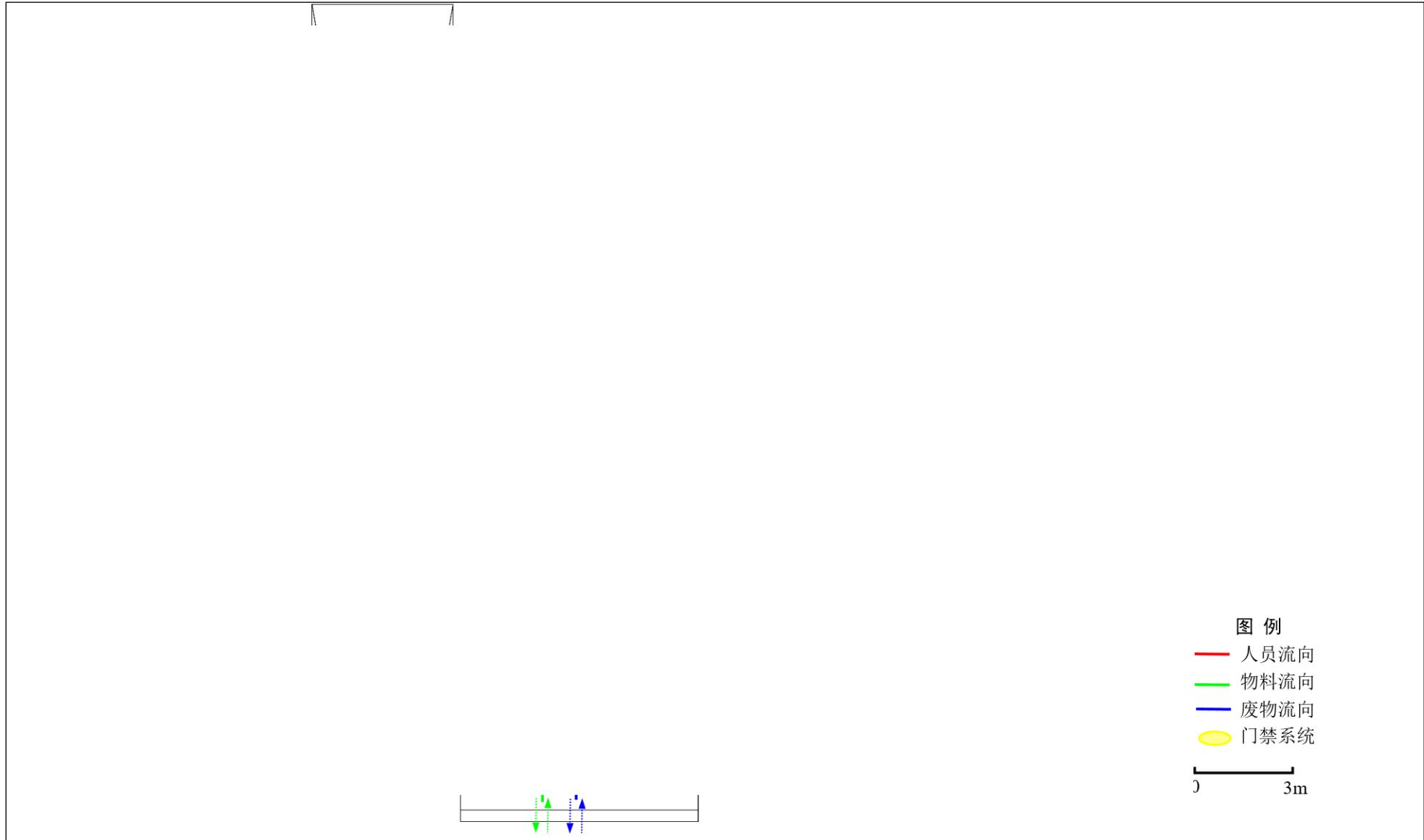


图 3.2-3 本项目人流、物流、废物流走向示意图

### 3.3 污染源项

#### 3.3.1 施工期污染源项

本项目建设内容主要为在现有闲置厂房内安装相关生产及辅助设施，不涉及现有建构筑物拆除工程，施工期主要产生废水、噪声、固体废弃物等污染物，其排放量随工期和施工强度不同而有所变化。施工期工艺流程如下图所示。

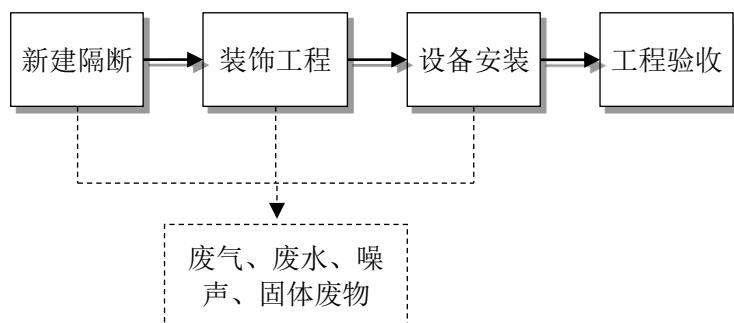


图 3.3-1 施工期工艺流程及产污环节图

##### 3.3.1.1 施工废气

施工期主要进行室内的新建隔墙、装修等作业，会产生少量扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘。

##### 3.3.1.2 施工废水

施工期施工人员会产生生活污水，依托园区内现有公共卫生设施，最终排入城市污水管网。施工人员生活污水中主要含 COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、SS 等。

##### 3.3.1.3 施工噪声

施工过程中运输车辆和施工机具在运行时都将产生不同程度的噪声。

##### 3.3.1.4 施工期固体废物

施工期固体废物主要包括生活垃圾和建筑垃圾（装修材料、包装材料）。产生的废弃物如废材料、废包装材料、废塑料薄膜等应妥善保管，及时回收处理；对于不可回收的建筑垃圾，应定点堆放，及时送天津市指定的建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾依托园区生活垃圾收集设施收集后，交当地城市管理等部门统一处理。

#### 3.3.2 运行期污染源项

本项目碘[<sup>125</sup>I]粒籽源生产、销售过程中的污染因素主要是：γ射线、X射线、表面污染、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物。

此外，还会产生非放射性三废，包括乙醇清洗有机废气、生活污水、纯水制备系统浓水、辅料清洗废水、生活垃圾、废试剂包装、纯水制备废耗材和噪声影响。

### （1）放射性污染

#### 1) $\gamma$ 射线、X 射线

在碘 [ $^{125}\text{I}$ ] 粒籽源源芯制备、源芯清洗、装芯、封焊、粒籽源清洗、质量检验、测量分级、分装、外包、外运操作过程中，放射性核素  $^{125}\text{I}$  会产生  $\gamma$  射线、X 射线。 $^{125}\text{I}$  产生的 X 射线能量小于  $\gamma$  射线，在  $\gamma$  射线得到充分屏蔽的条件下，X 射线亦能得到足够的屏蔽。因此，在生产  $^{125}\text{I}$  粒籽源过程中， $\gamma$  射线为本项目主要污染因子，主要评价  $\gamma$  射线外照射影响。

#### 2) 表面污染

源芯制备、源芯清洗、装芯、封焊、粒籽源清洗、测量分级、质量检验、分装操作过程中可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成放射性表面污染；外包及运输过程中发生事故可能造成放射性表面污染。

#### 3) 放射性废气

碘 [ $^{125}\text{I}$ ] 粒籽源制备是在手套箱、激光焊机防护罩、屏蔽通风橱内进行的，生产过程（主要为源芯制备、源芯清洗、装芯、封焊、粒籽源清洗、测量分级、质量检验、分装工序）可能会有少量的放射性  $^{125}\text{I}$  废气排放。本项目手套箱、激光焊机防护罩、屏蔽通风橱放射性废气负压收集后经设备顶壁活性炭吸附装置（共计 6 套顶壁活性炭吸附装置）处理后与废料衰减室、碘原料室、污物暂存间、质控室、淋浴间、洁净衣物暂存间、洁具间房间排风汇集，由专用排风管道汇至厂房楼顶二级活性炭吸附装置处理后由 1 根 24m 高排气筒 P1 有组织排放。

#### 4) 放射性废水

本项目涉及放射性废水包括器皿（方形瓶、清洗用西林瓶）清洗废水、源芯、粒籽源纯水清洗废水、质量检验废水。本项目沾污洁净服作为放射性固体废物处置，不涉及洁净服清洗废水。

每生产完一批次，方形瓶、清洗用西林瓶需用纯水清洗，放射性废水产生量为 20mL/批；化学镀后的源芯需用纯水清洗，放射性废水产生量为 30mL/批；外观检查合格的成品粒籽源需利用纯水清洗，粒籽源清洗放射性废水产生量为 50mL/批；每批次需抽取一定量粒籽源进行质量检验，质量检验过程放射性废水产生量为 10mL/批。上述工序平均每天产生的放射性废水量为 0.11L/d (0.033m<sup>3</sup>/a)。事故情况下，人员去污清洁产生一定量的放射性废水。人员手部或其他身体部位产生放射性表面沾污时，需要进行清洗去污，根据同类项目运行经验，考虑场所每月发生 1 次放射性沾污，每次去污使用 45L 水，则人员清洗去污年产生废水量为 0.54m<sup>3</sup>/a。综上所述，本项目运行阶段放射性废产生量为 0.573m<sup>3</sup>/a。放射性废水经管道排入厂房西侧的衰变池内暂存衰变。场所表面污染洗消过程中，地面污染物采用吸水纸等一次性吸附材料进行清理并作为放射性固体废物处置，操作过程不涉及冲洗，不涉及放射性废水产生。场所表面污染经洗消后，用表面污染监测仪测量污染区，洗消直至表面污染达到解控标准。之后使用清洁用具、保洁用品进行场所日常清洁。洁具间仅用于存放清洁工具及未污染保洁用品，不涉及放射性操作、放射性废水暂存或排放，不会对周围环境造成明显不利影响。

### 5) 放射性固体废物

本项目放射性固体废物包括生产过程产生的废旧耗材（取样器、反应器皿、擦拭物、棉签、吸水纸、废原料瓶、口罩、手套等）、不合格品（包括封焊、质检工序产生的不合格品和医院退回的粒籽源）、源芯制备过程废反应液、源芯、粒籽源乙醇清洗废液、剩余质检废物（包括擦拭物、棉签、吸水纸、废原料瓶、口罩、手套、质检样品等）、废留样样品、涉放区净化空调机组定期更换产生的废过滤器滤芯、废气处理装置产生的废活性炭、放射性废水衰变系统产生的浮渣污泥。

### (2) 非放射性污染

#### 1) 废气

本项目非放射性废气为源芯、粒籽源乙醇清洗过程挥发的少量有机废气，污染因子为非甲烷总烃、TRVOC。质量检验过程中不涉及使用有机溶剂等易挥

发试剂，无废气排放。本项目采用激光焊机进行焊接，焊接机理是利用高能量激光束聚焦加热材料形成熔池，激光移开后，熔池快速冷却凝固，形成焊缝。激光焊接作用时间短，无需填充材料，且本项目焊接规模较小，产生烟尘极少，激光焊机设有密闭罩，焊接烟尘沉降后基本不会有焊接烟尘排放。

## 2) 废水

本项目运行过程会产生生活污水、纯水制备系统浓水、辅料清洗用水（包括银棒、钛管清洗用水和包装用西林瓶清洗用水），上述废水经化粪池处理后由污水总排口排入市政污水管网，最终排至津南双桥污水处理厂集中处置。

## 3) 固废废物

本项目运行过程会产生生活垃圾和废试剂、废试剂包装、纯水制备废耗材等。员工生活垃圾由城市管理部门定期清运处置；废试剂（生产过程涉及的碘化钠、溴化钾、铁氰化钾等非放试剂）和废试剂包装为危险废物，交由有资质单位处理；纯水制备过程会产生废耗材，委托有资质单位定期清运。本项目非放射性固体废物产生及处置情况汇总如下。

表 3.3-1 固体废物产生情况

序号	固体废物名称	产生工序	产生量 /t/a)	固体废物类别	危险废物类别	危险废物代码	综合利用或处置措施
1	废试剂	物料准备、生产过程	0.001	危险废物	HW49 其他废物	900-047-49	委托有资质单位处理
2	废试剂包装	物料准备	0.001	危险废物			
3	纯水制备废耗材	纯水制备过程更换耗材	0.001	一般固体废物	/	/	交由物资部门回收利用
4	生活垃圾	员工生活	2.25	生活垃圾	/	/	委托城市管理部门定期清运

## 4) 噪声

本项目生产设备规模较小，噪声较小，主要噪声源为排风系统排风机（2台，位于厂房屋顶），纯水机水泵（位于建筑内），噪声源强约 80dB（A）。衰变池水泵规模较小，选用低噪声设备，均位于地下，且运行时间短，基本不会对周边环境造成影响。建设单位拟采用低噪声设备，并采取基础减振、合理布局等噪声防

治措施。

### 3.4 废弃物

#### 3.4.1 废气污染物

##### （1）放射性废气

碘 $[^{125}\text{I}]$ 粒籽源制备生产过程（主要为源芯制备、源芯清洗、装芯、封焊、粒籽源清洗、测量分级、质量检验、分装工序等）可能会有少量的放射性 $^{125}\text{I}$ 废气排放。本项目手套箱、激光焊机防护罩、屏蔽通风橱放射性废气负压收集后经设备顶壁活性炭吸附装置处理后与废料衰减室、碘原料室、污物暂存间、质控室、淋浴间、洁净衣物暂存间、洁具间房间排风汇集，由专用排风管道汇至厂房楼顶二级活性炭吸附装置处理后由1根24m高排气筒P1有组织排放。放射性废气经手套箱、屏蔽通风橱或防护罩密闭收集（均保持负压），逸散到车间的量极少，可忽略不计。

根据核素特性， $^{125}\text{I}$ 核素产污系数取0.1%，手套箱、激光焊机防护罩和屏蔽通风橱收集效率100%，收集的放射性废气经活性炭吸附处理后排放，源芯制备、源芯清洗、装芯、封焊、粒籽源清洗、测量分级、质量检验、分装工序操作时间约7.6h，则本项目放射性气体排放强度见表3.4-1。

表3.4-1 本项目放射性气体排放强度一览表

核素	来源	单次最大操作量(Bq/次)	产污系数	单次操作时间	净化效率	年操作批次	放射性废气有组织排放		
							产生速率(Bq/s)	排放速率(Bq/s)	年排放量(Bq)
$^{125}\text{I}$	粒籽源生产车间	3.7E+10	0.10%	7.6h	两级净化，每级效率97%	300	1.35E+03	1.22	1.0E+07

注：① 年排放量=排放速率×单批次操作时间×年操作批次，年操作批次=日操作批次×年工作天数。

##### （2）非放射性废气

本项目非放射性废气为源芯、粒籽源乙醇清洗过程挥发的少量有机废气，污染因子为非甲烷总烃、TRVOC。质量检验过程中不涉及使用有机溶剂等易挥发试剂，无废气排放。清洗过程挥发有机废气经手套箱顶壁活性炭处理后由专用管道

延伸至厂房楼顶，经二级活性炭吸附装置处理后由 1 根 24m 高排气筒 P1 排放。

源芯、粒籽源清洗每批次无水乙醇用量为 130mL，年生产 300 批次，则无水乙醇用量为 39L/a，源芯清洗为常温操作，且操作时间较短（0.5h/批次），挥发出的有机废气极微量，保守考虑按 10% 计，则源芯、粒籽源乙醇清洗过程有机废气产生和排放情况详见下表。

表 3.4-2 源芯乙醇清洗过程废气产生、排放情况一览表

排放源	污染因子	污染物产生量(kg/a)	操作时间(h/a)	产生速率(kg/h)	风量(m³/h)	收集效率(%)	去除效率(%)	有组织		
								排气筒编号	排放速率(kg/h)	排放浓度(mg/m³)
源芯乙醇清洗过程废气	非甲烷总烃	3.08	150	0.02	4500	100%	60%	P1	0.008	1.78
	TRVOC	3.08	150	0.02	4500	100%	60%		0.008	1.78

注：无水乙醇密度按 0.79kg/L 计。

### 3.4.2 废水污染物

#### (1) 放射性废水

粒籽源生产过程中，器皿（方形瓶、清洗用西林瓶）清洗、源芯、粒籽源纯水清洗、质量检验过程会产生一定量的放射性废水，上述工序平均每天产生的放射性废水量为 0.11L/d（0.033m³/a）。事故情况下，人员去污清洁产生一定量的放射性废水。人员手部或其他身体部位产生放射性表面沾污时，需要进行清洗去污，根据同类项目运行经验，考虑场所每月发生 1 次放射性沾污，每次去污使用 45L 水，则人员清洗去污年产生废水量为 0.54m³/a。综上所述，本项目运行阶段放射性废水分量为 1.91L/d，0.573m³/a。

放射性废水经管道排入厂房西侧的衰变池内暂存。绝大部分放射性核素最终进入药物成品，仅有很少一部分进入废水中，根据同类项目运行经验，最终进入衰变池废水的核素活度按场所核素年最大操作量的 0.01% 考虑。本项目产生的放射性废水经放射性排水管道排入衰变系统，首先在格栅池静置沉淀，之后由泵分别提升至 1#衰变池、2#衰变池、3#衰变池中进行暂存衰变。本项目 3 个衰变池轮流使用，当第 1 个池体的设定液位高度达到时关闭入水口，并开启第 2 个衰变池入水口，当第 2 个池体的设定液位高度达到时关闭入水口，并开

启第3个衰变池入水口。当第3个池体存满后向外排放第1个池体中的废水，依次循环。

由衰变池的运行模式可知，每次排放第三个池体废水时，排放放射性废水已衰变废水装满另外两个池体的时间（即  $2\text{m}^3/0.00191\text{ m}^3=1047.1\text{d}$ ），因此衰变时间取废水装满两个池体的时间，即 1047.1d。

假设衰变池放射性废水量为 Q，某核素 i 排放初始活度为 A<sub>0</sub>，衰变池静置衰变 t 天时间后，衰变池内废水核素 i 的剩余活度浓度 c 可按以下公式计算：

$$c = \frac{A_0 e^{-\lambda t}}{Q}$$

式中：

Q—废水量，m<sup>3</sup>。本项目每次排放单个衰变池废水，即 1m<sup>3</sup>；

A<sub>0</sub>—某核素 i 排放初始活度，Bq。单日进入废水中的核素量为(3.7E+10)Bq × 0.01% = 3.7E+06Bq，本项目单个衰变池单次排放废水量为 1m<sup>3</sup>，每日排放废水 1.91L，则单个衰变池初始活度为 1m<sup>3</sup>/1.91L × 1000 × (3.7E+06)Bq = 1.94E+09Bq；  
 $\lambda=0.693/T_{1/2}$ ；

T<sub>1/2</sub>：放射性核素半衰期，d。

本项目放射性废液排放情况见表 3.4-3。

表 3.4-3 放射性废液排放情况一览表

核素种类	<sup>125</sup> I
每日的最大使用量 (Bq)	3.7E+10
进入废液中的比例	0.01%
进入废液中的核素量 (Bq)	3.7E+06
日废液产生量 (L/d)	1.91
排放初始活度为 A <sub>0</sub> (Bq)	1.94E+09
三级衰变池总体积 (m <sup>3</sup> )	3
三级衰变池存满天数 (d)	1570.7
二级衰变池存满天数 (d)	1047.1
半衰期 (d)	59.4
单次排放量 (m <sup>3</sup> )	1
出水核素排放浓度 (Bq/L)	9.59
出水核素活度浓度 (Bq/g)	9.59E-03

## （2）非放射性废水

本项目运行过程会产生辅料清洗废水（包括银棒、钛管清洗用水和包装用西

林瓶清洗废水）、生活污水、纯水制备系统浓水。辅料清洗用纯水量为 5L/d，排水系数按 90% 计，则辅料清洗废水为 4.5L/d；纯水制备系统浓水产生量为 5L/d（制水率按 50% 计）；生活污水排放量为 1.35m<sup>3</sup>/d（按用水量 100L/（人·天），排水系数 90% 计）。综上所述，本项目非放射性废水排放量为 1.36m<sup>3</sup>/d。上述废水经化粪池处理后由污水总排口排入市政污水管网，最终排至津南双桥污水处理厂集中处置。

### 3.4.3 固体废物

#### （1）放射性固体废物

本项目放射性固体废物包括源芯制备过程产生废反应液、源芯、粒籽源乙醇清洗废液、废旧耗材（取样器、反应器皿、擦拭物、棉签、吸水纸、废原料瓶、口罩、手套等）、不合格品、剩余质检废物（包括擦拭物、棉签、吸水纸、废原料瓶、口罩、手套、质检样品等）、废留样样品、涉放区净化空调机组定期更换产生的废过滤器滤芯、废气处理装置产生的废活性炭和废水衰变系统浮渣污泥。

##### ① 废反应液、源芯、粒籽源乙醇清洗废液

源芯制备工序会剩余废反应液（含有放射性 Na<sup>125</sup>I、铁氰化钾等），源芯、粒籽源乙醇清洗过程会产生乙醇清洗废液（含放射性 Na<sup>125</sup>I、乙醇），产生量分别为 6kg/a、24kg/a、7kg/a，合计 37kg/a。

##### ② 废旧耗材

生产过程中，如操作台面、地面受放射性药物表面沾污，使用吸水纸、棉签等进行擦拭处理，产生废吸水纸、废棉签、擦拭物等去污放射性固体废物，每次表面去污产生量约 0.5kg，考虑每月发生 1 次放射性表面沾污，则表面去污固体废物（包括粒籽源生产后区辐射工作人员表面沾污的废工作服）产生量约为 6kg/a；废原料瓶、取样器、反应器皿产生量约为 5kg/a；废弃一次性口罩、手套等产生量约 15kg。本项目被放射性污染的废旧耗材产生量为 0.027t/a。

##### ③ 不合格产品

本项目封焊、质控等工序不合格品率约 1%，预计本项目不合格产品产生量为 3000 粒/a。另外，本项目可能会收到医院的退货产品，退货量不超过 600 粒

/a，纳入不合格品作为放射性固体废物处置。因此，本项目不合格产品产生量共计 3600 粒/a（12 粒/d）。

#### ④ 剩余质检废物

本项目剩余质检废物包括废擦拭物、棉签、吸水纸、废原料瓶、口罩、手套、质检样品等，产生量为 5kg/a。

#### ⑤ 废留样样品

本项目质检后续抽取粒籽源留样（贮存于质控室保险柜的铅罐内），留样频次为每批次进货期间留样 30 粒，即废留样样品产生量为 1440 粒/a。

#### ⑥ 废过滤器滤芯和废活性炭

涉放区净化空调机组过滤器滤芯和废气处理装置活性炭均需定期更换，更换频次均为每年更换一次，废过滤器滤芯产生量为 0.02t/a，废气处理装置废活性炭产生量为 0.35t/a。

#### ⑦ 废水衰变系统浮渣污泥

本项目放射性废水衰变系统会产生浮渣污泥，产生量为 0.01t/a。

本项目涉及核素  $^{125}\text{I}$  半衰期为 59.4d，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（含有核素的半衰期小于 100 天）。本项目产生的放射性固体废物分类收集后，送至废料衰减室内储存衰变，暂存时间超过半衰期的 10 倍（即 $>594$ ），经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  的，对废物清洁解控并作为危险废物委托有资质单位处理。本项目放射性废物本身沾染的放射性核素活度浓度较低，每日沾染进入固体废物中的核素量按场所日最大操作量的 0.02% 考虑，即  $7.4\text{E+06Bq}$ 。另外本项目每天最多产生 12 粒不合格品（含退货），保守考虑均按照  $1\text{mCi}/\text{粒}$  计，则每日进入放射性废物中核素量共计  $4.51\text{E+08Bq}$ ，本项目各放射性废物产生量及处理措施列于下表。

表 3.4-4 放射性固体废物产生量

废物名称		废物说明	核素	产生量	治理措施及去向
粒籽源生	废反应液、源芯、粒籽源乙醇清	源芯制备工序剩余废反液，源芯、粒籽源乙醇清洗废液	$^{125}\text{I}$	37kg/a	分类收集，送至废料衰减室内暂存衰变，待监

产 车间	洗废液			测达解控水 平后，作为 危险废物委 托有资质的 单位处理
	废旧耗材	废原料瓶、取样器、反应器皿、擦拭物、棉签、吸水纸、口罩、手套等		
	不合格产品	不合格产品（含退货）		
	剩余质检废物	废擦拭物、棉签、吸水纸、废原料瓶、口罩、手套、质检样品等		
	废留样样品	废留样样品		
	废过滤器滤芯	涉放区净化空调机组定期更换产生的废过滤器滤芯		
	废活性炭	废气处理装置产生的废活性炭		
	浮渣污泥	放射性废水衰变系统产生		0.01t/a

## (2) 非放射性固体废物

本项目运行过程会产生生活垃圾和废试剂、废试剂包装、纯水制备废耗材等。

员工生活垃圾产生量按 0.5kg/(d·人) 计，则生活垃圾产生量为 2.25t/a，由城市管理部门定期清运处置。

本项目建成后废试剂（生产过程涉及溴化钾、铁氰化钾等非放试剂）产生量为 0.001t/a，废试剂包装产生量为 0.001t/a。根据《国家危险废物名录》（2025 年版），废试剂和废试剂包装为危险废物，废物类别为“HW49 其他废物”，废物代码分别为 900-047-49、900-041-49，交由有资质单位处理。

纯水制备过程会产生废耗材，产生量约 0.001t/a，为一般工业固体废物，交由物资部门回收利用。

本项目非放射性固体废物产生及处置情况汇总如下。

表 3.4-5 固体废物产生情况

序号	固体废物名称	产生工序	产生量 /t/a)	固体废物类别	危险废物类别	危险废物代码	综合利用或处置措施
1	废试剂	物料准备、生产过程	0.001	危险废物	HW49 其他废物	900-047-49	委托有资质单位处理
2	废试剂包装	物料准备	0.001		HW49 其他废物	900-041-49	
3	纯水制备废耗材	纯水制备过程更换耗材	0.001	一般固体废物	/	/	交由物资部门回收利用

序号	固体废物名称	产生工序	产生量 /t/a)	固体废物类别	危险废物类别	危险废物代码	综合利用或处置措施
1	废试剂	物料准备、生产过程	0.001	危险废物	HW49 其他废物	900-047-49	委托有资质单位处理
2	废试剂包装	物料准备	0.001	危险废物	HW49 其他废物	900-041-49	
4	生活垃圾	员工生活	2.25	生活垃圾	/	/	委托城市管理部门定期清运

### 3.4.4 污染物总量控制分析

根据《天津市人民政府办公厅关于印发天津市生态环境保护“十四五”规划的通知》（津政办发〔2022〕2号）、《天津市人民政府办公厅关于印发天津市重点污染物排放总量控制管理办法（试行）的通知》（津政办规〔2023〕1号）、《市生态环境局关于在环境影响评价与排污许可工作中加强重点污染物排放总量控制管理的通知》等相关文件，结合项目污染物排放情况，本项目大气污染物总量控制因子为挥发性有机物（以 TRVOC 计），水污染物总量控制因子包括 COD、氨氮。

#### （1）废气

##### 1) 预测污染物排放量

源芯、粒籽源乙醇清洗过程有机废气排气筒 P1 排放 VOCs 预测排放浓度为 1.78mg/m<sup>3</sup>，风量为 4500m<sup>3</sup>/h。源芯、粒籽源清洗过程运行时间为 150h，则废气量为 67.5 万 m<sup>3</sup>。则废气污染物预测新增总量为：

$$\text{VOCs 预测排放量} = 67.5 \text{ 万 m}^3 \times 1.78 \text{ mg/m}^3 = 0.001 \text{ t/a}.$$

##### 2) 按排放标准核算量

源芯、粒籽源乙醇清洗废气中 VOCs 执行《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB12/524-2020）医药制造行业排放限值，即 40mg/m<sup>3</sup>。

则 VOCs 废气污染物依标准核算排放量为：

$$\text{VOCs 核算排放量} = 67.5 \text{ 万 m}^3 \times 40 \text{ mg/m}^3 = 0.027 \text{ t/a}.$$

综上，本项目废气污染物排放总量情况详见表 3.4-6。

表 3.4-6 本项目建成后废气污染物排放总量一览表

项目	废气量 m <sup>3</sup> /a	预测排放总量		核算总量指标	
		预测浓度 mg/m <sup>3</sup>	预测排放量 t/a	排放标准 mg/m <sup>3</sup>	核算总量指标 t/a

VOCs	67.5 万	1.78	0.001	40	0.027
------	--------	------	-------	----	-------

## (2) 废水

### 1) 预测污染物排放量

本项目新增废水量为 408.423m<sup>3</sup>/a。根据“第五章 环境影响分析”，预测污水总排口排水水质为 COD 398mg/L，氨氮 35mg/L，则本项目主要污染物预测产生量分别为：

$$\text{COD 预测产生量} = 408.423\text{m}^3/\text{a} \times 398\text{mg/L} = 0.1626\text{t/a};$$

$$\text{氨氮预测产生量} = 408.423\text{m}^3/\text{a} \times 35\text{mg/L} = 0.0143\text{t/a}.$$

### 2) 依标准核算污染物总量指标

本项目新增废水排放量为 408.423m<sup>3</sup>/a，外排废水 COD、氨氮执行《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）三级标准，排放限值为 COD 浓度限值 500mg/L、氨氮浓度限值 45mg/L，则非放项目主要污染物总量指标分别为：

$$\text{COD 核算排放量} = 408.423\text{m}^3/\text{a} \times 500\text{mg/L} = 0.2042\text{t/a};$$

$$\text{氨氮核算排放量} = 408.423\text{m}^3/\text{a} \times 45\text{mg/L} = 0.0184\text{t/a}.$$

### 3) 本项目排入外环境污染物总量

本项目新增废水排放量为 408.423m<sup>3</sup>/a。本项目污水经市政管网最终排至津南双桥污水处理厂处理，该污水处理厂排水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB12/599-2015）中 A 标准，COD 浓度限值 30mg/L，氨氮浓度限值 1.5 (3.0) mg/L (注：每年 11 月 1 日至次年 3 月 31 日执行括号内的排放限值)。则非放项目主要污染物最终排入外环境排放总量分别为：

$$\text{COD 排入外环境量} = 408.423\text{m}^3/\text{a} \times 30\text{mg/L} = 0.0123\text{t/a};$$

$$\text{氨氮排入外环境量} = 408.423\text{m}^3/\text{a} \times (1.5 \times 7 + 3.0 \times 5) \div 12\text{mg/L} = 0.0009\text{t/a}.$$

表 3.4-7 本项目废水污染物排放总量一览表

单位：t/a

类别	废水量	污染因子	预测排放量	核算排放量	排入外环境量
水污染物	408.423m <sup>3</sup> /a	COD <sub>Cr</sub>	0.1626	0.2042	0.0123
		氨氮	0.0143	0.0184	0.0009

## (3) 总量指标汇总

根据《市生态环境局关于进一步做好建设项目水污染物总量指标减量替代

工作的通知》（津环水[2020]115 号），本项目新增 COD<sub>Cr</sub>、氨氮、VOCs 排放总量指标均实行倍量替代。本项目污染物排放总量情况详见下表。

表 3.4-8 本项目污染物排放总量一览表

项目	污染因子	单位	预测排放量	核算排放量	排入环境总量
废气	VOCs	t/a	0.001	0.027	/
废水	COD <sub>Cr</sub>	t/a	0.1626	0.2042	0.0123
	氨氮		0.0143	0.0184	0.0009

## 第四章 辐射安全与防护

### 4.1 场所布局与屏蔽

#### 4.1.1 平面布局

##### 4.1.1.1 工作场所平面布局

本项目涉及 1 个辐射工作场所——粒籽源生产车间，位于项目所在建筑一层。粒籽源生产车间主要设置粒籽源生产室、计量室、准备间、辅料清洗室、碘原料室、污物暂存室、质控室、分装室、外包室、监测室 1、监测室 2、废料衰减室、原料库、包材库、备品间、仪器室等。粒籽源生产室南侧为生产配套辅助功能区，由西向东依次为准备间、辅料清洗室、碘原料室、污物暂存室、质控室、分装室、外包间，粒籽源生产室西侧设置废料衰减室、原料库、包材库。

粒籽源生产车间设有独立的防护设施和门禁，控制无关人员随意进入；整个生产车间布局较为紧凑，根据生产流程设计各功能区域布局，便于统一管理，尽量缩短了放射性物料和放射性废物的流通路径，减少了对辐射工作人员的照射；厂房设有专门的原料库、碘原料室、废料衰减室，常规物料和放射性物料分开存放，放射性原料和放射性废物分开存放，不存在交叉污染。因此，从辐射防护的角度而言，该项目的平面布置是合理可行的。本项目工作场所布局详见图 4.1-1。

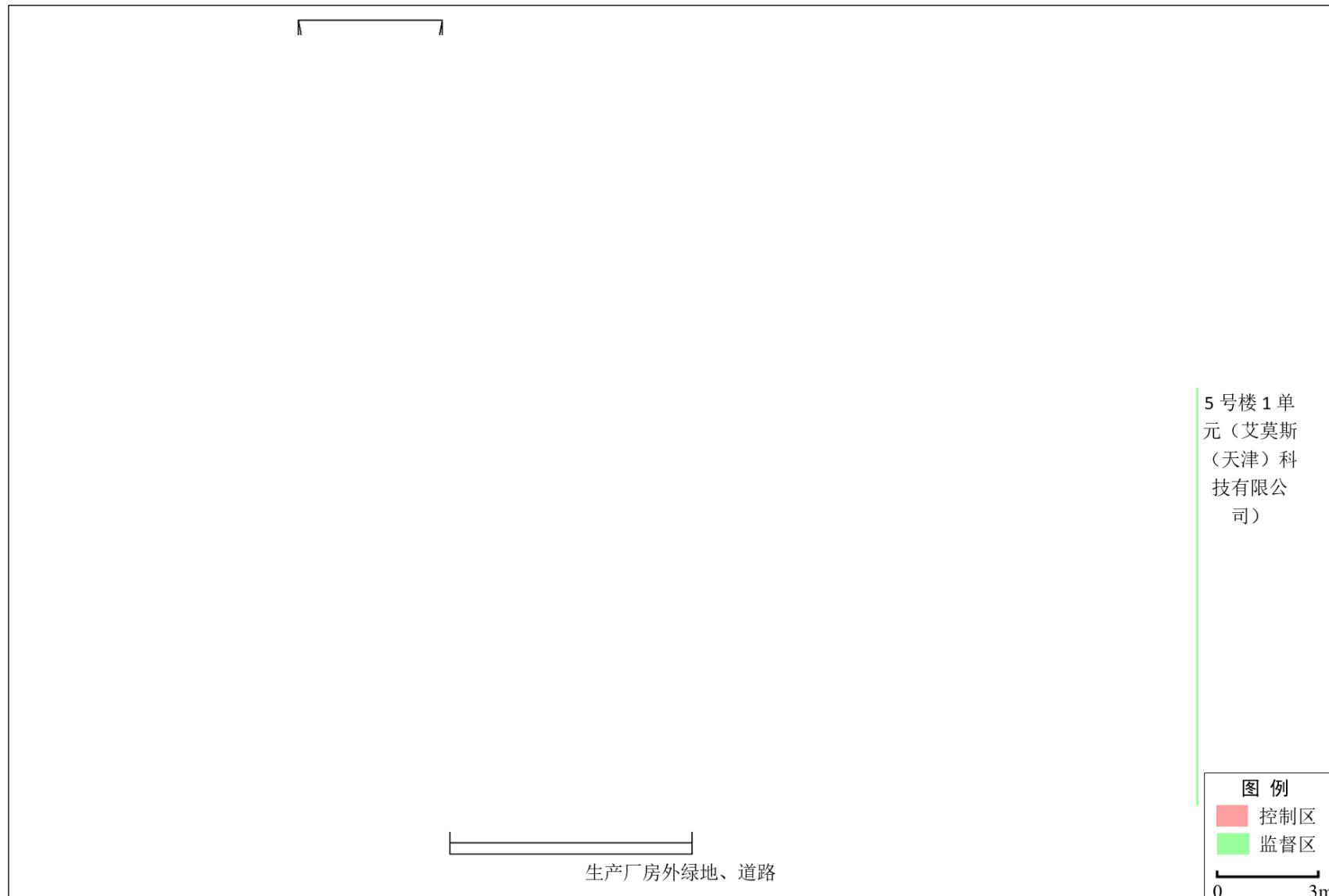


图 4.1-1 一层粒籽源生产车间工作场所布局、控制区与监督区划分示意图



图 4.1-2 二层控制区与监督区划分示意图

#### 4.1.1.2 工作场所分区

##### （1）工作场所分区管理原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，应把放射性工作场所分为控制区、监督区以便于辐射防护管理和职业照射控制，需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，对控制区运用行政管理程序（如工作许可证制度）。监督区通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

###### 1) 控制区划分要求

- ① 采用实体边界划定控制区；采用实体边界不现实时也可以采用其它适当的手段；
- ② 在控制区的进出口及其它适当位置处设立醒目的、符合规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示；
- ③ 制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；
- ④ 运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区；限制的严格程度应与预计的照射水平和可能性相适应；
- ⑤ 按需要在控制区的入口处提供监测设备，入口处设置“控制区”标识牌；
- ⑥ 定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。

###### 2) 监督区划分要求

- ① 采用适当的手段划出监督区的边界；
- ② 在监督区入口处的适当地点设立“监督区”标识牌；
- ③ 定期审查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

##### （2）工作场所区域划分

为加强辐射工作场所的管理，避免无关人员受到不必要的照射，应对辐射工作场所分进行分区控制，划分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中控

制区和监督区的定义如下：

表4.1-1 相关文件中控制区、监督区的定义

标准名称	控制区	监督区
《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)	需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。	未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

结合上述定义与现场实际，本项目辐射工作场所控制区和监督区划分见表4.1-2，分区示意图见图4.1.1~图4.1-2。

表 4.1-2 本项目辐射工作场所控制区和监督区划分一览表

分区	控制区	监督区
粒籽源生产车间	粒籽源生产室、监测室 1、监测室 2、计量室、准备间、废料衰减室、原料库、包材库、物流通道、辅料清洗室、碘原料室、污物暂存室、质控室、外包室、分装室、登记室、仪器室、备品间、洁净衣物暂存间、洁具间、淋浴间、缓冲间、放射性废水衰变系统。	一更、二更、人流通道、楼梯间、气瓶间、粒籽源生产区楼上投影区、放射性废水衰变系统周围 0.3m 区域。
管理要求	控制区内禁止外来无关人员进入，辐射工作人员在进行日常工作时尽量不要在控制区内停留，以减小不必要的照射。控制区的进出口及其他适当位置设置醒目的电离辐射警告标志、“控制区”标识牌。	不采取专门的防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量，适当位置设置“监督区”标识牌。

粒籽源生产车间工作场所在控制区的出口、入口设置门锁权限控制和单向门等安全措施，控制无关人员随意进入控制区，避免工作人员和公众受到不必要的照射；控制区的出口设立缓冲间或监测室。保洁用品储存于洁具间内。

本项目粒籽源生产车间工作场所控制区、监督区划分明确、独立，控制区出口均设有缓冲间，可以进行表面污染检测和去污，防止控制区可能的污染扩散，设置合理，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 中辐射防护分区管理和职业照射控制要求。

#### 4.1.2 辐射屏蔽措施

##### (1) 非密封放射性物质工作场所屏蔽

###### ① 房间实体屏蔽

本项目废料衰减间、原料库、包材库墙体采用 100 型轻质砌块隔墙，碘[<sup>125</sup>I]

粒籽源生产区域外部墙体采用 50 厚彩钢石膏岩棉夹芯复合机制板墙体，生产区域内部墙体采用 50 厚机制彩板，楼板采用 150mm 混凝土 ( $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ )。

## ② 工艺设备防护设计

本项目工艺设备屏蔽防护设计情况见下表。

表 4.1-3 本项目工艺设备屏蔽防护一览表

工作场所	设备	屏蔽材料及厚度	数量
粒籽源生产车间	手套箱	手套箱正面、两侧面采用 10mmPb；背面、顶面、底面采用 3mmPb（外包不锈钢板）；手套箱正面与两侧设置有 30mm 厚铅玻璃（铅当量 3mm）的观察窗。 手套箱内设有 3 个隔间，隔间之间设置隔板（3mm 不锈钢），隔板上开设门洞并安装平开门，用于手套箱隔间之间物料转运。	2 套
	铅罐（物料转运）	5mmPb	50 个
	原料铅罐	5mmPb	1 个
	储源柜	5mmPb	1 个
	激光焊机防护罩	正面观察窗采用铅玻璃（1mm 铅当量），其他部位为 5mm 不锈钢	1 套（本项目仅涉及 1 台激光焊机进行放射性物质操作）
	屏蔽通风橱	正面、侧面观察窗采用铅玻璃（1mm 铅当量），其他部位为 5mm 不锈钢	3 套（粒籽源生产室、质控室、分装室各 1 套）

## （2）产品屏蔽防护

公司每次销售运输碘[<sup>125</sup>I]粒籽源均采用带有屏蔽的防护包装，并放置在专用运输箱内。产品屏蔽包装定期回收，循环周转使用。碘[<sup>125</sup>I]粒籽源产品的屏蔽包装设施见表 4.1-4。

表 4.1-4 放射性药物产品的屏蔽包装设施一览表

放射性同位素药品	内包装			防护包装		
	形式	规格	单个包装最大活度	防护形式	铅当量	数量
<sup>125</sup> I	西林瓶	1~100 粒/瓶，单粒籽源活度为 1.11E+07~3.7E+07Bq (0.3~1.0mCi)	3.7E+09Bq (0.1Ci)	铅防护罐	5mm	多个，根据需求灵活确定

## （3）个人防护和其他防护设备

本项目拟配备个人防护用品具体见表 4.1-5。

表 4.1-5 个人辐射防护用品一览表

个人防护用品名称	防护设计	数量	备注
铅橡胶衣	柔软性铅背心防护效果达到 0.3mmPb	8 套	粒籽源生产人员使用
铅防护眼镜	防护效果达到 0.5mmPb	8 套	
铅防护手套	防护效果达到 0.3mmPb	8 套	
铅防护围裙	防护效果达到 0.3mmPb	8 套	
铅防护帽	防护效果达到 0.3mmPb	8 套	
铅防护围脖	防护效果达到 0.3mmPb	8 套	

#### （4）放射性废物收集设施

本项目拟设置放射性废物收集设施见表 4.1-6。

表 4.1-6 放射性废物收集设施一览表

防护设备	场所	屏蔽参数	数量
放射性废物储存箱	废料衰减室	3mm 不锈钢	10 个
放射性废物桶	粒籽源生产室、质控室、分装室、污物暂存室、监测室 1、监测室 2 等	1mm 不锈钢	10 个

场所产生的放射性固体废物先分类收集至专用放射性废物储存桶内，当日转移至废料衰减室放射性废物箱内。

#### （5）监测设备

本项目拟配备监测设备，定期开展辐射监测，具体清单详见表 4.1-7。

表 4.1-7 监测设备一览表

序号	设备名称	数量	存放或使用位置
1	表面污染检测仪	4 台	辐射工作人员出入口监测室内、质控室内，1 台根据需要带至相应工作区域
2	便携式 X-γ 剂量率仪	1 台	暂存于一层生产办公室，根据需要带至相应工作区域
3	个人剂量计	8 套	辐射工作人员每人配备 1 套
4	个人剂量报警仪	8 台	辐射工作人员（生产人员）每人配备 1 套
5	移动式气溶胶取样监测设备	1 台	暂存于生产办公室，根据需要带至相应工作区域
6	固定式辐射监测报警仪	1 套	位于粒籽源生产室
7	指环剂量计	2 套	辐射工作人员上岗时佩戴

## 4.2 辐射安全与防护措施

### 4.2.1 辐射安全与防护措施

#### （1）分区管理

公司拟对粒籽源生产车间实行分区管理，将粒籽源生产室、碘原料室、废料衰减室、分装室、质控室、监测室等划为控制区，将一更、二更、过道区域划为监督区。控制区、监督区出入口均设置门禁系统，可以防止无关人员进入控制区、监督区。在场所地面或者墙面拟张贴分区提示。

#### （2）警告标识

控制区人员出入口、手套箱、封焊激光焊机、屏蔽通风橱等核素操作设施表面、储源柜表面、放射性废物桶表面、放射性废物储存箱表面、废料衰减室、衰变池等位置设置电离辐射警告标志和中文警示说明。

#### （3）视频监控

生产车间各进出口、控制区进出口、生产工位（粒籽源生产室、质控室、分装室、碘原料室、外包室）、废料衰减室、均安装视频监控。系统主机设置在一层西侧消防监控室（24h 监控）内，分机（探头）设置在生产工位、废料衰减室等控制区、场所出入口等，可及时掌握辐射工作场所安全操作情况。

#### （4）门禁系统

在场所出入口设置磁卡门禁系统，防止非授权人员进入，并对进入场所的授权人员进行统计和管理。将所有持卡人员的姓名、卡号、部门、职务等个人资料输入系统，设置门禁卡的级别及权限。设置完成的门禁卡，根据级别不同可获得出入相应工作场所的权限；注销的门禁卡，无法获得出入工作场所权限，读卡时系统会产生报警。

#### （5）表面污染控制

放射性物质操作场所拟设置易清洗、不易渗透的墙面、地面等，并配置清洗及去污设备。墙面与墙面、墙面与地面连接处，采取倒圆角无缝隙设计，减少表面污染。下水管道采取抗腐蚀、耐老化的 PE 管；设置手部非接触开关控制的洗手盆和去污设备。工作人员离开工作场所控制区前，在控制区出入口进行表面污染测量，确定未受污染后方可离开，如其污染水平超过标准限值，应采取相应去污措施。从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝表面污染控制水平超标的物品被带出控制区。

#### （6）剂量监测

公司拟在粒籽源生产室内设置 1 套固定式辐射监测报警仪。探头位于手套箱表面（人员操作位处，报警阈值设置为  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ），用于监测粒籽源生产室的周围剂量当量率。当探测到剂量率超过设置阈值时（设置为  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ），则有声光报警，提醒工作人员可能发生泄漏事故，人员马上采取措施并进行检查。

#### （7）监测仪器

公司拟配备 8 台个人剂量报警仪、8 台个人剂量计、2 台指环剂量计、1 台便携式 X- $\gamma$  剂量率仪、4 台表面污染检测仪、1 台放射性气溶胶连续监测仪，用于日常巡测和应急监测，并定期对辐射工作场所进行放射防护监测。

#### （8）通风换气

本项目工作场所通风系统独立设置，通风条件良好，合理设置工作场所的气流组织，工作场所气流流向遵循自低污染区向高污染区的流向设计，保持含放射性核素场所负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染，保证工作场所的空气质量。碘 [ $^{125}\text{I}$ ] 粒籽源的源芯制备、清洗、装芯、封焊等操作在手套箱、激光焊机防护罩、屏蔽通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体逸出。操作放射性核素所用的手套箱、激光焊机防护罩、屏蔽通风橱设有专用的排风装置，并相对室内保持负压，排风口处风速不小于  $0.5\text{m}/\text{s}$ 。手套箱、激光焊机防护罩、屏蔽通风橱收集的废气经设备顶壁自带活性炭过滤后再由风机引至屋顶排放，屋顶排风口设二级活性炭吸附装置。

（9）厂房西侧设置 1 套放射性废水衰变系统，为地埋式混凝土结构衰变池。

（10）配备足够屏蔽的储存、转运等容器（储源柜、铅垃圾桶或铅罐），容器表面设置电离辐射警告标志。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质只限于需用的部分，取放容器中内容物时注意避免污染容器，容器在运输时采取固定措施。

（11）外购  $^{125}\text{I}$  原料暂存于碘原料室内储源柜内，放射性固体废物暂存于废料衰减室内，上述区域均为双人双锁，划为控制区管理，无关人员不得进入。

### 4.2.2 操作中的放射防护

（1）个人防护用品：公司为辐射工作人员配备防护用品，包括铅橡胶衣、

铅防护眼镜、一次性洁净服，配备数量可以满足开展工作需要。

(2) 应急和去污用品：为工作人员配备应急和去污用品，包括一次性防水手套、口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂、刷子、吸水纸、酒精湿巾、标签等。

(3) 加强人员培训，熟练操作技能、缩短工作时间。

(4) 配备辅助用品：如激光焊接铅玻璃、微量取样器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、铅垃圾桶、屏蔽通风橱等。

(5) 控制区内禁止进食、饮水、吸烟、化妆，禁止进行无关工作及存放无关物品。

(6) 建立台帐，及时登记贮存的放射性物质，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。所有放射性物质不再使用时，立即送回原地安全储存。

(7) 当发生放射性物质溢出、散漏事故时，根据辐射事故应急处理预案，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，迅速去污并给予医学处理。

#### 4.2.3 碘[<sup>125</sup>I]粒籽源销售、包装、运输

(1) 建立放射性同位素使用、销售台账，并定期上报生态环境主管部门。销售给用户时，核对对方辐射安全许可证，务必保证在许可的范围内使用，确定已办理同位素转让审批手续。

(2) 碘[<sup>125</sup>I]粒籽源的包装使用专用放射性物品包装容器，安全适用，具有与放射性剂量相适应的防护装置，包装贴有标签、说明书和电离辐射警示标志等，标签注明药物品名、放射性比活度、装量等。

(3) 对放射性药物包装表面污染和辐射水平实施监测，监测结果满足国家放射性物品运输安全标准方可运输。

(4) 本项目委托专业运输公司负责将碘[<sup>125</sup>I]粒籽源运输至客户单位，运输过程中，建设单位拟指定人员与运输公司密切联系，对运输过程进行跟踪。

### 4.3 三废的治理

#### 4.3.1 废气处理措施

### （1）放射性废气

本项目工作场所设有通风系统，工作场所气流流向遵循自低污染区向高污染区的流向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩相对于其他场所为负压，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

本项目手套箱、激光焊机防护罩、屏蔽通风橱放射性废气负压收集后经设备顶壁活性炭吸附装置处理后与废料衰减室、碘原料室、污物暂存间、质控室、淋浴间、洁净衣物暂存间、洁具间房间排风汇集，由专用排风管道汇至厂房楼顶二级活性炭吸附装置处理后由 1 根 24m 高排气筒 P1 有组织排放。

图 4.3-1 本项目放射性废气排风管道示意图

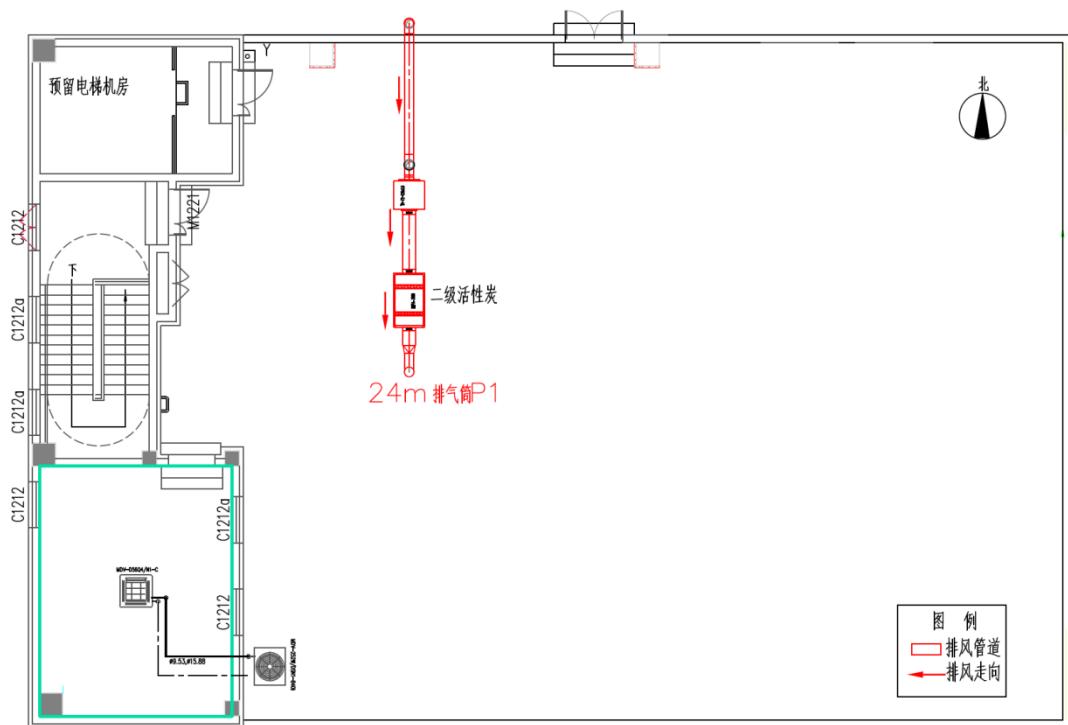


图 4.3-2 本项目放射性废气排风系统排气筒（屋顶）设置情况示意图

表 4.3-1 通风系统风量一览表

由上表可知，本项目铅箱和屏蔽通风橱专用排风装置风速均不小于 0.5m/s。本项目排风系统安装的活性炭过滤装置应不影响通风效率，排风系统运行过程中产生的废活性炭、废过滤器滤芯等过滤材料暂存在放废间内，经衰变并经检测满足清洁解控水平后委托有资质的单位处理。

综上所述，本项目场所排风系统满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)、《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 中工作场所通风要求，可保证放射性废气得到合理处置。

## (2) 非放射性废气

本项目源芯、粒籽源乙醇清洗过程挥发的少量有机废气经手套箱、屏蔽通风橱顶壁活性炭处理后由专用管道延伸至厂房楼顶，经二级活性炭吸附装置处理后由 1 根 24m 高排气筒 P1 排放。设备顶壁及屋顶活性炭装填情况详见下表。

表 4.3-2 活性炭装填及更换情况一览表

序号	设备名称	活性炭装填量	位置	更换频次	废活性炭产生量
1	1#手套箱	10kg	设备顶壁	每季度更换一次	0.06t/季度 (0.24t/a)
2	2#手套箱	10kg	设备顶壁	每季度更换一次	
3	激光焊机	10kg	设备顶壁	每季度更换一次	
4	粒籽源生产室屏蔽通风橱	10kg	设备顶壁	每季度更换一次	
5	质控室屏蔽通风橱	10kg	设备顶壁	每季度更换一次	
6	分装室屏蔽通风橱	10kg	设备顶壁	每季度更换一次	
7	二级活性炭	0.35t	厂房楼顶	每年更换一次	
合计					0.59t/as

#### 4.3.2 废水处理措施

##### (1) 放射性废水

粒籽源生产过程中，器皿（方形瓶、清洗用西林瓶）清洗、源芯、粒籽源纯水清洗、质量检验过程会产生一定量的放射性废水。事故情况下，人员去污清洁产生一定量的放射性废水。放射性废水经管道排入厂房西侧的放射性废水衰变系统内暂存。

###### ① 收集

公司在厂房西侧地下设置 1 套放射性废水衰变系统，放射性废水通过专用下水道汇至废水衰变系统。放射性废水收集口（地漏、清洗池）主要分布于粒籽源生产室、淋浴间等区域，用于收集生产过程产生和应急人员去污的放射性废水。收集系统母管布置于 1 层地下，各收集口支管收集的放射性废水经母管汇集最终排入衰变系统。放射性排水管道在地下敷设（地下-0.8m）排至格栅池内，管道的管材采用抗腐蚀、耐老化的 PE 管。正常情况下管道不会泄漏，若发生管道破损泄漏事故，应立即停止排水，并对管道采取修复措施，对泄漏的废水采取去污措施。建设单位通过严格管理措施，对排水管道定期进行巡检，及时发现问题并解决，可最大可能减少管道泄漏事故。辐射工作场所放射性排水管道路图见图 4.4-3。

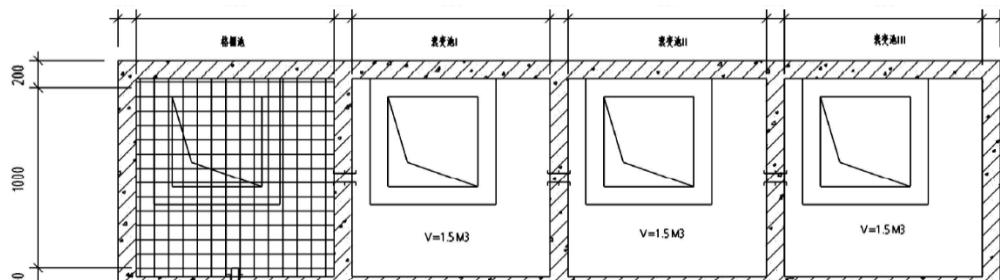


图 4.3-3 本项目辐射工作场所放射性排水管道路径图

## ② 贮存

本项目于厂房西侧绿地下设置 1 套放射性衰变系统，用于放射性废水的暂存衰变。该系统衰变池为槽式，由格栅池、衰变池 1#、衰变池 2#、衰变池 3# 4 个池体组成，3 个衰变池为 3 级分隔衰变池，有效容积均为 1m<sup>3</sup>。放射性废水排至格栅池沉淀后泵入衰变池 1#或衰变池 2#或衰变池 3#进行衰变，每个衰变池装满关闭接入下一个衰变池，3 个衰变池轮流使用。3 个衰变池各设置 1 台潜水泵可将达标废水泵出。当最后一个衰变池到达设定液位时关闭入水口排空第一个池体中的废水，之后开启第一个池体的入水口，依次循环。衰变池采用地理式池体，并采取防雨水、防渗、防腐、防泄漏、防倒灌、防泄漏措施。衰变池底板、隔断墙采用 C30 钢筋混凝土浇筑，衰变池顶板厚度为 300mm，采用硫酸钡水泥以 3: 1 的比例浇筑，设置检修人孔（500×500×150mm），中间采用 3mm 厚铅板进行浇筑，池壁做防水处理。

衰变系统设计如图 4.3-4 所示。



### ③ 排放

本项目放射性废水产生量为  $0.573\text{m}^3/\text{a}$ ，衰变池容积共计  $4.5\text{m}^3$ ，有效容积为  $3\text{m}^3$ ，可存储  $1570.7\text{d}$  放射性废水量。放射性废水暂存超过 10 倍半衰期，监测结果经审管部门认可后排入市政污水管网，最终排入津南双桥污水处理厂。排放放射性废水总  $\beta$  不大于  $10\text{Bq/L}$ 。

### ④ 放射性废水衰变系统运行与安全控制措施

#### a. 运行模式

本项目产生的放射性废水经放射性排水管道排入衰变系统，废水首先在格栅池静置沉淀，之后由泵分别提升至 1#衰变池、2#衰变池、3#衰变池中进行暂存衰变。本项目 3 个衰变池轮流使用，当第 1 个池体液位达到设定液位高度时关闭其入水口，并开启第 2 个衰变池入水口，当第 2 个池体的液位达到设定液

位高度时关闭入水口，并开启第3个衰变池入水口。当第3个池体存满后向外排放第1个池体中的废水，依次循环。

b. 管控措施

本项目衰变池池体周围拟划定区域并设置围栏和标识，确保围栏处于锁闭状态，防止无关人员靠近。衰变池池盖上拟张贴电离辐射警告标志，并设置安全警示语句，定期开展池体及周边的辐射水平检测。

c. 管理要求

公司辐射工作人员负责放射性废水的暂存和处理，并建立废水暂存和处理台账，详细记录放射性废水所含的核素名称、体积、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

（2）非放射性废水

本项目运行过程会产生辅料清洗废水（包括银棒、钛管清洗用水和包装用西林瓶清洗废水）、生活污水、纯水制备系统浓水。上述废水经化粪池处理后由污水总排口排入市政污水管网，最终排至津南双桥污水处理厂集中处置。

#### 4.3.3 固体废物处理措施

（1）放射性固体废物

本项目放射性固体废物包括生产过程产生的废反应液、源芯、粒籽源乙醇清洗废液、废旧耗材（取样器、反应器皿、擦拭物、棉签、吸水纸、废原料瓶、口罩、手套等）、不合格品、剩余质检废物、废留样样品、涉放区净化空调机组定期更换产生的废过滤器滤芯、废气处理装置产生的废活性炭和废水衰变系统浮渣污泥。放射性固体废物在废料衰减室衰变经检测达到清洁解控水平后，作为危险废物委托有资质的单位处理。

① 收集

粒籽源生产车间产生的放射性固体废物收集于放射性废物桶内，放射性废物桶内放置专用塑料袋直接收纳废物，放射性废物每袋重量不超过 20kg。盛装放射性废物的塑料袋应密封、不破漏，并及时转运至一层废料衰减室放射性废物储存箱内衰变。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，防止刺破物袋。放射性废物桶均贴上电离辐射警告标志，设置铅盖。

每次收集时塑料袋表面应贴上标签，标明放射性废物的类型、种类和存放日期的说明，并做好相应的记录。放射性固体废物的存储和处理拟安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

## ② 贮存

本项目厂房一层西侧设置 1 间废料衰减室，作为放射性固体废物暂存衰变场所，并划为控制区管理，无关人员不得进入。污物暂存室、废料衰减室均安装通风换气装置，通风换气装置设有独立的排风管道（排放口位于屋顶）。房间入口处拟设置电离辐射警告标志，拟采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。废料衰减室内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

污物暂存室、废料衰减室内设放射性废物桶、放射性废物储存箱，并采取分格设置，以满足不同日期的放射性废物的存放。放射性废物桶、放射性废物储存箱表面注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

## ③ 处理

放射性固体废物收集于放射性废物桶内及时转送至一层废料衰减室放射性废物储存箱内衰变。本项目放射性固体废物所含核素为  $^{125}\text{I}$ ，半衰期为 59.4d，放射性固体废物暂存时间超过 10 倍半衰期（大于 594d），经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，对废物清洁解控作为危险废物委托有资质的单位处理。

本项目放射性固体废物产生及处理措施一览表如表 4.3-3 所示。

表 4.3-3 放射性固体废物处理措施一览表

固废来源	废物名称	处置方式
粒籽源生产车间	废反应液、源芯、粒籽源乙醇清洗废液	分类收集，存于废料衰减室，放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍，经检测达到清洁解控水平后，作为危险废物委托有资质的单位处理。
	废旧耗材	
	不合格产品	
	剩余质检废物	
	废留样样品	
粒籽源生产车间废气处理系统	废过滤器滤芯	作为危险废物委托有资质的单位处理。
	废活性炭	
放射性废水衰变系统	废水衰变系统浮渣污泥	

公司辐射工作人员负责放射性固体废物的存储和处理，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

#### （2）非放射性固体废物

本项目运行过程会产生生活垃圾和废试剂、废试剂包装、纯水制备废耗材等。员工生活垃圾由城市管理部门定期清运处置。废试剂、废试剂包装为危险废物，废物类别为“HW49 其他废物”，废物代码分别为 900-047-49、900-041-49，交由有资质单位处理。纯水制备过程会产生废耗材为一般工业固体废物，委托物资部门回收利用。本项目非放射性固体废物处置去向合理，不会造成二次污染。

### 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，公司根据相关要求实施场所退役，拟采取的相关环保措施如下。

#### 4.4.1 设计阶段对退役实施的考虑

（1）为保证项目服务期满后顺利开展退役工作，建设单位将为非密封放射性物质工作场所的退役设立专项资金账号，退役经费取项目总投资的 1%，专款专用，由财务总监管理。

（2）本项目生产场所设置为独立场所，且对于易挥发和易撒漏的放射性物质均局限在手套箱、屏蔽通风橱内操作，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。

（3）生产场所地面铺设均采用易拆性、易去污的地面，且墙角作圆角处理，防止撒漏放射性物质扩散到土壤中。

（4）项目设置废料衰减室和衰变池，尽可能减少“三废”的产生量、处理量、排放量和存留量。

#### 4.4.2 退役环保措施

（1）项目服务期满前，公司成立的辐射安全与环境保护管理机构负责项目退役前、退役中以及退役后的辐射安全管理。退役前，建设单位需根据要求编制退役方案，并在正式开展退役活动前编制退役环境影响评价，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；退役过程中，公司将编制源项调查报告，实施退役工程；退役后，公司将按照相关法律法规要求，开展项目退役验收工作。

(2) 退役过程中，擦拭、剥离、铲除等作业产生的受污染固体废物，经有相应资质机构测量达到豁免水平，经审管部门许可后，可作为一般废物进行处理，否则应作为放射性废物交有资质单位处理；退役过程中，产生的放射性液体废物，经检测达到清洁解控水平后，经审管部门许可后，按要求经指定排放口排入市政污水管网。

(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。

#### 4.5 辐射防护与环保投资

本项目辐射防护与环保投资主要包括：辐射安全防护措施、废气治理措施、噪声防治措施、废水治理设施、固体废物收集及暂存措施、风险防范措施、排污口规范化建设、配备的剂量率监测仪器设备以及个人防护用品，辐射防护与环保投资总计约 138.7 万元，约占总投资的 3.5%，环保投资明细如下表所示。

表 4.5-1 辐射防护与环保投资

序号	名称		数量	估算投资额 (万元)
1	辐射监测仪器	便携式 X-γ 剂量率仪	1 台	2
2		表面污染检测仪	4 台	6
3		个人剂量计	8 个	0.2
4		个人剂量报警仪	8 台	1.6
5		固定式辐射监测报警仪	1 套	3
6		放射性气溶胶连续监测仪	1 套	8
7		指环剂量计	2 套	0.2
8	个人防护用品	铅橡胶衣	8 套	4
9		铅防护眼镜	8 套	2.4
10		铅防护手套	8 套	1.6
11		铅防护围裙	8 套	4
12		铅防护帽	8 套	0.8
13		铅防护围脖	8 套	0.8
14	辐射屏蔽	手套箱	2 套	15
15		铅罐（物料转运）	50 个	15
16		储源柜	1 个	4
17		激光焊机防护罩	1 套	3
18		屏蔽通风橱	3 套	20
19	废气处理	放射性废气处理系统	2 套	15
20	废水处理	放射性废水衰变系统	1 套	30

21	固体废物	放射性废物储存箱	10 个	0.5
22	处理	放射性废物桶	10 个	0.5
23	噪声处理	选用低噪声设备、基础减振等	/	1
24	其他	警示标识等	/	0.1
合计				138.7

## 第五章 环境影响分析

### 5.1 建设阶段对环境的影响

#### 5.1.1 施工废气

##### （1）施工扬尘

本项目施工阶段扬尘主要来源于：装修建筑材料的搬运及堆放、施工垃圾的清理及堆放，车辆往来造成的道路扬尘等。本项目施工活动主要位于室内，且不涉及土方开挖等易产生扬尘的作业，施工扬尘的影响范围较小，仅局限在施工现场附近区域。同时，项目拟采取洒水抑尘、及时清运垃圾等措施，进一步减轻扬尘的影响。施工扬尘影响为短期影响，施工结束后，地区环境空气质量可以恢复至现状水平。

##### （2）运输车辆尾气

运输车辆在施工场地附近排放一定量的尾气，其主要污染物为CO、NO<sub>x</sub>等，会对作业点周围和运输路线两侧局部范围产生一定影响。运输车辆全部为户外作业，尾气可及时扩散，其污染程度相对较轻。根据《天津市人民政府办公厅关于印发天津市持续深入打好污染防治攻坚战三年行动方案的通知》（津政办发〔2023〕21号）、《关于印发<天津市全面推进美丽天津建设暨持续深入打好污染防治攻坚战 2025 年工作计划>的通知》、《天津市机动车和非道路移动机械排放污染防治条例》等文件要求，建设单位应停止使用国三及以下排放标准柴油货车开展运输工作，预计不会对周围大气环境造成明显不利影响。

#### 5.1.2 施工噪声

施工期的噪声影响主要来自施工机械的机械噪声。本项目仅进行装修及设备安装，采用施工机械均为小型设备，且主要在室内施工，建设单位拟采用低噪声设备，昼间施工，预计施工场界处噪声可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）要求。

根据《中华人民共和国噪声污染防治法》、《天津市环境噪声污染防治管理办法》等文件要求，施工单位应当按照规定制定噪声污染防治实施方案，采取有效措施，减少振动、降低噪声。建设单位应当监督施工单位落实噪声污染防治

防治实施方案。建设单位应当按照规定将噪声污染防治费用列入工程造价，在施工合同中明确施工单位的噪声污染防治责任。建设单位拟采取选用低噪声、低振动施工机械设备，采用噪声比较小的施工方法，加强设备维修保养，合理安排施工进度。避免多台机械设备在同一时间段使用，现场作业轻拿轻放，对施工人员进行噪声污染防治的宣传教育，提高其对噪声污染的认识和重视程度，在施工前制定细致的施工计划，合理安排施工序列和施工时段，避免产生连续性噪声，禁止当日 22 时至次日 6 时进行产生噪声污染的施工作业和运输。

由于本项目施工时间较短，且施工活动为间歇运行，在建设单位采取一系列有效隔声、降噪、减振等措施后，施工期噪声不会对周围环境造成明显不利影响。施工期噪声环境影响是暂时的，随着施工结束即可消失。

### 5.1.3 施工废水

施工期废水主要为施工人员产生的生活污水。施工期施工人员产生的生活污水依托园区内现有公共卫生设施，最终排入城市污水管网，不会对周围水环境造成明显不利影响。

### 5.1.4 施工固体废物

施工期固体废物主要包括生活垃圾和建筑垃圾（装修材料、包装材料）。产生的废弃物如废材料、废包装材料、废塑料薄膜等应妥善保管，及时回收处理；对于不可回收的建筑垃圾，应定点堆放，及时送天津市指定的建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾依托园区生活垃圾收集设施收集后，交城市管理部门统一处理。本项目施工期固体废物去向合理，不会对环境造成二次污染。根据《天津市工程渣土排放行政许可实施办法》和《天津市建筑工程渣土管理条例》等有关规定，建设单位拟采取施工垃圾和人员生活垃圾集中收集、及时清运，垃圾运输采用密闭装置，加强对施工人员加强教育和管理等措施，以减轻施工垃圾对周围环境影响。

### 5.1.5 生态影响分析

本项目在现有厂房内进行装修、安装设备，不涉及新增占地，不会对周围生态环境造成明显不利影响。

## 5.2 运行阶段对环境的影响

根据工艺分析及源项，项目运行阶段产生的辐射环境影响主要为粒籽源生产过程中放射性核素  $^{125}\text{I}$  产生的  $\gamma$  射线外照射影响、表面污染影响、放射性废气、放射性废水及放射性固体废物；非放射性污染环境影响主要为废气、废水、噪声和固体废物。

### 5.2.1 电离辐射环境影响分析

根据本项目涉及核素特性，产生的电离辐射主要为  $\gamma$  射线，本次评价重点关注  $\gamma$  射线的辐射影响。

#### 5.2.1.1 预测模式

##### (1) 生产过程操作放射性核素过程中 $\gamma$ 射线外照射

放射性核素操作过程的周围剂量当量率参照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 I 中公式计算，具体如下：

$$\dot{H}_p = \frac{A \cdot \Gamma \cdot \eta}{r^2} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{公式 1})$$

式中：

$\dot{H}_p$ ：屏蔽体外关注点的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$A$ ：放射源活度， $\text{Bq}$ ；

$\Gamma$ ：距源  $1\text{m}$  处的周围剂量当量率常数， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{h} \cdot \text{Bq})$ ，参考《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 H， $^{125}\text{I}$  参数取值为  $1.65\text{E-08}$ ；

$r$ ：关注点到放射源的距离， $\text{m}$ ；

$\eta$ ：屏蔽体的减弱系数。

##### (2) 屏蔽体的减弱系数计算公式

$$\eta = \prod_{i=1}^n 10^{-x_i/TVL_i} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{公式 2})$$

式中：

$x_i$ ：第  $i$  种屏蔽体厚度， $\text{cm}$ ；

$TVL_i$ ：第  $i$  种屏蔽体什值层厚度， $\text{cm}$ 。部分核素屏蔽材料什值层厚度见表 5.2-1。

表 5.2-1 常用放射性核素屏蔽材料什值层厚度参数

核素	$\gamma$ 射线能量 (MeV)	铅什值层 (mm)	混凝土什值层 (mm)	铁什值层 (mm)
$^{125}\text{I}$	0.03548	0.18	15	1.4

注：① 铅的密度  $11.3\text{g/cm}^3$ , 混凝土密度  $2.35\text{g/cm}^3$ , 不锈钢的密度（以铁计） $7.8\text{g/cm}^3$ ;  $^{125}\text{I}$  的什值层查《辐射安全手册》。

### (3) 有效剂量计算公式

$$H = \dot{H} \times t \times T \times 10^{-3} \dots \dots \dots \quad (\text{公式 3})$$

式中：

H：年有效剂量，mSv/a；

$\dot{H}$ ：关注点的周围剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t：年受照时间，h/a；

T：居留因子，参考 IAEA 47 号报告，不同场所与环境下的居留因子取值如下表；

表 5.2-2 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/4	公共走廊、休息室、杂物间、无人管理的停车场
偶然居留	1/16	厕所、楼梯、行人车辆通道

#### 5.2.1.2 剂量关注点

根据粒籽源生产车间工作场所平面布局和周围环境分析，本次评价选取粒籽源生产车间四周屏蔽墙外 0.3m 处和有代表性的辐射工作人员和公众居留处作为剂量关注点，共 19 个关注点，关注点位示意图见图 5.2-1、图 5.2-2。

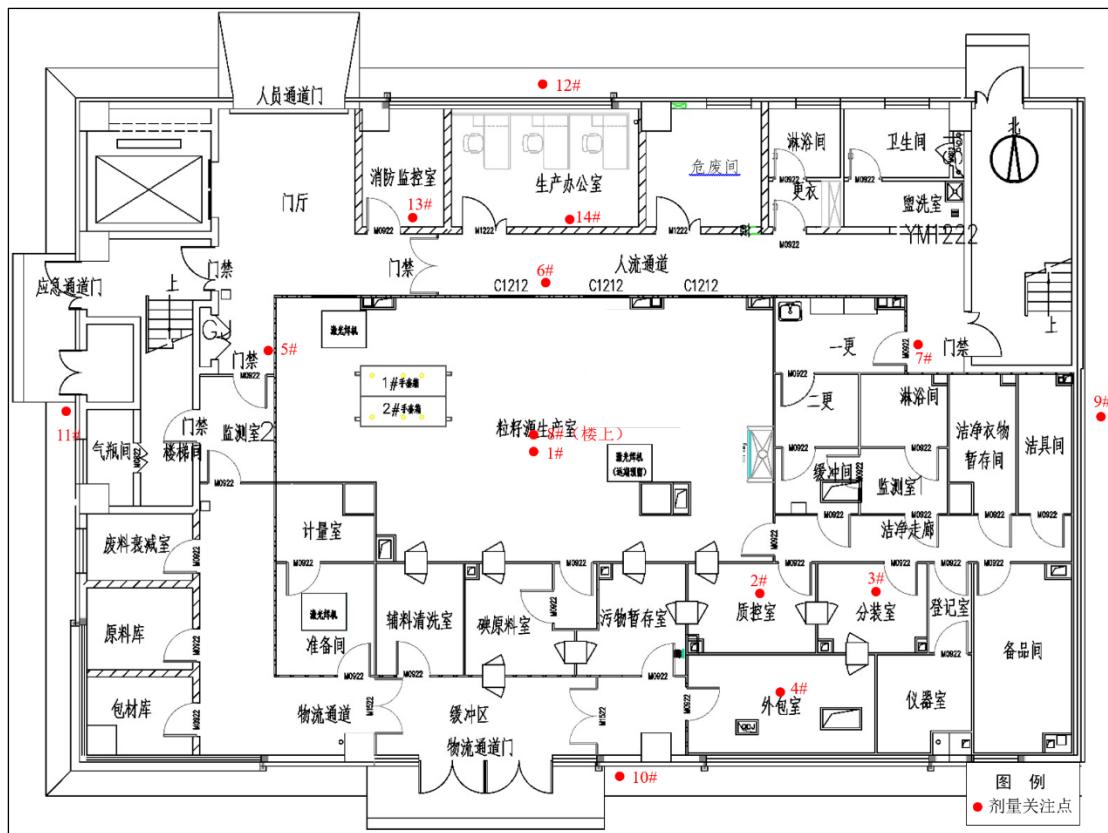


图 5.2-1 本项目厂房内剂量关注点位示意图



图 5.2-2 本项目厂房外剂量关注点示意图

### 5.2.1.3 辐射环境影响预测结果

#### (1) 生产过程 $\gamma$ 射线外照射

本项目按照生产需求预定核素  $I-125$ ，每周送药量为  $2.22E+11Bq$ ，单个货包包装规格为  $3.7E+10Bq$  ( $1Ci$ )。药品送达后联同铅罐 (5mm) 暂存于厂房碘原料室储源柜 (5mm) 内，生产时由辐射工作人员整体转运 1 个货包 (单个货包规格为  $3.7E+10Bq$ ) 至手套箱 (正面、侧面为 10mmPb，其他面为 3mmPb) 内进行吸取操作。 $I-125$  最大储存量为  $2.22E+11Bq$ 。

源芯制备、源芯清洗、装芯操作在带有防护手孔的手套箱进行，辐射工作人员位于距手套箱 (正面侧面 10mmPb，其他面 3mmPb，观察窗为 3mmPb) 外表面 0.3m 处 (距源约 0.7m)。完成上述工序时，辐射工作人员手部剂量率会较高，但持续时间很短，完成后手立即退出手套箱，并合上手孔铅防护。源芯制备、源芯清洗每批次操作一次 (最多 1000 粒)，操作量最大为  $3.7E+10Bq$ 。本项目涉及使用 2 个手套箱 (1#手套箱和 2#手套箱)，工作量平均分配，从保守角度考虑，按照全部在单个手套箱内完成计算手套箱屏蔽体外表面处最大周围剂量当量率。

封焊操作在激光焊台上完成，操作工位与激光焊台之间设有防护罩 (正面观察窗铅玻璃为 1mmPb，其他部位为 5mm 不锈钢)，辐射工作人员位于距防护罩外表面 0.3m 处 (距源约 0.5m)。封焊工序单次转运 50 粒半成品至激光焊台，焊接为单粒操作，保守考虑，封焊工序操作量按  $1.85E+09Bq$  ( $50mCi$ ) 计。

清洗、测量分级、分装、质量检验在屏蔽通风橱进行，辐射工作人员位于距铅玻璃 (正面、侧面观察窗为 1mmPb，其他部位为 5mm 不锈钢) 外表面 0.3m 处 (距源约 0.55m)。清洗工序每次对一批次籽源进行操作，操作量为  $3.7E+10Bq$ 。测量分级、分装每次对单粒籽源进行操作，操作量保守考虑按一批次粒籽源活度计，即  $3.7E+10Bq$ 。产品质量检验最多使用 15 粒 ( $5.55E+08Bq$ )，原料检验最多使用  $1.85E+05Bq$  ( $5\mu Ci$ )，因此质量检验操作量保守按  $5.55E+08Bq$  计。检验完成后按照每批原料抽取 30 粒粒籽源 (按  $1mCi$ /粒计) 留样 2 个月 (2 月最多涉及 9 批次原料，留样 270 粒)，操作量按  $9.99E+09Bq$ 。

外包时，辐射工作人员取出装有产品的铅罐 (已在分装室内盖好上盖)，转入外包间对铅罐进行贴标、外表面剂量检测，人员包装位距离铅罐约 0.5m。操作量按单个货包最大包装活度计，即  $3.7E+09Bq$  ( $0.1Ci$ )。

外购  $\text{Na}^{125}\text{I}$  包装形式为铅罐，在碘原料室储源柜内暂存，生产时由辐射工作人员转运至粒籽源生产室手套箱内。 $^{125}\text{I}$ 接收和转运时单次转运量不超过单次最大进药量  $2.22\text{E}+11\text{Bq}$  ( $6\text{Ci}$ )。

本项目产生的放射性固体废物分类收集后，送至废料衰减室内储存衰变。放射性废物本身沾染放射性核素活度浓度较低，放射性废物转运过程放射源活度按 10 个半衰期存放放射性固体考虑，每日进入固体废物中的核素量考虑（场所日最大操作量  $3.7\text{E}+10\text{Bq}$  的 0.02%+每日产生不合格品  $4.44\text{E}+08\text{Bq}$  考虑），即  $4.51\text{E}+08\text{Bq}$ 。

根据公式 1、公式 2 计算粒籽源生产车间制备碘 [ $^{125}\text{I}$ ] 粒籽源过程对周围辐射环境影响，计算结果见表 5.2-3。

表 5.2-3 粒籽源生产车间对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

关注点		放射源活度 (A), $\text{Bq}$	屏蔽材料及厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
源芯制备、源芯清洗、装芯	1#、2#手套箱正面、侧面外表面 5cm	$3.7\text{E}+10$	3mmPb	0.45	2.15E-17	<1E-10	25
	1#、2#手套箱底面、顶面外表面 5cm	$3.7\text{E}+10$	3mmPb	0.45	2.15E-17	<1E-10	25
	1#、2#手套箱正面、侧面外表面 0.3m (操作位)	$3.7\text{E}+10$	3mmPb	0.7	2.15E-17	<1E-10	2.5
	1#、2#手套箱底面、顶面外表面 0.3m	$3.7\text{E}+10$	3mmPb	0.7	2.15E-17	<1E-10	25
	粒籽源生产室四侧墙体外表面 0.3m	$3.7\text{E}+10$	3mmPb	3	2.15E-17	<1E-10	2.5
	粒籽源生产室顶外表面 0.3m	$3.7\text{E}+10$	150mm 混凝土+3mmPb	1.3	2.15E-27	<1E-10	2.5
	1#粒籽源生产室	$3.7\text{E}+10$	3mmPb	3.89	2.15E-17	<1E-10	/
	2#质控室	$3.7\text{E}+10$	3mmPb	10.4	2.15E-17	<1E-10	/
	3#分装室	$3.7\text{E}+10$	3mmPb	13.5	2.15E-17	<1E-10	/
	4#外包室	$3.7\text{E}+10$	3mmPb	12.7	2.15E-17	<1E-10	/
	5#粒籽源生产	$3.7\text{E}+10$	3mmPb	3	2.15E-17	<1E-10	/

关注点		放射源活度(A), Bq	屏蔽材料及 厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当 量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量 限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
封 焊	车间西侧走廊						
	6#粒籽源生产车间北侧走廊	3.7E+10	3mmPb	3	2.15E-17	<1E-10	/
	7#粒籽源生产车间东侧走廊	3.7E+10	3mmPb	12.7	2.15E-17	<1E-10	/
	8#楼上	3.7E+10	150mm 混凝土+3mmPb	1.3	2.15E-27	<1E-10	/
	9#厂房东侧 (江恒产业园 5号楼1单元)	3.7E+10	3mmPb	17.2	2.15E-17	<1E-10	/
	10#厂房南侧	3.7E+10	3mmPb	9.2	2.15E-17	<1E-10	/
	11#厂房西侧	3.7E+10	3mmPb	8.5	2.15E-17	<1E-10	/
	12#厂房北侧	3.7E+10	3mmPb	7.9	2.15E-17	<1E-10	/
	13#控制室	3.7E+10	3mmPb	6	2.15E-17	<1E-10	/
	14#生产办公室	3.7E+10	3mmPb	6	2.15E-17	<1E-10	/
	15#江恒产业园 3号楼	3.7E+10	3mmPb	54	2.15E-17	<1E-10	/
	16#江恒产业园 4号楼	3.7E+10	3mmPb	17	2.15E-17	<1E-10	/
	17#江恒产业园 6号楼	3.7E+10	3mmPb	41	2.15E-17	<1E-10	/
	18#江恒产业园 10号楼	3.7E+10	3mmPb	56	2.15E-17	<1E-10	/
	19#江恒产业园 11号楼	3.7E+10	3mmPb	32	2.15E-17	<1E-10	/
	辐射工作人员 眼晶体	3.7E+10	3mmPb	0.4	2.15E-17	<1E-10	/
	辐射工作人员 手部	3.7E+10	0.5mm	0.2	1.67E-03	1.02E+02	/
	激光焊机防护罩正面外表面 5cm	1.85E+9	5mm 不锈钢	0.25	2.68E-04	1.31E-01	25
	激光焊机防护罩侧面、底面、顶面、背面外表面 5cm	1.85E+9	5mm 不锈钢	0.25	2.68E-04	1.31E-01	25
	激光焊机防护罩正面外表面 0.3m (操作位)	1.85E+9	5mm 不锈钢	0.5	2.68E-04	3.28E-02	2.5
	激光焊机防护罩侧面、底面、顶面、背面外表面 0.3m	1.85E+9	5mm 不锈钢	0.5	2.68E-04	3.28E-02	25
	粒籽源生产室	1.85E+9	5mm 不锈钢	1.2	2.68E-04	5.69E-03	2.5

关注点		放射源活度(A), Bq	屏蔽材料及 厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当 量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量 限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
粒籽源生产室 室外表面 0.3m	四侧墙体外表 面 0.3m						
	粒籽源生产室 室顶外表面 0.3m	1.85E+9	150mm 混凝 土+5mm 不 锈钢	1.3	2.68E-14	<1E-10	2.5
	1#粒籽源生产 室	1.85E+9	5mm 不锈钢	4.5	2.68E-04	4.04E-04	/
	2#质控室	1.85E+9	5mm 不锈钢	11.2	2.68E-04	6.53E-05	/
	3#分装室	1.85E+9	5mm 不锈钢	14.3	2.68E-04	4.00E-05	/
	4#外包室	1.85E+9	5mm 不锈钢	13.1	2.68E-04	4.77E-05	/
	5#粒籽源生产 车间西侧走廊	1.85E+9	5mm 不锈钢	2	2.68E-04	2.05E-03	/
	6#粒籽源生产 车间北侧走廊	1.85E+9	5mm 不锈钢	1.2	2.68E-04	5.69E-03	/
	7#粒籽源生产 车间东侧走廊	1.85E+9	5mm 不锈钢	14.9	2.68E-04	3.69E-05	/
	8#楼上	1.85E+9	150mm 混凝 土+5mm 不 锈钢	1.3	2.68E-14	<1E-10	/
	9#厂房东侧 (江恒产业园 5号楼1单元)	1.85E+9	5mm 不锈钢	18	2.68E-04	2.53E-05	/
	10#厂房南侧	1.85E+9	5mm 不锈钢	9.7	2.68E-04	8.70E-05	/
	11#厂房西侧	1.85E+9	5mm 不锈钢	8	2.68E-04	1.28E-04	/
	12#厂房北侧	1.85E+9	5mm 不锈钢	7.4	2.68E-04	1.50E-04	/
	13#消防监控室	1.85E+9	5mm 不锈钢	2.3	2.68E-04	1.55E-03	/
	14#生产办公室	1.85E+9	5mm 不锈钢	3.2	2.68E-04	8.00E-04	/
	15#江恒产业园 3号楼	1.85E+9	5mm 不锈钢	53.5	2.68E-04	2.86E-06	/
	16#江恒产业园 4号楼	1.85E+9	5mm 不锈钢	16.5	2.68E-04	3.01E-05	/
	17#江恒产业园 6号楼	1.85E+9	5mm 不锈钢	41.5	2.68E-04	4.75E-06	/
	18#江恒产业园 10号楼	1.85E+9	5mm 不锈钢	55.8	2.68E-04	2.63E-06	/
	19#江恒产业园 11号楼	1.85E+9	5mm 不锈钢	32.5	2.68E-04	7.75E-06	/
	辐射工作人员 眼晶体	1.85E+9	1mmPb	0.2	2.78E-06	2.12E-03	/
	辐射工作人员 手部	1.85E+9	0.3mmPb	0.2	2.15E-02	1.64E+01	/
粒 籽 源	屏蔽通风橱正 面、侧面外表 面 5cm	3.7E+10	5mm 不锈钢	0.3	2.68E-04	1.82	25

关注点		放射源活度(A), Bq	屏蔽材料及 厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当 量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量 限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
清洗	屏蔽通风橱底面、顶面、背面 外表面上5cm	3.7E+10	5mm 不锈钢	0.3	2.68E-04	1.82	25
	屏蔽通风橱正面 外表面上0.3m (操作位)	3.7E+10	5mm 不锈钢	0.55	2.68E-04	5.41E-01	2.5
	屏蔽通风橱底面、顶面、背面 外表面上0.3m	3.7E+10	5mm 不锈钢	0.55	2.68E-04	5.41E-01	25
	粒籽源生产室 四侧墙体外表 面0.3m	3.7E+10	5mm 不锈钢	1.6	2.68E-04	6.40E-02	2.5
	粒籽源生产室 室顶外表面上 0.3m	3.7E+10	150mm 混凝 土+5mm 不 锈钢	1.3	2.68E-14	<1E-10	2.5
	1#粒籽源生产 室	3.7E+10	5mm 不锈钢	5.5	2.68E-04	5.41E-03	/
	2#质控室	3.7E+10	5mm 不锈钢	4.2	2.68E-04	9.28E-03	/
	3#分装室	3.7E+10	5mm 不锈钢	5.5	2.68E-04	5.41E-03	/
	4#外包室	3.7E+10	5mm 不锈钢	6.7	2.68E-04	3.65E-03	/
	5#粒籽源生产 车间西侧走廊	3.7E+10	5mm 不锈钢	11.5	2.68E-04	1.24E-03	/
	6#粒籽源生产 车间北侧走廊	3.7E+10	5mm 不锈钢	5.4	2.68E-04	5.62E-03	/
	7#粒籽源生产 车间东侧走廊	3.7E+10	5mm 不锈钢	6.3	2.68E-04	4.13E-03	/
	8#楼上	3.7E+10	150mm 混凝 土+5mm 不 锈钢	1.3	2.68E-14	<1E-10	/
	9#厂房东侧 (江恒产业园 5号楼1单元)	3.7E+10	5mm 不锈钢	9.6	2.68E-04	1.78E-03	/
	10#厂房南侧	3.7E+10	5mm 不锈钢	6.6	2.68E-04	3.76E-03	/
	11#厂房西侧	3.7E+10	5mm 不锈钢	17.3	2.68E-04	5.47E-04	/
	12#厂房北侧	3.7E+10	5mm 不锈钢	11.3	2.68E-04	1.28E-03	/
	13#控制室	3.7E+10	5mm 不锈钢	9.8	2.68E-04	1.71E-03	/
	14#生产办公室	3.7E+10	5mm 不锈钢	6.1	2.68E-04	4.40E-03	/
	15#江恒产业园 3号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	55	2.68E-04	5.41E-05	/
	16#江恒产业园 4号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	19	2.68E-04	4.54E-04	/
	17#江恒产业园 6号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	35	2.68E-04	1.34E-04	/
	18#江恒产业园	3.7E+10	5mm 不锈钢	46	2.68E-04	7.74E-05	/

关注点		放射源活度(A), Bq	屏蔽材料及 厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当 量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量 限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
测量 分级	10号楼						
	19#江恒产业园 11号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	38	2.68E-04	1.13E-04	/
	辐射工作人员 眼晶体	3.7E+10	1mmPb	0.25	2.78E-06	2.72E-02	/
	辐射工作人员 手部	3.7E+10	0.3mmPb	0.2	2.15E-02	3.29E+02	/
屏蔽通风橱正面、侧面外表 面 5cm		3.7E+10	5mm 不锈钢	0.3	2.68E-04	1.82	25
屏蔽通风橱底面、顶面、背 面外表面 5cm		3.7E+10	5mm 不锈钢	0.3	2.68E-04	1.82	25
屏蔽通风橱正 面外表面 0.3m (操作位)		3.7E+10	5mm 不锈钢	0.55	2.68E-04	5.41E-01	2.5
屏蔽通风橱底 面、顶面、背 面外表面 0.3m		3.7E+10	5mm 不锈钢	0.55	2.68E-04	5.41E-01	25
粒籽源生产室 四侧墙体外表 面 0.3m		3.7E+10	5mm 不锈钢	1.4	2.68E-04	8.36E-02	2.5
粒籽源生产室 室顶外表面 0.3m		3.7E+10	150mm 混凝 土+5mm 不 锈钢	1.3	2.68E-14	<1E-10	2.5
1#粒籽源生产 室		3.7E+10	5mm 不锈钢	6.9	2.68E-04	3.44E-03	/
2#质控室		3.7E+10	5mm 不锈钢	1.5	2.68E-04	7.28E-02	/
3#分装室		3.7E+10	5mm 不锈钢	4.9	2.68E-04	6.82E-03	/
4#外包室		3.7E+10	5mm 不锈钢	3.2	2.68E-04	1.60E-02	/
5#粒籽源生产 车间西侧走廊		3.7E+10	5mm 不锈钢	12.3	2.68E-04	1.08E-03	/
6#粒籽源生产 车间北侧走廊		3.7E+10	5mm 不锈钢	9.2	2.68E-04	1.94E-03	/
7#粒籽源生产 车间东侧走廊		3.7E+10	5mm 不锈钢	8.3	2.68E-04	2.38E-03	/
8#楼上		3.7E+10	150mm 混凝 土+5mm 不 锈钢	1.3	2.68E-14	<1E-10	/
9#厂房东侧 (江恒产业园 5号楼1单元)		3.7E+10	5mm 不锈钢	8.7	2.68E-04	2.16E-03	/
10#厂房南侧		3.7E+10	5mm 不锈钢	5.5	2.68E-04	5.41E-03	/
11#厂房西侧		3.7E+10	5mm 不锈钢	18.2	2.68E-04	4.94E-04	/

关注点		放射源活度(A), Bq	屏蔽材料及 厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当 量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量 限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
分装	12#厂房北侧	3.7E+10	5mm 不锈钢	15.3	2.68E-04	7.00E-04	/
	13#消防监控室	3.7E+10	5mm 不锈钢	11.3	2.68E-04	1.28E-03	/
	14#生产办公室	3.7E+10	5mm 不锈钢	9.2	2.68E-04	1.94E-03	/
	15#江恒产业园 3号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	62	2.68E-04	4.26E-05	/
	16#江恒产业园 4号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	26	2.68E-04	2.42E-04	/
	17#江恒产业园 6号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	26	2.68E-04	2.42E-04	/
	18#江恒产业园 10号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	47	2.68E-04	7.41E-05	/
	19#江恒产业园 11号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	37	2.68E-04	1.20E-04	/
	辐射工作人员 眼晶体	3.7E+10	1mmPb	0.25	2.78E-06	2.72E-02	/
	辐射工作人员 手部	3.7E+10	0.3mmPb	0.2	2.15E-02	3.29E+02	/
分装	屏蔽通风橱正 面、侧面外表 面 5cm	3.7E+10	5mm 不锈钢	0.3	2.68E-04	1.82	25
	屏蔽通风橱底 面、顶面、背 面外表面 5cm	3.7E+10	5mm 不锈钢	0.3	2.68E-04	1.82	25
	屏蔽通风橱正 面、侧面外表 面 0.3m (操作 位)	3.7E+10	5mm 不锈钢	0.55	2.68E-04	5.41E-01	2.5
	屏蔽通风橱底 面、顶面、背 面外表面 0.3m	3.7E+10	5mm 不锈钢	0.55	2.68E-04	5.41E-01	25
	分装室四侧墙 体外表面 0.3m	3.7E+10	5mm 不锈钢	0.6	2.68E-04	8.36E-02	2.5
	分装室室顶外 表面 0.3m	3.7E+10	150mm 混凝 土+5mm 不 锈钢	1.3	2.68E-14	<1E-10	2.5
	1#粒籽源生产 室	3.7E+10	5mm 不锈钢	9.6	2.68E-04	1.78E-03	/
	2#质控室	3.7E+10	5mm 不锈钢	3.5	2.68E-04	1.34E-02	/
	3#分装室	3.7E+10	5mm 不锈钢	1	2.68E-04	1.64E-01	/
	4#外包室	3.7E+10	5mm 不锈钢	4.6	2.68E-04	7.74E-03	/
车间	5#粒籽源生产 车间西侧走廊	3.7E+10	5mm 不锈钢	16.7	2.68E-04	5.87E-04	/
	6#粒籽源生产 车间北侧走廊	3.7E+10	5mm 不锈钢	13.6	2.68E-04	8.85E-04	/

关注点		放射源活度(A), Bq	屏蔽材料及 厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当 量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量 限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
质量 检验	7#粒籽源生产 车间东侧走廊	3.7E+10	5mm 不锈钢	5.3	2.68E-04	5.83E-03	/
	8#楼上	3.7E+10	150mm 混凝 土+5mm 不 锈钢	1.3	2.68E-14	<1E-10	/
	9#厂房东侧 (江恒产业园 5号楼1单元)	3.7E+10	5mm 不锈钢	5.9	2.68E-04	4.70E-03	/
	10#厂房南侧	3.7E+10	5mm 不锈钢	5	2.68E-04	6.55E-03	/
	11#厂房西侧	3.7E+10	5mm 不锈钢	21.2	2.68E-04	3.64E-04	/
	12#厂房北侧	3.7E+10	5mm 不锈钢	13.3	2.68E-04	9.26E-04	/
	13#消防监控室	3.7E+10	5mm 不锈钢	13.6	2.68E-04	8.85E-04	/
	14#生产办公室	3.7E+10	5mm 不锈钢	10.3	2.68E-04	1.54E-03	/
	15#江恒产业园 3号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	59	2.68E-04	4.70E-05	/
	16#江恒产业园 4号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	22	2.68E-04	3.38E-04	/
	17#江恒产业园 6号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	33	2.68E-04	1.50E-04	/
	18#江恒产业园 10号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	47	2.68E-04	7.41E-05	/
	19#江恒产业园 11号楼	3.7E+10	5mm 不锈钢	35	2.68E-04	1.34E-04	/
	辐射工作人员 眼晶体	3.7E+10	1mmPb	0.25	2.78E-06	2.72E-02	/
	辐射工作人员 手部	3.7E+10	0.3mmPb	0.2	2.15E-02	3.29E+02	/
质量 检验	屏蔽通风橱正 面、侧面外表 面 5cm	5.55E+08	5mm 不锈钢	0.3	2.68E-04	2.73E-02	25
	屏蔽通风橱底 面、顶面、背 面外表面 5cm	5.55E+08	5mm 不锈钢	0.3	2.68E-04	2.73E-02	25
	屏蔽通风橱正 面、侧面外表 面 0.3m (操作 位)	5.55E+08	5mm 不锈钢	0.55	2.68E-04	8.12E-03	2.5
	屏蔽通风橱底 面、顶面、背 面外表面 0.3m	5.55E+08	5mm 不锈钢	0.55	2.68E-04	8.12E-03	25
	质控室四侧墙 体外表面 0.3m	5.55E+08	5mm 不锈钢	1.4	2.68E-04	1.25E-03	2.5
	质控室室顶外 表面 0.3m	5.55E+08	150mm 混凝 土+5mm 不	1.3	2.68E-14	<1E-10	2.5

关注点		放射源活度(A), Bq	屏蔽材料及 厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当 量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量 限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
留样			锈钢				
	1#粒籽源生产室	5.55E+08	5mm 不锈钢	6.9	2.68E-04	5.16E-05	/
	2#质控室	5.55E+08	5mm 不锈钢	1.5	2.68E-04	1.09E-03	/
	3#分装室	5.55E+08	5mm 不锈钢	4.9	2.68E-04	1.02E-04	/
	4#外包室	5.55E+08	5mm 不锈钢	3.2	2.68E-04	2.40E-04	/
	5#粒籽源生产车间西侧走廊	5.55E+08	5mm 不锈钢	12.3	2.68E-04	1.62E-05	/
	6#粒籽源生产车间北侧走廊	5.55E+08	5mm 不锈钢	9.2	2.68E-04	2.90E-05	/
	7#粒籽源生产车间东侧走廊	5.55E+08	5mm 不锈钢	8.3	2.68E-04	3.57E-05	/
	8#楼上	5.55E+08	150mm 混凝土+5mm 不锈钢	1.3	2.68E-14	<1E-10	/
	9#厂房东侧 (江恒产业园 5号楼1单元)	5.55E+08	5mm 不锈钢	8.7	2.68E-04	3.25E-05	/
	10#厂房南侧	5.55E+08	5mm 不锈钢	3.8	2.68E-04	1.70E-04	/
	11#厂房西侧	5.55E+08	5mm 不锈钢	18.2	2.68E-04	7.42E-06	/
	12#厂房北侧	5.55E+08	5mm 不锈钢	15.3	2.68E-04	1.05E-05	/
	13#消防监控室	5.55E+08	5mm 不锈钢	11.3	2.68E-04	1.92E-05	/
	14#生产办公室	5.55E+08	5mm 不锈钢	9.2	2.68E-04	2.90E-05	/
	15#江恒产业园 3号楼	5.55E+08	5mm 不锈钢	62	2.68E-04	6.39E-07	/
	16#江恒产业园 4号楼	5.55E+08	5mm 不锈钢	26	2.68E-04	3.63E-06	/
	17#江恒产业园 6号楼	5.55E+08	5mm 不锈钢	26	2.68E-04	3.63E-06	/
	18#江恒产业园 10号楼	5.55E+08	5mm 不锈钢	47	2.68E-04	1.11E-06	/
	19#江恒产业园 11号楼	5.55E+08	5mm 不锈钢	37	2.68E-04	1.79E-06	/
	辐射工作人员 眼晶体	5.55E+08	1mmPb	0.25	2.78E-06	4.08E-04	/
	辐射工作人员 手部	5.55E+08	0.3mmPb	0.2	2.15E-02	4.93	/
留样	保险柜外表面 0.3m	9.99E+9	5mmPb	0.5	1.67E-28	<1E-10	2.5
	质控室四侧墙 体外表面0.3m	9.99E+9	5mmPb	0.7	1.67E-28	<1E-10	2.5
	质控室室顶外 表面0.3m	9.99E+9	5mmPb+150 混凝土	1.3	1.67E-38	<1E-10	2.5
	1#粒籽源生产	9.99E+9	5mmPb	7.6	1.67E-28	<1E-10	/

关注点		放射源活度(A), Bq	屏蔽材料及 厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
	室						
	2#质控室	9.99E+9	5mmPb	1.1	1.67E-28	<1E-10	/
	3#分装室	9.99E+9	5mmPb	4.2	1.67E-28	<1E-10	/
	4#外包室	9.99E+9	5mmPb	2.3	1.67E-28	<1E-10	/
	5#粒籽源生产车间西侧走廊	9.99E+9	5mmPb	14	1.67E-28	<1E-10	/
	6#粒籽源生产车间北侧走廊	9.99E+9	5mmPb	9.6	1.67E-28	<1E-10	/
	7#粒籽源生产车间东侧走廊	9.99E+9	5mmPb	8	1.67E-28	<1E-10	/
	8#楼上	9.99E+9	5mmPb+150 混凝土	1.3	1.67E-38	<1E-10	/
	9#厂房东侧 (江恒产业园 5号楼1单元)	9.99E+9	5mmPb	8.7	1.67E-28	<1E-10	/
	10#厂房南侧	9.99E+9	5mmPb	3.8	1.67E-28	<1E-10	/
	11#厂房西侧	9.99E+9	5mmPb	18.2	1.67E-28	<1E-10	/
	12#厂房北侧	9.99E+9	5mmPb	15.3	1.67E-28	<1E-10	/
	13#控制室	9.99E+9	5mmPb	11.8	1.67E-28	<1E-10	/
	14#生产办公室	9.99E+9	5mmPb	9.7	1.67E-28	<1E-10	/
	15#江恒产业园 3号楼	9.99E+9	5mmPb	62	1.67E-28	<1E-10	/
	16#江恒产业园 4号楼	9.99E+9	5mmPb	26	1.67E-28	<1E-10	/
	17#江恒产业园 6号楼	9.99E+9	5mmPb	26	1.67E-28	<1E-10	/
	18#江恒产业园 10号楼	9.99E+9	5mmPb	47	1.67E-28	<1E-10	/
	19#江恒产业园 11号楼	9.99E+9	5mmPb	37	1.67E-28	<1E-10	/
外包	铅罐外表面 5cm(操作位)	3.7E+9Bq	5mmPb	0.05	1.67E-28	<1E-10	2000
	外包室四侧墙体外表面0.3m	3.7E+9Bq	5mmPb	10	1.67E-28	<1E-10	2.5
	1#粒籽源生产室	3.7E+9Bq	5mmPb	9.8	1.67E-28	<1E-10	/
	2#质控室	3.7E+9Bq	5mmPb	3.5	1.67E-28	<1E-10	/
	3#分装室	3.7E+9Bq	5mmPb	5.1	1.67E-28	<1E-10	/
	4#外包室	3.7E+9Bq	5mmPb	1.2	1.67E-28	<1E-10	/
	5#粒籽源生产车间西侧走廊	3.7E+9Bq	5mmPb	16	1.67E-28	<1E-10	/
	6#粒籽源生产车间北侧走廊	3.7E+9Bq	5mmPb	10.9	1.67E-28	<1E-10	/

关注点		放射源活度(A), Bq	屏蔽材料及 厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当 量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量 限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
原料贮存	7#粒籽源生产车间东侧走廊	3.7E+9Bq	5mmPb	9.3	1.67E-28	<1E-10	/
	8#楼上	3.7E+9Bq	5mmPb+150 mm 混凝土	1.3	1.67E-38	<1E-10	/
	9#厂房东侧 (江恒产业园 5号楼1单元)	3.7E+9Bq	5mmPb	8	1.67E-28	<1E-10	/
	10#厂房南侧	3.7E+9Bq	5mmPb	2.5	1.67E-28	<1E-10	/
	11#厂房西侧	3.7E+9Bq	5mmPb	19.4	1.67E-28	<1E-10	/
	12#厂房北侧	3.7E+9Bq	5mmPb	16.8	1.67E-28	<1E-10	/
	13#消防监控室	3.7E+9Bq	5mmPb	13.3	1.67E-28	<1E-10	/
	14#生产办公室	3.7E+9Bq	5mmPb	11.6	1.67E-28	<1E-10	/
	15#江恒产业园 3号楼	3.7E+9Bq	5mmPb	65	1.67E-28	<1E-10	/
	16#江恒产业园 4号楼	3.7E+9Bq	5mmPb	29	1.67E-28	<1E-10	/
	17#江恒产业园 6号楼	3.7E+9Bq	5mmPb	26	1.67E-28	<1E-10	/
	18#江恒产业园 10号楼	3.7E+9Bq	5mmPb	49	1.67E-28	<1E-10	/
	19#江恒产业园 11号楼	3.7E+9Bq	5mmPb	35	1.67E-28	<1E-10	/
	辐射工作人员 眼晶体	3.7E+9Bq	5mmPb	0.05	1.67E-28	<1E-10	/
	辐射工作人员 手部	3.7E+9Bq	5.025mmPb	0.1	1.21E-28	<1E-10	/
原料贮存	储源柜外表面 0.3m	2.22E+11	5mm (储源 柜)+5mm (铅罐)	0.4	2.78E-56	<1E-10	/
	碘原料室四侧 墙体外表面 0.3m	2.22E+11	5mm (储源 柜)+5mm (铅罐)	0.45	2.78E-56	<1E-10	2.5
	1#粒籽源生产 室	2.22E+11	5mm (储源 柜)+5mm (铅罐)	5.2	2.78E-56	<1E-10	/
	2#质控室	2.22E+11	5mm (储源 柜)+5mm (铅罐)	6.8	2.78E-56	<1E-10	/
	3#分装室	2.22E+11	5mm (储源 柜)+5mm (铅罐)	10.1	2.78E-56	<1E-10	/
	4#外包室	2.22E+11	5mm (储源 柜)+5mm (铅罐)	8.1	2.78E-56	<1E-10	/
	5#粒籽源生产	2.22E+11	5mm (储源	9.5	2.78E-56	<1E-10	/

关注点		放射源活度(A), Bq	屏蔽材料及 厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当 量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量 限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
车间西侧走廊	车间西侧走廊		柜) +5mm (铅罐)				
	6#粒籽源生产车间北侧走廊	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	8.5	2.78E-56	<1E-10	/
	7#粒籽源生产车间东侧走廊	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	13.3	2.78E-56	<1E-10	/
	8#楼上	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	1.3	2.78E-56	<1E-10	/
	9#厂房东侧 (江恒产业园 5号楼1单元)	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	16.3	2.78E-56	<1E-10	/
	10#厂房南侧	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	4.3	2.78E-56	<1E-10	/
	11#厂房西侧	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	10.5	2.78E-56	<1E-10	/
	12#厂房北侧	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	14.4	2.78E-56	<1E-10	/
	13#控制室	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	9.5	2.78E-56	<1E-10	/
	14#生产办公室	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	9.5	2.78E-56	<1E-10	/
	15#江恒产业园 3号楼	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	62	2.78E-56	<1E-10	/
	16#江恒产业园 4号楼	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	23	2.78E-56	<1E-10	/
	17#江恒产业园 6号楼	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	27	2.78E-56	<1E-10	/
	18#江恒产业园 10号楼	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	49.6	2.78E-56	<1E-10	/
	19#江恒产业园 11号楼	2.22E+11	5mm(储源 柜) +5mm (铅罐)	50	2.78E-56	<1E-10	/
原	铅罐外表面	2.22E+11	1mm 不锈钢	0.3	1.67E-28	<1E-10	/

关注点		放射源活度(A), Bq	屏蔽材料及 厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当 量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量 限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
料 转 运	0.3m						
	1#粒籽源生产室	2.22E+11	5mmPb	2	1.67E-28	<1E-10	/
	2#质控室	2.22E+11	5mmPb	3.7	1.67E-28	<1E-10	/
	3#分装室	2.22E+11	5mmPb	8.8	1.67E-28	<1E-10	/
	4#外包室	2.22E+11	5mmPb	6.8	1.67E-28	<1E-10	/
	5#粒籽源生产车间西侧走廊	2.22E+11	5mmPb	9.5	1.67E-28	<1E-10	/
	6#粒籽源生产车间北侧走廊	2.22E+11	5mmPb	8.5	1.67E-28	<1E-10	/
	7#粒籽源生产车间东侧走廊	2.22E+11	5mmPb	13.3	1.67E-28	<1E-10	/
	8#楼上	2.22E+11	5mmPb	1.3	1.67E-38	<1E-10	/
	9#厂房东侧 (江恒产业园 5号楼1单元)	2.22E+11	5mmPb	15	1.67E-28	<1E-10	/
	10#厂房南侧	2.22E+11	5mmPb	1	1.67E-28	<1E-10	/
	11#厂房西侧	2.22E+11	5mmPb	9	1.67E-28	<1E-10	/
	12#厂房北侧	2.22E+11	5mmPb	14.4	1.67E-28	<1E-10	/
	13#消防监控室	2.22E+11	5mmPb	9	1.67E-28	<1E-10	/
	14#生产办公室	2.22E+11	5mmPb	9.1	1.67E-28	<1E-10	/
	15#江恒产业园 3号楼	2.22E+11	5mmPb	62	1.67E-28	<1E-10	/
	16#江恒产业园 4号楼	2.22E+11	5mmPb	23	1.67E-28	<1E-10	/
	17#江恒产业园 6号楼	2.22E+11	5mmPb	25	1.67E-28	<1E-10	/
	18#江恒产业园 10号楼	2.22E+11	5mmPb	48	1.67E-28	<1E-10	/
	19#江恒产业园 11号楼	2.22E+11	5mmPb	50	1.67E-28	<1E-10	/
放 废 暂 存	放射性废物箱 外表面0.3m	4.51E+08	3mm 不锈钢	0.3	7.20E-03	5.95E-01	/
	废料衰减室四 侧墙体外表面 0.3m	4.51E+08	3mm 不锈钢	0.7	7.20E-03	1.09E-01	2.5
	废料衰减室室 顶外表面0.3m	4.51E+08	3mm 不锈钢	1.3	7.20E-03	3.17E-02	2.5
	1#粒籽源生产 室	4.51E+08	3mm 不锈钢	9.6	7.20E-03	5.81E-04	/
	2#质控室	4.51E+08	3mm 不锈钢	15	7.20E-03	2.38E-04	/
	3#分装室	4.51E+08	3mm 不锈钢	18.3	7.20E-03	1.60E-04	/
	4#外包室	4.51E+08	3mm 不锈钢	16.4	7.20E-03	1.99E-04	/
	5#粒籽源生产	4.51E+08	3mm 不锈钢	1.8	7.20E-03	1.65E-02	/

关注点	放射源活度 (A), Bq	屏蔽材料及厚度	距离 (r), m	减弱系数	周围剂量当量率 ( $H_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
车间西侧走廊						
6#粒籽源生产车间北侧走廊	4.51E+08	3mm 不锈钢	6.9	7.20E-03	1.12E-03	/
7#粒籽源生产车间东侧走廊	4.51E+08	3mm 不锈钢	20.8	7.20E-03	1.24E-04	/
8#楼上	4.51E+08	3mm 不锈钢 +150 混凝土	1.3	7.20E-13	<1E-10	/
9#厂房东侧 (江恒产业园 5 号楼 1 单元)	4.51E+08	3mm 不锈钢	25	7.20E-03	8.57E-05	/
10#厂房南侧	4.51E+08	3mm 不锈钢	6.9	7.20E-03	1.12E-03	/
11#厂房西侧	4.51E+08	3mm 不锈钢	1.9	7.20E-03	1.48E-02	/
12#厂房北侧	4.51E+08	3mm 不锈钢	12	7.20E-03	3.72E-04	/
13#消防监控室	4.51E+08	3mm 不锈钢	9	7.20E-03	6.61E-04	/
14#生产办公室	4.51E+08	3mm 不锈钢	10.	7.20E-03	4.95E-04	/
15#江恒产业园 3 号楼	4.51E+08	3mm 不锈钢	58	7.20E-03	1.59E-05	/
16#江恒产业园 4 号楼	4.51E+08	3mm 不锈钢	22	7.20E-03	1.11E-04	/
17#江恒产业园 6 号楼	4.51E+08	3mm 不锈钢	39	7.20E-03	3.52E-05	/
18#江恒产业园 10 号楼	4.51E+08	3mm 不锈钢	65	7.20E-03	1.27E-05	/
19#江恒产业园 11 号楼	4.51E+08	3mm 不锈钢	58	7.20E-03	1.59E-05	/

注：①本项目生产涉及使用 1#手套箱和 2#手套箱，保守角度考虑，按照操作量  $3.7\text{E}+10\text{Bq}$ ，1#手套箱、2#手套箱距离关注点的最近距离计算屏蔽体表面和各关注点处剂量率。

② 1#、2#手套箱背面紧邻布置，故未计算 1#、2#手套箱背面屏蔽体表面剂量率。

③ 本项目封焊、质量检验、外包时仅操作部分粒籽源，剩余粒籽源暂存于 5mm 铅罐内，经计算，活度为  $3.7\text{E}+10\text{B}$ （最大日操作量）的籽源暂存于 5mm 铅罐内，铅罐外表面 30cm 处的周围剂量当量率为  $1.13\text{E}-24\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，影响较小，故本项目计算剂量率时不再叠加未操作籽源的影响。

④ 原料质控操作量远远小于成品质控操作量，计算质量检验工序周围剂量当量率时最大操作量按产品质量检验操作量计。

⑤ 从保守角度考虑，手套箱正面、侧面屏蔽按观察窗（3mmPb）进行计算；激光焊机防护罩正面按照 5mm 不锈钢计算；屏蔽通风橱正面侧面屏蔽按照 5mm 不锈钢计算。

⑥ 从保守角度考虑，4#关注点为各工序对应楼上区域。源芯制备、源芯清洗、装芯工序上方为走廊，封焊工序上方为办公室，粒籽源清洗工序上方为会议室，分装工序上方为空调机房，测量分级、质量检验工序上方为走廊，留样工序上方为空调机房，外包工序上方为空调机房、走廊，碘原料室上方为办公室，废料衰减室上方为办公室。

⑦ 当计算的剂量当量率低于  $1\text{E}-10\mu\text{Sv}/\text{h}$  时，其贡献可忽略不计。此类结果记为 “<1E-

10 $\mu\text{Sv/h}$ ”，且不参与后续的叠加计算。

⑧ 剂量当量率计算结果<1E-10 的数值对结果几乎无影响，直接计为<1E-10，不再对其进行叠加计算。

由上表可知，碘原料室、粒籽源生产室、质控室、分装室、外包室、废料衰减室屏蔽体外表面 0.3m 处最大周围剂量当量率为 1.09E-01 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率应不大于 25 $\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，控制区外屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩柜体外表面 30cm 处最大周围剂量当量率为 5.62E-01 $\mu\text{Sv/h}$ （人员操作位）、5.41E-01 $\mu\text{Sv/h}$ （非正对人员操作位），满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中设备外表面 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 $\mu\text{Sv/h}$ 要求。

手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩柜体外表面 5cm 处最大周围剂量当量率为 1.82 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 $\mu\text{Sv/h}$ 要求。

放射性废物收集桶外表面 30cm 处最大周围剂量当量率为 5.95E-01 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中固体放射性废物收集桶外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 要求。

产品运输铅罐表面 5cm 处周围剂量当量率最大为 4.07E-24 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）中货包或集合包装外表面上任一点的最高辐射水平应不超过 2mSv/h 限值要求。

## （2）放射性废水外照射影响

### ① 放射性废水管道 $\gamma$ 射线外照射影响

本项目放射性废水经放射性排水管道排入衰变池，放射性废水管道在地面（约 20cm 混凝土）下方敷设，管道采用 PE 管。

根据工程分析，进入废水的活度为日最大操作量的 0.01%，即 3.7E+06Bq，将管道中流经的放射性废水简化为点源考虑，估算放射性废水流经管道时对管道外环境的影响。根据公式 1、公式 2，计算管道外人员居留处（关注点位置按

一层地面上方 1.5m 处考虑) 周围剂量当量率为  $1.26E-15\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 放射性废水间断排放, 且流经管道时间很短, 约 1~10s 内流过, 放射性废管道对周边环境影响较小。

## ② 衰变池放射性废水 $\gamma$ 射线外照射影响

放射性废水贮存衰变过程中会发射一定的  $\gamma$  射线, 会对外环境造成一定的辐射影响。本项目放射性核素主要进入产品中, 进入废液中的比例很小, 本次评价按衰变池排满时, 放射性核素进入废液中的比例为日最大操作量(即  $^{125}\text{I}$  活度为  $3.7E+10\text{Bq}$ ) 的 0.01% 计算, 三级衰变池存满需要 1570.7 天, 即按照衰变池废水活度为  $3.7E+10\text{Bq}/\text{d} \times 0.01\% \times 1570.7\text{d} = 5.81E+09\text{Bq}$  计算衰变池周围的周围剂量当量率。

根据公式 1、公式 2 可计算放射性废水贮存过程中  $\gamma$  射线外照射对周围辐射环境影响, 关注点处剂量率计算结果见下表。

表 5.2-4 衰变池放射性废水  $\gamma$  外照射影响

关注点	进入废水中的活度(A), Bq	屏蔽材料及厚度	距离(r), m	减弱系数	周围剂量当量率( $\dot{H}_p$ ), $\mu\text{Sv}/\text{h}$	剂量限值 $\mu\text{Sv}/\text{h}$
放射性废水衰变	衰变池顶面 0.3m	5.81E+09	300mm 混凝土 <sup>[1]</sup>	0.6	1.00E-20	<1E-10
	检修人孔外 0.3m	5.81E+09	3mmPb	0.3	2.15E-17	<1E-10
	1#粒籽源生产车间	5.81E+09	300mm 混凝土	14.3	1.00E-20	<1E-10
	2#质控室	5.81E+09	300mm 混凝土	20.3	1.00E-20	<1E-10
	3#分装室	5.81E+09	300mm 混凝土	23.6	1.00E-20	<1E-10
	4#外包室	5.81E+09	300mm 混凝土	22	1.00E-20	<1E-10
	5#粒籽源生产车间西侧走廊	5.81E+09	300mm 混凝土	4.3	1.00E-20	<1E-10
	6#粒籽源生产车间北侧走廊	5.81E+09	300mm 混凝土	15.3	1.00E-20	<1E-10
	7#粒籽源生产车间东侧走廊	5.81E+09	300mm 混凝土	27	1.00E-20	<1E-10
	8#楼上	5.81E+09	300mm 混凝土	8.3	1.00E-	<1E-10

		土		20		
9#厂房东侧 (江恒产业园 5 号楼 1 单元)	5.81E+09	300mm 混凝土	29.3	1.00E-20	<1E-10	/
10#厂房南侧	5.81E+09	300mm 混凝土	18.8	1.00E-20	<1E-10	/
11#厂房西侧	5.81E+09	300mm 混凝土	1.3	1.00E-20	<1E-10	/
12#厂房北侧	5.81E+09	300mm 混凝土	16.3	1.00E-20	<1E-10	/
13#消防监控室	5.81E+09	300mm 混凝土	11.1	5.83E-21	<1E-10	/
14#生产办公室	5.81E+09	300mm 混凝土	13.2	4.12E-21	<1E-10	/
15#江恒产业园 3 号楼	5.81E+09	300mm 混凝土	58	1.00E-20	<1E-10	/
16#江恒产业园 4 号楼	5.81E+09	300mm 混凝土	19.5	1.00E-20	<1E-10	/
17#江恒产业园 6 号楼	5.81E+09	300mm 混凝土	48.7	1.00E-20	<1E-10	/
18#江恒产业园 10 号楼	5.81E+09	300mm 混凝土	75.5	1.00E-20	<1E-10	/
19#江恒产业园 11 号楼	5.81E+09	300mm 混凝土	69	1.00E-20	<1E-10	/

注：① 衰变池底面和四侧均位于地下。衰变池顶板厚度为 300mm，采用硫酸钡水泥以 3:1 的比例浇筑，保守考虑屏蔽按 300mm 混凝土计，检修人孔屏蔽材料采用 3mm 厚铅板。  
② 当计算的剂量当量率低于  $1E-10\mu\text{Sv}/\text{h}$  时，其贡献可忽略不计。此类结果记为 “ $<1E-10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”，且不参与后续的叠加计算。

由上文计算可知，衰变池屏蔽体外表面 0.3m 处最大周围剂量当量率为  $<1E-10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 中“控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率应不大于  $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”以及《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。

### （3）各关注点处周围剂量当量率叠加

本项目各关注点处周围剂量当量率叠加值详见表 5.2-5。

表 5.2-5 各关注点处周围剂量当量率叠加结果一览表

单位:  $\mu\text{Sv/h}$ 

关注点序号	源芯制备、清洗、装芯	封焊	粒籽源清洗	分装	质量检验	测量分级	留样	外包	原料贮存	原料转运	放废暂存	衰变池	叠加
1#粒籽源生产室	<1E-10	4.04E-04	5.41E-03	1.78E-03	5.16E-05	3.44E-03	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	5.81E-04	<1E-10	1.17E-02
2#质控室	<1E-10	6.53E-05	9.28E-03	1.34E-02	1.09E-03	7.28E-02	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	2.38E-04	<1E-10	9.68E-02
3#分装室	<1E-10	4.00E-05	5.41E-03	1.64E-01	1.02E-04	6.82E-03	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	1.60E-04	<1E-10	1.76E-01
4#外包室	<1E-10	4.77E-05	3.65E-03	7.74E-03	2.40E-04	1.60E-02	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	1.99E-04	<1E-10	2.79E-02
5#粒籽源生产车间西侧走廊	<1E-10	2.05E-03	1.24E-03	5.87E-04	1.62E-05	1.08E-03	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	1.65E-02	<1E-10	2.15E-02
6#粒籽源生产车间北侧走廊	<1E-10	5.69E-03	5.62E-03	8.85E-04	2.90E-05	1.94E-03	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	1.12E-03	<1E-10	1.53E-02
7#粒籽源生产车间东侧走廊	<1E-10	3.69E-05	4.13E-03	5.83E-03	3.57E-05	2.38E-03	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	1.24E-04	<1E-10	1.25E-02
8#楼上	<1E-10	4.85E-13	9.69E-12	9.69E-12	1.45E-13	9.69E-12	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	3.17E-12	<1E-10	3.29E-11
9#厂房东侧（5号楼1单元）	<1E-10	2.53E-05	1.78E-03	4.70E-03	3.25E-05	2.16E-03	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	8.57E-05	<1E-10	8.79E-03
10#厂房南侧	<1E-10	8.70E-05	3.76E-03	6.55E-03	1.70E-04	5.41E-03	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	1.12E-03	<1E-10	1.71E-02
11#厂房西侧	<1E-10	1.28E-04	5.47E-04	3.64E-04	7.42E-06	4.94E-04	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	1.34E-02	<1E-10	1.49E-02
12#厂房北侧	<1E-10	1.50E-04	1.28E-03	9.26E-04	1.05E-05	7.00E-04	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	3.72E-04	<1E-10	3.44E-03
13#消防监控室	<1E-10	1.55E-03	1.71E-03	8.85E-04	1.92E-05	1.28E-03	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	6.61E-04	<1E-10	6.10E-03
14#生产办公室	<1E-10	8.00E-04	4.40E-03	1.54E-03	2.90E-05	1.94E-03	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	4.95E-04	<1E-10	9.20E-03
15#江恒产业园3号楼	<1E-10	2.86E-06	5.41E-05	4.70E-05	6.39E-07	4.26E-05	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	1.59E-05	<1E-10	1.63E-04
16#江恒产业园	<1E-10	3.01E-05	4.54E-04	3.38E-04	3.63E-06	2.42E-04	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	1.11E-04	<1E-10	1.18E-03

4号楼													
17#江恒产业园 6号楼	<1E-10	4.75E-06	1.34E-04	1.50E-04	3.63E-06	2.42E-04	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	3.52E-05	<1E-10	5.70E-04
18#江恒产业园 10号楼	<1E-10	2.63E-06	7.74E-05	7.41E-05	1.11E-06	7.41E-05	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	1.27E-05	<1E-10	2.42E-04
19#江恒产业园 11号楼	<1E-10	7.75E-06	1.13E-04	1.34E-04	1.79E-06	1.20E-04	<1E-10	<1E-10	<1E-10	<1E-10	1.59E-05	<1E-10	3.92E-04

注：① 源芯制备、源芯清洗、装芯工序不同时进行。

② 当计算的剂量当量率低于  $1E-10\mu\text{Sv}/\text{h}$  时，其贡献可忽略不计。此类结果记为“ $<1E-10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”，且不参与后续的叠加计算。

由上表可知，辐射工作人员和公众剂量关注点处周围剂量当量率最大为  $1.76E-01\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

### 5.2.1.4 人员受照剂量分析

#### （1）辐射工作人员附加有效剂量

本项目定岗定责，放射性操作均由专人负责，工作人员工作结束后即离开。

本项目放射性固体废物收集于铅垃圾桶内，当日由场所的辐射工作人员转移至一层废料衰减室，转移过程中工作人员穿戴个人防护用品，利用转运推车进行转运，转移时间大概为 1min。原料转运过程中  $\text{Na}^{125}\text{I}$  液体一直储存于 5mm 铅罐内，转运时间大概为 1min。根据前文计算结果，放射性固体废物桶、原料铅罐外表面的周围剂量当量率较小，且转运时间较短，相比其他环节，原料、放射性固体废物转运对辐射工作人员的影响可忽略不计。

本项目辐射工作人员受照剂量估算详见表 5.2-6。

表 5.2-6 辐射工作人员生产操作时年受照剂量

岗位	操作环节	人员位置	辐射源	关注点剂量当量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	单人年操作或受照时间 (h/a)	居留因子	单人年附加有效剂量 (mSv/a)	
粒籽源生产室生产人员（1#关注点）	源芯制备、源芯清洗、装芯	手套箱操作位	手套箱	<1E-10	480	1	<1E-10	2.0E-02
	封焊	激光焊机操作位	激光焊机	3.28E-02	450	1	1.47E-02	
	粒籽源清洗	粒籽源生产室屏蔽通风橱操作位	屏蔽通风橱	4.72E-03	150	1	7.08E-04	
	测量分级、质量检验	1#关注点位置	屏蔽通风橱	3.44E-03	600	1	2.06E-03	
	分装	1#关注点位置	屏蔽通风橱	1.78E-03	600	1	1.07E-03	
	外包	1#关注点位置	铅罐	<1E-10	90	1	<1E-10	
	原料贮存	1#关注点位置	铅罐	<1E-10	2400	1	<1E-10	
	放废贮存	1#关注点位置	铅罐	5.81E-04	2400	1	1.39E-03	
质控室工作人员	放射性废水暂存	1#关注点位置	衰变池	<1E-10	2400	1	<1E-10	6.19E-02
	源芯制备、源芯清洗、装芯	2#关注点位置	手套箱	<1E-10	480	1	<1E-10	

岗位	操作环节	人员位置	辐射源	关注点剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	单人年操作或受照时间(h/a)	居留因子	单人年附加有效剂量(mSv/a)	
(2#关注点)	封焊	2#关注点位置	激光焊机	6.53E-05	450	1	2.94E-05	3.30E-01
	粒籽源清洗	2#关注点位置	屏蔽通风橱	6.40E-02	150	1	9.60E-03	
	测量分级、质量检验	质控室屏蔽通风橱操作位	屏蔽通风橱	7.28E-02	600	1	4.37E-02	
	分装	2#关注点位置	屏蔽通风橱	1.34E-02	600	1	8.02E-03	
	外包	2#关注点位置	铅罐	<1E-10	90	1	<1E-10	
	原料贮存	2#关注点	铅罐	<1E-10	2400	1	<1E-10	
	放废贮存	2#关注点	铅罐	2.38E-04	2400	1	5.71E-04	
	放射性废水暂存	2#关注点	衰变池	<1E-10	2400	1	<1E-10	
分装室工作人员(3#关注点)	源芯制备、源芯清洗、装芯	3#关注点	手套箱	<1E-10	480	1	<1E-10	3.30E-01
	封焊	3#关注点	激光焊机	4.00E-05	450	1	1.80E-05	
	粒籽源清洗	3#关注点	屏蔽通风橱	5.41E-03	150	1	8.12E-04	
	测量分级、质量检验	3#关注点	屏蔽通风橱	6.82E-03	600	1	4.09E-03	
	分装	分装室屏蔽通风橱操作位	屏蔽通风橱	5.41E-01	600	1	3.25E-01	
	外包	3#关注点	铅罐	<1E-10	90	1	<1E-10	
	原料贮存	3#关注点	铅罐	<1E-10	2400	1	<1E-10	
	放废贮存	3#关注点	铅罐	1.60E-04	2400	1	3.84E-04	
外包室工作人员、原料、废料运输	放射性废水暂存	3#关注点	衰变池	<1E-10	2400	1	<1E-10	1.53E-02
	源芯制备、源芯清洗、装芯	4#关注点	手套箱	<1E-10	480	1	<1E-10	
	封焊	4#关注点	激光焊机	4.77E-05	450	1	2.15E-05	
粒籽源清洗	4#关注点	屏蔽通风	3.65E-03	150	1	5.47E-04		

岗位	操作环节	人员位置	辐射源	关注点剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	单人年操作或受照时间(h/a)	居留因子	单人年附加有效剂量(mSv/a)
人员 (4# 关注 点)	测量分 级、质量 检验	4#关注点	屏蔽 通风 橱	1.60E-02	600	1	9.60E-03
	分装	4#关注点	屏蔽 通风 橱	7.74E-03	600	1	4.64E-03
	外包	铅罐	铅罐	<1E-10	90	1	<1E-10
	原料贮存	4#关注点	铅罐	<1E-10	2400	1	<1E-10
	放废贮存	4#关注点	铅罐	1.99E-04	2400	1	4.78E-04
	放射性废 水暂存	4#关注点	衰变 池	<1E-10	2400	1	<1E-10

注: [1]辐射工作人员操作本岗位工作内容时受照剂量按岗位操作位处剂量当量率计算, 受其他岗位影响产生的受照剂量按其他岗位对本岗位所在房间关注点的剂量当量率计算。

[2]保守角度考虑, 测量分级和质控按照较大剂量率进行人员受照剂量估算。

[3]当计算结果低于1E-10时, 其贡献可忽略不计。此类结果记为“<1E-10”, 且不参与后续的叠加计算。

由计算结果可知, 本项目辐射工作人员受照年有效剂量最大值为 3.3E-01mSv/a, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中辐射工作人员年有效剂量 20mSv/a 限值要求, 也满足本项目提出的辐射工作人员年剂量约束值 2mSv/a 的要求。

根据表 5.2-3, 本项目辐射工作人员眼晶体、手部年受照剂量如下:

表 5.2-7 辐射工作人员眼晶体、手部年受照剂量

部位	源芯制备、源芯清洗、装芯	封焊	粒籽源清洗	测量分级	分装	质量检验	外包
辐射工作人员眼 晶体剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	<1E-10	2.12E-03	2.72E-02	2.72E-02	2.72E-02	4.08E-04	<1E-10
辐射工作人员手 部剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2.55E+01	1.64E+01	3.29E+02	3.29E+02	3.29E+02	4.93	<1E-10
受照时间(h)	480	450	150	300	600	300	90
辐射工作人员眼 晶体受照剂量 (mSv/a)	<1E-10	9.56E-04	4.08E-03	8.15E-03	1.63E-02	1.22E-04	<1E-10
小计				2.96E-02			

辐射工作人员手部受照剂量 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	1.22E+01	7.40	4.93E+01	9.86E+01	1.97E+02	1.48	<1E-10		
小计			3.66E+02						

[1]: 质量检验、测量分级年工作时间分别为 300h。

[2]: 原料贮存、转运，放射性固体废物贮存、转运均位于铅罐内，对工作人员影响较小，故不再计算上述环节的手部、眼晶体受照剂量。

本项目辐射工作人员眼晶体年受照剂量为 2.96E-02mSv/a，手部年受照剂量为 366mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射工作人员眼晶体年当量剂量 150mSv，手部年当量剂量 500mSv/a 限值要求。

## （2）公众附加有效剂量

本项目非密封放射性物质工作场所是相对封闭的区域，张贴有电离辐射警告标志，有严格的“三区”管理制度，进出口设有门禁，除工作人员外，其它人员不得入内，普通公众成员不会到达控制区与监督区。

根据本项目平面布局及周边环境，选取本项目工作场所周围最近的有代表性的公众进行年有效剂量预测。此外，周边途径公众停留时间很短，受到的辐射影响很小。本项目有代表性的公众剂量计算结果见表 5.2-8 所示。

表 5.2-8 公众年附加有效剂量

关注点	辐射源	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	年照射时间 (h/a)	居留因子	年附加有效剂量 (mSv/a)	
5#粒籽源生产车间西侧走廊	源芯制备、源芯清洗、装芯	<1E-10	480	0.25	<1E-10	3.67E-02
	封焊	2.05E-03	450	0.25	2.30E-04	
	粒籽源清洗	1.24E-03	150	0.25	4.64E-05	
	测量分级、质量检验	1.08E-03	600	0.25	1.62E-04	
	分装	5.87E-04	600	0.25	8.81E-05	
	留样	<1E-10	2400	0.25	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	0.25	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	0.25	<1E-10	
	放废暂存	1.65E-02	8760	0.25	3.62E-02	
	放射性废水暂存	5.18E-20	8760	1	4.54E-19	
6#粒籽源生产车间北侧走廊	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	0.25	<1E-10	3.74E-03
	封焊	5.69E-03	450	0.25	6.40E-04	
	粒籽源清洗	5.62E-03	150	0.25	2.11E-04	

关注点	辐射源	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	年照射时间 (h/a)	居留因子	年附加有效剂量 ( $\text{mSv}/\text{a}$ )	
7#粒籽源生产车间东侧走廊	测量分级、质量检验	1.94E-03	600	0.25	2.90E-04	1.66E-03
	分装	8.85E-04	600	0.25	1.33E-04	
	留样	<1E-10	2400	0.25	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	0.25	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	0.25	<1E-10	
	放废暂存	1.12E-03	8760	0.25	2.46E-03	
	放射性废水暂存	<1E-10	8760	1	<1E-10	
8#楼上	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	0.25	<1E-10	4.11E-11
	封焊	3.69E-05	450	0.25	4.15E-06	
	粒籽源清洗	4.13E-03	150	0.25	1.55E-04	
	测量分级、质量检验	2.38E-03	600	0.25	3.57E-04	
	分装	5.83E-03	600	0.25	8.75E-04	
	留样	<1E-10	2400	0.25	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	0.25	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	0.25	<1E-10	
	放废暂存	1.24E-04	8760	0.25	2.71E-04	
	放射性废水暂存	<1E-10	8760	1	<1E-10	
9#厂房东侧(江恒产业园5号楼1单元)	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	1	<1E-10	5.15E-03
	封焊	<1E-10	450	1	<1E-10	
	粒籽源清洗	<1E-10	150	1	<1E-10	
	测量分级、质量检验	<1E-10	600	1	<1E-10	
	分装	<1E-10	600	1	<1E-10	
	留样	<1E-10	2400	1	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	1	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	1	<1E-10	
	放废暂存	<1E-10	8760	1	<1E-10	
	放射性废水暂存	<1E-10	8760	1	<1E-10	
10#厂房南侧	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	1/4	<1E-10	4.41E-03

关注点	辐射源	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	年照射时间 (h/a)	居留因子	年附加有效剂量 ( $\text{mSv}/\text{a}$ )	
11#厂房西侧	封焊	8.70E-05	450	1/4	9.79E-06	2.95E-02
	粒籽源清洗	3.76E-03	150	1/4	1.41E-04	
	测量分级、质量检验	5.41E-03	600	1/4	8.12E-04	
	分装	6.55E-03	600	1/4	9.83E-04	
	留样	<1E-10	2400	1/4	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	1/4	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	1/4	<1E-10	
	放废暂存	1.12E-03	8760	1/4	2.46E-03	
	放射性废水暂存	<1E-10	8760	1/4	<1E-10	
	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	1/4	<1E-10	
12#厂房北侧	封焊	1.28E-04	450	1/4	1.44E-05	1.12E-03
	粒籽源清洗	5.47E-04	150	1/4	2.05E-05	
	测量分级、质量检验	4.94E-04	600	1/4	7.42E-05	
	分装	3.64E-04	600	1/4	5.47E-05	
	留样	<1E-10	2400	1/4	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	1/4	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	1/4	<1E-10	
	放废暂存	1.34E-02	8760	1/4	2.93E-02	
	放射性废水暂存	<1E-10	8760	1/4	<1E-10	
	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	1/4	<1E-10	
13#消防监控室	封焊	1.50E-04	450	1/4	1.68E-05	8.05E-03
	粒籽源清洗	1.28E-03	150	1/4	4.81E-05	
	测量分级、质量检验	7.00E-04	600	1/4	1.05E-04	
	分装	9.26E-04	600	1/4	1.39E-04	
	留样	<1E-10	2400	1/4	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	1/4	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	1/4	<1E-10	
	放废暂存	3.72E-04	8760	1/4	8.14E-04	
	放射性废水暂存	<1E-10	8760	1/4	<1E-10	
	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	1	<1E-10	

关注点	辐射源	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	年照射时间 (h/a)	居留因子	年附加有效剂量 ( $\text{mSv}/\text{a}$ )	
14#生产办公室	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	1	<1E-10	7.44E-03
	封焊	8.00E-04	450	1	3.60E-04	
	粒籽源清洗	4.40E-03	150	1	6.60E-04	
	测量分级、质量检验	1.94E-03	600	1	1.16E-03	
	分装	1.54E-03	600	1	9.26E-04	
	留样	<1E-10	2400	1	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	1	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	1	<1E-10	
	放废暂存	4.95E-04	8760	1	4.34E-03	
	放射性废水暂存	<1E-10	8760	1	<1E-10	
15#江恒产业园 3 号楼	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	1	<1E-10	1.77E-04
	封焊	2.86E-06	450	1	1.29E-06	
	粒籽源清洗	5.41E-05	150	1	8.12E-06	
	测量分级、质量检验	6.39E-07	600	1	3.83E-07	
	分装	4.70E-05	600	1	2.82E-05	
	留样	<1E-10	2400	1	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	1	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	1	<1E-10	
	放废暂存	1.59E-05	8760	1	1.39E-04	
	放射性废水暂存	<1E-10	8760	1	<1E-10	
16#江恒产业园 4 号楼	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	1	<1E-10	1.26E-03
	封焊	3.01E-05	450	1	1.35E-05	
	粒籽源清洗	4.54E-04	150	1	6.81E-05	
	测量分级、质量检验	3.63E-06	600	1	2.18E-06	
	分装	3.38E-04	600	1	2.03E-04	
	留样	<1E-10	2400	1	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	1	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	1	<1E-10	
	放废暂存	1.11E-04	8760	1	9.69E-04	
	放射性废水暂存	<1E-10	8760	1	<1E-10	
17#江恒产业园 6 号楼	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	1	<1E-10	4.23E-04
	封焊	4.75E-06	450	1	2.14E-06	
	粒籽源清洗	1.34E-04	150	1	2.01E-05	
	测量分级、质量检验	3.63E-06	600	1	2.18E-06	
	分装	1.50E-04	600	1	9.02E-05	
	留样	<1E-10	2400	1	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	1	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	1	<1E-10	

关注点	辐射源	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	年照射时间 (h/a)	居留因子	年附加有效剂量 ( $\text{mSv}/\text{a}$ )	
18#江恒产业园 10 号楼	放废暂存	3.52E-05	8760	1	3.08E-04	1.69E-04
	放射性废水暂存	<1E-10	8760	1	<1E-10	
	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	1	<1E-10	
	封焊	2.63E-06	450	1	1.18E-06	
	粒籽源清洗	7.74E-05	150	1	1.16E-05	
	测量分级、质量检验	1.11E-06	600	1	6.67E-07	
	分装	7.41E-05	600	1	4.45E-05	
	留样	<1E-10	2400	1	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	1	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	1	<1E-10	
19#江恒产业园 11 号楼	放废暂存	1.27E-05	8760	1	1.11E-04	2.41E-04
	放射性废水暂存	<1E-10	8760	1	<1E-10	
	源芯制备、源芯清洗	<1E-10	480	1	<1E-10	
	封焊	7.75E-06	450	1	3.49E-06	
	粒籽源清洗	1.13E-04	150	1	1.70E-05	
	测量分级、质量检验	1.79E-06	600	1	1.08E-06	
	分装	1.34E-04	600	1	8.02E-05	
	留样	<1E-10	2400	1	<1E-10	
	外包	<1E-10	90	1	<1E-10	
	原料贮存	<1E-10	7200	1	<1E-10	

注：[1]根据前文计算结果，放射性固体废物桶、原料铅罐外表面的周围剂量当量率较小，且转运时间较短，相比其他环节，原料、放射性固体废物转运对公众的影响可忽略不计。

[2]当计算结果低于 1E-10 时，其贡献可忽略不计。此类结果记为“<1E-10”，且不参与后续的叠加计算。

由计算结果可知，本项目公众受照年有效剂量最大值为 3.62E-02mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中公众年有效剂量 1mSv/a 限值要求，也满足本项目提出的公众年剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

综上所述，本项目辐射工作人员和公众所受到的辐射照射，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求以及本项目剂量约束值的要求。

### 5.2.1.5 内照射影响分析

(1) 放射性核素操作过程中，可能会产生微量放射性气溶胶，被人员吸

入引起人员内照射。工作人员通过手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩等操作放射性核素，手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩等均带有专用排风管道，保持良好通风，各控制区房间内均设有放射性废气排风管道，放射性废气经设备顶壁及屋顶二级活性炭过滤装置处理后由 1 根 24m 高排气筒 P1 有组织排放。

(2) 本项目合理控制场所的负压和换气次数，使低污染区气压>高污染区气压，气流由低污染区流向高污染区，确保了工作场所内通风良好。

(3) 建设单位拟制定完善的操作规程，禁止工作人员在控制区进食、饮水、吸烟，禁止在控制区内进行无关工作及存放无关物品。操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应去污和进行表面污染检测。通过以上措施，可以有效避免人员吸入或食入放射性核素，减小内照射辐射影响。

(4) 当发生辐射事故后，工作人员拟采取防护措施，并及时离开事故现场，尽可能减少吸入或食入泄漏的放射性核素，根据事故程度判断是否按《职业性内照射个人监测规范》（GBZ 129-2016）开展内照射剂量监测，并对测量结果进行评价，以有效监控人员内照射剂量。

综上所述，本项目放射性核素产生的内照射影响较小，可以忽略不计。

#### 5.2.1.6 表面污染影响分析

本项目工作人员在对放射性药物的各种操作中，可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等发生放射性沾污，造成表面污染。为控制表面污染，需采取的措施如下：

- (1) 对操作人员进行岗前培训，使其具备熟练操作技能及丰富的防护知识；
- (2) 操作放射性物质在手套箱、屏蔽通风橱、防护罩内易去污工作台面上进行；
- (3) 如有洒落等操作，人员用棉签将其擦拭处理，擦拭后产生的废棉签、手套按放射性固体废物收集至铅垃圾桶内暂存；
- (4) 工作人员进出工作场所需更衣，操作时穿防护服，带防护手套；放射性操作之后对工作台面、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检查、清洗、去污。
- (5) 工作人员离开工作场所控制区前，在控制区出入口进行表面污染测

量，确定未受污染后方可离开，如其污染水平超过标准限值，应采取相应去污措施。从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝表面污染控制水平超标的物品被带出控制区。

综上所述，在严格落实以上措施的情况下可有效避免表面沾污带来的辐射影响。

### 5.2.2 废气环境影响分析

#### 5.2.2.1 放射性废气

##### （1）放射性废气处理措施

本项目工作场所设有通风系统，工作场所气流流向遵循自低污染区向高污染区的流向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩相对于其他场所为负压，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

本项目手套箱、激光焊机防护罩、屏蔽通风橱放射性废气负压收集后经设备顶壁活性炭吸附装置处理后与废料衰减室、碘原料室、污物暂存间、质控室、淋浴间、洁净衣物暂存间、洁具间房间排风汇集，由专用排风管道汇至厂房楼顶二级活性炭吸附装置处理后由 1 根 24m 高排气筒 P1 有组织排放。

##### （2）地面空气浓度计算模式

地面空气浓度计算模式引自 IAEA Safety Reports Series No.19，本项目气载放射性流出物排放高度 ( $H$ ) 为 24m，邻近最高建筑物高度 ( $H_B$ ) 为 16.2m， $H \leq 2.5H_B$ ，所以本项目适用如下计算模式：

① 下风向距离  $x \leq 2.5\sqrt{A_b}$  的计算模式

在  $H \leq 2.5H_B$  且  $x \leq 2.5\sqrt{A_b}$  时，而接收点又不在释放点所在的建筑物表面，则下风向距离  $x$  处核素的地面空气浓度可以按下式计算。

$$C_A = \frac{P_p Q_i}{\pi u_a H_B K} \quad (\text{公式 4})$$

式中：

$C_A$ ——下风向距离  $x$  处核素的地面空气浓度，单位  $\text{Bq}/\text{m}^3$ ；

$P_p$ —— $p$  风向的风频，单位 1，保守取值 0.25；

$Q_i$ —— $i$  核素的平均释放速率，单位 Bq/s，详见表 9-7；

$u_a$ ——释放高度处年平均风速，单位 m/s，取天津地区多年平均风速 2m/s；

$H_B$ ——邻近释放点最高（对扩散影响最大）建筑物的高度，单位 m；如果该建筑物的宽度大于其高度，则应该用其宽度替代式中的  $H_B$ 。周围邻近最高建筑物为 4 号楼，高度 16.2m，宽度 18m，宽度大于高度，因而，此处  $H_B$  的取值为 18m；

$K$ ——经验常数，取值为 1，单位 m。

$A_B$ ——对扩散影响最大的建筑物的投影截面积，单位  $m^2$ ，本项目中对扩散影响最大的建筑物为 4 号楼 ( $54m \times 18m \times 16.2m$ )，投影截面积取为  $972m^2$ ，则  $2.5\sqrt{A_B} \approx 78m$ 。

## ② 下风向距离 $x > 2.5\sqrt{A_B}$ 的计算模式

在  $H \leq 2.5H_B$  且  $x > 2.5\sqrt{A_B}$  时，下风向距离  $x$  处核素的地面空气浓度可以按下式计算，式中使用扩散因子 B 作修正。

$$C_A = \frac{P_p B Q_i}{u_a} \quad (\text{公式 5})$$

$$B = \frac{12}{\sqrt{2\pi^3}} \times \frac{1}{x\Sigma_z} \quad (\text{公式 6})$$

$$\Sigma_z = \left( \sigma_z^2 + \frac{A_B}{\pi} \right)^{0.5} \quad (\text{公式 7})$$

$$\sigma_z = \frac{0.06x}{\sqrt{1+0.0015x}} \quad (\text{公式 8})$$

其中：

$P_p$ —— $p$  风向的风频，单位 1，保守取值 0.25；

$Q_i$ —— $i$  核素的平均释放速率，单位 Bq/s；

$u_a$ ——释放高度处年平均风速，单位 m/s，取天津地区多年平均风速 2m/s；

$x$ ——距排气筒下风向距离，单位 m；

$A_B$ ——对扩散影响最大的建筑物的投影截面积，单位  $m^2$ ，本项目中对扩散影响最大的建筑物为 4 号楼 ( $54m \times 18m \times 16.2m$ )，投影截面积取为  $972m^2$ ，则  $2.5\sqrt{A_B} \approx 78m$ 。

### ③ 浓度计算结果

根据计算模式，可估算出各核素距离排放源不同距离处的地面空气浓度，计算结果见表 5.2-9。

表 5.2-9 下风向不同距离处核素地面空气浓度 ( $Bq/m^3$ )

核素 \ 距离	$\leq 78m$	100m	200m	300m	400m	500m
$^{125}I$	3.65E-03	1.70E-04	7.67E-05	4.54E-05	3.04E-05	2.19E-05

### (3) 放射性气载流出物所致公众剂量

本次评价考虑的气载流出物对公众造成辐射影响的途径包括：烟云浸没外照射；放射性气载流出物在地面沉积造成的外照射；吸入空气造成的内照射。

计算模式引自 IAEA Safety Reports Series No.19。

#### ① 烟云浸没外照射所致年有效剂量估算模式

$$E_i^{im} = C_{Ai} DF_{im} O_f \quad (公式 9)$$

其中：

$E_i^{im}$ ——核素  $i$  的烟云浸没外照射所致年有效剂量，单位 Sv/a；

$C_{Ai}$ ——核素  $i$  的地面空气浓度，单位  $Bq/m^3$ ；

$O_f$ ——每年公众受到浸没外照射的时间份额，保守根据本项目年工作时间（每天 8 小时，年工作 300 天），取值为 0.27。

$DF_{im}$ ——烟云浸没外照射剂量转换因子，单位  $(Sv/a)/(Bq/m^3)$ ，根据 EPA-402-R-93-081(NO.12)换算，本项目各核素烟云浸没外照射剂量转换因子取值见表 5.2-10。

表 5.2-10 烟云浸没外照射、地面沉积外照、吸入内照射剂量转换因子

核素	剂量转换因子		
	烟云浸没外照射(Sv/a)/(Bq/m <sup>3</sup> )	地面沉积外照	吸入内照射 Sv/Bq

		(Sv/a)/(Bq/m <sup>2</sup> )	
<sup>125</sup> I	1.65E-08	1.35E-09	1.40E-09

② 地面沉积外照射所致剂量估算模式

$$E_i^{gr} = C_{gr} DF_{gr} O_f \quad (\text{公式 10})$$

$$C_{gr} = \frac{\dot{d}_i [1 - \exp(-\lambda_{E_i^s} t_b)]}{\lambda_{E_i^s}} \quad (\text{公式 11})$$

$$\dot{d}_i = (V_d + V_w) C_{Ai} \quad (\text{公式 12})$$

其中：

$E_i^{gr}$ ——核素  $i$  的地面沉积外照射所致年有效剂量，单位 Sv/a；

$C_{gr}$ ——核素  $i$  的地面沉积密度，单位 Bq/m<sup>2</sup>；

$C_{Ai}$ ——核素  $i$  的地面空气浓度，单位 Bq/m<sup>3</sup>；

$DF_{gr}$ ——地面沉积外照射剂量转换因子，单位(Sv/a)/(Bq/m<sup>2</sup>)，根据 EPA-402-R-93-081(NO.12)换算，本项目各核素地面沉积外照射剂量转换因子见表 5.2-7；

$O_f$ ——每年公众受到地表沉积外照射的时间份额，保守取值为 1；

$\dot{d}_i$ ——核素  $i$  干湿沉降过程在地面上的日均总沉积速率 Bq/(m<sup>2</sup>·d)；

$t_b$ ——核素释放时间，单位 d，保守取值  $1.1 \times 10^4$ d；

$V_d+V_w$ ——总沉积速率，保守取 1000m/d；

$\lambda_{E_i^s}$ ——核素由地表面清除的有效速率常数， $\lambda_{E_i^s} = \lambda_i + \lambda_s$ ，单位 d<sup>-1</sup>，根据核素

半衰期，计算衰变常数  $\lambda_i$ ，根据 IAEA No.19 TABLE X，查  $\lambda_s$  取值，详见下表。

表 5.2-11 核素由地表面清除的有效速率常数取值表

核素	衰变常数 $\lambda_i$	土壤活度减少速率常数 $\lambda_s$	有效速率常数 $\lambda_{E_i^s}$
<sup>125</sup> I	1.17E-02	0	1.17E-02

③ 吸入内照射所致剂量估算模式

$$E_i^{inh} = C_{Ai} R_{inh} DF_{inh} O_f \quad (\text{公式 13})$$

其中：

$E_i^{inh}$ ——核素  $i$  的吸入内照射所致年有效剂量，单位 Sv/a；

$C_{Ai}$ ——核素  $i$  的地面空气浓度，单位 Bq/m<sup>3</sup>；

$R_{inh}$ ——呼吸率，单位 m<sup>3</sup>/a，根据 IAEA No.19 TABLE XIV，对于成人，呼吸率取值为 8400m<sup>3</sup>/a；

$DF_{inh}$ ——吸入内照射剂量转换因子，单位 Sv/Bq，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），查成人吸入内照射剂量转换因子取值见表 5.2-7。

$O_f$ ——每年公众受到吸入内照射的时间份额，保守根据本项目年工作时间（每天 8 小时，年工作 300 天），取值为 0.27；

#### ④ 剂量计算结果

根据公式 4~公式 13，放射性气载流出物对公众产生的烟云浸没外照射、地面沉积外照射、吸入内照射有效剂量及总剂量见表 5.2-12。

表 5.2-12 放射性气载流出物对公众产生的总有效剂量（单位：mSv/a）

距离 公众剂量	$\leq 78m$	100m	200m	300m	400m	500m
浸没外照射	1.62E-08	7.57E-10	3.41E-10	2.02E-10	1.35E-10	9.73E-11
地面沉积外照射	4.21E-04	1.97E-05	8.85E-06	5.24E-06	3.51E-06	2.53E-06
吸入内照射	1.16E-05	5.41E-07	2.43E-07	1.44E-07	9.64E-08	6.95E-08
总剂量	4.33E-04	2.02E-05	9.09E-06	5.38E-06	3.60E-06	2.60E-06

由计算结果可知，本项目正常工况下放射性流出物所致评价范围内公众受照剂量在 2.60E-06mSv/a~4.33E-04mSv/a 范围。叠加前文  $\gamma$  射线外照射对公众成员的附加有效剂量，本项目对公众的辐射影响满足 0.1mSv/a 的剂量约束值要求。

#### 5.2.2.2 非放射性废气

本项目非放射性废气为源芯、粒籽源乙醇清洗过程挥发的少量有机废气，污染因子为非甲烷总烃、TRVOC，有机废气经手套箱顶壁活性炭处理后由专用管道延伸至厂房楼顶，经二级活性炭吸附装置处理后由 1 根 24m 高排气筒 P1 排放。根据工程分析，本项目排气筒 P1 排放有机废气如下：

表 5.2-13 排气筒 P1 有机废气排放情况一览表

排放口编号	污染物	排气筒高度/m	排放情况		标准限值		执行标准	是否达标
			浓度/(mg/m <sup>3</sup> )	速率/(kg/h)	浓度/(mg/m <sup>3</sup> )	速率/(kg/h)		
P1	非甲烷总烃	24	1.78	0.008	40	6.8	DB12/524-2020	达标
	TRVOC		1.78	0.008	40	6.8		达标

由上表可知，本项目排气筒 P1 排放有机废气满足《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB12/524-2020）要求。本项目排气筒 P1 高度为 24m，满足《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB12/524-2020）中“排气筒高度不低于 15m”要求，排气筒高度设置合理。

### 5.2.3 废水

#### 5.2.3.1 放射性废水

##### （1）放射性废水处理措施

粒籽源生产过程中，器皿（方形瓶、清洗用西林瓶）清洗、源芯、粒籽源纯水清洗、质量检验过程会产生一定量的放射性废水。事故情况下，人员去污清洁产生一定量的放射性废水。

##### ① 收集系统

系统收集口（地漏、清洗池）主要分布于粒籽源生产室屏蔽通风橱、清洗池，淋浴间等区域，用于收集生产过程产生的放射性废水和应急人员去污的放射性废水。收集系统母管布置于 1 层地下，各收集口支管收集的放射性废水，经母管汇集最终排入衰变系统。

##### ② 衰变系统

本项目于厂房西侧地下设置 1 套放射性衰变系统，用于放射性废水的暂存衰变。该系统衰变池为槽式，由格栅池、衰变池 1#、衰变池 2#、衰变池 3# 4 个池体组成，3 个衰变池为并联式，单个池体有效容积均为 1.0m<sup>3</sup>，3 个池体均安装水泵，可将衰变池废水泵出。衰变池采用地埋式池体，内设液位计，并采取防雨水、防渗、防腐、防泄漏、防倒灌、防泄漏措施。衰变池底板、隔断墙采用 C30 钢筋混凝土浇筑，衰变池顶板厚度为 300mm，采用硫酸钡水泥以 3: 1

的比例浇筑，设置检修人孔（ $500 \times 500 \times 150\text{mm}$ ），中间采用 3mm 厚铅板进行浇筑，池壁做防水处理。

本项目放射性废水排至格栅池沉淀后泵入衰变池 1#或衰变池 2#或衰变池 3#进行衰变，每个衰变池装满关闭接入下一个衰变池，3 个衰变池轮流使用。3 个衰变池各设置 1 台潜水泵可将达标废水泵出。当最后一个衰变池到达设定液位时关闭入水口排空第一个池体中的废水，之后开启第一个池体的入水口，依次循环。

## （2）放射性废水达标排放分析

本项目放射性废水暂存超过 10 倍半衰期，监测结果经审管部门认可后排入市政污水管网，最终排入津南双桥污水处理厂。排放放射性废水总  $\beta$  不大于  $10\text{Bq/L}$ 。放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、检测结果等信息。

### ① 衰变池容积有效性分析

根据工程分析，本项目放射性废水排放量为  $0.573\text{m}^3/\text{a}$ ，衰变系统单个池体有效容积均为  $1\text{m}^3$ ，三级衰变池全部充满需  $1570.7\text{d}$ 。本项目衰变池在三个池体存满后向外排放第一个池体中的废水，衰变池容积满足本项目需求。

### ② 放射性废水达标排放分析

本项目衰变池在第三个池体存满后向外排放第一个池体中的废水。根据“3.4 废弃物”章节预测放射性废液排放浓度，本项目放射性废液达标排放分析情况见表 5.2-14。

表 5.2-14 放射性废液达标排放分析

核素种类	$^{125}\text{I}$
单次排放量 ( $\text{m}^3$ )	1
出水核素排放浓度 ( $\text{Bq/L}$ )	$9.59^{[1]}$
出水核素活度浓度 ( $\text{Bq/g}$ )	$9.59\text{E-}03$
废液排放浓度限值	总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$
达标情况	达标

注：该值为出水核素排放总活度浓度， $^{125}\text{I}$  核素不产生  $\beta$  射线，原料中的微量杂质可能有  $\beta$  射线，实际总  $\beta$  活度浓度远远小于此值。

由上表可知，本项目放射性废液经衰变池衰变后的排放浓度总计约为 9.59Bq/L，满足《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）三级标准（总  $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）要求，达标排放。

### 5.2.3.2 非放射性废水

根据工程分析，本项目运行过程会产生辅料清洗废水、生活污水、纯水制备系统浓水。上述废水经化粪池处理后由污水总排口排入市政污水管网，最终排至津南双桥污水处理厂集中处置。参考同类项目水质，预计本项目废水水质排放情况如下：

表 5.2-15 本项目废水水质达标排放情况一览表

单位：mg/L (pH 无量纲)

水质指标	水量 (m <sup>3</sup> /a)	pH	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	氨氮	总磷	总氮
放射性废水	0.573	6~9	700	250	60	/	/	/
辅料清洗废水	1.35	6~9	100	/	70	25	/	40
纯水制备系统浓水	1.5	6~9	80	/	60	/	/	/
生活污水	405	6~9	400	250	300	35	4	50
混合后水质	408.423	6~9	398	248	298	35	4	50
标准限值	/	6~9	500	300	400	45	8	70

由上表可知，本项目总排口排放污水水质能够满足《污水综合排放标准》(DB 12/356-2018) 三级标准要求。

### 5.2.3.3 废水排放去向合理性分析

本项目废水通过厂区废水总排口排入园区市政污水管网，最终排入津南双桥污水处理厂进一步集中处理。

#### （1）津南双桥污水处理厂收水范围及处理规模

津南双桥污水处理厂隶属于天津市华博水务有限公司，坐落于天津市津南开发区（东区）宝源路 45 号，占地面积 28077m<sup>2</sup>，设计总规模 3 万 m<sup>3</sup>/d，近期处理规模为 1.5 万 m<sup>3</sup>/d，服务范围包括津南开发区（东区）工业园内工业和生活以及双桥河镇新建 60 万 m<sup>2</sup> 居住区生活污水。

津南双桥污水处理厂 2024 年全年处理水量为 2696308m<sup>3</sup>，平均每天 7367m<sup>3</sup>。

#### （2）处理工艺

津南双桥污水处理厂于 2009 年 7 月开工建设，至 2010 年 10 月主体竣工，并于 2010 年 10 月中旬开始进水调试，2010 年 4 月底通过环保验收，采用“预处理+水解酸化+氧化沟生化处理+深度处理+次氯酸钠消毒”工艺，经处理后的污水水质排放标准为《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB12/599-2015）A 标准。

### （3）出水排放达标情况

根据天津市污染源监测数据管理与信息共享平台数据，津南双桥污水处理厂出水水质监测数据详见下表。

表 5.2-16 污水处理厂废水监测结果 单位：mg/L（pH 无量纲）

指标	pH	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	氨氮	总磷	总氮
检测结果	6~9	26.8	3	4	0.03	0.118	7.12
标准限值	6~9	30	6	5	1.5 (3.0)	0.3	10
检测日期	2025 年 9 月 15 日						
是否达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

由上表可知，津南双桥污水处理厂出水水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB 12/599-2015）中 A 标准。

综上所述，本项目污水水质符合污水处理厂的收水水质要求，排放的废水水量和水质不会对污水处理厂的运行产生明显影响，执行的排放标准可涵盖本项目排放的水污染物，该污水处理厂具备接纳本项目污水的能力。本项目污水排放去向合理可行。

### 5.2.4 噪声环境影响分析

本项目噪声源主要为风机、纯水机水泵，其中风机布置于所在建筑屋顶、纯水机水泵位于建筑内。建设单位拟选用低噪声设备，加装减振基础等噪声防治措施。

#### （1）预测模型

根据项目建设内容及《环境影响评价技术导则—声环境》（HJ 2.4-2021）的要求，项目环评采用的模型为《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）附录 A（规范性附录）户外声传播的衰减和附录 B（规范性附录）中“B.1 工业噪声预测计算模型”。

## （2）预测参数

### ① 噪声源情况

本项目噪声源情况详见下表。

表 5.2-17 工业企业噪声源强调查清单（室外声源）

序号	声源名称	型号	空间相对位置/m			声源源强（任选一种）		声源控制措施	运行时段
			X	Y	Z	(声压级/距声源距离) / (dB(A)/m)	声功率级 /dB(A)		
1	风机 1	点源	-150	167	16.5	80/1	/	选用低噪声设备、基础减震	稳定声源
2	风机 2	点源	-43	164	16.5	80/1	/		

注[1]: 本项目仅昼间运行，仅预测昼间噪声影响。

[2]: 本项目两台风机 1 台为放射性废气风机，另外 1 台为办公区域空调机组风机。

[3]: 以园区 16 号楼西南角为坐标原点 (0, 0, 0)，以其东西向为 X 轴，南北向为 Y 轴，高度为 Z 轴。

表 5.2-18 工业企业噪声源强调查清单（室内声源）

序号	建筑物名称	声源名称	型号	声源源强 (声压级/距声源 距离) / (dB(A)/m)	声源控制措施	空间相对位置/m			距室内 边界距离/m	室内边 界声级 /dB(A)	运行 时段	建筑物插 入损失 /dB(A)	建筑物外噪声	
						X	Y	Z					声压级 /dB(A)	建筑物外 距离
1	5号楼	纯水机 水泵	点 源	80/1	选用低噪声设 备，隔声减振等	-50	167	6.89	23.77	59	昼	15	36.88	1

②基础数据

本项目噪声环境影响预测基础数据详见下表。

表 5.2-19 本项目噪声环境影响预测基础数据表

序号	名称	单位	数据
1	年平均风速	m/s	2.8
2	主导风向	/	西南风
3	年平均气温	℃	12.9
4	年平均相对湿度	%	63
5	大气压强	atm	1

### (3) 噪声预测结果

经计算，本项目厂界噪声预测结果见下表。

表 5.2-20 本项目厂界噪声预测结果 单位 dB (A)

预测点	主要声源	噪声贡献值 /dB(A)	执行标准 /dB(A)	达标情况
东侧厂界外 1m	风机 1、风机 2、纯水机 水泵	30	65 (昼间)	达标
南侧厂界外 1m		61		达标
西侧厂界外 1m		59		达标
北侧厂界外 1m		31		达标

注：衰变池水泵规模较小，选用低噪声设备，均位于地下，仅衰变池排水时运行，运行时间短，基本不会对周边环境造成影响。衰变池不属于本项目房地产权证用地范围内（园区同意本项目衰变池选址）。综合考虑，本项目噪声预测厂界按照房地产权证用地边界考虑。

本项目仅昼间运行，由上表可知，本项目建成后四侧厂界昼间噪声贡献值满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008) 3类标准要求。

### 5.2.5 固体废物

#### (1) 放射性固体废物

##### ① 放射性固体废物产生及处置情况

本项目放射性固体废物产生及处置情况详见下表。

表 5.2-21 放射性固体废物处理措施一览表

废物名称	废物说明	核素	产生量	治理措施及去向
粒籽源生产车间	废反应液、源芯、粒籽源乙醇清洗废液	<sup>125</sup> I	37kg/a	分类收集，送至废料衰减室内暂存衰变，待监测达解控水平后，作为危险废物委托有资质的单位处理
	废旧耗材		0.027t/a	
	不合格产品		3600 粒/a	
	剩余质检废物		5kg/a	
	废留样样品		1440 粒/a	
	废过滤器滤芯		每年更换一次，产生量为 0.02t/a	
	废活性炭		每年更换一次，产生量为 0.35t/a	

废物名称	废物说明	核素	产生量	治理措施及去向
浮渣污泥	置产生的废活性炭		次	
	设备顶壁废活性炭		每季度更换一次，产生量为 0.06t/次，即 0.24t/a	
	放射性废水衰变系统产生		0.01t/a	

## ② 放射性固体废物暂存场所

本项目产生的放射性固体废物分类收集在专用密封塑料袋内，放置于废料衰减室。每袋不超 20kg，每袋表面均张贴核素种类和产生时间。放射性固体废物暂存于废料衰减室（面积 5m<sup>2</sup>）内，贮存能力约为 5t。本项目贮存场所基本情况见下表。

表 5.2-22 本项目放射性废物贮存场所基本情况

放射性固体废物名称	核素	产生量/(t/a)	占地面积 /m <sup>2</sup>	贮存方式	贮存能力 (t)	贮存周期
废反应液、源芯、粒籽源乙醇清洗废液	<sup>125</sup> I	37kg/a	0.2	专用密封塑料袋、桶	0.2	594d
废旧耗材		0.027t/a	0.2		0.2	594d
不合格产品		3600 粒/a	0.2		0.2	594d
剩余质检废物		5kg/a	0.2		0.2	594d
废留样样品		1440 粒/a	0.2		0.2	594d
废过滤器滤芯		每年更换一次，产生量为 0.02t/a	0.5		0.5	594d
废活性炭		楼顶二级活性炭每年更换一次，产生量为 0.35t/a；设备顶壁活性炭每季度更换一次，产生量为 0.24t/a	2		3	594d
浮渣污泥		0.01t/a	0.5		0.5	594d

根据上表可知，每年产生的放射性固体废物不超过 1t（保守按放废同时产生），放射性废物暂存时间均小于 2 年，保守考虑按暂存时间 2 年计，放射性废物储存最大量小于 2t，产生量远远小于废料衰减室的贮存能力，由此可知废料衰减室规模可满足本项目放射性固体废物的暂存要求。

放射性固体废物在收集、贮存、处理过程中，建设单位应严格按照《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）等标准的要求落实各项措施，加强放射性废物的管理，避免放射性固体废物对工作人员和公众造成不必要的照射。

综上所述，项目设计的放射性固体废物处理设施，能够满足项目所产生的放射性固体废物衰变处理要求。

## （2）非放射性固体废物

本项目运行过程会产生生活垃圾和废试剂、废试剂包装、纯水制备废耗材等。生活垃圾由城市管理部门定期清运处置。废试剂、废试剂包装为危险废物，废物类别为“HW49 其他废物”，废物代码分别为 900-047-49、900-041-49，交由有资质单位处理。纯水制备过程会产生废耗材为一般工业固体废物，委托有资质单位定期清运。本项目非放射性固体废物处置去向合理，不会造成二次污染。

本项目产生的非放射性固体废物（废试剂包装）和放射性固体废物清洁解控后的危险废物均暂存于厂房 1 层的危废间，委托有资质单位处置。该危废间面积为 9.8m<sup>2</sup>。根据表 5.2-22 可知，每年产生的危险废物不超过 1t，危险废物转运周期较短（≤6 个月），保守考虑，暂存时间均按半年计，危险废物储存最大量小于 1t，产生量远远小于危废间的贮存能力，由此可知危废间规模可满足本项目危险废物的暂存要求。

表 5.2-23 危险废物基本情况汇总表

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量 / (t/a)	产生工序及装置	形态	产废周期	污染防治措施
1	废试剂包装	HW49 其他废物	900-041-49	0.001t/a	拆包	固态	每天	分类、分区贮存，交由有资质单位处理
2	废试剂	HW49 其他废物	900-047-49	0.001t/a	拆包、生产	固态	每天	
3	清洁解控后危险废物	废反应液、源芯、粒籽源乙醇清洗废液	HW49 其他废物	900-047-49	0.037t/a	源芯生产	固态	
4		废旧耗材	HW49 其他废物	900-041-49	0.027t/a	生产过程	固态	
5		不合格产	HW02 医药废物	272-005-02	3600 粒/a	检验	固态	

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量/(t/a)	产生工序及装置	形态	产废周期	污染防治措施
6	品							
	剩余质检废物	HW49 其他废物	900-047-49	5kg/a	检验	液态	每天	
	废留样样品	HW02 医药废物	272-005-02	1440 粒/a	检验	固态	每天	
	废过滤器滤芯	HW49 其他废物	900-041-49	0.02t/a	过滤	固态	每天	
	废活性炭	HW49 其他废物	900-041-49	0.59t/a	废气处理	固态	每季度/每半年	
10	浮渣污泥	HW49 其他废物	772-006-49	0.01t/a	废水处理	固态	每天	

表 5.2-24 本项目危险废物贮存场所基本情况

危险废物名称		产生量/(t/a)	占地面积/m <sup>2</sup>	贮存方式	贮存能力(t)	贮存周期
废试剂包装		0.001t/a	0.1	专用密封塑料袋、桶	0.5	≤6个月
废试剂		0.001t/a	0.1		0.5	
清洁解控后危险废物	废反应液、源芯、粒籽源乙醇清洗废液	37kg/a	0.2		1	
	废旧耗材	0.027t/a	0.2		0.5	
	不合格产品	3600 粒/a	0.2		0.5	
	剩余质检废物	5kg/a	0.2		0.5	
	废留样样品	1440 粒/a	0.2		0.5	
	废过滤器滤芯	0.02t/a	0.5		1	
	废活性炭	0.59t/a	2		3	
	浮渣污泥	0.01t/a	0.5		1	

建设单位拟按照《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ 2025-2012）、《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）、《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）的相关要求，对产生的危险废物进行收集、贮存。

本项目危险废物产生及贮存场所均位于室内，地面及运输通道均采取硬化等措施，因此危险废物从生产工艺环节运输到暂存场所的过程中产生散落和泄漏均会将影响控制在厂房内，不会对周边环境产生不利影响。本项目拟按照《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ 2025-2012）的要求进行内部转运。本项目产生的危险废物委托具有相应处理资质的单位处置。该危险废物处置单位应当持有天津市生态环境局颁发的《危险废物经营许可证》，具有收集、运

输、贮存、处理处置及综合利用能力，处理能力有足够余量。本项目产生的危险废物交具有相应处理资质的单位处置后，不会对环境产生显著不利影响。

综上所述，本项目产生的各类固体废物在采取环评规定措施情况下，均能得到合理处置，去向可行，预计不会对周围环境造成明显不良影响，不会造成二次污染。

### 5.3 事故影响分析

#### 5.3.1 辐射事故环境风险分析

##### 5.3.1.1 辐射事故识别

根据工艺流程分析，本项目可能发生的辐射事故如下表所示。

表 5.3-1 项目可能发生的辐射事故一览表

活动	可能发生的辐射事故	可能事故后果
放射性药品生产	放射性同位素丢失、被盗	导致公众误照射
	放射性物质转运过程中容器破碎、药物泼洒等，导致放射性溶液或粒籽源洒漏	导致职业人员误照射
	管道泄漏、废气过滤系统堵塞或防护箱体故障等，致使含放射性气溶胶气体逸散到工作空间	导致职业人员误照射
	放射性废气过滤装置吸附达到饱和或受潮等使过滤系统失效	导致公众误照射

根据各生产和销售环节非密封放射性物质用量，并根据上表综合分析，本项目可能产生的最大潜在事故有以下几种类型：

- (1) 放射性药物丢失、被盗；
- (2) 放射性物质转运过程中容器破碎、药物泼洒等，导致放射性溶液或粒籽源洒漏；
- (3) 管道泄漏、废气过滤系统堵塞或防护箱体故障等致使放射性废气泄漏至工作空间；
- (4) 放射性废气过滤装置吸附达到饱和或受潮等使过滤系统失效。

##### 5.3.1.2 最大潜在事故影响分析

###### (1) 放射性药物丢失、被盗事故影响分析

###### 1) 事故情景假设

- ① 丢失或被盗时放射性活度为放射性药物产品单个包装最大活度；

- ② 假设丢失或被盗后在整个事故持续时间内放射性药物屏蔽容器被打开，放射性药物近似看作点源；  
③ 受照人员不考虑任何屏蔽措施，距离放射性药物 1m；  
④ 事故持续最长时间为 1h。

## 2) 事故后果计算及分析

公众受照射剂量按点源估算，计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{A \times \Gamma}{r^2} \dots \dots \dots \text{(公式 17)}$$

式中：

$\dot{H}$ ：关注点处的剂量当量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

A：放射源活度，Bq；

$\Gamma$ ：距源 1m 处的周围剂量当量率常数， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{h} \cdot \text{Bq})$ ，参考《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 H， $^{125}\text{I}$  参数取值为 1.65E-08；

r：关注点到放射源的距离，m。

表 5.3-2 放射性药物丢失、被盗事故所致吸收剂量

核素	活度，Bq	距离，m	剂量当量率， $(\mu\text{Sv}/\text{h})$	受照时间(h)	受照剂量(mSv)
$^{125}\text{I}$	2.22E+11	1	3.663E+03	1	3.663

由上表可知，当放射性药物丢失、被盗并全部暴露时，在距离事故发生地 1m，考虑最不利情况暴露 1h 的公众受照剂量约为 3.663mSv，超过公众年个人有效剂量约束值 0.1mSv/a 的剂量限值。

## （2）放射性物质转运过程中放射性溶液或粒籽源洒漏事故

### 1) 事故情景假设

① 放射性物质转运过程中放射性溶液容器打翻或破损，导致放射性溶液或粒籽源洒漏，从保守角度考虑，假设发生事故时，洒漏的放射性物质为单个包装最大单剂药物的活度，洒漏的源简化为点源考虑；

② 受照人员不考虑任何屏蔽措施，距离放射性药物 0.1m；

③ 假设事故处理时间持续 2min。

## 2) 事故后果计算及分析

根据上式计算辐射工作人员受照射剂量，计算结果如下：

表 5.3-3 放射性物质洒漏事故所致吸收剂量

核素	活度, Bq	距离, m	剂量当量率, ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	受照时间 (h)	受照剂量 (mSv)
$^{125}\text{I}$	2.22E+11	0.1	3.663E+05	1/30	21.21

由上表可知，当放射性溶液洒漏时，在距离洒漏放射性药物 0.1m，暴露 2min 的辐射工作人员受照剂量约为 21.21mSv。

### （3）管道泄漏、废气过滤系统堵塞或防护箱体故障等致使废气泄漏

#### 1) 事故情景假设

① 手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩等泄漏时，排风机停止工作，泄漏率达到 100%，并通过泄漏点扩散至临近工作空间。

② 发生泄漏时，假设手套箱、屏蔽通风橱、激光焊接防护罩内放射性操作活度为单批次最大操作量， $^{125}\text{I}$  核素的产污系数保守取 0.5%，泄漏的放射性核素气溶胶均匀分布在生产场所内，生产场所有效容积取 932m<sup>3</sup>；操作人员在不知情的情况下，在生产场所停留时间约 0.25h。

#### 2) 事故后果计算分析

手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩箱体发生泄漏时，由于核素的挥发量较少、时间较短，主要考虑职业人员浸没外照射和吸入内照射。由浸没外照射和吸入内照射计算公式，计算手套箱、屏蔽通风橱泄漏事故所致职业人员受照剂量，具体见下表。

表 5.3-4 手套箱、屏蔽通风橱泄漏事故所致职业人员受照剂量预测参数及结果

核素	核素空气浓度, (Bq/m <sup>3</sup> )	工作时间 (h)	泄漏事故所致职业人员受照剂量		
			浸没外照射 (mSv)	吸入内照射 (mSv)	总剂量 (mSv)
$^{125}\text{I}$	1.98E+05	0.25	9.29E-05	6.64E-02	6.65E-02

由计算结果可知，在手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩泄漏事故状况下，职业人员最大受照剂量约为 6.65E-02mSv。

### （4）废气过滤系统（活性炭）失效事故

### 1) 事故情景假设

在某批次放射性药物生产过程中放射性废气过滤系统失效，活性炭的吸附效率为零，则当批次产生的含气载性流出物全部排放到大气中。

$^{125}\text{I}$  单批次最大操作  $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}/\text{批次}$ ，操作  $1.6\text{h}$ ，产污系数取  $0.01\%$ ，活性炭失效情况下排放速率为  $624.36 \text{Bq}/\text{s}$ 。

### 2) 事故后果计算分析

由于事故时间较短，主要考虑公众受浸没外照射、吸入内照射影响，采用 5.2.2.1 节所述模式计算事故所致公众剂量，单次事故对公众产生的影响时间为  $1\text{h}$ ，计算结果见下表。

表 5.3-5 废气过滤系统（活性炭）泄漏失效事故所致公众受照剂量

距离排放口距离, m	地面空气浓度, $\text{Bq}/\text{m}^3$	浸没外照射 (mSv)	吸入内照射 (mSv)	公众受照剂量 (mSv)
$\leq 78\text{m}$	1.38	2.27E-09	4.38E-03	4.38E-03
100m	6.44E-02	1.06E-10	2.04E-04	2.04E-04
200m	2.90E-02	4.77E-11	9.21E-05	9.21E-05
300m	1.72E-02	2.83E-11	5.46E-05	5.46E-05
400m	1.15E-02	1.89E-11	3.65E-05	3.65E-05
500m	8.29E-03	1.36E-11	2.63E-05	2.63E-05

由计算结果可知，在单批次放射性药物生产过程中放射性废气过滤器失效状态下，公众最大受照射剂量为  $4.38\text{E}-03\text{mSv}$ 。

### (5) 辐射事故影响综合分析

根据前述分析，本项目可能发生的几种最大潜在事故影响结果见下表。

表 5.3-6 项目的环境最大潜在危害及事故等级

最大潜在事故	最大潜在事故危害后果
放射性药物丢失、被盗	事故状态下所致公众受照剂量为 $3.663\text{mSv}$
放射性溶液、粒籽源洒漏	事故状态下所致职业人员受照剂量为 $21.21\text{mSv}$
手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩发生泄漏	事故状态下职业人员受照剂量约为 $6.65\text{E}-02\text{mSv}$
废气过滤系统失效	事故状态下所致公众受照剂量为 $4.38\text{E}-03\text{mSv}$

### 5.3.1.3 事故风险预防措施

上述辐射风险可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施加以防范，使辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在

运行过程中可能发生的事故，建设单位应采取一系列的预防措施，尽可能的减小或控制事故的危害和影响。

（1）放射性溶液罐或放射性药品货包体丢失、被盗防范措施

对操作场所进行严格的分区管理，设置控制区和监督区，控制区禁止无关人员进入，设置门禁系统，悬挂电离辐射警示标识。

建立放射性药物的安全管理制度，加强放射性药物安全管理，落实放射性物质安保措施，对于放射性物质须安排专人进行台账管理，且在放射性物质暂存过程中须实行专用门禁专人看管制度，并设置必要的安防措施，定期对安防措施进行检修，以防止放射性药物丢失。

（2）放射性溶液、粒籽源撒漏防范措施

制定完善的放射性物质操作规范，对工作人员进行岗前培训合格后上岗，工作人员须熟练掌握放射性药物操作技能和熟悉辐射防护基本知识，减少药物洒漏或刺破皮肤事故的发生，能正确处置意外情况。

辐射工作人员全部配备个人剂量报警仪、铅橡胶衣、铅防护帽、铅防护手套、铅防护眼镜、铅防护面罩等必要的个人防护用品。

操作场所配备防护面罩、吸水滤纸、纱布、酒精、便携式剂量监测仪等应急物资和灭火器材。

（3）手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩箱体发生泄漏防范措施

制定辐射防护设施的维护保养制度，并定期对负压密闭箱体进行检修，定期委托监测单位对车间气溶胶进行监测。

粒籽源生产室配备 X- $\gamma$  固定式区域监测系统，当探测到剂量率超过设置阈值时，则有声光报警，提醒工作人员可能发生泄漏事故，人员马上采取措施并进行检查。

（4）废气过滤系统失效防范措施

制定辐射防护设施的维护保养制度，定期对活性炭的吸附效率进行检查，当效率达不到使用要求时，及时对活性炭进行更换。

### 5.3.1.4 辐射事故应急措施

（1）辐射事故应急处理措施

### 1) 放射性同位素操作

①由于操作不慎，有少量的液态放射性药物溅洒或者粒籽源洒落。发生放射性药物溅洒事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。如发生粒籽源洒落，应立即停止相关操作，封闭工作场所，若粒籽源未破损，用镊子收集后放入专用容器内，若粒籽源破损，用吸附材料覆盖吸收后收集至专用容器，并用药棉或纸巾擦抹污染区域。最后用表面污染监测仪测量污染区，如果表面污染未达到解控标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区表面污染小于控制水平为止。

②因不慎造成放射性核素污染了地面或台面时，应先用吸收滤纸将其吸干，以防扩散，并立即标记污染范围，注明放射性核素名称、日期。根据污染程度及时报告上级领导和有关部门。人体溅污放射性核素时，可先用氧化肽膏或高锰酸钾的饱和溶液洗涤，再用 50% 的酸性亚硫酸钠进行洗涤。

③若发生放射性药物丢失、被盗，应第一时间将事故情况上报有关（生态环境、公安、卫生等）主管部门；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性同位素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对放射性同位素丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

④当发生火灾、爆炸或地震时，操作放射性药物的人员应立即停止操作，关闭辐射工作场所，值班人员应立即上报辐射安全领导小组，并协助消防和保卫部门做好现场保护工作，并报告现存放射性药物的名称、数量、存放的地点和可能造成的危害。

⑤放射性废物处置或管理不当造成污染时，立即划定警戒区，并设置放射性污染标识，限制无关人员靠近，由专业人员处理，经监测满足解控要求后再

解除警戒。

## 2) 运输过程中事故应急措施

放射性物品运输中发生核与辐射事故的，承运人、托运人应当按照核与辐射事故应急响应指南的要求，做好事故应急工作，在尽可能的情况下划定警戒区，并设置放射性污染标识，限制无关人员靠近，并立即报告事故发生地的县级以上人民政府生态环境主管部门。另外要求运输过程中配备必要的事故应急物资，事故中有人体溅污放射性核素，可先用氧化肽膏或高锰酸钾的饱和溶液洗涤，再用 50% 的酸性亚硫酸钠进行洗涤；若发生粒籽洒落，镊子收集后放入专用容器内（若粒籽发生破损需先用吸附材料覆盖吸收），并用药棉或纸巾擦抹污染区域。

## 3) 废气过滤系统失效、手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩发生泄漏

当发生过滤装置失效、通风系统失效或工作箱泄漏时候时，应及时组织人员对设备进行检修，并对室内放射性气溶胶进行采样监测，并对职业人员进行内照射监测，待维修正常且室内放射性气溶胶降低至本底水平后再开展工作。

辐射事故发生后应尽可能记录下现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响；事故处理后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故产生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。若人员可能受到辐射伤害，单位应立即将可能受到辐射伤害的人员送至当地卫生主管部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

### 5.3.1.4.1 事故调查和处理程序

- (1) 成立事故调查小组。
- (2) 调查组要遵循实事求是的原则对事故的发生时间、地点、起因、过程和人员伤害情况及财产损失情况进行细致的调查分析，并认真做好调查记录，记录要妥善保管。
- (3) 调查小组向应急救援领导小组汇报事故调查报告书方面的工作，同

时，协助生态环境、卫生、公安部门进行事故调查、处理等各方面的相关事宜。

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

### 5.3.2 非辐射事故环境风险分析

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）的要求，本次非辐射事故环境风险评价的目的在于识别物料生产、贮存、转运过程中的风险因素及可能诱发的环境问题，并针对潜在的环境风险，提出相应的预防措施，以使建设项目的事故率、损失和环境影响达到可接受水平。

#### 5.3.2.1 评价等级

##### （1）风险调查

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）中附录 B，本项目涉及的危险物质主要为乙醇、有机废液（主要成分为乙醇，包括产生的废弃乙醇、清洁解控后的源芯清洗废液等），其中乙醇暂存于原料库，有机废液暂存于危废间。各危险物质存储量及分布见下表。

表 5.3-7 危险物质数量及分布情况

序号	危险物质名称	CAS 号	最大存放总量 q <sub>n/t</sub>	存储位置
1	乙醇	64-17-5	0.001	原料库
2	有机废液	/	0.03	危废间

危险物质危险性识别见下表。

表 5.3-8 危险物质危险性识别

序号	理化特性							性质	危险品分类
	名称	相对密度/(水=1)	饱和蒸气压/kPa	熔点/°C	沸点/°C	闪点/°C	爆炸极限/V%		
1	乙醇	0.7893	5.8 (20°C)	-114	78.3	12	3.3-19	易燃	第 3.2 类 中闪点易燃液体

##### （2）环境风险潜势初判

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）附录 B 中各风险物质的临界值，计算本项目的危险物质数量与临界量比值（Q），计算结果见

下表。

表 5.3-9 建设项目 Q 值确定表

序号	危险物质名称	CAS 号	最大存放总量 $q_n/t$	临界量 $Q_n/t$	该种危险物质 Q 值	项目 Q 值 $\Sigma$
1	乙醇	64-17-5	0.001	500	0.000002	0.003002
2	有机废液	/	0.03	10	0.003	

注：乙醇临界量数据来源于《企业突发环境事件风险分级方法》中附录 A。

根据建设单位提供的工程资料，本项目危险物质数量与临界量比值  $Q = \sum q_i/Q_i = 0.003002$ ，该项目环境风险潜势为 I。

### （3）评价等级

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）评价工作等级划分，风险潜势为 I 的项目开展简单分析，在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明，本项目风险较小。

#### 5.3.2.1 环境风险识别

##### （1）风险物质泄漏

本项目涉及的危险物质主要为乙醇、有机废液。危险物质在贮存、转移或使用过程中，因操作失误或坠落导致包装破损而倾倒于地面，若得不到及时收集，则乙醇、有机废液等易挥发物质挥发至周边环境空气中，影响周围环境空气；有机废液在装卸过程中泄漏可能会落入土壤，污染土壤环境和地下水环境。

##### （2）火灾爆炸风险

乙醇、有机废液等可燃物质在贮存或使用过程中若操作不当，遇到火源可能引发燃烧、爆炸事故，二次污染物排入周边大气环境，对周围环境造成污染。灭火过程产生的消防废水处置不当，经雨水管网进入地表水体，可能对水环境产生影响。

#### 5.3.2.2 环境风险分析

##### （1）泄漏环境风险分析

本项目涉及风险物质（乙醇）在原包装内密封储存，正常情况下不会产生泄漏。在贮存、转移或使用过程中，可能因操作失误或坠落导致包装破损而导致危险物质泄漏。由于本项目原料包装规格较小，泄漏量较少，且车间和园区

路面均已硬化，可用抹布 10min 内完成擦拭处理。本项目生产场所、危废间地面已进行防腐蚀、防渗漏处理，对防渗破裂处及时修复，前述泄漏事故污染可控。泄漏后产生的少量废气（主要污染物为有机废气）挥发至周边环境空气，很快在大气中扩散、稀释，不会对周围大气环境造成明显不利影响。

有机废液暂存于危废间铁桶内，在装卸接驳过程可能会发生泄漏。危险废物暂存间地面进行硬化防渗，铁桶下设置托盘。另外，企业应通过定期检查废液筒是否有破损并及时更换以控制泄漏事故的污染风险。在采取以上措施的条件下，泄漏风险可以防控。

## （2）火灾

本项目所用乙醇属于可燃物质。若操作不当引起泄漏遇火源可能会引发火灾爆炸。火灾爆炸燃烧产物中一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、烟雾可能会对厂区周边及下风向环境空气在短时间内产生一定影响，但不存在长期影响。本项目厂区设有消防给水和灭火系统，生产场所设有灭火器、消防栓等，一旦发生此类事故，建设单位应立即启动事故应急预案，及时安排救援和疏散厂区职工及附近人员，并迅速采取灭火堵漏措施。

发生火灾事故时需要用水消防灭火，会产生次生消防废水，灭火产生的消防废水可能会由于沾染物料含有少量乙醇，若消防废水排至雨污水管网，可能会造成地表水体的污染。为避免消防废水污染水环境，建设单位应第一时间围堵厂区雨水排口，在确保消防要求的情况下尽量避免事故水排出厂外。如出于消防要求或采取措施控制不力，消防废水可能经雨污水管网排入地表水体，可能会造成地表水体局部污染，但由于本项目物料存储量很小，造成的污染范围很小，短期可恢复。

### 5.3.2.3 环境风险防范措施及应急要求

#### （1）环境风险防范措施

① 原料库内各种原辅料分区贮存，分类存放。危险品不与禁忌物料混合贮存，制定严格管理制度，非操作人员不得随意进入。

② 原料库内设置防爆柜、阻燃柜，按照危险特性分开存放。防爆柜、阻燃柜带通风措施。

③ 防爆柜、阻燃柜每种化学品均设置了 MSDS 信息，并有明显的化学品阻燃、易爆标识信息，入库时严格检验物品数量、质量、包装等情况，入库后定期检查。物料贮存、运输、使用制定安全条例，严禁靠近明火。建立定期汇总登记制度，记录使用情况。

④ 定期检查物料容器的密封性能及强度，及时淘汰出现安全隐患、超期服务的容器。对操作人员进行试剂使用过程中的规范化培训，避免使用时泄漏。

⑤ 每天对车间设备进行检查，防止因为设备故障而引起火灾。对员工进行上岗培训，使其了解作业中应该注意的具体事项，不允许吸烟。

⑥ 加强火源管理，严禁烟火带入。危废间附近设置消防设施（消防铲、消防沙、化学品吸附棉等）。

⑦ 定期进行安全环保宣传教育及紧急事故模拟演习，提高事故应变能力。

⑧ 定期检查危险废物的包装桶，发现破损及时处理；存放上述包装桶的区域设置托盘，防止物料遗撒流入户外雨水管道造成水体污染；危险废物分类收集，采用专桶储存；在危废间应设立警示标牌，收集桶按照相关规范要求采用规定颜色、规格的容器；及时、妥善清运危废，尽量减少危险废物临时贮存量。

⑨ 危险废物均贮存于容器内进行转运，以保证危险废物从产生工艺环节运输到暂存场所的过程中不会散落和泄漏。一旦泄漏，迅速将其转移至其他桶内，泄漏的环境风险物质及污染的土壤作为危险废物委托有资质单位进行处理。危险废物厂内运输设置固定路线；运输过程采取密闭运输方式，严防震动、撞击、摩擦和倾倒。

## （2）环境风险应急措施

### ① 泄漏环境事故

迅速撤离泄漏污染区人员至安全区，禁止无关人员进入污染区，并进行隔离，严格限制出入。现场人员做好个人防护，迅速将试剂瓶、包装桶倾斜，使破损处朝上，防止继续泄漏，然后将其转移至空桶内，对已经泄漏的用消防沙或其他不燃材料进行吸收，将吸收材料收集至应急桶内。最终应急废物委托有资质单位处理。

### ② 火灾环境事故

发现起火，应立即报警，停止相关工作，启动相应事故级别应急预案，及对周围人员进行疏散，同时利用室内消防设施进行扑救，并应及时与消防、环保等部门取得联系，多方配合尽量将事故损失降到最低。发生小范围火灾事故时，使用干粉灭火器进行灭火，不会产生消防废水。发生大范围火灾事故时，使用消防栓进行灭火，会产生消防废水，用水泵等抽水设施将废水收集至专用容器内。事故结束后对消防废水进行检测。若消防废水不满足排放要求，则将事故废水交有资质单位处理。厂区雨水排放口设置截止阀，在紧急情况下关闭废水总排口，防止雨水、消防水和泄漏物进入外环境。

### （3）环境风险事故应急预案

百适核素制药（天津）有限公司拟制定完善的突发环境事件应急预案，可有效保证应急响应、处置以及救援能力，减少事故对环境和社会造成不良影响。根据原天津市环境保护局发布的《市环保局关于做好企业事业单位突发环境事件应急预案备案管理工作的通知》（津环保应[2015]40 号）中规定，企业应在本项目建成后，根据生产过程中可能存在的风险编制企业突发环境事件应急预案，并向相关部门进行备案。

## 第六章 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管理机构

加强环境管理是贯彻执行环境保护法规，实现建设项目的社会、经济和环境效益的协调统一，以及企业可持续发展的重要保证。

##### （1）机构设置

为有序开展生产、使用和销售放射性药物的工作，加强辐射安全与环境保护管理，应对可能发生的意外情况，最大限度的减少或消除隐患，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及生态环境主管部门的要求，建设单位拟设置专门的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管理工作，法人任机构负责人，指定专职辐射防护负责人和机构成员的组成，并明确辐射安全与环境保护管理机构和专职辐射防护负责人职责。

##### （2）辐射安全与环境保护管理机构主要职责

本项目环境安全管理机构履行主要职责如下：

- ① 组织学习并贯彻国家和天津市的环境保护法规、政策、法令、标准，进行环保知识教育，提高职员的环保意识；
- ② 组织编制和修改本单位的辐射安全与环境保护管理制度，并监督执行；
- ③ 负责收集、整理、分析全公司辐射防护的有关资料，根据国家、天津市和行业主管部门等规定的环境质量要求，及时制定并采取防护措施；
- ④ 负责检查辐射安全与环境保护设施，开展辐射安全监测，对本项目安全与防护情况进行年度评估，记录环保管理台账，确保各污染物控制措施可靠、有效；
- ⑤ 负责建立放射性同位素的台账，并实行动态管理；
- ⑥ 负责制定辐射安全培训计划，组织人员参加辐射安全与防护考核；
- ⑦ 负责组织辐射工作人员开展职业健康检查、个人剂量监测，并做好相应资料的档案管理工作；
- ⑧ 负责组织编制辐射事故应急预案，组织辐射事故时的应急响应，参与放

射性同位素事故的调查处理；

- ⑨ 负责放射性同位素在生产、使用、贮存过程中的辐射安全、环境保护、职业安全与卫生及安全生产标准化监督管理；
- ⑩ 接受环境管理部門的业务指导和监督，积极配合环保管理部門的工作，按要求上报各项管理工作的执行情况及有关环境数据。

（3）负责人主要职责

贯彻执行国家辐射安全与环境保护各项法规相关文件精神，总体负责建设单位辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理。

（4）辐射安全防护负责人主要职责

- ① 贯彻执行国家和上级主管部門有关放射性同位素管理的法规和规定；
- ② 负责放射性同位素在使用、贮存过程中的安全管理；
- ③ 负责建立放射性同位素的台账，并实行动态管理；
- ④ 负责制定个人岗位、工序操作规程，并监督落实；
- ⑤ 参与、配合放射性同位素事故的调查处理；
- ⑥ 接受上级主管部門的监督检查。

（5）成员主要职责

在负责人与辐射安全防护负责人的领导下，贯彻执行各项辐射安全与环境保护管理制度。

#### 6.1.2 辐射工作人员配备计划

本项目拟配置 8 名辐射工作人员。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建设单位拟设置不少于 5 名核物理、放射化学、核医学和辐射防护等相关专业的技术人员，其中具有高级职称的不少于 1 名。

建设单位拟安排所有辐射安全管理人员和辐射工作人员通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台自主学习、报名并参加考核，考核专业为辐射安全管理或者科研、生产及其他，考核合格持证上岗。

根据《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），本项目属于生产放射性药物的单位，场所等级为

乙级，无需设置辐射安全关键岗位。

## 6.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关管理要求，对照《中国核与辐射安全管理体系第三层级》，公司拟制定健全的辐射安全管理制度，主要包括：《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《人员培训计划》、《放射性同位素使用登记制度》、《放射性核素使用、药物销售台账管理制度》、《放射性物品运输安全管理制度》、《监测方案》、《三废处置方案》、《辐射事故应急预案》、《辐射安全与防护管理大纲》、《非密封放射性物质的管理规定》、《物料平衡管理规定》、《场所分区管理规定》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》等。各项制度应满足辐射安全管理需求，主要管理制度要点总结如下：

（1）操作规程：明确药物生产各工序的操作规程；明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施、操作步骤以及工作过程中注意要点；明确工作时必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪或检测仪器，避免辐射事故发生。

（2）岗位职责：明确管理人员、操作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

（3）辐射防护和安全保卫制度：定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全装置、个人剂量报警仪等保持良好工作状态；辐射工作人员定期开展个人剂量监测和职业健康体检；指定专人负责放射性原料的入库和放射性药物的出库，防止放射性原料或药物被盗、丢失；做好辐射工作场所的安全保卫工作，并定期检查。

（4）设备检修维护制度：明确设备等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效运转；重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器等必须保持良好工作状态。

（5）人员培训计划：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法

等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

（6）放射性同位素使用登记制度：明确放射性原料台帐和使用登记记录，对购入的放射性原料的使用情况进行专人登记和跟踪记录，确保正确无误，帐物相符。

（7）放射性药物生产、销售台账管理制度：建立生产、销售台账，对公司生产的放射性药物种类、数量、销售去向及日期等均记录在台账上；明确放射性同位素仅能销售（转让）给已有辐射安全许可证并具备使用该放射性同位素资格的客户；在转让前，双方应已签订书面转让协议，并需到相关生态环境部门办理转让申请，获得批准后方可转让。

（8）监测方案：明确监测方法、监测项目、监测点位和监测频次，监测结果记录存档，并定期上报生态环境行政主管部门。此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中相关要求，生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交上一年度的评估报告。

（9）辐射工作人员个人剂量管理制度：明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

（10）三废处置方案：明确放射性废物应根据类型分开单独处理，并做好放射性废物产生、处理、处置（包括排放）的记录，建立档案。

（11）辐射事故应急预案：明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等，以有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证上报渠道通畅。

公司拟根据法律法规及实际情况定期对各管理制度进行梳理、补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。现有辐射安全管理可行，从操作人员岗位

责任、辐射防护和安全保卫、设备检修、放射设备的使用等方面分别作出明确要求和规定，能够很好的保障从事辐射工作的人员和公众的健康与安全，同时保护生态环境，运行以来无辐射事故发生。

综上所述，本项目已建立并后期进行修改完善的辐射安全管理规章制度满足相关法律法规要求，各项制度齐全，与辐射工作内容相匹配，可以满足本项目辐射安全管理的要求。

### 6.3 辐射监测

#### 6.3.1 监测方案

##### 6.3.1.1 个人剂量监测

为了确保辐射工作人员的身体健康，需要加强对辐射工作人员个人剂量监测和职业健康管理。建设单位拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计和指环剂量计。本项目辐射工作人员全身受照不均匀，根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019），剂量计应佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置，人员手部可能受到较大照射，宜佩戴指环剂量计。个人剂量计、指环剂量计定期送交有资质的检测部门进行检测，应建立个人剂量监测档案，个人剂量监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月。

当发现个人剂量监测结果异常时及时上报，查明原因。安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案并终生保存。

##### 6.3.1.2 职业健康体检

建设单位拟定期安排放射性操作人员开展职业健康检查，辐射工作人员在岗期间职业健康检查周期为 1~2 年，但不得超过 2 年，必要时可适当增加检查次数。拟安排专人负责职业健康检查，建立个人职业健康检查档案并终生保存。

##### 6.3.1.3 场所监测

###### （1）自行监测

建设单位拟利用自配的辐射监测仪器对工作场所定期进行自行监测，同时委托有效的单位定期对辐射工作场所及周围环境辐射水平开展年度监测，建立监测档案并长期保存。监测方案详见表 6.3-1。

表 6.3-1 工作场所辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测点位	监测频次	
			例行监测	年度监测
外照射	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率/周围剂量当量率	评价范围内辐射工作人员和公众活动位置，主要包括手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩屏蔽体、进出门、顶外 30cm，操作非密封放射性物质工作场所外、废料衰减室等	1 次/2 周	1 次/年
		碘 [ $^{125}\text{I}$ ] 粒籽源放射性药物货包表面	发货前	1 次/年
		放射性固体废物表面、污物暂存间、废料衰减室或贮存容器外表面	放射性固体废物暂存时间超过 $^{125}\text{I}$ 半衰期的 10 倍，经检测达到清洁解控水平后，作为危险废物委托有资质的单位处理。	1 次/年
污染表面	$\beta$ 表面污染	非密封放射性物质工作场所控制区及监督区内工作台面、地面、设备表面、墙壁表面	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	1 次/年
		操作者手、皮肤、工作服、手套、工作鞋外表面	放射性操作后离开非密封放射性物质工作场所控制区前	/
		放射性药物货包表面	发货前	1 次/年
		放射性固体废物表面、贮存容器外表面	放射性固体废物暂存时间超过 $^{125}\text{I}$ 半衰期的 10 倍，经检测达到清洁解控水平后，作为危险废物委托有资质的单位处理。	1 次/年

注：年度监测委托有资质的单位进行监测。

测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止辐射工作并向核辐射防护负责人报告。便携式 X- $\gamma$  剂量率仪、表面污染检测仪定期送有资质部门进行检定。

## （2）委托监测

### 1) 验收监测

取得辐射安全许可证，项目正式运行前，建设单位拟委托有检测资质的监测机构对工作场所周围剂量当量率、表面污染水平、放射性废液中总放射性进行验收监测。

## 2) 年度监测

建设单位拟委托有检测资质的监测机构对工作场所周围环境及介质中的辐射水平每年监测一次。

### (1) 监测项目

周围剂量当量率、表面污染水平、放射性废液、废气中总放射性。

### (2) 监测方法

《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)、《表面污染测定 第一部分  $\beta$  发射体 ( $E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$ ) 和  $\alpha$  发射体》(GB/T 14056.1-2008)、《水中总  $\beta$  放射性测定厚源法》(HJ 899-2017)。

### (3) 监测布点

年度监测方案详见表 6.3-2、表 6.3-3。

表 6.3-2 辐射环境监测方案

监测对象	监测项目	监测点位	监测频次	监测方法
外照射	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	以工作场所为中心，半径 50m~300m 内布点，覆盖厂区	1 次/年	《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)
表面污染	$\beta$ 表面污染	非密封放射性物质工作场所控制区及监督区内工作台面、地面、设备表面、墙壁表面 放射性固体废物表面、贮存室或贮存容器外表面		

表 6.3-3 流出物监测方案

监测对象	监测项目	监测点位	监测频次	监测方法
废气	总放射性	放射性废气排气筒排放口	1 次/年	《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)、《水中总 $\beta$ 放射性测定厚源法》(HJ 899-2017)
废水	总放射性	衰变池取样口	1 次/年或排放前	

## 6.3.2 监测仪器

按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，公司需配备必要的监测仪器，对辐射工作场所放射性水平、表面污染进行监测，并定期委托有资质的监测单位进行例行监测。为辐射工作人员配备个人剂量计，专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。

建设单位配备监测仪器（1台X- $\gamma$ 剂量率仪、4台表面污染检测仪、8台个人剂量报警仪、8套个人剂量计、2套指环剂量计、1套固定式辐射监测报警仪、1套放射性气溶胶连续监测仪）基本能满足项目辐射防护和环境保护的要求，监测仪器应定期送有资质单位进行校准和检验，校准和检验合格后方可使用。

### 6.3.3 其他监测要求

(1) 用便携式辐射剂量监测仪对辐射工作场所外四周、上方人员可达位置、防护门外、操作控制位、管线口等进行监测；使用表面污染监测仪对相关工作场所放射性污染情况进行监测，每次操作结束后进行，工作人员离开可能受到放射性污染的工作场所时，监测地面、工作台、工作服、体表的表面污染水平；放射性药物托运前，进行包装表面污染和辐射水平监测。以上监测由建设单位工作人员自行完成，监测数据记录存档。

(2) 工作场所屏蔽措施等关键条件发生改变时，应请有资质的单位对相关工作场所进行全面辐射监测和辐射安全评价。

(3) 发生辐射事故，及时申报生态环境主管部门和相关部门，进行现场监测。

(4) 项目退役后，按照相关法律法规要求，及时开展项目退役验收监测。

### 6.3.4 非放射性污染源监测计划

结合本项目项目特点和污染物排放情况，本评价建议项目运营期非放射性污染源监测计划如下表所示。

表 6.3-4 污染源监测计划

分类	监测位置	监测因子	监测频率	采样分析方法	实施单位
废气	排气筒 P1 出口	非甲烷总烃、TRVOC	1 次/年	《工业企业挥发性有机物排放控制标准》(DB 12/524-2020)	委托有资质的环境监测单位
废水	废水总排口	pH、COD、BOD <sub>5</sub> 、SS、氨氮、总磷、总氮	1 次/季度	《污水综合排放标准》(DB 12/356-2018)	
噪声	四侧厂界外 1m	等效连续 A 声级	1 次/季度	《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)	

注：地方生态环境主管部门对监测频次有更高要求的，按地方生态环境主管部门要求执行。

按照天津市生态环境局（原天津市环保局）《关于加强我市排放口规范化整治工作的通知》（津环保监理[2002]71 号）、《天津市污染物排放口规范化技术要求》（津环保监测[2007]57 号）、《排污单位污染物排放口监测点位设置技术规范》（HJ 1405-2024）中的相关要求，排污口规范化与主体工程必须同时进行，并规范建设废气排放口，本项目提出以下废气排放口规范化措施：

- ① 排气筒应设置便于采样、监测的采样口和采样监测平台。当采样平台设置在离地面高度 $\geqslant 5m$  的位置时，应有通往平台的 Z 字梯/旋梯/升降梯。
- ② 采样孔、点数目和位置应按《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》（GB/T16157-1996）的规定设置。
- ③ 废气排放口的环境保护图形标志牌应设在排气筒附近地面醒目处。

## 6.4 辐射事故应急

为了加强对非密封放射性物质的安全和防护的监督管理，促进核技术利用项目的安全应用，保障人体健康，保护环境，建设单位拟成立辐射事故应急机构，并制定《辐射事故应急预案》，配备辐射防护、环境监测等应急物资，每年定期开展应急培训和演练，以提高辐射事故应急处置能力。

### 6.4.1 辐射事故应急机构及职责

#### （1）应急机构

建设单位拟设立辐射事故应急管理小组，全面承担制定辐射事故应急预案并组织演练，辐射事故应急响应等具体工作。

辐射事故应急管理小组由公司法人任组长，组员主要由辐射专职管理人员、车间负责人、主要生产人员组成。

#### （2）应急机构职责

- ① 统一指挥应急响应行动，宣布应急状态，启动应急组织，决策应急中止，为应急能力保持提供必要条件。
- ② 协调各级、各专业力量实施应急支援行动，向上级主管部门报告事故，组织事故原因调查和经验反馈。
- ③ 负责实施车辆调配及后勤物资供应，迅速调配抢险物资器材至事故发生地；提供和检查抢险人员的装备和安全防护；事件后负责现场的善后处理清洁

及器材补充。

④ 负责场内紧急救治，对外联系专业医院，提供应急处置人员医疗防护建议。

⑤ 负责组织人员安全有序的疏散及财物的转移，确保通道畅通，现场救援有序实施。

⑥ 负责现场工作场所监测和环境监测，人员体表污染监测，提供辐射防护建议。

#### 6.4.2 辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等规定，建设单位拟针对本项目使用放射性同位素的辐射事故风险，制定《辐射事故应急预案》，辐射事故应急预案应包括下列内容：

- (1) 应急组织机构和职责分工；
- (2) 辐射事故类型与应急响应程序；
- (3) 辐射事故现场处置方案；
- (4) 辐射事故应急保障措施；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (6) 应急培训及应急演练计划。

工作场所放置辐射事故应急处置规程（书），配备辐射剂量监测报警仪和个人防护用品。

#### 6.4.3 应急响应程序

##### (1) 应急启动

发生辐射事故时，现场人员应立即报告应急管理小组，在接到报告后由应急管理小组通知应急总指挥、各相关专业人员，并立即启动辐射事故应急预案，根据应急总指挥指示开展现场警戒和处理措施。

建设单位应在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告。发生辐射事故的，还应同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。

##### (2) 应急响应行动

立即组织人员安全有序的疏散及财物的转移，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。

调配抢险物资器材至事故发生地，必要时，建立交通控制通道，保障事故处理人员、设备或物资通畅。

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或联系送厂外专业医院治疗，为现场处理人员提供医疗防护。医疗救助人员协助事故处理人员体表污染的去污（头发、鼻、耳、咽等部位）。

保护好现场，并认真配合生态环境、公安、卫生健康等部门调查事故原因，追回丢失、被盗放射性物品，防止事故再次发生。

### （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。

应急管理小组提交《辐射事故后续报告表》，组织调查事故原因和经验反馈，改进安全措施。

#### 6.4.4 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，主要有：

- （1）便携式 X- $\gamma$  剂量率仪，表面污染检测仪等物项；
- （2）人员急救医疗设施等；
- （3）对讲机、专用操作工具、防护用品、隔离带、去污用品等；
- （4）应急救援车辆。

#### 6.4.5 应急培训与演练

##### （1）培训

应急管理小组应组织辐射事故应急人员每年参加不低于一次的辐射事故专项应急预案培训，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。

## （2）演练

每年开展不低于一次的针对同位素辐射事故专项应急预案的应急演练，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。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事故的应急处置能力。

## 6.5 从事辐射活动能力评价

### 6.5.1 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》符合情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日生态环境部部令第20号修改）第十三条、十四条、第十六条规定，生产、销售、使用放射性同位素的单位申请领取许可证，应当具备相应条件。本项目从事辐射活动能力的评价详见下表。

表 6.5-1 从事辐射活动能力评价

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求具备条件	建设单位情况	是否符合
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构。	建设单位拟为本项目设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，全面负责辐射安全与环境保护管理工作。	建设单位按承诺落实后符合
有不少于5名核物理、放射化学、核医学和辐射防护等相关专业的技术人员，其中具有高级职称的不少于1名。	建设单位拟为本项目配备不少于5名核物理、放射化学、核医学和辐射防护等相关专业的技术人员，其中具有高级职称的不少于1名。	建设单位按承诺落实后符合
从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，其中辐射安全关键岗位应当由注册核安全工程师担任。	建设单位拟组织本项目所有辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格持证上岗。	建设单位按承诺落实后符合
有与设计生产规模相适应，满足辐射安全和防护、实体保卫要求的放射性同位素生产场所、生产设施、暂存库或暂存设备，并拥有生产场所和生产设施的所有权。	本项目生产场所、生产设施、暂存库、暂存设备能够适应生产规模，满足辐射安全和防护、实体保卫要求；建成后生产设施属于建设单位所有，建设单位已取得不动产权证书，详见附件5。	建设单位按承诺落实后符合
具有符合国家相关规定要求的运输、贮存放射性同位素的包装容器。	本项目拟配置符合国家相关规定要求的运输、贮存放射性同位素的铅罐等包装容器。	建设单位按承诺落实后符合
具有符合国家放射性同位素运输要求的运输工具，并配备有5年以上驾龄的专职司机。	本项目拟委托专业运输公司负责放射性同位素运输，委托单位配备符合国家放射性同位素运输要求的运输工具，并配备5年以上驾龄的专职司机。	建设单位按承诺落实后符合

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求具备条件	建设单位情况	是否符合
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、固定式和便携式辐射监测、表面污染监测、流出物监测等设备。	拟为本项目新增配备 X-γ 剂量率仪、表面污染检测仪、个人剂量报警仪、个人剂量计、固定式辐射监测报警仪及铅橡胶衣等防护用品，可满足辐射防护需求。	建设单位按承诺落实后符合
建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护制度、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、台帐管理制度和监测方案。	拟制定完善的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案、台帐管理制度等。	建设单位按承诺落实后符合
建立事故应急响应机构，制定应急响应预案和应急人员的培训演习制度，有必要的应急装备和物资准备，有与设计生产规模相适应的事故应急处理能力。	本项目拟建立事故应急响应机构，制定应急响应预案和应急人员的培训演习制度，拟设置监测仪器、警戒带等必要的应急装备和物资，不断完善事故应急处理能力。	建设单位按承诺落实后符合
具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	放射性固体废物先分类收集至废料衰减室储存衰变，放射性固体废物暂存时间超过 $^{125}\text{I}$ 半衰期的 10 倍，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，对废物清洁解控并作为危险废物委托有资质的单位处理。本项目手套箱、激光焊机防护罩、屏蔽通风橱放射性废气负压收集后经设备顶壁活性炭吸附装置处理后与废料衰减室、碘原料室、污物暂存间、质控室、淋浴间、洁净衣物暂存间、洁具间房间排风汇集，由专用排风管道汇至厂房楼顶二级活性炭吸附装置处理后由 1 根 24m 高排气筒 P1 有组织排放。	建设单位按承诺落实后符合

以上分析表明，在制定落实各项辐射安全管理制度和辐射防护措施后，百适核素制药（天津）有限公司将具备申请领取许可证应当具备的条件。

#### 6.5.2 与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》符合情况

原环保部 2011 年第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“18 号令”要求的对照情况见表 9.5-2。

表 6.5-2 与“18 号令”安全和防护能力对照检查情况

环境保护部令第 18 号要求具备条件	建设单位情况	是否符合
第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置	辐射工作场所入口拟设置电离辐射警告标识、中文警示说明。碘 $[^{125}\text{I}]$ 粒籽源包装容器拟设置电离辐射警示标识、中文	建设单位按承诺落实后符合

环境保护部令第 18 号要求具备条件	建设单位情况	是否符合
<p>安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。</p> <p>射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。</p> <p>放射性同位素的包装容器、含放射性同位素的设备和射线装置，应当设置明显的放射性标识和中文警示说明；放射源上能够设置放射性标识的，应当一并设置。运输放射性同位素和含放射源的射线装置的工具，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志或者显示危险信号。</p>	警示说明。运输放射性药物的工具，拟设置明显的放射性标志。	
<p>第七条 放射性同位素和被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。贮存、领取、使用、归还放射性同位素时，应当进行登记、检查，做到账物相符。对放射性同位素贮存场所应当采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施。</p>	<p>(1) 公司拟将放射性同位素和被放射性污染的物品单独存放，不与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。</p> <p>(2) 拟建立台帐管理制度，贮存、领取、使用、归还放射性同位素时，进行登记、检查，做到账物相符。(3) 对放射性同位素贮存场所采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施。</p>	
<p>第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。</p>	公司拟每年委托有资质单位对辐射工作场所进行辐射监测，并出具监测报告；拟配置便携式 X-γ 剂量率仪、表面沾污仪等，定期对辐射环境进行自行监测，做好记录，妥善保存。	
<p>第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。</p>	依法对公司的放射性同位素与射线装置的安全和防护进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前报发证机关。	
<p>第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。</p>	公司拟安排从事管理和辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格持证上岗。	
<p>第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全</p>	<p>公司拟为从事放射性操作的人员建立个人健康档案，每季度送检个人剂量计一次，每年对从事放射性操作的人员进行一次健康体检。</p> <p>拟安排专人负责个人剂量监测</p>	

环境保护部令第 18 号要求具备条件	建设单位情况	是否符合
许可证发证机关。	管理，建立辐射工作人员个人剂量档案并终身保存。	

综上所述，建设单位拟按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求采取辐射安全和防护管理措施，在落实各项措施后，可满足管理办法的要求。

#### 6.5.3 与《中国核与辐射安全管理体系（第三层级）》（2020 版）对照情况

本项目拟设置安全防护设施和辐射安全管理制度，与《中国核与辐射安全管理体系（第三层级）》（2020 版）中《放射性药物生产线监督检查技术程序（NNSA/HQ-08-JD-IP-003）》、《乙级非密封放射性物质操作场所监督检查技术程序（NNSA/HQ-08-JD-IP-006）》、《放射性同位素销售单位监督检查技术程序（NNSA/HQ-08-JD-IP-014）》相关内容对照检查见表 6.5-3~表 6.5-5。

表 6.5-3 与“放射性药物生产线监督检查技术程序”对照检查情况

放射性药物生产线检查内容			建设单位情况	是否符合
场所安全防护设施与运行	场所设施	1	工作场所功能、设置及分区布局	功能齐全、设置及分区布局合理
		2	场所分区的管控措施及标识	分区管理，出入口设置门禁及标识
		3	电离辐射警告标志	拟设置
		4	卫生通过间	拟设置
		5	排风系统的完整性及效能	通风系统完整，设置效能良好的活性炭吸附装置
		6	排风过滤器	拟设置
		7	密封箱室或通风柜	拟设置
		8	屏蔽防护设施	拟设置
		9	防过热或超压保护	本项目常温常压操作，不涉及加热或加压
		10	防止放射性液体操作造成污染的措施	拟设置
	监测设备	11	放射性废水处理系统及标识	拟设置
		12	放射性物料与成品暂存场所或设施	拟设置
		13	放射性固体废物暂存场所或设施	拟设置
		14	安保设施	拟设置
		15	人员出口污染监测仪	拟设置
		16	固定式或移动式气溶胶取样监测设备	拟设置

放射性药物生产线检查内容				建设单位情况	是否符合
管理制度	防护用品	17	气载放射性流出物取样监测设备	拟设置	
		18	便携式辐射监测仪	拟设置	
		19	个人辐射防护用品	拟设置	
	防护器材	20	去污用品和应急物资	拟设置	
		21	合适的灭火器材	拟设置	
		22	放射性同位素应急包装容器	拟设置	
	综合	1	辐射安全与防护管理大纲	拟制定	
	放射性物质	2	非密封放射性物质的管理规定	拟制定	
		3	物料平衡管理规定	拟制定	
		4	场所分区管理规定	拟制定	
	场所管理	5	操作规程	拟制定	
		6	去污操作规程	拟制定	
		7	安全防护设施的维修与维护制度	拟制定	
	监测	8	监测方案	拟制定	
		9	监测仪表使用与校验管理制度	拟制定	
	人员	10	辐射工作人员培训/再培训管理制度	拟制定	
		11	辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定	
	应急	12	辐射事故/事件应急预案	拟制定	
	三废	13	放射性“三废”管理规定	拟制定	

表 6.5-4 与“乙级非密封放射性物质操作场所监督检查技术程序”对照检查情况

乙级非密封放射性物质操作场所检查内容				公司情况	是否符合
辐射安全防护设施与运行	场所设施	1	工作场所功能、设置及分区布局	功能齐全、设置及分区布局合理	建设单位按承诺落实后符合
		2	场所分区的管控措施及标识	出入口设置门禁及电离辐射警告标识	
		3	电离辐射警告标志	拟设置	
		4	卫生通过间	拟设置	
		5	通风系统完整性及效能	通风系统完整，设置效能良好过滤装置	
		6	密封箱室	拟设置	
		7	屏蔽防护设施	拟设置	
		8	防过热或超压保护	本项目为常温常压操作，不涉及加热或加压	
		9	防止放射性液体操作造成污染的措施	拟设置	
		10	机械手或其它远距离操作工具	拟设置	
		11	火灾报警仪	拟设置	
		12	放射性废水处理系统及标识	拟设置	
		13	放射性物料与成品暂存场所或设施	拟设置	
		14	放射性固体废物暂存场所或设施	拟设置	
		15	安保设施	拟设置	

乙级非密封放射性物质操作场所检查内容				公司情况	是否符合
监测设备	16	防火设备、应急出口	拟设置		
	17	人员出口污染监测仪	拟配备		
	18	固定式辐射监测报警仪	拟配备		
	19	固定式或移动式气溶胶取样监测设备	拟配备 1 台移动式气溶胶取样监测设备		
	20	便携式辐射监测仪	拟配备		
	21	个人剂量计	拟配备		
	22	个人剂量报警仪	拟配备		
	23	个人辐射防护用品	拟配备		
	24	去污用品和应急物资	拟配备		
	25	合适的灭火器材	拟配备		
	26	放射性同位素应急容器	拟配备		
	综合	1 辐射安全与防护管理大纲	拟制定		
	放射性物质	2 非密封放射性物质的管理规定	拟制定		
管理制度	3	物料平衡管理规定	拟制定		
	4	场所分区管理规定	拟制定		
	5	操作规程	拟制定		
	6	安保管理规定	拟制定		
	7	去污操作规程	拟制定		
	8	安全与防护设施等维修与维护制度	拟制定		
	监测	9 监测方案	拟制定		
	10	监测仪表使用与校验管理制度	拟制定		
	人员	11 辐射工作人员培训/再培训管理制度	拟制定		
	12	辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定		
	应急	13 辐射事故应急预案	拟制定		
	三废	14 放射性“三废”管理规定	拟制定		

表 6.5-5 与“放射性同位素销售单位监督检查技术程序”对照检查情况

放射性同位素销售单位检查内容				公司情况	是否符合
辐射安全防护设施与运行	放射性同位素暂存场所	1 出入口处电离辐射警告标志	拟设置		
		2 双人双“锁”	拟设置		
		3 非法入侵报警装置	拟设置		
		4 监控系统	拟设置		
		5 火灾报警仪	拟设置		
	监测设备	6 便携式监测仪	拟配备		
		7 个人剂量报警仪	拟配备		
		8 个人剂量计	拟配备		
	防护器材	9 满足要求的屏蔽措施	拟设置		
		10 个人防护用品	拟配备		
	应急物资	11 应包括但不限于以下用品：去污用品和试剂、应急处理工具、必备的警示标志和标识线、灭火器材等	拟设置		
	综合	1 辐射安全管理规定	拟制定		
	销售	2 放射性同位素销售及进出口管理制度	拟制定		

放射性同位素销售单位检查内容				公司情况	是否符合
制 度	3	放射性同位素台账管理制度	拟制定		
	4	暂存场所管理制度	拟制定		
	5	放射性同位素回收、送贮管理制度	拟制定		
	6	监测方案	拟制定		
	7	监测仪表使用与校验管理制度	拟制定		
	8	辐射工作人员培训/再培训管理制度	拟制定		
	9	辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定		
	10	辐射事故应急预案	拟制定		

综上所述，本项目在落实各项安全防护设施和辐射安全管理制度后可符合

《中国核与辐射安全管理体系（第三层级）》（2020 版）相关要求。

## 6.6 核技术利用建设项目环保手续流程及要求

### （1）环保手续流程

根据国家相关法律法规及行政主管部门要求，本项目环保手续包括环境影响评价、辐射安全许可证办理及竣工环保验收三个部分，具体流程如图 6.6-1 所示，供建设单位参考。

建设单位在履行本项目环评手续，取得《辐射安全许可证》后方可开展辐射工作。

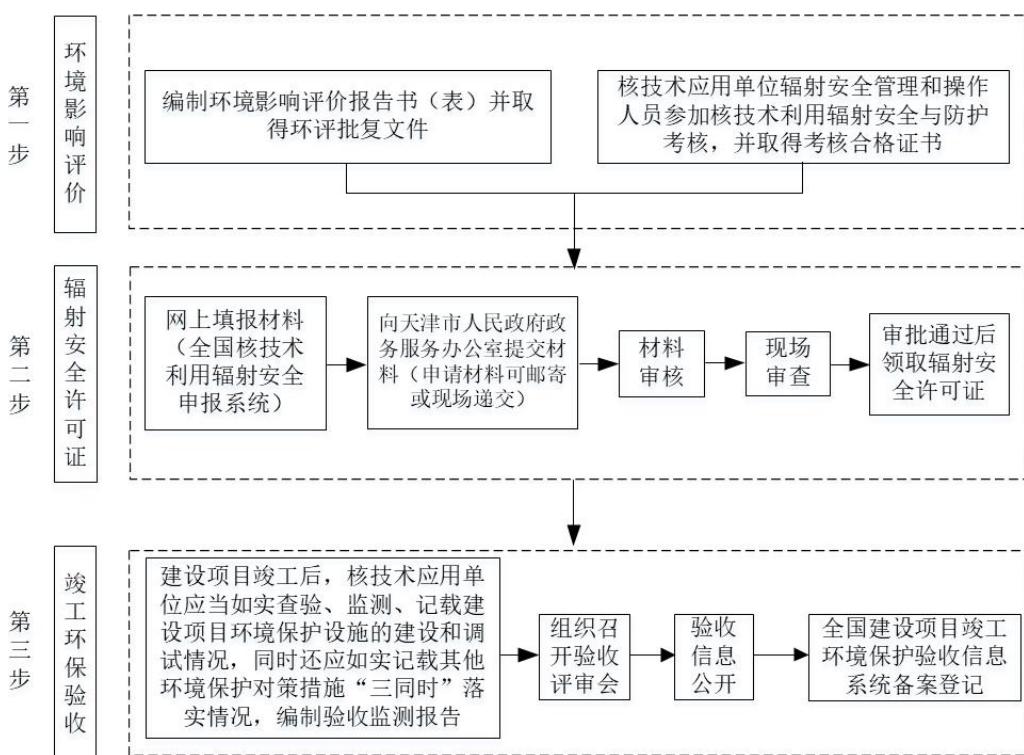


图 6.6-1 本项目环保手续办理流程图

## （2）竣工环境保护验收

根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（中华人民共和国国务院令第 682 号）第十七条：编制环境影响报告书、环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

竣工环境保护验收按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）执行。建设项目竣工后，建设单位应根据环评文件及审批意见进行自主验收，向社会公开并向生态环境主管部门备案。其中，需要对建设项目配套建设的环境保护设施进行调试的，建设单位应当确保调试期间污染物排放符合国家和地方有关污染物排放标准和排污许可等相关管理规定。环境保护设施未与主体工程同时建成的，或者应当取得排污许可证但未取得的，建设单位不得对该建设项目环境保护设施进行调试。调试期间，建设单位应当对环境保护设施运行情况和建设项目对环境的影响进行监测。验收监测应当在确保主体工程调试工况稳定、环境保护设施运行正常的情况下进行，并如实记录监测时的实际工况。建设项目竣工验收通过后，方可正式投产运行。建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体。除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建设项目竣工验收通过后，方可正式投产运行。

根据本项目工程内容及污染特征，本项目竣工环境保护验收建议内容列于下表，供本项目建设单位参考。

表 6.6-1 核技术利用项目竣工环保验收主要内容

序号	验收内容	验收要求
1	工程规模	调查项目实际工程内容，核查与环评阶段工程规模变更情况。
2	环保目标	调查项目环保目标基本情况及变更情况。
3	验收监测	对污染源及环保目标开展监测，污染源达标排放，环保目标环境质量达标，三废处理措施已落实。
4	屏蔽设计	辐射工作场所及其配套用房的建设和布局与环评报告描述内容一致。工作场所屏蔽防护均已落实，屏蔽能力满足辐射防护的要求。
5	辐射安全与防护	辐射工作场所的电离辐射警告标识和中文警示说明、安全设

序号	验收内容	验收要求
		施、通风系统、水处理系统等措施均已落实。
6	自行监测	制定了满足管理要求的辐射监测制度；监测记录存档；配备有相应的辐射检测仪器；放射工作人员进行个人剂量监测，并建立健康档案。
7	规章制度	制定了健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等规章制度，满足辐射安全管理需求且得到落实。
8	个人防护用品	为辐射工作人员配备了个人剂量计、个人剂量报警仪等个人防护用品。
9	人员培训	从事放射性工作的人员通过辐射安全与防护知识考核，且持证上岗。
10	应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，明确了应急处理组织机构及职责、应急响应程序、应急措施、应急演练等内容，配备必要的应急器材、设备。

本项目验收监测内容见下表。

表 6.6-2 本项目建议验收监测内容表

序号	验收内容	监测位置	监测因子	执行标准
1	陆地 $\gamma$ 辐射	手套箱、屏蔽通风橱等屏蔽体外表面 30cm，操作非密封放射性物质工作场所外及有代表性的环保目标等	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	参照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）
2	污染表面	非密封放射性物质工作场所控制区及监督区内工作台面、地面、设备表面、墙壁表面	$\beta$ 表面污染	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）
3	废气	排气筒 P1	总 $\beta$ 、应用核素	/
		排气筒 P1	非甲烷总烃、TRVOC	《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2020）
4	废水	衰变池排放口	总 $\beta$	《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）三级
		废水总排口	pH、COD、BOD <sub>5</sub> 、SS、氨氮、总磷、总氮	
5	土壤	衰变池附近	总 $\beta$ 、应用核素	/
6	地下水	衰变池附近	总 $\beta$ 、应用核素	《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）
7	噪声	厂界外 1 m	等效连续 A 声级	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3类
8	固体废物	固体废物收集、暂存设施		
9	排污口规范化	按照原天津市环境保护局发布的《关于加强我市排放口规范化整治工作的通知》（津环保监理[2002]71号）和《关于发布<天津市污染源排放口规范化技术要求>的通知》（津环保监测[2007]57号）等文件的要求设置。		

序号	验收内容	监测位置	监测因子	执行标准
10	环境风险防范措施	分区贮存、灭火器、火灾报警装置等环境风险防范措施。		

### （3）退役

该项目非密封放射性物质工作场所及相关设施服务期满后，建设单位应办理相关退役手续，主要包括：

- ① 源项调查，编制退役方案。
- ② 办理退役场所的环境影响评价工作。
- ③ 实施退役验收监测、编制退役终态环境保护验收监测报告。
- ④ 办理辐射安全许可证注销手续。

## 第七章 利益-代价简要分析

建设项目的利益-代价分析是根据建设项目产生的环境影响，从整体角度衡量项目实施可能带来的经济利益与环境代价，力求实现环境与发展的协调统一，评价项目的正当性。

### 7.1 利益分析

#### 7.1.1 社会效益

随着我国经济社会经济的迅速发展，人民生活水平不断提高，医疗卫生条件也得到了进一步改善。在各类疾病（特别是肿瘤类疾病）的诊断、治疗中，放射性药物发挥着越来越重要的作用。其中，碘<sup>[125]I</sup>粒籽源作为近距离放射治疗的手段之一，能够精准靶向病灶，减少对健康组织的损伤，提升癌症患者的治疗效果和生活质量。近年来随着核医学科发展快迅，临床就诊人数逐年增加，碘<sup>[125]I</sup>粒籽源的市场需求持续扩大。本项目的建设将有力推动我国放射性药物技术的创新和临床应用的发展，进一步满足社会对放射性药品日益增长的需求，同时促进核医学领域的进步，为肿瘤患者提供更安全、高效的诊疗方案。

#### 7.1.2 经济效益

本项目建成后，将显著提升区域医疗供给能力，满足日益增长的肿瘤治疗需求。项目的实施将有力推动天津地区核医学产业链的完善，通过技术引进和产业协同，促进放射性药物研发、生产、应用的全链条发展，进一步增强天津在放射性药物领域的行业引领地位。

另外，本项目将提供更多的就业岗位。同时，项目的实施对员工的素质及技能均有较高的要求，因此将推进对员工职业培训，有利于提高地区人口素质和职业技能，为地方社会经济的长远发展提供良好的基础。

综上所述，本项目有利于促进地区经济发展，具有良好的经济效益。

#### 7.1.3 环境效益

本项目使用先进的生产工艺和设备，注重保护环境，采用了一系列的污染治理措施，使工程建设取得较好的经济效益、社会效益的同时，最大限度地减少对环境的污染，保证可持续发展。经分析评价，本项目环保设施投入使用后，

排放废气、废水污染物均可实现达标排放，不会对周边环境及环境保护目标产生显著影响；生产设备主要选用低噪声先进设备，关键部位增加隔声减振措施，明显减少噪声对厂界的影响；固体废物处置去向合理，不会对环境产生二次污染；地下水、土壤可得到有效防治效果。

综上所述，从整体来看，拟建项目的建设具有良好的社会效益、经济效益和环境效益，项目建设可行。

## 7.2 代价分析

### 7.2.1 社会代价

社会代价主要考虑资源和能源方面。

① 资源方面，本项目选址位于津南经济开发区（东区），属于工业用地，无土地、农作物和其他经济作物征购问题，项目运行依托区内基础设施，不单独建设供水、排水系统，故社会损失可忽略。

② 能源方面，项目单位运行期间需用水、电等能源，年耗量见下表。

表 7.2-1 运行期能源消耗情况一览表

名称	年耗量	来源
水	4.9 万 m <sup>3</sup>	市政给水管网
电	80 万 kWh	市政供电系统

### 7.2.2 经济代价

项目建设阶段为尽量减小对周围环境影响，将投入一定的资金用于环境影响治理。本项目总投资为 4000 万元，其中环保设施投资为 138.7 万人民币，占总投资的 3.5%。环保投资主要用于辐射防护、废气治理设施、废水治理设施、固体废物暂存设施、排污口规范化等。

### 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，将产生一定的噪声、非放射性废气、非放射性固体废物，如果不加强施工管理将对周围环境造成一定影响。
- (2) 项目运行阶段，将产生一定的废气、废水、固体废物（包括放射性和非放射性），同时对职业人员及公众造成一定辐射影响。
- (3) 如果建设单位不加强运行管理，可能发生辐射事故，对职业人员及公

众造成超剂量照射。

### 7.3 正当性分析

$^{125}\text{I}$  释放低能量的  $\gamma$  射线和特征 X 射线，在医疗应用中，它具有局部剂量高、穿透距离短的特点，对周围正常组织损伤小。碘 $[^{125}\text{I}]$ 粒籽源植入疗法是治疗多种癌症的有效手段，主要用于浅表、胸腹腔内的肿瘤（如头颈部肿瘤、肺癌、胰腺癌等）的治疗，也适用于经放射线外照射治疗残留的肿瘤以及复发的肿瘤治疗。对于早期前列腺癌，其疗效与手术相当，但具有创伤小、恢复快、保留器官功能、并发症少等优势。本项目建成后可为各医疗机构提供碘 $[^{125}\text{I}]$ 粒籽源，填补医疗需求，直接为患者提供关键医疗资源，进一步改善患者的生存质量。本项目的建设可为当地创造就业机会，并促进相关产业链（如医疗器械、物流、科研）的发展。本项目建成后可满足患者诊疗需求，保障公众健康，具有显著的社会和经济效益。根据预测分析，本项目在采取辐射安全与防护设施后，对辐射工作人员和公众的辐射影响可满足相关剂量限值要求。因此，本项目在充分考虑社会、经济和其他有关因素之后，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，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

## 第八章 结论与建议

### 8.1 项目工程概况

百适核素制药（天津）有限公司拟投资 4000 万元建设“百适核素制药（天津）有限公司新建生产、销售、使用 I-125 粒籽源（百适核素放射性药物生产经营）项目”，项目建设地点位于天津市津南区津南经济开发区（东区）达海路 9 号江恒产业园 5 号楼 2 单元 1 层粒籽源生产车间，主要建设内容为：在现有生产车间内新建碘<sup>[125]I</sup>粒籽源生产线，购置安装银丝切割机、激光焊机、手套箱、屏蔽通风橱等设备，新建 1 个乙级非密封放射性物质工作场所（即粒籽源生产车间）。本项目建成后年产碘<sup>[125]I</sup>粒籽源 30 万粒，主要用于医院肿瘤患者近距离放疗。

建设周期：项目计划于 2025 年 10 月开工建设，2025 年 12 月投产运营。

总投资及环保投资：项目总投资 4000 万元，其中环保投资 138.7 万元，占总投资比例为 3.5%。

### 8.2 辐射安全与防护

#### 8.2.1 场所布局与分区

本项目工作场所划分为控制区和监督区进行管理，并设有相应标识。本项目辐射工作场所独立、固定，并采取了屏蔽防护措施，各组成部分功能区明确，既能有机联系，又互不干扰，且最大限度避开人流、物流交叉影响，有利于粒籽源生产工作开展，对放射性工作人员和公众的辐射影响较小。从辐射环境保护方面论证，本项目的布局是合理可行的。

#### 8.2.2 辐射安全与防护措施和设施

本项目放射性药物的生产、分装以及放射性核素操作均在手套箱、屏蔽通风橱、激光焊机防护罩中进行；配备产品铅防护包装、个人防护用品、放射性废物收集等铅防护设备设施。辐射工作场所出入口设有电离辐射标识及中文警示说明，场所内设置送排风系统，工作台面配备易去污的防污染材料。场所设置有防盗、防抢、防破坏、防火、防水和防泄漏设施。

#### 8.2.3 放射性废气治理

本项目手套箱、激光焊机防护罩、屏蔽通风橱放射性废气负压收集后经设备顶壁活性炭吸附装置处理后与废料衰减室、碘原料室、污物暂存间、质控室、淋浴间、洁净衣物暂存间、洁具间房间排风汇集，由专用排风管道汇至厂房楼顶二级活性炭吸附装置处理后由 1 根 24m 高排气筒 P1 有组织排放。

#### 8.2.4 放射性废水治理

公司在厂房西侧地下设置 1 套放射性废水衰变系统，放射性废水排入衰变系统暂存超过 10 倍半衰期后，经检测达标，并经审管部门认可后排入园区市政污水管网。衰变系统采取防雨水、防渗、防腐、防泄漏措施，不会对周边地表水体造成污染。

#### 8.2.5 放射性固体废物治理

本项目放射性固体废物包括生产过程产生的废反应液、源芯、粒籽源乙醇清洗废液、废旧耗材（取样器、反应器皿、擦拭物、棉签、吸水纸、废原料瓶、口罩、手套等）、不合格品、剩余质检废物、废留样样品、涉放区净化空调机组定期更换产生的废过滤器滤芯和废气处理装置产生的废活性炭、废水衰变系统浮渣污泥。放射性固体废物在废料衰减室暂存时间超过 10 倍半衰期，经检测达到清洁解控水平后，作为危险废物委托有资质的单位处理。建设单位应严格按照《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）等标准的要求落实各项措施，加强放射性废物的管理，避免放射性固体废物对工作人员和公众造成不必要的照射。

### 8.3 环境影响分析

#### 8.3.1 施工期环境影响

施工期间的主要污染因素有扬尘、噪声、废水、建筑垃圾、生活垃圾，但因施工期短，施工范围小，通过采取污染防治措施，加强施工现场的管理等手段，对周围环境影响较小，施工期环境影响是短暂、可逆的，随着施工期结束而消失。

#### 8.3.2 运行期环境影响

##### （1）辐射环境影响

根据预测分析，在采取相应的辐射防护措施后，本项目辐射工作人员和周

边公众所受到照射的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的辐射工作人员的年有效剂量限值 20mSv/a 及关键组公众成员的年有效剂量限值 1mSv/a 的要求，同时符合本报告提出的辐射工作人员年剂量约束值 2mSv/a 和公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

## （2）废气环境影响

### ① 放射性废气

本项目手套箱、激光焊机防护罩、屏蔽通风橱放射性废气负压收集后经设备顶壁活性炭吸附装置处理后与废料衰减室、碘原料室、污物暂存间、质控室、淋浴间、洁净衣物暂存间、洁具间房间排风汇集，由专用排风管道汇至厂房楼顶二级活性炭吸附装置处理后由 1 根 24m 高排气筒 P1 有组织排放。根据预测分析，本项目放射性废气排放所致公众受照剂量叠加外照射对公众的附加剂量后可满足报告书提出的公众年剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

### ② 非放射性废气

本项目源芯清洗过程挥发的少量有机废气经手套箱顶壁活性炭处理后由专用管道延伸至厂房楼顶，经二级活性炭吸附装置处理后由 1 根 24m 高排气筒 P1 排放。源芯清洗过程排放有机废气预计能够满足《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB12/524-2020）要求。

## （3）废水环境影响

本项目放射性废水在衰变池内暂存时间超过 10 倍半衰期，监测结果经审管部门认可后，排入园区市政污水管网，最终排入津南双桥污水处理厂处理，放射性废水排放可满足《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）总  $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$  限值要求。本项目运行过程会产生非放射性废水包括生活污水和纯水制备系统浓水、辅料清洗废水，经化粪池处理后由污水总排口排入市政污水管网，最终排至津南双桥污水处理厂集中处置，根据同类项目运行经验，预计排放废水能够满足《污水综合排放标准》（DB12/ 356-2018）要求。

## （4）固体废物环境影响

本项目放射性固体废物分类收集至废料衰减室储存衰变，暂存时间超过  $^{125}\text{I}$  半衰期的 10 倍，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$  表面污染小于

0.8Bq/cm<sup>2</sup>，对废物清洁解控并作为危险废物委托有资质的单位处理。

本项目运行过程产生的非放射性固体废物包括生活垃圾和废试剂、废试剂包装、纯水制备废耗材等。员工生活垃圾由城市管理部门定期清运处置。废试剂、废试剂包装为危险废物，交由有资质单位处理。纯水制备过程产生废耗材为一般工业固体废物，委托有资质单位定期清运。本项目非放射性固体废物处置去向合理，不会造成二次污染。

本项目运行后产生的固体废物种类明确，收集和处理方法合理，在落实各类固体废物处置去向明确的基础上，不会造成二次污染。

#### （5）噪声影响

本项目主要噪声源是风机、纯水机水泵，采取选用低噪声设备及减振、隔声等措施，合理布置噪声源位置，本项目厂界噪声贡献值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3类标准限值要求。

#### （6）环境风险

本项目运营期可能发生辐射事故，通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施，辐射环境风险可控。本评价认为在科学管理和完善的预防和应急处置机制保障下，本项目发生环境风险事故的可能性是比较低的。采取本评价提出的风险防范措施后，环境风险可防控。

### 8.4 辐射安全与管理

建设单位拟成立辐射安全与环境保护管理机构专职负责辐射安全与环境保护管理，拟建立完善的辐射安全管理规章制度，制订辐射事故应急预案，可有效控制辐射风险。所有辐射工作人员拟参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格持证上岗；拟配备便携式 X-γ 剂量率仪、X-γ 固定式区域监测系统、表面污染检测仪、放射性气溶胶连续监测仪等辐射测量仪器设备，用于辐射剂量监测，并委托有资质单位对工作场所进行定期监测。拟为新增辐射工作人员配置个人剂量计及个人剂量报警仪，建立个人剂量监测和职业健康检查档案。

### 8.5 公众参与

百适核素制药（天津）有限公司按照《环境影响评价公众参与办法》要求，采取网站公示、报纸公示及现场张贴公示信息相结合的方式，开展了公众参与

调查工作，公开征求了公众对项目的建设意见，编制了本项目环境影响评价公众参与说明。公示期间，未收到反对本项目建设的公众意见。

## 8.6 综合结论

本项目建设符合国家和天津市产业政策要求，规划选址符合所在园区规划。本项目实施后，项目运行过程辐射环境影响满足相关标准要求，废气、废水污染物经相应的环保措施治理后均可实现达标排放，厂界噪声可实现达标排放，固体废物处置去向合理，针对可能的辐射风险及环境风险采取必要的事故防范措施和应急措施，预计不会对环境产生明显不利影响。综上所述，在落实本报告提出的各项辐射防护和环保措施，加强环境管理的情况下，百适核素制药（天津）有限公司将具备从事本项目辐射工作的技术和安全防护措施。因此，从辐射环境保护角度论证，本项目的建设具有环境可行性。

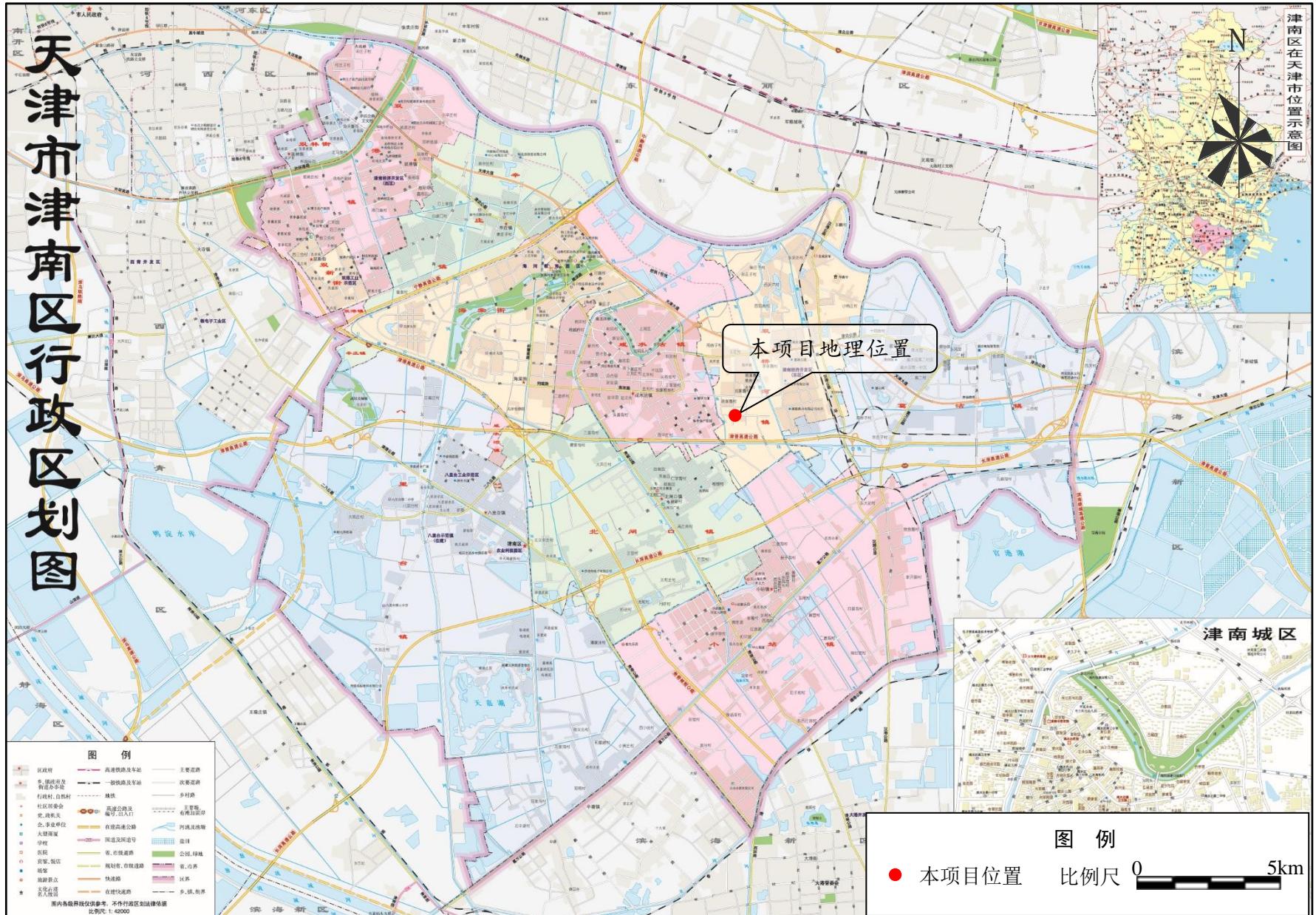
## 8.7 建议和承诺

### 8.7.1 建议

- (1) 项目建设过程中，严格执行项目基本建设程序和“三同时”制度，确保工程质量和发挥设施的功能。
- (2) 项目运行过程中，应确保各项环保设施正常运行，力争将对环境的不利影响降低到最小，在保障公众利益的基础上发挥项目应有的经济和社会效益。
- (3) 根据国家有关辐射环境管理法律法规及标准规范要求，健全完善各项规章制度，严格执行操作规程，落实各项辐射安全和防护措施。
- (4) 加强辐射安全与环境保护方面的宣传，做好与当地公众的沟通工作。
- (5) 加强辐射安全与防护管理，接受各级生态环境主管部门的监督检查。

### 8.7.2 承诺

- (1) 组织所有辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格持证上岗；
- (2) 配备与辐射工作相适应的监测仪器，严格落实监测计划；
- (3) 建设项目竣工后，按照《建设项目环境保护管理条例》要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告；
- (4) 本项目取得《辐射安全许可证》后方可开展辐射工作。



附图1 建设项目地理位置图