

核技术利用建设项目

先通（天津）创新药物产业化基地项目  
（新建生产、销售、使用核药项目）  
环境影响报告书

（征求意见稿）



先通（天津）医药科技有限公司

2026年8月

## 核技术利用建设项目

# 先通（天津）创新药物产业化基地项目 （新建生产、销售、使用核药项目）

## 环境影响报告书



建设单位名称：先通（天津）医药科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：



通讯地址：天津市武清开发区福源道北侧创业总部基地-B21号楼 204 室

邮政编码：301700

联系人：侯亚芳

电子邮箱：yafang.hou@sinotau.com 联系电话：010-52805808

## 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.....                | 34         |
| 1.4 评价标准.....                | 40         |
| 1.5 评价范围.....                | 46         |
| 1.6 辐射环境保护目标.....            | 51         |
| <b>第二章 自然环境与社会环境状况 .....</b> | <b>53</b>  |
| 2.1 地理位置.....                | 53         |
| 2.2 自然环境状况.....              | 54         |
| 2.3 社会经济状况.....              | 56         |
| 2.4 天津市武清开发区简况.....          | 56         |
| 2.5 环境质量与辐射现状.....           | 58         |
| 2.6 场址适宜性评价.....             | 67         |
| <b>第三章 工程分析与源项 .....</b>     | <b>76</b>  |
| 3.1 项目规模与基本参数.....           | 76         |
| 3.2 工程设备和工艺分析.....           | 107        |
| 3.3 污染源项.....                | 157        |
| 3.4 废弃物.....                 | 161        |
| 3.5 污染物总量控制分析.....           | 188        |
| <b>第四章 辐射安全与防护 .....</b>     | <b>193</b> |
| 4.1 场所布局与屏蔽.....             | 193        |
| 4.2 辐射安全与防护措施.....           | 210        |
| 4.3 三废的治理.....               | 218        |
| 4.4 服务期满后的环境保护措施.....        | 234        |
| 4.5 辐射防护与环保投资.....           | 236        |
| <b>第五章 环境影响分析 .....</b>      | <b>237</b> |
| 5.1 建设阶段对环境的影响.....          | 237        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 5.2 运行阶段对环境的影响.....         | 242        |
| 5.3 事故影响分析.....             | 422        |
| <b>第六章 辐射安全管理 .....</b>     | <b>441</b> |
| 6.1 机构与人员.....              | 441        |
| 6.2 辐射安全管理规章制度.....         | 443        |
| 6.3 辐射监测.....               | 445        |
| 6.4 辐射事故应急.....             | 450        |
| 6.5 从事辐射活动能力评价.....         | 453        |
| 6.6 核技术利用建设项目环保手续流程及要求..... | 462        |
| <b>第七章 利益-代价简要分析 .....</b>  | <b>466</b> |
| 7.1 利益分析.....               | 466        |
| 7.2 代价分析.....               | 467        |
| 7.3 正当性分析.....              | 467        |
| <b>第八章 结论与建议 .....</b>      | <b>469</b> |
| 8.1 项目工程概况.....             | 469        |
| 8.2 辐射安全与防护 .....           | 469        |
| 8.3 环境影响分析.....             | 470        |
| 8.4 辐射安全与管理.....            | 473        |
| 8.5 利益代价分析.....             | 473        |
| 8.6 公众参与.....               | 474        |
| 8.7 综合结论.....               | 474        |
| 8.8 建议和承诺.....              | 474        |



## 第一章 概述

### 1.1 项目名称、地点

项目名称：先通（天津）创新药物产业化基地项目（新建生产、销售、使用核药项目）

建设地点：天津市武清区开发区泉雨路东侧，选址中心坐标：东经 117°01'47.334"，北纬 39°26'55.400"，地理位置见附图 1。

### 1.2 项目概况

#### 1.2.1 建设单位情况

北京先通国际医药科技股份有限公司（简称“先通医药”），始创于 2005 年，是中国放射性药物市场的领跑者，具备从放射性核素开发及生产、放射性药物研发、制造及商业化的全行业价值链端对端能力。先通医药秉持“做好核药，惠及大众”的使命，立足中国，放眼世界，公司总部位于北京，在上海设有研发中心，在江苏、广东、四川建设有现代化放射性药物生产基地；同时，在美国设有分支机构。先通医药以未满足的临床需求为导向，先通医药重点布局神经退行性疾病、心血管疾病、肿瘤学三大领域，建立了全面、差异化及具有协同效应的产品矩阵，于放射性诊疗一体化方面具有巨大潜力。

先通（天津）医药科技有限公司（以下简称“先通天津”）是北京先通国际医药科技股份有限公司全资控股的子公司。先通天津成立于 2025 年 9 月 3 日，注册资本 15000 万元，注册地址位于天津市武清开发区福源道北侧创业总部基地 B21 号楼 204 室（营业执照见附件 3），生产地址位于天津市武清区开发区泉雨路东侧。公司主要从事医药领域的技术服务、研发及转让，经营范围涵盖技术开发与服务、药品生产与批发等。

#### 1.2.2 建设项目基本情况

建设单位：先通（天津）医药科技有限公司

建设项目性质：新建

建设地点：天津市武清区开发区泉雨路东侧

建设内容：先通天津创新药物产业化基地（以下简称“产业化基地”）新建生产车间及辅助用房。本次拟于生产车间设置 2 个甲级非密封放射性物质工作场所和使用 2 台回旋加速器，用于放射性药物生产。本项目设置的 2 个甲级非密

封放射性物质工作场所如下：（1）生产车间一层生产1区，日等效最大操作量为  $1.21\text{E}+12\text{Bq}$ ；（2）生产车间二层质检区2，日等效最大操作量为  $5.19\text{E}+10\text{Bq}$ 。2个甲级场所涉及  $^{18}\text{F}$ 、 $^{44}\text{Sc}$ 、 $^{47}\text{Sc}$ 、 $^{61}\text{Cu}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ge}$ （ $^{68}\text{Ge}$ - $^{68}\text{Ga}$  发生器）、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{86}\text{Y}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ （ $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器）、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{188}\text{W}$ （ $^{188}\text{W}$ - $^{188}\text{Re}$  发生器）、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{203}\text{Pb}$ 、 $^{211}\text{At}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Pb}$  发生器）、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Bi}$  发生器）、 $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{227}\text{Th}$  共 29 项非密封放射性物质操作。项目配置的 2 台回旋加速器，主要用于规模化生产 PET 临床用放射性药物，核心生产核素包含  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 。本活动种类和范围包括：使用 II 类射线装置；生产、销售、使用非密封放射性物质，甲级非密封放射性物质工作场所。

建设周期：计划于 2027 年 3 月开工建设，2029 年 9 月竣工。

总投资及环保投资：项目总投资 15000 万元，其中环保投资 4306 万元，占总投资比例为 28.7%。

### 1.2.3 项目背景、意义

放射性药物是医学诊断治疗的一类特殊药物制剂，主要用于人体器官及肿瘤疾病的诊断和治疗。随着核医学诊断和治疗技术的不断进步，特别是单光子发射计算机断层成像（SPECT）和正电子发射计算机断层扫描（PET-CT）两种成像设备和显像药物制备技术的成熟和进步，放射性药物逐渐进入全国各大城市中心的三甲医院。放射性即时标记药物可用于骨骼显像、心肌灌注断层显像、甲状腺显像、局部脑血流断层显像、肾动态显像、阿尔茨海默症早期诊断等，是诊断及指导治疗的最佳手段之一，正在为改善国民卫生保健做出显著贡献，已成为现代医学诊断和治疗疑难疾病不可或缺的新技术手段。

国家政策支持下，我国放射性药物产业正处于高速发展时期，市场前景广阔，精准医疗中的核医学显像技术的广泛应用和靶向治疗放射性药物的强大临床潜力必将推动我国放射性药物的临床应用需求。

为满足京津及周边地区各医院对放射性药物的需求，先通（天津）医药科技有限公司拟投资 15000 万元在天津市武清区开发区泉雨路东侧建设先通（天津）创新药物产业化基地项目（新建生产、销售、使用核药项目），预计年产核药制剂 15 万支。建设内容主要包括新建生产车间及办公用房，生产车间内建设 2 间加速器室、6 条生产线（生产线 1~生产线 6）、1 个工艺实验室、1 个质

检区 2 及相关配套公用辅助设施，购置使用 2 台回旋加速器，从事放射性药物及核素发生器的生产、销售和使用活动。

本项目建成后，将成为区域性的放射性药物生产、配送中心，为京津及周边地区医疗市场提供服务，满足京津及周边地区对放射性药物的快速增长需求，进而推动京津地区放射性药物诊断和治疗水平的发展。

根据生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目涉及“五十五、核与辐射——172、核技术利用建设项目”中“甲级非密封放射性物质工作场所”，应编制环境影响报告书；“乙级非密封放射性物质工作场所”、“使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。本次按照等级最高项编制环境影响报告书。

先通（天津）医药科技有限公司委托联合泰泽环境科技发展有限公司承担先通（天津）创新药物产业化基地项目（新建生产、销售、使用核药项目）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。本次不对预留部分做评价，建设单位后期另行履行环保手续。

通过环境影响评价，了解项目建设前的环境现状，预测项目施工期和运行期对辐射环境、大气环境、水环境、声环境的影响程度和范围，并提出防止污染和减缓项目建设对周围环境影响的可行措施，为建设项目的工程设计、施工和建成后的环境管理提供科学依据。

#### 1.2.4 建设规模

##### 1.2.4.1 项目用地

本项目选址位于天津市武清区开发区泉雨路东侧，地理位置见附图 1。拟选址地块东西长 136.66m，南北宽 121.96m，建设用地面积 16666.7m<sup>2</sup>，土地性质为工业用地。

##### 1.2.4.2 厂区平面布置

产业化基地共新建 7 栋地上建筑，3 座地下建筑。地上建筑分别为 A 楼（即综合楼）、B 楼（即服务楼）、C 楼（即生产车间）、D 楼（即动力车间）、E 楼（即甲类库）、F 楼（即丙类仓库）、G 门卫室。生产车间位于厂区中部，轴线尺寸为 104.6m×49.5m，放射性药物生产线布置于生产车间一层，放射性质检布置于生产车间二层；综合楼位于厂区南侧西部、服务楼位于厂区南侧东部；

门卫室位于厂区西侧；丙类仓库位于厂区北侧西部、动力车间位于厂区北侧中部、甲类库位于厂区北侧东部。地下建筑分别为1座埋地式衰变池、1座埋地式化粪池、1座埋地式初期雨水和事故应急池。

厂区各建筑外设有环形道路，满足厂区运输及消防车通行的要求。厂内道路与市政道路连接顺畅。本项目主要经济技术指标见下表。

表 1.2-1 先通天津创新药物产业化基地主要经济技术指标

涉密不公开

#### 1.2.4.3 厂区建构筑物

先通天津创新药物产业化基地建、构筑物情况见下表。

表 1.2-2 先通天津创新药物产业化基地建、构筑功能面积一览表

涉密不公开

#### 1.2.4.4 项目组成

本项目内容包括主体工程、辅助工程、公用工程、储运工程、环保工程等，均为新建，建设项目主要组成见下表。

表 1.2-3 建设项目组成一览表

| 类别   | 名称      | 项目内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主体工程 |         | 本项目生产车间长 104.6m、宽 49.7m、一层层高 8.2m、二层层高 8.2m，建筑总高 16.7m，建筑总面积 12903.92m <sup>2</sup> 。生产车间一层内生产 1 区内主要设置 2 间加速器室、6 条生产线、1 个工艺实验室及其配套辅助用房，生产 1 区场所日等效最大操作量 1.21E+12Bq，为甲级非密封放射性物质工作场所；生产 2 区为预留 GMP 车间。生产车间二层内质检区 2 主要设置 1 个放射性质检区及其配套辅助用房，质检区 2 场所日等效最大操作量 5.19E+10Bq，为甲级非密封放射性物质工作场所。质检区 1 主要开展非放射性质检。                                  |
|      | 加速器 1 室 | 回旋加速器 1 位于生产车间一层内北侧西部，设置加速器 1 室及配套房间，安装使用 1 台 PETtrace 鲲鹏型回旋加速器（最大能量 16.5MeV，双束流，束流强度 160μA），生产 <sup>18</sup> F、 <sup>64</sup> Cu、 <sup>89</sup> Zr 核素（ <sup>64</sup> Cu、 <sup>89</sup> Zr 不同日开展打靶作业）。回旋加速器产出核素，经专用屏蔽地沟密闭管线输送至各生产车间（其中 <sup>64</sup> Cu、 <sup>89</sup> Zr 核素先通过地沟自动传输至固体靶核素处理间纯化处理后，再传输至生产车间合成），并使用生产的核素合成分装放射性药物并进行销售。 |
|      | 加速器 2 室 | 回旋加速器 2 位于生产车间一层内北侧中部，设置加速器 2 室及配套房间，安装使用 1 台 TR-19 型回旋加速器（最大能量 19MeV，双束流，束流强度 300μA），生产 <sup>18</sup> F、 <sup>64</sup> Cu、 <sup>89</sup> Zr 核素（ <sup>64</sup> Cu、 <sup>89</sup> Zr 不同日开展打靶作业）。回旋加速器产出核素，经专用屏蔽地沟密闭管线输送至各生产车间（其中 <sup>64</sup> Cu、 <sup>89</sup> Zr 核素先通过地沟自动传输至固体靶核素处理间纯化处理后，再传输至生产车间合成），并使用生产的核素合成分装放射性药物并进行销售。        |
|      | 生产线 1   | 生产线 1 位于生产车间一层，设置 1 条固体靶专用药物生产线，使用 <sup>64</sup> Cu 和 <sup>89</sup> Zr 核素合成放射性药物或核素原液并进行销售（ <sup>64</sup> Cu、 <sup>89</sup> Zr 不会同一天打靶生产，外购的 <sup>64</sup> Cu 和打靶的 <sup>89</sup> Zr 会同一天生产）。生产线 1 日等效最大操作量为 3.77E+10Bq。核素主要来源于回旋加速器自产和外购。                                                                                               |
|      | 生产线 2   | 生产线 2 位于生产车间一层，设置 1 条 <sup>18</sup> F 生产线，使用 <sup>18</sup> F 核素合成放射性药物并进行销售，生产线 2 日等效最大操作量为 5.18E+10Bq。核素主要来源于回旋加速器自产，自产不足时外购补充。                                                                                                                                                                                                        |
|      | 生产线 3   | 生产线 3 位于生产车间一层，设置 1 条 <sup>18</sup> F 生产线，使用 <sup>18</sup> F 核素合成放射性药物并进行销售，生产线 3 日等效最大操作量为 5.18E+10Bq。核素主要来源于回旋加速器自产，自产不足时外购补充。                                                                                                                                                                                                        |
|      | 生产线 4   | 生产线 4 位于生产车间一层，设置 1 条 <sup>18</sup> F 生产线，使用 <sup>18</sup> F 核素合成放射性药物并进行销售，生产线 4 日等效最大操作量为 5.18E+10Bq。核素主要来源于回旋加速器自产，自产不足时外购补充。                                                                                                                                                                                                        |
|      | 生产线 5   | 生产线 5 位于生产车间一层，设置 1 条 <sup>18</sup> F 生产线，使用 <sup>18</sup> F 核素合成放射性药物并进行销售，生产线 5 日等效最大操作量为 5.18E+10Bq。核素主要来源于回旋加速器自产，自产不足时外购补充。                                                                                                                                                                                                        |
|      | 生产线 6   | 生产线 6 位于生产车间一层，设置 1 条研发生产线，使用 <sup>18</sup> F、 <sup>64</sup> Cu、 <sup>177</sup> Lu、 <sup>225</sup> Ac 核素合成放射性药物并进行销售，生产线 6 日等效最大操作量为 5.66E+11Bq。 <sup>18</sup> F、 <sup>64</sup> Cu 核素主要来源于回旋加速器自产或外购， <sup>177</sup> Lu、 <sup>225</sup> Ac 核素来源于外购。                                                                                     |

|      |                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | 工艺实验室                                                                       | 工艺实验室位于生产车间一层内，主要进行研发阶段的放射性药物标记，涉及核素包括 $^{18}\text{F}$ 、 $^{44}\text{Sc}$ 、 $^{47}\text{Sc}$ 、 $^{61}\text{Cu}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ge}$ （ $^{68}\text{Ge}$ - $^{68}\text{Ga}$ 发生器）、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{86}\text{Y}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ （ $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器）、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{188}\text{W}$ （ $^{188}\text{W}$ - $^{188}\text{Re}$ 发生器）、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{203}\text{Pb}$ 、 $^{211}\text{At}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Pb}$ 发生器）、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Bi}$ 发生器）、 $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{227}\text{Th}$ ，工艺实验室日等效最大操作量 $4.00\text{E}+11\text{Bq}$ 。其中 $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 来源于回旋加速器自产或者外购， $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{212}\text{Bi}$ 由本场所外购的发生器淋洗生成， $^{212}\text{Pb}$ 由本场所外购的发生器淋洗生成或者外购。其他核素均来源于外购。 |                                                                                                                                 |
|      | 生产车间二层                                                                      | 质检区 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 质检区 1 位于生产车间二层西部，主要用于物料检验及解控后的放射药品追溯检验，含性状、无菌、内毒素等项目，均为非放射性实验。                                                                  |
|      |                                                                             | 质检区 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 质检区 2 位于生产车间二层主要对生产线 1~生产线 6 的产品和工艺实验室的样品进行质控检测，并对生产线 1~生产线 6 的产品进行留样观察。质检区 2 日等效最大操作量 $5.19\text{E}+10\text{Bq}$ 。核素均来源于自产或外购。 |
|      | 综合楼                                                                         | 综合楼位于厂区内南侧西部，主要用于综合事务、商务接待。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                 |
|      | 服务楼                                                                         | 服务楼位于厂区内南侧东部，主要用于员工食宿及日常生活。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                 |
|      | 动力车间                                                                        | 动力车间位于厂区内北侧中部，主要用于环保相关工作开展及动力供应等工作。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                 |
| 甲类库  | 甲类库位于厂区内东北侧，设置易制爆品库、易制毒品库、危化品库 1、危化品库 2，主要用于甲类试剂存放。甲类库内设置危废暂存间，用于场内的危险废物暂存。 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                 |
| 丙类仓库 | 丙类仓库位于厂区内西北侧，主要用于非放原料存储及取样检验。                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                 |
| 辅助工程 | 办公                                                                          | 辐射工作人员日常办公在生产车间和综合楼，非辐射工作人员的日常办公在综合楼。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                 |
|      | 食宿                                                                          | 食堂和宿舍均设置在服务楼内。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                 |
| 公用工程 | 供水工程                                                                        | 自来水依托园区现有市政供水管网，已有完善的供水设施。公司生产车间内设 1 台纯水制备机，用于制备纯水供生产车间用。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                 |
|      | 排水工程                                                                        | 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。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                 |
|      | 供电工程                                                                        | 依托园区现有的市政供电设施。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                 |
|      | 通风工程                                                                        | 机械通风，设置新风及排风机组。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                 |
|      | 采暖制冷                                                                        | 采暖制冷采用空调机组。公司在动力车间新建 3 台蒸汽发生器和 3 台常压热水锅炉，用于工艺设备和空调加热及服务楼热水辅热。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                 |
|      | 动力车间                                                                        | 动力车间位于厂区内北侧，作为厂内公用工程的补充。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                 |
| 储运工程 | 仓储                                                                          | 产业化基地设置甲类库和丙类库存放非放射性物料。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                 |
|      |                                                                             | 生产车间内一层设置 1 间放射性原料间、成品间存放放射性物料及放射性成品。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                 |
| 运输   | 项目原料、产品均为汽车、飞机运输。车间内部采用手推车或液压叉车运输方式。                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                 |
| 环保工程 | 电离辐射                                                                        | 采用热室、通风橱等屏蔽设施操作放射性物质；配备铅罐等放射源包装屏蔽设施；配备铅橡胶衣、铅防护眼镜、个人剂量计等个人防护用品；配备便携式辐射剂量监测仪，便携式中子剂量监测仪，X- $\gamma$ 及中子固定式区域监测系统， $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染测量仪，放射性气溶                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                 |

|  |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |        | 胶监测仪，个人剂量报警仪等辐射测量仪器设备。2 间加速器室采用混凝土、铅板、含硼石蜡进行屏蔽防护。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|  | 废气     | <p>① 放射性废气：合理设计房间内气压，确保气体由低污染区流向高污染区。放射性核素的操作均在各生产场所的密闭热室、通风橱等负压环境下进行，挥发的放射性气体很少。排风系统分为房间全排和工作箱体（热室、通风橱）局排。放射性废气由专用排风管道输送，热室、通风橱内废气经设备顶部自带过滤装置处理后，与房间整体排风合并，汇至屋顶经高效过滤器和活性炭吸附处理后，通过高于屋面的排气筒 P1、P2、P3 排放。</p> <p>② 非放射性废气：设置单独的排风系统，非放射性废气经通风橱收集后由专用管道引至屋顶，经高效过滤器和活性炭吸附处理后高于屋顶排放。生产车间一层 2 间加速器室非放射性废气由排气筒 P2、P3 排放；生产车间二层的质检区 1 的非放射性废气由排气筒 P4 排放。动力车间锅炉燃烧废气经排气筒 P5、P6 排放；餐饮油烟废气经排气筒 P7 排放。</p>                                              |
|  | 废水     | <p>①放射性废水：新建 1 座埋地式衰变池，内含 3 套放射性衰变系统（衰变系统 1、衰变系统 2、衰变系统 3），衰变系统 1 含 2 个衰变罐，每个均为 1m<sup>3</sup>，总计 2m<sup>3</sup>，衰变系统 2 含 4 个衰变罐，每个均为 1m<sup>3</sup>，总计 4m<sup>3</sup>；衰变系统 3 含 6 个衰变池，每个均为 9m<sup>3</sup>，总计 54m<sup>3</sup>。放射性废水排入衰变系统按相关要求暂存衰变后，经检测达标，并经审管部门认可后，汇同生活污水经厂区废水总排口排入园区市政污水管网。整个衰变系统采取防雨水、防渗、防腐、防泄漏措施。加速器事故废水排水收集也可委托有放射性废物处理资质的单位处置。</p> <p>②非放射性废水：生活污水、高压蒸汽灭菌冷凝水、质检器皿清洗废水、纯水浓排水等由厂区废水总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区四期污水处理厂处理。</p> |
|  | 固体废物   | <p>①放射性废物：生产车间一层设置 1 个放射性废物间和 1 个放射性有机废液暂存间，生产车间二层设置 1 个放射性废物间，各辐射工作场所设置铅垃圾桶。</p> <p>②危险废物：甲类库设置危废间，危险废物委托有资质的单位处置。</p> <p>③一般固体废物：在生产基地内收集暂存，定期委托相关单位处置。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|  | 地下水及土壤 | <p>①生产车间：水泥地面设置 PVC 料的地坪。</p> <p>②衰变池：采用埋地式混凝土池体设置，坑壁采用抗渗混凝土，内壁刷防水涂层。</p> <p>③管道：放射性废水管道采用耐腐蚀加厚 PVC 管。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|  | 噪声     | 生产设备、风机优先选用低噪声设备，采用基础减振、降噪等措施。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

#### 1.2.4.5 项目建设规模

##### 1.2.4.5.1 生产车间一层

生产车间一层建设 2 个生产区，即生产 1 区和生产 2 区，其中生产 2 区为预留二期生产车间。生产 1 区用于放射性药物生产、研发、产品销售等，生产 1 区内建设 2 间加速器室（即加速器 1 室和加速器 2 室，自西向东布置）、6 条生产线（即生产线 1~生产线 6）、1 个工艺实验室、1 间放射性原料间、1 间放射性废物间、1 间放射性有机废液暂存间、1 间成品间、铅罐清洗等辅助用房等，涉

及  $^{18}\text{F}$ 、 $^{44}\text{Sc}$ 、 $^{47}\text{Sc}$ 、 $^{61}\text{Cu}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ge}$ （ $^{68}\text{Ge}$ - $^{68}\text{Ga}$  发生器）、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{86}\text{Y}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ （ $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器）、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{188}\text{W}$ （ $^{188}\text{W}$ - $^{188}\text{Re}$  发生器）、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{203}\text{Pb}$ 、 $^{211}\text{At}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Pb}$  发生器）、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Bi}$  发生器）、 $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{227}\text{Th}$  共 29 项非密封放射性物质操作，活动种类包括生产、使用、销售，场所日等效最大操作量为  $1.21\text{E}+12\text{Bq}$ ，为甲级非密封放射性物质工作场所。车间内各工作场所的具体建设规模如下：

### （1）加速器 1 室和加速器 2 室

本项目在生产车间一层使用 2 台回旋加速器，用于放射性同位素  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ （其中  $^{64}\text{Cu}$  和  $^{89}\text{Zr}$  不会同一天打靶）的生产，生产的核素用于生产线 1~生产线 6、工艺实验室。2 间加速器室使用的射线装置参数见下表。

表 1.2-4 本项目使用射线装置一览表

| 名称        | 类别   | 数量 | 型号          | 加速<br>粒子 | 最大能量<br>(MeV) | 最大<br>束流                         | 用途                   | 工作<br>场所       |
|-----------|------|----|-------------|----------|---------------|----------------------------------|----------------------|----------------|
| 回旋<br>加速器 | II 类 | 1  | PETtrace 鲲鹏 | 质子       | 16.5          | 双束流<br>$80\mu\text{A} \times 2$  | 制备<br>放射<br>性同<br>位素 | 加速<br>器 1<br>室 |
| 回旋<br>加速器 | II 类 | 1  | TR-19       | 质子       | 19            | 双束流<br>$150\mu\text{A} \times 2$ |                      | 加速<br>器 2<br>室 |

### （2）生产线和工艺实验室

本项目在生产车间一层新建 6 条生产线（生产线 1~生产线 6）、1 个工艺实验室及辅助用房，用于放射性药物的生产、使用、销售活动。

生产线 1 涉及使用  $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$  核素；生产线 2~生产线 5 涉及使用  $^{18}\text{F}$  核素；生产线 6 涉及使用  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  核素；工艺实验室涉及使用  $^{18}\text{F}$ 、 $^{44}\text{Sc}$ 、 $^{47}\text{Sc}$ 、 $^{61}\text{Cu}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ge}$ （ $^{68}\text{Ge}$ - $^{68}\text{Ga}$  发生器）、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{86}\text{Y}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ （ $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器）、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{188}\text{W}$ （ $^{188}\text{W}$ - $^{188}\text{Re}$  发生器）、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{203}\text{Pb}$ 、 $^{211}\text{At}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Pb}$  发生器）、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Bi}$  发生器）、 $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{227}\text{Th}$  共 29 项非密封放射性物质。

生产车间一层的非密封放射性物质使用情况见表 1.2-5。



表 1.2-5 生产车间一层的非密封放射性物质使用情况一览表

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

#### 1.2.4.5.2 生产车间二层

生产车间二层建设 2 个质检区，即质检区 1 和质检区 2，质检区 1 为非放射性质检区，质检区 2 为放射性质检区，设置样品分装室、理化室、留样室、阳性灭菌室辅助用房。

质检区 2 主要对生产线 1~生产线 6 生产的产品、工艺实验室研发的产品进行检测，并对生产线 1~生产线 6 的产品进行留样观察，活动种类均为使用；质检区 2 涉及使用  $^{18}\text{F}$ 、 $^{44}\text{Sc}$ 、 $^{47}\text{Sc}$ 、 $^{61}\text{Cu}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{86}\text{Y}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{203}\text{Pb}$ 、 $^{211}\text{At}$ 、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{227}\text{Th}$  共 24 种核素，核素均来源于生产车间一层。

生产车间二层的非密封放射性物质使用情况见表 1.2-6。

表 1.2-6 生产车间二层的非密封放射性物质使用情况一览表

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开



## 1.2.4.6 产品方案

本项目涉及生产、科研、销售的放射性核素来源及用途见下表。

表 1.2-7 本项目涉及生产、销售、使用的放射性核素来源及用途一览表

| 序号 | 核素名称                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 来源           | 用途            |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|
| 1  | $^{18}\text{F}$                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 加速器制备或外购     | 生产放射性药物并销售、科研 |
| 2  | $^{64}\text{Cu}$                                                                                                                                                                                                                                                                                | 加速器制备或外购     | 生产放射性药物并销售、科研 |
| 3  | $^{89}\text{Zr}$                                                                                                                                                                                                                                                                                | 加速器制备或外购     | 生产放射性药物并销售、科研 |
| 4  | $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$                                                                                                                                                                                                                                                           | 外购           | 生产放射性药物并销售、科研 |
| 5  | $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{212}\text{Bi}$                                                                                                                                                                                         | 外购发生器进行淋洗或外购 | 科研、销售         |
| 6  | $^{44}\text{Sc}$ 、 $^{47}\text{Sc}$ 、 $^{61}\text{Cu}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{86}\text{Y}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{203}\text{Pb}$ 、 $^{211}\text{At}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ 、 $^{227}\text{Th}$ | 外购           | 科研、销售         |

注：为保证放射性药物的生产能力，本项目部分放射性核素的来源有多种方式。

本项目生产销售的产品规模见下表。

表 1.2-8 本项目生产销售的产品规模一览表

| 产线    | 产品                            | 年最大生产规模                |
|-------|-------------------------------|------------------------|
| 生产线 1 | $^{64}\text{Cu}$ 核素药品         | 单人用量 4mCi，年销售 10000 支  |
|       | $^{89}\text{Zr}$ 核素药物         | 年销售 200 支              |
| 生产线 2 | $^{18}\text{F}$ 核素药品          | 单人用量 10mCi，年销售 30000 支 |
| 生产线 3 | $^{18}\text{F}$ 核素药品          | 单人用量 10mCi，年销售 30000 支 |
| 生产线 4 | $^{18}\text{F}$ 核素药品          | 单人用量 10mCi，年销售 30000 支 |
| 生产线 5 | $^{18}\text{F}$ 核素药品          | 单人用量 10mCi，年销售 30000 支 |
| 生产线 6 | $^{18}\text{F}$ 核素药品          | 单人用量 10mCi，年销售 10000 支 |
|       | $^{64}\text{Cu}$ 核素药品         | 单人用量 4mCi，年销售 1500 支   |
|       | $^{177}\text{Lu}$ 核素药品        | 单人用量 200mCi，年销售 2000 支 |
|       | $^{225}\text{Ac}$ 核素药品        | 单人用量 0.5mCi，年销售 1500 支 |
| 工艺实验室 | $^{68}\text{Ga}$ 核素药品         | 年销售 200 支              |
|       | $^{18}\text{F}$ 核素药品          | 年销售 200 支              |
|       | $^{64}\text{Cu}$ 核素药品         | 年销售 200 支              |
|       | $^{177}\text{Lu}$ 核素药品        | 年销售 200 支              |
|       | $^{225}\text{Ac}$ 核素药品        | 年销售 200 支              |
|       | $^{89}\text{Zr}$ 核素药物         | 年销售 200 支              |
|       | $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素药品 | 年销售 200 支              |
|       | $^{188}\text{Re}$ 核素药品        | 年销售 200 支              |
|       | $^{44}\text{Sc}$ 核素药品         | 年销售 200 支              |
|       | $^{47}\text{Sc}$ 核素药品         | 年销售 200 支              |
|       | $^{61}\text{Cu}$ 核素药品         | 年销售 200 支              |
|       | $^{67}\text{Cu}$ 核素药品         | 年销售 200 支              |
|       | $^{89}\text{Sr}$ 核素药品         | 年销售 200 支              |
|       | $^{86}\text{Y}$ 核素药品          | 年销售 200 支              |

|  |                        |           |
|--|------------------------|-----------|
|  | $^{111}\text{In}$ 核素药品 | 年销售 200 支 |
|  | $^{161}\text{Tb}$ 核素药品 | 年销售 200 支 |
|  | $^{203}\text{Pb}$ 核素药品 | 年销售 200 支 |
|  | $^{211}\text{At}$ 核素药品 | 年销售 200 支 |
|  | $^{223}\text{Ra}$ 核素药品 | 年销售 200 支 |
|  | $^{227}\text{Th}$ 核素药品 | 年销售 200 支 |
|  | $^{212}\text{Bi}$ 核素药品 | 年销售 200 支 |
|  | $^{212}\text{Pb}$ 核素药品 | 年销售 200 支 |
|  | $^{224}\text{Ra}$ 核素药品 | 年销售 200 支 |
|  | $^{90}\text{Y}$ 核素药品   | 年销售 200 支 |

#### 1.2.4.7 劳动定员及工作量

本项目拟配备 70 名人员，定岗定责，各工作场所的放射性操作均由专人负责，辐射工作人员只负责各自辐射工作岗位的操作，不同场所工作人员不交叉工作，具体辐射工作人员配备情况如下表。

表 1.2-9 本项目辐射工作人员配置表

| 序号 | 岗位      | 工作人员数   | 年工作时间（天）     |
|----|---------|---------|--------------|
| 1  | 辐射工作人员  | 加速器 1 室 | 3 人轮班，每班 1 人 |
| 2  |         | 加速器 2 室 | 3 人轮班，每班 1 人 |
| 3  |         | 生产线 1   | 3 人          |
| 4  |         | 生产线 2   | 4 人轮班，每班 2 人 |
| 5  |         | 生产线 3   | 4 人轮班，每班 2 人 |
| 6  |         | 生产线 4   | 4 人轮班，每班 2 人 |
| 7  |         | 生产线 5   | 4 人轮班，每班 2 人 |
| 8  |         | 生产线 6   | 3 人          |
| 9  |         | 工艺实验室   | 12 人         |
| 10 |         | 质检区 2   | 7 人          |
| 11 | 生产主管    |         | 3            |
| 12 | 质量主管    |         | 3            |
| 13 | 辐射安全主管  |         | 2            |
| 14 | 行政及其他人员 |         | 15           |
| 合计 | /       |         | 70           |

注：生产线 1、生产线 6、工艺实验室按年工作 250 天计；加速器 1 室、加速器 2 室、生产线 2~生产线 5、质检区 2、管理岗位全年运行 260 天。

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），本项目生产、使用放射性药物且场所等级达到甲级的单位，依据国核安发〔2015〕40 号文，本项目设 1 个辐射安全关键岗位（辐射防护负责人），最低在岗 1 人，须持有注册核安全工程师执业资格。

#### 1.2.5 政策及规划符合性

1.2.5.1 产业政策符合性分析

依据《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），本项目属于第一类鼓励类“六、核能”中第4条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”。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，许可事项为“未经许可或检验，不得从事药品的生产、销售或进出口”，许可准入措施描述为“放射性药品生产、经营企业审批”，本项目建成后在放射性药品生产、销售前拟向当地主管部门办理许可手续。本项目已完成天津市内资企业固定资产投资项目备案登记（项目代码为：2607-120114-89-01-174016，见附件 4）。综上所述，本项目符合国家和天津市的相关产业政策。

1.2.5.2 规划符合性分析

（1）与《“健康中国 2030”规划纲要》符合性

根据《“健康中国 2030”规划纲要》第二十章第一节：大力发展生物药、化学药新品种、优质中药、高性能医疗器械、新型辅料包材和制药设备，推动重大药物产业化，加快医疗器械转型升级，提高具有自主知识产权的医学诊疗设备、医用材料的国际竞争力。本项目为放射性药物生产及研发，有利于推动国家放射性医药创新和转型升级，符合规划纲要要求。

（2）与《医用同位素中长期发展规划（2021-2035 年）》符合性

本项目与《医用同位素中长期发展规划（2021-2035 年）》符合性分析如下。

表 1.2-10 与《医用同位素中长期发展规划（2021-2035 年）》符合性分析

| 《医用同位素中长期发展规划（2021-2035 年）》相关要求 |                |                                                                   | 本项目情况                                              | 符合性结论 |
|---------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------|
| 总体要求                            | 发展目标           | 总目标：建立稳定自主的医用同位素供应保障体系，满足人民日益增长的健康需求，为建成与社会主义现代化国家相适应的健康国家提供坚强保障。 | 本项目用于放射性药物生产及研发，项目建成后将有助于提升医用同位素供应能力，满足医疗诊断需求。     | 符合    |
| 重点任务                            | 加大技术研发，促进创新发展  | 放射性新药研发。针对国外已用于临床的放射性诊疗药物，加强技术研发力度，获得一批具备自主知识产权的放射性新药。            | 本项目用于临床放射性诊疗药物的生产及研发，项目建成后将促进具备自主知识产权的放射性药物的落地和推广。 | 符合    |
|                                 | 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”。推动医用同位素          | 本项目建成后，将有利于提升区域放射性药物生产及研发能力，满足快速发展核医学使用需求。         | 符合    |

|      |        |                                       |                      |    |
|------|--------|---------------------------------------|----------------------|----|
|      |        | 及放射性药物临床应用范围不断扩大，受众人群逐步增多。            |                      |    |
| 保障措施 | 优化产业政策 | 加大经费投入，稳定支持医用同位素生产及其放射性药物研发和相关配套能力建设。 | 本项目属于医用同位素生产及研发建设项目。 | 符合 |

（3）与《天津市国民经济和社会发展第十五个五年规划》符合性

根据《天津市国民经济和社会发展第十五个五年规划》，十五五期间，天津大力发展先进制造业，壮大新兴产业规模，支持新技术新产品新场景大规模应用，加快推动信创、生物医药、新能源、新材料、航空航天、循环经济等成长为支柱产业。本项目为放射性药物（化学药）生产，符合天津市产业发展规划要求。

（4）与《天津市生态环境保护“十四五”规划》符合性

本项目与《天津市生态环境保护“十四五”规划》符合性分析见下表。

表 1.2-11 与《天津市生态环境保护“十四五”规划》符合性分析

| 《天津市生态环境保护“十四五”规划》相关要求 |                 | 本项目情况                                                                                                                                                                                                              | 符合性结论                                                                                                          |
|------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                      | 加强源头防控协同        | 严格落实产业政策、能耗“双控”、产能置换、煤炭减量替代、“三线一单”、污染物区域削减等要求，坚决遏制“两高”项目盲目发展。                                                                                                                                                      | 本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类项目，不属于《市场准入负面清单（2025 年版）》禁止准入类项目，符合产业政策。本项目不属于“两高”项目，不占用生态红线，满足“三线一单”、污染物区域削减等要求。 |
| 2                      | 推进 VOCs 全过程综合整治 | 实施 VOCs 排放总量控制，严格新改扩建项目 VOCs 新增排放量倍量替代，严格控制生产和使用 VOCs 含量高的涂料、油墨、胶粘剂、清洗剂等建设项目，建立排放源清单，石化、化工、工业涂装、包装印刷等重点行业，建立完善源头替代、过程减排、末端治理全过程全环节 VOCs 控制体系。强化过程管控，涉 VOCs 的物料储存、转移输送、生产工艺过程等排放源，采取设备与场所密闭、工艺改进、废气有效收集等措施，减少无组织排放。 | 本项目 VOCs 排放量实行倍量替代，不涉及生产和使用 VOCs 含量高的涂料、油墨、胶粘剂、清洗剂。VOCs 经通风橱收集至活性炭吸附装置进行处理后排放，不涉及无组织排放。                        |

## 1.2.5.3 规划环评符合性分析

本项目位于天津市武清区开发区泉雨路东侧。天津市武清开发区于 1991 年 12 月 28 日设立，是国家级经济技术开发区和国家级高新技术产业园区。2013 年，编制完成《天津市武清开发区四期起步区控制性详细规划环境影响报告书》并取得了天津市环保局《对<天津市武清开发区四期起步区控制性详细规划环境影响报告书>审查意见的复函》（津环保管函〔2013〕17 号，见附件 6）。2019 年，编制完成了《天津市武清开发区四期 01 单元控制性详细规划及细分导则调整》，并取得《武清区人民政府关于天津市武清开发区四期 01 单元控制性详细规划及细分导则调整的批复》（武清政函〔2019〕105 号，见附件 7）。

根据天津市武清开发区四期起步区总体规划、报告书及审查意见，高新技术产业园区重点发展高新技术产业，具体包括新材料、新能源、生物医药产业、电子信息、现代先进制造业等。本项目的建设与管理及规划环评的符合性分析见下表。

表 1.2-12 项目与 01 单元控制性详细规划方案和环境影评价结论符合性分析

| 规划内容   |                                                                                                                       | 本项目情况                                                  | 符合性结论 |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|
| 规划主要内容 | 天津市武清开发区四期起步区内设 2 个产业园区，高新技术产业园区重点发展高新技术产业，具体包括新材料、新能源、生物医药产业、电子信息、现代先进制造业等；另外，规划区东部部分区域设为综合服务区，主要规划为居住区，并规划发展教育、科研等。 | 本项目位于天津市武清开发区四期 01 单元范围内的高新技术产业园区，属于生物医药产业，为产业区允许进入产业。 | 符合    |
| 规划选址   | 天津市武清开发区四期起步区控制性详细规划的规划范围为：南侧为龙凤河，东临翠亨路，北部紧靠外环北路，西侧被南东路及京津塘高速围合，规划面积约 5.51km <sup>2</sup> 。                           | 本项目位于天津市武清开发区泉雨路东侧，属于天津市武清开发区四期 01 单元，位于规划范围内。         | 符合    |
| 主导产业   | 主导产业为新材料、新能源、生物医药产业、电子信息、现代先进制造业等。                                                                                    | 本项目主要产品为放射性药物，属于生物医药产业，不属于限制类和禁止类发展产业，为允许类。            | 符合    |
| 规划用地   | 产业园区用地主要为二类工业用地，其他用地包括市政公共设施用地、道路广场用地、绿地等。                                                                            | 本项目用地性质为二类工业用地，符合园区规划。                                 | 符合    |

| 规划内容    |                                                                        | 本项目情况                                                                       | 符合性结论 |
|---------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| 选址合理性分析 | 武清开发区四期起步区对外交通十分便捷，选址具备区位优势；区内主要发展轻污染或微污染的企业，对环境敏感目标和周围环境影响小；生产废水去向合理。 | 经分析，本项目污染物种类少、排放量低，治理措施可行，属于轻污染或微污染类企业；生产废水暂存衰变后排入市政污水管网最终排入武清开发区四期污水处理厂处理。 | 符合    |

综上可知，本项目为放射性药物生产，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。同时，本项目选址、布局、工艺、辐射、废气、噪声、固废的控制与治理等方面均满足相关要求，不会产生高污染，因此符合天津市武清开发区四期 01 单元的相关规划要求。

1.2.5.4 国土空间总体规划符合性分析

（1）《天津市国土空间总体规划（2021-2035 年）》符合性

根据《天津市人民政府关于印发天津市国土空间总体规划（2021-2035 年）的通知》（津政发〔2024〕18 号）以及国务院关于《天津市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的批复（国函〔2024〕126 号），“到 2035 年天津市耕地保有量不低于 467.46 万亩，其中永久基本农田保护面积不低于 409.44 万亩；生态保护红线面积不低于 1557.77 平方千米，其中海洋生态保护红线面积不低于 269.43 平方千米；城镇开发边界扩展倍数控制在基于 2020 年城镇建设用地规模的 1.3 倍以内”。

本项目选址位于天津市武清开发区四期 01 单元泉雨路东侧，位于《天津市国土空间总体规划（2021-2035 年）》中城镇开发边界范围内，不涉及占用耕地和永久基本农田，不涉及生态保护红线，项目用地性质为工业用地，用途为生产、研发，符合该地区土地利用总体规划。

（2）《天津市武清区国土空间总体规划（2021-2035 年）》符合性

根据《武清区人民政府关于印发天津市武清区国土空间总体规划（2021-2035 年）的通知》（武清政〔2025〕2 号）以及天津市人民政府关于《天津市武清区国土空间总体规划（2021-2035 年）》的批复（津政函〔2025〕20 号）。本项目选址位于天津市武清开发区四期 01 单元泉雨路东侧，位于《天津市武清区国土空间总体规划（2021-2035 年）》中城镇开发边界范围内，不涉及占用耕地和永久基本农田，不涉及生态保护红线。项目用地性质为工业用地，用途为

生产、研发，符合该地区土地利用总体规划。

#### 1.2.5.5 大运河天津段核心监控区符合性

根据《中共中央办公厅国务院办公厅关于印发<大运河文化保护传承利用规划纲要>的通知》和根据天津市人民政府关于《大运河天津段核心监控区国土空间管控细则（试行）》的批复（津政函〔2020〕58号），大运河天津段核心监控区内的北运河大部分、海河的一小部分和永定河的一小部分位于天津市生态保护红线范围内。大运河天津段核心监控区内共划定8个管控分区，按照严格管控程度依次为：生态保护红线区、大运河文化遗产区、滨河生态空间非建成区、核心监控区非建成区、滨河生态空间村庄区、核心监控区村庄区、滨河生态空间建成区、核心监控区建成区。

本项目选址厂界距离大运河1.83km，位于大运河核心监控区内，根据《关于印发<大运河天津段核心监控区禁止类清单>的通知》（津发改社会规〔2023〕7号），大运河天津段核心监控区执行禁止类清单制度，实行负面清单准入管理，本项目用地性质为工业用地，项目属于放射性药物生产，用途为生产、研发，不属于工矿企业和码头工程，项目属于医药类项目，本项目不属于禁止类清单中的项目。项目与《大运河天津段核心监控区禁止类清单》对照分析如下表。

表 1.2-13 项目与《大运河天津段核心监控区禁止类清单》符合性分析

| 序号 | 要求                                                                         | 本项目情况                                                                   | 符合性 |
|----|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1  | 本清单适用于大运河天津段核心监控区。核心监控区范围为大运河两岸2000米内的核心区范围，涉及武清区、北辰区、红桥区、南开区、河北区、西青区、静海区。 | 本项目位于大运河核心监控区内。                                                         | 符合  |
| 2  | 对列入《产业结构调整指导目录（2024年本）》的淘汰类项目和限制类项目、《市场准入负面清单（2025年版）》禁止准入类事项，一律不得批准。      | 经对照《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目不属于限制、淘汰类，同时，未列入《市场准入负面清单（2025年版）》中的禁止类和淘汰类。 | 符合  |
| 3  | 在核心监控区内严禁开发未利用地，严禁占用生态空间新建扩建高风险、高污染、高耗水产业和不符合生态环境保护的工矿企业，以及不符合相关规划的码头工程    | 本项目不存在开发未利用地，不涉及占用生态空间新建扩建高风险、高污染、高耗水产业和不符合生态环境保护的工矿企业，以及不符合相关规划的码头工程等。 | 符合  |
| 4  | 核心监控区内的非建成区严禁大规模新建扩建房地产、大型及特大型主题公园等开发项目。核心监控区                              | 本项目不属于大规模新建扩建房地产、大型及特大型主题公园等开发项目，不属于老城改造项                               | 符合  |

|   |                                                                                       |                                       |    |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----|
|   | 建成区老城改造按照高层禁建区管理，落实限高、限密度的具体要求，限制各类用地调整为大型工商业项目、商务办公项目、住宅商品房、仓储物流设施等用地，整体保护大运河沿线空间形态。 | 目，不涉及大型工商业项目、商务办公项目、住宅商品房、仓储物流设施等用地   |    |
| 5 | 核心监控区内禁止建设违反《外商投资准入特别管理措施（负面清单）（2024年版）》的项目。                                          | 本项目不属于《外商投资准入特别管理措施（负面清单）（2024年版）》项目。 | 符合 |
| 6 | 核心监控区内禁止进行违反历史文化遗产保护的相关建设活动                                                           | 本项目不存在违反历史文化遗产保护的相关建设活动。              | 符合 |

综上所述，本项目建设符合《大运河天津段核心监控区国土空间管控细则》及《大运河天津段核心监控区禁止类清单》（津发改社会规〔2023〕7号）中相关要求。

1.2.5.6 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》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》符合性分析见下表。

表 1.2-14 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

| 管控要求     |                                                                                                                                                                                                                                | 本项目情况                                                                                                                                                                       | 符合性结论 |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 市级总体管控要求 | 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业用地进行整体清退，确保城市生态廊道完整性。 | （1）本项目符合国家产业政策、符合《天津市国土空间总体规划（2021-2035年）》、天津市武清开发区四期规划及规划环评要求，不涉及占用生态保护红线、自然保护地核心保护区、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、天津市双城间绿色生态屏障等区域。<br>（2）本项目选址位于大运河核心监控区，符合大运河核心监控区的相关管控要求。 | 符合    |
|          | 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                                                                                                                                                                         | （1）本项目属于医用同位素生产及研发建设项目，不属于上述行业。根据天                                                                                                                                          | 符合    |



| 管控要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 本项目情况                                                                                                          | 符合性结论 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <p>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化工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>津市武清开发区四期 01 单元规划，本项目所在地属于工业用地，项目建设符合园区用地性质。</p> <p>（2）本项目选址位于大运河核心监控区。本项目不属于《大运河天津段核心监控区禁止类清单》中的禁止类项目。</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。</p>                                                                                                    | <p>本项目位于天津市武清开发区四期 01 单元内，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。</p>                                              | 符合    |
| <p>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。</p>                                                                                                                                                                                                                    | <p>本项目生产、研发放射性药物，碳排放量较少，不会对周围环境造成明显不利影响。</p>                                                                   | 符合    |
| 污染物排放管控                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                |       |

| 管控要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 本项目情况                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 符合性结论     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <p>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。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>本项目严格执行污染物排放倍量替代，并严格落实国家大气污染物特别排放限值要求。本项目不属于高污染工业项目。</p>                                                                                                                                                                                                                                | <p>符合</p> |
| <p>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。</p>                                                                                                                                                                          | <p>本项目施工期、运行期严格执行废气、废水、噪声、固体废物等国家、地方污染物排放标准。</p>                                                                                                                                                                                                                                           | <p>符合</p> |
| <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、水产养殖污染防治。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，持续推动生活垃圾分类工作。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</p> | <p>（1）本项目放射性废水主要排入衰变池暂存处理后与非放射废水一同经厂区废水总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区四期集中处理；少量不能通过衰变暂存解控的长半衰期放射性废水单独收集，委托有资质的单位处置。放射性废水处置去向可行。</p> <p>（2）成品药物配送、非密封放射性物质厂区外运输、放射性废物运输均委托有资质的单位按照放射性物品运输管理要求进行运输，去向可行。</p> <p>（3）本项目设置 2 个放射性废物间用于暂存放射性固体废物，设置衰变池用于暂存放射性废水，设置专用的放射性废气收集处理装置，本项目放射性“三废”处置方案及去向合理。</p> | <p>符合</p> |

|  | 管控要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 本项目情况                                                                                                                                                             | 符合性结论 |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|  | 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。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | （4）产业化基地内设置一般固体废物及危险废物暂存场所，一般固体废物暂存间满足防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求；危险废物暂存间满足《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ 2025-2012）等相关技术要求。                                                        |       |
|  | 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。 | 本项目拟严格执行《天津市节约用水条例》、《天津市实行最严格水资源管理制度考核暂行办法》、《天津市实施〈中华人民共和国水法〉办法》，加强用水管控。<br>本项目严格执行 VOCs 排放总量倍量替代。                                                                | 符合    |
|  | 环境风险防控                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                   |       |
|  | 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                                                                        | （1）产业化基地设置甲类库和丙类库存放化学品，各种原辅料分区贮存，分类存放。各类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。<br>（2）一般固体废物暂存间满足防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求；危险废物暂存间满足《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ 2025-2012）等相关技术要求。 | 符合    |

| 管控要求 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 本项目情况                                                                                 | 符合性结论 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|      | 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。                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                       |       |
|      | 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。                                                                                                                                                                                                  | 本项目不涉及使用污染地块。                                                                         | 符合    |
|      | 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。 | 本项目原辅材料暂存于相关库房，危险废物暂存于危废间，各建筑物地面均进行了硬化防渗处理，防止土壤受到污染。本项目不涉及国家淘汰严重污染生态环境的产品、工艺、设备。      | 符合    |
|      | 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                                                                                                                                                                                                                                                               | 本项目拟设置地下水污染防治措施和对策，坚持“源头控制、分区防治、污染监控、应急响应”的原则。本项目根据国家现行相关规范加强环境管理，采取防止和降低污染物跑、冒、滴、漏的措 | 符合    |

| 管控要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 本项目情况                                                                                                                                                                                                                           | 符合性结论 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <p>城市区域地下水环境风险管控、污染治理修复模式。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>施。正常运营过程中应加强巡检及时处理污染物跑、冒、滴、漏，同时应加强对防渗工程的检查，若发现防渗密封材料老化或损坏，应及时维修更换。对管道、设备及处理构筑物采取控制措施，放射性废水衰变池材质能防腐蚀，不易破裂，能有效防止污染物的跑、冒、滴、漏，将污染物泄漏的事故降到最低限度。分区防治：生产装置区域内易产生泄漏的场所尽可能按照其使用物料的物性分类集中布置。严格划分污染区和非污染区，其中污染区分为重点防渗区、一般防渗区和简单防渗区。</p> |       |
| <p>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控，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>本项目原辅材料暂存于相关库房，危险废物暂存于危废间，各建筑物地面均进行了硬化防渗处理，防止土壤受到污染。本项目不涉及国家淘汰严重污染环境的产品、工艺、设备。本项目危险废物暂存间满足《危险废物收集贮存 运输技术规范》（HJ 2025-2012）等相关技术要求；危废运输及处置均委托有资质单位进行。</p>                                                                      | 符合    |
| <p>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>本项目使用的工程菌株均为实验室安全常规的标准菌株，不具备高致病性、高传染性等，且实验过程中的废培养基等均经过高压蒸汽灭菌器灭菌后方可作为危险废物处置，不会对外界产生不利影响。</p>                                                                                                                                  | 符合    |
| 资源利用效率要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                 |       |

| 管控要求 |                                                                                                                                                    | 本项目情况                                                                    | 符合性结论 |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------|
|      | 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。 | 本项目拟严格执行《天津市节约用水条例》、《天津市实行最严格水资源管理制度考核暂行办法》、《天津市实施〈中华人民共和国水法〉办法》，加强用水管控。 | 符合    |
|      | 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。                                                                | 本项目再生水拟用于厂区绿化回用，景观补水等工程。                                                 | 符合    |

由上表可知，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》的要求。

（2）与《武清区生态环境准入清单（2024年版）》符合性分析

根据《武清区生态环境局关于公开武清区生态环境分区管控动态更新成果的通知》，本项目位于“环境重点管控单元—产业园区”（环境管控单元编码ZH12011420001）。本项目与武清区生态环境准入清单的符合性分析见下表。

表 1.2-15 本项目与武清区生态环境准入清单（2024年版）符合性分析

| 管控要求                  |                                                                                                                                                                                                                     | 本项目情况                                                  | 符合性结论 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|
| 武清区<br>区级管<br>控要<br>求 | 空间布局约束                                                                                                                                                                                                              |                                                        |       |
|                       | 1.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，自然保护区核心保护区原则上禁止人为活动；自然保护区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、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。确需占用生态保护红线的国家重大项目，按照国家、天津市有关规定办理用地审批。 | 本项目选址不占用天津市生态保护红线、不涉及自然保护区、风景名胜区、自然公园、饮用水水源保护区、一级河道。   | 符合    |
|                       | 7.严格执行国家有关产业结构调整的规定和准入标准，禁止新建、扩建严重污染水环境的工业项目。                                                                                                                                                                       | 本项目符合国家产业政策、符合天津市武清开发区 01 单元的规划及规划环评要求，且不属于严重污染水环境的项目。 | 符合    |

| 管控要求 |                                                                                                                                                                                                             | 本项目情况                                                                            | 符合性结论 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------|
|      | 18.坚决遏制高耗能、高排放、低水平项目盲目发展。严格项目审批准入，不符合相关政策、标准、规定的拟建项目不予办理相关手续。对行业产能已经饱和的高耗能高排放项目，主要产品能效水平对标行业能耗限额先进值或国际先进水平；对行业产能尚未饱和的高耗能高排放项目，在能耗限额准入值、污染物排放标准等基础上，对标国际先进水平提高准入门槛；对于能耗量较大的新兴产业，引导企业应用绿色低碳技术，提高能效和污染物排放控制水平。 | 本项目不属于高耗能、高排放项目。                                                                 | 符合    |
|      | 污染物排放管控                                                                                                                                                                                                     |                                                                                  |       |
|      | 28.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。                                                                                                                  | 本项目严格执行重点污染物（氮氧化物、挥发性有机物、化学需氧量、氨氮）排放总量控制指标。                                      | 符合    |
|      | 28.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氮氧化物、颗粒物和挥发性有机物特别排放限值。 | 符合    |
|      | 31.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。                                                                    | 本项目 VOCs 达标排放。                                                                   | 符合    |
|      | 环境风险防控                                                                                                                                                                                                      |                                                                                  |       |
|      | 53.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。                                                                                                                              | 本项目生产车间地面均采取了硬化措施，分区措施。                                                          | 符合    |
|      | 资源利用效率                                                                                                                                                                                                      |                                                                                  |       |
|      | 80.大运河滨河生态空间、大运河核心监控区，严禁在地下水超采区开采地下水，非超采区严格控制地下水开采，严禁其他矿产资源开采。                                                                                                                                              | 本项目选址位于大运河天津段核心监控区，距离大运河最近距离约为 1.83km，本项目为市政供水，不涉及开采地下水。                         | 符合    |

| 管控要求         |                                                        | 本项目情况                                                                                                    | 符合性结论 |
|--------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|              | 82.推进工业固体废弃物分类收集、分类贮存，防范混堆混排，为资源循环利用预留条件。              | 本项目生活垃圾收集后由城市管理委员会清运。<br>一般固体废物暂存于一般固废暂存间，定期外售给相关物资回收部门或一般工业固体废物处置单位处理。<br>危险废物暂存于危险废物暂存间，委托有资质单位统一转运处理。 | 符合    |
| 重点管控单元（产业园区） | 空间布局约束                                                 |                                                                                                          |       |
|              | 1、执行市级总体管控要求和武清区区级管控要求中关于空间布局约束的管控要求。                  | 本项目符合市级总体管控要求和武清区区级管控要求。                                                                                 | 符合    |
|              | 2、新建项目应符合园区相关规划和规划环评的要求。                               | 本项目符合武清开发区四期 01 单元的规划和规划环评要求。                                                                            | 符合    |
|              | 3、园区定位为重点发展区，重点打造人工智能与云计算大数据服务、高端装备制造和生物医药三个产业集群。      | 本项目属于放射性药物生产，符合园区定位发展。                                                                                   | 符合    |
|              | 污染物排放管控                                                |                                                                                                          |       |
|              | 1、执行市级总体管控要求和武清区区级管控要求中关于污染物排放的管控要求。                   | 本项目符合市级总体管控要求和武清区区级管控要求。                                                                                 | 符合    |
|              | 2、重污染天气应急响应期间，企业严格按照《天津市重污染天气应急预案》落实应急减排措施。            | 建设单位承诺重污染天气应急响应期间，严格按照《天津市重污染天气应急预案》落实应急减排措施。                                                            | 符合    |
|              | 环境风险防控                                                 |                                                                                                          |       |
|              | 1、执行市级总体管控要求和武清区区级管控要求中关于环境风险防控的管控要求。                  | 本项目符合市级总体管控要求和武清区区级管控要求。                                                                                 | 符合    |
|              | 4、园区内相关企业应按照应急管理的规定编制应急预案并报主管部门备案，定期开展应急演练，严防环境风险事故发生。 | 本项目运营单位先通（天津）医药科技有限公司拟制定突发环境事件风险应急预案，预防可能发生的环境风险事件，拟配备相应的环境应急物资，拟建设完善环境风险防控体系和生态环境应急管理体系。                | 符合    |
|              | 5、健全危险废物收运和利用处置体系，提升危险废物集中收集、及时转运、安全处置能力。              | 本项目建成后先通天津将健全危险废物收运和利用处置体系，提升危                                                                           | 符合    |



| 管控要求 |                                       | 本项目情况                    | 符合性结论 |
|------|---------------------------------------|--------------------------|-------|
|      |                                       | 险废物集中收集、及时转运、安全处置能力。     |       |
|      | 资源利用效率                                |                          |       |
|      | 1、执行市级总体管控要求和武清区区级管控要求中关于资源利用效率的管控要求。 | 本项目符合市级总体管控要求和武清区区级管控要求。 | 符合    |

由上表可知，在落实生态环境保护基本要求的前提下，本项目符合《武清区生态环境准入清单（2024年版）》相关管控要求。

1.2.5.7 生态保护红线符合性分析

根据《天津市人民代表大会常务委员会关于加强生态保护红线管理的决定》（2023年7月27日）、《天津市人民政府关于做好生态保护红线管理工作的通知》（津政规〔2024〕5号），对照《天津市国土空间总体规划（2021-2035年）》并结合现场调查结果可知，本项目位于天津市武清区开发区泉雨路东侧，距离厂区最近的生态保护红线为项目东侧 1.6km 处的北运河，不涉及占用天津市生态保护红线，评价范围内不涉及生态保护红线，符合生态保护红线要求。

1.2.5.8 环境管理政策符合性分析

根据《天津市深入打好污染防治攻坚战行动方案》要求，本次评价对项目建设情况进行相关政策符合性分析，具体内容见下表。

表 1.2-16 相关环境管理政策符合性分析表

| 一 | 《天津市深入打好污染防治攻坚战行动方案》要求 | 本项目情况                                                                                                                                | 符合性结论                                                                   |
|---|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 确保核与辐射安全               | 建立健全核与辐射安全市级协调联动机制，加强风险监测、预警、防范，提高应急响应、安全保障能力。加强对辐照、工业探伤、石油测井等核技术利用单位的监督检查以及对电磁辐射监督性监测和敏感区域电磁环境调查，推动伴生放射性矿企业自行监测，加强废旧放射源收贮，保障辐射环境安全。 | 本项目采取事故风险防范和应急措施的情况下，环境风险可控；建设单位拟制定辐射事故应急预案，并与天津市核与辐射事故应急预案联动，确保核与辐射安全。 |

由上表可知，本项目符合以上文件相关要求。

### 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

《中华人民共和国生态环境法典》（2026年3月12日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，自2026年8月15日起施行）。

##### 1.3.1.2 法规和政策文件

（1）《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12月6日修订）；

（2）《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第253号，1998年11月29日发布，2017年7月16日修订）；

（3）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第449号，2005年9月14日发布，2019年3月2日第二次修订并施行）；

（4）《关于发布放射源分类办法的公告》（原国家环境保护总局公告2005年第62号，2005年12月23日）；

（5）《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）；

（6）《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）；

（7）《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）；

（8）《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）；

（9）《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，2023年第三次修订，2026年第四次修订，自2026年3月20日起施行）；

（10）《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）；

（11）《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）；

（12）《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）；

（13）《建设项目主要污染物排放总量指标审核及管理暂行办法》（环发〔2014〕197号）；

（14）《危险化学品目录（2015版）》；

（15）《企业事业单位环境信息公开办法》（原环境保护部令第31号，2015年1月1日起施行）；

（16）《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》（国发〔2015〕17号）；

（17）《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）；

（18）《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）；

（19）《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）；

（20）《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》（国发〔2016〕31号）；

（21）《国务院办公厅关于印发控制污染物排放许可制实施方案的通知》（国办发〔2016〕81号）；

（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）；

（23）《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）；

（24）《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环保部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日）；

（25）《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》（环境保护部公告2018年第9号）；

（26）《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）；

（27）《固定污染源排污许可分类管理名录（2019年版）》（生态环境部令第11号，2019年12月20日起施行）；

（28）《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）；

（29）《国家危险废物名录（2025年版）》（2024年11月26日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第36号公布，自

2025年1月1日起施行）；

（30）《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函〔2025〕313号）。

### 1.3.2 天津市地方性法规、规章和政策文件

（1）《天津市建设工程施工现场防治扬尘管理暂行办法》（建筑[2004]149号，2004年2月16日发布）；

（2）《天津市工程渣土排放行政许可实施办法（试行）》（津容环〔2005〕162号，天津市市容环境管理委员会，2005年5月25日发布）；

（3）《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）；

（4）《天津市建筑垃圾管理工作实施细则》（津城管废〔2020〕71号，2020年5月13日发布实施）；

（5）《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）；

（6）《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）；

（7）《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》（津生态环保委〔2025〕1号）；

（8）《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）；

（9）《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）；

（10）《天津市危险化学品企业安全治理规定》（天津市人民政府令（2023年）第35号，2023年9月1日起施行）；

（11）《天津市人民政府关于印发天津市水污染防治工作方案的通知》天津市人民政府（津政发〔2015〕37号，2015年12月30日发布）；

（12）《市环保局关于环评文件落实与排污许可制衔接具体要求的通知》（津环保便函〔2018〕22号）；

（13）《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）；

（14）《市生态环境局关于规范建设项目挥发性有机物总量指标管理工作的通知》（津环气〔2020〕5号）；

（15）《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）；

（16）《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）；

（17）《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）；

（18）《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）；

（19）《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）；

（20）《天津市深入打好污染防治攻坚战行动方案》（天津市委市政府，2022 年 5 月 26 日发布）；

（21）《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）；

（22）《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）；

（23）《天津市城镇排水和再生水利用管理条例》（天津市人民代表大会常务委员会公告第六号，2024 年 4 月 1 日起施行）。

### 1.3.3 环境保护技术导则、规范及标准

#### 1.3.3.1 放射性环境保护技术导则、规范及标准

- (1) 《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB 11928-89）；
- (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- (3) 《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）；
- (4) 《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）；
- (5) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；
- (6) 《外照射慢性放射病剂量估算规范》（GB/T16149-2012）；
- (7) 《10MeV~20MeV 范围内固定能量强流质子回旋加速器》（GB/T 34127-2017）；
- (8) 《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）；
- (9) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）（参考标准）；
- (10) 《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；
- (11) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；
- (12) 《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）；
- (13) 《职业性内照射个人监测规范》（GBZ 129-2016）；
- (14) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；
- (15) 《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）（参照执行）；
- (16) 《职业性皮肤放射性污染个人监测标准》（GBZ 166-2024）；
- (17) 《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ 380-1989）；
- (18) 《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》（T/CIRA 5-2019）；
- (19) 《核技术利用放射性废物最小化》（HAD 401/11-2020）（参考）；
- (20) 《医疗、工业、农业、研究和教学中产生的放射性废物管理》（HAD 401/16-2023）；
- (21) 《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB 5172-2025），2025 年 10 月 31 日发布，2026 年 5 月 1 日实施。

#### 1.3.3.2 非放射性环境保护技术导则、规范及标准

- (1) 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）；
- (2) 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

- (3) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；
- (4) 《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）；
- (5) 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；
- (6) 《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）；
- (7) 《医药工业洁净厂房设计规范》（GB 50457-2019）；
- (8) 《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）；
- (9) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）；
- (10) 《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）；
- (11) 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ 2025-2012）；
- (12) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）；
- (13) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；
- (14) 《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）；
- (15) 《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）；
- (16) 《排污许可证申请与核发技术规范 总则》（HJ 942-2018）；
- (17) 《污染源源强核算技术指南 准则》（HJ 884-2018）；
- (18) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；
- (19) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；
- (20) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）；
- (21) 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018）；
- (22) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；
- (23) 《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）；
- (24) 《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）；
- (25) 《恶臭污染物排放标准》（DB 12/059-2018）；
- (26) 《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2020）。

### 1.3.4 相关规划及产业政策

(1) 《天津市国土空间总体规划（2021-2035 年）》及国务院关于《天津市国土空间总体规划（2021-2035 年）》的批复（国函〔2024〕126 号）；

(2) 《天津市武清区国土空间总体规划（2021-2035 年）》及天津市人民政府关于《天津市武清区国土空间总体规划（2021-2035 年）》的批复（津政函〔2025〕20 号）；

(3) 《天津市武清开发区四期起步区控制性详细规划环境影响报告书》及审查意

见，以及《武清区人民政府关于天津市武清开发区四期 01 单元控制性详细规划及细分导则调整的批复》（武清政函〔2019〕105 号）；

（4）《医用同位素中长期发展规划（2021-2035 年）》（国原发〔2021〕2 号）；

（5）《“健康中国 2030”规划纲要》；

（6）《核技术应用产业高质量发展三年行动方案（2024-2026 年）》；

（7）《市场准入负面清单（2025 年版）》（发改体改规〔2025〕466 号）；

（8）《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）。

### 1.3.5 技术资料

（1）建设单位委托进行环境影响评价的工作合同；

（2）建设单位提供的辐射防护设计资料、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）《IAEA. Safety Reports Series NO.19. Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment》（IAEA,2001）；

（7）《External exposure to radionuclides in air, water and soil》（EPA-402-R-93-081（NO.12））；

（8）《ICRP No.33》国际放射防护委员会．1982；

（9）《中国核与辐射安全管理体系 第三层级》；

（10）《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）；

（11）《2025 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）职业及公众年剂量限值与剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 4.3.2.1 条：“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。”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，具体见下表。

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                                                                  | 本项目建成后总体剂量约束值       |
|------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 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；<br>② 任何一年中的有效剂量，50mSv。     | 年个人有效剂量约束值 5mSv/a   |
| 公众照射 | ① 年有效剂量，1mSv；<br>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 |

### （2）辐射剂量率控制水平

参照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）第 5.3 节，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 $\mu$ Sv/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 $\mu$ Sv/h，宜不大于 2.5 $\mu$ 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；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。

参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 6.1 节内容，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 $\mu$ 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。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。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 $\mu$ Sv/h。

### （3）表面放射性污染

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。同时参照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020），本项目工作场所的表面污染控制水平见下表。

表 1.4-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

| 表面类型           |                   | $\alpha$ 放射性物质 (Bq/cm <sup>2</sup> ) |                    | $\beta$ 放射性物质 (Bq/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|
|                |                   | 极毒性                                  | 其他                 |                                     |
| 工作台、设备、墙壁、地面   | 控制区 <sup>1)</sup> | 4                                    | 4×10               | 4×10                                |
|                | 监督区               | 4×10 <sup>-1</sup>                   | 4                  | 4                                   |
| 工作服、手套、工作鞋     | 控制区<br>监督区        | 4×10 <sup>-1</sup>                   | 4×10 <sup>-1</sup> | 4                                   |
| 手、皮肤、内衣、工作袜    |                   | 4×10 <sup>-2</sup>                   | 4×10 <sup>-2</sup> | 4×10 <sup>-1</sup>                  |
| 1) 该区内的低污染子区除外 |                   |                                      |                    |                                     |

## (4) 放射性废水

根据《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）：放射性废水执行三级标准，其中总  $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总  $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ 。

参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 7.3.3 条规定：

对于槽式衰变池贮存方式：

- a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；
- b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 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 1Bq/L、总  $\beta$  不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

## (5) 放射性废气

① 参照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）第 5.2.3 条规定：

合成和操作放射性药物所用的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。

② 参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 6.3 条规定：

使用回旋加速器制备放射性药物的工作场所应设有单独的通风系统，加速器自屏蔽区内应有单独排气管道，并相对加速器室呈负压状态。

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、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、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。

通风橱应有足够的通风能力。通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近高层建筑。制备放射性药物的回旋加速器工作区域以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近高层建筑。

### （6）放射性固体废物

参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 7.2.3 条：

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  $0.08\text{Bq/cm}^2$ ， $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq/cm}^2$  的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

- a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；
- b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；
- c) 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过  $0.1\text{mSv/h}$ ，表面污染水平对  $\beta$  和  $\gamma$  发射体以及低毒性  $\alpha$  发射体应小于  $4\text{Bq/cm}^2$ 、其他  $\alpha$  发射体应小于  $0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

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

### （8）辐射工作场所分区

① 根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020），核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室等）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据 GB 18871 的有关规定，结合场所的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。

② 根据《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》（T/CIRA 5-2019）附录 A，辐射工作场所分为监督区和控制区，以便辐射防护管理和职业照射控制。控制区、监督区应以实体边界划定，功能分区可参考下表。

表 1.4-4 辐射工作场所分区

| 监督区/<br>控制区 | 场所名称                                                                           |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 控制区         | 加速器厅、废物间、室内衰变池（罐）间、氟-18 合成分装间、发生器淋洗间、锝-99m 标记分装间、碘-131 分装间、留样间、成品暂存间、箱室检修区、原料库 |
| 监督区         | 成品包装间、包材外清间、检测去污间、质检室                                                          |

## 1.4.2 非放射性评价标准

## 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 3095-2026），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 3095-2026）中二级浓度限值（过渡阶段）。氯化氢、硫酸、甲醇、TRVOC、硫化氢、氨参照《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）附录 D 中浓度参考限值，非甲烷总烃参考执行《大气污染物综合排放标准详解》中一次值。各控制值详见下表。

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 3095-2026）二级浓度限值（过渡阶段） |
| 2  | NO <sub>2</sub>   | 40            | 80          | 200  | μg/m <sup>3</sup> |                                      |
| 3  | NO <sub>x</sub>   | 50            | 100         | 250  | μg/m <sup>3</sup> |                                      |
| 4  | CO                | —             | 4           | 10   | mg/m <sup>3</sup> |                                      |
| 5  | O <sub>3</sub>    | 日最大 8h 平均 160 |             | 200  | μg/m <sup>3</sup> |                                      |
| 6  | PM <sub>10</sub>  | 60            | 120         | —    | μg/m <sup>3</sup> |                                      |
| 7  | PM <sub>2.5</sub> | 30            | 60          | —    | μg/m <sup>3</sup> |                                      |
| 8  | 氯化氢               | —             | 15          | 50   | μg/m <sup>3</sup> | 《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ 2.2-2018）附录 D    |
| 9  | 甲醇                | —             | 1000        | 3000 | μg/m <sup>3</sup> |                                      |
| 10 | 硫酸                | —             | 100         | 300  | μg/m <sup>3</sup> |                                      |
| 11 | TRVOC             | —             | 600（8h 平均值） |      | μg/m <sup>3</sup> |                                      |
| 12 | NH <sub>3</sub>   | —             | —           | 200  | μg/m <sup>3</sup> |                                      |
| 13 | H <sub>2</sub> S  | —             | —           | 10   | μg/m <sup>3</sup> |                                      |
| 14 | 非甲烷总烃             | 一次值 2.0       |             |      | mg/m <sup>3</sup> | 《大气污染物综合排放标准详解》                      |

## 1.4.2.2 污染物排放标准

## （1）大气污染物排放标准

本项目 TRVOC、非甲烷总烃执行《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2020）中“医药制造行业”的排放限值；

甲醇、硫酸雾、NO<sub>x</sub> 排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）二级标准限值；

氯化氢排放执行《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）中排放限值

要求；

氨、臭气浓度排放执行《恶臭污染物排放标准》（DB 12/059-2018）表 1 中相应限值要求；

颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、烟气黑度排放执行《锅炉大气污染物排放标准》（DB 12/151-2020）表 3 中相应限值要求。

食堂油烟执行《餐饮业油烟排放标准》（DB 12/644-2016）餐饮业油烟排放限值要求：排放限值  $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表 1.4-6 大气污染物排放标准

| 污染源                           | 污染物                | 有组织排放                               |             |                                  | 执行标准                               |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------|----------------------------------|------------------------------------|
|                               |                    | 排放浓度/<br>( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) | 排气筒<br>高度/m | 排放速率<br>( $\text{kg}/\text{h}$ ) |                                    |
| 加速器室废气排气筒 P2、P3               | $\text{NO}_x$      | 240                                 | 18          | 0.544                            | 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）       |
| 质检区 1 废气排气筒 P4、质检区 2 废气排气筒 P3 | 甲醇                 | 190                                 | 18          | 3.6                              | 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）       |
|                               | 硫酸雾                | 45                                  |             | 1.08                             |                                    |
|                               | 氯化氢                | 30                                  |             | /                                | 《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）     |
|                               | TRVOC              | 40                                  |             | 2.64                             | 《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2020） |
|                               | 非甲烷总烃              | 40                                  |             | 2.64                             |                                    |
|                               | 氨气                 | /                                   |             | 0.84                             | 《恶臭污染物排放标准》（DB 12/059-2018）        |
|                               | 臭气浓度               | /                                   |             | 1000<br>(无量纲)                    |                                    |
| 锅炉废气排气筒 P5、P6                 | 颗粒物                | 10                                  | 21          | /                                | 《锅炉大气污染物排放标准》（DB 12/151-2020）      |
|                               | 二氧化硫               | 20                                  |             | /                                |                                    |
|                               | 氮氧化物               | 50                                  |             | /                                |                                    |
|                               | 一氧化碳               | 95                                  |             | /                                |                                    |
|                               | 烟气黑度<br>(林格曼黑度, 级) | $\leq 1$                            |             | /                                |                                    |
|                               |                    |                                     |             |                                  |                                    |
| 食堂油烟排气筒 P7                    | 餐饮油烟               | 1                                   | 18          | /                                | 《餐饮业油烟排放标准》（DB 12/644-2016）        |

注：① 本项目属于放射性药物生产，排放挥发性有机物排放标准根据《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）、《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2020）相比取严。  
② 200m 范围内最高建筑物 18m，本项目排气筒高度为 18m，不满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中高 200m 范围内最高建筑物 5m 以上要求，污染物排放速率标准值严格执行 50% 执行。

## （2）水污染物排放标准

本项目废水总排口（DW001）排放的污染物执行《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）三级标准限值，标准限值详见下表。

表 1.4-7 污水综合排放标准 单位：mg/L（pH 除外）

| 污染因子 | pH  | BOD <sub>5</sub> | COD <sub>Cr</sub> | SS  | 氨氮 | 总磷  | 总氮 | 动植物油类 | 石油类 | LAS |
|------|-----|------------------|-------------------|-----|----|-----|----|-------|-----|-----|
| 数值   | 6~9 | 300              | 500               | 400 | 45 | 8.0 | 70 | 100   | 15  | 20  |

## (3) 噪声排放标准

施工期间噪声排放执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025），具体如下。

表 1.4-8 建筑施工噪声排放标准 单位：dB（A）

| 《建筑施工噪声排放标准》<br>（GB 12523-2025） | 昼间 | 夜间 |
|---------------------------------|----|----|
|                                 | 70 | 55 |

运行期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3 类标准，具体限值见下表。

表 1.4-9 工业企业厂界环境噪声排放限值 单位：dB（A）

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

## (4) 固体废物相关标准

生活垃圾执行《天津市生活垃圾管理条例》（天津市第十七届人民代表大会常务委员会第二十一次会议于 2020 年 7 月 29 日通过，自 2020 年 12 月 1 日起施行）。

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》（GB 18599-2020）。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。

危险废物在厂内暂存执行《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《危险废物转移管理办法》中的有关规定。

## 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，结合本项目工艺特点，辐射环境影响评价范围保守取产业化基地生产车间建筑外墙（实体屏蔽边界）外 500m 区域作为辐射环境评价范围。

## 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），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。

## (1) 最大浓度占标率计算

根据项目污染源初步调查结果，选择项目正常工况下排放主要污染物及排放参数，分别计算其最大地面空气质量浓度占标率  $P_i$  及第  $i$  个污染物的地面空气质量浓度达到标准值的 10% 时所对应的最远距离  $D_{10\%}$ ，其中  $P_i$  定义如下：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{0i}} \times 100\%$$

式中：

$P_i$ ——第  $i$  个污染物的最大地面浓度占标率，%；

$C_i$ ——采用估算模型计算出的第  $i$  个污染物的最大 1h 地面浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；一般取 GB 3095 中 1h 平均质量浓度的二级浓度限值；对该标准中未包含的污染物，参照《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ 2.2-2018）附录 D 中浓度限值。

$C_{0i}$ ——第  $i$  个污染物的环境空气质量标准， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

根据本项目产生的大气污染物，选取主要污染物  $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{SO}_2$ 、氯化氢、丙酮、硫酸、甲醇、TRVOC（TVOC）、 $\text{NH}_3$ 、非甲烷总烃。本项目大气评价因子及  $C_{0i}$  取值分别见下表。

表 1.5-1 评价因子和评价标准表 单位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| 评价因子             | 平均时段 | 浓度限值          | 标准来源                                             |
|------------------|------|---------------|--------------------------------------------------|
| $\text{O}_3$     | 1h   | 200           | 《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）<br>二级浓度限值（过渡阶段）         |
| $\text{NO}_x$    | 1h   | 250           |                                                  |
| $\text{SO}_2$    | 1h   | 500           |                                                  |
| $\text{PM}_{10}$ | 1h   | 360           | 《环境空气质量标准》（GB3095-2026）过渡阶段浓度限值中<br>二级日平均的 3 倍折算 |
| 氯化氢              | 1h   | 50            | 《环境影响评价技术导则 大气环境》<br>（HJ 2.2-2018）附录 D           |
| 丙酮               | 1h   | 800           |                                                  |
| 硫酸               | 1h   | 300           |                                                  |
| 甲醇               | 1h   | 3000          |                                                  |
| TRVOC            | 1h   | 1200          |                                                  |
| $\text{NH}_3$    | 1h   | 200           |                                                  |
| 非甲烷总烃            | 1h   | 2000<br>(一次值) | 《大气污染物综合排放标准详解》                                  |

注：TRVOC 环境质量标准参考执行《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）附录 D 中 TVOC 8 h 平均质量浓度限值的 2 倍。

本项目估算模型参数、点源排放参数及计算结果分别见下表。

表 1.5-2 估算模型参数表

| 参数                         |            | 取值      |
|----------------------------|------------|---------|
| 城市/农村选项                    | 城市/农村      | 城市      |
|                            | 人口数（城市选项时） | 66.62 万 |
| 最高环境温度/ $^{\circ}\text{C}$ |            | 41.7    |
| 最低环境温度/ $^{\circ}\text{C}$ |            | -18.4   |
| 土地利用类型                     |            | 城市      |
| 区域湿度条件                     |            | 中等湿度    |

| 参数                                                              |           | 取值                                                               |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------|
| 是否考虑地形                                                          | 考虑地形      | <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 |
|                                                                 | 地形数据分辨率/m | 90                                                               |
| 是否考虑海岸线熏烟                                                       | 考虑岸线熏烟    | <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 |
|                                                                 | 岸线距离/km   | 否                                                                |
|                                                                 | 岸线方向/°    | 否                                                                |
| 注：上表中最高、最低环境温度来源于武清区气象部门 20 年气象统计数据。<br>人口数来源于《武清区 2024 年统计年鉴》。 |           |                                                                  |

本项目点源排放参数见下表。

表 1.5-3 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/℃ | 年排放小时数/h | 排放工况 | 污染物排放速率/（kg/h）  |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|-------------|---------|-----------|------------|--------|----------|------|-----------------|---------|
|                                                                                          | E/°          | N/°         |             |         |           |            |        |          |      |                 |         |
| 加速器 1 室废气排气筒 P2                                                                          | 117.02985262 | 39.44881161 | 7           | 18      | 0.9       | 64.7       | 20     | 5720     | 正常排放 | O <sub>3</sub>  | 0.0191  |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | NO <sub>x</sub> | 0.0095  |
| 加速器 2 室废气、质检区 2 废气排气筒 P3                                                                 | 117.03004662 | 39.44886720 | 7           | 18      | 0.9       | 59.1       | 20     | 5720     | 正常排放 | O <sub>3</sub>  | 0.0031  |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | NO <sub>x</sub> | 0.0016  |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        | 2600     | 正常排放 | 氯化氢             | 0.00025 |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | 硫酸              | 0.00048 |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | 氨气              | 0.00003 |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | 丙酮              | 0.03889 |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | 甲醇              | 0.03118 |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | 非甲烷总烃           | 0.17789 |
| TRVOC（TVOC）                                                                              | 0.17789      |             |             |         |           |            |        |          |      |                 |         |
| 质检区 1 废气排气筒 P4                                                                           | 117.02988898 | 39.44885809 | 7           | 18      | 0.63      | 24.8       | 20     | 2600     | 正常排放 | 氯化氢             | 0.00006 |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | 硫酸              | 0.00012 |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | 氨气              | 0.00001 |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | 丙酮              | 0.00972 |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | 甲醇              | 0.00779 |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | 非甲烷总烃           | 0.04447 |
| TRVOC（TVOC）                                                                              | 0.04447      |             |             |         |           |            |        |          |      |                 |         |
| 锅炉废气排气筒 P5                                                                               | 117.03023896 | 39.44915353 | 6           | 21      | 0.55      | 19.6       | 80     | 2600     | 正常排放 | SO <sub>2</sub> | 0.009   |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | NO <sub>x</sub> | 0.066   |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | 颗粒物             | 0.012   |
| 锅炉废气排气筒 P6                                                                               | 117.03022823 | 39.44915560 | 6           | 21      | 0.7       | 28.3       | 80     | 2600     | 正常排放 | SO <sub>2</sub> | 0.021   |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | NO <sub>x</sub> | 0.164   |
|                                                                                          |              |             |             |         |           |            |        |          |      | 颗粒物             | 0.027   |
| 注：烟气流速以排气筒所有废气流量计算，P2、P3、P4、P5、P6 排气筒风量为 37034m³/h、33846m³/h、6956m³/h、4200m³/h、9800m³/h。 |              |             |             |         |           |            |        |          |      |                 |         |



本项目估算模型计算结果见下表。

表 1.5-4 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   | 加速器 1 室废气<br>排气筒 P2                  | $\text{O}_3$  | 9.23E-04                                     | 0.462        | 68      | /              |
|      |                                      | $\text{NO}_x$ | 4.59E-04                                     | 0.184        | 68      | /              |
|      | 加速器 2 室<br>废气、<br>质检区 2 废气<br>排气筒 P3 | $\text{O}_3$  | 1.50E-04                                     | 0.075        | 68      | /              |
|      |                                      | $\text{NO}_x$ | 7.73E-05                                     | 0.031        | 68      | /              |
|      |                                      | 氯化氢           | 1.21E-05                                     | 0.024        | 68      | /              |
|      |                                      | 丙酮            | 1.88E-03                                     | 0.235        | 68      | /              |
|      |                                      | 硫酸            | 2.32E-05                                     | 0.008        | 68      | /              |
|      |                                      | 甲醇            | 1.51E-03                                     | 0.050        | 68      | /              |
|      |                                      | 非甲烷总烃         | 8.59E-03                                     | 0.430        | 68      | /              |
|      |                                      | TRVOC (TVOC)  | 8.59E-03                                     | 0.716        | 68      | /              |
|      |                                      | 氨气            | 1.45E-06                                     | 0.001        | 68      | /              |
|      | 质检区 1 废气<br>排气筒 P4                   | 氯化氢           | 2.90E-06                                     | 0.006        | 68      | /              |
|      |                                      | 丙酮            | 4.70E-04                                     | 0.059        | 68      | /              |
|      |                                      | 硫酸            | 5.80E-06                                     | 0.002        | 68      | /              |
|      |                                      | 甲醇            | 3.76E-04                                     | 0.013        | 68      | /              |
|      |                                      | 非甲烷总烃         | 2.15E-03                                     | 0.108        | 68      | /              |
|      |                                      | TRVOC (TVOC)  | 2.15E-03                                     | 0.179        | 68      | /              |
|      |                                      | 氨气            | 4.83E-07                                     | 0.0002       | 68      | /              |
|      | 锅炉废气<br>排气筒 P5                       | $\text{SO}_2$ | 2.37E-04                                     | 0.047        | 30      | /              |
|      |                                      | $\text{NO}_x$ | 1.74E-03                                     | 0.696        |         | /              |
|      |                                      | 颗粒物           | 3.17E-04                                     | 0.088        |         | /              |
|      | 锅炉废气<br>排气筒 P6                       | $\text{SO}_2$ | 3.14E-04                                     | 0.063        | 36      | /              |
|      |                                      | $\text{NO}_x$ | 2.45E-03                                     | 0.980        |         | /              |
|      |                                      | 颗粒物           | 4.04E-04                                     | 0.112        |         | /              |

经估算模式预测，本项目大气污染源排放的污染物最大落地浓度值占标率中最大值  $P_{\max}=0.98\%$ ，故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，仅对废气达标情况进行分析。

### 1.5.3 声环境影响评价工作范围

本项目选址位于天津市武清区开发区泉雨路东侧，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。本项目产生的废水包括放射性生产废水和生活污水。经过衰变池衰变后的生产废水，与生活污水一并通过厂区废水总排口排入园区市政污水管网，最终排入武清开发区四期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 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。

### 1.5.6 土壤环境影响评价范围

根据《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。根据土壤环境影响源、影响途径、影响因素分析，本项目可不开展土壤环境影响评价工作，重点提出防治土壤污染的具体措施和建议。

### 1.5.7 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）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  $Q=0.778<1$ ，环境风险潜势为 I，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。

### 1.5.8 生态环境影响评价范围

本项目为新建污染影响类项目，新建厂区占地面积  $16666.7\text{m}^2$ ，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。

本项目环境影响评价等级和评价范围见下表。

表 1.5-5 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 | /    | 辐射工作场所产业化基地生产车间实体屏蔽边界外 500m 范围  |
| 环境空气 | 三级   | 不需设置大气环境影响评价范围。                 |
| 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 |
| 噪声   | 三级   | 项目厂界外 200m 范围                   |
| 风险评价 | 简单分析 | /                               |

## 1.6 辐射环境保护目标

根据本项目工艺特征分析评价，本项目辐射环境影响评价范围保守考虑确定为产业化基地生产车间的实体屏蔽边界外 500m 范围，环保目标为评价范围内的辐射工作人员和公众，具体如下表所示，其分布示意图见附图 2。

表 1.6-1 辐射环境保护目标一览表

| 序号 | 保护目标                 |      |                    | 方位      | 距离 <sup>①</sup> | 人员      | 企业性质              | 人员性质           |
|----|----------------------|------|--------------------|---------|-----------------|---------|-------------------|----------------|
| 1  | 本项目                  | 生产车间 | 加速器 1 室控制室<br>操作人员 | 厂内      | /               | 3 人     | 核药<br>生产          | 辐射<br>工作<br>人员 |
| 2  |                      |      | 加速器 2 室控制室<br>操作人员 | 厂内      | /               | 3 人     |                   |                |
| 3  |                      |      | 生产线 1 操作人员         | 厂内      | /               | 3 人     |                   |                |
| 4  |                      |      | 生产线 2 操作人员         | 厂内      | /               | 4 人     |                   |                |
| 5  |                      |      | 生产线 3 操作人员         | 厂内      | /               | 4 人     |                   |                |
| 6  |                      |      | 生产线 4 操作人员         | 厂内      | /               | 4 人     |                   |                |
| 7  |                      |      | 生产线 5 操作人员         | 厂内      | /               | 4 人     |                   |                |
| 8  |                      |      | 生产线 6 操作人员         | 厂内      | /               | 3 人     |                   |                |
| 9  |                      |      | 工艺实验室操作人员          | 厂内      | /               | 12 人    |                   |                |
| 10 |                      |      | 质检区 2 操作人员         | 厂内      | /               | 7 人     |                   |                |
| 11 |                      |      | 综合楼、服务楼、门卫室等       | 厂内      | /               | 23 人    |                   |                |
| 12 | 奥瀚科技（天津）有限公司         |      |                    | 东侧      | 约 161m          | 约 100 人 | 金属制品<br>研发制造      | 公众             |
| 13 | 天津红日康仁堂药业有限公司        |      |                    | 东侧      | 约 388m          | 约 375 人 | 药物生产<br>制造        | 公众             |
| 14 | 天津永邦新材料有限公司          |      |                    | 东南<br>侧 | 约 165m          | 约 150 人 | 复合材料<br>制造        | 公众             |
| 15 | 天津迪玛克医疗器械有限公司        |      |                    | 东南<br>侧 | 约 280m          | 约 165 人 | 医疗器械<br>制造        | 公众             |
| 16 | 柏中紧固件（天津）有限公司        |      |                    | 东南<br>侧 | 约 388m          | 约 37 人  | 工业紧固<br>连接件<br>制造 | 公众             |
| 17 | 日丰企业（天津）有限公司         |      |                    | 东南<br>侧 | 约 448m          | 约 204 人 | 塑料管道<br>系统制造      | 公众             |
| 18 | 安波福电气系统有限公司<br>天津分公司 |      |                    | 东南<br>侧 | 约 267m          | 约 139 人 | 汽车零部<br>件生产<br>制造 | 公众             |
| 19 | 中欧高端装备制造基地           |      |                    | 东南<br>侧 | 约 436m          | 约 100 人 | 生产制造              | 公众             |
| 20 | 铁科金化科技有限公司           |      |                    | 东南<br>侧 | 约 234m          | 约 10 人  | 铁路轨道<br>部件制造      | 公众             |
| 21 | 铁科舍弗勒轨道交通科技<br>有限公司  |      |                    | 东南<br>侧 | 约 234m          | 约 61 人  | 轨道交通<br>制造        | 公众             |
| 22 | 干枝树叶临时中转场            |      |                    | 东南<br>侧 | 约 445m          | 约 5 人   | 干枝树叶<br>转运        | 公众             |

|                                                                |                        |    |                   |         |                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------|------------------------|----|-------------------|---------|------------------------------------------------------|----|
| 23                                                             | 维克（天津）有限公司             | 南侧 | 紧邻                | 约 984 人 | 空调生产<br>制造                                           | 公众 |
| 24                                                             | 格立莫农业技术<br>（天津）有限公司    | 南侧 | 约 245m            | 约 70 人  | 农业机械<br>研发、制<br>造、销售                                 | 公众 |
| 25                                                             | 铁科（天津）科技有限公司           | 西侧 | 约 70m             | 约 31 人  | 轨道线路<br>扣件系统<br>制造                                   | 公众 |
| 26                                                             | 铁科华铁经纬（天津）信息技术<br>有限公司 | 西侧 | 约 470m            | 约 52 人  | 高铁、城<br>际铁路、<br>城市地铁<br>的列车控<br>制、通信<br>信号核心<br>装备制造 | 公众 |
| 27                                                             | 评价范围内的途经公众             | 四侧 | 500m<br>评价范<br>围内 | /       | /                                                    | 公众 |
| 注：① 方位、距离以本项目厂界为参照，距离为建筑物最近点。<br>② 辐射工作人员定岗定责，不同场所辐射工作人员不交叉工作。 |                        |    |                   |         |                                                      |    |

通过现场调查了解，本项目环境影响评价范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区等保护目标。本项目大气环境影响评价等级为三级，不需设置大气环境影响评价范围；地表水环境影响评价等级为三级 B，评价至厂区废水总排放口；噪声环境影响评价范围内无保护目标；环境风险评价工作等级为简单分析，无需设置风险评价范围。

## 第二章 自然环境与社会环境状况

### 2.1 地理位置

武清区是天津市下辖的市辖区，位于天津市西北部，北与北京市通州区、河北省廊坊市香河县相连，南与天津市北辰区、西青区、河北省霸州市毗邻，东与天津市宝坻区、宁河区搭界，西与河北省廊坊市安次区接壤。武清区地理坐标范围为：东经116° 46′ 43″至117° 19′ 59″，北纬39° 07′ 05″至39° 42′ 20″。东西宽41.78km，南北长65.22km，北阔南狭。

本项目位于天津市武清区开发区泉雨路东侧，中心坐标：东经117°01'47.334"，北纬39°26'55.400"。厂区周边环境：东侧为空地，南侧为维克（天津）有限公司，西侧为泉雨路，北侧为源春道。

本项目选址及四至情况的实景照片如下：

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |
| 选址处                                                                                 |                                                                                      |
|  |  |
| 选址处东侧空地                                                                             | 选址处南侧维克（天津）有限公司                                                                      |



图 2.1-1 本项目选址及四至情况的实景照片

根据现场踏勘，本项目选址周边主要为工业企业，评价范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区等敏感区，厂址未毗邻食品饮料生产加工企业、自来水厂、医院、学校、居民区等区域。

## 2.2 自然环境状况

### 2.2.1 地形地貌

武清区境地处华北冲积平原东北部，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，坡度很小。境内为微度起伏的冲积平原，地面倾斜平缓，海拔高差不大，境内地势自西、北、南三面向东南方向倾斜，西北部海拔 13.5m，北部 11m 左右，南部 5m 左右，东南部 2m 左右（大沽高程），地面坡降 1/6500。

### 2.2.2 气候与气象

武清区属于暖温带半湿润大陆性季风气候，四季分明，秋冬多为西北风，春夏多为西南风。春季干旱，冷暖多变；夏季温度高，湿度大，雨热同期；秋季天高云淡，风和日丽；冬季寒冷干燥，雨雪较少。项目所在地区年平均气温 11.6℃，最暖年是 1983 年为 12.1℃，最冷年是 1957 年为 10.2℃；最热月是 7 月份，多年平均值为 26.1℃，最冷月是一月份，多年平均值为 -5℃。多年平均降水量为 578.3mm，年际间降水量差异较大，是造成干旱与洪涝的主要原因；一年中四季相对湿度以夏季最大，年平均相对湿度为 62%，平均干燥度为 2。年主导风向为西南风，年平均风速 2.2m/s。

### 2.2.3 水文

武清区境内河流渠系分布较广，拥有永定河、北运河、龙凤河、青龙湾河等 4 条一级河道，龙河、龙北新河、凤河西支、龙凤河故道、中泓故道、机场

排河、狼尔窝引河等 7 条二级河道，纵横区境 269.7km，年径流量 4.2 亿  $\text{m}^3$ ，诸河道自西北部、北部缓缓向东南汇流入海。武清古为薊泽，水域广布，有 99 淀，历经河淤治理，洼淀面积缩小，现境内较大的洼淀还有大黄堡洼、牛镇洼、甘桥洼、太平庄郎藕洼、庞艾洼等九处；境内大黄堡洼是武清区重要的湿地资源，面积 112 $\text{km}^2$ ，为市级湿地保护区，大黄堡洼为青龙湾河滞洪区，面积 93.2 平方公里，洼底高程 2.1~2.3m。滞洪水位 3.1m。区内有上马台、小于庄和黄庄三座水库，黄庄水库面积 1.47 $\text{km}^2$ 、小于庄水库 2.36 $\text{km}^2$ 、上马台水库约 5 $\text{km}^2$ ，总库容量 3617.1 万  $\text{m}^3$ 。区内地壳自中生代以来，长期持续下降，新生代第三、第四系松散沉积物厚度大，地下水贮存条件好，水位埋藏浅，地下含水岩层有明显的垂直分布规律。境内地下水有两种类型：松散地层孔隙水和基岩地层的岩溶裂隙水。其中全淡水区分布于境内大部分地区，直接接受降水入渗，地表径流较发育，加之岩性粗，砂层厚，具有良好的地下水贮存条件，地下水径流与排泄畅通，溶滤作用强，水质类型为  $\text{HCO}_3\text{-CaMg}$  型或  $\text{CaNa}$  型，矿化度 0.5~1g/L，水质优良。水位年变化幅度不大，基本保持稳定。

#### 2.2.4 土壤和植被

武清区土壤类型有潮土（盐化潮土、湿潮土）、沼泽土（草甸沼泽土）、城市用地等。

潮土是直接发育在河流沉积物上，承受地下水影响，并经耕种熟化而成的一种土壤。潮土中，土体构型复杂，沉积层次明显，质地排列受河流泛滥影响，差异很大，因而使得潮土在不同地段呈现不同的土体构型和质地差异。地下水的状况在很大程度上也决定了潮土的特点。低平地区，由于排水不畅，地下水位高，矿化度也高，容易产生盐渍化过程，形成盐化潮土。由于地势低平，土层深厚，有机质及氮、磷、钾含量较高，土壤肥沃，成为粮食、棉花、蔬菜的重点产区。

沼泽土即湿土。洼淀在淹水条件下经历潜育化过程，形成了沼泽土。土壤有机质一般较高，质地粘重，土壤剖面有明显的灰色潜育层。在沼泽脱水条件下，沼泽土呈现向潮土过渡特征。沼泽土主要分布在地势低洼的沼泽地区，常年积水或季节性积水。由于长期积水，土壤湿度大，有机质分解缓慢，在土壤中逐渐积累腐殖质层。沼泽土分布地区是芦苇的主要产地。

植物资源有野生植被和人工植被二类。野生植被主要分布在洼地、沼泽、

沙岗、盐碱地等处；人工植被分布于村落、河堤、道路两侧。主要科目有乔木和果木，此外是农作物、花卉等。

### 2.2.5 地质概况

武清区处于冀中拗陷中四级构造单元武清凹陷内，发育有大孟庄洼槽和杨村斜坡。区内发育两组主要断裂系统：一组近 NE 向，另一组近 EW 向。古近纪断裂作用主要位于大孟庄洼槽与杨村斜坡的过渡地带，而新近纪断裂作用由北向南逐渐增强。这两组断层均为正断层，控制着武清凹陷的发育。

区域内基底构造单元为武清凹陷中杨村斜坡至大孟庄洼槽东部，古生代、中生代、古近纪、新近纪及第四纪均有沉积，主要断裂有 NE 向王庆坨断裂、武清断裂、武清西断裂、大孟庄断裂等。

地层属华北地层大区晋冀鲁豫地层区的华北平原分区，地表全为第四系覆盖，没有基岩出露。该地区下伏地层由老至新依次为中新元古界、古生界、中生界与新生界。新生代由古近纪、新近纪和第四纪组成，地层总厚度一般 3500~4000m，其中第四纪地层厚度一般 360~380m，自上而下划分为全新统和更新统，后者可再分为上、中、下更新统。

### 2.3 社会经济状况

截至 2023 年末，武清区辖 5 个街道、24 个镇。截至 2023 年末，武清区常住人口 113.82 万人，其中城镇人口 64.30 万人，城镇化率达到 56.49%。

2025 年全年地区生产总值增长 5.8%，一般公共预算收入增长 8.5%，固定资产投资增长 3%，居民收入增长与经济增长基本同步。“十四五”以来，全区地区生产总值年均增长 2.8%。一般公共预算收入达到 117.6 亿元，年均增长 7.6%。固定资产投资累计超过 1500 亿元，产业项目投资占比达到 60.6%、比“十三五”末提高 35.9 个百分点。三次产业比重从 5.0:33.5:61.5 优化为 5.1:37.2:57.7。民营经济增加值占地区生产总值比重达到 60%以上。居民人均可支配收入年均增长 5.6%，城乡居民可支配收入比从“十三五”末的 1.54:1 缩小至 1.46:1。

本项目评价范围均位于天津市武清开发区四期，选址四侧现状主要为工业企业，评价范围内人口约 3000 人，主要为工业企业的工作人员。评价范围内无学校、医院、居民区等环境敏感区。

### 2.4 天津市武清开发区简况



天津市武清开发区于 1991 年 12 月 28 日设立，是国家级经济技术开发区和国家级高新技术产业园区，2014 年底纳入天津国家自主创新示范区核心区，远期规划面积 93km<sup>2</sup>。经过 20 多年的发展，形成了以电子信息、新材料、新能源、机械制造、汽车及零部件、生物医药等六大主产业为主导的产业集群。主要以先进制造业聚集区、高端产业服务功能区和生产型服务业功能区三个模块为重点建设方向。

天津市武清开发区四期起步区总体规划西区的规划范围为：南侧为龙凤新河，东临翠亨路，北部紧靠外环北路，西侧被南东路及京津塘高速合围，规划面积约 5.51km<sup>2</sup>。区位优势得天独厚，地处京津之间，是京津冀协同发展京津城市主轴的中间节点。本项目位于天津市武清开发区四期 01 单元天津市武清区开发区泉雨路东侧。

根据《武清区人民政府关于天津市武清开发区四期 01 单元控制性详细规划及细分导则调整的批复》，武清开发区 01 单元规划四至范围：东至翠亨路、南至龙凤新河、西至南东路、北至北环路，总用地面积约 551.26 公顷（约 5.51km<sup>2</sup>）。根据《天津市武清开发区四期起步区控制性详规环境影响报告书》及审查意见的复函，武清开发区四期起步区规划范围东临翠亨路、南侧为龙凤新河、西侧被南东路及京津塘高速围合、北侧紧邻外环北路，规划面积约 5.51km<sup>2</sup>。二者规划范围一致。

天津市武清开发区四期起步区是武清区开发区的重要组成部分，内设 2 个产业园区，包括高新技术产业园区和综合服务区，其中高新技术产业园区重点发展高新技术产业，具体包括新材料、新能源、生物医药产业、电子信息、现代先进制造业等，高新技术产业园位于武清开发区四期 01 单元内；另外，规划区东部部分区域设为综合服务区，主要规划为居住区，并规划发展教育、科研等。

#### 2.4.1 规划环评简介

2013 年，《天津市武清开发区四期起步区控制性详细规划环境影响报告书》编制完成并取得了天津市环保局《对<天津市武清开发区四期起步区控制性详细规划环境影响报告书>审查意见的复函》（津环保管函〔2013〕17 号）。2019 年编制完成了《天津市武清开发区四期 01 单元控制性详细规划及细分导则调

整》，并取得《武清区人民政府关于天津市武清开发区四期 01 单元控制性详细规划及细分导则调整的批复》（武清政函〔2019〕105 号）。

#### 2.4.2 基础设施简介

天津武清开发区四期供水、排水、电力、燃气、消防等基础设施配套齐全。排水采用雨、污分流制。污水排入华电水务（天津）有限公司武清开发区四期污水处理厂，污水处理达标后经南侧景观渠排入龙凤河。

武清开发区四期污水处理厂于 2019 年 11 月建成投产，位于武清区京津塘高速公路东侧、武清开发区四期源景道与泉春路交口东南侧地块。总服务区域面积约为 22.2km<sup>2</sup>，主要包括：武清开发区四期京津塘高速以东地块（包括环渤海物流园）和武清开发区三期北区地块（包括三期北区保税物流区和三期北区高等教育区）。废水经处理后，出水可满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB 12/599-2015）A 标准，经厂外景观渠最终进入龙凤河。

武清开发区四期污水处理厂设计处理能力为 4 万吨/天，该污水处理采用“预处理+改良多级 AO+高密度沉淀池+V 型滤池+二氧化氯消毒”工艺进行处理。

### 2.5 环境质量与辐射现状

#### 2.5.1 环境空气质量现状

为了解本项目所在地区的环境空气质量现状，本评价引用《2025 年天津市生态环境状况公报》中天津市武清区监测统计数据，说明项目所在地区的环境空气质量现状，统计结果见下表。

表 2.5-1 区域空气质量现状评价表 单位：μg/m<sup>3</sup>（CO：mg/m<sup>3</sup>）

| 污染物 |                   | 年评价指标             | 现状浓度 | 标准值 | 占标率/%  | 达标情况 |
|-----|-------------------|-------------------|------|-----|--------|------|
| 武清区 | SO <sub>2</sub>   | 年平均质量浓度           | 7    | 60  | 11.67  | 达标   |
|     | NO <sub>2</sub>   |                   | 32   | 40  | 80.00  | 达标   |
|     | PM <sub>10</sub>  |                   | 64   | 60  | 106.67 | 不达标  |
|     | PM <sub>2.5</sub> |                   | 35   | 30  | 116.67 | 不达标  |
|     | CO                | 24h 平均浓度第 95 百分位数 | 1.0  | 4   | 25.00  | 达标   |
|     | O <sub>3</sub>    | 8h 平均浓度第 90 百分位数  | 165  | 160 | 103.13 | 不达标  |

该地区环境空气基本污染物中 SO<sub>2</sub>、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 3095-2026）过渡阶段二级浓度限值，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 的年平均质量浓度和 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 3095-2026）过渡阶段二级浓度限值，故项目所在评价区域为不达标区。根据预测分析，本项目在采取相关污染防治措施后，排放的废气污染物对环境空气质量影响较小。

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）等工作的实施，环境空气质量逐年好转。

### 2.5.2 地表水环境质量现状

根据《2025年天津市生态环境状况公报》，2025年，全市地表水优良水体（I-III类）断面比例55.6%，同比升高2.8个百分点。高锰酸盐指数、化学需氧量、氨氮和总磷四项污染物年均浓度分别为4.7毫克/升、18.9毫克/升、0.27毫克/升、0.081毫克/升，较2024年分别下降6.0%、0.5%、10.0%和14.7%。“十四五”期间，全市地表水水质总体稳中有升，优良水体（I-III类）断面比例升高11.2个百分点。

2025年，全市入海河流水质达到V类及以上。高锰酸盐指数、化学需氧量、氨氮和总磷四项污染物年均浓度分别为6.5毫克/升、24.3毫克/升、0.31毫克/升、0.119毫克/升，高锰酸盐指数、氨氮和总磷年均浓度较2024年分别下降4.4%、6.1%和7.0%，化学需氧量年均浓度较2024年上升3.4%。

“十四五”期间，全市入海河流水质总体稳中有升。

### 2.5.3 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生态环境监测中心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8。环境现状监测布点图见下图。

涉密不公开

图 2.5-1 噪声现状监测点位示意图

（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

2026 年 6 月 2 日~2026 年 6 月 3 日，连续监测 2 天，每天昼间 2 次（上、下午各 1 次），夜间 1 次。

（4）监测方法

《声环境质量标准》（GB 3096-2008）。

（5）监测仪器

多功能声级计：AWA6292，处于有效期内。

声校准器：4231。

（6）监测结果

表 2.5-2 建设项目选址周边噪声监测结果 单位：dB（A）

涉密不公开

根据监测结果可知，本项目选址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。

#### 2.5.4 辐射环境质量现状

##### 2.5.4.1 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 36.0nGy/h~99.7nGy/h，天津市室内  $\gamma$  辐射剂量率范围为 48.0nGy/h~140.4nGy/h。

根据《2025 年天津市生态环境状况公报》，天津市辐射环境质量总体良好。各大气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 58.9~73.3nGy/h，与 1989 年天津市环境天然辐射剂量调查结果 36.0~99.7nGy/h 处于同一水平。

2025 年天津市城市集中式饮用水水源地水、海河流域（天津段）地表水和城市地下水中总  $\alpha$  和总  $\beta$  活度浓度、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。近岸海域海水中天然放射性核素活度处于本底涨落范围内，海水和海洋生物中人工放射性核素活度浓度未见异常。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。环境电磁辐射水平符合国家规定的电磁环境控制限值。

“十四五”期间，天津市辐射环境质量总体保持稳定。

#### 2.5.4.2 辐射环境质量现状监测

为掌握项目周围辐射环境状况，本次评价委托天津市生态环境监测中心对本项目选址周围的环境  $\gamma$  辐射剂量率、中子剂量当量率、 $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染、环境介质（空气、地下水、土壤）中放射性水平进行监测。检测报告见附件 8。环境现状监测布点图见下图。



图 2.5-2 现状监测点位示意图



图 2.5-3 现状监测点位示意图

## 2.5.4.3 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 2.5-3 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）                                                                                                                                                                                                     |
| 中子辐射           | 中子剂量当量率                                     | 《中子剂量当量率测量实施细则（THFF-901）》（参考《辐射防护仪器中子周围剂量当量（率）仪》（GB/T 14318-2019））                                                                                                                                                                          |
| 表面污染           | $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染                     | 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《表面污染测定 第一部分 $\beta$ 发射体（最大 $\beta$ 能量大于 0.15MeV）和 $\alpha$ 发射体》（GB/T 14056.1-2008）                                                                                                                                |
| 地下水            | 总 $\alpha$ 放射性、总 $\beta$ 放射性、 $\gamma$ 核素分析 | 《水质 总 $\alpha$ 放射性的测定 厚源法》（HJ 898-2017）、《水质 总 $\beta$ 放射性的测定 厚源法》（HJ 899-2017）、《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）                                                                                                            |
| 空气             | 总 $\alpha$ 放射性、总 $\beta$ 放射性、 $\gamma$ 核素分析 | 《气溶胶、沉降灰及固体样品中总 $\alpha$ 的测定厚源法实施细则》（THFF-907）（参考《水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定-厚源法》EJ/T1075-1998）<br>《气溶胶、沉降灰及固体样品中总 $\beta$ 放射性的测定蒸发法实施细则》（THFF-908）（参考《水中总 $\beta$ 放射性测定蒸发法》EJ/T900-1994）<br>《环境空气气溶胶中 $\gamma$ 放射性核素的测定 滤膜压片/能谱法》（HJ 1149-2020） |
| 土壤             | 总 $\alpha$ 放射性、总 $\beta$ 放射性、 $\gamma$ 核素分析 | 《气溶胶、沉降灰及固体样品中总 $\alpha$ 的测定厚源法实施细则》（THFF907（参考《水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定-厚源法》EJ/T1075-1998）<br>《气溶胶、沉降灰及固体样品中总 $\beta$ 放射性的测定蒸发法实施细则》（THFF-908）（参考《水中总 $\beta$ 放射性测定蒸发法》EJ/T900-1994）<br>《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）     |

## 2.5.4.4 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 2.5-4 监测布点

| 监测对象           | 监测布点                                    |
|----------------|-----------------------------------------|
| 陆地 $\gamma$ 辐射 | 项目选址处、厂界四周及每侧有代表性的环保目标处各布设 1 个监测点       |
| 中子辐射           | 项目选址处、厂界四周各布设 1 个监测点位                   |
| 表面污染           | 项目选址处、厂界四周各布设 1 个监测点位                   |
| 地下水            | 拟建衰变池处布设 1 个采样点                         |
| 空气             | 项目选址处、厂址下风向 500m 处（当地主导风向 SW）各布设 1 个采样点 |
| 土壤             | 项目选址处、厂址下风向 500m 处（当地主导风向 SW）各布设 1 个采样点 |

## 2.5.4.5 监测仪器

本项目辐射环境现状监测设备如下表所示。

表 2.5-5 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                   | 是否在有效期内 |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|---------|
| 陆地 $\gamma$ 辐射 | 环境 $\gamma$ 辐射剂量率       | 环境监测 X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率仪 | FH40G+FHZ672E-10 | 026084+0898          | 是       |
| 中子辐射           | 中子剂量当量率                 | 中子周围剂量当量仪                   | LB123+LB6411     | 8521+7178            | 是       |
| 表面污染           | $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染 | $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染测量仪  | LB124            | 10-9162              | 是       |
| 地下水、空气、土壤      | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$   | 箱式电阻炉                       | SX2-6-12TP       | JR0612TP-111612-0028 | 是       |
|                |                         | 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪  | LB790            | 8341                 | 是       |
|                |                         | 电子天平                        | BSA224S          | 33390597             | 是       |
| 地下水、空气、土壤      | $\gamma$ 核素             | 高纯锗 $\gamma$ 谱仪             | GMX60P4          | 48-TN32408A          | 是       |

## 2.5.4.6 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。

## 2.5.4.7 监测结果及分析

(1) 环境  $\gamma$  辐射剂量率、中子剂量当量率、表面污染

本项目环境  $\gamma$  辐射剂量率、中子剂量当量率、表面污染辐射环境质量监测详见下表。



表 2.5-6 环境  $\gamma$  辐射剂量率、中子剂量当量率、表面污染环境监测结果

涉密不公开

（2）地下水、土壤、空气

本项目地下水、土壤、空气中总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $\gamma$  核素分析辐射环境质量监测详见下表。

表 2.5-7 地下水、土壤、空气中总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $\gamma$  核素分析环境监测结果

涉密不公开

## 涉密不公开

根据现状监测结果，本项目选址区域环境  $\gamma$  辐射剂量率为 68.7~74.4nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），处于天津市原野（36.0~99.7nGy/h） $\gamma$  辐射剂量率范围内。

本项目选址区域中子剂量当量率为 0.002~0.003 $\mu$ Sv/h，结果处于环境本底水平，无明显异常。

本项目选址区域  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染水平本底监测均未检出。

本项目选址区域地下水、土壤、空气中总  $\alpha$  放射性、总  $\beta$  放射性及  $\gamma$  核素分析结果无明显异常，选址区域地下水总  $\alpha$ 、总  $\beta$  现状监测值符合《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）III类限值要求。

## 2.6 场址适宜性评价

### 2.6.1 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 2.6-1 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》                 | 第十八条 核设施选址，应当进行科学论证，并按照国家有关规定办理审批手续。在办理核设施选址审批手续前，应当编制环境影响报告书，报国务院环境保护行政主管部门审查批准；未经批准，有关部门不得办理核设施选址批准文件。 | 本项目为核技术利用建设项目，不属于核设施。                                                | 不涉及   |
| 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》             | 生产放射性同位素的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：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。      | 本项目拟采取与设计生产规模相适应，满足辐射安全和防护、实体保卫要求的安全设施和措施，先通天津已取得选址地块的不动产权证书，详见附件 5。 | 符合    |
| 《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                      | 根据环境影响分析，本项目放射性物质不会大量释放，场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，                | 符合    |

|                                    |                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                       |    |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|                                    | 施场外干预（包括实施应急计划和防护行动）的可行性。                                                                                                                                                   | 详见 2.6.5 节分析。                                                                                                                                                                                         |    |
| 《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。                                                      | 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。                                                                                                                                                     | 符合 |
| 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）       | 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。<br>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。<br>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。       | （1）本项目选址独立，辐射工作场所为单独的建筑物，设有物理隔离和单独的人员、物流通道。<br>（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。<br>（3）本项目排风口高于建筑屋顶排放，并尽可能远离周边高层建筑。                                                                              | 符合 |
| 《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》（T/CIRA 5-2019） | 5.1.1 厂址应避免建设在人员密集、交通易拥堵等区域。<br>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。<br>5.1.3 厂址周围环境 $\gamma$ 剂量率与当地本底水平比较无明显异常。<br>5.1.4 厂址不应受洪水、潮水或内涝的威胁。<br>5.1.5 厂址应符合所在地的区域规划。 | （1）本项目位于工业园区，周边主要为工业企业，周边交通便利。<br>（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。<br>（3）根据监测结果，本项目厂址周围环境 $\gamma$ 剂量率与当地本底水平比较无明显异常。<br>（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。<br>（5）本项目厂址符合天津市、武清区、武清开发区的相关区域规划。 | 符合 |
| 《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ 380-1989） | 实验室选址时，必须调查研究当地自然条件、社会环境、实验室可能产生的污染源项及放射性物质和放射性废物的贮存与运输等因素，进行最优化分                                                                                                           | 本项目选址处自然条件适宜，无限制因素；社会经济发展水平与本项目相适应；具备放射源贮存、运                                                                                                                                                          | 符合 |

|  |                    |                                                             |  |
|--|--------------------|-------------------------------------------------------------|--|
|  | 析，对预选点进行综合评价，择优选定。 | 输条件，在采取各项辐射安全防护和污染防治措施后，污染物排放可以满足要求，不会显著影响环境质量，经最优化分析，选址合理。 |  |
|--|--------------------|-------------------------------------------------------------|--|

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。

## 2.6.2 自然环境适宜性分析

### 2.6.2.1 本项目对外环境影响分析

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。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，经预测分析，本项目在采取相关污染防治措施后，排放的废气污染物对环境空气质量影响较小。

根据现场踏勘，本项目位于工业园区，选址周边以工业企业为主，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。距离本项目辐射工作场所最近的学校为东北侧 545m（以厂界计为 510m）的南蔡村镇第二小学，距离本项目辐射工作场所最近食品饮料加工企业为东南侧 785m（以厂界计为 770m）的维朗妮卡（天津）食品科技有限公司，根据本报告第五章环境影响分析结果，本项目对上述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。在正常工况及废气过滤系统失效 24h 的事故状态下，放射性废气排放所致公众年受照剂量均能满足 0.1mSv/a 的剂量约束值要求。放射性废水经衰变池衰变后的排放浓度满足《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）总  $\alpha$ 、总  $\beta$  的限值要求。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，本项目在采取各项辐射安全及污染防治措施后，对周边环境影可以满足环境标准要求。

### 2.6.2.2 外环境对本项目环境影响分析

（1）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 坝或堤溃决后可能淹没的地区；
- 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。

（2）项目选址评价范围内无铁路、码头、机场以及散发大量粉尘和有害气体的工厂、仓储、堆场。药品生产场所有专门的空调净化系统，确保进入厂房洁净区的空气的质量；在药品生产过程中，屏蔽箱体的换气次数较高，保证了生产区域的洁净度；各种主要物料从进入厂区到制成产品发出的过程中基本都处于密封状态，极少有暴露。因此周边企业对本项目建设影响较小，厂区外环境满足 GMP（药品生产质量管理规范）中对药品生产企业“厂房所处的环境应当能够最大限度地降低物料或产品遭受污染的风险”，周围生产企业和建筑物不会对本项目产生制约因素。同时项目选址满足《医药工业洁净厂房设计规范》（GB 50457-2019）中对选址的要求。

（3）评价范围内无铁路、机场，四侧毗邻道路均为园区普通道路，与京津塘高速公路最近距离大于 500m，且中间间隔工业企业、绿化带及沟渠，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。

（4）评价范围内无易燃易爆或产生爆燃气团的化学品的装卸、加工和贮存区，受火灾、爆炸影响导致辐射扩散的概率很小。

（5）评价范围内无贮存、加工、运输或处理有毒、有腐蚀性或有放射性物质的设施，不会对本项目辐射安全产生影响。

### 2.6.3 社会经济适宜性分析

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研发、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。选址北侧紧邻源春道、选址西侧为泉雨路，可直通天津市区；选址东南侧 1.3km 为京津唐高速，可直达北京、河北等地；选址距离天津滨海国际机场约 45km，距离北京大兴国际机场约 53km，距离武清站约 8km。便利的交通便于原料及产品的运送，可以减小因交通不便增加运输时间而带来的放射性药品的衰变损失。

根据天津市武清开发区四期规划，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。园区污水管网已铺设完成，武清开发区四期污水处理厂已经运行多年，可以满足本项目废水处理需求。

因此，本项目与区域社会经济发展水平相适应，选址合理。

### 2.6.4 环保措施适宜性分析

本项目建成后主要环境影响包括中子射线、 $\alpha$  射线、 $\beta$  射线及其所致韧致辐射、 $\gamma$  射线、废气、废水、固体废物等，可能对工作人员及公众产生辐射影响，建设单位拟采取严格的环保措施，以减少对环境的影响。

根据环境影响分析，本项目回旋加速器室采用混凝土屏蔽，涉及放射性同位素的操作均在采取了屏蔽措施的热室、手套箱、通风橱中进行，可有效防止放射性同位素对周围环境的辐射危害，电离辐射所致辐射工作人员和公众的照射剂量在国家规定的范围内，不会对工作人员和公众造成身体伤害。

本项目合理设置工作场所气流，监督区与控制区设置了一定的压差，确保气流由监督区流向控制区，避免核素操作过程中可能逃逸的放射性气载流出物进入监督区。排风系统分为房间排风和工作箱体（热室、手套箱、通风橱）排风，放射性废气由专用排风管道输送，热室、手套箱、通风橱内废气经设备顶部自带过滤装置过滤后与同区域的房间排风汇入主管道引至屋顶，经屋顶高效

过滤器和活性炭吸附处理后通过排气筒高于屋面排放。放射性气载流出物不会对环境及公众造成影响。

本项目生产线 1~生产线 6 的清洗产生的热室管路清洗废液、含  $^{89}\text{Sr}$  废液不排入衰变系统，其他放射性废水通过专用排水管道进入衰变池衰变，经监测达解控水平后与生活污水排入园区污水管网，最终进入武清开发区四期污水处理厂集中处理。

本项目产生的一般工业固体废物定期委托有资质的单位回收处置；生活垃圾定期由城市管理部门清运处理；非放射性危险废物暂存于危废间内，委托有资质单位处置；放射性固体废物分类收集后暂存于放射性废物暂存场所，所含核素半衰期小于 24h 的放射性固体废物暂存时间超过 30 天、所含核素半衰期大于 24h 的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍，经监测达解控水平后委托有资质的单位处置。固体废物处置去向合理，不会对环境产生二次污染。

根据事故环境影响分析，本项目事故环境风险和影响范围较小，在采取了事故风险防范和应急措施的情况下，不会对周围环境造成不可控的影响。预计本项目建成后不会对区域环境造成不利影响，不会改变所在区域环境功能。

#### 2.6.5 与 GB 18871 中源的选址或定位符合性分析

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 9.3.2.1 条规定：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。

##### 2.6.5.1 潜在辐射事故

根据辐射事故影响分析，本项目可能发生的最大潜在事故有以下几种类型：

- （1）回旋加速器失控、工作人员误入正在运行的机房；
- （2）放射性溶液罐或放射性药品货包体丢失、被盗；
- （3）容器破碎、药物泼洒等，导致放射性溶液洒漏；
- （4）管道泄漏、废气过滤系统堵塞或防护箱体故障导致防护热室箱体发生泄漏；
- （5）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。

回旋加速器只有在开机时才会产生  $\gamma$  射线、中子等危害因素，回旋加速器



失控事故不会导致大量放射性物质泄漏，主要是射线对误入回旋加速器室内辐射工作人员产生照射。

放射性溶液罐或药品货包体丢失、被盗、放射性溶液洒漏，均可能造成放射性液体泄漏，主要对人员造成辐射影响，每日生产放射性药物的体积量很小，仅为毫升级的操作量，且液体挥发性较小，在及时采取屏蔽及去污措施后，不会大量挥发。

管道泄漏、废气过滤系统堵塞或防护箱体故障导致防护热室箱体发生气体泄漏，本项目放射性核素挥发性较小，放射性气体泄漏至室内，主要对室内辐射工作人员产生影响，经室内通风系统引至屋顶过滤后排放，排放至外环境的量较小；且配有 X-γ 固定式区域监测系统，可及时发现气体泄漏超标，及时采取堵漏措施，不会导致放射性气体大量泄漏，对公众影响较小。

废气过滤系统失效导致放射性废气泄漏，经预测分析，放射性废气泄漏量较小，对公众影响较小。

#### 2.6.5.2 场址特征

根据工程地质资料，本项目选址位于内陆平原，不存在海啸、滑坡、泥石流、流沙、溶洞、地表断裂、地面塌陷等危害可能性，选址处抗震设防烈度为8度，小于9度，符合工业企业选址要求；根据当地气象资料，选址处发生龙卷风、热带气旋的可能性非常小；根据水文资料，选址处发生洪水的可能性很小；选址周边无易燃、易爆等危险化学品的生产和贮存区，周边发生猛烈爆炸的可能性很小；因此，本项目选址的外部环境不会影响项目辐射安全。

根据环境影响评价，本项目放射性核素为液体和固体，挥发性较小，放射性液体泄漏可能产生一定影响。本项目采取源头控制、末端防治、污染监控、应急响应的地下水防治原则，根据产污特点划分防渗区，分别采取水泥硬化、PVC 涂层等防渗措施，发现泄漏后立即采取阻断及去污措施，可有效防止放射性同位素的跑冒滴漏污染地下水。本项目放射性废水产生量较少，放射性废水排入衰变系统按相关要求暂存衰变后，经检测达标，并经审管部门认可后排至市政污水管网，最终接入武清开发区四期污水处理厂集中处理，不会对周边地表水体造成污染。本项目正常及事故工况下放射性废气排放所致评价范围内公众受照剂量满足公众剂量约束值要求。选址周边不存在限制性环境因素。

### 2.6.5.3 场外干预

当发生辐射事故时，建设单位立即启动辐射事故应急预案，采取有效的场外干预措施，减小事故伤害，防止事态进一步扩大，具体措施见下表。

表 2.6-2 场外干预措施

| 最大潜在事故                             | 场外干预措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 可行性 |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 回旋加速器失控事故                          | (1) 发生事故时立即切断加速器电源（或按下急停开关），关闭回旋加速器室门，疏散人员至安全区域。<br>(2) 将受照人员及时送到医院救治。<br>(3) 及时与回旋加速器生产厂家或与其工程师取得联系，进一步调查事故原因，必要时安排相关人员参与事故调查和事后处理。                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 可行  |
| 放射性溶液罐或药品货包体丢失、被盗                  | (1) 第一时间保护现场，严格控制进出人员；非密封放射性物质失控时立即疏散人员至安全区域。<br>(2) 发现丢失或被盗的现场人员立即向公司应急领导小组报告，应急领导小组根据应急状态等级严格按照规定上报相关部门并立即报警。<br>(3) 调取公司监控录像，收集证据，开展调查。<br>(4) 根据存档资料迅速确定被盗或丢失非密封放射性物质的种类数量、源强度、几何形状、外形尺寸等基本情况，评价潜在危害水平。<br>(5) 制定找源计划，全力协助公安、生态环境等主管部门进行查找回收，避免造成更多人员的伤害和对环境的污染，影响社会的稳定；<br>(6) 组织搜寻，准备合适的防护用品、监测仪器设备和资料。<br>(7) 找到源以后，立即采取行动使源处于安全状态。并进行如下工作：<br>① 通知公众源已找到；<br>② 确保识别出所有可能已受到照射的人；<br>③ 需要的话，对医院提供必要的支持；<br>④ 如有必要，启动去污程序和医疗跟踪。 | 可行  |
| 放射性溶液洒漏                            | (1) 立即组织撤离有关工作人员，对无需进行相关操作的区域第一时间进行隔离，现场分区警戒隔离。<br>(2) 如仍需在区域或附近工作，需用吸水纸、酒精棉签等对泼洒药品进行擦拭，尽量使用长柄工具进行操作，擦拭时应穿戴防护用具（防护服、个人剂量报警仪），皮肤不得裸露在外，避免二次污染。<br>(3) 辐射评价人员到场进行评价支持，开展应急监测。<br>(4) 如发生人员表面沾污，立即进行人员去污。<br>(5) 如可能有辐射损伤，立即送医院检查救治。<br>(6) 清理用品作为放射性固体废物处置，就近放入铅垃圾桶并记录。                                                                                                                                                                 | 可行  |
| 管道泄漏、废气过滤系统堵塞或防护箱体故障导致防护热室箱体发生气体泄漏 | (1) 场所设置 X-γ 固定式区域监测系统，当剂量超标时声光报警，工作人员立即停止辐射工作，离开工作现场，启动应急排风。<br>(2) 无关人员尽快撤离，隔离事故区域，现场分区警戒。<br>(3) 应急人员穿戴呼吸防护器、防护服、个人剂量报警仪等。<br>(4) 开展应急监测。<br>(5) 疏通堵塞的过滤系统。<br>(6) 将箱体内放射源转移至防护容器内，检查解决防护箱体故障。<br>(7) 如可能有辐射损伤，立即送医院检查救治。<br>(8) 下次进入场所开展工作前，先检测场所剂量率，需对场所各处进行表面污染检测，对于高于本底水平的设备、衣物等需进行隔离。                                                                                                                                         | 可行  |
| 废气过滤系统失效                           | (1) 如发现废气过滤装置失效，立即停止所有生产工作；<br>(2) 更换失效的废气过滤装置滤芯；<br>(3) 定期更换废气过滤装置滤芯；                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 可行  |

|  |                                                     |  |
|--|-----------------------------------------------------|--|
|  | (4) 定期检查废气过滤装置的有效性，并做好记录；<br>(5) 定期对放射性废气及环境空气进行监测。 |  |
|--|-----------------------------------------------------|--|

根据事故环境影响分析，本项目事故环境风险和影响范围较小，在采取了事故风险防范和应急措施的情况下，不会对周围环境造成不可控的影响。发生事故后，可以采取围挡、分区警戒、个人防护、隐蔽和疏散、人员去污、环境监测、救援等各项场外干预措施，尽可能将事故造成的影响降至最小。

因此，本项目选址在考虑了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）的可行性后，选址合理可行。

综上所述，本项目所选场址符合法律法规、标准规范及相关规划要求，周围没有环境制约因素，运行期通过采取有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，且与周围环境相容，环境风险可控，因此选址是适宜的。

### 第三章 工程分析与源项

#### 3.1 项目规模与基本参数

##### 3.1.1 项目建设内容

为满足京津及周边地区各医院对放射性药物的需求，先通天津计划投资 15000 万元建设先通（天津）创新药物产业化基地项目（新建生产、销售、使用核药项目）。项目新建 7 栋单体建筑，主要包含综合楼、服务楼、生产车间、动力车间、甲类库、丙类仓库及门卫室。根据项目建设规划，本次将在生产车间一层划分两大功能区域，即生产 1 区与生产 2 区（二期预留）。其中，生产 1 区内设加速器 1 室、加速器 2 室共 2 间加速器用房，配套布置 6 条生产线、1 座工艺实验室，并预留 1 条生产线；生产 2 区为二期备用生产区域，暂不投入本次建设及使用。生产车间二层整体规划为质检功能区域，分为两大质检分区，分别为质检区 1（非放射性质检区）与质检区 2（放射性质检区）。

本次拟于生产车间设置 2 个甲级非密封放射性物质工作场所和使用 2 台回旋加速器，用于放射性药物生产。2 个甲级非密封放射性物质工作场所如下：（1）生产车间一层生产 1 区，日等效最大操作量为  $1.21\text{E}+12\text{Bq}$ ；（2）生产车间二层质检区 2（放射性质检区），日等效最大操作量为  $5.19\text{E}+10\text{Bq}$ 。2 个甲级场所涉及  $^{18}\text{F}$ 、 $^{44}\text{Sc}$ 、 $^{47}\text{Sc}$ 、 $^{61}\text{Cu}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ge}$ （ $^{68}\text{Ge}$ - $^{68}\text{Ga}$  发生器）、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{86}\text{Y}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ （ $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器）、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{188}\text{W}$ （ $^{188}\text{W}$ - $^{188}\text{Re}$  发生器）、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{203}\text{Pb}$ 、 $^{211}\text{At}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Pb}$  发生器）、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Bi}$  发生器）、 $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{227}\text{Th}$  共 29 项非密封放射性物质操作。

项目配置的 2 台回旋加速器主要用于规模化生产 PET 临床用放射性药物，核心生产核素包含  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 。

本项目属于核技术利用建设项目，涉及种类和范围包括：生产、销售、使用非密封放射性物质，甲级非密封放射性物质工作场所，使用 II 类射线装置。

## 3.1.2 项目建设规模

## 3.1.2.1 主体工程

## 3.1.2.1.1 生产车间一层

生产车间一层生产 1 区包括 2 间加速器室、6 条生产线、1 个工艺实验室、放射性原料间、放射性废物间、成品间、辅助房间（铅罐接收、铅罐清洗间、铅罐存放、收发货大厅、外包间、门厅、UPS 间等）。

## 3.1.2.1.1.1 加速器室

## (1) 装置参数

加速器 1 室和加速器 2 室位于生产车间一层北侧。本项目拟购置使用 2 台回旋加速器，用于放射性同位素  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ （其中  $^{64}\text{Cu}$  和  $^{89}\text{Zr}$  不会同一天打靶）。回旋加速器为 II 类射线装置，射线装置明细见下表。

表 3.1-1 本项目使用射线装置一览表

| 名称        | 类别   | 数量 | 型号             | 加速<br>粒子 | 最大能量<br>(MeV) | 最大<br>束流                        | 用途               | 工作<br>场所   |
|-----------|------|----|----------------|----------|---------------|---------------------------------|------------------|------------|
| 回旋<br>加速器 | II 类 | 1  | PETtrace<br>鲲鹏 | 质子       | 16.5          | 双束流<br>$80\mu\text{A}\times 2$  | 制备<br>放射性<br>同位素 | 加速器<br>1 室 |
| 回旋<br>加速器 | II 类 | 1  | TR-19          | 质子       | 19            | 双束流<br>$150\mu\text{A}\times 2$ | 制备<br>放射性<br>同位素 | 加速器<br>2 室 |

## (2) 产能

涉密不公开

涉密不公开

#### 3.1.2.1.1.2 生产线

涉密不公开

涉密不公开

#### 3.1.2.1.1.3 工艺实验室

涉密不公开



涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

### 3.1.2.2 公辅工程

#### 3.1.2.2.1 公用工程

涉密不公开

##### 3.1.2.2.1.1 给水

本项目供水由市政管网提供，以自来水作为厂区供水水源。本项目用水接自建筑内自来水管网，自来水主要用于生产车间用水、纯化水制备用水、办公生活用水、蒸汽发生器和热水锅炉用水、中央空调用水。本项目给水包括放射性操作用水和非放射性操作用水。

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

#### 3.1.2.2.1.2 排水

本项目实行雨污分流制，雨水通过雨水管网直接排放，污水分类收集处理。本项目排水包括放射性废水排水和非放射性排水。

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

图 3.1-1 本项目水平衡图（单位： $\text{m}^3/\text{a}$ ）

#### 3.1.2.2.1.3 采暖制冷

本项目车间采暖制冷由空调系统提供。根据房间功能分别设置净化循环空调系统、净化新风空调系统、非洁净循环式空调系统、非洁净新风空调系统。门卫及值班室采暖制冷采用分体式冷暖空调。

#### 3.1.2.2.1.4 供电

本项目用电由市政电网提供，项目所在区域电力配套条件良好，可满足本项目需求。

#### 3.1.2.2.1.5 通风

本项目采用机械送排风，排风系统分为房间全排和工作箱体（热室、通风橱）局排。放射性废气由专用排风管道输送，热室、通风橱内废气经设备顶部自带过滤装置处理后，与房间整体排风合并，汇至屋顶经高效过滤器和活性炭吸附处理后，通过高于屋面的排气筒排放。放射性药物生产区设置有洁净区，洁净区对一般区维持不小于  $10\text{Pa}$  的正压，同一洁净区内产尘和有污染物产生的房间对其他房间维持不小于  $5\text{Pa}$  的负压，不同洁净级别的相邻房间维持不小于

10Pa 的压差。通过控制房间回风或排风量，使房间压力值达到设计要求。

#### 3.1.2.2.1.6 办公及生活设施

办公区：在厂区内南侧西部设置 1 座综合楼，仅用于人员开展非放射性的日常办公，建筑面积约 3171.52m<sup>2</sup>。

食宿：在厂区内南侧东部设置 1 座服务楼，在服务楼一层设置食堂，建筑面积约 2645.92m<sup>2</sup>，服务楼提供淋浴等设施。

#### 3.1.2.2.2 储运工程

##### 3.1.2.2.2.1 仓储

本项目在厂区内设置甲类库和丙类库，用于储存危险化学品；在一层生产车间内设置原料库、铅罐储存间、气瓶间等仓储房间，用于储存生产用主辅材料、防护容器、传输用气等；在生产车间一层内设置放射性原料间、放射性废物间、放射性有机废液暂存间，分别用于存放核素发生器及放射性固体废物、放射性有机废液；厂区内设置危险废物间，用于危险废物暂存。本项目放射性药物产品按订单生产，即产即销，当天生产当天运走，不存储，成品间仅用于特殊情况下放射性药物临时存放。

##### 3.1.2.2.2.2 运输

本项目产品及原辅材料均采用汽车、飞机运输，成品药物配送委托具备相关运输资质的公司按照放射性物品运输管理要求运输。

生产厂房内部采用手推车或液压叉车运输方式。

#### 3.1.3 工作场所等级

根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430号）规定，有相对独立明确的监督区和控制区划分、工艺流程连续完整，且有相对独立的辐射防护措施放射性药品生产、使用场所应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算。

按以上划分原则，建设单位拟将生产车间一层和二层分别划分为 1 个单独的非密封放射性物质工作场所进行管理，根据各场所日等效最大操作量判定场所工作等级。

##### （1）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。本项目各场所日等效最大操作

量计算方法如下：

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

## （2）分级依据及计算参数

非密封源工作场所的分级依据见下表。

表 3.1-17 非密封源工作场所的分级

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

放射性核素毒性组别修正因子见下表。

表 3.1-18 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     |

操作方式与放射源状态修正因子见下表。

表 3.1-19 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<br>较低的固体 | 液体，溶<br>液，悬浮液 | 表面有污<br>染的固体 | 气体，蒸汽，粉末，压<br>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                   |

## （3）分级计算

本项目为购买发生器自行淋洗或外购放射性核素或通过回旋加速器生产，然后自行进行核素的分离纯化、药物的合成、分装等。

根据《辐射防护手册 第三分册》（原子能出版社）中对于非密封放射性物质的不同操作方式给出的说明（P143）：

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

② 很简单的操作：会有少量的放射性物质散布开来，主要是防止洒漏，例如少量稀释溶液合并、分装或稀释，污染不太严重的器皿和工具的洗涤等；

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

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

依据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430号）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相关原则，结合本项目生产工艺：

① 热室内分离纯化、合成、分装放射性核素，操作过程属于简单操作。

② 质控检测及研发分析均在手套箱和通风橱内进行，主要操作为毛细吸取样品、点板、仪器自动检测，上述操作样品量较少，属于简单操作。

③ 包装、运输均不涉及直接操作放射性核素，放射性核素置于铅罐内，工作人员仅进行外包装及搬运，也按简单操作考虑。

根据本项目建成后产业化基地使用核素的毒性组别、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，计算得出各场所日等效最大操作量及工作场所分级判定，详见下表。

表 3.1-20 本项目建成后产业化基地各场所日等效最大操作量及工作场所分级结果

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|



涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

#### 3.1.4 核素种类及衰变特性

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

本项目涉及各核素的衰变类型及产生的主要射线种类等见下表。

表 3.1-22 放射性核素的衰变类型及产生的主要射线种类

涉密不公开

## 3.2 工程设备和工艺分析

### 3.2.1 工艺设备

本项目主要生产、检验设备情况见下表。

表 3.2-1 主要生产、检验设备情况表

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

### 3.2.2 主要原辅料

本项目主要原辅料情况具体见下表。

表 3.2-2 主要原辅料一览表

涉密不公开

涉密不公开

上述物质中，放射性核素主要存放在生产车间内的放射性原料间或热室中。高氯酸、过氧化氢、硼氢化钠、三氯甲烷、丙酮、盐酸、硫酸、硝酸、冰乙酸、N,N-二甲基甲酰胺、甲醇、乙醇、乙腈存放于厂区的甲类库中，其他原辅料均存放于厂区的丙类库中。

本项目主要原辅材料理化性质及毒性毒理详见下表。

表 3.2-3 主要原辅材料理化性质及毒性毒理一览表

| 序号 | 名称    | 成分说明及理化性质                                                                     | 燃烧爆炸特性                                      | 毒性毒理                                             |
|----|-------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1  | 氯化钠   | 熔点 801℃，无色晶体或白色粉末。易溶于水、甘油，微溶于乙醇（酒精）、液氨。                                       | ——                                          | ——                                               |
| 2  | 氢氧化钠  | 熔点 318.4℃，易溶于水、乙醇、甘油，不溶于丙酮、乙醚。具有强腐蚀性。                                         | 不会燃烧，遇水和水蒸气大量放热，形成腐蚀性溶液。与酸发生中和反应并放热。具有强腐蚀性。 | ——                                               |
| 3  | 磷酸氢二钾 | 白色粉末，密度：2.238 g/cm <sup>3</sup> ，熔点：257.6℃，在空气中稳定，溶于水，不溶于乙醇。                  | ——                                          | ——                                               |
| 4  | 柠檬酸   | 白色结晶性粉末，无臭、味极酸，密度 1.542g/cm <sup>3</sup> ，熔点 153-159℃，175℃以上分解释放出水及二氧化碳。易溶于水。 | ——                                          | ——                                               |
| 5  | 磷酸二氢钾 | 密度：2.338g/cm <sup>3</sup><br>熔点：252.6℃<br>外观：白色结晶性粉末<br>溶解性：溶于水，水溶液呈酸性，不溶于醇。  | ——                                          | ——                                               |
| 6  | 碳酸钠   | 常温下为白色无气味的粉末或颗粒，有吸水性。熔点 851℃，易溶于水和甘油。碳酸钠的水溶液呈碱性且有一定的腐蚀性，能与酸发生复分解反应。           | ——                                          | LD <sub>50</sub> : 4090mg/kg<br>(大鼠经口)<br>(类别 5) |
| 7  | 乙酸钠   | 无色无味，透明结晶或白色颗粒。熔点 324℃。易溶于水，微溶于乙醇、乙醚。                                         | 在空气中可被风化，可燃。                                | LD <sub>50</sub> : 3530mg/kg<br>(大鼠经口)           |



| 序号 | 名称           | 成分说明及理化性质                                                                              | 燃烧爆炸特性                                                                                              | 毒性毒理                                                                                                                       |
|----|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | 丙三醇          | 别名：甘油，无色粘稠液体，无气味；熔点 20℃；可混溶于醇，与水混溶，不溶于氯仿、醚、油类。                                         | 可燃，具刺激性。                                                                                            | LD <sub>50</sub> : 12600mg/kg<br>(大鼠经口)                                                                                    |
| 9  | 乙二胺四乙酸二钠盐    | 常温常压下稳定，白色结晶状粉末。熔点 250℃；pH=5.3 时可溶于水，具有弱酸的特性。是一种重要络合剂。                                 | 可燃，具刺激性。受高热分解产生有毒的腐蚀性烟气。                                                                            | LD <sub>50</sub> : 2000mg/kg<br>(大鼠经口)<br>(类别 4)                                                                           |
| 10 | N,N-二环己基碳二亚胺 | 白色有气味的晶体或微黄色透明液体，熔点 35℃，可溶于二氯甲烷、四氢呋喃、乙腈和二甲基甲酰胺，但不溶于水。                                  | ——                                                                                                  | 吞下可导致中毒。可导致皮肤敏感反应。                                                                                                         |
| 11 | 龙胆酸          | 多羟基酸，密度：1.532g/cm <sup>3</sup> 沸点：530.1℃                                               | ——                                                                                                  | 急性经口毒性<br>类别 4                                                                                                             |
| 12 | N,N-二甲基甲酰胺   | 无色、透明液体，沸点 153.0℃，与水混溶，可混溶于多数有机溶剂                                                      | 爆炸上限(%): 15.2<br>爆炸下限(%): 2.2                                                                       | LD <sub>50</sub> : 4300mg/kg<br>(大鼠经口)<br>4720mg/kg<br>(兔经皮)<br>LC <sub>50</sub> : 9400mg/m <sup>3</sup><br>(小鼠吸入, 2h)     |
| 13 | 甲醇           | 无色澄清液体，有刺激性气味。熔点：-97.8℃，沸点：64.8℃；溶于水，可混溶于醇、醚等有机溶剂；稳定，相对密度(水=1)0.79；相对密度(空气=1)1.11。易挥发。 | 易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物。遇明火、高热能引起燃烧爆炸。与氧化剂接触发生化学反应或引起燃烧。在火场中，受热的容器有爆炸危险。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇明火会引着回燃。 | LD <sub>50</sub> : 5628mg/kg<br>(大鼠经口)；<br>15800mg/kg<br>(兔经皮)；<br>LC <sub>50</sub> : 83776mg/m <sup>3</sup><br>(小鼠吸入 4h)。 |
| 14 | 乙醇           | 无色液体，有酒香；与水混溶，可混溶于醚、氯仿、甘油等多数有机溶剂；熔点：-114.1℃，沸点：78.3℃；稳定，相对密度(水=1) 0.79；易挥发。            | 易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物。遇明火、高热能引起燃烧爆炸。与氧化剂接触发生化学反应或引起燃烧。在火场中，受热的容器有爆炸危险。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇明火会引着回燃。 | LD <sub>50</sub> : 7060mg/kg<br>(兔经口)；<br>7430mg/kg<br>(兔经皮)；<br>LC <sub>50</sub> : 37620mg/m <sup>3</sup><br>(大鼠吸入 10h)   |

| 序号 | 名称   | 成分说明及理化性质                                                                                           | 燃烧爆炸特性                                                                                   | 毒性毒理                                                                                                                     |
|----|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 | 乙腈   | 无色液体，有刺激性气味；与水混溶，溶于醇等大多数有机溶剂；熔点：-45.7℃，沸点：81.1℃；稳定，相对密度（水=1）0.79；易挥发。                               | 易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热或与氧化剂接触，有引起燃烧爆炸的危险。与氧化剂能发生强烈反应。燃烧时有发光火焰。与硫酸、发烟硫酸、氯磺酸、过氯酸盐等反应剧烈。 | LD <sub>50</sub> : 2730mg/kg<br>（大鼠经口）；<br>1250mg/kg<br>（兔经皮）；<br>LC <sub>50</sub> : 12663mg/m <sup>3</sup><br>（大鼠吸入 8h） |
| 16 | 冰乙酸  | 无色透明液体，有刺激性酸臭。溶于水、醚、甘油，不溶于二硫化碳。熔点：16.7℃，沸点：118.1℃；稳定，相对密度（水=1）1.05。                                 | 易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物。遇明火、高热能引起燃烧爆炸。与铬酸、过氧化钠、或其它氧化剂接触，有引起爆炸的危险。具有腐蚀性。                       | LD <sub>50</sub> : 3530mg/kg<br>（大鼠经口）<br>1060mg/kg<br>（兔经皮）<br>LC <sub>50</sub> : 1379mg/m <sup>3</sup><br>（小鼠吸入 1h）。   |
| 17 | 丙酮   | 无色透明易流动液体，有芳香气味，极易挥发。熔点-94.6℃，沸点56.5℃，密度 0.80g/mL（25℃），闪点-20℃，相对密度（水=1）0.8；与水混溶，可混溶于乙醇、乙醚、等大多数有机溶剂。 | 遇明火、高热极易燃烧爆炸。与氧化剂能发生强烈反应。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。                                          | LD <sub>50</sub> : 5800mg/kg<br>（大鼠经口），<br>20000mg/kg<br>（兔经皮）；<br>LC <sub>50</sub> : 76mg/L<br>（大鼠吸入 4h）。               |
| 18 | 盐酸   | 无色或微黄色发烟液体，有刺鼻的酸味。熔点：-114.8℃，沸点：108.6℃；与水混溶，溶于碱液；稳定，相对密度（水=1）1.20；相对密度（空气=1）1.26。易挥发。               | 不燃，能与一些活性金属粉末发生反应，放出氢气。遇氰化物能产生剧毒的氰化氢气体。与碱发生中和反应，并放出大量的热。具有强腐蚀性。                          | LD <sub>50</sub> : 900mg/kg<br>（兔经口）；<br>LC <sub>50</sub> : 3124mg/m <sup>3</sup><br>（大鼠吸入 1h）。                          |
| 19 | 氨水   | 无色透明液体，有强烈的刺激性臭味，相对密度（水=1）0.91，溶于水、醇。                                                               | 易分解放出氨气，温度越高，分解速度越快，可形成爆炸性气氛。若遇高热，容器内压力增大，有开裂和爆炸的危险。                                     | LD <sub>50</sub> : 350mg/kg<br>（大鼠经口）<br>LC <sub>50</sub> : 无资料。                                                         |
| 20 | 二氯甲烷 | 无色透明液体，有芳香气味；熔点：-97℃，沸点：39.8℃；微溶于水，溶于乙醇、乙醚；稳定，相对密度（水=1）1.325。                                       | 遇明火高热可燃。受热分解能发出剧毒的光气。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。                                              | LD <sub>50</sub> : 1.25g/kg<br>（大鼠经口）；<br>LC <sub>50</sub> : 24929ppm<br>（小鼠，30 分钟）。                                     |

| 序号 | 名称   | 成分说明及理化性质                                                                                          | 燃烧爆炸特性                                                                       | 毒性毒理                                                                                                               |
|----|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21 | 硫酸   | 强酸性，与碱发生中和反应，放出大量的热量，具有强氧化性。                                                                       | 接触还原剂、可燃物、易燃物或碱均会发生剧烈反应，有燃烧和爆炸危险。                                            | LD <sub>50</sub> : 2140mg/kg<br>(大鼠经口)                                                                             |
| 22 | 高氯酸  | 无色透明的发烟液体，有刺激性气味。熔点为-112℃，密度为1.77g/cm <sup>3</sup> 。具有强腐蚀性。                                        | 强氧化剂。与还原性有机物、还原剂、易燃物如硫、磷等接触或混合时有引起燃烧爆炸的危险。                                   | ——                                                                                                                 |
| 23 | 过氧化氢 | 有轻微刺激性气味的粘稠液体。熔点-0.42℃，沸点 152℃（分解）。以任意比例与水互溶                                                       | 过氧化氢与许多有机物如糖、淀粉、醇类、石油产品等形成爆炸性混合物，在撞击、受热或电火花作用下能发生爆炸。能与可燃物反应放出大量热量和氧气而引起着火爆炸。 | LD <sub>50</sub> : 2000mg/kg<br>(小鼠，经口)                                                                            |
| 24 | 硝酸   | 是一种具有强氧化性、腐蚀性的一元无机强酸。纯品为无色透明发烟液体，有酸味。熔点-42℃，沸点 83℃。                                                | 与可燃物料接触可能引起火灾。                                                               | LC <sub>50</sub> : 130mg/m <sup>3</sup><br>(大鼠吸入，4h)<br>67ppm<br>(小鼠吸入，4h)<br>LC <sub>50</sub> : 72mg/L<br>(鱼，96h) |
| 25 | 硼氢化钠 | 密度为 1.074g/cm <sup>3</sup> ，熔点为 400℃，常温下呈白色或灰白色结晶性粉末。溶于水、液氨、胺类，易溶于甲醇，微溶于乙醇、四氢呋喃，不溶于乙醚、苯、烃，         | 遇水、潮湿空气、酸类、氧化剂、高热及明火能引起燃烧。                                                   | LD <sub>50</sub> : 18mg/kg<br>(大鼠经口，大鼠腔膜内)                                                                         |
| 26 | 三氯甲烷 | 无色透明液体，有特殊气味，不可燃烧，密度大于水，易挥发。对光敏感，遇光照会与空气中的氧作用，逐渐分解而生成剧毒的光气（碳酰氯）和氯化氢。能与乙醇、苯、乙醚、石油醚、四氯化碳、二硫化碳和油类等混溶。 | 与明火或灼热的物体接触时能产生剧毒的光气。在空气、水分和光的作用下，酸度增加，因而对金属有强烈的腐蚀性。                         | LD <sub>50</sub> : 908mg/kg<br>(大鼠经口)<br>LC <sub>50</sub> : 47702mg/m <sup>3</sup><br>(大鼠吸入，4h)                    |
| 27 | 三氟乙酸 | 无色透明液体，主要用作试验试剂、溶剂、催化剂及用于有机合成。                                                                     | ——                                                                           | LD <sub>50</sub> : 500mg/kg<br>(大鼠经口)                                                                              |

| 序号 | 名称      | 成分说明及理化性质                                                                                  | 燃烧爆炸特性                                                                         | 毒性毒理                                                                                                                                                                                                               |
|----|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 28 | 乙酸乙酯    | 熔点-84℃、沸点 76.5至 77.5℃，无色液体微溶于水，溶于乙醇、丙酮、乙醚、氯仿、苯等多数有机溶剂。                                     | 闪点很低（约-4℃），常温下蒸气就很容易被点燃。<br>乙酸乙酯蒸气与空气混合后，在浓度 2%～11.5%范围内，遇明火、高热、静电火花等，会发生燃烧爆炸。 | LD <sub>50</sub> : 5620mg/kg<br>（大鼠经口）<br>LD <sub>50</sub> : 4940mg/kg<br>（兔经皮）<br>LC <sub>50</sub> : 200g/m <sup>3</sup><br>（大鼠吸入）<br>LC <sub>50</sub> : 45g/m <sup>3</sup><br>（小鼠吸入，2h）<br>刺激性人经眼<br>400ppm，引起刺激 |
| 29 | 碳酸钾     | 密度 2.428g/cm <sup>3</sup> ，熔点 891℃。易溶于水，水溶液呈碱性，不溶于乙醇、丙酮和乙醚。                                | ——                                                                             | LD <sub>50</sub> : 1870mg/kg<br>（大鼠经口）<br>（类别 4）                                                                                                                                                                   |
| 30 | 丁酮      | 无色透明液体，易挥发，具有类似丙酮的气味，密度 0.806g/cm <sup>3</sup> ，熔点 -85.9℃，沸点 79.6℃，闪点-9℃。可溶于水、乙醇、乙醚和油类。    | 其蒸气与空气混合可形成爆炸性混合物，爆炸极限为 1.8%~11.5%，高浓度蒸气具有麻醉性。                                 | LD <sub>50</sub> : 3300mg/kg<br>（大鼠经口）                                                                                                                                                                             |
| 31 | 氯化铜     | 黄棕色粉末，易溶于水、乙醇、丙酮，溶于氨水，稍溶于丙酮和乙酸乙酯，微溶于乙醚。<br>熔点：620℃<br>沸点：993℃<br>密度：3.386g/cm <sup>3</sup> | ——                                                                             | LD <sub>50</sub> : 140mg/kg<br>（大鼠经口）                                                                                                                                                                              |
| 32 | 维生素 C 钠 | 白色或极微黄色结晶或结晶性粉末；无臭；在空气中较稳定，遇光色渐变暗。在水中易溶，在乙醇中极微溶解，在氯仿或乙醚中不溶。                                | ——                                                                             | ——                                                                                                                                                                                                                 |
| 33 | 二甲基亚砷   | 常温下为无色无臭的透明液体，是一种吸湿性的可燃液体。具有高极性、高沸点、热稳定性好、非质子、与水混溶的特性，能溶于乙醇、丙醇、苯和氯仿等大多数有机物。                | 在空气中的自燃温度 300-302℃                                                             | 二甲基亚砷的急性毒性较低，<br>LD <sub>50</sub> : 18.9g/kg<br>（大鼠经口）<br>LD <sub>50</sub> : 16g/kg<br>（大鼠经皮）                                                                                                                      |
| 34 | 碳酸氢钠    | 白色粉末或细微晶体，无臭，味咸，易溶于水，微溶于乙醇，水溶液呈微碱性。                                                        | ——                                                                             | LD <sub>50</sub> : 4220mg/kg<br>（大鼠经口）                                                                                                                                                                             |

| 序号 | 名称        | 成分说明及理化性质                                               | 燃烧爆炸特性 | 毒性毒理                                                                                                                                                                                                          |
|----|-----------|---------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 35 | 聚山梨酯 80II | 淡黄色至橙黄色黏稠液体，在水、乙醇、甲醇或乙酸乙酯中易溶，相对密度为 1.06~1.09，皂化值为 45~55 | ——     | LD <sub>50</sub> : 7.6g/kg<br>(小鼠, IP)<br>LD <sub>50</sub> : 4.5g/kg<br>(小鼠, IV)<br>LD <sub>50</sub> : 25g/kg<br>(小鼠, 口服)<br>LD <sub>50</sub> : 7.8g/kg<br>(大鼠, IP)<br>LD <sub>50</sub> : 1.8g/kg<br>(大鼠, IV) |

本项目使用的工程菌株均为实验室安全常规的标准菌株，不具备高致病性、高传染性等，并且实验过程中的废培养基等均经过高压蒸汽灭菌器灭菌后方可作为危险废物处置，不会对外界产生不利影响。

### 3.2.3 工艺分析

#### 3.2.3.1 加速器室

加速器 1 室和加速器 2 室位于生产车间一层北侧，从西至东布设。本项目拟购置使用 1 台 PETtrace 鲲鹏型回旋加速器安装在加速器 1 室内；拟购置使用 1 台 TR-19 型回旋加速器安装在加速器 2 室内。2 台回旋加速器均用于生产放射性同位素  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ ，生产的核素由惰性气体通过专用地沟吹送至各生产线 1~生产线 5、生产线 6 的热室内（其中  $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$  核素先通过地沟自动传输至固体靶核素处理间纯化处理后，再传输至生产车间合成）。

公司回旋加速器的维修工作由设备厂家专业人员负责，维修人员受照剂量由设备厂家另行评估，不属于本项目评价范围。公司人员日常涉及加速器维护工作，加速器维护主要是靶膜更换，靶膜更换主要流程包括：靶头拆卸、靶膜更换、靶头安装，年更换操作频次最多为 12 次。维修和维护均在回旋加速器断电情况下进行且均在停机 24h 后进行。维修和维护人员应严格遵守维护规程，进入加速器室需佩戴个人剂量计及必要的防护用品，减少受照剂量，确保年有效剂量不超过标准限值要求。

##### 3.2.3.1.1 回旋加速器工作原理

回旋加速器用来制备正电子放射性核素，主要结构是在磁极间的真空室内有两个半圆形的金属扁盒（D 形盒）隔开相对放置，D 形盒与高频振荡电源相联，交变电压在其间隙处产生交变电场。置于中心的粒子源产生带电粒子射出来，受到电场加速，在 D 形盒内不受电场力，仅受磁极间磁场的洛伦兹力，在垂直磁场平面内作圆周运动。束流以固定角速度运动，在速率增加后，其运动半径也随之增大，故而束流的运动轨迹就变成了一种螺旋形。当束流到达提取半径后也就获得足够的能量与速度。获得加速的负离子束流通过碳膜即提取膜时，其与氢结合松散的两个电子被剥离，导致束流从负电性变成正电性，它所受磁场的作用力的方向也发生改变，带正电荷的束流转向出口飞行并轰击靶，激活的靶发生核反应发射出中子或  $\alpha$  粒子，同时可产生具有一定阈能的正电子放射性核素。放射性核素的产率取决于束流强度、被轰击靶物的量、核反应截面及轰击时间，通过改变靶物质可获得不同的放射性核素。如本项目  $^{18}\text{F}$  的生产用重氧水液体靶（ $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ），核反应为  $^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})^{18}\text{F}$ 。

根据回旋加速器原理，加速粒子在真空中加速，此过程不产生感生放射性

核素，仅在加速粒子打在靶材料上之后，靶材料俘获加速粒子，产生放射性同位素；同时，周围屏蔽材料俘获加速粒子后，可能会产生少量短半衰期放射性同位素。

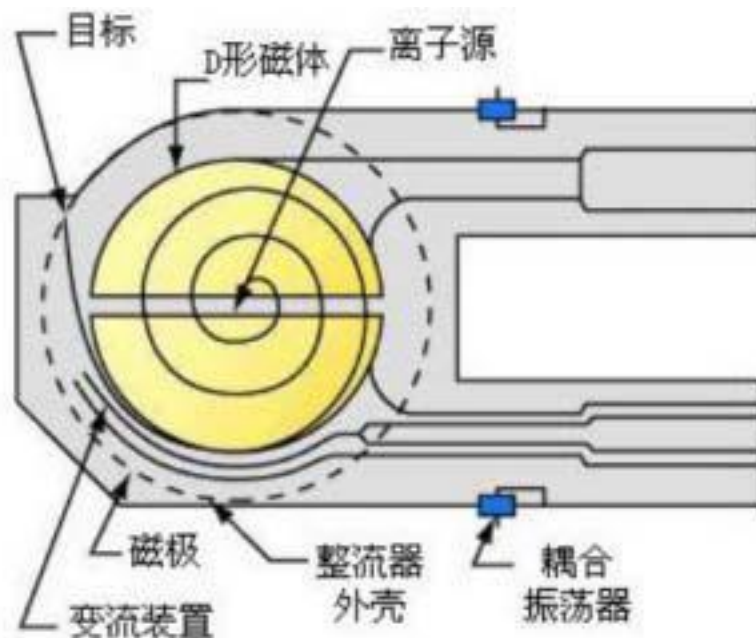


图 3.2-1 回旋加速器原理示意图

#### 3.2.3.1.2 设备组成

本项目拟使用 PETtrace 鲲鹏型和 TR-19 型回旋加速器，主要由磁体系统、离子源系统、束流引出系统、射频系统、靶系统、真空系统、束流诊断系统、冷却系统、控制系统、屏蔽系统等组成。

##### ① 磁体系统

磁体系统提供被加速的带电粒子在所控制的轨道中做圆周运动所需要的磁场强度。磁体系统由两个励磁线圈产生，励磁线圈是由空心铜导体和环氧绝缘层制成，采用水冷却，励磁电流可通过控制系统设置和调整，以补偿在运行过程中发生的慢漂移，从而得到尽可能高的打靶束流。

##### ② 离子源系统

离子源系统配备两个冷阴极离子源，一个产生  $H^+$ ，另一个产生  $D^+$  或者两个都是  $H^+$ 。源放置在没有 D 电极的谷中，从真空阀门径向插入加速器中心区域。位于中心区域的离子源由两个螺丝固定其位置，避免位置的不确定性带来的额外调谐，方便维护和更换。

##### ③ 束流引出系统

直接将加速的带电负离子从真空箱中引出，该系统的基础是剥离膜。被加速的负离子在通过剥离膜时被脱去 2 个电子而转变为阳离子，并能够调整引出的束流进入所选定的核素生产靶。

#### ④ 射频系统

提供加速带电粒子所需的高频振荡加速电压，其频率与粒子多级轨道的旋转频率相等，由射频谐振腔、射频发生器和馈通电缆组成。

#### ⑤ 靶系统

靶系统是完成特定核反应而产生正电子核素的装置，各种类型的靶系统主要由靶室、真空绝缘箔、冷却系统组成。

#### ⑥ 真空系统

建立离子加速所需要的真空压力水平，降低束流的丢失，为高电压射频场提供绝缘。真空系统由真空腔室、低温泵、涡轮分子泵、机械泵等组成。

#### ⑦ 束流诊断系统

加速器离子源、剥离膜、靶头一般均配置束流测量探头，监控束流运行情况，确定束流加速效率。设备主要由束流测量系统转换盒组成，将采集各个位置束流信号经转换给控制系统。

#### ⑧ 冷却系统

冷却系统包括水冷却系统和氦冷却系统。水冷却系统主要用于从不同系统中将热量带出，带出的热量在二级冷却系统中进行热交换，并将热量传送到初级冷却系统。氦冷却系统主要在轰击期间对靶室和靶窗的箔膜和钛箔膜之间进行冷却，两个箔膜之间的氦气流提供了所必需的冷却。

水冷系统一般有两级组成，第一级冷却水直接和设备接触，采用去离子水，主要由水泵、水箱和配水系统组成，进行各个系统的冷却。第二级使用常规水冷机对一级水冷机组的冷却水进行隔离热交换，保证一级冷水机组的水温稳定。水冷系统是带水箱的闭环系统，用于冷却加速器设备，闭环冷却系统带有冷却水的流量显示（流量观察）和温度显示。

#### ⑨ 控制系统

控制加速器各个系统设备的安全自动运行，并将采集的信息通过人机界面完成人机交互。主要由主控制器、信号采集系统、人机交互设备组成。

#### ⑩ 屏蔽系统及安全联锁



本项目加速器不设置自屏蔽，主要采用机房混凝土实体屏蔽，对  $\gamma$  射线和中子射线能够起到有效的阻挡作用。此外，加速器设置有安全联锁、急停开关、剂量监测等安全设施。

#### 3.2.3.1.3 回旋加速器性能参数

加速器 1 室使用的 PETtrace 鲲鹏型回旋加速器为 GE 公司产品，最大质子能量为 16.5MeV，双束流设计，双靶最大总束流强度 160 $\mu$ A，该加速器为非自屏蔽系统。

加速器 2 室使用的 TR-19 型回旋加速器为加拿大 Advanced Cyclotron Systems Inc（简称“ACSI 公司”）产品，最大质子能量为 19MeV，双束流设计，双靶最大束流强度 300 $\mu$ A，该加速器为非自屏蔽系统。

2 台回旋加速器生产核素离子的基本参数见下表。

表 3.2-4 2 台回旋加速器生产核素离子的基本参数表

涉密不公开

#### 3.2.3.1.4 工艺流程

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

### 3.2.3.2 生产线 1

#### 3.2.3.2.1 工程设备

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

涉密不公开

#### 3.2.3.3 生产线 2~生产线 5

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

#### 3.2.3.4 生产线 6

##### 3.2.3.4.1 工程设备

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

#### 3.2.3.6 质检区 2

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

涉密不公开

### 3.2.3.7 质检区 1

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

#### 3.2.4 销售

本项目采用以销定产，即产即销的生产方式，正常情况下不贮存核素原料以及放射性药物成品。在生产车间一层设置放射性原料间及成品间，用于特殊情况下的临时暂存。销售流程如下：

- （1）用户向公司提交放射性药物购买申请；
- （2）销售部收到用户放射性药物购买申请后，根据用户提供的《辐射安全许可证》、同位素转让审批手续及其它相关资料进行使用资格认定，确认合格后与购买方签订销售协议和分责协议；
- （3）公司根据医院提供的购买需求情况进行放射性药物的生产、质检、分装和包装；
- （4）包装好的药物经检查和表面污染检测后，委托具备相关运输资质的公司根据国家相关法律法规要求运输至客户单位，由用户进行查验并办理交接手续，运输过程中的药物安全及辐射防护由运输单位负责。销售的放射性药物执行出库台账记录。

用户未使用完的放射性药物，建设单位不再进行回收，由用户按放射性废

物相关规定自行进行处置。销售流程图如下图所示。

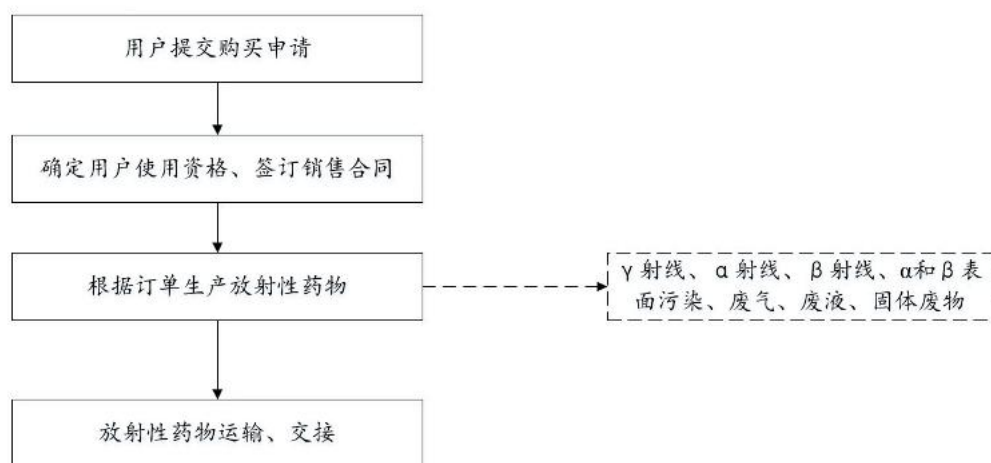


图 3.2-14 销售流程图

销售放射性药物主要是商务销售活动，生产及转运放射性药物产生的辐射环境影响详见环境影响分析章节。

### 3.2.5 人流、物流路径规划

为避免交叉污染，本项目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，车间设置相对独立的人员通道、物流通道，具体人员流向、物料流向如下。

#### 3.2.5.1 生产车间一层人流、物流

##### （1）人员流向

① 人员总体流向：工作人员从生产车间一层西南侧人员主入口进入，经人员门厅进入更衣室脱外套并更换工作服后，进入生产区域，一层工作人员经走廊进入各生产线开展工作，二层工作人员由中部生产客梯进入二层，经走廊进入车间开展工作。

② 回旋加速器：工作人员经一层生产区域走廊，刷专用门禁进入加速器区域，在加速器控制室开展加速器打靶工作，工作结束后，经洗手区进入剂量管理办公室（含辐射监测设备间）进行表面污染检测，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，根据污染情况在铅罐清洗间进行快速去污（人体体表放射性核素污染洗消药箱），去污完成后经检测合格方可离开。

③ 放药生产和研发：前区工作人员经一层生产区域走廊，刷专用门禁进入

各放射性药物生产线，进行换鞋洗手，在穿洁净衣间穿洁净服后，由进入气锁经走廊进入各生产线开展放药生产工作或进入工艺实验室开展研发工作；转运工作人员经走廊将后区的放射性药物产品在外包间及标签打印室进行外包装工作。生产结束后，前区的工作人员由退出走廊进入退出检测间检测表面污染，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，应进入退出检测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，进入换鞋脱外衣间，更衣、换鞋后离开。

④ 原液质检：正式生产前，核素原液需要进行质检，工作人员在前区通过热室分装模块分装出一小部分核素原液并装入专用铅罐，通过传递窗送出车间，转运工作人员经中部专用质检电梯将需要质检的核素原液送至二层质检区 2 样品暂存间。核素原液质检合格后，一层继续开展生产工作。

⑤ 成品和研发产品质检：放药成品和研发产品生产完成后，取一部分装入铅罐由后区工作人员经专用质检电梯送至二层质检区 2 样品暂存间。

⑥ 成品外售：放药成品质检合格后放行外售。根据订单要求，后区工作人员将包装好的放射性药物成品由专用推车转运至货物大厅或存入成品间。

## （2）物料流向

① 回旋加速器：加速器靶件由生产车间一层西北侧货厅进入，核对型号后转入加速器室进行打靶（其中固体靶需要固体靶前处理间进行前处理）。生产的核素由惰性气体通过专用地沟吹送至各生产线 1~生产线 5、生产线 6 的热室内（其中  $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$  核素先通过地沟自动传输至固体靶核素处理间纯化处理后，再传输至生产车间合成）。

② 放药生产和研发：外购的放射性原料由生产车间一层西北侧的货厅进入放射性原料间进行入库登记，根据核素半衰期确定是否需要暂存或直接转入生产车间。生产前，工作人员根据订单情况至放射性原料间领取相应核素原液，核素原液经外包进入到前区或者放化实验室。由回旋加速器打靶产生的含有核素的靶体经地沟由惰性气体直接吹送至各生产线热室前区（其中  $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$  核素先通过地沟自动传输至固体靶核素处理间纯化处理后，再传输至生产车间合成）。生产所需的非放射性原料先存入原辅料存放间，根据需求送至各生产线。

③ 原液质检：正式生产前，核素原液需要进行质检，工作人员在前区通过

热室分装模块分装出一小部分核素原液并装入专用铅罐，通过传递窗送出车间，转运工作人员经专用质检电梯送至二层质检区 2 样品暂存间。核素原液质检合格后，一层继续开展生产工作。

④ 成品和研发质检：放药成品和研发产品生产完成后，取一部分装入铅罐由后区工作人员经专用质检电梯送至二层质检区 2 样品暂存间。

⑤ 成品外售：放药成品质检合格后放行外售。根据订单要求，后区工作人员将包装好的放射性药物成品由专用推车转运至货物大厅或存入成品间。

⑥ 防护容器：生产前，防护容器由铅罐存放间转入各生产车间接收产品，生产完成后，回收的防护容器统一送至铅罐清洗间进行洗消后暂存备用。

⑦ 废弃物：各工艺环节及清洁去污过程产生的放射性固体废物先放入对应工作场所的铅垃圾桶内，在工作结束后统一转移至本层放射性废物间进行暂存衰变；危险废物打包后转入危废间。废气废水通过相关收集处理装置进行处置。

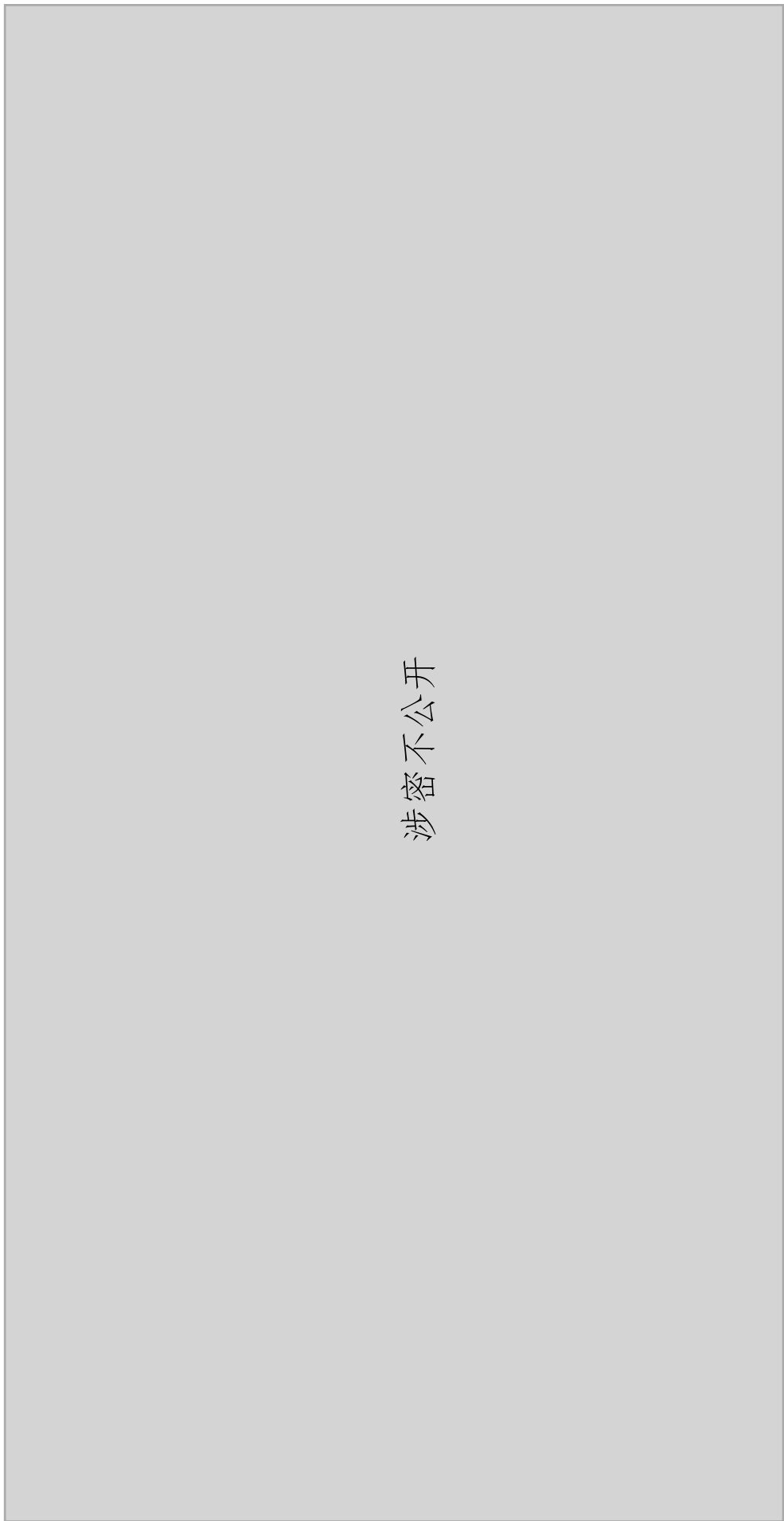
生产车间一层人员和产品走向示意图见图 3.2-15。

生产车间一层物流走向示意图见图 3.2-16。



涉密不公开

图 3.2-15 生产车间一层人员和产品走向示意图



涉密不公开

图 3.2-16 生产车间一层物流走向示意图

### 3.2.5.2 生产车间二层人流、物流

#### （1）人员流向

质检区 2 工作人员经生产车间一层中部电梯进入生产车间二层后，在质检区 2 的更衣室更换工作服后进入质检区 2 内部区域，然后根据工作需要进入各房间内开展质检工作。质检工作结束后，工作人员进入检测去污间进行检测表面污染，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，应进入检测去污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，由更衣室退更离开。

#### （2）物料流向

① 样品接收：核素原液及放药成品、研发产品经专用升降机送至二层质检区 2 的样品暂存间，样品经传递窗进入样品分装室，工作人员在登记、分样后，将样品送入各房间开展理化质检、微生物质检等工作。

② 非放射性原料：质检所需的非放射性原料通过专用质检电梯送至二层库房，根据实验需求脱包后转至质检区各房间进行质检工作。

③ 废弃物：质检环节及清洁去污过程产生的放射性固体废物先放入对应工作场所的铅垃圾桶内，在工作结束后统一转移至本层放射性废物间进行暂存衰变；危险废物打包后转入一层危废间；一般固体废物打包后转入一般固废间；废气废水通过相关收集处理装置进行处置。

生产车间二层人员和物流走向示意图见图 3.2-17。

涉密不公开

图 3.2-17 产业化基地二层人流、物流示意图

### 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各建筑物、生产车间以及配套服务设施，施工环节主要包括：土地平整、基础工程、主体工程、装饰工程、设备安装及工程验收等，施工期主要产生废气、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。

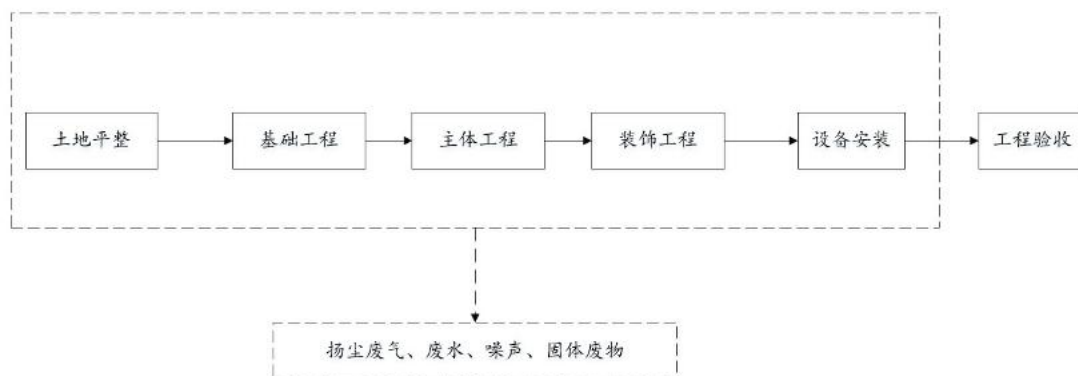


图 3.3-1 施工期工艺流程及产污环节图

##### 3.3.1.1 施工废气

施工期大气污染物主要为施工扬尘，此外施工机械设备排放少量无组织废气。施工扬尘主要来自以下几个方面：

- (1) 清理工地表面杂土。
- (2) 土石方挖掘和现场堆放。
- (3) 建筑材料（灰、砂、水泥、砖石等）的临时堆放、回填土搬运和使用。
- (4) 施工垃圾堆放和清运。
- (5) 运输车辆及施工机械往来碾压带起来的道路扬尘。

建筑物建设过程中，粉尘和地面二次扬尘将在短时间内明显影响周围环境空气质量。扬尘排放与施工场地的面积和施工活动频率成正比，与土壤泥沙颗粒含量成正比，同时与当地气象条件如风速、湿度、日照有很大关系。根据类比工程调研，施工工地内总悬浮颗粒物 TSP 可达  $481\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

##### 3.3.1.2 施工废水

###### (1) 生活污水

本工程在建设施工期将产生来自施工人员的生活污水。施工人员通常在工地集中居住。预计本工程施工人员约 50 人，以施工人员生活用水量  $120\text{L}/\text{人}\cdot\text{天}$ 、

生活污水按用水量的 90%计，施工人员生活污水产生量约为 5.4t/d。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。

## （2）施工废水

### ① 机械设备、车辆清洗废水

施工过程会产生机械、车辆等清洗废水，清洗废水主要污染物为颗粒物和石油类物质。项目应在施工范围内设置机械、车辆集中清洗点。清洗废水经临时排水沟、隔油沉砂池处理后用于场地洒水抑尘。

### ② 泥浆水

本工程在施工开挖过程和基础施工中会产生泥浆水。施工场地设置沉淀池，泥浆水经沉淀处理后用于场地洒水抑尘。

## 3.3.1.3 施工噪声

在施工过程中，需动用大量的车辆及施工机械，其噪声强度较大，且声源较多，将对一定范围内的声环境产生影响。施工期噪声源值见下表。

表 3.3-1 主要施工机械设备噪声源状况

| 施工阶段    | 主要噪声源        | 距离源强 1m 处噪声 dB (A) |
|---------|--------------|--------------------|
| 土地平整    | 推土机、挖掘机、装载机等 | 100~110            |
| 基础施工    | 混凝土灌桩机、搅拌机等  | 95~105             |
| 结构施工    | 振捣棒、混凝土输送泵等  | 90~100             |
| 装修及设备安装 | 电钻、吊车、砂轮机    | 95~105             |

## 3.3.1.4 施工期固体废物

施工期固体废物主要包括泥浆、建筑垃圾、装修垃圾、弃土、生活垃圾。

项目施工过程中产生的泥浆直接用于周边土地平整，不计产生量；建筑垃圾（如水泥袋、铁质弃料、木材弃料等）约为 50kg/d；装修垃圾按总建筑面积 21907.19m<sup>2</sup>、装修垃圾产生量按 1.5t/100m<sup>2</sup>计，则产生的装修垃圾共约 329t；本工程施工高峰期人数为 50 人，生活垃圾产生量按 0.5kg/人.d 计，产生量为 25kg/d。

### 3.3.2 运行期污染源项

#### 3.3.2.1 放射性污染源

##### 3.3.2.1.1 放射性污染因子识别

根据工艺分析，本项目辐射工作场所产生的主要放射性污染因子见下表。

表 3.3-2 辐射工作场所产生的主要放射性污染因子一览表

| 辐射工作场所 |                 | 主要放射性污染因子                                                                         |
|--------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 生产车间一层 | 加速器 1 室、加速器 2 室 | 质子射线、中子射线、 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 射线、感生放射性、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物                      |
|        | 生产线 1~5         | $\gamma$ 射线、 $\beta$ 表面污染、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物                                     |
|        | 生产线 6           | $\alpha$ 射线、 $\beta$ 射线、 $\gamma$ 射线、 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物 |
|        | 工艺实验室           | $\alpha$ 射线、 $\beta$ 射线、 $\gamma$ 射线、 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物 |
| 生产车间二层 | 质检区 2           | $\alpha$ 射线、 $\beta$ 射线、 $\gamma$ 射线、 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物 |

##### 3.3.2.1.2 放射性污染源项

###### 3.3.2.1.2.1 加速器室

###### ① 质子射线

根据回旋加速器设备参数分析，质子射线能量最大分别为 16.5MeV 和 19MeV。质子在物质中射程较短，很容易与加速器靶件及其他构件作用（在物质中射程很短，仅为同等能量电子射程的几十分之一到百分之一），不会直接造成危害，外照射防护不予考虑。

###### ② 中子射线

中子辐射主要来自回旋加速器靶的（p，n）核反应，核反应在产生放射性核素的同时，也产生中子。

###### ③ $\gamma$ 射线

$\gamma$  射线主要有以下几种来源：在加速器打靶时发生核反应，产生的中子与靶周围物质等部件作用产生次级  $\gamma$  射线；靶周围器件、准直器等受中子照射而活化，生成以短半衰期为主的感生放射性；加速器打靶产物正电子核素衰变过程中，正负电子湮灭产生能量为 0.511MeV 的  $\gamma$  射线。

###### ④ $\beta$ 射线

回旋加速器运行过程中，活化产生的感生放射性核素多为  $\beta$  衰变， $\beta$  射线穿

透能力弱，在空气中射程较短，主要影响范围仅限于回旋加速器室内，对外环境产生辐射影响较小。

#### ⑤ 感生放射性

##### ➤ 结构材料、靶膜活化

回旋加速器运行过程中，发生 $(\gamma, n)$ 、 $(p, \chi n)$ 、 $(n, \chi n)$ 、 $(p, pn)$ 、中子俘获、散裂或碎裂反应等产生感生放射性。回旋加速器结构部件、靶周围器件、准直器、靶膜中钢、铜、铝等受中子射线和次级 $\gamma$ 射线作用产生活化产物，短半衰期核素主要有 $^{27}\text{Mg}$ （半衰期 9.5min）、 $^{24}\text{Na}$ （半衰期 14.9h）、 $^{28}\text{Al}$ （半衰期 2.3min）、 $^{62}\text{Cu}$ （半衰期 9.7min）、 $^{64}\text{Cu}$ （半衰期 12.8h）、 $^{66}\text{Cu}$ （半衰期 5.1min）、 $^{56}\text{Mn}$ （半衰期 2.6h）、 $^{65}\text{Ni}$ （半衰期 2.5h），半衰期较长的核素有 $^{60}\text{Co}$ （半衰期 5.27a）、 $^{57}\text{Co}$ （半衰期 271.8d）、 $^{54}\text{Mn}$ （半衰期 312d）、 $^{65}\text{Zn}$ （半衰期 243.9d）、 $^{22}\text{Na}$ （半衰期 2.6a）等，核素衰变会产生 $\beta$ 射线和 $\gamma$ 射线。

##### ➤ 空气活化

回旋加速器室的空气活化后，产生的感生放射性核素主要是 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 和 $^{41}\text{Ar}$ 等，半衰期分别为 20.39min、10min、2.0min、1.8h，辐射类型是 $\beta$ 、 $\gamma$ 。空气中氩占大气体积的 0.934%，所以，中子与空气中 $^{40}\text{Ar}$ 发生 $^{40}\text{Ar}(n, \gamma)^{41}\text{Ar}$ 核反应生成 $^{41}\text{Ar}$ 核素。其他核素被活化的产额远小于 $^{41}\text{Ar}$ 放射性气体，其中饱和浓度最高的 $^7\text{Be}$ 还不到 $^{41}\text{Ar}$ 的 1/10，且主要以气溶胶形式存在。因此，本项目其他活化气体和放射性气溶胶的危害几乎可以忽略，主要考虑 $^{41}\text{Ar}$ 。

##### ➤ 冷却水活化

水冷系统是为设备发热部件冷却而设计的封闭循环系统，是加速器整体部件中的一部分，且该系统在回旋加速器室内，正常工况下冷却水不会外排亦不与外界接触。中子引起加速器内循环冷却水活化，产生的感生放射性核素主要是 $^7\text{Be}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{11}\text{C}$ ，辐射类型是 $\beta$ 、 $\gamma$ 。

##### ➤ 墙体表面活化

当加速器运行的时候，屏蔽室内部混凝土墙层会被中子活化，活化产生的放射性核素很多，与混凝土的成分有关，加速器屏蔽室退役时需要考虑机房内层的活化问题。

感生放射性强度取决于中子射线能量、流强、回旋加速器运行时间、被照材料性质等因素。随着回旋加速器运行时间的增加，短寿命活化成份很快达到



平衡状态，长寿命活成份会不断累积，且达到平衡状态所需时间较长。

#### ⑥ 放射性“三废”

回旋加速器运行过程中产生放射性废气、放射性废水、放射性固体废物，具体产生情况详见本章 3.4 节。

#### 3.3.2.1.2.2 非密封放射性物质工作场所

##### （1）外照射

根据工艺分析，本项目核素涉及  $\alpha$  射线、 $\beta$  射线和  $\gamma$  射线的辐射影响，根据各场所工艺环节最大操作量可计算出辐射环境影响，具体计算过程见 5.2.1 章节。

##### （2）表面污染

放射性核素在淋洗、标记、合成、分装、质检、实验等操作过程中，可能会发生药物漏落事故，对工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，本项目涉及  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染。

##### （3）放射性“三废”

各场所运行过程中产生放射性废气、放射性废水、放射性固体废物具体产生环节详见本章 3.4 节。

#### 3.3.2.2 非放射性污染源

##### （1）非放射性“三废”

本项目运行过程中产生的非放射性“三废”的相关源项见本章 3.4 节。

##### （2）噪声

本项目主要设备均为小型仪器，运行过程中产生的噪声较小，且均位于室内，经墙体隔音后其噪声值较小。项目采取优先选用低噪音设备、建筑隔声、距离衰减等降噪措施，并加强设备日常维护使其工作状态良好；对设备合理布局，充分利用厂区建构物及实体围墙的隔声作用。

### 3.4 废弃物

#### 3.4.1 放射性废弃物

##### 3.4.1.1 放射性废气

##### 3.4.1.1.1 放射性活化废气

回旋加速器室内的空气受中子照射后生成放射性活化气体，主要核素有  $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$  和  $^{41}\text{Ar}$  等，半衰期分别为 20.39min、10min、2.0min、1.8h。由于  $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$  核素半衰期很短，很快衰变减少。根据《辐射防护手册》（第三分册）

表 4.12 空气中产生的放射性核素，给出了加速器设施内空气中的放射性核素及其产生方式和衰变方式， $^{41}\text{Ar}$  的热中子俘获反应截面相对较大（610mb），半衰期最长， $\beta$  射线和  $\gamma$  射线最大能量分别为 2.492MeV、1.677MeV，故确定关键核素为  $^{41}\text{Ar}$ 。

采用下式计算加速器室内产生的  $^{41}\text{Ar}$  核素的浓度：

涉密不公开

#### （1）加速器 1 室

按照上式计算，本项目加速器 1 室内  $^{41}\text{Ar}$  核素饱和浓度为  $0.04\text{Bq/cm}^3$ 。加速器产生的放射性活化废气经高效过滤器和活性炭吸附处理后（净化效率为 99%）排放，排风量为  $2800\text{m}^3/\text{h}$ （ $7.80\text{E}+5\text{cm}^3/\text{s}$ ），据此计算出  $^{41}\text{Ar}$  核素排放速率为  $343.77\text{Bq/s}$ ， $^{41}\text{Ar}$  年排放量约  $7.08\text{E}+09\text{Bq/a}$ （按年工作 260 天，每天 22h 考虑）。

## （2）加速器 2 室

按照上式计算，本项目加速器 2 室内  $^{41}\text{Ar}$  核素饱和浓度  $0.21\text{Bq}/\text{cm}^3$ 。加速器产生的放射性活化废气经高效过滤器和活性炭吸附处理后（净化效率为 99%）排放，排风量为  $2800\text{m}^3/\text{h}$  ( $7.80\text{E}+5\text{cm}^3/\text{s}$ )，据此计算出  $^{41}\text{Ar}$  核素排放速率为  $1627.72\text{Bq}/\text{s}$ ，年排放量约  $3.35\text{E}+10\text{Bq}/\text{a}$ （按年工作 260 天，每天 22h 考虑）。

### 3.4.1.1.2 放射性气溶胶

放射性核素的操作均在各生产场所的密闭热室、手套箱、通风橱、隔离器负压环境下进行，挥发的放射性气体很少。排风系统分为房间排风和工作箱体（热室、手套箱、通风橱）排风，放射性废气由专用排风管道输送，热室、手套箱、通风橱内废气经设备顶部自带过滤装置过滤后与同区域的房间排风汇入主管道引至屋顶，经屋顶高效过滤器和活性炭吸附处理后通过排气筒高于屋面排放。

加速器 1 室和加速器 2 室生产的  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$  放射性核素送至生产车间热室内，全程通过在密闭的加速器腔内以及传输地沟，不考虑放射性气溶胶，且加速器 1 室和 2 室的核素量已包含在后续生产线 1~生产线 6、工艺实验室的场所内，因此不考虑加速器 1 室和 2 室的放射性废气产生量；放射性原料间主要用于放射性原料；成品间用于放射性成品的存放，均存在带铅罐的包装内，放射性气体经密闭隔离后，泄漏的量极少，可忽略不计。

根据核素特性、其他基地经验以及实测， $^{18}\text{F}$  核素产污系数取 0.1%，其他核素的产污系数保守取 0.01%，热室、通风橱收集效率 100%，收集的放射性废气经活性炭吸附和高效过滤器处理后排放（放射性废气以气溶胶为主，H14 高效过滤器的净化效率在 99%以上）排放。本项目放射性气体排放强度见下表。

表 3.4-1 本项目放射性气体排放强度一览表

| 放射性废气有组织排放 |          |          |          |  |
|------------|----------|----------|----------|--|
| 排放速率（Bq/s） |          |          | 年排放量（Bq） |  |
| 5.42E+03   | 2.99E+04 | 4.06E+10 | 1.85E+11 |  |
| 5.42E+03   |          | 4.06E+10 |          |  |
| 5.42E+03   |          | 4.06E+10 |          |  |
| 5.42E+03   |          | 4.06E+10 |          |  |
| 1.54E+03   |          | 1.33E+10 |          |  |
| 6.17E+03   |          | 5.55E+09 |          |  |
| 2.32E+02   | 1.57E+02 | 3.47E+09 | 3.72E+08 |  |
| 3.08E+02   |          | 2.78E+08 |          |  |
| 7.71E+01   |          | 2.78E+08 |          |  |
| 1.54E+01   |          | 3.33E+07 |          |  |
| 1.54E+01   |          | 1.11E+07 |          |  |
| 3.08E+01   |          | 2.78E+07 |          |  |
| 3.08E+00   | 3.30E+01 | 8.33E+06 | 8.99E+06 |  |
| 1.54E+01   |          | 1.39E+07 |          |  |
| 1.54E+01   |          | 2.78E+06 |          |  |
| 1.54E+01   |          | 5.55E+06 |          |  |
| 6.17E-01   |          | 1.11E+05 |          |  |
| 1.54E+00   |          | 5.55E+05 |          |  |
| 3.85E+02   | 6.32E+02 | 1.67E+09 | 1.98E+09 |  |
| 1.54E+02   |          | 1.39E+08 |          |  |
| 1.54E+01   |          | 1.11E+08 |          |  |
| 7.71E+01   |          | 6.94E+07 |          |  |
| 7.71E-02   | 4.16E-01 | 5.55E+04 | 5.00E+05 |  |

涉密不公开

|       |  |  |  |          |  |          |          |          |
|-------|--|--|--|----------|--|----------|----------|----------|
| 涉密不公开 |  |  |  | 1.54E-01 |  |          | 2.78E+05 |          |
|       |  |  |  | 3.08E-02 |  |          | 2.78E+04 |          |
|       |  |  |  | 1.54E-01 |  |          | 1.39E+05 |          |
|       |  |  |  | 1.54E+01 |  | 1.85E+01 | 2.78E+06 | 3.33E+06 |
|       |  |  |  | 3.08E+00 |  |          | 5.55E+05 |          |
|       |  |  |  | 3.08E+01 |  | 3.39E+01 | 5.55E+06 | 6.11E+06 |
|       |  |  |  | 3.08E+00 |  |          | 5.55E+05 |          |
|       |  |  |  | 1.54E+01 |  | 1.85E+01 | 2.78E+06 | 3.33E+06 |
|       |  |  |  | 3.08E+00 |  |          | 5.55E+05 |          |
|       |  |  |  | 3.08E+01 |  | 3.70E+01 | 5.55E+06 | 6.66E+06 |
|       |  |  |  | 6.17E+00 |  |          | 1.11E+06 |          |
|       |  |  |  | 1.54E+00 |  | 2.31E+00 | 1.39E+06 | 2.08E+06 |
|       |  |  |  | 7.71E-01 |  |          | 6.94E+05 |          |
|       |  |  |  | 1.54E+01 |  | 1.85E+01 | 2.78E+06 | 3.33E+06 |
|       |  |  |  | 3.08E+00 |  |          | 5.55E+05 |          |
|       |  |  |  | 1.54E+02 |  | 1.70E+02 | 5.55E+07 | 6.11E+07 |
|       |  |  |  | 1.54E+01 |  |          | 5.55E+06 |          |
|       |  |  |  | 1.23E+02 |  | 1.54E+02 | 8.88E+07 | 1.11E+08 |
|       |  |  |  | 3.08E+01 |  |          | 2.22E+07 |          |
|       |  |  |  | 6.17E+01 |  | 7.71E+01 | 5.55E+07 | 6.94E+07 |
|       |  |  |  | 1.54E+01 |  |          | 1.39E+07 |          |
|       |  |  |  | 3.08E+01 |  | 4.63E+01 | 1.11E+07 | 1.67E+07 |
|       |  |  |  | 1.54E+01 |  |          | 5.55E+06 |          |
|       |  |  |  | 6.17E+01 |  | 6.78E+01 | 5.55E+07 | 6.11E+07 |
|       |  |  |  | 6.17E+00 |  |          | 5.55E+06 |          |

|                                                                                     |  |  |  |          |          |          |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|----------|----------|----------|----------|
| 涉密不公开                                                                               |  |  |  | 3.08E+01 | 3.39E+01 | 2.78E+07 | 3.05E+07 |
|                                                                                     |  |  |  | 3.08E+00 |          | 2.78E+06 |          |
|                                                                                     |  |  |  | 3.08E+01 | 4.63E+01 | 1.11E+07 | 1.67E+07 |
|                                                                                     |  |  |  | 1.54E+01 |          | 5.55E+06 |          |
|                                                                                     |  |  |  | 3.08E+01 | 3.39E+01 | 5.55E+06 | 6.11E+06 |
|                                                                                     |  |  |  | 3.08E+00 |          | 5.55E+05 |          |
|                                                                                     |  |  |  | 6.17E+00 | 7.71E+00 | 5.55E+06 | 6.94E+06 |
|                                                                                     |  |  |  | 1.54E+00 |          | 1.39E+06 |          |
|                                                                                     |  |  |  | 6.17E+00 | 7.71E+00 | 1.11E+07 | 1.25E+07 |
|                                                                                     |  |  |  | 1.54E+00 |          | 1.39E+06 |          |
|                                                                                     |  |  |  | 1.54E+00 | 2.31E+00 | 5.55E+05 | 8.33E+05 |
|                                                                                     |  |  |  | 7.71E-01 |          | 2.78E+05 |          |
|                                                                                     |  |  |  | 1.54E+01 | 1.57E+01 | 1.39E+07 | 1.42E+07 |
|                                                                                     |  |  |  | 3.08E-01 |          | 2.78E+05 |          |
|                                                                                     |  |  |  | 1.54E-01 | 2.31E-01 | 2.78E+04 | 4.16E+04 |
|                                                                                     |  |  |  | 7.71E-02 |          | 1.39E+04 |          |
| 注：① 生产线 1~生产线 6 的操作时间保守按分装的最大操作时间计。<br>② 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。 |  |  |  |          |          |          |          |

### 3.4.1.2 放射性废水

#### 3.4.1.2.1 回旋加速器内循环冷却水事故排水

回旋加速器打靶时采用二级冷却，一级冷却系统（内循环）为密封在加速器内的纯水，密封循环使用，不外排，直接冷却靶体；二级冷却系统（外循环）采用软水，循环使用，定期补充，不外排。

一级（内循环）冷却水在靶体冷却过程中受中子照射被活化，但该冷却水采用闭合回路循环使用，正常工况下不外排，只有在管道泄漏事故状态下才产生放射性废水，主要含感生放射性核素  $^7\text{Be}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{11}\text{C}$ 。二级（外循环）冷却水无放射性，不外排。内循环冷却水管道泄漏事故发生概率比较低，根据表3.1-15可知，2台加速器每年共产生  $0.72\text{m}^3/\text{a}$  放射性废水。

加速器内循环冷却水事故废水排入衰变系统 1 中的衰变罐暂存衰变，暂存一定时间后，监测达标（总  $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总  $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）后经审管部门认可后，经厂区总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区四期污水处理厂进一步集中处理；如监测不达标，则委托有资质的单位处置。

#### 3.4.1.2.2 非密封放射性物质工作场所排水

（1）生产线1~生产线6的热室管路清洗废液每日产生后按核素分类收集至废液瓶中密封，装入铅罐并暂存在一层的放射性有机废液间自然衰变至解控后委托有资质单位处置。

（2）含  $^{89}\text{Sr}$  废液（半衰期较长，不排入衰变池中）单独收集于密闭容器中在一层放射性废物间暂存衰变 10 倍最长半衰期（约 505 天）后，经监测达标（总  $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）并经审管部门认可后，经厂区总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区四期污水处理厂进一步集中处理。

本项目排入埋地式衰变池的放射性废水主要包括工器具清洗废水、铅罐清洗废水、阳性灭菌废水、清洗存放间废水、场所人员应急去污废水。本项目绝大部分放射性核素最终进入药物成品，仅有很少一部分经清洗进入废水中，根据同类项目运行经验，最终进入衰变系统废水的核素活度按各生产场所核素最大操作量的 0.01% 考虑，则本项目衰变池放射性废水汇总情况见下表。

表 3.4-2 本项目衰变系统的放射性废水产生情况

| 衰变系统   | 核素 | 来源 | 年最大操作量<br>(Bq/a) | 产污系数 | 年废水量<br>(m³/a) | 放射性废水      |             |          |
|--------|----|----|------------------|------|----------------|------------|-------------|----------|
|        |    |    |                  |      |                | 比活度 (Bq/L) | 年总活度 (Bq/a) |          |
| 衰变系统 2 |    |    |                  |      | 1.728          | 7.81E+07   | 3.13E+08    | 1.35E+11 |
|        |    |    |                  |      | 1.728          | 7.81E+07   |             | 1.35E+11 |
|        |    |    |                  |      | 1.728          | 7.81E+07   |             | 1.35E+11 |
|        |    |    |                  |      | 1.728          | 7.81E+07   |             | 1.35E+11 |
| 衰变系统 3 |    |    |                  |      | 19.278         | 5.76E+05   | 1.54E+06    | 1.11E+10 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 9.60E+05   |             | 1.85E+10 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 6.48E+03   |             | 1.25E+08 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 4.80E+03   |             | 9.25E+07 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 9.60E+02   | 5.76E+03    | 1.85E+07 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 9.60E+03   |             | 1.85E+08 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 9.60E+02   | 1.06E+04    | 1.85E+07 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 4.80E+03   |             | 9.25E+07 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 9.60E+02   | 5.76E+03    | 1.85E+07 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 5.37E+05   |             | 1.04E+10 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 1.92E+04   | 6.43E+05    | 3.70E+08 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 4.80E+04   |             | 9.25E+08 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 3.84E+04   |             | 7.41E+08 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 9.60E+03   |             | 1.85E+08 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 1.92E+03   | 1.15E+04    | 3.70E+07 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 2.40E+03   |             | 4.63E+07 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         | 1.20E+03   | 3.60E+03    | 2.31E+07 |
|        |    |    |                  |      | 19.278         |            |             | 6.94E+07 |

涉密不公开



|       |        |          |          |          |          |
|-------|--------|----------|----------|----------|----------|
| 涉密不公开 | 19.278 | 4.80E+03 | 5.76E+03 | 9.25E+07 | 1.11E+08 |
|       | 19.278 | 9.60E+02 |          | 1.85E+07 |          |
|       | 19.278 | 4.80E+03 | 1.55E+04 | 9.25E+07 | 3.00E+08 |
|       | 19.278 | 9.60E+03 |          | 1.85E+08 |          |
|       | 19.278 | 1.15E+03 |          | 2.22E+07 |          |
|       | 19.278 | 1.54E+05 | 1.92E+05 | 2.96E+09 | 3.70E+09 |
|       | 19.278 | 3.84E+04 |          | 7.40E+08 |          |
|       | 19.278 | 9.60E+04 | 1.20E+05 | 1.85E+09 | 2.31E+09 |
|       | 19.278 | 2.40E+04 |          | 4.63E+08 |          |
|       | 19.278 | 1.92E+04 | 2.88E+04 | 3.70E+08 | 5.55E+08 |
|       | 19.278 | 9.60E+03 |          | 1.85E+08 |          |
|       | 19.278 | 9.60E+04 | 1.06E+05 | 1.85E+09 | 2.04E+09 |
|       | 19.278 | 9.60E+03 |          | 1.85E+08 |          |
|       | 19.278 | 2.88E+06 | 3.33E+06 | 5.55E+10 | 6.43E+10 |
|       | 19.278 | 2.40E+05 |          | 4.63E+09 |          |
|       | 19.278 | 2.16E+05 |          | 4.16E+09 |          |
|       | 19.278 | 4.80E+04 | 5.28E+04 | 9.25E+08 | 1.02E+09 |
|       | 19.278 | 4.80E+03 |          | 9.25E+07 |          |
|       | 19.278 | 1.92E+04 | 2.88E+04 | 3.70E+08 | 5.55E+08 |
|       | 19.278 | 9.60E+03 |          | 1.85E+08 |          |
|       | 19.278 | 9.60E+03 | 1.06E+04 | 1.85E+08 | 2.04E+08 |
|       | 19.278 | 9.60E+02 |          | 1.85E+07 |          |
|       | 19.278 | 1.15E+04 | 1.39E+04 | 2.22E+08 | 2.68E+08 |
|       | 19.278 | 2.40E+03 |          | 4.63E+07 |          |

|       |  |        |          |          |          |          |
|-------|--|--------|----------|----------|----------|----------|
| 涉密不公开 |  | 19.278 | 9.60E+03 | 1.20E+04 | 1.85E+08 | 2.31E+08 |
|       |  | 19.278 | 2.40E+03 |          | 4.63E+07 |          |
|       |  | 19.278 | 9.60E+02 | 1.44E+03 | 1.85E+07 | 2.78E+07 |
|       |  | 19.278 | 4.80E+02 |          | 9.25E+06 |          |
|       |  | 19.278 | 2.40E+04 | 2.45E+04 | 4.63E+08 | 4.72E+08 |
|       |  | 19.278 | 4.80E+02 |          | 9.25E+06 |          |
|       |  | 19.278 | 9.60E+01 |          | 1.85E+06 |          |
|       |  | 19.278 | 4.80E+02 | 1.06E+05 | 9.25E+06 | 1.06E+05 |
|       |  | 19.278 | 2.88E+02 |          | 5.56E+06 |          |
|       |  | 19.278 | 4.80E+01 | 7.20E+01 | 9.25E+05 | 1.39E+06 |
|       |  | 19.278 | 2.40E+01 |          | 4.63E+05 |          |
|       |  |        |          |          |          |          |
|       |  |        |          |          |          |          |
|       |  |        |          |          |          |          |
|       |  |        |          |          |          |          |
|       |  |        |          |          |          |          |

### 3.4.1.3 放射性固体废物

本项目各非密封放射性物质工作场所在放射性药物生产、质检、研发涉及的核素均属于《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（含有核素的半衰期均小于100天），可在放射性废弃物库内储存衰变，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的单位处置。

#### 3.4.1.3.1 回旋加速器活化废物

加速器运行过程会导致少量部件活化，维修更换时可能产生高活性感生放射性固废，如废靶、靶膜、废离子源等，废物中主要感生放射性核素为 $^{41}\text{Ar}$ 、 $^{48}\text{V}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{52}\text{Mn}$ 等。单次维修更换产生高活性固废1kg，每年维修1次，则2台回旋加速器年产生量为2kg/a，此类高活性固废暂存于放射性废物间铅垃圾桶内，委托有放射性固体废物处理资质的单位处置。

#### 3.4.1.3.2 生产线和工艺实验室废旧耗材

生产线1~生产线6、工艺实验室在放射性药物生产过程中产生被放射性污染的废旧耗材，主要有废树脂、碳柱、滤膜、硅胶管、手套、口罩、棉签、吸水纸、废吸附材料等，生产线和工艺实验室废旧耗材产生量具体如下表所示。

表 3.4-3 生产线和工艺实验室废旧耗材产生量一览表

| 废物名称                                    |       |   |   |   | 年产生量<br>(kg/a) |
|-----------------------------------------|-------|---|---|---|----------------|
| 被放射性污染的废旧耗材：废树脂、碳柱、滤膜、硅胶管、手套、口罩、棉签、吸水纸等 | 涉密不公开 |   |   |   | 7.5            |
|                                         |       |   |   |   | 1.5            |
|                                         |       |   |   |   | 31.2           |
|                                         |       |   |   |   | 31.2           |
|                                         |       |   |   |   | 31.2           |
|                                         |       |   |   |   | 31.2           |
|                                         |       |   |   |   | 37.5           |
|                                         |       |   |   |   | 90             |
| 合计                                      | /     | / | / | / | 261.3          |

#### 3.4.1.3.3 质检区2废旧耗材

质检区2在质检过程中产生被污染的废旧耗材，主要有废垫纸、吸水纸、毛细吸管、点板、手套、口罩、棉签、试管、注射器、移液器等，放射性质检

区废旧耗材产生量具体如下表所示。

表 3.4-4 质检区 2 废旧耗材产生量一览表

| 废物名称                                             |       |   |   |   |   | 年产生量<br>(kg/a) |
|--------------------------------------------------|-------|---|---|---|---|----------------|
| 被放射性污染的废旧耗材：废垫纸、吸水纸、毛细吸管、点板、手套、口罩、棉签、试管、注射器、移液器等 | 涉密不公开 |   |   |   |   | 416            |
|                                                  |       |   |   |   |   | 5              |
|                                                  |       |   |   |   |   | 200            |
|                                                  |       |   |   |   |   | 150            |
| 合计                                               | /     | / | / | / | / | 771            |

#### 3.4.1.3.4 质检样品

质检过程中，剩余质检样品密封在西林瓶中，作为放射性固体废物，质检区 2 废质检样品产生量具体如下表所示。

表 3.4-5 质检区 2 废质检样品产生量一览表

| 废物名称  |       |   |   |   |   | 年产生量<br>(kg/a) |
|-------|-------|---|---|---|---|----------------|
| 废质检样品 | 涉密不公开 |   |   |   |   | 41.6           |
|       |       |   |   |   |   | 0.5            |
|       |       |   |   |   |   | 20             |
|       |       |   |   |   |   | 15             |
| 合计    | /     | / | / | / | / | 77.1           |

#### 3.4.1.3.5 放射性有机废液

生产线和质检区 2 会产生含有放射性核素的有机废液，放射性有机废液密封收集在塑料桶中（外包铅箱）一定时间内后送至一层放射性有机废液暂存间中暂存衰变。放射性有机废液产生量具体如下表所示。

表 3.4-6 放射性有机废液产生量一览表

| 废物名称        |       |   |   |   | 年产生量<br>(kg/a) |
|-------------|-------|---|---|---|----------------|
| 放射性<br>有机废液 | 涉密不公开 |   |   |   | 500            |
|             |       |   |   |   | 1040           |
|             |       |   |   |   | 1040           |
|             |       |   |   |   | 1040           |
|             |       |   |   |   | 1040           |
|             |       |   |   |   | 1250           |
|             |       |   |   |   | 3000           |
|             |       |   |   |   | 18500          |
| 合计          | /     | / | / | / | 27410          |

## 3.4.1.3.6 表面清洁去污固废

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、棉签进行擦拭处理，产生废吸水纸、废棉签等去污放射性固体废物，表面清洁去污固废产生量具体如下表所示。

表 3.4-7 表面清洁去污固废产生量一览表

| 废物名称         |       |   |   |   | 年产生量<br>(kg/a) |
|--------------|-------|---|---|---|----------------|
| 废吸水纸、<br>废棉签 | 涉密不公开 |   |   |   | 12.5           |
|              |       |   |   |   | 2.5            |
|              |       |   |   |   | 13             |
|              |       |   |   |   | 13             |
|              |       |   |   |   | 13             |
|              |       |   |   |   | 13             |
|              |       |   |   |   | 12.5           |
|              |       |   |   |   | 12.5           |
|              |       |   |   |   | 12.5           |
| 合计           | /     | / | / | / | 104.5          |

## 3.4.1.3.7 退役的外购发生器

涉密不公开

## 3.4.1.3.8 废活性炭及废过滤器

放射性废气处理系统的过滤材料根据吸附效率定期更换，产生废活性炭，每套废气处理系统每次更换产生量约 100kg，每年更换 1 次，共 17 套放射性废气处理系统，则废活性炭年产生量约 1700kg/a。

综上所述，本项目放射性固体废物产生量汇总情况见下表。

表 3.4-8 放射性固体废物产生量汇总表

| 序号 |       | 年产生量      |
|----|-------|-----------|
| 1  | 涉密不公开 | 2kg/a     |
| 2  |       | 261.3kg/a |
| 3  |       | 771kg/a   |
| 4  |       | 77.1kg/a  |
| 5  |       | 27410kg/a |
| 6  |       | 104.5kg/a |
| 7  |       | 154 柱     |
| 8  |       | 1700kg/a  |

本项目放射性废物本身沾染的放射性核素活度浓度较低，每日进入固体废物（加速器活化废物、退役发生器、废活性炭除外）中的核素量按各场所日最大操作量的 0.01%考虑。

### 3.4.2 非放射性废弃物

#### 3.4.2.1 非放射性废气

##### 3.4.2.1.1.1 臭氧和氮氧化物

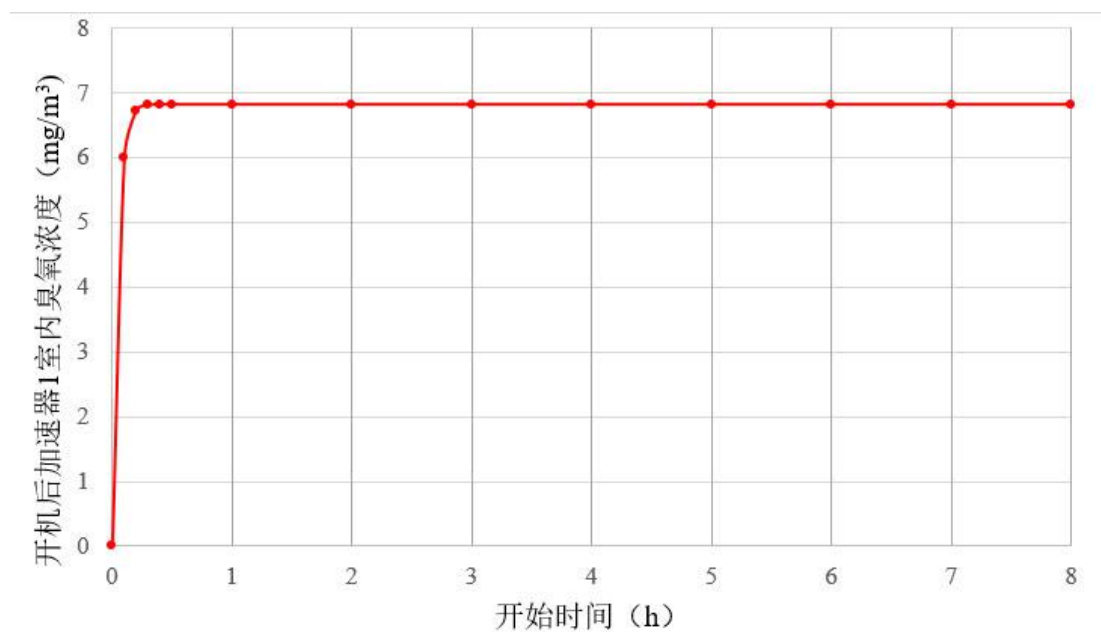
回旋加速器在开机时会产生少量的有害气体，主要是臭氧和氮氧化物，废气由 2 根 18m 高排气筒 P2、P3 排放。其中臭氧的毒性最大，产额最高（臭氧和氮氧化物的产额约为 2:1），会对人体产生危害，而且能使橡胶等材料老化加速。为简化起见，只计算臭氧的产生浓度，然后按照比例关系推出氮氧化物的浓度。

##### （1）臭氧产额计算

涉密不公开

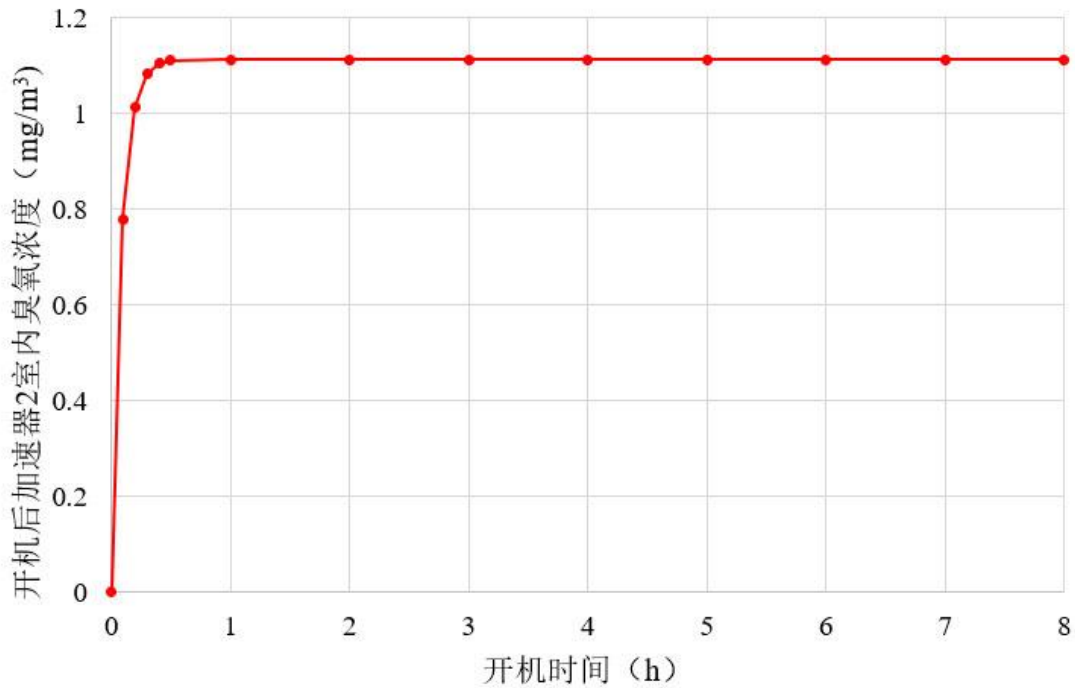
涉密不公开

按公式 3.4-2 计算，开机后回旋加速器室内  $O_3$  的浓度随出束时间变化的关系如下图所示。



(1) 加速器 1 室





(2) 加速器 2 室

图 3.4-1 回旋加速器室内臭氧的浓度变化图

按公式 3.4-5 计算，开机后加速器 1 室内  $O_3$  平衡浓度为  $6.82\text{mg/m}^3$ ，加速器 2 室内  $O_3$  平衡浓度为  $1.11\text{mg/m}^3$ 。加速器 1 室和 2 室的排放速率分别为  $0.0191\text{kg/h}$ 、 $0.0031\text{kg/h}$ 。加速器 1 室排气筒 P2 的风量为  $37034\text{m}^3/\text{h}$ ，加速器 2 室排气筒 P3 的风量为  $33846\text{m}^3/\text{h}$ ，则加速器 1 室和加速器 2 室  $O_3$  排放浓度分别为  $0.52\text{mg/m}^3$  和  $0.09\text{mg/m}^3$ 。

$\text{NO}_x$  不考虑分解，则  $\text{NO}_x$  的排放速率为  $O_3$  产额的 1/2，则加速器 1 室和 2 室的排放速率分别为  $0.0095\text{kg/h}$ 、 $0.0016\text{kg/h}$ 。

综上所述，加速器运行时 2 间加速器室内臭氧及氮氧化物排放情况见下表。

表 3.4-9 加速器运行时 2 间加速器室臭氧及氮氧化物产生量计算结果表

| 场所      | 污染物名称         | 产生情况       |             |
|---------|---------------|------------|-------------|
|         |               | 速率/ (kg/h) | 产生量/ (kg/a) |
| 加速器 1 室 | $O_3$         | 0.0191     | 109.2291    |
|         | $\text{NO}_x$ | 0.0095     | 54.6146     |
| 加速器 2 室 | $O_3$         | 0.0031     | 17.7778     |
|         | $\text{NO}_x$ | 0.0016     | 8.8889      |

本项目加速器 1 室由排气筒 P2 排放，加速器 2 室由排气筒 P3 排放，则臭氧及氮氧化物排放情况见下表。

表 3.4-10 本项目建成后加速器运行时加速器室内臭氧及氮氧化物产生量一览表

| 排气筒<br>编号 | 污染物名称           | 产生情况           |               | 收集<br>效率<br>/% | 处理<br>效率<br>/% | 风量/<br>(m <sup>3</sup> /h) | 有组织排放          |                             |
|-----------|-----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|-----------------------------|
|           |                 | 产生量/<br>(kg/a) | 速率/<br>(kg/h) |                |                |                            | 速率<br>/ (kg/h) | 浓度/<br>(mg/m <sup>3</sup> ) |
| P2        | O <sub>3</sub>  | 109.2291       | 0.0191        | 100            | —              | 37034                      | 0.0191         | 0.5157                      |
|           | NO <sub>x</sub> | 54.6146        | 0.0095        |                | —              |                            | 0.0095         | 0.2565                      |
| P3        | O <sub>3</sub>  | 17.7778        | 0.0031        |                | —              | 33846                      | 0.0031         | 0.0916                      |
|           | NO <sub>x</sub> | 8.8889         | 0.0016        |                | —              |                            | 0.0016         | 0.0473                      |

注：风量按排气筒总风量考虑。

## 3.4.2.1.1.2 质检废气

二层质检区 1 和质检区 2 进行理化质检过程使用氨水、硫酸、盐酸等无机试剂可产生氨气、硫酸雾、氯化氢等无机废气，使用丙酮、丁酮、甲醇、乙醇、乙腈、冰醋酸、三氟乙酸等有机试剂可产生挥发性有机废气。根据同类型实验室运行经验，预计无机废气产生量约为原料使用量的 5%，有机废气产生量约为原料使用量的 40%，据此估算得出废气产生量见下表。

表 3.4-11 质检区区域废气污染物产生量计算结果表

| 区域           | 原料<br>种类 | 原料<br>名称 | 原料<br>年用量/<br>(kg/a) | 使用<br>时间/<br>(h/a) | 污染<br>因子 | 产污<br>系数<br>/% | 污染物<br>产生量<br>/ (kg/a) | 污染物<br>产生速率<br>/ (kg/h) |
|--------------|----------|----------|----------------------|--------------------|----------|----------------|------------------------|-------------------------|
| 质检<br>区<br>2 | 涉密不公开    |          |                      |                    |          |                | 0.04                   | 0.00005                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 0.228                  | 0.00029                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 0.192                  | 0.00025                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 0.372                  | 0.00048                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 0.02                   | 0.00003                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 0.256                  | 0.00033                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 75.84                  | 0.09723                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 11.2                   | 0.01436                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 60.8                   | 0.07795                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 65.6                   | 0.08410                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 132.16                 | 0.16944                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 0.448                  | 0.00057                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 0.16                   | 0.00021                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 0.16                   | 0.00021                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 0.256                  | 0.00033                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 346.88                 | 0.44472                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 346.88                 | 0.44472                 |
|              |          |          |                      |                    |          |                | 0.01                   | 0.00001                 |

|               |       |       |         |
|---------------|-------|-------|---------|
| 质<br>检<br>区 1 | 涉密不公开 | 0.057 | 0.00007 |
|               |       | 0.048 | 0.00006 |
|               |       | 0.093 | 0.00012 |
|               |       | 0.005 | 0.00001 |
|               |       | 0.064 | 0.00008 |
|               |       | 18.96 | 0.02431 |
|               |       | 2.8   | 0.00359 |
|               |       | 15.2  | 0.01949 |
|               |       | 16.4  | 0.02103 |
|               |       | 33.04 | 0.04236 |
|               |       | 0.112 | 0.00014 |
|               |       | 0.04  | 0.00005 |
|               |       | 0.04  | 0.00005 |
|               |       | 0.064 | 0.00008 |
|               |       | 86.72 | 0.11118 |
|               |       | 86.72 | 0.11118 |
| 涉密不公开         |       |       |         |

本项目配制、使用化学试剂的操作均在通风橱中进行，质检过程中关闭门窗，通风橱中通风系统可进行集中监控、控制，使通风橱内保持负压，有效防止有害气体外泄。有效保证实验废气能够集中收集，避免无组织排放。

质检区 1 区域废气经高效过滤器和活性炭吸附处理后分别通过排气筒 P4（排气筒高度 18m）排放，排气筒排风量为 6956m<sup>3</sup>/h。质检区 2 区域废气经高效过滤器和活性炭吸附处理后分别通过排气筒 P3（排气筒高度 18m）排放，排气筒排风量为 33846m<sup>3</sup>/h。

本次评价按照最不利情况下确定污染物排放源强，考虑到实际运行过程中吸附效率会逐渐有所下降，从安全角度考虑，废气处理装置对有机废气的净化效率按 60%考虑。本项目废气污染物治理及排放情况见下表。

表 3.4-12 质检废气污染物产生量计算结果表

| 排气筒编号        | 污染物名称 | 产生情况       |           | 收集效率/% | 处理效率/% | 风量/(m³/h) | 有组织排放     |            |         |
|--------------|-------|------------|-----------|--------|--------|-----------|-----------|------------|---------|
|              |       | 产生量/(kg/a) | 速率/(kg/h) |        |        |           | 速率/(kg/h) | 浓度/(mg/m³) |         |
| 质检区 2 排气筒 P3 | 涉密不公开 |            |           |        |        |           | 0.00005   | 0.00152    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.00029   | 0.00864    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.00025   | 0.00727    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.00048   | 0.01409    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.00003   | 0.00076    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.00013   | 0.00388    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.03889   | 1.14910    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.00574   | 0.16970    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.03118   | 0.92122    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.03364   | 0.99394    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.06777   | 2.00243    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.00023   | 0.00679    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.00008   | 0.00242    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.00008   | 0.00242    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.00013   | 0.00388    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.17789   | 5.25578    |         |
|              |       |            |           |        |        |           | 0.17789   | 5.25578    |         |
| 质检区 1 排气筒 P4 |       |            |           |        |        |           |           | 0.00001    | 0.00184 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00007    | 0.01051 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00006    | 0.00885 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00012    | 0.01714 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00001    | 0.00092 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00003    | 0.00472 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00972    | 1.39780 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00144    | 0.20643 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00779    | 1.12060 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00841    | 1.20907 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.01694    | 2.43582 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00006    | 0.00826 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00002    | 0.00295 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00002    | 0.00295 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.00003    | 0.00472 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.04447    | 6.39330 |
|              |       |            |           |        |        |           |           | 0.04447    | 6.39330 |

涉密不公开

此外，本项目质检区 1 和质检区 2 质检过程使用氨水等溶液具有刺激性气

味，在实验分析过程中会产生少量异味。本项目产生的异味影响类比天津恒瑞医药有限公司癌症诊疗药物研发项目竣工环境保护验收监测数据。本项目与类比对象可比性见下表。

表 3.4-13 本项目与类比对象可比性分析

| 序号 | 类比条件      | 类比项目    | 本项目   |
|----|-----------|---------|-------|
| 1  | 原辅料种类及数量  | 涉密不公开   |       |
| 2  | 产污工序      |         |       |
| 3  | 废气净化设备    |         |       |
| 4  | 有组织排放臭气浓度 | 173-229 | <1000 |

根据天津恒瑞医药有限公司癌症诊疗药物研发项目竣工环境保护验收监测报告（报告编号：YX223066），排气筒出口臭气浓度为 173-229（无量纲），类比项目治理设施与本项目类似，因此预测本项目排气筒 P3、P4 出口臭气浓度 <1000（无量纲）。

#### 3.4.2.1.1.3 锅炉废气

公司在动力车间新建 3 台蒸汽发生器（均为 1t/h），1 台用于工艺专业设备，2 台用于暖通专业寒冷天气空调加湿；3 台常压热水锅炉，2 台为 2.1MW（即 3t/h）、1 台为 0.7MW（即 1t/h），用于空调的加热再热及服务楼热水辅热。3 台蒸汽发生器燃气废气经 1 根 21m 高排气筒 P5 排放、3 台常压热水锅炉燃气废气经 1 根 21m 高排气筒 P6 排放。

排气筒 P5、P6 排放颗粒物、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO、烟气黑度执行《锅炉大气污染物排放标准》（DB 12/151-2020）表 4 新建锅炉排放限值。

本项目蒸汽发生器燃气废气污染物预测排放核算如下：

##### （1）烟气量核算

由于无燃料元素分析数据或气体组成成分分析数据，本评价根据燃料低位发热量计算基准烟气量，根据《排污许可证申请与核发技术规范 锅炉》（HJ 953-2018），燃气蒸汽发生器基准烟气量计算如下：

$$V_{gy}=0.285Q_{net}+0.343$$

式中  $V_{gy}$ —基准烟气量，Nm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>；

$Q_{\text{net}}$ —气体燃料低位发热量， $\text{MJ}/\text{m}^3$ ， $Q_{\text{net}}$ 取  $35.386\text{MJ}/\text{m}^3$ 。

经计算，基准烟气量为  $10.43\text{Nm}^3/\text{m}^3$ ，则  $1\text{t/h}$  蒸汽发生器产生烟气量为  $782.25\text{m}^3/\text{h}$ ， $3\text{t/h}$  蒸汽发生器产生烟气量为  $2346.75\text{m}^3/\text{h}$ 。由此可知，P5 排气筒的烟气量为  $2346.75\text{m}^3/\text{h}$ ，P6 排气筒的烟气量为  $5475.75\text{m}^3/\text{h}$ 。

## （2）二氧化硫排放量核算

根据《污染源强核算技术指南 锅炉》（HJ 991-2018）燃气锅炉二氧化硫排放量计算如下：

$$E_{\text{SO}_2}=2R\times S_{\text{t}}\times (1-\eta_{\text{s}}/100)\times K\times 10^{-5}$$

式中： $E_{\text{SO}_2}$ —核算时段内二氧化硫排放量，t；

$R$ —核算时段内锅炉燃料耗量，万  $\text{m}^3$ ；

$S_{\text{t}}$ —燃料总硫的质量浓度， $\text{mg}/\text{m}^3$ ，本评价取  $20\text{mg}/\text{m}^3$ ；

$\eta_{\text{s}}$ —脱硫效率，%，本评价取 0；

$K$ —燃料中硫燃烧后氧化成二氧化硫的份额，量纲一的量，本项目取 1。

经计算，排气筒 P5 二氧化硫排放速率均为  $0.009\text{kg}/\text{h}$ ，排放浓度为  $3.84\text{mg}/\text{m}^3$ 。排气筒 P6 二氧化硫排放速率均为  $0.021\text{kg}/\text{h}$ ，排放浓度为  $3.84\text{mg}/\text{m}^3$ 。

## （3）氮氧化物、颗粒物、烟气黑度排放量核算

本项目拟选用的蒸汽发生器均采用低氮燃烧技术。低氮燃烧技术是通过改变燃烧设备的燃烧条件来降低  $\text{NO}_x$  的形成，具体来说是通过调节燃烧温度、烟气中的氧的浓度、烟气在高温区的停留时间等方法来抑制  $\text{NO}_x$  的生成或破坏已生产的  $\text{NO}_x$ 。

颗粒物、 $\text{NO}_x$ 、烟气黑度排放浓度采用类比分析法。本项目新建 4 台  $1\text{t/h}$  燃气废气污染物排放情况类比天津恒瑞医药有限公司癌症诊疗药物研发项目；2 台  $3\text{t/h}$  燃气废气污染物排放情况类比天津大学北洋园校区锅炉废气监测报告。该项目蒸汽发生器燃料、规模与本项目大致相同（类比项目情况详见下表），具备可类比性。

表 3.4-14 类比项目情况一览表

|        |       |
|--------|-------|
| 项目     | 涉密不公开 |
| 燃料     |       |
| 类型     |       |
| 规模     |       |
| 污染控制措施 |       |
| 项目     |       |
| 燃料     |       |
| 类型     |       |
| 规模     |       |
| 污染控制措施 |       |

根据天津恒瑞医药有限公司癌症诊疗药物研发项目验收监测报告（监测报告编号：YX223066，监测日期：2022 年 11 月），1.2t/h 燃气蒸汽发生器颗粒物排放浓度为未检出，氮氧化物排放浓度为 15~24mg/m<sup>3</sup>，烟气黑度<1（林格曼，级）。从保守角度考虑，本项目锅炉烟气颗粒物排放浓度按 5mg/m<sup>3</sup>计，氮氧化物排放浓度按 28mg/m<sup>3</sup>计，烟气黑度<1（林格曼，级）。

根据天津大学北洋园校区锅炉废气监测报告（监测报告编号：DESP-HHJ251003-01，监测日期：2025 年 10 月），3t/h 燃气蒸汽发生器颗粒物排放浓度为 2.0~3.8mg/m<sup>3</sup>，氮氧化物排放浓度为 16~29mg/m<sup>3</sup>，烟气黑度<1（林格曼，级）。从保守角度考虑，本项目锅炉烟气颗粒物排放浓度按 5mg/m<sup>3</sup>计，氮氧化物排放浓度按 30mg/m<sup>3</sup>计，烟气黑度<1（林格曼，级）。

#### （4）一氧化碳排放量核算

根据《环境保护实用数据手册》（机械工业出版社，胡名操主编），民用取暖设备燃烧 1 万 m<sup>3</sup>天然气产生 3.2kg 一氧化碳。经计算，排气筒 P5 一氧化碳排放浓度为 30.68mg/m<sup>3</sup>，排放速率分别为 0.072kg/h。排气筒 P6 一氧化碳排放浓度为 30.68mg/m<sup>3</sup>，排放速率为 0.168kg/h。

本项目锅炉废气污染物排放情况详见下表。

表 3.4-15 本项目蒸汽发生器燃气废气排放情况

| 排气筒 | 污染物             | 烟气量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 排放浓度<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | 排放速率<br>(kg/h) | 排放标准<br>(mg/m <sup>3</sup> ) |
|-----|-----------------|----------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|
| P5  | 颗粒物             | 2346.75                    | 5                            | 0.012          | 10                           |
|     | SO <sub>2</sub> |                            | 3.84                         | 0.009          | 20                           |
|     | NO <sub>x</sub> |                            | 28                           | 0.066          | 50                           |
|     | CO              |                            | 30.68                        | 0.072          | 95                           |
|     | 烟气黑度            |                            | <1（林格曼，级）                    |                | ≤1（林格曼，级）                    |
| P6  | 颗粒物             | 5475.75                    | 5                            | 0.027          | 10                           |
|     | SO <sub>2</sub> |                            | 3.84                         | 0.021          | 20                           |
|     | NO <sub>x</sub> |                            | 30                           | 0.164          | 50                           |
|     | CO              |                            | 30.68                        | 0.168          | 95                           |
|     | 烟气黑度            |                            | <1（林格曼，级）                    |                | ≤1（林格曼，级）                    |

## 3.4.2.1.1.4 食堂油烟

本项目排放油烟主要来源于员工食堂。食堂为员工提供一日三餐。根据建设单位提供的资料，员工人数 70 人，员工食堂的基准灶头数约为 3 个。

食堂油烟为操作间烹调过程中挥发的油脂、有机质及其加热分解或裂解产物，根据同类食品加工油烟监测资料，油烟废气按照单个灶头基准排气量 2000m<sup>3</sup>/h，则总废气量为 6000m<sup>3</sup>/h，餐饮油烟的产生浓度约 4~6mg/m<sup>3</sup>。食堂安装油烟净化器，净化效率达到 85%以上，则油烟排放浓度为 0.9mg/m<sup>3</sup>，油烟最终由 1 根 18m 高排气筒 P7 外排，满足《餐饮业油烟排放标准》（DB 12/644-2016）表 1 标准限值（1.0mg/m<sup>3</sup>）要求。

## 3.4.2.2 非放射性废水

本项目非放射性废水排水主要为生活污水、辐射工作人员洁净服清洗废水、高压蒸汽灭菌冷凝水、质检器皿清洗废水、纯水浓排水。

## （1）生活污水、辐射工作人员洁净服清洗废水

生活污水和辐射工作人员洁净服清洗废水（含食堂废水，食堂废水经隔油池处理）经化粪池截流沉淀后，由厂区污水总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区第四污水处理厂处理达标排放。

生活污水和辐射工作人员洁净服清洗废水主要污染因子为 pH、COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、SS、氨氮、总磷、总氮、动植物油类、石油类、阴离子表面活性剂（LAS），参考天津市生活污水水质，预测污染物产生浓度见下表。



表 3.4-16 污水水质预测 单位：mg/L（pH 无量纲）

| 污染因子<br>废水类别               | 水量<br>(m³/a) | pH  | COD <sub>Cr</sub> | BOD <sub>5</sub> | SS  | 氨氮 | 总磷 | 总氮 | 动植物<br>油类 | 石油<br>类 | LAS |
|----------------------------|--------------|-----|-------------------|------------------|-----|----|----|----|-----------|---------|-----|
| 生活污水和辐射<br>工作人员洁净服<br>清洗废水 | 2414.16      | 6~9 | 400               | 250              | 300 | 30 | 5  | 50 | 50        | 5       | 12  |

#### （2）高压蒸汽灭菌器冷凝水

本项目高压蒸汽灭菌器进行灭菌后，产生冷凝水，年产生量 12.42m³/a。高压蒸汽灭菌器冷凝水为清净下水，主要污染物为 COD、SS，参照清净下水水质指标，预测主要污染物 COD≤100mg/L，SS≤70mg/L。

#### （3）质检器皿清洗废水

质检器皿清洗工序会产生二次清洗废水（不含试剂、无放射性），主要污染物为 COD、SS，参照清净下水水质指标，预测主要污染物 COD≤100mg/L，SS≤70mg/L，由厂区污水总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区第四污水处理厂处理达标排放。

#### （4）纯水制备系统浓水

本项目纯水制备系统浓水为清净下水，主要污染物为 COD、SS，参照清净下水水质指标，预测主要污染物 COD≤100mg/L，SS≤70mg/L，直接用于厂区绿化。

### 3.4.2.3 非放射性固体废物

本项目产生的非放射性固体废物包括一般固体废物、生活垃圾及危险废物。

#### （1）一般固体废物

##### ① 废包装材料

打包及拆包过程产生的废包装材料，产生量约为 1.0t/a。

##### ② 纯水制备系统废过滤材料

纯水系统中反渗透膜、微滤材料需定期更换，产生废过滤材料，产生量约 1t/a。

#### （2）生活垃圾

本项目职工 70 人，年最大工作 260 天，生活垃圾产生量按每人每天 1kg/d 计，其产生量约 18.2t/a。

本项目一般固体废物及生活垃圾基本情况详见下表。

表 3.4-17 本项目一般固体废物、生活垃圾基本情况汇总表

| 序号 | 废物名称        | 产生量/<br>(t/a) | 产生工序及<br>装置  | 形态 | 主要成分                | 处置方式          |
|----|-------------|---------------|--------------|----|---------------------|---------------|
| 1  | 废包装材料       | 1.0           | 打包及拆包        | 固  | 打包带、PE膜、废纸板、胶塞、西林瓶等 | 外售物资回收部门      |
| 2  | 纯水制备系统废过滤材料 | 1             | 纯水系统定期更换过滤材料 | 固  | 活性炭、反渗透膜、微滤材料等      | 外售物资回收部门      |
| 3  | 生活垃圾        | 18.2          | 员工生活         | 固  | 废纸屑等                | 定期由城市管理部门清运处理 |

## (3) 危险废物

根据《国家危险废物名录（2025 年版）》，以下废物为危险废物：

## ① 废试剂

质检、研发追溯性工序试剂配制过程中产生废试剂，年产生量为 3.434t/a（含试剂和水）。废物类别为 HW49 其他废物，废物代码为 900-047-49。

## ② 废试剂瓶

质检、研发追溯性工序产生沾染化学试剂的废试剂瓶，年产生量为 0.57t/a，废物类别为 HW49 其他废物，废物代码为 900-041-49。

## ③ 质检及研发废液

质检及研发工艺使用纯水配制试剂，实验结束后产生废液，无放射性，均作为危险废物委托有资质单位处置，年产生量约 3.8t/a。废物类别为 HW49 其他废物，废物代码为 900-047-49。

## ④ 实验室沾染试剂废物

质检、研发追溯性工序产生沾染试剂的手套、抹布、针头、针管等废物，年产生量约 1.9t/a。废物类别为 HW49 其他废物，废物代码为 900-047-49。

## ⑤ 废培养基

质检、研发追溯性工序微生物检测过程产生废培养基，年产生量约 0.19t/a。废物类别为 HW49 其他废物，废物代码为 900-047-49。

## ⑥ 废原料药品

药物合成标记过程中产生废标记原料药品，年产生量约 0.175t/a。废物类别为 HW02 医药废物，废物代码为 272-005-02。

## ⑦ 废留样样品

质检区产生剩余的留样样品（已达清洁解控水平），年产生量约 0.13t/a。

废物类别为 HW02 医药废物，废物代码为 272-005-02。

#### ⑧ 废活性炭及废过滤器

质检区 1 中理化质检区域会产生少量有机废气，经活性炭处理装置+高效过滤器处理后排入大气，处理装置中活性炭需要定期更换，会产生废活性炭，约每年更换 1 次，年产生量约 100kg/a。

此外，放射性废气处理系统的过滤材料定期更换，产生放射性废活性炭及过滤器，年产生量约 1700kg/a，经贮存衰变达到清洁解控水平后，为危险废物与上述废活性炭一同委托有资质单位处置。

因此本项目废活性炭及过滤器年产生量共约 1.8t/a。废物类别为 HW49 其他废物，废物代码为 900-039-49，委托有资质单位处置。

#### ⑨ 衰变解控后的放射性废物

本项目放射性废物经衰变达到清洁解控水平后，作为危险废物委托有资质的单位处置，年产生量约 28.6t/a。废物类别为 HW49 其他废物，废物代码为 900-047-49。

本项目危险废物基本情况详见下表。

表 3.4-18 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    | 主要成分  | 有害成分  | 产废周期  | 危险特性  | 污染防治措施 |
|----|--------|--------|--------|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 涉密不公开  | 涉密不公开  | 涉密不公开  | 3.434     | 涉密不公开   | 涉密不公开 | 涉密不公开 | 涉密不公开 | 涉密不公开 | 涉密不公开 | 涉密不公开  |
| 2  |        |        |        | 0.57      |         |       |       |       |       |       |        |
| 3  |        |        |        | 3.8       |         |       |       |       |       |       |        |
| 4  |        |        |        | 1.9       |         |       |       |       |       |       |        |
| 5  |        |        |        | 0.19      |         |       |       |       |       |       |        |
| 6  |        |        |        | 0.175     |         |       |       |       |       |       |        |
| 7  |        |        |        | 0.13      |         |       |       |       |       |       |        |

| 序号 |       | 产生量/<br>(t/a) |       |
|----|-------|---------------|-------|
| 8  | 涉密不公开 | 1.8           | 涉密不公开 |
| 9  |       | 28.6          |       |

### 3.5 污染物总量控制分析

#### 3.5.1 总量控制因子

国家实施排放总量控制的主要污染物为 COD、氨氮、氮氧化物、挥发性有机物。根据国家及天津市有关规定并结合本工程污染物排放的实际情况，本项目大气污染物总量控制因子包括氮氧化物、挥发性有机物，水污染物总量控制因子包括 COD、氨氮。

#### 3.5.2 总量控制分析

##### 3.5.2.1 废气

##### 3.5.2.1.1 预测排放量

##### （1）NO<sub>x</sub>排放量

##### ① 加速器

根据工程分析，回旋加速器在开机时会产生少量 O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub>。加速器 1 室和加速器 2 室 O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub> 连同放射性活化气体一同排出，废气经高效过滤器和吸附活性炭处理后，分别由 1 根 18m 高排气筒 P2、P3 排放，2 间加速器室排风量均为 2800m<sup>3</sup>/h，可确保每小时有效换气次数大于 10 次。保守考虑每日排放 22h，年工作 260 天，每年最大排放 5720h。

根据表 3.4-10 可知，加速器 1 室和加速器 2 室 NO<sub>x</sub> 的速率分别为 0.0095kg/h 和 0.0016kg/h，则加速器 1 室和加速器 2 室 NO<sub>x</sub> 的排放量如下：

加速器 1 室=0.0095×22×260÷1000=0.0543t/a。

加速器 2 室=0.0016×22×260÷1000=0.0092t/a。

##### ② 锅炉

根据工程分析，动力车间 3 台蒸汽发生器废气经 1 根 21m 高排气筒 P5 排放。动力车间 3 台热水锅炉废气经 1 根 21m 高排气筒 P6 排放。蒸汽发生器保守考虑每日运行 10h，年工作 260 天，每年最大运行时间 2600h。热水锅炉保守考虑每日运行 10h，年工作 90 天，每年最大运行时间 900h。

根据表 3.4-15 可知，排气筒 P5 和 P6 的  $\text{NO}_x$  的速率分别为 0.066kg/h 和 0.164kg/h，则排气筒 P5 和 P6 的  $\text{NO}_x$  的排放量如下：

排气筒 P5=0.066×10×260÷1000=0.1716t/a。

排气筒 P6=0.164×10×90÷1000=0.1476t/a。

综上可知，4 根排气筒  $\text{NO}_x$  年排放量为 0.3827t/a。

## （2）VOCs 排放量

本项目质检区 1 和质检区 2 使用有机试剂产生挥发性有机废气，实验过程中涉及添加有机试剂的操作均在热室内进行，收集效率为 100%，产生的挥发性有机废气经通风橱收集后由主管道送入屋顶高效过滤装置+活性炭吸附装置处理，废气处理装置吸附效率按 60%计。质检区 1 废气处理后通过 18m 高排气筒 P4，排气筒排风量为 6956m<sup>3</sup>/h；质检区 2 废气处理后通过 18m 高排气筒 P3 排放，排气筒排风量为 33846m<sup>3</sup>/h。

本项目 VOCs 产生及排放情况见下表。

表 3.5-1 VOCs 产生及排放情况

| 场所    | 污染物  | 产生量<br>(t/a) | 治理效率<br>(%) | 削减量<br>(t/a) | 排放量<br>(t/a) |
|-------|------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 质检区 1 | VOCs | 0.08672      | 60          | 0.052032     | 0.034688     |
| 质检区 2 |      | 0.34688      | 60          | 0.208128     | 0.138752     |
| 合计    |      | 0.4336       | 60          | 0.26016      | 0.17344      |

根据上表可知，本项目 VOCs 产生量为 0.4336t/a，经吸附净化，削减量为 0.26016t/a，则最终 VOCs 排放量为 0.17344t/a。

### 3.5.2.1.2 核定排放量

#### （1） $\text{NO}_x$

##### ① 加速器

加速器 1 室和加速器 2 室废气排气筒 P2 和 P3 排放的  $\text{NO}_x$  执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996），其最高允许排放浓度为 240mg/m<sup>3</sup>，则依标准核定排放量为：

排气筒 P2：

$\text{NO}_x$  核定排放量为  $37034 \times 5720 \times 240 \div 1000000000 = 50.84\text{t/a}$

排气筒 P3:

$\text{NO}_x$  核定排放量为  $33846 \times 5720 \times 240 \div 1000000000 = 46.46\text{t/a}$

## ② 锅炉

动力车间锅炉废气排气筒 P5 和 P6 排放的  $\text{NO}_x$  执行《锅炉大气污染物排放标准》（DB 12/151-2020）其最高允许排放浓度为  $50\text{mg/m}^3$ ，则依标准核定排放量为：

排气筒 P5:

$\text{NO}_x$  核定排放量为  $2346.75 \times 2600 \times 50 \div 1000000000 = 0.305\text{t/a}$

排气筒 P6:

$\text{NO}_x$  核定排放量为  $5475.75 \times 900 \times 50 \div 1000000000 = 0.246\text{t/a}$

综上可知，4 根排气筒  $\text{NO}_x$  核定年排放量为  $97.856\text{t/a}$ 。

## （2）VOCs

质检区 1 排气筒 P4 和质检区 2 排气筒 P3 挥发性有机物（以 TRVOC 或 TVOC 计）执行《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2020），医药制造行业最高允许排放浓度为  $40\text{mg/m}^3$ ，则依标准核定排放量为：

排气筒 P4:

VOCs 核定排放量为  $6956 \times 260 \times 3 \times 40 \div 1000000000 = 0.22\text{t/a}$ （根据排放浓度核定）

VOCs 核定排放量为  $2.64 \times 260 \times 3 \div 1000 = 2.0592\text{t/a}$ （根据排放速率核定）

排气筒 P3:

VOCs 核定排放量为  $33846 \times 260 \times 3 \times 40 \div 1000000000 = 1.06\text{t/a}$ （根据排放浓度核定）

VOCs 核定排放量为  $2.64 \times 260 \times 3 \div 1000 = 2.0592\text{t/a}$ （根据排放速率核定）

VOCs 排放浓度核定与排放速率核定量相比取严，则本项目排气筒 P3 和 P4 的 VOCs 排放量分别为  $2.0592\text{t/a}$ ，总计  $4.1184\text{t/a}$ 。

综上，大气污染物排放量核算结果见下表。

表 3.5-2 大气污染物排放量统计 单位：t/a

| 类别       | 污染因子            | 产生量    | 削减量     | 预测排放总量  | 核定总量指标 |
|----------|-----------------|--------|---------|---------|--------|
| 有组织废气污染物 | NO <sub>x</sub> | 0.3827 | -       | 0.3827  | 97.856 |
|          | VOCs            | 0.4336 | 0.26016 | 0.17344 | 4.1184 |

## 3.5.2.2 废水

根据工程分析，本项目废水排水量为 2750.341m<sup>3</sup>/a（放射性废水量为 21.006m<sup>3</sup>/a，非放射性废水量为 2729.335m<sup>3</sup>/a），COD、氨氮预测排放浓度分别为 400mg/L、30mg/L。

## （1）预测排放量

预测水污染物排放量为：

COD 预测排放量为  $2750.341 \times 400 \div 1000000 = 1.1\text{t/a}$ ；

氨氮预测排放量为  $2750.341 \times 30 \div 1000000 = 0.083\text{t/a}$ 。

## （2）核定排放量

本项目外排废水 COD、氨氮执行《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）三级标准，排放限值为 COD 浓度限值 500mg/L、氨氮浓度限值 45mg/L，则本项目主要污染物总量指标分别为：

COD 核定排放量为  $2750.341 \times 500 \div 1000000 = 1.375\text{t/a}$ ；

氨氮核定排放量为  $2750.341 \times 45 \div 1000000 = 0.124\text{t/a}$ 。

## （3）排入外环境的量

本项目污水经市政管网最终排至武清开发区四期污水处理厂处理，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》（DB 12/599-2015）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）。则本项目主要污染物最终排入外环境排放总量分别为：

COD 排入外环境量为  $2750.341 \times 30 \div 1000000 = 0.083\text{t/a}$ ；

氨氮排入外环境量

$2750.341 \times (1.5 \times 7 + 3.0 \times 5) \div 12 \div 1000000 = 0.006\text{t/a}$ 。

表 3.5-3 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 | 产生量   | 削减量 | 预测排放量 | 核定排放量 | 排入外环境量 |
|------|---------------------------|------|-------|-----|-------|-------|--------|
| 水污染物 | 2750.341m <sup>3</sup> /a | COD  | 1.1   | 0   | 1.1   | 1.375 | 0.083  |
|      |                           | 氨氮   | 0.083 | 0   | 0.083 | 0.124 | 0.006  |

### 3.5.3 总量指标汇总

根据《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》（津生态环保委〔2025〕1 号），本项目新增 COD、氨氮、VOCs（以 TRVOC 计）排放总量指标实行倍量替代。

本项目涉及污染物排放总量情况详见下表。

表 3.5-4 污染物排放总量一览表 单位：t/a

| 项目 | 污染因子            | 预测排放量   | 核定排放量  | 区域平衡削减量 | 排入环境总量  |
|----|-----------------|---------|--------|---------|---------|
| 废气 | NO <sub>x</sub> | 0.3827  | 97.856 | 0       | 0.3827  |
|    | VOCs            | 0.17344 | 4.1184 | 0       | 0.17344 |
| 废水 | COD             | 1.1     | 1.375  | 0       | 0.083   |
|    | 氨氮              | 0.083   | 0.124  | 0       | 0.006   |

以上总量控制指标供主管部门参考。



## 第四章 辐射安全与防护

### 4.1 场所布局与屏蔽

#### 4.1.1 平面布局合理性分析

##### 4.1.1.1 厂区平面布局

本项目位于天津市武清区开发区泉雨路东侧。地块东西长 136.66m，南北宽 121.96m，建设用地面积 16666.7m<sup>2</sup>。本项目新建 7 栋建筑，分别为 A 楼（即综合楼）、B 楼（即服务楼）、C 楼（即生产车间）、D 楼（即动力车间）、E 楼（即甲类库）、F 楼（即丙类仓库）、G 门卫室，总建筑面积 21368.36m<sup>2</sup>。各建筑功能独立，其中生产车间位于厂区中部，放射性药物生产线布置于厂房内，综合楼位于厂区南侧西部、服务楼位于厂区南侧东部；门卫位于厂区西侧；丙类仓库位于厂区北侧西部、动力车间位于厂区北侧中部、甲类库位于厂区北侧东部，主体建筑的周边为环形道路，厂区平面布置见附图 3。

整个厂区分区明晰，各区域之间互不干扰，各建筑功能独立，辐射工作场所集中布置，与非辐射工作场所相对独立，从辐射防护的角度而言，该项目的平面布置是合理可行的。

##### 4.1.1.2 生产车间平面布局

生产厂房为局部地上四层钢筋混凝土框架结构（主体二层，局部四层），整体布局分为三个区域：生产区、库房区、生产辅助区。其中生产区布置于厂房中间区域，一层生产 1 区内建设 2 间加速器室（即加速器 1 室和加速器 2 室）、6 条生产线（即生产线 1~生产线 6）、1 个工艺实验室，并预留生产 2 区；二层建设质检区 1 和质检区 2，并预留部分区域。库房区位于生产车间西侧，位于一层；生产辅助区布置于厂房西侧和南侧，分为四层（一层、一层夹层、二层、二层夹层），为不涉及放射性操作的生产辅助用房（空调机房），其中一层、一层夹层总高度与生产区一层平齐，二层、二层夹层总高度与生产区二层平齐。

生产车间内部根据工作内容划分为 2 个独立的甲级非密封放射性物质工作场所，各场所有相对连续完整的工艺流程，有独立的辐射防护设施和门禁，可以划分出相对独立明确的监督区和控制区范围。

生产车间各楼层平面布局如下。

涉密不公开

图 4.1-1 生产车间一层平面布局图

涉密不公开

图 4.1-2 生产车间二层平面布局图

辐射工作场所内各个功能区功能明确，相对独立，互不干扰，生产区具有独立的防护设施和门禁，电离辐射对非辐射工作场所内工作人员影响较小；厂房布局较为紧凑，便于统一管理，尽量缩短放射性物料和放射性废物的流通过程，减少对工作人员的照射；同时各个场所根据不同的生产要求和用途可以划分为相对独立的功能单元，减小了厂房内人员的交叉流通；场所设有专门的原辅料库、放射性原料间、成品间、放射性废弃物库，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。本项目各生产场所共用公共走廊，人流物流相对独立，且建设单位将从管理措施上做到人流、物流错时分开，人流和物流不同时进行，避免交叉辐射污染，满足辐射防护要求，本项目人流、物流通道设置基本合理。人流物流路径详见 3.2.5 节。

综上所述，本项目各个辐射工作场所相对独立，有利于辐射防护和环境保护，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，有利于开展放射性药物生产，有利于减少对工作人员的照射。因此，从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布置是合理可行的。

#### 4.1.2 分区合理性分析

##### （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）和门禁装置限制进入。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（包括门锁门禁和联锁装置）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 控制区的出口设立辐射监测间或检测间（卫生通过间），按需要提供防护衣具、表面污染监测设备、洗消设施以及被污染防护衣具的贮存柜。

⑦ 本项目配备便携式辐射剂量监测仪和 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染测量仪，工作人员在离开控制区前，必须使用仪器检测体表表面污染情况，如果检测到有污染，采取清洁去污措施后，方可离开，避免对控制区以外场所造成污染。

本项目拟在控制区的出口设立辐射监测设备间进行表面污染检测。工作人员穿着洁净服在辐射监测间使用 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染测量仪检测后无污染方可离开，有污染的先使用一次性放射性污染去污盒进行擦拭去污后再次进行检测，检测达标后离开。

## 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

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中控制区、监督区定义及《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》（T/CIRA 5-2019）附录 A 中规定的场所分区要求，同时兼顾 GMP、消防及辐射防护的要求，建设单位将本项目非密封放射性物质工作场所按控制区、监督区进行划分，并分区进行管理。

控制区需要最优化的辐射屏蔽和冗余的安全联锁系统，入口设置明显的电离辐射警告标志，标志图形、颜色、字体等均按照 GB 18871-2002 规定要求设置，预防潜在照射及事故照射的发生。监督区只有经授权的放射性工作人员才能进入监督区进行操作，公众不允许进入。相应场所入口处设置“控制区”、“监督区”标识牌。

本项目工作场所控制区和监督区的划分见下表。

表 4.1-1 本项目工作场所控制区和监督区的划分

| 分区   |            | 控制区   | 监督区 |
|------|------------|-------|-----|
| 工作场所 | 生产车间<br>一层 | 涉密不公开 |     |
|      | 生产车间<br>二层 |       |     |
| 管理要求 |            |       |     |

## (3) 工作场所区域划分合理性分析

本项目 2 个甲级非密封放射性物质工作场所控制区、监督区划分明确、独立，涉及放射性操作、采取了专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，控制区出入口均有辐射监测区域（如检测去污间、缓冲间等），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）、《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》（T/CIRA 5-2019）中辐射防护分区管理和职业照射控制要求。具体分区图如下。

涉密不公开

图 4.1-3 生产车间一层控制区、监督区划分示意图

涉密不公开

图 4.1-4 生产车间二层控制区、监督区划分示意图



### 4.1.3 辐射屏蔽措施

#### 4.1.3.1 工作场所辐射防护

##### （1）加速器室实体屏蔽

本项目拟配备 2 台非自屏蔽回旋加速器，2 间加速器室均采用混凝土结构屏蔽，屏蔽材料及厚度见下表所示。

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

图 4.1-9 2 间加速器室核素传输管道路径图

④ 冷却水管道

涉密不公开

4.1.3.2 工艺设备防护

本项目工艺设备防护设计情况，见下表。

表 4.1-3 本项目工艺设备屏蔽防护

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

## 4.1.3.5 放射性废物收集措施

涉密不公开

## 4.1.3.6 个人防护用品

本项目拟配备个人防护用品，具体见下表。

表 4.1-7 个人防护用品

| 个人防护用品名称  | 防护设计                 | 数量   | 备注                                 |
|-----------|----------------------|------|------------------------------------|
| 铅衣、铅帽、铅围脖 | 柔软性铅背心防护效果达到 0.5mmPb | 10 套 | 微生物实验人员、即时质检人员使用                   |
| 铅防护眼镜     | 防护效果达到 0.5mmPb       |      |                                    |
| 一次性洁净服    | /                    | /    | 每次进入工作场所时穿戴，工作结束后出来时脱下丢弃，以防止皮肤表面沾污 |

## 4.1.3.7 辐射监测设备

本项目拟配备监测设备，定期开展辐射监测，具体清单如下表所示。

表 4.1-8 监测设备一览表

涉密不公开

## 4.2 辐射安全与防护措施

### 4.2.1 回旋加速器室安全措施

#### （1）加速器操作许可

2间加速器室的控制台，设置有用户密码，只有被专门授权许可的操作人员才能进行回旋加速器的开机操作。

#### （2）工作指示灯及警报

2间加速器室防护门外拟设置红黄绿三色工作指示灯和音响警告信号，用于提示机房内设备的运行状态。红灯亮表示加速器正在出束工作；黄灯亮表示机房屏蔽门处于关闭状态、设备处于待机状态；绿灯亮表示加速器已停机，可以控制机房屏蔽门开启或关闭，如有需要仅辐射工作人员可以进入，非辐射工作人员禁止入内。

#### （3）电离辐射警告标志

2间加速器室入口醒目位置设置电离辐射警告标志，用于提醒无关人员不要靠近和逗留。

#### （4）门机联锁

2间加速器室防护门与加速器的高压设置联锁，当防护门打开或者未关闭到位时，加速器无法开启高压出束；当加速器工作过程中误操作打开防护门时，加速器立即停止出束。

#### （5）紧急开门按钮

2间加速器室防护门外、内侧靠近防护门处设置1个内部紧急开门按钮，当发生紧急情况或误入人员被关在机房内则按下按钮，可实现防护门从内部打开，同时加速器停止出束。

#### （6）急停开关

2间加速器室进出口、加速器室内部、控制室操作台上设置急停开关，并设有标签和使用说明，若人员误入或滞留在机房内时就可以按下开关，实现加速器停止出束，防止误照射，急停按钮按下后需要手动复位。建设单位根据实际需求，在加速器室内部人员易到达地点适当增加急停开关数量。

#### （7）巡检按钮

2间加速器室门平时为常闭状态，仅在维修状态下开启，在加速器室内墙体四侧设置巡检按钮，当防护门开启后，进入前先使用监测仪器进行巡测，确认机房内放射性水平处于本底后，工作人员进入加速器室内并需要在规定时间内依次按下巡检按钮，以确认加速器室内无人。在所有巡检按钮未全部被按下前，防护门无法再次关闭。巡检完成并关闭防护门后，工作人员在控制室查看监控，再次确认加速器室内无人后，才可关闭防护门并按照操作规程正常开机出束。

#### （8）固定式 $\gamma$ 及中子辐射剂量监测及联锁

加速器室内、外设置固定式 $\gamma$ 剂量以及中子剂量监测探头，在线监测加速器室内外剂量率水平，控制室控制台上和加速器室防护门口处有剂量率实时显示装置，并与加速器室防护门联锁。当探测到加速器室内剂量率超过阈值（设置为 $25\mu\text{Sv/h}$ ）时，监测仪发出警报，提醒工作人员加速器处于出束工作状态，防护门锁死不能从外部主动打开，确保员工及周围环境的安全。内部紧急开门按钮可正常运行，确保紧急情况下内部人员逃生。

#### （9）视频监控及通讯

加速器室内拟安装视频监控及通讯设施，监视器设置于控制室内，工作人员可及时掌握加速器室内部情况。

### （10）通风换气

2间加速器室设置独立的排风系统并设过滤装置，加速器室废气通过房间内排风系统经独立管道引至屋顶排放，排气口高于生产车间建筑屋顶。排风系统设置联锁装置，若排风系统故障或未正常运行，无法启动加速器进行出束。

### （11）合成热室门联锁

本项目回旋加速器生产的核素通过地沟由惰性气体直接吹送至各生产车间热室前区（其中固体靶核素需先至固体靶处理热室进行纯化），当对应合成热室门为关闭状态时，触摸显示屏显示热室门已关闭，此时 PLC 控制模块发出信号，允许加速器向热室转移核素；合成热室门为打开时，触摸显示屏显示热室门未关闭状态，此时 PLC 控制模块发出信号，禁止加速器向热室转移核素。

### （12）放射性废弃物存放

在每间加速器室配置 2 个铅垃圾桶，用于收集回旋加速器产生的废靶、靶膜、离子源等高活性固废。

### （13）安全联锁

加速器设置密钥联锁、门机联锁、巡检联锁、剂量监测联锁、排风系统联锁、传靶联锁，各联锁功能如下表所示。

表 4.2-1 安全联锁一览表

| 联锁      | 功能                                                                                                                            |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 密钥联锁    | 加速器运行出束前，工作人员需关闭防护门，操作并打开密钥联锁后，按下复位确认装置，PLC 控制模块收到满足条件联锁信号后，输出加速器允许供束信号，触摸显示屏显示允许供束。当遇到紧急情况时，工作人员按下紧急停机装置，加速器立刻停止供束。          |
| 门机联锁    | 加速器室防护门与加速器的高压设置联锁，当防护门未关闭到位时，加速器无法开启高压出束；当加速器工作过程中误操作打开防护门时，加速器立即停止出束。                                                       |
| 巡检联锁    | 加速器室门平时为常闭状态，仅在维修状态下开启，防护门开启后工作人员需要在规定时间内依次按下全部巡检按钮，确认加速器室内无人后，才可关闭防护门并按照操作规程正常开机出束。                                          |
| 剂量监测联锁  | 当检测到加速器室内剂量率超过阈值（设置为 $25\mu\text{Sv/h}$ ）时，监测仪发出警报，提醒工作人员加速器处于出束工作状态，防护门锁死不能从外部主动打开，确保员工及周围环境的安全。内部紧急开门按钮可正常运行，确保紧急情况下内部人员逃生。 |
| 排风系统联锁  | 排风系统设置联锁装置，若排风系统故障或未正常运行，无法启动加速器进行出束。                                                                                         |
| 合成热室门联锁 | 本项目回旋加速器生产的液体核素以及固体靶通过地沟由惰性气体直接吹送至各生产车间热室前区，当对应合成热室门为关闭状态时，触摸显示屏显示热室门已关闭，此时 PLC 控制模块发出信号，允许加速器向热室转移核素；                        |

|  |                                                       |
|--|-------------------------------------------------------|
|  | 合成热室门为打开时，触摸显示屏显示热室门未关闭状态，此时PLC控制模块发出信号，禁止加速器向热室转移核素。 |
|--|-------------------------------------------------------|

辐射安全联锁逻辑见下图。



图 4.2-1 回旋加速器辐射安全联锁逻辑图



图 4.2-2 2 间加速器室安全设施示意图（两台加速器对称布置完全相同）

2 间加速器室设计和安装上述安全联锁和安全警告装置，符合《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB 5172-2025）中对安全联锁设计应满足多重性、冗余性的要求。

#### 4.2.2 非密封放射性物质工作场所安全措施

为保证辐射安全，本项目非密封放射性物质工作场所拟采取完善的辐射安全与防护措施。

##### （1）辐射安全与防护措施

###### ① 视频监控

视频监控系统可提供直观的图像信息，对突发性事件进行监视，对难以接近或不宜接近区域情况进行监视，对工作场所出入口、边界进行监控，可有效防止非法人员进入，保障辐射安全。

系统主机设置在车间办公室内，分机（监控探头）设置在各生产场所、放射性废弃物库、放射性原料间、成品间等控制区，可及时掌握辐射工作场所安全操作情况。

###### ② 门禁系统

在生产场所出入口设置磁卡门禁系统，防止非授权人员进入，并对进入放射性药物生产区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。

###### ③ 电离辐射警告标志

控制区人员出入口、热室等核素操作设施表面、放射性物品（含放射性废物）容器表面设置电离辐射警告标志。

###### ④ 剂量监测报警

在生产场所配备 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（2.5 $\mu$ Sv/h）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。

###### ⑤ 双人双锁

放射性原料间、成品间、放射性废物间、放射性有机废液暂存间入口门设置双人双锁，钥匙由专人保管，避免人员误入引起意外照射或放射性物质丢失、被盗。

###### ⑥ 表面污染控制

放射性药物操作场所拟设置易清洗、不易渗透的墙面、地面、设施等，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。放射性药物生产区工作场所设计使用感应式水龙头。

⑦ 通风换气

各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，兼顾 GMP 洁净分区要求下，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以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。操作放射性药物所用的热室、通风橱设有专用的排风装置，排风口处风速不小于 1m/s。排风口（18m 高）高于本建筑物屋顶并安装高效过滤器和活性炭吸附装置。

⑧ 按生态环境主管部门规定设置放射性废水衰变池，放射性废水管道采用耐腐蚀加厚 PVC 管。

⑨ 配备足够屏蔽的储存、转运等容器（防护柜或铅罐），容器表面设置电离辐射标志。

⑩ 分类管理

参照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）核算，本项目涉及的辐射工作场所为 I 类场所，各场所按 GBZ 120 要求进行相应防护，具体如下：各操作放射性物质的场所采用屏蔽热室或通风橱进行屏蔽；地面与墙体接缝无缝隙；工作台面、地面易清洗；辐射工作场所设置特殊的强制通风；下水管道宜短，采用耐腐蚀加厚 PVC 管；设置手部非接触开关控制的洗手盆和去污设备。

（2）操作中的放射防护

① 个人防护用品：为工作人员配备防护用品，包括铅橡胶衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、放射性污染防护服等，配备数量满足开展工作需要。

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、胶带、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：如铅玻璃屏、移液器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、屏蔽运输容器、铅垃圾桶、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 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。

⑦ 放射性物质的贮存容器均带有屏蔽。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。定期对辐射工作场所进行放射防护监测，禁止无关人员进入。

⑧ 配备铅罐供贮存和运输放射性物质时使用，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。

⑨ 建立台帐，及时登记生产销售的放射性药物，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。

⑩ 当发生放射性物质溢出、散漏事故时，根据放射事故处置应急预案，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。

### （3）放射性固体废物暂存

正常情况下放射性废物暂存主要为放射性固体废物，包括废靶、废发生器、各核素操作过程中产生的固废、放射性有机废液等。在生产车间内设置专门的放射性废物间和放射性有机废液暂存间，门外设电离辐射警示标志，双人双锁，划为控制区管理，无关人员不得进入。铅废物桶均贴上电离辐射标志，设置铅盖。采取分格设置，以满足不同类型及日期放射性废物的分类存放。加速器机房配置两个铅废物桶，用于收集回旋加速器产生的废靶、靶膜等高活性固废退役的外购发生器带原包装暂存于放射性废物库，由原供货商回收或拆解处理。放射性有机废液使用耐腐屏蔽容器岗位收集，定期转运至放射性有机废液暂存间内专用贮罐暂存。

本项目在放射性废物间、放射性有机废液暂存间安装通风换气装置，通风换气装置设有单独的排风管道。放射性废物间入口处应设置电离辐射警告标志，室内放置灭火器，并采取专用门禁专人看管以及实体屏蔽措施，可有效地防火、防丢失、防射线泄漏等措施。

放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过  $0.1\text{mSv/h}$ ，表面污染控制水平应为  $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。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。

#### （4）工作区域气流组织情况

本项目放射性药物生产场所的各工作场所设有通风系统，兼顾 GMP 洁净分区要求下，合理设计压差，其余合成热室、通风橱相对放射性药物生产场所为负压，确保气流流向遵循自低污染区向高污染区、自清洁区向非清洁区的方向设计，保持工作场所的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。此外，本项目每个生产单元均设有独立的送回风系统，该系统可控制各生产单元的送风口的风量大小，起到使各生产单元所在的区域与相邻区域产生一定的压差的能力，最终实现各生产单元独立的车间气流流向，防止交叉污染。

#### （5）放射性废水收集、排放情况

① 在厂区内设置 1 套埋地式衰变池，用于收集放射性废水。衰变池体坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑，并且具有可靠的防泄漏措施。衰变池的容积已充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要，容量可贮存至满足排放要求。

② 埋地式衰变池内含 3 套放射性衰变系统（衰变系统 1、衰变系统 2、衰变系统 3），衰变系统 1 含 2 个衰变罐、衰变系统 2 含 4 个衰变罐、衰变系统 3 含 6 个衰变池。在衰变罐/衰变池上方预设取样口，衰变罐/衰变池设有防止废液溢出的措施。

③ 标记研发质检后的残留液和生产线热室管路清洗废液收集在专用容器（铅垃圾罐）中。铅垃圾罐表面张贴电离辐射标志。

④ 退出检测间上水配备有洗消处理设备（包括洗消液）。去污间的盥洗水盆、清洗池等选用自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部采用向上冲淋的流动水。

⑤ 放射性废水通过专用下水道通往埋地式衰变池，放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接合理设计，尽量避免放射性废液集聚，便于检测和维修。

⑥ 放射性废水在衰变池中按相关要求暂存衰变后，经检测达标（总  $\alpha$  不大于 1Bq/L、总  $\beta$  不大于 10Bq/L）并经审管部门认可后排至市政污水管网，最终

接入武清开发区四期污水处理厂处理。

#### 4.2.3 放射性药物销售、包装、运输

（1）建立放射性同位素生产、销售、使用台账，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）放射性药物的包装，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）货包外辐射水平限制与表面污染限值：货包任何表面不得超过  $2\text{mSv/h}$ ，距货包外表面 1 米处不得超过  $0.1\text{mSv/h}$ ；对于  $\beta$ 、 $\gamma$  和低毒性  $\alpha$  发射体不得超过  $4\text{Bq/cm}^2$ ，对于所有的其他  $\alpha$  发射体  $0.4\text{Bq/cm}^2$ 。监测结果不符合国家放射性物品运输标准的，不得托运。

（4）在销售过程中，应按辐射安全许可证规定的种类和范围从事销售活动，并按销售台账记录表格进行记录，记载非密封放射性物质的时间、名称、活度、类别、购销数量、采购商名称、采购商的《辐射安全许可证》编号、记录人、记录时间、审核人、审核日期等事项，接受生态环境部门的检查。本项目委托专业运输公司负责将放射性药品运输至客户单位，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

##### 4.3.1.1 放射性废气

###### （1）设计原则

为减少放射性气载废物对环境造成影响，本项目辐射工作场所设计安装独立的通风系统，主要由送风系统、回风（排风）系统及空调机组组成。通风系统采取直流或混合工作模式，以保持工作场所通风、净化、加热、冷却、湿度等要求。各竖向通风管道均设置在通风竖井中，各水平通风管道敷设在吊顶夹层内，无吊顶区域明装。

排风系统分为工作箱体局排和房间全排。手套箱、通风橱、隔离器内废气经设备顶部自带过滤装置处理后与房间整体排风合并汇入屋顶高效过滤器和活性炭吸附装置处理后高于屋面排放。各房间送、排风口均设置止回阀，确保废

气不会由排风管道倒灌排入房间。放射性废气经高效过滤器和活性炭吸附后，对项目周围环境辐射影响很小。

本项目使用的高效过滤器 H14 滤料为超细玻璃纤维，吸附过滤空气中的放射性气溶胶，滤料为玻璃纤维纸，高效过滤器主要用于捕集  $0.5\mu\text{m}$  以下的颗粒灰尘及各种悬浮物，过滤效率可达 99%。袋进袋出高效过滤器与排风系统尾端紧密连接，防止污染物外泄，过滤器的安装更换均在保护袋中进行，过滤单元不与外界空气接触，从而保证安装更换人员的安全并防止环境污染。出现以下状况需要马上更换过滤器，并将更换时间及相关信息记录台账：

出现以下状况需要马上更换过滤器，并将更换时间及相关信息记录台账：

① 通过 PLC 控制器发现过滤器气流速度减低，采取措施后仍然无法提高气流速度；

② 通过 PLC 控制器发现过滤器阻力到达初阻力 2 倍以上；

③ 过滤器出现无法修补泄漏，风机打开时风量达不到正常水平；

④ 至少每两年进行定期更换。

本项目工作人员至少每月开展一次放射性废气排口高效过滤器定期检查，检查 PLC 控制器以及现场排风情况，如遇到流速较低或可能影响废气处理效率的情况，及时联系厂家维修，并填写《放射性废气排放口过滤器定期检查及更换记录表》。

本项目工作人员至少每月开展一次放射性废气排口高效过滤器定期检查，检查 PLC 控制器以及现场排风情况，如遇到流速较低或可能影响废气处理效率的情况，及时联系厂家维修，并填写《放射性废气排放口过滤器定期检查及更换记录表》。

本项目房间内气压设计：非放射性区域气压 > 监督区气压 > 控制区气压，使气体由低污染区流向高污染区，防止高污染区可能逃逸的放射性废气扩散出来。同时设计兼顾 GMP 洁净分区要求，药物生产洁净区与非洁净区之间、不同等级洁净区之间的压差应不低于  $10\text{Pa}$ ，相同洁净度等级不同功能的操作间之间应保持适当的压差梯度，以防止交叉污染。本项目每个生产单元均设有独立的送风系统，该系统通过自动控制各生产单元的送风口的风量大小，使各生产单元所在的区域与相邻区域产生一定的压差，最终实现各生产单元独立的车间气流流向，防止交叉污染。

排风机组布设在楼顶管道末端，运行时不断将室内空气抽出，排风管道内压力相对于连通的房间、热室或通风橱为负压，可确保废气不会倒流入房间、热室或通风橱；各房间送、排风口均设置止回阀，确保废气不会由排风管道倒灌排入房间。

## （2）排气系统

生产车间放射性废气排气系统设置情况见下表。

表 4.3-1 本项目放射性废气排气系统一览表

涉密不公开

气经设备顶部自带活性炭过滤装置处理与房间整体排风合并汇入屋顶高效过滤器和活性炭吸附处理后通过排气筒高于屋面排放。

综上所述，本项目各场所的排风系统满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ 380-1989）中工作场所通风要求，可保证放射性废气得到合理处置。

排风系统平面布置及气流走向见下图。

涉密不公开

图 4.3-1 生产车间一层排风系统平面布置图

涉密不公开

图 4.3-2 生产车间二层排风系统平面布置图

涉密不公开

图 4.3-3 生产车间屋顶排风设备、排气筒布置平面图



#### 4.3.1.2 非放射性废气

##### （1）臭氧和氮氧化物

回旋加速器运行过程中，射线与空气作用产生少量  $O_3$  和  $NO_x$ 。参考《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）2 间加速器室通风换气次数应达到每小时 4 次，本项目 2 间加速器室排风量均为  $2800m^3/h$ ，加速器 1 室内部体积约  $138.2m^3$ ，加速器 2 室内部体积约  $258.2m^3$ ，可确保每小时有效换气次数大于 10 次。

本项目加速器 1 室和加速器 2 室安装过滤排风系统，废气经高效过滤器和吸附活性炭处理后，分别由 1 根 18m 高排气筒 P2、P3 排放。

##### （2）质检废气

生产车间二层质检区 1 和质检区 2 理化质检过程使用硫酸、盐酸等无机试剂可产生硫酸雾、氯化氢等无机废气，质检区 1 和质检区 2 液相、气相、试剂室使用甲醇、乙醇、乙腈、异丙醇、三氟乙酸等有机试剂可产生挥发性有机废气。质检区 1 区域废气经高效过滤器处理后通过排气筒 P4（排气筒高度 18m）；质检区 2 理化质检区域废气经高效过滤器处理后通过排气筒 P3 排放（排气筒高度 18m）。

在处理有机废气的方法中，吸附法应用极为广泛，与其它方法相比具有去除效率高，净化彻底，能耗低，工艺成熟，易于推广实用的优点，具有很好的环境和经济效益。吸附法主要用于低浓度高风量有机废气净化，本项目使用的高效过滤器 H14 滤料为超细玻璃纤维，具有密集的细孔结构，内表面积大，吸附性能好，化学性质稳定，耐酸碱、耐水、耐高温高压，不易破碎，对空气阻力小。建设单位在质检等实验开始前和结束后均应先开启通风橱，确保通风橱对废气的有效收集；运行过程中建设单位应加强有机废气治理装置的维护管理，对排气中污染物定期监测，及时更换废气处理装置，确保废气处理装置处于正常运行状态。参考《排污许可证申请与核发技术规范 制药工业—化学药品制剂制造》（HJ 1063-2019），采用吸附法处理质检废气产生的挥发性有机物为可行性工艺。

##### （3）锅炉废气

动力车间设置 3 台蒸汽发生器和 3 台常压热水锅炉。燃气燃烧排放的颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳、烟气黑度经低氮燃烧和布袋除尘后通过

排气筒 P5、P6 排放（高度为 21m）。

#### （4）食堂油烟

食堂安装油烟净化器，净化效率达到 85%以上，油烟经净化处理后由 1 根 18m 高排气筒 P8 外排。

综上所述，本项目废气治理措施满足相关标准、规定要求，废气排放浓度较低，废气排放口设置合理，预计不会对周围环境造成明显影响。

### 4.3.2 废水处理措施

#### 4.3.2.1 放射性废水

##### 4.3.2.1.1 收集系统

系统收集口（地漏、洗手池）主要分布于各生产场所去污检测间、涉及核素操作器具清洁的房间等区域，用于收集各区域产生的放射性废水，收集系统管道布置于各层地下，各收集口支管收集的放射性废水经主管道汇集最终排入衰变系统。

放射性排水管道在地面下方敷设，采用耐腐蚀加厚 PVC 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。

本项目生产车间放射性排水管道路径图见下图。

涉密不公开

图 4.3-4 生产车间一层放射性排水管道路径图

涉密不公开

图 4.3-5 生产车间二层放射性排水管道路径图

#### 4.3.2.1.2 衰变系统

本项目于厂区内东北侧地下设置 1 座埋地式衰变池，内含 3 套放射性衰变系统（衰变系统 1、衰变系统 2、衰变系统 3），用于放射性废水的暂存衰变。埋地式衰变池采用混凝土浇筑，四侧墙体为 350mm 混凝土、顶部为 300mm 混凝土、底部为 500mm 混凝土，总占地面积为 160m<sup>2</sup>，衰变池地埋式密封处理，上方覆土 600mm，衰变池并采取防渗、防腐、防水淹措施。

3 套衰变系统内的衰变罐和衰变池内均设液位计，上盖不锈钢及铸铁井盖屏蔽。每个衰变罐和衰变池底均设置有潜污泵，将废水泵出。埋地式衰变池设计如下图所示。



图 4.3-6 衰变池结构设计平面图

涉密不公开

图 4.3-7 衰变池结构设计剖面图

（1）衰变系统 1

衰变系统 1 用于收集加速器事故废水衰变系统，衰变系统 1 包含 2 个并联槽式衰变罐（1#衰变罐、2#衰变罐），单个衰变池有效容积均为  $1\text{m}^3$ ，总计  $2\text{m}^3$ ，相互独立，功能相同，轮换使用，每个罐的有效水深不超过 1m。

（2）衰变系统 2

衰变系统 2 用于收集生产线 2~生产线 5 产生的人员应急清洗废水。衰变系统 2 包含 4 个并联槽式衰变罐（1#衰变罐、2#衰变罐），单个衰变池有效容积均为  $1\text{m}^3$ ，总计  $4\text{m}^3$ ，相互独立，功能相同，轮换使用，每个罐的有效水深不超过 1m。

（3）衰变系统 3

衰变系统 3 用于收集生产线 1、生产线 6、工艺实验室、质检区 2 的工器具清洗废水、铅罐清洗废水、阳性灭菌废水、清洗间废水、场所人员应急去污废水。衰变系统 3 包含 6 个并联槽式衰变池（1#衰变池~6#衰变池），单个衰变池有效容积均为  $9\text{m}^3$ ，总计  $54\text{m}^3$ ，相互独立，功能相同，轮换使用，每个池的有效水深不超过 1.4m。

4.3.2.1.3 处理措施

（1）衰变系统 1

衰变系统 1 的 1#衰变罐、2#衰变罐各自轮换使用。本项目废水排放量为  $0.72\text{m}^3/\text{a}$ ，单个衰变罐容积  $1\text{m}^3$ ，可存储 1.38 年的放射性废水量。加速器内循环冷却水事故废水排入衰变罐中暂存衰变，监测达标（总  $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总  $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）

并经审管部门认可后，经厂区总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区四期污水处理厂进一步集中处理；如监测不达标，则委托有资质的单位处置。

### （2）衰变系统 2

衰变系统 2 的 1#衰变罐、2#衰变罐为一组，3#衰变罐、4#衰变罐为一组，两组轮换使用。本项目废水排放量为  $1.728\text{m}^3/\text{a}$ （日最大排放量为  $0.007\text{m}^3/\text{d}$ ），单个衰变罐容积  $1\text{m}^3$ ，单个衰变罐可存储 142.8d 的放射性废水，一组可存 285.6d 的放射性废水。放射性废水在衰变罐中暂存衰变 30 天后直接解控，经厂区总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区四期污水处理厂进一步集中处理。

### （3）衰变系统 3

衰变系统 3 的 1#衰变池~3#衰变池为一组，4#衰变池~6#衰变池为一组，两组轮换使用。本项目废水排放量为  $19.278\text{m}^3/\text{a}$ （日最大排放量为  $0.07\text{m}^3/\text{d}$ ），单个衰变池容积  $9\text{m}^3$ ，单个衰变池可存储 121.6d 的放射性废水，一组可存 364.8d 的放射性废水。放射性废水的衰变罐中暂存衰变，暂存超过 187 天后（暂存时间超过排入废水中所含核素 10 倍最长半衰期），监测达标（总  $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总  $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）并经审管部门认可后经厂区总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区四期污水处理厂进一步集中处理。

综上可知，衰变系统符合《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）中放射性废水处置要求。放射性废水在排放前进行检测，检测报告及排放记录应妥善保管，每年报生态环境主管部门备案。

#### 4.3.2.2 非放射性废水

本项目非放射性废水排水主要为生活污水、辐射工作人员洁净服清洗废水、高压蒸汽灭菌冷凝水、质检器皿清洗废水、纯水浓排水。经厂区总排口排入市政污水管网，最终接入武清开发区四期污水处理厂进一步集中处理。

#### 4.3.2.3 地下水污染防治措施

##### （1）地下水污染防治措施的原则

地下水污染防治措施坚持“源头控制、分区防控、污染监控、应急响应”的原则，即采取主动控制和被动控制相结合的措施。

① 主动控制措施即从源头控制，主要包括在工艺、管道、设备、污水储存及处理构筑物采取相应措施，防止和降低污染物跑、冒、滴、漏，将污染物泄

漏的环境风险事故降到最低程度。

② 被动控制即末端控制措施，主要包括厂内污染区地面的防渗措施和泄漏、渗漏污染物收集措施，即在污染区地面进行防渗处理，防止洒落的污染物渗入地下，并把滞留在地面的污染物收集起来。

③ 应急响应措施，包括一旦发现地下水污染事故，立即启动应急预案、采取应急措施控制地下水污染，并使污染得到治理。

## （2）本项目采取的地下水污染防治措施

为了最大限度降低生产过程中有毒有害及放射性物料的跑冒滴漏，防止地下水污染，项目在生产工艺、设备、建筑结构、总图等方面均在设计中考虑了相应的控制措施，具体措施如下：

① 积极推行实施清洁生产，实现各类废物循环利用，减少污染物的排放量。

② 根据国家现行相关规范加强环境管理，采取防止和降低污染物跑、冒、滴、漏的措施。正常运营过程中应加强巡检及时处理污染物跑、冒、滴、漏，同时应加强对防渗工程的检查，若发现防渗密封材料老化或损坏，应及时维修更换。

③ 对管道、设备及处理构筑物采取控制措施，放射性废水衰变池材质能防腐蚀，不易破裂，能有效防止污染物的跑、冒、滴、漏，将污染物泄漏的事故降到最低限度。

④ 坚持“可视化”原则，在满足工程和防渗层结构标准要求的前提下，尽量在地表面实施防渗措施，便于泄漏物质的收集和及时发现破损的防渗层。根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020），产业化基地地面与墙壁接缝应无缝隙，工作表面应易清洗。

⑤ 分区防治：生产装置区域内易产生泄漏的场所尽可能按照其使用物料的物理性分类集中布置。严格划分污染区和非污染区，其中污染区分为重点防渗区、一般防渗区和简单防渗区。

本项目生产车间地面均为混凝土浇筑地面，地面硬化情况较好。同时，本项目不涉及重金属和持久性有机污染物原料的使用，根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）及厂区设计地面结构形式，本项目厂区污染防治分区情况及防渗措施一览表见下表：



表 4.3-2 项目厂区污染防治分区情况

| 区域名称 |                | 主要介质          | 污染控制<br>难易程度 | 分区类别  | 地面防渗                            |
|------|----------------|---------------|--------------|-------|---------------------------------|
| 主体工程 | 生产车间           | 放射性核素、放射性废水等  | 易            | 一般防渗区 | 控制区采用水泥地面 PVC 涂层，淋浴间、卫生间采用防水地砖。 |
| 储运工程 | 原辅料暂存间、甲类库、丙类库 | 乙腈、盐酸溶液等      | 难            | 重点防渗区 | 水泥地面 PVC 涂层                     |
|      | 放射性原料间         | 成品核素原料        |              |       |                                 |
| 环保工程 | 放射性废物间         | 放射性废液、放射性固体废物 | 难            | 重点防渗区 | 水泥地面 PVC 涂层                     |
|      | 危废间            | 危险废物          |              |       |                                 |
|      | 衰变池            | 放射性废水         | 难            | 重点防渗区 | 钢筋混凝土，内涂防渗涂层                    |

## (3) 地下水污染防治区防渗设计要求

本次环评提出厂区地下水污染防治区防渗设计要求见下表。

表 4.3-3 地下水污染防治区防渗设计建议

| 序号 | 车间名称                                 | 分区类别  | 防渗要求                                                                |
|----|--------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------|
| 1  | 生产车间                                 | 一般防渗区 | 等效黏土防渗层 $\geq 1.5\text{m}$ ，渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-7}\text{cm/s}$ |
| 2  | 原辅料暂存间、甲类库、丙类库、放射性原料间、放射性废物间、危废间、衰变池 | 重点防渗区 | 等效黏土防渗层 $\geq 6\text{m}$ ，渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-7}\text{cm/s}$   |

## 4.3.3 固体废物处理措施

## 4.3.3.1 放射性固体废物

本项目在生产车间一层设置 1 个放射性废物间、1 个放射性有机废液暂存间，二层设置 1 个放射性废物间。放射性废物间顶部、地面均为混凝土结构。放射性废物间、放射性有机废液暂存间设置通风换气装置，并有独立的排放管道。入口处设置电离辐射警告标志，设有防火、防丢失、防射线泄漏的措施。

放射性废物间内部按照半衰期的长短进行划分贮存。此外，本项目各辐射工作场所均设置有铅垃圾桶，用于收集放射性固体废物。铅垃圾桶均应贴上电离辐射警告标志，放置位置避开工作人员作业和经常走动的地方。铅垃圾桶内放置若干专用垃圾袋直接收纳废物，按核素种类和半衰期长短进行分类收集、分类处理，工作结束后将垃圾袋密封并在表面贴上标签（注明核素种类、存放日期等信息）。对于移液器和破碎器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装

入锐器盒中，再转入放射性废弃物间暂存。

本项目各场所放射性废物产生及处理措施一览表如下表所示。

表 4.3-4 本项目放射性废物处理措施一览表

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

#### 4.3.3.2 非放射性固体废物

本项目产生的非放射性固体废物包括一般工业固体废物、生活垃圾及危险废物。

##### （1）一般工业固体废物、生活垃圾

打包及拆包产生的废包装材料为一般工业固体废物，外售给物资回收部门处理。工作人员产生的少量生活垃圾委托有关单位定期清理。

##### （2）危险废物

本项目产生的危险废物包括废试剂、废试剂瓶、质检及研发废液、实验室沾染试剂废物、废培养基、废原料药品、废留样样品、废活性炭及废过滤器、放射性废物衰变解控后的废物，暂存于危废间，委托有资质的单位处理。

#### 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，建设单位将为放射性核素使用场所的退役设立专项资金，专款专用，由财务总监管理。

（2）计划退役的回旋加速器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续，建设单位应清除所有电离辐射警告标志和安全告知，对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

（3）本项目生产场所设置为独立场所，且对于易挥发和易洒漏的放射性物质均局限在较小的操作台、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。

（4）生产场所地面铺设均采用易拆性、易去污的环氧自流平地，且墙角作圆角处理，防止洒漏放射性物质扩散到土壤中。

（5）项目设置专用放射性废物暂存场所和衰变池，对放射性废物进行集中回收处理，并采用先进工艺，尽可能减少“三废”的产生量、处理量、排放量和存留量。

#### 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工作。退役前，公司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置；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：对从事放射性操作的房间采取的屏蔽防护措施、配备的剂量率监测仪器设备以及个人防护用品等，辐射防护与环保投资总计约 4306 万元，约占总投资的 28.7%，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<br>(万元) |
|----|----------------|-------|----|---------------|
| 1  | 辐射<br>监测<br>仪器 | 涉密不公开 |    |               |
| 2  |                |       |    |               |
| 3  |                |       |    |               |
| 4  |                |       |    |               |
| 5  |                |       |    |               |
| 6  |                |       |    |               |
| 7  |                |       |    |               |
| 8  |                |       |    |               |
| 9  |                |       |    |               |
| 10 |                |       |    |               |
| 11 | 辐射<br>屏蔽       |       |    |               |
| 12 |                |       |    |               |
| 13 |                |       |    |               |
| 14 |                |       |    |               |
| 15 |                |       |    |               |
| 16 |                |       |    |               |
| 17 |                |       |    |               |
| 18 |                |       |    |               |
| 19 | 产品屏蔽           |       |    |               |
| 20 | 包装             |       |    |               |
| 21 | 个人防护<br>用品     |       |    |               |
| 22 |                |       |    |               |
| 23 | 固体废物<br>暂存     |       |    |               |
| 24 |                |       |    |               |
| 25 |                |       |    |               |
| 26 | 废气处理<br>设施     |       |    |               |
| 27 | 废水处理<br>设施     |       |    |               |
|    |                |       |    |               |

第五章 环境影响分析

5.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要为土建施工、装修及设备安装。施工过程产生扬尘、噪声、废水、固体废弃物，此外还对生态环境产生一定影响。

5.1.1 施工扬尘

本项目施工阶段扬尘主要来源于：基础开挖、土方平整及现场临时堆放，建筑材料（灰、砂、水泥、砖等）的搬运及堆放、施工垃圾的清理及堆放，车辆及施工机械往来造成的道路扬尘以及土方车辆可能存在的遗洒造成的扬尘等。

施工扬尘的浓度与施工现场条件、施工管理水平、施工机械化程度及施工季节、建设地区土质及天气等诸多因素有关，本评价选取同类型施工场地作为类比对象，对施工过程可能产生的扬尘情况进行分析，该工地的扬尘监测结果见下表。

表 5.1-1 施工扬尘监测结果

| 监测地点           | 总悬浮颗粒物            | 标准浓度限值            | 气象条件                                                            |
|----------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                | mg/m <sup>3</sup> | mg/m <sup>3</sup> |                                                                 |
| 未施工区域          | 0.268             | 0.30              | 气温：15℃<br>大气压：769mmHg<br>风向：西南风<br>天气：晴<br>风力：二级（风速 1.6-3.3m/s） |
| 施工区域           | 0.481             |                   |                                                                 |
| 施工区域下风向 30m    | 0.395             |                   |                                                                 |
| 施工区域下风向 50m    | 0.301             |                   |                                                                 |
| 施工区域工地下风向 100m | 0.290             |                   |                                                                 |
| 施工区域工地下风向 150m | 0.217             |                   |                                                                 |

施工扬尘浓度随距离变化曲线见下图。

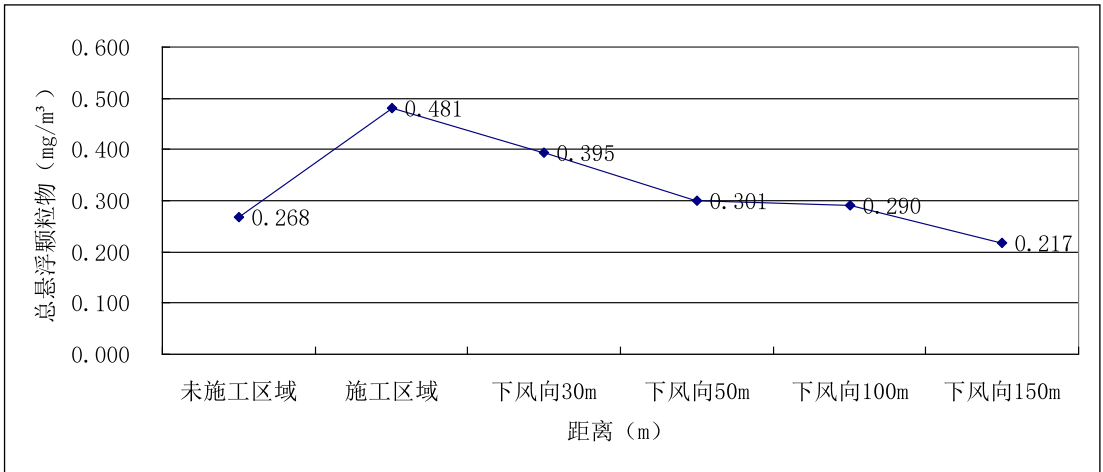


图 5.1-1 施工扬尘浓度随距离变化曲线图

由监测结果可见，施工工地内部总悬浮颗粒物 TSP 可达 481μg/m<sup>3</sup>，远超过

日均值  $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，同时本项工程施工期将会使施工区域近距离范围内 TSP 浓度显著增加，距施工场界 50m 范围之内区域的 TSP 浓度均超过《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）二级标准。随着距离的增加，TSP 浓度逐渐减少，距离达到 100~150m 时，TSP 浓度已十分接近上风向的浓度值。

施工过程中，根据《天津市建设工程施工现场防治扬尘管理暂行办法（建筑[2004]149 号）》、《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）、《建设工程施工扬尘控制管理标准》、《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）等一系列相关标准要求，建筑工地必须做到加强施工工程“六个百分之百”控尘措施监管，即实现“工地周边 100%设置围挡、散体物料堆放 100%苫盖、出入车辆 100%冲洗、建筑施工现场地面 100%硬化、拆迁等土方施工工地 100%湿法作业、渣土车辆 100%密闭运输”。

施工机械在铲、卸、运土石方等环节设专人洒水降尘，运输车辆、挖掘机械等驶出工地前必须清除泥土作防尘处理，严禁将泥土、尘土带出工地，砂石等建筑材料应设置专用池槽进行堆放，控制进料数量，并尽量做到随到随用，避免大量囤积，施工道路进行硬化并尽量增大施工现场内裸露路面的硬化面积，通过有效的控制施工过程中的扬尘，减少对大气环境的影响。

本项目占地面积大于  $5000\text{m}^2$ ，施工工地须安装视频监控或扬尘监测设施，并与属地有关部门有效联网。持续加强渣土运输车辆管控和堆场扬尘、裸地管控，在运输过程中，车辆不得超量装载，装载高度应控制在车辆槽帮上缘以下，并用布进行覆盖，防止飞扬、逸散，清理、打扫作业场地时，应洒水润湿，清理渣土要采用容器清运，并指定专人清扫工地、路面。严格落实天津市重污染天气应急预案，根据应急预案要求，对应预警等级（黄色、橙色、红色预警），实行三级响应（III级、II级、I级响应）。

预计本项目施工会对周边环境产生不同程度的扬尘影响。建设单位将采取有效措施，以减少施工扬尘对周边环境空气的不利影响。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。

### 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。施工阶段使用的施工机械和设备较多，不同的施工阶段使用的机械设备主要有挖掘机、装载机、灌桩

机、振捣棒以及运输车辆等。各施工阶段主要噪声源情况详见下表。

表 5.1-2 主要施工机械设备噪声源状况

| 施工阶段    | 主要噪声源        | 距离源强 1m 处噪声 dB (A) |
|---------|--------------|--------------------|
| 土地平整    | 推土机、挖掘机、装载机等 | 100~110            |
| 基础施工    | 混凝土灌注机、搅拌机等  | 95~105             |
| 结构施工    | 振捣棒、混凝土输送泵等  | 90~100             |
| 装修及设备安装 | 电钻、吊车、砂轮机等   | 95~105             |

噪声距离衰减模式如下：

$$L_p = L_{p0} - 20\lg(r/r_0) - R - \alpha(r - r_0)$$

式中：

$L_p$ —受声点（即被影响点）所接受的声级，dB（A）；

$L_{p0}$ —距声源 1m 处的声级，dB（A）；

$r$ —声源至受声点的距离，m；

$r_0$ —参考位置的距离，取 1m；

$R$ —噪声源的防护结构及工地四周围挡的隔声量，取 15dB（A）；

$\alpha$ —大气对声波的吸收系数，dB（A）/m，取平均值 0.008dB（A）/m。

采用噪声距离衰减模式，计算机械噪声对环境的影响，预测结果列于下表。

表 5.1-3 施工机械噪声预测结果

| 施工阶段    | 机械设备         | 源强<br>dB<br>(A) | 噪声预测值 dB (A) |     |     |      |      |      |
|---------|--------------|-----------------|--------------|-----|-----|------|------|------|
|         |              |                 | 5m           | 20m | 50m | 150m | 300m | 500m |
| 土地平整    | 推土机、挖掘机、装载机等 | 110             | 81           | 69  | 61  | 50   | 43   | 37   |
| 基础施工    | 混凝土灌注机、搅拌机等  | 105             | 76           | 64  | 56  | 45   | 38   | 32   |
| 结构施工    | 振捣棒、混凝土输送泵等  | 100             | 71           | 59  | 51  | 41   | 35   | 31   |
| 装修及设备安装 | 电钻、吊车、砂轮机等   | 105             | 76           | 64  | 56  | 45   | 38   | 32   |

由上表预测结果可知，由于施工机械噪声源强较高，本项目施工噪声将对周边声环境质量产生较大的影响，当其施工位置距离施工场界较近时，将会出现施工场界噪声超过《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）的现象。

根据《中华人民共和国生态环境法典》等文件要求，建设单位拟采取选用低噪声、低振动施工机械设备，如低噪声搅拌机、低噪声挖掘机、液压打桩机等，采用噪声比较小的施工方法，如振动打桩法和钻孔灌注法等，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，在施工现场周围设置适当的声屏障，如采用土工墙、混凝土板等材料构建的声屏障，以减少施工噪声的传播，在施工现场的临时设施中使用隔声

材料，如隔音板、隔音门、隔音窗等，以减少噪声对周围环境的影响，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，禁止在当日 22 时至次日 6 时进行产生噪声污染的施工作业和建筑材料的运输，对施工现场进行噪声监测和评估，及时了解施工噪声情况。根据监测结果，调整和改进噪声防治措施，不断提高施工噪声防治水平。因特殊需要必须连续施工作业的，应当取得地方人民政府住房和城乡建设、生态环境主管部门或者地方人民政府指定的部门的证明，并在施工现场显著位置公示或者以其他方式公告附近居民。

由于本项目土石方、基础施工时间较短，且挖掘机、打桩机、电锯等强噪声设备为间歇运行，在建设单位禁止夜间施工、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

施工期废水主要包括施工时产生的泥浆废水以及施工人员产生的生活污水。施工泥浆废水不随意外排，经沉砂、除渣等预处理后，循环使用或喷洒降尘等。施工期施工人员的生活污水排入临时环保厕所，粪污定期委托有关单位清掏。

施工期建设单位拟采取合理安排施工计划、施工程序，做好必要的截水沟和沉砂池，雨季尽量减少地面坡度，减少开挖面，并争取土料随挖、随运，减少堆土裸土的暴露时间等污水防治措施，减少对周围水环境的影响。

#### 5.1.4 施工固体废物

施工期固体废物主要是施工过程产生的泥浆、废建筑材料、废渣土等建筑垃圾（含装修垃圾）、施工人员产生的生活垃圾等。泥浆直接用于周边土地平整，不计产生量；建筑垃圾主要是施工过程产生的各种废建筑材料，如碎砖块、水泥块、废木料、工程土等，由渣土运输单位运往指定地点；生活垃圾主要是工人废弃物品，委托有关单位清运处理，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《天津市建筑垃圾工程渣土管理规定》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，土方、工程渣土和垃圾苫盖、固化，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 施工期生态环境影响分析

本工程建设对生态环境的影响主要表现为工程占地、植被破坏及水土流失。

#### （1）工程占地影响分析

本项目位于天津武清开发区四期规划范围内，项目选址及周边规划用地为工业用地，本项目建设用地符合天津武清开发区四期用地规划。

本项目永久占地面积约为 16666.7m<sup>2</sup>，临时施工营地设于用地红线内，不设冷、热拌和站，预制场等，项目建设所需混凝土与沥青砼均直接购买成品直接使用。施工结束后对临时施工营地进行拆除、平整及绿化。

#### （2）植被影响

本项目施工期对植被的影响表现为施工过程中土方开挖和回填对地表植被的破坏、施工临时占地对地表植被的破坏、施工机械运输及施工人员践踏对植被产生一定程度的扰动，可能造成选址区域内植被生物量有所减少，但施工期时间较短，影响范围及程度有限。

通过现场调查，本项目选址现状为空地，周边植被主要为野生杂草、道路绿化植被等，选址区域内没有国家或地方重点保护植物及珍稀濒危植物分布。建设单位施工过程中应尽量减少施工临时占地面积，可有效减少施工过程对植被的破坏。本项目占地较少，施工期破坏植被量较少，区域植被覆盖率可通过后期道路绿化予以弥补。

#### （3）水土流失

本项目施工期水土流失主要是由于表土的开挖，土方的堆放等活动，会导致土壤结构的破坏，地表土壤的抗冲蚀能力降低，被雨水冲刷后比较容易引起水土流失，同时临时堆场和施工现场将占用一定的土地，破坏现有植被，也有引起局部水土流失的可能性。

本项目施工期尽量避开雨季施工，避免雨水直接冲刷裸露的地表，减少水土流失。同时建议建设单位在施工结束后应尽快恢复临时占地的植被，将生态环境影响降到最低。施工过程中加强施工队伍组织管理，避免发生施工区外围植被破坏，以缩小植被生态损害程度，将水土流失的可能性及影响降到最低。

本项目开展对施工方的监督管理，以确保施工过程的顺利进行和工程质量的达标，主要为：

- ① 专业知识与技能要求。施工人员应具备相关领域的专业知识，熟悉施工

规范、技术标准以及安全操作规程，能够准确判断施工质量是否符合要求。施工人员应具备一定的施工经验，能够熟练掌握施工过程中的各种技能和操作。

② 全时段工作监督。施工前期参与施工方案的审查，对设计方案进行评估，确保其合理性和可行性，同时对施工图纸进行审核，确保符合相关规范和要求；施工过程中定期或不定期对施工现场进行检查，对施工材料、施工工艺、施工质量等进行监督和验收；在施工结束后对工程进行最终验收，并出具相应的施工质量监督报告，验收内容应包括工程质量合格率、施工程序合规情况、质检记录等。通过以上要求，可以确保对施工方进行有效的监督管理，保障工程质量和施工安全，同时促进建筑行业的健康发展。

综上所述，施工期产生污染物较少，采取上述措施并加强监督管理后，预计不会对周边环境产生明显影响，待施工结束后大多可恢复至现状水平。

## 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由外照射影响、内照射影响、表面污染影响。此外，核素操作过程还会产生少量放射性废气、废水及固体废物。

### 5.2.1 放射性环境影响分析

#### 5.2.1.1 外照射影响分析

根据本项目涉及核素特性，产生的电离辐射主要包括  $\alpha$  射线、 $\beta$  射线、 $\gamma$  射线，此外回旋加速器会产生  $\gamma$  射线及中子射线。因此本次评价重点关注  $\alpha$  射线、 $\beta$  射线及其所致韧致辐射、 $\gamma$  射线、中子射线辐射影响。

##### 5.2.1.1.1 预测模式

涉密不公开

涉密不公开

表 5.2-1 常用放射性核素屏蔽材料什值层厚度参数

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

表 5.2-3 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          |

5.2.1.1.2 辐射环境影响预测

5.2.1.1.2.1 回旋加速器

（1）回旋加速器打靶

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

图 5.2-4 加速器 2 室剂量关注点位图（b）

加速器 1 室周围环境的附加剂量率计算结果见下表。

表 5.2-6 加速器 1 室周围环境的附加剂量率估算结果表

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

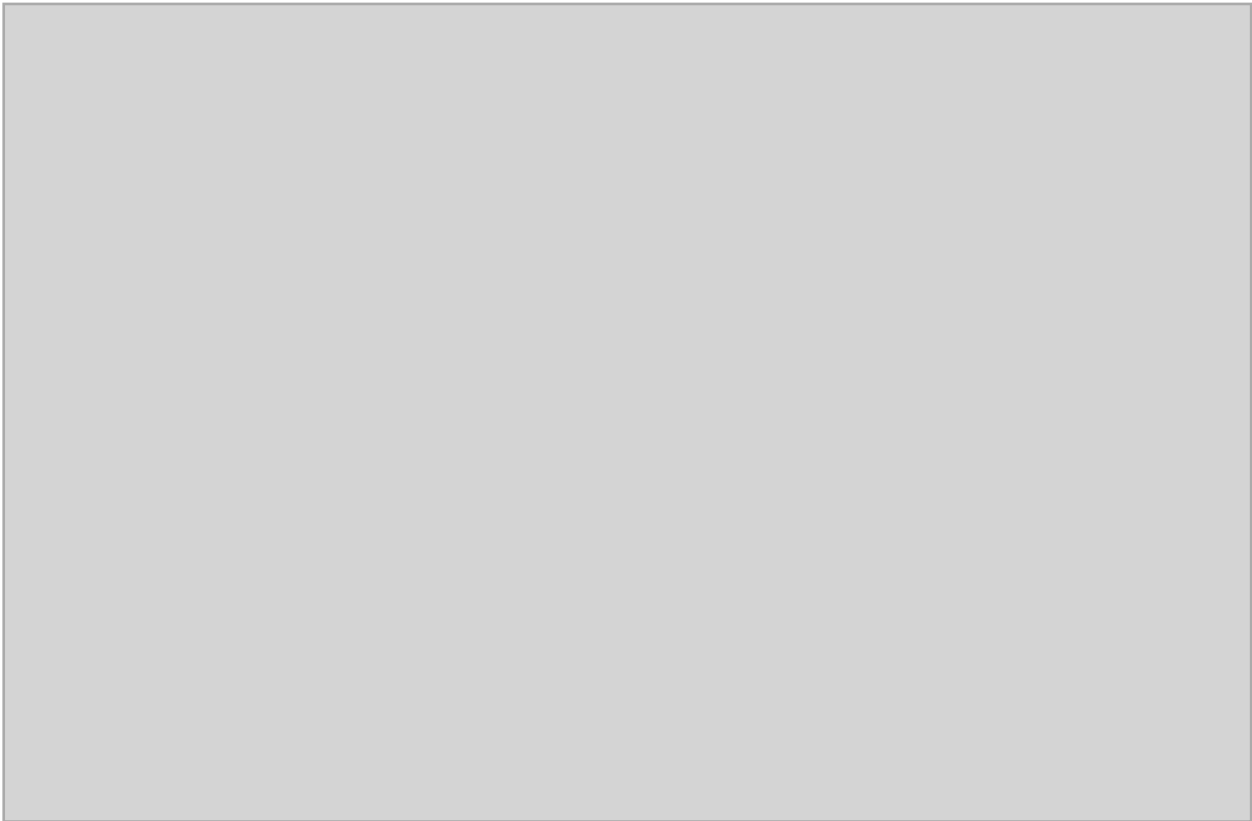


图 5.2-5 加速器室迷路散射路径图

加速器室防护门处散射辐射剂量率计算参数及计算结果见下表。

表 5.2-8 加速器室防护门处散射辐射剂量率计算参数及结果

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

由以上估算可知，加速器 1 室防护门外迷道散射辐射剂量率为  $1.31\mu\text{Sv/h}$ ，叠加泄漏辐射透射的剂量率  $7.35\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，则防护门外总的辐射剂量率为  $2.05\mu\text{Sv/h}$ 。加速器 2 室防护门外迷道散射辐射剂量率为  $5.69\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，叠加泄漏辐射透射的剂量率  $4.44\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，则防护门外总的辐射剂量率为  $1.01\mu\text{Sv/h}$ 。

同理，加速器 1 室 5 关注点，加速器 2 室 16 关注点经迷路散射 3 次可射出射线，计算结果见下表。

表 5.2-9 加速器室迷道墙外散射辐射剂量率计算参数及结果

涉密不公开

由计算结果可知，计算加速器 1 室 5 号关注点的迷道散射辐射剂量率为  $1.03\mu\text{Sv/h}$ ，叠加泄漏辐射透射的剂量率  $1.05\text{E-}06\mu\text{Sv/h}$ ，则加速器 1 室 5 号关注点处总的辐射剂量率为  $1.03\mu\text{Sv/h}$ ；加速器 2 室 16 号关注点的迷道散射辐射剂量率为  $4.47\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，叠加泄漏辐射透射的剂量率  $4.80\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，则加速器 2 室 16 号关注点处总的辐射剂量率为  $4.47\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ 。

考虑加速器 1 室和加速器 2 室的回旋加速器会同时运行，考虑周围环境的附加剂量率叠加计算结果见下表。

表 5.2-10 加速器 1 室和加速器 2 室同时运行叠加影响结果

涉密不公开

由计算结果可知，2 台加速器正常运行时加速器室外四周墙体、屋顶外关注点剂量率最大为  $2.41\mu\text{Sv/h}$ ，可满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的防护要求。

（2）核素（靶）传输管道外辐射影响

涉密不公开

涉密不公开

由计算结果可知，回旋加速器核素传输管道上方 0.3m 处的剂量率为 15.9 $\mu$ Sv/h。核素传输时间很短，约 1~5s 内完成，传输管道上方设置电离辐射警示标识，警示人员远离，减少人员停留时间，核素传输对周边环境影响较小。

### （3）回旋加速器换靶、维护、维修

公司回旋加速器的维修工作由设备厂家专业人员负责。公司人员日常涉及加速器维护工作，加速器维护主要是靶膜更换，靶膜更换主要流程包括：靶头拆卸、靶膜更换、靶头安装，年更换操作频次最多为 12 次。维修和维护均在回旋加速器断电情况下进行且均在停机 24h 后进行。结合先通其他基地日常实际开展对加速器靶维护辐射监测经验，不同时间的剩余辐射剂量率见下表。



涉密不公开

#### 5.2.1.1.2.2 一层生产线 1

涉密不公开

表 5.2-13 固体靶纯化对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|              |
|--------------|
| <p>涉密不公开</p> |
|--------------|

综上可知，生产线 1 在固体靶纯化期间：

① 处理热室外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.25\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.72\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，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

当量率控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

③ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $4.05\text{E-}05\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

## （2）合成标记

合成标记过程中  $^{64}\text{Cu}$  和  $^{89}\text{Zr}$  核素发射  $\gamma$  射线会对外环境造成一定的辐射影响。由公式（5.2-2）、（5.2-3），计算  $^{64}\text{Cu}$  和  $^{89}\text{Zr}$  产生的  $\gamma$  射线外照射影响，放射源活度取单批次最大操作量，计算结果见下表。

表 5.2-14 放射性药物生产对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 涉密不公开 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

涉密不公开

① 热室外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.25\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $1.97\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

③ 铅罐外表面 5cm 处辐射剂量率最大为  $3.17\text{E+}02\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2\text{mSv/h}$ ”的要求。

④ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $3.61\text{E-}05\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

5.2.1.1.2.3 一层生产线 2~生产线 5

涉密不公开

表 5.2-15 生产线 2 放射性药物生产对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 涉密不公开 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

涉密不公开

综上所述，生产线 2 在生产  $^{18}\text{F}$  放射性药物时：

- ① 热室外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.75\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.09\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ③ 铅罐外表面 5cm 处辐射剂量率最大为  $7.63\text{E+}02\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2\text{mSv/h}$ ”的要求。
- ④ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $3.34\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 生产线 3

<sup>18</sup>F 核素发射  $\gamma$  射线会对外环境造成一定的辐射影响。由公式 (5.2-2)、(5.2-3)，计算 <sup>18</sup>F 产生的  $\gamma$  射线外照射影响，放射源活度取单批次最大操作量，计算结果见下表。

表 5.2-16 放射性药物生产对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|



## 涉密不公开

综上所述，生产线 3 在生产  $^{18}\text{F}$  放射性药物时：

- ① 热室外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.75\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.09\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ③ 铅罐外表面 5cm 处辐射剂量率最大为  $7.63\text{E+}02\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2\text{mSv/h}$ ”的要求。
- ④ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $2.47\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 生产线 4

<sup>18</sup>F 核素发射  $\gamma$  射线会对外环境造成一定的辐射影响。由公式 (5.2-2)、(5.2-3)，计算 <sup>18</sup>F 产生的  $\gamma$  射线外照射影响，放射源活度取单批次最大操作量，计算结果见下表。

表 5.2-17 放射性药物生产对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

## 涉密不公开

综上所述，生产线 4 在生产  $^{18}\text{F}$  放射性药物时：

- ① 热室外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.75\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.09\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ③ 铅罐外表面 5cm 处辐射剂量率最大为  $7.63\text{E+}02\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2\text{mSv/h}$ ”的要求。
- ④ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $5.25\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(4) 生产线 5

<sup>18</sup>F 核素发射  $\gamma$  射线会对外环境造成一定的辐射影响。由公式 (5.2-2)、(5.2-3)，计算 <sup>18</sup>F 产生的  $\gamma$  射线外照射影响，放射源活度取单批次最大操作量，计算结果见下表。

表 5.2-18 放射性药物生产对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

## 涉密不公开

综上所述，生产线 5 在生产  $^{18}\text{F}$  放射性药物时：

- ① 热室外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.75\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.09\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ③ 铅罐外表面 5cm 处辐射剂量率最大为  $7.63\text{E+}02\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2\text{mSv/h}$ ”的要求。
- ④ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $9.94\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

#### 5.2.1.1.2.4 一层生产线 6

涉密不公开

表 5.2-19 放射性核素  $\beta$  射线射程表

涉密不公开

表 5.2-20  $\beta$  射线韧致辐射预测结果

|       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 涉密不公开 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|



涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

经理论计算，生产线 6 在合成分装  $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  核素放射性药物过程中热室外表面  $\beta$  射线韧致辐射周围剂量当量率最大分别为  $1.65\text{E-}27\mu\text{Sv/h}$  和  $4.46\text{E-}14\mu\text{Sv/h}$ ，满足设备外表面 30cm 处人员操作位  $2.5\mu\text{Sv/h}$  限值要求。由上表及后文计算可知， $^{225}\text{Ac}$  衰变子体（ $^{213}\text{Bi}$ 、 $^{209}\text{Tl}$ ）核素韧致辐射对周围环境辐射影响远小于  $\gamma$  射线辐射，故后续分析可忽略韧致辐射对周围环境辐射影响。 $^{177}\text{Lu}$  核素韧致辐射对周围环境辐射影响大于  $\gamma$  射线辐射，故后续分析不可忽略韧致辐射对周围环境辐射影响。

#### （4） $\gamma$ 射线辐射影响

根据建设单位提供资料显示，本项目外购放射性原料均为纯化后的原料活度进行转让，考虑到纯化后的  $\alpha$  核素随着母体核素的衰变子体核素活度会不断增加，同时其中部分子体核素的电离辐射影响远高于母体核素。本次计算保守按母体和子体同时考虑。除  $\beta$  射线外，核素发射  $\gamma$  射线会对外环境造成一定的辐射影响。由公式（5.2-2）、（5.2-3），计算  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  产生的  $\gamma$  射线外照射影响，放射源活度取单批次最大操作量，计算结果见下表。

表 5.2-21 放射性药物生产对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

（5）外照射辐射影响

生产线 6 每天最多操作 3 种核素，公众关注点处的周围剂量当量率保守取 3 种影响最大的核素（即  $^{18}\text{F}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ ）进行叠加。根据上文计算，取各标记合成过程单个核素最大影响，叠加其  $\beta$  射线韧致辐射和  $\gamma$  射线后结果见下表。

表 5.2-22 放射性药物标记  $\beta$  射线韧致辐射和  $\gamma$  射线叠加影响

涉密不公开

## 涉密不公开

综上所述，生产线 6 在生产  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  放射性药物时：

① 热室外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $9.44\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $6.10\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

③ 铅罐外表面 5cm 处辐射剂量率最大为  $1.46\text{E+}03\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2\text{mSv/h}$ ”的要求。

④ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $3.33\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

#### 5.2.1.1.2.5 一层工艺实验室

涉密不公开

涉密不公开



表 5.2-24  $\beta$  射线致辐射预测结果

|       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 涉密不公开 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

涉密不公开

经理论计算，放化实验室 I 在操作  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器放射性药物过程中热室外表面  $\beta$  射线韧致辐射周围剂量当量率最大为  $3.46\text{E-}07\mu\text{Sv/h}$ ，满足设备外表面  $30\text{cm}$  处人员操作位  $2.5\mu\text{Sv/h}$  限值要求。由上表及后文计算可知， $^{99}\text{Mo}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  韧致辐射对周围环境辐射影响远小于  $\gamma$  射线辐射，故后续分析可忽略韧致辐射对周围环境辐射影响。

③  $\gamma$  射线辐射影响

除  $\beta$  射线外，核素发射  $\gamma$  射线会对外环境造成一定的辐射影响。由公式（5.2-2）、（5.2-3），计算  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{203}\text{Pb}$  产生的  $\gamma$  射线外照射影响，放射源活度取单批次最大操作量。根据公式（5.2-3）计算。计算结果见下表。

表 5.2-25 放射性药物淋洗、标记对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

## 涉密不公开

- ① 热室外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.25\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $1.78\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ③ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $1.23\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

（2）放化实验室 2

涉密不公开

涉密不公开

表 5.2-27  $\beta$  射线韧致辐射预测结果

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|



涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

经理论计算，放化实验室 2 在操作  $^{90}\text{Y}$ 、 $^{212}\text{Pb}$  衰变子体 ( $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{208}\text{Tl}$ )、 $^{212}\text{Bi}$  衰变子体 ( $^{208}\text{Tl}$ ) 核素过程中热室外表面  $\beta$  射线导致辐射剂量率最大为  $2.76\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，满足设备外表面  $30\text{cm}$  处人员操作位  $2.5\mu\text{Sv/h}$  限值要求。由上表及后文计算可知， $^{212}\text{Pb}$  衰变子体 ( $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{208}\text{Tl}$ )、 $^{212}\text{Bi}$  衰变子体 ( $^{208}\text{Tl}$ ) 核素导致辐射对周围环境辐射影响远小于  $\gamma$  射线辐射，故后续分析可忽略导致辐射对周围环境辐射影响。

④  $\gamma$  射线辐射影响

除  $\beta$  射线外，核素发射  $\gamma$  射线会对外环境造成一定的辐射影响。由公式 (5.2-2)、(5.2-3)，计算  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{86}\text{Y}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  及其子体核素 ( $^{90}\text{Y}$  不考虑  $\gamma$  射线影响) 产生的  $\gamma$  射线外照射影响，放射源活度取单批次最大操作量，计算结果见下表。

表 5.2-28 放射性药物标记对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

## 涉密不公开

### ⑤ 外照射辐射影响

放化实验室 2 每天最多操作 3 种核素，公众关注点处的周围剂量当量率保守取 3 种影响最大的核素（即  $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{212}\text{Pb}$ ）进行叠加。根据上文计算，取各标记合成过程单个核素最大影响，叠加其  $\beta$  射线韧致辐射和  $\gamma$  射线后结果见下表。

## 涉密不公开

① 热室外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.35\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $1.77\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

③ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $2.47\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

### （3）放化实验室 3

涉密不公开

程。具体见下表。

表 5.2-30 放射性核素  $\beta$  射线射程表

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|



表 5.2-31  $\beta$  射线韧致辐射预测结果

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

涉密不公开

经理论计算，放化实验室 3 在操作  $^{224}\text{Ra}$  衰变子体 ( $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{208}\text{Tl}$ ) 和  $^{211}\text{At}$  衰变子体 ( $^{207}\text{Bi}$ ) 核素过程中热室外表面  $\beta$  射线所致辐射剂量率最大为  $1.90\text{E-}05\mu\text{Sv/h}$ ，满足设备外表面  $30\text{cm}$  处人员操作位  $2.5\mu\text{Sv/h}$  限值要求。由上表及后文计算可知， $^{212}\text{Pb}$  衰变子体 ( $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{208}\text{Tl}$ )、 $^{212}\text{Bi}$  衰变子体 ( $^{208}\text{Tl}$ ) 核素所致辐射对周围环境辐射影响远小于  $\gamma$  射线辐射，故后续分析可忽略所致辐射对周围环境辐射影响。

④  $\gamma$  射线辐射影响

除  $\beta$  射线外，核素发射  $\gamma$  射线会对外环境造成一定的辐射影响。由公式 (5.2-2)、(5.2-3)，计算  $^{211}\text{At}$  及其衰变子体、 $^{212}\text{Pb}$  及

其衰变子体、<sup>212</sup>Bi 及其衰变子体、<sup>225</sup>Ac 及其衰变子体、<sup>223</sup>Ra、<sup>224</sup>Ra 及其衰变子体、<sup>227</sup>Th 产生的  $\gamma$  射线外照射影响，放射源活度取单批次最大操作量，计算结果见下表。

表 5.2-32 放射性药物标记对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

综上所述，放化实验室 3 在标记研发  $^{211}\text{At}$ 、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ 、 $^{227}\text{Th}$  放射性药物时：



① 热室外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $2.35\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $1.64\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

③ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $3.09\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

（4）放化实验室 4

涉密不公开

表 5.2-33 放射性核素  $\beta$  射线射程表

涉密不公开

表 5.2-34  $\beta$  射线致辐射预测结果

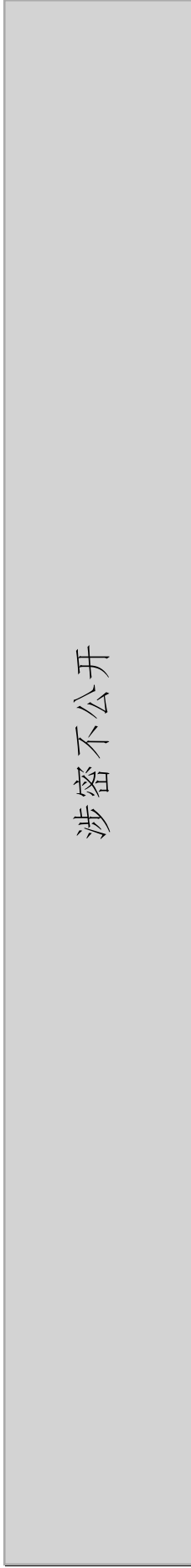
|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

④ 外照射辐射影响

放化实验室 4 每天最多操作 3 种核素，公众关注点处的周围剂量当量率保守取 3 种影响最大的核素（即  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{44}\text{Sc}$ ）进行叠加。根据上文计算，取各标记合成过程单个核素最大影响，叠加其  $\beta$  射线韧致辐射和  $\gamma$  射线后结果见下表。



表 5.2-36 放射性药物标记  $\beta$  射线韧致辐射和  $\gamma$  射线叠加影响

|       |
|-------|
| 涉密不公开 |
|-------|

综上可知，放化实验室 4 在标记研发  $^{44}\text{Sc}$ 、 $^{47}\text{Sc}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{188}\text{Re}$  放射性药物时：

- ① 热室外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $1.61\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $1.15\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ③ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $1.22\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

5.2.1.1.2.6 二层质检区 2

|       |
|-------|
| 涉密不公开 |
|-------|

涉密不公开

质检区 2 主要考虑  $\alpha$  射线、 $\beta$  射线、 $\beta$  射线韧致辐射、 $\gamma$  射线外照射。

（1）生产产品放行质检

涉密不公开

①  $\alpha$  射线辐射影响

$^{225}\text{Ac}$  产生  $\alpha$  射线影响，玻璃试剂瓶即可阻挡，铅罐和箱体外基本无附加剂量，可忽略不计。

② β 射线外照射影响

根据公式（5.2-5）、（5.2-6），计算本项目质检时  $^{177}\text{Lu}$  核素衰变产生 β 射线在铅、混凝土、玻璃、水中的射程，计算结果见表 5.2-15。

③ β 射线韧致辐射外照射影响

β 射线与物质相互作用会产生韧致辐射。由上表及后文计算可知， $^{225}\text{Ac}$  衰变子体（ $^{213}\text{Bi}$ 、 $^{209}\text{Tl}$ ）核素致辐射对周围环境辐射影响远小于 γ 射线辐射，可忽略韧致辐射对周围环境辐射影响。 $^{177}\text{Lu}$  核素的 β 射线韧致辐射见下表。

表 5.2-37 β 射线韧致辐射预测结果

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

涉密不公开

④  $\gamma$  射线辐射影响

除  $\beta$  射线外，核素发射  $\gamma$  射线会对外环境造成一定的辐射影响。由公式（5.2-2）、（5.2-3），计算  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  产生的  $\gamma$  射线外照射影响，放射源活度取单批次最大操作量，计算结果见下表。

表 5.2-38 生产产品放行质检对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

## 涉密不公开

综上所述可知，放射性质检区放行质检<sup>18</sup>F、<sup>64</sup>Cu、<sup>89</sup>Zr、<sup>177</sup>Lu、<sup>225</sup>Ac放射性药物开展放行质检时：

- ① 热室外表面 30cm 处辐射剂量率最大为 1.61 $\mu$ Sv/h，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 $\mu$ Sv/h，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 $\mu$ Sv/h”的要求。
- ② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为 6.54E-01 $\mu$ 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控制目标值应不大于 25 $\mu$ Sv/h，宜不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求。
- ③ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为 6.75E-03 $\mu$ Sv/h，小于 2.5 $\mu$ Sv/h。

（2）生产产品追溯性质检

## 涉密不公开

变计算。

#### ① $\alpha$ 射线辐射影响

$^{225}\text{Ac}$  产生  $\alpha$  射线影响，玻璃试剂瓶即可阻挡，铅罐和箱体外基本无附加剂量，可忽略不计。

#### ② $\beta$ 射线外照射影响

根据公式（5.2-5）、（5.2-6），计算本项目质检时  $^{177}\text{Lu}$  核素衰变产生  $\beta$  射线在铅、混凝土、玻璃、水中的射程，计算结果见表 5.2-15。

#### ③ $\beta$ 射线韧致辐射外照射影响

$\beta$  射线与物质相互作用会产生韧致辐射。由上表及后文计算可知， $^{225}\text{Ac}$  衰变子体（ $^{213}\text{Bi}$ 、 $^{209}\text{Tl}$ ）核素致辐射对周围环境辐射影响远小于  $\gamma$  射线辐射，可忽略韧致辐射对周围环境辐射影响。 $^{177}\text{Lu}$  核素的  $\beta$  射线韧致辐射见下表。

表 5.2-39  $\beta$  射线致辐射预测结果

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

④  $\gamma$  射线辐射影响

除  $\beta$  射线外，核素发射  $\gamma$  射线会对外环境造成一定的辐射影响。由公式（5.2-2）、（5.2-3），计算  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  产生的  $\gamma$  射线外照射影响，放射源活度取单批次转运或单次质检的最大操作量，计算结果见下表。

表 5.2-40 放射性药物追溯性质检对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

综上所述可知，放射性质检区对  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  放射性药物开展追溯性质检时：

- ① 屏蔽箱外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $5.20\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $1.80\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ③ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $5.68\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。



### （3）生产产品留样

涉密不公开

#### ① $\alpha$ 射线辐射影响

$^{225}\text{Ac}$  产生  $\alpha$  射线影响，玻璃试剂瓶即可阻挡，铅罐和箱体外基本无附加剂量，可忽略不计。

#### ② $\beta$ 射线外照射影响

根据公式（5.2-5）、（5.2-6），计算本项目质检时  $^{177}\text{Lu}$  核素衰变产生  $\beta$  射线在铅、混凝土、玻璃、水中的射程，计算结果见表 5.2-15。

#### ③ $\beta$ 射线韧致辐射外照射影响

$\beta$  射线与物质相互作用会产生韧致辐射。由上表及后文计算可知， $^{225}\text{Ac}$  衰变子体（ $^{213}\text{Bi}$ 、 $^{209}\text{Tl}$ ）核素致辐射对周围环境辐射影响远小于  $\gamma$  射线辐射，可忽略韧致辐射对周围环境辐射影响。 $^{177}\text{Lu}$  核素的  $\beta$  射线韧致辐射见下表。

表 5.2-41  $\beta$  射线致辐射预测结果

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

④  $\gamma$  射线辐射影响

除  $\beta$  射线外，核素发射  $\gamma$  射线会对外环境造成一定的辐射影响。由公式（5.2-2）、（5.2-3），计算  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  留样产生的  $\gamma$  射线外照射影响，转运的放射源活度取单批次最大操作量，房间外的放射源活度取日最大留样量，计算结果见下表。

表 5.2-42 放射性药物留样对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

- ① 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $5.48\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ② 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $4.98\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。



（4）研发产品质检

涉密不公开

表 5.2-43  $\beta$  射线致辐射预测结果

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

④  $\gamma$  射线辐射影响

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

表 5.2-44 放射性药物质检对周围环境的  $\gamma$  辐射剂量影响

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开



涉密不公开

## 涉密不公开

综上所述，分析实验室对  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  开展质检时：

- ① 热室外表面 30cm 处（操作位）辐射剂量率最大为  $5.15\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，热室外表面 30cm 处（其他面）辐射剂量率最大为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ② 房间外表面 30cm 处辐射剂量率最大为  $1.73\mu\text{Sv/h}$ ，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控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。
- ③ 公众剂量关注点处辐射剂量率最大为  $3.56\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

## 5.2.1.1.2.7 放射性原料间

本项目涉及多个辐射工作场所，涉及核素原料种类较多，建设单位为便于管理，在生产车间一层设置放射性原料间，主要用于使用的核素的短暂存放。

由于放射性核素原液具有时效性，考虑到核素衰变特性和经济成本问题，建设单位生产执行以销定产的生产制度，按需订购核素原液，并且在核素来料后立即投入使用。放射性原料间主要功能为方便原料登记管理，并集中分配放射性核素原液，故原液在放射性原料间的贮存时间较短，可忽略其对外环境的辐射影响。

## 5.2.1.1.2.8 成品间

由于放射性药品具有时效性，本项目放射性药物生产执行以销定产的生产制度，正常情况下，公司生产的放射性药物打包后直接销售，不在成品间内贮存，成品间一般为空置状态，对周围环境无辐射影响。如因不可抗力因素无法及时运出，成品会在成品间短暂存储，建设单位采取相应的应急措施。建设单位目前已有成熟的供应链和运输管理措施，鉴于上述情况发生频次较低，可忽略其对外环境的辐射影响。

## 5.2.1.1.2.9 放射性废物暂存

各场所产生的放射性废物将转入放射性废物间暂存，对外环境将产生一定的辐射影响。本项目设置 2 个放射性废物间，用于存放不同区域产生的放射性废弃物，具体如下：

表 5.2-45 放射性废弃物暂存位置及来源表

| 序号 | 名称     | 位置     | 废弃物来源                                                                             |
|----|--------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 放射性废物间 | 生产车间一层 | （1）加速器室的废靶、靶膜、离子源等，更换下来的废气处理装置，不能解控的废物；<br>（2）生产线 1~生产线 6、工艺实验室产生的废物、更换下来的废气处理装置等 |
| 2  | 放射性废物间 | 生产车间二层 | 质检区 2 产生的废物                                                                       |

相对于放射性药品活度浓度而言，放射性固体废物本身沾染的放射性核素活度浓度较低，进入固体废物中的核素量按照本项目使用核素日最大操作量的 0.01% 考虑。放射性固体废物产生后先暂存在各场所的铅垃圾桶中，当日工作结束后，统一转入放射性废物间中的铅垃圾桶中，此时已在车间的铅垃圾桶中衰变 8h。

加速器维修产生的废靶、靶膜、离子源等，更换下来的废气处理装置，不能解控的废物，先暂存于加速器室的铅垃圾桶内。此类放射性废物不定期产生，在产生位置已经过长时间衰变，且活度无法确定，故不分析其涉及具体核素类型及产生量，在采取相应的防护屏蔽措施后，对外环境产生的影响可忽略不计。

2个放射性废物间主要用于存放各个工作场所产生的放射性固体废物，具体产生量如下：

表 5.2-46 放射性固体废物产生量一览表

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

(1) 一层放射性废物间

放射性废物暂存在 20mm 铅垃圾桶或 10mm 铅垃圾桶内。放射性废弃物仅考虑  $\gamma$  射线外照射影响，利用公式（5.2-1）、（5.2-2）计算铅垃圾桶外表面 0.3m 处以及各关注点的  $\gamma$  辐射剂量率，计算结果如下。

表 5.2-47 放射性废物间的  $\gamma$  辐射剂量率估算结果表

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

涉密不公开

(2) 二层放射性废物间

放射性废物暂存在 20mm 铅垃圾桶或 10mm 铅垃圾桶内，放射性废弃物仅考虑  $\gamma$  射线外照射影响，利用公式（5.2-1）、（5.2-2）

计算铅垃圾桶外表面 0.3m 处以及各关注点的  $\gamma$  辐射剂量率，计算结果如下。

表 5.2-48 放射性废物间外的  $\gamma$  辐射剂量率估算结果表

|       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 涉密不公开 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

涉密不公开

由上表计算结果可知，经放射性废物间的铅垃圾桶屏蔽后，放射性废物暂存场所外的辐射剂量率很小，再经过建筑物外墙屏蔽后对周边环境的影响可忽略不计。运行期工作人员定期对放射性废物暂存场所外辐射环境进行巡测，当发现辐射剂量异常时，立即开展调查并采取控制措施，确保放射性废物暂存场所外 0.3m 处满足周围剂量当量率小于 2.5 $\mu$ Sv/h 的要求。

建设单位应加强放射性废物间的安全管理，及时清理达到豁免水平的废物，避免放射性废物积存，加强放射性废物暂存场所周边的辐射环境监测，确保废物间外辐射环境达标。

5.2.1.1.2.10 放射性废水管道

本项目放射性废水经放射性排水管道排入衰变池，一层废水管道为地面下方敷设，地面约 30cm 混凝土（埋深 0.8m），二层废水管道向下穿过楼板后在楼下的吊顶内敷设，排水立管敷设在车间墙体内竖向管道井，排水管道采用耐腐蚀加厚 PVC 管。根据工程分析，进入清洗废水的活度为单批次最大操作量的 0.01%进行分析。将管道中流经的放射性废水简化为点源考虑，根据式（5.2-1）、（5.2-2），估算放射性废水流经管道时对管道外环境的影响，计算结果见下表。

表 5.2-49 放射性废水管道外  $\gamma$  辐射剂量率

|       |
|-------|
| 涉密不公开 |
|-------|

涉密不公开

由计算结果可知，本项目放射性废水管道外人员居留处的剂量率最大约为1.24 $\mu$ Sv/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，放射性废水管道对周边环境影响较小。

### 5.2.1.1.3 人员受照剂量分析

#### 5.2.1.1.3.1 辐射工作人员附加有效剂量

##### （1）回旋加速器辐射工作人员

加速器 1 室和加速器 2 室各设置 3 名辐射工作人员负责加速器打靶，除受本场所辐射活动影响外，还受临近工作场所的叠加辐射影响，辐射工作人员年有效剂量见下表。

表 5.2-50 加速器室辐射工作人员的年受照剂量

涉密不公开

根据上表计算结果，加速器 1 室辐射工作人员年有效剂量为  $4.46\text{E-}01\text{mSv/a}$ ，加速器 2 室辐射工作人员年有效剂量为  $1.01\text{mSv/a}$ ，满足职业人员年有效剂量不超过  $5\text{mSv/a}$  的约束值要求。

##### （2）生产线 1 辐射工作人员

生产线 1 设置 3 名辐射工作人员负责  $^{64}\text{Cu}$  和  $^{89}\text{Zr}$  放射性药物生产工作，除受本车间辐射活动影响外，还受临近工作场所的叠加辐射影响，辐射工作人员年有效剂量见下表。

表 5.2-51 生产线 1 辐射工作人员的年受照剂量

涉密不公开

根据上表计算结果，生产线 1 辐射工作人员年有效剂量为 1.56mSv/a，满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a 的约束值要求。

（3）生产线 2 辐射工作人员

生产线 2 设置 4 名辐射工作人员，2 人一班，共 2 班；2 人共同负责  $^{18}\text{F}$  放射性药物生产工作，除受本车间辐射活动影响外，还受临近工作场所的叠加辐射影响，辐射工作人员年有效剂量见下表。

表 5.2-52 生产线 2 辐射工作人员的年受照剂量

涉密不公开



根据上表计算结果，生产线 2 辐射工作人员年有效剂量为 3.94mSv/a，满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a 的约束值要求。

#### （4）生产线 3 辐射工作人员

生产线 3 设置 4 名辐射工作人员，2 人一班，共 2 班；2 人共同负责  $^{18}\text{F}$  放射性药物生产工作，除受本车间辐射活动影响外，还受临近工作场所的叠加辐射影响，辐射工作人员年有效剂量见下表。

表 5.2-53 生产线 3 辐射工作人员的年受照剂量

涉密不公开

根据上表计算结果，生产线 3 辐射工作人员年有效剂量为 3.67mSv/a，满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a 的约束值要求。

#### （5）生产线 4 辐射工作人员

生产线 4 设置 4 名辐射工作人员，2 人一班，共 2 班；2 人共同负责  $^{18}\text{F}$  放射性药物生产工作，除受本车间辐射活动影响外，还受临近工作场所的叠加辐射影响，辐射工作人员年有效剂量见下表。

表 5.2-54 生产线 4 辐射工作人员的年受照剂量

涉密不公开

根据上表计算结果，生产线 4 辐射工作人员年有效剂量为 3.99mSv/a，满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a 的约束值要求。

（6）生产线 5 辐射工作人员

生产线 5 设置 4 名辐射工作人员，2 人一班，共 2 班；2 人共同负责  $^{18}\text{F}$  放射性药物生产工作，除受本车间辐射活动影响外，还受临近工作场所的叠加辐射影响，辐射工作人员年有效剂量见下表。

表 5.2-55 生产线 5 辐射工作人员的年受照剂量

涉密不公开

根据上表计算结果，生产线 5 辐射工作人员年有效剂量为 4.06mSv/a，满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a 的约束值要求。

（7）生产线 6 辐射工作人员

生产线 6 设置 3 名辐射工作人员负责  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  放射性药物生产工作，除受本车间辐射活动影响外，还受临近工作场所的叠加辐射影响，辐射工作人员年有效剂量见下表。

表 5.2-56 生产线 6 辐射工作人员的年受照剂量

涉密不公开

根据上表计算结果，生产线 6 辐射工作人员年有效剂量为 2.49mSv/a，满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a 的约束值要求。

（8）工艺实验室辐射工作人员

工艺实验室设置 12 名辐射工作人员负责研发，每间放化实验室配备 3 名，辐射工作人员位于热室或通风橱操作位，除受本车间辐射活动影响外，还受临近工作场所的叠加辐射影响，辐射工作人员年有效剂量见下表。

表 5.2-57 工艺实验室辐射工作人员的年受照剂量

涉密不公开

根据上表计算结果，工艺实验室辐射工作人员年有效剂量为 2.08mSv/a，满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a 的约束值要求。

（9）质检区 2 辐射工作人员

质检区 2 设置 7 名辐射工作人员负责质检，其中 3 人负责放行质检、2 人负责追溯性质检、2 人负责分析质检，均位于热室或通风橱操作位。质检区 2 辐射工作人员除受本车间辐射活动影响外，还受其楼下加速器室、生产线 2~6、工艺实验室的叠加辐射影响。质检车间辐射工作人员年有效剂量见下表。

表 5.2-58 辐射工作人员的年受照剂量

涉密不公开

涉密不公开

根据上表计算结果，质检区 2 辐射工作人员年有效剂量为 3.29mSv/a，满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a 的约束值要求。

#### 5.2.1.1.3.2 公众成员附加有效剂量

本工程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，其他人员不得入内，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，周边途经公众停留时间很短，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下表。

表 5.2-59 公众年附加有效剂量

涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

涉密不公开

涉密不公开

由计算结果可知，本项目外照射所致公众年受照剂量最大值为  $2.59\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，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  $1\text{mSv/a}$  限值要求，也满足本项目提出的公众年剂量约束值  $0.1\text{mSv/a}$  的要求。叠加放射性气载流出物所致公众剂量后也可满足公众剂量约束值的要求。

综上所述，本项目辐射工作人员和公众所受到的附加辐射照射剂量，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。

#### 5.2.1.2 内照射影响分析

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。工作人员通过热室或通风橱操作放射性核素，热室或通风橱均带有专用排风管道，保持良好通风，各控制区房间内也均设有放射性废气排风管道，放射性废气经过滤装置处理后，高于建筑屋顶排放。合理控制各场所负压和换气次数，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，确保工作场所内通风良好。

建设单位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洗手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。

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。

#### 5.2.1.3 表面污染影响分析

本项目工作人员在对放射性核素的各种操作中，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  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染。为控制表面污染，需采取的措施如下：

- （1）对操作人员进行培训，使其具备熟练的操作技能及丰富的防护知识；
- （2）操作放射性物质在易去污的工作台面上进行，质检等操作在通风橱内进行；
- （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放射性废物桶内暂存；
- （4）工作人员进出工作场所需更衣，操作时穿防护服，戴防护手套；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。

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。

#### 5.2.1.4 放射性废气环境影响分析

##### 5.2.1.4.1 放射性废气处理措施

在放射性核素操作过程中会产生少量的放射性气体，放射性核素的操作均在各场所的密闭热室、通风橱负压环境下进行，挥发的放射性气体很少。排风系统分为房间排风和工作箱体（热室、手套箱、通风橱）排风，放射性废气由专用排风管道输送，热室、通风橱内废气经设备顶部自带过滤装置过滤后与同区域的房间排风汇入主管道引至屋顶，经屋顶高效过滤器和活性炭吸附处理后通过排气筒高于屋面排放。本项目放射性废气以气溶胶为主，根据设计文件采用高效过滤器 H14，净化效率为 99%。

加速器 1 室和 2 室的通风系统设计通风量可使机房换气次数不小于 4 次/h，本项目各生产场所、工艺实验室、质检区的通风系统设计风速不小于 2.5m/s，热室、手套箱、通风橱内设计排风口风速不小于 1m/s，产生的放射性废气将通过排风系统排出，经高效过滤装置处理后，对项目周围环境辐射影响很小。

产业化基地通风系统安装的高效过滤装置应不影响通风效率，其更换周期为每年一次，更换的废过滤器暂存在放射性废物暂存场所内，经衰变并经检测满足清洁解控水平后作为危险废物由有资质的单位回收处置。

##### 5.2.1.4.2 地面空气浓度计算模式

涉密不公开

涉密不公开

根据计算模式，可估算出各核素距离排放源不同距离  $x$  处的地面空气浓度，计算结果见下表。

表 5.2-60 下风向不同距离处核素地面空气浓度 ( $\text{Bq/m}^3$ )

涉密不公开

涉密不公开



涉密不公开

涉密不公开

④ 剂量计算结果

根据公式（5.2-15），放射性气载流出物对公众产生的烟云浸没外照射有效剂量见下表。

涉密不公开

放射性气载流出物对公众产生的地面沉积外照射有效剂量见下表。

表 5.2-64 气载流出物对公众产生的地面沉积外照射有效剂量（单位：mSv/a）

涉密不公开

放射性气载流出物对公众产生的吸入内照射有效剂量见下表。

表 5.2-65 放射性气载流出物对公众产生的吸入内照射有效剂量（单位：mSv/a）

涉密不公开

## 涉密不公开

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最大值为  $3.94\text{E-}04\text{mSv/a}$ ，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  $0.1\text{mSv/a}$  的剂量约束值要求。

### 5.2.1.5 放射性废水环境影响分析

#### 5.2.1.5.1 处理措施分析

##### （1）收集系统

系统收集口（地漏、清洗池）主要分布于各生产场所检测去污间、涉及核素操作器具清洁的实验室等区域，用于收集各区域产生的放射性废水，收集系统管道布置于各层地下，各收集口支管收集的放射性废水经主管道汇集最终排入衰变系统。

##### （2）衰变系统

本项目于厂区内部东北侧地下设置 1 座埋地式衰变池，内含 3 套放射性衰变系统（衰变系统 1、衰变系统 2、衰变系统 3），用于放射性废水的暂存衰变。埋地式衰变池采用混凝土浇筑，地埋式密封处理，衰变池采取防渗、防腐、防水淹措施。3 套衰变系统内的衰变罐和衰变池内均设液位计，上盖不锈钢及铸铁井盖屏蔽。每个衰变罐和衰变池底均设置有潜污泵，将废水泵出。

##### ① 衰变系统 1

衰变系统 1 中加速器循环冷却水事故废水暂存一定时间后（超过 10 倍最长半衰期），监测达标（总  $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总  $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）并经审管部门认可后，经厂区总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区四期污水处理厂进一步集中

处理；如监测不达标，则委托有放射性废物处理资质的单位处置。

### ② 衰变系统 2

衰变系统 2 的放射性废水在衰变罐中暂存衰变 30 天后直接解控，经厂区总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区四期污水处理厂进一步集中处理。

### ③ 衰变系统 3

衰变系统 3 的放射性废水在衰变池中暂存衰变，暂存超过排入废水中所含核素 10 倍最长半衰期，监测达标（总  $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总  $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）并经审管部门认可后经厂区总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区四期污水处理厂进一步集中处理。

综上，放射性废水的处理措施满足《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）中放射性废水处置要求。放射性废水在排放前进行检测，检测报告及排放记录应妥善保管，每年报生态环境主管部门备案。

#### 5.2.1.5.2 放射性废水达标排放分析

##### （1）衰变系统 2

根据工程分析，衰变系统 2 的 1#衰变罐、2#衰变罐为一组，3#衰变罐、4#衰变罐为一组。本项目废水排放量为  $1.728\text{m}^3/\text{a}$ （日最大排放量为  $0.007\text{m}^3/\text{d}$ ），单个衰变罐容积  $1\text{m}^3$ ，单个衰变罐可存储 142.8d 的放射性废水，一组可存 285.6d 的放射性废水。两组轮换使用，每年为一个周期。本项目排入衰变系统 2 的放射性核素半衰期最长的为  $^{18}\text{F}$ ，其半衰期为 1.83h，因此衰变罐容积可以满足存放 30 天的要求。

##### （2）衰变系统 3

根据工程分析，衰变系统 3 的 1#衰变池~3#衰变池为一组，4#衰变池~6#衰变池为一组。本项目废水排放量为  $19.278\text{m}^3/\text{a}$ （日最大排放量为  $0.07\text{m}^3/\text{d}$ ），单个衰变池容积  $9\text{m}^3$ ，单个衰变池可存储 121.6d 的放射性废水，一组可存 364.8d 的放射性废水。两组轮换使用，每年为一个周期。本项目排入衰变系统 3 的放射性核素半衰期最长的为  $^{227}\text{Th}$ ，其半衰期为 18.7d，因此衰变池容积可以满足存放 10 倍最长半衰期的要求。

假设衰变罐/衰变池的放射性废水量为  $Q$ ，某核素  $i$  排放初始活度为  $A_0$ ，衰变罐/衰变池静置衰变  $t$  天时间后，衰变罐/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：

$$c = \frac{A_0 e^{-\lambda t}}{Q} \quad (\text{公式 5.2-20})$$

式中：

$\lambda=0.693/T_{1/2}$ ；

$T_{1/2}$ ：放射性核素半衰期，d。

根据以上公式，忽略衰变罐/衰变池排入期间的核素衰变，仅考虑静置期间的衰变，其中衰变系统 2 的静置衰变时间按 30 天考虑，衰变系统 3 的静置衰变时间按一年考虑，计算放射性废水达标情况见下表。

表 5.2-67 本项目建成后全厂放射性废水达标排放分析

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|



涉密不公开

由计算结果可知，本项目正常工况下放射性废水经衰变系统衰变后的排放浓度满足《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ 的限值要求。

根据同类项目运行经验，放射性废水经衰变池衰变后水质与生活污水相同，详见下表。

表 5.2-68 本项目放射性废水水质情况一览表 单位：mg/L（pH 无量纲）

| 污染源       | 水量<br>(m <sup>3</sup> /a) | pH  | COD <sub>Cr</sub> | BOD <sub>5</sub> | SS  | 氨氮 | 总磷 | 总氮 | 动<br>植<br>物<br>油<br>类 | 石<br>油<br>类 | LAS | 总 $\alpha$<br>(Bq/L) | 总 $\beta$<br>(Bq/L) |
|-----------|---------------------------|-----|-------------------|------------------|-----|----|----|----|-----------------------|-------------|-----|----------------------|---------------------|
| 放射性<br>废水 | 21.006                    | 6~9 | 400               | 250              | 300 | 30 | 5  | 50 | 50                    | 5           | 12  | <1                   | <10                 |

综上所述，本项目设计的放射性废水处理设施，能够满足项目所产生的放射性废水衰变处理要求。

#### 5.2.1.6 放射性固体废物环境影响分析

本项目在生产车间一层设置 1 个放射性废物间、1 个放射性有机废液暂存间，二层设置 1 个放射性废物间。放射性废物间、放射性有机废液暂存间设置通风换气装置，并有独立的排放管道。入口处设置电离辐射警告标志，设有防火、防丢失、防射线泄漏的措施。

放射性废物根据所含核素半衰期长短分类收集、分类处置，各场所放射性废物收集处置措施如下：

(1) 2 间加速器室内各设置 2 个铅垃圾桶，铅垃圾桶内放置专用垃圾袋，用于收集废靶膜、碳膜等高活性固废，收集的高活性固废转移至放射性废物间内暂存，定期委托有放射性废物处理资质的单位处理。

(2) 加速器内循环冷却水事故排水通过管道收集至衰变系统 1 内暂存衰变，暂存超过 10 倍最长半衰期后，监测达标（总  $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总  $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）并经审管部门认可后，经厂区总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区四期污水处理厂进一步集中处理；如监测不达标，则委托有放射性废物处理资质的单位处置。

(3) 热室管路清洗废液每日产生后按核素分类收集至西林瓶中密封，装入铅罐，暂存至放射性废物间暂存衰变，经衰变后达到清洁解控水平后，连同密闭容器整体作为危险废物委托有资质的单位处置。

(4) 工艺实验室产生的含  $^{89}\text{Sr}$  废液（半衰期较长，不宜排入衰变池中）分类单独收集于密闭容器中，暂存于放射性废物间中，经衰变达到清洁解控水平后，连同密闭容器整体作为危险废物委托有资质的单位处置。

(5) 生产线和质检区会产生含有放射性核素的有机废液，放射性有机废液

密封收集在铅罐中送至放射性有机废液暂存间衰变，经衰变达到清洁解控水平后，连同密闭容器整体作为危险废物委托有资质的单位处置。

（6）退役的  $^{68}\text{Ge}$ - $^{68}\text{Ga}$  发生器、 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器、 $^{188}\text{W}$ - $^{188}\text{Re}$  发生器、 $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Pb}$  发生器、 $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Bi}$  发生器，暂存在生产车间一层放射性废物间，由供货商定期上门回收。

（7）本项目通风系统更换的废过滤器滤芯集中收集后，暂存于放射性废物间内，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置。

（8）生产线、工艺实验室、质检区产生的废旧耗材、质检样品、表面清洁去污固废等，收集在铅垃圾桶内存于放射性废物间内，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置。

本项目各场所放射性废物产生及处理措施一览表如下表所示。

表 5.2-69 本项目放射性废物处理措施一览表

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

放射性废物暂存于生产车间一层和二层放射性废物暂存场所，大部分放射性废物暂存时间均小于半年，储存量按 1 年计算；少量含长半衰期核素的放射性废物、废过滤器滤芯、回旋加速器活化废物，储存量按 2 年计算。放射性废物同时储存最大量约 1.3t。

本项目涉及 3 个放射性废物暂存场所，所在位置、房间面积及废弃物来源如下。

表 5.2-70 放射性废弃物暂存位置及来源表

| 序号 | 名称         | 面积，<br>m <sup>2</sup> | 位置     | 废弃物来源                                              |
|----|------------|-----------------------|--------|----------------------------------------------------|
| 1  | 放射性废物暂存间   | 96                    | 生产车间一层 | 一层生产线 1~6、工艺实验室的生产废物，废靶、靶膜、离子源等，不能通过衰变解控的废物，退役的发生器 |
| 2  | 放射性有机废液暂存间 | 48                    | 生产车间一层 | 生产车间产生的废有机放射性废液                                    |
| 3  | 二层放射性废物暂存间 | 138                   | 生产车间二层 | 二层质检区 2 的废物                                        |

经估算分析，本项目放射性废弃物暂存场地面积可以满足本项目放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍的要求。

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。

#### 5.2.1.7 地下水环境影响分析

本项目地下水污染防治措施和对策，坚持“源头控制、分区防治、污染监控、应急响应”的原则。本项目拟采取的地下水的防治措施如下所述。

### （1）源头控制措施

① 积极推行实施清洁生产，实现各类废物循环利用，减少污染物的排放量。

② 根据国家现行相关规范加强环境管理，采取防止和降低污染物跑、冒、滴、漏的措施。正常运营过程中应加强巡检及时处理污染物跑、冒、滴、漏，同时应加强对防渗工程的检查，若发现防渗密封材料老化或损坏，应及时维修更换。

③ 对管道、设备及处理构筑物采取控制措施，放射性废水衰变池材质能防腐蚀，不易破裂，能有效防止污染物的跑、冒、滴、漏，将污染物泄漏的事故降到最低限度。

④ 坚持“可视化”原则，在满足工程和防渗层结构标准要求的前提下，尽量在地表面实施防渗措施，便于泄漏物质的收集和及时发现破损的防渗层。根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020），生产厂房地面与墙壁接缝应无缝隙，工作表面应易清洗。

⑤ 分区防治：生产装置区域内易产生泄漏的场所尽可能按照其使用物料的物性分类集中布置。严格划分污染区和非污染区，其中污染区分为重点防渗区、一般防渗区和简单防渗区。

生产装置区域内易产生泄漏的场所尽可能按照其使用物料的物性分类集中布置。严格划分污染区和非污染区，其中污染区分为重点防渗区、一般防渗区和简单防渗区。本次环评提出厂区地下水污染防治区防渗设计要求见下表。

表 5.2-71 地下水污染防治区防渗设计建议

| 序号 | 车间名称              | 分区类别  | 防渗要求                                                                |
|----|-------------------|-------|---------------------------------------------------------------------|
| 1  | 生产线 1~生产线 6、工艺实验室 | 一般防渗区 | 等效黏土防渗层 $\geq 1.5\text{m}$ ，渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-7}\text{cm/s}$ |
| 2  | 放射性废物暂存场所；危废间；衰变池 | 重点防渗区 | 等效黏土防渗层 $\geq 6\text{m}$ ，渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-7}\text{cm/s}$   |

在采取上述地下水防治措施的前提下，本项目运行期不会对地下水水质及水位造成影响。

## 5.2.2 非放射性环境影响分析

### 5.2.2.1 非放射性废气

本项目大气环境影响评价等级为三级，本次评价对非放射性废气达标情况进行分析。

#### 5.2.2.1.1 废气达标分析

本项目有组织排放的非放射性废气包括加速器室臭氧和氮氧化物（排气筒 P2、P3）、质检区 1 和质检区 2 理化实验室追溯性质检废气（排气筒 P4、P3）、锅炉废气（排气筒 P5、P6）、食堂油烟（排气筒 P7）。根据工程分析，本项目有组织排放污染物达标情况见下表。

表 5.2-72 废气有组织排放源及达标排放情况

| 排气筒 | 污染工序        | 污染物             | 排气筒/m |      | 风机风量/(m <sup>3</sup> /h) | 排放情况      |                         | 标准限值      |                         | 执行标准           | 是否达标 |
|-----|-------------|-----------------|-------|------|--------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|----------------|------|
|     |             |                 | 高度    | 内径   |                          | 速率/(kg/h) | 浓度/(mg/m <sup>3</sup> ) | 速率/(kg/h) | 浓度/(mg/m <sup>3</sup> ) |                |      |
| P2  | 加速器 1 室打靶废气 | O <sub>3</sub>  | 18    | 0.45 | 37034                    | 0.0191    | 0.5157                  | /         | /                       | /              | 达标   |
|     |             | NO <sub>x</sub> |       |      |                          | 0.0095    | 0.2565                  | 0.544     | 240                     | GB 16297-1996  | 达标   |
| P3  | 加速器 2 室打靶废气 | O <sub>3</sub>  | 18    | 0.45 | 33846                    | 0.0031    | 0.0916                  | /         | /                       | /              | 达标   |
|     |             | NO <sub>x</sub> |       |      |                          | 0.0016    | 0.0473                  | 0.544     | 240                     | GB 16297-1996  | 达标   |
| P3  | 质检区 2 检验废气  | 高氯酸             | 18    | 0.45 | 33846                    | 0.00005   | 0.00152                 | /         | /                       | /              | 达标   |
|     |             | 硝酸              |       |      |                          | 0.00029   | 0.00864                 | /         | 30                      | GB 37823-2019  | 达标   |
|     |             | 氯化氢             |       |      |                          | 0.00025   | 0.00727                 | /         | /                       | /              | 达标   |
|     |             | 硫酸              |       |      |                          | 0.00048   | 0.01409                 | 1.08      | 45                      | GB 16297-1996  | 达标   |
|     |             | 氨气              |       |      |                          | 0.00003   | 0.00076                 | 0.84      | /                       | DB 12/059-2018 | 达标   |
|     |             | 三氯甲烷            |       |      |                          | 0.00013   | 0.00388                 | /         | /                       | /              | 达标   |
|     |             | 丙酮              |       |      |                          | 0.03889   | 1.14910                 | /         | /                       | /              | 达标   |
|     |             | 冰乙酸             |       |      |                          | 0.00574   | 0.16970                 | /         | /                       | /              | 达标   |
|     |             | 甲醇              |       |      |                          | 0.03118   | 0.92122                 | 3.6       | 190                     | GB 16297-1996  | 达标   |
|     |             | 乙醇              |       |      |                          | 0.03364   | 0.99394                 | /         | /                       | /              | 达标   |

| 排气筒 | 污染工序         | 污染物          | 排气筒/m |       | 风机风量/(m³/h) | 排放情况       |            | 标准限值       |            | 执行标准           | 是否达标 |
|-----|--------------|--------------|-------|-------|-------------|------------|------------|------------|------------|----------------|------|
|     |              |              | 高度    | 内径    |             | 速率/(kg/h)  | 浓度/(mg/m³) | 速率/(kg/h)  | 浓度/(mg/m³) |                |      |
| P4  | 质检区1<br>检验废气 | 乙腈           | 18    | 0.315 | 6956        | 0.06777    | 2.00243    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |              | 二氯甲烷         |       |       |             | 0.00023    | 0.00679    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |              | 乙酸乙酯         |       |       |             | 0.00008    | 0.00242    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |              | 丁酮           |       |       |             | 0.00008    | 0.00242    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |              | 三氟乙酸         |       |       |             | 0.00013    | 0.00388    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |              | 非甲烷总烃        |       |       |             | 0.17789    | 5.25578    | 2.64       | 40         | DB 12/524-2020 | 达标   |
|     |              | TRVOC (TVOC) |       |       |             | 0.17789    | 5.25578    | 2.64       | 40         | DB 12/524-2020 | 达标   |
|     |              | 臭气浓度         |       |       |             | <1000（无量纲） |            | <1000（无量纲） |            | DB 12/059-2018 | 达标   |
|     |              | 高氯酸          |       |       |             | 0.00001    | 0.00184    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |              | 硝酸           |       |       |             | 0.00007    | 0.01051    | /          | 30         | GB 37823-2019  | 达标   |
|     |              | 氯化氢          |       |       |             | 0.00006    | 0.00885    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |              | 硫酸           |       |       |             | 0.00012    | 0.01714    | 1.08       | 45         | GB 16297-1996  | 达标   |
|     |              | 氨气           |       |       |             | 0.00001    | 0.00092    | 0.84       | /          | DB 12/059-2018 | 达标   |
|     |              | 三氯甲烷         |       |       |             | 0.00003    | 0.00472    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |              | 丙酮           |       |       |             | 0.00972    | 1.39780    | /          | /          | /              | 达标   |
| P4  | 质检区1<br>检验废气 | 冰乙酸          | 18    | 0.315 | 6956        | 0.00144    | 0.20643    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |              | 甲醇           |       |       |             | 0.00779    | 1.12060    | 3.6        | 190        | GB 16297-1996  | 达标   |
|     |              | 乙醇           |       |       |             | 0.00841    | 1.20907    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |              | 乙腈           |       |       |             | 0.01694    | 2.43582    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |              | 二氯甲烷         |       |       |             | 0.00006    | 0.00826    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |              | 乙酸乙酯         |       |       |             | 0.00002    | 0.00295    | /          | /          | /              | 达标   |

| 排气筒 | 污染工序 | 污染物             | 排气筒/m |       | 风机风量/(m³/h) | 排放情况       |            | 标准限值       |            | 执行标准           | 是否达标 |
|-----|------|-----------------|-------|-------|-------------|------------|------------|------------|------------|----------------|------|
|     |      |                 | 高度    | 内径    |             | 速率/(kg/h)  | 浓度/(mg/m³) | 速率/(kg/h)  | 浓度/(mg/m³) |                |      |
|     |      | 丁酮              |       |       |             | 0.00002    | 0.00295    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |      | 三氟乙酸            |       |       |             | 0.00003    | 0.00472    | /          | /          | /              | 达标   |
|     |      | 非甲烷总烃           |       |       |             | 0.04447    | 6.39330    | 2.64       | 40         | DB 12/524-2020 | 达标   |
|     |      | TRVOC (TVOC)    |       |       |             | 0.04447    | 6.39330    | 2.64       | 40         | DB 12/524-2020 | 达标   |
|     |      | 臭气浓度            |       |       |             | <1000（无量纲） |            | <1000（无量纲） |            | DB 12/059-2018 | 达标   |
|     |      |                 |       |       |             |            |            |            |            |                |      |
| P5  | 锅炉废气 | 颗粒物             | 21    | 0.275 | 4200        | 0.012      | 5          | /          | 10         | DB 12/151-2020 | 达标   |
|     |      | SO <sub>2</sub> |       |       |             | 0.009      | 3.84       | /          | 20         |                | 达标   |
|     |      | NO <sub>x</sub> |       |       |             | 0.066      | 28         | /          | 50         |                | 达标   |
|     |      | CO              |       |       |             | 0.072      | 30.68      | /          | 95         |                | 达标   |
|     |      | 烟气黑度            |       |       |             | /          | <1（林格曼，级）  | /          | <1（林格曼，级）  |                | 达标   |
| P6  | 锅炉废气 | 颗粒物             | 21    | 0.35  | 9800        | 0.027      | 5          | /          | 10         | DB 12/151-2020 | 达标   |
|     |      | SO <sub>2</sub> |       |       |             | 0.021      | 3.84       | /          | 20         |                | 达标   |
|     |      | NO <sub>x</sub> |       |       |             | 0.164      | 30         | /          | 50         |                | 达标   |
|     |      | CO              |       |       |             | 0.168      | 30.68      | /          | 95         |                | 达标   |
|     |      | 烟气黑度            |       |       |             | /          | <1（林格曼，级）  | /          | <1（林格曼，级）  |                | 达标   |
| P7  | 食堂油烟 | 餐饮油烟            | 18    | 0.5   | 6000        | /          | 0.9        | /          | 1          | DB12/644-2016  | 达标   |

#### （1）排气筒高度分析

排气筒 P2、P3、P4 的高度均为 18m，排气筒高度满足《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2020）、《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）、《恶臭污染物排放标准》（DB 12/059-2018）所要求的不低于 15m 高的要求；200m 范围内最高建筑物 18m，不满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中高出 200m 范围内最高建筑物 5m 以上要求，污



染物排放速率标准值严格 50%执行。

排气筒 P5、P6 的高度均为 21m，排气筒高度满足《锅炉大气污染物排放标准》（DB 12/151-2020）所要求的不低于 15m 高的要求；200m 范围内最高建筑物 18m，满足《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271-2014）中高出 200m 范围内最高建筑物 3m 以上要求。

## （2）达标分析

### ① 回旋加速器室废气：

由上表可知，排气筒 P2、P3 中  $\text{NO}_x$  的排放浓度和排放速率均满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）二级标准限值要求。

### ② 质检区 1 和质检区 2 废气：

排气筒 P2、P3 排放氨气的排放速率满足《恶臭污染物排放标准》（DB12/059-2018）相应标准限值要求，氯化氢排放浓度满足《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）的限值要求，甲醇、硫酸雾的排放速率和排放浓度满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）的限值要求，TRVOC、非甲烷总烃的排放速率和排放浓度满足《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2020）中“医药制造行业”的限值要求，臭气浓度满足《恶臭污染物排放标准》（DB 12/059-2018）的限值要求。

本项目质检区 1 和质检区 2 质检过程会使用氨水等具有刺激性气味的化学试剂，质检过程会产生少量异味。根据类比对象监测结果，预计本项目排气筒 P2 和 P3 出口臭气浓度 $<1000$ （无量纲），满足《恶臭污染物排放标准》（DB12/059-2018）相应标准限值要求。

### ③ 锅炉废气：

动力车间排气筒 P5、P6 排放颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳、烟气黑度的排放浓度满足《锅炉大气污染物排放标准》（DB12/151-2020）的限值要求。

### ④ 食堂油烟：

本项目设员工食堂，食堂油烟通过 1 根 18m 高排气筒 P7 外排。食堂油烟经静电油烟净化器处理后，外排废气满足《餐饮业油烟排放标准》（DB12/644-2016）表 1 餐饮油烟浓度排放限值。

上述废气污染物均可实现达标排放。

### （3）等效排气筒

排气筒 P2、P3 之间距离（12.5m）小于两根排气筒高度之和（36m），按照《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2020）要求需进行等效。排气筒 P2、P3 等效排气筒排放的 TRVOC、非甲烷总烃排放速率满足《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2020）限值要求。

#### 5.2.2.1.1 大气环境影响预测

本项目大气环境影响评价等级为三级，根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ 2.2-2018），不进行进一步预测和评价。

#### 5.2.2.1.2 大气环境保护距离

根据估算模型的估算结果可知，本项目大气环境影响评价等级为三级，无需进行进一步预测与评价，无需设置大气环境保护距离。

#### 5.2.2.1.3 大气环境影响评价自查表

本项目的大气环境影响评价自查表见下表。

表 5.2-73 大气环境影响评价自查表

| 工作内容    |                                      | 自查项目                                                                                  |       |               |                                                       |                |             |         |  |
|---------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------|-------------------------------------------------------|----------------|-------------|---------|--|
| 评价等级与范围 | 评价等级                                 | 一级□                                                                                   |       | 二级□           |                                                       |                | 三级☑         |         |  |
|         | 评价范围                                 | 边长 = 50 km□                                                                           |       | 边长 5~50 km□   |                                                       |                | 边长 = 5 km□  |         |  |
| 评价因子    | SO <sub>2</sub> +NO <sub>x</sub> 排放量 | ≥ 2000 t/a□                                                                           |       | 500~2000 t/a□ |                                                       |                | <500 t/a☑   |         |  |
|         | 评价因子                                 | 基本污染物（O <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub> ）<br>其他污染物（氯化氢、硫酸雾、<br>甲醇、TRVOC、非甲烷总烃、臭<br>气浓度） |       |               | 包括二次 PM <sub>2.5</sub> □<br>不包括二次 PM <sub>2.5</sub> ☑ |                |             |         |  |
| 评价标准    | 评价标准                                 | 国家标准☑                                                                                 |       | 地方标准 ☑        |                                                       | 附录 D ☑         |             | 其他标准 □  |  |
| 现状评价    | 环境功能区                                | 一类区□                                                                                  |       | 二类区 ☑         |                                                       |                | 一类区和二类区 □   |         |  |
|         | 评价基准年                                | （2025）年                                                                               |       |               |                                                       |                |             |         |  |
|         | 环境空气质量现状调查数据来源                       | 长期例行监测数据□                                                                             |       | 主管部门发布的数据☑    |                                                       |                | 现状补充监测□     |         |  |
|         | 现状评价                                 | 达标区□                                                                                  |       |               |                                                       |                | 不达标区☑       |         |  |
| 污染源调查   | 调查内容                                 | 本项目正常排放源☑<br>本项目非正常排放源□<br>现有污染源 □                                                    |       | 拟替代的污染源 □     |                                                       | 其他在建、拟建项目污染源 □ |             | 区域污染源 □ |  |
| 大气环境影响  | 预测模型                                 | AERMOD□                                                                               | ADMS□ | AUSTAL 2000 □ | EDMS/AEDT □                                           | CALPUF F □     | 网格模型□       | 其他□     |  |
|         | 预测范围                                 | 边长 ≥ 50 km□                                                                           |       | 边长 5~50 km □  |                                                       |                | 边长 = 5 km □ |         |  |

| 工作内容                       |                             | 自查项目                                                                    |                                                                                 |                                                                                                     |                                                         |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 预测与评价<br>(本项目不涉及)          | 预测因子                        | 预测因子 ( )                                                                |                                                                                 | 包括二次 PM <sub>2.5</sub> <input type="checkbox"/><br>不包括二次 PM <sub>2.5</sub> <input type="checkbox"/> |                                                         |
|                            | 正常排放短期浓度贡献值                 | $C_{\text{本项目}}$ 最大占标率 $\leq 100\%$ <input type="checkbox"/>            |                                                                                 | $C_{\text{本项目}}$ 最大占标率 $> 100\%$ <input type="checkbox"/>                                           |                                                         |
|                            | 正常排放年均浓度贡献值                 | 一类区                                                                     | $C_{\text{本项目}}$ 最大占标率 $\leq 10\%$ <input type="checkbox"/>                     |                                                                                                     | $C_{\text{本项目}}$ 最大标率 $> 10\%$ <input type="checkbox"/> |
|                            |                             | 二类区                                                                     | $C_{\text{本项目}}$ 最大占标率 $\leq 30\%$ <input type="checkbox"/>                     |                                                                                                     | $C_{\text{本项目}}$ 最大标率 $> 30\%$ <input type="checkbox"/> |
|                            | 非正常排放 1h 浓度贡献值              | 非正常持续时长 ( ) h                                                           | $C_{\text{非正常}}$ 占标率 $\leq 100\%$ <input type="checkbox"/>                      |                                                                                                     | $C_{\text{非正常}}$ 占标率 $> 100\%$ <input type="checkbox"/> |
|                            | 保证率日平均浓度和年平均浓度叠加值           | $C_{\text{叠加}}$ 达标 <input type="checkbox"/>                             |                                                                                 | $C_{\text{叠加}}$ 不达标 <input type="checkbox"/>                                                        |                                                         |
|                            | 区域环境质量整体变化情况                | $k \leq -20\%$ <input type="checkbox"/>                                 |                                                                                 | $k > -20\%$ <input type="checkbox"/>                                                                |                                                         |
| 环境监测计划                     | 污染源监测                       | 监测因子：硫酸雾、氯化氢、甲醇、TRVOC、非甲烷总烃、臭气浓度                                        | 有组织废气监测 <input checked="" type="checkbox"/><br>无组织废气监测 <input type="checkbox"/> |                                                                                                     | 无监测 <input type="checkbox"/>                            |
|                            | 环境质量监测                      | 监测因子： ( )                                                               | 监测点位数 ( )                                                                       |                                                                                                     | 无监测 <input checked="" type="checkbox"/>                 |
| 评价结论                       | 环境影响                        | 可以接受 <input checked="" type="checkbox"/> 不可以接受 <input type="checkbox"/> |                                                                                 |                                                                                                     |                                                         |
|                            | 大气环境防护距离                    | 距 ( / ) 厂界最远 ( / ) m                                                    |                                                                                 |                                                                                                     |                                                         |
|                            | 污染源年排放量                     | 有组织排放总量                                                                 |                                                                                 |                                                                                                     |                                                         |
|                            |                             | SO <sub>2</sub> : ( / ) t/a                                             | NO <sub>x</sub> : (0.0011) t/a                                                  | 颗粒物: ( / ) t/a                                                                                      | VOCs: (0.272) t/a                                       |
|                            |                             | 无组织排放总量                                                                 |                                                                                 |                                                                                                     |                                                         |
|                            | SO <sub>2</sub> : ( / ) t/a | NO <sub>x</sub> : ( / ) t/a                                             | 颗粒物: ( / ) t/a                                                                  | VOCs: ( / ) t/a                                                                                     |                                                         |
| 注：“□”为勾选项，填“√”；“( )”为内容填写项 |                             |                                                                         |                                                                                 |                                                                                                     |                                                         |

## 5.2.2.2 非放射性废水

根据工程分析，本项目非放射性废水排水主要为生活污水、辐射工作人员洁净服清洗废水、高压蒸汽灭菌冷凝水、质检器皿清洗废水、纯水浓排水。经厂区总排口排入市政污水管网，最终接入武清开发区四期污水处理厂进一步集中处理。

## 5.2.2.2.1 废水达标排放分析

根据本项目废水排放情况，本项目厂区废水总排口废水水质情况见下表。

表 5.2-74 本项目废水总排口水质情况一览表 单位：mg/L（pH 无量纲）

| 污染源       | 水量<br>(m <sup>3</sup> /a) | pH     | COD <sub>C</sub><br>r | BOD <sub>5</sub> | SS  | 氨氮 | 总磷 | 总氮 | 动<br>植<br>物<br>油<br>类 | 石<br>油<br>类 | LAS | 总 α<br>Bq/L | 总 β<br>Bq/L |
|-----------|---------------------------|--------|-----------------------|------------------|-----|----|----|----|-----------------------|-------------|-----|-------------|-------------|
| 放射性<br>废水 | 21.006                    | 6~9    | 400                   | 250              | 300 | 30 | 5  | 50 | 50                    | 5           | 12  | <1          | <10         |
| 生活<br>污水  | 1946.16                   | 6~9    | 400                   | 250              | 300 | 30 | 5  | 50 | 50                    | 5           | 12  | /           | /           |
| 其他<br>废水  | 761.22                    | 6~9    | 400                   | 250              | 300 | 30 | 5  | 50 | 50                    | 5           | 12  | /           | /           |
| 总排口       | 2728.386                  | 6~9    | 400                   | 250              | 300 | 30 | 5  | 50 | 50                    | 5           | 12  | <1          | <10         |
| 排放<br>限值  | —                         | 6~9    | 500                   | 300              | 400 | 45 | 8  | 70 | 100                   | 15          | 20  | 1           | 10          |
| 达标<br>情况  | —                         | 达<br>标 | 达标                    | 达标               | 达标  | 达标 | 达标 | 达标 | 达标                    | 达标          | 达标  | 达标          | 达标          |

由上表可知，本项目外排废水满足《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）三级标准要求。

## 5.2.2.2.2 废水排放去向合理性分析

经过衰变池衰变后的放射性废水与非放射性废水通过厂区废水总排口排入园区市政污水管网，最终排入武清开发区四期污水处理厂进一步集中处理。

武清开发区四期污水处理厂位于武清区京津塘高速公路东侧、武清开发区四期源景道与泉春路交口东南侧地块，规划总占地 46062.60 m<sup>2</sup>。总服务区域面积约为 22.2km<sup>2</sup>，主要包括：武清开发区四期京津塘高速以东地块（包括环渤海物流园）和武清开发区三期北区地块（包括三期北区保税物流区和三期北区高等教育区）。废水中 pH、氨氮、动植物油类、粪大肠菌群数、化学需氧量、色度、生化需氧量、石油类、悬浮物、阴离子表面活性剂（LAS）、总氮、总磷等指标外排浓度可以达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB 12/599-

2015）A 标准的要求，收水标准为《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）三级标准。

（1）处理能力

华电水务（天津）有限公司武清开发区四期污水处理厂已取得入河排污口设置批复（批复文号：津武审环排口[2024]2 号），允许排水量为 1.6 万 m<sup>3</sup>/d，据调查，华电水务（天津）有限公司武清开发区四期污水处理厂目前实际日处理规模约 1.4 万 m<sup>3</sup>/d，未达到允许排放量。

（2）处理工艺

厂区主体工艺采用“预处理+多级 AO+高密度沉淀池+V 型滤池”污水处理工艺。建有中水处理装置，一部分处理后的废水经中水处理装置深度处理为水质达到中水回用标准的中水，回用至区内工业、浇灌绿地、规划河道用水及人工湖等景观水。

（3）设计进水水质

污水处理厂设计进水水质见下表

表 5.2-75 污水处理厂设计进水水质 单位：mg/L（pH 无量纲）

| 污染源          | pH  | COD <sub>Cr</sub> | BOD <sub>5</sub> | SS  | 氨氮 | 总磷 | 总氮 |
|--------------|-----|-------------------|------------------|-----|----|----|----|
| 污水处理厂设计进水水质  | 6~9 | 500               | 300              | 400 | 45 | 8  | 70 |
| 本项目废水总排口出水水质 | 6~9 | 400               | 250              | 300 | 30 | 5  | 50 |
| 是否满足         | 是   | 是                 | 是                | 是   | 是  | 是  | 是  |

根据上表可知，本项目厂区废水总排口污染物排放浓度可满足武清开发区四期污水处理厂进水要求。

（4）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，武清开发区四期污水处理厂监测结果见下表。

表 5.2-76 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       | 12.3              | 3.0              | 4.0    | 0.51      | 0.24      | 5.29      |
| 标准限值 | 6~9       | 30                | 6                | 5      | 1.5（3.0）  | 0.3       | 10        |
| 检测日期 | 2026.7.15 | 2026.7.15         | 2026.1           | 2026.1 | 2026.7.15 | 2026.7.15 | 2026.7.15 |
| 是否达标 | 达标        | 达标                | 达标               | 达标     | 达标        | 达标        | 达标        |

本项目选址位于华电水务（天津）有限公司武清开发区四期污水处理厂收水范围之内；排放废水水质可以满足《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）三级限值，符合华电水务（天津）有限公司四期污水处理厂的收水要求；本项

目日平均废水排放最大量为  $9.5\text{m}^3/\text{d}$ ，低于该污水处理厂处理余量。本项目废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，该污水处理厂具备接纳本项目废水的能力。

综上所述，本项目污水排放去向合理可行。

#### 5.2.2.2.3 废水排放信息

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018），本项目废水排放相关信息如下：

表 5.2-77 废水类别、污染物及污染治理设施信息表

| 序号 | 废水类别  | 污染物种类                                                                    | 排放去向      | 排放规律                     | 污染治理设施   |          |          | 排放口编号 | 排放口设置是否符合要求                                                         | 排放口类型                                                                                                                                                                                   |
|----|-------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------|----------|----------|----------|-------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |       |                                                                          |           |                          | 污染治理设施编号 | 污染治理设施名称 | 污染治理设施工艺 |       |                                                                     |                                                                                                                                                                                         |
| 1  | 放射性废水 | pH、 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{BOD}_5$ 、SS、氨氮、总磷、总氮、动植物油类、石油类、LAS | 进入城市污水处理厂 | 间接排放，流量不稳定且无规律，但不属于冲击型排放 | /        | /        | /        | DW001 | <input checked="" type="checkbox"/> 是<br><input type="checkbox"/> 否 | <input checked="" type="checkbox"/> 企业总排<br><input type="checkbox"/> 雨水排放<br><input type="checkbox"/> 清净下水排放<br><input type="checkbox"/> 温排水排放<br><input type="checkbox"/> 车间或车间处理设施排放口 |
|    |       | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$                                                    |           |                          | TW001    | 埋地式衰变系统  | 静置衰变     | DW002 | <input checked="" type="checkbox"/> 是<br><input type="checkbox"/> 否 | <input type="checkbox"/> 企业总排<br><input type="checkbox"/> 雨水排放<br><input type="checkbox"/> 清净下水排放<br><input type="checkbox"/> 温排水排放<br><input checked="" type="checkbox"/> 车间或车间处理设施排放口 |
| 2  | 生活污水  | pH、 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{BOD}_5$ 、SS、氨氮、总磷、总氮、动植物油类、石油类、LAS | 进入城市污水处理厂 | 间接排放，流量不稳定且无规律，但不属于冲击型排放 | /        | /        | /        | DW001 | <input checked="" type="checkbox"/> 是<br><input type="checkbox"/> 否 | <input checked="" type="checkbox"/> 企业总排<br><input type="checkbox"/> 雨水排放<br><input type="checkbox"/> 清净下水排放<br><input type="checkbox"/> 温排水排放<br><input type="checkbox"/> 车间或车间处理设施排放口 |

表 5.2-78 废水间接排放口基本情况表

| 序号 | 排放口<br>编号 | 排放口地理坐标          |                 | 废水<br>排放量<br>/(m <sup>3</sup> /a) | 排放<br>去向          | 排放规<br>律                                             | 间歇<br>排放<br>时段 | 受纳污水处理厂信息                        |                   |                                        |
|----|-----------|------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------|-------------------|----------------------------------------|
|    |           | 经度/°             | 纬度/°            |                                   |                   |                                                      |                | 名称                               | 污染物<br>种类         | DB12/599-<br>2015<br>(A 标准)<br>/(mg/L) |
| 1  | DW001     | 117.029205<br>63 | 39.448827<br>17 | 2728.3<br>86                      | 进入城市<br>污水处<br>理厂 | 间接排<br>放，流<br>量不稳<br>定且无<br>规律，<br>但不属<br>于冲击<br>型排放 | /              | 武清<br>开发<br>区四<br>期污<br>水处<br>理厂 | pH                | 6~9                                    |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | SS                | 5                                      |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | COD <sub>Cr</sub> | 30                                     |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | BOD <sub>5</sub>  | 6                                      |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | 氨氮                | 1.5(3.0)                               |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | 总磷                | 0.3                                    |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | 总氮                | 10                                     |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | 动植物油类             | 1.0                                    |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | 石油类               | 0.5                                    |
| 2  | DW002     | 117.030424<br>09 | 39.449175<br>93 | 21.006                            | 进入城市<br>污水处<br>理厂 | 间接排<br>放，流<br>量不稳<br>定且无<br>规律，<br>但不属<br>于冲击<br>型排放 | /              | 武清<br>开发<br>区四<br>期污<br>水处<br>理厂 | LAS               | 0.3                                    |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | /                 | /                                      |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | /                 | /                                      |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | /                 | /                                      |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | /                 | /                                      |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | /                 | /                                      |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | /                 | /                                      |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | /                 | /                                      |
|    |           |                  |                 |                                   |                   |                                                      |                |                                  | /                 | /                                      |

表 5.2-79 废水污染物排放执行标准

| 序号 | 排放口<br>编号 | 污染物种类             | 国家或地方污染物排放标准                  |             |
|----|-----------|-------------------|-------------------------------|-------------|
|    |           |                   | 名称                            | 浓度限值/(mg/L) |
| 1  | DW001     | pH                | 《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）三级标准 | 6~9(无量纲)    |
|    |           | COD <sub>Cr</sub> |                               | 500         |
|    |           | BOD <sub>5</sub>  |                               | 300         |
|    |           | SS                |                               | 400         |
|    |           | 氨氮                |                               | 45          |
|    |           | 总磷                |                               | 8           |
|    |           | 总氮                |                               | 70          |
|    |           | 动植物油类             |                               | 100         |
|    |           | 石油类               |                               | 15          |
|    |           | LAS               |                               | 20          |
| 2  | DW002     | 总 α               | 《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）三级标准 | 1Bq/L       |
|    |           | 总 β               |                               | 10Bq/L      |

表 5.2-80 废水污染物排放信息表

| 序号      | 排放口编号 | 污染物种类             | 排放浓度/(mg/L) | 日排放量/(t/d) | 年排放量/(t/a)  |
|---------|-------|-------------------|-------------|------------|-------------|
| 1       | DW001 | pH                | 6~9(无量纲)    | --         | --          |
|         |       | COD <sub>Cr</sub> | 400         | 0.003638   | 1.0914      |
|         |       | BOD <sub>5</sub>  | 250         | 0.002274   | 0.6821      |
|         |       | SS                | 300         | 0.002728   | 0.8185      |
|         |       | 氨氮                | 30          | 0.000273   | 0.0819      |
|         |       | 总磷                | 5           | 0.000045   | 0.0136      |
|         |       | 总氮                | 50          | 0.000455   | 0.1364      |
|         |       | 动植物油类             | 50          | 0.000455   | 0.1364      |
|         |       | 石油类               | 5           | 0.000045   | 0.0136      |
|         |       | LAS               | 12          | 0.000109   | 0.0327      |
| 2       | DW002 | 总 α               | <1Bq/L      | /          | <21006Bq/a  |
|         |       | 总 β               | <10Bq/L     | /          | <210060Bq/a |
| 全厂排放口合计 |       | pH                |             |            | --          |
|         |       | COD <sub>Cr</sub> |             |            | 1.0914      |
|         |       | BOD <sub>5</sub>  |             |            | 0.6821      |
|         |       | SS                |             |            | 0.8185      |
|         |       | 氨氮                |             |            | 0.0819      |
|         |       | 总磷                |             |            | 0.0136      |
|         |       | 总氮                |             |            | 0.1364      |
|         |       | 动植物油类             |             |            | 0.1364      |
|         |       | 石油类               |             |            | 0.0136      |
|         |       | LAS               |             |            | 0.0327      |
|         |       | 总 α               |             |            | <21006Bq/a  |
|         |       | 总 β               |             |            | <210060Bq/a |

表 5.2-81 环境监测计划及记录信息表

| 序号 | 排放口编号 | 污染物名称             | 监测设施                                                                  | 自动监测设施安装位置 | 自动监测设施的安<br>装、维护等相<br>关管理要求 | 自动监测是否<br>联网 | 自动监测仪器<br>名称 | 手工监测采样<br>方法及个数   | 手工监测<br>频次      | 手工测定方法    |
|----|-------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|--------------|--------------|-------------------|-----------------|-----------|
| 1  | DW001 | pH                | <input checked="" type="checkbox"/> 手动<br><input type="checkbox"/> 自动 | /          | /                           | /            | /            | 瞬时<br>采样<br>(3 个) | 1 次/<br>每季<br>度 | 玻璃电极法     |
|    |       | COD <sub>Cr</sub> |                                                                       |            |                             |              |              |                   |                 | 重铬酸盐法     |
|    |       | BOD <sub>5</sub>  |                                                                       |            |                             |              |              |                   |                 | 稀释与接种法    |
|    |       | SS                |                                                                       |            |                             |              |              |                   |                 | 重量法       |
|    |       | 氨氮                |                                                                       |            |                             |              |              |                   |                 | 纳氏试剂分光光度法 |
|    |       | 总磷                |                                                                       |            |                             |              |              |                   |                 | 钼酸铵分光光度法  |



| 序号 | 排放口<br>编号 | 污染物<br>名称 | 监测<br>设施                                                              | 自动<br>监测<br>设施<br>安装<br>位置 | 自动监测<br>设施的安<br>装、维护<br>等相关管<br>理要求 | 自动<br>监测<br>是否<br>联网 | 自动<br>监测<br>仪器<br>名称 | 手工监<br>测采样<br>方法及<br>个数 | 手工<br>监测<br>频次 | 手工测定方法                                      |
|----|-----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------|---------------------------------------------|
|    |           | 总氮        |                                                                       |                            |                                     |                      |                      |                         |                | 碱性过硫酸钾<br>消解                                |
|    |           | 动植物<br>油类 |                                                                       |                            |                                     |                      |                      |                         |                | 红外分光光度法                                     |
|    |           | 石油类       |                                                                       |                            |                                     |                      |                      |                         |                | 紫外分光光度法                                     |
|    |           | LAS       |                                                                       |                            |                                     |                      |                      |                         |                | 亚甲蓝分光光度<br>法                                |
| 2  | DW002     | 总 α       | <input checked="" type="checkbox"/> 手动<br><input type="checkbox"/> 自动 | /                          | /                                   | /                    | /                    | 瞬时<br>采样<br>(3 个)       | 1 次/<br>年      | 《水质 总 α 放<br>射性的测定 厚<br>源法》(HJ<br>898-2017) |
|    |           | 总 β       |                                                                       |                            |                                     |                      |                      |                         |                | 《水质 总 β 放<br>射性的测定 厚<br>源法》(HJ<br>899-2017) |

表 5.2-82 地表水环境影响评价自查表

| 工作内容     |                     | 自查项目                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  |  |
|----------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--|
| 影响<br>识别 | 影响类型                | 水污染影响型 <input checked="" type="checkbox"/> ；水文要素影响型 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                           |                                  |  |
|          | 水环境保<br>护目标         | 饮用水水源保护区 <input type="checkbox"/> ；饮用水取水口 <input type="checkbox"/> ；涉水的自然保护区 <input type="checkbox"/> ；重要湿地<br><input type="checkbox"/> ；重点保护与珍稀水生生物的栖息地 <input type="checkbox"/> ；重要水生生物的自然产卵场<br>及索饵场、越冬场和洄游通道、天然渔场等渔业水体 <input type="checkbox"/> ；涉水的风景名<br>胜 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/> |                                  |  |
|          | 影响途径                | 水污染影响型                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |  |
|          |                     | 直接排放 <input type="checkbox"/> ；间接排放 <input checked="" type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                   |                                  |  |
|          | 影响因子                | 持久性污染物 <input type="checkbox"/> ；有毒有害污染物<br><input type="checkbox"/> ；非持久性污染物 <input checked="" type="checkbox"/> ；pH 值 <input type="checkbox"/> ；热<br>污染 <input type="checkbox"/> ；富营养化 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>                                                                         |                                  |  |
| 评价等级     |                     | 水污染影响型                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |  |
|          |                     | 一级 <input type="checkbox"/> ；二级 <input type="checkbox"/> ；三级 A <input type="checkbox"/> ；三级 B <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                      |                                  |  |
|          |                     | 水文要素影响型                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                  |  |
|          |                     | 一级 <input type="checkbox"/> ；二级 <input type="checkbox"/> ；三级 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                  |                                  |  |
| 现状<br>调查 | 区域污染<br>源           | 调查项目                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  |  |
|          |                     | 已建 <input type="checkbox"/> ；在建 <input type="checkbox"/> ；<br>拟建 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                 | 拟替代的污染源 <input type="checkbox"/> |  |
|          | 受影响水<br>体水环境<br>质量  | 数据来源                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  |  |
|          |                     | 排污许可证 <input type="checkbox"/> ；环评 <input type="checkbox"/> ；环保<br>验收 <input type="checkbox"/> ；既有实测 <input type="checkbox"/> ；现场监<br>测 <input type="checkbox"/> ；入河排放口数据 <input type="checkbox"/> ；其<br>他 <input type="checkbox"/>                                                                                    |                                  |  |
|          |                     | 调查时期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  |  |
| 现状<br>调查 | 区域水资<br>源开发利<br>用状况 | 丰水期 <input type="checkbox"/> ；平水期 <input type="checkbox"/> ；枯水期 <input type="checkbox"/> ；冰<br>封期 <input type="checkbox"/><br>春季 <input type="checkbox"/> ；夏季 <input type="checkbox"/> ；秋季 <input type="checkbox"/> ；冬季 <input type="checkbox"/>                                                                       |                                  |  |
|          |                     | 数据来源                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  |  |
|          |                     | 生态环境保护主管部门 <input type="checkbox"/> ；补充<br>监测 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                    |                                  |  |
|          |                     | 未开发 <input type="checkbox"/> ；开发量 40%以下 <input type="checkbox"/> ；开发量 40%以上 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                   |                                  |  |
|          |                     | 调查时期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  |  |
|          |                     | 数据来源                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  |  |

| 工作内容 |                      | 自查项目                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |                                                                                              |
|------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | 水文情势调查               | 丰水期 <input type="checkbox"/> ；平水期 <input type="checkbox"/> ；枯水期 <input type="checkbox"/> ；冰封期 <input type="checkbox"/><br>春季 <input type="checkbox"/> ；夏季 <input type="checkbox"/> ；秋季 <input type="checkbox"/> ；冬季 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | 水行政主管部门 <input type="checkbox"/> ；补充监测 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/> |
|      | 补充监测                 | 监测时期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  | 监测因子                                                                                         |
|      |                      | 丰水期 <input type="checkbox"/> ；平水期 <input type="checkbox"/> ；枯水期 <input type="checkbox"/> ；冰封期 <input type="checkbox"/><br>春季 <input type="checkbox"/> ；夏季 <input type="checkbox"/> ；秋季 <input type="checkbox"/> ；冬季 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | ( )<br>监测断面或点位个数 ( )<br>个                                                                    |
| 现状评价 | 评价范围                 | 河流：长度 ( ) km；湖库、河口及近岸海域：面积 ( ) km <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |                                                                                              |
|      | 评价因子                 | ( )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                                                                                              |
|      | 评价标准                 | 河流、湖库、河口：I类 <input type="checkbox"/> ；II类 <input type="checkbox"/> ；III类 <input type="checkbox"/> ；IV类 <input type="checkbox"/> ；V类 <input type="checkbox"/><br>近岸海域：第一类 <input type="checkbox"/> ；第二类 <input type="checkbox"/> ；第三类 <input type="checkbox"/> ；第四类 <input type="checkbox"/><br>规划年评价标准 ( )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |                                                                                              |
|      | 评价时期                 | 丰水期 <input type="checkbox"/> ；平水期 <input type="checkbox"/> ；枯水期 <input type="checkbox"/> ；冰封期 <input type="checkbox"/><br>春季 <input type="checkbox"/> ；夏季 <input type="checkbox"/> ；秋季 <input type="checkbox"/> ；冬季 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |                                                                                              |
|      | 评价结论                 | 水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标状况 <input type="checkbox"/> ：达标 <input type="checkbox"/> ；不达标 <input type="checkbox"/><br>水环境控制单元或断面水质达标状况 <input type="checkbox"/> ：达标 <input type="checkbox"/> ；不达标 <input type="checkbox"/><br>水环境保护目标质量状况 <input type="checkbox"/> ：达标 <input type="checkbox"/> ；不达标 <input type="checkbox"/><br>对照断面、控制断面等代表性断面的水质状况 <input type="checkbox"/> ：达标 <input type="checkbox"/> ；不达标 <input type="checkbox"/><br>底泥污染评价 <input type="checkbox"/><br>水资源与开发利用程度及其水文情势评价 <input type="checkbox"/><br>水环境质量回顾评价 <input type="checkbox"/><br>流域（区域）水资源（包括水能资源）与开发利用总体状况、生态流量管理要求与现状满足程度、建设项目占用水域空间的水流状况与河湖演变状况 <input type="checkbox"/> |  | 达标区 <input type="checkbox"/><br>不达标区 <input type="checkbox"/>                                |
| 影响预测 | 预测范围                 | 河流：长度 ( ) km；湖库、河口及近岸海域：面积 ( ) km <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |                                                                                              |
|      | 预测因子                 | ( )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                                                                                              |
|      | 预测时期                 | 丰水期 <input type="checkbox"/> ；平水期 <input type="checkbox"/> ；枯水期 <input type="checkbox"/> ；冰封期 <input type="checkbox"/><br>春季 <input type="checkbox"/> ；夏季 <input type="checkbox"/> ；秋季 <input type="checkbox"/> ；冬季 <input type="checkbox"/><br>设计水文条件 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |                                                                                              |
|      | 预测情景                 | 建设期 <input type="checkbox"/> ；生产运行期 <input type="checkbox"/> ；服务期满后 <input type="checkbox"/><br>正常工况 <input type="checkbox"/> ；非正常工况 <input type="checkbox"/><br>污染控制和减缓措施方案 <input type="checkbox"/><br>区（流）域环境质量改善目标要求情景 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                                                                                              |
|      | 预测方法                 | 数值解 <input type="checkbox"/> ；解析解 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/><br>导则推荐模式 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |                                                                                              |
| 影响评价 | 水污染控制和水环境影响减缓措施有效性评价 | 区（流）域水环境中质量改善目标 <input type="checkbox"/> ；替代削减源 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |                                                                                              |
|      | 水环境影响评价              | 排放口混合区外满足水环境管理要求 <input type="checkbox"/><br>水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标 <input type="checkbox"/><br>满足水环境保护目标水域水环境质量要求 <input type="checkbox"/><br>水环境控制单元或断面水质达标 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |                                                                                              |

| 工作内容                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 自查项目                                                                                                                                                                                                          |                                                                                        |                                                               |                                                                                                   |             |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 污染源排放量核算                                                       | 满足重点水污染物排放总量控制指标要求，重点行业建设项目，主要污染物排放满足等量或减量替代要求 <input type="checkbox"/><br>满足区（流）域水环境质量改善目标要求 <input type="checkbox"/><br>水文要素影响型建设项目时应包括水文情势变化评价、主要水文特征值影响评价、生态流量符合性评价 <input type="checkbox"/><br>对于新设或调整入河（湖库、近岸水域）排放口的建设项目，应包括排放口设置的环境合理性评价 <input type="checkbox"/><br>满足生态保护红线、水环境质量底线、资源利用上线和环境准入清单管理要求 <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                        |                                                               |                                                                                                   |             |
|                                                                | 污染物名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                               | 排放量/（t/a）                                                                              |                                                               | 排放浓度/（mg/L）                                                                                       |             |
|                                                                | pH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                               | --                                                                                     |                                                               | 6~9(无量纲)                                                                                          |             |
|                                                                | COD <sub>Cr</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                               | 1.0914                                                                                 |                                                               | 400                                                                                               |             |
|                                                                | BOD <sub>5</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                               | 0.6821                                                                                 |                                                               | 250                                                                                               |             |
|                                                                | SS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                               | 0.8185                                                                                 |                                                               | 300                                                                                               |             |
|                                                                | 氨氮                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                               | 0.0819                                                                                 |                                                               | 30                                                                                                |             |
|                                                                | 总磷                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                               | 0.0136                                                                                 |                                                               | 5                                                                                                 |             |
|                                                                | 总氮                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                               | 0.1364                                                                                 |                                                               | 50                                                                                                |             |
|                                                                | 动植物油类                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                               | 0.1364                                                                                 |                                                               | 50                                                                                                |             |
|                                                                | 石油类                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                               | 0.0136                                                                                 |                                                               | 5                                                                                                 |             |
|                                                                | LAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                               | 0.0327                                                                                 |                                                               | 12                                                                                                |             |
|                                                                | 总 α                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                               | <21006Bq/a                                                                             |                                                               | <1Bq/L                                                                                            |             |
|                                                                | 总 β                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                               | <210060Bq/a                                                                            |                                                               | <10Bq/L                                                                                           |             |
|                                                                | 替代源排放情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 污染源名称                                                                                                                                                                                                         | 排污许可证编号                                                                                | 污染物名称                                                         | 排放量/（t/a）                                                                                         | 排放浓度/（mg/L） |
| （ ）                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | （ ）                                                                                                                                                                                                           | （ ）                                                                                    | （ ）                                                           | （ ）                                                                                               |             |
| 生态流量确定                                                         | 生态流量：一般水期（ ）m <sup>3</sup> /s；鱼类繁殖期（ ）m <sup>3</sup> /s；其他（ ）m <sup>3</sup> /s<br>生态水位：一般水期（ ）m；鱼类繁殖期（ ）m；其他（ ）m                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                        |                                                               |                                                                                                   |             |
| 防治措施                                                           | 环保措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 污水处理设施 <input checked="" type="checkbox"/> ；水文减缓设施 <input type="checkbox"/> ；生态流量保障设施 <input type="checkbox"/> ；区域削减 <input type="checkbox"/> ；依托其他工程措施 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/> |                                                                                        |                                                               |                                                                                                   |             |
|                                                                | 监测计划                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 环境质量                                                                                                                                                                                                          |                                                                                        | 污染源                                                           |                                                                                                   |             |
|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 监测方式                                                                                                                                                                                                          | 手动 <input type="checkbox"/> ；自动 <input type="checkbox"/> ；无监测 <input type="checkbox"/> |                                                               | 手动 <input checked="" type="checkbox"/> ；自动 <input type="checkbox"/> ；无监测 <input type="checkbox"/> |             |
|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 监测点位                                                                                                                                                                                                          | （ ）                                                                                    |                                                               | （总 α、总 β 在衰变池排放口，其余因子在废水总排口）                                                                      |             |
|                                                                | 监测因子                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | （ ）                                                                                                                                                                                                           |                                                                                        | （pH、COD <sub>Cr</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、SS、氨氮、总磷、总氮、总 α、总 β） |                                                                                                   |             |
| 污染物排放清单                                                        | <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                        |                                                               |                                                                                                   |             |
| 评价结论                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 可以接受 <input checked="" type="checkbox"/> ； 不可以接受 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                     |                                                                                        |                                                               |                                                                                                   |             |
| 注：“ <input type="checkbox"/> ”为勾选项，可√；“（ ）”为内容填写项；“备注”为其他补充内容。 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                        |                                                               |                                                                                                   |             |

## 5.2.2.3 噪声

## (1) 噪声源强

本项目主要噪声源为空调机组、排风机，空调机组位于室内，排风机位于室外。空调机组位于生产车间的 2 个夹层的 3 个空调机房内，设置数量分别为 3 台、8 台、10 台；排风机位于生产车间屋顶，设置为 4 台。根据 HJ 2.4-2021，为简化计算，将各机组的数个声源组合为声源组团，然后按等效点声源进行计算。噪声源强调查清单及治理情况见下表。

表 5.2-83 噪声源强调查清单（室外声源）

| 设备名称     | 位置   | 数量<br>(台) | 单台<br>源强<br>dB(A) | 综合<br>源强<br>dB(A) | 降噪控制措施                                                           | 运行<br>时段  |
|----------|------|-----------|-------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 空调散热机组 1 | 夹层 1 | 3         | 85                | 89.8              | 选用低噪声设备，<br>风机基础安装减振<br>垫，优化设备布<br>局，充分利用厂区<br>建构物及实体围<br>墙的隔声作用 | 昼间、<br>夜间 |
| 空调散热机组 2 | 夹层 1 | 8         | 85                | 94                |                                                                  | 昼间、<br>夜间 |
| 空调散热机组 3 | 夹层 2 | 10        | 85                | 95                |                                                                  | 昼间、<br>夜间 |
| 室顶排风机组 1 | 屋顶   | 4         | 85                | 91                |                                                                  | 昼间、<br>夜间 |

## 5.2.2.3.1 声功率级计算方法

## (1) 室内声源等效室外声功率级计算方法

本项目室内声源靠近围护结构处产生的 A 声级：

$$L_{p1} = L_w + 10 \lg \left( \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (\text{公式 5.2-21})$$

式中： $L_{p1}$ ——靠近开口处（或窗户）室内某倍频带的声压级或 A 声级，dB；

$L_w$ ——点声源声功率级（A 计权或倍频带），dB；

$Q$ ——指向性因数；通常对无指向性声源，当声源放在房间中心时， $Q=1$ ；当放在一面墙的中心时， $Q=2$ ；当放在两面墙夹角处时， $Q=4$ ；当放在三面墙夹角处时， $Q=8$ ；

$R$ ——房间常数； $R = S\alpha / (1-\alpha)$ ， $S$  为房间内表面面积， $m^2$ ； $\alpha$  为平均吸声系数；

$r$ ——声源到靠近围护结构某点处的距离，m。

然后按式（5.2-21）计算出所有室内声源在围护结构处产生的  $i$  倍频带叠加

声压级：

$$L_{pli}(T) = 10 \lg \left( \sum_{j=1}^N 10^{0.1L_{pij}} \right) \quad (\text{公式 5.2-22})$$

式中： $L_{pli}(T)$ —靠近围护结构处室内  $N$  个声源  $i$  倍频带的叠加声压级，dB；

$L_{pij}$ —室内  $j$  声源  $i$  倍频带的声压级，dB；

$N$ —室内声源总数。

在室内近似为扩散声场时，按式（5.2-22）计算出靠近室外围护结构处的声压级：

$$L_{p2i}(T) = L_{pli}(T) - (TL_i + 6) \quad (\text{公式 5.2-23})$$

式中  $L_{p2i}(T)$ —靠近围护结构处室外  $N$  个声源  $i$  倍频带的叠加声压级，dB；

$L_{pli}(T)$ —靠近围护结构处室内  $N$  个声源  $i$  倍频带的叠加声压级，dB；

$TL_i$ —围护结构  $i$  倍频带的隔声量，dB。

然后按式（5.2-23）将室外声源的声压级和透过面积换算成等效的室外声源，计算出中心位置位于透声面积（ $S$ ）处的等效声源的倍频带声功率级。

$$L_w = L_{p2}(T) + 10 \lg S \quad (\text{公式 5.2-24})$$

式中  $L_w$ —中心位置位于透声面积（ $S$ ）处的等效声源的倍频带声功率级，dB；

$L_{p2}(T)$ —靠近围护结构处室外声源的声压级，dB；

$S$ —透声面积， $m^2$ 。

## （2）室外点声源几何发散衰减计算方法

如果已知点声源的倍频带声功率级或 A 计权声功率级（ $L_{Aw}$ ），且声源处于自由声场：

$$L_p(r) = L_w - 20 \lg r - 11 \quad (\text{公式 5.2-25})$$

如果已知点声源的倍频带声功率级或 A 计权声功率级（ $L_{Aw}$ ），且声源处于半自由声场：

$$L_p(r) = L_w - 20 \lg r - 8 \quad (\text{公式 5.2-26})$$

式中： $L_p(r)$ —预测点处声压级，dB；

$L_w$ —由点声源产生的倍频带声功率级，dB；

$r$ —预测点距声源的距离。

本项目声源处于半自由声场。

### (3) 等效声级计算方法

$$L_{eqg} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T} \left( \sum_{i=1}^N t_i 10^{0.1 L_{Ni}} + \sum_{j=1}^M t_j 10^{0.1 L_{Nj}} \right) \right] \quad (\text{公式 5.2-27})$$

式中： $L_{eqg}$ —建设项目声源在预测点产生的噪声贡献值，dB；

$T$ —用于计算等效声级的时间，s；

$N$ —室外声源个数；

$t_i$ —在  $T$  时间内  $i$  声源工作时间，s；

$M$ —等效室外声源个数；

$t_j$ —在  $T$  时间内  $j$  声源工作时间，s。

#### 5.2.2.3.2 噪声源基本情况

噪声计算过程主要技术参数汇总见下表。

表 5.2-84 噪声计算过程主要技术参数汇总表

| 序号 | 技术参数              | 数值                                               |
|----|-------------------|--------------------------------------------------|
| 1  | 隔声量               | 车间墙体隔声量为 15dB (A)，屋顶排风机选取低噪声设备、基础减振，削减量为 5dB (A) |
| 2  | 指向性因素 $Q$         | 2                                                |
| 3  | 平均吸声系数 $\alpha$   | 0.8                                              |
| 4  | 夹层 1 空调机房 1 内表面面积 | $8.2 \times 27.3 = 223.86 \text{m}^2$            |
| 5  | 夹层 1 空调机房 1 房间常数  | 895.44                                           |
| 6  | 夹层 1 空调机房 2 内表面面积 | $7.7 \times 57.6 = 443.52 \text{m}^2$            |
| 7  | 夹层 1 空调机房 2 房间常数  | 1774.08                                          |
| 8  | 夹层 2 空调机房 1 内表面面积 | $7.7 \times 57.6 = 443.52 \text{m}^2$            |
| 9  | 夹层 2 空调机房 1 房间常数  | 1774.08                                          |

噪声环境影响预测基础数据见下表。

表 5.2-85 噪声环境影响预测基础数据表

| 序号 | 名称      | 单位  | 数据   | 备注 |
|----|---------|-----|------|----|
| 1  | 年平均风速   | m/s | 2.2  | /  |
| 2  | 主导风向    | /   | 西南风  | /  |
| 3  | 年平均气温   | °C  | 13.9 | /  |
| 4  | 年平均相对湿度 | %   | 61   | /  |
| 5  | 大气压强    | atm | 1    | /  |

噪声环境影响预测室内噪声源强调查清单见下表。

表 5.2-86 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<br>(声压级/距<br>声源距离) /<br>(dB (A)<br>/m) | 声源控<br>制<br>措施                | 空间相对位置/m |    |      | 距室内边界<br>距离/m | 室内边<br>界声级<br>/dB<br>(A) | 运行<br>时段 | 建筑物<br>插入损<br>失/dB<br>(A) | 建筑物外噪声            |              |
|-----|--------------|--------------|------|---------------------------------------------|-------------------------------|----------|----|------|---------------|--------------------------|----------|---------------------------|-------------------|--------------|
|     |              |              |      |                                             |                               | X        | Y  | Z    |               |                          |          |                           | 声压级<br>/dB<br>(A) | 建筑物<br>外距离/m |
| 1   | 生 产 车 间      | 空调散热<br>机组 1 | 点源   | 89.8/1                                      | 选用低<br>噪声设<br>备，隔<br>声减<br>振等 | 37       | 49 | 4.2  | 东侧            | 66.3                     | 昼、<br>夜  | 21                        | 45.3              | 114.2        |
|     |              |              |      |                                             |                               |          |    |      | 南侧            | 66.4                     |          |                           | 45.4              | 64.2         |
|     |              |              |      |                                             |                               |          |    |      | 西侧            | 68.1                     |          |                           | 47.1              | 23.1         |
|     |              |              |      |                                             |                               |          |    |      | 北侧            | 66.4                     |          |                           | 45.4              | 62           |
| 2   |              | 空调散热<br>机组 2 | 点源   | 94/1                                        |                               | 43       | 33 | 4.2  | 东侧            | 67.6                     | 昼、<br>夜  | 21                        | 46.6              | 88           |
|     |              |              |      |                                             |                               |          |    |      | 南侧            | 72.7                     |          |                           | 51.7              | 41.2         |
|     |              |              |      |                                             |                               |          |    |      | 西侧            | 67.7                     |          |                           | 46.7              | 48.3         |
|     |              |              |      |                                             |                               |          |    |      | 北侧            | 67.6                     |          |                           | 46.6              | 80.5         |
| 3   | 空调散热<br>机组 3 | 点源           | 95/1 | 43                                          | 33                            | 16.4     | 东侧 | 68.6 | 昼、<br>夜       | 21                       | 47.6     | 88                        |                   |              |
|     |              |              |      |                                             |                               |          | 南侧 | 73.7 |               |                          | 52.7     | 41.2                      |                   |              |
|     |              |              |      |                                             |                               |          | 西侧 | 68.7 |               |                          | 47.7     | 48.3                      |                   |              |
|     |              |              |      |                                             |                               |          | 北侧 | 68.6 |               |                          | 47.6     | 80.5                      |                   |              |

注：坐标（0，0，0）点为厂区西南角。

噪声环境影响预测室外噪声源强调查清单见下表。

表 5.2-87 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<br>/m |    |      | 声源<br>源强<br>声功率<br>级/dB<br>(A) | 声源控制措施       | 运行<br>时段  | 备注     |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------|----|------|--------------------------------|--------------|-----------|--------|
|                                           |            |    | X            | Y  | Z    |                                |              |           |        |
| 1                                         | 生产车间屋顶排风机组 | /  | 77           | 57 | 16.4 | 91                             | 选取低噪声设备、基础减振 | 昼间、<br>夜间 | 生产车间屋顶 |
| 注 1：厂区西南角坐标定义为（0，0，0）。                    |            |    |              |    |      |                                |              |           |        |
| 注 2：屋顶单台排风机噪声源强为 85dB（A），排风机组源强为多台叠加噪声源强。 |            |    |              |    |      |                                |              |           |        |

## 5.2.2.3.3 厂界达标分析

经计算，本项目厂界噪声预测结果见下表。

表 5.2-88 本项目厂界噪声预测结果 单位 dB（A）

| 项目位置     | 预测点位置 |     |     |     |
|----------|-------|-----|-----|-----|
|          | 东厂界   | 南厂界 | 西厂界 | 北厂界 |
| 本项目厂界贡献值 | 50    | 50  | 50  | 52  |
| 昼间标准值    | 65    |     |     |     |
| 夜间标准值    | 55    |     |     |     |

由预测结果可知，本项目投入运营后，噪声源经过降噪及距离衰减后对各厂界的噪声贡献值均可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3 类标准要求。

## 5.2.2.3.4 噪声防治措施及投资表

本项目噪声防治措施及投资见下表。

表 5.2-89 噪声防治措施及投资表

| 噪声防治措施名称（类型）                                 | 噪声防治措施规模 | 噪声防治措施效果 | 噪声防治措施投资/万元 |
|----------------------------------------------|----------|----------|-------------|
| 选用低噪声设备，风机基础安装减振垫，优化设备布局，充分利用厂区建构物及实体围墙的隔声作用 | /        | ≥5dB（A）  | 10          |

## 5.2.2.3.5 噪声自行监测计划

本项目噪声自行监测计划见下表。

表 5.2-90 噪声自行监测计划表

| 监测内容 | 监测点位 | 监测项目   | 监测频次   | 监测单位         | 执行标准                            |
|------|------|--------|--------|--------------|---------------------------------|
| 噪声   | 厂界   | Leq（A） | 1 次/季度 | 委托有资质的环境监测单位 | 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008） |

本项目声环境影响评价自查见下表。



表 5.2-91 声环境影响评价自查表

| 工作内容                                                                                   |                  | 自查项目                                                                                                                                                              |                               |                                  |                                          |                                         |                                |                             |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--|
| 评价等级<br>与范围                                                                            | 评价等级             | 一级 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                       |                               | 二级 <input type="checkbox"/>      |                                          | 三级 <input checked="" type="checkbox"/>  |                                |                             |  |
|                                                                                        | 评价范围             | 200m <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                          |                               | 大于 200m <input type="checkbox"/> |                                          | 小于 200m <input type="checkbox"/>        |                                |                             |  |
| 评价因子                                                                                   | 评价因子             | 等效连续 A 声级 <input checked="" type="checkbox"/> 最大 A 声级 <input type="checkbox"/> 计权等效连续感觉噪声级 <input type="checkbox"/>                                               |                               |                                  |                                          |                                         |                                |                             |  |
| 评价标准                                                                                   | 评价标准             | 国家标准 <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                          |                               | 地方标准 <input type="checkbox"/>    |                                          | 国外标准 <input type="checkbox"/>           |                                |                             |  |
| 现状评价                                                                                   | 环境功能区            | 0 类区 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                     | 1 类区 <input type="checkbox"/> | 2 类区 <input type="checkbox"/>    | 3 类区 <input checked="" type="checkbox"/> | 4a 类区 <input type="checkbox"/>          | 4b 类区 <input type="checkbox"/> |                             |  |
|                                                                                        | 评价年度             | 初期 <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                            |                               | 近期 <input type="checkbox"/>      |                                          | 中期 <input type="checkbox"/>             |                                | 远期 <input type="checkbox"/> |  |
|                                                                                        | 现状调查方法           | 现场实测法 <input checked="" type="checkbox"/> 现场实测加模型计算法 <input type="checkbox"/> 收集资料 <input type="checkbox"/>                                                       |                               |                                  |                                          |                                         |                                |                             |  |
|                                                                                        | 现状评价             | 达标百分比                                                                                                                                                             |                               | 100%                             |                                          |                                         |                                |                             |  |
| 噪声源<br>调查                                                                              | 噪声源<br>调查方法      | 现场实测 <input type="checkbox"/> 已有资料 <input checked="" type="checkbox"/> 研究成果 <input type="checkbox"/>                                                              |                               |                                  |                                          |                                         |                                |                             |  |
| 声环境影<br>响预测与<br>评价                                                                     | 预测模型             | 导则推荐模型 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>                                                                                            |                               |                                  |                                          |                                         |                                |                             |  |
|                                                                                        | 预测范围             | 200m <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                          |                               | 大于 200m <input type="checkbox"/> |                                          | 小于 200m <input type="checkbox"/>        |                                |                             |  |
|                                                                                        | 预测因子             | 等效连续 A 声级 <input checked="" type="checkbox"/> 最大 A 声级 <input type="checkbox"/> 计权等效连续感觉噪声级 <input type="checkbox"/>                                               |                               |                                  |                                          |                                         |                                |                             |  |
|                                                                                        | 厂界噪声贡<br>献值      | 达标 <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                            |                               |                                  |                                          | 不达标 <input type="checkbox"/>            |                                |                             |  |
|                                                                                        | 声环境保护目<br>标处噪声值  | 达标 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                       |                               |                                  |                                          | 不达标 <input type="checkbox"/>            |                                |                             |  |
| 环境监测<br>计划                                                                             | 排放监测             | 厂界监测 <input checked="" type="checkbox"/> 固定位置监测 <input type="checkbox"/> 自动监测 <input type="checkbox"/> 手动监测 <input type="checkbox"/> 无监测 <input type="checkbox"/> |                               |                                  |                                          |                                         |                                |                             |  |
|                                                                                        | 声环境保护目<br>标处噪声监测 | 监测因子：（ ）                                                                                                                                                          |                               | 监测点位数：（ ）                        |                                          | 无监测 <input checked="" type="checkbox"/> |                                |                             |  |
| 评价结论                                                                                   | 环境影响             | 可行 <input checked="" type="checkbox"/> 不可行 <input type="checkbox"/>                                                                                               |                               |                                  |                                          |                                         |                                |                             |  |
| 注：“ <input type="checkbox"/> ”为勾选项，可 <input checked="" type="checkbox"/> ；“（ ）”为内容填写项。 |                  |                                                                                                                                                                   |                               |                                  |                                          |                                         |                                |                             |  |

#### 5.2.2.4 非放射性固体废物

本项目产生的非放射性固体废物包括一般工业固体废物、生活垃圾及危险废物。其中，一般工业固体废物主要为废包装材料及未污染的一次性用品、纯水制备系统废过滤材料，定期委托有资质的单位回收处置；生活垃圾定期由城市管理部门清运处理；非放射性危险废物包括废试剂、废试剂瓶、质检及研发废液、实验室沾染试剂废物、废培养基、废原料药品、废留样样品、废活性炭及废过滤器（含非放射性废过滤器及衰变解控的废过滤器）、放射性废物衰变解控后的废物，暂存于危废间内，委托有资质单位处置。本项目固体废物产生及处置情况详见下表。

表 5.2-92 固体废物产生情况

|       |
|-------|
| 涉密不公开 |
|-------|

（1）一般固体废物环境影响分析

一般固体废物的具体管理措施如下：

① 一般工业固体废物应执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）的有关要求，各类废物可分类收集、定点存放在厂区内的一般固体废物暂存间，定期委托有资质的单位回收处置。

② 厂区内职工日常生活产生的生活垃圾，由城市管理部门定期清运。生活垃圾应采取袋装收集，分类处理的方式处理。

综上所述，本项目产生的固体废物处置措施可行，不会对周边环境产生明显不利影响，不会造成二次污染。

（2）危险废物环境影响分析

① 危险废物基本情况

本项目危险废物基本情况详见下表。

表 5.2-93 危险废物基本情况汇总表

涉密不公开

② 危险废物贮存场所（设施）环境影响分析

本项目产生的危险废物暂存于危废间，危废间面积约 6.8m<sup>2</sup>，贮存能力约为 6t。本项目危险废物年产生量较少（约 11.585t/a，详见上表），转运周期不超过 6 个月，危废间规模可满足本项目危废暂存要求。

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。建设单位拟采取以下危险废物收集、暂存措施：

<1> 危废间保证宽敞、干燥、通风，满足防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐等要求，符合消防安全要求。

<2> 根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治要求进行分类分区贮存，避免危险废物与不相容的物质或材料接触。

<3> 危废间、贮存容器和包装物应按《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）要求设置危险废物贮存设施或场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志。

<4> 危废间地面进行硬化和防渗处理，设置泄漏液体收集装置等措施。收集危险废物的容器放置在隔架上，其底部与地面相距一定距离，以保持地面干燥；盛装危险废物的容器下设托盘。

<5> 固体废物袋装收集后，按类别放入相应的容器内，禁止一般固体废物与危险废物混放，不相容的危险废物分开存放并设有隔离间隔断。

<6> 危险废物定期运至有关部门处置。根据《天津市生态环境保护条例》（2019年3月1日起施行），产生危险废物的单位贮存危险废物不得超过6个月，确需延长期限的，应当报经所在地的区生态环境主管部门批准。

<7> 建立档案制度，对暂存的废物种类、数量、特性、包装容器类别、存放库位、存入日期、运出日期等详细记录在案并长期保存。建立危险废物贮存台账制度，做好危险废物出入库交接记录。建立定期巡查、维护制度。

建设单位在落实以上各项措施后，可满足危险废物收集、贮存要求，危废间设置符合规范要求。

### ③危险废物运输过程环境影响分析

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或刷环氧地坪漆等措施，因此危险废物从产生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）的要求采取如下措施：

<1> 危险废物内部转运时，应遵守国家有关危险废物运输规定，防止运输

过程中有毒有害物质泄漏造成污染。内部转运严格按照确定的转运路线进行。

<2> 危险废物内部转运应采用专用的工具，危险废物内部转运应参照《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ 2025-2012）做好危险废物厂内转运记录。

<3> 危险废物内部转运结束后，应对转运路线进行检查和清理，确保无危险废物遗失在转运路线上等。

本项目危险废物厂外运输交有资质单位负责，采用专用车辆及包装容器进行运输，不会对环境产生显著不利影响。

#### ④危险废物委托处置的环境影响分析

本项目产生的危险废物委托有相应资质的单位处置。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进行处置后，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

根据本项目工艺流程分析，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    |
|----------------|------------------------------------------|-----------|
| 放射性药品生产及质检研发活动 | 回旋加速器失控、工作人员误入正在运行的机房                    | 导致职业人员误照射 |
|                | 放射性核素丢失、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，导致放射性溶液洒漏，造成表面污染    | 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，本项目可能发生的最大潜在事故有以下几种类型：

- （1）回旋加速器失控、工作人员误入正在运行的机房。
- （2）放射性核素丢失、被盗。
- （3）放射性物质转运过程中容器破碎、药物泼洒等，导致放射性溶液洒漏。
- （4）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。
- （5）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

###### 5.3.1.2.1 回旋加速器失控事故影响分析

对于回旋加速器，当设备关机时不进行质子打靶，不会产生射线，只有当设备开机时才会产生 $\gamma$ 、中子等危害因素，本次评价事故环境影响考虑可能发生的最大辐射事故，即回旋加速器运行时人员误入，造成相关人员被误照射。

###### （1）事故情景假设

- ① 假设误入人员位于加速器表面外 1m 处， $\gamma$ 、中子直接照射到人员身上。
- ② 机房内安装有“紧急止动开关”按钮，只要误入人员按下此按钮就可以停机，假设受照时间以 2min 考虑。

###### （2）事故后果计算及分析

根据相关资料，加速器 1 室 PETtrace 鲲鹏型加速器距加速器等中心点 1m 处

的输出剂量率 128.4Gy/min；加速器 2 室 TR-19 型加速器距加速器等中心点 1m 处的输出剂量率为 18Gy/min，经计算事故情况下误入人员受到的辐射剂量为分别为 256800mSv 和 36000mSv，远超职业人员年剂量限值 20mSv/a。

#### 5.3.1.2.2 放射性核素丢失、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

涉密不公开

由上表可知，当放射性核素丢失、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 1.59mSv，超过 1mSv/a 的公众年剂量限值。

### 5.3.1.2.3 放射性物质转运过程中放射性溶液洒漏造成表面污染事故

#### （1）事故情景假设

放射性物质转运过程中放射性溶液容器打翻或破损，导致放射性溶液洒漏，造成表面污染，通过快速擦拭清洁去污，不形成固定污染。

① 放射性物质转运过程中放射性溶液容器打翻或破损，导致放射性溶液洒漏并沾污皮肤，假设发生事故时，洒漏的放射性溶液为单个包装最大单剂药物的活度；

② 考虑  $\beta$  放射性对操作人员手部的烧伤，假设放射性液体均匀洒布在手部皮肤表面，受污染皮肤面积保守取  $100\text{cm}^2$ ，皮肤沾染量为洒漏量的  $1/10$ ；

③ 假设事故处理时间持续  $2\text{min}$ ；

④ 不考虑屏蔽设施的屏蔽作用；

#### （2）事故后果计算及分析

根据《核事故外照射剂量快速估算方法的研究与软件编制》（高佚名，2011），在辐射突发事件中，直接接触皮肤的核素中  $\beta$  射线对皮肤造成的伤害要远大于相同能量的  $\gamma$  射线。同时由于  $\alpha$  射线皮肤角质层即可以屏蔽，可以不考虑皮肤外照射影响。因此本次评价洒漏事故后果仅选取  $\beta$  射线能量最大的  $^{212}\text{Bi}$  核素，预测洒漏事故  $\beta$  射线对皮肤的照射。

根据《辐射防护导论》（原子能出版社，方杰主编）（P123~P124），污染皮肤所受的剂量以表皮基底所受的剂量为代表，基底层深度与污染皮肤面积相比小得多，因此被污染的面积可视为无限大面源，手部表面污染对手部吸收剂量由下式计算：

涉密不公开



## 涉密不公开

根据上表可以得出， $^{212}\text{Bi}$  放射性溶液洒漏事故 2min，可造成职业人员皮肤基底层受照射剂量为  $4.60\text{E}+02\text{mSv}$ ，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中职业人员四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量  $500\text{mSv/a}$  的限值。

### 5.3.1.2.4 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 热室、通风橱泄漏时，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，假设热室、通风橱内放射性操作活度为单批次最大操作量， $^{18}\text{F}$  核素的产污系数保守取 0.1%，其他核素的产污系数保守取 0.01%，泄漏的放射性核素气溶胶均匀分布在生产场所内，热室和通风橱有效容积取  $100\text{m}^3$ ；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

热室、通风橱箱体发生泄漏时，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，计算热室、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 热室泄漏事故所致职业人员受照剂量预测参数及结果

涉密不公开

涉密不公开

由计算结果可知，在单个热室泄漏事故状况下，职业人员最大受照剂量约为 13.3mSv，超过辐射工作人员年个人有效剂量约束值 5mSv/a。

#### 5.3.1.2.5 废气过滤系统失效事故

##### （1）事故情景假设

在某批次放射性核素使用过程中放射性废气过滤系统失效，过滤器的过滤效率为零，即当批次产生的含气载体流出物全部排放到大气中。

根据前文预测分析，含  $^{224}\text{Ra}$  放射性废气对公众的辐射环境影响最大，因此选取含  $^{224}\text{Ra}$  废气进行分析。热室  $^{224}\text{Ra}$  单批次最大操作  $1.85 \times 10^{10}\text{Bq/批次}$ ，操作时间取 1h，产污系数取 0.01%，废气过滤系统失效情况下排放速率为 514Bq/s。

##### （2）事故后果计算分析

由于事故时间较短，主要考虑公众受烟云浸没外照射、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 1h，计算结果见下表。

表 5.3-5 废气过滤系统泄漏失效事故所致公众受照剂量

涉密不公开

由计算结果可知，在单批次放射性核素使用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  $3.27\text{E-}08\text{mSv}$ 。

## 5.3.1.2.1 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

| 最大潜在事故     | 最大潜在事故危害后果                     |
|------------|--------------------------------|
| 回旋加速器失控事故  | 事故状态下所致最大辐射剂量为 256800mSv       |
| 放射性核素丢失、被盗 | 事故状态下所致公众受照剂量为 1.59mSv         |
| 放射性溶液洒漏    | 事故状态下所致职业人员皮肤受照剂量为 4.60E+02mSv |
| 防护热室箱体发生泄漏 | 事故状态下职业人员受照剂量约为 13.3mSv        |
| 废气过滤系统失效   | 事故状态下所致公众受照剂量为 3.27E-08mSv     |

## 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) 回旋加速器失控事故

回旋加速器与加速器室防护门实现门机联锁保护装置，防护门打开时加速器自动停止出束。加速器室防护门外设置工作状态指示灯和悬挂电离辐射警示标识。相关场所的出入口拟设置门禁及视频监控系统。加速器室及控制室均设置应急停止按钮，张贴应急预案、放射防护注意事项、设备操作规程、紧急处理措施等。安装固定式  $\gamma$  和中子剂量率监测探头，当探测到剂量率超过设置阈值时（设置为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）声光报警，提醒工作人员加速器处于出束工作状态。

加强对工作人员安全教育，严格按操作规程操作。为避免加速器运行人员滞留误入造成的辐射事故，工作人员每次上班时需要检查防护门警示信号灯等辐射安全设施是否正常。如果警示信号灯等辐射安全设施未能正常运行，应停止开机使用，并尽快修理恢复正常。一旦出现设备控制系统出现故障，工作人员应立即切断电源、关闭机房防护门，然后尽快联系专业人员维修。设备维修由设备生产厂家负责，负责维修的专业人员应严格按照检修规程进行操作，并做好个人防护，减少加速器活化部件产生的辐射影响。

## (2) 放射性溶液或放射性药品货包丢失、被盗防范措施

对所有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、警示灯，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，对于放射溶液和放射药品须安排专人进行台账管理，且在放射性溶液及放射性药品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。

### （3）放射性溶液洒漏防范措施

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、铅橡胶帽、铅橡胶手套、铅防护眼镜、铅防护面罩等必要的个人防护用品。

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

### （4）防护热室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。

热室内部配备压力监控系统，当箱体发生泄漏压力显著变化时，可以警示工作人员；热室所在房间配备 X-γ 固定式区域监测系统，当探测到剂量率超过设置阈值时（设置为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），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。

### （5）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，定期对过滤装置的过滤效率进行检查，当效率达不到使用要求时，及时对过滤器滤芯进行更换。

#### 5.3.1.4 辐射事故应急措施

##### 5.3.1.4.1 辐射事故应急处理措施

国家根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，将辐射事故分为：特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

一旦发生辐射事故，及时启动建设单位《辐射事故处理应急预案》。发生辐射事故时，当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组总指挥，总指挥随即通知辐射事故应急处理小组有关成员采取应急相应救助措施。发生辐射事故后应

两小时内报告上级生态环境、卫生及公安部门。在发生事故时，采取的应急处理措施如下：

#### （1）回旋加速器室

① 在回旋加速器室、加速器入口间（设备间）及控制室人员易到达位置均设置紧急按钮，一旦有人员滞留立即使用墙上紧急停止按钮，切断电源。

② 针对回旋加速器装置失灵、损坏、调试和操作失误及生产核素的过程中盛放靶核素的管子破裂，合成系统管道堵塞或泄漏等情况。由于该加速器自动化程度高，一旦发生系统故障，加速器立即自动停机，并且要经过 24 小时后，加速器才能重新启动。这时密闭机房内泄漏的微量的放射性核素已经过一定数量的半衰期，放射性活度减弱，若有必要，可继续停机一段时间才可进入机房。如发生传输管道脱落或破裂等导致放射性核素泄漏事故，应及时采取去污措施防止污染扩散，并对去污后的工作场所进行必要检测，如发现异常需再去污。

#### （2）放射性同位素操作

① 由于操作不慎，有少量的液态放射性核素溅洒。发生这种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。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 若发生放射性核素丢失、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，操作放射性核素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，并报告现存放放射性核素的名称、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。

### （3）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。

辐射事故发生后，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。

#### 5.3.1.4.2 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甲烷、甲醇、乙醇、乙腈、乙酸、丙酮、丁酮、二氯甲烷、三氯甲烷、乙酸乙酯、盐酸、硝酸、硫酸、氨水、N,N-二甲基甲酰胺、有机废液，其中有机废液为废试剂以及样品质检研发产生的有机废液（7.234t/a），暂存于危废间，其余试剂暂存于厂区甲类库和丙类库。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

|       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 涉密不公开 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

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/<br>（水=1） | 饱和蒸气压<br>/kPa  | 熔点<br>/°C  | 沸点<br>/°C | 闪点<br>/°C | 爆炸<br>极限<br>/V% |          |                     |
| 1  | 甲烷   | 0.42           | 32<br>(20°C)   | -<br>182.5 | -161.5    | -188      | 5~15            | 易燃       | 第 2.1 类<br>易燃气体     |
| 2  | 甲醇   | 0.791          | 12.3<br>(20°C) | -97.8      | 64.7      | 11        | 5.5-44          | 易燃<br>有毒 | 第 3.2 类 中闪<br>点易燃液体 |



| 序号 | 理化特性              |                |                   |           |           |           |                 | 性质   | 危险品分类           |
|----|-------------------|----------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------|------|-----------------|
|    | 名称                | 相对密度/<br>(水=1) | 饱和蒸气压<br>/kPa     | 熔点<br>/°C | 沸点<br>/°C | 闪点<br>/°C | 爆炸<br>极限<br>/V% |      |                 |
| 3  | 乙醇                | 0.79           | 5.8<br>(20°C)     | -114      | 78.3      | 12        | 3.3-19          | 易燃   | 第 3.2 类 中闪点易燃液体 |
| 4  | 乙腈                | 0.786          | 13.33<br>(27°C)   | -45.7     | 81.1      | 6         | 3-16            | 易燃有毒 | 第 3.2 类 中闪点易燃液体 |
| 5  | 乙酸                | 1.05           | 1.52<br>(20°C)    | 16.7      | 118.1     | 39        | 4-17            | 腐蚀   | 第 8.1 类 酸性腐蚀品   |
| 6  | 丙酮                | 0.788          | 53.32<br>(39.5°C) | -94.6     | 56.5      | -20       | 2.5-13          | 易燃有毒 | 第 3.1 类 低闪点易燃液体 |
| 7  | 丁酮                | 0.81           | 9.49<br>(20°C)    | -85.9     | 79.6      | -9        | 1.8~11.5        | 易燃有毒 | 第 3.2 类 中闪点易燃液体 |
| 8  | 二氯甲烷              | 1.33           | 46.5<br>(20°C)    | -97       | 39.8      | -14.1     | 13-23           | 有毒   | 第 6 类 有毒品       |
| 9  | 三氯甲烷              | 1.48           | 21.2              | -63.5     | 61.3      | /         | /               | 有毒   | 第 6 类 有毒品       |
| 10 | 乙酸乙酯              | 0.9            | 9.73              | -84       | 77        | -4        | 2.1~11.5        | 易燃有毒 | 第 3.2 类 中闪点易燃液体 |
| 11 | 盐酸                | 1.19           | 4225.6<br>(20°C)  | -         | -         | -         | -               | 腐蚀   | 第 8.1 类 酸性腐蚀品   |
| 12 | 硫酸                | 1.83           | 0.13<br>(146°C)   | 10.7      | 338       | -         | -               | 腐蚀   | 第 8.1 类 酸性腐蚀品   |
| 13 | 硝酸                | 1.41           | 6.4 (20°C)        | -41.6     | 120.5     | -         | -               | 腐蚀   | 第 8.1 类 酸性腐蚀品   |
| 14 | 氨水<br>(浓度 20%或更高) | 0.91           | 6.3 (25%溶液, 20°C) | -         | -         | -         | -               | 腐蚀   | 第 8.2 类 碱性腐蚀品   |
| 15 | N,N-二甲基甲酰胺        | 0.95           | 0.38 (20°C)       | -61       | 153       | 58        | 2.2~15.2        | 易燃   | 第 3.3 类 高闪点易燃液体 |

## (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<br>q <sub>n</sub> /t | 临界量<br>Q <sub>n</sub> /t | 该种危险物质<br>Q 值 | 项目 Q 值<br>Σ |
|-------|--------|-------|-----------------------------|--------------------------|---------------|-------------|
| 涉密不公开 |        |       |                             |                          |               |             |

涉密不公开

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  $Q = \sum q_i/Q_i = 0.778$ ，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。

#### 5.3.2.2 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甲烷、甲醇、乙醇、乙腈、乙酸、丙酮、丁酮、二氯甲烷、三氯甲烷、乙酸乙酯、盐酸、硝酸、硫酸、氨水、N,N-二甲基甲酰胺、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地于地面，若得不到及时收集，则甲醇、乙醇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

甲烷、乙腈、甲醇、乙酸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。

### 5.3.2.3 环境风险分析

#### （1）泄漏环境风险分析

本项目涉及风险物质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，且车间和厂区路面均已硬化，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。在采取以上措施的前提下，泄漏风险可以防控。

#### （2）火灾

本项目所用甲烷、乙腈、甲醇、乙酸等属于可燃物质。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，危化品库、生产场所等均设有灭火器、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腈，若消防废水排至雨水管网，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，使消防废水截留在厂区内，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。

### 5.3.2.4 环境风险防范措施及应急要求

#### 5.3.2.4.1 环境风险防范措施

##### （1）危险化学品风险防范措施

① 危化品库内各种原辅料分区贮存，分类存放。各类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 危化品库入口拟设置静电消除装置，设置双人双锁管理，设置喷淋洗眼器。设置可燃报警探头（高位和低位）。

③ 危化品库内设置防爆柜、阻燃柜，按照危险特性分开存放。防爆柜、阻燃柜带通风措施，并设置防静电接地，防爆柜、阻燃柜内部设置托盘，托盘高度高于液体高度。危化品库设置负压，保持负压通风。

④ 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。

⑤ 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。

⑥ 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。

⑦ 加强火源管理，严禁烟火带入。危化品库附近设置消防设施（消防铲、消防沙、化学品吸附棉等），危化品库内设置消防灭火设施。

⑧ 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。

⑨ 雨水排放口设置截止阀，非降水天为关闭状态，并配备应急物资。

## （2）固体废物风险防范措施

① 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；

② 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。

③ 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。

④ 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。

#### 5.3.2.4.2 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置。

##### 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置。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。

#### 5.3.2.5 环境风险事故应急预案

先通天津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。

#### 5.3.2.6 风险评价结论

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，本项目环境风险可防控。

表 5.3-10 建设项目环境风险简单分析内容表

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              |     |             |       |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----|-------------|-------|
| 建设项目名称                   | 先通（天津）创新药物产业化基地项目（新建生产、销售、使用核药项目）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |     |             |       |
| 建设地点                     | (/)省                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 天津市          | 武清区 | (/)县        | 武清开发区 |
| 地理坐标                     | 经度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 117.02981512 | 纬度  | 39.44872217 |       |
| 主要危险物质及分布                | 本项目涉及的风险物质主要为甲烷、甲醇、乙醇、乙腈、乙酸、丙酮、丁酮、二氯甲烷、三氯甲烷、乙酸乙酯、盐酸、硝酸、硫酸、氨水、N,N-二甲基甲酰胺、有机废液，其中有机废液为废试剂以及样品质检研发产生的有机废液，暂存于放射性有机废液暂存间，其余试剂暂存于产业化基地的甲类库和丙类库。<br>本项目产生的危险废物有废试剂、废试剂瓶、质检及研发废液、实验室沾染试剂废物、废培养基、废药品、废留样样品、废过滤器（含非放射性废过滤器及衰变解控的废过滤器）、放射性废物衰变解控后的废物等，暂存于危险废物暂存场所。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |              |     |             |       |
| 环境影响途径及危害后果（大气、地表水、地下水等） | <p>（1）风险物质泄漏</p> <p>本项目涉及的危险物质主要为甲烷、甲醇、乙醇、乙腈、乙酸、丙酮、丁酮、二氯甲烷、三氯甲烷、乙酸乙酯、盐酸、硝酸、硫酸、氨水、N,N-二甲基甲酰胺、有机废液。危险物质在转移或使用过程中，因操作失误或坠落导致包装破损而倾倒地于地面，若得不到及时收集，则乙腈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。</p> <p>（2）火灾爆炸风险</p> <p>乙腈等可燃物质若操作不当，可能引发燃烧、爆炸事故，二次污染物排入周边大气环境，对周边环境造成污染。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。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |     |             |       |
| 风险防范措施要求                 | <p>（1）危险化学品贮运防范措施</p> <p>① 甲类库和丙类库各种原辅料分区贮存，分类存放。各类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。</p> <p>② 贮存的药剂有明显标志，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。</p> <p>③ 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。</p> <p>④ 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。</p> <p>⑤ 加强火源管理，严禁烟火带入。配备完善的安全消防措施，包括消防栓、灭火器等。</p> <p>⑥ 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。</p> <p>⑦ 雨水排放口设置截止阀，非降水天为关闭状态，并配备应急物资。</p> <p>（2）固体废物风险防范措施</p> <p>① 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；</p> <p>② 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。</p> <p>③ 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。</p> <p>④ 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。</p> |              |     |             |       |
| 填表说明（列出项目相关信息及评价说明）：     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              |     |             |       |

本项目为“先通（天津）创新药物产业化基地项目（新建生产、销售、使用核药项目）”，位于天津市武清区开发区泉雨路东侧。本项目涉及的危险物质主要为甲烷、甲醇、乙醇、乙腈、乙酸、丙酮、丁酮、二氯甲烷、三氯甲烷、乙酸乙酯、盐酸、硝酸、硫酸、氨水、N,N-二甲基甲酰胺、有机废液，其中有机废液为废试剂以及样品质检研发产生的有机废液，暂存于放射性有机废液暂存间，其余试剂暂存于产业化基地甲类库和丙类库。通过计算，本项目涉及的危险品  $Q < 1$ ，该项目环境风险潜势为I。根据分析本项目可能影响环境的途径为危险物质泄漏风险，可燃物质遇火源引发火灾爆炸事故。建设单位应积极采取防范措施，确保工程运行的安全性；同时在严格执行国家相关法律、法规和规范，按相关操作规章操作的前提下，可以将事故风险降至最低。通过采用相应的控制措施后，本项目环境风险可控。

### 5.3.2.7 风险评价自查表

本项目的环境风险评价自查表如下。

表 5.3-11 环境风险评价自查表

| 工作内容       |                              | 完成情况                                        |                                          |                                                       |                                          |                             |
|------------|------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|
| 涉密不公开      |                              |                                             |                                          |                                                       |                                          |                             |
|            | 环境敏感性                        | 大气*                                         | 500 m 范围内人口数__人                          |                                                       | 5 km 范围内人口数__人                           |                             |
|            |                              |                                             | 每公里管段周边 200m 范围内人口数（最大）人                 |                                                       |                                          |                             |
|            |                              | 地表水*                                        | 地表水功能敏感性                                 | F1 <input type="checkbox"/>                           | F2 <input type="checkbox"/>              | F3 <input type="checkbox"/> |
|            |                              |                                             | 环境敏感目标分级                                 | S1 <input type="checkbox"/>                           | S2 <input type="checkbox"/>              | S3 <input type="checkbox"/> |
|            |                              | 地下水*                                        | 地下水功能敏感性                                 | G1 <input type="checkbox"/>                           | G2 <input type="checkbox"/>              | G3 <input type="checkbox"/> |
| 包气带防污性能    | D1 <input type="checkbox"/>  |                                             | D2 <input type="checkbox"/>              | D3 <input type="checkbox"/>                           |                                          |                             |
| 物质及工艺系统危险性 | Q 值                          | $Q < 1$ <input checked="" type="checkbox"/> | $1 \leq Q < 10$ <input type="checkbox"/> | $10 \leq Q < 100$ <input type="checkbox"/>            | $Q > 100$ <input type="checkbox"/>       |                             |
|            | M 值*                         | M1 <input type="checkbox"/>                 | M2 <input type="checkbox"/>              | M3 <input type="checkbox"/>                           | M4 <input type="checkbox"/>              |                             |
|            | P 值*                         | P1 <input type="checkbox"/>                 | P2 <input type="checkbox"/>              | P3 <input type="checkbox"/>                           | P4 <input type="checkbox"/>              |                             |
| 环境敏感程度*    | 大气*                          | E1 <input type="checkbox"/>                 | E2 <input type="checkbox"/>              |                                                       | E3 <input type="checkbox"/>              |                             |
|            | 地表水*                         | E1 <input type="checkbox"/>                 | E2 <input type="checkbox"/>              |                                                       | E3 <input type="checkbox"/>              |                             |
|            | 地下水*                         | E1 <input type="checkbox"/>                 | E2 <input type="checkbox"/>              |                                                       | E3 <input type="checkbox"/>              |                             |
| 环境风险潜势     | IV+ <input type="checkbox"/> | IV <input type="checkbox"/>                 | III <input type="checkbox"/>             | II <input type="checkbox"/>                           | I <input checked="" type="checkbox"/>    |                             |
| 评价等级       | 一级 <input type="checkbox"/>  |                                             | 二级 <input type="checkbox"/>              | 三级 <input type="checkbox"/>                           | 简单分析 <input checked="" type="checkbox"/> |                             |
| 风险识别       | 物质危险性                        | 有毒有害 <input checked="" type="checkbox"/>    |                                          | 易燃易爆 <input checked="" type="checkbox"/>              |                                          |                             |
|            | 环境风险类型                       | 泄漏 <input checked="" type="checkbox"/>      |                                          | 火灾、爆炸引发伴生/次生污染物排放 <input checked="" type="checkbox"/> |                                          |                             |
|            | 影响途径                         | 大气 <input checked="" type="checkbox"/>      |                                          | 地表水 <input checked="" type="checkbox"/>               | 地下水 <input type="checkbox"/>             |                             |
| 事故情形分析*    | 源强设定方法                       | 计算法 <input type="checkbox"/>                | 经验估算法 <input type="checkbox"/>           |                                                       | 其他估算法 <input type="checkbox"/>           |                             |
|            | 大气                           | 预测模型                                        | SLAB <input type="checkbox"/>            | AFTOX <input type="checkbox"/>                        | 其他 <input type="checkbox"/>              |                             |

|                                      |                                                                                                       |                      |                         |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| 风险<br>预测<br>与<br>评价*                 |                                                                                                       | 预测结果                 | 大气毒性终点浓度-1 最大影响范围 ____m |
|                                      |                                                                                                       |                      | 大气毒性终点浓度-2 最大影响范围____m  |
|                                      | 地表水                                                                                                   | 最近环境敏感目标____，到达时间__h |                         |
|                                      | 地下水                                                                                                   | 下游厂区边界到达时间____d      |                         |
| 最近环境敏感目标____，到达时间__d                 |                                                                                                       |                      |                         |
| 重点风险防范<br>措施                         | (1) 危险化学品贮运防范措施                                                                                       |                      |                         |
|                                      | ① 产业化基地一层、二层、甲类库、丙类库各种原辅料分区贮存，分类存放。各类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 贮存的药剂有明显标志，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。                  |                      |                         |
|                                      | ③ 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。                                   |                      |                         |
|                                      | ④ 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。                                         |                      |                         |
|                                      | ⑤ 加强火源管理，严禁烟火带入。配备完善的安全消防措施，包括消防栓、灭火器等。                                                               |                      |                         |
|                                      | ⑥ 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。                                                                     |                      |                         |
|                                      | ⑦ 雨水排放口设置截止阀，非降水天为关闭状态，并配备应急物资。                                                                       |                      |                         |
|                                      | (2) 固体废物风险防范措施                                                                                        |                      |                         |
|                                      | ① 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；                                          |                      |                         |
| 评价结论<br>与建议                          | ② 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。                        |                      |                         |
|                                      | ③ 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。 |                      |                         |
|                                      | ④ 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。                                                          |                      |                         |
|                                      | 建设单位应积极采取防范措施，确保工程运行的安全性；同时在严格执行国家相关法律、法规和规范，按相关操作规程的前提下，可以将事故风险降至最低。通过采用相应的控制措施后，本项目环境风险可控。          |                      |                         |
| 注：“□”为勾选项，“ ”为填写项，标注“*”的为简单分析无需填写事项。 |                                                                                                       |                      |                         |



## 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、销售、使用非密封放射性物质及使用射线装置的相关工作，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，先通天津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，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。

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），建设单位为“生产、使用放射性药物且场所等级达到甲级的单位”，应设置辐射安全关键岗位1个，为辐射防护负责人，最少在岗人数1名，由注册核安全工程师担任。

建设单位拟配备1名注册核安全工程师担任辐射防护负责人，进行全面辐射安全管理。

##### （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，增强公司职员的环保意识。

② 组织编制和修改本公司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 负责建立公司放射性同位素的台账，并实行动态管理。

⑥ 负责制定公司辐射安全培训计划，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 负责组织编制公司辐射事故应急预案，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 负责放射性核素在生产、销售、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 接受环境管理部门的业务指导和监督，积极配合生态环境主管部门的工作，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，总体负责公司辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理。

### （4）辐射防护负责人（注册核安全工程师）主要职责

辐射安全关键岗位，贯彻执行国家、上级主管部门有关射线装置管理的法规和规定，具体职责为：

① 负责全公司非密封放射性物质及射线装置生产、销售、使用过程中的安全管理。

② 负责收集、整理、分析全公司辐射防护的有关资料，及时制定并采取防护措施。

③ 组织制定公司辐射安全与环境保护管理制度。

④ 组织人员参加辐射安全与防护考核。

⑤ 检查辐射安全设施，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。

⑥ 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。

⑦ 定期向生态环境主管部门报告安全工作，接受相关主管部门的检查指导。

⑧ 定期组织进行辐射事故应急演练，并对《辐射事故应急预案》进行及时修订。

### （5）成员主要职责

在负责人与辐射防护负责人的指导下，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

本项目人员拟配置 70 人，其中辐射工作人员 47 人，生产主管 3 人，质量主管 3 人，辐射安全主管 2 人（含辐射防护负责人 1 人），行政及其他人员 15 人。

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。

公司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。

#### 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、射线装置使用登记制度》、《放射性药物生产、销售台账管理制度》、《监测方案》、《三废处置方案》、《辐射事故应急响应预案》、《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：明确回旋加速器、正电子药物合成及分装等项目的操作规程；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监测仪器，

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：明确设备和机房门机联锁装置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、射线装置使用登记制度：明确射线装置及放射性原料台帐和使用登记记录，对购入的射线装置及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）个人剂量监测方案和职业健康体检制度：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）辐射事故应急响应预案：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。

综上所述，本项目拟建立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 工作场所监测

建设单位拟为本项目配备辐射监测仪器，对工作场所定期进行自行监测，同时委托有资质的单位定期对辐射工作场所辐射水平开展年度监测，建立监测档案并长期保存。

监测方法：按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《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）、《职业性皮肤放射性污染个人监测标准》（GBZ 166-2024）等执行。

监测方案详见下表。

表 6.3-1 工作场所辐射监测方案

|       |  |
|-------|--|
| 涉密不公开 |  |
|-------|--|

涉密不公开

6.3.1.2 流出物监测

建设单位拟对放射性废气和废水定期进行监测。

（1）气载流出物排放监测

建设单位拟委托有资质的单位定期对放射性废气进行监测，监测放射性废气的排放量和排放浓度。

（2）液态流出物监测

建设单位拟委托有资质的单位定期对放射性废水进行监测，经检测符合《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的排放要求后排入武清开发区第四污水处理厂处理。

流出物监测方案详见下表。

表 6.3-2 流出物监测方案

涉密不公开

### 6.3.1.3 环境监测

建设单位拟委托有资质的单位对环境及介质中的辐射水平进行定期监测。监测方案详见下表。

表 6.3-3 辐射环境监测方案

涉密不公开

### 6.3.1.4 个人剂量监测

为了确保工作人员的身体健康，需要加强对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个人剂量报警仪。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。个人剂量计应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，定期开展职业健康检查，建立辐射工作人员个人剂量档案及职业健康检查档案并终生保存。

### 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》，建设单位需配备必要的监测仪器，对辐射工作场所放射性水平、表面污染进行例行监测，并定期委托有资质的监测单位进行年度监测；为非密封放射性物质工作场所工作人员配备热释光个人剂量计，回旋加速器室工作人员同时配备中子个人剂量计，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。

本项目拟配备监测仪器设备见下表所示。

表 6.3-4 辐射监测仪器一览表

涉密不公开

涉密不公开

监测仪器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）制定《辐射监测计划》，配备便携式辐射剂量监测仪，定期开展放射性工作场所辐射监测，委托有资质的单位对放射性工作场所开展周期为一年一次的辐射防护监测。各操作场所配备有场所固定监测报警仪，可对场所的 X、 $\gamma$  剂量率进行实时监测。

（2）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。

（3）委托有资质的单位定期对项目放射性固体废物及废水的放射性活度进行监测，监测合格后，经审管部门同意后进行解控处置。

（4）辐射工作场所试运行期间，必须开展竣工环保验收监测。

（5）辐射工作场所屏蔽措施等关键条件发生改变时，以及设备大修后，均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。



（6）发生辐射事故，及时上报生态环境主管部门和相关部门，并及时开展现场监测。

（7）发生辐射相关信访事件或投诉时，公司应立即启动相关处置流程，第一时间核实信访及投诉内容，明确涉及的辐射相关工作场所及潜在辐射隐患。同时，及时委托具备相应资质的辐射环境监测技术服务机构，对相关工作场所开展全面辐射环境监测，监测项目包括周围剂量当量率、中子剂量当量率、表面污染、放射性废水总  $\alpha$  和总  $\beta$  浓度、放射性气溶胶总  $\alpha$  和总  $\beta$  浓度等，确保监测数据真实、准确、完整。监测完成后，根据监测结果及时研判辐射安全状况，制定针对性处置措施，妥善回应信访及投诉诉求，形成完整的处置台账及监测报告，留存备查。

（8）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

依据《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）、《排污许可证申请与核发技术规范 总则》（HJ 942-2018）、《排污许可证申请与核发技术规范 制药工业—化学药品制剂制造》（HJ 1063-2019）、《排污许可证申请与核发技术规范 锅炉》（HJ 953-2018）等，本评价建议项目运行期非放射性污染源监测计划如下表所示。

表 6.3-5 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 | 加速器 1 室排气筒 P2 | O <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub>          | 1 次/年  | 参照《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）、《排污许可证申请与核发技术规范 总则》（HJ 942-2018）、《排污许可证申请与核发技术规范 制药工业—化学药品制剂制造》（HJ1063-2019）、《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）、《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB12/524-2020）、《恶臭污染物排放标准》（DB12/059-2018）等规定执行 | 委托有资质的环境监测单位 |
|    | 加速器 2 室排气筒 P3 | O <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub>          | 1 次/年  |                                                                                                                                                                                                             |              |
|    | 质检区 2 排气筒 P3  | 非甲烷总烃                                    | 1 次/年  |                                                                                                                                                                                                             |              |
|    |               | NH <sub>3</sub> 、氯化氢、甲醇、TRVOC（TVOC）、臭气浓度 | 1 次/半年 |                                                                                                                                                                                                             |              |
|    |               | 非甲烷总烃                                    | 1 次/年  |                                                                                                                                                                                                             |              |

| 分类                                       | 监测位置                 | 监测因子                                           | 监测频率   | 采样分析方法                                                                                                                                       | 实施单位 |
|------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                                          | 质检区 1 排气筒 P4         | NH <sub>3</sub> 、氯化氢、甲醇、TRVOC（TVOC）、臭气浓度       | 1 次/半年 |                                                                                                                                              |      |
|                                          | 锅炉排气筒 P5、P6          | 氮氧化物                                           | 1 次/月  | 《排污许可证申请与核发技术规范 锅炉》（HJ 953-2018）、《排污单位自行监测技术指南 火力发电及锅炉》（HJ 820-2017）                                                                         |      |
|                                          |                      | 颗粒物、二氧化硫、林格曼黑度、一氧化碳                            | 1 次/年  |                                                                                                                                              |      |
| 废水                                       | 废水总排口                | pH、COD、BOD <sub>5</sub> 、SS、氨氮、总磷、总氮、动植物油类、石油类 | 1 次/季度 | 参照《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）、《排污许可证申请与核发技术规范 总则》（HJ 942-2018）、《排污许可证申请与核发技术规范 制药工业—化学药品制剂制造》（HJ1063-2019）、《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）等规定执行 |      |
| 噪声                                       | 四侧厂界外 1m             | 等效连续 A 声级                                      | 1 次/季度 | 参照《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）、《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）规定执行                                                                         |      |
| 固体废物                                     | 做好日常记录，检查固体废物的委托处理情况 |                                                |        | /                                                                                                                                            |      |
| 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。 |                      |                                                |        |                                                                                                                                              |      |

#### 6.4 辐射事故应急

为了加强对射线装置及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，先通天津拟成立辐射事故应急机构，制定《辐射事故应急预案》，并配备辐射防护、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、各车间负责人、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Ⅱ类射线装置回旋加速器、操作非密封放射性物质及放射性药物的销售的辐射事故风险，制定《辐射事故应急预案》，辐射事故应急预案应包括以下内容：

- （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  $\gamma$  剂量率仪、中子测量仪、便携式  $\alpha/\beta$  表面污染仪、应急 TLD 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医用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、第十四条、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。                |              |
| 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。拟配备至少 1 名注册核安全工程师担任辐射安全关键岗位（辐射防护负责人）。 |              |
| 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                     | 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。                                        | 建设单位所有，建设单位已取得不动产权证书，详见附件。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 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。                                       | 建设单位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。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 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。                             | 建设单位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。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 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。    | 建设单位拟为本项目配备便携式辐射剂量监测仪，中子剂量率仪，X- $\gamma$ 固定式区域监测系统， $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染测量仪，放射性气溶胶监测仪，个人剂量报警仪，个人剂量计及铅橡胶衣等防护用品，可满足辐射防护需求。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。                         | 建设单位拟制定相应的规章制度和操作规程，拟在辐射工作场所外张贴电离辐射标志、设置工作指示灯，并按要求落实辐射防护和安全措施。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案、台帐管理制度等。 | 建设单位拟制定操作规程、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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案、台帐管理制度等。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 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。  | 建设单位拟建立事故应急响应机构，拟制定应急响应预案和应急人员的培训演习制度，拟配备设置监测仪器、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。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 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。                                 | <p>（1）放射性固体废物先存放于放射性废物暂存场所内，衰变至少 10 个半衰期，经检测达到清洁解控水平后，作为危险废物送处理；</p> <p>（2）放射性废水，在衰变池中衰变，经检测达标（总 <math>\alpha \leq 1\text{Bq/L}</math>、总 <math>\beta \leq 10\text{Bq/L}</math>）后，排放至市政污水管网；</p> <p>（3）加速器 1 室、加速器 2 室废气通过独立管道引至屋顶，经高效过滤器和活性炭吸附装置处理后排放，排气口高于建筑屋顶；放射性核素的操作均在各生产场所的密闭热室、手套箱、通风橱负压环境下进行，挥发的放射性气体很少。排风系统分为房间排风和工作箱体（热室、手套箱、通风橱）排风，放射性废气由专用排风管道输送，热室、手套箱、通风橱内废气经设备顶部自带活性炭吸附装置过滤后与同区域的房间排风汇入主管道引至屋顶，经屋顶高效过滤器和活性炭吸附处理后通过排气筒高于屋面排放。</p> |

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，先通（天津）医药科技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”要求的对照情况见下表。

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         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <p>第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。</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> | <p>本项目辐射工作场所拟设置屏蔽设施，入口拟设置电离辐射警示标识、中文警示说明。射线装置机房墙体采取屏蔽措施，入口拟设置工作状态指示灯，防护门拟设置门机联锁、门灯联锁。射线装置控制台上拟设置紧急止动按钮，防止人员受到意外照射。</p> <p>放射性药物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。</p>                | 建设单位按承诺落实后符合 |
| <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。</p> <p>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）本项目拟设置放射性原料间、成品间、放射性废物间、放射性废物间，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）建设单位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。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>                                                                                                                                                                                 | <p>建设单位拟为本项目配置便携式辐射监测仪、表面沾污仪等监测仪器，定期对辐射环境进行自行监测，做好记录，妥善保存；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。</p>                                                                                                   |              |
| <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</p>                                                                                                                                                                                                                                           | <p>建设单位拟对本项目放射性同位素与射线装置的安全和防护进行</p>                                                                                                                                                              |              |

|                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                              |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 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。                                                                                                                                                                                                                         | 年度评估，并于每年 1 月 31 日前报发证机关。                                                                                                    |  |
| 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。                                                                                                                                                  | 建设单位拟安排本项目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。                                                                              |  |
| 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许可证发证机关。<br>生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。 | 建设单位拟为本项目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，发现监测结果异常时及时调查和上报，每年对从事放射性操作的人员进行一次健康体检。<br>建设单位拟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）》、《甲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-005）》、《加速器生产放射性同位素场所监督检查技术程序（NNSA/HQ-08-JD-IP-008）》、《放射性同位素销售单位监督检查技术程序（NNSA/HQ-08-JD-IP-014）》、《医用放射性核素发生器利用场所监督检查技术程序（NNSA/HQ-08-JD-IP-031）》相关内容对照检查如下。



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     | 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     | 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，设置效能良好的过滤装置 |              |
|              |       | 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                |              |
|              |       | 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                |              |
|              | 监测设备  | 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                |              |
|              |       | 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                |              |
|              | 防护用品  | 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                |              |
| 管理制度         | 综合    | 1  | 辐射安全与防护管理大纲      | 拟制订                |              |
|              | 放射性物质 | 2  | 非密封放射性物质的管理规定    | 拟制订                |              |
|              |       | 3  | 物料平衡管理规定         | 拟制订                |              |
|              |       | 4  | 场所分区管理规定         | 拟制订                |              |
|              | 场所管理  | 5  | 操作规程             | 拟制订                |              |
|              |       | 6  | 去污操作规程           | 拟制订                |              |
|              |       | 7  | 安全防护设施的维修与维护制度   | 拟制订                |              |
|              |       | 8  | 监测方案             | 拟制订                |              |
|              | 监测    | 9  | 监测仪表使用与校验管理制度    | 拟制订                |              |
|              |       | 10 | 辐射工作人员培训/再培训管理制度 | 拟制订                |              |
|              | 人员    | 11 | 辐射工作人员个人剂量管理制度   | 拟制订                |              |
|              |       | 12 | 辐射事故/事件应急预案      | 拟制订                |              |
|              | 三废    | 13 | 放射性“三废”管理规定      | 拟制订                |              |

表 6.5-4 与“甲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

| 甲级非密封放射性物质操作场所检查内容 |       |  |                  | 建设单位情况             | 是否符合         |
|--------------------|-------|--|------------------|--------------------|--------------|
| 辐射安全防护设施与运行        | 场所设施  |  | 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 |
|                    |       |  | 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    |              |
|                    |       |  | 电离辐射警告标志         | 拟设置                |              |
|                    |       |  | 卫生通过间            | 拟设置                |              |
|                    |       |  | 通风系统完整性及效能       | 通风系统完整，设置效能良好的过滤装置 |              |
|                    |       |  | 排风过滤器            | 拟设置                |              |
|                    |       |  | 密封箱室             | 拟设置                |              |
|                    |       |  | 屏蔽防护设施           | 拟设置                |              |
|                    |       |  | 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 |              |
|                    |       |  | 防止放射性液体操作造成污染的措施 | 拟设置                |              |
|                    |       |  | 机械手或其它远距离操作工具    | 拟设置                |              |
|                    |       |  | 火灾报警仪            | 拟设置                |              |
|                    |       |  | 放射性废水处理系统及标识     | 拟设置                |              |
|                    |       |  | 放射性物料与成品暂存场所或设施  | 拟设置                |              |
|                    |       |  | 放射性固体废物暂存场所或设施   | 拟设置                |              |
|                    |       |  | 安保设施             | 拟设置门禁、摄像监控等安保设施    |              |
|                    |       |  | 防火设备、应急出口        | 拟设置                |              |
|                    | 监测设备  |  | 人员出口污染监测仪        | 拟配备                |              |
|                    |       |  | 固定式辐射监测报警仪       | 拟配备                |              |
|                    |       |  | 固定式或移动式气溶胶取样监测设备 | 拟配备                |              |
|                    |       |  | 气载放射性流出物取样监测设备   | 拟配备                |              |
|                    |       |  | 便携式辐射监测仪         | 拟配备                |              |
|                    |       |  | 个人剂量计            | 拟配备                |              |
|                    |       |  | 个人剂量报警仪          | 拟配备                |              |
|                    | 防护用品  |  | 个人辐射防护用品         | 拟配备                |              |
|                    | 应急物资  |  | 去污用品和应急物资        | 拟配备                |              |
|                    |       |  | 合适的灭火器材          | 拟配备                |              |
|                    |       |  | 放射性同位素应急容器       | 拟配备                |              |
| 管理制度               | 综合    |  | 辐射安全与防护管理大纲      | 拟制订                |              |
|                    | 放射性物质 |  | 非密封放射性物质的管理规定    | 拟制订                |              |
|                    |       |  | 物料平衡管理规定         | 拟制订                |              |
|                    |       |  | 场所分区管理规定         | 拟制订                |              |
|                    | 场所管理  |  | 操作规程             | 拟制订                |              |
|                    |       |  | 安保管理规定           | 拟制订                |              |
|                    |       |  | 去污操作规程           | 拟制订                |              |

|  |    |                  |     |
|--|----|------------------|-----|
|  | 监测 | 安全与防护设施等维修与维护制度  | 拟制订 |
|  |    | 监测方案             | 拟制订 |
|  |    | 监测仪表使用与校验管理制度    | 拟制订 |
|  | 人员 | 辐射工作人员培训/再培训管理制度 | 拟制订 |
|  |    | 辐射工作人员个人剂量管理制度   | 拟制订 |
|  | 应急 | 辐射事故应急预案         | 拟制订 |
|  | 三废 | 放射性“三废”管理规定      | 拟制订 |

表 6.5-5 与“加速器生产放射性同位素场所监督检查技术程序”对照检查情况

| 加速器生产放射性同位素场所检查内容 |       |         |                                 | 建设单位情况 | 是否符合         |
|-------------------|-------|---------|---------------------------------|--------|--------------|
| 辐射安全防护设施与运行       | 加速器大厅 | 工作指示和警示 | 入口电离辐射警告标志                      | 拟设置    | 建设单位按承诺落实后符合 |
|                   |       |         | 入口加速器运行状态显示                     | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 灯光和声音报警指示装置                     | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 门内紧急开门按钮（指示、说明）                 | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 紧急出口标志及应急照明                     | 拟设置    |              |
|                   |       | 安全连锁    | 控制台和大厅门钥匙控制                     | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 门与加速器束流连锁                       | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 门与加速器高压触发连锁                     | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 辐射报警灯与加速器出束状态连锁                 | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 辐射剂量与门连锁                        | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 清场巡更系统与门连锁                      | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 束流阻挡器（如有）位置与束流连锁                | 不涉及    |              |
|                   |       |         | 靶厅门与束流阻挡器（如有）位置连锁               | 不涉及    |              |
|                   |       | 场所设施    | 控制台有复位确认按钮                      | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 大厅内有清场巡更系统                      | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 大厅内有紧急停机按钮                      | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 按钮位置醒目及文字说明                     | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 控制台有紧急停机按钮                      | 拟设置    |              |
|                   |       | 监测设备    | 紧急停机按钮能自锁及复位                    | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 控制区内固定式辐射剂量监测仪                  | 拟配备    |              |
|                   |       |         | 气溶胶监测仪或采样装置（气态靶）                | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 放射性气体监测仪或采样装置（气态靶）              | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 个人剂量报警仪（ $\gamma$ ）             | 拟配备    |              |
|                   |       |         | 个人剂量计（ $\gamma$ 、中子）            | 拟配备    |              |
|                   |       |         | 便携式 $\gamma$ 剂量测量仪              | 拟配备    |              |
|                   |       |         | 便携式表面污染仪                        | 拟配备    |              |
|                   |       | 其他      | 强活化部件应有专门贮存容器和存放地点，容器表面应有电离辐射标志 | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 排风过滤净化系统                        | 拟设置    |              |
|                   |       |         | 灭火器材                            | 拟设置    |              |

|  |         |       |  |                         |                            |
|--|---------|-------|--|-------------------------|----------------------------|
|  | 同位素生产场所 | 场所设施  |  | 工作场所功能、设置及分区布局          | 分区布局合理，出入口拟设置门禁及标识         |
|  |         |       |  | 场所分区的管控措施及标识            | 分区管理，出入口拟设置门禁及标识           |
|  |         |       |  | 入口处有电离辐射警告标志            | 拟设置                        |
|  |         |       |  | 卫生通过间                   | 拟设置                        |
|  |         |       |  | 通风系统完整性及效能              | 拟设置完整、高效的通风系统，独立的放射性废气排放系统 |
|  |         |       |  | 工作箱或热室                  | 拟设置                        |
|  |         |       |  | 屏蔽防护设施                  | 拟设置                        |
|  |         |       |  | 防过热或超压保护（有易燃易爆和高温高压操作时） | 本项目常温常压操作，不涉及高温高压          |
|  |         |       |  | 防止放射性液体操作造成污染的措施        | 拟设置                        |
|  |         |       |  | 机械手或其它远距离操作工具           | 拟设置                        |
|  |         |       |  | 放射性废水处理系统及标识            | 拟设置                        |
|  |         |       |  | 放射性物料与成品暂存场所设施          | 拟设置                        |
|  |         |       |  | 放射性固体废物暂存场所或设施          | 拟设置                        |
|  |         |       |  | 安保设施                    | 拟设置                        |
|  |         | 监测设备  |  | 固定式辐射监测报警仪              | 拟配备                        |
|  |         |       |  | 固定式或移动式气溶胶取样监测设备        | 拟配备                        |
|  |         |       |  | 放射性液态流出物取样监测设备          | 委托有资质的单位定期监测               |
|  |         |       |  | 气载放射性流出物取样监测设备          | 委托有资质单位定期监测                |
|  |         |       |  | 便携式辐射监测仪（污染、辐射水平等）      | 拟配备                        |
|  |         |       |  | 个人剂量计                   | 拟配备                        |
|  |         |       |  | 个人剂量报警仪                 | 拟配备                        |
|  |         | 防护用品  |  | 个人防护用品                  | 拟配备                        |
|  |         | 应急物资  |  | 去污用品和应急物资               | 拟配备                        |
|  |         |       |  | 合适的灭火器材                 | 拟配备                        |
|  |         |       |  | 放射性同位素应急容器              | 拟配备                        |
|  | 管理制度    | 综合    |  | 辐射安全与防护管理大纲             | 拟制订                        |
|  |         | 放射性物质 |  | 非密封放射性物质的管理规定           | 拟制订                        |
|  |         | 场所    |  | 场所分区管理规定                | 拟制订                        |
|  |         |       |  | 加速器操作规程                 | 拟制订                        |
|  |         |       |  | 放射性同位素操作规程              | 拟制订                        |
|  |         |       |  | 去污操作规程                  | 拟制订                        |
|  |         |       |  | 安全防护设施的维修与维护制度          | 拟制订                        |
|  |         | 监测    |  | 监测方案                    | 拟制订                        |

|  |    |                  |     |  |
|--|----|------------------|-----|--|
|  | 人员 | 监测仪表使用与校验管理制度    | 拟制订 |  |
|  |    | 辐射工作人员个人剂量管理制度   | 拟制订 |  |
|  |    | 辐射工作人员培训/再培训管理制度 | 拟制订 |  |
|  | 应急 | 辐射事故应急预案         | 拟制订 |  |
|  | 三废 | 放射性“三废”管理规定      | 拟制订 |  |

表 6.5-6 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                                      |                    |  |                                              | 建设单位情况 | 是否<br>符合                 |
|-----------------------------------------------------|--------------------|--|----------------------------------------------|--------|--------------------------|
| 辐<br>射<br>安<br>全<br>防<br>护<br>设<br>施<br>与<br>运<br>行 | 放射性同<br>位素暂存<br>场所 |  | 出入口处电离辐射警告标志                                 | 拟配备    | 建设单<br>位按承<br>诺落实<br>后符合 |
|                                                     |                    |  | 双人双“锁”                                       | 拟配备    |                          |
|                                                     |                    |  | 非法入侵报警装置                                     | 拟配备    |                          |
|                                                     |                    |  | 监控系统                                         | 拟配备    |                          |
|                                                     |                    |  | 火灾报警仪                                        | 拟配备    |                          |
|                                                     | 监测设备               |  | 便携式监测仪                                       | 拟配备    |                          |
|                                                     |                    |  | 个人剂量报警仪                                      | 拟配备    |                          |
|                                                     |                    |  | 个人剂量计                                        | 拟配备    |                          |
|                                                     | 防护器材               |  | 满足要求的屏蔽措施                                    | 拟配备    |                          |
|                                                     |                    |  | 个人防护用品                                       | 拟配备    |                          |
|                                                     | 应急物资               |  | 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 | 拟配备    |                          |
| 管<br>理<br>制<br>度                                    | 综合                 |  | 辐射安全管理规定                                     | 拟制订    |                          |
|                                                     | 销售                 |  | 放射性同位素销售及进出口管理制度                             | 拟制订    |                          |
|                                                     |                    |  | 放射性同位素台账管理制度                                 | 拟制订    |                          |
|                                                     | 贮存、运<br>输和监测       |  | 暂存场所管理制度                                     | 拟制订    |                          |
|                                                     |                    |  | 放射性同位素回收、送贮管理制度                              | 拟制订    |                          |
|                                                     |                    |  | 监测方案                                         | 拟制订    |                          |
|                                                     |                    |  | 监测仪表使用与校验管理制度                                | 拟制订    |                          |
|                                                     | 人员                 |  | 辐射工作人员培训/<br>再培训管理制度                         | 拟制订    |                          |
|                                                     |                    |  | 辐射工作人员个人剂量管理制度                               | 拟制订    |                          |
|                                                     | 应急                 |  | 辐射事故应急预案                                     | 拟制订    |                          |

表 6.5-7 与“医用放射性核素发生器利用场所监督检查技术程序”对照检查情况

| 医用放射性核素发生器利用场所检查内容 |      |  |                      | 公司情况                         | 是否符合 |
|--------------------|------|--|----------------------|------------------------------|------|
| 场所安全防护设施与运行        | 场所设施 |  | 场所分区布局是否合理及有无相应措施/标识 | 分区布局合理，已设相应措施/标识，本项目调整部分房间分区 | 符合   |
|                    |      |  | 电离辐射警告标志             | 已设置                          |      |
|                    |      |  | 卫生通过间（乙级及以上）         | 已设置                          |      |
|                    |      |  | 人员出口配备污染监测仪（乙级及以上）   | 已设置                          |      |
|                    |      |  | 独立的通风设施              | 已设置                          |      |
|                    |      |  | 放射性核素暂存场所或设施         | 已设置                          |      |
|                    |      |  | 屏蔽防护设施               | 已设置                          |      |
|                    |      |  | 放射性废液处理排放系统及标识       | 已设置                          |      |
|                    |      |  | 放射性固体废物暂存场所或设施       | 已设置                          |      |

|      |      |  |                  |     |  |
|------|------|--|------------------|-----|--|
|      | 监测设备 |  | 表面污染监测仪          | 已设置 |  |
|      |      |  | 便携式辐射水平监测仪       | 已设置 |  |
|      |      |  | 个人剂量计            | 已设置 |  |
|      |      |  | 个人剂量报警仪          | 已设置 |  |
|      | 防护器材 |  | 个人防护用品           | 已设置 |  |
|      |      |  | 放射性表面去污用品和防污染材料  | 已设置 |  |
| 管理制度 | 综合   |  | 辐射安全与防护管理规定      | 已制定 |  |
|      |      |  | 非密封放射性物质的管理规定    | 已制定 |  |
|      | 场所   |  | 场所分区管理规定         | 已制定 |  |
|      |      |  | 操作规程             | 已制定 |  |
|      |      |  | 辐射安全和防护设施维护维修制度  | 已制定 |  |
|      | 监测   |  | 监测方案             | 已制定 |  |
|      |      |  | 监测仪表的使用管理制度      | 已制定 |  |
|      | 人员   |  | 辐射工作人员培训/再培训管理制度 | 已制定 |  |
|      |      |  | 辐射工作人员个人剂量管理制度   | 已制定 |  |
|      | 应急   |  | 辐射事故/事件应急预案      | 已制定 |  |
|      | 三废   |  | 放射性“三废”管理规定      | 已制定 |  |
|      |      |  | 发生器返回制度          | 已制定 |  |

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。

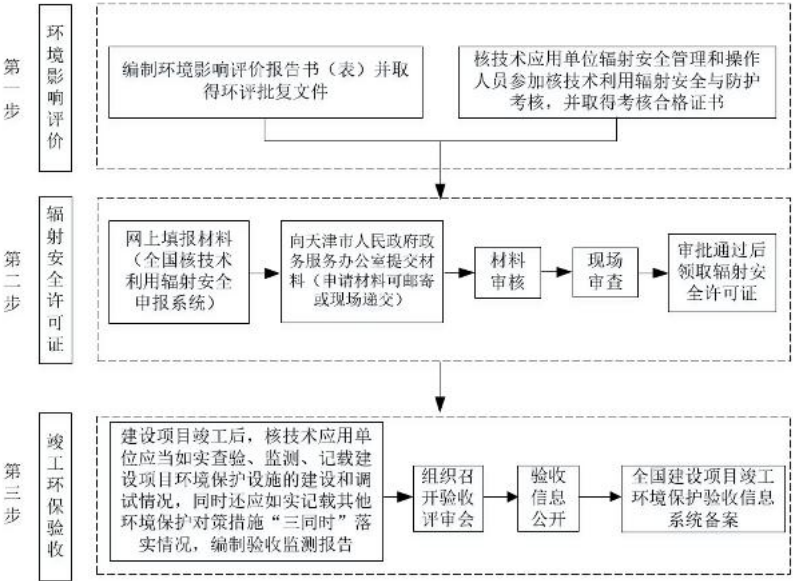


图 6.6-1 本项目环保手续办理流程图

（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、产品屏蔽防护、放射性废物收集设施均已落实，屏蔽能力满足辐射防护的要求。               |
| 5  | 辐射安全与防护 | 回旋加速器室设置工作状态指示灯，回旋加速器室安全联锁与防护措施均已落实；辐射工作场所的电离辐射警告标识和中文警示说明、视频监控、门禁系统、双人双锁、表面污染控制等措施均已落实。 |

|    |        |                                                                        |
|----|--------|------------------------------------------------------------------------|
| 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铅橡胶衣、铅防护眼镜、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 | 加速器 1 室和加速器 2 室四侧墙体、防护门、顶外 30cm 以及控制室、热室屏蔽体外表面、进出口、顶外 30cm，操作非密封放射性物质工作场所外、屏蔽体外表面、放射源库、成品间、放射性废物暂存场所等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  | 中子辐射           | 加速器 1 室和加速器 2 室四侧墙体、防护门、顶外 30cm 以及控制室                                                                           | 中子剂量当量率                     |                                                          |
| 3  | 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                                                                           | $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染     | 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）                        |
| 4  | 废气             | 放射性废气排气筒 P1、P2、P3                                                                                               | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、应用核素 | /                                                        |
| 5  |                | 加速器 1 室废气排气筒 P2、加速器 2 室废气排气筒 P3                                                                                 | $\text{NO}_x$               | 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）                             |
| 6  |                | 质检区 2 废气排气筒 P3、质检区 1 废气排气筒 P4                                                                                   | 氯化氢                         | 《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）                           |
| 7  |                |                                                                                                                 | 硫酸雾、甲醇                      | 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）                             |
| 8  |                |                                                                                                                 | TRVOC、非甲烷总烃                 | 《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2020）                       |



|    |          |                                                                                                          |                                                                                         |                                    |
|----|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 9  |          |                                                                                                          | 臭气浓度                                                                                    | 《恶臭污染物排放标准》（DB 12/059-2018）        |
| 10 | 废水       | 衰变池排放口                                                                                                   | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ ，如总 $\alpha > 0.5\text{Bq/L}$ ，总 $\beta > 1.0\text{Bq/L}$ ，分析应用核素 | 《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）三级       |
| 11 |          | 废水总排口                                                                                                    | pH、COD、BOD <sub>5</sub> 、SS、氨氮、总磷、总氮                                                    |                                    |
| 12 | 土壤       | 衰变池附近                                                                                                    | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、应用核素                                                             | /                                  |
| 13 | 地下水      | 衰变池附近                                                                                                    | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、应用核素                                                             | 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）         |
| 14 | 环境空气     | 有代表性的空气敏感目标                                                                                              | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、应用核素                                                             | /                                  |
| 15 | 噪声       | 厂界外 1m                                                                                                   | 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 |
| 16 | 固体废物     | 固体废物收集、暂存设施                                                                                              |                                                                                         |                                    |
| 17 | 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[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[2007]57 号）等文件的要求设置。 |                                                                                         |                                    |
| 18 | 环境风险防范措施 | 分区贮存、雨水截止阀、灭火器、火灾报警装置等环境风险防范措施。                                                                          |                                                                                         |                                    |

### （3）退役

该项目射线装置、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。放射性药物在各类疾病（特别是肿瘤类疾病）的诊断、治疗中起到了重要作用，因此核医学科近几年发展快速，就诊人数也逐年增加，放射性药物的需求量也逐渐扩大。本项目建成后将有利于促进先通（天津）医药科技有限公司放射性药物的研发，有利于推动我国放射性药物技术和临床应用的不断发展，满足放射性药品不断增长的社会需求。

#### 7.1.2 经济效益

我国人口众多，放射性药物市场发展潜力巨大，天津及周边地区每年接受核医学检查人数将会超过 5 万例。本项目总投资 15000 万元，项目建成后，产品可辐射京津冀地区，成为区域乃至全国的放射性药物生产中心，可带来良好的经济效益。

本项目原材料采购种类较多、涉及诸多行业和企业，可以带动上下游产业的发展，提高企业的经济收入和竞争力，为社会创造更多的投资机会。

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。

资源方面，本项目选址位于天津武清开发区四期，属于工业用地，无土地、农作物和其他经济作物征购问题，也不存在新建道路问题，项目运行依托区内基础设施，不单独建设供水、排水系统，故社会损失可忽略。

### 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 15000 万元，其中环保设施投资为 4306 万人民币，占总投资的 28.7%。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。主要环保投资概算见表 4.5-1。

### 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，将产生一定的放射性废水、放射性废气、放射性固体废物，同时对辐射工作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

本项目实施后，将显著提升先通（天津）医药科技有限公司放射性药物的生产开发能力，加速创新资源聚集和成果转化，有利于放射性药物的研发和推广，有利于推动我国放射性药物技术和临床应用的不断发展，同时满足患者诊疗的需要，挽救患者生命，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措施后，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

先通（天津）医药科技有限公司拟投资 15000 万元新建先通（天津）创新药物产业化基地项目（新建生产、销售、使用核药项目），项目位于天津市武清区开发区泉雨路东侧。

本项目新建生产车间及辅助用房。本次拟于生产车间设置 2 个甲级非密封放射性物质工作场所和使用 2 台回旋加速器，用于放射性药物生产。本项目设置的 2 个甲级非密封放射性物质工作场所如下：（1）生产车间一层生产 1 区，日等效最大操作量为  $1.21\text{E}+12\text{Bq}$ ；（2）生产车间二层质检区 2（放射性质检区），日等效最大操作量为  $5.19\text{E}+10\text{Bq}$ 。2 个甲级场所涉及  $^{18}\text{F}$ 、 $^{44}\text{Sc}$ 、 $^{47}\text{Sc}$ 、 $^{61}\text{Cu}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ge}$ （ $^{68}\text{Ge}$ - $^{68}\text{Ga}$  发生器）、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{86}\text{Y}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ （ $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器）、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{188}\text{W}$ （ $^{188}\text{W}$ - $^{188}\text{Re}$  发生器）、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{203}\text{Pb}$ 、 $^{211}\text{At}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Pb}$  发生器）、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Bi}$  发生器）、 $^{212}\text{Bi}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{227}\text{Th}$  共 29 项非密封放射性物质操作。项目配置的 2 台回旋加速器，主要用于规模化生产 PET 临床用放射性药物，核心生产核素包含  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 。本活动种类和范围包括：使用 II 类射线装置；生产、销售、使用非密封放射性物质，甲级非密封放射性物质工作场所。

本项目已完成天津市内资企业固定资产投资项目备案登记（项目代码为：2607-120114-89-01-174016）。

本项目计划于 2027 年 3 月开工建设，2029 年 9 月竣工。

### 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，拟设置相应标识。各辐射工作场所独立、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，有利于开展放射性药物生产，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 电离辐射治理

本项目 2 间加速器室采用混凝土、铅板、含硼石蜡结构屏蔽，屏蔽能力满

足相应辐射防护的要求。2间加速器室拟设置工作状态指示灯、电离辐射警示标志、辐射安全联锁设施、辐射安全应急设施、监控及通讯设施、辐射监测设施和通风换气设施，满足《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB 5172-2025）的防护要求。

本项目放射性药物的生产、合成、分装以及放射性核素操作均在热室或通风橱中进行；拟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拟设置电离辐射标识及中文警示说明，场所内拟设置送排风系统，工作台面拟配备易去污的防污染材料。场所设置拟设置防盗、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

合理设计房间内气压，确保气体由低污染区流向高污染区。放射性核素的操作均在各场所的密闭热室、通风橱负压环境下进行，挥发的放射性气体很少。排风系统分为房间全排和工作箱体（热室、通风橱）局排。放射性废气由专用排风管道输送，热室、通风橱内废气由设备顶部自带过滤器过滤后与房间整体排风合并汇入屋顶再经废气处理装置处理后通过排气筒高于屋面排放。

### 8.2.4 放射性废水治理

本项目新建 1 套埋地式衰变池，内含 3 套衰变系统，放射性废水排入衰变系统按相关要求暂存衰变后，经检测达标，并经审管部门认可后排入园区市政污水管网最终进入武清开发区四期污水处理厂处理。整个衰变系统为埋地式密封处理，衰变池为混凝土结构，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

本项目设置 2 个放射性废物间，用作不同区域产生的放射性废弃物（含作为放射性固体废物单独收集处置的放射性废液）暂存衰变场所。各辐射工作场所均设置有铅垃圾桶，放射性固体废物收集在专用的铅垃圾桶内。

## 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 5mSv/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

本项目各场所放射性废气经高效过滤装置和活性炭过滤后，分别由 3 根 18m 高排气筒 P1~P3 高于厂房屋面排放。预计本项目放射性废气排放所致公众受照剂量可以满足 0.1mSv/a 的剂量约束值要求。

##### ② 加速器室臭氧和氮氧化物

2 间加速器室产生的  $O_3$  和  $NO_x$  连同放射性活化气体一同排出，排风经活性炭吸附装置处理后，分别由 1 根 18m 高排气筒 P2 和 P3 排放。预计  $NO_x$  可满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）二级标准限值要求，2 间加速器室内  $O_3$  浓度可满足工作场所空气中臭氧容许浓度 0.3mg/m<sup>3</sup> 要求。

##### ③ 质检废气

质检区 1 和质检区 2 质检废气经通风橱收集并经活性炭吸附净化后，分别由 1 根 18m 高排气筒 P4、P3 排放。预计本项目氨气、臭气浓度可满足《恶臭污染物排放标准》（DB 12/059-2018）相应标准限值要求，甲醇可满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）二级标准限值要求，氯化氢可满足《制药工业大气污染物排放标准》（GB 37823-2019）中相应标准限值要求，TVOC（TVOC）和非甲烷总烃可满足《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2020）医药制造行业标准限值要求。

##### ④ 锅炉废气

锅炉废气经处理后分别由 1 根 21m 高排气筒 P5、P6 排放，可满足《锅炉大气污染物排放标准》（DB 12/151-2020）的限值要求。

##### ⑤ 食堂油烟

食堂油烟经油烟净化器处理后由 1 根 18m 高排气筒 P7 排放，可满足《餐饮业油烟排放标准》（DB 12/644-2016）表 1 餐饮油烟浓度排放限值要求。

### （3）废水环境影响

本项目放射性废水包括加速器内循环冷却废水、工器具清洗废水、铅罐清洗废水、阳性灭菌废水、清洗间废水、场所人员应急去污废水。

加速器内循环冷却水事故废水排入埋地式衰变池衰变系统 1 的衰变罐中暂存衰变，暂存超过 10 倍最长半衰期后，监测达标（总  $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总  $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）并经审管部门认可后，经厂区总排口排入市政污水管网，最终排入武清开发区四期污水处理厂进一步集中处理；如监测不达标，则委托有放射性废物处理资质的单位处置。

其余放射性废水排入衰变系统 2 或衰变系统 3，所含核素仅有半衰期小于 24 小时的暂存时间超过 30 天后直接解控排放至市政污水管网，所含核素半衰期大于 24 小时的暂存时间超过 10 倍最长半衰期，经检测达标并经审管部门认可后，与生活污水排入市政污水管网，最终进入武清开发区四期污水处理厂处理。放射性废水排放可满足《污水综合排放标准》（DB12/356-2018）总  $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总  $\beta \leq 10\text{Bq/L}$  的限值要求。非放射性废水主要为生活污水，生活污水排放可满足《污水综合排放标准》（DB 12/356-2018）三级标准要求。

### （4）固体废物环境影响

本项目固体废物主要包括放射性固体废物、一般工业固体废物、生活垃圾及危险废物。

放射性废物根据所含核素半衰期长短分类收集、分类处置。一般放射性固体废物存放于放射性废物间，所含核素半衰期小于 24h 的放射性固体废物暂存时间超过 30 天、所含核素半衰期大于 24h 的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；退役的外购  $^{68}\text{Ge}$ - $^{68}\text{Ga}$  发生器、 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器、 $^{188}\text{W}$ - $^{188}\text{Re}$  发生器、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Pb}$  发生器）、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{224}\text{Ra}$ （ $^{224}\text{Ra}$ - $^{212}\text{Bi}$  发生器）暂存在放射性废物间内，由供货商定期上门回收；废靶、靶膜、离子源等高活性废物，暂存于放射性废物间铅垃圾桶内，定期委托有资质的单位处理。

废包装材料属于一般工业固体废物，集中收集后定期交由物资部门回收；生活垃圾交由有关单位定期清运；废试剂、废试剂瓶等危险废物暂存于危废间，



交由有危险废物处置资质的单位进行处理。

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

本项目的噪声源是空调散热风机机组、排风风机机组等，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，本项目厂界噪声的预测值均可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3 类标准限值的要求。

#### （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。

#### （7）总量控制

根据国家有关规定并结合本工程污染物排放的实际情况，本项目大气污染物总量控制因子包括氮氧化物、挥发性有机物，水污染物总量控制因子包括 COD、氨氮。

### 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- $\gamma$  剂量率仪、表面污染仪、个人剂量报警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。拟为辐射工作人员配置个人防护用品、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 利益代价分析

本项目生产的放射性药物用于临床核医学诊断可以达到一般非放射性治疗方法所不能及的诊断及治疗效果，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，项目运行以后，为周边地区患者和医护人员提供一个充足、及时的药物供给，具有明显的经济效益和社会效益，为我国核医学稳定发展、核

技术应用产业化发展、行业技术进步等作出贡献。项目建成后，对企业的市场定位、产业链发展、市场竞争能力都具有重要意义，对当地经济发展和社会效益也具有深远意义，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

综上所述，通过对项目利益和代价的简要分析，在考虑经济、社会、环境各方面的因素，项目在落实辐射安全管理措施和环保措施后，可以实现社会效益、经济效益、环境效益的协调发展。

## 8.6 公众参与

先通（天津）医药科技有限公司按照《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，开展公众参与调查工作，公开征求了公众对项目的建设意见。

## 8.7 综合结论

本项目建设符合国家和天津市产业政策要求，建设用地为工业用地，规划选址符合天津市武清开发区四期 01 单元总体规划及土地利用规划。本项目实施后，生产过程中产生的废气、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，先通（天津）医药科技有限公司将具备从事本项目辐射工作的技术能力和安全防护措施。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。

## 8.8 建议和承诺

### 8.8.1 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，对重点工程做到精心设计和施工，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。

#### 8.8.2 承诺

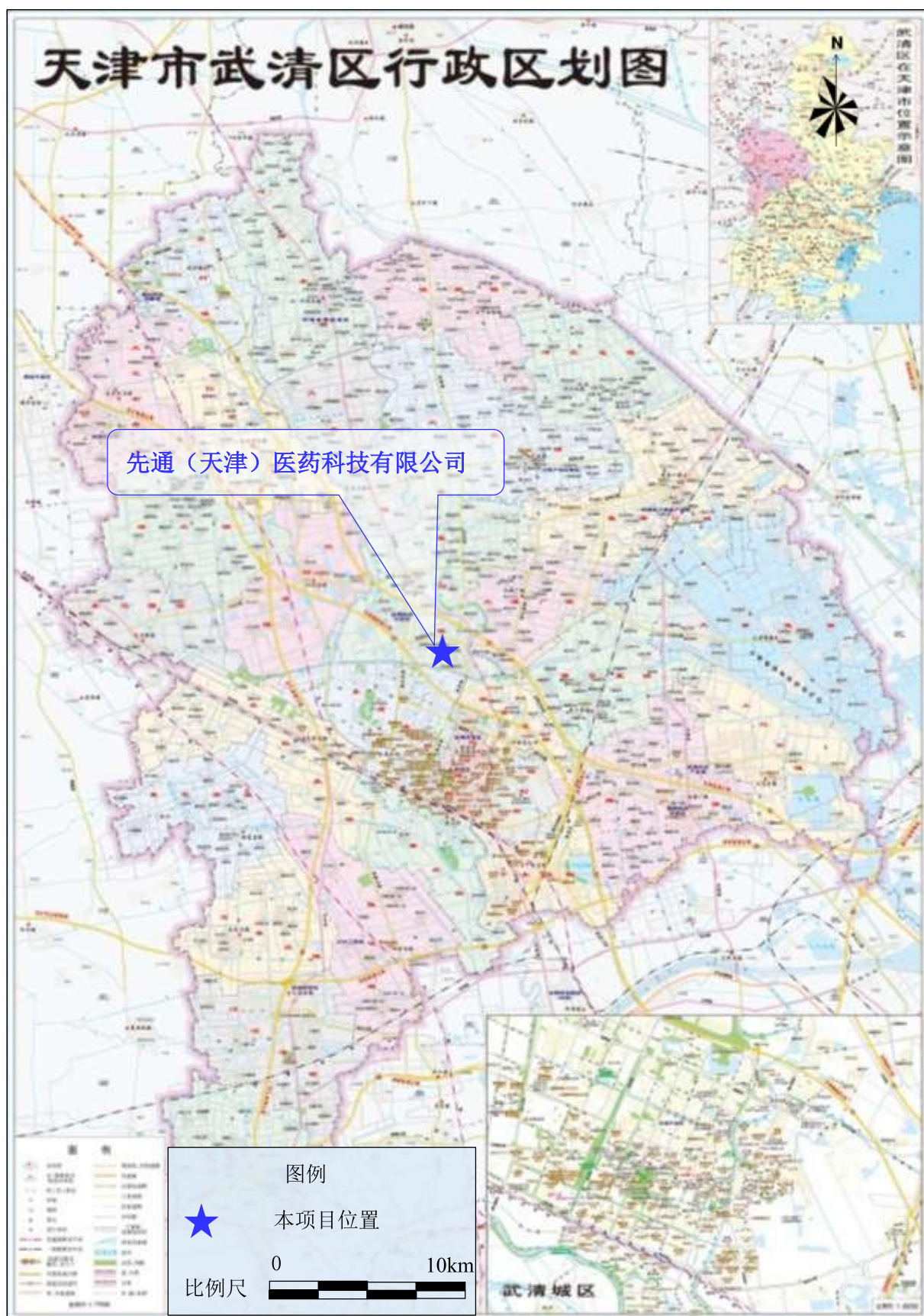
（1）组织所有辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格持证上岗。

（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》、《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）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。

（5）严格恪守放射性废物管理法规，全流程闭环管控，压实责任、接受监管，守护环境与人员安全。



附图 1 建设项目地理位置图

其他附图附件涉密不公开