

核技术利用建设项目

石家庄原子高科医药有限公司非密封源  
工作场所升甲项目  
环境影响报告书

石家庄原子高科医药有限公司

2023年6月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

石家庄原子高科医药有限公司非密封源  
工作场所升甲项目  
环境影响报告书

建设单位名称：石家庄原子高科医药有限公司

建设单位法人代表：杨斌

通讯地址：石家庄市鹿泉区山尹村镇碧水街 81 号军鼎科技园 15 号楼

邮政编码：102413

联系人：柳营

电子邮箱：85liuying01@163.com

联系电话：13231906741

## 编制人员情况表

# 目 录

目 录.....	I
前 言.....	I
<b>1 概述.....</b>	<b>3</b>
1.1 项目名称、地点.....	3
1.2 项目概况.....	3
1.2.1 建设单位概况.....	3
1.2.2 项目基本情况.....	3
1.2.3 项目周边关系.....	4
1.2.4 原有核技术利用项目情况.....	5
1.3 编制依据.....	6
1.3.1 法律、法规.....	6
1.3.2 部门规章.....	7
1.3.3 地方环境保护法规政策.....	9
1.3.4 技术导则.....	9
1.3.5 标准规范.....	10
1.3.6 其他技术支持文件.....	11
1.4 评价标准.....	11
1.4.1 剂量率水平控制值.....	11
1.4.2 职业工作人员及公众剂量约束值.....	11
1.4.3 工作场所表面污染控制值.....	12
1.4.4 放射性废气的排放要求.....	12
1.4.5 放射性固体废物排放要求.....	13
1.4.6 放射性废水排放要求.....	14
1.4.7 环境质量标准.....	15
1.5 评价范围和保护目标.....	16

1.5.1 评价等级确定.....	16
1.5.2 环境保护目标.....	19
<b>2 自然环境与社会环境概况.....</b>	<b>22</b>
2.1 自然环境概况.....	22
2.1.1 地理位置.....	22
2.1.2 地形地貌.....	22
2.1.3 区域地质.....	22
2.1.4 水文地质.....	24
2.1.5 地震.....	24
2.1.6 气候气象.....	25
2.1.7 土壤和动植物.....	25
2.2 社会经济状况.....	25
2.3 环境质量和辐射现状.....	26
2.3.1 辐射环境质量现状及评价.....	26
2.3.2 非放射性环境质量现状及评价.....	39
2.3.3 小结.....	40
2.4 场址适宜性评价.....	41
2.4.1 场址与自然环境的适宜性分析.....	41
2.4.2 场址与开发区规划符合性分析.....	41
2.4.3 场址与基础设施规划适宜性分析.....	42
2.4.4 小结.....	43
2.5 与“三线一单”符合性分析.....	44
2.5.1 与“生态保护红线”符合性.....	44
2.5.2 与“环境质量底线”符合性.....	45
2.5.3 与“资源利用上线”符合性.....	46
2.5.4 与“环境准入负面清单”符合性.....	47
<b>3 工程分析与源项.....</b>	<b>49</b>
3.1 现有设施工程分析.....	49

3.1.1	现有生产设施概况.....	49
3.1.2	工艺流程及设备.....	49
3.1.3	现有场所辐射安全与防护措施.....	58
3.1.4	现有场所污染物排放情况.....	64
3.2	项目规模与基本参数.....	66
3.2.1	项目规模.....	66
3.2.2	项目组成.....	67
3.2.3	劳动定员及工作制度.....	71
3.2.4	原辅材料.....	71
3.3	工艺流程及设备.....	74
3.4	放射性核素平衡.....	76
3.4.1	回旋加速器制备及正电子药物 <sup>18</sup> F-氟脱氧葡萄糖生产区放射性核素平衡分析.....	76
3.4.2	锆药物生产车间物料放射性核素平衡分析.....	77
3.5	污染源项.....	78
3.5.1	施工期污染源项.....	78
3.5.2	运行期污染源项.....	78
3.6	废弃物.....	83
3.6.1	施工期废弃物.....	83
3.6.2	运行期废弃物.....	83
<b>4</b>	<b>辐射安全与防护.....</b>	<b>86</b>
4.1	放射性工作场所布局与屏蔽.....	86
4.1.1	放射性工作场所布局.....	86
4.1.2	放射性工作场所分区.....	86
4.1.3	人流物流.....	87
4.1.4	屏蔽措施.....	87
4.2	辐射安全与防护措施.....	87
4.3	三废治理措施.....	87
4.4	服务期满后的环境保护措施.....	87

<b>5 环境影响分析</b> .....	<b>89</b>
5.1 建设阶段对环境的影响.....	89
5.2 运行阶段对环境的影响.....	89
5.2.1 职业工作人员受照剂量分析.....	89
5.2.2 公众受照剂量分析.....	92
5.2.3 放射性废液、固废环境影响分析.....	107
5.2.4 非放射性环境影响分析.....	108
5.2.5 事故工况环境影响分析.....	136
<b>6 辐射安全管理</b> .....	<b>142</b>
6.1 机构与人员.....	142
6.1.1 机构设置.....	142
6.1.2 人员配置.....	142
6.2 辐射安全管理规章制度.....	143
6.3 辐射监测.....	144
6.3.1 监测目的.....	144
6.3.2 监测点位、项目及频次.....	144
6.3.3 测量方法及仪器设备.....	148
6.3.4 监测机构及设备配置.....	148
6.3.5 监测质量保证.....	149
6.4 辐射事故应急.....	150
6.4.1 事故应急组织机构及职责.....	150
6.4.2 应急报告及联络方式.....	151
6.4.3 应急响应.....	151
6.4.4 应急保障措施.....	154
6.4.5 应急管理措施.....	154
6.4.6 小结.....	155
6.5 人员培训计划.....	155
6.6 辐射安全与环境管理计划.....	156

6.7 从事放射性活动的技术能力分析 .....	156
6.7.1 与环保部3号令对比分析 .....	156
6.7.2 与环保部18号令对比分析 .....	157
6.8 环保设施“三同时”验收一览表 .....	158
<b>7 利益-代价简要分析 .....</b>	<b>161</b>
7.1 利益分析 .....	161
7.1.1 经济效益 .....	161
7.1.2 社会效益 .....	161
7.2 代价分析 .....	161
7.3 辐射实践的正当性分析 .....	162
<b>8 结论与建议 .....</b>	<b>163</b>
8.1 项目工程概况 .....	163
8.1.1 项目简介 .....	163
8.1.2 环境现状和环境保护目标 .....	163
8.2 辐射安全与防护 .....	163
8.3 环境影响分析结论 .....	164
8.4 辐射安全管理 .....	165
8.5 公众参与 .....	165
8.6 结论与建议 .....	165
8.6.1 总结论 .....	165
8.6.2 建议 .....	165
<b>附图: .....</b>	<b>166</b>
附图一 项目地理位置图 .....	167
附图二 项目周边关系示意图 .....	168
附图三 项目辐射环境评价范围示意图 .....	169
附图四 生产厂房一层平面布置图 .....	170
附图五 生产厂房二层平面布置图 .....	171



附图六 生产厂房一层放射性工作场所分区图 .....	172
附图七 生产厂房二层放射性工作场所分区图 .....	173
附图八 生产厂房三层放射性工作场所分区图 .....	174
附图九 生产厂房一层人流物流图 .....	175
附图十 生产厂房二层人流物流图 .....	176
附件: .....	177

## 前 言

同位素药品是指用于医学诊断和治疗的一类含有放射性核素的特殊制剂，由于其具有安全、简便、不成瘾、疗效好、并发症少等优点在国外发达国家得到了迅速发展。目前，同位素药品中 $^{18}\text{F}$ -FDG注射液、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 即时标记药品等应用最为广泛，但由于我国地域广阔，人口众多，加上 $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等核素半衰期较短，生产配送范围极为有限。原子高科股份有限公司作为我国最大的同位素药品生产企业，为解决同位素药品生产配送问题，先后在广州、上海、杭州、天津、石家庄等地成立了子公司，建成了多个区域性的同位素医药中心，并成功投入运营，均取得了良好的经济效益和社会效益。

石家庄同位素医药中心建设项目于2018年3月取得环评批复并开始建设，于2020年11月通过验收并正式投入运营。该项目主要包含2个乙级非密封源工作场所，分别为回旋加速器制备及正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区和锝药物生产车间。近年来，随着我国核医学水平的不断提高及国家和公众对同位素药品认识的不断提升，同位素医药产业也随之快速发展。

石家庄原子高科医药有限公司作为原子高科股份有限公司的全资子公司，为了适应市场的需求，经过对石家庄及周边地区目前市场现状的考察分析，决定在原有项目基础上对2个乙级非密封源工作场所进行升级，增加 $^{18}\text{F}$ -FDG注射液和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 即时标记药品的生产量，建设石家庄原子高科医药有限公司非密封源工作场所升甲项目。本项目建成后，在满足市场需求的同时，将进一步促进石家庄及周边地区同位素医药产业的高速发展，对提高肿瘤检测能力，降低检测费用，征服疾病，改善民生等诸多方面具有极其重要的意义。

按照《国民经济行业分类》(GB/T4754-2017)，本项目行业分类属于医药制造业中的化学药品制剂制造(C2720)。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021年版)，本项目属于“二十四、医药制造业 27”中“47 化学药品制剂制造 272”和“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目”，仅化学药品制剂制造的编制环境影响报告表，甲级非密封放射性物质工作场所应编制环境影响报告书。按照《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021年版)第四条中“建设内容涉及本名录中两个及以上项目类别的建设项目，其环境影响评价类别按照其中单项等级最高的确定”，由此，

本项目需编制环境影响报告书。

中核第四研究设计工程有限公司在接受石家庄原子高科医药有限公司委托后，立即成立了项目组，并赴现场进行了实地踏勘，收集了项目的工程设计资料，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的有关规定，编制完成了本项目环境影响报告书。石家庄原子高科医药有限公司按照《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令 第4号）和《河北省环境保护公众参与条例》（2020年7月30日修正）的规定，通过网络公示、报纸公示、现场张贴等方式进行了公众参与调查，在公示有效期内，未收到反对本项目建设的意见。本项目环境影响评价工作得到了河北省生态环境厅、石家庄市生态环境局、石家庄原子高科医药有限公司等单位及其人员的大力支持与帮助，在此一并致谢！

## 1 概述

### 1.1 项目名称、地点

#### 1) 项目名称

石家庄原子高科医药有限公司非密封源工作场所升甲项目

#### 2) 建设地点

本项目位于河北省石家庄市鹿泉区山尹村镇碧水街 81 号军鼎科技园 15 号楼。项目地理位置中心坐标为：东经 114°23'35.4"，北纬 37°55'51.2"。军鼎科技园位于鹿泉区南部，山尹村镇北端，属于河北鹿泉经济开发区绿岛产业园，为河北鹿泉经济开发区绿岛产业园总体规划（2015-2030 年）中创新服务区。本项目地理位置图见附图 1。

### 1.2 项目概况

#### 1.2.1 建设单位概况

石家庄原子高科医药有限公司（以下简称“石家庄高科”）为原子高科股份有限公司于 2017 年 9 月在石家庄市鹿泉区创建的全资子公司。主要从事放射性药品的研发、生产、销售；非密封放射性物质的生产、销售、使用；化学试剂、化学药品制剂、I 类医疗器械、II 类医疗器械、III 类医疗器械、药物检测设备及仪器的销售；医疗器械及辐射防护器材的技术开发、技术咨询、技术转让、技术服务；核医学应用技术的研发和咨询服务。

原子高科股份有限公司作为石家庄高科的母公司，致力于核技术应用的产业化，拥有我国规模最大、产品覆盖面最广的放射性同位素制品生产、研发基地，能生产放射性体内药品、体外免疫分析试剂盒、放射源、放射性医疗器械、放射性标记化合物及示踪剂等 300 多种放射性同位素制品；拥有自屏蔽电子束灭菌加速器系统、高能大功率辐照加速器、无损检测用直线电子加速器、<sup>60</sup>Co 源辐照装置的核心技术和专业化设计与制造能力。原子高科股份有限公司成功通过了 GMP 及质量管理体系（GB/T19001-2016）、环境管理体系（GB/T24001-2016）和职业健康与安全管理体系（GB/T45001-2020）等资质认证；通过了中国核工业集团有限公司企业安全生产标准化一级单位的认证。

#### 1.2.2 项目基本情况

##### 1) 建设性质

本项目建设性质属于扩建。

## 2) 土地性质及占地面积

本项目土地性质属于工业用地，总占地面积为 601m<sup>2</sup>。

## 3) 建设内容及规模：

### (1) 建设内容

本项目所在的军鼎科技园 15 号楼为地上 4 层建筑，一层为回旋加速器制备及正电子药物 <sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区，二层为锝药物生产车间，三层为质检区，四层为办公区。本项目不涉及主体工程、辅助工程、公用工程、储运工程和环保工程的建设，在保持现有工艺技术路线不变的情况下，提升 <sup>18</sup>F-FDG 注射液和 <sup>99m</sup>Tc 即时标记药品的生产量。

### (2) 生产规模

①回旋加速器制备及正电子药物 <sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区：<sup>18</sup>F 核素日最大制备量为  $2.22 \times 10^{12}$ Bq (60Ci)。工作场所日等效最大操作量为  $2.22 \times 10^{10}$ Bq，属于甲级非密封源工作场所。

②锝药物生产车间：<sup>99m</sup>Tc 核素日最大淋洗量为  $9.25 \times 10^{11}$ Bq (25Ci)，日等效最大操作量为  $9.25 \times 10^9$ Bq；<sup>99m</sup>Mo 核素日最大贮存量为  $2.41 \times 10^{12}$ Bq (65Ci)，日等效最大操作量为  $2.41 \times 10^9$ Bq。工作场所日等效最大操作量为  $1.11 \times 10^{10}$ Bq，属于甲级非密封源工作场所。

### (3) 产业政策

根据国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于鼓励类第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”类项目，为国家鼓励类项目。

本项目不属于国家发展改革委、商务部印发的《市场准入负面清单（2022 年版）》（发改体改规[2022]397 号）中规定的禁止准入类与许可准入类事项，为准入行业。

本项目不属于《关于印发河北省新增限制和淘汰类产业目录（2015 年版）的通知》（冀政办发[2015]7 号）中限制、淘汰类项目，属于允许类项目。

## 1.2.3 项目周边关系

本项目位于河北省石家庄市鹿泉区山尹村镇碧水街 81 号军鼎科技园 15 号楼。15 号楼东侧为旋盈检测公司，南侧为河北兴烨灭菌科技有限公司，西侧军鼎科技园内道路，北侧为河北安迪科正电子技术有限公司。本项目场址距离军鼎科技园内最近的环

境保护目标为旋盈检测公司，距离为 12m；与军鼎科技园外最近的环境保护目标为北侧的河北康德物流，距离为 56m；与军鼎科技园外项目场址西侧的韩家园村（环境敏感点）距离为 465m。本项目周边关系图见附图 2。

### 1.2.4 原有核技术利用项目情况

#### 1) 环评及验收

2018 年 3 月 6 日，石家庄高科取得了原河北省环境保护厅出具的关于《石家庄同位素医药中心建设项目》环境影响报告表的批复，批复文号：冀环辐表[2018]3 号。

2020 年 11 月 12 日，石家庄高科通过了《石家庄同位素医药中心建设项目》的竣工环境保护验收。

#### 2) 辐射安全许可证

石家庄高科于 2020 年 6 月 5 日，申请并取得了辐射安全许可证，证书编号为：国环辐证[00483]，发证机关：生态环境部，发证日期 2020 年 6 月 5 日，有效期至 2023 年 12 月 31 日，其活动种类和范围为：使用 II 类射线装置；生产、销售、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

#### 3) 辐射安全管理机构及制度

石家庄高科现已成立了辐射安全管理领导小组和工作小组，法定代表人杨斌负责辐射安全与放射防护管理领导工作。石家庄高科按照相关法律法规的要求制定了辐射安全管理规定、辐射防护和安全保卫制度、安全操作管理规定、辐射事故应急预案、岗位职责、人员培训管理规定、人员健康及个人剂量管理规定、辐射工作场所监测管理规定、辐射监测系统操作规程、放射性同位素转让、收贮等备案管理规定、辐射报警检测仪使用、维护操作规程、台账管理制度、辐射安全和防护设备检修维护制度、放射性“三废”处理方案制度均得到了有效落实。

#### 4) 工作场所及周围环境年度监测

石家庄高科于 2023 年 1 月 12 日委托核工业航测遥感中心对回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区、锝药物生产车间的 $\gamma$ 辐射水平、 $\beta$ 表面污染水平和回旋加速器大厅周围 $\gamma$ 及中子辐射水平进行了监测；同时对衰变池的废水中的总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 进行了取样检测。核工业航测遥感中心于 2023 年 1 月 17 日出具了检测报告，检测结果均满足相关标准要求。

#### 5) 人员培训

石家庄高科现有辐射工作人员共 15 人，均已参加了辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，经考试合格，全部取得了合格证书。证书均在有效期范围内。

#### 6) 个人剂量监测

石家庄高科现有辐射工作人员 15 人，均佩戴个人热释光剂量仪。按照《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)的要求，个人剂量常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月，并建立个人剂量档案，终生保存。石家庄高科指定专人负责辐射工作人员个人剂量检测的管理工作，辐射工作人员的热释光剂量仪均送凯杰方大监测技术河北有限公司进行检测。2022 年度辐射工作人员个人剂量检测结果均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的职业工作人员年有效剂量限值 20mSv 的要求，并满足现有项目职业工作人员年有效剂量约束值 5mSv 的要求。

#### 7) 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，石家庄高科定期开展了辐射安全状况检查。基于现有辐射项目的实际运行情况，对所内现有射线装置及放射源台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容进行了汇总，并于每年 1 月 31 日前向河北省生态环境厅备案。2022 年《辐射安全和防护状况年度评估报告》已于 2023 年 1 月 18 日编写完成并提交至河北省生态环境厅。

### 1.3 编制依据

#### 1.3.1 法律、法规

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订通过，2015 年 1 月 1 日起实施)；
- 2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起施行)；
- 3) 《中华人民共和国大气污染防治法》(中华人民共和国第十三届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修订通过，2018 年 10 月 26 日起实施)；
- 4) 《中华人民共和国水污染防治法》(中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议修订通过，2018 年 1 月 1 日起实施)；
- 5) 《中华人民共和国土壤污染防治法》(中华人民共和国第十三届全国人民代表

大会常务委员会第五次会议通过，2019年1月1日起施行)；

6) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》(中华人民共和国第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议修订通过，2018年12月29日起实施)；

7) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(中华人民共和国第十三届全国人大常委会第十七次会议修订通过，2020年9月1日起实施)；

8) 《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第48号，2016年9月1日起施行，2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第二次修正，2018年12月29日起施行)；

9) 《建设项目环境保护管理条例》(中华人民共和国国务院令第682号，2017年10月1日起施行)；

10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第709号，2019年3月29日修订并施行)；

11) 《中华人民共和国安全生产法》(2014年12月1日起施行)；

12) 《中华人民共和国清洁生产促进法(修正)》(中华人民共和国主席令第72号，2012年7月1日起实施)；

13) 《中华人民共和国突发事件应对法》(中华人民共和国主席令第69号，2007年11月1日起实施)。

### 1.3.2 部门规章

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

2) 《国家危险废物名录(2021年版)》(生态环境部第15号令，2020年11月27日发布，2021年1月1日起实施)；

3) 《关于印发<重污染天气重点行业应急减排措施制定技术指南(2020年修订版)>的函》(环办大气函[2020]340号，2019年6月29日发布并实施)；

4) 《关于印发大气污染防治行动计划的通知》(国发[2013]37号)；

5) 关于发布《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)修改单的公告(生态环境部公告2018年第29号)；

6) 《环境影响评价公众参与办法》(于2018年4月16日由生态环境部部务会议审议通过，2019年1月1日起施行)；



- 7) 《产业结构调整指导目录(2019年本)》(2019年10月30日);
- 8) 《关于做好环境影响评价制度与排污许可制衔接相关工作的通知》(环办环评[2017]84号,2017年11月14日发布并实施);
- 9) 《关于印发<企业事业单位突发环境事件应急预案备案管理办法(试行)>的通知》(环发〔2015〕4号);
- 10) 《关于落实<大气污染防治行动计划严格环境影响评价准入>的通知》(环办[2014]30号);
- 11) 《关于印发<建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)>的通知》(环发[2013]103号);
- 12) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》(环发[2012]77号);
- 13) 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》(环发[2012]98号);
- 14) 《突发环境事件信息报告办法》(原中华人民共和国环境保护部令(2011)第17号);
- 15) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护部令第3号,2008年12月6日起施行;环境保护部令第47号修正,2017年12月20日施行;2019年8月22日经生态环境部令第7号修改;2021年1月4日经生态环境部令第20号修改);
- 16) 关于发布《放射性废物分类》的公告(环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业部公告2017年第65号,2018年1月1日起施行);
- 17) 《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);
- 18) 《放射性废物安全管理条例》(国务院令第612号,2012年3月1日起实行);
- 19) 《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日起施行);
- 20) 《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》(环发[2008]13号);
- 21) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(环发[2006]145号);

22) 《制药建设项目环境影响评价文件审批原则(试行)》(2016年12月24日)。

### 1.3.3 地方环境保护法规政策

1) 《河北省生态环境保护条例》(河北省第十三届人民代表大会常务委员会第十六次会议,2020年3月27日);

2) 《河北省辐射污染防治条例》(2020年7月30日河北省第十三届人民代表大会常务委员会第十八次会议通过);

3) 《河北省地下水管理条例》(河北省第十三届人大常委会第五次会议修订通过,2018年9月20日发布,2018年11月1日实施);

4) 《河北省水污染防治条例》(2018年5月31日河北省第十三届人民代表大会常务委员会第三次会议修订,2018年9月1日起实施);

5) 《河北省大气污染防治条例》(河北省第十二届人民代表大会第四次会议通过,2016年1月13日发布,2016年3月1日实施);

6) 《河北省固体废物污染环境防治条例》(2015年3月26日河北省第十二届人大常委会第十四次会议通过,2015年6月1日实施);

7) 《河北省人民政府关于发布<河北省生态保护红线>的通知》(冀政字[2018]23号,2018年6月30日);

8) 《河北省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目目录(2020年本)》(河北省生态环境厅公告2020年第1号);

9) 《关于印发<建设项目环境影响评价文件审批及建设单位自主开展环境保护设施验收工作指引(试行)>的通知》(冀环办字函[2017]727号,2017年11月23日发布并实施);

10) 《关于印发河北省新增限制和淘汰类产业目录(2015年版)的通知》(冀政办发[2015]7号);

11) 《河北省人民政府关于加快实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》(冀政字[2020]71号);

### 1.3.4 技术导则

1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);

- 2) 《环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016);
- 3) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018);
- 4) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJT2.3-2018);
- 5) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021);
- 6) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016);
- 7) 《环境影响评价技术导则 土壤环境》(HJ964-2018);
- 8) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018);
- 9) 《建设项目危险废物环境影响评价指南》(2017年9月1日)。

### 1.3.5 标准规范

- 1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);
- 2) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002);
- 3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);
- 4) 《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》(EJ380-1989);
- 5) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010);
- 6) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021);
- 7) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019);
- 8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);
- 9) 《职业性内照射个人监测规范》(GBZ129-2016);
- 10) 《放射性污染的物料解控和场址开放的基本要求》(GBZ167-2005);
- 11) 《核辐射环境质量评价的一般规定》(GB11215-1989);
- 12) 《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》(T/CIRA 5-2019);
- 13) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及修改单;
- 14) 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002);
- 15) 《地下水质量标准》(GB/T14848-2017);
- 16) 《声环境质量标准》(GB3096-2008);
- 17) 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018);
- 18) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996);
- 19) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996);
- 20) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)及其修改单;

- 21) 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》(HJ2025-2012);
- 22) 《河北省用水定额》(DB13/T1161.2-2016)。

### 1.3.6 其他技术支持文件

- 1) 《委托书》;
- 2) 《石家庄原子高科医药有限公司非密封源工作场所升甲项目设计文件》，中核第四研究设计工程有限公司;
- 3) 河北鹿泉区经济开发区绿岛产业园总体规划环境影响报告书审查意见;
- 4) 河北军鼎岩土工程技术有限公司与鹿泉国土局签订的国有建设用地使用权出让合同;
- 5) 河北军鼎岩土工程技术有限公司军鼎科技园项目环境影响报告表批复意见;
- 6) 原子高科与河北军鼎岩土工程技术有限公司签订的工业厂房转让合同;
- 7) 石家庄市城乡规划局出具的关于石家庄同位素医药中心建设项目的规划选址意见。

## 1.4 评价标准

### 1.4.1 剂量率水平控制值

1) 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》(T/CIRA 5-2019)、《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》(EJ380-1989),并参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)的要求,同时结合本项目特点,正常运行工况下,本项目回旋加速器室屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率水平不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ; 工作热室、通风橱外人员操作位辐射剂量率水平不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

2) 根据《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)中要求,5.3.1 货包或集合包装的外表面上任一点的最高辐射水平不超过  $2\text{mSv/h}$ 。本项目包装间货包外表面剂量率限值不超过  $2\text{mSv/h}$ 。

### 1.4.2 职业工作人员及公众剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 B 中规定:应对任何工作人员的职业照射水平进行控制,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)不超过  $20\text{mSv}$ ; 实践使公众中有关关键人群组的

成员所受到的年平均剂量估计值不应超过 1mSv。根据《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》(T/CIRA 5-2019) 4.1 条款, 工作人员的剂量约束值宜取 5mSv/a, 公众剂量约束值宜取 0.1mSv/a。综合考虑, 正常工况下: 本项目工作人员的剂量约束值取 5mSv/a, 公众剂量约束值取 0.1mSv/a。事故工况下, 职业工作人员的剂量约束值取 2mSv/次, 公众剂量约束值取 0.1mSv/次。

### 1.4.3 工作场所表面污染控制值

工作人员的衣服、体表, 工作场所的设备、工具、地面等表面 $\beta$ 放射性物质表面污染控制水平执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的规定, 具体见表 1.4-1。

表 1.4-1 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		$\beta$ 放射性物质活度 Bq/cm <sup>2</sup>
工作台、设备、墙壁、地面	控制区*	40
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
手、皮肤、内衣、工作袜	监督区	0.4

\*该区内的高污染子区除外。

### 1.4.4 放射性废气的排放要求

根据《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》(EJ380-1989), 参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 的要求, 本项目放射性废气排放要求如下:

1) 工作场所应保持有良好的通风, 工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计, 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。

2) 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。

3) 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。

4) 通风橱应有足够的通风能力。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, 尽可能远离邻近的高

层建筑。

5) 定期检查通风系统过滤净化器的有效性, 及时更换失效的过滤器, 更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

6) 对所排气体应进行取样和监测, 使排出的气体及气溶胶在不同地区空气中产生的污染不超过相应地区空气中的限值, 并做到合理可行尽量低。

### 1.4.5 放射性固体废物排放要求

#### 1) 豁免水平

本项目产生的放射性固体废物按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 及《放射性废物分类》(2018年1月1日起施行) 中所列豁免水平进行清洁解控处理, 具体见表 1.4-3。

表 1.4-3 放射性核素免管活度浓度及活度限值

核素	豁免活度浓度 (Bq/g)	豁免活度 (Bq)
$^{99m}\text{Tc}$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^7$
$^{18}\text{F}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^6$

#### 2) 放射性固体废物的收集、贮存及处理

参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 的要求, 本项目放射性固体废物收集、贮存、排放方式如下:

##### (1) 固体放射性废物收集

固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶; 废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。含尖刺及棱角的放射性废物, 应预先进行包装处理, 再装入废物桶, 防止刺破废物袋。放射性废物每袋重量不超过 20kg; 装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。

##### (2) 固体放射性废物贮存

产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位, 经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。放射性废物贮存场所应安装通风换气装置, 放射性废物中含有易挥发放射性核素的, 通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志, 采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋(桶), 不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素

的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

### (3) 固体放射性废物处理

所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$ 表面污染小于  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta$ 表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

## 1.4.6 放射性废水排放要求

### 1) 放射性浓度控制

根据《污水综合排放标准》(GB8978-1996)，放射性废水总 $\beta$ 放射性排放限值为  $10\text{Bq}/\text{L}$ 。排放前向审管部门申请解控，经允许后由市政污水管网排入石家庄西部上庄污水处理厂处理。

### 2) 放射性总量控制

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，放射性废水经审管部门确认后，可直接排入流量大于 10 倍排放注量的普通下水道，并应对每次排放作好记录。其排放标准为：每月排放的总活度不超过  $10\text{ALI}_{\min}$  ( $\text{ALI}_{\min}$  是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值的较小者)，每次排放活度不超过  $1\text{ALI}_{\min}$ ，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。本项目放射性废水中的主要核素为  $^{18}\text{F}$ ，其  $\text{ALI}_{\min}$  值为  $3.39\times 10^8\text{Bq}$ 。

### 3) 放射性废水收集、贮存及排放

参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 的要求，本项目放射性废水收集、贮存、排放方式如下：

#### (1) 放射性废液收集

放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于检测和维修。

#### (2) 放射性废液贮存

经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中

预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。

### (3) 放射性废液排放

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

## 1.4.7 环境质量标准

### 1) 大气质量标准

根据《河北鹿泉经济开发区绿岛产业园总体规划(2015-2030 年)环境影响报告书》，本项目所在区域环境空气质量功能区为二类区，执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准。大气环境质量标准值详见表 1.4-5。

表 1.4-5 大气环境质量标准一览表

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值	单位
1	二氧化硫 (SO <sub>2</sub> )	年平均	60	μg/m <sup>3</sup>
		24 小时平均	150	
		1 小时平均	500	
2	二氧化氮 (NO <sub>2</sub> )	年平均	40	μg/m <sup>3</sup>
		24 小时平均	80	
		1 小时平均	200	
3	一氧化碳 (CO)	24 小时平均	4	mg/m <sup>3</sup>
		1 小时平均	10	
4	臭氧 (O <sub>3</sub> )	日最大 8 小时平均	160	μg/m <sup>3</sup>
		1 小时平均	200	
5	颗粒物 (粒径小于等于 10μm)	年平均	70	μg/m <sup>3</sup>
		24 小时平均	150	
6	颗粒物 (粒径小于等于 2.5μm)	年平均	35	μg/m <sup>3</sup>
		24 小时平均	75	

### 2) 地下水质量标准



## 1.5 评价范围和保护目标

### 1.5.1 评价等级确定

#### 1) 放射性评价等级

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》中的相关规定：“甲级非密封放射性物质工作场所应编制环境影响报告书”，本项目有 2 个甲级非密封源工作场所，因此应编制环境影响报告书。另外，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》中规定：“以项目实体边界为中心，放射性药品生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围”。本项目辐射环境评价范围取军鼎科技园 15 号楼整体边界外 500m 范围，详见附图 3。

#### 2) 大气影响评价等级

本项目回旋加速器制备及正电子药物<sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区，回旋加速器室质子打靶过程中所产生的光子使空气电离而产生少量的O<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>等废气。根据NCRP-144号报告（358-359页）公式，并结合MC（FLUKA程序）法，计算得出回旋加速器大厅内，O<sub>3</sub>的饱和浓度为 $1.92 \times 10^{-8} \text{mg/m}^3$ ，NO<sub>2</sub>的饱和浓度为 $8.56 \times 10^{-9} \text{mg/m}^3$ 。采用AERSCREEN估算模式进行项目大气环境评价等级预测计算。经估算回旋加速器大厅产生的O<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>最大落地浓度占标率分别为 $1.89 \times 10^{-9}\%$ 、 $8.40 \times 10^{-10}\%$ ；按照《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）分级判据，确定本项目大气环境影响评价工作等级为三级。不需设置大气环境影响评价范围。

#### 3) 地表水环境影响评价等级

本项目不新增劳动定员，不新增生活污水排放量；项目运行过程中产生的放射性废液暂存于军鼎科技园 15 号楼北侧的衰变池中，当活度低于 10Bq/L 时，按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）向审管部门申请清洁解控后，通过市政污水管网外排至石家庄西部上庄污水处理厂，为间接排放。按照《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018），项目废水排放方式为间接排放，评价等级为三级 B，仅对依托污水处理设施环境可行性进行分析。

#### 4) 地下水环境影响评价等级

《环境影响评价技术导则—地下水环境》（HJ 610-2016）评价工作等级划分原则要求，评价工作等级的划分根据建设项目所属的地下水环境影响评价项目分类和建设项

目的地下水环境敏感程度进行判定。

### (1) 项目分类

通过查询《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)附录 A 地下水环境影响评价行业分类表知,该建设项目行业类别为“M 医药 90、化学药品制造;生物,化学制品制造”,对应的地下水环境影响评价项目类别分类为 I 类。

### (2) 地下水环境敏感程度分级

本项目周边没有集中式饮用水水源(包括已建成的在用、备用、应急水源,在建和规划的饮用水水源)准保护区及其以外的补给径流区、除集中式饮用水水源以外的国家或地方政府设定的与地下水环境相关的其他保护区等敏感点。但厂区附近分布有村庄,居民饮用水来自各村供水井,且存在一段南水北调河道。因此本项目的地下水环境敏感程度为“敏感”,敏感程度分级详见下表 1.3-1。

表 1.3-1 地下水环境敏感程度分级表

敏感程度	地下水环境敏感特征
敏感	集中式饮用水水源(包括已建成的在用、备用、应急水源。在建和规划的饮用水水源)准保护区;除集中式饮用水水源以外的国家或地方政府设定的与地下水环境相关的其它保护区,如热水、矿泉水、温泉等特殊地下水资源保护区。
较敏感	集中式饮用水水源(包括已建成的在用、备用、应急水源,在建和规划的饮用水水源)准保护区以外的补给径流区;未划定准保护区的集中式饮用水水源,其保护区以外的补给径流区;分散式饮用水水源地;特殊地下水资源(如矿泉水、温泉等)保护区以外的分布区等其他未列入上述敏感分级的环境敏感区。
不敏感	上述地区之外的其它地区。

注: a“环境敏感区”是指《建设项目环境影响评价分类管理名录》中所界定的涉及地下水的环境敏感区。

### (3) 评价工作等级划分

本项目属于 I 类项目,且地下水环境敏感程度为敏感,所以确定本项目地下水评价工作等级为“一级”,具体工作等级划分方法见下表 1.3-2。

表 1.3-2 评价工作等级分级表

项目类型 环境敏感程度	I 类项目	II 类项目	III 类项目
敏感	一	一	二
较敏感	一	二	三
不敏感	二	三	三

本项目地下水调查评价范围包含项目场区在内，向项目区上游（西）外扩 1.8km，向下游（东）外扩 3.6km，上、下游边界均沿着地下水等水位线向项目区两侧（南和北）均外扩约 1.8km，项目区两侧边界（南和北边界）垂直于地下水等水位线，模拟区总面积约为 21km<sup>2</sup>，见下图 1.3-1。

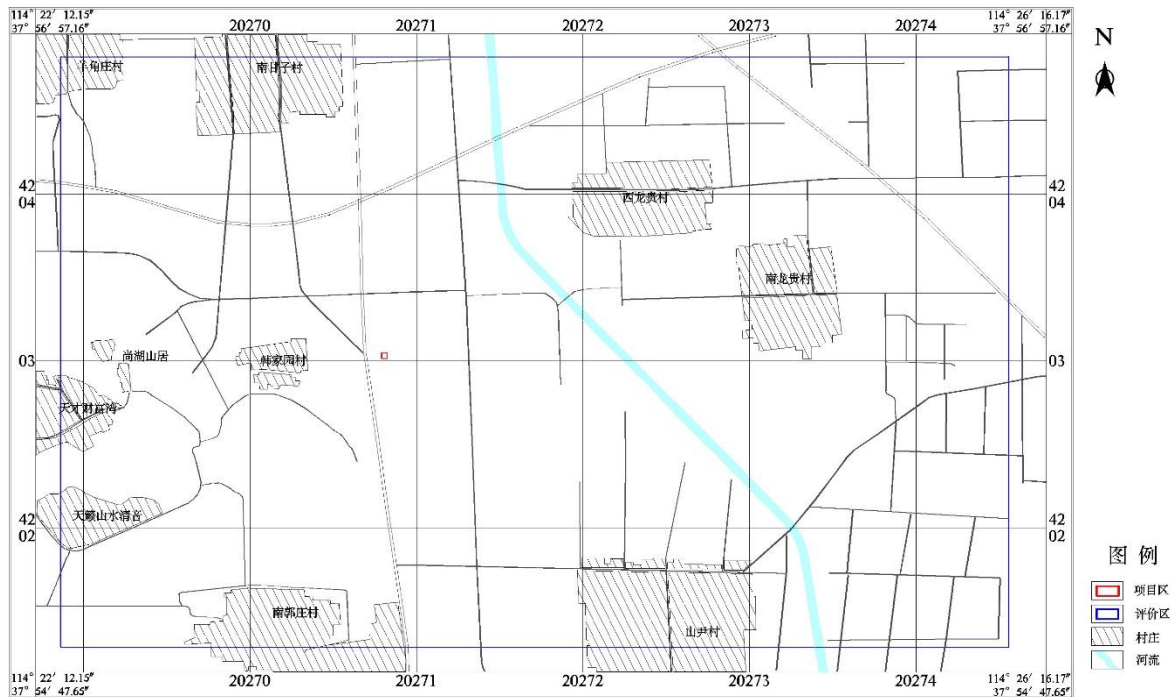


图 1.3-1 地下水环境影响评价范围图

### 5) 声环境影响评价工作等级

本项目不新增噪声源，排风机、水泵等产生噪声源的设备均依托现有项目，因此，不开展声环境影响评价工作。

### 6) 土壤环境影响评价等级

由于《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）不适用于核与辐射建设项目，因此本项目按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中相关规定开展土壤现状评价与分析。

### 7) 生态影响评价等级

本项目属于扩建项目，按照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）中规定的“符合生态环境分区管控要求且位于原厂界（或永久用地）范围内的污染影响类改扩建项目，可不确定评价等级，直接进行生态影响简单分析”。

## 1.5.2 环境保护目标

根据工程性质及周围环境特征，确定本项目周边 500m 范围内的本厂职工、周围企业职工、居民为本项目辐射环境保护目标。

主要辐射与非放射性环境保护目标及保护目的见表 1.5-9、1.5-10 及图 1.5-1、1.5-2。

表 1.5-9 辐射环境保护目标及保护目的一览表

序号	保护目标	相对厂址方位	相对厂界最近距离 (m)	人口数量 (人)
1	河北安迪科正电子有限公司	N	14	
2	河北欧辉远电器有限公司	NE	26	
3	河北盛多威泵业制造有限公司	NE	46	
4	河北正生电器科技有限公司	NEE	105	
5	物业中心	NEE	133	
6	远洋水泵 35 号楼	NE	185	
7	远洋水泵 35 号楼东 (在建楼)	NEE	238	
8	旋盈检测	E	12	
9	冀军家园	E	83	
10	军鼎科技园 29 号楼	E	153	
11	军鼎科技园 30 号楼	E	213	
12	军鼎科技园 31 号楼	E	270	
13	军鼎科技园 26 号楼	E	153	
14	军鼎科技园 27 号楼	E	213	
15	军鼎科技园 28 号楼	E	270	
16	河北兴烨灭菌科技有限公司	S	24	
17	河北云织兰纺科技有限公司	SE	25	
18	河北奇善元生物科技有限公司	SEE	85	
19	军鼎科技园 23 号楼	SEE	156	
20	普勒莱孚生物科技有限公司	SEE	216	
21	军鼎科技园 25 号楼	SEE	272	
22	门卫值班室	WS	90	
23	机动生物科技	S	69	

24	河北干细胞智慧医疗科技集团有限公司	SSE	70	
25	河北军鼎产业园运营有限公司	SE	106	
26	河北众帮天成医疗器械科技有限公司	SE	169	
27	石家庄国利电力安装有限公司	SEE	226	
28	军鼎科技园 22 号楼	SEE	280	
29	石家庄世联达科技有限公司	SSE	129	
30	军鼎科技园 3 号楼	SE	179	
31	军鼎科技园 17 号楼	SE	244	
32	威赛特科技	SEE	293	
33	军鼎科技园 1 号楼	SSE	176	
34	乐速供应	SEE	476	
35	雷达站	SE	323	
36	中科建检测	SE	404	
37	军鼎科技园 68 号楼	SE	437	
38	君鼎科技园 64 号楼	SE	425	
39	君鼎科技园 63 号楼	SE	446	
40	君鼎科技园 65 号楼	SE	408	
41	君鼎科技园 61 号楼	SE	448	
42	索蓝科技	SE	478	
43	在建楼群	SE	466	
44	军鼎科技园招商中心	SSE	110	
45	韩家园村	W	465	
46	河北天森物流	NNW	443	
47	养殖户 1	W	210	
48	养殖户 2	W	225	
49	养殖户 3	W	278	
50	养殖户 4	W	258	
51	养殖户 5	WS	446	
52	鹿泉区铜冶垃圾压缩转运站	W	130	
53	养殖场 1	NNE	466	

54	养殖场2	NNE	478	
55	养殖场3	NNE	382	
56	河北架空地板有限公司	NE	414	
57	建筑器材库房	NE	467	
58	转运厂	NE	395	
59	河北荣辰科技有限公司	NE	244	
60	机修厂	NE	337	
61	河北康德物流	N	56	
62	富鑫机械设备有限公司	E	318	
63	颖豪电器	E	313	
64	耀阳食品	E	310	
65	善业食品	E	310	
66	金普迪塑业	E	310	

## 2 自然环境与社会环境概况

### 2.1 自然环境概况

#### 2.1.1 地理位置

石家庄市鹿泉区位于河北省中南部，地理坐标处于东经 114°20'~114°46'，北纬 36°7'~38°05'。东距河北省省会石家庄市 15km，并于正定县、栾城区接壤，北与灵寿县、平山县为界，南接元氏县，西临井陘县，总面积 613 平方千米。

本项目位于河北石家庄鹿泉军鼎科技园内，军鼎科技园位于河北鹿泉经济开发区核心位置碧水街 81 号。东临装院路、西邻碧水街、北邻旅游路，距石家庄主城区 7 公里，距新火车站 13 公里，周边有青银高速、南绕城高速、石铜路、京赞线等交通要道，交通十分便利，距本项目最近的居民点为西 500m 处的韩家园村。项目厂址中心地理坐标为东经 114°24'2.13"、北纬 37°55'52.11"。

#### 2.1.2 地形地貌

鹿泉区地形总趋势为西高东低，西部属太行山余脉，为低山丘陵区，区间基岩裸露，山峦起伏，沟谷发育，标高 300 米—500 米。最高海拔在市境西南部上寨乡梁庄村西与井陘县交界处，高程 907 米，低山丘陵地带相对高差 200 米—400 米之间。市境东部为冲积洪积平原，是华北平原西部边缘，地势平缓，局部有个别残丘出露，地形自西向东倾斜，南部地面标高由 100 米降至 62.5 米，北部降至 80 米，自然坡降 3%—5%。鹿泉区低山分布于市域西北部、西南部及南部边缘地带及中部个别孤山区域，海拔高程大于 500 米，总面积约 10 平方公里，占鹿泉区总面积的 1.59%；丘陵区分布于源泉渠以西，以构造地质作用为主，长期遭受强烈剥蚀切割作用，地形起伏较弱，冲沟发育一般深 2~5 米，有多个剥蚀残山孤立其间，表层一般为黄土、坡积、冲积物，海拔高程 100 米~500 米。丘陵总面积 336.67 平方公里，占鹿泉区总面积的 53.47%；平原分布在源泉渠以东，由滹沱河、太平河、金河及洨河的冲积、洪积扇和山前坡积群组成，地形较平坦，其组成物质粒度随着远离山区逐渐变细；平原面积 267.73 平方公里，占鹿泉区总面积的 42.46%；鹿泉区水域面积 15.67 平方公里，占鹿泉区总面积的 2.48%。

#### 2.1.3 区域地质

##### 1) 地质构造

鹿泉区地质构造为断裂构造发育，且成带状出现，主要有古运河断裂带，是一组

基本平行的断裂带，以高角正断层为主，断距 50 米~100 米，延伸 20 公里以上，破碎带发育。牛山郑村断裂带，由一组行逆断层组成，倾向东南；倾角  $60^{\circ}$ ，断距约 100 米，延伸长 11 公里。另外还有良都店、获鹿、大河断裂带和吴家窑、黄峪断裂带，均为一组逆断层，延伸 11 公里和 15 公里。

## 2) 地层岩性

鹿泉区区域内地层出露较为齐全，按年代先远后近分为：下元古界：南掌寺组主要出露于南部封龙山、青龙山；西南部出露于常河村西、村北和五峰山；北寨村北山。该组岩性以变质长石石英砂岩、变质长石石英粗砂岩为主，夹数层板岩和三层蚀变安山岩。总厚度 1008 米。

中元古界：长城系大红峪组出露于常河村西与井陘县交界处；水峪村东；牛山村南及光禄山一带。古生界下寒武统馒头组零星出露于水峪村南，刀刀山南坡，天井沟村西北以及山前村西等地。下部为紫红色砂质页岩夹薄层状泥质灰岩，中部为紫红色页岩，上部为黄灰色泥质灰岩。

中寒武统：徐庄组，分布与毛庄组相近，下部为紫红色页岩和猪肝色砂质云母页岩，上部为灰白色鲕状灰岩和薄泥质灰岩，竹叶状灰岩，厚约 115 米，倾向西北，倾角  $23^{\circ}\sim 27^{\circ}$  左右，为本市“墨玉”主要原料石。张夏组，连续沉积于徐庄组地层之上。分布较广，主要集中于东焦、王屋、九里山、黄岩等地。上寒武统崮山组，分布于九里山、石井、黄岩、栈道等处。下部为暗紫色、灰绿色钙质页岩，夹薄层泥质灰岩。上部为薄—中厚层浅色泥质条带状灰岩，夹浅色灰色中厚层含鲕状灰岩，厚约 30 米，连续沉积于下伏地层之上。长山组，分布区域与崮山组相同。下部为浅灰色薄—中层泥质条带状灰岩，夹灰紫色竹叶状灰岩，底部有 0.5 米~1.5 米厚之暗紫色蛤壳灰岩，上部为浅灰色薄—中厚层泥质条带状灰岩，局部夹有灰色竹叶状灰岩。凤山组，分布与上两组同。下部为浅灰色或土褐色薄—中—厚层白云岩。中部为浅白色厚—巨厚层状白云岩，上部为浅灰色、灰色薄—中—厚层白云岩。

下奥陶统：冶里组，分布于九里山、石井、黄岩、莲花山等处。为土褐色、灰黑色薄—中厚层中细粒白云岩，底部有数层较稳定的黄绿色钙质页岩。亮甲山组，分布于九里山、莲花山、东胡申等处。下部为灰、灰白色中—厚层含遂石结核有条带状白云岩，底部为灰绿色页岩，中部为致密块状灰岩夹白云岩，顶部为白云岩。

中奥陶统：马家沟组，零星分布，为灰色、深灰色厚层致块状灰岩，花斑状灰岩。



第四系，主要分布于平原区，为一套河流冲积及残坡积松散地层。下更新统主要岩性为杂色粘土，只在山前局部地区被揭露；中更新统，主要岩性棕红色粘土夹砾石、碎石，山区洼地随处可见，厚度小于 5 米。东部平原层厚 3 米~15 米，最大埋深 60 米。

上更新统：出露山前地带，东部平原区岩性以砾石为主，夹有棕红色粘土、粉质粘土。全新统广泛分布于平原区表层，主要岩性为粉质粘土、粉土。李村镇东部（原秦庄乡）、大河镇东北部滹沱河沿岸，大片河漫滩，系滹沱河多次自然改道形成，其构造主要由滹沱河水冲积而成，土体下层有较厚砂层。

#### 2.1.4 水文地质

鹿泉区河流属于海河水系。区境中部、北部诸河属滹沱河分支，南属滏阳河分支。鹿泉区位于太行山中段东麓，其出露地层地质年代大体以太平河为界分南北两部分。南部出露有太古界、下元古界、中元古界长城系、寒系、石炭系以及二叠系和三叠系，第三系零星出露于山麓边缘。北部出露地层为长城系和寒武系，山前丘陵及平原地区主要由第四纪冲积、洪积物成。地表主要有粘土和亚粘土。区域范围内水文地质复杂，地表水分布不均。山区及丘陵地区地下以下，且大部分为贫水区。局部地区有浅层滞水层，其层为多在 1-2m 之间。平原地区水位多在 6-15m 之间，属富水区。受黄壁庄水库及石津渠渗漏影响，鹿泉区东北部地下水源较充足，水位多在 2-105m 以内。

鹿泉区境内主要有 5 条河流，分别是滹沱河、太平河、古运河、洨河和金河，其中太平河和古运河均为滹沱河的支流，洨河和金河为滏阳河支流，5 条河流现均属于季节性河流，滹沱河受黄壁庄水库的控制，在雨水较多的年份有一定的流量。鹿泉区境内人工渠道较多，其中主要渠道有引岗渠、源泉渠、计三渠和石津干渠，其作用主要为农田灌溉，均为季节性渠道。

#### 2.1.5 地震

鹿泉区位于华北板块上的冀中板块与晋冀板块的交界部位。形成于燕山运动的北东向太行山山前断裂带，纵贯鹿泉区。该构造带是一条重力异常带，沿此带发生过 1966 年邢台 6.8 级和 7.2 级等地震。因此它是一条地震活动带。鹿泉区新构造运动活跃，其主要特征是在山前平原大面积沉降的基础上，沿太行山山前断裂带附近，产生新的断陷活动。这些新生代断陷至今活动仍很强烈。断陷内部及附近曾发生过强震或中强地震。

### 2.1.6 气候气象

鹿泉区属于暖温带半干旱半湿润大陆性气候，四季分明，春秋两季比较短，冬夏两季比较长。春季受蒙古大陆变性气团影响，降水稀少，蒸发量比较大，升温快，形成干旱天气；夏季受海洋性气团及太行山地形影响，初夏气候干燥，气温较高，盛夏天气闷热、潮湿多雨，7~8月为汛期，有时出现大暴雨天气，占全年降水总量的56%；秋季多高压控制，天高气爽，晴朗少云，温、湿度适中，但降温快，气候凉爽短促，降水偏少；冬季受西伯利亚大陆性气团控制，寒冷干燥少雨雪。无霜期日数平均为219天，初霜期一般出现于10月底，终霜期出现于3月20日左右；年平均日照时数为1776.9小时，年日照百分率为49%。

### 2.1.7 土壤和动植物

#### 1) 土壤

鹿泉区土壤类型主要分为3个土类，即褐土、潮土和沼泽土。褐土类面积广泛分布在丘陵区和平原区，占土地面积的60%以上；潮土主要分布在平原地区，占土地面积的30%左右；沼泽土类主要分布在滹沱河、太平河、金河及洺河低洼地。

#### 2) 动植物

鹿泉区植被属暖温带落叶阔叶林，植被类型分异明显。西部低山丘陵区乔木树种主要有刺槐、油松、柏树、臭椿等，经济林树种主要有石榴、苹果、桃树、梨树、柿子、核桃等，灌木树种主要有酸枣、荆条、胡枝子等，草本植物主要有白茅草、蒿类、小叶金鸡儿、羊胡子草等，东部平原区以乔木为主，主要有杨树、榆树、苹果树、梨树等，2019年鹿泉区森林覆盖率48.5%。

鹿泉区现有陆生野生动物主要是小型啮齿类和昆虫类，没有地方特有物种分布，未发现需要特殊保护的珍稀野生动物。

## 2.2 社会经济状况

鹿泉区地处晋、冀交通咽喉，区位十分优越。距石家庄市中心15公里，距石家庄民航机场20公里，鹿泉区交通便利，石家庄市植物园、动物园也在鹿泉建立，境内有京广、石太、大宋铁路，有107、307国道，石环路、石铜路、获铜路、石微路、石获路、装院路，有京深、石太、青银、张石等高速公路。

2022年预计全年地区生产总值完成387亿元，增长9%；固定资产投资增长13%；

规上工业增加值增长 12%；服务业增加值增长 9%；社会消费品零售总额增长 8%；城乡居民人均可支配收入分别增长 8%、9%。全年全部财政收入完成 64.32 亿元、一般公共预算收入完成 40.06 亿元，分别增长 2.36%和 10.47%。前三季度经济发展绩效专项考核全市第一。

## 2.3 环境质量和辐射现状

本项目环境质量现状监测工作分别由核工业航测遥感中心和河北德普环境监测有限公司 2 家检测机构完成，其中涉及放射性的检测由核工业航测遥感中心完成，非放射性的检测由河北德普环境监测有限公司完成；

核工业航测遥感中心已取得中国国家认证认可监督管理委员会颁发的检验检测机构资质认定证书，证书编号为：180021184169。河北德普环境监测有限公司已取得河北省市场监督管理局颁发的检验检测机构资质认定证书，证书编号为：180312341781。

### 2.3.1 辐射环境质量现状及评价

#### 2.3.1.1 场所监测

##### 1) 环境检测因子、条件及使用仪器

根据本项目运行过程的操作源项及废物排放基本情况，本次辐射场所监测主要针对 X- $\gamma$ 辐射剂量率、 $\beta$ 表面污染、中子剂量当量率、衰变池总 $\alpha$ 、总 $\beta$ ，气溶胶总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 进行监测。本项目辐射场所环境检测因子、条件及使用仪器情况见表 2.3-1。

表2.3-1 环境检测因子、条件及使用仪器一览表

检测日期	2023 年 1 月 12 日				
环境条件	天气：阴、温度：3℃、湿度：54%				
检测因子	X、 $\gamma$ 辐射剂量率	$\beta$ 表面污染水平	中子剂量当量率	衰变池总 $\alpha$ 、总 $\beta$	气溶胶总 $\alpha$ 、总 $\beta$
仪器名称	X、 $\gamma$ 辐射剂量率仪	$\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染测量仪	中子周围剂量率仪	四路低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪	四路低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪
仪器型号	FH40G+ FHZ672E-10	CoMo170	JH-P-N	BH-1227	BH-1227
测量范围	1nSv/h~100 $\mu$ Sv/h	/	/	/	/

检定单位	国防科技工业 1313 二级 计量站	国防科技工业 1313 二 级计量站	中国辐射防护 研究院放射性 计量站	核工业航测 遥感中心放 射性勘查计 量站	/
检定证书 编号	GFJGJL2006 22146552	GFJGJL200 622146552	检字第 [2022]-NA016	GFJGJL20062 1DBDY003	/

2) 检测方法依据

- (1) 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);
- (2) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);
- (3) 《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/T14056.1-2008);
- (4) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011);
- (5) 《水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定 厚源法》(EJ/T 1075-1098);
- (6) 《水中总 $\beta$ 放射性测定 蒸发法》(EJ/T 900-1994);
- (7) 《水质总 $\alpha$ 放射性的测定厚源法》(HJ898-2017);
- (8) 《水质总 $\beta$ 放射性的测定厚源法》(HJ899-2017)。

3) 检测结果及分析

核工业航测遥感中心于 2023 年 1 月 12 日对石家庄原子高科医药有限公司的一楼  $^{18}\text{F}$  分装区、二楼  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  淋洗分装区同位素工作场所进行电离辐射环境年度检测, 同时对衰变池废水进行总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 检测, 气溶胶总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 进行检测, 监测结果见表 2.3.2、2.3-3、2.3-4、2.3.5、2.3.6。

(1) X- $\gamma$ 辐射剂量率

表 2.3-2 一楼  $^{18}\text{F}$  分装区、二楼  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  淋洗分装区及其他区域周围辐射环境检测结果一览表

项 目	检测区域	检测点位	$\gamma$ 辐射剂量率 (nSv/h)
1	回旋加速器制备及正电子	仪器工作台	117.24±4.48
2	药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产	热室	49.72±0.43

3	区（一楼）	外清传递间	83.05±1.41	
4		外包间	94.95±0.62	
5		质检室	110.97±2.06	
6		钼铈发生器	698.90±14.01	
7		FDG 生产废气物桶 1	176.00±1.72	
8		FDG 生产废气物桶 2	665.19±13.94	
9		钨药物生产车间（二楼）	外包间	72.17±0.65
10			质检室操作台	66.00±0.97
11	质检室通风橱		80.86±1.54	
12	留样间		88.84±0.85	
13	传递间		86.55±0.79	
14	成品间		111.58±0.95	
15	钨生产车间走廊东		95.30±0.56	
16	钨发生器走廊西侧		87.21±1.35	
17	淋洗间淋洗柜		217.71±3.67	
18	淋洗间超净台		81.36±0.95	
19	淋洗间操作台		106.48±1.04	
20	标记分装间工作台面		54.64±1.10	
21	标记分装间超净台西		81.67±2.39	
22	标记分装间超净台东		97.50±1.23	

根据表 2.3-2 检测结果可知，本项目一楼  $^{18}\text{F}$  分装区、二楼  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  淋洗分装区同位素工作场所 X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率为（49.72~698.90）nGy/h，参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射性药物生产场所辐射安全设计要求》（T/CIRA 5-2019）、《开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范》（EJ380-1989）中相关要求，对比可知，本项目一楼  $^{18}\text{F}$  分装区、二楼  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  淋洗分装区同位素工作场所 X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率在标准剂量率 2.5 $\mu\text{Gy/h}$  范围内。

## （2） $\beta$ 表面污染

表 2.3-3 一楼  $^{18}\text{F}$  分装区、二楼  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  淋洗分装区及其他区域  $\beta$  表面污染检测结

果一览表

项 目	检测区域	检测点位	$\beta$ 表面污染 (Bq/cm <sup>2</sup> )
1	回旋加速器制备及正电子 药物 <sup>18</sup> F-氟脱氧葡萄糖生产 区 (一楼)	仪器工作台	0.170
2		热室	0.129
3		外清传递间	0.167
4		外包间	0.167
5		质检室	0.171
6		钼铈发生器	0.810
7		FDG 生产废气物桶 1	0.357
8		FDG 生产废气物桶 2	0.899
9	钨药物生产车间 (二楼)	外包间	0.160
10		质检室操作台	0.152
11		质检室通风橱	0.154
12		留样间	0.183
13		传递间	0.185
14		成品间	0.180
15		钨生产车间走廊东	0.212
16		钨发生器走廊西侧	0.189
17		淋洗间淋洗柜	0.208
18		淋洗间超净台	0.195
19		淋洗间操作台	0.228
20		标记分装间工作台面	0.159
21		标记分装间超净台西	0.170
22		标记分装间超净台东	0.203

根据表 2.3-3 检测结果可知, 本项目一楼 <sup>18</sup>F 分装区、二楼 <sup>99m</sup>Tc 淋洗分装区同位素工作场所 $\beta$ 表面污染为 (0.129~0.899) Bq/cm<sup>2</sup>, 参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中相关要求, 并根据本项目工作场所特点, 正常运行工况下, 工作场所表面污染水平应满足工作台、设备、墙壁表面污染水平管理限值为 4 Bq/cm<sup>2</sup>,

对比可知，本项目一楼  $^{18}\text{F}$  分装区、二楼  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  淋洗分装区同位素工作场所 $\beta$ 表面污染水平在标准值范围内。

(3) 加速器机房周围辐射剂量率

表 2.3-4 加速器机房周围 X- $\gamma$  辐射剂量率检测结果一览表

项 目	检测区域	检测点位	X- $\gamma$ 辐射剂量率 (nSv/h)	
			关机	开机
1	加速器机房	加速器防护门中部	79.78±1.02	76.67±1.16
2		加速器防护门左部	74.39±2.01	75.05±2.53
3		加速器防护门上部	76.42±4.36	73.61±0.54
4		加速器防护门右部	75.93±1.34	73.34±0.96
5		加速器防护门下部	78.53±1.99	76.81±1.16
6		加速器机房南墙外	78.02±2.12	85.19±0.82
7		加速器机房东墙外	84.27±2.52	91.26±1.42
8		加速器机房北墙外	90.20±1.32	100.41±2.31
9		加速器机房西墙外	75.36±1.21	76.11±1.20
10		加速器机房楼上	87.11±1.31	89.14±0.56

表 2.3-5 加速器机房周围中子剂量当量率检测结果一览表

项 目	检测区域	检测点位	中子剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
			关机	开机
1	加速器机房	加速器防护门中部	<0.1	<0.1
2		加速器防护门左部	<0.1	<0.1
3		加速器防护门上部	<0.1	<0.1
4		加速器防护门右部	<0.1	<0.1
5		加速器防护门下部	<0.1	<0.1
6		加速器机房南墙外	<0.1	<0.1
7		加速器机房东墙外	<0.1	<0.1
8		加速器机房北墙外	<0.1	<0.1
9		加速器机房西墙外	<0.1	<0.1

10		加速器机房楼上	<0.1	<0.1
----	--	---------	------	------

根据表 2.3-4、2.3-5 检测结果可知，本项目加速器机房周围 X-γ 辐射剂量率为 (73.34~100.41) nSv/h，加速器机房周围中子剂量当量率 <0.1μSv/h。二者之和在标准剂量率 2.5μGy/h 范围内。

(4) 衰变池总α、总β

表 2.3-6 衰变池总α、总β检测结果一览表

样品编号	样品信息	检测项目	检测结果 (Bq/L)
HS230112001	衰变池取样口 1	总α	0.08
		总β	0.24
HS230112002	衰变池取样口 2	总α	0.02
		总β	0.05

根据表 2.3-6 检测结果可知，本项目衰变池取样口 1 总α为 0.08Bq/L，总β为 0.24Bq/L，衰变池取样口 2 总α为 0.02Bq/L，总β为 0.05Bq/L。参照《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 第 4.1 款污水排放要求：综合医疗机构水污染物排放限值（日均值），总α排放标准为 1Bq/L，总β排放标准为 10Bq/L。

(5) 气溶胶总α、总β

表 2.3-7 气溶胶总α、总β检测结果一览表

样品编号	样品信息	检测项目	检测结果 (Bq/m <sup>3</sup> )
HQ230112001	加速器大厅	总α	1.13×10 <sup>-5</sup>
		总β	9.66×10 <sup>-5</sup>
HQ230112002	热室	总α	1.20×10 <sup>-5</sup>
		总β	9.17×10 <sup>-5</sup>
HQ230112003	过滤机房	总α	2.17×10 <sup>-5</sup>
		总β	8.72×10 <sup>-5</sup>
HQ230112004	楼顶南侧东总排放口	总α	1.21×10 <sup>-5</sup>
		总β	1.01×10 <sup>-4</sup>



HQ230112005	楼顶南侧西总排放口	总 $\alpha$	$1.03 \times 10^{-5}$
		总 $\beta$	$9.40 \times 10^{-5}$

根据表 2.3-7 检测结果可知，本项目气溶胶总 $\alpha$ 为（ $1.03 \times 10^{-5}$ - $2.17 \times 10^{-5}$ ）Bq/m<sup>3</sup>，总 $\beta$ 为（ $8.72 \times 10^{-5}$ - $1.01 \times 10^{-4}$ ）Bq/m<sup>3</sup>。

### 2.3.1.2 环境监测

#### 1) 监测布点及监测因子

根据本项目运行过程的操作源项及废物排放基本情况，本次辐射环境本底监测主要针对 $\gamma$ 辐射剂量率，土壤中的总 $\beta$ ，空气中的总 $\beta$ ，地下水的总 $\beta$ 进行监测。本项目辐射环境质量现状监测布点及监测因子见表 2.3-7。

表 2.3-7 辐射环境质量现状监测因子一览表

序号	辐射环境要素	监测布点	频次	监测因子
1	地表 $\gamma$ 辐射环境	场址 500m 评价范围内的所有敏感点(68 个)	一次	$\gamma$ 辐射剂量率
2	土壤辐射环境	三个取样点：厂址北临裸露地表处、厂界西侧 200m 范围内、厂界外南方 200m 范围内	一次	总 $\beta$ 放射性比活度
3	大气辐射环境	场址所在地、上风向、下风向等共三个点的气溶胶；（石家庄主导风向：北风）	一次	总 $\beta$ 的活度浓度
4	地下水辐射环境	地下水监测点，共 7 个点；（浅层）	枯丰各一次	总 $\beta$ 活度浓度

#### 2) 监测方法及监测时间

本项目辐射环境质量现状监测方法及监测时间见表 2.3-8。

表 2.3-8 辐射环境质量现状监测方法及监测时间一览表

序号	辐射环境要素	监测方法	监测或采样时间	监测机构
1	地表 $\gamma$ 辐射环境	按照《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）、《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）要求和方法进行现场测量。	2023 年 3 月 1 日	核工业航测遥感中心
2	土壤辐射环境	总 $\beta$ 放射性采用《水质 总 $\beta$ 放射性的测定 厚源	2023 年 3	核工业航

	射环境	法》(HJ 899-2017) 进行分析;	月 1 日	测遥感中心
3	大气辐射环境	总β放射性采用《水质 总β放射性的测定 厚源法》HJ 899-2017) 进行分析。	2023 年 3 月 13 日	核工业航测遥感中心
4	地下水辐射环境	《水质 总β放射性的测定厚源法》( ) HJ899-2017) 进行分析	2023 年 3 月 31 日	河北德普环境监测有限公司

### 3) 监测仪器及检定

本项目辐射环境质量现状监测使用仪器及其检定有效期见表 2.3-9。

表 2.3-9 辐射环境质量现状监测仪器及检定情况

序号	辐射环境要素	仪器型号	仪器名称	检定证书编号	测量范围或检出限
1	地表γ辐射环境	FH40G+FH Z672E-10	环境辐射剂量监测仪	GFJGJL200622146 5568	1nSv/h~1Sv/h
2	土壤辐射环境	/	/	/	/
3	空气辐射环境	BH-1227	四路低本底αβ测量仪	/	/
4	地下水辐射环境	WIN-8A	低本底αβ测量仪	180312341781	1.5×10 <sup>-2</sup> Bq/L

### 4) 监测结果及评价

#### (1) 地表γ辐射环境质量现状监测结果及评价

核工业航测遥感中心于 2023 年 3 月 1 日对本项目场地及周围敏感点处地表γ辐射空气吸收剂量率进行了监测，监测布点图见图 2.3-1，监测结果见表 2.3-10。



备注：●为γ 辐射剂量率监测点位

图 2.3-1 场地内地表γ辐射空气吸收剂量率监测布点图

表 2.3-10 项目场地内及周围地表γ辐射剂量率监测结果

监测点编号	监测点相对坐标 <sup>(1)</sup> 或位置	X-γ辐射剂量率(nSv/h)
1	河北安迪科正电子技术有限公司	59.0±0.5
2	河北欧辉远电器有限公司	57.9±0.4
3	河北盛多威泵业制造有限公司	51.5±0.3
4	河北正生电器科技有限公司	41.6±0.3
5	物业中心	63.6±0.5
6	远洋水泵 35 号楼	66.4±0.4
7	远洋水泵 35 号楼东（在建楼）	71.2±0.3
8	旋盈检测	52.5±0.4
9	冀军家园	49.0±0.7

10	军鼎科技园 29 号楼	75.8±0.4
11	军鼎科技园 30 号楼	66.7±0.4
12	军鼎科技园 31 号楼	62.3±0.3
13	军鼎科技园 26 号楼	63.4±0.4
14	军鼎科技园 27 号楼	63.5±0.5
15	军鼎科技园 28 号楼	57.5±0.4
16	河北兴烨灭菌科技有限公司	68.3±0.4
17	河北云织兰纺织科技有限公司	60.4±0.4
18	河北奇善元生物科技有限公司	63.5±0.4
19	军鼎科技园 23 号楼	54.8±0.4
20	普勒莱孚生物科技有限公司	62.4±0.4
21	军鼎科技园 25 号楼	64.5±0.5
22	门卫值班室	63.7±0.4
23	基动生物科技	52.8±0.3
24	河北干细胞智慧医疗科技 集团有限公司	58.0±0.3
25	河北军鼎产业园运营有限 公司	43.8±0.3
26	河北众邦天成医疗器械科技有限 公司	53.0±0.3
27	石家庄市国利电力安装有限公司	55.4±0.5
28	军鼎科技园 22 号楼	51.6±0.2
29	石家庄世联达科技有限公司	59.6±0.3
30	军鼎科技园 3 号楼	45.6±0.4
31	军鼎科技园 17 号楼	52.9±0.3
32	威赛特科技	52.1±0.3
33	军鼎科技园 1 号楼	62.9±0.3
34	乐素供应	62.4±0.2

35	雷达站	57.9±0.3
36	中科建检测	45.0±0.3
37	军鼎科技园 68 号楼	64.1±0.7
38	军鼎科技园 64 号楼	59.5±0.3
39	军鼎科技园 63 号楼	56.3±0.5
40	军鼎科技园 65 号楼	60.4±0.2
41	军鼎科技园 61 号楼	56.8±0.3
42	索蓝科技	52.3±0.3
43	在建楼群	80.6±0.4
44	军鼎科技园招商中心	80.5±0.2
45	鹿泉区铜冶垃圾压缩转运站	54.8±0.8
46	养殖户 1	64.4±0.3
47	养殖户 2	56.0±0.3
48	养殖户 3	53.5±0.3
49	养殖户 4	58.5±0.4
50	山尹村镇韩家园村北	43.7±0.5
51	山尹村镇韩家园村南	71.5±0.4
52	养殖户 5	68.2±0.4
53	河北天森物流	56.0±0.4
54	养殖场 1	63.5±0.5
55	养殖场 2	67.3±0.4
56	养殖场 3	69.9±0.5
57	河北架空地板有限公司	55.1±0.3
58	河北荣辰科技有限公司	46.7±0.4
59	河北康德物流	34.0±0.5
60	建筑器材库房	55.9±0.3
61	机械厂	56.2±0.4

62	转运厂	47.1±0.4
63	机修厂	47.0±0.2
64	富鑫机械设备有限公司	49.1±0.3
65	颖豪电器	48.9±0.4
66	耀阳食品	59.2±0.3
67	善业食品	56.9±0.3
68	金普迪塑业	48.5±0.3

根据表 2.3-4 监测结果可知，厂址周围敏感点处地表 X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率为 (34.0~80.6) nGy/h，根据《中国环境天然放射性水平》(2015 年版)，石家庄市原野 $\gamma$ 辐射剂量率范围为 (XXX~XXX) nGy/h，对比可知，项目所在地地表 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率在石家庄市原野 $\gamma$ 辐射剂量率范围内。

(2) 土壤辐射环境质量现状监测结果与评价

核工业航测遥感中心于 2023 年 3 月 1 日对本项目厂址北临裸露地表处、厂界西侧 200m 范围内、厂界外南方 200m 范围内的土壤辐射环境进行了总 $\beta$ 放射性比活度的检测。监测结果见表 2.3-11。

表 2.3-11 土壤中总 $\beta$ 放射性比活度现状监测结果一览表

序号	采样点位	检测结果 (Bq/g)
HT230301001	厂址北侧	0.881
HT230301002	厂址西侧	0.711
HT230301003	厂址南侧	0.880

由表 2.3-11 可见，本项目厂址内、外土壤中总 $\alpha$ 、 $\beta$ 放射性比活度水平相当，未见异常。

(3) 空气辐射环境质量现状监测结果与评价

核工业航测遥感中心于 2023 年 3 月 1 日对本项目厂址所在地、上风向、下风向等共三个点的气溶胶进行了采样，2023 年 3 月 13 日对样品进行总 $\beta$ 放射性的活度浓度的检测。监测结果见表 2.3-12。

表 2.3-12 空气辐射环境质量现状监测结果一览表

序号	采样点位	检测结果 (Bq/g)
----	------	-------------

HQ230301001	厂址上风向	0.001
HQ230303001	厂址所在地	0.002
HQ230305001	厂址下风向	0.001

由表 2.3-6 可见，拟建厂址内及上下风向空气中总β放射性比活度相当，未见异常。

(4) 地下水辐射环境质量现状监测结果与评价

河北德普环境监测有限公司于 2022 年 10 月 22 日-31 日对本项目厂址 7 个点的地下水进行了总β放射性的活度浓度的检测。监测布点图见图 2.3-2，监测结果见表 2.3-13。

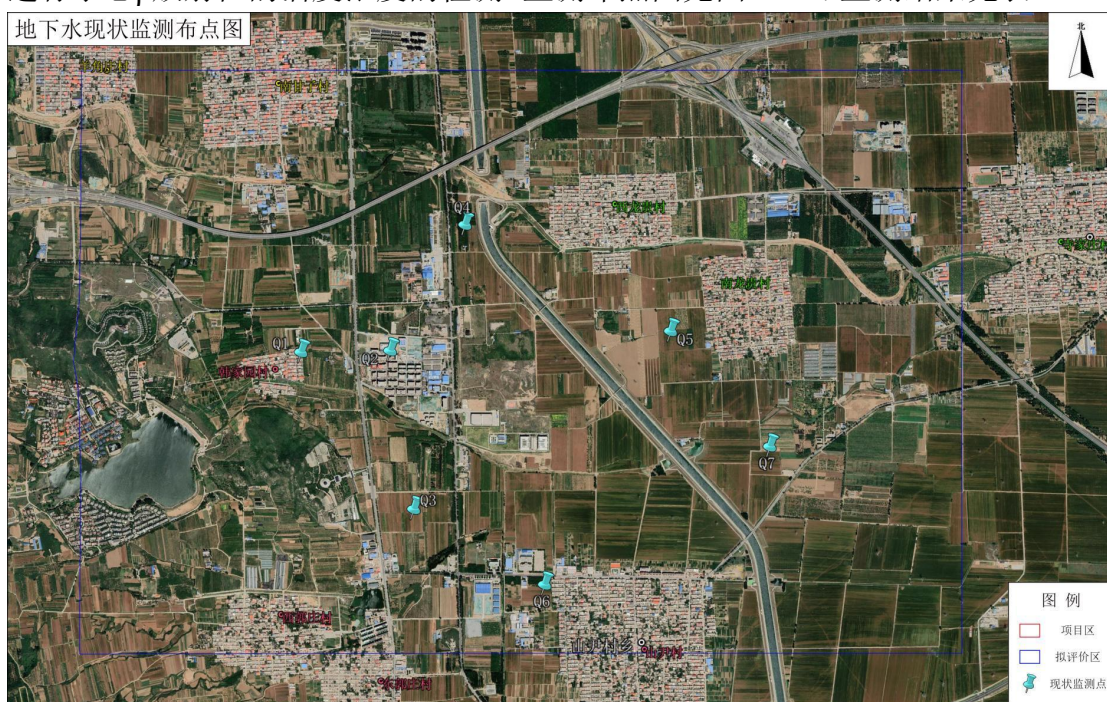


图 2.3-2 场地内地下水辐射环境监测布点图

表 2.3-13 地下水辐射环境质量现状监测及评价结果一览表

检测项目	单位	标准值	采样点位、采样时间及结果			
			韩家园村 (Q1)	项目区西 (Q2)	西郭庄村东北 (Q3)	西龙贵村西 (Q4)
			2023-3-31	2023-3-31	2023-3-31	2023-3-31
总β放射性	Bq/L	≤1.00	0.108	0.226	0.150	0.307
样品性状		/	澄清、无色、无味	澄清、无色、无味	澄清、无色、无味	澄清、无色、无味
检测	单位	标准值	采样点位、采样时间及结果			

项目			南龙贵村西 (Q5)	山尹村西北 (Q6)	南龙贵村南 (Q7)	/
			2023-3-31	2023-3-31	2023-3-31	/
总β 放射性	Bq/L	≤1.00	0.127	0.206	0.351	/
样品性状	/	/	澄清、无色、 无味	澄清、无色、 无味	澄清、无色、 无味	/

由表 2.3-6 可知，各地下水监测点总β活度浓度监测结果均满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准要求。

### 2.3.2 非放射性环境质量现状及评价

#### 1) 监测布点及监测因子

河北德普环境监测有限公司对本项目的环境空气、地下水环境、土壤环境、声环境等进行了监测，监测布点、频次及监测因子见表 2.3-14。

表 2.3-14 非放射性环境质量现状监测因子一览表

序号	环境要素	监测布点	频次	监测因子
1	环境空气	厂址处，厂址下风向 5km 内	频次：连续监测 7 天	TVOC（8 小时平均浓度）、非甲烷总烃（1 小时平均浓度）；
2	地下水环境	韩家园村、项目区西、西郭庄村东北、西龙贵村西、南龙贵村西、山尹村西北、南龙贵村南等共计 7 个监测点	水质频次：枯丰各一次；	水质检测：K <sup>+</sup> 、Na <sup>+</sup> 、Ca <sup>2+</sup> 、Mg <sup>2+</sup> 、CO <sub>3</sub> 、HCO <sub>3</sub> 、Cl <sup>-</sup> 、SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、色、嗅和味、浑浊度、肉眼可见物、pH、总硬度、溶解性总固体、铁、锰、铜、锌、铝、挥发性酚类、阴离子表面活性剂、耗氧量、氨氮、硫化物、总大肠菌群、菌落总数、亚硝酸盐、硝酸盐、氰化物、氟化物、碘化物、汞、砷、硒、镉、铬（六价）、铅、石油类，苯、甲苯、三氯甲烷、四氯化碳、硝基苯共 44 项；
		14 个水位检测	水位频次：枯平丰各一次；	水位检测：
3	土壤环境	厂址北侧、厂址西侧、厂址南侧共计 3 个监测点	频次：一次	氯甲烷、氯乙烯、1,1-二氯乙烯、二氯甲烷、反式-1,2-二氯乙烯、1,1-二氯乙烷、顺式-1,2-二氯乙烯、氯仿、1,1,1-三氯乙烷、四氯化碳、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,2-二氯丙烷、甲苯、1,1,2-三氯



				乙烷、四氯乙烯、氯苯、乙苯、1,1,1,2-四氯乙烷、间二甲苯+对二甲苯、邻二甲苯、苯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、汞、砷、镉、铅、铜、镍、铬（六价）苯胺、2-氯苯酚、硝基苯、萘、苯并[a]蒽、蒽、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、苯并[a]芘、茚并[1,2,3-cd]芘、二苯并[a,h]蒽、氨氮等 45 项+1 项
4	声环境	厂址东厂界、南厂界、西厂界、北厂界各设 1 个监测点	昼夜各一次	L <sub>eq</sub>

## 2) 调查监测结果及评价

- (1) 环境空气质量现状调查及评价结果
- (2) 土壤环境现状调查及评价结果
- (3) 地下水环境现状调查及评价结果
- (4) 噪声环境现状调查及评价结果

### 2.3.3 小结

1) 本项目所在区域内无需特殊保护的地区、生态敏感与脆弱区及社会关注区。现状监测结果表明，厂址区域地表 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率与鹿泉区环境天然本底水平基本相当。

2) 厂址内、外土壤中 $\beta$ 放射性比活度水平未见异常；土壤各项非放监测因子均可满足土壤土质标准，土壤环境质量整体良好。

3) 项目厂址地下水监测点总 $\beta$ 活度浓度监测结果均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准要求；pH、氨氮、硝酸盐（以N计）、亚硝酸盐（以N计）、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬（六价）、总硬度、铅、氟化物、镉、铁、溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氯化物、总大肠菌群、细菌监测因子均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-93）中III类标准的要求。

4) 项目厂址内及上下风向空气中 $\beta$ 放射性比活度未见异常。项目周围环境空气中可吸入颗粒物和总悬浮颗粒物均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准要求；二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳 24 小时平均浓度现状监测值及二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、臭氧 1 小时平均浓度现状监测值均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准要求。本项目拟建厂址周边区域环境质量 TVOC 和氯化氢

的浓度均满足《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)的要求。

6) 本项目厂址及周围声环境质量满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 3 类区标准要求。

## 2.4 场址适宜性评价

### 2.4.1 场址与自然环境的适宜性分析

1) 根据统计,石家庄市鹿泉区常年主导风向 NNW、SSE 风,多年平均风速 2.4m/s,最大风速 18m/s。其下风向 5km 范围内无风景名胜区、自然保护区、文物古迹、学校等环境敏感区域,因此对本项目的建设无制约因素。

2) 本项目拟建厂址处在源泉渠以东,由滹沱河、太平河、金河及洨河的冲积、洪积扇和山前坡积群组成,地形较平坦,其组成物质粒度随着远离山区逐渐变细,经开挖平整作为建筑用地。现场厂地地势较平坦,适宜于本项目的建设。厂址周围无不良地质作用,无影响建筑安全的地形、地貌,地层结构比较简单,拟建厂址稳定,适宜建筑。

3) 根据《中国地震动参数区划图》和《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016 年版)对全国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计抗震分组规定:项目区所在地抗震设防烈度为 6 度,设计地震分组为第二组,设计基本地震加速度值为 0.05g。厂址及附近没有发震断裂构造及地震诱因,也没有滑坡、崩塌、液化、泥石流等地震稳定性灾害产生的条件。

4) 根据现场调研,本项目拟建厂址周边 500m 范围内无易燃易爆物品储存场所,200m 范围内无高压输送线路。厂址周围动植物分布较少,主要为农田和昆虫等,无需要特别保护的动植物。

5) 根据《河北省生态保护红线》,河北鹿泉经济开发区绿岛产业园规划范围内没有自然保护区、风景名胜区、森林公园、重点文物保护单位等,无特殊重点生态功能区、禁止开发区等必须实施强制性严格保护区的区域。因此,本项目不在生态保护红线范围内,无需要特别关注的生态问题,并且本项目厂址占地面积较小,施工期较短,不会对周围生态环境产生不良影响。

### 2.4.2 场址与开发区规划符合性分析

项目位于河北鹿泉经济开发区绿岛产业园军鼎科技园内,军鼎科技园位于河北鹿

泉经济开发区核心位置碧水街 81 号。东临装院路、西邻碧水街、北邻旅游路，距石家庄主城区 7 公里，据新火车站 13 公里，周边有青银高速、南绕城高速、石铜路、京赞线等交通要道，交通十分便利。距本项目最近的居民点为西 500m 处的韩家园村。

本项目为独栋 4 层建筑，在军鼎科技园内命名为生产研发中心 7#楼，厂房四周为道路，东侧为生产研发中心 14#楼，东南为生产研发中心 20#楼，南侧为生产研发中心 15#楼，北侧为生产研发中心 12#楼，东北侧为生产研发中心 11#楼。

#### (1) 规划符合性分析

本项目位于河北鹿泉经济开发区绿岛产业园，山尹村镇碧水街 81 号军鼎科技园 7 号楼，根据调整后河北鹿泉经济开发区绿岛产业园产业规划，本项目位于创新服务区。创新服务区主要发展方向以军鼎科技园为核心，大力发展科技创新服务、中小企业孵化、科技研发、2.5 产业等。本项目为高膳食纤维食品的研发、试验及小规模生产，符合规划中的中小企业孵化、科技研发发展方向。故本项目建设符合河北鹿泉经济开发区绿岛产业园产业规划。

根据调整后河北鹿泉经济开发区绿岛产业园用地规划布局图，厂址所在区域为生产研发用地，根据河北鹿泉经济开发区绿岛产业园用地规划，生产研发用地区域土地性质为工业用地。该项目符合《河北鹿泉经济开发区绿岛产业园总体规划(2015-2030)》现阶段成果，同意选址。

#### (2) 周边环境敏感性分析

本项目所处地理位置优越，交通发达、信息畅通。项目周围无珍稀动植物资源、重点文物、自然保护区、生态敏感区等环境敏感区域。

此外，项目排放的污染物经有效处理后均能达标排放，对周围环境影响很小。

综上所述，本项目选址可行。

### 2.4.3 场址与基础设施规划适宜性分析

#### 1) 给水

现有供水厂一座，位于碧水街与虎踞路交叉口东南角，现状水源为地下水，设计供水规模为 8 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。水厂供水范围包括绿岛经济开发区、铜冶镇区、山尹村镇区及寺家庄镇区。规划到 2030 年供水厂规模增加至 9 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，水源为南水北调分配水量。

本项目新鲜水依托军鼎科技园供水系统，由绿岛自来水厂提供，实验用纯水由纯水制备机制备（纯水制水率 75%）。本项目新鲜水用水主要包括实验用水、食堂用水和

员工生活用水，纯水用水主要为实验用水，总用水量为 757.05m<sup>3</sup>/a

## 2) 排水

绿岛产业园北部已建成石家庄西部上庄污水处理厂并投入使用，设计处理规模 10 万 m<sup>3</sup>/d，现状处理量为 5 万 m<sup>3</sup>/d。污水处理厂处理规模根据绿岛产业园及上庄镇、铜冶镇、山尹村城镇建设进行适当增容。收水范围为绿岛产业园、上庄镇、铜冶镇、山尹村镇、寺家庄镇，收水面积 115.2 平方公里。设计进水指标：pH6-9、COD460mg/L、BOD<sub>5</sub>220mg/L、SS200mg/L、氨氮 35mg/L、总磷 4mg/L、总氮 50mg/L、色度 70，采用悬链曝气处理+深度处理工艺，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中一级 A 标准，用于工业用水、景观河道用水以及道路绿化浇洒用水。

生活废水进入化粪池处理，排入到园区的城市污水管网，综合废水排入军鼎科技园废水收集管网，再经河北鹿泉经济开发区绿岛产业园收水管网排入石家庄西部上庄污水处理厂处理。因此，园区现有污水处理设施可满足本项目废水排放需求。

## 3) 供电

绿岛产业园现有 4 座变电站，分别为东部的 110kV 石家庄站(主变 2 台/71.5MVA)、中部的 35kV 龙凤湖站(主变 2 台/12.6MVA)、西部的 220kV 铜冶站一座(主变 2 台/360MVA)以及北部的 110kV 宋楼站(主变 2 台/100MVA)。其中 220kV 铜冶站作为石家庄站、龙凤湖站、宋楼站三座变电站的供给电源。规划近期保留 35kV 变电站，远期增容为 110kV 变电站。规划新建 110kV 变电站 2 座。

本项目由河北鹿泉经济开发区绿岛产业园供电电网提供，依托军鼎科技园供电系统。因此，园区现有变电站供电量能够满足本项目的用电需求。

## 4) 供热、供气

目前绿岛产业园内村庄和居民区冬季采暖自行解决。企业自建燃气锅炉供热，气源为天然气罐。绿岛产业园内居民及企业用气方式主要为瓶装液化气，已接入天然气管线，管线沿石铜路接入，并未广泛应用。

## 5) 环卫工程

园区内设置有生活垃圾收集站。本项目建成后，预计产生生活、办公、劳保用品垃圾为 6t/a，生活垃圾收集站可满足本项目生活垃圾的处置需求。

### 2.4.4 小结

本项目位于于石家庄鹿泉军鼎科技园内，军鼎科技园位于河北鹿泉经济开发区核

心位置碧水街 81 号，项目用地性质为工业用地。经分析，本项目与当地自然环境，开发区规划相符合，项目的建设可依军鼎科技园基础设施，因此，项目厂址适宜本项目建设。

## 2.5 与“三线一单”符合性分析

### 2.5.1 与“生态保护红线”符合性

根据《河北省生态保护红线》，鹿泉区生态保护红线区总面积为 109.57km<sup>2</sup>，占鹿泉区国土面积的 17.85%，红线区为鹿泉区行政区内的黄壁庄水库、南水北调（石津干渠）饮用水源地保护区、南水北调中线总干渠饮用水水源地保护区的一级区、洮河河滨岸带、鹿泉区太行山土壤保持水源涵养生态功能区。

本项目位于河北鹿泉经济开发区绿岛产业园创新服务区内，占地布局为生产研发用地。项目所在区域无国家及地方划定的生态保护红线区，符合“三线一单”的要求。且不在绿岛产业园生态空间管制清单内。本项目与绿岛产业园及生态保护红线位置见 2.5-1。

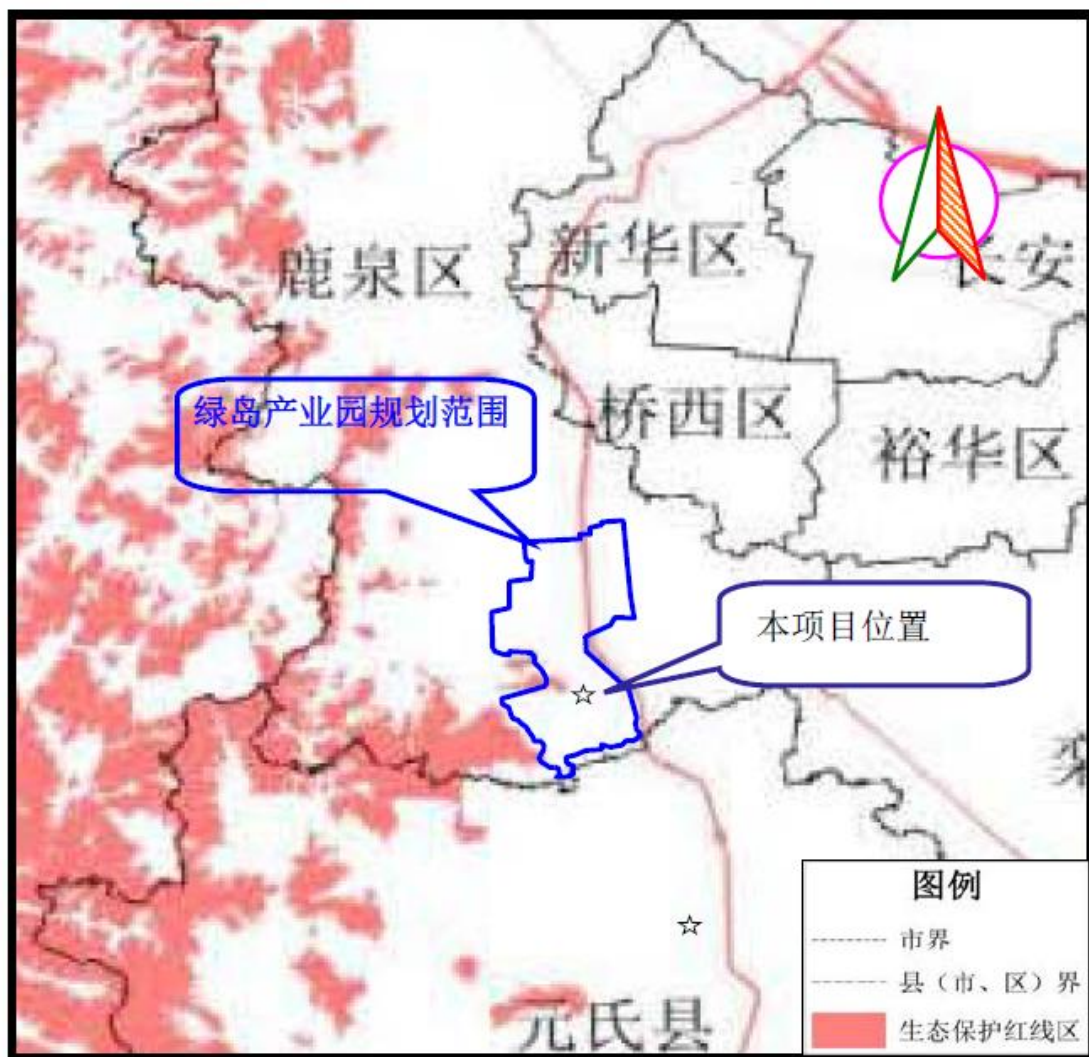


图 2.5-1 本项目厂址与绿岛产业园及鹿泉区生态保护红线位置关系图

由图 2.5-1 可知，本项目厂址处不涉及鹿泉区生态保护红线。

### 2.5.2 与“环境质量底线”符合性

表 2.5-1 开发区规划环境质量底线情况表

项目	环境质量底线	本项目情况	符合性
大气环境	《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及修改单、《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)附录 D	项目拟建厂址区域相关大气监测因子满足相应标准要求；项目废气采取防治措施后均可实现达标排放。	符合
地表水	《地表水环境质量标准》	项目废水间接排放，满足	符合

环境	(GB3838-2002) 中 V 类标准 (氨氮 $\leq 3\text{mg/L}$ )	《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 表 1 及表 4 三级标准, 同时满足污水处理厂处理进水水质要求, 排入污水处理厂处理	
地下水环境	《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 中 III 类标准	拟建厂址区域水质监测因子均满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 中 III 类标准	符合
声环境	《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类、3 类、4 类功能区标准	评价范围内各监测点均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 相应功能区环境噪声限值要求	符合
土壤环境	《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB36600-2018) 中相应标准	拟建厂址区域土壤满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB36600-2018) 中相应标准要求	符合

根据本项目拟建厂址现状, 拟建厂址区域大气环境、地表水环境、地下水环境、声环境、土壤环境等均满足环境质量底线要求。

### 2.5.3 与“资源利用上线”符合性

#### 1) 水资源

水资源利用上限指标为: 地表水取水量规划近期为 878.74 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , 规划远期为 1298.93 万  $\text{m}^3/\text{a}$ ; 再生水回用量规划近期为 197.91 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , 规划远期为 437.34 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , 禁止取用地下水。

#### 2) 土地资源

土地资源利用上限：绿岛产业园规划面积 3921.89hm<sup>2</sup>，建设用地 1146.50hm<sup>2</sup>，农田 2829.75hm<sup>2</sup>，绿岛产业园相关部门应结合鹿泉区土地利用规划的用地方案综合考虑供地需求，及时调整土地利用总体规划，落实国家保护耕地的法律要求，实现耕地“先补后占、占补平衡”，确保耕地总量不减少，不突破土地资源利用上线。

#### 2.5.4 与“环境准入负面清单”符合性

河北鹿泉经济开发区绿岛产业园负面清单要求如下：

①不符合国家产业政策要求：《产业结构调整指导目录（2011 年本）（修正）》（国家发展和改革委员会令第 21 号）、《河北省新增限制和淘汰类产业目录（2015 年版）》和《石家庄市产业发展鼓励和禁限指导意见（2017~2019 年）》中限制及淘汰类的项目禁止入区；水资源消耗量大、能源消耗量高的项目禁止入区。

②不符合规划的产业类别：绿岛产业园重点发展现代食品业、通信电子业、智能制造业及创新服务业，不符合规划产业发展方向或上下游产业发展方向的项目禁止入区。

③不符合行业准入条件要求：规划各产业中，国家已出台行业准入条件的，不符合行业准入条件要求的项目禁止入区。

④清洁生产水平不满足国内先进水平：绿岛产业园入驻的企业清洁生产水平未达到国家已颁布相应清洁生产标准二级以上水平、不符合循环经济要求的项目禁止入区。

⑤不符合规划指标要求：入驻企业万元工业增加值能耗、取水量及 COD、氨氮、SO<sub>2</sub>、氮氧化物排放量等指标不符合绿岛产业园规划指标要求。即万元工业增加值污染物排放、取水量及能耗指标劣于规划指标要求的项目禁止入区。

⑥不符合总量控制的要求：根据国家、河北省、石家庄市、鹿泉区环境保护“十二五、十三五”规划及大气污染行动计划的要求，并结合绿岛产业园规划产业污染物产生类别，将大气污染物中的烟(粉)尘、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、VOCs，废水污染物中的 COD、氨氮作为总量控制因子，不满足总量控制要求的项目禁止入区。

⑦不符合节能减排要求：入区企业各污染物排放满足国家、河北省特别排放限值的要求。

⑧不符合水资源管理制度的要求：按照《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》(国发[2012]3 号)、《石家庄市人民政府关于实行最严格水资源管理制度的意见》(石政发[2011]24 号)、《河北省地下水管理条例》(河北省第十二届人民代表大会常



务委员会第十一次会议通过)、《南水北调工程供用水管理条例》(国务院令第 647 号)相关要求,严格执行建设项目水资源论证制度,在地下水超采区禁止农业、工业建设项目和服务业新增取用地下水,限制高耗水工业项目建设和高耗水服务业发展,新建、扩建项目应制定节水措施方案,保证节水设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。绿岛产业园内禁止新增工业开采地下水。工业生产取用地下水的项目禁止入区。

⑨不符合相关风险防控要求:根据《关于加强化工园区环境保护工作的意见》(环发[2012]54 号)、《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》(环发[2012]77 号)的相关内容,对存在较大环境风险的相关建设项目,未严格按照《环境影响评价公众参与暂行办法》(环发[2006]28 号)做好环境影响评价公众参与工作、风险防控措施不满足存在环境风险管理要求的相关建设项目禁止入区。

本项目符合当前国家及地方产业政策要求。无其他能源消耗,不属于水资源消耗量大、能源消耗量高的项目。符合绿岛产业园规划的产业类别;符合清洁生产水平要求;符合绿岛产业园规划指标要求;本项目不属于河北鹿泉经济开发区绿岛产业园环境准入负面清单中规定的相关项目,符合入园条件。

综上所述,本项目拟建厂址处不涉及鹿泉区生态保护红线;厂址区域大气环境、地表水环境、地下水环境、声环境、土壤环境等均满足环境质量底线要求;项目建设及运行资源消耗量小,符合资源利用上限的要求;本项目不属于区域及河北鹿泉经济开发区绿岛产业园环境准入负面清单中规定的相关项目。因此,项目的建设符合“三线一单”的相关要求。

### 3 工程分析与源项

#### 3.1 现有设施工程分析

##### 3.1.1 现有生产设施概况

石家庄高科位于军鼎科技园 15 号楼（简称生产厂房），目前共有两个非密封源工作场所，分别为回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区和锝药物生产车间。回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区和锝药物生产车间为同期建设项目，该项目环评于 2018 年 3 月取得了由原河北省环境保护厅出具的批复意见（冀环辐表[2018]3 号），项目于 2018 年 7 月开始建设，2020 年 1 月建成，2020 年 6 月取得了由生态环境部颁发的辐射安全许可证（国环辐证[00483]），并正式进入调试、投产。该项目 2020 年 11 月完成了竣工环境保护验收。

回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区位于生产厂房一层，主要由回旋加速器大厅及其控制室、热室（前区和后区）、质控室、外包间、准备间、卫生通道及辅助房间构成。工作场所配置回旋加速器 1 台，属于 II 类射线装置，主要用于制备 PET 用放射性药物（ $^{18}\text{F}$ -FDG），并进行分装销售， $^{18}\text{F}$  的日等效最大操作量为  $3.7\times 10^9\text{Bq}$ ，年最大操作量为  $9.25\times 10^{13}\text{Bq}$ ，为乙级非密封源工作场所。

锝药物生产车间位于生产厂房二层，主要由淋洗间、标记分装间、质控室、外包间、清具间、卫生通道及辅助房间构成。工作场所主要通过  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器淋洗制备锝即时标记药物，并进行分装销售， $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的日等效最大操作量为  $3.33\times 10^9\text{Bq}$ ，年最大操作量为  $8.33\times 10^{13}\text{Bq}$ ； $^{99}\text{Mo}$  的日等效最大操作量为  $3.7\times 10^8\text{Bq}$ ，年最大操作量为  $9.25\times 10^{13}\text{Bq}$ ，该工作场所放射性核素日等效最大操作量为  $3.7\times 10^9\text{Bq}$ ，为乙级非密封源工作场所。

##### 3.1.2 工艺流程及设备

###### 3.1.2.1 工艺设备

###### 1) 回旋加速器

回旋加速器的基本原理是带电粒子在磁场中作圆周运动，采用交变电场的方法，使粒子在较低电压下通过多次加速获得很高的动能。最后当带电粒子加速到一定速度到达外围轨道时，粒子束被带相反电荷的偏转板引出 D 型盒外，并通过靶窗轰击靶材料产生核反应而生产放射性核素。引出到加速器外部的入射加速带电粒子

束与其路径上的靶核碰撞，入射粒子被靶核吸收，激活的靶核发生核反应发射出中子、 $\alpha$ 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。

石家庄高科目前使用 IBA 公司的型号为 Cyclone KIUBE150 的自屏蔽质子回旋加速器，加速质子最大能量为 18MeV，最大束流为  $2 \times 75 \mu\text{A}$ （双靶），其主要工作组件包括磁体、全内置离子源、粒子加速真空腔、加速电极、束流引出系统、射频系统、冷却系统、真空系统、靶系统、完全自屏蔽系统以及远程全自动控制工作站。回旋加速器示意图及内部结构分别见图 3.1-1 和图 3.1-2。



图 3.1-1 回旋加速器实物图

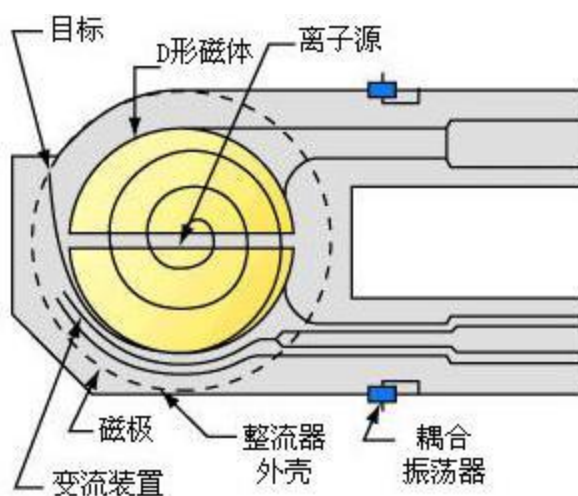
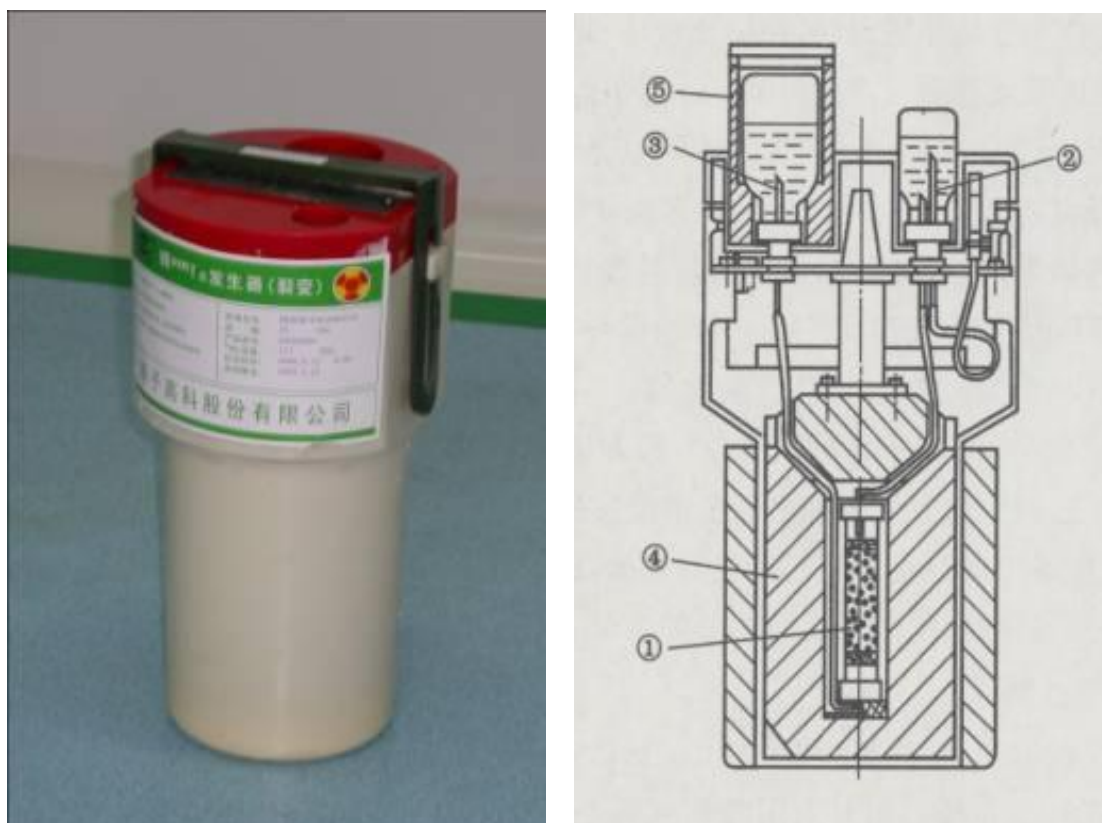


图 3.1-2 回旋加速器结构图

## 2) $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器

$^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器是从母体核素  $^{99}\text{Mo}$  中分离出子体  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的装置，又称“母牛”。母体核素  $^{99}\text{Mo}$  以  $^{99}\text{MoO}_4$  的形式吸附在  $\text{Al}_2\text{O}_3$  色层柱上，利用母子体化学性质不同可用  $\text{NaCl}$  淋洗液将子体核素  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  以  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$  的形式洗脱下来，而母体仍留在发生器内。

石家庄高科目前使用的  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器，由原子高科北京总公司通过汽运方式运至石家庄高科，收货后，暂存于淋洗室的淋洗柜内。 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器的活度分为 1Ci、2Ci、4Ci 三种。退役的  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器暂存于废物间内，约每隔 2 个月由原子高科北京总公司统一回收一次。 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器实物及内部结构图见图 3.1-3。



注：① 吸附  $^{99}\text{Mo}$  的色谱柱；② 双针插座，淋洗时将生理盐水瓶插上；③ 单针插座淋洗时将生理真空瓶插上；④ 铅屏蔽体；⑤ 淋洗液接收的铅防护容器

图 3.1-3  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器实物（左）及内部结构图（右）

### 3) 主要设备

石家庄高科回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区和钨药物生产车间现使用的主要工艺设备见表 3.1-1。

表 3.1-1 主要工艺设备

序号	使用场所	设备名称	数量	所在位置
1	回旋加速器制备及正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区	超声波清洗器	1	准备间
2		电热鼓风干燥箱	1	准备间
3		立式压力蒸汽灭菌器	1	准备间
4		合成热室	4	前区
5		自动合成仪	3	合成热室
6		分装侧室	1	前区
7		分装热室	1	前区
8		自动分装仪	1	分装热室

9		通风橱	1	质检室
10		活度计	1	质检室
11		高纯锗 $\gamma$ 能谱仪	1	质检室
12		薄层扫描仪	1	质检室
13		离子色谱仪	1	质检室
14	铈药物生产车间	淋洗柜	1	淋洗间
15		通风橱	1	淋洗间
16		超净工作台	2	标记分装间
15		活度计	2	标记分装间
16		通风橱	1	质检室
17		活度计	1	质检室
18		液相色谱仪	1	质检室
19		药品稳定性试验箱	1	留样间
20		冷藏冷冻箱	1	留样间
21		生化培养箱	2	质检室
22		通风橱	1	质检室

### 3.1.2.2 工艺流程

#### 1) 回旋加速器制备及正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区

正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产主要环节包括：制药准备、 $^{18}\text{F}$  制备， $^{18}\text{F}$ -FDG 药物合成、 $^{18}\text{F}$ -FDG 药物分装、药物质控、药物包装、销售运输、清场、回收铅/钨罐的处理。

#### (1) 制药准备

①根据订货量情况，制定生产计划，按需领取物料，包括一次性使用试剂盒、气泡点测试包、分装耗材包、灭菌注射用水、胶塞、铝盖、负压瓶、内外标签、铅/钨罐。

②物料首先进入外清间，在外清间进行外包装清洁，可以脱去外包装的物料在外清间脱去外包装，不能脱外包装的物料通过吸尘器清除灰尘或通过擦拭的方式进行清洁。将物品放入传递窗，在传递窗通过紫外进行消毒后传入生产区。

③生产人员进入换鞋一更，脱去一般区工作服和工作鞋，跨过换鞋凳穿上洁净

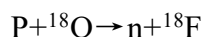
工作鞋。在洗手区域洗手、干手后进入二更。在二更内戴口罩、穿洁净衣，进行手部消毒后进入洁净区。生产操作前，确认环境的温湿度符合要求。

## (2) $^{18}\text{F}$ 制备

①靶水更换，工作人员打开加速器大厅防护门，在不需开启加速器自屏蔽门情况下，将 50mL 的  $\text{H}^{18}\text{O}$  平均传输至两个靶水盛放瓶内，同时将 50mL 的  $\text{H}^{16}\text{O}$  平均传输至两个传输管道清洗瓶内。

②生产人员进入回旋加速器控制室，进入加速器操作界面，加磁场使磁场强度稳定在 428A/m 左右；并选择单靶或双靶供束，添加靶水 ( $\text{H}^{18}\text{O}$ ) 3mL/靶·次，束流范围 50-60 $\mu\text{A}$ ，单次打靶时间不超过 120min，单靶单次可制备  $^{18}\text{F}$  核素活度为 6Ci。

$^{18}\text{F}$  制备核反应如下：



③观察供束页面内的理论活度后，关闭供束页面。将制备的核素通过专用防护管道系统，在氦气推动下输送至合成热室的药物合成仪内。关闭加速器传输结束后，关闭靶水添加界面、状态信息界面。

④每次打靶结束后，采用靶水 ( $\text{H}^{16}\text{O}$ ) 6mL，冲洗氦气传输管道，冲洗水最终流入容积约为 100mL 的烧瓶中，烧瓶置于合成热室内，待冲洗水自然衰变 30 天后，取出，排至衰变池内。烧瓶重新放回合成热室内。

## (3) $^{18}\text{F}$ -FDG 药物合成

①制备出来的  $^{18}\text{F}$  液体通过传输管道，在氦气的推动下，传送至前区的密闭铅制合成热室中的合成仪中。

②每批次合成需要用到 QMA 柱、复合柱 (IC-H 柱、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  柱、C-18 柱)、C-18 柱，均属于一次性用品且每次使用前对这些柱子进行活化处理。

③QMA 柱的活化：用一次性无菌注射器取  $\text{NaHCO}_3$  (或  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 溶液 10mL，缓慢过柱，过柱完全后用无菌注射器吹干 QMA 柱；另用一次性无菌注射器取 10mL 灭菌注射用水，缓慢过柱，过柱完全后用无菌注射器吹干 QMA 柱。

④复合柱的活化 (内含  $\text{Al}_2\text{O}_3$  柱、C-18 柱和 IC-H 柱)：用一次性无菌注射器取 20mL 灭菌注射用水，缓慢过柱，过柱完全后使用无菌注射器吹干复合柱。

⑤水解用 C-18 柱的活化：用一次性使用无菌注射器取 5ml 无水乙醇，缓慢过柱，过柱完全后用无菌注射器吹干水解用 C-18 柱；另用一次性使用无菌注射器取

10ml 灭菌注射用水，缓慢过柱用水过柱完全后用无菌注射器吹干 C-18 柱。

⑥<sup>18</sup>F 液体首先通过 QMA 分离柱，将氟离子吸附在 QMA 柱上，再使用洗脱液 1.5mL (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/K222 溶液等) 将氟离子洗脱至反应容器内。

⑦反应容器内得到中间产物 K<sup>18</sup>F/K222，加入无水乙腈 2mL，加入无水乙腈溶解的三氟甘露糖 1mL，进行标记反应。

⑧采用风热和风冷方式除去反应体系中的乙腈，加入 30mL 水，加入氢氧化钠 1mL 进行水解反应，通过水解用 C-18 柱，生成最终产物 <sup>18</sup>F-FDG 药物和一些带有杂质的合成废液。

⑨合成废液进入废液瓶，除去杂质后的 <sup>18</sup>F-FDG 药物通过复合柱进行纯化后进入产品收集瓶。产品收集瓶内的 <sup>18</sup>F-FDG 药物通过传输管线进入分装热室的母液瓶分装。

核素在热室中合成前需检查合成仪氮气压力(0.08~0.12MPa), 空气压力 0.30~0.35MPa。按下合成仪“气流测试”键，调节气流流量至约 100ml/min，观察氮气压力仍在 0.08~0.12MPa 范围内。合成的过程中无需人员干预，核素药品通过合成热室内的合成仪完成合成操作，整个过程均采用计算机程序自动控制。<sup>18</sup>F-FDG 模块合成及管道连接示意图见图 3.1-4。

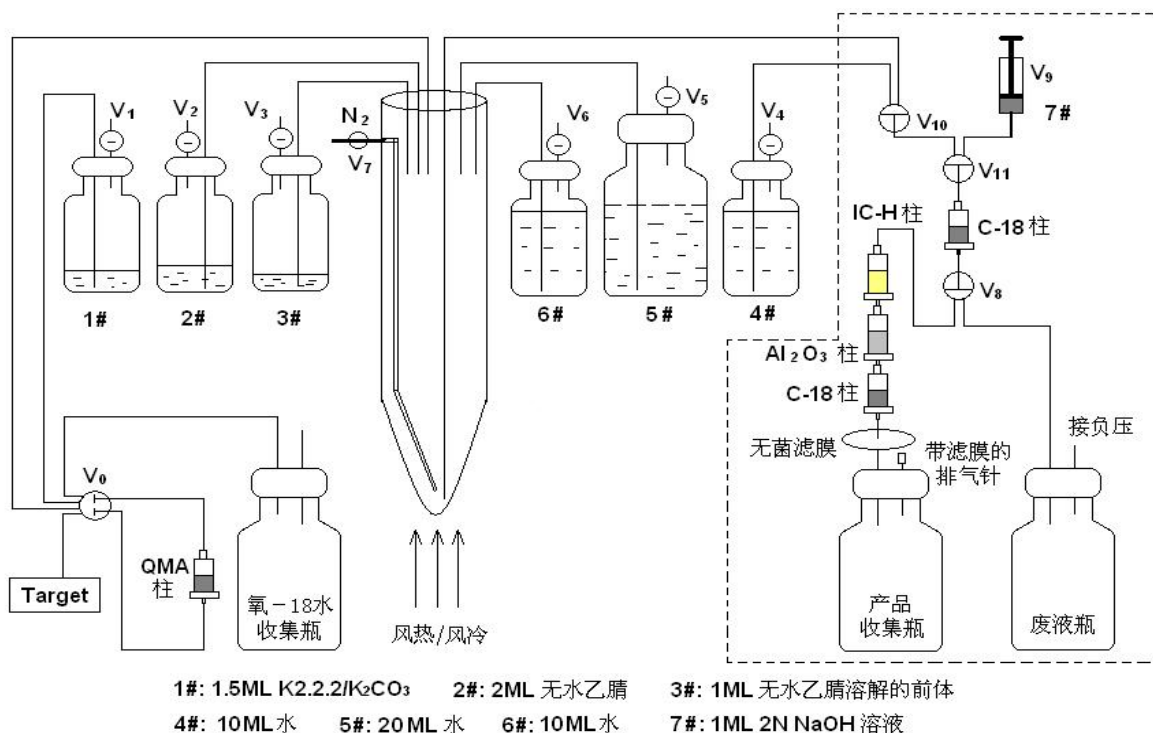


图 3.1-4 <sup>18</sup>F-FDG 模块合成及管道连接示意图

### (3) $^{18}\text{F}$ -FDG 药物分装

①核对内标签、外标签及任务单三者的药品名称、数量一致，并将预先填写的内标签贴在负压瓶上。

②将灭菌注射用水、气泡点测试包、分装耗材包、胶塞铝盖、无菌滤膜、负压瓶、无菌注射器、洁净毛巾、起盖钳、压盖钳、镊子传入分装热室。

③关闭热室真空门、铅门等，打开紫外灯进行灭菌。30 分钟后关闭灭菌灯，打开主室风机，打开侧室进气风机、排风机，灭菌结束。

④通过分装侧室手套孔，用起盖钳把负压瓶铝盖起掉，盖上灭菌胶塞铝盖按转盘编号对应摆放在分装转盘上。

⑤用注射器抽取约 10ml 灭菌注射用水注入气泡点测试瓶中，连接气泡点测试管线。气泡点测试瓶中长针插入瓶底，短针在瓶内液面之上。

⑥拆除分装耗材包外包，连接自动分装管线，母液瓶放到对应的铅罐里，且长针插入瓶底。

药物分装过程也用计算机全自动控制，无需人工干预，药物在自动分装模块中将根据预先设计的程序，将试剂分装到各个贴有内标签的试剂瓶或注射器中，并将试剂瓶进行密封，机械手将分装完成的试剂瓶或注射器装载到专用的铅/钨罐中并自动盖上防护罐盖子。

### (4) 药物质控

#### ①检验样品接收与分发

每批次  $^{18}\text{F}$ -FDG 检验品约 20mCi，放于负压瓶（负压瓶放置于铅罐）中。从前区通过传递窗传递至质检室，由工作人员接收，登记，在通风橱内进行检测，通风橱设置 L 型铅玻璃屏蔽装置。

#### ②检验项目

a、性状：在铅玻璃防护下，目检，应为无色澄明液体。

b、pH 值：取样品 1 滴（100 $\mu\text{Ci}$ ），点于精密 pH 试纸，与标准比色卡比对，记录 pH 测定值。

c、放射性核纯度：取样品适量（500 $\mu\text{Ci}$ ）于容器中，将盛有样品的容器放在高纯锗探测器上进行测量。记录主 $\gamma$ 峰能量。取样品（100 $\mu\text{Ci}$ ），放入活度计中测量  $^{18}\text{F}$  的活度，保持样品的测量条件不变，根据不同时刻的记录活度值，进行线性拟



合，最终得出半衰期。

d、放射性化学纯度：用微量取样器在硅胶板上点样（300 $\mu$ Ci），晾干后放入盛有展开剂（乙腈的）的层析缸中，取出吹干。将硅胶板放在放射性薄层扫描仪上进行扫描。得到放射化学纯度。

e、放射性活度/浓度：取氟[ $^{18}\text{F}$ ]脱氧葡萄糖注射液适量（4mCi）于样品瓶中，将样品瓶放入活度计中测量活度。

#### （5）药物包装、销售运输

放射性核素  $^{18}\text{F}$  生产方式为“以销定产”，按照药物约定量及使用时间进行生产，不对  $^{18}\text{F}$ -FDG 药物进行贮存，

通过成品传递窗传至外包间，检测铅/钨防护罐外表面，表面污染检测合格且辐射剂量符合 $\leq 2.5\mu\text{Sv}$ 可以发货。铅/钨防护罐放在外包装箱内，配置标签、说明书等，登记后，委托已取得相应资质的单位运输至周边各用户点。

#### （6）清场

拆除生产使用过的母液瓶、集束管、反应管、QMA 柱、水解用 C-18 柱、复合柱、单向阀、三通阀、滤膜、气泡点测试包等耗材丢入放射性废物桶，对质检过程后的盛放样品的负压瓶以及质检用品一并放入废物桶内，对场所进行表面污染监测，有放射性污染的区域，采用干式去污方式，去污所使用的抹布等一并放入废物桶内。一天工作结束后转移至废物间。

#### （7）回收铅/钨罐的处理

用于放射性外包装的铅罐/钨罐定期收回，收回后的铅罐/钨罐检查其放射性污染情况；对有放射性污染的铅罐/钨罐应当封存于废物间，暂存时间超过 30 天后复用；对无放射性污染的铅罐/钨罐，由清洁人员在包材外清间处理，除去标签，用市政用水浸润抹布擦拭外表面。使用酒精喷壶喷洒外表面消毒，晾干备用。

### 2) 锝药物生产车间工艺流程

$^{99\text{m}}\text{Tc}$  药物生产主要环节包括：制定生产计划、制药准备、消毒、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  淋洗、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  标记、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  分装，抽样质检、产品包装、出厂销售。

#### （1）淋洗准备

①根据接下来一周的订货量， $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器提前一天（周日）由原子高科北京总公司通过汽运方式运至石家庄高科，收货后，暂存于淋洗间的淋洗柜内，淋

洗间设置双人双锁。 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器的活度分为1Ci、2Ci、4Ci三种。

②根据当日订货量，制定生产计划，按需领取物料，包括一次性使用无菌注射器、试剂盒、分装耗材包、灭菌注射用水、75%乙醇、负压瓶、内外标签、注射器铅防护套、淋洗罐，传入生产区。

③生产人员在卫生通道进行更衣、准备和消毒后，进入锝药物生产车间；在洁具间内，去除负压瓶和氯化钠淋洗溶液瓶的塑料部分，用75%酒精棉球仔细将负压瓶、氯化钠淋洗溶液瓶暴露的胶塞部分及发生器针头消毒，并将负压瓶装入做好标记的淋洗罐中。

## （2）淋洗

在 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器的双针上插好氯化钠淋洗溶液瓶，再在单针上插上负压瓶（装于淋洗罐内），待氯化钠淋洗溶液被抽干后一分钟后，拨下负压瓶。然后再用另一负压瓶（装于淋洗罐内）插到单针上抽干发生器的吸附柱。将淋洗所得的高锝 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 酸钠淋洗液传递至标记分装间净化工作台内进行标记。

## （3）标记

用一次性使用无菌注射器取一定体积高锝 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 酸钠注射液，经活度计测量，误差控制 $\pm 10\%$ ，并用氯化钠淋洗溶液配制高锝 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 酸钠注射液至所需体积注入冻干品（亚甲基二膦酸盐、亚锡甲氧异腈、亚锡喷替酸）瓶中充分振摇。标记好的药品静置5分钟后，进行分装操作。

## （4）分装

检验合格后，将标记好的药物在锝药标记分装室的超净工作台内进行分装。根据待分装药品的标记浓度，用一次性使用无菌注射器抽取一定体积，在活度计上测其放射性活度，符合任务单需求活度值，置入铅防护套内。药品在装入注射器防护套前，操作人员需检查注射器内标签应和注射防护筒的外标签一致，再拧紧盖子，置于不锈钢小车转运至外包间。

## （5）质检

### ①检验样品接收

每批次 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 检验样品约10mCi（放于一次性针剂中）。从生产车间，通过传递窗传递至质检室，由工作人员接收，登记，在超净工作台内进行检测。

### ②检验项目

a、性状：在铅玻璃防护下，目检，应为无色澄明液体。

b、pH 值：取样品 1 滴（100 $\mu$ Ci），点于精密 pH 试纸，与标准比色卡比对，记录 pH 测定值。

c、放射性化学纯度：用微量取样器在硅胶板上点样（300 $\mu$ Ci），晾干后放入盛有展开剂（乙腈的）的层析缸中，取出吹干。将硅胶板放在液相色谱仪上进行扫描。得到放射化学纯度。

d、放射性活度/浓度：取样品适量（4mCi）于样品瓶中，将样品瓶放入活度计中测量活度。

#### （6）药物包装、销售运输

放射性核素  $^{99m}\text{Tc}$  生产方式为“以销定产”，按照药物约定量及使用时间进行生产，不贮存  $^{99m}\text{Tc}$  标记药物。

通过传递柜传至外包间，配置标签、说明书等，注射剂铅防护套表面污染检测合格且辐射剂量符合 $\leq 2.5\mu\text{Sv}$  可以发货。注射剂铅防护套放在外包装箱内，配置标签、说明书等，登记后，委托已取得相应资质的单位运输至周边各用户点。

#### （7）清场

对于退役的  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  发生器转移暂存于废物间内。对标记、分装、质检耗材一并放入铅废物桶内。一天工作结束后转移至废物间。

#### （8）回收铅防护套的处理

用于放射性外包装的铅防护套运输单位定期收回；收回后的铅防护套其放射性污染情况；对有放射性污染的铅防护套应当封存于废物间，暂存时间超过 30 天后复用；对无放射性污染的铅防护套，由工作人员在包材外清间处理，除去标签，用市政用水浸润抹布擦拭外表面。使用酒精喷壶喷洒外表面消毒，晾干后备用。

### 3.1.3 现有场所辐射安全与防护措施

#### 3.1.3.1 放射性工作场所分区

为便于辐射防护职业照射控制，石家庄高科将放射性工作场所分为控制区、监督区。具体分区情况如下：

1) 回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区

控制 II 区：合成热室、分装热室、加速器大厅；

控制 I 区：生产前区、后区、洁净走廊、准备间、气锁间、检测间、去污间；  
监督区：质控室、外包间、控制室、换鞋一更、二更。

## 2) 锝药物生产车间

控制区：淋洗间、标记分装间、洁净走廊、洁具间、气锁间、检测间、去污间；  
监督区：质控室、外包间、换鞋一更、二更。

### 3.1.3.2 人流物流

为便于辐射防护职业照射控制，石家庄高科回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区和锝药物生产车间的人流物流情况如下：

#### 1) 回旋加速器制备及正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区

(1) 人流：工作人员由南侧人流入口统一进入生产厂房，在一层总更间换鞋、换一般洁净区工作服，经过走廊可以到达外包装室、质检室、加速器控制室等区域；进入生产区的人员，需再经过换鞋一更、二更后进入，经洁净走廊至前区、洁具间、准备间、后区开展相应工作。人员出生产区时，经气锁间进入检测间进行表面污染监测，不合格者需进入去污间去污，直至监测合格后经换鞋一更离开。

(2) 物流：生产用的原料、内外包材由西侧物流门进入，运至外清间，由传递柜进入生产区，送至各所需岗位。分装好的药品经传递柜传入外包间，经外包后，由物流门发出，需要质检的样品通过传递窗传入质检室进行质检。

生产过程中所产生的放射性固体废物，转移到废物间内贮存衰变，放射性固体废物衰变时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$ 表面污染小于  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta$ 表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  的，对废物清洁解控。

#### 2) 锝药物生产车间

(1) 人流：工作人员由南侧人流入口统一进入，在总更间换鞋、换一般洁净区工作服，经过走廊可以到达外包装室、质检室等区域；进入生产区的人员，需再经过换鞋一更、二更后进入，经洁净走廊至淋洗间、标记分装间、洁具间后开展相应工作。人员出生产区时，经气锁间进入检测间进行表面污染监测，不合格者需进入去污间去污，直至监测合格后经换鞋一更离开。

(2) 物流：生产用的原料、内外包材由外清传递间进入，运至外清消毒室，经外清后，由传递窗进入洁净区，送至各所需岗位。生产用的原料、内外包材由外清传递间进入，运至外清消毒室，经外清后，由传递窗进入洁净区，送至各所需岗

位。<sup>99</sup>Mo-<sup>99m</sup>Tc 发生器在外清传递间经过擦拭消毒后传入生产区，放置于淋洗间的淋洗柜内。分装好的药品经传递柜传入外包间，经外包后，由物流门发出，需要质检的样品通过传递窗传入质检室进行质检。

生产过程中所产生的放射性固体废物分类收集并置于铅罐中和废 <sup>99</sup>Mo-<sup>99m</sup>Tc 发生器由传递柜传至外包间后，经物流电梯转移到一层废物间内贮存，放射性固体废物衰变时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于 0.08Bq/cm<sup>2</sup>、β表面污染小于 0.8Bq/cm<sup>2</sup> 的，对废物清洁解控并作为医疗废物处理。废 <sup>99</sup>Mo-<sup>99m</sup>Tc 发生器定期交由原子高科北京总公司回收处理。

### 3.1.3.3 屏蔽措施

#### 1) 回旋加速器自屏蔽体

回旋加速器的自屏蔽体由 3 层不同材料的屏蔽层组成，其中第一层（最内层）为 20cm 的铁层，嵌入到靶体面中，第二层为 30cm 厚的水层，第三层为 50cm 厚的钢珠和水的混合物。自屏蔽体平面及剖面图详见图 3.1-5。

回旋加速器本体的外形尺寸（长×宽×高）为 1900mm×1700mm×2100mm，重量为 20000kg，回旋加速器的自屏蔽体外形尺寸（长×宽×高）为 4800mm×3150mm×2800mm，重量为 57000kg。

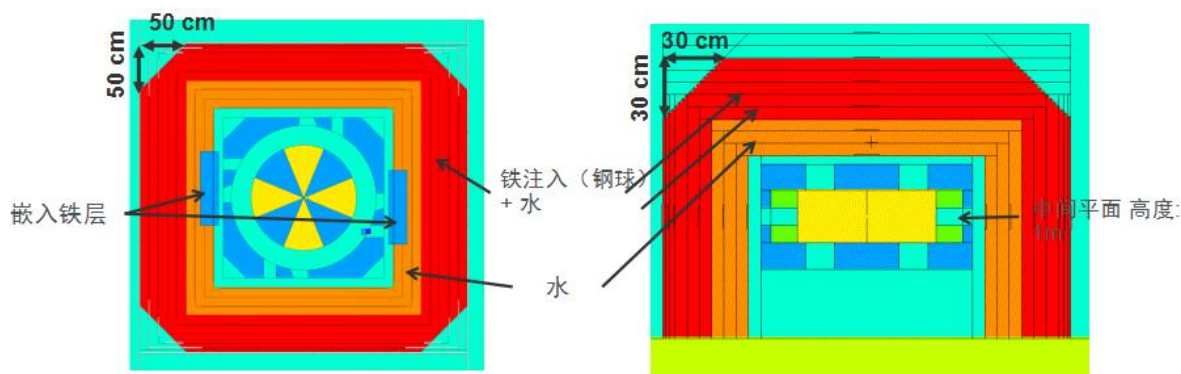


图 3.1-5 自屏蔽体模型（左为平面、右为立剖面图）

#### 2) 主功能室屏蔽措施

石家庄高科回旋加速器制备及正电子药物 <sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区和钨药物生产车间各主功能室及设备设施屏蔽措施如表 3.1-3 所示。

表 3.1-3 屏蔽措施一览表

场所名称	方位	周围环境描述	屏蔽材料及厚度
------	----	--------	---------

回旋加速器室	东	15 号楼外道路	墙体：600mm 厚混凝土
	西	生产后区	墙体：600mm 厚混凝土
	南	控制室、加速器设备间、水冷空压机房	墙体：600mm 厚混凝土 防护门：10mm 铅+200mm 石蜡（含硼 5%）+10mm 铅
	北	15 号楼外草坪	墙体：600mm 厚混凝土
	上	房顶	顶板：600mm 厚混凝土
废物间	东	仪器间	墙体：200mm 厚混凝土
	西	15 号楼外道路	墙体：200mm 厚混凝土
	南	包材外清间	墙体：200mm 厚混凝土
	北	电梯厅 1	墙体：200mm 厚混凝土
	上	房顶	顶板：200mm 厚混凝土

### 3) 防护设备和个人防护用品

本工程其它防护设备具体见表 3.1-4 所示。个人防护用品及监测设备见表 3.1-5 所示。

表 3.1-4 防护设备一览表

设置场所	所在房间	设备设施	数量	屏蔽材料及厚度
回旋加速器制备及正电子药物 <sup>18</sup> F-氟脱氧葡萄糖生产区	生产前区	合成热室	3	正面为 75mm 铅，其它面为 60mm 铅
		分装热室	1	正面为 75mm 铅，其它面为 60mm 铅
	外清传递间	铅防护罐	若干	40mm 铅
		钨合金防护罐	若干	35mm 钨
	质检室	通风橱	1	/
		L 型铅玻璃屏蔽装置	1	80mm 铅
		铅废物桶	1	7.5mm 铅
锔药物生产车间	淋洗室	淋洗柜	1	上下面为 6mm 铅，侧面为 9mm 铅
		淋洗防护罐	1	6mm 钨
		铅废物桶	1	7.5mm 铅
	分装室	超净工作台	2	正面为 50mm 厚铅玻璃，其它面为 6mm 铅
		铅废物桶	2	7.5mm 铅
		铅防护套	若干	6mm 铅

	质检室	通风橱	1	/
		L型铅玻璃屏蔽装置	1	15mm 铅
		铅废物桶	1	7.5mm 铅
废物间	废物间	铅废物桶	2	7.5mm 铅

表 3.1-5 个人防护用品

序号	设备及材料名称	单位	数量
1	防护铅衣	套	14
2	个人剂量报警仪	个	14
3	防护眼镜、防护手套、口罩等	副	14

#### 3.1.3.4 辐射安全与防护措施

1) 生产厂房南侧入口设置值班控制室，配备安保人员，大门设置门禁系统，整个厂房及生产区相关场所的出入口均设置门禁及视频监控系统。

2) 回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区

①回旋加速器大厅的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；控制台和大厅门钥匙控制；辐射报警灯和声音报警与加速器准备出束状态联锁，准备出束时发出警示；辐射剂量监测与门联锁；火灾报警仪与加速器联锁、与通风联锁；

②加速器大厅防护门外设置红黄绿三色工作指示灯，红灯亮表示加速器正在出束工作，黄灯亮表示加速器已停机但机房内剂量较高，人员不能进入；绿灯亮表示机房内剂量率处于较低水平，人员可安全进入加速器大厅；

③加速器大厅入口门内侧，靠近防护门处设置 1 个开门开关，当人员被关在机房内紧急情况下按下开关，可实现防护门从内部打开，同时加速器停止出束；门与墙之间的搭接宽度大于门与墙间隙的十倍以上；

④加速器大厅进出口、控制室操作台上各设置 1 个急停开关，人员滞留在机房内时就可以按下开关，实现加速器停止出束；

⑤加速器大厅防护门内、外均设置固定式剂量监测探头，当探测到机房内剂量率超过设置阈值时，加速器防护门外有声光报警，同时控制室内操作台和加速器大

厅防护门口有剂量率实时显示；

⑥加速器大厅防护门外和正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区卫生通道入口醒目位置设置电离辐射警告标志；

⑦当加速器制备出  $^{18}\text{F}$  之后，放射性核素传输之前，热室设备将根据程序设定，自动检测合成热室的门是否已经关闭，热室里面的压力是否满足负压要求；只有这两项条件均满足的情况下，放射性核素才能通过管道进行传送，同时在加速器控制室内操作台上有相应的核素传输工作状态指示灯；

⑧合成、分装热室内部设有辐射剂量监控系统，当热室内部剂量值大于设定值时，热室门将被联锁装置锁死，不允许打开；

⑨回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区安装有视频监控，总控室可及时掌握放射性工作场所情况。

## 2) 锔药物生产车间

①锔药物生产车间卫生通道入口醒目位置设置电离辐射警告标志；

②淋洗间设置双人双锁，

③锔药物生产车间安装有视频监控系统，可及时掌握放射性工作场所情况；

## 3) 放射性药物包装、销售、运输

①建立了放射性同位素生产、销售台账，并定期上报；销售给用户时，核对对方辐射安全许证，保证在许可的范围内使用。

②放射性药物的包装，使用专用放射性物品包装容器，具有与放射性剂量相适应的防护装置，包装分内包装和外包装两部分，外包装贴有商标、标签、说明书和放射性药物标志等，内包装贴有标签。标签注明药物品名、放射性比活度、装量等。

③对放射性药物包装表面污染和辐射水平实施监测，并编制辐射监测报告。监测结果不符合国家放射性物品运输安全标准的，不进行运输。

④按照《放射性物品运输安全管理条例》的要求，放射性药品属于三类放射性物品，运输单位应取得非营业性道路危险货物运输资质，目前石家庄高科委托《石家庄捷顺快递有限公司开展放射性药物的运输工作。

## 4) 放射性废物暂存

石家庄高科放射性药品生产过程中产生的放射性固体废物，包括靶膜、过滤器滤网、废钼锔发生器、各核素操作过程中产生的固废等均暂存于生产厂房一层废物



间内，废物间门外设电离辐射警示标志，双门双锁，按控制区管理，无关人员不得进入。废物间内设铅废物桶，铅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。

#### 5) 辐射监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，对工作区域制定详细的监测计划，并定期对工作场所进行监测。目前，石家庄高科现配备有2台电离室巡测仪、2台表面污染测量仪、1套 $\gamma$ 区域监测系统、1台中子仪、3台手持式辐射检测仪，用于场所及周围环境的日常辐射监测。另外，还为工作人员配备了6台个人剂量报警仪和个人热释光剂量计1套/人，用于个人剂量预警和监测。具体监测方案见第六章。

#### 6) 个人防护措施

(1) 工作人员进入工作场所按规定配戴个人剂量计和个人剂量报警仪；工作场所内，需穿戴工作服和劳动保护用品，不得进食、吸烟和存放食品；

(2) 工作结束后，利用表面污染测量仪监测合格后方可离开工作区域；如有沾染，需进行去污，去污监测合格后，应进行淋浴，利用卫生通道的淋浴室进行全身淋浴。

(3) 加强个人防护，工作期间进行个人剂量监测，并记录在案；对工作人员定期进行培训，确保工作人员持证上岗。

(4) 必须掌握相关的操作规程，提高防护意识，在事故发生时能够及时应对和处理。保持工作场所的清洁与整齐，设备、地面和墙面被污染后要及时清理去污；

### 3.1.4 现有场所污染物排放情况

#### 3.1.4.1 废气排放情况

放射性药物生产过程中产生的放射性废气主要包括回旋加速器运行过程中产生的含有 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 、 $^{41}\text{Ar}$ 等短寿命放射性核素的活化空气以及 $^{18}\text{F}$ 药物合成、分装、质检过程中产生的含 $^{18}\text{F}$ 核素的放射性气溶胶。 $^{99}\text{Mo}$ 及其衰变产物 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等均为非挥发性物质，淋洗过程在密闭的钼铈发生器中负压条件下进行， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记、分装均在负压瓶和注射器内操作，无溶液的挥发， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记药物质检在通风橱中进行，将产生少量的含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素的放射性气溶胶。非放射性废气主要为回旋加速

器运行过程中产生的 $\gamma$ 射线使空气电离而产生含有  $O_3$ 、 $NO_2$  的废气。

回旋加速器大厅设置有单独的排风系统，由独立管道引至屋顶上方排放，排气筒高度为 14.5m，换气次数为 4 次/h，排风系统设中高效过滤器净化装置，过滤器设置于三层过滤机房内。 $^{18}F$  合成、分装热室和  $^{18}F$ 、 $^{99m}Tc$  的质检用通风橱均自带独立排风系统，气体经自带活性炭过滤后再由风机引至屋顶上方排放，排气筒高度为 14.5m，风速大于 1m/s，排风系统设置高效活性炭过滤器，过滤器设置于三层过滤机房内。正电子药物  $^{18}F$ -氟脱氧葡萄糖生产区和锆药物生产车间均设机械排风系统，室内空气经管道引至屋顶上方排放，排气筒高度为 14.5m，换气次数均为 28 次/h。

#### 3.1.4.2 废水排放情况

正常情况下，产生的放射性废水主要为  $^{18}F$  制备过程中，传输管道冲洗水，产生量为 6mL/批次，冲洗水最终流入容积约为 100mL 的烧瓶中，烧瓶置于合成热室内，待冲洗水自然衰变 30 天后，取出，排至衰变池内；事故情况下，工作人员需要进入去污间清洗去污，此状态下产生的淋浴废水经收集后直接进入衰变池，衰变池废水贮存 30 天后，经检测达标后，直接解控排至军鼎科技园污水管网。对于回旋加速器设备冷却水，循环使用不外排。对于质检剩余样品溶液，及时转移至废物间贮存衰变，自然衰变 30 天后，当做危废，委托有资质单位进行处理。放射性废液的暂存和处理安排有专人负责，并建立了废物暂存和处理台账。衰变池位于生产厂房东角，共设有 2 个，尺寸均为长 2m、宽 1m、深 1m，总容积为 4m<sup>3</sup>。

放射性药物生产过程中产生的非放射性废水主要为工作人员生活污水，石家庄高科现有辐射工作人员 15 人，产生量按照生活用水 80%计，废水产生量为 6m<sup>3</sup>/d，生活污水排入军鼎科技园污水管网，经军鼎科技园化粪池处理后，排至石家庄西部上庄污水处理厂处理。

#### 3.1.4.3 噪声

石家庄高科现有噪声源主要为排风系统的风机，加速器设备冷却水循环水泵等，均采用低噪声设备，经隔声降噪、距离衰减后，噪声对环境的影响很小。

#### 3.1.4.4 固体废物排放情况

放射性药物生产过程中产生的放射性固体废物主要包括回旋加速器维修置换的靶废膜、排风系统过滤器和  $^{18}F$  生产过程中产生的母液瓶、集束管、反应管、QMA

柱、水解用 C-18 柱、复合柱、单向阀、三通阀、滤膜、气泡点测试包等合成分装耗材和质检耗材以及  $^{99m}\text{Tc}$  生产过程中产生的废  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  发生器、负压瓶、吸水纸、药棉、标记液制剂瓶、注射器等淋洗、分装、标记耗材和质检耗材。产生的非放射性固体废物主要为工作人员生活垃圾。

对更换下来的废靶膜，收集后贮存于废物间内专设的铅废物桶中自然衰变，最终送有资质单位处置；对于退役后的废  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  发生器暂存于废物间内，定期由原子高科北京总公司统一回收；其它放射性固体废物分类、收集暂存废物间内所设置的铅废物桶中，暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$ 表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  的，可对废物清洁解控，均当做危废委托有资质单位进行处理。固体放射性废物的存储和处理安排有专人负责，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。生活垃圾统一收集后，交环卫部门处理。

### 3.2 项目规模与基本参数

#### 3.2.1 项目规模

根据  $^{18}\text{F}$  药物每日最大订货量  $3.75\text{Ci}$ ，石家庄高科制定了相应的  $^{18}\text{F}$  制备计划，分五次完成，每次  $0.75\text{Ci}$ 。考虑核素半衰期（ $1.83\text{h}$ ）、送货时间（ $6\text{h}$ ）以及合成效率（ $50\%$ ），保守考虑，回旋加速器每天需制备  $^{18}\text{F}$  核素  $2.22 \times 10^{12}\text{Bq}$ （ $60\text{Ci}$ ）。

根据  $^{99m}\text{Tc}$  药物每日最大订货量  $12.5\text{Ci}$ ，石家庄高科制定了相应的  $^{99m}\text{Tc}$  淋洗计划，考虑核素半衰期（ $6.02\text{h}$ ）、送货时间（ $6\text{h}$ ），保守考虑，锝药物生产车间每天需制备  $^{99m}\text{Tc}$  核素  $9.25 \times 10^{11}\text{Bq}$ （ $25\text{Ci}$ ）。 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  发生器每周周日从原子高科北京总公司购入，购入量需满足接下来周一至周五，每天能够淋洗出  $9.25 \times 10^{11}\text{Bq}$ （ $25\text{Ci}$ ） $^{99m}\text{Tc}$  核素的使用要求，根据保守推算， $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  发生器购入时， $^{99}\text{Mo}$  核素的总量为  $2.41 \times 10^{12}\text{Bq}$ （ $65\text{Ci}$ ）。

回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区和锝药物生产车间放射性药物生产规模及场所分级见表 3.2-1。

表 3.2-1 生产规模及场所分级

名称	$^{18}\text{F}$ 制备生产区	锝药物生产车间		
化学成分	$^{18}\text{F}$	$^{99}\text{Mo}$ （周日）	$^{99}\text{Mo}$ （周一）	$^{99m}\text{Tc}$
活动种类	生产、使用	使用	使用	生产、使用

		、销售			、销售
物化性质	物化状态	液态、低毒	液态、低毒		液态、低毒
	半衰期	109.7min	66.02		6.02
	衰变方式 (分支比)	$\beta^+$ (97) EC (3)	$\beta^-$ (100)		IT (100)
	最大粒子能量	0.635	1.214		/
	最大 $\gamma/X$ 能量 (MeV)	0.511	0.181		0.141
	放射性核素 $\Gamma$ 常数 ( $R \cdot m^2/h \cdot Ci$ )	0.58	0.088		0.060
毒性组别修正因子	0.01	0.1	0.1	0.01	
操作方式	简单操作	源的贮存	源的贮存	简单操作	
放射源状态修正因子	1	100	100	1	
日最大操作量 (Bq)	$2.22 \times 10^{12} Bq$	$2.41 \times 10^{12} Bq$	$1.87 \times 10^{12} Bq$	$9.25 \times 10^{11} Bq$	
日等效最大操作量 (Bq)	$2.22 \times 10^{10} Bq$	$2.41 \times 10^9 Bq$	$1.87 \times 10^9 Bq$	$9.25 \times 10^9 Bq$	
			$1.11 \times 10^{10} Bq$		
	$1.11 \times 10^{10} Bq$ ( $1.11 \times 10^{10} Bq > 2.41 \times 10^9 Bq$ )				
	$> 4 \times 10^9 Bq$	$> 4 \times 10^9 Bq$			
	甲级非密封源工作场所	甲级非密封源工作场所			
年最大操作量 (Bq)	$5.55 \times 10^{14} Bq$	$1.20 \times 10^{14} Bq$	/	$2.31 \times 10^{14} Bq$	
形态	负压瓶	钼铯发生器	钼铯发生器	注射针剂	
类别	影像诊断药物	/	/	影像诊断药物	
销售模式	订单生产，即产即销，不存储。				

注：毒性分组来源于GB18871-2002。核素物化性质数据主要引自《辐射防护手册（第一分册）》（李德平、潘自强主编，原子能出版社，P47）表1.11、《放射性同位素手册》（马崇智等编著，科学出版社，P481）与GBZ120-2020附录H表H.1。

### 3.2.2 项目组成

本项目为扩建项目，在保持现有工艺技术路线不变的情况下，只提升 $^{18}F$ 的制备量和 $^{99m}Tc$ 核素的淋洗量及其母体核素 $^{99}Mo$ 的使用量，项目所涉及主体工程、辅助工程、公用工程、储运工程和环保工程的建设，均依托现有设施，具体依托设施

及可行性分析见表 3.2-2。

表 3.2-2 项目依托设施及可行性分析

名称	依托设施		可行性分析
主体工程	回旋加速器制备及正电子药物 <sup>18</sup> F-氟脱氧葡萄糖生产区	回旋加速器大厅及其控制室、热室、质控室、外包间、准备间、卫生通道。	本项目保持现有工艺技术路线不变，放射性药物生产过程中各工艺阶段所在的功能房间均保持其原有功能，能够满足本项目需求，依托可行。
	锝药物生产车间	锝药物生产车间：淋洗间、标记分装间、质控室、外包间、清具间、卫生通道。	
辅助工程	生产厂房一层	值班控制室、机柜间；水冷/压空间、加速器设备室、备件间、包材外清间、包材存储间、热交换间、配电间。	本项目保持现有工艺技术路线，放射性药物生产过程中辅助用房均保持其原有功能，能够满足本项目需求，依托可行。
	生产厂房二层	包材清洗、包材暂存、标签库、设备存放间、备件间。	
	生产厂房三层	空调机房、过滤机房	
	生产厂房四层	办公用房	
公用工程	制冷、供暖	生产厂房现有供热制冷独立空调。	本项目不新增建筑面积，生产厂房现有供热制冷独立空调可满足制冷、供暖要求。依托可行。
	给水	由军鼎科技园供水系统，有绿岛自来水厂提供，供水规模为 8 万 m <sup>3</sup> /d。	本项目用水主要为工作人员生活用水（7.5m <sup>3</sup> /d）和事故情况下的淋浴用水（20L/次）。本项目不新增劳动定员，不新增生活用水量，事故情况下的淋浴废水产生量较小，现有供水系统可满足给水需求。依托可行。
	排水	由军鼎科技园污水管网，集中收集至化粪池，处理达标后排至石家庄西部上庄污水处理厂。	本项目排水主要为工作人员生活污水（6m <sup>3</sup> /d）。本项目不新增劳动定员，不新增生活污水，现有排水设施可满足排水需求，依托可行。

	供电	由军鼎科技园供电系统供给，由龙凤湖变电站提供。	本项目年耗电量为 50 万 kW·h，供电系统能够满足供电需求，依托可行。
储运工程	销售运输	委托石家庄捷顺快递有限公司开展放射性药品的运输工作。该公司已取得相应资质。	石家庄高科现阶段委托石家庄捷顺快递有限公司开展放射性药品的运输工作。本项目运行后，放射性物品类别（三类）不变，该公司已取得相应资质，满足销售运输需求，依托可行。
环保工程	废气处理	生产厂房三层设有过滤机房；回旋加速器大厅排风系统；合成、分装热室、质检室内通风橱均自带的独立排风系统；正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区和锝药物生产车间均设置的机械排风系统。	回旋加速器大厅设置有单独的排风系统，由独立管道引至屋顶上方排放，排气筒高度为 14.5m，换气次数为 4 次/h，排风系统设中高效过滤器净化装置，过滤器设置于三层过滤机房内。 $^{18}\text{F}$ 合成、分装热室和 $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的质检用通风橱均自带独立排风系统，气体经自带活性炭过滤后再由风机引至屋顶上方排放，排气筒高度为 14.5m，风速大于 1m/s，排风系统设置高效活性炭过滤器，过滤器设置于三层过滤机房内。正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区和锝药物生产车间均设机械排风系统，室内空气经管道引至屋顶上方排放，排气筒高度为 14.5m，换气次数均为 28 次/h。上述各区域所设置的排风系统满足废气处理的要求，依托可行。
	废水处理	生产厂房东北侧设置 2 个衰变，总容积为 4m <sup>3</sup> ；军鼎科技园内设有污水管网和化粪池；军鼎科技园所产生的废水由石家庄西部上庄污水处理厂处	本项目产生的非放射性废水主要为工作人员生活污水（6m <sup>3</sup> /d）；放射性废液主要为正常运行下， $^{18}\text{F}$ 传输管道冲洗水（3mL/次）和质检剩余样品溶液；回旋加速器设

		理。	备冷却水，循环使用不外排；事故情况下的淋浴用水（20L/次）。本项目不新增劳动定员，不新增生活污水，冲洗水最终流入容积约为 100mL 的烧瓶中，烧瓶置于合成热室内，待自然衰变 30 天后，取出，排至衰变池内；对于质检剩余样品溶液，及时转移至废物间贮存衰变，自然衰变 30 天后，当做危废，委托有资质单位进行处理。事故情况下的淋浴废水产生量较小，收集后排入衰变池，衰变池内废水贮存衰变 30 天，经检测达标后，直接同生活污水一起排放至军鼎科技园污水管网，经军鼎科技园化粪池处理后，排至石家庄西部上庄污水处理厂处理。现有废水处理设施可满足废水处理要求，依托可行。
	噪声防治	现有噪声源主要为排风系统的风机，加速器设备冷却水循环水泵等。	本项目不新增风机、水泵等产生噪声的设备，现有噪声源主要为排风系统的风机，加速器设备冷却水循环水泵等。均采用低噪声设备，经隔声降噪、距离衰减后，噪声对环境的影响很小，可满足噪声防治的需求，依托可行。
	固体废物处理	生产厂房一层设置废物间，废物间总容积为 40m <sup>3</sup> 。废物间内设有铅废物桶。生活垃圾统一收集后，交环卫部门处理。	本项目产生的放射性固体废物主要包括回旋加速器维修置换的靶废膜、排风系统过滤器和 <sup>18</sup> F 生产过程中产生的合成、分装、质检耗材和 <sup>99m</sup> Tc 生产过程中产生淋洗、分装、标记、质检耗材。对更换下来的靶废膜，收集后贮存于废物间内专设的铅废物桶中自

			<p>然衰变，最终送有资质单位处置；对于退役后的废 <math>^{99}\text{Mo}</math>-<math>^{99\text{m}}\text{Tc}</math> 发生器暂存于废物间内，定期由原子高科北京总公司统一回收；其它放射性固体废物分类、收集暂存废物间内所设置的铅废物桶中，暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，<math>\beta</math> 表面污染小于 <math>0.8\text{Bq}/\text{cm}^2</math> 的，可对废物清洁解控，均当做危废委托有资质单位进行处理。依托可行。本项目不新增劳动定员，不新增生活垃圾产生量，生活垃圾统一收集后，交环卫部门处理，依托可行。</p>
--	--	--	---

### 3.2.3 劳动定员及工作制度

本项目预计年运行工作日 250d，1 班/d，8h/班。本项目不新增劳动定员，劳动定员 15 人，其中，生产运行人员 14 人，管理人员 1 人。具体分工见表 3.2-3。

表 3.2-3 项目运行岗位一览表

序号	岗位	数量	工作位置	备注
1	加速器运行人员	2 人	控制室	/
2	$^{18}\text{F}$ 合成、分装	2 人	热室前区	/
3	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 淋洗、标记、分装	3 人	淋洗间	/
4	质检人员	2 人	质检室	/
5	包装人员	4 人	外包间	/
6	登记人员	1 人	/	/
7	管理人员	1 人	/	为注册核安全工程师
8	合计	15 人	/	均为现有辐射工作人员

### 3.2.4 原辅材料

本项目放射性核素  $^{18}\text{F}$  年用量为  $5.55 \times 10^{14}\text{Bq}$  ( $1.5 \times 10^4\text{Ci}$ )， $^{99}\text{Mo}$  年用量为  $1.20 \times 10^{14}\text{Bq}$  ( $3.25 \times 10^3\text{Ci}$ )， $^{99\text{m}}\text{Tc}$  年用量为  $2.31 \times 10^{14}\text{Bq}$  ( $6.25 \times 10^3\text{Ci}$ )，其余非放射性



类主要原辅物料用量详见表 3.2-4。

表 3.2-4 本项目主要原辅材料清单

场所	生产产品名称	原辅材料名称	年用量	包装规格	贮存场所	来源
回旋加速器制备及正电子药物 <sup>18</sup> F-氟脱氧葡萄糖生产区	氟 [ <sup>18</sup> F] 脱氧葡萄糖注射液	靶水 (H <sup>18</sup> O)	7500mL	50mL	加速器设备间	外购
		靶水 (H <sup>16</sup> O)	7500mL	50mL		
		灭菌注射用水	62500mL	500mL	包材存储间	
		K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /K222 溶液	1875mL	1.5mL		
		无水乙醇	6250mL	500mL		
		无水乙腈	2500mL	500mL		
		三氟甘露糖	1250mL	20mg		
		氢氧化钠	1250mL	1.2mL		
锝药物生产车间	高锝 [ <sup>99m</sup> Tc] 酸钠注射液 锝 [ <sup>99m</sup> Tc] 亚甲基二膦酸盐注射液 锝 [ <sup>99m</sup> Tc] 甲氧异腈注射液 锝 [ <sup>99m</sup> Tc] 喷替酸盐注射液	灭菌注射用水	62500mL	500mL	包材暂存间	外购
		乙醇	6250mL	500mL		
		氯化钠淋洗溶液	4200000mL	10mL		
		亚甲基二膦酸盐	6250mg	5mg		
		亚锡甲氧异腈	2500mg	1mg		
		亚锡喷替酸	2500mg	2.1mg		

### 3.3 工艺流程及设备

本项目保持现有工艺技术路线不变，工艺流程及设备均依托现有工程，详见3.1.2小节。本项目项目运行过程中回旋加速器制备及正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区得药物生产车间产物环节如下：

1) 回旋加速器制备及正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区主要生产环节包括：制药准备、 $^{18}\text{F}$ 制备， $^{18}\text{F}$ -FDG药物合成、 $^{18}\text{F}$ -FDG药物分装、药物质控、药物包装、销售运输、清场。产污环节：

(1) 回旋加速器在生产 $^{18}\text{F}$ 核素的同时伴随产生中子，成为瞬时辐射源，由于高能带电粒子直接轰击加速器有关部件导致有关原件被活化从而产生中子活化产物，中子在慢化吸收过程中产生高能射线和放射性废物。主要包括回旋加速器长期运行产生的废靶膜、室内感生放射性气体、活化的设备冷却水。回旋加速器在开机时产生的高能 $\gamma$ 射线使得空气辐解而产生少量的非放射性有害气体，主要是 $\text{O}_3$ 和 $\text{NO}_2$ 。

(2) 药物合成、分装过程中核素 $^{18}\text{F}$ 衰变发出 $\beta^+$ 射线以及因发生正电子湮灭而产生的 $\gamma$ 射线；合成、分装模块内药物的挥发可能排放含 $^{18}\text{F}$ 放射性核素的废气。以及合成、分装耗材和作业产生废口罩、手套等放射性固体废物。

(3) 药物质控过程中核素 $^{18}\text{F}$ 衰变发出 $\beta^+$ 射线以及因发生正电子湮灭而产生的 $\gamma$ 射线；操作过程中，可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成放射性表面污染，通风橱药物的逸散会排放含放射性核素的废气，同时将产生质控耗材和废口罩、手套等放射性固体废物。

2) 本项目回旋加速器设备安装两个靶，双束流轰击，束流强度为 $2 \times 75 \mu\text{A}$ 、轰击 $^{18}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$ 时长单次不超过120min，每天生产5批次， $^{18}\text{F}$ 单次制备量为 $4.44 \times 10^{11}\text{Bq}$  (12Ci)，日最大制备量为 $2.22 \times 10^{12}\text{Bq}$  (60Ci)。

$^{18}\text{F}$ -FDG药物生产工艺流程及产污环节见图3.3-1。

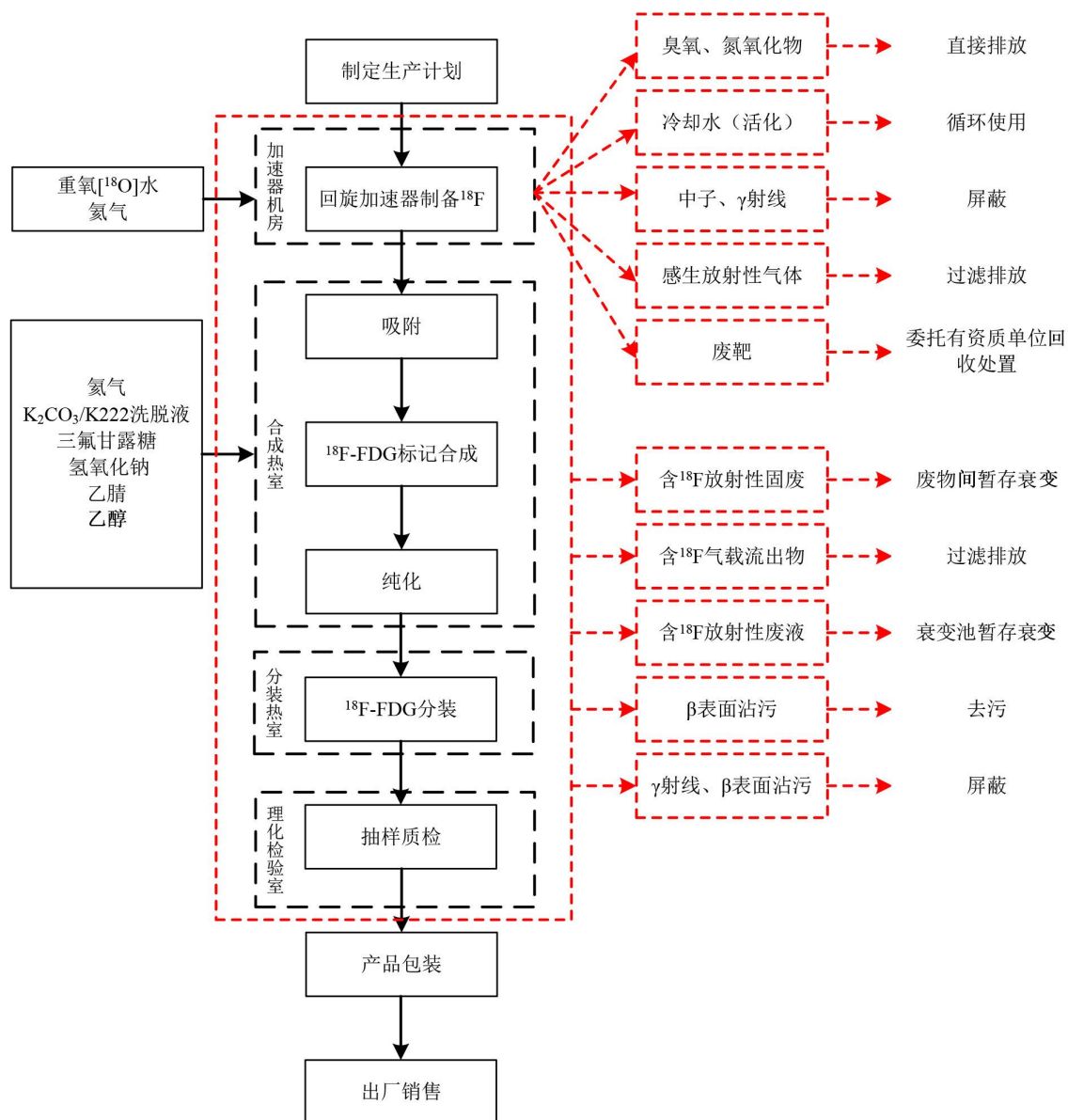


图 3.3-1  $^{18}\text{F}$ -FDG 药物生产工艺流程及产物环节

## 2) 钼药物生产车间工艺流程

$^{99\text{m}}\text{Tc}$  药物生产主要环节包括：制定生产计划、制药准备、消毒、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  淋洗、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  标记、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  分装，抽样质检、产品包装、出厂销售。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  药物生产工艺流程及产物环节见图 3.3-2。产污环节：

该场所  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器本身及洗脱出来的  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素衰变会产生  $\gamma$  射线， $^{99\text{m}}\text{Tc}$  洗脱液操作过程中可能会对工作台面等造成表面污染；同时生产过程中将产生淋洗、标记、分装、质检耗材以及废口罩、手套等放射性固体废物以及质检剩余样品废液，另外，还将产生废  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器。

本项目每周日由原子高科北京总公司通过汽运方式运至石家庄高科，收货后，

暂存于淋洗间的淋洗柜内， $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器的活度分 1Ci、2Ci、4Ci 三种，总活度为  $2.405 \times 10^{12}\text{Bq}$  (65Ci)。周一至周五每天淋洗  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  活度为  $9.25 \times 10^{11}\text{Bq}$  (25Ci)。

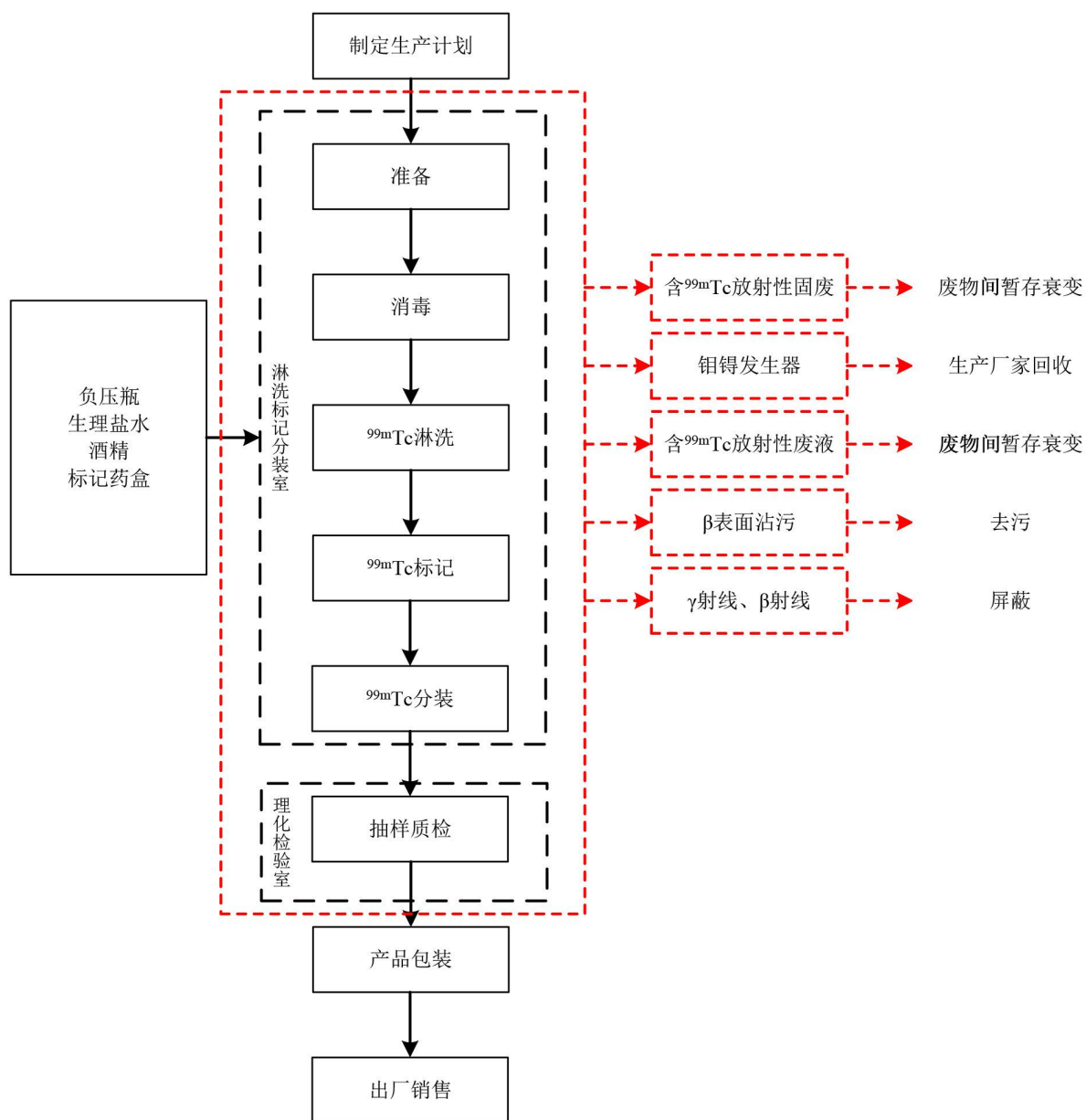


图 3.3-2  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  标记药物生产工艺流程及产物环节

### 3.4 放射性核素平衡

#### 3.4.1 回旋加速器制备及正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区放射性核素平衡分析

本项目回旋加速器单批次双靶添加  $\text{O}^{18}$  水共 6mL， $^{18}\text{F}$ -FDG 制备量为 12Ci，合成效率为 50%，最终合成  $^{18}\text{F}$ -FDG 药物活度为 6Ci；单批次质检取样量为 20mCi，用量为 5mCi。根据企业提供实验研究资料， $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产过程中，氦喷传输管道、母液

瓶、合成分装用耗材等会有放射性核素残留。氦气传输管道经水冲洗后，形成放射性废液，其活度比例约为 1%；母液瓶、合成分装用耗材残留形成固体废物，其活度比例约为 1.0%，在辐射防护设计安全计算时，安全系数均取 1.25 倍，按 1.25%取值；<sup>18</sup>F 为非挥发性核素，放射性气溶胶产生比例约为 0.001%，按 0.001%取值。

氟[<sup>18</sup>F]脱氧葡萄糖注射液生产线生产方式为 5 批/天，250 天/年；单批生产制备量为  $4.44 \times 10^{11}$ Bq (12Ci)，单日产品制备量为  $2.22 \times 10^{12}$ Bq (60Ci)，年制备量  $5.55 \times 10^{14}$ Bq ( $1.5 \times 10^4$ Ci)；单批产品活度  $2.04 \times 10^{11}$ Bq (5.51Ci)；年产品总活度为  $5.10 \times 10^{13}$ Bq ( $6.891 \times 10^4$ Ci)。本项目回旋加速器制备及正电子药物 <sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区生产过程进入放射性“三废”中的核素活度占总制备量的比例及损失量见表 3.4-1。

表 3.4-1 氟[<sup>18</sup>F]脱氧葡萄糖注射液生产线单批生产时 <sup>18</sup>F 核素放射性平衡表

序号	名称	核素去向	占比	核素活度
1	单批次制备量	单次投料量	100%	$4.44 \times 10^{11}$ Bq
2	放射性固体废物	母液瓶残留	1.25%	$5.55 \times 10^9$ Bq
		合成分装耗材残留	1.25%	$5.55 \times 10^9$ Bq
		质检用耗材残留	0.04%	$1.78 \times 10^8$ Bq
3	放射性液体废物	药物合成废液	50%	$2.22 \times 10^{11}$ Bq
		传输管道冲洗废液	1.40%	$6.22 \times 10^9$ Bq
		质检样品剩余废液	0.12%	$5.33 \times 10^8$ Bq
4	放射性气溶胶	核素挥发	0.001%	$4.44 \times 10^6$ Bq
5	产品包装量	产品出货量	45.94%	$2.04 \times 10^{11}$ Bq

### 3.4.2 锝药物生产车间物料放射性核素平衡分析

本项目每周日由原子高科北京总公司通过汽运方式运至石家庄高科，<sup>99</sup>Mo-<sup>99m</sup>Tc 发生器中 Mo 核素总活度为  $2.405 \times 10^{12}$ Bq (65Ci)。周一至周五衰变产生 <sup>99m</sup>Tc 核素的量为  $8.52 \times 10^{12}$ Bq (230Ci)，每天淋洗 <sup>99m</sup>Tc 活度为  $9.25 \times 10^{11}$ Bq (25Ci)，一周内的总淋洗量为  $4.625 \times 10^{12}$ Bq (125Ci)。核素淋洗、标记、分装过程均在密闭条件下进行，不产生放射性废气，质检过程取样量为 10mCi，质检用量为 4.4mCi，<sup>99m</sup>Tc 为非挥发性核素，质检过程中放射性气溶胶产生比例约为 0.001%，按 0.001%取值。核素淋洗、标记、分装过程中耗材残留和淋洗负压瓶残留形成固体废物，其活度比例约为 1.0%，在辐射防护设计安全计算时，安全系数均取 1.25 倍，

按 1.25%取值。

本项目锝药物生产车间生产过程进入放射性“三废”中的核素活度占总制备量的比例及损失量见表 3.4-2。

表 3.4-2 锝药物生产车间一周内  $^{99m}\text{Tc}$  放射性平衡表

序号	名称	核素去向	占比	核素活度
1	$^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$ 发生器衰变五天周	$^{99m}\text{Tc}$ 核素衰变产生量	100%	$8.52 \times 10^{12}\text{Bq}$
2	废 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$ 发生器	$^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$ 发生器中一周内 $^{99m}\text{Tc}$ 核素的残留	45.7%	$3.89 \times 10^{12}\text{Bq}$
3	放射性固体废物	淋洗、标记、分装过程中耗材残留	0.68%	$5.7 \times 10^{10}\text{Bq}$
		负压瓶残留	0.68%	$5.7 \times 10^{10}\text{Bq}$
		质检用耗材残留	$1.91 \times 10^{-3}\%$	$1.63 \times 10^8\text{Bq}$
4	放射性液体废物	质检样品剩余废液	$2.43 \times 10^{-3}\%$	$2.07 \times 10^8\text{Bq}$
5	放射性气溶胶	质检样品挥发	$4.34 \times 10^{-8}\%$	$3.70 \times 10^3\text{Bq}$
6	产品量	产品出货量	52.94%	$4.51 \times 10^{12}\text{Bq}$

### 3.5 污染源项

#### 3.5.1 施工期污染源项

本项目不涉及。

#### 3.5.2 运行期污染源项

##### 3.5.2.1 放射性污染源项

##### 1) 回旋加速器瞬发辐射

本项目回旋加速器最大加速质子能量为 18MeV，质子打靶过程中与靶物质 ( $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ) 发生核反应 (p, n) 将产生中子，同时伴随  $\gamma$  射线，中子与靶内介质继续发生核反应 (n,  $\gamma$ ) 进一步释放  $\gamma$  射线。本项目回旋加速器自屏蔽体表面 1 米处  $\gamma$  和中子剂量率剂量率水平见表 3.5-1。

表 3.5-1 自屏蔽体表面 1 米处  $\gamma$  和中子剂量率剂量率水平

项目	有关参数	
型号	Cyclone KIUBE150	
加速质子最大能量	18MeV	
最大束流	$2 \times 75 \mu\text{A}$ (双靶)	
距自屏蔽体表面 1 米处 $\gamma$ 射	东侧	42.2

线剂量率剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	西侧	47.6
	南侧	84.3
	北侧	83.2
距自屏蔽体表面 1 米处中子剂量率 ( $\mu\text{S v/h}$ )	东侧	235.2
	西侧	236
	南侧	19.0
	北侧	27.7

## 2) 回旋加速器感生放射性

根据以往研究表明，加速器运行活化核素的 1 个半衰期，饱和程度达到 50%；运行 5 个半衰期，饱和程度达到 97%；饱和程度达到 99%，只需 6.5 个半衰期；达到 99.9%，只需 10 个半衰期。半衰期越短的核素，越容易达到饱和。介质中活化核素的活度随加速器运行时间的变化规律见图 3.5-1。

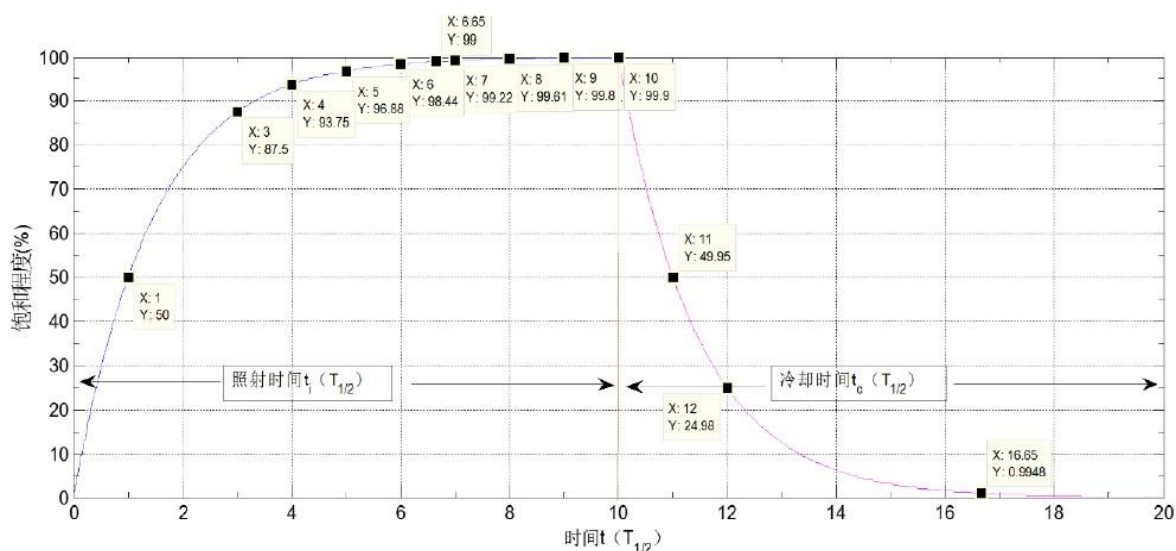


图 3.5-1 介质中活化核素的活度随加速器运行时间的变化规律

### (1) 结构部件（靶模）的感生放射性

本项目产生感生放射性的结构部件主要为靶模，靶模为密度  $8.3\text{g/cm}^3$ ，厚度  $50\mu\text{m}$ ，直径  $2.8\text{cm}$  的圆片，材质组成为  $\text{Co}42\%$ ， $\text{Cr}19.5\%$ ， $\text{Fe}19.1\%$ ， $\text{Ni}12.7\%$ ， $\text{W}2.7\%$ ， $\text{Mo}2.2\%$ ， $\text{Mn}1.6\%$ ， $\text{C}0.2\%$ 。正常生产过程中靶模约 3-6 个月更换一次，每天运行 10 小时，不考虑周末，则总运行时间约为  $900\sim 1800\text{h}$ 。本次计算利用 MC 法对加速器连续运行 1800h 后，靶模中产生的活化核素的活度浓度进行了计算。计算结果表明靶模中产生的主要放射性核素为  $^{47}\text{V}$ 、 $^{49}\text{V}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{55}\text{Fe}$ 、 $^{56}\text{Co}$ 、 $^{57}\text{Co}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{183}\text{Re}$ 、 $^{185}\text{W}$  等，更换后的靶模初始总活度浓度为  $8.25 \times 10^9\text{Bq/g}$ ，前两



年活度衰减较快，2年后衰减趋势平缓，基本保持在  $10^7\text{Bq/g}$  水平。靶模中放射性核素的总活度衰变趋势见图 3.5-2。

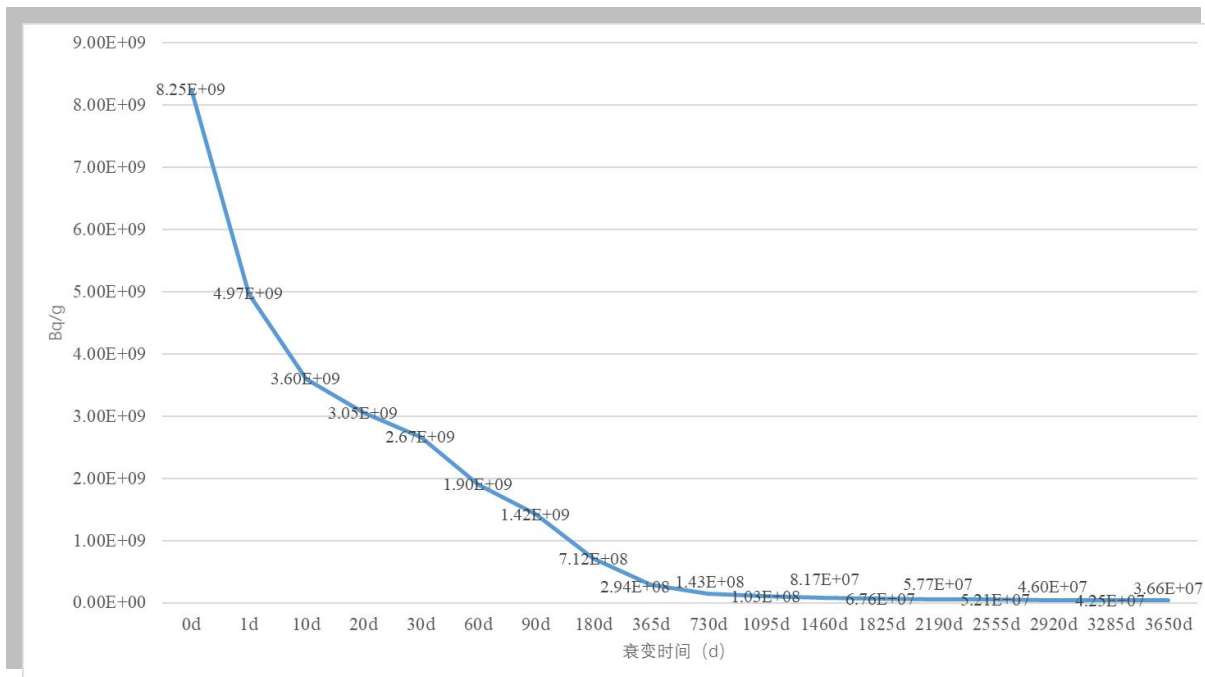


图 3.5-2 靶模中放射性核素的总活度衰变趋势

### (2) 空气和冷却水的感生放射性

回旋加速器运行期间，中子与空气中的 N、O、H 等通过热中子俘获、 $(n, 2n)$ 、 $(\gamma, n)$  反应和散裂反应等产生  $^3\text{H}$ 、 $^7\text{Be}$ 、 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$  和  $^{41}\text{Ar}$  等放射性核素。根据 NCRP.144 号报告 (P339)，对于长半衰期核素  $^3\text{H}$  和  $^7\text{Be}$ ，其产生率较低，可不必考虑。空气感生放射性计算中主要考虑  $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$  和  $^{41}\text{Ar}$ ，半衰期分别为 20.9min、9.96min、2min、1.83h。中子与冷却水中的  $^{16}\text{O}$  发生散裂反应，主要产生  $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 。

### 3) 放射性同位素外照射

(1) 在进行  $^{18}\text{F}$  药物合成、分装、质检过程中，核素  $^{18}\text{F}$  衰变发出  $\beta^+$  射线以及发生正电子湮灭产生的  $\gamma$  射线， $\beta^+$  的最大能量为 1.190MeV， $\beta^+$  在空气中存在时间极短，极易与空气的电子结合（湮灭）而转化为两个能量为 0.511MeV 的  $\gamma$  光子。

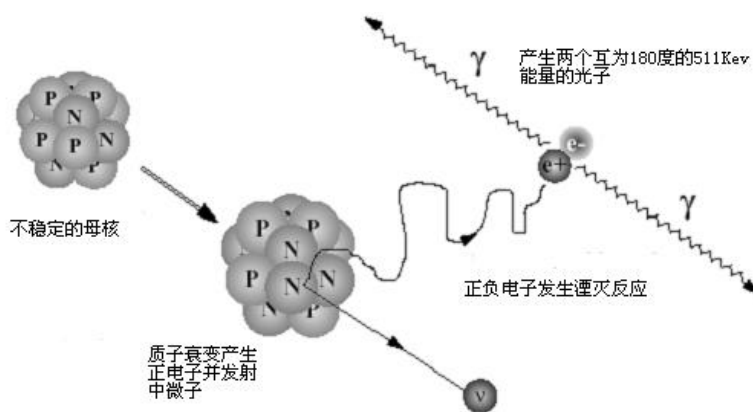


图 3.5-3  $^{18}\text{F}$  的衰变示意图

(2) 在进行  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器淋洗过程中， $^{99}\text{Mo}$  核素衰变产生 $\beta$ 射线，同时伴随发射 $\gamma$ 射线；在进行淋洗、分装、标记、质检过程中  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素同质异能跃迁衰变方式，发射能量为 0.140MeV 的 $\gamma$ 射线。

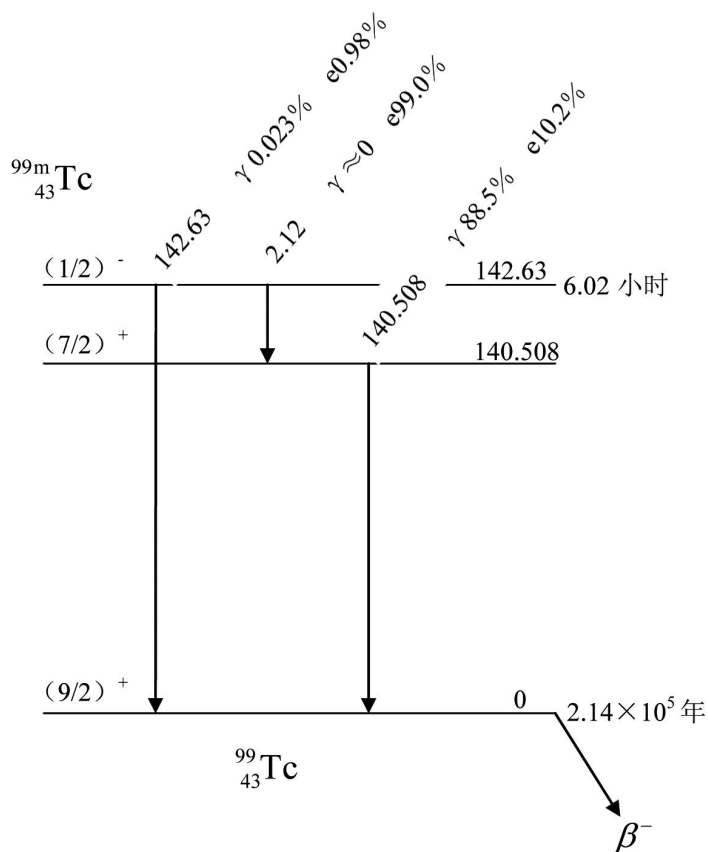


图 3.5-4  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的衰变纲图

#### 4) 表面污染

在对含有  $^{18}\text{F}$ -FDG 药物质检和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  药物淋洗、标记、分装、质检操作过程中，可能会造成工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等 $\beta$ 放射性表面污染。

### 5) 气溶胶

在对含有  $^{18}\text{F}$ -FDG 药物进行合成、分装、质检和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  药物质检过程中，会产生少量含有放射性核素的废气。 $^{18}\text{F}$ -FDG 药物单批次合成、分装、质检过程中挥发量为  $4.44 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年排放量为  $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ 。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  标记药物质检过程中  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素每周排放量为  $3.70 \times 10^3 \text{Bq}$ ，年排放量为  $1.86 \times 10^5 \text{Bq}$ 。

#### 3.5.2.2 非放射性污染源项

在回旋加速器大厅内，空气中的氧气、二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ ) 和氮气 ( $\text{N}_2$ ) 均可吸收  $\gamma$  射线的辐射能量，发生辐射分解，形成氧原子 ( $\text{O}$ ) 和一氧化氮 ( $\text{NO}$ )。其中产生的氧原子 ( $\text{O}$ ) 与空气中的氧气 ( $\text{O}_2$ ) 结合生成臭氧 ( $\text{O}_3$ )；产生的一氧化氮 ( $\text{NO}$ ) 通过与氧气 ( $\text{O}_2$ ) 或臭氧 ( $\text{O}_3$ ) 反应生成二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ )，二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ ) 与空气中的水分子反应生成硝酸 ( $\text{HNO}_3$ )。其中，产生的臭氧对人体健康有害，产生的硝酸可腐蚀设备。参照 NCRP-144 号报告，场所内  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_2$  的饱和浓度满足下面的平衡方程：

$$\frac{dN}{dt} = gI - \alpha N - \kappa IN - \frac{QN}{V} \quad (3-1)$$

式中，各物理量含义如下：

$dN/dt$ —单位体积单位时间臭氧形成（或分解）的速率 ( $\text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ )；

$N$ —运行时间  $t$  后单位体积的臭氧数目；

$I$ —空气中单位体积单位时间的光子能量沉积 ( $\text{eV} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ )；

$g$ —空气中单位光子能量沉积形成的气体分子数目 ( $\text{eV}^{-1}$ )；

$\alpha$ —气体分子的化学分解速率 ( $\text{s}^{-1}$ )；

$\kappa$ —单位光子能量沉积的气体分子的辐照离解速率 ( $\text{eV}^{-1} \cdot \text{m}^3$ )；

$Q$ —通风速率 ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )；

$V$ —被辐照空气的体积 ( $\text{m}^3$ )。

该方程的解为下式：

$$N(t) = \frac{gI}{\alpha + \kappa I + \frac{Q}{V}} \left[ 1 - e^{-\left(\alpha + \kappa I + \frac{Q}{V}\right)t} \right] \quad (3-2)$$

保守考虑，在长时间照射条件下，即上式  $t \rightarrow \infty$ ，得到臭氧的饱和浓度为：

$$N_{sat} = \frac{gI}{\alpha + \kappa I + \frac{Q}{V}} \quad (3-3)$$

$$C = N \frac{M}{N_A} \quad (3-4)$$

计算中，各物理量参照 NCRP-144 号报告（358-359 页），取值如下：

(1)  $g$  值， $O_3$  取  $0.103eV^{-1}$ ， $NO_2$  取值小于  $0.048eV^{-1}$ 。

(2)  $\alpha$  和  $\kappa$  分别取值  $2.3 \times 10^{-4} s^{-1}$  和  $1.4 \times 10^{-16} eV^{-1} \cdot m^3$ ；

(3) 通风频率  $Q/V$  取值为 4 次/h；

(4)  $I$  由 FLUKA 程序直接模拟得到，保守计算自屏蔽体内空气中的光子能量沉积为  $9.36 \times 10^{12} eV \cdot m^{-3} \cdot s^{-1}$ 。

(5)  $M$  为气体的摩尔质量，g/mol；

(6)  $N_A$  为阿伏伽德罗常数， $6.022 \times 10^{23}/mol$ ；

本项目回旋加速器大厅在通风 4h/次的通风频率下， $O_3$  和  $NO_2$  的饱和浓度和排放速率见表。

表 3.5-2  $O_3$  和  $NO_2$  的饱和浓度和排放速率

空气体积	饱和浓度 $mg/m^3$	排放速率 $mg/h$
$O_3$	$1.92 \times 10^{-8}$	$1.41 \times 10^{-5}$
$NO_2$	$8.56 \times 10^{-9}$	$6.26 \times 10^{-6}$

### 3.6 废弃物

#### 3.6.1 施工期废弃物

本项目不涉及。

#### 3.6.2 运行期废弃物

##### 3.6.2.1 废气

1) 加速器运行过程中产生的废气

本项目加速器大厅空气中产生的感生放射性核素主要为  $^{11}C$ 、 $^{13}N$ 、 $^{15}O$ 、 $^{41}Ar$  等，这些核素均为  $\beta$ 、 $\gamma$  衰变体，其中  $^{11}C$ 、 $^{13}N$ 、 $^{15}O$  半衰期很短，分别为 20.9min、

9.96min、2min，在很短时间内即可发生衰变，故可以不予考虑。主要考虑  $^{41}\text{Ar}$  的影响，由于空气中可以生成  $^{41}\text{Ar}$  的  $^{40}\text{Ar}$  含量仅为 1.3%，加上产生  $^{40}\text{Ar}$  的活化反应截面仅为 0.61b，很小，所以  $^{41}\text{Ar}$  的生成率极低，可以不予考虑。

#### 2) 含放射性核素 $^{18}\text{F}$ 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的废气

本项目运行过程中  $^{18}\text{F}$ -FDG 药物合成、分装、质检过程中由于  $^{18}\text{F}$  核素挥发会产生含有放射性核素的放射性废气，根据物料平衡分析可知，单批次  $^{18}\text{F}$  核素挥发量为  $4.44 \times 10^6 \text{Bq}$ ，5 批次/天，250 天/年，则年排放量为  $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ 。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  标记药物质检过程中  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素挥发会产生含有放射性核素的放射性废气，每周  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素的排放量为  $3.70 \times 10^3 \text{Bq}$ ，50 周/a，则年排放量为  $1.86 \times 10^5 \text{Bq}$ 。

### 3.6.2.2 废水

#### 1) 放射性废水

本项目正常运行阶段产生的放射性废水主要为：① $^{18}\text{F}$ -FDG 药物制备过程中氦气传输管道的冲洗水以及合成过程中产生的合成废液和质检过程中产生的剩余样品废液；② $^{99\text{m}}\text{Tc}$  标记药物质检过程中产生的剩余样品废液。氦气传输管道的冲洗水产生量为 6mL/批次，根据物料平衡分析可知活度为单批次冲洗水的总活度为  $6.22 \times 10^9 \text{Bq}$ ，活度浓度为  $1.04 \times 10^{12} \text{Bq/L}$ 。合成废液活度为  $2.22 \times 10^{11} \text{Bq}$ ； $^{18}\text{F}$ -FDG 药物质检剩余废液活度为  $5.33 \times 10^8 \text{Bq}$ ； $^{99\text{m}}\text{Tc}$  标记药物质检剩余废液活度为  $2.07 \times 10^8 \text{Bq}$ 。

#### 2) 非放射性废水污染源项

本项目不新增工作人员，不新增生活污水。

### 3.6.2.3 噪声

本项目不新增噪声源设备，不新增噪声污染源。

### 3.6.2.4 固体废物

#### 1) 放射性固体废物污染源项

本项目产生的放射性固体废物主要包括①回旋加速器维修置换的废靶膜（回旋加速器设有 2 个靶膜）和  $^{18}\text{F}$  生产过程中产生的母液瓶、集束管、反应管、QMA 柱、水解用 C-18 柱、复合柱、单向阀、三通阀、滤膜、气泡点测试包等合成、分装耗材和质检耗材；② $^{99\text{m}}\text{Tc}$  生产过程中产生的负压瓶、吸水纸、药棉、标记液制剂瓶、注射器等淋洗、分装、标记耗材和质检耗材；③废  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器；④排风系统

过滤器。

按照 3 个月更换一次废靶膜，其产生量为 8 个/a； $^{18}\text{F}$  和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  药物生产用耗材产生量 1000kg/a；废  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器 900 个/a；排风系统过滤器 100kg/a。

(2) 非放射性固体废物污染源项

本项目不新增工作人员，不新增生活垃圾。

## 4 辐射安全与防护

### 4.1 放射性工作场所布局与屏蔽

#### 4.1.1 放射性工作场所布局

本项目放射性工作场所包括回旋加速器制备及正电子药物<sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区和锝药物生产车间。

回旋加速器制备及正电子药物<sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区位于生产厂房一层，主要由回旋加速器大厅及其控制室、热室（前区和后区）、质控室、外包间、准备间、卫生通道及辅助房间构成。工作场所配置回旋加速器1台，属于II类射线装置，主要用于制备PET用放射性药物（<sup>18</sup>F-FDG），并进行分装销售。

锝药物生产车间位于生产厂房二层，主要由淋洗间、标记分装间、质控室、外包间、洁具间、卫生通道及辅助房间构成。工作场所主要通过<sup>99</sup>Mo-<sup>99m</sup>Tc发生器淋洗制备锝即时标记药物，并进行分装销售。

生产厂房一层平面布置图详见附图四，二层平面布置图详见附图五。

#### 4.1.2 放射性工作场所分区

为便于辐射防护职业照射控制，石家庄高科将放射性工作场所分为控制区、监督区。具体分区情况如下：

1) 回旋加速器制备及正电子药物<sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区

控制II区：合成热室、分装热室、分装侧室、加速器大厅；

控制I区：生产前区、后区、洁净走廊、准备间、气锁间、检测间、去污间；

监督区：质控室、外包间、控制室、换鞋一更、二更。

2) 锝药物生产车间

控制区：淋洗间、标记分装间、洁净走廊、洁具间、气锁间、检测间、去污间；

监督区：质控室、外包间、换鞋一更、二更。

3) 生产厂房三层

控制区：过滤机房

生产厂房一层放射性工作场所分区图见附图六，二层放射性工作场所分区图见附图七，三层放射性工作场所分区图见附图八。

### 4.1.3 人流物流

本项目回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区和锝药物生产车间运行过程中人流物流均未发生变动，具体详见详见 3.1.3.2 小节。回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区人物流路线图见附图 9；锝药物生产车间人物流路线图见附图 10。

### 4.1.4 屏蔽措施

本项目回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区和锝药物生产车间操作放射性核素均在箱体内进行，箱体的屏蔽材料及屏蔽厚度情况详见 3.1.3.3 小节。

## 4.2 辐射安全与防护措施

本项目回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区和锝药物生产车间辐射安全与防护措施均依托现有设施，具体详见 3.1.3.4 小节。

## 4.3 三废治理措施

本项目运行过程中放射性和非放射性废气、废水、固体废物处理措施均依托现有工程，具体依托情况详见见 3.2.2 小节中表 3.2-2 中的环保工程。

## 4.4 服务期满后的环境保护措施

本项目扩建生产厂房的设计使用寿命为 30a。为保证生产厂房服务期满后退役彻底落实，石家庄高科将在项目运行初期阶段另拨专项资金于特定设立账户，专项用于放射性作业生产厂房突发异常情况的处理及退役。当项目建成正式投产后，将根据运行效益再增加用于退役的专项资金。

石家庄高科成立了辐射安全管理机构，负责项目退役前、退役过程中以及退役后的辐射安全管理工作。退役前，石家庄高科将按照相关法律法规要求编制项目退役环境影响评价文件，送有关部门审批；退役过程中，按照相应程序和要求办理退役手续，经审管部门批准后实施退役。

工作场所内的设备与用品，经去污后，其表面 $\beta$ 污染水平低于《放射性污染的物料解控和场址开放的基本要求》（GBZ167-2005）附录 A 中规定的中规定的  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，并经有资质的机构测量并经审管部门许可后，可作为普通物件继续使用。对于无法达到污染控制水平的污染物送至河北省城市放射性废物库暂存；退役过程中产生的擦拭、铲除等固体废物，经有资质的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；退役过程产生的放射性废污水排入衰变池，经检测合格后方可排放。

## 5 环境影响分析

### 5.1 建设阶段对环境的影响

本项目不涉及。

### 5.2 运行阶段对环境的影响

#### 5.2.1 职业工作人员受照剂量分析

本项目放射性核素氟-18、锝-99m 均在密闭的热室、通风橱或负压瓶内操作，正常情况下工作人员操作位置不会受到内照射影响。氟-18 在衰变过程中产生正电子并瞬间发生湮灭反应，因此仅产生γ射线，可以不考虑β射线及其韧致辐射的影响；锝-99m 衰变产生的β粒子能量最大仅为 2keV，电子能量较小，对物体穿透能力很弱，也可以不考虑其β射线及其韧致辐射的影响。本项目主要对项目运行过程中职业工作人员外照射剂量进行分析。

##### 5.2.1.1 剂量率估算模式

###### 1) 剂量率估算模式

本项目操作的放射性核素为 <sup>18</sup>F、<sup>99m</sup>Tc，主要考虑γ射线对工作人员的外照射影响，γ剂量率计算公式：

$$H_{\gamma} = \frac{3600 \cdot A \cdot \Gamma_k}{K_1 \cdot K_2 \cdot r^2} \dots\dots\dots (5-1)$$

式中：H<sub>γ</sub>—屏蔽体外空气比释动能率，Gy/h；

A—源活度，Bq；

Γ<sub>k</sub>—空气比释动能率常数，Gy·m<sup>2</sup>·Bq<sup>-1</sup>·s<sup>-1</sup>；

K<sub>1</sub>—第一层屏蔽材料的减弱倍数，可根据《辐射防护导论》表附表 10、11、附图 12 及《γ射线屏蔽参数手册》减弱因子图查得；

K<sub>2</sub>—如果有第二层屏蔽材料，其减弱倍数 K<sub>2</sub> 的查找方式同 K<sub>1</sub>；

r—放射源到计算点距离，m。

###### 2) 年有效剂量计算

根据《辐射防护基础》（李星洪等编）中剂量当量的计算公式，整理后得出年有效剂量估算公式如下：

$$H = 1000 \times D \times Q \times N \times t \times q \dots\dots\dots (5-2)$$

式中：

H—年有效剂量，mSv/a；

1000—单位转换系数，1000mSv/Sv；

D—计算点的 $\gamma$ 吸收剂量率，Gy/h；

Q—品质因素，对于 $\gamma$ 射线，Q取1；

N—所有其他修正因素的乘积，ICRP26号出版物指定N=1；

t—年受照时间，h/a；

q—居留因子。

### 5.2.1.2 剂量率水平及工作人员外照射剂量分析

#### 1) 回旋加速器制备及正电子药物<sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区

##### (1) 回旋加速器大厅四周墙外剂量率分析

本项目回旋加速器加速质子能量、束流大小、制备工艺、单次打靶量、自屏蔽材料及厚度、回旋加速器防护墙体材料及厚度等均保持不变，因此，回旋加速器运行过程中，回旋加速器大厅四周墙外剂量率水平不发生改变。回旋加速器大厅四周墙外、屋顶及迷道口剂量率水平引自《石家庄同位素医药中心建设项目环境影响报告表》相应数据，具体见表5.2-1。

表 5.2-1 回旋加速器大厅四周墙外、屋顶及迷道口剂量率水平

位置 (m)		东墙外 30cm	南墙外 30cm	西墙外 30cm	北墙外 30cm	顶部外 30cm	迷道口门 外 30cm
本项目 ( $\mu$ Sv/h)	中子	1.01	0.56	1.01	0.56	0.08	0.80
	$\gamma$ 射线	0.97	0.47	0.97	0.05	0.24	1.34
	合计	1.98	1.03	1.98	0.61	0.32	2.15

由表 5.1-1 可知，本项目加速器大厅南墙外剂量率为 1.03 $\mu$ Sv/h，加速器运行过程中，工作人员位于加速器大厅南侧的控制室内，按照 10h/d，250d/a 计算，可知加速器控制人员年受照剂量为 2.58mSv/a，本项目加速器操作人员配有 2 人，均摊剂量后，工作人员受照剂量为 1.29mSv/a。

##### (2) <sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区工作位置剂量率水平及工作人员外照射剂量分析

本项目<sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区现有项目单批次最大操作量保持不变， $\gamma$ 外照所致工作人员受照剂量预测所需参数及工作人员所在位置的 $\gamma$ 辐射剂量率未发生变化，

外照射所致年有效剂量预测结果见表 5.2-2。

表 5.2-2  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区工作位置剂量率水平及工作人员外照射剂量分析

箱体名称	分装热室	合成热室	通风橱(质检)	外包间
操作核素名称	$^{18}\text{F}$	$^{18}\text{F}$	$^{18}\text{F}$	$^{18}\text{F}$
$\gamma$ 射线最大能量 (MeV)	0.511	0.511	0.511	0.511
单批生产所用活度 (Bq)	$4.44 \times 10^{11}$	$4.44 \times 10^{11}$	$7.4 \times 10^8$	$2.22 \times 10^{10}$
空气比释动能率常数 ( $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$3.73 \times 10^{-17}$	$3.73 \times 10^{-17}$	$3.73 \times 10^{-17}$	$3.73 \times 10^{-17}$
操作距离 r (m)	1	1	0.5	1
屏蔽体材料及厚度 (mm)	75 (铅当量)	75 (铅当量)	80 (铅当量)	40 (铅当量) / 30 (钨合金)
减弱倍数 K	$3.30 \times 10^4$	$3.30 \times 10^4$	$6.60 \times 10^4$	$2.57 \times 10^2 /$ $1.18 \times 10^3$
空气比释动能率 (Gy/h)	$1.81 \times 10^{-6}$	$1.81 \times 10^{-6}$	$6.03 \times 10^{-9}$	$1.16 \times 10^{-5} /$ $2.52 \times 10^{-6}$
生产方式	5 批次/d	5 批次/d	5 批次/d	45 次/d
单批生产所用时间 (h)	0.2	0.2	0.4	0.1
年生产时间 (h)	250	250	500	125
剂量转换因子	1	1	1	1
年有效剂量 (mSv/a)	$4.52 \times 10^{-1}$	$4.52 \times 10^{-1}$	$7.74 \times 10^{-1}$	$3.63 \times 10^{-1}$
人员操作模式	1 人操作	1 人操作	1 人操作	2 人操作
剂量率 (Gy/h) 外照射所致剂量 (mSv/a)	$4.52 \times 10^{-1}$	$4.52 \times 10^{-1}$	$3.01 \times 10^{-3}$	$1.82 \times 10^{-1}$

注：单批次产品可生产  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖， $2.04 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，每个医院单日的最大订货量为 300mCi；则产品出货量考虑为  $2.22 \times 10^{10}\text{Bq}$  (600mCi)。

由表 5.2-2 可知，本项目  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区工作人员年受照剂量最大为  $4.52 \times 10^{-1}\text{mSv/a}$ ，满足本项目 5mSv/a 的计量约束值要求。

## 2) 锝药物生产车间

锝药物生产车间 $\gamma$ 外照所致工作人员受照剂量预测所需参数及工作人员所在位置的 $\gamma$ 辐射剂量率及外照射所致年有效剂量预测结果见表 5.2-3。

表 5.2-3 锝药物生产车间工作位置剂量率水平及工作人员外照射剂量分析

箱体名称	淋洗	标记、分装	质检	外包间
操作核素名称	$^{99m}\text{Tc}$	$^{99m}\text{Tc}$	$^{99m}\text{Tc}$	$^{99m}\text{Tc}$
$\gamma$ 射线最大能量 (MeV)	0.140	0.140	0.140	0.140
单批生产所用活度 (Bq)	$9.25 \times 10^{11}$	$9.25 \times 10^{11}$	$3.70 \times 10^8$	$9.25 \times 10^{11}$
空气比释动能率常数 ( $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$5.02 \times 10^{-18}$	$5.02 \times 10^{-18}$	$5.02 \times 10^{-18}$	$5.02 \times 10^{-18}$
操作距离 r (m)	1	0.5	0.5	0.5
屏蔽体材料及厚度 (cm)	6 (钨合金)	6 (铅当量)	15 (铅当量)	6 (铅当量)
减弱倍数 K	$1.03 \times 10^3$	$6.42 \times 10^1$	$3.30 \times 10^4$	$6.42 \times 10^1$
空气比释动能率 ( $\text{Gy/h}$ )	$4.52 \times 10^{-9}$	$2.90 \times 10^{-7}$	$2.25 \times 10^{-13}$	$2.90 \times 10^{-7}$
生产方式	1 批次/d	1 批次/d	1 批次/d	1 批次/d
单批生产所用时间 (h)	0.2	2.5	0.5	0.3
年生产时间 (h)	50	625	125	75
剂量转换因子	1	1	1	1
年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	$2.26 \times 10^{-4}$	$1.81 \times 10^{-1}$	$2.82 \times 10^{-8}$	$2.17 \times 10^{-2}$
人员操作模式	1 人操作	1 人操作	1 人操作	2 人操作
合计 ( $\text{mSv/a}$ )	$2.26 \times 10^{-4}$	$1.81 \times 10^{-1}$	$2.82 \times 10^{-8}$	$1.09 \times 10^{-2}$

由表 5.2-3 可知，锝药物生产车间职业工作人员操作位置年受照剂量最大为  $1.81 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，满足本项目  $5 \text{mSv/a}$  的计量约束值要求。

## 5.2.2 公众受照剂量分析

### 5.2.2.1 公众所受外照射分析

本项目回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区核素生产过程中，回旋加速器打靶阶段，墙外剂量率最大为  $1.98 \mu\text{Sv/h}$ ；合成、分装、质检及包装阶段屏蔽体外最大剂量率为  $11.6 \mu\text{Sv/h}$ （外包间），在不考虑场所内墙体屏蔽的作用下，其造成工作场所四周墙体外的剂量率最大值为  $1.72 \mu\text{Sv/h}$ ；锝药物生产车间各工艺阶段屏蔽体外最大值为  $2.9 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ 。保守考虑，取回旋加速器制备及正电子药物  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区四周墙外剂量率最大值和锝药物生产车间四周墙外剂量率最大值的叠加之和，即  $1.98 \mu\text{Sv/h} + 2.9 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h} = 2.27 \mu\text{Sv/h}$  作为本项目工作场所外剂量率最大值。计算公众剂量时，保守考虑，将本项目视为点源，距离 1m 处的剂量率为

2.27 $\mu$ Sv/h。根据距离衰减计算所得本项目周围公众所得剂量，详见表 5.2-4。

表 5.2-4 外照射所致公众剂量

序号	保护目标	相对厂址方位	相对厂界最近距离 (m)	剂量率水平 ( $\mu$ Sv/h)	受照时间 (h/a)	受照剂量 (mSv)
1	河北安迪科正电子技术有限公司	N	14	$1.16 \times 10^{-2}$	2500	$2.90 \times 10^{-2}$
2	河北欧辉远电器有限公司	NE	26	$3.36 \times 10^{-3}$	2500	$8.39 \times 10^{-3}$
3	河北盛多威泵业制造有限公司	NE	46	$1.07 \times 10^{-3}$	2500	$2.68 \times 10^{-3}$
4	河北正生电器科技有限公司	NEE	105	$2.06 \times 10^{-4}$	2500	$5.15 \times 10^{-4}$
5	物业中心	NEE	133	$1.28 \times 10^{-4}$	2500	$3.21 \times 10^{-4}$
6	远洋水泵 35 号楼	NE	185	$6.63 \times 10^{-5}$	2500	$1.66 \times 10^{-4}$
7	远洋水泵 35 号楼东 (在建楼)	NEE	238	$4.01 \times 10^{-5}$	2500	$1.00 \times 10^{-4}$
8	旋盈检测	E	12	$1.58 \times 10^{-2}$	2500	$3.94 \times 10^{-2}$
9	冀军家园	E	83	$3.30 \times 10^{-4}$	2500	$8.24 \times 10^{-4}$
10	军鼎科技园 29 号楼	E	153	$9.70 \times 10^{-5}$	2500	$2.42 \times 10^{-4}$
11	军鼎科技园 30 号楼	E	213	$5.00 \times 10^{-5}$	2500	$1.25 \times 10^{-4}$
12	军鼎科技园 31 号楼	E	270	$3.11 \times 10^{-5}$	2500	$7.78 \times 10^{-5}$
13	军鼎科技园 26 号楼	E	153	$9.70 \times 10^{-5}$	2500	$2.42 \times 10^{-4}$
14	军鼎科技园 27 号楼	E	213	$5.00 \times 10^{-5}$	2500	$1.25 \times 10^{-4}$
15	军鼎科技园 28 号楼	E	270	$3.11 \times 10^{-5}$	2500	$7.78 \times 10^{-5}$
16	河北兴烨灭菌科技有限公司	S	24	$3.94 \times 10^{-3}$	2500	$9.85 \times 10^{-3}$
17	河北云织兰纺科技有限公司	SE	25	$3.63 \times 10^{-3}$	2500	$9.08 \times 10^{-3}$
18	河北奇善元生物科技有限公司	SEE	85	$3.14 \times 10^{-4}$	2500	$7.85 \times 10^{-4}$
19	军鼎科技园 23 号楼	SEE	156	$9.33 \times 10^{-5}$	2500	$2.33 \times 10^{-4}$
20	普勒莱孚生物科技有限公司	SEE	216	$4.87 \times 10^{-5}$	2500	$1.22 \times 10^{-4}$
21	军鼎科技园 25 号楼	SEE	272	$3.07 \times 10^{-5}$	2500	$7.67 \times 10^{-5}$
22	门卫值班室	WS	90	$2.80 \times 10^{-4}$	2500	$7.01 \times 10^{-4}$
23	机动生物科技	S	69	$4.77 \times 10^{-4}$	2500	$1.19 \times 10^{-3}$
24	河北干细胞智慧医疗科技集团有限公司	SSE	70	$4.63 \times 10^{-4}$	2500	$1.16 \times 10^{-3}$
25	河北军鼎产业园运营有限公司	SE	106	$2.02 \times 10^{-4}$	2500	$5.05 \times 10^{-4}$
26	河北众帮天成医疗器械科技有限公司	SE	169	$7.95 \times 10^{-5}$	2500	$1.99 \times 10^{-4}$

27	石家庄国利电力安装有限公司	SEE	226	$4.44 \times 10^{-5}$	2500	$1.11 \times 10^{-4}$
28	军鼎科技园 22 号楼	SEE	280	$2.90 \times 10^{-5}$	2500	$7.24 \times 10^{-5}$
29	石家庄世联达科技有限公司	SSE	129	$1.36 \times 10^{-4}$	2500	$3.41 \times 10^{-4}$
30	军鼎科技园 3 号楼	SE	179	$7.08 \times 10^{-5}$	2500	$1.77 \times 10^{-4}$
31	军鼎科技园 17 号楼	SE	244	$3.81 \times 10^{-5}$	2500	$9.53 \times 10^{-5}$
32	威赛特科技	SEE	293	$2.64 \times 10^{-5}$	2500	$6.61 \times 10^{-5}$
33	军鼎科技园 1 号楼	SSE	176	$7.33 \times 10^{-5}$	2500	$1.83 \times 10^{-4}$
34	乐速供应	SEE	476	$1.00 \times 10^{-5}$	2500	$2.50 \times 10^{-5}$
35	雷达站	SE	323	$2.18 \times 10^{-5}$	2500	$5.44 \times 10^{-5}$
36	中科建检测	SE	404	$1.39 \times 10^{-5}$	2500	$3.48 \times 10^{-5}$
37	军鼎科技园 68 号楼	SE	437	$1.19 \times 10^{-5}$	2500	$2.97 \times 10^{-5}$
38	君鼎科技园 64 号楼	SE	425	$1.26 \times 10^{-5}$	2500	$3.14 \times 10^{-5}$
39	君鼎科技园 63 号楼	SE	446	$1.14 \times 10^{-5}$	2500	$2.85 \times 10^{-5}$
40	君鼎科技园 65 号楼	SE	408	$1.36 \times 10^{-5}$	2500	$3.41 \times 10^{-5}$
41	君鼎科技园 61 号楼	SE	448	$1.13 \times 10^{-5}$	2500	$2.83 \times 10^{-5}$
42	索蓝科技	SE	478	$9.94 \times 10^{-6}$	2500	$2.48 \times 10^{-5}$
43	在建楼群	SE	466	$1.05 \times 10^{-5}$	2500	$2.61 \times 10^{-5}$
44	军鼎科技园招商中心	SSE	110	$1.88 \times 10^{-4}$	2500	$4.69 \times 10^{-4}$
45	韩家园村	W	465	$1.05 \times 10^{-5}$	2500	$2.62 \times 10^{-5}$
46	河北天森物流	NNW	443	$1.16 \times 10^{-5}$	2500	$2.89 \times 10^{-5}$
47	养殖户 1	W	210	$5.15 \times 10^{-5}$	2500	$1.29 \times 10^{-4}$
48	养殖户 2	W	225	$4.48 \times 10^{-5}$	2500	$1.12 \times 10^{-4}$
49	养殖户 3	W	278	$2.94 \times 10^{-5}$	2500	$7.34 \times 10^{-5}$
50	养殖户 4	W	258	$3.41 \times 10^{-5}$	2500	$8.53 \times 10^{-5}$
51	养殖户 5	WS	446	$1.14 \times 10^{-5}$	2500	$2.85 \times 10^{-5}$
52	鹿泉区铜冶垃圾压缩转运站	W	130	$1.34 \times 10^{-4}$	2500	$3.36 \times 10^{-4}$
53	养殖场 1	NNE	466	$1.05 \times 10^{-5}$	2500	$2.61 \times 10^{-5}$
54	养殖场 2	NNE	478	$9.94 \times 10^{-6}$	2500	$2.48 \times 10^{-5}$
55	养殖场 3	NNE	382	$1.56 \times 10^{-5}$	2500	$3.89 \times 10^{-5}$
56	河北架空地板有限公司	NE	414	$1.32 \times 10^{-5}$	2500	$3.31 \times 10^{-5}$

57	建筑器材库房	NE	467	$1.04 \times 10^{-5}$	2500	$2.60 \times 10^{-5}$
58	转运厂	NE	395	$1.45 \times 10^{-5}$	2500	$3.64 \times 10^{-5}$
59	河北荣辰科技有限公司	NE	244	$3.81 \times 10^{-5}$	2500	$9.53 \times 10^{-5}$
60	机修厂	NE	337	$2.00 \times 10^{-5}$	2500	$5.00 \times 10^{-5}$
61	河北康德物流	N	56	$7.24 \times 10^{-4}$	2500	$1.81 \times 10^{-3}$
62	富鑫机械设备有限公司	E	318	$2.24 \times 10^{-5}$	2500	$5.61 \times 10^{-5}$
63	颖豪电器	E	313	$2.32 \times 10^{-5}$	2500	$5.79 \times 10^{-5}$
64	耀阳食品	E	310	$2.36 \times 10^{-5}$	2500	$5.91 \times 10^{-5}$
65	善业食品	E	310	$2.36 \times 10^{-5}$	2500	$5.91 \times 10^{-5}$
66	金普迪塑业	E	310	$2.36 \times 10^{-5}$	2500	$5.91 \times 10^{-5}$

### 5.2.2.2 大气扩散公众所受剂量分析

#### 1) 气态流出物中放射性核素地面浓度计算

本评价采用《核设施正常工况气载放射性排出物后果评价推荐模式》计算气态流出物中各种核素的地面浓度，该模型适用于小型核设施或核技术应用项目的简单稀释模式。

$$\sigma_z = 0.06x / \sqrt{1 + 0.0015x} \dots\dots\dots (5-3)$$

当气态流出物释放高度  $H < 2.5H_B$  (周围最高建筑物) 且  $x > 25m$  污染物在建筑物尾迹区扩散。

$$\Sigma_z = (\sigma_z^2 + \frac{A_B}{\pi})^{0.5} \dots\dots\dots (5-4)$$

$$B = \frac{16}{\sqrt{2\pi^3}} \times \frac{1}{x \Sigma_z} \dots\dots\dots (5-5)$$

$$C_A = \frac{P_p B Q_i}{u_a} \dots\dots\dots (5-6)$$

当气态流出物释放高度  $H < 2.5H_B$  且  $x < 25m$  污染物在建筑物空腔区扩散。

$$C_A = \frac{B_0 Q_i}{u_a x^2} \dots\dots\dots (5-7)$$

式中：

$C_A$ —下风向距离  $x$  处地面浓度， $Bq/m^3$ ；



$P_p$ —关注点风向的时间分数,无量纲,通常若项目所在地主导风向的风频<25%,可直接保守取值 0.25;

$Q_i$ —某种核素排放量, Bq/s;  $^{18}\text{F}$  核素排放量为 3.08Bq/s;  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素排放量为  $2.06 \times 10^{-3}$  Bq/s。

$A_b$ —临近建筑物表面积,本项目保守取  $100\text{m}^2$ ;

$B_0$ —源和计算点位于建筑物同一表面时,  $B_0=30$  (无量纲)。

$u_a$ —气态流出物释放点高度处的年均代表性风速, m/s; 本项目取 1.6m/s。

$H$ —气态流出物释放点高度, m; 本项目取 14.5m。

$\sigma_z$ —垂直扩散参数, m。

根据园区用地布局及周围敏感点分布情况,计算参数见表 5.2-5,敏感目标处核素地面浓度见表 5.2-6。

表 5.2-5 计算参数

污染源	外排核素名称	单批生产核素产生速率, Bq/h	过滤效率	排放速率, Bq/s	排放高度, m	年平均风速, m/s
回旋加速器制备及正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区	$^{18}\text{F}$	$1.11 \times 10^7$	99.9%	3.08	14.5	1.6
锝药物生产车间	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$7.4 \times 10^3$		$2.06 \times 10^{-3}$		

注:单批生产核素产生速率数值来源于表 3.7-1~3.7-10。

表 5.2-6 估算点地面核素浓度

序号	敏感目标	距离	下风向地面浓度 Bq/m <sup>3</sup>	
			$^{18}\text{F}$	$^{99\text{m}}\text{Tc}$
1	河北安迪科正电子技术有限公司	14	$3.96 \times 10^{-4}$	$2.64 \times 10^{-7}$
2	河北欧辉远电器有限公司	26	$2.08 \times 10^{-4}$	$1.39 \times 10^{-7}$
3	河北盛多威泵业制造有限公司	46	$1.10 \times 10^{-4}$	$7.35 \times 10^{-8}$
4	河北正生电器科技有限公司	105	$3.71 \times 10^{-5}$	$2.47 \times 10^{-8}$
5	物业中心	133	$2.58 \times 10^{-5}$	$1.72 \times 10^{-8}$
6	远洋水泵 35 号楼	185	$1.51 \times 10^{-5}$	$1.01 \times 10^{-8}$
7	远洋水泵 35 号楼东 (在建楼)	238	$9.85 \times 10^{-6}$	$6.57 \times 10^{-9}$
8	旋盈检测	12	$4.64 \times 10^{-4}$	$3.09 \times 10^{-7}$
9	冀军家园	83	$5.19 \times 10^{-5}$	$3.46 \times 10^{-8}$

10	军鼎科技园 29 号楼	153	$2.06 \times 10^{-5}$	$1.38 \times 10^{-8}$
11	军鼎科技园 30 号楼	213	$1.19 \times 10^{-5}$	$7.94 \times 10^{-9}$
12	军鼎科技园 31 号楼	270	$7.93 \times 10^{-6}$	$5.28 \times 10^{-9}$
13	军鼎科技园 26 号楼	153	$2.06 \times 10^{-5}$	$1.38 \times 10^{-8}$
14	军鼎科技园 27 号楼	213	$1.19 \times 10^{-5}$	$7.94 \times 10^{-9}$
15	军鼎科技园 28 号楼	270	$7.93 \times 10^{-6}$	$5.28 \times 10^{-9}$
16	河北兴烨灭菌科技有限公司	24	$2.27 \times 10^{-4}$	$1.51 \times 10^{-7}$
17	河北云织兰纺科技有限公司	25	$2.17 \times 10^{-4}$	$1.45 \times 10^{-7}$
18	河北奇善元生物科技有限公司	85	$5.02 \times 10^{-5}$	$3.35 \times 10^{-8}$
19	军鼎科技园 23 号楼	156	$2.00 \times 10^{-5}$	$1.33 \times 10^{-8}$
20	普勒莱孚生物科技有限公司	216	$1.16 \times 10^{-5}$	$7.75 \times 10^{-9}$
21	军鼎科技园 25 号楼	272	$7.83 \times 10^{-6}$	$5.22 \times 10^{-9}$
22	门卫值班室	90	$4.63 \times 10^{-5}$	$3.09 \times 10^{-8}$
23	机动生物科技	69	$6.66 \times 10^{-5}$	$4.44 \times 10^{-8}$
24	河北干细胞智慧医疗科技集团有限公司	70	$6.54 \times 10^{-5}$	$4.36 \times 10^{-8}$
25	河北军鼎产业园运营有限公司	106	$3.65 \times 10^{-5}$	$2.44 \times 10^{-8}$
26	河北众帮天成医疗器械科技有限公司	169	$1.75 \times 10^{-5}$	$1.17 \times 10^{-8}$
27	石家庄国利电力安装有限公司	226	$1.08 \times 10^{-5}$	$7.18 \times 10^{-9}$
28	军鼎科技园 22 号楼	280	$7.44 \times 10^{-6}$	$4.96 \times 10^{-9}$
29	石家庄世联达科技有限公司	129	$2.71 \times 10^{-5}$	$1.81 \times 10^{-8}$
30	军鼎科技园 3 号楼	179	$1.60 \times 10^{-5}$	$1.06 \times 10^{-8}$
31	军鼎科技园 17 号楼	244	$9.44 \times 10^{-6}$	$6.29 \times 10^{-9}$
32	威赛特科技	293	$6.88 \times 10^{-6}$	$4.59 \times 10^{-9}$
33	军鼎科技园 1 号楼	176	$1.64 \times 10^{-5}$	$1.09 \times 10^{-8}$
34	乐速供应	476	$2.95 \times 10^{-6}$	$1.97 \times 10^{-9}$
35	雷达站	323	$5.80 \times 10^{-6}$	$3.87 \times 10^{-9}$
36	中科建检测	404	$3.93 \times 10^{-6}$	$2.62 \times 10^{-9}$
37	军鼎科技园 68 号楼	437	$3.42 \times 10^{-6}$	$2.28 \times 10^{-9}$
38	君鼎科技园 64 号楼	425	$3.59 \times 10^{-6}$	$2.40 \times 10^{-9}$
39	君鼎科技园 63 号楼	446	$3.30 \times 10^{-6}$	$2.20 \times 10^{-9}$

40	君鼎科技园 65 号楼	408	$3.86 \times 10^{-6}$	$2.57 \times 10^{-9}$
41	君鼎科技园 61 号楼	448	$3.28 \times 10^{-6}$	$2.19 \times 10^{-9}$
42	索蓝科技	478	$2.93 \times 10^{-6}$	$1.95 \times 10^{-9}$
43	在建楼群	466	$3.06 \times 10^{-6}$	$2.04 \times 10^{-9}$
44	军鼎科技园招商中心	110	$3.46 \times 10^{-5}$	$2.30 \times 10^{-8}$
45	韩家园村	465	$3.07 \times 10^{-6}$	$2.05 \times 10^{-9}$
46	河北天森物流	443	$3.34 \times 10^{-6}$	$2.23 \times 10^{-9}$
47	养殖户 1	210	$1.22 \times 10^{-5}$	$8.13 \times 10^{-9}$
48	养殖户 2	225	$1.08 \times 10^{-5}$	$7.23 \times 10^{-9}$
49	养殖户 3	278	$7.53 \times 10^{-6}$	$5.02 \times 10^{-9}$
50	养殖户 4	258	$8.57 \times 10^{-6}$	$5.72 \times 10^{-9}$
51	养殖户 5	446	$3.30 \times 10^{-6}$	$2.20 \times 10^{-9}$
52	鹿泉区铜冶垃圾压缩转运站	130	$2.68 \times 10^{-5}$	$1.78 \times 10^{-8}$
53	养殖场 1	466	$3.06 \times 10^{-6}$	$2.04 \times 10^{-9}$
54	养殖场 2	478	$2.93 \times 10^{-6}$	$1.95 \times 10^{-9}$
55	养殖场 3	382	$4.33 \times 10^{-6}$	$2.89 \times 10^{-9}$
56	河北架空地板有限公司	414	$3.76 \times 10^{-6}$	$2.51 \times 10^{-9}$
57	建筑器材库房	467	$3.05 \times 10^{-6}$	$2.03 \times 10^{-9}$
58	转运厂	395	$4.08 \times 10^{-6}$	$2.72 \times 10^{-9}$
59	河北荣辰科技有限公司	244	$9.44 \times 10^{-6}$	$6.29 \times 10^{-9}$
60	机修厂	337	$5.39 \times 10^{-6}$	$3.59 \times 10^{-9}$
61	河北康德物流	56	$8.69 \times 10^{-5}$	$5.79 \times 10^{-8}$
62	富鑫机械设备有限公司	318	$5.96 \times 10^{-6}$	$3.98 \times 10^{-9}$
63	颖豪电器	313	$6.13 \times 10^{-6}$	$4.09 \times 10^{-9}$
64	耀阳食品	310	$6.23 \times 10^{-6}$	$4.16 \times 10^{-9}$
65	善业食品	310	$6.23 \times 10^{-6}$	$4.16 \times 10^{-9}$
66	金普迪塑业	310	$6.23 \times 10^{-6}$	$4.16 \times 10^{-9}$

## 2) 公众受照剂量估算

### (1) 吸入内照射剂量估算模式

$$E_{inh} = C_A \cdot R_{inh} \cdot DF_{inh} \dots\dots\dots (5-8)$$

式中：

$E_{inh}$ —公众吸入内照射剂量，Sv/a；

$R_{inh}$ —公众人员呼吸率， $m^3/a$ ，取  $1.2m^3/h$ ；

$DF_{inh}$ —剂量转换系数，Sv/Bq。 $^{18}F$  核素取  $9.30 \times 10^{-11} Sv/Bq$ ， $^{99m}Tc$  核素取  $2.00 \times 10^{-11} Sv/Bq$ ，取值来源 GB18871-2002。

(2) 烟羽浸没外照射剂量估算模式

$$E_{im} = C_A \cdot DF_{im} \cdot O_f \dots\dots\dots (5-9)$$

式中：

$E_{im}$ —烟羽浸没外照射剂量，Sv/a；

$DF_{im}$ —剂量转换系数， $(Sv/a)/(Bq/m^3)$ ； $^{18}F$  核素取  $2.19 \times 10^{-6} (Sv/a)/(Bq/m^3)$ ； $^{99m}Tc$  核素取  $2.25 \times 10^{-7} (Sv/a)/(Bq/m^3)$ ，取值来源 FEDERAL GUIDANCE REPORT NO12。

$O_f$ —浸没时间分数，无量纲，取 0.25。

(3) 地表沉积外照射剂量估算模式

$$E_{gr} = C_{gr} \cdot DF_{gr} \cdot O_f \dots\dots\dots (5-10)$$

$$C_{gr} = \frac{d_i \left( 1 - e^{-\lambda_{E_i^s} \cdot t_b} \right)}{\lambda_{E_i^s}} \dots\dots\dots (5-11)$$

$$d_i = C_A \cdot V_t \dots\dots\dots (5-12)$$

式中：

$E_{gr}$ —地表沉积外照射剂量，Sv/a；

$C_{gr}$ —地表沉积浓度， $Bq/m^2$ ；

$d_i$ —下风向距离 x 处污染物年均沉降速度， $Bq/(m^2 \cdot d)$ ；

$V_t$ —沉积速度， $m/d$ ；本项目取  $1 \times 10^3 m/d$ ；

$\lambda_{E_i^s}$ —衰变常数；

$t_b$ —放射性核素在土壤表面累积的时间，a；本项目取 30d，即 0.08a。

$DF_{gr}$ —地表沉积外照剂量换算系数， $Sv/a \cdot Bq \cdot m^{-2}$ ； $^{18}F$ 核素取  $5.20 \times 10^{-9} Sv/a \cdot Bq \cdot m^{-2}$ ； $^{99m}Tc$ 核素取  $4.54 \times 10^{-9} Sv/a \cdot Bq \cdot m^{-2}$ ，取值来源 FEDERAL GUIDANCE REPORT NO12。

$O_f$ —时间分数，取 1。

#### (5) 公众受照剂量估算

根据上述各途径估算模式计算各敏感点位公众人员的受照剂量见表 5.2-7。

表 5.2-7 大气扩散所致公众受照剂量估算一览表单位：Sv/a

序号	敏感点	<sup>18</sup> F 核素所致剂量			<sup>99m</sup> Tc 核素所致剂量			公众剂量
		吸入	烟羽	沉积	吸入	烟羽	沉积	
1	河北安迪科正电子技术有限公司	$6.58 \times 10^{-8}$	$6.46 \times 10^{-7}$	$8.97 \times 10^{-8}$	$9.44 \times 10^{-12}$	$4.43 \times 10^{-11}$	$4.43 \times 10^{-11}$	$8.01 \times 10^{-7}$
2	河北欧辉远电器有限公司	$4.65 \times 10^{-11}$	$4.56 \times 10^{-10}$	$6.33 \times 10^{-11}$	$6.66 \times 10^{-15}$	$3.12 \times 10^{-14}$	$3.12 \times 10^{-14}$	$5.65 \times 10^{-10}$
3	河北盛多威泵业制造有限公司	$2.46 \times 10^{-11}$	$2.41 \times 10^{-10}$	$3.35 \times 10^{-11}$	$3.53 \times 10^{-15}$	$1.65 \times 10^{-14}$	$1.65 \times 10^{-14}$	$2.99 \times 10^{-10}$
4	河北正生电器科技有限公司	$8.27 \times 10^{-12}$	$8.11 \times 10^{-11}$	$1.13 \times 10^{-11}$	$1.19 \times 10^{-15}$	$5.56 \times 10^{-15}$	$5.56 \times 10^{-15}$	$1.01 \times 10^{-10}$
5	物业中心	$5.76 \times 10^{-12}$	$5.65 \times 10^{-11}$	$7.85 \times 10^{-12}$	$8.26 \times 10^{-16}$	$3.88 \times 10^{-15}$	$3.88 \times 10^{-15}$	$7.01 \times 10^{-11}$
6	远洋水泵 35 号楼	$3.37 \times 10^{-12}$	$3.30 \times 10^{-11}$	$4.59 \times 10^{-12}$	$4.83 \times 10^{-16}$	$2.27 \times 10^{-15}$	$2.27 \times 10^{-15}$	$4.10 \times 10^{-11}$
7	远洋水泵 35 号楼东（在建楼）	$2.20 \times 10^{-12}$	$2.16 \times 10^{-11}$	$3.00 \times 10^{-12}$	$3.15 \times 10^{-16}$	$1.48 \times 10^{-15}$	$1.48 \times 10^{-15}$	$2.68 \times 10^{-11}$
8	旋盈检测	$8.96 \times 10^{-8}$	$8.79 \times 10^{-7}$	$1.22 \times 10^{-7}$	$1.28 \times 10^{-11}$	$6.03 \times 10^{-11}$	$6.03 \times 10^{-11}$	$1.09 \times 10^{-6}$
9	冀军家园	$1.16 \times 10^{-11}$	$1.14 \times 10^{-10}$	$1.58 \times 10^{-11}$	$1.66 \times 10^{-15}$	$7.79 \times 10^{-15}$	$7.79 \times 10^{-15}$	$1.41 \times 10^{-10}$
10	军鼎科技园 29 号楼	$4.61 \times 10^{-12}$	$4.52 \times 10^{-11}$	$6.28 \times 10^{-12}$	$6.61 \times 10^{-16}$	$3.10 \times 10^{-15}$	$3.10 \times 10^{-15}$	$5.61 \times 10^{-11}$
11	军鼎科技园 30 号楼	$2.66 \times 10^{-12}$	$2.61 \times 10^{-11}$	$3.62 \times 10^{-12}$	$3.81 \times 10^{-16}$	$1.79 \times 10^{-15}$	$1.79 \times 10^{-15}$	$3.23 \times 10^{-11}$
12	军鼎科技园 31 号楼	$1.77 \times 10^{-12}$	$1.73 \times 10^{-11}$	$2.41 \times 10^{-12}$	$2.54 \times 10^{-16}$	$1.19 \times 10^{-15}$	$1.19 \times 10^{-15}$	$2.15 \times 10^{-11}$
13	军鼎科技园 26 号楼	$4.61 \times 10^{-12}$	$4.52 \times 10^{-11}$	$6.28 \times 10^{-12}$	$6.61 \times 10^{-16}$	$3.10 \times 10^{-15}$	$3.10 \times 10^{-15}$	$5.61 \times 10^{-11}$
14	军鼎科技园 27 号楼	$2.66 \times 10^{-12}$	$2.61 \times 10^{-11}$	$3.62 \times 10^{-12}$	$3.81 \times 10^{-16}$	$1.79 \times 10^{-15}$	$1.79 \times 10^{-15}$	$3.23 \times 10^{-11}$
15	军鼎科技园 28 号楼	$1.77 \times 10^{-12}$	$1.73 \times 10^{-11}$	$2.41 \times 10^{-12}$	$2.54 \times 10^{-16}$	$1.19 \times 10^{-15}$	$1.19 \times 10^{-15}$	$2.15 \times 10^{-11}$
16	河北兴烨灭菌科技有限公司	$2.24 \times 10^{-8}$	$2.20 \times 10^{-7}$	$3.05 \times 10^{-8}$	$3.21 \times 10^{-12}$	$1.51 \times 10^{-11}$	$1.51 \times 10^{-11}$	$2.73 \times 10^{-7}$

17	河北云织兰纺科技有限公司	$2.06 \times 10^{-8}$	$2.02 \times 10^{-7}$	$2.81 \times 10^{-8}$	$2.96 \times 10^{-12}$	$1.39 \times 10^{-11}$	$1.39 \times 10^{-11}$	$2.51 \times 10^{-7}$
18	河北奇善元生物科技有限公司	$1.12 \times 10^{-11}$	$1.10 \times 10^{-10}$	$1.53 \times 10^{-11}$	$1.61 \times 10^{-15}$	$7.54 \times 10^{-15}$	$7.54 \times 10^{-15}$	$1.36 \times 10^{-10}$
19	军鼎科技园 23 号楼	$4.46 \times 10^{-12}$	$4.38 \times 10^{-11}$	$6.08 \times 10^{-12}$	$6.40 \times 10^{-16}$	$3.00 \times 10^{-15}$	$3.00 \times 10^{-15}$	$5.43 \times 10^{-11}$
20	普勒莱孚生物科技有限公司	$2.60 \times 10^{-12}$	$2.54 \times 10^{-11}$	$3.54 \times 10^{-12}$	$3.72 \times 10^{-16}$	$1.75 \times 10^{-15}$	$1.75 \times 10^{-15}$	$3.16 \times 10^{-11}$
21	军鼎科技园 25 号楼	$1.75 \times 10^{-12}$	$1.71 \times 10^{-11}$	$2.38 \times 10^{-12}$	$2.50 \times 10^{-16}$	$1.17 \times 10^{-15}$	$1.17 \times 10^{-15}$	$2.13 \times 10^{-11}$
22	门卫值班室	$1.03 \times 10^{-11}$	$1.01 \times 10^{-10}$	$1.41 \times 10^{-11}$	$1.48 \times 10^{-15}$	$6.96 \times 10^{-15}$	$6.96 \times 10^{-15}$	$1.26 \times 10^{-10}$
23	机动生物科技	$1.49 \times 10^{-11}$	$1.46 \times 10^{-10}$	$2.03 \times 10^{-11}$	$2.13 \times 10^{-15}$	$1.00 \times 10^{-14}$	$1.00 \times 10^{-14}$	$1.81 \times 10^{-10}$
24	河北干细胞智慧医疗科技集团有限公司	$1.46 \times 10^{-11}$	$1.43 \times 10^{-10}$	$1.99 \times 10^{-11}$	$2.09 \times 10^{-15}$	$9.81 \times 10^{-15}$	$9.81 \times 10^{-15}$	$1.78 \times 10^{-10}$
25	河北军鼎产业园运营有限公司	$8.16 \times 10^{-12}$	$8.00 \times 10^{-11}$	$1.11 \times 10^{-11}$	$1.17 \times 10^{-15}$	$5.48 \times 10^{-15}$	$5.48 \times 10^{-15}$	$9.92 \times 10^{-11}$
26	河北众帮天成医疗器械科技有限公司	$3.92 \times 10^{-12}$	$3.84 \times 10^{-11}$	$5.34 \times 10^{-12}$	$5.61 \times 10^{-16}$	$2.63 \times 10^{-15}$	$2.63 \times 10^{-15}$	$4.77 \times 10^{-11}$
27	石家庄国利电力安装有限公司	$2.40 \times 10^{-12}$	$2.36 \times 10^{-11}$	$3.27 \times 10^{-12}$	$3.44 \times 10^{-16}$	$1.62 \times 10^{-15}$	$1.62 \times 10^{-15}$	$2.92 \times 10^{-11}$
28	军鼎科技园 22 号楼	$1.66 \times 10^{-12}$	$1.63 \times 10^{-11}$	$2.26 \times 10^{-12}$	$2.38 \times 10^{-16}$	$1.12 \times 10^{-15}$	$1.12 \times 10^{-15}$	$2.02 \times 10^{-11}$
29	石家庄世联达科技有限公司	$6.04 \times 10^{-12}$	$5.93 \times 10^{-11}$	$8.23 \times 10^{-12}$	$8.67 \times 10^{-16}$	$4.07 \times 10^{-15}$	$4.07 \times 10^{-15}$	$7.36 \times 10^{-11}$
30	军鼎科技园 3 号楼	$3.56 \times 10^{-12}$	$3.49 \times 10^{-11}$	$4.85 \times 10^{-12}$	$5.11 \times 10^{-16}$	$2.39 \times 10^{-15}$	$2.39 \times 10^{-15}$	$4.33 \times 10^{-11}$
31	军鼎科技园 17 号楼	$2.11 \times 10^{-12}$	$2.07 \times 10^{-11}$	$2.87 \times 10^{-12}$	$3.02 \times 10^{-16}$	$1.42 \times 10^{-15}$	$1.42 \times 10^{-15}$	$2.56 \times 10^{-11}$
32	威赛特科技	$1.54 \times 10^{-12}$	$1.51 \times 10^{-11}$	$2.09 \times 10^{-12}$	$2.20 \times 10^{-16}$	$1.03 \times 10^{-15}$	$1.03 \times 10^{-15}$	$1.87 \times 10^{-11}$
33	军鼎科技园 1 号楼	$3.66 \times 10^{-12}$	$3.59 \times 10^{-11}$	$4.99 \times 10^{-12}$	$5.25 \times 10^{-16}$	$2.46 \times 10^{-15}$	$2.46 \times 10^{-15}$	$4.46 \times 10^{-11}$
34	乐速供应	$6.58 \times 10^{-13}$	$6.46 \times 10^{-12}$	$8.97 \times 10^{-13}$	$9.44 \times 10^{-17}$	$4.43 \times 10^{-16}$	$4.43 \times 10^{-16}$	$8.01 \times 10^{-12}$
35	雷达站	$1.30 \times 10^{-12}$	$1.27 \times 10^{-11}$	$1.76 \times 10^{-12}$	$1.86 \times 10^{-16}$	$8.71 \times 10^{-16}$	$8.71 \times 10^{-16}$	$1.58 \times 10^{-11}$

36	中科建检测	$8.77 \times 10^{-13}$	$8.60 \times 10^{-12}$	$1.19 \times 10^{-12}$	$1.26 \times 10^{-16}$	$5.90 \times 10^{-16}$	$5.90 \times 10^{-16}$	$1.07 \times 10^{-11}$
37	军鼎科技园 68 号楼	$7.64 \times 10^{-13}$	$7.49 \times 10^{-12}$	$1.04 \times 10^{-12}$	$1.10 \times 10^{-16}$	$5.14 \times 10^{-16}$	$5.14 \times 10^{-16}$	$9.30 \times 10^{-12}$
38	君鼎科技园 64 号楼	$8.02 \times 10^{-13}$	$7.87 \times 10^{-12}$	$1.09 \times 10^{-12}$	$1.15 \times 10^{-16}$	$5.40 \times 10^{-16}$	$5.40 \times 10^{-16}$	$9.76 \times 10^{-12}$
39	君鼎科技园 63 号楼	$7.38 \times 10^{-13}$	$7.23 \times 10^{-12}$	$1.00 \times 10^{-12}$	$1.06 \times 10^{-16}$	$4.96 \times 10^{-16}$	$4.96 \times 10^{-16}$	$8.98 \times 10^{-12}$
40	君鼎科技园 65 号楼	$8.62 \times 10^{-13}$	$8.45 \times 10^{-12}$	$1.17 \times 10^{-12}$	$1.24 \times 10^{-16}$	$5.79 \times 10^{-16}$	$5.79 \times 10^{-16}$	$1.05 \times 10^{-11}$
41	君鼎科技园 61 号楼	$7.32 \times 10^{-13}$	$7.18 \times 10^{-12}$	$9.97 \times 10^{-13}$	$1.05 \times 10^{-16}$	$4.92 \times 10^{-16}$	$4.92 \times 10^{-16}$	$8.91 \times 10^{-12}$
42	索蓝科技	$6.54 \times 10^{-13}$	$6.41 \times 10^{-12}$	$8.91 \times 10^{-13}$	$9.37 \times 10^{-17}$	$4.40 \times 10^{-16}$	$4.40 \times 10^{-16}$	$7.95 \times 10^{-12}$
43	在建楼群	$6.83 \times 10^{-13}$	$6.70 \times 10^{-12}$	$9.31 \times 10^{-13}$	$9.80 \times 10^{-17}$	$4.60 \times 10^{-16}$	$4.60 \times 10^{-16}$	$8.32 \times 10^{-12}$
44	军鼎科技园招商中心	$7.72 \times 10^{-12}$	$7.57 \times 10^{-11}$	$1.05 \times 10^{-11}$	$1.11 \times 10^{-15}$	$5.19 \times 10^{-15}$	$5.19 \times 10^{-15}$	$9.39 \times 10^{-11}$
45	韩家园村	$6.86 \times 10^{-13}$	$6.73 \times 10^{-12}$	$9.34 \times 10^{-13}$	$9.83 \times 10^{-17}$	$4.61 \times 10^{-16}$	$4.61 \times 10^{-16}$	$8.35 \times 10^{-12}$
46	河北天森物流	$7.46 \times 10^{-13}$	$7.32 \times 10^{-12}$	$1.02 \times 10^{-12}$	$1.07 \times 10^{-16}$	$5.02 \times 10^{-16}$	$5.02 \times 10^{-16}$	$9.08 \times 10^{-12}$
47	养殖户 1	$2.72 \times 10^{-12}$	$2.67 \times 10^{-11}$	$3.71 \times 10^{-12}$	$3.90 \times 10^{-16}$	$1.83 \times 10^{-15}$	$1.83 \times 10^{-15}$	$3.31 \times 10^{-11}$
48	养殖户 2	$2.42 \times 10^{-12}$	$2.37 \times 10^{-11}$	$3.30 \times 10^{-12}$	$3.47 \times 10^{-16}$	$1.63 \times 10^{-15}$	$1.63 \times 10^{-15}$	$2.95 \times 10^{-11}$
49	养殖户 3	$1.68 \times 10^{-12}$	$1.65 \times 10^{-11}$	$2.29 \times 10^{-12}$	$2.41 \times 10^{-16}$	$1.13 \times 10^{-15}$	$1.13 \times 10^{-15}$	$2.05 \times 10^{-11}$
50	养殖户 4	$1.91 \times 10^{-12}$	$1.88 \times 10^{-11}$	$2.61 \times 10^{-12}$	$2.74 \times 10^{-16}$	$1.29 \times 10^{-15}$	$1.29 \times 10^{-15}$	$2.33 \times 10^{-11}$
51	养殖户 5	$7.38 \times 10^{-13}$	$7.23 \times 10^{-12}$	$1.00 \times 10^{-12}$	$1.06 \times 10^{-16}$	$4.96 \times 10^{-16}$	$4.96 \times 10^{-16}$	$8.98 \times 10^{-12}$
52	鹿泉区铜冶垃圾压缩转运站	$5.97 \times 10^{-12}$	$5.86 \times 10^{-11}$	$8.14 \times 10^{-12}$	$8.56 \times 10^{-16}$	$4.02 \times 10^{-15}$	$4.02 \times 10^{-15}$	$7.27 \times 10^{-11}$
53	养殖场 1	$6.83 \times 10^{-13}$	$6.70 \times 10^{-12}$	$9.31 \times 10^{-13}$	$9.80 \times 10^{-17}$	$4.60 \times 10^{-16}$	$4.60 \times 10^{-16}$	$8.32 \times 10^{-12}$
54	养殖场 2	$6.54 \times 10^{-13}$	$6.41 \times 10^{-12}$	$8.91 \times 10^{-13}$	$9.37 \times 10^{-17}$	$4.40 \times 10^{-16}$	$4.40 \times 10^{-16}$	$7.95 \times 10^{-12}$



55	养殖场 3	$9.67 \times 10^{-13}$	$9.48 \times 10^{-12}$	$1.32 \times 10^{-12}$	$1.39 \times 10^{-16}$	$6.50 \times 10^{-16}$	$6.50 \times 10^{-16}$	$1.18 \times 10^{-11}$
56	河北架空地板有限公司	$8.40 \times 10^{-13}$	$8.24 \times 10^{-12}$	$1.14 \times 10^{-12}$	$1.20 \times 10^{-16}$	$5.65 \times 10^{-16}$	$5.65 \times 10^{-16}$	$1.02 \times 10^{-11}$
57	建筑器材库房	$6.81 \times 10^{-13}$	$6.67 \times 10^{-12}$	$9.27 \times 10^{-13}$	$9.76 \times 10^{-17}$	$4.58 \times 10^{-16}$	$4.58 \times 10^{-16}$	$8.28 \times 10^{-12}$
58	转运厂	$9.12 \times 10^{-13}$	$8.94 \times 10^{-12}$	$1.24 \times 10^{-12}$	$1.31 \times 10^{-16}$	$6.13 \times 10^{-16}$	$6.13 \times 10^{-16}$	$1.11 \times 10^{-11}$
59	河北荣辰科技有限公司	$2.11 \times 10^{-12}$	$2.07 \times 10^{-11}$	$2.87 \times 10^{-12}$	$3.02 \times 10^{-16}$	$1.42 \times 10^{-15}$	$1.42 \times 10^{-15}$	$2.56 \times 10^{-11}$
60	机修厂	$1.20 \times 10^{-12}$	$1.18 \times 10^{-11}$	$1.64 \times 10^{-12}$	$1.72 \times 10^{-16}$	$8.09 \times 10^{-16}$	$8.09 \times 10^{-16}$	$1.46 \times 10^{-11}$
61	河北康德物流	$1.94 \times 10^{-11}$	$1.90 \times 10^{-10}$	$2.64 \times 10^{-11}$	$2.78 \times 10^{-15}$	$1.30 \times 10^{-14}$	$1.30 \times 10^{-14}$	2.36E-10
62	富鑫机械设备有限公司	$1.33 \times 10^{-12}$	$1.31 \times 10^{-11}$	$1.81 \times 10^{-12}$	$1.91 \times 10^{-16}$	$8.95 \times 10^{-16}$	$8.95 \times 10^{-16}$	$1.62 \times 10^{-11}$
63	颖豪电器	$1.37 \times 10^{-12}$	$1.34 \times 10^{-11}$	$1.86 \times 10^{-12}$	$1.96 \times 10^{-16}$	$9.20 \times 10^{-16}$	$9.20 \times 10^{-16}$	$1.67 \times 10^{-11}$
64	耀阳食品	$1.39 \times 10^{-12}$	$1.36 \times 10^{-11}$	$1.90 \times 10^{-12}$	$2.00 \times 10^{-16}$	$9.36 \times 10^{-16}$	$9.36 \times 10^{-16}$	$1.69 \times 10^{-11}$
65	善业食品	$1.39 \times 10^{-12}$	$1.36 \times 10^{-11}$	$1.90 \times 10^{-12}$	$2.00 \times 10^{-16}$	$9.36 \times 10^{-16}$	$9.36 \times 10^{-16}$	$1.69 \times 10^{-11}$
66	金普迪塑业	$1.39 \times 10^{-12}$	$1.36 \times 10^{-11}$	$1.90 \times 10^{-12}$	$2.00 \times 10^{-16}$	$9.36 \times 10^{-16}$	$9.36 \times 10^{-16}$	$1.69 \times 10^{-11}$

本项目放射性药品生产所致周围公众年有效剂量见表5.2-8。

表5.2-8 公众人员年有效剂量

序号	预测点位	外照射所致剂量 (mSv/a)	大气扩散所致剂量 (mSv/a)	合计剂量 (mSv/a)
1	河北安迪科正电子技术有限公司	$2.90 \times 10^{-2}$	$8.01 \times 10^{-4}$	$2.98 \times 10^{-2}$
2	河北欧辉远电器有限公司	$8.39 \times 10^{-3}$	$5.65 \times 10^{-7}$	$8.40 \times 10^{-3}$
3	河北盛多威泵业制造有限公司	$2.68 \times 10^{-3}$	$2.99 \times 10^{-7}$	$2.68 \times 10^{-3}$
4	河北正生电器科技有限公司	$5.15 \times 10^{-4}$	$1.01 \times 10^{-7}$	$5.15 \times 10^{-4}$
5	物业中心	$3.21 \times 10^{-4}$	$7.01 \times 10^{-8}$	$3.21 \times 10^{-4}$
6	远洋水泵 35 号楼	$1.66 \times 10^{-4}$	$4.10 \times 10^{-8}$	$1.66 \times 10^{-4}$
7	远洋水泵 35 号楼东（在建楼）	$1.00 \times 10^{-4}$	$2.68 \times 10^{-8}$	$1.00 \times 10^{-4}$
8	旋盈检测	$3.94 \times 10^{-2}$	$1.09 \times 10^{-3}$	$4.05 \times 10^{-2}$
9	冀军家园	$8.24 \times 10^{-4}$	$1.41 \times 10^{-7}$	$8.24 \times 10^{-4}$
10	军鼎科技园 29 号楼	$2.42 \times 10^{-4}$	$5.61 \times 10^{-8}$	$2.42 \times 10^{-4}$
11	军鼎科技园 30 号楼	$1.25 \times 10^{-4}$	$3.23 \times 10^{-8}$	$1.25 \times 10^{-4}$
12	军鼎科技园 31 号楼	$7.78 \times 10^{-5}$	$2.15 \times 10^{-8}$	$7.79 \times 10^{-5}$
13	军鼎科技园 26 号楼	$2.42 \times 10^{-4}$	$5.61 \times 10^{-8}$	$2.42 \times 10^{-4}$
14	军鼎科技园 27 号楼	$1.25 \times 10^{-4}$	$3.23 \times 10^{-8}$	$1.25 \times 10^{-4}$
15	军鼎科技园 28 号楼	$7.78 \times 10^{-5}$	$2.15 \times 10^{-8}$	$7.79 \times 10^{-5}$
16	河北兴烨灭菌科技有限公司	$9.85 \times 10^{-3}$	$2.73 \times 10^{-4}$	$1.01 \times 10^{-2}$
17	河北云织兰纺科技有限公司	$9.08 \times 10^{-3}$	$2.51 \times 10^{-4}$	$9.33 \times 10^{-3}$
18	河北奇善元生物科技有限公司	$7.85 \times 10^{-4}$	$1.36 \times 10^{-7}$	$7.86 \times 10^{-4}$
19	军鼎科技园 23 号楼	$2.33 \times 10^{-4}$	$5.43 \times 10^{-8}$	$2.33 \times 10^{-4}$
20	普勒莱孚生物科技有限公司	$1.22 \times 10^{-4}$	$3.16 \times 10^{-8}$	$1.22 \times 10^{-4}$
21	军鼎科技园 25 号楼	$7.67 \times 10^{-5}$	$2.13 \times 10^{-8}$	$7.67 \times 10^{-5}$
22	门卫值班室	$7.01 \times 10^{-4}$	$1.26 \times 10^{-7}$	$7.01 \times 10^{-4}$
23	机动生物科技	$1.19 \times 10^{-3}$	$1.81 \times 10^{-7}$	$1.19 \times 10^{-3}$
24	河北干细胞智慧医疗科技集团有限公司	$1.16 \times 10^{-3}$	$1.78 \times 10^{-7}$	$1.16 \times 10^{-3}$
25	河北军鼎产业园运营有限公司	$5.05 \times 10^{-4}$	$9.92 \times 10^{-8}$	$5.05 \times 10^{-4}$

26	河北众帮天成医疗器械科技有限公司	$1.99 \times 10^{-4}$	$4.77 \times 10^{-8}$	$1.99 \times 10^{-4}$
27	石家庄国利电力安装有限公司	$1.11 \times 10^{-4}$	$2.92 \times 10^{-8}$	$1.11 \times 10^{-4}$
28	军鼎科技园 22 号楼	$7.24 \times 10^{-5}$	$2.02 \times 10^{-8}$	$7.24 \times 10^{-5}$
29	石家庄世联达科技有限公司	$3.41 \times 10^{-4}$	$7.36 \times 10^{-8}$	$3.41 \times 10^{-4}$
30	军鼎科技园 3 号楼	$1.77 \times 10^{-4}$	$4.33 \times 10^{-8}$	$1.77 \times 10^{-4}$
31	军鼎科技园 17 号楼	$9.53 \times 10^{-5}$	$2.56 \times 10^{-8}$	$9.53 \times 10^{-5}$
32	威赛特科技	$6.61 \times 10^{-5}$	$1.87 \times 10^{-8}$	$6.61 \times 10^{-5}$
33	军鼎科技园 1 号楼	$1.83 \times 10^{-4}$	$4.46 \times 10^{-8}$	$1.83 \times 10^{-4}$
34	乐速供应	$2.50 \times 10^{-5}$	$8.01 \times 10^{-9}$	$2.51 \times 10^{-5}$
35	雷达站	$5.44 \times 10^{-5}$	$1.58 \times 10^{-8}$	$5.44 \times 10^{-5}$
36	中科建检测	$3.48 \times 10^{-5}$	$1.07 \times 10^{-8}$	$3.48 \times 10^{-5}$
37	军鼎科技园 68 号楼	$2.97 \times 10^{-5}$	$9.30 \times 10^{-9}$	$2.97 \times 10^{-5}$
38	君鼎科技园 64 号楼	$3.14 \times 10^{-5}$	$9.76 \times 10^{-9}$	$3.14 \times 10^{-5}$
39	君鼎科技园 63 号楼	$2.85 \times 10^{-5}$	$8.98 \times 10^{-9}$	$2.85 \times 10^{-5}$
40	君鼎科技园 65 号楼	$3.41 \times 10^{-5}$	$1.05 \times 10^{-8}$	$3.41 \times 10^{-5}$
41	君鼎科技园 61 号楼	$2.83 \times 10^{-5}$	$8.91 \times 10^{-9}$	$2.83 \times 10^{-5}$
42	索蓝科技	$2.48 \times 10^{-5}$	$7.95 \times 10^{-9}$	$2.48 \times 10^{-5}$
43	在建楼群	$2.61 \times 10^{-5}$	$8.32 \times 10^{-9}$	$2.61 \times 10^{-5}$
44	军鼎科技园招商中心	$4.69 \times 10^{-4}$	$9.39 \times 10^{-8}$	$4.69 \times 10^{-4}$
45	韩家园村	$2.62 \times 10^{-5}$	$8.35 \times 10^{-9}$	$2.63 \times 10^{-5}$
46	河北天森物流	$2.89 \times 10^{-5}$	$9.08 \times 10^{-9}$	$2.89 \times 10^{-5}$
47	养殖户 1	$1.29 \times 10^{-4}$	$3.31 \times 10^{-8}$	$1.29 \times 10^{-4}$
48	养殖户 2	$1.12 \times 10^{-4}$	$2.95 \times 10^{-8}$	$1.12 \times 10^{-4}$
49	养殖户 3	$7.34 \times 10^{-5}$	$2.05 \times 10^{-8}$	$7.35 \times 10^{-5}$
50	养殖户 4	$8.53 \times 10^{-5}$	$2.33 \times 10^{-8}$	$8.53 \times 10^{-5}$
51	养殖户 5	$2.85 \times 10^{-5}$	$8.98 \times 10^{-9}$	$2.85 \times 10^{-5}$
52	鹿泉区铜冶垃圾压缩转运站	$3.36 \times 10^{-4}$	$7.27 \times 10^{-8}$	$3.36 \times 10^{-4}$
53	养殖场 1	$2.61 \times 10^{-5}$	$8.32 \times 10^{-9}$	$2.61 \times 10^{-5}$
54	养殖场 2	$2.48 \times 10^{-5}$	$7.95 \times 10^{-9}$	$2.48 \times 10^{-5}$
55	养殖场 3	$3.89 \times 10^{-5}$	$1.18 \times 10^{-8}$	$3.89 \times 10^{-5}$

56	河北架空地板有限公司	$3.31 \times 10^{-5}$	$1.02 \times 10^{-8}$	$3.31 \times 10^{-5}$
57	建筑器材库房	$2.60 \times 10^{-5}$	$8.28 \times 10^{-9}$	$2.60 \times 10^{-5}$
58	转运厂	$3.64 \times 10^{-5}$	$1.11 \times 10^{-8}$	$3.64 \times 10^{-5}$
59	河北荣辰科技有限公司	$9.53 \times 10^{-5}$	$2.56 \times 10^{-8}$	$9.53 \times 10^{-5}$
60	机修厂	$5.00 \times 10^{-5}$	$1.46 \times 10^{-8}$	$5.00 \times 10^{-5}$
61	河北康德物流	$1.81 \times 10^{-3}$	$2.36 \times 10^{-7}$	$1.81 \times 10^{-3}$
62	富鑫机械设备有限公司	$5.61 \times 10^{-5}$	$1.62 \times 10^{-8}$	$5.61 \times 10^{-5}$
63	颖豪电器	$5.79 \times 10^{-5}$	$1.67 \times 10^{-8}$	$5.79 \times 10^{-5}$
64	耀阳食品	$5.91 \times 10^{-5}$	$1.69 \times 10^{-8}$	$5.91 \times 10^{-5}$
65	善业食品	$5.91 \times 10^{-5}$	$1.69 \times 10^{-8}$	$5.91 \times 10^{-5}$
66	金普迪塑业	$5.91 \times 10^{-5}$	$1.69 \times 10^{-8}$	$5.91 \times 10^{-5}$

根据表5.1-8可知，在正常运行工况下，本项目运行致东侧旋盈检测公司受照剂量最大，为 $4.05 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于 $0.1 \text{mSv/a}$ 的公众年有效剂量约束值。

### 5.2.3 放射性废液、固废环境影响分析

本项目产生的放射性废水主要为 $^{18}\text{F}$ 传输管道冲洗水和 $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药品质检产生的剩余样品残液。 $^{18}\text{F}$ 传输管道冲洗水(3mL/次)最终流入容积约为100mL的烧瓶中，烧瓶置于合成热室内，待自然衰变30天后，取出，排至衰变池内，衰变池废水储存30天后，经检测达标后，向审管部门申请清洁解控，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求排放。质检剩余样品残液，及时转移至废物间贮存衰变，自然衰变30天后，当做危废，委托有资质单位进行处理，不会对周围环境产生影响。

本项目产生的放射性固体废物主要包括回旋加速器维修置换的靶废膜、废 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器、排风系统过滤器和 $^{18}\text{F}$ 生产过程中产生的合成、分装、质检耗材和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 生产过程中产生淋洗、分装、标记、质检耗材。对更换下来的靶废膜，收集后贮存于废物间内专设的铅废物桶中自然衰变，最终送有资质单位处置；对于退役后的废 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器暂存于废物间内，定期由原子高科北京总公司统一回收；其它放射性固体废物分类、收集暂存废物间内所设置的铅废物桶中，暂存时间超过30天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$ 表面污染小于 $0.8 \text{Bq/cm}^2$ 的，可对废物清洁解控，均当做危废委托有

资质单位进行处理。

综上，本项目放射性废液不直接排放，符合解控条件后排入军鼎科技园污水管网，不会对环境产生明显影响；放射性固废均不外排，不会对环境产生影响。

## 5.2.4 非放射性环境影响分析

### 5.2.4.1 废气

本项目回旋加速器制备及正电子药物<sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区，回旋加速器室质子打靶过程中所产生的光子使空气电离而产生少量的O<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>等废气。根据NCRP-144号报告（358-359页）公式，并结合MC（FLUKA程序）法，计算得出回旋加速器大厅内，O<sub>3</sub>的饱和浓度为1.92×10<sup>-8</sup>mg/m<sup>3</sup>，NO<sub>2</sub>的饱和浓度为8.56×10<sup>-9</sup>mg/m<sup>3</sup>，计算过程详见3.5.1.2小节。采用AERSCREEN估算模式进行项目大气环境评价等级预测计算。计算参数及结果见表5.2-9。

表 5-2-9 计算参数及结果

参数		取值
城市农村/选项	城市/农村	城市
	人口数	433000 人
源模型	点源	烟羽扩散模式
污染源	烟囱高度 (m)	14.5
	烟囱内径 (m)	0.4
	烟气温度 (K)	294.55
	烟气流量 (m <sup>3</sup> /s)	0.203m <sup>3</sup> /s
	O <sub>3</sub> 排放速率 (g/s)	3.92×10 <sup>-12</sup>
	NO <sub>2</sub> 排放速率 (g/s)	1.74×10 <sup>-12</sup>
受体	最小受体距离 (m)	10
	最大受体距离 (m)	25000
	受体离地高度 (m)	0
气象参数	最小温度 (K)	-16.9°C+273.15=259.65
	最大温度 (K)	43.4°C+273.15=316.55
	最小风速 (m/s)	0.5

	风速计高度 (m)	10
最大落地浓度	O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	3.79×10 <sup>-9</sup>
	NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	1.68×10 <sup>-9</sup>
最大浓度落地点	O <sub>3</sub> (m)	117
	NO <sub>2</sub> (m)	117
占标率	O <sub>3</sub>	1.89×10 <sup>-9</sup> %
	NO <sub>2</sub>	8.40×10 <sup>-10</sup> %
评价等级	O <sub>3</sub>	III
	NO <sub>2</sub>	III

根据表5.2-9可知，回旋加速器大厅产生的O<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>最大落地浓度占标率分别为1.89×10<sup>-9</sup>%、8.40×10<sup>-10</sup>%；按照《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）分级判据，确定本项目大气环境影响评价工作等级为三级，因此，不需设置大气环境影响评价范围。

#### 5.2.4.2 地下水

##### 1) 水文地质

##### (1) 区域水文地质

鹿泉区水文地质条件比较复杂，含水介质种类齐全，有第四系松散岩类、可溶岩类、其它沉积、变质岩类。

##### ①第四系松散岩类

广泛分布于平原区山前地带及山间河谷地带。该岩类在山区厚度一般小于15m，岩性以卵砾石为主，局部为粘性土，单位涌水量一般小于25m<sup>3</sup>/hm。平原区南胡庄—邵营以北为滹沱河冲洪积区，含水层岩性为中粗砂、砾卵石、卵石，底板埋深40-55m，厚10-30m，单位涌水量20-150m<sup>3</sup>/hm，水位埋深3-15m。在这一区域，自东向西即远离河道方向，含水条件变差，涌水量变小，埋深增大，水质变差。南胡庄—邵营以南为山前季节性河流冲洪积区，太平河冲洪积区以及小车行—台头以南，含水层岩性为砂、砂砾石为主，底板埋深15-45m，厚10-25m，单位涌水量10-30m<sup>3</sup>/hm，水位埋深由山前的小于5m，到东部大于15m，矿化度一般500-800mg/L；其它地区含水层岩性为粉土、碎石土，单位涌水量小于10m<sup>3</sup>/hm。

##### ②可溶岩类

主要由三个时代的不同岩层组成，即长城系的白云岩、寒武系的灰岩及奥陶系的厚层灰岩、白云岩。其富水性主要受构造及岩组合控制，一般地下水位埋深大，可达 120m，水质好，富水性极不均匀（0.1-80m<sup>3</sup>/hm），主要靠降水补给。中寒武统的灰岩，富水条件最好，单位涌水量达 30-150m<sup>3</sup>/hm，其它一般小于 30m<sup>3</sup>/h。在城北到南故城、同阁一带的隐伏可溶岩，主要为长城系的白云岩及中寒武统的灰岩，厚度大，裂隙发育，顶板埋深 10-110m，单井涌水量均在 50m<sup>3</sup>/hm 以上，再加上主要补给源黄壁庄水库的补给，使该区具有很好的开发前景。

③其它沉积、变质岩类

主要分布于石太铁路以南的广大山区，主要岩性有安山岩、板岩、片岩、砂岩及页岩等。由于其自身的特性，不具备储水构造，主要依靠表层的风化裂隙储存少量地下水。因此该地区的富水性一般较差，含水层厚度水小于 10m，水位埋深浅，水质好，分布均匀，接受补给快。

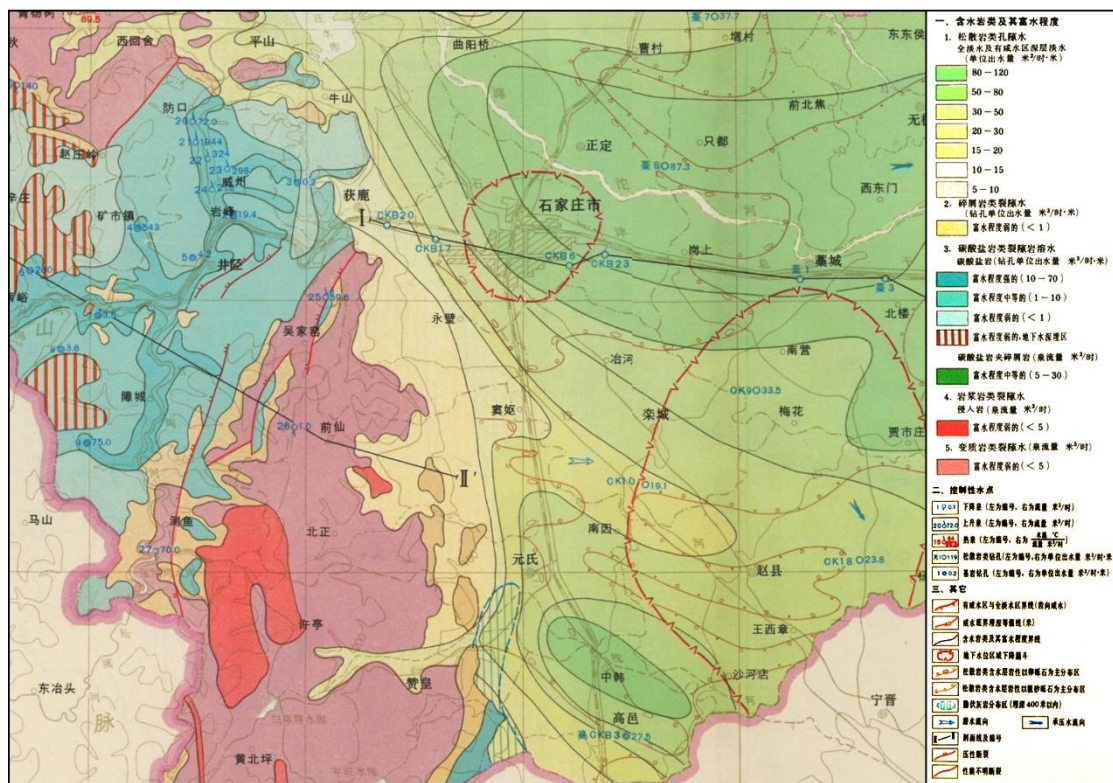
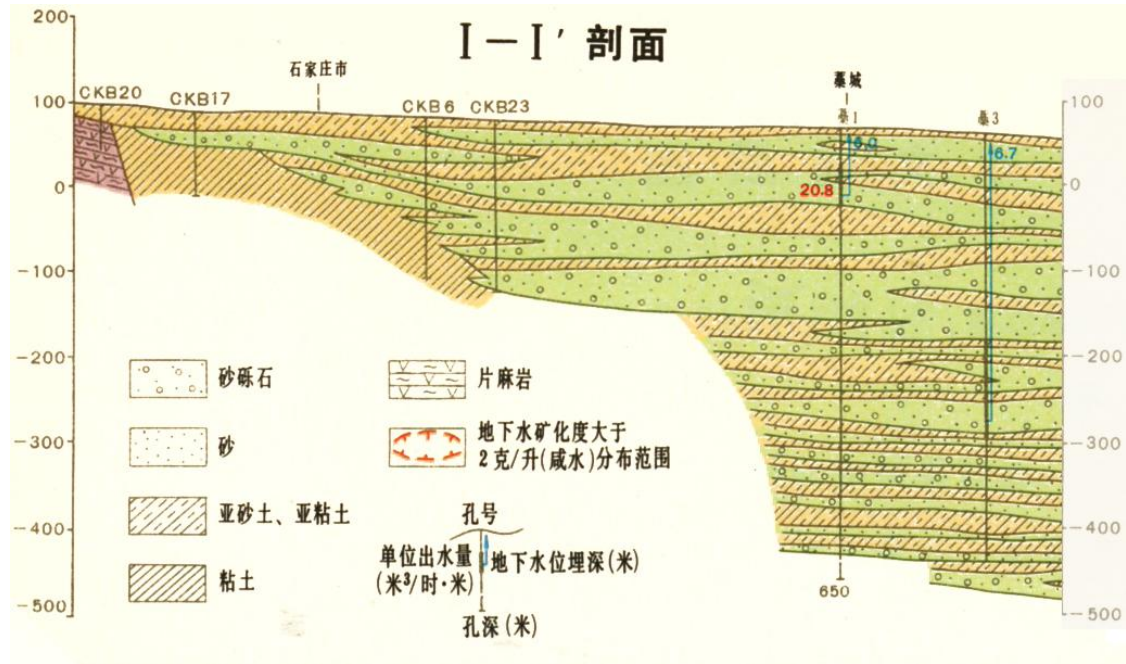
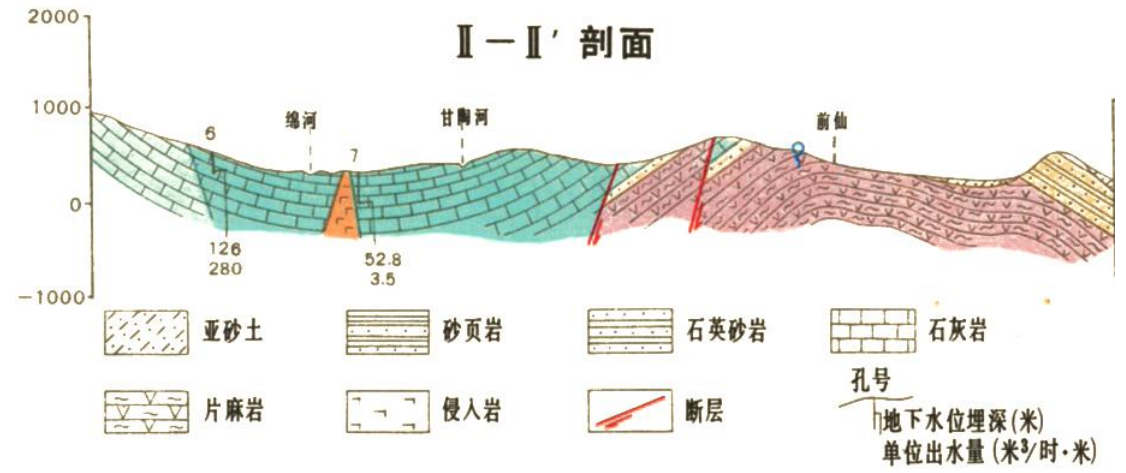


图 5.2-1 区域水文地质图



a. I—I'剖面



b. II—II'剖面

图5.2-2 区域水文地质剖面图

(2) 评价区水文地质

① 含水组划分

调查区位于堆积平原区的新冲积平原亚区。在地质分层的基础上，依据含水层与隔水层的分布状况、水动力条件、开发利用条件等因素，将第四系含水层岩组划分为四个含水组，其特征如下：

第 I+II 含水组：含水组底板埋深约 20m，含水层厚度约 15m，为潜水含水层。含水层岩性以砂砾石为主，单井单位涌水量 <math>< 10 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}</math>。是目前本区主要开采层。

第 III 含水组：第 III 含水组底板埋深约 60m，含水层厚度 85~120m，为微



承压水。岩性主要为砾卵石及砂砾石。单位涌水量  $<10 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$ 。

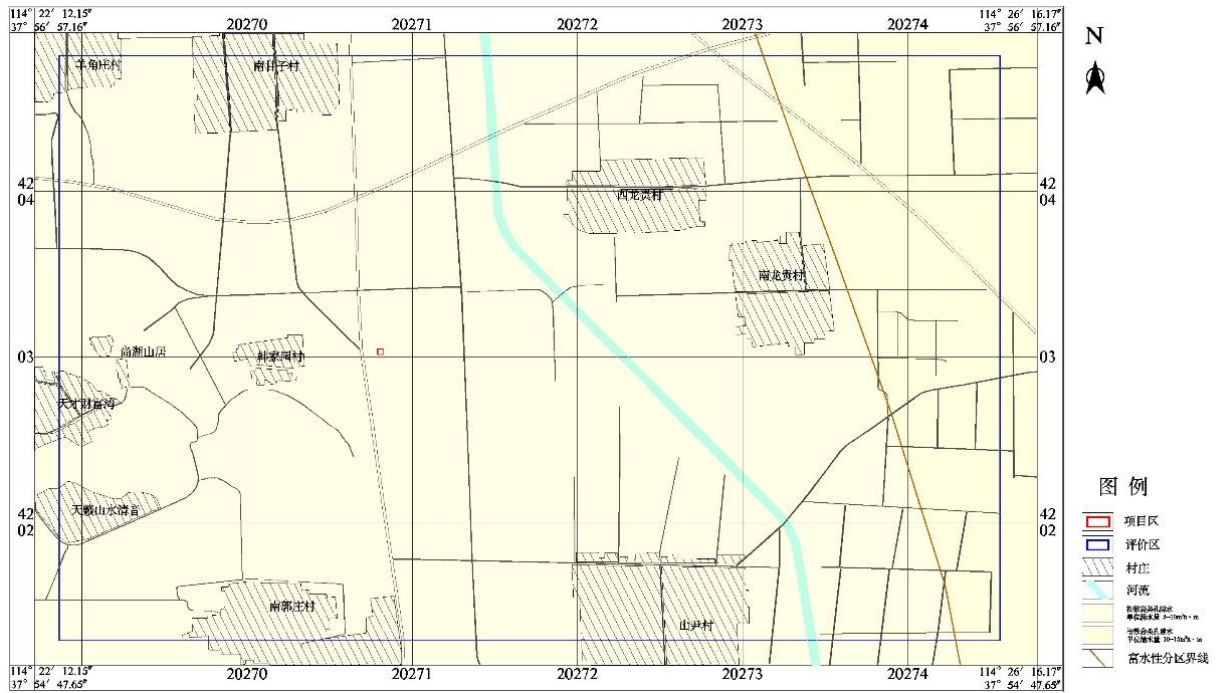


图 5.2-3 评价区水文地质图

### ②地下水补径排条件

评价区内地下水的主要补给来源有：大气降水入渗补给、侧向径流补给。降水入渗补给是本区地下水最主要的补给来源。降水入渗补给主要受降水量、降水特征、包气带岩性及厚度的影响；地下水径流总体方向为由西向东；该区内地下水的排泄方式主要是工农业及生活用水开采。

### ③地下水水位动态特征

每个年度内地下水位都有明显的上升和下降阶段。一般年初无开采，水位缓慢上升，1~2月份达到高峰。随着春灌开始，大量抽取地下水，水位随之下降，5~6月份是水位持续下降期，达到最低值，遇到旱年或丰水年也有提前或推迟现象。6月份以后雨季到来，受降水补给和地下水停采的影响，地下水水位回升较快，之后转入缓慢上升，此过程一般延至次年春灌开始前结束。

### (3) 水文地质试验

本次评价开展的水文地质试验包括抽水试验及渗水试验，试验点位见图 5.2-13。



CS2	16.45	20	潜水	42	180
-----	-------	----	----	----	-----

②双环法渗水实验

a.实验目的和意义

双环法渗水试验是在野外现场测定包气带非饱和松散岩层垂向渗透系数的常用的简易方法，其试验的结果更接近实际情况。利用渗水试验资料研究区域性水均衡以及测定包气带渗透性能及防污性能，是十分重要的。

b.实验方法、原理及仪器

野外测定包气带非饱和松散岩层的渗透系数最常用的方法有试坑法、单环法和双环法，其中双环法的精度最高。

其原理是在一定的水文地质边界条件内，向地表松散岩层进行注水，使渗入的水量达到稳定，即单位时间的渗入水量近似相等时，利用达西定律的原理求出渗透系数（K）值。试验方法是在坑底嵌入两个高约 0.50m，直径分别为 0.25m 和 0.50m 的铁环，试验时同时往内环、外环内注入水，并保持内环、外环的水柱都保持在同一高度，以 0.1m 为宜，由于外环渗透场的约束作用使内环的水只能垂向渗入，因而排除了侧向渗流的误差，因此它比试坑法和单环法的精度都高。

实验仪器及设备：双环、铁锹、标准钢尺、水桶、胶带、橡皮管、两个 1000ml 标准量筒、记时用秒表、保证试验用的足量的水源。

c.实验步骤

A 选择试验场地，最好在潜水埋藏深度大于 5m 的地方为好（一般不小于 2.5m，如果潜水埋深小于 2m 时，因渗透路径太短，测得的渗透系数不真实，就不宜使用渗水试验），挖除表土至试验土层，按外环尺寸修整好侧面及底面，保持平整，尽量减少对试验土层的结构扰动；

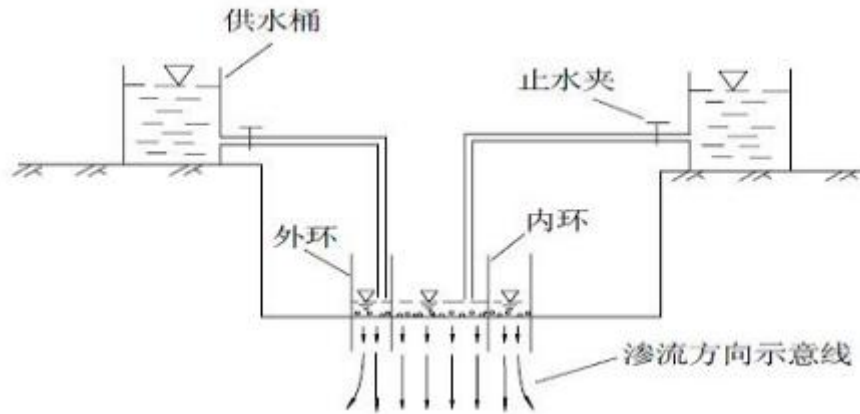


图 5.2-5 双环法渗水试验示意图

B 按双环法渗水试验示意图，安装好试验装置。在注水试坑内依次放入内环和外环，并将两环按同心圆压入坑底，深约 5-8cm，让试坑底部周围土将内、外环底部封堵，并达到一定高度，以保证加水后外环内水不至于进入内环，外环外填土封堵压实，在内、外环内壁粘贴钢尺，保持钢尺竖直并紧贴底面；

C 向内、外环内同时注水，保持内外环的水柱都保持在同一高度，以 0.1m 为宜，打开秒表按规范要求开始计时，用量筒向内、外环内注水以保持水面高度稳定，并记录一定时间间隔内所加入水的体积（渗入水量）；

D 试验初始阶段时因渗入水量较大，观测时间间隔要短，稍后可按一定时间间隔观测记录，直至单位时间渗入水量达到相对稳定，本次观测记录时间历时为 0、1、2、3、6、9、12、15、20、25、30、35、40、45、50、60、70、80、90、100、120、140、160、190 分钟，之后按每 30 分钟记录一次，直至单位时间渗入水量达到相对稳定，至少连续观测相对稳定值 6 次以上结束试验，取最后一次注入流量相对稳定值作为计算值。

#### E 注意事项

随时保持内外环的水柱都保持在 0.1m 的同一高度，向环内注水的同时，做好水量的换算关系。

#### d. 渗水试验成果

为基本查明评价区包气带的防污性能，为地下水污染防治措施的设计提供科学依据，本次完成了 1 处渗水试验，通过野外现场测定了包气带地层的垂向渗透系数。

当单位时间注入水量稳定后，根据达西定律可计算渗透系数（K）。

$$K=V/I=Q/(WI)$$

式中：Q——稳定渗透流量（m<sup>3</sup>/s）

V——渗透水流速度（m/d）

W——渗水坑底面积（m<sup>2</sup>）

I——垂向水力坡度

渗水试验求参结果见表 5.2-11。

表 5.2-11 渗水试验成果

试验编号	试验位置	包气带岩性	稳定持续时间	渗透系数（cm/s）
SS1	项目区西	粉砂、细砂	80min	1.52×10 <sup>-5</sup>

#### （4）地下水环境现状监测与评价

##### ①水位调查

本次进行三期地下水水位监测工作，调查点位 14 个，调查时间为 2022 年 6 月、2022 年 11 月和 2023 年 2 月。评价区水位调查情况见表 5.2-12，等水位线图见图 5.2-6~图 5.2-8。

表 5.2-12 调查评价区水位调查整理表

编号	调查点	坐标		高程 (m)	2022 年 6 月 (枯)		2022 年 11 月 (平)		2023 年 2 月 (丰)		井深 (m)
		Y	X		埋深 (m)	水位 (m)	埋深 (m)	水位 (m)	埋深 (m)	水位 (m)	
1	西郭庄村	20269618.81	4201503.35	112.31	8.82	103.49	7.18	105.13	6.79	105.52	20
2	西郭庄村北	20270351.25	4201630.31	103.26	6.43	96.83	6.02	97.24	6.02	97.24	20
3	项目区东南	20271197.55	4202297.99	90.82	3.43	87.39	3.69	87.13	2.14	88.68	30
4	山尹村	20271936.39	4201754.24	88.37	4.16	84.21	3.41	84.96	3.19	85.18	20
5	山尹村东	20272871.91	4201527.95	82.93	4.58	78.35	3.91	79.02	2.91	80.02	25
6	山尹村东北	20273953.81	4201979.50	76.29	6.32	69.97	5.33	70.96	4.02	72.27	30
7	南龙贵村南	20273477.10	4202926.59	77.18	8.29	68.89	7.79	69.39	7.09	70.09	20
8	西龙贵村东	20273106.22	4203851.64	77.64	7.53	70.11	6.63	71.01	5.61	72.03	20
9	西龙贵村北	20272201.37	4204327.38	78.59	4.23	74.36	3.81	74.78	3.54	75.05	20
10	西龙贵村西南	20271456.23	4203568.84	86.45	6.37	80.08	5.32	81.13	4.14	82.31	35
11	南甘子村东南	20270762.87	4203861.68	93.22	10.06	83.16	9.14	84.08	8.38	84.84	30
12	韩家园村	20270214.96	4203212.53	95.36	6.33	89.03	4.68	90.68	3.69	91.67	25
13	南甘子村	20269759.63	4204693.85	90.02	4.79	85.23	3.85	86.17	2.89	87.13	25
14	南甘子村西南	20269493.44	4203911.82	103.41	12.08	91.33	11.55	91.86	10.55	92.86	30

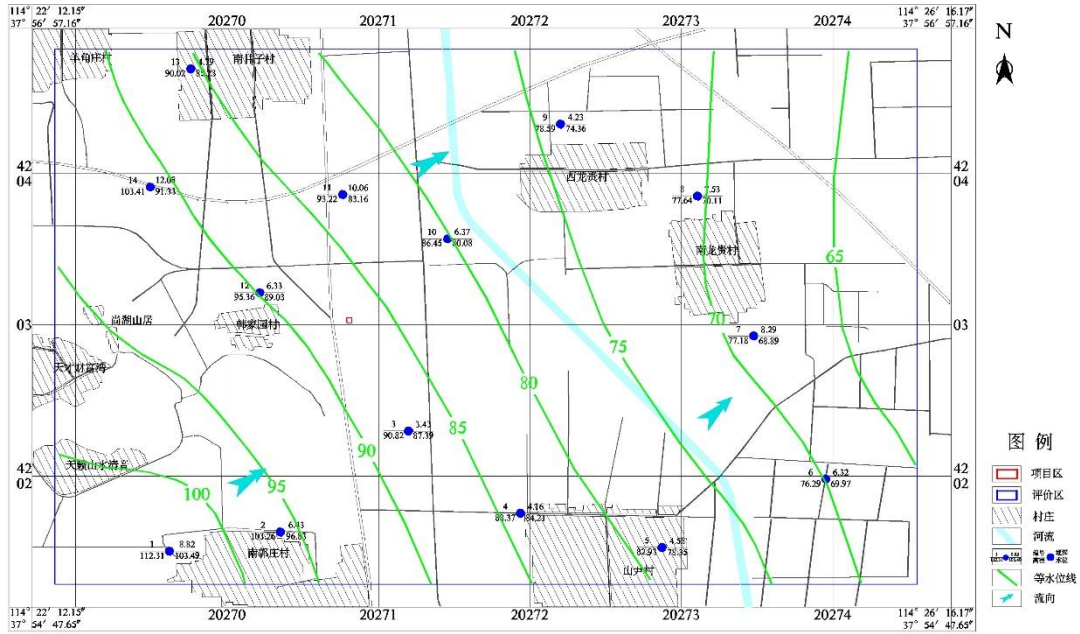


图 5.2-6 2022 年 6 月评价区等水位线图

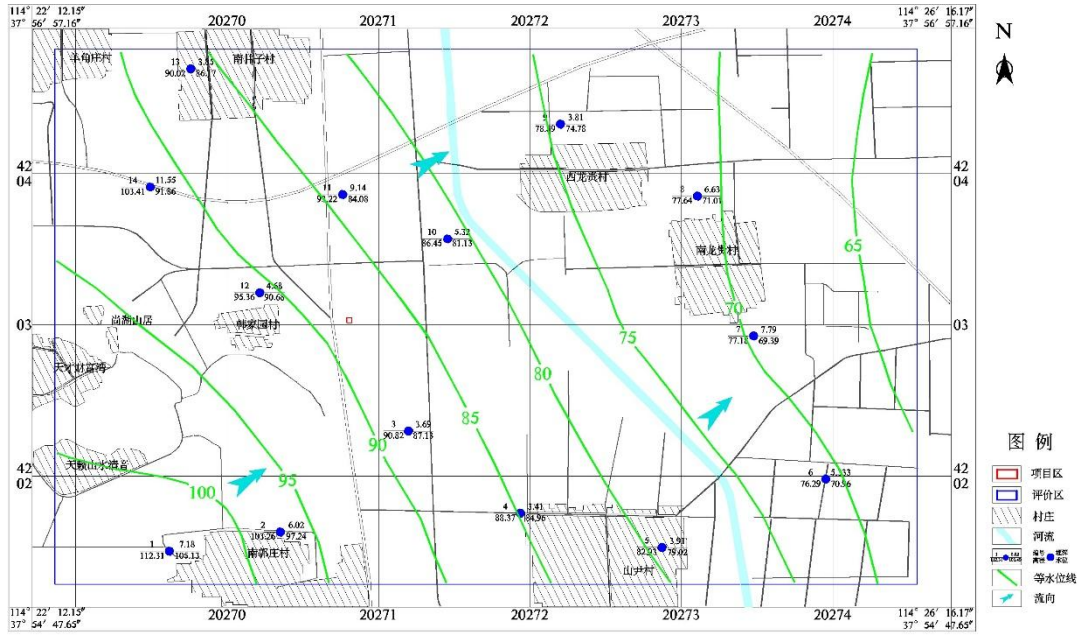


图 5.2-7 2022 年 11 月评价区等水位线图

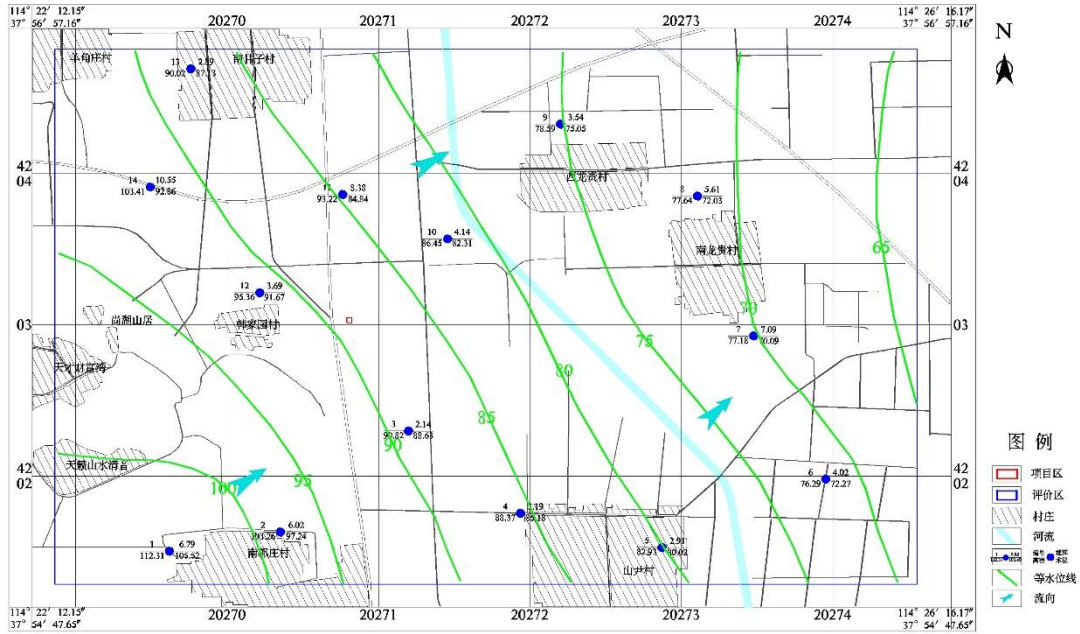


图 5.2-8 2023 年 2 月评价区等水位线图

②地下水环境现状

本项目评价工作等级为一级，且位于山前冲（洪）积平原，根据导则要求，需要在评价期内开展了两期地下水环境水质现状监测工作。本次现状监测时间为 2022 年 10 月及 2023 年 3 月，包括 7 个浅层监测点。具体见图 2.9-9。

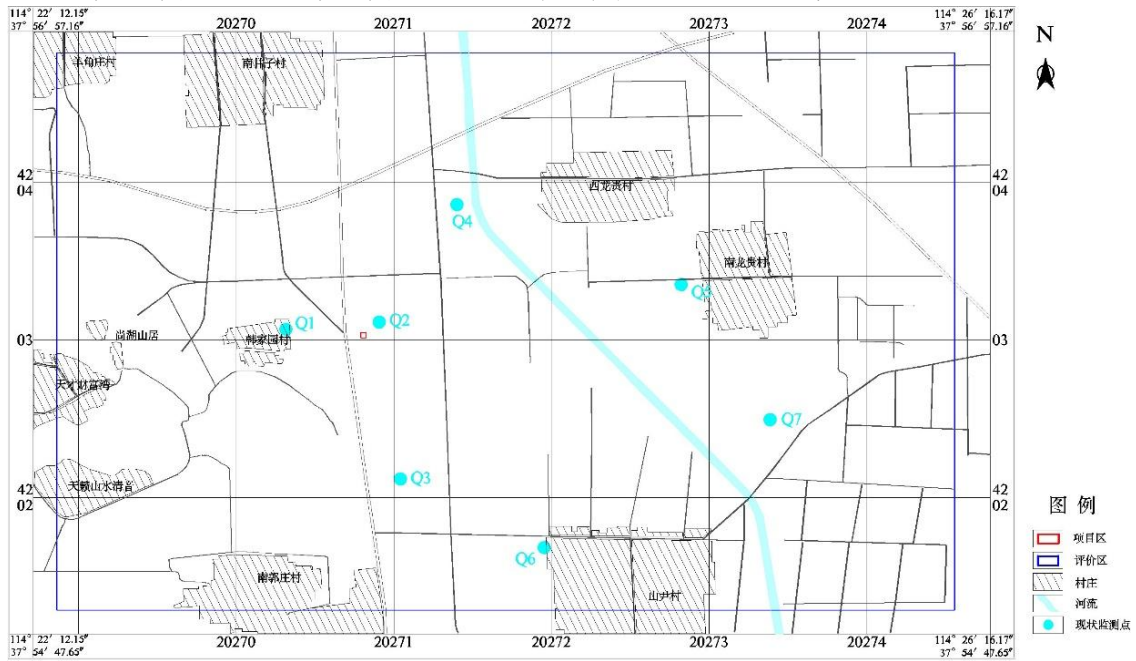


图 5.2-9 地下水现状监测点分布图

根据《环境影响评价技术导则—地下水环境》（HJ610-2016），本次地下水水质现状评价采用标准指数法。根据上述方法，计算得出地下水水质评价结果见表



5.2-13 和 5.2-14。由表可知，各监测点各项因子均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中 III 类标准。

表 5.2-13 地下水质量现状评价结果表（2022.10）

编号	检测因子	点位						
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
1	pH	0.33	0.27	0.33	0.13	0.2	0	0.13
2	臭和味	—	—	—	—	—	—	—
3	肉眼可见物	—	—	—	—	—	—	—
4	色度	0.33	—	—	0.33	—	—	—
5	浑浊度	0.27	0.27	0.23	0.30	0.23	0.27	0.30
6	耗氧量	0.46	0.20	0.15	0.20	0.19	0.19	0.21
7	总硬度	0.86	0.86	0.78	0.87	0.75	0.84	0.76
8	溶解性总固体	0.70	0.54	0.46	0.54	0.46	0.50	0.39
9	硫酸盐	0.76	0.64	0.47	0.58	0.49	0.54	0.50
10	氯化物	0.29	0.18	0.16	0.19	0.15	0.19	0.16
11	钠	0.25	0.15	0.10	0.14	0.10	0.16	0.11
12	挥发酚	—	—	—	—	—	—	—
13	阴离子表面活性剂	—	—	—	—	—	—	—
14	氨氮	0.21	0.10	0.09	0.12	0.07	0.06	0.09
15	硝酸盐氮	0.51	0.45	0.33	0.43	0.26	0.45	0.32
16	亚硝酸盐氮	0.014	—	—	—	—	—	—
17	硫化物	—	—	—	—	—	—	—
18	氰化物	—	—	—	—	—	—	—
19	氟化物	0.24	0.34	0.28	0.37	0.28	0.4	0.3
20	碘化物	—	—	—	—	—	—	—

21	六价铬	—	—	—	—	—	—	—
22	石油类	—	—	—	—	—	—	—
23	铝	0.006	0.010	0.006	0.007	0.009	—	—
24	铜	0.0006	0.0016	0.0004	0.0001	0.0002	0.0001	—
25	锌	0.0022	0.0078	0.0018	0.0008	0.0008	0.0009	0.0008
26	砷	—	—	—	—	—	—	—
27	硒	0.12	0.12	0.05	—	—	0.04	—
28	镉	—	—	—	—	—	—	—
29	铅	0.01	—	—	0.01	—	—	—
30	铁	—	—	—	—	—	—	—
31	锰	—	—	—	—	—	—	—
32	汞	0.30	0.17	0.31	0.36	0.26	0.24	0.16
33	氯仿	—	—	—	—	—	—	—
34	四氯化碳	—	—	—	—	—	—	—
35	苯	—	—	—	—	—	—	—
36	甲苯	—	—	—	—	—	—	—
37	硝基苯	—	—	—	—	—	—	—
38	菌落总数	0.88	0.84	0.75	0.68	0.72	0.8	0.84
39	总大肠菌群	—	—	—	—	—	—	—

表 5.2-14 地下水质量现状评价结果表（2023.3）

编号	检测因子	点位						
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
1	pH	0.53	0.20	0.60	0.33	0.13	0.40	0.60
2	臭和味	—	—	—	—	—	—	—
3	肉眼可见物	—	—	—	—	—	—	—
4	色度	—	—	—	—	—	—	—
5	浑浊度	0.30	0.23	0.27	0.23	0.30	0.30	0.27
6	耗氧量	0.36	0.25	0.19	0.20	0.24	0.27	0.27
7	总硬度	0.93	0.90	0.72	0.94	0.86	0.96	0.93
8	溶解性总固体	0.62	0.57	0.50	0.62	0.48	0.76	0.70
9	硫酸盐	0.64	0.60	0.45	0.74	0.63	0.89	0.87
10	氯化物	0.22	0.34	0.20	0.35	0.26	0.47	0.42
11	钠	0.21	0.18	0.15	0.16	0.10	0.30	0.19
12	挥发酚	—	—	—	—	—	—	—
13	阴离子表面活性剂	—	—	—	—	—	—	—
14	氨氮	0.17	0.11	0.09	0.12	0.07	0.06	0.09
15	硝酸盐氮	0.40	0.45	0.33	0.43	0.36	0.45	0.42
16	亚硝酸盐氮	0.005	—	—	0.005	0.004	0.01	0.005
17	硫化物	—	—	—	—	—	—	—
18	氰化物	—	—	—	—	—	—	—
19	氟化物	0.54	0.62	0.77	0.5	0.64	0.47	0.43
20	碘化物	—	—	—	—	—	—	—

21	六价铬	—	—	—	—	—	—	—
22	石油类	—	—	—	—	—	—	—
23	铝	—	—	—	—	—	—	—
24	铜	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
25	锌	0.003	0.010	0.011	0.004	0.004	0.003	0.005
26	砷	0.075	0.130	0.090	0.392	0.264	0.149	0.272
27	硒	—	—	—	—	—	—	—
28	镉	—	—	—	—	—	—	—
29	铅	—	—	—	—	—	—	—
30	铁	0.30	—	—	0.23	0.20	0.17	0.20
31	锰	0.20	—	—	—	—	—	—
32	汞	—	—	—	—	—	—	—
33	氯仿	—	—	—	—	—	—	—
34	四氯化碳	—	—	—	—	—	—	—
35	苯	—	—	—	—	—	—	—
36	甲苯	—	—	—	—	—	—	—
37	硝基苯	—	—	—	—	—	—	—
38	菌落总数	0.86	0.88	0.91	0.78	0.82	0.92	0.86
39	总大肠菌群	—	—	—	—	—	—	—
40	总 $\alpha$ 放射性	—	0.20	0.10	0.13	0.16	0.14	0.11
41	总 $\beta$ 放射性	0.11	0.23	0.15	0.31	0.13	0.21	0.35

(5) 地下水水化学类型

调查评价范围内地下水的化学成分与地下水中主要离子组成及浓度有关，为了解和查明地下水水化学组分的空间分布现状，对评价范围内各地下水监测点进行采样分析，分析结果见表5.2-15。据以上水化学类型分类结果可知，本项目厂区周边地下水水化学类型主要为HCO<sub>3</sub>·SO<sub>4</sub>—Ca、HCO<sub>3</sub>·SO<sub>4</sub>·Cl—Ca。

表5.2-15 地下水水化学一览表

监测点位	水化学类型	
	2022.10	2023.3
Q1	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> —Ca	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> —Ca
Q2	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> —Ca	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> ·Cl—Ca
Q3	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> —Ca	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> —Ca
Q4	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> —Ca	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> —Ca
Q5	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> —Ca	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> —Ca
Q6	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> —Ca	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> ·Cl—Ca
Q7	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> —Ca	HCO <sub>3</sub> ·SO <sub>4</sub> ·Cl—Ca

2) 地下水环境影响预测和评价

按《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)相关要求，本次地下水环境影响评价工作级别为一级，故采用数值法对地下水环境影响进行预测与评价。数值法的目的是通过对评价区水文地质条件的分析和已获取的该区域地下水流场状况建立模拟区地下水数值模拟模型，并通过对已知地下水动态水位的拟合情况检验模型的准确性，预测本项目对地下水环境的影响。

(1) 水文地质概念模型

①模拟范围

根据项目所处的区域地形地貌、地质、水文地质条件和地下水运动特征，拟建项目对地下水的影响范围，圈定地下水环境影响的评价区域。建设项目所在地水文地质条件相对简单，圈定一水文地质单位块段作为模拟范围，边界分别以垂直于地下水流向、平行于地下水流向为界，模拟区面积约为 21km<sup>2</sup>。

②边界条件的概化

模拟区并不是一个完整的水文地质单元，与周围地下水环境有着密切的水力联系。具体如下：

垂向边界的概化：潜水含水层自由水面为系统上边界，通过该边界，潜水与系统

外发生垂向水量交换（入渗补给、蒸发等）。根据调查结果，该地区的地下水水位埋深约 2-12m。

侧向边界的概化：模拟区地形平坦，四周边界与周围地下水环境都有水量交换，全部作为流量边界。

### ③含水层内部结构概化

根据项目周边地下水的埋藏条件、水力特征，含水层主要为第四系松散岩类孔隙含水层，含水组底板埋深约 20m，含水层厚度约 15m，为当前主要开采层。故将评价区含水层概化为单层含水层。

### ④含水层水力特征的概化

模拟区内地下水主要赋存于第四系松散岩类孔隙中，岩性主要为砂砾石，地下水流通性较好、具有统一的径流场，地下水运动主要为层流，符合达西定律。

### ⑤含水层补给径流排泄的概化

模拟区地下水主要补给来源为侧向流入，排泄方式主要为侧向流出及人工开采，大致流向为西到东。

综上所述，将评价区含水系统概化为：潜水、非均质、各向同性、二维非稳定地下水流动系统。

## （2）地下水流数学模型

根据上述水文地质概念模型，建立模拟区相应的数学模型，如下所示：

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x} \left( K \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K \frac{\partial H}{\partial y} \right) + W = \mu \frac{\partial H}{\partial t}; & (x, y, z) \in \Omega, \quad t \geq 0 \\ H(x, y, z, t) = H_0(x, y, z); & (x, y, z) \in \Omega, \quad t = 0 \\ \left. K_n \frac{\partial H}{\partial n} \right|_{\Gamma_2} = q_n(x, y, z, t); & (x, y, z) \in \Gamma_2, \quad t > 0 \end{cases}$$

式中：K——为含水层渗透系数，m/d；

H——为水位、水头，m；

W——为源汇项(降雨、蒸发等),m<sup>3</sup>/d；

μ——潜水层给水度；

t——为时间，d；

Ω——渗流计算区域；

K<sub>n</sub>——为边界法线方向的渗透系数；

Γ<sub>2</sub>——为流量边界，包括隔水边界（零流量边界）；

- n ——为边界 $\Gamma_2$ 的外法线方向；
- $H_0(x,y)$ ——为已知初始水位分布；
- $H(x,y,t)$ ——为t时刻的水头。

### (3) 地下水数值模型的求解

本次运用Visual Modflow4.3软件，对上面所建的数学模型进行求解。Visual Modflow是由加拿大滑铁卢水文地质公司在美国地质调查局的地下水流有限差分计算程序Modflow的基础上开发出的、专门用于三维地下水流和溶质运移模拟和评价的可视化专业软件系统。Modflow是一种用基于网格的有限差分方法来刻画地下水流运动规律的计算机程序，通过把研究区在空间和时间上的离散，建立研究区每个网格的水均衡方程式，所有网格方程联立成为一组大型的线性方程组，迭代求解方程组可以得到每个网格的水头值。具体求解运用过程分为以下几步：

#### ①模拟区网格剖分

Visual Modflow采用有限差分法对地下水流进行模拟，对模拟区域进行网格剖分，剖分结果见图5.2-10，网格间距为100m，项目厂区区域加密剖分为间距10m。计算节点位于单元中心。

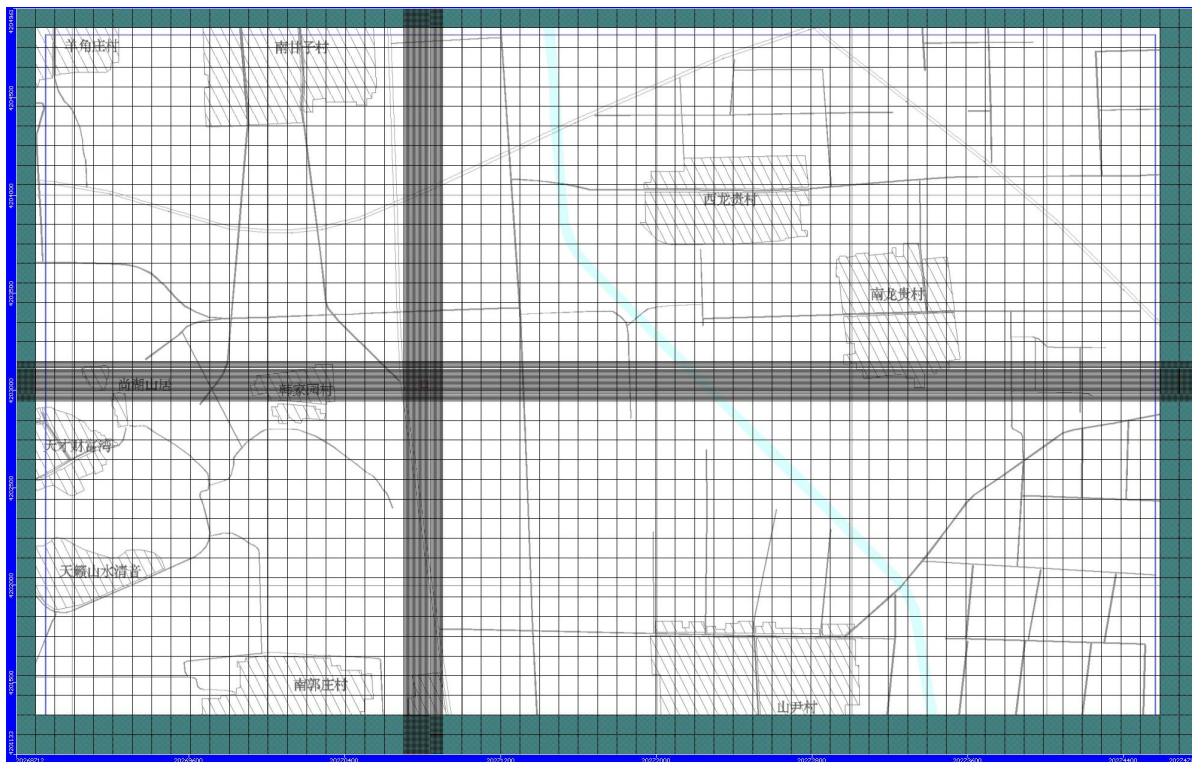


图 5.2-10 模拟区网格剖分图

#### ②源汇项处理



模拟区主要存在的源汇项如下：补给项为降水入渗补给及农田灌溉回归补给以及界外流入；排泄项为界外流出、蒸发及人工开采。其中，界外流入流出概化为流量边界，根据经验公式由达西定律进行计算。地下水开采概化为点状开采。降水入渗量根据评价区降水量乘以入渗系数获得，在模型中进行分区输入；灌溉回归入渗量根据灌溉量乘以回灌系数获得在模型中进行分区输入；各原理与参数取值分述如下：

a.降水入渗量

$$Q_{\text{降雨入渗量}} = P * M * \alpha$$

式中：

$Q_{\text{降雨入渗量}}$ —大气降雨入渗量；

P—均衡期内降水量；

M—计算单元内潜水面积；

$\alpha$ —降水入渗系数；

潜水含水层通过包气带接受大气降水入渗补给，降水入渗补给条件的不均匀性用入渗分区概化处理。依据有关降水入渗资料，并参考包气带岩性、潜水位埋深、地形、植被等因素，对降雨入渗系数进行分区，给出分区初值，待模拟时确定最终分区。

根据本区的地表岩性及水位埋深给定该区的降水入渗系数初值为 0.15。

b.灌溉回归入渗量

$$Q_{\text{灌溉回归量}} = Q_{\text{灌溉量}} * \beta_{\text{回灌系数}}$$

式中：

$Q_{\text{灌溉回归}}$ —模拟期内灌溉回归水量；

$Q_{\text{灌溉量}}$ —模拟期内灌溉用水量；

$\beta_{\text{回灌系数}}$ —回灌系数，根据经验系数，设定回灌系数初值为 0.1。

c.地下水侧向流量

平行于地下水流向的边界为零流量边界，垂直于地下水流向的西边界为流入边界，东边界为流出边界，流进、流出量根据以下公式计算。

$$Q_{\text{侧向流量}} = K * I * H * B * t$$

式中：

$Q_{\text{侧向流量}}$ —模拟期内侧向流量，

K—含水层渗透系数，单位 m/d；

I—水力坡度；水力坡度根据潜水含水层等水位线获得，取枯水期及丰水期的平均值；

H—含水层厚度，单位 m；

B—含水层断面长度，单位 m；

t—模拟期，单位 d。

#### d.人工开采量

地下水开采主要为居民生活用水开采及农业开采，模拟期农业灌溉用水量，且区域内农灌井数量较多且分布均匀，因此作为面状开采量进行处理。

#### e.蒸发

因浅层水蒸发强度随水位埋深的变化而变化，所以计算时将蒸发强度处理为能随水位变化而变化的机制自动变化，其计算公式如下：

$$\begin{cases} Z = Z_0 \left(1 - \frac{S}{S_0}\right) & S < S_0 \\ Z = 0 & S \geq S_0 \end{cases}$$

式中：Z——浅层水蒸发强度（m）；

$Z_0$ ——水面蒸发强度（m）（即实际水面蒸发强度，为 20cm 蒸发皿测得蒸发强度的 60%左右）；

S——潜水位埋深（m）；

$S_0$ ——潜水蒸发极限埋深（m）。

#### ③模拟期及初始条件的确定

本次模拟识别期选为 2022 年 6 月到 2023 年 2 月，应力期以月为单位，共划分为 8 个应力期，每个应力期又包括若干个时间步长，时间步长为模型自动控制，严格控制每次的迭代误差，在同一应力期内地下水补排项不变。

初始水位以 2022 年 6 月的水位为基础，对其余地区进行外推概化，然后按照内插法和外推法得到潜水含水层的初始流场，见图 5.2-11。

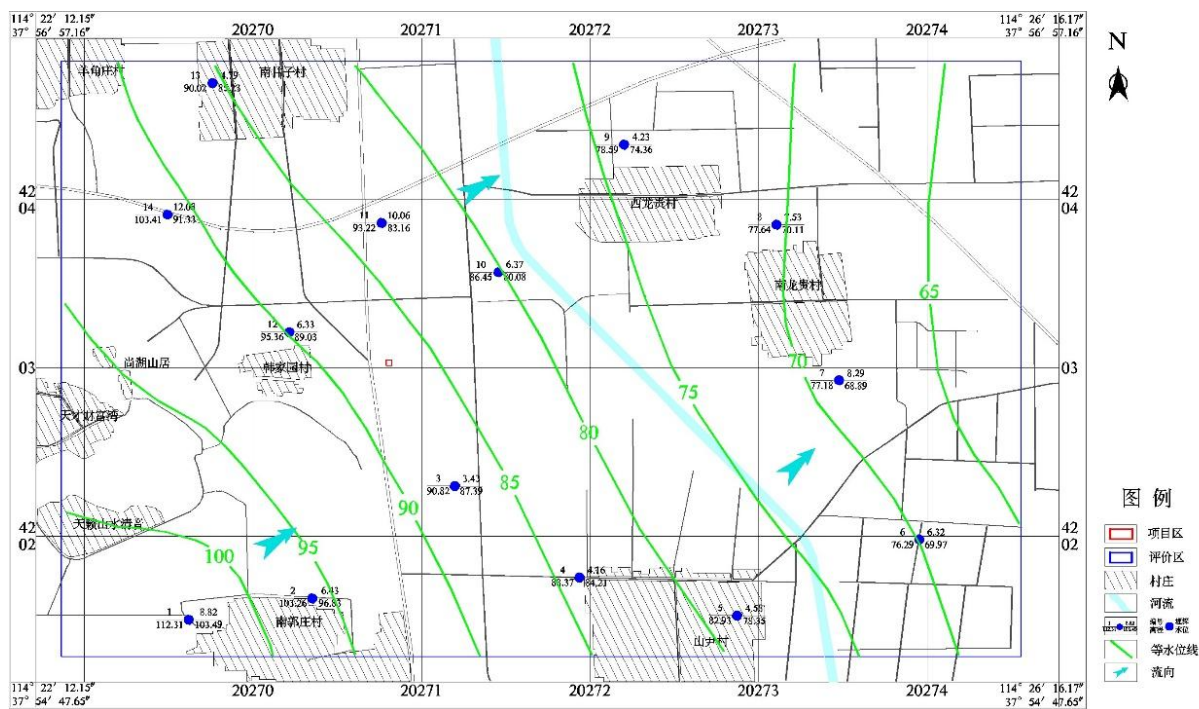


图 5.2-11 初始水位等值线图

④模型的识别与验证

一个数值模型能否真正的反映和再现实际水文地质条件和地下水运动特征，模型还有待于进行识别和验证。

用潜水初始流场（2022 年 6 月流场）作为非稳定流模拟的初始值，将大气降水入渗补给强度、地下水人工开采量、以及边界侧向流出量以及通过建立稳定流模型得到的渗透系数分区等前面初值加载到模型中，按 10 天一个步长，让模型运行 24 个时段，模拟 2022 年 11 月及 2023 年 2 月的流场，主要识别大气降水入渗系数、边界侧向量等水文地质因素，经过反复调试，地下水流场模拟程度比较高，地下水流场模拟图（见图 5.2-12 和图 5.2-13）。

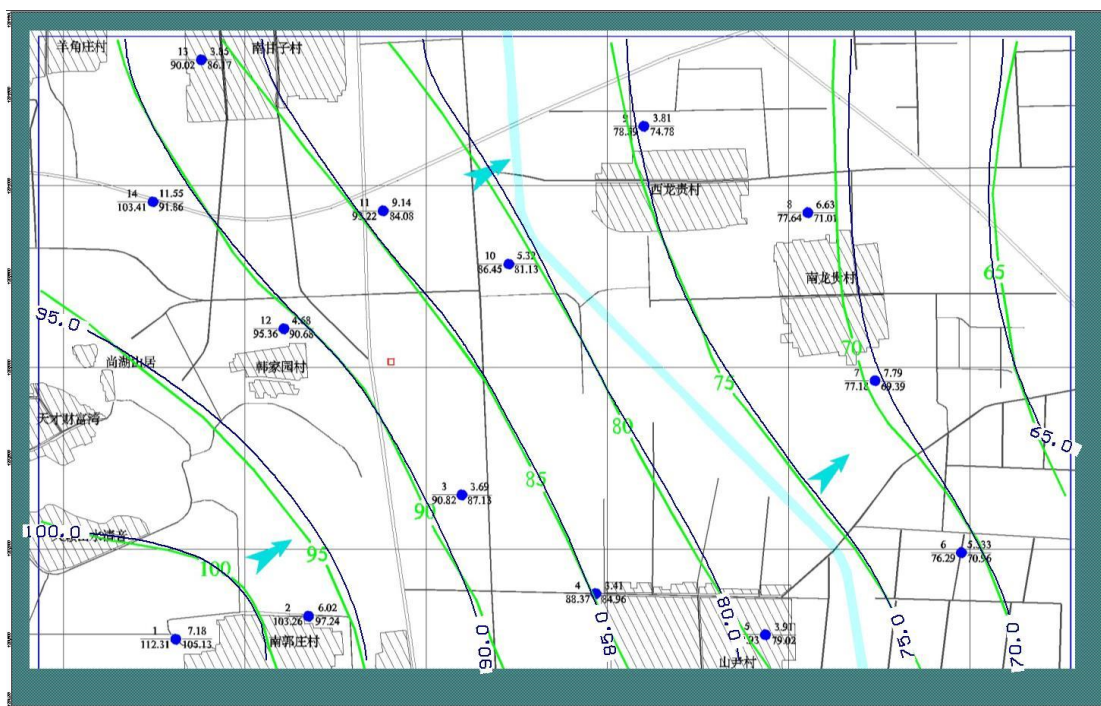


图 5.2-12 2022 年 11 月拟合流场图

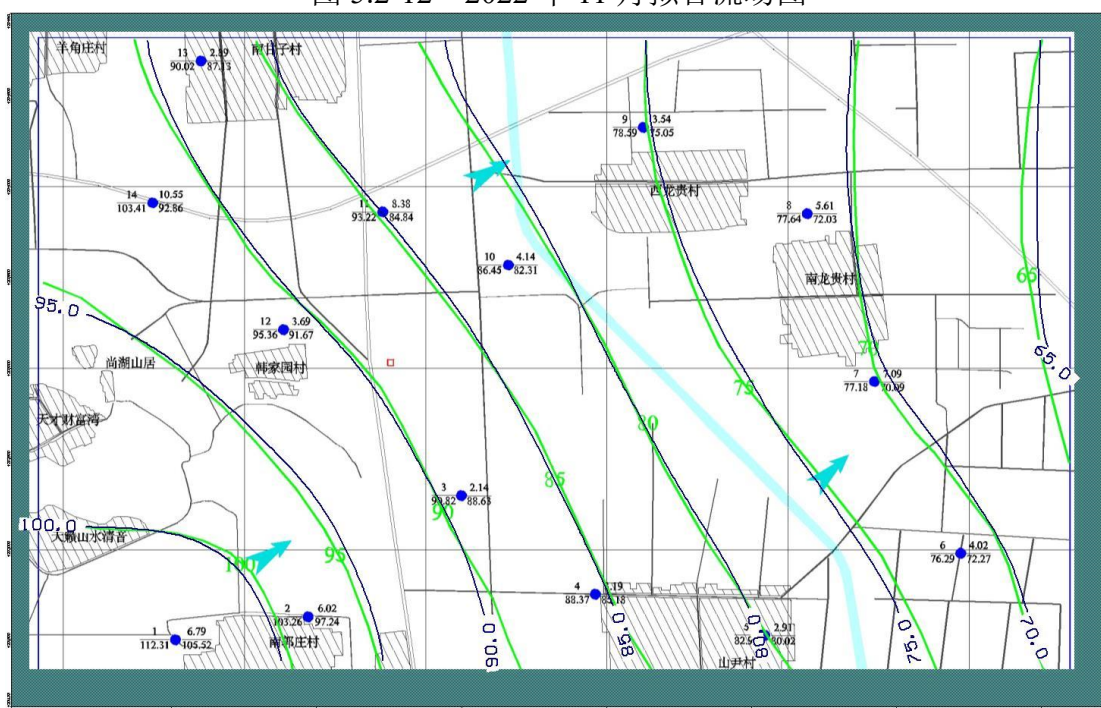


图 5.2-13 2023 年 2 月拟合流场图

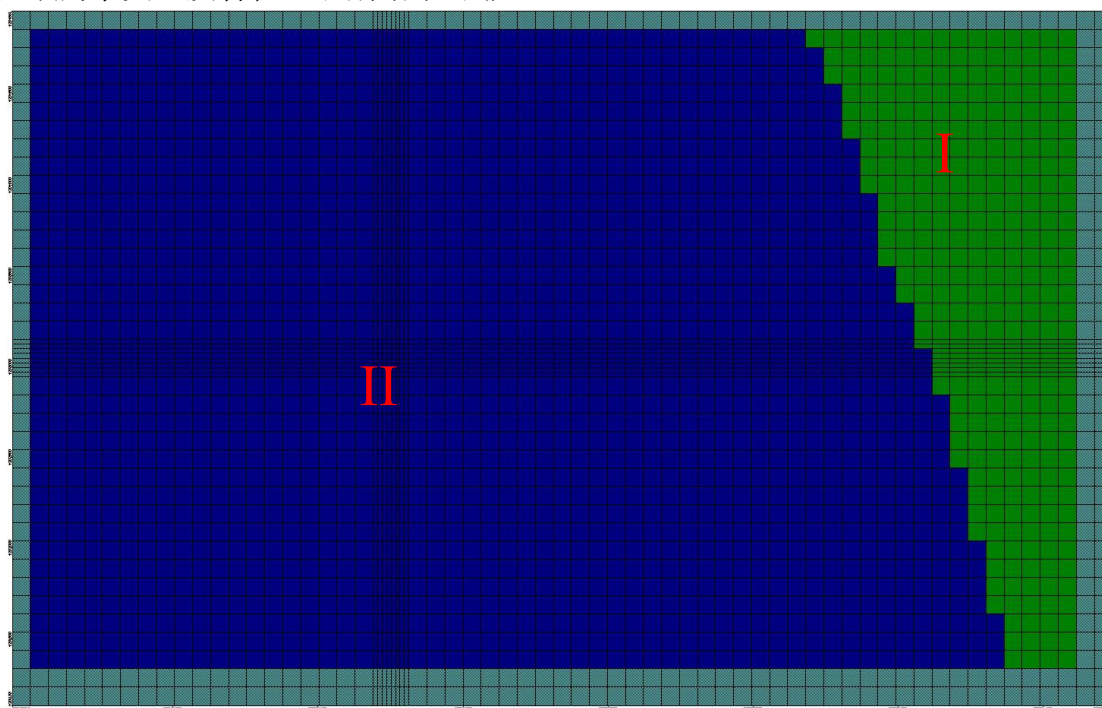
通过模型调试，水文地质参数、垂向补排强度、边界条件等都有不同程度的调整，经模型识别调试、验证后，模型被认为是比较符合模拟区地下水系统的客观实际，能够再现评价区水文地质条件，模型可以用来预测未来地下水环境的动态变化。2022 年 6 月至 2023 年 2 月地下水均衡量见表 5.2-16，优化调整后确定的含水层参数值见表

5.2-17。

表5.2-16 模拟期地下水均衡量表 单位万m<sup>3</sup>

补给项	补给量	排泄项	排泄量
大气降水入渗	167.14	边界侧向排泄	107.48
边界侧向补给	181.65	人工开采	102.01
灌溉回归入渗	35.37	蒸发	56.55
合计		合计	
均衡差		118.12	

从均衡表中可以看出在模拟期内模型为正均衡，均衡差为 118.12wm<sup>3</sup>，在此期间，地下水位正处于上升阶段，校验结果与实际大体相符，因此所建立的模型基本符合对应区域的水文地质特征，识别结果可靠。



5.2-14 模拟区参数分区图

表5.2-17 水文地质参数和降水入渗系数表

水文地质参数			
分区号	渗透系数 (m/d)	给水度	入渗系数
I	17.6	0.11	0.15
II	20.3	0.13	

(4) 预测与评价结果

本项目产生的放射性废水暂存于衰变池，贮存 30 天后，经检测达标后，直接解控排至军鼎科技园污水管网。本项目衰变池依托原有工程，位于生产厂房东北角，

共设有 2 个，尺寸均为长 2m、宽 1m、深 1m，总容积为 4m<sup>3</sup>。两个衰变池采用并联结构，地埋式密封处理，并采取有效防渗、防腐措施。衰变池采用防水混凝土 C30 浇筑，抗渗等级达 P6，池内壁、池底及顶板内侧采用环氧玻璃钢+环氧砂浆涂层做防腐防渗处理。

①正常工况下

正常工况下，本项目衰变池采取了有效的地下水污染防渗措施，从而在源头上减少了污染物进入含水层的渗漏量。因此，正常工况下，项目对地下水的影响较小。根据《环境影响评价技术导则地下水环境》（HJ610-2016），本项目可不进行正常工况情景下的预测。

②非正常工况下

a.预测情形

非正常工况下，假设衰变池发生破损渗漏，其中废水渗漏至地下水，对地下水环境造成影响。废水在下渗过程中，虽然经过包气带的过滤及吸附，仍然会有部分污染物进入潜水含水层，并随地下水对流、离散作用，在含水层中扩散迁移。

b.预测源强

本项目两个衰变池采用并联结构，尺寸均为长 2m、宽 1m、深 1m，总容积为 4m<sup>3</sup>。在泄漏过程中，衰变池内废水深度保守考虑取 1m，参照《给水排水构筑物工程施工及验收规范》（GB50141-2008）池体构筑物允许渗水量的验收技术要求，池体渗漏量可按照下式计算：

$$Q = \alpha \times q \times (S_{底} + S_{侧}) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (5-1)$$

式中：

Q—渗漏量，m<sup>3</sup>/d；

S<sub>底</sub>—池底面积，m<sup>2</sup>。为 2×2m×1m=2m<sup>2</sup>；

S<sub>侧</sub>—池壁浸湿面积 m<sup>2</sup>。为 2×1m×（2m+2m+1m+1m）=12m<sup>2</sup>；

α—变异系数，一般可取 0.1~1.0，本次模拟保守取 1.0；

q—单位渗漏量，L/（m<sup>2</sup>·d），参照（GB50141-2008），钢筋混凝土结构取 2L/（m<sup>2</sup>·d）。

通过上式计算得到正常工况下泄漏量为 0.028m<sup>3</sup>/d，非正常工况下泄漏量为正常工况的 10 倍，则非正常工况下总泄漏量为 0.28m<sup>3</sup>/d。

废水在衰变池内储存时长不超过 30d，因此保守考虑泄漏时长取 30d。

c. 预测因子及执行标准

本项目衰变池主要接收淋浴废水和  $^{18}\text{F}$  制备过程中传输管道冲洗水，不接收生产废水。废水中放射性核素主要为  $^{18}\text{F}$ ，保守假定衰变池中总 $\beta$ 活度浓度可达到最大限值  $10\text{Bq/L}$  且均由  $^{18}\text{F}$  核素贡献；根据《建筑中水设计标准》（GB50336-2018），淋浴废水中主要非放射性污染因子为  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  和氨氮等，不涉及重金属、持久性有机污染物等污染源项，废水中非放污染因子见表 5.2-18。由表可知，非放污染物中氨氮的标准指数最大。因此，本次选取  $^{18}\text{F}$  核素和氨氮为预测因子。

表 5.2-18 废水中主要污染因子一览表

污染物	$\text{COD}_{\text{Mn}}$ (mg/L)	$\text{BOD}_5$ (mg/L)	SS (mg/L)	氨氮 (mg/L)
浓度	120	55	55	30
环境质量现状值 (取最大值)	/	/	/	0.103
质量标准	3.0	/	/	0.5
标准指数	40	/	/	60
检出限	0.05	/	/	0.025

d. 预测时段

预测时段选取 30d、100d、1000d 及 18250d。

e. 预测结果与评价

A、 $^{18}\text{F}$  核素

非正常工况下地下水中  $^{18}\text{F}$  核素的污染预测结果见表 6.2-31 及图 6.2-13。由结果可知，衰变池发生泄漏后短时间内地下水中  $^{18}\text{F}$  核素浓度贡献值增大，随着时间推移，下游最高浓度逐渐减小，直至基本消失。第 30d 时， $^{18}\text{F}$  核素向下游运移了约 15m，影响范围为  $157\text{m}^2$ ，下游最大浓度为  $0.04\text{Bq/L}$ ，叠加现状值后为  $0.28\text{Bq/L}$ ，未超标；第 100d、1000d 及 18250d（服务年限）时，下游地下水中  $^{18}\text{F}$  核素浓度贡献值低于检出限  $0.015\text{Bq/L}$ ，对地下水环境影响基本可忽略。此外，衰变池发生泄漏造成的地下水影响范围内无地下水保护目标。

表 5.2-19  $^{18}\text{F}$  核素预测结果一览表

运移时间 (d)	30	100	1000	18250
最大运移距离 (m)	15	/	/	/
影响范围 ( $\text{m}^2$ )	157	/	/	/
最大超标距离 (m)	/	/	/	/

超标范围 (m <sup>2</sup> )		/	/	/	/
下游最大浓度 (Bq/L)	贡献值	0.04	/	/	/
	叠加现状值后	0.28	/	/	/
质量标准 (Bq/L)		1.0			

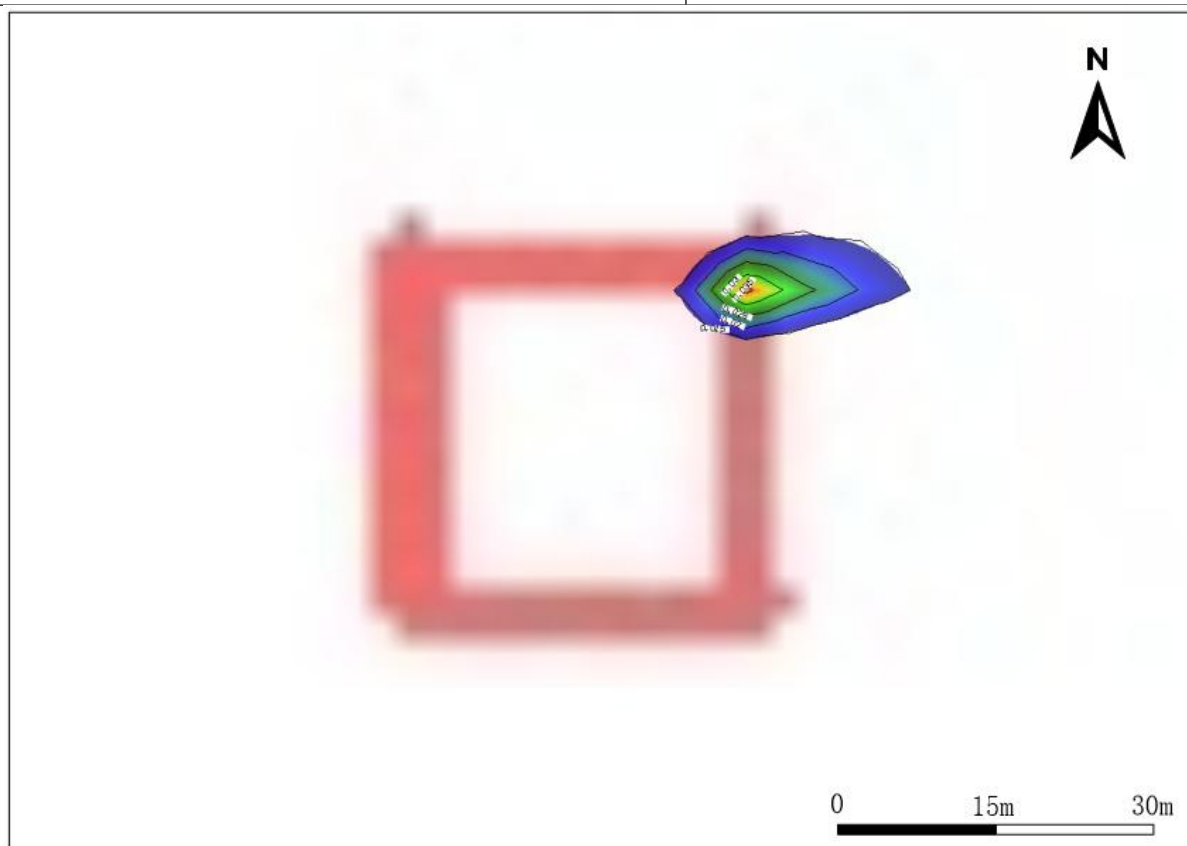


图 5.2-15 <sup>18</sup>F 核素预测结果

### B、氨氮

非正常工况下地下水中氨氮的污染预测结果见表 6.2-31 及图 6.2-13。由结果可知，衰变池发生泄漏后短时间内地下水中氨氮浓度贡献值增大，随着时间推移，下游最高浓度逐渐减小，直至基本消失。第 30d 时，氨氮向下游运移了约 27m，影响范围为 450m<sup>2</sup>，下游最大浓度为 0.12mg/L，叠加现状值后为 0.22mg/L，未超标；第 100d、1000d 及 18250d（服务年限）时，下游地下水中氨氮浓度贡献值低于检出限 0.025mg/L，对地下水环境影响基本可忽略。此外，衰变池发生泄漏造成的地下水影响范围内无地下水保护目标。

表 5.2-20 氨氮预测结果一览表

运移时间 (d)	30	100	1000	18250
最大运移距离 (m)	27	/	/	/
影响范围 (m <sup>2</sup> )	450	/	/	/
最大超标距离 (m)	/	/	/	/
超标范围 (m <sup>2</sup> )	/	/	/	/



下游最大浓度 (mg/L)	贡献值	0.12	/	/	/
	叠加现状值后	0.22	/	/	/
质量标准 (mg/L)		0.5			

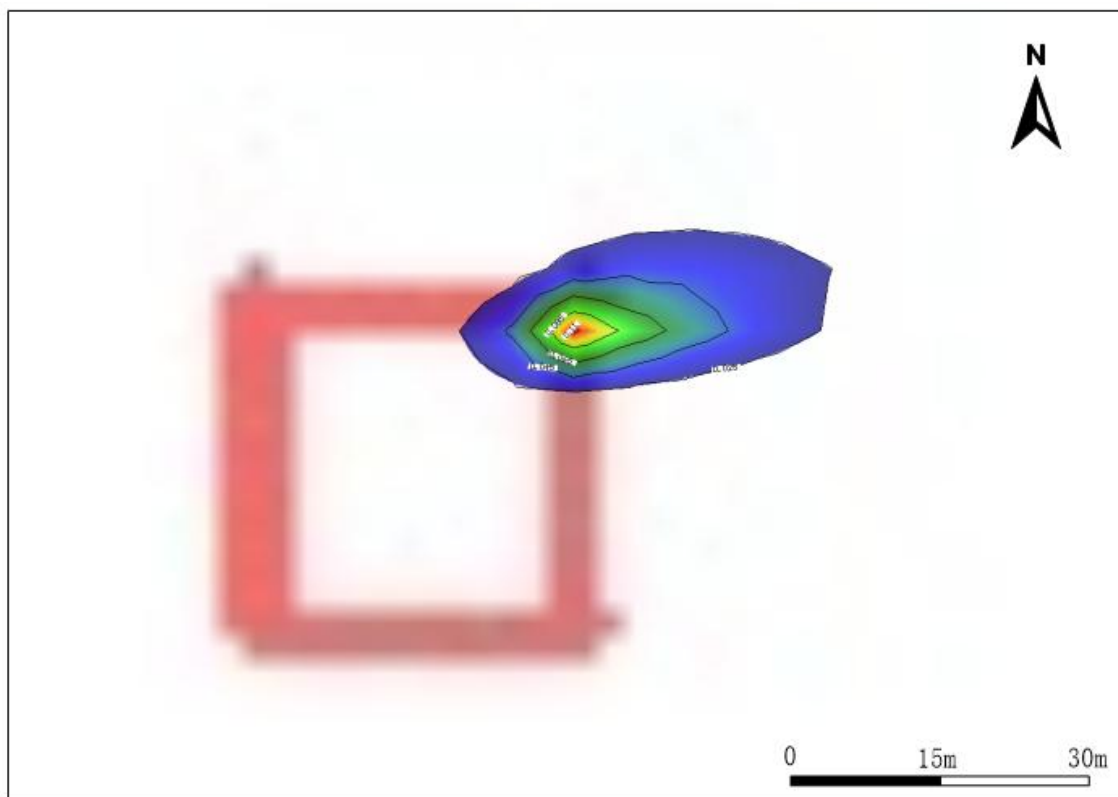


图 5.2-16 泄漏后 30d 时氨氮预测结果

### (5) 地下水评价结论

正常工况下，本项目采取了地下水污染防渗措施，污染源从源头上得到控制，基本不会对地下水产生影响。

非正常工况下，本项目衰变池发生泄漏后，地下水中  $^{18}\text{F}$  核素和氨氮均未发生超标，对周围地下水影响较小，未影响到地下水保护目标。

综上所述，正常工况下项目产生污染物不会对地下水环境造成影响；非正常工况下，衰变池发生泄漏后，污染物进入地下水后会对一定范围内地下水环境造成较小影响，且未影响到地下水保护目标。

## 5.2.5 事故工况环境影响分析

### 5.2.5.1 事故分析

#### 1) 回旋加速器

事故工况下，回旋加速器制药区可能发生的污染如：

(1) 在防护门关闭后，如果有人滞留在加速器室内或安全联锁系统失效、人员误入，加速器运行可能产生误照射。

(2) 在回旋加速器运行过程中通风系统出现故障，加速器仍然运行，导致臭氧累积使机房内浓度增高。

## 2) 放射性同位素的操作

(1) 在操作放射性同位素的过程中，因容器破碎、药物泼洒等，有可能污染工作台、地面、墙壁、设备等，甚至造成手和皮肤的污染。

(2) 放射性药物丢失或被盗，造成放射性事故；放射性药物在转移过程中由于操作人员违反操作规定或误操作引起意外泄漏而造成放射性表面污染。

(3) 因受到爆炸、火灾等各种自然或人为灾害的破坏，可能会导致放射性药物包容破损、放射性液体泄漏、放射性释放，若处置不当，会对人员和环境造成危害。

(4) 放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。

### 5.2.5.2 事故源项及事故等级分析

本项目为“生产放射性同位素和使用II类射线装置”核技术应用项目，营运中可能存在风险和潜在事故隐患。

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 第 449 号)，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 5.2-1。

表 5.2-1 国务院令 第 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐污染后果，或者放射性同位素和线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和线装置失控，导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和线装置失控，导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和线装置失

控，导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系见表 5.2-2。

表 5.2-2 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

### 5.2.5.3 事故工况下辐射影响分析

#### 1) 放射性药物意外泄漏或丢失事故

##### (1) 事故情景假设

①预测分析以用量最大的  $^{18}\text{F}$  为例，事故情况假设  $^{18}\text{F}$  试剂瓶发生丢失，丢失时内装放射性  $^{18}\text{F}$  的活度为 100mCi；

②假设丢失后在整个事故持续时间内放射性药物未发生洒漏，过程中按点源考虑；

③保守假设事故持续时间内，丢失的药物被同一人随身携带，距离按 10cm 考虑；

④受照人员不考虑任何屏蔽措施；

⑤事故持续最长时间为 2h。

##### (2) 剂量估算模式与参数选取

分别计算距放射源 0.1m、0.2m、0.5m、1.0m、2.0m、5.0m、10m 处的个人有效剂量。事故持续时间分别计算 4h、8h、1d、2d、3d 的情况。

### (3) 计算结果

根据事故情景假设条件计算得出，距源 0.1m~10m 范围内不同事故持续时段的个人有效剂量，计算结果见表 5.2-3。

表 5.2-3  $^{18}\text{F}$  丢失事故下不同持续时间不同距离处个人有效剂量分布

距源距离(m)	各事故持续时段的射线所致辐剂量(Gy)				
	0~10min	0~30min	0~60min	0~90min	0~120min
0.1	$8.86 \times 10^{-3}$	$2.64 \times 10^{-2}$	$3.30 \times 10^{-2}$	$7.96 \times 10^{-2}$	$1.06 \times 10^{-1}$
0.2	$2.22 \times 10^{-3}$	$6.60 \times 10^{-3}$	$1.32 \times 10^{-2}$	$1.98 \times 10^{-2}$	$2.64 \times 10^{-2}$
0.5	$3.54 \times 10^{-4}$	$1.06 \times 10^{-3}$	$2.12 \times 10^{-3}$	$3.18 \times 10^{-3}$	$4.24 \times 10^{-3}$
1.0	$8.86 \times 10^{-5}$	$2.64 \times 10^{-4}$	$3.30 \times 10^{-4}$	$7.96 \times 10^{-4}$	$1.06 \times 10^{-3}$
2.0	$2.22 \times 10^{-5}$	$6.60 \times 10^{-5}$	$1.32 \times 10^{-4}$	$1.98 \times 10^{-4}$	$2.64 \times 10^{-4}$
5.0	$3.54 \times 10^{-6}$	$1.06 \times 10^{-5}$	$2.12 \times 10^{-5}$	$3.18 \times 10^{-5}$	$4.24 \times 10^{-5}$
10.0	$8.86 \times 10^{-7}$	$2.64 \times 10^{-6}$	$3.30 \times 10^{-6}$	$7.96 \times 10^{-6}$	$1.06 \times 10^{-5}$

### (4) 事故后果

由表 5.2-3 可以看出，在事故持续时间为 10min、30min、60min、90min 和 120min 的情况下，距放射源 0.1m 处的 $\gamma$ 射线外照射辐射剂量分别为 0.00886Gy、0.0264Gy、0.0330Gy、0.0796Gy 和 0.106Gy。结合表 5.2-2 可知，考虑的整个事故持续周期 2h 内，急性放射病发病率均在 1%之下，事故持续时间达到 2h 时，急性放射性病发病率接近 1%。事故持续周期内可造成人员急性放射性病而导致较大辐射事故。由于  $^{18}\text{F}$  半衰期只有 1.83h，而计算过程中并未考虑其衰变，因此该计算结果是偏保守的。

#### 2) 回旋加速器机房人员误入事故影响分析

(1) 在事故工况下，回旋加速器处于运行状态；

(2) 误入人员位于回旋加速器大厅内， $\gamma$ 剂量率取  $84.3\mu\text{Sv/h}$ ，中子剂量率取  $236\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 事故工况下，从加速器室声音报警响起至工作人员按下紧急按钮，加速器停止工作，这个过程最多需要 30 秒，受照射时间取 30 秒。

经计算人员受到的有效剂量约为  $2.67\mu\text{Sv/次}$ ，事故造成职业人员受照剂量较小。

#### 5.2.5.4 应急措施

石家庄高科配备有事故发生时的应急措施以及保证应急措施执行的应急组织机

构、应急程序、应急物资、应急条件保障等，公司制定有辐射事故应急预案，该预案的制定可将公司可能发生的事故风险降到最低。

### 1) 事故防范措施

(1) 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。

(2) 辐射工作人员全部配备个人剂量报警仪、一体式铅衣、铅帽、围领、手套、防护眼镜、防护面罩等必要的个人防护用品。

(3) 回旋加速器带自屏蔽门，并与防护门实现门机连锁保护装置，防护门打开时加速器自动停止出束。回旋加速器室防护门外设置了工作状态指示灯和悬挂电离辐射警示标识。相关场所的出入口均设置了门禁及视频监控系统。回旋加速器室、入口间及控制室均需设置应急停止按钮，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。

(4) 热室内部配备辐射剂量监控系统，可调节监控剂量，当热室内部剂量值大于设定值时，热室门将被联锁装置锁死，不允许打开；热室所在房间内安装固定式剂量率监测探头，当探测到剂量率超过设置阈值时，则有声音报警，人员马上撤离。

(5) 建立放射性药物及发生器的安全管理制度，加强放射性药物安全管理，落实放射性物质安保措施，以防止放射性药物丢失。

(6) 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，能正确处置意外情况。

(7) 对放射性废物制定放射性三废的处理制度，设置放射性废物兼职管理员，对放射性废物单独收集，按照国家规定处理。

(8) 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。

综上，本项目采取以上事故防范措施后，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员和公众的健康与安全

### 2) 事故应急措施

为了加强对各生产线生产的安全管理，保障员工及公众健康，保护环境，公司制定了较为完善的辐射安全事故应急处理预案。该应急预案包括：组织机构、应急组织及职责、辐射事故分级、事件报告制度等，其内容较全、措施具体，针对性强、便于

操作，在应对放射性事故和突发性事件时基本可行，还应加强应急人员的组织培训，并做好应急和救助的装备、资金、物资准备。

一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急小组上报当地生态环境保护审管部门及省级生态环境保护审管部门（鹿泉区生态环境局 0311-82205750；石家庄市生态环境局 0311-85880962；省生态环境厅 0311-87802213、12369），同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。并编写事故情况、原因分析及处理结果的书面报告，报当地生态环境保护审管部门及省级生态环境保护审管部门。

## 6 辐射安全管理

### 6.1 机构与人员

#### 6.1.1 机构设置

公司应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令)、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护总局令第 3 号)及生态环境保护主管部门的要求,设有专门的辐射安全与环境保护管理机构,石家庄原子高科医药有限公司成立了以公司法定代表人为组长及辐射安全负责人,各车间主要负责人及生产人员为组员的辐射安全与环境保护管理小组,全面负责辐射安全管理相关工作,制定单位辐射防护管理制度,并对执行情况进行监督检查。设置辐射专职人员,具体负责日常辐射安全与环保工作,组织实施辐射安全防护措施和落实各项管理制度。公司需指定 1 名具有本科以上学历的技术人员全面负责公司辐射安全与环境保护管理工作,落实环境污染治理和安全防护措施。建立辐射防护安全防护管理制度,履行辐射防护职责,确保辐射防护可靠性,维护辐射工作人员和周围公众人员的权益,尽可能避免事故的发生,建立应急响应措施。

#### 6.1.2 人员配置

石家庄原子高科医药有限公司拟配备辐射工作人员 14 名。辐射工作人员需熟悉专业技术,能胜任各项作业,需对安全防护与相关法规知识也有所了解,实际操作中能按安全操作规程行事,自觉遵守规章制度,努力做好各项安全工作。辐射工作人员上岗前应在生态环境部组织开发的“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”学习相关知识并参加考核,通过考核后持证上岗。考核不合格的,不得上岗。根据主管部门要求定期进行再培训。确保每名操作人员应配备一套个人剂量计。个人剂量计应编号定人配戴,定期送交有资质的检测部门进行测量,并建立个人剂量档案,建立完善个人剂量监测及健康档案管理制度。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环保部第 47 号令)要求公司应做好以下工作:

1) 按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准,对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。

2) 公司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七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

3) 辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。

4) 按照要求配备相应的注册核安全工程师

本项目同位素药品生产和实验配备了 1 名以上注册核安全工程师，具备了从事同位素药品生产、实验的基本能力。

## 6.2 辐射安全管理规章制度

为保证辐射安全，参照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《NNSA HQ-08-JD-IP-005 甲级非密封放射性物质操作场所监督检查技术程序》，本评价要求石家庄原子高科医药有限公司制定以下规章制度，主要有：

- 1) 《辐射安全管理规定》；
- 2) 《放射性物质的管理规定》
- 3) 《场所分区管理规定》；
- 4) 《加速器操作规程》；
- 5) 《放射性同位素操作规程》
- 6) 《去污操作规程》；
- 7) 《保安管理规定》；
- 8) 《安全防护设施的维护与维修制度》；
- 9) 《监测方案》；
- 10) 《监测仪表使用与校验管理制度》；
- 11) 《辐射工作人员培训/再培训管理制度》；
- 12) 《辐射工作人员个人剂量管理制度》；
- 13) 《辐射事故、事件应急预案》；
- 14) 《放射性“三废”管理规定》。



## 6.3 辐射监测

### 6.3.1 监测目的

监测目的主要是为了及早发现和获取可能发生污染与危害的征兆，确保本项目生产安全运行；防止对环境产生有害的影响和避免对工作人员造成不必要的危害；为采取相应的安全措施提供必要的依据。同时监测数据为生产运行阶段的环境现状提供参考资料；与本底数据进行对照，分析项目运行后对当地环境的影响。

### 6.3.2 监测点位、项目及频次

#### 1) 环境监测

本项目参照《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)，对 $\gamma$ 辐射水平、土壤、水中总 $\beta$ 活度等进行监测，监测项目、监测点位、监测频次见表 6.3-1。

表 6.3-1 环境监测计划

监测对象	监测项目	监测点位	监测频率 (次/年)
$\gamma$ 辐射	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	以工作场所为中心，半径 50~300m 以内	1~4 <sup>a</sup>
土壤	应用核素 <sup>b</sup>	以工作场所为中心，半径 50~300m 以内	1
地表水 <sup>c</sup>	应用核素 <sup>b</sup>	废水排放口上、下游 500m	1~2
底泥 <sup>c</sup>	应用核素 <sup>b</sup>	废水排放口上、下游 500m	1
废水 <sup>c</sup>	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 <sup>b</sup>	废水贮存池或排放口	1~2
废气 <sup>c</sup>	应用核素 <sup>b</sup>	排放口	1
放射性固体废物	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率和 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染	贮存室或贮存容器外表面	1~2

注：a 甲级工作场所 1 次/季，乙级、丙级工作场所 1 次/年。

b 只关注可能对环境有影响的应用核素，监测应有针对性，如应用核素难以分析，可用总放替代。

c 不对外排放且无泄漏的，则不需要监测。

#### 2) 工作场所监测

为保证本项目运行过程中的辐射安全，控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，主要包括外照射监测、表面污染监测和气溶胶监测，使工作人员和公众所受照射尽可能低。本项目工作场所的监测内容如下：

##### (1) 工作场所 X- $\gamma$ 剂量率监测

本项目的辐射监测内容主要包括 $\gamma$ 外照射，利用本项目配备的便携式 X- $\gamma$ 剂量率

仪完成监测； $\gamma$ 剂量率的监测点位主要位于各放射性作业场所。外照射监测的频次参照《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)中的规定回旋加速器制备及正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区(一楼)、锆药物生产车间(二楼)为1次/2周。有关工作场所辐射水平的监测点位、监测频次等详见表6.3-2。

表 6.3-2 工作场所外照射水平监测计划

项 目	所在厂房	监测点位	场所等级	监测频次
$\gamma$ 辐射剂量率	回旋加速器制备及正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区(一楼)	仪器工作台	甲级	1次/2周
		热室	甲级	
		外清传递间	甲级	
		外包间	甲级	
		质检室	甲级	
		钼锆发生器	甲级	
		FDG生产废气物桶1	甲级	
		FDG生产废气物桶2	甲级	
	锆药物生产车间(二楼)	外包间	甲级	
		质检室操作台	甲级	
		质检室通风橱	甲级	
		留样间	甲级	
		传递间	甲级	
		成品间	甲级	
		锆生产车间走廊东	甲级	
		锆发生器走廊西侧	甲级	
		淋洗间淋洗柜	甲级	
		淋洗间超净台	甲级	
		淋洗间操作台	甲级	
		标记分装间工作台面	甲级	
标记分装间超净台西	甲级			
标记分装间超净台东	甲级			

(2) 表面污染监测

利用本项目配备的 $\alpha$ - $\beta$ 表面污染监测仪对放射性工作场所的台面、地面、墙壁及设备进行表面污染监测；利用本项目配备的手脚沾染监测仪在出入口处对人员进行表面污染进行监测。人员体表的表面污染在每次离开作业场所进行监测，作业场所内表面污染的监测频次参照《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)中的规定，回旋加速器制备及正电子药物 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区(一楼)、锆药物生产车间(二楼)为2周/次。有关工作场所表面污染的监测点位、监测频次等详见表6.3-3。

表 6.3-3 工作场所表面污染水平监测计划

项 目	所在厂房	监测点位	场所等级	监测频次
表面污染	回旋加速器制备及正电子药物 <sup>18</sup> F-氟脱氧葡萄糖生产区（一楼）	仪器工作台	甲级	1 次/2 周
		热室	甲级	
		外清传递间	甲级	
		外包间	甲级	
		质检室	甲级	
		钼铈发生器	甲级	
		FDG 生产废气物桶 1	甲级	
		FDG 生产废气物桶 2	甲级	
	锝药物生产车间（二楼）	外包间	甲级	
		质检室操作台	甲级	
		质检室通风橱	甲级	
		留样间	甲级	
		传递间	甲级	
		成品间	甲级	
		锝生产车间走廊东	甲级	
		锝发生器走廊西侧	甲级	
		淋洗间淋洗柜	甲级	
		淋洗间超净台	甲级	
		淋洗间操作台	甲级	
		标记分装间工作台面	甲级	
		标记分装间超净台西	甲级	
		标记分装间超净台东	甲级	

(3) 中子剂量当量率监测

利用本项目配备的中子剂量率仪对放射性工作场所的加速器机房进行中子剂量率监测。

表 6.3-4 加速器机房周围中子剂量当量率监测计划

项 目	检测区域	检测点位	场所等级	监测频次
1	加速器机房	加速器防护门中部	乙级	1 次/2 周
2		加速器防护门左部	乙级	
3		加速器防护门上部	乙级	
4		加速器防护门右部	乙级	
5		加速器防护门下部	乙级	
6		加速器机房南墙外	乙级	
7		加速器机房东墙外	乙级	
8		加速器机房北墙外	乙级	

9		加速器机房西墙外	乙级	
10		加速器机房楼上	乙级	

#### (4) 气溶胶浓度监测

按照《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)的相关要求,对放射性作业场所气溶胶浓度进行监测。本项目针对作业场所气溶胶的监测配备了移动式气溶胶监测仪,回旋加速器制备及正电子药物<sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区(一楼)、锝药物生产车间(二楼)为1周/次。有关工作场所气溶胶浓度的监测点位、监测频次等详见表6.3-5。

**表 6.3-5 工作场所气溶胶浓度监测计划**

项 目	监测点位	场所等级	检测项目	监测频次
气溶胶	加速器大厅	甲级	总 $\alpha$	1次/1周
	热室	甲级	总 $\alpha$	
	过滤机房	甲级	总 $\alpha$	
	楼顶南侧东总排放口	甲级	总 $\alpha$	
	楼顶南侧西总排放口	甲级	总 $\alpha$	

#### 3) 流出物监测

本项目的流出物监测主要包括气载流出物和液态流出物监测,其中气载流出物包括各放射性生产厂房排放的气溶胶等;液态流出物主要为各生产厂房产生的放射性废液,排放方式采取槽式排放。有关液态流出物的排放参照国家现行标准定期进行排放,有关气载流出物的监测点位、监测因子、取样位置、监测频次等详见表6.3-6。

**表 6.3-6 流出物监测计划一览表**

项 目	监测项目	监测因子	取样位置	监测频率
气载流出物	回旋加速器制备及正电子药物 <sup>18</sup> F-氟脱氧葡萄糖生产区(一楼)	总 $\beta$	排气筒采样孔	1次/年
	锝药物生产车间(二楼)	总 $\beta$	排气筒采样孔	
液态流出物		总 $\beta$	槽式排放池	1次/年
		总 $\beta$	厂区总排口	1次/年

监测过程中同时记录放射性废气的日排放量和年排放总量。一旦发现排放浓度异常,立即查找原因并纠正。

#### 4) 个人剂量监测

根据本项目的特点,有关个人剂量监测应包括外照射剂量监测和内照射剂量监测。

##### (1) 外照射剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护部令第3号，2008年12月6日起施行；环境保护部令第47号修正，2017年12月20日施行）的要求，对辐射工作人员所受辐射剂量进行控制，对所有在职辐射工作人员进行个人剂量监测，并按规定周期送检。

本项目为每个放射性作业人员均配备个人剂量计，工作人员严格按照要求佩戴，每季度（常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月）委托有资质的单位负责测定一次，并建立个人健康档案。职业照射个人剂量档案终生保存。

### （2）内照射监测

为了评价工作人员的受照程度和工作环境的安全，石家庄原子高科医药有限公司定期对工作人员进行内照射剂量监测，并建立个人健康档案。空气中存在<sup>131</sup>I的工作场所，至少每个月用体外测量方法监测甲状腺一次；其他有职业内照射的情况可3~6个月监测一次。职业照射个人剂量档案终生保存。

### 5) 事故监测

事故应急监测项目、监测点位、监测频次等，根据事故发生性质、时间、可能污染范围等因素综合确定，及时进行有关项目追踪监测，取得事故现场监测数据和有关资料，并进行事故评价，将结果上报到相关政府主管部门。

## 6.3.3 测量方法及仪器设备

- 1) 采用国家规定的监测分析方法。
- 2) 辐射测量分析仪器设备探测下限应符合规定的要求。
- 3) 测量分析仪器设备，使用前进行严格调试和校准工作，确保测量结果的可靠性。
- 4) 辐射监测记录和结果报告根据有关规定的要求和内容进行完成。

## 6.3.4 监测机构及设备配置

石家庄原子高科医药有限公司不单独设立监测机构，由辐射安全与环境管理机构相关人员兼任，并设置专职人员辅助完成监测计划。本项目配备的主要设备见表6.3-7。

表 6.3-7 拟配备监测仪器情况表

序号	设备名称	数量	单位
1	表面污染测量仪	3	台
2	γ固定区域监测系统	1	套
3	便携式 x-γ剂量率仪	1	台
4	中子剂量率仪	1	台

5	个人剂量计	14	个
6	个人剂量报警仪	14	台

### 6.3.5 监测质量保证

#### 1) 质量保证的意义

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

#### 2) 质量保证的目的

确保监测结果的重现性和准确性，排除其它因素对测量的干扰。

#### 3) 监测质量保证措施

##### (1) 机构及人员配备

##### ①建立质保机构

本项目由石家庄原子高科医药有限公司的辐射安全与环境管理机构统一对监测质量进行管理，其主要职责包括：负责该公司的监测计划管理、下达监测任务、监督检查监测工作；对从事放射性监测人员进行技术质保培训。

制定年度、季度和每月监测计划，监测结果应定期向当地生态环境部门报送监测结果。

##### ②人员配备

公司设置专职管理人员 1 名，负责该公司监测质量保证方面的各项工作，并根据工作需要下设 2 名兼职工作人员。质保人员应由责任心强，善于管理，有一定业务知识，热心于质量工作的人员担任。

##### (2) 监测质量保证措施

为了提高监测数据的准确性和可用性，采取了如下保证措施：

①每年定期将测量仪器、分析仪表送标准计量站进行检定，确保测量结果可靠性。建立仪器设备档案库，其资料长期保存。

②数据处理：采用统计检验方法进行数据统计处理，对异常数据谨慎处理，并记录在案。

③测量分析、数据记录及处理由二人进行复校、审核；计算结果由专人负责记录、核查、保存，并建立数据档案库，以便以后核对备查。

## 6.4 辐射事故应急

### 6.4.1 事故应急组织机构及职责

#### 1) 应急组织机构

石家庄原子高科医药有限公司成立应急指挥部、辐射应急现场处置组负责进行现场监测、放射性去污和检验等内容，处置组名单和联系方式见表 6.4-1，表 6.4-2。

**表 6.4-1 应急指挥部名单和联系方式**

组名	姓名	职责	联系方式
应急指挥部	杨斌	组长	15201069598
	于韩飞	副组长	13014347787
	杜永再	副组长	18000659872
	赵伟华	后勤保障	13933183961

**表 6.4-2 现场处置组名单和联系方式**

组名	姓名	职责	联系方式
辐射专项处置组	于韩飞	组长	13014347787
	马飞龙	监测	13131101775
	王宁宁	监测	13933098354
	柳营	去污	13231906741
	王瀚鑫	去污	17706861040
	王利芬	检验	13287710064
	张茜	检验	18332705813

#### 2) 各成员职责

##### (1) 应急指挥部组长和副组长

- ①贯彻落实国家有关应急管理的法律法规；
- ②指挥辐射事故发生时实施应急响应；
- ③负责与上级应急机构的联系；
- ④负责确认事故性质及类型；
- ⑤保障实施应急响应所需的资源。
- ⑥负责储备物资等；
- ⑦负责事故应急处理期间的安全保卫工作。

## (2) 辐射专项处置组

- ①负责应急预案的编制和修改；
- ②协助应急指挥实施应急响应；
- ③负责辐射监测设备的管理；
- ④负责对员工进行有关应急工作的培训；
- ⑤负责发生事故后向有关管理部门报告，负责事故报告的编写和上报工作。
- ⑥负责制定所在辐射事故的辐射监测计划；
- ⑦负责监测事故点周围的辐射水平和污染水平，并划定应急行动时的隔离区域；
- ⑧在发生辐射事故时，协助应急指挥实施应急响应；
- ⑨协助放射性物质污染事故的清污和污染物处理工作。

### 6.4.2 应急报告及联络方式

辐射事故发生后安全员接到报告后先将事故进行分级，按预案对事故进行先期处理并报告给上级领导，报告中要说明事故的等级、污染物的种类、先期处理结果，然后经安全部经理的指示进行后续的放射事故处理操作。

应急联系方式：

法人代表：杨斌 电话：15201069598

相关部门负责人

后勤保障负责人：赵伟华 电话：13933183961

辐射专项组负责人：于韩飞 电话：13014347787

鹿泉区生态环境局：0311-82012754

石家庄市生态环境局：0311-85814936

河北省生态环境厅：0311-87908322

石家庄卫生监督站：0311-66188012

生态环境部华北核与辐射安全监督站：18810250510

### 6.4.3 应急响应

#### 1) 应急响应等级

根据突发事故的严重性、造成后果、影响范围等因素，结合公司实际，对安全生产事故实行三级应急响应：



(1) 三级：预警级，本级别可能涉及到的情况包括：少量放射性物质泄漏，污染范围不超过厂房、车间边界；场所发生火灾或进水，但不危及放射性物质安全，不会引起放射性物质次生或衍生事故；危险化学品发生事故，但事故并未超出厂房、车间边界。本级别中没有人员在事故中受伤或接受超过国家限值的照射。

(2) 二级：厂区级，本级别包括较多放射性物质泄漏，造成厂区内环境污染，但污染不涉及场外；放射性工作场所内失火或进水，危及到放射性物质安全，放射物质污染范围扩大到厂房、车间外厂区内。

(3) 一级：场外级，本级别主要特点是放射性危害已经扩散到厂区边界外，需要取得外部救援，请求地方政府启动应急预案。

## 2) 应急响应程序

应急响应程序见图 6.4-1。

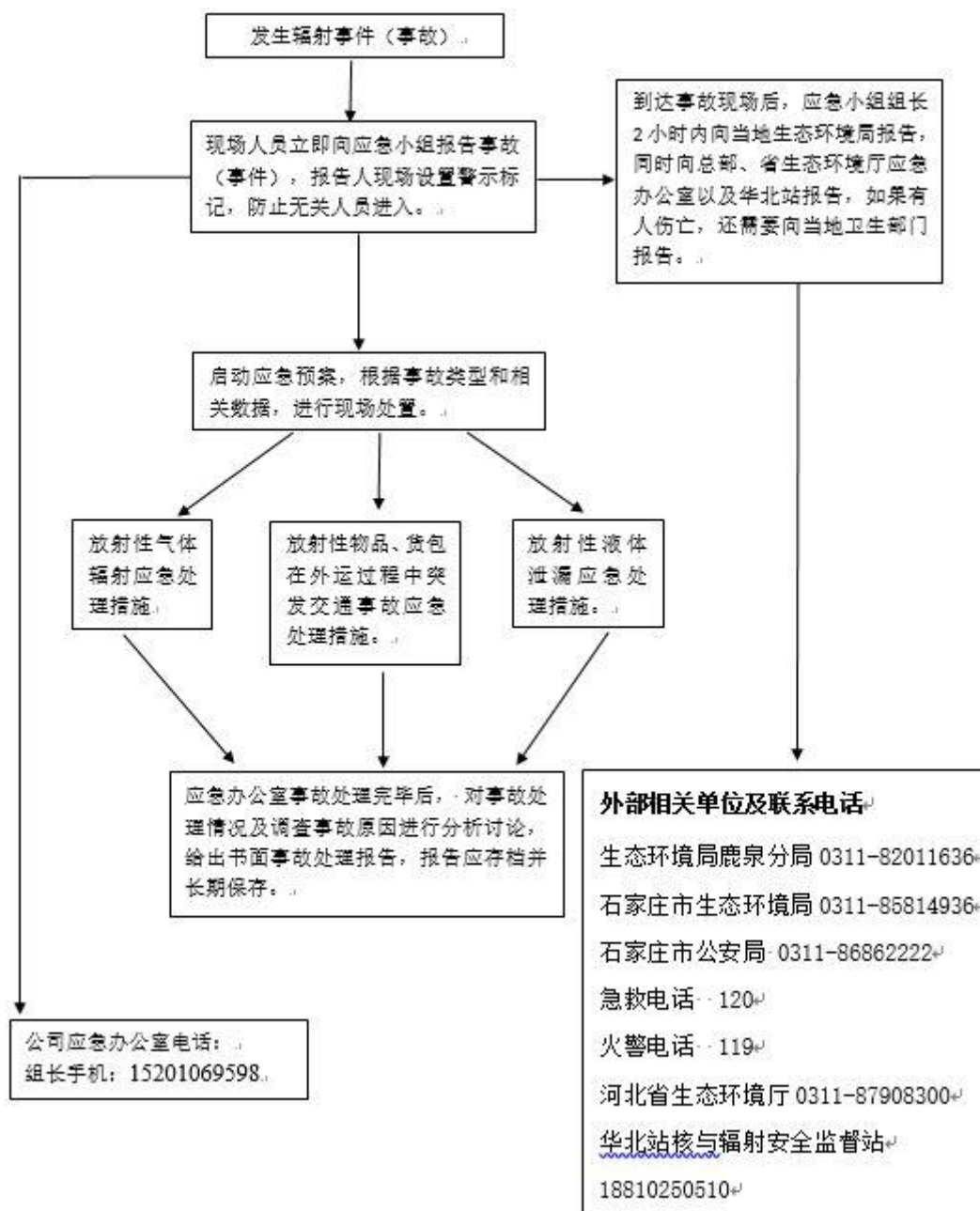


图 6.4-1 应急响应程序流程图

### 3) 应急处置及应急结束

应急程序启动后，由应急领导小组判定事故性质，启动相应的专项应急程序，当事故连带涉及多种类型事故时，还应启动多个专项应急程序，现场处置程序按照专项应急预案规定的程序执行。

当事故得到有效控制时，由应急领导小组决定应急结束，应急结束一般因事故类型不同而异，基本原则是事故得到有效的控制，环境符合有关标准，次生、衍生事故消除，如：现场污染已控制、发生火灾已经扑灭、放射性污染源不再继续释放等。事

故结束后，应急领导小组指定责任部门完成以下事项：

(1) 事故发生部门按有关规定向上级主管部门报告事故发生、发展、应急救援等情况；

(2) 事故发生部门做好事故现场保护和原始资料收集工作，向事故调查组移交相关资料，得到事故调查组同意后，方可开始恢复重建工作；

(3) 应急领导小组组织编写应急救援工作总结报告，上报相关主管部门，应急总结报告应作为应急预案评审维护的重要资料。

#### 6.4.4 应急保障措施

##### 1) 应急队伍保障

(1) 加强对各专业组应急能力的建设，通过日常技能培训和模拟演练等手段提高各类人员的业务素质、技术水平和应急处置能力。

(2) 依据事故程度，可及时向消防、安监环保、医疗等部门寻求救援。

##### 2) 应急物资装备保障

依据本预案应急处置的需要，建立健全公司应急物资储备为主和社会物资为辅的应急物质保障体系，完善应急物资储备的区域联动机制，做到公司应急物质资源共享、动态管理。在应急状态下，由公司应急领导小组统一调配使用。通常配备的应急物资装备有：大号镊子、手套、鞋套、口罩、铅板、活性炭防毒面具、滤纸、废物袋、废物缸、铅衣、铅围脖等。所有应急物品都放置在固定位置，其中耗材放在辐射防护应急箱中，铅衣、铅围脖、数字式污染仪等设备放在厂房、车间中规定的位置。应急耗材不能挪作他用。每半年对辐射防护应急箱中的物品进行检查，替换掉过期或无法使用的耗材，以保证使用。

#### 6.4.5 应急管理措施

##### 1) 应急人员的培训

对应急人员进行培训，使其了解本人职责和应急状况下的应对措施。内容包括：

- (1) 了解掌握事故应急预案的内容；
- (2) 熟练和正确使用消防器具、监测设备、防汛物资以及防护、洗消用品；
- (3) 事故现场自我保护和监护的措施；
- (4) 事故发生时的处置程序等。

## 2) 员工应急预案的宣贯

对全体员工进行本预案以及专项预案、现场处置预案的宣贯，使其了解事故发生后如何上报、展开自救和互救、撤离和疏散等方法。同时为避免事故发生，还应采取有效措施使员工掌握日常预防事故的主要方法。

## 3) 应急预案的演练

每年初制定应急演练计划，综合应急预案，专项应急预案，每年至少组织一次演练，现场处置方案每半年至少组织一次演练。

## 4) 预案评估与修正

应急领导小组应在演练后进行总结与评价，及时发现应急预案中存在的问题，并找到改进的措施。包括：对演练准备情况的评估；对预案有关程序、内容的建议和改进意见；对训练、防护器具、抢救设置等方面的建议；对领导决策的建议等。

## 5) 应急预案的备案

应急预案经评审后，向国家生态环境部华北核与辐射监督站，石家庄原子高科医药有限公司、河北省石家庄市鹿泉区生态环境局备案。

### 6.4.6 小结

石家庄原子高科医药有限公司制定的《辐射事故应急预案》内容完善，切实可行，基本满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第 18 号令）中对应急预案内容的要求。

## 6.5 人员培训计划

石家庄原子高科医药有限公司拟通过两种方式积极完成人员培训计划，一方面拟派现有人员通过生态环境部组织开发的“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”，学习相关知识并参加考核，通过考核，取得上岗证；另一方面拟招聘已取得中级或高级辐射安全上岗证的人员工作，以满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部令 第 18 号）要求。针对关键岗位注册核安全工程师的招聘工作同样采用上述方式，采取积极鼓励现有员工参加注册核安全工程师考试或通过招聘拥有注册核安全工程师证人员参加工作，以满足《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》（国核安发[2015]40 号）的要求。

公司还计划组织辐射安全培训班，将邀请环保部门专家讲授法律、法规知识，邀

请辐射防护专家讲授辐射防护知识，邀请从事辐照装置管理和运行的专家讲授放射性核素安全管理知识。每年公司委派人员参加 1~2 次环保部门组织的培训班。

## 6.6 辐射安全与环境管理计划

根据国家建设项目辐射安全与环境保护管理规定，认真落实各项手续。企业的辐射安全与环境管理计划主要包括：

- 1) 项目建设前，委托评价单位进行环境影响评价工作；
- 2) 严格施工监理，保证工程质量；
- 3) 履行“三同时”手续；
- 4) 生产装置投产试运行后，进行环保设施竣工验收；
- 5) 定期检查维护设备；
- 6) 配合监测单位做好监测工作；
- 7) 定期组织工作场所及环境监测；
- 8) 建立环境管理和环境监测档案；
- 9) 操作人员的上岗培训。

## 6.7 从事放射性活动的技术能力分析

### 6.7.1 与环保部 3 号令对比分析

国家环境保护部 2008 年发布的《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环境保护部令第 3 号，2008 年 12 月 6 日起施行；环境保护部令第 47 号修正，2017 年 12 月 20 日施行)第十六条提出了使用放射性同位素的单位应当具备的八个条件，下面分别就提出的八点要求与石家庄原子高科医药有限公司所达到的条件进行对比，并给出是否符合要求的结论，本辐照装置具备的条件与“环保部第 3 号令”要求的对照检查情况如表 6.7-1。

表 6.7-1 环保部第 47 号令与石家庄原子高科医药有限公司所达到条件对照表

环保部第 47 号令要求	公司拟采取措施
(一) 使用 I 类放射源，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，并有多名具有本科以上学历的专业技术人员。
(二) 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	公司配有足够数量的持放射工作人员证的工作人员及注册核安全工程师。

(三)使用放射性同位素的单位应当满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	各生产区均设有放射性废物暂存间，厂区设有外清传递间。
(四)放射性同位素与射线装置使用场所有防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	人员出入口处设置放射性警告标志；且安装有工作状态指示灯。加速器室内设有安全连锁系统，防止人员误入。
(五)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，包括个人剂量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	表面污染监测仪 3 台、 $\gamma$ 固定区域监测系统 1 套、便携式 x- $\gamma$ 剂量率仪 1 台，中子剂量率仪 1 台，个人剂量计 14 个，个人剂量报警仪 14 台。
(六)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、监测方案等。	有较完善的辐射安全与环境保护管理规章制度、安全操作规程、岗位职责、辐射防护措施、人员培训制度等。
(七)有完善的辐射事故应急措施。	有较完善的事故应急预案。
(八)产生废气、废液、固体废物的，还应具有确保废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或可行的处理方案。	本项目产生的废气、废液、固体废物均按照相关标准，采取了有效措施进行处理。

从以上对比可知：石家庄原子高科医药有限公司符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部第 47 号令）第十六条提出的八个应具备的基本条件，具备从事放射性活动的技术能力。

### 6.7.2 与环保部 18 号令对比分析

环保部《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部第 18 号令）第五条、第九条、第十二条、第十七条、第二十三条提出的要求见表 6.7-2。

表 6.7-2 环保部第 18 号令与石家庄原子高科医药有限公司所达到条件对照表

环保部第 18 号令提出的要求	公司拟采取措施
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连锁、报警装置或者工作信号。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。	放射性工作场所入口设置有电离辐射警示标识、安全连锁、报警装置或者工作信号，防止人员受到意外照射。
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	每年委托有资质的单位对生产场所辐射水平进行监测，并出具监测报告；公

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。	司定期进行自主监测，并建立辐射环境自行监测记录或报告档案，妥善保存，以备主管部门的监督检查。
第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	依法对本单位放射性同位素生产与加速器工作的安全和防护状况进行年度评估，编写年度评估报告，于每年 1 月 31 日前报原发证机关。
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。	项目验收阶段，工作人员全部通过了环保部门认可的培训机构组织的辐射安全和防护培训。
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。	为拟从事放射性工作的人员建立个人健康档案，每季度送检个人剂量计一次，每年对从事放射性操作的人员至少进行一次健康体检。

从表 6.7-2 对比可知：石家庄原子高科医药有限公司符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部第 18 号令）第五条、第九条、第十二条、第十七条、第二十三条提出的要求，具备从事放射性活动的技术能力。

### 6.8 环保设施“三同时”验收一览表

本项目投产后环保设施“三同时”验收一览表见表 6.8-1。

表 6.8-1 环保设施“三同时”验收一览表

项目	“三同时”措施		标准要求
辐射安全管理机构	辐射防护管理		拟建立以法定代表人为第一责任人的安全管理机构
剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环评报告预测，公众、职业照射剂量约束值执行 0.25mSv/a 和 5mSv/a。		
辐射安全和防护措施	防治措施	回旋加速器	①回旋加速器室四周墙体及屋顶均为 600mm 厚混凝土结构； ②加速器室采用防护门，为 10mmpb+200mm 石蜡+10mmpb 材料； ③地下专用的输送放射性药品的管道采用 60mm 厚的铅当量防护，管道尺寸为 100×100mm。
		热室工作场所（ <sup>18</sup> F 合成、分装）	①热室正面屏蔽铅板厚 75mm，侧、后面、底面屏蔽铅板厚 60mm； ②地面均采用 PVC 无缝地面。

		<sup>99m</sup> Tc 淋洗、标记分装场所	①淋洗使用专用铅防护柜，侧面屏蔽铅板厚 9mm，上下面屏蔽铅板厚 6mm；标记分装使用超净工作台，正面 50mm 铅玻璃防护，侧面下面 6mm 铅防护。 ②地面均采用 PVC 无缝地面，工作台面应使用不锈钢等易去除污染材料。
		衰变池	有效容积 2×2m <sup>3</sup>
		通风设施	设机械通风设施，使用专用通风管道引致楼顶排放，排气筒高出建筑 3m。加速器室设单独的通风口排除机房内 O <sub>3</sub> 及 NO <sub>x</sub> 气体，并设置中高效过滤装置。 <sup>18</sup> F 合成、分装热室自带活性炭过滤器，废气排放口设中高效过滤装置，车间废气排放口设高效过滤装置。 <sup>131</sup> I 分装热室设置单独排风，热室自带活性炭过滤器，总排风口设置过滤器。实验室生物柜单独排风，排风口设活性炭过滤器； <sup>99m</sup> Tc 操作场所，质检通风橱，更衣间等设通风系统，引至屋顶排放。加速器非洁净区室内通风大于 4 次/h，洁净区通风次数 30 次/h。
		放射性固废储存	设置专用放射性废物储存室，贴上电离辐射标志，双人双锁；放射性固废置于专用铅桶，铅桶均应贴上电离辐射标志，设置铅盖。退役的 <sup>99</sup> Mo- <sup>99m</sup> Tc 发生器由北京总公司统一回收。

项目	“三同时”措施		标准要求
辐射安全和防护措施	安全措施	回旋加速器	①机房设置门机联锁装置，控制台和大厅门钥匙控制；辐射报警灯和声音报警与加速器准备出束状态联锁；辐射剂量监测与门联锁；火灾报警仪与加速器联锁、与通风联锁。 ②辐射工作场所外张贴警示标志、安装工作指示灯和急停按钮； ③防护门内、外设置固定式剂量监测探头； ④工作制度、操作规程张贴上墙； ⑤机房内外设视频监控。
		热室工作场所（ <sup>18</sup> F 合成、分装）	①工作场所外张贴警示标志、安装工作指示灯； ②热室所在房间内安装固定式剂量率监测探头； ③热室内带剂量监测，并与热室门联锁； ④工作制度、操作规程张贴上墙； ⑤机房内外设视频监控。



	<sup>99m</sup> Tc 淋洗、标记分装场所	①工作场所外张贴警示标志； ② <sup>99m</sup> Tc 分装淋洗室内超净工作台附近设置固定式剂量率探头； ③工作制度、操作规程张贴上墙； ④机房内外设视频监控。
	放射性物品运输	①使用符合辐射安全要求的运输工具与容器； ②张贴警示标志； ③对包装后货物进行放射性监测； ④运输人员进行辐射安全培训。
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗
	个人剂量监测	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（最长不应超过 90 天），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案
监测仪器和防护用品	监测仪器	表面污染测量仪（3）、中子剂量率仪（1）、γ固定区域监测系统（1套），便携式 x-γ剂量率仪（1）
	个人剂量计	个人剂量计（14 个）、个人剂量报警仪（14 个）

。

## 7 利益-代价简要分析

### 7.1 利益分析

同位素药品作为新兴药品产业的重要组成部分，由于其具有安全、简便、不成瘾、疗效好、并发症少等优点在国外发达国家得到了迅速发展。据报道，美国同位素药品年销售额已达到数十亿美元。在国内，虽然同位素药品的诊断起步较早，但同位素药品用于治疗却较晚，与国外同行业相比，还有很大差距。因此，国内同位素药品将会有很大的市场发展前景。

河北省石家庄市鹿泉区连通国内南北方交通要塞，具有巨大的同位素药品需求市场，项目的建设可为区域经济带来巨大的发展空间。

#### 7.1.1 经济效益

我国人口众多，同位素药品市场很大。例如：对用于甲状腺功能检查，甲亢、甲状腺治疗的碘<sup>131</sup>I化钠口服溶液来说，许多医学专家认为<sup>131</sup>I是目前治疗甲状腺疾病的唯一特效药品都将其作为治疗甲状腺疾病的首选药品。据调查，我国男性甲亢的发病率为1.0%，女性甲亢的发病率为1.3%。按我国目前13亿人口计算，至少每年甲亢患者人数在1300万人左右，而目前有条件接受<sup>131</sup>I核素治疗的人数约为总患者的2%。随着人民收入水平的提高，健康意识的增强，将会有越来越多的甲状腺疾病患者接受<sup>131</sup>I治疗，尤其是近年来，更多医院开展<sup>131</sup>I核素治疗甲状腺业务，<sup>131</sup>I的使用量将会在现有基础上大幅增加，其市场潜力更为广阔。

#### 7.1.2 社会效益

同位素药品生产项目生产放射性同位素药品是为满足周边地区各医院对放射性同位素药品的及时性需求，提高对核医学用户的服务水平，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。项目竣工营运以后，为京津冀周边地区病人和医护人员提供一个充足、及时的药品供给，具有明显的经济效益和社会效益。该项目为接受治疗的个人和给社会所带来的利益远大于其引起的辐射影响。

### 7.2 代价分析

1) 本次总投资 XXX 万元，其中环保投资 XXX 万元，占本次总投资的 XXX，本项目环保措施投资是合适的、充分的。

2) 拟建项目正常运行时，职业工作人员和公众接受的最大个人年有效剂量分别小

于本次评价确定的剂量约束值要求。

综上所述，从社会效益和经济效益的角度来看，本项目是可行的。

### 7.3 辐射实践的正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于辐射防护“实践的正当性”要求，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

综上所述，本项目生产的同位素药品用于临床核医学诊断及治疗可以达到一般非放射性治疗方法所不能及的诊断及治疗效果，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，项目竣工营运以后，为京津冀地区病人和医护人员提供一个充足、及时的药品供给，具有明显的经济效益和社会效益。

因此，本项目为接受治疗的个人和给社会所带来的利益远大于其引起的辐射影响，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

## 8 结论与建议

### 8.1 项目工程概况

#### 8.1.1 项目简介

本项目位于河北省石家庄市鹿泉区山尹村镇碧水街 81 号军鼎科技园 15 号楼。本项目所在的军鼎科技园 15 号楼为地上 4 层建筑，一层为回旋加速器制备及正电子药物<sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区，二层为锝药物生产车间，三层为质检区，四层为办公区。本项目不涉及主体工程、辅助工程、公用工程、储运工程和环保工程的建设，在保持现有工艺技术路线不变的情况下，提升<sup>18</sup>F-FDG 注射液和<sup>99m</sup>Tc 即时标记药品的生产量。

1) 回旋加速器制备及正电子药物<sup>18</sup>F-氟脱氧葡萄糖生产区：<sup>18</sup>F 核素日最大制备量为 $2.22 \times 10^{12}$ Bq (60Ci)。工作场所日等效最大操作量为 $2.22 \times 10^{10}$ Bq，属于甲级非密封源工作场所。

2) 锝药物生产车间：<sup>99m</sup>Tc 核素日最大淋洗量为 $9.25 \times 10^{11}$ Bq (25Ci)，日等效最大操作量为 $9.25 \times 10^9$ Bq；<sup>99</sup>Mo 核素日最大贮存量为 $2.41 \times 10^{12}$ Bq (65Ci)，日等效最大操作量为 $2.41 \times 10^9$ Bq。工作场所日等效最大操作量为 $1.11 \times 10^{10}$ Bq，属于甲级非密封源工作场所。

#### 8.1.2 环境现状 and 环境保护目标

##### 1) 环境质量现状评价结论

本项目所在区域内无需特殊保护的地区、生态敏感与脆弱区及社会关注区。现状监测结果表明，厂址区域地表 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率与石家庄市环境天然本底水平基本相当。

##### 2) 环境保护目标

根据工程性质及周围环境特征，本项目辐射环境及环境风险保护目标为：项目周边 500m 范围内主要人群；声环境保护目标为项目厂界声环境；大气环境保护目标为厂址附近 4 个村庄；地下水环境保护目标为厂址附近 7 个村庄的集中供水井；土壤评价范围内无环境保护目标。

### 8.2 辐射安全与防护

#### 1) 工作场所分区

本项目从事放射性操作的厂房按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

(GB18871-2002)的要求,根据放射性核素使用情况划分为控制区 II、控制区 I、和监督区。

#### 2) 人流、物流

本项目生产区均划定了严格的人流、物流走向,防止人员受到不必要的照射及交叉污染。

#### 3) 辐射安全与防护措施

本项目放射性作业场所设置安全防范系统;生产线各工作箱室均采用相应铅当量的防护材料进行屏蔽,产品采用适宜的防护包装,防止工作人员受到不当的外照射;各工作箱室及厂房、车间均采取合理的通风,降低工作人员内照射风险;各生产单元均采取了相应的表面污染防护措施,并且工作人员均配备了个人防护措施,确保人员辐射安全。

#### 4) 三废治理措施

本项目运行过程中放射性和非放射性废气、废水、固体废物处理措施均依托现有工程。

### 8.3 环境影响分析结论

加速器大厅墙外及门外的剂量率满足 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的标准要求, $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖生产区和锝药物生产车间职业工作人员年受照剂量满足本项目 $5\text{mSv/a}$ 的计量约束值要求;在正常运行工况下,本项目运行致东侧旋盈检测公司受照剂量最大,为 $4.05 \times 10^{-2}\text{mSv/a}$ ,低于 $0.1\text{mSv/a}$ 的公众年有效剂量约束值;

综上,本项目放射性废液不直接排放,符合解控条件后排入军鼎科技园污水管网,不会对环境产生明显影响;放射性固废均不外排,不会对环境产生影响。

回旋加速器大厅产生的 $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_2$ 最大落地浓度占标率分别为 $1.89 \times 10^{-9}\%$ 、 $8.40 \times 10^{-10}\%$ ;按照《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)分级判据,确定本项目大气环境影响评价工作等级为三级,因此,不需设置大气环境影响评价范围。正常工况下项目产生污染物不会对地下水环境造成影响;非正常工况下,衰变池发生泄漏后,污染物进入地下水后会对一定范围内地下水环境造成较小影响,且未影响到地下水保护目标。

## 8.4 辐射安全管理

石家庄原子高科医药有限公司成立了相应的辐射安全与环境管理机构，职责到人，并制定较为完善辐射安全与环境管理措施。经与环保部 47 号令、18 号令提出的相关条件对比分析，该公司具备从事放射性活动的技术能力，同时制定相应的安全操作规程、岗位职责、人员培训、监测方案、应急预案等制度。因此，只要严格执行规定的辐射安全与环境管理制度，本项目的运行安全是有保障的。

## 8.5 公众参与

本项目参照《环境影响评价公众参与办法》，主要通过网络公示、报纸公示、现场张贴和问卷调查表方式进行。

本次公众参与未收到公众意见表见，建设单位应确保各项环保设施正常运行，力争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效益和社会效益。

## 8.6 结论与建议

### 8.6.1 总结论

综合以上分析，石家庄原子高科医药有限公司非密封源工作场所升甲项目符合国家产业政策，项目运营过程中对大气环境、水环境、声环境等影响满足相关标准要求，项目环境风险可控，工作人员职业照射剂量和公众的照射剂量满足剂量约束值的要求，项目具有明显的经济效益、环境效益。因此，从环境保护和辐射防护角度来讲，本项目的实施是可行的。

### 8.6.2 建议

- 1) 本项目严格执行工程基本建设程序和“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) 项目运行时，严格执行各项环境保护和辐射防护措施，尽可能降低项目运行过程中对环境造成的影响。
- 3) 严格执行项目规定的各项安全和环境管理制度，做到有效实施。
- 4) 定期对从事放射性操作的工作人员进行培训和个人剂量监测，并进行记录、存档。

## 附图：

附图一 项目地理位置图

附图二 项目周边关系示意图

附图三 项目辐射环境评价范围示意图

附图四 生产厂房一层平面布置图

附图五 生产厂房二层平面布置图

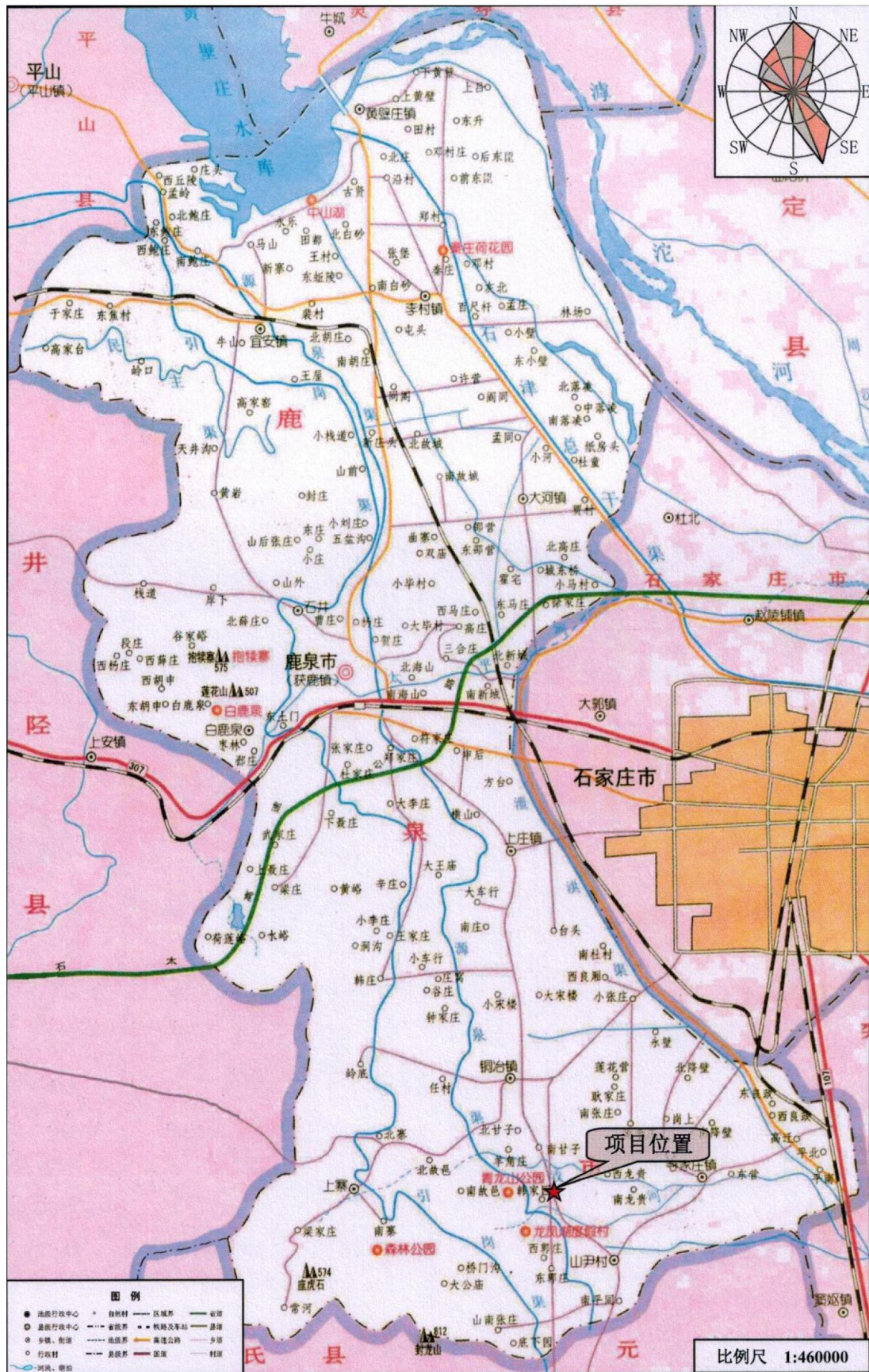
附图六 生产厂房一层放射性工作场所分区图

附图七 生产厂房二层放射性工作场所分区图

附图八 生产厂房三层放射性工作场所分区图

附图九 生产厂房一层人流物流图

附图十 生产厂房二层人流物流图



附图一 项目地理位置图



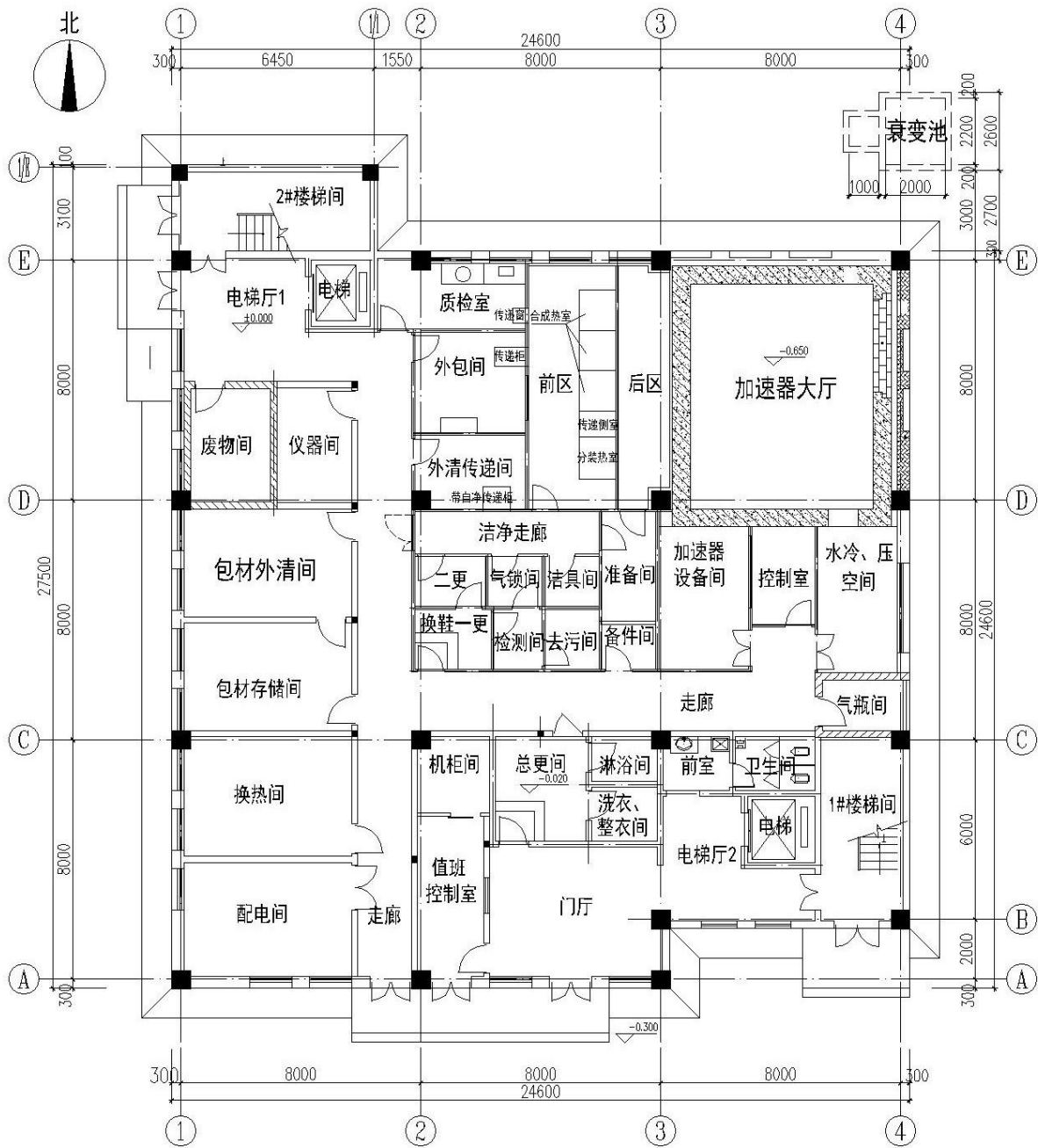


- 图例（军鼎科技园园区内保护目标）
- ① 河北安迪科正电子技术有限公司
  - ② 河北欧辉远电器有限公司
  - ③ 河北盛多威泵业制造有限公司
  - ④ 河北正生电器科技有限公司
  - ⑤ 物业中心
  - ⑥ 远洋水泵35号楼
  - ⑦ 远洋水泵35号楼东（在建楼）
  - ⑧ 旋盈检测
  - ⑨ 冀军家园
  - ⑩ 军鼎科技园29号楼
  - ⑪ 军鼎科技园30号楼
  - ⑫ 军鼎科技园31号楼
  - ⑬ 军鼎科技园26号楼
  - ⑭ 军鼎科技园27号楼
  - ⑮ 军鼎科技园28号楼
  - ⑯ 河北兴烨灭菌科技有限公司
  - ⑰ 河北云织兰纺科技有限公司
  - ⑱ 河北奇善元生物科技有限公司
  - ⑲ 军鼎科技园23号楼
  - ⑳ 普勒莱孚生物科技有限公司
  - ㉑ 军鼎科技园25号楼
  - ㉒ 门卫值班室
  - ㉓ 基动生物科技
  - ㉔ 河北干细胞智慧医疗科技集团有限公司
  - ㉕ 河北军鼎产业园运营有限公司
  - ㉖ 河北众帮天成医疗器械科技有限公司
  - ㉗ 石家庄国利电力安装有限公司
  - ㉘ 军鼎科技园22号楼
  - ㉙ 石家庄世联达科技有限公司
  - ㉚ 军鼎科技园3号楼
  - ㉛ 军鼎科技园17号楼
  - ㉜ 威赛特科技
  - ㉝ 军鼎科技园1号楼
  - ㉞ 乐素供应
  - ㉟ 雷达站
  - ㊱ 中科建检测
  - ㊲ 军鼎科技园68号楼
  - ㊳ 军鼎科技园64号楼
  - ㊴ 军鼎科技园63号楼
  - ㊵ 军鼎科技园65号楼
  - ㊶ 军鼎科技园61号楼
  - ㊷ 索蓝科技
  - ㊸ 在建楼群
  - ㊹ 军鼎科技园招商中心

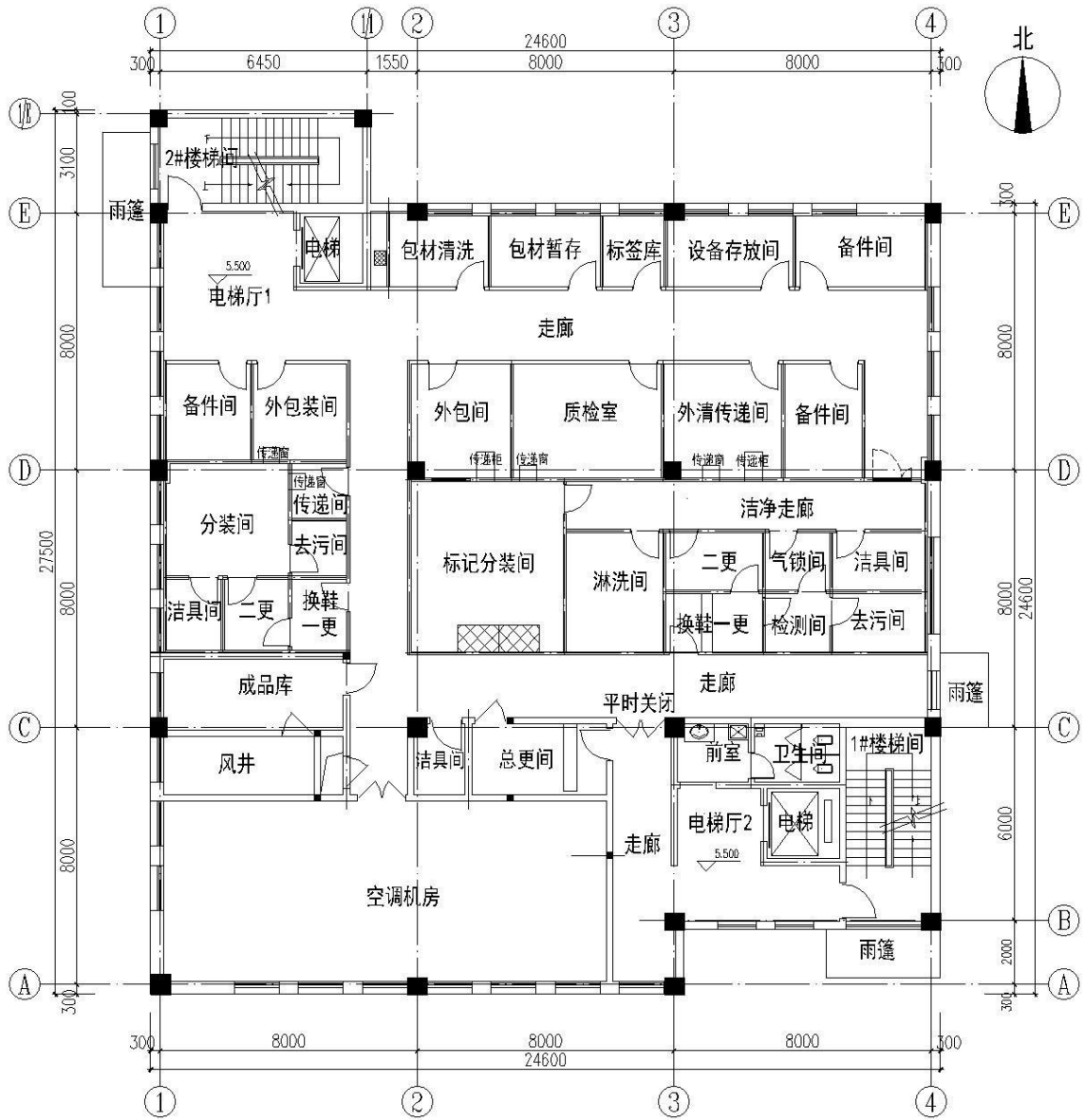
附图二 项目周边关系示意图



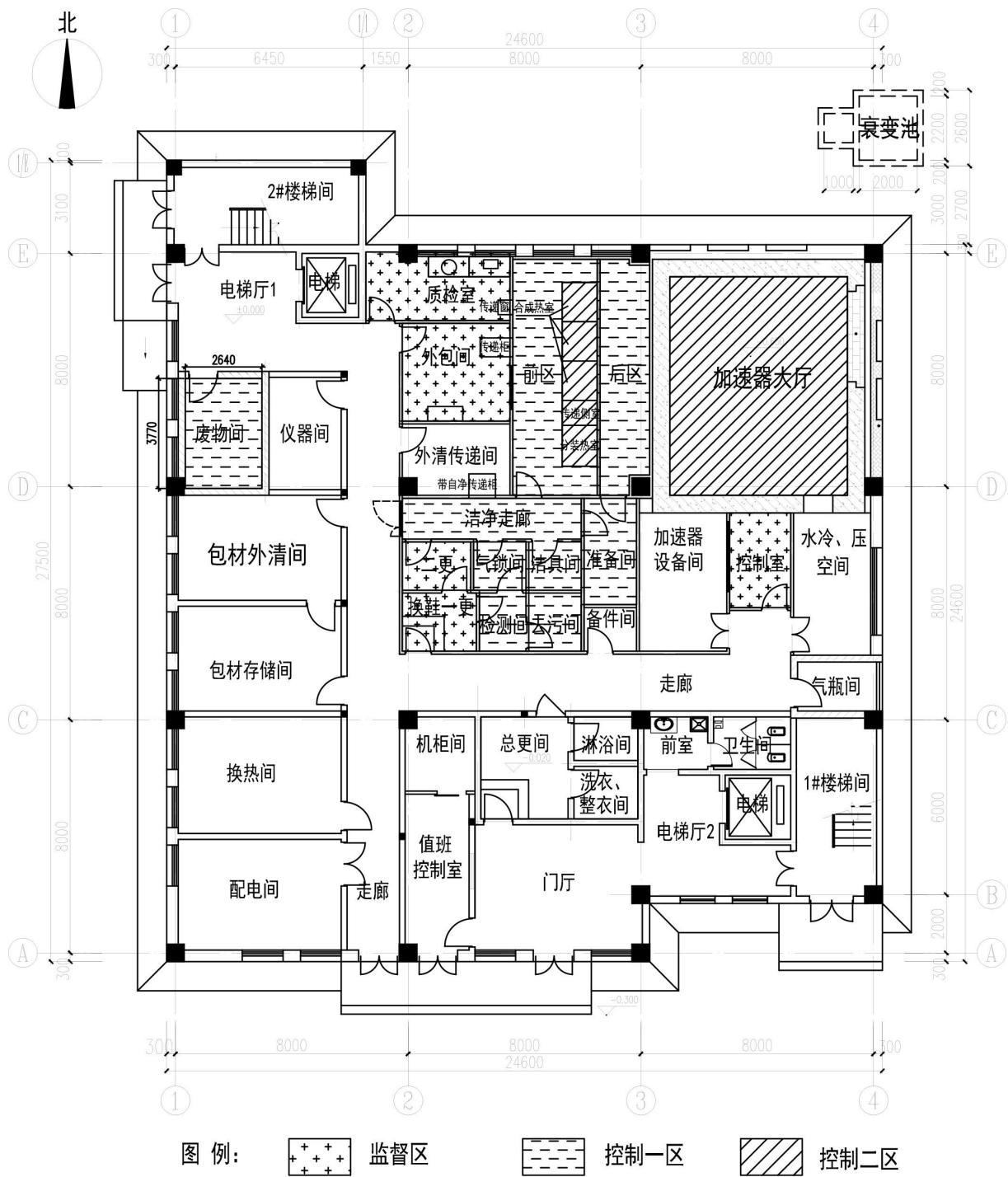
附图三 项目辐射环境影响评价范围示意图



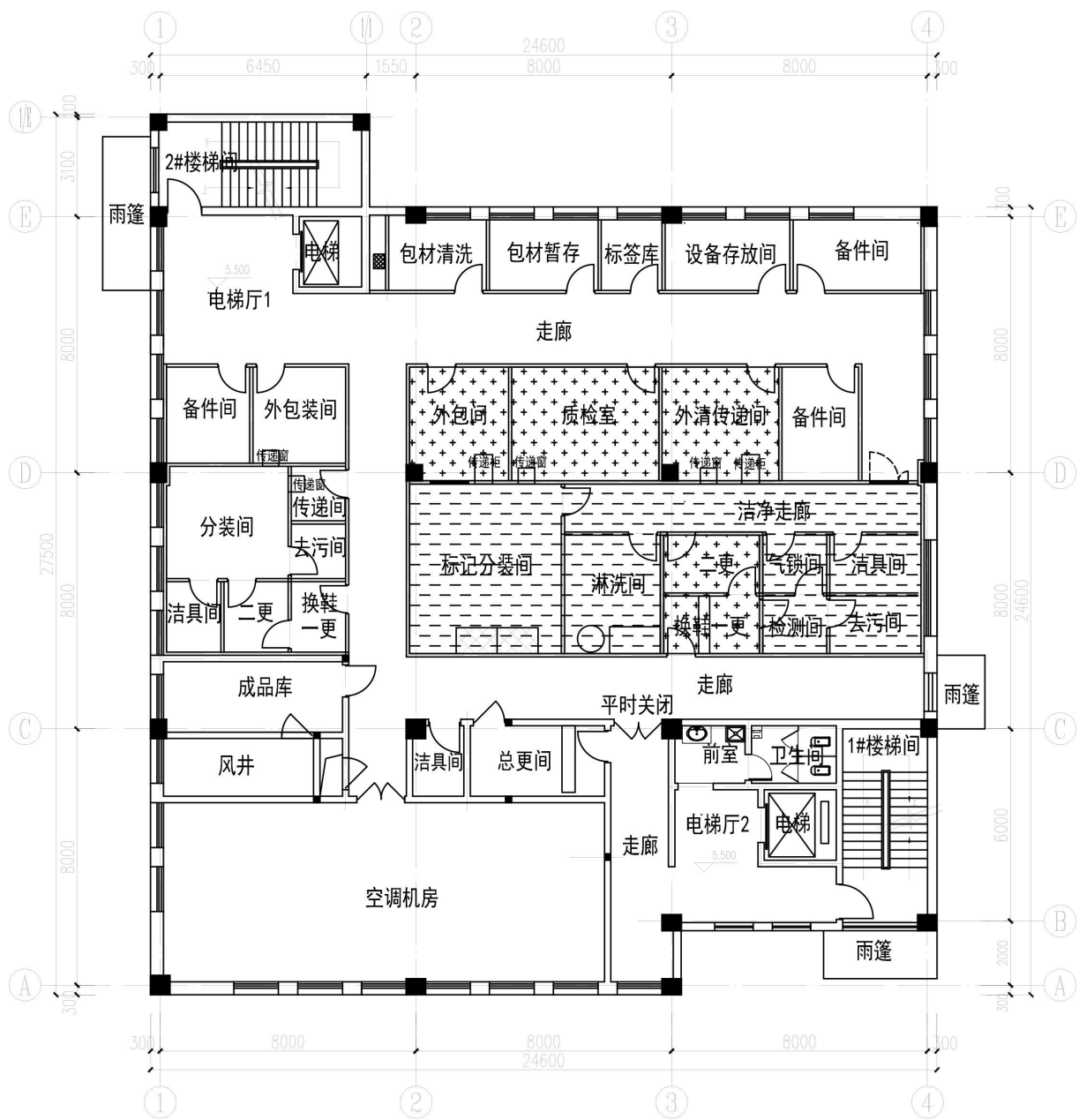
附图四 生产厂房一层平面布置图



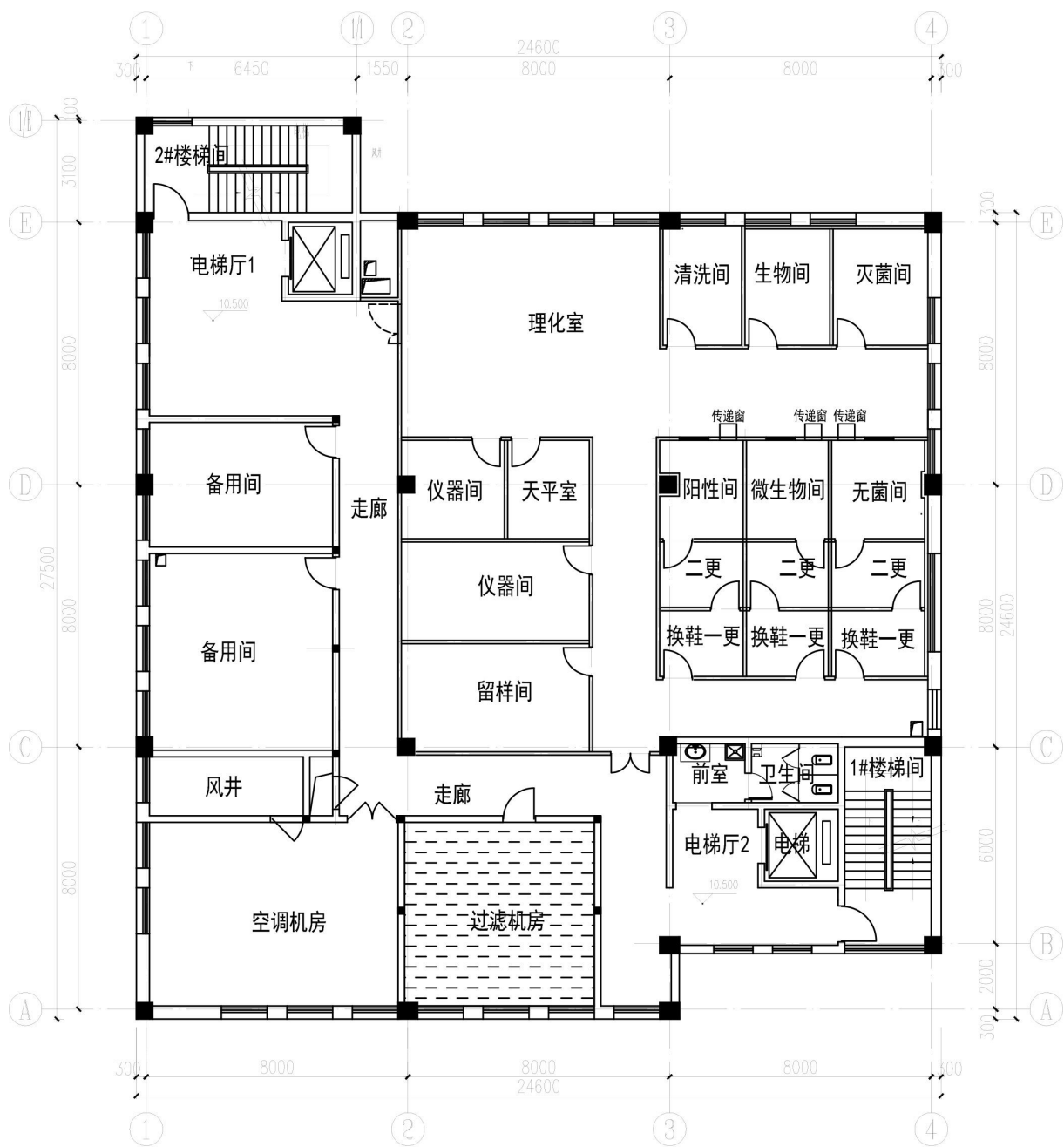
附图五 生产厂房二层平面布置图



附图六 生产厂房一层放射性工作场所分区图

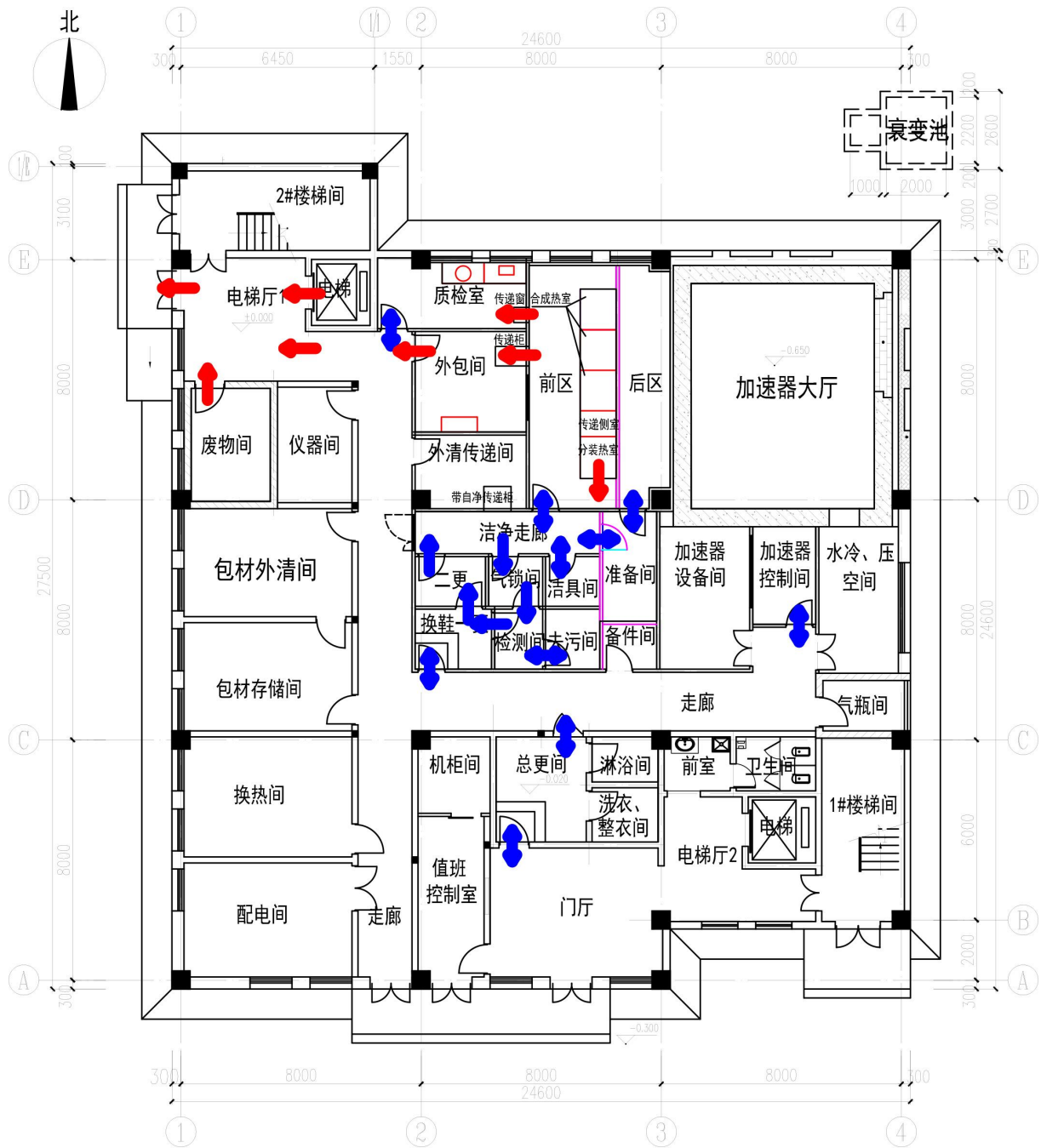


附图七 生产厂房二层放射性工作场所分区图



图例：  监督区  控制区

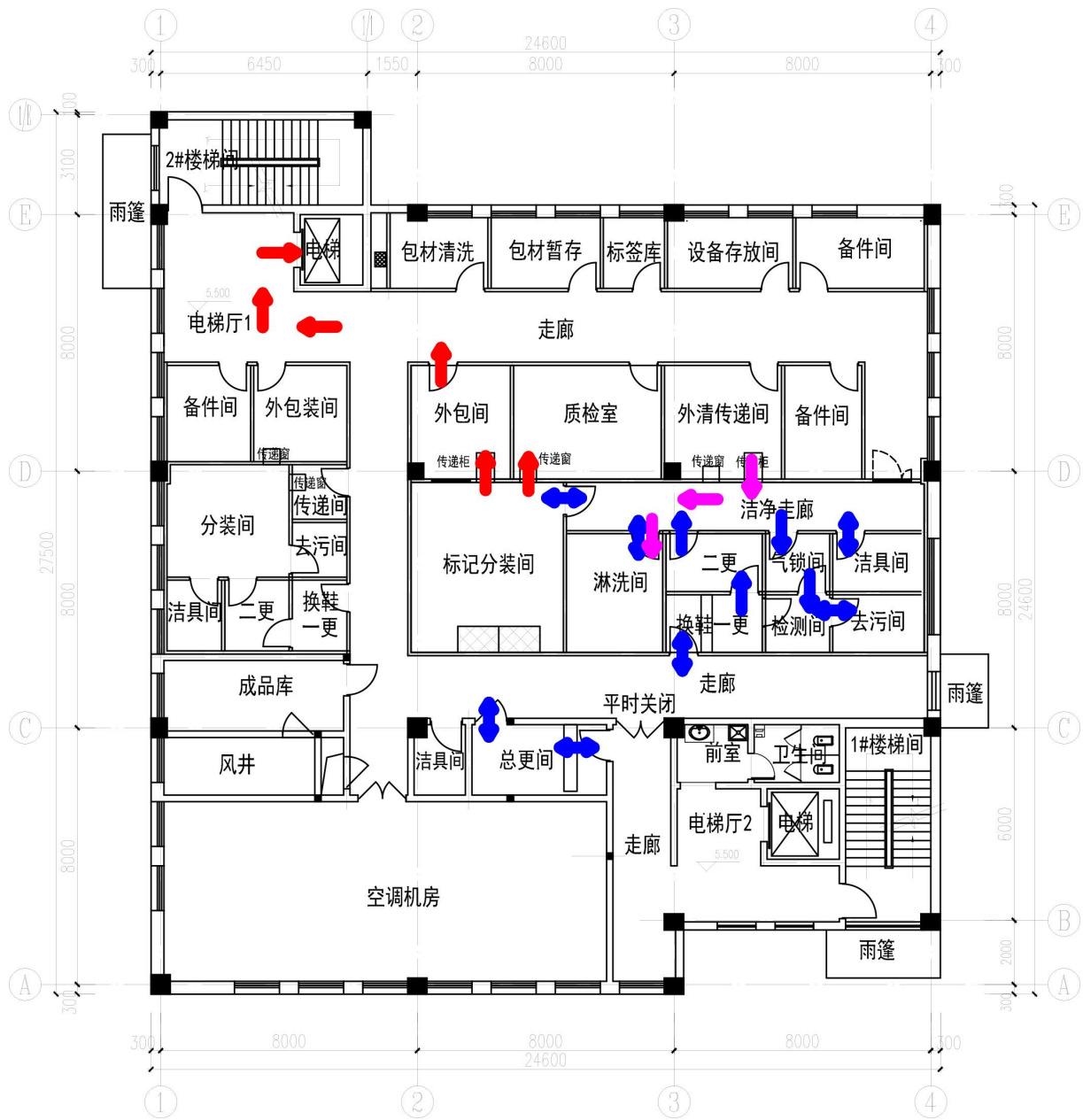
附图八 生产厂房三层放射性工作场所分区图



图例： ➡ 人流 ➡ 物流

附图九 生产厂房一层人流物流图





图例： ➡ 人流 ➡ 物流 ➡ 发生器

附图十 生产厂房二层人流物流图

附件：

环境影响评价委托书	附件一
建设单位承诺书	附件二
环评单位承诺书	附件三
项目备案信息	附件四
用地证明	附件五
保定市生态环境局关于转送河北涿州松林店经济开发区总体规划（2016-2030）环境影响报告书专家审查意见的函	附件六
入园协议	附件七
供水证明	附件八
污水接收证明	附件九

附件十

供暖证明

附件十一

监测报告（一）—地表水（总放射性）、噪声

监测报告（二）— $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

监测报告（三）—放射性气溶胶

监测报告（四）—地下水（常规及含总放射性）、非放射性土壤、  
非放射性气体

监测报告（五）—地下水（ $^{131}\text{I}$ 核素）、土壤（放射性、AL）

附件十二

放射性固、液、气产生量情况说明

附件十三

标准执行函

附件十四

规划环境影响补充报告审查意见

附件十五

河北省建设项目主要污染物总量指标确认书

附件十六

辐射安全管理组织及职责

附件十七

辐射安全与防护管理大纲

附件十八

辐射安全管理规定

附件十九

辐射事故应急预案

附件二十

辐射防护和安全保卫管理规定

附件二十一

辐射工作人员培训/再培训管理规定

附件二十二

专家评审意见及修改索引