

核技术利用建设项目

工业 X 射线成像检测系统生产项目

环境影响报告表

拉德索斯（中国）医疗科技有限公司

2026 年 1 月

中华人民共和国生态环境部监制

核技术利用建设项目

工业 X 射线成像检测系统生产项目

环境影响报告表

建设单位名称：拉德索斯（中国）医疗科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇

骏山路 10-2 号

邮政编码：

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

表 1 项目基本情况

| | | | | | |
|-----------------|--------------|--|--|-----------------------|---------------------------------|
| 建设项目名称 | | 工业 X 射线成像检测系统生产项目 | | | |
| 建设单位 | | 拉德索斯（中国）医疗科技有限公司 | | | |
| 法人代表 | | | | | |
| 注册地址 | | 山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇骏山路 10-2 号 | | | |
| 项目建设地点 | | 本项目位于山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇骏山路 10-2 号 4 号厂房内 | | | |
| 立项审批部门 | | / | | 批准文号 | / |
| 建设项目总投资 (万元) | | 400 | 项目环保投 资(万元) | 25 | 投资比例(环保 投资/总投资) 6.25% |
| 项目性质 | | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 | | 占地面积(m ²) | 生产区域: 984 /检验间铅房: 8.91 |
| 应用 类 型 | 放射源 | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类 | | |
| | 非密封放 射性物质 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | / | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙 | | |
| | 射线装置 | <input checked="" type="checkbox"/> 生产 | <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 | | |
| | 其他 | / | | | |

1. 项目概述

1.1 公司简介

拉德索斯（中国）医疗科技有限公司（以下简称“公司”）成立于 2019 年 4 月 19 日，注册资金 800 万美元，注册地址、生产厂区均位于山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇骏山路 10-2 号。经营范围包括：医疗仪器设备及器械、实验分析仪器、实验动物设备、实验仪器、仪器仪表及配套软件、同位素、辐射及激光技术的研发、生产、销售和技术服务；医疗设备租赁、售后服务；辐照技术咨询；货物进出口、技术进出口等；涉及领域包

括：辐射血液领域、小动物研究领域、细胞研究领域、中药辐照灭菌领域、有害昆虫防治领域等。

公司所在地理位置见附图 1。

1.2 现有工程规模

公司现持有辐射安全许可证（见附件 3），证书编号：鲁环辐证[10590]，许可种类和范围：生产、销售、使用Ⅲ类射线装置，有效期至 2029 年 05 月 08 日。

2023 年 4 月 24 日，公司完成了 X 射线系列辐照仪扩建项目的建设项目环境影响登记，备案号：20233710000100000022（见附件 4），备案建设内容为生产、销售及使用的Ⅲ类射线装置：X-Ray 系列辐照仪，建设规模：1、RS3400 型 X 射线血液辐照仪，最大管电压 155kV，最大管电流 12mA，预计年产、销量 80 台/年；2、RS2000 型 X 射线辐照仪，最大管电压 225kV，最大管电流 25mA，预计年产、销量 50 台/年；3、RS1800 型 X 射线辐照仪，最大管电压 160kV，最大管电流 25mA，预计年产、销量 30 台/年；4、RS2400 型 X 射线辐照仪，最大管电压 225kV，最大管电流 25mA，预计年产、销量 50 台/年；5、RS3600 型 X 射线辐照仪，最大管电压 160kV，最大管电流 25mA，预计年产、销量 50 台/年；6、RS420 型 X 射线辐照仪，最大管电压 225kV，最大管电流 25mA，预计年产、销量 50 台/年。

2025 年 12 月 3 日，公司新增 RS1600 型 X 射线辐照仪，最大管电压 160kV，最大管电流 5mA，预计年产、销量 20 台/年，重新申领辐射安全许可证（鲁环辐证[10590]），许可种类和范围、有效期均不变。

公司现已配备 JF200 型个人剂量报警仪 3 部，451P-DE-SI-RYR 型 X- γ 巡检仪 2 台，RL5000 固定式 X- γ 辐射安全报警仪 1 台，并为每位辐射工作人员配备个人剂量计；公司已成立辐射安全管理办公室，负责辐射安全与环境保护工作，指定专人作为辐射工作安全第一责任人，并成立了“辐射事故应急领导小组”；已制定辐射管理规章制度：《辐射安全工作岗位职责》、《辐射安全人员环境监测规程》、《辐射事故应急预案》，可满足本项目生产、调试工作需求。

辐射许可及使用射线装置情况见表 1-1。

表 1-1 辐射许可及使用射线装置情况表

| 序号 | 装置分类名称 | 类别 | 活动种类 | 数量/台(套) | 装置名称 | 型号 | 技术参数(最大) | 工作场所 |
|----|-----------------|-------|------------|---------|--------------------------|--------|---------------------|-----------------------------------|
| 1 | 其他不能被豁免的 X 射线装置 | III 类 | 生产, 销售, 使用 | 20 | X 射线辐照仪 (RS1600)-X 射线辐照仪 | RS1600 | 管电压 160kV; 管电流 5mA | 山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇鞍山路 10 号 4 号厂房 |
| 2 | X 射线血液辐照仪 | III 类 | 生产, 销售, 使用 | 80 | X 射线血液辐照仪 | RS3400 | 管电压 155kV; 管电流 12mA | |
| | | | | | X 射线血液辐照仪 | RS3600 | 管电压 160kV; 管电流 25mA | |
| 3 | 其他不能被豁免的 X 射线装置 | III 类 | 生产, 销售, 使用 | 50 | X 射线辐照仪 | RS420 | 管电压 225kV; 管电流 25mA | |
| 4 | 其他不能被豁免的 X 射线装置 | III 类 | 生产, 销售, 使用 | 50 | X 射线辐照仪 | RS2400 | 管电压 225kV; 管电流 25mA | |
| 5 | 其他不能被豁免的 X 射线装置 | III 类 | 生产, 销售, 使用 | 50 | X 射线辐照仪 | RS2000 | 管电压 225kV; 管电流 25mA | |
| 6 | 其他不能被豁免的 X 射线装置 | III 类 | 生产, 销售, 使用 | 30 | X 射线辐照仪 | RS1800 | 管电压 160kV; 管电流 25mA | |
| 7 | X 射线血液辐照仪 | III 类 | 生产, 销售, 使用 | 50 | / | / | / | |

1.3 项目建设规模

为满足业务发展需要, 公司拟投资建设“工业 X 射线成像检测系统生产、使用、销售项目”, 项目建设规模为年生产、使用 (仅生产后调试)、销售 80 台工业 X 射线成像检测系统。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》，对自屏蔽式 X 射线探伤装置的生产、销售活动按 II 类射线装置管理。本项目销售内容已于“建设项目环境影响登记表备案系统（山东省）”内进行备案，备案号：20253710000100000055（见附件 5），本次评价不涉及产品销售分析内容。

本项目拟利用公司 4 号厂房内现有场地进行生产（调试），其中生产场所位于 4 号厂房内东北侧 II 类射线装置生产区域，调试场所位于 4 号厂房内西北侧检验间铅房内，铅房依托公司现有 III 类射线装置调试铅房。

经现场勘查，截止 2026 年 1 月，本项目涉及的工业 X 射线成像检测系统尚未生产。本次评价涉及的射线装置明细见表 1-2。

表 1-2 本次评价涉及的射线装置明细表

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压（kV） | 最大管电流（mA） | 用途 | 场所 | 备注 |
|----|---------------|------|--------|--------|-----------|-----------|--------------|--|------------|
| 1 | 工业 X 射线成像检测系统 | II 类 | 80 台/年 | KT-160 | 160 | 11.2 | 工业无损检测（固定探伤） | 生产：4 号厂房东北侧 II 类射线装置生产区域（调试：西北侧检验间铅房内） | 生产（调试）（定向） |

1.4 选址合理性和实践正当性分析

1.4.1 选址合理性

本项目位于山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇骏山路 10-2 号 4 号厂房，为公司租赁场地，用地性质为工业用地，符合威海市用地规划，租赁合同及土地证见附件 6。

本项目工业 X 射线成像检测系统的生产场所位于 4 号厂房内东北侧 II 类射线装置生产区域；调试位于 4 号厂房内西北侧检验间铅房内，其北侧为检验间其他区域、成品中间仓库、仓库管理室，东侧为货厅、原料中间仓库，南侧为生产区一、辅助房间，西侧为检验间其他区域、走廊、洗衣间、楼梯；本项目工业 X 射线成像检测系统的生产、调试区域均位于 4 号厂房一层，楼上为预留闲置空间。经现场勘查，工业 X 射线成像检测系统的生产、调试区域四周 50m 范围内不存在居民区、学校等保护目标。经下文分析，本项目工业 X 射线成像检测系统自带屏蔽体，屏蔽体周围辐射水平可满足国家相关要求，生产（调试）过程对周围辐射影响较小，项目选址基本合理。

综上所述，本项目选址合理可行。

1.4.2 实践正当性

本项目工业 X 射线成像检测系统主要针对工业铸管、铸件进行无损检测，由于 X 射线在穿透物体过程中与物质发生相互作用，缺陷部位和完好部位的透射强度不同，底片上相应部位会呈现黑度差，评片人员根据黑度变化判断缺陷情况评价铸管、铸件的质量。

本项目工业 X 射线成像检测系统可判定工业铸管、铸件的生产质量，具有明显的经济效益和社会效益，生产（调试）过程中在保证自屏蔽结构的有效性和辐射安全设施正常运行基础上，可有效避免 X 射线对周围辐射工作人员和公众成员的辐射影响。故本项目所带来的社会、经济效益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的辐射防护“实践正当性”的要求。

1.5 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类，所用设备不在限制类和淘汰类之内，不违背国家产业政策要求。

1.6 目的和任务的由来

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部公告 2017 年第 66 号），本项目核技术利用类型属于生产 II 类射线装置；根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年），属于“五十五、核与辐射，172、核技术利用建设项目，生产、使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

为保护环境和公众利益，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规对伴有辐射建设项目环境管理的规定，拉德索斯（中国）医疗科技有限公司委托山东环嘉项目咨询有限公司对其工业 X 射线成像检测系统生产项目进行辐射环境影响评价。接受委托后，在进行现场调查与核实、收集和分析有关资料、环境检测及预测估算等基础上，依照《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）规范，山东环嘉项目咨询有限公司于 2026 年 1 月编制完成了《拉德索斯（中国）医疗科技有限公司工业 X 射线成像检测系统生产项目环境影响报告表》。

表 2 射线装置

X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压（kV） | 最大管电流（mA） | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|----|-----------------------|------|--------|--------|-----------|-----------|------------------|--|--------------------|
| 1 | 工业 X 射线 成像检测系 统 | II 类 | 80 台/年 | KT-160 | 160 | 11.2 | 工业无损检测 （固定探伤） | 生产：4 号厂房东 北侧 II 类射线装置 生产区域（调试： 西北侧检验间铅房 内） | 生产 （调试） （定向） |

表 3 废弃物（重点是放射性废弃物）

| 名称 | 状态 | 核素名称 | 活度 | 月排放量 | 年排放总量 | 排放口浓度 | 暂存情况 | 最终去向 |
|--------|----|------|----|------|-------|-------|------|---|
| 非放射性废气 | 气态 | / | / | / | 少量 | / | / | 通过铅房顶部机械通风装置和 检验间排风口、排风管道将废 气排至厂房楼顶室外空间 |

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。
2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 4 评价依据

| | |
|------------------|---|
| 法 规 文 件 | <p>1. 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号，2015.1.1 实施；</p> <p>2. 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令第 24 号，2003.9.1 施行，2016.7.2 修订后施行，2018.12.29 修订后实施；</p> <p>3. 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 6 号；2003.10.1 实施；</p> <p>4. 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，中华人民共和国主席令第 43 号公布，2020.4.29 修订，2020.9.1 实施；</p> <p>5. 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017.10.1 实施；</p> <p>6. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005.12.1 实施；国务院令第 709 号，2019.3.2 第二次修订后实施；</p> <p>7. 《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 31 号公布，2006.3.1 施行；生态环境部令第 20 号第四次修订，2021.1.4 实施；</p> <p>8. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011.5.1 实施；</p> <p>9. 《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 2021.1.1 实施；</p> <p>10. 《关于发布<射线装置分类>的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号，2017.12.5 实施；</p> <p>11. 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，国家发展和改革委员会令第 7 号，2024.2.1 实施；</p> <p>12. 《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》，国家环保总局环发[2006]145 号，2006.9.26 实施；</p> <p>13. 《山东省固体废物污染环境防治条例》，山东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十八次会议，2023 年 1 月 1 日实施；</p> <p>14. 《山东省辐射污染防治条例》，山东省人民代表大会常务委员会公告第 37 号，2014.5 实施。</p> |
|------------------|---|

| | |
|------------------|--|
| 技 术 标 准 | 1. 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016); 2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); 3. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021); 4. 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021); 5. 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019); 6. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及 2017 年修改单; 7. 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022); |
| 其 他 | 1. 拉德索斯(中国)医疗科技有限公司工业 X 射线成像检测系统生产项目环境影响评价委托书; 2. 拉德索斯(中国)医疗科技有限公司辐射安全许可证正副本; 3. 拉德索斯(中国)医疗科技有限公司提供的项目相关资料; 4. 《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》(山东省环境监测中心站, 1989 年)。 |

表 5 保护目标与评价标准

5.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）规定要求：“放射源和射线装置项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”。

本项目工业 X 射线成像检测系统生产过程仅涉及组装，生产及运输过程中不开机使用，无辐射影响；本项目仅在组装完整后进行仪器整机调试，调试区域依托现有 4 号厂房西北侧检验间铅房。本次评价范围为 4 号厂房西北侧检验间铅房四周屏蔽体外 50m 范围，评价范围见附图 2。

5.2 保护目标

本项目保护目标为评价范围内活动的职业人员和公众成员。

职业人员为辐射工作人员，其中 3 人为生产调试人员，专职承担本项目工业 X 射线成像检测系统生产、调试相关工作，1 人为辐射安全管理人员，专职承担辐射安全管理工作，不参与生产、调试工作；公众成员为本项目所在厂房内非辐射工作人员、北侧其他企业人员以及评价范围内其他偶然经过的公众成员。

保护目标的详细情况见表 5-1。

表 5-1 本项目主要保护目标情况

| 保护目标 | | 方位位置 | 距离 | 人数 | 环境特征 |
|------|----------|------------------------|--------|--------|---------------------------------|
| 职业人员 | 辐射安全管理人员 | 公司厂区内 | 0m~50m | 1 人 | 3 层钢混结构厂房，1 座，高约 17m，生产、办公、仓储功能 |
| | 生产调试人员 | 检验间铅房、厂外调试现场 | 0m~50m | 3 人 | |
| 公众成员 | | 检验间其他区域、北侧成品中间仓库、仓库管理室 | 0m~7m | 约 5 人 | |
| | | 检验间东侧货厅、原料中间仓库 | 0m~50m | 约 10 人 | |
| | | 检验间南侧生产区一、辅助房间 | 0m~31m | 约 10 人 | |
| | | 检验间其他区域、西侧走廊、洗衣间、楼梯 | 0m~8m | 约 10 人 | |

续表 5-1 本项目主要保护目标情况

| 保护目标 | 方位位置 | 距离 | 人数 | 环境特征 |
|------|---------------------------------|---------|--------|--|
| 公众成员 | 检验间北侧 5 号厂房威海蓝天 科技有限公司 | 25m~50m | 约 50 人 | 3 层钢混结构厂房，1 座，高约 22m，生产、 办公、仓储功能 |
| | 4 号厂房四周道路和上层预留闲 置空间偶然经过的公众成员 | 0m~50m | 约 30 人 | / |
| | 厂外现场调试 | 0m~50m | 流动人员 | / |

5.3 评价标准

一、职业照射和公众照射

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

标准中附录B规定:

B1 剂量限值:

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制,使之不超过下述限值:

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均),
20mSv;

b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值:

a) 年有效剂量, 1mSv;

b) 特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1mSv/a~0.3mSv/a) 的范围之内, 但剂量约束的使用不应取代最优化要求, 剂量约束值只能作为最优化值的上限。

2、《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)

6.1.2 当职业照射受照剂量大于调查水平时, 除记录个人监测的剂量结果外, 并作进一步调查。本标准建议的年调查水平为有效剂量 5 mSv, 单周期的调查水平为 5 mSv/(年监测周期数)。

本次评价以上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值 5.0mSv 作为职业人员的年管理剂量约束值; 以公众照射年有效剂量限值的 1/10 (0.1mSv) 作为公众成员的年管理剂量约束值。

二、剂量当量率控制目标和管理要求

剂量当量率控制值执行《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)。

4 使用单位放射防护

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5 探伤机的放射防护要求

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合下表要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T26837 的要求。

表 5-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

| 管电压 kV | 漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h |
|---------|--------------------|
| <150 | <1 |
| 150~200 | <2.5 |
| >200 | <5 |

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽体厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧屏蔽体的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。

6.1.3 探伤屏蔽体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周；

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100 \mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括工作人员工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平

时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

6.2.6 在每一次照射前，工作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

c) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

参考以上标准，考虑到本项目工业 X 射线成像检测系统自带屏蔽体且高度为 1.7m，因此本次评价保守以 2.5 μ Sv/h 作为工业 X 射线成像检测系统周围各关注点的剂量率目标控制水平。

表 6 环境质量和辐射现状

6.1 项目地理位置

拉德索斯（中国）医疗科技有限公司生产厂区位于山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇骏山路 10-2 号 4 号厂房，其中生产区域位于 4 号厂房东北侧Ⅱ类射线装置生产区域，调试区域位于西北侧检验间铅房内。

本项目周边关系影像示意图见附图 2，4 号厂房一层平面布置见附图 3。检验间四周环境详见表 6-1 所示。

表 6-1 检验间铅房 50m 评价范围内环境一览表

| 名称 | 方向 | 场所名称 | 距场所距离（m） |
|-----|----|---|----------|
| 检验间 | 北侧 | 检验间其他区域、成品中间仓库、仓库管理室、园区道路、5 号厂房威海蓝天科技有限公司 | 0～50m |
| | 东侧 | 货厅、原料中间仓库、园区道路 | 0～50m |
| | 南侧 | 生产区一、辅助房间、园区道路 | 0～50m |
| | 西侧 | 检验间其他区域、走廊、洗衣间、楼梯、园区道路 | 0～50m |
| | 上层 | 预留闲置空间 | / |
| | 下层 | 土层 | / |

本项目现场勘查情况见图 6-1。

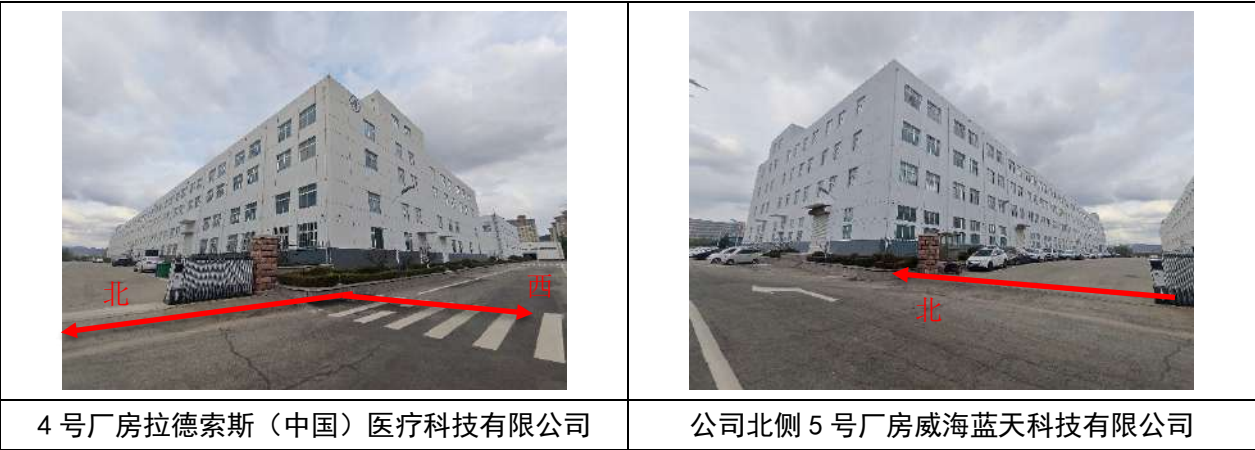


图 6-1 本项目现场勘察照片（2025 年 11 月）

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>公司东侧园区道路</p> | <p>公司南侧 3 号厂房 山东威高输血技术装备有限公司</p> |
|  |  |
| <p>公司西侧园区道路</p> | <p>检验间</p> |
|  |  |
| <p>检验间北侧成品中间仓库</p> | <p>检验间东侧原料中间仓库</p> |
|  |  |
| <p>检验间南侧生产区一</p> | <p>检验间西侧走廊</p> |

图 6-1（续） 本项目现场勘察照片（2025 年 11 月）



图 6-1（续） 本项目现场勘察照片（2025 年 11 月）

6.2 环境天然辐射水平

根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，烟台（威海）市环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 6-2。

表 6-2 烟台（威海）市环境天然辐射水平（ $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ）

| 监测内容 | 范 围 | 平均值 | 标准差 |
|------|------------|-------|------|
| 原 野 | 2.14~12.05 | 5.84 | 1.66 |
| 道 路 | 1.94~20.14 | 6.49 | 2.39 |
| 室 内 | 4.56~20.53 | 10.11 | 2.71 |

注：表中数据摘自《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》，山东省环境监测中心站，1989 年。

6.3 环境质量和辐射现状

6.3.1 检测方案

本次评价根据项目实际情况制定辐射环境检测计划，对本项目检验间铅房位置及周围辐射环境现状进行检测。检测方案如下所示：

1、环境现状评价对象

检验间铅房位置及周围辐射环境现状。

2、检测因子

X- γ 辐射剂量率。

3、检测点位

于检验间铅房四周共布设 8 个环境 X- γ 辐射剂量率检测点位。

检测布点见图 6-2。

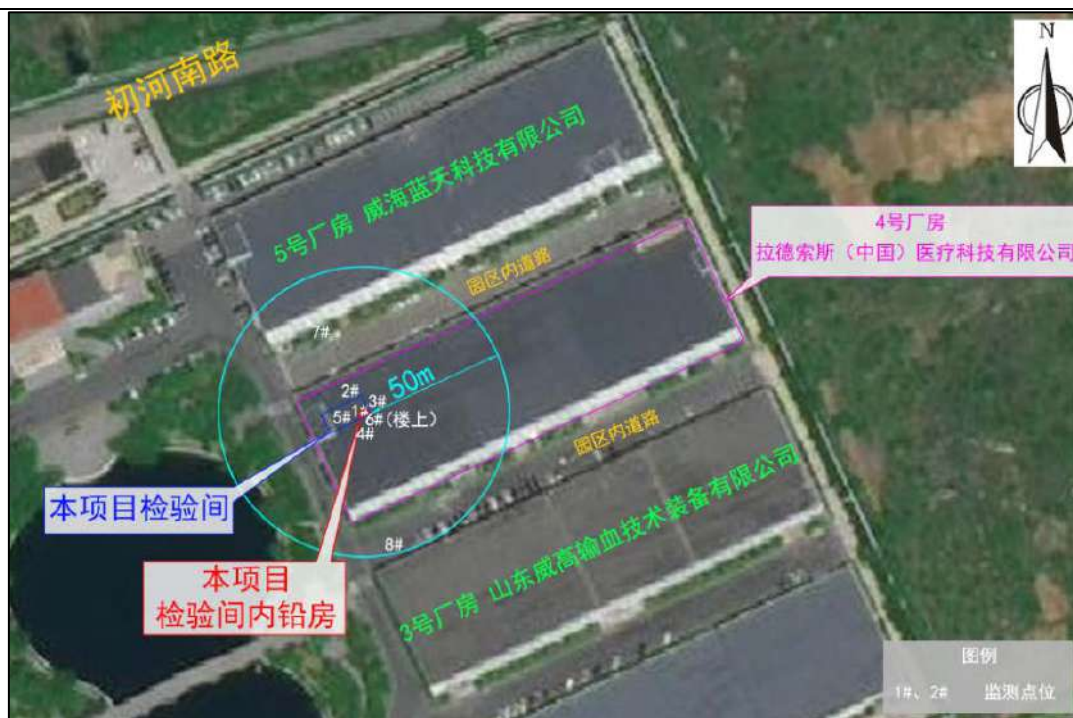


图 6-2 检测布点图

6.3.2 质量保证措施

1、检测单位

本次评价委托具备生态环境检测资质的山东鼎嘉环境检测有限公司开展检测，检验检测机构资质认定证书编号 241512346859。

2、检测仪器

检测仪器 X、 γ 剂量率仪，设备型号 MR-3512，设备编号 A-2503-01，吸收剂量率测量范围为 10nGy/h~100mGy/h，能量范围为 20keV~7MeV。经华东国家计量测试中心检定校准合格，检定校准证书编号为 2025H21-20-5804038001，检定有效期至 2026 年 3 月 17 日，在有效期内。

3、检测方法

依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)的要求和方法进行现场测量。将仪器接通电源预热 15min 以上，仪器探头离地 1m，设置好测量程序，仪器自动读取 10 个数据，计算均值和标准偏差。

4、其他监测质量控制措施

本次监测由具备工频电场、工频磁场生态环境监测资质的山东鼎嘉环境检测有限公司负责，所用监测设备经华东国家计量测试中心检定合格，且监测时处于检定有效期内；现场由两名经过专业培训的监测人员共同进行监测，按操作规程操作仪器，对原始数据进行

了清楚、详细、准确的记录。监测时获取足够的数据量，以保证监测结果的统计学精度，建立完整的文件资料。仪器检定证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保图，以备复查。监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，最后由技术负责人审定。

6.3.3 检测时间与条件

2025 年 11 月 17 日，天气：阴，温度：7.4℃，相对湿度：32.4%RH。

6.3.4 检测结果

X-γ 辐射剂量率现状值检测结果见表 6-3。

表 6-3 X-γ 辐射剂量率检测结果（单位：nGy/h）

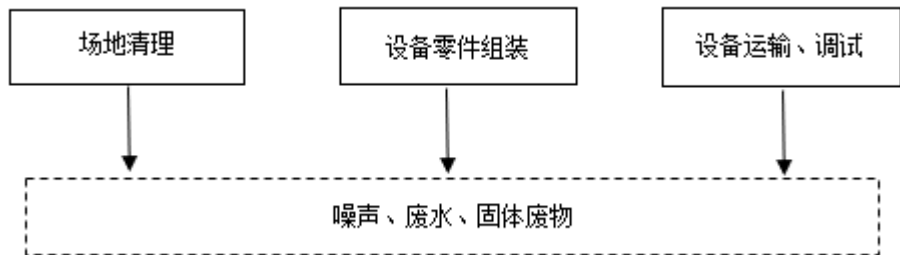
| 序号 | 点位描述 | 检测结果（nGy/h） | |
|----|---------------------------|-------------|------|
| | | 检测值 | 标准偏差 |
| 1# | 检验间铅房位置中心区域 | 82.83 | 0.65 |
| 2# | 检验间铅房位置北侧区域 | 81.57 | 1.07 |
| 3# | 检验间铅房位置东侧区域 | 82.21 | 1.01 |
| 4# | 检验间铅房位置南侧区域 | 80.05 | 1.41 |
| 5# | 检验间铅房位置西侧区域 | 82.04 | 1.17 |
| 6# | 检验间铅房位置楼上预留闲置空间 | 87.89 | 0.90 |
| 7# | 检验间铅房位置北侧 5 号厂房威海蓝天科技有限公司 | 71.07 | 0.71 |
| 8# | 检验间铅房位置南侧园区道路 | 69.20 | 0.81 |

注：1.检测结果已扣除宇宙射线响应值（9.70±0.4）nGy/h；
2.宇宙射线响应值的屏蔽修正因子，原野及道路取 1.0，平房取 0.9，多层建筑物取 0.8。

6.3.5 环境现状调查结果评价

根据表 6-3，本项目检验间铅房位置及周围（1#～6#）室内环境 γ 辐射剂量率现状值为 80.05nGy/h～87.89nGy/h，即（8.00～8.79）×10⁻⁸Gy/h，处于烟台（威海）市环境天然辐射水平范围内[室内（4.56～20.53）×10⁻⁸Gy/h]；检验间铅房周围（7#、8#）室外环境 γ 辐射剂量率现状值为 69.20nGy/h～71.07nGy/h，即（6.92～7.11）×10⁻⁸Gy/h，处于烟台（威海）市环境天然辐射水平范围内[道路（1.94～20.14）×10⁻⁸Gy/h、原野（2.14～12.05）×10⁻⁸Gy/h]。

表 7 项目工程分析与源项

| |
|---|
| <div><h3>7.1 施工期工艺流程简述</h3><p>本项目施工期主要为场地清理、设备零件组装、设备运输，本项目调试区域依托现有铅房，故不涉及铅房建设。施工期不涉及土建施工、零配件生产线建设，项目外购屏蔽体、探测器、X 射线管、运动平台、控制系统、控制电缆等配件进行组装。施工期可能的污染因素主要为施工噪声、施工人员生活废水、固体废物等常规环境要素，不产生辐射影响。</p><pre>graph TD; A[场地清理] --> D[噪声、废水、固体废物]; B[设备零件组装] --> D; C[设备运输、调试] --> D;</pre><p>图 7-1 施工期工艺流程及产污环节图</p><h3>7.2 营运期工艺流程简述</h3><h4>7.2.1 工业 X 射线成像检测系统简介</h4><p>1、工业 X 射线成像检测系统结构</p><p>工业 X 射线成像检测系统主要由 X 射线管、数字成像系统、防护设施（铅屏蔽体、铅帘）、履带、X 射线探测器、电脑显示屏、连接电缆及附件组成。其中成像系统主要由图像增强器、光学镜头、摄像机、计算机、图像处理器、图像显示器和图像储存单元以及检测工装等设备组成。控制器采用了先进的微机控制系统，可控硅规模快速调压，主、副可控硅逆变控制及稳压、稳流等电子线路和抗干扰线路，工作稳定性好，运行可靠。</p><p>工业 X 射线成像检测系统示意图 7-2。</p></div> |
|---|

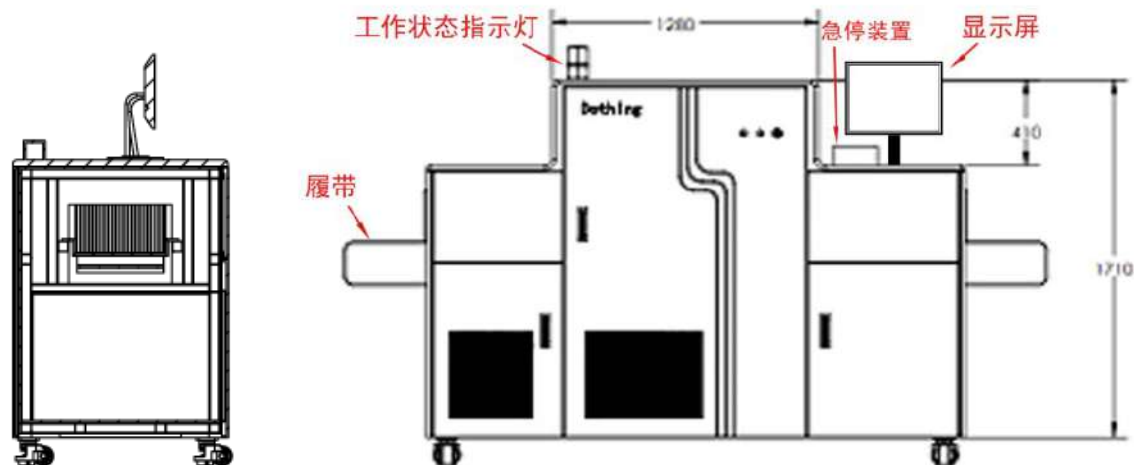


图 7-2 工业 X 射线成像检测系统外观示意图

2、主要技术参数

表 7-1 工业 X 射线成像检测系统技术指标

| 序号 | 项目 | 指标内容 |
|---------------|-------|---------------------------------------|
| 工业 X 射线成像检测系统 | | |
| 1 | 型号 | KT-160 |
| 2 | 最大管电压 | 160kV |
| 3 | 最大管电流 | 11.2mA |
| X 射线管 | | |
| 1 | 型号 | MXR-160HP-FB |
| 2 | 品牌 | COMET |
| 3 | 输出电压 | 160kV |
| 4 | 辐射角度 | 40° × 30° （平行履带方向为 40° ，垂直履带方向为 30° ） |
| 5 | 焦点尺寸 | 1mm |
| 6 | 最大穿透 | 16mm 钢板 |
| 7 | 发生器尺寸 | 754×350×539mm |

3、X 射线产生原理

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钽等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面作用的韧致辐射即为 X 射线。

典型的 X 射线管结构见图 7-3。

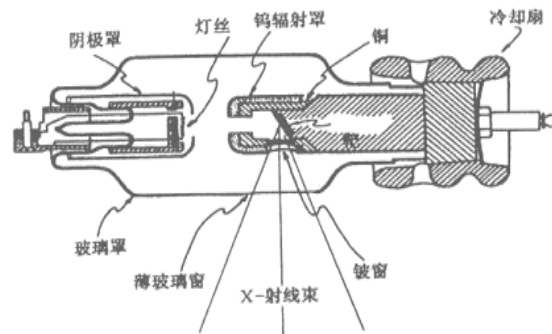


图 7-3 X 射线管结构示意图

4、工业 X 射线成像检测系统工作原理

本项目工业 X 射线成像检测系统主要由 X 射线管、数字成像系统、防护设施（铅屏蔽体、铅帘）、履带、X 射线探测器、电脑显示屏、连接电缆及附件组成。其中 X 射线管位于中间部位最上方，X 射线束垂直朝下照射，下方为 X 射线探测器，履带位于两者之间。

X 射线管发射的 X 射线对履带上的受检工件进行照射，X 射线探测器接收穿透后的射线，根据曝光强度的差异实时显示在 X 射线探测器和数字成像系统上，并反馈至电脑显示屏，工业 X 射线成像检测系统据此实现检测目的。

7.2.2 工作流程

公司在工业 X 射线成像检测系统销售前进行开机调试。辐射工作人员在进行调试前，利用叉车将已组装好的工业 X 射线成像检测系统运输至检验间东南角铅房内，铅房外墙配备 RL5000 固定式 X- γ 辐射安全报警仪。有固定式 X- γ 辐射安全报警仪和仪器，仪器开启过程中，离开铅房关闭铅门，辐射工作人员站立于观察窗外侧，开始调试。等待仪器稳定运行 1h 以上，观察窗旁固定式 X- γ 辐射安全报警仪稳定在 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 以下后，辐射工作人员进入铅房，人工将样品工件放置在履带初始端（进料口）处，确定仪器正常成像后，从履带终端（出料口）拿走样品工件，重复 10 次以上，确定成像正常及仪器各功能均正常后，完成一轮调试。实际操作时，辐射工作人员 50%（约 4h）以上时间会位于检验间铅房外，铅房作为防护屏蔽体可进一步减少电离辐射影响，剩余时间辐射工作人员位于铅房内进行人工调试操作。当调试完成后，关闭电脑和总电源，清理工作台。

本项目 X 射线发生器为固定式无损检测，检测时垂直射束向下照射。工作流程示意

图见图 7-4、图 7-5。

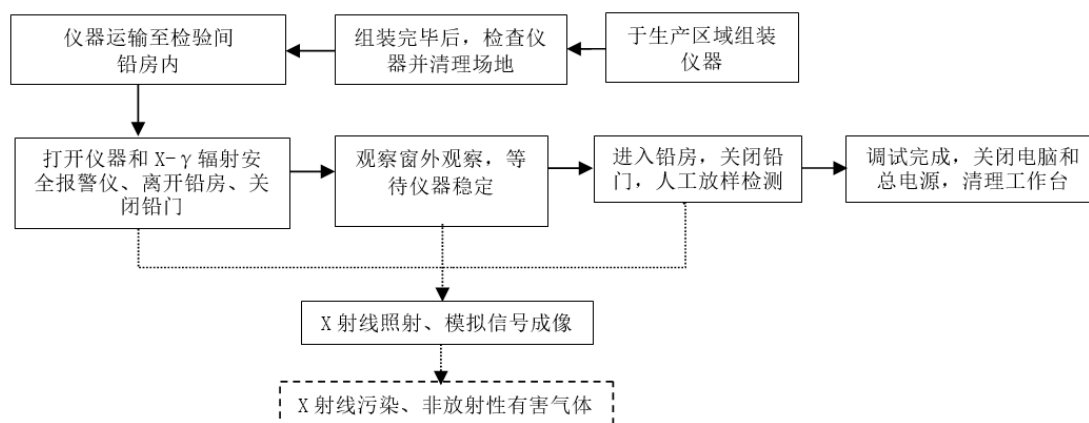


图 7-4 工业 X 射线成像检测系统工作生产及厂内调试流程示意图

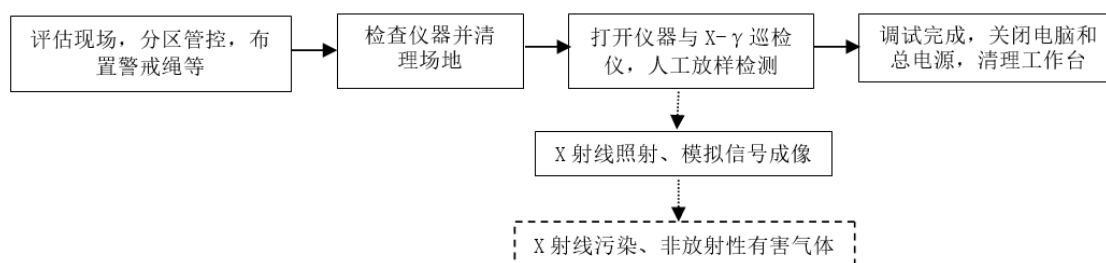


图 7-5 工业 X 射线成像检测系统厂外调试流程示意图

7.2.3 人员配置与工作负荷

1、人员配置

公司拟为本项目配置 4 名辐射工作人员，其中 3 人为生产调试人员，专职承担本项目工业 X 射线成像检测系统生产、调试相关工作，1 人为辐射安全管理人员，专职承担辐射安全管理工作。3 名生产调试人员均已参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的培训，考核合格并在有效期内；拟安排另 1 名辐射安全管理人员参加辐射安全管理类别的考核，考核合格后上岗。

2、工作负荷

根据公司提供的资料，本项目工业 X 射线成像检测系统年产量最大为 80 台，每台仪器生产后调试、厂外现场调试（包含故障维修）最大曝光时间为 8h，全年累计最大曝光时间为 $80 \times 8 = 640\text{h}$ 。

7.3 污染源项描述

7.3.1 施工期污染因素分析与评价因子

1、废水

施工期废水主要来自生产、组装人员的生活污水。

2、噪声

施工期噪声主要来自组装过程中产生的一些突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声。

3、固体废物

固体废物主要是施工垃圾和组装人员的生活垃圾。施工垃圾主要为组装过程中产生的少量废包装材料、废金属等。

综上所述，施工期主要环境影响评价因子为：生活污水、施工噪声、生活垃圾和施工垃圾。

7.3.2 营运期污染因素分析与评价因子

1、放射性废物

本项目不产生放射性固体废物、放射性废水和放射性废气。

2、X 射线

X 射线机开机后产生 X 射线，对周围环境产生辐射影响，关机后 X 射线随之消失。

3、非放射性污染因素分析

本项目非放射性污染为非放射性有害气体。X 射线管产生的 X 射线会使空气电离。空气电离产生臭氧(O_3)和氮氧化物(NO_x)，在 NO_x 中以 NO_2 为主，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。本项目中臭氧和氮氧化物的产生量均较小，于工业 X 射线成像检测系统中部产生后，通过履带终端通风口、机身侧面通风口处排放至铅房内。本项目仅在检验间铅房内进行开机调试，铅房室顶东南角设有机械通风装置，有效通风量不低于 $300m^3/h$ ，铅房容积为 $25.84m^3$ ，有效通风次数大于 3 次/h；铅房室顶上方约 60cm 处为检验间室顶排风口，有害气体通过排风口纳入厂房排风系统，排至厂房楼顶室外空间。厂房楼顶除检修人员外，一般无人达到，不属于人员密集区，因此本项目所产生的臭氧、氮氧化物对周围环境影响较小。

本次评价要求在铅房室顶机械通风装置口和检验间排风口间增设排风管道，铅房内有害气体经排风管道软管直接经厂房排风系统排放。

综上分析，本项目营运期环境影响评价的评价因子为 X 射线、非放射性有害气体。

表 8 辐射安全与防护

| |
|---|
| <div>8.1 项目安全与防护</div> <div>8.1.1 工作场所分区</div> <div>(1) 布局</div> <p>本项目生产区域位于 4 号厂房东北侧Ⅱ类射线装置生产区域，调试区域位于西北侧检验间铅房内。</p> <p>本项目为减少调试期间对周围的影响，利用现有检验间铅房进行调试。本项目工业 X 射线成像检测系统于 4 号厂房东北侧Ⅱ类射线装置生产区域组装后，通过叉车运输，经过预留空房、机加工车间、生产区二、生产区一运输至西北侧检验间铅房内进行调试。调试工作期间，辐射工作人员位于检验间铅房内以及铅房外观察窗区域，检验间无其他无关人员入内。本项目生产区域与调试区域有机结合，合理布局。</p> <p>综上，本项目布局基本合理。本项目调试间平面布置见附图 3。</p> <div>(2) 分区</div> <p>《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中规定，“应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区”。本项目调试间分区及平面布置见图 8-1。</p> <div></div> <div>图 8-1 本项目分区及平面布置图</div> |
|---|

8.1.2 屏蔽设计

根据公司提供的资料，本项目工业 X 射线成像检测系统、检验间铅房防护设施及防护参数一览见表 8-1，控制区与监督区的分区要求见表 8-2，本项目防护措施见图 8-2。工业 X 射线成像检测系统外观示意图见图 4、附图 5。

表 8-1 防护设施及防护参数一览表

| | 项目 | 设计方案 |
|---------------|-----------|---|
| | 尺寸 | 机身长（除履带外）为 2.58m、宽为 1m，高为 1.71m |
| 工业 X 射线成像检测系统 | 四周屏蔽体 | 机身中部上、下（履带下方）、履带平行方向均安装有 10mmPb 铅板作为屏蔽体，履带垂直方向安装有 4 层 10mmPb 铅帘（履带初始端侧 2 层、履带终端侧 2 层）作为屏蔽体 |
| | X 射线管 | X 射线管安装于机身中部上端固定（不可移动），X 射线管规格统一，最大管电压 160kV，最大管电流 11.2mA，辐射角度 $40^{\circ} \times 30^{\circ}$ ，主射束仅向下照射 |
| | 排风系统 | 本项目中臭氧和氮氧化物的产生量均较小，于工业 X 射线成像检测系统中部产生后，通过履带终端通风口、机身侧面通风口处排放至铅房内，通过铅房室顶机械通风装置和检验间排风口、排风管道将废气排至排至厂房楼顶室外空间 |
| | 操作台 | 操作台位于履带终端侧，主射束仅向下照射，操作台不处于主射束照射范围内，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.1 款要求 |
| | 管线 | 仪器管线集中至线阵位置，通过下方外板开孔，开孔处使用 10mmPb 铅板加厚屏蔽，管线于外板连接至显示屏处。 |
| | 急停按钮 | 于机身侧面安置有急停按钮，急停按钮处拟设置标签，标明使用方法，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.9 款要求 |
| | 其他 | 机身中部顶端设置有工作状态指示灯，机身两侧均贴有电离辐射警告标志 |
| | | |
| 检验间铅房 | 铅房尺寸 | 铅房室内东西净长为 3.3m、南北净宽为 2.7m，占地面积约 8.91m^2 ；净高 2.9m，净容积约 25.84m^3 |
| | 铅房四周墙体、室顶 | 铅房四周墙体、室顶均为 100mm 厚度铅钢结构（防护能力为 10mmPb） |
| | 防护门 | 铅房北侧设有 1 个防护门用于仪器和人员进出；采用电动平移式，防护能力为 18mmPb，厚度为 75mm；防护门宽 3m、高 2.7m |

续表 8-1 防护设施及防护参数一览表

| 检验间 铅房 | 项目 | 设计方案 |
|-----------|-----------------|---|
| | 排风系统 | 铅房室顶东南角设有机机械通风装置，有效通风量不低于 300m ³ /h，检验间容积为 25.84m ³ ，有效通风次数大于 3 次/h；铅房室顶上方约 60cm 处为检验间室顶排风口，有害气体通过排风口纳入厂房排风系统，排至厂房楼顶室外空间。厂房楼顶除检修人员外，一般无人达到，不属于人员密集区，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.10 款要求 |
| | 观察窗 | 铅房西侧设有铅玻璃观察窗，防护能力为 10mmPb |
| | 固定式 X-γ 辐射安全报警仪 | 铅房外墙设有固定式 X-γ 辐射安全报警仪，可在铅房外实时监测 X-γ 剂量率水平 |
| | 监控系统 | 检验间内东北角处设有 1 个监控摄像头，实时查看检验间及铅房情况 |
| | 其他 | 防护门上方设有显示工作状态指示灯；防护门中间位置张贴电离辐射警告标志 |

表 8-2 控制区与监督区的分区要求

| 项目 | 《电离辐射防护与辐射源安全标准》（GB 18871-2002）分区要求 | 设计方案 |
|-----|---|--|
| 监督区 | 采用实体边界划定控制区；采用实体边界不现实时也可以采用其它适当的手段 | 工业 X 射线成像检测系统自带四周屏蔽体作为实体边界 |
| | 在控制区的进出口及其它适当位置处设立醒目的、符合附录 F(标准的附录)规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示； | 工业 X 射线成像检测系统机身外侧均贴有符合附录 F(标准的附录)规定的警告标志，产品说明书中将给出相应辐射水平和污染水平说明 |
| | 制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序 | 公司拟制定并完善 II 类射线装置辐射安全管理规章制度，适用于控制区的规则与程序，且限值进出控制区，在生产、销售过程中，将各项安全防护措施落实到位 |
| | 运用行政管理程序(如进入控制区的工作许可证制度)和实体屏障(包括门锁和联锁装置)限制进出控制区；限制的严格程度应与预计的照射水平和可能性相适应 | |
| | 按需要在控制区的入口处提供防护衣具、监测设备和个人衣物贮存柜 | 检验间铅房外侧拟配备防护衣具、监测设备和个人衣物贮存柜，提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的贮存柜 |
| | 按需要在控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的贮存柜 | |
| | 定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界 | 公司拟定期进行现状监测，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界 |

续表 8-2 控制区与监督区的分区要求

| 项目 | 《电离辐射防护与辐射源安全标准》(GB 18871-2002) 分区要求 | 设计方案 |
|-----|--|-------------------------------------|
| 控制区 | 采用适当的手段划出监督区的边界 | 使用检验间墙体划出监督区的边界 |
| | 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌 | 检验间内已设置明显调试区域标识, 拟于检验间进出门门上张贴监督区标识 |
| | 定期审查该区的条件, 以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定, 或是否需要更改监督区的边界 | 以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定, 或是否需要更改监督区的边界 |

| | |
|---|--|
|  |  |
| 铅房内部 | 铅房外墙 RL5000 固定式 X-γ 辐射安全报警仪 |
|  |  |
| 公司现有个人剂量计 | 公司现有 X-γ 巡检仪 |
|  |  |
| 公司现有 JF200 型个人剂量报警仪 | 铅房外侧观察窗 |

图 8-2 本项目防护措施

8.1.3 厂外现场调试安全措施

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)以及建设单位提供资料,公司拟采取的现场安全措施如下:

(1) 作业前准备措施

①对现场周围环境进行全面评估,以保证安全操作。评估内容包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。考虑厂外现场调试对工作场所内其他辐射探测系统带来的影响(如烟雾报警器等)。

②开展厂外现场调试工作时,每台工业 X 射线成像检测系统至少 2 名专职辐射工作人员,本项目公司根据调试项目工作需求配置 2 名。

③探伤地点如果在客户(即委托单位)的工作场地,公司与委托单位协商适当的调试地点和时间、现场通告、警告标识、报警信号灯,避免造成混淆。协商充足的调试时间,确保调试工作安全开展和所需的安全措施的实施。

(2) 分区设置措施

①进行调试作业前,先清场,将工作场所划分控制区和监督区。控制区(自带屏蔽体)边界外剂量率低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

②在控制区(自带屏蔽体)边界上合适位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”、“无关人员禁止入内”等警告牌,调试人员在工业 X 射线成像检测系统操作位操作。

③控制区边界设置临时拉起警戒绳等。

④调试过程中,控制区内不同时进行其他工作。

⑤每个项目现场配置 1 台 X- γ 巡检仪。每人配置 1 部个人剂量报警仪。根据 GBZ117-2022 中 7.2.6,对 X- γ 巡检仪定期开展检定工作。

⑥对控制区边界上代表点剂量率进行检测。

⑦工业 X 射线成像检测系统外操作位和临近人员可到达、活动的区域设为监督区。

(3) 安全警示措施

①给公司商定委托单位配合做好调试作业的辐射防护工作,提前发布调试作业信息,通知到所有相关人员,防止误照射。

②工业 X 射线成像检测系统外侧设有工作信号灯和急停按钮,并保证控制区所有边界都能清晰看见工作信号灯。夜晚调试作业时,控制区边界设置警示灯。

③控制区边界和工业 X 射线成像检测系统机身外侧醒目位置张贴电离辐射警告标志等提示信息。

（4）边界巡查与检测措施

①开始调试前，辐射工作人员先清场，确保工业 X 射线成像检测系统周围无任何其他无关人员，并防止有人进入控制区。

②确保控制区（自带屏蔽体）的范围清晰可见，工作期间设置良好的照明，确保没有人员进入控制区。

③开始调试工作之前，检查 X- γ 巡检仪，确认能正常工作。调试工作期间，X- γ 巡检仪保持开机状态。

④调试期间，辐射工作人员除进行常规个人剂量监测外（即 3 个月监测一次），另外佩戴个人剂量报警仪，X- γ 巡检仪和个人剂量报警仪两者均使用。

（5）安全操作措施

调试作业前备齐下列物品，并使其处于正常状态：X- γ 巡检仪、个人剂量计、个人剂量报警仪；警告提示和信号；应急箱；喊话器；安全信息公告牌。操作人员离开现场前，进行目视检查，确保工业 X 射线成像检测系统没有损坏。

（6）其他

①每个现场设置 2 名辐射工作人员，分工操作，1 名生产调试人员负责操作，1 名安全员负责现场安全和警戒，防止无关人员误入监督区。辐射工作人员负责场所辐射水平检测、工业 X 射线成像检测系统领取、登记、归还等工作。

②安全信息公示牌将辐射安全许可证、研究院法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和生态环境部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。安全信息公示牌面积应不小于 2 平方米，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制作。安全信息公示牌应适应野外作业需要（具备防水、防风等抵御外界影响的能力），确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。

③每次调试前，均对射线装置进行检查，查看有无异常，尽量避免仪器故障。

④调试现场 X- γ 巡检仪将一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止等相关要求。

公司采取的以上安全措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中

5.2.1.2、7.1、7.2、7.3、7.4、7.5 有关要求。

8.1.4 其他安全环保措施

根据现场勘察和公司提供资料，公司已有以下几个方面的措施：

1、根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019.8 修订）中第十六条第五款要求，企业配备的防护用品和监测仪器需满足探伤工作的要求。公司现已配备有 JF200 型个人剂量报警仪 3 部，451P-DE-SI-RYR 型 X- γ 巡检仪 2 台，RL5000 固定式 X- γ 辐射安全报警仪 1 台。本项目厂内调试每次仅调试 1 台仪器，同时厂外最多开展一个现场调试项目。每个调试现场均可满足 JF200 型个人剂量报警仪 1 部，451P-DE-SI-RYR 型 X- γ 巡检仪 1 台的防护配置。

2、4 名辐射工作人员配置个人剂量计 4 支，并对新增职业人员建立个人剂量档案，委托有资质的单位对职业人员个人剂量每三个月检测一次，个人剂量档案每人一档，由专人负责保管和管理。

3、公司定期组织辐射工作人员专业健康体检，并建立职业人员健康档案。

公司拟制定并完善 II 类射线装置辐射安全管理规章制度，在生产、销售过程中，将各项安全防护措施落实到位，在此条件下，可以确保工作人员、公众的安全，并有效应对可能的突发事件（事件）。

8.1.4 工业 X 射线成像检测系统检查

每次工作前均对工业 X 射线成像检测系统外观、电源、屏蔽体、警示灯、螺栓等连接件等进行检查，确认正常、无故障；当设备故障或损坏需更换零部件时，所更换的零部件为合格产品；做好设备调试记录。

8.2 三废的治理

本项目为工业 X 射线成像检测系统生产项目，在生产（调试）过程中不产生放射性固体废物、放射性废水及放射性废气。

工业 X 射线成像检测系统调试过程中 X 射线机产生的 X 射线会使空气电离，从而产生臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)，本项目中臭氧和氮氧化物的产生量均较小，且本项目仅在检验间铅房内进行开机调试，铅房室顶东南角设有机械通风装置，有效通风量不低于 $300m^3/h$ ，检验间容积为 $25.84m^3$ ，有效通风次数大于 3 次/h；铅房室顶上方约 60cm 处为检验间室顶排风口，有害气体通过排风口纳入厂房排风系统，排至厂房楼顶室外空间。厂房楼顶除检修人员外，一般无人达到，不属于人员密集区，因此本项目所产生的臭氧

、氮氧化物对周围环境影响较小。

表 9 环境影响分析

| |
|---|
| <p>9.1 建设阶段对环境的影响</p> <p>1、声环境影响分析</p> <p>本项目施工期噪声主要为 X 射线成像检测系统安装过程中产生的突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声，本项目不使用高噪声设备且安装时间较短，此外本项目安装过程均在厂房内进行，经隔声和距离衰减后，对周边环境影响较小。</p> <p>2、水环境影响分析</p> <p>本项目安装时间较短且施工量小，施工期废水主要来自生产、组装人员的生活污水。本项目施工期生活污水经园区污水管道排入市政污水管网，不直接外排环境。对水环境影响较小。</p> <p>3、固体废物</p> <p>(1)生活垃圾：施工期间人员日常生活产生的生活垃圾统一放至厂房内垃圾箱，由环卫部门定期清运。</p> <p>(2)废包装材料、废金属：施工期产生的设备包装垃圾，经收集后进行分类，回收可再生利用的，外卖至废品回收站；不可利用的固体废物送至厂内固体废物收集点，一并进行处理。经采取以上措施，固体废物对周围环境影响较小。</p> <p>4、大气环境影响分析</p> <p>本项目在建设施工期主要为设备的安装，基本不产生废气，其位于车间内，其对周边大气环境影响较小。</p> <p>综上所述，本项目施工期对环境的影响较小。</p> |
| <p>9.2 运行阶段对环境的影响</p> <p>9.2.1 辐射环境影响评价</p> <p>本项目尚未开工，本次评价采用理论计算的方法评估工业 X 射线成像检测系统对周围环境的影响。本项目工业 X 射线成像检测系统生产过程仅涉及组装，生产及运输过程中 X 射线管和产品均不通电使用，仅在 4 号厂房西北侧检验间铅房内通电使用（仅生产调试），故只评价调试时对周围环境的影响。</p> <p>1、估算公式及相关参数取值</p> <p>(1) 有用线束屏蔽</p> <p>根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），有用线束在关注点处</p> |

的剂量率可按以下公式进行估算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 9-1})$$

式中：

I： X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最高管电流，单位为 mA；

H₀ 距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的
： 值乘以 6×10^4 。本项目未获得厂家提供的输出量，查 GBZ/T250-2014 附表 B.1，160kV X 射线管保守 200kV，2mm 铝过滤条件管电压下输出量为 $28.7 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 计；

B： 屏蔽透射因子；

R： 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

其中屏蔽透射因子采用以下公式计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad (\text{式 9-2})$$

式中：

X： 屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL： X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度，查 GBZ/T250-2014 表 B.2，具体见表 9-1。

表 9-1 X 射线束在铅和混凝土中的什值层厚度

| X 射线管电压 (kV) | 什值厚度 TVL | |
|--------------|------------|-----------|
| | 铅, mm | 混凝土, mm |
| 150 | 0.96 | 70 |
| 200 | 1.4 | 86 |
| 250 | 2.9 | 90 |
| 300 | 5.7 | 100 |
| 400 | 8.2 | 100 |

注：摘自 GBZ/T250-2014 附表 B.2。

由表 9-1 可知，查 GBZ/T250-2014 附表 B.2，本次保守按 200kV X 射线束在铅中的什值层厚度为 1.4mm 计算。

（2）漏射辐射屏蔽

对于漏射辐射屏蔽采用以下公式计算考察点处的辐射剂量率：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 9-3})$$

式中：

B: 屏蔽透射因子;

R: 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

\dot{H}_L 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为 $\mu\text{Sv/h}$, 本项目未获得厂家提供的 X 射线机泄漏辐射剂量率, 根据 GBZ/T250-2014 表 1, $150\leq\text{kV}\leq 200$ 的取 $2500\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 散射辐射屏蔽

在给定屏蔽物质厚度时, 关注点的散射辐射剂量率按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中给出的公式进行计算:

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (\text{式 9-4})$$

式中:

- I X 射线探伤装置在最高管电压下的最大常用管电流, 单位为 mA;
- H_0 距辐射源点(靶点) 1m 处输出量, 同式 9-1;
- B 屏蔽透射因子; 在给定屏蔽物质厚度时, 相应的屏蔽透射因子, 根据 GBZ/T250-2014 中表 2 并查附录 B 表 B. 2;
- F : R_0 处的辐射野面积, m^2 , 本项目 X 射线管距离履带最大距离为 0.54m, 辐射野为锥形 $40^\circ \times 30^\circ$, 本次计算保守取 40° 圆形面积 $(\tan 20^\circ \times 0.54)^2 \times \pi = 0.12\text{m}^2$;
- α : 散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比, 根据 GBZ/T250-2014, $\alpha = 1.9 \times 10^{-3} \times 10^4 / 400 = 0.0475$;
- R_0 : 辐射源点(靶点)至检测工件的距离, m; 本项目保守按 0.5 (出束口与履带最近距离) - 0.26 (工件最大高度) = 0.24m 考虑。
- R_s : 散射体至关注点的距离, m。本次评价为保守计算, 取散射体至关注点(屏蔽结构外 30cm 处)的最近距离。

表 9-2 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

| 原始 X 射线 (kV) | 散射辐射 (kV) |
|----------------------------|-----------|
| $150\leq\text{kV}\leq 200$ | 150 |
| $200<\text{kV}\leq 300$ | 200 |
| $300<\text{kV}\leq 400$ | 250 |

注: 该表仅用于以什值层计算散射辐射在屏蔽物质中的衰减。

本次 X 射线管辐射角度最大为 40° (夹角为 20°), 则 $F \cdot \alpha / R_0^2$ 因子的值约为 0.099。由表 9-1 可知, 150kV X 射线束在铅中的什值层厚度为 0.96mm 计算。

2、计算结果

根据公司提供资料, X 射线机位于工业 X 射线成像检测系统中部上方。出束口距传

送带 0.5m，距仪器底部 1.39m，距仪器顶部 1.71-1.39=0.32m，距仪器机身（平行履带方向）和机身侧面通风口 $1 \div 2 = 0.5\text{m}$ ，距履带初始端铅帘 $0.6 + 0.42 = 1.02\text{m}$ ，距履带终端通风口 $1.2 - 0.42 + 0.78 = 1.56\text{m}$ 。

工业 X 射线成像检测系统主射束朝下照射，辐射角度 $40^\circ \times 30^\circ$ ，出束口固定，射束所在平面与履带垂直， $\tan 20^\circ \times 0.5$ （出束口与履带最近距离） $= 0.18\text{m} < 1.02\text{m}$ （履带初始端铅帘）， $\tan 15^\circ \times 1.39$ （出束口与底部的最近距离） $= 0.37\text{m} < 1.56\text{m}$ （出束口与履带终端通风口的最近距离）， $\tan 15^\circ \times 1.39$ （出束口与底部的最近距离） $= 0.37\text{m} < 0.5\text{m}$ （出束口与履带平行方向的机身壁和机身侧面通风口的最近距离），故主射束不会直接照射机身顶部、铅帘、履带终端通风口、机身侧面通风口、履带平行方向和垂直方向的机身壁。

因此工业 X 射线成像检测系统进行调试时，底部主要考虑主射束的影响，机身顶部主要考虑漏射线的影响，铅帘、履带终端通风口、机身侧面通风口、履带平行方向和垂直方向的机身壁主要考虑漏射线和散射线的影响。

在工业 X 射线成像检测系统屏蔽体外 30cm 处设置参考点 A~G，各计算参考点与辐射路径图见图 9-1（a）、图 9-1（b）。

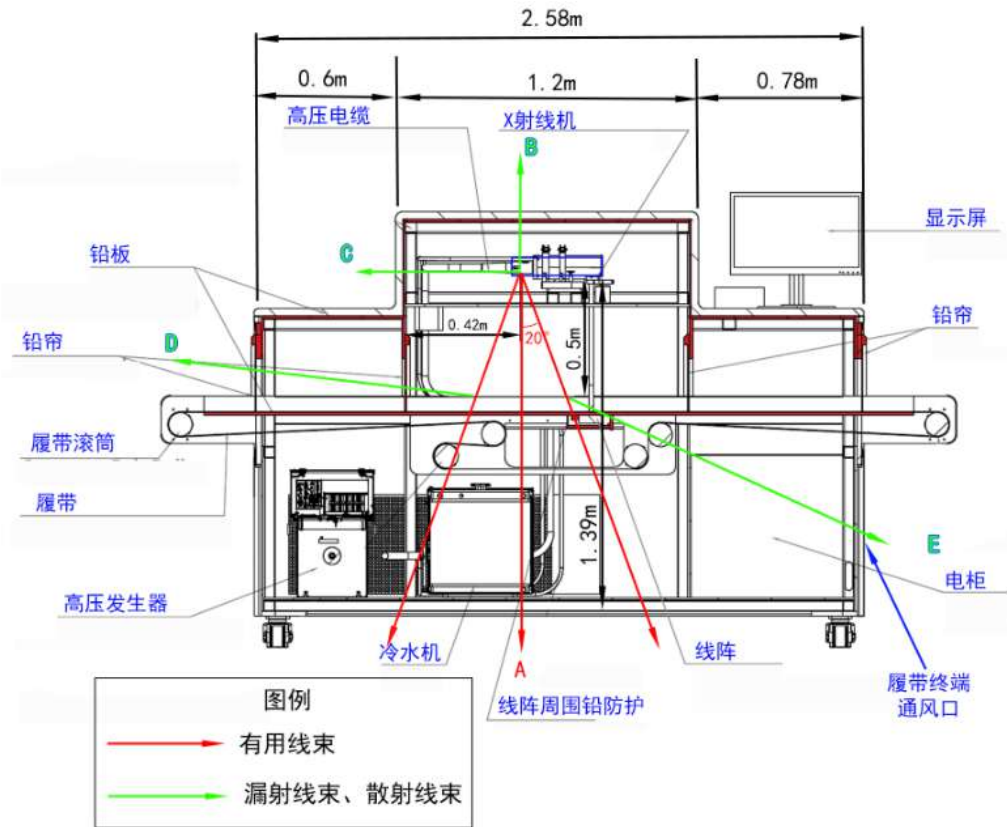


图 9-1（a） 计算参考点与辐射路径示意图

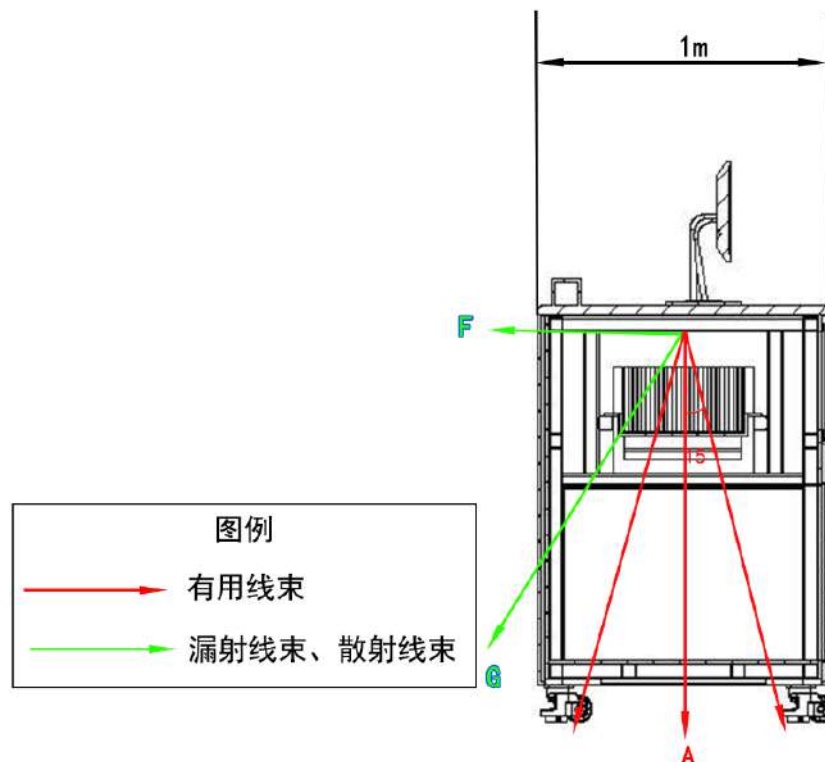


图 9-1 (b) 计算参考点与辐射路径示意图

各参考点辐射水平计算结果见表 9-3。

表 9-3 各参考点剂量率

| 参考点 | 辐射类型 | 屏蔽体 | 计算距离 m | 屏蔽透射因子 B | 剂量率 $\mu\text{Sv/h}$ | |
|----------------|------|------------------------|---|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| A (机身底部) | 主射 | 10mmPb 铅板 | 1.39 ± 0.3 $=1.69$ | $10^{-10/1.4}$ | 0.486 | |
| B (机身顶部) | 漏射 | 10mmPb 铅板 | $1.71 \sim 1.39$ $+0.3 = 0.62$ | $10^{-10/1.4}$ | 4.68×10^{-4} | |
| C (履带平行方向机身壁) | 漏射 | 10mmPb 铅板 | 0.42 ± 0.3 $=0.72$ | $10^{-10/1.4}$ | 3.47×10^{-4} | 4.88×10^{-4} |
| | 散射 | | | $10^{-10/0.96}$ | 1.41×10^{-4} | |
| D (铅帘) | 漏射 | 10mmPb 铅帘 ^① | 1.02 ± 0.3 $=1.32^{②}$ | $10^{-10/1.4}$ | 1.03×10^{-4} | 1.45×10^{-4} |
| | 散射 | | | $10^{-10/0.96}$ | 4.20×10^{-5} | |
| E (履带终端通风口) | 漏射 | 10mmPb 铅板 | $1.2 \sim 0.42$ $+0.78 \pm 0.3$ $=1.86^{③}$ | $10^{-10/1.4}$ | 5.20×10^{-5} | 7.32×10^{-5} |
| | 散射 | | | $10^{-10/0.96}$ | 2.11×10^{-5} | |
| F (机身侧面通风口) | 漏射 | 10mmPb 铅板 | $1 \div 2$ $+0.3 = 0.8^{④}$ | $10^{-10/1.4}$ | 2.81×10^{-4} | 3.95×10^{-4} |
| | 散射 | | | $10^{-10/0.96}$ | 1.14×10^{-5} | |
| G (履带垂直方向的机身壁) | 漏射 | 10mmPb 铅板 | $1 \div 2$ $+0.3 = 0.8$ | $10^{-10/1.4}$ | 2.81×10^{-4} | 3.95×10^{-4} |
| | 散射 | | | $10^{-10/0.96}$ | 1.14×10^{-5} | |

注：①实际操作时，数个工件同时进样，内部铅帘可能处于被揭开状态，本次保守计算，仅考虑履带初始端外侧铅帘防护能力；

②出束点距两侧铅帘保守按最近水平距离 1.02m 计，机身厚度忽略不计，取机身外 30cm 为参考点；

③出束点距履带终端通风口保守按最近水平距离计，机身厚度忽略不计，取机身外 30cm 为参考点；

④出束点距机身侧面通通风口保守按到机身壁的最近水平距离 0.5m 计，机身厚度忽略不计，取机身外 30cm 为参考点。

由表 9-3 可知，工业 X 射线成像检测系统周围各参考点剂量率最大为 $0.486 \mu\text{Sv/h}$ ，位于工业 X 射线成像检测系统底部，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.3 款“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的标准要求。

根据以上分析可看出，工业 X 射线成像检测系统开机调试时，防护设计可以满足辐射防护要求。

9.2.2 年有效剂量

1、年有效剂量估算公式

$$E = \sum \omega_T \times \sum \omega_R \times D \times N \times f \quad (9-5)$$

式中：

E 有效剂量， μSv

ω_T 组织或器官 T 的组织权重因数，根据 GB18871-2002 附录 J 中 J4.9 所述、 $\sum \omega_T$ 取 1

ω_R 辐射 R 的辐射权重因数，根据 GB18871-2002 附录 J 中 J4.7 所述、 $\sum \omega_R$ 取 1

D 吸收剂量 μSv 。 $D=H \times t \times T \times U$ ， H ：某处的辐射水平， $\mu\text{Sv/h}$ ， t ：受照时间，h， T ：居留因子， U ：使用因子

N 其他修正因数的乘积，根据《电离辐射剂量学(第二版)》(李士骏编)中 P122 所述、 N 取 1

f D 与 E 间的量纲转换单位，一般为 Sv/Gy ，本次评价取 1

2、照射时间确定

根据公司提供的资料，本项目工业 X 射线成像检测系统年产量最大为 80 台，每台最大调试曝光时间为 8h，全年累计最大曝光时间为 $80 \times 8 = 640\text{h}$ 。4 名辐射工作人员中有 3 人为操作调试人员，分为 3 组轮流进行调试，则辐射工作人员受照时间为 213.33h/年 。

3、停留因子确定

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），不同环境条件下的居留因子列于表 9-4。

表9-4 居留因子的选取

| 场所 | 居留因子T | 停留位置 | 本项目的停留位置 |
|------|----------|--------------------|--------------------------------------|
| 全居留 | 1 | 控制室、办公室、临近建筑物中的驻留区 | 检验间北侧成品中间仓库、仓库管理室，东侧货厅、原料中间仓库，南侧生产区一 |
| 部分居留 | 1/2~1/5 | 走廊、休息室、杂物间 | / |
| 偶然居留 | 1/8~1/40 | 厕所、楼梯、人行道 | 检验间西侧走廊、洗衣间、楼梯、四周园区道路和上层预留闲置空间 |

4、职业人员的年有效剂量

本项目辐射工作人员中辐射安全管理人员不参与生产及操作调试，主要参与生产及操作调试的为生产调试人员。生产及运输过程中 X 射线管和产品均不通电使用，仅调试时通电使用，故只计算调试时的辐射剂量。在调试时，对操作调试人员影响的区域主要在工业 X 射线成像检测系统周围。本次保守计算生产调试人员所受到的年有效剂量。

由表 9-3 理论计算可知，工业 X 射线成像检测系统周围剂量率最大为 $0.486 \mu\text{Sv/h}$ ，位于仪器底部，本次保守以该最大剂量率进行核算。居留因子取 1，由公式（9-5）估算生产调试人员的最大年有效剂量为：

$$E=0.486 \times 213.33 \times 1 \div 1000 \approx 0.104 \text{mSv/a}$$

实际在厂内进行调试操作时，生产调试人员 50%（约 4h）以上时间会位于检验间铅房外，铅房作为防护屏蔽体可进一步减少电离辐射影响，因此实际结果将远低于计算数值 0.104mSv/a 。由以上估算结果可以看出，职业人员的年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 20mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 5mSv/a 的年管理剂量约束值。

5、公众成员的年有效剂量

工业 X 射线成像检测系统调试时，公众成员均于监督区外（检验间外）活动，对公众成员影响的区域主要为检验间四周及保护目标处。由表 9-3 可知，工业 X 射线成像检测系统四周（除底部外）剂量率最大为 $4.68 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ ，即公众成员可能受到的最大剂量率为 $4.68 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ 。

检验间西侧走廊、洗衣间、楼梯处、四周园区道路公众和上层预留闲置空间处的公众成员按偶然居留考虑，居留因子取 1/8，由公式（9-5）估算出该区域活动的公众成员的年有效剂量为：

$$E=4.68 \times 10^{-4} \times 640 \times (1/8) \div 1000 = 3.774 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$$

检验间北侧为成品中间仓库、仓库管理室，东侧为货厅、原料中间仓库，南侧为生产区一，上述区域均为生产、办公区域，公众成员按全居留考虑，居留因子取 1，由公式（9-5）估算出该区域活动的公众成员的年有效剂量为：

$$E=4.68 \times 10^{-4} \times 640 \times 1 \div 1000 \approx 2.995 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$$

各环境保护目标处活动的公众成员工业 X 射线成像检测系统距离远大于相邻生产区域内的公众成员，经墙体、铅房屏蔽和距离衰减后，本项目环境保护目标处的公众成员所受剂量年有效剂量远小于 $2.995 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ 。

在厂外现场调试时，实际调试曝光时间最大为 1h，周围流动公众人员居留因子取 1/8，由公式（9-5）估算出该区域活动的公众成员的年有效剂量为：

$$E=4.68 \times 10^{-4} \times 1 \times 1 \div 1000 \approx 4.68 \times 10^{-7} \text{mSv/a}$$

由以上估算结果可知，公众成员的年有效剂量最大为 $2.995 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 0.1mSv/a 的管理剂量约束值。

9.2.3 运行分析与评价

由上述运行期间的分析可以看出，公司在调试工业 X 射线成像检测系统期间：

根据理论估算结果，工业 X 射线成像检测系统开机调试时，其自屏蔽体周围的辐射水平可满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015） $2.5 \mu \text{Sv/h}$ 的剂量率防护限值，说明工业 X 射线成像检测系统自屏蔽体能力可以满足辐射防护要求。

在总曝光时间 640h/a 的条件下，职业人员的最大年有效剂量 0.104mSv/a ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 20mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 5mSv/a 的管理剂量约束值。

在总曝光时间 640h/a 的条件下，公众成员最大年有效剂量 $2.995 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，经墙体屏蔽和距离衰减后，本项目保护目标处的公众成员所受剂量远小于年剂量管理目标值，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 0.1mSv/a 的管理剂量约束值。

因此，在现有设计条件下，拉德索斯（中国）医疗科技有限公司生产的工业 X 射线成像检测系统周围剂量率、辐射工作人员及公众成员所接受的年有效剂量均不大于本报告提出的评价指标，满足国家有关要求。

9.3 事故影响分析

1、可能的风险事故（件）

（1）检测工作过程中，急停按钮等防护措施失效使工作人员或公众误闯或误留，使工作人员或公众造成不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

（2）操作人员违规操作，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

（3）工业 X 射线成像检测系统被盗，工业 X 射线成像检测系统使用不当，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。

2、风险事故（件）防范措施

（1）工业 X 射线成像检测系统由于铅帘或屏蔽体老化、损坏等情况，可能会出现直接照射，导致辐射事故。在建立严格的探伤程序和对各防护措施进行有效性验证和维护条件下，可避免人员使用不当造成不必要照射。按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中要求，本项目仪器已设计必须安装的急停按钮等防护措施，突发辐射事故时可采取按下急停按钮、关闭公司电源、关闭检验间铅房铅门等措施，避免工业 X 射线成像检测系统使用不当的情况发生。

（2）操作人员需进行专业培训，加强管理，禁止未经过培训的操作人员操作工业 X 射线成像检测系统。

（3）加强对工业 X 射线成像检测系统在贮存、调试现场的管理，由专人负责工业 X 射线成像检测系统的运输、调试登记，设置门锁、监控等防盗措施，禁止无关人员进入生产区域和调试区域，防止发生工业 X 射线成像检测系统的被盗、丢失。一旦发生此类事件时应及时报告当地环保部门、公安部门以及卫生部门。

（4）公司已制定《辐射事故应急预案》，在完善各项风险防范措施的前提下，环境风险是可控的。

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中辐射事故分级，射线装置失控，未造成人员伤亡但造成环境污染为一般事故。

综上所述，发生上述照射事故（件）时，应及时切断电源，必要时启动《辐射事故应急预案》，对受照人员进行剂量评估，同时要医学处理。公司应定期检查、维修辐射防护设施，加强培训和管理，杜绝此类事故的发生。

表 10 辐射安全管理

10.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

按照国家有关射线装置管理的法律法规，拉德索斯（中国）医疗科技有限公司已成立辐射安全管理办公室，负责辐射安全与环境保护工作，指定专人黄金喆作为辐射工作安全第一责任人，并成立了“辐射事故应急领导小组”。

辐射事故应急领导小组主要职责是：

- （1）认真贯彻执行国家有关法律法规和上级辐射环境管理规章；
- （2）组织编制本单位辐射环境管理规章制度、安全技术措施等文件，使本单位辐射环境管理工作做到有法可依、有章可循；
- （3）审定本单位年度辐射环境管理工作安排、计划，并组织实施；
- （4）为本单位辐射环境管理工作提供必要的资源；
- （5）定期组织召开本单位辐射环境工作会议，听取各科室的工作汇报，部署辐射环境管理工作；
- （6）对射线装置所在辐射环境管理工作进行督导和考核；
- （7）及时解决施工生产过程中辐射环境管理问题，组织事故调查、分析和处理。

公司拟为本项目配置 4 名辐射工作人员，专职承担本项目工业 X 射线成像检测系统生产、使用（仅生产后调试检测）相关工作。其中 3 名辐射工作人员均已参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的培训，考核合格并在有效期内；拟安排另 1 名辐射工作人员作为辐射安全管理人员，公司拟安排其参加辐射安全管理类别的考核，考核合格后上岗。

10.2 辐射安全管理规章制度

公司已制定辐射管理规章制度：《辐射安全工作岗位职责》、《辐射安全人员环境监测规程》、《辐射事故应急预案》。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等要求，公司拟完善辐射管理规章制度：《个人剂量管理规定》、《辐射环境管理规定》、《防护责任制》、《检测操作管理制度》、《检测档案资料管理制度》、《无损检测人员培训考核和持证上岗制度》等，待完善各辐射管理制度后能够满足检测工作的需求。

规章制度中应对操作人员岗位责任、辐射防护和安全保卫、设备检修、辐射设备的使

用等方面分别做出明确的要求和规定，保障从事辐射工作的人员和公众的健康与安全，保护环境。工业 X 射线成像检测系统调试时，应切实落实各项辐射管理规章制度。

公司由辐射安全负责人负责宣传贯彻辐射安全的相关政策及法规，制定合理的规章制度及防护措施，对辐射工作提出合理建议并进行监督管理，对辐射事故进行处理，对职业人员的工作过程进行管理。

10.3 辐射监测

10.3.1 辐射监测方案

公司根据《辐射安全人员环境监测规程》，现已配备有 JF200 型个人剂量报警仪 3 部，451P-DE-SI-RYR 型 X-γ 巡检仪 2 台，RL5000 固定式 X-γ 辐射安全报警仪 1 台，为辐射工作人员每人配备个人剂量计，并根据监测计划对工作场所和周围环境进行监测。建议按照以下内容完善监测方案：

1、辐射环境监测方案及内容

(1) 监测因子

X-γ 辐射剂量率。

(2) 监测频率

验收监测：本项目取得环评批复并具备验收条件后，委托有资质的单位进行验收监测。

定期监测：正常情况下，每月进行 1~2 次例行监测，形成例行监测记录表。

年度监测：每年一次，委托有资质的单位进行监测。

应急监测：工作场所如发现异常情况或怀疑有异常情况，应对工作场所和环境进行应急监测。

(3) 监测范围

工业 X 射线成像检测系统周围。

(4) 监测布点

监测点主要涵盖以下几处位置：

- ①通过巡测，发现的辐射水平异常高的位置；
- ②工业 X 射线成像检测系统自屏蔽体外 30cm 处；
- ③人员经常活动的位置，主要包括其他人员能到达的位置；
- ④机身侧面通风口位置、履带终端通风口位置和管线口；

⑤调试结束后应监测履带两端进出口铅帘位置，以确保 X 射线机已经停止工作。

2、个人剂量的监督与检测

本项目运行后，应为辐射工作人员配备个人剂量计，并委托有资质的单位定期进行个人剂量检测，一般三个月一次，建立个人剂量档案，检测数据录入个人剂量档案。个人剂量档案应符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）要求，做到一人一档，由专人负责管理，长期保存。

3、检测仪器检定/校准

根据 GBZ117-2022 中 8.1.2，公司应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。

10.4 辐射事故应急

10.4.1 环境风险事故应急预案

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全与防护条例》等法律法规，公司制定了《辐射事故应急预案》，一旦发生风险事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全。该预案包括以下内容：

1、辐射事故应急处理机构与职责

(1) 公司成立了辐射事故应急处理领导小组，明确小组职责：

1. 负责公司《辐射事故应急预案》的制定和修改，做好应急准备工作；
2. 负责对已发生辐射事故的现场进行组织协调、安排救助、并向放射工作人员与公众通报。

3. 采取各种有效快速的救援措施，最大限度地减少污染危害，避免人身伤亡和财产损失，尽最大可能减少事故对公司与社会的负面影响。

4. 负责组织应急的实施和演练；

5. 负责监督检查放射安全工作，防止辐射事故的发生；

(2) 辐射事故应急处理领导小组组长职责：

1. 贯彻执行国家辐射应急的方针政策 and 辐射应急工作要求；
2. 负责 X 射线装置事故救援工作的组织和指挥及物资的调度；
3. 负责向上级行政主管部门报告辐射事故发生和应急救援情况，必要时向有关单位发出救援请求；

4. 负责组织事故调查；

5. 负责恢复正常秩序、稳定受照人员情绪等工作。

2、辐射事故应急原则

以人为本、快速反应、预防为主、常备不懈。

3、辐射事故分级

特大事故：射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

重大事故：射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

较大事故：射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

一般事故：射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

4、辐射事故应急措施

1. 遵循辐射事故应急响应“谁启动，谁终止”原则，启动工业 X 射线成像检测系统的生产调试人员立即停止工作，并在安全范围内切断操作电源，以免持续泄漏。

2. 现场工作人员立即向辐射事故应急领导小组组长汇报，组长是现场应急总指挥，统一指挥和调度现场所有人员。

3. 封锁现场，切断一切可能扩大污染范围的因素。

4. 迅速撤离有关人员，对事故受照射人员进行及时的检查、救治和医学观察。

5. 实行现场警戒，划定紧急隔离区。保护事故现场，保留事故的材料，设备和工具。

6. 组织辐射事故应急领导小组对事件进行调查。

7. 及时填写“辐射事故初始报告表”并加盖公章，于两小时内向公司领导和生态环境局、卫健委主管部门报告。

8. 等待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小。

9. 积极配合生态环境局、公安局、卫健委主管部门处理事故现场。

5、辐射应急终止和恢复

当发生辐射事故的射线装置或设施修复后，经环保部门检测安全合格，报请卫生行政主管部门批准，应急预案尚可解除。要及时收集与事故有关的物品和材料，做好调查研究工作，并对事故的发生原因、过程、危害、采取的措施、处理结果以及遗留问题和防范措施等情况做出详细的书面报告，并附有相关的证明文件，作为终结报告。

6、辐射应急通讯联络

a. 公司辐射事故 24 小时报警电话：0631-5660034。

b. 威海市生态环境局电话：0631-5233063。

c. 威海市卫生计生委电话：0631-5300080。

d. 报警电话：110。

e. 急救电话：120。

7、培训

1. 辐射事故应急领导小组负责组织培训工作。

2. 培训对象：应急人员及可能受到辐射事故受影响的人员。

3. 培训周期：每年一次。

4. 培训内容：辐射危害和防护的基本知识；辐射事故应急预案；典型辐射事故的经验教训；防护器材的正确使用。

10.4.2 环境风险事故培训演习计划

公司根据应急演练计划以及项目实际情况，每年至少开展一次辐射事故应急演练，并编制应急演练记录，对演练效果进行总结和评价，对演练过程中存在的不足进行改正，适时修订应急预案。

表 11 结论与建议

11.1 结论

11.1.1 项目概况

拉德索斯（中国）医疗科技有限公司位于山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇骏山路 10-2 号。本项目拟利用公司 4 号厂房内现有场地进行生产、使用（仅生产后调试检测）工业 X 射线成像检测系统，其中生产场所位于 4 号厂房东北侧 II 类射线装置生产区域，调试场所位于西北侧检验间铅房内。工业 X 射线成像检测系统型号为 KT-160，年产/销量为 80 台。项目总投资 400 万元，其中环保投资 25 万元。

11.1.2 选址合理性分析

本项目工业 X 射线成像检测系统的生产场所位于 4 号厂房内东北侧 II 类射线装置生产区域；调试位于 4 号厂房内西北侧检验间铅房内，其北侧为检验间其他区域、成品中间仓库、仓库管理室，东侧为货厅、原料中间仓库，南侧为生产区一、辅助房间，西侧为检验间其他区域、走廊、洗衣间、楼梯；本项目工业 X 射线成像检测系统的生产、调试区域均位于 4 号厂房一层，楼上为预留闲置空间。

经现场勘查，工业 X 射线成像检测系统的生产、调试区域四周 50m 范围内不存在居民区、学校等保护目标。经计算分析，本项目工业 X 射线成像检测系统自带屏蔽体，屏蔽体周围辐射水平可满足国家相关要求，生产（调试）过程对周围辐射影响较小，项目选址基本合理。

11.1.3 现状检测

根据现状检测结果表明，本项目检验间铅房位置及周围（1#~6#）室内环境 γ 辐射剂量率现状值为 $80.05\text{nGy/h} \sim 87.89\text{nGy/h}$ ，即 $(8.00 \sim 8.79) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，处于烟台（威海）市环境天然辐射水平范围内[室内 $(4.56 \sim 20.53) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$]；检验间铅房周围（7#、8#）室外环境 γ 辐射剂量率现状值为 $69.20\text{nGy/h} \sim 71.07\text{nGy/h}$ ，即 $(6.92 \sim 7.11) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，处于烟台（威海）市环境天然辐射水平范围内[道路 $(1.94 \sim 20.14) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$]。

11.1.4 辐射安全与防护

工业 X 射线成像检测系统机身长（除履带外）为 2.58m、宽为 1m，高为 1.71m。机身中部上、下（履带下方）、履带平行方向均安装有 10mmPb 铅板作为屏蔽体，履带垂直方向安装有 10mmPb 铅帘作为屏蔽体。X 射线管安装于机身中部上端固定，最大管电压 160kV，

最大管电流 11.2mA，辐射角度 $40^{\circ} \times 30^{\circ}$ ，主射束仅向下照射。本项目中臭氧和氮氧化物的产生量均较小，于工业 X 射线成像检测系统中部产生后，通过履带终端通风口、机身侧面通风口处排放至铅房内，通过铅房室顶机械通风装置和检验间排风口、排风管道将废气排至厂房楼顶室外空间。机身侧面设有 1 处急停按钮，机身中部顶端设置有工作状态指示灯，机身两侧均贴有电离辐射警告标志，各项防护措施可满足规范要求。

11.1.5 环境影响评价分析

根据理论估算结果，工业 X 射线成像检测系统开机调试时，其自屏蔽体周围的辐射水平可满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015） $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率防护限值，说明工业 X 射线成像检测系统自屏蔽体能力可以满足辐射防护要求。

在总曝光时间 640h/a 的条件下，辐射工作人员的最大年有效剂量 0.104mSv/a ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 20mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 5mSv/a 的管理剂量约束值。

在总曝光时间 640h/a 的条件下，公众成员最大年有效剂量 $2.995 \times 10^{-4}\text{mSv/a}$ ，经墙体屏蔽和距离衰减后，本项目保护目标处的公众成员所受剂量远小于年剂量管理目标值，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 0.1mSv/a 的管理剂量约束值。

11.1.6 辐射安全管理结论

公司已成立辐射安全管理办公室，负责辐射安全与环境保护工作，指定专人黄金喆作为辐射工作安全第一责任人，并成立了“辐射事故应急领导小组”。在运行过程中，将各项安全防护措施落实到位，在此条件下，可以确保工作人员、公众的安全，并有效应对可能的突发事件（事件）。

公司拟为本项目配置 4 名辐射工作人员，其中 3 人为生产调试人员，专职承担本项目工业 X 射线成像检测系统生产、调试相关工作，1 人为辐射安全管理人员，专职承担辐射安全管理工作。3 名生产调试人员均已参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的培训，考核合格并在有效期内；拟安排另 1 名辐射安全管理人员参加辐射安全管理类别的考核，考核合格后上岗。

公司现已配备有 JF200 型个人剂量报警仪 3 部，451P-DE-SI-RYR 型 X- γ 巡检仪 2 台，RL5000 固定式 X- γ 辐射安全报警仪 1 台，并为每位辐射工作人员配备个人剂量计，可满足本项目生产、调试工作需求。

本项目设施较为简单，环境风险因素单一，在已有的风险防范措施和相应的事故应急预案条件下，通过进一步完善安全措施，其环境风险是可控的。

综上所述，在切实落实报告中提出的辐射管理、辐射防护等各项措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件，本项目对职业人员和公众成员是安全的，对周围环境产生的辐射影响较小，不会引起周围辐射水平的明显变化。因此，从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

11.2 承诺和建议

11.2.1 承诺

1、保证所生产的工业 X 射线成像检测系统上急停按钮、电离辐射警告标志和工作状态指示灯，并保证运行良好。

2、安排辐射工作人员通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，通过该平台报名参加考核，并取得成绩报告单，做到持证上岗。

3、完善个人健康档案和个人剂量档案，并委托有资质单位定期进行个人剂量检测。

4、制定并完善各项辐射管理规章制度。

5、开机调试前对工业 X 射线成像检测系统进行清理，在工业 X 射线成像检测系统周围设置警戒线，同时禁止无关人员靠近调试区。

11.2.2 建议

1、加强对职业人员的教育和培训，避免辐射事故（件）的发生。

2、对职业人员要求熟知防护知识，能合理地应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众成员和职业人员所受到的照射降到“可合理达到的尽量低水平”。

3、按照国家有关规定及时自行组织建设项目竣工环境保护验收。

下一级环保部门意见

公 章

经办人签字

年 月 日

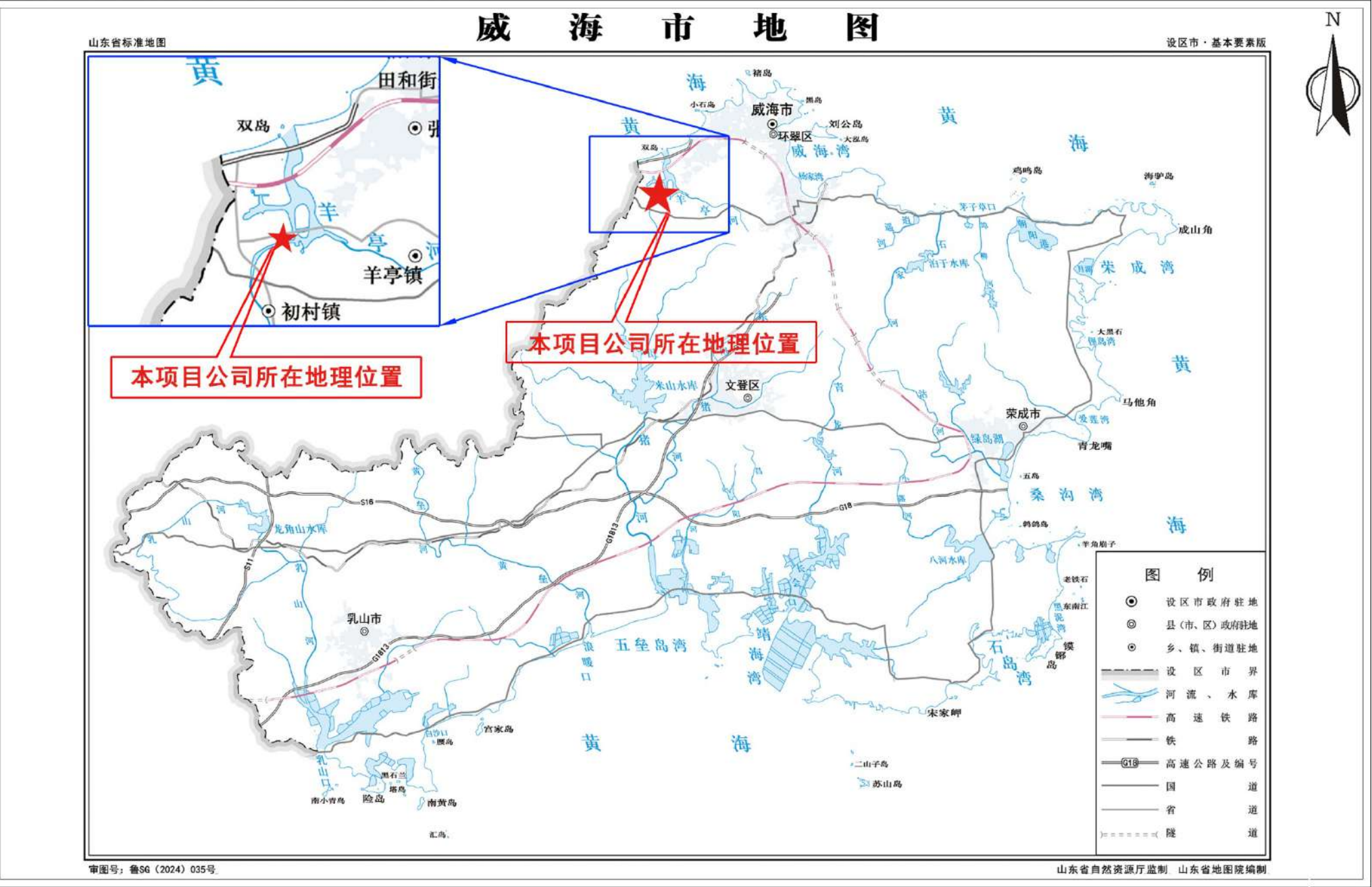
审批意见

公 章

经办人签字

年 月 日

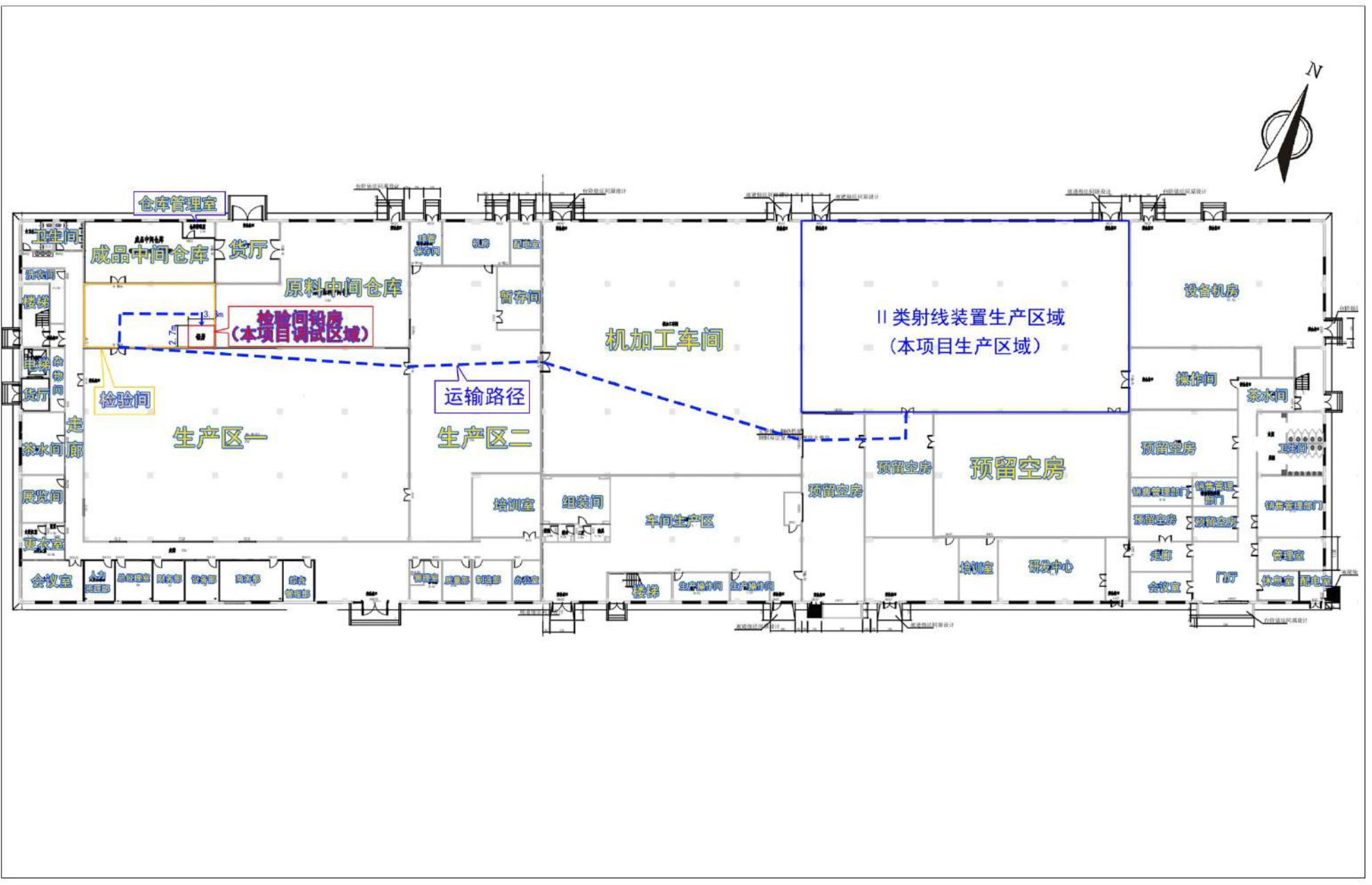
附图1 本项目公司所在地理位置示意图 1:570000



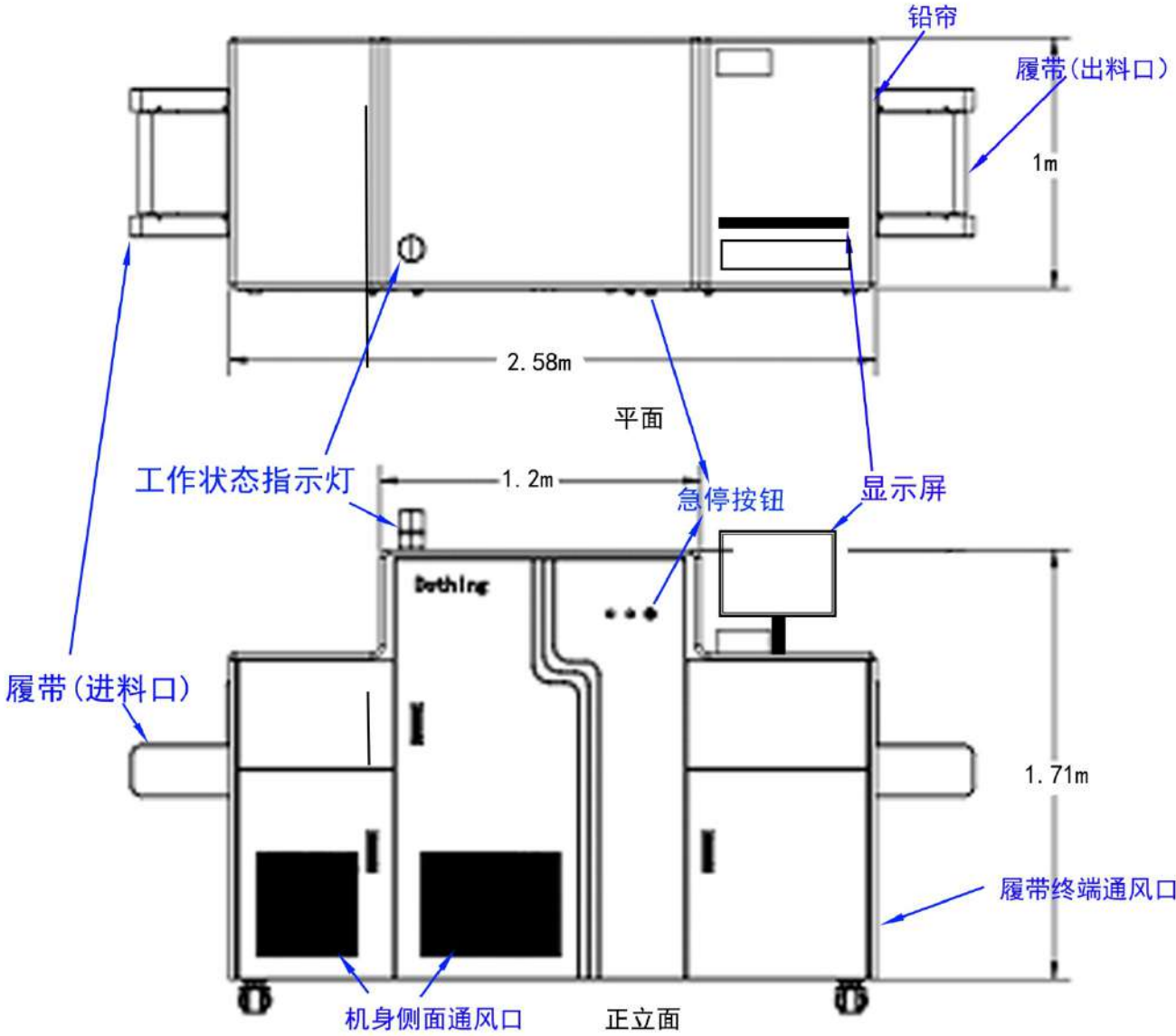
附图2 本项目周边关系影像示意图 比例尺1:2250



附图3 本项目4号厂房一层平面布置图 比例尺1:675



附图4 工业X射线成像检测系统平面、正立面示意图 比例尺1:29



附图5 工业X射线成像检测系统侧立面、剖面示意图 比例尺1:29

