核技术利用建设项目

# 无锡金龙石化冶金设备制造有限公司
# 扩建固定式X、γ射线探伤项目
# 环境影响报告表




无锡金龙石化冶金设备制造有限公司(公章)

2025年6月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

# 无锡金龙石化冶金设备制造有限公司
# 扩建固定式 X、γ射线探伤项目
# 环境影响报告表

建设单位名称：无锡金龙石化冶金设备制造有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）：

通讯地址：无锡市滨湖区胡埭镇胡埭路 18 号

邮政编码：　　联 系 人：

电子邮箱：/　　联系电话：

# 目录

表 1 项目基本情况 ..... 1
表 2 放射源 ..... 10
表 3 非密封放射性物质 ..... 10
表 4 射线装置 ..... 11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） ..... 12
表 6 评价依据 ..... 13
表 7 保护目标与评价标准 ..... 17
表 8 环境质量和辐射现状 ..... 21
表 9 项目工程分析与源项 ..... 26
表 10 辐射安全与防护 ..... 39
表 11 环境影响分析 ..... 48
表 12 辐射安全管理 ..... 68
表 13 结论与建议 ..... 73
表 14 审批 ..... 78
辐射污染防治措施“三同时”措施一览表 ..... 79

**附图：**

附图 1 本项目地理位置图

附图 2 本项目周围环境示意图及平面布置图

附图 3 本项目所在 A12 车间平面布置图

附图 4 本项目探伤房及储源坑平面及剖面布置图

附图 5 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附图 6 本项目工程师踏勘现场照片

**附件：**

附件 1 委托书

附件 2 承诺书

附件 3 原有核技术项目环评、批复及竣工验收证明材料

附件 4 厂区建设项目相关材料

附件 5 营业执照及不动产权证

附件 6 辐射安全许可证正副本

附件 7 X 射线探伤机技术参数说明

附件 8 危废处置合同及废源退役承诺书

附件 9 本项目探伤房拟建址周围环境本底检测报告

附件 10 专家意见

附件 11 修改清单

# 表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">无锡金龙石化冶金设备制造有限公司扩建固定式 X、γ射线探伤项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">无锡金龙石化冶金设备制造有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td></td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">无锡市滨湖区胡埭镇胡埭路 18 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">无锡市滨湖区胡埭镇胡埭路 18 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资(万元)</td><td></td><td>项目环保投资(万元)</td><td></td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☐新建 ☐改建 ☑扩建 ☐其他</td><td>占地面积（$m^2$）</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="8">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="5">☐I类 ☐II类 ☐III类 ☐IV类 ☐V类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☐I类（医疗使用） ☑II类 ☐III类 ☐IV类 ☐V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="5">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="5">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="5">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

**项目概述：**

**1. 建设单位基本情况、项目建设规模和任务由来及原有核技术利用项目许可情况**

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司成立于 2006 年 09 月 11 日，注册地位于无锡市滨湖区胡埭镇胡埭路 18 号，法定代表人为黄友建。经营范围包括石化冶金设备、压力容器（凭许可证经营）、焊接钢管、管道附件、非标金属结构件的制造，金属结

构制造等，营业执照见附件5。作为江苏省高新技术和省级专精特新企业，无锡金龙石化冶金设备制造有限公司拥有省级工程技术研究中心，致力于技术创新和研发；拥有超过600台（套）各种先进的制造和检验设备，重要设备都采用数控和数显技术。

本公司现有三个厂区，分别位于滨湖区振胡路23号（一厂），胡埭工业园2号（二厂）及胡埭镇胡埭路18号（三厂），三个厂区相距较远，不动产权证见附件5。公司现已开展核技术利用项目：①于2006年对一厂（1#探伤房）、二厂（2#探伤房）及三厂（3#探伤房）编制了环境影响报告表，并通过了原江苏省环境保护厅审批，后于2007年对3座探伤房进行了竣工环境保护验收；②于2013年对三厂扩建第四探伤房编制了环境影响报告表，并取得了江苏省原环境保护厅批复（苏环辐（表）审〔2013〕419号），后于2014年对该探伤房进行了竣工环境保护验收；③公司因业务调整一厂不再进行无损检测工作，于2016年将1#探伤房进行了注销，现用做仓库；④公司于2022年编制了安全分析报告在三厂第四探伤房内新增3台探伤机，并重新申领了辐射安全许可证（相关材料见附件3）。

综上，公司现共有3座探伤房【二厂（2#探伤房）及三厂（3#、4#探伤房）】，最近一次于2022年5月11日重新申请了辐射安全许可证（见附件6），证书编号为苏环辐证[00086]，种类和范围为“使用II类射线装置”，有效期至2026年11月13日，发证机关为无锡市生态环境局。

现因本公司的三厂区建设项目进行了扩建，于2021年编制了《无锡金龙石化冶金设备制造有限公司年产1000台压力容器扩建项目》环境影响报告表，并取得了无锡市行政审批局的批复（锡行审环许〔2021〕6071号），后于2022年进行了该项目的竣工验收（相关材料见附件4）。

三厂区客户对压力容器及不规则管件产品要求一定时效性，因3#、4#探伤房尺寸无法放入本项目工件，且γ射线探伤机更适合检测不规则管件，根据目前客户需求的管件相关尺寸、厚度和形状，因公司拟在滨湖区胡埭镇胡埭路18号（三厂）内扩建固定式X、γ射线探伤项目：建设1座固定式探伤房（即公司的第五探伤房），并在第五探伤房曝光室地面砌起1处储源坑。三厂内共建有14个车间，本项目第五探伤房（包括曝光室、储源坑及辅房）拟建址位于A12车间北部，并拟配备6台X射线探伤机（2台XXG3505D型定向机，最大管电压350kV，最大管电流5mA；2台XXH3505P型周向机，最大管电压350kV，最大管电流5mA；2台XXH2005P型周

向机，最大管电压200kV，最大管电流5mA）、1台$^{75}$Se的γ射线探伤机并对应配备1枚$^{75}$Se放射源（单枚活度为3.7E+12Bq，属II类放射源）；主要用于检测公司生产的压力容器及不规则的管件，检测的产品尺寸：工件最大直径约为4m，最大长度约为20m，最大板厚约为60mm（其中γ探伤机检测厚度约为20-30mm，X射线探伤机检测厚度约为20-60mm），重量约为45-80吨。

公司现有10名辐射工作人员，拟从10名辐射工作人员中调配4名工作人员，该4名工作人员只负责本项目第五探伤房的探伤工作，不兼任其他辐射工作，每年工作50周，项目运行后X射线探伤机每周开机曝光时间不超过10h，年曝光总时间不超过500h。γ射线探伤机每周开机曝光时间不超过5h，年曝光总时间不超过250h。曝光室内安装摄像头，且源坑盖设置为双人双锁。日常清点领取设备由辐射工作人员完成。建设单位安排安保人员在行政办公楼通过监控值守储源坑，能够确保24h均有人值守。本项目核技术利用项目详见下表1-1。

表1-1 无锡金龙石化冶金设备制造有限公司核技术利用项目表

**放射源**

| 序号 | 放射源名称 | 数量 | 单枚出厂活度（Bq） | 类别 | 使用场所及储存场所 | 活动种类 | 环评情况及审批时间 | 许可情况 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $^{75}$Se γ射线探伤机 | 1 | 3.7E+12 | II | 三厂-第五探伤房曝光室及储源坑 | 使用 | 本次环评 | 未许可 |

**射线装置**

| 序号 | 射线装置名称及型号 | 数量 | 最大管电压kV | 最大管电流mA | 类别 | 场所名称 | 活动种类 | 环评情况及审批时间 | 许可情况 | 验收情况 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | X射线探伤机（XXG3505D型） | 2 | 350 | 5 | II | 三厂-第五探伤房曝光室 | 使用 | 本次环评 | 未许可 | 未验收 | 定向机 |
| 3 | X射线探伤机（XXH3505P型） | 2 | 350 | 5 | II | 三厂-第五探伤房曝光室 | 使用 | 本次环评 | 未许可 | 未验收 | 周向机 |
| 4 | X射线探伤机（XXH2005P型） | 2 | 200 | 5 | II | 三厂-第五探伤房曝光室 | 使用 | 本次环评 | 未许可 | 未验收 | 周向机 |

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号，2021年版），本项目为使用X、γ射线探伤机进行无损检测，属于“172核技术利用建设项目”中的“使用II类放射源的”和“使用II类射线装置的”，本项目应编制环境影响报告表。

受无锡金龙石化冶金设备制造有限公司委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

**2. 项目周边保护目标及项目选址情况**

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司三厂位于无锡市滨湖区胡埭镇胡埭路18号，三厂东侧为胡埭路，南侧为翠竹路，西侧为建安建筑构件制品公司，北侧从西到东依次为无锡宏邦检测有限公司和无锡经济开发区委员会。

本项目第五探伤房拟建址位于A12车间北部，A12车间东侧为A11车间，西侧为A13车间，南侧、北侧均为厂区道路。本项目第五探伤房（包括曝光室、储源坑及辅房）拟建址东侧隔通道为A11车间，南侧隔通道为A12车间生产区，西侧隔通道为A13车间；北侧隔辅房为厂区道路。本项目探伤房辅房设置有操作室、洗片室及评片办公室，均位于探伤房曝光室北侧。本项目所在车间为一层建筑，本项目探伤房为一层建筑，上方为车间屋顶（人员无法到达；邻近建筑物不在自辐射源点到顶部内表面边缘所张立体角区域内），下方为土层。本项目曝光室内东北角拟设置1个储源坑用于储存1台γ射线探伤机。公司现已建设一处危废库位于A08车间东侧，本项目产生的危险废物（废显定影液、一次、二次胶片清洗废水及废胶片）利用已有的危废库进行暂存。本项目地理位置图见附图1，本项目厂区平面布置及周围环境示意图附图2，A12车间平面布置图见附图3，本项目探伤房平面及剖面布置见附图4。

对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》和《无锡市滨湖区生态空间管控区域优化调整方案》（苏自然资函〔2022〕263号印发），本项目评价范围内不涉及江苏省和无锡市国家级生态保护红线区域、生态空间管控区域，本项目与无锡市生态空间管控区域相对位置关系图见附图5。

本项目生态影响评价范围内不涉及《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）中规定的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。

本项目的建设符合江苏省及无锡市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、

资源利用上线和生态环境准入清单）要求。

本项目探伤房曝光室（含储源坑）周围50m范围内无居民区、学校等敏感点，50m范围内涉及无锡金龙石化冶金设备制造有限公司三厂（A10车间、A11车间、A12车间、A13车间、A15车间、厂区道路）及无锡宏邦检测有限公司。本项目周围环境保护目标主要为从事X、γ射线探伤操作的辐射工作人员及周围公众。

**3. 实践正当性**

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司因产品检测需要，拟在三厂的A12车间北部扩建1座固定式探伤房并计划配备6台X射线探伤机和1台$^{75}$Se的γ射线探伤机并对应配备1枚$^{75}$Se放射源（单枚活度为3.7E+12Bq，属II类放射源）对产品进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，探伤机的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

**4. 原有核技术利用项目许可情况**

**4.1 辐射安全许可情况**

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司已在厂区内开展核技术利用项目（现仅开展了固定式X射线探伤，共配备了13台X射线探伤机），现已取得辐射安全许可证（见附件6），证书编号为苏环辐证[00086]，许可种类和范围为：使用II类射线装置，有效期至2026年11月13日，发证机关为无锡市生态环境局。该公司现有核技术利用项目情况，见表1-2。

表1-2 无锡金龙石化冶金设备制造有限公司现有核技术利用项目一览表

| 序号 | 射线装置名称、型号 | 数量 | 最大管电压（kV） | 最大管电流（mA） | 类别 | 工作场所 | 活动种类 | 环评情况 | 许可情况 | 验收情况 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2005 X射线探伤机 | 2 | 200 | 5 | II | 第二探伤房 | 使用 | 已履行环保手续 | 已许可 | 已验收 | 周向机 |
| 2 | 2505 X射线探伤机 | 2 | 250 | 5 | II | 第二探伤房 | 使用 | 已履行环保手续 | 已许可 | 已验收 | 周向机 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 3005 X 射线探伤机 | 1 | 300 | 5 | II | 第三探伤房 | 使用 | 已履行环保手续 | 已许可 | 已验收 | 定向机 |
| 4 | 3505P X 射线探伤机 | 1 | 350 | 5 | II | 第四探伤房 | 使用 | 已履行环保手续 | 已许可 | 已验收 | 周向机 |
| 5 | X 射线探伤机（XXG3505P） | 1 | 350 | 5 | II | 第四探伤房 | 使用 | 已进行安全分析 | 已许可 | / | 周向机 |
| 6 | X 射线探伤机（XXG3505D） | 1 | 350 | 5 | II | 第四探伤房 | 使用 | 已进行安全分析 | 已许可 | / | 定向机 |
| 7 | X 射线探伤机（XXG3005D） | 1 | 300 | 5 | II | 第四探伤房 | 使用 | 已进行安全分析 | 已许可 | / | 定向机 |
| 8 | 3005D X 射线探伤机 | 1 | 300 | 5 | II | 第四探伤房 | 使用 | 已履行环保手续 | 已许可 | 已验收 | 定向机 |
| 9 | 2005P X 射线探伤机 | 1 | 200 | 5 | II | 第四探伤房 | 使用 | 已履行环保手续 | 已许可 | 已验收 | 周向机 |
| 10 | 3005P X 射线探伤机 | 1 | 300 | 5 | II | 第四探伤房 | 使用 | 已履行环保手续 | 已许可 | 已验收 | 周向机 |
| 11 | 2505 X 射线探伤机 | 1 | 250 | 5 | II | 第四探伤房 | 使用 | 已履行环保手续 | 已许可 | 已验收 | 周向机 |

注：公司现有设备数量、参数与许可证台账一致，但建设单位的辐射安全许可证台账上探伤机信息缺少完整型号内容，因此计划在重新申领辐射安全许可证时对照现探伤机铭牌内容细化台账上原有型号信息。

### 4.2 辐射安全与环境保护管理机构情况

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订），无锡金龙石化冶金设备制造有限公司为满足公司辐射安全与环境保护管理的需求，已成立辐射安全与环境保护管理小组并明确了职责，制定了一系列的辐射工作管理制度。

公司现有的辐射安全与环境保护管理机构为辐射安全与环境保护管理机构小组，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订）中的相关要求，可以满足公司日常辐射安全与环境保护管理的要求。

### 4.3 辐射安全与环境保护管理制度

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司已制定了一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急预案等，具体制度见表 1-3。

表 1-3 辐射安全管理制度一览表

| 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求制度 | 建设单位制度制定情况 | 是否落实 |
|---|---|---|
| 辐射防护和安全保卫制度 | 《关于成立辐射安全与环境保护管理机构的决定》<br>《辐射防护和安全保卫制度》 | 已落实 |
| 操作规程 | 《固定式X射线探伤操作规程》 | 已落实 |
| 岗位职责 | 《辐射工作人员岗位职责》<br>《辐射防护管理人员职责》 | 已落实 |
| 设备检修维护制度 | 《检修维护制度》 | 已落实 |
| 使用登记制度 | 《射线装置使用登记制度》<br>《台账管理制度》 | 已落实 |
| 监测方案 | 《射线装置监测方案》<br>《辐射工作人员个人剂量与健康安全管理》 | 已落实 |
| 人员培训计划 | 《辐射工作人员教育培训》 | 已落实 |
| 辐射事故应急 | 《X射线装置辐射事故应急预案》 | 已落实 |

现有辐射安全管理制度基本能满足公司核技术应用项目的管理需要，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修订）中“应当有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施”的要求。

**4.4 辐射工作人员考核证书、职业健康体检及个人剂量情况**

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司内共有10名辐射工作人员，均已通过核技术利用辐射安全与防护考核，辐射人员培训证书见附件10。详见表1-4。

表 1-4 现有辐射相关工作人员一览表

| 序号 | 姓名 | 岗位 | 证书编号 | 到期时间 | 有效情况 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | 有效 |
| 2 | | | | | 有效 |
| 3 | | | | | 有效 |
| 4 | | | | | 有效 |
| 5 | | | | | 有效 |
| 6 | | | | | 有效 |
| 7 | | | | | 有效 |
| 8 | | | | | 有效 |
| 9 | | | | | 有效 |
| 10 | | | | | 有效 |

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司现有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，已委托常州环宇信科环境检测有限公司开展了辐射工作人员个人剂量检测，根据近一年的检测报告结果表明现有辐射工作人员四个季度个人剂量监测结果均未出现超标情况，个人剂量监测情况见表1-5。

表1-5 个人剂量监测结果

| 序号 | 姓名 | 个人剂量当量Hp(10)/mSv | | | | 年剂量当量/mSv |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2024年第一季度 | 2024年第二季度 | 2024年第三季度 | 2024年第四季度 | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司现有10名辐射工作人员，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部第55号令）的要求，为保护辐射工作人员身体健康，公司已委托无锡市惠山区职业病防治院对辐射工作人员进行了职业健康体检，根据公司提供的2025年度职业健康体检报告，现辐射工作人员均可继续从事原放射工作。

表1-6 现有辐射相关工作人员职业健康体检结果

| 序号 | 姓名 | 体检报告日期 | 体检结果 |
|---|---|---|---|
| 1 | | | 可继续从事原放射工作 |
| 2 | | | 可继续从事原放射工作 |
| 3 | | | 可继续从事原放射工作 |
| 4 | | | 可继续从事原放射工作 |
| 5 | | | 可继续从事原放射工作 |
| 6 | | | 可继续从事原放射工作 |
| 7 | | | 可继续从事原放射工作 |
| 8 | | | 可继续从事原放射工作 |
| 9 | | | 可继续从事原放射工作 |
| 10 | | | 可继续从事原放射工作 |

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司于2024年10月委托江苏宁大卫防检测技术有限公司对本公司3座探伤房进行了年度检测，检测结果表明：所测探伤房屏蔽体外的周围剂量当量率均符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）标准的参考控制水平要求。

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》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。无锡金龙石化冶金设备制造有限公司每年均按时在全国核技术利用辐射安全申报系统中上传年度评估报告，同时做到及时更新与维护全国核技术利用辐射安全申报系统中的信息。



图1-1 上传年度评估报告截图

## 表 2 放射源

| 序号 | 核素名称 | 总活度（Bq）/<br>活度（Bq）×枚数 | 类别 | 活动种类 | 用途 | 使用场所 | 贮存方式与地点 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $^{75}Se$<br>γ射线探伤机 | 3.7E+12（Bq）/枚×1 枚 | II | 使用 | 无损检测 | 三厂-第五探伤房曝光室 | 第五探伤房曝光室储源坑 | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

## 表 3 非密封放射性物质

| 序号 | 核素<br>名称 | 理化<br>性质 | 活动<br>种类 | 实际日最大<br>操作量（Bq） | 日等效最大<br>操作量（Bq） | 年最大操作量<br>（Bq） | 用途 | 操作方式 | 使用场所 | 贮存方式与地点 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

# 表 4 射线装置

**（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器**

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 加速粒子 | 最大能量（MeV） | 额定电流（mA）/剂量率（Gy/h） | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| | | | | | | | | | | |

**（二）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 | X 射线探伤机 | II | 2 | XXG3505D 型 | 350 | 5 | 无损检测 | 三厂-第五探伤房曝光室 | 定向机 |
| 2 | X 射线探伤机 | II | 2 | XXH3505P 型 | 350 | 5 | 无损检测 | 三厂-第五探伤房曝光室 | 周向机 |
| 3 | X 射线探伤机 | II | 2 | XXH2005P 型 | 200 | 5 | 无损检测 | 三厂-第五探伤房曝光室 | 周向机 |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

**（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源**

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压（kV） | 最大靶电流（μA） | 中子强度（n/s） | 用途 | 工作场所 | 氚靶情况 | | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 活度（Bq） | 贮存方式 | 数量 | |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| | | | | | | | | | | | | | |

# 表5 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 废显（定）影剂 | 液态 | / | / | 约100kg | 约1200kg | / | 集中收集后暂存于厂区已有的危废库内 | 收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。 |
| 一次、二次胶片清洗废水 | 液态 | / | / | 约300kg | 约3600kg | / | 集中收集后暂存于厂区已有的危废库 | 收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。 |
| 三次及以上胶片清洗废水 | 液态 | / | / | / | / | / | / | 排入厂区污水处理管道，最终进入污水处理厂处理。 |
| 废胶片 | 固态 | / | / | 约10kg | 约120kg | / | 集中收集后暂存于厂区已有的危废库 | 收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。 |
| 臭氧、氮氧化物 | 气态 | / | / | 少量 | 少量 | 少量 | 不暂存 | 直接进入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为50分钟，可自动分解为氧气。 |
| 退役 $^{75}Se$ 放射源 | 固态 | $^{75}Se$ | ＜25Ci | / | 约1枚 | / | 处置前贮存在储源坑内 | 购源时拟签订返回协议；退役放射源将由生产单位、原出口方或有资质单位回收处置。 |
| γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置 | 固体 | 贫铀 | / | / | 每十年退役更换 | / | 处置前贮存在储源坑内 | 建设单位拟与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订回收协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位、原出口方或有资质单位回收处置。 |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |

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/m$^3$，年排放总量用kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/l或Bq/kg或Bq/m$^3$)和活度（Bq）。

# 表6 评价依据

| | |
|---|---|
| 法规文件 | 1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国2014年主席令第9号，自2015年1月1日起施行；<br>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行；<br>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行；<br>4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本），中华人民共和国2020年主席令第43号，自2020年9月1日起施行；<br>5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行；<br>6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令2011年第18号公布，自2011年5月1日起施行；<br>7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行；<br>8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国2021年生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；<br>9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，2020年11月30日生态环境部令2020年第16号公布，自2021年1月1日起施行；<br>10) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行；<br>11) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局公告2005年第62号，2005年12月23日印发；<br>12) 《国家环境保护总局关于γ射线探伤装置的辐射安全要求》环发[2007]8号，2007年1月15日印发；<br>13) 《国家危险废物名录》（2025年版），2024年11月26日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第36号公布，自2025年1月1日起施行；<br>14) 《危险废物转移管理办法》，2021年11月30日生态环境部、公安部、交通运输部令第23号公布，自2022年1月1日起施行； |

15) 《省生态环境厅关于印发江苏省危险废物贮存规范化管理专项整治行动方案的通知》（苏环办〔2019〕149号），2019年4月29日印发；

16) 《省生态环境厅关于进一步加强危险废物污染防治工作的实施意见》（苏环办〔2019〕327号），2019年9月24日印发；

17) 《省生态环境厅关于做好江苏省危险废物全生命周期监控系统上线运行工作的通知》（苏环办〔2020〕401号），2020年12月31日印发；

18) 《省生态环境厅关于印发江苏省危险废物集中收集体系建设工作方案（试行）的通知》（苏环办〔2021〕290号），2021年10月14日印发；

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

20) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号，自2018年5月1日起施行；

21) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行；

22) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行；

23) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政发〔2020〕49号，自2020年6月21日起施行；

24) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2021年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；

25) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，江苏省生态环境厅苏环办〔2021〕187号，2021年5月31日印发；

26) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》（生态环境部公告第39号，2019年10月25日印发）；

27) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行；

| | |
|---|---|
| | 28) 《江苏省自然资源厅关于无锡市滨湖区生态空间管控区域优化调整方案的复函》（苏自然资函〔2022〕263号）。 |
| **技术标准** | 1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）<br>2) 《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）<br>3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）<br>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）<br>5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）<br>6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）<br>7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及修改单<br>8) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）<br>9) 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012）<br>10) 《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）修改单（2023版）<br>11) 《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）<br>12) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）<br>13) 《γ射线探伤机》（GB/T14058-2023）<br>14) 《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012） |
| **其他** | **附图：**<br>附图 1 本项目地理位置图<br>附图 2 本项目周围环境示意图及平面布置图<br>附图 3 本项目所在 A12 车间平面布置图<br>附图 4 本项目探伤房及储源坑平面及剖面布置图<br>附图 5 本项目与无锡市生态空间管控区域相对位置关系图<br>附图 6 本项目工程师踏勘现场照片 |

**附件：**

附件 1 委托书

附件 2 承诺书

附件 3 原有核技术项目环评、批复及竣工验收证明材料

附件 4 厂区建设项目相关材料

附件 5 营业执照及不动产权证

附件 6 辐射安全许可证正副本

附件 7 X 射线探伤机技术参数说明

附件 8 危废处置合同及废源退役承诺书

附件 9 本项目探伤房拟建址周围环境本底检测报告

附件 10 专家意见

附件 11 修改清单

# 表7 保护目标与评价标准

**评价范围**

本项目使用X、γ射线探伤机进行无损探伤，X射线探伤机属于II类射线装置，γ射线探伤机内放射源属于II类放射源。根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”相关规定，确定本项目评价范围为本项目探伤房曝光室（内设储源坑）边界外50m区域。本项目50m评价范围见附图2。

**保护目标**

本项目第五探伤房位于无锡金龙石化冶金设备制造有限公司A12车间北部，曝光室（含储源坑）周围50m范围内无居民区、学校等敏感点，50m范围内涉及无锡金龙石化冶金设备制造有限公司三厂（A10车间、A11车间、A12车间、A13车间、A15车间、厂区道路）及无锡宏邦检测有限公司。本项目周围环境保护目标主要为从事X、γ射线探伤操作的辐射工作人员及周围公众。

对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》和《无锡市滨湖区生态空间管控区域优化调整方案》（苏自然资函〔2022〕263号印发），本项目评价范围内不涉及江苏省和无锡市国家级生态保护红线区域、生态空间管控区域，本项目与无锡市生态空间管控区域相对位置关系图见附图5。

本项目生态影响评价范围内不涉及《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）中规定的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。

本项目的建设符合江苏省和无锡市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。

根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

1、本项目探伤房曝光室及储源坑辐射工作人员。

2、本项目探伤房曝光室及储源坑周围公众。

表7-1 本项目保护目标情况一览表

| 序号 | 保护目标名称 | | 方位 | 与曝光室最近距离 | 与源库最近距离 | 规模 | 年剂量约束值（mSv/a） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 辐射工作人员 | | | | | | 5 |
| 2 | 曝光室、储源坑周围公众 | | | | | | 0.1 |

**评价标准**

**1）工作人员职业照射和公众照射剂量限值：**

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值，如下表：

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

| 类别 | 剂量限值 |
|---|---|
| 职业照射剂量限值 | 工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值：<br>①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；<br>②任何一年中的有效剂量，50mSv。 |
| 公众照射剂量限值 | 实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：<br>①年有效剂量，1mSv；<br>②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。 |

**2）剂量约束值：**

参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险限值的值。”的要求，确定本项目剂量约束值如下：

A）职业照射的年剂量约束值不超过5mSv/a；

B）公众照射的年剂量约束值不超过0.1mSv/a。

**3）固定探伤时职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平：**

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“6.1.3 探伤室墙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100μSv/周，对公众场所，其值应不大于5μSv/周”的要求，确定本项目职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平如下；

A）职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 100μSv/周，

B）公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 5μSv/周；

**4）固定探伤时曝光室外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平：**

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) “6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：b)屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。”以及“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100μSv/h。”的要求确定本项目曝光室外30cm处周围剂量当量率参考控制水平如下：

A）曝光室墙体和门的辐射屏蔽应满足：曝光室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5uSv/h。

B）曝光室顶外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 100μSv/h（曝光室上方无建筑，旁邻近建筑物不在自辐射源点到顶部内表面边缘所张立体角区域内；曝光室顶部无需人员到达）

**5）储源坑外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平：**

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于2.5μSv/h 或者审管部门批准的控制水平。”的要求，确定本项目储源坑周围剂量当量率参考控制水平如下：

曝光室北墙、东墙表面外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不超过 2.5μSv/h。

**6）辐射环境质量现状检测评价参考值**

根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第13卷第2期，1993年3月，江苏省环境监测站）确定本项目拟建址的辐射环境质量现状检测评价参考值如下：

表7-3 江苏省全省环境天然γ辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

| 项目 | 原野 | 道路 | 室内 |
|---|---|---|---|
| 测值范围 | 33.1～72.6 | 18.1～102.3 | 50.7～129.4 |
| 均值 | 50.4 | 47.1 | 89.2 |
| 标准差（s） | 7.0 | 12.3 | 14.0 |

*现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。表格中数据已扣除宇宙响应值。

# 表8 环境质量和辐射现状

**1.项目地理和场所位置**

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司三厂位于无锡市滨湖区胡埭镇胡埭路18号，三厂东侧为胡埭路，南侧为翠竹路，西侧为建安建筑构件制品公司，北侧从西到东依次为无锡宏邦检测有限公司和无锡经济开发区委员会。

本项目第五探伤房拟建址位于A12车间北部，A12车间东侧为A11车间，西侧为A13车间，南侧、北侧均为厂区道路。本项目第五探伤房（包括曝光室、储源坑及辅房）拟建址东侧隔通道为A11车间，南侧隔通道为A12车间生产区，西侧隔通道为A13车间；北侧隔辅房为厂区道路。本项目探伤房辅房设置有操作室、洗片室及评片办公室，均位于探伤房曝光室北侧，危废库位于A08车间东侧。本项目所在车间为一层建筑，本项目探伤房为一层建筑，上方为车间屋顶（人员无法到达；邻近建筑物不在自辐射源点到顶部内表面边缘所张立体角区域内），下方为土层。本项目曝光室内东北角拟设置1个储源坑用于储存1台γ射线探伤机。

本项目探伤房曝光室（含储源坑）周围50m范围内无居民区、学校等敏感点，50m范围内涉及无锡金龙石化冶金设备制造有限公司三厂（A10车间、A11车间、A12车间、A13车间、A15车间、厂区道路）及无锡宏邦检测有限公司。本项目周围环境保护目标主要为从事X、γ射线探伤操作的辐射工作人员及周围公众。

本项目探伤房曝光室（含储源坑）拟建址及周边环境现状照片见图8-1。

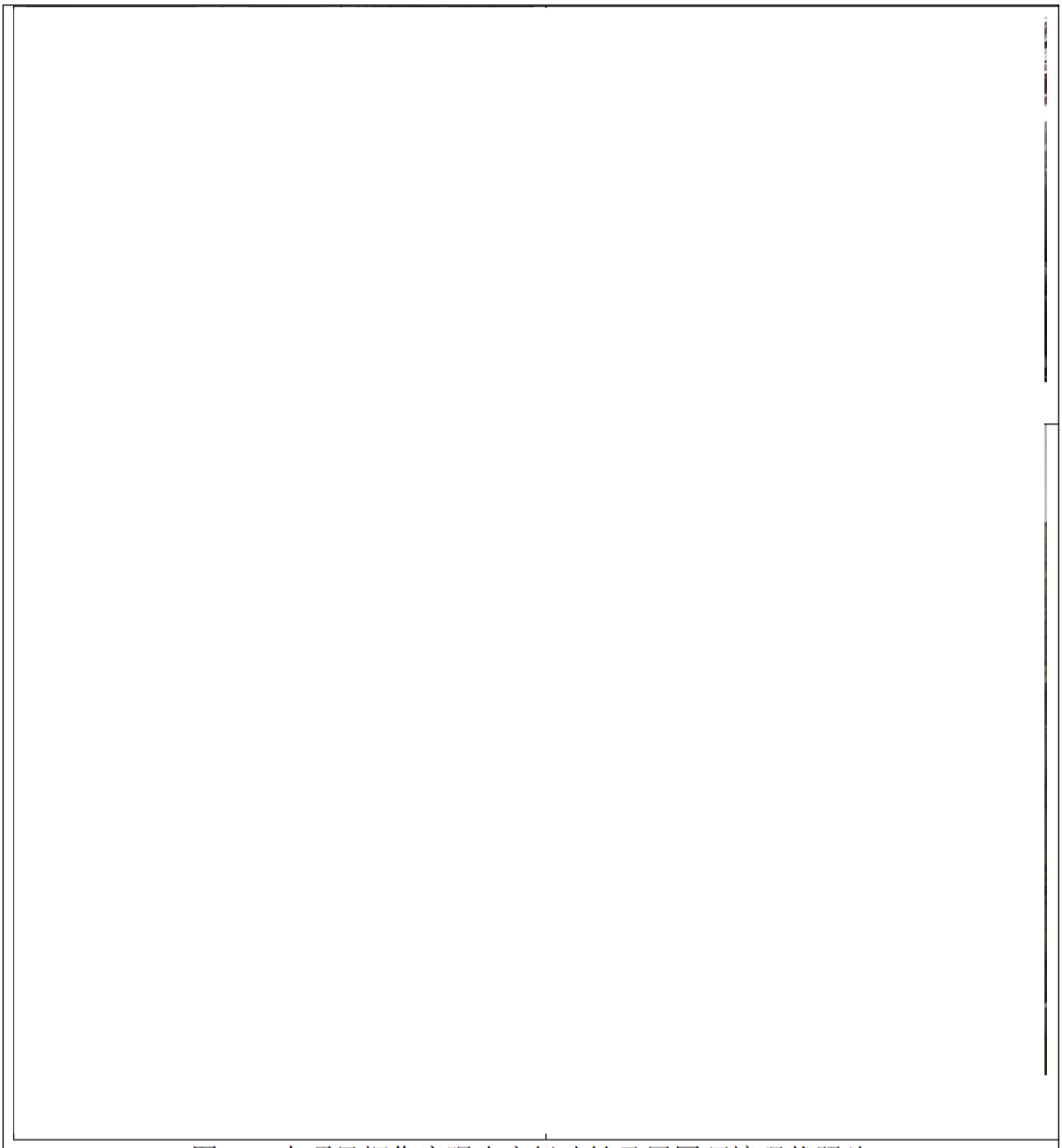


图 8-1 本项目探伤房曝光室拟建址及周围环境现状照片

**2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位**

评价对象：本项目探伤房曝光室（含储源坑）拟建址及周围辐射环境。

监测因子：本项目探伤房曝光室（含储源坑）拟建址及周围环境γ辐射剂量率。

监测点位：探伤房曝光室（含储源坑）拟建址及周围布设13个监测点位，分别位于探伤房曝光室、储源坑拟建址四周及保护目标处。

**3.监测方案、质量保证措施**

**监测方案：**根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《环境γ辐射剂量

率测量技术规范》（HJ 1157-2021）在探伤房曝光室（含储源坑）拟建址及周围布设监测点位，对探伤房曝光室（含储源坑）拟建址及周围环境γ辐射剂量率进行检测。

**质量保证措施：**江苏睿源环境科技有限公司已通过检验检测机构资质认定，合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性，同时满足相关标准要求。检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和公司《质量体系文件》的要求，实施全过程质量控制。检测人员均经过考核并持有合格证书，检测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，检测报告实行三级审核制度，检测时仪器使用前后检查是否正常。

**4.监测结果与环境现状调查结果评价**

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

仪器设备：X-γ辐射监测仪

型号/规格：BG9512P

设备编号：RY-J018

检定有效日期：2024.2.23——2025.2.22

检定单位：上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

检定证书编号：2024H21-20-5105948001

测量范围：主机：0.01μSv/h~30mSv/h；外置探头：10nGy/h~200μGy/h

能量响应范围：主机：48keV~1.5MeV；外置探头：25keV~3MeV

监测日期：2024 年 8 月 27 日

环境条件：天气：多云；温度：30℃；相对湿度：51%

监测工况：本底检测

评价方法：参考表 7-4 江苏省全省环境天然γ辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目探伤房曝光室（含储源坑）拟建址及周围现状环境γ辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 9），监测点位示意图见图 8-2。

数据记录及处理：仪器读数稳定后，以约 10s 的间隔读取 10 个数据，记录在原始记录表，同时记录海拔、经纬度。根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中公式进行修正并扣除宇宙射线响应值，同时处理出标准偏差。

表 8-1 本项目探伤房曝光室（含储源坑）拟建址及周围环境γ辐射剂量率

| 序号 | 检测点位 | 检测结果（nGy/h） | 标准偏差 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |

*已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 12nGy/h）。建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1。

根据表 8-1 的监测结果可知，本项目固定式探伤房周围环境γ辐射剂量率为（57~65）nGy/h，其中室内环境辐射剂量率在（59~65）nGy/h 范围内，道路环境辐射剂量率为（57~58）nGy/h，均处于江苏省全省环境天然γ辐射剂量率测值范围内。

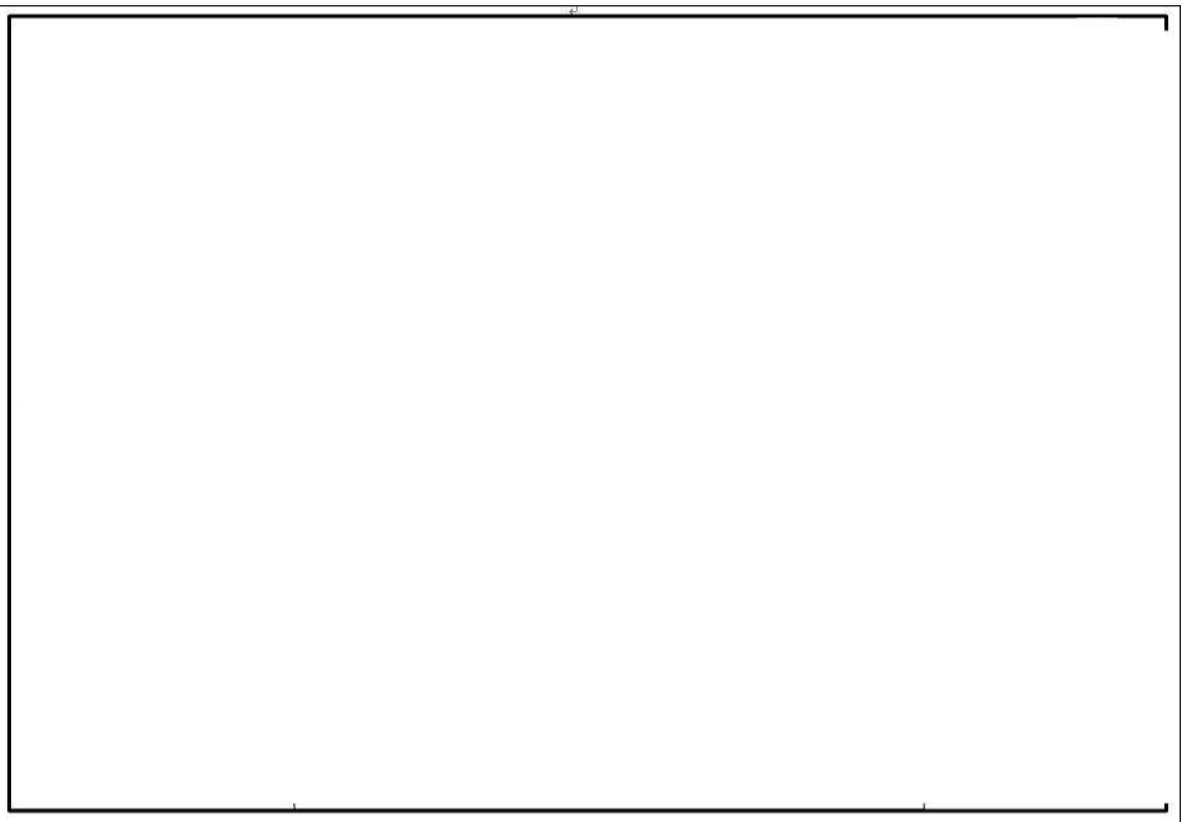


图 8-2　X-γ辐射剂量率检测点位示意图

# 表9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

### 1.工程设备

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司因产品检测需要，拟在A12车间北部建设1座固定式探伤房，并拟配备1台$^{75}Se$ γ射线探伤机（用于γ射线探伤；探伤机类别为便携式；代码为P）和6台X射线探伤机（用于X射线探伤；探伤机类别为2台定向机及4台周向机；最大管电压350kV，最大管电流5mA），γ射线探伤机和X射线探伤机均用于开展固定式探伤作业。γ射线探伤机有用线束为六面照射，X射线探伤机有用线束为东墙、西墙、顶部及底部照射。

**（1）X射线探伤机：**本项目拟配备6台X射线探伤机，3种型号，相关参数如下表所示。

表9-1 本项目X射线探伤机主要设备参数

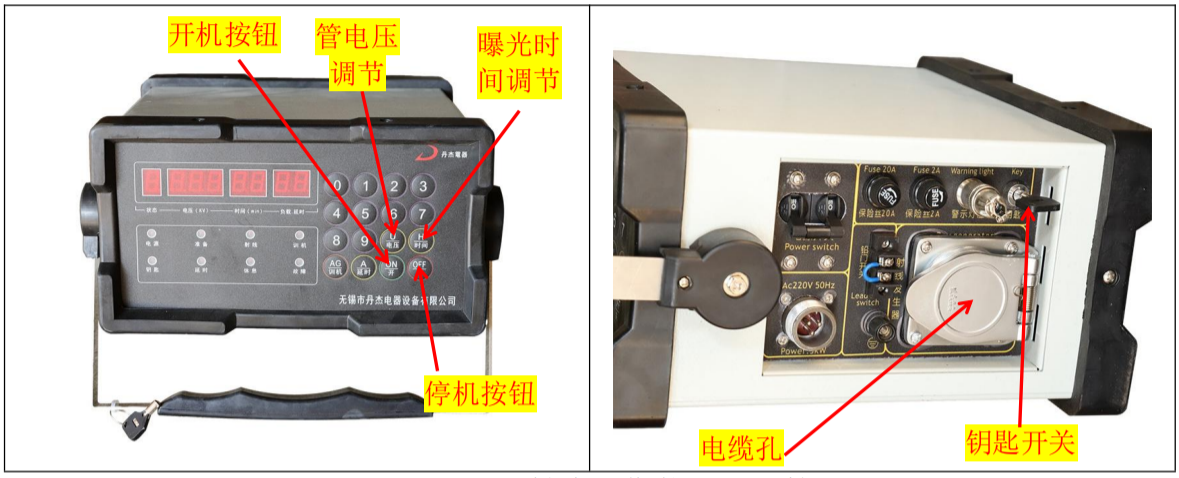
| 参数 | XXG3505D 型<br>定向机 | XXH3505P 型<br>周向机 | XXH2005P 型<br>周向机 |
|---|---|---|---|
| 最大管电压（kV） | 350 | 350 | 200 |
| 最大管电流（mA） | 5 | 5 | 5 |
| 有用线束辐射角 | 40°±5° | 25°×360° | 25°×360° |
| 穿透最大厚度（钢） | 60mm | 57mm | 27mm |
| 滤过 | 3mm 铝 | | |
| 探伤机工作方式 | 间歇式工作 1:1，工作 5 分钟休息 5 分钟 | | |
| 辐射工作人员工作方式 | 实行白班单班制；每周最大曝光不超过 10h，每年最大曝光时间不超过 500h。 | | |

X 射线探伤机主要由控制箱、X 射线发生器和连接电缆等部件构成。控制箱用于调节探伤机开关、管电压、曝光时间设置。连接电缆用于连接控制器与 X 射线发生器。X 射线发生器用于在控制器设置条件进行曝光探伤。常见 X 射线探伤装置控制箱见图 9-1，常见 X 射线探伤机外观图及连接电缆见图 9-2。

X 射线发生器的核心部件是 X 射线管。X 射线管由阳极、阴极、灯丝、钨靶、铜体、发射罩等组成。X 射线管一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击

靶材料，产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-3。

X 射线探伤机按照 X 射线发射的方向和窗口范围可分为定向式和周向式，本项目配备的定向机固定朝向一侧照射，周向机朝四周照射，常见定向、周向 X 射线探伤机照射工件示意图见图 9-4。




9-1　常见X射线探伤装置控制箱




图 9-2 常见 X 射线探伤机外观图及连接电缆

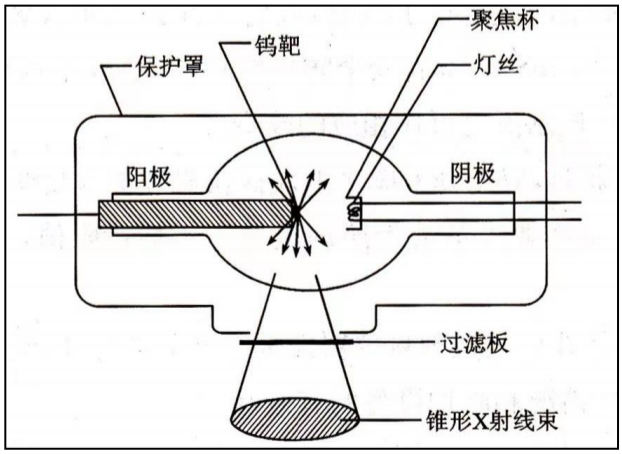



图 9-3 典型的 X 射线管结构图

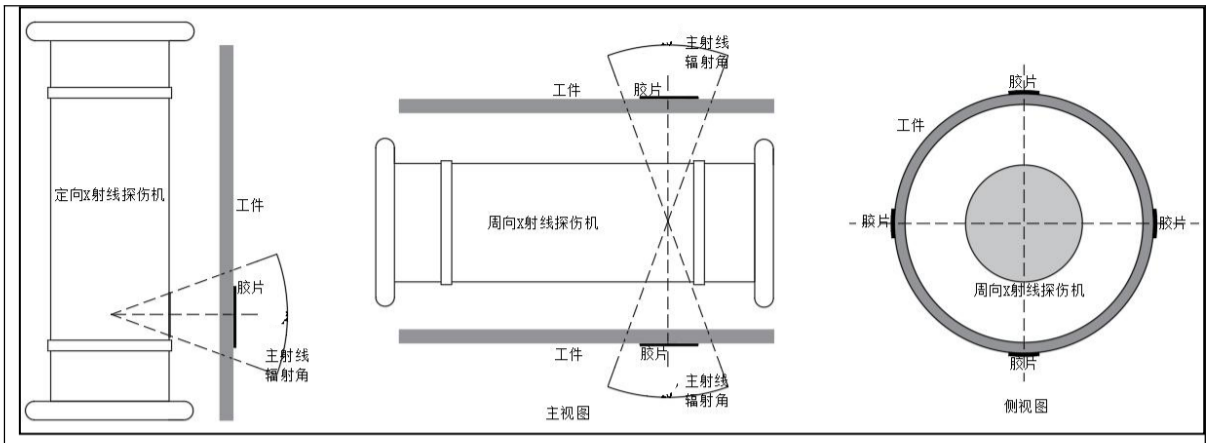



图 9-4 常见定向、周向 X 射线探伤机照射工件示意图

**（2）γ射线探伤机：**本项目拟配备1台$^{75}$Se γ射线源探伤机。γ射线探伤机中有一枚密封型放射源，单枚放射源的活度最大不超过3.7E+12Bq。γ射线探伤机属于高风险移动放射源，应配置移动定位器，确保其基本信息、地理位置传输到监管部门信息平台。γ射线探伤机配备安全锁、联锁装置等功能。探伤机上设置标志和标识，内容包括：电离辐射警告标志、生产厂家名称、产品名称、出厂编号、出厂日期、辐射源核素名称、最大装源活度。

γ射线探伤机由探伤机机体、控制部件、输源管、源辫位置指示系统及源辫等组成。探伤机机体用作放射源贮存和运输的屏蔽容器。其最外层为钢包壳，内部是一般为贫铀屏蔽层。探伤时将控制部件和输源管连接在探伤机机体上，然后摇动曲柄将放射源送至曝光位置，曝光后再摇动曲柄将放射源收回到探伤机机体内。γ射线探伤机结构见图 9-5 及图 9-6。

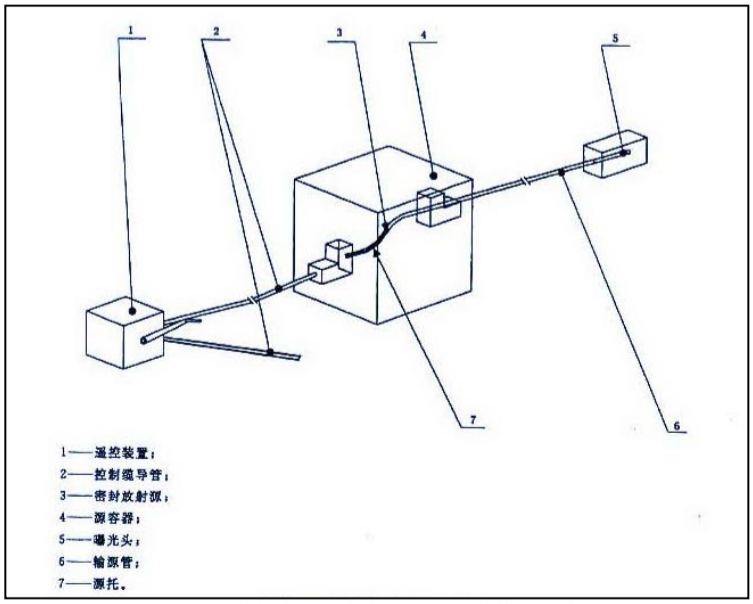



图 9-5 γ射线探伤机外部结构示意图

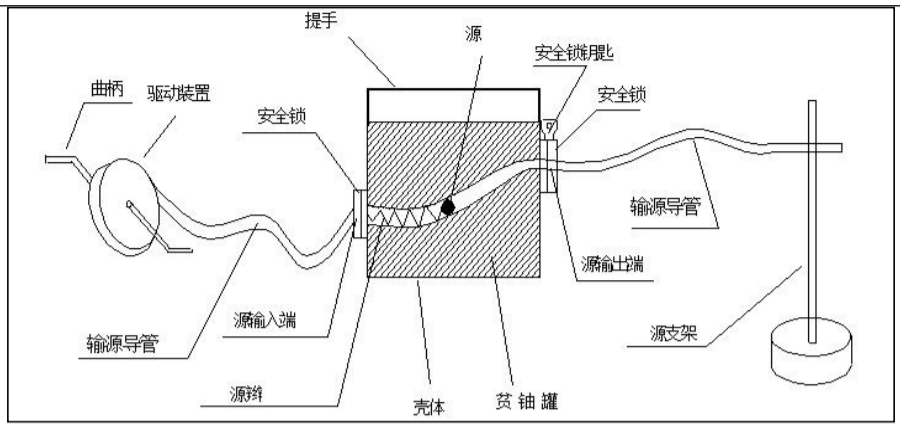



图9-6 γ射线探伤机内部构造示意图

探伤机机体是放射源的储存装置，内装贫铀作为屏蔽材料。当放射源被锁闭在探伤机机体的安全位置时，该屏蔽体能将放射源的辐射剂量率屏蔽在标准规定值之内。

探伤机一端与输源管快管相连接，另一端与控制部件相连接。设计有一套安全联锁装置，安全联锁装置有以下几方面的功能：1、安全联锁装置的选择环用于确定机体是处于锁紧状态、连接状态还是工作状态；2、安全联锁装置的滑动杆的作用在于送源前必须先按下滑动杆才能打开放射源，回源时能自动将放射源锁定在储存位置；3、安全联锁装置的保险盖的作用在于保护源辫的阴接头，防止尘埃进入探伤机内腔，另外探伤机前端有一个专用源顶辫，用于在运输、搬运及储存时防止源辫因意外事故震动而造成剂量泄漏；4、源辫位置指示系统，绿灯显示源在容器安全位置，红灯闪烁显示放射源离开容器安全位置，开始工作，用数字计数器显示源离开容器距离，语言提示“正在拍片，当心射线”。

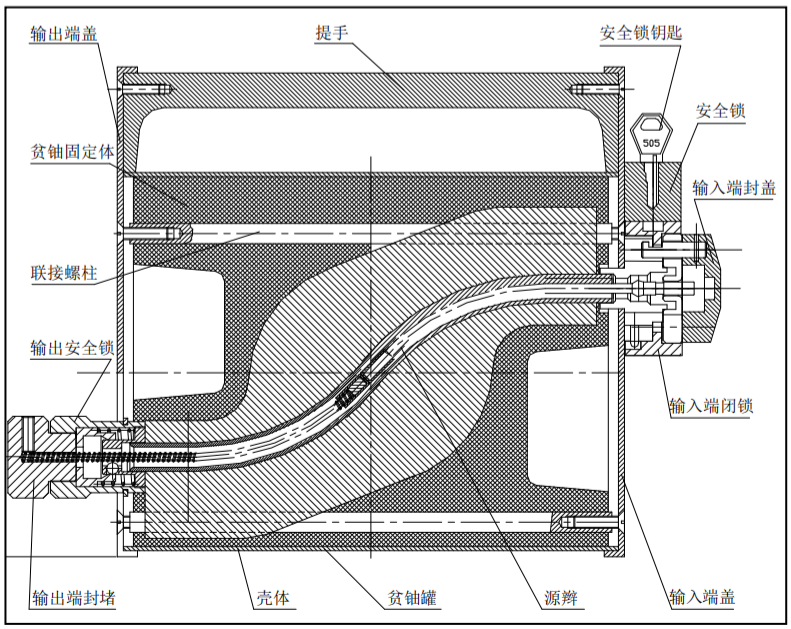



图 9-7 γ射线探伤机机体内部结构图

表 9-2　放射性核素特性

| 核素 | 放射源活度(Bq) | 衰变类型 | 半衰期（d） | 能量 keV | 产生主要废物 | 工件厚度范围 | 周围剂量当量率常数（Γ）μSv·m²/（MBq·h） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $^{75}Se$ | 3.7E+12 | EC | 120 | 97—401 | $^{75}Se$ 废源 | 8-30mm 钢 | 0.072 |

**注：数据来自《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）表 A.1**

## 2、工作原理

### （1）X 射线探伤机工作原理

X射线探伤机核心部件是X射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生X射线。常见典型的X射线管结构图见图9-8。

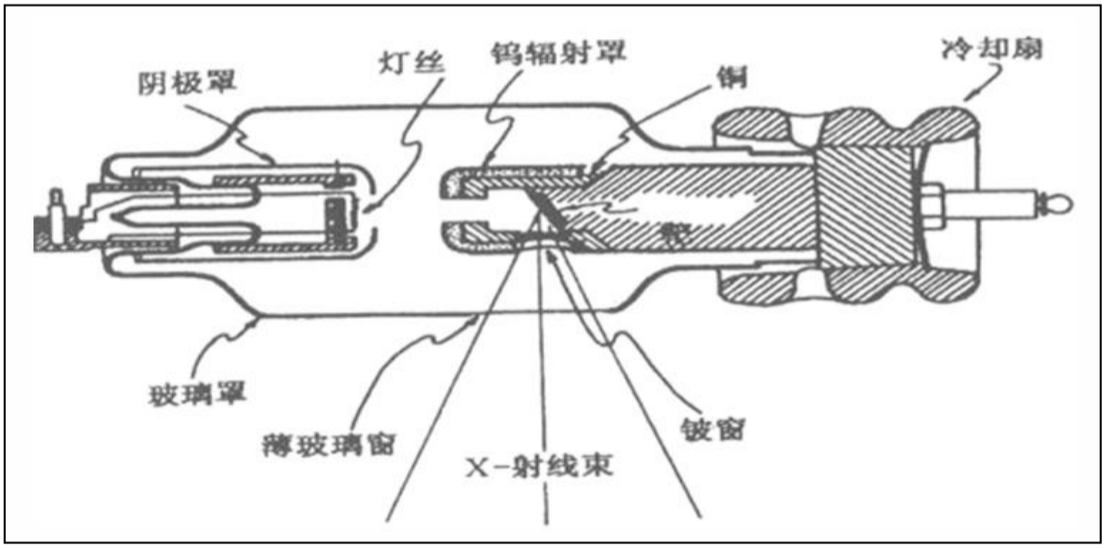



图 9-8　典型的 X 射线管结构图

X射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大，底片感光量就小。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，底片感光量较大，从而可以从底片曝光强度的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

### （2）γ射线探伤机工作原理

射线检测方法是利用射线穿透物体时，会发生吸收和散射的特性，通过测量材料中因缺陷存在而影响射线的吸收来探测缺陷，以胶片作为记录信息器材的无损检

测方法。把被检物体放在离射线装置0.5m-1m的位置处，把胶片紧贴在被检工件焊缝背后，用γ射线对工件照射后，透过工件的射线使胶片感光，同时工件内部的真实情况就反映到胶片的乳胶上，对感光后的胶片在暗室中进行显影、定影、水洗和干燥，将干燥的底片放在观片的显示屏上观察，根据底片的黑度和图像来判断工件有无缺陷以及缺陷的种类。根据观察其缺陷的形状、大小和部位来评定材料或制品的质量，从而防止由于材料或制品内部缺陷引起的事故。

γ射线探伤机在工作过程中通过γ放射源产生的γ射线对受检工件进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像显示裂缝所在的位置，γ射线探伤机据此实现探伤目的。

**3.工作流程及产污环节分析**

**（1）X射线探伤工作流程及产污环节**

X射线探伤时辐射工作人员通过轨道将工件从工件门运至曝光室内，在操作室进行远距离操作，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

1）辐射工作人员工作前需要开展各项检查，重点检查曝光室防护门-机联锁装置、固定式场所辐射探测报警装置等防护安全措施。进入曝光室时，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。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。

2）通过轨道将工件从工件门运至曝光室内，人员进入曝光室固定工件并在检测部位贴上感光胶片；

3）将X射线探伤机固定到在合适的位置；

4）检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后探伤工作人员关闭工件门，通过人员门回到操作室后关闭人员门；

5）探伤工作人员开启X射线探伤机进行无损检测；

6）达到预定照射时间和曝光量后关闭X射线探伤机；

7）完成所有检测工作后，辐射工作人员从工件上取下胶片。通过轨道运输将工件运出曝光室；

8）辐射工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

固定式X射线探伤工作流程及产污环节见下图9-9。

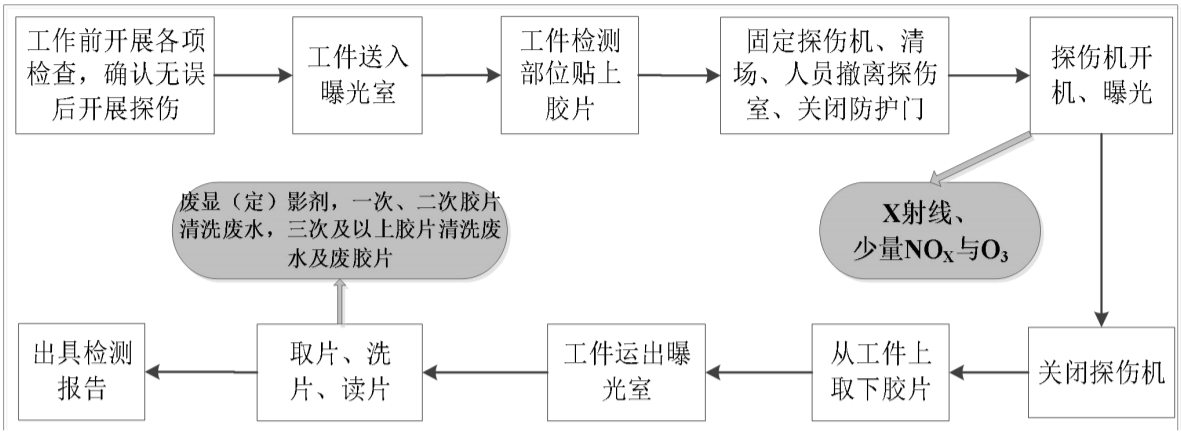



图 9-9 本项目探伤工作流程及产污环节

由图 9-9 可知，本项目营运中产生的主要污染物如下

（1）探伤机出束过程中产生的 X 射线；

（2）X 射线电离空气产生的臭氧及氮氧化物；

（3）当定影、显影剂在使用至无法起效时产生的废显（定）影剂；

（4）胶片清洗过程产生一次、二次胶片清洗废水和三次及以上胶片清洗废水；

（5）探伤工作流程中可能产生废胶片。

**（2）γ射线探伤机工作流程及产污环节**

固定式γ射线探伤时，被探伤工件通过轨道从工件门运至曝光室内，辐射工作人员在操作室内进行远距离操作，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

1) 辐射工作人员工作前需要开展各项检查，重点检查曝光室防护门-机联锁装置、固定式场所辐射探测报警装置等防护安全措施。进入曝光室时，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。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。同时每次γ射线探伤作业之前对γ射线探伤机进行检测，确认无误后才能开始探伤作业。

2) 通过轨道将工件从工件门运至曝光室内，人员进入曝光室固定工件并在检测部位贴上感光胶片；

3) 关闭曝光室工件门，将γ探伤机拿出放置在合适位置；

4) 把控制部件和输源管连接好，开启探伤机闭锁装置；

5) 检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员依次通过迷道门、人员门回到操作室，关闭迷道门及人员门；

6) 通过操作控制装置将放射源送至曝光位（容器内腔），开始曝光；

7) 曝光时间结束后，操作控制装置再将放射源收回探伤机至贮源位，放射源回位时安全锁自动关闭；

8) 确认放射源回到贮源位后，辐射工作人员手持辐射巡测仪及佩戴个人剂量报警仪进入曝光室，将γ探伤机控制部件与输源管拆卸后由辐射工作人员手提探伤机放回储源坑，关上储源坑顶部盖板上锁并由专人保管钥匙；

9) 完成所有检测工作后，辐射工作人员从工件上取下胶片。通过轨道运输将工件运出曝光室；

10) 辐射工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

固定式γ射线探伤工作流程及产污环节见下图9-10。

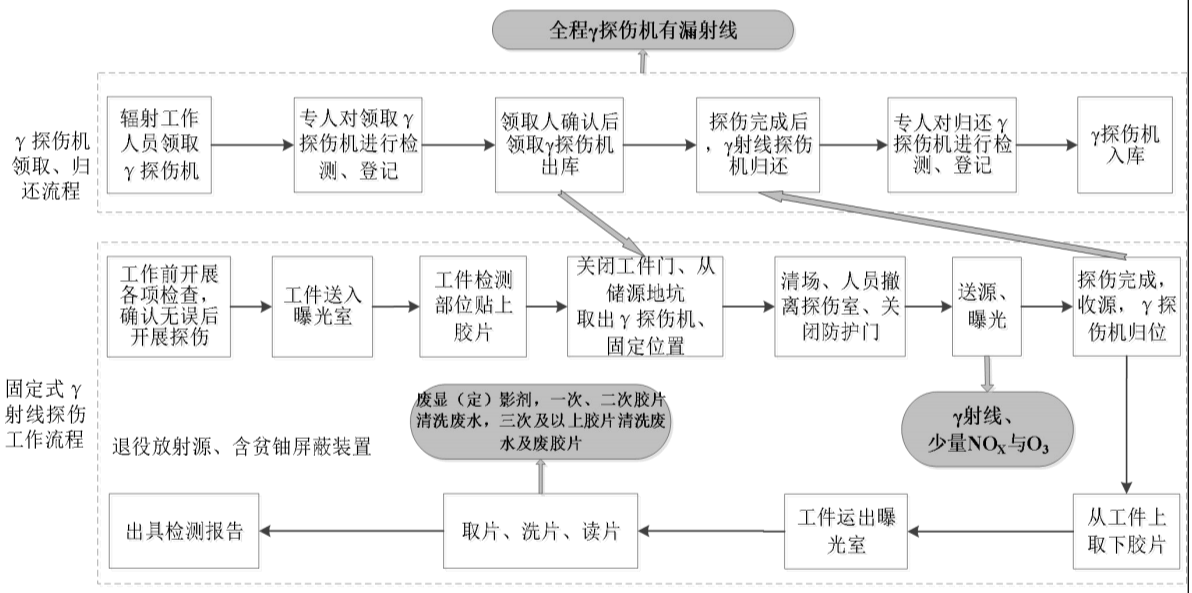



图9-10 γ探伤机探伤作业工作流程及产污环节示意图

由图 9-10 可知，本项目γ射线探伤营运中产生的主要污染物如下

（1）拿取γ探伤机时产生的γ射线，γ探伤机出束过程中产生的γ射线；

（2）γ射线电离空气产生的臭氧及氮氧化物；

（3）当定影、显影剂在使用至无法起效时产生的废显（定）影剂；

（4）胶片清洗过程产生一次、二次胶片清洗废水和三次及以上胶片清洗废水；

（5）探伤工作中可能产生废胶片；

（6）放射源退役产生废源，γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限退役。

**4、工件信息**

本项目探伤房主要用于本公司生产的压力容器及不规则管件进行无损检测，检测的产品尺寸：最大直径约为4m，最大长度约为20m，最大板厚约为60mm。主要工件见图9-11。

图9-11 本项目主要探伤工件示意图

**5.人员配置及工作制度**

公司现有10名辐射工作人员，拟从10名辐射工作人员中调配4名工作人员，该4名工作人员负责第五探伤房的探伤工作，每年工作50周，项目运行后X射线探伤机每周开机曝光时间不超过10h，年曝光总时间不超过500h。γ射线探伤机每周开机曝光时间不超过5h，年曝光总时间不超过250h。曝光室内安装摄像头，且源坑盖设置为双人双锁。日常清点领取设备由辐射工作人员完成。

储源坑管理人员：建设单位将安排安保人员在行政办公楼通过监控值守储源坑，能够确保24h均有人值守，储源坑拟设置双人双锁，储源坑钥匙交由4名辐射工作人员分别分工保管，当需要领取探伤机时，由值班人员呼叫负责钥匙的保管人员来进行开锁。

**6.辐射工作场所人流及物流路径**

**人流：**本项目辐射工作人员由探伤房北侧门进入操作室，穿过人员门、迷道门进入曝光室进行工件摆放、贴胶片等准备工作，准备工作完成后返回至操作室，确认曝光室内无人员停留后关闭工件门、迷道门及人员门，开始探伤工作。探伤任务结束后，辐射工作人员在曝光室取下胶片进入洗片室进行洗片工作，后进入评片办公室进行读片工作。一天的工作结束后，辐射工作人员从探伤房北侧门离开。

**物流：**本项目工件由辐射工作人员经工件门运至曝光室内进行探伤检测工作，检

测完成后，工件由工件门运出曝光室。

本项目每日产生危废由洗片室送至本公司危废库进行暂存。

γ射线探伤时γ射线探伤机由储源坑进入曝光室内探伤检测，探伤完成后送回储源坑内储存。

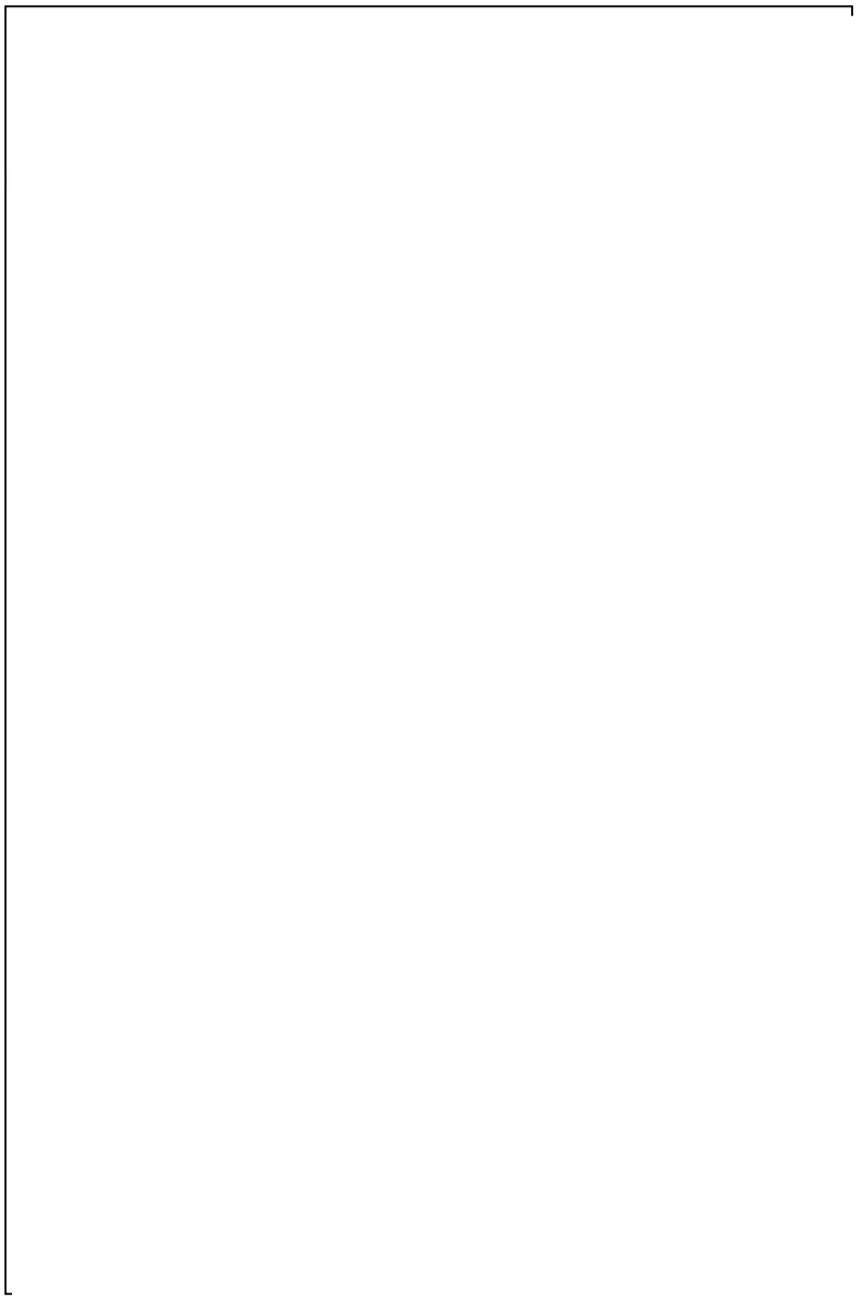


图 9-12 本项目辐射工作场所人流及物流路径

**7.原有工艺不足和改进情况**

建设单位原许可的辐射工作场所已取得辐射安全许可证。建设单位已建立完善的辐射安全与防护相关规章制度，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施配备到位。

建设现有项目辐射工作人员10名均已进行考核并考核合格，10名辐射工作人员均已进行职业健康体检，体检结果均可继续从事放射工作，已委托检测单位对10名辐射工作人员进行个人剂量检测，检测结果均未超标，已建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

公司原有核技术项目存在不足及改进情况：原有探伤房的监督区标牌要进行补充，公司正在进行完善与改进；原有探伤房辐射巡测管理要求不到位（探伤房数量与巡测仪数量不对应），存在操作探伤房未携带巡测仪情况，不满足相关标准要求，本项目拟新增1座探伤房，在本项目完成重新申领许可证之前公司拟新增配备3台巡测仪，对本项不足进行改进。

三厂区客户对压力容器及不规则管件产品要求一定时效性，因3#、4#探伤房尺寸无法放入本项目工件，且γ射线探伤机更适合检测不规则管件，根据目前客户需求的管件相关尺寸、厚度和形状，因公司拟在滨湖区胡埭镇胡埭路18号（三厂）内扩建固定式X、γ射线探伤项目：建设1座固定式探伤房（即公司的第五探伤房），并在第五探伤房曝光室地面砌起1处储源坑。

**污染源项描述**

**1.辐射污染源分析**

**①X射线探伤机污染源强：**本项目探伤房配备6台X射线探伤机3种型号。（2台XXG3505D型定向机，最大管电压350kV，最大管电流5mA；2台XXH3505P型周向机，最大管电压350kV，最大管电流5mA；2台XXH2005P型周向机，最大管电压200kV，最大管电流5mA），用于开展固定式X射线探伤作业。

污染源强：本项目使用探伤机最大管电压为350kV，最大管电流为5mA。根据厂家说明（见附件7），已知滤过为3mm铝，本项目探伤机输出量保守根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表B.1取值，由250kV 3mm铝条件下输出量及300kV 3mm铝条件下输出量进行外推得到350kV 3mm铝条件下输出量，其作为本项目有用线束源强。根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表1中取得距靶点1m处的泄漏辐射剂量率，即泄漏射线源强。根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表2取得散射辐射最高能量。

表9-3本项目X射线探伤机输出量参数

| 序号 | 型号 | 最大管电压（kV） | 最大管电流（mA） | 滤过 | 有用线束辐射输出量 mGy·m²/（mA·min） | 有用线束辐射输出量μSv·m²/(mA·h) | 距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率（μSv/h） | 散射能量（kV） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | XXG3505D 型定向机 | 350 | 5 | 3mm 铝 | 27.9 | 1.674E+06 | 5000 | 250 |
| 2 | XXH3505P 型周向机 | 350 | 5 | 3mm 铝 | 27.9 | 1.674E+06 | 5000 | 250 |
| 3 | XXH2005P 型周向机 | 200 | 5 | 3mm 铝 | 8.9 | 5.34E+05 | 2500 | 150 |

由 X 射线探伤机工作原理可知，探伤机只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对曝光室外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此探伤机在开机曝光期间，本项目的辐射源项主要包括 X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射。

**②γ射线探伤机：**本项目拟配备 1 台 $^{75}Se$ 源探伤机，设备来自正规厂家，探伤机满足防护设计要求。1 台γ射线探伤机中有 1 枚密封型放射源，单枚放射源的活度最大不超过 3.7E+12Bq（100Ci）。γ射线探伤机的源容器便于人工搬运且质量不超过 50kg，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）3.3，属于便携式γ射线探伤机（P 类）。

评价使用源强：根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）要求，对于本项目使用的便携式γ射线探伤机，源容器表面 5cm 处周围当量剂量率限值不超过 0.5mSv/h，100cm 处不超过 0.02mSv/h。

退役放射源活度随时间衰变，因活度显著下降不能满足探伤要求，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位、原出口方或有资质单位回收处置。掺入贫铀的屏蔽装置在退役时亦视作放射源进行处置。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。预计单枚 $^{75}Se$ 放射源使用 8 个月，根据衰变公式可获得退役时放射源活度预计数值。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）表 A.1 获得放射源周围剂量当量率常数，并由放射源活度和周围剂量当量率常数乘积获得距源 1m 处γ射线周围剂量当量率，由建设单位提供的更换频率计算退役时放射源活度。具体数值见下表：

表 9-4 距放射源 1m 处γ射线周围剂量当量率

| 核素 | 放射源活度(Bq) | 周围剂量当量率常数（Γ）μSv·m²/（MBq·h） | 距源 1m 处γ射线周围剂量当量率μSv/h | 退役放射源活度 |
|---|---|---|---|---|
| $^{75}Se$ | 3.7E+12 | 0.072 | 2.664E+05 | ＜25Ci |

**2.非辐射污染源分析**

（1）固废

本项目运营时会产生废显（定）影剂、一次、二次胶片清洗废水和废胶片，均属于《国家危险废物名录》中危险废物，废物类别为 HW16，废物代码为 900-019-16。公司每月预计产生废显(定)影剂约 100kg，每年预计产生废显影液、定影液约 1200kg；每月预计产生一次、二次清洗废水约 300kg，每年预计产生一次、二次清洗废水约 3600kg；每月预计产生废胶片约 10kg，每年预计产生废胶片约 120kg。

（2）废水

本项目洗片时会产生一定量三次及以上胶片清洗废水。

（3）废气

X、γ射线探伤机在工作状态时，会使曝光室周围的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

# 表 10 辐射安全与防护

**项目安全措施**

**1. 工作场所布局及分区**

本项目固定式探伤房设有曝光室（含储源坑）、操作室、洗片室和评片办公室，X射线探伤机有用线束照射方向均为东墙、西墙、屋顶及地面，操作室、洗片室及评片办公室均设置曝光室北侧，操作室已避开主射线方向，曝光室设置人员门、迷道门及工件门；探伤房外墙无可攀爬的设施，顶部人员不可到达。X射线探伤机储存于探伤房曝光室内。操作室与曝光室之间设置有迷道；本项目布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。储源坑设置于曝光室东北部，普通公众靠近的可能性较小，γ射线探伤机储存于储源坑内，γ射线探伤机有用线束为六面照射，曝光室的防护厚度已充分考虑γ射线直射、散射效应，储源坑设计亦符合GA1002相关要求。

本项目将曝光室（含储源坑、迷道）作为本项目的控制区，将操作室、洗片室及评片办公室作为本项目的监督区，在曝光室工件门、迷道门及人员门上均设置电离辐射警告标志及中文警示说明，在监督区张贴警示说明（“监督区”标牌）以作警示。本项目分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。两区划分示意情况见图10-1。

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

| 项目环节 | 控制区 | 监督区 |
|---|---|---|
| 两区划分范围 | 曝光室（含储源坑、迷道） | 操作室、洗片室、评片办公室 |
| 划分依据 | 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.1。 | 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：6.4.2.1“注册者或者许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价”。<br>6.4.2.2 a）“采取适当的手段划出监督区的边界”。 |
| 分区管理措施 | 对控制区进行严格控制，X 射线探伤机在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。 | 监督区为辐射工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.2.2 b)在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。 |
| 辐射防护措施 | 曝光室工件门、迷道门、人员门外及储源坑顶部盖板处均拟粘贴电离辐射警告标识及中文警示说明。 | 探伤房北侧门外拟粘贴监督区标牌。 |

**2. 工作场所辐射屏蔽设计**

本项目探伤房曝光室内部长宽高尺寸为 24m×8.1m×11.6m，本项目探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、混凝土屋顶、混凝土工件门、铅迷道门及铅人员门对 X 射线进行防护。探伤房曝光室四周墙及工件门均为 800mm 混凝土，顶部为 600mm 混凝土，迷道内墙及外墙均为 800mm 混凝土，迷道门内嵌 14mm 铅板，人员门内嵌 14mm 铅板。本项目探伤房平面及剖面布局见附图 4。

本项目探伤房曝光室西北角下设置 1 个直径φ200mm 通风口，使用 U 型过墙方式埋于地坪 300mm 以下，在曝光室外西北角贴墙设置管道连通到室外，拟安装的轴流风机排风总量约为 8000$m^3$/h，探伤作业时全程开启风机，可通过轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物。

本项目探伤房曝光室北墙下设置 1 个直径φ200mm 电缆管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 500mm 以下；利用散射降低线缆管道口的辐射水平。

本项目工件门门洞尺寸：7800mm×8000mm，门体尺寸：9000mm×9500mm，左右各覆盖 600mm，上下各覆盖 750mm。工件门与墙体之间的缝隙宽度为 10mm，工件门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的 10 倍。

本项目人员门及迷道门门洞尺寸：800mm×2000mm，门体尺寸：

1000mm×2200mm，左右各覆盖100mm，上下各覆盖100mm。人员门与墙体之间的缝隙宽度为10mm，人员门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的10倍。

本项目储源坑位于曝光室东北部，设置于曝光室平台内部，平台高900mm采用普通板材，储源坑设置内部尺寸为：500mm×500mm×500mm，考虑到铅盖板的搭接设计和建设单位需求，储源坑四周采用300mm混凝土进行浇筑，底部用混凝土浇筑至地面，顶部采用长宽为660mm×660mm及内嵌10mmPb的盖板并上锁，储源坑顶部盖板与平台高度齐平，储源坑立面设计如图10-2。

图10-2 储源坑立面设计图

表10-2 本项目工作场所屏蔽设计情况一览表

| 工作场所名称 | 屏蔽防护体 | 材质及厚度设计 |
|---|---|---|
| 探伤房曝光室 | 四周墙体及工件门 | 800mm混凝土 |
| | 顶部 | 600mm混凝土 |
| | 迷道门 | 钢-14mm铅板-钢结构 |
| | 人员门 | 钢-14mm铅板-钢结构 |
| | 电缆管道 | 直径φ200mm，采用U型过墙方式埋于地坪500mm以下 |
| | 排风管道 | 直径φ200mm，采用U型过墙方式埋于地坪300mm以下 |
| 储源坑 | 四周 | 300mm混凝土 |
| | 顶部盖板 | 内嵌10mmPb |

**3.辐射安全与防护设施和措施**

建设单位根据《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）等标准要求将设置如下辐射安全措施：

表10-3 本项目辐射工作场所拟设置的辐射安全措施一览表

| 序号 | 措施 | 标准原文 | 本项目拟采取措施 | 是否满足要求 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 装置检查维护 | 《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》三、使用探伤装置单位的要求（八）每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。（十）每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。 | 公司每个月将对γ射线探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。公司严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。每次工作前，探伤作业人员将检查安全装置、联锁装置的性能及警告信号、标志的状态。只有确认曝光室内无人且门已关闭、所有安全装置起作用并给出启动信号后才能启动照射。 | 是 |
| 2 | 探伤前检查 | 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）5.2.1.2 工作前检查项目主要包括：a) 检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常；b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；c) 确认放射源锁紧装置工作正常；d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；g) 检查源容器和源传输导管是否连接牢固；h) 检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；i) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰；j) 测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合5.2.1.1的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。 | 每次γ射线探伤作业之前，公司将对γ射线探伤机做如下的检查：a）检查源容器和源传输管的照射末端是否损伤、磨损或者有污物；b）检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；c）确认放射源锁紧装置工作正常；d）检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；e）检查源容器和源导管是否连接牢固；f）检查输源导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；g）检查警告标签和源的标志内容是否清晰；h）测量紧靠源容器表面的空气比释动能率是否符合本标准要求，并确认放射源处于屏蔽状态。如发现以上情况与正常状态不一致，将在更换或维修设备后投入使用。 | 是 |
| 3 | 探伤机要求 | 《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》三、使用探伤装置单位的要求（五）探伤装置的安全使用期限为10年，禁止使用超过10年的探伤装置。 | 公司将确保γ射线探伤装置的安全使用期限为10年，禁止使用超过10年的γ射线探伤装置。 | 是 |
| 4 | 探伤要求 | 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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。7.5.2.3 探伤工作完成后，操作人员应使用便携式X-γ剂量率仪进行监测，以确保所有γ放射源均已完全退回源 | 探伤时，辐射工作人员进出探伤房曝光室时应佩带个人剂量计、剂量报警仪和便携式剂量测量仪。γ射线探伤机每次作业前，辐射工作人员使用辐射巡测仪进行监测，确认放射源在γ射线探伤机内，作业结束后，辐射工作人员必须再次用辐射巡测仪进行监测，确定放射源 | 是 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 容器中，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落；《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》三、使用探伤装置单位的要求（十三）作业结束后，必须用辐射剂量监测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由检测人员在检查记录上签字，方能携带探伤装置离开现场。 | 收回到γ射线探伤机源容器内，将γ射线探伤机放回储源坑，由检测人员在检查记录上签字。 | |
| 5 | 操作要求 | / | 公司每次探伤作业只使用1台探伤设备，不同时使用2台及2台以上探伤设备。 | / |
| 6 | 操作台 | / | 本项目探伤房操作台拟设计“钥匙开关”，只有在打开钥匙开关后，X射线探伤机或γ射线探伤机才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。 | / |
| 7 | 门机联锁 | 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)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。 | 本项目探伤房曝光室工件门、迷道门及人员门均拟安装门机联锁装置，即X、γ射线探伤机连接电路均与防护门联锁，应在工件门、迷道门及人员门关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便曝光室内部的人员在紧急情况下离开曝光室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，X射线探伤机能立刻停止出束，γ射线探伤机能立刻回源。 | 是 |
| 8 | 指示灯和声音提示装置 | 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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。 | 本项目探伤房曝光室工件门、人员门外上方及曝光室内部均拟设置“预备”“照射”状态工作状态指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置应与X射线探伤机及γ射线探伤机联锁；探伤房曝光室内外醒目位置拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。工件门、迷道门及人员门外表面均拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明。 | 是 |
| 9 | 急停按钮 | 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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。 | 本项目操作台处、曝光室内部四周墙壁上及迷道内均拟设置紧急停机按钮。确保出现紧急事故时，能立即停止照射，曝光室内的急停按钮安装能够使人员处在曝光室内任何位置时都不需要穿过有用线束就能够使用，紧急停机按钮设置标签及标明使用方法。 | 是 |
| 10 | 开门按钮 | / | 曝光室内工件门、迷道门及人员门附近均拟设置紧急开门按钮，在设备失控时，室内人员可通过按下紧急停机按钮逃离曝光室。 | / |
| 11 | 通风 | 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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。 | 探伤房曝光室内拟配置机械通风，有效通风换气次数不小于3次/小时。 | 是 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 12 | 监控及固定式剂量率仪 | 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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。6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。 | 本项目探伤房曝光室内和曝光室出入口拟安装监视装置，在操作室的操作台设有专用的监视器，可监视曝光室内人员的活动和探伤设备的运行情况，储源坑拟设置公安联网监控。同时曝光室内拟配置固定式场所辐射探测报警装置，并且固定式辐射监测仪器与门联锁，固定式剂量率仪探头设置迷道内，当固定式剂量率仪检测到辐射剂量率大于设置阈值时，防护门无法由外部打开。 | 是 |
| 13 | 安全检查 | / | 定期对本项目探伤房曝光室防护门-机联锁装置、紧急停止按钮、出束信号指示灯等各项安全措施进行检查，并做好记录。 | / |
| 14 | 台账 | / | 拟建立放射源使用登记台账，对放射源的使用进行严格登记，强化放射源安全管理。拟建立射线装置使用登记台账，对X射线探伤机使用情况进行登记 | / |
| 15 | 监测仪器 | 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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GBZ98的要求进行职业健康监护。4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》三、使用探伤装置单位的要求（十七）3.应配置便携式辐射检测报警仪，该报警仪应与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。 | 探伤作业时，探伤房至少2名辐射工作人员在场，每名辐射工作人员应配备1台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应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，工作人员已进行职业健康体检。公司现有1台巡测仪及14台个人剂量报警仪，拟新增配备3台巡测仪。个人剂量报警仪与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。 | 是 |
| 16 | 移动定位 | / | 本项目γ射线探伤机属于高风险放射源，应配置移动定位器，确保其基本信息、地理位置传输到监管部门信息平台 | / |
| 17 | 危险废物 | 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等相关危废法律法规。 | 本项目探伤工作过程中会产生废显（定）影液、一次、二次胶片清洗废水，将其收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理，公司现已与无锡市工业废物安全处置有限公司签订了危废处置协议，本项目每年退役约1枚$^{75}Se$放射源。建设单位承诺购源时签订返回协议；退役放射源将由生产单位、原出口方或有资质单位回收处置。γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限（10年）进行退役，建设单位承诺与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订回收协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位、原出口方或有资质单位回收处置。 | 是 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 18 | 储源坑 | 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理。 | 本项目探伤房曝光室内设置1个储源坑，用于储存本项目1台γ射线探伤机。建设单位将安排安保人员在行政办公楼通过监控值守储源坑，能够确保24h均有人值守，储源坑拟设置双人双锁，储源坑钥匙交由4名辐射工作人员分别分工保管，当需要领取探伤机时，由值班人员呼叫负责钥匙的保管人员来进行开锁；γ射线探伤机出入库时应进行监测并有详细记录。储源坑顶部盖板拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明。 | 是 |

图 10-3 辐射安全与防护措施平面布置图

**三废的治理**

**1. 固废**

本项目评片和洗片过程可能会产生废显（定）影剂、一次、二次胶片清洗废水和废胶片。在产生废显（定）影剂和一次、二次胶片清洗废水后立即用废液桶收集，并在探伤工作结束后运至危废库中废显（定）影剂和一次、二次胶片清洗废水存放区域；每日探伤产生废胶片在工作结束后收集运至厂区危废库中废胶片存放区域；废显（定）影剂、一次、二次胶片清洗废水和废胶片入库时在危险废物管理台账中如实记录。收集贮存公司已有的危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。

本项目危废库位置见附图2。危废库已按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求建设，确保做到“防雨淋、防渗漏、防流失”，地面为防渗水泥。已设置消防设施，防止出现火灾。建设单位将参照《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）（2023版）、《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）和《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）规定完善危险废物识别标志并在不同贮存分区之间采取隔离措施。隔离措施根据危险废物特性隔板形式。

存放装载废显（定）影剂及胶片清洗废水的容器的贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等采用坚固的材料建造，表面无裂缝。贮存设施地面与裙脚采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，采用抗渗混凝土。上述容器置于架子上，不直接接触地面。存放装载废显（定）影剂及胶片清洗废水的容器的贮存分区具有液体泄漏堵截设施，堵截设施最小容积不低于对应贮存区域最大液态废物容器容积；已设计渗滤液收集设施，收集设施容积满足渗滤液的收集要求。

建设单位应将本项目危废分类存储并做好标记标志，不可混入其他杂物。危废库门上完善张贴的环保标识牌，明确危险废物种类。危废库由专人管理，按照要求根据危险废物情况进行记录，并注明危险废物的名称、来源、数量、特性、入库日期、使用量等登记工作。建设单位应严格执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）8.2 贮存设施运行环境管理要求。

建设单位应按照《省生态环境厅关于做好江苏省危险废物全生命周期监控系统上线运行工作的通知》等管理规定，完善危险废物管理计划、补充本项目危险废物的管

理台账，并在江苏省固体废物管理信息系统中实时申报危险废物的产生、贮存、转移等相关信息，在系统中打印的危废标志标识按规范要求张贴，实施对危险废物的规范化管理。

本项目每年退役约1枚$^{75}Se$放射源。建设单位承诺购源时签订返回协议；退役放射源将由生产单位、原出口方或有资质单位回收处置。

γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限（10年）进行退役，建设单位承诺与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订回收协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位、原出口方或有资质单位回收处置。

**2. 废水**

本项目洗片时会产生一定量三次及以上胶片清洗废水，该部分废水排入公司污水管网，最终进入污水处理厂处理。

**3. 废气**

X、γ射线探伤机在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目探伤房曝光室西北角下设置1个直径φ200mm通风口，并在曝光室内西北角贴墙设置管道连通到室外，可通过拟安装的轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物。本项目探伤房曝光室内部体积约为2255$m^3$，拟安装轴流风机排风量约为8000$m^3$/h，探伤作业时全程开启风机。拟安装的风机能够满足每小时有效换气次数3次以上需求。且每次更换工件都将打开防护门，也可实现通风。臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

# 表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响**

本项目的主体工程为在建设 1 座固定式探伤房（包括曝光室、储源坑及其辅房）。施工过程中的扬尘、噪声、废水、固废，主要是通过施工管理等措施来进行控制。具体施工流程产污环节如下所述：

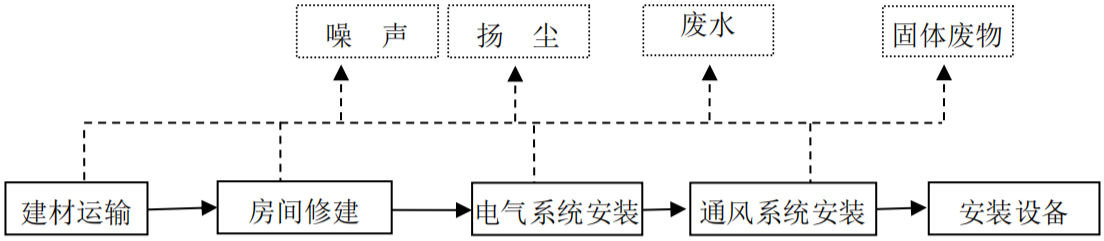



图 11-1 施工期工艺流程及产污环节图

**（一）施工期扬尘**

施工过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，针对上述大气污染拟采取以下措施：a、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b、车辆在运输建筑材料时采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c、施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

**（二）施工期噪声**

施工期噪声包括土建施工过程、通风及电气设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内均为企业，公众活动较少，施工噪声对周围环境的影响较小。在施工时拟严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备。

**（三）施工期废水**

施工期废水主要为施工人员的生活污水和施工废水。施工废水拟先经简易沉淀设施进行沉淀处理后，用于施工场地泼洒或水泥砂浆的配制；施工人员产生的生活污水拟依托厂区内现有的污水处理设施处理后排放。

**（四）施工固废**

施工期固废主要是装修过程中产生固体废物和施工人员的办公垃圾，装修固体废物为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托厂区现有垃圾收集设施收集。

该单位在施工期间认真搞好组织工作，文明施工，切实落实各种环保措施，将施工期的影响控制在公司内局部区域，对周围环境影响较小。

**运行阶段对环境的影响**

本项目探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、混凝土屋顶、混凝土工件门、迷道和铅迷道门、铅人员门对射线进行防护，探伤房内拟配备1台γ射线探伤机及6台X射线探伤机，探伤时曝光室内只开启其中1台装置进行探伤作业。本报告分别以X射线探伤机及γ射线探伤机周围辐射影响进行理论预测分析。

**一、γ射线探伤机辐射影响分析**

本项目探伤房内配备1台$^{75}$Se γ射线探伤机，因此探伤房以$^{75}$Se γ射线探伤机进行周围辐射影响理论预测分析。

**1、γ射线探伤机放射源屏蔽状态下辐射影响分析**

当放射源处于γ射线探伤机源容器内时，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），P类探伤机源容器表面1m处周围当量剂量率$\dot{H}_0$≤0.02mSv/h。根据公式（1）计算得出距离探伤机不同位置处的辐射水平。

$$\dot{H}_1 = \dot{H}_0 R_0^2/R_1^2 \quad \text{……（公式1）}$$

式中 $\dot{H}_1$：距放射源R处的周围当量剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_0$：距离放射源1.07m处的周围当量剂量率；

$R_0$：距放射源距离，取1.07m，源贮存位置至探伤机表面距离取7cm；

$R_1$：参考点距放射源的距离。

表11-1 $^{75}$Se γ射线探伤机距探伤机放射源不同距离处的辐射水平估算结果

| 距放射源距离$R_1$（m） | 0.37 | 0.57 | **1.07** | 2.07 | 3.07 |
|---|---|---|---|---|---|
| 周围当量剂量率（μSv/h） | 167 | 70.5 | **20** | 5.34 | 2.43 |

注：源贮存位置至探伤机表面距离取7cm。

通过表11-1中计算数据可以看出，γ射线探伤机未工作时由于探伤机自身源容器的屏蔽防护，放射源对曝光室外环境影响较小，但工作人员在曝光室内移动探伤机或进行其他活动的过程中将受到一定的外照射。因此，实际工作过程中工作人员应注意控制与探伤机接触时间，在曝光室内进行工件调运、胶片贴、取等其他工作时还应注意与探伤机保持一定的距离。

**2、储源坑辐射影响分析**

本项目探伤房曝光室内设置1个储源坑，用于储存本项目γ射线探伤机。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），P类探伤机源容器表面1m处周围当量剂

量率 $\dot{H}_0$ ≤0.02mSv/h。

$$\dot{H} = \dot{H}_1 \bullet B / R^2 \qquad \text{……（公式 2）}$$

式中 $\dot{H}$：距放射源 R 处的周围当量剂量率，μSv/h。

$\dot{H}_0$：距离放射源 1.07m 处周围当量剂量率，源贮存位置至探伤机表面取 7cm。

$\dot{H}_1$：距离放射源 1m 处的周围当量剂量率，根据 $^{75}Se$ 探伤机距离放射源 1.07m 处的周围当量剂量率为 20μSv/h，求得 1m 处的周围当量剂量率=$20*1.07^2$=22.9μSv/h。

R：参考点距放射源的距离。

$B$：屏蔽透射因子，$B=1/2^n$（n 为半值层数）。

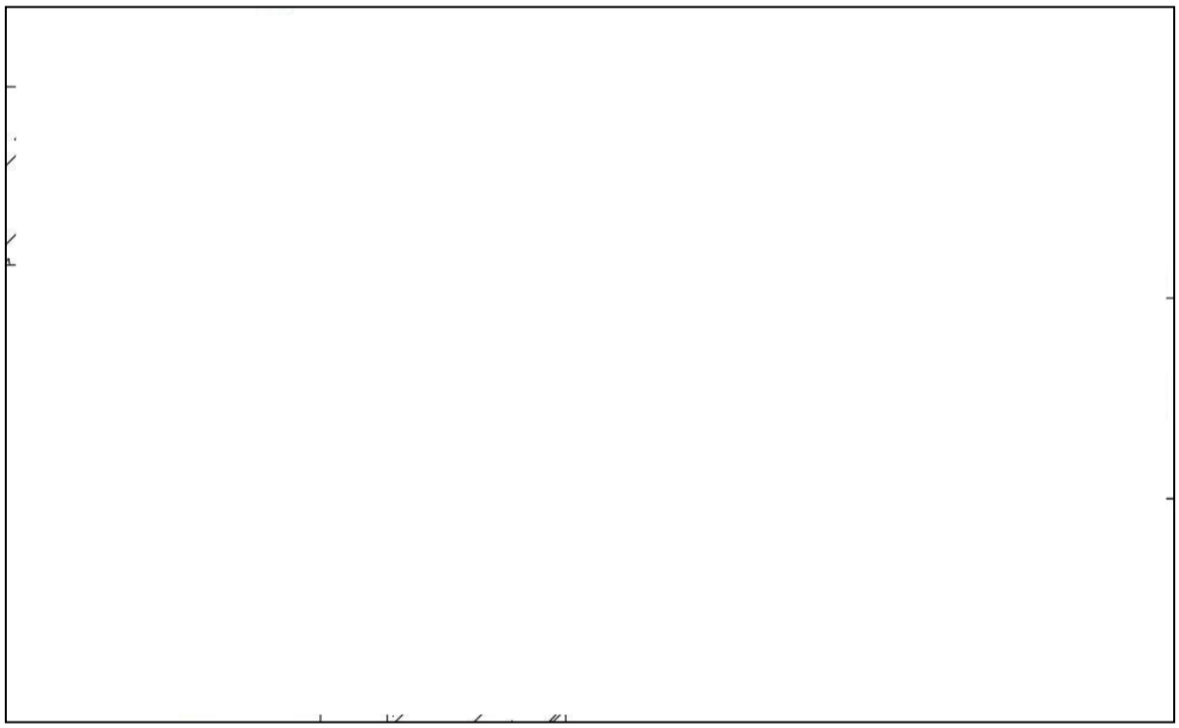


图 11-2 本项目储源坑计算点位示意图（单位：mm）

表 11-2 $^{75}Se$ 探伤机对储源坑表面外 30cm 处辐射水平估算结果

| 参考点位置 | $^{75}Se$ γ射线探伤机放射储源坑墙壁外表面 30cm | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ①东墙 | ②南墙 | ③西墙 | ④北墙 | ⑤顶部 |
| 1m 处剂量率 | | | | | |
| 屏蔽措施 | | | | | |
| $B$ | | | | | |
| 距离（m） | | | | | |
| 周围当量剂量率（μSv/h） | | | | | |

注：根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.2 中 $^{75}Se$ 对混凝土的半值层 HVL=30mm，铅的半值

层HVL=1mm。曝光室东墙、北墙均为800mm混凝土。

根据估算结果可以看出，当1台$^{75}$Seγ射线探伤机在储源坑内贮存时，储源坑外表面30cm处最大辐射水平合计为8.95E-02μSv/h（顶部外），能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中放射源贮存库外周围当量剂量率小于2.5μSv/h的要求，该储源坑防护设计方案能够满足γ射线探伤机贮存要求。

**3、γ射线探伤机正常开机时辐射影响分析**

**（1）周围当量剂量率计算公式**

$$\dot{H}_0 = A \cdot \Gamma_k \cdot B / R^2 \qquad \text{……（公式3）}$$

公式中：$\dot{H}_0$：在距离放射源r处的周围当量剂量率，μSv/h；

A：放射源活度，$^{75}$Se额定装源活度为3.7E+12Bq=3.7E+06MBq

Γ：周围剂量当量率常数，$\Gamma_k$（$^{75}$Se）=0.072μSv•m$^2$/（MBq•h）

R：参考点离放射源的距离，m

$B$：屏蔽透射因子，$B=1/2^n$（n为半值层数）

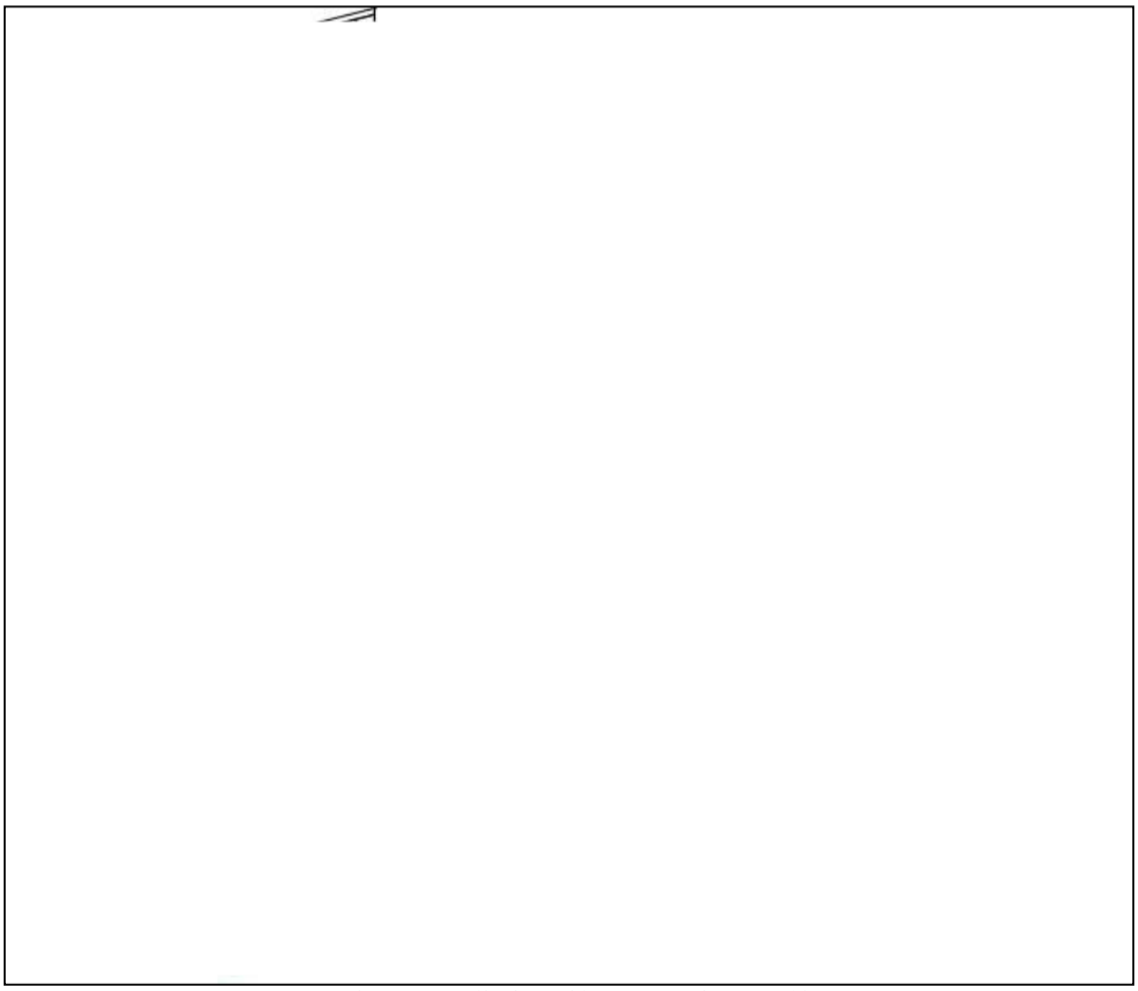


图11-3 本项目探伤房计算点位示意图（单位：mm）

本项目探伤机工作时射线方向为四周屏蔽墙、防护门及屋顶辐射防护屏蔽预测计算模式采用公式（3）。曝光室周围各关注点处的辐射剂量率理论计算结果见表11-3。

表11-3 本项目探伤房曝光室四周屏蔽墙、屋顶及工件门屏蔽效果预测表

| 参数 | 设计厚度 | A·Γ μSv/h（1m处） | B | R (m) | $\dot{H}_0$ (μSv/h) | 剂量率参考控制水平(μSv/h) | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 东墙① | | | | | | 2.5 | 满足 |
| 工件门② | | | | | | 2.5 | 满足 |
| 西墙③ | | | | | | 2.5 | 满足 |
| 北墙④ | | | | | | 2.5 | 满足 |
| 人员门⑤ | | | | | | 2.5 | 满足 |
| 屋顶⑥ | | | | | | 100 | 满足 |

注：①放射源距曝光室东、西、北墙及工件门最近为2m，离地面最高5.5m，迷道宽1m，人员门厚度为0.2m，取墙外30cm为关注点。②根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表A.2中$^{75}Se$对铅的半值层HVL=1mm，对混凝土的半值层HVL=30mm。③人员门处B=2^(-14/1)*2^(-800/30)=5.73E-13。

从表11-3理论预测结果可以看出，当本项目探伤房配备的γ射线探伤机最大活度（100Ci）运行时，探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及防护门外30cm处剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

**4、迷道口处辐射影响分析**

本项目探伤房曝光室采用迷道设计，保守以射线直接照射迷道内口，射线进入迷道后散射示意图见图11-4。有用线束经迷道内2次散射到达人员门，散射路径为O→A→B→C，保守不考虑迷道门屏蔽，迷道口外人员门采用厚度为14mm的铅板防护。散射公式见（4）（美国辐射防护委员会NCRP51号报告）。

$$H_S = \frac{D_0 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot A_1 \cdot A_2}{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot r_3^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{公式（4）}$$

其中：$H_s$为散射剂量率，μSv/h；

$D_0$：入射源强，μSv·m²/h；$D_0$=2.664E+05μSv/h（1m处）；

$\alpha$为散射系数，根据《辐射防护导论》P186图6.4光子在普通混凝土上的反射查的（0.206~0.612）MeV光子90°方向散射系数最大为0.024。

r为入射距离，4.47m，散射距离分别为3.26m、2.25m+30cm=2.55m；

A为散射面积，m²；散射面积$A_1$为迷道内口横截面积：0.8×2=1.6m²

$A_2$为人员门洞横截面积：0.8×2=1.6m$^2$。

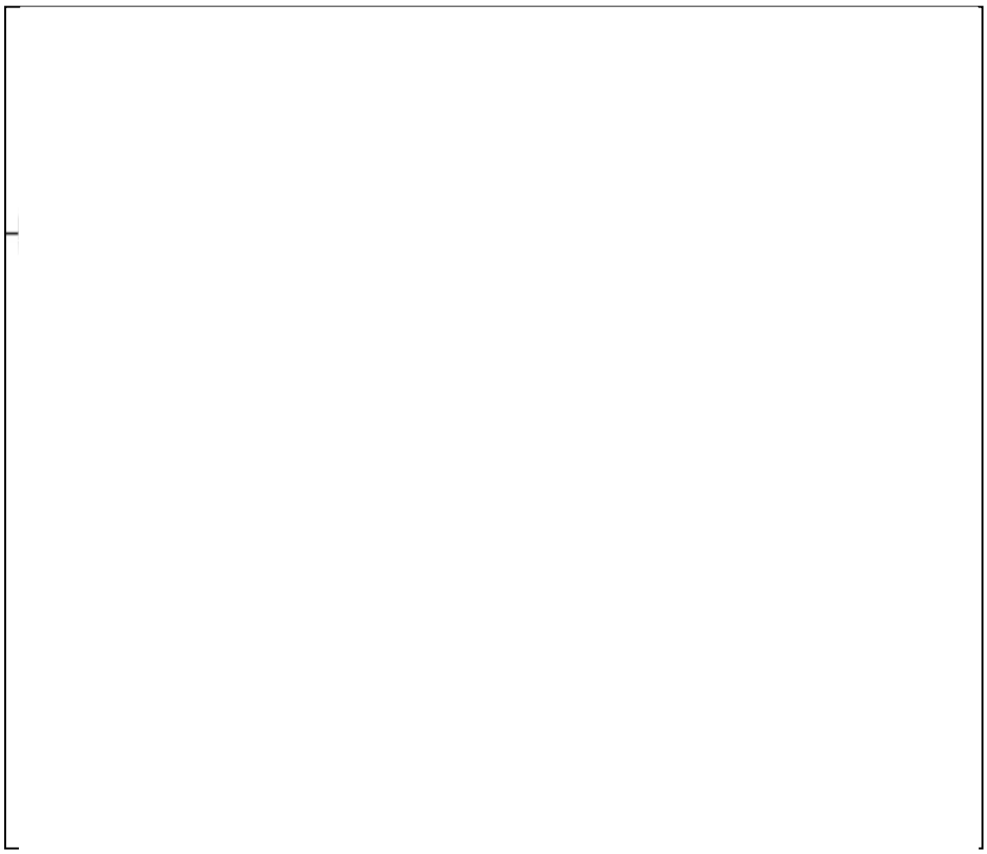


图 11-4 本项目探伤房迷道计算点位示意图（单位：mm）

表 11-4 迷道有用线束 2 次散射辐射剂量率

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | v/h） |
| | | | | | | |

注：不考虑 $^{75}Se$ 射线散射后能量衰减，铅半值层厚度为 1mm。人员门为 14mmPb 保守不考虑迷道门铅板。

保守根据表 11-3 有用线束穿迷道门外辐射剂量率为 5.89E-09μSv/h，保守叠加有用线束 2 次散射至人员门外辐射剂量率后为 1.71E-05μSv/h，人员门外 30cm 处剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

**5、天空反散射影响分析**

根据表 11-1，本项目曝光室顶部外 30cm 处辐射剂量率最大为 **5.19E-03μSv/h**，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 **5.19E-03μSv/h**；根据表 11-3，本项目曝光室四周墙外 30cm 处辐射剂量率最大为 **2.60E-04μSv/h**；将二者叠加后剂量率最大为

**5.45E-03μSv/h**，能够满足周围剂量当量率参考控制水平2.5μSv/h。

## 二、X射线探伤机辐射影响分析

### 1、四周墙壁、屋顶、工件门屏蔽效果预测

四周墙壁、屋顶、工件门预测计算模式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式：

1) 有用线束屏蔽估算：

$$\dot{H}=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R^2} \quad \text{（公式5）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

$I$：X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

$H_0$：距辐射源点（靶点）1m处输出量，μSv·m²/(mA·h)，取值见表9-3；

$B$：屏蔽透射因子，取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录B中的表B.2，取得相应电压条件下混凝土的什值层后，再根据$B=10^{-X/TVL}$计算得到B值；

$R$：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

2) 非有用线束的屏蔽：

① 泄漏辐射

$$\dot{H}=\frac{\dot{H}_L\cdot B}{R^2} \quad \text{（公式6）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_L$：距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h，见表9-3；

$B$：屏蔽透射因子，取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录B中的表B.2，取得相应电压条件下混凝土的什值层后，再根据$B=10^{-X/TVL}$计算得到B值；

$R$：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

② 散射辐射

$$\dot{H}=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R_s^2}\cdot\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2} \quad \text{（公式7）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

$I$：X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；5mA；

$H_0$：距辐射源点（靶点）1m处输出量，μSv·m²/(mA·h)，见表9-3；

$B$：屏蔽透射因子，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表2中取得散射辐射能量；再根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录B中的表B.2，取得相应电压条件下混凝土或铅的什值层后，再根据$B=10^{-X/TVL}$计算得到B值；

$F$：$R_0$处的辐射野面积，m²；

$\alpha$：散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）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。与散射物质有关，在未获得相应物质的$\alpha$值时，可以用水的$\alpha$值保守估计，取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录B表B.3；

$R_s$：散射体至关注点的距离，m；

$R_0$：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m。

本项目拟配备6台探伤机，保守选取3505型X射线周向探伤机在曝光室内进行探伤作业时，有用线束照射方向为东墙、西墙、顶部及地面，移动范围见图11-3，保守取距东墙、工件门、西墙、北墙最近距离均为2m，计算点位示意图见图11-3。

表11-5 本项目探伤房曝光室有用线束方向屏蔽效果预测表

| 关注点 | 参数 | 设计厚度 | I（mA） | $H_0$ μSv·m²/(mA·h) | B | R（m） | $\dot{H}$（μSv /h） | 剂量率参考控制水平(μSv/h) | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ① | 东墙 | | | | | | | 2.5 | 满足 |
| ③ | 西墙 | | | | | | | 2.5 | 满足 |
| ⑥ | 顶部 | | | | | | | 2.5 | 满足 |

注：B值根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录B表B.2，插值取得350kV下混凝土什值层厚度为100mm，再根据$B=10^{-X/TVL}$计算求得。

表 11-6 本项目探伤房曝光室非有用线束方向屏蔽效果预测表

| 参数 | | 关注点位 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ②工件门 | ④北墙 | ⑤人员门 |
| 屏蔽体 | | | | |
| 泄漏辐射 | $B_1$ | | | |
| | $\dot{H}_L$ (μSv/h) | | | |
| | R（m） | | | |
| | $\dot{H}$ (μSv/h) | | | |
| 散射辐射 | 散射后能量 | | | |
| | $B_2$ | | | |
| | I（mA） | | | |
| | $H_0$ μSv·m²/(mA·h) | | | |
| | $F$ (m²) | | | |
| | $\alpha$ | | | |
| | $R_0$（m） | | | |
| | $R_s$（m） | | | |
| | $\dot{H}$ (μSv/h) | | | |
| 泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h) | | | | |
| 剂量率参考控制水平(μSv/h) | | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| 评价 | | 满足 | 满足 | 满足 |

注：1）R：探伤机保守取距曝光室工件门、北墙均为 2m，R=2+0.8+0.3=3.1m；人员门厚 0.2m。

2）$B_1$ 值取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，插值得到 350kV 下混凝土什值层为 100mm，铅什值层为 6.95mm。

3）$B_2$ 值取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，250kV 下铅什值层为 2.9mm，混凝土什值层为 90mm。

**2、迷道口处散射辐射影响分析**

本项目探伤房曝光室采用“Z”型外迷道设计，利用散射降低人员门口处的辐射水平，避免 X 射线直接照射迷道入口，迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-5。

X 射线探伤时散射经过至少 3 次散射到达人员门，人员门采用厚度为 14mm 的铅板防护。散射公式见（8）（美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告）。

$$H_j = \frac{H_0}{d_s^2} \cdot \left(\frac{\alpha_1 A_1}{d_{r1}^2}\right) \cdot \left(\frac{\alpha_2 A_2}{d_{r2}^2}\right) \cdot \left(\frac{\alpha_j A_j}{d_{rj}^2}\right) \quad \text{（公式 8）}$$

其中：Hs 为散射剂量率，μSv/h；

$H_0$：入射源强，μSv·m²/h；$D_0=H_0\times I=1.674E+06$μSv·m²/(mA·h)

×5mA=8.37E+06μSv·m²/h；

$\alpha$ 为散射系数，参考GBZ/T250-2014取自附录B表B.3；

$\alpha=\alpha_w$ ×10000/400=1.9×10⁻³×10000/400=4.75E-02；

d为入射距离，2m；散射距离分别为4.25m、2.31m、2.45m（2.15+0.3=2.45）；

A为散射面积，m²；散射面积分别为0.23m²、1.6m²、1.6m²。

根据图11-5，探伤机有用线束打到墙体，产生散射线进入迷道，散3次后穿出人员门，路径为O→A→B→C→D。

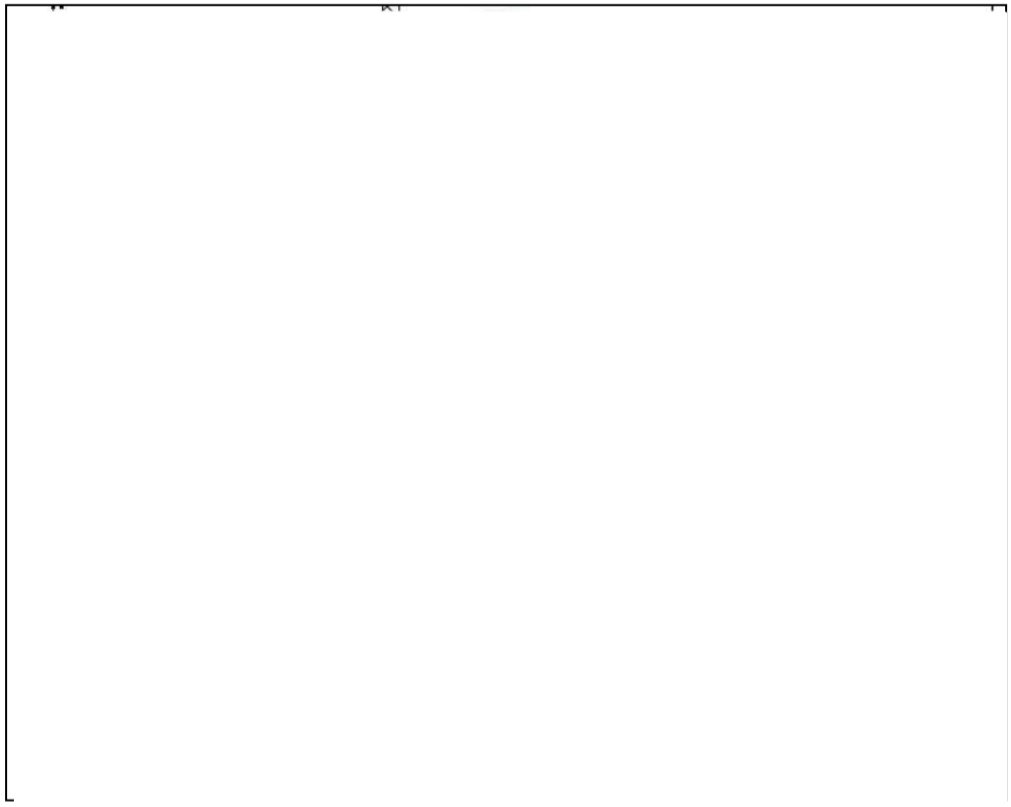


图 11-5 探伤房曝光室人员门口射线路径示意图（单位：mm）

表 11-7 本项目探伤房迷道及防护门对散射线的屏蔽效果预测表

| 有用线束在迷道内散射 3 次后穿过人员防护门 |
| --- |
| （ |

注：保守取 $A_1=\pi*（1\times\tan15°）^2$m（一次散射在西墙上的照射面积），$A_2=A_3=0.8m\times2.0m$（散射出迷道门的照射面积）；B为透射因子；$E_1$、$E_2$、$E_3$分别为散射后能量。参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录B中表B.2，150kV下铅的什值层为0.96mm，再根据 $B=10^{-X/TVL}$ 计算得到 $B_1$ 值。

表 11-8 人员门外剂量率叠加值

| 探伤机类型 | 泄漏、散射线穿墙、穿门辐射剂量率（μSv/h） | 迷道散射辐射剂量率（μSv/h） | 合计 H（μSv/h） | 剂量率参考控制水平(μSv/h) | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|
| XXH3505P 型周向机 | | | | | 满足 |

**3、天空反散射影响分析**

根据表 11-5，本项目曝光室顶部外 30cm 处辐射剂量率最大为 **1.71E-01μSv/h**，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 **1.71E-01μSv/h**；根据表 11-5，本项目曝光室四周墙外 30cm 处辐射剂量率最大为 **8.71E-03μSv/h**；将二者叠加后剂量率最大为 **1.80E-01μSv/h**，能够满足周围剂量当量率参考控制水平 2.5μSv/h。

**三、电缆沟、通风管道辐射影响分析**

本项目探伤房电缆管道采用 U 型管设计，利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 及γ射线直接照射电缆口，射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-6。X 射线进入电缆管道需至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P193“一般经三次以上散射后γ射线的剂量当量率已降得很低了，实例也证明了这一点。”，本项目探伤房电缆管道设计能够满足辐射防护要求。

图 11-6 本项目探伤房曝光室电缆管道散射示意图

本项目探伤房曝光室西北角设置1个直径φ200mm通风口，本项目探伤房通风管道采用U型管设计，利用散射降低管道口的辐射水平，避免X及γ射线直接照射电缆口，射线进入通风管道后散射示意图如图11-7。X射线进入电缆管道需至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P193“一般经三次以上散射后γ射线的剂量当量率已降得很低了，实例也证明了这一点。”，本项目探伤房通风管道设计能够满足辐射防护要求。



图11-7 本项目曝光室通风管道散射示意图

**四、保护目标有效剂量评估**

参考点的周剂量及年有效剂量水平估算：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \qquad \text{----------（公式9）}$$

式中：$H_c$：参考点的周剂量水平/年剂量水平，μSv/周，μSv/年；

$\dot{H}_{c,d}$：参考点处剂量率，μSv/h；

$t$：探伤装置周/年照射时间，h/周，h/年；

$U$：探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

$T$：人员在相应关注点驻留的居留因子。

**1、辐射工作人员有效剂量估算**

本项目探伤房辐射工作人员的有效剂量贡献值，主要包括三部分：①在从储源坑内提取、归还搬运γ射线探伤机，由于近距离接触γ射线探伤机而受到的有效剂量；②清点检查、贴片、工件摆位、取片期间受到γ射线探伤机辐射影响的有效剂量；③X、γ射线探伤机正常探伤作业时，操作室辐射工作人员受到的经过墙体屏蔽衰减后X、γ射线产生的有效剂量。公司现有10名辐射工作人员，拟从10名辐射工作人员中调配4名工作人员，该4名工作人员负责第五探伤房的探伤工作，曝光室每次只使用1台探伤机。

**①搬运γ射线探伤机时辐射工作人员年有效剂量估算**

本项目配备 4 名辐射工作人员专门负责γ射线探伤作业以及储源坑保管，储源坑正常值班位于公司办公室值班室，距离储源坑超过 50m，储源坑外辐射剂量率经距离衰减已很小了，因此不考虑值班时辐射剂量率影响。

探伤作业时，辐射工作人员由储源坑领取探伤机，放置曝光室内合适位置作业，探伤完成后，搬运回储源坑内储存。根据表 11-1 中的计算结果，$^{75}Se$ γ射线探伤机一般为手提搬运，平均距离γ探伤机距离约 0.5m，此时受到γ射线外照射的空气比释动能率为 70.5μGy/h，探伤机搬运时间按 2min/次、4 次/d、5d/周、250d/年计算，此工作保守按照由 2 名辐射工作人员承担，则每名辐射工作人员周有效剂量最大为 23.5μSv，年有效剂量最大为 1.18mSv。

**②清点检查、贴片、工件摆位、取片时辐射工作人员年有效剂量估算**

辐射工作人员清点检查、贴片、工件摆位、取片时，平均距离探伤机距离约 3m。根据表 11-1，受到 $^{75}Se$ γ射线探伤机外照射的空气比释动能率为 2.43μGy/h，每名辐射工作人员贴片、工件摆位、取片时时间按 5min/次、4 次/d、5d/周、250d/年计算，辐射工作人员周有效剂量最大为 4.05μSv，年有效剂量最大为 0.20mSv。

**③X 探伤机探伤作业检查、贴片、工件摆位、取片时辐射工作人员受到源库影响年有效剂量估算**

根据表 11-2 源库周围最大周围当量剂量率为 8.95E-02μSv/h，每名辐射工作人员贴片、工件摆位、取片时时间按 5min/次、4 次/d、5d/周、250d/年计算，辐射工作人员周有效剂量最大为 1.49E-01μSv，年有效剂量最大为 7.45E-03mSv。

**④X、γ射线探伤机正常曝光时辐射工作人员有效剂量估算**

本项目探伤房辐射工作人员位于操作室进行探伤操作，以此对辐射工作人员有效剂量进行估算。

表 11-9 保护目标辐射影响理论估算结果表

| 位置 | 居留因子 | 操作室处辐射剂量率(μSv/h) | 周剂量估算值(μSv/周) | 年剂量估算值(mSv/年) |
|---|---|---|---|---|
| 操作室 | 1 | | | |
| | 1 | | | |

注：①项目运行后 X 射线探伤机每周开机曝光时间不超过 10h，年曝光总时间不超过 500h。γ射线探伤机每周开机曝光时间不超过 5h，年曝光总时间不超过 250h。

②使用因子取1。

综上，根据①~④的理论计算结果，本项目辐射工作人员周有效剂量最大为27.70μSv，年有效剂量最大为1.39mSv。

**2、周围公众有效剂量估算**

表 11-10 本项目 **X 射线探伤时**保护目标辐射影响理论估算结果表

| 位置 | 居留因子 | 距离(m) | 关注点辐射剂量率(μSv/h) | 周剂量估算值(μSv/周) | 目标管理值(μSv/周) | 年剂量估算值(mSv/年) | 目标管理值(mSv/年) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 0.1（公众） |

注：①本项目 X 射线探伤机周曝光时间最长约为 10h，年工作 50 周，年曝光时间最长为 500h；

②使用因子保守取 1。

表 11-11 本项目**γ射线探伤时**保护目标辐射影响理论估算结果表

| 位置 | 居留因子 | 距离(m) | 关注点辐射剂量率(μSv/h） | 周剂量估算值(μSv/周) | 目标管理值(μSv/周) | 年剂量估算值(mSv/年) | 目标管理值(mSv/年) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 0.1（公众） |

注：①本项目γ射线探伤机周曝光时间最长约为 5h，年工作 50 周，年曝光时间最长为 250h；
②使用因子取 1。

表 11-12 本项目**储源坑**对保护目标辐射影响理论估算结果表

| 位置 | 居留因子 | 距离(m) | 关注点辐射剂量率(μSv/h） | 周剂量估算值(μSv/周) | 目标管理值(μSv/周) | 年剂量估算值(mSv/年) | 目标管理值(mSv/年) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 5 |
| | | | | | | | 0.1（公众） |

注：储源坑周围人员以每日工作 8 小时，每周工作 5 日，年工作 50 周，年工作 2000h 估算；储源坑周围公众无法进入曝光室内，紧邻区域取储源坑墙外剂量率进行估算。

本项目探伤房及储源坑周围人员有效剂量根据以上计算结果进行汇总，辐射工作人员保守按照均受到X、γ射线共同影响来考虑。

表 11-13 本项目保护目标辐射影响理论估算结果表

| 位置 | 周剂量估算值(μSv/周) | 目标管理值(μSv/周) | 年剂量估算值(mSv/年) | 目标管理值(mSv/年) | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 5<br>(工作人员) | 满足 |
| | | | | 0.1<br>（公众) | 满足 |
| | | | | | 满足 |
| | | | | | 满足 |
| | | | | | 满足 |
| | | | | | 满足 |
| | | | | | 满足 |
| | | | | | 满足 |

综上，本项目辐射工作人员及周围公众周有效剂量及年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目年剂量约束值要求。

**五、原有核技术叠加剂量情况**

公司本厂区原有 2 座探伤房，因 3#探伤房距离本项目很远，不考虑本项目与 3#探伤房相互影响，但 4#探伤房位于本项目评价范围内，因此考虑 4#探伤房与本项目的相互影响。

根据表 1-5 个人剂量监测结果，原有辐射工作人员所受年有效剂量最大为 0.2784mSv，本项目辐射工作人员所受年有效剂量最大为 1.56mSv，因此，本项目运行后，受到叠加辐射剂量影响辐射工作人员所受年有效剂量最大为 1.84mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目年剂量约束值要求。

根据 2024 年 10 月 4#探伤房年度检测报告：4#探伤房四周 30cm 处最大剂量率为 0.138μSv/h（每周开机曝光时间最长不超过 10h，年工作 50 周，年开机曝光时间最长不超过 500 小时），4#探伤房公众所受周有效剂量为 1.38μSv/h，年有效剂量为 6.90E-02mSv；本项目周围公众所受周有效剂量为 8.84E-02μSv/h，年有效剂量为 4.42E-03mSv，受到叠加辐射剂量影响周围公众所受周有效剂量为 1.47μSv/h，年有效剂量最大为 7.35E-02mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）及本项目年剂量约束值要求。

**六、探伤设施的退役**

本项目工业探伤设施不再使用，本项目探伤房和X、γ射线探伤机应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）6.3要求实施退役，具体包括以下部分。

（1）有使用价值的γ放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。

（2）掺入贫铀的探伤机屏蔽装置应与γ射线源一样，按照协议规定返回生产单位、原出口方或有资质单位回收处置。

（3）X射线探伤机应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

（4）当所有辐射源从储源坑移走后，建设单位按监管机构要求办理相关手续。

（5）对探伤房、储源坑工作场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

（6）退役完成后清除工作场所所有电离辐射警告标志和安全告知。

**事故影响分析**

本项目X射线探伤机为II类射线装置，γ射线探伤机内放射源为II类放射源。在X、γ射线探伤机探伤过程中，若不采取适当的屏蔽措施，可能对操作的辐射工作人员及周围公众造成放射性损伤，可能会造成意外照射。

**1.X射线探伤机事故类型**

**1.1 本项目运行可能发生的辐射事故：**

1）X射线探伤机在对工件进行曝光的工况下，曝光室门机联锁失效，工作人员误入曝光室；

2）曝光室门机联锁失效，工件门未完全关闭，X射线探伤机在对工件进行曝光的工况下对曝光室周围人员造成意外照射；

3）探伤操作人员未发现曝光室内仍有人员滞留即开始探伤作业，致使人员受到意外照射；

4）X射线探伤机进行检修、维修发生误照射对周围人员造成意外照射；

5）曝光室防护门屏蔽受损有漏射线对周围人员造成意外照射。

**1.2 本项目针对上述可能出现的事故提出预防措施：**

1）误入人员可按下室内紧急停机按钮并通过紧急开门按钮逃离曝光室，辐射工作人员对于人员误入曝光室应及时按下急停按钮，切断X射线探伤机电源，停止探伤机曝光，核算人员误照射剂量，并及时到专业医院就诊检查治疗。

2）辐射工作人员应经常检查门机联锁装置，确保完好。确保在所有防护门关闭后，X射线探伤机才能进行照射；定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，定期对探伤机进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。制定各项管理制度并严格按要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

3）X射线探伤时辐射工作人员应定期使用辐射巡检仪进行巡检（辐射工作人员之一），发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录。

4）对辐射工作人员造成意外照射，应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计，剂量超标则人员应及时调岗，并及时到专业医院就诊检查治疗。

5）建设单位根据本项目完善《操作规程》。凡涉及X射线探伤机操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

6）现有辐射工作人员已通过考核，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

7）公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对探伤机进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前检查探伤室门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测探伤室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行。

**2.γ射线探伤机事故类型**

**2.1 本项目运行可能发生的辐射事故：**

1）γ射线探伤机放射源发生被盗事故，对社会安全及公众人身安全造成严重危害。

2）γ射线探伤机源容器出口安全锁损坏，导致探伤机移动过程放射源移出源容器。

3）γ射线探伤机输源管或控制缆经过挤压、弯曲后不能保持结构完整导致放射源不能在导管内运动，造成卡源事故。

4）在探伤房探伤时放射源源辩脱落，无法收源，对周围人员造成照射。

5）在探伤房探伤结束后未将放射源收回探伤机源容器即收工离开探伤房，对周围人员造成照射。

6）γ射线探伤过程中辐射工作人员或其他人员误留在曝光室内，致使其受到大剂量照射。

7）γ射线探伤过程中因门-机联锁失效、警告灯损坏等原因，工作人员或其他人员误入曝光室使其受到大剂量照射；曝光期间防护门未能完全关闭时，射线泄漏到曝光室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

**2.2 本项目针对上述可能出现的事故提出预防措施：**

1）误入人员可按下室内紧急停机按钮并通过紧急开门按钮逃离曝光室，辐射工作人员对于人员误入曝光室应及时按下急停按钮，回收放射源，核算人员误照射剂量，并及时到专业医院就诊检查治疗。

2）辐射工作人员应经常检查门机联锁装置，确保完好。确保在所有防护门关闭后，γ射线探伤机才能启动出源；每月应对γ射线探伤机进行检查、维护，每3个月应对其性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。

3）γ射线探伤时辐射工作人员应定期使用辐射巡检仪进行巡检（4名辐射工作人员之一），发现异常情况应立即停止将放射源回收至探伤机内，并检查排除异常，并做好记录。

4）源在送出过程中受阻，此时应停止送源，把源收回到机体内，检查输源管连接是否正确、是否损坏，弯曲半径是否过小等；防止卡死现象。源在回收过程中受阻，出现卡死现象，可手动回源；若出现源脱落，无法手动回源，应维护好现场，安排专人看护，禁止人员进入探伤房，及时向领导汇报，并通知生产厂家协助处理。

5）对辐射工作人员造成意外照射，应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计，剂量超标则人员应及时调岗，并及时到专业医院就诊检查治疗。

6）辐射工作人员进出探伤房曝光室时必须佩戴个人剂量计，同时携带个人剂量报警仪和便携式X-γ剂量率仪。

7）建设单位需制定《γ射线探伤机操作规程》。凡涉及对γ射线探伤机进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

8）加强储源坑管理，落实双人双锁制度，由指定工作人员负责储源坑的保管工作，加强源容器出入库登记记录。

9）现有辐射工作人员已通过X射线探伤考核，后续负责γ探伤的4名辐射工作人员在通过伽马射线探伤考核后方能从事γ射线探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

10）γ射线探伤装置的安全使用期限为10年，禁止使用超过10年的γ射线探伤装置。

11）公司在日常工作中应加强辐射安全管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前检查探伤房曝光室门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测探伤室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

# 表 12 辐射安全管理

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应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；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。管理人员考核类型为“辐射安全管理”，无锡金龙石化冶金设备制造有限公司现有辐射相关工作人员 10 人，负责本项目辐射工作人员报考类别为“X 射线探伤”及“伽马射线探伤”。

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司已成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。后期若新增辐射工作人员应在项目运行前自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，然后报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。现有辐射工作人员考核证书有效期届满应重新参加培训通过考核后方能继续从事工作。此外，后续有新任命本项目辐射防护负责人仍需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

**辐射安全管理规章制度**

本项目为扩建项目，公司已开展核技术利用项目，已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了相关辐射安全管理制度。公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。

公司应将本项目纳入日常管理内，公司还应根据本项目情况对相关辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度要点提出如下建议进行完善：

**岗位职责：**完善管理人员、辐射工作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

**操作规程：**明确本项目辐射人员的资质条件要求、补充相关 X、γ射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确探伤装置操作步骤以及作业

过程中必须采取的辐射安全措施。X、γ射线探伤作业时至少2名探伤工作人员同时在场，辐射工作人员必须佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪。γ探伤工作前，辐射工作人员应检查γ探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能，性能完好方能使用。明确γ射线探伤装置每次领用、使用结束、归还和每次发生任何交接时均需对放射源是否在探伤机容器内使用γ辐射测量仪检测进行确认和记录，避免事故发生。探伤作业后γ放射源已完全退回源容器中并放回到储源坑内，储源坑采用双人双锁和监控装置进行24h监控。

**辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是X、γ射线探伤机运行和维修时辐射安全管理。

**设备维修制度：**完善设备检修维护制度，明确本项目X、γ射线探伤机、监测仪器、警示灯、联锁装置等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。每个月对γ射线探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。每次工作前，探伤作业人员应检查安全装置、联锁装置的性能及警告信号、标志的状态。确保辐射巡测仪、个人剂量报警仪等监测仪器必须保持良好工作状态。

**使用登记、台账管理制度：**完善X射线探伤机的领取、归还和登记制度，制定放射源使用登记、台账管理制度，定期进行清点检查。每次领取γ射线探伤机需使用辐射巡测仪进行监测并登记，作业结束后，辐射工作人员必须再次用辐射巡测仪进行监测并登记，确定放射源收回到γ射线探伤机源容器内。定期检查核实时应有2人在场，核实记录应妥善保存，并建立管理档案。

**人员培训计划：**完善人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

**监测方案：**完善监测方案，方案中应明确监测频次和监测项目，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。定期组织对辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立职业健康监护档案。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

**事故应急方案：**依据《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号文）的要求完善事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备、应急演习计划；公司自开展核技术项目以来，尚未发生辐射事故，经常开展辐射事故应急演练；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话。

**放射源更换：**放射源活度不能达到使用要求更换放射源时，按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。同时建设单位向省级生态环境主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，并在转入放射源后20日内将1份上述审批表报送省级生态环境主管部门备案，落实定期监测计划，并进行记录。

公司应完善相关管理制度，并严格按照制度执行，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

**辐射监测**

**1. 监测方案**

1）委托有资质单位定期对探伤房曝光室及储源坑周围环境辐射剂量率进行检测，每年1～2次；

2）委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，个人剂量计定期（不超过3个月）送检，并建立个人剂量档案；发现个人剂量异常的，应对有关人员采取措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境部门、卫生部门调查处理。

3）曝光室内进行探伤作业时公司辐射安全管理人员对探伤房曝光室及储源坑周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

表12-1 监测计划一览表

| 辐射工作场所 | 监测类别 | 监测项目 | 监测频度 | 监测设备 | 监测范围 |
|---|---|---|---|---|---|
| 探伤房曝光室及储源坑 | 年度监测 | X-γ辐射剂量率 | 1次/年 | 便携式X-γ辐射监测仪 | 1）探伤房防护门外、门缝、电缆线/通风管穿墙孔、四侧墙外、操作位等。<br>2）储源坑顶部外及四侧墙外。 |
| | 自主监测 | | 不定期 | | |
| | 验收监测 | | 竣工验收 | | |
| | 个人剂量检测 | 个人剂量当量 | 1次/季度 | 个人剂量计 | 所有辐射工作人员 |

注：验收监测时根据探伤房内配备的风机风量参数和车间内排风状况可知有效通风情况。

**2. 监测仪器**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，使用II类射线装置及II类放射源的单位应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，包括个人剂量报警仪、辐射监测等仪器；公司现已配备1台辐射巡测仪和14台个人剂量报警仪，拟新增配备3台巡测仪。项目运行后公司应定期对探伤房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

表 12-2 监测仪器一览表

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

公司现有10名辐射工作人员，拟从10名辐射工作人员中调配4名工作人员，均已委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并计划定期组织职业健康体检，已为辐射工作人员建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

**辐射事故应急**

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况完善辐射事故应急预案，应急预案内容应包括：

（1）应急机构和职责分工；

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（3）应急演习计划；

（4）辐射事故分级与应急响应措施；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序。

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司依据《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号文）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第18号）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境部

门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

公司应加强辐射安全管理，严格执行相关规章制度，并在实际工作中不断完善X、γ射线探伤相关的操作规程和辐射安全管理制度，同时应加强γ射线探伤的安全管理，每月应对γ射线探伤机进行检查、维护，每3个月应对其性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修；并针对γ射线探伤机可能出现的事故完善切实可靠的辐射事故应急预案，平时工作中还应加强辐射工作人员辐射防护知识的培训，树立辐射安全意识，尽可能避免辐射事故的发生。公司应经常监测探伤房曝光室和储源坑周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全设施有效运转。

# 表13 结论与建议

**结论**

**1.实践正当性**

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司因产品检测需要，拟在三厂的A12车间北部扩建1座X射线探伤房并计划配备6台X射线探伤机和1台$^{75}$Se的γ射线探伤机并对应配备1枚$^{75}$Se放射源（单枚活度为3.7E+12Bq，属II类放射源）对产品进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，探伤机的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

**2.辐射安全与防护分析结论**

**1）选址、布局合理性**

无锡金龙石化冶金设备制造有限公司三厂位于无锡市滨湖区胡埭镇胡埭路18号，三厂东侧为胡埭路，南侧为翠竹路，西侧为建安建筑构件制品公司，北侧从西到东依次为无锡宏邦检测有限公司和无锡经济开发区委员会。

本项目第五探伤房拟建址位于A12车间北部，A12车间东侧为A11车间，西侧为A13车间，南侧、北侧均为厂区道路。本项目第五探伤房（包括曝光室、储源坑及辅房）拟建址东侧隔通道为A11车间，南侧隔通道为A12车间生产区，西侧隔通道为A13车间；北侧隔辅房为厂区道路。本项目探伤房辅房设置有操作室、洗片室及评片办公室，均位于探伤房曝光室北侧，危废库位于A08车间东侧。本项目所在车间为一层建筑，本项目探伤房为一层建筑，上方为车间屋顶（人员无法到达；邻近建筑物不在自辐射源点到顶部内表面边缘所张立体角区域内），下方为土层。本项目曝光室内东北角拟设置1个储源坑用于储存1台γ射线探伤机。

对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》和《无锡市滨湖区生态空间管控区域优化

调整方案》（苏自然资函〔2022〕263号印发），本项目评价范围内不涉及江苏省和无锡市国家级生态保护红线区域、生态空间管控区域。

本项目生态影响评价范围内不涉及《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）中规定的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。

本项目的建设符合江苏省及无锡市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。

本项目探伤房曝光室周围50m范围内无居民区、学校等敏感点，50m范围内涉及无锡金龙石化冶金设备制造有限公司三厂（A10车间、A11车间、A12车间、A13车间、A15车间、厂区道路）及无锡宏邦检测有限公司。本项目周围环境保护目标主要为从事X、γ射线探伤操作的辐射工作人员及周围公众。本项目探伤房选址合理。

本项目探伤房设计有曝光室（含储源坑、迷道）、操作室、洗片室及评片办公室。探伤房曝光室设置有人员门、迷道门及工件门；探伤房外墙无可攀爬的设施，顶部人员不可到达。本项目X射线探伤机储存于探伤房曝光室内，γ射线探伤机储存于储源坑内。本项目工作场所布局设计合理。

**2）辐射防护措施**

本项目探伤房曝光室内部长宽高尺寸为24m×8.1m×11.6m，本项目探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、混凝土屋顶、混凝土工件门、铅迷道门及铅人员门对X射线进行防护。探伤房曝光室四周墙及工件门均为800mm混凝土，顶部为600mm混凝土，迷道内墙及外墙均为800mm混凝土，迷道门内嵌14mm铅板，人员门内嵌14mm铅板。

本项目探伤房曝光室西北角下设置1个直径φ200mm通风口，使用U型过墙方式埋于地坪300mm以下，在曝光室外西北角贴墙设置管道连通到室外，拟安装的轴流风机排风总量约为8000m$^3$/h，探伤作业时全程开启风机，可通过轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物。

本项目探伤房曝光室北墙下设置1个直径φ200mm电缆管道，使用U型过墙方式埋于地坪500mm以下；利用散射降低线缆管道口的辐射水平。

本项目工件门门洞尺寸：7800mm×8000mm，门体尺寸：9000mm×9500mm，左右各覆盖600mm，上下各覆盖750mm。工件门与墙体之间的缝隙宽度为10mm，工件门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的10倍。

本项目人员门及迷道门门洞尺寸：800mm×2000mm，门体尺寸：1000mm×2200mm，左右各覆盖100mm，上下各覆盖100mm。人员门与墙体之间的缝隙宽度为10mm，人员门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的10倍。

本项目储源坑位于曝光室东北角，内部尺寸为：500mm×500mm×500mm，四周采用300mm混凝土，顶部采用长宽为660mm×660mm及内嵌10mmPb的盖板。

**3）辐射安全措施**

本项目探伤房曝光室工件门、迷道门及人员门均拟设置与探伤机高压联动的门-机安全联锁装置，防止人员误入；拟在探伤房曝光室工件门及人员门的门口及内部拟设置带有“预备”“照射”状态的工作指示灯，同时曝光室内外醒目位置拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。照射状态指示装置与探伤装置联锁，以提醒工作人员和其它人员在照射时不要靠近和逗留；门-机联锁装置、声音提示装置工作指示灯应定期检查，确保有效；曝光室工件门、人员门及储源坑盖板处拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明，用于提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；拟在操作台处设置钥匙开关，操作台处、迷道内及曝光室内部四周墙壁上拟设置急停机按钮，且按钮将带有标签，标明使用方法，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。工件门、迷道门及人员门拟设置紧急开门按钮，确保发生事故时，人员能够逃离事故现场。探伤房曝光室拟安装固定式剂量率仪，并与门-机联锁相联系。同时探伤房曝光室内配备监视监控装置，储源坑设置公安联网监控。公司现已配置1台辐射剂量巡测仪和14台个人剂量报警仪，拟新增配备3台巡测仪，用于对瞬时辐射剂量率的实时报警及探伤房周围环境辐射水平监测。以上措施落实后能够满足辐射安全管理的要求。

本项目探伤房曝光室内设置1个储源坑，用于储存本项目1台γ射线探伤机。建设单位将安排安保人员在行政办公楼通过监控值守储源坑，能够确保24h均有人值守，储源坑拟设置双人双锁，储源坑钥匙交由4名辐射工作人员分别分工保管，当需要领取探伤机时，由值班人员呼叫负责钥匙的保管人员来进行开锁；γ射线探伤机出入库时应进行监测并有详细记录。储源坑顶部盖板拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明。

**4）洗片废液及废胶片处置**

本公司已与有资质的单位签订了废显（定）影剂、洗片废液、废胶片处置协议，产生的危废交由该单位处理。

**5）放射源退役处置**

本项目放射源强度低于使用要求时放射源退役，建设单位与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位、原出口方或有资质单位回收处置。

γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限（10年）需报废退役，建设单位与生产销售单位签订返回协议，按照协议规定返回生产单位、原出口方或有资质单位回收处置。

**3.辐射环境影响分析结论**

本项目探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、屋顶、工件门和铅迷道门、人员门对X、γ射线进行防护。经理论预测结果可知，X、γ射线探伤机正常运行时，曝光室表面外30cm处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的辐射剂量率限值要求；储源坑表面外30cm处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的辐射剂量率限值要求。

由预测结果可知，本项目辐射工作人员及周围公众周有效剂量和年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的剂量限值要求和本项目的目标管理值要求。

**4.辐射环境管理**

1) 委托有资质单位每年对本项目探伤房工作场所周围环境辐射水平进行检测。

2) 公司已配备1台辐射剂量巡测仪和14台个人剂量报警仪，拟新增配备3台巡测仪。定期对本项目探伤房工作场所辐射水平进行检测。

3) 现有辐射工作人员已通过X射线探伤考核，后续负责γ探伤的4名辐射工作人员在通过伽马射线探伤考核后方能从事γ射线探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

4）公司已委托有资质单位对现有10名辐射工作人员开展个人剂量检测，所有辐射工作人员均配备个人剂量计，并定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。

5）公司现有辐射工作人员均已进行职业健康体检并定期复检，并建立了辐射工作人员职业健康监护档案。

6）公司已成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前完善相关辐射安全管理制度并严格执行。

**综上所述，无锡金龙石化冶金设备制造有限公司扩建固定式X、γ射线探伤项目符合实践正当化原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，职业人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于"剂量限值"及目标管理值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。**

**建议和承诺**

1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对人员的培训，杜绝麻痹大意思想，避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3）定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到"可以合理达到的尽可能低的水平"。

4）建设单位在获得本项目环评批复后且建成后根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求重新申领辐射安全许可证。

5）根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后3个月内进行竣工环保验收。

6）建设单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求编制评估报告，每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况进行自评估，自评估报告作为年度评估报告附件，于1月31日前一并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

# 表 14 审批

| |
|---|
| 下一级生态环境部门预审意见：<br><br><br><br><br>公　　章<br>经办人<br>年　　月　　日 |
| 审批意见：<br><br><br><br><br>公　　章<br>经办人<br>年　　月　　日 |

# 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

| 项目 | “三同时”措施 | 预期效果 | 预期投资（万元） |
|---|---|---|---|
| 辐射安全管理 | 公司已成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。 | 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》成立安全管理机构。 | / |
| | 管理制度：完善操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度等。 | | / |
| | 现有辐射工作人员已通过 X 射线探伤考核，后续负责γ探伤的 4 名辐射工作人员在通过伽马射线探伤考核后方能从事γ射线探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。（每 5 年考核一次） | 根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，辐射工作人员应持有考核合格证。 | 定期投入（每 5 年） |
| | 辐射工作人员均已佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测（常规监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月。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。） | 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）辐射工作人员正常开展个人剂量监测，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，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。 | 每年投入 |
| | 职业健康体检：已安排定期组织职业健康体检，并按相关要求建立职业健康监护档案。（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。） | 根据《放射工作人员职业健康管理办法》公司应定期组织职业健康体检并建立辐射工作人员职业健康监护档案。 | 至少 2 年投入 |
| 辐射防护措施 | 本项目探伤房曝光室内部长宽高尺寸为 24m×8.1m×11.6m，曝光室通过混凝土墙、混凝土屋顶、工件门和铅迷道门、人员门对射线进行屏蔽。曝光室四周墙及工件门为 800mm 混凝土，屋顶为 600mm 混凝土，迷道门嵌 14mm 铅板，人员门内嵌 14mm 铅板。<br>本项目探伤房曝光室内设置 1 个储源坑用于储存本项目γ射线探伤机。储源坑内部长宽高为 500mm×500mm×500mm，储源坑四周墙均为 300mm 混凝土，上方盖板为内嵌 10mm 铅板。 | 储源坑及曝光室表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）辐射剂量率限值要求。<br>辐射工作人员及公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。（职业人员年有效剂量不超过 5mSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv；职业人员周有效剂量不超过 100μSv；公众周有效剂量不超过 5μSv。）。 | 97 |
| 污染防治措施 | 废气：臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。曝光室内拟设置通风设施，可通过风机将臭氧及氮氧化物抽排出曝光室，能确保每小时有限通风换气次数不小于 3 次。 | 本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物环境影响较小。 | / |
| | 固废：（1）本项目放射源强度低于使用要求时，放射源退役。<br>（2）γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限（10 年）需报废退役。<br>（3）本项目产生的废显（定）影剂，一次、二次清洗废水及废胶片集中暂存危废库后，交给有资质单位处理。<br>（4）三次及以上清洗废水排入城市污水管网。 | （1）建设单位与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。<br>（2）建设单位与生产销售单位签订返回协议，按照协议规定返回生产单位或原出口方。<br>（3）交由有资质单位处理。<br>（4）三次及以上清洗废水排入城市污水管网。 | / |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 辐射安全措施 | 本项目探伤房曝光室工件门、迷道门及人员门均拟设置与探伤机高压联动的门-机安全联锁装置；拟在探伤房曝光室工件门及人员门的门口及内部拟设置带有“预备”“照射”状态的工作指示灯，照射状态指示装置与探伤装置联锁；门-机联锁装置、声音提示装置工作指示灯应定期检查，确保有效；探伤房曝光室工件门及人员门拟设置“当心电离辐射”警告标志；拟在操作台处设置钥匙开关，操作台处、迷道内及曝光室内部四周墙壁上拟设置急停机按钮。工件门、迷道门及人员门拟设置紧急开门按钮。探伤房曝光室拟安装固定式剂量率仪，并与门-机联锁相联系。同时探伤房曝光室内配备监视监控装置。储源坑设置公安联网监控。<br>本项目探伤房曝光室内设置 1 个储源坑，用于储存本项目 1 台γ射线探伤机。建设单位将安排安保人员在行政办公楼通过监控值守储源坑，能够确保 24h 均有人值守，储源坑拟设置双人双锁，储源坑钥匙交由 4 名辐射工作人员分别分工保管，当需要领取探伤机时，由值班人员呼叫负责钥匙的保管人员来进行开锁；γ射线探伤机出入库时应进行监测并有详细记录。储源坑顶部盖板拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明。 | 满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求。 | 2 |
| | 公司现已配备 1 台辐射巡测仪及 14 台个人剂量报警仪，拟新增配备 3 台巡测仪。 | 根据《辐射环境监测技术规范》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》满足工作场所日常监测要求。 | 1 |

以上措施必须在项目运行前落实。