

# 核技术利用建设项目

宁夏朗盛精密制造技术有限公司

新建 RT 探伤室项目

环境影响报告表

建设单位名称：宁夏朗盛精密制造技术有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：吴忠市利通区金积工业园区慈善大道西侧尚  
德路南侧润德路东侧

邮政编码：751102

联系人：苏志超

电子邮箱：609875978@qq.com 联系电话：13895653421

# 目录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 表 1 项目基本情况.....         | 1  |
| 表 2 放射源.....            | 7  |
| 表 3 非密封放射性物质.....       | 7  |
| 表 4 射线装置.....           | 7  |
| 表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）..... | 8  |
| 表 6 评价依据.....           | 9  |
| 表 7 保护目标和评价标准.....      | 11 |
| 表 8 环境质量和辐射现状.....      | 24 |
| 表 9 项目工程分析与源项.....      | 27 |
| 表 10 辐射安全与防护.....       | 35 |
| 表 11 环境影响分析.....        | 43 |
| 表 12 辐射安全管理.....        | 56 |
| 表 13 结论与建议.....         | 60 |
| 附件 1：建设项目环境影响报告委托书      |    |
| 附件 2：本项目辐射现状检测报告        |    |
| 附件 3：工作人员培训证书           |    |

表 1 项目基本情况

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                       |                          |                      |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| 建设项目名称          |                                                                                                                                                                                                                                                                       | 新建 RT 探伤室项目                                                                                                                |                                                                                                                                                                       |                          |                      |
| 建设单位            |                                                                                                                                                                                                                                                                       | 宁夏朗盛精密制造技术有限公司                                                                                                             |                                                                                                                                                                       |                          |                      |
| 法人代表            | 徐红军                                                                                                                                                                                                                                                                   | 联系人                                                                                                                        | 苏志超                                                                                                                                                                   | 联系电话                     | 13895653421          |
| 注册地址            |                                                                                                                                                                                                                                                                       | 吴忠市利通区金积工业园区慈善大道西侧尚德路南侧润德路东侧                                                                                               |                                                                                                                                                                       |                          |                      |
| 项目建设地点          |                                                                                                                                                                                                                                                                       | 吴忠市利通区金积工业园区慈善大道西侧尚德路南侧润德路东侧<br>宁夏朗盛精密制造技术有限公司厂区院内                                                                         |                                                                                                                                                                       |                          |                      |
| 立项审批部门          |                                                                                                                                                                                                                                                                       | 吴忠金积工业园区<br>管委会                                                                                                            | 批准文号                                                                                                                                                                  | 2301-640951-07-01-839009 |                      |
| 建设项目总投资<br>(万元) |                                                                                                                                                                                                                                                                       | 560                                                                                                                        | 项目环保<br>投资<br>(万元)                                                                                                                                                    | 270                      | 投资比例<br>48.2%        |
| 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                     | 约 115 m <sup>2</sup> |
| 应用<br>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 checked="" type="checkbox"/> 使用                                                                                     | <input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类 |                          |                      |
|                 | 非密封放<br>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"/> 甲 <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙                                                                                      |                          |                      |
|                 | 射线装置                                                                                                                                                                                                                                                                  | <input type="checkbox"/> 生产                                                                                                | <input 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 checked="" type="checkbox"/> 使用                                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类                                                                                               |                          |                      |
|                 | <p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位情况</p> <p>宁夏朗盛精密制造技术有限公司前身是吴忠仪表铸造分厂，2004 年 3 月独立注册为具有独立法人资格的专业铸造公司，注册资金 80000 万元，固定资产 30000 万元。公司现占地 500 亩，建筑面积 80000 平方米，拥有现代化的厂房，高端的生产检测设备，完善的质量保证体系。公司目前年生产砂型铸钢件 24000t，以承压类铸件为主导产品。可生产压力等级在 2500 磅/寸 2 以下的各种碳钢、合金钢、不锈钢、超低碳不锈钢、双相</p> |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                       |                          |                      |

钢、镍基合金、镍铬合金、镍铜合金等材质的阀体、泵体和其他各类铸件。铸件广泛用于石油、化工、冶金、电站、煤炭、环保、仪器仪表、建筑工程等行业的机械装备中。产品销售到宁夏、西安、兰州、大连、苏州，并出口到印度、日本、以色列、德国、英国、美国等多个国家和地区。公司以良好的铸件品质，先后向吴忠仪表有限责任公司、兰州高压阀门厂、中国冶金进出口公司、兰州国民油井公司、西安西电公司、大连亿利生进出口有限公司、大连苏尔寿泵及压缩机有限公司、苏州汉姆沃斯公司、日本金子公司、德国阿尔卡公司等国内外多家企业提供铸件，得到了各界客商的一致好评，并与之形成了良好的合作伙伴关系。

#### 1.1.2 目的和任务的由来

宁夏朗盛精密制造技术有限公司为了进一步扩大铸锻产能和适应国内铸锻件行业的发展和紧抓新一轮科技革命和产业变革与我国加快转变经济发展方式形成历史性交汇的机遇期，公司亟需扩大产业规模并提高产品附加值，而现在场地、设备、生产产能、工艺布局和流程很难满足新的市场要求，以高端产品为主导方向，充分把握互联网+技术和中国制造 2025 发展的契机，提出了中国自动化绿色铸锻产业园 RT 探伤室项目。计划购置一台  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  探伤机和两台 X 射线探伤机用于铸件无损检测。

根据《关于发布射线装置分类办法的公告》，本项目使用的 X 线工业探伤设备为 II 类射线装置，本项目  $\gamma$  探伤机拟使用一枚  $^{60}\text{Co}$  密封源，设备型号待定，最大装源活度为  $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，属于 II 类放射源。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 年修改，部令第 47 号）规定，使用 II 类放射源和 II 类射线装置应当组织编制环境影响报告表，并报送宁夏回族自治区生态环境厅审批。

因此，宁夏博尔特医疗测试研究院有限公司（以下简称评价单位）受宁夏朗盛精密制造技术有限公司（以下简称建设单位）的委托，对建设单位新建 RT 探伤室项目进行环境影响评价（详见附件 1）。接到委托后，我司相关人员对现场进行了调查和资料收集工作，并编写完成本项目环境影响评价报告表。

#### 1.1.3 建设内容和规模

本项目的 X 线探伤机及  $\gamma$  探伤机型号及生产厂家待定，故均参考市面上常见探伤设备的最大参数进行分析，X 线探伤机最大管电压为 350kV，管电流为 5mA， $\gamma$  探伤机最大

源活度  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 。根据《关于发布射线装置分类办法的公告》（2017）规定，X射线工业探伤机设备属于Ⅱ类射线装置；根据《放射源分类办法》本项目  $\gamma$  探伤机使用的放射源为Ⅱ类放射源，RT 探伤室建筑面积为  $174\text{ m}^2$ ，储源室位于机房东南侧，建筑面积  $1.5\text{ m}^2$ ，详细信息如表 1-1 所示。

表 1-1 本项目设备详细信息表

| 名称               | 型号 | 参数                                                             | 类别     | 工作场所      |
|------------------|----|----------------------------------------------------------------|--------|-----------|
| X 射线探伤机          | 待定 | 最大管电压：350kV<br>最大管电流：5mA                                       | Ⅱ类     | 新建 RT 探伤室 |
| 固定式 $\gamma$ 探伤机 | 待定 | 使用核素 $^{60}\text{Co}$ ，最大装源活度 $3.7\times 10^{13}\text{Bq}$ ，一枚 | 固定式（F） |           |

1.2 项目周边保护目标

1.2.1 项目选址

宁夏朗盛精密制造技术有限公司位于吴忠市利通区金积工业园区慈善大道西侧尚德路南侧润德路东侧，项目地理位置见图 1-1。



图 1-1 项目地理位置图

1.2.2 项目周边环境关系

本项目新建 RT 探伤室位于建设单位厂区中间位置。四周关系：北侧为动能中心，南

侧为 35kV 降压站，东侧为空地（拟建模样综合厂房），西侧为砂铸综合厂房一，建设单位整体平面布局图及项目周边环境见图 1-2。

### 1.2.3 周边保护目标及选址

本项目为新建项目，新建 RT 探伤室项目位于建设单位中间位置，该项目由一间  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  探伤室和 5 间辅助用房，总占地面积 349.40 m<sup>2</sup>。该项目平面布局图如图 1-3 所示。由图可知，该  $\gamma$  探伤机房西北角工作人员出入口处设置了 L 型迷路，迷路入口处安装 8mmPb 铅防护门，东北角设置了储源库，机房北侧为储片室、控制室、评片室、洗片室、暗室，机房主出入口位于西侧，设置了 130mm 混凝土门做屏蔽防护，机房西侧、南侧、东侧均为厂区空地。距离该项目最近建筑为南侧 35kV 降压站围墙，直线距离 3.5m，其次是北侧动能中心，直线距离 32.29m，西侧最近建筑为砂铸厂房一，直线距离 42.12m，东侧 50m 范围内暂无建筑，建设单位规划建设模样综合厂房，根据规划厂房建成后距离  $\gamma$  探伤室直线距离为 30m。

周围 50m 范围内主要为厂区内建筑或空地，项目用地属于工业用地，周围无环境制约因素。本项目保护目标主要为厂区内工作人员及工作场所周围 50m 范围内的流动人群。

### 1.3 原有核技术利用项目许可情况

宁夏朗盛精密制造技术有限公司在此之前未开展核技术利用活动，暂未取得辐射安全许可证。

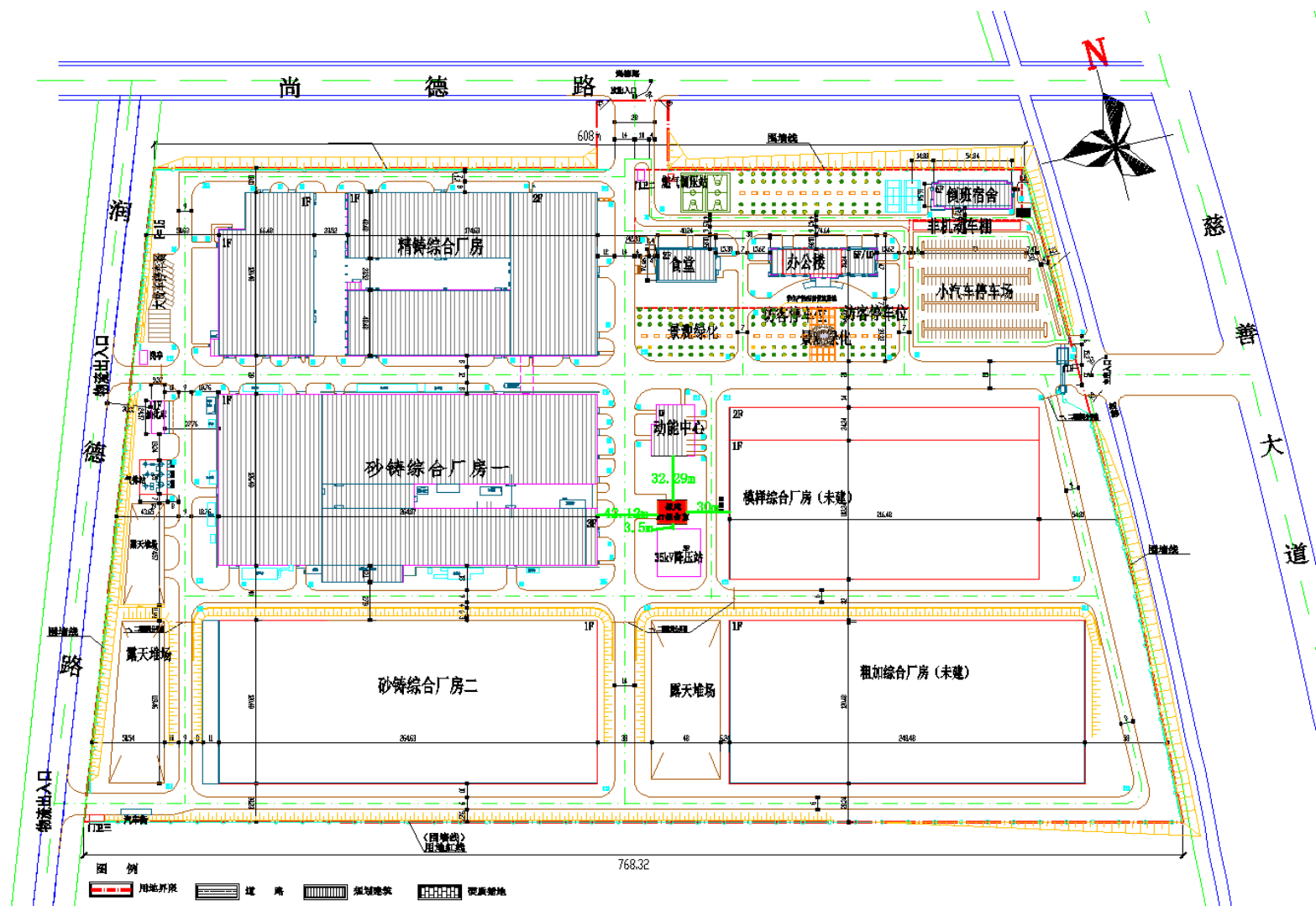


图 1-2 建设单位整体平面布局图及项目周边环境图





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  | <sup>60</sup> Co | 3.7×10 <sup>12</sup> /1 枚  | II 类 | 使用   | 无损检测 | 新建 RT 探伤室 | 放射源在 γ 射线探伤机<br>内，探伤机置于探伤室内<br>储源室中 | /  |

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) | 年最大用量<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<br>粒子 | 最大<br>能量 (MeV) | 额定电流(mA)/<br>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  | 待定 | 350        | 5          | 工业探伤 | RT 探伤室 | /  |

(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                     |
|----------|----|---------------------------------|----|------|---------|-------|---------------|--------------------------|
| 报废或退役放射源 | 固态 | <sup>60</sup> Co                | /  | /    | /       | /     | 储源室内          | 生产厂家回收                   |
| 废显(定)影液  | 液态 | /                               | /  | 20kg | 约 240kg | /     | 集中收集后暂存在废液暂存室 | 收集贮存后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。 |
| 废胶片      | 固态 | /                               | /  | 1kg  | 约 12kg  | /     | 集中收集后暂存废液暂存室  | 收集贮存后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。 |
| 非放射性气体   | 气态 | O <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub> | /  | 少量   | 少量      | /     | 不暂存           | 通过排风口排入外环境或直接排入外环境       |

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<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 法规文件 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订，2015 年 1 月 1 日起施行）；</li> <li>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二十四号，2018 年 12 月 29 日起施行）；</li> <li>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六号，2003 年 10 月 1 日起施行）；</li> <li>4. 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 682 号，2017 年修改，2017 年 10 月 1 日起施行）；</li> <li>5. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）（2021 年 1 月 1 日起施行）；</li> <li>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，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令 第 709 号）修订，（2019 年实施）；</li> <li>7. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 第 31 号公布；根据 2008 年 11 月 21 日环境保护部 2008 年第二次部务会议通过的《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》第一次修正；根据 2017 年 12 月 12 日环境保护部第五次部务会议通过的环境保护部令 第 47 号《环境保护部关于修改部分规章的决定》第二次修正；2019 年 8 月 22 日生态环境部令 第 7 号《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》第三次修正）；</li> <li>8. 《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，2011 年，2011 年 5 月 1 日起施行）；</li> <li>9. 《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部令 第 55 号，2007 年）；</li> <li>10. 《关于发布射线装置分类办法的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日起实施）；</li> <li>11. 《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，2006.9.26）；</li> <li>12. 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，</li> </ol> |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | <p>公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 23 日，2020 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>13. 《生态环境部建设项目环境影响报告书（表）审批程序规定》（生态环境部，部令 14 号，2020 年 11 月 23 日，2021 年 1 月 1 日起实施）；</p> <p>14. 《国家危险废物名录（2021 年版）》（2021 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>15. 《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》（2019 年 2 月 1 日）。</p>                                                                                                                                                                                                          |
| 技术标准 | <p>1. 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）；</p> <p>2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>3. 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）</p> <p>4. 《辐射环境监测技术规范》（HJ61—2021）；</p> <p>5. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>6. 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）；</p> <p>7. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>8. 《密封放射源及密封 <math>\gamma</math> 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ114-2006）；</p> <p>9. 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）；</p> <p>10. 《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序》。</p> |
| 其他   | <p>1. 委托书；</p> <p>2. 建设单位提供图件；</p> <p>3. 建设单位提供的人员信息；</p> <p>4. 建设单位提供的其他信息；</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

表 7 保护目标和评价标准

### 7.1 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格式和内容》（HJ10.1-2016）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”的要求，并结合本项目实际情况，确定本项目辐射评价范围：以新建 RT 探伤机房外 50m 的范围，本项目评价范围见图 7-1 所示。

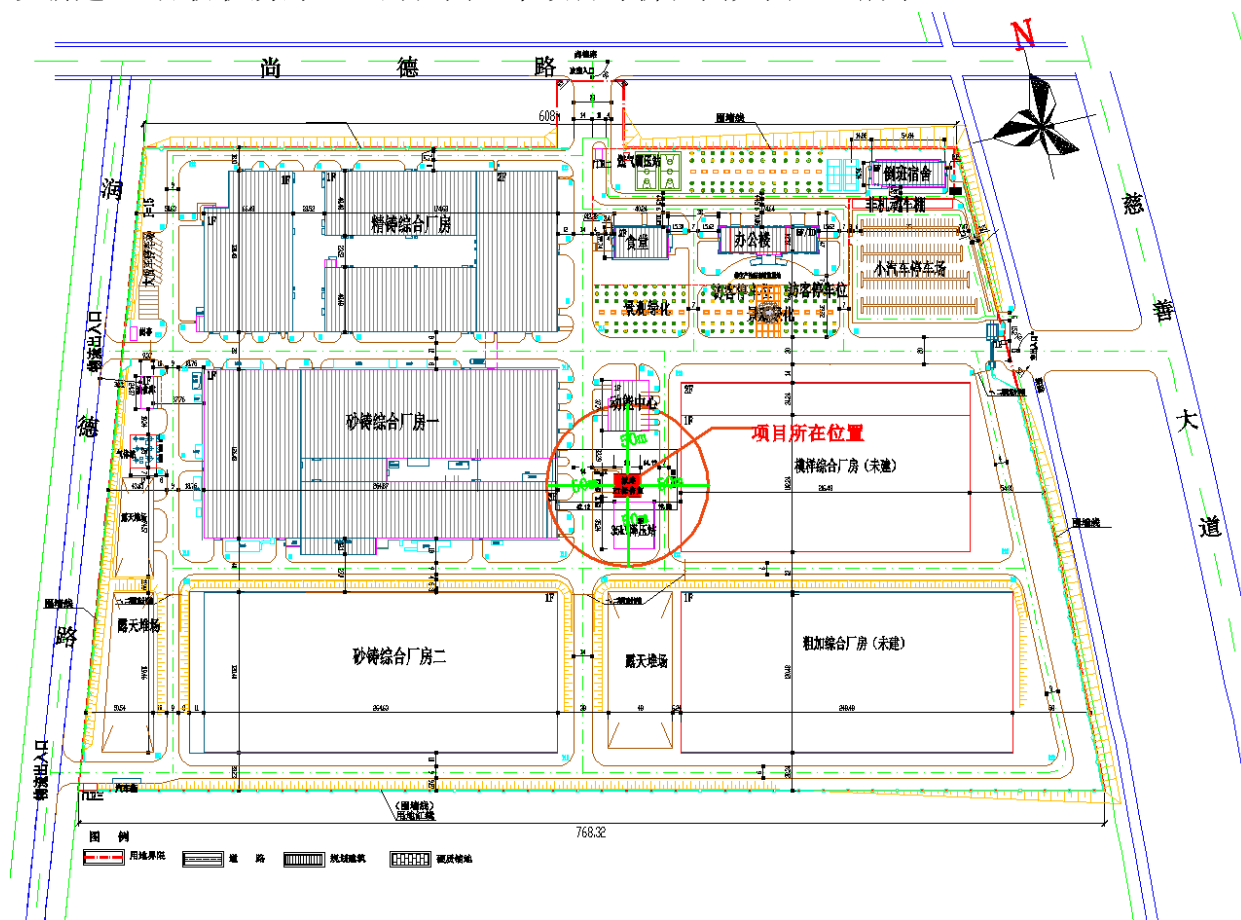


图 7-1 本项目评价范围示意图

## 7.2 保护目标

新建 RT 探伤机房北侧为储片室、控制室、评片室、洗片室及暗室，东侧、西侧、南侧均为厂区内空地，机房周围布局图如图 1-3 所示。50 米范围内建筑为南侧 35kV 降压站、北侧动能中心、西侧砂铸综合厂房一，东侧暂无建筑。结合本评价项目的评价范围，保护目标为该建设单位从事本项目操作的辐射工作人员及周围厂房的工作人员患者，详见表 7-1。

表 7-1 本项目周围 50m 内主要保护目标

| 项目         | 类型   | 保护目标                   | 数量     | 方位 | 距离 (m)    |
|------------|------|------------------------|--------|----|-----------|
| 新建 RT 探伤机房 | 职业人员 | 探伤机操作人员                | 2 人    | 北侧 | 毗邻机房      |
|            | 公众   | 过路行人                   | 流动人员   | 南侧 | 0~3.5     |
|            |      | 35kV 降压站维修人员<br>(偶尔驻留) | 1-2 人  | 南侧 | 3.5~50    |
|            |      | 过路行人                   | 流动人员   | 北侧 | 4.7~32.29 |
|            |      | 动能中心维修人员<br>(偶尔驻留)     | 1-2 人  | 北侧 | 32.29~50  |
|            |      | 过路行人及等候人员              | 流动人员   | 西侧 | 0~42.12   |
|            |      | 砂铸综合厂房工作人员             | 5-10 人 | 西侧 | 42.12~50  |
|            |      | 过路行人(目前)               | 流动人员   | 东侧 | 0~50      |
|            |      | 模样综合厂房工作人员<br>(厂房建成后)  | 5-10 人 | 东侧 | 30~50     |

### 7.3 评价标准

#### 一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

##### 1、防护与安全的最优化

4.3.3.1 条款对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平，这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。

##### 2、剂量限值

###### 2.1 职业照射

①4.3.2.1 条款应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B(标准的附录)中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

②B1.1.1.1 款应对任何工作人员的\*\*职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv(但不可做任何追溯性平均)；

- c) 眼晶体的年当量剂量, 150mSv;
- d) 四肢(手和脚)或皮肤的年当量剂量, 500mSv。

## 2.2 公众照射

B1.2.1 款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:

- ①年有效剂量, 1mSv;
- ②特殊情况下, 若 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;
- ③眼晶体的年当量剂量, 15mSv;
- ④皮肤的年当量剂量, 50mSv。

## 二、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117—2022)

### 4 使用单位放射防护要求

- 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 X 射线探伤机

- 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表 1 的要求, 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 1 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<br>kV | 漏射线所致周围剂量当量率<br>mSv/h |
|-----------|-----------------------|
| <150      | <1                    |
| 150~200   | <2.5                  |
| >200      | <5                    |

#### 5.1.2 工作前检查项目应包括：

- a) 探伤机外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 液体制冷设备是否有渗漏；
- d) 安全联锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

#### 5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录。

### 5.2 $\gamma$ 射线探伤机

#### 5.2.1 源容器及其传输导管

5.2.1.1 当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率应不超过表 2 规定的控制值，随机文件中应有该指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 14058 的要求。

表 2 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

| 探伤机类别 | 探伤机代号 | 最大周围剂量当量率<br>mSv/h |                |
|-------|-------|--------------------|----------------|
|       |       | 离源容器表面 5cm 处       | 离源容器表面 100cm 处 |
| 便携式   | P     | 0.5                | 0.02           |
| 移动式   | M     | 1                  | 0.05           |



|     |   |   |     |
|-----|---|---|-----|
| 固定式 | F | 1 | 0.1 |
|-----|---|---|-----|

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) 检查控制软管末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；
- e) 安全联锁是否工作正常；
- f) 报警设备和警示灯运行是否正常；
- 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。

5.2.2  $\gamma$  射线探伤机的维护

5.2.2.1 应定期对  $\gamma$  射线探伤机中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修  $\gamma$  射线探伤机时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位人员不应单独对探伤机进行维修。

5.2.2.2 应经常对  $\gamma$  射线探伤机的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。

5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。

5.2.3.2 移动式探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源、控制源，应在专用的贮存设施内贮存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕，应进行巡测，确存储安全。

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

- a) 严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志；

b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；

c) 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  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  或者审管部门批准的控制水平；

d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；

e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA1002 的相关要求。

5.2.3.5 使用单位应制定放射源领用及交还制度，建立领用台账，明确放射源的流向，并有专人负责。

5.2.3.6 领用、交还含放射源的源容器时，应对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器应按规定位置存放，领用和交还都应有详细的登记。

5.2.4 放射源的运输和移动

5.2.4.1 放射源的货运运输要求按 GB11806 的规定执行，应满足 A 类与 B 类运输货包要求。在运输过程中，源窗应处于关闭状态，并有专门的锁定装置。

5.2.4.2 含源装置应置于储存设施内运输，只有在合适的源容器内正确锁紧并取出钥匙后方可移动。

5.2.4.3 在不涉及公用道路的厂区内移动时，应使用小型车辆或手推车，使含源装置处于人员监视之下。

5.2.5 废旧放射源的处理

使用单位应与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，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或原出口方。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。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

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。探伤室的屏蔽墙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墙的防护性能。X 射线探伤室的

屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

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  $100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于  $5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

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

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  $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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- $\gamma$  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，包括操作者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- $\gamma$  剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- $\gamma$  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，操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：

a) 有使用价值的  $\gamma$  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，或者按照本标准第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。

b) 掺入贫铀的屏蔽装置应与  $\gamma$  射线源一样对待。

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。

d) 包含低活度  $\gamma$  射线源的管道爬行器，应按照相关要求执行。

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f)清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

g)对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

## 8 放射防护检测

### 8.1 检测的一般要求

#### 8.1.1 检测计划

使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。

#### 8.1.2 检测仪器

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。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

### 8.2 探伤机检测

#### 8.2.1 防护性能检测

##### 8.2.1.1 检测方法

X射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行； $\gamma$ 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T14058 的要求进行。

##### 8.2.1.2 检测周期

使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。

##### 8.2.1.3 结果评价

X射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。 $\gamma$ 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.2.1.1 条的要求

#### 8.2.2 密封放射源泄漏检验

##### 8.2.2.1 检验方法

用滤纸或软质材料蘸取 5%EDTA-Na<sub>2</sub> 溶液或其他去污剂擦拭密封导向管内壁，测量擦

拭物的放射性，如有明显增高（例如 20Bq），应将放射源送回生产厂家进一步检验。

#### 8.2.2.2 检验周期

每年对探伤机放射源传输管道进行放射性污染检验，检查放射源的密封性能。

### 8.3 探伤室放射防护检测

#### 8.3.1 检测条件

检测条件应符合如下要求：

a) X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置，如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。

b)  $\gamma$  射线探伤验收检测时，应在额定装源活度、没有探伤工件、探伤机置于与测试点可能的最近位置进行；常规检测时，按照实际工作状态进行检测。

#### 8.3.2 辐射水平巡测

探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，用便携式 X- $\gamma$  剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意：

a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响；

b) 无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时，应巡测墙上不同位置及门、门四周的辐射水平；探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能，应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。

c) 设有窗户的探伤室，应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平。

#### 8.3.3 辐射水平定点检测

一般情况下应检测以下各点：

a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；

b) 探伤室门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；

c) 探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；

d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个监测点；

e) 人员经常活动地位置；

f) 每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。

#### 8.3.4 检测周期

探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。当  $\gamma$  射线探伤放射源的活度增加时，或者 X 射线探伤机额定电压增大时，应重新测量上述辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。

#### 8.3.5 结果评价

探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求。

### 8.5 放射工作人员个人监测

8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修人员），应按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。

8.5.2 对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。

### 三、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.1.1 探伤室墙和入口处周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平（ $H_c$ ）和导出剂量率参考控制水平（ $\dot{H}_{c,d}$ ）：

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平  $H_c$  如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu Sv/周$ ；

公众： $H_c \leq 5 \mu Sv/周$ 。

2) 相应  $H_c$  的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$ （ $\mu Sv/h$ ）按式（1）计算：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \bullet U \bullet T) \dots \dots \dots (1)$$

式中： $H_c$ ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu Sv/周$ ）；

$U$ ——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；

$t$ ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/周）。

$t$  按式（2）计算：

$$t = \frac{W}{60 \bullet I} \dots\dots\dots (2)$$

$W$ ——X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累计“mA·min”值），  
mA·min/周

60——小时与分钟的转换系数

$I$ ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c, \max}$ ：

$$\dot{H}_{c, \max} = 2.5 \mu \text{ Sv/h}$$

c) 关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ ：

$\dot{H}_c$  为上述 a) 中的  $\dot{H}_{c, d}$  和 b) 中的  $\dot{H}_{c, \max}$  二者的较小值。

### 3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或者探伤室旁邻建筑物在自然辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2 a) 的条件外，应考虑下列情况：

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 3.1.1

c) 的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ （ $\mu \text{ Sv/h}$ ）加以控制。

2) 对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为  $100 \mu \text{ Sv/h}$ 。

## 3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需要考虑进入有用线束区的散射辐射。



3.2.2 散射辐射考虑  $0^{\circ}$  入射探伤工件的  $90^{\circ}$  散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄露辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄露辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（TVL）。

### 3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

## 四、本项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）评价标准，确定本项目的管理目标：

辐射剂量率控制水平：曝光室四周墙及防护门表面外 30cm 处剂量率不超过  $2.5 \mu\text{Sv/h}$

曝光室顶部表面外 30cm 处剂量率不超过  $100 \mu\text{Sv/h}$

辐射剂量控制水平：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  $100 \mu\text{Sv}$ ；

公众周有效剂量不超过  $5 \mu\text{Sv}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置和场所位置

宁夏朗盛精密制造技术有限公司位于吴忠市利通区金积工业园区慈善大道西侧尚德路南侧润德路东侧，新建 RT 探伤室项目位于建设单位中间位置，不新增土地。项目 50m 评价范围内无居民区、学校、具有代表性的各种类型的自然生态系统区域，珍稀、濒危的野生动植物自然分布区域，重要的水源涵养区域以及人文遗迹、古树名木等环境敏感目标，无环境制约因素，选址合理可行。

### 8.2 辐射环境现状监测

#### 8.2.1 监测因子

本项目拟建地环境  $\gamma$  辐射剂量率 (检测报告见附件 2)

#### 8.2.2 监测时间及环境条件

监测时间：2023 年 02 月 02 日

环境条件：环境温度 1.3℃，相对湿度 16.4%RH。

#### 8.2.3 监测方法

本次环境辐射剂量率监测严格按照《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)、《环境辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157—2021)的相关要求进行监测。

#### 8.2.4 监测仪器

辐射环境检测使用的仪器信息详见表 8-1。

表 8-1 本项目辐射环境检测使用的仪器基本信息

|      |                                                                                                                               |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 仪器名称 | 便携式 X、 $\gamma$ 辐射测量仪                                                                                                         |
| 型号   | RJ38-3602F                                                                                                                    |
| 生产厂家 | 上海仁机仪器仪表有限公司                                                                                                                  |
| 参数   | 剂量率：0.01-600.00 $\mu$ Sv/h 累积剂量：0.00 $\mu$ Sv~9999.99 $\mu$ Sv<br>能量范围：30keV~3MeV 能量响应：30keV~3MeV $\leq \pm 30\%$ (相对于 137Cs) |
| 检定信息 | 检定单位：上海市计量检测技术研究院 检定证书编号：2021H21-20-3164059001<br>有效期：2021 年 04 月 06 日~2022 年 04 月 05 日                                       |

#### 8.2.5 质量控制

(1) 监测仪器符合《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)中相关规定，并经过中国计量科学研究院检定，且在有效期内；

(2) 检测仪器符合《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)《环境辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157—2021)中的相关规定，并经过上海市计量测试技术研究院检定，每

次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

(3) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和代表性。

8.2.6 监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021），结合实际情况，主要监测新建 RT 探伤室及周围的辐射环境本底值，本项目监测布点图见图 8-1。

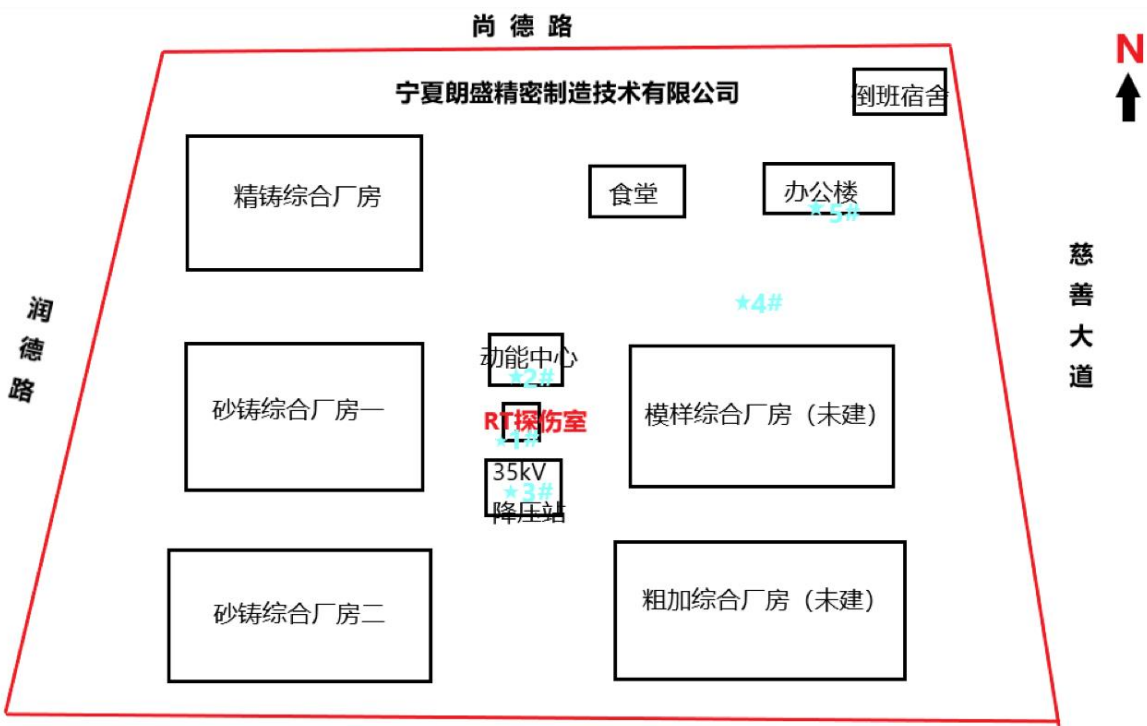


图 8-1 新建 RT 探伤机房开机状况下监测布点图

8.2.7 监测结果

新建 RT 探伤室及周围辐射环境本底监测结果分布见表8-1。

表8-1 新建 RT 探伤机房工作场所辐射水平检测结果

| 检测点编号 | 检测地点            | $\gamma$ 辐射空气比释动能率±标准差 (nGy/h) | $\gamma$ 辐射周围剂量当量率±标准差 (nSv/h) |
|-------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1#    | 拟建 RT 探伤室场址(空地) | $41.4 \pm 1.5$                 | $49.7 \pm 1.5$                 |
| 2#    | 动能中心 (厂房)       | $72.5 \pm 3.2$                 | $87.0 \pm 3.2$                 |
| 3#    | 35kV 降压站 (空地)   | $48.4 \pm 1.9$                 | $58.0 \pm 1.9$                 |
| 4#    | 院内空地            | $42.5 \pm 2.5$                 | $51.0 \pm 2.5$                 |
| 5#    | 办公楼内            | $86.6 \pm 2.3$                 | $103.9 \pm 2.3$                |

注：1. 监测结果已扣除测点处宇宙射线响应值，该仪器在该测量点对宇宙射线的响应值为  $16.94\text{nGy/h}$  (N $37^{\circ}47'27''$ , E $106^{\circ}9'41''$ , 海拔 1210m)；  
2. 取值说明：本项目检测设备校准因子  $K_1=0.95$ , 设备无检验源, 效率因子  $k_2=1$ , 1#、3#、4#点位建筑

物对宇宙射线的屏蔽修正因子  $k_3$  取 1, 2#建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子  $k_3$  取 0.9, 5#点位建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子  $k_3$  取 0.8, 检测仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定辐射源, 换算系数取 1.2Sv/Gy; 3. 每个检测点测量 10 个数据取平均值并计算。

综上: 本项目新建 RT 探伤室周围 1#、3#、4#点位室外监测点位的环境  $\gamma$  辐射剂量率在  $(41.4 \pm 1.5) \text{ nGy/h}$  至  $(48.4 \pm 1.9) \text{ nGy/h}$  之间, 2#和 5#室内监测点位的环境  $\gamma$  辐射剂量率为  $(72.5 \pm 3.2) \text{ nGy/h}$  至  $(86.6 \pm 2.3) \text{ nGy/h}$  之间。根据《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究(1983-1990)》, 宁夏地区的室内  $\gamma$  辐射剂量率水平为 62.3-137.8nGy/h, 宁夏地区的原野  $\gamma$  辐射剂量率水平为 38.8-87.6nGy/h。 , 由此可知项目所在地的环境  $\gamma$  辐射剂量率在当地环境本底水平范围内。

表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备

本项目配备2类探伤机：

1)  $\gamma$  射线探伤机：本项目拟配备一台 $^{60}\text{Co}$ 源探伤机, 型号及参数待定, 故参考市面常用最大参数进行预估, 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 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$  (100Ci)。 $\gamma$  射线探伤机一般由放射源及源容器(贮源容器)、源托、输源管、遥控装置和其他附件组成。



图 9-1 常见 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线探伤机外观图

2) X射线探伤机：本项目拟配备2台X射线探伤机, 型号参数待定, 故参考市面常用最大参数进行预估, 管电压350kV, 管电流5mA。X射线探伤机一般由操纵台、高压发生器和连接电缆组成。

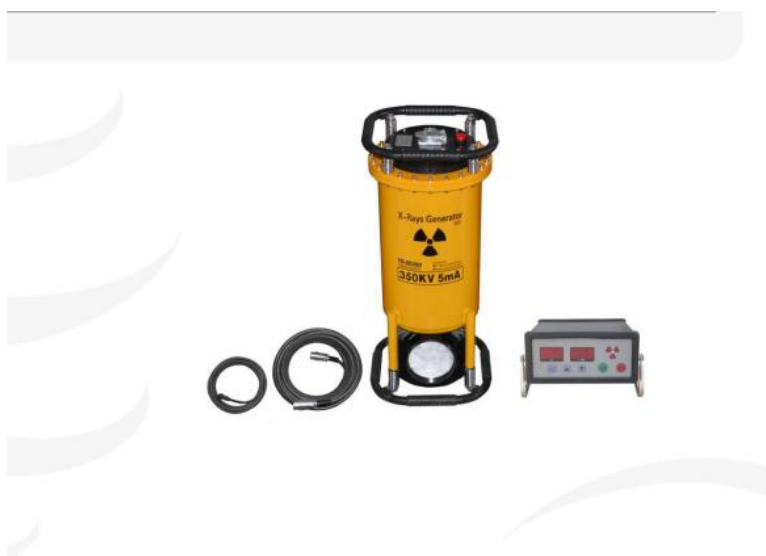


图 9-2 常见 X 射线探伤机外观图

## 9.2 工作原理

### (1) $\gamma$ 射线探伤机工作原理

$\gamma$  射线探伤机在工作过程中通过  $\gamma$  放射源产生的  $\gamma$  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， $\gamma$  射线探伤机据此实现探伤目的。

$\gamma$  射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控装置和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器。其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。源容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆；另一端通过管接头和输源管连接。未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，转动快门环操作偏心轮，使偏心轮中的曝光通道和源通道对直，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端部构成照射头，操作遥控装置将放射源移出源容器至照射头，进行曝光照相检测。 $\gamma$  射线探伤机结构见图 9-3 及图 9-4。

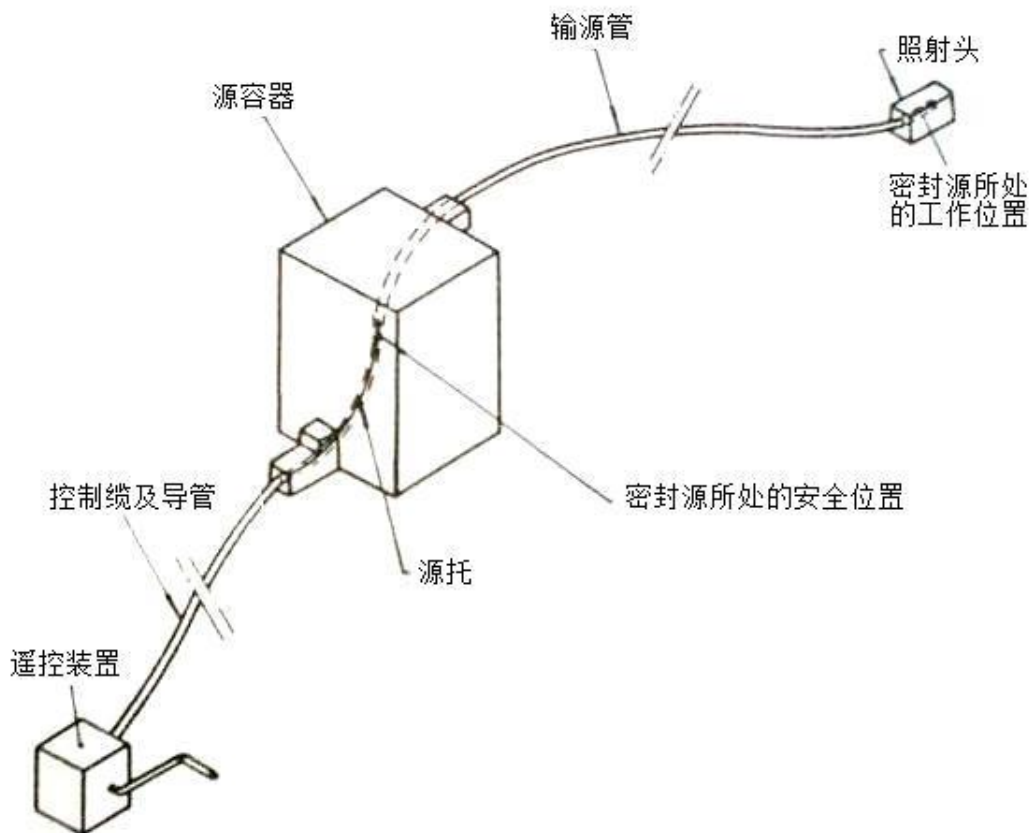


图 9-3  $\gamma$  射线探伤机外部结构示意图

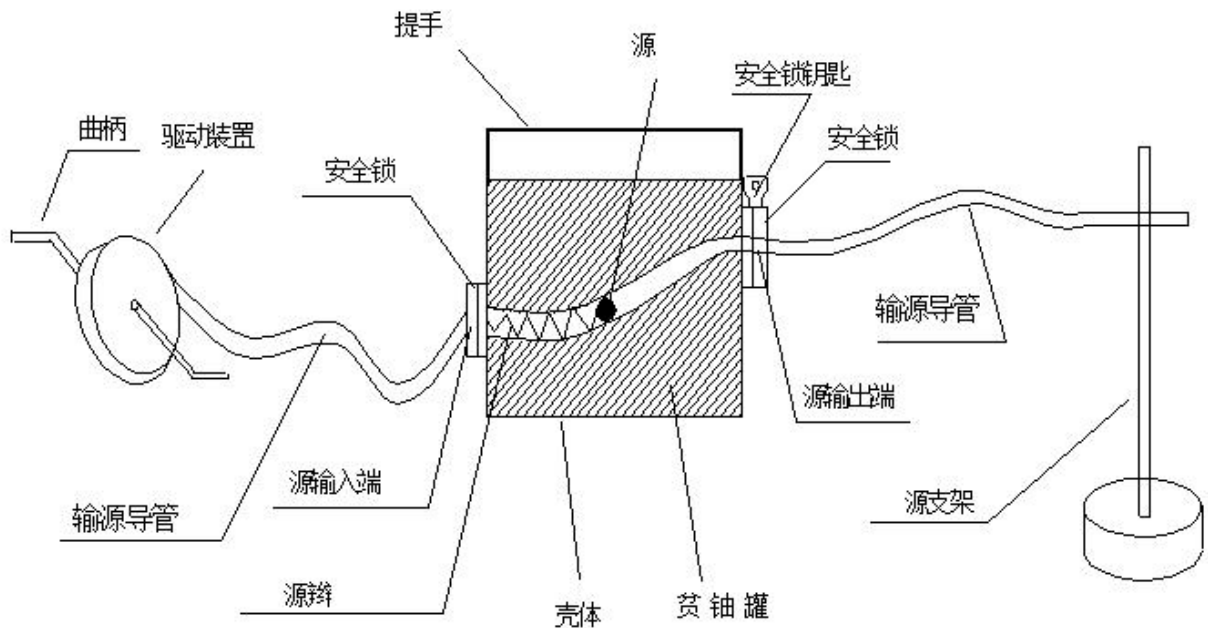


图 9-4  $\gamma$  射线探伤机内部构造示意

X 射线探伤机主要由射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在 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。高速电子与靶物质发生碰撞，就会发生轫致辐射，产生低于入射电子能量的特征 X 射线。其发射率随靶材料原子序数和电子能量的增加而增加。从系统管头组装体窗口发出的 X 射线称为主射束或有用线束；通过管头组装体泄漏出的 X 射线称为泄漏辐射。有用线束和泄漏辐射中，有一部分照射到墙面发生散射，称为散射辐射。通常散射辐射的能量小于泄漏辐射，其在建筑物中的衰减远大于初级 X 射线。

X 射线探伤机是利用 X 射线对物件进行透射拍片的检测装置。通过 X 射线管产生的 X 射线对受检工件焊缝处所贴的 X 线感光片进行照射，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，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，X 射线探伤机就据此实现探伤目的。

### 9.3 工作流程及产污环节分析

#### (1) $\gamma$ 探伤机工作流程及产污环节

1) 在工作之前，首先要做好一切准备工作。检查设备，确定设备各部件无损伤，确定焦点位置，曝光时间，贴好胶片，铺设输源管。在输源管、自动控制仪与探伤机机体连接

之前，用剂量仪检查  $^{60}\text{Co}$  放射源是否在探伤机机体内；并检查探伤机的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等性，办理探伤机出库手续。

- 2) 将被探伤工件通过工件门运至曝光室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；
- 3) 关闭曝光室工件门，从储源室中将  $\gamma$  探伤机用手推车取出，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) 工作人员退出曝光室，关闭曝光室迷道小门；
- 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，工作人员手持辐射剂量报警仪进入曝光室，将  $\gamma$  探伤机控制部件与输源管拆卸后通过手推车放进放射源库，办理探伤机入库手续，关门并由专人保管钥匙；
- 9) 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。

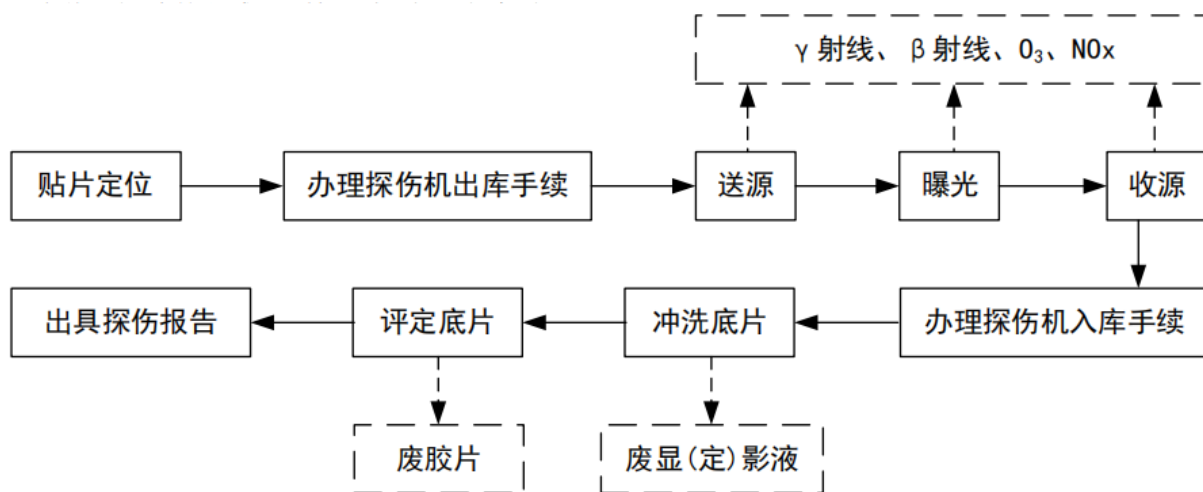


图 9-5 固定式  $\gamma$  射线探伤工作流程及产污环节

#### (1) X 射线探伤工作流程及产污环节

固定式 X 射线探伤时被探伤工件通过防护门运至曝光室内，探伤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) 将被探伤工件运至曝光室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；
- 2) 将 X 射线探伤机放置在合适的位置；
- 3) 检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后探伤工作人员从迷道门离开曝光室，并关



闭工件门及迷道门；

- 4) 探伤工作人员开启 X 射线探伤机进行无损检测；
- 5) 达到预定照射时间和曝光量后关闭 X 射线探伤机，工作人员取下胶片，曝光结束；
- 6) 工作人员对探伤胶片进行洗片、读片、评片，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图 9-6。

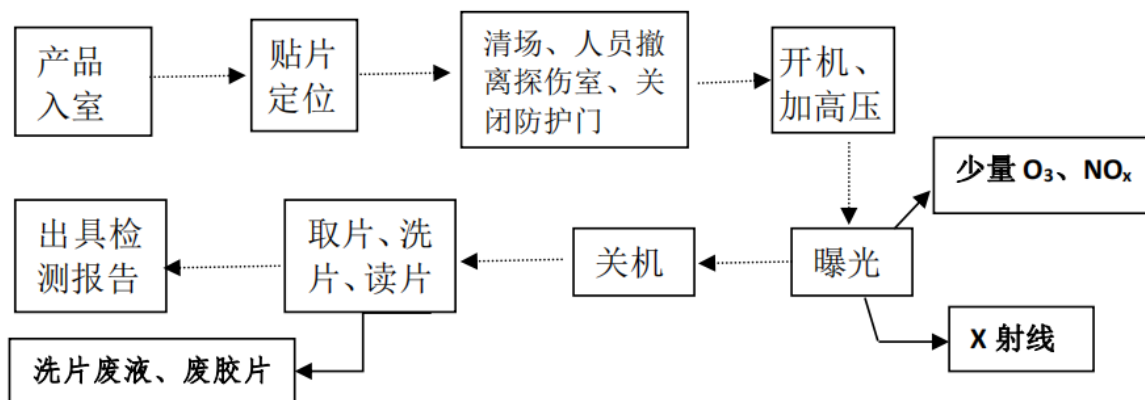


图 9-6 固定式 X 射线探伤工作流程及产污环节

探伤过程中操作人员和探伤工件通道情况如图 9-7 所示

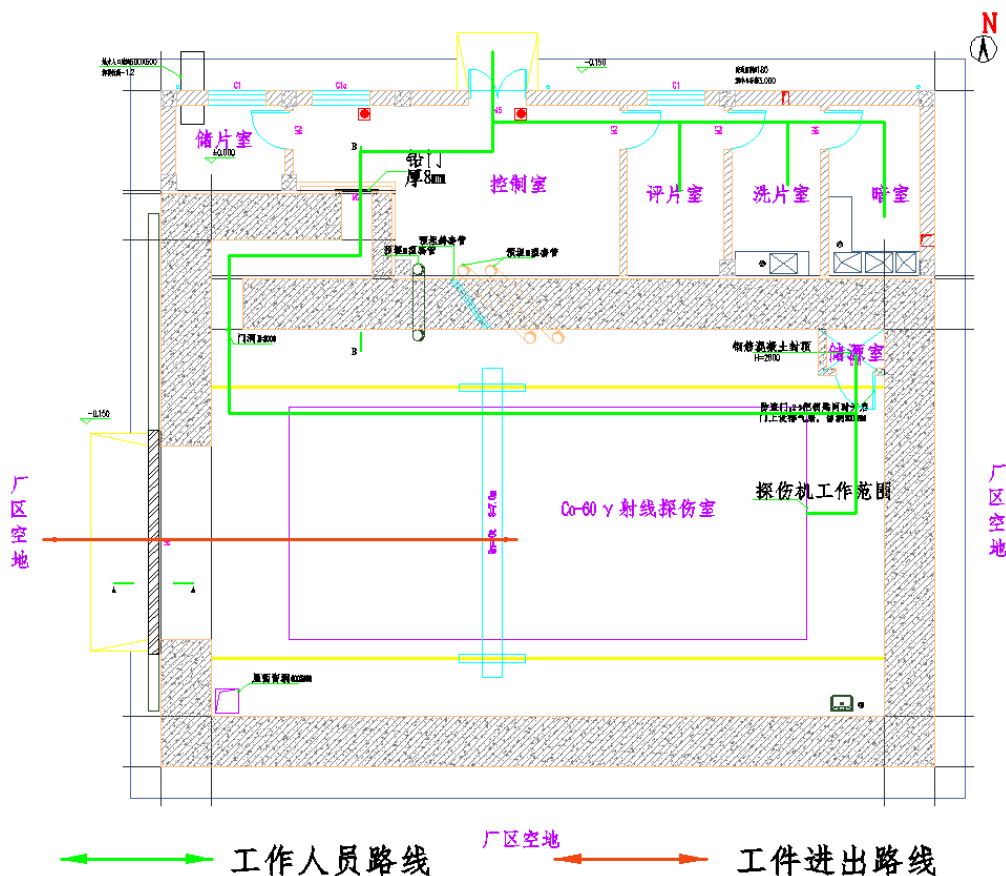


图 9-7 本项目工件及人员通道图

#### 9.4 探伤机工作频次

建设单位拟新增 1 台  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  探伤机和 2 台 X 射线探伤机，并为本项目配备 2 名辐射工作人员，负责探伤作业及放射源暂存库的管理。

根据公司提供的资料， $\gamma$  射线探伤机月累计最多进行 300 次探伤检测、每次探伤检测曝光时间不超过 20min，则该项目  $\gamma$  射线探伤机年累计总曝光时间不超过 72000min(1200h)。

本项目  $\gamma$  射线探伤作业人员每次入库领取、归还  $\gamma$  射线探伤机主机大约需要 10min，每位探伤作业人员领取、归还约 50 次/年，则每名  $\gamma$  射线探伤作业人员在源库内接触放射源时间最长为 8.33h。

每位  $\gamma$  射线探伤作业人员除了  $\gamma$  射线探伤任务，还会接受 X 射线探伤委托，两台 X 射线探伤机月累计最多进行 600 次探伤检测、每次探伤检测曝光时间不超过 5min，则该项目 X 射线探伤机年累计总曝光时间不超过 36000min(600h)

#### 9.5 污染源项描述

##### 1. 污染源项

本项目使用 2 类探伤机：

1)  $\gamma$  射线探伤机：1 台  $^{60}\text{Co}$  源探伤机， $\gamma$  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  $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$  (100Ci)。

本项目用于  $\gamma$  射线探伤的放射源是  $^{60}\text{Co}$ ，放射性同位素辐射特性如下：

- a. 半衰期： $^{60}\text{Co}$  的半衰期为 5.27 年；
- b. 射线种类：主要发射 1.17MeV、1.33MeV 的  $\gamma$  射线和 0.315MeV 的  $\beta$  射线；
- c. 获取途径： $^{59}\text{Co}(\text{n}, \text{r})$ ， $^{59}\text{Co}(\text{d}, \text{p})$
- d. 衰变种类： $\beta^-$  低能射线；
- e. 衰变纲图：衰变纲图见图 9-8。

2) X 射线探伤机：2 台 X 射线探伤机（管电压 350kV，管电流 5mA）。

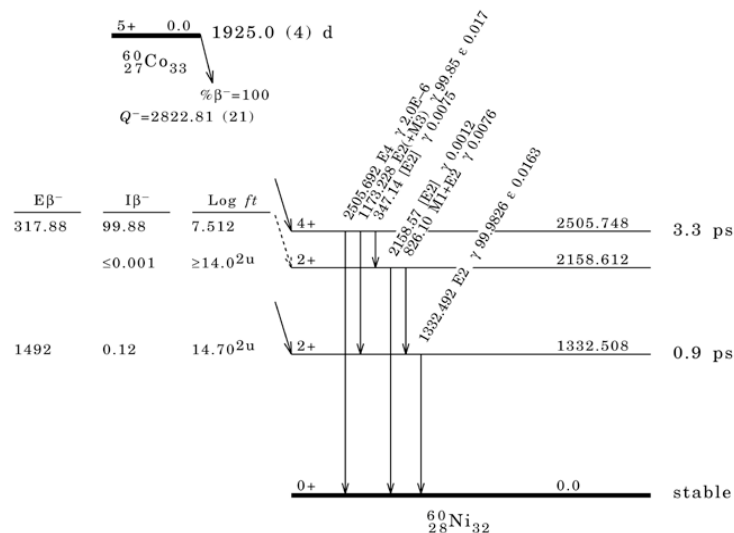


图 9-8  $^{60}\text{Co}$  衰变量纲图

## 2. 辐射污染源分析

### ① $\gamma$ 射线

$\gamma$  射线探伤机利用  $^{60}\text{Co}$  衰变时发射的  $\gamma$  射线， $\gamma$  射线具有较强贯穿能力，因此  $\gamma$  射线探伤机的污染因子是  $\gamma$  射线。放射源在暂存库中有小部分穿过放射源暂存库屏蔽体（包括源库、铅板、屏蔽墙、顶棚）泄漏到工作场所及周围环境中，对周围的工作人员和公众产生  $\gamma$  射线外照射。

### ② X 射线

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。

本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子，污染途径是 X 射线外照射。

### ③ 废旧放射源

公司使用的放射源到一定时间后，不能满足无损检测要求，将退役成为废旧放射源。公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，购源同时与供源单位签订废旧放射源回收协议。

### ④ 臭氧及氮氧化物

本项目放射源暂存库内储存的放射源与空气电离将产生一定量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经放射源暂存库北墙上方的排风口及时排出。现场探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，经空气稀释和自然分解后，对周围环

境影响较小。

⑤废显、定影液及胶片

放射源暂存库内不产生放射性废水和固体废弃物。冲洗胶片过程中会产生一定量的废显、定影液及胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，并无放射性。

### 表 10 辐射安全与防护

## 10.1 项目安全设施

### 10.1.1 工作场所平面布局及分区

本项目新建 RT 探伤室设计有储源室、控制室、储片室、评片室、洗片室、暗室和探伤室，控制室、储片室、评片室、洗片室及暗室均位于探伤室北墙外，储源室位于探伤室东北角，控制室入口处设置了 L 型迷路，本项目探伤房布局设计合理。本项目探伤房平面图及剖面图见图 10-1、图 10-2。

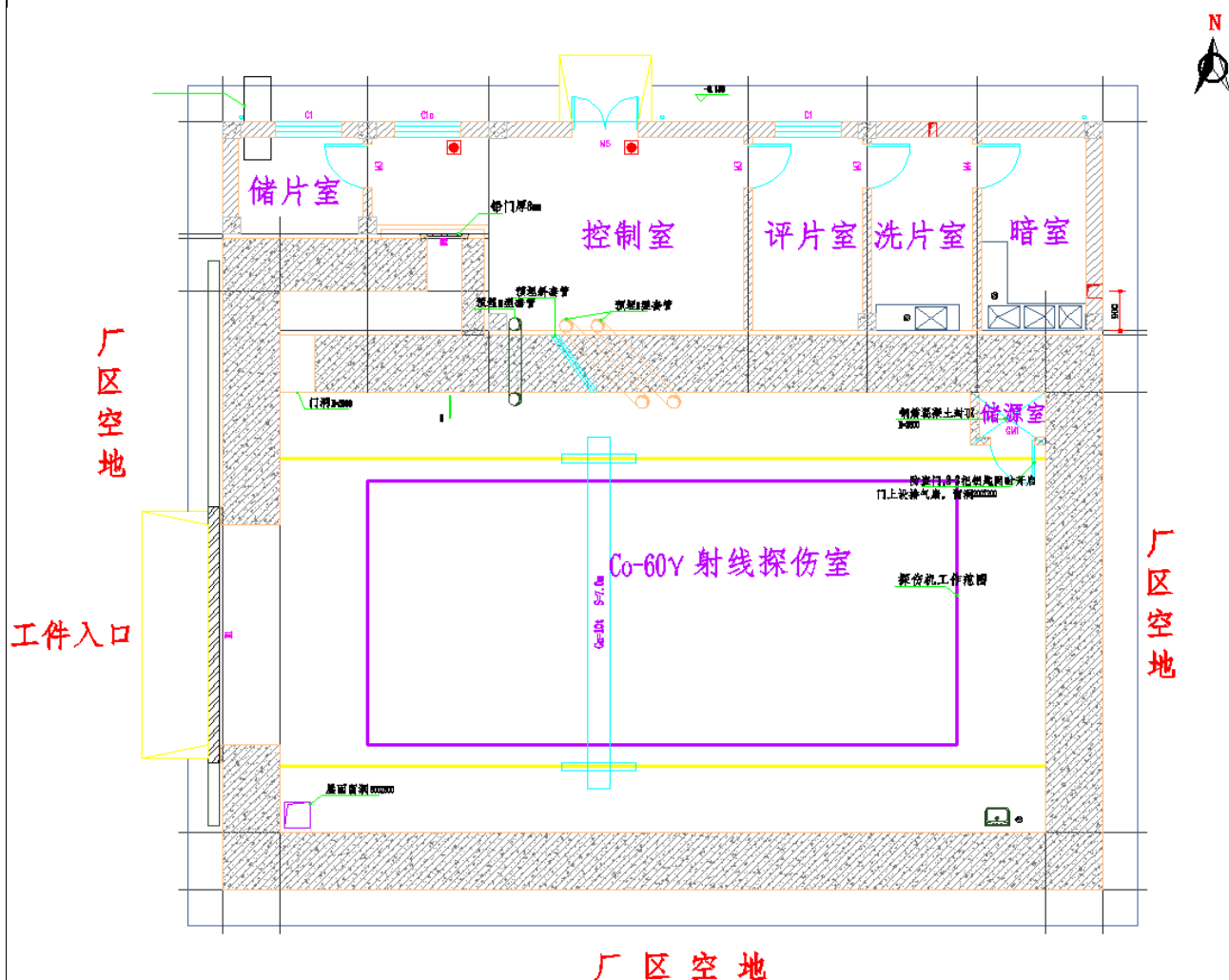


图 10-1 RT 探伤机房平面布局图

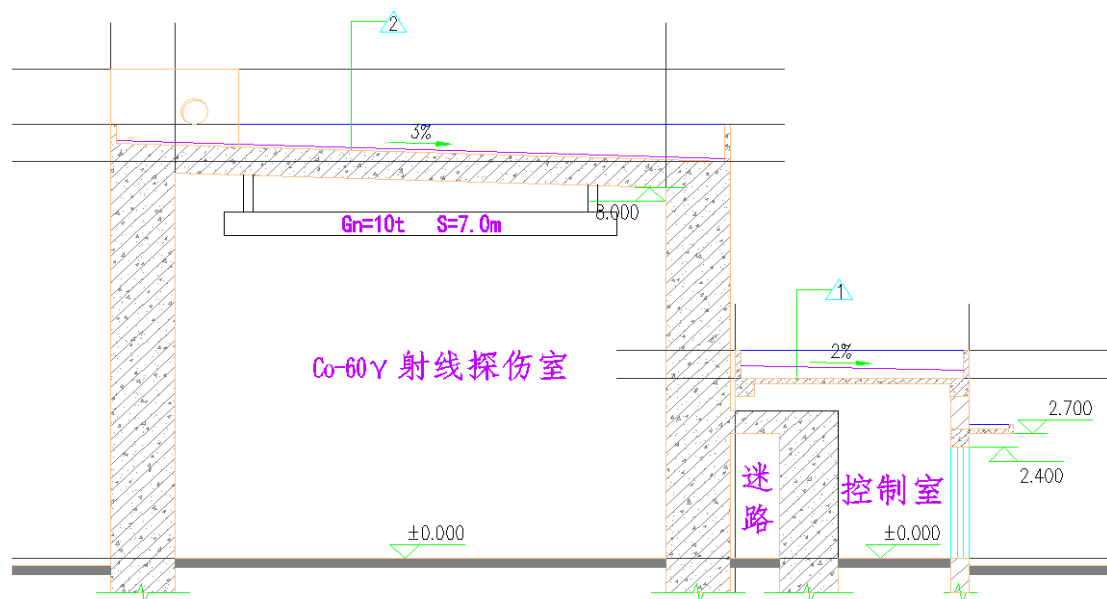


图10-2 RT探伤机房剖面布局图

根据（GB18871-2002）第 6.4 条，放射性工作场所一般应分为控制区和监督区。本项目新建 RT 探伤机房分区见表 10-1 及图 10-3 所示。

表 10-1 新建 RT 探伤机房分区情况表

| 机房名称      | 设备                              | 控制区                            | 监督区                                                |
|-----------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|
| 新建 RT 探伤室 | 1 台 $\gamma$ 探伤机、<br>2 台 X 线探伤机 | 新建 RT 探伤室房内（包括储源室）划为控制区，以墙体为边界 | 除新建 RT 探伤机房外的毗邻的区域，以实体墙、门为边界，包括控制室、储片室、评片室、洗片室及暗室等 |

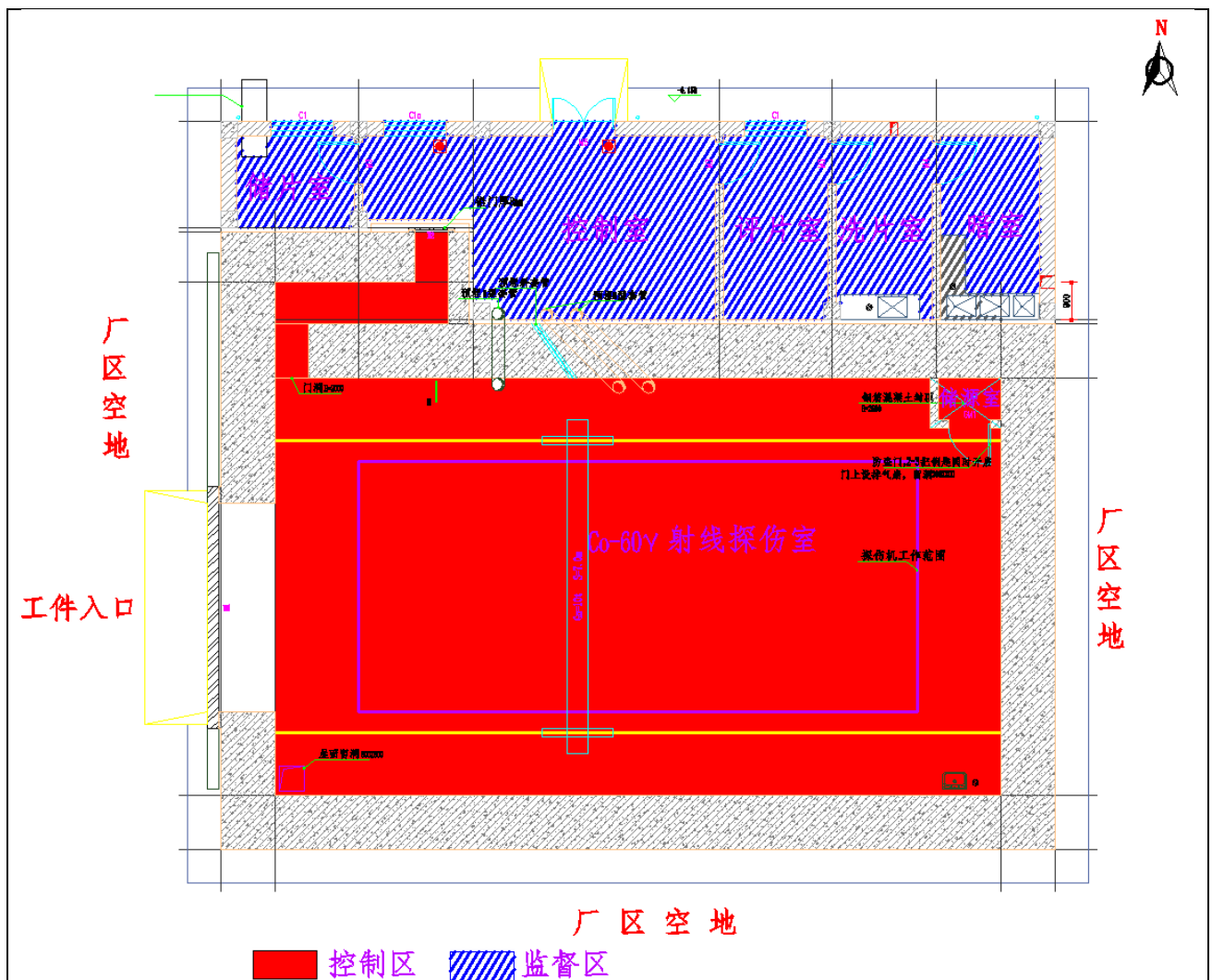


图 10-3 本项目 RT 探伤室分区设计图

根据表 10-1 及图 10-3 所示、本项目辐射防护分区的划分符合《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。

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，项目建设单位应做到：

#### （1）控制区防护手段与安全措施

- ①控制区进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，如图 10-4；
- ②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- ③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；
- ④定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

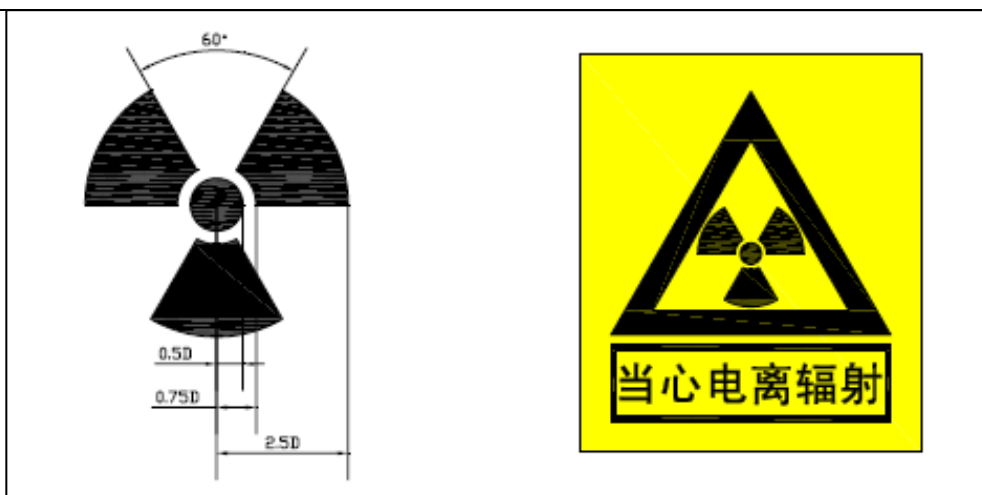


图 10-4 电离辐射标志和电离辐射警示标志

## (2) 监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示作为监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，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。

### 10.1.2 RT 探伤室辐射防护措施

根据建设单位提供的探伤房图纸，本项目探伤室内部净长宽高为 17.4m×10.0m×8.0m。

探伤室防护屏蔽体材料为防护墙为干容重值 2.35g/cm 的混凝土，防护铅门密度为 11.3g/cm 的铅板。施工时应同时考虑大小铅门的安装问题。探伤室大门 5.8m×4.5mm，用 1300mm 的混凝土做屏蔽补充，采用断开平车轨道的钢轨平移门方式，下承重。门下部间隙 <10mm，门洞侧向间隙 <15mm，两侧搭接 300mm，上部搭接 400mm。探伤室小门 1.2×2.2m，Pb8mm，与门洞侧向搭接间隙 <10mm，门下搭接 50mm，两侧搭接 150mm，上部搭接 150mm。探伤室小门 1.2×2.2m，铅当量为 8mmPb，与门洞侧向搭接间隙 <10mm，门下搭接 50mm，两侧搭接 150mm，上部搭接 150mm。

储源室内长宽高为 1.5m×1.0m×2.6m，储源室门为成品钢质防盗平开门，门上设排气扇，留洞 200x200。

探伤房排风口设置在探伤室东南角，进风口位于地面，管道由地面接至屋顶，不破坏屏蔽墙的屏蔽效果，通风口设置机械通风，通风次数不小于 3 次/小时。

本项目探伤室辐射防护措施详见表 10-2 及图 10-5。



表 10-2 探伤房屏蔽设计参数及防护措施设置表

| 防护措施                 | 探伤室                                                                                    | 储源室      |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 东墙                   | 1300mm 砼                                                                               | 1300mm 砼 |
| 西墙                   | 1300mm 砼                                                                               | 200mm 砼  |
| 南墙                   | 1300mm 砼                                                                               | 200mm 砼  |
| 北墙（迷道内墙）             | 1300mm 砼                                                                               | 1300mm 砼 |
| 北墙（迷道外墙）             | 1200mm 砼                                                                               | /        |
| 顶部                   | 400mm 砼                                                                                | 200mm 砼  |
| 工件进出门                | 1300mm 砼                                                                               | /        |
| 迷道门                  | 8mmPb 铅防护电动平开门                                                                         | /        |
| 工作状态指示灯及蜂鸣信号器        | 机房入口处设置了工作状态指示灯与蜂鸣信号器，当探伤设备准备工作时，工作状态指示灯黄灯闪烁，开始探伤时，指示灯红灯闪烁，蜂鸣器开始常鸣，直至探伤结束。             |          |
| 联锁装置                 | 每台探伤机均与机房门设置门机联锁，工件门和工作人员防护门打开时，设备无法启动探伤。                                              |          |
| 紧急停机按钮               | 探伤时北墙设置 3 个紧急停机按钮，南墙设置 2 个紧急停机按钮，控制室门口及操作台均设置了紧急停机按钮，当出现紧急情况时，可通过按下任意一个紧急按钮对探伤机进行紧急停机。 |          |
| 固定式场所辐射报警仪           | 探伤室迷道入口处设置固定式场所辐射报警仪，实时监测机房内辐射剂量，设置合理级联阈值，超过阈值时进行报警。                                   |          |
| 监控设备                 | 探伤室内及探伤室出入口设置了监控摄像头，在控制台设有专门的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。                               |          |
| 通风                   | 机房设置了机械通风装置，排风管道由探伤室顶部引出，每小时通风换气次数不小于 3 次。                                             |          |
| 个人剂量计                | 项目配备两名工作人员均委托宁夏博尔特医疗测试研究院有限公司进行个人剂量监测。                                                 |          |
| 个人剂量报警仪              | 除个人剂量计外，还为每位工作人员配备个人剂量报警仪，进入探伤室时需佩戴个人剂量报警仪。                                            |          |
| 便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪 | 项目为该探伤室配备一台便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪，并制定相关制度定期对探伤室外周围区域的剂量率水平进行检测                           |          |

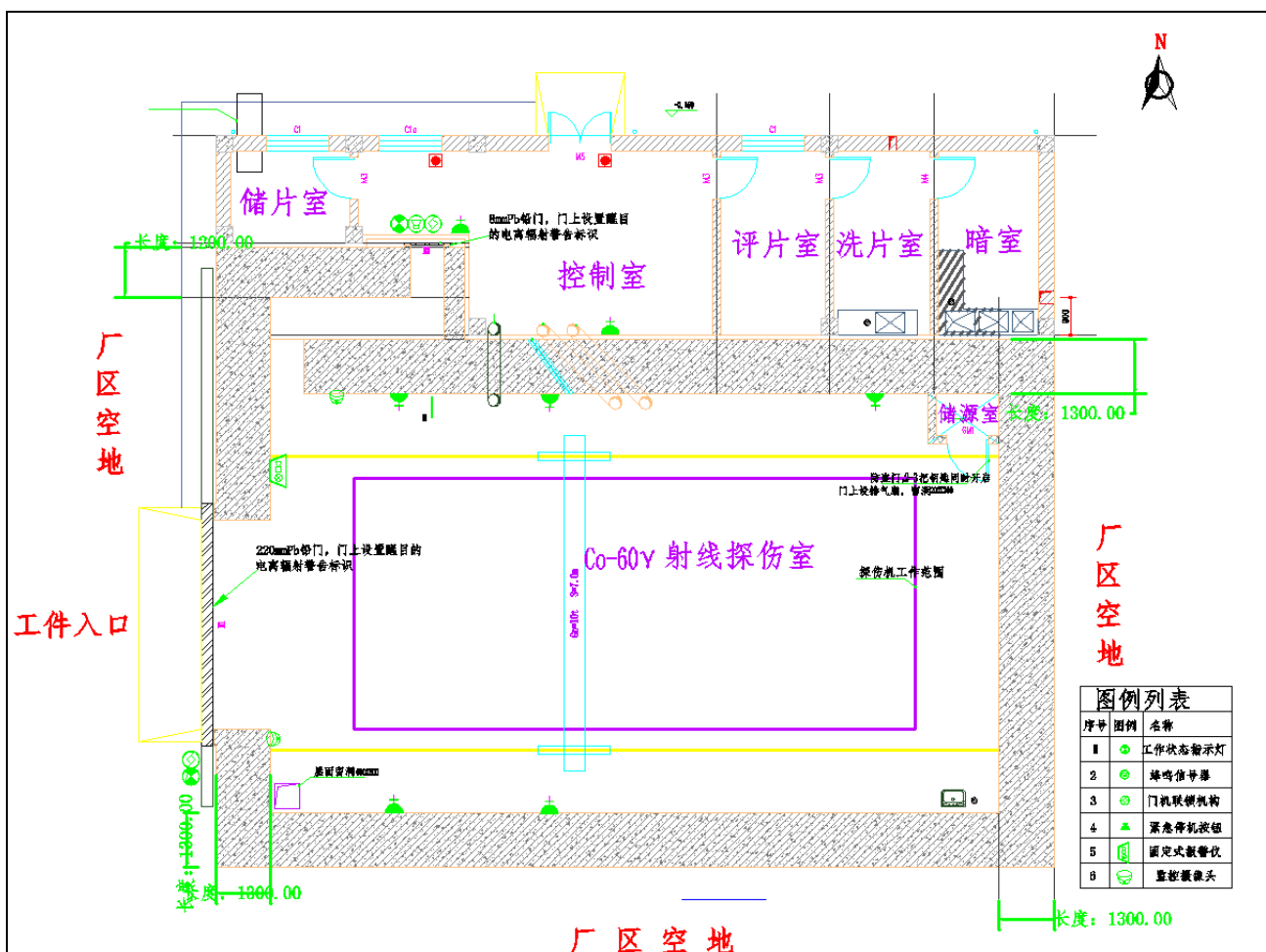


图 10-5 本项目探伤室辐射防护措施

### 10.1.3 本项目探伤房污染防治措施

- 1) 本项目探伤房曝光室工件门及迷道门安装有门机联锁装置，只有在工件门及迷道门完全关闭时 X、 $\gamma$  射线探伤机才能出束照射，当 X、 $\gamma$  射线探伤机正常出束状态下意外打开防护门时，装置应立即停止出束；
- 2) 本项目探伤房曝光室门口设置工作状态指示灯和声音提示装置。工件门外表面设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；
- 3) 本项目探伤房控制台及探伤室内墙壁均设置有紧急停机按钮，并给出清晰的标记和说明。确保出现紧急事故时，能立即停止照射。
- 4) 本项目探伤房内设置通风口，设置机械排风，有效通风换气次数不小于 3 次/小时。
- 5) 本项目探伤房拟将探伤室边界作为本项目的辐射防护控制区边界，将曝光室外控制室及辅房作为本项目的辐射防护监督区边界。
- 6) 本项目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。

7) 探伤房设置专用储源库，用于储存本项目  $\gamma$  射线探伤机；放射源库拟实行双人双锁，并由 2 名工作人员专职负责放射源库的保管工作，放射源出入源库时应进行监测并有详细记录。

8) 公司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。

9) 放射源退役后由供源单位回收。

10) 探伤房配备 1 台辐射巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，辐射工作人员佩戴个人剂量计。

11) 探伤房每次探伤作业均只能使用 1 台探伤设备，不同时使用 2 台及 2 台以上探伤设备。

12) 公司承诺与有废显影、定影废液回收处理资质的单位签订危险废物处置合同，委托其处置探伤过程中产生的洗片废水及废胶片。

13) 探伤室的各项安全措施必须定期检查，并做好记录。

#### 10.1.4 其他：

##### 人员培训

本项目辐射工作人员已在辐射安全与防护培训平台进行学习，通过辐射安全与防护考核，取得相应的培训合格证书，持证上岗。在培训合格证书届满前应及时学习、参加考核，确保持证上岗。**证书详见附件 3**

#### 10.2 三废治理的设施、方案、预期效果

##### 1. 固体废物

本项目  $^{60}\text{Co}$  放射源强度低于使用要求时，放射源退役，放射源由原供源单位回收。本项目探伤洗片会产生一定量的废胶片。该公司承诺与有资质的单位签订回收协议，探伤过程中产生的废胶片集中贮存后交由该单位进行回收处理。

##### 2. 液体废物

本项目探伤洗片会产生一定量的显影、定影废液（含重金属）及少量废胶片属于《国家危险废物名录》中的 HW16 号危险废物；产生的洗片废液及废胶片收集后暂存在探伤房废物暂存室内，该公司承诺与有废显影、定影废液回收处理资质的单位签订显影、定影废液回收

协议，探伤过程中产生的显影、定影废液及废胶片交由该单位进行回收处理。

### 3. 气体废物

X、 $\gamma$  射线探伤机工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，曝光室西南角中部拟设置通风口进行机械排风，通过管道排至曝光室顶部外，通风次数不小于 3 次/h。臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，X、 $\gamma$  射线探伤机运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。

## 10.3 环保措施及其投资估算

本项目总投资 560 万元，环保投资 270 万元，占总投资的 48.21%，环保设施（措施）及其投资估算一览表见表 10-3。

表 10-6 环保设施（措施）及其投资估算一览表

| 环保设施       |            |                           |       | 投资估算<br>（万元） |
|------------|------------|---------------------------|-------|--------------|
| 机房         | 项目         | 名称                        | 数量    |              |
| RT 探<br>伤室 | 屏蔽防护       | 新建 RT 探伤机房满足辐射防护要求的墙体、防护门 | /     | 250          |
|            | 辐射防护<br>措施 | 工作状态指示灯，蜂鸣报警器、门机联锁装置      |       | 16           |
|            |            | 紧急停机按钮                    | 1 套   |              |
|            |            | 固定式剂量报警仪                  | 1 套   |              |
|            |            | 监控设备                      | 各 1 套 |              |
|            | 监测设备       | 便携式 X、 $\gamma$ 辐射监测仪器    | 1 台   | 4            |
|            |            | 个人剂量计（2 枚）                | 2 枚   |              |
| 个人剂量报警仪    |            | 2 台                       |       |              |
| 合计         |            |                           |       | 270          |

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目在建设和安装阶段无辐射产生，对周围环境没有辐射影响。

本次评价项目涉及对新墙体的砌筑、建筑装饰、设备安装等，在项目的建设过程中，应采取污染防治措施，减轻对建设单位及周边地区的环境影响。项目建设期主要的污染因子有：噪声、废水、固体废弃物和扬尘。

#### 1. 声环境影响分析

该评价项目施工期的噪声主要来自场地土建施工、相关设施的安装调试等阶段，但该评价项目的建设工程，影响期短暂，对周围环境影响小，随施工结束而消除，因此，施工在合理安排施工时间，夜间禁止高噪声机械作业后，对周围的影响不大。

#### 2. 环境空气影响分析

在整个施工期，扬尘来自材料搬运、装卸和混凝土浇筑等施工活动，由于扬尘源多且分散，属无组织排放。受施工方式、设备、气候等因素制约，产生的随机性和波动性大。但土建工程结束后即可恢复。

#### 3. 水环境影响分析

本工程施工污水主要来自施工废水。施工废水主要包括砂石料加工水。施工废水含泥沙和悬浮物，直接排出会阻塞排水沟和对附近水体造成污染。对此，施工单位应对施工废水进行妥善处理，在工地适当位置设置简易沉砂池对施工废水进行澄清处理，清水外排，淤泥妥善堆放。

#### 4. 固体废物影响分析

施工期间固体废物主要为建筑垃圾。施工过程中的建筑垃圾和生活垃圾必须集中处理，严禁随意堆放和倾倒。生活垃圾应置于厂区内部垃圾收集箱内，定期由环卫工人送至附近的垃圾中转站。施工期产生的生活垃圾以及装修垃圾均统一收集后交由市政环卫部门处理。

5. 设备安装阶段：本项目探伤机的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁

并派人看守。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装过程中，企业方需及时回收包装材料及其他固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

## 11.2 运行阶段对环境的影响

### 11.2.1 本项目 X 射线探伤机辐射环境影响分析

本项目探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、屋顶和铅防护门对 X 射线进行防护，探伤房内使用 2 台 X 射线探伤机，探伤时只开启其中 1 台进行探伤作业。本项目以所配置最大 X 射线探伤机满功率（350kV，5mA）运行进行理论预测。X 射线探伤机主射线可能朝东墙、南墙、西墙、北墙、屋顶或地面照射，X 射线探伤机年曝光时间最长约为 600h。

预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的计算公式：

#### （一）四周墙壁、屋顶、防护门屏蔽效果预测

四周墙壁、屋顶预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的计算公式：

##### 1) 有用线束屏蔽估算；

$$H = I \cdot H_0 \cdot B / R^2 \quad (\text{式 1})$$

式中：H：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录表 B.1；

B：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录 B.1 曲线；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

##### 2) 参考点的周剂量水平估算；

$$H_c = H_{c,d} \bullet t \bullet U \bullet T \quad (\text{式 } 2)$$

式中：H<sub>c</sub>：参考点的周剂量水平，μSv/周；

H<sub>c,d</sub>：参考点处剂量率，μSv/h；

t：探伤装置周照射时间，h/周；

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。

本项目探伤工件为钢铸件，形状不规则，工件较大不易移动时，需移动探伤机对工件焊缝进行照射，无法避免不向西墙（控制室）照射，公司进行探伤作业时应尽量避免向控制室照射。X 射线探伤机主射线方向可能为四周屏蔽墙、屋顶和地面，探伤室平均每周曝光时间约为 12h，四周墙、防护门及屋顶辐射防护屏蔽预测计算模式采用公式(1)。曝光室周围各关注点处的周剂量控制水平和剂量率理论计算结果见表 11-1。

表 11-1 本项目探伤房四周屏蔽墙、屋顶及工件门屏蔽效果预测表

| 参数  | 等效厚度 (mm) | I (mA) | H <sub>0</sub><br>μSv·m <sup>2</sup> /(mA·h) | B     | R (m) | H (μSv/h) | 剂量率参考<br>控制水平<br>(μSv/h) | 评价 |
|-----|-----------|--------|----------------------------------------------|-------|-------|-----------|--------------------------|----|
| 南墙  | 1300 砼    | 5      | 1.04E+6                                      | 1E-13 | 6.54  | 1.22E-08  | 2.5                      | 满足 |
| 北墙  | 1300 砼    | 5      | 1.04E+6                                      | 1E-13 | 6.66  | 1.30E-08  | 2.5                      | 满足 |
| 东墙  | 1300 砼    | 5      | 1.04E+6                                      | 1E-13 | 10.3  | 4.92E-09  | 2.5                      | 满足 |
| 西墙  | 1300 砼    | 5      | 1.04E+6                                      | 1E-13 | 11.9  | 3.69E-09  | 2.5                      | 满足 |
| 室顶  | 400 砼     | 5      | 1.04E+6                                      | 1E-13 | 8.2   | 7.76      | 100                      | 满足 |
| 工件门 | 1300 砼    | 5      | 1.04E+6                                      | 1E-06 | 10.7  | 4.56E-09  | 2.5                      | 满足 |

注：探伤时曝光室内最多只开启 1 台 X 射线探伤机，工件探伤时正常位于曝光室中央，探伤机正常在工件外对工件进行曝光，工件较大时探伤机可能位于工件内部进行曝光，此情况探伤机距离四周墙最近，探伤机距离东墙约为 10m，西墙约为 11.6m，南墙约为 6.24m，北墙约为 6.36m，离地面 1m，距室顶 7.9m，取墙外 30cm 为关注点。

## （二）迷道散射辐射屏蔽估算

本项目探伤房曝光室采用迷道设计，利用散射降低迷道处的辐射水平，避免 X 射线直接照射迷道入口，探伤室迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-1(图中红线所示)，根据表 11-1 计算结果，迷道口处透射剂量率可忽略不计，仅考虑迷道散射影响。迷道口处的反散射水平可以通过下式进行估算（公式由《辐射防护导论》第六章 6.6 式导出）：

$$H_{L,h} = \frac{F_{j0} \bullet a_{\gamma} \bullet a}{r_i^2 \bullet r_R^2} \bullet \frac{1}{k} \quad (\text{式 } 3)$$

式中： $H_{L,h}$ 为反射点处辐射剂量率，Sv/h

$F_{j0}$ 为辐射源处辐射水平，Gy·m<sup>2</sup>/min

$a_\gamma$ 为反射物的反射系数，取 0.02

$a$ 为射线束在反射物上的投照面积，m<sup>2</sup>

$r_i$ 为辐射源同反射点之间的距离，m

$r_R$ 为反射点到参考点的距离，m

$k$ 为单位换算系数，对于射线源为  $1.67 \times 10^{-2}$

如图 11-1 中所示，X 射线从 A 点经西墙（B 点）处一次散射后到达 C 点，二次散射后到达 D 点，三次散射后到达 E 点，四次散射后到达 F 点，根据公式 3，代入相关参数。

表 11-2 本项目探伤房迷道四次散射辐射剂量率

| $F_{j0}$ (μSv/<br>m <sup>2</sup> /h) | $a_\gamma$ | $a_1$<br>(m <sup>2</sup> ) | $a_2$<br>(m <sup>2</sup> ) | $a_3$<br>(m <sup>2</sup> ) | $a_4$<br>(m <sup>2</sup> ) | $r_{AB}$<br>(m) | $r_{BC}$<br>(m) | $r_{CD}$<br>(m) | $r_{DE}$<br>(m) | $r_{EF}$<br>(m) | $H_{L,h}$<br>(μSv/h) |
|--------------------------------------|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| 5.22E+06                             | 0.02       | 2.6                        | 5.2                        | 7.6                        | 2.3                        | 10.3            | 2.6             | 1.4             | 2.0             | 1.2             | 50.9                 |

注：探伤机可能朝西墙照射， $F_{j0}$ 为有用线束距辐射源点 1m 处的辐射输出量；

$F_{j0}=H0 \cdot I=1.044 \times 10^6 \mu Sv \cdot m^2 / (mA \cdot h) \times 5mA=5.22 \times 10^6 \mu Sv \cdot m^2 / h$ 。

X 射线经二次散射后到达迷道口 F 点处无屏蔽剂量率约为 50.9 μSv/h，F 点射线新建能量根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2 保守取 250kV，铅什值层厚度为 2.9mm，迷道门铅当量为 8mmPb，X 射线经迷道铅防护门屏蔽后到达迷道门外剂量率约为 0.09 μSv/h，小于 2.5 μSv/h，能够满足辐射防护要求。



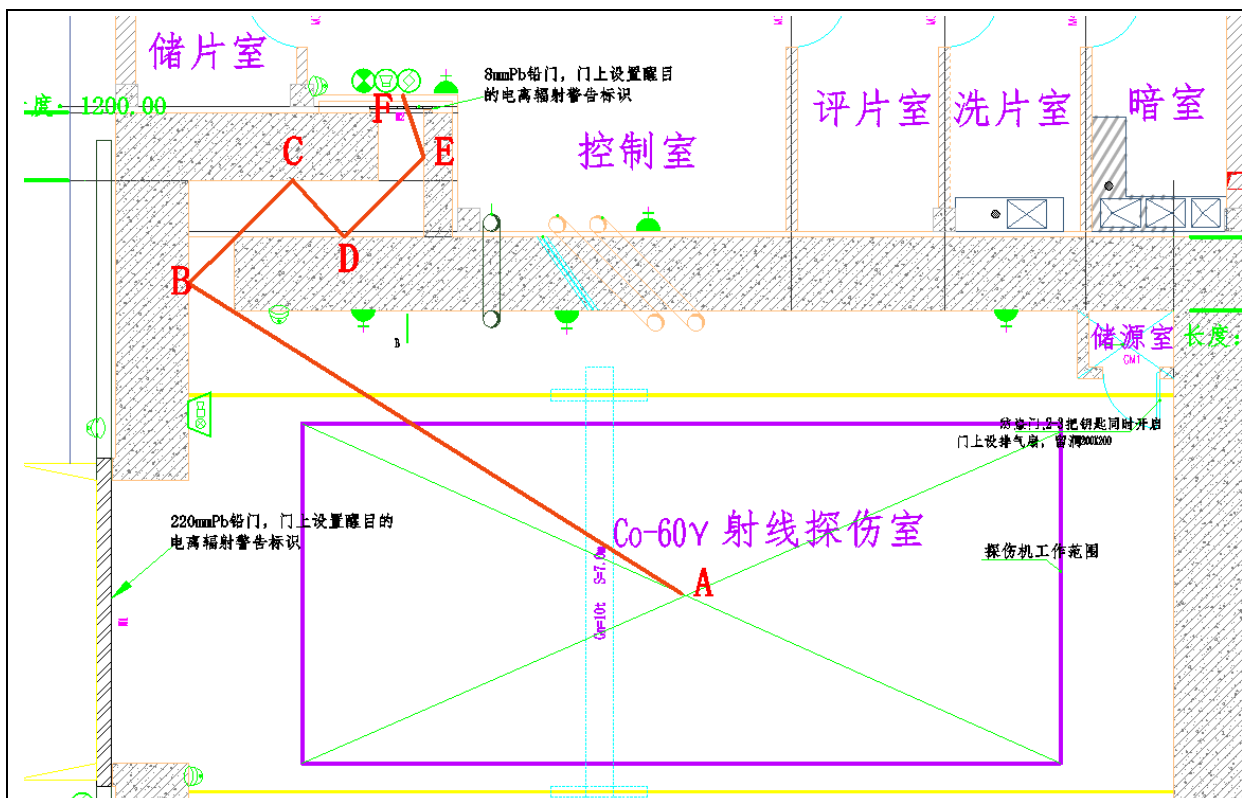


图 11-1 迷道散射示意图

### (三) 预测计算汇总及评价

表 11-3 本项目探伤房曝光室墙、顶、门外辐射影响理论估算结果汇总表

| 位置   | 使用因子 U | 居留因子 T | 剂量率值 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 剂量率控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 周剂量估算值 ( $\mu\text{Sv/周}$ ) | 年剂量估算值 ( $\text{mSv/年}$ ) | 目标管理值 ( $\mu\text{Sv/周}$ ) | 结论 |
|------|--------|--------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----|
| 南墙   | 1/8    | 1/8    | 1.22E-08                  | 2.5                          | 2.29E-09                    | 1.14E-10                  | 5 (公众)                     | 满足 |
| 北墙   | 1/8    | 1      | 1.30E-08                  | 2.5                          | 1.95E-08                    | 9.75E-10                  | 100 (工作人员)                 | 满足 |
| 东墙   | 1/8    | 1/8    | 4.92E-09                  | 2.5                          | 9.23E-10                    | 4.61E-11                  | 5 (公众)                     | 满足 |
| 西墙   | 1/2    | 1/8    | 3.69E-09                  | 2.5                          | 2.77E-09                    | 1.38E-10                  | 5 (公众)                     | 满足 |
| 室顶   | 1/8    | 1/40   | 7.76                      | 100                          | 2.91E-01                    | 1.46E-02                  | /                          | 满足 |
| 工件门  | 1/8    | 1/4    | 4.56E-09                  | 2.5                          | 8.55E-10                    | 4.28E-11                  | 5 (公众)                     | 满足 |
| 控制室门 | 1/8    | 1      | 0.09                      | 2.5                          | 1.50E-01                    | 6.75E-03                  | 100 (工作人员)                 | 满足 |

注：①本项目探伤房 X 射线探伤机周曝光时间约为 12h，年曝光时间约为 600h；

②探伤机主要朝西墙照射，使用因子取 1/2，东、南、北墙、屋顶偶尔照射使用因子取 1/8。

从表 11-1、2、3 中预测结果可以看出，当本项目探伤房以配备管电压管电流最大 X 射线探伤机（管电压为 350kV/管电流为 5mA）满功率运行时，探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外 30cm 处剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考

控制水平要求；人员周受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

### 11.2.2 本项目 $\gamma$ 射线探伤机辐射环境影响分析

本项目探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、屋顶、迷道和铅防护门对  $\gamma$  射线进行防护，探伤房内配备 1 台  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线探伤机，探伤时开启其中 1 台  $\gamma$  射线探伤机进行探伤作业。

#### （一） $\gamma$ 射线探伤机放射源屏蔽状态下辐射影响

当放射源处于  $\gamma$  射线探伤机源容器内时，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2002），F 类探伤机的离源容器表面 5cm 处最大周围剂量当量率  $\leq 1\text{mSv/h}$ ，表面 1m 处最大周围剂量当量率  $\leq 0.1\text{mSv/h}$ 。而空气比释动能率与距离平方成反比，因此根据公式（4）可计算出距离探伤机不同位置处的辐射水平。

$$K_1 = K_0 R_0^2 / R_1^2 \quad (\text{式 4})$$

式中

$K_1$ ：距探伤机表面 R 处的空气比释动能率， $\text{mGy/h}$

$K_0$ ：距离探伤机表面 1m 处的空气比释动能率， $\text{mGy/h}$

$R_0$ ：源容器表面外 1m

$R_1$ ：参考点距容器表面的距离，m

表 11-4 距  $\gamma$  射线探伤机源容器不同距离处的辐射水平估算结果（ $\text{mSv/h}$ ）

| 距离 R (m)                      | 0.15 | 0.2 | 0.4   | 0.6  | 0.8  | 1.0 | 1.2  | 1.4  | 2.0   |
|-------------------------------|------|-----|-------|------|------|-----|------|------|-------|
| 周围剂量当量率<br>( $\text{mSv/h}$ ) | 4.4  | 2.5 | 0.625 | 0.28 | 0.16 | 0.1 | 0.07 | 0.05 | 0.025 |

注：①源贮存位置至源表面距离取 15cm

②Sv 与 Gy 转换因子取 1.0。

通过表 11-4 中计算数据可以看出， $\gamma$  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。

#### （二）放射源库环境影响分析

公司拟在探伤房曝光室内东北角设计建造放射源库，用于贮存本项目  $\gamma$  射线探伤机。

放射源库为混凝土结构，墙厚 20cm。放射源库内长宽高为 1.5×1.0×2.6m，放射源库拟实行双人双锁，并由 2 名辐射工作人员专职负责放射源库的保管工作。

### 放射源库的屏蔽计算

本项目 γ 射线探伤机存储时位于放射源库东北角，根据表 11-4 计算放射源库外辐射剂量率如下表 11-5。

表 11-5 <sup>60</sup>Co 探伤机储存时放射源库外 30cm 处辐射剂量率

| 参数                                                                                                    | 西墙       | 南墙       | 东墙       | 北墙       | 门外       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <sup>60</sup> Co γ 射线探伤机 1m 处 K <sub>1</sub> (mSv/h)                                                  | 0.1      | 0.1      | 0.1      | 0.1      | 0.1      |
| d(m)                                                                                                  | 1.25     | 1        | 2.35     | 2.1      | 0.9      |
| 防护设计厚度 (cm)                                                                                           | 20 砼     | 20 砼     | 130 砼    | 130 砼    | 0        |
| 放射源库外 30cm 处 K (μSv/h)                                                                                | 8.83E+00 | 1.38E+01 | 4.65E-05 | 5.83E-05 | 1.23E+02 |
| 注：① <sup>60</sup> Co 混凝土半值层为 70mm；（取自《工业探伤放射防护标准》GBZ117-2022 表 A.2）；<br>②储源室门为防盗门，未做铅屏蔽防护，故其屏蔽效果忽略不计。 |          |          |          |          |          |

从表 11-5 中预测结果可以看出，本项目放射源库 <sup>60</sup>Co 探伤机储存时源库外 30cm 处最大辐射剂量率为 1.23E+02 μGy/h，本项目储源室位于探伤室内，除正常探伤工作外无其他人员靠近，东墙外及北墙外人员驻留区周围剂量当量率均低于 2.5 μSv/h。

### （三）γ 射线探伤机开机时曝光室屏蔽效果分析

#### （1）曝光室四周屏蔽墙、屋顶及工件门辐射防护性能预测

放射源空气比释动能率公式

$$\dot{K}_0 = A \bullet \Gamma_k / R^2 \quad (\text{式 } 5)$$

$$\dot{K}_1 = \dot{K}_0 / K \quad (\text{式 } 6)$$

公式中：

$\dot{K}$ ：无屏蔽防护时，在距离放射源 r 处的周围剂量当量率

$\dot{K}_0$ ：采取屏蔽措施后在距离放射源 r 处的周围剂量当量率

A：放射源活度，<sup>60</sup>Co 额定装源活度为 3.7×10<sup>12</sup>Bq

$\Gamma_k$ ：周围剂量当量率常数， $\Gamma_k - ^{60}\text{Co} = 0.35 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

r：参考点离放射源的距离

K：减弱倍数，无量纲， $K=2^n$ （n 为半值层数）

本项目 γ 射线探伤机工作时主射线方向为四周屏蔽墙、屋顶、地面，四周墙、防护门及屋顶辐射防护屏蔽预测计算模式采用公式（6）。曝光室周围各关注点处的周剂量控

制水平和剂量率理论计算结果见表 11-1。

表 11-7 本项目曝光室四周屏蔽墙、屋顶及工件门屏蔽效果预测表

| 参数  | 等效厚度 (cm) | $K_0$<br>$\mu\text{Sv/h}$<br>(1m 处) | K                 | $R^*$ (m) | H<br>$\mu\text{Sv/h}$ | 剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|-----|-----------|-------------------------------------|-------------------|-----------|-----------------------|--------------------------------|----|
| 南墙  | 130 砵     | $1.3 \times 10^6$                   | $3.90\text{E}+05$ | 6.54      | $7.80\text{E}-02$     | 2.5                            | 满足 |
| 北墙  | 130 砵     | $1.3 \times 10^6$                   | $3.90\text{E}+05$ | 6.66      | $7.52\text{E}-02$     | 2.5                            | 满足 |
| 东墙  | 130 砵     | $1.3 \times 10^6$                   | $3.90\text{E}+05$ | 10.3      | $3.15\text{E}-02$     | 2.5                            | 满足 |
| 西墙  | 130 砵     | $1.3 \times 10^6$                   | $3.90\text{E}+05$ | 11.9      | $2.36\text{E}-02$     | 2.5                            | 满足 |
| 室顶  | 40 砵      | $1.3 \times 10^6$                   | $3.80\text{E}+02$ | 8.2       | $3.68\text{E}+02$     | /                              | /  |
| 工件门 | 130 砵     | $1.3 \times 10^6$                   | $1.24\text{E}+05$ | 10.7      | $2.91\text{E}-02$     | 2.5                            | 满足 |

1.  $^{60}\text{Co}$  混凝土半值层为 70mm, 铅半值层为 13mm; (取自工业探伤卫生防护标准 GBZ117-2022 表 A.2);

2. 本项目探伤室为单层建筑, 室顶无建筑, 除极特殊情况外无人员驻留。

## (2) 探伤房迷道辐射防护性能预测

如图 11-1 中所示,  $\gamma$  射线从 A 点经西墙 (B 点) 处一次散射后到达 C 点, 二次散射后到达 D 点, 三次散射后到达 E 点, 四次散射后到达 F 点, 根据公式 3, 代入相关参数。

表 11-8 本项目探伤房迷道二次散射辐射剂量率

| $F_{j0}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{m}^2/\text{h}$ ) | $a_\gamma$ | $a_1$<br>( $\text{m}^2$ ) | $a_2$<br>( $\text{m}^2$ ) | $a_3$<br>( $\text{m}^2$ ) | $a_4$<br>( $\text{m}^2$ ) | $r_{AB}$<br>(m) | $r_{BC}$<br>(m) | $r_{CD}$<br>(m) | $r_{DE}$<br>(m) | $r_{EF}$<br>(m) | $H_{L,h}$<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) |
|-------------------------------------------------|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| $1.30\text{E}+06$                               | 0.02       | 2.6                       | 5.2                       | 7.6                       | 2.3                       | 10.3            | 2.6             | 1.4             | 2.0             | 1.2             | $2.10\text{E}-01$                 |

k 为单位换算系数, 对于  $\gamma$  源为  $2.77 \times 10^{-4}$ 。

$\gamma$  射线经二次散射后到达迷道口 F 点处无屏蔽剂量率约为  $0.21 \mu\text{Sv/h}$ ,  $^{60}\text{Co}$  放射源铅半值层厚度为 13mm, 迷道门铅当量为 8mmPb,  $\gamma$  射线经迷道铅防护门屏蔽后到达迷道门外剂量率 S 约为  $0.13 \mu\text{Sv/h}$ , 能够满足辐射防护要求。

综上, 从表 11-4 至 11-8 预测结果可以看出, 当本项目探伤房以配备的  $\gamma$  射线探伤机最大活度 (100Ci) 运行时, 探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外 30cm 处剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

## 11.2.3 探伤房辐射工作人员和公众剂量估算

本项目探伤房配置 2 名辐射工作人员负责所有的探伤作业, 探伤房对工作人员和周围公众受照的有效剂量贡献值分为以下两部分:

第一部分是 X、 $\gamma$  射线探伤机正常探伤作业时, 曝光室周围的辐射工作人员和公众

受到的经过墙体、屋顶和防护门屏蔽衰减后的 X、 $\gamma$  射线产生的照射剂量，本项目 X 射线探伤为 600h， $\gamma$  射线探伤时间为 1200h；

第二部分是辐射工作人员在从放射源库内提取、归还  $\gamma$  射线探伤机以及在  $\gamma$  探伤机摆位过程中，由于近距离接触  $\gamma$  射线探伤机而受到的照射剂量；

第一部分有效剂量估算：

本项目探伤房 X 射线探伤，由表 11-3 知，X 射线探伤项目运行后对辐射工作人员产生的年有效剂量为  $9.75 \times 10^{-10}$  mSv（北墙外）+  $6.75 \times 10^{-3}$  mSv（迷道门外）=  $6.75 \times 10^{-3}$  mSv，公众年有效剂量为  $1.38 \times 10^{-10}$  mSv。

本项目  $\gamma$  射线探伤，辐射工作人员位于西墙外控制室及迷道门外，南墙外 30cm 辐射剂量率为  $7.52 \times 10^{-2}$   $\mu$  Sv/h，迷道门外 30cm 处辐射剂量率为  $2.10 \times 10^{-1}$   $\mu$  Sv/h，年工作时间为 1200h，则辐射工作人员产生的年有效剂量为 0.342mSv（居留因子取 1），探伤房四周墙外最大辐射剂量率为  $7.8 \times 10^{-2}$   $\mu$  Sv/h，公众年有效剂量  $1.17 \times 10^{-2}$  mSv（居留因子取 1/8）。

第二部分有效剂量估算：

从表 11-4 中的计算结果可以看出， $\gamma$  射线探伤机表面处辐射水平较高，但由于每次探伤时搬运时间很短，对工作人员影响较小。而探伤前、后搬运工件及贴取胶片的时间较长，假设工作期间工作人员距离探伤的平均距离为 2m，探伤过程中在曝光室内搬运工件及贴取胶片每年约 200h，探伤前后的源库内办理出入库手续每名  $\gamma$  射线探伤作业人员在源库内接触放射源时间最长为 8.33h，距离约为 1m，根据表 11-4 中估算结果进行估算，工作人员搬运工件及贴取胶片过程中受到的年有效剂量为 1.2mSv，出入库办理过程年有效剂量为 0.83mSv。

表 11-9 探伤房人员年有效剂量估算结果汇总表

| 类别                  | 辐射工作人员（mSv）           | 公众（mSv）                |
|---------------------|-----------------------|------------------------|
| X 射线探伤              | $6.75 \times 10^{-3}$ | $1.38 \times 10^{-10}$ |
| $\gamma$ 射线探伤曝光室四周  | 0.342                 | $1.17 \times 10^{-2}$  |
| $\gamma$ 射线探伤机搬运    | 1.2                   | /                      |
| $\gamma$ 射线探伤机办理出入库 | 0.83                  | /                      |
| 合计                  | 2.38                  | 0.011                  |

由表 11-9 计算结果可知，本项目投入运行后，辐射工作人员年有效剂量最大值为

2.38mSv；公众年有效剂量最大值为 0.011mSv，能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标中对工作人员和公众剂量约束值要求。

### 11.3 事故影响分析

#### 11.3.1 事故类型

本项目 X 射线探伤机只有在开机曝光时才产生 X 射线，因此事故多为开机误照射事故，主要有：

1) 探伤过程中工作人员或其他人员误留在曝光室内，致使其受到大剂量辐射。

2) 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，大量 X 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。

$\gamma$  射线探伤机对环境最大的危害是发生放射源被盗事故，其次是探伤期间造成的误照射事故， $\gamma$  射线探伤可能发生的事故主要有：

1)  $\gamma$  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)  $\gamma$  射线探伤机源容器出口安全锁损坏，导致探伤机移动过程中放射源移出源容器。

3)  $\gamma$  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)  $\gamma$  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。

5)  $\gamma$  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，大量 X 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。

#### 11.3.2 事故处理方法

对于 X 射线探伤辐射事故处理

1) 对于人员误入探伤室应及时按下急停按钮，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探伤房门机联锁装置，确保完好。

3) X 射线探伤时辐射工作人员应使用辐射巡检仪进行巡检，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额外照射，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。

对于  $\gamma$  射线探伤辐射事故处理

1) 对于  $\gamma$  射线探伤机放射源发生被盗事故，公司应第一时间启动应急预案，上报生态环境主管部门、公安部门及卫生部门，并做配合各部门找回放射源。

2) 对于人员误入探伤室应及时按下急停按钮，停止  $\gamma$  射线探伤机曝光，核算人员误照射剂量，并及时到专业医院就诊检查治疗。

3) 辐射工作人员应经常检查探伤房门机联锁装置，确保完好。

4)  $\gamma$  射线探伤时辐射工作人员应使用辐射巡检仪进行巡检，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。

5) 对辐射工作人员造成额外照射，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。

### 11.3.3 事故工况辐射环境影响

X 射线探伤机在断电的情况下不会产生 X 射线，且其开机时每次曝光最大时间一般不会超过 5 分钟，因此，X 射线探伤机的日常存放及使用相对风险较小，本项目主要考虑由  $\gamma$  射线探伤机引起的事故工况，因本项目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，放射源脱落时防护门无法打开，故事故主要为： $\gamma$  射线探伤机整体被盗，含源探伤机在非工作状态时，是处于源容器的屏蔽内，非专用设备无法打开，源容器内有一定厚度的贫化铀作为屏蔽材料，能够保证本项目使用的  $\gamma$  探伤机外表面剂量率不超过 2mSv/h，外表面 5cm 剂量率不超过 1mSv/h，外表面 1m 剂量率不超过 0.1 mSv/h，则接触人员每小时受照剂量最大为 2mSv。

综上所述，本项目一旦发生辐射事故，公司应立即启动企业内部事故应急方案，采取必要防范措施，并在 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》。事故发生后公司积极配合生态环境部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

公司应加强辐射安全管理，在实际工作中不断完善 X、 $\gamma$  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  $\gamma$  射线探伤的安全管理，每月应对  $\gamma$  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  $\gamma$  射线探伤机可能出现的事故完善切实可行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。

对照《关于印发〈关于  $\gamma$  射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8 号）中的相关要求， $\gamma$  射线探伤项目还应做到：

（一）必须取得省级生态环境主管部门颁发的辐射安全许可证。

（二）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。

（三）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。

（四）探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一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。

（五）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。

（六）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  $\gamma$  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，确定放射源回到  $\gamma$  射线探伤机源容器内，将  $\gamma$  射线探伤机放回放射源库。

（七）更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级生态环境主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源。探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起 20 日内，分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级生态环境主管部门备案。

（八）发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。



#### 11.4 放射性三废对环境的影响

##### 1、臭氧及氮氧化物

本项目 RT 探伤室及储源室的放射源与空气电离将产生一定量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经探伤室西南角北方的排风口及时排出，经空气稀释和自然分解后，对周围环境影响较小。

##### 2、废显、定影液及胶片

本项目  $^{60}\text{Co}$  放射源强度低于使用要求时，放射源退役，放射源由原供源单位回收。

本项目探伤洗片会产生一定量的废胶片，该公司承诺与有资质的单位签订回收协议，探伤过程中产生的废胶片集中贮存后交由该单位进行回收处理。放射源暂存库内不产生放射性废水。冲洗胶片过程中会产生一定量的废显、定影液及胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，并无放射性。本项目废显、定影液及胶片处置情况详见表 11-10。

表 11-10 本项目废显、定影液基胶片处置情况表

| 废物名称   | 废物类别        | 行业来源  | 废物代码       | 危险特性 | 废物来源    | 月产生量 | 年产生量  | 排放方式              |
|--------|-------------|-------|------------|------|---------|------|-------|-------------------|
| 废显、定影液 | HW16 感光材料废物 | 非特定行业 | 900-019-16 | T    | 冲洗胶片中产生 | 20kg | 240kg | 与供货厂家签订协议由厂家定期回收。 |
| 废胶片    |             |       |            |      |         | 1kg  | 24kg  |                   |

**表 12 辐射安全管理**

### **12.1 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条例》《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类射线装置及放射源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 名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的培训和考核。

宁夏朗盛精密制造技术有限公司拟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；本项目拟配备 2 名辐射工作人员，公司已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，辐射工作人员报考全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。

### **12.2 辐射安全管理规章制度**

本项目为新建项目，宁夏朗盛精密制造技术有限公司应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》针对本项目制定一系列完善的辐射安全管理制度，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、事故应急制度等，在实际工作中公司还应不断对其进行补充和完善，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制定要点提出如下建议：

**辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X、 $\gamma$  射线探伤机的运行时辐射安全管理。尤其需注意明确规定不可同时使用 2 台及 2 台以上探伤设备，X 射线机不使用时应确保处于关闭、断电状态， $\gamma$  射线探伤机不使用时应确保处于贮存在放射源库内，并实行双人双锁。

**探伤操作规程：**明确探伤工作人员的资质条件要求、X、 $\gamma$  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，重点是明确探伤操作步骤以及探伤过程中必须采取的辐射安全措施。

**设备维修制度：**明确 X、 $\gamma$  射线探伤机辐射监测设备维修计划、维修的记录和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 X、 $\gamma$  射线探伤机、辐射检测仪剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

**岗位职责：**明确管理人员、探伤工作人员、维修人员的岗位责任，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。

**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：**购置辐射监测设备，制定监测方案，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。

**放射源使用登记和台账管理制度：**制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度。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。

**事故应急预案：**针对  $\gamma$  射线探伤机探伤作业及 X 射线探伤作业可能产生的辐射事故完善辐射事故应急预案或应急措施，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，该预案或措施中要明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。

**放射源更换：**放射源活度不能达到使用要求更换放射源时，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。

公司应根据本报告要求制定完善相关管理制度，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。

## 12.3 辐射监测

### 1. 监测方案

1) 委托有资质单位定期对曝光室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；若发现个人剂量有异常的，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环境保护（生态环境）、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曝光室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。

## 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,包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器;公司拟为本项目配备1台辐射剂量巡测仪,2台个人剂量报警仪,探伤房曝光室内配备固定式剂量率仪。项目运行后建设单位应定期对曝光室周围环境辐射水平监测,并做好监测记录。

本项目探伤房拟配备2名辐射工作人员,公司拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量监测,并计划定期组织职业健康体检,拟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。

## 12.4 辐射事故应急

宁夏朗盛精密制造技术有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急预案,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。

建设单位应依据《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)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、公安部门及卫生部门调查事故原因,并做好后续工作。

建设单位应加强管理,严格执行安全操作规程。应经常监测曝光室周围的环境辐射剂量率等,发现问题及时排查,确保辐射工作安全有效运转。

### 12.5 项目竣工环境保护验收管理

本项目应在建成后及时自行进行竣工验收，根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施），本项目竣工后，建设单位应按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对本项目配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。验收合格后，方可投入生产或使用。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

(1) 本项目新建 RT 探伤机房采取的屏蔽设施、防护措施和安全设施符合《工业探伤放射防护标准》(GBZ130-2020)的要求。

(2) 本项目新建 RT 探伤室核技术利用项目位于公司内部,不新增土地。项目 50m 评价范围内无居民区、学校、具有代表性的各种类型的自然生态系统区域,珍稀、濒危的野生动植物自然分布区域,重要的水源涵养区域以及人文遗迹、古树名木等环境敏感目标,选址可行。

13.1.2 环境影响分析结论

本项目配备的探伤机工作人员的估算年有效剂量均低于本项目工作人员年剂量约束值,周围公众估算年有效剂量低于公众成员年剂量约束值,符合《电离辐射防护与辐射源全基本标准》(GB18871-2002)。

13.1.3 辐射环境质量现状

本项目新建 RT 探伤室周围环境  $\gamma$  辐射剂量率在当地环境本底水平范围内。

13.1.4 可行性分析结论

(1) 宁夏朗盛精密制造技术有限公司新建 RT 探伤室项目运行后,促进企业整体发展,为企业带来便利。对工作人员和周围公众成员造成的附加受照剂量符合《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,项目的建设所产生利益远大于其危害,实践具有正当性,符合辐射防护“正当实践”原则。

(2) 本项目属于《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号)中第一类鼓励类中“六、核能:6.同位素、加速器及辐照应用技术开发”和“十四机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”,属于国家鼓励类项目,故符合国家及地方现行产业政策。

综上所述,宁夏朗盛精密制造技术有限公司新建 RT 探伤室项目,采取辐射防护安全措施和设施基本可行,在落实项目实施方案和本报告表提出的污染防治建议的前提下,其运行对周围环境产生的辐射影响可控,符合环境保护的要求。从辐射环境保护角度论证,本项目的运行是可行的。

### 13.2 承诺及建议

(1) 认真落实环评提出的管理措施和辐射防护措施要求，更新完善、补充辐射管理制度；健全辐射管理制度，加强和落实放射防护责任制，明确责任和分工，逐级强化责任，安全责任落实到人；

(2) 建设单位应将辐射事故应急预案装裱上墙，每年至少组织一次预案培训工作，并定期进行应急演练；

(3) 加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施自觉性，杜绝辐射事故的发生；

(4) 定期进行防护安全检查，发现问题及时解决，以防止辐射照射事故发生；

(5) 建设单位应购置 1 台 X- $\gamma$  辐射剂量率监测仪，定期进行放射工作场所的自主监测；

(6) 项目运行过程中，不弄虚作假、不违规操作，严格遵守辐射安全管理规定；

(7) 接受生态环境等其他部门的管理、监督及指导；取得环评报告表批复后，应及时向宁夏回族自治区生态环境厅申请重新办理辐射安全许可证。