核技术利用项目

# 俐玛精密测量技术（苏州）有限公司
# 扩建工业用射线装置及射线球管项目
# 环境影响报告表
# （公示本）

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司

**2026 年 5 月**

生态环境部监制

核技术利用项目

# 俐玛精密测量技术（苏州）有限公司
# 扩建工业用射线装置及射线球管项目
# 环境影响报告表

建设单位名称：俐玛精密测量技术（苏州）有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：江苏省苏州市吴中区甪直镇汇凯路 55 号

邮政编码：[redacted]　　联系人：[redacted]

电子邮箱：[redacted]　　联系电话：[redacted]

# 目 录

表 1 项目基本情况 ..... - 1 -
表 2 放射源 ..... - 8 -
表 3 非密封放射性物质 ..... - 8 -
表 4 射线装置 ..... - 9 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） ..... - 11 -
表 6 评价依据 ..... - 12 -
表 7 保护目标与评价标准 ..... - 15 -
表 8 环境质量和辐射现状 ..... - 20 -
表 9 项目工程分析与源项 ..... - 25 -
表 10 辐射安全与防护 ..... - 47 -
表 11 环境影响分析 ..... - 81 -
表 12 辐射安全管理 ..... - 133 -
表 13 结论与建议 ..... - 138 -
表 14 审批 ..... - 145 -
附图 1 俐玛精密测量技术（苏州）有限公司扩建工业用射线装置及射线球管项目地理位置示意图 ..... - 146 -
附图 2 俐玛精密测量技术（苏州）有限公司周围环境示意图 ..... - 147 -
附图 3 俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产调试车间一楼平面布局示意图 - 148 -
附图 4 俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产调试车间二楼平面布局示意图（改造前） ..... - 149 -
附图 6 俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产调试车间三楼平面布局示意图 - 151 -
附图 7 工业探伤用加速器机房屏蔽设计示意图 ..... - 152 -
附件 1 委托书 ..... - 153 -
附件 2 射线装置使用承诺书 ..... - 154 -
附件 3 辐射安全许可证 ..... - 156 -
附件 4 投资项目备案证 ..... - 163 -
附件 5 辐射环境本底监测报告及监测单位资质 ..... - 164 -
附件 6 公司 1#调试区、2#调试区原有环评及验收材料 ..... - 175 -

附件 7 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书 ..... - 182 -
附件 8 建设单位营业执照 ..... - 187 -
附件 9 专家评审意见 ..... - 188 -
附件 10 专家意见修改清单 ..... - 195 -

## 表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">扩建工业用射线装置及射线球管项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">俐玛精密测量技术（苏州）有限公司<br>（统一社会信用代码：91320506MA1URHJA2J）</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>[redacted]</td><td>联系人</td><td>[redacted]</td><td>联系电话</td><td colspan="2">[redacted]</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">江苏省苏州市吴中区甪直镇汇凯路 55 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">江苏省苏州市吴中区甪直镇汇凯路 55 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">苏州市吴中区甪直镇人民政府</td><td>批准文号</td><td colspan="3">[redacted]</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>[redacted]</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>[redacted]</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">[redacted]</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☐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 用放射性物质</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**

**一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来**

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司（以下简称“公司”）是一家集研发、生产销售、服务为一体的高科技研发生产企业，注册地址位于江苏省苏州市吴中区甪直镇汇凯路 55 号。公司产品主要有：智能三维 CT 测量设备、X-ray 平面测量设备、光学轮廓成像测量设备、高端光学传感器等。公司产品中使用的射线管均为进口德国产品，

并通过滨松光子学商贸（中国）有限公司和丹东林帝科技发展有限公司代理公司采购。产品设备铅屏蔽外壳（铅房）设计后委托无锡市兆星辐射防护科技有限公司加工后与其他配件在本项目厂内进行组装调试。公司已取得 CT 三维重建软件 V1.0 计算机软件著作权登记证书，并取得相关设计产品的国家知识产权局登记手续，具备相应 CT 等 X 光机产品的设计和生产能力。

公司现有 5 个工业用 X 射线探伤装置的生产调试区，其中 1#调试区已投入使用并履行环保验收手续（详见附件 3），2#~5#调试区尚未投入使用。公司为满足市场需求及扩大再生产，拟在 1#调试区内新增 10 种型号的工业用射线装置进行生产、销售、使用，并将原有 RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统工作场所由 5#调试区变更到 1#调试区，同时对其技术参数进行变更（原为单源设备，源参数 450kV/3.3mA；变更为双源设备，1#源参数为 450kV/3.3mA，2#源参数为 300kV/3mA）；拟对 2#调试区进行改造，增加隔断以划分出 X 射线球管生产、测试的工作区域，新增 4 种 X 射线球管的生产、销售、使用，原已环评、已许可的拟在 2#调试区进行生产、销售、使用的 X 射线探伤装置全部调整到 1#调试区（另外履行环保手续，不属于本次评价内容）；拟在生产调试车间一楼南部中间位置新建一座加速器机房，新增 1 种工业探伤用加速器，进行生产、销售、使用。扩建工业用射线装置及射线球管项目总投资 500 万元，其中环保投资 300 万元，项目于 2025 年 3 月 14 日取得苏州市吴中区甪直镇人民政府核准的投资备案证（详见附件 4），项目代码：2503-320564-89-03-259277，备案证号：甪便服备〔2025〕12 号。

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司本次扩建工业用射线装置及射线球管项目情况见表 1-1。

表 1-1 扩建工业用射线装置及射线球管项目核技术利用情况一览表

| 射线装置 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 序号 | 名称、型号 | 数量(台/年) | 最大管电压（kV） | 最大管电流（mA） | 额定管功率（W） | 类别 | 工作场所名称 | 活动种类 | 备注 |
| 1 | 通用微焦点 X 射线检测设备 RMX3000-G1 | 30 | 160 | 0.5 | 80 | II | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | 无CT功能 |
| 2 | 通用小焦点 X 射线成像系统 RMX4000 | 10 | 225 | 2.0 | 450 | II | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | 无CT功能 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 双源微纳 CT 检测系统 RMCT4000D | 8 | 190 | 1.0 | 190 | Ⅱ | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | 双源，可同时出束 |
| | | | 300 | 3.0 | 900 | | | | |
| 4 | 微焦点 CT 检测系统 RMCT4000E | 30 | 300 | 3.0 | 900 | Ⅱ | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | / |
| 5 | 高精度大型工业 CT 检测系统 RMCT6000D | 15 | 300 | 3.0 | 900 | Ⅱ | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | 双源，不同时出束 |
| | | | 450 | 3.3 | 1485 | | | | |
| 6 | 高能加速器 CT 检测系统 RMCT10000 | 5 | X射线最大能量：9MeV X射线最大剂量率 4500cGy·m$^2$·min$^{-1}$ | | / | Ⅱ | 加速器机房 | 生产、销售、使用 | 工业探伤用加速器 |
| 7 | 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4000F | 50 | 160 | 6.25 | 1000 | Ⅱ | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | / |
| 8 | 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4500S | 50 | 225 | 3 | 675 | Ⅱ | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | / |
| 9 | 高速在线平面 CT 检测设备 RMPCT5500 | 100 | 180 | 0.5 | 90 | Ⅱ | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | / |
| 10 | 高性能快速 CT 检测系统 RMLCT7000M | 50 | 180 | 0.5 | 90 | Ⅱ | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | / |
| 11 | 微焦点卧式 CT 检测系统 RMLCT7500M 系列 | 50 | 180 | 0.5 | 90 | Ⅱ | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | / |
| 12 | X 射线在线检测系统 RMLVX XN150 | 50 | 225 | 6.0 | 1350 | Ⅱ | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | 无CT功能 |

射线球管（即射线源）

| 序号 | 名称、型号 | 数量(台/年) | 最大管电压（kV） | 最大管电压（mA） | 额定管功率（W） | 类别 | 工作场所 | 活动种类 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | X 射线球管 RMMS-90N | 50 | 90 | 0.2 | 18 | Ⅱ | 2#调试区排气间、老练间 | 生产、销售、使用 | / |
| 2 | X 射线球管 RMMS-90W | 50 | 90 | 0.2 | 18 | Ⅱ | | 生产、销售、使用 | / |
| 3 | X 射线球管 RMMS-130N | 50 | 130 | 0.3 | 39 | Ⅱ | | 生产、销售、使用 | / |
| 4 | X 射线球管 RMMS-130W | 50 | 130 | 0.3 | 39 | Ⅱ | | 生产、销售、使用 | / |

本项目共新增 10 种、变更 1 种型号工业用 X 射线探伤装置，其中 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备、RMX4000 型通用小焦点 X 射线检测设备、RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统均不含 CT 功能且为自屏蔽式 X 射线探伤装置，根据

《射线装置分类》，自屏蔽式 X 射线探伤装置的生产、销售活动按Ⅱ类射线装置管理，使用活动按Ⅲ类射线装置管理；其余 8 种工业用 X 射线探伤装置均为工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，均属Ⅱ类射线装置；RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统为工业探伤用加速器，属Ⅱ类射线装置；本项目 4 种 X 射线球管均为工业探伤用途，其生产、销售、使用活动按Ⅱ类射线装置管理。本项目新增 10 种、变更 1 种型号工业用 X 射线探伤装置的射线球管来源为购买成品（进口）或自行生产（仅限本项目 4 种射线球管），4 种 X 射线球管既可单独作为产品进行销售，也可用于公司工业用 X 射线探伤装置的生产；RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统的加速器采购成品，不自行生产。

公司 1#调试区现已投入使用，现有 6 名辐射工作人员在 1#调试区内工作；本次扩建后，公司拟为 1#调试区增配 9 名辐射工作人员，与现有辐射工作人员共同承担 1#调试区工作内容，平均每名辐射工作人员年接触射线时间约 531.6h。2#调试区目前暂未投入使用，本次扩建后，公司拟为 2#调试区配备 8 名辐射工作人员共同承担 2#调试区工作内容，平均每名辐射工作人员年接触射线时间约 1212.5h。公司拟为工业探伤用加速器配置 3 名辐射工作人员，平均每名辐射工作人员年接触射线时间约 30h。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，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，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），本项目属于“172 核技术利用建设项目”中的“生产、销售、使用Ⅱ类射线装置的”项目，确定为编制环境影响报告表。受俐玛精密测量技术（苏州）有限公司的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该公司扩建工业用射线装置及射线球管项目的环境影响评价工作。南京瑞森辐射技术有限公司在资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。

**二、项目选址情况**

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司位于江苏省苏州市吴中区甪直镇汇凯路 55 号。公司东侧为产业路，南侧为赛闻（苏州）包装工业有限公司，西侧为康鸿智能生态园，北侧为汇凯路。本项目地理位置见附图 1 所示。

本项目拟在公司 1#调试区内扩建 10 种工业 X 射线探伤装置、变更 1 种工业 X 射

线探伤装置，1#调试区位于生产调试车间一楼东部，1#调试区东侧、南侧、北侧均为厂区道路，西侧为接待区及预留区域，下方为土层，楼上为2#调试区；本项目拟在2#调试区扩建4种射线球管，2#调试区东侧、南侧、北侧均为生产调试车间楼外临空，西侧为休息区及预留区，下方为1#调试区，楼上为4#调试区；本项目拟在生产调试车间一楼南部中间预留区扩建1种工业探伤用加速器，加速器机房拟建址东侧为过道，南侧为车间外厂区道路，西侧为卫生间，北侧为操作区及过道，下方为土层，楼上为生产调试车间二楼预留区。本项目平面布置及周围环境见附图2所示。

本项目拟建址周围50m范围东侧至产业路，南侧至赛闻（苏州）包装工业有限公司建筑（最近处约18m），西侧位于厂区范围内，北侧至汇凯路。本项目周围50m评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标，项目选址可行。项目运行后的环境保护目标主要是本项目评价范围内辐射工作人员、其他工作人员、赛闻（苏州）包装工业有限公司建筑内工作人员及周围其他公众等。

本项目拟建址均处于公司厂区范围内，1#调试区、2#调试区均为公司现有调试区，已履行环保手续，本次扩建不改变1#调试区边界和原有布局；拟对2调试区进行改造，取消原来的工业CT测试机位设计，增加隔断以划分出X射线球管生产、测试的工作区域，新增4种X射线球管的生产、销售、使用。拟扩建的工业用X射线探伤装置均自带屏蔽体，X射线源测试铅箱也设计有足够的屏蔽，能够满足辐射防护与安全要求。工业探伤用加速器拟建址位于生产调试车间一楼南部中间预留区，加速器主射线方向固定向西，加速器操作区设于加速器机房北侧，防护门设于东侧，均避开有用线束方向。本项目选址合理。

本项目工业用X射线探伤装置、X射线源及工业探伤用加速器均为定制化设备，在接到客户订单后才开始排产。结合公司已开展项目的经验，基本不会出现多种设备同时大规模量产的情况，因此本项目工作场所空间能满足公司的生产调试需求。

**三、实践正当性分析**

随着工业用X射线装置在无损探伤、无损检测、材料分析等领域的广泛应用，工业用X射线装置具有广阔的市场空间。本项目扩建工业用射线装置及射线球管，新增多种型号，可匹配市场上客户的不同需求，适应工业技术的发展，提高公司市场竞争力，具有良好的社会效益和经济效益。经辐射防护屏蔽和安全管理后，其获得的利益远大于对环境的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

“实践的正当性”的原则。

**四、原有核技术利用项目履行环保手续情况**

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司辐射安全许可证编号为：苏环辐证[E1290]，有效期至2029年3月21日，许可种类和范围为：生产、销售、使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。公司辐射安全许可证详见附件3。

本次拟进行变更的RMCT6000D型高精度大型工业CT检测系统原已编制环境影响报告表并取得苏州市生态环境局的环评批复文件（详见附件6），公司已申领辐射安全许可证，该型号设备原已获得许可（见表1-2序号13）。

公司现有的核技术利用项目均已履行环保手续，无遗留环保问题。公司现有核技术利用项目情况见表1-2。

表1-2 俐玛精密测量技术（苏州）有限公司现有核技术利用项目基本情况一览表

**射线装置**

| 序号 | 射线装置名称 | 规格型号 | 管电压*管电流 | 类别 | 工作场所名称 | 活动种类 | 环保手续履行情况 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 卧式CT检测装置 | RMCT7000 | 225kV*8mA | Ⅱ类 | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |
| 2 | 工业CT | RMCT7000-L512 | 250kV*10mA | Ⅱ类 | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |
| 3 | 工业CT | RMCT7000-L1200 | 250kV*10mA | Ⅱ类 | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |
| 4 | 工业CT | RMCT7000-L2000 | 250kV*10mA | Ⅱ类 | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |
| 5 | 高性能显微CT检测装置 | RMCT4000 | 300kV*3mA | Ⅱ类 | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可、已自主验收 | / |
| 6 | 高性能显微CT检测装置 | RMCT4000-S | 240kV*3mA | Ⅱ类 | 2#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |
| 7 | 高性能显微CT检测装置 | RMCT4000-M | 320kV*3mA | Ⅱ类 | 2#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |
| 8 | 工业CT | RMCT4000H | 300kV*1.3mA | Ⅱ类 | 2#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |
| 9 | 工业CT | RMCT4000N | 300kV*3mA | Ⅱ类 | 2#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |
| 10 | X射线检测装置 | LVX1850-MX | 150kV*0.2mA | Ⅱ类<br>Ⅲ类 | 3#调试区 | 生产、销售<br>使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产<br>尚未投产 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 平面 CT 检测装置 | RMCT3000 | 225kV*3mA | Ⅱ类 | 4#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |
| 12 | 工业 CT | RMX3000 | 160kV*0.5mA | Ⅱ类 | 1#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，已自主验收 | / |
| 13 | 高能 CT 检测装置 | RMCT6000D | 450kV*3.3mA | Ⅱ类 | 5#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |
| 14 | 高能 CT 检测装置 | RMCT6000 | 450kV*3.3mA | Ⅱ类 | 5#调试区 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |
| 15 | 全自动 X 光自动检测仪 | LVX1850 | 100kV*0.2mA | Ⅲ类 | 调试间 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可、已监测 | / |
| 16 | 桌面工业 CT 检测装置 | RMCT1000 | 130kV*0.8mA | Ⅱ类 | 调试间 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可、已自主验收 | / |
| 17 | 工业 CT 检测装置 | RXCTSemi-1500B | 160kV*1mA | Ⅱ类 | 调试间 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可、已自主验收 | / |
| 18 | 显微工业 CT 检测装置 | RMCT2000 | 225kV*3mA | Ⅱ类 | 调试间 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可、已自主验收 | / |
| 19 | 平板 CT 检测装置 | RMCT5000 | 130kV*0.5mA | Ⅱ类 | 调试间 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |
| 20 | X 射线检测设备（含 CT） | RMX1600 | 160kV*0.5mA | Ⅱ类 | 调试间 | 生产、销售、使用 | 已环评、已许可，未验收 | 尚未投产 |

本次 2#调试区进行改造后，公司拟将原已环评、已许可在 2#调试区进行生产、销售、使用的设备（即上表中序号 5~9）工作场所全部调整至 1#调试区，公司拟另外履行环保手续，不在本次评价范围内。

**表 2 放射源**

| 序号 | 核素名称 | 总活度（Bq）/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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

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

**表 3 非密封放射性物质**

| 序号 | 核素名称 | 理化性质 | 活动种类 | 实际日最大操作量（Bq） | 日等效最大操作量（Bq） | 年最大用量（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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 高能加速器 CT 检测系统 | Ⅱ类 | 5 台/年 | RMCT10000 | 电子 | X 射线能量：9MeV | X 射线剂量率：4500cGy·m$^2$·min$^{-1}$ | 无损检测 | 生产调试车间一楼加速器机房 | / |

（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 | 通用微焦点 X 射线检测设备 | Ⅱ类 | 30台/年 | RMX3000-G1 | 160 | 0.5 | 生产、销售、使用 | 1#调试区 | 主射线朝向顶面 |
| 2 | 通用小焦点 X 射线成像系统 | Ⅱ类 | 10台/年 | RMX4000 | 225 | 2.0 | 生产、销售、使用 | 1#调试区 | 主射线朝向右面 |
| 3 | 双源微纳 CT 检测系统 | Ⅱ类 | 8台/年 | RMCT4000D | 190 | 1.0 | 生产、销售、使用 | 1#调试区 | 双源，主射线朝向右面 |
| | | | | | 300 | 3.0 | | | |
| 4 | 微焦点 CT 检测系统 | Ⅱ类 | 30台/年 | RMCT4000E | 300 | 3.0 | 生产、销售、使用 | 1#调试区 | 主射线朝向右面 |
| 5 | 高精度大型工业 CT 检测系统 | Ⅱ类 | 15台/年 | RMCT6000D | 300 | 3.0 | 生产、销售、使用 | 1#调试区 | 双源，主射线朝向右面 |
| | | | | | 450 | 3.3 | | | |
| 6 | 微焦点在线 CT 检测系统 | Ⅱ类 | 50台/年 | RMCT4000F | 160 | 6.25 | 生产、销售、使用 | 1#调试区 | 主射线朝向右面 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 微焦点在线 CT 检测系统 | Ⅱ类 | 50台/年 | RMCT4500S | 225 | 3 | 生产、销售、使用 | 1#调试区 | 主射线朝向右面 |
| 8 | 高速在线平面 CT 检测设备 | Ⅱ类 | 100台/年 | RMPCT5500 | 180 | 0.5 | 生产、销售、使用 | 1#调试区 | 主射线朝向底面 |
| 9 | 高性能快速 CT 检测系统 | Ⅱ类 | 50台/年 | RMLCT7000M | 180 | 0.5 | 生产、销售、使用 | 1#调试区 | 主射线朝向正面、背面、底面、顶面 |
| 10 | 微小焦点卧式 CT 检测系统 | Ⅱ类 | 50台/年 | RMLCT7500M 系列 | 180 | 0.5 | 生产、销售、使用 | 1#调试区 | 主射线朝向正面、背面、底面、顶面 |
| 11 | X 射线在线检测系统 | Ⅱ类 | 50台/年 | RMLVX XN150 | 225 | 6.0 | 生产、销售、使用 | 1#调试区 | 主射线朝向顶面 |
| 12 | X 射线源 | Ⅱ类 | 50个/年 | RMMS-90N | 90 | 0.2 | 生产、销售、使用 | 2#调试区 | 主射线朝向正面、背面、底面、顶面 |
| 13 | X 射线源 | Ⅱ类 | 50个/年 | RMMS-90W | 90 | 0.2 | 生产、销售、使用 | 2#调试区 | 主射线朝向正面、背面、底面、顶面 |
| 14 | X 射线源 | Ⅱ类 | 50个/年 | RMMS-130N | 130 | 0.3 | 生产、销售、使用 | 2#调试区 | 主射线朝向正面、背面、底面、顶面 |
| 15 | X 射线源 | Ⅱ类 | 50个/年 | RMMS-130W | 130 | 0.3 | 生产、销售、使用 | 2#调试区 | 主射线朝向正面、背面、底面、顶面 |

**注：**1、备注栏描述主射线方向时，以操作位所在面为正面；

2、未注明 X 射线源数量的均为单源设备。

（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） | 用途 | 工作场所 | 操作方式 | | | 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 臭氧和氮氧化物 | 气态 | / | / | 少量 | 少量 | / | 不暂存 | 通过机械排风排入外环境，臭氧常温下约 50 分钟可自然分解为氧气 |
| 废绝缘油、清洗废水 | 液态 | / | / | 少量 | 少量 | / | 不暂存 | 使用废液桶收集，委托有资质单位处理 |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |

**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），国家主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日起实施；<br>（2）《中华人民共和国环境影响评价法》（修正版），中华人民共和国主席令第 24 号，2018 年 12 月 29 日发布施行；<br>（3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起施行；<br>（4）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行；<br>（5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日施行；2019 年修改，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日施行；<br>（6）《关于发布《射线装置分类》的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起实施；<br>（7）《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》，国家环境保护总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日发布施行；<br>（8）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行；<br>（9）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 8 日起施行；<br>（10）《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，2011 年 5 月 1 日起施行；<br>（11）《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修改本），江苏省人大常委会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日施行；<br>（12）《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日发布；<br>（13）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日发布； |

| | |
|---|---|
| | （14）《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》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日发布；<br>（15）《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修正），国家发展和改革委员会令第49号，2021年12月30日发布；<br>（16）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告2019年第39号，2019年10月25日发布；<br>（17）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行；<br>（18）《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》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日发布；<br>（19）《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》（生态环境部公告2019年第38号，2019年11月1日起施行）；<br>（20）《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2025〕1号，2025年9月21日起施行。 |
| 技术标准 | （1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；<br>（2）《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）；<br>（3）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；<br>（4）《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）；<br>（5）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；<br>（6）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；<br>（7）《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）；<br>（8）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；<br>（9）《无损检测用电子直线加速器》（GB/T 20129-2015）；<br>（10）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其第1号修改单；<br>（10）《电子直线加速器工业CT辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）；<br>（11）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）（参考）。 |

| | |
|---|---|
| 其他 | **附图：**<br>（1）俐玛精密测量技术（苏州）有限公司扩建工业用射线装置及射线球管项目地理位置示意图；<br>（2）俐玛精密测量技术（苏州）有限公司周围环境示意图；<br>（3）俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产调试车间一楼平面布局示意图；<br>（4）俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产调试车间二楼平面布局示意图（改造前）；<br>（5）俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产调试车间二楼平面布局示意图（改造后）；<br>（6）俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产调试车间三楼平面布局示意图；<br>（7）工业探伤用加速器机房屏蔽设计示意图。<br><br>**附件：**<br>（1）项目委托书；<br>（2）射线装置使用承诺书；<br>（3）辐射安全许可证；<br>（4）投资项目备案证；<br>（5）辐射环境本底监测报告及监测单位资质；<br>（6）原有核技术利用建设项目环评及验收材料；<br>（7）江苏省生态环境分区管控综合查询报告书；<br>（8）建设单位营业执照；<br>（9）专家评审意见；<br>（10）专家意见修改清单。 |

# 表 7 保护目标与评价标准

**评价范围**

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“放射源和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，以及根据本项目的特点，本项目的评价范围确定为扩建工业用射线装置及射线球管项目所在 1#调试区、2#调试区、加速器机房边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。

**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。根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）、《关于印发〈生态环境分区管控管理暂行规定〉的通知》（环环评〔2024〕41 号）和《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》（苏自然资函〔2023〕880 号）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于苏州市重点管控单元甪端新区（编码：ZH32050620331）、凌港工业区（编码：ZH32050620302）内，不在苏州市生态保护红线内，评价范围内均不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、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。

本项目拟建址周围 50m 范围东侧至产业路及路东侧河流，南侧至赛闻（苏州）包装工业有限公司建筑（最近处 25m），西侧位于公司厂区内，北侧至汇凯路。本项目周围 50m 评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标，项目选址可行。项目运行后的环境保护目标主要是本项目评价范围内辐射工作人员、其他工作人员、赛闻（苏州）包装工业有限公司工作人员及周围其他公众等，详见表 7-1 至表 7-3。

表 7-1 本项目 1#调试区保护目标一览表

| 保护对象类型 | 场所 | 保护目标 | 方位/位置 | 距本项目最近距离 | 人员规模 | 保护要求 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 辐射工作人员 | 1#调试区 | 调试、测试工程师 | 1#调试区内 | 在 1#调试区内工作 | 15 人 | 5mSv/a |
| | 2#调试区 | 调试、测试工程师 | 楼上 | 毗邻 | 8 人 | |
| | 高能加速器 CT 检测系统 | 调试、测试工程师 | 西南侧 | 11m | 3 人 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 工作场所 | | | | | |
| 公众 | 厂区道路 | 其他工作人员、其他公众等 | 1#调试区东侧、南侧、北侧 | 毗邻 | 流动人员若干 | 0.1mSv/a |
| | 产业路 | 其他公众 | 1#调试区东侧 | 约 13m | 流动人员若干 | |
| | 汇凯路 | 其他公众 | 1#调试区东侧北侧 | 约 26m | 流动人员若干 | |
| | 车间 2 楼预留区 | 其他工作人员、其他公众等 | 1#调试区西侧楼上 | 毗邻 | 流动人员若干 | |
| | 车间 2 楼休息区 | 其他工作人员、其他公众等 | 1#调试区西侧楼上 | 毗邻 | 流动人员若干 | |
| | 生产调试车间一楼接待大厅 | 前台工作人员，其他工作人员、公众等 | 1#调试区西侧 | 毗邻 | 前台工作人员 1 人，流动人员若干 | |
| | 赛闻（苏州）包装工业有限公司车间、办公楼 | 其他公众 | 1#调试区南侧 | 约 10m | 约 20 人 | |

表 7-2 本项目 2#调试区保护目标一览表

| 保护对象类型 | 场所 | 保护目标 | 方位/位置 | 距本项目最近距离 | 人员规模 | 保护要求 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 辐射工作人员 | 2#调试区 | 调试、测试工程师 | 2#调试区内 | 在 2#调试区内工作 | 8 人 | 5mSv/a |
| | 1#调试区 | 调试、测试工程师 | 2#调试区楼下 | 毗邻 | 15 人 | |
| | 高能加速器 CT 检测系统工作场所 | 调试、测试工程师 | 2#调试区西侧楼下 | 约 11.5m | 3 人 | |
| 公众 | 生产调试车间二楼休息区 | 其他工作人员、公众等 | 2#调试区西侧 | 毗邻 | 流动人员若干 | 0.1mSv/a |
| | 生产调试车间二楼预留区 | 其他工作人员、公众等 | 2#调试区西侧 | 毗邻 | 流动人员若干 | |
| | 生产调试车间一楼接待大厅 | 前台工作人员，其他工作人员、公众等 | 2#调试区西侧楼下 | 毗邻 | 前台工作人员 1 人，流动人员若干 | |
| | 厂区道路 | 其他工作人员、其他公众等 | 2#调试区东侧楼下、南侧楼下、北侧楼下 | 约 3.5m | 流动人员若干 | |
| | 产业路 | 其他公众 | 2#调试区东侧 | 约 13m | 流动人员若干 | |
| | 汇凯路 | 其他公众 | 2#调试区北侧 | 约 26m | 流动人员若干 | |
| | 赛闻（苏州）包装工业有限公司车间、办公楼 | 其他公众 | 2#调试区南侧 | 约 10m | 约 20 人 | |

表 7-3 本项目高能加速器 CT 检测系统保护目标一览表

| 保护对象类型 | 场所 | 保护目标 | 方位/位置 | 距本项目最近距离 | 人员规模 | 保护要求 |
|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 辐射工作人员 | 工业探伤用加速器机房 | 调试、测试工程师 | 加速器机房北侧操作位 | 毗邻 | 3 人 | 5mSv/a |
| | 1#调试区 | 调试、测试工程师 | 东侧 | 约 11m | 15 人 | |
| | 2#调试区 | 调试、测试工程师 | 东侧楼上 | 约 11.5m | 8 人 | |
| 公众 | 厂区道路 | 其他工作人员、其他公众等 | 加速器机房南侧、北侧 | 约 1m | 流动人员若干 | 0.1mSv/a |
| | 生产调试车间一楼接待大厅 | 前台工作人员，其他工作人员、公众等 | 加速器机房北侧 | 毗邻 | 前台工作人员 1 人，流动人员若干 | |
| | 生产调试车间一楼预留区 | 其他工作人员、公众等 | 加速器机房西侧 | 毗邻 | 流动人员若干 | |
| | 生产调试车间一楼西部未使用区域、实验室等 | 其他工作人员、公众等 | 加速器机房西侧 | 约 20m | 约 5 人 | |
| | 生产调试车间二楼预留区 | 其他工作人员、公众等 | 加速器机房楼上 | 毗邻 | 流动人员若干 | |
| | 赛闻（苏州）包装工业有限公司车间、办公楼 | 其他公众 | 加速器机房南侧 | 约 11m | 约 40 人 | |

本项目为核技术利用项目，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

**评价标准**

**1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：**

工作人员职业照射和公众照射剂量限值

| 照射类型 | 剂量限值 |
|---|---|
| 职业照射 | 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，20mSv；<br>②任何一年中的有效剂量，50mSv；<br>③眼晶体的年当量剂量，150mSv；<br>④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。 |
| 公众照射 | 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，lmSv；<br>②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 lmSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv；<br>③眼晶体的年当量剂量，15mSv；<br>④皮肤的年当量剂量，50mSv。 |
| 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%～30%（即 0.1mSv～0.3mSv）的范围之内。但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。 | |

**2、参考《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；

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/周。

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。

**3、《电子直线加速器工业CT辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）**

4.3.1.2 职业照射和公众照射的剂量约束值规定为：

a) 辐射工作人员个人年剂量约束值为5mSv；

b) 公众成员个人年剂量约束值为0.1mSv。

4.3.2 工作场所剂量控制

附录A所包含的工作场所以及周边环境的屏蔽体（墙）表面大于或等于30cm处任何监测点的周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h。

**4、本项目管理目标限值**

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）、《电子直线加速器工业CT辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）及本项目实际情况确定：

**（1）剂量约束值：**职业人员年有效剂量不超过5mSv，周有效剂量不超过100μSv；公众年有效剂量不超过0.1mSv，周有效剂量不超过5μSv。

**（2）周围剂量当量率控制水平：**工业用X射线计算机断层扫描（CT）装置、工业用X射线探伤装置、工业探伤用加速器机房、X射线源测试铅箱屏蔽体外30cm处周围剂量当量率均不大于2.5μSv/h。

**5、参考资料**

（1）《辐射防护导论》，方杰主编。

（2）《辐射防护手册》，李德平、潘自强主编。

（3）《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。

表 5 江苏省原野、道路、建筑物室内γ辐射（空气吸收）剂量率（单位：nGy/h）

| | 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 |

**注：**1、根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，表 5 数据不含宇宙射线电离成分；

2、评价时采用“测值范围”作为辐射环境本底参考范围。

# 表 8 环境质量和辐射现状

**环境质量和辐射现状**

**一、项目位置、布局和周边环境**

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司位于江苏省苏州市吴中区甪直镇汇凯路 55 号。公司东侧为产业路，南侧为赛闻（苏州）包装工业有限公司，西侧为康鸿智能生态园，北侧为汇凯路。

本项目拟在公司 1#调试区内扩建 10 种工业 X 射线探伤装置、变更 1 种工业 X 射线探伤装置，1#调试区位于生产调试车间一楼东部，1#调试区东侧、南侧、北侧均为厂区道路，西侧为接待区及预留区域，下方为土层，楼上为 2#调试区；本项目拟在 2#调试区扩建 4 种射线球管，2#调试区东侧、南侧、北侧均为生产调试车间楼外临空，西侧为休息区及预留区，下方为 1#调试区，楼上为 4#调试区；本项目拟在生产调试车间一楼南部中间预留区扩建 1 种工业探伤用加速器,加速器机房拟建址东侧为过道，南侧为车间外厂区道路，西侧为卫生间，北侧为操作区及过道，下方为土层，楼上为生产调试车间二楼预留区。

本项目拟建址周围 50m 范围东侧至产业路，南侧至赛闻（苏州）包装工业有限公司建筑（最近处约 18m），西侧位于厂区范围内，北侧至汇凯路。本项目周围 50m 评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标，项目选址可行。项目运行后的环境保护目标主要是本项目评价范围内辐射工作人员、其他工作人员、赛闻（苏州）包装工业有限公司建筑内工作人员及周围其他公众等。

本项目拟建址及其周围环境见图 8-1~图 8-8。

图 8-1 1#调试区现状　　图 8-2 2#调试区现状

图 8-3 1#调试区东侧厂区道路




图 8-4 1#调试区南侧厂区道路




图 8-5 1#调试区西侧接待大厅

图 8-6 1#调试区北侧厂区道路

图 8-7 2#调试区西侧休息区

图 8-8 2#调试区楼上 4#调试区

## 二、辐射环境现状调查

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，在扩建工业用射线装置及射线球管项目拟建址周围环境进行布点，测量辐射现状剂量率，检测结果见表 8-1，检测点位示意图见图 8-9、图 8-10。

检测单位：南京瑞森辐射技术有限公司（公司检测资质见附件 5）

检测仪器：6150 AD 6/H+6150 AD-b/H 型 X-γ辐射监测仪[redacted]

能量响应：20keV～7MeV

测量范围：1nSv/h～99.9μSv/h

检测日期：2025 年 4 月 14 日

检测项目：γ辐射剂量率

天气：晴

检测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

检测过程质量控制质量保证：检测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过检验检测机构资质认定（证书编号：221020340350，检测资质见附件 5），具备相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制。

数据记录及处理：开机预热，手持仪器，一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。仪器读数稳定后，每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用 $^{137}Cs$ 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy。

检测人员、检测仪器及监测结果：检测人员均经过考核，检测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过校准或检验，监测报告实行三级审核。

评价方法：参照江苏省环境天然γ辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

表 8-1 扩建工业用射线装置及射线球管项目拟建址及其周围环境γ辐射剂量率

| 测点编号 | 测点描述 | 测量结果（nGy/h） | 备注 |
|---|---|---|---|
| 1 | 1#调试区北部 | 119 | 楼房室内 |
| 2 | 1#调试区中间 | 118 | 楼房室内 |
| 3 | 1#调试区南部 | 120 | 楼房室内 |
| 4 | 1#调试区东侧厂区道路 | 52 | 室外道路 |
| 5 | 1#调试区南侧厂区道路 | 42 | 室外道路 |
| 6 | 1#调试区西侧接待大厅 | 97 | 楼房室内 |
| 7 | 1#调试区西侧预留区 | 95 | 楼房室内 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 | 1#调试区北侧厂区道路 | 43 | 室外道路 |
| 9 | 厂区东侧产业路 | 69 | 室外道路 |
| 10 | 厂区北侧汇凯路 | 69 | 室外道路 |
| 11 | 厂区南侧赛闻（苏州）包装工业有限公司 | 45 | 室外道路 |
| 12 | 2#调试区北部 | 127 | 楼房室内 |
| 13 | 2#调试区中间 | 122 | 楼房室内 |
| 14 | 2#调试区南部 | 124 | 楼房室内 |
| 15 | 2#调试区西侧休息区 | 116 | 楼房室内 |
| 16 | 2#调试区西侧预留区 | 115 | 楼房室内 |
| 17 | 2#调试区楼上（4#调试区） | 128 | 楼房室内 |
| 18 | 2#调试区楼上（4#调试区） | 127 | 楼房室内 |
| 19 | 加速器机房拟建址 | 96 | 楼房室内 |
| 20 | 加速器机房拟建址东侧 | 95 | 楼房室内 |
| 21 | 加速器机房拟建址南侧 | 41 | 室外道路 |
| 22 | 加速器机房拟建址西侧 | 94 | 楼房室内 |
| 23 | 加速器机房拟建址北侧 | 94 | 楼房室内 |
| 24 | 加速器机房拟建址楼上 | 114 | 楼房室内 |

**注：**1、测量结果已扣除宇宙射线响应值；

2、1#调试区下方为土层，无地下室；

3、现场检测时，公司调试区内均无正在出束的设备。

由表 8-1 监测结果可知，俐玛精密测量技术（苏州）有限公司扩建工业用射线装置及射线球管项目拟建址及其周围环境楼房室内γ辐射剂量率在 94nGy/h～128nGy/h 之间，处于江苏省建筑物室内γ辐射（空气吸收）剂量率 50.7nGy/h～129.4nGy/h 范围内；室外道路环境γ辐射剂量率为 41nGy/h~69nGy/h，处于江苏省道路γ辐射（空气吸收）剂量率 18.1nGy/h～102.3nGy/h 范围内，均为环境本底水平。

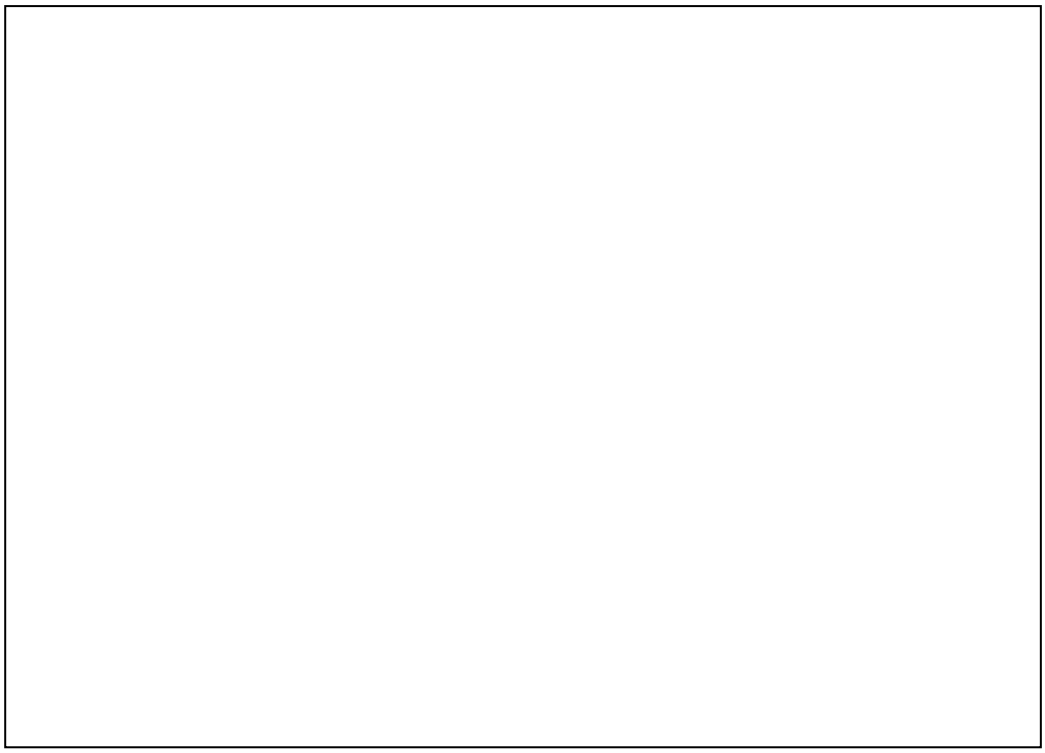

图 8-9 扩建工业用射线装置及射线球管项目拟建址及其周围环境γ辐射监测点位示意图（1）

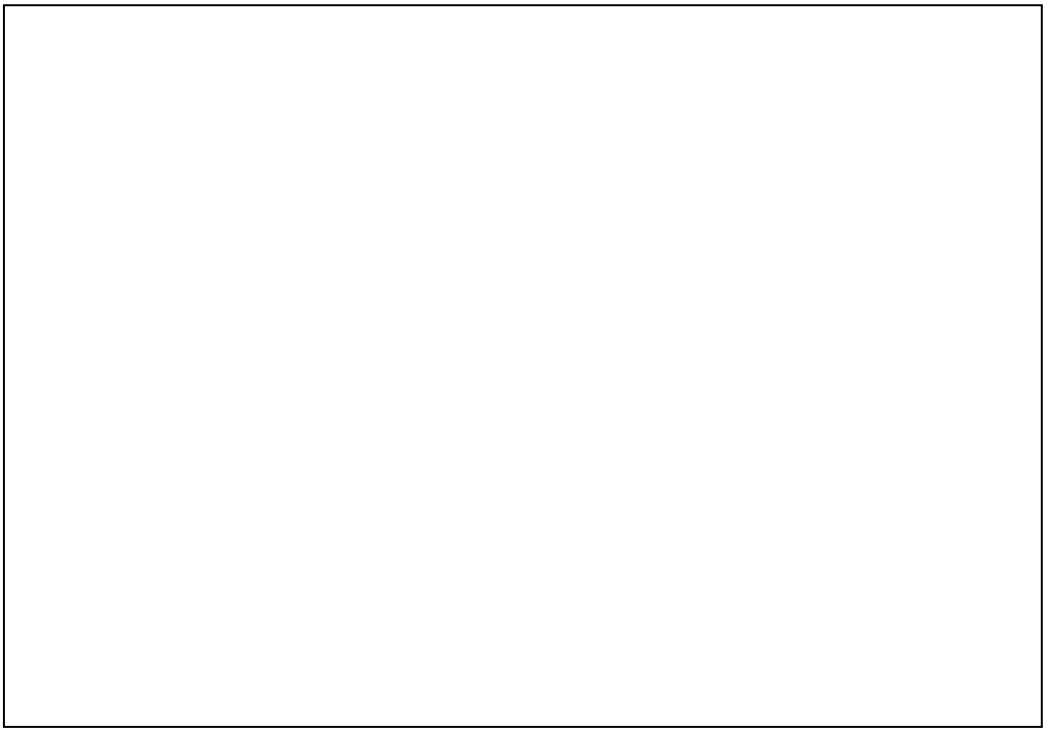

图 8-10 扩建工业用射线装置及射线球管项目拟建址及其周围环境γ辐射监测点位示意图（2）

## 表 9 项目工程分析与源项

**工程设备和工艺分析**

**一、工程设备**

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司扩建工业用射线装置及射线球管项目拟建址位于公司生产调试车间 1#调试区、2#调试区及生产调试车间一楼南部中间预留位置。

**（一）工业探伤用加速器**

本项目新增 RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统为工业探伤用加速器，X 射线最大能量 9MeV，X 射线最大剂量率 4500cGy·$m^2$·$min^{-1}$。工业探伤用加速器主要由控制台、电控机柜、水冷机组、高压电柜、调制柜、X 射线源、探测器等组成，设备外观示意图见图 9-1。

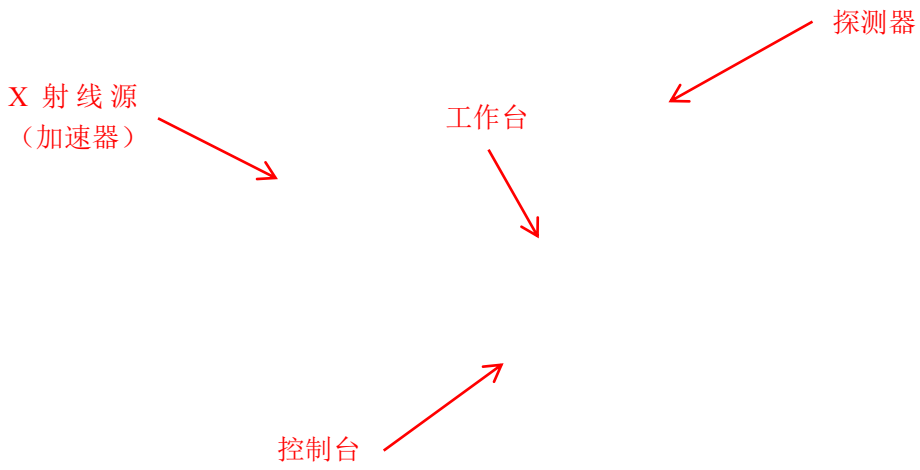


图 9-1 RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统

RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统可根据客户需要定制多种扫描模式，其定制的超大工作台和大尺寸的屏蔽室，可容纳超大型工件进行无损检测，广泛应用于军工、航空航天、新能源、汽车制造等领域。

表 9-1 本项目高能加速器 CT 检测系统主要技术参数一览表

| 序号 | 装置名称、型号 | X 射线最大能量 | 最大剂量率 | 主射线朝向 | 射线源可动范围 | 主射线覆盖区域 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统 | 9MeV | 4500 cGy·$m^2$/min | 向西 | 上下行程 1500mm | 西面 |

**（二）工业用 X 射线探伤装置**

本项目新增 10 种、变更 1 种工业用 X 射线探伤装置均为自屏蔽装置，其中 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备、RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统、RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统内部检测装置与外壳屏蔽体（即铅房）为一体式设计、制造，具有制式型号与尺寸；X 射线源被作为零部件安装在屏蔽体内部，无法拆下单独使用，通过设置安全联锁装置，以确保设备出束运行期间处于封闭状态，人员及其肢体无法在设备出束期间进入或滞留屏蔽体内部；公司以屏蔽体外辐射剂量率不能大于 2.5μSv/h 的屏蔽目标进行铅房的防护设计，并经理论预测计算（详见报告表 11）可知，屏蔽体外的辐射剂量率满足相关标准要求。根据以上特点可知，RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备、RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统、RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统均属于自屏蔽式 X 射线探伤装置。

本项目新增 10 种、变更 1 种工业用 X 射线探伤装置主要设备组成见表 9-2，设备外观示意图见图 9-2。

表 9-2 本项目工业用 X 射线探伤装置主要设备组成一览表

| 序号 | 装置名称、型号 | 设备组成情况 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 射线源 | 防护门 | 电源柜 | 高压发生柜 | 系统控制柜 |
| 1 | RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备 | 1 个源 | [redacted] | 1 套 | 1 套 | 1 套 |
| 2 | RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统 | 1 个源 | [redacted] | 1 套 | 1 套 | 1 套 |
| 3 | RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统 | 2 个源 | [redacted] | 1 套 | 1 套 | 1 套 |
| 4 | RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统 | 1 个源 | [redacted] | 1 套 | 1 套 | 1 套 |
| 5 | RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统 | 2 个源 | [redacted] | 1 套 | 1 套 | 1 套 |
| 6 | RMCT4000F 型微焦点在线 CT | 1 个源 | [redacted] | 1 套 | 1 套 | 1 套 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 检测系统 | | | | | |
| 7 | RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统 | 1 个源 | [redacted] | 1 套 | 1 套 | 1 套 |
| 8 | RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备 | 1 个源 | [redacted] | 1 套 | 1 套 | 1 套 |
| 9 | RMLCT7000M 型高性能快速 CT 检测系统 | 1 个源 | [redacted] | 1 套 | 1 套 | 1 套 |
| 10 | RMLCT7500M 系列微小焦点卧式 CT 检测系统 | 单个设备为 1 个源，多个设备串联组合为多源 | [redacted] | 1 套 | 1 套 | 1 套 |
| 11 | RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统 | 1 个源 | [redacted] | 1 套 | 1 套 | 1 套 |

RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备　　RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统

RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统　　RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统

RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统

RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统

RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统

RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备

RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统

RMLCT7000M 型高性能快速 CT 检测系统　　RMLCT7500M 系列
微小焦点卧式 CT 检测系统

图 9-2 本项目新增 10 种、变更 1 种型号工业用 X 射线探伤装置产品外观示意图

上述新增 10 种、变更 1 种型号工业用 X 射线探伤装置，其中 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备、RMX4000 型通用小焦点 X 射线检测设备、RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统（共 3 种）均不含 CT 功能且为自屏蔽式装置；其余 8 种工业用 X 射线探伤装置均为工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置。RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统、RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统均为双源设备，RMCT4000D 内部两个 X 射线源可同时出束工作，RMCT6000D 内部两个 X 射线源不同时出束工作；RMLCT7500M 系列微小焦点卧式 CT 检测系统单个装置内含 1 个射线源，该系列设备可根据客户需求将多个相同装置进行串联，组合成多源装置（生产调试期即进行组合），多个射线源可同时出束工作（调试）；本项目其余型号 X 射线探伤装置内部均只有 1 个 X 射线源。

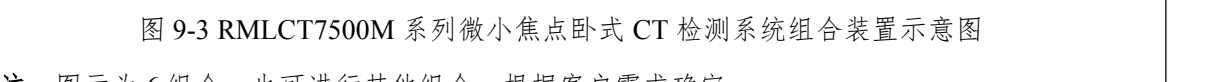

图 9-3 RMLCT7500M 系列微小焦点卧式 CT 检测系统组合装置示意图

**注：**图示为 6 组合，也可进行其他组合，根据客户需求确定。

本项目新增 10 种、变更 1 种工业用 X 射线探伤装置的主要技术参数见表 9-3，设备特点及典型应用场景详见表 9-4。

表 9-3 本项目新增 10 种、变更 1 种工业用 X 射线探伤装置的主要技术参数一览表

| 序号 | 装置名称、型号 | 最大管电压 | 最大管电流 | 主射线朝向 | 辐射角 | 射线源可动范围 | 主射线覆盖区域 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备 | 160kV | 0.5mA | 向上 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 2 | RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统 | 225kV | 2.0mA | 向右 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 3 | RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统 | 190kV | 1.0mA | 向右 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| | | 300kV | 3.0mA | | | | |
| 4 | RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统 | 300kV | 3.0mA | 向右 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 5 | RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统 | 300kV | 3.0kV | 向右 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| | | 450kV | 3.3mA | | | | |
| 6 | RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统 | 160kV | 6.25mA | 向右 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 7 | RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统 | 225kV | 3.0mA | 向右 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 8 | RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备 | 180kV | 0.5mA | 向下 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 9 | RMLCT7000M 型高性能快速 CT 检测系统 | 180kV | 0.5mA | 向上、向下、向前、向后 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 10 | RMLCT7500M 系列微小焦点卧式 CT 检测系统 | 180kV | 0.5mA | 向上、向下、向前、向后 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 11 | RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统 | 225kV | 6.0mA | 向上 | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

**注：**描述主射线方向时，以设备操作位所在面为正面。

表 9-4 本项目新增 10 种、变更 1 种工业用 X 射线探伤装置的特点及典型应用场景一览表

| 序号 | 设备名称 | 型号 | 设备特点及典型应用场景 |
|---|---|---|---|
| 1 | 通用微焦点 X 射线检测设备 | RMX3000-G1 | 五轴运动平台，全方位连续自由观测；可选配 ACT/PCT 扫描模式，广泛应用于消费电子、半导体等工件检测 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | 通用小焦点 X 射线成像系统 | RMX4000 | 自动识别产品内部缺陷，在提高生产效率和保证产品质量方面表现卓越。广泛应用于铸件与零部件检测，铝/铁铸件、汽车零部件内部的气孔、裂纹等。焊接件：检测压力容器、管道（如环焊缝、直焊缝）的焊接质量；电子与半导体：检测 PCB（BGA、CSP 等封装）、芯片内部的焊接缺陷与结构错位；新能源：用于锂电池的检测；其他领域：塑料制品、陶瓷、耐火材料、食品、医药等行业的异物混入或缺陷检测等精密零部件内部缺陷检测及尺寸测量、材料分析 |
| 3 | 双源微纳 CT 检测系统 | RMCT4000D | 高精度计量 CT，可搭载微焦点射线源，选配双源纳焦点射线源。经典及创新的多种扫描模式，适用于各类中大型工件测量，广泛应用于锂电、消费电子、汽车制造、航空航天、铸件、电子器件等精密零部件内部缺陷检测及尺寸测量、材料分析等 |
| 4 | 微焦点 CT 检测系统 | RMCT4000E | 高精度计量 CT，经典及创新的多种扫描模式，适用于各类中大型工件测量，广泛应用于锂电、消费电子、汽车制造、航空航天、铸件、电子器件等精密零部件内部缺陷检测及尺寸测量、材料分析等。 |
| 5 | 高精度大型工业 CT 检测系统 | RMCT6000D | 高能工业 CT 检测系统，可搭载微焦点射线源、小焦点射线源，支持双源双探多功能检测；适用于军工、大型压铸、PACK 电池包等大型部件或高密度部件的检测及测量分析 |
| 6 | 微焦点在线 CT 检测系统 | RMCT4000F | 微焦点在线 CT 检测系统，适用于各类中型工件快速无损 CT 测量，广泛应用于锂电、消费电子、汽车制造、航空航天、铸件、电子器件等精密零部件内部缺陷检测及尺寸测量、材料分析等 |
| 7 | 微焦点在线 CT 检测系统 | RMCT4500S | 微焦点在线 CT 检测系统是实现智能化、高质量、高速度生产的在线检测系统。它能在生产线上实时洞察产品内部情况，有效把控产品质量。可用于新能源锂电池、汽车制造、消费电子、半导体领域、航空航天等领域，需要对结构件进行全面的内部检测，可搭载集成机器人、AI 技术的在线工业 CT 系统对产线产品进行实时监控 |
| 8 | 高速在线平面 CT 检测设备 | RMPCT5500 | 高速在线平面 CT 检测系统；广泛应用于半导体、汽车电子、消费电子等行业的大中小型精密元件内部质量检测，解决传统 2D 设备无法解决的焊点缺陷检查，如：Open，HIP，QFP/LGA 气泡导致的可靠性缺陷，插件焊脚浸润率量化控制等 |
| 9 | 高性能快速 CT 检测系统 | RMLCT7000M | 卧式 CT 检测系统，适用于狭长形样件无损测量检测，支持在线、离线式无损检测，扫描过程中样品水平移动，无需旋转，X 射线源和探测器旋转运动，实现螺旋 CT 扫描、有限角扫描。可广泛应用于新能源汽车模组等工件、全直径岩芯、树干、固体推进剂等工件检测及分析 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10 | 微小焦点卧式CT检测系统 | RMLCT7500M系列 | 高效检测，实时分析，搭载自研AI功能算法模块，快速准确的电池OH自动抓点计算，可适应快速高效的工业流水线检测。一次360度旋转扫描，就能获取工件内部和外部结构的完整三维数据，支持任意角度的剖切和查看，不仅能用不同颜色自动标记出缺陷的位置，还能精确计算出缺陷的大小、体积、位置坐标等参数，为质量判断提供精准的数据支持；专为生产线设计，能够实现自动上下料、自动扫描和自动分析，单件检测时间可短至数十秒，满足生产节拍，实现100%在线全检；检测结果可以自动生成结构化报告，并与生产条码关联，实现全流程数据追溯 |
| 11 | X射线在线检测系统 | RMLVXXN150 | 在线X射线工业检测系统是一种集成了自动化生产线、能实现产品100%全检的无损检测设备。它通过X射线透视技术，自动识别产品内部缺陷，在提高生产效率和保证产品质量方面表现卓越。广泛应用于铸件与零部件检测，铝/铁铸件、汽车零部件内部的气孔、裂纹等。焊接件：检测压力容器、管道（如环焊缝、直焊缝）的焊接质量；电子与半导体：检测PCB（BGA、CSP等封装）、芯片内部的焊接缺陷与结构错位；新能源：用于锂电池的检测；其他领域：塑料制品、陶瓷、耐火材料、食品、医药等行业的异物混入或缺陷检测等精密零部件内部缺陷检测及尺寸测量、材料分析。 |

**（三）X射线源**

本项目新增4种型号的X射线源，进行生产、销售、使用。在X射线源的生产过程中，需对X射线源进行出束调试、测试，出束调试、测试过程在2#调试区的铅箱中进行。

本项目新增4种型号的X射线源如图9-4所示。

RMMS-90N 型 X 射线源　　RMMS-90W 型 X 射线源

RMMS-130N 型 X 射线源　　RMMS-130W 型 X 射线源

图 9-4 本项目 4 种 X 射线源示意图

本项目 4 种 X 射线源均为工业探伤用途，其主要技术参数见表 9-5。

表 9-5 本项目 X 射线源主要技术参数一览表

| 序号 | 装置名称、型号 | 最大<br>管电压 | 最大<br>管电流 | 主射线朝向 | 射线源<br>可动范围 | 主射线<br>覆盖区域 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RMMS-90N 型<br>X 射线球管 | 90kV | 0.2mA | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 2 | RMMS-90W 型<br>X 射线球管 | 90kV | 0.2mA | | | |
| 3 | RMMS-130N 型<br>X 射线球管 | 130kV | 0.3mA | | | |
| 4 | RMMS-130W 型<br>X 射线球管 | 130kV | 0.3mA | | | |

**注：**1、4 种 X 射线球管生产测试使用的是同一种规格的测试铅箱；

2、描述主射线方向时，以测试铅箱操作位所在面为正面。

## 二、工作原理及工艺流程

### （一）工作原理

#### 1.X 射线源

本项目工业用 X 射线探伤装置的核心部件是 X 射线源，即 X 射线球管。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；再经金属窗过滤后引出，形成特定能量和束角的锥形 X 射线束。本项目 4 种 X 射线源均采用金属钨作为靶材料，新增 10 种、变更 1 种工业用 X 射线探伤装置均采用金属铍作为滤过窗材料。典型 X 射线管结构如图 9-5 所示。

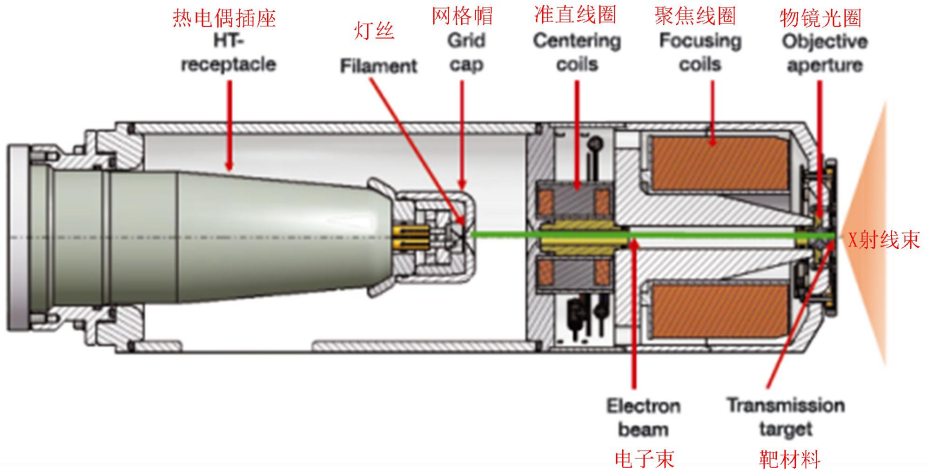


图 9-5 典型 X 射线管结构示意图

#### 2.工业用 X 射线探伤装置

本项目工业用 X 射线探伤装置均由高压发生器、X 射线管、运动定位系统、成像系统、电气控制柜、自屏蔽铅房式防护设施等部件组成。其中 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备、RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统、RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统均无 CT 功能，主要应用于电脑、电路板、五金塑料组件等进行无损拍片检测，可在不重复拆卸产品的情况下检测产品内部是否存在漏装、错装等缺陷。X 射线源产生的 X 射线穿透被检工件后被位于被检工件另一侧的探测器接收，探测器将 X 射线信息转变为电信号输出给计算机进行处理，最后由图像显示器以不同的灰度等级显示出来。由于被测工件不同部位及缺陷处的原子序数及密度等均会有差异，因此 X 射线在穿过被测工件时的减弱也会有不同，最终反映在图像中不同位置的

灰白颜色深浅不同，从而分辨和识别被检工件的缺陷。上述 3 种工业用 X 射线探伤装置可给出工件平面的图像，可以发现平面方向分布的缺陷，具有对比度高和分辨率高等特点，可准确定位缺陷的位置和性质。

除上述 3 种工业用 X 射线探伤装置外，本项目其余 8 种工业用 X 射线探伤装置均为工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，具备 CT 功能。其成像基本原理与上述 3 种无 CT 功能的工业用 X 射线探伤装置相同，区别之处在于具备 CT 功能的工业用 X 射线探伤装置可通过旋转被检工件或 X 射线源，对被检工件的任意平面进行成像，从而发现平面内任何方向分布的缺陷，具有不重叠、层次分明、对比度高和分辨率高等特点。不但能准确定位缺陷的平面位置，还可确定缺陷在被检工件内的立体分布及缺陷的性质（如金属工件内空腔的大小、形状，动力电池电芯内的结晶等）。

本项目工业用 X 射线探伤装置系统结构如图 9-6 所示。

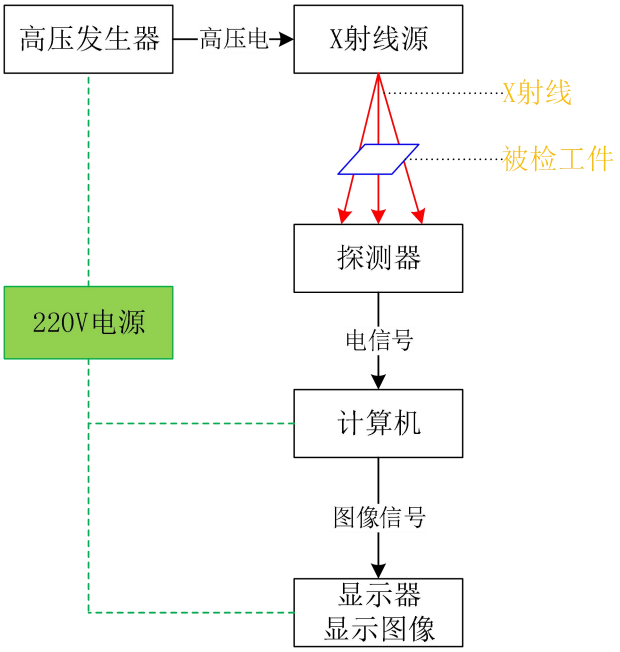


图 9-6 工业用 X 射线探伤装置系统结构示意图

**3.工业探伤用加速器**

本项目 RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统为工业探伤用加速器，加速器是产生高能电子束的装置，主要由产生带电粒子的机构即电子枪或离子源、加速器主体及粒子引出机构三部分组成，加速器主体包括加速电场系统、控制磁场系统和真空系统等。加速器运行时加速器调制器（实际为一个振荡回路）向速调管提供脉冲高压，速调管在脉冲高压的作用下，将电子流放大并转换成高功率微波输出，它经波导环流器等微波传输系统送入加速管，加速管中的电子从微波获得能量，使电子加速达到预

定能量。高速运行的电子轰击靶材时产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。

RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统将整个加速器作为 X 射线源使用，再利用 X 射线对探测物件或装置的缺陷进行无损检测，无电子线。利用 X 射线进行无损检测的工作原理与工业用 X 射线探伤装置工作原理相同。

**（二）工艺流程及产污环节**

**1.生产、测试、销售 X 射线源**

（1）生产过程：

①零件采购或加工：根据需要订单确定需要生产的设备型号、数量，零件自行设计并委外加工或直接从市场上采购，由供应商配送到公司，收货后存放于零件仓库；部分零件也可自行加工生产；

②超声波清洗：外购的阳极组件、阴极组件、管壳等配件出厂时部分会含有少量油污及灰尘，铜棒机加工过程中表面会有灰尘或金属屑，因此使用前需对以上配件进行超声波清洗；清洗液定期更换，清洗后的配件经擦拭后进入烘干流程。清洗环节产生清洗废水和擦拭废纸；

③烘干：清洗后的配件及铜棒送入烘箱，烘干表面的水分，烘箱采用电加热，温度控制在 60-70℃；

④冷测：陶瓷—可伐组件、玻璃—可伐组件使用前需用微波冷测试验台测试其耐高压及绝缘性能，微波检测的基本原理是将微波作为传递信息的载体，研究微波与物质相互作用及其探测应用。

⑤热处理：配件按成分组成分批进入退火炉进行热处理，温度根据配件成分调整，控制在 500-1500℃（电加热），加热结束后充入氮气用于平衡炉内气压。

⑥装配焊接（含擦拭）：根据产品要求，将热处理后的组件与轴承、钨丝（需在真空定型台定型后使用）、铅皮进行装配，需要焊接的部位采用氩弧焊机、激光焊机或点焊机进行焊接处理，焊接过程中除某些较大焊缝需用铁丝作为辅助焊材，其余均无需焊材。装配完成后使用 30%乙醇、清洗剂擦拭产品表面。

⑦绝缘测试：用表面电阻测试仪、绝缘测试台等测试设备对产品的电阻性能、绝缘性能等进行测试。

⑧装管套（芯）：根据产品规格及要求，把测试好的产品装入管套或管芯，装入

管套的产品根据需要向管套内注入约3～4L变压器油以起到绝缘目的，然后即得到成品X射线管。

（2）测试过程

①排真空：打开排气铅箱防护门，操作排气铅箱内部伺服机构将X射线管安装平台抬升至防护门口，将X射线管安装到排气铅箱的X射线管安装平台上，与真空泵组系统连接，然后操作X射线管安装平台回落至铅箱内部，关闭防护门。启动真空泵抽走X射线源玻璃管内的空气，同时给X射线管施加一定的烘烤温度，持续大约2～3小时。当X射线管温度恢复到常温后，对X射线管加载一定的高压，开始进一步排气。过程中X射线管会产生一定量的辐射，均会被铅屏蔽控制到合理范围内，当电压达到X射线管预设额定电压且X射线源能够连续稳定出束时（达到射线源额定功率，详见表1-1），说明管内真空度达到要求，可停止排真空，将玻璃管密封。排真空所需时间较短，从X射线源开始出束到能够连续稳定出束，一般约需要15min，每次仅进行1个射线源的排气操作。

②老练：打开老练铅箱防护门，操作老练铅箱内部伺服机构将X射线管安装平台抬升至防护门口，将X射线管安装到老练铅箱的X射线管安装平台上，然后操作X射线管安装平台回落至铅箱内部，关闭防护门。老练铅箱内部充满变压器油，X射线管浸没在变压器油中（变压器油起冷却和绝缘作用），加载X射线源电压至额定功率（详见表1-1），使其连续出束。过程中，X射线管会产生一定量的辐射，但是在老练油箱采用铅屏蔽，可以有效限制剂量到合理范围内。通过长时间连续出束以及多次关闭、启动X射线源，使其达到理想的工作状态，这个过程称为X射线源的老练或锻炼。老练过程所需时间较长，单个X射线源通常需要出束48h左右，每次仅进行1个射线源的老练操作。

③包装入库：老练完成达到出厂标准的X射线源使用瓦楞纸盒包装，登记入库，仓库就近设于2#调试区内。

（3）销售及售后

①确定型号：根据客户需求推荐X射线源的型号，客户认同后以合同形式确定所需X射线源的型号与数量；

②合同执行：按照合同确定的型号及数量从仓库调货，无现货时则安排生产。取得成品X射线源后按照客户指定的位置发出，并由客户负责接收。

③售后：当收到客户反馈的 X 射线源故障时，由技术人员介入跟进，必要时派出技术人员至客户现场进行对 X 射线源进行检测、检查，并根据故障原因选择予以维修或整体更换。单个 X 射线源售后处理过程中需要出束的时间一般不超过 15min。

X 射线源生产过程中不具备出束的条件，不会产生 X 射线；销售过程无出束的需求，不产生 X 射线；测试及售后过程辐射工作人员会接触到 X 射线。辐射工作人员在 X 射线出束前检查相关辐射安全设施的有效性，佩戴好个人剂量计，在进入 X 射线管测试铅房或下游单位的射线机房内时，还应根据相关要求佩戴相应的个人剂量报警仪、便携式 X-γ剂量率仪等。

生产、测试、销售 X 射线源的工艺流程及产污环节如图 9-7 所示。

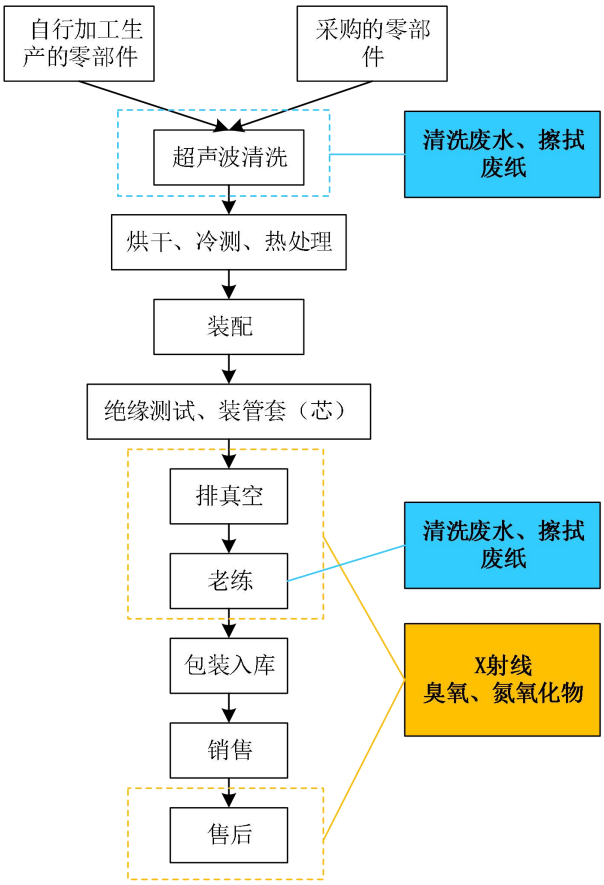


图 9-7 生产、测试、销售 X 射线源工艺流程及产污环节示意图

**2.生产、调试、销售工业用 X 射线探伤装置**

（1）零件采购

公司根据销售合同，确定需生产的工业用 X 射线探伤装置的型号、数量，随后从上游供应商处采购或者外协加工零部件。其中 X 射线管购买成品（进口）或自行生产（仅限本项目 4 种射线球管）；外协单位为企业长期合作的合格供应商。采购的 X

射线管的调试、测试均在供应商处完成，公司购进后不再对 X 射线管展开单独调试或测试。

（2）设备组装

生产成熟产品的零件全部到位后，在 1#调试区进行整机的组装。组装过程中不接电源、不产生 X 射线。

（3）整机调试

调试工作是针对已经研发成功、成熟的产品，调试工作包括控制软件程序的安装、各轴感应器确认、射线源激活、扫描软件测试、探测器位置调试及数据记录等。设备组装完成后，就地开始整机调试，无需转移位置。

1）机台水平调试：[redacted]

2）主机电脑软件程序安装：[redacted]

3）驱动器、轴卡参数导入：[redacted]

4）各轴感应器确认，电机 Home：[redacted]

[redacted]

5）电机脉冲导程确认：[redacted]

6）射线源激活[redacted]

7）扫描软件测试：[redacted]

8）射线源位置、探测器位置调试[redacted]

9）各轴运动磨合：[redacted]

10）森林球标定：[redacted]

[redacted]

11）数据记录：[redacted]

[redacted]

调试过程中，射线源激活、扫描软件测试及森林球标定环节均需在设备开机出束状态下进行，该环节辐射工作人员会受到 X 射线外照射，同时设备屏蔽体内空气受 X 射线电离产生少量臭氧及氮氧化物。单台设备生产周期约 4 周，其中调试期间设备累计出束时长约 10h。

（4）装箱、运输、安装及售后

调试、测试结束后，将设备断电，整机装箱运送到客户拟建址（前提为客户单位已履行相关环保手续）进行安装，安装完成后就地开机进行简单测试，以检测运输过程中是否造成设备故障等情况。确认设备正常后，指导、培训客户操作人员使用设备，并在后期配合客户对设备进行检修维护。安装、售后过程单个设备出束时长约为 8h。

生产、调试、销售工业用 X 射线探伤装置工作流程和产污环节如图 9-8 所示。

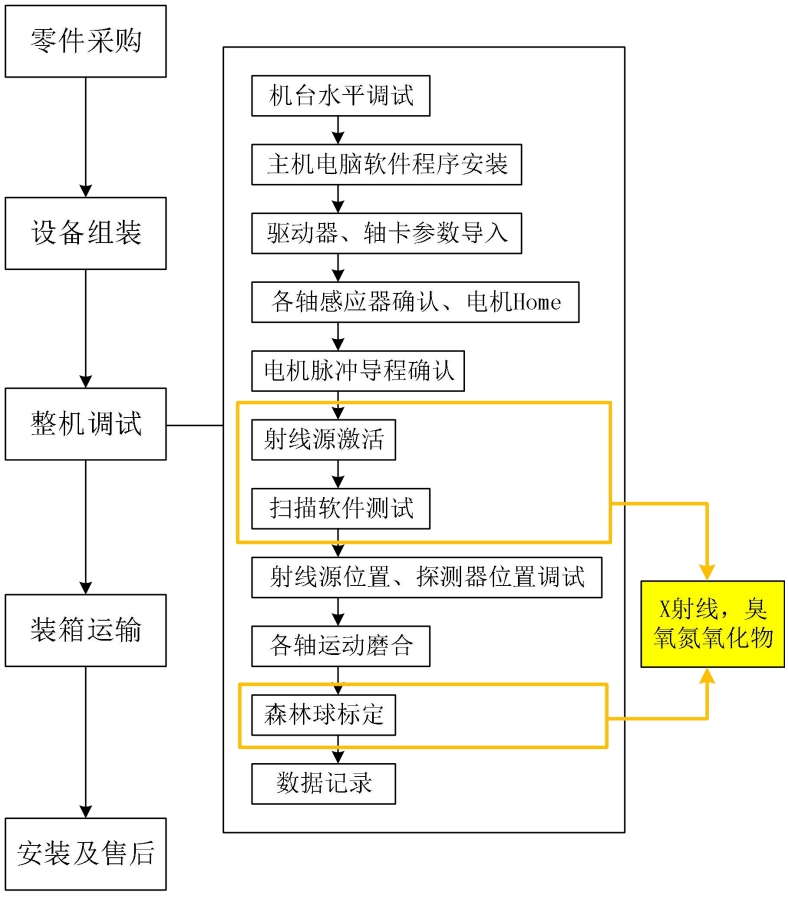


图 9-8 生产、调试、销售工业用 X 射线探伤装置工作流程和产污环节示意图

**3.生产、调试、销售工业探伤用加速器**

（1）零件采购

公司根据销售合同，确定需生产的工业探伤用加速器的数量，随后从上游供应商处采购或者外协加工零部件。其中X射线源（工业加速器）购买成品（进口），不自行加工；外协单位为企业长期合作的合格供应商。工业加速器的调试、测试均在供应商处完成，公司购进后不再对工业加速器展开单独调试或测试。

（2）设备组装

零件全部到位后，在加速器机房内进行整机的组装。组装过程中不接电源、不产生X射线。

（3）整机调试

调试工作包括控制软件程序的安装、射线源（加速器）激活、扫描软件测试、探测器位置调试及数据记录等。设备组装完成后，就地开始整机调试，无需转移位置。调试过程中，射线源激活、扫描软件测试及森林球标定环节均需在设备开机出束状态下进行，该环节辐射工作人员会受到X射线外照射，同时加速器机房内空气受X射线电离产生少量臭氧及氮氧化物。单台设备生产周期约4周，其中调试期间设备累计出束时长约10h。出束测试期间，加速器仅产生X射线，不产生电子线。

（4）装箱、运输、安装及售后

调试、测试结束后，将设备断电、拆卸、装箱运送到客户拟建址（前提为客户单位已履行相关环保手续）进行安装，安装完成后就地开机进行简单测试，以检测运输过程中是否造成设备故障等情况。确认设备正常后，指导、培训客户操作人员使用设备，并在后期配合客户对设备进行检修维护。安装、售后过程单个设备出束时长约为8h。

**三、工作人员配备及工作负荷**

公司1#调试区现已投入使用，现有6名辐射工作人员在1#调试区内工作；本次扩建后，公司拟为1#调试区增配9名辐射工作人员，与现有辐射工作人员共同承担1#调试区工作内容。2#调试区目前暂未投入使用，本次扩建后，公司拟为2#调试区配备8名辐射工作人员共同承担2#调试区工作内容。公司拟为工业探伤用加速器配置3名辐射工作人员。根据建设单位提供资料，本项目1#调试区、2#调试区、工业探伤用加速器辐射工作人员接触X射线时间见表9-6。

表9-6 辐射工作人员接触X射线时间一览表

工业用 X 射线探伤装置

| 序号 | 装置名称型号 | 单台出束时间 | | 年总数量 | 年出束总时长 | 工作场所 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 生产调试期间 | 售后期间 | | | |
| 1 | 通用微焦点 X 射线检测设备 RMX3000-G1 | 10h | 8h | 30 台/年 | 540h | 1#调试区及售后客户端工作场所 |
| 2 | 通用小焦点 X 射线成像系统 RMX4000 | 10h | 8h | 10 台/年 | 180h | |
| 3 | 双源微纳 CT 检测系统 RMCT4000D | 10h | 8h | 8 台/年 | 144h | |
| 4 | 微焦点 CT 检测系统 RMCT4000E | 10h | 8h | 30 台/年 | 540h | |
| 5 | 高精度大型工业 CT 检测系统 RMCT6000D | 10h | 8h | 15 台/年 | 270h | |
| 6 | 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4000F | 10h | 8h | 50 台/年 | 900h | |
| 7 | 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4500S | 10h | 8h | 50 台/年 | 900h | |
| 8 | 高速在线平面 CT 检测设备 RMPCT5500 | 10h | 8h | 100 台/年 | 1800h | |
| 9 | 高性能快速 CT 检测系统 RMLCT7000M | 10h | 8h | 50 台/年 | 900h | |
| 10 | 微焦点卧式 CT 检测系统 RMLCT7500M 系列 | 10h | 8h | 50 台/年 | 900h | |
| 11 | X 射线在线检测系统 RMLVX XN150 | 10h | 8h | 50 台/年 | 900h | |
| 累计出束时长 | | 生产调试期间 | | | 4430h | |
| | | 售后期间 | | | 3544h | |
| | | 合计 | | | 7974h | |
| 1#调试区辐射工作人员数量 | | | | | 15 人 | |
| 工作人员平均接触射线时长 | | | | | 531.6h | |
| 典型工作人员接触射线时长 | | | | | 300h | |

X 射线源

| 序号 | 名称、型号 | 单个出束时长 | | 年总数量 | 年出束总时长 | 工作场所 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 生产调试期间 | 售后期间 | | | |
| 1 | X 射线球管 RMMS-90N | 48.25h | 0.25h | 50 个/年 | 2425h | 2#调试区及售后客户端工作 |
| 2 | X 射线球管 RMMS-90W | 48.25h | 0.25h | 50 个/年 | 2425h | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | X 射线球管 RMMS-130N | 48.25h | 0.25h | 50 个/年 | 2425h | 场所 |
| 4 | X 射线球管 RMMS-130W | 48.25h | 0.25h | 50 个/年 | 2425h | |
| 累计出束时长 | | 生产调试期间 | | | 9650h | |
| | | 售后期间 | | | 50h | |
| | | 合计 | | | 9700h | |
| 2#调试区辐射工作人员数量 | | | | | 8 人 | |
| 工作人员平均接触射线时长 | | | | | 1212.5h | |
| 典型工作人员接触射线时长 | | | | | 800h | |

工业探伤用加速器

| 序号 | 型号 | 单个出束时长 | | 年总数量 | 年出束总时长 | 工作场所 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 生产调试期间 | 售后期间 | | | |
| 1 | RMCT10000 | 10h | 8h | 5 台/年 | 90h | 加速器机房及售后客户端工作场所 |
| 累计出束时长 | | 生产调试期间 | | | 50h | |
| | | 售后期间 | | | 40h | |
| | | 合计 | | | 90h | |
| 工业探伤用加速器辐射工作人员数量 | | | | | 3 人 | |
| 工作人员平均接触射线时长 | | | | | 30h | |
| 典型工作人员接触射线时长 | | | | | 30h | |

**注：**工作人员典型工作时间由建设单位根据已运行项目的工作负荷及工作人员排班情况给出。

## 四、原有工艺不足及改进情况

本项目扩建工业 X 射线探伤装置工作场所均在 1#调试区，1#调试区为公司现有调试区且已投入使用。本次扩建项目不改变 1#调试区原有功能及布局，不对原有工作内容进行调整。RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统对设备技术参数进行变更，其生产工艺与原来一致。1#调试区不涉及原有工艺不足改进的情况。

本项目扩建射线球管工作场所均在 2#调试区，2#调试区为公司现有调试区，目前尚未启用。本次扩建在 2#调试区内增加了射线球管的生产、调试工艺，拟对 2#调试区进行改造，取消原有工业 CT 调试机位设计，增加隔断以划分出射线球管的生产调

试场所。射线球管为公司新增产品，射线球管的生产工艺为2#调试区新增的生产工艺，2#调试区不涉及原有工艺不足改进的情况。

本项目于生产调试车间一楼南部中间预留位置新建1座加速器机房，在机房内进行工业探伤用加速器的生产、调试。该预留位置现为空置状态，RMCT10000型高能加速器CT检测系统为公司首个工业探伤用加速器，生产、测试RMCT10000型高能加速器CT检测系统为公司新增的生产、调试工艺，不涉及原有工艺不足改进的情况。

**污染源项描述**

**一、放射性污染**

本项目工业用X射线探伤装置、X射线源、工业探伤用加速器只有在开机并处于出束状态时才会产生X射线，对周围工作人员和公众产生一定外照射，因此本项目放射性污染为X射线。

本项目射线装置源强参数见表9-7。

表9-7 本项目射线装置源强参数一览表

| 序号 | 装置型号名称 | 管电压*管电流 | 滤过条件 | 源强 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 主射线 μSv·m²/（mA·h） | 漏射线 μSv/h | 散射线（射线能量）μSv·m²/（mA·h） |
| 1 | 通用微焦点X射线检测设备 RMX3000-G1 | 160kV*0.5mA | 0.5mmCu | 360000 | 2500 | 360000（150kV） |
| 2 | 通用小焦点X射线成像系统 RMX4000 | 225kV*2mA | 0.5mmCu | 720000 | 5000 | 720000（200kV） |
| 3 | 双源微纳CT检测系统 RMCT4000D | 190kV*1.0mA | 1mmAl | 714000 | 2500 | 714000（150kV） |
| | | 300kV*3.0mA | 3mmCu | 570000 | 5000 | 570000（200kV） |
| 4 | 微焦点CT检测系统 RMCT4000E | 300kV*3.0mA | 3mmCu | 570000 | 5000 | 570000（200kV） |
| 5 | 高精度大型工业CT检测系统 RMCT6000D | 300kV*3.0mA | 3mmCu | 570000 | 5000 | 570000（200kV） |
| | | 450kV*3.3mA | 3mmCu | 2100000 | 5000 | 2100000（240kV） |
| 6 | 微焦点在线CT检测系统 RMCT4000F | 160kV*6.25mA | 0.5mmCu | 360000 | 2500 | 360000（150kV） |
| 7 | 微焦点在线CT检测系统 RMCT4500S | 225kV*3mA | 0.5mmCu | 720000 | 5000 | 720000（200kV） |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 高速在线平面 CT 检测设备 RMPCT5500 | 180kV*0.5mA | 0.5mmCu | 480000 | 2500 | 480000（150kV） |
| 9 | 高性能快速 CT 检测系统 RMLCT7000M | 180kV*0.5mA | 0.5mmCu | 480000 | 2500 | 480000（150kV） |
| 10 | 微焦点卧式 CT 检测系统 RMLCT7500M 系列 | 180kV*0.5mA | 0.5mmCu | 480000 | 2500 | 480000（150kV） |
| 11 | X 射线在线检测系统 RMLVX XN150 | 225kV*6.0mA | 0.5mmCu | 720000 | 5000 | 720000（200kV） |
| 12 | RMMS-90N 型 X 射线源 | 90kV*0.2mA | 0.5mmCu | 78000 | 1000 | 78000（76.5kV） |
| 13 | RMMS-90W 型 X 射线源 | 90kV*0.2mA | 0.5mmCu | 78000 | 1000 | 78000（76.5kV） |
| 14 | RMMS-130N 型 X 射线源 | 130kV*0.3mA | 0.5mmCu | 210000 | 1000 | 210000（103.6kV） |
| 15 | RMMS-130W 型 X 射线源 | 130kV*0.3mA | 0.5mmCu | 210000 | 1000 | 210000（103.6kV） |
| 16 | 高能加速器 CT 检测系统 RMCT10000 | X 射线能量：9MeV | / | 最大剂量率 4500cGy·m$^2$/min | | |

**注：**1、工业用 X 射线探伤装置及 X 射线源主射线、散射线源强数据取自 GBZ/T 250-2014 表 B.1 及辐射防护导论附图 3、附图 4，工业探伤用加速器源强数据由建设单位提供；

2、漏射线源强数据取自 GBZ/T 250-2014 表 1；

3、散射线能量取自 GBZ/T 250-2014 表 2，表 2 未给出的使用《辐射防护手册（第一分册）》P448 一次散射计算方法取值。

## 二、非放射性污染

①废气：工业用 X 射线探伤装置、X 射线源及工业探伤用加速器出束工作时，X 射线会使空气电离产生微量的臭氧（$O_3$）和氮氧化物（$NO_x$）。

②废水：工作人员产生的生活污水。生产 X 射源过程中，绝缘油可过滤循环利用，不外排；X 射线源生产过程中，超声清洗环节产生清洗废水和擦拭废纸；X 射线源老练时浸在绝缘油中，老练结束后取出进行清洗、擦拭，会产生含废绝缘油的清洗废水和擦拭废纸。

③固体废物：主要是工作人员产生的生活垃圾。

# 表 10 辐射安全与防护

**项目安全设施**

**一、项目工作场所布局合理性分析**

本项目于公司 1#调试区内扩建 10 种工业 X 射线探伤装置、变更 1 种工业 X 射线探伤装置，进行生产、销售、使用；2#调试区新增 4 种 X 射线源，进行生产、销售、使用；于生产调试车间一楼南部中间预留位置新建 1 座加速器机房，新增 1 种工业探伤用加速器，进行生产、销售、使用。

1#调试区位于公司生产调试车间一楼东部，1#调试区下方为土层、上方为 2#调试区，东侧、南侧、北侧均为厂区道路，西侧为接待大厅及预留区；2#调试区位于公司生产调试车间二楼东部，2#调试区下方为 1#调试区、上方为 4#调试区，东侧、南侧、北侧均为楼外临空，西侧为休息区及预留区；加速器机房东侧为过道，南侧为车间外道路，西侧为卫生间，北侧为操作区及过道。1#调试区内以网格状设 9 个调试机位，最多可容纳 9 台设备的调试工作；2#调试区内按照射线球管的生产工艺流程设计有零件仓库、超声清洗间、零件装配间、钎焊间、排气间、老练间、阴极装配间等，其中排气间、老练间内分别设置有 1 台排气铅箱和 1 台老练铅箱，各房间之间设人员门及物品传递窗。1#调试区工作人员操作位均设于工业用 X 射线探伤装置屏蔽体（铅房）外，2#调试区工作人员操作位均设于铅箱外，工业探伤用加速器操作位设于加速器机房外。工作人员在进行调试、测试过程中可能需要在工业用 X 射线探伤装置铅房外、X 射线源铅箱外各个方向开展工作，存在无法避开有用线束方向的情况；但本项目工业用 X 射线探伤装置均为自屏蔽设备，X 射线源测试铅箱也设计有足够的屏蔽，能够满足辐射防护与安全要求。工业探伤用加速器主射线方向固定向西，操作位设于加速器机房北侧，防护门设于东侧，均避开有用线束方向。本项目选址及布局合理。

为了加强管理，做好辐射安全防护工作，公司按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求在辐射工作场所内划定控制区和监督区。1#调试区内生产调试的工业用 X 射线探伤装置均为自屏蔽设备，公司拟将设备铅房内部划为控制区管理，将铅房外、1#调试区内除楼梯间、卫生间、井道以外的其余区域划为监督区管理；2#调试区生产 X 射线源过程中，仅有排气和老练环节需要出束，且出束均在铅箱中进行，公司拟将排气铅箱、老练铅箱内部划为控制区管理，将铅箱外、排气间和老练间内其余区域划为监督区管理；工业探伤用加速器在加速器机房内进行生

产、调试，公司拟将加速器机房内部作为辐射防护控制区，将加速器操作区和防护门口外 1m 区域作为辐射防护监督区管理。调试区的控制区以设备铅房、测试铅箱为边界，监督区以实体墙、门为边界；加速器机房的控制区以机房墙体、防护门为边界，监督区边界设置醒目的标识线。工业用 X 射线探伤装置、X 射线源及工业探伤用加速器出束工作时，严禁任何人员及其肢体进入或滞留控制区内部；1#调试区、2#调试区仅允许本项目辐射工作人员通过门禁刷卡进入监督区，高能加速器 CT 检测系统的监督区运用行政管理措施，非辐射工作人员严格限制入内。

本项目辐射工作场所分区示意图见图 10-1 至图 10-2。

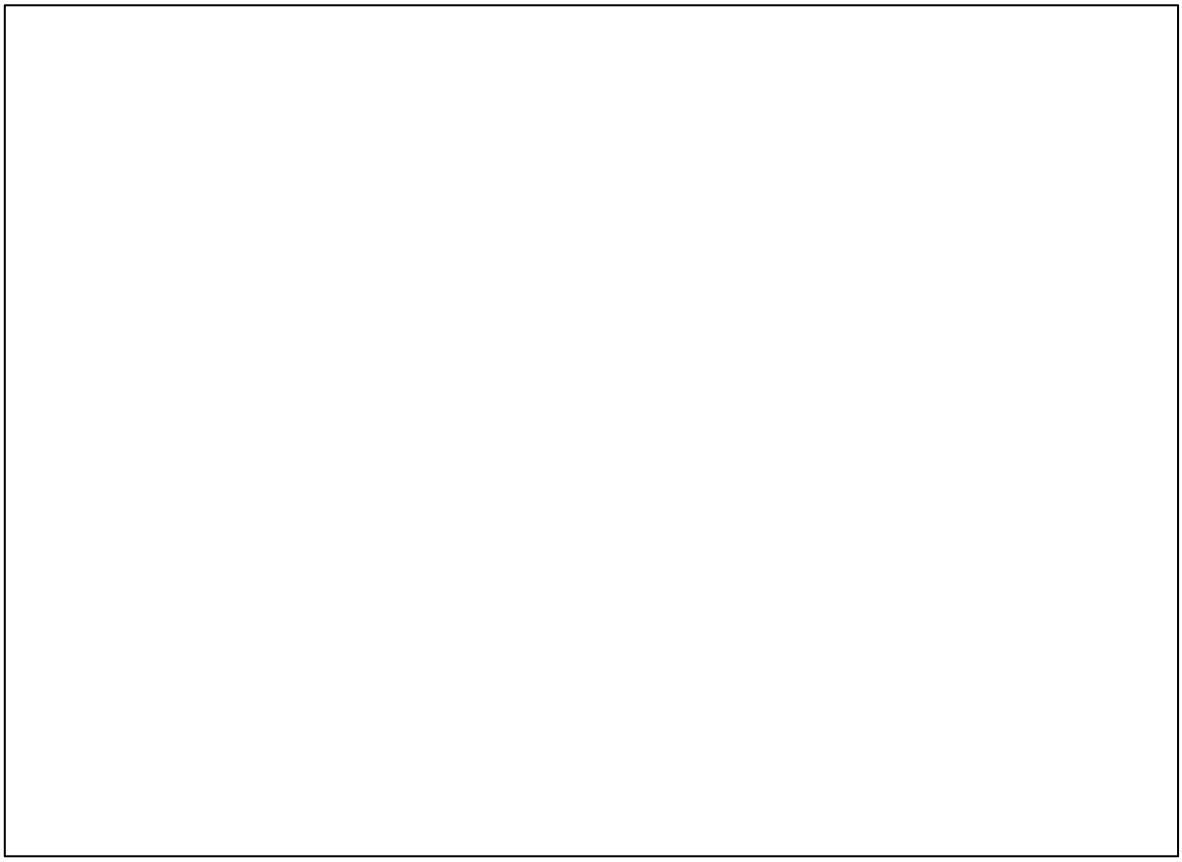

图 10-1 1#调试区及加速器机房辐射防护分区示意图（生产调试车间一楼）

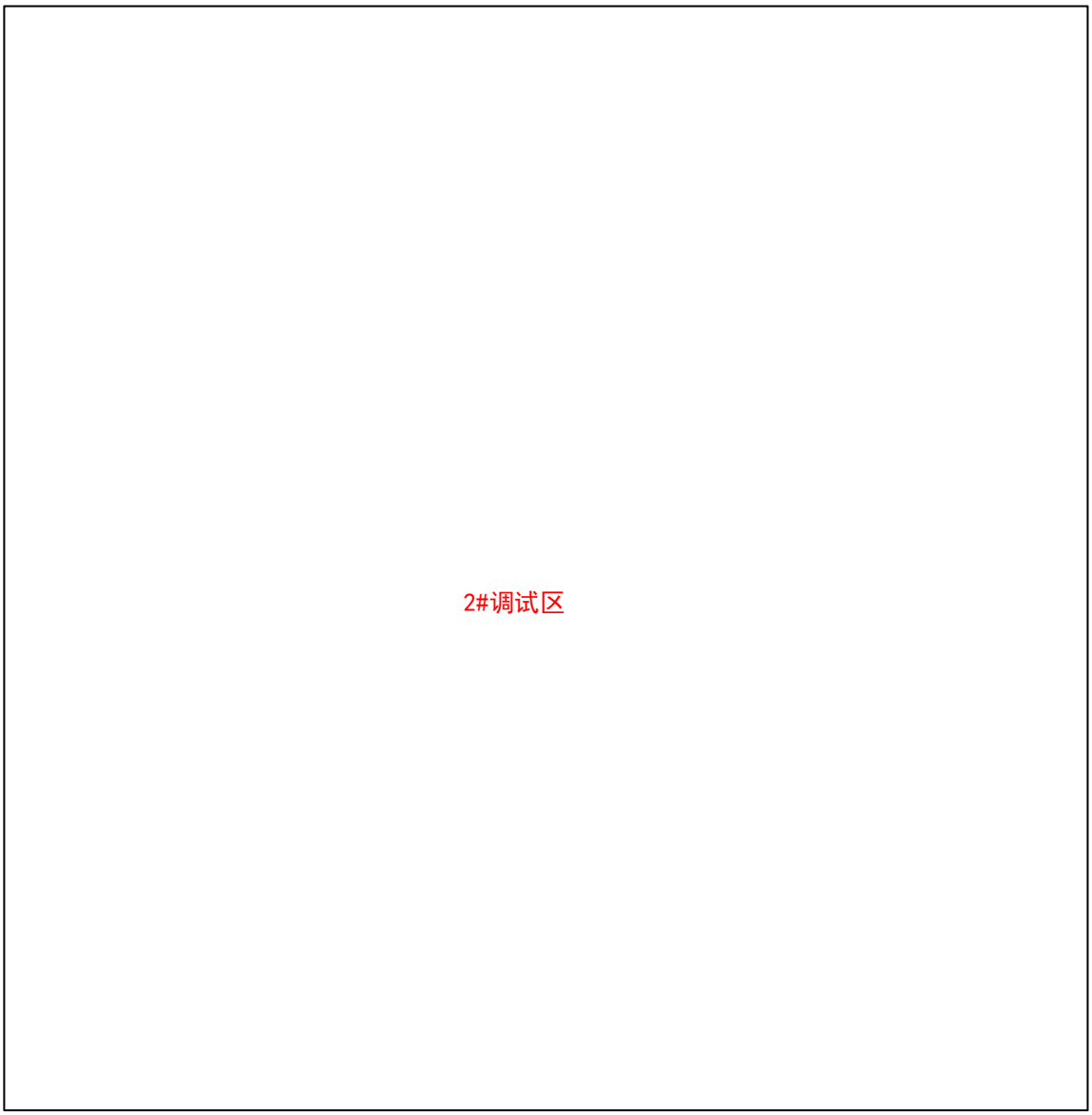


图 10-2 2#调试区辐射防护分区示意图（生产调试车间二楼）

## 二、辐射防护屏蔽设计

本项目 1#调试区、2#调试区仅作为工作场所，不提供屏蔽防护；加速器机房既作为工业探伤用加速器的工作场所，也为加速器提供屏蔽防护。本项目新增 10 种、变更 1 种型号工业用 X 射线探伤装置均为自屏蔽装置，4 种 X 射线源均在铅箱内进行测试。工业用 X 射线探伤装置、X 射线源测试铅箱及加速器机房的屏蔽防护设计见表 10-1。

表 10-1 本项目屏蔽设计参数一览表

| 序号 | 设备名称型号 | 防护参数 | | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 通用微焦点 X 射线检测设备 RMX3000-G1 | 铅房正面（含工件门） | 7mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 工件门上观察窗 | 10mm 铅当量铅玻璃 | / |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 铅房左面（含检修门） | 7mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房右面（含检修门） | 7mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房顶面 | 8mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房底面 | 6mm 铅板+10mm 钢板 | / |
| | | 铅房背面 | 7mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 背面检修门 | 7mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 整机尺寸为 L1535mm×W1630mm×H1770mm | | |
| 2 | 通用小焦点 X 射线成像系统 RMX4000 | 铅房正面（含工件门） | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房左面（含检修门） | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房右面 | 16mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房顶面 | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房底面 | 13mm 铅板+10mm 钢板 | / |
| | | 铅房背面（含检修门） | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 背面检修门 | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 整机尺寸为 L2500mm×W1500mm×H1950mm | | |
| 3 | 双源微纳 CT 检测系统 RMCT4000D | 铅房正面（含工件门） | 32mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房左面 | 22mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房右面（含检修门） | 32mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房顶面 | 32mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房底面 | 22mm 铅板+10mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房背面（含检修门） | 22mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 背面检修门 | 22mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 右面检修门 | 32mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 整机尺寸为 L3390mm×W1870mm×H2300mm | | |
| 4 | 微焦点 CT 检测系统 RMCT4000E | 铅房正面（含工件门） | 25mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房左面（含检修门） | 22mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房右面 | 35mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房顶面 | 22mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房底面 | 22mm 铅板+10mm 钢板 | / |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 铅房背面（含检修门） | 22mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 背面检修门 | 22mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 整机尺寸为 L3300mm×W1600mm×H2400mm | | |
| 5 | 高精度大型工业 CT 检测系统 RMCT6000D | 铅房正面（含工件门，兼检修门） | 35mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房左面 | 35mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房右面 | 58mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房顶面 | 58mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房底面 | 混凝土地面，铅房四侧与地面之间设置“L”形铅板围堰，厚度为 35mm 铅板 | / |
| | | 铅房背面 | 35mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 检测机尺寸为 L6449mm×W5714mm×H4035mm | | |
| 6 | 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4000F | 铅房正面（含工件门） | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房左面 | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房右面 | 16mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房顶面 | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房底面 | 13mm 铅板+10mm 钢板 | / |
| | | 铅房背面（含检修门） | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 背面检修门 | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 整机尺寸为 L3000mm×W2495mm×H2680mm | | |
| 7 | 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4500S | 铅房正面（含检修门） | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 正面观察窗 | 20mm 铅当量铅玻璃 | / |
| | | 铅房左面（含进料口） | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房右面（含出料口） | 16mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房顶面 | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房底面 | 13mm 铅板+10mm 钢板 | / |
| | | 铅房背面 | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 整机尺寸为 L2950mm×W2145mm×H1855mm | | |
| 8 | 高速在线平面 CT 检测设备 | 铅房正面（含检修门） | 10mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房左面（含进料口） | 10mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | RMPCT5500 | 铅房右面（含出料口） | 10mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房顶面 | 10mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房底面 | 12mm 铅板+10mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房背面（含检修门） | 10mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 整机尺寸 L1535mm×W2195mm×H1610mm | | |
| 9 | 高性能快速 CT 检测系统 RMLCT7000M | 铅房正面（含工件门） | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房左面（含检修门） | 10mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房右面（含检修门） | 10mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房顶面 | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房底面 | 12mm 铅板+10mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房背面（含检修门） | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 背面检修门 | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 左面检修门 | 10mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 右面检修门 | 10mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 正面观察窗 | 15mm 铅当量铅玻璃 | 主射线方向 |
| | | 整机尺寸为 L2425mm×W2060mm×H1995mm | | |
| 10 | 微焦点卧式 CT 检测系统 RMLCT7500M 系列 | 铅房正面（含检修门） | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房左面（含进料口） | 10mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房右面（含出料口） | 10mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房顶面 | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房底面 | 12mm 铅板+10mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房背面（含检修门） | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 正面检修门 | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 背面检修门 | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 正面观察窗 | 15mm 铅当量铅玻璃 | 主射线方向 |
| | | 整机尺寸为 L4300mm×W3000mm×H2350mm | | |
| 11 | X 射线在线检测系统 RMLVX XN150 | 铅房正面（含检修门） | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房左面（含进料口） | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅房右面（含出料口） | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 铅房顶面 | 16mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅房底面 | 13mm 铅板+10mm 钢板 | / |
| | | 铅房背面（含检修门） | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 背面检修门 | 13mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 正面观察窗 | 20mm 铅当量铅玻璃 | / |
| | | 整机尺寸为 L1800mm×W1430mm×H1730mm | | |
| 12 | X 射线源排气铅箱、老练铅箱 | 铅箱正面 | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 顶面防护门 | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅箱背面 | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅箱左面 | 10mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅箱右面 | 10mm 铅板+2mm 钢板 | / |
| | | 铅箱顶面（含工件门） | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 铅箱底面 | 12mm 铅板+2mm 钢板 | 主射线方向 |
| | | 测试铅箱尺寸为 L7295mm×W3390mm×H3790mm | | |
| 13 | RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统 | 东墙 | 1500mm 硫酸钡混凝土（等效 204.2cm 混凝土） | / |
| | | 南墙 | 1500mm 硫酸钡混凝土（等效 204.2cm 混凝土） | / |
| | | 西墙 | 2200mm 硫酸钡混凝土（等效 299.6cm 混凝土） | 主射线方向 |
| | | 北墙 | 1500mm 硫酸钡混凝土（等效 204.2cm 混凝土） | / |
| | | 屋顶 | 1600mm 硫酸钡混凝土（等效 204.2cm 混凝土） | / |
| | | 入口通道北墙 | 1500mm 硫酸钡混凝土（等效 204.2cm 混凝土） | / |
| | | 入口通道南墙 | 1300mm 硫酸钡混凝土（等效 177.0cm 混凝土） | / |
| | | 防护门 | 30cm 铅板 | / |

**注：**1、所用屏蔽材料中，铅板密度不低于 11.3g/cm$^3$，钢板密度不低于 7.87g/cm$^3$，硫酸钡混凝土密度不低于 3.2g/cm$^3$；

2、根据建设单位提供信息，硫酸钡混凝土是采用硫酸钡细碎块（替代普通混凝土中的石子）、水泥、石砂、水等材料混合搅拌而成，其中硫酸钡稀碎块、石砂为骨料，水泥为粘合剂，水等其他材料为辅料，硫酸钡稀碎块、石砂的骨料配比一般为 7:3。

本项目工业用 X 射线探伤装置及 X 射线源测试铅箱通风口处、线缆孔处均设计

安装屏蔽罩作为补偿防护措施，通风口、线缆孔屏蔽罩所用屏蔽材料及厚度与其所在铅房位置的屏蔽材料及厚度一致；各检修门、工件门屏蔽材料及厚度均与其所在铅房面的屏蔽设计一致，检修门、工件门与铅房搭接宽度均 10 倍于门与铅房之间的缝隙。具体如下：

1、RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备

如图 10-3 所示，RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备线缆孔设于铅房底部，线缆从底部通向电控柜；排风口设于铅房上部左右两侧，安装风扇排风。

探测器

射线源

图 10-3（*a*） RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备线缆孔、通风口位置示意图

线缆孔屏蔽罩　　通风口屏蔽罩

图 10-3（*b*） RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备线缆孔、通风口屏蔽罩结构设计示意图

2、RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统

如图 10-4 所示，RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统线缆孔设于铅房左侧上部，线缆从线缆孔通向电气柜。铅房顶部设两处通风口，安装风扇排风。RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统线缆孔屏蔽罩、通风口屏蔽罩结构设计与 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备一致。

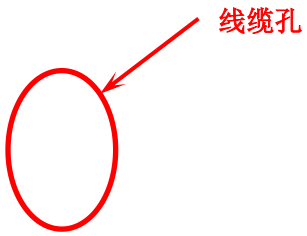


图 10-4（*a*） RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统线缆孔位置示意图

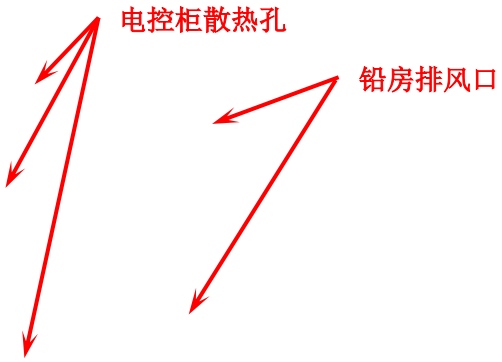


图 10-4（*b*） RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统通风口位置示意图

3、RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统

如图 10-5 所示，RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统铅房左侧底部预留线缆孔，线缆由此通向电气柜；铅房顶部设两处排风口，安装风扇排风。RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统线缆孔屏蔽罩、通风口屏蔽罩结构设计与 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备一致。

图 10-5 RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统线缆孔、通风口位置示意图

4、RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统

如图 10-6 所示，RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统于铅房左侧预留线缆孔，线缆由此通往电气柜；铅房顶面设两处排风口，安装风扇排风，不单独设进风口。RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统线缆孔屏蔽罩、通风口屏蔽罩结构设计与 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备一致。

图 10-6 RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统线缆孔、通风口位置示意图

5、RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统

如图 10-7 所示，RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统在铅房左面底部及背面预留线缆孔；在铅房顶部设置排风口，安装风扇排风，不单独设进风口。

图 10-7（*a*） RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统线缆孔、通风口位置示意图

图 10-7（*b*） RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统内部主要结构示意图

线缆孔屏蔽罩　　通风口屏蔽罩

图 10-7（*c*） RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统线缆孔、通风口屏蔽罩结构示意图

图 10-7（*d*） RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统“L”形铅板围堰

6、RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统

如图 10-8 所示，RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统在铅房右侧下方设一处线缆孔，线缆由此通向电气柜。铅房顶部设两处排风口，安装风扇排风。RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统线缆孔屏蔽罩、通风口屏蔽罩结构设计与 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备一致。

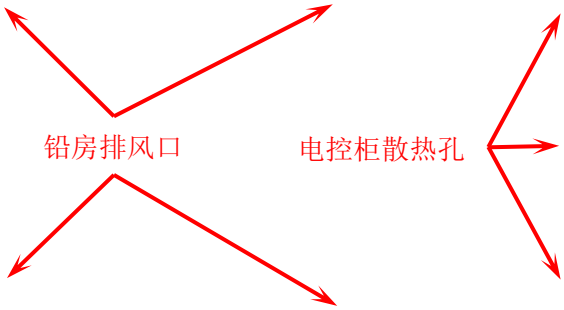


图 10-8（*a*） RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统排风口位置示意图

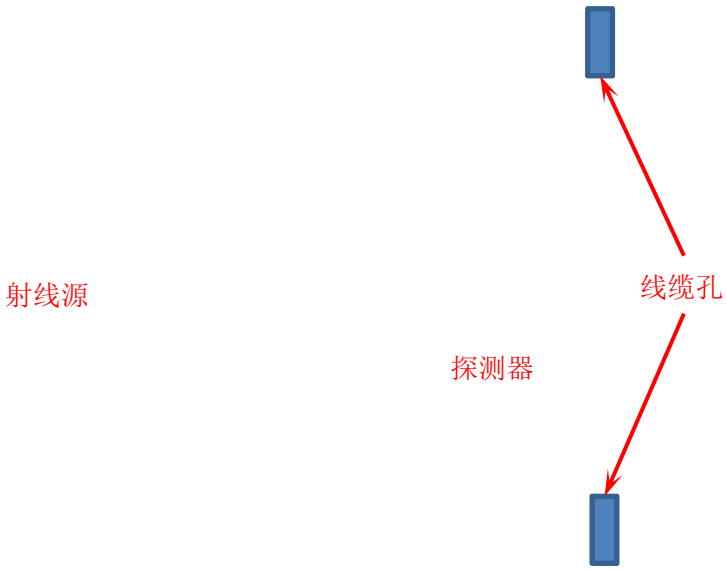


图 10-8（*b*） RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统线缆孔位置示意图

7、RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统

如图 10-9 所示，RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统在铅房背面上部设一处线缆孔，线缆由此通向电气柜。铅房顶部设一处排风口，安装风扇排风，不单独设进风口。RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统线缆孔屏蔽罩、通风口屏蔽罩结构设计与 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备一致。

探测器

射线源

图 10-9 RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统通风口、线缆孔位置示意图

8、RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备

如图 10-10 所示，RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备在铅房背面下方设一处线缆孔，线缆由此通向电气柜。铅房顶部设四处排风口，安装风扇排风。RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备线缆孔屏蔽罩、通风口屏蔽罩结构设计与 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备一致。

射线源

探测器

图 10-10 RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备通风口、线缆孔位置示意图

9、RMLCT7000M 型高性能快速 CT 检测系统

如图 10-11 所示，RMLCT7000M 型高性能快速 CT 检测系统在铅房背面各预留一处线缆孔，铅房顶部设一处排风口，安装风扇排风。RMLCT7000M 型高性能快速 CT 检测系统线缆孔屏蔽罩、通风口屏蔽罩结构设计与 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备一致。

图 10-11（*a*） RMLCT7000M 型高性能快速 CT 检测系统线内部结构示意图

图 10-11（*b*） RMLCT7000M 型高性能快速 CT 检测系统线缆孔、通风口位置示意图

10、RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统

如图 10-12 所示，RMLCT7500M 系列高性能快速 CT 检测系统在铅房左面预留一处线缆孔，铅房顶部设两列（共 8 个）排风口，安装风扇排风。RMLCT7500M 系列型微焦点卧式 CT 检测系统线缆孔屏蔽罩、通风口屏蔽罩结构设计与 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备一致。




图 10-12（*a*） RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统线缆孔、通风口位置示意图

图 10-12（*b*） RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统通风口位置示意图

11、RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统

如图 10-13 所示，RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统在铅房左面预留一处线缆孔，铅房顶部设两处排风口，安装风扇排风，不单独设进风口。RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统线缆孔屏蔽罩、通风口屏蔽罩结构设计与 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备一致。

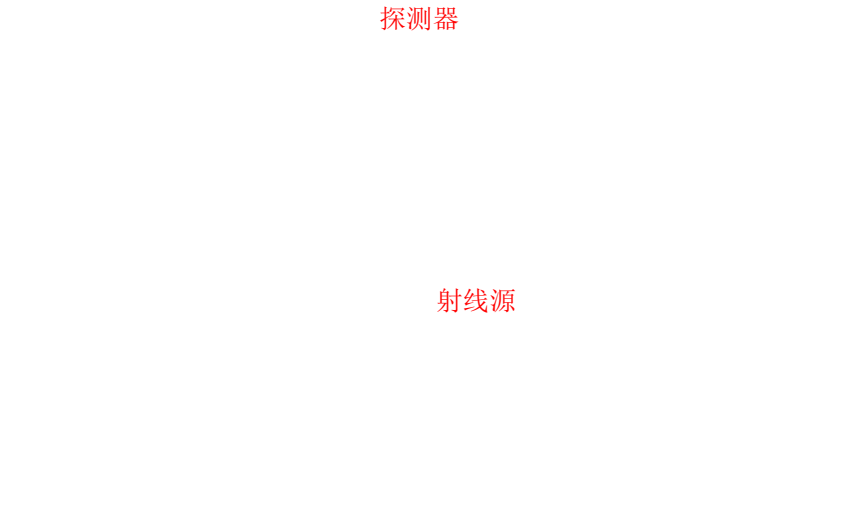


图 10-13 RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统线缆孔、通风口位置示意图

12、X 射线源测试铅箱

如图 10-14 所示，X 射线源测试铅箱在铅箱左面预留一处线缆孔，铅房顶部设两处排风口，安装风扇排风。X 射线源测试铅箱线缆孔屏蔽罩、通风口屏蔽罩结构设计与 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备一致。

图 10-14 X 射线源测试铅箱（即排气铅箱、老练铅箱）线缆孔、通风口位置示意图

## 三、辐射安全和防护措施

### （一）工业用 X 射线探伤装置及 X 射线源（测试铅箱）

为确保辐射安全，保障本项目安全运行，俐玛精密测量技术（苏州）有限公司为工业用 X 射线探伤装置及 X 射线源（测试铅箱）设计有相应的辐射安全装置和保护

措施。主要有：

1、本项目工业用X射线探伤装置的X射线源均安装在设备屏蔽体（铅房）内部，本项目拟生产、销售、使用的X射线源测试期间均安装在屏蔽体（测试铅箱）内部，操作人员均无法直接接触到X射线源，且X射线源不能被单独开启，只有安装在屏蔽体内部、连接到内部的线路上并通过配套的控制软件才能开启。正常出束工作期间，人员无法进入探伤装置和测试铅箱内部。

2、工业用X射线探伤装置和X射线源测试铅箱均带钥匙开关，当钥匙档位在“ON”时射线才被允许打开，钥匙由专人负责保管。

3、门—机联锁装置。工业用X射线探伤装置的X射线源与铅房防护门（包括工件门、检修门）之间设置联锁，X射线源测试铅箱内的X射线源与测试铅箱防护门之间安装有联锁装置，防护门关闭后X射线源才能出束，出束期间强行打开防护门时X射源将自动停止出束。

4、工业用X射线探伤装置、X射线源测试铅箱上均设计安装工作状态指示灯，防护门关闭和射线出束时均有相应颜色的警示灯提示，警告无关人员勿靠近。工作状态指示灯设计与X射线源联锁，如工作状态指示灯故障，X射线源将不能启动工作。

5、工业用X射线探伤装置铅房外操作位处、X射线源测试铅箱外操作位处均设计安装紧急停机按钮，尺寸较大的工业用X射线探伤装置（可容纳人员进入的）在其内部也设计安装紧急停机按钮，紧急情况时按下急停按钮可立即切断X射线源高压电源，停止出束，防止误照射。

6、工业用X射线探伤装置、X射线源测试铅箱表面均设置有电离辐射警告标志及中文警示说明，1#调试区、2#调试区出入口均张贴电离辐射警告标志。

7、1#调试区和2#调试区出入口处、调试区顶部天花板上安装多个视频监控装置，实时监控调试区内人员活动情况及设备运行情况。

8、1#调试区已配备固定式场所辐射探测报警装置，2#调试区投入使用后拟配备固定式场所辐射探测报警装置，均用于实时监测工作场所辐射剂量水平，当超过预设剂量阈值时，能发出警示信号。

9、1#调试区和2#调试区出入口均设置门禁系统，只有被授权的辐射工作人员才能刷卡进入，防止非辐射工作人员误入。

本项目射线装置安装的辐射安全措施满足本项目辐射安全的需要。

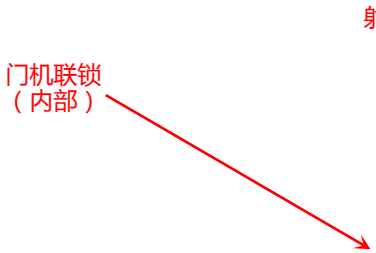


图 10-15 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备辐射安全装置示意图

图 10-16 RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统辐射安全装置示意图

图 10-17（*a*） RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统辐射安全装置示意图

图 10-17（*b*） RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统辐射安全装置示意图

图 10-18（*a*） RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统辐射安全装置示意图

图 10-18（*b*） RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统辐射安全装置示意图

图 10-19 RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统辐射安全装置示意图

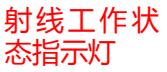

图 10-20（*a*） RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统辐射安全装置示意图

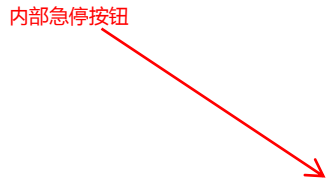


图 10-20（*b*） RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统辐射安全装置示意图

图 10-21 RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统辐射安全装置示意图

图 10-22（*a*） RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备辐射安全装置示意图

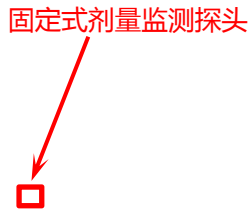


图 10-22（*b*） RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备辐射安全装置示意图（俯视）

射线

图 10-23（*a*） RMLCT7000M 型高性能快速 CT 检测系统辐射安全装置示意图

图 10-23（*b*） RMLCT7000M 型高性能快速 CT 检测系统辐射安全装置示意图（俯视）

图 10-24（*a*） RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统辐射安全装置示意图

图 10-24（*b*） RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统辐射安全装置示意图（俯视）

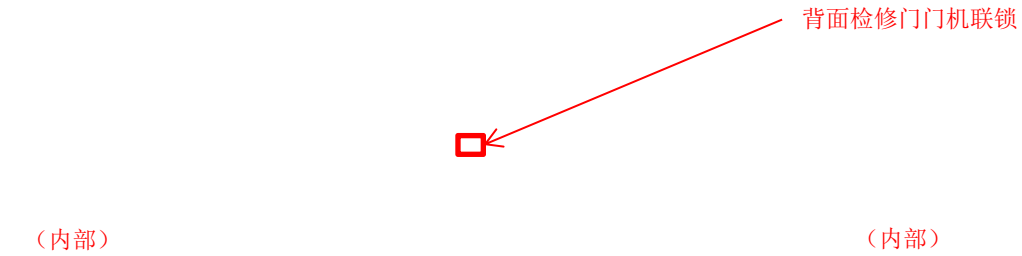


图 10-25 RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统辐射安全装置示意图

图 10-26 1#调试区辐射安全措施示意图

图 10-27 2#调试区排气间、老练间辐射安全措施示意图

表 10-2 本项目工业用 X 射线探伤装置及 X 射线源（测试铅箱）辐射安全措施/设施一览表

| 序号 | 装置名称及型号 | 辐射安全措施/设施 |
|---|---|---|
| 1 | RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备 | |
| 2 | RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统 | |
| 3 | RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统 | |
| 4 | RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统 | |
| 5 | RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统 | |
| 6 | RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统 | |

| | | |
|---|---|---|
| | | [redacted] |
| 7 | RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统 | [redacted] |
| 8 | RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备 | [redacted] |
| 9 | RMLCT7000M 型高性能快速 CT 检测系统 | [redacted] |
| 10 | RMLCT7500M 系列微小焦点卧式 CT 检测系统 | [redacted] |
| 11 | RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统 | [redacted] |
| 12 | X 射线源测试铅箱 | [redacted] |

**注：**1、上表中固定式剂量监测仪探头设于屏蔽体内部，显示单元设于屏蔽体外人员操作位所在面；

2、RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统、RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统均为在线检测系统，设备左右两侧上下料口的开启和关闭为程序自动控制，仅在上下料期间短暂开启，通过预审程序，开启期间射线源不出束；若设置门机联锁，设备无法快速、连续工作，因此上下料口不单独设门机联锁开关。

在落实上述辐射安全措施后，本项目工业用 X 射线探伤装置及 X 射线源（测试铅箱）的辐射安全设施能够满足参考标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

为确保工业用 X 射线探伤装置和 X 射线源（测试铅箱）生产测试过程中的放射防护要求，辐射工作人员还应遵循以下安全操作要求：

（1）生产测试期间，工作人员除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，测试工作人员应立即中止出束测试，同时防止其他人操作设备，并立即向辐射防护负责人报告。

（2）应定期测量调试区及其周围区域的剂量率水平，包括操作人员工作位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，应终止出束测试工作并向辐射防护负责人报告。

（3）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，则不应开始出束测试工作。

（4）在每一次出束测试前，操作人员都应该确认装置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，才能开始出束测试工作。

本项目设备销售过程中打包、转运、安装均不开机，无辐射风险。安装完成后需在客户现场进行简单调试和测试，以确保安装无误或运输途中无损坏；当设备故障时，一般先线上指导排障，必要时指派技术人员赶赴客户现场进行维修。在客户现场开展调试、测试以及维修工作时，技术人员除遵循上述安全操作要求外，还应遵循客户单位的相关安全操作要求。

**（二）工业探伤用加速器**

为确保辐射安全，保障本项目安全运行，俐玛精密测量技术（苏州）有限公司为 RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统设计有相应的辐射安全装置和保护措施。主要有：

1、门—机联锁装置。本项目加速器机房防护门拟与工业探伤用加速器设置联锁，防护门未关闭时，加速器不能开机；加速器运行中防护门被打开则加速器自动停机。

2、急停及逃生按钮。公司拟在加速器机房内每面墙上、加速器设备上及操作台上均安装紧急停机按钮，并从防护门内侧至机房内部墙上距地面 1.2m 高度设置拉线开关，紧急情况时按下任一急停按钮或拉拽拉线开关均可终止加速器的运行。公司拟在防护门内侧安装紧急逃生按钮，紧急情况下机房内人员可通过此按钮从内侧打开防护门逃生。急停按钮、拉线开关和逃生按钮均拟设置清晰的使用方法和注意事项说明。

3、剂量联锁。公司拟为工业探伤用加速器安装固定式剂量监测仪，监测探头安装在加速器机房北墙上，监测终端控制器设于加速器操作台。固定式剂量监测仪拟与防护门设置联锁，当监测到机房内辐射水平高于仪器设定的阈值时，防护门无法从外部打开。

4、信号警示装置。公司拟在加速器机房防护门上方均设置工作状态指示灯，工作状态指示灯与加速器设置联锁。加速器机房入口及内部均拟安装声音报警装置，加速器出束前声音报警装置发出警示音（不少于 10s），用于出束前对机房内外人员的警示；出束后声音报警装置持续发出警示音，直至停束为止。信号警示装置旁设置清

晰的信号意义指示说明。

5、视频监控装置。公司拟在加速器机房内安装多个视频监控装置，视频监控对机房内实现无死角覆盖，视频监视器设于操作台，辐射工作人员可通过视频监控观察机房内人员驻留情况及加速器运行情况。

6、清场复位按钮。加速器机房内安装清场复位按钮，加速器启动前，工作人员需对机房内进行巡视并将清场按钮复位。清场按钮未复位时，加速器无法启动。清场复位按钮旁设置清晰的使用方法和注意事项说明。

7、钥匙开关。加速器操作台上设置钥匙开关，如从操作台上取出钥匙，加速器自动停机；钥匙就位之前，加速器无法启动。加速器仅有 1 把唯一的钥匙，且与 1 台个人剂量报警仪绑定使用，且由专人负责保管使用。

8、控制程序管理。公司拟为工业探伤用加速器的操作控制程序设置密码，进入程序时需输入密码验证，验证通过后才能进行下一步操作。密码由专人保管并使用，未经辐射安全管理人员允许不得修改。高能加速器 CT 检测系统的加速器安装在整套检测系统内，只能通过特定的软件操作程序与整套检测系统一起启动，无法通过其他手段单独开启。

9、机械排风装置。加速器机房顶部东南角设置排风窗口，安装机械排风扇排风，排风口外侧安装铅屏蔽罩作为补偿防护措施。机房内产生的臭氧、氮氧化物从排风口排出，并经管道引至生产调试车间楼顶排放。

10、控制系统功能设计。加速器控制系统应与加速器之间可靠的通信接口，能对加速器的射线开关、脉冲重复频率、出束时间等进行控制，操作台应显示加速器工作状态、出束剂量率、出时间、触发频率、触发方式等参数，以实现对加速器系统安全、可靠的控制。

本项目工业探伤用加速器辐射安全设施示例表见表 10-3，辐射安全设施示意图见图 10-28。在落实以上辐射安全措施后，本项目工业探伤用加速器辐射安全设施能够满足《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）的标准要求。

表 10-3 工业探伤用加速器机房辐射安全设施示例表

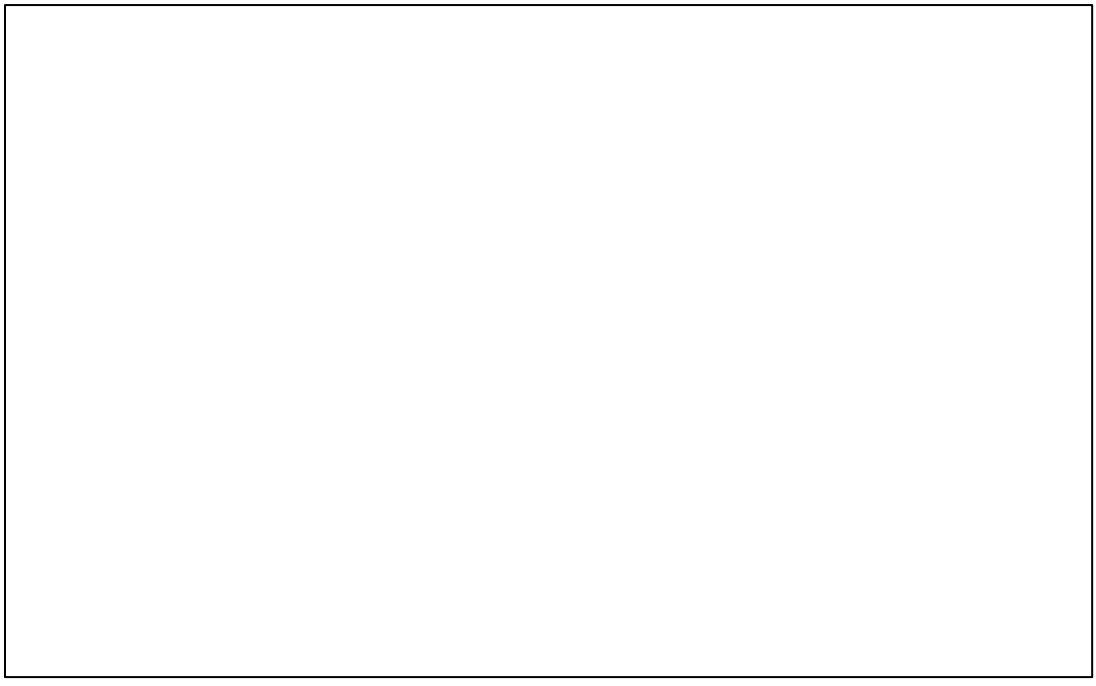

图 10-28 工业探伤用加速器机房辐射安全设施示意图

为确保高能加速器 CT 检测系统生产测试过程中的辐射安全，辐射工作人员在操作期间还应遵循以下安全操作要求：

（1）操作人员和专（兼）职管理人员应经过辐射防护安全培训以及专业技术培

训，并经考核合格。操作人员还应符合 GB 9445 中射线照相检测人员的身体健康条件，并接受工业 CT 无损检测专业培训。

（2）操作人员应定期检查安全联锁、紧急停机按钮、射线源开关钥匙、通风换气装置以及剂量监测与警示标志及装置等，确认其处于正常状态。

（3）进入加速器机房前，操作人员应确认加速器已处于停束状态，并应拔出射线源开关钥匙方可进入。

（4）每次加速器出束之前，操作人员应巡查检测室及迷道，确认检测室及迷道内无人且防护门关闭后方可开启加速器出束。一旦发现设备异常，应立刻关闭射线束并停机检查，在未查明原因和维修结束前，加速器不得投入工作使用。

（5）操作、安装调试和检修维护人员在工作过程中，应按要求佩戴个人剂量计。进行加速器设备的调试和维修时，工作人员除了按要求佩戴个人剂量计外，还应按要求携带个人剂量报警仪。

（6）每天工作结束后，做好安全记录，并由使用单位的辐射安全管理人员或委托相关责任人保管好射线源开关钥匙。

高能加速器 CT 检测系统的售后安装调试和检修维护过程还应遵循以下安全操作要求：

（1）安装调试和检修维护人员，除应经过辐射防护安全培训并取得相应合格证书外，还应经过公司的专业技术培训合格后，方可进行相关的安装、调试和检修工作。

（2）在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带。

（3）在调试和维修过程中，如果要求解除安全联锁等保护措施，应经相关负责人同意之后安排专人监护，并应在检测室的入口等关键处设置醒目的警示牌。工作结束后，先恢复安全联锁并经确认系统正常后才能启用加速器。

**四、监测仪器和防护用品**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展工业探伤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。

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司目前已配备辐射巡测仪 1 台（1#调试区使用），1#调试区已安装固定式辐射剂量报警装置，已为 1#调试区现有辐射工作人员配备个人

剂量报警仪6台。公司拟为本项目增配辐射巡测仪2台（2#调试区1台、高能加速器CT检测系统工作场所1台）、个人剂量报警仪15台（2#调试区4台、高能加速器CT检测系统工作场所2台、1#调试区9台）、固定式辐射剂量报警装置6台（1#调试区工作场所3台、2#调试区工作场所2台、高能加速器CT检测系统工作场所1台）用于辐射监测和报警，辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计，以监测累积受照情况。公司拟为本项目新配置20名辐射工作人员，拟定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，并将按相关要求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。

**三废处理**

**一、放射性三废**

本项目运行过程中没有放射性三废产生。

**二、非放射性三废**

**1、臭氧和氮氧化物**

本项目工业用X射线探伤装置、X射线源及工业探伤用加速器在出束工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧（$O_3$）和氮氧化物（$NO_x$），少量臭氧和氮氧化物可通过屏蔽铅房、测试铅箱内机械排风扇排出铅房，调试区内可通过通风系统及生产调试车间门窗对房间通风换气；加速器机房设置机械通风装置对机房进行通风换气。臭氧常温下约50分钟可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

**2、生活污水、垃圾**

本项目辐射工作人员产生的少量生活污水接入市政管网，产生的少量生活垃圾由公司分类收集后定期交环卫部门处理。

**3、含废绝缘油的清洗废水和擦拭废纸**

X射线源生产过程中产生的含废绝缘油的清洗废水和擦拭废纸，对照《国家危险废物名录（2025年版）》，含废绝缘油的清洗废水和擦拭废纸属于“HW08 废矿物油与含矿物油废物”类危险废物，废物代码为：900-249-08。公司拟设置危险废物柜用于存放危险废物，并委托有资质单位定期处理。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）的要求，公司应落实以下危险废物管理措施：

（1）将废绝缘油的清洗废水和擦拭废纸按固态、液态分类收集，含绝缘油的清洗废水使用带密封盖的塑料桶收集，擦拭废纸使用带密封口的塑料袋收集，液态、固

态废物分柜储存；

（2）每个塑料桶和塑料袋上应设置危险废物标签，标签上明确危险废物的类别、数量（重量）、形态、物理化学性质、环境风险、入库时间等信息；

（3）建立危险废物出入库台账，对危险废物贮存过程进行信息化管理，确保数据完整、真实、准确；

（4）贮存含绝缘油的清洗废水的贮存柜内设置防止渗漏的围堰，围堰拟采用不锈钢制造，边角、接缝处采用钎焊焊接密实，确保无裂缝；

（5）危险废物贮存柜上设置醒目的危险废物标识，对危险废物贮存柜设置无死角的视频监控，视频监控应确保画面清晰，视频记录保存时间至少为 3 个月；

（6）采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，配备应急照明系统；

（7）公司应指定专人负责危险废物柜的管理，编制突发环境事件应急预案，定期开展必要的培训和环境应急演练，并做好培训、演练记录。

# 表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响**

本项目工业用 X 射线探伤装置均为整体式铅房结构，项目拟建址位于厂区内已有的生产调试车间；设备铅房均委外加工，在调试区内进行组装、调试。1#调试区不涉及基础工程建设，因此不存在建设阶段环境影响。

本项目工业探伤用加速器机房拟使用硫酸钡混凝土进行浇筑，2#调试区需进行改造施工，施工期间主要产生以下环境影响：

一、大气：本项目在建设施工期需进行混凝土浇筑和墙体隔断，各种施工将产生扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。

针对上述大气污染采取以下措施：

1、及时清扫施工场所，并保持施工场地一定的湿度；

2、车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；

3、施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

二、噪声：整个建筑施工阶段，如墙体连接等施工都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

三、固体废物：项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

四、废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放或回收用于施工场地洒水降尘。

公司在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在公司厂区内部，对周围环境影响较小。

**运行阶段对环境的影响**

**一、辐射环境影响分析**

对本次扩建工业用射线装置及射线球管项目的辐射环境影响采取理论计算的方法进行分析与评价。

**◆ 工业用 X 射线探伤装置及 X 射线源**

**（一）参考点辐射水平估算模式选取**

采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式及相关参数估算装置表面外 30cm 处的辐射水平，估算模式如下：

**1.有用线束**

有用线束所致参考点辐射剂量率利用公式 11-1 计算：

$$\dot{H}=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R^2}$$ 公式 11-1

式中：*I*—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流；

$H_0$—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，按最大管电压从 GBZ/T 250-2014 附录表 B.1 查取 X 射线输出量；

*B*—屏蔽透射因子，按公式 11-2 计算；

*R*—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

**2.非有用线束**

辐射屏蔽透射因子 *B* 按公式 11-2 计算：

$$B=10^{-X/TVL}$$ 公式 11-2

式中：*X*—屏蔽物质厚度，与 *TVL* 取相同的单位；

*TVL*—查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.2；

2.1 泄漏辐射

泄漏辐射所致参考点剂量率利用下列公式 11-3 计算：

$$\dot{H}=\frac{\dot{H}_L\cdot B}{R^2}$$ 公式 11-3

式中：*B*—屏蔽透射因子，使用公式 11-2 计算得到；

*R*—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$—距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为μSv/h，查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1。

2.2 散射辐射

散射辐射所致装置外剂量率利用公式（11-4）计算：

$$\dot{H}=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R_s^{\ 2}}\cdot\frac{F\cdot\alpha}{R_0^{\ 2}}$$ 公式 11-4

式中：*B*—按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 并查

附录 B 表 B.2 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按公式 11-2 计算；

$H_0$—距辐射源点（靶点）1m 处输出量；

$R_0^2/F \bullet \alpha$ —根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“B.4.2：当 X 射线探伤装置圆锥中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时，4.2.3 式（9）的 $R_0^2/F \bullet \alpha$ 因子的值为：60（150kV）和 50（200kV~400kV）”；

$R_s$—散射体至关注点的距离，单位为米（m）。当考虑 90° 方向的侧向散射时，散射体到关注点的距离与 X 射线源到关注点的距离一致；当考虑 180° 方向的散射时，散射体到关注点的距离按 X 射线源到关注点的距离计算更为保守。因此本报告中计算散射辐射的 $R_s$ 与计算泄漏辐射的 $R$ 取相同值。

**（二）计算结果**

**1.RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备**

RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备最大管电压 160kV，最大管电流 0.5mA，主射线方向固定朝向顶面，辐射防护计算参考点位示意图见图 11-1、图 11-2，计算参数和计算结果见表 11-1 至表 11-5。

图 11-1 RMX3000-G1 型工业 CT 辐射防护计算参考点位示意图（正视图）

图 11-2 RMX3000-G1 型工业 CT 辐射防护计算参考点位示意图（俯视图）

表 11-1 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备计算参数表

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | 源距铅房外壁距离（m） | 源距参考点距离（m） |
|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含检修门） | 7 | [redacted] | [redacted] |
| *b* | 铅房底面 | 6 | [redacted] | [redacted] |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | 7 | [redacted] | [redacted] |
| *d*（有用线束） | 铅房顶面 | 8 | [redacted] | [redacted] |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 7 | [redacted] | [redacted] |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 7 | [redacted] | [redacted] |

**注：**保守计算考虑，只考虑铅的屏蔽效果。

表 11-2　RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备铅房外辐射剂量率（有用线束）

| 点位序号 | 点位描述 | 屏蔽物质及厚度 mmPb | I（mA） | 屏蔽因子 B | $H_0$（μSv·m²/(mA·h)） | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *d* | 铅房顶面 | 8 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.49E-03 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 160kV 管电压使用插值法取 1.0mm。

表 11-3　RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备铅房外辐射剂量率（泄漏辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | 屏蔽因子 B | $H_L$(μSv/h) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含检修门） | 7 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.14E-04 |
| *b* | 铅房底面 | 6 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.55E-03 |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | 7 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.27E-04 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 7 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.95E-04 |
| | 观察窗 | 10 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.95E-07 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 7 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.46E-04 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 160kV 管电压使用插值法取 1.0mm。

表 11-4　RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备铅房外辐射剂量率（散射辐射）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I（mA） | $H_0$ μSv·m²/（mA·h） | 屏蔽因子 B | $R_0^2/F\cdot\alpha$ | R(m) | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含检修门） | 7 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.31E-04 |
| *b* | 铅房底面 | 6 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.05E-03 |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | 7 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.39E-04 |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 7 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.81E-04 |
| | 观察窗 | 10 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.36E-07 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 7 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 8.93E-05 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 90°散射辐射 150kV 取 0.96mm。

表 11-5　RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备铅房周围辐射剂量率计算结果汇总

| 点位序号 | 点位描述 | 有用线束（μSv/h） | 泄漏辐射（μSv/h） | 散射辐射（μSv/h） | 总剂量当量率（μSv/h） | 剂量率控制水平（μSv/h） | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含检修门） | / | 2.14E-04 | 1.31E-04 | 3.46E-04 | 2.5 | 满足 |
| *b* | 铅房底面 | / | 1.55E-03 | 1.05E-03 | 2.60E-03 | 2.5 | 满足 |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | / | 2.27E-04 | 1.39E-04 | 3.66E-04 | 2.5 | 满足 |
| *d* | 铅房顶面 | 1.49E-03 | / | / | 1.49E-03 | 2.5 | 满足 |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | / | 2.95E-04 | 1.81E-04 | 4.76E-04 | 2.5 | 满足 |
| | 观察窗 | / | 2.95E-07 | 1.36E-07 | 4.31E-07 | 2.5 | 满足 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | / | 1.46E-04 | 8.93E-05 | 2.35E-04 | 2.5 | 满足 |

由表 11-5 汇总结果可知，本项目拟生产、销售、使用的 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备周围距机体外壁 30cm 处辐射剂量率最大为 $1.49\times10^{-3}$μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的标准要求及本项目“工业用 X 射线

探伤装置屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”的要求。

**2.RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统**

RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统最大管电压 225kV，最大管电流 2mA，射线方向固定向右，辐射防护计算参考点位示意图见图 11-3、图 11-4，计算参数和计算结果见表 11-6 至表 11-10。

图 11-3 RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统辐射防护计算参考点位示意图（正视图）

图 11-4 RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统辐射防护计算参考点位示意图（俯视图）

表 11-6　RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统计算参数表

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | 源距外壁距离（m） | 源距参考点距离（m） |
|---|---|---|---|---|
| *a*（有用线束） | 铅房右面 | 16 | [redacted] | [redacted] |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *d* | 铅房顶面 | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 13 | [redacted] | [redacted] |

**注：**保守计算考虑，只考虑铅的屏蔽效果。

表 11-7　RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统铅房外辐射剂量率（有用线束）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I (mA) | B | $H_0$ (μSv·m²/(mA·h)) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面 | 16 | 2 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.64E-02 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 225kV 管电压用插值法取 2.15mm。

表 11-8　RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统铅房外辐射剂量率（泄漏辐射）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_L$(μSv/h) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 7.02E-03 |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.58E-03 |
| *d* | 铅房顶面 | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 5.55E-03 |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.71E-03 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 4.49E-03 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 225kV 管电压用插值法取 2.15mm。

表 11-9　RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统铅房外辐射剂量率（散射辐射）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I (mA) | $H_0$（μSv·m²/(mA·h)) | B | $R_0^2/F\cdot\alpha$ | R(m) | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 13 | 2 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.33E-05 |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | 13 | 2 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 8.56E-06 |
| *d* | 铅房顶面 | 13 | 2 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.84E-05 |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 13 | 2 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.23E-05 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 13 | 2 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.49E-05 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 90° 散射辐射 200kV 取 1.4mm。

表 11-10　RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统铅房周围辐射剂量率计算结果汇总

| 序号 | 点位描述 | 有用线束（μSv/h） | 泄漏辐射（μSv/h） | 散射辐射（μSv/h） | 总剂量当量率（μSv/h） | 剂量率控制水平（μSv/h） | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面 | 1.64E-02 | / | / | 1.64E-02 | 2.5 | 满足 |
| *b* | 铅房底面 | / | 7.02E-03 | 2.33E-05 | 7.04E-03 | 2.5 | 满足 |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | / | 2.58E-03 | 8.56E-06 | 2.59E-03 | 2.5 | 满足 |
| *d* | 铅房顶面 | / | 5.55E-03 | 1.84E-05 | 5.56E-03 | 2.5 | 满足 |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | / | 3.71E-03 | 1.23E-05 | 3.72E-03 | 2.5 | 满足 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | / | 4.49E-03 | 1.49E-05 | 4.51E-03 | 2.5 | 满足 |

由表 11-10 汇总结果可知，本项目拟生产、销售、使用的 RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统周围距机体外壁 30cm 处辐射剂量率最大为 $1.64\times10^{-2}$μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的标准要求及本项目“工业用 X 射线探伤装置屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”的要求。

**3.RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统**

RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统内部使用两个 X 射线源，两个 X 射线源组合安装在同一机架上，可同时工作；机架在铅房内部可沿垂直方向轨道上下运动，行程范围为 480mm。X 射线源 1 最大管电压 300kV，最大管电流 3mA，主射线张角 30°，射线方向固定向右，射野覆盖铅房右面、顶面及正面部分区域；X 射线源 2 最大管电压 190kV，最大管电流 1mA，主射线张角 160°，射线方向固定向右，射野全覆盖铅房右面，部分覆盖铅房顶面、底面及正面。RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图见图 11-5、图 11-6，计算参数和计算结果见表 11-11 至表 11-15。

图 11-5 RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图（正视图）

图 11-6 RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图（俯视图）

表 11-11 RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统计算参数表

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚 mmPb | 源距外壁距离（m） | 源距参考点距离（m） |
|---|---|---|---|---|
| *a*（有用线束） | 铅房右面（含检修门） | 32 | [redacted] | [redacted] |
| *b*（有用线束） | 铅房底面 | 22 | [redacted] | [redacted] |
| *c* | 铅房左面 | 22 | [redacted] | [redacted] |
| *d*（有用线束） | 铅房顶面 | 32 | [redacted] | [redacted] |
| | | | [redacted] | [redacted] |
| *e*（有用线束） | 铅房正面（含工件门） | 32 | [redacted] | [redacted] |
| | | | [redacted] | [redacted] |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *f*（有用线束） | 铅房背面（含检修门） | 22 | [redacted] | [redacted] |

**注：**保守计算考虑，只考虑铅的屏蔽效果。

表 11-12 RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（有用线束）

| 点位序号 | 点位描述 | I (mA) | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_0$（μSv·m²/（mA·h）） | *R*（m） | $\dot{H}$（μSv/h） | 双源叠加剂量率（μSv/h） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含检修门） | 1 | 32 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.56 |
| | | 3 | | [redacted] | [redacted] | | [redacted] | |
| *b* | 铅房底面 | 1 | 22 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | / |
| *d* | 铅房顶面 | 3 | 32 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.55 |
| | | 1 | | [redacted] | [redacted] | | [redacted] | |
| | | 1 | | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | / |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 3 | 32 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.09 |
| | | 1 | | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | |
| | | 1 | | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | / |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 1 | 22 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | / |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 300kV 管电压取 5.7mm、按 190kV 管电压以插值法取 1.3mm。

表 11-13 RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（泄漏辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_L$(μSv/h) | R（m） | H(μSv/h) | 双源叠加剂量率（μSv/h） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *c* | 铅房左面 | 22 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.85E-14 | 0.43 |
| | | | [redacted] | [redacted] | | 0.43 | |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 300kV 管电压取 5.7mm，按 190kV 管电压以插值法取 1.3mm。

表 11-14 RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（散射辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I (mA) | $H_0$（μSv·m²/(mA·h)） | B | $R_0^2$/F·α | R(m) | H (μSv/h) | 双源叠加剂量率（μSv/h） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| b | 铅房左面 | 22 | 1 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 4.88E-19 | 4.09E-12 |
| | | | 3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | | 4.09E-12 | |

**注：**1、查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 90° 散射辐射 200kV 取 1.4mm、150kV 取 0.96mm；

2、X 射线源 1 的有用线束张角为 160°，远大于 GBZ/T 250-2014 中 B.4.2 项 20° 对应的 $R_0^2/F\cdot\alpha$推荐值，故以 $R_0$ 取 0.3m（建设单位提供）、$F$ 取 4.3m$^2$、$\alpha$按 GBZ/T 250-2014 表 B.3 以近似 200kV 取 1.9×10$^{-3}$，计算得 $R_0^2/F\cdot\alpha$为 11。

表 11-15 RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统铅房周围辐射剂量率计算结果汇总

| 点位序号 | 点位描述 | 有用线束（μSv/h） | 泄漏辐射（μSv/h） | 散射辐射（μSv/h） | 总剂量当量率（μSv/h） | 剂量率控制水平（μSv/h） | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | 铅房右面（含检修门） | 0.56 | / | / | 0.56 | 2.5 | 满足 |
| b | 铅房底面 | 4.35E-12 | / | / | 4.35E-12 | 2.5 | 满足 |
| c | 铅房左面 | / | 0.43 | 4.09E-12 | 0.43 | 2.5 | 满足 |
| d | 铅房顶面 | 0.55 | / | / | 0.55 | 2.5 | 满足 |
| e | 铅房正面（含工件门） | 0.09 | / | / | 0.09 | 2.5 | 满足 |
| f | 铅房背面（含检修门） | 3.06E-12 | / | / | 3.06E-12 | 2.5 | 满足 |

由表 11-15 汇总结果可知，本项目拟生产、销售、使用的 RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统周围距机体外壁 30cm 处辐射剂量率最大为 0.56μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的标准要求及本项目“工业用 X 射线探伤装置屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”的要求。

**4.RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统**

RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统最大管电压 300kV，最大管电流 3mA，主射线方向固定向右。RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图见图 11-7、图 11-8，计算参数和计算结果见表 11-16 至表 11-20。

图 11-7 RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图（正视图）

图 11-8 RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图（俯视图）

表 11-16　RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统预测计算参数表

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | 源距外壁距离（m） | 源距参考点距离（m） |
|---|---|---|---|---|
| *a*（有用线束） | 铅房右面 | 35 | [redacted] | [redacted] |
| *b* | 铅房底面 | 22 | [redacted] | [redacted] |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | 22 | [redacted] | [redacted] |
| *d* | 铅房顶面 | 22 | [redacted] | [redacted] |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 25 | [redacted] | [redacted] |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 22 | [redacted] | [redacted] |

**注：**保守计算考虑，只考虑铅的屏蔽效果。

表 11-17　RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（有用线束）

| 序号 | 点位描述 | I（mA） | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_0$（μSv·m²/（mA·h）） | $R$（m） | $\dot{H}$（μSv/h） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面 | 3 | 35 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.31 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 300kV 管电压取 5.7mm。

表 11-18 RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（泄漏辐射）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_L$(μSv/h) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 22 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.24 |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | 22 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.19 |
| *d* | 铅房顶面 | 22 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.40 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 25 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.23 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 22 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.44 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 300kV 管电压取 5.7mm。

表 11-19 RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（散射辐射）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I (mA) | $H_0$（μSv·m²/(mA·h) | B | $R_0^2/F\cdot\alpha$ | R(m) | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 22 | 3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.31E-12 |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | 22 | 3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.83E-12 |
| *d* | 铅房顶面 | 22 | 3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.85E-12 |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 25 | 3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 5.27E-14 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 22 | 3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 4.23E-12 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 90°散射辐射 200kV 取 1.4mm。

表 11-20 RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统铅房周围辐射剂量率计算结果汇总

| 点位序号 | 点位描述 | 有用线束（μSv/h） | 泄漏辐射（μSv/h） | 散射辐射（μSv/h） | 总剂量当量率（μSv/h） | 剂量率控制水平（μSv/h） | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面 | 0.31 | / | / | 0.31 | 2.5 | 满足 |
| *b* | 铅房底面 | / | 0.24 | 2.31E-12 | 0.24 | 2.5 | 满足 |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | / | 0.19 | 1.83E-12 | 0.19 | 2.5 | 满足 |
| *d* | 铅房顶面 | / | 0.40 | 3.85E-12 | 0.40 | 2.5 | 满足 |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | / | 0.23 | 5.27E-14 | 0.23 | 2.5 | 满足 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | / | 0.44 | 4.23E-12 | 0.44 | 2.5 | 满足 |

由表 11-20 汇总结果可知，本项目拟生产、销售、使用的 RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统周围距机体外壁 30cm 处辐射剂量率最大为 0.44μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的标准要求及本项目“工业 CT 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”的剂量约束值要求。

**5.RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统**

RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统内部使用两个 X 射线源，X 射线源 1 最大管电压 300kV，最大管电流 3mA；X 射线源 2 最大管电压 450kV，最大管电流

3.3mA。两个 X 射线源安装在同一个机架上，在铅房内可沿垂直方向轨道上下运动，运动行程范围为 1800mm。两个 X 射线源有用线束方向均固定向右，X 射线源 2 射线张角为 30°，射野范围覆盖铅房右面、顶面部分区域；X 射线源 1 射线张角小于 X 射线源 2 射线张角，其射野范围在 X 射线源 2 射野范围内。X 射线源 1、X 射线源 2 不同时出束，本报告以 X 射线源 2 出束的情况进行保守计算。RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图见图 11-9、图 11-10，计算参数和计算结果见表 11-21 至表 11-25。

图 11-9 RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图（正视图）

图 11-10 RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图（俯视图）

表 11-21　RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统预测计算参数表

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | 源距外壁距离（m） | 源距参考点距离（m） |
|---|---|---|---|---|
| *a*（有用线束） | 铅房右面 | 58 | [redacted] | [redacted] |
| *c* | 铅房左面 | 35 | [redacted] | [redacted] |
| *d*（有用线束） | 铅房顶面 | 58 | [redacted] | [redacted] |
| *e* | 铅房正面（含防护门） | 35 | [redacted] | [redacted] |
| *f* | 铅房背面 | 35 | [redacted] | [redacted] |

**注：**保守计算考虑，只考虑铅的屏蔽效果。

表 11-22　RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（有用线束）

| 点位序号 | 点位描述 | I（mA） | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_0$（μSv·m²/（mA·h）） | $R$（m） | $\dot{H}$（μSv/h） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面 | 3.3 | 58 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.15 |
| *d* | 铅房顶面 | 3.3 | 58 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.33 |

**注：**查《辐射防护导论》表 3.5，铅的什值层厚度 *TVL* 按 450kV 管电压以插值法取 9.25mm。

表 11-23　RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（泄漏辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_L$(μSv/h) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *c* | 铅房左面 | 35 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.20 |
| *e* | 铅房正面（含防护门） | 35 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.08 |
| *f* | 铅房背面 | 35 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.08 |

**注：**查《辐射防护导论》表 3.5，铅的什值层厚度 *TVL* 按 450kV 管电压以插值法取 9.25mm。

表 11-24 RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（散射辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I（mA） | $H_0$（μSv·m²/(mA·h) | B | $R_0^2/F\cdot\alpha$ | R(m) | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *c* | 铅房左面 | 35 | 3.3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.15E-09 |
| *e* | 铅房正面（含防护门） | 35 | 3.3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 4.80E-10 |
| *f* | 铅房背面 | 35 | 3.3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 4.80E-10 |

**注：**1.散射辐射能量使用《辐射防护手册（第一分册）》P448 一次散射能量计算方法取 240kV；
2.查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按散射辐射 240kV 以插值法取 2.6mm。

表 11-25 RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统铅房周围辐射剂量率计算结果汇总

| 点位序号 | 点位描述 | 有用线束（μSv/h） | 泄漏辐射（μSv/h） | 散射辐射（μSv/h） | 总剂量当量率（μSv/h） | 剂量率控制水平（μSv/h） | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面 | 0.15 | / | / | 0.15 | 2.5 | 满足 |
| *c* | 铅房左面 | / | 0.20 | 1.15E-09 | 0.20 | 2.5 | 满足 |
| *d* | 铅房顶面 | 0.33 | / | / | 0.33 | 2.5 | 满足 |
| *e* | 铅房正面（含防护门） | / | 0.08 | 4.80E-10 | 0.08 | 2.5 | 满足 |
| *f* | 铅房背面 | / | 0.08 | 4.80E-10 | 0.08 | 2.5 | 满足 |

由表 11-25 汇总结果可知，本项目拟生产、销售、使用的 RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统周围距机体外壁 30cm 处辐射剂量率最大为 0.33μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的标准要求及本项目“工业 CT 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”的剂量约束值要求。

**6.RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统**

RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统最大管电压为 160kV，最大管电流为 6.25mA，射线方向固定向右。RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图见图 11-11、图 11-12，计算参数和计算结果见表 11-31 至表 11-35。

图 11-11 RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图（正视图）

图 11-12 RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图（俯视图）

表 11-26　RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统预测计算参数表

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | 源距外壁距离（m） | 源距参考点距离（m） |
|---|---|---|---|---|
| *a*（有用线束） | 铅房右面 | 16 | [redacted] | [redacted] |
| *b* | 铅房底面 | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *c* | 铅房左面 | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *d* | 铅房顶面 | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 13 | [redacted] | [redacted] |

**注：**保守计算考虑，只考虑铅的屏蔽效果。

表 11-27　RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（有用线束）

| 序号 | 点位描述 | I（mA） | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_0$（μSv·m²/（mA·h）） | $R$（m） | $\dot{H}$（μSv/h） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面 | 6.25 | 16 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.38E-11 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 160kV 管电压使用插值法取 1.0mm。

表 11-28　RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（泄漏辐射）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_L$(μSv/h) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 8.07E-11 |
| *c* | 铅房左面 | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.40E-10 |
| *d* | 铅房顶面 | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.08E-10 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 8.45E-11 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.33E-10 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 160kV 管电压使用插值法取 1.0mm。

表 11-29　RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（散射辐射）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I (mA) | $H_0$（μSv·m²/(mA·h) | B | $R_0^2/F\cdot\alpha$ | R(m) | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 13 | 6.25 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.48E-10 |
| *c* | 铅房左面 | 13 | 6.25 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.04E-09 |
| *d* | 铅房顶面 | 13 | 6.25 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 4.66E-10 |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 13 | 6.25 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.64E-10 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 13 | 6.25 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 5.74E-10 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 90°散射辐射 150kV 取 0.96mm。

表 11-30　RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统铅房周围辐射剂量率计算结果汇总

| 序号 | 点位描述 | 有用线束（μSv/h） | 泄漏辐射（μSv/h） | 散射辐射（μSv/h） | 总剂量当量率（μSv/h） | 剂量率控制水平（μSv/h） | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面 | 3.38E-11 | / | / | 3.38E-11 | 2.5 | 满足 |
| *b* | 铅房底面 | / | 2.40E-10 | 3.48E-10 | 5.88E-10 | 2.5 | 满足 |
| *c* | 铅房左面 | / | 1.08E-10 | 1.04E-09 | 1.14E-09 | 2.5 | 满足 |
| *d* | 铅房顶面 | / | 1.08E-10 | 4.66E-10 | 5.75E-10 | 2.5 | 满足 |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | / | 8.45E-11 | 3.64E-10 | 4.49E-10 | 2.5 | 满足 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | / | 1.33E-10 | 5.74E-10 | 7.07E-10 | 2.5 | 满足 |

由表 11-30 汇总结果可知，本项目拟生产、销售、使用的 RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统周围距机体外壁 30cm 处辐射剂量率最大为 $1.14\times10^{-9}$μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的标准要求及本项目“工业 CT 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”的剂量约束值要求。

**7.RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统**

RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统最大管电压为 225kV，最大管电流为 3mA，主射线方向固定向右。RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统辐射防护计算

参考点位示意图见图 11-13、图 11-14，计算参数和计算结果见表 11-36 至表 11-41。

图 11-13 RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图（正视图）

图 11-14 RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图（俯视图）

表 11-31　RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统预测计算参数表

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | 源距外壁距离（m） | 源距参考点距离（m） |
|---|---|---|---|---|
| *a*（有用线束） | 铅房右面（含出料口） | 16 | [redacted] | [redacted] |
| *b* | 铅房底面 | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *d* | 铅房顶面 | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *e* | 铅房正面（含检修门） | 13 | [redacted] | [redacted] |
| | 铅房正面观察窗 | 20mm 铅当量铅玻璃 | [redacted] | [redacted] |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *f* | 铅房背面 | 13 | [redacted] | [redacted] |

**注：**保守计算考虑，只考虑铅的屏蔽效果。

表 11-32　RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（有用线束）

| 序号 | 点位描述 | I（mA） | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_0$（μSv·m²/（mA·h）） | $R$（m） | $\dot{H}$（μSv/h） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含出料口） | 2.5 | 16 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.18E-02 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 225kV 管电压使用插值法取 2.15mm。

表 11-33　RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（泄漏辐射）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_L$(μSv/h) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.07E-03 |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 4.68E-03 |
| *d* | 铅房顶面 | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.92E-03 |
| *e* | 铅房正面（含检修门） | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.17E-03 |
| | 铅房正面观察窗 | 20 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.76E-06 |
| *f* | 铅房背面 | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.87E-03 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 225kV 管电压使用插值法取 2.15mm。

表 11-34　RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（散射辐射）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I (mA) | $H_0$（μSv·m²/(mA·h) | B | $R_0^2/F\cdot\alpha$ | R(m) | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 13 | 3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.53E-05 |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | 13 | 3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.33E-05 |
| *d* | 铅房顶面 | 13 | 3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.46E-05 |
| *e* | 铅房正面（含检修门） | 13 | 3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.58E-05 |
| | 观察窗 | 20 | 3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.58E-10 |
| *f* | 铅房背面 | 13 | 3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 9.31E-06 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按散射辐射 200kV 管电压取 1.4mm。

表 11-35　RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统铅房外辐射剂量率计算结果汇总

| 序号 | 点位描述 | 有用线束（μSv/h） | 泄漏辐射（μSv/h） | 散射辐射（μSv/h） | 总剂量当量率（μSv/h） | 剂量率控制水平（μSv/h） | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含出料口） | 1.18E-02 | / | / | 1.18E-02 | 2.5 | 满足 |
| *b* | 铅房底面 | / | 3.07E-03 | 1.53E-05 | 3.08E-03 | 2.5 | 满足 |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | / | 4.68E-03 | 2.33E-05 | 4.70E-03 | 2.5 | 满足 |
| *d* | 铅房顶面 | / | 2.92E-03 | 1.46E-05 | 2.94E-03 | 2.5 | 满足 |
| *e* | 铅房正面（含检修门） | / | 3.17E-03 | 1.58E-05 | 3.19E-03 | 2.5 | 满足 |
| | 观察窗 | / | 1.76E-06 | 1.58E-10 | 1.76E-06 | 2.5 | 满足 |
| *f* | 铅房背面 | / | 1.87E-03 | 9.31E-06 | 1.88E-03 | 2.5 | 满足 |

由表 11-35 汇总结果可知，本项目 RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统铅房外 30cm 处辐射剂量率最大为 $1.18\times10^{-2}$μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的标准要求。

**8.RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备**

RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.5mA，X 射线源在铅房内前后移动行程为 1009mm、左右移动行程为 826mm、上下移动行程为 340mm，主射线方向固定向下，射线张角为 150°，主射野全覆盖铅房底面、部分覆盖铅房正面、背面、左面、右面。RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备辐射防护计算参考点位示意图见图 11-15、图 11-16，计算参数和计算结果见表 11-36 至表 11-40。

图 11-15 RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备辐射防护计算参考点位示意图（正视图）

图 11-16 RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备辐射防护计算参考点位示意图（侧视图）

表 11-36　RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备预测计算参数表

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | 源距铅房外壁距离（m） | 源距参考点距离（m） |
|---|---|---|---|---|
| *a*（有用线束） | 铅房右面（含出料口） | 10 | [redacted] | [redacted] |
| *b*（有用线束） | 铅房底面 | 12 | [redacted] | [redacted] |
| *c*（有用线束） | 铅房左面（含进料口） | 10 | [redacted] | [redacted] |
| *d* | 铅房顶面 | 10 | [redacted] | [redacted] |
| *e*（有用线束） | 铅房正面（含检修门） | 10 | [redacted] | [redacted] |
| *f*（有用线束） | 铅房背面（含检修门） | 10 | [redacted] | [redacted] |

**注：**保守计算考虑，只考虑铅的屏蔽效果。

表 11-37　RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备铅房外辐射剂量率（有用线束）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I (mA) | 屏蔽因子 B | $H_0$ ($\mu Sv \cdot m^2/(mA \cdot h)$) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含出料口） | 10 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.99E-03 |
| *b* | 铅房底面 | 12 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.98E-05 |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | 10 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.70E-03 |
| *e* | 铅房正面（含检修门） | 10 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.99E-03 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 10 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 6.02E-04 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 180kV 管电压使用插值法取 1.2mm。

表 11-38　RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备铅房外辐射剂量率（泄漏辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | 屏蔽因子 B | $H_L$(μSv/h) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *d* | 铅房顶面 | 10 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.91E-05 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 180kV 管电压使用插值法取 1.2mm。

表 11-39　RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备铅房外辐射剂量率（散射辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I（mA） | $H_0$ μSv·m²/（mA·h） | 屏蔽因子 B | $R_0^2/F\cdot\alpha$ | R(m) | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *d* | 铅房顶面 | 10 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.02E-07 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 90°散射辐射 150kV 取 0.96mm。

表 11-40　RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备铅房周围辐射剂量率计算结果汇总

| 点位序号 | 点位描述 | 有用线束（μSv/h） | 泄漏辐射（μSv/h） | 散射辐射（μSv/h） | 总剂量当量率（μSv/h） | 剂量率控制水平（μSv/h） | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含出料口） | 2.99E-03 | / | / | 2.99E-03 | 2.5 | 满足 |
| *b* | 铅房底面 | 1.98E-05 | / | / | 1.98E-05 | 2.5 | 满足 |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | 1.70E-03 | / | / | 1.70E-03 | 2.5 | 满足 |
| *d* | 铅房顶面 | / | 1.91E-05 | 3.02E-07 | 1.94E-05 | 2.5 | 满足 |
| *e* | 铅房正面（含检修门） | 2.99E-03 | / | / | 2.99E-03 | 2.5 | 满足 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 6.02E-04 | / | / | 6.02E-04 | 2.5 | 满足 |

由表 11-40 汇总结果可知，本项目拟生产、销售、使用的 RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备周围距机体外壁 30cm 处辐射剂量率最大为 $2.99\times10^{-3}$μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的标准要求及本项目“工业 CT 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”的剂量约束值要求。

**9.RMLCT7000M 型高速在线平面 CT 检测设备**

RMLCT7000M 型高速在线平面 CT 检测设备最大管电压 180kV，最大管电流 0.5mA，其内部 X 射线源可以在以左右水平方向为中心轴的圆形轨道上运动，主射线方向可朝向正面、底面、背面、顶面。RMLCT7000M 型高速在线平面 CT 检测设备辐射防护计算参考点位示意图见图 11-17、图 11-18，计算参数和计算结果见表 11-41 至表 11-45。

图 11-17 RMLCT7000M 型高速在线平面 CT 检测设备辐射防护计算参考点位示意图（正视图）

图 11-18 RMLCT7000M 型高速在线平面 CT 检测设备辐射防护计算参考点位示意图（俯视图）

表 11-41　RMLCT7000M 型高速在线平面 CT 检测设备计算参数表

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | 源距铅房外壁距离（m） | 源距参考点距离（m） |
|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含检修门） | 10 | [redacted] | [redacted] |
| *b*（有用线束） | 铅房底面 | 12 | [redacted] | [redacted] |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | 10 | [redacted] | [redacted] |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *d*（有用线束） | 铅房顶面 | 12 | [redacted] | [redacted] |
| *e*（有用线束） | 铅房正面（含工件门） | 12 | [redacted] | [redacted] |
| | 铅房正面观察窗 | 15mm 铅当量铅玻璃 | [redacted] | [redacted] |
| *f*（有用线束） | 铅房背面（含检修门） | 12 | [redacted] | [redacted] |

**注：**保守计算考虑，只考虑铅的屏蔽效果。

表 11-42　RMLCT7000M 型高速在线平面 CT 检测设备铅房外辐射剂量率（有用线束）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I（mA） | B | $H_0$（μSv·m²/(mA·h)） | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 12 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.22E-05 |
| *d* | 铅房顶面 | 12 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.18E-05 |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 12 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.06E-05 |
| | 铅房正面观察窗 | 15 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 6.51E-08 |
| *f* | 铅房背面(含检修门) | 12 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.06E-05 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 180kV 管电压使用插值法取 1.2mm。

表 11-43　RMLCT7000M 型高速在线平面 CT 检测设备铅房外辐射剂量率（泄漏辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_L$(μSv/h) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含检修门） | 10 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 8.33E-06 |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | 10 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.43E-06 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 180kV 管电压使用插值法取 1.2mm。

表 11-44　RMLCT7000M 型高速在线平面 CT 检测设备铅房外辐射剂量率（散射辐射）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I (mA) | $H_0$（μSv·m²/(mA·h)） | B | $R_0^2/F\cdot\alpha$ | R(m) | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含检修门） | 10 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.32E-07 |
| *c* | 铅房左面（含检修门） | 10 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 5.43E-08 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 90° 散射辐射 150kV 取 0.96mm。

表 11-45　RMLCT7000M 型高速在线平面 CT 检测设备铅房周围辐射剂量率计算结果汇总

| 点位序号 | 点位描述 | 有用线束（μSv/h） | 泄漏辐射（μSv/h） | 散射辐射（μSv/h） | 总剂量当量率（μSv/h） | 剂量率控制水平（μSv/h） | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含检修门） | / | 8.33E-06 | 1.32E-07 | 8.47E-06 | 2.5 | 满足 |
| *b* | 铅房底面 | 2.22E-05 | / | / | 2.22E-05 | 2.5 | 满足 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *c* | 铅房左面（含检修门） | / | 3.43E-06 | 5.43E-08 | 3.48E-06 | 2.5 | 满足 |
| *d* | 铅房顶面 | 2.18E-05 | / | / | 2.18E-05 | 2.5 | 满足 |
| *e* | 铅房正面（含工件门） | 2.06E-05 | / | / | 2.06E-05 | 2.5 | 满足 |
| | 铅房正面观察窗 | 6.51E-08 | / | / | 6.51E-08 | 2.5 | 满足 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 2.06E-05 | / | / | 2.06E-05 | 2.5 | 满足 |

由表 11-45 汇总结果可知，本项目拟生产、销售和使用的 RMLCT7000M 型高速在线平面 CT 检测设备周围距机体外壁 30cm 处辐射剂量率最大为 $2.22\times10^{-5}$μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的标准要求及本项目“工业 CT 四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”的要求。

**10.RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统**

RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统最大管电压 180kV，最大管电流 0.5mA，其内部 X 射线源可以在以左右水平方向为中心轴的圆形轨道上运动，主射线方向可朝向正面、底面、背面、顶面。RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图见图 11-19、图 11-20，计算参数和计算结果见表 11-46 至表 11-50。

图 11-19 RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图（正视图）

图 11-20 RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统辐射防护计算参考点位示意图（俯视图）

表 11-46　RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统计算参数表

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚 mmPb | 源距铅房外壁距离（m） | 源距参考点距离（m） |
|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含出料口） | 10 | [redacted] | [redacted] |
| *b*（有用线束） | 铅房底面 | 12 | [redacted] | [redacted] |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | 10 | [redacted] | [redacted] |
| *d*（有用线束） | 铅房顶面 | 12 | [redacted] | [redacted] |
| *e*（有用线束） | 铅房正面（含检修门） | 12 | [redacted] | [redacted] |
| | 铅房正面观察窗 | 15mm 铅当量铅玻璃 | [redacted] | [redacted] |
| *f*（有用线束） | 铅房背面（含检修门） | 12 | [redacted] | [redacted] |

**注：**保守计算考虑，只考虑铅的屏蔽效果。

表 11-47　RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（有用线束）

| 序号 | 点位描述 | I（mA） | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_0$（μSv·m²/（mA·h）） | $R$（m） | $\dot{H}$（μSv/h） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 0.5 | 12 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 8.92E-06 |
| *d* | 铅房顶面 | 0.5 | 12 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 8.21E-06 |
| *e* | 铅房正面（含检修门） | 0.5 | 12 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 6.00E-06 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 铅房正面观察窗 | 0.5 | 15 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.90E-08 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 0.5 | 12 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 6.00E-06 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 180kV 管电压使用插值法取 1.2mm。

表 11-48　RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（泄漏辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_L$(μSv/h) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含出料口） | 10 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.63E-06 |
| *c* | 铅左面（含进料口） | 10 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.48E-06 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 180kV 管电压使用插值法取 1.2mm。

表 11-49　RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统铅房外辐射剂量率（散射辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I（mA） | $H_0$（μSv·m²/(mA·h) | B | $R_0^2/F\cdot\alpha$ | R(m) | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含出料口） | 10 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 4.17E-08 |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | 10 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.35E-08 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 90°散射辐射 150kV 取 0.96mm。

表 11-50　RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统铅房周围辐射剂量率计算结果汇总

| 点位序号 | 点位描述 | 有用线束（μSv/h） | 泄漏辐射（μSv/h） | 散射辐射（μSv/h） | 总剂量当量率（μSv/h） | 剂量率控制水平（μSv/h） | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含出料口） | / | 2.63E-06 | 4.17E-08 | 2.67E-06 | 2.5 | 满足 |
| *b* | 铅房底面 | 8.92E-06 | / | / | 8.92E-06 | 2.5 | 满足 |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | / | 1.48E-06 | 2.35E-08 | 1.50E-06 | 2.5 | 满足 |
| *d* | 铅房顶面 | 8.21E-06 | / | / | 8.21E-06 | 2.5 | 满足 |
| *e* | 铅房正面（含检修门） | 6.00E-06 | / | / | 6.00E-06 | 2.5 | 满足 |
| | 铅房正面观察窗 | 1.90E-08 | / | / | 1.90E-08 | 2.5 | 满足 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 6.00E-06 | / | / | 6.00E-06 | 2.5 | 满足 |

由表 11-50 汇总结果可知，本项目拟生产、销售和使用的 RMLCT7500M 系列微焦点卧式 CT 检测系统周围距机体外壁 30cm 处辐射剂量率最大为 $8.92\times10^{-6}$μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的标准要求及本项目“工业 CT 四周

屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”的要求。

由于单个 RMLCT7500M 型微焦点卧式 CT 检测系统屏蔽体外辐射剂量率已经远低于标准限值要求，则即使多个设备进行串联组合，考虑同时出束时的剂量率叠加影响，其屏蔽体外的辐射剂量率也不会超过 0.01μSv/h，也能满足上述标准要求。

**11.RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统**

RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统最大管电压 225kV，最大管电流 6.0mA，主射线方向固定向上。RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统辐射防护计算参考点位示意图见图 11-21、图 11-22，计算参数和计算结果见表 11-51 至表 11-55。

图 11-21 RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统辐射防护计算参考点位示意图（正视图）

图 11-22 RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统辐射防护计算参考点位示意图（俯视图）

表 11-51　RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统计算参数表

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚 mmPb | 源距铅房外壁距离（m） | 源距参考点距离（m） |
|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含出料口） | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *b* | 铅房底面 | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | 13 | [redacted] | [redacted] |
| *d*（有用线束） | 铅房顶面 | 16 | [redacted] | [redacted] |
| *e* | 铅房正面（含检修门） | 13 | [redacted] | [redacted] |
| | 铅房正面观察窗 | 20mm 铅当量铅玻璃 | [redacted] | [redacted] |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 13 | [redacted] | [redacted] |

**注：**保守计算考虑，只考虑铅的屏蔽效果。

表 11-52　RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统铅房外辐射剂量率（有用线束）

| 序号 | 点位描述 | I（mA） | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_0$（μSv·m²/（mA·h）） | $R$（m） | $\dot{H}$（μSv/h） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *d* | 铅房顶面 | 0.5 | 16 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.37E-04 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 225kV 管电压使用插值法取 2.15mm。

表 11-53　RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统铅房外辐射剂量率（泄漏辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_L$(μSv/h) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含出料口） | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.12E-03 |
| *b* | 铅房底面 | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 0.01 |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.12E-03 |
| *e* | 铅房正面（含检修门） | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 4.00E-03 |
| | 铅房正面观察窗 | 20 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.22E-06 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 13 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 4.77E-03 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 225kV 管电压使用插值法取 2.15mm。

表 11-54　RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统铅房外辐射剂量率（散射辐射）

| 序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I（mA） | $H_0$（μSv·m²/(mA·h) | B | $R_0^2/F\cdot\alpha$ | R(m) | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含出料口） | 13 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.59E-06 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 13 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 8.31E-06 |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | 13 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.59E-06 |
| *e* | 铅房正面（含检修门） | 13 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.32E-06 |
| | 铅房正面观察窗 | 20 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.32E-11 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | 13 | 0.5 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.96E-06 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 90° 散射辐射 200kV 取 1.4mm。

表 11-55　RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统铅房周围辐射剂量率计算结果汇总

| 点位序号 | 点位描述 | 有用线束（μSv/h） | 泄漏辐射（μSv/h） | 散射辐射（μSv/h） | 总剂量当量率（μSv/h） | 剂量率控制水平（μSv/h） | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面（含出料口） | / | 3.12E-03 | 2.59E-06 | 3.12E-03 | 2.5 | 满足 |
| *b* | 铅房底面 | / | 0.01 | 8.31E-06 | 0.01 | 2.5 | 满足 |
| *c* | 铅房左面（含进料口） | / | 3.12E-03 | 2.59E-06 | 3.12E-03 | 2.5 | 满足 |
| *d* | 铅房顶面 | 3.37E-04 | / | / | 3.37E-04 | 2.5 | 满足 |
| *e* | 铅房正面（含检修门） | / | 4.00E-03 | 3.32E-06 | 4.00E-03 | 2.5 | 满足 |
| | 铅房正面观察窗 | / | 2.22E-06 | 3.32E-11 | 2.22E-06 | 2.5 | 满足 |
| *f* | 铅房背面（含检修门） | / | 4.77E-03 | 3.96E-06 | 4.78E-03 | 2.5 | 满足 |

由表 11-55 汇总结果可知，本项目拟生产、销售和使用的 RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统周围距机体外壁 30cm 处辐射剂量率最大为 0.01μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的标准要求及本项目“工业 CT 四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h”的要求。

**12.X 射线源铅箱**

RMMS-90N、RMMS-90W 型 X 射线源最大管电压均为 90kV，最大管电流均为 0.2mA；RMMS-130N、RMMS-130W 型 X 射线源最大管电压均为 130kV，最大管电流均为 0.3mA。四种 X 射线源所用铅箱为同一种规格，射线源可沿以左右水平方向为中心轴的圆形轨道运动，主射线方向可朝向正面、背面、顶面、底面。本报告以 RMMS-130W 型 X 射线源在铅箱中进行测试的场景对铅箱外的辐射剂量率进行预测计算，计算参考点位示意图见图 11-23、图 11-24，计算参数和计算结果见表 11-56 至表

11-60。

图 11-23 X 射线源测试铅箱辐射防护计算参考点位示意图（正视图）

图 11-24 X 射线源测试铅箱辐射防护计算参考点位示意图（俯视图）

表 11-56　X 射线源测试铅箱计算参数表

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚 mmPb | 源距铅房外壁距离（m） | 源距参考点距离（m） |
|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面 | 10 | [redacted] | [redacted] |
| *b*（有用线束） | 铅房底面 | 12 | [redacted] | [redacted] |
| *c* | 铅房左面 | 10 | [redacted] | [redacted] |
| *d*（有用线束） | 铅房顶面（含防护门） | 12 | [redacted] | [redacted] |
| *e*（有用线束） | 铅房正面 | 12 | [redacted] | [redacted] |
| *f*（有用线束） | 铅房背面 | 12 | [redacted] | [redacted] |

**注：**保守计算考虑，只考虑铅的屏蔽效果。

表 11-57　X 射线源测试铅箱外辐射剂量率（有用线束）

| 点位序号 | 点位描述 | I（mA） | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_0$（μSv·m²/（mA·h）） | $R$（m） | $\dot{H}$（μSv/h） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 铅房底面 | 0.3 | 12 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 2.07E-08 |
| *d* | 铅房顶面（含防护门） | 0.3 | 12 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 3.09E-09 |
| *e* | 铅房正面 | 0.3 | 12 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 4.88E-09 |
| *f* | 铅房背面 | 0.3 | 12 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.68E-08 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 保守按 150kV 管电压取 0.96mm。

表 11-58　X 射线源测试铅箱外辐射剂量率（泄漏辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | B | $H_L$(μSv/h) | R（m） | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面 | 10 | 3.83E-11 | 1000 | 2.46 | 6.33E-09 |
| *c* | 铅房左面 | 10 | 3.83E-11 | 1000 | 5.43 | 1.30E-09 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 保守按 150kV 管电压取 0.96mm。

表 11-59　X 射线源测试铅箱外辐射剂量率（散射辐射）

| 点位序号 | 点位描述 | 铅屏蔽厚度 mmPb | I（mA） | $H_0$（μSv·m²/(mA·h)） | B | $R_0^2/F\cdot\alpha$ | R(m) | H(μSv/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面 | 10 | 0.3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 6.65E-09 |
| *c* | 铅房左面 | 10 | 0.3 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | 1.36E-09 |

**注：**查 GBZ/T 250-2014 表 B.2，铅的什值层厚度 *TVL* 按 90°散射辐射 150kV 取 0.96mm。

表 11-60　X 射线源测试铅箱周围辐射剂量率计算结果汇总

| 点位序号 | 点位描述 | 有用线束（μSv/h） | 泄漏辐射（μSv/h） | 散射辐射（μSv/h） | 总剂量当量率（μSv/h） | 剂量率控制水平（μSv/h） | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 铅房右面 | / | 6.33E-09 | 6.65E-09 | 1.30E-08 | 2.5 | 满足 |
| *b* | 铅房底面 | 2.07E-08 | / | / | 2.07E-08 | 2.5 | 满足 |
| *c* | 铅房左面 | / | 1.30E-09 | 1.36E-09 | 2.66E-09 | 2.5 | 满足 |
| *d* | 铅房顶面（含防护门） | 3.09E-09 | / | / | 3.09E-09 | 2.5 | 满足 |
| *e* | 铅房正面 | 4.88E-09 | / | / | 4.88E-09 | 2.5 | 满足 |
| *f* | 铅房背面 | 1.68E-08 | / | / | 1.68E-08 | 2.5 | 满足 |

由表 11-60 汇总结果可知，本项目 X 射线源测试铅箱周围距机体外壁 30cm 处辐射剂量率最大为 $2.07\times10^{-8}$μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

的标准要求及本项目“工业CT四周屏蔽体外30cm处周围剂量当量率不大于2.5μSv/h”的要求。

本项目工业X射线探伤装置及X射线源测试铅箱的线缆孔、通风口均设置屏蔽罩作为补偿防护措施，线缆孔、通风口位置均避开有用线束直射区域，且屏蔽罩的结构设计能使射线需要多次散射才能穿出（如图11-25所示），从而减小射线泄漏的风险。工业X射线探伤装置及X射线源测试铅箱线缆孔、通风口位置及屏蔽罩的设计如图10-3至10-19所示。工业X射线探伤装置及X射线源测试铅箱的防护门与铅房、铅箱搭接处均设计为重叠宽度大于搭接处缝隙的10倍以上，从而减小门缝处射线泄漏的风险。工业X射线探伤装置及X射线源测试铅箱线缆孔、通风口及防护门缝的处理能够满足辐射防护的要求。

图11-25 工业X射线探伤装置及X射线源测试铅箱通风口、线缆孔散射线典型散射路径示意图

**注：**本项目工业X射线探伤装置及X射线源测试铅箱均设置通风口及线缆孔，其屏蔽罩结构设计基本一致，通风口位置多设于顶面或侧面靠上位置，线缆孔多设于底面或侧面靠下位置。有用线束经被检工件（即第一散射体）散射后，还将受到屏蔽体内部其他零部件的散射作用。保守考虑，上图简化为仅有屏蔽罩的散射作用，并将不同位置的通风口、线缆孔散射情况合并考虑。

◆ **工业探伤用加速器**

本项目拟在生产调试车间一楼南部中间预留位置新建1座加速器机房，于加速器机房内生产、调试RMCT10000型高能加速器CT检测系统。RMCT10000型高能加速

器 CT 检测系统 X 射线最大能量为 9MeV，最大剂量率为 4500cGy·m²/min；加速器（X 射线源）安装在机架上，可沿垂直方向上下移动，移动行程为 1500mm，主射线方向固定向西，X 射线束角为 30°，主射野覆盖机房西墙及地面部分区域。

**（一）主射线、漏射线辐射影响预测**

RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统西墙、地面为主射线照射区域，其余墙体及防护门受到从工业电子加速器管中漏出来的泄漏 X 射线和被工件及屏蔽墙散射后的散射 X 射线影响，散射 X 射线剂量一般不超过泄漏辐射的剂量。

参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录 A 中“对于能量大于 3MeV 的 X 射线认为其散射一次后的能量均为 0.5MeV”，经散射后的次级 X 射线能量远小于初级 X 射线能量，因此散射线对各侧次屏蔽墙外的辐射影响远小于漏射线，故本环评仅预测评价对主射线及漏射线的防护效果。

参考《辐射防护导论》P102 公式（3.51），本项目工业电子加速器的主射线及漏射线辐射影响预测计算模式采用公式 11-5 进行计算，计算结果列于表 11-61。

$$H_M = \frac{B_X \cdot D_0 \cdot f}{1.67\times10^{-2}\cdot d^2} \qquad \text{公式 11-5}$$

式中：$H_M$—参考点处剂量当量率，μSv/h；

$B_X$—X 射线的屏蔽透射比，按公式 11-6 计算；

$D_0$—距靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率，μGy/min；

$f$—对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比 0.1%；

$1.67\times10^{-2}$—单位转换系数；

$d$—X 射线源与参考点之间的距离，m，本项目参考点均为相应墙外 30cm 处。

$$B_X = 10^{-\left(1+\frac{S-T_1}{T_e}\right)} \qquad \text{公式 11-6}$$

式中：$S$—屏蔽体厚度，cm；

$T_1$—在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个十分之一值层，cm；

$T_e$—平衡十分之一值层，cm。

表 11-61 加速器机房外关注点处辐射剂量率预测计算

| 参数 | | 东墙 | 西墙 | 南墙 | 北墙 | 顶面 | 防护门口 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $S$（cm） | | 150 硫酸钡砼 | 220 硫酸钡砼 | 150 硫酸钡砼 | 150 硫酸钡砼 | 160 硫酸钡砼 | 138.5 硫酸钡砼 | 30 铅 |
| $S_e$（cm） | | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| $T_1$ (cm) | 砼 | [redacted] | | | | | | |
| | 铅 | [redacted] | | | | | | |
| $T_e$ (cm) | 砼 | [redacted] | | | | | | |
| | 铅 | [redacted] | | | | | | |
| $B_X$ | | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| $D_0$(μGy/min) | | [redacted] | | | | | | |
| f | | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| $d$（m） | | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| $H_M$（μSv/h） | | 0.76 | 0.47 | 0.69 | 0.69 | 0.49 | 0.74 | 0.27 |
| 控制值（μSv/h） | | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| 评价 | | 满足 | 满足 | 满足 | 满足 | 满足 | 满足 | 满足 |

**注：**1、混凝土、铅对射线的 $T_1$、$T_e$ 分别由《辐射防护导论》图 3.22、图 3.24 查得；

2、常规混凝土密度为 2.35g/cm$^3$，本项目加速器机房采用的硫酸钡混凝土密度不低于 3.2g/cm$^3$，由于混凝土的 $T_1$、$T_e$ 是基于 2.35g/cm$^3$ 的密度所得，因此将硫酸钡混凝土厚度以等密度换算的方法等效为常规混凝土厚度，再计算 $B_X$；

3、为评估防护门的防护效果，在保守仅考虑防护门屏蔽作用情况下对防护门口辐射剂量率进行补充计算。

由表 11-61 可知，RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统出束测试期间，加速器机房周围 30cm 处的最大辐射剂量率为 0.76μSv/h，满足《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）中“工作场所以及周围环境的屏蔽体（墙）表面大于或等于 30cm 处任何监测点的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求。

图 11-26 加速器机房计算参考点位示意图（俯视）

图 11-27 加速器机房计算参考点位示意图（正视）

**（二）加速器机房穿墙线管、穿墙风管、防护门缝辐射影响分析**

本项目加速器机房排风口设于机房顶部东南角，设置机械排风装置，排风口外侧使用 20mm 厚铅防护罩作为补偿屏蔽措施，屏蔽罩结构如图 11-37 所示。加速器机房北墙预留线缆穿墙管道，管道采用预埋铅套管，套管两端伸出墙面（室内侧 30mm、室外侧 50mm），墙体两侧套管周边涂刷 2mm 厚防水密封膏，外侧再抹 15mm 聚合物水泥砂浆，电缆穿入热镀锌电缆管，再将电缆管穿入铅套管，电缆管与铅套管之间用铅丝绵塞满压

实；铅套管与墙体孔洞的间隙使用铅水泥分层浇筑捣实，表面抹平，确保无裂缝。穿墙线管、穿墙风管的位置均避开有用线束直射方向，穿墙线管、穿墙风管的设计使得射线穿出时至少需要 3 次散射才能到达出口。加速器防护门采用铅板+钢板，防护门关闭到位时，防护门与机房墙体的重叠宽度大于门缝宽度的 10 倍以上。加速器机房穿墙线管、穿墙风管及防护门缝的设计能够满足辐射防护要求。

穿墙线管

穿墙风管

图 11-28 加速器机房穿墙线管、穿墙风管结构示意图

**（三）臭氧、氮氧化物影响分析**

工业探伤用加速器出束调试期间，机房内空气被 X 射线电离产生臭氧、氮氧化物。本项目加速器仅在调试期间出束，单次出束持续时间短，与辐照加工用加速器的连续出束工作方式有显著区别。根据建设单位提供资料，单台工业探伤用加速器出束约 18h，每年最多生产 5 台，累计出束时间约 90h，显著低于辐照加工用加速器的出束时间。工业探伤用加速器的臭氧、氮氧化物产生量低，加速器机房设置有通风装置，机房内的臭氧、氮氧化物可通过通风装置排出，经管道引至生产调试车间楼顶排入大气。臭氧常温下约 50min 可自然分解为氧气，氮氧化物产量约为臭氧的三分之一，这部分废气对环境影响较小。

为评估本项目多个射线装置同时出束调试时辐射剂量率叠加影响，本报告保守考虑极端工况，即本项目工业 X 射线探伤装置、X 射线源、工业探伤用加速器全部同时出束时，工作场所的叠加剂量率。直接将各射线装置屏蔽体外 30cm 处的最大辐射剂量率进行叠加，结果见表 11-62。

表 11-62 极端工况下射线装置屏蔽体外叠加剂量率保守计算结果

| 装置名称及型号 | 屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率（μSv/h） |
|---|---|
| 通用微焦点 X 射线检测设备 RMX3000-G1 | 1.49E-03 |
| 通用小焦点 X 射线成像系统 RMX4000 | 1.64E-02 |
| 双源微纳 CT 检测系统 RMCT4000D | 0.56 |
| 微焦点 CT 检测系统 RMCT4000E | 0.44 |
| 高精度大型工业 CT 检测系统 RMCT6000D | 0.33 |
| 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4000F | 1.14E-09 |
| 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4500S | 5.91E-03 |
| 高速在线平面 CT 检测设备 RMPCT5500 | 2.99E-03 |
| 高性能快速 CT 检测系统 RMLCT7000M | 2.22E-05 |
| 微焦点卧式 CT 检测系统 RMLCT7500M 系列 | 8.92E-06 |
| X 射线在线检测系统 RMLVX XN150 | 0.01 |
| RMMS-90N 型 X 射线源 | 2.07E-08 |
| RMMS-90W 型 X 射线源 | 2.07E-08 |

| | |
|---|---|
| RMMS-130N 型 X 射线源 | 2.07E-08 |
| RMMS-130W 型 X 射线源 | 2.07E-08 |
| 高能加速器 CT 检测系统 RMCT10000 | 0.77 |
| 合计 | 2.21 |
| 剂量率控制 | 2.5 |
| 结果评价 | 满足 |

由表 11-62 保守计算结果可知，即使本项目所有 X 射线装置全部同时出束调试，射线装置屏蔽体外 30cm 处叠加剂量率均不会超过 2.21μSv/h。实际工作中，1#调试区内设 9 个调试机位，调试区内最多只能容许 9 台设备同时进行调试，且调试区机位之间距离远大于 30cm，因此本项目投运后的实际工况低于表 11-62 计算时所考虑的极端情况，调试区的叠加辐射剂量率水平将进一步低于 2.21μSv/h，满足本项目 2.5μSv/h 的辐射剂量率控制水平。

根据建设单位提供的《俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产、销售、使用工业 CT 扩建项目（分期）竣工环境保护验收监测报告表》（报告编号：瑞森（验）字（2024）第 034 号，详见附件 9），公司已开展的核技术利用项目验收检测结果显示，工作场所周围剂量当量率均为本底水平，则即使考虑本项目与原已环评项目的剂量率叠加影响，也能满足上述要求。

## 二、辐射工作人员和公众剂量估算

### （一）估算模式

本项目辐射工作人员及周围公众年有效剂量由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式进行估算：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \qquad \text{公式 11-8}$$

式中：$H_c$—参考点的年剂量水平，μSv/a；

$\dot{H}_{c,d}$—参考点处剂量率，μSv/h；

$t$—探伤装置年照射时间，h/a；

$U$—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，可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 A.1 得到。

## （二）估算结果

1、辐射工作人员

预测计算结果如下：

表 11-63　RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备辐射工作人员有效剂量计算结果

| 参数 \ 关注点 | | 右面 | 左面 | 正面(含工件门) | 观察窗 | 背面(含检修门) | 顶面 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | | 3.46E-04 | 3.66E-04 | 4.76E-04 | 4.31E-07 | 2.35E-04 | 1.49E-03 |
| $U$ 使用因子 | | 1 | | | | | |
| $T$ 居留因子 | | 1 | | | | | |
| $t$ 照射时间 | h/周 | 18 | | | | | |
| | h/a | 540 | | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 6.22E-03 | 6.58E-03 | 8.58E-03 | 7.76E-06 | 4.23E-03 | 2.68E-02 |
| | mSv/a | 1.87E-04 | 1.98E-04 | 2.57E-04 | 2.33E-07 | 1.27E-04 | 8.03E-04 |

表 11-64　RMX4000 型通用小焦点 X 射线成像系统辐射工作人员剂量计算结果

| 参数 \ 关注点 | | 右面 | 左面 | 顶面 | 正面（含工件门） | 背面（含检修门） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | | 1.64E-02 | 2.59E-03 | 5.56E-03 | 3.72E-03 | 4.51E-03 |
| $U$ 使用因子 | | 1 | | | | |
| $T$ 居留因子 | | 1 | | | | |
| $t$ 照射时间 | h/周 | 18 | | | | |
| | h/a | 180 | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 0.30 | 0.05 | 0.10 | 0.07 | 0.08 |
| | mSv/a | 2.96E-03 | 4.66E-04 | 1.00E-03 | 6.70E-04 | 8.11E-04 |

表 11-65　RMCT4000D 型双源微纳 CT 检测系统辐射工作人员剂量计算结果

| 参数 \ 关注点 | 右面（含检修门） | 左面 | 顶面 | 正面（含工件门） | 背面（含检修门） |
|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | 0.56 | 0.43 | 0.55 | 0.09 | 3.06E-12 |
| $U$ 使用因子 | 1 | | | | |
| $T$ 居留因子 | 1 | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *t* 照射时间 | h/周 | 18 | | | | |
| | h/a | 144 | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 10.12 | 7.71 | 9.90 | 1.69 | 5.50E-11 |
| | mSv/a | 0.08 | 0.06 | 0.08 | 0.01 | 4.40E-13 |

表 11-66　RMCT4000E 型微焦点 CT 检测系统辐射工作人员剂量计算结果

| 参数 \ 关注点 | | 右面 | 左面 | 顶面 | 正面（含工件门） | 背面（含检修门） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | | 0.31 | 0.19 | 0.40 | 0.23 | 0.44 |
| *U* 使用因子 | | 1 | | | | |
| *T* 居留因子 | | 1 | | | | |
| *t* 照射时间 | h/周 | 18 | | | | |
| | h/a | 540 | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 5.57 | 3.44 | 7.25 | 4.10 | 7.96 |
| | mSv/a | 0.17 | 0.10 | 0.22 | 0.12 | 0.24 |

表 11-67　RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统辐射工作人员剂量计算结果

| 参数 \ 关注点 | | 右面 | 左面 | 顶面 | 正面（含防护门） | 背面 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | | 0.15 | 0.20 | 0.33 | 0.08 | 0.08 |
| *U* 使用因子 | | 1 | | | | |
| *T* 居留因子 | | 1 | | | | |
| *t* 照射时间 | h/周 | 18 | | | | |
| | h/a | 270 | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 2.67 | 3.56 | 5.93 | 1.48 | 1.48 |
| | mSv/a | 0.04 | 0.05 | 0.09 | 0.02 | 0.02 |

表 11-68　RMCT4000F 型微焦点在线 CT 检测系统辐射工作人员剂量计算结果

| 参数 \ 关注点 | 右面 | 左面 | 顶面 | 正面（含工件门） | 背面（含检修门） |
|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | 3.38E-11 | 1.14E-09 | 5.75E-10 | 4.49E-10 | 7.07E-10 |
| *U* 使用因子 | 1 | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *T* 居留因子 | | 1 | | | | |
| *t* 照射时间 | h/周 | 18 | | | | |
| | h/a | 900 | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 6.08E-10 | 2.06E-08 | 1.03E-08 | 8.08E-09 | 1.27E-08 |
| | mSv/a | 3.04E-11 | 1.03E-09 | 5.17E-10 | 4.04E-10 | 6.36E-10 |

表 11-69　RMCT4500S 型微焦点在线 CT 检测系统辐射工作人员剂量计算结果

| 关注点 / 参数 | | 右面 | 左面 | 顶面 | 正面 (含工件门) | 观察窗 | 背面 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | | 1.18E-02 | 4.70E-03 | 2.94E-03 | 3.19E-03 | 1.76E-06 | 1.88E-03 |
| *U* 使用因子 | | 1 | | | | | |
| *T* 居留因子 | | 1 | | | | | |
| *t* 照射时间 | h/周 | 18 | | | | | |
| | h/a | 900 | | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 0.21 | 0.08 | 0.05 | 5.74E-02 | 3.17E-05 | 0.03 |
| | mSv/a | 1.06E-02 | 4.23E-03 | 2.64E-03 | 2.87E-03 | 1.58E-06 | 1.69E-03 |

表 11-70　RMPCT5500 型高速在线平面 CT 检测设备周围人员有效剂量计算结果

| 关注点 / 参数 | | 右面（含工件门） | 左面（含工件门） | 顶面 | 正面（含检修门） | 背面 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | | 2.99E-03 | 1.70E-03 | 1.94E-05 | 2.99E-03 | 6.02E-04 |
| *U* 使用因子 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| *T* 居留因子 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| *t* 照射时间 | h/周 | 34.62 | | | | |
| | h/a | 1800 | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 0.10 | 0.06 | 6.71E-04 | 0.10 | 0.02 |
| | mSv/a | 5.39E-03 | 3.06E-03 | 3.49E-05 | 5.39E-03 | 1.08E-03 |

表 11-71　RMLCT7000M 型高速在线平面 CT 检测设备辐射工作人员剂量计算结果

| 关注点 / 参数 | 右面（含检修门） | 左面（含检修门） | 顶面 | 正面（含工件门） | 观察窗 | 背面（含检修门） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | 8.47E-06 | 3.48E-06 | 2.18E-05 | 2.06E-05 | 6.51E-08 | 2.06E-05 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *U* 使用因子 | | 1 | | | | | |
| *T* 居留因子 | | 1 | | | | | |
| *t* 照射时间 | h/周 | 17.31 | | | | | |
| | h/a | 900 | | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 1.52E-04 | 6.27E-05 | 3.92E-04 | 3.70E-04 | 1.17E-06 | 3.70E-04 |
| | mSv/a | 7.62E-06 | 3.13E-06 | 1.96E-05 | 1.85E-05 | 5.86E-08 | 1.85E-05 |

表 11-72 RMLCT7500M 系列型微焦点卧式 CT 检测系统辐射工作人员剂量计算结果

| 参数 \ 屏蔽体 | | 右面（含工件门） | 左面（含工件门） | 顶面 | 正面（含检修门） | 观察窗 | 背面（含检修门） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | | 2.67E-06 | 1.50E-06 | 8.21E-06 | 6.00E-06 | 1.90E-08 | 6.00E-06 |
| *U* 使用因子 | | 1 | | | | | |
| *T* 居留因子 | | 1 | | | | | |
| *t* 照射时间 | h/周 | 18 | | | | | |
| | h/a | 900 | | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 4.81E-05 | 2.71E-05 | 1.48E-04 | 1.08E-04 | 3.42E-07 | 1.08E-04 |
| | mSv/a | 2.41E-06 | 1.35E-06 | 7.39E-06 | 5.40E-06 | 1.71E-08 | 5.40E-06 |

表 11-73 RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统辐射工作人员剂量计算结果

| 参数 \ 关注点 | | 右面（含工件门） | 左面（含工件门） | 顶面 | 正面（含检修门） | 观察窗 | 背面（含检修门） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | | 3.12E-03 | 3.12E-03 | 3.37E-04 | 4.00E-03 | 2.22E-06 | 4.78E-03 |
| *U* 使用因子 | | 1 | | | | | |
| *T* 居留因子 | | 1 | | | | | |
| *t* 照射时间 | h/周 | 18 | | | | | |
| | h/a | 900 | | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 5.62E-02 | 5.62E-02 | 0.01 | 7.20E-02 | 3.99E-05 | 8.60E-02 |
| | mSv/a | 2.81E-03 | 2.81E-03 | 3.04E-04 | 3.60E-03 | 2.00E-06 | 4.30E-03 |

表 11-74　X 射线源测试辐射工作人员剂量计算结果

| 参数 \ 关注点 | 右面 | 左面 | 顶面 | 正面（含防护门） | 背面 |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | | 1.30E-08 | 2.66E-09 | 3.09E-09 | 4.88E-09 | 1.68E-08 |
| $U$ 使用因子 | | 1 | | | | |
| $T$ 居留因子 | | 1 | | | | |
| $t$ 照射时间 | h/周 | 46.6 | | | | |
| | h/a | 2425 | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 6.05E-07 | 1.24E-07 | 1.44E-07 | 2.28E-07 | 7.82E-07 |
| | mSv/a | 3.15E-08 | 6.46E-09 | 7.49E-09 | 1.18E-08 | 4.07E-08 |

表 11-75　RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统辐射工作人员剂量计算结果

| 关注点 / 参数 | | 东墙 | 南墙 | 西墙 | 北墙 | 顶面 | 防护门口 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | | 0.77 | 0.69 | 0.47 | 0.69 | 0.49 | 0.27 |
| $U$ 使用因子 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $T$ 居留因子 | | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1 | 1 | 1/8 |
| $t$ 照射时间 | h/周 | 18 | | | | | |
| | h/a | 90 | | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 3.44 | 3.12 | 2.11 | 12.48 | 8.75 | 0.62 |
| | mSv/a | 1.72E-02 | 1.56E-02 | 1.06E-02 | 6.24E-02 | 4.37E-02 | 3.09E-03 |

保守考虑极端情况下，辐射工作人员受到全部工业用 X 射线探伤装置、X 射线源及工业探伤用加速器的叠加剂量影响，则辐射工作人员可能受到的最大有效剂量见表 11-76。

表 11-76　本项目辐射工作人员有效剂量叠加计算结果

| 装置名称及型号 | 有效剂量贡献值 | |
|---|---|---|
| | 最大周有效剂量（μSv） | 最大年有效剂量（mSv） |
| 通用微焦点 X 射线检测设备 RMX3000-G1 | 2.68E-02 | 8.03E-04 |
| 通用小焦点 X 射线成像系统 RMX4000 | 0.30 | 2.96E-03 |
| 双源微纳 CT 检测系统 RMCT4000D | 10.12 | 0.08 |
| 微焦点 CT 检测系统 RMCT4000E | 7.69 | 0.24 |

| | | |
|---|---|---|
| 高精度大型工业 CT 检测系统 RMCT6000D | 5.93 | 0.09 |
| 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4000F | 2.06E-08 | 1.03E-09 |
| 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4500S | 0.21 | 1.06E-02 |
| 高速在线平面 CT 检测设备 RMPCT5500 | 0.10 | 5.39E-03 |
| 高性能快速 CT 检测系统 RMLCT7000M | 3.70E-04 | 1.85E-05 |
| 微焦点卧式 CT 检测系统 RMLCT7500M 系列 | 1.48E-04 | 7.39E-06 |
| X 射线在线检测系统 RMLVX XN150 | 0.09 | 4.30E-03 |
| RMMS-90N 型 X 射线源 | 7.82E-07 | 4.07E-08 |
| RMMS-90W 型 X 射线源 | 7.82E-07 | 4.07E-08 |
| RMMS-130N 型 X 射线源 | 7.82E-07 | 4.07E-08 |
| RMMS-130W 型 X 射线源 | 7.82E-07 | 4.07E-08 |
| 高能加速器 CT 检测系统 RMCT10000 | 12.48 | 0.06 |
| 合计 | 36.95 | 0.49 |
| 剂量约束值 | 100 | 5 |
| 结果评价 | 满足 | 满足 |

由表 11-76 保守计算结果可知，本项目辐射工作人员叠加周有效剂量不超过 36.95μSv、年有效剂量不超过 0.49mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员有效剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求（职业人员周有效剂量不超过 100μSv/周，年有效剂量不超过 5mSv）。实际工作中，公司为本项目配置多名辐射工作人员分担工作量，且本项目设备不总是处于全部同时出束调试的状态，因此实际每名辐射工作人员的周有效剂量、年有效剂量还将远低于上述保守计算结果。

根据建设单位提供的《俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产、销售、使用工业 CT 扩建项目（分期）竣工环境保护验收监测报告表》（报告编号：瑞森（验）字（2024）第 034 号，详见附件 9），公司已开展的核技术利用项目辐射工作人员个人剂量监测结果显示，工作人员连续一年的个人累积剂量最大为 0.32mSv，则即使考虑本项目与原已环评项目的剂量叠加影响（0.49mSv+0.32mSv=0.81mSv），也能满足上

述要求。

**（二）周围公众年有效剂量**

本项目工业用 X 射线探伤装置均在 1#调试区内进行生产、调试，X 射线源均在 2#调试区进行生产、调试，工业探伤用加速器在加速器机房内进行生产、调试。根据本项目工作场所辐射防护分区管理，监督区内公众不可达。监督区内工业用 X 射线探伤装置、X 射线源的调试机位距监督区边界最近距离约 5m，根据本项目工作负荷，结合周围公众居留情况，使用公式 11-5 对周围公众有效剂量进行预测计算，详见表 11-77 至表 11-78。

表 11-77 调试区周围公众周有效剂量计算结果

| 装置名称及型号 | 屏蔽体外 5m 处最大剂量率（μSv/h） | 周最大出束时间/h | 使用因子 | 居留因子 | $\dot{H}$ 估算值（μSv/周） | $\dot{H}_c$ 控制值（μSv/周） | 评价结果 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 通用微焦点 X 射线检测设备 RMX3000-G1 | 5.35E-05 | 18 | 1 | 1 | 9.63E-04 | 5 | 满足 |
| 通用小焦点 X 射线成像系统 RMX4000 | 1.24E-03 | 18 | 1 | 1 | 2.23E-02 | 5 | 满足 |
| 双源微纳 CT 检测系统 RMCT4000D | 0.08 | 18 | 1 | 1 | 1.44 | 5 | 满足 |
| 微焦点 CT 检测系统 RMCT4000E | 0.02 | 18 | 1 | 1 | 0.36 | 5 | 满足 |
| 高精度大型工业 CT 检测系统 RMCT6000D | 0.06 | 18 | 1 | 1 | 1.08 | 5 | 满足 |
| 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4000F | 1.41E-10 | 18 | 1 | 1 | 2.54E-09 | 5 | 满足 |
| 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4500S | 1.36E-03 | 18 | 1 | 1 | 0.02 | 5 | 满足 |
| 高速在线平面 CT 检测设备 RMPCT5500 | 3.95E-05 | 34.62 | 1 | 1 | 1.37E-03 | 5 | 满足 |
| 高性能快速 CT 检测系统 RMLCT7000M | 7.18E-07 | 17.31 | 1 | 1 | 1.24E-05 | 5 | 满足 |
| 微焦点卧式 CT 检测系统 RMLCT7500M 系列 | 5.84E-07 | 18 | 1 | 1 | 1.05E-05 | 5 | 满足 |
| X 射线在线检测系统 RMLVX XN150 | 1.26E-04 | 18 | 1 | 1 | 2.27E-03 | 5 | 满足 |
| RMMS-90N 型 X 射线源 | 5.94E-10 | 46.6 | 1 | 1 | 2.77E-08 | 5 | 满足 |
| RMMS-90W 型 X 射线源 | 5.94E-10 | 46.6 | 1 | 1 | 2.77E-08 | 5 | 满足 |
| RMMS-130N 型 X 射线源 | 5.94E-10 | 46.6 | 1 | 1 | 2.77E-08 | 5 | 满足 |
| RMMS-130W 型 X 射线源 | 5.94E-10 | 46.6 | 1 | 1 | 2.77E-08 | 5 | 满足 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 合计 | 2.93 | 5 | 满足 |

**注：**1、屏蔽体外 5m 处辐射剂量率计算方法同屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率计算方法；

2、居留因子保守全部取 1。

表 11-78 调试区周围公众年有效剂量计算结果

| 装置名称及型号 | 屏蔽体外 5m 处最大剂量率（μSv/h） | 年最大出束时间/h | 使用因子 | 居留因子 | $\dot{H}$ 估算值（mSv/年） | $\dot{H}_c$ 控制值（mSv/年） | 评价结果 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 通用微焦点 X 射线检测设备 RMX3000-G1 | 5.35E-05 | 540 | 1 | 1 | 2.89E-05 | 0.1 | 满足 |
| 通用小焦点 X 射线成像系统 RMX4000 | 1.24E-03 | 180 | 1 | 1 | 2.23E-04 | 0.1 | 满足 |
| 双源微纳 CT 检测系统 RMCT4000D | 0.08 | 144 | 1 | 1 | 1.15E-02 | 0.1 | 满足 |
| 微焦点 CT 检测系统 RMCT4000E | 0.02 | 540 | 1 | 1 | 1.08E-02 | 0.1 | 满足 |
| 高精度大型工业 CT 检测系统 RMCT6000D | 0.02 | 270 | 1 | 1 | 1.62E-02 | 0.1 | 满足 |
| 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4000F | 1.41E-10 | 900 | 1 | 1 | 1.27E-10 | 0.1 | 满足 |
| 微焦点在线 CT 检测系统 RMCT4500S | 1.36E-03 | 900 | 1 | 1 | 1.23E-03 | 0.1 | 满足 |
| 高速在线平面 CT 检测设备 RMPCT5500 | 3.95E-05 | 1800 | 1 | 1 | 7.11E-05 | 0.1 | 满足 |
| 高性能快速 CT 检测系统 RMLCT7000M | 7.18E-07 | 900 | 1 | 1 | 6.46E-07 | 0.1 | 满足 |
| 微焦点卧式 CT 检测系统 RMLCT7500M 系列 | 5.84E-07 | 900 | 1 | 1 | 5.26E-07 | 0.1 | 满足 |
| X 射线在线检测系统 RMLVX XN150 | 1.26E-04 | 900 | 1 | 1 | 1.14E-04 | 0.1 | 满足 |
| RMMS-90N 型 X 射线源 | 5.94E-10 | 2425 | 1 | 1 | 1.43E-09 | 0.1 | 满足 |
| RMMS-90W 型 X 射线源 | 5.94E-10 | 2425 | 1 | 1 | 1.43E-09 | 0.1 | 满足 |
| RMMS-130N 型 X 射线源 | 5.94E-10 | 2425 | 1 | 1 | 1.43E-09 | 0.1 | 满足 |
| RMMS-130W 型 X 射线源 | 5.94E-10 | 2425 | 1 | 1 | 1.43E-09 | 0.1 | 满足 |
| 合计 | | | | | 0.04 | 0.1 | 满足 |

**注：**1、屏蔽体外 5m 处辐射剂量率计算方法同屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率计算方法；

2、居留因子保守全部取 1。

本项目将加速器机房内部作为辐射防护控制区，将加速器防护门口及北侧加速器操作区作为监督区管理，控制区、监督区公众均不可达。加速器机房东侧、北侧为过道，南侧为车间外厂区道路，西侧为卫生间，楼上为休息区。加速器机房周围公众的

有效剂量预测计算见表 11-79。

表 11-79 加速器机房周围公众有效剂量预测计算一览表

| 关注点 / 参数 | | 东侧过道 | 南侧厂区道路 | 西侧卫生间 | 北侧过道 | 楼上休息区 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\dot{H}$ 估算值（μSv/h） | | 0.76 | 0.69 | 0.47 | 0.69 | 0.49 |
| $U$ 使用因子 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $T$ 居留因子 | | 1/8 | 1/8 | 1/8 | 1/8 | 1/8 |
| $t$ 照射时间 | h/周 | 18 | | | | |
| | h/a | 90 | | | | |
| $\dot{H}$ 估算值 | μSv/周 | 1.72 | 1.56 | 1.06 | 1.56 | 1.09 |
| | mSv/a | 8.58E-03 | 7.80E-03 | 5.29E-03 | 7.80E-03 | 5.47E-03 |
| $\dot{H}_c$ 控制值 | μSv/周 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | mSv/a | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 保护目标类型 | | 公众 | 公众 | 公众 | 公众 | 公众 |
| 评价结果 | | 满足 | 满足 | 满足 | 满足 | 满足 |

**注：**关注点处辐射剂量率保守取加速器机房外 30cm 处相应方向的剂量率估算值。

由表 11-77 至表 11-79 保守计算结果可知，即使考虑本项目所有射线装置的叠加影响，项目周围公众的周有效剂量不会超过 2.93μSv+1.72μSv=4.65μSv，年有效剂量不会超过 0.04+0.01=0.05mSv。上述结果均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对公众有效剂量限值要求以及本项目剂量约束值（公众周有效剂量不超过 5μSv，年有效剂量不超过 0.1mSv）。

根据建设单位提供的《俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产、销售、使用工业 CT 扩建项目（分期）竣工环境保护验收监测报告表》（报告编号：瑞森（验）字（2024）第 034 号，详见附件 9），公司已开展的核技术利用项目对周围公众的年有效剂量贡献值最大为 0.02mSv，则即使考虑本项目与原已环评项目的剂量叠加影响（0.02mSv+0.05mSv=0.07mSv），也能满足上述要求。

## 三、三废影响分析

### 1、臭氧和氮氧化物处理

本项目工业用X射线探伤装置、X射线源及工业探伤用加速器在出束工作时，会使空气电离产生微量的臭氧（$O_3$）和氮氧化物（$NO_x$）。工业用X射线探伤装置铅房、X射线源测试铅箱均拟设置机械式排风扇进行通风换气，1#调试区、2#调试区内均设置通风换气装置；加速器机房设置机械排风装置，臭氧、氮氧化物经管道引至楼顶排放。臭氧在常温下约50min可自动分解为氧气，氮氧化物产量约为臭氧的三分之一，这部分废气对周围环境影响较小。

**2、废水**

工作人员产生的生活污水，将接入市政管网，对周围环境影响较小。

X射线源生产过程中可能产生的含废绝缘油的清洗废水和擦拭废纸等将使用统一收集，暂存于危险废物贮存柜中，委托有资质单位处理。

**3、固体废物**

工作人员产生的生活垃圾将进行分类收集，统一交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

**事故影响分析**

本项目新增10种、变更1种型号的工业用射线装置均为自屏蔽装置，其中RMX3000-G1型通用微焦点X射线检测设备、RMX4000型通用小焦点X射线检测设备、RMLVX XN150型X射线在线检测系统均不含CT功能，根据《射线装置分类》，以上3种自屏蔽式X射线探伤装置的生产、销售活动按Ⅱ类射线装置管理，使用活动按Ⅲ类射线装置管理；本项目其余8种均为工业用X射线计算机断层扫描（CT）装置，均属Ⅱ类射线装置；RMCT10000型高能加速器CT检测系统为工业探伤用加速器，属Ⅱ类射线装置；本项目4种X射线球管均为工业探伤用途，其生产、销售、使用活动按Ⅱ类射线装置管理。在生产、销售、使用Ⅱ类射线装置过程中，如果安全管理或防护不当，可能对辐射工作人员及周围公众造成意外照射，产生放射性损伤。

**一、主要事故风险**

1、工业用X射线探伤装置、X射线源及工业探伤用加速器在生产测试过程中，工作人员或其肢体误入（伸入）屏蔽体内受到大剂量照射；

2、工业用X射线探伤装置铅房、X射线源测试铅箱、加速器机房的门-机联锁装置失效，防护门未关闭或未关闭到位，射线装置即开机照射，造成屏蔽体外人员受到意外照射；

3、工业探伤用加速器开机前未按流程清场，人员滞留在机房内时即操作加速器出束照射，致使误留机房内的人员受到大剂量照射；

4、工业用 X 射线探伤装置、X 射线源及工业探伤用加速器在检修、维护过程中发生误照射对周围人员造成意外照射；

5、工业用 X 射线探伤装置、X 射线源及工业探伤用加速器意外失控，对周围人员造成意外照射；

6、工业用 X 射线探伤装置、X 射线源及工业探伤用加速器屏蔽体结构失效、产生缝隙、漏洞等，漏射线对周围人员造成意外照射。

**二、预防事故或减轻事故影响的措施**

1、滞留加速器机房内的人员在听到加速器启动前的声音警示信号时应立即撤出机房，来不及撤出机房或发现加速器已在出束时应立即按下紧急停机按钮，关闭加速器，及时就医检查；

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到位后，射线装置才能进行出束照射；定期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，定期维护、保养，发现安全隐患时立即进行整改，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换；

3、辐射工作人员应定期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、若辐射工作人员发生意外照射，应及时检测其所佩戴的个人剂量计，剂量超标的人员应及时就医检查并调岗；

5、公司拟制定完善的操作规程，工作人员必须严格按照操作规程执行，做好个人的防护，并将操作规程张贴在辐射工作人员可以看到的醒目位置；

6、辐射工作人员通过培训考核后才能上岗，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、建设单位在日常工作中应加强辐射安全管理，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，建设单位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。同时建设单位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。

**三、事故处理措施**

根据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目工业用射线装置、X 射线源均为Ⅱ类射线装置，根据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，本项目可能发生的事故主要为一般辐射事故。在发生事故后：

（一）辐射工作人员应第一时间停止射线装置操作，然后启动应急预案；

（二）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（三）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

建设单位应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，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和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。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；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

## 表 12 辐射安全管理

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

本项目生产、销售、使用的工业用射线装置、X 射线源均为Ⅱ类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并对辐射防护负责人进行辐射安全培训。

目前，俐玛精密测量技术（苏州）有限公司已成立了辐射安全与环境保护办公室，并以文件形式明确管理人员职责。公司应根据本次扩建工业用射线装置及射线球管项目修订相关文件，明确本项目相关的辐射管理人员及其职责，将本项目辐射安全管理纳入公司的辐射安全管理工作中。公司拟为本项目增加20名辐射工作人员。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》（生态环境部，公告2019年第57号）：“自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：http：//fushe.mee.gov.cn）报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。公司现有辐射安全管理人员已参加“辐射安全管理”类辐射安全与防护培训并通过考核，1#调试区原有辐射工作人员均已参加“X射线探伤”类辐射安全与防护培训并通过考核；本项目拟增加的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加“X射线探伤”类（高能加速器CT检测系统工作人员建议增加参加“电子加速器辐照”类）辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。

**辐射安全管理规章制度**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用放射性同位素、射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。俐玛精密测量技术（苏州）有限公司已制定了《操作规程》《岗位职责》《辐射防护安全保卫制度》《设备检修维护制度》《使用台账制度》《辐射事故处理

应急预案》《职业健康档案管理制度》《人员培训计划》《监测方案》等规章制度，满足现有的核技术利用项目辐射安全管理。公司应根据本次扩建项目实际情况，进一步完善相关管理制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

现对各项制度提出相应的完善建议和要求：

**辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况完善制定辐射防护和保卫制度，重点是本次增加的工业用 X 射线探伤装置、X 射线源、工业探伤用加速器的辐射安全管理。

**操作规程：**应明确辐射线装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确生产、销售、使用工业用 X 射线探伤装置、X 射线源、工业探伤用加速器的操作步骤以及操作过程中必须采取的辐射安全措施。

**设备检修维护制度：**应明确工业用 X 射线探伤装置、X 射线源、工业探伤用加速器和辐射监测设备的维修计划、维修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，确保射线装置及其安全联锁设施、措施以及剂量报警仪等自主监测仪器设备保持良好工作状态。

**岗位职责：**应明确管理人员、辐射工作人员、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。

**人员培训和健康管理：**应明确培训对象、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。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《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》，辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核；如有辐射工作人员辐射安全和防护培训证书到期，应通过培训平台再学习并通过考核。本项目辐射工作人员应配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。

**台账管理制度：**根据本项目情况，完善射线装置生产、销售、使用台账制度，并在日常工作中落实到位，对公司使用的所有射线装置的型号、规格、数量等均需记录在台账上，做到有据可查。

**监测方案：**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。

为了确保射线装置的辐射安全，该公司应制定监测方案，重点是：

①明确监测项目和频次；

②对发生辐射事故处理进行全程监测；

③公司应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，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；

④委托有资质监测单位对本公司的射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至国家核技术利用申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

**事故应急预案：**针对工业用 X 射线探伤装置、X 射线源、工业探伤用加速器生产、使用过程中可能产生的辐射事故制定并完善辐射事故应急预案或应急措施，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。当发生辐射事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化，并在 1 小时内向当地环境保护部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射时，还应同时报告当地卫生主管部门。

公司应将本项目纳入全公司的辐射管理中，并在以后的实际工作中不断对各项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。

**辐射监测**

根据辐射管理要求，俐玛精密测量技术（苏州）有限公司目前已配备 1 台辐射巡测仪、6 台个人剂量报警仪、1 台固定式场所辐射监测报警装置。本次扩建，公司拟为本项目增配 15 台个人剂量报警仪（2#调试区 4 台、工业探伤用加速器 2 台、1#调试区 9 台）、2 台辐射巡测仪（2#调试区 1 台、工业探伤用加速器 1 台）、6 台固定式场所辐射监测报警装置（2#调试区 2 台、1#调试区 3 台、工业探伤用加速器 1 台）用于辐射监测和报警。同时结合公司射线装置使用的实际情况，拟制定如下监测计划：

1、委托有资质的单位定期对工作场所周围环境 X-γ辐射剂量率进行监测，周期：1～2 次/年；

2、辐射工作人员配备个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于 1 次/季度）送有资质机构进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；

3、每台设备出束调试时对屏蔽体外辐射水平进行监测，包括控制室工作位置和

周围毗邻区域人员居留处，并保留自检记录；

4、所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检，以排除职业禁忌证。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于1次/2年），并建立个人职业健康档案；

5、出现外照射事故，立即采取应急措施，并在1小时之内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

表12-1 辐射监测计划一览表

| 监测对象 | 监测项目 | 监测方式 | 监测频次 | 监测点位 |
|---|---|---|---|---|
| 项目工作场所 | X-γ周围剂量当量率 | 竣工验收监测，委托有资质单位进行 | 竣工后3个月内进行1次 | 工业用X射线探伤装置铅房外30cm、X射线源测试铅箱外30cm、加速器机房外30cm，监督区边界 |
| | | 日常自主监测 | 每台设备出束调试时均开展监测 | |
| | | 年度监测，委托有资质单位进行 | 1次/年 | |
| 辐射工作人员 | 个人剂量当量 | 委托有资质单位进行 | 不少于1次/3个月 | / |

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司须根据上述监测计划，明确监测频次和监测项目，每台设备出束调试时对屏蔽体外辐射水平进行监测，并保留自检记录；每年委托有资质的单位定期对项目周围环境X-γ辐射剂量率进行监测，监测结果上报生态环境行政主管部门。

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，组织辐射工作人员进行个人剂量监测（1次/季）和职业健康体检（1次/2年），辐射安全领导管理小组负责全公司辐射工作人员个人剂量的收发和管理以及职业健康监护、个人剂量监测档案的存放和保管。

2025年度公司已开展辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求，均未出现剂量率超标的情况；已委托苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司完成了辐射工作人员的个人剂量监测，所有辐射工作人员监测结果均符合国家相关标准要求，均未出现异常。

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司每年编写射线装置安全和防护状况年度评估报告，包括射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

根据公司《2025年度安全和防护状况年度评估报告》显示，2025年度公司未发

生辐射事故，公司辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作，定期检查防护情况，发现的隐患及时处理；公司已制定和完善了相应辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。公司自开展核技术利用项目以来未发生过辐射事故，暂无需要改进完善的情况。

**辐射事故应急**

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，建立辐射事故应急方案，辐射事故应急方案应明确以下几个方面：

①应急机构和职责分工；

②应急的具体人员和联系电话；

③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；

④辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；

⑤辐射事故调查、报告和处理程序。

对于在公司定期监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在1小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，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。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告。

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司已经制定了《辐射事故处理应急预案》，该预案已包括成立辐射事故应急处理领导小组、应急预案领导小组的职责、放射性事故应急处理的责任划分、放射性事故应急处理程序和放射性事故的调查等内容。由辐射事故应急处理领导小组组织各相关部门，定期（1次/年）开展应急培训演练，在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均加以落实。公司开展核技术利用项目至今，未发生过辐射事故。

## 表 13 结论与建议

**结论**

**一、项目概况**

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司拟在公司现有 1#调试区内新增 10 种工业用 X 射线探伤装置进行生产、销售、使用，并将原有 RMCT6000D 型高精度大型工业 CT 检测系统工作场所由 5#调试区变更到 1#调试区，同时对其技术参数进行变更（原为单源设备，源参数 450kV/3.3mA；变更为双源设备，1#源参数为 450kV/3.3mA，2#源参数为 300kV/3mA）；拟在公司现有 2#调试区内新增 4 种 X 射线源，进行生产、销售、使用；拟在公司生产调试车间一楼南部中间预留位置新建 1 座加速器机房并新增 1 种工业探伤用加速器，进行生产、销售、使用。本项目新增 10 种、变更 1 种工业用 X 射线探伤装置均为自屏蔽装置，其中 RMX3000-G1 型通用微焦点 X 射线检测设备、RMX4000 型通用小焦点 X 射线检测设备、RMLVX XN150 型 X 射线在线检测系统均不含 CT 功能，以上 3 种自屏蔽式 X 射线装置的生产、销售活动按Ⅱ类射线装置管理；本项目其余 8 种均为工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，均属Ⅱ类射线装置；RMCT10000 型高能加速器 CT 检测系统为工业探伤用加速器，属Ⅱ类射线装置；本项目 4 种 X 射线球管均为工业探伤用途，其生产、销售、使用活动按Ⅱ类射线装置管理。

**二、实践正当性**

本项目的运行，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

**三、产业政策相符性**

本项目不属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修改）中“限制类”“淘汰类”项目，项目符合国家产业政策。

**四、选址合理性**

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司位于江苏省苏州市吴中区甪直镇汇凯路 55 号。公司东侧为产业路，南侧为赛闻（苏州）包装工业有限公司，西侧为康鸿智能生态园，北侧为汇凯路。

本项目拟在公司1#调试区内扩建10种工业X射线探伤装置、变更1种工业X射线探伤装置，1#调试区位于生产调试车间一楼东部，1#调试区东侧、南侧、北侧均为厂区道路，西侧为接待区及预留区域，下方为土层，楼上为2#调试区；本项目拟在2#调试区扩建4种射线球管，2#调试区东侧、南侧、北侧均为生产调试车间楼外临空，西侧为休息区及预留区，下方为1#调试区，楼上为4#调试区；本项目拟在生产调试车间一楼南部中间预留区扩建1种工业探伤用加速器,加速器机房拟建址东侧为过道，南侧为车间外厂区道路，西侧为卫生间，北侧为操作区及过道，下方为土层，楼上为生产调试车间二楼预留区。

本项目拟建址周围50m范围东侧至产业路，南侧至赛闻（苏州）包装工业有限公司建筑（最近处约18m），西侧位于厂区范围内，北侧至汇凯路。本项目周围50m评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标，项目选址可行。项目运行后的环境保护目标主要是本项目评价范围内辐射工作人员、其他工作人员、赛闻（苏州）包装工业有限公司建筑内工作人员及周围其他公众等。

本项目拟建址均处于公司厂区范围内，1#调试区、2#调试区均为公司现有调试区，已履行环保手续，本次扩建不改变调试区边界、不改变调试区原有布局。拟扩建的工业用X射线探伤装置均自带屏蔽体，X射线源测试铅箱也设计有足够的屏蔽，能够满足辐射防护与安全要求。工业探伤用加速器拟建址位于生产调试车间一楼南部中间预留区，加速器主射线方向固定向西，加速器操作区设于加速器机房北侧，防护门设于东侧，均避开有用线束方向。本项目选址合理。

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。根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号）、《关于印发〈生态环境分区管控管理暂行规定〉的通知》（环环评〔2024〕41号）和《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》（苏自然资函〔2023〕880号）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于苏州市重点管控单元甪端新区（编码：ZH32050620331）、凌港工业区（编码：ZH32050620302）内，不在苏州市生态保护红线内，评价范围内均不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、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。本项目为核技术利用项目，满足重点管控单元的管控要求。本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

**五、辐射环境现状评价**

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司扩建工业用射线装置及射线球管项目拟建址及其周围环境楼房室内γ辐射剂量率在 94nGy/h～128nGy/h 之间，处于江苏省建筑物室内γ辐射（空气吸收）剂量率 50.7nGy/h～129.4nGy/h 范围内；室外道路环境γ辐射剂量率为 41nGy/h~69nGy/h，处于江苏省道路γ辐射（空气吸收）剂量率 18.1nGy/h～102.3nGy/h 范围内，均为环境本底水平。

**六、环境影响评价**

本项目工业用 X 射线探伤装置、X 射线源不涉及基础建设工程，加速器机房建设主要工作为混凝土浇筑及内饰装潢，公司在施工阶段采取污染防治措施，可将施工期的影响控制在局部区域，对周围环境影响较小。

根据理论估算结果，俐玛精密测量技术（苏州）有限公司扩建工业用射线装置及射线球管项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的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》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求（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）。

项目运行期间因 X 射线电离空气而产生的臭氧、氮氧化物通过机械排风装置排入大气，臭氧在常温下约 50min 可自然分解为氧气，氮氧化物产量约为臭氧的三分之一，这部分废气对周围环境影响较小；工作人员产生的生活污水将接入市政污水管网，生产 X 射线源期间可能产生的废绝缘油、清洗废水委托有资质单位处理；工作人员的生活垃圾经分类收集后由市政环卫部门定期清运。

**七、辐射安全措施评价**

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司扩建工业用射线装置及射线球管项目的工业用 X 射线探伤装置、X 射线源测试铅箱及工业探伤用加速器操作台上均拟设置钥匙开关；工业用 X 射线探伤装置、X 射线源测试铅箱及工业探伤用加速器均拟门机联锁装置；工业用 X 射线探伤装置和 X 射线源测试铅箱上均拟设计安装工作状态指示灯，工作状态指示灯与 X 射线源设置联锁；加速器机房防护门上方及加速器机房内部均设

置工作状态指示灯和声音报警器，工作状态指示灯与加速器设置联锁，加速器出束前声音报警器发出声音警示信号；X 射线探伤装置、X 射线源测试铅箱表面醒目位置、调试区边界、加速器机房防护门上均拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；X 射线探伤装置、X 射线源测试铅箱（或操作台）上、加速器机房内部及加速器操作台上均拟安装紧急停机按钮。

落实以上措施后，能够满足辐射安全的要求。

**八、辐射安全管理评价**

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司已按规定成立辐射安全管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责。公司拟将本项目纳入公司的辐射管理，并针对本项目具体情况对各项管理制度进行修订完善。公司还应在以后的实际工作中持续对各项管理制度进行补充和完善。

俐玛精密测量技术（苏州）有限公司需为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。公司目前已配备 1 台辐射巡测仪、6 台个人剂量报警仪、1 台固定式场所辐射监测报警装置；本次扩建，公司拟为本项目增配 15 台个人剂量报警仪、2 台辐射巡测仪和 6 台固定式场所辐射监测报警装置用于辐射监测和报警。

**综上所述，俐玛精密测量技术（苏州）有限公司扩建工业用射线装置及射线球管项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。**

**建议与承诺**

1、公司应定期或不定期对射线装置管理、操作、安全措施的落实情况进行检查，确保设施的完好和有效。

2、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以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。

3、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

4、公司取得本项目环评批复后，应及时申请换领辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，需要对

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。

# 辐射污染防治“三同时”措施一览表

| 项目 | “三同时”措施 | 预期效果 | 预计投资（万元） |
|---|---|---|---|
| 辐射安全管理机构 | 建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。公司已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。 | 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。 | [redacted] |
| 辐射安全和防护措施 | 辐射防护措施：本项目工业用X射线探伤装置、X射线源测试铅箱的四面、防护门及顶部和底部均采用铅板+钢板进行屏蔽，观察窗使用铅玻璃进行屏蔽；加速器机房四周墙体及顶面均采用混凝土一体浇筑，防护门采用铅防护门。 | 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求。 | [redacted] |
| | 辐射安全措施：工业用X射线探伤装置、X射线源测试铅箱及工业探伤用加速器操作台上均拟设置钥匙开关；工业用X射线探伤装置、X射线源测试铅箱及工业探伤用加速器均拟门机联锁装置；工业用X射线探伤装置和X射线源测试铅箱上均拟设计安装工作状态指示灯，工作状态指示灯与X射线源设置联锁；加速器机房防护门上方及加速器机房内部均设置工作状态指示灯和声音报警器，工作状态指示灯与加速器设置联锁，加速器出束前声音报警器发出声音警示信号；X射线探伤装置、X射线源测试铅箱表面醒目位置、调试区边界、加速器机房防护门上均拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；X射线探伤装置、X射线源测试铅箱（或操作台）上、加速器机房内部及加速器操作台上均拟安装紧急停机按钮。 | 满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《电子直线加速器工业CT辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）的相关要求。 | [redacted] |
| 人员配备 | 拟增加20名辐射工作人员。 | 满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。 | [redacted] |
| | 辐射安全管理人员和辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。 | | |
| | 辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。 | | |
| | 辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立辐射工作人员职业健康档案。 | | |
| 监测仪器和防护用 | 公司目前已配备1台辐射巡测仪、6台个人剂量报警仪、1台固定式场所辐射监测报警装置； | 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办 | [redacted] |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 品 | 公司拟为本项目增配 15 台个人剂量报警仪、2 台辐射巡测仪、6 台固定式场所辐射监测报警装置。 | 法》有关要求。 | |
| 辐射安全管理制度 | 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、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。 | 满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求。 | / |
| 总计 | / | / | [redacted] |

**以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。**

**表 14 审批**

| |
|---|
| 下一级环保部门预审意见<br><br><br><br><br><br>经办人签字：　　公章<br>年　月　日 |
| 审批意见：<br><br><br><br><br><br>经办人签字：　　公章<br>年　月　日 |