核技术利用建设项目

六和轻合金（昆山）有限公司
新建及搬迁7台固定式X射线探伤系统
项目生态环境影响报告表

（公示本）

六和轻合金（昆山）有限公司(公章)

2025年10月

生态环境部监制

编制主持人和主要编制人员信息

编制主持人证书



环境影响评价工程师
Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，具有环境影响评价工程师的职业水平和能力。

姓　　名：赵凌宇
证件号码：321282199012041021
性　　别：女
出生年月：1990年12月
批准日期：2019年05月19日
管 理 号：20190503532000015

提供查询结果

中华人民共和国人力资源和社会保障部　　中华人民共和国生态环境部

仅用于六和轻合金（昆山）有限公司
新建及搬迁7台固定式X射线探伤系统项目

编制主持人和主要编制人员社会保险缴纳证明

江苏省社会保险权益记录单
（参保单位）

请使用官方江苏智慧人社APP扫描验证

参保单位全称：江苏睿源环境科技有限公司　　现参保地：鼓楼区

统一社会信用代码：91320106MA20BXME57　　查询时间：202607-202610

共1页，第1页

单位参保险种	养老保险	工伤保险	失业保险
缴费总人数	31	31	31

序号	姓名	公民身份号码（社会保障号）	缴费起止年月	缴费月数
1	赵凌宇		202607 - 202609	3
2	薛伟豪		202607 - 202609	3

说明：
1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
2. 本权益单为打印时参保情况。
3. 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
4. 本权益单记录单出具后有效期内（6个月），如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证（可多次验证）。

江苏省社会保险 电子专用章

打印时间：2026年10月16日

目录

表 1 项目基本情况.....1
表 2 放射源.....7
表 3 非密封放射性物质.....7
表 4 射线装置.....8
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....9
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.....19
表 9 项目工程分析与源项.....25
表 10 辐射安全与防护.....37
表 11 环境影响分析.....44
表 12 辐射安全管理.....57
表 13 结论与建议.....62
表 14 审批.....67
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表.....68

附图：

附图 1 本项目地理位置图

附图 2 本项目周围环境及厂区平面布置图

附图 3 本项目装置所在一厂房平面布置图

附图 4 本项目装置所在二厂房平面布置图

附图 5 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附图 6 工程师现场踏勘照片

附件：

附件1 委托书

附件2 射线装置承诺书

附件3 六和轻合金（昆山）有限公司辐射安全许可证

附件4 六和轻合金（苏州）有限公司辐射安全许可证

附件5 土地证明

附件6 本公司装置的环评及验收证明文件

附件7 本项目装置源强文 件

附件8 现状检测报告及检测资质

附件9 设备转移通知

附件10 情况说明

附件11 公司辐射安全管理规章制度

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">六和轻合金（昆山）有限公司
新建及搬迁 7 台固定式 X 射线探伤系统项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">六和轻合金（昆山）有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>宗绪顺</td><td>联系人</td><td>刘艳兰</td><td>联系电话</td><td colspan="3">[redacted]</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">苏州市昆山市综合保税区楠梓路 2 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目地点</td><td colspan="7">苏州市昆山市综合保税区楠梓路 2 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>[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>600</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="6">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">□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="6">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="6">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="6">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="7"></td></tr>
</table>

项目概述：

1. 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况

六和轻合金（昆山）有限公司成立于2000年12月26日，注册地位于苏州市昆山市综合保税区楠梓路2号，法定代表人为宗绪顺。六和轻合金（昆山）有限公司生产铝合金轮圈及自制铝合金、镁合金之汽车用、机车用零件、配件（国家限制生产的汽车零配件除外），并销售自产产品。从事汽车零部件及配件制造领域内的技术开发、技

术咨询、技术转让及技术服务。道路普通货物运输。

六和轻合金（昆山）有限公司及六和轻合金（苏州）有限公司均由台湾六和集团投资设立，为集团下辖子公司，初始为外商合资企业，2015年转为法人独资企业。台湾六和集团2015年变更为六和机械股份有限公司，法人为宗绪顺。

目前因市场需求及公司内部产业布局调整，该调整涉及三家集团公司，分别为：六和轻合金（昆山）有限公司、六和轻合金（苏州）有限公司、浙江六和轻机械有限公司。

总公司计划对六和轻合金（昆山）有限公司及六和轻合金（苏州）有限公司的汽车金属部件的检测产线进行调整。六和轻合金（昆山）有限公司位于苏州市昆山市综合保税区楠梓路2号，六和轻合金（苏州）有限公司位于苏州市昆山开发区章基路2号。原浙江六和轻机械有限公司现已注销关停。六和轻合金（昆山）有限公司、六和轻合金（苏州）有限公司、原浙江六和轻机械有限公司所有设备均已履行相关环保手续。

总公司计划对六和轻合金（昆山）有限公司的一厂房内现有1#检测区的设备部署做出调整，并计划在二厂房内新建2#检测区。本项目装置是按照集团内部资产划转管理，总公司已出设备转移通知下达给各集团公司，见附件9。六和轻合金（昆山）有限公司的一厂房为原铸造车间，下文统一写为一厂房。**本项目核技术利用项目详见表1-1，公司设备调整情况如下：**

总公司计划将六和轻合金（昆山）有限公司的1台DP500XL固定式X射线探伤系统在六和轻合金（昆山）有限公司的一厂房内现有1#检测区内进行位置调整。总公司计划将六和轻合金（苏州）有限公司的2台MU231XL固定式X射线探伤系统和1台MU231固定式X射线探伤系统安置于六和轻合金（昆山）有限公司的一厂房内现有的1#检测区。

总公司计划将六和轻合金（昆山）有限公司的1台DP500固定式X射线探伤系统搬迁至六和轻合金（昆山）有限公司的二厂房的2#检测区内。总公司计划将六和轻合金（苏州）有限公司的1台MU231XL固定式X射线探伤系统安置于六和轻合金（昆山）有限公司的二厂房内的2#检测区。

总公司计划将浙江六和轻机械有限公司1台MU231固定式X射线探伤系统搬迁至六和轻合金（昆山）有限公司的二厂房的2#检测区内。

受经济环境及市场发展的影响，浙江六和轻机械有限公司已于2025年关停歇业不再生产活动，公司的1台MU231固定式X射线探伤系统期间封存于公司仓库中，该装置封存期间，已由专业厂家对装置X射线发生器的电缆进行了断电处理。封存期间仓库设有专人看守，能够确保设备安全。浙江六和轻机械有限公司相关情况说明见附件10。

六和轻合金（昆山）有限公司装置原有射线装置位置调整完成后，剩余2台装置将停用，封存于苏州市昆山市综合保税区楠梓路2号六和轻合金（昆山）有限公司仓库内，暂无启用计划，后续根据公司发展情况，决定是否启用。装置封存期间，已由专业厂家对装置X射线发生器的电缆进行了断电处理。封存期间仓库设有专人看守，能够确保设备安全。六和轻合金（苏州）有限公司装置调整完成后，剩余装置将在厂区内原有位置继续正常使用；待本项目完成审批后，六和轻合金（苏州）有限公司需将搬迁的装置从辐射安全许可证上注销。

六和轻合金（昆山）有限公司位于苏州市昆山市综合保税区楠梓路2号，现已开展核技术利用项目，公司现有4台固定式X射线探伤系统均已履行相关环境影响评价手续并完成相关验收工作，公司现已申领辐射安全许可证（见附件3），证书编号为苏环辐证[E0262]，种类和范围为“使用II类射线装置”，有效期至2030年7月15日，发证机关为苏州市生态环境局。

六和轻合金（苏州）有限公司位于苏州市昆山开发区章基路2号，现已开展核技术利用项目，公司现有11台固定式X射线探伤系统均已履行相关环境影响评价手续并完成相关验收工作，公司现已申领辐射安全许可证（见附件4），证书编号为苏环辐证[E0571]，种类和范围为“使用II类射线装置”，有效期至2030年7月30日，发证机关为苏州市生态环境局。

本项目DP500固定式X射线探伤系统最大管电压为160kV，最大管电流为16mA；DP500XL固定式X射线探伤系统最大管电压为160kV，最大管电流为16mA；MU231固定式X射线探伤系统最大管电压为160kV，最大管电流为16mA；MU231XL固定式X射线探伤系统最大管电压为160kV，最大管电流为22.5mA。本项目装置详细源强参数见附件7。六和轻合金（昆山）有限公司现有6名辐射工作人员，拟为本项目装置新增8名辐射工作人员和1名辐射管理人员（辐射管理人员不兼职其他辐射工作）。本项目建成后，单台射线装置预计周曝光时间最大约为8h，每年工作约50周，年曝光时间最

大约为400h。

本项目核技术利用项目详见表1-1：

表 1-1 六和轻合金（昆山）有限公司本项目核技术利用项目情况表

序号	射线装置名称、型号	数量（台）	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	备注
1	MU231XL 固定式 X 射线探伤系统	1	160	22.5	II	楠梓路 2 号厂区一厂房 1# 检测区	使用	本次环评	原属六和轻合金（苏州）有限公司
2	DP500XL 固定式 X 射线探伤系统	1	160	16	II		使用	本次环评	原属六和轻合金（昆山）有限公司
3	MU231 固定式 X 射线探伤系统	1	160	16	II		使用	本次环评	原属六和轻合金（苏州）有限公司
4	MU231XL 固定式 X 射线探伤系统	1	160	22.5	II		使用	本次环评	原属六和轻合金（苏州）有限公司
5	DP500 固定式 X 射线探伤系统	1	160	16	II	楠梓路 2 号厂区二厂房 2#检测区	使用	本次环评	原属六和轻合金（昆山）有限公司
6	MU231 固定式 X 射线探伤系统	1	160	16	II		使用	本次环评	原属浙江六和轻机械有限公司
7	MU231XL 固定式 X 射线探伤系统	1	160	22.5	II		使用	本次环评	原属六和轻合金（苏州）有限公司

根据《中华人民共和国生态环境法典》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年版），本项目为使用固定式 X 射线探伤系统，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用II类射线装置的”，本项目应编制环境影响报告表。受六和轻合金（昆山）有限公司委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，在此基础上编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，射线装置承诺书见附件 2。

2. 项目周边保护目标及项目选址情况

本项目位于六和轻合金（昆山）有限公司位于苏州市昆山市综合保税区楠梓路2号，公司厂区北侧为铁路，东侧为楠梓路，南侧隔里黄路为横塘河，西侧为里黄河。

公司计划将2台MU231XL固定式X射线探伤系统、1台MU231固定式X射线探伤系统、1台DP500XL固定式X射线探伤系统安置于厂区一厂房北侧中部的1#检测区。1#检测区北侧隔生产过道为厂区道路，东侧、南侧、西侧均为生产加工区域，一厂房整体为一层建筑，下方为土层。

公司计划将1台MU231XL固定式X射线探伤系统、1台MU231固定式X射线探伤系统、1台DP500固定式X射线探伤系统安置于厂区二厂房北侧中部的2#检测区。2#检测区北侧隔生产过道为厂区道路，东侧、南侧为生产加工区，西侧为过道及堆放区。二厂房整体为一层建筑，下方为土层。本项目装置所在厂房一层平面布置图见附图3、附图4。

对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图4。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。

本项目射线装置周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，1#检测区 50m 范围内涉及本公司一厂房、南侧厂区道路、北侧厂区道路及 C 楼。2#检测区 50m 范围内涉及本公司二厂房、西侧厂区道路、北侧厂区道路、A 楼、B 楼、D 楼。本项目周围环境保护目标主要为辐射工作人员及周围公众。

3. 实践正当性

六和轻合金（昆山）有限公司使用本项目固定式 X 射线探伤系统对公司生产的汽车配件进行无损检测。本项目的建设将满足产品高质量的标准，创造更好的经济效益；从社会角度而言，本项目能够提高产品安全系数，从而减少安全事件的发生。虽然在运行期间，固定式 X 射线探伤系统的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

4. 原有核技术利用项目许可情况

4.1 辐射安全许可情况

六和轻合金（昆山）有限公司现已开展核技术利用项目，已取得辐射安全许可证（见附件 3），证书编号为苏环辐证[E0262]，种类和范围为“使用II类射线装置”，有效期至 2030 年 7 月 15 日，发证机关为苏州市生态环境局。公司现有的 3 台 DP500 固定式 X 射线探伤系统及 1 台 DP500XL 固定式 X 射线探伤系统均已履行环评及验收手续（相关文件见附件 6）。公司现有核技术利用项目情况见表 1-2。

表 1-2 六和轻合金（昆山）有限公司现有核技术利用项目一览表

序号	射线装置名称及型号	数量（台）	最大管电压 kV	最大管电流 mA	类别	场所名称	活动种类	许可情况
1	DP500 固定式 X 射线探伤系统	3	160	16	II	铸造车间	使用	已许可
2	DP500XL 固定式 X 射线探伤系统	1	160	16	II	铸造车间	使用	已许可

注：现六和轻合金（昆山）有限公司一厂房为原铸造车间。

4.2 辐射安全与环境保护管理机构情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订），六和轻合金（昆山）有限公司为满足公司辐射安全与环境保护管理的需求，已成立辐射安全与环境保护管理小组，负责公司辐射安全与环境保护管理工作。

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

4.3 辐射安全与环境保护管理制度

六和轻合金（昆山）有限公司已制定了一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急预案等，具体制度见表 1-3。

表 1-3 辐射安全管理制度一览表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求制度	**建设单位制度制定情况**	**是否落实**
辐射防护和安全保卫制度	《辐射防护和安全保卫制度》	已落实

操作规程	《操作规章》	已落实
岗位职责	《岗位职责》	已落实
设备检修维护制度	《辐射设备维修制度》	已落实
使用登记制度	《射线装置使用登记台账管理制度》	已落实
监测方案	《个人剂量监测方案》《辐射环境监测方案》	已落实
人员培训计划	《人员培训计划》	已落实
辐射事故应急	《辐射事故应急预案》	已落实

现有辐射安全管理制度基本能满足公司核技术应用项目的管理需要，公司辐射安全管理规章制度见附件 11，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订）中“应当有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施”的要求。

4.4 辐射工作人员考核证书、职业健康体检及个人剂量情况

六和轻合金（昆山）有限公司现有辐射工作人员 6 名，均已取得辐射安全考核证书，均已进行职业健康体检及个人剂量检测，体检结果均可继续从事原放射工作，个人剂量检测结果均未超标，已建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案，情况具体见表 1-4。

表 1-4 辐射工作人员情况汇总表

序号	姓名	人员考核情况（有效期）	个人剂量当量 Hp(10)/mSv				年剂量当量/mSv	职业健康体检
			2025 年第一季度	2025 年第二季度	2025 年第三季度	2025 年第四季度		
1	高国勤	FS25JS1200935（2028.8.29~2030.8.29）	＜MDL	＜MDL	＜MDL	＜MDL	0.174	体检合格
2	孙仁华	FS23JS1200012（2023.2.6~2028.2.6）	＜MDL	＜MDL	＜MDL	＜MDL	0.174	体检合格
3	汤志勇	FS21JS1201211（2021.9.15~2026.9.15）	＜MDL	＜MDL	＜MDL	＜MDL	0.174	体检合格
4	王福生	FS23JS1201754（2023.7.17~2029.7.26）	＜MDL	＜MDL	＜MDL	＜MDL	0.174	体检合格
5	王礼学	FS21JS1201210（2021.9.15~2026.9.15）	0.135	＜MDL	＜MDL	＜MDL	0.266	体检合格
6	张成龙	FS23JS1202168（2023.9.12~2028.9.12）	＜MDL	＜MDL	＜MDL	＜MDL	0.174	体检合格

*每季度检测报告，当检测结果小于MDL时，取1/2MDL。

六和轻合金（昆山）有限公司2025年委托苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公

司对现有4台射线装置进行了辐射环境年度检测（JXFJ-A250028），检测结果满足相应标准要求。

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。”六和轻合金（昆山）有限公司每年均按时在全国核技术利用辐射安全申报系统中上传年度评估报告。

综上所述，六和轻合金（昆山）有限公司已成立辐射安全管理机构，已制定相关的辐射安全管理规章制度；原有辐射工作人员均通过了辐射安全考核，已委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量检测及职业健康体检，并建立了辐射工作人员个人剂量监测档案及职业健康档案；每年已委托有资质单位对现有辐射工作场所进行了辐射环境检测，并按时上报全国核技术利用辐射安全申报系统；公司装置在运行使用期间未发生过相关问题，未发生过辐射安全事故，原有核技术利用项目运行良好。

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以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素 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）	年最大操作量 （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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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	固定式 X 射线探伤系统	II	1 台	MU231XL	160	22.5	工业探伤	楠梓路 2 号厂区一厂房 1#检测区	/
2	固定式 X 射线探伤系统	II	1 台	DP500XL	160	16	工业探伤		/
3	固定式 X 射线探伤系统	II	1 台	MU231	160	16	工业探伤		/
4	固定式 X 射线探伤系统	II	1 台	MU231XL	160	22.5	工业探伤		/
5	固定式 X 射线探伤系统	II	1 台	DP500	160	16	工业探伤	楠梓路 2 号厂区二厂房 2#检测区	/
6	固定式 X 射线探伤系统	II	1 台	MU231	160	16	工业探伤		/
7	固定式 X 射线探伤系统	II	1 台	MU231XL	160	22.5	工业探伤		/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	直接排入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固体为 mg/kg，气态为 mg/m^3，年排放总量用 kg。

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

表6 评价依据

法规文件	1) 《中华人民共和国生态环境法典》第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，自2026年8月15日起施行； 2) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行； 3) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国2011年原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； 4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行； 5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国2021年生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行； 6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国2020年生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行； 7) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日施行； 8) 《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》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行； 9) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行； 10) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2019年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行； 11) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》环办辐射函〔2016〕430号，自2016年3月7日起施行； 12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行； 13) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，中华人民共和国生态环境部

	公告2021年第9号，自2021年3月15日起施行； 14) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号，自2018年5月1日起施行； 15) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行； 16) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行； 17) 《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31日印发； 18) 《苏州市辐射事故应急预案》（苏府办〔2020〕59号），2020年3月4日起施行； 19) 《苏州市突发环境事件应急预案》（苏府办〔2020〕59号），2020年3月4日起施行。
技术标准	1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016） 2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016） 3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） 4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） 5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） 6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022） 7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单 8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019） 9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）

其他	**附图：** 附图 1 本项目地理位置图 附图 2 本项目周围环境及厂区平面布置图 附图 3 本项目装置所在一厂房平面布置图 附图 4 本项目装置所在二厂房平面布置图 附图 5 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图 附图 6 工程师现场踏勘照片 **附件：** 附件1 委托书 附件2 射线装置承诺书 附件3 六和轻合金（昆山）有限公司辐射安全许可证 附件4 六和轻合金（苏州）有限公司辐射安全许可证 附件5 土地证明 附件6 本公司装置的环评及验收证明文件 附件7 本项目装置源强文件 附件8 现状检测报告及检测资质 附件9 设备转移通知 附件10 情况说明 附件11 公司辐射安全管理规章制度

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目为新建及搬迁7台固定式X射线探伤系统项目，属于II类射线装置。根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”相关规定，本项目所有固定式X射线探伤系统均为一体式的自屏蔽装置，装置均自带铅板防护，且经过下文计算可知本项目所有固定式X射线探伤系统表面外30cm处、顶部及地面辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中周围剂量当量率参考控制水平的要求。从而确定本项目评价范围为一厂房1#检测区外50m区域及二厂房2#检测区外50m区域，见附图2。

保护目标

本项目7台固定式X射线探伤系统计划分别安置于苏州市昆山市综合保税区楠梓路2号的一厂房1#检测区及二厂房2#检测区。公司计划将一厂房1#检测区的4台固定式X射线探伤系统按“田”字型摆放，现拟将1台MU231XL放置于1#检测区西北侧，拟将1台MU231放置于1#检测区东北侧，拟将1台DP500XL放置于1#检测区西南侧，拟将1台MU231XL放置于1#检测区东南侧。公司计划将二厂房2#检测区3台固定式X射线探伤系统自北向南纵向摆放，现拟将1台DP500放置于2#检测区北侧，将1台MU231放置于2#检测区中部，将1台MU231XL放置于2#检测区南侧。本项目评价范围周围50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。

对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图4。

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。

根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

1、操作射线装置的辐射工作人员；

2、射线装置周围公众。

表7-1 本项目保护目标情况一览表

序号	保护目标名称				方位	距装置最近距离	人员规模	年剂量约束值（mSv/a）
1	辐射工作人员	1#检测区各装置操作台			装置四周	紧邻	8人	5.0
		2#检测区各装置操作台			装置四周	紧邻	6人	
2	周围公众	本公司厂区	1#检测区评价范围	厂区道路	北侧	约3m	流动人员	0.1
				C楼	北侧	约26m	约20人	
				一厂房内生产区域	四周	约1.5m	约50人	
				厂区道路	南侧	约38m	流动人员	
			2#检测区评价范围	厂区道路	北侧	约3m	流动人员	
				B楼	北侧	约20m	约15人	
				A楼	北侧	约21m	约10人	
				D楼	北侧	约15m	约20人	
				厂区道路	西侧	约33m	流动人员	
				二厂房内生产区域	四周	约1.5m	约50人	

注：以本项目1#检测区及2#检测区50m范围进行考虑。

评价标准

1）工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

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

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

类别	剂量限值
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①依照审管部门的规定，可将 B1.1.1.1 中 a)项指出的剂量平均期破例延长到 10 个连续年；并且，在此期间内，任何工作人员所接受的年平均有效剂量不应超过 20 mSv，任何单一年份不应超过 50 mSv；此外，当任何一个工作人员自此延长平均期开始以来所接受的剂量累计达到 100 mSv 时，应对这种情况进行审查； ②剂量限制的临时变更应遵循审管部门的规定，但任何一年内不得超过 50 mSv，临时变更的期限不得超过 5 年。
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。

2）剂量约束值：

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

职业照射的年剂量约束值不超过5mSv/a；

公众照射的年剂量约束值不超过0.1mSv/a。

3）职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：a)关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于100μSv/周，对公众场所，其值应不大于5μSv/周”的要求，确定本项目职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平如下；

①职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于100μSv/周，

②公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于5μSv/周；

4）X 射线检测装置屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：b)屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。”以及“6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：a)探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同6.1.3；b)对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取100μSv/h。”的要求确定本项目X射线检测装置屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平如下：

①固定式X射线探伤系统四周屏蔽体（含工件门、检修门）、顶部表面外30cm处及底部周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。

5）辐射环境质量现状检测评价参考值

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

表 7-3 江苏省全省环境天然γ辐射剂量率调查结果　　单位：nGy/h

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

现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。其中宇宙射线响应的扣除方法采用文献[2]（全国环境天然放射性水平调查总结报告编写小组（支仲骥执笔）。全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983-1990 年）。辐射防护，1992.12（2）：96）中的方法。

参考资料

《辐射防护导论》，方杰主编，辐射防护导论[M].北京：原子能出版社，1991。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目位于六和轻合金（昆山）有限公司位于苏州市昆山市综合保税区楠梓路2号，公司厂区北侧为铁路，东侧为楠梓路，南侧隔里黄路为横塘河，西侧为里黄河。

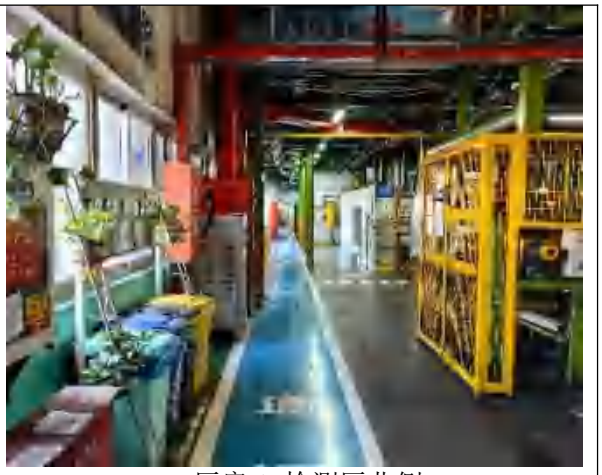
公司计划将2台MU231XL固定式X射线探伤系统、1台MU231固定式X射线探伤系统、1台DP500XL固定式X射线探伤系统安置于厂区一厂房北侧中部的1#检测区。1#检测区北侧隔生产过道为厂区道路，东侧、南侧、西侧均为生产加工区域，一厂房整体为一层建筑，下方为土层。

公司计划将1台MU231XL固定式X射线探伤系统、1台MU231固定式X射线探伤系统、1台DP500固定式X射线探伤系统安置于厂区二厂房北侧中部的2#检测区。2#检测区北侧隔生产过道为厂区道路，东侧、南侧为生产加工区，西侧为过道及堆放区。二厂房整体为一层建筑，下方为土层。

本项目射线装置周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，1#检测区 50m 范围内涉及本公司一厂房、南侧厂区道路、北侧厂区道路及 C 楼。2#检测区 50m 范围内涉及本公司二厂房、西侧厂区道路、北侧厂区道路、A 楼、B 楼。本项目周围环境保护目标主要为辐射工作人员及周围公众。本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境照片见图 8-1。



一厂房 1#检测区东侧



一厂房 1#检测区北侧



一厂房 1#检测区西侧



一厂房 1#检测区南侧



一厂房 1#检测区拟建址



二厂房 2#检测区西侧



二厂房 2#检测区北侧



二厂房 2#检测区东侧


二厂房 2#检测区南侧


二厂房 2#检测区拟建址

图 8-1　本项目一厂房 1#检测区、二厂房 2#检测区拟建址及周围环境现状照片

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目一厂房 1#检测区、二厂房 2#检测区拟建址及周围辐射环境。

监测因子：本项目一厂房 1#检测区、二厂房 2#检测区拟建址及周围环境γ辐射剂量率。

监测点位：本项目分别在一厂房 1#检测区拟建址（中部、东部、南部、西部、北部）、二厂房 2#检测区（中部、东部、南部、西部、北部）拟建址及本项目评价范围内周围保护目标布置监测点位，分别位于拟建址周围，共计 23 个监测点位。

3. 监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在一厂房 1#检测区、二厂房 2#检测区拟建址及周围布设监测点位，测量一厂房 1#检测区、二厂房 2#检测区拟建址及周围环境γ辐射剂量率。

质量保证措施：检测单位已通过 CMA 计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定期参加权威部门组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行三级审核。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

仪器设备：X-γ辐射监测仪

型号/规格：BG9512+BG7030

设备编号：RY-J018

检定有效日期：2026.3.2-2027.3.1

检定单位：上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

检定证书编号：2026H21-20-6380063002

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

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

仪器的宇宙射线响应值：13nGy/h

监测日期：2026.3.10

天气：多云、温度 11.6℃、湿度 47.8%

评价方法：参考表 7-3 江苏省全省环境天然γ辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目一厂房 1#检测区、二厂房 2#检测区拟建址及周围环境γ辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 9），监测布点示意图见图 8-2。

表 8-1 本项目一厂房 1#检测区、二厂房 2#检测区拟建址及周围环境γ辐射剂量率

序号	检测点位	检测结果（nGy/h）	标准偏差	备注
1	一厂房 1#检测区拟建址中部	58	1	室内（平房）
2	一厂房 1#检测区拟建址东部	59	1	室内（平房）
3	一厂房 1#检测区拟建址南部	60	1	室内（平房）
4	一厂房 1#检测区拟建址西部	59	1	室内（平房）
5	一厂房 1#检测区拟建址北部	58	1	室内（平房）
6	一厂房东部	62	1	室内（平房）
7	一厂房南部	62	1	室内（平房）
8	一厂房西部	64	1	室内（平房）
9	一厂房北侧厂区道路	69	1	道路
10	C 楼中部	62	1	室内（平房）
11	二厂房 2#检测区拟建址中部	65	1	室内（平房）
12	二厂房 2#检测区拟建址东部	61	2	道路
13	二厂房 2#检测区拟建址南部	55	1	室内（平房）
14	二厂房 2#检测区拟建址西部	59	2	室内（平房）

15	二厂房 2#检测区拟建址北部	62	1	室内（平房）
16	二厂房东部	62	1	室内（平房）
17	二厂房西部	73	2	室内（平房）
18	二厂房南部	55	1	室内（平房）
19	二厂房北侧厂区道路	69	1	道路
20	B 楼中部	51	1	室内（平房）
21	A 楼中部	55	1	室内（平房）
22	D 楼中部	55	2	室内（平房）
23	二厂房西侧厂区道路	73	2	道路

注：X-γ辐射监测仪检定使用 ^{137}Cs 辐射源。建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1。

上述结果为已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 13nGy/h）并进行了建筑物屏蔽修正后的结果。厂区道路为水泥材质；车间内部地面为混凝土材质，混凝土上方铺设工业自流平。

根据表 8-1 的监测结果可知，六和轻合金（昆山）有限公司本项目一厂房 1#检测区（中部、东部、南部、西部、北部）、二厂房 2#检测区（中部、东部、南部、西部、北部）拟建址及本项目评价范围内周围保护目标处环境γ辐射剂量率在 51~73nGy/h 范围内，其中室内环境γ辐射剂量率在 51~73nGy/h 范围内；道路环境γ辐射剂量率在 61~73nGy/h，均处于江苏省天然γ辐射剂量率测值范围内。

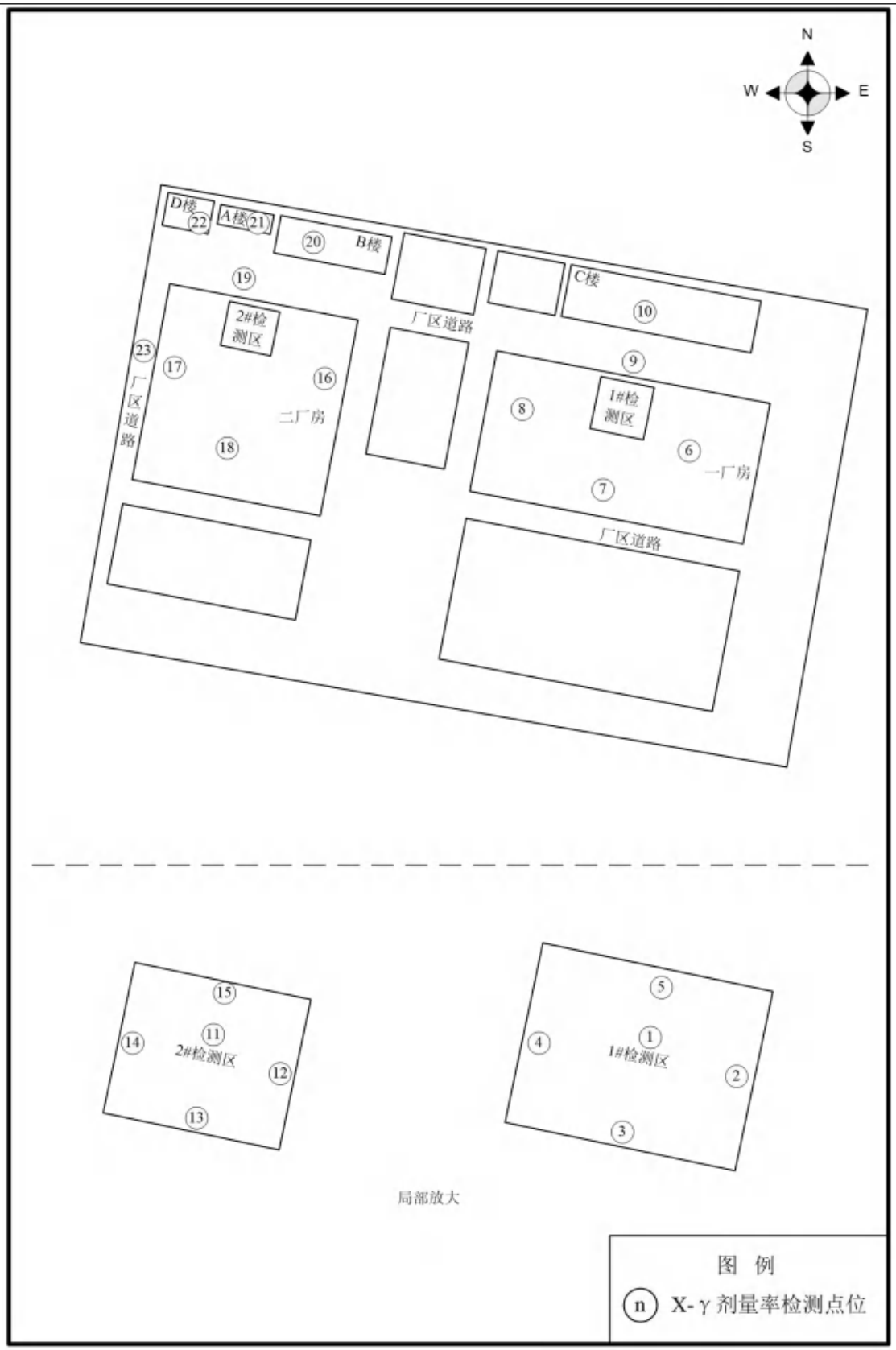

N
W
E
S
D楼
22
A楼
21
20
B楼
19
2#检测区
厂区道路
C楼
10
23
17
16
厂区道路
二厂房
9
1#检测区
8
6
一厂房
18
7
厂区道路
15
14
11
2#检测区
12
13
5
4
1
1#检测区
2
3
局部放大
图 例
n
X-γ剂量率检测点位

图 8-2 检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1. 工程设备情况

1.1 系统组成

本项目为新建及搬迁 7 台固定式 X 射线探伤系统项目，拟放置于六和轻合金（昆山）有限公司一厂房 1#检测区、二厂房 2#检测区。本项目 MU231XL 固定式 X 射线探伤系统及 MU231 固定式 X 射线探伤系统在管电压管电流和装置尺寸上有区别，其余功能相同，系统结构类似。本项目 DP500 固定式 X 射线探伤系统、DP500XL 固定式 X 射线探伤系统在装置尺寸上有区别，其余功能相同，系统结构类似。公司本项目所有固定式 X 射线探伤系统均用于对汽车零部件的检测。装置设备参数见表 9-1。

表 9-1 设备参数一览表

设备型号	数量（台）	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	滤过	出束角度	额定功率
MU231XL 固定式 X 射线探伤系统	3	[redacted]				
MU231 固定式 X 射线探伤系统	2					
DP500 固定式 X 射线探伤系统	1					
DP500XL 固定式 X 射线探伤系统	1					

一般情况下，固定式 X 射线探伤系统由 X 射线机系统、数字成像系统、图像采集及处理系统、电气控制系统、机械传动系统、射线防护系统、辐射安全系统、图像重建及分析系统组成，具体系统组成如下：

①X 射线机系统：由 X 射线管、高压电缆、高频高压发生器、电源调制器、冷却系统、水管、低压连接电缆组成，用来发射 X 射线；

②数字成像系统：由数字平板成像器、系统驱动软件及平板电源线组成，用来将接收到的 X 光信号转换成电信号，然后将模拟电信号转换成数字信号，从而形成图像；

③图像采集及处理系统：计算机主机、图像处理软件及显示器组成，用来对采集到的图像数据进行分析，从而判断产品质量；

④电气控制系统：由操作台、总配电柜、一体化工作站、控制及动力电缆、控制软件、铅门联锁控制单元、应急联锁控制单元组成，用来控制整个装置的运行；

⑤机械传动系统：由成像及射线源装置、机械运动装置（包括移动控制系统，机械驱动轴，底座和支架等）组成，在检测过程中通过不断改变工件与射线管的相对位置，从而获得不同角度的成像图片，继而判断产品质量；

⑥射线防护系统：装置外设置有铅板防护，用来对X射线进行屏蔽，降低X射线对人体的伤害；

⑦辐射安全系统：由急停按钮、钥匙控制开关、门机联锁、摄像监控、工作状态指示灯组成，用来确保装置运行过程中的辐射安全；

⑧图像重建、分析系统：对收到的数据进行处理，重建出物体的三维图像，并基于三维图像进行数据可视化分析。

1.2 本项目设备组成

1.2.1 DP500固定式X射线探伤系统、DP500XL固定式X射线探伤系统

本项目DP500及DP500XL固定式X射线探伤系统是一套集射线发生、探测成像、机械传动与安全防护于一体的工业无损检测设备，主要用于铝制轮盘等铸件的高速在线或离线检测，该系统主要由以下核心单元组成：

①X射线发生单元：负责产生穿透工件的高能X射线。它主要由金属陶瓷X射线管和高频高压发生器组成。高压发生器提供稳定的加速电压与灯丝电流，确保射线能量稳定；X射线管则发射射线束，其焦点尺寸直接影响成像的分辨率。

②探测成像单元：承担射线信号接收与图像生成的任务。系统通常配备高分辨率实时成像单元（如数字平板探测器），能将穿透工件后的X射线信号直接转换为数字电信号。配合图像处理软件，可实现缺陷图像的实时显示、存储与自动分析。

③机械传动与定位单元：用于实现工件的自动传输与精准定位。针对轮盘类工件，该单元包含装有高速驱动滚轮的夹持装置，可自动适应不同尺寸的轮盘。在轮胎等产线应用中，则多由机械传送和旋转载物台组成，负责将待检工件从传送带送入铅房并固定。

④电气控制单元：作为整个系统的智能中枢，通常以可编程逻辑控制器（PLC）为核心。它负责集成控制射线曝光参数、各轴电机的精确运动以及传感器信号的反馈处理，同时具备故障诊断与报警功能。

⑤射线防护单元：用于保障操作人员与环境的安全。系统主体安装在具有六面防护的铅房内，墙体通常为钢-铅-钢夹层结构。此外还配备安全联锁装置（门开即切断

高压）、顶部的明显报警灯等，防止射线泄漏。

⑥辐射安全系统单元：由急停按钮、钥匙控制开关、门机联锁、摄像监控、工作状态指示灯组成，用来确保装置运行过程中的辐射安全；

⑦图像重建、分析系统单元：对收到的数据进行处理，重建出物体的三维图像，并基于三维图像进行数据可视化分析。

1.2.2 MU231XL 固定式 X 射线探伤系统、MU231 固定式 X 射线探伤系统

本项目 MU231XL、MU231 固定式 X 射线探伤系统是专为铝合金轮毂设计的在线固定式 X 射线探伤检测系统，其组成可分为射线成像、机械传输与定位、控制与图像处理、辐射防护四个部分。

X 射线发生与成像单元：

①X 射线源：恒电压 X 射线系统（如 Y.TU160-D05），金属陶瓷 X 射线管，典型管压最高 160kV，焦点约 1.0×1.0mm。

②成像探测器：标配三视野图像增强器（输入屏 φ230/170/130mm）+高分辨率 CCD 摄像机；可选配数字平板探测器（如 YXLON Panel 460）以获得更稳定的图像。

机械传动与工件操控单元：

①进出料输送：穿梭输送机配合去叠器，将轮毂逐一送入/送出铅房。

②轮毂操纵器：专利 L 型双链夹持机构，带动轮毂做平移和旋转运动，快速将轮毂定位于射线源与探测器之间。

③探测器操纵器：装置内部自带探测器操纵器臂，装置内部 X 射线源位置固定，通过调整图像增强器和探测器操纵器臂，调整数字平板探测器的位置，以适应不同尺寸轮毂。

④分拣输出：出口输送带配分流装置，按检测结果自动将轮毂分为合格品与不合格品。

电气控制与图像处理单元：

①主控系统：工业 PC + PLC 控制柜，存储各轮毂型号的机械位置和 X 射线参数。

②图像处理主机（Host PC + Slave PCs）：含 Y.AI/Rel.9 自动缺陷识别（ADR）软件，可自动识别气孔、裂纹等铸造缺陷，单件检测周期约 10～20 秒。

③操作控制台：X 射线控制单元（MGC 系列）、图像增强器及机械部分控制单元、Windows 图形界面工业 PC。

辐射防护与安全联锁单元：

①防护铅房：六面钢-铅-钢结构屏蔽室，前/后设带互锁的舱门。

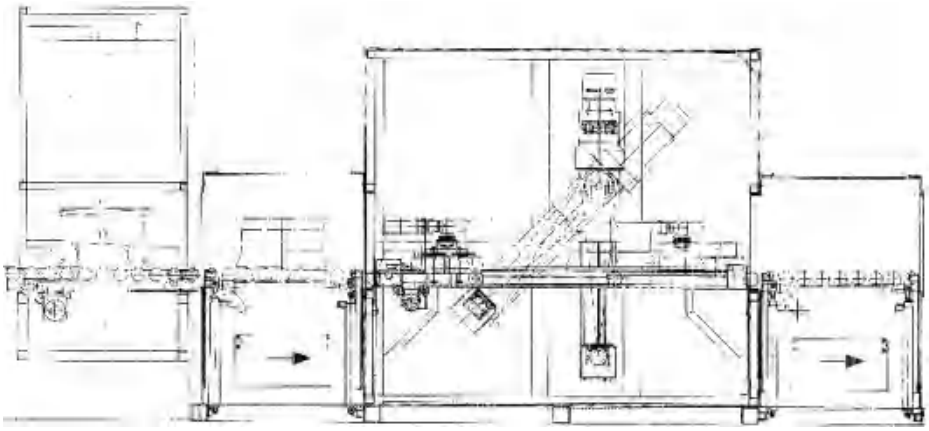
②安全联锁：门联锁开关、急停按钮、射线锁定装置，开门自动切断高压。

③警示与监控：顶部射线警示灯、舱内摄像监控、辐射安全标识。

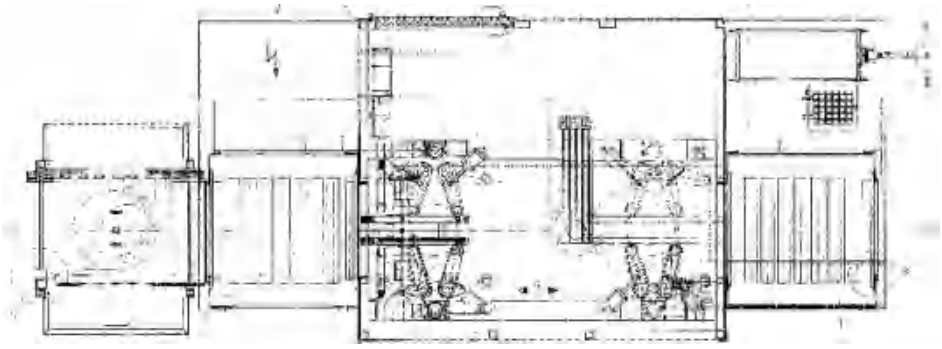
表 9-2 装置尺寸及屏蔽参数一览表

型号	MU231XL 固定式 X 射线探伤系统	MU231 固定式 X 射线探伤系统	DP500 固定式 X 射线探伤系统	DP500XL 固定式 X 射线探伤系统
规格尺寸（内部净尺寸）	[redacted]			
屏蔽参数				
照射方向				

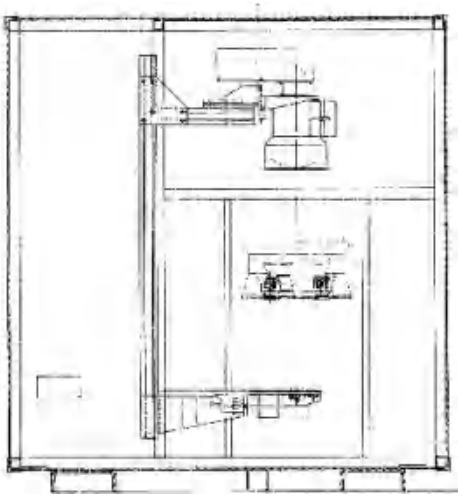
本项目 MU231 系列固定式 X 射线探伤系统、DP500 系列固定式 X 射线探伤系统外观图及三视图见图 9-1，装置铅房尺寸示意图见图 9-2。



主视图



俯视图

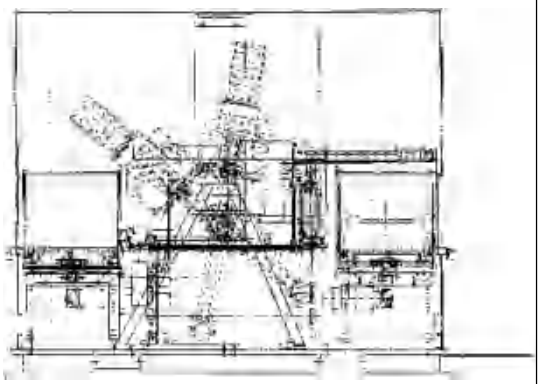


侧视图

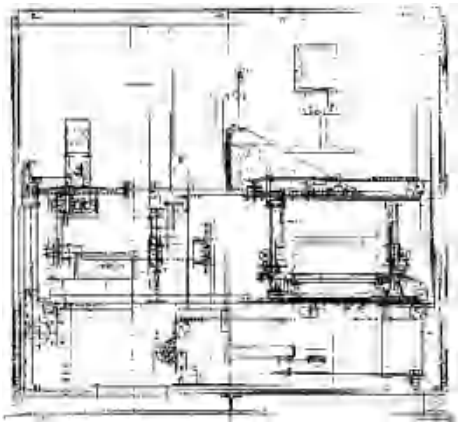


外观图

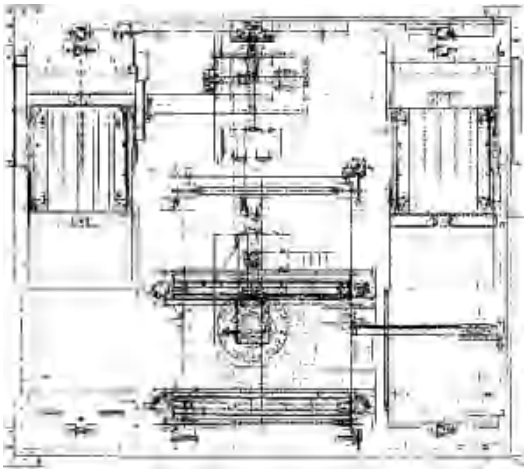
DP500 系列固定式 X 射线探伤系统



铅房主视图



铅房侧视图



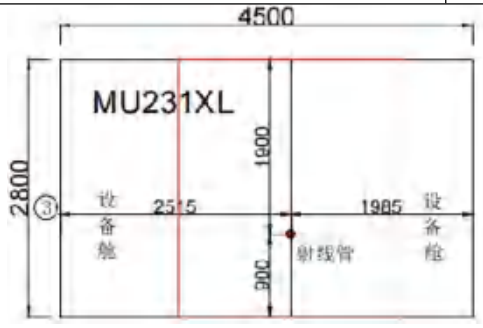
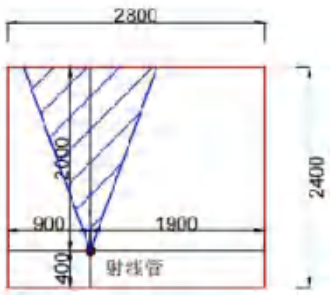
铅房俯视图



外观图

MU231 系列固定式 X 射线探伤系统

图 9-1 本项目固定式 X 射线探伤系统外观图及三视图

装置型号	俯视图	侧视图
MU231XL		

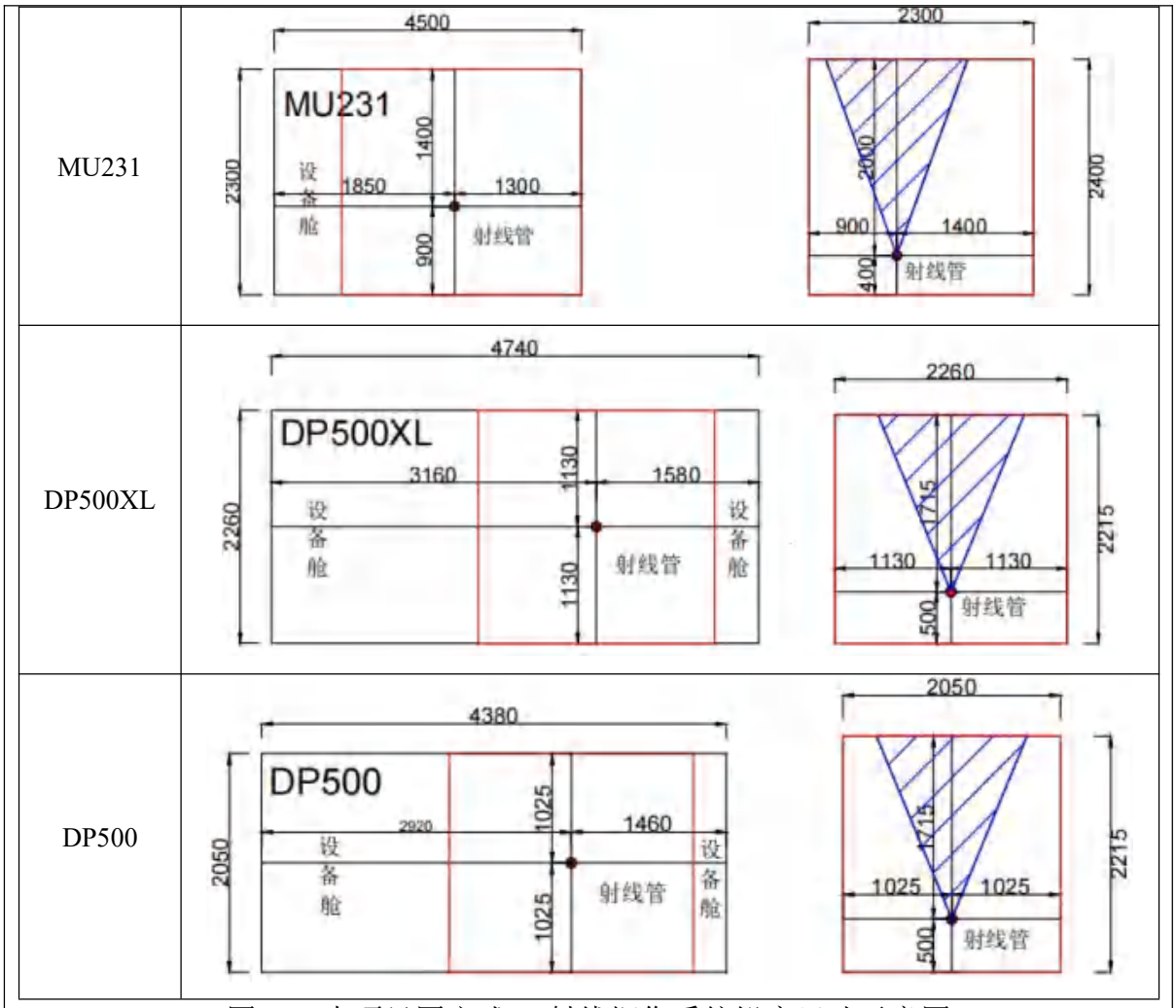


图 9-2 本项目固定式 X 射线探伤系统铅房尺寸示意图

2. 工作原理

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据需要，可由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钽等）制成，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子向嵌在金属阳极中的靶体射击，在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡从而产生 X 射线，X 射线的波长很短一般为 0.001～10nm。X 射线以光速直线传播，不受电场和磁场的影响，可穿透物质，在穿透过程中有衰减，X 射线无损检测的实质是根据被检验工件与其内部缺欠介质对射线能量衰减程度不同，而引起射线透过工件后强度差异。X 射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径

比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，从而可以从图像上的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

X 射线管结构图见图 9-3。

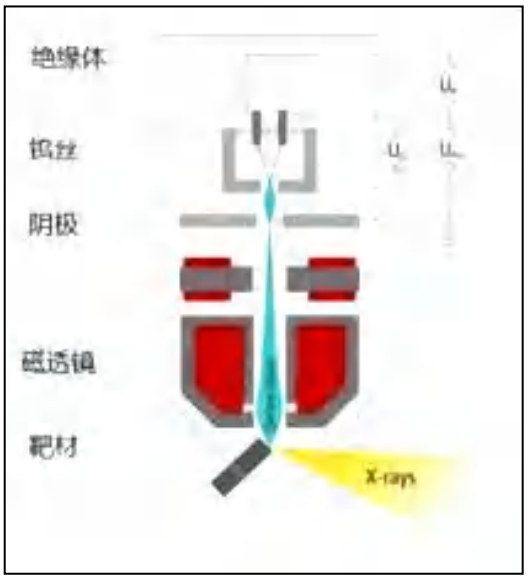


图 9-3 X 射线管结构图

本项目固定式X射线探伤系统是将穿过零件的X射线经图像增强器、CCD（电荷耦合器件）摄像系统以及计算机转换成一幅数字图像，这种图像是动态可调的，电压、电流等参数实时可调，同时计算机可对动态图像进行积分降噪、对比度增强等处理，以得到最佳的静态图像。本项目固定式X射线探伤系统是结合X射线成像技术、计算机图像处理技术、电子技术、机械自动化技术为一体的高科技产品。该系统的自动化程度高，检测速度快，极大地提高了射线探伤的效率，降低了检验成本，检测数据易于保存和查询等优点，多年来该系统已成功应用于航空航天、军工兵器、石油化工、高压容器、汽车造船、锅炉焊管、耐火材料、文物、各种铸件、陶瓷行业等诸多行业的无损检测中。

本项目固定式X射线探伤系统由整机控制台、计算机射线控制及计算机图像采集和处理系统、高频高压X射线源、X射线探测器平板、机械传动装置、射线屏蔽室及显示器等组成。其结构工作原理如图9-4。X射线源提供系统扫描成像的能量线束用以穿透工件，根据X射线在工件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的计算机扫描图像重建。机械传动系统实现计算机扫描时工件的旋转或平移，以及射线源-工件-探测器空间位置的调整；探测器系统用来测量穿过工件的射线信号，经放大和模数转换

后送入计算机进行图像重建。图像重建系统用于扫描过程控制、参数调整，完成图像重建、显示及处理等。防护机柜用于射线安全防护。

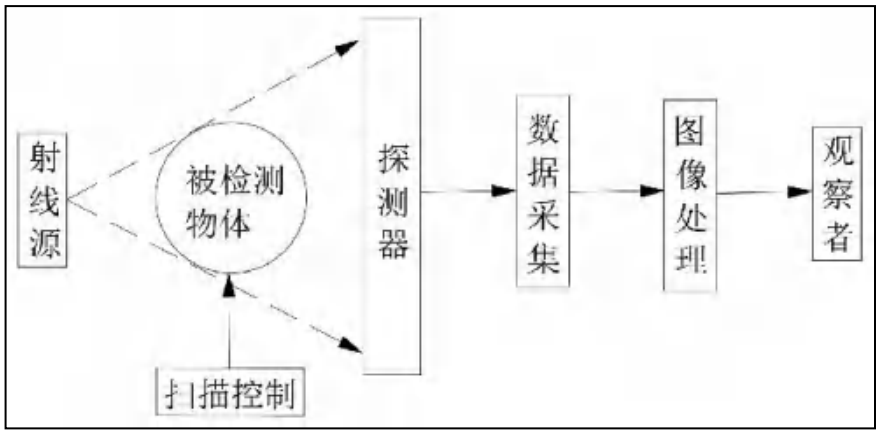


图9-4 本项目固定式X射线探伤系统原理图

3. 工艺流程及产污环节分析

本项目固定式X射线探伤系统工作时，辐射工作人员将被检测工件均放置于机械传动系统（传送带），辐射工作人员在装置操作台，通过显示屏进行工件位置调整与确认操作，在操作台进行出束操作，对工件需检测部位进行无损检测与分析，其工作流程如下：

（1）辐射工作人员工作前检查装置辐射防护措施的有效性；

（2）确保各辐射防护措施可以有效工作后，辐射工作人员开启固定式X射线探伤系统，对装置进行训机，训机完成后，自动传送带将工件运送至装置所在的检测室内；

（3）辐射工作人员在操作台控制本项目固定式X射线探伤系统，打开工件门；

（4）工件通过自动运输线进入装置铅房内载物台上；

（5）辐射工作人员确认周围环境及辐射工作人员安全后关闭工件门；

（6）辐射工作人员在装置前侧操作台处，将载物台及工件调整到合适位置；

（7）在操作台处通过操作系统控制装置加高压、打开X射线出束开关，开始检测；本项目的固定式X射线探伤系统利用载物台和移动工件调整至不同位置，通过平板探测器获取大量不同角度被测对象受X射线照射后的二维图像。检测期间X射线管发出X射线，X射线电离铅房中的空气产生少量臭氧（O_3）和氮氧化物(NO_x)；

（8）曝光结束，关闭X射线；

（9）辐射工作人员开启工件门，工件随产线自动移出，关闭工件门；

（10）检测结束后，辐射工作人员通过操作台的显像器调取储存的图像进行缺陷分析，将断层扫描图像按照重建算法重构得到完整的三维数模或者平面的二维图像，判断工件质量、缺陷等；

（11）装置关机。

本项目工作流程如下图所示：

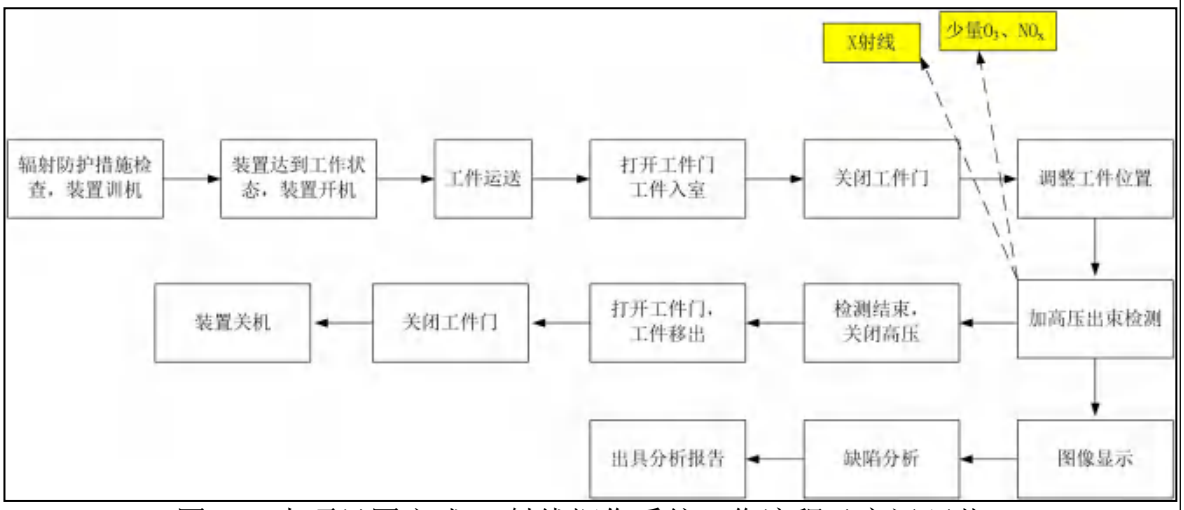


图 9-6 本项目固定式 X 射线探伤系统工作流程及产污环节

4.人员配置及工作制度

六和轻合金（昆山）有限公司拟为本项目 7 台固定式 X 射线探伤系统配备 14 名辐射工作人员。本项目建成后，公司为每台固定式 X 射线探伤系统配备 2 名辐射工作人员。因公司每日生产的零部件品种及数量存在差异，并非所有固定式 X 射线探伤系统都会每日开启检测。经与建设单位核实，单台射线装置预计周曝光时间最大约为 8h，每年约 50 周，年曝光时间最大约为 400h（该时间包含设备训机时间）。本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

5.原有工艺不足和改进情况

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

建设单位现有 6 名辐射工作人员均已进行考核并考核合格，6 名辐射工作人员均已进行职业健康体检，体检结果均可继续从事原放射工作，已委托检测单位对 6 名辐射工作人员进行个人剂量检测，检测结果均未超标，已建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。原有工艺未发生不足的情况。

污染源项描述

1. 辐射污染源分析

由本项目固定式 X 射线探伤系统工作原理可知，固定式 X 射线探伤系统只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对设备外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此本项目固定式 X 射线探伤系统在开机曝光期间，X 射线是项目主要污染物。

本项目正常运行时可能产生的 X 射线影响具体包括以下几种：X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射。本项目装置辐射源点固定向下照射，产生的天空反散射影响较小。故本项目需预测评价因子为：X 射线有用线束、泄漏辐射和散射辐射。

[redacted]

表9-2 本项目固定式X射线探伤系统输出量参数

序号	射线装置	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	距辐射源点（靶点）1m 处输出量 mGy·m²/（mA·min）	泄漏辐射 1m 处输出量（μSv/h）	散射辐射能量（kV）
1	固定式 X 射线探伤系统	MU231XL	[redacted]				
2		MU231					
3		DP500					

4		DP500XL	[redacted]

2. 非辐射污染源分析

（1）气体废物

本项目固定式 X 射线探伤系统在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，通过装置开关工件门排到厂房内，最终经厂房内排风系统排至室外。臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物影响较小。

（2）废水

本项目运行后不会产生放射性液体废物。

（3）固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1. 工作场所布局及分区

本项目 MU231XL 固定式 X 射线探伤系统、MU231 固定式 X 射线探伤系统、DP500 固定式 X 射线探伤系统、DP500XL 固定式 X 射线探伤系统均设置有操作台（数据处理工作站）和铅房，操作台与铅房分开独立设置，操作台位于装置前侧，本项目操作台与射线装置出束照射方向关系见表 10-1，本项目固定式 X 射线探伤系统满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开”要求。

表 10-1 操作位与出束方向关系一览表

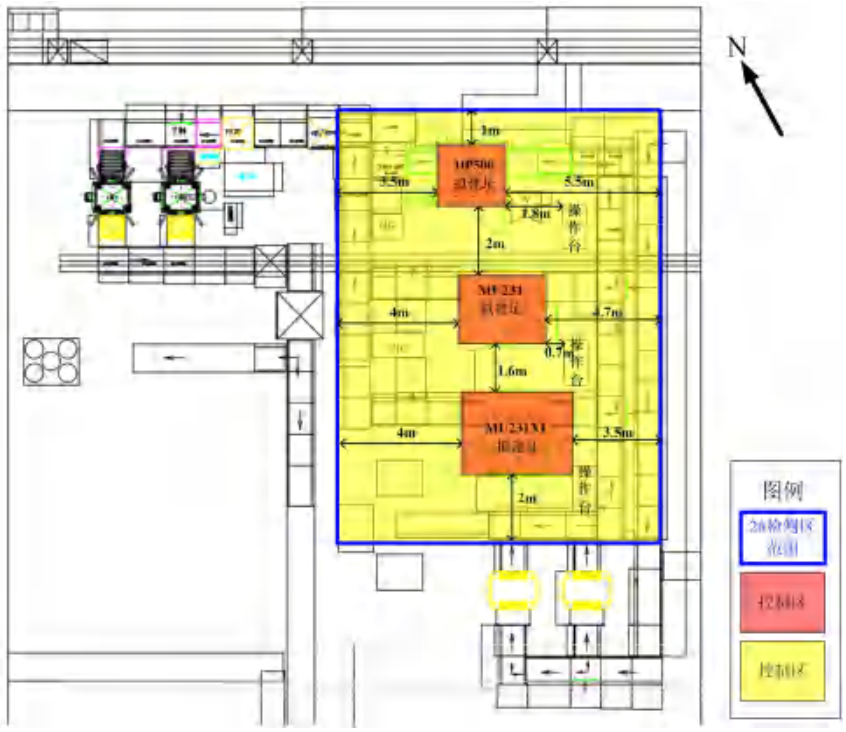
序号	装置名称及型号	操作台位置	出束方向
1	MU231XL 固定式 X 射线探伤系统	位于装置外侧	朝顶部照射
2	MU231 固定式 X 射线探伤系统	位于装置外侧	朝顶部照射
3	DP500 固定式 X 射线探伤系统	位于装置外侧	朝顶部照射
4	DP500XL 固定式 X 射线探伤系统	位于装置外侧	朝顶部照射

公司计划将 2 台 MU231XL 固定式 X 射线探伤系统、1 台 MU231 固定式 X 射线探伤系统、1 台 DP500XL 固定式 X 射线探伤系统安置于厂区一厂房北侧中部的 1#检测区。公司计划将 1 台 MU231XL 固定式 X 射线探伤系统、1 台 MU231 固定式 X 射线探伤系统、1 台 DP500 固定式 X 射线探伤系统安置于厂区二厂房北侧中部的 2#检测区。本项目拟将固定式 X 射线探伤系统铅房实体边界作为本项目的控制区，将固定式 X 射线探伤系统铅房实体边界与所在的相应检测区围成的区域（含操作台）作为本项目的监督区，1#检测区和 2#检测区外围设置防护围栏，仅辐射工作人员能够进入。在固定式 X 射线探伤系统表面外上拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在 1#检测区和 2#检测区四周及入口处张贴监督区的标牌。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目 1#检测区和 2#检测区监督区及控制区示意图见图 10-1，两区划分情况表见表 10-2。



本项目 1#检测区监督区及控制区示意图



本项目 2#检测区监督区及控制区示意图

图 10-1 本项目监督区及控制区示意图

表 10-2 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	本项目固定式 X 射线探伤系统铅房实体边界。	装置铅房实体边界与所在的检测区实体围栏围成的区域（含操作台）。
划分据	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.41。	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：6.4.2.1“注册者或者许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价”。 6.4.2.2 a）“采取适当的手段划出监督区的边界”。
分区管理措施	对控制区进行严格控制，固定式 X 射线探伤系统在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为辐射工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.2.2 b)在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。
辐射防护措施	装置表面外均粘贴电离辐射警告标识及中文警示说明。	检测室入口处粘贴监督区标牌。

2. 工作场所辐射屏蔽设计

本项目装置由铅房和操作台组成，定义装置工件门所在面为前侧，本项目装置屏蔽参数见表 10-3。

表 10-3 射线装置屏蔽设计参数

装置名称	屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度
MU231XL、MU231 固定式 X 射线探伤系统	前侧	[redacted]
	工件门、检修门	
	后侧	
	左侧	
	右侧	
	顶部	
	底部	
DP500、DP500XL 固定式 X 射线探伤系统	前侧	
	工件门、检修门	
	后侧	
	左侧	
	右侧	

	顶部	[redacted]
	底部	

4. 工作场所辐射安全和防护措施

建设单位参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）将设置如下辐射安全措施：

表 10-4 本项目辐射安全措施一览表

序号	措施	标准原文	措施及位置	是否满足要求
1	**曝光室与操作室分开**	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。	本项目所有固定式 X 射线探伤系统照射方向均由底部朝顶部照射，所有固定式 X 射线探伤系统操作台均位于装置屏蔽体四周的外侧，可避开有用线束照射。根据表 11 理论计算，本项目所有固定式 X 射线探伤系统屏蔽体外辐射影响很小，能够满足辐射屏蔽要求。本项目探伤房工作场所布局设计合理。	是
2	**两区划分**	6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。	本项目拟将固定式 X 射线探伤系统铅房实体边界作为本项目的控制区，将固定式 X 射线探伤系统铅房实体边界与所在的相应检测区围成的区域（含操作台）作为本项目的监督区，1#检测区和 2#检测区外围设置防护围栏，仅辐射工作人员能够进入。	是
3	**门机联锁**	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	本项目所有固定式 X 射线探伤系统防护门均拟设置门-机联锁装置，在所有防护门关闭后才能进行探伤作业。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束。任意的防护门打开时立即停止 X 射线照射。	是
4	**指示灯和声音提示装置**	6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意	本项目所有固定式 X 射线探伤系统顶部均设有工作状态指示灯，指示灯与出束系统联锁，建设单位将张贴信号意义指示牌。该指示灯与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。	是

		义的说明。		
5	**视频监控**	6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	本项目所有固定式 X 射线探伤系统内部均设有摄像装置，通过操作台显示屏能清楚地看见铅房内情况，避免误照射情况发生。	是
6	**电离辐射警告标志**	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目所有固定式 X 射线探伤系统表面外均设置有“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。	是
7	**急停按钮**	6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	本项目所有固定式 X 射线探伤系统操作台及铅房表面外均设有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。辐射工作人员无需进入铅房内操作，仅在铅房外操作；设备检修时，检修人员在断电情况下检修。	是
8	**通风**	6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	本项目所有固定式 X 射线探伤系统均未设置排风设施，均通过开关工件门进行换气排风。本项目 1#检测区和 2#检测区所在厂房均设置有车间排风系统，排风系统的排风量能够保证各检测区所在厂房内区域每小时能换气 10 次。	是
9	**固定式剂量率仪**	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目所有固定式 X 射线探伤系统工作时、工件摆放及工件位置调节时，辐射工作人员无需进入铅房内，仅在铅房外操作；设备检修时，检修人员在断电情况下检修，检修完成后在铅房外调试，故无需安装固定式场所辐射探测报警装置。	/
10	**其他**	/	①钥匙开关：操作室控制台上拟设置有“钥匙开关”，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机状态时才能拔出。 ②门缝搭接：曝光室防护门与墙体之间设置有搭接。设计能够满足防护门与墙体重叠部分不小于防护门与墙体缝隙宽度的 10 倍的要求。	是

公司已配备 4 台 X-γ个人剂量报警仪及 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪，拟为本项目增加 10 台 X-γ个人剂量报警仪，公司将利用巡测仪用于对装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。此外根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。

本项目固定式 X 射线探伤系统辐射安全与防护措施分布图（资料图）如下：

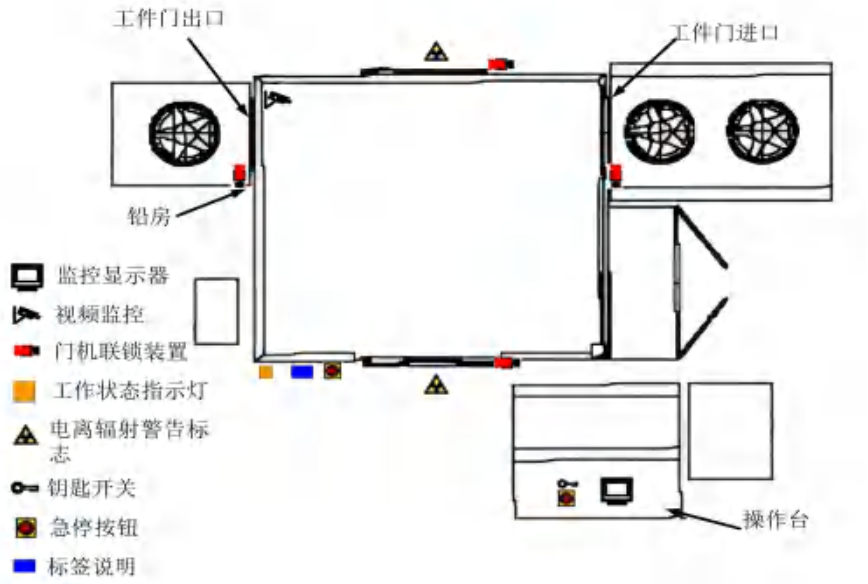


图 10-2 本项目 MU231 系列固定式 X 射线探伤系统辐射安全与防护措施分布图

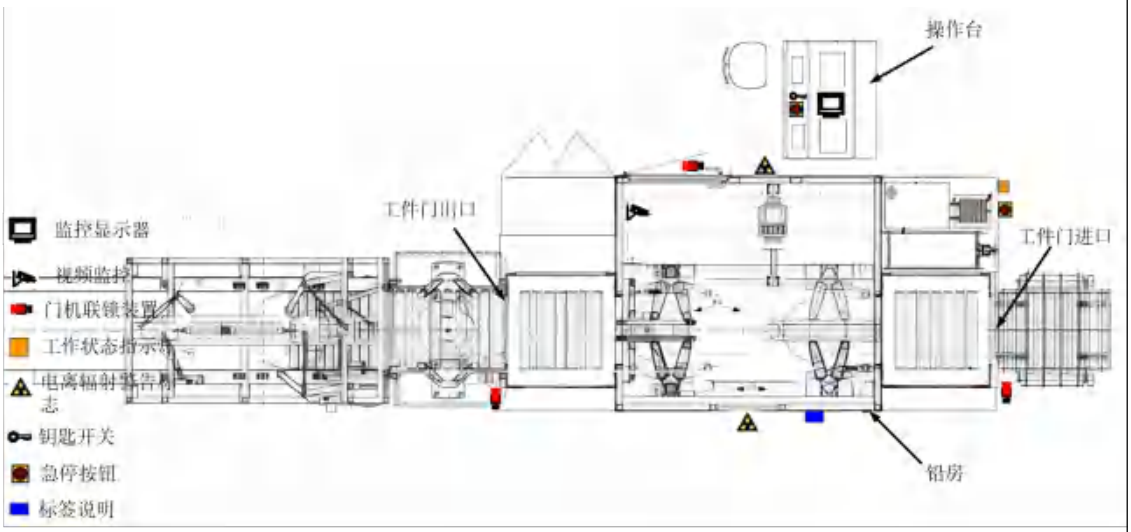


图 10-3 本项目 DP500 系列固定式 X 射线探伤系统辐射安全与防护措施分布图

4、工作场所操作的放射防护要求

①每次使用装置检测前应检查门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

②辐射工作人员在进入检测室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪（巡测仪）。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，辐射工作人员应立即退出检测区，同时防止其他人员进入检测区，并立即向辐射防护负责人报告。

③定期测量装置外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终

止无损检测工作并向辐射防护负责人报告。

④当班辐射工作人员使用便携式 X-γ剂量率仪（巡测仪）前，应检查仪器是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪（巡测仪）不能正常工作，则不应开始无损检测工作。

⑤在每一次照射前，辐射工作人员都应该确认装置内部没有人员驻留并关闭工件门。只有在工件门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始无损检测工作。

5、退役

当射线装置不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

①射线装置的 X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

②当 X 射线源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

③清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

三废的治理

1. 固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。

2. 废水

本项目运行后不会产生放射性液体废物。

3. 气体废物

本项目射线装置在工作状态时，会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置铅房内。本项目固定式 X 射线探伤系统未设置排风设施，通过开关工件门进行换气排风。

同时本项目固定式 X 射线探伤系统所在车间设置有新风系统与排风系统，该车间厂房内新风系统送风效果较好，通过开启新风系统和排风系统将臭氧和氮氧化物排出室外，新风系统与排风系统能保证车间内每小时能换气 10 次，能够满足每小时有效换气次数 3 次以上需求。臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解时间为 50 分钟，可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目射线装置为整体购买设备，在设备安装组装过程中会产生少量的噪声和固体废物。

①噪声

射线装置在安装过程中会产生少量的设备安装组装噪声，经距离衰减及实体屏蔽后，施工噪声对周围环境影响较小。

②固体废物

射线装置在组装过程中，会拆除一定的外包装材料，包装材料为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托公司现有垃圾收集设施收集处置，对周围环境影响较小。

③废水

射线装置在组装及调试过程中，安装及调试人员会产生少量的生活污水排入市政污水管网，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目固定式 X 射线探伤系统采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行防护，经与建设单位核实，单台射线装置预计周曝光时间最大约为 8h，每年约 50 周，年曝光时间最大约为 400h（该时间包含设备训机时间）。

本项目对装置四周、顶部、底部、工件门、检修门辐射环境影响进行预测，预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其修改单中的计算公式：

1.有用线束屏蔽估算

装置有用线束照射方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其修改单中有用线束屏蔽估算的计算公式：

$$\dot{H}=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R^2} \qquad \text{……（1）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，见表 11-1；

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

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

2.非有用线束屏蔽估算

装置非有用线束屏蔽体预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其修改单中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

① 泄漏辐射

$$\dot{H}=\frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \qquad \text{……（2）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_L$：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，本项目保守取 2500μSv/h；

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

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

② 散射辐射

$$\dot{H}=\frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \qquad \text{……（3）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，取值见表 11-1；

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

F：R_0 处的辐射野面积；

α：散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）散射体散射到距其 1m 处的

散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

R_s：散射体至关注点的距离，m；

R_0：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，本项目装置辐射源点（靶点）至探伤工件的距离为 0.38m。

3. 参考点的周/年剂量水平估算

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \text{……（4）}$$

式中：H_c：参考点的周剂量水平，μSv/周；

参考点的年剂量水平，μSv/年；

$\dot{H}_{c,d}$:参考点处剂量率，μSv/h；

t：探伤装置周照射时间，h/周；

探伤装置年照射时间，h/年；

U：探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T：人员在相应关注点驻留的居留因子。

4. 参考点处剂量率理论计算结果

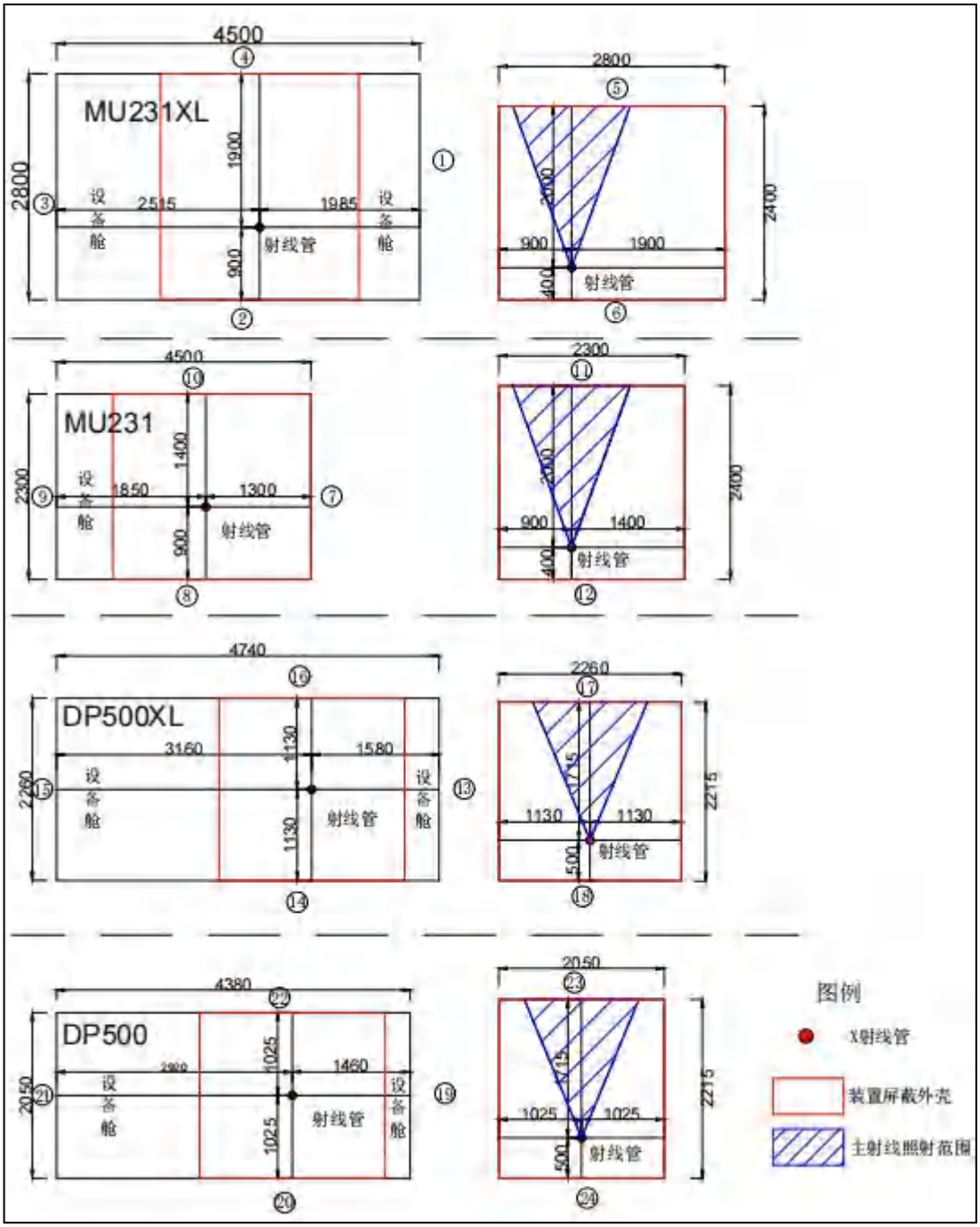
表11-1 本项目射线装置输出量参数

序号	射线装置	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	距辐射源点（靶点）1m 处输出量 mGy·m²/（mA·min）	泄漏辐射 1m 处输出量（μSv/h）	散射辐射能量（kV）
1	固定式 X 射线探伤系统	MU231XL	[redacted]				
2		MU231					
3		DP500XL					
4		DP500					

[redacted]

[redacted]

本项目计算关注点位示意图，见图 11-1。



注：本项目所有固定式 X 射线探伤系统的 X 射线管位置固定，主射线照射方向固定朝顶部照射。

图 11-1 关注点位示意图（单位：mm）

表 11-2 本项目固定式 X 射线探伤系统有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	铅当量（mm）	I（mA）	H_0 μSv·m²/(mA·h)	B	R（m）	$\dot{H}$（μSv/h）	周围剂量当量率参考控制水平(μSv/h)	评价
5	[redacted]						2.5	满足
11							2.5	满足
17							2.5	满足
23							2.5	满足

注：①取装置表面外 30cm 为关注点，底部保守取到地面为预测关注点，底部人员不可达。

②B 值取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，150kV 下铅什值层为 0.96mm；200kV 下铅什值层为 1.4mm；内插取得 160kV 下铅什值层为 1.048mm。

表 11-3 MU231XL 固定式 X 射线探伤系统非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点位				
		1	2	3	4	6
X 设计厚度（mm）		[redacted]				
泄漏辐射	B_1					
	$\dot{H}_L$ (μSv /h)					
	R（m）					
	$\dot{H}$ (μSv/h)					
散射辐射	散射线能量(kV)					
	B_2					
	I（mA）					
	H_0 (μSv·m²/(mA·h))					
	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$					
	R_s（m）					
	$\dot{H}$ (μSv/h)					
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)						
剂量率参考控制水平(μSv/h)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
结论		**满足**	**满足**	**满足**	**满足**	**满足**

[redacted]

[redacted]

表 11-4 MU231 固定式 X 射线探伤系统非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点位				
		7	8	9	10	12
X 设计厚度（mm）		[redacted]				
泄漏辐射	B_1					
	$\dot{H}_L$ (μSv /h)					
	R（m）					
	$\dot{H}$ (μSv/h)					
散射辐射	散射线能量(kV)					
	B_2					
	I（mA）					
	H_0 (μSv·m²/(mA·h))					
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$					
	R_s（m）					
	$\dot{H}$ (μSv/h)					
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)						
剂量率参考控制水平 (μSv/h)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
结论		**满足**	**满足**	**满足**	**满足**	**满足**

[redacted]

表 11-5 DP500XL 固定式 X 射线探伤系统非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点位				
		13	14	15	16	18
X 设计厚度（mm）		[redacted]				
泄漏辐	B_1					
	$\dot{H}_L$ (μSv /h)					

射	R（m）	[redacted]				
	$\dot{H}$ (μSv/h)					
散射辐射	散射线能量(kV)					
	B_2					
	I（mA）					
	H_0 (μSv·m²/(mA·h))					
	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$					
	R_s（m）					
	$\dot{H}$ (μSv/h)					
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)						
剂量率参考控制水平(μSv/h)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
结论		**满足**	**满足**	**满足**	**满足**	**满足**

注：①取装置表面外 30cm 为关注点。

②本项目射线管固定，且固定朝顶部出束照射。

③B_1 以射线能量为 180kV 取值，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，150kV 下铅什值层为 0.96mm；200kV 下铅什值层为 1.4mm；内插取得 160kV 下铅什值层为 1.048mm。

④B_2 以射线能量为 150kV 取值，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，150kV 下铅什值层为 0.96mm。

表 11-6 DP500 固定式 X 射线探伤系统非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点位				
		19	20	21	22	24
X 设计厚度（mm）		[redacted]				
泄漏辐射	B_1					
	$\dot{H}_L$ (μSv /h)					
	R（m）					
	$\dot{H}$ (μSv/h)					
散射辐射	散射线能量(kV)					
	B_2					
	I（mA）					
	H_0 (μSv·m²/(mA·h))					

	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$	[redacted]				
	R_s（m）					
	$\dot{H}$ (μSv/h)					
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)						
剂量率参考控制水平(μSv/h)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
结论		**满足**	**满足**	**满足**	**满足**	**满足**

注：①取装置表面外 30cm 为关注点。

②本项目射线管固定，且固定朝顶部出束照射。

③B_1 以射线能量为 160kV 取值，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，150kV 下铅什值层为 0.96mm；200kV 下铅什值层为 1.4mm；内插取得 160kV 下铅什值层为 1.048mm。

④B_2 以射线能量为 150kV 取值，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，150kV 下铅什值层为 0.96mm。

根据表 11-2~表 11-6 中预测结果，MU231XL 固定式 X 射线探伤系统四周、底部及顶部表面外 30cm 处辐射周围剂量当量率最大为 7.93E-01μSv/h，MU231 固定式 X 射线探伤系统四周及顶部表面外 30cm 处辐射周围剂量当量率最大为 7.93E-01μSv/h，DP500XL 固定式 X 射线探伤系统四周及顶部表面外 30cm 处辐射周围剂量当量率最大为 8.75E-01μSv/h，DP500 固定式 X 射线探伤系统四周及顶部表面外 30cm 处辐射周围剂量当量率最大为 8.75E-01μSv/h。

因此本项目固定式 X 射线探伤系统最大额定功率运行时，装置表面外 30cm 处及地面辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中周围剂量当量率参考控制水平的要求。

5.天空反散射辐射影响分析

本项目固定式 X 射线探伤系统主射线均朝顶部照射，顶部外 30cm 处周围当量剂量率经天空反散射到达地面周围当量剂量率远小于顶部外 30cm 处周围当量剂量率数值，可忽略不计，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

6. 电缆口、门缝搭接辐射影响分析

①电缆口辐射影响分析

本项目 MU231 系列固定式 X 射线探伤系统线缆管道采用 Z 型管设计，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅板结构，厚度为 6mm 铅板防护，位于检

测室右侧下方。该类型固定式 X 射线探伤系统出束时，X 射线自 O 点出束，照射在装置内载物台上，经工件 A 点散射后进入电缆管道，在电缆管道中经过 4 次散射到达装置外。散射路径为 O→A→B→C→D→E，避免 X 射线直接照射线缆管道口，利用散射降低线缆管道口的辐射水平，从而防止射线泄漏。

本项目 DP500 系列固定式 X 射线探伤系统线缆管道采用 U 型管设计，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅板结构，厚度为 5mm 铅板防护，位于检测室左侧下方。该类型固定式 X 射线探伤系统出束时，X 射线自 O 点出束，照射在装置内载物台上，经工件 A 点散射后进入电缆管道，在电缆管道中经过 4 次散射到达装置外。散射路径为 O→A→B→C→D→E，避免 X 射线直接照射线缆管道口，利用散射降低线缆管道口的辐射水平，从而防止射线泄漏。

本项目固定式 X 射线探伤系统 X 射线进入电缆管道需至少经过四次散射才能到达装置外，根据《辐射防护导论》P193“一般经三次以上散射后γ射线的剂量当量率已降得很低了，实例也证明了这一点。”，因此本项目固定式 X 射线探伤系统电缆管道设计满足辐射防护要求。

本项目电缆管道散射示意图见图 11-3。

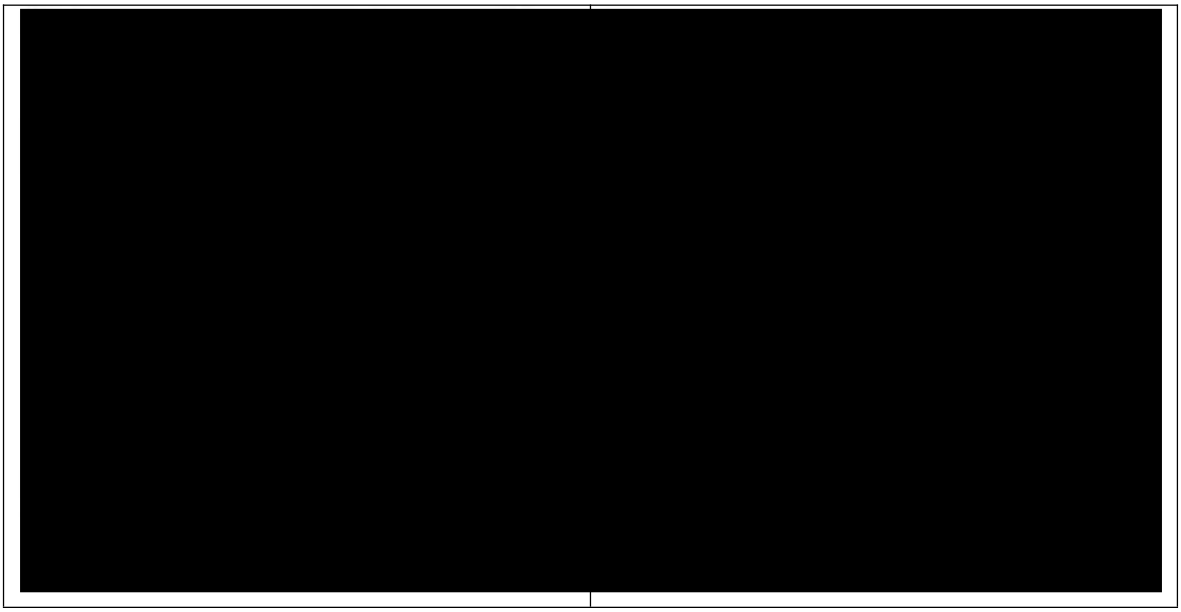


图 11-3 电缆管道散射示意图

②门缝搭接辐射影响分析

本项目 MU231 系列固定式 X 射线探伤系统工件门及检修门内含 6mm 铅板，单边搭接部分长度为 20mm；工件门缝隙不超过 1mm；门体与装置自身屏蔽体重叠部分均不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍，故门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

本项目 DP500 系列固定式 X 射线探伤系统工件门及检修门内含 5mm 铅板，单边搭接部分长度为 15mm；工件门缝隙不超过 1mm；门体与装置自身屏蔽体重叠部分均不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍，故门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

7. 保护目标剂量评价

本项目辐射工作人员正常工作时主要位于一厂房 1#检测区及二厂房 2#检测区内，根据前表取装置外最大剂量率结果估算辐射工作人员年有效剂量。本项目辐射工作人员有效剂量估算结果见表 11-7，本项目保护目标有效剂量估算结果见表 11-8。

表 11-7 本项目辐射工作人员有效剂量估算结果

位置	使用因子 U	居留因子 T	最大周围剂量当量率值 μSv/h	周围剂量当量率控制水平μSv/h	周围剂量当量估算值 μSv/周	目标管理值μSv/周	年剂量估算值 mSv/年	目标管理值 mSv/年	结论
1#检测区（北部操作位）	1	1	[redacted]			100 工作人员	[redacted]	5 工作人员	满足
1#检测区（南部操作位）	1	1							满足
2#检测区（北部操作位）	1	1							满足
2#检测区（中部操作位）	1	1							满足
2#检测区（南部操作位）	1	1							满足

注：①本项目辐射工作人员有效剂量保守以相应检测区内装置四周最大周围剂量当量率叠加进行估算（取自表 11-8），居留因子取 1；

②本项目固定式 X 射线探伤系统周曝光时间约为 8h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 400h。

表 11-8 本项目 1#检测区及 2#检测区四周剂量当量率

序号	位置		最大周围剂量当量率值（μSv/h）	结果（μSv/h）
1	1#检测区	北侧	[redacted]	
2		东侧		
3		南侧		
4		西侧		
5	2#检测区	北侧		
6		东侧		
7		南侧		
8		西侧		

注：采用各装置外每侧剂量率进行叠加计算。

表 11-9 本项目装置周围 50m 范围内保护目标有效剂量一览表

序号	保护目标名称		与装置最近距离	居留因子	关注点处辐射剂量率 μSv/h	周剂量估算值 μSv/周	目标管理值 μSv/周	年剂量估算值 mSv/年	目标管理值 mSv/年	结论
1	1#检测区	厂区道路	[redacted]				5 公众	[redacted]	0.1 公众	满足
2		C 楼								满足
3		一厂房								满足
4		厂区道路								满足
5		厂区道路								满足
6	2#检测区	B 楼								满足
7		A 楼								满足
8		D 楼								满足
9		厂区道路								满足
10		二厂房								满足

[redacted]

从表 11-7 表 11-8 中预测结果可以看出，本项目固定式 X 射线探伤系统最大额定功率运行时，辐射工作人员所受每周的周围当量剂量最大为 1.35μSv，年有效剂量最大为 6.76E-02mSv；周围公众所受每周的周围当量剂量最大为 1.35μSv，年有效剂量最大为 6.76E-02mSv。

根据理论计算结果，本项目对辐射工作人员及周围公众的辐射影响能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及本项目管理目标限值要求（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）。

事故影响分析

1) 本项目可能发生的辐射事故

①固定式 X 射线探伤系统门机联锁失效，设备工件门或检修门未关闭就对工件进行曝光，致使人员受到意外照射；

②维修人员检修固定式 X 射线探伤系统时，设备进行曝光，人员受到意外照射。

2）最大可能性事故后果计算

针对最大可能性事故，对事故工况下人员的受照剂量进行估算，分析事故造成的影响与危害。

假定在事故情况下，保守按照事故人员受到主射线影响，由于一次曝光检测最长时间为 1min，因此以本项目固定式 X 射线探伤系统最大工况下出束 1min 为一次事故下的持续照射时间。则本项目在有用线束方向上人员最大可能受照剂量为 37.2mSv，对于职业人员，其值高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871- 2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值，会构成一般辐射事故。

3）针对本项目可能发生的辐射事故提出预防措施

辐射事故处置方法

发生辐射事故时，公司应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《江苏省辐射污染防治条例》《苏州市辐射事故应急预案》《苏州市突发环境事件应急预案》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。事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

①确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。

②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。

③现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具、个人剂量计及个人剂量报警仪。

④应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验

和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可以减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

针对本项目可能发生的辐射事故提出预防措施

本项目针对上述可能出现的主要事故建议性地给出处理方法或者预防措施：

①公司应加强管理，加强对辐射工作人员的培训，严格执行安全操作规程，防止人员误入误留在装置内；

②定期检查门机联锁装置，确保无损检测工作正常进行；

③发生事故时应按下急停开关切断电源，确保装置停止出束；

④对可能受到超剂量照射的人员，及时送医检查并治疗；

⑤协助专业人员对受照人员进行受照剂量估算，并协助进行身体检查和医学观察；

⑥事故处理后保存好受照人员体检资料，做好跟踪观察。

公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对固定式 X 射线探伤系统进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行固定式 X 射线探伤系统操作，每次操作前检查固定式 X 射线探伤系统门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测固定式 X 射线探伤系统的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应完善应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。管理人员考核类型为“辐射安全管理”，辐射工作人员考核类型为“X 射线探伤”。

六和轻合金（昆山）有限公司已成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。此外，担任本项目辐射防护负责人及专职管理人员需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。六和轻合金（昆山）有限公司现有辐射相关工作人员共计 6 人。公司后续将拟为本项目增配 8 名辐射工作人员及 1 名辐射管理人员，新增辐射工作人员及管理人员应在项目运行前自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，然后报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。此外，后续有新任命本项目辐射防护负责人仍需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

辐射安全管理规章制度

六和轻合金（昆山）有限公司已开展核技术利用项目，已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了相关辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度等。公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。

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

- **岗位职责：**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。

- **操作规程：**明确本项目固定式 X 射线探伤系统辐射人员的资质条件要求，固定式 X 射线探伤系统操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确固定式 X 射线探伤系统操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。
- **辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是固定式 X 射线探伤系统的运行和维修时辐射安全管理。此外，应着重关注控制台钥匙管理，应专人保管，使用时应进行使用记录登记，确保开机钥匙的安全性。
- **设备检修维护制度：**明确固定式 X 射线探伤系统的辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保固定式 X 射线探伤系统、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。
- **射线装置使用登记、台账管理制度：**根据射线装置使用具体情况制定，重点是射线装置使用状况的记录。
- **人员培训计划：**完善人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。
- **监测方案：**方案中应明确监测频次和监测项目，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。方案中应明确选用的个人剂量报警仪及辐射环境巡测仪需按规定进行定期检定/校准，取得相应证书；使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等，以确保仪器的使用是有效的。
- **事故应急预案：**依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号文）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求针对本项目可能发生的辐射事故（意外照射等）完善事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话，事故发生后公司应积极配合生态环境保护部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

- **监测异常报告制度：**如果发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。如果工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向生态环境行政主管部门报告。

六和轻合金（昆山）有限公司应严格按照制度执行，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

辐射监测

本项目为新建及搬迁项目，公司已为现有辐射工作人员建立个人剂量档案，定期进行个人剂量监测及职业健康体检，现有辐射工作人员最新连续四季度个人剂量结果未出现超标情况；公司已委托有资质单位每年对现有射线装置周围环境进行辐射水平监测，监测结果均满足相应标准要求。本项目对监测方案及监测仪器提出如下要求：

1.监测方案

1）委托有资质单位定期对本项目固定式 X 射线探伤系统周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1 次；

2）本项目固定式 X 射线探伤系统进行检测作业时公司辐射安全管理人员对固定式 X 射线探伤系统周围的辐射水平进行监测（每周一次），并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

3）公司拟为本项目增配 8 名辐射工作人员及 1 名辐射管理人员，拟委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，个人剂量计定期（不超过 3 个月）送检，并建立个人剂量档案；若发现个人剂量有异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。

本项目辐射监测方案具体见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位
固定式 X 射线探伤系统	验收监测	X-γ周围剂量当量率	委托有资质单位进行	项目运行前 1 次	①通过巡测发现辐射水平异常高的位置； ②固定式 X 射线探伤系统表面外 30cm 处，装置四周门缝表面外 30cm 处； ③人员经常活动的位置；
	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次	
	自主监测		自行监测	每月一次	

辐射工作人员	个人剂量当量监测	个人剂量当量	委托有资质单位进行	每3个月一次	/

2.监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，使用II类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器；六和轻合金（昆山）有限公司已配备8台X-γ个人剂量报警仪及1台X-γ辐射剂量巡测仪，拟为本项目增加6台X-γ个人剂量报警仪，项目运行后应定期对固定式X射线探伤系统周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。本项目购买的X-γ辐射剂量巡测仪及X-γ个人剂量报警仪参考参数如下。

表12-2 X-γ辐射剂量巡测仪及X-γ个人剂量报警仪参考参数

X-γ辐射剂量巡测仪	1.探测器：采用NaI(Tl)闪烁体或高灵敏度能量补偿型GM管，晶体有效直径≥Φ50mm。 2.测量量：周围剂量当量率H(10)。 3.量程： -剂量率：0.01μSv/h～100μSv/h（环境级，可扩展至100mSv/h）； -累积剂量：0～9999mSv。 4.能量响应：48keV～3.0MeV范围内，相对响应误差≤±30%（相对于^{137}Cs）。 5.基本误差：≤±15%（^{137}Cs参考辐射场）。 6.角响应：±60°范围内，相对响应变化≤±20%。 7.显示与报警：彩色液晶屏，实时显示剂量率、累积剂量、电池电量；具备阈值报警、超量程报警及欠压报警功能。 8.数据接口：内置存储器容量≥20000组，支持USB数据导出或蓝牙无线传输。 9.环境适应性：防护等级IP54及以上；工作温度：-20℃～+50℃。 10.续航：内置可充电锂电池，连续工作时间≥24小时。
X-γ个人剂量报警仪	1.探测器：能量补偿型GM计数管。 2.测量量：深部个人剂量当量Hp(10)，可选配浅层Hp(0.07)。 3.量程： -剂量率：0.01μSv/h～30mSv/h； -累积剂量：0.001μSv～10Sv。 4.能量响应：48keV～3.0MeV范围内，相对响应误差≤±30%（相对于^{137}Cs）。 5.基本误差：≤±15%（^{137}Cs参考辐射场）。 6.角响应：±60°范围内，相对响应变化≤±20%。 7.报警功能：声（≥80dB@30cm）、光、振动三重报警；剂量率阈值与累积剂量阈值独立可调；报警响应时间≤5s。 8.显示：OLED/LCD显示屏，可同时显示剂量率、累积剂量及工作时间。 9.数据存储：自动循环存储历史数据，断电数据不丢失。 10.物理特性：重量≤150g，体积小巧，佩戴舒适，防护等级IP54。 11.供电：单节AAA电池或内置锂电池，待机时间≥30天（或累计工作时间≥500小时）。

六和轻合金（昆山）有限公司拟为本项目新增的辐射工作人员，应在项目运行前委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并定期组织职业健康体检，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。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器能够满足相关管理要求。

辐射事故应急

六和轻合金（昆山）有限公司已依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定了辐射事故应急预案，明确建立了应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。公司制定的事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。公司还应组织应急人员对应急处理措施进行培训，并定期组织应急人员进行应急演练。

六和轻合金（昆山）有限公司应针对射线检测项目可能产生的辐射事故情况完善辐射事故应急预案，应急预案内容应包括：

（1）应急机构和职责分工；

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（3）应急演习计划；

（4）辐射事故分级与应急响应措施；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序。

六和轻合金（昆山）有限公司应依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号文）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。报告内容包括单位信息，许可证信息，事故发生时间、地点、类型，射线装置名称及型号，事故经过等信息。事故发生后应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

六和轻合金（昆山）有限公司应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测本项目固定式X射线探伤系统周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全有效运转。

表 13 结论与建议

结论

1. 实践正当性

六和轻合金（昆山）有限公司使用本项目固定式 X 射线探伤系统对公司生产的汽车配件进行无损检测。本项目的建设将满足产品高质量的标准，创造更好的经济效益；从社会角度而言，本项目能够提高产品安全系数，从而减少安全事件的发生。虽然在运行期间，固定式 X 射线探伤系统的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

2. 辐射安全与防护分析结论

1）选址、布局合理性

本项目位于六和轻合金（昆山）有限公司位于苏州市昆山市综合保税区楠梓路2号，公司厂区北侧为铁路，东侧为楠梓路，南侧隔里黄路为横塘河，西侧为里黄河。

公司计划将2台MU231XL固定式X射线探伤系统、1台MU231固定式X射线探伤系统、1台DP500XL固定式X射线探伤系统安放至厂区一厂房北侧中部的1#检测区。1#检测区北侧隔生产过道为厂区道路，东侧、南侧、西侧均为生产加工区域，一厂房整体为一层建筑，下方为土层。

公司计划将1台MU231XL固定式X射线探伤系统、1台MU231固定式X射线探伤系统、1台DP500固定式X射线探伤系统安放至厂区二厂房北侧中部的2#检测区。2#检测区北侧隔生产过道为厂区道路，东侧、南侧为生产加工区，西侧为过道及堆放区。二厂房整体为一层建筑，下方为土层。

本项目射线装置周围50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标，1#检测区50m范围内涉及本公司一厂房、南侧厂区道路、北侧厂区道路及C楼。2#检测区50m范围内涉及本公司二厂房、西侧厂区道路、北侧厂区道路、A楼、B楼、D楼。本项目周围环境保护目标主要为辐射工作人员及周围公众。

公司计划将 2 台 MU231XL 固定式 X 射线探伤系统、1 台 MU231 固定式 X 射线

探伤系统、1 台 DP500XL 固定式 X 射线探伤系统所在的厂区一厂房北侧中部的 1#检测区。公司计划将 1 台 MU231XL 固定式 X 射线探伤系统、1 台 MU231 固定式 X 射线探伤系统、1 台 DP500 固定式 X 射线探伤系统所在的厂区二厂房北侧中部的 2#检测区。拟将装置铅房实体边界作为本项目的控制区，将装置铅房实体边界与所在的相应检测区围成的区域（含操作台）作为本项目的监督区，1#检测区和 2#检测区外围设置防护围栏，仅辐射工作人员能够进入。在固定式 X 射线探伤系统表面外上拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在 1#检测区和 2#检测区四周及入口处张贴监督区的标牌。

2）辐射防护措施

MU231XL 固定式 X 射线探伤系统屏蔽体内净尺寸为 4.5m 长×2.8m 宽×2.4m 高，MU231 固定式 X 射线探伤系统屏蔽体内净尺寸为 3.15m 长×2.3m 宽×2.4m 高，DP500 固定式 X 射线探伤系统屏蔽体内净尺寸为 5.33m 长×2.05m 宽×2.3m 高，DP500XL 固定式 X 射线探伤系统屏蔽体内净尺寸为 5.69m 长×2.25m 宽×2.3m 高。

本项目固定式 X 射线探伤系统采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行屏蔽。MU231 系列固定式 X 射线探伤系统铅房整体屏蔽由碳钢+铅组成，四周屏蔽体、工件门、检修门均为 6mm 铅板，顶部为 6mm 铅板。DP500 系列固定式 X 射线探伤系统铅房整体屏蔽由碳钢+铅组成，四周屏蔽体、工件门、检修门均为 5mm 铅板，顶部为 6mm 铅板。本项目固定式 X 射线探伤系统射线管固定不动，仅工件转台可移动，主射线方向固定朝顶部照射。

本项目 MU231 系列固定式 X 射线探伤系统线缆管道采用 Z 型管设计，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅板结构，厚度为 6mm 铅板防护，位于检测室右侧下方。本项目 DP500 系列固定式 X 射线探伤系统线缆管道采用 U 型管设计，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅板结构，厚度为 5mm 铅板防护，位于检测室左侧下方。从而防止射线泄漏，达到较好的防护效果。

3）辐射安全措施

本项目固定式 X 射线探伤系统铅房采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行防护。固定式 X 射线探伤系统工件门、检修门均设计有门机联锁装置，装置铅房具有双重门机联锁功能。装置铅房均设有工作状态指示灯，且工作状态指示灯与装置联锁。拟在装置表面张贴工作状态指示灯信号意义说明，装置表面外设置“当心电离辐射”的

电离辐射警告标志及中文警示说明。装置操作台位于装置前侧，装置铅房内设置摄像装置，显示器能够显示工件在铅房内情况。该装置设置有钥匙开关，该装置钥匙每天由公司专职辐射管理人员保管，每日装置运行前，辐射工作人员需向专职辐射管理人员领取钥匙；每日工作结束，辐射工作人员需将钥匙归还给公司专职辐射管理人员，期间做好钥匙交接记录。本项目 MU231 系列固定式 X 射线探伤系统工件门及检修门内含 6mm 铅板，单边搭接部分长度为 20mm；工件门缝隙不超过 1mm；门体与装置自身屏蔽体重叠部分均不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍。本项目 DP500 系列固定式 X 射线探伤系统工件门及检修门内含 5mm 铅板，单边搭接部分长度为 15mm；工件门缝隙不超过 1mm；门体与装置自身屏蔽体重叠部分均不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍。装置人员无法进入，操作台设计有紧急停机按钮 1 个，拟设置急停按钮便签说明。公司已配备 8 台 X-γ个人剂量报警仪及 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪，拟为本项目增加 6 台 X-γ个人剂量报警仪，公司将利用巡测仪用于对固定式 X 射线探伤系统周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。此外根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。以上措施能够满足辐射安全管理的要求。

4）通风措施评价

固定式 X 射线探伤系统在工作状态时，会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置铅房内。本项目固定式 X 射线探伤系统未设置排风设施，通过开关工件门进行排风。

同时本项目固定式 X 射线探伤系统所在车间设置有新风系统与排风系统，该车间内新风系统送风效果较好，通过开启新风系统和排风系统将臭氧和氮氧化物排出室外，新风系统与排风系统能保证该房间内每小时能换气 10 次。臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 50 分钟，可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较少。

3.辐射环境影响分析结论

本项目固定式 X 射线探伤系统通过自带铅板对 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目固定式 X 射线探伤系统以最大额定功率运行时装置表面外 30cm 处及底部辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的辐射剂量率限值要求。

由预测结果可知，本项目固定式 X 射线探伤系统最大额定功率运行时，辐射工作人员及周围公众所受周当量剂量和年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，周当量剂量不超过 100μSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，周当量剂量不超过 5μSv）。

4.辐射环境管理

1）拟委托有资质的单位每年对本项目工作场所周围环境辐射水平进行检测；

2）公司已配备 8 台 X-γ个人剂量报警仪及 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪，拟为本项目增加 6 台 X-γ个人剂量报警仪，定期对工作场所辐射水平进行检测；

3）在项目运行前，公司已委托有资质的单位开展个人剂量监测，拟为新增人员开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，并定期按时送检，建立辐射工作人员个人剂量监测档案，执行《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第 18 号）中要求为“个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年”）。

4）已安排现有辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，拟安排新增人员进行职业健康体检，建立辐射工作人员职业健康监护档案，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“职业健康监护档案应当长期保存”。

5）公司已成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。在项目运行前将根据现行标准制定相关辐射安全管理制度；本项目拟配备的辐射工作人员在上岗前应通过辐射安全与防护知识考核。

综上所述，六和轻合金（昆山）有限公司新建及搬迁 7 台固定式 X 射线探伤系统项目符合实践正当性原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的周/年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议和承诺

1)该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，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。

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

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

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

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

6）建设单位应按照江苏省生态环境厅发布的《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南（工业射线探伤类）》编制自评估报告，每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况再次进行自评估，自评估报告作为年度评估报告附件，于 1 月 31 日前一并上传至国家核技术利用申报系统。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见： 公　　章 **经办人** 年　　月　　日
审批意见： 公　　章 **经办人** 年　　月　　日

附表　　辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预期投资（万元）
辐射防护措施	MU231XL 固定式 X 射线探伤系统屏蔽体内净尺寸为 4.5m 长×2.8m 宽×2.4m 高，MU231 固定式 X 射线探伤系统屏蔽体内净尺寸为 3.15m 长×2.3m 宽×2.4m 高，DP500 固定式 X 射线探伤系统屏蔽体内净尺寸为 5.33m 长×2.05m 宽×2.3m 高，DP500XL 固定式 X 射线探伤系统屏蔽体内净尺寸为 5.69m 长×2.25m 宽×2.3m 高。 本项目固定式 X 射线探伤系统采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行屏蔽。MU231 系列固定式 X 射线探伤系统铅房整体屏蔽由碳钢+铅组成，四周屏蔽体、工件门、检修门均为 6mm 铅板，顶部为 6mm 铅板。DP500 系列固定式 X 射线探伤系统铅房整体屏蔽由碳钢+铅组成，四周屏蔽体、工件门、检修门均为 5mm 铅板，顶部为 6mm 铅板。	表面外 30cm 处周围剂量当量率能够满足《工业探伤放射防标准》（GBZ117-2022）周围剂量当量率要求。 辐射工作人员及公众周剂量当量和年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防标准》（GBZ117-2022）中关于“周围剂量当量率”和“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。（辐射工作人员年有效剂量约束值 5mSv，公众年有效剂量约束值 0.1mSv）。	[redacted]
辐射安全措施	本项目固定式 X 射线探伤系统铅房采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行防护。固定式 X 射线探伤系统工件门、检修门均设计有门机联锁装置，装置铅房具有双重门机联锁功能。装置铅房设有工作状态指示灯，且工作状态指示灯与装置联锁。拟在装置表面张贴工作状态指示灯信号意义说明，装置表面外设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。装置操作台位于装置前侧，装置铅房内设置摄像装置，显示器能够显示工件在铅房内情况。 本项目 MU231 系列固定式 X 射线探伤系统工件门及检修门，单边搭接部分长度为 20mm；工件门缝隙不超过 1mm；门体与装置自身屏蔽体重叠部分均不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍。本项目 DP500 系列固定式 X 射线探伤系统工件门及检修门，单边搭接部分长度为 15mm；工件门缝隙不超过 1mm；门体与装置自身屏蔽体重叠部分均不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍。装置人员无法进入，装置屏蔽体外设置有急停按钮，操作台设计有紧急停机按钮 1 个，拟设置急停按钮便签说明。 公司拟将装置铅房实体边界作为本项目的控制区，将装置铅房实体边界与所在的相应检测区围成的区域（含操作台）作为本项目的监督区，1#检测区和 2#检测区外围设置防护围栏，仅辐射工作人员能够进入。在固定式 X 射线探伤系统表面外上拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在 1#检测区和 2#检测区四周及入口	能满足《工业探伤放射防标准》（GBZ117-2022）的管理要求。	[redacted]

	处张贴监督区的标牌。		
	公司已配备 8 台 X-γ个人剂量报警仪及 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪，拟为本项目增加 6 台 X-γ个人剂量报警仪，定期对工作场所辐射水平进行检测；定期对放射防护检测仪器进行检定/校准，并取得相应证书。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》配备个人剂量报警、辐射监测，满足工作场所监测要求。	■
污染防治措施	废气：固定式 X 射线探伤系统在工作状态时，会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。固定式 X 射线探伤系统未设置排风设施，通过开关工件门进行排风换气。同时本项目固定式 X 射线探伤系统所在车间设置有新风系统与排风系统，该车间内新风系统送风效果较好，通过开启新风系统和排风系统将臭氧和氮氧化物排出室外，新风系统与排风系统能保证车间内每小时能换气 10 次，能够满足每小时有效换气次数 3 次以上需求。臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 50 分钟，可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较少。	本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物环境影响较小。	/
辐射安全管理	已成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》完善安全管理机构。	/
	管理制度：完善操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度、射线装置使用登记、台账管理制度等。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。	/
	公司现有辐射相关工作人员共计 6 人。公司后续将拟为本项目增配 8 名辐射工作人员及 1 名辐射管理人员。本项目辐射工作人员及管理人员上岗前应通过辐射安全与防护考核。	根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《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》，辐射工作人员及管理人员应通过辐射安全与防护考核。	定期投入
	委托有资质单位对所有辐射工作人员开展个人剂量检测，并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案。辐射工作人员均应佩戴个人剂量计。（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月。个人剂量档案长期保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年）。	根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“个人剂量档案和职业健康监护档案应当长期保存”及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》“个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年	每年投入

		满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年”。	
	职业健康体检：定期组织职业健康体检，并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（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。）	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于健康管理的规定，对直接从事使用活动的工作人员进行个人职业健康检查，建立职业健康监护档案。	每年投入

以上措施必须在项目运行前落实。