核技术利用建设项目

新建移动式X、γ射线探伤项目

环境影响报告表



苏州质联检测科技有限公司（公章）

2023年5月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新建移动式X、γ射线探伤项目

环境影响报告表

建设单位名称：苏州质联检测科技有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）：

通讯地址：苏州市吴江区江陵街道叶锦路88号1号厂房

邮政编码：215200 联 系 人：

电子邮箱：13327996806@163.com 联系电话：

打印编号：1682063069000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	swv068
建设项目名称	苏州质联检测科技有限公司新建移动式X、γ射线探伤项目
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目
环境影响评价文件类型	报告表
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	苏州质联检测科技有限公司
统一社会信用代码	91320506MA21BL6K0X
法定代表人（签章）	韦凯龙
主要负责人（签字）	韦凯龙
直接负责的主管人员（签字）	韦凯龙
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	江苏睿源环境科技有限公司
统一社会信用代码	91320106MA20BXME57
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
赵凌宇	201905035320000015	BH020792	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
赵凌宇	表9项目工程分析与源项 表10辐射安全与防护 表11环境影响分析 表12辐射安全管理 表13结论与建议	BH020792	
魏文静	表1项目基本情况 表2放射源 表3非密封放射性物质 表4射线装置 表5废弃物（重点是放射性废弃物） 表6评价依据 表7保护目标与评价标准 表8环境质量和辐射现状	BH023978	

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：

证件号码：3　　21

性　　别：

出生年月：

批准日期：

管 理 号：2　　15

人力资源和社会保障部 人事考试中心 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

编制主持人社会保险缴纳证明

江苏省社会保险权益记录单（参保单位）

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：202303-202305

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	18	18	18

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		202303 - 202305	3
2	魏文静		202303 - 202305	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：2023年5月15日

目录

表 1 项目基本情况..... 1

表 2 放射源.....5

表 3 非密封放射性物质..... 5

表 4 射线装置..... 6

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....7

表 6 评价依据..... 8

表 7 保护目标与评价标准..... 11

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.....40

表 11 环境影响分析..... 56

表 12 辐射安全管理..... 70

表 13 结论与建议..... 75

表 14 审批.....79

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表..... 80

附图：

附图 1 苏州质联检测科技有限公司本项目地理位置图

附图 2 苏州质联检测科技有限公司放射源库周围环境示意图

附图 3 本项目放射源库平面及剖面布置图

附图 4 办公楼一层平面布置图

附图 5 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附件：

附件 1 委托书

附件 2 承诺书

附件 3 废源退役承诺书

附件 4 洗片废水、废胶片安全处置承诺书

附件 5 苏州质联检测科技有限公司厂区租赁合同

附件 6 本项目放射源库周围环境本底监测报告

附件 7 苏州质联检测科技有限公司营业执照

附件 8 专家意见

附件 9 修改清单

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">新建移动式 X、γ射线探伤项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">苏州质联检测科技有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>韦凯龙</td><td>联系人</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">苏州市吴江区江陵街道叶锦路 88 号 1 号厂房</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">源库：苏州市吴江区江陵街道叶锦路 88 号 1 号厂房
移动探伤现场：委托公司厂区内或野外工地现场</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>100</td><td>项目环保投资(万元)</td><td>35</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>35%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>15</td></tr>
<tr><td rowspan="8">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">□I类（医疗使用） ☑II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="5">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

项目概述：

1. 建设单位基本情况、项目建设规模和任务由来

苏州质联检测科技有限公司注册地址位于苏州市吴江区江陵街道叶锦路 88 号 1 号厂房，公司租赁吴江华尔克斯机械设备有限公司北侧部分厂房及办公楼一层 2 个房间用于公司生产建设，租赁合同见附件 5。公司主要经营范围为：特种设备安装改造修理；特种设备检验检测服务；各类工程建设活动；检验检测服务；安全生产检验检测。

苏州质联检测科技有限公司目前未开展核技术利用项目。公司因业务发展需要，拟开展移动 X、γ射线探伤项目。公司租赁场地用于建设本项目放射源库、值班室、危废库及 X 射线探伤机存储库房。本项目放射源库位于吴江华尔克斯机械设备有限公司生

产车间北侧固定探伤房东侧；值班室、危废库及X射线探伤机存储库房设置在北侧办公楼一层中部。

本项目移动X、γ射线探伤项目拟配备2台^{75}Seγ射线探伤机、3台^{192}Irγ射线探伤机和6台X射线探伤机。共拟配备10名探伤工作人员、5名现场安全员及4名源库保管员。本项目辐射工作人员，拟最多分5个探伤小组（每个小组配备2名探伤工作人员，1名现场安全员），每个探伤小组根据探伤任务配备1台γ射线探伤机（将确保每个小组每台γ射线探伤机配备2名探伤工作人员）。本项目移动探伤辐射工作人员施行探伤小组进行移动探伤作业，每年每名辐射工作人员开展X射线探伤时间最大为80h，开展γ射线探伤时间最大为80h。每次现场探伤时仅开启1台探伤机进行现场探伤。

本项目X、γ射线探伤时，根据探伤现场工件情况，工件探伤部位平整，可容纳数字成像平板探测器摆放时，使用数字成像平板探测器进行拍片，此过程不产生危废。部分工件探伤部位不规则，无法使用数字成像平板探测器时，公司使用胶片进行拍片，此过程会产生废显（定）影剂、洗片冲洗废水和废胶片等危废。建设单位预估使用数字成像平板探测器和使用胶片进行拍片比例约为1:1。

此前苏州质联检测科技有限公司未开展过核技术利用项目，本项目为公司首次开展核技术利用项目。核技术应用项目详见下表1-1。

表1-1 苏州质联检测科技有限公司核技术应用项目一览表

放射源									
序号	放射源名称	数量	单枚出厂活度（Bq）	类别	工作场所	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	备注
1	^{192}Irγ射线探伤机	3	3.7×10^{12}	II	移动探伤现场	使用	本次环评	未许可	/
2	^{75}Seγ射线探伤机	2	3.7×10^{12}	II	移动探伤现场	使用	本次环评	未许可	/
射线装置									
序号	射线装置名称及型号	数量	管电压kV	管电流mA	类别	工作场所	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	备注
1	X射线探伤机XXG3505	2	350	5	II	移动探伤现场	使用	本次环评	未许可	定向机
2	X射线探伤机XXG3005	1	300	5	II	移动探伤现场	使用	本次环评	未许可	定向机
3	X射线探伤机XXH3005	1	300	5	II	移动探伤现场	使用	本次环评	未许可	周向机
4	X射线探伤机XXG2505	1	250	5	II	移动探伤现场	使用	本次环评	未许可	定向机
5	X射线探伤机XXH2505	1	250	5	II	移动探伤现场	使用	本次环评	未许可	周向机

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号，2021年版），本项目属于“172核技术利用建设项目”中的“使用II类放射源的、使用II类射线装置的”，本项目应编制环境影响报告表。受苏州质联检测科技有限公司委托，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、现场检测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2. 项目周边保护目标及项目选址情况

苏州质联检测科技有限公司租赁场地位于苏州市吴江区江陵街道叶锦路88号吴江华尔克斯机械设备有限公司北侧部分厂房及办公楼一层用于公司生产建设。华尔克斯机械设备有限公司东侧为苏州山技光电科技有限公司和苏州中润电子有限公司；南侧为叶锦路；西侧为苏州中连智能科技有限公司和江淼公寓楼（属于苏州丰川电子科技有限公司宿舍楼）；北侧为叶新路。

本项目放射源库位于吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间北侧固定探伤房东侧；放射源库东侧为焊材二级库及吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间；南侧为吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间；西侧为吴江华尔克斯机械设备有限公司固定探伤房；北侧为焊材一级库、厂区道路及办公楼。本项目地理位置图见附图1，本项目放射源库周围环境示意图见附图2。本项目放射源库平面及剖面布置图见附图3。

公司拟开展移动X、γ射线探伤，公司承接的项目现场一般位于委托公司厂区内或野外工地现场，各探伤现场情况及周边环境将存在着较大的差异，探伤时公司根据探伤现场情况划定控制区和监督区范围，同时尽可能避开居民区等环境敏感目标。本项目放射源库周围50m范围内包含：①东、北侧紧邻焊材库；②西侧紧邻固定探伤房；③东侧30m阿尔赛（苏州）无机材料有限公司生产车间；④南侧紧邻吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间；⑤西侧47m江淼公寓楼。⑥东、北侧5m厂区道路；⑦北侧45m叶新路⑧北侧25m吴江华尔克斯机械设备有限公司办公楼。本项目周围环境保护目标主要为探伤辐射工作人员、探伤现场周围公众及放射源库周围公众。

3. 实践正当性

苏州质联检测科技有限公司拟开展移动X、γ射线探伤，使用X、γ射线探伤机进行

无损检测，对委托单位产品进行质量检测，提升产品质量，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，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，其对受照个人和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.与产业政策的相符性

本项目使用 X、γ射线探伤机进行无损检测，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改），本项目不属于限制类、淘汰类。本项目的建设符合国家现行产业政策。

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
1	^{192}Ir	$3.7\times10^{12}\times3$ 枚	II	使用	无损检测	移动探伤现场	①移动探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源、控制源，应在专用的贮存设施内贮存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕，应进行巡测，确保存储安全。 ②非探伤期间含源探伤机贮存在公司放射源库。	本次新建
2	^{75}Se	$3.7\times10^{12}\times2$ 枚	II	使用	无损检测	移动探伤现场	①移动探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源、控制源，应在专用的贮存设施内贮存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕，应进行巡测，确保存储安全。 ②非探伤期间含源探伤机贮存在公司放射源库。	本次新建

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（Sv/h）	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	X射线探伤机	II	2	XXG3505	350	5	无损检测	移动探伤现场	定向机
2	X射线探伤机	II	1	XXG3005	300	5	无损检测	移动探伤现场	定向机
3	X射线探伤机	II	1	XXH3005	300	5	无损检测	移动探伤现场	周向机
4	X射线探伤机	II	1	XXG2505	250	5	无损检测	移动探伤现场	定向机
5	X射线探伤机	II	1	XXH2505	250	5	无损检测	移动探伤现场	周向机

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
退役 ^{192}Ir 放射源	固体	^{192}Ir	约 3.7×10^{11}（约 10Ci）	/	6 枚（约半年更换一次）	/	处置前随探伤机一起贮存在拟建的源库内。	建设单位与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。
退役 ^{75}Se 放射源	固体	^{75}Se	约 3.7×10^{11}（约 10Ci）	/	2 枚（约一年更换一次）	/	处置前随探伤机一起贮存在拟建的源库内。	建设单位与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。
废显影液、定影液	液态	/	/	约 20kg	约 240kg	/	集中收集后暂存于危废库	收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
洗片冲洗废水	液态	/	/	约 60kg	约 720kg	/	集中收集后暂存危废库	收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
废胶片	固态	/	/	约 1kg	约 12kg	/	集中收集后暂存于危废库	收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	直接进入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气。
γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置	固体	贫铀	/	/	每十年退役更换	/	处置前贮存在拟建的源库内。	建设单位与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订废返回协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位或原出口方。

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

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

表6 评价依据

法规文件	1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国主席令第9号，自2015年1月1日起施行； 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行； 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行； 4) 《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； 5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； 6) 《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； 7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行； 8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行； 9) 《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号公布，自2011年5月1日起施行； 10) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行； 11) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局公告2005年第62号，2005年12月23日印发 12) 《国家环境保护总局关于γ射线探伤装置的辐射安全要求》环发[2007]8号，2007年1月15日印发 13) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本，中华人民共和国主席令第四十三号公布，自2020年9月1日起施行） 14) 《国家危险废物名录》(2021版)，生态环境部令第15号，2021年1月1日起施行

15) 《危险废物转移管理办法》，生态环境部、公安部、交通运输部部令第23号，自2022年1月1日起施行；

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

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

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

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

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

21) 《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；

22) 《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；

23) 《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；

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

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

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

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

	28) 《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。
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》（HJ10.1-2016） 3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） 4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） 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/T250-2014） 8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）
其他	**附图：** 附图 1 苏州质联检测科技有限公司本项目地理位置图 附图 2 苏州质联检测科技有限公司放射源库周围环境示意图 附图 3 本项目放射源库平面及剖面布置图 附图 4 办公楼一层平面布置图 附图 5 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图 **附件：** 附件 1 委托书 附件 2 承诺书 附件 3 废源退役承诺书 附件 4 洗片废水、废胶片安全处置承诺书 附件 5 苏州质联检测科技有限公司厂区租赁合同 附件 6 本项目放射源库周围环境本底监测报告 附件 7 苏州质联检测科技有限公司营业执照 附件 8 专家意见 附件 9 修改清单

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目使用X、γ射线探伤机进行移动探伤，为使用II类放射源及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50 m的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围）”相关规定结合本项目具体情况，确定：

①本项目移动探伤现场评价范围为移动探伤现场监督区外100m范围内；根据表11理论计算典型工况下的结果评价范围如下表7-1。

表7-1 移动探伤现场典型工况下评价范围

项目	监督区距离（m）	评价范围（m）
^{192}Ir γ射线探伤机	373	473
^{75}Se γ射线探伤机	240	340
XXG3505型X射线探伤机	237	337
XXG3005型X射线探伤机	228	328
XXH3005型X射线探伤机	274	374
XXG2505型X射线探伤机	204	304
XXH2505型X射线探伤机	244	344

②本项目放射源库边界外50m范围内，评价区域见附图2。

保护目标

本项目放射源库位于苏州市吴江区江陵街道叶锦路88号。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号）后可以确定，本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域。同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》中环境敏感区。本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图5。

本项目移动探伤现场一般位于委托公司厂区内或野外工地现场，各探伤现场情况及周边环境将存在着较大的差异，探伤时公司根据探伤现场情况划定控制区和监督区范围，同时尽可能避开居民区、学校等环境敏感目标。探伤现场一般不涉及生态管控区，如现场涉及生态管控区，属于已有项目的探伤工作，本项目不占用资源，不会降

低探伤现场的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合相关要求。

根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

1、本项目探伤辐射工作人员；

2、移动探伤现场周围公众；

3、放射源库保管员及周围公众。

表7-2本项目保护目标情况一览表

序号	保护目标名称		方位	最近距离	人员数量
1	每个移动探伤现场	辐射工作人员	/	控制区边界外	3 人
2		周围公众	/	监督区边界外	不定
3	放射源库	焊材库	东、北侧	紧邻	流动人员
4		吴江华尔克斯机械设备有限公司固定探伤房	西侧	紧邻	2 人
5		吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间	南侧	3m	流动人员
6		吴江华尔克斯机械设备有限公司办公楼	北侧	25m	约 20 人
7		阿尔赛（苏州）无机材料有限公司生产车间	东侧	30m	约 20 人
8		江淼公寓楼	西侧	47m	约 200 人
9		吴江华尔克斯机械设备有限公司厂区道路	东、北侧	5m	约 10 人
10		叶新路	北侧	45m	流动人员

注：西侧固定探伤房为吴江华尔克斯机械设备有限公司探伤房，非本项目内容。

评价标准

1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量需满足《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 7-3 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	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由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： 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。

4.3.4 剂量约束和潜在照射危险约束

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。

3）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X射线探伤机

5.1.1 X射线探伤机在额定工作条件下，距X射线管焦点100 cm处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表1的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合GB/T 26837的要求。

表7-4 X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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

5.1.2 工作前检查项目应包括：

a) 探伤机外观是否完好；

b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；

c) 液体制冷设备是否有渗漏；

d) 安全联锁是否正常工作；

e) 报警设备和警示灯是否正常运行；

f) 螺栓等连接件是否连接良好；

g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

5.1.3 X射线探伤机的维护应符合下列要求：

a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；

b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；

c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；

d) 应做好设备维护记录。

5.2 γ射线探伤机

5.2.1.2 工作前检查项目主要包括：

a) 检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常；

b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；

c) 确认放射源锁紧装置工作正常；

d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；

e) 安全联锁是否工作正常；

f) 报警设备和警示灯运行是否正常；

g) 检查源容器和源传输导管是否连接牢固；

h) 检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；

i) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰；

j) 测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合 5.2.1.1 的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。

5.2.2 γ射线探伤机的维护

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

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

5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。

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

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

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

b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；

c) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5 μSv/h 或者审管部门批准的控制水平；

d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；

e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA1002 的相关要求。

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

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

5.2.4 放射源的运输和移动

5.2.4.1 放射源的货运运输要求按 GB 11806 的规定执行，应满足 A 类与 B 类运输货包要求。在运输过程中，源窗应处于关闭状态，并有专门的锁定装置。

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

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

5.2.5 废旧放射源的处理

使用单位应与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

a) 有使用价值的γ放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者按照本标准第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。

b) 掺入贫铀的屏蔽装置应与γ射线源一样对待。

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

d) 包含低活度γ射线源的管道爬行器，应按照相关要求执行。

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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

7 移动式探伤的放射防护要求

7.1 作业前准备

7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。

7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

7.2 分区设置

7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的区域划为控制区。

7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射

方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X-γ剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或γ射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

7.3 安全警示

7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。

7.3.3 X 和γ射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

7.4 边界巡查与检测

7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。

7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式X-γ剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式X-γ剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式X-γ剂量率仪，两者均应使用。

7.5 移动式探伤操作要求

7.5.1 X 射线移动式探伤

7.5.1.1 周向式探伤机用于移动式探伤时，应将X射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。

7.5.1.2 应考虑控制器与X射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

7.5.2 γ射线移动式探伤

7.5.2.1 应根据要进行射线探伤的物体的类型和尺寸，确定所使用的放射性核素。对于有多个γ射线源的使用单位，应使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。

7.5.2.2 探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态：

a) 便携式X-γ剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪；

b) 导向管，控制缆和遥控；

c) 准直器和局部屏蔽；

d) 现场屏蔽物；

e) 警告提示和信号；

f) 应急箱，包括放射源的远距离处理工具；

g) 其他辅助设备，例如：夹钳和定位辅助设施。

7.5.2.3 探伤工作完成后，操作人员应使用便携式X-γ剂量率仪进行监测，以确保所有γ放射源均已完全退回源容器中，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。操作人员在离开现场之前，应进行目视检查，以确保设备没有损坏。应通过锁定曝光设备并将防护屏蔽放在适当位置来准备好运输设备。曝光装置和辅助设备应物理固定在车辆中，以免在运输过程中脱落（或掉落）、损坏。

参考资料

1）《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 7-5 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“均值±3s”数值：原野为（50.4±21.0）nGy/h；道路为（47.1±36.9）nGy/h；室内为（89.2±42）nGy/h。

2）《辐射防护手册》第一、三分册，李德平、潘自强主编。

3）方杰，辐射防护导论[M].北京：原子能出版社，1991。

本项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）评价标准，确定本项目的管理目标职业人员按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值1/4取值，公众按照1/10取值。

辐射剂量率控制水平：

移动探伤现场控制区边界周围剂量当量率：≤15μSv/h；

移动探伤现场监督区边界周围剂量当量率：≤2.5μSv/h；

源库四周墙、顶部及门表面外30cm处剂量率不超过2.5μSv/h；

本项目辐射工作人员和公众的剂量约束值：

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。

表 8 环境质量和辐射现状

1. 项目地理和场所位置

苏州质联检测科技有限公司租赁场地位于苏州市吴江区江陵街道叶锦路 88 号吴江华尔克斯机械设备有限公司北侧部分厂房及办公楼一层用于公司生产建设。华尔克斯机械设备有限公司东侧为苏州山技光电科技有限公司和苏州中润电子有限公司；南侧为叶锦路；西侧为苏州中连智能科技有限公司和江淼公寓楼（属于苏州丰川电子科技有限公司宿舍楼）；北侧为叶新路。

本项目放射源库位于吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间北侧固定探伤房东侧；放射源库东侧为焊材二级库及吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间；南侧为吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间；西侧为吴江华尔克斯机械设备有限公司固定探伤房；北侧为焊材一级库、厂区道路及办公楼。本项目地理位置图见附图 1，本项目放射源库周围环境示意图见附图 2。本项目放射源库平面及剖面布置图见附图 3。

公司拟开展移动 X、γ射线探伤，公司承接的项目现场一般位于委托公司厂区内或野外工地现场，各探伤现场情况及周边环境将存在着较大的差异，探伤时公司根据探伤现场情况划定控制区和监督区范围，同时尽可能避开居民区等环境敏感目标。本项目放射源库周围 50m 范围内包含：①东、北侧紧邻焊材库；②西侧紧邻固定探伤房；③东侧 30m 阿尔赛（苏州）无机材料有限公司生产车间；④南侧紧邻吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间；⑤西侧 47m 江淼公寓楼。⑥东、北侧 5m 厂区道路；⑦北侧 45m 叶新路⑧北侧 25m 吴江华尔克斯机械设备有限公司办公楼。本项目周围环境保护目标主要为探伤辐射工作人员、探伤现场周围公众及放射源库周围公众。

本项目放射源库周围环境现状及工程师踏勘现场照片见图 8-1。



西侧探伤房



源库南侧生产车间



源库北侧焊材一级库



本项目源库拟建址现状



源库拟建址西侧江淼公寓



源库拟建址北侧办公楼



东侧阿尔赛（苏州）无机材料有限公司



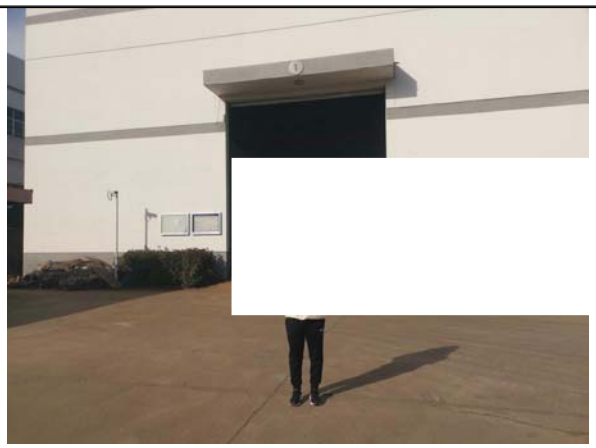
源库拟建址北侧叶新路



源库拟建址东侧生产车间



工程师踏勘现场照片



工程师踏勘现场照片



工程师踏勘现场照片

图 8-1 本项目放射源库周围环境现状及工程师踏勘现场照片

2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目放射源库拟建址周围辐射环境。

监测因子：本项目放射源库拟建址周围环境γ辐射剂量率。

监测点位：在放射源库拟建址周围布置监测点位，分别位于放射源库拟建址东南西北侧及周围环境保护目标，共计 12 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）及《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在放射源库拟建址周围布设监测点位，测量放射源库拟建址周围环境γ辐射剂量率。

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

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

监测仪器：BG9512P 型 X-γ辐射监测仪（仪器编号：RY-J001）

测量范围：10nSv/h~200μSv/h

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

检定有效日期：2022.6.6——2023.6.5

检定单位：江苏省计量科学研究院

检定证书编号：Y2022-0045496

监测日期：2023 年 2 月 21 日

环境条件：天气：晴；温度：7℃；相对湿度：43％

评价方法：参考表 7-5 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：本项放射源库拟建址周围现状环境γ辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 6），监测点位示意图见图 8-2。

表 8-1　本项目放射源库拟建址周围环境γ辐射剂量率

序号	检测点位	检测结果（nGy/h）	备注
1	放射源库拟建址中部	92	室内
2	放射源库拟建址东侧	90	室内
3	放射源库拟建址南侧	89	室内
4	放射源库拟建址西侧	91	室内
5	放射源库拟建址北侧	90	室内
6	放射源库拟建址西侧探伤房内	109	室内
7	放射源库拟建址东侧生产车间	97	室内
8	放射源库拟建址南侧生产车间	94	室内
9	阿尔赛（苏州）无机材料有限公司生产车间内	90	室内
10	办公楼南侧	87	道路
11	叶新路	78	道路
12	江淼公寓东侧	82	道路

注：①已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 13nGy/h）。

②X-γ辐射监测仪检定使用 ^{137}Cs 辐射源，折算系数为 1.2Sv/Gy。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。

③检测时西侧探伤房探伤机未开机。

根据表 8-1 的监测结果可知，本项目放射源库拟建址周围 X-γ辐射剂量率范围为（89～109）nGy/h（室内）、（78～82）nGy/h（道路），处于江苏省天然γ辐射本底水

平内。

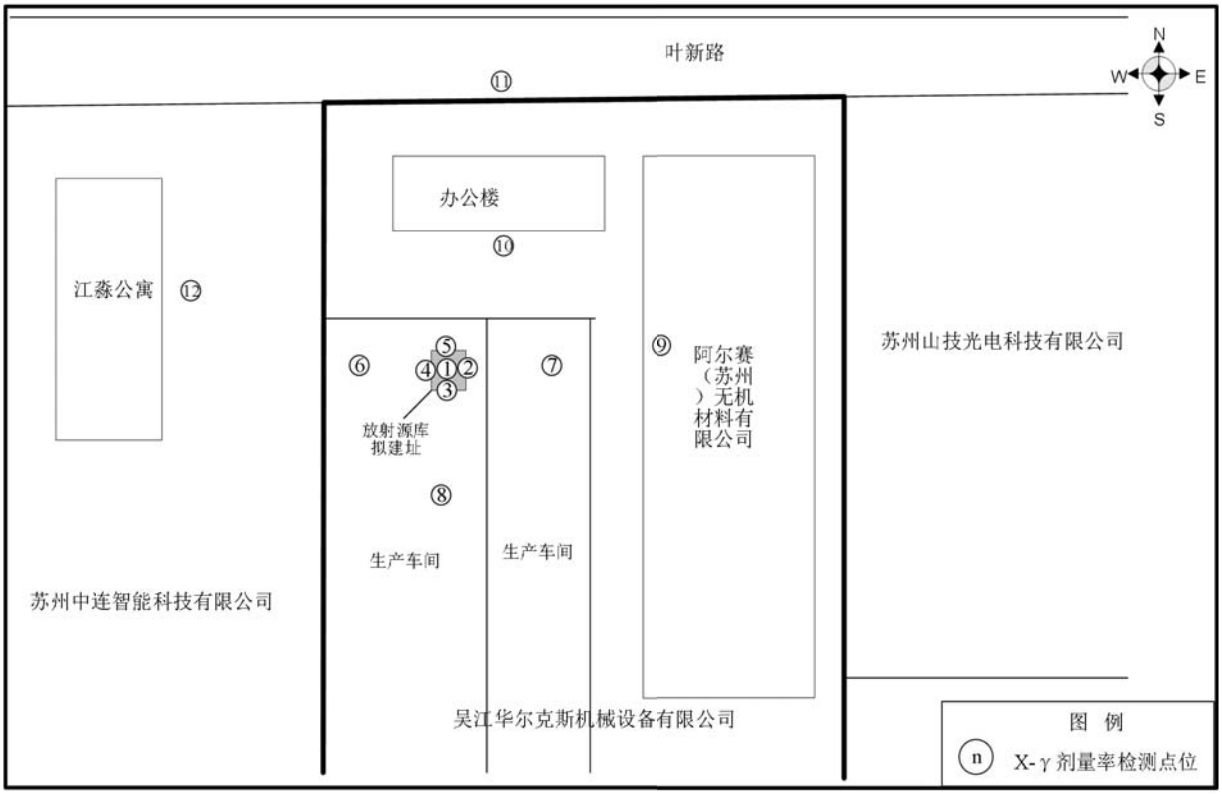


图 8-2　X-γ辐射剂量率检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1.工程设备

（1）本项目移动探伤项目X、γ射线探伤机

1）X射线探伤机：本项目配备6台X射线探伤机，2台XXG3505型定向X射线探伤机（管电压350kV，管电流5mA）；1台XXG3005型定向X射线探伤机（管电压300kV，管电流5mA）；1台XXH3005型周向X射线探伤机（管电压300kV，管电流5mA）；1台XXG2505型定向X射线探伤机（管电压250kV，管电流5mA）；1台XXH2505型周向X射线探伤机（管电压250kV，管电流5mA）。

表9-1 本项目探伤机主要设备参数

序号	射线装置	型号	类别	输出电压范围	输出电流	主射线辐射角	最大工件厚度
1	X 射线探伤机	XXG3505	定向机	180kV~350kV	5mA	40±5°	60mm 钢
2	X 射线探伤机	XXG3005	定向机	170kV~300kV	5mA	40±5°	50mm 钢
3	X 射线探伤机	XXH3005	周向机	170kV~300kV	5mA	40°×360°	42mm 钢
4	X 射线探伤机	XXG2505	定向机	150kV~250kV	5mA	40±5°	37mm 钢
5	X 射线探伤机	XXH2505	周向机	150kV~250kV	5mA	40°×360°	33mm 钢

X 射线探伤机主要由控制箱、X 射线发生器和连接电缆等部件构成。控制箱用于调节探伤机开关、管电压、曝光时间设置。连接电缆用于连接控制器与 X 射线发生器。X 射线发生器用于在控制器设置条件进行曝光探伤。X 射线发生器的核心部件是 X 射线管。X 射线管由阳极、阴极、灯丝、钨靶、铜体、发射罩等组成。X 射线管一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。

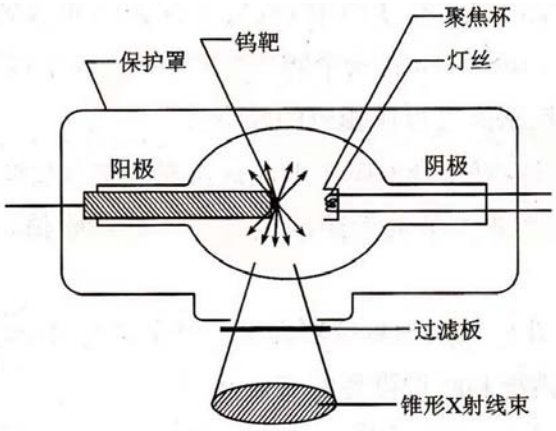


图 9-1 典型的 X 射线管结构图



图9-2　常见X射线探伤装置控制箱



图 9-3 常见 X 射线探伤机外观图及连接电缆

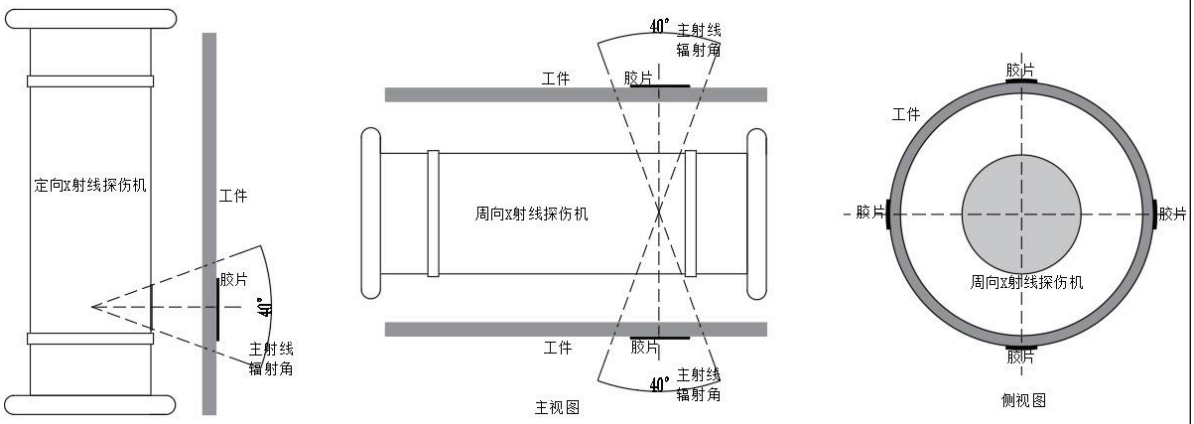


图 9-4 常见 X 射线探伤机照射工件示意图

2）γ射线探伤机：本项目移动γ射线探伤共计配备5台γ射线探伤机，其中3台^{192}Ir γ射线探伤机和2台^{75}Se γ射线探伤机。每台探伤机中有一枚密封型放射源，单枚放射源的活度最大不超过3.7×10^{12}Bq（100Ci）。γ射线探伤机属于高风险移动放射源，应配置移动定位器，确保其基本信息、地理位置传输到监管部门信息平台。^{192}Ir γ射线探伤机一般探伤12~70mm厚的钢工件，^{75}Se γ射线探伤机一般探伤8-30mm厚的钢工件。

γ射线探伤机由探伤机机体、控制部件、输源管、源辫位置指示系统及源辫等组成。探伤机机体用作放射源贮存和运输的屏蔽容器。其最外层为钢包壳，内部是一般为贫铀屏蔽层。探伤时将控制部件和输源管连接在探伤机机体上，然后摇动曲柄将放射源送至曝光位置，曝光后再摇动曲柄将放射源收回到探伤机机体内。γ射线探伤机结构见图 9-5、图 9-6，外观图见图 9-7。

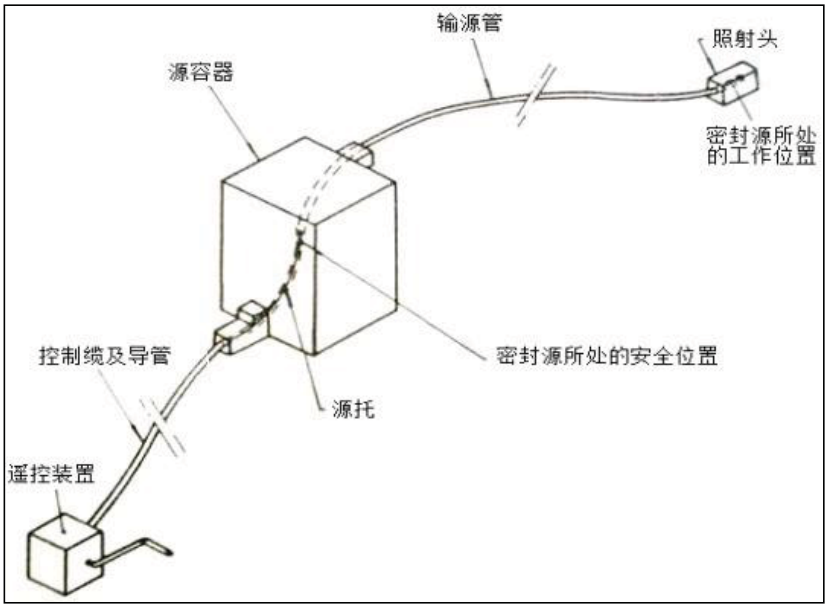


图 9-5 γ射线探伤机外部结构示意图

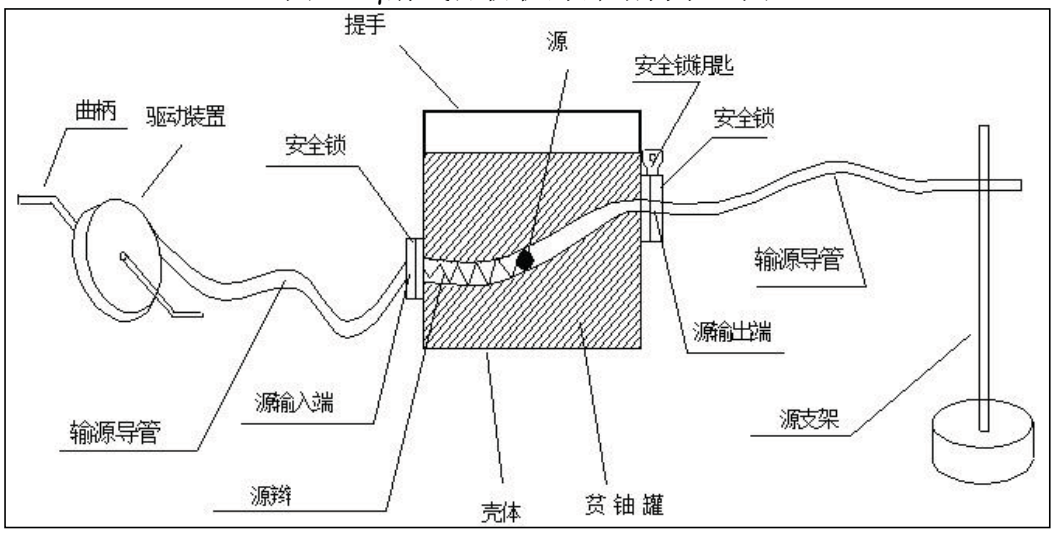


图9-6　γ射线探伤机内部构造示意



^{192}Ir γ射线探伤机



^{75}Se γ射线探伤机

图 9-7 常见γ射线探伤机外观图

①探伤机机体

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

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

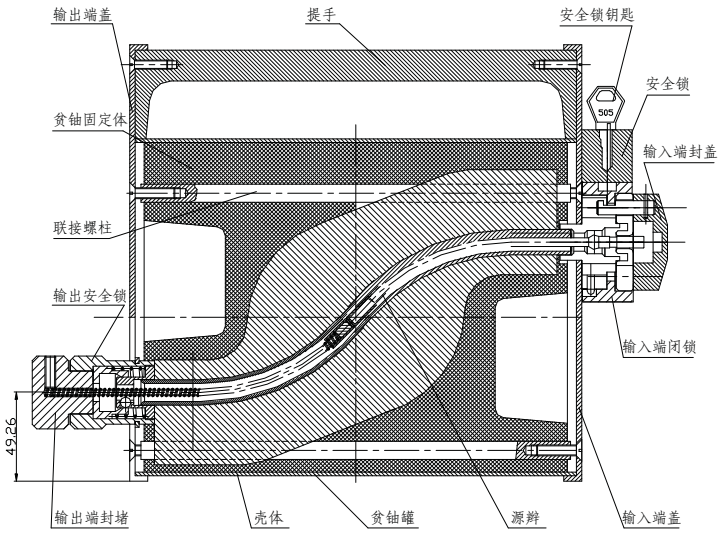


图 9-8 γ射线探伤机机体内部结构图

②控制部件

控制部件由手摇曲柄、两根长（10～15）m 的控制导管、驱动缆（软轴）和驱动齿轮等组成。手摇曲柄与驱齿轮组件的外伸轴相连，驱动控制缆上的阳接头用来与源辫的阴接头相连，控制部件的连接爪用来与机体的联锁装置连接。当摇动手柄曲柄即可送收回放射源。



图 9-9 探伤机控制部件

③探伤机输源管部件

输源管由直径相同的三根软管组成。其中一根为接长管、一根为快换管、一根为曝光管（在工作同时使用曝光管和快换管）。快换管一端压接快接头，用于与其探伤机机体的一端连接，另一端压接螺纹接头，用于与曝光管或接长管连接，曝光管一端压接照射头，用于防止放射源伸出输源管外，另一端压接螺纹接头，用于与接长管或快换管连接，接长管（加长管）两端都压有螺纹接头，用于连接曝光管和快换管。



图 9-10 探伤机输源管

④源辫位置指示系统

源辫位置指示系统与控制部件齿轮相连接，功能：1、用不同的灯光颜色分别显示源辫在源容器内或外，绿色灯光显示源在容器内，红色灯光显示源已容器外；2、用液晶数字显示源辫离开源器的距离，根据输源管与曝光头长度，源输送到曝光头位置开始拍片曝光，拍片照相完毕，源辫收回到容器内的数字显示为≤0；3、用语言提示源辫已离开源容器，当射源输出＞5cm 后，每 10 秒钟红灯闪烁，语言提示“正在拍片，当心射线”。



图 9-11 探伤机源辫位置指示系统

⑤源辫（随放射源一起）

探伤机使用的 ^{192}Ir 放射源半衰期为 74 天，^{75}Se 放射源半衰期为 120 天，经过几个半衰期后需要换源，生产厂家负责放射源的更换工作。放射源是装在源辫上（源辫是本机的关键部件），源辫的损坏将导致放射源报废，甚至整机全部报废，因此必须按正确的步骤操作，盖好保险盖，保护好源辫阴接头。

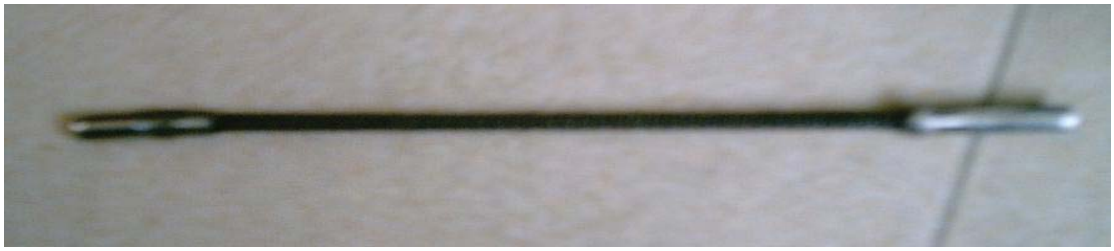


图 9-12 探伤机源辫部件

^{75}Se 及 ^{192}Ir 核素辐射特性见表 9-2，衰变纲图见图 9-13。

表 9-2　放射性核素特性

核素	放射源活度(Bq)	衰变类型	半衰期	主要γ射线		产生主要废物	周围剂量当量率常数（Γ）μSv •m²/（MBq•h）
				能量(MeV)	强度(%)		
^{75}Se	3.7×10^{12}	β$^+$、EC	120d	0.136	59	^{75}Se 废源	0.072
				0.265	59		
				0.401	12		
^{192}Ir	3.7×10^{12}	β$^-$、EC	74d	0.317	83	^{192}Ir 废源	0.17
				0.468	48		
				0.604	8		

注：周围剂量当量率常数取自《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.1

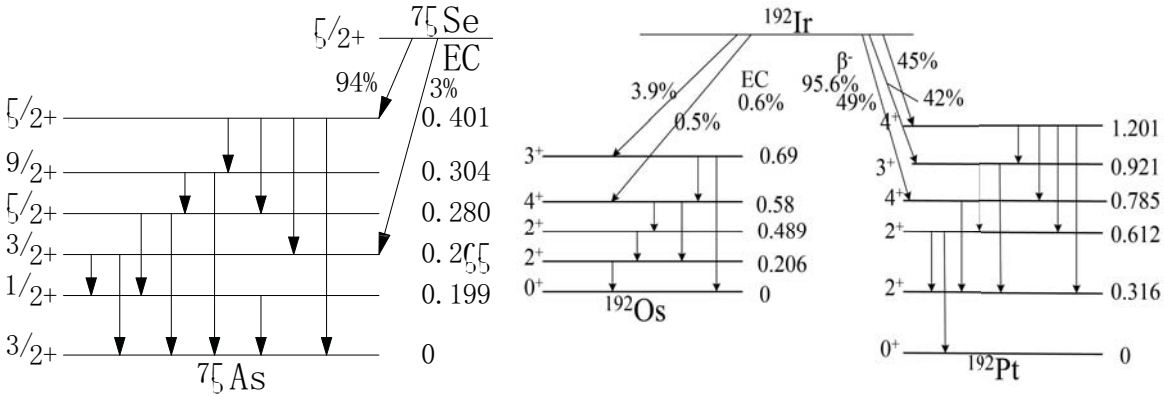


图 9-13 ^{75}Se 及 ^{192}Ir 衰变纲图

（2）RAPIXX 3NDT(wifi)平板探测器

本项目探伤使用 RAPIXX 3NDT（wifi）数字成像平板探测器进行拍片，不使用胶片进行拍片、洗片，不产生危废。

X 射线数字成像检测技术是指：使用探测器阵列将穿透工件的射线转换为离散模拟信号阵列，并随即将这些信号阵列数字化，再传输至电脑，形成和显示出与系统输入端射线能量的区域变化相对应的数字化影像的技术。

一种由射线接受/转换装置（平板探测器）和监视器来代替传统射线照相中的胶片得到射线图像的新型无损检测技术。使用射线接受/转换装置将不可见的 X、γ射线转换为数字或模拟信号，经过图像处理后显示在显示器上，显示的图像能提供有关材料内部缺陷性质、大小、位置等的信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，即可达到检测的目的。

表 9-3　RAPIXX 3NDT(wifi)平板探测器组成

序号	名称	规格型号	数量
1	平板探测器	RAPIXX 3NDT(wifi)含电源适配器	1 套
2	路由器	TP-Link（含电源适配器）	1 套
3	电脑工作站	HP ZBook Power G7 Mobile Workstation 型号惠普战 99 移动工作站（含电源适配器）	1 套
4	网线	100 米	1 根
5	图像采集、分析软件	布鲁泰克专用（含加密狗）	1 套
6	磁吸接头	一分二	1 个



图 9-14　RAPIXX 3NDT(wifi)平板探测器外观图

2.探伤机工作原理

2.1 X 射线探伤机工作原理

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

2.2 γ 射线探伤机工作原理

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

油、化工及机械制造等行业，既可以用于大的工件，又可以用于环形焊缝的周向曝光，而且还可以利用准直器进行单一方向的照射。

3.工作流程及产污环节

3.1 移动式 X 射线探伤工作流程及产污环节

本项目移动式 X 射线探伤工作流程如下：

1）发布 X 射线探伤通知，根据探伤工件选择合适探伤机，辐射工作人员将探伤设备放到指定的拍片位置，摆放好探伤机；

2）根据经验初步划定控制区和监督区边界，设置安全警戒措施；

3）对探伤现场进行清场，确信场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，连接好X射线探伤机控制部件；

4）辐射工作人员在操作台操作 X 射线探伤机进行试曝光，辐射工作人员携带辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行修定，重新确定控制区、监督区边界。部分 X 射线探伤机长时间未使用，需进行训机，训机过程也会产生 X 射线，使用辐射巡测仪检测划定控制区、监督区，防止人员误入；

5）辐射工作人员在工件后方摆放数字成像平板探测器，再次确认无人员停留后开始曝光检测，辐射工作人员远离探伤区域；或者辐射工作人员在工件上粘贴胶片，再次确认无人员停留后开始曝光检测，辐射工作人员远离探伤区域；

6）达到预定照射时间和曝光量后，探伤机关机，探伤人员携带个人剂量报警仪和巡测仪进入控制区，收回 X 射线机，曝光结束，探伤工作人员解除警戒并离场；

7）探伤结束，探伤工作人员在电脑内查看探伤影像，判断焊接质量、缺陷等。或者探伤工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

本项目移动式 X 射线探伤工作流程图如图 9-15 所示。

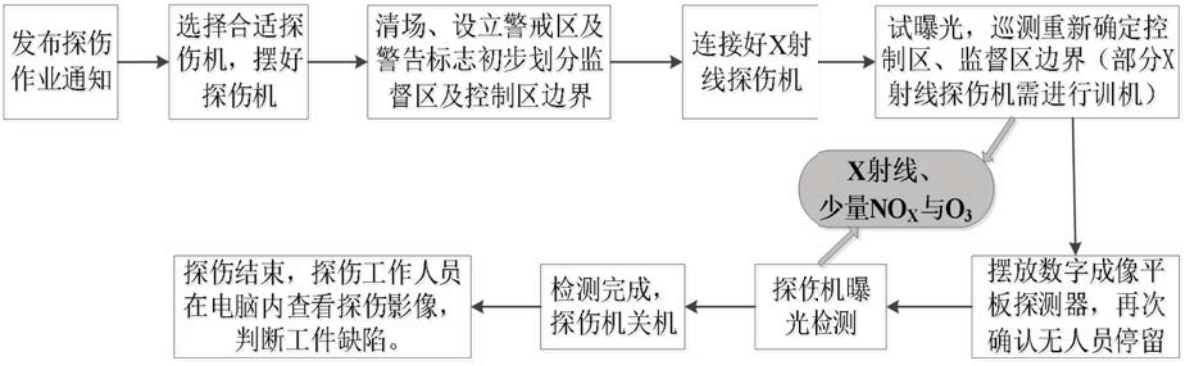


图 9-15 移动式 X 射线探伤工作流程及产污环节（使用数字成像平板探测器）

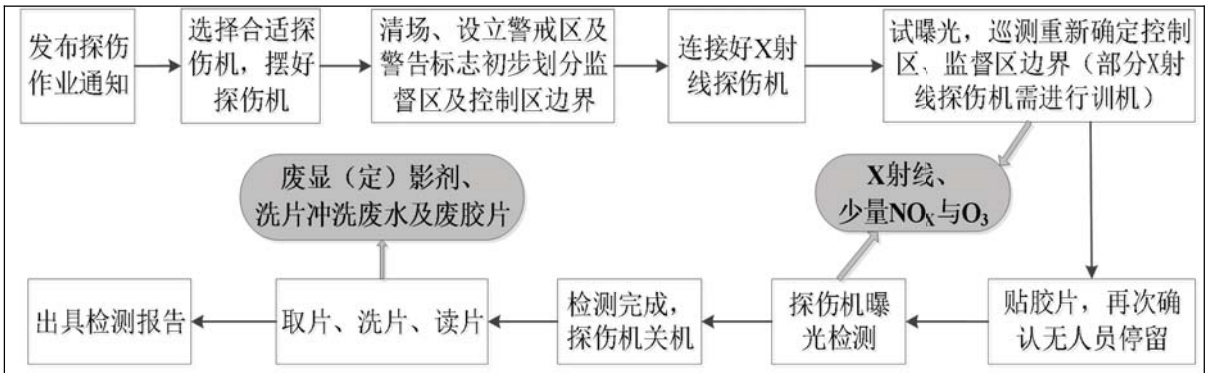


图 9-16 移动式 X 射线探伤工作流程及产污环节（使用胶片）

3.2 移动式γ射线探伤工作流程及产污环节

3.2.1 本项目源库管理工作流程如下：

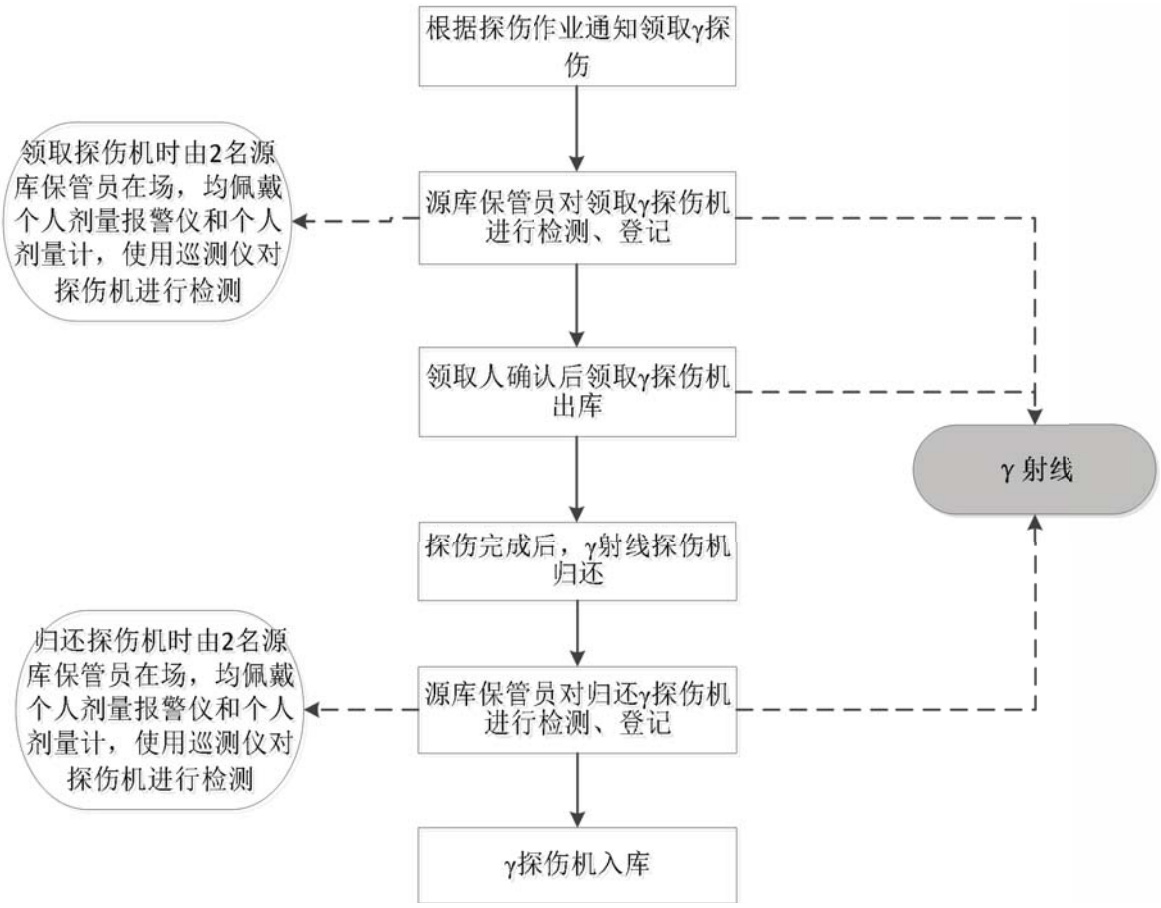


图 9-17 本项目放射源库运行流程图

移动式γ射线探伤前由探伤辐射工作人员领取 γ 射线探伤机，做好相关台账记录。出库前由源库保管员对γ射线探伤机表面进行辐射剂量监测，确定放射源在源容器中，并记录所测的辐射剂量，领取人确认后领取。探伤完成后，γ射线探伤机归还至放射源库，源库保管员对γ射线探伤机表面进行辐射剂量监测，确定放射源在源容器中，并记录所测的辐射剂量，γ射线探伤机入库。放射源源库运行的流程见下图。

3.2.2 本项目移动式γ射线探伤工作流程如下：

1）辐射工作人员在探伤工作前对探伤机进行检查，检查项目主要包括：

a) 检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常；

b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；

c) 确认放射源锁紧装置工作正常；

d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏，与控制导管是否有效连接；

e) 安全联锁是否工作正常；

f) 报警设备和警示灯运行是否正常；

g) 检查源容器和源传输导管是否连接牢固；

h) 检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；

i) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰；

j) 测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合要求，确认放射源处于屏蔽状态。

2）将探伤设备放到指定的拍片位置，根据现场具体情况，探伤作业人员根据理论计算结果并结合实践经验划定控制区与监督区范围。

3）辐射工作人员对探伤现场设置安全警戒措施，包括警戒灯、警戒线、电离辐射警告标志、警示标牌、声音提示装置等。现场配备应急工况下使用的长柄钳、铅防护服、铅眼镜、铅手套、铅屏风、保险柜等。对探伤现场进行清场，确信场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，连接好探伤机控制部件和输源管，开启探伤机闭锁装置。

4)探伤工作人员通过手动或电动出源装置驱动放射源至曝光位进行出源试曝光，辐射工作人员携带辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行修定，重新确定监督区边界。

5）辐射工作人员在工件后方摆放数字成像平板探测器，再次确认无人员停留后开始曝光检测，辐射工作人员远离探伤区域。

6）达到预定照射时间和曝光量后探伤人员携带个人剂量报警仪和辐射巡测仪进入出源装置控制器区域，将放射源收回探伤机贮源容器内，确认放射源回到贮源位后，曝光结束，探伤工作人员解除警戒并离场。

7）探伤结束，探伤工作人员在电脑内查看探伤影像，判断工件缺陷。

移动式γ射线探伤工作流程及产物环节图如图 9-18 所示。

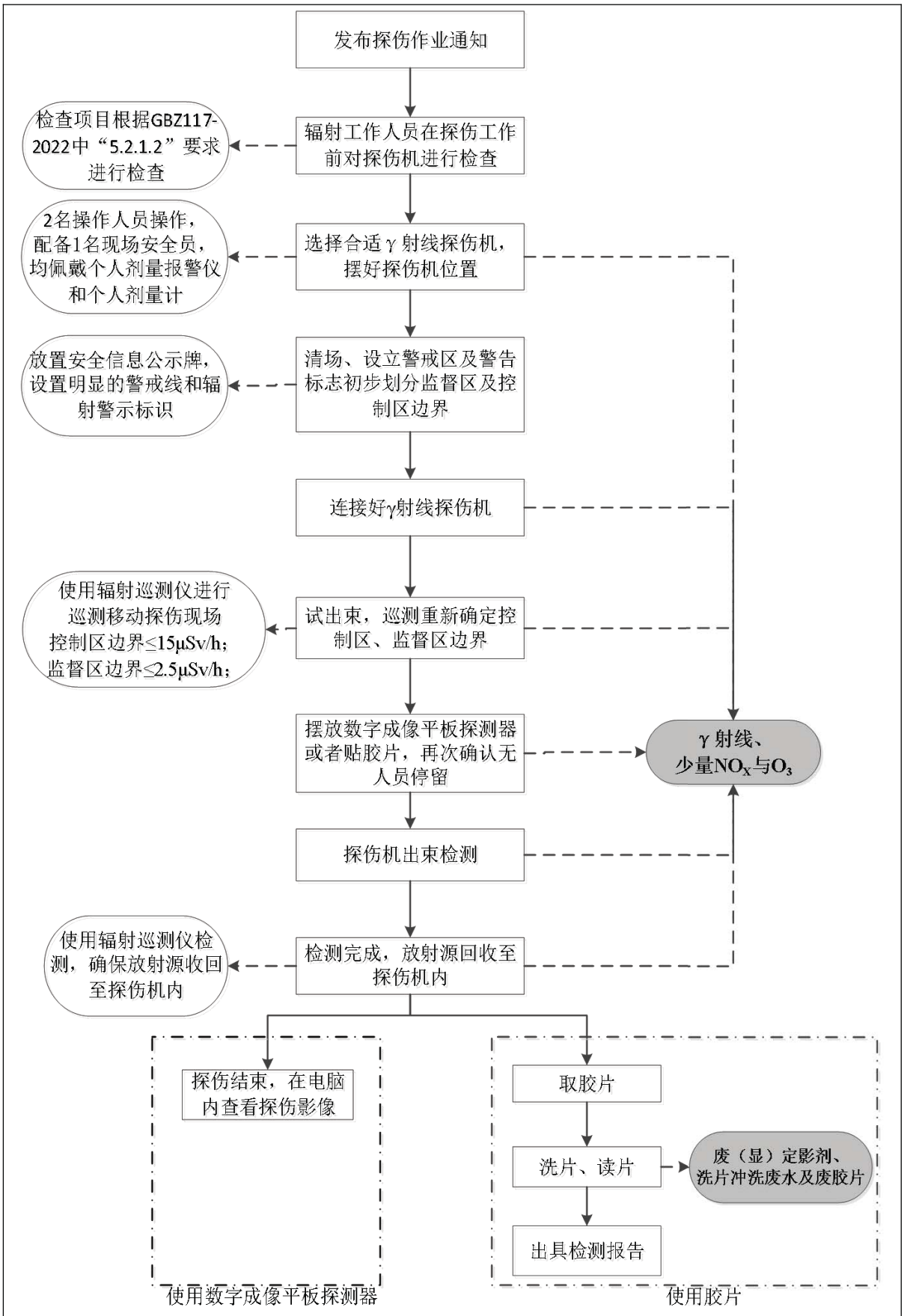


图9-18移动式γ射线探伤工作流程及产物环节图

4. 移动探伤工作量及曝光时间

工作制度：本项目移动探伤辐射工作人员施行探伤小组进行移动探伤作业，每年每名辐射工作人员开展 X 射线探伤时间最大为 80h，开展γ射线探伤时间最大为 80h。每次现场探伤时仅开启 1 台探伤机进行现场探伤。

人员配置：本项目共拟配备 10 名探伤工作人员、5 名现场安全员及 4 名源库保管员。本项目辐射工作人员，拟最多分 5 个探伤小组（每个小组配备 2 名探伤工作人员，1 名现场安全员），每个探伤小组根据探伤任务配备 1 台γ射线探伤机（将确保每个小组每台γ射线探伤机配备 2 名探伤工作人员）。

本项目源库共配备 4 名保管员，实行 3 班制，每天 3 人轮流值守，其中一人休班，放射源库确保 24h 有人值守。

5.工件信息及工作方式

本项目 X 射线探伤机主要用于探伤检测不同厚度的钢工件，工件钢厚度一般为 10mm~60mm，正常一次探伤时间约为 3 分钟，一般根据下图曝光曲线，根据工件探伤位置、形状、厚度等条件选择适合探伤机进行探伤。

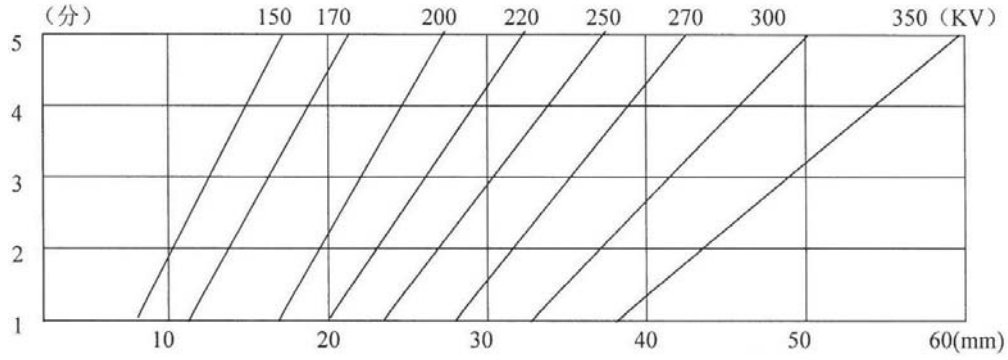


图9-19常见定向X射线探伤机曝光曲线图

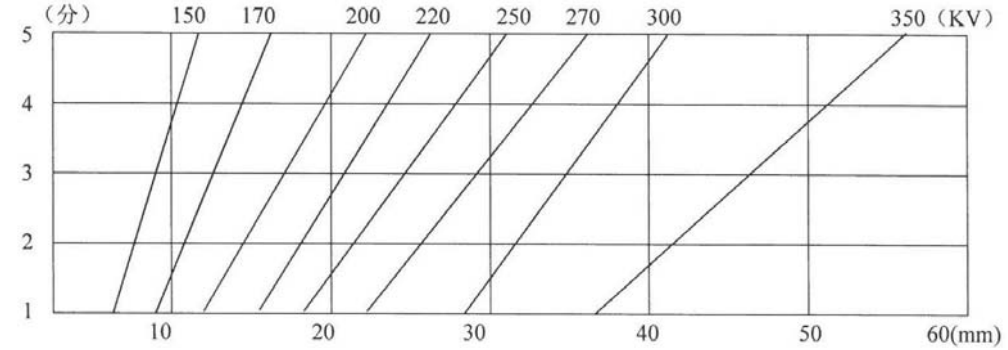


图 9-20 常见周向 X 射线探伤机曝光曲线图

^{192}Ir γ射线探伤机一般探伤 12~70mm 厚的钢工件，^{75}Se γ射线探伤机一般探伤 8-30mm 厚的钢工件。

污染源项描述

1.辐射污染源分析

污染源强：

（1）本项目配备 6 台 X 射线探伤机。X 射线探伤机有用线束输出量参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1 中数值，泄漏辐射输出量参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1 中数值。散射能量根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 中数值。

表9-4本项目X射线探伤机输出量参数

序号	射线装置	型号	有用线束辐射输出量 $mGy·m^2/（mA·min）$	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率（μSv/h）	散射能量（kV）
1	X 射线探伤机	XXG3505	22.2 300kV 与 400kV 输出量较大者内插求得	$5×10^3$	250
2	X 射线探伤机	XXG3005	20.9	$5×10^3$	200
3	X 射线探伤机	XXH3005	20.9	$5×10^3$	200
4	X 射线探伤机	XXG2505	16.5	$5×10^3$	200
5	X 射线探伤机	XXH2505	16.5	$5×10^3$	200

注：有用线束辐射输出量保守参考表 B.1 中的较大值。

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

（2）本项目配备 3 台 ^{192}Ir 源探伤机和 2 台 ^{75}Se 源探伤机，γ射线探伤机每台探伤机中有 1 枚密封型放射源，单枚放射源的活度最大不超过 $3.7×10^{12}Bq$（100Ci），属于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 P 类探伤机。源容器表面 5cm 处周围当量剂量率限值不超过 500μSv/h，1m 处不超过 20μSv/h。建设单位与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。每年退役约 6 枚 ^{192}Ir 放射源和 2 台 ^{75}Se 放射源，退役放射源活度约为 $3.7×10^{11}Bq$/枚（10Ci）。

γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限（10 年）进行退役，建设单位与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订废返回协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位或原出口方。

由γ射线探伤机工作原理可知，探伤机会一直发出γ射线，对工作人员和周围公众产生一定外照射，因此γ射线是γ射线探伤项目主要污染物。

2.非辐射污染源分析

（1）固废

本项目运营时会产生废显（定） 影剂、洗片冲洗废水和废胶片。废显（定） 影剂、洗片冲洗废水和废胶片均属于《国家危险废物名录》中危险废物，废物类别为 HW16，废物代码为 900-019-16。公司每月预计产生废显（定） 影剂 20kg，每年预计产生废显影液、定影液 240kg；每月预计产生洗片冲洗废水 60kg，每年预计产生洗片冲洗废水 720kg；每月预计产生废胶片 1kg，每年预计产生废胶片 12kg。

（2）废水

本项目不产生废水。

（3）废气

X、γ 射线探伤机在工作状态时，会使周围的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1.工作场所布局及分区

1.1 移动式 X 射线探伤项目工作场所布局及分区

苏州质联检测科技有限公司移动式X射线探伤项目根据现场具体情况，探伤作业人员根据理论计算结果并结合实践经验划定控制区与监督区，并利用辐射巡测仪进行检测修正：

使用 X 射线移动探伤时将周围当量剂量率大于 15μSv/h 的区域划定为控制区，在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”标牌，将周围当量剂量率大于 2.5μSv/h 的区域划为监督区，边界处设置电离辐射警告标志和场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、必要时派专人警戒。该布局满足《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）中关于辐射工作场所的分区要求。

1.2 移动式γ射线探伤项目工作场所布局及分区

苏州质联检测科技有限公司移动式γ射线探伤项目根据现场具体情况，探伤作业人员根据理论计算结果并结合实践经验划定控制区与监督区，并利用辐射巡测仪进行检测修正。

使用γ射线移动探伤时将周围当量剂量率大于15μSv/h的区域划定为控制区，在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”标牌，将周围当量剂量率大于2.5μSv/h的区域划为监督区，边界处设置电离辐射警告标志和场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、必要时派专人警戒。该布局满足《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）中关于辐射工作场所的分区要求。

1.3放射源库项目工作场所布局及分区

本项目将拟建放射源库内部作为控制区，将源库外储物室作为监督区。在铅防护门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明。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。两区划分示意情况见图 10-1。

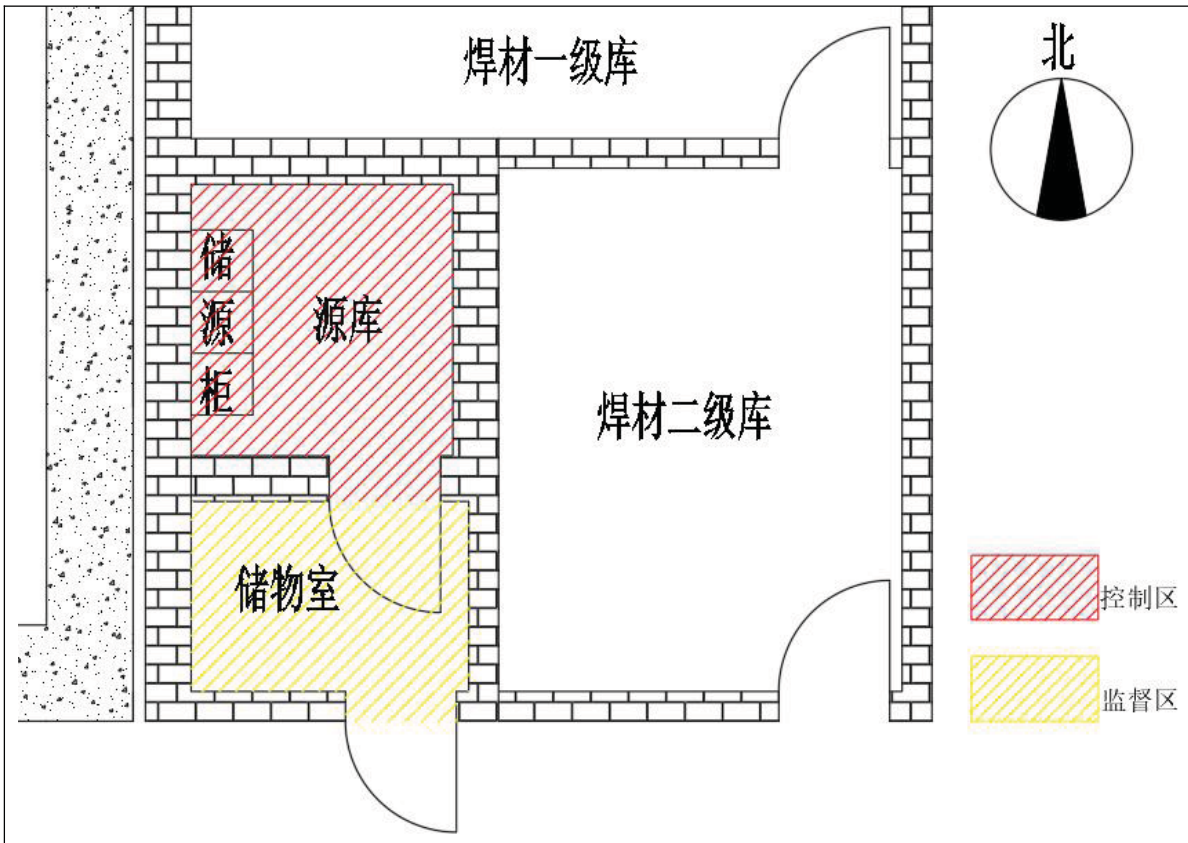


图 10-1 本项目放射源库两区划分示意图

2.源库辐射屏蔽设计

本项目放射源库西墙为700mm混凝土；东、南、北墙为370mm砖墙；顶部为200mm混凝土。源库内部长宽高为2.12m×2.1m×2.5m。源库设置10mm铅防护移门，设置双人双锁。源库设置铅储源柜用于贮存γ射线探伤机，共6个储源柜，每个储源柜单独放置1个γ射线探伤机。储源柜四周、底部及顶部均为12mm铅板。

表 10-1 本项目放射源库屏蔽设计参数

放射源库	西墙	东、南、北墙	屋顶	防护门	储源柜六面
设计参数	370mm砖墙+700mm混凝土	370mm砖墙	200mm混凝土	10mm铅	12mm铅板

3.辐射安全和防护措施

3.1 移动式X射线探伤项目辐射安全和防护措施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）标准要求，本项目移动X射线探伤项目拟落实以下辐射安全和防护措施要求。

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）	工作前检查	5.1.2 工作前检查项目应包括： a) 探伤机外观是否完好； b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损； c) 液体制冷设备是否有渗漏； d) 安全联锁是否正常工作； e) 报警设备和警示灯是否正常运行； f) 螺栓等连接件是否连接良好。 5.1.3 X射线探伤机的维护应符合下列要求： a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行； b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测； c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品； d) 应做好设备维护记录。	（1）人员在X射线探伤工作前对X射线探伤机进行检查，检查项目主要包括： a) 探伤机外观是否完好； b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损； c) 液体制冷设备是否有渗漏； d) 安全联锁是否正常工作； e) 报警设备和警示灯是否正常运行； f) 螺栓等连接件是否连接良好。 （2）建设单位定期对X射线探伤机的维护，主要包括： a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行； b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测； c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品； d) 应做好设备维护记录。 **每次维护人员应进行登记，登记内容包括探伤机编号、维护内容、维护人等信息。**	满足
	作业前准备	7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。 7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。	（1）在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。 （2）建设单位确保开展移动式探伤工作的每台探伤机配备两名辐射工作人员。	满足

		7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。	（3）移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。	
	分区设置	7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。 7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h的区域划为控制区。 7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。 7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。 7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。 7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式X-γ剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。 7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。 7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于2.5μSv/h的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。 7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。 7.2.10 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。	（1）X射线探伤工作尽可能地安排在傍晚或夜间工人完全离场的情况下进行，根据现场条件来划定防护距离，运用距离、时间及屏蔽物等防护原则进行防护。现场探伤根据现场情况划定并标志出控制区和监督区范围和边界。拟将周围当量剂量率大于15μSv/h的区域划定为控制区，在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”标牌。拟将周围当量剂量率大于2.5μSv/h的区域划为监督区，边界处设置电离辐射警告标志和场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、必要时派专人警戒；确保场内无其他人员后，通过辐射巡测仪对边界进行检测或修正，而后开始探伤。公司将为本项目配备辐射巡测仪和个人剂量报警仪。便携式X-γ剂量率仪定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。 （2）拟在进行X射线移动探伤过程中对控制区和监督区的管理和控制，若现场探伤环境不能满足监督区的防护距离时，辐射工作人员对γ射线探伤机附加一定的防护装置如集光筒、活动防护罩、防护挡板、限束板等防护措施，限制射线束中的无用射线，减小散射面积，减少散射量，屏蔽漏射线，降低探伤作业现场周围的辐射水平，缩小控制区和监督区的范围。	满足

	安全警示	7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。 7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。 7.3.3 X射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。 7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。	（1）建设单位应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。 （2）应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。 （3）X射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 （4）在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。 （5）应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。	满足
	边界巡查与检测	7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。 7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。 7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。 7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式X-γ剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式X-γ剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。 7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式X-γ剂量率仪，两者均应使用。	（1）开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。 （2）控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。 （3）在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。 （4）开始移动式探伤工作之前，应对便携式X-γ剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式X-γ剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。 （5）移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式X-γ剂量率仪，两者均应使用。	满足
	移动探伤的操作要求	7.5.1.1 周向式探伤机用于移动式探伤时，应将X射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。 7.5.1.2 应考虑控制器与X射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。	（1）周向式探伤机用于移动式探伤时，应将X射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。 （2）应考虑控制器与X射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。	满足

3.1 移动式γ射线探伤项目辐射安全和防护措施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《关于进一步加强γ射线移动探伤辐射安全管理的通知》（环办函【2014】1293号）及《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发［2007］8 号）标准要求，本项目移动γ射线探伤项目拟落实以下辐射安全和防护措施要求。

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	工作前检查	5.2.1.2 工作前检查项目主要包括： a) 检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常； b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤； c) 确认放射源锁紧装置工作正常； d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接； e) 安全联锁是否工作正常； f) 报警设备和警示灯运行是否正常； g) 检查源容器和源传输导管是否连接牢固； h) 检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结； i) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰； j) 测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合 5.2.1.1 的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。 5.2.2.1 应定期对γ射线探伤机中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修γ射线探伤机时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位人员不应单独对探伤机进行维修。 5.2.2.2 应经常对γ射线探伤机的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。	（1）人员在探伤工作前对探伤机进行检查，检查项目主要包括： a) 检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常； b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤； c) 确认放射源锁紧装置工作正常； d) 检查控制软轴末端是否磨损、损坏，与控制导管是否有效连接； e) 安全联锁是否工作正常； f) 报警设备和警示灯运行是否正常； g) 检查源容器和源传输导管是否连接牢固； h) 检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结； i) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰； j) 测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率应符合源容器外 5cm 处周围当量剂量率小于 0.5mSv/h，表面 1m 处周围当量剂量率小于 0.02mSv/h。的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。 （2）应定期对γ射线探伤机中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修γ射线探伤机时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位人员不应单独对探伤机进行维修。 （3）应经常对γ射线探伤机的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。 **每次维护人员应进行登记，登记内容包括探伤机编号、维护内容、维护人等信息。**	满足

	作业前准备	7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。 7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。 7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。	（1）在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。 （2）建设单位确保开展移动式探伤工作的每台探伤机配备两名辐射工作人员和一名安全员。 （3）移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。	满足
	分区设置	7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。 7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的区域划为控制区。 7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。 7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。 7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。 7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X-γ剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。 7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控	（1）γ射线探伤工作尽可能地安排在傍晚或夜间工人完全离场的情况下进行，根据现场条件来划定防护距离，运用距离、时间及屏蔽物等防护原则进行防护。现场探伤根据现场情况划定并标志出控制区和监督区范围和边界。拟将周围当量剂量率大于 15μSv/h 的区域划定为控制区，在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”标牌。拟将周围当量剂量率大于 2.5μSv/h 的区域划为监督区，边界处设置电离辐射警告标志和场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、必要时派专人警戒；确保场内无其他人员后，通过辐射巡测仪对边界进行检测或修正，而后开始探伤。公司将为本项目配备 7 台辐射巡测仪，21 台个人剂量报警仪。便携式 X-γ剂量率仪定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。 （2）拟在进行γ射线移动探伤过程中对控制区和监督区的管理和控制，若现场探伤环境不能满足监督区的防护距离时，辐射工作人员对γ射线探伤机附加一定的防护装置如集光筒、活动防护罩、防护挡板、限束板等防护措施，限制射线束中的无用射线，减小散射面积，减少散射量，屏蔽漏射线，降低探伤作业现场周围的辐射水平，缩小控制区和监督区的范围。	满足

		制区的边界。 7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。 7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。 7.2.10 探伤机控制台（γ射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。		
	安全警示	7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。 7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。 7.3.3 γ射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。 7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。	（1）建设单位应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。 （2）应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。 （3）γ射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 （4）在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。 （5）应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。	满足
	边界巡查与检测	7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。 7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。 7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。 7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。 7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ剂量率仪，两者均应使用。	（1）开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。 （2）控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。 （3）在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。 （4）开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。 （5）移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ剂量率仪，两者均应使用。	满足

	移动探伤的操作要求	7.5.2.1 应根据要进行射线探伤的物体的类型和尺寸，确定所使用的放射性核素。对于有多个γ射线源的使用单位，应使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。 7.5.2.2 探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态： a) 便携式X-γ剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪； b) 导向管，控制缆和遥控； c) 准直器和局部屏蔽； d) 现场屏蔽物； e) 警告提示和信号； f) 应急箱，包括放射源的远距离处理工具； g) 其他辅助设备，例如：夹钳和定位辅助设施。 7.5.2.3 探伤工作完成后，操作人员应使用便携式X-γ剂量率仪进行监测，以确保所有γ放射源均已完全退回源容器中，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。操作人员在离开现场之前，应进行目视检查，以确保设备没有损坏。应通过锁定曝光设备并将防护屏蔽放在适当位置来准备好运输设备。曝光装置和辅助设备应物理固定在车辆中，以免在运输过程中脱落（或掉落）、损坏。	（1）建设单位应根据要进行射线探伤的物体的类型和尺寸，确定所使用的放射性核素。对于有多个γ射线源的使用单位，应使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。 （2）探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态： a) 便携式X-γ剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪； b) 导向管，控制缆和遥控； c) 准直器和局部屏蔽； d) 现场屏蔽物； e) 警告提示和信号； f) 应急箱，包括放射源的远距离处理工具； （3）探伤工作完成后，操作人员应使用便携式X-γ剂量率仪进行监测，以确保所有γ放射源均已完全退回源容器中，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。操作人员在离开现场之前，应进行目视检查，以确保设备没有损坏。应通过锁定曝光设备并将防护屏蔽放在适当位置来准备好运输设备。曝光装置和辅助设备应物理固定在车辆中，以免在运输过程中脱落（或掉落）、损坏。	满足
《关于进一步加强γ射线移动探伤辐射安全管理的通知》（环办函	人员管理	建设单位应加强从业人员管理，按照法规要求做好人员培训工作，严禁无证人员操作探伤装置。	建设单位拟加强从业人员管理，按照法规要求做好人员培训工作，严禁无证人员操作探伤装置。	满足
	现场安全员	γ射线移动探伤作业时应配备现场安全员，主要负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作。现场安全员应接受与操作人员等同的辐射安全培训。	γ射线移动探伤作业时拟配备现场安全员，主要负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作。现场安全员拟与操作人员取得等同的辐射安全培训。	满足
	信息公示	γ射线移动探伤室外作业时（应急探伤作业除外），应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和环保部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。安全信息公示牌面积应不小于2平方米，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制作。安全信息公示牌应适应野外作业需要（具备防水、防风等抵御外界影响的能力），确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂	γ射线移动探伤室外作业时拟在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和环保部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。安全信息公示牌面积应不小于2平方米，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制作。安全信息公示牌拟设置适应野外作业需要（具备防水、防风等抵御外界影响的能力），确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。	满足

[2014]1293号）		改、污损。		
	辐射安全主体责任	建设单位应明确并牢记辐射安全主体责任，及时履行环保手续，加强企业自身的辐射安全管理，强化辐射工作人员的法律法规学习，培植单位的核安全文化，防止事故发生。	建设单位拟明确并牢记辐射安全主体责任，及时履行环保手续，加强企业自身的辐射安全管理，强化辐射工作人员的法律法规学习，培植单位的核安全文化，防止事故发生。	满足
《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发［2007］8号）	安全管理	（1）至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作。 （2）每台探伤装置须配备2名以上操作人员，操作人员应参加辐射安全与防护培训，并考核合格。 （3）必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。 （4）明确2名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作。放射源库设置红外和监视器等保安设施，源库门应为双人双锁。 探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管的，应利用保险柜现场保存，但须派专人24小时现场值班。保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志。 （5）更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级环境保护主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源。探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起20日内，分别将1份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级环境保护主管部门备案。 （6）探伤装置转移到外省、自治区、直辖市使用的，使用单位应当于活动实施前填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级环境保护主管部门备案，经备案后，到移出地省级环境保护主管部门备案。异地使用活动结束后，使用单位应在放射源转移出使用地后20日内，先后向使用地、移出地省级环境保护主管部门注销备案。	（1）拟设置1名专职人员负责辐射安全管理工作。 （2）每台探伤装置拟配备2名操作人员，操作人员拟参加辐射安全与防护培训，并考核合格。 （3）必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。 （4）拟设置4名源库保管员专职负责放射源库的保管工作。放射源库设置红外和监视器等保安设施，源库门拟设置双人双锁。探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管时利用保险柜现场保存，拟派专人24小时现场值班。保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志。 （5）更换放射源时，探伤装置使用单位向所在地省级环境保护主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源。探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起20日内，分别将1份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级环境保护主管部门备案。 （6）探伤装置转移到外省、自治区、直辖市使用的，使用单位于活动实施前填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级环境保护主管部门备案，经备案后，到移出地省级环境保护主管部门备案。异地使用活动结束后，使用单位应在放射源转移出使用地后20日内，先后向使用地、移出地省级环境保护主管部门注销备案。	满足
	探伤机要求	（1）从事移动探伤作业的，应拥有5台以上探伤装置。 （2）探伤装置的安全使用期限为10年，禁止使用超过10年的探伤装置。	（1）本项目拟配备5台γ射线探伤机。 （2）本项目探伤装置安全使用期限为10年，本单位禁止使用超过10年的探伤装置。	满足
	探伤机管理	（1）制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台帐和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有2人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。	（1）拟制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台帐和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有2人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。	满足

		（2）每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。 严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	（2）拟每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。 严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	
	现场探伤作业	（1）探伤作业时，至少有2名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。 （2）每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。 （3）探伤装置必须专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。 （4）室外作业时，应设定控制区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守，监测控制区的辐射剂量水平。 作业结束后，必须用辐射剂量监测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由检测人员在检查记录上签字，方能携带探伤装置离开现场。	（1）探伤作业时，2名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。 （2）每次探伤工作前，操作人员拟检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。 （3）探伤装置拟设置专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。 （4）室外作业时，拟设定控制区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守，监测控制区的辐射剂量水平。作业结束后，必须用辐射剂量监测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由检测人员在检查记录上签字，方能携带探伤装置离开现场。	满足
	事故应急	发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生健康主管部门报告。	发生或发现辐射事故后，当事人拟立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生健康主管部门报告。	满足

3.2 本项目放射源库及X射线探伤机储存库房辐射安全措施要求

本项目源库防护门拟采用双人双锁，源库共配备4名保管员，施行3班制，每天3人轮流值守，其中1人休班，确保24h有人值守。每日三班人员均保管1把钥匙，2人同时在场方能开锁进入源库。公司每日汇总次日探伤机领取、归还情况，两班人员交接2名保管员同时在场时领取、归还探伤机，特殊情况下一班人员提前到场领取、归还探伤机。源库安全措施按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求。

（1）放射源贮存设施应达到如下要求：

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

b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；

c) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于2.5μSv/h或者审管部门批准的控制水平；

d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；

e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

（2）建设单位应制定放射源领用及交还制度，建立领用台帐，明确放射源的流向，并有专人负责。

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

（4）本项目现场临时存储γ射线探伤设备设施采用的方式包括可上锁的房间、专用存储箱、存储坑、放射源现场保险柜，监控房间等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕，应进行巡测，确保存储安全。并安排人员24小时进行看管，发生异常报警人员应立即到场，查明原因，发生事故应立即报告。

（5）本项目放射源库仅用于本项目γ射线探伤机及放射源储存，放射源库内禁止从事倒源工作。

本项目X射线探伤机储存库房位于北侧办公楼一层中部公司租赁房间。储存库房东侧、西侧及上方均是办公楼空置房间。X射线探伤机储存库房门拟采用双人双锁，2名保管员各自保管1把钥匙，2人同时在场方能开锁进入X射线探伤机储存库房，门外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，并拟在X射线探伤机储存库房

内安装监控装置进行 24h 监控。X 射线探伤机出入库进行台账登记。

3.3 放射源运输辐射安全管理要求

苏州质联检测科技有限公司开展γ移动探伤项目涉及到放射源（包括含源装置）的运输，γ射线探伤机在厂外运输时，放射源运输均委托有放射源运输资质的单位负责，建设单位运输过程不需要派人押运，运输所需铅箱等防护设施均由运输单位配备负责。委托放射源运输时应检查运输单位车辆是否具有有效行驶证和营运证；驾驶人、押运人员是否具有有效资质证件；运输车辆、容器是否在检验合格有效期内；所装货物是否与货物运单载明的事项相一致。另外，需明确对装载查验情况进行记录，并做好签字交接，留档备查。公司应按《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《放射性物品运输安全管理条例》、《放射性物品运输安全许可管理办法》、《放射性物品道路运输管理规定》和《放射性物品安全运输规程》的相关要求严格执行，按此落实将符合环境保护管理要求。

根据《放射性物品运输安全管理条例》及《放射性物品运输安全许可管理办法》，有放射源运输资质单位对直接从事放射性物品运输的工作人员进行个人剂量监测，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。建设单位在与有资质单位签订运输合同前应核实其手续齐全，由承运人员监管其运输工作人员的个人剂量监测。

另外根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）5.2.4.3“在不涉及公用道路的厂区内移动时，应使用小型车辆或手推车，使含源装置处于人员监视之下。”。建设单位在探伤现场厂区内移动本项目γ射线探伤机时应使用小型车辆或手推车，并派辐射工作人员进行监视，确保放射源安全。

3.4 防护用品和监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的要求，企业配备的防护用品和检测仪器需满足探伤工作的要求，对从事放射源和射线装置有关的职业人员要求随身佩戴个人剂量计，以监督个人剂量的变化情况，控制受照剂量，保证职业人员的健康。根据法规要求，本项目拟为每个辐射工作人员配备个人剂量计。为本项目配备辐射巡测仪和个人剂量报警仪。根据现场探伤的特点和法规要求，配备警戒灯、警戒线、电离辐射警告标志、警示标牌、应急工况下使用的长柄钳、铅防护服、铅眼镜、铅手套、铅屏风、保险柜等。

表 10-2 移动探伤拟配备的防护用品和监测仪器一览表

用品/仪器名称	配备数量
辐射巡检仪	6 台（移动探伤现场 5 台、放射源库 1 台）
个人剂量报警仪	17 台，10 名探伤工作人员、5 名现场安全员、源库配备 2 台
个人剂量计	19 个，10 名探伤工作人员、5 名现场安全员、4 名源库保管员每人 1 个
警戒绳	5000m（每个移动探伤现场配 1000m）
警戒灯（工作状态指示灯）	20 个（每个移动探伤现场配备 4 个），能与探伤机联锁
电离辐射警告标志	20 个（每个移动探伤现场配备 4 个）
声音提示装置	5 个（每个移动探伤现场配 1 个）
“禁止进入射线工作区”警告牌	20 个（每个移动探伤现场配备 4 个）
“无关人员禁止入内”警告牌	20 个（每个移动探伤现场配备 4 个）
安全信息公示牌	5 个（每个移动探伤现场配 1 个），安全信息公示牌面积不小于 2 平方米，公示信息采取喷绘（印刷）方式进行制作。
放射源现场保险柜	5 个（每个移动γ探伤现场配 1 个）
长柄钳	6 个（每个移动γ探伤现场配 1 个、源库 1 个）
铅手套、铅眼镜、铅防护服	6 套（每个移动γ探伤现场配 1 个、源库 1 个）
放射源准直器	5 套（每台γ探伤机配 1 套），不低于 10mm 钨合金准直器
铅屏风	4 个 2mm 铅屏风，4 个 8mm 铅屏风。（正常不使用铅屏风，现场不满足探伤划区要求，使用铅屏风进行屏蔽。）

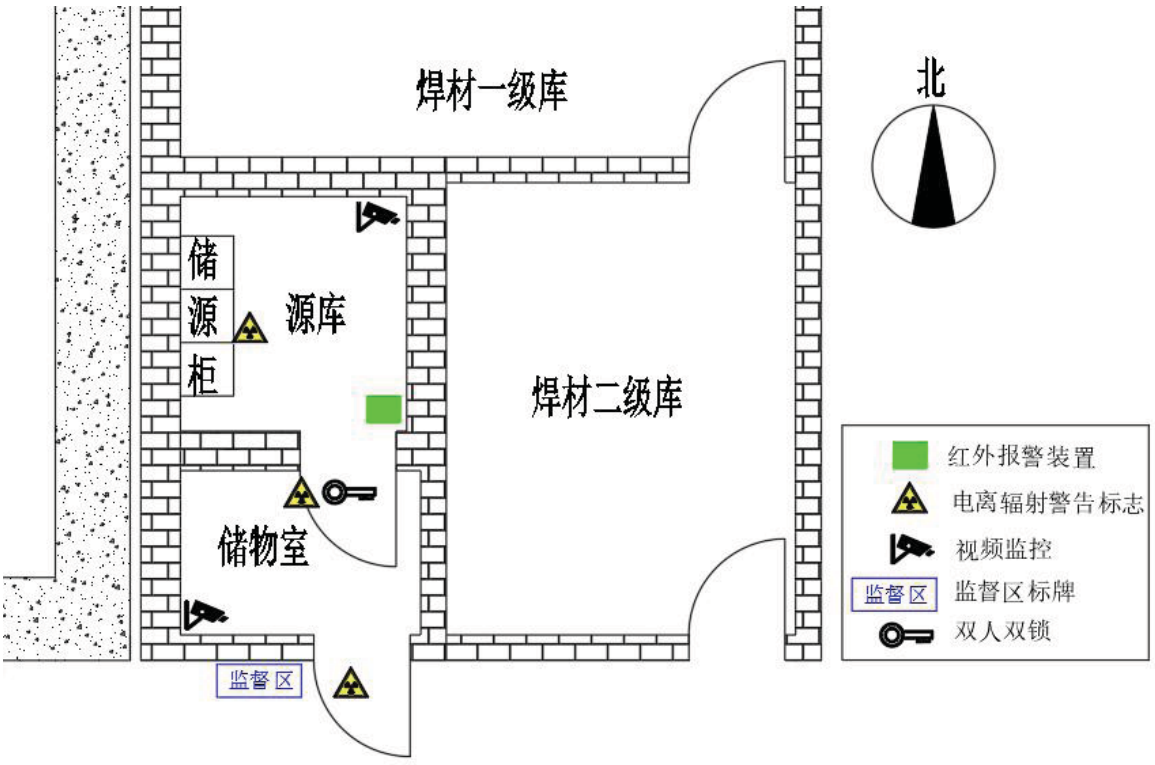


图10-2 本项目放射源库安全措施示意图

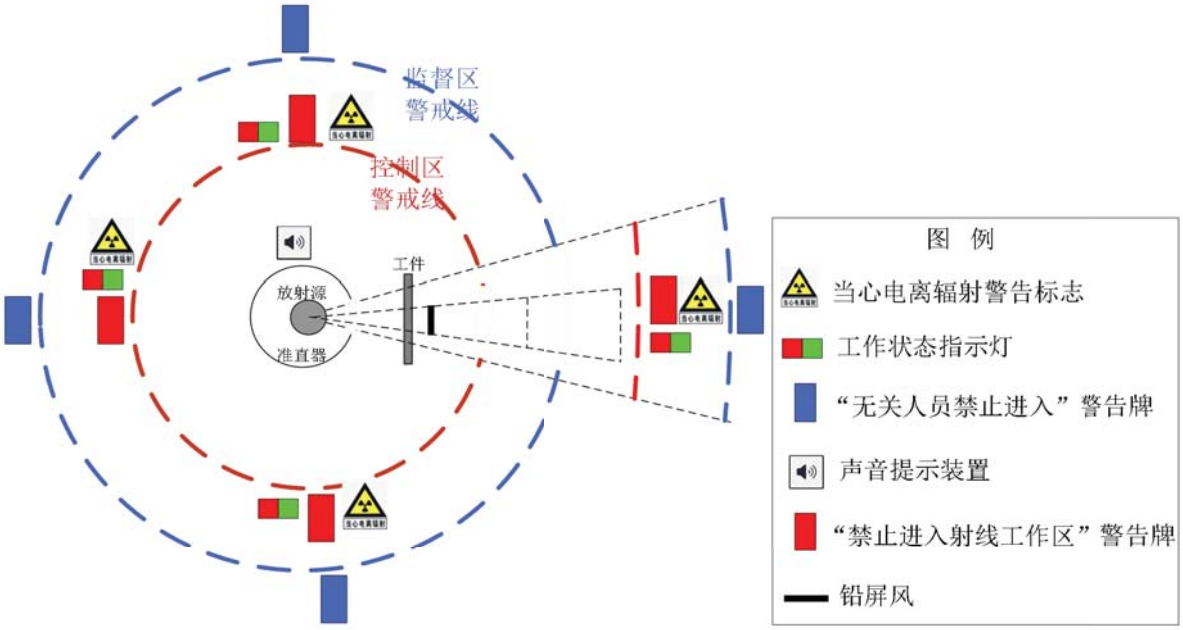


图 10-3 移动探伤现场辐射安全设施布置示意图

三废的治理

1. 固废

本项目每年产生约 2 枚 ^{75}Se 及 6 枚 ^{192}Ir 退役放射源。建设单位与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。

γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限（10 年）进行退役，建设单位与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订废返回协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位或原出口方。

本项目评片和洗片过程可能会产生废显（定） 影剂、洗片冲洗废水和废胶片。在产生废显（定） 影剂和洗片冲洗废水后立即用废液桶收集，并在每日洗片结束后运至厂区危废库中废显（定） 影剂和洗片冲洗废水存放区域；每日产生废胶片在工作结束后收集运至厂区危废库中废胶片存放区域；废显（定） 影剂、洗片冲洗废水和废胶片入库时在危险废物管理台账中如实记录。定期按照危险废物电子或者纸质转移联单由有资质单位转运。

危废依托公司危废库进行暂存（见附图 4）。危废库将按照《危险废物贮存污染控制标准 GB18597-2001》（2013 年修订）相关要求建设，能够做到“防雨淋、防渗漏、防流失”。危废库内设消防设施，防止出现火灾。危废库门上张贴环保标识牌，

明确危险废物种类，按照规定设置危险废物识别标志并进行分区管理。建设单位需制定危废库管理制度，危废库由专人管理，做好危险废物情况的记录，注明危险废物的名称、来源、数量、特性、入库日期、使用量等登记工作。

建设单位承诺与有资质单位签订危废废物收集处置协议书处理本项目危废。危废库内划定的废胶片及洗片废液存放区域要能够满足本项目废显（定） 影剂、洗片冲洗废水和废胶片存放。建设单位应定期按照危险废物电子或者纸质转移联单由有资质单位转运。

建设单位将按照《省生态环境厅关于做好江苏省危险废物全生命周期监控系统上线运行工作的通知》等管理规定，制定危险废物管理计划、建立危险废物管理台账，在全生命周期系统中实时申报危险废物的产生、贮存、转移等相关信息，在系统中打印的危废标志标识按规范要求张贴，实施对危险废物的规范化管理。

2. 废水

本项目不产生废水。

3. 废气

X、γ射线探伤机在工作状态时，会使周围的空气产生电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物直接进入大气中，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目移动 X、γ射线探伤现场没有土木工程，不存在建设期环境影响。

本项目需建设改造放射源库，简单施工，施工期环境影响较小。建设施工时对环境会产生如下影响：

噪声：本项目施工期噪声源主要为施工车辆，本项目施工期应采用低噪声机械设备，合理安排施工时间，场地施工车辆出入现场应低速、禁鸣等措施减小施工期噪声对周围环境的影响，施工期噪声标准执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的要求。

废水：本项目施工期间会产生有一定量的建筑废水，废水收集后经过污水处理设施处理，排放厂区污水管网。

固体废物：本项目施工期间会产生一定量的建筑垃圾，建筑垃圾按有关管理要求及时清运出场。

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

运行阶段对环境的影响

1. 移动 X 射线探伤现场辐射影响分析

该公司移动式 X 射线探伤项目探伤现场一般位于委托公司厂区内或野外工地现场，检测对象主要为锅炉、压力容器、压力管道及各种钢材等。主射线方向为有工件屏蔽，散射线、漏射线无工件屏蔽。采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）4.1 有用线束的公式（1）导出控制区、监督区的距离计算公式（2）。

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

$$\text{导出：}\quad R=\sqrt{\frac{I\cdot H_0\cdot B}{\dot{H}}} \qquad \text{……（公式 2）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；控制区取 15μSv/h，监督区取 2.5μSv/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)，取值参考表 9-4；

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）附录 B 表 B.2；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

（1）X 射线探伤机主射束方向的控制区、监督区距离理论估算

本项目移动 X 射线探伤假设探伤机满功率运转，将不同探伤机相关参数代入公式（2），可以估算出探伤过程中不同 X 射线探伤机主射线经工件及铅屏风屏蔽后的控制区和监督区范围见表 11-1。

表 11-1 主射线方向控制区和监督区距离估算

探伤机类别	XXG3505 型定向探伤机	XXG3005 型定向探伤机	XXH3005 型周向探伤机	XXG2505 型定向探伤机	XXH2505 型周向探伤机
工件厚度/等效铅厚度	60mm 钢 (5.0mmPb)	50mm 钢 (3.8mmPb)	42mm 钢 (3.2mmPb)	37mm 钢×2 (2.5mmPb)	33mm 钢 (2.3mmPb)
补偿屏蔽配备铅屏风	/	/	/	/	/
H_0 μSv·m²/(mA·h)	1.356×10^{6}	1.254×10^{9}	1.254×10^{9}	9.9×10^{5}	9.9×10^{5}
I（mA）	5	5	5	5	5
屏蔽透射因子 B	2.0×10^{-2}	2.0×10^{-2}	3.0×10^{-2}	2.0×10^{-2}	3.0×10^{-2}
控制区距离（m）	95	91	112	81	99
监督区距离（m）	233	224	274	199	244

*根据《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则 第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》(GBZ 41476.3-2022)表 4 中不同厚度铁在不同管电压下等效铅当量，250kV 管电压下 29mm 钢板约为 2mmPb；300kV 管电压下 26mm 钢板约为 2mmPb；350kV 管电压下 24mm 钢板约为 2mmPb。参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的图 B.1 取得透射比 B。

（2）非有用射束方向控制区、监督区距离理论估算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）漏射线及散射线计算公式（3）及公式（4）。

漏射线：$$\dot{H}=\frac{\dot{H}_L\cdot B_2}{R^2}$$ ……（公式 3）

散射线：$$\dot{H}=\frac{I\cdot H_0\cdot B_1}{R^2}\cdot\frac{F\cdot\alpha}{R_0^{\ 2}}$$ ……（公式 4）

考虑漏射线、散射线叠加剂量影响，根据公式（3）、公式（4）导出控制区、监

督区的距离计算公式（5）：

$$R=\sqrt{\frac{I\cdot H_0\cdot B_1\cdot\frac{F\cdot\alpha}{R_0^{\ 2}}+\dot{H}_L\cdot B_2}{\dot{H}}}$$ ……（公式 5）

式中：R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；控制区取 15μSv/h，监督区取 2.5μSv/h；

$\dot{H}_L$：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率，μSv/h，取值参考表 9-4；

B_1：散射线屏蔽透射因子；

I：X 射线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)，取值同上；

B_2：漏射线屏蔽透射因子；

$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^{\ 2}}$：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）B.4.2 取 0.02。

表 11-2 漏射线及散射线辐射控制区与监督区估算结果

探伤机类别	XXG3505 型定向探伤机	XXG3005 型定向探伤机	XXH3005 型周向探伤机	XXG2505 型定向探伤机	XXH2505 型周向探伤机
散射					
散射能量（kV）	250	200	200	200	200
H_0 μSv·m²/(mA·h)	1.356×10^6	1.254×10^9	1.254×10^9	9.9×10^5	9.9×10^5
I (mA)	5	5	5	5	5
$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^{\ 2}}$	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
屏蔽透射因子 B1	/	/	/	/	/
泄漏					
$\dot{H}_L$ μSv·m²/(mA·h)	5×10^3	5×10^3	5×10^3	5×10^3	5×10^3
屏蔽透射因子 B2	/	/	/	/	/
控制区距离（m）	97	93	93	83	83
监督区距离（m）	237	228	228	204	204

上述理论计算结果仅为本项目X射线探伤控制区和监督区划分提供参考。实际探伤过程中X射线探伤机管电压的降低、照射角度改变、被检测工件厚度的增加以及探伤现场遮蔽物都会使辐射剂量水平下降，从而缩小控制区和监督区范围。因此在实际探伤过程中探伤人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求，通过辐射巡测仪实测，将辐射剂量率在15μSv/h以上的范围划为控制区，将辐射剂量率在2.5μSv/h以上的范围划为监督区。公司进行移动探伤时应确保将监督区边界控制在委托单位许可的区域内，若委托单位许可的区域边界仍不能满足监督区划分要求时，现场应采取适当屏蔽措施或其他防护措施，如在探伤机周围放置厚钢板或铅屏风等，确保委托单位许可的区域边界辐射剂量率不大于2.5μSv/h要求。**若场地无法满足移动探伤划区要求，建设单位不得开展移动探伤作业。**

2. 移动γ射线探伤现场辐射影响分析

本项目理论计算分为γ射线移动现场探伤辐射影响分析和放射源库辐射影响分析两部分进行理论估算。

（1）周围当量剂量率计算公式

$$\dot{H}_0 = A \cdot \Gamma_k / R^2 \cdot B \quad \text{……（公式6）}$$

公式中：$\dot{H}_0$：在距离放射源r处的周围当量剂量率，控制区取15μSv/h，监督区取2.5μSv/h；

A：放射源活度，^{192}Ir和^{75}Se额定装源活度为3.7×10^{12}Bq

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

Γ（^{192}Ir）=0.17μSv•m^2/（MBq•h）

R：参考点离放射源的距离

B：屏蔽透射因子，$B=1/2^n$（n为半值层数）

（2）探伤过程中的控制区、监督区距离理论估算

本项目使用γ射线探伤机（^{192}Ir和^{75}Se探伤机），初始放射源活度均为3.7×10^{12}Bq。γ射线探伤机均计划配置准直器，准直器为厚度不低于10mm钨合金。照射方向可能被工件、铅屏风进行屏蔽。放射源γ射线经工件、铅屏风或准直器屏蔽衰减后，将减少辐射影响范围。根据公式（7）计算控制区和监督区范围。

$$R = \sqrt{\frac{A \cdot \Gamma_k \cdot B}{\dot{H}_0}} \quad \text{……（公式7）}$$

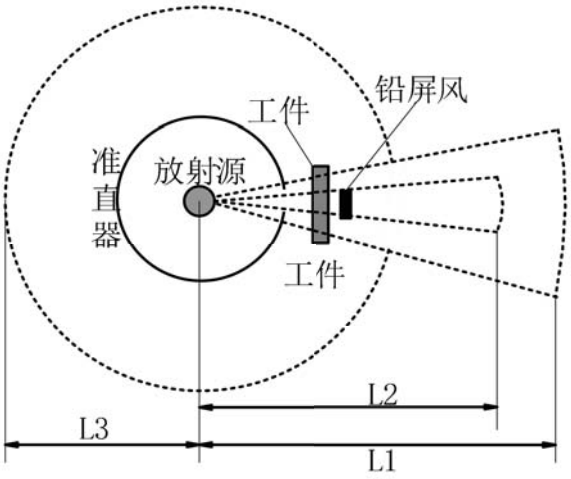


图 11-1 γ射线移动探伤现场划区示例图

表 11-3 ^{192}Ir γ射线探伤机探伤控制区和监督区估算结果

工件厚度 / 两 区	12mm 最小钢工件	12mm 最小钢工件 +8mm 铅屏风	10mm 钨合金准直器
/	L1	L2	L3
$A\cdot\Gamma_k$ μSv/h (1m 处)	[0.17μSv •m^2/（MBq•h）]*[3.7×10^{12}Bq]=6.29×10^{5}μSv/h		
$\dot{H}_0$	控制区取 15μSv/h，监督区取 2.5μSv/h。		
B	0.552	0.552×0.157	0.0625
控制区（m）	153	61	52
监督区（m）	373	148	126

注：^{192}Ir 对钢的半值层 HVL = 14mm，铅的半值层 HVL = 3mm，对钨的半值层 HVL = 2.5mm。

表 11-4 ^{75}Se γ射线探伤机探伤控制区和监督区估算结果

工件厚度 / 两 区	8mm 最小钢工件	8mm 最小钢工件 +2mm 铅屏风	10mm 钨合金准直器
/	L1	L2	L3
$A\cdot\Gamma_k$ μSv/h (1m 处)	[0.072μSv •m^2/（MBq•h）]*[3.7×10^{12}Bq]=2.664×10^5		
$\dot{H}_0$	控制区取 15μSv/h，监督区取 2.5μSv/h。		
B	0.54	0.54×0.25	0.063
控制区（m）	98	49	34
监督区（m）	240	120	82

注：^{75}Se 对钢的半值层 HVL = 9mm，铅的半值层 HVL =1mm，对钨的半值层保守参考 ^{192}Ir 半值层 HVL = 2.5mm。

上述理论计算结果仅为本项目γ射线探伤控制区和监督区划分提供参考。在实际探伤过程中，被检测工件的厚度、形状以及探伤现场地形及周围建筑物等的不同均对辐射场的辐射剂量水平分布有很大的影响，因此，在实际探伤过程中，工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求，将周围当量剂量率在15μSv/h以上的范围内划为控制区，控制区边界外周围当量剂量率在2.5μSv/h以上的范围内划为监督区，并通过实际巡测划定控制区和监督区的范围。在开机测试过程中，测试人员不可避免要受到一定的剂量照射，因此，测试人员应做好个人防护措施，尽可能避免或降低受照的剂量。

公司在进行γ射线探伤过程中应注意对控制区和监督区的管理和控制，若探伤现场不能满足监督区的防护距离时，应对γ射线探伤机附加一定的防护装置如铅屏风、集光筒、限束板等或采取其他防护措施，限制射线束中的无用射线，减小散射面积，减少散射量，屏蔽漏射线，降低探伤作业现场周围的辐射水平，缩小控制区和监督区的范围。**若场地无法满足移动探伤划区要求，建设单位不能开展移动探伤作业。**

3.放射源库辐射影响分析

（1）放射源屏蔽状态下辐射影响

当放射源处于探伤机源容器内时，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），P类探伤机源容器外5cm处周围当量剂量率$\dot{H}_0$≤0.5mSv/h，表面1m处周围当量剂量率$\dot{H}_0$≤0.02mSv/h。周围当量剂量率与距离平方成反比，可根据公式（1）计算得出距离探伤机不同位置处的辐射水平。

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

式中 $\dot{H}_1$：距放射源R处的周围当量剂量率，μSv/h

$\dot{H}_0$：距离放射源1.07m处的周围当量剂量率，20μSv/h

R_0：距离放射源距离，1.07m，源贮存位置至探伤机表面距离取7cm。

R_1：参考点距放射源的距离。

表11-1列出了距源容器不同距离处的周围当量剂量率的估算结果。

表11-5 距探伤机放射源不同距离处的辐射水平估算结果

距离放射源R_1（m）	0.37	0.57	**1.07**	2.07	3.07
周围当量剂量率（μSv/h）	167	70.5	**20**	5.3	2.4

注：源贮存位置至探伤机表面距离取7cm。

通过表 11-5 中数据可以看出，探伤机在移动或运输过程中，均会对工作人员产生一定的外照射，工作人员应控制与探伤机接触时间，注意与探伤机保持一定的距离，必要时应穿戴个人防护用品。

①放射源库容量分析

本项目放射源库西墙为 700mm 混凝土；东、南、北墙为 370mm 砖墙；顶部为 200mm 混凝土。源库内部长宽高为 2.12m×2.1m×2.5m。源库设置 10mm 铅防护移门，设置双人双锁。源库设置铅储源柜用于贮存γ射线探伤机，共 6 个储源柜，每个储源柜单独放置 1 个γ射线探伤机。能够满足公司配置的 5 台γ射线探伤机的贮存要求。

②探伤机贮存过程中对放射源库外辐射影响分析

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求，单台γ射线探伤机在额定装源活度时 1m 处的周围当量剂量率 $\dot{H}_0$ ≤0.02mSv/h。

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

式中 $\dot{H}$：参考点处的周围当量剂量率，μSv/h

$\dot{H}_0$：距离放射源 1m 处的周围当量剂量率，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），距离探伤机表面 1m 处剂量率不超过 20μSv/h。源贮存位置至探伤机表面距离取 7cm，求得距离放射源 1m 处的周围当量剂量率为 22.9μSv/h。

R：参考点距放射源的距离，m

B：屏蔽透射因子

表 11-6 储源柜内 2 台 ^{75}Se 探伤机对源库表面外 30cm 处辐射水平估算结果

参考点位置	2 台 ^{75}Se γ射线探伤机放射源库墙壁外表面 30cm					
	①西墙	②东墙	③北墙	④南墙	⑥顶部	⑤防护门
1m 处剂量率	22.9μSv/h×2					
屏蔽措施	700mm 混凝土	370mm 砖墙+12mm 铅			200mm 混凝土 +12mm 铅	10mm 铅 +12mm 铅
B	9.5×10^{-8}	7.2×10^{-7}			2.4×10^{-6}	2.4×10^{-7}
距离（m）	1.0	2.29	1.02	1.02	2.0	1.7
周围当量剂量率（μSv/h）	4.4×10^{-6}	6.3×10^{-6}	3.2×10^{-5}	3.2×10^{-5}	2.7×10^{-5}	3.8×10^{-6}

注：①根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.2 中 ^{75}Se 对铅的半值层 HVL = 1mm；对混凝土的半值层 HVL =30mm。

②普通砖密度 1.6g/cm^3，标准混凝土密度 2.35g/cm^3。根据密度比 370cm 砖等效 252cm 混凝土。

表 11-7 储源柜内 3 台 ^{192}Ir 探伤机对源库表面外 30cm 处辐射水平估算结果

参考点位置	3 台 ^{192}Ir γ射线探伤机放射源库墙壁外表面 30cm					
	①西墙	②东墙	③北墙	④南墙	⑥顶部	⑤防护门
1m 处剂量率	22.9μSv/h×3					
屏蔽措施	700mm 混凝土	370mm 砖墙+12mm 铅			200mm 混凝土 +12mm 铅	10mm 铅 +12mm 铅
B	6.1×10^{-5}	1.9×10^{-3}			3.9×10^{-3}	6.2×10^{-3}
距离（m）	1.0	2.29	1.02	1.02	2.0	1.7
周围当量剂量率（μSv/h）	4.2×10^{-3}	2.5×10^{-2}	0.13	0.13	6.7×10^{-2}	0.15

注：①根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.2 中 ^{192}Ir 对铅的半值层 HVL = 3mm，对混凝土的半值层 HVL =50mm。

②普通砖密度 1.6g/cm^3，标准混凝土密度 2.35g/cm^3。根据密度比 370cm 砖等效 252cm 混凝土。

从表 11-6、11-7 中估算结果可以看出，当该公司 5 枚γ射线探伤机（3 台 ^{192}Ir γ射线探伤机+2 台 ^{75}Se γ射线探伤机）全部在放射源库内贮存时，放射源库外表面 30cm 处最大辐射水平合计为 0.15μSv/h（防护门外），能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中放射源贮存库外周围当量剂量率小于 2.5μSv/h 的要求，该放射源源库防护设计方案能够满足γ射线探伤机贮存要求。

本项目源库顶部外 30cm 处辐射剂量率为 6.7×10^{-2}μSv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 6.7×10^{-2}μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中放射源贮存库辐射剂量率控制水平要求。

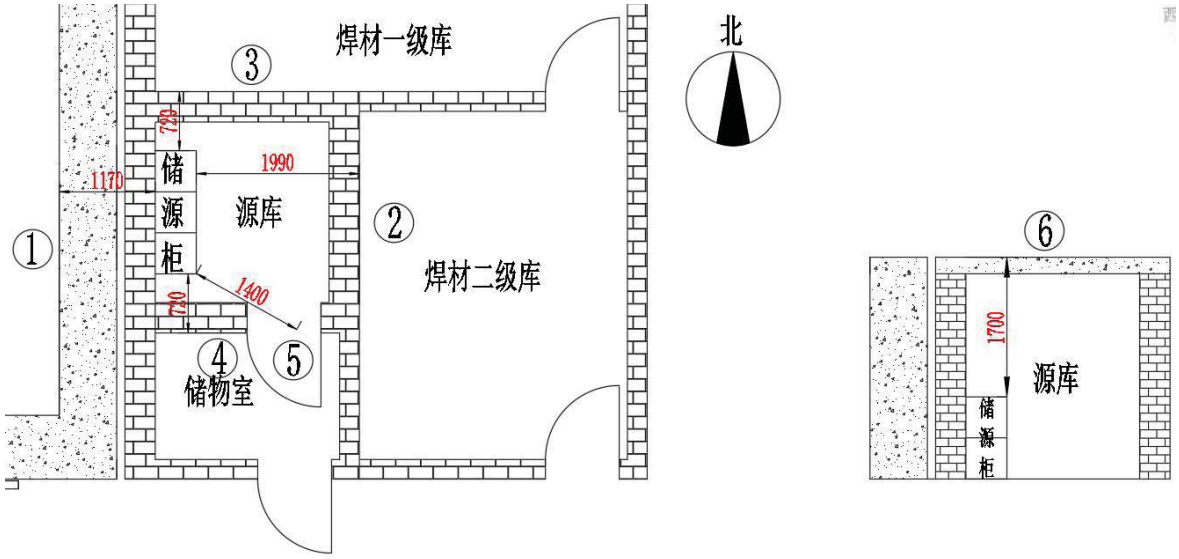


图 11-2 源库外辐射剂量率计算点位图

苏州质联检测科技有限公司γ射线探伤机放射源库应参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中放射源贮存库的相关要求设置双人双锁、设置红外和监视器等警报系统，源库外拟设置当心电离辐射警告标志。

γ射线探伤机最大特点就是它的轻巧和便利，作业的流动性很大，且野外作业居多，因而防止发生放射源遗弃、丢失和被盗是非常重要的。苏州质联检测科技有限公司在现场探伤作业完毕后，应仔细清点探伤机，并用检测仪器对探伤机进行检测确定放射收回探伤机源容器中，并及时将探伤机送回贮源库内；在野外探伤时，应利用保险柜保存探伤机并将保险柜放在有实体屏蔽的临时贮源库内，临时源库及保险柜表面明显位置设置电离辐射警告标志，临时源库储存有放射源时必须保证24h随时有人看守，防止发生放射源遗弃、丢失和被盗情况。

③探伤机贮存过程中对放射源库内辐射影响分析

探伤机贮存于放射源库内，源库保管员定期进入源库内进行检查，以及辐射工作人员会进入源库提取探伤机，会对进入源库内人员造成辐射影响，假设人员进入源库距离源柜0.5m。

表11-8 源库内距离源柜0.5m处辐射水平估算结果

参考点位置	2台 ^{75}Se γ射线探伤机	3台 ^{192}Ir γ射线探伤机
1m处剂量率（μSv/h）	22.9×2	22.9×3
屏蔽措施	12mm铅	12mm铅
B	2.44×10^{-4}	0.0625
距离（m）	0.5	0.5
距离源柜0.5m处辐射水平（μSv/h）	0.045	17.2
距离源柜0.5m处辐射水平（μSv/h）	17.3	

从表11-8中估算结果可以看出，当该公司5枚γ射线探伤机（3台 ^{192}Ir γ射线探伤机+2台 ^{75}Se γ射线探伤机）全部在放射源库内贮存时，源库内距离源柜0.5m处辐射剂量率为17.3μSv/h，会对人员产生一定的外照射，源库保管员检查及提取探伤机时应控制源库内停留时间，尽量减少在源库内停留。

4.人员年有效剂量评价

本项目人员辐射有效剂量估算分为探伤工作人员、源库保管员以及公众三部分进行评价。本项目人员具体受照情况如下图11-3所示。

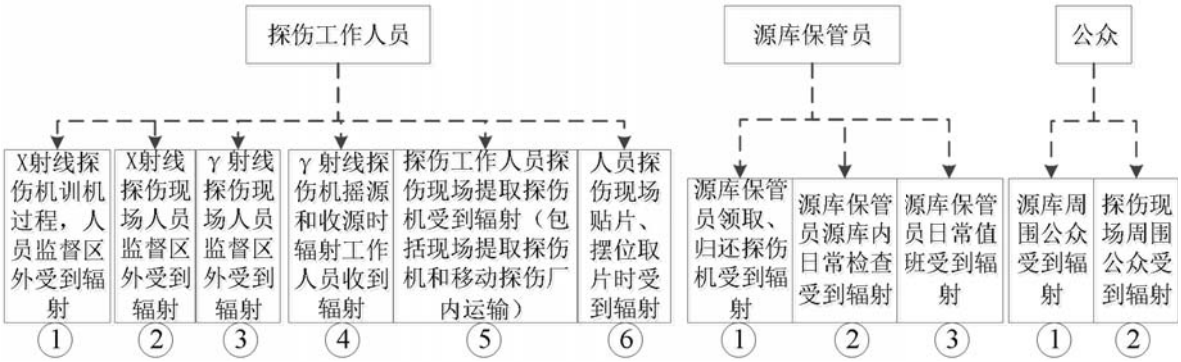


图 11-3 本项目人员具体受照情况

3.1 辐射工作人员年有效剂量估算

表 11-9 探伤工作人员年有效剂量估算

关注点	类别	关注点辐射剂量率	年有效时间	年有效受照剂量	合计
探伤工作人员	①	部分 X 射线探伤机长时间未使用，需进行训机，训机时 X 射线探伤机设置延时开机，人员退至监督区外，辐射剂量率不超过 2.5μSv/h。	部分 X 射线探伤机需进行训机，预估每名探伤工作人员每年训机时间约为 10h。	0.25mSv/a	3.25mSv/a
	②	探伤时 X 射线探伤机设置延时开机，人员退至监督区外，辐射剂量率不超过 2.5μSv/h。	每名探伤工作人员每年开展 X 射线探伤时间约为 80h。	0.2mSv/a	
	③	探伤时γ射线探伤机出源后人员退至监督区外，辐射剂量率不超过 2.5μSv/h。	每名探伤工作人员每年开展γ射线探伤时间约为 80h。	0.2mSv/a	
	④	γ射线探伤机摇源和收源时辐射工作人员距离输源管 15m，根据公式（6），求得 ^{192}Ir 出源时瞬间周围当量剂量率为 2.8mSv/h。（^{192}Ir 周围剂量当量率常数大于 ^{75}Se，放射源活度相同，^{192}Ir 放射源辐射影响较大，保守均按照 ^{192}Ir 计算）	每次摇源和收源放射源在输源管内时间约为 2s，4 次/d、100d/a 计算，共计 0.67h。	1.24mSv/a	
	⑤	距离探伤机约 0.3m。根据表 11-5，周围当量剂量率为 167μSv/h。（包括现场提取探伤机和移动探伤厂内运输）	探伤工作人员提取时间按 1min/次、4 次/d、100d/a 计算，共计 6.67h。	1.12mSv/a	
	⑥	距离探伤机约 3m。根据表 11-5，周围当量剂量率为 2.4μSv/h。	探伤工作人员贴片、工件摆位、取片的时间按 1h/d、100d/a 计算，共计 100h。	0.24mSv/a	

表 11-10 源库保管员年有效剂量估算

关注点	类别	关注点辐射剂量率	年有效时间	年有效受照剂量	合计
源库保管员	①	距离探伤机约 0.3m。根据表 11-5，周围当量剂量率为 167μSv/h	源库保管员提取时间按 1min/次、2 次/d、250d/a 计算，共计 8.33h。	1.39mSv/a	2.11mSv/a
	②	根据表 11-7，源库内辐射剂量率为 17.3μSv/h。	源库内停留时间按 5min/次、2 次/d、250d/a 计算，共计 41.67h。	0.72mSv/a	

	③	根据表 11-5，源库外最大辐射剂量率为 0.15μSv/h，值班室距离源库 25m，衰减后辐射剂量率为 6.1×10^{-4}μSv/h。	三班制每日值班 8 小时，年 250 天估算，共计 2000h。	1.2×10^{-3}mSv/a	

3.2 公众年有效剂量估算

①源库周围公众年有效剂量估算

根据 11-6、11-7 放射源库外表面外 30cm 辐射水平估算结果可以看出，本项目运行后，对周围环境影响相对较小。本项目保护目标剂量有效剂量估算见下表。

表 11-11 本项目保护目标年有效剂量估算结果

序号	关注点方位及最近距离	居留因子	源库表面外 30cm 处辐射剂量率（μSv/h）	关注点处辐射剂量率（μSv/h）	年有效受照剂量（mSv/a）	目标管理值(mSv/年)
1	焊材库 东、北侧、紧邻	1/4	0.15	0.15	7.50×10^{-2}	0.1（公众）
2	固定探伤房 西侧、30m	1	4.2×10^{-3}	4.20×10^{-3}	8.40×10^{-3}	
3	吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间 南侧、3m	1	0.15	1.96×10^{-2}	3.92×10^{-2}	
4	吴江华尔克斯机械设备有限公司办公楼 北侧、25m	1	0.13	5.27×10^{-4}	1.05×10^{-3}	
5	阿尔赛（苏州）无机材料有限公司生产车间 东侧、30m	1	0.15	4.31×10^{-4}	8.63×10^{-4}	
6	江淼公寓楼 西侧、8m	1	0.15	1.83×10^{-4}	1.60×10^{-3}	
	吴江华尔克斯机械设备有限公司厂区道路 东、北侧 5m	1/4	0.13	8.37×10^{-3}	4.18×10^{-3}	
	叶新路 北侧、45m	1/4	0.13	1.72×10^{-4}	3.45×10^{-4}	

注：①本项目源库周围公众以每日工作 8 小时，年工作 250 天估算；江淼公寓楼每日 24 小时，年 365 天估算。

②关注点辐射剂量率以源库四周最近距离无屏蔽保守进行估算，仅考虑距离衰减。

②探伤现场周围公众年有效剂量估算

本项目移动探伤现场在委托公司厂区内或在野外工地现场，工作场所不固定，周围公众不确定。周围公众按照γ射线移动探伤监督区边界 2.5μSv/h 剂量率估算，单个探伤现场时间保守取 2 小时，居留因子保守取 1，则公众年有效剂量最大为 0.005mSv。

综上，本项目辐射工作人员年有效剂量最大为 3.25mSv；周围公众年有效剂量最大为 7.50×10^{-2}mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

及本项目管理目标限值要求（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）。

4.探伤设施的退役

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

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

（2）掺入贫铀的探伤机屏蔽装置应与γ射线源一样，按照协议规定返回生产单位或原出口方。

（3）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。

（4）当所有辐射源从源库移走后，建设单位按监管机构要求办理相关手续。

（5）清除源库场所所有电离辐射警告标志和安全告知。

（6）对放射源库场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

事故影响分析

1．移动X射线探伤项目可能发生的辐射事故及预防措施

本项目可能发生的辐射事故：

1）X射线探伤前清场不完全或在探伤过程中，警戒工作未到位，致使公众误入探伤区域，使其受到超剂量的外照射；

2）探伤现场选择及现场控制区、监督区划分不合理，检测过程中未对两区边界辐射水平进行检测，对工作人员和现场周围公众造成照射；

3）探伤人员违反操作规程强行探伤，对工作人员和现场周围公众造成照射。

本项目针对上述可能发生的辐射事故提出预防措施：

1）发现人员勿入或未完全清场时应立即停止探伤机曝光，核算人员误照射剂量，并及时到专业医院就诊检查治疗。

2）建设单位制定各项管理制度并严格按要求执行，加强人员培训，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

3）移动X射线探伤前应确保完全清场下进行探伤作业，辐射工作人员使用辐射巡

检仪进行巡检，发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录。

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

5）辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

6）公司定期对探伤机进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前对探伤机进行检查，确保各项安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

二．移动γ射线探伤项目可能发生的辐射事故及预防措施

本项目为使用II类放射源，II类放射源为高危险源。没有防护情况下，接触这类源几小时至几天可致人死亡。**本项目可能发生的辐射事故：**

1）伽马射线探伤装置自身的问题：不合格的射线装置或与放射源活度不匹配的射线装置的γ射线泄露；

2）放射源管理方而的问题：不当的放射源贮存、出入库、台账、盘存制度，可能增加射线源的丢失或失控的风险；

3）伽马探伤装置或放射源运输中出现的问题：不恰当的放射源运输可能会造成射线源丢失或失控；

4）探伤过程中的操作问题：探伤过程中不恰当、不安全的操作，可能会造成射线源的意外失控或丢失，对辐射工作场所周围的工作人员及辐射工作场所外公众产生额外的γ射线外照射；

5）在正常的γ射线探伤时，会对辐射工作场所周围的工作人员及辐射工作场所外公众产生γ射线外照射：在γ射线探伤机运输过程中对运输人员产生γ射线外照射：放射源在暂存库中有小部分穿过放射源暂存库屏蔽体（包括铅板、屏蔽墙、项)泄漏到工作场所及周国环境中，对周国的工作人员和公众产生γ射线外照射等。

6）在现场探伤结束后未将放射源收回探伤机源容器即收工离开现场，对周围人员造成照射。

本项目针对上述可能发生的辐射事故提出预防措施：

1）由正规厂家购买合格探伤机，购买放射源不得超过批准活度。每月对γ射线探伤机进行检查、维护，每3个月对其性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。

2）建设单位制定各项管理制度并严格按要求执行，辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。同时加强放射源出入库管理，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

3）公司放射源运输委托有放射源运输资质的单位负责，委托放射源运输时应检查运输单位车辆是否具有有效行驶证和营运证；驾驶人、押运人员是否具有有效资质证件；运输车辆、容器是否在检验合格有效期内；所装货物是否与货物运单载明的事项相一致。另外，需明确对装载查验情况进行记录，并做好签字交接，留档备查。公司应按《放射性物品运输安全管理条例》、《放射性物品运输安全许可管理办法》、《放射性物品道路运输管理规定》和《放射性物质安全运输规程》等相关要求严格执行。

4）移动γ射线探伤前应确保完全清场下进行探伤作业，辐射工作人员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。对辐射工作人员造成意外照射，应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计，剂量超标则人员应及时调岗，并及时到专业医院就诊检查治疗。

5）探伤期间发现无关人员误入或未完全清场时应立即停止将放射源回收至γ射线探伤机内，核算人员误照射剂量，并及时到专业医院就诊检查治疗。

6）一旦发生辐射事故，公司应立即启动企业内部的事故应急方案，采取必要防范措施，并在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司积极配合生态环境部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

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条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置及放射源的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科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；辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核。

苏州质联检测科技有限公司拟成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责；本项目拟配备 10 名辐射工作人员（每台γ射线探伤机配备 2 名辐射工作人员）、5 名现场安全员及 4 名源库保管员。公司应在项目运行前组织所有人员通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台或者微信小程序”HJSLY”报名并参加定期组织的考核（网址：http://fushe.mee.gov.cn），本项目辐射工作人员报考类别为“伽马射线探伤”和“X 射线探伤”。必须通过考核后方能正式进行上岗作业。

辐射安全管理规章制度

苏州质联检测科技有限公司为首次开展移动式 X、γ射线探伤项目，公司目前还未制定相关辐射安全管理制度。公司应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》针对本项目制定一系列辐射安全管理制度，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。现本报告提出如下建议：

操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求，探伤作业时至少 2 名辐射工作人员同时在场，γ探伤作业还应配备 1 名现场安全员，辐射工作人员必须佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪，移动γ射线探伤在现场探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态。γ探伤工作前，辐射工作人员应检查γ探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能，性能完好方能使用。明确移动式 X、γ射线探伤控制区和监督区设置要求、方法。明确γ射线探伤装置每次领用、使用结束、归还和每次发生任何交接时均需对放射源是否在探伤机容器内使用γ辐射测量仪检测进行确认和记录，避免事故发生。

岗位职责：明确辐射管理机构及成员、专职辐射负责人、探伤工作人员、维修人员、安全员、源库专职管理员的岗位责任。明确专职辐射负责人负责辐射安全管理工

作，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。确保每台γ射线探伤机开展现场探伤工作时必须配备2名探伤操作人员和1名现场安全员。

辐射防护和安全保卫制度：明确进行γ射线移动探伤作业时配备现场安全员，负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作，在作业现场边界外公众可达地点按要求公示安全信息。明确含源γ探伤机的运输委托有放射性物质运输资质公司全权负责。明确4名工作人员专职负责放射源保管工作，放射源库门采用双人双锁，源库内安装红外报警和监控装置进行24h监控，放射源核实时有2人在场；γ探伤机在探伤现场时的保管落实到个人，γ探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管的，含源探伤机贮存在铅保险柜，保险柜贮存在现场源库内，源库粘贴电离辐射警示标识，24h专人看守。

设备维修维护制度：明确γ射线探伤装置安全使用期限为10年，使用达到使用年限之前及时报废。明确X、γ射线探伤装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保X、γ射线探伤装置、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。每月对γ探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对γ探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的γ探伤装置。

人员培训计划：制定人员培训计划，明确培训对象（辐射负责人、探伤工作人员、现场安全员均应参加培训）、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，严禁无证人员操作探伤装置。

监测方案：制订辐射工作人员、移动X、γ探伤现场和源库周围环境定期监测制度。按照有关标准、规范的要求定期对移动 X、γ探伤现场和源库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，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。对辐射工作人员定期组织个人剂量监测，建立个人剂量档案；发现个人剂量异常的，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。

台账管理制度：制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台帐和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，

做到账物相符，一一对应。核实时2人在场，核实记录妥善保存，并建立计算机管理档案。在领用γ探伤机时，使用γ辐射剂量仪进行监测，确认放射源在探伤机中；归还γ探伤机时，使用γ辐射剂量仪进行监测，确认放射源在其中，每次领用及归还均进行记录。

辐射事故应急方案：针对X、γ射线探伤机可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的要求，明确建立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。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并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的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

γ探伤装置跨区手续办理：公司将γ探伤装置转移到外省、自治区、直辖市使用前，填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级环境保护主管部门备案，经备案后，到移出地省级环境保护主管部门备案。异地使用活动结束后，公司应在放射源转移出使用地后20日内，先后向使用地、移出地省级环境保护主管部门注销备案。

放射源运输管理：制定放射源运输管理制度，内容要求包括，运输均委托有放射源运输资质的单位负责，委托放射源运输时应检查运输单位车辆是否具有有效行驶证和营运证；驾驶人、押运人员是否具有有效资质证件；运输车辆、容器是否在检验合格有效期内；所装货物是否与货物运单载明的事项相一致。另外，需明确对装载查验情况进行记录，并做好签字交接，留档备查。公司应按《放射性物品运输安全管理条例》、《放射性物品运输安全许可管理办法》、《放射性物品道路运输管理规定》和《放射性物品安全运输规程》的相关要求严格执行。

辐射监测

1. 监测方案

1）委托有资质单位定期对放射源库及移动探伤现场周围环境辐射剂量率进行监测，每年1次；

2）本项目探伤作业人员（包括维修人员）按照GBZ 128的相关要求进行外照射个人监测。建设单位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；对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。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保护部门、卫生健康部门调查处理。

3）建设单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。每年对探伤机放射源传输管道进行放射性污染检验，检查放射源的密封性能。

4）定期利用辐射巡测仪定期对放射源库周围环境辐射剂量率进行自行监测，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

5）领用、交还γ射线探伤机时，进行辐射水平测量，确保放射源在探伤机内。

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》、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求，本项目建设单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器；公司拟配备6台辐射巡测仪，17台个人剂量报警仪，其所配备的监测仪器能满足国家相关法规的要求。

公司拟委托有资质的单位对本项目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，并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。

辐射事故应急

苏州质联检测科技有限公司首次开展移动式X、γ射线探伤项目，目前还未制定相关辐射安全管理制度。公司应针对X、γ射线探伤机可能产生的辐射事故情况制定辐射事故应急方案，依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的要求，明确建立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等措施。应急预案内容包括：

（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）应制定急演习计划，应定期进行辐射事件应急处理程序演练；

（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。

苏州质联检测科技有限公司应依据《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》（环保部令第18号）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，

发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》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。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

结论

1.实践正当性

苏州质联检测科技有限公司拟开展移动 X、γ射线探伤，使用 X、γ射线探伤机进行无损检测，检测产品质量。本项目将满足企业提升产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，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，其对受照个人和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.与产业政策的相符性

本项目使用 X、γ射线探伤机进行无损检测，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改），本项目不属于限制类、淘汰类。本项目的建设符合国家现行产业政策。

3.辐射安全与防护分析结论

2.1选址合理性

苏州质联检测科技有限公司租赁场地位于苏州市吴江区江陵街道叶锦路 88 号吴江华尔克斯机械设备有限公司北侧部分厂房及办公楼一层用于公司生产建设。华尔克斯机械设备有限公司东侧为苏州山技光电科技有限公司和苏州中润电子有限公司；南侧为叶锦路；西侧为苏州中连智能科技有限公司和江淼公寓楼（属于苏州丰川电子科技有限公司宿舍楼）；北侧为叶新路。

本项目源库位于吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间北侧固定探伤房东侧；源库东侧为焊材二级库及吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间；南侧为吴江华尔克斯机械设备有限公司生产车间；西侧为吴江华尔克斯机械设备有限公司固定探伤房；北侧为焊材一级库、厂区道路及办公楼。本项目周围环境保护目标主要为探伤辐射工作人员、探伤现场周围公众及放射源库周围公众。本项目放射源库选址基本合理。

2.2 分区及布局合理性

苏州质联检测科技有限公司在使用 X、γ射线移动探伤时将周围当量剂量率大于

15μSv/h的区域划定为控制区，在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”标牌。将周围当量剂量率大于2.5μSv/h的区域划为监督区，边界处设置电离辐射警告标志和场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、必要时派专人警戒。探伤期间通过辐射剂量巡测对边界进行检测或修正。该布局基本满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求，布局基本合理。

本项目将拟建放射源库内部作为控制区，将源库外储物室及值班室作为监督区。在铅防护门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明。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。

2.3.辐射安全措施

公司拟制定有X、γ射线探伤操作规程及X、γ射线移动探伤流程，探伤过程中应严格执行相应的规章制度，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故；γ射线探伤工作尽可能地安排在傍晚或夜间工人完全离场的情况下进行，根据现场条件来划定防护距离，运用距离、时间及屏蔽物等防护原则进行防护。现场探伤时，工作前先根据现场特点设置控制区和监督区，区界设警戒线、当心电离辐射警告标志、配备“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。开机后根据实测值按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）划定控制区和监督区边界。

本项目放射源库西墙为700mm混凝土；东、南、北墙为370mm砖墙；顶部为200mm混凝土。源库内部长宽高为2.12m×2.1m×2.5m。源库设置10mm铅防护移门，设置双人双锁。源库设置铅储源柜用于贮存γ射线探伤机，共6个储源柜，每个储源柜单独放置1个γ射线探伤机。储源柜四周及顶部均为12mm铅板。放射源库安装红外报警及监控探头，对放射源实行实时监控；放射源库拟实行双人双锁，并由4名工作人员专职负责放射源库的保管工作。

本项目X射线探伤机储存库房门拟采用双人双锁，2名保管员各自保管1把钥匙，2人同时在场方能开锁进入X射线探伤机储存库房，门外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，并拟在X射线探伤机储存库房内安装监控装置进行24h监控。X射线探伤机出入库进行台账登记。

2.4辐射安全管理

公司拟成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。同时在项目运行前，根据环评提出的制度要点，制定适合本单位的辐射安全管理制度。本项目探伤人员、源库保管员、现场安全员、辐射防护负责人将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，通过培训平台报名并参加考核，考核合格后上岗；辐射工作人员将开展职业健康监护和个人剂量监测，建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。公司将为本项目配备6台辐射巡测仪，17台个人剂量报警仪。

在落实本报告辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

3.环境影响分析结论

3.1辐射防护影响预测

本项目运行后，X、γ移动探伤现场控制区、监督区的划定满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求；放射源库能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于2.5μSv/h或者审管部门批准的水平”的要求。

3.2保护目标剂量

根据理论计算结果，本项目辐射工作人员及周围公众年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

4.三废处理处置

本项目γ移动探伤预计每年会产生 6 枚 ^{192}Ir 和 2 枚 ^{75}Se 退役放射源，建设单位与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。

γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限（10 年）进行退役，建设单位与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订废返回协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位或原出口方。

本项目探伤时产生的 X、γ射线可使空气电离从而产生的少量臭氧和氮氧化物，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

5.探伤设施的退役

本项目工业探伤设施不再使用，本项目源库及 X、γ射线探伤机应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）6.3 要求实施退役。

综上所述，苏州质联检测科技有限公司新建移动式X、γ射线探伤项目符合实践正当化原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目管理目标剂量限值要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议和承诺

1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，针对γ射线探伤项目可能出现的辐射事故，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）公司应定期或不定期对γ射线探伤机的各种管理、操作、保安措施落实情况进行检查，定期对γ射线探伤机进行检查，确保放射源安全。

3）在探伤机上附加一定的防护装置，如集光筒、厚钢板、活动防护罩等，用以限制射线中无用射线，缩小散射面积，减少散射线量，屏蔽漏射线，降低探伤作业周围的辐射水平。

4）根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评 [2017] 4 号，生态环境部办公厅 2017 年 11 月 22 日印发）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取得许可后 3 个月内进行竣工环保验收。

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

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预期投资（万元）
辐射安全管理	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》及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》成立安全管理机构。	/
	管理制度：制定操作规程、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。	满足辐射安全管理要求。	/
	辐射工作人员上岗前应通过辐射安全与防护知识考核。（每 5 年重新参加考核）	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》，辐射工作人员应持有培训合格证或考核合格证。	定期投入
	委托有资质单位对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。个人剂量档案终生保存）	根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）辐射工作人员正常开展个人剂量检测，个人剂量档案应终生保存。	每年投入
	职业健康体检：定期组织职业健康体检，并按相关要求建立职业健康监护档案。（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。）	根据《放射工作人员职业健康管理办法》建设单位应定期组织职业健康体检并建立辐射工作人员职业健康监护档案。	每年投入
辐射防护措施	探伤作业前，清理并确认现场控制区、监督区内无关人员全部撤离； 现场探伤时，通过辐射检测仪现场巡测，将被检物体周围的周围当量剂量率在 15μSv·h^{-1} 以上的范围内划为控制区，将周围当量剂量率在 2.5μSv·h^{-1} 以上的范围内划为监督区； 应根据现场实际情况在主射线、漏射线、散射线方向增加一定的防护装置如铅防护挡板等或采取其他防护措施，确保探伤现场边界满足监督区边界剂量率不大于 2.5μSv·h^{-1} 要求。 本项目放射源库西墙为 700mm 混凝土；东、南、北墙为 370mm 砖墙；顶部为 200mm 混凝土。源库内部长宽高为 2.12m×2.1m×2.5m。源库设置 10mm 铅防护移门，设置双人双锁。源库设置铅储源柜用于贮存γ射线探伤机，共 6 个储源柜，每个储源柜单独放置 1 个γ射线探伤机。储源柜四周及顶部均为 12mm 铅板。	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的管理要求。辐射工作人员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目剂量管理目标（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）。	10

辐射安全措施	X、γ射线探伤尽可能地安排在傍晚或夜间工人完全离场的情况下进行；配备符合GBZ117-2022 要求的控制区、监督区警戒绳、当心电离辐射警告标志、配备“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。控制区警告牌应写明“禁止进入射线工作区”，监督区警告牌应写明“无关人员禁止入内”。 源库安装红外报警及监控探头，对放射源实行实时监控；放射源库实行双人双锁，并由 4 名工作人员专职负责放射源库的保管工作。 本项目 X 射线探伤机储存库房门拟采用双人双锁，2 名保管员各自保管 1 把钥匙，2 人同时在场方能开锁进入 X 射线探伤机储存库房，门外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，并拟在 X 射线探伤机储存库房内安装监控装置进行 24h 监控。X 射线探伤机出入库进行台账登记。	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的管理要求设置控制区、监督区警戒绳、警示灯及警告牌等各项措施。放射源库安装红外报警及监控探头，对放射源实行实时监控；放射源库实行双人双锁。	3
	拟配置 6 台辐射巡测仪，17 台个人剂量报警仪。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》配备个人剂量测量报警、辐射监测，满足工作场所日常监测要求。	10
污染防治措施	废气：本项目探伤时产生的 X、γ射线可使空气电离从而产生的少量臭氧和氮氧化物，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。	臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。	20
	固废：（1）本项目 ^{75}Se 及 ^{192}Ir 放射源强度低于使用要求时，放射源退役。γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限（10 年）进行退役。 （2）本项目产生的废显（定）影剂，洗片冲洗废水及废胶片集中暂存后，交给有资质单位处理。	（1）建设单位与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置、放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置、放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。 （2）交由有资质单位处理。	

以上措施必须在项目运行前落实。