报告编号：QZHAHP-2026-018

核技术利用建设项目

甘肃同兴智能科技发展有限责任公司

移动X射线探伤应用项目

环境影响报告表

（报批稿）

甘肃同兴智能科技发展有限责任公司

二〇二六年七月

生态环境部监制

报告编号：QZHAHP-2026-018

核技术利用建设项目

甘肃同兴智能科技发展有限责任公司

移动X射线探伤应用项目

环境影响报告表

（报批稿）

建设单位名称：甘肃同兴智能科技发展有限责任公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：兰州市七里河区西津西路648号

邮政编码：730000　　联系人：陈辉

电子邮箱：/　　联系电话：18189596654

打印编号：1785380969000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	1xtw7f
建设项目名称	甘肃同兴智能科技发展有限责任公司移动X射线探伤应用项目
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）	甘肃同兴智能科技发展有限责任公司
统一社会信用代码	91620100720278430U
法定代表人（签章）	张旭
主要负责人（签字）	张旭
直接负责的主管人员（签字）	唐龙波
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	甘肃秦测核与辐射安全技术有限公司
统一社会信用代码	91620100MA74K47XJ
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
潘建强	2017035620352016620610000147	BH029718	

2.主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
潘建强	一~五章节	BH029718	
赵雨微	六~十四章节	BH044925	

目　录

表 1 项目基本情况 1
表 2 放射源 12
表 3 非密封放射性物质 12
表 4 射线装置 13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 14
表 6 评价依据 15
表 7 保护目标与评价标准 18
表 8 环境质量和辐射现状 21
表 9 项目工程分析与源项 22
表 10 辐射安全与防护 38
表 11 环境影响分析 50
表 12 辐射安全管理 63
表 13 结论与建议 74
表 14 审批 79

附件 1：委托书
附件 2：设备贮存间租赁合同
附件 3：设备说明书
附件 4：专家意见

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td>建设项目名称</td><td colspan="5">甘肃同兴智能科技发展有限责任公司移动 X 射线探伤应用项目</td></tr>
<tr><td>建设单位</td><td colspan="5">甘肃同兴智能科技发展有限责任公司</td></tr>
<tr><td>法定代表人</td><td>张旭</td><td>联系人</td><td>陈辉</td><td>联系电话</td><td>18189596654</td></tr>
<tr><td>注册地址</td><td colspan="5">兰州市张苏滩 575 号</td></tr>
<tr><td>项目建设地点</td><td colspan="5">本项目移动 X 射线探伤装置拟存放于建设单位设在兰州市七里河区龚家湾街道民乐路 161 号文化站仓库区内 9 号库的专用设备贮存室。该库房周边均为库房，无常住人口，仓库区域实行封闭式管理，设有大门及 24 小时门卫值守。项目主要应用于甘肃省内架空输电线路的现场探伤作业，属于移动式作业，无固定作业场地。</td></tr>
<tr><td>立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td>建设项目总投资（万元）</td><td>42.35</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>8.67</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>20.5%</td></tr>
<tr><td>项目性质</td><td colspan="3">☑新建 ☐改建 ☐扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="3">☐Ⅰ类 ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="3">☐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="3">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="3">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="3">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="3">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="3">☑Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="4">/</td></tr>
</table>

1.1 建设单位概况

甘肃同兴智能科技发展有限责任公司（以下简称“公司”）成立于 2001 年 8 月，注册资金 1 亿元，2023 年 10 月完成确权成为国网甘肃省电力公司全资子公司，2025 年 8 月起作为国网甘肃省电力公司二级单位独立运作。公司是甘肃省电网系统内唯一一家连续四届通过国家高新技术企业认证的企业，现有“5+1+10”组织架构，聚焦信息通信系统建设运维与运营、数字化软硬件研发制造、智能电网建设、新能源技术服务、科创成果转化等 8 大业务板块，并全面通过 ISO9001、

ISO14001 等全体系认证，拥有 CMMI5 级、CMA、CNAS 等 30 项核心资信，具备雄厚的技术实力和项目支撑能力。

为响应电力行业日益增长的 X 射线无损检测需求，保障电网设备安全运行，公司拟依托自身在智能电网技术服务领域的积淀，拓展移动式 X 射线探伤业务。本项目拟采用便携式 X 射线探伤装置，利用其射线强度高、穿透性强、设备轻便且辐射安全系数高等优点，以接受第三方委托的形式，对甘肃省内 110kV 及以上架空输电线路耐张线夹等输变电设备压接部位开展现场探伤，旨在及时发现压接不牢、裂纹等内部缺陷，有效防控电网运行风险。据此，公司计划购置 1 台 XRS-3 型移动式 X 射线探伤机（最大管电压 270kV，最大管电流 0.25mA），根据《射线装置分类》规定，该设备属Ⅱ类射线装置，本项目属移动式 X 射线探伤应用。

1.2 核技术应用项目的任务由来

输电线路耐张线夹是用于固定导线、承受导线张力，并将其挂接至耐张串组或杆塔的关键金具。在长期运行中，受材料疲劳、安装工艺及外部应力等因素影响，该部件可能出现内部裂纹、压接管弯曲、凹槽压接不到位等缺陷。通过X射线探伤技术，可实现对缺陷部位的无损检测与精准成像，直观识别内部结构异常，从而及时采取消缺措施，有效防范因线夹失效引发的掉线等安全事故。

架空导线及电缆是电网系统中极其重要的组成部分，其运行状态直接关系电网安全及社会供电稳定。受设计、制造、施工质量以及强风、高低温等自然环境因素影响，随着服役年限的增加，导线或电缆内部缺陷逐渐累积，引发严重事故、造成重大损失的风险持续上升。为适应电力设备检测需求，拓展公司技术服务能力，甘肃同兴智能科技发展有限责任公司拟开展移动式X射线探伤项目，主要针对110kV及以上架空输电线路耐张线夹进行野外现场缺陷检测。项目拟采用便携式脉冲X射线数字成像检测系统，相较于传统连续X射线源，该技术辐射量极低，具有无需现场外接电源、辐射防护简便、检测速度快、可带电作业、设备轻便、能适应高空及电缆沟等狭小空间检测环境等显著优势，适用于各电压等级架空输电线路及电缆沟的现场检修X射线可视化检测，可帮助技术人员准确定位缺陷部位，为检修决策提供直接依据，从而缩短停电时间，减少停电损失。

根据《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第 66 号），本项目使用的X射线探伤机属于II类射线装置（其他工业用

X射线探伤装置）。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目应编制环境影响报告表。受甘肃同兴智能科技发展有限责任公司委托（委托书见附件 1），甘肃秦洲核与辐射安全技术有限公司承担本项目的环境影响评价工作。

按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，建设单位应在项目建设完成并投入试运行前，向甘肃省生态环境厅申请辐射安全许可证。

1.3 项目建设概况

项目名称：甘肃同兴智能科技发展有限责任公司移动 X 射线探伤应用项目

建设单位：甘肃同兴智能科技发展有限责任公司

建设性质：新建

建设地点：本项目为移动式探伤，作业地点分布于甘肃省内委托方所属的电网高压输配电线路沿线，无固定作业场所。设备成像方式为 DR 数字成像，无洗片工序。

在无探伤任务期间，探伤装置及相关设备实行分开存放管理：探伤机主机、无人机及防护用品（铅防护服等）贮存于建设单位设在兰州市七里河区龚家湾街道民乐路 161 号文化站仓库区内 9 号库的专用设备贮存室中。该库房周边均为库房，无常住人口，仓库区域实行封闭式管理，设有大门及 24 小时门卫值守。贮存室仅用于设备集中存放，不涉及任何现场调试或探伤作业。为保障贮存安全，贮存场所拟更换防盗安全门、窗户安装防护栏，严格执行“双人双锁”存取制度，并实现视频监控全覆盖。探伤机电池单独存放于建设单位办公室（位于兰州市七里河区西津东路 648 号），由专人负责保管。出库执行任务时，须同时从仓库领取探伤机主机、无人机及防护用品，从办公室领取电池，确保设备成套同时领用，杜绝单独取用主机或电池的风险。

（1）建设内容

甘肃同兴智能科技发展有限责任公司拟购置 1 台XRS-3 型移动式X射线探伤机，用于架空输电线路耐张线夹压接质量的无损检测。建设单位在移动X射线探伤装置专用设备贮存室内不使用、不调试X射线设备，并对贮存场所实行双人双锁和视频监控全覆盖管理。本项目射线装置的基本情况见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置基本情况一览表

序号	射线装置型号	型号	数量	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	类别	工作场所名称	使用情况	活动种类	环评情况	备注
1	移动式探伤机	XRS-3	1	270	0.25	II	移动探伤现场（电网系统高压输配电线路）	拟购	使用	新建项目本次环评	定向

建设单位拟开展移动式 X 射线探伤项目，探伤对象为高压输配电线路耐张线夹。输电线路耐张线夹是指用于固定导线，以承受导线张力，并将导线挂至耐张串组或杆塔上的金具。耐张线夹内部可能存在裂纹、压接管弯曲、凹槽压接不到位等缺陷，通过 X 射线探伤能及时发现内部缺陷并采取消缺措施，避免掉线事故的发生。本项目主要针对 110kV 及以上电压等级架空输电线路耐张线夹（主要材料为钢材、铝材，厚度为 10mm~25mm）开展野外现场探伤检测，探伤时探伤机主射方向竖直向上（即朝向天空）。探伤作业一般在输电线路新建、改扩建及检修期间进行。

本项目采用数字射线照相技术，不产生显影、定影等废液或废胶片等危险固废。本项目建设组成及主要的环境问题情况见表 1-2。

表 1-2 本项目建设组成及主要的环境问题情况

	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	移动式 X 射线探伤机情况	建设单位拟使用 1 台 XRS-3 型移动式 X 射线探伤机，用于高压输配电线路耐张线夹的无损检测，为II类射线装置，采用数字射线照相技术，无洗片工序。	/	X 射线、臭氧
	探伤地点	本项目业务主要用于在野外对 110kV 及以上电压等级架空输电线路耐张线夹（主要材料为钢材、铝材，厚度为 10mm~25mm）开展探伤检测活动。探伤耐张线夹压接管时探伤机主射方向竖直向上（即朝向天空），探伤范围为甘肃省内移动探伤现场（电网系统高压输配电线路）。	/	
	设备存放	在无探伤任务期间，探伤机主机、无人机及防护用品（铅防护服等）贮存于建设单位设在兰州市七里河区龚家湾街道民乐路 161 号文化站仓库区内 9 号库的专用设备贮存室中。该库房周边均为库房，无常住人口，仓库区域实行封闭式管理，	施工噪声、废水及固体废物	

		设有大门及 24 小时门卫值守。贮存室仅用于设备存放，不进行任何射线装置的调试或使用。建设单位拟对贮存室采取以下安全措施：更换防盗安全门、窗户安装防护栏，实行双人双锁管理，安装高清视频监控并实现 24 小时全覆盖，确保设备在贮存期间的安全。探伤机电池单独存放于建设单位办公室（位于兰州市七里河区西津东路 648 号），由专人负责保管。出库执行任务时，须同时从仓库领取探伤机主机、无人机及防护用品，从办公室领取电池，确保设备成套同时领用，杜绝单独取用主机或电池的风险。		
	曝光时间	建设单位使用的移动式 X 射线探伤机具备开机自动训机功能。本项目正式开展后，根据市场业务预估，年最大检测工作量约为 2000 个工件。每个工件不超过 10 个点位。本次环评保守估算每个点位脉冲数 30 个（含试曝光 15 个），拟购探伤机每秒 15 个脉冲。全年累积曝光时长约 11.1h。	/	
环保工程	①无探伤任务时，本项目工作人员产生的生活垃圾依托建设单位已有垃圾收集设施进行收集，由环卫部门统一清运；有探伤任务时，依托项目现场周围已有垃圾收集设施进行收集或者将垃圾收集后带走进行妥善处理。 ②XRS-3 型移动式 X 射线探伤机采用实时成像检测技术，不使用显影液和定影液，无洗片过程，无废显、定影液产生；本项目工作人员产生少量生活污水依托建设单位所在办公处已有污水处理设施。		/	/
公用工程	依托探伤区域公共设施		/	生活污水、生活垃圾
办公及生活设施	依托办公、生活设施		/	生活污水、生活垃圾

（2）劳动定员及工作分配

①劳动定员

本项目共配备 5 名辐射工作人员，包括 1 名辐射安全专职管理人员和由 4 名探伤操作人员组成的 1 个探伤作业小组。上述人员均为新增，目前尚未参加辐射安全与防护培训。建设单位将组织相关人员参加生态环境部组织的“核技术利用辐射安全与防护培训平台”（http://fushe.mee.gov.cn）在线学习与考核。其中，探伤操作人员参加“X 射线探伤”类别考核，辐射安全专职管理人员参加“辐射安全

管理”类别考核。所有人员须取得相应合格成绩单后方可上岗。同时，公司将为其建立职业健康监护档案和个人剂量监测档案，并安排定期职业健康检查与个人剂量监测。

②工作分配

为系统推进和规范辐射安全管理工作，建设单位已成立辐射安全与防护管理领导小组，并组建专职管理团队与现场作业队伍。项目拟配备 1 名辐射安全专职管理人员，全面统筹辐射安全工作，具体负责专用设备贮存室内移动式 X 射线机的日常维护与管理、建立和完善射线装置台账、组织制定并监督执行辐射安全管理制度与操作规程、管理工作人员的个人剂量与职业健康监测档案、参与辐射应急准备与处置等工作，确保各项活动符合法规要求，并与内外部保持有效沟通，推动安全管理持续改进。现场作业配置 1 个探伤工作组，每组由 4 名辐射工作人员组成，具体分工如下：一名工作人员负责操控无人机，完成移动式 X 射线探伤机的搭载与安装；另一名工作人员操控专用监控无人机，对探伤作业区域及设备状态进行实时监视；第三名工作人员负责操作探伤设备，执行具体的射线检测与成像工作；第四名工作人员担任现场安全员，专职负责作业区域的巡查与警戒，通过便携式剂量率仪监测辐射水平，严格防止无关人员进入控制区域，并在发现任何安全隐患时有权立即要求停止作业，确保整个探伤过程安全受控。

本项目辐射工作人员均为新增辐射工作人员，建设单位可根据今后开展的项目和工作量等实际情况适当增加人员编制。本项目探伤操作人员上岗前均应进行 X 射线探伤核技术利用辐射安全与防护考核，并安排辐射管理人员参加辐射安全管理核技术利用辐射安全与防护考核，辐射工作人员持有相应考核合格成绩单后方可上岗，同时拟制定安全操作规程，并对工作人员进行内部培训，禁止未经过培训的工作人员操作移动式 X 射线探伤机。

1.4 项目选址合理性

本项目移动 X 射线探伤装置不使用时，拟存放于建设单位租赁的位于兰州市七里河区龚家湾街道民乐路 161 号文化站仓库区内 9 号库的专用设备贮存室。该库房由甘肃行诸商贸有限公司出租，建筑面积 30m²，用途为设备存储，租赁期限自 2026 年 7 月 30 日至 2027 年 7 月 29 日。地理位置见图 1-1。建设单位现场探伤无确定的作业地点。

本项目拟将 XRS-3 型移动式 X 射线探伤装置存放于上述地址，该选址的合理性主要体现在以下方面：

① 库房周边环境简单

拟选贮存室位于仓库区内，周边均为库房，主要存放食品、服饰、机械设备等普通货物。仓库区域内无常住人口，按照规定严禁人员居住，不存在学校、医院、集中居民区等环境敏感目标，环境功能单一，与贮存用途相容。

② 库区安防基础良好

仓库区域实行封闭式管理，设有大门及 24 小时门卫值守，外来人员及车辆进出受控，整体安防基础扎实。建设单位拟在此基础上进一步强化贮存室安全措施：对贮存室进行改造，将原有房门更换为防盗安全门，更换窗户并安装防护栏，对室内墙面进行粉饰，对库房顶部孔洞进行全面封堵，确保贮存室封闭、整洁、安全；实行“双人双锁”管理，钥匙由不同人员分别保管，确保仅当两人同时在场时方可开启存取；新增高清网络摄像头，对贮存室房门区域实施 24 小时不间断监控，视频信号接入监控平台统一管理；贮存室门口张贴醒目的电离辐射警告标志。探伤机主机、无人机及防护用品（铅防护服等）存放于贮存室内，探伤机电池单独存放于建设单位办公室（位于兰州市七里河区西津东路 648 号），由专人负责保管。出库执行任务时，须同时从仓库领取探伤机主机、无人机及防护用品，从办公室领取电池，确保设备成套同时领用，杜绝单独取用主机或电池的风险。库区门卫值守与贮存室专项安防措施形成双重防护，有效防范设备丢失、被盗及非受控使用风险。

③ 贮存期间无辐射影响

探伤装置在贮存室内仅作存放，不进行通电调试及出束操作，设备在断电状态下无 X 射线产生。因此，贮存期间不会对周边库房及人员造成电离辐射影响，无需划定辐射防护分区，不会对相邻库房内存放的食品、服饰等货物产生任何不良影响。

④ 管理责任明确

建设单位甘肃同兴智能科技发展有限责任公司为国网甘肃省电力公司全资子公司，已成立辐射安全与防护管理领导小组，配备专职管理人员，安排专人负责设备日常维护与管理，建立完善的射线装置台账制度，能够切实履行贮存场所的安全管理主体责任。建设单位已与库房产权方甘肃行诸商贸有限公司签订正式租赁

合同（租赁期限 2026 年 7 月 30 日至 2027 年 7 月 29 日），库房使用权合法合规。

综上，本项目探伤机贮存场所选址合理可行。

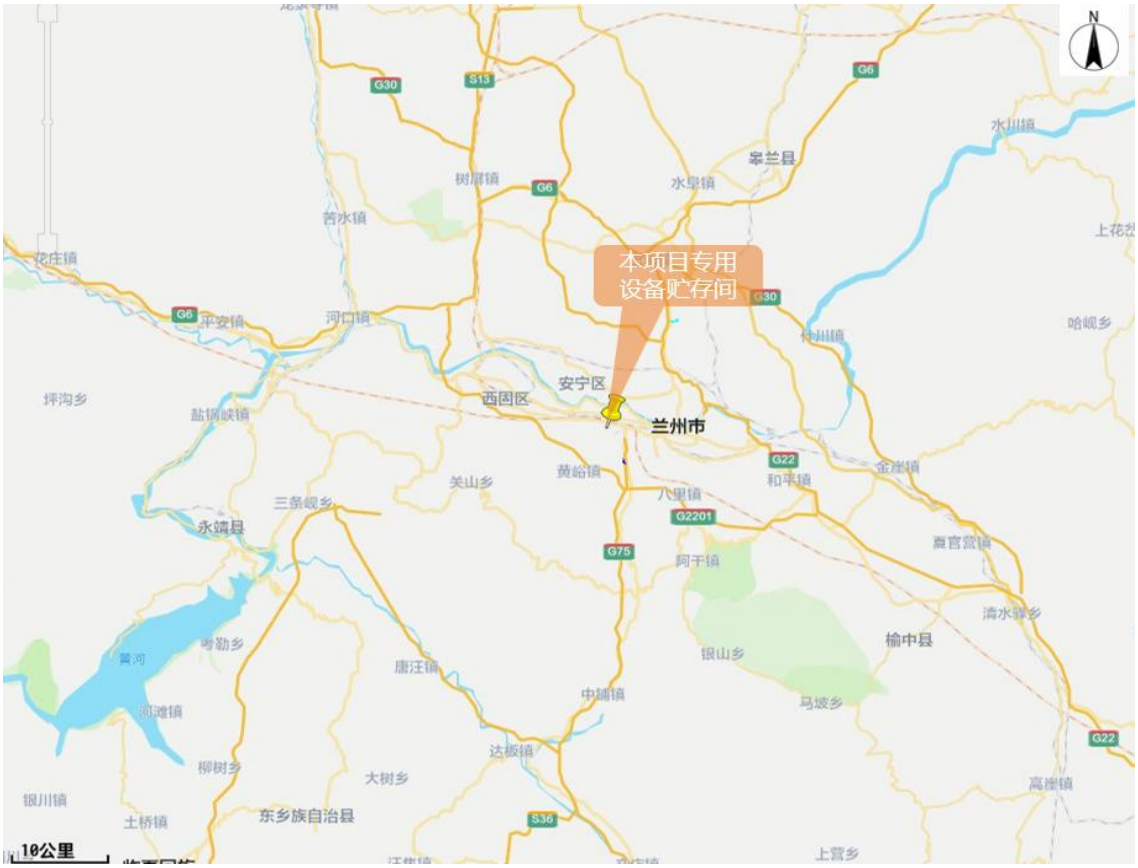


图 1-1 本项目地理位置示意图

图 1-2　射线探伤仪器室所在区域示意图

本项目野外（室外）探伤地点位于电网系统高压输配电线路沿线，属于移动探伤作业现场，作业地点不固定。为全面保障作业安全，在实施现场探伤前，必须确认目标线路处于不带电状态，并进行严格的工作环境综合评估。评估内容主要包括：工作地点的适宜性选择、安全警戒范围的科学设定、周边公众活动的详细调查、作业时间的合理安排以及现场安全负责人的明确确认。

（1）电力设施安全距离保障

根据《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010），110kV 线路在非居民区对地最小垂直距离不小于 6.0m，220kV 及以上电压等级线路控制更为严格。本项目探伤对象为 110kV 及以上架空输电线路耐张线夹，上述设计规范确保了探伤作业时设备与地面之间至少保持 6.0m 的垂直距离。依据辐射剂量率与距离平方成反比的原理，该距离为地面辐射安全提供了基础空间屏障。本次环评保守选取 6.0m 作为辐射分区计算高度，所得控制区及监督区范围在所有工况中为最大，能够充分涵盖极端风险情景。探伤作业时主射线方向竖直向上，操作人员在地面安全区域遥控作业，从空间上完全避开有用射线束覆盖范围。作业前须对控制区及监督区进行彻底清场，确保区域内无任何人员及动物滞留，现场安全员确认清场完毕后方可开展探伤作业。

（2）现场作业安全管理

针对作业监督区内可能存在的零散住户或流动人员，建设单位将采取主动式安全管理措施，包括但不限于：作业前清场、张贴作业公告、设置牢固的物理警戒线（如警戒带、围栏）与警示标识，并合理安排或调整作业时间（如避开人员活动高峰时段）。

辐射安全的核心在于严格执行辐射防护标准。本项目拟使用的 XRS-3 型探伤机为脉冲式 X 射线设备，其单次脉冲持续时间极短，常规辐射监测仪表难以准确捕捉瞬时剂量率。因此，本项目控制区与监督区的划定采用“理论计算预先划定、现场巡测验证边界”的方法：

预先划定：根据设备出厂辐射输出参数及保守的散射计算模型，在最大工况下预先计算不同方向的累积剂量分布，据此初步划定控制区与监督区边界，并留有充分的安全裕量。

现场验证：作业出束时，使用具备峰值剂量率保持功能的 X、γ辐射巡测仪，

在初步划定的监督区边界进行巡测。若巡测仪峰值读数无明显异常或累积剂量估算达标，则确认边界有效；若发现异常峰值，则立即停止作业，扩大警戒范围，重新验证直至边界外剂量满足标准要求。

依据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），控制区边界空气比释动能率应不大于 15μGy/h，监督区边界空气比释动能率应不大于 2.5μGy/h。通过在监督区边界外进行全程警戒与巡查，确保公众可及区域的辐射剂量水平满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的剂量约束值要求。

1.5 产业政策符合性

本项目属于核技术在无损探伤检测领域的应用。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于该目录中鼓励类第三十一项“科技服务业”第 1 条“工业设计、检验检测认证、标准化等现代服务业务”中的“检验检测服务”，符合国家现行产业政策。

1.6 实践正当性分析

甘肃同兴智能科技发展有限责任公司拟使用 1 台 XRS-3 型移动式 X 射线探伤机，用于输电线路耐张线夹的野外现场无损检测。本项目采用的 X 射线数字成像检测技术，符合国家电网有限公司企业标准《架空输电线路金具压接质量 X 射线检测技术导则》（Q/GDW 11793—2023）的相关要求，技术路线成熟可靠。项目的实施可显著提高耐张线夹内部缺陷的检出效率与准确性，为电网设备安全运行提供有力的技术支撑，对减少停电事故损失、保障社会供电可靠具有重要的社会效益。

在产生社会效益的同时，X 射线探伤机会产生电离辐射，对周围环境及人员造成一定影响。建设单位将采取以下辐射安全防护与管理措施，确保辐射影响得到有效控制：

探伤作业时主射线方向垂直向上（朝向天空），利用大气衰减降低地面辐射影响；

严格执行控制区与监督区划分，作业前清场并设置警戒线与警示标识；

操作人员远距离遥控操作，佩戴个人剂量计及报警仪，确保职业照射受控；

设备贮存实行双人双锁及视频监控全覆盖管理，杜绝非受控使用。

综上，本项目所带来的安全效益和社会利益远大于其可能引起的辐射影响，符

合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则要求。

1.7 原有核技术利用情况

本项目建设性质为新建，为建设单位首次开展核技术利用项目。

1.8 评价目的

（1）预测本项目移动式 X 射线探伤机在运行过程中对工作人员、公众及周围环境造成的辐射影响，明确辐射剂量水平及其分布特征。

（2）分析评价拟采取的辐射防护措施的有效性，针对潜在辐射危害提出切实可行的防护措施，为生态环境行政主管部门的监督管理提供科学依据。

（3）针对项目运行可能产生的不利影响及存在的问题，提出防治和整改措施，确保辐射影响控制在“可合理达到的尽量低水平”（ALARA 原则）。

（4）通过项目环境影响评价，为建设单位在辐射环境管理、人员健康保护及辐射安全防护方面提供技术支撑与决策依据。

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）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

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	移动式 X 射线探伤机	II	1	XRS-3 型	270	0.25	无损检测	移动探伤现场（电网系统高压输配电线路）	新增使用，定向探伤

（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	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
/	/	/	/	/	/

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》，2026 年 8 月 15 日起施行（注：届时《中华人民共和国环境保护法》、《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》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等九部法律同时废止，本项目评价以法典整合后的最新规定为准）； （2）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； （3）《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订施行； （4）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日起实施； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，经国务院令第 709 号修改，2019 年 3 月 2 日修订； （6）《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起实施。 （7）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》； （8）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日第四次修订； （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； （10）《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； （11）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起实施； （12）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2024 年 2 月 1 日起施行； （13）《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》（第三版），2020 年 9 月 1 日起施行； （14）《生态环境部关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号； （15）《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021 年版）》； （16）《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发〔2012〕77 号；

	（17）《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》，环发〔2008〕13 号； （18）《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； （19）《关于印发〈核技术利用建设项目重大变动清单（试行）〉的通知》，环办辐射函〔2025〕313 号。 （20）《甘肃省辐射污染防治条例》，2021 年 1 月 1 日起施行； （21）《甘肃省生态环境厅关于委托开展核与辐射类行政许可工作的通知》，甘环核发〔2019〕8 号； （22）《甘肃省生态环境厅关于印发〈甘肃省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目目录（2025 年本）〉的通知》，甘环环评发〔2025〕1 号； （23）《甘肃省人民政府办公厅关于印发甘肃省辐射事故应急预案的通知》，甘政办发〔2022〕13 号。
技术标准	（24）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （25）《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）； （26）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （27）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； （28）《建设项目竣工环境保护验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326—2023）； （29）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （30）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （31）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （32）《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）； （33）《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）； （35）《架空输电线路金具压接质量 X 射线检测技术导则》（Q/GDW 11793—2023）。

其他	（1）环境影响评价工作委托书； （2）《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）； （3）建设方提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目拟使用 1 台 XRS-3 型移动式 X 射线探伤机进行野外现场探伤，应用目的为输电线路耐张线夹的无损检测，运行期间主要环境影响为电离辐射。

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定："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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）"。本项目为野外移动式探伤，作业地点不固定，探伤现场一般无实体屏蔽边界。综合考虑本项目设备参数（最大管电压 270kV、脉冲式）、主射线方向（垂直向上朝向天空）及理论计算结果，评价范围若按 100m 划定，远大于实际辐射影响可及区域。为保守起见，本项目确定以移动式 X 射线探伤机为中心、半径为 50m 的圆形区域作为评价范围。该范围已完全覆盖理论计算的最大监督区边界，能够确保将可能受影响的所有环境保护目标纳入评价。

7.2 主要环境保护目标

本项目为 X 射线移动探伤项目，探伤地点不固定。可能受到辐射影响的人群包括：本项目现场辐射工作人员、探伤现场周边公众及协助作业人员。具体保护目标随探伤地点变化而不同。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），移动探伤现场划分为控制区（边界周围剂量当量率不大于 15μSv/h）和监督区（边界周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h），禁止人员进入控制区，无关人员不得进入监督区。由于探伤地点不固定，本环评以最不利因素考虑，将监督区内的辐射工作人员及监督区边界外的公众均纳入保护目标，详见表 7-1。

表 7-1 野外探伤环境保护目标一览表

保护目标	相对移动式 X 射线探伤装置方位	与移动式 X 射线探伤装置的距离（m）	人数	年剂量约束值（mSv）
职业人员	非有用线方向	控制区外，监督区内	4	5
公众	非有用线方向	监督区外，评价范围内	不定	0.1

7.3 评价标准

（1）人员剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

第 4.3.2.1，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

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

a)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；

第 B1.2.1，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

b)年有效剂量，1mSv；

第 11.4.3.2，剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%～30%的范围之内。本项目剂量约束值按照以上原则选取，制定合理，具体如下：

在环境评价中，出于“防护与安全的最优化”原则，对于某单一项目的剂量控制，可以取这个限值的几分之一进行管理，本报告结合实际管理需求，对于辐射工作人员取年有效剂量限值的 1/4 作为年剂量目标管理值，即 5mSv；对于公众成员取年剂量限值的 1/10 作为年剂量目标管理值，即 0.1mSv。

确定本项目环境影响评价剂量执行标准如下：

表 7-2 人员剂量限制执行标准一览表

对象	要求	备注
职业照射剂量限值	①由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。	本次评价将剂量约束值作为评价标准
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到的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，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。	
剂量约束值	辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众成员年有效剂量不超过 0.1mSv。	

（2）剂量率控制目标

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中第 7.2 款规定：

①一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。对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按下式计算：

$$H=100/\tau$$

式中：

H：控制区边界周围剂量当量率，单位μSv/h；

100：5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 100μSv/周；

τ：每周实际开机时间，单位为 h/周

本项目全年累积曝光时长约 11.1h，周工作负荷不高于 7h，因此，控制区边界剂量率限值取 15μSv/h。建设单位在后期运行过程中，若涉及周开机时间高于 7h 时，建设单位应调整控制区周围剂量当量率。

②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。

③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。

综上所述，根据辐射防护最优化的原则，本项目将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区，将周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区。

（3）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

4.3.1 常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置及场所位置

本项目无探伤任务期间，探伤装置均贮存于建设单位设在兰州市七里河区龚家湾街道民乐路 161 号文化站仓库区内 9 号库的专用设备贮存室中，仅提供线塔上耐张线夹的无损检测技术服务，不进行室内探伤使用。能够满足防火、防水、防盗、防丢失、防破坏的要求。

本项目探伤地点为架空输电线路移动探伤现场（主要为甘肃省内委托公司电网系统高压输配电线路），无固定探伤现场。项目在实施现场探伤时，可能受到辐射影响的人群有本项目辐射工作人员、被检单位的工作人员及探伤现场周边公众。

本项目野外（室外）探伤地点位于电网系统高压输配电线路沿线，属于移动探伤作业现场，作业地点不固定。为全面保障作业安全，在实施现场探伤前，必须进行严格的工作环境综合评估。评估的首要前提是确认目标线路处于不带电状态。在此基础上，评估的关键内容应包括：工作地点的适宜性选择、安全警戒范围的科学设定、周边公众活动的详细调查、作业时间的合理安排以及现场安全负责人的明确确认。建设单位探伤工作小组在对客户单位高压输电线路进行探伤之前，拟对工作环境进行全面的评估，评估内容应包括工作地点的选择、警戒的安全距离、附近的公众、探伤时间等，以保证探伤过程中的辐射安全，确保进行现场探伤的选址合理可行。

8.2 环境现状

本项目为移动式 X 射线探伤机野外（室外）探伤项目，使用 II 类射线装置，运营期对环境空气、水环境和声环境质量影响较小，主要环境影响为电离辐射。

由于本项目不涉及固定探伤室建设，且探伤作业位置随检测任务变动，本次环评未对特定探伤现场开展辐射环境现状监测。各检测现场的辐射环境本底水平参照《2025 年甘肃省生态环境状况公报》：全省大气辐射环境自动监测站测得的环境γ辐射空气吸收剂量率（含宇宙射线响应值）监测结果为 65.7～183.8nGy/h，与近几年监测结果相比无明显变化，均在正常波动范围内。

为确保野外探伤作业的辐射安全，建设单位每年委托有资质的第三方检测机构对探伤活动场所及周边环境进行辐射环境监测，并出具监测报告。

表 9 项目工程分析与源项

9 工程设备和工艺分析

9.1 工程设备

建设单位拟采用的无人机X射线探伤系统，是专为架空输电线路高空作业设计的移动式探伤解决方案。该系统集成无人机搭载、远程操控与数字成像技术，主要由以下五部分构成：

（1）无人机搭载与吊装平台

系统配备两台无人机协同作业：一台挂载快拆模块，负责将X射线探伤设备安全、精准地吊运至高空作业点并实现快速挂载与分离；另一台搭载小云台相机，辅助进行拍摄定位与作业过程监控。通过无人机吊装，实现远程、无接触式作业，工作人员无需攀爬铁塔，在塔下安全区域即可完成全部操作，提升了作业安全性与效率。

（2）脉冲式X射线发生装置

核心设备为XRS-3型移动式脉冲X射线探伤机，属于II类射线装置。该设备为定向发射，主要由脉冲射线源、高压发生器及控制模块集成，采用自带可充电电池供电及无线遥控方式工作，符合《架空输电线路金具压接质量X射线检测技术导则》（Q/GDW 11793—2023）第4.2.1条的相关要求。

（3）数字成像采集系统

采用工业探伤用X射线数字平板探测器，动态范围不低于2000:1，A/D转换位数不小于12bit，有效像素尺寸100μm～200μm，满足Q/GDW 11793—2023第4.2.2条的高精度成像要求。

（4）智能控制与处理终端

地面操作人员通过笔记本电脑及专用软件，经无线通信模块远程控制射线机出束参数，实时接收并处理探测器回传的数字图像信号。

（5）专用检测工装

配备轻质合金或复合材料工装，用于将射线机与平板探测器牢固、稳定地固定在被检金具或导线上，边角部位做圆滑处理，避免损伤导线及线夹表面，符合Q/GDW 11793—2023第4.2.4条要求。

该设备主要依靠X射线穿透物体并储存影像的特性，对物体内部进行无损评

价，是进行产品研究、失效分析、质量评价、改进工艺等工作的有效手段。XRS-3型移动式X射线探伤机外观见图9-1，控制模块示意见图9-2，设备主要部件示意见图9-3。

图 9-1　XRS-3 型移动式 X 射线探伤机外观图

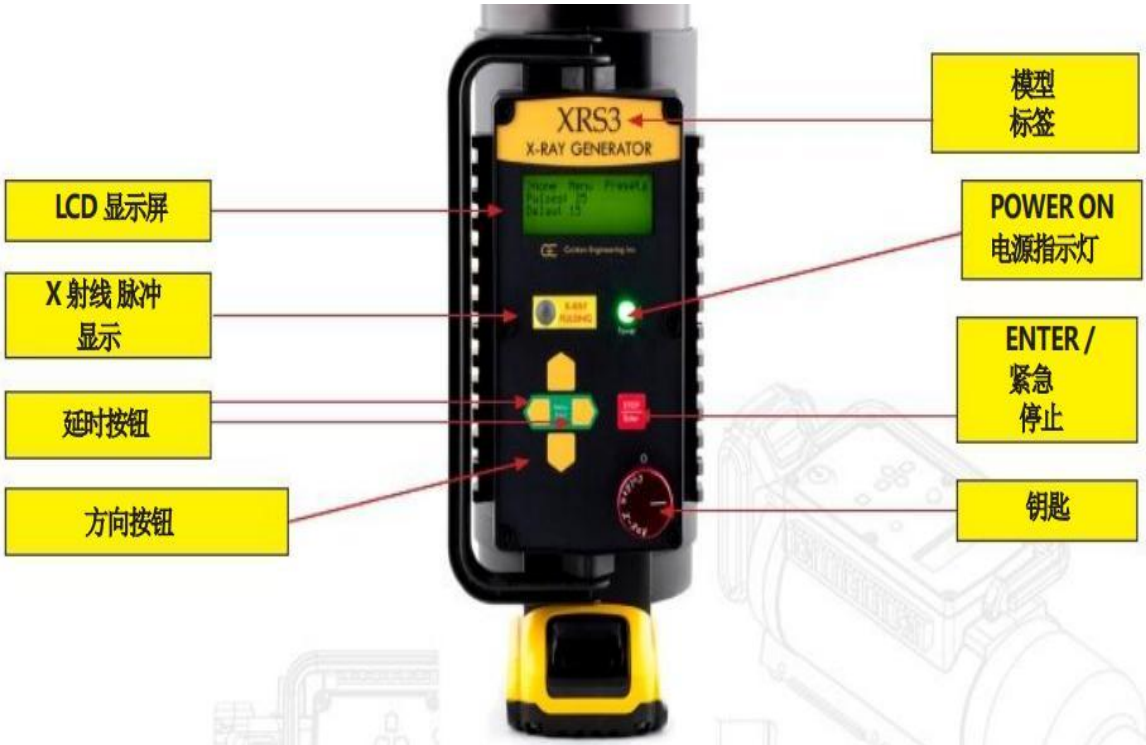


图 9-2　XRS-3 型移动式 X 射线探伤机控制模块示意图

图9-3　设备主要部件示意图

本次拟使用移动式X射线探伤机的主要参数见表9-1。

表9-1 本项目X射线探伤机主要技术参数表

装置名称	XRS-3型移动式X射线探伤机
最高管电压、管电流	270kV、0.25mA
重量（含电池）	5.35kg
尺寸（含电池）（cm）	39.17×12.25×14.81
输出剂量	在距离射线源12英寸处2.mR/pulse-4.0mR/pulse
脉冲宽度	50ns
电池类型	18V，可拆卸可充电电池
周向/定向	定向
距辐射源点1m处最大输出量	9.46mGy/h
1m处泄漏辐射剂量率（μSv/h）	5.0×10^{3}
辐射角	40°
负载率	每4分钟200次脉冲
①数据转换1R=8.76mGy，过程：由1Gy=1J/kg；1R=2.58×10^{-4}C/kg（见《辐射防护导论》P20）；由W/e=33.97J/C（国际电离辐射咨询委员会CCEMRI（I）推荐的平均电离功）；故1R=2.58×10^{-4}C/kg×33.97J/C=8.76×10^{-3}Gy=8.76mGy。	

②设备不能一直连续发射脉冲。
③根据厂家提供资料，XRS-3型X射线机每脉冲X射线剂量（单元前12英寸）为2mR-4mR/脉冲（本项目取最大值4mR）平均单个脉冲输出的30cm处有效剂量为：4mR×200脉冲÷4min×（60min/h）×（8.76×10-3）Gy/R=105.12mGy/h。
⑤XRS-3型X射线机最大管电压为270kV，参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表1可知距辐射源点1m处泄漏辐射剂量率最大为5.0×10^{3}μSv/h。
⑥设备性能特点说明：脉冲式工作，不具备连续出束能力：XRS-3型探伤机为脉冲式设备，每次最多可设置99个脉冲（极端情况，常规脉冲数远低于此值），脉冲频率15个/秒，单次曝光时长不超过6.6秒。预设脉冲数完成后设备自动停止出束，无法连续出束。该工作模式从源头上限制了单次辐射输出总量，相比传统连续出束式X射线探伤机，辐射安全可控性显著提升。
⑦空中作业：设备通过无人机吊装至高空作业点，探伤时主射线方向竖直向上（朝向天空），操作人员在地面安全区域通过无线遥控完成作业，增大了人员与射线源的空间距离，有效降低受照剂量。

9.2 工作原理

（1）X射线探伤基本原理

移动式X射线探伤机是利用X射线穿透物体时，因被检物内部结构密度差异而产生不同衰减程度的原理进行无损检测。检测时，X射线装置置于探伤工件一侧，数字平板探测器置于工件另一侧，三者处于同一直线上。由于被检工件内部缺陷部位（如裂纹、空隙）与完好部位的密度不同，对射线的阻挡能力存在差异——密度越大，射线强度衰减越大。当X射线出束穿透工件后，探测器接收到的射线强度分布即反映了工件内部的结构信息，经数字转换后传输至地面计算机工作站，形成清晰的数字图像。

以耐张线夹检测为例：当线夹内部存在裂纹或压接不紧密时，缺陷处对射线的阻挡减弱，透过的射线强度增大，探测器对应区域感光量增大，从而在数字图像上形成明显的灰度差异，据此可清晰判断被检耐张线夹是否存在缺陷及缺陷类型。装置在非曝光状态时不产生X射线。

（2）冷阴极脉冲X射线管原理

XRS-3型移动式X射线探伤机的核心部件为冷阴极X射线管，其结构简单，仅由阴极、阳极和绝缘体三部分组成，无需加热灯丝。其工作原理为：在阴极与阳极间施加高压纳秒脉冲，引起阴极等离子体场发射，产生大量电子；电子在强电场作用下高速轰击阳极靶（钨针），产生脉冲X射线。阴极采用带孔钢片，孔口呈锐利刀刃形，有利于电子发射。冷阴极X射线管典型结构示意图见图9-4，设备工作原理框图见图9-5。

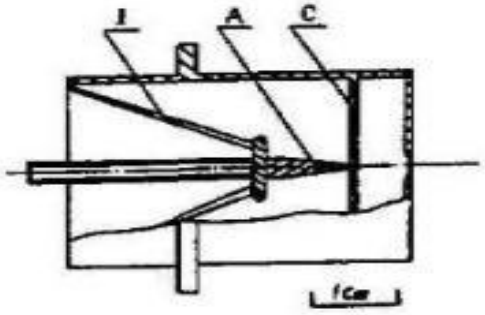


图9-4 典型冷阴极X射线管示意图

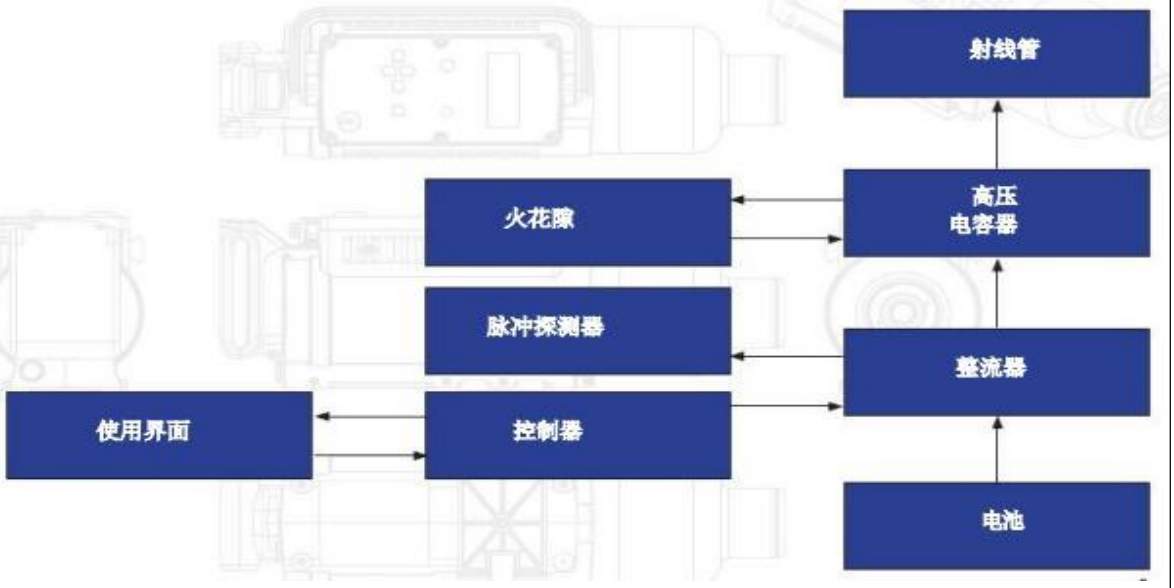
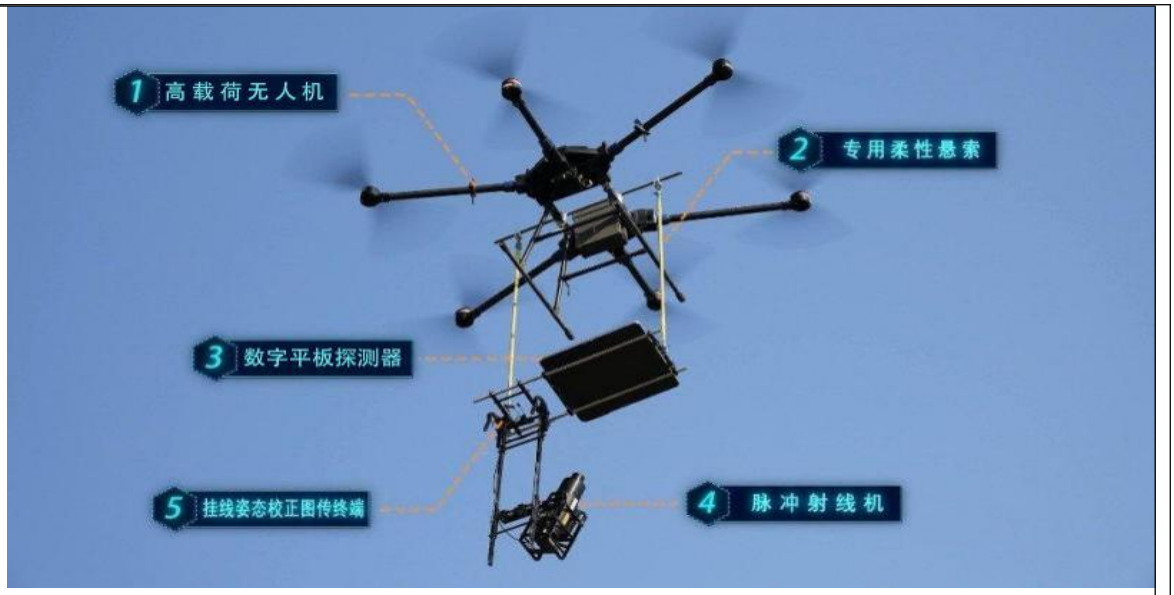


图9-5 XRS-3型移动式X射线探伤机的工作原理框图

（3）无人机搭载与高空作业模式

传统输电线路耐张线夹 X 射线检测主要依赖人工登塔作业，在恶劣地形条件下实施难度大、检测效率低，且检验人员需穿着防护装备进行高空作业，具有较高风险。

本项目采用“无人机吊装+高空自动化作业”的创新技术模式，将无人机与脉冲 X 射线探伤深度融合，并利用北斗精准定位等先进通信技术，实现飞行厘米级定位，完成对多分裂导线耐张线夹的精准操控探伤作业。作业时，由主无人机将 X 射线机与数字平板探测器吊装至高空作业点，通过专用工装稳固固定于被检耐张线夹两侧；同时，监控无人机升空，对作业区设备状态及环境进行全程实时监视。无人机搭载探伤装置示意图见图 9-6。



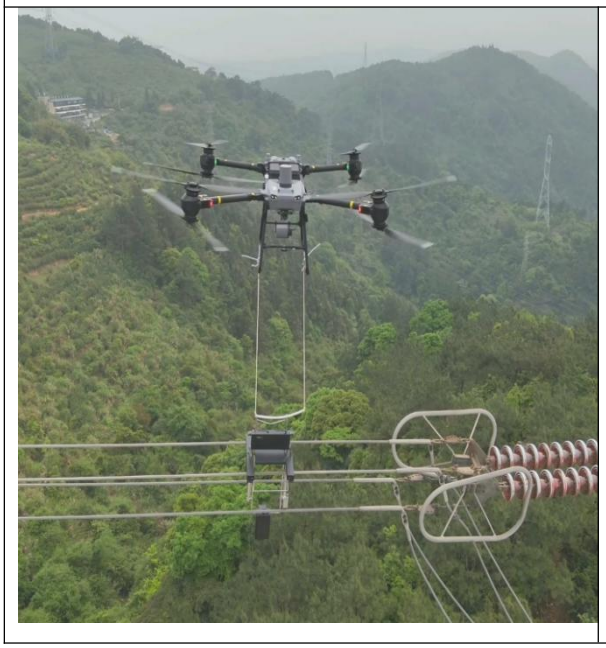


图 9-6　无人机搭载探伤装置示意图

本项目现场操作严格遵循 Q/GDW 11793—2023《架空输电线路金具压接质量 X 射线检测技术导则》。标准化作业流程以确认目标线路处于不带电状态为首要前提，在完成现场清场、设立辐射警戒区等准备工作后展开：

所有辐射工作人员均位于控制区外，地面操作员通过笔记本电脑与专用软件，以无线通信方式远程建立对高空设备的控制链路，完成脉冲数设置并触发检测。X 射线穿透工件后，其强度分布由平板探测器捕获并实时无线传输至地面站，经软件处理即刻生成数字图像，从而实现对内部缺陷的无损检测与判别，全程无需化学洗片。作业结束后，设备远程断电，由无人机安全回收，形成完整的“人机分离、远程操控”安全作业闭环。

本项目耐张线夹示意图见图 9-7，探伤装置构成示意图见图 9-8。

图 9-7 本项目耐张线夹示意图

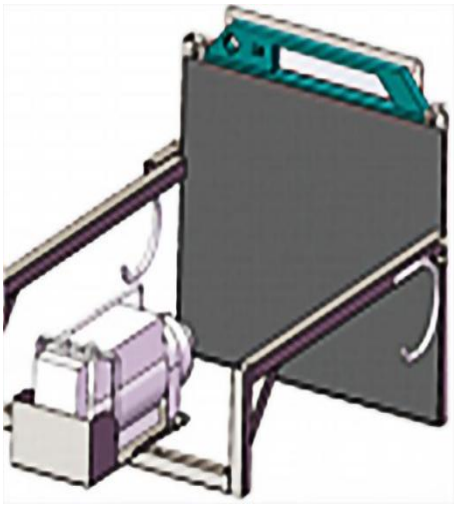


图 9-8 本项目探伤装置构成示意图

本项目移动式 X 探伤机位于高空，射线方向与地面垂直朝向天空，无电源线连接，操作人员在地面进行无线操作。设备组成及使用现场整体框架示意图如图 9-9。

图 9-9 设备组成及使用现场整体框架示意图

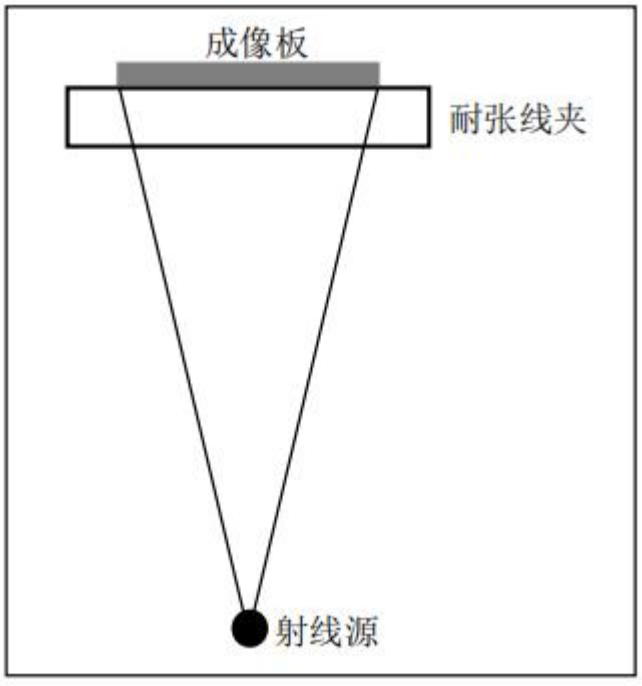


图 9-10 透射布置示意图

9.3 现场探伤工作流程

本评价项目的工业探伤为移动（室外）探伤，在无专门屏蔽设施的条件下进行 X 射线无损探伤作业。本项目采用无人机搭载、远程操控的作业模式，主射方向竖直向

上（朝向天空），实现人机分离、远程操控。探伤作业前清场，作业时以探伤机为中心设置控制区和监督区，探伤作业人员在控制区边界外操作，无关人员不得进入监督区。建设单位在划定好监督区和控制区后，在该区域使用一台移动式 X 射线探伤机进行作业。

工作流程图见图 9-11，具体操作步骤主要如下：

本项目的工业探伤为移动式室外作业，严格遵循辐射安全与防护标准。为系统推进和规范管理，建设单位已成立辐射安全与防护管理领导小组，并建立了明确的组织架构：项目配备 1 名辐射安全专职管理人员，全面统筹安全管理工作；现场作业配置 1 个由 4 名持证辐射工作人员组成的探伤工作组，分工为：无人机操作员（主）、无人机操作员（副）、检测操作员、现场安全员

探伤工作整体流程如下：

（1）方案制定与作业前准备

接受任务后，由项目负责人组织编制详细的《现场探伤作业方案》，内容需涵盖：工况、时间地点、控制区与监督区范围、监测方案、清场方式；明确所有参与人员（含专职管理员、现场工作组 4 人）的职责分工；检测技术工艺准备、安全防护措施、操作流程、图像评定、记录报告及应急预案等。方案须经辐射安全专职管理人员审核批准后方可实施。

（2）设备出库与辐射防护准备

辐射工作人员凭经批准的作业方案办理设备出库手续，在《射线装置出入库登记台账》上如实登记装置名称、编号、领用用途、项目地点、领用时间等信息，由领用人和保管员双人签字确认后方可领取。

设备出库时，保管员与领用人共同检查设备外观及电池电量，确认无误后交付。严禁在贮存场所内对射线装置进行任何形式的训机、调试或出束操作。

（3）设备运输与现场评估

设备由单位专用车辆运至作业现场，至少 2 名工作人员随车押运，运输途中确保设备始终处于监控之下，临时停车时车内至少留一人看管。抵达现场后，工作人员熟悉现场条件，由现场安全员组织对工作环境进行全面评估，评估内容包括：

天气条件：恶劣天气条件下禁止开展探伤作业。确认无雨、雪、雷电、大雾、冰雹、沙尘暴等恶劣天气；风力≤5 级（风速＜8m/s）；气温在设备工作温度范围（-

23℃~50℃）内。如遇突发的恶劣天气，应立即停止作业，待天气好转并重新评估合格后方可恢复。

作业点条件：确认待检耐张线夹所处塔基位置、高度（10m~60m 范围内）、周边地形地貌、植被覆盖情况、邻近建筑物分布等。

通信条件：测试无线通信系统信号覆盖情况，确保无盲区。

周边人员活动：调查作业点周边的居民区、道路、施工工地、农田、旅游景点等人员活动情况。若周边存在居民或人员活动，必须提前进行清场，将所有无关人员劝离至监督区外，并设置牢固的警戒线和醒目的警告标识，同时安排专人在监督区边界进行不间断巡护，严防无关人员进入控制区，确保探伤作业期间辐射安全。

作业时间：合理确定作业时段，原则上白天作业。

应急通道：确认应急车辆可顺利通行，明确最近医疗机构位置及路线。

无人机飞行合规性：查询作业点空域，按规定完成 UOM 系统备案或取得飞行许可，确认不属于禁飞区/限飞区/管制空域。

评估结论为“具备安全作业条件”时方可进入后续程序。评估完成后，在检测区域周边醒目位置张贴射线作业公告，明确告知作业性质、时间、地点、控制监督区范围、负责人及应急电话等信息（建议提前 24 小时）。

（4）训机操作

训机不单独安排，仅在需要进行设备性能验证时，选择在正式作业开始前进行。若设备长期未使用（超过一周），应在完成全部安全准备和清场程序后，在作业现场进行首次出束前的简短功能测试。训机前须完成作业前环境评估，确认具备安全作业条件后方可启动。训机活动的辐射安全防护措施必须与正式探伤作业保持一致，包括划定控制区和监督区、设置警戒线和警告标志、完成清场确认、主射方向朝向竖直向上、启用声光报警装置、全程辐射监测等。训机完成后，若设备状态正常，可直接转入正式探伤作业流程。严禁在办公场所、设备贮存间、人员密集区或无防护条件的场所进行任何训机操作。

（5）现场安全区域建立与确认

工作组根据方案及现场环境，初步划定控制区和监督区范围（参照理论估算结果），并立即开展以下工作：

① 设立物理隔离与警示：在预设的控制区边界（周围剂量当量率＞15 μSv/h 区

域）设置红色警戒线，悬挂“禁止进入射线工作区”警告牌和电离辐射警告标志；在预设的监督区边界（控制区外周围剂量当量率＞2.5μSv/h 区域）设置黄色警戒线，悬挂“无关人员禁止入内”警告牌。控制区边界应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。 在监督区外公众易见处放置安全信息公告牌（面积不小于 2m²）。

② 第一次清场：劝离初步划定区域内的所有无关人员，确保控制区内无任何无关人员。

③ 设备架设与检查：无人机操作员（主）与（副）共同进行无人机、X 射线机、平板探测器的连接与检查。通过专用工装，将 X 射线机与平板探测器预先固定在轻质合金工装上，两人必须共同确认物理锁扣、安全绳等双重保险装置已可靠锁定，确认固定牢靠、重心平稳。检测操作员开启笔记本电脑及控制软件，远程检查设备连接状态，确认各部件参数可调、通信正常，紧急停机按钮有效。同时检查便携式 X-γ 辐射巡检仪、个人剂量报警仪等监测设备，确认其电源充足、自检正常、响应可靠。

④ 试曝光与安全边界最终确认：现场安全员进行第二次清场，确保控制区与监督区内无人，并将声光报警装置调整至控制区边界醒目位置。检测操作员设置较低的脉冲数进行试曝光。试曝光同时，现场安全员立即使用便携式 X-γ辐射巡检仪，由远及近对预设的边界进行辐射剂量巡测。根据实测剂量率精确调整边界，确保控制区边界处剂量率≤15μSv/h，监督区边界处剂量率≤2.5μSv/h。根据实测结果，移动警戒线和警示牌，最终确定控制区和监督区的物理边界。禁止仅凭理论估算固定边界。

（6）探伤作业执行（远程操控，人机分离）

所有准备工作经现场安全员确认无误后，按以下流程执行：

① 最终安全确认与清场：现场安全员进行第三次清场（最终确认），使用喊话器环绕作业区域，确认控制区、监督区内确无任何无关人员，并检查便携式剂量率仪读数为本底水平。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。

② 无人机布设设备：无人机操作员（主）操控无人机将搭载探伤设备的工装平稳吊运至高空耐张线夹处并固定；无人机操作员（副）操控监控无人机进行全景监视，重点关注设备状态及周边环境。无人机操作员完成吊装后，立即返回至监督区外安全位置。

③ 远程控制与曝光：检测操作员根据被检工件（耐张线夹）的材质和厚度，在控制软件中设置管电压、脉冲数等曝光参数。本项目 XRS-3 型探伤机为脉冲式设备，每次最多可设置 99 个脉冲（此为设备性能上限，属极端情况，实际作业中一般不会用到；常规检测脉冲数远低于该值），脉冲频率为 15 个脉冲/秒，单次曝光时长不超过 6.6 秒。 所有工作人员退至控制区外安全位置，检测操作员通过笔记本电脑远程触发曝光指令。

④ 过程监控：曝光期间，现场安全员持续携带巡检仪巡护监督区边界，密切监视剂量率变化，严防无关人员误入；检测操作员监控图像接收情况及设备状态；无人机操作员（副）通过监控无人机画面，观察高空设备有无异常晃动、移位等。

⑤ 紧急处置：曝光过程中若遇任何异常（设备异常出束、人员闯入、天气骤变、无人机失控、个人剂量报警仪持续报警等），检测操作员必须立即通过软件紧急停机，或现场安全员直接使用对讲机命令紧急停机。异常处置后，需查明原因并排除故障，方可继续作业。

（7）作业结束与设备回收

预设脉冲数发射完毕，设备自动停止出束，控制软件显示曝光结束。地面操作员远程关闭 X 射线机电源。应首先检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作；随后，现场安全员携带便携式 X-γ 辐射巡检仪，自控制区边界向控制区内逐步推进监测，确认辐射水平已恢复至环境本底状态。

确认安全后，无人机操作员操控无人机将探伤设备从高空安全回收至地面。设备组件拆卸、装箱。撤除并清点所有安全防护设施（警示牌、警戒绳、公示牌等），清理现场，确保无物品遗漏。

现场安全员和检测操作员详细记录作业时间、地点、设备参数、两区范围实测数据、辐射监测数据、作业人员、异常情况等。将作业记录、现场布置照片、监测数据等资料归入本次作业的“一事一档”档案。

（8）设备入库与记录归档

设备由专人负责运输回公司，途中确保安全。返回后，立即将 X 射线探伤机主机与电池分离，探伤机主机、无人机及防护用品（铅防护服等）贮存于建设单位设在兰州市七里河区龚家湾街道民乐路 161 号文化站仓库区内 9 号库的专用设备贮存室中，伤机电池单独存放于建设单位办公室（位于兰州市七里河区西津东路 648 号），

由专人负责保管，实行“双人双锁”管理，密码或钥匙由不同人员分开保管，履行入库登记手续，更新设备台账。无人机系统、辐射防护设施及安全警示设施应存放于贮存室内的指定区域，与射线装置主机分区分架摆放，并做好登记管理。

所有检测图像、原始数据、运行记录、公告材料等均由辐射安全专职管理人员统一归档备查。本项目采用数字成像技术，不使用显影液和定影液，无洗片废水、废显影液、废定影液产生。

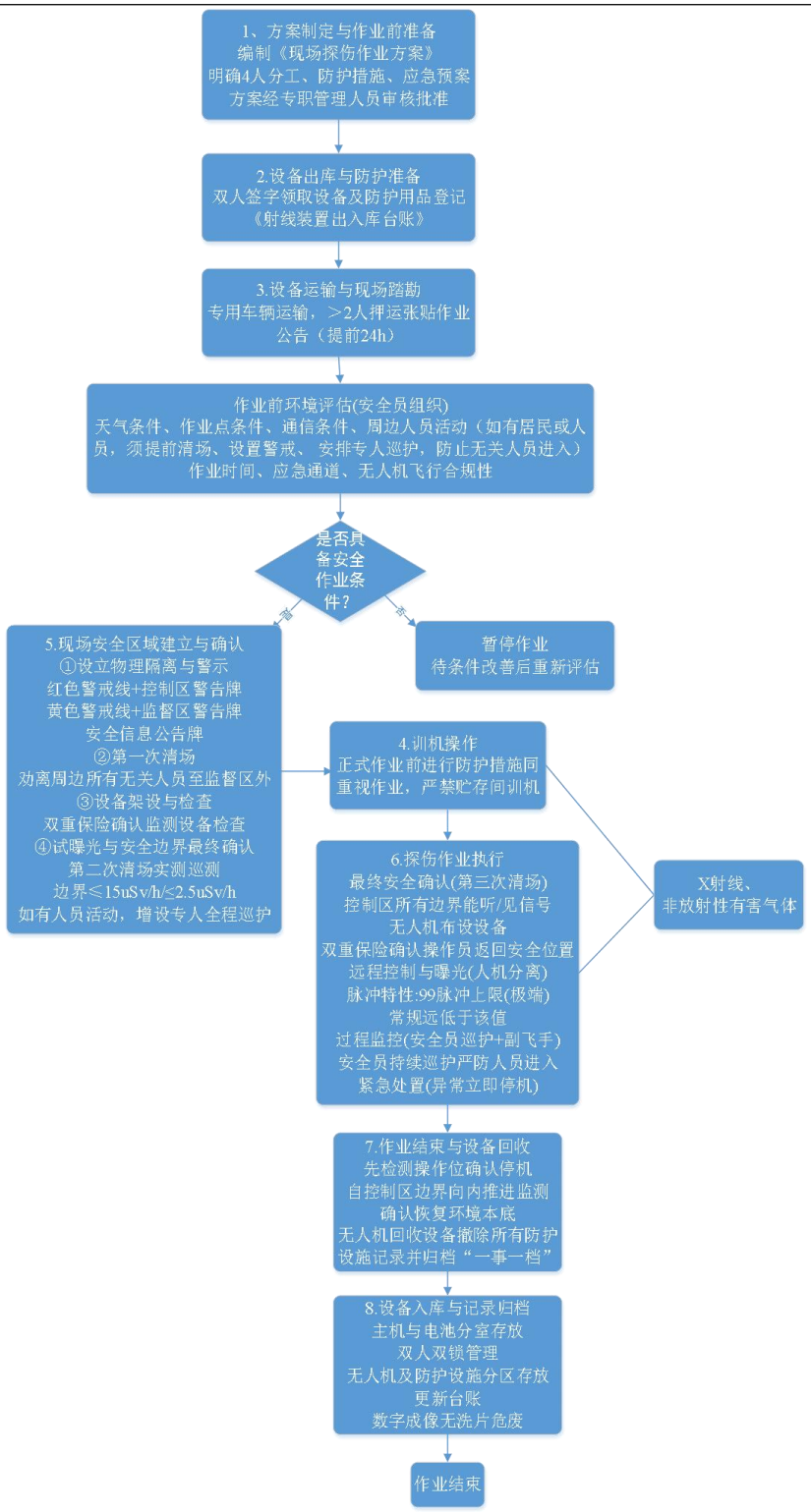


图 9-11　现场探伤作业流程图

9.4 污染源项描述

9.4.1 施工期工艺流程简述

本项目建设阶段的污染源项主要是房间简单改造、防盗门安装、防盗窗改造以及铺设防渗材料过程中产生的施工噪声、废水、固体废物等。

1、施工噪声

施工噪声主要为施工器械运转时的噪声以及建筑材料运输过程中的交通噪声，另外还有突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声。

2、废水

废水主要是施工人员产生的生活废水。

3、固体废物

固体废物主要为施工期间建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

综上分析，本项目建设阶段环境影响评价的评价因子主要为施工噪声、生活污水、建筑垃圾、生活垃圾。

9.4.2 运行阶段污染源项

本项目不产生放射性废水、放射性废气和放射性固体废物，运行阶段的污染源项主要是X射线、非放射性有害气体。

（1）正常工况

①X射线

移动式X探伤机开机后产生X射线，分为有用束、泄漏辐射和散射辐射，对周围环境及人员将产生辐射影响。X射线随着移动式X射线探伤机的开、关而产生和消失。

②非放射性有害气体

移动式X射线探伤机产生的X射线会使空气电离，空气电离产生臭氧（O_3）和氮氧化物（NO_X），在NO_X中以NO_2为主，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。本项目中，臭氧和氮氧化物的产生量均较小，属室外现场探伤，一般较为开阔，通风条件良好，且现场探伤时控制区内无人员停留，不会对职业人员和公众成员造成危害。

③废水

移动式X射线探伤机采用实时成像检测技术，不使用显影液和定影液，无洗片过程，无废显、定影液产生；本项目工作人员野外探伤时会产生少量生活污水，依托野外探伤现场周围已有污水处理设施；无探伤任务时，依托建设单位所在办公处已有污水处理设施。

④固体废物

无探伤任务时，本项目工作人员产生的生活垃圾依托建设单位已有垃圾收集设

施进行收集，由环卫部门统一清运；有探伤任务时，依托项目现场周围已有垃圾收集设施进行收集或者将垃圾收集后带走进行妥善处理。

（2）事故工况

①因建设单位管理不善、操作人员安全培训不到位、辐射安全意识淡漠及探伤作业不规范，造成无关人员受到意外照射；

②XRS-3 型移动式 X 射线探伤机被盗，使不了解探伤机性能的人员开机造成周围人员的不必要照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

（1）项目工作场所布局

本项目拟购置的 XRS-3 型移动式 X 射线探伤机主要用于架空输电线路耐张线夹的无损检测，采用“无人机吊装+远程操控”作业模式。探伤时，X 射线探伤机及数字平板探测器由无人机吊装至高空作业点并固定于被检耐张线夹两侧，操作人员位于地面安全区域进行远程无线操控，操作位置选择在监督区外且视野开阔、易于观察探伤机状态的位置。

根据现场具体情况，本项目野外探伤平面布置依据工程区域外环境进行安排，优先选择非人员长期居留区域。现场探伤时将划定控制区和监督区：控制区内仅有无人机、探伤机、平板探测器和被检工件，严禁任何人员进入；探伤工作人员在监督区外操作，监督区内进行清场，无任何非辐射工作人员及公众逗留。本项目配备的手持式遥控系统可在 300m 范围内有效控制移动式 X 射线探伤机，确保射线出束期间操作人员与射线装置保持足够的安全距离。

上述布局及控制区、监督区划分满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对现场探伤分区设置的要求，本项目移动式 X 射线探伤布局合理。

（2）分区原则和区域划分情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），建设单位应将辐射工作场所分为控制区和监督区，并实行两区管理制度。按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）相关规定：

控制区：周围剂量当量率＞15μSv/h 的区域，边界悬挂“禁止进入射线工作区”警告牌，作业人员须在控制区边界外操作；

监督区：控制区边界外、剂量当量率＞2.5μSv/h 的区域，边界悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，必要时专人警戒。

鉴于本项目 XRS-3 型探伤机为脉冲式设备，常规辐射监测仪表难以准确捕捉瞬时剂量率，本项目控制区与监督区的划定采用“理论计算预先划定、现场巡测验证边界”的方法：

①预先划定：探伤作业前，依据本环评报告理论计算结果（参见表 11-1、11-2、

11-3）及现场地形、建筑物等环境条件，预设一个足够保守的控制区和监督区范围，并设立临时警戒线。

②现场验证：完成清场及各项安全措施就绪后，进行试曝光。辐射安全管理人员使用经校准的便携式 X-γ辐射巡测仪（具备峰值剂量率保持功能），由远及近进行巡测，依据实测结果（控制区边界≤15μSv/h，监督区边界≤2.5μSv/h）最终确认并调整两区边界，悬挂相应警示标识。

③方向控制：结合现场环境特征，合理摆放探伤装置，主射线方向竖直向上（朝向天空），任何情况下不向下或斜向下照射；前方有高层建筑时，调整照射方向，使用射线束避开前方高层建筑；尽量将 X 射线朝向无人员活动的空旷方向。

④动态调整：当 X 射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，应重新进行巡测，确定新的控制区与监督区边界。

⑤停止确认：探伤机停止工作后，还应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止出束。

本项目控制区和监督区划分与管理见表 10-1。

表 10-1　本项目两区划分情况一览表

/	控制区	监督区
XRS-3 型	周围剂量当量率＞15μSv/h 的区域（理论估算结果见表 11-1～11-3，现场以实际巡测数据为准）	控制区边界外、周围剂量当量率在 2.5μSv/h～15μSv/h 之间的区域（理论估算结果见表 11-1～11-3，现场以实际巡测数据为准）
管理措施	①曝光过程中严禁任何人员进入； ②设置明显警戒线及电离辐射警告标志牌； ③边界悬挂“禁止进入射线工作区”警示标识。	①边界悬挂“无关人员禁止入内”警示标识； ②必要时设专人巡视警戒； ③探伤作业人员应在监督区外操作。
备注	两区具体范围可根据野外探伤的地形、建筑物等实际情况，结合现场监测结果动态确定。	

图 10-1 本项目探伤区域控制区与监督区划分示意图

10.2 工作场所污染防治措施

（1）辐射工作场所的安全和防护

为确保本项目辐射工作场所内的辐射工作人员工作环境和外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，建设单位拟对本项目辐射工作场所设置多重安全防护措施，具体如下：

1）射线装置存放安全

本项目使用的 XRS-3 型移动式 X 射线探伤机是一款小巧、轻便的 X 射线发生器，该仪器使用充电电池供电，便于携带。本项目探伤机无任务期间，探伤机存放于兰州市七里河区龚家湾街道民乐路 161 号文化站仓库区内 9 号库的专用设备贮存室中。为切实保障设备存放安全，建设单位拟对贮存室进行改造：将原有房门更换为防盗安全门，更换窗户并安装防护栏，对室内墙面进行粉饰，对库房顶部孔洞进行封堵，确保贮存室封闭、整洁。拟采取以下防盗、防破坏及安全管理措施：

①探伤机主机、无人机及防护用品（铅防护服等）贮存于建设单位设在兰州市七里河区龚家湾街道民乐路 161 号文化站仓库区内 9 号库的专用设备贮存室中，探伤机电池单独存放于建设单位办公室（位于兰州市七里河区西津东路 648 号），由专人负责保管。出库执行任务时，须同时从仓库领取探伤机主机、无人机及防护用品，从办公室领取电池，确保设备成套同时领用，杜绝单独取用主机或电池的风险。

②在存储区域安装高清监控摄像头，确保其位置能够清晰覆盖全部区域。摄像头安装调试完成后，将接入现有监控平台，实现统一管理与实时监视。

③建设单位安排专人负责设备的日常维护与管理，并建立完善的射线装置台账制度，详细记录设备信息、存取情况及使用状态。

此外，本项目探伤机不会在存贮场所进行调试和使用，只用作贮存，设备暂存不会对周围环境产生不良影响。

（2）射线装置固有安全性措施

XRS-3 型移动式 X 射线探伤机本身具备多重固有安全防护功能，从设备设计层面保障辐射安全：

①射线束控制

管头前部自带准直器，将 X 射线束有效限制在 40°锥角范围内，减少散射辐射和无效照射区域，降低周边辐射水平。

②工作状态指示灯与声光报警装置

设备设有完善的工作状态指示与声光报警系统，便于操作人员及周边人员远距离辨识设备运行状态：

高压接通指示灯（绿灯）：X 射线管加压后亮起，表示设备已通电就绪；

脉冲/出束指示灯（红灯）：按下延迟按钮后处于闪烁状态，提示设备即将出束；探伤机出束时常亮，表示 X 射线正在发射；

此外，现场配备 1 套声光警戒灯，安装于控制区边界醒目位置，与射线出束控制电路实现安全联锁。声光警戒灯设有两种明显区别的工作信号：

“预备”信号：黄灯闪烁，伴随断续蜂鸣声，表示设备已通电、即将出束；

“照射”信号：红灯常亮，伴随连续长鸣声，表示设备正在出束。

声光警戒灯内部设置剂量率探头，探头预设剂量率限值。当探头测量到周围环境剂量率发生改变时，指示灯自动由“预备”状态切换至“照射”状态，实现剂量率联锁自动警示，确保警示状态与现场实际辐射水平一致。声光报警装置的布设应确保控制区所有边界均能清楚听见或看见“预备”信号和“照射”信号，不留警示盲区。

③远程控制与延迟启动

设备配置 300m 无线控制系统，实现远距离遥控操作；设置延时按钮，按下后延迟启动曝光，为操作人员预留充足撤离时间；高空作业时，可在机身远程控制器接口连接触发器，塔上作业人员撤离至监督区外后，由地面操作人员远程开启探伤机。

④出束精确控制与自动停止

设备为脉冲式工作模式，从设计层面确保辐射输出精确受控：单次曝光时长限制：设备每次最多可设置 99 个脉冲，脉冲频率 15 个/秒，单次曝光时长不超过 6.6 秒，常规检测时曝光时间更短；预设脉冲数发射完毕后，设备自动停止出束，无需人工操作；设备完成预设脉冲后自动停机，每次曝光需重新启动，不具备连续出束能力，杜绝超剂量照射风险。

⑤ 安全联锁与急停

设置旋转式钥匙开关，仅当钥匙插入并打开后 X 射线管方可出束，防止误操作；探伤机与笔记本电脑通过无线连接，可通过控制终端软件远程急停关闭探伤机。

（3）射线装置取用过程安全措施

建设单位建立移动式 X 射线探伤机出/入库管理制度，严格执行双人双锁管理，建立健全设备台账。设备取用和归还须经审批登记，明确使用人员、使用地点及工

作任务。操作人员严格按照仪器操作规程进行检测，持续强化探伤机使用全过程的安全管理。

（4）射线装置检修维护辐射防护措施

日常维护：操作人员更换电池等简单维护操作时，须先断开并锁闭钥匙开关，佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；操作期间保持便携式 X-γ辐射巡检仪开机状态，持续监测辐射水平，确认设备处于关机状态。

故障处置：若现场作业期间发生异常出束或无法关机等故障，现场工作人员必须立即通过急停按钮或远程控制系统切断电源。故障排除前，该设备严禁再次投入使用。

专业维修：X 射线管更换或设备内部故障维修，仅由设备生产单位技术人员完成，现场人员不得擅自拆卸维修。故障设备由厂家统一返厂处理。

（5）夜间作业管控

原则上不安排夜间探伤作业。如确需夜间作业，须满足以下条件：配备足够的照明设备，确保控制区及监督区边界清晰可见；在控制区边界醒目位置增设工作状态指示灯，确保与声光报警装置联锁，能够清晰区分“预备”和“照射”状态；用于现场监视的无人机须具备高清夜视功能，确保夜间作业期间能够清晰监视控制区及监督区内的人员活动情况；夜间作业前须履行专项审批程序，经建设单位安全负责人批准后方可实施

（6）现场探伤时安全防护措施

建设单位将参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）落实以下辐射安全要求。

表 10-2　本项目移动探伤现场拟落实的辐射安全要求一览表

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）			
序号	标准要求	措施及位置	是否满足要求
1	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	①每次作业前由现场安全员组织对工作环境进行全面风险评估，确认线路处于不带电状态，评估内容涵盖地点、人员、天气、时间、空间等因素。 ②建设单位已成立辐射安全与防护管理领导小组，配备 1 名辐射安全专职管理人员。现场配置 1 个探伤工作组，由 4 人组成：无人机操作员（主）负	是

	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。	责设备吊装与搭载，无人机操作员（副）负责监控无人机实时监视，检测操作员负责地面远程操控与成像，现场安全员专职负责警戒巡查与辐射监测。 ③作业前与委托单位协商确定探伤地点和时间，选择人员稀少时段，完成现场通告、彻底清场及警示标识设置。	
2	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	①设备自带准直器将 X 射线束限制在 40°锥角内。作业时采用 “理论计算预先划定、现场巡测验证边界”方法：参考环评理论计算结果预设控制区和监督区，试曝光时使用便携式 X-γ剂量率仪巡测，按＞15μSv/h 确认控制区边界，＞2.5μSv/h 确认监督区边界，边界设警戒线、电离辐射警告标志及相应警示牌。 ②配备 1 台便携式 X-γ剂量率仪（定期检定），4 台带直读功能的个人剂量报警仪。 ③探伤期间对控制区边界代表点持续巡测，照射方向、位置或被检对象改变时重新调整边界。 ④控制区内严禁同时进行其他作业，通过优化准直、距离、方向等条件尽量缩小控制区。 ⑤作业前在周边醒目位置张贴作业公告，明确作业性质、时间及辐射区域；利用无人机搭载监控设备确认控制区及监督区内无人员及动物逗留；在划定的控制区和监督区边界设置牢固的警戒带及电离辐射警告标识，实现区域硬隔离；作业期间，现场安全员在监督区边界外进行不间断巡查，严防无关人员误入。由于本项目探伤机为脉冲式设备，单次曝光时间极短（不超过 6.6 秒），且主射线方向竖直向上（朝向天空），对地面区域的辐射影响有限，结合上述管控措施，可有效保障现场公众的辐射安全。 ⑥远程控制终端及延时启动按钮设在	是

	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。	监督区外，主射线方向竖直向上（朝向天空），操作人员在地面安全位置遥控作业。	
3	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。	①与委托单位协商提前发布作业信息，并在现场边界外公众可达地点设置安全信息公告牌（面积≥2m²），公告辐射安全许可证、人员信息、作业时间、控制范围及监督举报电话等。 ②配备 1 套声光警戒灯，安装于控制区边界醒目位置，与射线出束控制电路实现安全联锁。“预备”信号（黄灯闪烁/断续蜂鸣）与“照射”信号（红灯常亮/连续长鸣） 有明显区别。警戒灯内置剂量率探头，当测量到周围剂量率变化时，自动由“预备”状态切换至“照射”状态，实现剂量率联锁自动警示。 ③确保控制区所有边界均能清楚听见或看见预警和照射信号，不留盲区。 ④监督区边界醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语。 ⑤ 原则上不安排夜间作业；确需夜间作业时，配备足够照明设备，增设工作状态指示灯并确保与声光报警联锁，经专项审批后方可实施。	是
4	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。	①现场配备扩音器进行清场语音提示，所有辐射工作人员配备对讲机确保即时通讯，遇紧急情况巡查人员可立即通知操作人员停止出束。 ②操作规程明确控制区范围应清晰可见，巡查困难时安排专人值守。 ③试曝光期间测量控制区边界剂量率，验证边界正确性，必要时调整控制区范围。 ④探伤工作期间便携式 X-γ剂量率仪持续开机，防止曝光异常或无法正常终止。	是

	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。	⑤工作人员同时佩戴个人剂量计（常规监测）和个人剂量报警仪（实时报警），两者配合使用，不以报警仪替代剂量率仪。	
5	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。	①本项目采用定向探伤机，设备自带准直器限制射线束在 40°锥角内。 ②根据现场条件选择最佳照射距离、方向和时间，主射线方向必须竖直向上（朝向天空），严禁向下或斜向下照射。当 X 射线探伤装置、场所、被检物体、照射方向或屏蔽条件变化时，重新巡测确定两区边界。	是

（2）其他辐射安全管理要求

1）移动式 X 射线探伤机运输的安全管理要求

①移动式 X 射线探伤机的运输工作由建设单位负责。运输前，探伤机主机及电池须分开装箱，由两名辐射工作人员分别负责保管，其中一人负责携带探伤机主机，另一人负责携带电池，运输至作业现场后方可组装使用。严禁同一人同时持有探伤机主机及电池。

②运输途中，由负责保管的辐射工作人员全程随车押运。如人员需离开车辆，应至少保留 1 名工作人员在车内值守，确保设备始终处于受控状态。车辆临时停靠时，严禁将探伤设备单独留置车内无人看管。

2）现场探伤无法当天返回时，移动式 X 射线探伤机的现场管理措施

因路途较远，现场探伤工作完成后无法当天返回公司时，移动式 X 射线探伤机在探伤现场的管理应满足以下要求：

①明确现场安全负责人。探伤工作方案中须明确移动式 X 射线探伤机现场安全负责人，在整个探伤工作过程中，设备的运输、储存安全由现场安全负责人统一协调安排。现场安全负责人对移动式 X 射线探伤机的安全负总责，严防设备丢失和辐射安全事故发生。

②临时贮存地点的选择。正常情况下，移动式 X 射线探伤机应存放于专用射线装

置贮存室；如遇特殊情况需在探伤现场临时贮存，贮存地点须选择单独房间或专用运输车辆内，并做好防盗、防火、防潮等防护措施，确保贮存安全。

③现场探伤工作结束后，须将移动式 X 射线探伤机的各组件拆除打包后，方可进行现场的临时贮存。临时贮存期间，探伤机主机存放于临时贮存地点内，电池须由现场安全负责人单独保管，与探伤机主机分开存放，严禁电池存放于贮存地点内。同时，探伤机主机与电池须由两名不同的辐射工作人员分别负责保管，严禁同一人同时持有主机及电池。

④移动式 X 射线探伤机临时贮存地点应张贴醒目的电离辐射警告标志，明确标识贮存区域。

3）“一事一档”档案管理要求

本项目在移动探伤作业过程中应严格落实工业射线探伤辐射安全管理各项要求，并通过影像资料记录现场各类辐射安全措施的落实情况。每次现场探伤作业完成后，按照“一事一档”要求建立辐射安全与防护档案，采用文字和影像资料真实记录探伤作业现场采取的辐射防护和管理措施、辐射环境监测记录、安保等情况，确保每次现场探伤辐射安全与防护状况具有可追溯性。

10.3 仪器设备的检查与维护

（1）每次工作前均对移动式 X 射线探伤机外观、电池、制冷设备、安全联锁、报警设备和警示灯、螺栓等连接件等进行检查，确认正常、无故障。

（2）每年至少对移动式 X 射线探伤机维护一次，拟委托厂家或其他经过专业培训的工作人员进行；维护时对移动式 X 射线探伤机彻底检查，包括所有零部件的详细检查；当移动式 X 射线探伤机故障或损坏需更换零部件时，所更换的零部件为合格产品；做好移动式 X 射线探伤机及监测仪器的维护保养记录。

（3）拟配备 1 台便携式 X-γ辐射巡检仪，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前将对辐射监测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

（4）建设单位拟为现场配备的辐射防护设备（便携式 X-γ辐射巡测仪、个人剂量报警仪、声光警戒灯、对讲机等）均采用电池供电。每次作业前，须检查上述设备电池电量是否充足，确保满足当次作业需求。同时，建设单位拟为便携式 X-γ辐射巡测仪、个人剂量报警仪、对讲机等关键设备各配备备用电池 1 套，随现场工具包携带，

确保现场作业期间辐射防护设备持续可用。

综上所述，本项目拟采取的辐射安全防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的相关要求，是可靠且合理可行的。

表 10-3　拟配备辐射防护设施一览表

防护设施名称	每组配备数量	备注
“禁止进入 X 射线区”警告牌	4 块/组	控制区边界悬挂
“无关人员禁止入内”警告牌	4 块/组	监督区边界悬挂
电离辐射警告标识	4 块/组	各边界及贮存场所醒目位置张贴
警戒绳	800 米/组	控制区、监督区边界隔离、敏感目标清场隔离
安全信息公告牌	4 块/组	现场边界外公众可达地点设置
声光警戒灯（可与探伤装置联锁）	1 套	可与探伤装置出束电路安全联锁
便携式 X-γ辐射巡检仪	1 台	定期检定/校准
个人剂量报警仪（带直读剂量功能）	5 台	辐射工作人员每人 1 台
个人剂量计	6 枚/组（含对照）	辐射工作人员每人 1 枚，每 3 个月送检
铅防护服	4 套	应急及近距离操作时备用
喊话器	2 台	清场及现场指挥
对讲机	4 台	作业组成员即时通讯
照明灯	6 个	阴天、光线不足或应急夜间作业时使用

图 10-2　两区划分及辐射安全措施平面示意图

图 10-3 两区划分及辐射安全措施布置剖面示意图

10.4 项目环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，建设单位需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品。本项目总投资为 42.35 万元，环保投资 8.67 万元，环保投资占总投资比例为 21.7%。环保投资情况见表 10-4 所示。

表 10-4　环保投资一览表

项目	设施与器材	数量	投资金额（万元）
贮存场所改造	防盗门更换（含双人双锁配置）	1 樘	0.35
	窗户更换及防护栏安装	1 项	0.20
	室内墙面粉饰	1 项	0.15

	顶部孔洞封堵	1 项	0.15
	高清视频监控系统（含摄像头、存储设备及平台接入）	1 套	1.50
辐射安全与防护设施	“禁止进入射线工作区”警告牌	4 块	0.30
	“无关人员禁止入内”警告牌	4 块	0.30
	电离辐射警告标识	4 块	0.10
	警戒带	800 米	0.20
	安全信息公告牌	4 块	0.20
	声光警戒灯（可与探伤装置联锁）	1 套	0.60
	喊话器	2 台	0.10
	对讲机	4 台	0.10
辐射监测设备	便携式 X-γ辐射巡测仪	1 台	1.50
	个人剂量报警仪（带直读剂量功能）	4 台	1.20
	个人剂量计（含 1 个本底对照）	6 枚	0.12
防护用品	铅防护服	4 套	1.00
场所监测与应急	工作场所辐射环境年度检测	每年 1 次	0.50
	应急物资及照明装置	若干	0.10
环保投资合计	8.67		
本项目总投资	42.35		
环保投资占总投资比例	20.5%		

10.5 三废的治理

本项目无放射性废水、放射性废气和放射性固体废物产生。

（1）非放射性气体（臭氧和氮氧化物）

移动式 X 射线探伤机在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，项目探伤地点周围开阔的野外，臭氧及氮氧化物不累积，会很快进入大气环境中，对现场探伤工作人员及周围环境影响较小。

（2）废水

本项目采用实时成像检测技术，不使用显影液和定影液，无洗片过程，无废显、定影液产生；本项目工作人员野外探伤时会产生少量生活污水，依托野外探伤现场周围已有污水处理设施；无探伤任务时，依托建设单位所在办公处已有污水处理设施。

（3）固体废物

无探伤任务时，本项目工作人员产生的生活垃圾依托建设单位已有垃圾收集设施进行收集，由环卫部门统一清运；有探伤任务时，依托项目现场周围已有垃圾收集设施进行收集或者将垃圾收集后带走进行妥善处理。

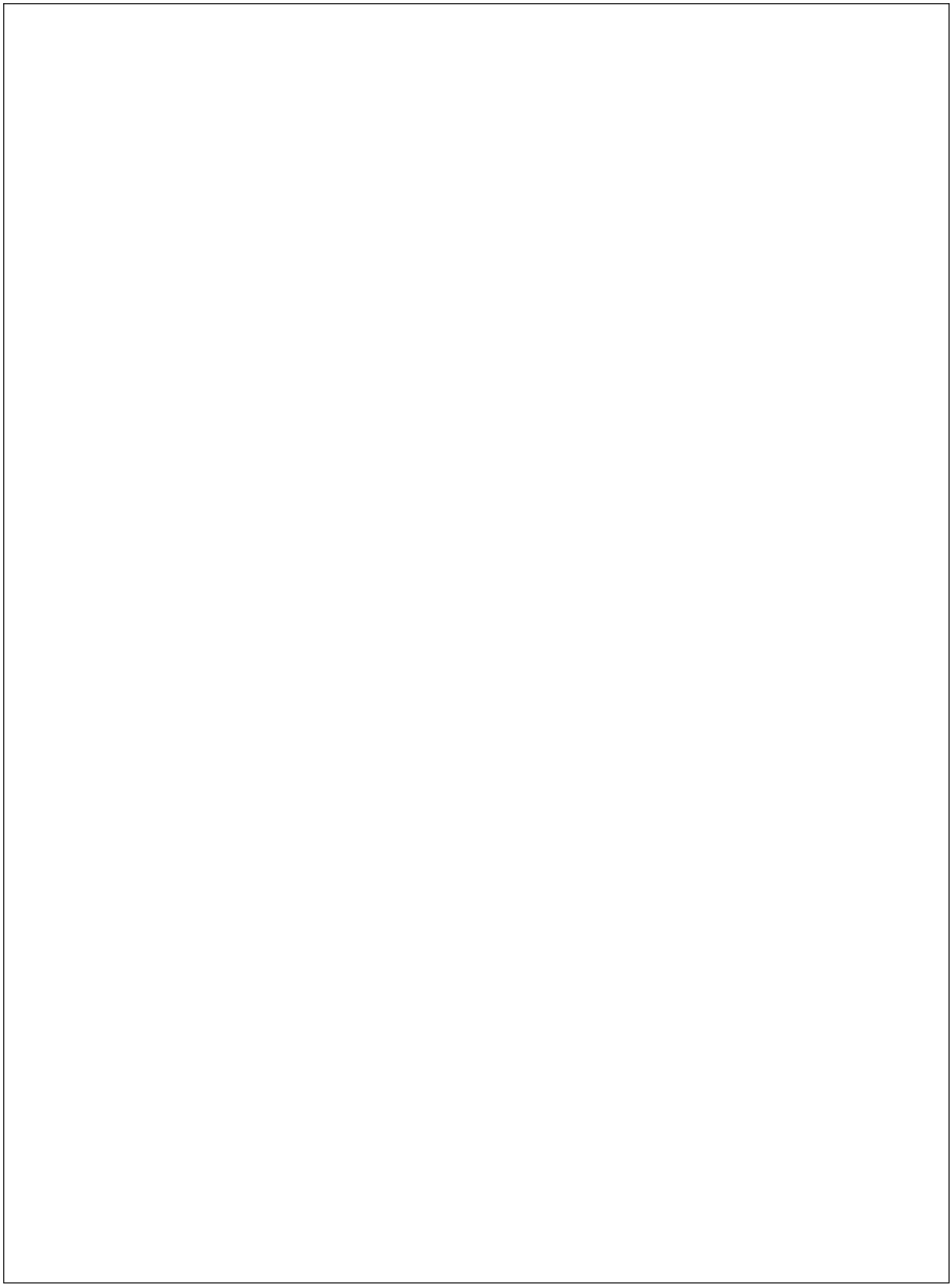


表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段的环境影响

本项目为野外 X 射线现场探伤项目，建设期不涉及大规模土建工程，拟使用的移动式 X 射线探伤机只有在通电状态下才会产生 X 射线，设备安装及存放过程不会产生辐射环境影响。

本项目在建设阶段的主要工作为专用设备贮存室改造，改造内容包括：将原有房门更换为防盗安全门、更换窗户并安装防护栏、室内墙面粉饰、库房顶部孔洞封堵以及视频监控系统安装。改造施工期间会产生少量施工扬尘、装修废气、施工噪声、废弃装修材料及施工人员生活污水等。

施工扬尘：主要来自墙面打磨、孔洞封堵等工序，产生量较小，通过洒水降尘、及时清理粉尘等措施可有效控制，对周围环境影响轻微。

装修废气：主要来自墙面粉饰涂料挥发的少量有机物，选用环保型涂料，加强室内通风，对周围环境及人员影响较小。

施工噪声：主要来自门窗拆装、钻孔等工序，噪声源强较小，仓库区周边均为库房、无常住人口，且施工仅在白天进行，对周边环境影响轻微。

固体废物：主要为废弃门窗、装修废料及包装材料等建筑垃圾，分类收集后运送至指定建筑垃圾消纳场所处置，不外排。

生活污水：施工人员生活污水依托仓库区现有卫生间及污水管网排放，不外排。

改造施工量小、周期短，各项环境影响均为短期、局部影响，随施工结束而消失，不会对周围环境造成长期不良影响。

11.2 运行阶段的环境影响

本次评价采用理论计算方式，预测在无固定屏蔽设施的野外环境下，XRS-3 型脉冲式 X 射线探伤机有用线束及漏射、散射辐射所导致的控制区与监督区边界范围。

（1）计算前提与保守假设

为得出普遍适用于各电压等级线路的保守结论，评价基于最不利工况设定。本项目探伤对象为 110kV 及以上架空输电线路耐张线夹。根据《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010），110kV 线路在非居民区的导线对地最小垂直距离不小于 6.0 米，为所有适用电压等级中最低。依据辐射剂量率与距离平方成

反比的原理，在相同源强下，设备距地面越近，地面处辐射水平越高，所需划定的辐射防护区域范围越大。因此，本评价保守选用 6.0 米作为设备距地高度计算参数，所得分区范围在所有工况中最大，能充分涵盖极端风险情景。

本项目拟使用的 XRS-3 型移动式 X 射线探伤机仅进行野外现场探伤作业。设备参数来源于厂家英文规格表（Golden Engineering, XRS-3 Specifications）（详见附件 3）。射线束角为 40°（定向发射），每个 X 射线脉冲剂量最大为 4.0mR（距靶头 30cm 处）。设备为脉冲式工作模式，不具备连续出束能力，单次曝光脉冲数预设完成后自动停止出束。

理论计算结果用于指导现场作业。在实际探伤过程中，必须通过现场监测最终精确划定防护区域：使用便携式 X-γ辐射巡检仪由远及近巡测，将周围剂量当量率大于 15μSv/h 的区域划为控制区，将控制区边界外、周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的区域划为监督区。在划定的两区边界设立警戒带、电离辐射警告标志、声光警戒灯等醒目标识，严禁无关人员进入监督区。所有辐射工作人员须全程正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

11.2.1 有用线束方向剂量率

为全面评价辐射影响，本次评价采用两种方法计算有用线束方向的控制区与监督区边界，并对比分析其适用性。

（一）方法一：基于厂家实测数据的脉冲等效连续法（环评采用）

本方法以厂家提供的 XRS-3 型探伤机说明书中每脉冲输出剂量实测值为基础。

（1）参数选取及出处

表 11-1　本项目参数出处来源一览表

参数	取值	出处
Gy/Sv 换算系数	1	X 射线品质因子 Q=1，《辐射防护导论》

（2）计算过程

距靶头 30cm 处等效连续剂量率=4mR/脉冲×200 脉冲÷4min×60min/h×8.76×10^{-3} Gy/R=105.12mGy/h。根据剂量率与距离平方成反比规律，距靶头 1m 处剂量率=10 $5.12\times(0.3/1.0)^2$=9.46mGy/h。

（3）控制区与监督区边界

为评价本项目可能产生的最不利影响，本次评价取涉及的最大允许有效剂量进行测算。本项目移动式 X 射线探伤机运行导致周围受主射线束照射剂量影响范围的计算结果见表 11-2。

表 11-2 主射线束方向监督区和控制区计算结果

出束口正前方 0.3m 处剂量率值	出束口正前方 1m 处剂量率值	控制区		监督区	
		剂量率限值	距离	剂量率限值	距离
105.12mGy/h	9.46mGy/h	15μSv/h	25.11m	2.5μSv/h	61.52m
注：Gy/Sv 换算系数取 1。					

由表 11-1 可知，有用线束方向在无屏蔽条件下，距探伤机约 25.11m 处剂量率约为 15μSv/h，为控制区边界；距探伤机约 61.52m 处剂量率约为 2.5μSv/h，为监督区边界。本项目探伤时主射线方向竖直向上（朝向天空），职业人员与公众均位于地面，已从空间上避开有用线束方向，因此上述边界仅作理论参考，实际两区划分依据非有用线束方向的计算及监测结果确定。

（二）方法二：基于 GBZ/T 250-2014 公式法的理论估算（保守参考）

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），有用线束在关注点处的剂量率按公式（1）估算：

估算公式根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）：

有用线束在关注点处的剂量率可按以下公式进行估算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \qquad (11\text{-}1)$$

式中：

H——关注点的透射辐射剂量率，μSv/h；

I——X 射线机管电流 mA；本项目 X 射线移动式 X 射线探伤装置的管电流为 5mA；

H_0——距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位 μSv·m²·mA⁻¹·h⁻¹，以 mSv·m²/(mA·min)为单位的值乘以 6×10^4 换算。XRS-3 型探伤机采用冷阴极脉冲 X 射线管，出束窗口为铍（Be）窗，无附加重金属滤过，其衰减能力远低于 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1 中可选的最小滤过条件（3mm 铝）；鉴于该标准未提供“仅铍窗”条件下的输出量常数，本次计算保守选取标准中最大管电压（300kV）与最小滤过条件（3mm 铝）对应的输出量 20.9mGy·m²/(mA·min)作为 H_0取值。根据《辐射防护导论》，X 射线品质因子 Q=1，以 Gy·min⁻¹为单位的吸收剂量指数率与以 Sv·min⁻¹为单位的剂量当量率在数值上相等，故以等量值 mSv·m²/(mA·min)进行计算。H_0按

标准第 4.2.1 条乘以 6×10^4，取值为 1.254×10^6 μSv·m²·mA⁻¹·h⁻¹。

进行屏蔽计算，则本项目取值为：

H_0（300kV）=20.9mSv·m²·mA⁻¹·min⁻¹×6×10⁴=1.254×10⁶μSv·m²·mA⁻¹·h⁻¹；

B——屏蔽透射因子，无辐射屏蔽时取 1；

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

表 11-3　方法二计算参数出处来源一览表

参数	取值	出处
Gy/Sv 换算系数	1	《辐射防护导论》，X 射线品质因子 Q=1

（3）计算过程

按 GBZ/T 250-2014 第 4.2.1 条，以 mSv·m²/(mA·min)为单位的 H_0乘以 6×10^4转换为μSv·m²·mA⁻¹·h⁻¹：

$H_0=20.9\times6\times10^4=1.254\times10^6$μSv·m²·mA⁻¹·h⁻¹。

距靶点 1m 处连续出束剂量率：

$H(1m)=0.25\times1.254\times10^6/1^2=3.135\times10^5$μSv/h=313.5mSv/h。

该值是在假设设备为连续出束、不考虑铍窗与铝滤过的衰减差异且管电压恒为 300kV 条件下的理论估算值。

（4）控制区与监督区边界

有用线束方向控制区及监督区边界计算结果见表 11-4。

表 11-4 主射线束方向监督区和控制区计算结果

距靶点 1m 处剂量率值	控制区		监督区	
	剂量率限值	距离	剂量率限值	距离
313.5mGy/h	15μSv/h	144.6m	2.5μSv/h	354.2m

上述计算基于连续出束工况，XRS-3 型探伤机实际为脉冲式设备，脉冲宽度及占空比参数见表 11-5。

表 11-5 主射线束方向监督区和控制区计算结果

对连续出束剂量率进行占空比修正：H（等效）

$=3.135\times10^{5}\times4.17\times10^{-8}=1.31\times10^{-2}$μSv/h。此修正值仅作为展示脉冲设备低辐射特性的参考，不宜直接用于划定控制区和监督区，原因如下：

①脉冲 X 射线单次出束仅 50 纳秒，瞬时剂量率极高，而常规便携式巡测仪响应时间远长于此，测到的只是时间平均后的读数，无法反映脉冲瞬间的真实剂量水平。也就是说，用占空比算出来的理论修正值无法指导实际作业。

②GBZ/T 250-2014 附录 B 的输出量常数（H_0），是通过连续出束 X 射线管在稳定工况下实测得到的。这类设备通电后持续出束，管电流和剂量率基本恒定。而脉冲 X 射线管的工作方式完全不同，每次只在纳秒级瞬间放电出束，然后长时间停歇，高压建立和电子发射过程与连续出束管存在本质差异。

11.2.2 非有用线束方向剂量率

地面方向主要考虑移动式 X 射线探伤装置漏射线、工件散射线及天空反散射的叠加影响。

a.泄漏线

漏射辐射屏蔽采用以下公式计算关注点处的辐射剂量率：

$$\dot{H}=\frac{H_L\cdot B}{R^2}$$

式中：

B——屏蔽透射因子，

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

H_L——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位μSv/h，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，X 射线管电压＞200kV 时，距靶点 1m 处泄漏辐射剂量率取 5.0×10^{3}μSv/h。

b.散射辐射

X 射线 90°散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量，本项目所使用的定向移动式 X 射线探伤装置的最高能量为 270kV，参考 GBZ/T250-2014 中 4.2.3 散射辐射屏蔽中表 2：原始 X 射线能量大于 200kV 且小于等于 300kV 时，X 射线 90°散射辐射最高的能量相应为 200kV 的散射辐射；因此，本项目移动式 X 射线探伤装置在 270kV 工作状态下的散射最高能量均为 200kV。现场探伤时散射射线影响考虑经工件 90°散射的 X 射线剂量率进行控制区和监督区距离的计算，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式，漏射辐关注点的散射辐射

剂量率：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{{R_s}^2} \cdot \frac{F \cdot a}{{R_0}^2}$$

式中：

$\dot{H}$——关注点的散射辐射剂量率，μSv/h；

I——X 射线机管电流 mA；本项目 X 射线移动式 X 射线探伤装置的管电流为 0.25mA；

H_0——X 射线距辐射源点 1m 处输出量（或泄漏量），μSv/h

B——屏蔽透射因子；

$\frac{F \cdot a}{{R_0}^2}$——根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中 B.4.2 可知，“当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20 时，4.2.3 式（9）的 $R_0^2/F \cdot a$ 因子的值为：60（150kV）和 50（200kV～400kV）”，故本项目取 1/50。

R_S—散射体至关注点的距离，m。

距探伤机 1m 处散射辐射剂量率为：9.46×10^3μSv/h÷50=189.2μSv/h。

c.天空反散射

有用线束垂直向上方照射时，射线会因受大气的反散射作用而造成周围地面附近辐射场增强，故还需要考虑天空反散射对地面影响，参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的关于天空反散射的计算公式：

$$\dot{H} = \frac{2.5 \times 10^{-2} \left(B_{XS} D_{10} \Omega^{1.3}\right)}{\left(d_i d_s\right)^2}$$

$\dot{H}$——在距离 X 射线源 d_s 处地面，天空反散射的周围剂量当量率μSv/h；

B_{XS}——屏蔽透射因子，本项目无屏蔽，取 1；

Ω——由 X 射线源与射线张角形成的立体角，Ω=2π×[1-cos（40°/2）]=0.379；

d_i——在工件上方 2m 处离靶的垂直距离，本项目取 2.5m；

d_s——辐射点至关注点的距离，单位为米 m；

D_{10}——距辐射源点 1m 处输出量，μSv/h。

本项目使用移动式 X 射线探伤机出束口正前方 1m 处剂量率值约为 9.46mSv/h，则距探伤机 1m 处散射辐射剂量率为 9.46mSv/h/50=189.2μSv/h，根据剂量率与距离平方成反比规律预测本项目探伤机散射辐射影响范围。无屏蔽状态下非主射束方向距探伤机不同距离处的漏射线剂量率和散射线剂量率，如下表所示：

表 11-6 非有用线束方向剂量率 单位：μSv/h

非主射方向下方区域距探伤机的距离	泄漏线剂量率贡献值	散射线剂量率贡献值	天空反散射剂量率	剂量率
10	50.00	0.47	0.11	50.58
18.4	**14.77**	**0.14**	**0.03**	**14.94**
25	8.00	0.08	0.02	8.10
35	4.08	0.04	0.008	4.128
45	**2.47**	**0.023**	**0.005**	**2.495**
50	2	0.019	0.004	2.023

由表 11-2 估算结果可知，地面方向距探伤机约 18.4m 处剂量率为 14.94μSv/h，为控制区边界（源位于地表时）；距探伤机约 45m 处剂量率为 2.50μSv/h，为监督区边界（源位于地表时）。

d.考虑设备高度的两区范围

本项目拟使用 XRS-3 型移动式 X 射线探伤机，主要用于 110kV 及以上架空输电线路耐张线夹的检测。作业期间，设备出束方向固定朝向天空，职业人员与公众均位于地面活动，已从空间上避开主射线方向。因此，所有人员实际可能受到的照射仅来自设备的漏射线及空中散射线，辐射分区（控制区与监督区）仅需针对地面方向进行划定与管理。

据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010），110kV 线路在非居民区的导线对地最小垂直距离为不小于 6.0 米，这是本项目所涉电压等级中的最低要求。依据辐射剂量率与距离平方成反比的规律，在相同辐射源强条件下，设备距地面越近，地面处的辐射水平越高，所需划定的辐射防护区域范围也越大。因此，本评价保守选用 6.0 米作为设备距地高度计算参数。由此得出的控制区与监督区范围在所有可能工况中为最大，能够充分涵盖极端风险情景，确保辐射安全评价结论的可靠性与防护措施的有效性。

即在最不利工况（对地高度 6.0m）下，以探伤机正下方地面投影位置为中心、半径为 17.4m=（18.4^2-6^2）$^{0.5}$ 的区域作为控制区、半径为 44.6m=（45^2-6^2）$^{0.5}$ 的区域作为监督区，控制区、监督区划分示意图如图 11-1。

图 11-1 探伤机高度为 6 米时（最不利情况）控制区、监督区划分示意图

e.根据现场监测结果进一步调整两区范围

以上理论计算结果仅为本项目现场探伤时控制区和监督区的划分提供参考，现

场探伤时，应优化调整移动式 X 射线探伤机主射线方向，严禁主射方向朝向人群方向。在实际探伤过程中巡视安全员在确认现场无关人员均已撤离后，开始负责布置现场警戒，监督区域警戒范围初始一般设置较大，设定好位置后在监督区边界放置清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，结合环评中对控制区、监督区设置范围的建议，在更大的范围由外向内使用便携式 X-γ辐射巡检仪对探伤现场实施现场监测，最终根据监测数据（控制区边界 15μSv/h，监督区边界 2.5μSv/h）调整两区划分的范围，设置更合理的控制区及监督区，以达到更准确、更有效的分区管理。另外，便携式 X-γ辐射巡检仪要定期进行检定，以确保监测数据的准确性。

11.2.3 辐射工作人员与公众剂量估算

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）－-2000 年报告附录 A，X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式进行计算：

$$P_{年}=H \cdot U \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3}$$

式中：

$P_{年}$——年有效剂量，mSv/a；

H——关注点的剂量率，μSv/h；

U——使用因子，U=1；

T——居留因子；

t——年工作时间，h/a。

①职业人员

本项目移动式X射线探伤机操作、巡查等均在控制区边界外进行，在进行移动式探伤作业时，每次一组4人完成移动式探伤工作。规划每年使用移动式X射线探伤机对2000个工件进行无损探伤，每根耐张线夹不超过10个点位。本次环评保守估算每个点位脉冲数30个(含试曝光15个)，拟购探伤机每秒15个脉冲。全年累积曝光时长约11.1h。

操作人员位于控制区以外，且避开有用射束；警戒人员正常情况距离设备还要更远，通常操作人员接受的剂量率大于警戒人员。由于探伤机为定时曝光、自动关机，设备操作人员受到的照射主要是在开机初期，开机后可以离开操作位到更远的区域等候，设备自动关机后再回到操作位置，继续下一步工作。根据探伤现场控制

区的划定标准，控制区边界的辐射水平应低于15μGy/h，建设单位在严格按照相应标准要求划定边界后，每名工作人员的年有效剂量最大为：15μGy/h×11.1h×1×10^{-3}=0.17mSv/a，以上为理论保守估算值。在实际工作中，工作人员将佩戴个人剂量计和剂量报警仪，并按规定穿戴铅防护服，其实际受照剂量将远低于此估算值。本公司对辐射工作人员的年受照剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对工作人员要求的剂量限值20mSv和本报告表执行的剂量约束值5mSv的要求。

②公众

根据操作规范，在每次现场探伤作业前，建设单位都须将探伤计划（包括探伤时间、地点等）告知探伤作业所涉及区域内及周边的相关部门及相关人员，严格执行清场工作。公众人员在监督区外停留可能会受到一定剂量的照射，受影响公众人员为移动式探伤时监督区边界外50m范围内偶尔路过或停留的其他非辐射工作人员。野外探伤作业的场所不固定，不存在长期受照射的公众人群。

建设单位在进行现场探伤前划定控制区和监督区，公众成员不得进入监督区，监督区边界外的X-γ周围剂量当量率低于2.5μSv/h，保守以2.5μSv/h计算，居留因子取1/8，每个探伤场所周围公众的年有效剂量最大为：2.5μGy/h×11.1h×1×(1/8)×10^{-3}=3.47×10^{-3}mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众要求的剂量限值1mSv和约束限值0.1mSv的要求。本项目在实际工作中存在分组情况，故探伤操作人员的实际受照剂量小于理论预测值。

11.3 运营期辐射事故环境影响分析

11.3.1 风险识别

本项目为“使用II类射线装置”核技术应用项目营运中存在一定的辐射事故风险和潜在危害。

（1）事故等级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号），辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-7。

表11-7 国务院令第449号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

重大辐射事故	射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《放射性疾病诊断标准》（GBZ 95），急性重度放射病的受照剂量阈值约为 2Gy 以上（全身均匀照射）。XRS-3 型探伤机距靶点 1m 处最大剂量率为 9.46mGy/h，单次最长曝光约 11 秒（99 脉冲÷9 脉冲/秒），即使人员紧贴靶点（物理上不可能），单次最大受照剂量仅为 0.029mGy，远低于急性重度放射病的剂量阈值。因此，本项目在任何可预见的失控情形下，均不可能导致人员产生急性重度放射病，可能发生的辐射事故等级限于一般辐射事故（Ⅳ级）。

（2）主要事故情景

本项目可能存在的辐射事故情景包括：

①设备故障：探伤机或控制系统发生故障，导致射线无法按预期关闭或射线剂量超出安全范围；

②操作失误：操作人员因误操作、疏忽或培训不足，错误控制探伤机出束；

③清场不彻底：探伤作业前未按要求彻底清场，导致无关人员误入控制区受到照射；

④警戒失效：安全隔离措施不明显或失效，警示标识不完善，公众误入辐射区域；

⑤安全设施失效：声光报警装置等辐射安全防护设施失效；

⑥无人机坠落：无人机吊装过程中设备坠落，可能导致设备损坏或人员受照；

⑦设备丢失被盗：探伤机或电池在运输、贮存、作业现场丢失或被盗；

⑧居民区人员闯入：作业区域邻近居民区时，居民擅自闯入控制区或监督区。

11.3.2 事故预防措施

为有效预防辐射事故发生，建设单位拟采取以下防范措施：

（1）设备管理

探伤机主机存放于专用设备贮存室，配套电池存放于办公室，两者分开存放。贮存设施落实“双人双锁”、24 小时视频监控（保存期不少于 90 天），并在明显位置张贴电离辐射警告标志。每年至少进行一次由专业机构实施的全面维护，定期检查设备外观、安全联锁及报警装置。严禁在贮存场所内进行任何训机、调试或出

束操作。

（2）人员管理

所有操作人员须取得国家核技术利用辐射安全与防护考核合格证明，定期接受专项辐射防护与应急响应培训。严格执行岗位职责分工，现场安全员对当次作业辐射安全负直接责任，有权在任何时候停止作业。

（3）作业前环境评估

每次探伤作业前，由现场安全员组织对工作环境进行全面评估，填写《作业前环境评估表》。评估内容包括：天气条件、作业点条件、通信条件、周边人员活动、居民区毗邻情况、作业时间、应急通道、无人机飞行合规性等。严禁在未经环境评估或评估不合格的情况下开展任何探伤活动。恶劣天气条件下禁止作业。

（4）日常管理

严格执行辐射安全管理制度与操作规程，落实岗位职责。每次作业前进行设备检查和清场确认，确保安全措施到位后方可出束。严格执行《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于事前公告、分区设置、清场、巡视等要求。

（5）应急准备

每年至少组织一次辐射事故应急演练，重点针对设备故障、人员误入控制区、设备丢失等典型事故情景。应急物资定点存放，定期检查，确保随时可用。

11.3.3 事故应急响应与处置

（1）事故应对基本原则

①立即停止：本设备为脉冲式工作方式，预设脉冲执行完毕即自动停机（单次最长不超过 11 秒），无法通过控制软件提前终止曝光。检测操作员应立即停止操作，人员迅速撤离至安全区域，等待设备自动停机。

②及时上报：按规定程序和时限向应急领导小组及生态环境、公安、卫生健康部门报告。

③控制现场：立即划定并扩大警戒区，疏散无关人员，保护现场。

④救助人员：迅速将受照人员撤离辐射区域，进行初步救护。

⑤科学处置：遵循专业规范，在确保安全的前提下科学施救，避免盲目行动造成二次伤害。

（2）事故报告程序

事故发生后，现场人员须立即采取紧急措施，并报告现场安全员；现场安全员应在 5 分钟内初步核实情况，报告公司应急领导小组；初步判定为一般辐射事故（Ⅳ级）的，应在 1 小时内向事故发生地县级生态环境主管部门报告；事故发生地与本项目注册地不一致时，应同时向事故发生地和注册地生态环境主管部门报告；报告内容应包括：事故发生时间、地点、单位、事故类型、初步原因、人员受照初步情况、已采取的应急措施等。

（3）典型事故处置方案

① 人员误入控制区

检测操作员立即停止操作，人员迅速撤离，等待设备自动停机；喊话引导误入人员沿最短路径撤离；对误入人员进行初步问询，了解受照情况；封存其个人剂量计（如佩戴），送检估算受照剂量；记录误入时间、位置、停留时长等信息。

② 控制软件失效

操作人员保持冷静，等待设备自动停止（单次最长不超过 11 秒）；人员迅速撤离至安全区域；使用巡检仪从远及近监测，确认射线已停止；封存设备，联系厂家检修，在问题解决前暂停使用。

③ 设备丢失或被盗

立即保护现场，禁止人员进入；立即报告公司应急领导小组和公安机关、生态环境部门；准备设备信息（型号、编号、外观特征、照片）；配合调查，提供监控录像等线索；探伤机主机与电池分开存放的，须分别核实各自存放地点的安全状况。

④ 无人机坠落

检测操作员立即停止操作，人员迅速撤离，等待设备自动停机；人员不得立即靠近坠落点，先用便携式巡检仪从远及近监测坠落区域，确认辐射水平恢复本底后方可派人进入处理；检查设备损坏情况，记录坠落原因、坠落点、设备状态、监测数据等。

⑤ 居民区人员闯入警戒区

检测操作员立即停止操作，等待设备自动停机；值守人员立即上前劝阻，引导闯入人员沿最短路径撤离至安全区域；对闯入人员进行初步问询，了解停留时间和位置；安抚周边居民情绪，防止恐慌蔓延。

11.3.4 辐射事故应急预案

建设单位须根据《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》等法规要求，结合自身实际制定辐射事故应急预案。应急预案主要内容应包括：总则：编制目的、编制依据、适用范围、工作原则、事故分级；风险分析与预防措施：识别各环节潜在事故情景，制定针对性预防措施；应急组织与职责：成立事故应急救援领导小组，明确组长、副组长、成员及现场应急小组的职责分工；分级响应程序：明确报告程序与时限、预警机制、信息报告内容及应急联系电话；应急响应与处置：先期处置步骤、分级响应程序、典型事故处置方案；应急终止与恢复：应急终止条件、恢复工作要求、事故调查与总结；应急保障：应急物资配备与检查、应急培训与演练要求；附则：预案管理与实施要求。建设单位须根据运行实际情况，定期审查和修订应急预案，每年至少组织一次辐射事故应急演练，检验预案的可行性、可靠性和可操作性，不断完善事故应急预案。

11.3.5 事故环境影响分析

本项目 XRS-3 型探伤机为脉冲式设备，单次曝光时间最长不超过 11 秒（99 脉冲÷9 脉冲/秒），不具备连续出束能力。在事故情况下，人员可能受到的最大受照剂量估算如下：

以最不利情况考虑，即人员在无任何屏蔽条件下位于距靶点 3m 处（设备高空作业时人员在地面的典型距离），受照时间为单次最长曝光 11 秒，距靶点 1m 处剂量率为 9.46mGy/h，则人员受照剂量为：

$$D = 9.46\times10^{3}\ \mu Gy/h \times 11s \div 3600 \div 3^{2} \times 10^{-3} \approx 0.003\ mSv$$

该剂量远低于公众年剂量限值（1mSv），亦低于本项目管理目标限值（公众 0.1mSv）。即使人员在距靶点更近的距离受照，由于设备主射线方向竖直向上，地面人员主要受漏射及散射影响，实际受照剂量仍极为有限。因此，本项目在事故情况下对人员和环境造成的辐射影响是可控的。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应设有专门的辐射

安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核。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”。建设单位拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员管理职责。辐射安全管理机构的职责应包括：

（1）全面负责公司辐射安全管理工作，包括但不限于贮存场所移动式 X 射线机的维护管理以及射线装置台账工作；

（2）认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合公司实际情况制定安全规章制度并检查监督实施；

（3）负责辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；

（4）检查安全环保设施，开展环保监测，对本项目安全防护情况进行年度评估；

（5）实施辐射工作人员的健康体检并做好体检资料的档案管理工作；

（6）编制辐射事故应急预案，并妥善处理有可能发生的辐射事故；

（7）定期向生态环境部门报告安全工作，接受生态环境部门的监督和检查。

12.2 人员配备与职能

劳动定员：本项目建设单位拟配置 4 名现场探伤辐射工作人员和 1 名专职辐射管理人员。5 名工作人员均尚未参加辐射安全与防护培训学习。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”（网址 http：//fushe.mee.gov.cn）报名并参加考核”。

本项目辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗，且每 5 年进行一次再学习和考核。根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021

年版）》，本项目辐射工作人员需参加 X 射线探伤核技术利用专业考核，管理人员参加辐射安全管理专业考核。

本项目工作人员之前未从事辐射相关工作。建设单位应落实辐射工作人员个人剂量监测工作。个人剂量计应编号定人佩戴，定期送交有资质的检测机构进行测量，并建立个人剂量档案，完善个人剂量监测及健康档案管理制度。辐射工作人员需熟悉专业技术，使之能胜任移动式探伤工作，而且对安全防护与相关法规知识也需做相应了解，实际操作中须按安全操作规程行事，自觉遵守规章制度，努力做好各项安全工作

12.3 辐射安全管理规章制度

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第六款要求：从事放射性工作的单位应有健全的操作规程、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、监测方案等；第七款要求：有完善的辐射事故应急措施。本项目为新建移动式 X 射线探伤项目，建设单位目前尚未制定相关辐射安全管理制度，公司拟根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定相关的辐射安全管理制度及探伤操作规程。现本报告提出如下建议：

《辐射防护和安全保卫制度》：根据建设单位的具体情况和国家相关法律法规制定辐射防护和安全保卫制度，明确管理机构与职责，制定详细的岗位职责、安全操作规程及剂量管理标准，建立设备检修维护、台账管理、培训与考核、监测与评估、废物管理、应急预案等制度，同时规定移动式 X 射线探伤机的存放与安全要求，并确保专职管理人员定期上报年度评估报告。

《安全操作规程》：明确探伤工作人员的资质条件要求、移动式 X 射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，明确 X 射线探伤操作步骤以及探伤过程中必须采取的辐射安全措施。本项目采用电脑进行远程遥控操作；当移动式 X 射线探伤机在运行时若出现高空掉落，探伤工作人员应及时通过平板电脑切断电源，若电脑无法切断电源需探伤工作人员手动切断电源时，应采取避开有用线束方向等相关操作安全措施。

《辐射工作人员岗位职责》：确保严格遵循并执行国家辐射安全与环境保护的相关法律法规，制定并不断完善公司内部的管理制度和流程；专职管理人员需对辐射工作进行全面的监督与管理，包括定期检查各项制度的执行情况，及时整改问题，

以及负责射线装置台账、安全防护设施有效性检查、人员剂量监测报告、工作场所监测报告、自主检测报告等多方面的管理与存档工作；同时，组织辐射工作人员按时参加辐射安全与防护的培训及考核，提升其专业素养与应急处理能力；探伤操作人员需严格遵守安全操作规程，确保现场探伤作业的安全进行，包括人员清场、辐射防护布置、检查验收等关键环节，并需有专人巡视，防止非探伤人员误入作业区；此外，专职管理人员还需定期向环保主管部门报告安全工作，接受检查指导，并负责辐射安全许可证的延续、重新申领和变更等手续，以及按时提交上一年度的辐射安全防护年度评估报告。

《设备维护维修制度》：明确射线装置需严格按照其操作说明书的要求定期维护保养，确保设备处于良好工作状态，一旦发现故障应立即进行检修；每年需委托具备相应资质的第三方机构对移动式 X 射线探伤机进行全面性能检测，检测合格后方可继续使用；设备发生故障时，操作人员需及时上报专职管理人员，由其评估后决定是否联系生产厂家派遣技术人员进行维修，严禁非专业人员擅自拆解修理；维修过程需由具备相应资质的单位执行，并填写详细的仪器设备出入库记录表，确保维修过程的可追溯性；设备应单独存放，远离易燃、易爆、腐蚀性物品，指定专人保管，并采取必要的防火、防水、防盗等安全措施；在设备的使用过程中，需进行严格的登记、检查，确保账物相符，贮存场所安全；定期检修维护控制器与 X 射线管头的连接电缆，搬运设备时应避免剧烈振动或冲击，以免造成设备损坏；定期检查并维护警戒线、警示牌、电离辐射警告标志、声光报警灯、个人剂量报警仪等安全设施及个人防护用品，确保其状态良好，辐射工作人员在每次探伤作业前需例行检查，发现问题及时记录并处理；专职管理人员需负责建立详细的设备检修、维护记录，并归档管理。

《射线装置台帐管理制度》：明确建立和维护的责任人，台账应形成包括射线装置明细台账、使用记录台账、检修维护记录台账、监测设备及个人防护用品台账和领用记录台账在内的完整体系。对于射线装置明细台账，需详细记录每台装置的名称、型号、关键参数（如管电压、管电流）、用途及使用场所，并确保信息的准确性和时效性，禁止擅自修改，每月进行核对并及时更新，确保物账相符。探伤装置使用记录台账需清晰记录使用人员、项目名称、使用时间、设备状态等关键信息，严禁外借探伤装置，并每月核对使用记录，确保记录清晰无误。装置检修维护记录台账需详细记

录故障发生时间、具体问题、设备型号、维修单位、维修人员、维修情况、维修完成时间及确认签字等，留档备查，每月核对，确保维修记录完整可追溯。监测设备及个人防护用品台账需记录设备型号、名称、数量、购置日期、运行状态及使用部门等信息，同样需每月核对，确保信息准确。领用记录台账则需详细记录领用名称、数量、时间、领用人、归还时间及归还人等关键信息。

《辐射监测方案》：明确监测仪器定期送有资质单位检定或校准，写明检定周期，或定期进行内部仪器比对；明确监测频次和监测项目（内容）、监测范围、监测布点等，做好相应监测记录，监测应该关注重点部位，监测结果存档，并定期上报生态环境行政主管部门。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

《辐射工作人员培训制度》：明确所有辐射工作人员在上岗前必须通过必要的辐射防护知识培训与考核，并在考核合格证书有效期内定期参加复训与考核。建立完善的培训记录管理制度，详细记录培训时间、内容、参与人员及考核结果等信息。

《辐射事故应急预案》：针对本项目可能产生的辐射事故制定辐射事故应急方案，明确相应的辐射防护措施及事故处理程序等，并明确预案中应急机构的组成、职责分工、应急人员的培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一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。同时，在 1 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门报告。

本项目辐射工作人员应在公司辐射安全与防护领导小组的领导下，明确各人员岗位职责，严格落实辐射安全管理规章制度，定期对设备的辐射安全措施进行检查。建设单位在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各项管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性

本项目涉及使用移动式 X 射线探伤机，为II类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”，建设单位须具备的辐射安全管理要求见表 12-1。

表 12-1　建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	从事使用射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	/	本项目为新建项目，建设单位应在项目运行前向甘肃省生态环境厅申领辐射安全许可证，初次申领所需材料清单见表 12-2。
2	辐射工作人员应参加辐射安全知识和法规的考核并持证上岗	/	本项目共配备 5 名辐射工作人员，包括 1 名辐射安全专职管理人员和 4 名探伤操作人员组成的 1 个探伤作业小组。上述人员均为新增，建设单位将在项目运行前组织相关人员参加生态环境部“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”（网址：http://fushe.mee.gov.cn）在线学习与考核。其中，探伤操作人员参加“X 射线探伤”类别考核，辐射安全专职管理人员参加“辐射安全管理”类别考核，取得合格成绩后方可持证上岗。
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	/	建设单位已成立辐射安全与防护管理领导小组，配备 1 名辐射安全专职管理人员，全面统筹辐射安全管理工作。
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	/	拟配备便携式 X-γ辐射巡测仪 1 台（定期检定/校准）、个人剂量报警仪（带直读功能）4 台、个人剂量计 6 枚（含 1 枚本底对照）、铅防护服 4 套。每次探伤作业前、中、后使用巡测仪进行工作场所辐射水平监测，监测记录存档备查。
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案	/	拟制定辐射事故应急预案，内容包括：总则、应急组织与职责、信息报告、辐射事故应急程序、应急终止和恢复正常秩序、信息通报与发布、应急响应总结报告、应急准备等，并定期开展应急演练，结合实际持续完善。
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	/	拟制定完善的辐射安全管理制度，包括：操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、台账管理制度、人员培训计划、监测方案等，并建立健全辐射工作单位基础档案。
7	辐射工作单位应做好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	/	项目运行前，建设单位将委托有资质机构定期对辐射工作人员开展个人剂量监测（常规监测周期 1 个月，最长不超过 3 个月）和职业健康检查（上岗前、在岗期间每 2 年一次、离岗前），建立个人剂量档案和职业健康监护档案。
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目	/	根据本报告相关章节要求，在移动探伤现场控制区和监督区边界设置醒目的电离辐射警告标志、警告

	的电离辐射警示标志		牌及警戒带；在专用设备贮存室门口张贴电离辐射警告标志。
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	/	建设单位将委托有相关资质的检测机构定期（1 次/a）对本项目开展辐射环境检测，并向生态环境主管部门提交检测报告
10	辐射信息网络	/	核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp）中实施申报登记。申领、延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报
11	应建立动态的台帐，射线装置应做到帐物相符，并及时更新	/	建设单位拟制定射线装置台账管理制度，详细记录设备信息、存取情况及使用状态，定期核查做到账物相符，及时更新。

12.4 辐射监测

根据国家相关法律法规的要求，开展辐射工作的单位应当对其设备工作场所防护以及辐射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测，以保障辐射工作的正常开展以及人员的健康和安全。建设单位需根据要求制定以下辐射监测计划。

一、工作场所监测

现场作业时对工作场所的监测：建设单位每次探伤作业活动时均需要对工作场所和周围环境进行巡查与监测，巡查结果与监测结果需记录完整并进行存档。

（1）监测因子

X-γ周围剂量当量率。

（2）监测区域

在移动式X射线探伤机处于照射状态时，用便携式X-γ辐射巡检仪从探伤机正下方地面投影位置周围由远及近监测剂量率，到2.5μSv/h为监督区边界，到15μSv/h为控制区边界；探伤作业期间还应对控制区和监督区边界上代表点的剂量率进行监测；停止工作时，检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机已停止工作。

（3）监测频率

①自主监测

每次现场探伤作业时均需要监测或巡测，进行监督区与控制区划分。移动式X射线探伤机曝光结束后，对工作场所进行监测，确保已停止曝光。辐射工作人员对X射线移动式探伤机使用场所周围环境辐射水平监测并记录，同时做好划区监测记录。

②委托年度监测

每年委托有资质单位进行年度检测，检测报告存档，并与年度评估报告一起上报生态环境部门。凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：

a.新开展现场射线探伤的单位；

b.每年抽检一次；

c.在居民区进行的移动式探伤；

d.发现个人季度剂量（3个月）可能超过1.25mSv。

二、个人剂量监测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，个人剂量常规监测周期一般为1个月，最长不得超过3个月。此外，建设单位还应按以下要求实施：

1、按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，建设单位应做好以下工作：

（1）发现个人剂量检测结果异常的，应当立即核实和调查情况，并由当事人签字确认，同时将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

（2）建设单位应安排专人负责个人剂量监测管理，完善辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息，工作岗位，剂量检测结果等材料，并终身保存个人剂量监测档案。

（3）辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位提供个人剂量档案的复印件。建设单位应根据个人剂量管理剂量限值的要求，结合工作实际制定本单位个人剂量干预水平和干预措施。建设单位应依规或每一季度将个人剂量片送交有资质的部门进行检测，检测数据超过单位调查水平的，单位应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认。超过个人剂量约束值的，查明原因后，应采取防范措施，并报告发证机关。个人剂量超过国家标准限值的，应立即采取措施，报告发证机关，并开展调查处理。检测报告及有关调查报告应存档备查。

表12-2 本项目检测计划建议表

场所	监测内容	监测点位	建设周期		
			建设单位自检	委托检测	验收监测

现场探伤	周围剂量当量率	①控制区边界：周围剂量当量率大于15μSv/h 的边界； ②监督区边界：周围剂量当量率大于2.5μSv/h，小于15μSv/h的边界； ③现场探伤操作位处； ④周围环境敏感目标处；	每次探伤前	1次/年	竣工环保验收期间
个人剂量	个人剂量计	委托有资质的检测单位每3月检测一次。			

三、监测质量保证

（1）完善《辐射监测方案》，细化工作场所自主监测使用的监测仪器、监测方法及监测限值以及对异常情况的处置措施等，采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自主监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

（2）做好辐射环境监测管理工作，建设单位需定期和不定期对本项目辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

12.5 年度评估报告

每年 1 月 31 日之前，建设单位应向发证机关提交上一年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）的个人剂量监测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容。建设单位还需在“全国核技术利用辐射安全申报系统”中实施申报登记。

12.6 辐射事故应急

建设单位应根据本项目可能发生的辐射事故情况制定辐射事故应急预案，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。

1、事故报告程序

一旦发生辐射事故，辐射工作人员立即停机，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后 2 小时内填写《辐射

事故初始报告表》，向当地省、市生态环境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行政部门报告。

2、辐射事故应急措施

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及个人剂量计。

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。

12.7 竣工环保验收检查内容和要求

表 12-3　项目环保竣工验收检查一览表

对象	验收项目	验收指标
项目建设情况	建设内容与规模	1 台 XRS-3 型移动式脉冲 X 射线探伤机（II类射线装置），贮存场所位于兰州市七里河区龚家湾街道民乐路 161 号文化站仓库区内 9 号库，满足防火、防盗、防破坏要求。
源项情况	射线装置技术参数	最大管电压 270kV，最大管电流 0.25mA，定向发射，辐射角 40°，脉冲式工作（不具备连续出束能力），单次最多预设 99 个脉冲，脉冲频率 15 个/秒，单次最长曝光时间 6.6 秒。
工程设备与工艺	实际运行状况	采用无人机搭载、远程操控作业模式；设备高空固定于被检耐张线夹，主射线方向竖直向上（朝向天空）；操作人员位于监督区外地表安全位置无线遥控作业；年最大检测量约 2000 个工件，全年累积曝光时长约 11.1h。
	人员配备	辐射安全专职管理人员 1 名；现场探伤工作组 4 人（无人机操作员 2 人、检测操作员 1 人、现场安全员 1 人）。
布局与分区	两区划分管理	控制区：周围剂量当量率＞15μSv/h 的区域； 监督区：控制区边界外、周围剂量当量率在 2.5μSv/h～15μSv/h 之间的区域。

		采用“理论计算预先划定、现场巡测验证边界”方法，两区边界设置警戒带及清晰可见的警示标识。
辐射安全措施	设备固有安全性能	准直器（40°锥角限束）、工作状态指示灯（绿灯通电/红灯闪烁预备/红灯常亮出束）、警示声音、液晶参数显示、钥匙开关安全联锁、控制终端软件远程急停、延时启动按钮、脉冲预设自动停止。
	现场防护设施	声光警戒灯（与出束控制电路联锁，黄灯闪烁/红灯常亮双信号，内置剂量率探头自动切换）、警告牌（“禁止进入射线工作区”4 块、“无关人员禁止入内”4 块）、电离辐射警告标识（4 块）、警戒带（800 米）、安全信息公告牌（4 块）、喊话器（2 台）、对讲机（4 台）、照明灯（6 个）。
	贮存场所安全	双人双锁管理、24 小时视频监控全覆盖、探伤机主机、无人机及防护用品存放于 9 号库贮存室、电池单独存放于办公室（七里河区西津东路 648 号）、电离辐射警告标志张贴。
人员资质与健康管理	辐射安全培训考核	5 名辐射工作人员（含 1 名辐射安全专职管理人员）均参加辐射安全与防护培训并通过考核，持证上岗。
	个人剂量监测	委托有资质机构定期进行个人剂量监测（常规监测周期 1 个月，最长不超过 3 个月），建立个人剂量档案。
	职业健康体检	工作人员按要求进行职业健康体检（上岗前、在岗期间每 2 年一次、离岗前），建立职业健康监护档案。
防护用品与监测仪器	个人防护与监测	个人剂量计 6 枚（含 1 枚本底对照），个人剂量报警仪（带直读功能）4 台，便携式 X-γ辐射巡测仪 1 台（定期检定/校准），铅防护服 4 套。
管理制度	辐射安全管理制度	建立完善的辐射安全管理制度，包括：操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、台账管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急预案等。
辐射监测	监测方案落实	自主监测：每次探伤作业前、中、后使用便携式 X-γ辐射巡测仪进行工作场所辐射水平监测，确认控制区与监督区边界。委托监测：每年委托有资质机构开展辐射工作场所年度检测，辐射工作人员个人剂量监测，并建立监测档案。
应急措施	应急预案与演练	制定辐射事故应急预案，明确应急组织、处置流程及报告制度，配备应急物资，定期组织应急演练。
环保验收要求	三同时制度	污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。
	竣工环保验收	项目投入运行后，建设单位按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》要求，在三个月内自行或委托第三方对配套建设的环境保护设施进行验收，编

		制验收报告，并依法向社会公开。

根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》，工程建设执行污染治理设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，项目投入运行后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，自行或委托第三方在三个月内对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。

表 13 结论与建议

13.1 项目概况

项目名称：甘肃同兴智能科技发展有限责任公司移动 X 射线探伤应用项目

建设单位：甘肃同兴智能科技发展有限责任公司

建设性质：新建

建设地点：本项目为移动式探伤，作业地点分布于甘肃省内委托方所属的电网高压输配电线路沿线，无固定作业场所。无探伤任务期间，探伤装置均贮存于兰州市七里河区龚家湾街道民乐路 161 号文化站仓库区内 9 号库的专用设备贮存室中。该贮存室仅用于设备的集中存放，不涉及任何现场调试或探伤作业。为保障贮存安全，贮存场所严格执行“双人双锁”存取制度，并实现视频监控全覆盖。

建设内容：拟购置 1 台 XRS-3 型移动式脉冲 X 射线探伤机（Ⅱ类射线装置），用于 110kV 及以上架空输电线路耐张线夹的无损检测。设备最大管电压 270kV，最大管电流 0.25mA，定向发射，辐射角 40°。设备为脉冲式工作模式，不具备连续出束能力，单次最多预设 99 个脉冲，脉冲频率 15 个/秒，单次最长曝光时间 6.6 秒，预设脉冲数完成后自动停止出束。探伤作业采用无人机搭载、远程操控模式，主射线方向竖直向上（朝向天空），操作人员在地面监督区外遥控作业。年最大检测量约 2000 个工件，全年累积曝光时长约 11.1h。

13.2 本项目产业政策符合性分析和实践正当性分析

本项目属于核技术在无损探伤检测领域的应用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类第三十一项“科技服务业”第 1 条“检验检测服务”，符合国家现行产业政策。项目采用的 X 射线数字成像检测技术符合《架空输电线路金具压接质量 X 射线检测技术导则》（Q/GDW 11793—2023）的相关要求。

本项目的实施可有效识别耐张线夹内部缺陷，为电网安全运行提供可靠技术保障，对防范掉线事故、减少停电损失具有显著社会效益。项目运行期间虽产生电离辐射，但建设单位将采取严格的辐射安全防护与管理措施，将辐射影响控制在国家标准允许范围内，项目所带来的安全效益和社会利益远大于其可能引起的辐射影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则要求。

13.3 选址合理性分析

本项目场所分为设备贮存场所与野外探伤作业现场两类。

（1）设备贮存场所

在无探伤任务期间，探伤机主机、无人机及防护用品（铅防护服等）贮存于建设单位设在兰州市七里河区龚家湾街道民乐路 161 号文化站仓库区内 9 号库的专用设备贮存室中。该库房周边均为库房，无常住人口，仓库区域实行封闭式管理，设有大门及 24 小时门卫值守。贮存室仅用于设备存放，不进行任何射线装置的调试或使用。建设单位拟对贮存室进行改造，主要内容包括：将原有房门更换为防盗安全门，更换窗户并安装防护栏，对室内墙面进行粉饰，对库房顶部孔洞进行封堵。改造完成后，实行双人双锁管理，安装高清视频监控并实现 24 小时全覆盖，确保设备在贮存期间的安全。探伤机电池单独存放于建设单位办公室（位于兰州市七里河区西津东路 648 号），由专人负责保管。出库执行任务时，须同时从仓库领取探伤机主机、无人机及防护用品，从办公室领取电池，确保设备成套同时领用。

（2）野外探伤作业现场

探伤作业地点为甘肃省内委托方所属电网高压输配电线路沿线，各探伤现场情况及周边环境存在较大差异。建设单位承接任务后，探伤工作人员严格依据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求进行现场管理：作业前首先确认目标线路处于不带电状态，并对工作地点、周边公众活动、天气条件及作业时间等进行全面评估；随后根据本环评理论估算值结合现场地形条件，初步划定控制区和监督区边界，拉设警戒带、悬挂警示标识，安装声光警戒灯并与射线出束控制电路实现安全联锁；通过提前发布探伤公告、合理选择探伤时间、利用喊话器彻底清场等措施，确保控制区及监督区内无无关人员滞留；试曝光期间，现场安全员使用经校准的便携式 X-γ辐射巡测仪由远及近进行巡测，将周围剂量当量率大于 15μSv/h 的区域划定为控制区，将控制区边界外、周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的区域划定为监督区，并据此精确调整边界；探伤时主射线方向竖直向上（朝向天空），任何情况下不向下或斜向下照射；探伤期间通过辐射剂量巡测对边界持续监测，确认场内无其他人员后方可开始探伤。上述分区管理措施满足 GBZ 117-2022 的相关要求，野外探伤作业选址合理可行。

13.4 环境保护目标年有效剂量

根据理论计算结果，本项目运行后辐射工作人员和周围公众成员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）。

移动式 X 射线探伤机工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，X 射线探伤机运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。

13.5 辐射安全措施

建设单位在进行移动 X 射线现场探伤时严格按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求落实各项辐射安全措施：

（1）分区管理与现场警戒：划定控制区（＞15μSv/h）和监督区（2.5μSv/h～15μSv/h）。控制区边界设置警戒带、悬挂“禁止进入射线工作区”警告牌及电离辐射警告标志；监督区边界设置警戒带、悬挂“无关人员禁止入内”警告牌。配备声光警戒灯（与出束控制电路安全联锁），提供“预备”信号（黄灯闪烁/断续蜂鸣）与“照射”信号（红灯常亮/连续长鸣），内置剂量率探头可自动切换警示状态，确保控制区所有边界均能清楚听见或看见警示信号。现场安全员不间断巡查，必要时增派人员值守。

（2）设备固有安全性能：设备自带准直器将 X 射线束限制在 40°锥角内；设有工作状态指示灯（绿灯通电/红灯出束）及警示声音；配备液晶显示器实时显示运行参数；设置钥匙开关安全联锁，仅当钥匙插入并打开后方可出束；可通过控制终端软件远程急停；设有延时启动按钮；脉冲预设完成后自动停止出束，不具备连续出束能力。

（3）贮存场所安全：专用设备贮存室实行双人双锁管理，高清视频监控 24 小时全覆盖，主机与电池分开存放，建立射线装置使用台账，每次存取均进行记录。

（4）个人防护与监测：建设单位已建立个人剂量档案和职业健康监护档案管理制度。本项目配备便携式 X-γ辐射巡测仪 1 台（定期检定/校准）、个人剂量报警仪（带直读功能）4 台、个人剂量计 6 枚（含 1 枚本底对照）、铅防护服 4 套。所有辐射工作人员开展探伤任务时，须规范佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。本项目所有辐射工作人员在开展探伤任务时，需将个人剂量计、个人剂量报警仪规范佩戴。

13.6 辐射环境管理

建设单位拟成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责；拟制定相关管理规章制度，建设单位应在以后工作中不断完善相关制度。建设单位应每年委托有资质的单位对移动探伤现场进行年度监测。

本项目辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗，且每 5 年进行一次再学习和考核。根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021 年版）》，本项目辐射工作人员需参加 X 射线探伤核技术利用专业考核，管理人员参加辐射安全管理专业考核。本项目操作人员在上岗前安排职业健康体检并建立职业健康档案。

综上所述，本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。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，建设单位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，本项目可行。

13.7 建议和承诺

（1）建议

①项目在运行过程中必须严格落实项目设计及本报告表提出的安全防护措施和相关管理要求；

②定期进行射线装置台账核查，做到物账相符；

③定期检查野外探伤辅助防护措施，例如，工作状态指示灯、声音提示装置等若出现松动、无响应或损坏，应及时修复或更换。

④根据实际经验，不断完善辐射安全与防护相关制度，定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断地完善事故应急预案；

⑤本项目取得环评批复后，建设单位应尽快办理辐射安全许可证及竣工环保验收。

（2）承诺

①及时安排本项目拟配备工作人员、新增、转岗及培训合格证到期的辐射工作人员（包括专职人员）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（网址：http://fushe.mee.gov.cn）学习相关知识学习或培训，通过考核，持证上岗。

②每年 1 月 31 日前通过“全国核技术利用辐射安全申报系统”上报辐射安全和防护状况年度评估报告，并接受生态环境主管部门监督检查。

③本项目跨省进行现场探伤作业时，提前依据相关法规向相应省生态环境主管部门进行备案或相关手续，具体按相应生态环境主管部门要求履行相关环保手续。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见： 公　章 经办人　　年　月　日
审批意见： 公　章 经办人　　年　月　日