

核技术利用建设项目

新建 X 射线野外探伤项目

环境影响报告表

(公示本)

四川思极科技有限公司

二〇二四年一月

生态环境部监制



核技术利用建设项目

新建 X 射线野外探伤项目 环境影响报告表

建设单位名称：四川思极科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4
幢 12 楼

邮政编码：610040

联系人：王**

电子邮箱：182**@163.com

联系电话：182**

目 录

表 1	项目概况	1
表 2	放射源	7
表 3	非密封放射性物质	8
表 4	射线装置	9
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6	评价依据	11
表 7	保护目标与评价标准	13
表 8	环境质量和辐射现状	16
表 9	项目工程分析与源项	16
表 10	辐射安全与防护	22
表 11	环境影响分析	29
表 12	辐射安全管理	40
表 13	结论与建议	50

表 1 项目概况

建设项目名称		新建 X 射线野外探伤项目			
建设单位		四川思极科技有限公司			
法人代表		李**	联系人	王**	联系电话 18**
注册地址		成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼			
项目建设地点		探伤地点为全国各地，不固定；探伤机不进行移动式探伤作业时，存放在高新区益州大道中段1800号天府软件园G区4幢12楼设备室内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		**	项目环保投资（万元）	**	投资比例（环保投资/总投资） **%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m ² ） /
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其它	/				
<p>项目概述</p> <p>一、建设单位简介及项目由来</p> <p>四川思极科技有限公司（统一社会信用代码为：915**，后文简称“思极科技”）成立于 2020 年 6 月，是由国网四川省电力公司、国网信通产业集团各出资 50% 组建成立，主要从事国网四川电力公司管辖范围内电力杆塔、电缆隧道（管沟）、变电站、供电所、电力数据资源和数据产品等基础资源商业化运营及增值服务业务，投资建设和运营通信及附属设施、数据中心等新型数字基础设施，开展北斗及地理位置信息服务、5G、人工智能、电网物联监控、智慧变电站等技术融合业务应用，参与智慧城市、智慧校园、智慧物流、智慧能源等增值服务新业务，开展商业化运</p>					

营过程中衍生的新业务、新业态的运营服务，统一负责省公司对通信运营商业务的一家综合型企业。公司成立至今参与技术标准 3 项，获得省部级/行业级科技奖 5 项，荣获“创客中国·创业天府”四川省中小企业创新创业大赛优胜奖、北斗“最佳应用推进单位”、2022 电力大数据与人工智能优秀论文一等奖等多项奖项，是四川省大数据发展联盟副理事长单位、四川省电机工程学会会员单位。公司具有 ISO9001、ISO14001、ISO45001、IEC20000、ISO 27001、增值电信业务经营许可证、CMMI3、CS1 和通用航空企业经营许可证、ITSS 四级、双软认证等 17 项资质许可证。

因公司业务发展的需要，拟采购 1 台定向型 X 射线探伤机(属于 II 类射线装置)，用于变电站内 GIS、罐式断路器等筒体焊缝及筒体内设施无损检测。GIS 是由断路器、隔离开关、接地开关、互感器、避雷器、母线、连接件和出线终端等组成的组合电器的简称，这些设备或部件全部封闭在金属接地的外壳中，在其内部充有一定压力的 SF6 绝缘气体，故也称 SF6 全封闭组合电器。根据《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》、《放射性同位素和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和防护管理办法》的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。

本项目涉及使用 II 类射线装置用于变电站内 GIS、罐式断路器等筒体焊缝及筒体内设施无损检测，本次仅对使用 1 台 X 射线探伤机实施探伤作业进行评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行），本项目属于“第五十五项—172 条核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。本项目应报四川省生态环境厅申请审批。因此，四川思极科技有限公司委托四川省中栎环保科技有限公司对该项目开展环境影响评价工作。编制单位接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《新建 X 射线野外探伤项目环境影响报告表》。

二、产业政策符合性

本项目系核和辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 29 号令，2020 年 1 月 1 日起施行）、《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》（中华人民共和国

国国家发展和改革委员会第 49 号，2021 年 12 月 30 日实施) 相关规定，本项目第三十一项“科技服务业”中第 1 条“检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

三、项目概况

(一) 项目名称、性质、地点

项目名称：新建 X 射线野外探伤项目

建设单位：四川思极科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：探伤地点为全国各地，不固定；探伤机不进行移动式探伤作业时存放在成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼设备间内

(二) 建设内容与规模

思极科技拟使用 1 台型号为 PXS EVO 300D 的定向探伤机，最大管电压 300kV，最大管电流 4.5mA，属于 II 类射线装置，用于变电站内 GIS、罐式断路器等筒体焊缝及筒体内设施无损检测，年探伤曝光时间总计约 300h；拟在成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼办公场所内设设备间。在实施探伤过程中，不存在同一地点两台探伤机同时探伤或同一时间不同地点两台同时探伤的情况，本项目 X 射线探伤机仅进行移动式探伤作业使用，不涉及室内探伤，未进行移动式探伤作业时存放在公司设备间内。

项目组成及主要环境问题见表 1-2。

表 1-2 建设项目组成及主要的环境问题表

	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	探伤机情况	思极科技拟使用 1 台型号为 PXS EVO 300D 的定向探伤机（属于 II 类射线装置），配套使用平板数字探测器、便携式笔记本电脑等。探伤机最大管电压 300kV，最大管电流 4.5mA，用于变电站内 GIS、罐式断路器等筒体焊缝及筒体内设施无损检测。拟在成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼办公场所内设备间。	/	X 射线、臭氧
	探伤地点	探伤地点为全国各地，不固定		
	设备存放	未进行移动式探伤作业时存放在成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼设备间；在移动式探伤时，探伤机存放在储物柜内		

	曝光时间	年总曝光时间约 300h/a		
环保工程	依托建设单位所在楼和变电站已建污水收集处理设施、生活垃圾收集设施			生活污水、固体废物、生活垃圾
辅助工程	设备室、办公室			/
公用工程	依托探伤工程区域公共设施			生活污水 生活垃圾
办公及生活设施	依托探伤工程区域办公及生活设施			/

(三) 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-3。

表 1-3 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年耗量(单位)	来源	用途
能源	煤(T)	—	—	—
	电(度)	探伤用电	500kWh	探伤用电
	气(Nm ³)	—	—	—
水量	地表水	自来水	200m ³	办公、生活用水
	地下水	—	—	—

(四) 本项目涉及射线装置

本项目涉及射线装置的情况见表 1-4。

表 1-4 本项目拟使用的射线装置的相关情况

设备型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	投射类型	使用场所	最大辐射角度	最大穿透钢板厚度 (mm)	曝光时间 (min/次)	备注
PXS EVO 300D	1 台	300	4.5	定向	野外	40°	65	0.5~3	拟购

(五) 项目选址、外环境关系及实践正当性分析

1、外环境关系及选址合理性分析

本项目移动式探伤地点为全国各地，探伤地点不固定，集中在 110kV 及以上的输变电站内，探伤地点为全国各地区城区范围及野外。在本项目评价范围内，主要保护目标为变电站维护人员和周围的住户，通过制定辐射防护和管理最优化探伤方案，采取相应的屏蔽措施和管控措施后，方可按照探伤方案开展探伤作业。在确保辐射防护和管控方案落实后，本项目对周围环境的辐射影响是可以接受的，所以本项目移动式探伤选址和布局是合理的。

本项目探伤机无探伤任务时存放于成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件

园 G 区 4 幢 12 楼设备间内。思极科技拟对设备室采取一系列的防盗防破坏措施以保证设备安全：①拟在设备室内安装监控摄像头，实行 24 小时监控，能够实时看到设备室内部情况，将设备室纳入思极科技重点警戒范围；②设备室门由专人管理，安排专人管理设备室内设备台账，并做好射线装置台账管理工作；③探伤机主机、线缆分开存放，禁止 X 射线探伤机在设备室内进行调试、训机和使用；④确保探伤设备的安全和探伤作业期间的设备安全，制定辐射应急预案，发生辐射安全事故后应采取的响应措施。

思极科技设备室只用作设备存放，X 射线探伤机暂存不会对周围环境产生不良影响，周围环境对该储存间无制约因素，因此探伤机无探伤任务时存放于设备室内是合理的。

2、实践正当性分析

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、锈蚀和熔合不足等，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用。GIS、罐式断路器是一种运行可靠性高、维护工作量少、检修周期长的高压电气设备，其故障率只有常规设备的 20%~40%，但 GIS 也有其固有的缺点，由于内部气体的泄漏、外部水分的渗入、导电杂质的存在、绝缘子老化等因素影响，都可能导致 GIS 内部故障，GIS 的全密封结构使故障的定位及检修比较困难，检修工作繁杂，此外 GIS、罐式断路器筒体焊缝可能存在漏焊、虚焊等情况。因此，采用 X 射线无损探伤检测的方式可以对 GIS、罐式断路器内部故障进行和外部筒体缺陷实现精确、无损的定位，可以降低检修成本、提高检修效率，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。

由于在探伤过程中射线装置的应用可能会给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射环境影响，同时射线装置的使用及管理的失误会造成辐射安全事故。建设单位在开展 X 射线探伤过程中，对射线装置的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。

因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能

引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。

(六) 劳动定员及工作制度

本项目拟配备辐射工作人员共 4 人，其中 1 名管理人员、2 名操作人员，1 名警戒人员，均为思极科技新增辐射工作人员，一天工作时间 8 小时，年工作时间为 250 天。

在移动式探伤作业时，探伤小组由 2 名操作人员、1 名管理人员和 1 名警戒人员组成。操作人员和管理人员在监督区内，警戒人员在监督区边界外进行警戒。本项目拟配备的辐射工作人员均为思极科技现有工作人员，思极科技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。

思极科技的辐射工作人员和管理人员均需要在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn>) 对辐射安全与防护知识的学习，并通过生态环境主管部门组织的考核，取得考核通过成绩单，考核通过后方可上岗，考核成绩单有效期为五年，到期前需再次通过考核。

四、原有核技术利用情况

思极科技暂无射线装置、也暂未开展探伤活动，因此无原有核技术利用情况。

五、本项目环保设施依托情况

本项目探伤机存放在成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼设备室内，思极科技探伤采用数字成像，不产生胶片和洗片废水；未开展探伤作业时，生活污水经大楼污水预处理设施处理后排入市政污水管网；开展探伤作业时，生活污水依托变电站周围既有污水预处理设施处理。

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	X 射线探伤机	II类	1	PXS EVO 300D	300	5	无损检测	野外	拟购
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(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 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	—	—	—	—	少量	—	排入环境大气
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³)和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日实施）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年10月1日实施）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第682号令，2017年10月1日实施）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第449号令，2005年12月1日实施）；</p> <p>(6) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日实施）；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4 号），2017 年 11 月 22 日起实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局第 31 号令（2021 年 1 月 4 日修订）；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日实施）；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号，原国家环保总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日实施）；</p> <p>(12) 《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，原环保部文件，2012 年 7 月 3 日）；</p> <p>(13) 《射线装置分类》（原环保部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 66 号）；</p> <p>(14) 《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）；</p> <p>(15) 《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求(试行)》（原四川省环境保护厅，川环办发[2016]149 号）。</p>
------------------	--

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则·核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(6) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB21848-2008)；</p> <p>(7) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽, 原子能出版社, 1987)；</p> <p>(3) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》(生态环境部(国家核安全局))；</p> <p>(4) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环办发[2016]1400号)。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）要求，结合本项目的实际特点，确定本项目探伤评价范围为以 X 射线探伤机作业点为中心的 200m 范围区域。

保护目标

本项目移动式探伤地点不固定，根据本次评价要求划定控制区和监督区，控制区外监督区内的辐射工作人员，监督区外评价范围的公众均为环境保护目标。

表 7-1 移动式探伤环境保护目标一览表

保护目标		相对探伤机方位	与探伤机的距离	人数（人）	年剂量约束值（mSv）
职业人员	设备操作人员	非主射方向	控制区外，监督区内	2	5
	管理人员	不定	控制区外，监督区内	1	5
	警戒人员	不定	监督区边界	1	5
公众	变电站或换流站内工作人员	不定	监督区外，评价范围内	2	0.1
	变电站或换流站附近偶尔过往行人	不定	监督区外，评价范围内	不定	0.1
	周围的其他人员	不定	监督区外，评价范围内	不定	0.1

评价标准

一、环境质量标准

- （1）大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中相应标准。
- （2）地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中相应标准。
- （3）声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）中相应标准。

二、污染物排放标准

- （1）废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中相应标准；
- （2）废水：污水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中相应标准；
- （3）噪声：根据检测地点所处声功能区执行相应标准；
- （4）一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）。

三、电离辐射剂量限值 and 剂量约束值

(1) 职业照射：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 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。本项目环评取上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/4（即 5mSv/a）作为职业人员的年剂量约束值。

(2) 公众照射：第 B1.2.1 条的规定，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年有效剂量 1mSv。本项目环评取上述标准中规定的公众照射年剂量限值的 1/10（即 0.1mSv/a）作为公众的年剂量约束值。

四、分区控制

(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；

(2) 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15 \mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区；

(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；

(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；

(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；

(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) 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；

(8) 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 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；

(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；

(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。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目为工业 X 射线探伤机移动式探伤项目，使用 II 类射线装置，在运营期对环境空气、水环境和声环境质量影响较小，主要影响为对周围的电离辐射影响。

因本项目移动式探伤地点遍布全国各地，探伤地点不固定，因此本次环评未进行环境现状监测。根据生态环境部辐射环境监测技术中心发布《2022 年全国辐射环境质量报告》，全国自动站环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围为（48.9~273.0）nGy/h，主要分布区间为（66.1~102.4）nGy/h，其中四川省年平均份环境 γ 辐射剂量率水平为（61.9~151.8）nGy/h，环境 γ 辐射剂量率连续自动监测结果处于当地天然本底涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

本项目无探伤作业时，探伤机存放在成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼设备间内，本项目探伤作业不存在施工期。

二、运营期

（一）设备组成

思极科技拟开展现场探伤，配备的 X 射线探伤机使用 X 射线实时成像检测系统，X 射线实时成像检测系统拟配置 X 射线探伤机、平板数字探测器、实时成像控制台计算机、控制台软件和控制装置等各 1 套。拟配置 10m 的电源电缆和 20m 的低压电缆各 1 根；本项目配备的 X 射线探伤机探伤作业人员可在控制区边界外通过实时成像控制台计算机软件看片，不需要人工洗片；探伤机需探伤作业人员可通过控制电缆手动开机，利用延时曝光功能，开机后迅速退至控制区边界外通过实时成像控制台计算机软件看片。本项目系统基本配置图见图 9-1。

图 9-1 本项目 X 射线实时成像系统基本配置图

（二）探伤工作原理

X 射线成像是新一代的无损检测设备，以数字实时成像的技术取代传统的拍片方式。通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减，由图象增强器接收并转换成数字信号，利用半导体传感技术、计算机图像处理技术和信息处理技术，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测的目的。

X 射线探伤机主要由射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射

击。高压电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。高速电子与靶物质发生碰撞，就会发生轫致辐射，产生低于入射电子能量的特征 X 射线。其发射率随靶材料原子序数和电子能量的增加而增加。从系统管头组装体窗口发出的 X 射线称为主射束或有用线束；通过管头组装体泄漏出的 X 射线称为泄漏辐射。有用线束和泄漏辐射中，有一部分照射到墙面发生散射，称为散射辐射。通常散射辐射的能量小于泄漏辐射，其在建筑物中的衰减远大于初级 X 射线，X 射线产生原理见图 9-2。

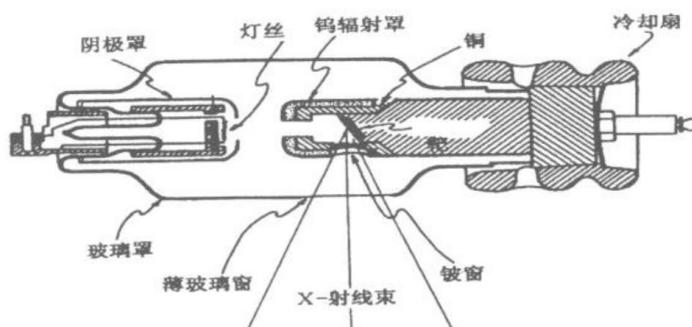


图9-2 X射线探伤机工作原理示意图

根据不同材料及厚度对 X 射线吸收程度的差异，通过 X 射线透视摄片，平板探测器接收转换信号后，在电脑软件中显示出材料、零部件及焊缝的内部缺陷。通过观察其缺陷的形状、大小和部位来评定材料或者制品的质量，从而防止由于材料或制品内部缺陷引起的事故。

（三）探伤情景

本项目的无损检测对象为变电站内 GIS、罐式断路器等筒体焊缝及筒体内设施焊缝，被探工件主要为筒体（如图 9-3），根据场所不同可以分为室内变电站（如图 9-4）和室外变电站（如图 9-5）。室内变电站多建于市区、城镇，拟探伤设备所在的整座建筑均用作变电站设备存放，探伤前将对变电站内的无关人员进行清场，室内变电站本身的墙体可辅助工作场所分区，对射线有一定的屏蔽作用，室内变电站围墙外有可能临近其他建筑和人群聚集地。室外变电站多建于郊区、荒地，本身变电站周围很少有居住、办公场所，变电站区域边界一般建有围墙，可辅助工作场所分区，对射线也有一定的屏蔽作用，围墙外四周较空旷，远离人群聚集地。

图 9-3 本项目探伤工件示意图

图 9-4 室内变电站探伤区域示意图

图 9-5 室外变电站探伤区域示意图

(四) 项目工作流程及产污

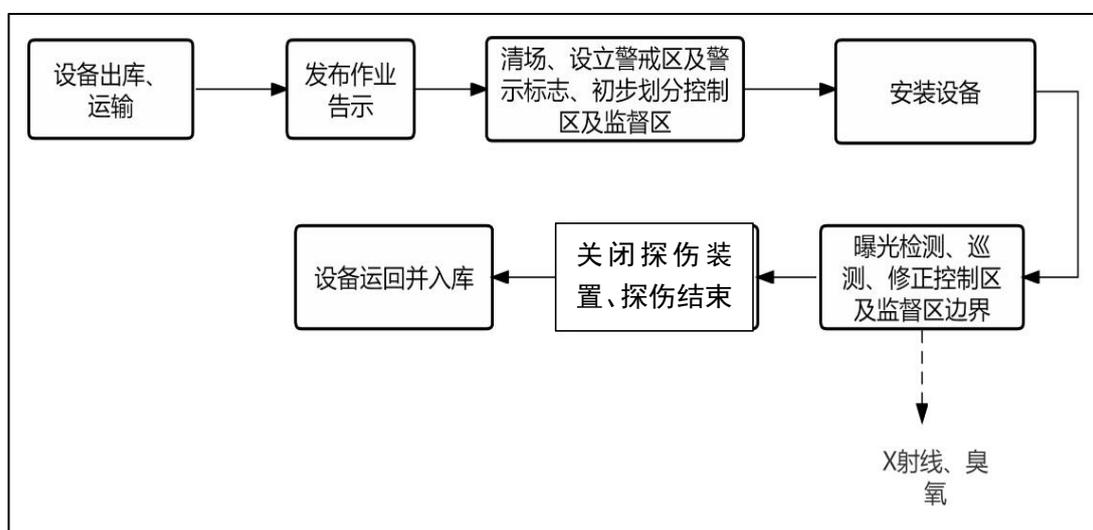


图9-3 X射线探伤机移动式探伤工艺流程及产污环节示意图

(1) 设备出库。根据设备出入库管理制度，工作人员持任务单，打开库房，在出入库台账上登记，经过库房管理员确认后，领取设备。

(2) 运输。采用专用车辆运输设备至探伤地点，确保运输过程中设备的安全。

(3) 探伤作业前需要进行公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制监督区范围、探伤单位名称、负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。

(4) 警戒清场，两区划分。对工作场所进行分区管理，在控制区边界拉起临时警戒线并设“禁止进入 X 射线区”，在监督区边界上设警戒线、“无关人员禁止入内”的警示牌，由辐射工作人员负责现场警戒及监督检查，清除控制区和监督区范围内的非探伤工作人员，确保探伤作业时公众成员撤离监督区范围。

对于室内变电站，一般将变电站主楼墙内区域划为控制区，将变电站边界围墙作为监督区的边界；对于室外变电站，一般将变电站边界围墙作为控制区的边界，将边界入口处 2m 的范围设为监督区，必要时可安排专人在监督区看守。

(5) 安装设备。根据被检测设备的特点和位置，摆放平板数字探测器和 X 射线机，尽量避免采用“水平照射”的方式，特别要避免将 X 射线机朝向边界外紧邻居民楼、办公楼、酒店等有人员驻留或者经过的区域，尽可能采取“朝上照射”、“朝下照射”的方式摆放设备。对于室内变电站被探伤设备位于变电站主楼上层，在采用朝下照射时，应再三确认下层的工作人员均已撤离；室内变电站和室外变电站内探伤机朝上照射时，为防止产生严重散射，还应尽量避免检测部位上方还有其他物体或者人员。

(6) 曝光检测。开机进行曝光，项目现场作业时，操作人员位于线缆末端操作台，设置曝光参数和延迟曝光时间后撤离至控制区外的区域。现场作业人员均佩戴个人剂量计和剂量警报仪，警戒人员确认场内及周边无其他人员且各种辐射安全措施到位后，通知设备操作和数据采集人员开机进行曝光，现场监护人员使用便携式辐射监测仪进行巡测，一旦发现辐射水平异常、分区不合理，应立即停止射线出束，调整分区。对划定的非主射方向的控制区和监督区进行修正，保障工作人员操作现场的空气比释动能率小于 $15\mu\text{Gy/h}$ ，公众位于空气比释动能率小于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 的区域之外。

(7) 探伤结束，关闭探伤装置，清理完现场后解除警戒，工作人员离场。

(8) 设备运输回并入库，专用车辆运输设备至成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼设备间内，根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，设备入库。

(四) 工况分析

本项目 X 射线探伤机主要用 GIS、罐式断路器等筒体焊缝及筒体内设施无损检测，探伤地点均位于变电站内。根据建设单位反馈，在满足探伤条件后，思极科技再入场，操作人员先将 X 射线探伤机进行固定，再在 X 射线探伤机周围采用 4 块不小于“ $1\text{m}\times 1\text{m}$ ”的 5mmPb 的铅屏风进行屏蔽，探伤操作人员位于线缆末端操作台，设置曝光参数和延迟曝光时间后撤离至控制区外的区域，安全管控措施到位后才进行曝光探伤。

本项目探伤机最大管电压为 300kV、最大管电流为 4.5mA，年最大曝光 6000 次，每次拍片最长时间曝光约 3min，本项目 X 射线探伤机年移动式探伤累计曝光时间最多 300h。本项目探伤对象主要为 GIS、罐式断路器等筒体焊缝，材料大多为铝合金材质，工件厚度为 8mm~16mm，工件直径为 0.3m~1.0m，管件位置与地面的高度为 0.5~3.0m。

污染源项描述

一、电离辐射

X射线探伤机开机工作时产生X射线，不开机状态不产生辐射。

二、废气

空气在强辐射照射下，使氧分子重新组合产生臭氧。

三、废水

工作人员生活污水产生量约 0.24m³/d。

四、固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 4kg/d。

五、危险废物

本项目采用平板探测器和电脑终端，采取实时成像，不需要人工洗片，不产生危险废物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、平面布局合理性分析

思极科技无探伤作业任务时，X 射线探伤机均放在成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼设备间内。

本项目平面布置主要根据变电站外环境进行布置。室内变电站多建于市区、城镇，建筑内很少有办公和居住区域，建筑本身的墙体可辅助工作场所分区，对射线有一定的屏蔽作用，室内变电站区域围墙外有可能临近其他建筑和人群聚集地；室外变电站多建于郊区、荒地，变电站区域内一般很少有人居住、办公，变电站区域边界一般建有围墙，对射线也有一定的屏蔽作用，围墙外四周一般比较空旷，远离人群聚集地。在探伤过程中，控制区内无任何人员居留，探伤工作人员在监督区探伤机漏射方向居留，整个监督区将进行清场，无任何非辐射工作人员居留。移动式探伤场地通过采取距离控制、铅屏风屏蔽以及大地屏蔽等管控措施后对周围辐射环境影响较小，其平面布置不与施工场地布局相冲突，平面布置是合理的。

二、两区管理

为便于管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在放射工作场所内划出控制区和监督区。根据《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求(试行)》（原四川省环境保护厅，川环办发[2016]149 号）：探伤作业前应将无关人员清离出场，划分控制区和监督区，实施“两区”管理。控制区边界外空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Gy/h}$ ，边界上设置明显的警戒线，应有清晰可见的电离辐射警告标志和“禁止进入射线探伤区”的标牌。探伤期间专人在边界巡逻、看守，探伤时严禁任何人员在此区域内活动。监督区位于控制区外，监督区边界外空气比释动能率应低于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，边界处应有电离辐射警告标志牌和“无关人员禁止入内”的标牌，公众不得进入该区域。依据《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全与防护要求（试行）》的规定，将现场工作区域划定为控制区和监督区。应在确保安全的原则下，因地制宜的划定控制区和监督区，并设置警

戒线，应切实做好清场工作。

建设方对每个移动式探伤工作场所划分为控制区、监督区，并实行“两区”管理制度。本项目控制区和监督区划分如表 10-1，两区划分示意图见图 10-1、图 10-2。

表 10-1 移动式探伤“两区”划分与管理

移动式探伤	控制区		监督区
“两区”划分原则	剂量率在15μGy/h以上的范围，可根据探伤场所的实际情况设置控制区		剂量率在2.5μGy/h~15μGy/h之间的范围，根据探伤场所的实际情况确定
“两区”划分范围	平行于地面探伤	主射方向30m，有15mm铅板防护	主射方向30m~73m，有15mm铅板防护
		非主射方向两侧11m、正后方7m，有5mm铅板防护	非主射方向两侧11m~25m、正后方7m~17m，有5mm铅板防护
	朝向地面探伤	周围7m的区域，有5mm铅板防护	周围7m~17m的区域，有5mm铅板防护
辐射防护措施	其它人员不能在这些区域停留，设置明显的警戒线，并设置明显的电离辐射标志，边界上悬挂清晰可见的“禁止进入射线区”警示标识。		该区设置电离辐射标志，经常进行剂量监督，需要专门防护措施，限制公众在该区域长期滞留，边界处设置“当心，电离辐射”警示标识，边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，设置专人警戒。

图10-1 本项目移动式探伤两区划分示意图（平行于地面探伤）

图10-2 本项目移动式探伤两区划分示意图（朝向地面探伤）

三、辐射防护情况及设备固有安全性分析

(1) X 射线探伤机存放安全防护措施

无移动式探伤作业任务时，本项目 X 射线探伤机存放在成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼设备间内。设备储存间内拟设视频监控，设备室钥匙由两名工作人员共同进行保管，实行双人双锁。

(2) 设备固有安全性分析

①开机时系统自检：开机后控制器首先进行系统诊断测试，若诊断测试正常，会示意操作者可以进行曝光或训机操作。若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

②当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。

在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，蜂鸣器会持续响，提醒操作人员发生了故障。

③当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

④设备停止工作一定时数以上，再使用时要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏。

⑤过失电流保护：设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值或高压对地放电时，设备会自动切断高压；当管电压低于相关限值时，自动切断高压。

⑥过电压保护：设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

(3) 移动式探伤安全防护措施

根据《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求(试行)》（原四川省环境保护厅，川环办发[2016]149 号）和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》，进行移动式探伤时主要采取以下措施进行辐射安全防护：

①制定移动式探伤工作方案

接受现场探伤任务后，探伤作业前，探伤小组先进行现场踏勘，再根据现场情况制定探伤工作方案，该工作方案主要包括探伤工况、时间、地点、控制区范围、监测方案、清场方式、探伤照射方向等，明确探伤人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工。工作期间做好相关记录，与方案一同存档备查。具体内容包括：

a.明确探伤工况：使用的探伤设备、探伤对象、时间安排（开始和结束时间节点）、探伤场所位置。

b.根据探伤工况等划定安全防护区域（控制区和监督区）范围，明确对控制区、监督区采取的警戒、安全措施。并通过影像资料记录现场各类辐射安全措施的履行情况。

c.确定监测方案：根据每次探伤的具体工况明确监测点位、监测设备、监测指标及频次，预先制定监测结果记录表格。监测点位至少应考虑控制区边界、监督区边界以及探伤操作人员位置等，应在探伤操作前测一次，操作期间测一次。

d.明确清场方式：如预先公告、开始前广播、安排专人检查等，确保在探伤操作期间，在划定的监督区范围内无公众，控制区内不应有任何人员。

e.明确职责和分工：明确工作人员的分工计划，如探伤操作人员名单及其职责等。警戒人员主要负责控制区和监督区的划定与控制，场所限制区域的人员管理，场所辐射剂量水平监测以及警戒等安全相关工作。

f.实施异地移动式探伤作业备案制度，跨省、市（州）异地开展工业 X 射线野外（室外）探伤时，项目单位应当于放射性同位素与射线装置转移前 5 个工作日，持有效的辐射安全许可证正本、副本复印件，向转入地市（州）环境保护主管部门提交使用计划和作业方案（以下简称报备方案），报备方案内容包括：I. 作业所涉项目名称，时间和详细地点，作业工期，作业活动内容；II.使用射线装置的名称、型号、类别、数量，射线装置暂存及安保和辐射防护措施，配备监测设备名称、型号数量等；III.辐射安全负责人姓名、联系电话和职务，操作人员名单及其辐射安全与防护培训合格证书复印件；IV.单位制定的辐射安全与防护相关规章、制度，作业活动操作规程、人员岗位职责、辐射应急方案（包括项目所在地生态环境主管部门、公安部门、卫生部门联系方式）等。

g.在活动结束后 10 个工作日内，应当向转入地市（州）生态环境主管部门办理备案注销手续和提交辐射安全评估报告。辐射安全评估报告内容主要包括：作业活动执行情况；作业期间对各项辐射安全防护措施及管理要求的履行情况；报备方案（包括人员、射线装置数量等）是否变更及其说明；生态环境部门检查要求落实情况；异常情况说明；现场辐射环境监测情况；明确是否存在违规操作，是否造成环境污染。

②探伤作业前进行公示

在探伤作业前，应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公告牌。公告牌中应包括辐射安全许可证，公司法人代表，辐射安全负责人，操作人员和现场安全员的姓名、照片和资质证书，探伤作业性质、时间、地点、控制范围，当地生态环境主管部门监督举报电话等内容。安全信息公告牌面积应不小于 2m²，公告信息应采取喷绘（印刷）的方式制作，应具备防水、防风等抵御外界影响的能力，确保信息的清晰辨识。公告信息如发生变化应重新制作，禁止对安全信息公告牌进行涂改、污损。

③内部管理机构和规章制度

制定移动式探伤作业辐射环境安全内部管理机构和规章制度，逐级落实移动式探伤作业的辐射安全责任制。要制定有针对性的辐射事故应急预案，并明确项目所在地生态环境主管部门、公安部门、卫生部门联系方式。每次移动式探伤作业完成后，要按照“一事一档”的要求建立辐射安全与防护档案，需要归档的材料应包括以下内容：

a.作业活动开始前报备方案、作业活动结束后的辐射安全评估报告；

b.生态环境主管部门现场检查记录及整改要求落实情况；

c.作业活动期间的相关记录和日志：包括现场公示、射线装置的领用记录、设备检查记录及帐务复核记录，每次作业的时间、地点、操作人员、每次作业清场、两区划分记录（采取影像资料和文字形式），对工作场所和周围环境监测记录；

d.作业活动期间异常情况的说明，以及需要记录的其它有关情况。

④探伤分组及个人防护

建设单位的在探伤作业前开展制定探伤工作方案、张贴探伤作业公告、划定控制区和监督区、清场、个人防护等准备工作。至少保证每个移动式探伤作业组开展作业时有 1 台便携式 X 辐射剂量监测仪、若干警示标志、警戒绳。同时，还要为每名操作人员配备一台个人剂量计，个人剂量计应编号并定人佩戴，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。

⑤探伤机从存放库房出库进行移动式探伤作业、移动式探伤完毕送回公司设备间内时都需进行登记，严格做好记录管理工作，探伤机出库作业前辐射工作人员需报相关领导批准后方可出库开展探伤作业，探伤机在移动式探伤完毕后，探伤机需及时送回公司设备间内进行保管。

⑥探伤时辐射防护工作

探伤准备：探伤机架设安装完毕后，再一次对控制区和监督区进行清场；除探伤机操作人员外，其余工作人员与警戒人员一道分别在监督区边界指定位置放置警示牌，严禁无关人员进入该区域。

探伤操作：进行探伤时，如果探伤机连接线长度不够，采取设定时间后自动开机曝光操作，一般可设定 3min 待定时间，操作人员可在该段时间内退至控制

区距离外或屏蔽体内，位于控制区边界的辐射工作人员需穿戴铅防护服。

在移动式探伤任务期间，未进行探伤时，由专人对探伤机进行妥善保管。

四、辐射安全防护设施对照分析

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第18号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第31号）、《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》，《关于X射线探伤装置的辐射安全要求》（川环发[2007]42号）和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400号）相关要求，将本项目的设施、措施进行对照分析，见表10-2。

表 10-2 本项目辐射安全防护设施对照分析表

具体要求	本项目实际情况
作业公告：作业时间、作业地点、作业内容、拟采取辐射防护措施	拟实施
场所分区	拟实施
警戒线及警示标志	拟实施
场所边界文字说明、声音、光电等警示（移动式探伤）	拟实施
专人看守、巡查	拟实施
移动屏蔽措施（铅屏风等）	拟实施
便携式辐射剂量监测仪	拟实施
个人剂量报警仪	拟实施
个人剂量计	拟实施
个人防护用品（如铅衣、铅帽等）	拟实施

建设单位按照表10-2中提出的要求落实，本项目辐射防护措施合理可行。

五、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，思极科技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，本项目环保投资估算见表10-3。

表 10-3 环保设施及投资估算一览表

项目	环保设施	数量	投资金额（万元）
新建 X 射线野外探伤项目	设备间	1 间	**
	监控系统	1 套	**
	便携式 X 射线辐射剂量仪	1 台	**
	个人剂量计	4 套	**
	个人剂量报警仪	4 个	**
	5mmPb 铅屏风	4 个	**

现场警示标志若干、现场告示牌 2 个、安全警示线若干，大功率喊话器 1 个，对讲机 3 个	—	**
铅防护服	1 套	**
辐射安全培训考核费用	—	**
合计		***

本项目总投**万元，环保投资**万元，占总投资的**%。今后思极科技在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。思极科技应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

一、 废气

X 射线探伤机在曝光过程中会产生有害气体臭氧，室外变电站场所周围较开放，大气扩散条件良好，产生的 O₃ 气体经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小；室内变电站探伤场所较封闭，通过变电站内的通排风风机进行换气排风，产生的 O₃ 气体经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。

二、 固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 4kg/d。探伤作业时，依托变电站周围既有的环保设施进行收集处理；未开展探伤作业时，固体废物依托办公楼既有的生活垃圾收集设施进行收集后，由环卫部门收运处置。

三、 废水

本项目工作人员产生的废水主要为生活污水。本项目探伤工作人员现场探伤产生的废水依托变电站内的生活污水处理设施进行处理；未探伤时产生的生活污水依托思极科技所在的大楼生活污水与处理设施进行处理后，排入市政污水管网。因此，本项目产生的生活污水对周围环境产生的影响小。

四、 危险废物

本项目不产生危险废物。

表 11 环境影响分析

施工期环境影响分析

本项目无移动式探伤作业任务时，探伤机存放在成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼设备间内，本项目移动式探伤作业无施工期，不存在施工期环境影响。

运行期环境影响分析

在使用探伤机对变电站内 GIS、罐式断路器等筒体焊缝及筒体内设施无损检测时，均在变电站内实施。建设单位在满足探伤条件后，操作人员再入场对 X 射线探伤机、管道的焊缝和平板数字探测器进行固定，再在探伤机周围采用 5mmPb 的铅屏风进行屏蔽，操作人员位于线缆末端操作台，设置曝光参数和延迟曝光时间后撤离至控制区外的区域，安全管控措施到位后才进行曝光探伤。本项目 GIS、罐式断路器筒体直径为 0.3m~1.0m，厚度为 8mm~16mm，材质为主要为铝合金。本项目使用 1 台 PXS EVO 300D 型定向探伤机实施移动式探伤作业，在探伤机探伤作业过程中，主要环境影响为 X 射线、臭氧。

一、辐射环境影响分析

本项目拟使用 PXS EVO 300D 型定向 X 射线探伤机（最大管电压为 300kV、最大管电流为 4.5mA）开展移动式探伤作业，年累计探伤曝光时间最多为 300h，探伤对象焊缝通常分为环缝和纵缝，均采用筒体外部朝向筒体内部进行探伤。

在实际探伤过程中，定向 X 射线探伤机的主束射向所检查的管道焊缝。X 射线能量根据被检管道的厚度进行调节，有用射束被管道所屏蔽，X 射线经管道屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。在此基础上，建设单位须严格《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），利用辐射剂量率仪将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的范围内划为控制区，严禁任何人进入该区域；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5 μ Sv/h 的范围划为监督区，严禁公众成员进入该区域。

在满足探伤条件后，思极科技在探伤部位周围架设移动式铅屏风分别对产生的主射线、漏射线及散射线进行遮挡，然后再对 GIS、罐式断路器等筒体焊缝及筒体内设施进行无损探伤检验。建设单位提供的资料，探伤机控制电缆长度约为

30m，具备延时功能。根据计算结果，本项目控制区长度最大为 17m，因此控制线缆长度能够满足本项目需求。

本项目X射线探伤机位于变电站内，探伤机出束方向可能朝向地面、地下或天空，周围保护目标主要受到主射、散射和漏射线的影响。因此，本次评价主要考虑主射、漏射线和散射线的影响。

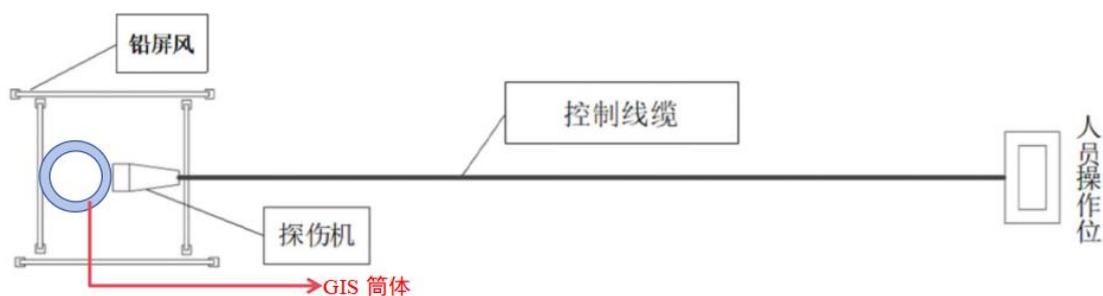


图 11-1 移动式探伤现场布置示意图

1、理论计算

(1) 有用线束

本项目 X 射线探伤机在变电站内进行探伤时，出束方向可能朝向地面、地下或天空。根据《辐射防护导论》（方杰主编，P69，式 3.1），在距离靶 r (m) 处由 X 射线探伤机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率计算公式如下：

$$D_1 = I \delta_X / r^2 \dots\dots\dots (式 1)$$

$$D_2 = B \times D_1 \dots\dots\dots (式 2)$$

$$B = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots (式 3)$$

公式中：

D_1 —未经屏蔽前空气吸收剂量率， $mGy \cdot min^{-1}$ ；

D_2 —经屏蔽后空气吸收剂量率， $mGy \cdot min^{-1}$ ；

I —管电流，mA，本项目野外探伤机的管电流最大为 4.5mA；

δ_X —发射率常数， $mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014，表 B.1），本项目保守按照过滤片材料为 3mmAl 进行取值，管电压为 300kV 的探伤机 X 射线输出量取 $20.9 mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ；

r —参考点距 X 射线管焦斑的距离，m；

B —透射因子。

X —屏蔽体厚度；

TVL—铅的什值层厚度，5.7mm。

根据上述，计算结果见下表：

表 11-1 不同距离主射方向空气吸收剂量计算表 (μSv/h)

距射线靶的距离 (m)	无铅屏风遮挡	有铅屏风遮挡 (15mmPb)
5	2.3×10 ⁵	5.3×10 ²
10	5.6×10 ⁴	1.3×10 ²
20	1.4×10 ⁴	3.3×10 ¹
30	6.3×10 ³	1.5×10 ¹ (控制区)
40	3.5×10 ³	8.2
50	2.3×10 ³	5.3
60	1.6×10 ³	3.7
73	1.1×10 ³	2.5 (监督区)
100	5.6×10 ²	1.3
120	3.9×10 ²	9.2×10 ⁻¹
160	2.2×10 ²	5.1×10 ⁻¹
200	1.4×10 ²	3.3×10 ⁻¹
350	4.6×10 ¹	1.1×10 ⁻¹
450	2.8×10 ¹	6.5×10 ⁻²
613	1.5×10 ¹ (控制区)	3.5×10 ⁻²
650	1.3×10 ¹	3.1×10 ⁻²
700	1.2×10 ¹	2.7×10 ⁻²
800	8.8	2.1×10 ⁻²
950	6.3	1.5×10 ⁻²
1200	3.9	9.2×10 ⁻³
1350	3.1	7.2×10 ⁻³
1501	2.5 (监督区)	5.9×10 ⁻³
1750	1.8	4.3×10 ⁻³

(2) 漏射线 (非主射方向外)

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)标准中规定：当 X 射线探伤机的管电压大于 200kV 时，要求漏射线 1m 处的比释动能率小于 5mGy/h，根据

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (式 4)$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

\dot{H} —预测点剂量率，μSv/h；

R_0 —靶点至关注点的距离，m；

H_L —距靶点1m处泄露辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，对应的 X 射线能量见表 11-2。

表 11-2 X 射线探伤机的泄露辐射剂量率

X 射线管电压 (kV)	距离靶点 1m 处的泄露辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
<150	1×10^3
$150 \leq kV \leq 200$	2.5×10^3
>200	5×10^3

(3) 散射线（非主射方向外）

本项目探伤点位于高于变电站内，保护目标位于地面非主射方向上，保护目标受到的辐射照射为管道散射，本次预测保守按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），非主射方向上的散射辐射剂量率可根据式下式计算。

$$\dot{H}_{\text{散}} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots(\text{式5})$$

式中：

B —屏蔽透射因子；

$\dot{H}_{\text{散}}$ —预测点剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R_s —散射体至关注点的距离，m；

R_0 —靶点至探伤工件的距离，均取0.5m；

I —额定管电流，本项目探伤机的管电流最大为 4.5mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2 和表 B.1，本项目探伤机过滤片材料保守按照为 3mmAl，管电压为 300kV 的探伤机 X 射线输出量取 $20.9\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $1.254 \times 10^6 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

F — R_0 处的辐射野面积；

α —散射因子，根据GBZ/T250-2014附录B中表B.3， α_w 保守取 1.9×10^{-3} ，根据B.4.2 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， $R_0^2 / (F \cdot \alpha)$ 因子的值为50（200kV~400kV）；

经过工件一次散射后，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2，对应的 X 射线能量见表 11-3。

表11-3 X射线90°散射辐射最高能量相应的kV值

原始 X 射线 (kV)	散射辐射 (kV)
200<kV≤300	200

根据式（4）、（5）所述，计算结果见下表：

表 11-4 不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表（无铅屏风）（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

距射线靶的距离 (m)	漏射	散射	合计
5	2.0×10^2	4.5×10^3	4.7×10^3
10	5.0×10^1	1.1×10^3	1.2×10^3
20	1.3×10^1	2.8×10^2	2.9×10^2
30	5.6	1.3×10^2	1.3×10^2
40	3.1	7.1×10^1	7.4×10^1
50	2.0	4.5×10^1	4.7×10^1
60	1.4	3.1×10^1	3.3×10^1
70	1.0	2.3×10^1	2.4×10^1
80	7.8×10^{-1}	1.8×10^1	1.8×10^1
89	6.3×10^{-1}	1.4×10^1	1.5×10^1 （控制区）
95	5.5×10^{-1}	1.3×10^1	1.3×10^1
100	5.0×10^{-1}	1.1×10^1	1.2×10^1
120	3.5×10^{-1}	7.8	8.2
150	2.2×10^{-1}	5.0	5.2
200	1.3×10^{-1}	2.8	2.9
217	1.1×10^{-1}	2.4	2.5（监督区）
240	8.7×10^{-2}	2.0	2.0
280	6.4×10^{-2}	1.4	1.5
300	5.6×10^{-2}	1.3	1.3

表 11-5 不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表（有 5mm 铅屏风）（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

距射线靶的距离 (m)	漏射	散射	合计
3	7.4×10^1	3.4	7.7×10^1
5	2.7×10^1	1.2	2.8×10^1
7	1.4×10^1	6.2×10^{-1}	1.4×10^1 （控制区）
10	6.6	3.0×10^{-1}	6.9
12	4.6	2.1×10^{-1}	4.8
15	2.9	1.3×10^{-1}	3.1
17	2.3	1.0×10^{-1}	2.4（监督区）
21	1.5	6.9×10^{-2}	1.6
28	8.5×10^{-1}	3.9×10^{-2}	8.8×10^{-1}
36	5.1×10^{-1}	2.3×10^{-2}	5.4×10^{-1}
45	3.3×10^{-1}	1.5×10^{-2}	3.4×10^{-1}

51	2.6×10^{-1}	1.2×10^{-2}	2.7×10^{-1}
55	2.2×10^{-1}	1.0×10^{-2}	2.3×10^{-1}
60	1.8×10^{-1}	8.4×10^{-3}	1.9×10^{-1}
65	1.6×10^{-1}	7.2×10^{-3}	1.6×10^{-1}
70	1.4×10^{-1}	6.2×10^{-3}	1.4×10^{-1}

(4) 理论计算结果

思极科技移动式探伤每次探伤作业仅限单台探伤机开机操作，根据上述计算结果，本项目探伤机探伤时控制区和监督区的边界范围见表 11-6~11-7。

表 11-6 本项目探伤机平行地面探伤时控制区与监督区边界范围估算结果表 (m)

主射方向 (15mmPb 铅屏风遮挡)		非主射方向(5mmPb 铅屏风遮挡)	
控制区范围 (m)	监督区范围 (m)	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
≤30	≤73	≤7	≤17

表 11-7 本项目探伤机朝向地面探伤时控制区与监督区边界范围估算结果表 (m)

非主射方向(5mmPb 铅屏风遮挡)	
控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
≤7	≤17

为方便管理，控制区、监督区采用矩形划定。

本项目使用的探伤机在探伤作业实施时，其实际使用时最大管电压低于设备设计参数，且 GIS、罐式断路器等筒体焊缝及筒体内设施均有一定的屏蔽效果。因此，本项目理论计算结果划定的控制区、监督区相对保守，实际作业时，可根据现场实际情况结合边界巡测结果进行控制区及监督区的划定。

3、保护目标受照射剂量影响分析

(1) 职业人员

本项目进行移动式探伤作业时，操作人员（职业人员）位于非主射方向，控制区边界线外，控制区警戒线处有效剂量率为 15uSv/h，本项目保守按同一组工作人员每年探伤工作时间 300h，居留因子取 1 计算，得出控制区边界警戒人员受照射的年附加有效剂量为 4.5mSv/a，低于本次评价确定的剂量约束值 5mSv/a 的要求，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员 20mSv/a 的要求。

(2) 公众

本项目探伤时，公众位于监督区警戒线外，警戒线处有效剂量率为 2.5uSv/h，本项目按照探伤机每年工作 300h 保守计算，变电站周围公众居留因子取 1/16，得出监督区边界公众受照射的年附加有效剂量为 4.69×10^{-2} mSv/a，低于本次评价

确定的剂量约束值 0.1mSv/a 的要求，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的公众 1mSv/a 的剂量限值的规定。

二、臭氧

本项目探伤地点周围为变电站内，在开展室外变电站探伤时，探伤场所较较开放，大气扩散条件良好，产生的臭氧气体经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小；室内变电站变电站内 GIS 机房具有良好的通风，项目探伤过程中产生的臭氧经过通风换气，对周围大气环境的影响较小。

三、废水

本项目产生的废水主要为生活污水。探伤过程中产生的生活污水依托变电站现有的生活污水处理设施进行处理，本项目工作人员办公产生的生活污水依托思极科技所在大楼污水预处理设施处理后排入市政污水管网处理。

五、生活垃圾

工作人员产生的生活垃圾约4kg/d。探伤过程中产生的生活垃圾经过收集后，及时转运至附近的垃圾中转站集中处置，办公产生的生活垃圾依托思极科技所在大楼的生活垃圾收集设施进行收集后，由环卫部门定期清运。

事故影响分析

一、事故风险识别

本项目所用探伤机属II类射线装置，其风险因子为 X 射线，按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事事故等级列于表 11-8 中。

表11-8 本项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

事故等级	事故情形
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	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（表 11-9）：

表11-9 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/ Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/ Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

二、源项分析及最大可能性事故分析

根据污染源分析，本项目环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射，X 射线探伤机只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源，探伤机便不会再有射线产生。

本项目可能发生的辐射事故如下：

①在进行现场清场工作时，未清场干净，造成公众滞留在探伤现场，进行开机作业时，造成公众被误照射。

②在现场探伤作业时，铅屏风未架设稳定而滑落或者探伤机未进行固定而造成探伤机主射线束平行于地面，辐射工作人员误入控制区内，周围公众意外进入监督区内。

③在现场探伤作业时，辐射工作人员在有铅屏风屏蔽的情况下，辐射工作人员误入或滞留于主射方向的控制区内，周围公众意外进入主射方向的监督区内（有铅屏风）。

根据上述事故情况分析，本次评价事故分析考虑最大可信事故，即本项目 X 射线探伤机以最大工况运行（300kV，4.5mA）时，无屏蔽防护遮挡且无防护，主射方向上造成职业人员及公众被误照射。

三、辐射事故影响分析

假定在事故情况下，X射线直接照射到人员，人员受到的有效剂量与探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用下式计算：

$$D = I\delta_x / r^2 \quad \dots\dots\dots \text{(式 6)}$$

式中：

D —空气吸收剂量率， $\text{mGy}\cdot\text{min}^{-1}$ ；

I —管电流， mA ；本项目取 4.5mA ；

δ_x —距辐射源点（靶点） 1m 处输出量；

r —参考点距 X 射线管焦斑的距离， m 。

人员受到的有效剂量可用下式计算：

$$E = D \cdot t \cdot W_T \cdot W_R \quad \dots\dots\dots \text{(式 7)}$$

式中：

E —人员受到的有效剂量率， mSv ；

t —人员受照射时间

W_T —组织权重因数，全身为 1；

W_R —辐射权因数，X 射线为 1。

移动式探伤时，当发生辐射事故时候，相关人员可以立即通过切断探伤机电源结束探伤机出束。本次评价按最不利情况曝光 3min 来计算，辐射事故受照射剂量计算结果见表 11-10。

表11-10 事故情况下受到的剂量估算结果（无防护）

与 X 射线探伤机的距离 (m)	受照剂量 (mSv)			
	0.5min	1min	2min	3min
1	4.70×10^1	9.41×10^1	1.88×10^2	2.82×10^2
5	1.88	3.76	7.52	1.13×10^1
15	2.09×10^{-1}	4.18×10^{-1}	8.36×10^{-1}	1.25
30	5.23×10^{-2}	1.05×10^{-1}	2.09×10^{-1}	3.14×10^{-1}
46	2.22×10^{-2}	4.44×10^{-2}	8.89×10^{-2}	1.33×10^{-1}
51	1.81×10^{-2}	3.62×10^{-2}	7.23×10^{-2}	1.08×10^{-1}

80	7.35×10^{-3}	1.47×10^{-2}	2.94×10^{-2}	4.41×10^{-2}
112	3.75×10^{-3}	7.50×10^{-3}	1.50×10^{-2}	2.25×10^{-2}
125	3.01×10^{-3}	6.02×10^{-3}	1.20×10^{-2}	1.81×10^{-2}
150	2.09×10^{-3}	4.18×10^{-3}	8.36×10^{-3}	1.25×10^{-2}
200	1.18×10^{-3}	2.35×10^{-3}	4.70×10^{-3}	7.05×10^{-3}

根据表 11-10，本项目移动式探伤主射方向上最大可能受照剂量为 282mSv/次，高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值，结合表 11-8、11-9 可知，会构成一般辐射事故。

根据上述情况及其危害结果，根据分析，若本项目发生辐射事故，最大可能为**一般辐射事故**。本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线装置。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

四、事故防范措施

为杜绝上述辐射事故的发生，建设单位需严格执行以下风险预防措施：

1、要求定期对对思极科技射线装置的安全和防护措施，设施的安全防护效果进行检测和检查，完善各项管理制度，并严格执行。

2、移动式探伤时需严格执行《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求(试行)》（川环办发[2016]149 号）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）中关于事前公告、安全防护区设置、探伤工作区清场、警戒等要求。

3、建设单位所有辐射工作人员应加强辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习，并通过相关考试，持证上岗。（学习网站为<http://fushe.mee.gov.cn/>）

4、当X射线探伤机发生意外事故，应立即关机断电，启动应急预案，同时估计事故剂量，据此判断是否实施医学监护，对可能受辐射损伤的人员立即采取救护措施。设备检测时，必须先切断电源，然后按规定程序对设备进行检测。要求探伤机操作人员遵守相关操作规程，严格细致的开展工作，杜绝事故的发生。

5、加强辐射安全管理，建设单位已成立了辐射安全与防护管理领导小组（见附件 5），负责全单位辐射防护工作的监督、监测、检查、指导和管理；负责收

集、整理、分析全单位辐射防护的有关资料，掌握辐射防护的发展趋势，及时制定并采取防护措施；督促各有关人员采取有效的防护措施，合理使用个人防护用品，遵守个人防护守则，使个人辐射剂量保持在最低水平，并对放射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射防护与安全管理机构

为了贯彻执行国家放射性污染防治的法律法规，落实国家生态环境部颁布的有关辐射安全管理文件精神，加强思极科技辐射安全管理工作，强化责任意识、安全意识，建设单位于 2023 年 11 月成立了辐射安全与防护领导小组，根据领导小组文件，文件中已包含以下内容：

1、辐射安全与防护领导小组的人员

组 长：李**

副组长：何**

应急办公室主任：钟**

应急救援组组长：陈**

应急技术组组长：龚**

成 员：谢** 钟** 康** 张** 何** 罗** 戴**

2、辐射安全与防护领导小组文件中具有领导小组及成员的职责。

3、为加强辐射安全管理，建设单位可从以下方面进一步完善：

①认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合本单位实际制定安全规章制度并检查监督实施；

②加强公司辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训，公司辐射工作人员必须持证上岗，明确日常辐射安全管理责任人或责任部门；

③定期检查思极科技的辐射安全设施，每年对公司使用 X 射线探伤机的安全防护情况进行年度评估；

④实施辐射工作人员的个人剂量检测并做好个人剂量的档案管理工作；

⑤定期向生态环境主管部门报告辐射安全相关工作，接受监督检查和指导。

二、辐射工作人员配置

本项目拟配备辐射工作人员 4 人，其中 1 名管理人员负责管理辐射操作人员、2 名操作人员负责探伤工作、1 名警戒人员。

(1) 建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相

关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗。

（2）建设单位应当确保探伤操作时至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备个人剂量计。

（3）个人剂量计应编号定人佩戴，定期交由有资质的检测部门进行检测，并建立个人剂量档案，完善个人剂量检测及健康档案管理制度。个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，查明原因并解决发现的问题。

（4）辐射工作人员需熟悉专业技术，使之能胜任探伤实践，而且对安全防护与相关法规知识也需作相应了解，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。

辐射安全档案资料管理和规章管理制度

一、档案管理分类

辐射工作单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。档案资料可分以下包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“野外探伤一事一档”。

建设单位应当根据单位辐射项目开展的实际情况将档案资料进行分类管理。

二、须建立的主要规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第 3 号）“第十六条”、《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环办发[2016]1400 号）的相关要求中的相关规定，建设单位制度清单分析及执行情况见表 12-1。

表12-1 项目单位辐射安全管理制度及执行情况

序号	需定制度名称	现有落实情况	备注
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	需制定	/
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	需制定	需将“辐射工作场所安全管理要求”上墙

3	辐射工作设备操作规程	需制定	需悬挂于墙上
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	需制定	/
5	辐射工作人员岗位职责	需制定	应包含“辐射工作人员应通过辐射安全与防护专业知识的考核、持证上岗”，并悬挂于墙上
6	射线装置台账管理制度	需制定	应包含“新增射线装置和报废射线装置的台账模板”
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需制定	应包含“场所的监测因子、监测内容、监测频次及布点方案等”
8	监测仪表使用与校验管理制度	需制定	/
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	需制定	应包含“学习、考核方式和考核合格成绩有效期”、“成绩单到期前需再次参加考核”
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	需制定	应包含“个人剂量档案终生保存”，明确辐射工作人员个人剂量计佩戴位置
11	辐射事故应急预案	需制定	预案中应包含“应急物资的准备和应急责任人员、环保主管部门应急电话及射线装置发生事故时的辐射事故处理措施”，“辐射安全事故应急响应程序”需悬挂于墙上
12	质量保证大纲和质量控制检测计划	需制定	/
13	安全装置定期维修、维护巡查制度	需制定	/

思极科技应认真组织学习《核安全文化宣贯推进专项行动教材——核安全文化培训手册》（国家核安全局二零一四年十一月），重视并加强核安全文化建设。

在制定规章制度时，需注意以下几个问题：

（1）《辐射监测方案》中应包含：委托有资质的单位对移动式探伤现场监督区和控制区边界的辐射剂量率进行监测，监测周期为1次/年；建设单位应随时掌握辐射两区剂量变化情况，每次探伤应自行对监督区和控制区边界进行自我监测，发现问题及时调整监督区和控制区边界。

（2）《辐射工作人员个人剂量管理制度》中应包含：对于每季度检测数值超过1.25mSv的，建设单位应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认；检测

数据超过个人剂量年度管理限值 5.0mSv 的，建设单位应组织调查，查明原因后采取防范措施，并报告发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查。

(3) 《辐射工作人员培训制度》中应包括：根据《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和防护管理办法》的相关规定，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培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

需要上墙的规章制度：《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

建设单位编制的规章制度应包含以下内容：①应在《辐射工作人员培训制度》中明确“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培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年”；②应在《辐射工作人员个人剂量管理制度》中包含“如果在单个季度出现个人剂量超过 1.25mSv 时需进行干预，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字。年剂量超过 5mSv 的管理限值时，暂停该辐射工作人员继续从事探伤作业，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，本人签字，并上报当地生态环境主管部门。辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。建设单位应当将个人剂量档案要永久保存”；③《辐射事故应急预案》中应包含“辐射事故应急处置应急报告、应急措施和步骤、应急联络电话”等。

三、其它辐射安全和防护管理要求

(1) 跨市（州）使用Ⅱ类以上射线装置的单位应当于射线装置转移前 5 个工作日，持有效的辐射安全许可证正本、副本复印件，向转入地市（州）生态环境主管部门提交使用计划和作业方案。

(2) 探伤作业时应配备现场安全员，具备对现场辐射安全负责的权限，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、归还等工作，发现安全问题应立即停止探伤作业。

(3) 每次探伤作业前，操作人员应严格检查探伤装置的安全性能，并复核。至少每 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。

(4) 安全信息公示牌面积应小于 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改、污损。

(5) 开展自我监测，绘制监测布点图，做好相应监测数据记录并存档。发现异常情况的，应当立即采取措施，必要时向当地环境保护行政主管部门报告。

为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，应设置相应的辐射剂量监测手段。

四、辐射安全许可证发放条件对照分析

结合《辐射安全许可证》发放条件、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 年修订，环保部第 31 号令），将本项目采取的辐射安全防护措施列于表 12-2。

表12-2 《辐射安全许可证》发放条件与本项目评价结果

序号	环保部第 3 号令要求	项目实际情况	评价结果
1	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操作人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	建设单位需设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，至少有 1 名具有本科以上学历的操作人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	已设立
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	建设单位需尽快组织辐射工作人员通过辐射安全与防护专业知识和相关法律法规的学习和考核	人员通过考核后，满足要求
3	射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	建设单位需在探伤场所配置电离辐射警告标志和工作状态指示灯等	配置后满足要求
4	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，包括个人剂量报警仪、辐射测量仪器等。	建设单位需配备便携式 X-γ 辐射监测仪、个人剂量报警仪、铅衣、铅帽和铅眼镜等等	配备后满足要求

5	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	建设单位需按照要求制定各项规章制度	制定后满足要求
6	有完善的辐射事故应急措施	应按照相关要求编制辐射事故应急措施	制定后满足要求
7	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	/	/
8	使用射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有1名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作	/	/

建设单位完成上述内容后，具备《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于使用II类射线装置的许可条件。

建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后，及时到四川省生态环境厅申请办理相关业务。

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量检测。

一、工作场所监测

1、年度监测：委托有资质的单位对移动式探伤现场监督区边界的辐射剂量率进行监测，监测周期为1次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

2、自我监测：每次移动式探伤作业时对控制区和监督区边界自行开展辐射剂量监测，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

3、验收监测：建设单位在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位对移动式探伤作业现场开展1次验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

二、个人剂量检测

个人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，监测周期为1次/季。

(1) 当单个季度个人剂量超过1.25mSv时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过5mSv时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。建设单位应当将个人剂量档案终身保存。

三、自我监测

建设单位每次探伤应对移动式探伤现场进行监测，随时掌握移动式探伤现场剂量变化情况，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案。建设单位购买便携式辐射监测仪自行监测，也可以委托有资质的单位对移动式探伤现场进行监测。

四、监测内容和要求

(1) 监测内容：X-γ空气吸收剂量率。

(2) 监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-3）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表12-3 工作场所监测计划建议

场所	监测项目	监测周期	监测点位
移动式探伤场所	X-γ空气吸收剂量率	竣工环保验收监测1次； 移动式探伤现场年度监测委托有资质的单位监测，周期为1次/年； 每次移动式探伤作业自行开展辐射监测	移动式探伤控制区、监督区边界以及探伤操作人员位， 同时对于邻近监督区边界外经常有人员活动区域

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境。

(4) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位

监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位需在开展每次移动式探伤作业时对探伤现场进行监测，随时掌握探伤现场剂量变化情况，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。

五、年度监测报告情况

建设单位应于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《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）个人剂量检测报告和年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。建设单位应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。建设单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址<http://rr.mee.gov.cn/>）中实施申报登记。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。

辐射事故应急

建设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报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并及时予以修订。

辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。

（1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，辐射工作人员立即断电停机，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》，向市、县生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健委部门报告。

（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带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。

建设单位应当根据以上要求，同时结合本项目来制定应急预案相关内容，在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合建设单位实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：新建 X 射线野外探伤项目

建设单位：四川思极科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：探伤地点为全国各地，不固定；探伤机不进行探伤作业时存放在成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼设备间内。

建设内容：思极科技拟使用型号为 PXS EVO 300D 的定向探伤机（最大管电压 300kV、最大管电流 4.5mA）1 台，为 II 类射线装置，用于变电站内 GIS、罐式断路器等筒体焊缝及筒体内设施无损检测，年探伤曝光时间总计约 300h。在实施探伤过程中，不存在同一地点两台同时探伤或同一时间不同地点两台同时探伤的情况，X 射线探伤机仅进行移动式探伤作业使用，不涉及室内探伤，未进行探伤作业时存放在成都高新区益州大道中段 1800 号天府软件园 G 区 4 幢 12 楼设备间内。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 29 号令，2020 年 1 月 1 日起施行）、《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 49 号，2021 年 12 月 30 日实施）相关规定，本项目第三十一项“科技服务业”中第 1 条“检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目移动式探伤地点为全国各地，探伤地点不固定，**集中在 110kV 及以上的输变电站内**，主要保护目标为变电站维护人员和周围的住户，通过采取相应的屏蔽措施和管控措施后，经预测分析，本项目对周围环境的辐射影响是可以接

受的，所以本项目移动式探伤选址和布局是合理的。

四、环境影响评价分析结论

1、施工期环境影响分析

本项目移动式探伤不存在施工期。

2、营运期环境影响分析

(1) 电离环境影响

本项目投运后，该探伤机在正常运行工况下，所致工作人员最大年有效剂量值为 4.5mSv/a，满足 5.0mSv/a 的剂量约束限值；所致公众最大年有效剂量值为 4.69×10^{-2} mSv，满足 0.1mSv/a 的剂量约束限值。

(2) 大气环境影响

臭氧产生量极少，室内变电站变电站机房内具有良好的通风，室外变电站探伤场所较开放，大气扩散条件良好，项目产生的臭氧气体经通风换气、自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。

(3) 水环境影响

项目工作人员产生的生活污水依托既有废水处理设施进行处理，对周围环境产生的影响小。

(4) 固体废物

工作人员产生的固体废物依托既有环保设施清运处理，不外排，对周周围环境的影响可以较小。

六、环保设施与保护目标

按照要求落实后，建设单位环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的绝大多数保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

七、事故风险与防范

建设单位按照要求修订或制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理的综合能力

按照要求落实后，对本项目辐射设备和场所而言，建设单位具备辐射安全管

理的综合能力。

九、项目环保可行性结论

坚持“三同时”原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，从环境保护和辐射防护角度看，本项目使用的 X 射线探伤机在变电站内开展移动式探伤是可行的。

十、项目环保竣工验收检查内容

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十一条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，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，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（2）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据生态环境部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）规定：

（1）建设单位可登陆生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhzbz/bzwb/other>）。

（2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。

（3）本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

（4）本项目设计的固体废物污染环境防治设施必须经生态环境行政主管部门验收合格后，该建设项目方可投入生产或者使用。

（5）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。

根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400 号）文件，建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205/#/pub-message>）中备案，同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目		设施	备注
新建 X 射线野外探伤项目	安全装置	设备间	1 间
		监控系统	1 套
		5mmPb 铅屏风	4 个
		铅防护服	1 套
	警示标识	现场警示标志若干、现场告示牌 2 个、安全警示线若干，大功率喊话器 1 个，对讲机 3 个	—
	监测设备	便携式 X 射线辐射剂量仪	1 台
		个人剂量计	4 套
		个人剂量报警仪	4 个
	规章制度	见表 12-1	

建议和承诺

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。

2、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习与考核。建设单位应加强管理，安排辐射工作人员在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>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训成绩合格单，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员，需进行再考核，详见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>）。

3、将个人剂量信息和年度监测报告作为年度评估报告的内容。

4、每年要对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）。

5、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现掉落或损坏，应及时修复或更换。

6、建设单位须重视控制区和监督区的管理。

7、单位在申办辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），完善相关信息。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。