

基于无人机红外成像技术在铁路 10kV 架空线路设备故障诊断中的应用研究

刘天超 李铁 杜慧军 张乐乐 武国龙

北京局集团有限公司石家庄供电段, 河北石家庄, 050000;

摘要: 随着铁路运输的快速发展; 10kV 架空线路作为铁路供电系统的重要组成部分; 其安全稳定运行对铁路运输安全至关重要。传统的线路巡检方法存在效率低、风险高、成本大等问题。本文提出了一种基于无人机红外成像技术的铁路 10kV 架空线路设备故障诊断方法; 旨在提高巡检效率和准确性; 降低运维成本。通过分析无人机红外成像技术的原理及其在铁路 10kV 架空线路故障诊断中的应用; 本文验证了该技术在铁路电力系统中的有效性和可行性。

关键词: 无人机; 红外成像技术; 铁路 10KV; 设备故障诊断

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 02. 025

引言

铁路 10kV 架空线路设备的稳定运行直接关系到铁路运输的安全与效率。传统的巡检方法依赖于人工登杆检查; 不仅耗时耗力; 而且存在一定的安全隐患。随着无人机技术的发展; 利用无人机搭载红外成像设备进行巡检成为一种新的趋势。红外成像技术能够有效检测线路设备的热缺陷; 为故障诊断提供科学依据。

1 无人机红外成像技术原理

无人机红外成像技术是一种先进的遥感技术; 它通过无人机搭载的红外热像仪来实现对目标物体的温度分布进行可视化。这项技术的核心在于红外探测器; 它能够感应目标物体发出的红外辐射。红外辐射是所有物体根据其温度所自然发射的电磁波; 即使在完全黑暗的环境中; 物体也会发出红外辐射。

当无人机在空中飞行时; 搭载的红外热像仪中的红外探测器会接收来自地面或空中目标物体的红外辐射。这些红外辐射被探测器转换成电信号; 电信号随后被传输到图像处理单元。在图像处理单元中; 电信号经过一系列复杂的处理; 包括放大、滤波、数字化和图像重建等步骤; 最终形成清晰的红外图像。

红外图像与普通可见光图像不同; 它显示的是目标物体表面的温度分布情况。在红外图像中; 不同的颜色或灰度代表不同的温度; 通常温度较高的区域会显示为较亮的颜色; 而温度较低的区域则显示为较暗的颜色。这种温度分布的可视化使得红外成像技术在多个领域具有广泛的应用价值。

例如; 在电力行业; 红外成像技术可以用来检测输电线路和变电站设备的热缺陷。由于设备在运行过程中; 如果存在接触不良、过载或绝缘老化等问题; 会在相应部位产生异常的热辐射。通过红外成像技术;

运维人员可以迅速发现这些热缺陷; 及时进行维修或更换; 从而避免电力事故的发生。

在建筑行业; 红外成像技术可以用于检测建筑物的保温性能和查找漏水点。在农业领域; 红外成像技术可以帮助农民监测作物的健康状况; 因为病虫害或水分不足的植物会表现出不同的温度特征。此外; 红外成像技术在搜索救援、森林防火、环境监测等方面也有着重要的应用。

总之; 无人机红外成像技术通过将目标物体发出的红外辐射转换成可视化的温度图像; 为人们提供了一种全新的观察和分析世界的方式。随着技术的不断进步和成本的降低; 这项技术的应用范围将会进一步扩大; 为各行各业带来更多的便利和效率提升。

2 铁路 10kV 架空线路设备故障类型及红外特征

铁路 10kV 架空线路作为电力传输的重要组成部分; 其稳定运行对于铁路运输的安全性和可靠性至关重要。然而; 由于外界环境的复杂性和设备自身的老化磨损; 10kV 架空线路设备不可避免地会出现各种故障。其中; 接头过热、绝缘子污闪和导线损伤是最为常见的故障类型。

接头过热是由于接触不良或电流过大导致接头部位温度异常升高。这种故障不仅会降低设备的使用寿命; 还可能引发火灾等安全事故。绝缘子污闪则是由于绝缘子表面的污秽积累; 在潮湿环境下形成导电路径; 导致绝缘性能下降; 甚至发生短路。导线损伤则可能是由于外力破坏、自然老化或环境因素导致的导线断裂、磨损等问题; 这会直接影响电力传输的稳定性和安全性。

红外成像技术是一种非接触式的检测手段; 它通

过捕捉设备表面的红外辐射来检测温度分布；从而发现设备的热缺陷。当设备出现上述故障时；通常会在故障点产生异常的温度变化；红外成像技术能够准确捕捉这些温度变化；为故障诊断提供直观、准确的依据。例如：接头过热会在红外图像上显示为异常的高温点绝缘子污闪则可能在污秽较重的区域出现温度异常导线损伤则可能在损伤部位出现温度不均匀分布。

因此：定期利用红外成像技术对铁路 10kV 架空线路设备进行巡检；可以及时发现并处理这些潜在的故障；从而保障铁路电力系统的稳定运行；确保铁路运输的安全可靠。通过这种方式；铁路部门可以有效地预防和减少因设备故障导致的事故；提高整个铁路系统的运行效率和旅客的安全感。

3 无人机红外成像技术在铁路 10kV 架空线路故障诊断中的应用

3.1 巡检流程设计

无人机巡检流程是确保无人机在执行任务时能够高效、安全地完成既定目标的一系列步骤。这一流程通常包括以下几个关键环节：

任务规划：在巡检任务开始之前；需要对无人机的飞行路线、飞行高度、飞行速度以及巡检的区域进行详细规划。这一阶段需要考虑的因素包括地形、天气条件、无人机的性能参数以及任务的具体需求。任务规划的目的是确保无人机能够覆盖所有需要检查的区域；同时避免不必要的飞行时间和能源消耗。

飞行前检查：在无人机起飞前；进行彻底的飞行前检查是至关重要的。这包括检查无人机的机械结构、电子设备、传感器、通信系统以及电池状态等。飞行前检查的目的是确保无人机在飞行过程中不会出现技术故障；保障飞行安全。

飞行执行：在完成所有前期准备后；无人机将按照既定的飞行计划执行任务。飞行执行阶段；无人机将自动或半自动地按照规划的路线飞行；同时进行实时监控和数据采集。在这一阶段；操作人员需要密切监控无人机的状态和周围环境；以应对可能出现的任何紧急情况。

数据采集：无人机在飞行过程中会使用搭载的传感器；如高清摄像头、红外成像仪等；对目标区域进行实时数据采集。数据采集的质量直接影响到后续数据分析的准确性和巡检结果的有效性。因此；确保数据的完整性和准确性是这一阶段的核心任务。

数据分析：采集到的数据需要通过专业的软件进行分析处理。数据分析的目的是从原始数据中提取有价值的信息；比如识别出设备的异常情况、评估基础设施的健康状况等。这一阶段可能需要结合人工智能

和机器学习技术来提高分析的效率和准确性。

报告生成：数据分析完成后；需要将分析结果整理成报告。报告通常包括巡检过程的详细描述、发现的问题、问题的严重程度、建议的维修措施以及可能的改进方案等。报告的目的是为决策者提供清晰、直观的信息；帮助他们做出合理的决策。

通过以上步骤；无人机巡检流程能够高效地完成对各种目标区域的检查任务；为相关行业提供重要的数据支持和决策依据。

3.2 数据采集与处理

在现代电力系统中；无人机搭载的红外热像仪已经成为了一种重要的线路设备巡检工具。通过飞行巡检；无人机能够快速、高效地对输电线路、变电站等关键设施进行监控；及时发现潜在的故障和问题。在这一过程中；红外热像仪实时采集线路设备的红外图像数据；为电力系统的安全稳定运行提供了有力的技术支持。

采集到的红外图像数据首先需要经过预处理；这一步骤的目的是为了清除图像中的噪声和不相关的信息；提高数据的可用性。预处理通常包括去噪、滤波等操作；以确保后续处理步骤能够基于更清晰、更准确的图像数据进行。例如；可以使用高斯滤波器来平滑图像；减少随机噪声的影响。

温度校正是红外图像处理中的关键步骤之一。由于红外热像仪在不同环境温度和工作条件下可能会产生温度偏差；因此需要对采集到的图像数据进行温度校正；以确保温度读数的准确性。校正过程可能包括对热像仪的内部温度传感器进行校准；或者使用已知温度的参考物体来调整图像数据；从而得到更为精确的温度分布图。

图像增强是提高红外图像诊断准确性的另一个重要步骤。通过增强图像的对比度、锐化边缘等技术手段；可以使得潜在的故障点更加明显；便于检测和分析。例如；可以应用直方图均衡化技术来改善图像的整体对比度；或者使用边缘检测算法来突出显示图像中的细节特征。

经过上述处理步骤后；红外图像数据的质量得到了显著提升；从而使得电力系统的维护人员能够更加准确地识别和定位设备的热缺陷；如过热的连接点、绝缘子故障等。这些信息对于预防电力系统故障、减少停电时间以及提高电力供应的可靠性至关重要。

总之；无人机搭载的红外热像仪在电力系统的巡检中扮演着越来越重要的角色。通过精确的数据采集与处理；红外热像技术不仅提高了巡检的效率和准确性；而且为电力系统的安全运行提供了强有力的技术保障。随着技术的不断进步；未来红外热像仪在电力

巡检领域的应用将会更加广泛;其数据处理技术也将更加智能化和自动化。

3.3 故障诊断与分析

故障诊断与分析是电力系统维护中的关键环节;它直接关系到电力设备的安全稳定运行。通过红外热像技术;技术人员可以捕捉设备在运行过程中产生的热辐射图像;从而发现设备的热缺陷。热缺陷通常表现为温度异常升高;这可能是由于接触不良、过载、绝缘老化、短路等多种原因造成的。红外图像的分析能够帮助技术人员快速识别出这些潜在的故障点。

为了更准确地定位故障并进行深入分析;需要结合设备的运行状态和历史数据。运行状态数据包括电流、电压、功率等实时监测信息;而历史数据则提供了设备过往的运行记录和故障历史;这些信息对于判断故障的性质和原因至关重要。例如;如果一个设备的温度突然升高;结合历史数据可以判断这是否是由于季节性负荷变化导致的正常现象;还是由于设备老化或损坏引起的异常。

通过综合分析红外图像和设备运行数据;技术人员可以对故障进行精确定位;并分析故障的可能原因。这为维修决策提供了科学依据;使得维修工作更加有针对性和效率。例如;如果确定是接触不良导致的过热;那么维修人员可以重点检查和处理接触点如果是绝缘老化;则可能需要更换绝缘材料。通过这种方式;故障诊断与分析不仅提高了维修的准确性;还减少了不必要的维护工作量;从而节约了成本并缩短了停电时间。

4 实验与结果分析

在本研究中;我们设计了一系列实验来验证无人机搭载红外成像技术在铁路 10kV 架空线路故障诊断中的应用效果。实验的主要目的是评估该技术在实际应用中识别线路热缺陷和潜在故障的能力。

实验过程如下:首先;我们选取了一段铁路 10kV 架空线路作为测试对象;并在该线路上人为设置了一系列模拟故障点;包括接触不良、导线过热、绝缘子损坏等常见问题。随后;我们使用无人机搭载红外成像设备;按照预定的飞行路径对测试线路进行巡检。无人机飞行高度保持在安全距离以上;以确保操作的安全性。

在红外成像设备的辅助下;无人机对线路进行了全面的扫描。红外成像技术能够捕捉到设备在运行过程中产生的热量分布;通过分析这些热图像;可以发现设备的异常发热区域。实验中;我们记录了无人机拍摄的红外图像;并与预先设置的故障点进行对比分析。

实验结果表明;红外成像技术能够准确地识别出

线路设备的热缺陷。例如;在接触不良的模拟故障点;红外图像清晰地显示了异常的热点在导线过热区域;红外成像也准确地捕捉到了高温区域。此外;对于绝缘子损坏的模拟故障点;红外成像同样能够发现异常的热分布。

通过对比分析;我们发现红外成像技术在识别线路热缺陷方面的准确率较高;能够及时发现潜在的故障点。这说明无人机红外成像技术在铁路 10kV 架空线路的故障诊断中具有较高的应用价值;能够为线路的维护和检修提供有力的技术支持;提高铁路供电系统的安全性和可靠性。未来;我们计划进一步优化无人机的飞行路径和红外成像设备的性能;以提高故障检测的效率和准确性。

5 结论

基于无人机红外成像技术的铁路 10kV 架空线路设备故障诊断方法;能够显著提高巡检效率和准确性;降低运维成本;具有良好的应用前景。未来的研究应进一步优化无人机巡检流程;提高红外成像技术的智能化水平;以适应更复杂的铁路供电系统巡检需求。

参考文献

- [1] 孙富成,宋文渊,张鑫,等. 红外技术在无人机电源系统状态监测与故障诊断的应用综述[J]. 飞航导弹,2017(2). DOI:10.16338/j.issn.1009-1319.2017.02.14.
- [2] 张琛辉. 基于无人机热红外成像的输电线路故障点识别与诊断[J]. 农业科技与装备,2021,000(001):42-44.
- [3] 张琛辉. 基于无人机热红外成像的输电线路故障点识别与诊断[J]. 农业科技与装备,2021(1):3.

作者简介:刘天超;198508;男;汉族;河北省邯郸市;大学本科;工程师;铁路供电;北京局集团有限公司石家庄供电段

李铁;198806;男;汉族;河北省邯郸市;大学本科;工程师;铁路供电;北京局集团有限公司石家庄供电段

姓名:杜慧军(出生年月-1987年2月);性别:男;民族:汉;籍贯山西忻州(省市);学历:大学本科;职称:工程师;研究方向:铁路供电;单位:中国铁路北京局集团公司石家庄供电段

张乐乐;1989年3月;男;汉族;河北省石家庄市;硕士研究生;工程师;铁道供电;北京局集团有限公司石家庄供电段

武国龙;19880724;男;满族;河北省秦皇岛市青龙满族自治县;硕士研究生;高级工程师;电力系统及其自动化;北京铁路局集团有限公司石家庄供电段;