

红外测温技术在农配网运维中的应用

马晓宁, 孙 飞

(中卫供电公司海原县供电公司, 宁夏 中卫 755299)

摘要 农配网运维面临设备老化、故障频发等挑战, 亟需先进技术提升运维水平。红外测温技术以其非接触、实时、高效的特点, 在农配网运维中得到广泛应用。通过对输电线路、变电站及配电设备进行红外测温巡检、检测和诊断, 结合测温数据分析与预警, 可及时发现潜在故障隐患, 指导预防性维护工作。本文阐述了红外测温技术原理和特点, 详细论述了其在农配网各环节的具体应用, 并通过案例分析, 展现了该技术在提高供电可靠性方面的重要作用, 以期为相关人员提供参考。

关键词 红外测温技术; 农配网运维; 故障诊断; 预防性维护; 供电可靠性

中图分类号: TV21; TM7

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)07-0040-03

近些年, 国家高度重视“三农”问题, 大力推进乡村振兴战略。农配网作为农村电力供应的重要组成部分, 其的安全稳定运行关系到农业生产和农民生活的方方面面。然而, 农配网普遍存在线路老化、设备陈旧等问题, 传统的运维方式难以满足当前的需求。在此背景下, 红外测温技术以其独特的优势, 为农配网运维带来了新的契机。

1 红外测温技术原理

红外测温技术是一种非接触式温度测量方法, 广泛应用于工业生产、电力系统、建筑检测等领域。它利用物体自身辐射的红外能量来测量温度, 具有独特的优势和特点。

1. 红外辐射基本原理: 红外辐射是指物体因温度高于绝对零度而产生的电磁辐射。任何温度高于绝对零度的物体都会向外辐射能量, 辐射强度与温度成正比。物体辐射的总能量与其温度的四次方成正比, 但不同物体的发射率不同, 因此在相同温度下, 辐射能量也不尽相同。测量物体辐射的红外能量, 考虑发射率影响, 即可确定物体表面温度。

2. 红外测温仪器的构成及工作原理: 红外测温仪主要由光学系统、探测器、信号处理和显示单元组成。光学系统将目标物体的红外辐射能量汇聚到探测器上, 探测器将红外能量转换为电信号。信号经处理和计算后, 在显示单元以温度值的形式呈现。测温仪的工作原理是: 目标物体发出的红外辐射通过光学系统到达探测器, 转化为电信号并经处理后, 显示出温度值。

3. 红外测温技术的特点及优势: 红外测温技术具有非接触、实时、响应快、测量范围广等优势。它无

需与被测对象接触, 避免了损伤和污染; 可实现实时连续测量, 捕捉瞬时温度变化; 测量范围广, 从极低温到上千摄氏度; 操作简单, 测量距离远, 大大提高了测温的安全性和便捷性; 还具有较高的空间分辨率, 可测量微小目标温度。红外热像仪的出现, 进一步拓宽了红外测温的应用领域。

2 农配网常见故障及传统检测方法

2.1 接头过热

农配网中的导线和电气设备连接处, 通常采用螺栓、铝合金、铜等材料制作的接头。由于接触不良、螺栓松动、导电面积减小等原因, 接头处的电阻会显著增大, 导致电流通过时产生大量的焦耳热, 进而引起接头温度异常升高。随着时间的推移, 过热的接头会加速金属材料的氧化和腐蚀, 使接触电阻进一步增大, 形成恶性循环, 最终可能导致接头熔化或燃烧, 引发严重的安全事故^[1]。接头过热是农配网中常见的故障类型之一, 若不及时发现和处理, 后果不堪设想。传统的接头过热检测方法主要有目视观察法和接触式测温法。目视观察法是通过观察接头处有无变色、冒烟等现象来判断是否过热, 但这种方法很难发现早期的过热问题, 且存在一定的主观性。接触式测温法需要使用专用的测温仪器, 如热电偶、热电阻等, 通过直接接触接头表面来测量其温度。

2.2 设备异常发热

农配网中的变压器、断路器、隔离开关等电气设备在运行过程中, 内部元件会产生一定量的热量。当设备出现故障或异常情况时, 如绝缘老化、过负荷运行、接触不良等, 内部发热量会急剧增加, 导致设备温度

异常升高。变压器绕组过热会加速绝缘材料的老化和分解,缩短设备使用寿命,严重时还可能引发爆炸或火灾等事故。断路器触头发热则可能导致触头烧蚀或粘连,影响设备的正常操作和保护功能。隔离开关接触不良引起的异常发热,也可能损坏设备绝缘,甚至引发连锁故障。及时发现和诊断设备异常发热问题,对于确保农配网安全稳定运行至关重要^[2]。传统的设备异常发热检测方法主要包括定期巡检和在线监测。定期巡检是指人工定期对设备进行全面的外观检查和测温,但这种方法耗时耗力,且很难做到全天候不间断监测。在线监测是在设备上安装专门的温度传感器和数据采集装置,实时监测设备运行温度,但受限于测点数量和布局位置,难以全面反映设备的温度分布情况。

2.3 绝缘性能下降

由于长期运行、环境侵蚀、机械应力等因素的影响,农配网设备的绝缘材料会逐渐老化和劣化,其绝缘性能不断下降。当绝缘电阻降低到一定程度时,设备在运行过程中更容易发生相间短路或对地短路,引发严重的安全事故,甚至导致大面积停电。例如,当变压器绝缘性能下降时,高压绕组与低压绕组之间可能发生击穿,造成变压器内部短路,引发爆炸或火灾。架空线路的绝缘子老化或被污秽覆盖,也会大大降低其绝缘性能,在潮湿天气下容易引发线路跳闸或闪络事故。为了及时发现和预防绝缘性能下降问题,传统的检测方法主要有绝缘电阻测试和介电损耗测试。绝缘电阻测试是利用兆欧表等仪器,在设备断电状态下测量其绝缘电阻值,通过与标准值比较来判断绝缘性能是否合格。介电损耗测试则是在设备带电状态下,测量其绝缘介质的介电损耗,用以评估绝缘材料的老化程度。然而,这些测试方法通常需要停电操作,影响正常供电,且测试过程较为繁琐,难以实现实时连续监测。

2.4 传统检测方法的局限性

传统的农配网故障检测方法,如目视观察、接触式测温、定期巡检、在线监测、绝缘电阻测试和介电损耗测试等,在实际应用中存在一定的局限性。首先,这些方法大多依赖于人工操作和判断,耗时耗力,效率较低,且容易受主观因素影响,检测结果的准确性和可靠性难以保证。其次,传统方法通常只能在设备停电或离线状态下进行,影响正常供电,不利于实现设备的在线实时监测和故障预警。再者,由于农配网线路环境复杂,许多设备位置难以接近或直接接触,传统的接触式测温和绝缘测试方法难以全面覆盖所有

设备和线路。此外,传统方法获取的数据通常为单点或局部信息,难以反映设备或线路的整体状态和温度分布情况,对于早期故障征兆的发现和诊断也有一定的滞后性。最后,在线监测虽然可以实现实时数据采集和故障预警,但其测点数量有限,布局位置固定,难以灵活调整和扩展,对于某些特殊部位的故障检测可能存在盲区。

3 红外测温技术在农配网运维中的具体应用

3.1 输电线路的红外测温巡检

通过使用手持式红外测温仪或车载红外热像仪,维护人员可以对架空线路进行全面的红外测温巡检。重点检测对象包括导线连接处、金具附件、绝缘子串等容易发生故障的部位。当发现某处温度异常升高时,可以判断该位置可能存在接头松动、金具腐蚀、绝缘子污秽等问题。与人工登杆检查相比,红外测温巡检可以在不停电的情况下,快速、高效、安全地完成对线路的检测,大大降低了人力成本和作业风险^[3]。此外,红外测温巡检还能发现一些肉眼难以察觉的早期故障征兆,如导线钢芯腐蚀、绝缘子串内部放电等,为及时处理和预防事故提供了依据。在实际应用中,可以利用无人机搭载红外热像仪,对难以到达的高压输电线路进行巡检,进一步提高检测效率和覆盖范围。同时,建立红外测温数据库和故障案例库,通过大数据分析技术,可以实现输电线路故障的趋势预测和风险评估,为维护策略的优化提供参考。

3.2 变电站设备的红外测温检测

通过对变压器、断路器、隔离开关、电缆终端等关键设备进行红外测温检测,可以及时发现设备的异常发热问题,预防事故的发生。例如,对于变压器而言,红外测温可以检测其铁芯、绕组、油箱等部位的温度分布情况,发现局部过热点,判断是否存在绕组松动、铁芯多点接地、油流阻塞等隐患。对于断路器,重点检测其触头、灭弧室、引线端子等位置,若发现温度异常,可能意味着触头接触不良、灭弧室老化等问题。红外测温检测可以在设备运行状态下进行,避免了停电检修对供电可靠性的影响^[4]。同时,红外热像仪可以直观地显示设备的温度分布图像,为故障诊断和维修决策提供直接依据。在变电站的日常巡检中,采用便携式红外测温仪,可以快速扫描设备表面,对可疑部位进行重点检测,提高巡检的针对性和有效性。定期开展红外测温专项检测,并建立健全的测温数据分析和评估机制,可以实现变电站设备的状态评价和潜在故障预警,切实提高设备运维管理水平。

3.3 配电设备的红外测温诊断

配电设备如配电变压器、开关柜、电缆分支箱等，长期处于户外恶劣环境下运行，极易出现过热、绝缘老化等故障。红外测温技术为配电设备的状态诊断提供了有效手段。通过对配电变压器的油箱、套管、引线等部位进行红外测温，可以及时发现由于油位下降、套管损伤、引线接触不良等原因引起的异常发热问题。对于开关柜，重点检测其母线连接处、触头、互感器等位置的温度分布，判断是否存在接触电阻增大、触头烧蚀等隐患。电缆分支箱的检测则主要关注其连接端子和电缆头处，若温度异常升高，可能预示着接头松动或电缆绝缘老化等问题。红外测温诊断可以在不拆卸设备外壳的情况下，快速、准确地定位故障部位，减少了人工检查的盲目性和不确定性^[5]。在实际应用中，可以利用智能化的红外测温诊断系统，通过无线传输技术将现场采集的测温数据实时上传至监控中心，结合设备运行参数和环境因素，实现配电设备状态的在线评估和故障预警，大大提高配电运维的智能化水平。

3.4 红外测温数据的分析与故障预警

红外测温技术在农配网运维中获取了大量温度数据，需要通过有效分析来实现故障诊断和预警。首先，要建立红外测温数据管理系统，对数据进行分类、存储和管理，形成标准化格式和接口。其次，结合设备参数、运行工况、环境因素等信息，对测温数据进行归一化处理和特征提取，提高数据的可比性和一致性。再者，利用大数据分析技术，如聚类分析、异常检测、趋势预测等，对测温数据进行深入挖掘，识别设备的热点区域、温升趋势、异常模式，实现故障的早期诊断和预警。最后，建立故障预警模型和决策机制，综合考虑测温数据分析结果、设备健康状态评价、风险等级划分等因素，形成可操作的维修策略和预警方案，并通过可视化技术直观呈现，指导运维人员开展针对性工作，减少故障停运时间，提高农配网整体可靠性。

4 红外测温技术应用案例分析

4.1 案例一：输电线路异常发热的检测与处理

某输电线路在红外测温巡检中发现一处接头温度异常升高，远高于同等负荷下其他接头的温度。运维人员判断该处可能存在接触不良或螺栓松动问题，及时安排了现场检修。经过紧固处理后，接头温度明显下降，避免了因接头过热而引发的线路故障。这一案例充分体现了红外测温技术在输电线路异常发热检测中的有效性，通过及时发现和处理问题，保障了线路的安全稳定运行。

4.2 案例二：变压器故障的红外诊断与维修

某变电站的一台主变压器在红外测温检测中发现油箱底部存在明显的热点区域，温度明显高于其他部位。结合变压器油色谱分析结果，判断变压器内部可能存在放电故障。经过停电检查，发现变压器低压侧引线与套管连接处存在放电痕迹，绝缘已严重受损。维修人员及时更换了引线和套管，消除了故障隐患。这一案例表明，红外测温技术可以有效诊断变压器内部潜在故障，配合其他检测手段，为变压器的状态评估和维修决策提供重要依据。

4.3 案例三：配电设备绝缘故障的预防性检测

某配电线路的多个分支箱在红外测温诊断中发现异常发热点，温度显著高于环境温度。运维人员分析认为，可能是分支箱内部绝缘材料老化或受潮所致。在后续的预防性停电检修中，更换了老化绝缘子和防潮密封材料，并对箱体进行了除湿处理。经过处理后，分支箱的红外热图显示温度分布均匀，异常发热点消失。这一案例说明，红外测温技术可以作为配电设备绝缘故障的预防性检测手段，通过及时发现和处理绝缘隐患，降低故障发生风险，提高配电可靠性。

5 结束语

红外测温技术在农配网运维中的应用，有效提升了故障诊断和预防性维护的水平，为保障农村供电可靠性提供了有力支撑。未来，随着红外测温技术的不断发展和成熟，结合在线监测、人工智能等新兴技术，建立农配网设备红外测温大数据平台，将进一步推动农配网运维模式的革新。同时，加强专业化红外测温技术人才队伍建设，也是促进该技术在农配网领域深入应用的关键举措。红外测温技术在农配网运维中大有可为，必将为乡村振兴战略的实施提供坚实的电力保障。

参考文献：

- [1] 陈洁琳. 红外测温技术在变电运维中的应用[J]. 电子技术, 2023, 52(12): 176-177.
- [2] 孙耀斌, 刘磐龙. 红外测温技术在变电运行中的应用分析[J]. 石河子科技, 2023(06): 18-19.
- [3] 施翔, 金麟. 红外测温技术在变电运行中的应用[J]. 电子技术, 2023, 52(11): 96-97.
- [4] 朱森. 红外温度探测技术在变电运维中应用[J]. 产品可靠性报告, 2023(10): 89-91.
- [5] 谭文喜, 王海明. 红外测温技术在农配网运维中的应用[J]. 大众用电, 2022, 37(08): 36-37.