

500kV输电线路检修技术研究

李 阳 侯 瑜

河南送变电建设有限公司 河南 郑州 450000

摘 要：500kV输电线路因分布广、环境复杂，故障类型多样，主要有雷击、覆冰舞动、外力破坏及设备老化等。其状态检测采用红外热成像、超声波局部放电检测、无人机巡检等技术。关键部件检修涵盖绝缘子、杆塔、导线等。检修管理技术包括状态检修、信息化管理及智能化发展趋势，可提高检修效率与精准度，保障线路安全稳定运行。

关键词：500kV输电线路；检修技术；状态检测；维护管理

引言：在电力系统中，500kV输电线路承担着大容量、远距离电能传输的关键任务，其安全稳定运行至关重要。然而，该线路分布范围广、运行环境复杂，面临着雷击、覆冰舞动、外力破坏等诸多故障威胁，且长期运行还会出现绝缘子老化、杆塔基础沉降等设备问题，严重影响线路性能。为保障其可靠运行，需采用先进的状态检测技术，如红外热成像、超声波局部放电检测、无人机巡检等，精准定位故障隐患。同时，针对绝缘子、杆塔、导线等关键部件，需运用专业检修技术及时消除缺陷。此外，借助状态检修管理、信息化管理等先进检修管理技术，并顺应智能化发展趋势，融合前沿技术推动检修升级，才能全方位提升500kV输电线路的运行可靠性。

1 500kV 输电线路常见故障分析

500kV 输电线路作为电力系统的重要组成部分，承担着大容量、远距离电能传输的重任。由于其分布范围广泛、运行环境复杂多样，面临诸多可能导致故障的因素，常见故障类型呈现多样化特征。（1）雷击故障是500kV输电线路跳闸的首要原因。雷电具有强大的瞬时能量，当雷电流作用于输电线路时，可能引发一系列破坏。一方面，强大的雷电流会击穿绝缘子，导致绝缘子丧失绝缘性能，进而引发线路短路跳闸。另一方面，雷电流产生的过电压可能损坏线路上的各种设备，如避雷器、开关等，影响线路的正常运行。尤其是在山区、多雷区等特殊地形和气象条件下，雷击故障发生的概率更高，对线路的安全稳定运行构成严重威胁。（2）覆冰和舞动现象是冬季及特定气象条件下500kV输电线路面临的另一大挑战。在低温、高湿的环境中，导线表面容易形成覆冰。随着覆冰厚度的增加，导线所承受的机械应力大幅增大。当应力超过导线的承受极限时，就会导致导线断股，严重影响线路的传输能力。同时，覆冰还可能引发导线舞动。舞动是一种复杂的空气动力失稳

现象，会使导线产生大幅度的低频振动，导致杆塔承受不均匀的侧向力，进而造成杆塔倾斜甚至倒塌，破坏整个输电线路结构。（3）外力破坏也是不可忽视的故障因素。随着城市化进程的加快和基础设施建设的不断推进，施工机械碰撞输电线路的情况时有发生。此外，风筝缠绕、异物悬挂等也会对线路安全构成威胁。这些外力破坏可能导致导线断裂、绝缘子损坏等，引发线路跳闸事故。（4）除了上述因素外，500kV输电线路在长期运行过程中，还会出现绝缘子老化、金具磨损、杆塔基础沉降等问题。绝缘子长期暴露在自然环境中，受到紫外线、酸雨等的影响，其绝缘性能会逐渐下降。金具在长期承受导线张力和风力等作用下，会出现磨损、变形等情况，影响线路的机械强度。杆塔基础在地质条件变化、地下水位升降等因素的影响下，可能发生沉降，导致杆塔倾斜，影响线路的安全运行^[1]。

2 500kV 输电线路状态检测技术

2.1 红外热成像检测技术

红外热成像检测技术作为500kV输电线路状态检测的重要手段，是一种非接触式的故障诊断方式。其原理在于利用物体表面温度差异来精准定位故障。在500kV输电线路检修工作中，借助红外热像仪对各类线路设备展开全面扫描。导线连接点、绝缘子以及变压器等关键部位，若存在故障隐患，如接触不良、绝缘性能下降或内部局部故障等，往往会在故障部位产生热量积聚现象，使得该部位温度高于正常区域。红外热成像技术能够敏锐捕捉这些温度变化，并将其以直观的温度分布图像呈现出来。检修人员通过分析这些图像，能够迅速且准确地判断出故障的具体位置以及严重程度，为后续制定针对性的故障处理方案提供可靠依据，有效保障500kV输电线路的安全稳定运行。

2.2 超声波局部放电检测技术

在500kV输电线路运行中，局部放电是绝缘劣化

的关键征兆,可能引发绝缘击穿等严重故障,威胁线路安全。超声波局部放电检测技术为及时发现此类隐患提供了有效手段。该技术借助超声波传感器,精准捕捉设备局部放电时产生的超声波信号。局部放电会产生特定频率和强度的声波,不同放电类型和严重程度对应不同的信号特征。通过对接收到的信号进行深入分析,如强度、频率等参数,可准确判断设备内部是否存在局部放电现象,并评估放电的严重程度。此技术优势显著,检测灵敏度高,能捕捉微弱放电信号;且对设备无损伤,可在设备正常运行状态下实施快速检测。它广泛应用于绝缘子内部缺陷、电缆接头局部放电等问题的检测,有助于在故障初期就发现潜在隐患,为检修人员争取宝贵的处理时间,保障 500kV 输电线路稳定、可靠运行^[2]。

2.3 无人机巡检技术

在 500kV 输电线路状态检测领域,无人机巡检技术已成为重要手段,具备诸多突出优势。无人机机动性强,可快速抵达指定巡检区域,灵活调整飞行路线;视野开阔,能从多角度对线路进行观察;且不受复杂地形限制,无论是崇山峻岭还是河流湖泊,都能顺利开展巡检工作。无人机可搭载高清摄像头、红外热像仪、激光雷达等多种专业检测设备。高清摄像头能清晰捕捉线路设备的外观细节;红外热像仪可检测设备温度异常,发现潜在发热故障;激光雷达则能精确测量杆塔、导线等的空间位置信息。通过全方位、多角度巡检,无人机可快速获取大量线路设备的图像和数据信息。对这些采集的数据进行分析处理,能够精准发现导线断股、绝缘子破损、杆塔倾斜等各类故障。相较于传统人工巡检,无人机巡检技术大幅提高了巡检效率和准确性,同时降低了人工巡检的劳动强度和安全风险,为 500kV 输电线路的安全稳定运行提供了有力保障。

3 500kV 输电线路关键部件检修技术

3.1 绝缘子检修技术

绝缘子作为 500kV 输电线路中保障电气绝缘与机械强度的核心部件,其检修工作至关重要。检修开始,需对绝缘子进行细致的外观检查。借助专业工具和目视观察,查看绝缘子表面有无破损、裂纹,是否出现老化迹象以及污秽堆积情况。若发现绝缘子存在污秽,可依据现场实际状况,采用带电水冲洗或机械清扫的方法进行清洁。带电水冲洗利用高压水流冲刷污秽,机械清扫则通过特定设备清除污垢,以此恢复绝缘子的绝缘性能。对于破损、老化严重的绝缘子,必须及时更换,防止因绝缘性能下降引发线路故障。此外,还可运用绝缘子分布电压检测、零值绝缘子检测等专业技术手段,精准判

断绝缘子的绝缘状态。通过这些检测,能全面了解绝缘子串的绝缘可靠性,为 500kV 输电线路的安全稳定运行筑牢基础。

3.2 杆塔检修技术

杆塔是 500kV 输电线路中支撑导线和架空地线的关键结构,其稳定性对线路安全运行起着决定性作用,因此杆塔检修工作不容忽视。(1)在杆塔检修过程中,需对多个关键部位进行细致检查。首先要查看杆塔基础是否存在沉降、开裂现象,基础若出现问题会影响杆塔整体的稳定性,一旦发现基础沉降,要及时采取加固处理措施,如采用灌注桩、扩大基础等方式增强基础的承载能力。对于杆塔构件,要检查其是否出现腐蚀、变形、松动等情况。针对构件腐蚀问题,可涂抹防腐涂料进行防护,延缓腐蚀进程;对于变形、松动的构件,则要进行校正和紧固,保证杆塔结构的力学性能。(2)杆塔的接地装置也需定期检测,确保接地电阻满足设计要求。良好的接地能有效降低雷击时的过电压,提高线路的防雷性能,保障 500kV 输电线路在复杂环境下的安全稳定运行^[3]。

3.3 导线检修技术

导线作为 500kV 输电线路电能传输的关键载体,在长期运行中易出现断股、磨损、腐蚀等状况,严重影响线路的安全稳定运行,因此导线检修工作至关重要。(1)检修过程中,需综合运用多种方法判断导线损伤情况。外观检查可直观发现明显的断股、磨损痕迹;测径仪测量则能精准掌握导线直径变化,辅助判断内部损伤。针对不同损伤程度采取相应措施,对于轻微断股和磨损,采用补修管补修,通过机械压接使补修管与导线紧密结合,恢复导线的机械强度和电气性能;若导线损伤严重,则必须及时更换。(2)要密切关注导线弧垂变化,弧垂过大或过小都可能引发安全隐患,需确保导线与地面、建筑物等保持安全距离。同时,对导线金具进行细致检查,金具若出现磨损、变形、连接松动等问题,会影响导线的固定和张力的传递,需及时处理,如更换磨损金具、校正变形金具、紧固松动连接等,全方位保障导线正常运行。

4 500kV 输电线路检修管理技术

4.1 状态检修管理技术

状态检修管理技术是 500kV 输电线路运维领域的一项重要创新,它以线路状态检测数据为依托,对线路设备健康状况展开精准评估,进而制定科学合理的检修计划。(1)该技术通过构建线路设备状态评估模型,全面考量设备运行年限、检测数据以及环境因素等多方面要

素。基于评估模型,对设备进行状态分级,清晰界定设备的健康程度,从而精准确定设备的检修周期和检修内容。(2)相较于传统的定期检修模式,状态检修管理技术具有显著优势。它能够有效避免过度检修造成的资源浪费,以及检修不足引发的安全隐患。通过精准评估设备状态,合理安排检修工作,提高了检修资源的利用效率,使运维工作更具针对性和高效性。这不仅有助于保障 500kV 输电线路的安全稳定运行,还能降低运维成本,提升电力企业的经济效益和社会效益。

4.2 信息化管理技术

在信息技术持续进步的背景下,信息化管理技术在 500kV 输电线路检修领域发挥着愈发重要的作用,应用范围不断拓展。(1)输电线路巡检管理系统、设备状态监测系统等信息化平台成为检修工作的有力工具。这些平台能够对线路巡检数据、设备状态数据以及检修记录等信息进行集中管理和深入分析。通过数据整合与挖掘,检修人员可以实时、全面地掌握线路设备的运行状况,及时发现设备存在的异常或潜在隐患。(2)信息化平台具备强大的数据查询功能,检修人员能够快速调取历史数据,为制定科学合理的检修决策提供可靠依据。此外,信息化平台还优化了检修任务管理流程,实现了检修任务的精准分配、实时跟踪和及时反馈。这不仅加强了各部门之间的信息共享与协同合作,提高了工作效率,还确保了检修任务能够按时、高质量完成,为 500kV 输电线路的安全稳定运行提供了坚实保障^[4]。

4.3 智能化检修发展趋势

在科技不断进步的当下,500kV 输电线路检修正迈向智能化发展的新阶段。人工智能、大数据、物联网等前沿技术的融合应用,将成为推动检修技术智能化升级的关键力量。(1)机器学习算法的引入,能够对线路检测数据进行深度剖析,挖掘数据背后的潜在规律,从而实现故障的智能诊断与精准预测,提前发现设备隐患,

降低故障发生风险。物联网技术则可实现线路设备的互联互通,构建起一个实时、动态的设备运行状态监测网络,让检修人员随时掌握设备最新情况。(2)智能检修机器人的开发与应用也是重要趋势。这些机器人具备自主巡检和维修能力,可按照预设程序对线路设备进行全面检查,及时发现并处理问题,减少人工巡检的劳动强度和安全风险。智能化检修技术的发展,将全面提升 500kV 输电线路检修的效率、精准度和安全性,为电网稳定运行提供更有力的保障。

结束语

综上所述,500kV 输电线路的稳定运行关乎整个电力系统的安全与可靠。其面临的故障类型多样,需借助红外热成像、超声波局部放电检测、无人机巡检等先进状态检测技术,精准定位故障隐患;运用绝缘子、杆塔、导线等关键部件的检修技术,及时消除设备缺陷。同时,状态检修管理技术、信息化管理技术为检修工作的高效开展提供有力支撑,而智能化检修作为未来发展趋势,将融合人工智能、物联网等前沿技术,实现故障智能诊断、设备状态实时监测及智能检修作业。多管齐下,才能全方位保障 500kV 输电线路的安全稳定运行,为经济社会发展提供坚实电力保障。

参考文献

- [1]张宇娇,孙晓彤,王杰,等.考虑节能导线的500kV输电线路全寿命周期成本评估[J].三峡大学学报(自然科学版),2020,42(1):80-86.
- [2]胡浩莹,张志强,郑世明,等.复合材料横担在500kV双回路输电线路的应用[J].电工技术,2020(8):75-76,78.
- [3]张治国.500kV输电线路检修的相关问题探讨[J].中国科技投资,2020(17):167-168.
- [4]黄晓希.探究500kV输电线路检修的相关问题[J].电子测试,2019(18):91-92.