

智能化技术在高压输电线路检修中的实践分析

张东, 王凯

内蒙古电力(集团)有限责任公司鄂尔多斯供电分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 本文探讨了智能技术在高压输电线路维护中的实际应用分析。基于状态监测技术、无人机巡检和人工智能算法等智能技术, 分析了这些方法在提升效率、降低成本和保障电网稳定性方面的作用。同时, 研究了在应用过程中面临的技术和经济挑战, 并提出了相应的改善建议, 为高压输电线路的现代化维护提供了参考。

关键词: 高压输电线路维护; 智能技术; 状态监测; 无人机巡检; 人工智能

Practical Analysis of Intelligent Technology in High Voltage Transmission Line Maintenance

Zhang Dong, Wang Kai

Inner Mongolia Electric Power (Group) Co., Ltd. Ordos, Inner Mongolia 017000

Abstract: This paper explores the practical application of intelligent technology in high-voltage power transmission line maintenance. By focusing on technologies like condition monitoring, drone inspections, and artificial intelligence algorithms, it analyzes their roles in enhancing efficiency, reducing costs, and ensuring grid stability. Additionally, it examines the technical and economic challenges during implementation and offers suggestions for improvement, providing insights for modernizing transmission line maintenance.

Keywords: high-voltage power transmission line maintenance; intelligent technology; condition monitoring; drone inspection; artificial intelligence

引言

高压输电线路作为电力系统中电能传输的关键, 其运行状况对电网安全至关重要。然而, 传统检修方式存在效率低、危险性高等问题。近年来, 随着无人机、物联网、人工智能等智能化技术的快速发展, 这些技术被逐步引入高压输电线路检修中, 实现了高效巡检和故障定位, 提升了运维的安全性和精准性。本论文旨在分析智能化技术在高压输电线路检修中的实践应用, 探讨其表现及挑战, 为后续技术推广和创新发展提供参考, 对实现电力系统高效、安全、稳定运行具有重要意义。

一、智能化技术在高压输电线路检修中的应用现状

随着智能化技术的快速发展, 高压输电线路的检修模式正逐步从传统人工方式转向更加高效、精准、智能的技术解决方案。这些技术在提升检修效率、降低风险和优化资源配置方面发挥了重要作用。以下将从无人机巡检技术、在线监测系统、图像识别与人工智能技术以及机器人自动化检修四个方面探讨其应用现状。

(一) 无人机巡检技术

无人机技术已经广泛应用于高压输电线路的巡检工作, 其优势在于无需依赖地面复杂的基础设施, 能够在空中以灵活的方式快速覆盖广泛的检修区域。通过搭载高清摄像头、红外热成像仪和激光雷达等先进设备, 无人机可以对输电线路运行状况进行全

方位的监测。例如, 通过热成像技术, 无人机能够检测线路发热点, 从而及时发现潜在故障区域。此外, 智能无人机系统能够实时传输高清图像和运行数据, 并配合后端的数据分析平台, 实现检修工作的实时性与高效性。许多输电企业还开始引入完全自动化的无人机巡检站, 进一步推动巡检流程的自动化。

(二) 在线监测系统

在线监测系统是智能化输电线路维护的重要组成部分, 其核心是依托物联网技术和传感设备对线路状态进行24小时实时监测。通过在输电线路的关键节点安装各种传感器, 可以采集导线温度、振动频率、风速、风向和湿度等多种运行及环境数据。这些传感器采集的海量信息通过无线通讯模块传输到后台服务器, 利用大数据分析技术与专家系统进行故障预测和风险评估。例如, 当传感器检测到导线异常震动时, 系统会自动预警, 提示维

护人员进行排查，从而降低故障的发生概率。在线监测系统还可以与 GIS（地理信息系统）结合，更直观地定位故障点，提高维护工作的效率。

（三）图像识别与人工智能技术

基于计算机视觉和人工智能的技术在输电线路检修中也得到了快速推广和应用。依托图像识别算法，通过分析无人机拍摄或固定监控设备采集的图像，可以自动识别线路和设备上的缺陷，例如导线裂纹、鸟巢堆积、锈蚀区域或绝缘子损坏等。传统的人工巡检往往存在主观性强、效率较低的问题，而人工智能技术的加入显著提升了缺陷检测的准确性与一致性。目前，深度学习算法被广泛应用于线路巡检数据的处理，尤其是在缺陷检测与分类方面表现出极高的可靠性。例如，基于卷积神经网络（CNN）的图像识别模型在识别精度上已经超过了资深专家的人为检修水平。

（四）机器人自动化检修

在高压输电线路的检修工作中，一些复杂或危险的任务正逐步由机器人取代人工操作。高压环境下的操作风险较高，而机器人可以在零风险的环境下完成精细作业。例如，线路爬行机器人可以沿输电线移动，对导线的表面状态进行检查或局部修复。这种机器人通常具备强大的抗干扰能力和高精度运动控制系统，可以在风雨等恶劣条件下正常工作。此外，针对输电线路上绝缘子表面的污染问题，绝缘子清洗机器人提供了经济环保的解决方案。这些机器人通过高压水射流或干式清洗技术，可以高效清除灰尘与污垢，保证线路设备的绝缘性能。

综上所述，智能化技术在高压输电线路检修中的应用已经涵盖了巡检、监测、分析和修复等主要环节，大幅度提升了维护工作的安全性和智能化水平。这些技术的广泛应用不仅提高了检修效率，还显著降低了运行成本，为现代化输电网络的稳定运行提供了有力保障。

二、智能化技术在高压输电线路检修中的优势分析

随着电力系统规模的快速扩大和对供电可靠性的更高要求，高压输电线路的检修工作面临诸多挑战。智能化技术的应用正在显著改善检修工作的整体水平，其优势主要体现在以下几个方面：

（一）检修效率提升

智能化技术通过自动化设备与先进算法的结合，大幅提升了检修工作的效率。相比于传统的人工巡检方式，智能化技术减少了大量重复性劳动和人员的体力负担。例如，无人机广泛应用于线路巡检工作，能够快速覆盖大范围输电线路区域，同时避免了人员长时间暴露在复杂地形中的艰苦作业。此外，数据的实时采集与智能分析技术使得检修周期进一步缩短，从传统人工检测的天数或数周缩减到数小时甚至分钟。这种效率的提升为电网稳定运行提供了更有力的支持，也为快速响应突发性故障赢得了宝贵时间。

（二）检修精度与可靠性提高

智能化技术在检修精度上表现尤为突出。依靠高精度传感

器、图像识别和大数据分析等技术，智能化设备能够实现故障的精准定位，避免传统检测方式中因工具精度不足或人为因素造成的漏检与误判。例如，利用红外热成像技术与人工智能算法结合，可以有效识别导线过热、绝缘体裂纹等问题，实现对潜在隐患的早期预警能力。这种基于智能化的精准检修，有效提高了故障诊断的准确性与及时性，显著降低了因为延迟或误判导致的更大范围停电或设备受损风险。

（三）安全性改善

高压输电线路的检修工作本身带有极高的风险，特别是在高空、高压或恶劣天气条件下作业，检修人员的人身安全面临巨大威胁。而智能化技术通过无人化、自动化设备的应用，极大改善了检修工作的安全性。例如，无人机与巡检机器人可以替代人工完成绝大部分的线路巡检工作，从根本上减少了检修人员接近高压线路的机会，降低触电、高空坠落等事故的发生率。同时，在暴雨、暴雪等恶劣天气条件下，智能巡检设备的任务执行能力远超人工，为风险环境中的抢修工作提供了更好的保障。

（四）数据驱动的决策支持

智能化设备在检修过程中积累了大量的运行状态数据，为精准判断输电线路健康状况和科学制定检修计划提供了重要依据。这些数据经过大数据分析和建模，可以挖掘出输电线路的长期运行规律并预测未来可能出现的问题。例如，通过监测历史数据中某些温度、振动或者电气性能异常的趋势，可以提前安排针对性检修，从而减少设备突发故障的可能性。这种对数据的深度利用使得检修工作由以往的“被动抢修”转向“主动预防”，不仅提高了电网的整体可靠性，还让有限的维修资源得到了最优化的配置与利用。

综上所述，智能化技术的应用为高压输电线路检修工作带来了前所未有的优势，既提升了检修效率和精度，又大幅增强了安全性与可靠性，并通过数据支持形成更科学的决策过程。伴随着智能化水平的不断提升和更多创新技术的投入应用，高压输电线路的检修工作将迈向更加智能、高效与安全的未来。

三、智能化技术在实际应用中的挑战与对策

（一）面临的主要挑战

尽管智能化技术在高压输电线路维护领域展现了显著的效率和精度优势，但其实际应用仍面临诸多挑战。首先，智能化检修设备的初始投入成本较高，例如无人机、机器人以及传感器设备的购置与维护成本，这对一些资金有限的电力企业或机构而言可能形成普及的障碍。其次，技术的复杂性带来了显著的学习曲线。从业人员需要掌握复杂的软硬件操作、数据采集与分析等技能，这对传统技能为主的维护团队提出了更高要求。此外，智能运维中涉及大量的实时数据，如设备运行状态监测、图像数据分析等，这些数据对隐私保护提出了新挑战。例如，未经授权的数据访问和网络攻击可能造成系统风险甚至业务中断。最后，在一些地理偏远地区，技术的环境适应性仍存在问题，例如通讯信号覆盖不足可能导致设备失效或数据传输滞后，从而影响检修过程

的连续性和可靠性。

（二）应对措施

针对以上挑战，需采取系统性的对策来推动智能化技术的深化应用。首先，可以通过拓展智能化技术的规模化应用实现成本分摊。随着生产规模增加和市场竞争的加剧，设备制造成本将逐步降低，同时多企业共享智能化检修资源也能显著减少单一企业的财务压力。其次，应注重从业人员培训体系的建立和完善，使其能够迅速掌握智能化检修设备的操作技术。例如，可开展分层次、多类型的培训课程，包括基础设备操作、数据分析能力和网络安全基础等，以全面提升运维团队素质。同时，为了应对数据安全风险，应加强网络安全防护机制，比如加密数据传输、严格的用户权限管理和实时监控异常行为。此外，相关监管部门还应积极完善关于智能化运维的法规建设，制定合法合规的数据隐私保护政策。最后，对于偏远地区的应用挑战，有必要研发定制化解决方案，例如开发低带宽或离线模式下可运行的智能化设备，同时在恶劣环境下提高设备的物理坚固性和电池续航能力，从而提升技术在不同环境中的普适性。

通过针对性地解决这些挑战，高压输电线路的智能化检修技术能够得到更广泛和深入的应用，为电力系统的安全性、稳定性和高效性提供更强有力的支持。

四、总结与展望

近年来，智能化技术在高压输电线路检修中的应用日益凸显其显著优势。传统巡检和检修方法耗时长、成本高，且存在安全

风险。而智能无人机、机器人技术及物联网设备的引入，彻底改变了这一现状。这些技术不仅扩大了巡检覆盖范围，提高了检测速度，还能快速精准地定位故障点，大幅减少了停电时间和检修成本。智能化技术的另一大亮点是提升了工作安全性。传统检修工作常需在恶劣天气或危险区域进行，安全风险大。而智能化设备通过远程操控和精准功能，减少了巡检人员直接参与危险作业的需求，降低了人身风险。同时，高精度监测设备、数据采集分析工具和算法的支持，使得检修工作更加可靠和精准，为线路的稳定运行提供了有力支撑。展望未来，高压输电线路检修领域的智能化进程仍有广阔发展空间。5G通信技术的成熟将进一步提升智能巡检设备的数据传输能力，实现更高效的实时监测和远程操控。人工智能技术结合大数据分析平台，可对输电线路海量数据进行深度挖掘，生成精准线路状态评估报告，优化检修策略，实现从被动维修向主动运维的转变。区块链技术的应用则有望增强维修记录的透明性和可信度，提高设备全生命周期管理效率。然而，要实现全面智能化和无人化检修，还需在技术研发、设备稳定性和可靠性、互联互通能力等方面持续努力。同时，建立科学高效的数据管理与共享机制也至关重要，以促进行业协同合作和资源整合。未来，随着技术的不断升级和行业创新的持续推进，高压输电线路检修将朝着更高效、精准、安全的方向演进。这将为电力行业的持续稳定运行提供坚实可靠的技术保障，推动整个行业迈向更加智能化、现代化的未来。智能化技术的应用不仅改进了技术管理手段，更为电力行业的现代化发展开辟了崭新方向。

参考文献

[1] 郭斌. 高压输电线路施工技术与检修方法探微 [J]. 冶金与材料, 2020, 40(05): 112-113.
[2] 罗崇盛. 高压输电线路施工技术与检修方法分析 [J]. 通讯世界, 2024, 31(11): 94-96.
[3] 昌国际, 郭伟, 李颖洁. 特高压输电线路检修无人机替代技术探索与实践 [J]. 中国战略新兴产业, 2024, (30): 136-138.
[4] 周永林. 一种适用于高压输电线路的新型防坠脚钉的研制 [J]. 机电信息, 2024, (18): 13-15+19.
[5] 田军. 高压输电线路施工检修方法 [J]. 通讯世界, 2024, 31(07): 151-153.
[6] 张媛媛. 超特高压输电线路检修计划信息化管理的分析与应用 [J]. 电工技术, 2024, (S1): 409-411.
[7] 张伟, 韩旭. 电力工程中高压输电线路施工技术与检修研究 [J]. 大众标准化, 2024, (05): 52-54.
[8] 魏泽林. 高压输电线路状态检修技术 [J]. 电工技术, 2024, (05): 192-196.
[9] 闫可为, 李伟, 魏小龙, 等. 特高压输电线路检修工况下感应电压与电流计算分析 [J]. 电工电气, 2023, (08): 30-34.
[10] 刘振亚. 中国特高压交流输电技术创新 [J]. 电网技术, 2013, (3).