

数字化技术在提升输电线路运维效率中的应用

刘鹏飞

内蒙古电力(集团)有限责任公司包头供电分公司输电管理处 内蒙古包头市 014030

摘要: 随着电力需求的不断增长,传统的输电线路运维面临效率低下和响应迟缓等挑战。数字化技术的引入为提升运维效率提供了创新解决方案。本文探讨了无人机巡检、在线监测装置、数字化运维管理平台等技术在输电线路运维中的应用,重点分析了无人机自动巡检、无人机测温、激光雷达扫描以及巡视移动终端的关键技术和应用效果。通过物联网、大数据和云计算等技术的融合,数字化运维平台能够实时采集数据、进行故障预测并优化决策支持,从而显著提高运维的效率和安全性。

关键词: 数字化运维; 无人机巡检; 激光雷达; 物联网; 云计算

1. 引言

输电线路作为电力传输的核心设施,肩负着保障电力供应的关键任务。然而,随着电力需求的不断增长和输电线路的扩展,输电线路的运维面临着越来越多的挑战。传统的输电线路运维方式往往依赖人工巡检和定期维护,存在效率低、响应慢以及事故处理不及时等问题。尤其是在偏远地区或恶劣天气条件下,人工巡检难以保证及时性和准确性,运维成本高且易出错。因此,如何提高输电线路的运维效率,确保系统安全稳定运行,成为当前亟待解决的难题。数字化技术的引入,为提升输电线路运维效率提供了新的解决方案。通过物联网、云计算、无人机巡检等技术手段,可以实

现输电线路的远程监控、实时数据采集与分析,极大提高运维管理的精度和响应速度。

2. 数字化运维管理平台的应用

2.1 平台建设的目标与框架

数字化运维管理平台的建设旨在通过智能化的手段,全面提升输电线路的运维效率与安全性。平台的目标不仅是实现输电线路的实时监控与故障预警,更是通过精准的数据采集与分析,优化资源配置与决策过程,确保电网的高效稳定运行。平台的整体架构应当涵盖数据采集、传输、分析、反馈、决策支持等多个层次,通过层级化的架构确保各个环节的有机衔接,形成一个高效、精准的运维管理体系。

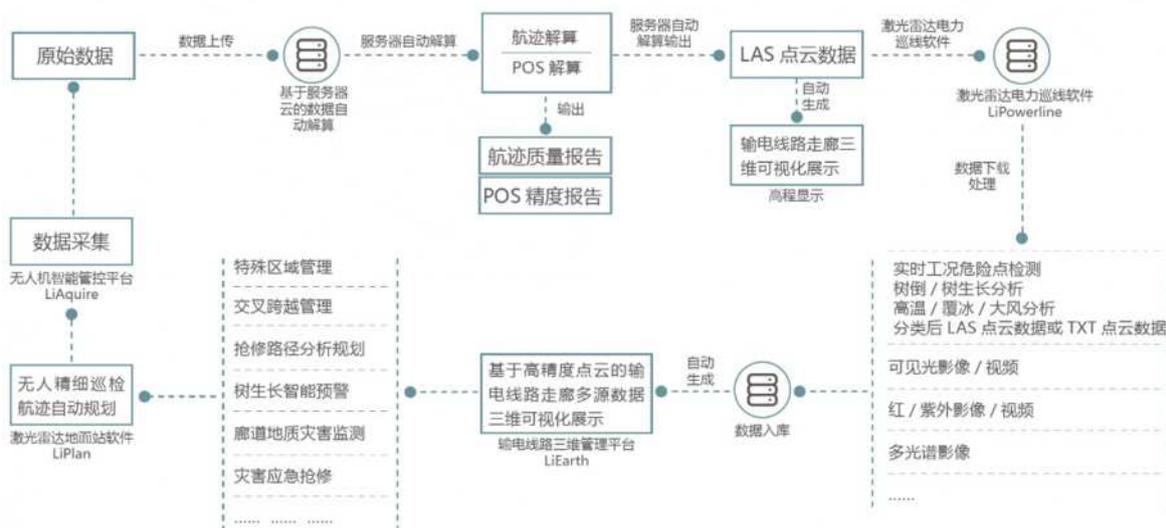


图 1 输电线路三维数字化平台

平台的功能模块主要包括数据采集模块、传输模块、数据分析模块、故障诊断与预警模块、巡检管理模块、报表生成模块及决策支持模块等。数据采集模块通过安装在线监测装置、传感器、无人机等设备，实时获取输电线路的运行数据，例如温度、湿度、电流、电压、设备状态等信息。数据传输模块则采用物联网技术，将采集到的海量数据传输至云端，确保数据流通畅无阻。数据分析模块运用大数据分析 with 人工智能技术，对采集到的传感数据进行深度分析，实时发现潜在问题并进行风险评估，提供故障预警。故障诊断与预警模块会在系统识别出异常数据时，自动发出警报，并推送至运维人员或管理者，确保问题能够在第一时间得到响应和处理。同时，巡检管理模块通过整合无人机巡检与人工巡查，提升巡视效率与准确性。报表生成模块则能够根据实际情况自动生成详细的运行报告和分析结果，供管理者决策参考。决策支持模块依据分析结果，向运维人员提供针对性的处理建议，从而提高处理故障的效率和质量。

2.2 平台的关键技术

数字化运维管理平台的核心技术涵盖了云计算、大数据分析、物联网以及边缘计算等前沿技术，这些技术的融合与应用，赋予了平台强大的数据处理能力与智能决策支持功能。云计算技术在平台中发挥了至关重要的作用，它通过提供强大的计算与存储能力，确保平台能够高效处理来自各个监测点的数据，并存储海量的历史数据。通过云端部署，平台可以实现不同区域间的数据共享与协同工作，从而在更大范围内提升运维管理的效率和准确性。

大数据分析技术则通过对采集到的大量数据进行深度挖掘和分析，揭示出潜在的风险和趋势，帮助运维人员提前识别可能的故障点或设备问题。通过对温度、负荷、电流、风速等多种数据进行交叉分析，平台能够提供更加精准的故障预测和设备健康状态评估。这种基于大数据的精准分析，不仅提升了输电线路的故障预警能力，也为后续的故障处理与决策提供了科学依据。

物联网技术则通过将传感器、摄像头、无人机等设备与平台进行无缝连接，确保数据的实时采集与远程传输。物联网的应用使得各个监测点的数据能够及时、准确地传输至云端，避免了传统人工巡检带来的延迟与误差。边缘计算技术在数据采集点进行初步的数据处理与分析，减少了对远程云平台的依赖，确保了数据处理的实时性与高效性。通过在

边缘设备上数据进行预处理，平台可以有效降低数据传输的延迟，并确保重要信息的及时反馈。

3. 在线监测装置的应用与数据分析

3.1 防外力破坏监测

防外力破坏监测装置主要用于识别和预防输电线路遭受外部破坏的风险，如人为破坏、自然灾害等因素造成的影响。这类监测装置通常包括振动传感器、位移传感器、光纤传感器等，能够实时检测线路是否受到外部力的干扰或破坏。例如，振动传感器可以感知到线路附近的非正常振动，位移传感器可以检测到支撑塔或线路的位移变化，光纤传感器则能够检测到线路是否出现了异常的温度变化或形变。

这些监测装置通过布设在输电线路的关键节点，能够实时捕捉到外力作用的信号，并将数据传输至管理平台进行进一步处理与分析。数据采集的方法一般采用高频采样和远程数据传输技术，通过无线通信网络将数据传输到数据中心或云端，进行集中处理与存储。通过数据分析方法，如异常值检测、趋势分析等，能够快速识别出可能存在的外力破坏风险，从而发出警报并采取相应的防护措施。

数据分析方法则主要依赖于机器学习和数据挖掘技术，对采集的数据进行深入分析。通过训练数据模型，可以预测外力破坏的可能性，并制定相应的应急处理方案。实时监测和数据分析可以大大提升外力破坏的识别速度，减少人工巡检的负担，提高输电线路的安全性和稳定性。

3.2 防覆冰监测

防覆冰监测技术是为了确保输电线路在寒冷气候条件下不被冰雪覆盖，避免覆冰现象引发的线路断裂、设备损坏等问题。覆冰检测装置一般包括温湿度传感器、气象站、加速度传感器等，这些装置能够实时监测气候变化和冰雪积聚情况。当气温降至一定阈值时，气象站会自动采集到降雪或降温的信息，并通过数据传输系统将数据实时传送至运维管理平台。

此外，加速度传感器则能够监测到线路或支撑塔在风雪作用下的变化，结合湿度传感器的数据，可以判断线路上是否有冰层积聚。当监测到覆冰现象时，系统会立即发出警报，提醒运维人员进行人工巡检或采取除冰措施，以防止线路发生因冰雪积聚而造成的机械损坏或停运。

数据处理与警报机制是防覆冰监测的关键。通过将多个传感器的数据进行整合与分析，可以得出覆冰的发生趋

势,并结合历史数据建立预警模型。当数据达到一定的临界值时,平台自动发出警报并启动相应的应急预案,如调度除冰设备或加强巡视频率。此类智能化监测技术有效减少了人工巡查的成本,同时提升了输电线路在恶劣天气下的安全性和可靠性。

3.3 防污闪监测

污闪监测技术的核心是通过实时监测设备表面电场强度的变化,及时识别出电气设备受污情况,并进行警报。数据采集过程中,系统通过传感器收集电场强度及相关环境数据,并通过无线网络将信息传输到数据中心进行处理。在数据分析过程中,平台运用电气理论模型与数据分析算法,结合历史运行数据和环境条件,能够准确预测污闪的发生时机。

预警策略则基于数据分析结果,通过实时监控电气设备表面污染情况,结合气候变化、环境污染等因素,提前预测污闪现象的发生。当污闪的风险较高时,平台会自动启动清洁作业或增加巡视频率,降低污闪发生的概率。这一监测系统的应用显著提高了输电线路的运行安全性,特别是在环境污染较严重的地区,能够有效避免因污闪带来的电力中断风险。

3.4 防杆塔倾斜监测

杆塔倾斜监测技术主要用于实时监控输电线路支撑塔的稳定性和预防由于外力作用、地质灾害或长期负荷作用导致的杆塔倾斜或倒塌现象。倾斜检测原理主要依赖于高精度的倾斜传感器,这些传感器能够精确监测到支撑塔的垂直度变化。当杆塔发生倾斜时,传感器能够及时感知,并将数据传输到运维平台进行分析。

实时数据监测是防杆塔倾斜监测的重要环节。通过布设在杆塔上的多点传感器,能够实时跟踪塔身的变化情况,精确记录倾斜角度和位移数据。数据的传输通常采用无线通信技术,将各个监测点的数据实时汇集到平台中进行分析。分析过程主要通过对比历史数据和设定的安全阈值,判断是否存在安全隐患。一旦发现倾斜角度超过设定值,平台立即发出预警,建议运维人员前往现场检查或采取支撑措施。

4. 无人机巡检与新型装置的应用

4.1 无人机自动巡检技术

无人机自动巡检技术在输电线路运维中发挥着越来越重要的作用,尤其是在长距离、复杂地形的区域。相比传统

的人工巡检,无人机巡检具有显著的优势,如高效性、实时性和安全性。无人机可以在短时间内覆盖大面积区域,避免了人工巡检中可能遇到的安全隐患和工作效率低下的问题。此外,无人机能够飞越难以到达的地理障碍,如高山、深沟和森林等,从而大大提高了巡检的全面性和精准度。在应用场景上,无人机自动巡检广泛应用于输电线路的常规检查、设备故障检测、环境变化监测等方面。无人机配备高清摄像头、红外传感器、激光雷达等多种设备,可以实时获取线路的图像、温度、风速等数据,为运维人员提供精准的巡检信息。巡检数据的采集与分析方法主要依赖于计算机视觉和图像处理技术。无人机拍摄的高分辨率图像和视频能够通过人工智能技术进行自动识别和分析,及时发现线路上的缺陷、损坏和异常情况。通过智能化的数据分析,可以对发现的问题进行分类处理和优先级排序,从而指导后续的维修和预防措施。

4.2 无人机测温技术

无人机测温技术作为一种新型的输电线路检测方法,利用红外热成像技术可以快速、精确地监测输电线路、变电站等设备的温度变化。通过安装红外热像仪,无人机能够在飞行过程中实时捕捉设备的表面温度数据,尤其适用于检测接触不良、过载或故障设备的温度异常。这一技术可以帮助运维人员及时识别潜在的电气故障,避免因过热造成设备损坏或火灾等安全事故。

无人机测温装置的配置通常包括高精度的红外热像仪、高清摄像头以及温度传感器。这些设备可以精确探测设备表面的温度变化,通过温差分析,识别设备中存在的热点区域。数据采集过程可以通过自动化飞行模式完成,无人机在飞行过程中自动扫描线路和设备,实时收集温度数据。数据分析则通过人工智能算法与数据处理技术对温度数据进行处理,识别异常温度变化,并对可能发生的故障进行预测。例如,当设备表面温度超过设定阈值时,系统可以自动发出警报,提醒运维人员进行检查与维护,防止故障进一步扩展。无人机测温技术在提高巡检效率和故障预警方面具有重要作用。

4.3 激光雷达通道扫描

激光雷达技术的特点主要体现在其高精度、全天候、长距离的特点,能够适应复杂的地形和环境。与传统的目视巡检方法相比,激光雷达扫描能够提供更为精准的三维模型,实时生成线路走廊的详细地图,帮助运维人员精准判断

线路是否存在受阻或危险隐患。例如,当线路的走廊被树木、建筑物或其他障碍物遮挡时,激光雷达扫描能够准确捕捉并分析这些障碍物的具体位置和尺寸,评估其对线路的影响。扫描数据的处理与分析主要通过点云数据处理技术和三维建模技术完成。通过对点云数据进行滤波、分类、配准和重建,可以生成详细的三维地图,并结合地理信息系统(GIS)分析线路的安全性和稳定性。激光雷达技术在输电线路的日常巡检和安全评估中提供了重要的数据支持,提高了巡检的准确性和效率。

4.4 巡视移动终端的应用管理与数据上传

随着数字化运维的推进,巡视移动终端成为了现代输电线路巡检工作的重要工具。巡检人员通过配备智能手机、平板电脑或其他移动设备,能够实时获取巡视数据,并通过移动终端上传到运维管理平台进行集中处理与分析。这些移动终端不仅可以用于数据采集、任务管理、问题反馈等,还能够提供实时定位、语音录入和拍照等功能,极大地提高了巡检的便捷性和数据的准确性。

移动终端的应用管理通常涵盖了巡视任务的调度、现场数据的实时采集、以及后续数据的传输与处理等功能。巡检人员根据任务要求,在移动终端上执行巡视工作,通过摄

像头和传感器采集现场数据,并实时上传到平台。数据上传过程中,移动终端能够通过无线网络(如4G、5G等)将数据快速传输至云端或管理平台,为远程监控和数据分析提供支持。数据上传后,系统会自动进行数据比对、分析和存储,发现异常情况时及时通知运维人员进行处理。

5. 结束语

随着数字化技术的不断发展和应用,输电线路运维进入了智能化、精准化的新阶段。无人机巡检、激光雷达扫描以及移动终端的结合,不仅提升了运维效率,减少了人为错误,还显著增强了系统的响应速度和安全性。未来,随着技术的不断创新与优化,数字化运维管理平台将为电力系统的安全稳定运行提供更强有力的保障。同时,如何进一步推动技术的融合与升级,将是提升电网运维能力的关键所在。

参考文献:

- [1] 500kV 输电线路运维故障及解决策略. 黄小懿. 低碳世界,2017(30)
- [2] 输电线路中的智能运维技术应用. 陈沛岐. 电子技术,2024(08)
- [3] 智能输电线路对传统运维效率提升的影响研究. 王伟. 石河子科技,2021(04)