 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i4.5306

The application practice of intelligent monitoring and early warning technology for high-voltage overhead transmission lines under the integration of 5G and the Internet of Things

Chongjing Yao[1] Zelong Hu[2] Xuwen Zheng[1]

1. Shanxi Xinzhou Shenda Wangtian Coal Industry Co., Ltd., Xinzhou, Shanxi, 036600, China
2. Shandong Energy Group Northwest Mining Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710018, China

Abstract

This study discusses the integration application of 5G technology and the Internet of Things (IoT) in the field of intelligent monitoring and early warning of high-voltage overhead transmission lines. Through field application practice, a high-speed data transmission and extensive sensing network of the Internet of Things are built to realize real-time monitoring and status assessment of transmission lines. The research methods include sensor arrangement, data acquisition and transmission optimization, and the development of intelligent early warning algorithm. The results show that the system can effectively identify the potential risks of transmission lines, and timely issue early warning, greatly improving the fault prevention ability and response speed. In addition, this study also analyzes the network security and data processing challenges brought by the integration of 5G and Internet of Things technology. The research results provide practical basis and technical support for the modernization and intelligent upgrading of the power grid.

Keywords

5G technology; Internet of Things; intelligent monitoring and early warning technology

5G 与物联网融合下高压架空输电线路智能监测预警技术的应用实践

姚崇经[1] 胡泽垄[2] 郑绪文[1]

1. 山西忻州神达望田煤业有限公司，中国 · 山西 忻州 036600
2. 山东能源集团西北矿业有限公司，中国 · 陕西 西安 710018

摘 要

本研究探讨了5G技术与物联网(IoT)在高压架空输电线路智能监测预警领域的融合应用。通过实地应用实践，构建了一个基于5G的高速数据传输和物联网的广泛感知网络，实现对输电线路的实时监测和状态评估。研究方法包括传感器布置、数据采集与传输优化及智能预警算法的开发。结果显示，该系统能有效识别输电线路潜在的风险，并及时发出预警，极大提高了故障的预防能力和响应速度。此外，本研究还分析了5G与物联网技术融合带来的网络安全与数据处理挑战。研究结果为电网现代化和智能化升级提供了实践依据和技术支持。

关键词

5G技术；物联网；智能监测预警技术

1 引言

本研究通过集成 5G 与物联网技术，构建了一个高压输电线路智能监测预警系统，有效实现了实时、全面的风险识别与预警。利用 5G 的高速传输和物联网的广泛感知能力，该系统通过高效的数据采集与智能预警算法，大幅提升了电网的故障预防和响应速度。同时，本研究也深入探讨了 5G 和物联网融合应用中遇到的网络安全和大数据处理挑战，为电网现代化与智能化升级提供了全面的技术支持和实践依据。

【作者简介】姚崇经（1980–），男，中国山东人，本科，高级工程师，从事智能监测研究。

2 背景与意义

2.1 5G 与物联网技术概述

5G 技术与物联网的融合发展已成为现代科技的重要趋势 [1]。5G 技术，凭借其高速率、低延时和广连接的特性，为物联网的发展提供了强大支撑。高速率特性使得大规模数据传输得以实现，大幅提升了数据处理与响应的效率。低延时特性则确保了物联网设备之间的实时交互，这对于需要实时监控和快速反应的应用场景尤为关键。广连接特性则表现

在其能够支持海量设备的接入，极大地拓宽了物联网的应用范围。在高压架空输电线路领域，将5G与物联网技术相结合，能够构建出一套高效、智能的监测预警系统，实现对输电线路的实时监测与状态评估。通过这种技术融合，不仅提升了故障预防能力和响应速度，也为电网的现代化与智能化升级提供了技术保障[2]。

2.2 高压架空输电线路智能监测预警的需求

高压架空输电线路是电力传输系统的重要组成部分，其稳定运行直接关系到电网的安全与效率。随着电力需求的不断增长和自然环境的不确定性增加，传统的监测与维护方法已难以满足现代输电线路的管理要求。智能监测技术的需求显得尤为迫切[3]。通过对输电线路的实时监测，不仅能快速识别线路的运行状态和潜在故障，还能及时进行风险预警和故障排查，避免因线路故障导致的大范围停电。智能监测系统要求具备高精度的数据采集能力和快速的数据传输能力，以支持实时的状态评估和快速响应机制，从而确保电网的可靠性与可持续性。

3 系统设计与实现

3.1 5G 与物联网技术融合架构设计

在高压架空输电线路智能监测预警系统中，5G 与物联网技术的融合架构设计至关重要。该架构的核心是通过 5G 网络的高速传输性能和物联网的广泛感知能力，实现对输电线路的精细化监测与高效预警。具体设计包括多个层次：感知层由遍布输电线路的多种传感器构成，负责实时数据采集，涵盖温度、振动、风速等关键参数；网络层利用 5G 的低延迟和高带宽特性，确保海量数据的快速、稳定传输，从而支持实时监测和远程状态评估；平台层集成大数据分析和智能算法模块，进行数据处理与风险评估；应用层则提供用户界面及预警通知功能，增强用户对线路状态的掌控能力。此系统架构的创新性在于其利用 5G 技术显著提升数据传输效率的引入物联网的全方位感知能力，为高压输电线路智能化管理提供了技术路径。通过此设计，既满足了对数据传输高速性和稳定性的要求，也兼顾了设备投入的经济性。

3.2 传感器布置与数据采集

在 5G 与物联网融合下的高压架空输电线路智能监测系统中，传感器的精确布置是实现高效数据采集的关键因素。不同类型的传感器根据监测需求被部署在输电线路的关键节点，包括电流、电压、温度及振动传感器。这些传感器能够 24 小时不间断地获取输电线路的运行状态信息，并通过 5G 网络实现高速数据传输。为了优化数据采集效率，采用边缘计算技术对采集的数据进行初步处理，可有效过滤噪声和冗余信息。通过将预处理后的数据传输至中央控制系统，提升了实时监测和故障识别的准确性。该设计确保了系统在复杂环境下的稳定运行，为智能预警提供了坚实的数据基础。

3.3 数据传输优化

在高压架空输电线路的智能监控系统中，数据传输优化是关键环节。采用 5G 网络的高速传输特性，提升了数据传输的时效性和可靠性。结合物联网技术，通过边缘计算减少中心处理压力，提高传输效率。设计了低功耗广域网络（LPWAN），以扩展数据传输覆盖范围，强化系统的广泛适用性。结合先进编解码技术，进一步压缩传输数据量，确保在有限带宽下维持高质量的数据传输，满足实时监测和快速预警的需求。

4 智能预警算法开发

4.1 状态评估模型构建

在智能预警算法开发的过程中，状态评估模型是其核心模块之一。该模型通过对高压架空输电线路的运行状态实时监测和数据分析，实现对线路健康状态的量化评估。模型构建依赖于传感器采集到的原始数据，这些数据包括但不限于线路电流、电压、温度、振动等多个参数。利用 5G 高速数据传输的特性，这些数据能以极低的延迟传递到中央处理单元。模型通过机器学习算法进行数据融合与特征提取，以识别正常和异常状态的隐性规律。随后，基于历史数据和基准运行状态的对比分析，模型不断更新其评估准则，增强其预测精度和可靠性。通过多层次的神经网络和动态决策树等先进算法，状态评估模型能对复杂的线路状态进行高效解读，为后续的风险识别与预警提供坚实的基础支持。这个模型的精准性和实时性在系统整体预警能力中占据关键地位。

4.2 风险识别与预警机制

在风险识别与预警机制的开发中，关键在于构建一个高效的风险识别模型，以应对高压架空输电线路的复杂运行环境。该机制通过多源传感数据的融合，对线路状态进行综合分析，判断潜在风险。运用机器学习算法，识别出包括机械应力、电磁干扰在内的异常状态，从而实现对故障的早期检测。预警机制则依托动态阈值调整技术，可根据历史数据和实时监测结果，灵活调整风险等级，确保预警信息的准确性和及时性。通过与 5G 网络的结合，预警信号能够迅速下发到相关维护部门，大幅提升响应速度。这种智能化的风险管理策略，显著增强了系统的可靠性与稳定性。

4.3 算法效能评估

算法效能评估着重检验智能预警算法在实际应用中的准确性和响应速度。通过大规模样本数据库，比较不同环境条件下算法对输电线路潜在故障的识别率和误报率。从数据准确性来看，算法需确保在信号干扰时保持高识别率，减少误报以提高系统可靠性。在评估响应速度时，应关注算法处理数据的及时性，确保预警信息能迅速传输至终端设备。效能评估结果表明，系统在高压架空输电线路智能监测领域具有显著优势，能够提供及时有效的风险预警。

5 应用实践与系统评估

5.1 实地应用案例分析

在实地应用案例分析中，某区域的高压架空输电线路被选作为研究对象，以评估 5G 与物联网融合下的智能监测预警系统性能。该区域地形复杂，气候多变，容易导致输电线路故障。为实现实时监测，沿输电线路布置了多个传感器节点，这些节点通过 5G 网络进行高速数据传输，从而形成一个动态感知网络。通过持续的数据采集，得以识别输电线路的正常状态与异常状态。智能预警算法被应用于分析与处理传感器传递的数据，以准确定位潜在的故障根源并进行预警。研究显示，无线数据传输效率显著提高，预警响应时间缩短，对突发事件的应对能力大幅提升。结合气象、环境与设备状况的数据分析，系统完成了输电线路状态的全面评估，验证了该智能监测系统在实际应用中的有效性与可靠性。此案例为智能电网建设提供了宝贵经验。

5.2 系统性能评估

系统性能评估通过对高压架空输电线路智能监测系统的实时监测能力、数据传输效率和预警响应速度进行全面分析。评估结果表明，该系统利用 5G 技术实现了高速、大容量的数据传输，有效支持了物联网设备的广泛感知功能，使得传感器数据能够迅速传递至中央监测平台。通过优化的数据传输策略，显著减少了信息滞后现象。状态评估模型和智能预警算法的集成，提高了风险识别精度，缩短了预警触发时间。实地应用案例的系统性能测试表明，该监测预警系统在各种环境条件下运行稳定，可靠性高，体现了智能化架构在电力系统中的有效实践，为提升电网安全性提供了重要技术支持。

5.3 风险预警效果验证

进行风险预警效果验证时，采用了多个实地测试场景对系统的预警能力进行评估。选择易受环境影响的输电线路作为测试样本，通过部署传感器节点采集数据。接收到的数据经过 5G 网络传输至中心处理系统，由智能预警算法即时分析。评估过程中，重点检测系统在识别潜在风险如导线过载、线温异常、外力损伤等情况时的准确率和响应时间。测试结果表明，系统能够提前预测潜在故障并提供实时预警，提高了故障防范的整体效率和电网的可靠性。此验证过程为系统在实际应用中的效果提供了有力支持。

6 挑战与展望

6.1 网络安全与数据保密挑战

在高压架空输电线路智能监测预警技术中，5G 与物联网的融合应用面临网络安全与数据保密的挑战。随着传感器设备日益增多，数据传输频度的增加将潜在威胁信息泄露和网络攻击。5G 网络的开放性和连接设备的大量增长增加了系统面临攻击的可能性，网络安全策略的完善成为极其重要的课题。传输过程中的数据完整性和保密性也是核心问题。为了应对这些挑战，需要建立多层次的安全防护体系，涵盖数据加密、用户认证以及异常行为检测等技术措施。加强对物联网设备的安全监控，确保设备在连接网络时的安全性和稳定性。通过这些措施，可以有效降低潜在的安全风险，保障智能监测系统的可靠运行，为电力系统提供持续稳定的技术支持与保障。

6.2 数据处理能力的提升

5G 与物联网的结合在高压架空输电线路监测中实现了数据传输的革命性突破，但仍需提升数据处理能力。海量传感器数据需要高效的实时处理，这对系统提出了更高的计算要求。为此，可考虑利用边缘计算技术，通过在数据产生源头附近进行分布式处理，减少数据传输的延迟和中心服务器的负担。人工智能算法的引入也十分关键，它不仅能提高数据解析的准确性，还能从复杂数据中提取有价值的信息，提高预警的效率与准确度。在处理过程中，需确保数据的完整性与一致性，以提高对输电线路状态变化的响应速度。通过这些策略，可以有效增强系统在大数据环境下的运算和处理能力，推动输电线路智能监测的深入发展。

6.3 未来发展方向与应用领域拓展

5G 与物联网技术在高压架空输电线路智能监测预警中的融合应用，未来面临广泛的应用前景。新能源的快速发展推动了智能电网的需求，5G 和物联网技术的整合将加速智能电网的全面部署。智慧城市的建设也将受益于该技术，智慧交通、智能建筑等领域均可利用 5G 与物联网技术实现更高效的能源管理。面对可再生能源接入不断增加的挑战，该技术有助于提升能源系统的自适应性和稳定性，确保电力输送的安全性和可靠性，将在全球能源转型中发挥关键作用。

7 结语

本研究基于 5G 技术与物联网融合，对高压架空输电线路智能监测预警技术进行了深入研究。通过实地应用实践，建立了一个能够实时监测输电线路状态并进行评估的网络系统。该系统将传感器布置、数据采集与传输优化以及智能预警算法有机融合，结果证明其可以有效识别输电线路的潜在风险，及时发出预警，大幅提高了预防故障的能力和反应速度。值得注意的是，5G 与物联网技术的融合仍然存在着网络安全和数据处理的挑战。未来的研究应更深入地探讨这些问题，在确保数据安全的同时，提高数据处理的效率和准确性。总结而言，本研究的成果为电网现代化和智能化升级提供了重要依据和技术支持。

参考文献

[1] 李逸芝.基于5G技术的物联网应用[J].中国科技投资,2021(03):77-77.

[2] 程希睿.5G技术下的物联网应用探讨[J].通信电源技术,2020,37(14):150-152.

[3] 谭剑平.物联网对5G技术的应用[J].数码设计（上）,2021,10(02):26-26.