

Research on Big Data-Driven Fault Prediction and Diagnosis in Power Equipment Maintenance

Zixuan Liu

State Grid Shanxi Electric Power Company Changzhi Power Supply Company, Changzhi, Shanxi, 046000, China

Abstract

With the expansion of power systems and increasing complexity, challenges in power equipment maintenance management have grown. Traditional fault detection and early warning systems rely on manual experience, making it difficult to predict faults accurately and promptly. Big data technology offers a new solution for fault prediction and diagnosis in power equipment. By collecting, analyzing, and mining real-time data, it enables early identification of potential hazards, achieves predictive diagnosis, reduces downtime, lowers maintenance costs, and enhances system stability and safety. After analyzing the current status, this paper proposes a big data-driven fault prediction and diagnosis model, explores key technologies, and validates its feasibility and advantages through case studies. The research demonstrates that this method can effectively improve the precision and efficiency of maintenance management, with broad application prospects.

Keywords

power equipment; operation and maintenance management; big data; fault warning; fault diagnosis; data analysis

电力设备运维中大数据驱动故障预警与诊断研究

刘子璇

国网山西省电力公司长治供电公司, 中国·山西 长治 046000

摘要

电力系统规模扩大、复杂性增加, 电力设备运维管理挑战增多。传统故障检测与预警依赖人工经验, 难以及时准确预测故障。大数据技术为电力设备故障预警与诊断带来新方案, 通过采集、分析、挖掘实时数据, 可提前识别潜在隐患, 实现预警诊断, 减少停机时间, 降低运维成本, 提升系统稳定性与安全性。本文分析现状后, 提出基于大数据驱动的故障预警与诊断模型, 探讨关键技术, 以实例验证其可行性与优势。研究表明, 该方法能有效提高运维管理精度与效率, 应用前景广阔。

关键词

电力设备; 运维管理; 大数据; 故障预警; 故障诊断; 数据分析

1 引言

电力设备的运维管理是保障电力系统安全、稳定运行的关键因素。随着电力设备的复杂性增加和运行环境的不断变化, 传统的设备故障检测与预警方法已经无法满足现代电力系统的需求。尤其在设备运行过程中, 故障的发生往往伴随着多种因素的交织, 传统方法往往依赖人工经验, 具有较大的局限性。大数据技术的兴起, 为电力设备的故障预警与诊断提供了新的思路。通过对电力设备运行数据的实时采集和深入分析, 可以准确识别设备潜在的故障隐患, 实现早期预警, 从而为电力系统的高效运维提供支撑。本文将从大数据的角度出发, 研究电力设备运维中的故障预警与诊断问题, 提出大数据驱动的解决方案, 并通过实证分析验证其在

电力系统中的应用效果。

2 电力设备故障预警与诊断的背景与现状

2.1 电力设备运维的现状与挑战

电力设备的运维管理在保障电力系统安全稳定运行中扮演着重要角色。然而, 目前部分供电公司仍依赖人工巡检和定期检测等传统运维方式。虽然这些方法能够在一定程度上发现设备的故障问题, 但由于依赖人工经验和固定周期检查, 往往无法及时捕捉到设备的早期故障迹象, 容易遗漏潜在的风险。随着电力系统规模的不断扩大, 设备种类和数量的增加以及运行环境的复杂性, 传统运维模式已经难以满足现代电力系统的需求。因此, 提高电力设备运维的自动化和智能化水平, 尤其是在故障预警与诊断领域, 已成为电力行业面临的迫切任务。要有效提高电力设备的运维效率和精度, 运用先进的技术手段, 如大数据分析、人工智能和物联网, 已是解决当前挑战的关键。

【作者简介】刘子璇(1996-), 女, 中国山西长治人, 本科, 助理工程师, 从事运维检修及现场安全管理研究。

2.2 故障预警与诊断的传统方法与局限

传统的电力设备故障预警与诊断方法主要依赖定期检查、人工巡视和故障现象分析。虽然这些方法能够帮助发现设备的异常，但它们的局限性也十分明显。由于缺乏实时数据的监控和综合分析，传统方法往往无法在设备出现故障前及时进行预警，导致故障发生后才进行处理，从而增加了维修成本和停机时间。此外，传统方法依赖人工经验和单一的观察手段，无法全面了解设备的实际状态，容易忽视潜在的故障风险。在复杂的电力设备系统中，单一的故障诊断手段常常难以应对多因素交织的故障情形，无法及时识别出复杂故障的征兆。因此，传统方法在电力设备的故障诊断中存在显著的盲点和局限。

2.3 大数据在电力设备故障预警与诊断中的应用潜力

随着物联网、云计算和大数据技术的发展，电力设备的运行状态可以通过传感器实时采集大量数据，包括温度、压力、电流、电压、振动等信息，为设备监测提供全面支持。大数据技术通过深入分析这些海量数据，能够实现设备故障的早期预警和精准诊断。数据挖掘和机器学习算法帮助系统识别潜在故障模式并提前发出预警，从而提高故障诊断的效率与准确性。与传统方法相比，大数据技术具有更强的实时性和全面性，不仅能够实现实时监控，还能提前通过数据分析提供有效的预测与决策支持。大数据技术在电力设备故障预警与诊断中的应用潜力巨大，是提升电力设备智能运维的关键技术。

3 大数据驱动的电力设备故障预警与诊断模型构建

3.1 数据采集与预处理技术

大数据驱动的电力设备故障预警与诊断系统依赖于实时数据采集，通过在设备上安装传感器并采用高频次采集方式，确保设备运行状态数据的全面获取。传感器收集的数据包括设备的运行参数（如电流、电压、温度、振动等）和环境条件信息。然而，原始数据常常存在噪声、缺失值等问题，这对后续的分析带来挑战。因此，数据预处理是至关重要的一步，主要包括数据清洗、缺失值填补、异常值检测等环节。数据清洗有助于去除冗余或错误的信息，缺失值填补技术则通过统计学方法填补空缺数据，异常值检测能够识别并剔除不符合规律的数据。这些预处理技术确保了数据的质量和可靠性，为后续的数据分析提供了干净和准确的输入。

3.2 故障特征提取与数据分析

在电力设备故障预警与诊断中，数据分析和特征提取是核心环节。通过对设备运行数据的深入分析，能够从中提取出与故障相关的关键特征。例如，设备的振动信号、温度变化和电流波动等信号通常是潜在故障的前兆。采用数据挖掘技术，如聚类分析、主成分分析（PCA）和关联规则挖掘等，可以从大量数据中提取出具有诊断意义的特征。这些技

术能够帮助系统识别设备的异常模式，判断设备是否存在故障风险。通过特征提取和数据分析，系统能够实时监控设备状态，提前预测故障的发生，为后续的故障诊断和维护提供可靠依据。

3.3 故障诊断模型与预测方法

基于大数据的故障预警与诊断模型通常利用机器学习算法进行故障预测和诊断。常用的机器学习方法包括支持向量机（SVM）、随机森林和神经网络等，这些方法可以通过训练历史数据，学习设备故障的规律，并在新数据到来时进行预测和诊断。通过这些方法，系统能够有效识别设备故障的迹象，并提前发出预警。此外，深度学习技术的引入为故障诊断提供了更加精准的工具，尤其在处理复杂的多维度电力设备数据时，深度学习模型能够提取出更深层次的故障特征，提升诊断的准确性。通过深度学习技术，系统能够在面对复杂环境时提高故障预测的能力，进一步优化电力设备的故障预警与诊断效果。

4 大数据驱动的故障预警与诊断系统的实现与应用

4.1 系统架构设计

大数据驱动的故障预警与诊断系统通常由数据采集层、数据存储层、数据分析层和应用层组成。数据采集层主要负责从电力设备和传感器中实时采集各类运行数据，这些数据可能包括电流、电压、温度、振动等物理参数，确保系统能够实时监测设备状态。数据存储层依托大数据平台（如Hadoop、Spark等），对采集到的数据进行存储与管理，保证海量数据的高效存取和处理。数据分析层则是系统的核心，使用各种数据分析和机器学习算法（如异常检测、分类回归等）对数据进行处理与分析，从中提取故障特征并进行预测与诊断。应用层将诊断结果实时反馈给运维人员，提供决策支持，并且根据诊断信息推荐具体的维护措施。整个系统的架构设计必须确保数据处理的实时性、准确性和可扩展性，以便在电力设备的运行维护中充分发挥作用，提高故障检测和预测的能力。

4.2 故障预警与诊断的实现技术

故障预警与诊断的关键技术包括实时数据流处理、异常检测、模型训练与预测等。实时数据流处理技术是确保系统能够对设备状态进行持续监控的核心，它通过处理实时传输的数据流，确保在设备运行过程中，任何异常波动都能立即被捕捉和处理。这一技术使得系统能够做到快速响应并进行实时预警。异常检测技术则利用历史数据和当前运行状态，通过建立设备的正常运行模式，识别设备运行中的偏离模式。当设备出现故障前兆时，系统能够及时发现并发出警报。模型训练与预测技术则通过对大量历史数据的分析，训练出能够准确预测设备故障的机器学习模型，这些模型能够在设备运行的早期阶段就识别出潜在故障，并提前发出警

报。通过这些技术的联合应用，系统能够有效提高故障预测的准确性，减少设备停机时间，并优化电力系统的运维管理。

4.3 案例分析与应用效果

通过对某供电公司实际应用案例的分析，验证了大数据驱动的故障预警与诊断系统的有效性。在该案例中，系统通过对电力设备的实时数据监控，成功预测了多个潜在故障，并及时发出了预警。运维人员根据系统提供的预警信息，提前进行了相关设备的维护和检修，避免了设备的突然停机和高昂的维修成本。通过系统的应用，设备的故障预测准确率显著提高，运维人员能够更有针对性地进行维护决策。实验结果表明，采用大数据驱动的故障预警与诊断系统后，设备的停机时间明显减少，设备的可用性得到了极大提升，同时，运维成本也大幅降低。该案例展示了大数据技术在电力系统中的巨大潜力，尤其是在提升设备稳定性、提高运行效率和降低故障风险方面的优势，为电力行业的智能化运维提供了有力的技术支持。

5 大数据驱动的故障预警与诊断的挑战与发展趋势

5.1 数据质量与安全问题

大数据驱动的故障预警与诊断依赖于大量的实时数据，这些数据的质量直接决定了系统诊断的准确性和可靠性。然而，电力设备的数据常常受到噪声、缺失值等问题的影响，这对故障诊断带来了显著的挑战。例如，传感器故障、数据传输延迟或丢失、外部环境干扰等因素可能导致数据失真，从而影响预警系统的正确判断。因此，如何保证数据的准确性、完整性和一致性，成为当前研究中的重要课题。为解决这一问题，数据预处理技术的应用至关重要，常见的方法包括去噪、数据插补、异常值检测等。强化数据加密技术、访问控制和身份认证机制是确保数据安全的有效途径。

5.2 模型的泛化能力与精度问题

在电力设备的故障预警与诊断中，机器学习和深度学习技术的应用已经显著提高了故障诊断的准确性。然而，随着设备类型和运行环境的多样化，模型的泛化能力问题仍然存在。尽管通过训练数据集，模型能够较好地识别特定设备或环境下的故障，但一旦设备种类和运行环境发生变化，现有模型的表现往往会大打折扣。因此，提高模型的泛化能力是当前研究中的一大难题。为此，研究者们通过优化模型结构、采用迁移学习等技术，力求增强模型在不同设备和环境

下的适应性。同时，数据多样性和丰富性的增加也有助于模型的精度提升。通过获取更多类型的设备数据、不同运行状态下的数据，模型的训练可以更加全面，从而有效提高其诊断的准确性和稳定性。进一步提高模型的泛化能力，将直接提高电力设备故障预警与诊断的智能化水平，确保电力系统的高效稳定运行。

5.3 未来发展趋势与应用前景

随着人工智能、物联网等技术的快速发展，大数据驱动的故障预警与诊断技术将在电力设备运维中得到更广泛地应用。通过多维度数据融合分析，不仅能提高故障检测的精准度，还能在实时监控中进行更有效地预判。未来，电力设备的故障预警与诊断将超越传统的检测与诊断，向智能化、自动化的运维模式转变。通过不断提升数据处理能力和模型智能化水平，电力系统的故障响应速度和可靠性将显著改善，为电力行业的可持续发展提供强有力的技术支持。

6 结语

大数据驱动的电力设备故障预警与诊断技术，凭借其实时性、准确性和高效性，已成为电力设备运维中的重要工具。通过将大数据分析、机器学习和智能技术结合，可以有效提高电力设备的运维效率，降低设备故障停机时间，减少维修成本，提升电力系统的稳定性和安全性。然而，在实际应用中，数据质量、安全性、模型精度等问题仍然是需要解决的挑战。未来，随着技术的不断进步，大数据驱动的故障预警与诊断将在电力系统中发挥越来越重要的作用，为电力设备的智能化运维提供更加坚实的基础。

参考文献

- [1] 张俊尧,郭鹏飞,智鹏,等.基于数字孪生的铁路电力设备智能运维管理系统研究与设计[J].电工技术,2025,(18):120-124.
- [2] 刘雨暄.基于物联网与大数据的电力设备数字化运维体系构建与应用研究[J].互联网周刊,2025,(12):22-24.
- [3] 朱逸筱.基于数字孪生的电力设备调控及自动化运维一体化平台设计[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛论文集(二).国网常州市金坛区供电公司,2025:62-63.
- [4] 河南济源:加强春耕期间电力设备运维管理[J].农电管理,2025,(03):3.
- [5] 李继军.电力设备智能运维管理系统在高速铁路的研究与应用[J].电气时代,2025,(02):125-128.