

基于大数据的变电运维故障诊断与预测技术

李艺昆 朱建伟 李玉倩 张程莉

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着变电站自动化水平的提升, 变电设备的运行数据量急剧增加。大数据技术的应用能够有效地从海量数据中提取出有价值的信息, 为变电设备的故障诊断与预测提供有效支持。文章通过分析变电运维中的故障诊断与预测现状, 提出了基于大数据技术的变电运维故障诊断与预测方案, 并结合实际案例, 展示了该技术在提高运维效率、降低故障率方面的应用价值。研究表明, 基于大数据的技术能显著提升变电运维的智能化水平和故障处理能力。

[关键词]大数据; 变电运维; 故障诊断; 预测技术; 智能化运维

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15554

中图分类号: TP311

文献标识码: A

Fault Diagnosis and Prediction Technology for Substation Operation and Maintenance Based on Big Data

LI Yikun, ZHU Jianwei, LI Yuqian, ZHANG Chengli

Zhengzhou Power Supply Company of State Grid He'nan Electric Power Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: With the improvement of substation automation level, the amount of operational data of substation equipment has increased sharply. The application of big data technology can effectively extract valuable information from massive data, providing effective support for fault diagnosis and prediction of substation equipment. The article analyzes the current status of fault diagnosis and prediction in substation operation and maintenance, proposes a fault diagnosis and prediction scheme based on big data technology, and demonstrates the application value of this technology in improving operation and maintenance efficiency and reducing failure rates through practical cases. The research results indicate that technologies based on big data can significantly improve the intelligence level and fault handling capability of substation operation and maintenance.

Keywords: big data; substation operation and maintenance; fault diagnosis; predictive technology; intelligent operation and maintenance

引言

随着电力系统的复杂性增加, 变电站作为电网的重要组成部分, 面临着更加复杂的运维挑战。传统的运维方式无法满足高效、精准的需求, 因此故障诊断与预测技术在变电运维中得到了广泛应用。随着大数据、云计算、物联网等技术的快速发展, 变电运维的智能化水平得到了显著提升。本文将探讨大数据在变电运维中的应用, 分析其在故障诊断与预测中的优势, 提出有效的技术方案。

1 大数据技术概述与应用背景

1.1 大数据的定义与特点

大数据是指在传统数据处理技术和工具难以有效处理的范围内, 产生的海量、快速、多样化的数据集合。大数据的定义不仅仅是数据量的庞大, 更强调其具有五个主要特征, 即: 量大 (Volume)、速度 (Velocity)、多样性 (Variety)、价值 (Value) 和真实性 (Veracity)。这些特点使得大数据技术能够处理和分析来自不同来源、具有不同格式的数据, 进而为业务决策提供支持。在电力行业中, 大数据技术能够帮助企业处理来自传感器、监控系统、运维人员、设备日志等多个渠道的数据, 从而为故障诊断、设备预测和优化管理提供数据支持。

1.2 大数据在电力行业中的应用背景

随着电力系统的复杂性和规模的扩大, 电力企业面临着更为复杂的设备监控、运维管理以及故障排查任务。传统的人工检查和基于规则的运维方法已难以满足现代电力系统的高效性与稳定性要求。与此同时, 电力设备和监控系统不断发展, 使得电力行业产生了大量的数据, 这些数据包括运行状态、设备健康状况、维护记录、传感器数据等。大数据技术的应用使得这些数据能够被有效整合和分析, 通过数据挖掘、机器学习等技术, 电力企业能够及时发现潜在的故障风险, 进行故障预测和智能化运维。大数据技术的应用不仅提高了电力系统的安全性, 还降低了维护成本, 提高了电力供应的可靠性^[1]。

1.3 变电运维中的数据来源与处理需求

在变电运维中, 数据的来源极为丰富, 主要来自以下几个方面: 第一, 传感器数据, 如电流、电压、温度、湿度、振动等实时监测数据, 这些数据反映了设备的运行状况; 第二, 设备健康数据, 包括设备的运行历史、维修记录、故障报告等; 第三, 视频监控数据, 通过视频监控系统对设备进行实时监控, 可以帮助检测设备的外部故障和异常情况; 第四, 运维人员的工作记录, 包括设备巡检记录、维护记录等; 第五, 环境数据, 如变电站所在环境的

气象条件等，这些都可能对设备的运行产生影响。

对于这些海量数据的处理需求，首先需要进行数据清洗，剔除冗余和无用数据，确保数据的质量。需要进行数据融合与集成，将来自不同来源的数据进行整合，形成统一的数据平台。数据的分析与处理需要使用大数据处理平台和相关技术，如分布式计算框架（如 Hadoop、Spark）、实时数据流处理技术等，确保数据能够在合适的时效内进行处理和分析，进而为决策和运维提供支持。

2 变电运维中的故障诊断技术

2.1 传统故障诊断方法概述

传统的变电运维故障诊断方法主要依赖人工巡检、定期维护和基于经验的诊断。早期的故障诊断大多依靠运维人员根据设备的运行状态和故障现象进行分析判断。常见的传统方法包括视觉检查、声音检测、红外热成像、振动监测等。这些方法依赖运维人员的经验，并且通常存在一定的局限性。例如，视觉检查无法发现电气设备内部的隐性故障，红外热成像只能检测设备的表面温度变化，且只能在设备出现明显异常时进行检测。对于复杂电力设备，单一的传统方法难以实现全面的故障诊断，且人工操作存在一定的疏漏性，不能实时反映设备的健康状况。

2.2 基于大数据的故障诊断模型

基于大数据的故障诊断模型依托于电力设备产生的大量实时数据，通过多种数据分析和处理技术来实现对故障的快速识别和准确诊断。这些数据包括设备的历史运行数据、传感器数据、环境数据以及维护记录等。大数据技术在故障诊断中的应用主要体现在以下几个方面：首先，利用数据挖掘技术，从海量数据中提取潜在的规律和异常模式，帮助运维人员发现设备潜在的故障风险。其次，通过机器学习算法（如支持向量机、决策树、神经网络等）构建故障诊断模型，从而实现对设备健康状态的预测和故障类型的分类识别。此外，结合深度学习和神经网络等技术，可以对多维度数据进行深度分析，自动从设备的多项指标中识别出故障的根本原因，提高诊断的准确性。基于大数据的诊断方法可以实时监控设备运行状态，并通过历史数据与实时数据的比对，提高故障诊断的效率和精度^[2]。

2.3 典型案例分析：基于大数据的故障诊断实施

在某大型变电站的故障诊断中，采用了基于大数据的智能诊断系统。该系统通过部署在变电站内的多种传感器，实时采集设备运行中的电流、电压、温度、振动等数据。数据通过无线网络传输至中央数据处理平台进行分析。平台利用机器学习算法分析历史数据与实时数据的匹配度，自动识别出潜在的故障趋势。一个典型的故障案例是某变压器在正常负荷下发生了过热现象。传统方法依赖人工巡检和局部的红外检测，可能会错过一些微小的温度变化。而基于大数据的诊断系统能够通过实时温度监测数据与历史数据的比对，提前预测出过热故障的风险，及时发出

预警。该系统不仅提高了故障诊断的准确性，还减少了人工巡检的工作量和人为疏漏的风险，提前发现故障隐患，避免了变压器的严重损坏和停机事故，极大地提升了变电运维的效率与可靠性。

3 基于大数据的故障预测技术

3.1 故障预测的概念与重要性

故障预测是指通过对设备运行状态及其历史数据的分析，预测设备可能发生故障的时间、地点及故障类型。与传统的事后修复不同，故障预测旨在提前识别设备潜在的故障风险，从而采取措施预防故障发生，确保设备的稳定运行。故障预测的重要性体现在以下几个方面：首先，它可以有效减少设备的停机时间和维修成本，避免突发性故障对系统造成的影响；其次，通过提前预测故障，能够合理安排维护计划，提高运维效率；最后，故障预测有助于提升电力系统的可靠性和安全性，降低突发性设备故障对电网的冲击^[3]。

3.2 大数据在故障预测中的应用框架

大数据在故障预测中的应用框架通常包括数据采集、数据预处理、特征提取、模型构建和预测结果分析等几个步骤。首先，通过安装在变电设备上的传感器实时采集设备的运行数据，如电压、电流、温度、振动等。其次，采集到的原始数据需要经过数据清洗和去噪，以保证数据的准确性。接下来，通过特征提取技术，从大量的原始数据中提取出与设备健康状态相关的特征值。然后，利用机器学习、深度学习等算法构建预测模型，如回归分析、支持向量机（SVM）、神经网络等，以实现设备故障的预测。最后，通过预测结果对设备的健康状况进行评估，并生成预警报告，提醒运维人员及时采取措施。

3.3 故障预测模型的建立与优化

故障预测模型的建立过程通常分为数据准备、模型选择、模型训练与验证等阶段。在数据准备阶段，需要收集设备的历史故障数据、运行数据及环境数据等；在模型选择阶段，根据数据的特性选择合适的预测算法，如基于时间序列的预测方法、基于机器学习的分类方法等。模型训练时，通过使用历史数据进行训练，使模型能够识别设备状态变化与故障发生之间的规律。在模型优化阶段，可以通过调整模型参数、选择更具代表性的特征数据等方式提升模型的预测精度。

3.4 典型案例分析：故障预测的实践与成效

在某变电站的运维实践中，基于大数据的故障预测系统成功应用于变压器的健康监测与故障预测。该系统通过收集变压器的实时电流、温度、湿度等数据，并结合历史数据和故障记录，建立了一个支持向量机（SVM）模型。通过对设备的长期监测，系统能够根据数据变化趋势预测变压器的故障风险，尤其是在负荷过载、绝缘老化等情况下的异常波动。系统的实际应用表明，通过故障预测，运

维人员能够提前进行必要的检修和更换,大大减少了突发性停机和设备损坏的情况。该故障预测系统不仅提高了设备的可靠性,还优化了运维流程,降低了因设备故障造成的停运成本。

4 大数据技术在变电运维中的挑战与前景

4.1 数据处理与分析中的挑战

尽管大数据在变电运维中具有巨大的潜力,但在数据处理与分析方面仍面临一些挑战。首先是数据的多样性,变电运维中的数据来源广泛,涵盖了传感器数据、设备状态数据、历史维护记录等,且格式不统一。如何有效整合和处理这些异构数据,是大数据分析中的一大难题。其次是数据质量问题,在实际应用中,采集到的数据可能存在缺失、噪声或错误,这将影响数据分析结果的准确性。因此,数据清洗和预处理成为了大数据分析中的关键步骤。此外,实时性要求也是一大挑战。变电站的设备需要持续监控和快速响应,因此,大数据平台需要能够实时处理海量数据,迅速识别潜在故障并及时发出预警。

4.2 大数据技术与传统运维模式的结合

大数据技术与传统运维模式的结合是实现智能化运维的关键。传统的运维模式主要依赖人工巡检和定期检查,故障诊断和维修通常在设备发生异常后进行。而大数据技术则能够通过实时数据监控、故障预测和智能分析等手段,实现设备的预测性维护和无缝监控。将大数据与传统运维模式结合,可以逐步优化传统的故障排查流程,减少人工干预,提升运维效率。例如,在传统模式中,变电站可能依赖人工巡视和定期检查来发现设备异常,而结合大数据分析后,能够通过传感器实时数据监控设备健康状态,并提前预测故障趋势,提供精准的故障预警和修复建议。这种结合不仅提升了运维的效率和精度,还降低了人工巡检的成本,减少了人为疏漏^[4]。

4.3 未来发展趋势与技术创新

随着大数据技术的不断发展,未来变电运维中的数据分析和故障预测能力将进一步增强。首先,人工智能(AI)与机器学习技术的引入将推动运维智能化进程。通过深度学习和强化学习算法,变电运维系统能够自动识别和学习设备运行中的异常模式,提升故障预测的准确性。物联网(IoT)技术的广泛应用将进一步提升数据采集能力。通过在设备上安装更多传感器,变电运维系统将能够获取更全面的设备状态数据,为数据分析提供更丰富的基础。随着5G通信技术的推广,数据传输速率将得到显著提升,

支持更实时、更高效的设备监控。此外,未来的运维系统将更加注重云计算平台的应用,通过云平台集中处理和分析海量数据,实现资源的共享和系统的高度集成。随着技术的不断进步,未来变电运维将趋向于全自动化、智能化和远程化。

4.4 大数据应用的安全性与隐私保护问题

随着大数据技术的应用,变电运维中涉及的数据量和敏感度也大幅增加,随之而来的是数据安全和隐私保护的问题。变电运维过程中涉及大量的设备运行数据、用户信息以及企业的商业机密,如何保护这些数据免受外部攻击和非法访问,成为亟待解决的挑战。数据传输、存储和处理的过程中,需要采取有效的加密技术和访问控制措施,确保数据的安全性。此外,数据隐私问题也是一个关键考虑因素。变电站的运行数据可能涉及到电力用户的用电情况及其他敏感信息,如何在保证数据共享和分析价值的同时,保护用户隐私,防止数据泄露和滥用,已经成为大数据应用中的一个重要议题。未来在变电运维的大数据应用中,需要制定更为严格的数据安全政策,提升数据保护技术,确保数据的合法、安全和合规使用。

5 结束语

大数据技术在变电运维中的应用,为电力系统的智能化管理和故障预警提供了强有力的支持。通过先进的故障诊断与预测技术,能够有效提高运维效率,减少设备故障率,提升电力系统的稳定性。然而,在实际应用过程中,仍然面临数据质量、处理速度等挑战,需要进一步深化技术研究与实践探索。未来,随着大数据技术的不断进步,变电运维的智能化水平必将进一步提升,推动电力行业向更加高效、可靠的方向发展。

[参考文献]

- [1]阮鑫磊,于亚丽,石博.智能化技术在变电运维中的应用研究[J].光源与照明,2024(9):225-227.
 - [2]高乾耀.基于智能化设备的变电运维技术的研究分析[J].仪器仪表用户,2024,31(8):18-20.
 - [3]张宇浩.数字化转型下DY供电公司变电运维管理优化研究[D].成都:四川师范大学,2023.
 - [4]谭泊,王玲,林峰,等.基于VR+的变电运维培训系统设计研究[J].科技资讯,2017,15(25):19-20.
- 作者简介:李艺昆(1992.12—),女,河南省鹤壁市人,汉族,硕士研究生,中级电力工程师,就职于国网郑州供电公司,从事变电运维技术工作。