

新型电机故障检测技术的应用与分析

张阳平 李希明 赵伟 马燕君

浙江方圆检测集团股份有限公司 浙江 杭州 310018

摘要：随着技术的发展，神经网络诊断技术、专家系统故障诊断技术、信号处理诊断及混合诊断技术等新型故障检测方法应运而生。这些技术不仅提高了电机故障检测的准确性和效率，还降低了维修成本。本文通过案例分析展示了这些技术的实际应用效果，并分析了当前面临的技术挑战，如高精度传感器成本、数据处理算法优化等，最后展望了未来技术的发展方向。

关键词：电机；新型故障检测技术；应用

引言：随着工业化进程的加速，电机作为关键设备在各类工业领域中发挥着举足轻重的作用。然而，电机故障频发不仅影响生产效率，还可能导致重大安全事故。因此，新型电机故障检测技术的应用显得尤为重要。本文旨在探讨当前先进的电机故障检测技术，分析其原理、特点及应用效果，以期为提高电机运行的可靠性和安全性提供理论依据和技术支持，为工业智能化发展贡献力量。

1 新型电机故障检测技术概述

1.1 新型检测技术种类

(1) 神经网络诊断技术，利用神经网络强大的非线性映射能力和学习能力，对电机故障进行智能诊断。通过训练神经网络，使其能够识别各种故障特征，并输出相应的诊断结果。这种技术无需建立精确的数学模型，适用于复杂电机系统的故障诊断。(2) 专家系统故障诊断技术，基于专家系统的诊断技术，通过模拟人类专家的故障诊断思维和经验，对电机故障进行推理和判断。该技术结合了领域专家的知识经验，能够处理突发性、随机性和破坏性的故障，为电机故障的快速定位和解决提供了有力工具。(3) 信号处理诊断技术，信号处理技术在电机故障诊断中发挥着重要作用。通过对电机振动信号、电流信号等进行采集、处理和分析，提取故障特征，从而实现了对电机故障的准确诊断。这种技术具有信息量大、实时性强的优点。(4) 混合诊断技术，混合诊断技术结合了多种故障诊断方法的优点，如神经网络与专家系统的结合、信号处理与数据融合的结合等。这种技术能够更全面地提取故障特征，提高故障诊断的准确性和可靠性^[1]。

1.2 技术特点与优势

(1) 智能化、自动化水平提高，新型电机故障检测技术采用先进的智能算法和自动化技术，实现了故障诊

断的智能化和自动化，大大提高了诊断效率和准确性。

(2) 检测精度与效率提升，这些技术通过高精度的传感器和先进的信号处理算法，能够准确提取故障特征，实现对电机故障的精确诊断。同时，自动化诊断流程也缩短了诊断时间，提高了工作效率。(3) 适用性广泛，覆盖多种故障类型，新型电机故障检测技术适用于各种类型的电机故障，如机械故障、电气故障等。这种广泛的适用性使得这些技术在工业领域得到了广泛应用。

2 新型电机故障检测技术的具体应用

2.1 神经网络诊断技术的应用

神经网络诊断技术，作为人工智能领域的一个重要分支，近年来在电机故障检测领域展现出巨大的潜力。其核心在于模仿人类大脑神经元结构，构建一个高度复杂的非线性动力学网络系统。这一网络系统具备自我学习与优化的能力，能够处理大量、复杂的数据，从而实现了对电机故障的精准诊断。(1) 模仿人类大脑神经元结构，神经网络模型由大量的节点（神经元）组成，这些节点之间通过加权连接相互作用。在电机故障检测中，每个节点可以代表电机的一个特定参数或特征，如振动频率、电流波动等。通过这些节点的相互连接和作用，神经网络能够模拟人类大脑对复杂信息的处理能力，实现对电机状态的动态监测。(2) 集成式扫描处理，神经网络诊断技术能够集成多种传感器信息，对电动机内部零部件的参数进行实时、全面的扫描处理。这种集成式处理方式不仅提高了数据收集的效率，还确保了数据的全面性和准确性。通过对这些数据的深入分析，神经网络能够捕捉到电机故障的微弱信号，从而在故障发生初期就进行预警^[2]。(3) 故障定位与类型判断，一旦神经网络检测到异常信号，它会立即启动故障定位机制，快速确定故障发生的具体位置。同时，结合故障特征库和专家知识库，神经网络还能对故障类型进行准确判断，

为后续的维修工作提供有力支持。这种故障定位与类型判断的快速性和准确性，大大提高了电机故障处理的效率和质量。

2.2 专家系统故障诊断技术的应用

专家系统故障诊断技术，是另一种广泛应用于电机故障检测的人工智能技术。它结合了人工智能技术与领域专家的知识，能够实现对电机故障的综合判断与预测。（1）依靠人工智能技术，专家系统内部集成了大量的故障诊断规则和知识，这些知识来源于领域专家的长期实践经验和理论知识。通过人工智能技术，专家系统能够自动地、智能地分析电机故障数据，提取故障特征，并与知识库中的规则进行匹配，从而实现了对故障的准确诊断。（2）综合判断与预测，专家系统不仅能够对当前的电机故障进行判断，还能够根据历史数据和趋势分析，预测未来可能出现的故障。这种综合判断与预测能力，使得专家系统在电机故障检测中具有重要的应用价值。通过提前预警和采取预防措施，可以有效地避免或减少电机故障的发生，提高设备的可靠性和稳定性。

2.3 信号处理诊断技术的应用

信号处理诊断技术，作为一种传统的电机故障检测方法，近年来也在不断更新和发展。其核心在于通过安装信号处理装置，采集并分析电动机发出的信号，从而实现了对电机故障的精准诊断。（1）安装信号处理装置，信号处理装置通常包括传感器、数据采集卡和信号处理软件等部分。传感器负责采集电动机的振动信号、电流信号等；数据采集卡将这些信号转换为数字信号，并传输给信号处理软件进行分析。通过这一系列的信号处理流程，可以提取出电机故障的微弱信号。（2）时域、频域分析，信号处理诊断技术通常采用时域分析和频域分析相结合的方法。时域分析主要关注信号的时间域特征，如峰值、均值、方差等；频域分析则关注信号的频率域特征，如频谱、功率谱等。通过这两种分析方法的结合，可以全面地了解电机的运行状态，准确地判断出故障的类型和位置^[3]。

2.4 混合诊断技术的应用

混合诊断技术，作为一种结合了多种诊断方法的综合性技术，近年来在电机故障检测领域得到了广泛应用。其优势在于能够充分利用各种诊断方法的优点，提高检测的准确性和可靠性。（1）结合多种诊断方法，混合诊断技术通常结合了神经网络诊断技术、专家系统故障诊断技术和信号处理诊断技术等多种方法。通过将这些方法有机结合在一起，可以实现对电机故障的全方位、多角度监测和诊断。这种综合性的诊断方式，大大

提高了电机故障检测的准确性和可靠性^[4]。（2）定期维护与管理，为了确保混合诊断技术的有效性和准确性，还需要定期对电机进行维护和管理。这包括对信号处理装置进行校准和维护、更新神经网络模型和专家系统知识库、对电机运行状态进行定期监测和分析等。通过这些定期的维护和管理措施，可以及时发现并处理数据误差和异常情况，确保混合诊断技术的长期稳定运行。同时，这些措施也有助于提高电机的可靠性和稳定性，延长其使用寿命。

3 新型电机故障检测技术的案例分析

3.1 某企业电机故障诊断实例

3.1.1 故障现象描述

某企业生产线上的关键设备——一台新型定子永磁型容错电机（以M-FSPM电机为例）在运行过程中出现异常振动和噪音增大的现象。该电机作为驱动核心，其故障直接导致生产线效率下降，甚至存在停机风险。企业技术人员初步判断电机内部可能存在故障，但具体位置及故障原因不明。

3.1.2 检测技术应用过程

为了准确诊断电机故障，企业引入了先进的多级信息融合技术（以MRSFN模型为例）进行故障检测。该技术结合了振动频谱分析、电信号分析以及人工智能算法，能够实现对电机运行状态的实时监测和故障诊断。

检测过程如下：（1）数据采集。首先，在电机关键部位安装振动加速度传感器和电流传感器，实时采集电机的振动信号和电流信号。（2）信号处理。采集到的信号经过预处理后，利用Hilbert变换进行包络分析，以消除电源频率的干扰，提取出与故障相关的特征信号。（3）特征提取。通过卷积神经网络（CNN）对处理后的信号进行特征提取，生成能够反映电机运行状态的特征向量。（4）故障诊断。将特征向量输入到训练好的多级信息融合模型（MRSFN）中，模型输出每种电机健康状况的条件概率，通过与基线（正常）条件进行比较，评估是否会发生某种类型的故障。

3.1.3 检测结果与故障处理

经过上述检测流程，系统诊断出电机存在定子绕组内部故障，具体为单相短路。企业技术人员根据诊断结果，迅速制定了维修方案，对电机进行了拆解和维修，更换了受损的定子绕组部分。维修完成后，电机恢复正常运行，振动和噪音问题得到解决。

3.2 技术应用效果评估

3.2.1 检测精度与效率提升情况

多级信息融合技术的引入，显著提高了电机故障检

测的精度和效率。与传统的人工检测和单一技术检测相比,该技术能够实现对电机运行状态的实时监测和准确诊断,大大缩短了故障检测时间,降低了误诊率。同时,该技术还能够提供详细的故障信息,为维修决策提供有力支持。

3.2.2 对企业生产效率与成本的影响

电机故障检测技术的升级,对企业的生产效率和成本产生了积极影响。一方面,故障检测精度的提高和检测时间的缩短,使得企业能够快速响应设备故障,减少生产线停机时间,从而提高生产效率。另一方面,通过准确诊断故障位置和原因,企业能够有针对性地进行维修,避免了不必要的部件更换和过度维修,降低了维修成本。此外,该技术还能够帮助企业优化设备管理策略,实现从预防性维修到预测性维修的转变,进一步降低设备故障对生产的影响。

4 新型电机故障检测技术的挑战与展望

4.1 技术挑战

(1) 高精度传感器的研发与成本问题,高精度传感器是电机故障检测技术的关键组成部分。然而,目前市场上高精度传感器的成本普遍较高,这限制了其在广泛应用中的可行性。同时,高精度传感器的研发也面临诸多技术难题,如如何在保证精度的同时提高传感器的稳定性和可靠性,以及如何降低生产成本,使其更加亲民。(2) 数据处理与分析算法的优化。随着电机运行数据的不断增加,如何高效地处理和分析这些数据成为了一个亟待解决的问题。传统的数据处理算法在处理大规模、高维度的数据时往往显得力不从心,因此,需要开发更加高效、智能的数据处理与分析算法。这些算法不仅需要具备强大的计算能力,还需要能够自动识别并提取与故障相关的特征信息,以提高故障检测的准确性和效率。(3) 多传感器数据融合的难题。多传感器数据融合是新型电机故障检测技术中的一个重要环节。然而,由于不同传感器采集到的数据可能存在时空差异、测量噪声和信息冲突等问题,数据融合过程中往往面临诸多挑战。如何有效地解决这些问题,实现多源数据的无缝融合,以提高故障检测的可靠性和精度,是当前亟待解决的技术难题之一。

4.2 未来发展方向

(1) 智能化、自动化水平的进一步提升,随着人工

智能技术的不断发展,新型电机故障检测技术将更加注重智能化和自动化水平的提升。通过引入更加先进的机器学习 and 深度学习算法,可以实现对电机运行状态的自适应监测和智能诊断,进一步提高故障检测的准确性和效率。同时,自动化水平的提升也将降低人工干预的需求,减少人为因素导致的误诊和漏诊。(2) 新型传感器技术的应用与拓展,新型传感器技术,如量子传感器、生物传感器等,具有更高的灵敏度和更广泛的应用场景。这些新型传感器技术将为电机故障检测提供更加精准和丰富的数据支持,有望在未来成为电机故障检测领域的重要发展方向。同时,随着物联网和5G技术的普及,传感器网络的构建将更加便捷和高效,为电机故障检测的实时监测和远程协作提供了有力保障。(3) 综合故障诊断系统的研发与推广,综合故障诊断系统是将多种故障诊断方法和技术进行有机整合的系统平台。通过研发和推广综合故障诊断系统,可以实现电机故障的全面监测和精准诊断,进一步提高故障诊断的可靠性和精度。同时,综合故障诊断系统还可以与企业的生产管理系统进行无缝对接,实现故障信息的实时共享和协同处理,为企业的生产决策和维修管理提供更加有力的支持。

结束语

综上所述,新型电机故障检测技术以其智能化、高精度和高效性,为电机故障检测与诊断带来了革命性的变革。通过实际应用案例分析,我们见证了这些技术在提高检测准确性、缩短停机时间以及降低维修成本方面的显著成效。尽管仍面临一些技术挑战,但随着技术的不断进步与创新,相信未来新型电机故障检测技术将在工业领域发挥更加重要的作用,为电机安全运行保驾护航。

参考文献

- [1]王强,赵亮.大数据在电机故障诊断中的应用研究[J].电气技术,2021,(05):52-53.
- [2]刘畅.在线监测技术在电机维护中的应用[J].设备管理与维修,2022,(14):139-140.
- [3]马宏明,钱国超,赵现平等.基于电机输出功率的隔离开关机械故障检测技术研究[J].高压电器,2024,(12):125-126.
- [4]马书丹,程兆武.基于电机效率的新能源汽车电控系统维护探讨[J].汽车维修与保养,2024,(10):103-104.