

机械故障诊断技术及其发展趋势研究

邓 伟

广西柳州钢铁集团有限公司 广西 柳州 545002

摘 要：随着现代工业技术的快速发展，机械设备的复杂性和自动化程度不断提高，对设备的安全性和可靠性要求也日益严格。机械故障诊断技术作为保障设备正常运行、预防事故发生的重要手段，其研究和应用具有重要意义。本文旨在探讨机械故障诊断技术的基本原理、方法、应用领域以及未来的发展趋势，为相关领域的研究人员和工程技术人员提供参考。

关键词：机械故障；诊断技术；发展趋势

引言

机械设备在工业生产中扮演着举足轻重的角色，其运行状态直接影响生产效率和产品质量。然而，由于设备长期运行、磨损、老化以及操作不当等原因，故障时有发生。机械故障诊断技术通过对设备运行状态的监测和分析，能够及时发现潜在故障，为设备的维修和保养提供科学依据，从而保障生产的顺利进行。

1 机械故障诊断技术的基本原理

机械故障诊断技术是一门融合了多学科知识的新兴学科，其基本原理深植于可靠性理论、信息论、控制论和系统论之中。该技术依托现代测试仪器、计算机及网络技术，针对各类诊断对象（如系统、设备、机器等）的特殊运行规律进行深入研究。具体而言，它通过高精度采集设备运行时的振动、噪声、温度、压力等多元信号，再运用数学模型、物理原理、力学分析及化学反应等多领域知识，对这些信号进行细致入微的分析与处理。借此，技术人员能够准确判断设备的实时运行状态，并及时识别出故障类型，为设备的维护与修复提供科学依据。

2 机械故障诊断技术的方法

2.1 传统故障诊断方法

2.1.1 振动监测与诊断技术

振动是机械设备运行时的一种固有现象，其特性与设备的运行状态和故障类型密切相关。振动监测与诊断技术通过安装在设备上的振动传感器，实时采集设备的振动信号。这些信号包含了丰富的设备运行状态信息，如振动频率、振幅、相位等。采集到的振动信号通常需要经过一系列的处理和分析，才能提取出有用的故障特征。频谱分析是一种常用的信号处理方法，它可以将时域信号转换为频域信号，从而揭示出信号中的频率成分和幅值分布。通过频谱分析，可以识别出设备振动中的

异常频率成分，进而判断设备的故障类型。此外，小波变换也是一种有效的信号处理方法。它能够将信号分解为不同尺度和频率的小波成分，从而更精细地刻画信号的局部特征。运用小波变换对振动信号进行处理，可以提取出设备振动中的瞬态特征和奇异点，为故障诊断提供更准确的信息。

2.1.2 噪声监测与诊断技术

噪声是机械设备运行时产生的另一种重要物理信号。与振动信号类似，噪声信号也包含了设备的运行状态和故障信息。噪声监测与诊断技术利用噪声传感器采集设备运行时产生的噪声信号，并通过分析噪声的频谱特性和声强分布等信息，判断设备的故障情况。噪声的频谱特性反映了噪声信号中不同频率成分的幅值分布。通过分析噪声的频谱特性，可以识别出设备噪声中的异常频率成分，进而判断设备的故障类型^[1]。例如，当设备出现轴承故障时，其噪声频谱中通常会出现特定的频率成分，这些频率成分与轴承的故障类型密切相关。声强分布是噪声信号在空间中的分布情况。通过分析声强分布，可以定位设备噪声的来源和传播路径，为故障诊断和维修提供有力支持。

2.1.3 油液监测与分析技术

油液是机械设备中润滑和冷却的重要介质。设备在运行过程中，其零部件会发生磨损和腐蚀等现象，这些磨损颗粒和腐蚀产物会进入油液中。因此，通过对设备润滑油或工作液的取样分析，可以检测油液中的磨损颗粒、污染物等成分，从而判断设备的磨损程度和故障类型。油液监测与分析技术通常包括油液取样、样品处理、成分分析和故障诊断等步骤。油液取样需要选择合适的取样点和取样方法，以确保样品的代表性和准确性。样品处理则需要对取样得到的油液进行过滤、沉淀等处理，以去除其中的杂质和干扰物。成分分析是油液

监测与分析技术的核心环节。它运用化学、光谱、色谱等方法对处理后的油液样品进行分析,检测其中的磨损颗粒、污染物等成分的含量和种类。通过这些成分的分析结果,可以判断设备的磨损程度和故障类型,为设备的维修和更换提供科学依据。

2.2 数学诊断方法

2.2.1 基于贝叶斯决策判据的模式识别方法

贝叶斯决策判据是一种基于概率论的决策方法。它运用贝叶斯定理对采集到的信号进行分类和识别,从而判断设备的故障类型。在机械故障诊断中,可以将设备的故障类型视为不同的类别,将采集到的信号视为类别的特征。通过计算不同类别下的后验概率,可以选择后验概率最大的类别作为设备的故障类型。基于贝叶斯决策判据的模式识别方法需要建立设备的故障模式库和特征库。故障模式库包含了设备可能出现的所有故障类型及其对应的特征描述^[2]。特征库则存储了采集到的信号特征及其与故障类型的映射关系。通过比较采集到的信号特征与特征库中的特征描述,可以运用贝叶斯决策判据对设备的故障类型进行分类和识别。

2.2.2 基于概率统计的时序模型诊断方法

时序模型是一种描述时间序列数据动态变化规律的数学模型。在机械故障诊断中,可以建立设备的时序模型,运用概率统计方法对设备的运行状态进行预测和诊断。时序模型通常包括自回归模型、滑动平均模型和自回归滑动平均模型等。建立设备的时序模型需要选择合适的模型类型和参数。模型类型决定了时序模型的结构和形式,而参数则决定了时序模型的具体数值和特性。通过拟合设备的运行数据,可以得到设备的时序模型参数和初始条件。运用这些参数和条件,可以对设备的未来运行状态进行预测和诊断。

2.2.3 模糊诊断原理

模糊数学是一种处理模糊性和不确定性的数学理论。在机械故障诊断中,由于设备的故障类型和特征往往存在模糊性和不确定性,因此可以运用模糊数学理论对设备的故障进行模糊描述和模糊推理。模糊诊断原理包括模糊集合、模糊逻辑和模糊推理等基本概念和方法。模糊集合是一种描述模糊性概念的数学工具,它可以将设备的故障类型和特征表示为模糊集合的形式。模糊逻辑是一种处理模糊性推理的逻辑系统,它可以根据模糊集合和模糊规则进行推理和判断。模糊推理则是一种运用模糊逻辑进行推理和判断的过程,它可以根据设备的故障特征和模糊规则得出设备的故障诊断结果。

2.3 智能诊断方法

2.3.1 专家系统

专家系统是一种模拟人类专家决策过程的计算机系统。在机械故障诊断中,可以将专家的经验 and 知识以规则的形式存储在计算机中,通过推理机对采集到的信号进行分析和处理,从而得出故障的诊断结果。专家系统的核心部分是知识库和推理机。知识库存储了专家的经验 and 知识,包括故障类型、故障特征、故障原因和维修方法等信息。推理机则根据采集到的信号特征和知识库中的规则进行推理和判断,得出设备的故障诊断结果。通过不断更新和完善知识库中的规则 and 知识,可以提高专家系统的诊断准确性和可靠性。

2.3.2 神经网络

神经网络是一种模仿人脑神经元结构和功能的数学模型。在机械故障诊断中,可以通过训练样本对神经网络进行训练,使其能够自动识别设备的故障类型。神经网络由输入层、隐藏层和输出层组成。输入层负责接收采集到的信号特征,隐藏层负责对信号特征进行处理和转换,输出层则负责输出设备的故障诊断结果。通过训练样本对神经网络进行训练,可以调整神经网络中的权重和偏置等参数,使其能够更准确地识别设备的故障类型。神经网络的优点是具有强大的自学习能力和适应能力。它可以通过不断学习和训练来优化自身的结构和参数,从而提高故障诊断的准确性和可靠性。此外,神经网络还具有并行处理和分布式存储等特点,使其能够高效地处理大规模和复杂的故障诊断问题。

2.3.3 进化计算方法

进化计算方法是一种模拟自然进化过程的优化算法。在机械故障诊断中,可以运用遗传算法、粒子群优化等进化计算方法对设备的故障进行搜索和优化,从而得出最优的诊断结果。进化计算方法的基本思想是通过模拟自然进化过程中的选择、交叉和变异等操作来优化问题的解。在机械故障诊断中,可以将设备的故障类型视为问题的解空间中的点,通过进化计算方法对解空间进行搜索和优化,找到最优的故障诊断结果。遗传算法是一种常用的进化计算方法。它通过选择、交叉和变异等操作对解空间中的个体进行进化和优化,从而找到最优的解。粒子群优化则是另一种有效的进化计算方法。它通过模拟粒子群在解空间中的运动和相互作用来寻找最优的解。这些进化计算方法具有全局搜索能力强、易于实现和并行处理等优点,使其在机械故障诊断中具有广泛的应用前景。

3 机械故障诊断技术的应用领域

机械故障诊断技术作为现代工业中不可或缺的一部

分,其应用领域广泛且深入。在航空航天领域,该技术对飞机、火箭等飞行器的发动机、控制系统等关键部件进行实时监测与故障预测,确保飞行器在极端环境下的安全运行。石油化工行业中,它用于监测反应釜、泵、阀门等设备,有效预防因设备故障导致的爆炸、泄漏等重大安全事故。在电力领域,机械故障诊断技术保障着发电机、变压器等核心设备的稳定运行,及时发现并处理潜在故障,确保电力供应的连续性和稳定性^[3]。交通运输方面,该技术应用于汽车、火车等交通工具,通过监测关键部件状态,提高交通工具的安全性和可靠性,保障乘客出行安全。机械制造领域则利用该技术提升机床、生产线等设备的生产效率和产品质量,推动制造业的智能化升级。

4 机械故障诊断技术的发展趋势

4.1 智能化

随着人工智能技术的蓬勃发展,机械故障诊断技术正逐步迈向智能化阶段。智能化诊断技术的核心在于运用深度学习、神经网络等先进智能算法,对采集到的设备信号进行更为精确和深入的分析与处理。这些智能算法能够自动学习和识别设备的正常运行模式和故障特征,从而提高故障诊断的准确性和效率。智能诊断系统不仅能够对当前设备状态进行实时诊断,还能够根据设备的运行历史和维修记录等信息,运用预测模型对设备的未来运行状态进行预测和预警^[4]。这意味着,在设备出现故障之前,智能诊断系统就能够提前发出警报,为设备的维修和保养提供充足的时间准备,从而有效避免因设备故障导致的生产中断和损失。

4.2 网络化

随着网络技术的普及和应用,机械故障诊断技术正逐渐实现网络化。网络化诊断技术的关键在于建立远程故障诊断系统,通过互联网技术将设备、专家和诊断系统紧密连接在一起,实现多专家、多系统的共同诊断。远程故障诊断系统能够实时接收并处理来自设备的监测数据,同时将这些数据共享给多位专家进行协同分析。这种网络化的诊断模式不仅提高了故障诊断的及时性和准确性,还实现了设备状态的实时监测和数据分析,为设备的维修和保养提供了更为科学的依据。

4.3 数据驱动

随着大数据技术的快速发展,机械故障诊断技术正逐渐转向数据驱动。数据驱动诊断技术的核心在于采集设备运行过程中的大量数据,并运用数据挖掘、机器学习等方法对这些数据进行深入的分析 and 处理。通过数据挖掘技术,可以从海量数据中提取出有价值的信息和特征,为故障诊断提供有力支持。同时,机器学习算法能够自动学习和识别设备的故障模式,从而实现设备的预测性维护。这意味着,在设备出现故障之前,就可以根据数据分析结果对设备进行维修和保养,从而有效降低设备的维修成本和停机时间。

4.4 多维化

随着传感器技术的不断进步,机械故障诊断技术正逐渐实现多维化。多维化诊断技术的关键在于采用多个传感器同时对设备的各个位置进行监测,采集多维度的信号和信息。通过多维度的监测和数据采集,可以更全面地了解设备的运行状态和故障特征。这种多维化的诊断方法不仅提高了故障诊断的全面性和准确性,还实现了设备的故障隔离和定位。这意味着,在设备出现故障时,可以迅速准确地确定故障位置和原因,为设备的维修和保养提供精确的指导。

结语

机械故障诊断技术作为保障设备正常运行、预防事故发生的重要手段,其研究和应用具有重要意义。未来,随着智能化、网络化、数据驱动和多维化等技术的发展和运用,机械故障诊断技术将不断得到完善和提升,为工业生产的顺利进行提供有力保障。同时,我们也需要不断加强相关领域的研究和探索,推动机械故障诊断技术的不断创新和发展。

参考文献

- [1]李金科.元学习在旋转机械故障诊断中的应用综述[J].科技与创新,2023,(18):176-178.
- [2]姜波,黄捷.机械故障诊断技术的发展现状和未来趋势[J].科技创新导报,2018,15(33):65-66.
- [3]夏婷,曹戈,朱加升,等.工程机械故障诊断技术研究综述及展望[J].工程机械与维修,2024,(04):6-9.
- [4]张铭.基于人工智能的机械故障诊断方法与预测技术研究[J].造纸装备及材料,2024,53(03):107-109.