

基于振动分析的汽机转机泵故障诊断技术研究

王科然

辽宁清河电力检修有限责任公司, 辽宁 瓦房店 116300

摘要： 随着工业生产技术的不断进步, 汽机转机泵作为重要的机械设备, 在电力、石化、冶金等行业中扮演着至关重要的角色。然而, 由于其结构的复杂性和运行环境的特殊性, 汽机转机泵故障频发, 严重影响了生产效率与设备安全。因此, 对汽机转机泵进行故障诊断技术的研究显得尤为重要。本文基于振动分析的方法, 对汽机转机泵的故障诊断技术进行了深入研究。通过对振动信号的采集、处理与分析, 结合现代信号处理技术和人工智能技术, 实现了对汽机转机泵故障类型的准确识别与定位。研究结果表明, 基于振动分析的故障诊断技术具有较高的诊断精度与可靠性, 为汽机转机泵的故障预防与维修提供了有效的技术支持。

关键词： 汽机转机泵; 振动分析; 故障诊断

Research on Fault Diagnosis Technology of Turbine Transfer Pump Based on Vibration Analysis

Wang Keran

Liaoning Qinghe Electric Power Maintenance Co., Ltd. Wafangdian, Liaoning 116300

Abstract: With the continuous progress of industrial production technology, the steam turbine transfer pump, as an important mechanical equipment, plays a vital role in electric power, petrochemical, metallurgy and other industries. However, due to the complexity of its structure and the particularity of the operating environment, the failure of the steam turbine transfer pump is frequent, which seriously affects the production efficiency and equipment safety. Therefore, it is particularly important to study the fault diagnosis technology of steam turbine transfer pump. Based on the method of vibration analysis, the fault diagnosis technology of steam turbine transfer pump is studied in depth. Through the acquisition, processing and analysis of vibration signals, combined with modern signal processing technology and artificial intelligence technology, the accurate identification and positioning of the fault type of the steam turbine transfer pump are realized. The results show that the fault diagnosis technology based on vibration analysis has high diagnostic accuracy and reliability, and provides effective technical support for the fault prevention and maintenance of steam turbine transfer pump.

Keywords: steam turbine transfer pump; vibration analysis; troubleshooting

汽机转机泵作为电力生产和工业流程中的关键设备, 其运行状态直接关系到整个系统的安全与稳定。然而, 由于设备结构的复杂性和运行环境的恶劣性, 汽机转机泵在运行过程中难免会出现各种故障。常见的故障类型包括转子不平衡、转子弯曲、油膜振荡、碰摩、轴承损坏等, 这些故障不仅会导致设备性能下降, 严重时还会引发安全事故。因此, 对汽机转机泵进行故障诊断, 及时发现并排除故障, 对于保障设备安全运行、提高生产效率具有重要意义。近年来, 随着信号处理技术和人工智能技术的不断发展, 基于振动分析的故障诊断技术逐渐成为研究热点。振动信号作为机械设备运行状态的重要信息源, 包含了丰富的故障信息。通过对振动信号的采集、处理与分析, 可以实现对设备故障类型的准确识别与定位。本文旨在探讨基于振动分析的汽机转机泵故障诊断技术, 为设备的故障预防与维修提供技术支持。

一、基于振动分析的故障诊断原理

振动分析法是对设备所产生的机械振动进行信号采集、数据处理后, 根据振幅、频率、相位及相关图谱所进行的故障分析。在大机组的所有故障中, 振动故障的概率最高, 且振动信号所

括的设备状态的信息量最大。因此, 振动分析法是转动设备故障诊断中运用最广泛、最有效的方法。

(一) 振动信号的采集与处理

振动信号的采集与处理在故障诊断过程中占据着至关重要的地位。这一流程起始于利用专业的传感器设备, 如加速度传感

作者简介: 王科然 (1992.01-), 男, 汉族, 辽宁省铁岭市人, 本科, 研究方向: 汽机转机检修 (泵)。

器、速度传感器或位移传感器，它们能够精准地将汽机转机泵的机械振动转化为电信号形式，便于后续的记录与分析。然而，原始采集到的振动信号往往混杂着多种噪声与干扰因素，这些不必要的成分会极大地影响信号分析的准确性。因此，为了提升信号质量，确保故障诊断的可靠性，对振动信号进行预处理是不可或缺的步骤。预处理工作主要包括滤波处理，以去除高频或低频的噪声干扰；去噪技术，旨在进一步净化信号；以及信号增强手段，通过放大有效信号成分，使其更加凸显。这一系列预处理措施共同作用于振动信号，为后续的精确定分析与故障诊断奠定了坚实的基础。

（二）信号处理技术

现代信号处理技术在振动分析中发挥着举足轻重的作用，为深入理解和诊断机械振动提供了强有力的工具。其中，傅里叶变换是一项基础且广泛应用的技术，它能够及时域中的振动信号转换到频域，从而清晰地揭示出信号中的频率成分，为振动特性的分析提供了直观的依据。而小波变换则以其独特的时间-尺度分析能力脱颖而出，它不仅能够在多个分辨率下对信号进行细致剖析，还能有效检测信号的奇异特征，这使得它在处理非平稳信号时表现出色，为振动信号的动态分析提供了新的视角。此外，经验模态分解技术通过将复杂的时间序列信号分解为一系列单组分的本征模态函数，实现了信号的精细分解。每个本征模态函数都代表着信号在不同尺度上的瞬时频率特征，避免了频率组分的相互叠加，为振动信号的深入分析提供了更为精确的手段。这些先进的信号处理技术共同推动着振动分析领域的发展。

（三）故障特征提取

故障特征提取是振动分析流程中的核心环节，对于准确识别设备故障状态具有至关重要的作用。在这一步骤中，技术人员需要对经过预处理后的振动信号进行深入分析，以提取出能够反映设备运行状态的特征参数。这些特征参数通常包括振幅、频率和相位等关键指标，它们能够直观地展示出振动信号的波动情况、周期性变化以及相位关系等关键信息。通过对这些特征参数的细致观察和比对，技术人员可以准确地捕捉到设备在故障发生前后的振动特性变化，从而为后续的故障诊断提供有力的依据。因此，故障特征提取不仅是对振动信号进行深度挖掘的过程，更是确保故障诊断准确性和可靠性的重要保障。通过这一步骤，技术人员能够更有效地识别设备的潜在故障，为设备的维护和管理提供科学的决策支持。

二、基于振动分析的故障诊断方法

（一）基于信号处理的故障诊断方法

基于信号处理的故障诊断方法是一种高效且精确的技术手段，它依赖于现代信号处理技术的深入分析能力，通过对设备振动信号进行细致剖析，提取出关键的故障特征，从而实现故障的准确识别^[1]。在这一方法中，频谱分析是不可或缺的一环。该方法通过应用傅里叶变换这一数学工具，巧妙地将振动信号从时域转换到频域，使得技术人员能够清晰地观察到信号中各个频率成分

的变化情况。通过对比分析正常状态与故障状态下频率成分的差异，可以准确地判断出故障的类型及其可能的原因，为后续的维修和保养工作提供有力的依据。除了频谱分析，包络分析也是基于信号处理的故障诊断方法中的重要组成部分。该方法主要通过解调处理，提取出包含关键信息的包络信号。包络信号能够反映出设备在运行过程中产生的冲击和振动情况，特别是轴承、齿轮等关键部件的故障特征。通过对包络信号进行频率成分的分析，可以进一步揭示出故障的具体位置和严重程度，为设备的精准诊断提供有力支持^[2]。此外，小波分析作为一种先进的信号处理技术，也在故障诊断中发挥着重要作用。它利用小波变换对振动信号进行多分辨率分析，不仅能够捕捉到信号的细节特征，还能有效检测信号的奇异点^[3]。这些奇异点往往与设备的故障密切相关，因此通过小波分析可以提取出更为精细的故障特征，为设备的故障诊断提供更加准确和可靠的依据。

（二）基于人工智能的故障诊断方法

基于人工智能的故障诊断方法是一种前沿且高效的技术手段，它充分利用神经网络、支持向量机以及专家系统等人工智能技术，对设备振动信号进行深度模式识别，以实现故障的精准分类^[4]。在这一方法中，神经网络发挥着举足轻重的作用。通过训练神经网络模型，使其能够学习到不同故障类型所对应的振动信号特征，进而实现对故障类型的准确识别与分类。神经网络凭借其强大的非线性映射能力和自学习能力，在处理复杂多变的故障模式时表现出色，为故障诊断提供了有力的支持。支持向量机则是另一种重要的机器学习方法，它基于统计学习理论，通过构建支持向量机模型，对振动信号进行高效分类识别^[5]。支持向量机具有出色的泛化能力和分类精度，能够在有限的训练样本下实现较好的故障诊断效果，为设备的稳定运行提供了有力保障。此外，专家系统也是基于人工智能的故障诊断方法中的重要组成部分。它基于领域专家的知识和经验，通过构建专家系统模型，模拟人类专家的思维过程，对振动信号进行智能故障诊断。专家系统能够处理复杂多变的故障问题，为技术人员提供可靠的故障诊断建议，提高了故障诊断的准确性和效率^[6]。

（三）基于解析模型的故障诊断方法

基于解析模型的故障诊断方法是一种依赖于精确系统模型进行故障检测和诊断的先进技术。该方法的核心在于利用系统模型对振动信号进行深入分析，通过构建系统结构、行为以及功能模型，实现对设备故障状态的精准诊断推理^[7]。这一方法要求技术人员首先根据设备的物理特性和工作原理，建立起详尽且准确的系统模型。该模型不仅包含了设备的结构特征，还涵盖了其运行过程中的行为模式和功能表现，为后续的故障诊断提供了坚实的理论基础。在基于解析模型的故障诊断过程中，技术人员会利用所建立的系统模型，对采集到的振动信号进行细致的分析和处理。通过对比实际振动信号与模型预测信号之间的差异，可以敏锐地捕捉到设备在运行过程中可能出现的异常情况^[8]。这些异常情况往往与设备的故障状态密切相关，因此通过对振动信号的深入分析，可以实现对设备故障类型的准确判断。值得一提的是，基于解析模型的故障诊断方法特别适用于已知系统结构和参数的故障

诊断场景^[9]。在这种情况下，技术人员可以充分利用系统模型中的已知信息，对振动信号进行更为精确的诊断推理，从而进一步提高故障诊断的准确性和可靠性。

三、故障诊断技术的应用与发展

(一) 实时监测与预警

随着传感器技术和数据处理技术的不断进步，实时监测与预警已成为故障诊断技术的重要发展趋势。在汽机转机泵等关键设备上安装高精度传感器，能够实时捕捉设备的振动信号，为故障的早期预警和准确诊断提供了可能。这些传感器所采集的数据，经过先进的故障诊断算法处理，能够迅速识别出设备在运行过程中可能出现的异常情况。一旦检测到潜在故障，系统便会立即发出预警信号，通知技术人员进行及时检修，从而有效避免故障的发生或进一步扩大。实时监测与预警技术的应用，不仅显著提高了设备的可靠性和安全性，还大大降低了因故障停机而造成的经济损失。它使得技术人员能够迅速响应设备故障，减少维修时间，确保设备的持续稳定运行。这一技术的发展，无疑为工业生产的安全和效率带来了革命性的提升。

(二) 智能诊断系统

智能诊断系统是故障诊断领域的一项创新技术，它将信号处理、人工智能以及解析模型等多种技术巧妙融合，构建出一个功能强大的故障诊断平台。该系统具备自动采集振动信号的能力，能够实时捕捉设备运行状态的关键信息。在采集到振动信号后，智能诊断系统会对其进行预处理和特征提取，以获取用于故障识别的关键数据。随后，利用神经网络、支持向量机等先进的算法，对这些特征数据进行深度分析和模式识别，从而准确判断设备的故障类型和故障位置。智能诊断系统的显著特点在于其自动化、智能化和高效化。它无需人工干预，即可自动完成从信号采集到故障识别的全过程，大大提高了故障诊断的效率和准确

性^[10]。此外，该系统还能够根据历史数据和故障模式，不断优化自身的诊断算法，实现故障诊断的持续优化和升级。展望未来，智能诊断系统将成为故障诊断技术的重要发展方向，为设备的稳定运行和工业生产的安全高效提供有力保障。

(三) 故障预测与健康管理

故障预测与健康管理代表着基于振动分析的故障诊断技术的一个重要演进方向。这一技术框架通过对设备振动信号的长期、持续监测，结合设备运行的历史数据和维修记录，构建出设备健康状态的全面评估模型。该模型能够深入分析设备的振动特性，准确预测其剩余寿命以及故障的发展趋势。这种预测能力使得技术人员能够提前洞察设备可能存在的问题，从而有针对性地制定维修计划，避免设备在关键时刻突发故障，确保生产流程的连续性和稳定性。故障预测与健康管理不仅提升了设备的可靠性，还显著增强了其经济性。通过优化维修策略，减少不必要的停机时间和维修成本，企业能够更有效地利用设备资源，提高整体运营效率。这一技术的发展和應用，对于保障设备健康、提升生产效率具有重要意义。

四、结论

基于振动分析的汽机转机泵故障诊断技术是一种有效的故障诊断方法。通过对振动信号的采集、处理与分析，结合现代信号处理技术和人工智能技术，可以实现对汽机转机泵故障类型的准确识别与定位。本文介绍了基于振动分析的故障诊断原理、方法和应用，探讨了故障诊断技术的发展方向。研究表明，基于振动分析的故障诊断技术具有较高的诊断精度与可靠性，为汽机转机泵的故障预防与维修提供了有效的技术支持。未来，随着传感器技术、数据处理技术和人工智能技术的不断发展，故障诊断技术将朝着更加智能化、高效化和自动化的方向发展。

参考文献

- [1] 周新生, 陈留成, 卢永慧. 振动分析在循环气压缩机故障诊断中的应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44 (19): 129-131.
- [2] 郑洋. 基于振动分析的发动机异响故障诊断 [J]. 专用汽车, 2024, (09): 109-112.
- [3] 梁金舵. 风机振动的监测与故障诊断技术分析 [J]. 集成电路应用, 2024, 41 (06): 324-325.
- [4] 张殿树. 在线监测与频谱分析在汽机故障诊断中的应用 [J]. 化工管理, 2020, (18): 150-151.
- [5] 宋太浩, 许国胜. 在线监测与频谱分析在汽机故障诊断中的应用 [J]. 化工进展, 2020, 39 (S1): 101-106.
- [6] 徐军锋. 电厂汽机摩擦振动故障分析与诊断 [J]. 设备管理与维修, 2019, (21): 158-160.
- [7] 张鹏, 刘德荣. 汽动给水泵周期性振动故障诊断分析 [J]. 电站系统工程, 2018, 34 (02): 56-58.
- [8] 邓彤天, 洪宇. 汽机故障诊断专家系统与调速振荡诊断分析系统的研究方法 [J]. 汽轮机技术, 2015, 57 (05): 391-392+395.
- [9] 屈斌, 张宁, 甘智勇, 等. 汽动给水泵油膜振荡故障分析与治理 [J]. 热力透平, 2015, 44 (03): 215-219.
- [10] 童小忠. 某燃机电厂1号汽轮发电机异常振动分析和故障处理 [J]. 汽轮机技术, 2007, (05): 382-384.