

设备工程中机械设备状态监测与故障诊断研究

张志辉 362425197401100219

摘要

在现代工业生产体系中，机械设备是生产活动的核心载体，其运行稳定性直接决定生产效率、产品质量与生产安全。状态监测与故障诊断作为设备工程领域的核心技术，能够提前识别机械设备潜在故障隐患，避免突发停机事故，降低设备运维成本，延长设备使用寿命。本文从状态监测与故障诊断的技术内涵出发，梳理当前主流技术类型，分析技术应用过程中存在的问题，提出相应优化策略，为工业领域机械设备运维提供参考。

关键词：设备工程；机械设备；状态监测；故障诊断

一、机械设备状态监测与故障诊断的技术内涵与应用价值

机械设备状态监测指通过各类传感器采集设备运行过程中的振动、温度、压力、油液等参数，结合预设的正常运行阈值，实时跟踪设备运行状态的技术；故障诊断则是在监测数据的基础上，通过算法分析判断故障的类型、位置与严重程度，预测故障发展趋势，为运维决策提供依据。两者相辅相成，状态监测是故障诊断的数据基础，故障诊断是状态监测的价值延伸，共同构成机械设备预防性运维的核心框架。

在现代设备工程中，状态监测与故障诊断技术的应用价值主要体现在三个方面：第一，保障生产安全稳定运行。工业生产中大型机械设备一旦发生突发故障，不仅会造成整条生产线停机，带来巨额经济损失，还可能引发安全生产事故，威胁操作人员生命安全，而通过常态化状态监测与故障诊断，能够提前识别故障隐患，将被动抢修转变为主动预防，从根源上降低突发事故概率。第二，降低设备运维成本。传统的定期运维模式存在过度维修或维修不足的问题：过度维修会造成人力、备件资源的浪费，维修不足则无法避免故障发生；基于状态监测的视情维修模式，仅在监测数据显示设备存在异常时开展维修，能够合理安排维修周期，减少不必要的维修投入，据相关行业统计，应用状态监测与故障诊断技术后，企业设备运维成本可降低 20%-30%，突发停机时间减少 50%以上。第三，延长设备使用寿命。通过实时监测设备磨损、老化状态，及时对轻度异常部件进行调整维护，能够避免小故障演变为大损伤，延缓设备老化速度，延长设备整体使用寿命，推迟设备更新换代的时间周期，为企业创造更长周期的经济效益。

二、当前主流的机械设备状态监测与故障诊断技术

（一）振动监测诊断技术

振动监测是目前旋转机械设备状态监测应用最广泛的技术，机械设备在运行过程中必然产生振动，不同部件、不同类型的故障会产生特征性的振动频率信号，因此通过采集振动信号分析频率特征，就可以判断故障类型与位置。例如滚动轴承故障会产生特定的冲击振动频率，转子不平衡会产生与转速同频的振动幅值，齿轮磨损会产生啮合频率及其边频带的变化。当前振动监测技术已经较为成熟，从早期的离线人工采集数据分析，发展为在线实时监测，结合傅里叶变换、小波分析等信号处理方法，能够从复杂的背景噪声中提取出故障特征信号，诊断准确率较高，广泛应用于电机、汽轮机、风机、水泵等各类旋转机械设备的运维当中。

（二）油液监测诊断技术

油液监测技术主要针对采用润滑油润滑的机械设备，通过分析润滑油的理化指标、油液中磨损金属颗粒的大小、形状与成分，判断设备摩擦副的磨损状态。润滑油是机械设备的“血液”，其本身的黏度、酸值、水分含量等指标变化，能够直接反映润滑油的老化变质程度；而油液中携带的磨损颗粒来自设备磨损部件，不同成分的颗粒对应不同部位的磨损，颗粒数量与大小反映磨损的严重程度。油液监测技术不仅能够识别已经发生的磨损故障，还能够长期跟踪磨损发展趋势，对低速重载设备的磨损故障诊断具有独特优势，目前广泛应用于工程机械、船舶动力系统、大型齿轮箱等设备的状态监测当中。

（三）温度监测诊断技术

温度是机械设备运行过程中最直观的状态参数，设备出现故障时往往伴随温度异常升高，例如轴承过热、电机绕组短路、管道堵塞等都会表现为温度异常。温度监测技术包括接触式与非接触式两类，接触式主要通过热电偶、热电阻等传感器直接安装在被测部位测量温度，精度较高；非接触式主要为红外测温技术，能够远距离、非接触测量设备表面温度，适合无法安装传感器的高温、高压设备，也能够对设备进行大面积温度扫描，识别局部温度异常。温度监测技术原理简单、成本较低，是机械设备状态监测中最基础的技术之一，常与其他监测技术配合使用，提升诊断准确性。

三、技术应用存在的主要问题

尽管当前状态监测与故障诊断技术已经取得了较大发展，但在工业实际应用中仍然存在一些问题：第一，数据质量不稳定，影响诊断准确率。工业现场环境复杂，存在大量电磁干扰、机械振动干扰，传感器采集到的信号往往伴随较强的噪声，部分企业传感器设备老化、安装不规范，进一步降低了数据质量，导致故障特征被噪声淹没，无法准确识别故障。第二，复合故障诊断难度大，工业现场机械设备发生故障时，往往不是单一故障，而是多个故障同时发生，不同故障的特征信号会相互叠加，传统诊断方法难以分离不同故障的特征，容易出现误诊断、漏诊断的问题。第三，技术应用门槛较高，大部分中小制造企业缺乏专业的设备诊断技术人员，智能诊断模型的维护与更新需要专业能力，很多企业虽然安装了状态监测系统，但无法充分发挥其作用，仍然依赖传统的经验判断，难以实现真正的预防性运维。

四、技术应用优化策略

针对当前应用中存在的问题，可从三个方面进行优化：第一，完善数据采集与预处理体系，规范传感器安装与校准流程，定期对传感器进行维护校验，保证数据采集精度，同时应用小波去噪、经验模态分解等信号预处理方法，去除采集信号中的噪声干扰，突出故障特征，为后续诊断提供高质量数据基础。第二，推进多源信息融合诊断技术应用，整合振动、油液、温度等多类型监测数据，发挥不同监测技术的优势，通过融合算法综合多源信息判断故障，解决单一监测技术信息不足、复合故障难以诊断的问题，提升诊断准确率。第三，加强技术人才培养与智能化工具开发，针对中小制造企业开发轻量化、傻瓜化的故障诊断系统，降低技术应用门槛，同时针对企业运维人员开展定期技术培训，提升从业人员的专业能力，充分发挥状态监测与故障诊断技术的应用价值。

五、结语

机械设备状态监测与故障诊断是现代设备工程中保障生产稳定、降低运维成本的核心技术，随着工业生产向自动化、智能化方向发展，对机械设备运行稳定性的要求不断提升，状态监测与故障诊断技术的重要性也日益凸显。当前振动监测、油液监测、温度监测等传统技术已经成熟，人工智能驱动的智能诊断技术快速发展，未来随着物联网、大数据技术与设备工程的深度融合，状态监测与故障诊断技术将向智能化、网络化、集成化方向发展，为工业生产高质量发展提供更坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 屈梁生, 何正嘉. 机械故障诊断学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986.
- [2] 钟秉林, 黄仁. 机械故障诊断学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [3] 雷亚国, 何正嘉. 智能故障诊断与新一代人工智能[J]. 机械工程学报, 2018, 54(11): 1-11.