

大型旋转机械设备轴承状态监测与故障诊断研究

农胜祥

云南铜业股份有限公司西南铜业分公司 云南 昆明 650102

摘要：轴承故障诊断方法与技术不仅可以提高设备的可靠性和安全性，还能为轴承健康管理策略的实施提供重要支持。结合振动分析、声音诊断、红外热成像等技术手段，实现对轴承的实时监测和故障预测。借助人工智能技术，建立智能模型，实现轴承的健康状态监测和预测，为企业提供精准的维护决策支持。综合轴承故障诊断技术与轴承健康管理策略，可以延长轴承寿命、减少停机时间，提高设备的整体性能。

关键词：大型旋转机械；故障；诊断技术

1 大型旋转机械设备轴承在工业生产中的重要性

大型旋转机械设备轴承在工业生产中扮演着至关重要的角色。轴承是支撑重要旋转部件的核心零部件，其作用不仅是支撑旋转轴线，还可限制轴的相对运动，减小摩擦系数，将传递的力转化为轴承之间的力。第一、大型旋转机械设备轴承保证了设备的正常运转，在工业生产中，大型旋转机械设备承载了巨大的转动力和扭矩，其安全、稳定的运转与轴承密不可分。高品质的轴承可有效降低设备在运转过程中的摩擦损耗，减少因振动、噪音等问题带来的不良影响，保证设备长时间稳定运行。第二、大型旋转机械设备轴承对于生产效率的提升有着重要作用，通过合理选用、定期维护及更换磨损严重的轴承，可以减小设备运转中的热量、噪音等因素，提升生产效率，缩短生产周期，降低生产成本。第三、大型旋转机械设备轴承在保障生产安全方面也至关重要，不合格的轴承往往会因承受不了设备的运转压力，出现故障甚至引发事故。高质量、可靠的轴承是保障生产设备运行安全稳定的重要保证。

2 大型旋转机械设备轴承结构与工作原理

大型旋转机械设备轴承作为支撑旋转部件的重要零部件，其结构设计和工作原理至关重要。通常大型旋转机械设备轴承为滑动轴承和滚动轴承。滑动轴承结构形式分为向心滑动轴承和推力滑动轴承。向心滑动轴承由轴承座、轴套或轴瓦、连接螺栓等组成。而轴瓦非承载区内表面开有进油口和油沟，润滑油均匀分布在整个轴径上形成动压油膜，又起冷却作用。推力滑动轴承结构特点是在轴的端面、轴肩或安装圆盘做成止推面。止推环形面上分布有若干有楔角的扇形块，用来承受轴向载荷。滚动轴承由内圈、外圈、滚动体、保持架等组成。内圈和外圈是轴承的主要承载部件，内圈和外圈之间通过滚动体相互支撑，内圈固定在轴上，外圈固定在座标上。滚动体则位于内外圈

之间，通过滚动或滑动方式减小摩擦，承受运转时传来的载荷^[1]。保持架是固定滚动体的装置，保持轴承内的滚动体充分分散均匀，减小滚动体间的摩擦。保持架通常由金属、尼龙或塑料等材料制成，能够保证轴承在高速旋转时稳定运行。在工作原理上，大型旋转机械设备轴承通过滚动体将轴承内外圈之间的运动摩擦降至最低程度。在轴承运转时，外界施加于轴承的载荷转化为内外圈之间的力，通过滚动体将轴承的旋转摩擦降至最低，减小磨损，保证设备正常运转。

3 大型旋转机械设备轴承的故障类型

大型旋转机械设备轴承由于长时间高速运转及承受巨大载荷，常常遭受各种故障。疲劳故障是轴承最常见的故障类型之一，长期承受载荷和旋转运动，轴承表面会产生微小损伤，慢慢积累形成微裂纹，进而引发疲劳裂纹和最终的断裂。疲劳故障主要表现为轴承表面出现裂纹，极易导致设备停机和生产中中断。润滑不良是引发轴承故障的重要原因之一，缺少润滑、润滑油脏污或过多、过少润滑剂均会导致轴承表面磨损加剧和局部过热，造成轴承卡死、磨损增加等情况，最终导致轴承失效。安装误差也是导致轴承故障的常见原因，若轴承安装不当，如装载不稳、过紧或过松，会导致轴承失效。过紧的装载会加速轴承磨损，过松则易于产生轴承异常振动，影响设备安全运转。

4 大型旋转机械设备轴承状态监测技术与方法

4.1 振动监测技术

大型旋转机械设备轴承状态监测技术与方法中，振动监测技术是一种重要且常用的方法。振动监测技术通过传感器实时采集轴承振动信号，传感器安装在设备轴承上，监测振动信号的频率、幅值和相位等参数。当轴承出现故障时，振动信号会发生变化，如频率增加、振幅波动或出现异常谱线等。通过信号处理和分析，可

以识别轴承的故障类型和严重程度，常用的信号处理方法包括傅里叶变换、小波分析和模态分析等，用于剖析振动信号，并提取故障特征。将振动信号与历史数据进行对比分析，可以追踪轴承的状态变化，判断是否存在异常。振动监测技术还可以结合数据采集系统和远程监测平台，实现自动化监测与远程诊断。数据采集系统可以实时采集大量的振动数据，并将其传输至远程监测平台进行分析和评估。远程监测平台通过专业的算法和模型，对设备状态实施全面监测和诊断，帮助提升设备的可靠性和安全性^[2]。

4.2 温度监测技术

大型旋转机械设备轴承状态监测技术与方法中，温度监测技术是非常关键的一种。通过实时监测轴承的工作温度，可以有效评估轴承运行状态，快速发现异常情况，防止因过热或过冷引起的故障，从而实现对设备的保护和预警。温度传感器通常被安装在轴承或其周围，实时监测轴承的工作温度。当轴承运行正常时，温度将保持在一个常规范围内。但是，当轴承出现异常情况时，如摩擦增加、润滑不足、局部磨损等，会导致轴承温升，该温升可通过传感器准确检测。通过温度监测技术，工程师可以监测轴承的温度波动、趋势及异常情况。一旦轴承温度超过设定的阈值或出现异常变化，监测系统将发出警报，并及时通知相关人员采取适当措施，以防止轴承过热造成设备故障。温度监测技术还可以与自动控制系统相结合，实现对轴承温度的远程监控和自动调节。自动控制系统可以根据设定的温度阈值，对轴承附近的冷却系统或润滑系统进行控制，自动排除过高温度导致的故障风险，保障设备的运行安全和稳定性。

4.3 油液分析技术

大型旋转机械设备轴承状态监测技术中的一项关键方法是油液分析技术。通过对轴承润滑油液体的化学成分、污染程度、磨损颗粒等情况进行定期监测和分析，可以全面评估轴承工作状态、润滑效果及相关部件的磨损情况，从而及早发现潜在问题，实现对设备的健康监测与维护。油液分析技术通过取样分析，检测轴承润滑油液体的各项指标，通过检测油液的酸值、粘度、含水量、金属颗粒含量等关键参数，可以评估润滑油的质是否正常，是否存在异常污染，是否有金属颗粒等异常情况。通过油液分析技术，工程师可以根据测试结果判断轴承的运行状态和润滑效果，化学成分异常、污染度过高、金属颗粒异常增加等情况可能表明轴承存在磨损、摩擦不良等问题，需要及时调整润滑方案或进行维护保养。油液分析技术可以结合历史数据和专业知

识，建立油液分析数据库，并利用数据模型进行预测性维护。通过油液分析历史数据的比对和分析，可以识别出轴承的趋势和周期性变化，提前发现潜在问题，规划维护计划，减少突发故障的发生，延长设备的使用寿命。

4.4 噪声分析技术

大型旋转机械设备轴承状态监测技术中的另一种重要方法是噪声分析技术。噪声传感器通常被安装在轴承或设备附近，用于实时监测运转时产生的噪声信号，通过对轴承各种频率的振动和噪声进行测量和分析，可以发现轴承在运行中产生的异常噪声，如高频噪声、冲击声等。噪声分析技术可通过噪声信号的频谱分析和滤波技术，识别出轴承运行过程中的异常特征。异常的轴承噪声可能来自于轴承局部的磨损、松动或结构不良等问题，通过分析这些异常特征，提前发现轴承的故障迹象，减小故障的风险。噪声分析技术也可结合机器学习和人工智能算法，实现自动化的故障诊断和预测。通过训练各种轴承异常噪声的特征，建立预测模型，可以根据实时监测到的噪声信号，自动识别轴承的状态，并给出相应的维护建议和预警提示。

4.5 红外热成像技术

大型旋转机械设备轴承状态监测技术中的一项先进方法是红外热成像技术。红外热成像技术通过红外热像仪记录和获取轴承运转过程中不同区域的温度，生成热图。正常情况下，各部位的温度应该分布均匀，当轴承存在问题时，如润滑不良、磨损、局部过热等，会导致局部温度异常升高，这种异常热点可以通过红外热图清晰展示。通过红外热成像技术，工程师可以对轴承的热异常情况进行分析和诊断。异常的热斑可能预示着轴承存在磨损、摩擦不良或润滑不足等问题，及时发现此类异常情况有助于准确诊断轴承故障，并采取相应的修复措施，避免故障进一步恶化。红外热成像技术还可以结合历史数据和趋势分析，帮助建立轴承热图数据库，以实现预测性维护。通过比对历史数据，监测轴承热点变化的趋势，能够帮助企业预测轴承潜在故障的发生时机，提前制定相应的维护计划，减少设备停机时间和维修成本。

5 轴承故障诊断方法与技术

5.1 基于信号处理技术的故障诊断

基于信号处理技术的轴承故障诊断是一种高效准确的方法，通过对轴承振动信号、声音信号或温度信号等多种信号进行采集、处理和分析，可以实现对轴承的状态进行全面评估和故障诊断。信号采集阶段是基于信号处理技术的故障诊断的第一步，在这个阶段，通过安装

振动传感器、声音传感器、温度传感器等在轴承附近,实时采集相应的信号数据。这些数据可以反映轴承运行时产生的振动、声音和温度情况,为后续的信号处理和分析提供数据基础。信号处理阶段是关键的一环,包括采用傅里叶变换、小波变换、时频分析等方法对采集到的信号数据进行处理和分析。通过频谱分析可以提取故障特征频率,识别不同类型的故障,例如滚珠损伤、内外环裂纹等。小波变换可以帮助分析信号的瞬时频率变化,识别故障的时域信息。时频分析可以观察信号在时间和频率上的变化,帮助了解故障的发展过程。基于信号处理技术的轴承故障诊断还可以结合模式识别、机器学习和人工智能等方法。通过建立故障诊断模型、训练算法,可以自动识别不同类型的故障模式,并实现智能化的故障预警和诊断。这样可以显著提高对故障的准确诊断速度和级别。

5.2 基于人工智能的故障诊断方法

基于人工智能的轴承故障诊断方法是一种新兴而高效的技术手段,利用机器学习、深度学习等人工智能技术,对轴承的故障状态进行智能化分析和诊断。首先,基于人工智能的轴承故障诊断方法需要大量的数据支持。通过安装各种传感器采集轴承的振动数据、声音数据、温度数据等多维信号数据,并建立数据集用于训练和测试模型。其次,机器学习技术是基于人工智能的轴承故障诊断的关键技术之一,通过对采集到的多维信号数据进行特征提取、数据清洗、数据预处理等步骤,建立机器学习模型。常用的机器学习算法包括支持向量机(SVM)、随机森林(Random Forest)、神经网络等。深度学习技术在基于人工智能的轴承故障诊断中也起着重要作用,深度学习模型如卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)等可以更好地捕捉信号数据之间的复杂关系,实现对轴承的故障诊断的精准性和准确性提升^[3]。最后,基于人工智能的轴承故障诊断方法具有自动化、高效性和智能化的优势。通过训练模型、监控数据,并与实时采集的数据进行对比,系统可以自动识别轴承的异常情况,发出预警,并提供故障类型、严重程度以及可能的原因,有助于设备维护人员及时采取措施进行维修和保养。

5.3 轴承健康管理策略

轴承故障诊断方法与技术与轴承健康管理策略密切相关,结合两者可以实现更全面的轴承健康管理。轴承健康管理策略是一种综合管理方法,旨在通过持续监测、检测和诊断,实现轴承的预防性维护和故障预测,从而延长轴承寿命、提高设备可靠性。轴承故障诊断技术在轴承健康管理策略中扮演着重要角色,通过利用振动分析、声音诊断、红外热成像等多种技术手段对轴承进行实时监测和故障诊断,可以及时发现潜在问题,实现预测性维护。这有助于避免突发故障造成的停机时间和生产成本损失,同时提高设备的整体运行效率和性能。基于人工智能的轴承故障诊断技术也可以有助于轴承健康管理策略的实施,利用机器学习和深度学习技术分析大量的信号数据,建立轴承的健康状态模型,实现对轴承寿命、工作状态的精准监测和预测。这种智能化的维护策略可以帮助企业减少维修成本,提高生产效率。轴承故障诊断技术还可以结合有效的数据管理和远程监控系统,实现对多个轴承设备的集中监控和管理,通过建立大数据分析平台,对不同设备的历史数据、趋势分析进行监控,同时结合实时报警功能,可根据不同轴承的健康状态,提供相应的维护决策支持,推动轴承健康管理策略的完善。

结束语

在当今工业生产中,轴承作为重要的机械部件,其故障对生产效率和安全性造成重大影响。通过充分运用先进的轴承故障诊断技术和基于人工智能的智能化手段,结合轴承健康管理策略,可以实现对轴承的全面监测、预测性维护和精准诊断。这不仅有助于减少维修成本、提高生产效率,更能够推动企业设备管理水平的提升,为实现安全高效的生产运营提供有力支持。

参考文献

- [1]曾龙飞.浅谈大型火电厂汽轮机轴承振大的原因分析及处理[J].科技经济导刊.2017(08):85+83.
- [2]杨跃.离心式压缩机振动故障原因分析及应对措施[J].中氮肥.2018.(5):58-59
- [3]刘顺顺.卢绪祥.刘瑞.流体动压轴承状态监测与故障诊断研究进展[J].汕头大学学报(自然科学版).2023.38(1):35-47.