

# 轴承损伤检测与在线监测技术的研究

王进军 刘欢

沈阳罕王精密轴承有限公司 辽宁 沈阳 110000

**摘要:** 文探讨了轴承损伤检测和在线监测技术的重要性。轴承是机械设备中的关键部件,其损伤可能导致设备故障,影响生产安全。宏观缺陷检测技术和微观缺陷检测技术是轴承损伤检测的主要手段,包括荧光渗透检测、磁粉检测、涡流检测、金相检测、电子显微镜检测和X射线检测等。在线监测技术包括基于振动分析、声发射和温度的监测方法,可以及时发现轴承内部的损伤和异常情况。通过对这些技术的综合应用,实现对轴承的全面监测和管理,预防设备故障,保证生产安全。

**关键词:** 轴承; 损伤检测; 在线监测

**引言:** 轴承是各种机械设备中至关重要的部件,其性能直接影响到整个设备的运行安全和效率。然而,由于长时间的高速运转、振动、温度变化等因素的影响,轴承可能会出现损伤,如磨损、裂纹、剥落等,这些损伤不仅会影响轴承的性能,严重时甚至可能导致设备故障。因此,对轴承损伤进行及时检测和在线监测,对于预防设备故障、保证生产安全具有重要意义。本文将对轴承损伤检测和在线监测技术进行深入探讨和研究。

## 1 轴承损伤检测技术

### 1.1 宏观缺陷检测技术。

通过观察和测量轴承的外观,检测如裂纹、剥落等明显的损伤。常用的宏观缺陷检测方法包括荧光渗透检测、磁粉检测、涡流检测等。(1) 荧光渗透检测。荧光渗透检测是一种常用的表面缺陷检测方法。在荧光渗透液的作用下,表面的裂纹、气孔等缺陷会被染色,通过观察染色情况,可以快速、准确地检测出轴承表面的裂纹和其他明显损伤。荧光渗透检测具有灵敏度高、操作简便、成本低等优点,被广泛应用于轴承的表面缺陷检测<sup>[1]</sup>。(2) 磁粉检测。磁粉检测是通过利用磁粉的磁性来检测表面缺陷的一种方法。在磁粉的作用下,表面的裂纹、气孔等缺陷会被磁化,从而吸引磁粉形成明显的磁粉痕迹,通过观察磁粉痕迹可以检测出轴承表面的裂纹和其他明显损伤。磁粉检测具有操作简便、成本低等优点,被广泛应用于轴承的表面缺陷检测。(3) 涡流检测。涡流检测是通过利用电磁感应原理来检测材料内部缺陷的一种方法。在涡流的作用下,材料内部的缺陷会感应出涡流,从而引起电压变化,通过测量电压变化可以检测出材料内部的裂纹和其他缺陷。涡流检测具有检测速度快、灵敏度高、成本低等优点,被广泛应用于轴承的材料内部缺陷检测。

### 1.2 微观缺陷检测技术。

缺陷检测技术主要通过分析轴承材料的微观结构和性能变化,检测如疲劳裂纹、材质劣化等微小损伤。常用的微观缺陷检测方法包括金相检测、电子显微镜检测、X射线检测等。(1) 金相检测。金相检测是通过观察材料金相组织的变化来检测材料内部缺陷的一种方法。通过对材料进行研磨、抛光和蚀刻等处理,观察材料的金相组织,可以发现材料内部的疲劳裂纹、材质劣化等微小损伤。金相检测具有高精度、高分辨率等优点,被广泛应用于轴承的材料内部缺陷检测。(2) 电子显微镜检测。电子显微镜检测是一种高倍率显微镜,能够观察材料表面的纳米级结构变化和微小缺陷。通过对材料表面进行电子扫描和成像处理,可以发现材料表面的纳米级裂纹和其他微小损伤。电子显微镜检测具有高精度、高分辨率等优点,被广泛应用于轴承的材料表面缺陷检测。(3) X射线检测。X射线检测是通过利用X射线穿透材料的能力来检测材料内部缺陷的一种方法。通过对材料进行X射线照射,可以发现材料内部的裂纹和其他微小损伤。X射线检测具有高精度、高分辨率等优点,被广泛应用于轴承的材料内部缺陷检测<sup>[2]</sup>。

## 2 轴承在线监测技术

### 2.1 基于振动分析的在线监测技术。

轴承在运行过程中会产生振动信号,这些信号的特性与轴承的运行状态密切相关。因此,基于振动分析的在线监测技术是一种广泛应用于轴承损伤监测的方法。通过安装振动传感器,可以采集轴承运行过程中的振动数据,利用信号处理技术对数据进行频谱分析、时域分析等,从而判断轴承的运行状态和潜在故障。(1) 振动监测系统的构成。基于振动分析的在线监测系统通常由以下几个部分组成:振动传感器、数据采集器、信号

处理和分析软件以及报警系统。振动传感器是用来采集轴承运行过程中的振动信号的装置,通常安装在轴承附近的关键位置。传感器将采集到的振动信号传输到数据采集器中,数据采集器将信号进行放大、滤波和数字化处理后,通过接口将数据传输到计算机中进行进一步的处理和分析。信号处理和分析软件是实现振动监测的核心部分。软件可以对采集到的数据进行各种分析,如频谱分析、时域分析、相关分析等,通过这些分析可以提取出轴承的运行状态信息。通过对这些信息的识别和判断,可以及时发现轴承的异常情况,并触发报警系统进行预警。报警系统是实时监测的关键部分。当软件识别到轴承的异常情况时,报警系统会立即触发报警,通知相关人员及时处理,避免设备故障的发生。(2) 振动监测技术的应用。基于振动分析的在线监测技术在轴承损伤监测中具有广泛的应用。例如,可以通过对轴承的振动信号进行频谱分析,提取出轴承的运行状态信息,如转速、载荷、润滑状态等。同时,通过对振动信号的相关性分析,可以判断出轴承的损伤程度和位置。此外,基于振动分析的在线监测技术还可以与其他技术相结合,以提高监测的准确性和可靠性。例如,可以将振动监测技术与温度监测技术相结合,综合分析轴承的运行状态和温度变化情况,以更全面地了解轴承的性能和状态。(3) 振动监测技术的优点。基于振动分析的在线监测技术具有以下优点:(1) 实时性:振动监测技术可以实时采集轴承的振动数据,并进行分析和处理,及时发现轴承的异常情况。(2) 可靠性高:通过对轴承的振动信号进行多种分析,可以更全面地了解轴承的性能和状态,提高监测的可靠性。(3) 适应性广:振动监测技术可以应用于各种类型的轴承和机械设备中,具有广泛的适应性<sup>[3]</sup>。

## 2.2 基于声发射的在线监测技术。

声发射是指物体在受力时发出声音的现象。利用声发射传感器采集轴承运行过程中的声音信号,通过对信号进行分析和处理,可以检测到轴承内部的裂纹扩展、材料剥落等损伤情况。声发射技术在轴承在线监测中具有重要应用价值。(1) 声发射监测系统的构成。基于声发射的在线监测系统通常由以下几个部分组成:声发射传感器、数据采集器、信号处理和分析软件以及报警系统。声发射传感器是用来采集轴承运行过程中的声发射信号的装置,通常安装在轴承附近的关键位置。传感器将采集到的声发射信号传输到数据采集器中,数据采集器将信号进行放大、滤波和数字化处理后,通过接口将数据传输到计算机中进行进一步的处理和分析。信号

处理和分析软件是实现声发射监测的核心部分。软件可以对采集到的数据进行各种分析,如频谱分析、时域分析、特征提取等,通过这些分析可以提取出轴承的损伤信息。通过对这些信息的识别和判断,可以及时发现轴承的异常情况,并触发报警系统进行预警。报警系统是实时监测的关键部分。当软件识别到轴承的异常情况时,报警系统会立即触发报警,通知相关人员及时处理,避免设备故障的发生。(2) 声发射监测技术的应用。基于声发射的在线监测技术在轴承损伤监测中具有广泛的应用。例如,可以通过对轴承的声发射信号进行频谱分析,提取出轴承的损伤信息,如裂纹扩展速率、剥落面积等。同时,通过对声发射信号的时域分析,可以判断出轴承的损伤程度和位置。此外,基于声发射的在线监测技术还可以与其他技术相结合,以提高监测的准确性和可靠性。例如,可以将声发射监测技术与振动监测技术相结合,综合分析轴承的运行状态和振动情况,以更全面地了解轴承的性能和状态。(3) 声发射监测技术的优点。基于声发射的在线监测技术具有以下优点:1) 实时性:声发射监测技术可以实时采集轴承的声发射信号,并进行分析和处理,及时发现轴承的异常情况。2) 可靠性高:通过对轴承的声发射信号进行分析和处理,可以更全面地了解轴承的损伤情况,提高监测的可靠性。3) 灵敏度高:声发射技术对微小损伤非常敏感,可以检测到早期的损伤信号,预防设备故障的发生。4) 非接触式监测:声发射传感器可以在轴承附近进行非接触式安装,不会干扰轴承的正常运行

## 2.3 基于温度的在线监测技术。

温度是反映轴承运行状态的重要参数之一。当轴承出现磨损或故障时,会导致摩擦增加和热量产生,使轴承的温度升高。通过对轴承运行过程中的温度进行实时监测,可以判断轴承的磨损程度、是否存在异常发热以及检测到潜在的故障。这种在线监测技术在预防设备故障中具有重要作用<sup>[4]</sup>。(1) 温度监测系统的构成。基于温度的在线监测系统通常由以下几个部分组成:温度传感器、数据采集器、信号处理和分析软件以及报警系统。温度传感器是用来测量轴承运行过程中的温度的装置,通常安装在轴承附近的关键位置。传感器将采集到的温度信号传输到数据采集器中,数据采集器将信号进行放大、滤波和数字化处理后,通过接口将数据传输到计算机中进行进一步的处理和分析。信号处理和分析软件是实现温度监测的核心部分。软件可以对采集到的温度数据进行各种分析,如实时温度监测、温度变化趋势分析、异常温度报警等。通过这些分析可以实时掌握轴

承的运行状态和潜在故障。报警系统是实现实时监测的关键部分。当软件识别到轴承的异常温度时,报警系统会立即触发报警,通知相关人员及时处理,避免设备故障的发生。(2)温度监测技术的应用。基于温度的在线监测技术在轴承损伤监测中具有广泛的应用。同时,通过对温度数据的趋势分析,可以预测轴承的磨损程度和更换周期。此外,基于温度的在线监测技术还可以与其他技术相结合,以提高监测的准确性和可靠性。(3)温度监测技术的优点。基于温度的在线监测技术具有以下优点:1)实时性:温度监测技术可以实时采集轴承的温度数据,并进行分析和处理,及时发现轴承的异常情况。2)可靠性高:通过对轴承的温度数据进行实时监测和分析,可以更全面地了解轴承的运行状态和潜在故障。3)灵敏度高:温度监测技术对温度变化非常敏感,可以及时发现轴承的异常发热和其他异常情况。4)直观性强:通过实时显示轴承的温度数据,可以让操作人员直观地了解轴承的运行状态和设备的工作情况。

#### 2.4 基于图像处理的在线监测技术。

基于图像处理的在线监测技术是一种利用计算机视觉和图像处理技术来监测轴承表面损伤的非接触式监测方法。通过采集轴承表面的图像,对图像进行分析和处理,提取出与轴承损伤相关的特征信息,如裂纹、剥落、磨损等,从而判断轴承的损伤程度和故障类型。这种在线监测技术具有非接触式、高精度和高可靠性的优点。(1)图像处理监测系统的构成。基于图像处理的在线监测系统通常由以下几个部分组成:图像采集装置、图像处理和分析软件、计算机存储和显示设备以及报警系统。(2)图像处理监测技术的应用。基于图像处理的在线监测技术在轴承损伤监测中具有广泛的应用。例如,可以通过对轴承表面的图像进行分析,及时发现轴承的裂纹、剥落等损伤,预测设备故障。同时,通过对不同时间采集的图像进行对比和分析,可以评估轴承的磨损程度和更换周期。此外,基于图像处理的在线监测技术还可以与其他技术相结合,以提高监测的准确性和

可靠性。例如,可以将图像监测技术与振动分析技术相结合,综合分析轴承的运行状态和振动情况,以更全面地了解轴承的性能和状态。(3)图像处理监测技术的优点。1)非接触式监测:图像处理技术通过采集轴承表面的图像进行分析和处理,不会干扰轴承的正常运行,实现了非接触式监测<sup>[5]</sup>。2)高精度和高可靠性:通过对图像进行预处理、特征提取和模式识别等步骤,可以准确地提取出与轴承损伤相关的特征信息,提高了监测的精度和可靠性。3)直观性强:通过显示处理后的图像和监测结果,可以让操作人员直观地了解轴承的运行状态和设备的工作情况。4)适用于各种类型的轴承:基于图像处理的在线监测技术适用于各种类型的轴承,包括滚动轴承、滑动轴承和齿轮等。

结论:本文对轴承损伤检测和在线监测技术进行了深入研究和探讨。宏观缺陷检测技术和微观缺陷检测技术是轴承损伤检测的主要手段,而基于振动分析、声发射和温度的在线监测技术则是及时发现轴承损伤的重要途径。通过对这些技术的综合应用,可以实现对轴承的全面监测和管理,预防设备故障,保证生产安全。未来,随着智能化技术的发展和应用,轴承损伤检测和在线监测技术将更加智能化、高效化,为机械设备的运行提供更加可靠的保障。

#### 参考文献

- [1]王丽,王媛媛.轴承损伤检测及在线监测技术研究[J].机械工程与自动化,2020(4):22-24.
- [2]李明,王晓冬.基于振动分析的轴承损伤检测方法研究[J].机械科学与技术,2021(1):39-45.
- [3]张亮,郭晓琳.基于声发射技术的轴承损伤监测[J].中国机械工程,2020(9):45-50.
- [4]高峰,王云龙.基于温度监测的轴承磨损状态识别研究[J].计算机与应用,2021(2):39-44.
- [5]王刚,王宇.轴承损伤检测方法综述[J].机械设计与制造,2020(6):11-17.