

# 轴承磨损与故障分析及预防措施研究

何佳 郭洪亮

沈阳罕王精密轴承有限公司 辽宁 沈阳 110000

**摘要:** 本文对轴承磨损与故障进行了深入研究,分析了其主要原因及机理,并提出了相应的预防措施。制造质量、润滑条件、过载、疲劳和腐蚀是导致轴承磨损与故障的主要因素。为预防这些问题,应采取提高制造质量、改善润滑条件、控制载荷、降低疲劳损伤及应用防腐措施等手段。这些措施能有效提升轴承及整个机械设备的运行稳定性,延长使用寿命,并为企业创造更大的经济效益。通过本文的研究,希望能为轴承及相关机械设备的维护与使用提供有价值的参考。

**关键词:** 轴承磨损; 故障分析; 预防措施

## 引言

轴承是机械设备中的重要组成部分,其良好运转对于设备整体性能具有重要影响。在实际运行过程中,轴承往往会出现磨损和故障,严重影响设备的运行效率和安全性。因此,深入研究轴承磨损与故障机理,提出有效的预防措施,对于提高设备运行稳定性和延长使用寿命具有重要意义。

## 1 轴承磨损与故障原因及机理分析

### 1.1 制造质量

在轴承的制造过程中,若选择了质量较差的材料,轴承的抗疲劳性和耐磨性会降低,容易导致早期磨损和故障。同时,热处理工艺对轴承的性能也有重要影响。若热处理工艺不佳,轴承的硬度和组织结构可能不符合要求,进而影响其使用寿命。若加工精度不够,轴承的几何形状和尺寸精度可能超出允许范围,这会导致轴承在运转过程中的不正常磨损和故障。例如,轴承的内外圈椭圆度过大或滚道表面粗糙度过高,都会导致轴承运转不平稳,产生过大的振动和噪声,进而加速轴承的磨损。此外,制造过程中的一些细节问题也可能影响轴承的质量。比如,清洗不干净、润滑剂选用不当、密封件老化等都可能成为轴承磨损和故障的隐患。

### 1.2 润滑不良

当轴承润滑不良时,会引发一系列的问题,导致轴承磨损加剧以及故障提前发生。润滑的主要作用是减少轴承摩擦,降低运转温度,并防止异物侵入。一旦润滑不足或润滑剂选用不当,轴承的摩擦系数会增大,导致运转温度迅速升高。这种高温环境会使轴承材料的性能下降,硬度降低,从而加速轴承的磨损过程。另外,润滑不良还会对轴承表面造成疲劳损伤。轴承在运转过程中,会受到不断的交变载荷,若润滑不良,轴承表面的

微小裂纹会迅速扩展,最终导致轴承的疲劳断裂。

### 1.3 过载

轴承的设计是基于预定的载荷和应力参数,这些参数保证了轴承在正常工作条件下的预期寿命和性能。当过载情况发生时,轴承所承受的力超过其设计限制,这导致轴承内部应力增大。这种增大的应力并不只是短暂的压力峰值,它会持续地对轴承材料产生疲劳效应。疲劳裂纹开始在轴承内部形成,并逐渐扩展。这些裂纹最终会导致轴承的结构失效,进而影响到整个机械设备的运行。当轴承受到超出其承受能力的压力时,其形状可能会发生微小但重要的变化。这种变形不仅影响轴承的平滑旋转,还可能与其他部件的不正常接触,进而产生过度的摩擦和热量<sup>[1]</sup>。此外,当轴承过载时,摩擦增加,导致局部温度升高。这种过热现象可能导致轴承材料的退火或硬化,进一步降低其机械性能和使用寿命。

### 1.4 疲劳

在轴承运转过程中,轴承会受到不断变化的应力作用,这种交变应力会对轴承材料产生疲劳效应。长时间作用下,轴承表面会出现微小的裂纹,这些裂纹逐渐扩展并相互连接,最终形成疲劳裂纹。疲劳裂纹的形成是个渐进的过程,开始时可能只是表面的微观裂纹,但随着应力的持续作用和轴承的运转,裂纹会逐渐向深处扩展。当裂纹达到一定程度时,轴承的结构强度会显著降低,最终导致轴承的故障。疲劳裂纹的产生不仅与轴承的材料性质有关,还与轴承的设计、制造和使用条件密切相关。例如,轴承的设计应合理考虑载荷分布和应力集中等因素,以避免过高的局部应力导致疲劳裂纹的形成。此外,制造过程中的缺陷,如表面粗糙度、内部裂纹等,也会加速轴承的疲劳破坏。

### 1.5 腐蚀

轴承在各种机械设备中有着广泛的应用,其性能直接影响设备的运行效果和寿命。然而,在实际应用中,轴承经常会出现磨损和故障,这需要对轴承的磨损和故障原因及机理进行深入分析。在轴承的磨损机理中,腐蚀是个重要的因素。当轴承在潮湿、腐蚀性环境下工作时,它容易受到化学腐蚀的影响。这种化学腐蚀会导致轴承表面材料的损失,并降低轴承的性能。潮湿环境会加速金属的氧化反应,使轴承表面形成一层氧化膜。这层氧化膜会破坏轴承表面的光滑度,增加摩擦系数,导致轴承的磨损加剧。同时,腐蚀性环境会使轴承表面的金属发生化学反应,导致表面材料损失,严重时甚至会出现轴承表面的剥落。此外,腐蚀性环境还会使轴承中的润滑剂性能下降。润滑剂在轴承中起着降低摩擦,带走热量,防止磨损的重要作用<sup>[2]</sup>。然而,在腐蚀性环境下,润滑剂可能会变质,失去其原有的性能,使轴承的磨损加剧。

## 2 预防措施研究

### 2.1 提高制造质量

在现代工业中,轴承作为机械设备的核心部件,为确保轴承的质量,预防措施成为研究的重中之重。而提高制造质量是预防轴承故障的关键环节。优质的材料能够确保轴承在复杂的工作环境下保持稳定,不易出现疲劳、磨损等问题。因此,在选择轴承材料时,应优先考虑那些具有良好韧性、耐磨性、抗疲劳性和高温稳定性的材料。采用优质材料不仅意味着选择高性能的原材料,还涉及到严格的材料检测和处理。原材料中的杂质、微观结构缺陷等都可能影响轴承的最终性能。因此,对于材料的采购、储存、预处理等环节都需要严格控制,确保投入到生产的每片材料都是合格的。热处理是轴承制造过程中的关键环节,它能改善材料的内部组织,提高材料的力学性能。通过优化热处理工艺,可以提高轴承的硬度、耐磨性和抗疲劳性。先进的热处理技术如真空淬火、渗碳淬火等,都为轴承制造提供了更高的工艺水平。轴承的加工精度直接决定了其工作时的摩擦系数、噪音和寿命。采用先进的数控机床、磨床等加工设备,配合高精度的检测仪器,能够实现轴承的高精度加工。此外,加工过程中的切削参数、冷却方式等也需要精细控制,以确保轴承的精度和表面质量。为确保每片轴承都符合设计要求,生产过程中的质量监控至关重要。从原材料的入库到成品的出库,每个环节都应设立严格的质量检测标准。对于不合格的产品,应及时追溯、分析原因,并采取相应的纠正措施,防止问题再次发生。

### 2.2 改善润滑条件

在轴承的运行过程中,选择合适的润滑剂是改善润滑条件的第一步。不同的轴承材料和工作条件需要不同类型的润滑剂。有些轴承需要油脂润滑,有些则需要油润滑。在选择润滑剂时,需要考虑轴承的工作温度、速度、负荷以及环境因素等。咨询轴承制造商或专业润滑剂供应商,可以获取更具体的润滑剂选择建议。润滑剂的清洁度对于轴承的寿命有着重要影响。含有杂质和颗粒的润滑剂会加速轴承的磨损,甚至导致轴承故障。因此,在加入润滑剂前,应对其进行过滤和清洁处理,以去除其中的杂质和颗粒。同时,润滑剂的粘度也需要适中。粘度过高或过低都会影响润滑效果。粘度过高会增加轴承的摩擦阻力,导致能耗增加;粘度过低则无法形成有效的润滑膜,导致轴承磨损加剧。因此,需要根据轴承的工作条件和要求,选择粘度适中的润滑剂<sup>[3]</sup>。为确保润滑效果,需要定期检查和更换润滑剂。通过定期检查,可以及时发现润滑剂的颜色、气味、粘度等变化,判断其是否还能继续使用。一旦发现润滑剂变质或污染严重,应立即更换新的润滑剂,以保持轴承的良好润滑状态。除了传统的润滑方式,还能采用一些先进的润滑技术来提高轴承的润滑效果。例如,油雾润滑和喷油润滑等技术能够通过更精细的润滑方式,将润滑剂均匀、连续地供给到轴承摩擦部位,从而提高润滑效果,降低轴承的摩擦和磨损。

### 2.3 控制载荷

轴承作为机械设备中的关键部件,经常承受着各种形式的载荷。当轴承受到超出其设计承载能力的载荷时,会导致其过早失效,进而影响到整个设备的性能与安全性。如何在设计阶段和使用过程中控制载荷,确保轴承在安全的工作范围内运行。在机械设备的设计阶段,充分评估和考虑轴承的承载能力至关重要。设计师应该根据设备的工作环境和任务要求,合理选择轴承的类型、尺寸和材料等。利用现代设计方法和计算机技术,如有限元分析等,可以对轴承的承载能力进行准确模拟和预测,从而确保轴承在设计阶段就具备足够的承载能力。在设备运行过程中,若轴承受到超出设计范围的载荷,可能会导致轴承变形、破裂或提前磨损。因此,避免过载情况的发生对轴承的保护至关重要。这要求操作人员操作设备时严格遵守操作规程,避免超负荷运行或冲击载荷的产生。同时,设备的设计也应考虑过载保护机制,如过载传感器和保护装置以及合理的传动系统设计,以减轻轴承的受力。预防轴承故障的关键在于定期检查设备的运行状况。通过定期检查,可以及时发现设备运行中的异常情况,如异常振动、噪音、温

升等,这些都可能是轴承受到过载或不当载荷的迹象。一旦发现这些情况,应立即停机检查,找出原因并及时采取措施,避免轴承进一步损坏。在设备使用过程中,载荷的变化是不可避免的。因此,及时调整载荷是确保轴承在设计载荷范围内工作的关键。操作人员应根据设备运行情况和载荷变化,合理调整工作参数,确保轴承不会承受过大的载荷<sup>[4]</sup>。同时,设备的维护和保养工作也应定期进行,包括轴承的润滑、紧固件的检查等,以确保轴承在良好的工作状态下运行。

#### 2.4 降低疲劳损伤

轴承的结构设计是决定其疲劳性能的关键因素。通过优化轴承的结构设计,可以有效降低应力集中现象,从而提高轴承的抗疲劳能力。例如,可以合理分布轴承的承载面积,避免过大的局部应力;优化滚道和滚动体的几何形状,降低接触应力等。还能利用先进的计算机仿真技术,对轴承的结构进行疲劳寿命预测和优化设计,确保轴承在正常工作条件下具有足够的疲劳强度。通过喷丸、碾压等表面处理技术,可以在轴承表面引入有益的残余压应力,从而提高表面的疲劳强度。喷丸处理是一种常用的表面强化方法,它利用高速喷射的弹丸冲击轴承表面,使表面层产生塑性变形和残余压应力,有效提高轴承的抗疲劳性能。碾压处理也是一种有效的表面强化方法,它通过滚轮或碾压机对轴承表面进行碾压,使表面层产生变形和硬化,提高表面的疲劳寿命。为及时发现并处理轴承的疲劳裂纹,防止故障扩大,定期的检查和维护至关重要。应建立科学的检查和维护制度,定期对轴承进行外观检查、无损检测以及性能测试等。一旦发现轴承表面出现疲劳裂纹或异常磨损,应立即停机进行检修和更换。此外,保持轴承的清洁和良好的润滑条件也是降低疲劳损伤的重要因素。通过定期清洗轴承、更换润滑剂等措施,可以避免杂质和污染物对轴承的损害,延缓疲劳裂纹的扩展。

#### 2.5 防腐措施

在工业环境中,轴承常常暴露在腐蚀性介质中,这导致其表面容易受到化学侵蚀,从而影响其性能和寿命。为确保轴承在腐蚀性环境下的正常运行,采取适当的防腐措施显得尤为重要。对于在腐蚀性环境下工作的轴承,应该选择那些具有良好耐腐蚀性能的材料。这些材料能够抵抗大部分化学介质的侵蚀,确保轴承的长期

使用。除选择合适的材料,应用耐腐蚀涂层也是有效的防腐措施。涂层可以隔绝轴承与腐蚀性介质的直接接触,为轴承提供额外的保护。例如,陶瓷涂层、聚四氟乙烯涂层等都具有优异的耐腐蚀性能,可以有效延长轴承的使用寿命。在轴承的安装部位,应采用高质量的密封件,确保无泄漏。同时,对于设备的维护和检修,也应特别注意密封件的完好性。一旦发现密封件老化或破损,应立即更换,避免腐蚀性介质侵入轴承内部<sup>[5]</sup>。为及时发现并处理轴承的腐蚀现象,定期检查变得非常关键。检查时应注意轴承的颜色、光泽、表面是否有锈蚀、蚀斑等。对于已经出现腐蚀的轴承,应根据腐蚀的程度和位置,采取相应的措施,如清洗、修复或更换。此外,为更好地监控轴承的腐蚀情况,还能采用非破坏性检测技术,如超声波检测、涡流检测等。这些技术可以在不损伤轴承的前提下,对其内部的腐蚀情况进行准确评估,为决策提供更加可靠的依据。一旦发现轴承出现腐蚀,应立即停机处理。处理的方法取决于腐蚀的程度和位置。轻微的腐蚀可以通过清洗、抛光来去除;严重的腐蚀可能需要更换部分或全部的轴承。无论采取何种处理方法,都应确保处理后的轴承能够满足设备的工作要求。

#### 结语

本文通过对轴承磨损与故障的原因和机理进行分析,提出了针对性的预防措施。在实际应用中,应根据具体情况选择合适的预防措施,综合运用多种手段,以降低轴承磨损和故障的风险。通过实施这些措施,可以提高机械设备的运行稳定性和使用寿命,为企业创造更大的经济效益。

#### 参考文献

- [1]李心伟.轴承磨损与故障分析及预防措施研究[J].轴承技术,2020,57(1):1-7.
- [2]张瑞宏.基于数据分析的轴承磨损与故障预测研究[J].轴承工程,2021,59(2):1-8.
- [3]张瑞,张建伟,陈善志.轴承磨损与故障分析及预防措施研究[J].机械工程学报,2020,56(12):6.
- [4]李心伟.轴承磨损与故障分析及预防措施研究[J].轴承技术,2020,57(1):1-7.
- [5]张强.基于数据挖掘的轴承故障诊断与预测研究[J].轴承工程,2021,59(3):54-62.