

# 高速轴承润滑状态对振动特性的影响实验分析

刘星武

贵州凯金新能源科技有限公司 贵州铜仁

**【摘要】**在现代工业体系中，高速轴承作为核心机械部件，广泛应用于航空航天、汽车制造、精密机床等诸多领域，其稳定运行对设备整体性能起着决定性作用。本研究精准聚焦于不同润滑状态下高速轴承的振动特性，通过搭建高精度实验平台，运用先进的传感器与数据分析技术，深入剖析润滑状态对振动特征的影响机制。研究清晰表明，合理润滑能大幅降低振动幅度，有效减少故障隐患；反之，不当润滑极易引发严重机械故障。本研究成果为高速轴承的优化设计与高效维护提供了坚实的理论依据与有力的技术支撑，在实际工程应用中极具价值。

**【关键词】**高速轴承；润滑状态；振动特性；实验分析

**【收稿日期】**2024 年 12 月 16 日 **【出刊日期】**2025 年 1 月 19 日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20250027

## Experimental analysis of the influence of lubrication conditions on the vibration characteristics of high - speed bearings

Xingwu Liu

Guizhou Kai Jin New Energy Technology Co., Ltd, Tongren, Guizhou

**【Abstract】**In the modern industrial system, high - speed bearings, as core mechanical components, are widely used in many fields such as aerospace, automotive manufacturing, and precision machine tools. Their stable operation plays a decisive role in the overall performance of the equipment. This study precisely focuses on the vibration characteristics of high - speed bearings under different lubrication conditions. By building a high - precision experimental platform and using advanced sensors and data analysis techniques, it deeply analyzes the influence mechanism of lubrication conditions on vibration characteristics. The research clearly shows that reasonable lubrication can significantly reduce the vibration amplitude and effectively reduce potential failure risks. Conversely, improper lubrication can easily lead to serious mechanical failures. The research results provide a solid theoretical basis and strong technical support for the optimized design and efficient maintenance of high - speed bearings, and are of great value in practical engineering applications.

**【Keywords】**High - speed bearings; Lubrication conditions; Vibration characteristics; Experimental analysis

### 引言

高速轴承在现代工业中的重要性不言而喻，其性能直接影响到机械设备的整体效率和可靠性。尤其是在高转速运转条件下，轴承的润滑状态成为影响其运行稳定性的关键因素之一。目前关于不同润滑状态对高速轴承振动特性具体影响的研究相对有限，这限制了对轴承故障早期预警和维护策略优化的能力。鉴于此，开展针对高速轴承在不同润滑条

件下的振动特性实验分析显得尤为必要。本研究旨在通过系统的实验方法探讨润滑状态对高速轴承振动特性的影响规律，以期为提高轴承及其主机设备的可靠性和寿命提供科学依据。

### 1 高速轴承振动特性基础理论分析

高速轴承作为现代机械系统中不可或缺的组件，其振动特性直接关系到机械设备的整体性能和使用寿命。在理想的工作状态下，高速轴承应表现出稳

定的振动模式，这主要取决于其内部结构、材料属性以及外部工作条件。当轴承处于最佳润滑状态时，滚动体与滚道之间的摩擦被有效降低，从而减少了因接触应力引发的微小变形和磨损，确保了设备运行的平稳性。润滑剂还能起到冷却作用，防止由于摩擦热导致的温度升高，进一步维护了轴承的正常运转。实际应用中，不同类型的润滑剂及润滑方式会对轴承的动态行为产生显著影响，这些变化往往通过振动信号表现出来。

从力学角度看，高速轴承的振动特性是由多种因素共同作用的结果，包括但不限于负载条件、转速以及润滑状态等。其中，润滑状态不仅影响着轴承表面的摩擦系数，还改变了系统的阻尼特性。良好的润滑能够在接触面间形成一层有效的保护膜，减少金属间的直接接触，进而降低磨损和振动幅度。相反，若润滑不足或不当，则可能导致严重的边界摩擦，增加局部热点的风险，最终引起振动加剧甚至损坏。理解不同润滑条件下轴承振动特性的变化规律对于故障诊断和预防具有重要意义。通过对振动信号的频谱分析，可以识别出由润滑状态变化引起的特定频率成分，为后续的实验研究奠定了理论基础<sup>[1]</sup>。

基于上述理论分析，深入探究不同润滑状态对高速轴承振动特性的影响机制显得尤为关键。这不仅有助于揭示润滑失效早期的征兆，还可以指导工程实践中润滑管理策略的优化。在一些高精度要求的应用场合，如航空发动机或精密机床中，即使是细微的振动变化也可能暗示着潜在的问题，及时准确地捕捉这些信息对于保障设备的安全稳定运行至关重要。通过建立科学合理的实验方案，结合先进的测试技术，能够有效地评估不同润滑条件下的轴承振动特征，为实现高效可靠的润滑管理和故障预防提供有力支持。

## 2 不同润滑状态下振动特性的实验设计与实施

在探索不同润滑状态下高速轴承振动特性的实验设计中，选择合适的测试设备和方法至关重要。实验采用了一套精密的振动测试系统，包括高灵敏度加速度传感器、数据采集器以及专业的分析软件，确保能够准确捕捉到轴承运行过程中的细微振动变化。为了模拟实际工况，实验设置了多种负载条件和转速，并对每种情况下分别施加不同的润滑状态，

如干摩擦、油润滑及脂润滑等。通过严格控制实验环境和参数设置，保证了数据的可靠性和可重复性。还特别考虑了温度因素的影响，因为润滑剂性能往往随温度变化而改变，这可能进一步影响轴承的振动特性<sup>[2-4]</sup>。

在实验过程中，针对每个设定的工况进行了长时间连续监测，以收集足够的样本数据进行后续分析。具体而言，在每次调整润滑状态或工况参数后，系统会自动记录一段时间内的振动信号，以便细致观察其动态变化趋势。这些原始数据随后被导入专业分析软件中，利用频谱分析技术精确提取关键特征频率及其幅值变化情况。为验证实验结果的有效性，引入了多组对照试验，通过比较相同工况下不同润滑条件对振动特性的影响差异，深入探讨润滑机制，为优化实际应用中的润滑策略提供了坚实的科学依据，进一步增强了研究结论的可信度和实用性。这种对比分析不仅揭示了润滑剂选择的重要性，还为提升设备维护效率和延长使用寿命指明了方向。

在整个实验实施阶段，特别关注了数据处理与分析环节，力求从海量的数据中提炼出有价值的信息。通过对特定频率成分的追踪，可以清晰地识别出由润滑状态变化引起的振动模式转变。这一过程涉及复杂的数学模型和算法，如快速傅里叶变换（FFT）等，用于将时域信号转换为频域信号，从而更容易发现隐藏在背景噪声中的有用信息。还采用了统计学方法评估实验结果的一致性和显著性，确保所得到的结论具有较高的可信度。通过这样的系统化实验设计与严谨的执行流程，本研究成功揭示了不同润滑条件下高速轴承振动特性的内在联系，为进一步探讨其机理奠定了坚实的基础。

## 3 实验结果分析及润滑状态对振动特性影响探讨

实验结果揭示了润滑状态对高速轴承振动特性具有显著影响。在干摩擦条件下，轴承表现出较高的振动水平，并且频谱分析显示存在多个高频成分，这表明缺乏润滑导致滚动体与滚道之间发生了直接接触，引发了严重的磨损和局部过热现象。随着转速的增加，这种不良影响更加明显，振动幅度急剧上升，显示出系统稳定性的严重恶化。相反，在采用油润滑的情况下，振动水平明显降低，频谱图上的高频噪声显著减少，说明良好的润滑有效地减小了

滚动体与滚道之间的摩擦力，从而降低了机械损伤的风险。油润滑还表现出较好的温度适应性，能够在高温环境下维持稳定的润滑效果，进一步保障了设备的安全运行。

在脂润滑状态下，虽然同样能够有效减少振动并抑制高频噪声，但其表现与油润滑有所不同。具体而言，脂润滑在低速工况下表现出色，但在高转速时，由于油脂流动性较差，难以形成均匀的润滑膜，导致振动略有增加。通过对比不同润滑条件下的振动特征变化，可以发现润滑剂的选择应根据实际工况进行调整。在需要长时间稳定运行且不易更换润滑剂的场合，如风力发电机等大型设备中，选择适合的润滑脂可能更为合适；而在追求高性能和高转速的应用场景下，如航空发动机或赛车传动系统，则更倾向于使用具有良好流动性和散热性能的润滑油。这些发现对于优化润滑策略、延长设备寿命具有重要指导意义<sup>[5-8]</sup>。

通过对实验数据的深入分析，发现了润滑状态变化引起的一系列振动特性改变，为理解高速轴承的工作机理提供了新的视角。特别是在边界润滑条件下，观察到特定频率成分的增强，这可能是早期故障预警的重要指标。基于此，提出了利用振动信号监测润滑状态及健康状况的方法，即通过对关键频率成分的持续跟踪，及时发现潜在问题并采取相应措施。这种方法不仅提高了故障诊断的准确性和及时性，也为实现智能化维护提供了技术支持。总之，本研究的结果强调了合理选择和管理润滑剂的重要性，并为进一步探索高速轴承的优化设计和高效运维策略奠定了基础。

#### 4 基于实验结果的高速轴承润滑优化建议

基于实验结果的分析，针对高速轴承在不同工作条件下的润滑优化提出了若干建议。对于长期处于高转速运行状态的轴承而言，选择具有良好流动性和散热性能的润滑油显得尤为重要。润滑油能够在滚动体与滚道之间形成稳定的油膜，有效降低摩擦系数，减少磨损和热量积累，从而延长轴承的使用寿命。在设计润滑系统时应考虑增加循环冷却功能，确保润滑油在高温环境下依然能够保持其润滑性能。这种策略特别适用于航空发动机、赛车传动系统等对速度和温度变化要求苛刻的应用场景。

在一些不易频繁更换润滑剂或需要长时间稳定

运行的设备中，如风力发电机、重型机械等，采用高质量的润滑脂可能更为合适。润滑脂不仅提供了持久的润滑效果，还能防止外部污染物进入轴承内部，增强系统的密封性。为了克服在高转速下油脂流动性差的问题，推荐使用含有特殊添加剂的高性能润滑脂，这些添加剂可以改善油脂的基础性能，使其在宽泛的工作温度范围内保持较好的流动性，并形成均匀的润滑膜。通过定期监测振动信号中的关键频率成分，及时发现并处理潜在问题，可有效避免因润滑不良导致的故障发生。

综合上述研究结果，制定合理的维护计划同样是保障高速轴承高效运行的重要环节。建立一套基于振动监测技术的智能维护体系，能够实现对轴承健康状况的实时监控和预警。该体系利用先进的数据分析算法自动识别出异常振动模式，并根据预设的安全阈值触发相应的维护动作。这种方法不仅能显著提高故障诊断的准确率和响应速度，还能大幅度降低维修成本和停机时间。结合具体工况灵活调整润滑策略，并配合有效的监控手段，将有助于最大限度地发挥高速轴承的性能潜力，确保机械设备的可靠性和安全性。

#### 5 结语

本文通过对高速轴承在不同润滑状态下的振动特性进行实验分析，深入探讨了润滑条件对轴承运行稳定性的影响机制，并提出了相应的优化建议。合理选择和管理润滑剂不仅能够显著降低振动幅度、延长设备使用寿命，还能为实现智能化维护提供技术支持。这些发现对于提高机械设备的可靠性和安全性具有重要意义。未来的研究将进一步探索更加高效环保的润滑材料和技术，以应对日益复杂的工业应用需求。

#### 参考文献

- [1] 李明, 王华. 高速轴承振动特性及其影响因素研究[J]. 机械工程学报, 2023, 59(14): 1-9.
- [2] 陈伟, 刘洋. 不同润滑状态下滚动轴承动态行为分析[J]. 润滑与密封, 2022, 47(8): 56-63.
- [3] 赵强, 孙丽. 基于振动信号的高速轴承故障诊断方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2021, 42(5): 123-130.
- [4] 徐刚, 郭斌. 高性能润滑油对高速轴承振动特性的影响

- [J]. 工程科学学报, 2020, 48(3): 345-352.
- [5] 黄勇, 林涛. 高速滚动轴承润滑技术现状与发展趋势[J]. 中国机械工程, 2019, 30(22): 2712-2719.
- [6] 高翔, 罗毅. 高速轴承智能维护体系构建与应用[J]. 制造业自动化, 2024, 46(2): 45-51.
- [7] 宋佳, 范军. 高速轴承润滑优化策略及其效果评估[J]. 设备管理与维修, 2023, 41(9): 67-73.
- [8] 冯涛, 马莉. 新型润滑脂在高速轴承中的应用研究[J]. 化工新型材料, 2022, 50(7): 223-229.

**版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

