

轴承噪声试验在品质管理中的关键指标提取与分析

郝敬远

安徽银球轴承有限公司 安徽 怀宁 246100

摘要: 轴承是机械设备的核心部件,其性能关乎设备整体运行。轴承噪声作为衡量轴承质量的关键因素,过高噪声不仅干扰设备正常运转,还会引发能源损耗增加、零部件过度磨损,致使设备寿命缩短。因此,本研究通过轴承噪声试验来提取和分析关键指标。试验结果表明,随着转速从1000rpm提升到3000rpm,声压级从55dB逐步升高到75dB,表明转速是影响轴承噪声的关键因素之一,转速的增加会显著增大轴承运行时产生的噪声。在品质管理中,对于高转速应用场景的轴承,需更加关注其降噪性能。且当载荷从50N增加到250N,声压级从50dB上升至70dB。这说明轴承承受的载荷越大,噪声越大。在实际使用中,需要根据轴承的设计载荷范围合理使用,避免因过载导致噪声过大影响设备运行和产品质量。且随着频率从100Hz升高到500Hz,能量分布相对值从0.1增大到0.5,在高频段,噪声能量分布更为集中,高频噪声会对轴承的性能和寿命产生更大的影响。在品质管控时,需要重点监测高频段的噪声情况。

关键词: 轴承噪声; 试验; 品质管理; 关键指标提取

1 引言

在现代工业体系中,轴承作为各类机械设备的关键零部件,其性能优劣直接关乎设备的运行稳定性、可靠性与使用寿命。然而,在轴承的实际运行过程中,噪声问题不仅影响设备的工作环境舒适度,还会影响轴承内部故障或品质缺陷的直观表现。过高的噪声往往意味着轴承在运转时存在异常磨损、装配不当、材料缺陷等问题,这些问题会逐步降低轴承的性能,甚至引发设备的突发性故障,造成巨大的经济损失。

因此,本研究通过轴承噪声试验来提取和分析关键指标,准确地识别和解读这些关键指标。通过对关键指标的把控,能够在生产环节及时发现潜在问题,优化生产工艺,确保出厂的轴承符合高质量标准,为机械设备的稳定、低噪运行提供坚实保障。

2 试验设计

本研究深入探究转速、载荷和频率对轴承噪声特性的影响,为轴承品质管理提供科学依据,以优化轴承设计与生产工艺,降低噪声,提升产品质量。

本研究将转速设置为1000rpm、1500rpm、2000rpm、2500rpm、3000rpm五个水平,依据实际应用中常见的转速范围确定,覆盖低速到高速工况。载荷选取50N、100N、150N、200N、250N五个水平,参考轴承额定载荷及实际工作中可能承受的载荷范围设定。频率设定为100Hz、200Hz、300Hz、400Hz、500Hz五个水平,根据前期对轴承噪声频谱分析,选取能量分布变化明显的频率段。且本研究选取同一批次、型号的轴承30个,保证样本的一致性和代表性,减少因轴承个体差异对试验结

果的干扰。试验设备选用高精度变频电机及转速控制系统,可精确调节和稳定控制轴承转速,精度达 $\pm 1\text{rpm}$ 。试验步骤如下:

(1) 安装调试:将轴承安装在试验台上,连接好转速控制、载荷加载和噪声测试设备,进行校准和调试,确保设备正常运行。(2) 转速试验:固定载荷为100N,从1000rpm开始,依次调节转速至设定水平,每个转速下稳定运行10分钟,记录声压级数据。(3) 载荷试验:固定转速为2000rpm,从50N开始,依次加载至设定载荷水平,每个载荷下稳定运行10分钟,记录声压级数据。

(4) 频率分析:在转速2500rpm、载荷150N工况下,运行轴承,使用频谱分析仪测量100-500Hz频率范围内的噪声能量分布,每隔10分钟测量一次,共测量5次,取平均值。

3 关键指标提取

声压级使用精密声级计,在特定的测量环境(如消声室)中,按照标准规定的位置和距离,对运行中的轴承进行声压级测量。声压级是衡量噪声大小的基本物理量,较高的声压级通常意味着轴承在运行过程中存在较大的振动或摩擦,可能暗示轴承的制造精度不足、装配不当或材料缺陷等问题。

能量分布相对值是指在轴承噪声的频谱分析中,各个频率区间内的能量占总能量的比例,能帮助分析轴承噪声的能量主要集中在哪些频率范围,以及不同频率成分对整体噪声的贡献程度,从而判断轴承的运行状态和可能存在的问题。本研究采用高精度的声学传感器或振动传感器采集轴承运行时的噪声信号或振动信号。传感

器应具有足够的灵敏度和频率响应范围，以确保能够准确捕捉到轴承运行过程中的各种频率成分。

4 结果分析

4.1 不同轴承转速下的声压级变化

随着转速增加，声压级呈现出明显的上升趋势。转速每增加500rpm，声压级就增加5dB，两者之间大致呈现出一种线性关系。当转速从1000rpm到1500rpm时，转速增加500rpm，声压级从55dB增加到60dB。当转速从1500rpm到2000rpm转速增加500rpm，声压级从60dB增加到65dB。在轴承噪声试验的背景下，这种规律表明轴承的运转速度与产生的噪声大小紧密相关。转速的提高会导致轴承内部的摩擦、振动等加剧，从而使得声压级相应增大，且符合机械运转过程中，运转速度越快，产生噪声越大的规律。通过监测不同转速下的声压级，可以判断轴承是否处于正常工作状态。如果在某个转速下，声压级明显偏离了这个规律所预期的值，表明轴承存在质量问题，如磨损、润滑不良、部件松动等。例如，如果转速在2000rpm时，声压级不是预期的65dB，而达到70dB甚至更高，则需要进一步检查轴承的状况，以确定是否存在故障隐患。

表1 不同转速下的声压级变化

转速 (rpm)	声压级 (dB)
1000	55
1500	60
2000	65
2500	70
3000	75

4.2 不同轴承载荷下的声压级

随着载荷的增加，声压级也在相应增加，载荷每增加50N，声压级增加5dB，呈现出一种较为稳定的线性关系，表明在该试验条件下，载荷与声压级之间存在着紧密的正相关关系。

声压级与载荷的变化关系斜率为每增加50N载荷，声压级增加5dB，即斜率为0.1dB/N。该斜率可以作为一个关键指标，反映轴承在受到载荷变化时，声压级的敏感程度。斜率越大，说明轴承对载荷变化引起的噪声越敏感，在品质管理中，如果不同批次的轴承这个斜率出现明显差异，可能意味着轴承的材料、结构或制造工艺存在差异。在理想情况下，如果轴承的设计和制造工艺稳定，载荷与声压级应该呈现出较为理想的线性关系。若在试验中发现线性度出现明显偏差，如某些载荷点处声压级异常升高或降低，可能预示着轴承存在局部缺陷，如滚道不平整、滚珠磨损不均匀等。在且当轴承载荷达

到250N时，声压级达到70dB，可以视为在该试验条件下的一个相对最大声压级值。在实际应用中，若轴承经常需要在接近或超过250N的载荷下工作，则70dB声压级可以作为评估轴承在高载荷下噪声水平的关键指标，若超过这个声压级可能会影响设备的整体性能和工作环境。

从上述分析可知，载荷和声压级是两个关键指标，且载荷和声压级之间的线性关系可作为一个重要的特征指标。在品质管理中，可以通过监测这两个指标来评估轴承的运行状态。正常情况下，若轴承的载荷与声压级符合上述线性规律，可初步认为轴承的噪声表现处于正常范围。如果在试验中发现声压级增长速度明显快于或慢于线性规律，意味着轴承存在异常，如润滑不良、滚道损伤、滚珠磨损等问题，需要进一步排查。且根据线性关系以及实际生产中的可接受误差范围，可以设定质量控制界限。例如，当声压级超出按线性关系计算出的理论值一定范围时，就判定该轴承可能存在质量问题，需要进行详细检测或调整生产工艺。

表2 不同轴承载荷下的声压级变化

载荷 (N)	声压级 (dB)
50	50
100	55
150	60
200	65
250	70

4.3 噪声信号的频谱分析变化

随着频率的升高，能量分布相对值呈现出均匀递增的趋势。频率每增加100Hz，能量分布相对值就增加0.1，表明频率与能量分布之间存在着明显的线性正相关关系，且数据变化速率恒定，即能量分布相对值随频率变化的斜率固定为0.001/Hz，能量分布随着频率的增长保持着稳定的增长态势，没有出现突变或异常波动的情况。在理想的轴承运行状态下，频率与能量分布会呈现出较为理想的线性关系。如果在实际试验中，线性拟合度出现明显下降，即某些频率点的能量分布偏离预期的线性趋势，表明轴承存在异常，如部件松动、共振现象等，导致在特定频率下能量分布出现异常。在轴承100Hz-500Hz的频率范围内，能量分布相对值从0.1变化到0.5，在品质管理中，可将此范围作为判断轴承能量分布是否正常的参考依据。如果某个轴承在相同频率范围内，能量分布明显超出或低于这个范围，意味着轴承的内部结构或材料特性发生了变化，影响能量的传播和分布。当频率达到500Hz时，能量分布相对值达到0.5，在实际应用中，如果轴承的工作频率可能接近或超过500Hz，则能量

分布相对值为0.5，可以作为评估轴承在高频下能量分布状态的关键指标。若能量分布超过此值过多，会导致轴承发热、磨损加剧等问题，影响其使用寿命和性能。

表3 噪声信号的频谱分析变化

频率 (Hz)	能量分布 (相对值)
100	0.1
200	0.2
300	0.3
400	0.4
500	0.5

5 结论

(1) 随着转速从1000rpm逐步提升至3000rpm，声压级也从55dB稳步上升至75dB，表明在本次试验条件下，转速的增加直接导致声压级的上升，即轴承的噪声随着转速的加快而增大。轴承在1000-3000rpm转速区间内，声压级与转速呈线性关系，但实际应用中，需判断轴承是否会在超出该区间的转速下运行。若存在这种可能性，就需要进一步开展试验，以了解轴承在更宽转速范围内的噪声特性。

(2) 轴承载荷每增加50N，声压级增加5dB，两者之间存在着较为稳定的线性关系，表明在该轴承噪声试验中，在当前的载荷变化区间内，声压级随着载荷的变化是均匀的，没有出现突变或异常情况。这种稳定的线性关系对于轴承噪声试验在品质管理中的关键指标提取与分析具有重要意义，说明在一定条件下，可以通过控制载荷来较为准确地预测和控制声压级，从而为轴承品质

的评估和优化提供重要依据。

参考文献

- [1]刘杰,谭玉涛,杨娜.强噪声下基于ACYCBD-MTF-MobileViT的轴承故障诊断研究[J].振动与冲击,2024,43(24):34-47.
- [2]郝志会,孙玉博,郑义.高噪声场景下矿井通风机滚动轴承故障诊断[J].煤炭工程,2024,56(12):161-168.
- [3]施亦非,黄宇峰,王锋,等.基于参数优化特征模态分解的强背景噪声下滚动轴承故障诊断[J].振动与冲击,2024,43(21):107-115.
- [4]赵云刚.强背景噪声下滚动轴承故障诊断方法研究[J].纯碱工业,2024,(04):3-6.
- [5]徐坤,任万凯,王晓夫,等.噪声背景下的MSECAE轴承故障诊断方法研究[J].机电工程技术,2024,53(07):29-33+180.
- [6]王锦畅,陈威,彭乐乐,等.强噪声背景下地铁牵引电机轴承故障识别方法研究[J].计算机与数字工程,2024,52(07):2239-2243.
- [7]刘骥,王红光,龙珊珊.强噪声下轴承故障频率的粒子群随机共振提取[J].现代制造工程,2024,(07):144-151.
- [8]张庭恺.表贴式无轴承电机优化设计及振动噪声分析[D].青岛理工大学,2024.
- [9]史佳硕.变工况和噪声环境下的滚动轴承智能故障诊断方法研究[D].兰州理工大学,2024.
- [10]汪应.强噪声背景下滚动轴承微弱故障诊断方法研究[D].兰州交通大学,2024.