

滚动轴承装配工艺优化及性能提升研究

于 洋

北京华航盛世能源技术有限公司烟台分公司 山东 烟台 264000

摘要: 滚动轴承作为机械设备中不可或缺的元件,其性能直接影响到整个系统的运行效率和寿命。本文旨在探讨滚动轴承装配工艺的优化方法,以提升轴承的性能。通过分析轴承装配过程中的关键技术点,提出针对性的改进措施,以期实现轴承装配工艺的优化提供理论依据和实践指导。

关键词: 滚动轴承; 装配工艺; 优化; 性能提升

引言

滚动轴承以其摩擦小、效率高、轴向尺寸小、装拆方便等优点,在机械行业中得到了广泛应用。然而,轴承的性能不仅取决于其设计和材料,装配工艺同样起着至关重要的作用。本文将从滚动轴承的装配原理出发,探讨装配工艺的优化方法,以期实现轴承性能的提升。

1 滚动轴承装配工艺概述

1.1 装配原理

滚动轴承的装配是一个高度精确且复杂的工艺过程,旨在将内圈、外圈、滚动体(滚珠或滚柱)以及保持架等关键部件,依据严格的技术规范精确组装。此过程中,游隙的控制是核心要素,它直接影响到轴承的旋转精度、承载能力、摩擦特性和使用寿命。游隙,即轴承内部各组件间的微小间隙,需精确控制在设计范围内,以确保轴承既能灵活转动,又能承受预期的负载,同时避免过度摩擦导致的热量积聚和磨损。

1.2 装配工艺步骤详解

1.2.1 清洗与检查

采用专用的清洗剂,如超声波清洗机或喷淋清洗系统,结合适当的清洗液和温度,彻底清除轴承及其配合表面的油污、金属碎屑、灰尘等杂质。清洗后,使用无纺布或压缩空气吹干,确保无残留清洗液^[1]。利用精密测量工具,如千分尺、圆度仪、表面粗糙度仪等,对轴承各部件的尺寸精度、形状偏差、表面粗糙度等进行全面检查。特别关注内外圈滚道的圆度、圆柱度,以及滚动体的直径和表面质量,确保所有零件符合图纸和公差要求。

1.2.2 选别分组

基于轴承内外圈滚道直径的微小差异,进行精细分组。使用高精度测量设备,如激光测量仪,对每个滚道的实际尺寸进行精确测量,记录并分类。根据尺寸差异,将内外圈和滚动体分为不同的组,确保装配时游隙的均匀性和一致性,减少因尺寸不匹配带来的装配应力

和磨损。

1.2.3 填球与压合

一是填球:根据轴承类型(如深沟球轴承、角接触球轴承、圆锥滚子轴承等)和尺寸,精确计算所需滚动体的数量。使用专用的填球工具,如填球器或填球机,确保滚动体在内外圈滚道内均匀、无偏斜地分布。对于大型或特殊类型的轴承,可能需要手动填球,确保每个滚动体都能正确就位。二是压合:对于需要压合安装的轴承,如某些类型的圆锥滚子轴承或圆柱滚子轴承,采用适当的压力机和工装,按照规定的压力和时间进行压合。压合过程中,需确保压力均匀,避免损伤滚动体和滚道。同时,需监控压合过程中的变形情况,确保轴承组件紧密结合,且保持原有的精度和形状。

1.2.4 游隙调整

使用专业的游隙测量工具和方法,如塞尺、游标卡尺、内径千分尺等,结合标准件测量,对装配后的轴承游隙进行精确测量。根据测量结果,通过调整垫片、预紧力、螺母松紧度等方式,精细调整游隙至设计规定范围内。对于需要预紧的轴承,还需根据预紧力的大小和方向,进行精确的预紧调整,确保轴承的最佳工作状态。

1.2.5 最终检查

装配完成后,对轴承进行旋转灵活性、噪音、振动、温升等综合性能测试。利用先进的检测设备,如振动分析仪、噪音测试仪、温升测试系统等,对轴承的各项性能指标进行全面检测。确保所有性能指标均达到或超过设计标准,且符合行业规范和标准。同时,还需进行外观检查,确认无裂纹、锈蚀、划伤、变形等缺陷。检查轴承的标识、型号、生产日期等信息是否清晰、准确。确保轴承的整体质量和美观度,以及满足客户的特定要求。

2 滚动轴承装配工艺优化

2.1 游隙调整优化

游隙, 作为影响滚动轴承性能的关键参数, 其精确控制对于确保轴承的高效运行和延长使用寿命至关重要。游隙过大, 不仅会减少实际参与承载的滚动体数量, 导致单个滚动体承受的载荷显著增加, 从而降低轴承的旋转精度和整体寿命; 而且, 过大的游隙还可能引起轴承在运行过程中的振动和噪音, 影响系统的稳定性。相反, 游隙过小则会使滚动体与内外圈之间的摩擦力增大, 导致轴承在运行过程中产生更多的热量, 加速润滑剂的劣化和滚动体的磨损, 同样会缩短轴承的使用寿命。为了优化游隙调整, 以下具体措施可被采纳: ①精密测量: 采用高精度的测量工具, 如激光测距仪、电子千分尺等, 对轴承的游隙进行精确测量。这些工具能够提供高精度的数据, 确保游隙的调整基于准确的信息。②分组选配: 根据测量结果, 将轴承的内外圈、滚动体等部件按照尺寸差异进行精细分组。通过选配具有合适尺寸差异的部件进行组装, 可以进一步确保游隙的均匀性和准确性。③调整方法优化: 根据轴承类型和尺寸, 选择合适的游隙调整方法。例如, 对于可调式轴承, 可以通过调整垫片、螺母等部件的厚度或位置来改变游隙; 对于不可调式轴承, 则需要在装配过程中通过精确控制各部件的配合尺寸来达到理想的游隙状态^[2]。④预紧与测试: 对于需要预紧的轴承, 应精确计算预紧力的大小, 并使用专用的预紧工具进行预紧操作。预紧后, 需再次进行游隙测量和性能测试, 确保轴承在预紧状态下仍能保持理想的游隙和性能。⑤环境控制: 在游隙调整过程中, 还应注意控制环境温度和湿度等外部因素, 避免这些因素对测量结果和轴承性能产生不利影响。⑥培训与标准化: 加强对装配工人的培训, 提高他们的专业技能和游隙调整意识。同时, 制定详细的游隙调整标准和流程, 确保每一步操作都有明确的指导和规范。

2.2 预紧工艺应用

预紧工艺, 作为一种在滚动轴承装配过程中施加轴向力的技术手段, 旨在消除轴承游隙, 并通过使滚动体与内外圈接触处产生初始弹性变形, 从而在工作状态下提升轴承的刚度和旋转精度。这一工艺特别适用于那些承受较大载荷、对旋转精度有严格要求的应用场景, 如精密机床、高速旋转设备等。具体应用与优化措施: ①精确预紧力计算: 预紧力的施加需基于精确的计算。这包括考虑轴承的类型、尺寸、材料特性以及实际工作条件下的载荷和转速等因素。通过专业的力学分析和计算软件, 可以精确确定所需的预紧力大小, 确保既达到提高刚度和精度的目的, 又不至于因过度预紧而导致轴承损坏或寿命缩短。②专用预紧工具: 使用专用的预紧工

具, 如预紧螺母、预紧垫片等, 可以确保预紧力的施加均匀且可控。这些工具设计精密, 能够准确传递所需的预紧力, 避免在施力过程中产生偏差或损伤轴承部件。③强制润滑与冷却: 由于预紧会增加轴承内部的摩擦和热量产生, 因此必须采取有效的润滑和冷却措施。这包括选择高性能的润滑剂, 如具有优异润滑性和热稳定性的合成润滑油或润滑脂, 以及设计合理的润滑系统和冷却装置, 确保轴承在运行过程中能够得到充分的润滑和冷却, 减少摩擦和热量积聚。④动态监测与调整: 在预紧后的运行过程中, 应定期对轴承的预紧状态进行动态监测。这可以通过测量轴承的振动、温度等参数来实现。一旦发现预紧状态出现异常, 如振动增大、温度升高等, 应及时进行调整, 以确保轴承始终保持在最佳工作状态。⑤工艺标准化与培训: 制定详细的预紧工艺标准和流程, 确保每一步操作都有明确的指导和规范。同时, 加强对装配工人的培训, 提高他们的专业技能和预紧意识, 确保预紧工艺的正确实施。

2.3 引入智能监控系统

为了进一步提升滚动轴承装配工艺的质量与稳定性, 引入智能监控系统成为一项关键举措。该系统能够实时监控装配过程中的多个关键参数, 并通过数据分析来优化装配工艺参数, 从而确保装配的精确性和一致性。具体实施与优势: ①关键参数实时监控: 智能监控系统通过高精度的传感器和数据采集设备, 实时监控装配过程中的关键参数, 如轴承的加热温度、压入力度、游隙变化等。这些参数对于确保装配质量和轴承性能至关重要。②数据分析与反馈: 系统采集到的数据将实时上传至数据分析平台, 通过先进的算法和数据分析技术, 对装配过程中的数据进行深度挖掘和关联分析。这有助于及时发现装配过程中的异常和偏差, 为工艺参数的优化提供科学依据。③工艺参数优化: 基于数据分析的结果, 智能监控系统能够自动调整装配工艺参数, 如加热温度的控制、压入力度的调整等, 以确保装配过程的可控性和一致性。这种动态调整能力可以显著提高装配质量和效率, 减少因工艺参数不当而导致的装配失误和轴承损坏。④预警与故障诊断: 智能监控系统还具备预警和故障诊断功能^[3]。当监测到关键参数异常或装配过程中出现潜在故障时, 系统会立即发出预警信号, 并提供相应的故障诊断信息, 以便操作人员及时采取措施进行处理, 避免故障扩大和损失加剧。⑤远程监控与管理: 借助物联网和云计算技术, 智能监控系统还可以实现远程监控与管理。无论操作人员身处何地, 都可以通过网络远程访问监控系统, 实时查看装配进度、关键参

数和故障预警等信息,实现对装配过程的全面掌控。⑥持续学习与优化:智能监控系统具备持续学习和优化的能力。通过不断积累和分析装配过程中的数据,系统可以逐步优化算法和模型,提高监控和诊断的准确性和效率,为未来的装配工作提供更加精准和可靠的指导。

3 滚动轴承性能提升研究

3.1 负荷均衡优化

为了实现滚动轴承内部负荷的均匀分布,定向装配法被广泛应用。该方法通过精确控制内圈、外圈与滚动体之间的相对位置,使得相邻滚动体的滚道接触点能够精准地落在内圈和外圈的接触线上。这种布局不仅确保了滚动体之间的负荷均衡,还有效避免了局部过载现象的发生,从而显著降低了轴承的摩擦和磨损。为了进一步优化负荷均衡,可以采取以下措施:通过先进的力学分析和计算软件,精确计算滚动体在轴承内部的受力情况,并基于这些数据设计定向装配方案,确保每个滚动体都能承担合理的负荷。采用高精度的加工设备和装配工艺,确保轴承各部件的尺寸精度和形位精度,从而减小装配误差对负荷均衡的影响。在轴承运行过程中,利用智能监控系统实时监测滚动体的受力情况,并根据监测结果动态调整装配参数,以保持负荷的均衡分布。

3.2 降噪与减振技术

定向装配不仅有助于实现负荷均衡,还能有效降低轴承的噪音和振动。通过优化滚动体的排列方式,减少摩擦和振动源,使得轴承在高速旋转时能够保持更加平稳的运行状态。为了进一步降低噪音和振动,可以采取以下措施:通过精确调整轴承的游隙和预紧力,使得轴承在承受载荷时能够保持适当的刚度,从而减小振动和噪音的产生。在轴承的适当位置添加阻尼材料,如橡胶、塑料等,这些材料能够吸收振动能量,降低噪音的传播^[4]。利用声学原理对轴承的结构进行优化设计,如改变滚动体的形状、数量或排列方式等,以减小噪音的辐射和传播。

3.3 安全性与可靠性提升

定向装配后的滚动轴承在高速旋转时具有更高的安全性。通过确保滚动体之间不会发生滑动和旋转干涉,避免了因摩擦和碰撞而产生的潜在故障。为了进一步提升轴承的安全性和可靠性,可以采取以下措施:采用高精度的装配设备和工艺,严格控制装配过程中的误差,确保轴承各部件之间的配合精度。选用具有优异润滑性能和热稳定性的润滑剂,能够有效减小摩擦和磨损,降低轴承的温升和故障率。采用高强度、高耐磨性的材料和先进的热处理工艺,提高轴承的承载能力和抗疲劳性能。建立定期检测与维护制度,对轴承的运行状态进行实时监测和评估,及时发现并处理潜在故障,确保轴承的长期安全可靠运行。

结语

滚动轴承装配工艺的优化对提升轴承性能具有重要意义。通过精确控制游隙、合理应用预紧工艺、严格控制装配误差等措施,可以有效提高轴承的旋转精度、承载能力和使用寿命。同时,定向装配法的应用也能进一步降低轴承的摩擦和磨损,提高轴承的安全性和稳定性。未来,随着制造技术的不断进步和装配工艺的不断优化,滚动轴承的性能将得到进一步提升。

参考文献

- [1]安浩俊.滚动轴承装配方法及注意事项[J].内燃机与配件,2020,(23):171-172.
- [2]周云飞,赵倩,张森,等.浅谈三相异步电动机滚动轴承装配工艺及故障排除[J].内燃机与配件,2019,(15):129-130.
- [3]蒋玲莉,汪博,杨喆,等.滚动轴承智能装配技术及其动力学[C]//中国振动工程学会转子动力学专业委员会.第15届全国转子动力学学术大会摘要集.瓦房店轴承集团有限责任公司;东北大学佛山研究生创新学院;佛山科学技术学院;东莞理工学院,2023:1.
- [4]王燕鹏,李伟文,李明飞,等.液压螺母在圆锥孔滚动轴承装配技术中的应用[J].工业技术与职业教育,2020,18(04):7-10.