

典型齿轮传动装置的振动噪声抑制策略

齐明珍

浙江沃云智造科技有限公司 浙江金华

【摘要】典型齿轮传动装置的振动噪声问题是工业机械中普遍存在的挑战。振动和噪声不仅影响机械系统的性能，还可能导致设备的早期损坏。本文探讨了针对齿轮传动系统的振动噪声抑制策略，重点分析了齿轮设计优化、润滑方式改进及噪声源抑制等方面的技术。通过采用不同的减振措施，如齿轮啮合噪声控制、阻尼材料的应用、以及齿轮箱结构优化，能够有效降低噪声水平并提升传动装置的可靠性。研究表明，合理的振动控制策略能够显著提高齿轮系统的工作稳定性与耐用性。

【关键词】 齿轮传动；振动噪声；减振；噪声抑制；结构优化

【收稿日期】 2025 年 3 月 10 日 **【出刊日期】** 2025 年 4 月 11 日 **【DOI】** 10.12208/j.jeea.20250151

Vibration and noise suppression strategy for typical gear transmission device

Mingzhen Qi

Zhejiang WoYun IntelliTech Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang

【Abstract】 Vibration and noise issues in typical gear transmission systems remain prevalent challenges in industrial machinery. These phenomena not only compromise system performance but may also lead to premature equipment failure. This study investigates vibration and noise suppression strategies for gear transmission systems, focusing on technical approaches including gear design optimization, lubrication method improvements, and noise source mitigation. By implementing various vibration control measures such as gear meshing noise suppression, damping material applications, and gearbox structural optimization, noise levels can be effectively reduced while enhancing transmission reliability. Research findings demonstrate that well-designed vibration control strategies significantly improve operational stability and durability of gear systems.

【 Keywords 】 Gear transmission; Vibration noise; Vibration reduction; Noise suppression; Structure optimization

引言

齿轮传动装置广泛应用于各类工业机械中，其振动噪声问题长期困扰着设备的性能与可靠性。随着技术的进步和对舒适性、环保要求的提高，振动噪声的控制已成为齿轮设计中的一个重要课题。振动噪声不仅影响了传动效率，还可能导致齿轮的疲劳损坏，严重时影响整个机械系统的稳定性。研究与实施有效的抑制策略，不仅能提高系统的可靠性，还能延长设备的使用寿命。如何有效控制齿轮传动装置的振动噪声，成为现代工程领域亟待解决的问题。

1 齿轮传动装置振动噪声的产生机制及其影响因素

齿轮传动装置中的振动噪声是机械系统中常见

且复杂的现象，其产生机制与多种因素密切相关。齿轮啮合过程中，齿面之间的接触力和摩擦力是主要的振动源。当齿轮在运转时，齿面啮合不均匀会引发周期性的激励力，导致振动产生。齿轮的齿形误差、表面粗糙度以及啮合角度的变化，都会影响齿轮的啮合过程。特别是在高速运转时，由于齿面相对滑动速度较大，摩擦力增强，从而导致较高的振动强度和噪声水平^[1]。齿轮传动系统的传动比、负载变化等因素也会对振动噪声产生影响。传动比的选择若不合理，会使得齿轮在运转过程中产生不稳定的啮合，从而引发额外的振动源。负载变化时，齿轮受到的工作载荷波动会加剧啮合振动，并增加噪声的产生。

除了齿面不均匀性，齿轮材料的特性、齿轮箱

的结构设计也在振动噪声的产生中起到关键作用。不同材料的硬度、弹性模量及内耗特性对齿轮的振动传递特性有显著影响。硬度较高的材料虽然耐磨性好,但其对振动的吸收能力较差,可能导致振动的加剧。另一方面,材料的内耗可以有效地吸收一部分振动能量,降低传递到其他部件的振动强度。齿轮箱的结构刚度和质量分布也会对振动模式产生影响。过于刚性的结构可能导致振动能量的高效传递,而过于柔弱的结构则容易引发共振现象,从而加剧振动噪声。齿轮箱的支撑设计不当也可能导致局部振动放大,影响整体的振动控制效果。

润滑方式的不足也是振动噪声产生的重要因素之一。润滑油的粘度、流量和润滑油膜的厚度直接影响齿轮啮合时的摩擦特性。在润滑不足或润滑油膜破裂时,齿面直接接触会产生更大的摩擦力和局部热量,导致噪声和振动的增加。润滑方式不当还可能导致齿面磨损加剧,使得齿轮的啮合精度降低,进一步恶化振动噪声问题^[2]。合理的润滑设计对于减小齿轮系统的振动噪声至关重要。齿轮传动装置的振动噪声是多种因素交互作用的结果,涵盖了齿面接触、材料特性、结构设计以及润滑方式等多个方面,理解这些机制是采取有效抑制措施的前提。

2 优化齿轮设计与结构以降低振动噪声的策略

齿轮设计的优化是降低振动噪声的关键途径之一。合理的齿轮几何形状能够有效减少啮合过程中产生的不均匀激励力,进而减小振动和噪声的强度。齿轮齿形的优化,包括齿形修正、渐开线的调整和齿轮啮合角度的合理设计,能够提高齿面接触的平稳性,避免因齿面误差和表面不均匀而产生较大的冲击力。齿轮的啮合宽度和齿数也会直接影响振动特性^[3]。增加齿轮的啮合宽度可以分摊单位齿面上承受的负荷,从而减轻振动强度,而合理选择齿数的传动比则有助于改善啮合过程的稳定性,减少齿面摩擦力引发的振动。齿轮设计的每一细节都需要精确考虑,以实现振动和噪声的有效抑制。

齿轮材料的选择同样在降低振动噪声方面具有重要作用。齿轮材料的刚度、内耗特性和抗疲劳性直接影响到振动的传播和噪声的产生。例如,采用具有较高内耗能力的材料,如聚合物复合材料或者表面涂层,可以有效吸收和衰减齿轮运行过程中的振动能量。金属材料如高强度钢或合金钢通过适当的热处理,能够提高齿轮的耐磨性和抗疲劳性能,表面

硬化处理能够减小齿轮啮合时的摩擦系数,减少摩擦热量的产生,从而降低噪声。齿轮材料的合理选择和加工工艺的优化不仅能提升齿轮的使用寿命,还能有效抑制因材料性能不匹配而引发的振动问题。

齿轮箱结构的优化设计也是降低振动噪声的有效手段。齿轮箱的刚度和质量分布对振动的传播途径和强度有显著影响。结构刚性过高可能导致振动能量无法有效耗散,进而通过结构传播到周围环境,造成噪声增加。而结构刚性过低则容易引发共振现象,放大振动幅度^[4]。合理的齿轮箱支撑结构设计和精确的质量分配有助于减少共振频率的产生,抑制振动的传播。通过引入多点支撑和加强隔振设计,能够有效降低齿轮箱的振动传递效率,减少噪声的辐射。齿轮箱内部的阻尼材料应用可以吸收部分振动能量,减少振动的反弹和放大效应,从而提高传动系统的静音性能。综合优化齿轮设计、材料和齿轮箱结构,为降低振动噪声提供了有效的解决方案。

3 润滑方式和阻尼材料在振动噪声抑制中的应用与效果

润滑方式的合理选择对减少齿轮传动装置中的振动噪声至关重要。润滑油的种类、粘度及其流动性能直接影响齿面之间的摩擦状态。润滑油的粘度必须匹配齿轮运行的工作条件,过高或过低的粘度都会影响油膜的稳定性,从而导致摩擦增加,进而引发较大的振动和噪声。在润滑油膜厚度合适的情况下,可以减少齿面之间的直接接触,从而降低摩擦力,减轻热量的产生,避免齿面因摩擦产生的不规则振动^[5]。高性能润滑油和添加剂的使用可以增强润滑效果,减少摩擦损失,提高齿轮的运行平稳性和噪声控制能力。此外,润滑系统的设计也应考虑油量、油压的稳定性,确保润滑油能够均匀覆盖齿面,避免油膜破裂和润滑不足所引起的振动问题。

阻尼材料在振动噪声抑制中扮演着重要角色。齿轮箱及其相关结构件在运行过程中不可避免地会受到激励力的作用,这些激励力会通过齿轮箱的外壳传播到环境中,产生噪声。阻尼材料能够有效吸收和衰减这些振动能量,减少能量的传播,从而减轻噪声的辐射。常见的阻尼材料包括橡胶、泡沫材料、复合材料等,这些材料能够通过内耗机制将振动转化为热能,从而减少振动幅度和噪声水平。阻尼材料的选择应根据齿轮箱的工作环境和振动特性来定制,适当的阻尼材料可以显著提升齿轮传动系

统的振动控制效果,尤其在高速运行或高负荷情况下,能够有效减少结构产生的噪声。

在实际应用中,润滑方式和阻尼材料的结合使用能够取得最佳的振动噪声抑制效果。润滑油的稳定性和阻尼材料的能量吸收能力相辅相成,共同降低了齿轮系统的振动强度。当齿轮箱使用适当的润滑油和高效的阻尼材料时,齿面摩擦力得到有效控制,振动的传递路径得到抑制,噪声水平因此大幅降低^[6]。通过对润滑系统的持续优化与阻尼材料的合理布置,可以在不影响齿轮传动效率的前提下,有效控制振动噪声,提高设备的运行稳定性和使用寿命。这一综合性策略不仅适用于传统齿轮传动系统,也能够现代工业机械中广泛应用。

4 综合控制策略在提升齿轮传动装置性能中的实践应用

在提升齿轮传动装置性能的过程中,综合控制策略的应用已被广泛证明能够显著提高系统的稳定性和降低振动噪声。综合控制策略的核心是将多个抑制振动和噪声的技术手段进行有效结合,以发挥各自的优势。齿轮设计优化、润滑系统改善、阻尼材料的合理使用以及结构优化等措施,能够互为补充,形成多重防护,确保齿轮系统在各种工作条件下都能保持高效、低噪的运行状态^[7]。在实际应用中,齿轮传动装置往往会面临负载波动、工作环境变化等复杂因素,因此通过多维度的优化,可以确保每个环节都能最大程度地发挥作用,提升整体性能。

齿轮的设计优化与结构改进是综合控制策略中的重要组成部分。通过对齿形、齿面加工精度、齿轮啮合特性等方面的精细调整,可以从根本上减少振动源。结构优化则通过合理的齿轮箱支撑和增强其阻尼性能来减少振动的传播。此外,润滑方式的优化也为振动噪声抑制提供了良好的保障。合理的润滑设计不仅能够减少摩擦损失,降低齿面磨损,还能有效避免因润滑不足导致的振动增加。结合润滑系统的优化与齿轮结构的改进,可以在不同工作环境下达到最佳的噪声控制效果。

在实践应用中,阻尼材料的使用为齿轮系统的振动控制提供了一个不可忽视的方面。通过在齿轮箱内部、支撑结构以及外壳表面添加阻尼材料,可以有效吸收振动能量并减少其向外传播,从而减少噪声的辐射。结合润滑和阻尼材料的应用,齿轮系统在运行过程中产生的振动和噪声都能得到有效控制,从而显著

提高齿轮传动装置的整体性能。综合控制策略的实施不仅可以在设计阶段对齿轮传动系统进行优化,还能够实际运行过程中提供持续的性能保障^[8]。这种多方面、多层次的控制手段相结合,为齿轮传动装置的噪声抑制和性能提升提供了可靠的技术支持。

5 结语

齿轮传动装置的振动噪声问题是一个多因素交织的复杂挑战,涉及齿轮设计、材料选择、润滑方式和阻尼措施等多个方面。综合控制策略的应用,不仅能够有效降低振动噪声,还能提升齿轮系统的整体性能和可靠性。优化齿轮的设计与结构、选择合适的润滑油和阻尼材料,以及合理配置这些技术手段,为齿轮传动装置提供了全面的解决方案。这些策略的协同作用,不仅改善了设备的工作环境,还延长了其使用寿命。未来,在不断优化和改进这些技术的基础上,齿轮传动装置的性能和噪声控制将更加精细化和高效化。

参考文献

- [1] 李梓源.基于双压力角与相位配置的齿轮传动系统非线性动力学研究[D].北京科技大学,2025.
- [2] 王广.采煤机齿轮传动系统综合试验装置的研制[J].煤矿机械,2025,46(07):13-17.
- [3] 杨旭娟,李国正,莫帅,等.非正交非对称面齿轮传动系统非线性动力学特性[J].华中科技大学学报(自然科学版),2025,53(06):133-138+160.
- [4] 后亚飞,张永胜,唐玲,等.斜轴式轴向柱塞马达振动噪声特性研究[J].液压与气动,2025,49(06):112-122.
- [5] 张伟,侯晓晨,侯克青.齿轮传动变位系数选择的封闭线图限制条件修正研究[J].机械传动,2025,49(06):94-101.
- [6] 王钰涵,郑旭,周南,等.基于振动测试和机器学习的发动机噪声预测[J].振动、测试与诊断,2025,45(03):506-512+621-622.
- [7] 万海波,冯海军,陈二云,等.蒸汽球阀阀口型线对阀体振动噪声影响的数值研究[J].能源研究与信息,2025,41(02):107-115.
- [8] 任木兰.超低速永磁直驱电机振动噪声研究[J].机电信息,2025,(11):45-49+53.

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/>



OPEN ACCESS