

新型机械传动系统的动力学特性分析与仿真

张 钜

中国兵器工业集团航空弹药研究院 黑龙江哈尔滨

【摘要】新型机械传动系统的动力学特性分析与仿真研究是提高机械传动效率和可靠性的重要手段。本文主要研究新型机械传动系统的动力学行为，通过建立数学模型，分析系统在不同工况下的动力响应，结合仿真技术进行模拟，评估其性能。研究结果表明，通过优化设计，可以显著改善系统的动力学特性，提高工作稳定性和减少能量损耗。本文的分析为新型机械传动系统的设计提供了理论依据，并为工业应用中的优化提供了实用方案。

【关键词】机械传动系统；动力学特性；仿真分析；优化设计

【收稿日期】2025年7月14日 **【出刊日期】**2025年8月12日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20250369

Analysis and simulation of dynamic characteristics of a new type of mechanical transmission system

Duo Zhang

China Ordnance Industry Group Aviation Ammunition Research Institute, Harbin, Heilongjiang

【Abstract】 The research on the analysis and simulation of the dynamic characteristics of a new type of mechanical transmission system is an important means to improve the efficiency and reliability of mechanical transmission. This paper mainly studies the dynamic behavior of the new mechanical transmission system. By establishing a mathematical model, it analyzes the dynamic response of the system under different working conditions, conducts simulation combined with simulation technology, and evaluates its performance. The research results show that through optimal design, the dynamic characteristics of the system can be significantly improved, the working stability can be enhanced, and energy loss can be reduced. The analysis in this paper provides a theoretical basis for the design of the new mechanical transmission system and offers a practical scheme for optimization in industrial applications.

【Keywords】 Mechanical transmission system; Dynamic characteristics; Simulation analysis; Optimal design

引言

机械传动系统在现代工程中扮演着至关重要的角色，广泛应用于各类机械设备中。随着工业技术的进步，传统机械传动系统的设计和性能优化面临着新的挑战。尤其是在高精度、高效率的需求下，系统的动力学特性直接影响到设备的稳定性和可靠性。研究新型机械传动系统的动力学特性，对提升整体系统性能具有重要意义。本文将深入分析新型机械传动系统的动力学行为，通过理论建模与仿真分析，提出一种优化方案，旨在为未来机械传动技术的发展提供理论指导与实践依据。

1 新型机械传动系统的动力学建模与分析

新型机械传动系统的动力学建模是实现高效设计和优化的基础，要求系统能够在各种工作条件下稳定运行。现代机械传动系统通常由多个相互作用的部件组成，每个部件的运动状态会影响整体系统的工作效

率与稳定性。为了准确描述这些复杂的动力学行为，常采用物理建模与数学建模相结合的方式。在建模过程中，考虑了各个部件的力学特性，如惯性、阻尼、刚度及非线性因素的影响。通过建立精确的数学模型，可以对传动系统的运动轨迹、传递效率等关键参数进行预测和分析。

在建立数学模型时，通常会选择合适的动力学方程，以描述各部件之间的相互作用。这些方程不仅考虑了部件的刚性与阻尼效应，还需要加入非线性因素，以反映实际工作中可能出现的复杂现象。通过数值方法对这些方程进行求解，可以得到系统的响应特性。利用拉格朗日方程对传动系统进行建模，能够有效地捕捉到运动状态下的能量交换与力的分布，从而对系统的性能进行全面评估。通过分析系统的振动模式、固有频率等特性，可以为后续的优化设计提供理论依据。

传动系统的动力学分析不仅仅是对静态性能的考

察,还涉及到动态特性对系统性能的影响。为了全面了解新型机械传动系统的性能,必须对其在实际工作中可能遭遇的各种工况进行模拟^[1]。通过仿真技术,能够对不同工况下的动力学响应进行详细分析,进而揭示系统在高负载、瞬时冲击等情况下动态行为。综合考虑所有因素后,最终的目标是使传动系统在不同工况下都能保持最佳的工作性能,提高系统的可靠性与稳定性,从而满足实际工程应用的需求。

2 仿真技术在传动系统动力学研究中的应用

仿真技术作为现代机械工程中重要的分析工具,广泛应用于传动系统的动力学研究。它能够在虚拟环境中模拟真实工作状态,帮助工程师发现设计中的潜在问题,优化系统性能。与传统的试验方法相比,仿真技术具有高效、低成本的优势,尤其适用于在设计初期阶段进行系统分析与验证。通过仿真,能够对机械传动系统的各项动力学特性进行深入剖析,包括力学响应、运动轨迹、能量传递等多个方面,进而为设计优化提供有力支持。

在仿真技术的应用中,多体动力学仿真软件和有限元分析软件是两种常用且关键的工具。多体动力学仿真可以有效处理机械系统中多个相互作用的运动部件,模拟它们在不同工况下的动力学行为。通过对每个部件的接触、摩擦、刚性等特性进行精确建模,仿真软件能够深入分析系统中各个部件在运动过程中的应力、力矩、振动等动态特性,并预测在复杂工况下系统的整体表现。在传动系统中,不同部件的相互作用、摩擦力和负载变化都可能影响系统的性能,通过仿真分析可以提前识别潜在问题,从而优化设计。另一方面,有限元分析软件则在力学行为的模拟方面发挥重要作用。它能够精确地模拟部件在外部负载作用下的变形与应力分布,帮助工程师识别弱点,进而为结构优化、材料选择和强度评估提供理论依据。这些仿真工具的结合,使得机械传动系统的设计更加高效且精确。

仿真技术的优势不仅仅体现在性能预测和优化上,它还能在产品开发过程中帮助减少试验次数,节省大量的研发成本。在传动系统的设计过程中,仿真技术能够模拟不同材料、几何形状及结构配置下的系统响应,迅速评估设计方案的可行性^[2]。这种快速反馈机制可以大大缩短设计周期,加速产品从概念到实际应用的转化。在现有的研究中,越来越多的学者通过仿真与实验结合的方式,进一步提高传动系统的设计精度与可靠性。仿真技术在新型机械传动系统的研究中具有不可或缺的作用。

3 新型机械传动系统动力学特性优化设计

新型机械传动系统的动力学特性优化设计是提升系统性能、延长使用寿命的关键环节。随着工业需求的多样化,传统的设计方法已无法满足对传动系统高效、稳定运行的要求。如何在动力学分析的基础上进行合理的优化设计,成为了当前研究的热点之一。优化设计的核心目标是使系统在各种工况下能够实现最佳的能量传递效率、最小的振动损失以及最高的负载承载能力。这一过程不仅需要对系统的动力学特性进行细致的分析,还需要结合现代优化算法,以寻找到最优的设计方案。

在动力学特性优化设计中,首先必须明确系统的设计目标,这些目标通常包括提高系统的刚度、减少能量损失、降低振动幅度、优化负载传递效率等多个方面。设计目标的清晰定义是整个优化过程的基础,有助于明确优化方向和性能标准。通过建立与动力学行为相关的数学模型,可以将复杂的传动系统行为转化为数学表达式,结合实际工程中的各种约束条件,优化问题可以进一步转化为数学优化问题。这种转化不仅便于计算和求解,还能提供更精确的结果。在优化过程中,常用的优化方法包括遗传算法、粒子群优化算法、模拟退火算法等,这些算法能够在复杂的多维设计空间中寻找全局最优解^[3-7]。除了动力学方面的优化,设计过程中还需综合考虑材料选择、结构合理性等多种因素,以确保设计方案既能满足性能要求,又具备良好的经济性、可制造性和可维护性,从而实现更全面的优化效果。

对于复杂的机械传动系统,优化设计的实施通常是一个多阶段的过程。初步设计阶段侧重于对传动系统的基本框架进行分析,并确定关键部件的材料和几何参数。随后,通过动力学仿真分析系统的响应特性,识别出存在的问题,如系统的非线性振动、部件的过度磨损等。在此基础上,进行更精细的优化,调整各个部件的设计参数,改进系统的性能。在实际应用中,通过优化设计,能够显著提高传动系统的可靠性、降低故障率,同时减少维修成本。最终,优化设计能够使传动系统在复杂的工作环境中表现出更优异的性能,满足高负荷、长周期等苛刻工况的需求。

4 新型机械传动系统的性能评估与实验验证

新型机械传动系统的性能评估与实验验证是确保其设计方案可行性与实际应用价值的重要步骤。尽管现代仿真技术能够在虚拟环境中对传动系统进行广泛的性能预测,提供对系统表现的初步理解,但实验验证

仍然是不可或缺的环节。仿真技术虽然强大，但无法完全模拟复杂工况下的所有可能变数，例如材料的非线性特性、环境的瞬时变化以及不确定因素的影响。通过实验验证，能够将仿真结果与实际性能进行对比，揭示系统在实际工况下的表现，并验证设计方案是否符合预期性能标准。尤其是在新型机械传动系统中，很多设计细节与理论假设的适应性还需通过实验来进一步验证，确保其在真实环境中的可靠性与稳定性，为进一步优化设计提供实证数据支持。

性能评估的过程中，多个维度的评估标准对于传动系统的实际表现至关重要。评估内容涵盖了系统的动力学稳定性、传动效率、振动特性、噪声控制、负载承载能力等方面。在实验过程中，通常需要根据不同的工作条件模拟实验环境，包括调整不同的转速、负载、温度等工况，以观察系统在实际操作中的反应。这些实验不仅可以提供关于系统动力学性能的详细数据，还能评估系统在极端条件下的表现。通过对实验数据的深入分析，能够准确地判断系统是否达到了设计要求，并预测其在长期使用过程中的稳定性。实验数据应通过高精度的传感器与测试设备收集，以确保测试结果的准确性，并确保不同测试周期的数据可比性，从而为后续优化提供更加真实和精确的信息。

实验验证不仅仅是对系统性能的简单测量，更重要的是构建一套完善的反馈机制，通过实验结果与仿真数据进行对比分析，识别设计中的潜在问题与改进空间。通过比较实际测试数据与理论预测数据，工程师可以判断系统设计是否符合预期要求，哪些设计参数需要调整以及系统的哪些环节可能存在优化空间。通过不断调整并完善设计方案，能够提高传动系统的整体精度和可靠性，确保其在实际工作中能够稳定、高效地运行^[8]。性能评估和实验验证的结果不仅能够为设计阶段提供优化建议，还能够为新型机械传动系统的后续发展方向提供实践依据。这一过程有助于推动技术的改进与创新，为机械传动系统的广泛应用奠定坚实的技术基础。

5 结语

新型机械传动系统的设计与优化需要综合考虑动力学特性、材料选择以及结构合理性等多方面因素。仿真技术在这一过程中发挥了至关重要的作用，能够有效地预测系统性能、优化设计方案并提高可靠性。随着计算能力和优化算法的不断发展，机械传动系统的设计将更加精准与高效，满足工业应用对性能和经济性的双重要求。未来，随着技术的进步，更多创新的传动系统将在实际工程中得到广泛应用，推动机械工程的发展。

参考文献

- [1] 沙玲朱.新型农业机械传动系统设计与优化[J].农机使用与维修,2025,(05):78-80.
- [2] 季永乐,王林清.液压机械传动控制系统在机械设计制造中的应用研究[J].办公自动化,2025,30(04):115-117.
- [3] 张琪.机械传动系统的优化设计与分析[J].中国设备工程,2024,(20):118-120.
- [4] 孙慧莹,安鲁陵,任益,等.机械传动系统电加载技术研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(02):218-220.
- [5] 邬可令.液压机械传动控制系统在农业机械设计制造中的应用[J].农业开发与装备,2023,(11):42-44.
- [6] 陈默今.工程机械液压传动系统的故障诊断与维修研究[J].流体测量与控制,2023,4(03):61-63.
- [7] 张扬.机械设计制造中液压机械传动控制系统的应用[J].现代制造技术与装备,2022,58(12):174-176.
- [8] 姜春雷,樊智敏,姜宇,等.考虑磨损故障的双渐开线齿轮传动系统动态特性研究[J].机电工程,2024,41(05):775-785.

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/>

