

车辆底盘控制系统集成与优化研究

蒋奎

安徽海智装备研究院有限公司 安徽芜湖

【摘要】随着汽车产业的不断发展，车辆底盘控制系统的性能优化已成为提升车辆行驶稳定性、安全性及舒适性的重要研究方向。本文针对车辆底盘控制系统的集成与优化问题，提出了一种基于先进控制算法与系统集成技术的优化方案。通过分析现有控制系统的局限性，本文探讨了如何通过硬件与软件的协同工作，实现对底盘系统性能的有效提升。优化后的控制系统在多个实际测试场景中表现出显著的性能改进，尤其在操控性和稳定性方面取得了显著提升。本文总结了底盘控制系统集成的关键技术，并对未来的研究方向进行了展望。

【关键词】底盘控制系统；系统集成；性能优化；先进控制算法；安全性

【收稿日期】2025 年 4 月 13 日

【出刊日期】2025 年 5 月 23 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250222

Research on integration and optimization of vehicle chassis control system

Kui Jiang

Anhui Haizhi Equipment Research Institute Co., Ltd., Wuhu, Anhui

【Abstract】With the continuous development of the automotive industry, the performance optimization of vehicle chassis control systems has become an important research direction for enhancing the driving stability, safety, and comfort of vehicles. Aiming at the integration and optimization issues of vehicle chassis control systems, this paper proposes an optimization scheme based on advanced control algorithms and system integration technologies. By analyzing the limitations of existing control systems, this paper explores how to achieve effective improvement of the performance of the chassis system through the collaborative work of hardware and software. The optimized control system shows significant performance improvements in multiple actual test scenarios, especially in terms of maneuverability and stability. This paper summarizes the key technologies of chassis control system integration and looks forward to the future research directions.

【Keywords】Chassis control system; System integration; Performance optimization; Advanced control algorithm; Safety

引言

车辆底盘控制系统是车辆安全性与舒适性的重要保障，其优化和集成对于提高车辆综合性能至关重要。随着驾驶需求和技术要求的不断提高，如何在保证成本效益的前提下提升底盘控制系统的性能，成为了一个亟待解决的课题。目前，尽管已有许多控制算法在底盘系统中得到应用，但现有技术复杂工况下的适应性与综合性仍存在一定的不足。集成不同控制策略和硬件设备，优化系统的整体性能，已经成为提升底盘控制系统性能的重要路径。本文将探讨如何通过集成创新与优化技术，提升车辆底盘控制系统的稳定性和操控性，为未来的智能化车辆发展提供理论支持与实践指导。

1 车辆底盘控制系统的现状与发展趋势

车辆底盘控制系统在过去几十年里经历了快速的发展，成为现代汽车不可或缺的一部分。这些系统主要包括了车轮驱动控制、电子稳定控制、悬挂系统控制等多个方面，旨在提升车辆的操控性、稳定性和舒适性。随着汽车技术不断进步，传统的机械式底盘控制系统逐渐向电子化、智能化发展。现阶段，许多高端车型已经配备了先进的底盘控制系统，如主动式悬挂、四轮转向系统等，这些技术显著改善了车辆在复杂路况下的性能表现。尽管这些系统已经取得了一定的成就，仍然存在着控制精度不足、响应时间滞后等问题，特别是在极限工况下，底盘系统的稳定性和可靠性仍然是研究的重点。

随着智能化、自动化技术的发展,车辆底盘控制系统正朝着更高的集成度和更复杂的功能方向迈进。车辆的电子控制系统开始与更多的车载智能硬件进行深度融合,自动驾驶系统、智能传感器和通信网络等,这些因素使得底盘控制系统的工作环境更加复杂多变^[1]。如何将多种控制策略有效集成在一个系统中,以实现底盘控制的精确调控,已成为亟待解决的问题。为了满足自动驾驶和智能网联汽车的需求,未来底盘控制系统将更多地采用自适应控制算法、深度学习等技术,这将大大提升系统的响应速度、精度和鲁棒性。

展望未来,车辆底盘控制系统的发展将朝着高度集成和多维度优化的方向发展。各类智能控制算法、传感技术、数据处理技术的不断创新,为底盘控制系统带来了新的机遇和挑战。尤其是人工智能与大数据技术的结合,能够为底盘控制系统提供更高效的优化方案,使其在复杂驾驶环境中表现得更加智能和可靠。随着电动化和自动驾驶技术的兴起,底盘控制系统也面临着更多的创新需求,特别是在与动力系统、自动驾驶系统的协同工作上,如何实现系统间的高度协调与集成,将是未来技术发展的一个关键方向。车辆底盘控制系统的未来发展不仅是对技术性能的提升,更是对系统集成与协同优化能力的全面挑战。

2 集成优化方法的核心技术与实现策略

集成优化方法在车辆底盘控制系统中的应用,主要聚焦于如何有效地整合各类控制策略与技术,以实现系统性能的最大化提升。当前,底盘控制系统通常由多个子系统构成,包括动力系统、悬挂控制、刹车系统等,每个子系统都有其独立的控制目标和优化需求。为了提高系统的整体性能,集成优化方法的核心在于通过先进的控制算法,将各个子系统的控制策略融合,确保各部分协同工作,从而提升车辆的整体稳定性与操控性能。在此过程中,常采用模糊控制、鲁棒控制、自适应控制等多种先进技术,依据不同的驾驶需求,动态调整控制策略,以应对复杂多变的行驶环境。

集成优化方法的实现策略中,数据融合技术和实时反馈控制机制发挥着至关重要的作用。车辆底盘控制系统的集成化要求对多种传感器信号进行精确的处理与融合,通过实时获取车辆的各项状态信息(如车速、路面状态、车辆姿态等),并结合预设的控制模型进行动态优化^[2-5]。这一过程不仅需要强大的数据处理能力,还要求底盘控制系统具备快速响应和自适应的能力。在实际应用中,集成优化方法通常结合多输入多输出(MIMO)控制策略和优化算法,以保证系统能够在复

杂的工况下保持良好的性能,并及时对驾驶员的操作进行反馈,保证车辆的稳定性和安全性。

集成优化方法的实现还依赖于硬件与软件的深度协同。底盘控制系统的集成优化不仅要求高效的控制算法支持,还需要强大的计算平台和高精度的执行器配合。在硬件方面,传感器精度的提高和计算平台的性能提升,使得实时控制成为可能。在软件方面,通过高效的算法设计和优化,不仅可以减少系统的计算负担,还能提高系统响应的速度和准确性。集成优化方法的成功实施,意味着底盘控制系统能够在各种驾驶情况下,实现对车辆性能的最优调控,从而为驾驶员提供更好的驾驶体验和安全保障。这种集成化的控制策略,将成为未来车辆底盘系统发展的重要方向。

3 基于先进控制算法的底盘控制系统性能提升

基于先进控制算法的底盘控制系统性能提升,依赖于对车辆动力学模型和控制策略的深入分析与优化。传统的底盘控制系统通常依赖于简单的PID控制或者经典的模糊控制算法,但这些方法在处理复杂非线性动态系统时,往往表现出较低的精度和响应速度。为了解决这些问题,近年来,许多先进的控制算法被提出并应用于底盘控制系统中,包括自适应控制、滑模控制、最优控制、深度学习控制等。这些算法能够处理车辆在各种路况下的复杂动态变化,优化底盘各个子系统的协调性,使得系统能够实时调整其控制策略,从而显著提升车辆的操控性与稳定性。

在基于先进控制算法的底盘控制系统中,最优控制算法尤为重要。通过建立车辆的精确数学模型,最优控制算法能够基于车辆的实时状态与环境信息,制定出最佳的控制策略,确保底盘各个系统的协同工作^[6]。基于模型预测控制(MPC)的算法能够通过实时预测系统的未来状态,进行多步预测和控制调整,进而实现对车辆运动状态的最优调节。基于鲁棒控制的设计可以有效应对系统参数不确定性和外部干扰,在保障系统稳定性的最大程度减少了控制误差,提升了车辆的行驶稳定性和安全性。

除了经典的优化算法,近年来,机器学习尤其是深度学习技术的引入,也为底盘控制系统的性能提升提供了新的思路。通过对大量驾驶数据进行训练,深度学习算法能够自动发现车辆底盘系统的动态特性,并在此基础上进行实时优化。通过学习驾驶员的操作习惯和不同路况下的响应,系统能够在无需精确模型的情况下,进行智能调节,提升控制精度和系统自适应能力。这些先进控制算法的引入,不仅提升了底盘控制系统

的整体性能,还使得车辆能够在各种复杂工况下,保持更高的行驶稳定性和舒适性,为智能化车辆的发展提供了强有力的支持。

4 集成与优化方案的实际应用与测试分析

集成与优化方案在实际应用中的关键在于其能够应对复杂驾驶环境并有效提高车辆的性能表现。现代车辆底盘控制系统不仅要满足传统的操控性和稳定性要求,还需要应对复杂的驾驶工况,如高速行驶、急转弯、湿滑路面等。为此,集成与优化方案通过将多种控制策略和算法进行有效结合,能够实现对不同工况下车辆动态行为的精确调节^[7]。采用基于模型的预测控制方法,结合车辆实时传感器数据,能够提前预测车轮与地面之间的摩擦力变化,进而调整悬挂系统的刚度和刹车压力,确保车辆在不同路况下都能维持较高的稳定性。

实际测试中,集成与优化方案的效果往往通过一系列标准化的测试场景进行验证,包括复杂的绕桩、紧急避让以及高低速行驶等。这些测试可以通过模拟环境或在实际道路条件下进行,通过对比优化前后的性能数据,评估系统的改进效果。在测试过程中,集成优化方案显示出明显的优势,尤其是在动态响应速度和系统稳定性方面,车辆能够更迅速地适应各种突发的驾驶需求,并维持较好的舒适性和安全性。在高速行驶时,集成优化方案通过实时调整底盘控制参数,有效抑制了车身的摆动,提升了车辆的操控性能和驾驶员的信心。

在一些高端车型的实际应用中,集成与优化方案已成为提升底盘控制系统性能的重要手段。车辆通过与传感器、驱动系统以及其他车载控制系统的深度协同,优化了整体车辆的响应时间和控制精度^[8]。这种多维度的系统优化,不仅提升了车辆的操控性,还为驾驶员提供了更为安全、舒适的驾驶体验。通过持续的数据采集与分析,优化方案也不断根据驾驶需求进行调整和改进,确保其在未来的驾驶环境中持续保持良好的性能表现。

5 结语

通过集成与优化方案,车辆底盘控制系统在提升操控性、稳定性和安全性方面取得了显著进展。先进的

控制算法和硬件协同工作,使得系统能够在复杂的驾驶环境中实时调整和优化,从而提供更优质的驾驶体验。实际测试结果表明,集成优化方案能够显著提升车辆的动态响应和稳定性,特别是在极限工况下表现尤为突出。随着技术的不断进步,未来底盘控制系统将更智能、更高效,为智能化汽车的普及提供强有力的支持。

参考文献

- [1] 来飞,王泉屿,杨辉,等.综合工况下车辆底盘动力学模型复杂度自适应控制[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2024,43(12):118-125.
- [2] 张发旺,谢根金,于光远,等.车辆底盘域高实时控制策略求解[C]//中国汽车工程学会.第三十一届中国汽车工程学会年会论文集(1).北京理工大学机械与车辆学院;经纬恒润(天津)研究开发有限公司;北京科技大学机械工程学院,;2024:134-141.
- [3] 俞志豪,罗荣康,吴佩宝,等.四轮轮毂驱动车辆横向稳定性的底盘协同控制[C]//中国汽车工程学会.第三十一届中国汽车工程学会年会论文集(3).清华大学车辆与运载学院,;2024:8.
- [4] 俞志豪,罗荣康,吴佩宝,等.四轮轮毂驱动车辆横向稳定性的底盘协同控制[J].汽车工程,2024,46(10):1733-1743.
- [5] 谭海波.智能底盘控制系统在车辆安全性能中的作用[J].汽车维修技师,2024,(18):132.
- [6] 基于车辆运动控制软件 cubiX?的智能底盘基于车辆运动控制软件[J].汽车制造业,2024,(04):26-27.
- [7] 冯浩轩,赵翠发,夏金龙,等.利用前馈控制提升底盘域控车辆的横摆稳定性研究[J].汽车实用技术,2024,49(13):49-55.
- [8] 于康.基于线控底盘系统的智能汽车横纵向耦合运动控制研究[D].重庆理工大学,2024.

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/>

