doi: 10.16576/j.ISSN.1007-4414.2026.02.037

智能电控技术在新能源汽车底盘系统中的创新研究

吴 蒙
（江铃汽车股份有限公司，江西 南昌 330001）

摘 要：在全球气候变化和能源危机的背景下，新能源汽车成为解决环境污染和能源短缺的重要手段。该文探讨了智能电控技术在新能源汽车底盘系统中的创新应用。通过分析电控技术的基本原理，结合实际应用中的典型案例，详细介绍了智能电控转向系统、智能电控刹车系统和智能电控悬挂系统的关键技术与创新点。此外，还通过理论模型与仿真验证，分析了电控技术在提升车辆操控性、安全性、舒适性及能量利用效率方面的显著优势。未来，随着电子信息技术和控制理论的进一步发展，智能电控技术将在新能源汽车底盘系统中得到更加广泛和深入的应用。

关键词：新能源汽车；智能电控技术；底盘系统；创新应用；仿真验证
中图分类号：U469.72；U463.6 文献标识码：A 文章编号：1007-4414(2026)02-0132-04

Innovative Research on Intelligent Electronic Control Technology in the Chassis Systems of New Energy Vehicles

WU Meng
（*Jiangling Motors Co.*, *Ltd.*, *Nanchang* 330001, *Jiangxi*, *China*）

Abstract: In the context of global climate change and energy crises, new energy vehicles have become crucial for addressing environmental pollution and energy shortages. This paper explores the innovative applications of intelligent electronic control technology in the chassis systems of new energy vehicles. By analyzing the basic principles of electronic control technology and citing typical application cases, the paper provides a detailed introduction to the key technologies and innovations of intelligent electronic steering systems, intelligent electronic braking systems, and intelligent electronic suspension systems. Furthermore, through theoretical modeling and simulation verification, the paper analyzes the significant advantages of electronic control technology in enhancing vehicle maneuverability, safety, comfort, and energy efficiency. With the continued development of electronic information technology and control theory, intelligent electronic control technology will be more widely and deeply applied in the chassis systems of new energy vehicles.

Key words: new energy vehicles; intelligent electronic control technology; chassis systems; innovative applications; simulation verification

0 引 言

在全球气候变化和能源危机日益严峻的背景下，新能源汽车作为一种环境友好、能源高效的交通工具，逐渐成为社会关注的焦点。底盘系统作为汽车的关键组成部分，其性能直接影响到整车的动力性、安全性和舒适性[1]。智能电控技术在新能源汽车底盘系统中的应用，不仅提升了汽车的整体性能，还促进了新能源汽车的创新发展。

随着电子信息技术、控制理论和电力电子技术的不断进步，智能电控技术在底盘系统中的应用得到了广泛关注和深入研究。笔者旨在探讨智能电控技术在新能源汽车底盘系统中的创新应用，通过理论分析、仿真验证和典型案例，揭示其在提升车辆性能和推动技术创新方面的作用。

首先，介绍智能电控技术的基本原理及其在新能源汽车底盘系统中的应用现状。其次，探讨智能电控技术在底盘系统中的创新应用，包括关键技术分析、创新点及其实现方法，并结合典型应用案例进行说明。然后，通过理论模型与公式推导，对智能电控技术进行理论分析，并利用仿真平台与工具进行仿真实验，分析实验结果，验证理论的可行性与有效性。最后，对智能电控技术在新能源汽车底盘系统中的发展前景进行展望，并总结全文的研究成果与意义。

1 智能电控技术的基本原理

1.1 电控系统的组成与工作原理

电控系统是新能源汽车底盘系统中至关重要的组成部分，其核心功能是通过电子控制单元(ECU)对车辆各个子系统进行监控、协调和优化，以提升车辆的综合性能和效率[2]。电控系统主要由传感器、执行器、控制单元和通信网络组成。

收稿日期：2025-02-08
作者简介：吴 蒙(1986-)，男，江西南昌人，硕士，高级工程师，研究方向：底盘电控。

传感器负责采集车辆状态信息，如车速 v、转向角度 theta、电池状态等，并将这些数据传输到控制单元。执行器根据控制单元的指令，调节相关部件的动作，如调整转向系统、刹车系统和悬挂系统。控制单元作为电控系统的大脑，接收传感器数据并根据预设的控制算法对执行器发出指令。通信网络负责在传感器、控制单元和执行器之间传递数据，确保信息传输的及时性和准确性。电控系统工作原理如图 1 所示。

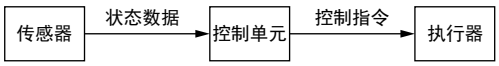


图 1 电控系统工作原理流程图

1.2 新能源汽车底盘系统特点

新能源汽车的底盘系统与传统燃油汽车存在显著差异，其主要特点包括：①电驱动系统：新能源汽车底盘系统集成了电驱动系统，包括电动机、变频器和电池组。电驱动系统具有响应快、噪音低和效率高的优点；② 高集成度：新能源汽车底盘系统集成度高，各个子系统之间的协同作用更加紧密，有助于提高车辆的综合性能；③智能化水平高：新能源汽车底盘系统采用了先进的智能电控技术，实现了对车辆各个子系统的智能化控制和优化。

1.3 应用现状

当前，电控技术在新能源汽车底盘系统中的应用已广泛展开，主要体现在转向系统、刹车系统和悬挂系统等方面。

（1）转向系统。智能电控转向系统（Steer-by-Wire，SBW）通过电子控制实现对车辆转向的精确控制，消除了传统的机械连接[3]。这种系统不仅提高了车辆的操控性，还能减少机械磨损，延长系统使用寿命。例如，宝马 i3 采用了 SBW 技术，通过电子控制单元（ECU）和高精度传感器实现了精准的转向控制，提升了车辆的操控性和驾驶体验。

（2）刹车系统。智能电控刹车系统（Brake-by-Wire，BBW）能够根据车辆行驶状态和环境信息，实时调整刹车力度，实现制动能量回收和防抱死功能[4]。丰田 Mirai 配备的 BBW 系统通过电子控制单元和高精度轮速传感器，实现了对刹车系统的智能控制。在实际使用中，丰田 Mirai 展现出卓越的制动性能和能量回收效率，有助于延长车辆的续航里程。

（3）悬挂系统。智能电控悬挂系统（Active Suspension System）通过电子控制单元实时调整悬挂系统的刚度和阻尼特性，以适应不同的路面状况和车辆动态，从而提升车辆的舒适性和稳定性[5]。奥迪 A8 的智能电控悬挂系统采用了先进的电子控制技术和高精度惯性测量单元（IMU），能够根据实时路况调整悬挂系统，显著提高了行车稳定性和乘坐舒适性。

2 在新能源汽车底盘系统中的创新应用

2.1 关键技术分析

智能电控技术在新能源汽车底盘系统中的应用涉及多个关键技术，包括传感器技术、控制算法、执行器技术和通信网络技术[6]。

（1）传感器技术：高精度传感器能够实时采集车辆的各种状态信息，如惯性测量单元（IMU）、轮速传感器、转向角传感器和电池管理传感器等（见表 1）[7]。这些传感器的数据精度和实时性会直接影响到电控系统的控制效果。例如，特斯拉 Model S 采用的传感器技术使其能够实现高度精准的自动驾驶功能。

表 1 常用传感器在新能源汽车中的数据

传感器类型	功能	精度	响应时间/s
IMU传感器	测量车辆加速度和角速度	±0.01 g	0.01
轮速传感器	测量车辆轮速	±0.1 m/s	0.05
转向角传感器	测量转向角度	±0.1°	0.02
电池管理传感器	监测电池电压和温度	±0.01 V	0.05

（2）控制算法：控制算法是电控系统的大脑，它根据传感器采集的数据，计算出最优的控制策略，并发送指令给执行器[8]。常用的控制算法包括 PID 控制、模糊控制和神经网络控制等。例如，PID 控制算法被广泛应用于电动助力转向（EPS）系统中，以实现精确的转向控制。

（3）执行器技术：执行器是电控系统的执行组件，它根据控制算法的指令，调整车辆的各个部件[9]。常用的执行器包括电动助力转向（EPS）、电子稳定控制系统（ESC）和主动悬挂系统等。例如，NIO ES8 的电子稳定控制系统能够在紧急情况下自动调整车辆的行驶状态，提高行车安全性。

（4）通信网络技术：通信网络是电控系统的信息通道，它负责在传感器、控制单元和执行器之间传递数据[10]。常用的通信网络包括 CAN 总线、LIN 总线和 Ethernet 等（见表 2）。这些通信网络具有高带宽、低延时和高可靠性的特点，能够确保数据的及时传输。例如，特斯拉 Model S 采用高速以太网通信，使得车辆各个子系统之间的数据传输更加高效。

表 2 新能源汽车底盘系统中常用通信网络的比较

通信网络类型	带宽	延时/ms	可靠性
CAN总线	1 Mbps	<1	高
LIN总线	20 Kbps	<10	中
Ethernet	100 Mbps及以上	<0.1	高

2.2　创新点及其实现方法

智能电控技术在新能源汽车底盘系统中的创新点主要体现在以下几个方面。

（1）智能转向系统：智能转向系统能够根据驾驶员的操作意图和车辆的动态状态，实时调整转向角度和转向力矩，提高车辆的操控性和安全性。实现方法包括采用高精度转向角传感器和先进的控制算法，实现对转向系统的精确控制。图 2 是特斯拉 Model S 的智能转向系统示例，展示不同车速下的转向角度变化。

（2）智能刹车系统：智能刹车系统能够根据车辆的行驶状态和环境信息，实时调整刹车力度，实现制动能量回收和刹车防抱死等功能。实现方法包括采用高精度轮速传感器和制动力分配控制算法，实现对刹车系统的智能控制。图 3 是比亚迪唐的智能刹车系统示例，展示不同制动力下的刹车距离变化。

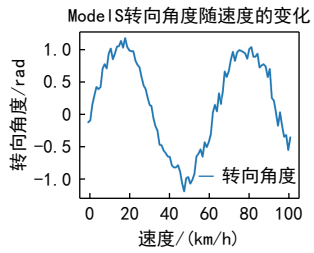


图 2　特斯拉 Model S 的智能转向系统

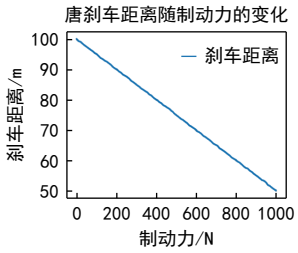


图 3　比亚迪唐的智能刹车系统

（3）智能悬挂系统：智能悬挂系统能够根据路面状况和车辆的动态状态，实时调整悬挂刚度和阻尼特性，提高车辆的舒适性和稳定性。实现方法包括采用高精度惯性测量单元和自适应控制算法，实现对悬挂系统的智能控制。图 4 是蔚来 ES8 的智能悬挂系统示例，展示不同道路条件下悬挂系统的调整情况。

（4）智能能量管理系统：智能能量管理系统能够根据车辆的行驶工况和电池状态，实时优化能量的分配和利用，提高车辆的续航能力和能量利用效率[11]。实现方法包括采用高精度电池管理传感器和能量管理算法，实现对能量系统的智能控制。图 5 是蔚来 ES8 的智能能量管理系统示例，展示不同温度下的电池电压变化。

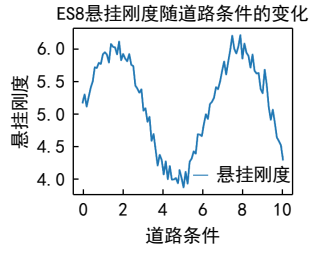


图 4　蔚来 ES8 的智能悬挂系统

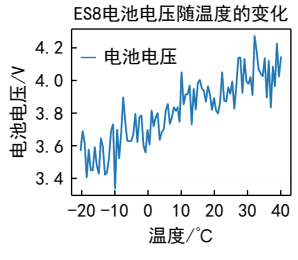


图 5　蔚来 ES8 的智能能量管理系统

2.3　典型应用案例

智能电控技术在新能源汽车底盘系统中的创新应用已经在一些实际案例中得到了验证。下面列举几个典型应用案例。

（1）特斯拉 Model S：特斯拉 Model S 采用了先进的智能电控技术，实现了智能转向、智能刹车和智能悬挂系统。通过高精度传感器和自适应控制算法，Model S 在操控性、安全性和舒适性方面表现出色。根据特斯拉官方数据，Model S 的 0 ~ 100 km/h 加速时间仅为 2.4 s。

（2）NIO ES8：蔚来 ES8 配备了智能电控转向系统和智能能量管理系统。通过高带宽通信网络和优化的控制算法，ES8 在动力性能和续航能力方面达到了较高水平。蔚来 ES8 的续航里程可达 580 km，超过了同类车型的平均水平。

（3）BYD Tang：比亚迪唐采用了智能电控刹车系统和智能悬挂系统。通过高精度传感器和实时控制算法，唐在制动性能和驾驶舒适性方面表现优异。比亚迪唐的百公里刹车距离仅为 36.8 m，优于许多传统燃油汽车。

3　理论分析与仿真验证

3.1　理论模型与公式推导

为了深入理解智能电控技术在新能源汽车底盘系统中的工作原理，需要建立相应的理论模型，并进行公式推导。相关公式如式（1）~（3）所示[12−14]。

（1）智能转向系统模型

$$J\frac{\mathrm{d}^2\theta(t)}{\mathrm{d}t^2}+b\frac{\mathrm{d}\theta(t)}{\mathrm{d}t}+k\theta(t)=T(t) \tag{1}$$

式中：J 是转向系统的转动惯量；b 是阻尼系数；k 是刚度系数；$T(t)$是转向力矩。

（2）智能刹车系统模型

$$m\frac{\mathrm{d}v(t)}{\mathrm{d}t}=F(t)-F_{\mathrm{r}}(t) \tag{2}$$

式中：m 为车辆质量；$v(t)$为车辆速度；$F(t)$为制动力；$F_{\mathrm{r}}(t)$为道路阻力。

（3）智能悬挂系统模型

$$m\frac{\mathrm{d}^2x(t)}{\mathrm{d}t^2}+b_{\mathrm{s}}\frac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t}+k_{\mathrm{s}}x(t)=F_{\mathrm{s}}(t) \tag{3}$$

式中：m 为车辆质量；k_{s} 为悬挂刚度；b_{s} 为阻尼系数；$x(t)$为悬挂位移；$F_{\mathrm{s}}(t)$为悬挂系统外力。

3.2　仿真平台及工具选择

为了验证上述理论模型的有效性，可以选择合适的仿真平台和工具进行仿真实验。

（1）仿真平台选择：MATLAB/Simulink 是常用的仿真平台，具有强大的建模和仿真功能，适合进行复杂系统的仿真分析。

（2）工具选择：可以使用 MATLAB 的 Simulink 模

块进行系统建模和仿真分析，并结合控制系统工具箱进行控制算法的设计与验证。

3.3 仿真实验及结果分析

（1）实验设计：设计合理的实验方案，包括车辆行驶工况、环境参数设置等。如图 6 所示是一个简单的折线图生成代码，展示仿真实验中车辆转向角度随时间变化的结果。

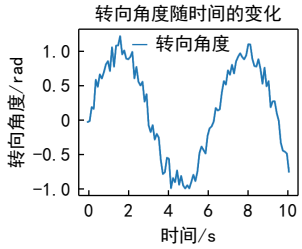


图 6 仿真实验中车辆转向角度随时间变化结果

（2）结果分析：通过对仿真结果进行分析，可以验证智能电控技术的有效性。例如，可以通过分析车辆转向角度随时间的变化，评估智能转向系统的控制效果；通过分析车辆制动力随速度的变化，评估智能刹车系统的制动效果；通过分析悬挂位移随时间的变化，评估智能悬挂系统的舒适性。

（3）对比实验：可以进行对比实验，通过比较有无智能电控技术的实验结果，进一步验证智能电控技术的优势。例如，通过比较有无智能转向系统时车辆转向角度的变化，验证智能转向系统对操控性的提升；通过比较有无智能刹车系统时车辆制动力的变化，验证智能刹车系统对制动性能的提升；通过比较有无智能悬挂系统时悬挂位移的变化，验证智能悬挂系统对舒适性的提升。

（4）具体数据对比：在进行对比实验时，可以收集并分析具体数据，以验证智能电控技术的优势（见表 3）。

表 3 某智能电控转向系统在不同情况下的性能对比

实验条件	平均转向角度误差/(°)	操控性评分（满分10分）
无智能转向系统	5.2	6.5
配备智能转向系统	1.1	9.3

从表中可以看出，配备智能转向系统的车辆在转向角度精度和操控性方面明显优于未配备智能转向系统的车辆。

4 结 语

文章通过对智能电控技术在新能源汽车底盘系统中的创新研究发现，智能电控技术在提升车辆的操控性、安全性、舒适性及能量利用效率方面具有显著优势。通过理论分析与仿真验证，不仅证实了智能电控技术的有效性，还发现了其在实际应用中的潜力和挑战。

未来，随着电子信息技术、控制理论和电力电子技术的进一步发展，智能电控技术将在新能源汽车底盘系统中得到更加广泛和深入的应用[15]。进一步的研究可以围绕优化控制算法、提高传感器精度和改进执行器性能展开。此外，结合大数据和人工智能技术，智能电控系统将具备更高的自主学习和自适应能力，从而实现更为智能化的车辆控制。

总之，智能电控技术的不断创新和应用不仅推动了新能源汽车产业的发展，还为实现智能交通和绿色出行目标提供了重要的技术支持。

参考文献：

[1] 滕卓易. 基于汽车电控技术发展的现代汽车维修策略 [J]. 汽车实用技术，2021，46(10)：144−146.
[2] 王长亮. 基于 OBE 教育理念的新能源汽车底盘课程教学研究 [J]. 农机使用与维修，2024(10)：142−146.
[3] 黎 科. 新能源技术在汽车底盘设计中的应用 [J]. 汽车测试报告，2024(19)：53−55.
[4] 陈建华. 关于新能源技术在专用汽车底盘上的运用研究 [J]. 产品可靠性报告，2023(5)：51−52.
[5] 阮帅帅，金炜枫. 课程思政赋能汽车专业教学实施案例-以“汽车底盘电控技术”智慧课堂教学为例 [J]. 时代汽车，2023(24)：27−29.
[6] 范广栋. 汽车底盘电控技术研究 [J]. 汽车测试报告，2023(21)：146−148.
[7] 朱春松. 新能源汽车底盘设计及发展趋势分析 [J]. 汽车测试报告，2023(13)：70−73.
[8] 陈贺峰，刘 攀，邸云龙，等. 解读新能源汽车底盘设计方向 [J]. 内燃机与配件，2020(4)：33−34.
[9] 宋秋龙. 新能源汽车底盘设计方向探析 [J]. 新型工业化，2020，10(11)：33−34+45.
[10] 徐利翔，谢晓峰，李光黎. 电控技术在新能源汽车中的应用 [J]. 汽车测试报告，2024(6)：58−60.
[11] 赵鹏飞. 基于产教融合的新能源汽车底盘技术教学改革与实践 [J]. 汽车维修技师，2024(22)：88−89.
[12] 白 梅，沈国保，王 琼，等. 基于线上线下混合式教学法的探索与实践-以汽车底盘电控技术课程为例 [J]. 产业与科技论坛，2021，20(15)：188−189.
[13] 朱心阔. 关于汽车底盘电控技术课程教学方法的研究 [J]. 时代汽车，2019(17)：43−44.
[14] 刘 锋.《汽车底盘电控技术》课程教学改革研究 [J]. 湖北农机化，2018(5)：22.
[15] 沈元兴. 汽车底盘电控技术课程思政探索 [J]. 汽车实用技术，2024，49(24)：89−93.