

汽车变速器操纵机构智能化改造与实现

贺 明 姜勇俊 叶旭强 李小兰

浙江万里扬股份有限公司金华分公司 浙江 金华 321000

摘要：本文围绕汽车变速器操纵机构智能化改造与实现展开研究。阐述其基础理论，包括智能控制策略、变速器结构原理及改造需求；剖析传感器与执行器、智能控制算法、通信与数据处理等关键技术；介绍系统架构设计、硬件开发集成及软件开发测试的实现过程；探讨市场需求、经济效益、技术挑战与发展方向。研究表明，智能化改造对提升汽车性能、满足行业发展需求意义重大。

关键词：变速器操纵机构；智能化改造；关键技术

1 汽车变速器操纵机构智能化改造的基础理论

1.1 智能控制策略概述

智能控制策略作为汽车变速器操纵机构智能化改造的核心理论支撑，融合多种前沿理论与方法，致力于实现更高效、精准且自适应的控制效果。经典控制理论中的PID控制，凭借结构简单、易于实施的特性，在早期变速器控制领域广泛应用。通过对比例（P）、积分（I）、微分（D）三个关键参数的精细调节，能快速响应系统变化并维持稳定运行状态。伴随技术革新，现代智能控制策略不断涌现并发挥重要作用。模糊控制基于模糊逻辑，模拟人类思维模式，可有效处理复杂的非线性、不确定性问题。在变速器换挡过程中，它能依据车速、发动机转速、油门踏板位置等模糊输入信息，迅速且合理地做出换挡决策^[1]。神经网络控制则模拟生物神经元工作机制，构建复杂网络结构，具备强大的学习和自适应能力。通过对海量运行数据的学习，持续优化控制策略，显著提升变速器性能表现。这些智能控制策略相互配合、优势互补，为汽车变速器操纵机构的智能化改造筑牢理论根基。

1.2 变速器结构与工作原理

汽车变速器作为传动系统的核心部件，其结构与工作原理直接决定汽车的动力传输和行驶性能。变速传动机构内的多个不同齿数齿轮，通过精确的啮合与分离操作，实现多样的传动比变化，进而改变发动机输出的转速与扭矩，以适配不同行驶工况需求。操纵机构则承担着控制齿轮换挡的关键任务，驾驶员借助换挡杆、拨叉等部件，将动力精准传递至相应齿轮组。自动变速器结构更为复杂精巧，如液力自动变速器（AT），借助液力变矩器实现动力传递，并依靠行星齿轮机构达成变速变矩功能。结合液压控制系统与电子控制系统，可自动、流畅地完成换挡过程。深入了解变速器的结构与工作原

理，是开展智能化改造的必要前提。只有精准把握其机械结构与动力传递机制，才能针对性地引入智能技术，实现更卓越的控制与性能提升。

1.3 智能化改造需求分析

随着汽车行业的迅猛发展以及消费者对驾驶体验要求的日益提升，汽车变速器操纵机构的智能化改造已成为必然趋势。从驾驶舒适性层面来看，传统手动变速器操作繁琐，在拥堵路况下，驾驶员需频繁换挡，极易产生疲劳感。而经过智能化改造的变速器，能够依据实时行驶工况自动完成换挡操作，极大地减轻驾驶员操作负担，显著提升驾驶的舒适性与便捷性。在燃油经济性方面，智能变速器凭借精确的控制策略，可使发动机始终处于高效工作区间，有效降低燃油消耗，减少尾气排放，契合当下节能环保的发展潮流。另外，伴随自动驾驶技术的兴起，汽车对自动化和智能化水平的要求愈发严苛。智能化的变速器操纵机构能够与自动驾驶系统实现无缝协同，助力车辆达成自主控制与优化运行。由此可见，无论是从用户实际需求还是行业发展趋势考量，汽车变速器操纵机构的智能化改造都极具现实意义与紧迫性。

2 汽车变速器操纵机构智能化改造的关键技术

2.1 传感器与执行器技术

传感器与执行器技术是汽车变速器智能化改造的关键，分别承担信息采集与动作执行功能。传感器中，车速传感器基于电磁感应或霍尔效应监测车速，为换挡提供核心参数；发动机转速传感器辅助判断发动机工况，保障换挡时转速匹配；油门踏板位置传感器感知驾驶员动力需求，助力换挡策略调整^[2]。油温、油压传感器实时监测变速器状态，预防故障发生。新型传感器如高精度IMU，可采集加速度、角速度等多维信息，为智能控制提供丰富数据。执行器负责关键操作执行，电动执行器

凭借响应快、精度高的优势，在智能化变速器中广泛应用，可精准控制拨叉实现换挡。液压执行器则在液力自动变速器中，通过调控液压油驱动行星齿轮变速。电磁阀精准控制液压油路，实现换挡、离合器操作。当前研究聚焦于提升执行器响应速度、降低能耗，通过新材料应用与结构优化，满足变速器智能化性能需求。

2.2 智能控制算法开发

智能控制算法是变速器智能化改造的核心，决定系统控制性能。传统固定参数换挡策略难以适应复杂工况，现代智能换挡策略融合车速、发动机转速、载荷、坡度、驾驶风格等多参数。例如，依据载荷调整升挡时机，利用道路坡度信息提前规划挡位，优化动力与能耗。强化学习算法成为研究热点，通过控制算法在行驶工况中试错学习，以燃油经济性、舒适性等为奖励目标，持续优化换挡策略。模型预测控制（MPC）算法基于系统数学模型，预测未来状态并提前制定最优策略，有效应对时滞与不确定性，显著提升换挡平顺性和燃油经济性。随着算法不断创新，汽车变速器将向更智能、高效方向发展，更好地满足多样化驾驶需求。

2.3 通信与数据处理技术

通信与数据处理技术是实现变速器智能化的保障，确保系统内外信息高效交互。汽车内部采用多种通信协议，CAN总线应用广泛，可实现变速器与发动机等控制单元的数据交换。FlexRay总线和车载以太网等新型技术，因高通信速率与大数据传输能力，为高级智能控制和自动驾驶奠定基础。在数据处理方面，传感器增多使数据量激增，需先进技术应对。数据滤波去除噪声，数据融合整合多源信息，提升工况判断准确性。边缘计算技术将处理功能下沉至车载单元，实现数据实时处理，减少传输延迟，增强系统响应能力。这些技术的发展，为变速器智能化改造提供坚实支撑，推动汽车智能化水平不断提升。

3 汽车变速器操纵机构智能化改造的实现

3.1 系统架构设计

系统架构设计是汽车变速器操纵机构智能化改造的顶层规划，直接决定系统功能、性能与扩展性，完整架构包含感知、控制、执行三层。感知层以各类传感器为核心，负责采集车速、发动机转速、油门踏板位置等关键运行数据，将物理信号转化为电信号后，经通信总线传输至控制层。该层设计需综合考量传感器选型、安装布局，如车速传感器安装要确保测量精准，同时做好抗电磁干扰防护。控制层作为系统核心，接收感知层数据，运用智能控制算法深度分析处理，进而生成控制指

令。其通常由高性能微控制器或DSP构成，需具备强大计算与数据处理能力，以支撑复杂算法运行^[3]。控制层还需与发动机控制单元等系统通信协同，实现动力系统最优匹配，并集成故障诊断与容错功能，保障车辆运行安全。执行层依据控制层指令，驱动执行器完成换挡、离合器操作等任务。设计时需关注执行器选型、驱动方式及控制精度，如电动换挡执行器需适配驱动电路以实现精准控制。同时系统架构强调模块化与标准化设计，便于后期维护、升级与功能扩展，是实现智能化改造稳定运行的关键。

3.2 硬件开发与集成

硬件开发与集成是将系统架构落地的关键，涉及传感器、执行器和控制器等设备的选型、开发与组装。在传感器开发上，除选定合适类型与型号外，还需设计信号调理电路。由于传感器输出信号弱且易受噪声干扰，调理电路通过放大、滤波等处理，提升信号质量，例如将车速传感器脉冲信号整形为标准方波。同时，传感器硬件需通过耐高温、防水等严苛环境测试与抗干扰设计，确保可靠性。执行器硬件开发重点在本体选型与驱动电路设计。以电动换挡执行器为例，需依据变速器换挡力和速度要求匹配电机，并设计具备电流、速度、位置控制功能的驱动电路，同时配备过流、过压等保护电路，保障执行器安全稳定运行。控制器开发是硬件集成核心，依据控制层功能需求设计电路、选型元器件。以微控制器或DSP为核心，搭配存储器、通信接口等电路，满足智能化控制对计算性能与外设资源的需求。硬件集成时，通过通信总线和线束连接各设备，并经系统调试测试，确保硬件系统稳定可靠。

3.3 软件开发与测试

软件开发与测试是赋予硬件智能化控制能力的关键。软件开发初期，依据智能控制算法需求进行模块化程序架构设计，划分传感器数据采集、数据处理、控制算法、通信等功能模块，便于开发、维护与升级。其中，采集模块负责数据读取与初步校验，处理模块通过滤波、融合为控制算法提供精准数据，控制算法模块生成指令，通信模块实现数据交互。编码阶段，选用C、C++等高效可靠语言，遵循编程规范。同时引入模型驱动开发（MDD）方法，基于系统数学模型自动生成代码框架，开发者只需完善功能，既减少编码量，又提升代码准确性与可靠性。软件测试分单元、集成、系统三阶段。单元测试针对单个模块功能正确性；集成测试验证模块间接口与数据传输准确性；系统测试在完整硬件系统上模拟实际工况，检验软件运行稳定性与控制性能。

严格的开发与测试流程，是保障智能化改造软件稳定、可靠、高效运行的必要手段。

4 汽车变速器操纵机构智能化改造的应用前景

4.1 市场需求分析

随着汽车市场的持续发展和消费者需求升级，汽车变速器操纵机构智能化改造的市场需求呈现快速增长态势。在乘用车领域，消费者对驾驶舒适性和便捷性的要求不断提高，智能化自动变速器能够带来轻松愉悦的驾驶体验，受到越来越多消费者的青睐。特别是在城市拥堵路况下，智能变速器的自动换挡功能可有效减轻驾驶员疲劳，提升驾驶安全性。随着新能源汽车的迅猛发展，对变速器智能化的要求也日益提高。新能源汽车动力系统与传统燃油汽车不同，智能化变速器操纵机构能够更好地匹配电机特性，提升车辆动力性能与续航里程。在商用车领域，智能化变速器同样具有广阔市场前景。商用车通常面临长时间、高强度运行，驾驶员工作强度大，智能化变速器能够降低操作难度、减轻疲劳，提高运输效率。智能变速器凭借精确控制策略优化燃油消耗，降低运营成本，对物流运输企业极具吸引力。随着物流行业智能化发展，自动驾驶商用车需求逐渐增加，智能化变速器操纵机构作为实现自动驾驶的关键部件，能够与自动驾驶系统无缝对接，为商用车自动驾驶提供有力支持。

4.2 经济效益分析

汽车变速器操纵机构智能化改造具有显著经济效益。从生产制造企业角度来看，虽然智能化改造初期需要投入大量研发资金与设备成本，但随着技术成熟和生产规模扩大，单位产品成本将逐步降低。智能化变速器能够提升车辆性能与品质，增强产品市场竞争力，进而提高产品售价与市场份额，为企业带来更高利润。智能化变速器生产过程可实现自动化与智能化，提高生产效率，降低人工与生产成本。从用户角度而言，智能化变速器能够提升车辆燃油经济性，降低燃油消耗。同时，智能化变速器可靠性与耐用性更高，减少车辆维修次数与成本。智能化变速器带来的良好驾驶体验与车辆性能提升，还能提高车辆保值率，为用户在车辆置换时带来更高收益。从社会层面来看，智能化变速器的广泛应用有助于降低能源消耗、减少尾气排放，对环境保护与可持续发

展意义重大，进而产生间接经济效益与社会效益。

4.3 技术挑战与发展方向

尽管汽车变速器操纵机构智能化改造已取得一定成果，但仍面临诸多技术挑战。在传感器技术方面，虽然当前传感器精度与可靠性有显著提升，但在高温、高寒、强电磁干扰等复杂环境下，传感器性能易受影响，导致数据采集不准确。如何进一步提高传感器集成度与小型化程度，以适应汽车内部有限空间，也是亟待解决的问题^[4]。在智能控制算法方面，现有算法虽能实现较好控制效果，但面对复杂多变行驶工况与个性化驾驶需求，算法适应性与鲁棒性有待进一步提升。随着自动驾驶技术发展，对变速器控制算法的实时性与安全性要求不断提高，需进一步优化算法，提升运算效率与可靠性。在通信与数据处理技术方面，随着汽车智能化程度不断加深，数据量呈爆炸式增长。如何高效处理与传输海量数据，以及如何保障数据传输安全与隐私，成为新的技术难题。未来，汽车变速器操纵机构智能化改造将朝着更高精度传感器、更智能控制算法、更高效通信与数据处理技术方向发展，同时加强跨学科融合与协同创新，推动汽车变速器操纵机构智能化水平不断提升。

结束语

汽车变速器操纵机构智能化改造顺应汽车行业发展趋势，在提升驾驶体验、节能减耗等方面成效显著。尽管当前面临传感器适应性、算法优化等技术挑战，但随着技术创新与跨学科融合推进，未来将朝着更高精度、更强智能、更优性能方向发展，持续为汽车行业智能化升级注入动力，引领行业迈向新高度。

参考文献

- [1] 张琦,田天泰,张毓等.汽车变速器轴轻量化设计与旋转锻造仿真[J].锻压技术,2023,48(05):266-274.
- [2] 刘叶花,刘文昌,傅兵.汽车变速器壳体悬置连接处静强度分析与设计改进[J].汽车与驾驶维修(维修版),2023(05):40-42.
- [3] 王超.汽车机械式变速器变速传动机构优化设计与实现[J].微型电脑应用,2023,39(07):38-41.
- [4] 赵杰.汽车机械式变速器变速传动机构可靠性优化设计分析[J].新型工业化,2022,12(05):94-97.