

# 智能车辆机械系统设计与控制策略研究

张照硕 杨馨宇\* 马国方 王子阳 刘远浩

山东省烟台市, 烟台南山学院, 264000;

**摘要:** 随着科技的飞速发展, 智能车辆作为未来交通领域的重要发展方向, 正逐渐改变人们的出行方式。智能车辆机械系统作为其核心组成部分, 不仅承担着传统车辆机械系统的基本功能, 如动力传输、行驶支撑、转向控制等, 还需与各类智能感知、决策和执行系统协同工作, 实现车辆的自动化、智能化运行。本文针对智能车辆机械系统进行了深入研究, 旨在提高车辆的动力性能、燃油经济性和可靠性。

**关键词:** 智能车辆; 机械系统; 设计; 控制策略

**DOI:**10.69979/3041-0673.25.04.018

## 引言

随着我国经济的快速发展和科技的不断进步, 智能车辆已成为未来交通领域的重要发展方向。智能车辆机械系统作为智能车辆的核心组成部分, 其设计与控制策略的研究具有重要意义。因此, 深入研究智能车辆机械系统的设计与控制策略, 对于提升智能车辆的性能、安全性和可靠性具有至关重要的意义。

## 1 智能车辆机械系统概述

智能车辆是指利用先进的传感器、通信、计算机和控制技术, 实现车辆的自主感知、决策和控制, 能够在一定程度上替代人类驾驶员完成驾驶任务的车辆。与传统车辆相比, 智能车辆具有高度自动化、精准感知、智能决策和协同交互等特点。它可以通过传感器实时获取车辆周围的环境信息, 如道路状况、交通信号、其他车辆和行人的位置等, 并利用先进的算法对这些信息进行分析 and 处理, 做出合理的决策, 控制车辆的行驶状态<sup>[1]</sup>。

## 2 智能车辆机械系统设计

### 2.1 动力系统设计

#### 2.1.1 发动机与电动机的选型

对于采用燃油发动机的智能车辆, 在选型时需要综合考虑发动机的功率、扭矩、燃油经济性、排放性能等因素。根据车辆的用途、行驶工况和设计要求, 选择合适的发动机类型和规格。对于城市通勤的智能车辆, 由于频繁启停和低速行驶, 更适合选择具有良好燃油经济性和低排放的小排量发动机; 而对于长途运输的智能车辆, 则需要选择功率较大、扭矩输出稳定的发动机。在电动汽车中, 电动机的选型至关重要。电动机的性能直接影响车辆的加速性能、续航里程和最高车速。常见的电动机类型有直流电动机、交流异步电动机和永磁同步电动机。永磁同步电动机由于具有较高的效率、功率密度和转矩控制精度, 在电动汽车中得到广泛应用。在选型时, 需要根据车辆的动力需求、电池电压和容量等因

素, 确定电动机的额定功率、额定转速、峰值扭矩等参数。

#### 2.1.2 动力系统集成与优化

为了提高智能车辆动力系统的性能和可靠性, 需要对发动机、电动机、电池、变速器等部件进行集成设计和优化。通过合理布置动力系统各部件的位置, 优化管路和线路的连接, 减少能量损失和干扰。同时, 采用先进的控制算法和策略, 实现发动机与电动机的协同工作, 优化动力系统的能量管理。在混合动力汽车中, 通过智能控制系统根据车辆的行驶工况和电池电量, 自动切换发动机和电动机的工作模式, 实现最佳的燃油经济性和动力性能。

## 2.2 传动系统设计

### 2.2.1 变速器的选择与设计

智能车辆的传动系统通常采用自动变速器, 以实现换挡的自动化和智能化。常见的自动变速器类型有液力自动变速器(AT)、机械式自动变速器(AMT)、无级变速器(CVT)和双离合变速器(DCT)。不同类型的变速器具有各自的特点和适用场景。AT变速器具有换挡平顺、可靠性高的优点, 但传动效率相对较低; AMT变速器结构简单、成本低, 但换挡过程存在顿挫感; CVT变速器能够实现传动比的连续变化, 具有良好的燃油经济性, 但传递扭矩能力有限; DCT变速器结合了手动变速器和自动变速器的优点, 换挡速度快、传动效率高, 但结构复杂、成本较高<sup>[3]</sup>。在智能车辆传动系统设计中, 需要根据车辆的动力需求、驾驶性能要求和成本等因素, 选择合适的变速器类型, 并进行优化设计。

### 2.2.2 传动比优化与换挡策略制定

传动比的优化是提高智能车辆性能的关键环节之一。合理的传动比可以使发动机或电动机在高效工作区域运行, 提高燃油经济性或电能利用率。通过对车辆行驶工况的分析, 结合动力系统的特性, 利用优化算法确定最佳的传动比范围和换挡点。在制定换挡策略时, 需

要考虑多种因素，如车辆的行驶速度、加速度、发动机或电动机的转速和扭矩、电池电量等。智能控制系统可以根据这些信息，实时计算并选择最佳的换挡时机和换挡方式，实现平顺、高效的换挡过程。采用模糊控制、神经网络等智能算法，对换挡过程进行精确控制，提高换挡品质和车辆的整体性能。

## 2.3 行驶系统设计

### 2.3.1 车架与车桥设计

车架是智能车辆的承载基体，其设计应满足强度、刚度和轻量化的要求。采用先进的材料和制造工艺，如高强度钢、铝合金、碳纤维复合材料等，在保证车架结构安全可靠的前提下，减轻车辆的重量，降低能耗。车桥作为连接车架与车轮的部件，分为转向桥、驱动桥和支持桥。在设计车桥时，需要根据车辆的类型、载荷分布和行驶工况，确定车桥的结构形式、尺寸参数和零部件选型，确保车桥具有良好的承载能力和行驶性能。

### 2.3.2 车轮与悬架系统设计

车轮的设计直接影响车辆的行驶稳定性和操控性。选择合适的车轮尺寸、轮胎类型和花纹，可以提高车辆的抓地力、降低滚动阻力和减少噪音。对于高速行驶的智能车辆，采用低滚动阻力的轮胎和轻量化的轮毂，有助于提高车辆的燃油经济性和续航里程。悬架系统的作用是缓冲路面不平引起的振动和冲击，保证车辆的行驶舒适性和操纵稳定性。智能车辆的悬架系统通常采用主动悬架或半主动悬架技术，能够根据车辆的行驶状态和路面情况，实时调整悬架的刚度和阻尼。通过传感器采集车辆的加速度、车身姿态等信息，智能控制系统根据预设的控制策略，控制悬架执行器调整悬架参数，使车辆在不同路况下都能保持良好的行驶性能。

## 2.4 转向系统设计

### 2.4.1 转向系统类型选择

智能车辆的转向系统主要有机械转向系统、液压助力转向系统、电动助力转向系统（EPS）和线控转向系统（SBW）。机械转向系统结构简单，但转向力较大，不适用于大型车辆和高速行驶的智能车辆。液压助力转向系统通过液压油提供助力，能够减轻驾驶员的转向力，但存在能耗高、响应速度慢等缺点。EPS 系统利用电动机提供助力，具有能耗低、响应速度快、可根据车速和驾驶条件调整助力大小等优点，在智能车辆中得到广泛应用。SBW 系统则完全取消了转向盘与转向轮之间的机械连接，通过电子信号实现转向控制，具有更高的灵活性和智能化程度，但对系统的可靠性和安全性要求极高。在选择转向系统类型时，需要综合考虑车辆的用途、性能要求、成本和可靠性等因素<sup>[4]</sup>。对于一般的智能乘用车，EPS 系统是较为常见的选择；而对于一些高端智能

车辆或特殊用途的车辆，SBW 系统可能更能满足其对智能化和操控性能的要求。

### 2.4.2 转向控制算法设计

智能车辆的转向控制需要精确、快速地响应驾驶员或智能控制系统的指令。转向控制算法是实现这一目标的关键。常见的转向控制算法有比例 - 积分 - 微分（PID）控制、模糊控制、滑模变结构控制等。PID 控制算法结构简单、易于实现，能够对转向系统进行基本的控制，但对于复杂的工况和系统参数变化，其控制效果可能不理想。模糊控制算法利用模糊逻辑对系统进行控制，能够较好地处理不确定性和非线性问题，提高转向控制的鲁棒性和适应性。滑模变结构控制算法则通过设计滑模面，使系统在滑模面上具有良好的动态性能和抗干扰能力。在实际应用中，通常将多种控制算法相结合，形成复合控制策略，以提高转向控制的精度和可靠性。采用模糊 PID 控制算法，利用模糊控制对 PID 控制器的参数进行在线调整，使其能够适应不同的行驶工况和系统参数变化。

## 2.5 制动系统设计

### 2.5.1 制动系统结构设计

智能车辆的制动系统与传统车辆类似，主要由制动踏板、制动主缸、制动轮缸、制动器等部件组成。但在智能车辆中，制动系统还需要与智能控制系统紧密配合，实现制动的自动化和智能化。为了满足智能车辆对制动性能和安全性更高要求，制动系统的结构设计需要进行优化。采用电子控制制动系统（EBS）替代传统的气压制动系统或液压制动系统，EBS 系统通过电子信号控制制动压力，能够实现更精确的制动控制和更快的响应速度。

### 2.5.2 制动能量回收系统设计

对于电动汽车和混合动力汽车，制动能量回收系统是提高能源利用率的重要手段。制动能量回收系统利用电动机的发电功能，在车辆制动时将部分动能转化为电能并储存到电池中。在设计制动能量回收系统时，需要考虑制动能量回收的效率、与传统制动系统的协调控制以及对车辆行驶稳定性的影响等因素。通过合理设计制动能量回收系统的控制策略，能够实现制动能量的高效回收和车辆制动性能的优化。采用基于规则的控制策略，根据车辆的行驶速度、电池电量和制动需求等信息，确定制动能量回收的强度和传统制动系统的介入时机，使车辆在保证安全制动的前提下，最大限度地回收制动能量。

## 3 智能车辆机械系统策略

### 3.1 智能车辆的控制架构

智能车辆的控制架构通常采用分层式结构，包括感

知层、决策层和执行层。感知层通过各种传感器，如激光雷达、摄像头、毫米波雷达、超声波传感器等，实时采集车辆周围的环境信息和车辆自身的状态信息。决策层利用先进的算法和模型，对感知层获取的信息进行处理和分析，做出车辆的行驶决策，如加速、减速、转向、停车等。执行层则根据决策层的指令，控制车辆的机械系统和其他执行机构，实现车辆的实际行驶动作。在智能车辆的控制架构中，各层之间通过高速通信网络进行信息交互，确保信息的快速、准确传输。同时，为了提高系统的可靠性和安全性，还需要采用冗余设计和故障诊断技术，对系统的关键部件和通信链路进行备份和监测，一旦出现故障能够及时进行切换和修复。

### 3.2 基于传感器信息融合的控制

智能车辆的传感器信息融合是提高车辆感知精度和可靠性的重要手段。由于单一传感器存在一定的局限性，如激光雷达对近距离目标检测能力有限，摄像头在恶劣天气条件下性能下降等，通过将多种传感器的信息进行融合，可以获取更全面、准确的环境信息。常见的传感器信息融合方法有数据层融合、特征层融合和决策层融合。数据层融合是直接对传感器采集的原始数据进行融合处理，具有较高的信息利用率，但计算量较大。特征层融合是先对传感器数据进行特征提取，然后将提取的特征进行融合，计算量相对较小，但可能会损失部分信息。决策层融合是各传感器独立进行决策，然后将决策结果进行融合，具有较好的容错性和实时性<sup>[5]</sup>。

### 3.3 车辆动力学控制

车辆动力学控制是智能车辆实现稳定、高效行驶的关键技术之一。通过对车辆的动力系统、传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统进行协同控制，使车辆在各种行驶工况下都能保持良好的动力学性能。常见的车辆动力学控制策略有底盘稳定控制系统（ESC）、直接横摆力矩控制（DYC）和主动前轮转向控制（AFS）等。ESC系统通过控制车辆的制动系统和发动机输出扭矩，防止车辆在紧急制动或转向时发生侧滑和失控。DYC系统则通过对车辆左右车轮施加不同的制动力矩，产生直接横摆力矩，调节车辆的行驶方向，提高车辆的操纵稳定性。AFS系统通过控制前轮的转向角度，改变车辆的转向特性，使车辆在不同行驶工况下都能保持良好的转向性能。在智能车辆中，这些车辆动力学控制策略通常与智能控制系统相结合，实现更加智能化的控制。利用车辆的传感器信息和智能算法，实时计算车辆的行驶状态和动力学参数，根据预设的控制目标和策略，自动调整车辆的动力输出、制动压力和转向角度，使车辆始终

保持在稳定、高效的行驶状态。

### 3.4 智能车辆的协同控制

随着智能交通系统的发展，智能车辆之间以及智能车辆与交通基础设施之间的协同控制成为研究热点。智能车辆的协同控制策略旨在通过车辆之间的信息交互和协同决策，实现交通流量的优化、道路资源的合理利用和车辆行驶安全性的提高。常见的智能车辆协同控制策略有车-车通信（V2V）、车-路通信（V2I）和车-人通信（V2P）等。V2V通信使车辆能够实时获取周围车辆的位置、速度、行驶方向等信息，通过协同决策算法，实现车辆之间的安全跟车、避撞和编队行驶等功能。V2I通信则使车辆能够与交通基础设施进行信息交互，获取交通信号灯状态、道路路况等信息，优化车辆的行驶路径和速度，提高交通效率。V2P通信则为车辆与行人之间的信息交互提供了可能，增强了车辆对行人的感知和避让能力，提高了道路交通安全。通过实施智能车辆的协同控制策略，能够有效减少交通拥堵、降低能源消耗、提高道路通行能力和保障行车安全。

## 4 结语

综上所述，智能车辆机械系统设计与控制策略紧密相连，共同推动着智能交通的发展。本文精心设计了智能车辆机械系统，优化各部件协同运作，确保车辆在复杂路况下稳定行驶。控制策略上，采用先进算法实现精准操控，提升车辆的安全性与智能性。但智能车辆领域仍在不断发展，未来需持续探索更高效的设计与控制方案，以适应日益增长的交通需求，为人们带来更便捷、安全、智能的出行体验。

### 参考文献

- [1] 庄昊. 基于北斗/GPS的快递车辆智能监控管理系统设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息, 2024, 47(12): 143-145.
- [2] 药左红, 付建华, 刘琼, 等. 基于智能控制的车辆照明系统设计与优化研究[J]. 中国照明电器, 2024, (12): 76-80+144.
- [3] 李娜. 全智能非接触式弓网在线检测系统在轨道交通运营车辆上的运用[J]. 中国设备工程, 2024, (23): 188-191.
- [4] 黄义定, 王卓, 马毛粉. 车辆减振器装配线智能追溯系统研发与应用[J]. 科学技术创新, 2024, (24): 95-98.
- [5] 饶平平, 夏小艳. 基于人工智能的电动汽车热管理系统设计优化研究[J]. 汽车测试报告, 2024, (21): 17-19.