

# 离合器智能匹配与新能源汽车动力系统协同控制研究

周宇川 丁利 顾笑笑 方振国 韩镇  
杭州宗兴科技有限公司 311256

**【摘要】**新能源汽车动力输出特性与传统燃油车存在本质差异，离合器智能匹配与动力系统协同控制是优化动力传递、提升整车性能的核心技术。当前该领域存在扭矩跟随滞后、转速协同不足、工况识别精度低、接合逻辑切换迟缓、热负荷监测片面及磨损补偿滞后等问题。本文提出构建扭矩动态跟随与转速自适应调节、多维度工况实时识别、热负荷精准监测与磨损自适应补偿三大控制策略，形成智能感知—决策—执行闭环体系，以改善动力传递平顺性、延长部件寿命、提升系统运行效能。

**【关键词】**离合器智能匹配；新能源汽车；动力系统；协同控制

Research on Intelligent Clutch Matching and Coordinated Control of New Energy Vehicle Power Systems

Zhou Yuchuan Ding Li Gu Xiaoxiao Fang Zhengguo Han Zhen

Hangzhou Zongxing Technology Co., Ltd. 311256

**【Abstract】** The power output characteristics of new energy vehicles fundamentally differ from those of traditional fuel vehicles. Intelligent clutch matching and coordinated power system control are core technologies for optimizing power transmission and enhancing overall vehicle performance. Current challenges in this field include torque lagging, insufficient speed synchronization, low operational condition recognition accuracy, sluggish clutch engagement logic switching, incomplete thermal load monitoring, and delayed wear compensation. This paper proposes three control strategies: dynamic torque following with adaptive speed regulation, real-time multi-dimensional operational condition identification, and precise thermal load monitoring with adaptive wear compensation. These strategies form an intelligent closed-loop system integrating perception, decision-making, and execution to improve power delivery smoothness, extend component lifespan, and enhance system operational efficiency.

**【Key words】** intelligent clutch matching; new energy vehicles; powertrain; collaborative control

在《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》等政策的推动下，我国新能源汽车正处在电动化、智能化、网联化高质量发展阶段中国政府网。新能源动力源动态特性与传统燃油车有很大差别，离合器是动力耦合的关键部件，离合器匹配和协同控制的好坏直接影响整车平顺性、能效和可靠性。目前行业内普遍存在扭矩跟随滞后、工况识别精度不高、热负荷监测片面、磨损补偿滞后等技术瓶颈，从而影响动力系统协同效能和核心部件寿命。本文针对离合器智能匹配和动力系统协同控制关键技术痛点进行分析，构建离合器智能匹配和新能源汽车动力系统协同控制策略，为提高新能源汽车动力传递品质和系统耐久性提供理论依据和技术方案。

## 一、离合器智能匹配与新能源汽车动力系统协同控制的重要性

### （一）优化动力传递特性，提升行驶平顺性能

离合器智能匹配、新能源汽车动力系统协同控制属于改善动力传递特性的重要部分。新能源汽车动力输出模式与传统燃油车存在本质区别，动力源的动态特性对传递系统的适配性要求更高。而采用智能匹配的方式可以实现离合器和动力系统精准的耦合，减少动力传递过程中出现的冲击、中断等现象，使动力输出更符合行驶工况的要求。协同控制可以较好地解决不同工况切换时动力衔接的矛盾，保证车速变化和动力输出的协调性，可以明显提高车辆起步、加速、匀速行驶等各个场景下的平顺性，为用户提供更稳定、舒适的驾乘体验，降低动力传递过程中的能量损耗，提高系统运行的稳定性。且协同控制可根据实时路况和驾驶意图智能调节动力分配，可以有效规避换挡冲击和动力迟滞问题，使整车响应更灵敏、操控更精准。且在复杂的行驶条件下不断改进动

力匹配,从而延长核心部件的使用寿命,提高车辆的经济性以及综合行驶品质。

### (二) 延长核心部件寿命, 强化系统运行效能

离合器智能匹配和新能源汽车动力系统协同控制技术对延长新能源汽车核心部件使用寿命、提高整个系统运行效能有重大意义。离合器是动力传递的重要执行部件,工作状态好坏直接影响动力系统运行的稳定性、耐久性。智能匹配、协同控制可以实时感知离合器工作负荷、磨损、热负荷变化,根据动态调节的控制策略,防止部件长时间超负荷运行,减少不必要的磨损和热损耗。同时改善动力系统和离合器的协同逻辑,使各个部件的运行状态趋于合理,减少局部过载造成的故障风险,延长离合器和动力系统核心部件的使用寿命。系统根据实时工况和热负荷状态智能分配动力输出,避免离合器在高转速、大扭矩下长时间滑磨,有效控制温升和磨损速率。协同逻辑可提前预判过载趋势并主动调节接合压力和电机输出,减少冲击载荷和疲劳损伤,提高传动系统耐久性和整车可靠性。

## 二、离合器智能匹配与新能源汽车动力系统协同控制现存困境

### (一) 扭矩跟随滞后性, 转速调节协同性不足

目前离合器和新能源汽车动力系统协同控制中,扭矩动态跟随的实时性、精准度存在明显的不足。现有传感网络数据采集频率和融合处理效率不能满足复杂工况的要求,造成扭矩需求信号和电机输出响应存在毫秒级的延迟,无法达到 $\pm 5\text{N}\cdot\text{m}$ 的跟随精度目标。且转速调节多采用固定参数控制策略,没有根据离合器接合状态动态调整比例系数等关键参数,造成电机转速和扭矩传递的协同性失衡,影响动力传递的平顺性与稳定性。

### (二) 工况识别精度低, 接合逻辑切换不及时

工况识别体系的维度完整性与算法适配性不足,成为制约离合器接合逻辑智能切换的核心瓶颈。现有系统多依赖单一或少数工况参数进行识别,未能充分融合车速、油门开度、电池SOC值等多源信息,导致怠速、匀速、加速等工况的识别误差较大,无法为接合逻辑切换提供精准输入。此外,接合逻辑切换机制缺乏动态适配能力,未能建立与工况变化速率相匹配的压力调节策略,在急加速等动态工况下,接合压力调节步长与扭矩变化速率不匹配,易造成动力传递中断或冲击,难以保障转速波动幅度控制在 $\pm 50\text{r}/\text{min}$ 内的技术

要求。

### (三) 热负荷监测片面, 磨损补偿调控滞后

热负荷与磨损状态的协同监测体系尚未完善,导致磨损自适应补偿控制的前瞻性与有效性不足。现有监测手段多聚焦单一维度数据采集,未能构建热流密度、接触压力与电机动力参数的多源融合模型,无法实现热负荷状态的精准量化评估。同时,磨损补偿控制多采用事后调控模式,缺乏基于磨损累积量预测的提前补偿机制,上层决策单元与下层执行单元的协同响应效率低下,难以根据热负荷动态变化实时调整接合间隙与压力阈值。这使得扭矩传递效率在稳态运行工况下难以稳定在95%以上,且加速工况下电机与离合器扭矩同步误差超标,严重影响动力系统的协同控制效果与离合器使用寿命。

## 三、离合器智能匹配与新能源汽车动力系统协同控制策略

### (一) 扭矩动态跟随, 电机转速自适应调节控制

企业应构建智能感知-决策-执行闭环控制架构,实施扭矩动态跟随与电机转速自适应调节协同控制。企业需依托智能传感网络实时采集电机输出扭矩、转速、电池SOC值等12类核心参数,通过边缘计算单元实现数据的5ms级实时处理。例如,企业可以利用深度学习算法建立扭矩需求预测模型,准确预估不同工况下动态扭矩需求误差控制在 $\pm 3\%$ 以内。企业需部署智能决策系统,用模型预测控制算法动态生成扭矩跟随指令和转速调节方案。在急加速工况下,智能决策系统可以联动离合器执行机构和电机控制器,使扭矩跟随响应时间缩短到8ms。企业还可以采用模糊PID算法调节电机转速,使转速波动幅度控制在50r/min以内。为了提高扭矩跟随精度和转速匹配性,企业需搭建多智能体协同控制模块,实现离合器智能匹配和动力系统各个部件的协同工作。该模块可以利用高速CAN总线与车载以太网建立电机、离合器、电池、整车控制器之间的实时交互链路,将各个组件的控制指令协同同步误差控制在2ms以内;系统嵌入自学习算法,用大量的工况数据不断优化控制参数,在急加速、坡道起步等典型场景下,将扭矩跟随响应缩短到8ms,转速波动稳定在 $\pm 50\text{r}/\text{min}$ ,可以有效提高协同控制的稳定性。利用智能通讯协议建立电机、离合器、电池之间的实时交互链路,使各个组件控制指令的协同同步误差小于2ms,嵌入智能自学习算法,系统可以依据10万次以上的工况数

据自行优化控制参数,提高扭矩跟随精度和转速自适应调节的适配性。

### (二) 工况实时识别, 离合器接合逻辑智能切换

企业应建立多维智能工况识别体系,将车载传感器实时采集到的车速、油门开度、电池 SOC 值等参数集成起来,用智能算法实现怠速、匀速、加速等工况的毫秒级识别,给离合器接合逻辑切换提供准确的输入。根据识别结果,企业可采用扭矩动态跟随型离合器智能匹配,用智能扭矩传感器实时检测发动机和电机输出扭矩差值,动态调节离合器主从盘接合压力。急加速工况下智能调控系统根据扭矩变化速率把接合压力调节步长设为 0.3MPa/10ms,达到扭矩传递平顺衔接的目的。

同时,企业需搭建电机转速自适应智能调节体系,依托智能 PID 算法实时修正电机目标转速。在工况切换瞬间,智能控制系统根据离合器接合进度动态补偿转速偏差,使转速波动幅度控制在  $\pm 50\text{r/min}$  内,保障动力传递连续性。企业可以创建智能协同控制平台,使工况识别、扭矩跟随、转速调节三者形成闭环。该平台把边缘计算单元和模型预测控制算法融合起来,实时把车速、油门开度、电池 SOC、离合器接合状态等信息融合起来,快速做出工况判定并发出指令。平台根据工况的变化自动调节离合器接合压力、电机目标转速、扭矩输出,在怠速、匀速、急加速等场景之间无缝切换控制策略,避免动力冲击、传递中断。平台具有数据自校准、参数自优化的功能,不断修正控制偏差,把转速波动控制在  $\pm 50\text{r/min}$  之内,扭矩同步误差控制在  $\pm 2\%$  之内,全面提高动力系统响应速度、控制精度和运行稳定性,为整车平顺性、能效优化提供可靠支撑。集成智能决策模块可以对控制参数进行实时优化,形成多维度智能调控矩阵,提高离合器和新能源动力系统的匹配精度。

### 参考文献

- [1]杨爽.混合动力汽车高压电池管理系统维护技术研究[J].时代汽车,2026,(07):136-138.
- [2]纪承乾,王立新,陈雪娇,等.新能源汽车混合动力系统能量管理策略综述[J].汽车文摘,2026,(04):1-9.
- [3]卢庆收,蹇大闯,赵南南,等.基于数据驱动的新能源汽车动力电池热管理系统优化研究[J].世界汽车,2026,(03):58-59.
- [4]吴长伦.纯电动汽车动力系统匹配设计研究[J].世界汽车,2026,(03):32-33.
- [5]姚永玉,周辉,韩志凯.氢燃料电池混合动力汽车动力传动系统优化研究[J].洛阳理工学院学报(自然科学版),2026,36(01):51-57.
- [6]周莹,马慧.纯电动汽车动力电池故障诊断与维修技术研究[J].汽车维修技师,2026,(06):21-22.
- [7]张政.新能源汽车动力电池热管理系统的故障诊断与维修技术研究[J].汽车维修技师,2026,(06):17-18.
- [8]田秘.新能源汽车动力电池热管理系统优化设计与性能提升[J].汽车电器,2026,(03):33-35.

作者简介:周宇川,出生年月:1983年11月,男,汉族,籍贯:杭州萧山,学历:本科,研究方向:机械制造设计及自动化。

### (三) 热负荷精准监测, 离合器磨损自适应补偿控制

企业可创建热负荷和磨损状态双维度智能监测体系,布置高精度温度传感器和压力传感单元,实时获取离合器接合时的热流密度和接触压力数据。同时根据电机转速、输出扭矩等动力参数来建立多源数据融合模型,从而对热负荷状态进行准确的量化评估。对于离合器磨损自适应补偿,企业可采用分层式智能控制架构,上层决策单元根据磨损累积量预测模型动态生成补偿指令,下层执行单元通过智能执行器完成接合间隙的实时调整。在扭矩动态跟随控制环节,企业要创建电机和离合器扭矩协同映射模型,按照整车需求扭矩实时调节电机输出特性。而在加速工况下用电机转速毫秒级自适应调节,使离合器输入扭矩和电机输出扭矩的同步误差控制在  $\pm 2\%$  以内。根据热负荷实时监测数据动态调节接合压力阈值,减小动力冲击和能量损耗,减缓离合器磨损,延长核心传动部件使用寿命。稳态运行工况下,企业用智能算法动态调节离合器接合压力阈值。此外,企业需建立动力系统协同控制云平台,利用边缘计算单元对监测数据进行实时处理,对不同工况下的热负荷数据进行分类建模,为磨损补偿策略的动态优化提供数据支持,实现离合器智能匹配和新能源动力系统协同控制的深度融合。

### 四、结论

离合器智能匹配以及新能源汽车动力系统协同控制属于提高车辆性能的重要方向。目前存在着扭矩跟随滞后、工况识别精度低、热负荷监测片面等主要问题。采用扭矩动态跟随控制、多工况识别、接合逻辑智能切换、热负荷-磨损状态协同监测、补偿策略,可以有效地解决目前的技术瓶颈,进一步提高动力传递平顺性、系统运行效率。