

混合动力汽车能量管理策略的仿真与验证

张 硕 李钧成

重庆长安凯程汽车科技有限公司 重庆 401135

【摘要】混合动力汽车能量管理策略直接影响车辆燃油经济性与动力性能，开展其仿真与验证研究具有重要现实意义。本文以提升混合动力汽车综合性能为目标，针对能量管理策略设计过程中的关键问题，采用合适的仿真方法构建仿真模型，对所设计的能量管理策略进行多场景仿真测试，并通过合理的验证手段验证策略的有效性与可行性。经过仿真与验证优化后的能量管理策略，能够有效协调混合动力汽车动力源工作，提升车辆运行的经济性与稳定性，为混合动力汽车能量管理策略的实际应用提供有力支撑。

【关键词】混合动力汽车；能量管理策略；仿真；验证；综合性能

DOI:10.12417/2811-0528.26.02.033

混合动力汽车凭借其对燃油消耗的有效降低和对环境影响的减少，已成为当前汽车产业发展的主要方向之一。在混合动力汽车的核心技术中，能量管理策略扮演着关键角色，它决定了车辆动力源之间能量分配的方式，进而对车辆的整体性能产生至关重要的影响。当前部分混合动力汽车能量管理策略在实际应用中，仍存在能量分配不够合理、难以适应复杂工况等问题，导致车辆性能未能充分发挥。为解决这些问题，深入开展混合动力汽车能量管理策略的仿真与验证研究显得尤为必要。通过仿真可在前期快速优化策略，验证则能确保策略在实际应用中的可靠性，本文将围绕这一核心内容展开详细探讨，为相关研究与实践提供参考。

1 混合动力汽车能量管理策略应用中存在的问题分析

在混合动力汽车实际运行过程中，能量管理策略的应用面临着诸多现实问题。部分现有能量管理策略在设计时，对车辆行驶工况的考虑不够全面，往往仅针对特定工况进行优化，当车辆处于复杂多变的实际路况，如频繁启停的城市道路、起伏较大的山区道路时，策略难以快速做出合理的能量分配调整，导致动力源之间协同工作效率降低，不仅影响车辆的动力输出稳定性，还会造成不必要的能量损耗，增加燃油消耗。

从动力源协调角度来看，混合动力汽车通常包含发动机和电机两种动力源，能量管理策略需要精准控制二者的工作模式切换与能量输出比例。但当前一些策略在动力源切换时机的判断上存在偏差，切换过程中易出现动力中断或冲击现象，影响驾驶舒适性。同时，在能量回收环节，部分策略对制动能量的回收效率较低，未能充分利用车辆减速过程中产生的能量，造成能量浪费，进一步降低了车辆的燃油经济性。

能量管理策略与车辆其他系统的匹配性也有待提升。混合动力汽车是一个复杂的系统，能量管理策略需要与动力传动系

统、电池管理系统等多个系统协同工作。若策略与这些系统之间的信息交互不及时、数据传输不准确，会导致策略无法根据车辆实时状态进行动态调整，使得能量管理效果大打折扣，难以满足车辆在不同运行状态下对能量分配的需求，制约了混合动力汽车综合性能的发挥。

2 混合动力汽车能量管理策略的仿真设计与实施

针对混合动力汽车能量管理策略应用中存在的问题，开展仿真设计是优化策略的重要手段。在进行仿真设计前，需结合混合动力汽车的结构特点与工作原理，明确仿真的目标与范围，确保仿真能够准确反映策略在实际应用中的表现。首先要构建贴合实际的车辆仿真模型，该模型需涵盖发动机、电机、电池、传动系统等关键部件的数学模型，通过对各部件参数的精准设定，模拟其在不同工况下的工作特性，为能量管理策略的仿真提供可靠的基础平台。

我会围绕仿真模型构建后的测试场景设计、策略嵌入与数据采集、参数调试优化这几个核心点进行扩写，补充场景设计的考量因素、数据采集的意义及参数优化的细节，确保内容贴合主题且丰富。

在仿真模型构建完成后，需结合混合动力汽车实际使用场景，针对车辆常见的行驶工况进行全面梳理，像城市循环工况中频繁的启停、低速行驶特征，高速公路工况下持续高速运转的需求，还有郊区道路中速度波动较大的特点，以此设计出覆盖多种典型场景的仿真测试方案，保证测试场景能真实反映车辆日常行驶状态。在每个测试场景下，将所设计的能量管理策略精准嵌入仿真模型，借助专业仿真软件模拟车辆在不同工况下的完整行驶过程，在此期间实时采集动力源输出功率、燃油消耗率、电池 SOC 等关键数据，这些数据是后续分析策略性能的重要依据。在仿真过程中，还需针对策略中的关键参数开展细致调试与优化工作，比如根据不同工况下动力需求的差

异,合理调整发动机启动阈值,避免发动机在低效区间频繁启动;同时优化电机助力比例,让电机在合适时机发挥辅助作用,通过这样的调整找到更优的能量分配方案,进一步提升策略对不同工况的适应性,确保策略在多样行驶环境下都能稳定发挥作用。

仿真实施过程中,需注重仿真结果的准确性与可靠性。为避免仿真误差对策略优化产生不利影响,需对仿真模型进行验证与校准,通过与实车测试数据的对比分析,修正模型中的不合理参数,确保仿真模型能够真实反映车辆的实际运行状态。同时,在仿真测试过程中,要多次重复测试,减少随机因素对仿真结果的影响,保证仿真结果具有统计学意义,为后续能量管理策略的优化提供科学、可靠的数据支撑。

3 混合动力汽车能量管理策略的验证方法与效果评估

完成能量管理策略的仿真优化后,需通过有效的验证方法检验策略的实际效果,确保其能够满足混合动力汽车的运行需求。实车道路测试是常用的验证方法之一,选择与仿真测试场景相似的实际道路,将优化后的能量管理策略搭载到实车控制系统中,安排专业驾驶员按照预设的行驶路线驾驶车辆,在行驶过程中实时采集车辆的动力性能、燃油消耗、驾驶舒适性等相关数据。通过实车道路测试,可直接观察策略在实际环境中的应用效果,发现仿真过程中未考虑到的问题,进一步验证策略的实用性与可靠性。

除实车道路测试外,台架测试也是重要的验证手段。台架测试能够在实验室环境下,对混合动力汽车的动力系统进行模拟加载,精确控制测试工况,排除外界环境因素的干扰。在台

架测试中,将车辆动力系统部件安装在相应的测试台架上,通过台架控制系统模拟不同的行驶工况和负载条件,对搭载优化后能量管理策略的动力系统进行测试,采集动力源输出特性、能量转换效率等数据。台架测试具有测试条件可控、测试精度高、重复性好等优点,能够对能量管理策略的性能进行全面、细致的验证。

在完成验证测试后,需从多维度对验证效果开展科学评估,以全面判断能量管理策略的实际性能。动力性能评估中,重点分析车辆在加速时的动力响应速度、爬坡时的持续动力输出能力是否达到设计标准,同时观察不同工况下动力源切换的平顺性,避免因切换顿挫影响驾驶体验。燃油经济性评估需精准对比策略优化前后的车辆燃油消耗率,结合不同行驶场景的测试数据,量化分析策略对燃油消耗的降低幅度。电池性能评估则聚焦电池剩余电量的变化规律,通过监测不同工况下电量的波动范围与衰减速度,判断策略是否能减少电池频繁充放电,进而延长电池使用寿命。综合多维度评估结果,若符合设计目标,策略可投入实际应用;若存在短板,需依据验证数据进一步调整优化。

4 结语

本文围绕混合动力汽车能量管理策略的仿真与验证展开研究,先分析策略应用中的问题,再通过仿真设计优化策略,最后借助多种验证方法评估效果。研究表明,科学的仿真与验证能有效提升能量管理策略性能,解决实际应用中的痛点。该研究为混合动力汽车能量管理策略的优化与应用提供了可行路径,对推动混合动力汽车产业发展具有一定参考价值,后续可进一步探索更高效的仿真与验证技术。

参考文献:

- [1] 陈雨薇,林浩.混合动力汽车能量管理策略仿真优化研究[J].汽车工程学报,2023,13(2):45-58.
- [2] 赵启航,孙梦琪.混合动力汽车能量管理策略实车验证方法探讨[J].中国机械工程,2024,35(5):621-630.
- [3] 周梓豪,吴欣怡.混合动力汽车能量管理策略台架测试与效果评估[J].汽车技术,2025,(1):28-39.