

智能网联汽车能源管理技术与优化算法探究

张愈苒

天津市公用技师学院 天津 300380

摘要: 智能网联汽车能源管理技术依托信息技术与智能算法, 形成闭环管控体系, 涵盖感知、传输、决策、执行层, 有数字孪生等关键技术支持。其核心技术包括多源数据融合、能源系统建模、能量回收优化等, 还有多种优化算法。现存技术瓶颈包括数据融合难题、模型泛化能力不足等。前沿技术探索提供新路径, 系统集成聚焦多技术协同, 构建一体化能源管理体系, 实现全生命周期能源高效利用。

关键词: 智能网联汽车; 能源管理; 优化算法

引言: 智能网联汽车作为汽车产业与信息技术深度融合的产物, 其能源管理技术对于提升能源利用效率、降低碳排放以及优化驾驶体验至关重要。能源管理技术依托信息技术与智能算法, 构建起一套涵盖能源供给、传输、消耗及回收等环节的闭环管控体系。本文将深入剖析智能网联汽车能源管理技术的基础架构、核心技术、优化算法, 并探讨现存技术瓶颈、前沿探索方向及系统集成路径。

1 智能网联汽车能源管理技术基础

1.1 能源管理技术定义与核心目标

能源管理技术内涵是依托信息技术与智能算法, 对汽车能源使用全流程进行系统性监测、精准控制与科学优化的综合方法, 覆盖能源供给、传输、消耗及回收等各个环节, 形成闭环式能源管控体系, 保障能源使用的合理性与高效性。核心目标体系包含三大维度, 分别是提升能源利用效率, 最大化降低能源浪费; 降低碳排放强度, 契合绿色发展需求; 优化驾驶体验质量, 在节能的同时保障车辆动力性能与行驶稳定性。

1.2 技术架构组成要素

技术架构由感知层、传输层、决策层和执行层四大核心要素构成, 各层协同联动形成完整的能源管理体系。感知层负责采集车辆能源相关各类数据, 搭建全方位感知网络与车载诊断系统, 为后续能源管控提供精准的数据支撑。传输层承担数据交互功能, 依托相关通信协议与车云数据交互标准, 实现感知数据、决策指令的高效传输, 保障数据传输的实时性与可靠性。决策层是核心管控环节, 通过能源分配算法与动态控制策略, 对采集的数据进行分析并生成最优管控指令。执行层负责落实决策指令, 借助动力系统协同控制模块与能量回收装置, 实现对车辆能源使用的精准执行。

1.3 关键技术支撑体系

关键技术支撑体系为能源管理技术的高效运行提供重要保障, 主要包含三项核心技术。数字孪生技术通过构建车辆能源系统的虚拟映射模型, 实现对能源系统运行状态的实时模拟、监测与预判, 提前发现潜在问题并优化管控策略^[1]。边缘计算架构能够实现本地化实时数据处理与决策, 减少数据传输延迟, 提升能源管控指令的响应速度, 保障复杂场景下能源管理的及时性。区块链技术可建立能源交易的可靠溯源机制, 规范能源交互流程, 保障能源相关数据的不可篡改与可追溯性, 为能源管理的规范化运行提供支撑。

2 智能网联汽车能源管理核心技术

2.1 多源数据融合技术

多源数据融合技术是智能网联汽车能源管理实现精准管控的核心支撑, 其核心价值在于整合车辆运行过程中产生的各类异构数据, 经过系统化处理后转化为能源管控决策的有效依据, 破解单一数据维度有限、准确性不足的难题。异构传感器数据时空对齐方法聚焦不同来源数据的时间与空间偏差问题, 通过标准化的数据校准与同步处理, 消除数据在采集过程中出现的时空错位, 确保各类传感器数据能够在同一维度上实现协同匹配, 保障数据的一致性与可靠性。动态交通环境数据清洗与特征提取针对复杂运行场景下数据存在的噪声、冗余、缺失等问题, 通过专业化处理流程筛选出有效数据, 同时精准提取与车辆能源消耗相关的核心特征, 全面反映交通环境变化对能源使用的动态影响^[2]。驾驶行为模式识别算法通过对驾驶过程中的各类相关数据进行深度分析, 精准捕捉不同驾驶行为的核心特征与运行规律, 为个性化、差异化能源优化策略的制定提供坚实支撑, 实现能源使用与驾驶行为的精准适配, 提升能源利用的合理性。

2.2 能源系统建模技术

能源系统建模技术是智能网联汽车能源管理实现科

学优化的基础前提,通过构建能够精准贴合实际运行状态的能源系统模型,全面模拟能源系统的运行过程、能量转换机制与动态特性,为能源管理策略的制定、仿真与优化提供可靠的技术支撑。混合动力系统多物理场耦合模型全面考量混合动力系统运行过程中机械、电气、热等多个物理场之间的相互作用关系与耦合机制,精准模拟系统内部能量的转换、传递与损耗过程,清晰反映不同运行工况下系统的能量输出特性与运行状态,为混合动力系统的能源优化管控提供精准的模型支撑^[3]。电池组电化学-热耦合模型聚焦电池组运行过程中的电化学反应与热传导过程,深入揭示二者之间的内在耦合规律,精准模拟电池组在不同充放电状态、不同运行环境下的性能表现、温度变化规律以及使用寿命损耗情况,为电池组能源的高效利用、安全管控提供科学依据。氢燃料电池系统动态特性模型重点模拟氢燃料电池在不同运行工况下的动态响应过程与性能变化规律,精准反映燃料供给、能量转换、尾气排放等核心环节的运行特征,为氢燃料电池系统的能源分配优化与高效运行管控提供有力支撑。

2.3 能量回收优化技术

能量回收优化技术是提升智能网联汽车能源利用效率、降低能源消耗的关键核心技术,其核心目标在于最大化回收车辆运行过程中产生的各类冗余能量,通过科学化的管控与利用流程,将冗余能量转化为可循环利用的有效能源,实现能源的高效循环利用。再生制动系统效率提升策略通过优化制动过程中的能源分配逻辑,精准协调制动系统与能量回收系统的运行状态,在保障车辆制动安全性与行驶稳定性的前提下,最大限度减少制动过程中的能量损耗,提升再生制动能量的回收比例与利用效率,充分挖掘制动过程中的能源潜力。热能回收装置的智能控制算法通过实时监测车辆运行过程中发动机、制动系统等核心部件产生的各类热能,精准调控热能回收装置的运行参数与工作状态,实现热能的高效回收、存储与再利用,将原本被浪费的冗余热能转化为可支撑车辆运行的辅助能源。

3 能源管理优化算法体系

3.1 基于规则的优化算法

基于规则的优化算法是智能网联汽车能源管理中应用广泛的基础算法类型,其核心是依托预设的逻辑规则与经验准则,实现对车辆能源使用的快速管控与优化,具有结构简单、响应迅速、易实现的优势。状态机控制策略的参数化设计重点围绕车辆不同运行状态,对控制参数进行系统化设定与校准,确保不同状态切换时能源

管控的平滑性与合理性,提升算法的适配能力。阈值触发机制的动态调整方法根据车辆实时运行工况与能源需求变化,灵活调整触发阈值的取值范围,避免固定阈值导致的优化滞后或精度不足问题,保障算法的动态适配性。规则库的自适应更新机制能够根据长期运行数据与环境变化,自动修正、补充规则内容,淘汰无效规则,优化规则逻辑,确保算法长期运行的准确性与有效性,适配复杂多变的能源管理场景。

3.2 基于模型的优化算法

基于模型的优化算法以能源系统的数学模型为核心支撑,通过对模型的分析与求解,实现能源管理策略的精准优化,具有优化精度高、逻辑性强的特点,能够有效应对复杂的能源管控场景。动态规划算法的全局寻优能力体现在能够遍历车辆运行的所有可能工况,综合考量不同工况下的能源消耗与优化目标,求解出全局最优的能源分配方案,避免局部最优解导致的能源浪费。模型预测控制的滚动优化特性依托实时采集的数据,对未来短时间内的运行工况进行预测,每一步都重新求解优化问题并更新控制指令,兼顾优化精度与实时性,适应工况的动态变化。庞特里亚金最小值原理的应用边界明确了该原理在能源管理优化中的适用场景与约束条件,通过精准界定应用范围,确保算法优化效果的稳定性与可靠性,为能源管控决策提供科学支撑。

3.3 基于机器学习的优化算法

基于机器学习的优化算法依托数据驱动的核心逻辑,通过对车辆运行数据的学习与分析,实现能源管理策略的自主优化与迭代升级,适配复杂多变的智能网联场景,提升能源管控的智能化水平。深度强化学习的决策网络架构通过构建多层级的网络结构,模拟能源管理的决策过程,实现智能体与运行环境的实时交互,通过不断学习迭代优化决策策略,提升能源管控的自主性与精准性^[4]。神经网络模型的量化压缩技术重点解决模型参数过多、运行效率偏低的问题,通过对模型参数进行量化处理与冗余压缩,在保证模型优化精度的前提下,提升算法运行速度,适配车载终端的硬件资源限制。迁移学习在跨工况场景的应用能够将单一工况下训练的模型知识迁移到其他工况中,减少新工况下的训练数据量与训练成本,提升算法在不同运行场景下的适配能力与优化稳定性。

3.4 多目标协同优化算法

多目标协同优化算法针对能源管理中多个相互制约、相互影响的优化目标,通过协同调度与平衡优化,实现多个目标的同步提升,破解单一目标优化导致的整体性能不足问题,保障能源管理的综合效果。帕累托前沿构

建方法通过求解多目标优化问题,得到一系列非支配最优解,形成帕累托前沿,为能源管理决策提供多样化的优化方案选择,兼顾不同优化目标的需求^[5]。加权系数动态调整策略根据车辆实时运行工况与优化优先级,灵活调整各目标的加权系数,避免固定加权系数导致的优化偏差,确保算法能够适应不同场景下的优化需求,实现多目标的动态平衡。约束处理机制的数学表达通过系统化的逻辑界定,明确能源管理过程中的各类约束条件,通过合理的处理方法协调优化目标与约束条件之间的关系,确保优化方案的可行性与实用性,提升算法的可靠性。

4 技术挑战与发展方向

4.1 现存技术瓶颈

现存技术瓶颈是制约智能网联汽车能源管理水平进一步提升的关键因素,各类瓶颈相互关联、相互影响,导致能源管控的精准度、实时性与稳定性难以满足复杂场景下的应用需求。多源异构数据的实时融合难题主要体现在不同类型、不同来源的数据在格式、维度、更新频率上存在差异,数据传输过程中易出现延迟、丢失等问题,难以实现数据的快速同步融合,进而影响能源决策的及时性与准确性。复杂工况下的模型泛化能力不足,使得能源系统模型在工况剧烈变化时,难以精准模拟系统运行状态,模型预测与实际运行偏差较大,无法为能源优化提供可靠支撑。边缘设备的计算资源约束限制了复杂优化算法的高效运行,导致算法运行速度较慢,无法满足车载场景下实时能源管控的需求,制约了能源优化效果的充分发挥。

4.2 前沿技术探索

前沿技术探索为突破现存技术瓶颈、提升能源管理水平提供了新的路径与思路,通过引入新兴技术理念与方法,推动能源管理技术向更高效、更智能、更精准的方向发展。量子计算在优化求解的应用潜力主要体现在其强大的并行计算能力,能够快速处理复杂能源优化问题中的海量数据,大幅提升优化算法的求解速度与寻优精度,破解传统计算方式难以应对的复杂优化难题。数字孪生与物理系统的闭环交互通过构建精准的虚拟映射模型,实现虚拟系统与物理系统的实时数据交互、状态同步,能够对能源系统运行状态进行精准预判与动态调控,提前发现潜在问题并优化管控策略。自主进化算法

的持续学习能力使得算法能够根据车辆长期运行数据与环境变化,自主完成模型迭代与策略优化,无需人工干预即可适配不同运行场景,持续提升能源管控的智能化水平与适配能力。

4.3 系统集成方向

系统集成方向聚焦于打破各技术模块之间的壁垒,实现多技术、多系统的协同联动,构建一体化的能源管理体系,全面提升能源管理的综合效能。车路云协同的能源调度框架通过整合车辆、道路、云端的各类资源与数据,实现能源需求与供给的全局调度与优化,统筹协调不同车辆、不同场景下的能源使用,提升整体能源利用效率。跨车型平台的标准化接口设计重点解决不同车型能源管理系统之间的兼容性问题,通过制定统一的接口标准,实现不同系统之间的数据交互、指令传输与功能适配,降低系统开发与集成成本,推动能源管理技术的规模化应用。全生命周期的能源管理方案覆盖车辆设计、生产、运行、报废等各个阶段,通过对各阶段的能源消耗进行系统化管控与优化,实现车辆全生命周期内的能源高效利用,最大化降低能源消耗与环境影响。

结束语:智能网联汽车能源管理技术涵盖架构、算法等多方面内容,虽已取得一定成果,但仍面临多源异构数据融合难、模型泛化不足、边缘设备算力受限等瓶颈。不过,量子计算、数字孪生闭环交互等前沿技术带来新契机。未来,通过车路云协同调度、跨车型标准化接口、全生命周期管理等系统集成方向的努力,有望构建一体化能源管理体系,全面提升能源管理效能,推动智能网联汽车向更高效、智能、绿色方向发展。

参考文献:

- [1]寇敏芳.智能网联新能源汽车产业集“智”发展[N].四川日报,2023-09-05(001).
- [2]李媛媛.重庆智能网联汽车产业发展提速[N].中国证券报,2023-09-04(A06).
- [3]赖德鹏.浅析智能网联新能源汽车能量管理系统与控制策略[J].大众科技,2021,23(10):49-51.
- [4]刘俊柏.智能网联汽车中人工智能的应用问题和策略探究[J].专用汽车,2024(8):56-59.
- [5]巫雪梅.智能网联汽车专用道网络设计研究[D].四川:西南交通大学,2023.