Research on Collaborative Control Optimization of Electromechanical System for Intelligent Transportation

Yingying Fan

Xinjiang Transportation Planning Survey and Design Institute CO., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Absrtact

Intelligent transportation system has complex requirements for real-time, safety and energy efficiency. The traditional isolated control mode has limitations and can not meet the requirements of global optimization and dynamic response, highlighting the necessity of collaborative control. Collaborative control can alleviate congestion, reduce accident rate and improve energy efficiency. Optimization strategies include: Multi-source Data Fusion and real-time perception, establishing unified data standards, and designing hierarchical fusion architecture; Dynamic path planning and signal collaborative optimization realize dynamic path adjustment and real-time signal matching; Energy management and green transportation work together to build a smart grid coupling mechanism and promote the application of renewable energy; Security risk early warning and emergency coordination, deployment of sensor networks to achieve real-time monitoring, establishment of standardized emergency coordination mechanism, and formation of a perfect management system.

Keywords

intelligent transportation; electromechanical system; collaborative control; optimization strategy

面向智慧交通的机电系统协同控制优化研究

樊莹莹

新疆交通规划勘察设计研究院有限公司，中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘　要

智慧交通系统对实时性、安全性与能效有复合需求，传统孤立控制模式存在局限，无法满足全局优化、动态响应需求，凸显协同控制必要性。协同控制可缓解拥堵、降低事故率、提升能效。优化策略包括：多源数据融合与实时感知，建立统一数据标准，设计分层融合架构；动态路径规划与信号协同优化，实现路径动态调整与信号灯实时匹配；能源管理与绿色交通协同，构建智能电网耦合机制，推进可再生能源应用；安全风险预警与应急协同，部署传感器网络实现实时监测，建立标准化应急协同机制，形成完善的管理体系。

关键词

智慧交通；机电系统；协同控制；优化策略

1 引言

在城市化进程不断加速与汽车保有量持续攀升的当下，智慧交通作为提升城市运行效率、保障交通安全和降低能源消耗的关键手段，正受到全球范围内的广泛关注。智慧交通系统对实时性、安全性和能效提出了复合需求，传统孤立控制的机电系统模式因存在数据壁垒与决策碎片化问题，难以满足这些需求，导致交通拥堵频繁发生、事故率居高不下以及能源浪费现象严重。在此背景下，机电系统协同控制优化研究显得尤为重要。本文目的是深入探讨面向智慧交通的机电系统协同控制优化策略，通过打破设备间的信息壁垒，实现交通系统的全局优化与动态响应，为智慧交通的可持续发展提供理论支撑与实践指导。

【作者简介】樊莹莹（1989–），女，中国甘肃平凉人，硕士，高级工程师，从事工程咨询（投资）/电子、信息工程研究。

2 智慧交通背景下机电系统协同控制的必要性

2.1 智慧交通系统复合需求解析

智慧交通系统对实时性、安全性和能效的复合需求，是协同控制根本驱动力。实时性要求系统在毫秒级时间内完成交通流量监测、信号调整、事故预警等操作，传统孤立系统因数据传输延迟和决策分散无法满足该要求，安全性需借助多设备联动实现事故预防，比如交叉口传感器与信号灯协同可提前识别潜在碰撞风险，并触发紧急制动，能效提升依靠设备协同来优化能源分配，例如通过路灯、摄像头、充电桩的智能联动，实现按需供电和负载均衡。复合需求相互关联，实时性保障安全预警的及时性，安全性降低事故导致的

平峰时段则实施“均衡分配”策略，提升交叉口整体通行效率 [4]。

3.3 能源管理与绿色交通协同策略

首先，交通规划部门需要构建智能电网跟交通机电系统的动态耦合机制，通过在交通信号灯、电子站牌以及充电桩等设备当中嵌入智能电表与能耗监测模块，实时采集设备运行功耗数据，并上传至云端管理平台，结合区域电网负荷预测模型和交通流量实时数据，动态调整交通设备的供电策略。例如，在非高峰时段降低信号灯亮度、关闭非必要电子指示牌，或者引导电动汽车在电网负荷低谷期进行充电，以此实现交通设备能耗与电网负荷的精准匹配，避免出现能源浪费和电网过载等风险。同时，可以借助峰谷电价机制激励用户参与节能调度，进而形成能源供需的良性互动。

其次，交通规划部门要大力推进可再生能源在交通场景的规模化应用，在高速公路服务区、公交场站以及轨道交通站点等交通枢纽，可以部署光伏发电顶棚和风力发电装置，将清洁能源直接接入交通机电系统的供电网络，配套安装储能电池与能量管理系统，以此实现“自发自用、余电上网”的能源自循环模式；可以对电动汽车充电桩开展双向充放电改造工作，让其在电网需要调度时，能够将车载电池的电能反向输入电网，既可以提升清洁能源的利用率，又能够增强电网的调峰能力，进而降低交通系统对传统化石能源的依赖 [5]。

3.4 安全风险预警与应急协同策略

在安全风险预警方面，交通部门可以部署多源异构传感器网络，以此实现交通环境全维度实时监测工作，借助边缘计算节点，对车路协同设备、交通信号灯、电子标志牌等机电设施运行状态，开展毫秒级数据采集与特征提取操作，结合历史事故数据与实时交通流特征构建动态风险评估模型，采用阈值预警与趋势预警双机制达成分级预警功能，其中阈值预警针对超速、急刹、设备故障等突发性风险设置三级报警阈值，趋势预警通过 LSTM 神经网络对交通拥堵、设备老化等渐进式风险进行 72 小时趋势预测，预警信息通过 5G - V2X 车路通信网络实现车端、路侧单元及中心控制平台的三级推送，以此确保驾驶员、交通管理者及应急部门同步接收风险信息。

在应急协同方面，交通规划部门需要建立跨部门跨层级的标准化应急协同机制，通过城市交通大脑平台整合交警、消防、医疗、市政等部门数据资源，以此形成统一的应急指挥中枢，并制定涵盖交通事故设备故障、自然灾害等场景的标准化应急预案库，预案内容必须明确各参演部门职责分工、信息报送流程及资源调配规则。应急处置过程中，日常利用数字孪生系统进行预案推演与优化，战时借助 AI 决策引擎自动匹配最优处置方案并触发资源调度指令，同时建立应急通信专网保障极端情况下指令传递的可靠性，处置完成后通过区块链技术实现事件全流程溯源与责任认定，形成监测、预警、处置、评估的管理体系，确保应急协同策略的实效性与可操作性，从而能够最大成都保障交通安全。

4 结语

综上所述，本研究深入分析智慧交通背景下机电系统协同控制必要性，指出传统孤立控制模式存在诸多明显局限，详细阐述协同控制在缓解拥堵、降低事故率、提升能效等方面显著价值，通过多源数据融合与实时感知、动态路径规划与信号协同优化、能源管理与绿色交通协同、安全风险预警与应急协同等策略，实现机电系统全局优化与动态响应的重要目标。未来，伴随技术不断进步，机电系统协同控制会在更多场景发挥重要作用，推动智慧交通迈向更高水平。

参考文献

[1] 黄始南.大数据时代背景下的智慧交通规划建设探讨[J].中华建设,2024,(12):105-107.

[2] 王嫄嫄.智慧交通对区域经济建设的促进作用及发展路径研究[J].运输经理世界,2024,(36):58-60.

[3] 陈旭辉,刘宗明,雍乐瑶.智慧交通视域下乘用车系统集成化设计研究[J].包装工程,2024,45(22):392-400+451.

[4] 刘君韬.城市道路智慧交通区域性融合应用的研究[J].中国战略新兴产业,2024,(36):45-47.

[5] 雷鸣,邬小鲁.基于云计算的一体化车路云协同系统方法研究[J].信息记录材料,2024,25(11):189-192.