

人工智能赋能下新能源汽车电力系统稳定性控制策略研究

邹佳懿

云南农业大学国际学院

DOI: 10.32629/jpm.v7i2.8741

[摘要] 在新能源汽车快速发展的背景下，其电力系统稳定性控制成为关键议题。本文系统梳理了新能源汽车电力系统稳定性面临的挑战，从人工智能应用场景、电力电子设备特性、系统控制策略等维度展开分析。结合国内外前沿研究成果与实践案例，提出涵盖源网荷储协同、技术装备创新、市场机制完善等层面的稳定性控制策略，并探讨其技术可行性、经济性与实施路径，为新能源汽车电力系统安全稳定运行提供理论支撑与实践参考。

[关键词] 人工智能；新能源汽车；电力系统；稳定性控制；源网荷储协同；电力电子设备

Research on Stability Control Strategy of New Energy Vehicle Power System Empowered by Artificial Intelligence

Zou Jiayi

Yunnan Agricultural University International College

[Abstract] With the rapid development of new energy vehicles, the stability control of their power system has become a key issue. This article systematically summarizes the challenges faced by the stability of the power system of new energy vehicles, and analyzes them from the dimensions of artificial intelligence application scenarios, power electronic equipment characteristics, and system control strategies. Based on cutting-edge research results and practical cases at home and abroad, this paper proposes a stability control strategy that covers aspects such as source grid load storage coordination, technological equipment innovation, and market mechanism improvement, and explores its technical feasibility, economy, and implementation path, providing theoretical support and practical reference for the safe and stable operation of new energy vehicle power systems.

[Key words] artificial intelligence; New energy vehicles; Power system; Stability control; Source network load storage collaboration; Power electronic equipment

一、引言

在全球科技变革与交通能源转型的双重背景下，新能源汽车产业蓬勃发展。新能源汽车电力系统以电能为核心，具有高比例电力电子设备接入、复杂多变的运行工况等特征，其稳定性控制面临着诸多挑战。研究新能源汽车电力系统稳定性控制

策略，对于保障车辆安全稳定运行、推动新能源汽车产业高质量发展具有重要意义。借助人工智能技术提升新能源汽车电力系统的稳定性，成为当前研究的热点方向。

二、新能源汽车电力系统稳定性面临的挑战

(一) 人工智能应用场景下的复杂运行工况

新能源汽车在行驶过程中，其电力系统运行工况复杂多变。借助人工智能进行智能驾驶辅助时，车辆需要根据不同的路况、交通信号以及驾驶指令实时调整动力输出。例如，在频繁启停的城市道路行驶中，电机频繁切换工作状态，功率需求快速变化。以某新能源汽车在城市拥堵路况下的实测数据为例，电机功率在短时间内波动幅度可达额定功率的 60%，这种大幅度的功率波动给电力系统的实时平衡带来极大难度，使得电力系统在应对复杂运行工况时面临巨大挑战。

表 1 不同运行工况下电机功率波动情况对比

运行工况	功率波动幅度 (%)	功率波动频率 (次/分钟)
城市拥堵路况	60	15 - 20
高速公路匀速行驶	20	2 - 5
山区爬坡路段	70	10 - 15

从表 1 可以看出，不同运行工况下电机功率波动幅度和频率差异显著。城市拥堵路况和山区爬坡路段功率波动幅度大且频率高，对电力系统的稳定性要求更高。

(二) 电力电子设备的低惯性与弱阻尼问题

在常规控制方式下，新能源汽车电力系统中的电力电子设备基本上不具备惯量。大规模接入电力电子设备将导致系统旋转惯量显著降低。研究报告指出，当电力电子设备占比超过一定比例时，系统惯性时间常数可能下降 40%以上，严重影响频率稳定性。同时，电力电子设备多时间尺度动态相互耦合易造成系统弱阻尼，导致受扰后发生功率振荡。例如，新能源汽车中的逆变器在车辆急加速或急减速时，需要快速调整输出电压和频率，这种控制策略的切换会引发系统功率的短暂振荡，严重时影响车辆的行驶稳定性。

(三) 设备控制切换导致的多时间尺度稳定机理复杂化

新能源汽车电力系统暂态行为呈现高阶、非线性、断续、电压/频率耦合等多重特征，稳定分析难度大幅增加。以新能源汽车中的电池管理系统为例，其在电池充电、放电以及不同驾驶模式下的控制策略切换，使得系统在不同时间尺度下的稳定特性发生变化，增加了稳定控制的难度。此外，随着新能源汽车智能化程度的提高，车内电子设备数量大幅增加，电源组合和运行方式呈指数级增长，故障后系统连锁反应特性更加复杂。仿真分析表明，在复杂电子设备运行场景下，单一故障可能引发多个电子模块连锁故障，故障扩散速度较传统车辆电力

系统提高 2 倍以上。

(四) 含海量电力电子设备的建模仿真困难

新能源汽车电力系统中元件数量快速增长、接入电压等级多样、运行场景复杂多变等因素，导致电磁暂态建模与仿真面临巨大挑战。目前全电磁暂态仿真规模仍局限在较小节点级别，难以满足实际复杂电力系统的仿真需求。这使得在新能源汽车电力系统规划和运行中，难以准确预测系统的稳定特性，为稳定性控制策略的制定带来困难。

三、新能源汽车电力系统稳定性控制策略

(一) 源网荷储协同控制策略

1. 电源侧优化

提升新能源汽车电池充电的预测精度，通过先进的人工智能算法和数据分析方法，结合车辆行驶历史数据、用户充电习惯以及实时路况等信息，减少充电需求的不确定性。例如，利用深度学习算法对新能源汽车的充电功率进行预测，提高预测的准确性和及时性。同时，合理布局车载超级电容等快速储能装置，发挥超级电容充放电速度快、功率密度大的优势，平抑电池充放电的波动性。根据相关规划，未来新能源汽车将逐步增加超级电容的配置比例，为车辆电力系统提供灵活调节能力。

表 2 不同储能装置特性对比

储能装置类型	充放电速度 (秒)	能量密度 (Wh/kg)	功率密度 (W/kg)
电池	3600 - 7200	100 - 200	200 - 500
超级电容	1 - 10	5 - 10	5000 - 10000

从表 2 可以看出，超级电容具有极快的充放电速度和较高的功率密度，能够在短时间内提供大功率支持，有效平抑电池充放电的波动。

2. 电网侧加强

优化新能源汽车充电基础设施的电网布局，补齐结构短板，保障电力可靠供应和新能源汽车的高效充电。完善区域高压交流主网架，优化中低压配电网，实现不同区域电力余缺互济。加快建设智能充电桩，提高充电桩的智能化水平和充电效率。截至某年底，我国已建成智能充电桩数量达到一定规模，有效促进了新能源汽车的充电便利性和电力系统的稳定运行。

3. 负荷侧管理

深挖新能源汽车用户的用电需求响应能力，通过价格信号

和激励机制，引导用户调整充电行为。在电网低谷时段主动增加充电负荷，充分利用谷电资源；在用电高峰时段减少充电负荷，缓解电力供应压力。例如，建立“智能充电+双向互动”调节机制，根据电网负荷情况确定合理的充电策略，并通过用户手机APP等方式与用户进行互动，引导用户参与电力系统的调峰。

4. 储能技术应用

充分发挥储能的灵活调节作用，在车辆侧合理配置储能设备。除了上述提到的超级电容，还可以在车辆中配置小型氢燃料电池等储能装置，作为辅助能源。车辆侧储能可以与电池协同工作，提高新能源汽车的续航里程和能源利用效率，同时增强电力系统的灵活性。随着技术的进步和成本的降低，车辆侧储能装机规模将不断扩大。

(二) 技术装备创新策略

1. 构网型技术应用

针对新能源汽车电力系统运行需求应用构网型控制技术，提升电网支撑能力。因地制宜配置构网型设备，在新能源汽车集中充电区域可配置构网型技术设备抑制暂态过电压，在车辆行驶过程中可配置构网型技术设备提升系统短路容量，增强电力系统的稳定性。例如，某新能源汽车企业在其车型中采用构网型逆变器，有效提升了车辆电力系统的强度，改善了电压稳定性。

2. 先进控制算法研发

研发基于人工智能的先进控制算法，如强化学习算法在新能源汽车电力系统稳定控制中的应用。强化学习算法可以通过与环境的交互不断学习最优的控制策略，不需要精确掌握系统的模型参数。通过实时监测新能源汽车电力系统的状态信息，如电压、电流、功率等，利用强化学习算法可以实现对系统的自适应控制，提高系统在复杂工况下的稳定性。例如，利用强化学习算法对新能源汽车的电池管理系统进行优化控制，能够显著提高电池的充放电效率和寿命。

(三) 市场机制完善策略

1. 电力市场改革

建立基于市场机制的新能源汽车充电交易体系，提高新能源汽车与电网的互动性。利用现货市场充分发挥新能源汽车充电的灵活性，实现优先充电，并利用统一的市场出清价格保障充电服务的合理收益。同时，利用辅助服务市场有效保障新能

源汽车在提供调峰、调频等服务时获得合理的投资回报和激励，促使其承担保障电力系统安全稳定运行的责任。

2. 容量市场机制探索

探索建立新能源汽车电力系统容量市场机制，鼓励新型储能等多种资源参与容量市场。通过定期开展容量拍卖，同时对新建容量进行政策性的倾斜，增加容量投资的积极性。将新型储能纳入到容量市场或容量补偿机制中，加快新型储能的应用，提升新能源汽车电力系统的灵活性。例如，参考国内相关试点经验，未来尝试探索建立新能源汽车电力系统容量市场拍卖机制，为系统建设提供经济激励。

四、结论与展望

新能源汽车电力系统稳定性控制面临着诸多挑战，但通过源网荷储协同控制、技术装备创新和市场机制完善等策略的综合应用，可以有效提升新能源汽车电力系统的稳定性。未来，随着人工智能技术的不断进步、电力电子设备的性能提升、先进控制算法的研发应用以及市场机制的逐步完善，新能源汽车电力系统将朝着更加智能、高效、稳定的方向发展。同时，需要进一步加强国际合作与交流，共同应对新能源汽车产业发展带来的挑战，推动全球新能源汽车产业的可持续发展。

[参考文献]

- [1]刘政,王西录,王清激,等.DC-DC变换器母线电压的模糊自抗扰控制策略[J/OL].计算机测量与控制,1-15[2026-03-07].
- [2]贺静,刘瑞千,张俊朋,等.新型电力系统多源多域协同频率控制策略[J/OL].控制理论与应用,1-26[2026-03-07].
- [3]卢国强,王恺,安娜,等.基于BiLSTM-GCN的新能源场站暂态无功分布式协同优化方法[J].太阳能学报,2026,47(02):266-278.
- [4]黄震,张博闻,任普春,等.关于新型电力系统构建的若干思考与东北电网工程实践[J/OL].电网技术,1-12[2026-03-07].
- [5]马成廉,赵宇,魏刚,等.基于新能源功率品质的储能多时间尺度优化配置[J/OL].中国电力,1-10[2026-03-07].
- [6]赵力轩,陈新,张东辉.面向新能源场站的构网型静止无功发生器阻抗建模及稳定性分析[J].电工技术学报,2026,41(03):849-864.