

新能源汽车电池管理系统的技术创新与发展

杨爽

郑州财经技师学院，河南 郑州 450007

DOI: 10.61369/SSSD.2025060040

摘 要： 随着新能源汽车技术的不断发展，作为核心部件的动力电池系统的安全性、可靠性和使用寿命越来越受到关注。电池管理系统作为确保动力电池安全高效运行的关键环节，其性能直接影响整车性能。现有电池管理系统在状态监测精度、故障诊断实时性和温度均衡效果等方面仍存在不足，急需进行技术优化和升级。基于此，开展电池管理系统的优化设计研究具有重要的理论意义和实用价值。

关 键 词： 新能源；电池管理系统；科学技术；核心部件；精确度

Technological Innovation and Development of New Energy Vehicle Battery Management System

Yang Shuang

Zhengzhou College of Finance and Economics Technicians, Zhengzhou, Henan 450007

Abstract： With the continuous development of new energy vehicle technology, the safety, reliability and service life of power battery systems, as core components, have attracted more and more attention. The battery management system, as a key link to ensure the safe and efficient operation of power batteries, its performance directly affects the performance of the entire vehicle. The existing battery management systems still have shortcomings in terms of state monitoring accuracy, real-time fault diagnosis and temperature balance effect, and there is an urgent need for technical optimization and upgrading. Based on this, carrying out research on the optimal design of battery management systems has important theoretical significance and practical value.

Keywords： new energy; battery management system; science and technology; core components; accuracy

引言

电池管控系统是新能源汽车动力蓄电池的关键构成部分，它拥有实时监测电池状况的本领，还能够针对电池开展有效的管理与调控工作，从而推动电池的使用效能得到提高，随着全球汽车产业转型升级速度的加快，作为新能源汽车的核心部件，电池管理系统的技术创新与发展显得愈发重要，不仅具备实时监测电池状态的能力，还能够针对电池展开有效地管理与控制方面的工作，进而促使电池的使用效率得以拥有实时监测电池状况的本领，还能够针对电池开展有效的管理与调控工作，从而推动电池的使用效能得到提高，因此，研究新能源汽车电池管理系统的技术创新和发展具有重要意义。

一、新能源汽车电池管理系统的核心功能

新能源汽车电池管理系统（BMS）作为连接车载动力电池与车辆的核心纽带，其核心功能的实现直接决定了动力电池的性能发挥、使用寿命及整车安全性，是新能源汽车能源管理体系的核心环节^[1]。从理论层面看，BMS的核心功能体系可从状态感知、动态调控、安全防护及协同交互四个维度展开。

（一）电池状态预估功能

电池状态预估功能是通过整合电池运行过程中的各类参数信息，运用算法模型对电池的核心状态进行动态预判与评估的重要

能力。这一功能聚焦于电池的剩余电量、健康状态、使用寿命等关键指标，结合电池的充放电历史数据、当前环境温度、电流电压变化等因素，构建精准的预测模型。通过持续分析与计算，系统能够实时输出电池状态的预估结果，为用户提供剩余续航里程参考^[2]，同时为电池的充放电策略调整、维护保养计划制定提供数据依据，避免因电池状态误判导致的过度充放电或性能衰减问题。

（二）动态调控功能

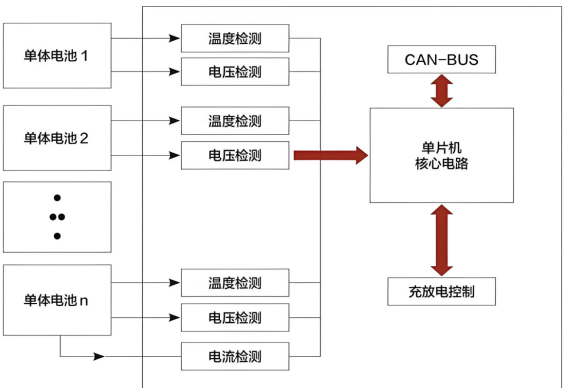
动态调节功能是电池管理系统实现能量优化的核心手段，其理论本质是建立基于电池特性与整车需求的动态平衡体系，在充

放电过程中，电池管理系统需要依据电池当前状态，比如荷电状态、温度、健康状况以及整车功率需求，可以利用脉冲宽度调制等技术来调节充放电电流，防止出现过充、过放等损伤电池的现象，而从理论模型层面分析，这一过程可概括为多目标优化问题：以延长电池使用寿命最大化为目标函数，以电压临界值、温度范围、电流限制为约束条件，可以借助动态规划算法求解出最优的充放电方案^[3]，另外，电池均衡控制作为动态调节的关键子功能，其理论逻辑是消除电池组内部各单体电池之间的一致性^[4]。

（三）状态感知功能

状态感知功能是电池管理系统实现实时监测与数据采集的基础保障，通过部署在电池组内部及周边的各类传感器与监测模块，对电池运行过程中的多项物理与化学参数进行全面感知。该功能可实时捕捉电池的温度分布、电压波动、电流变化、内部压力等动态信息，同时对电池组的连接状态、绝缘性能等进行持续监测。感知到的原始数据将被实时传输至系统核心处理单元，为电池状态预估、安全预警及控制决策提供第一手数据支撑，确保系统能够及时发现电池运行中的异常情况，为后续的管理与调控提供精准依据^[5]。

图1 动力电池管理系统框架设计



二、新能源汽车电池管理系统面临的技术挑战

（一）效能低

当前新能源汽车电池管理系统在能量转换与利用环节存在明显短板，未能充分发挥电池的储能潜力。一方面，系统对电池充放电过程的动态调控精度不足，在不同工况（如低温环境、高功率输出）下，难以实现能量的最优分配，导致电池实际可用容量与理论容量存在较大差距；另一方面，能量回收机制的适配性较弱，无法根据车辆行驶状态实时调整回收策略，大量动能在制动或减速过程中未被有效转化，进一步降低了系统的整体效能。这种效能不足直接影响车辆的续航里程与能源利用效率，成为制约新能源汽车普及的重要因素^[6]。

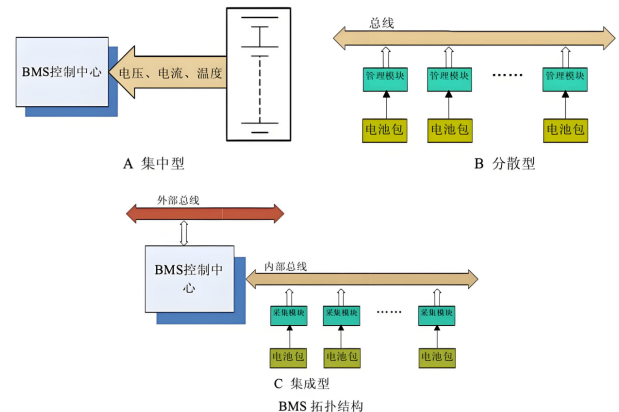
（二）系统稳定性和安全性较差

新能源汽车电池管理系统的稳定性与安全性面临多重考验，一方面，稳定性方面，系统对电池组内单体电池的一致性管理能力不足，长期使用后易出现电压、容量失衡现象，导致电池组

性能波动，甚至引发局部模块失效，影响整车动力输出的稳定性^[7]；另一方面，在安全性方面，现有监测技术对电池热失控风险的预警灵敏度不够，难以精准捕捉过充、过放、短路等异常状态下的温度骤升、气体泄漏等早期信号^[8]，此外，新能源汽车的运行环境复杂多变，这对电池管理系统的可靠性与稳定性提出了更高要求，但当前电池管理系统在硬件设计、软件算法及通信协议方面均存在缺陷，进而引发了系统的误操作现象。

（三）电池状态监测精度不足

电池管控系统的关键状态参数包含电池的荷电状况与健康状况两个层面，从电池充放电过程来讲，电池管控系统内部的化学变化极为繁杂，且极易受到各类因素的作用，这导致电池荷电状况测算的精确程度难以得到保证，当前所运用的测算方式普遍存在一定限制，难以全面适配多样化的复杂工作环境^[9]，除此之外，电池的健康状态可以有效体现和展示电池的老化程度与衰退状况，有针对性地准确评估电池健康状态，这对于及时更换老化电池有着重要的指导意义，由于受到电池材料特性、充放电循环次数等多种因素的作用，构建精确的数学评估模型面临着不小的困难，这进一步影响了电池状态监测的精确性，致使新能源汽车电池管理系统的评估结果存在一定偏差^[10]。



三、新能源汽车电池管理系统的技术创新和发展路径

（一）多传感器融合

随着传感器在新能源汽车中的应用逐渐深入，多传感器融合技术逐渐打破了传统电压、电流、温度传感器的不足和劣势，并引入和组装了阻抗谱传感器、光纤光栅传感器等新式感知装置，阻抗谱传感器通过测定电池在不同频率下的阻抗特性，能够有效获取与荷电状态、健康状态直接相关的电化学参数，其理论基础在于阻抗谱的低频部分与扩散过程存在联系^[11]，采用 MEMS 压力传感器与 NTC 热敏电阻阵列，实现电芯级温度、压力双重监测，某 BMS 通过每颗电芯配备独立传感器，提升热失控预警准确率；而光纤光栅传感器运用光的干涉原理实现分布式温度监测，空间分辨能力可达到厘米级，可以精准捕捉电池组的温度梯度，为热失控预警提供更为详细和有针对性的理论依据，另外，多传感器融合与人工智能技术的结合是新能源汽车电池管理系统技术创新和发展的核心，深度学习模型能够自动挖掘多传感器数据的深层

特征，无需人工构建特征向量，依靠大规模数据训练实现荷电状态、健康状态的端到端计算^[12]；同时，针对跨车企数据孤岛问题，联邦学习技术通过分布式训练机制，在保障数据隐私的前提下聚合全局模型，使BMS在异构电池组中的泛化能力提升25%。

（二）插电式混合动力汽车技术

当前，插电式混合动力汽车被视作解决能源危机与汽车排放污染问题的极具潜力的新能源汽车技术，已成为全球汽车企业及相关机构的研究焦点。其核心在于搭建适配“油电协同”场景的能量管理与状态评估体系，其中体现在动态能量分配和多模式切换两个方面。与纯电动汽车的电池管理系统相比，插电式混合动力汽车的电池管理系统需要同时兼顾发动机与电机的能量需求，其能量管理策略的理论本质是多目标优化问题，以燃油经济性、电池使用寿命、动力性能为优化目标，以电池荷电状态、发动机效率范围为约束条件，通过实时调节电机输出功率实现整体最优，模型预测控制算法借助滚动优化达成动态决策，依据未来短时间内的工况预测来优化当前控制量，其理论优势在于能够处理约束条件与非线性特征^[13]。

近些年，强化学习算法在能量管理领域的运用逐渐成为研究重点，它借助智能体与环境的持续互动，自主摸索出最优策略，不需要依靠精确的数学模型，特别适合插电式混合动力汽车复杂的能量耦合场景^[14]。GAN（生成对抗网络）用于模拟电池老化过程，优化均衡策略，循环寿命延长15%–20%。数字孪生技术构建电池物理模型与AI算法的混合仿真平台，加速从实验室到量产的技术迁移。比如，当从纯电模式向混动模式转换时，电池管理系统需提前将荷电状态保持在合适范围，防止因电池功率不够而造成切换时的顿挫感。

（三）智能充电和放电控制

智能充放电调控致力于研究如何依托智能技术改进电池充放

电的关键控制方法，把机器学习算法与调控措施相结合，可达成对电池充放电过程的精确管理，具体而言，智能充放电调控技术是提高电池能量利用效率、延长使用周期的重要途径，从充放电调控角度来看，传统的恒流恒压方式虽然操作简便，但未考虑电池的个体差别与状态改变，在快速充电过程中容易导致锂枝晶生成；而智能充电技术依据电池的电化学特性，借助动态调节充电曲线实现精确控制，脉冲充电作为智能充电的代表性技术，其理论基础是脉冲间隔期有助于离子扩散，可减轻极化现象，优化脉冲频率、占空比和幅值，不仅能加快充电速度，又能降低电池温度，智能算法能够预测未来一段时期的电池功率需求，在此基础上，通过实时监测驾驶行为、行驶路线及道路状况等数据，制定最优充放电策略。这一过程可实现电池能量的最大化利用与使用寿命的有效延长，同时增强新能源汽车的续航里程与整体性能，近些年，依托模型的自适应充电算法成为研究焦点^[15]，它通过实时监测电池阻抗、温度等参数，动态调整充电方案：在低温环境中采用预热与充电协同的模式，借助小电流充放电产生的焦耳热来提高电池温度；与此同时，可以借助优化放电曲线来实现能量效率的最大化，例如在高功率需求时，电池管理系统根据功率状态参数限制输出电流，避免因电池过度放电而造成容量衰减，智能放电算法还需关注电池组的一致性，均衡控制可以保障单体电池的放电深度保持一致，防止个别电池出现过放现象。

综上所述，新能源汽车电池管理系统技术现阶段正面临电池管理系统效能低、电池管理系统稳定性和安全性较差、电池状态监测精度不足等诸多挑战问题。因此，应当以此为基础，通过多传感器融合、插电式混合动力汽车技术、智能充电和放电控制等方式，实现技术创新和发展。

参考文献

- [1] 彭康. 新能源汽车电池管理系统故障诊断与修复技术研究 [J]. 汽车维修技师, 2025, (10): 24–25.
- [2] 罗福祚, 刘欢. 新能源汽车电池管理系统可靠性测试方法及其在实车应用中的性能分析 [J]. 科技与创新, 2025, (09): 226–228+232.
- [3] 张永祥. 基于电池管理系统的新能源汽车续航能力优化研究 [J]. 汽车知识, 2025, 25(01): 4–6.
- [4] 王晓舜, 邵飞, 董利军, 等. 蓄电池远程管理维护系统研究与设计 [J]. 电子制作, 2023, 31(1). DOI: 10.3969/j.issn.1006-5059.2023.01.024.
- [5] 侯立国. 新能源汽车电池管理系统故障诊断与维修研究 [J]. 汽车测试报告, 2025, (06): 49–51.
- [6] 毋智军. 新能源汽车电池管理系统设计优化研究 [J]. 汽车维修技师, 2025, (06): 40–42.
- [7] 熊大友. 新能源汽车电池管理系统故障诊断技术浅析 [J]. 汽车维修技师, 2025, (06): 69–70.
- [8] 陈刚. 新能源汽车电池管理系统故障诊断与维修技术研究 [J]. 汽车测试报告, 2025, (04): 25–27.
- [9] 栾文竹. 新能源汽车电池管理系统设计与关键技术 [J]. 时代汽车, 2024, (24): 98–100.
- [10] 李晨杰. 新能源汽车电池管理系统设计研究 [J]. 汽车测试报告, 2024, (22): 50–52.
- [11] 戴其华, 陈静, 洪明虎, 等. 新能源汽车电池管理系统的优化策略研究 [J]. 汽车维修技师, 2024, (22): 22–23.
- [12] 黄锦辉. 新能源汽车电池热管理系统研究 [J]. 汽车测试报告, 2024, (19): 62–64.
- [13] 安海龙, 董立成, 刘宝殿, 等. 新能源汽车电池管理系统电磁发射测试研究 [J]. 环境技术, 2024, 42 (09): 22–27.
- [14] 夏官兴. 基于神经网络的新能源汽车电池管理系统的研究 [J]. 南方农机, 2024, 55 (15): 34–37.
- [15] 张智鹏. 新能源汽车电池管理系统故障诊断与健康状态评估方法探析 [J]. 汽车测试报告, 2024, (14): 47–49.