

新能源汽车热管理技术的前瞻与应用

王广威 张绍国

西京学院机械工程学院 陕西西安 710123

摘要：随着全球环保意识的增强和能源结构的调整，新能源汽车逐渐成为汽车市场的主力军。根据市场预测，2025年全球新能源汽车销量预计可达1150万辆，这为新能源汽车热管理技术的发展提供了广阔的市场空间。新能源汽车的核心部件包括电池、电机、电控系统和座舱空调系统，这些部件在运行过程中会产生大量热量，如果不进行有效的热管理，将直接影响车辆的性能和安全。本文将详细探讨新能源汽车热管理技术的现状、挑战和未来发展趋势。

关键词：新能源汽车；热管理技术；智能化系统

一、新能源汽车热管理技术概述

(一) 电池热管理技术

目前，电池热管理技术主要包括风冷、液冷、直冷和相变材料冷却。

风冷：通过空气对流带走热量，结构简单、技术成熟，但散热效率低，适用于小型电动车。分为自然风冷和强制风冷，自然风冷依靠自然气流，强制风冷使用风扇加速气流。冷却能力有限，难以满足高性能电池需求。

液冷：通过冷却液循环带走热量，散热效率高，适用于大功率电动车。由冷却液泵、热交换器和冷却管路组成，冷却液流经电池包带走热量。液冷系统效率高，但需复杂的管路设计和高效密封措施。

直冷：利用制冷剂循环吸收电池热量，散热效果显著但系统复杂，对密封性要求高。制冷剂在电池周围蒸发吸热，通过冷凝器散热，系统结构复杂，设计和制造难度大。

相变材料：在温度变化过程中吸收或释放能量，具有良好温控效果，但技术尚不成熟。相变材料在电池温

度变化时进行相变，通过吸收或释放热量稳定电池温度，需进一步研究其长期稳定性和应用成本。

(二) 驾驶舱空调系统

新能源汽车的空调系统在提供舒适驾驶环境的同时，也对续航能力有一定影响。传统燃油车利用发动机余热供暖，而电动车则依靠PTC加热器。为提高效率和续航能力，热泵空调技术逐渐被应用于新能源汽车。

热泵空调：热泵空调通过热泵循环系统，实现制冷和制热功能，能效比高，是未来发展的重要方向。热泵空调系统通过逆卡诺循环工作，在冬季可以将外界低温空气中的热量转移到车内，提高车内温度；在夏季则通过逆向操作，将车内热量排放到外界。热泵空调的高效能使其在新能源汽车中具有显著的优势，尤其在寒冷地区，更能体现其优越性能。

(三) 电机电控热管理

电机和电控系统在高电压高电流条件下运行，产生大量热量。有效的热管理可以提高其效率和寿命。

电机热管理：主要包括风冷和液冷两种方案。风冷适用于低功率车辆，而液冷适用于高功率车辆。风冷系统通过风扇产生气流，带走电机表面的热量，适用于结构简单、功率较低的电机。液冷系统则通过冷却液流经电机外壳，带走电机产生的热量，适用于高功率电机，能够提供更高效的散热效果，延长电机寿命。

电控热管理：IGBT和二极管在工作中产生大量热量，需要及时散热，常用风冷和液冷两种方式。电控系统中，功率电子器件的散热是关键，风冷系统通过风扇加速空气流动，带走热量；液冷系统则利用冷却液流经

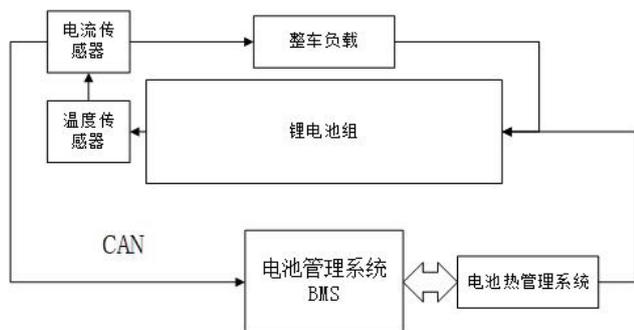


图1 电池管理系统结构

散热板，吸收电子器件的热量，保证其在最佳温度下工作，防止过热损坏。

（四）整车热管理

整车热管理将电池、电机、电控和空调系统的热管理集成，提高效率，降低能耗。特斯拉Model Y的热泵系统是典型案例，集成多个热管理部件，实现高效节能。

集成化设计：整合各子系统的热管理功能，优化热量分配，提升整体效率，如回收电池和电机余热用于空调，减少能耗。

智能化控制：通过传感器和控制算法，实时监测和调整各部件温度，确保最佳工作状态，提高响应速度和控制精度，优化性能和能耗。

二、未来发展趋势

未来，新能源汽车热管理技术将朝着集成化、智能化和新材料应用方向发展，以应对更高的技术要求和市场需求。

（一）集成化热管理系统

高集成度热管理系统设计：集成化设计将电池、电机、电控和空调系统的热管理功能结合，减少零部件，优化结构，提高效率，降低能耗，提升车辆性能和续航。

模块化和可扩展性设计：未来的热管理系统应具备模块化和可扩展性，以适应不同车型需求。模块化设计可灵活配置系统，降低开发和生产成本，提高通用性和适应性。

（二）智能化热管理系统

智能传感和监控技术：智能化热管理系统通过布置多个传感器，实时监测电池、电机、电控和空调系统的温度、压力等关键参数，结合大数据和人工智能算法，动态调整系统工作模式，确保各部件在最佳状态下运行。

人工智能算法和优化控制：智能化热管理系统利用人工智能算法，对系统工况和环境参数进行分析和预测，优化热管理策略，提高系统能效和响应速度。通过实时监测和动态调整，智能化热管理系统可以显著提升车辆性能和用户体验。

（三）新兴技术的应用

静默式冷却技术：利用液态金属等新材料，高效散热，解决高倍快充下电池冷却问题。液态金属高导热性和低粘度，使热量传递和散热更加高效。

余热一体化热泵：通过回收电池和电机的余热，降低能耗，提高效率。余热用于乘员舱供暖和空调系统，提高整体能效，减少能源浪费。

二氧化碳热泵：具有高效制热和环保优势，有望成为新能源汽车座舱供暖的主流。利用二氧化碳作为制冷剂，能效高，环境影响低，适用于新能源汽车空调和供暖系统。

三、新材料与技术的前沿研究

新材料和新技术的应用是推动新能源汽车热管理技术发展的重要动力。以下是一些前沿研究方向。

（一）纳米材料的应用

纳米导热材料：具有高导热性和优异散热性能，应用于热管理系统可显著提升散热效率，降低系统温度，提高组件寿命，推动热管理技术发展。

复合材料：具有高导热性和优异机械性能，应用于热管理系统可提高散热效率和结构强度，进一步推动热管理技术发展，提高新能源汽车性能和安全性。

（二）相变材料的应用

相变材料的温控技术：通过吸收或释放热量，调节电池温度，确保在最佳范围内运行，提升热管理能力，防止过热和过冷，延长电池寿命。

相变材料的长期稳定性研究：研究相变材料在不同环境下的性能变化，优化其化学和物理特性，确保长期稳定性和可靠性，保障实际应用。

（三）高效热泵技术

二氧化碳热泵的应用：二氧化碳热泵利用二氧化碳作为制冷剂，具有高效能和低环境影响。通过优化设计和材料选择，二氧化碳热泵可以实现高效的热量传递和制热，适用于新能源汽车的空调和供暖系统，成为未来热泵技术的重要发展方向。

余热一体化热泵系统：余热一体化热泵系统通过回收利用系统内部的余热，提高整体热管理效率，降低能耗。余热一体化热泵系统可以将电池和电机的余热用于乘员舱供暖和空调系统，减少能源浪费，提高车辆性能和续航能力。

结论与展望

新能源汽车热管理技术对于确保电池性能、延长车辆寿命及提升驾驶体验至关重要。当前技术已发展到采用液冷、高频脉冲加热等高效手段，但仍面临极端环境下温度调控难题及系统集成化挑战。未来，随着技术的不断进步，热管理技术将向更高效、智能化方向发展，如采用静默式冷却技术、余热一体化热泵等创新方案，以满足新能源汽车对热管理的更高要求。同时，智能舒

适性座舱热管理将成为新趋势，通过个性化调控提升乘客体验。新能源汽车热管理技术的持续发展，将有力推动新能源汽车行业的整体进步，为实现绿色出行贡献力量。

参考文献

- [1] 吕山. 纯电动汽车动力电池热管理系统优化研究[D]. 重庆大学, 2018.
- [2] Jiaqiang E, Yue M, Chen J, et al. Effects of the different air cooling strategies on cooling performance of a lithium-ion battery module with baffle[J]. *Applied Thermal Engineering*, 2018, 144: 231–241.
- [3] 江超. 纯电动汽车用动力电池组热特性研究[D]. 合肥工业大学, 2015.
- [4] Wei T, Somasundaram K, Birgersson E, et al. Numerical investigation of water cooling for a lithium-ion bipolar battery pack[J]. *International Journal of Thermal Sciences*, 2015, 94: 259–269.
- [5] 葛子敬. 电动汽车磷酸铁锂电池组风冷散热系统研究[D]. 华南理工大学, 2016.
- [6] 张森浩. 某纯电动汽车动力电池液冷系统方案设计与仿真[D]. 中北大学, 2023.
- [7] 陈强. 基于复合相变材料的动力电池热管理系统研究[D]. 南昌大学, 2022.
- [8] 凌国智. 基于相变材料的电池热管理系统影响因素分析及优化设计[D]. 佛山科学技术学院, 2021.
- [9] S A, R S J. A novel thermal management system for electric vehicle batteries using phase-change material[J]. *Journal of the Electrochemical Society*, 2001, 147(2): 3231–3236.