



基于热能分析的电动汽车电池模组的液冷散热技术

曹珂瑞

(濮阳职业技术学院, 河南 濮阳 457000)

摘要: 电动汽车行业高速发展背景下, 电车电池快充与高功率动力系统的应用范围越来越广, 电池在工作中出现热量堆积、温度分布不均、局部热失控的现象也在增多, 很容易造成电车行驶安全事故。研究基于上述问题, 系统归纳整理了目前电动汽车液冷散热技术的发展脉络, 综述了热能分析技术与电动汽车液冷散热技术的综合应用情况。客观说明了热能分析技术在电池液冷散热和电池热管理中的实际应用价值, 可以为车企电池热管理系统的开发提供一定思路借鉴。

关键词: 热管理; 液冷散热; 电动汽车; 电池模组

doi: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2026.0777

中图分类号: U 469.72

文献标志码: A

文章编号: 2095-4239 (2026) 09-3800-03

Liquid cooling heat dissipation technology for electric vehicle battery modules based on thermal energy analysis

CAO Kerui

(Puyang Vocational and Technical College, Puyang 457000, Henan, China)

Abstract: With the development of the electric vehicle industry, the application scope of fast charging and high-power power systems for electric vehicle batteries is becoming increasingly wide. The phenomena of heat accumulation, uneven temperature distribution, and local thermal runaway during battery operation are also increasing, which can easily cause electric vehicle safety accidents. Based on the above issues, the research systematically summarizes the development trend of liquid cooling and heat dissipation technology for electric vehicles, and summarizes the comprehensive application of thermal energy analysis technology and liquid energy heat dissipation technology for electric vehicles. This objectively demonstrates the practical application value of thermal energy analysis technology in battery liquid cooling heat dissipation and battery thermal management, which can provide certain ideas and references for the development of battery thermal management systems in automotive enterprises.

Keywords: thermal management; liquid cooled heat dissipation; electric vehicles; battery module

收稿日期: 2026-09-07; 修改稿日期: 2026-09-12。

基金项目: 河南省软科学研究计划项目 (262400411169)。

作者简介: 曹珂瑞 (1991—), 男, 本科, 讲师, 研究方向为新能源汽车技术, E-mail: vitamin7c@163.com。

引用本文: 曹珂瑞. 基于热能分析的电动汽车电池模组的液冷散热技术[J]. 储能科学与技术, 2026, 15(9): 3800-3802.

Citation: CAO Kerui. Liquid cooling heat dissipation technology for electric vehicle battery modules based on thermal energy analysis[J]. Energy Storage Science and Technology, 2026, 15(9): 3800-3802.

电池作为电动汽车的核心储能和动力输出部分,其工作状态的稳定程度,尤其是温度控制稳定,会直接决定整个电车的应用安全性能。早期新能源汽车一般会采用风冷散热,不过随着电池快充以及电车高速行驶带来的负载越来越普遍,单一风冷换热已经很难快速降温,汽车电池容易出现局部高温,极大缩减了电池使用寿命,严重时还可能引发电芯热失控。为了有效解决这一问题,近年来液冷散热技术正逐渐兴起,成为当前动力电池热管理的主流方案。基于此,研究结合目前电动车电池模组结构与散热情况,依托热能分析理论,系统研究了液冷散热技术与动力电池热管理问题。

1 电动汽车电池模组结构与散热问题分析

1.1 主流动力电池模组种类结构

电动汽车所使用的动力电池主要包括铅酸电池、镍氢电池、锂离子电池和燃料电池。铅酸电池是电动汽车的第一代电池。早在2000年,英国FVP就曾提出一项新能源开发计划,其中主要内容就是开发混合动力汽车铅酸电池,延长其寿命,主要做法就是更新活性电极材料,开发电池板新结构。而在2001年日本成功革新高能量密度锂离子电池技术后,世界各国开始将电池研究重心转移到锂离子电池上。至今为止,锂离子电池已经广泛应用于电动汽车生产中。相较于含重金属的铅酸电池和后续开发的镍氢电池,锂离子电池体积更小,质量更轻,容纳的电能更多,已经在许多国家和地区得到了有效推广。

1.2 散热结构划分

目前市面常用的新能源汽车所搭载的动力电池,主要有方形电芯、圆柱电芯、软包电芯三类。单体锂离子电池的电压和容量较低,作为电动汽车电源,电池的安装势必需要车架电池箱,而电池箱的空间有限,导致温度在电池箱体的中心部位堆积,在特定条件下产生大量的热,容易引发安全事故,所以电池热安全是现阶段制约电动汽车行业快速发展的关键。

目前动力电池散热系统可以划分为主动散热系统和被动散热系统。主动散热系统一般包括外部空气或者液体散热介质,也有部分应用特殊材料,如相变材料PCM。主流的空气散热系统依托于风冷

结构设计,采用高效率传热装置提高系统冷却速度,然而因为空气的热传递系数较低,空气冷却系统在一些高负荷下并不适用。袁德强等^[1]曾为锂电池设计了专用的金属泡沫换热器,提高空气冷却结构的传热系数。刘健等^[2]为圆柱形锂电池设计了一种异形散热器,该散热器附带针翅结构,并通过风冷组件的三维热分析,实时调整散热结构。张庭芳等人发现在特定的空气流速下,通过交错阵列可以实现电池最大温升与纵向间隔的控制,并以此优化单元间的纵向空间,优化进气管宽度,构建更好的散热结构。上述方法虽然均有效提高了空气冷却系统的应用效果,但是均不可避免地提高了整个散热系统的体积重量,因此还需要继续寻找体积小重量轻结构紧凑的新型散热方法。

液体冷却系统被认为是比空气散热更高效的冷却方式,可以在更低的能源消耗下,保证电池的安全工作温度。近年来,液冷散热的核心研究领域包括探索冷却板类型,改善通道集成结构,流体流通分布优化等。考虑到电池结构,寻找合适的冷却板,是提高电池冷却性能的关键。王新东等^[3]设计了一种新的液体冷却技术,将铝板和冷却液结构构建复合化液冷系统。研究表明,在水流速度为4 mL/s时,最高温度可以降低到47.8℃,且温差控制在5℃内。其中,冷却泵的能耗占比不超过2%,这种复合冷却系统为液冷散热提供了新的技术思路。

2 基于热能分析技术的电池模组液冷散热

2.1 热能分析技术

热能分析是现代散热系统设计优化与智能调控的基础,应贯穿散热技术开发与应用全过程。简单来说,热能分析依托现代热力学基本原理,引入仿真模式技术,通过真实的实验测试数据,精准测算电池工作全过程的热规律,包括热量传导路径、热扩散速度以及热阻特征等。同时找到电池模组高温区域,识别温度问题,确定热失控临界条件^[4]。相较传统的经验式系统散热设计,热能分析可与液冷系统结构相融合,通过参数匹配和智能调控为风险防控提供真实的数据支撑,让整个液冷散热系统从单纯的降温系统,升级为智能化的均衡温控体系,

是解决现代电动汽车高密度电池散热问题的核心。

2.2 液冷散热系统架构

基于热能分析优化的电池液冷散热, 可以看作是一套主动类的智能化热能管理系统, 各个结构较为紧凑。其中液冷散热系统架构主要由液冷板、冷却液循环管路、温控单元及智能监测模块几部分构成, 各模块协同实现高效热管理。液冷板直接贴合电芯或模组底面, 通过微通道设计提升换热效率; 循环管路采用耐腐蚀、低流阻材料, 配合变频泵实现按需供冷; 温控单元依据热能分析结果动态调节冷却液流量与温度; 智能监测模块实时采集多点温度、流速及压力数据, 反馈至整车热管理系统, 形成闭环调控。该架构兼顾散热性能、系统可靠性与能耗经济性^[9]。

其中液冷板是整个系统的核心散热部件, 一般会选择具有高导热性能的轻量化铝合金材质。通过热能分析传感器和模组, 确定电池区域温度分布特征, 然后采用对应安全的双面贴合安装方法, 力求最大程度减少导热阻力, 确保热能可以快速从电芯传导到液冷板上。液冷循环管路一般会采用耐高温、抗氧化的密封材质, 保证全程闭环没有明确断点, 从而有效避免冷却液泄漏问题, 确保热能的稳定传输。一般管路内会有泵体, 与内部循环网络连接, 通过智能控制单元, 同频动态调节冷却液的循环温度, 用于适配不同的工况散热需求。温控单元和智能监测模块一般分布在温度传感器周围, 或者电池模组的控制重心。传感器负责实时采集电池模组的全域温度数据并传输到电控单元, 最终实现散热系统的实时调控和闭环控制。

2.3 基于热能分析的液能散热技术优化

热能分析技术的应用, 可以得到电池模组温度场、热阻、产热功率、热扩散规律等多类精准数据, 帮助液冷系统从结构参数到温度控制等多方面进一步优化散热效果, 解决传统散热温控不均, 高热工况下散热不足、风险防控滞后等问题, 大幅提高电池热管理的稳定性和精准度。

结构参数方面, 热能分析技术的加入, 可以提升冷却液参数动态匹配效果。液冷散热冷却液介质类型直接影响着自身循环速度、工作温度, 从而决定了散热效果。固定不变的参数很难适应目前较为复杂的电池工况。通过热能分析测算不同的工况温度, 可以实现冷却液参数的匹配适配。例如夏季行

驶时, 环境温度上升较快, 需要提升水泵转速, 加快冷却液循环速度, 快速带走电芯峰值热量, 避免局部高温; 冬季低温环境下, 利用冷却液循环实现模组均匀预热, 提升电池低温活性, 改善低温充电效率。同时通过热能损耗测算优化流速范围, 在保障散热效果的前提下, 降低系统能耗, 实现散热与节能的平衡。

而在温度控制方面, 热能分析技术可以辅助热失控主动预警干预技术。依托于既定的热能时空临界阈值和异常温度阈值, 可以实现电池热故障的前置预警。如当电芯老化出现微短路故障和高温时, 热能监测系统就可以快速识别异常趋势并触发报警设备, 同时强化液冷散热功率, 快速降低温度, 从根源上规避了电池热失控、起火等安全问题。

3 结 语

在电动汽车电池向高集成化、高倍率快充快速迭代的行业背景下, 电池单体能量密度与充放电功率持续提升, 工作产热大幅增加, 热量堆积、温度分布不均、热失控风险升高等问题愈发突出, 电池热管理的精准性与高效性需求愈发迫切。基于精准热能分析的液冷散热技术可以克服电池工作散热短板, 解决传统散热温度不均、散热滞后等问题。同时热能分析能够为液冷结构优化、参数精准匹配、智能温控调控提供可靠数据支撑, 大幅提升电池散热效率与运行安全性, 为新能源电池行业高质量发展提供借鉴。未来研究可结合数字孪生与BMS智能调控实现主动式热管理, 融合余热回收、新型散热材料搭建一体化热管理体系, 逐步解决电池散热问题, 为动力电池稳定、高效发展奠定基础。

参 考 文 献

- [1] 许珂, 刘畅, 马瑞光, 等. 基于双层系统动力学的新型电力系统调峰成本分摊与储能投资推演[J]. 电气工程学报, 2025, 20(6): 379-391.
- [2] 王春义, 杨颂, 魏智超, 等. 基于VSG技术的光伏-储能并网系统协调控制策略[J]. 电网与清洁能源, 2025, 41(12): 118-126. DOI: 10.26963/j.psce.2025.12014.
- [3] 王新东, 李俊先, 李博, 等. 基于钢铁工业余热利用的液态空气储能系统热力学性能[J]. 科学技术与工程, 2026, 26(4): 1477-1486. DOI:10.12404/j.issn.1671-1815.2502368.
- [4] 李志峰. 新能源发电系统中储能技术的集成应用[J]. 科技与创新, 2026(3): 236-238. DOI:10.15913/j.cnki.kjycx.2026.03.069.
- [5] 朱文韬, 周杨, 徐艺敏, 等. 电池储能技术在新能源发电系统中的应用与优化[J]. 储能科学与技术, 2024, 13(8): 2737-2739.