

电动汽车动力电池热管理系统研究方法的综述

王广威 张绍国 隋悦鑫

西京学院机械工程学院 陕西西安 710123

摘要：作为电动车的核心部件，动力电池的工作特性直接影响到电动车的整体性能。在温度较高的情况下，或者是在大的充电和放电的情况下，电池温度会快速上升，会使电池的循环寿命大幅下降，甚至伴有一定的安全风险。同时，若电池组内温度差异较大，则会降低电池组整体性能。为了控制电池温度并保持均匀性，一个合理的动力电池热管理系统就尤为重要。本文重点阐述了汽车热管理系统的组成和热管理方法，并对未来电动汽车电池热管理系统的发展进行了展望。

关键词：热管理系统；动力电池；新能源汽车

引言：

在“碳达峰、碳中和”的大背景下，并且为了进一步应对能源危机，传统石化能源正在逐渐被新能源所替代，新能源逐渐占据了主导地位。纯电动汽车是新能源应用的主要对象之一，节能和环保是电动汽车的显著优势，未来汽车的发展趋势正在加快速度向新能源汽车靠拢。电池管理系统是电动车的核心部分，它对电动车的性能和行驶的稳定性有很大的影响。

与传统的燃油车相比，全电力车最大的不同之处就是用电池组代替了化石燃料。纯电动车必须由外接电力网来进行充电，把电力存储到电池中，再转换成电机所需要的电力。结果表明，在 20-40℃ 时，各单元间的差值不能超过 5℃。为保证电池在工作过程中的正常工作，必须对电池进行有效的热管理。这将大大提高汽车的使用寿命，提高汽车的性能，保证行车过程中的安全。

一、电池管理系统

1. 电池管理系统的定义和组成

电池管理系统（BMS），如图 1 所示，是连接汽车锂电池组与电动汽车整车之间的桥梁，其能够监测单体电池的电流、电压；调控电池充放电平衡；在充电、放电过程中，监控电流、温度等参数；估计电池的剩余电量；实现与车载监控系统和车载充电器的实时通信；对电动汽车功率分布的协同控制与优化。电池管理系统通常包含多个组件，包括显示模组、信息采集模组、通信模组以及电气控制模组（用于充放电控制和均衡充电），此外，还包括剩余电量估算功能。

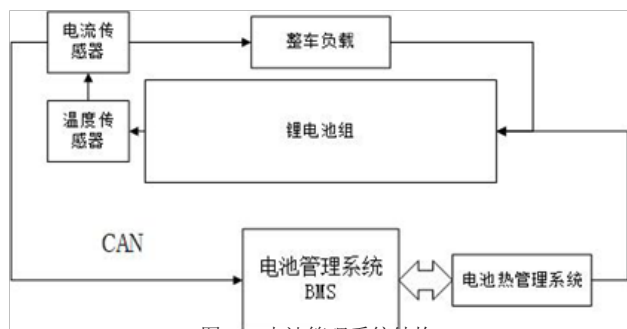


图 1 电池管理系统结构

2. 电池管理系统的工作流程

电池管理的流程如下：

（1）对电池进行实时监控。通过对电池外部特征

参数（电压、电流、温度等）的探测，结合合适的计算方法，对电池内部状态（容量、极化系数等）进行估计与监测，是电池高效工作的基础与关键；

（2）通过数据分析获得电池当前的状态，然后对其进行热管理控制、电池的充放电管理、均衡管理以及故障报警等；

（3）建立通信总线，向显示系统、控制器等实现数据交换。

综上所述，BMS（Battery Management System）控制系统的工作流程是：电芯的温度、电压等信号被采集并处理之后传递给控制系统，以估算电池的状态（SOC、SOH）等信息，以供 BMS 进行整个系统的控制功能。

二、热管理系统

电池热管理系统（BTMS）是电动汽车电池管理系统中的一个重要组成部分，用于控制和维护电池的温度在合适的范围内。BTMS 通过使用导热介质、传感器、控制单元和温控设备构成一个闭环调节系统，可以监测电池的温度并根据需要调节散热或加热。通过分析电池数据，使电池保持在适宜的温度范围内，电池的寿命和性能都能得到大幅提升，防止过热或过冷对电池造成损害，并确保电池的安全性和可靠性。

1. 基于空气介质的电池热管理系统

在汽车上使用的一种常见的热管理方法是利用空气来进行冷却，即风冷散热系统。按照驱动气流的能量源，

风冷式冷却系统可以分为主动式风冷和被动式风冷。低温空气可通过两种来源获取,一种是从环境空气中获取,另一种是被车载制冷系统冷却后的空气。E[2]等人通过改变进风口的位置对电池进行热管理,发现进风口设计在顶部和底部散热效果不好,将进风口设计在电池组侧边散热效果较好,在选择安装挡板之后使空气可以进入电池模块的间隙中可以提高散热效率。葛子敬[5]本文利用试验和CFD模拟的实验方法,研究了动力电池的风冷式冷却效率。在此基础上,以进、出风角及单元间距等参数为设计变量,采用正交实验法,对强制风冷散热结构进行优化。经过检验,强制风冷散热系统的在经过优化之后的散热性能得到大幅提升,电池组的散热要求可以满足。江超[3]对几种风冷式散热系统进行了模拟计算,结果表明,在该系统中设置适当的导流装置,能有效地提高电池的温度均匀度。

2. 基于液体介质的电池热管理系统

以液态为媒质的电池热管理系统,简称液冷散热系统。水、乙二醇溶液和煤油是目前液冷散热系统中应用最广泛的几种冷却液。由于液体工质具有高的热导率和比热容,因此液冷式散热系统的传热性能优于风冷式散热系统。按照工作介质与单体之间的接触形式,液体冷却系统可分为两种类型:直接接触型和间接接触型。

WeiTong[4]等通过研究大量堆叠在一起的方形电池,将液冷散热系统和冷板安装在电池之间,结果表明,随着电池堆叠数目的增多,电池产热率的提高,会加剧电池单元的温度分布不均匀现象,而提高工作质流速、增加冷板厚度,则可以改善电池温度分布的均匀性。张森浩[6]为了提高电池系统能量密度,对电池散热系统进行方案设计与仿真,得出相同放电倍率下,载冷剂入口流速为0.08m/s,载冷剂入口温度为15℃时,电池模组的冷却散热效果较好。模型左侧上三个流道均为进口,下三个流道均为出口对电池模组冷却散热效果较好。

3. 基于相变材料的电池热管理系统

相变材料是一种在温度低于相变温度时不断吸收热量的新型材料,其吸收热量并保持相变温度直至完全融化。相变材料的恒温性能使电池中的温度分布更加均一,同时还能吸收电池工作过程中产生的热量。

Al-Hallaj[9]等人创造性地提出相变材料可以被应用于电池散热系统当中,并对此展开了一系列的实验,除此之外,还通过在相变材料中添加膨胀石墨和泡沫铝,组成复合材料,来提高材料的导热性能,与单一相变材料相比,该复合材料对动力电池的温度控制效果更好。陈强[7]以石蜡为温度控制材料,吸附剂和增强材料选择膨胀石墨和石墨烯,并与金属铝的蜂窝相结合,以达到更好的热传导效果和结构强度,随后的试验表明,所制备的复合材料具有良好的冷却和匀温控制性能。凌国智[8]应用流体力学计算软件Star CCM+建立传热数值模型,对相变材料相变温度、用量和传热路径接触热阻的影响规律和作用边界进行分析,研究结果表明:相变材料热导率、传热路径的接触热阻度这四个因素都存在着作用边界,当达到该边界时,进一步提高参数对电池最高温度的提升作用非常有限。

三、展望与结论

当前,国内外开展了大量关于电池热管理系统的研究,并获得了丰富的成果。然而,随着电动汽车朝着高集成化、高密度化和长续航的方向发展,锂电池组的工作条件将会变得更为苛刻,因此,如何研制出高寿命,低成本,安全可靠,体积小巧的电池,对研究人员也是一个巨大的挑战。在回顾了近年来电池热管理系统的研究进展之后,我们发现,目前的传统技术已经渐渐不能满足市场的需求,因此,我们需要进行技术创新,对现有技术结构展开完善和优化,与此同时,还要对现有的计算模型和算法进行优化,并对新材料和新技术进行引进开发,当单一技术不能满足需求的时候,就要积极地尝试耦合多种技术,这样才可以让电池热管理系统的散热效能得到提升。

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 fDI. 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.