

Research on Key Technologies of Forced Air Cooling for High-power Traction Batteries

Yangyang Ling Jie Lun Zhongzheng Qin Bin Li Yingzhu Wei*

SAIC GM Wuling Automotive Co., Ltd. Technical Center., Liuzhou, Guangxi, 545000, China

Abstract

The thermal management of the traction battery is designed to get rid of the ambient temperature, which allows the traction battery to deliver its best performance all year round even extreme conditions. The thermal management methods of high-power traction battery mainly include liquid cooling, direct cooling, and forced air cooling. As a common thermal management method for high-power batteries, forced air cooling system has the advantages of simple structure and low cost. However, it has higher requirements on structural design, ventilation channels, air duct flow, and inlet air temperature. This paper is based on the research on the key technology of forced air cooling of high-power traction batteries used in hybrid vehicles, and optimizes the use scenarios of real vehicles to guide the thermal management development of forced air-cooled batteries.

Keywords

high power; power battery; thermal management; forced air cooling

高功率动力电池强制风冷关键技术研究

凌阳阳 伦杰 覃中正 李彬 韦映竹*

上汽通用五菱汽车股份有限公司技术中心, 中国·广西柳州 545000

摘要

动力电池的热管理设计是为了让动力电池跳脱于环境温度的制约, 一年四季或者极端工况下都能释放最佳的性能。高功率型动力电池的热管理方式主要有液冷、直冷、强制风冷等。强制风冷系统具有结构简单、成本较低的优点, 是高功率型电池较为常见的一种热管理方式, 但是其对结构设计、通风渠道、风道流量、进风温度等要求较高。论文基于混合动力汽车使用的高功率动力电池强制风冷关键技术进行研究, 结合实车使用场景进行优化, 指导强制风冷电池的热管理开发。

关键词

高功率; 动力电池; 热管理; 强制风冷

1 引言

混合动力汽车的动力源由发动机和动力电池构成, 具有燃油经济性高, 驾驶性能优越的特点。同时, 得益于高功率动力电池的加持, 起步加速比传统燃油车更快。而高功率电池因为放电倍率大, 对热管理具有较强的依赖性, 温度过高、过低或者温度不均匀都会影响电池的性能, 进而影响车辆性能。所以动力电池的热管理设计对于混合动力汽车正常工作具有重大的意义。

【基金项目】柳州市科技计划项目《全球小型电动车高性能无模组动力电池系统技术研究及产业化》(2021ACA0101)。

【作者简介】凌阳阳(1995-), 女, 中国广西柳州人, 本科, 助理工程师, 从事电池管理系统开发及测试验证研究。

【通讯作者】韦映竹(1992-), 女, 中国湖北十堰人, 硕士, 工程师, 从事新能源汽车动力电池研究。

2 电池产热原理和热传递特性

2.1 产热原理

锂离子电池在进行充放电的过程中产生的热量主要可以分为电化学反应热、极化内阻热、欧姆内阻热、副反应热^[1], 电池包总的发热量由以上四个因素影响加成。其中副反应热指的是锂离子电池在非正常工作状态下产生的热量, 在总热量中占比较小, 在计算时一般可忽略; 极化内阻热指的是电池通过极化作用释放出来的热量; 欧姆内阻热是锂离子电池在工作过程中, 由欧姆内阻产生的热; 电化学反应热是由电池工作时化学反应产生的热。

2.2 热传导

在明确电池的产热原理后, 需要分析锂离子电池的热量传递方式。根据热力学第二定律, 在自然条件下, 热量总是由温度高的物体流向温度低的物体, 使得温度低的物体升温, 这个就是热量传递的过程。热量传递主要有热传导、热对流、热辐射三种方式, 三种传递方式或单一或叠加出现

导致温度升高^[2]。对于电池来说，电池充放电的过程中内部产生的热量传递到电池表面，进而通过热对流和热辐射的方式传递到外部环境。

3 冷却方式研究

根据车辆的动力形式、使用场景不同，对于冷却的需求也不同。根据电池冷却时是否依赖于外部环境可将其分为主动式冷却和被动式冷却^[3]。被动冷却不需要消耗额外的能量，靠电池自身结构与环境进行热交换；主动冷却需要依赖于具有动力驱动的装置，如风扇、水泵等，通过冷却装置的持续运转实现热交换，确保电池工作在适宜的温度区间。

3.1 风冷式热管理

风冷式热管理包括自然风冷和强制风冷两种，区别在于前者不需要外部驱动元件，仅依靠自身散热结果与外部环境进行热交换，所以其散热效果容易受外部环境影响，但是因为成本低、结构简单，所以在 A00 级纯电动汽车上被广泛使用。强制风冷依赖于风扇等设备，通过强制空气在风道中流通实现热交换，结构稍复杂，需要有风道布置空间，但是能够自主调节风量，散热效率更高，更智能。

3.2 液冷式热管理

液冷指的是通过冷却液循环实现热交换，带走电池的热量。因为液体的比热容和导热系数相较空气根本大，所以液冷式热管理的换热效果、换热速度都远超风冷式热管理。但是一个完整的液冷式电池热管理系统需要 PTC、压缩机、

水泵、三通阀、管路、电池内部液冷板等，所以成本上不具备优势，多用于长续航快充 EV 车型或 PHEV 车型。图 1 为电动汽车电池冷却系统。

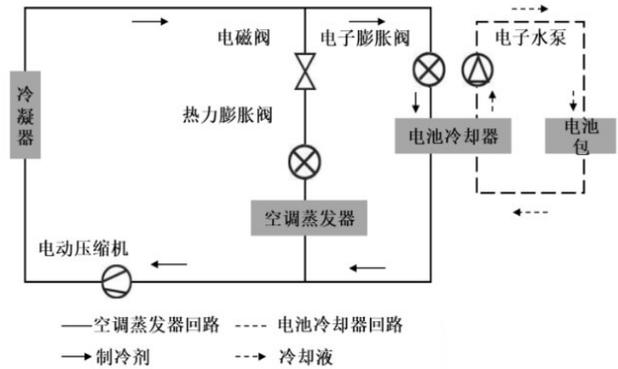


图 1 电动汽车电池冷却系统简图

4 强制风冷设计

4.1 设计思路

根据整车设计输入，混合动力汽车对动力电池的功率依赖性较大。为保证驾乘体验和安全，目前市场上的混合动力汽车用动力电池多采用强制风冷或者液冷式热管理保证功率的稳定输出。另外，基于电池寿命要求和温度一致性的要求，同时考虑结构及成本上的限制，需要选择强制风冷或者液冷。图 2 为热管理设计流程图。

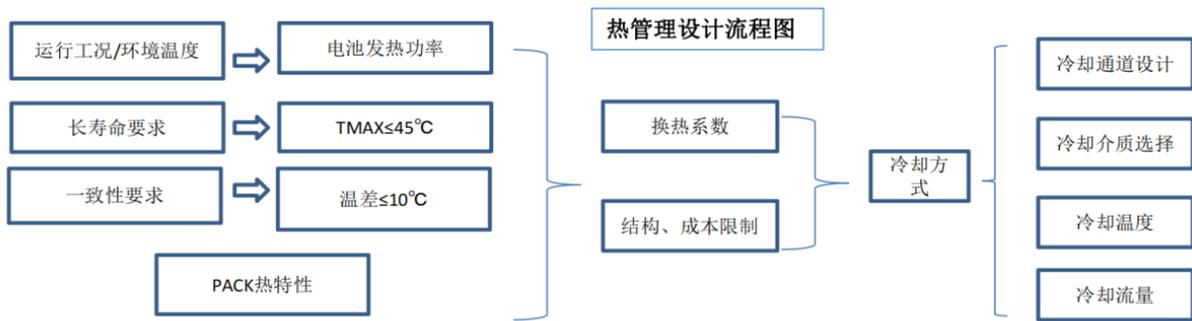


图 2 热管理设计流程图

4.2 仿真

完成初步热管理方案设计后，需要进行风冷系统仿真，仿真时需要收集以下数据：电芯不同充放电倍率下的发热功率；电芯的导热系数、比热容、密度等。将基于动力电池建立的几何模型、边界条件及电池参数导入 Fluent 中进行计算，根据电池实际使用过程中的放电倍率（10C、20C、30C……）定义仿真条件。根据仿真结果可以得出，放电倍率越大，即放电电流大，电池表面温度越高。设计的边界条件根据电池实际使用的最大放电倍率制定，若电池的最大放电倍率为 30C，计算得出电池所需的散热功率并将其作为仿真的边界条件。模拟强制风冷条件下，30C 放电时电池内部

的温度分布及温度变化。在仿真过程中常见的就是降温效果不理想或者是温度不均匀的问题，需要不断调整优化风速、风阻、风量以实现温度最优。图 3 为温度分布云图。

4.3 风扇选型

基于仿真结果，定义边界工况下需要满足的风速、风量、进风温度，输出接口 ICD 用于冷却风扇选型。另外，风扇布置于车内，若有明显的风噪，则有用户抱怨的风险，所以在设计选型时需要同时考虑整车 NVH 的要求。

4.4 测试标定

完成结构设计和热管理仿真后，需要建立实物热管理台架，将动力电池和冷却风扇放置于温箱中，基于热管理策

略调控风扇,根据实车路谱数据和应用场景,在高温、常温、低温下进行不同工况的测试,如城市工况、郊区工况、山路工况、高速工况等。根据测试数据分析电池包的温度变化和温度一致性,并不断优化风扇的标定策略,以达到降温效果和 NVH 的平衡。

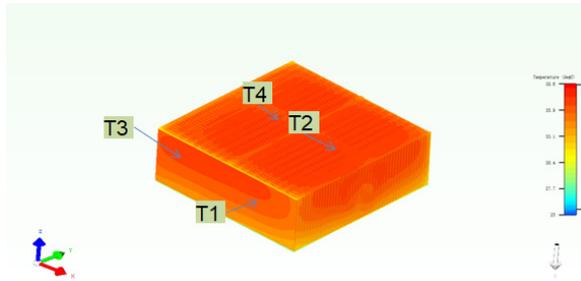


图 3 温度分布云图

完成台架试验标定后,需要搭载整车进行耐久试验和

高低温验证,关注路试过程中的电池温度,若电池总能工作在最佳的适宜温度,即可锁定最终的热管理控制策略。

5 结语

论文浅析了锂离子电池的生热原理和传热机理,列举了动力电池常见的热管理方式,着重分析了强制风冷设计,确定强制风冷热管理设计时的关键环节以及匹配整车热管理的适应性开发验证,对高功率电池风冷设计开发有指导性意义。

参考文献

- [1] 文卿.风冷式动力电池包温度场分析及优化[D].重庆:重庆交通大学,2018.
- [2] 储广昕.动力锂电池热特性分析与电池组风冷结构研究[D].天津:天津工业大学,2021.
- [3] 傅家麒.电动汽车高功率动力电池液冷系统热均衡性能研究[D].镇江:江苏大学,2019.