

Intelligent Monitoring and Maintenance of the Electric Vehicle Battery Cooling System

Wenjie Tian Mingxi Shao Chenwei Dong Ning Ju Huidong Ma

Shenyang Urban Construction University, Shenyang, Liaoning, 110167, China

Abstract

The popularity of electric vehicles has driven a research boom on battery cooling systems. Battery cooling system is an important part of ensuring battery performance and safety, and its intelligent monitoring and maintenance technology has become a key research field. This study discusses various aspects of EV battery cooling system, including cooling mode, selection of cooling medium, operating efficiency of the system, etc. This paper makes a detailed analysis of the intelligent monitoring and maintenance of cooling system, focusing on the role of intelligent monitoring means in optimizing the operation of cooling system and how to extend the service life of battery through efficient maintenance strategy. Through numerical analysis, the impact of different cooling strategies on battery safety and stability was demonstrated, and some optimized maintenance suggestions and technological development directions were proposed, in order to provide useful references for the design and use of electric vehicle cooling systems.

Keywords

battery cooling system; electric vehicle; intelligent monitoring; maintenance strategy; cooling medium

电动汽车电池冷却系统的智能监测与维护

田文杰 邵明熙 董宸玮 鞠宁 马慧冬

沈阳城市建设学院, 中国·辽宁 沈阳 110167

摘要

电动汽车的普及带动了对电池冷却系统的研究热潮。电池冷却系统是保证电池性能和安全性的重要组成部分, 其智能监测和维护技术成为关键的研究领域。本研究探讨了电动汽车电池冷却系统的各个方面, 包括冷却方式、冷却介质的选用、系统的运行效率等。论文对冷却系统的智能监测与维护进行了详细的分析, 重点阐述了智能监测手段在优化冷却系统运行中的作用以及如何通过高效的维护策略延长电池的使用寿命。通过数值分析, 论证了不同冷却策略对电池安全性和稳定性的影响, 提出了一些优化的维护建议和技术发展方向, 以期电动汽车冷却系统的设计和使用提供有益参考。

关键词

电池冷却系统; 电动汽车; 智能监测; 维护策略; 冷却介质

1 引言

随着全球环境问题的日益严重, 电动汽车逐渐成为减少碳排放的重要交通工具, 其市场需求持续增长。然而, 电动汽车的电池管理系统需要高效的温度控制, 电池冷却系统作为电池管理的核心部分, 对电池的性能和安全起着至关重要的作用。高温可能导致电池性能下降甚至安全隐患, 因此, 科学的冷却方法及其智能化的监测与维护成为保障电池运行稳定的必要条件。近年来, 智能化技术在电池冷却系统

中的应用不断增加, 监测系统的实时性和准确性得到显著提高, 有效提升了冷却效率和电池寿命。论文从冷却方式、冷却介质的选择、智能监测及维护策略等多个方面对电池冷却系统进行深入探讨, 以期未来电动汽车电池冷却技术的发展提供理论支持。

2 电池冷却方式及其选择

2.1 液冷方式的应用与优势

液冷是当前应用最为广泛的电池冷却方式之一。相比其他冷却方式, 液冷方式具有良好的热传导性能, 能够在短时间内有效降低电池温度。液冷系统通常由冷却液、泵、热交换器等组成, 通过冷却液的流动带走电池产生的热量, 达到温度控制的目的。在电动汽车中, 液冷系统具有较高的控制精度和稳定性, 特别适用于高能量密度的电池组。液冷系统的优势在于其较高的热导率和热容量, 使得电池在高负载状态下仍能保持适宜的工作温度, 从而提升了电池的使用

【基金项目】2024 年沈阳城市建设学院大学生创新创业训练计划项目《电动汽车电池易燃的冷却装置》(项目编号: 202413208022)。

【作者简介】田文杰(2004-), 男, 中国浙江绍兴人, 在读本科生, 从事载运工具运用研究。

寿命和安全性。液冷方式在高性能电动汽车和商用电动车中得到了广泛应用，因为其能够在长时间、高负荷条件下保持稳定的冷却效果。

2.2 气冷方式的适用场景

气冷方式在一些低能量密度的电池应用中也具有一定的市场。气冷系统的主要优势在于其结构简单、成本较低且无需使用冷却液，因此对环境的影响较小。气冷方式通常采用风扇或自然对流的方式进行冷却，通过空气流动带走电池内部产生的热量。虽然气冷的热传导效率较低，但其在小型电动车辆中仍然具有一定的优势。由于气冷系统的维护相对简单，适用于对成本敏感且冷却需求不高的电动车型。在优化气流通道设计和提高风扇效率方面，气冷系统在低能量应用中仍有广泛的研究空间。

2.3 相变材料的潜力与应用

相变材料（PCM）在电池冷却中的应用近年来引起了广泛关注。相变材料通过相变过程吸收大量的热量，能够在电池温度达到一定值时自动开始冷却，有效平衡电池的热量积聚。相变冷却系统的最大优势在于其被动冷却特性，无需额外的能量输入即可实现高效的温度控制。

3 冷却介质的选择与优化

3.1 冷却液的特性及应用

冷却液的选择对冷却系统的性能影响巨大。在液冷系统中，冷却液的热导率、粘度、热容量以及与电池材料的相容性都是重要的考量因素。常见的冷却液有水基冷却液、乙二醇基冷却液等，其中水基冷却液因其热导率高而被广泛使用，但需注意其在低温环境下的防冻特性。乙二醇基冷却液则通过添加防冻剂来解决低温问题，适用于多种气候条件下的电动汽车。

3.2 空气介质在气冷系统中的选择

在气冷系统中，空气作为冷却介质的性能直接影响冷却效果。空气冷却的优势在于取材方便、成本低廉，但其热容量较低，需要较大的流动量才能达到有效的冷却效果。为了提高空气冷却系统的效率，优化空气流动路径、提高风扇的送风效率是关键。通过采用定向通风、风道优化等措施，可以显著提升空气冷却系统的冷却效果。此外，在一些特殊的工作环境中，可以考虑使用经过预处理的空气，如降低湿度或增加冷却效果的添加剂，以提高气冷系统的整体性能。

3.3 新型冷却介质的研究与发展

除了传统的水基和空气介质外，近年来新型冷却介质的研究也在不断推进。例如，纳米流体冷却液因其具有更高的热导率和更好的流动性而受到关注。通过在冷却液中加入纳米颗粒，可以显著提高冷却液的热传导性能，从而提升整个系统的冷却效率。其他新型介质，如双相冷却液，通过液—气相变的过程来增强热量的转移能力，在高负荷和高温条件下表现出优异的冷却性能。这些新型冷却介质的研究，为未

来高效冷却系统的开发提供了更多的可能性，如图1所示。

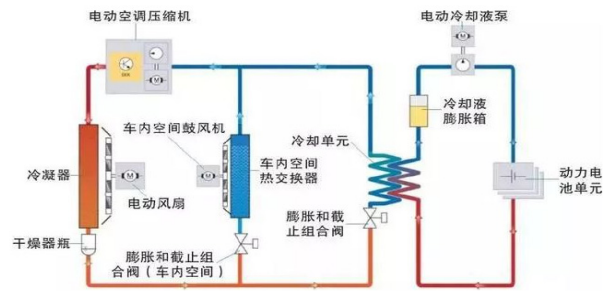


图1 新能源汽车动力电池冷却系统运行图

4 智能监测技术的应用分析

4.1 温度传感器的布局与精度控制

在电池冷却系统中，温度传感器的布局是智能监测的关键。合理布置温度传感器，可以实现对电池组各个部位的实时温度监控，从而保障冷却系统的高效运行。通常情况下，每个电池模块上会布置多个温度传感器，以确保对温度变化的快速响应。温度传感器的精度对于监测结果的准确性至关重要，采用高精度传感器可以有效提高监测系统的响应速度和准确性。

4.2 智能控制系统的集成

智能控制系统的集成是实现冷却系统高效运作的重要组成部分。智能控制系统可以根据温度传感器采集的数据，对冷却系统的各个部件进行精细控制，如调节冷却液的流速、开启或关闭风扇等。基于模型的控制策略和数据驱动的优化方法被广泛应用于冷却系统的控制中，通过对历史数据的分析和实时数据的监控，智能控制系统能够动态调整冷却策略，以确保电池组在不同工况下均能保持在适宜的温度范围内。

4.3 数字化监测平台的构建

随着数字化技术的发展，构建智能冷却系统的数字化监测平台成为可能。数字化平台可以集成电池冷却系统的所有监测数据，通过数据可视化技术对冷却系统的状态进行直观展示。数字化监测平台还可以结合大数据分析技术，对冷却系统的长期运行状况进行评估，发现潜在的问题并及时进行维护。通过对大量运行数据的挖掘，数字化平台能够为冷却系统的优化提供科学依据，从而实现电动汽车电池管理系统的整体效率提升。利用数字化监测平台，不仅能够实时监控冷却系统的状态，还可以为未来冷却系统的设计和改进行提供数据支持。

5 维护策略及其优化

5.1 定期维护与预防性维护

电池冷却系统的定期维护是保障其稳定运行的基础工

作。通过定期检查冷却液的流动情况、温度传感器的精度、冷却系统管路的密封性等，可以及时发现潜在的问题并加以解决。预防性维护则是在定期维护的基础上，通过监测数据的分析，预测系统的潜在故障，并在故障发生前进行处理。预防性维护的目标是在故障发生之前采取措施，避免故障对系统的正常运行造成影响，从而提高系统的可靠性，如图2所示。

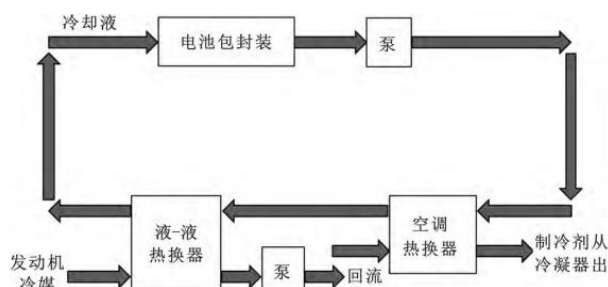


图2 电动汽车冷却系统运行图

5.2 故障诊断与应急处理

电池冷却系统在运行过程中，难免会出现各种故障。故障诊断技术的应用可以帮助维护人员迅速找出故障的原因并采取相应的措施。通过监测数据的分析，可以准确判断故障的位置和类型，如冷却液泄漏、传感器失效等常见问题。在应急处理方面，冷却系统应具备快速响应机制，在发现故障时能够自动切换至应急模式，防止故障对电池安全造成严重影响。此外，借助智能诊断算法，可以实时分析冷却系统的状态，并在故障发生前发出警报，从而实现冷却系统的早期预警。应急处理机制的设计需要考虑到电池冷却系统的复杂性和多样性。在传感器失效时，系统可以根据其他传感器的数据进行插值计算，继续维持对电池温度的监控。此外，通过对冷却系统的关键部件进行冗余设计，可以在某些部件失效时，系统仍然能够正常运行，从而提高系统的可靠性。

5.3 维护策略的数字化管理

随着数字化技术的发展，维护策略的数字化管理逐渐成为冷却系统维护的重要手段。通过构建冷却系统的数字化维护平台，可以实现维护工作的全过程管理，包括维护计划的制定、维护记录的保存、故障的跟踪等。数字化管理平台

可以将冷却系统的所有维护信息进行集中存储和管理，并通过数据分析为维护策略的优化提供科学依据。通过对历史维护数据的分析，可以识别出系统中容易出现的问题，并针对这些问题制定更为合理的维护方案。此外，数字化管理平台还可以实现与冷却系统实时监测平台的联动，提高冷却系统的维护效率。数字化管理平台的应用不仅可以提高维护工作的效率，还可以为维护人员提供决策支持。例如，平台可以根据冷却系统的运行数据和维护记录，自动生成维护建议，并为不同的故障类型提供详细的解决方案。此外，通过对维护工作的数字化管理，可以有效减少人为因素对维护质量的影响，提高维护工作的规范性和可追溯性。这些数字化管理手段的应用，将大幅提升冷却系统的运行可靠性和安全性。

6 结语

电动汽车电池冷却系统的智能监测与维护对于保障电池性能和安全至关重要。通过液冷、气冷、相变材料等多种冷却方式的合理应用，以及冷却介质的优化选择，可以有效控制电池的工作温度。智能监测技术的应用，特别是温度传感器的精确布局、智能控制系统的集成及数字化监测平台的构建，为冷却系统的高效运行提供了技术支持。通过定期维护、预防性维护、故障诊断与应急处理等多种维护策略的实施，冷却系统的运行可靠性得到了有效保障。未来，随着数字化和智能化技术的不断发展，电池冷却系统的智能监测与维护将更加高效和精细化，为电动汽车的普及提供更加坚实的技术基础。

参考文献

- [1] 钟耀宗,黎熙淳.电动汽车热管理系统的发展趋势与挑战[J].汽车工程,2024,46(5):102-109.
- [2] 陆昱君,韩成义.电池冷却技术在电动汽车中的应用研究[J].机械工程学报,2024,60(3):215-221.
- [3] 宋立衡,蒋泽楠.先进冷却介质在电池热管理中的应用分析[J].新能源汽车,2024,12(2):87-94.
- [4] 蒋海秋,李俊林.液冷与气冷系统在电动汽车中的对比研究[J].汽车技术,2024,49(7):55-62.
- [5] 袁晓琦,雷承瑞.电池冷却系统的智能监测技术研究进展[J].智能制造,2024,18(4):45-51.