

新能源汽车动力电池热管理系统优化策略

王广威 张绍国 蔡汪池 隋悦鑫
西京学院 陕西西安 710123

摘要：随着新能源汽车的快速发展，动力电池热管理系统的优化成为提高电池性能和延长寿命的关键。本文旨在研究新能源汽车动力电池热管理系统的优化策略。首先，对动力电池的热特性和热管理系统的重要性进行了介绍。然后，综述了目前常用的动力电池热管理策略，并针对其存在的问题进行了分析。接下来，提出了包括传统方法改进、智能控制策略和热管理系统集成优化等方面的优化策略。最后，展望了未来动力电池热管理系统优化的发展方向。
关键词：新能源汽车；动力电池；热管理系统；优化策略

随着环境污染和能源危机日益严重，新能源汽车作为替代传统燃油汽车的重要选择受到广泛关注和推广。动力电池作为新能源汽车的核心组件之一，其性能和寿命对整个车辆的性能和可靠性具有重要影响。而动力电池的温度是影响其性能和寿命的关键因素之一。因此，合理而有效的动力电池热管理系统优化策略对于确保电池的安全性、提高能量利用率和延长电池寿命具有重要意义。动力电池在工作过程中会产生大量热量，如果不能有效地控制和调节电池的温度，可能导致电池过热或过冷，从而降低电池的性能和寿命。因此，动力电池热管理系统的优化至关重要。在动力电池热管理系统优化中，一种常用的策略是通过设计和优化散热结构和冷却系统，以提高电池的散热性能。这可以包括增加散热表面积、改进传热介质和优化冷却剂的流动方式等措施。通过合理设计和优化，可以有效地降低电池的温度，提高散热效率，保证电池在适宜的温度范围内运行。

一、动力电池热特性和热管理系统概述

(一) 动力电池的热特性

动力电池是新能源汽车的关键组件之一，其工作状态下会产生大量的热量。了解动力电池的热特性对于设计和优化热管理系统至关重要。首先，动力电池的热产生机制主要有两个方面。一方面，电池内部的电化学反应会产生热量，这是由于电池的充放电过程中电子和离子的转移会带来能量转化为热能。另一方面，电池在工作中存在内阻，电流通过电池时会产生热耗散，导致电池本身温度升高。其次，动力电池的热传导特性也需要考虑。电池内部的热量会通过导热路径传导到电池外部环境中，而导热路径包括电池内部的导热介质（如电解

液、隔膜等）以及电池外部的散热系统（如冷却板、散热片等）。电池内部导热介质的传热效率和散热系统的设计都会直接影响电池的温度分布和稳定性。

(二) 动力电池热管理系统的重要性

动力电池热管理系统的设计和优化对于电池的性能和寿命具有重要影响。首先，合理的热管理系统可以控制电池的工作温度在合适的范围内。过高的温度会导致电池的容量衰减、内阻增加，甚至引发热失控和安全事故。而过低的温度则会降低电池的放电效率和功率输出，影响整个车辆的性能。因此，通过热管理系统的控制，可以保持电池在合适的温度范围内工作，提高电池的性能和可靠性。其次，热管理系统可以实现电池温度的均衡分布。由于电池内部结构的不均匀性和工作条件的差异，电池温度分布可能存在不均匀现象。而不均匀的温度分布会导致电池寿命的差异，一些区域的温度过高或过低，会引起电池的老化和损坏。通过热管理系统的调控，可以实现电池温度的均衡分布，提高电池的使用寿命。

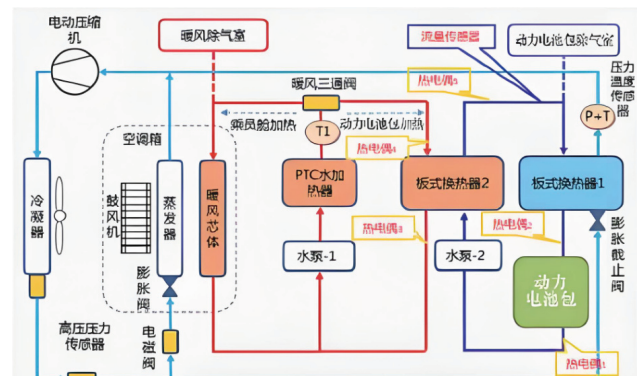


图1 新能源汽车热管理系统图

二、常用动力电池热管理策略

(一) 传统的动力电池冷却方法

传统的动力电池冷却方法主要包括液冷和气冷两种形式。液冷是一种常见的冷却方式，通过将冷却液循环流经电池模块或电池单体，以吸收并带走电池产生的热量。液冷系统通常包括冷却剂、冷却管路和散热器等组件。在液冷系统中，冷却剂起着传热介质的作用，通常是水、乙二醇溶液或其他专用的热传导液体。冷却剂在冷却管路中循环流动，接触电池模块或单体表面，吸收电池产生的热量。然后，冷却剂将热量传递给散热器，散热器通过辐射和对流的方式将热量散发到周围环境中，从而降低电池的温度。气冷是另一种常见的动力电池冷却方法，它利用气流对电池进行冷却。在气冷系统中，通常在电池模块或电池单体周围设置散热片和风扇等组件。电池产生的热量通过散热片传递给周围的空气，然后利用风扇产生的气流来带走热量。气冷系统相对于液冷系统更加简单，没有冷却液和管路等复杂组件，但散热效果相对较差。这些传统的动力电池冷却方法在实际应用中具有一定的局限性。液冷系统需要较为复杂的管路和冷却剂管理，增加了系统的重量和成本。而气冷系统在高温情况下的散热效果不如液冷系统，可能需要额外的辅助散热措施。因此，针对动力电池冷却的改进和优化策略不断涌现，以提高冷却效果和系统性能。

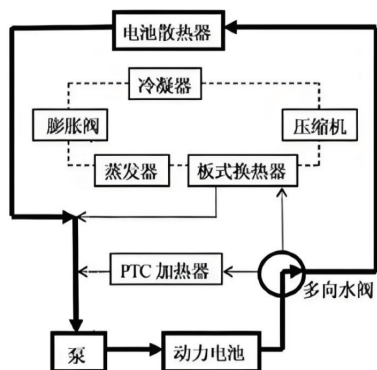


图2 新能源汽车动力电池液冷系统图

(二) 传统的动力电池加热方法

传统的动力电池加热方法主要包括电加热和燃料电池加热两种形式。这些方法旨在低温环境下提供所需的加热效果，以提升电池的工作温度、改善电池性能和可靠性。电加热是一种常见的动力电池加热方法，通过在电池模块或电池单体内部设置加热器，将电能转换为热能，以提供热量给电池。加热器可以采用电阻加热器、发热膜或导热材料等形式，通过电能的转换，产生足够

的热量来加热电池。电加热可以快速提升电池的工作温度，在极端低温条件下改善电池的性能和可靠性。另一种传统的动力电池加热方法是燃料电池加热。在燃料电池系统中，燃料电池本身会产生大量的热能作为废热。这些废热可以通过热交换器传递给动力电池，提供所需的加热效果。燃料电池加热方法利用了燃料电池系统的废热资源，实现对动力电池的加热。通过燃料电池系统中的热交换器，废热可以传递给电池模块或电池单体，增加其温度。这种加热方法既能提供所需的热量，又能有效利用能源，具有一定的能量效率。这些传统的动力电池加热方法在低温环境下能够提供必要的加热效果，以确保电池的正常工作和性能。然而，随着动力电池技术的不断发展，新的加热方法和技术也在不断涌现，以进一步改善电池的加热性能和能耗效率。

(三) 动力电池热管理策略存在的问题

传统的动力电池热管理策略在液冷和气冷系统方面存在一些问题，同时传统的加热方法也存在一些限制。首先，在液冷系统方面，其复杂性和重量会增加整个车辆系统的复杂性和重量。液冷系统需要包括冷却剂、冷却管路和散热器等组件，这些组件的存在增加了系统的复杂性，并且占据了额外的空间和重量。这不仅增加了制造成本，还可能对车辆的能耗和性能产生负面影响。其次，气冷系统的散热效果相对较差，特别是在高温环境下。由于气冷系统主要依赖气流的对流和辐射传热机制，散热效果可能不如液冷系统显著。在高温环境下，电池产生的热量难以有效地被带走，可能导致电池过热，进而影响电池的性能和寿命。这也增加了对电池安全性的担忧，因为过热可能引发安全隐患。

三、动力电池热管理系统优化策略

(一) 传统方法改进

传统的动力电池热管理方法可以通过改进和优化来提高其性能和效果。针对液冷系统，可以采用一些改进措施来减少其复杂性和重量。例如，使用更高效的冷却剂和散热器材料，以提高散热效率；优化冷却管路的设计，减少流阻和压降；采用紧凑型设计，减少系统的占用空间。这些改进可以降低整个液冷系统的复杂性和重量，提高其效能。对于气冷系统，可以采取一些改进措施来提高散热效果。例如，优化散热片和风扇的设计，增加散热表面积和风量，提高散热效率；引入辅助散热机制，如相变材料或热管，以增加散热能力；采用智能控制系统，根据电池温度和工作状态调整风扇速度，

实现动态的散热调节。这些改进可以有效提升气冷系统的散热性能。对于加热方法，可以优化加热器的设计和控制策略。例如，采用电池内部的分布式加热器，实现对电池温度的精确控制和均衡分布；结合温度传感器和反馈控制系统，实现对加热功率的智能调节，根据电池温度和环境条件进行动态调整。这样可以提高加热效果的均匀性和能效。

（二）智能控制策略

智能控制策略可以应用于动力电池热管理系统，通过实时监测和分析电池的温度、工作状态和环境条件，实现精确的热管理控制。通过使用温度传感器和数据采集系统，实时监测电池的温度。结合预测模型和算法，可以对电池温度进行预测和分析，提前采取合适的冷却或加热措施，以避免过热或过冷情况的发生。根据电池的温度和工作状态，智能控制系统可以调整冷却系统和加热系统的功率输出。通过动态调节冷却风扇的转速、冷却液的流速或加热器的功率，优化热管理系统的能效和性能。智能控制系统可以通过监测电池的温度异常或其他故障信号，实现故障诊断和安全保护。一旦发现异常情况，系统可以及时采取措施，如停止充放电、调整冷却风扇速度或报警提醒，以保护电池的安全运行。

结语

传统的动力电池冷却和加热方法在动力电池系统中起着重要的作用。液冷和气冷是常见的动力电池冷却方式，液冷系统通过循环冷却剂吸收和带走电池产生的热量，而气冷系统则利用气流散热的方式来降低电池温度。电加热和燃料电池加热是传统的动力电池加热方法，电加热通过电能转换为热能来提供热量，而燃料电池加热

则利用燃料电池系统产生的废热来加热电池。

然而，随着动力电池技术的不断进步和应用需求的增加，对冷却和加热方法的要求也在不断提高。新型的冷却技术如相变材料和石墨烯散热等正在得到研究和应用，以提高冷却效果和系统性能。同时，新型的加热方法如微波加热和自热电池等也在不断发展，以满足电池在极端环境下的加热需求。

综上所述，传统的动力电池冷却和加热方法为动力电池系统的正常运行和性能提供了基础支持，但仍然存在改进的空间。随着科学技术的不断进步，我们可以期待更高效、可靠和环保的冷却和加热技术在未来的动力电池系统中得到广泛应用。

参考文献

- [1] 陈军, 丁宏. 动力电池冷却技术研究综述 [J]. 机械与电子, 2017, 35 (6): 748-752.
- [2] 蔡建军, 张智勇, 沈晓东, 等. 动力电池冷却技术研究进展 [J]. 机械工程与自动化, 2019, 48 (1): 124-128.
- [3] 李明, 王鹏. 动力电池热管理技术研究进展 [J]. 电池工业, 2018, 13 (4): 295-299.
- [4] 朱红霞, 郑卫民. 动力电池冷却技术的研究进展 [J]. 化工技术与开发, 2020, 49 (4): 32-35.
- [5] 石晓明, 王立新, 张杰. 动力电池冷却技术的研究进展 [J]. 冰箱空调, 2018, 36 (11): 57-61.
- [6] 张洪新, 肖瑞峰, 杨鹏, 等. 动力电池冷却技术研究进展及展望 [J]. 电源技术, 2017, 41 (3): 539-545.
- [7] 刘志, 江宏, 郑蔚, 等. 动力电池冷却技术综述 [J]. 化工进展, 2019, 38 (5): 2057-2064.
- [8] 王斌, 马菊花, 黄卫东. 新能源汽车动力电池冷却技术研究进展 [J]. 电源学报, 201