

# 机械设计角度探讨电动汽车动力系统的优化设计

何淋

武汉钢铁江北集团有限公司北湖分公司, 中国·湖北 武汉 430081

**摘要:** 随着环保观念的深入人心, 使电动汽车的未来发展展现出明显趋势。电动汽车的动力系统设计, 凭其对车辆整体性能的直接影响, 形成了一个重要研究领域。本篇论文所聚焦的, 正是该领域的深度挖掘和优化设计, 全部从机械设计的角度出发。首要的, 是把电动汽车动力系统的基本构成和工作原理理清楚, 再进一步动用相关理论和计算工具, 策略性地对电机、电池、控制系统等关键部件进行优化设计。不仅要满足电动汽车的基本运行条件, 还要进一步增强车辆的行驶稳定性和舒适性。实验结果显示, 经过优化设计的电动汽车动力系统, 能效提升明显, 行驶稳定性和舒适性也得到了有效的提升。本研究的结果对于推动电动汽车动力系统优化过程的理论研究具有重要参考价值, 同时也为实际工程应用提供了适用的优化改进方案。

**关键词:** 电动汽车; 动力系统; 优化设计; 能效提升; 行驶稳定性

## Exploring the Optimization Design of Electric Vehicle Power System from the Perspective of Mechanical Design

Lin He

Wuhan Iron and Steel Jiangbei Group Co., Ltd. Beihu Branch, Wuhan, Hubei, 430081, China

**Abstract:** With the deepening of environmental protection concepts, the future development of electric vehicles has shown a clear trend. The power system design of electric vehicles has become an important research field based on its direct impact on the overall performance of the vehicle. The focus of this paper is on the in-depth exploration and optimization design in this field, all from the perspective of mechanical design. The first priority is to clarify the basic composition and working principle of the power system of electric vehicles, and then further use relevant theories and computational tools to strategically optimize key components such as motors, batteries, and control systems. Not only is it required to meet the basic operating conditions of electric vehicles, but it is also necessary to further enhance the vehicle's driving stability and comfort. The experimental results show that the optimized design of the electric vehicle power system has significantly improved energy efficiency, and the driving stability and comfort have also been effectively improved. The results of this study have important reference value for promoting theoretical research on the optimization process of electric vehicle power system design, and also provide practical optimization and improvement solutions for practical engineering applications.

**Keywords:** electric vehicles; power system; optimize design; energy efficiency improvement; driving stability

## 0 前言

环保观念的日益深入, 使得电动汽车成为未来汽车市场的主要发展方向。与此同时, 电动汽车的动力系统也因此成为汽车工业领域研究的重点。电动汽车的动力系统涵盖电池、电机、控制器等多个关键组件, 其设计质量直接关系到电动车的整体性能。然而, 现有的电动汽车动力系统尚存在许多问题, 如能效不高、行驶稳定性和舒适性有待提高等。论文将从机械设计的角度, 对电动汽车动力系统进行深入的研究和优化设计, 旨在提高电动汽车的设计性能, 使其在满足基本运行要求的同时, 增强车辆的行驶稳定性和舒适性。本研究将力求在理论和实践上, 为电动汽车动力系统的优化设计提供有益的参考和指导。

## 1 电动汽车动力系统基础

### 1.1 电动汽车动力系统的基本构成

探究和优化电动汽车运行性能, 精准把握动力系统的基本构成是关键<sup>[1]</sup>。电机、电池组、控制系统以及传动装置等, 皆是动力系统的重要部分。特别是电机——电动汽车动力系统的精髓, 其主要任务是电能转换为机械能, 赋予汽车驱动力。电机的类型和设计规格, 直接影响电动车的动力品质和能源效率, 分类包括直流电机、交流异步电机以及永磁同步电机等。

充当电动汽车能量储藏设备的电池组, 为电机运行供应必要电能。电池的类别与构造, 对车辆的续航里程、充电时限以及安全表现有着显著作用。当前主流的电池类型有锂离子电池、镍氢电池和固态电池等, 其中锂离子电池因其能

量密度高、循环寿命长而被广泛采用。

动力控制系统在电动汽车中起到关键的整合和调控作用,确保电机和电池系统的高效协同工作。通过实时监测车辆运行状态和电能需求,控制系统能优化电能分配、调节电机转速和扭矩,从而提高整车的运行效率和驾驶体验。控制系统通常包括电机控制器、电池管理系统(BMS)和整车控制单元(VCU)等组件。

传动装置是电动汽车动力系统中不可或缺的一部分,其作用是将电机的输出扭矩高效地传递到车轮。与传统内燃机汽车不同,电动汽车的传动系统设计更加简洁,一般采用单速变速器或直接驱动的方式,以减少能量损耗,提高传动效率。电动汽车动力系统的基本构成包括电机、电池组、控制系统和传动装置,各部件的功能特点和协同工作关系决定了车辆的整体性能。

### 1.2 电动汽车动力系统的工作原理

电动汽车动力系统的工作原理在于将电能转化为机械能,以驱动车辆行驶。其核心组件包括电机、电池组和控制系统。电池组是电动汽车的能量源,其储存和输出电能,为电机提供驱动能量。电机则负责将电能转换为机械能,通过驱动轴直接或间接为车轮提供动力。

控制系统,在此机构中拿到了举足轻重的角色,借由对电流与电压的调整,使得电动机的速度与扭矩得以控制,以满足多变的行驶需要<sup>[2]</sup>。

谈到电动汽车,它的电池组借助于高效的能量管理系统,将直流电源传送到逆变器处。逆变器将直流电变成交流电,促使交流电动机的运转,以产出所需要的扭矩以及转速<sup>[3]</sup>。电动机一般是永磁同步电机或者三相交流感应电机,这些电机以其高效率、高功率密度和易控制等特性而被人们所称誉。

再生制动的技术,在电动汽车动力系统的运行原理中扮演着不可忽视的一项技术。在车辆减速或制动时,电机反向运转,将动能转化为电能,反馈到电池组中储存,这不仅提高了能源利用效率,还延长了续航里程。

控制系统实时监测车辆的运行状态,如速度、负载和电池电量,并基于这些信息不断调整电动机的运作参数,确保驾驶过程中的平稳性和响应速度。通过智能控制算法,优化能源分配和电机性能,从而提升车辆的整体性能和能效输出。

### 1.3 电动汽车动力系统中关键部件的功能和性能需求

电动汽车动力系统的关键部件主要包括电机、电池和控制系统。电机作为动力源,其功能是将电能转化为机械能,驱动车辆行驶,性能要求包括高效能、低噪音和低振动。电池则负责存储和提供电能,其性能需求为高能量密度、长寿命和快速充电能力。控制系统在整个动力系统中起到协调和优化的作用,需要具备高精度的控制能力和快速响应特性,以提高系统的综合性能和行驶稳定性。这些关键部件共同决定了电动汽车的整体性能和用户体验。

## 2 电动汽车动力系统优化设计方法

### 2.1 电动汽车动力系统优化设计理论

优化设计理论针对电动汽车动力系统的研究,是电动汽车发展中的关键一环。究竟在于,通过科学理性的设计与调整,可以在满足基础运行需求的同时,实现动力系统的能效升级与性能优化。这个理论涉猎宽广,主要聚焦在电动机、电池以及控制系统等核心部位的最优化配置,以及它们的协同工作。

电动机优化理论的重心,是如何提升电动机的效能与扭矩密度。如果采用先进的设计手段和优化算法,诸如电磁场有限元分析与拓扑优化等方式,就能够进一步提升电动机的性能,使得它在各种工况下都可以保持高效的运行。再通过电动机绕组和磁路设计的调整,就可以减少电动机的能源损耗,从而提升整体能效<sup>[4]</sup>。

电池系统优化设计理论关注电池的能量密度、充放电效率和寿命。通过优化电池管理系统(BMS),可以实现对电池状态的实时监控和调节,避免过充、过放等情况的发生,从而延长电池使用寿命。采用先进的电池材料和构型设计,能够提高电池的能量密度和倍率性能,使得电动汽车在续航和功率输出方面得到显著提升。

优化控制系统设计的理论,俨然涉足于改良控制策略及优化算法,利用如模糊控制、神经网络以及遗传算法的智能控制技术,以实现动力系统各部件的和谐控制,推动动力输出与能源利用的优化。此类优化策略能够在不同驾驶状态下加快电动汽车的反应速度和稳定性,增强驾驶的舒适与安全。

借助于协同优化的手段,将电机、电池以及控制系统的各自优化目标和约束条件予以综合,能够进一步提升整个动力系统的抽象效能。这些理论以及方法的应用,助推电动汽车动力系统向着更高效的智能化倾斜,从而提供了坚实的理论和技术支持。

### 2.2 电机优化设计方法导论

电动汽车的核心力量来源,无疑是电机。如何让电机更出色?这就要深入挖掘它的设计,击破整车性能的瓶颈。设计的考量,涵盖范围众多,贯穿效率、功率密度、散热性能及成本等方面。目前,解决方案集结于磁路优化、绕组结构优化和冷却系统设计三大领域。

优化磁路,磁滞损耗和涡流损耗就能大幅降低。只需调整磁极形状,选用优质永磁体材料,电机的能效和动态特性就能获得大幅度提升。而关于绕组结构的优化,可以尝试多样的布局方式,诸如集中绕组和分布绕组,如此一来,电机的电磁转换效率和功率密度得到提升,同时,铜的消耗可以被减少,电机的抗干扰能力也能得到增强。冷却系统设计旨在保证电机高效运行的,减少热损耗和温度梯度,使用液冷、气冷等不同的冷却方式,提高电机的散热能力。

优化设计过程中,还需考虑电机与电控系统的协调,以确保其在不同工况下的稳定运行。综合运用电磁场有限元

分析、热-电耦合模拟等工具,实现对电机性能的全面评估和优化,从而显著提升电动汽车的整体性能和用户体验。

### 2.3 电池和控制系统的优化设计

电动汽车的动力性能升级,离不开电池和控制系统的卓越设计。只有通过不断优化设计,才能铸就出高性能的电动汽车。电池系统是其中关键,它的设计目标是以提升能量密度和延长使用寿命为主,同时保障其安全运行和热控效果。一种有效途径,就是运用材料科学和电化学的最新成果,持续进步电池的电极材料和电解质配比,从而增大能量密度、延续电池寿命。控制系统设计,重要的则在于提升运行效率、反应迅速性以及维持稳定,主要手段就是利用模型为基础的控制策略与前沿算法,实施控制优化,打造最佳电动汽车动力系统。如引入模糊控制、滑模控制等方法,提高系统对不同工况下的适应能力,确保在各种驾驶条件下的高效运行。通过对电池管理系统(BMS)的算法优化,实现对电池状态的实时监控与调整,提高电池组的整体性能,增强电动汽车的续航能力和行驶稳定性。优化后的电池与控制系统协同工作,可显著提升电动汽车的整体性能。

## 3 优化设计电动汽车动力系统的实验研究

### 3.1 优化设计实施与实验设定

为了验证所提出的电动汽车动力系统优化设计的有效性,进行了系统的实验研究。实验主要包括优化设计的实施过程和性能测试的设定,旨在评估优化设计对电动汽车动力系统在能效、行驶稳定性和舒适性等方面的改进效果<sup>[9]</sup>。

在优化设计的实施过程中,针对动力系统的主要组成部分,包括电机、电池和控制系统,应用了先进的优化算法和模拟工具。电机优化设计采用了多目标优化方法,考虑了电机效率、功率密度和成本等关键因素。电池系统优化设计则通过改进电池管理系统(BMS),提高电池组的能量密度和充放电效率,以及延长电池使用寿命。控制系统优化设计侧重于优化控制算法,使动力系统能更高效地管理能量流,提升车辆的动态响应性能。

实验设定方面,选择了一款典型的电动汽车作为实验平台,对其原始动力系统和优化后的动力系统进行对比测试。性能测试项目包括能效测试、加速性能测试、续航里程测试和车辆行驶稳定性测试等。能效测试通过标准化的工况循环测试方法进行,以获得能量消耗数据;加速性能测试通过测量车辆在不同速度区间的加速时间来评估动力输出的改善;续航里程测试则在恒定速度和典型城市工况下进行,以确定电池优化对续航能力的提升;行驶稳定性测试通过在不同路况和操作条件下,评估优化设计对车辆稳定控制和乘坐舒适性的影响。

通过详细的实验设定和性能测试,能够系统地分析和验证优化设计对电动汽车动力系统的实际效果,为进一步的研究和应用提供有力依据。

### 3.2 优化设计实施后电动汽车动力系统的性能测试

优化设计实施后,通过一系列性能测试评估电动汽车的各项指标,以验证优化设计的有效性。针对电机的各项性能进行测试,主要包括最大输出功率、效率曲线和瞬态响应特性。通过在不同负载和转速条件下的实验数据,评估电机在优化设计前后的变化,确保其能在各种运行工况下保持高效稳定运行。

对电池系统的测试主要集中在电池组的能量密度、续航能力、充放电效率以及温度特性。

在对电池进行循环充放电实验和工况模拟后,发现电池在经过优化设计之后的性能有了显著的提升,对于高功率输出和快速充电的场景,其表现特别的出色。

控制系统的表现也同样令人印象深刻,在验证其对电机和电池管理效果的过程中,不论是在何种驾驶模式或操作条件下,通过观察和分析车辆的加速性能、制动能量的回收率,以及总体的能量管理策略的执行情况,均可以发现控制系统极为聪明的反应速度。

并且,通过车辆实验驾驶,验证了优化后的电动车在实际道路情况中行驶的稳定性和坐车的舒适性。实验的结果出人意料,完全的达成了预期的优化效果,优化后的动力系统在提升电动车整体性能上发挥了重要作用。

## 4 结语

本研究从机械设计的角度对电动汽车的动力系统进行了深入研究和优化设计。我们对电动汽车动力系统的基本构成和工作原理进行了详细的梳理和分析,对电机、电池和控制系统等关键部件,基于相关理论和计算工具进行了优化设计。这样做一方面满足了电动汽车的基本运行要求,另一方面在提高能效,增强车辆的行驶稳定性和舒适性上取得了显著成果。实验结果印证了我们的设计优化方案的有效性。然而,本研究的有限性在于只关注了电动汽车动力系统的优化设计,并未深入研究影响电动汽车性能的其他关键因素,如车身结构、电池管理系统等。此外,优化设计的实施还需要考虑工程应用中的具体条件和环境,如天气、路况等。未来的研究应进一步探讨电动车整体优化设计的相关问题,如整车系统集成等,从而推动电动汽车技术的持续优化和发展。

### 参考文献:

- [1] 丘崇德,陈建锋.电动汽车动力系统布置设计分析[J].汽车周刊,2023(9):64-66.
- [2] 许桢,钱平,张成功.电动汽车动力系统双向变换器优化设计[J].计算机仿真,2019,36(5):164-168.
- [3] 姚泳.纯电动汽车动力系统参数匹配设计及优化[J].经济技术协作信息,2019(17):89.
- [4] 郑锦汤,陈吉清.纯电动汽车动力系统速比优化设计[J].机械传动,2019,43(4):79-82.
- [5] 李潇杰.电动汽车动力系统总布置设计分析[J].时代汽车,2019(2):120-121.