

新能源汽车电驱动系统故障诊断与维护

郭 飞

比亚迪汽车工业有限公司 广东深圳 518118

摘要: 围绕新能源汽车电驱动系统的常见故障及其维护策略展开分析,重点探讨了电机线圈、传感器和轴承等关键部件的常见故障类型及修复技术。通过对故障诊断技术的研究,详细介绍了车载故障码读取与实时数据监测技术的应用,并阐述了电路故障处理及软件升级在系统维护中的重要性。分析了定期检查与预防性维护对电驱动系统寿命的影响,结合行业数据总结了国内新能源汽车电驱动系统维护行业的现状及未来发展趋势。

关键词: 新能源汽车;电驱动系统;故障诊断;维护策略;传感器

引言

随着新能源汽车在全球范围内的普及,电驱动系统已成为其核心技术之一,电机、电力电子器件等关键部件的性能直接影响车辆的可靠性和安全性。长期运行中的高负荷和复杂工况,导致电驱动系统容易出现电机过热、传感器失效和电气连接故障等问题。如何提高系统故障诊断的精准性,优化维护与修复策略,成为业内关注的重点。针对这些问题,通过系统地分析电驱动系统的常见故障,结合国内实际数据,提出了有效的维护策略,并展望了行业未来的发展方向,在为提升新能源汽车电驱动系统的可靠性提供参考。

一、新能源汽车电驱动系统的常见故障及表现

电机过热是普遍问题之一,主要表现为电机温度超出安全范围,导致功率下降甚至系统停机。这通常源于冷却系统失效或电机内部线圈短路等问题。传感器故障也是频繁发生的现象,电流、电压、温度等关键传感器一旦失效,将影响系统的实时监控和保护机制,进而导致严重的连锁反应,电机转速异常、输出功率不稳等^[1]。电驱动系统的电路故障也是常见问题,尤其是在连接不良、短路或电路板损坏的情况下,会直接导致系统无法正常运转。控制器故障,如控制程序紊乱或软件版本不兼容,也可能导致系统运行不稳定,表现为突然断电、无法启动或响应延迟等问题。值得一提的是,随着新能源汽车市场保有量的增加,电驱动系统的故障率逐渐成为行业关注的焦点。

二、新能源汽车电驱动系统故障诊断技术的研究现状

(一) 车载故障码的读取与应用

电驱动系统的控制单元具备故障自诊断功能,当系

统出现异常时,控制单元会记录相应的故障码,并存储在车辆的控制模块中。通过专业诊断设备,能够快速读取这些故障码,帮助识别具体的故障部位和原因。常见的故障码包括电机过热、传感器失灵、电压异常等,维修人员可以根据这些故障码初步判断问题所在,缩短诊断时间并提高修复效率。现阶段,故障码读取技术已经实现了标准化和广泛应用,但仍有局限性,复杂的故障无法通过单一故障码直接定位,需要结合其他诊断工具进行深入分析。国内一些新能源车企已针对故障码诊断技术展开优化,进一步提高了系统故障识别的精度。

(二) 实时数据监测技术在故障诊断中的作用

通过对电机、电池、控制器等关键部件的实时数据进行监测,包括电流、电压、温度等参数,能够动态了解系统的运行状态^[2]。在实际应用中,实时数据监测系统可通过传感器和监控单元,将采集到的数据传输至中央控制系统,并与正常工况进行对比,及时发现潜在故障。当电流异常升高时,可以推断电机可能存在过载或内部短路问题。实时监测不仅有助于早期预警和快速定位故障,还能够为维修提供更加准确的数据支持。随着国内新能源汽车技术的发展,越来越多的车型配备了高精度的数据监测系统,通过数据的积累和分析,有效提升了故障诊断的可靠性和准确度。

三、新能源汽车电驱动系统的维护与修复策略

(一) 电机系统关键部件的常见修复方法

1. 电机线圈损坏的修复

需要对电机进行全面的拆解,移除电机外壳,并使用专业仪器测量线圈的绝缘电阻和绕组电阻,以确定受损部位。拆解过程中,要特别注意不要破坏其他完好的

部件，并确保对电机的静电保护措施到位，以免引入新的故障。取出受损线圈后，维修人员需要将旧线圈彻底拆除，并清洁线圈槽，确保没有残留的绝缘材料或碎屑影响新的绕组工作。使用耐高温等级达到180℃或以上的绝缘材料对新的线圈进行绕制，确保线圈在高温和高负荷条件下依然能够稳定工作。新线圈安装后，需进行绝缘电阻和耐压测试，确保线圈与铁芯之间的绝缘性能符合国家电工标准。整个电机还需要在低速和高速下进行空载试验和负载试验，测试其电流、电压和转速的稳定性，确保电机恢复正常运行。

2. 传感器故障的修复

负责实时监测电流、电压、温度等重要参数，并将数据反馈给控制系统，以保证电机及其他关键部件的正常运行。当传感器发生故障或数据出现异常时，首先要使用专业的故障诊断设备读取故障码，这些故障码会精确指示出哪一个传感器出现问题^[3]。需要结合系统实时数据监测，分析各项参数的变化趋势，以进一步确认传感器的具体故障点，如电压异常波动或电流超限等。确定故障传感器后，修复工作进入检测阶段，维修人员要对传感器的供电线路、信号线路以及接地电路进行全面检查，使用万用表测量其电阻和电压值，确保线路中没有断路或短路问题。

如果传感器本体损坏，需将其拆除并更换新的传感器模块。在更换过程中，传感器的安装位置和精度至关重要，特别是位置传感器和温度传感器，这些设备的安装误差不能超过0.01毫米，否则会影响数据的准确性。新传感器安装完毕后，还需进行标定校准，确保其测量数据与系统标准一致。维修完成后，需通过车辆的诊断系统再次读取实时数据，确认各项参数正常，故障码已清除。必须进行道路测试，在不同负荷和速度下监测传感器的反馈数据，确保其在各种工况下的准确性和稳定性。使用符合行业标准的传感器后，系统故障率显著降低，传感器的平均使用寿命提升至4万小时以上，保障了车辆的长期稳定运行。

3. 电机轴承磨损的修复

由于电机轴承在高负荷、长时间的运行条件下容易磨损，表现为运转时噪音增大、振动异常以及效率下降，严重时还可能引发电机故障。当检测到轴承磨损过度时，首先需要对电机进行拆解。拆解时，维修人员需按照标准步骤，使用专业工具逐步分离电机外壳、定子和转子，确保在拆卸过程中不对电机其他部件造成损伤。取出受损轴承后，需对轴承座及周围部件进行清洁，去除杂质

和旧润滑剂，防止新轴承安装后因异物导致故障。在更换轴承时，需选择与原设备完全匹配的型号，确保其尺寸、负荷能力和转速参数与电机相符。

安装前，需对新轴承进行润滑处理，通常采用高温耐磨润滑脂，以提高轴承在高负荷和高温环境下的使用寿命。润滑完成后，维修人员按照标准工艺将新轴承安装在轴承座内，需确保其平整度和位置精度。在安装过程中，使用专用轴承安装工具进行精准施压，避免对轴承内圈或外圈施加过大力。安装完成后，还需进行旋转平衡测试，通过检测转子在不同转速下的振动情况来验证轴承安装的准确性。如果检测结果显示振动过大，需重新调整或更换轴承，以确保电机运行的平稳性和效率。电机轴承的更换周期一般为3万至5万小时，而采用新型耐磨材料制造的轴承，其使用寿命可延长至7万小时以上，极大地降低了电机维护频率和成本。

(二) 电路故障处理及软件升级的重要性

1. 电路故障的处理

电路故障的处理在新能源汽车电驱动系统维护中至关重要，常见的故障类型包括短路、接触不良和断路等问题。处理电路故障时，首先要使用专用仪器对电压和电流进行精确检测，通过测量电路中的异常波动来确定故障点。针对短路故障，维修人员需仔细检查电路板上的元器件，尤其是电容、电阻和二极管等关键部件，找出烧毁或过热的元件，并及时更换。更换元件时，要确保使用符合国家标准的元器件，通常控制板的工作电压应为24V，电流稳定在额定值内。更换完成后，需对电路板进行全面清洁，去除焊渣或其他杂物，防止二次短路。最后，进行通电测试，通过测量系统在不同负载下的电流、电压变化，确保修复后的电路正常运行。修复后，车辆电驱动系统的故障率明显下降，行业数据显示，经过合规修复的系统每年故障次数可降至5次以内，系统的长期稳定性得以显著提升。

2. 电气连接的检查与修复

电气连接问题是新能源汽车电驱动系统电路故障的另一个主要原因，特别是在高振动和恶劣工况下，连接点松动或氧化容易引发电力传输不稳定。处理电气连接故障时，首先需要全面检查电机、控制器和电池之间的连接线路，确保每个接触点牢固无松动，接线无老化。对松动的连接点，需重新紧固；对腐蚀的连接部分，需更换耐腐蚀材料的连接件，确保其符合行业标准，使用高强度铜合金连接件能够有效提高耐用性，额定电流标准可达到100A。

3. 软件升级的重要性

新能源汽车电驱动系统的软件控制部分在系统运行中发挥着至关重要的作用，定期的软件升级可以有效提高系统的稳定性和安全性。软件升级过程中，首先要确保程序来源的合法性和可靠性，通常升级的程序包会由汽车制造商提供，确保与现有硬件兼容。升级后，系统可以自动优化控制参数，如电机的功率输出曲线、能耗管理和故障自诊断能力等。国内某大型新能源车企通过软件升级，提升了电驱动系统在极端环境下的稳定性，电机平均寿命延长至8万小时，同时故障率降低至每年不到5次。如表1所示：

表1 新能源汽车电驱动系统关键部件的

国内标准与行业对标数据

部件类型	国内标准电压 (V)	平均使用寿命 (小时)	每年故障率 (单位)	常见故障原因
电力控制板	24	50000	12	过热
电流传感器	5	30000	45	校准错误
电机	48	80000	5	过载
电池管理系统	12	60000	18	电池故障
电压调节器	5	45000	22	温度过高

数据来源：国内新能源汽车制造商与维修中心2023年统计报告

四、新能源汽车电驱动系统的预防性维护与未来发展

(一) 定期检查与保养对电驱动系统的影响

定期检查与保养是确保新能源汽车电驱动系统稳定运行的关键措施之一。电机、电力电子元件和控制系统的复杂性使其在长期运行中容易受到外部环境的影响，如高温、潮湿和振动等因素，进而引发各种潜在故障。定期检查包括对电机线圈、传感器和电气连接部件进行检测，以防止磨损和老化现象的出现。在实际操作中，维修人员通过专用仪器定期测量电机的电阻、温度和转速，并对润滑系统进行维护，以确保电机内部部件的顺畅运转。对冷却系统的检查尤其重要，因为其直接影响电机温度控制，冷却液的质量与液位也需定期更新。

(二) 国内新能源汽车电驱动系统维护行业的现状与发展趋势

随着国内新能源汽车市场的快速增长，电驱动系统的维护需求显著增加，推动了相关行业的发展。新能源汽车电驱动系统维护主要集中在一二线城市的4S店和专业维修点，这些机构配备了先进的诊断设备和具备专业技能的技术人员，能够对复杂的电驱动系统进行及时的检测与修复^[4]。2023年国内新能源汽车的销量已突破700万辆，随之而来的电驱动系统维护市场规模也迅速扩大，行业年增长率超过30%。与国家政策鼓励技术升级和维修标准化，推动了维修服务行业的技术进步。

结语

通过对新能源汽车电驱动系统的故障与维护策略的分析，研究表明，及时有效的故障诊断、合理的修复措施以及预防性维护是保证系统长期可靠运行的关键。车载故障码的读取、实时数据监测、轴承的定期更换以及软件的升级显著降低了系统的故障率，提高了车辆的运行稳定性和安全性。随着国内新能源汽车市场的扩展，电驱动系统的维护需求将继续增加，行业需逐步向智能化和标准化方向发展，以更好应对未来的技术挑战与市场需求。这一研究为提升电驱动系统的性能及延长其寿命提供了有力的理论与实践支持。

参考文献

- [1] 邓建明, 龚循飞, 于勤, 等. 新能源汽车电驱动系统关键技术及其发展趋势分析[J/OL]. 汽车文摘, 1-5[2024-10-24].
- [2] 杨保杰, 罗丹, 梁观胜. 新能源汽车电驱动系统加载EMC试验平台电力测功机系统的需求及选型[J]. 计量与测试技术, 2024, 51(07): 44-46.
- [3] 刘田奇, 汪伟, 赵恒, 等. 新能源汽车集成式电驱动系统研究[J]. 装备机械, 2024, (02): 42-46+64.
- [4] 姚兴林, 兰东生, 董书志, 等. 电驱动系统的性能评价与发展趋势[J]. 汽车与新动力, 2024, 7(02): 1-4.