

汽车检测中汽车电子检测的应用研究

王 磊

大庆油田通勤服务公司培训公司 黑龙江 大庆 163000

摘 要：随着汽车电子化程度的不断加深，汽车电子检测技术已成为保障车辆安全、提升性能、实现环保目标的核心手段。本文系统梳理了汽车电子检测技术的内涵与分类，深入分析了其在动力系统、底盘系统、车身控制系统及新能源汽车等领域的具体应用，并结合行业发展趋势探讨了技术融合、智能化升级及标准化建设等未来方向。研究表明，电子检测技术通过精准诊断与预防性维护，显著提升了汽车全生命周期的可靠性，为汽车产业高质量发展提供了重要支撑。

关键词：汽车电子检测；故障诊断；新能源汽车；智能化检测；技术融合

1 引言

汽车工业作为现代制造业的支柱产业，其技术演进始终与电子化、智能化趋势深度融合。据统计，2025年全球汽车电子市场规模预计突破4000亿美元，占整车成本的比重从2010年的25%提升至45%以上。电子控制单元（ECU）、传感器、线束等电子部件的广泛应用，使汽车从传统机械系统转变为复杂的机电一体化系统。然而，电子部件的集成化也带来了故障诊断难度大、维修成本高等问题。传统机械故障多表现为直观的异响、泄漏或形变，而电子故障往往隐藏于信号传输异常、软件逻辑错误或元件性能退化中，难以通过肉眼或简单工具快速定位。在此背景下，汽车电子检测技术通过非接触式测量、实时数据采集与智能分析，成为保障车辆安全、提升运行效率的关键环节。它不仅能够精准捕捉电子系统的微小异常，还能通过历史数据比对预测潜在故障，为维修决策提供科学依据。本文从技术原理、应用场景及发展趋势三个维度，系统探讨汽车电子检测技术的创新实践，旨在为行业技术升级提供理论参考与实践指引。

2 汽车电子检测技术概述

2.1 技术内涵与分类

汽车电子检测技术是指利用电子测量仪器、传感器及计算机算法，对汽车电子系统的电气参数、信号波形及控制逻辑进行实时监测与分析的技术体系。其核心目标是通过量化数据与逻辑验证，评估电子部件的工作状态，识别故障根源，并为维修或更换提供依据。根据检测对象与功能，该技术可划分为四大类：电气性能检测聚焦于电路基础参数的测量，如电压、电流、电阻等，通过对比标准值范围判断电路通断、短路或元件性能退化；信号波形分析则利用示波器捕捉CAN总线、LIN总线

等通信信号，解析数据帧格式、传输时序及错误码，定位通信故障；故障代码读取依托OBD-II诊断接口，读取ECU存储的故障码（DTC），结合维修手册快速定位故障模块；智能算法诊断基于机器学习模型，对历史故障数据与实时运行参数进行关联分析，实现故障预测与健康管理（PHM）。这四类技术相互补充，形成了从基础参数监测到智能决策支持的完整技术链。

2.2 技术发展历程

汽车电子检测技术的发展历程是汽车电子化进程的缩影。20世纪80年代至90年代，汽车电子系统以点火控制、充电管理等简单功能为主，检测工具以万用表、示波器为主，主要针对单一电路参数进行测量。例如，维修人员通过测量点火线圈初级电压判断点火系统是否正常，或通过观察氧传感器信号波形判断空燃比控制精度。2000年后，随着OBD-II标准在全球范围内的强制实施，通用型诊断仪（如X-431、Launch）逐渐普及，实现了故障码的标准化读取与基础数据流的实时监测^[1]。这一阶段，检测技术从“参数测量”转向“故障定位”，维修效率显著提升。进入2010年，车联网（V2X）与自动驾驶技术的兴起推动了电子检测技术的智能化升级。特斯拉等企业通过OTA更新实现故障自修复，博世等供应商推出基于云平台的远程诊断系统，使检测从“事后维修”转向“事前预防”。目前，行业正聚焦于多源数据融合、边缘计算与AI算法的应用，旨在构建覆盖车辆全生命周期的智能检测体系。

3 汽车电子检测技术的核心应用场景

3.1 动力系统检测

3.1.1 发动机电子控制单元（ECU）检测

发动机ECU作为汽车“大脑”，其故障可能导致动力下降、排放超标甚至发动机损坏。电子检测技术通过

多维度数据验证实现精准诊断。传感器信号验证是基础环节,维修人员利用示波器检测空气流量计、氧传感器等输入信号的波形特征。例如,正常氧传感器信号应呈现0.1-0.9V的周期性波动,若信号固定在0.45V,则表明传感器中毒,需更换;若波动频率过低,则可能是排气背压过高或传感器老化。执行器驱动测试则通过诊断仪直接控制喷油器、点火线圈等执行器的通断,观察发动机转速变化。例如,在怠速工况下短暂切断某一缸喷油器,发动机转速应下降约100-150rpm,若无明显变化,则说明该缸喷油器或线路存在故障。数据流分析是深化诊断的关键手段,通过读取ECU实时数据流(如冷却液温度、进气压力、节气门开度等),对比标准值范围,可定位传感器或线路故障。例如,若冷却液温度传感器显示-40℃(默认值),而实际发动机已暖机,则表明传感器信号线路断路或传感器损坏。

3.1.2 混合动力系统检测

混合动力汽车(HEV/PHEV)的电机控制器、电池管理系统(BMS)需专项检测技术。高压绝缘检测是保障安全的首要环节,检测人员使用绝缘电阻测试仪测量电机三相线与车身之间的绝缘电阻,标准值应大于500MΩ。若电阻值过低,可能因电机绕组绝缘破损或高压线束老化导致漏电风险,需立即停机检修^[2]。电池健康状况(SOH)评估则通过电池内阻测试仪与BMS数据交互实现。内阻增长是电池老化的直接表现,一般锂离子电池内阻年增长率约为1-2%。通过定期测量电池内阻并与初始值对比,可预测电池剩余寿命。例如,若某电池模块内阻增长超过30%,即使容量未显著衰减,也需考虑更换以避免突发故障。

3.2 底盘系统检测

3.2.1 防抱死制动系统(ABS)检测

ABS故障检测需结合机械与电子手段。轮速传感器测试是关键步骤,检测人员用示波器观察传感器输出信号的频率与幅值。以霍尔式轮速传感器为例,其输出信号应为方波,频率与车轮转速成正比(如车速60km/h时,频率约200Hz),幅值应在4-12V之间。若信号幅值过低,可能是传感器与齿圈间隙过大或磁铁退磁;若信号缺失,则需检查齿圈是否损坏或传感器线路断路。电磁阀驱动验证则通过诊断仪触发ABS泵电机工作,观察制动压力变化。正常工况下,电磁阀应能快速响应ECU指令,实现“保压-减压-增压”循环。若压力变化迟缓或卡滞,则需更换电磁阀或清洗阀体。

3.2.2 电子稳定程序(ESP)检测

ESP系统检测需模拟动态工况以验证控制逻辑。转向

角传感器校准是基础操作,检测人员使用专用工具(如VCDS)对传感器进行零位校准,消除方向跑偏问题。校准过程中,车辆需处于静止状态,方向盘居中,工具通过OBD-II接口向ECU写入校准数据。横摆角速度传感器测试则需在转毂试验台上进行双移线测试,对比实测横摆角速度与ECU计算值^[3]。正常工况下,两者偏差应小于5%。若偏差过大,可能是传感器安装位置偏移或灵敏度下降,需重新标定或更换。

3.3 车身控制系统检测

3.3.1 车载网络通信检测

现代汽车采用CAN、FlexRay、以太网等多总线架构,通信故障检测需分层实施。物理层检测聚焦于总线终端电阻与信号电压的测量。CAN总线终端电阻应为60Ω(两个120Ω电阻并联),若电阻值异常,可能是终端电阻损坏或总线断路;信号电压方面,CAN-H应位于2.5-3.5V之间,CAN-L应位于1.5-2.5V之间,若电压超出范围,可能是总线短路或ECU故障。数据链路层检测则通过CANoe等工具捕获总线数据,分析仲裁ID、数据帧长度及CRC校验。例如,若某节点频繁发送错误帧,可能是该节点软件逻辑错误或硬件冲突,需进一步排查。

3.3.2 舒适系统检测

自动空调、座椅加热等舒适系统的检测需结合用户反馈与数据验证。以空调压缩机控制检测为例,检测人员首先读取ECU中压缩机请求信号与实际工作状态。若ECU已发出启动指令但压缩机未工作,可能是继电器触点烧蚀或线路断路;若压缩机持续工作但出风口温度过高,则需检查制冷剂压力与膨胀阀开度。座椅记忆模块测试则通过诊断仪触发记忆位置调用,观察电机运行时间与电流变化^[4]。正常工况下,电机运行时间应与预设位置匹配,电流波动范围应在±10%以内。若电机卡滞或电流异常,可能是机械传动部件损坏或电机老化,需拆解检修。

3.4 新能源汽车专项检测

3.4.1 电池包检测

电池包检测需覆盖电性能与安全性能。电芯均衡性检测是延长电池寿命的关键,检测人员使用电池均衡测试仪测量各电芯电压,确保压差小于50mV。若压差过大,可能导致部分电芯过充/过放,加速老化。例如,某电池包在充放电过程中频繁报“压差过大”故障,经检测发现某单体外电压比平均值低100mV,更换该电芯后故障排除。热管理系统检测则通过红外热成像仪监测电池包表面温度分布。正常工况下,电池包表面温度应均匀,温差小于5℃。若局部温度过高,可能是冷却液循环

不畅或散热片堵塞,需清洗冷却通道或更换水泵。

3.4.2 电机控制器检测

电机控制器检测需模拟实际工况以验证性能。IGBT模块测试是核心环节,检测人员用示波器检测门极驱动信号的上升沿时间(应小于 $1\mu\text{s}$)。若上升沿时间过长,会导致开关损耗增加,IGBT结温升高,甚至损坏。例如,某电机控制器在高温工况下频繁报“IGBT过热”故障,经检测发现门极驱动信号上升沿时间达 $2\mu\text{s}$,优化驱动电路后故障解决。旋变传感器校准则在台架上旋转电机转子,对比旋变传感器输出角度与实际位置。正常工况下,两者偏差应小于 0.1° 。若偏差过大,可能是传感器定子或转子安装偏移,需重新调整安装位置。

4 汽车电子检测技术的发展趋势

4.1 技术融合趋势

未来,汽车电子检测技术将与5G、AI、大数据等技术深度融合。5G技术的高速率、低延迟特性将支持车端-云端实时数据交互,使远程专家会诊与固件更新成为可能。例如,维修人员可通过AR眼镜将故障现象实时传输至云端,专家远程指导维修操作,缩短维修时间。AI技术则通过深度学习模型自动生成维修方案,减少人工干预。例如,某企业开发的智能诊断系统可基于故障码、数据流及历史维修记录,自动推荐维修步骤与备件清单,诊断效率提升50%以上。

4.2 标准化与规范化建设

随着汽车电子检测技术的普及,标准化建设成为行业发展的关键。国际层面,ISO 15031(OBD通信协议)、SAE J2534(诊断接口标准)等持续更新,推动检测设备互操作性提升。例如,ISO 15031-5:2021标准明确了排放相关诊断服务的通信协议,使不同品牌检测仪可兼容同一车型。国内层面,GB/T 18384(电动汽车安全要求)、GB/T 34590(功能安全标准)等为电子检测提供了法规依据。例如,GB/T 18384要求新能源汽车电池包需通过绝缘电阻、挤压等检测,确保安全性能。

4.3 面向自动驾驶的检测需求

自动驾驶技术的普及对电子检测提出了更高要求。传感器冗余检测成为保障安全的关键,针对激光雷达、摄像头等关键传感器,需开发多源数据融合诊断算法。例如,通过对比激光雷达点云与摄像头图像中的目标位置,验证传感器数据一致性,若偏差超过阈值则触发报警。网络安全检测则需增加CAN总线入侵检测模块,防范黑客攻击导致的车辆失控风险。例如,某企业开发的入侵检测系统可实时监测总线数据流量与指令频率,若检测到异常数据包(如频繁发送紧急制动指令),立即切断总线通信并报警。

结语

汽车电子检测技术作为汽车产业数字化转型的基石,正从单一故障诊断向全生命周期健康管理演进。通过电气性能检测、信号波形分析、故障代码读取与智能算法诊断等技术手段,电子检测实现了对汽车电子系统的精准监测与故障预测。在动力系统、底盘系统、车身控制系统及新能源汽车等领域,电子检测技术已得到广泛应用,显著提升了车辆安全性与可靠性。未来,随着5G、AI等技术的融合,电子检测将向智能化、远程化方向发展,为自动驾驶、车路协同等新兴技术提供安全保障。行业需加强产学研合作,突破高精度传感器、智能诊断算法等关键技术,构建开放共享的检测数据平台,推动全球汽车产业高质量发展。

参考文献

- [1]王瑜.汽车电子电气故障检测技术的应用研究[J].汽车画刊,2025,(04):74-76.
- [2]陈飞.电子诊断技术在新能源汽车智能检测中的应用[J].汽车测试报告,2024,(20):35-37.
- [3]王彦涛.汽车电子电器故障检测技术的应用[J].汽车画刊,2024,(12):114-116.
- [4]王卫锋,张纪祥.电子诊断技术在新能源汽车检测与维修中的应用[J].汽车测试报告,2024,(07):55-57.