

车载CAN通讯网络的故障检测与诊断技术研究

熊彦勇 肖云龙 马昌杰
北京机械设备研究所 北京 100854

摘要：车载CAN通讯网络的故障检测与诊断技术研究旨在提高汽车电子系统的稳定性和可靠性。文章深入探讨了车载CAN通讯网络故障的产生机理，包括电源系统故障、链路故障和节点故障等。通过综合运用示波器、数字式万用表、扫描工具及多用途仪器等专业工具，本文提出了一套有效的故障检测与诊断方法。实验结果表明，该方法能够准确快速地定位并解决车载CAN通讯网络中的故障，为汽车电子系统的维修和保养提供有力支持。

关键词：车载CAN通讯网络；故障检测；故障诊断；诊断技术

引言：随着汽车电子技术的飞速发展，车载CAN通讯网络已成为现代汽车不可或缺的重要组成部分。由于汽车电子系统的复杂性和多样性，车载CAN通讯网络在实际应用中经常出现各种故障。这些故障不仅影响车辆的正常运行，还可能对驾驶安全构成威胁。因此开展车载CAN通讯网络的故障检测与诊断技术研究具有重要意义。本文将从故障产生机理、检测方法和诊断工具等方面进行深入探讨，以期为汽车电子系统的维修和保养提供有益的参考。

1 车载CAN通讯网络的基本原理

1.1 CAN总线的基本概念

CAN总线是一种用于在嵌入式系统和汽车应用中进行通信的串行通信协议和硬件总线标准。它最初由德国公司Bosch于20世纪80年代开发，旨在满足汽车电子系统之间的通信需求。CAN总线具有高度的可靠性、实时性和抗干扰能力，因此在汽车、工业自动化、医疗设备和其他领域得到了广泛应用。在CAN总线系统中，各个电子控制单元（ECU）通过一条公共通道（即总线）进行通信。信息控制器从总线上接收所有信息，并根据规则过滤无用信息，从而实现信息的实时交互。这种总线型的通信方式使得连接线路更加清晰，减少了连接线路的复杂性和冗余性。

1.2 CAN通讯协议与数据传输

CAN通讯协议定义了CAN总线上数据通信的规则、帧格式和通信方法。CAN总线上的数据传输是通过帧（Frame）的方式进行的，这些帧可以分为数据帧、远程帧、错误帧和过载帧四种类型。数据帧：是CAN总线上用于数据传输的基本单元。它包含了多个字段，如帧起始、仲裁场、控制场、数据场、CRC场和帧结束等。数据帧的主要作用是承载发送节点要传递给接收节点的数据^[1]。远程帧：由总线单元发出，用于请求发送相同的数据帧。

当某个节点需要获取特定数据时，它可以发送一个远程帧，请求其他节点发送具有相同ID号的数据帧。错误帧：可由任何单元在检测到总线错误时发出。错误帧的作用是通知其他节点当前通信过程中出现了错误。过载帧：用于在两数据帧或远程帧之间提供延时，以避免总线过载。在CAN总线通信过程中，各个节点通过逐位仲裁的方式解决总线访问碰撞问题。仲裁场中的标识符用于确定数据帧的优先级，标识符越小，优先级越高。当多个数据帧同时发送时，具有较高优先级的数据帧会覆盖较低优先级的数据帧。CAN总线还采用了多种错误处理机制来确保数据传输的可靠性。这些机制包括错误检测、错误通知和错误恢复等。一旦发现错误，设备会立即停止数据传输，并发送错误标志。设备还具有错误计数器，用于记录通信过程中出现的错误次数。当错误计数器达到一定阈值时，设备会被认为处于错误状态，并自动退出CAN总线通信。

2 CAN总线在车载网络中的应用与重要性

CAN总线在车载网络中的应用与重要性不容忽视。作为汽车电子系统中的核心通信技术，CAN总线通过其高效的串行通信方式，将车辆的各个电子控制单元（ECU）紧密相连，形成了一个高度集成、实时响应的车载网络系统。在车载网络中，CAN总线扮演着信息高速公路的角色，确保引擎控制、刹车系统、空调系统、安全气囊等关键子系统之间的数据能够实时、准确地交换。这种高效的通信机制不仅大幅简化整车的布线系统，降低电磁辐射，还提高车辆的性能和安全性。更重要的是，CAN总线具备强大的错误检测和处理能力，能够在极端的车载环境下保持通信的准确性。这得益于其独特的帧结构和仲裁机制，以及精细的时序设计和位填充技术。一旦检测到错误，CAN总线能够立即停止当前帧的传输，并通知其他节点，从而有效避免了通信故障。

对车辆运行的影响。CAN总线还支持多种网络拓扑结构和数据交互策略,使得设计人员能够根据车辆的具体需求进行灵活配置。这种灵活性不仅提高了车载网络的适应性和可扩展性,还为汽车制造商和维修人员提供了便捷的故障排查和修复手段。

3 车载 CAN 通讯网络的故障产生机理分析

3.1 电源系统故障

车载CAN通讯网络中的电源系统故障是导致整个网络运行不稳定的重要因素。电源系统为CAN网络中的各个节点提供必要的电力支持,确保它们能够正常工作并进行数据传输。当电源系统出现故障时,如电压波动、供电不足或电源短路等,就会对CAN总线的工作状态产生直接影响。电压的不稳定会导致CAN总线上的信号传输质量显著下降,信号可能变得模糊或失真,从而增加数据传输的错误率。在严重的情况下,电源故障甚至可能导致CAN总线完全失去通信能力,使得整个车载网络陷入瘫痪状态。电源系统故障还可能引发其他电子设备的异常工作,这些设备可能会因为电压的不稳定而损坏,或者无法正常工作,从而间接影响CAN网络的正常运行。

3.2 链路故障

链路故障是车载CAN通讯网络中一类常见的且难以避免的故障类型。链路故障主要发生在CAN总线的物理连接部分,包括导线、连接器以及终端电阻等组件。导线的断裂可能是由于长期使用导致的磨损、老化,或者由于车辆事故造成的物理损伤。连接器的松动或腐蚀则可能是由于振动、温度变化或湿气侵蚀等环境因素引起的^[2]。终端电阻的不匹配则可能是由于设计或制造过程中的错误导致的。这些链路故障都会导致信号在传输过程中受到干扰或衰减,使得CAN总线上的数据传输质量受到严重影响。当链路出现故障时,总线上的节点可能无法正常接收或发送数据帧,从而导致网络通信的中断或延迟。这不仅会影响车辆各个系统之间的正常通信,还可能对车辆的行驶安全构成威胁。

3.3 节点故障

节点故障是车载CAN通讯网络中另一种重要的故障类型,它指的是网络中的某个或多个电子控制单元(ECU)出现故障,导致它们无法正常参与网络通信。节点故障可能由多种原因引起,包括硬件损坏、软件故障或配置错误等。硬件损坏可能是由于设备老化、过热、振动等因素导致的物理损伤。软件故障则可能是由于程序错误、病毒攻击或软件更新失败等原因引起的。配置错误则可能是由于人为操作失误或设备初始化不当

导致的。当某个节点出现故障时,它可能无法正确发送或接收数据帧,从而影响整个网络的通信效率和可靠性。节点故障还可能导致网络通信的负载不均衡,使得其他正常节点的通信压力增加,进一步加剧网络的故障情况。这不仅会影响车辆各个系统之间的协同工作,还可能对车辆的行驶性能和安全性产生负面影响。

4 车载 CAN 通讯网络的故障检测与诊断技术

4.1 故障检测的基本步骤

4.1.1 了解车型特点与CAN总线系统结构

车载CAN通讯网络的故障检测是确保车辆各系统正常通信和高效运行的关键环节。在进行任何故障检测之前,技术人员首先需要深入了解所检测车型的特点以及CAN总线系统的具体结构。这包括了解CAN总线的拓扑结构(如总线型、星型或环形等)、通信速率、节点分布以及各节点之间的连接关系。同时还需熟悉该车型CAN总线的通信协议和数据传输方式,以便在检测过程中能够准确判断故障点。

4.1.2 检查电源系统是否存在故障

电源系统作为车载CAN通讯网络的基础,其稳定性直接影响网络的通信质量。在检测CAN总线故障时,首先需要检查电源系统是否存在故障。这包括检查电源线的连接情况、电压的稳定性以及是否存在短路或断路现象。可以使用电压表或示波器等工具对电源系统的输出电压进行实时监测,以判断其是否处于正常范围内。

4.1.3 检查链路是否存在故障

链路故障是车载CAN通讯网络中常见的故障类型之一。在检查链路故障时,技术人员需要仔细检查CAN总线的物理连接部分,包括导线、连接器以及终端电阻等。可以使用万用表测量导线的电阻值,以判断其是否存在断路或短路现象。同时还需检查连接器的连接情况,确保其没有松动或腐蚀。对于使用光纤作为传输介质的CAN总线系统,还需要使用专用的光纤诊断仪来检测光纤的传输性能^[3]。

4.1.4 检查节点是否存在故障

节点故障是指CAN总线网络中的某个或多个电子控制单元(ECU)出现故障,导致无法正常参与网络通信。在检查节点故障时,技术人员需要逐一排查网络中的各个节点。这包括检查节点的供电情况、通信接口的连接情况以及是否存在软件故障或配置错误。可以使用扫描工具对节点进行故障码读取和清除操作,以判断其是否存在故障。还需结合车辆的具体症状,如某个系统无法正常工作或通信异常等,来进一步缩小故障范围。

4.2 故障诊断的方法与工具

4.2.1 示波器与汽车专用光纤诊断仪的应用

在进行车载CAN通讯网络的故障诊断时,技术人员需要借助一系列专业的工具和方法来快速定位并解决问题。示波器作为一种重要的电子测量仪器,在车载CAN通讯网络的故障诊断中发挥着重要作用。它可以实时监测CAN总线上的信号波形,包括信号的幅值、频率和相位等参数。通过观察信号的波形特征,技术人员可以判断CAN总线是否存在信号失真、干扰或衰减等问题。示波器还可以用于检测电源系统的输出电压波动情况,以判断其是否稳定。对于使用光纤作为传输介质的CAN总线系统,汽车专用光纤诊断仪是必不可少的工具。它可以用于检测光纤的传输性能,包括光功率、光损耗以及光纤连接器的质量等。通过测量这些参数,技术人员可以判断光纤是否存在断裂、弯曲或污染等问题,从而快速定位并解决光纤故障。

4.2.2 数字式万用表与电阻测量的使用

数字式万用表是一种常用的电子测量仪器,它可以用于测量电压、电流、电阻等多种参数。在车载CAN通讯网络的故障诊断中,数字式万用表主要用于测量电源系统的输出电压和导线的电阻值。通过测量这些参数,技术人员可以判断电源系统是否存在故障以及导线是否存在断路或短路现象。电阻测量是另一种重要的故障诊断方法^[4]。在CAN总线系统中,各个节点之间通过导线连接形成回路。当某个节点出现故障时,可能会导致回路的电阻值发生变化。通过测量回路的电阻值,技术人员可以判断节点是否存在故障。需要注意的是,在进行电阻测量时,需要确保测量电路处于断电状态,以避免对测量结果产生干扰。

4.2.3 扫描工具与多用途仪器的故障诊断功能

扫描工具是一种专门用于汽车故障诊断的仪器,它可以与车辆的ECU进行通信,读取并清除故障码。在车载CAN通讯网络的故障诊断中,扫描工具可以用于检

测各个节点的通信状态以及是否存在故障码。通过读取故障码,技术人员可以快速定位并解决故障点。扫描工具还可以用于对车辆进行初始化操作,以恢复其正常工作状态。多用途仪器是一种集成了多种故障诊断功能的仪器,它可以用于测量电压、电流、电阻、频率等多种参数,并具备示波器、逻辑分析仪等多种功能。在车载CAN通讯网络的故障诊断中,多用途仪器可以用于实时监测CAN总线上的信号波形和数据传输情况,以判断网络是否存在通信异常或数据丢失等问题。同时它还可以用于对车辆的各个系统进行全面检测,以找出潜在的故障点。

结束语

通过对车载CAN通讯网络的故障检测与诊断技术的深入研究,深刻认识到该技术在保障汽车电子系统稳定性和可靠性方面的重要性。本文所提出的方法与工具在实际应用中已取得了显著成效,为汽车电子系统的维修和保养提供了有力支持。未来,将继续深化研究,探索更加高效、智能的故障检测与诊断方法,以适应汽车电子技术的不断发展和变化,为汽车行业的持续健康发展贡献力量。

参考文献

- [1]孔军廷,赖颖.奔驰R300车辆无法起动及换挡的故障诊断与排除[J].内燃机与配件.2024,(10).DOI:10.3969/j.issn.1674-957X.2024.10.024.
- [2]武鹏飞.汽车车载网络系统发展趋势研究[J].时代汽车.2022,(7).DOI:10.3969/j.issn.1672-9668.2022.07.014
- [3]赵立超,吴长水.车辆控制器故障诊断系统的设计与实现[J].软件工程,2020,23(07):33-35+26.
- [4]陈泮洁,魏艳波,贾鸿莉,等.基于CAN总线的车辆故障诊断系统设计[J].新教育时代电子杂志:教师版,2021(26):262+264.