

Analysis of Fault Diagnosis Countermeasures and Maintenance Methods for Automotive Electrical Systems

Jun Jia Hong Tang Ke Chen

Chongqing Gas Mine, Southwest Oil and Gas Field Branch, China National Petroleum Corporation, Chongqing, 400021, China

Abstract

The modern automotive electrical system has evolved from a single power supply and lighting module to a composite network system that includes electronic control units, CAN/LIN buses, intelligent sensors, and execution components. This is also the key to ensuring the normal operation of vehicle power, safety, and comfort functions. Based on the characteristics of current commercial and passenger vehicle electrical systems, this article analyzes common causes of faults, organizes a systematic diagnostic process, and provides corresponding maintenance strategies, providing theoretical and practical references for the automotive repair industry to accurately and efficiently troubleshoot electrical faults and improve maintenance quality.

Keywords

automotive electrical system; fault diagnosis; maintenance methods; electronic control unit; bus malfunction

汽车电器系统故障诊断对策及维修方法分析

贾军 唐红 陈柯

中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司重庆气矿, 中国·重庆 400021

摘要

现代汽车电器系统已经由原来的单一供电、照明模块, 发展成包含电控单元、CAN/LIN总线、智能传感和执行部件等在内的复合型网络系统, 这也是保证车辆动力、安全、舒适功能正常运转的关键。本文根据目前商用车、乘用车电器系统的特性, 分析常见的故障原因, 整理出系统化的诊断流程, 给出相应的维修对策, 为汽修行业精准高效排查电器故障、提高维修质量提供理论和实操上的参考。

关键词

汽车电器系统; 故障诊断; 维修方法; 电控单元; 总线故障

1 引言

汽车电器系统是整车各个功能模块的纽带, 包括电源系统、启动系统、点火系统、照明信号系统、仪表控制系统、车身电控系统和车载网络系统, 它的稳定程度直接影响到车辆行驶的安全性、动力性和驾乘舒适度。近几年来, 新能源技术以及智能座舱的普及使得传统燃油车的电器系统不断更新换代, 电控单元越来越多, 线路更加密集, 故障原因不再只是简单的线路老化、部件损坏等问题, 而是信号干扰、软件不匹配、总线通信异常等新的问题^[1]。根据商用和越野车型、乘用车的不同使用场景, 对故障诊断逻辑进行优化、维修流程进行规范, 可以有效地缩短维修时间、降低维修费用, 促使汽车维修行业由精准化、智能化发展。

2 现代汽车电器系统核心构成与当下技术特点

现代汽车电器系统已经抛弃了传统的分散式布局, 变成了“中央电控+分布式模块”的集成化结构, 各个部件依靠车载网络一起工作, 功能更加全面, 但是也使得故障类型变得更为复杂, 对维修的专业性提出了更高的要求。其主要由电源、启动点火、照明信号、仪表辅助电控、车载网络五个主要模块组成, 是保证车辆动力、安全、舒适等功能的主要载体, 不同的车型由于使用场景、定位的不同, 系统的配置以及故障高发点也存在着明显的差别。

电源系统是能量的中心, 是由蓄电池、发电机等组成, 完成整个车的供电任务, 重载型车辆对它的规格要求更高; 启动点火、照明信号系统直接影响到车辆的基础运行和行车安全, 中高端车型大多配备有精密电控照明设备^[2]。仪表和车身电控模块整合了多项舒适化的功能, 智能车型的电控单元比传统车型多得多; CAN/LIN 车载总线是信号传输的核心, 取代了传统的点对点线路, 成了新的故障高发区。

对于指定的车型, 丰田普拉多、皮卡长期处在越野、

【作者简介】贾军(1975-), 男, 技师, 从事汽车驾驶, 维修, 技术改革, 新能源等研究。

重载颠簸的工况下,线路松动、端子接触不良的问题十分突出,考斯特作为商用客车,连续工作时间较长,电器部件老化速度也比普通车辆快很多,别克商务车更注重驾乘体验,智能电控设备密集,容易出现信号干扰和软件适配故障,长城500属于中高端越野乘用车,车载电控单元集成度高,总线通信故障率远高于普通车型,因此有针对性地进行故障诊断具有明确的方向。

3 汽车电器系统常见故障类型及核心成因分析

根据当前车型使用数据和汽修实操经验,汽车电器系统故障大致可以分为线路故障、部件故障、总线通信故障、软件与匹配故障这四类,各种故障的产生原因不一样,表现形式也各不相同,准确区分故障类型是高效诊断的前提。

3.1 线路类故障

线路故障是各种车型都存在的共性故障,占电器故障总量的40%以上,主要分为断路、短路、接触不良三种,主要原因是使用环境、装配工艺、老化损耗等造成的。断路故障大多是由线路长期弯曲、外力拉扯、端子腐蚀引起的铜芯断裂,例如别克商务车门线束因为频繁开关,车门铰链处线路疲劳断裂,造成电动门窗、后视镜功能失效;丰田普拉多越野时底盘磕碰造成底盘线路破损断路,使ABS传感器信号中断^[3]。短路故障分为搭铁短路和线间短路,多由绝缘层老化破损、线路挤压磨损引起,发动机舱、底盘等高温、多尘、颠簸区是高发区,考斯特客车因为发动机舱温度高,线束绝缘层容易老化开裂,造成短路熔断保险丝,使整车部分电器断电。

接触不良故障隐蔽性强,容易造成部件误诊,主要是端子氧化、卡扣松动、线束插接不到位。皮卡车型大多用在工地、乡村等潮湿多尘的环境中,线束端子很容易氧化生锈,接触电阻增大,出现灯光变暗、启动无力、仪表间歇性报警等症状;长城500车型电控模块密集,线束插接件多,长期行驶震动容易造成卡扣松脱,引起车身电控间歇性失灵。此类故障没有明显的硬件损坏,传统的直观检查不能很快找到原因,必须使用专业的仪器进行检测。

3.2 核心部件故障

电器部件故障主要是电源部分、执行部分、传感器三大类,主要原因是部件老化、过载损坏、质量不合格。电源部分,发电机故障最常见,发电量不足、不发电、电压不稳定,长时间重载行驶的皮卡、考斯特发电机轴承易磨损、整流器损坏,造成蓄电池亏电,车辆不能启动;蓄电池故障多为极板硫化、鼓包,普拉多等越野车型频繁启停、加装越野射灯等大功率设备,会加快蓄电池的损耗。

传感器和执行器的故障属于现代电控车辆的主要故障点,传感器用来采集车辆工况信号,执行器按照电控指令来执行动作,任何一个部件出现故障都会造成功能失常。别克商务的节气门位置传感器、曲轴位置传感器故障会造成发动

机怠速不稳、加速无力;长城500的车身高度传感器、空调压缩机执行器故障会造成悬架调节失灵、空调不制冷;丰田普拉多的氧传感器、水温传感器故障会造成发动机故障灯亮起,使车辆进入跛行状态。此类故障一般伴随着故障码的存储,可以利用诊断仪初步定位,但是需要区分传感器本身的故障和线路信号故障。

3.3 车载总线故障

随着车载CAN/LIN总线的普及,总线通信故障成了中高端车型独有的新型故障,也是目前维修的难点。总线故障主要是由于多个电控单元通信中断、仪表多灯报警、部分功能集体失效等造成的,主要原因是总线线路破损、终端电阻异常、电磁干扰、电控单元损坏。长城500、别克商务等采用多模块电控系统的车辆,其CAN总线分布较广,一旦总线线路出现破损搭铁的情况,就会造成整个总线网络瘫痪;考斯特客车加装车载监控、音响等设备时,如果接线不正确,会产生电磁干扰,破坏总线信号的传输,导致仪表乱码、车门不能中控锁止等问题。和传统的线路故障不一样的是,总线故障一般会牵涉到好几个模块,不能单凭一个来排查,必须依靠总线诊断专用工具。

3.4 软件与匹配故障

智能车型的电器系统不只是依靠硬件,还需要软件程序的支持,软件故障、部件更换之后匹配不及时等都属于典型的隐性故障。部分车型更换电控单元、传感器后,没有进行编程匹配或者参数校准,会造成部件不能正常工作,例如长城500更换车身控制模块BCM之后,没有进行防盗匹配和车窗初始化,就会出现无法启动、车窗无法升降的情况;别克商务更换仪表之后,没有匹配车辆信息,就会造成里程数异常、故障灯常亮。电控单元程序卡顿、版本过低也会造成间歇性故障,此类故障没有硬件损坏,单纯的更换部件不能解决问题,需要使用专业的诊断仪对软件进行刷新和匹配。

4 汽车电器系统系统化故障诊断对策

针对目前汽车电器系统故障复杂多变的现状,摒弃以往“盲目换件、逐一排查”的低效方式,创建起“先问诊后检测、先代码后实操、先简易后复杂”的系统化诊断流程,根据不同的车型特点采取不同的操作方式,可以迅速找到故障点,又不会造成误修误换,提高诊断的准确性。

4.1 前期故障问诊与直观初步诊断

诊断第一步就是全面收集故障信息,通过与驾驶员交流得知故障发生的时间、工况、频率、伴随症状,即车辆冷车故障或者热车故障、行驶时的故障或者静止时的故障、加装了新的电器设备或者最近进行了有关的维修,然后对仪表报警灯、异常声响、气味等直观信息进行记录。就普拉多、皮卡等越野重载车型来说,主要询问其长期颠簸、涉水、加装大功率设备的情况;就考斯特客车而言,关注其连续运行

时长、线路是否改装；就别克商务、长城 500 而言，了解其智能功能使用情况、故障是否间歇性出现。

直观诊断不需要专业的仪器，通过目视、触摸、听诊、嗅觉等方式快速发现明显的故障：目视检查线束有无破损、插接件有无松动、保险丝有无熔断、继电器有无烧蚀；触摸检查发电机、电控单元、线束插接件有无异常发热，发热部位多为故障点；听诊检查继电器、执行器工作声音是否正常，无声或者异响说明部件卡滞；嗅觉检查有无线路烧焦、部件烧蚀异味，快速定位短路、过载故障。直观诊断可以排除掉 80% 的显性故障，防止后面盲目检测，适合于考斯特、皮卡等结构简单的商用车型。

4.2 故障码读取与数据流分析

对装有 OBD-II 诊断系统的现代汽车，使用专用故障诊断仪连接电控单元，读取故障码和动态数据流，是发现隐性故障的主要方法，也是目前汽修行业主要的诊断手段。故障码分为永久性故障码和间歇性故障码，永久性故障码是硬件出现实质性损坏的故障码，间歇性故障码是由于线路接触不良或者信号干扰造成的故障码。以丰田普拉多为例，读取到 P0335 故障码，即曲轴位置传感器电路故障，要分清是传感器本身坏了还是线路断了；别克商务读取到 U0100 故障码，即发动机 ECU 和车身模块之间通讯失败，指向 CAN 总线故障。

数据流分析属于故障码的补充诊断方式，经由观察传感器电压，执行器动作状况，总线信号数值等参数，同标准参数加以比较，从而判定故障所在。以长城 500 空调不制冷为例，读取空调压力传感器数据流，如果数值偏离标准范围，那么电压为 0 就是线路断路，电压恒定就是传感器损坏；皮卡车型启动无力，读取发电机发电量数据流，低于 13.5V 说明发电机故障，正常则检查蓄电池和启动线路。部分车型的故障码有指向性，不能直接按照码号进行更换零件，需要配合数据流一起检查。

4.3 专业仪器精准检测

对于不能确定的故障码所对应的线路、部件故障，采用万用表、示波器、总线检测仪等专业设备进行精确检测。万用表主要用来检测线路的通断、电压、电阻，排查断路、短路、接触不良故障，例如检测普拉多蓄电池接线柱电压，启动时小于 9.5V，说明接触不良或者蓄电池亏电；检测线路端子电阻，大于 1Ω 为接触不良。示波器用来检测传感器、总线信号波形，例如曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器的信号波形，正常波形均匀规整，波形缺失、畸变说明传感器或者线路故障，适合于长城 500、别克商务等电控精密车型。

总线检测仪是专门用来检测 CAN/LIN 总线故障的仪器，可以检测总线终端电阻、信号电压，判断总线是否短路、断路、干扰。正常 CAN 总线终端电阻为 60Ω 左右，如果为 120Ω 则说明一端终端电阻失效，如果为无穷大则为总线断路；CAN-H 电压约为 2.5V 到 3.5V，CAN-L 电压约为 1.5V 到 2.5V，电压异常说明总线搭铁或者短路，该工具是解决考斯特、长城 500 等车型总线故障的核心设备。除此之外，替换法也是一种高效的诊断方法，对于怀疑是由于某一个部件引起的故障，用同型号的合格部件替换，如果故障消失，那么原部件就坏了，适合于传感器、继电器等易损件，防止因为检测失误而误换零件。

4.4 分车型差异化诊断要点

不同车型的使用场景、系统配置不同，诊断要突出针对性，丰田普拉多、皮卡底盘、发动机舱线路、重载电源系统为重点检查，检查颠簸造成的线路松动、部件过载故障，考斯特客车长时间运行的电源、照明、车身线路为检修重点，注意老化、过载引起短路、亏电故障，别克商务以智能电控、空调、中控系统为主，重点查找信号干扰、软件匹配故障，长城 500 以车载网络、智能传感系统为主，重点对总线通信、电控单元匹配故障进行诊断。差异化诊断可大幅缩短排查时间，提升故障定位效率。

5 结语

汽车电器系统是现代汽车的重要组成部分，故障诊断和维修要顺应技术更新的潮流，抛弃粗放式的维修方式，创建起系统的、精确的诊断维修体系。本文根据目前各类车型电器系统的特性，分析故障原因、整理出诊断流程、提出针对性的维修方法，用典型的车型实操案例来检验方案的可行性，既可以应用于传统的商用、越野车型，也可以用于智能乘用车型。随着汽车智能化程度不断提升，电器系统的故障也变得愈加繁杂，汽修人员要持续更新自身专业知识，获取最新的诊断技术以及维修办法，从而达成对硬件的维修以及与之相匹配的软件工作，这样才能迅速处理各种电器方面的故障，保证车辆的安全稳定运转，推动汽车维修行业朝着专业化、智能化的方向高质量前进。

参考文献

- [1] 栗娜. 汽车电器系统故障诊断对策及维修方法探究[J]. 汽车电器, 2025, (11): 179-181.
- [2] 许钦清. 汽车电器系统故障诊断对策及维修方法探讨[J]. 内燃机与配件, 2021, (22): 155-156.
- [3] 李佳倩. 汽车电器系统故障诊断对策及维修方法探讨[J]. 时代汽车, 2023, (14): 174-176.