

# Research on the causes and maintenance practices of unstable output voltage faults in automotive generators

Hong Tang Ke Chen Jun Jia

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

## Abstract

The automobile generator is an important power supply part of the vehicle's electrical system, and the stability of the generator's output voltage is related to the battery life, normal operation of onboard electronic devices, and vehicle driving safety. This article focuses on the unstable output voltage faults of generators commonly used in passenger and commercial vehicles. Based on the maintenance experience of some commonly used vehicle models, the causes of the faults are analyzed from four aspects: mechanical faults, electrical component failures, line abnormalities, and external load interference. A standardized diagnostic process is established to provide operational references for the automotive maintenance industry, help avoid vehicle faults caused by unstable voltage, and improve the reliability of the entire vehicle's electrical system.

## Keywords

automobile generator; unstable output voltage; fault diagnosis; maintenance practice; vehicle electrical system

# 汽车发电机输出电压不稳故障原因与维修实践研究

唐红 陈柯 贾军

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

汽车发电机是整车电气系统的重要供电部分, 发电机输出电压的稳定性同蓄电池寿命、车载电子设备的正常工作和整车行驶安全有关。本文针对目前乘用车、商用车常用的发电机输出电压不稳定故障, 结合一些常用车型的维修经验, 从机械故障、电气元件失效、线路异常、外部负荷干扰四个方面分析故障原因, 建立标准化的诊断流程, 给汽车维修行业提供操作上的参考, 帮助避免电压不稳造成的车辆故障, 提高整车电气系统的可靠性。

## 关键词

汽车发电机; 输出电压不稳; 故障诊断; 维修实践; 整车电气系统

## 1 引言

随着汽车电气化、智能化程度不断提高, 车载电控单元、影音系统、辅助驾驶设备等用电负荷越来越大, 发电机输出电压稳定性要求也越来越高<sup>[1]</sup>。正常工况下汽车发电机的输出电压应该保持在 13.5-14.5V 之间, 如果超过这个范围就认为是电压不稳定, 轻则引起蓄电池亏电、灯光闪烁、电子设备卡顿, 重则引发控制系统失效、线路烧毁, 严重时还会造成行驶途中抛锚。本文选取多款主流乘用车实际维修案例为依据, 对电压不稳故障的主要原因进行分析, 并对诊断和维修流程进行改进, 克服传统维修更换、轻排查的弊端, 提高故障维修的准确性以及经济性。

## 2 汽车发电机输出电压不稳的核心故障原因

汽车发电机输出电压不稳定不是单一原因造成的, 是机械传动、内部电气、外部线路、整车负荷等多环节故障叠加造成的<sup>[2]</sup>。根据目前车型设计特点以及维修大数据, 可以将故障原因分为四类, 每一类对应着某款车型的典型故障场景, 有很强的实用性及操作性。

### 2.1 机械传动系统故障: 最常见的外部诱因

机械传动故障属于发电机电压不稳定的外在原因, 大多出现在传动皮带及张紧机构上, 常见于长期行驶的越野车、商用车, 电压会随着发动机转速的变化而变化明显, 怠速电压低, 加速电压忽高忽低。第一, 发电机皮带松动、磨损或者老化打滑, 丰田普拉多、皮卡等常在非铺装路面上行驶的车型, 由于底盘振动频繁, 皮带张紧度容易衰减, 长时间使用后皮带表面龟裂、弹性下降, 运转时会出现间歇性打滑, 造成发电机转速与发动机转速不同步, 直接引起输出电

【作者简介】唐红(1973-), 男, 技师, 从事汽车驾驶、维修、技术改革、新能源等研究。

压波动。第二,皮带张紧轮失效,别克商务、丰田考斯特等商用车,张紧轮轴承磨损、弹簧弹性失效后,不能保持皮带恒定张力,高速行驶时皮带跳动加剧,发电效率急剧下降,电压稳定性彻底失控。第三,发电机安装支架松动,长城500、皮卡等重载车型,长时间颠簸造成支架固定螺栓松动,发电机运转时晃动,不但会影响传动效率,还会拉扯内部线路,间接引起电压异常。此类故障不需要拆解发电机,通过外观检查就可以初步判断,维修成本低但是容易被维修人员忽略。

## 2.2 发电机内部电气元件失效:核心故障根源

发电机内部元件老化、损坏是电压不稳的主要原因,占总故障量的65%以上,也是维修的重点和难点,主要是电压调节器、整流器、碳刷滑环、定子转子绕组这四个主要部件。

电压调节器故障是主要的诱因,它是控制发电机输出电压的中枢,它的作用就是稳定励磁电流,保证电压不变<sup>[3]</sup>。目前主流车型大多采用内置式集成电路调节器,相比于传统的外置式来说,体积小、集成度高,但是耐热性、抗干扰性要求高。别克商务、丰田考斯特等长时间怠速运行的车型,发动机舱温度高容易造成调节器内部基准电压漂移、三极管击穿,产生电压过高(超过15V)或者过低(低于13V)的情况;长城500、丰田普拉多等大功率用电车型,调节器负荷大,容易造成PWM控制信号失效,电压随用电负荷变化而剧烈波动。

整流器和绕组故障也经常发生,发电机内部会产生交流电,需要通过整流器将交流电转换成直流电供整车使用,如果整流二极管单个或者批量损坏,就会出现半波整流、缺相故障,造成输出电压纹波,电压不稳定并伴有电磁干扰。定子绕组匝间短路、断路,转子励磁绕组磨损断线,多由于长期高温、绝缘老化造成,丰田考斯特这类营运车辆年行驶里程长,绕组绝缘层容易老化破损,出现三相电流不平衡、电压忽高忽低。碳刷和滑环磨损严重,多发生在行驶里程超过10万公里的车辆上,碳刷磨损到原来的1/3以下,滑环表面烧蚀、积碳,造成励磁电流接触不良,怠速时电压经常出现波动,加速后有所改善但仍然不稳定。

## 2.3 外部线路与连接故障:易漏诊的隐性诱因

线路故障为隐性故障,维修时容易把线路故障当作发电机本体故障,造成不必要的更换费用,电压不稳定现象时好时坏<sup>[4]</sup>。其一,发电机输出端子、蓄电池正极桩头、搭铁线接触不良,丰田普拉多、皮卡等越野车型涉水、颠簸后端子氧化、锈蚀,搭铁线虚接,造成线路电阻增大,电压传输损耗不均,产生电压波动;别克商务、长城500等车型线束包裹层老化破损,导线裸露,容易出现间歇性短路,使电压更加不稳定。其二,线束插接件松动、针脚退针,车载线路长时间振动,发电机和电控单元的通讯插接件接触不良,调节器控制信号传输中断,不能正常调节电压。第三,保险丝、继电器接触不良或者老化,发电机励磁电路保险丝虚接都会

造成励磁电流不稳定,从而影响发电效率,用万用表测量线路电压和电阻就可以准确找到故障点。

## 2.4 整车用电负荷与外部干扰:特殊场景诱因

随着车载用电设备的增加,不合理地安排负荷以及外部干扰都会造成电压不稳,属于智能化车型的一种新的故障。第一,超负荷用电,私自加装大功率射灯、逆变器、车载冰箱等设备,长城500、皮卡、丰田普拉多改装爱好者居多,加装后用电负荷超过发电机额定功率,造成输出电压被迫下降,并且随着设备的启停而大幅度波动。第二,车载电控系统干扰,当下车型发动机ECU和发电机调节器联动控制,ECU故障或者传感器信号异常,就会错误地调节发电机励磁电流,造成电压不稳定,别克商务、丰田考斯特等车型带有多路电控系统的车辆,该类故障较为常见。第三,蓄电池老化失效,蓄电池是电压缓冲单元,极板硫化、容量衰减后,不能稳定发电机输出电压,即使发电机正常,也会出现电压波动,常常和发电机故障同时发生,需要同时排查。

## 3 汽车发电机输出电压不稳的标准化诊断流程

根据指定车型维修经验,创建出“先外后内、先简后繁、先测后拆”的标准化诊断流程,防止盲目拆解更换,提高维修效率,降低成本,全程使用万用表、汽车诊断仪、红外测温仪等常规工具来适应各种维修厂的实操要求。

### 3.1 初步外观与静态检查

第一步检查机械传动部件,查看发电机皮带是否松动、磨损、龟裂,用手按压皮带,正常挠度应为10-15mm,超过范围则调整张紧度或者更换皮带;检查张紧轮转动是否顺畅、有无异响、支架螺栓是否松动。第二步检查线路及连接部位,查看发电机输出端子、蓄电池桩头、搭铁线有无氧化、锈蚀、松动,线束有无破损、插接件是否牢固,清理氧化层并紧固端子。第三步检测蓄电池的工作状态,查看电解液液位(免维护蓄电池看电眼),测量静态电压,正常12.2~12.7V,低于12V为蓄电池亏电或者老化,需要先充电或者更换。

### 3.2 动态电压测量

启动发动机,保持怠速状态,用万用表直流电压档测量蓄电池正负极两端电压,正常应为13.5~14.5V;缓慢加速到2000r/min,观察电压变化,稳定在13.8~14.2V为正常,若电压低于13V、高于15V,或随转速、负荷大幅波动,判定为发电机故障。开启大灯、空调等大功率用电设备,再测量电压,如果电压明显下降并且不能恢复,说明发电机发电能力不足或者调节器故障。对于别克商务、丰田考斯特等电控车,用汽车诊断仪连接到发动机上读取发电机电压值,和实际测量的电压进行对比,找出ECU和调节器之间的通讯问题<sup>[5]</sup>。

### 3.3 发电机本体专项检测

外部排查没有发现异常时,对发电机进行内部检测。

用万用表测量碳刷长度、滑环电阻,碳刷磨损超过规定限度时更换;测量定子绕组电阻,三相绕组阻值应均匀,阻值相差过大表示绕组短路或者断路;检测整流二极管,正向导通、反向截止为正常,单个或者多个二极管损坏则更换整流器。重点检测电压调节器,用专用检测仪测量基准电压和控制性能,判断调节器是否失效。利用红外测温仪检测发电机运转时的温度,异常高温处就是故障点,准确找到内部故障元件。

## 4 典型车型维修实践与案例分析

根据丰田普拉多、别克商务、长城 500、皮卡、丰田考斯特五款车型实际维修案例,针对不同的故障原因给出不同的维修方案,体现维修实践的差异化、精准性。

### 4.1 丰田普拉多越野车型维修案例

故障车辆是行驶里程为 50 万公里的丰田普拉多,反馈怠速时车灯闪烁、车载中控屏卡滞、加减速时电压忽上忽下、蓄电池常常出现亏电现象。怠速电压为 12.8V,加速时最大值为 14.8V,波动超过 2V。发电机皮带松动、表面有轻微龟裂、搭铁线端子锈蚀。维修方案为更换新的发电机皮带,调节张紧度,清除搭铁线端子氧化层并紧固,补充蓄电池电量。维修之后再测电压,怠速 13.9V,加速稳定 14.1V,故障完全消除。该车型由于长期的越野颠簸,传动部件和线路容易松动,维修的重点首先应该检查外部的机械和线路故障,不能随意拆解发电机。

### 4.2 别克商务 MPV 维修案例

故障车辆是行驶里程为 9 万公里的别克商务 GL8,故障现象为行驶中电压突然上升,仪表盘电瓶灯闪烁,车载电子设备时有时无。动态测量电压,怠速 15.2V,超过正常值,诊断仪数据流没有通信故障。拆解发电机检测出内置式电压调节器三极管击穿、基准电压失常,整流器单个二极管老化。维修方案为更换新的内置式电压调节器、整流器,复装发电机调试,电压稳定在 14.0V,故障消除。该车型发动机舱空间小,发电机散热不好,调节器容易高温损坏,维修时主要注意内部电气元件老化的问题。

### 4.3 长城 500 硬派越野车型维修案例

故障车辆为改装过大功率射灯和车载电台的长城 500,行驶里程 6 万公里,故障现象为开启改装设备后电压突然降到 12.5V,关闭后电压缓慢回升但仍有波动。检测结果表

明发电机额定功率不能满足改装负荷要求,蓄电池容量衰减,不能起到缓冲作用。维修方案为拆除大功率改装的违规设备,换新原厂规格的蓄电池,检查发电机碳刷和滑环,清除积碳后复装。复测电压,打开原厂用电设备后稳定在 13.8V,故障消除。该车型改装需求大,超负荷用电是电压不稳定的主要原因,维修时要同步规范用电负荷,严禁私自改装。

### 4.4 丰田考斯特营运客车维修案例

故障车辆为行驶里程 17 万公里的丰田考斯特,长时间怠速接送乘客,故障表现为电压一直偏低,怠速时 12.9V,加速时最高 13.5V,蓄电池严重亏电。发电机拆解检测时碳刷磨损到极限、滑环表面严重烧蚀、定子绕组绝缘层老化。更换碳刷、滑环,修复定子绕组绝缘层,更换老化线束,复装后调试。维修之后电压稳定在 14.0V,解决了由于长期行驶造成内部元件过度磨损的问题。营运车辆行驶里程长、工况恶劣,定期对发电机内部易损件做检修工作,防患于未然。

## 5 结语

汽车发电机输出电压不稳定是目前商用车中常见的一种电气故障,其产生的原因包括机械、电气、线路、负荷等各方面因素,维修时要按照科学的诊断流程来开展工作,不能盲目地进行更换,而应该根据车型的工作情况准确找到故障点。本文以多款主流车型维修为依托,对各种故障原因的维修方案及预防措施进行了验证,提高了汽车维修行业实操效率,也给合理用车、定期保养提供指导。随着汽车电气化技术不断升级,发电机故障诊断会越来越智能,之后需要结合电控技术来改进故障检测方式,提高维修的准确性,保证整车电气系统的正常运转。

## 参考文献

- [1] 陶鑫. 满足RVC通信协议的汽车发电机调节器设计[D]. 沈阳工业大学, 2023.
- [2] 李倩, 张航斌. 汽车发电机智能电压控制系统研究[J]. 时代汽车, 2019, (02): 147-148.
- [3] 徐文培. 大功率低温升汽车交流发电机调节器集成模块[D]. 沈阳工业大学, 2021.
- [4] 陈帅. 基于CAN总线的汽车发电机智能调节器研究[D]. 长安大学, 2019.
- [5] 张子旭. 汽车发电机智能调节系统[D]. 长安大学, 2022.