

# 汽车智能诊断中多故障灯点亮问题分析与解决方案

钟鹏 王善巍 韩钊明 黄宝健 李丹

广州汽车集团股份有限公司广汽研究院，广东广州，511434；

**摘要：**随着汽车技术的不断发展，汽车智能诊断系统在车辆故障检测中发挥着越来越重要的作用。然而，多故障灯同时亮起等综合性问题给汽车维修和诊断带来了很大的挑战。本文深入分析了汽车智能诊断中多故障灯问题的根本原因，包括硬件故障分析、软件故障分析、线束物理层（通讯类）故障分析及外部环境因素分析，并通过在云端大数据实现方法验证，提出相应的解决措施和建议，以提高汽车智能诊断的准确性和可靠性

**关键词：**汽车智能诊断；多故障灯点亮；故障分析；云端大数据；多路径诊断

**DOI：**10.69979/3041-0673.25.07.002

## 引言

随着汽车智能化程度不断提高，单一功能的实现逻辑及关联系统变得越发复杂，故障产生机理复杂度大幅提升。汽车智能诊断系统通过对车辆各部件状态的实时监测和数据分析，能够快速准确地检测出故障。然而，在实际使用中，多个故障灯同时亮起的情况，不仅给维修人员诊断和修复带来困扰，也给汽车智能诊断带来了很大的难度。现有的智能诊断系统仅依靠对若干车辆零部件状态的数据比对及有限分析，无法有效诊断多故障源导致的复杂故障问题，尤其是仪表多个故障灯同时被点亮的常见故障现象，更是难以从复杂故障现象及特征数据中推理出独立故障事件的数量。因此，以车辆仪表多故障灯被点亮的故障现象作为典型问题进行深入研究，对于提高汽车诊断技术能力及指导优化汽车安全策略具有重要意义。

## 1 多故障灯问题的原因分析

### 1.1 机械硬件故障

发动机、变速箱等总成件的机械故障，像活塞环磨损、气门间隙不当、曲轴磨损等，会造成动力下降、油耗增加、排放超标，基于故障提醒、安全策略和法规要求，致使多故障灯点亮。并且机械硬件故障在自身控制器设置了故障监控策略，故障时通过 DTC 及总线信号传递故障信息。

本文探讨的是机械零部件硬件故障问题，如活塞环磨损、气门间隙不当、曲轴磨损等等。这些零部件故障由点及面，可能导致多个系统出现异常，如发动机性能故障、动力下降、油耗增加、排放超标等一系列问题。同时因安全策略及法规要求，多个系统故障就要点亮仪表相应多个故障灯。所以这些零部件的单个故障引起关联系统故障，也会产生仪表多故障灯被点亮的故障现象。

对于关键零部件的性能/故障状态可通过传感器反馈到相应控制器的这类机械系统，设计人员往往在控制器中设置了故障监控策略。当出现故障情况时，控制器会通过 DTC 或者总线信号描述故障状态并传递到总线网络上。维修人员可以使用工具读取这些信号，并通过分析信号来排查可能的故障原因。

### 1.2 电气系统故障

#### 1.2.1 整车供电电源异常

整车供电电源作为车辆控制器、传感器工作的必备条件，当整车供电电源出现异常时，例如供电电压低于或高于控制器或传感器的正常工作电压阈值并持续一段时间，控制器可以通过内设的故障诊断逻辑，自动甄别瞬变电压波动和一定时长的供电异常情况，并针对一定时长的供电异常而设置故障信号，触发仪表点亮故障灯，提醒驾驶员车辆存在故障。

整车供电电源异常事件通常表现为蓄电池故障失效、整车电源供电线束开路或对其它回路短路或保险失效。

#### 1.2.2 单传感器故障

汽车功能实现方案中，传感器作为数据采集源，为整车多个电气系统提供关键的信号信息。当某个传感器存在故障时，与该传感器关联或应用该传感器信号的控制器都会监控到信号异常，并记录故障，以点亮仪表故障灯的方式向驾驶员发出故障提醒，即会产生单个系统或多个系统的多故障灯点亮情况。以轮速传感器为例，制动系统负责获取其采样信号并换算成车速值，再通过总线信号将车速值发送到制动系统中的 ABS 系统、ESP 系统，转向系统，智能驾驶系统等功能系统使用。当轮速传感器出现故障时，可能会造成车速信号异常，由于诊断设计及安全保护策略要求，会出现 ABS 系统、ESP

系统,智能驾驶系统等多故障灯同时点亮情况。

单传感器故障通常表现为传感器电源供电断路、短路,传感器搭铁接触不良,传感器内部失效等。

### 1.2.3 单控制器故障

控制器作为车辆功能实现的重要载体,一个控制器的故障状态可能会影响其他功能关联的控制器的正常运行,故存在控制器相互监控异常状态的设计逻辑。当某个控制器存在部分功能失效时,在通讯模块正常情况下,该控制器会通过总线或其它报文形式发出异常状态信息。如控制器自身交互信息无法发出时,关联控制器会按一定的设计策略记录故障失效控制器信息并通过点亮仪表故障灯的方式提醒驾驶员。如车辆制动系统控制器失效无法发出总线信号时,仪表控制器由于无法接收到制动系统信号,会在一定周期内点亮制动系统相关的故障灯,转向系统、安全气囊系统由于与制动系统关联,也同样会点亮自身故障状态的故障灯,提醒驾驶员车辆存在故障。

单控制器故障常见原因为供电电源失效、搭铁失效、插接件失效、控制器内部失效等。

### 1.2.4 线束/配电节点故障

(1) 传感器、控制器单电源供电故障:如传感器、控制器通常表现形式与单传感器或单控制器故障失效表现一致,均为单传感器或单控制器故障失效。

(2) 多传感器或多控制器共用线束异常故障:多传感器或多控制器在电器连接中存在共用电线束、共用搭铁点、共用线束交叉节点、共用电源配电节点情况。故障通常表现共用电线束、共用搭铁点、线束交叉节点异常、电源配电节点异常、通讯线束短路/断路、共用线束短路/断路等故障。

(3) 共用电源线束(线束节点)失效:多个控制器或传感器通过一根线束供电或在线束的某个压接点共用,由于共用线束或压接点异常引起的多个控制器/传感器功能失效。

(4) 共用搭铁点失效:多个控制器或传感器共用一个搭铁点/压接点,由于搭铁点异常引起的多个控制器/传感器功能失效。

(5) 电源配电节点失效:车辆电子电气架构中,配电功能可能由某些域控制器/配电电源负责完成。其内部失效后会多控制器配电电压异常,进而引起多故障灯点亮。

(6) 通讯线束短路/断路故障:通讯线束中某根通讯线束短路/断路导致信号传递偏差或失效,导致多控制器信号传递异常,引起的多故障灯点亮故障。

(7) 共用线束短路/断路故障:共用线束中存在短路/断路失效点,导致的多控制器或多传感器工作失效,引起的多故障灯点亮故障。

## 1.3 软件问题故障

(1) 设计缺陷:需求分析不全或架构不合理,对复杂工况考虑不足,极端环境下软件逻辑异常。

(2) 编码错误:编程时语法、逻辑错误,如指针使用不当致内存访问冲突,影响软件运行。

(3) 系统兼容性问题:软件模块间或软件与硬件不兼容,新软件更新与硬件不匹配,或不同供应商软件模块集成冲突。

(4) 数据传输与处理问题:车内通信网络数据丢失、延迟或错误处理,传感器数据受电磁干扰失真,软件决策错误。

## 1.4 外部环境干扰故障

(1) 恶劣行驶环境:高温、高湿度、多灰尘,分别导致传感器性能下降、电气线路短路、发动机进气质量受影响,引发故障灯点亮。

(2) 加装非原厂电子设备:与汽车电气系统不兼容,或安装损坏原车线路,干扰正常电气系统,致使故障灯亮起。

## 2 智能诊断解决措施

汽车智能诊断系统通过对车辆各部件的实时监测和数据分析,能够快速准确地检测出故障,本文主要基于智能诊断的核心故障告警与决策分析对多故障灯点亮问题分析,对于智能诊断数据采集、可视化分析等不做过多介绍。

### 2.1 汽车故障灯的故障告警

汽车故障灯的故障告警可基于车辆上传到云端的总线数据、DTC等数据开发,也可以通过车端预埋埋点。当车端故障灯点亮信号发生时触发云端故障灯点亮告警,不管哪一种方式,目的都是在云端准确表达在故障发生时刻的每一个故障灯状态,实现车端与云端的故障灯状态镜像同步,即当车辆实际发生故障灯点亮时,云端可同步监控到,并能将故障车辆的VIN等故障标记、特征数据快速捕捉到,以便于智能诊断的决策分析。

设计告警数据要兼顾考虑的若干原则:

云端告警数据需与车端采用统一的时间源,确保时间戳一致,便于对多故障灯事件归类。

云端告警数据需包含故障发生时刻的总线信号、DTC。视乎设计必要,针对软件问题,设计上还需考虑包

含该时刻的日志数据

## 2.2 汽车多故障灯点亮的决策分析

基于上述汽车多故障灯点亮的表现及原因分析,对多故障灯点亮问题可做如下三个不同路径的诊断分析。

### 2.2.1 利用车辆控制器进行自诊断

汽车各控制器自身建立有严密的故障检测策略,实时监控自身及组件的工作状态,满足故障检测逻辑时记录相关 DTC 及点亮故障灯,所以车辆自诊断在智能诊断中依然具有重要的地位。

### 2.2.2 利用车辆控制器与线束布置原理的综合诊断

汽车控制器自诊断基本能覆盖硬件故障检测。但在车辆故障中的线束故障,由于线束布置隐蔽复杂,关联的零部件较多,汽车控制器基于自身的诊断报出的 DTC 由于包含线束短路、接触不良,数据负载高等因素。如果能通过引入线束物理布置进行综合诊断,将会快速定位到线束的故障失效点及故障的原因。

### 2.2.3 利用时序逻辑与其他更精准的数据诊断

汽车功能的实现需要依靠各系统信号交互实现,当需要执行一项或多项车辆功能时,要求一个或多个控制器、传感器、机械部件共同参与,这种共同参与的执行过程即构成了汽车功能的时序逻辑。

对于汽车硬件故障及线束故障,绝大部分可基于 ECU 自诊断完成基本定位。随着汽车智能化进程的加速以及驾驶员个性化改装需求的增长,汽车软件故障和干扰故障在汽车故障问题中出现的频率日益增高。与传统故障不同,这些故障并非由某个部件的硬件损坏引起,而是因信号交互异常,致使某些执行动作无法执行或错误执行。因此,引入时序逻辑,结合软件日志、总线报文等精准数据进行诊断,能够快速分析信号交互中出现的异常,并定位问题的根本原因。

2.2.4 基于以上三个不同路径的诊断分析,设计智能诊断实现的基本步骤及策略如下:

基于云端告警数据监控到车辆故障灯点亮,提取故障灯点亮的 VIN 码及该时刻的故障 DTC、总线信号等车辆信息。

利于故障灯监控及时间戳判断车辆是否多故障灯点亮,即多故障灯点亮且时间戳一致(正负 5s)。

如多故障灯点亮且时间戳一致,提取时间戳一致的故障灯关联控制器的 DTC;如多故障灯点亮且时间戳不一致,按单故障灯点亮处理。

时间戳一致的故障灯关联 DTC 是否指向一致的控制

器或传感器,如指向一致,检查该控制器或传感器异常。

如时间戳一致的故障灯关联 DTC 出现多控制器或多传感器指向,通过线束物理节点关联,确认线束上是否存在关关节点,如存在关关节点,提示检查该关联线束节点。

对于(4)/(5)不能定位的故障问题,通过如下方式导入功能时序逻辑诊断。

在云端嵌入与实车一致的功能时序逻辑模型。

当多故障灯点亮,且(4)、(5)不能分析出故障原因时,自动进入故障车辆在故障灯点亮时刻的前 10 分钟后 3 分钟数据回放,确认该时段内车辆使用过的所有功能时序逻辑,对正确执行的功能逻辑不做处理,对未能正确执行或执行中断的时序逻辑完成提取。

确认未能正确执行或执行中断的时序逻辑与车辆设计逻辑是否相符,如不符,则完成异常交互信号提取。

对提取的异常交互信号,根据整车设计策略,查表确认车辆故障点,对需进一步使用日志进行精准定位的问题,提示专家通过日志完成最终原因分析。

## 3 结论

本文对汽车智能诊断中多故障灯点亮问题从硬件、线束、软件和外在干扰四方面深入分析,研究控制器自诊断发现硬件潜在故障,探讨线束物理布局与控制器自诊断明晰线束对故障灯影响,利用时序逻辑诊断把握软件和外在干扰导致的信号异常与故障逻辑关系。这些分析和诊断方法为多故障灯点亮问题提供系统准确诊断思路,提升诊断效率和准确性,保障汽车安全运行和维修质量,推动汽车故障诊断技术发展。未来,随着汽车智能化程度持续提高,可进一步挖掘大数据价值,结合人工智能技术,实现更智能、高效的故障诊断,为汽车行业发展注入新动力。

### 参考文献

- [1] 《汽车机械故障预测与智能诊断技术》 刘海涛、戚志春-《汽车维修技师》2024年8期
- [2] 《智能化技术在新能源汽车故障诊断中的应用》 何国俊-《时代汽车》2024年19期
- [3] 《智能诊断技术在新能源汽车检测与维修中的应用》 李连山张泽平-《汽车维修技师》2024年12期
- [4] 《如何利用指示灯诊断汽车电控系统故障》 黎清-《汽车维护与修理》2008年9期
- [5] 《妙用警告灯,巧断汽车故障》 周继宝-《汽车零部件》2012年6期
- [6] 《汽车电气系统典型故障诊断与维修》 刘丹