

新能源汽车高压互锁系统故障解析

——以帝豪 EV450 为例

赵森

(南阳技师学院 河南南阳 473000)

摘要: 高压互锁监测作为新能源汽车特有的系统,是新能源汽车使用安全的一个重要保证。新能源汽车高压互锁系统的结构及控制策略总体来说基本类似,该文以帝豪 EV450 高压互锁系统的一个典型故障作为主线,阐述高压互锁系统的作用和工作原理,分析系统故障的形成机理,理清故障的检修思路,为广大维修人员提供参考。

关键词: 新能源汽车; 高压互锁; 故障检修; 整车控制器

中图分类号: U469.7

文献标识码: A

文章编号: 1671-3567 (2023) 03-0081-03

New Energy Vehicles High Pressure Interlock System Fault Resolution —To Emgrand EV450 for Example

ZHAO Sen

(Nanyang Technician Institute, Nanyang, Henan Province, 473000 China)

Abstract: High pressure interlock monitoring as a unique system in the new energy vehicles, is the new energy vehicles use an important guarantee of safety. New energy vehicles high-pressure interlock system have similar structure and control strategy in general, this paper has certain typical emgrand EV450 high-pressure interlock system of a typical fault as the main line, the function and working principle of high pressure interlock system, analysis the formation mechanism of the system failure, clarify fault maintenance train of thought, for the majority of maintenance personnel to provide a reference.

Key Words: New energy vehicles; High pressure interlock; Troubleshooting; The vehicle controller

1 故障案例

一辆 2018 款帝豪 EV450, 行驶里程 51 000 km。客户反映车辆仪表“ready”不能点亮。

笔者试车,如客户反映,踩下制动踏板,点击一键启动开关,启动开关上的绿色指示灯和仪表正常点亮,但是仪表“ready”指示灯不亮,整车故障警告灯、蓄电池指示灯点亮。制动真空泵不运转,车辆无法上高压电,档位也无法切换。连接元征 x431,选择帝豪 EV—帝豪 EV450—快速测试,扫描到整车控制系统 (VCU) 报故障码: P1C8E04 高压互锁 PWM (脉宽调制) 输出信号开路; P1C4096 高压互锁故障。

2 故障机理分析

结合故障现象及故障码进行分析,初步判断因高

压互锁线路或部件出现损坏、松动导致车辆无法上电。高压互锁系统出现故障,首先需要了解其结构及工作原理,才能对故障进行诊断维修。

2.1 高压互锁系统的作用

高压互锁 (High Voltage Interlock Loop), 简称 HVIL, 是指通过使用低压信号来检查新能源汽车上所有与高压相关线束 (包括整个电池系统、高压导线、高压接插件、DC-DC、电机控制器、高压配电箱等) 及开盖保护的电气连接完整性和连续性。

2.2 高压互锁系统的控制策略

当整车控制器 VCU 通过高压互锁监测到系统出现故障时,即判定高压线路未正常连接导致高压导线裸漏,或者高压模块盖板处于打开状态造成高压元

作者简介: 赵森 (1988—), 男, 本科, 工程师, 研究方向为汽车检测与维修技术。

器件裸露。为了防止发生安全事故，随即采取安全措施，同时生成故障代码。

高压互锁系统根据故障时车辆的不同状态，做出相应的安全控制措施，通常有以下三种类型。一是无论新能源汽车无论处于任何状态，一旦高压互锁系统检测到互锁环路遭到破坏后，车辆仪表盘应以声光的形式做出报警，提示驾驶员应对车辆的异常状态做出应急处理，避免发生安全事故。二是当新能源汽车处于停驶状态，互锁环路遭到破坏时，除了报警提示之外，整车控制器（VCU）控制车辆立即下电，禁止车辆上高压电。三是当新能源处于车辆行驶状态，出现高压互锁故障时，立即控制高压下电会导致车辆失去动力，可能造成严重后果。此时应一方面提示驾驶员车辆发生故障，另一方面整车控制器（VCU）会强制降低电机输出功率或阶梯降功率，降低车速，让驾驶员能够将车辆停驶在安全区域。

2.3 高压互锁系统的结构和工作原理

2.3.1 高压互锁的结构特点

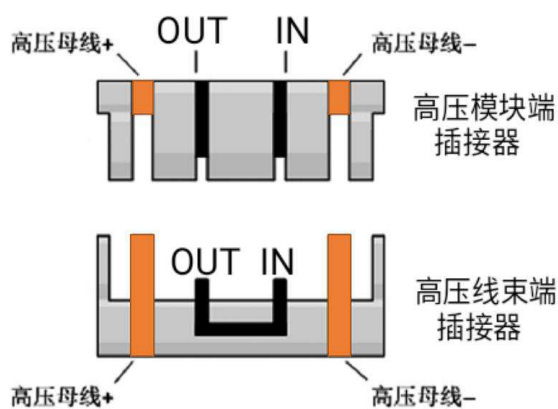


图 1 高压插接器结构

高压互锁输入和输出端导线通过低压线束进入模块内部，再被引入到模块端高压插接件插座内部，为两个互锁插孔，高压线束端插接器为两个内部短路的插脚（如图 1 所示）。当高压线束插接器正常连接时，互锁端子 OUT、IN 被插头端子内部短接成短路状态，插接器断开后成开路状态。另外，高压互锁系统的信号传递动作必须先于高压线束断开的动作，通过互锁端子和高压接线端子的长度（互锁端子较短）和位置差异，实现插拔插头时有个时间差。连接时，先连接高压端子，再连接互锁端子；断开时，先断开互锁端子，再断开高压端子。高压互锁信号源通常是 PWM 占空比，即使环路出现对地或者对正短路，也不会造成误判，增强了系统的可靠性。

2.3.2 高压互锁监测的工作原理

高压互锁系统（HVIL）设计根据线路特点，可分为两种形式，一种是串联环路互锁，一种是并联星型互锁。串联环形互锁是指通过一条低压导线将所有的高压单元插接器和高压线束端插接器串联起来，形成一个回路，通过监测互锁回路的信号即可判定高压部件连接的完整性。并联星型互锁是指高压模块单独监测各自的高压互锁线路完整性，统一把数据发给高压互锁监测模块处理。两种形式各有优缺点，前者发生故障后排查故障点相对麻烦；后者可快速锁定故障部位，但多个模块均要增加互锁监测回路，成本会增加。帝豪 EV450 的高压互锁系统采用串联环形互锁，监测的系统有电机控制器、车载充电机、空调压缩机

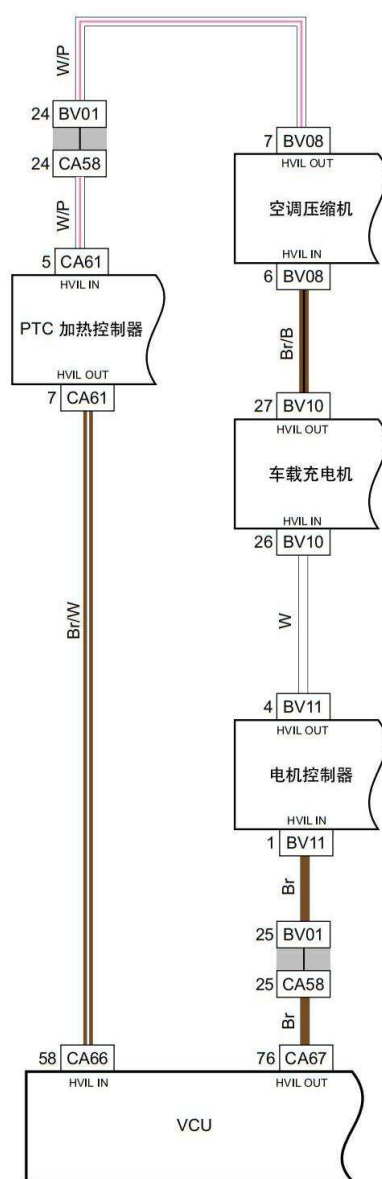


图 2 帝豪 EV450 高压互锁监测电路

机、PTC 加热控制器。

帝豪 EV450 高压互锁监测电路如图 2 所示，整车控制器（VCU）作为高压互锁检测模块，输出一个高电平约为 3.3 V、占空比 50%、频率 100 HZ 的 PWM 占空比信号，该信号通过 CA67/76 端子依次经过插接器 CA58、插接器 BV01；电机控制器 PEU 的 BV11/1 端子输入，经过 PEU 高压插接件的内部回路，由 BV11/4 端子输出；车载充电机 OBC 的 BV10/26 端子输入，经过高压插接件的内部回路、合盖开关，由 BV10/27 端子输出；空调压缩机 BV08/6 端子输入，经过压缩机高压插接件的内部回路，由 BV08/7 输出；PTC 加热器 CA61/5 端子输入，经过高压插接件的内部回路，由 CA61/7 端子输出，串联形成回路，再回到整车控制器（VCU）CA66/58 端子，VCU 内部通过上拉电阻将 PWM 占空比信号的幅值拉高至 12 V。

整车控制器（VCU）内部检测点采集信号后，和存储的正常信号进行对比，如果信号的频率、幅值、占空比正常，即判定高压系统连接为完整状态。如果检测信号异常，则判定高压系统线路不完整，存在断路、短路、虚接故障。整车系统将根据车辆状态采取相应安全措施，此时有可能禁止高压上电，导致车辆无法运行以及充电，同时生成故障代码。

3 故障诊断流程

根据故障代码提示，故障原因可能为：（1）整车控制 VCU 至电机控制器、车载充电机、空调压缩机、PTC 加热器之间高压互锁连接线路中存在断路情况；（2）整车控制 VCU 自身硬件或者软件故障。

本着从简到繁的维修原则，首先检查高压互锁回路上的控制模块插接器是否有脱开或者松动的现象，经检查连接完好。采集整车控制器（VCU）输出端 CA67/76 端子与负极间的波形，显示一个幅值约为 3.3 V、占空比约为 50% 的方波信号；整车控制器（VCU）输入端 CA66/58 端子与负极间的波形，显示一个幅值约为 12V 直流电压信号。波形异常，整个高压互锁环路各个节点应均为 12v 的 PWM 占空比信号，正常波形如图 3 所示。通过波形分析判断，该车高压互锁环路中有断路现象。

通过波形的分析，故障已经明朗，只需找出断点位置即可。关闭点火开关，断开蓄电池负极，通过测量互锁环路线束电阻排查出故障点。在检测的过程中可以将整个需要检测的部分从中间一分为二，从而缩

短测量步骤。在测量过程中发现空调压缩机 BV08/6 和电机控制 BV11/4 之间的阻值无穷大，经检查发现车载充电机低压插接器 BV10/26 针脚弯曲，引起高压互锁环路断路。修复后，仪表“READY”点亮，车辆正常上电，车辆功能恢复正常。和车主沟通得知，该插头有过插拔，因安装不当，导致该针脚弯曲。

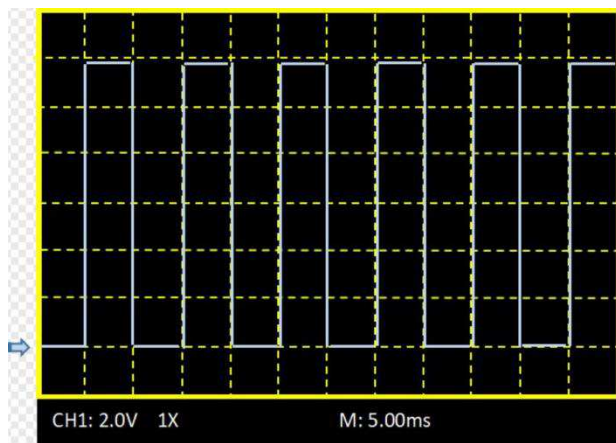


图 3 帝豪 EV450 高压互锁环路正常波形

4 故障总结

无论是哪个车系的车型，当读取到高压互锁故障时，先从故障码分析是断路还是短路故障，如果是断路故障，应先检查各高低压插接件是否松脱，若插接件连接正常，再进行线路的检修。如果是短路故障，可以通过断开高压插接器的方法，逐步缩小故障范围。在检测高压互锁电路时，示波器对快速判断故障原因和故障点有很大的帮助。通过高压互锁环路波形的分析，即可判断是断路、短路还是虚接，而且还可判断故障点在靠近 HVIL 输入侧还是在输出侧。

参考文献

- [1] 弋国鹏,魏建平.电动汽车控制系统及检修[M].北京:机械工业出版社,2020.
- [2] 周葳.帝豪EV450新能源汽车高压互锁故障解析[J].汽车维修技师,2022(2):132.
- [3] 李志军,李伟亮.新能源汽车高压互锁系统的原理及故障诊断[J].汽车维修与保养,2017(11):80-81.
- [4] 谢阳,黄丹妮.比亚迪e5高压互锁故障案例分析[J].汽车与驾驶维修(维修版),2019(5):58-59.
- [5] 单黎婷,胡立芳,陆敏,等.新能源汽车高压线束高压互锁原理和应用浅析[J].汽车电器,2019(2):8-10.
- [6] 王新旗,芦建平.纯电动汽车的类型、结构及维护操作常识(二)[J].汽车维修与保养,2019(4):82-84.