

柴油机电控特性失效分析

沈国华¹, 汪思泉², 孙 艳³

(1. 康明斯东亚研发有限公司电控部, 湖北 武汉 430056; 2. 东风汽车公司技术中心, 湖北 武汉 430056;
3. 东风康明斯发动机有限公司, 湖北 襄阳 441004)

摘 要: 针对柴油机电控特性失效问题, 结合具体案例作了深入分析和探讨, 指出: 柴油机电控特性失效的原因既有 ECM 自身的设计缺陷, 也和车载电气系统的设计紧密相关。据此, 提出了电控特性失效的防范措施和解决方案。

关键词: 柴油机; 电控特性; 失效

中图分类号: TK427; TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2012)03-0029-04

Failure Analysis on Electronic Features of Diesel Engine

Shen Guohua¹, Wang Siqun², Sun Yan³

(1. Controls Department, Cummins East-Asia R&D Co., Ltd., Hubei Wuhan 430056;
2. Dongfeng Motor Co., Ltd., Hubei Wuhan 430056;
3. Dongfeng Cummins Engine Co., Ltd., Hubei Xiangyang 441004)

Abstract: Meeting with the failure of electronic features of engine, deep analysis and discussion was carried out combined with actual examples. It is pointed out that the reasons for failure relates not only to the design defects of ECM itself, but also the electronic management system on vehicles. Thereafter, the measures and solutions to avoid failures are put forward.

Keywords: diesel engine; electronic features; failure

0 引言

随着发动机排放法规的不断升级, 发动机电子控制管理系统(简称电控系统, 下同)已经成为发动机不可或缺的关键部件。柴油机电控管理系统的应用, 为发动机排放和燃油经济性的优化提供了多种实现途径; 同时, 柴油机电控管理系统的引入, 又带来了发动机应用领域的全新革命。电控管理系统功能强大、配置灵活, 可以满足不同终端用户对发动机功率输出、扭矩响应的个性需求, 实现更加人性化、节能高效、安全可靠的系统应用。在发动机排放、性能基本确定的情况下, 电控系统功能特性可提供更多应用空间, 在细分客户、开拓市场的过程中扮演了重要角色。

随着对柴油机电控系统了解的逐步深入, 电控

特性的应用日趋广泛。但在实际工作中经常会碰到一些电控特性失效的问题, 即在满足电控特性功能进入条件的前提下, 电控特性不能正常进入工作状态。本文结合柴油电控发动机应用中的几个具体案例来剖析其原因, 总结归纳失效发生的一般规律, 以及预防对策和解决方法。

1 电控系统失效案例分析

1.1 电子油门失效

某服务站反映, 有多辆装配国三电控发动机的牵引车发生油门失效的情况, 即踩下油门发动机没有响应。但经服务站检查, 一切都正常, 无故障码显示。开出服务站, 走不了几百里该故障情形又再次出现。服务站和相关技术工程师参与调查多次, 没有找到异常原因。

收稿日期: 2012-02-14

作者简介: 沈国华(1980-), 男, 高级工程师, 主要从事柴油机电控系统的开发、应用、标定等工作, E-mail: megaton_sh@163.com。

失效分析：通过连接专用电脑设备监控记录 ECM 单元在车辆实际行驶过程中对油门物理电压信号的处理过程，判断失效的具体环节位置。为捕捉信号的瞬间变化，需设置较高采样频率(50 Hz)。通过较长时间的随车监控，终于捕捉到瞬间主油门传感器电压信号的异常(如图 1 所示)。主油门信号电压突然出现尖峰，峰值达到油门传感器实际供电电压 5 V，明显偏离副油门信号和油门电压动作趋势。该电控系统油门采用冗余控制策略，如果主、副油门电压信号偏差超出允许的公差，ECM 将判定油门信号异常，不予响应当前油门请求。至此，大体上可以判断油门失效应该与油门电压的扰动有关。

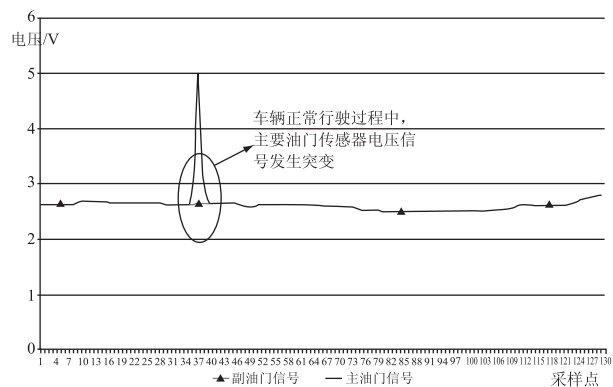


图 1 电子油门电压信号监控曲线

通过对两辆故障车辆的随车测试，进一步得出如下结论：

(1) 电子油门故障是由于油门信号中引入了干扰信号造成的，可以排除线束磨损造成信号短路到电源或地线的可能。

(2) 油门信号的干扰源包括车辆自身电气设备、车辆附近的汽油机车辆。

① 车辆电气设备干扰。打开车辆上的雨刮电机、喷水电机、暖风电机、前大灯瞬间，油门信号中会出现短时尖峰脉冲；拆掉发电机 D +、B + 接线，信号明显改善；

② 其他车辆电磁干扰。当车辆旁边有汽油机车辆通过时，油门信号会受到干扰，出现随机的尖峰，尤其是大型 SUV 车辆干扰更明显，在红绿灯路口汽油机车辆起步时油门信号也容易受到干扰。

(3) 改变油门线束的走线方式，从驾驶室左侧直接接到 ECM，可以明显改善油门信号的干扰。

1.2 PTO 功能失效

PTO(Power Take Off)是柴油机电控系统控制特性中比较常用的一个功能。一些特种车辆(如洒水车、水泥搅拌车、垃圾装卸车等)均会用到 PTO 来实现发动机恒定转速的动力输出。某市垃圾转运站

曾报告过一个关于垃圾装卸车 PTO 功能失效的案例。具体描述如下：垃圾装运车在指定位置实行驻车制动，打开 PTO 开关，发动机进入 PTO 工作模式开始以恒定转速输出动力，联接车辆上装液压系统开始垃圾桶提升、倾倒、压缩操作，在此过程中，经常会发生发动机突然退出 PTO 模式，造成上装液压系统突然失去动力，无法完成后续操作的情况。需在发动机熄火钥匙后重新启动，PTO 方能恢复正常工作。该故障随机发生，频率不定。经服务站检查，无故障码，没有发现系统异常。

失效分析：通过连接专用电脑监控 ECM 相关参数，对影响 PTO 功能退出的相关输入量进行高频监控并记录。经多次反复试验并记录数据，发现问题可能存在于车速信号输入上(如图 2 所示)。该车 ECM 车速信号来自驾驶室仪表广播的 CAN 信号，在原地静止起动发动机时发现车速信号偶尔会有尖峰出现。推测整车在 PTO 模式工作时突然退出可能与此有关，因为该电控特性对 PTO 工作模式的控制策略是必须检测车速为零后方能进入。

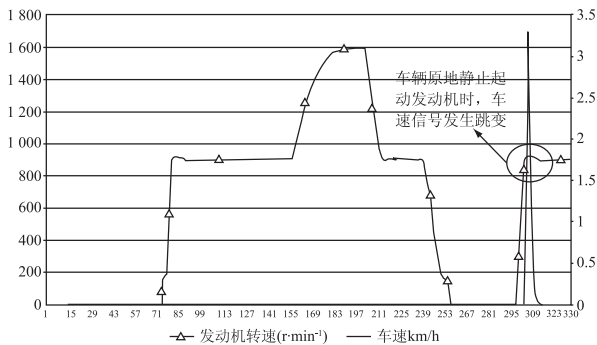


图 2 整车仪表车速信号出现尖峰

1.3 维修保养监控特性异常

该故障报告来自某发动机厂装配车间。在发动机系统组装完毕进行下线检测时，发现维修保养指示灯亮，当时出现类似现象的发动机在 100 台左右。

失效分析：鉴于该现象之前从未发生，且最近刚升级过 ECM 数据标定文件，有理由怀疑是 ECM 数据文件导致该现象发生。在试验室进行专门测试后确认此原因。当维修保养监控特性开启时，ECM 程序中的计时器工作异常，导致在时间模式下发动机工作时间累积频率加快，表现为维修保养指示灯在发动机运转很短时间后就达到维修保养时间要求，进而点亮故障灯。

2 电控特性失效分析的一般步骤

由以上几个案例可以看出，电控系统失效分析很重要的一点就是要首先区分该问题是普遍性的还是个别性的。对于普遍性的问题，一般需要从软件

数据、线束布置、应用场合上找原因；个性问题则考虑该主体与其它主体的差异性，通过归纳排除可能的故障原因，寻求问题的根源。图 3 给出了一般的电控特性失败分析流程图。

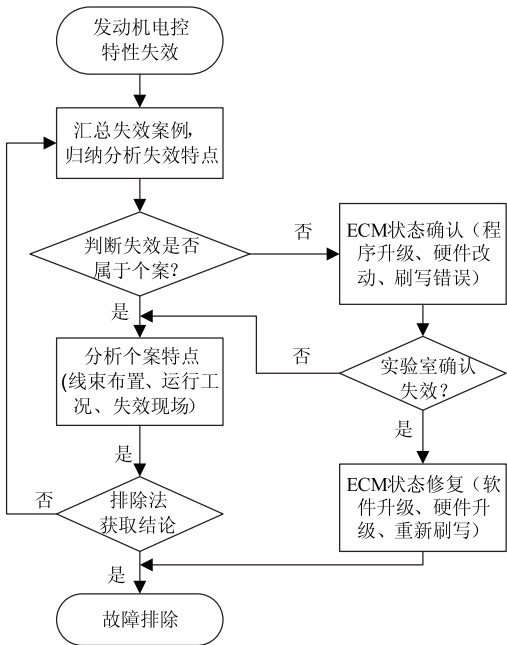


图 3 电控特性失效分析流程图

3 电控特性失效故障源分析

综上案例，结合 ECM 工作的输入输出约束条件，电控特性失效故障源一般有两个方面：系统电磁干扰 (EMI) 和 ECM (软、硬件) 自身缺陷。对于后者，由于其具有普遍性、重复性，一般在实验室中进行相关测试就比较容易甄别出故障点；而对于前者，由于其发生机理、传播渠道以及应用场合多样化，不容易找到故障源，一般需反复进行情景模拟来达到故障重现。

车载电气系统会对 ECM 产生交流噪声、脉冲、高频信号等干扰；同时，ECM 也会受到外部强大电磁场的干扰 (如无线电发射基站、汽油机点火线圈信号等)。结合 EMI 发生必须具备的三要素：干扰源 (如表 1)、干扰信号的传播途径和干扰信号的接受者，相应的防范措施可以着眼于阻断干扰信号的传播途径和对 ECM 的电磁屏蔽上。目前车用的 ECM 模块在设计阶段大多已考虑到电磁兼容性，其金属外壳对电磁干扰源的屏蔽一般能满足电磁兼容 (EMC) 法规测试要求。所以，当前车用电控系统的 EMI 问题主要在传播途径上。

表 1 按照 DIN 40839 第一部分用于 12 V 电气系统的试验脉冲

试验脉冲				按允许的脉冲幅值分级/V			
脉冲形状	来源	内阻	脉冲持续时间	I	II	III	IV
1	电感装置断开，如继电器或阀	10 Ω	2 ms	- 25	- 50	- 75	- 100
2	电感装置断开，如风扇电动机，在运转时会产生正向过电压	10 Ω	50 μs	+ 25	+ 50	+ 75	+ 100
3a	由于转换过程引起的过电压	50 Ω	0.1 μs	- 40	- 75	- 110	- 150
3b				+ 25	+ 50	+ 75	+ 100
4	起动时电源电压曲线	10 mΩ	到 20 s	+ 12 - 3	+ 12 - 5	+ 12 - 6	+ 12 - 7
5	负载倾卸 ^①	1 Ω	到 400 ms	+ 35	+ 50	+ 80	+ 120

①负载倾卸出现在交流发电机以大电流向蓄电池供电时，两者之间的连接突然断开。

EMI 的传播途径主要有两种方式：传导传输方式和辐射传输方式。传导传输必须在干扰源和接受者之间有完整的电路连接，干扰信号沿着这个连接电路传递到接受者，发生干扰现象。传输电路可包括导线、供电电源、公用阻抗、接地平面、电阻、电感、电容和互感元件等。辐射传输是通过介质以电磁波的形式传播，干扰信号按电磁场的规律向周围空间发射。

4 电控特性失效的防范及对策

根据法拉第电磁感应定律，静止导线的感生电动势为：

$$\varepsilon_L = -L \frac{di}{dt}, L \text{ 为导线电感。}$$

磁场中运动导体的感应电动势包括自感生电动势和动生电动势：

$$\varepsilon = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{s} + \int_L (\vec{v} \times \vec{B}) d\vec{l},$$
 因此减少车载电

气系统中导线的长度将有助于降低 EMI 感应电动势；同时减少辐射传输的接受对象范围，可使干扰耦合电压减至最小。其它的防范措施还包括：

- (1) 增加干扰源与所暴露的敏感装置之间的距离，直到干扰消失为止；
- (2) 车辆线束应设计成具有最小可能的直接耦合电平，强电流导线和弱电流导线应分开布线；
- (3) 大电流导线、传感器导线应绞接 (双绞或三绞)，以尽量减少感应磁场的影响，敏感装置导

线(如通讯线)还需加金属屏蔽层直接接地;

(4) 系统中开关动作和传感器电压变化带来的电气冲击存在差异,开关地和传感器地最好分开接入;

(5) 车载交流电气系统如交流电机、起动机马达等,应直接接入蓄电池,以平滑电流纹波,减少对其它电气设备冲击;

(6) 选择适当的滤波原件和滤波器,也可以通过软件滤波来消除信号杂波,达到平抑 EMI 的目的。图 4 为车载主要电气设备连接示意图。

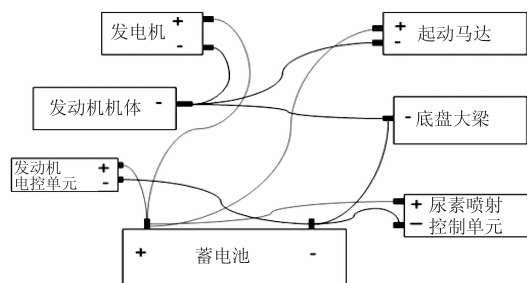


图 4 车载主要电气设备连接示意图

(上接第 28 页)

5 结 论

该混合动力设计方案已经在大型运输船、拖轮船等船舶上应用。通过对混合动力系统各设备进行合理的选型和匹配,在给定的空间和相关约束下,提供全系统解决方案。提供合理的机桨匹配、系统性能、可靠性设计和评估,有效解决了船舶工况多变的需求,提高了船舶推进的灵活性和可靠性,降低了建造成本,船体的振动和噪声减少,船舶的维护保养需求降低,其应用前景非常广泛。

参考文献

- [1] 辛春安,蒋德志. 基于现代混合推进技术的船舶节能[J]. 青岛远洋船员学院报,2006,27(2).
- [2] 沈锦康,陈伟忠. 混合动力在深海作业多用途工作船上的前景展望[J],江苏船舶,2010,27(4).
- [3] 李玉生. 全电力推进在舰船上的应用及其展望[J]. 船

5 小 结

综上所述,发动机电控特性失效的原因既有 ECM 自身的设计缺陷,也和车载电气系统设计紧密相关。在了解电控特性失效的一般规律和应对措施之后, OEM 在应用电控特性开发新车型时,应尽量避免车载电气系统和外部干扰 EMI 对 ECM 系统的影响;并会同供应商为整车在全天候环境下提供足够高的抗干扰水平,实现发动机电控系统和整车电气的完美匹配。

参考文献

- [1] Bosch 汽车工程手册(英文第 5 版、中文第二版)[M]. 顾柏良等. 北京:北京理工大学出版社,2004.
- [2] 勾志勇. 电磁干扰对柴油机电控系统的影响[J]. 柴油机,2009,23(6).
- [3] 余勇,李建秋,周明,等. 车用柴油机 ECU 的电磁兼容性分析与设计[J]. 汽车工程,2001,23(6).

电技术,2005,25(2).

- [4] 刘峰,林明. 浅谈 350t 自航起重船的电力推进系统[J]. 机电信息,2010,(12).
- [5] 胡建炬,陈岚. 交流电力推进系统在自航式起重船上的应用[J]. 船电技术,2001,21(6).
- [6] 彭振宇. 船舶全电力推进系统工作特性仿真研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2009.
- [7] 刘雨,郭晨. 船舶综合全电力推进系统的动态仿真[J]. 中国航海,2010,(1).
- [8] 纪卓尚,林焰,张明霞. 电力推进系统的发展现状及其发展趋势[A]. 2006 中国大连国际海事论坛论文集[C]. 2006.
- [9] 高阳,薛小峰. 舰船推进监控系统研究[J]. 舰船科学技术,2008,30(6).
- [10] 郑元璋,冀路明. 船舶综合电力推进监控系统研究[J]. 中国航海,2005(4).
- [11] 张欢仁. 综合电力推进监测控制系统[J]. 上海造船,2006(1).