

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.02.023

电控柴油机 OBD 系统监控需求及管理研究

张 岳,周文华,杨腾飞,郭修其
(浙江大学 能源工程学系,浙江 杭州 310027)

摘要:针对电控柴油机诊断和维修较难的问题,采用车载自动诊断(OBD)系统对电控柴油机进行了管理。根据我国最新排放法规,分析了催化转化器效率、氧传感器故障、燃油喷射系统故障以及其他与排放相关部件的监测等电控柴油机 OBD 系统主要的监测需求;其次,通过对柴油共轨 ECU 对电路连接故障的监测、子系统可信度监测、故障灯的管理、故障确认的一般流程,及存储管理、OBD 系统认证时可模拟的故障等实现过程进行了综合性描述,全面给出了柴油机 OBD 系统管理过程;最后,在柴油机高压油泵电磁阀上完成了实际的故障诊断试验。研究表明,在电控柴油机出现故障时,ECU 能够通过 OBD 系统及时完成检测并对柴油机采取保护措施。

关键词: 电控柴油机; 车载诊断系统; 电子控制单元; 监测; 故障

中图分类号: TH39; TK427 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2015)02-265-05

Monitoring requirement and the management of the electronic controlled diesel OBD system

ZHANG Yue, ZHOU Wen-hua, YANG Teng-fei, GUO Xiu-qi
(Department of Energy Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Aiming at the diagnosis and repair of the electronic controlled diesel engine, on-board diagnostics(OBD) was used to manage the electronic controlled diesel engine. According to the new emission regulations of the China's auto emissions standards, after the analysis of the principal things of monitoring content in the electronic controlled diesel engine OBD system such as the efficiency of catalytic converter, the failure of oxygen sensor, the failure of electronic fuel injection and so on. Then, by making a comprehensive description of the circuit connection fault monitoring, subsystem reliability monitoring, the fault lamp management, the general process of fault recognition and the fault storage management, the fault that could be simulated during the OBD system certification, the management process of diesel engine OBD system was elaborated. Finally, the actual fault diagnosis test was completed on high pressure oil pump solenoid valve of diesel engine. The results indicate that, once the electronic controlled diesel engine has fault, ECU can use OBD system to complete detection and protect the diesel engine.

Key words: electronically controlled diesel engine; on-board diagnostics(OBD) system; electronic control unit(ECU); monitoring; fault

0 引 言

随着美国、欧盟、日本等国家先后出台了 OBD 相关法规,我国在 GB 18352.3-2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国 III、IV 阶段)》中也增加了 OBD 系统试验、在用车排放符合性检查,新增项均需要进行排放试验,对国 IV 以上阶段的发动机排气净化

系统 OBD 功能提出了强制性要求^[1]。

与汽油发动机相比,柴油发动机具有热效率高、燃油消耗率低和使用寿命长等优点,因此,小型客车和轿车柴油化是一种发展趋势。尽管电控柴油机具有较为明显的优势,但是国内将其真正应用于乘用车上还有很多工作需要完成,而开发电控柴油机的故障自诊断系统就是其中之一^[2]。正因如此,在电控柴油机的 ECU 电子控制单元中加入 OBD 系统,不仅能节约

收稿日期: 2014-10-21

作者简介: 张 岳(1987-),男,江西上饶人,主要从事发动机电子控制技术方面的研究. E-mail: zhangyueyyt@163.com

能源、控制污染、满足我国的排放法规要求,更能提高我国车辆的经济性与可靠性,将对现代汽车的发展起到非常重要的作用。

本研究基于电控柴油机 OBD 系统,分析电控柴油机 OBD 系统的监控需求,并对电控高压共轨 ECU 对 OBD 系统的各个实现过程进行描述,在柴油机高压油泵电磁阀上完成实际的故障诊断实验。

1 柴油机 OBD 系统的监控需求

1.1 催化转化器效率

对于催化转化器效率的评价主要包括空燃比特性和起燃特性。其中,实际空燃比是通过使用宽域氧传感器测量废气中的氧浓度获取的。催化转化器的起燃特性包括通过改变催化器入口温度测取转化率的起燃温度特性(Light-off-Temperature)和测算催化器达到 50% 转化率所需要的时间的起燃时间特性(Light-off-Time)^[3]。

1.2 氧传感器故障

发动机每次工作循环的喷油量是由 PCM(动力总成模块)根据氧传感器反馈来的信号来控制,以达到燃烧最完全。如果它的信号失真会引发混合气空燃比失控,从而导致排放升高。对于氧传感器故障的检测方法包括:传感器的信号电压是否超出可能范围;信号电压响应速度是否过低;信号电压跳变时间比是否超出规定范围;信号电压跳变频率是否过低;氧传感器是否活性不足;其加热器是否加热过慢^[4]。

1.3 燃油喷射系统故障

燃油喷射系统故障主要包括喷油器电磁阀以及高压油泵电磁阀的故障等^[5-6]。电磁阀故障包括驱动电路的断路、各种短路、可靠性故障以及机械结构长期磨损造成的可靠性等故障。对于柴油机电磁阀故障的检测与诊断,主要方法有:监测发动机瞬时转速,通过软件间接检测到故障状态;监测电磁阀开启和关闭时碰撞声音的时间间隔来判断故障^[7];或者利用卡尔曼滤波器结合相应的检测算法完成电磁阀柱塞堵塞等机械故障诊断^[8]等。

1.4 其他与排放相关部件的监测

首先,OBD 系统需要监测失效后导致排气污染物超过限值的其他排放控制部件或系统,或与电控单元相连并与排放有关的动力系统部件或系统,如空气质量流量、空气容积流量(和温度)、增压压力和进气支管压力(以及实现这些功能相关的传感器)的系统或部件。其次,还需要监测整个后处理系统中所有与排放相关的部件的故障,如进气质量闭环控制系统、SCR

系统、EGR 系统、共轨压力监控系统以及增压压力控制系统等。最后,其他任何与排放有关,且与电控单元相连接的动力系统部件的电路连通状态也应进行监测。

2 共轨 ECU 对 OBD 系统的管理

电控高压共轨燃油系统由电控单元 ECU 进行灵活控制,用高速电磁阀或压电式喷油器对高压燃油实现数字调节,能够自由实时地调节喷油量、喷油率形状和喷油时间,并在一个工作循环内实现多次受控喷射,使柴油机的性能得到了实质性的提高^[9]。下面就电控高压共轨 ECU 对 OBD 系统的实现过程进行描述。

2.1 电路连接故障的监测

电控系统通过硬件电路的设计可以检测并区分对地短路、对电源短路、开路 and 信号不可信等 4 种电路连接故障类型。针对不同的电路连接故障类型,电控系统可以根据其对排放的实际影响分别确定其是否激活故障指示灯。其中,系统通过设定可信的物理范围或通过其他与其他传感器信息的对比,可以识别不可信故障信号。

2.2 子系统可信度监测

OBD 监测系统包括废气再循环监测系统、空气质量可信性监测、轨压可信性监测、水温可信性监测、增压压力监测系统等。废气再循环监测系统可以通过比较实际测量的进气量与理论计算得出的进气量的差值,判断废气再循环系统是否有故障。空气质量可信性监测可以通过测量发动机停机状态下测得的空气质量判断空气质量信号是否可信。轨压可信性监测可以通过比较发动机启动前或停机后一段时间测量的轨压值与大气压力值判断轨压信号是否可信。水温可信性监测可以根据一定时间内的水温是否升高并达到一定的温度判断水温信号是否可信。增压压力监测系统可以通过比较一定发动机工况下的进气压力值和理论计算得出的压力值,判断增压压力信号是否可信。

2.3 故障确认的一般流程及存储管理

故障管理系统是指 ECU 在监测到发动机出现故障以后,对监测到的故障进行后续处理如熄灭发动机或者跛行回家等一系列工作。故障管理系统主要包括故障确认和故障存储。

ECU 对故障确认的一般方法引入了故障路径这一概念,故障路径包含 4 种故障,一般一个部件对应一个故障路径。当某一故障路径第一次失效时,该故障路径在 ECU 下电前存入 EEPROM。存储在 EEPROM

中的故障路径根据该故障出现的次数会处于不同的状态,笔者在此用故障路径入口状态来描述其状态的变化,故障路径状态转换图如图1所示。

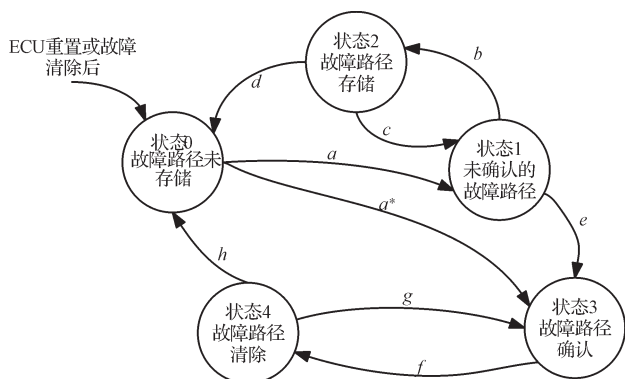


图1 故障路径状态转换图

图1中的5种状态分别具有不同的含义,具体描述如表1所示。

表1 状态描述

状态	描述
状态0	初始状态,尚未有故障路径被确认为失效
状态1	故障路径确认失效,但是相应的循环数还未达到规定的循环数,同时,冻结帧将被存储
状态2	处于状态1时,如果故障没有重现,则进入状态2;当处于状态2时,如果故障重现,则返回状态1,且冻结帧重新存储;但是当处于状态2时,故障没有重现,则故障路径入口被删除,进入状态0
状态3	达到规定的循环数后,故障路径入口被确认,故障灯在这个状态会被点亮;当有严重故障发生的时候,可直接由状态0进入状态3
状态4	如果故障消失,则进入状态4,如果故障消失超过规定的循环数,则删除故障入口,进入状态0。如果故障重现,则重新开始故障路径确认循环,即进入状态3

2.4 故障灯的激活与熄灭

2.4.1 MIL(发动机故障指示灯)的激活

首先,汽车点火开关已经打开,而发动机未启动,MIL也必须激活。其次,排放一旦超过OBD限值,或OBD系统不能满足OBD系统的监测要求时,MIL必须激活。

2.4.2 MIL的熄灭

首先,故障灯状态切换图如图2所示。如果排放低于欧III限值,即灰色区域,则MIL不得激活;如果排放介于欧III和OBD限值之间,即白色区域,制造厂可以选择是否激活MIL,如果排放超过OBD限值,即黑色区域,则MIL必须激活;第二,如果在连续的3个运作循环都监测到导致排放超限的故障,则MIL在第3个驾驶循环激活;第三,对于需要两个以上运作循环

才能激活MIL的方案,制造厂必须提供数据或工程评价,以充分证明该监测系统能同样有效及时地监测部件的劣化;第四,一旦发动机失火达到制造厂规定的水平,可能引起催化器损坏时,MIL必须在独特的警告模式下工作,如指示灯闪烁;第五,发动机启动后,如果先前没有检测到故障,MIL应熄灭;第六,如果可能损坏催化器的发动机失火率不再存在,则MIL应切换至激活以前的状态,相应的故障代码和存储的冻结帧状态可被清除;最后,对于其他所有故障,在3个连续的运作循环期间,如果负责激活MIL的监测系统不再监测到故障,且没有检测出其他会单独激活MIL的故障之后,MIL可以熄灭。

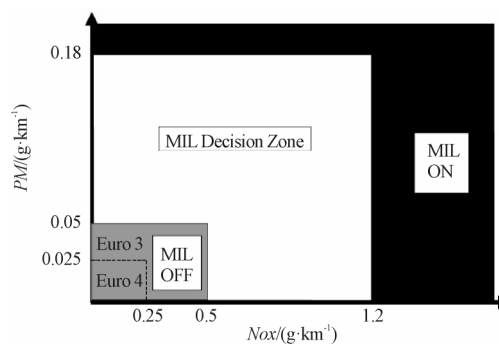


图2 故障灯状态切换图

2.5 故障存储管理

OBD系统必须记录表示排放控制系统状态的代码,而且必须使用单独的状态代码,以便正确识别起作用的排放控制系统,以及需要进一步运转汽车,才能全面评价那些排放控制系统^[10]。如果由于劣化、发生故障或永久排放默认模式引起MIL激活,则必须储存能识别相应故障类型的故障代码。

OBD相关故障发生后,电控系统自动将当前故障发生时的车辆状态冻结帧存储到EEPROM中。存储的故障信息包括:冻结帧、环境变量、故障发生时的车辆里程数等。其中,系统冻结帧可以支持最多达64种故障信息的存储,且支持故障存储的优先级别。同时,冻结帧格式满足法规要求和国内柴油车的配置实际,可以输出包括:计算的负荷值、发动机转速、车速、冷却液温度、燃油压力和故障代码;同时还增加了一些便于有效修理的数据如:油门踏板大小、蓄电池电压、大气压力和空气进气质量等。

另外,系统还可针对不同的故障配置不同的多达5种的环境变量,便于对故障的有效修理。需要注意的是,故障代码的标定与OBD法规要求的国际标准故障代码一致。

2.6 OBD系统认证时可模拟的故障

对于催化转化器故障,需要完全移除催化转化器

后进行I型试验,排放结果证明,完全移除催化转化器后排放依然在OBD限值内,则不需要监测。对于燃油计量及喷油正时故障,系统中燃油计量单元的短路、开路,轨压传感器的短路、开路均会导致系统停机,故模拟这些故障后无法进行I型试验(常温下冷启动后排气污染物排放试验),此时MI点亮;试验中可以拔掉一缸喷油器电路,模拟喷油器开路故障进行I型试验。关于其他与电控系统相关的部件或系统故障:实验中可通过拔掉水温传感器、空气质量流量传感器、EGR 阀、预热塞电路模拟相应的开路故障,还可以通过软件方式模拟大气压力传感器、EGR 系统偏差、水温动态不可信、空气质量流量信号不可信、轨压信号偏差故障。通过模拟故障可以检验系统OBD在各方面的监测能力和准确性。

3 实验验证

在燃油喷射系统的整个工作寿命中,电磁阀开关上亿次,因此,其可靠性是电控系统的重要性能之一。该实验主要针对高压油泵电磁阀对电源短路故障时,OBD系统的故障诊断策略进行了具体的参数设计和结果分析。电磁阀对电源短路故障诊断的流程如图3所示。

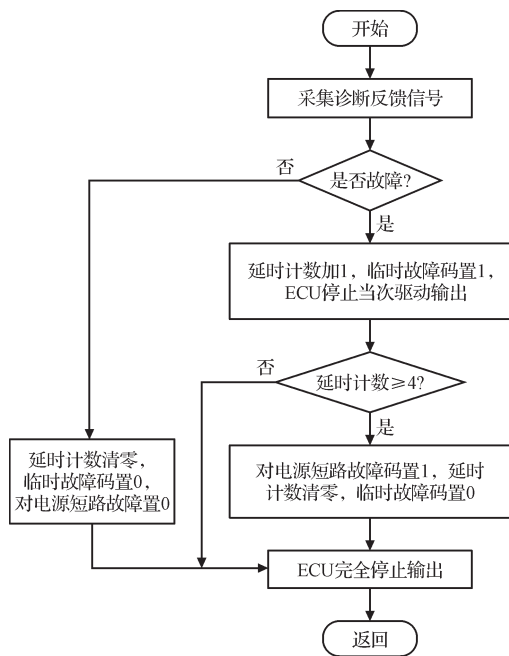


图3 对电源短路故障的诊断流程图

油泵电磁阀在正常工作时,要求驱动电流一级维持为15 A,二级维持为6 A。因此,本研究设定驱动电流 I 达到22 A时电磁阀发生短路故障。柴油机采用直列式泵控制阀高压油泵,实验设定转速为800 r/min,柴油机飞轮转一圈作为一个工作循环。油泵电磁阀

正常工况的驱动电流波形如图4所示。

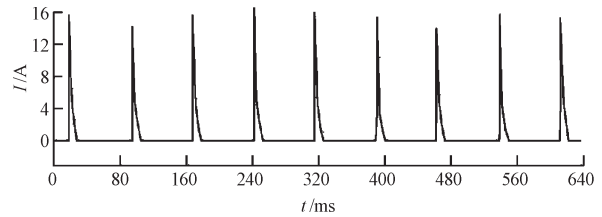
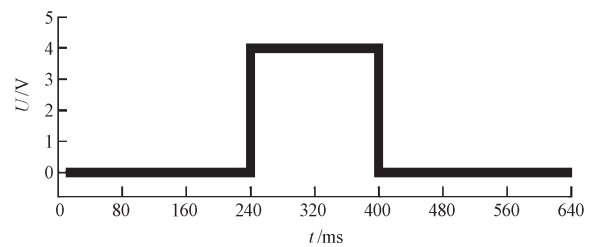
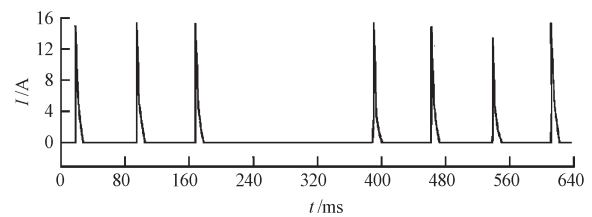


图4 油泵电磁阀正常工况的驱动电流波形图

在不同延时数下,模拟电磁阀对电源短路故障如图5所示。ECU能采集故障检测及诊断信号。由图5(a)表明,在发生对电源短路时,ECU能够及时检测到诊断反馈信号的电压变化,延时计数为2时,由于未达到最小次数(4次),ECU判断电磁阀为临时性故障,停止当次电磁阀驱动,以排除临时性故障或其他信号干扰引发的误判等情况。由图5(b)表明,延时计数达到最小次数时,ECU确认电磁阀发生对电源短路故障,则永久停止电磁阀驱动。同时,OBD系统会立即点亮故障灯,并记录故障的故障码和引起该故障码的冻结帧数据,以便维修人员进行后续维修。



(a) 两个工作循环对电源短路



(b) 四个工作循环对电源短路

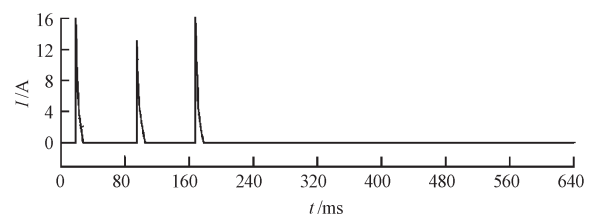
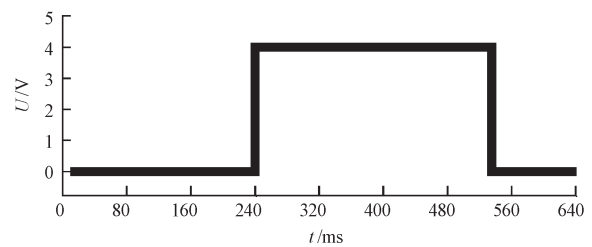


图5 对电源短路故障诊断信号波形图

4 结束语

首先,本研究分析了电控柴油机OBD系统的监控需求,针对国内柴油机电控系统提出了OBD监测的主要内容及故障灯的管理。其次,本研究提出了故障确认的一般流程,设计了故障确认状态机的转化机制,并对故障冻结帧存储内容进行了简单阐述。最后,本研究通过模拟高压油泵电磁阀对电源短路故障,验证了ECU能够通过OBD系统对柴油机相关部件进行故障诊断与管理。

该研究比较全面地给出了共轨ECU对OBD系统的管理过程,为电控柴油机各个部件的故障诊断策略提供了参考依据。

参考文献(References):

- [1] 卜建国,张卫锋,资新运,等. 基于OBD技术的轻型柴油车DPF系统诊断策略的研究[J]. 汽车工程,2011,33(3):203-207.
- [2] 臧润涛. 面向共轨柴油机的OBD平台技术开发[D]. 杭州:浙江大学能源工程系,2012.

- [3] 尚小明. 汽车催化转化器载体结构研究与流动特性分析[D]. 大连:大连理工大学汽车工程学院,2007.
- [4] 业红玲,王继先,王务林,等. 现代低排放汽车的OBD系统[J]. 机械工程师,2007(9):13-15.
- [5] 徐权奎,祝轲卿,陈自强,等. 高压共轨柴油机喷油器电磁阀故障诊断系统设计[J]. 内燃机工程,2007,28(4):69-72.
- [6] 王 孝,王璠璟. 新型高压共轨喷油器电磁阀驱动系统故障诊断及自保护系统设计[J]. 内燃机工程,2009,30(6):59-61.
- [7] HIRONOBU S, NAGOYA. Diagnosis method for solenoid Valve based on noise detection: US 7,877,194[P]. 2011-01-25.
- [8] TSENG C Y, LIN C F. A simple method for Automotive Switching-type solenoid valve stuck fault detection[J]. **International Journal of Heavy Vehicle Systems**, 2007, 14(1):20-35.
- [9] 魏列江,胡晓敏,张振华. 柴油机高压共轨喷射系统喷油量测量现状概述[J]. 拖拉机与农用运输车,2012,39(3):16-22.
- [10] 毕海波. 重型CNG发动机车载诊断(OBD)系统研究[D]. 北京:北京交通大学机械与动力工程学院,2012.

[编辑:张 豪]

本文引用格式:

张 岳,周文华,杨腾飞,等. 电控柴油机OBD系统监控需求及管理研究[J]. 机电工程,2015,32(2):265-269.
ZHANG Yue, ZHOU Wen-hua, YANG Teng-fei, et al. Monitoring requirement and the management of the electronic controlled diesel OBD system[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2015, 32(2):265-269. [《机电工程》杂志: http://www.meem.com.cn](http://www.meem.com.cn)

(上接第264页)

参考文献(References):

- [1] 孙 清. 玻璃立式钻孔机电气控制系统[D]. 沈阳:沈阳工业大学电气工程学院,2007.
- [2] 姜信建. X-Y数控滑架式玻璃钻孔加工技术[J]. 机械工程师,2003(3):57-58.
- [3] 唐润宏,陈文楷,余跃庆. 松下交流伺服系统与PMAC控制卡在机器人中的应用[J]. 仪器仪表用户,2006,13(5):78-80.
- [4] SCHOOP R, NOUBERT R, SUESSMANN B. Flexible Manufacturing Control with PLC, CNC and Software Agents[C]// Proceedings 5th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems. Dallas: IEEE Computer Soc., 2001: 365-371.
- [5] QIU Hua, LI Yan-bin, LI Yan. A new method and device for motor accuracy measurement of NC machine tools [J]. **International Journal of Machine Tools & Manufacturing**, 2001(41):535-554.
- [6] 魏海波,张君薇,孙 清,等. 基于PLC和交流伺服系统控制的自动化生产线输送系统[J]. 工业控制计算机,2011(7):81-82.
- [7] Panasonic Inc.. Minas A4 Manual[Z]. Panasonic Inc., 2010.
- [8] 黄兆斌,黄云龙,余世明. 几种步进电机加减速方法的对比研究及其应用[J]. 机电工程,2011,28(8):951-953.
- [9] 吴文勇. 对玻璃材料进行钻孔加工工艺探析[J]. 职业,2014(3):151.
- [10] 耿金良,王 劲,孙千里,等. 自动化设备的数据采集与计算机处理技术[J]. 机电工程,2014,31(5):616-619.

[编辑:洪炜娜]