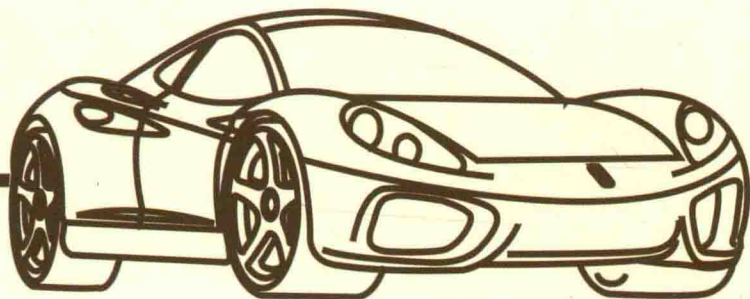




高职高专汽车专业教材



沈仲贤 编 著

(第二版)

汽车柴油机电控技术

配课件



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

21 世纪交通版高职高专汽车专业教材

Qiche Chaiyouji Diankong Jishu
汽车柴油机电控技术

(第二版)

沈仲贤 编 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书详细讲述了电控柴油发动机控制系统的原理、检测与诊断技术,其中特别讲述了国外先进的基于故障码和基于症状的控制系统故障诊断的经验和实用方法,还选编了一些故障诊断实例。

本书专门设置了实训课程内容,对实训中各项任务的准备、步骤和要求及注意事项等方面都做了详尽叙述和安排,非常适合作为高职、中职院校的汽车运用、工程机械等专业或培训课程的教学用书,同时也可作为专业维修技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车柴油机电控技术 / 沈仲贤编著. —2 版. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.9
ISBN 978-7-114-12421-1

I. ①汽… II. ①沈… III. ①汽车-柴油机-电气控制系统-高等职业教育-教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 179857 号

书 名: 汽车柴油机电控技术(第二版)

著 作 者: 沈仲贤

责任编辑: 时 旭

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 11

字 数: 250 千

版 次: 2007 年 8 月 第 1 版

2015 年 9 月 第 2 版

印 次: 2015 年 9 月 第 2 版 第 1 次印刷 总第 9 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12421-1

定 价: 26.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

再版前言

由于人们对柴油机排放的要求日益提高,我国的柴油机技术进入了电子控制时代。柴油机服务技师不仅需要具备柴油机机械部件的检修技能,还需掌握柴油机电控系统的故障诊断技术。纵观目前国内关于电控柴油发动机的教学用书,都未能紧密联系行业实际需要,未能系统地介绍对电控柴油发动机控制系统的故障诊断技术,故作者编写了本书。

本书系统介绍了国际先进柴油发动机的电控技术,包括电控系统的组成和基本原理,还介绍了电控天然气发动机及其他一些电控技术。每单元配以相应的实训课程,由浅入深地介绍了柴油机电控系统的检测与诊断技术,目的是使所培养的柴油机服务技师同时具备机械与电气两方面的服务技能。在实训课程中,本书详细列出了所需要做的准备工作、步骤要求以及注意事项,这可帮助实践经验不足的老师迅速提高教学水平。柴油机电控系统的故障诊断,要求具有很强的动手能力和丰富的实践经验,这对于一些年轻的、缺少实践经验的教师来说,开始讲授的时候可能会感到困难,但只要静下心来钻研进去,也不难掌握这些先进技术。

学习本课程前,学生应已完成“柴油机构造与检修”课程的学习。“柴油机构造与检修”课程的内容注重柴油机基本原理、构造以及相应的检修装配;本课程注重的是柴油机电控系统的故障诊断。这两门课程相结合,才构成完整的柴油机课程。

本书既适合作为汽车专业的柴油机课程用书,也同样适合工程机械或游艇等专业。本书内容主要为高职院校师生编制,也可供大学本科或中职的师生和从事柴油机的研究人员参考。学完本课程,学生将会具备对柴油机电控系统进行故障诊断的基本思路与动手能力,不会在面对柴油机电控系统故障时束手无策。如果学校条件不足时,可略去单元三天然气发动机的学习内容,但不应忽略其中拓展学习的内容。

本书的出版以及部分插图的编辑工作得到上海景格汽车科技有限公司的大力帮助,在此表示衷心谢意。

我国的柴油发动机技术从制造装备、设计水平、加工工艺、控制技术及售后服务等诸多方面要落后于国际先进水平至少 30 年,逐步追赶国际先进水平是广

大从事柴油发动机专业的科技工作者的心愿。限于编著者的经历与水平,书中如有不妥之处,欢迎广大师生与柴油机专业的同行批评指正,共同为我国的职业教育事业与提高我国的柴油机技术水平贡献一点微薄之力。

沈仲贤

2015年1月



CONTENTS

单元一 电控柴油机基础	1
一、电路基本测试技术	1
二、电控柴油机控制系统	5
三、电控柴油机电路图及电气技术规范	17
四、实训——柴油机电控系统认识与基本测试	34
五、学习评价	40
六、拓展学习——电控柴油机控制系统的特性与功能	41
单元二 电控柴油机燃油系统	51
一、燃油系统概述	51
二、电控柴油机燃油系统	52
三、实训——四气门柴油机高压共轨燃油系统的检测与诊断	90
四、学习评价	102
五、拓展学习——ECM 测试简介	103
单元三 天然气发动机	104
一、概述	104
二、天然气发动机控制系统	107
三、天然气发动机燃料系统	112
四、天然气发动机点火系统	117
五、天然气发动机专用机油与闭式曲轴箱通风	119
六、实训——天然气发动机	119
七、学习评价	121
八、拓展学习——电控系统故障诊断技术基础	121
单元四 电控柴油机其他系统的控制	126
一、涡轮增压	126
二、发动机制动	130
三、机油管理	134
四、进气加热	136
五、实训——基于故障码的电控系统故障诊断	138

六、学习评价	144
七、拓展学习——基于故障码的故障诊断实例	145
单元五 电控柴油机的排放净化技术	148
一、柴油机排放的有害成分与排放法规	148
二、废气再循环(EGR)技术	150
三、催化转化技术	152
四、颗粒物净化技术	154
五、实训——基于症状的电控系统故障诊断	156
六、学习评价	160
七、拓展学习——基于症状的故障诊断实例	161
附录 东风康明斯 ISDe 发动机接线图	163
参考文献	167

单元一 电控柴油机基础

学习目标

1. 掌握正确使用数字万用表进行电路测试的方法;
2. 了解故障诊断仪;
3. 掌握发动机电子控制系统的组成;
4. 了解控制系统的自诊断功能;
5. 掌握各种传感器的基本原理及其输出信号的特点;
6. 掌握通过指示灯的闪烁读取故障码的方法;
7. 掌握各种指示灯亮起的含义;
8. 掌握电控发动机电气技术规范及其应用;
9. 掌握识读电控发动机电路图;
10. 掌握线束的检修方法。

一 电路基本测试技术

1 概述

在进行控制系统故障诊断时常用的工具有两种:一种是专用或通用的故障诊断仪;一种是数字万用表。故障诊断仪的使用并不复杂,在打开仪器以后,只需选择所需要的发动机型号及所需测试的项目或读取数据流即可。用故障诊断仪读取发动机控制模块(Engine Control Module, ECM)数据时可有两种情况:一种是打开点火开关不起动发动机;另一种需起动发动机来读取动态数据。如果需要在发动机运转状态下进行参数测试,应注意测试时的发动机工况,有的测试项目需在发动机额定工况下进行,而有的参数则需要在发动机高怠速或低怠速时进行,一定不能混淆。

数字万用表是一种非常实用和必不可少的基本测试工具。它的使用看起来很简单,但要做到准确、高效率的使用数字万用表查找故障,需要在实践中不断积累经验。

数字万用表的使用离不开电气接线图。在正确读取了故障码信息后需查阅电气接线图或维修手册来确定适当的测试参数和测试点,所以,能读懂电气接线图是一个合格的维修技



师最基本的技能之一。

由于传感器/执行器和线束之间采用某种型号的插头,这些插头线束的维修有的需要专用工具。在使用数字万用表对传感器插头、线束或 ECM 插头进行测量时,需注意使用型号合适的测试导线,严禁不分场合直接使用万用表触针对传感器/线束插头进行测试。直接使用万用表触针对插头/插孔进行测量,很容易引起插头的端子与插孔之间接触不良而产生故障。接触不良故障常常表现为时断时续,查找起来费时费力。

在进行线束故障的测试查找中,需拆卸 ECM 插头。注意拆卸 ECM 插头前(包括任何电气部件)应断开电源。在进行线束导通性测试时应注意测试导线之间有无短路。

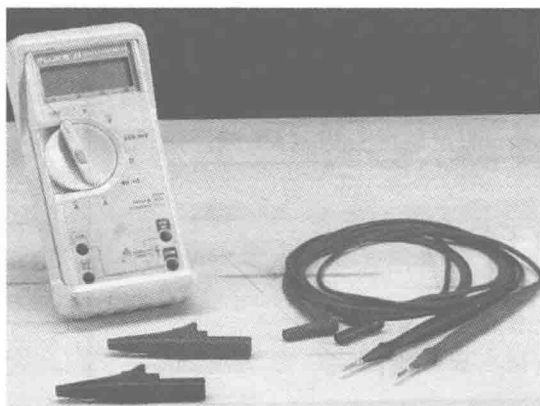


图 1-1 Fluke 数字万用表

2 数字万用表

数字万用表是一种基本、实用的电路测试工具,如图 1-1 所示。各种数字万用表的功能基本相同。熟练掌握数字万用表的使用方法是进行电控发动机故障诊断的基本要求。

常见的 Fluke 数字万用表表面都有一个旋钮,设有一些挡位,如直流电压、交流电压、直流电流和交流电流、电阻/二极管/导通等挡位。有的数字万用表电阻/二极管/导通挡位分开两个挡位,有的则合并到一个挡位,另外使用一个按钮在不同功能间切换。使用数

字万用表之前一定要明白各按钮/旋钮的功能,否则极易产生错误信息。数字万用表对应不同挡位的内部电路各不相同,使用错误挡位进行测量可能会损坏数字万用表。

数字万用表的面板上有 4 个插孔,一个黑色的插孔是公共插孔,通常黑表笔的另一端总是插在这个孔中;一个红色插孔是电阻/电压公用插孔,测量电阻和电压时红色表笔插在这个孔中,只是旋钮分别位于电阻挡或电压挡。另两个红色插孔分别是测试大电流和小电流的插孔,测试时数字万用表旋钮位于直流/交流电流挡,而红表笔分别插在对应量程的孔中,黑表笔的插孔不变。

打开数字万用表测量不同参数时,开始通常都处于自动量程状态,即数字万用表可以自动根据测量参数值的大小来调整量程。数字万用表也可以在测量某种参数时手动设定量程。不熟练者使用手动设定量程功能时需特别谨慎,否则容易得到错误信息。例如在测量小电阻时错误地设定在大量程挡位,则数字万用表读数可能为零,这样就很容易使自己的判断出错。数字万用表也可以设定在某一特定量程,即所谓的量程保持,该功能用来比较已知测量参数值为同一量级的参数值,因为前述关于量程设定的原因,初学者特别容易出错,应慎用这个功能。自动量程也同样可以用来比较测量数值。

数据保持功能在不方便同时注视测量点和测量值的时候特别有用,因为设定数据保持功能时,在表笔离开测点后测量值还会显示在显示屏上,而不像平常测量那样,表笔一离开测点,显示屏上原来的读数就消失了。

二极管/导通性测量是很实用的一个功能,当旋钮处于二极管/导通性挡位,黑表笔在公共插孔,红表笔位于电压/电阻插孔时,当测量的电阻值低于某一设定值时,例如 150Ω 时,数

字万用表就会发出“哔”声,测量者不用转过头去看显示屏的读数即可知道,这两个测点间是导通的。当然,对于好的导通的定义,不同的制造商有不同的规范,例如丰田公司对于良好导通的规范为电阻小于 1Ω ,而康明斯公司对于良好导通的规范为电阻小于 10Ω 。如果需要精确测量较小的电阻,测量者应先测量数字万用表的内阻,然后从数字万用表显示的测量值中减去数字万用表内阻。同样,不同制造商对于电路开路的电阻值也可能有不同的规范。开路或短路只是一个相对的概念。

3 参数测量

1) 电阻的测量

如需测量电路中某两点间的电阻,需断开电源开关,然后断开电阻两侧任一侧电路,把数字万用表旋扭转到电阻挡,表笔任意可靠接触两个测点,即可测得该两测点间的电阻(必要时减去数字万用表内阻,如测得的阻值较大或精度要求不高,则可忽略数字万用表内阻)。

2) 电压的测量

如需测量某负载两端的电压,则需打开电源,把数字万用表红表笔接负载正极一侧,黑表笔接负载负极一侧即可。数字万用表表笔接错了也没有关系,因为数字万用表读数前会出现一个“-”号,它告诉你,表笔的正负极接反了。

在电控发动机线束的测量中,通常没有可供数字万用表表笔测量的测点,这时如果有专门的导出线束,则测试就变得非常方便。导出线束串接于线束插头和传感器/执行器插头之间,它如同管道中的三通插头,把信号导出。只需把数字万用表表笔接触适当的导出端子,即可测得信号电压。

3) 电流的测量

如需测量某线路中的电流强度,必须先断开电源开关,断开该电路,再把数字万用表表笔串联到电路断开的两侧,红表笔与电源正极侧相连,黑表笔与电源负极侧相连;接通电源即可进行测量。数字万用表表笔接错了也没有关系,因为万用表读数前会出现一个“-”号,它告诉你,表笔的正负极接反了。

看起来电阻、电压和电流的测量非常简单,但在电控发动机故障诊断的实践中,测量者需自行确定测量何种参数和如何去测量。初学者在读电路接线图时一般能正确理解 ECM 插头针脚的位置编号,而在实践中,断开电源,拆下 ECM 的线束插头后或者分开传感器接头后,翻过来看到的情况可能与接线图上的截面相反,导致找错端子甚至找错插头的情况屡有发生。端子找错了或插头错了,当然不可能找到故障根源。

此外,在柴油机燃油系统的故障诊断中,常需要测试诸如输油泵进油阻力、输油泵出口压力、燃油滤清器两侧的压降、燃油回油阻力等,采用一个压力测试模块与数字万用表结合则可使上述一些压力的测试变得非常方便(图 1-2)。压力测试模块上有一红一黑两个插



图 1-2 用数字万用表与压力测试模块测量压力

柱,可插入数字万用表电压测量的相应插孔。模块上的电缆连接一个快速插孔,插孔中有一



个压力传感器。模块上还有电源开关、调零旋钮和对应不同压力单位的滑动开关来设定所需的压力单位,如 kPa、mmHg 或 psi。测试时,只要把快速插孔安装到所需测量位置的快速接头上,以规定的工况(如高怠速、低怠速等)运转发动机,数字万用表显示出来的数值即为设定单位的压力值。

压力测试模块使用 9V 电池供电,在测试前需注意确认压力模块的电源电压高于正常工作最低电压,还应注意用一个快速接头或合适的工具顶开一下插孔端的快速密封端子,以释放压力传感器上可能残留的压力,再把模块安装到数字万用表上,旋动调零旋钮使数字万用表读数归零,再设定输出压力的单位。

在故障码的诊断过程中,通常都可以查找制造商提供的维修手册获得帮助。维护手册针对每一种故障码都提供了详细的测试和查找步骤,所以认真研读维修手册中相应故障码的内容非常重要。要做到诊断过程中的每一步测试过程都正确有效,没有不必要的步骤;不应在没搞清楚之前就进行测试或更换零配件。在确认某一零件,如某个传感器损坏,安装新传感器前,应确认新传感器工作正常后再进行安装。在有条件的地方,故障现象排除后再做一个发动机排气测试,以进一步确认发动机工作是否正常。

4 故障诊断仪

在对电控柴油机的故障诊断中,故障诊断仪是一种很有用的仪器。常见的故障诊断仪有通用故障诊断仪和专用故障诊断仪两种。

(1)故障诊断仪可以是专用故障诊断仪或通用故障诊断仪,也有使用通用笔记本电脑或专用笔记本电脑对控制系统进行故障诊断。有的故障诊断仪不仅能检测故障码、监测各种数据,还可以进行模拟故障诊断,对故障诊断提供指导,包括对有故障码的故障和仅有故障症状的故障查找诊断进行详细的指导;还可以在某种特殊的测试时对 ECM 进行控制,使发动机在一种特定的工况下运转,来帮助维修技师进行故障诊断。如切断柴油机指定汽缸的喷油来查找工作不良的喷油器,还可以提高油轨内的燃油压力来检测高压共轨燃油系统的泄漏等。

使用通用故障诊断仪进行故障诊断前常需选择车型、生产年款或发动机型号,然后再在仪器显示的主菜单中选择要执行的具体操作内容。在读取发动机(车辆)故障信息前,应打开点火开关,不起动发动机。此时可以读取故障码信息和冻结帧数据,即故障发生时刻的各种参数值;在起动机后再次检查故障码信息,清除非现行故障码,读取动态数据流,确认各参数有无异常,同时可以验证发动机故障现象。

需要强调,并不是控制系统发生的每种故障都会有故障码。例如,当曲轴转速传感器和凸轮轴位置传感器同时出现故障时,系统不会记录故障码。虽然起动机带动发动机转动,但发动机并不会起运转。因为系统检测不到发动机的转速信号以及位置信号,控制系统无法对发动机进行喷油控制,所以发动机不会起运转,也不会记录故障信息,这时,就需要利用故障诊断仪监测一些参数,从异常的参数中找出故障的根源。

目前国内厂家生产的一些通用故障诊断仪的功能尚停留在参数的测试与故障码的读取水平上,不能实现对 ECM 主动进行控制,如切断一个或多个汽缸的供油,评价各缸的工作情况,或通过指令提高高压共轨燃油系统中燃油的压力以便检测内部燃油泄漏等。

通常各传感器的工作电压都有一定的范围,如 0.25 ~ 4.75V。高出或低于这个范围超

过一定时间,系统通常都会记录一个故障码。根据这个故障码,根据维修手册中相应的检查步骤逐步进行检查就能很快地找出故障根源。

(2) 示波器可以用来实时监测各种传感器或执行器的信号波形,只要把测量得到的波形与相应传感器/执行器的正常波形相比较,就可以知道这个元件工作是否正常。一个合格的维修技师应掌握正确使用示波器的方法,但在柴油机控制系统的故障诊断中,通常可以不用示波器。

二 电控柴油机控制系统

1 概述

传统柴油发动机的排放已无法满足日益严格的环保要求,迫使发动机制造商不断开发和采用先进的电子控制技术对发动机进行优化控制。特别是从 20 世纪 70 年代以来,柴油发动机的电子控制技术获得了巨大进步。

与传统机械控制的发动机相比,电控发动机可通过一个电子控制模块(ECM)来控制 and 协调发动机的工作。ECM 就像人的大脑一样,通过各种传感器和开关实时监测发动机的各种运行参数和操作者的控制指令,通过计算判断后给各执行元件(如喷油器等)发出指令,实现对发动机的优化控制。控制系统通过精确控制喷油时间、喷油规律和喷油量,以达到降低排放和提高燃油经济性的目的。

电子控制系统按照硬件功能来分,可分为输入、处理和输出三大部分。其中输入部分包括各种传感器和开关(包括加速踏板)。它们把发动机的工作状态输入发动机电子控制模块(ECM)。ECM 中一部分为处理器,用来对各种输入参数进行处理;另一部分为存储器,它存储了各种必要的数。对于千变万化的发动机工况,ECM 可以立即找到最佳的控制参数,发出指令,对发动机进行控制。执行 ECM 的指令,对发动机进行控制的装置为各种执行器。发动机控制系统示意图如图 1-3 所示。

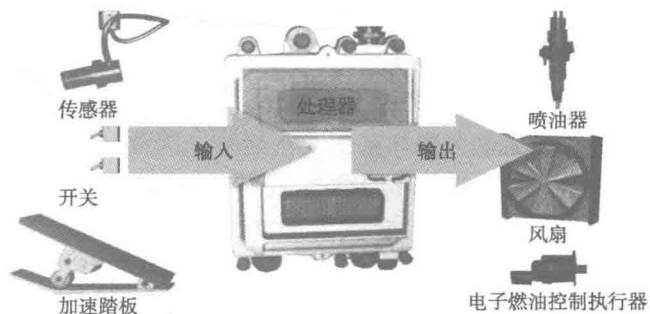


图 1-3 发动机控制系统示意图

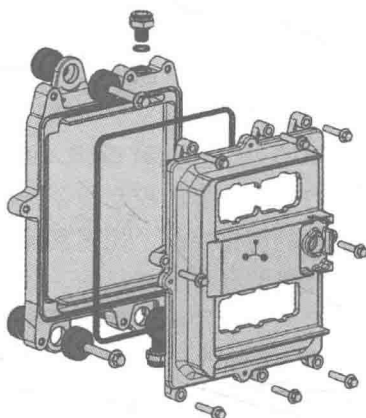
一些电控汽油发动机上常常有很多个电子控制单元(ECU),而中等功率电控柴油机的电子控制模块(ECM)通常集成在一个盒型结构中。上面设 2~3 个接口,通常一个是发动机线束接口,一个是主机厂接口。ECM 上通常有铭牌,康明斯电控柴油机的 ECM 铭牌上标注有 ECM 零件号、生产序号、数据代码、发动机生产序号和 ECM 代码。ECM 代码表示对应发



动机型号和应用相匹配的控制软件编号。ECM 并不是仅仅对发动机进行控制,它同时也有许多协调和控制车辆的功能。有的发动机线束接口再分为两部分或者两个接口,一部分是输入接口,另一部分是输出接口。有的 ECM 上还设有专门的电源接口。随着电子元件和控制软件技术的进步,在电控柴油机上所使用的 ECM 也在不断进步。即使是同一平台的发动机,由于应用场合不同,ECM 的硬件和控制软件也会有所不同。即使是同一系列的发动机,ECM 型号也完全相同,但不同用途的发动机对应的控制软件也会有所不同。这种不同通常由不同的 ECM 代码来表示。线束插头的型号也不同,如在康明斯电控发动机上,常见有 AMP 插头、Bosch 插头与 Deutsch 插头等。东风康明斯 ISDe 发动机空气冷却式 ECM 如图 1-4a)所示,采用 Deutsch 插头;康明斯 ISBe 发动机燃油冷却式 ECM 如图 1-4b)所示,采用 Bosch 插头。



a)东风康明斯ISDe CM2150电控模块



b)康明斯ISBe CM800电控模块

图 1-4 康明斯柴油机电控模块

发动机运行过程中,电子控制模块(ECM)根据不同传感器和控制开关输入的信号,按照预先设定的控制程序进行数学计算和逻辑判断,并向各种执行器发出相应的控制指令完成不同的控制功能。如果某个传感器或控制开关发生故障,就不能向 ECM 输送正常信号,发动机性能就会变坏甚至无法运行。如果执行机构发生故障,那么其监测电路反馈给 ECM 的信号就会发生异常,发动机性能也会变坏甚至无法运行。因此,发动机一旦接通点火开关,自诊断功能就会投入工作,实时监测各种传感器、控制开关和执行器的工作状态。一旦发现某个传感器或控制开关信号异常或执行机构监测电路反馈的信号异常就会立即采取相应措施。

自诊断系统的功能包括三个方面:一是监测控制系统工作状况,一旦发现某只传感器或执行器参数异常,就立即发出报警信号;二是将故障内容编成代码(称为故障码)存储在随机存储器(RAM)中,以便维修时调用或供设计参考;三是启用相应的备用功能使控制系统处于应急状态运行。

1) 发出报警信号

在电子控制系统运行过程中,当某一传感器或执行器发生故障时,电子控制模块(ECM)立即接通仪表板上的故障指示灯电路,使指示灯亮起或闪烁。提醒驾驶人控制系统出现故

障,应立即检修或送修理厂修理,以免故障范围扩大。

2) 存储故障码

当自诊断系统发现某只传感器、控制开关或执行器发生故障时,其电控模块会将监测到的故障内容以故障码的形式存储在随机存储器(RAM)中。只要存储器电源不被切断,故障码就一直会保存在RAM中。即使是发动机运行中偶尔出现一次故障,自诊断系统也会及时检测到并记录下来。每台发动机(车辆)的自诊断系统电路中都设置有一个专用的故障诊断接头,当诊断故障或需要了解控制系统的运行参数时,使用制造商提供的专用故障检测仪或运用特定的操作方法,通过故障诊断接头将存储器中的故障码和有关参数读出,为查找故障部位、了解系统运行情况或改进控制系统的设计提供依据。这里需要指出的是控制系统并不能显示出所有的发动机故障,而仅仅能显示出部分控制系统的故障。

3) 启用备用功能

备用功能又称为失效保护功能。当自诊断系统发现某只传感器、控制开关或执行器发生故障时,其电控模块将以预先设定的参数取代故障传感器、控制开关或执行器工作,使控制系统维持控制功能,发动机将进入故障应急状态运行并维持基本的运转能力,以便车辆行驶到修理厂修理。电子控制系统的这种功能称为备用功能或失效保护功能。

电子控制系统的另一个功能是发动机保护功能。发动机保护功能把测量到的一些发动机参数与设定的参数值进行比较,如果超出设定阈值则对发动机进行降低转速、降低功率或强制停机保护。保护功能包括如发动机超速保护、发动机冷却液温度超过设定值并超过一定时间或机油压力低于设定值并超过一定时间进行停机保护等。

2 电子控制系统的原理

电子控制系统由输入、处理和输出三大部分组成。其中输入元件为各种传感器和开关;处理器即电子控制模块(ECM),输出元件为各种执行器。

1) 系统输入

控制系统的输入元件为各种传感器和开关,包括加速踏板。有的加速踏板由两个位置传感器组成,有的加速踏板由一个加速踏板位置传感器和一个怠速有效开关组成。这些传感器和开关把发动机的各种状态信息转变为电压信号输入电子控制模块(ECM),供ECM处理后发出控制指令。传感器故障是控制系统的常见故障。

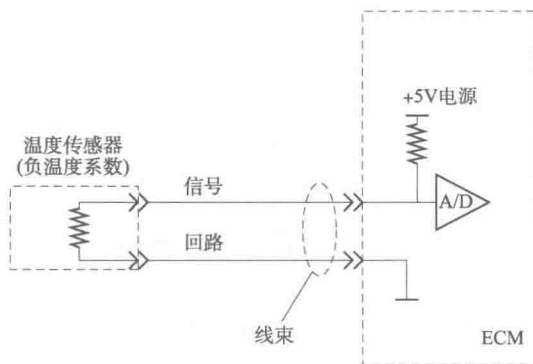
(1) 传感器。

柴油发动机控制系统中的传感器通常有温度传感器、压力传感器、温度-压力组合式传感器、速度/位置传感器、空气流量传感器、液位传感器、氧传感器等。

①温度传感器。温度传感器普遍采用负温度系数的热敏电阻制成,其电阻随温度的升高而降低,但呈非线性变化。非线性变化是指电阻随温度的变化不成比例。其电路原理如图1-5a)所示,外形如图1-5b)所示。

由负温度系数的热敏电阻制成的传感器,当温度升高时传感器电阻降低,由图1-5的电路原理可见,传感器输出的信号电压也随之降低;当温度降低时,传感器电阻升高,传感器输出的信号电压也随之升高。

发动机上的温度传感器通常有冷却液温度传感器、进气温度传感器或其他温度传感器,如有的柴油机上安装有燃油温度传感器。传感器工作温度范围为 $-40 \sim 140^{\circ}\text{C}$ 。



a)温度传感器电路原理



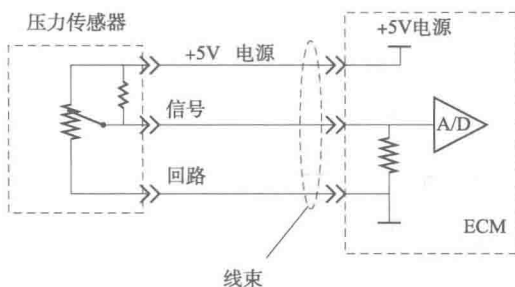
b)温度传感器外形图

图 1-5 温度传感器原理与外形

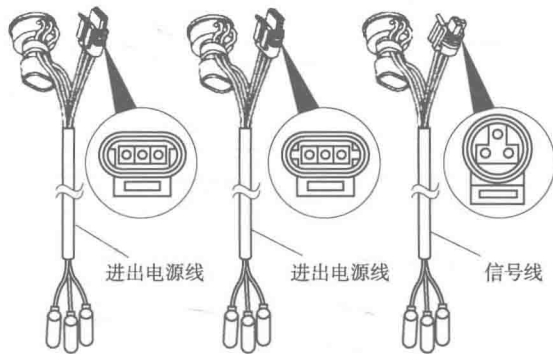
冷却液温度传感器用来检测冷却液温度,冷却液温度信号被用来调整供油量和喷油正时,影响发动机冷机时的怠速性能。冷却液温度与燃油温度都用来保护发动机。如果冷却液温度信号异常,发动机会转速降低、动力下降或起动困难,如果开启了发动机保护功能,则可能导致发动机停机,记录故障码。如果燃油温度传感器信号异常,则会影响发动机性能,记录故障码。

温度传感器通常为二线式,其插头上有两根导线。温度传感器可以用万用表测量其在不同温度下的电阻值,再与传感器规范相比较来确定传感器工作是否正常。

②压力传感器。根据压力传感器测量压力时参考压力的不同,压力传感器又可以分为相对压力传感器和绝对压力传感器两种。相对压力传感器测量时的参考压力为大气压,因此其测量大气压时的测量值为零。绝对压力传感器测量压力时的参考压力是真空,其测得的压力值为绝对压力。按传感器测量原理来分可分为电容式、压电晶体式和应变式等。电容式压力传感器通过内部的一个电容来感应压力的变化,当压力变化时,压力差使电容的两个极板之间的距离发生变化,从而输出一个电压信号。压电晶体式传感器通过内部的一个压电晶体来感应压力变化,当压力变化时,作用在压电晶体上的压差使压电晶体输出一个电压信号。发动机上用的压力传感器通常有机油压力传感器、进气压力传感器、大气压力传感器以及某些情况下主机厂安装的压力传感器,其电路原理如图 1-6a)所示。



a)压力传感器原理



b)压力传感器测试导线

图 1-6 压力传感器原理与测试导线

压力传感器通常为三线式,即其插头上有三根导线。其中两根导线为进出电源线,另一根导线为信号线。需要指出的是温度传感器有时会与压力传感器集成到一起,形成一个组合式传感器。此时温度传感器和压力传感器的原理和测量方式均无变化。这样可以减少系统的零件数量,使发动机线束更简单。由于两种传感器共用一条电源线,所以这种复合式传感器为四线式,常用来测量进气温度和压力。

机油压力传感器用来监测发动机是否具有适当的润滑油供应以保证发动机的正常工作。有的发动机上使用机油压力开关,该开关为一个常闭开关,安装在主油道上。它只有一根导线,开关闭合时与机体导通,这时 ECM 检测到低电压;当主油道内的机油压力超过设定值时,机油压力开关打开,ECM 检测到一个高电压,此时的机油压力用一个默认值代替。

进气压力传感器和进气温度传感器监测进气歧管内的空气压力和温度,这两个参数用来确定进气量,ECM 据此来控制喷油量,保证空气/燃料比控制在适当的范围内,并可控制白烟。大气压力传感器用来监测外界大气压力,当发动机处于高海拔地区空气稀薄时减少供油量,降低发动机的功率输出,不使涡轮增压器超速运转来保护发动机。

通常这种组合式传感器的工作范围为:压力传感器 $50 \sim 400\text{kPa}$,温度传感器 $-40 \sim 125^\circ\text{C}$ 。进气温度传感器信号异常产生的后果与冷却液温度传感器信号异常后果相似。进气压力传感器信号异常会引起发动机动力下降、起动困难并记录故障码。

机油压力传感器的工作范围为 $50 \sim 600\text{kPa}$,如果其信号异常会使发动机转速降低、动力下降;如果启用了发动机保护功能,则会导致发动机停机并记录故障码。

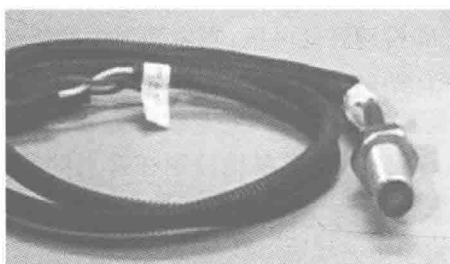
油轨燃油压力传感器的工作范围为 $0 \sim 180\text{MPa}$ 或者更高。如果其信号异常,则也会使发动机转速降低、动力下降或者发动机停机,并记录故障码。

由于大部分压力传感器无法通过测量其电阻来判断好坏,而是需要在压力传感器工作时通过测量其输出电压来判断,因此在检测压力传感器时需要专用的检测导线。使用检测导线可以在传感器工作的同时,检测其供电电压与信号电压。这种检测导线如图 1-6b) 所示。压力传感器可以通过对其施加一个参考压力,用万用表测量其输出电压,再与传感器规范值相比较来确定其工作是否正常。

③速度/位置传感器。速度传感器按其测量原理分为可变磁阻式和霍尔效应式,如图 1-7a)、b) 所示。常见的速度传感器有曲轴转速/位置传感器、凸轮轴位置/转速传感器和车速传感器。由于转速/位置信号轮上一个特殊的宽齿或其他的特殊形状,信号轮每转一圈传感器会输出一个特殊的波形,ECM 据此可以知道此时距 1 缸压缩上止点的相对位置,以作为喷油正时的基准。曲轴转速/位置传感器的主要功用是提供发动机曲轴的转速信号,但当凸轮轴位置/转速传感器发生故障时,它也能提供发动机位置信号;凸轮轴位置/转速传感器主要提供凸轮轴位置信号,在曲轴转速/位置传感器发生故障时,它也能提供发动机转速信号。之所以设这两个传感器是为了增强系统的可靠性,在其中一个传感器有故障时发动机仍可正常运转。不同的发动机在曲轴转速传感器与凸轮轴位置传感器分别发生故障时的对策各不相同。长城 2.8TC 柴油发动机如果曲轴转速传感器故障就会无法起动,如在发动机运转中失效,则发动机会立即熄火,再无法起动;如发动机运转中凸轮轴位置传感器发生故障,发动机能够继续运转,但如果熄火,则无法再起动,同时会输出故障码。而一些康明斯电控发动机如果曲轴转速传感器发生故障,发动机照样能起动和工作。如东风康明斯 ISDe 发



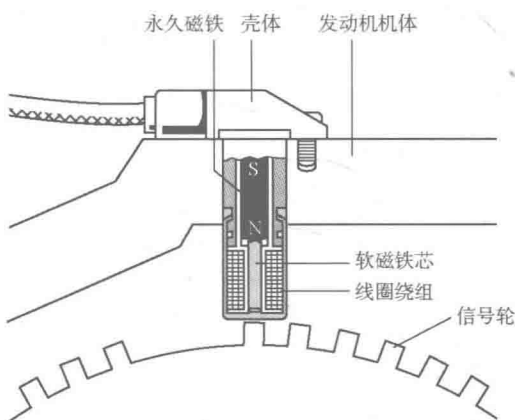
动机,在凸轮轴位置传感器发生故障时,发动机照样能起动和工作,但工作会不稳或粗暴。这是因为 ECM 会随机选择一个上止点信号指示喷油器喷油,然后通过监测曲轴转速的变化来判断是否该上止点为压缩上止点,如果不是,则改选下一个上止点信号喷油。因为可能的错误选择,在排气上止点前喷油的情况下,起动时会产生大量的烟雾,但随后就能起动运转。当然,这两个传感器同时出现故障时,发动机便无法起动,系统也不会显示出故障码。这时可以通过监测和读取发动机转速参数,马上就可以发现故障原因。



a)可变磁阻式速度传感器



b)霍尔效应式速度传感器



c)可变磁阻式速度传感器安装示意图

图 1-7 速度传感器

可变磁阻式传感器安装示意如图 1-7c)所示,这种传感器在工作时输出类似正弦波的交变电压,信号强度受转速的影响。在铁芯完好时,可以测量其线圈电阻来判断传感器是否损坏;如果铁芯损坏则无法用测量其线圈电阻来判断,此时要通过监测转速信号以及进一步的检测来确定故障根源。

霍尔传感器当转速轮齿接近传感器时会输出一个矩形方波电压,离开时则没有电压输出,据此盘动发动机,同时用万用表直流电压挡适当的量程测量传感器的电压输出即可判断传感器工作是否正常。

如果曲轴转速/位置传感器、凸轮轴位置/曲轴传感器信号异常,发动机会动力不足、怠速不稳、排放白烟、起动困难或发动机停机、无法起动,并记录故障码。

④空气流量传感器。空气流量传感器是将吸入的空气量转换成电信号送至电控模块