

国家示范性高职高专汽车类专业课改教材



汽车发动机

电控系统检修

主 编 何细鹏



QICHE FADONGJI
DIANKONG XITONG
JIANXIU



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

国家示范性高职高专汽车类专业课改教材

汽车发动机

电控系统检修

主 编
副主编

常州大学图书馆
藏书章
何细鹏 刚 董 晨

李小庆 席 敏



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书详细介绍了汽油发动机的电控燃油喷射系统、电控点火系统和发动机的辅助控制系统等的结构、原理和检修方法,简要介绍了汽油发动机的缸内直喷技术和柴油发动机的电控燃油喷射技术的结构和原理,并以实际车型为例,具体分析了发动机各电控系统的检修方法和步骤,以便读者更好地掌握汽车电控系统维修思路和方法。

本书内容通俗易懂,图文并茂,理论联系实际,实用性强,适合于广大从事发动机电控系统维修的工人和技术人员阅读,也可作为汽车维修技术培训机构的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统检修/何细鹏主编. —武汉:华中科技大学出版社,2014.6

ISBN 978-7-5680-0150-2

I. ①汽… II. ①何… III. ①汽车-发动机-电子系统-控制系统-检修-高等职业教育-教材 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 118749 号

汽车发动机电控系统检修

何细鹏 主编

策划编辑:张毅

责任编辑:狄宝珠

封面设计:范翠璇

责任校对:马燕红

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15.5

字 数:393千字

版 次:2015年9月第1版第1次印刷

定 价:35.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

随着科学技术的迅猛发展,我国汽车工业发展更加迅速,汽车的保有量逐年增加,轿车已成为大多数家庭的代步工具,汽车真正成为人们生产和生活的工具。汽车保有量的增加给我们汽车维修行业人员带来了机遇,但是高新技术在汽车上的不断应用,同时也给我们汽车维修行业人员提出了更高的要求,汽车维修行业对汽车电控系统维修技术的需求也越来越迫切。但是,国内汽车电控系统维修技术资料却比较缺乏。在此种情况下,如何使广大汽车维修人员尽快掌握汽车电控系统维修技术是摆在我们面前的一个十分重要的问题。因此,为了使汽车专业的学生及汽车维修从业人员更快地掌握现代汽车技术,更好地掌握汽车发动机电控技术,本书作者通过查阅大量国内外文献资料、总结广大汽车维修技术人员的维修经验和作者本人的维修实践,编写了《汽车发动机电控系统检修》一书。

本书主要讲述了汽油发动机的电控燃油喷射系统、电控点火系统和发动机的辅助控制系统等的结构、原理和检修方法,简要介绍了汽油发动机的缸内直喷技术和柴油发动机的电控燃油喷射技术的结构和原理。在阐述过程中,深入浅出,力求以简练的语言表述比较复杂的问题,并具有较强的实践性和经验性。因此,本书特别适合于广大从事汽车电控系统维修的技术工人和人员阅读,也适合于汽车维修技术培训机构作为培训资料或教材。

本书由何细鹏担任主编,刘刚、董晨、李小庆、席敏担任副主编。在编写过程中,参考或直接引用了一部分参考文献,在此对参考文献的作者和为本书编写提供资料的同志表示衷心感谢。

由于编者水平有限,因此书中不妥或错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2015年5月

项目 1 汽油发动机电控系统认知	1
项目 2 汽油发动机电控燃油喷射系统检修	12
任务 1 汽油发动机电控燃油喷射系统认知	13
任务 2 燃油供给系统检修	32
任务 3 空气供给系统检修	48
任务 4 电子控制系统检修	52
项目 3 电控点火系统检修	102
任务 1 电控点火系统认知	103
任务 2 电控点火系统检修	129
项目 4 辅助控制系统检修	155
任务 1 怠速控制系统检修	156
任务 2 排放控制系统检修	178
任务 3 进气控制系统检修	207
项目 5 柴油发动机电控燃油喷射技术	224
参考文献	242

1

项目 1

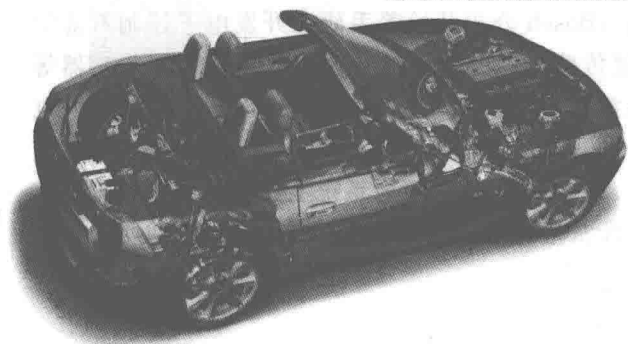
汽油发动机电控系统认知

知识目标

- (1) 了解汽油发动机电控技术的发展及其对发动机性能的影响。
- (2) 了解汽油发动机电控系统的组成及工作原理。
- (3) 了解汽油发动机各电控子系统的功能。
- (4) 掌握汽油发动机电控系统的组成及各部分的功能。

能力目标

- (1) 能区分与识别汽油发动机电子控制系统的主要传感器、执行器。
- (2) 能够指出各传感器、执行器等元件在发动机中所处的位置。



汽车电子技术的发展极大地改善了汽车的各种性能。发动机是汽车的“心脏”，21 世纪的汽车具有三大特点：节能、环保和安全。其中，发动机就占了节能和环保两项。电子技术应用于发动机，能够以小机器出大力，节省燃料，改善排放。得益于电子控制系统使发动机能够实现稀薄燃烧，既节省燃料，又有利于环境。本任务通过对发动机各电控系统及其组成部件的介绍和功能演示，使读者了解汽油发动机电子控制系统的组成，并能区分与识别汽油发动机电子控制系统的主要传感器、执行器等。

在进行汽油发动机电控系统检修时，首先需要了解汽油发动机电控系统的基础知识，然后需要区分和识别汽油发动机电控系统的主要传感器和执行器，并且能够指出这些传感器和执行器在发动机上的位置。

一、汽油发动机电控技术概述

1. 汽油发动机电控技术的发展

汽油发动机电控技术的发展可分为如下三个阶段。

第一阶段为 1952—1957 年。早在 1934 年，德国就成功研制第二架汽油喷射发动机的军用飞机。第二次世界大战后期，美国开始采用机械式喷射泵向气缸内直接喷射汽油。第二次世界大战后，汽油喷射技术逐渐应用到汽车发动机上。1952 年，德国 Daimler-Benz 300L 型赛车装用了 Bosch 公司生产的第一台机械控制式汽油喷射装置，它采用气动式混合调节器控制空燃比，向气缸内直接喷射。1957 年，美国 Bendix 公司公布其对电控汽油喷射装置的研究，但该系统没有付诸应用。这一阶段的主要特征是飞机发动机的燃油喷射技术成功地移植到汽车发动机上，车用汽油喷射装置大多采用机械式喷射泵，控制功能是借助于机械装置实现的，结构复杂，价格昂贵，多用于豪华型轿车和赛车。

第二阶段为 1957—1979 年。由于一度出现的世界能源危机，以及环境污染日趋严重，各国纷纷制定了更加严格的燃油经济法和汽车废气排放法规。为了满足汽车的燃油经济性、行驶性，尤其是废气排放法规日益严格的要求，各厂家对传统的机械式化油器做了各种各样的改进与革新。

1967 年，德国 Bosch 公司成功研制出 K-Jetronic 燃油喷射系统（K 系统），图 1-1 所示为 1984 年德国大众公司捷达轿车采用的 K 系统，它是一种机械式的燃油喷射系统。这种系统曾广泛应用在德国奔驰公司和大众公司的发动机上，我国长春一汽生产的五缸奥迪车也曾经装配过这套系统。它是由电动燃油泵和燃油压力调节器配合，形成一定的燃油系统压力，这种具有一定压力的燃油经燃油分配器输送给各个气缸的机械式喷油器，喷油器向进气口连续喷射所需要的燃油，因此又称为连续喷射系统。该系统用一个圆形的挡板作为空气流量传感器，在检测进气量大小的同时带动燃油分配器中的柱塞上下运动，进而改变计量槽孔的导通面积来控制燃油的喷射量。对混合气浓度的调整则是通过控制柱塞上方的燃油压力来实现的。该图的发动机控制模块主要用于控制怠速，而不能控制燃油喷射。

在 K-Jetronic 燃油喷射系统的研制基础上，Bosch 公司开始着手研究开发电子控制汽油喷射技术，通过增加空气流量传感器、节气门位置传感器、发动机冷却液温度传感器、氧传感器等元件，将其改进成为 KE-Jetronic 系统，即机电混合控制的燃油喷射系统，开创了汽油喷射的电子控制时代。图 1-2 所示为 1992 年德国大众公司捷达轿车所用的 KE-Jetronic 燃油喷射系统，另外，奥迪 4000、5000 也是采用这种燃油喷射系统。这种燃油喷射系统主要还是由空气流量感知板的移动带动控制柱塞上下移动，通过改变计量槽孔的导通面积来改变燃油的喷射量，进而

对混合气的浓度进行修正。发动机控制模块(ECU)根据各个传感器的信号,去控制电液式压差调节器(EHA)的电流流向和大小,进而改变燃油分配器上下室的压差,根据各工况调节混合气的浓度。相对 K-Jetronic 燃油喷射系统,KE-Jetronic 对混合气控制的精度有了明显的提高。

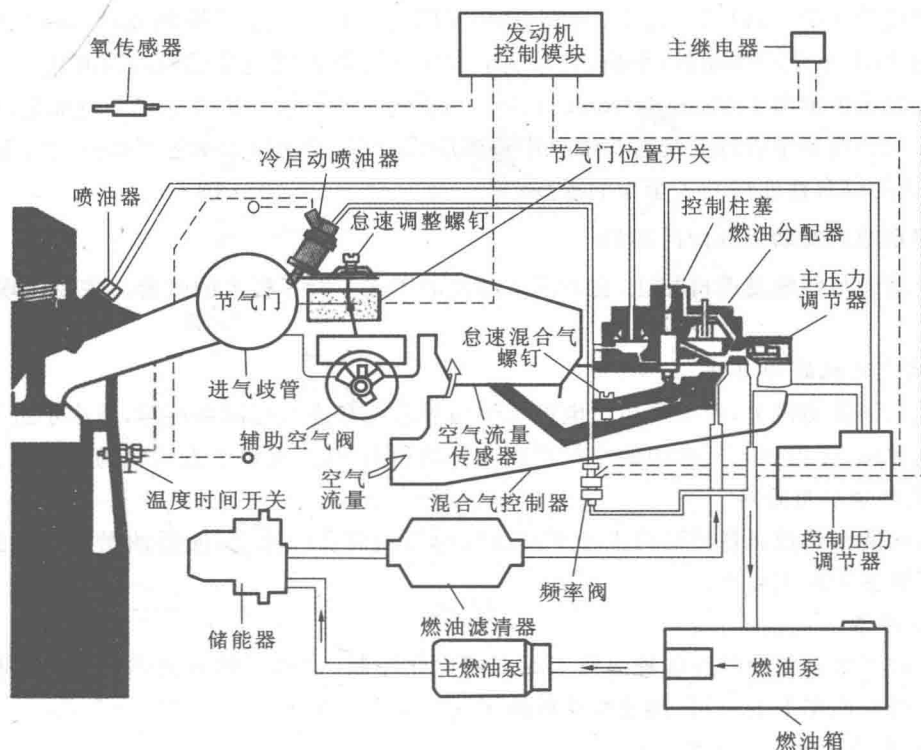


图 1-1 K-Jetronic 燃油喷射系统

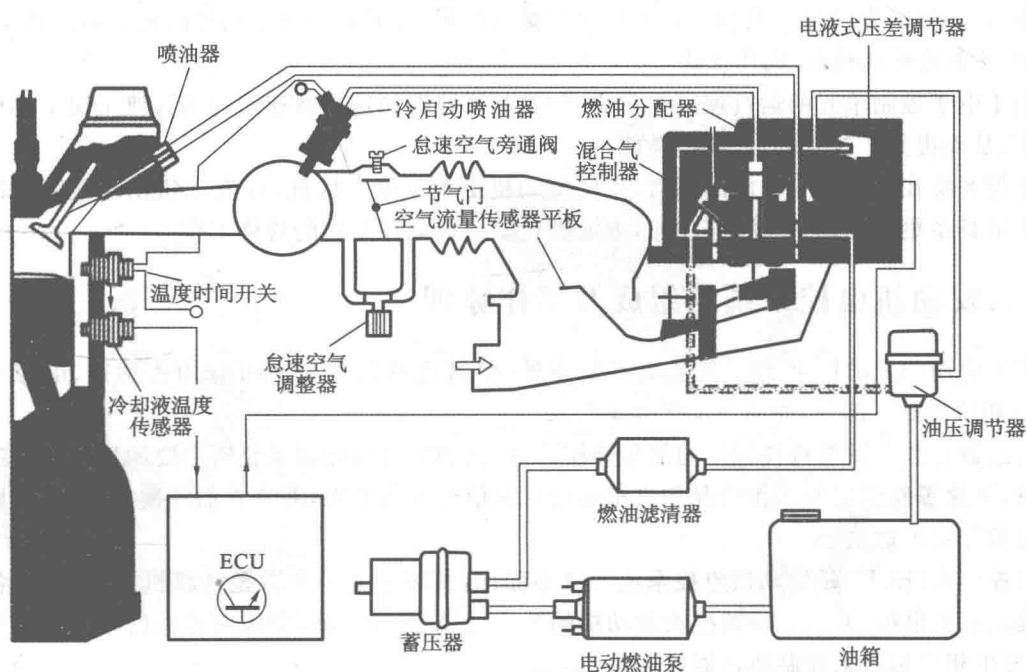


图 1-2 KE-Jetronic 燃油喷射系统

1979年, Bosch 公司开始生产集电子点火和电控汽油喷射系统于一体的数字式发动机综合控制系统。这一阶段的主要特征是汽油喷射控制实现了从机械控制、模拟电路控制向数字控制电路的发展,为汽油机的电子控制奠定了坚实的基础。

第三阶段为1979年以后。首先,美国 GM(通用)公司于1980年研制成功一种结构简单,价格低廉的 TBI(节流阀体喷射)系统,它开创了数字式计算机控制发动机的新时代。1983年,德国 Bosch 公司也推出了 Mono-Jetronic 单点汽油喷射系统。这一阶段的主要特征是以微机为控制核心的发动机集中管理系统在汽油机中得到广泛应用,发动机集中管理的控制功能不断拓展,使汽油机的综合性能得到了全面的提高。

2. 电控系统对发动机性能的影响

电控发动机与传统发动机相比,在对汽车性能的影响上有了极大的改善。主要体现在以下几个方面。

1) 提高发动机的动力性

在电控汽油发动机上,由于采用了电控燃油喷射系统和进气控制系统等,减小了进气阻力,提高了充气效率,使得进入气缸中的空气得到充分的利用,从而提高了发动机的动力性。

2) 提高燃油利用效率

电控系统能精确控制各种运行工况下发动机所需的混合气浓度,使燃油燃烧更为充分,极大地提高了燃油的利用效率。

3) 减少污染

通过电控系统对发动机在各种运行工况下的优化控制,提高了燃料的燃烧质量,同时各种排放控制系统在汽车上的应用,都使发动机的尾气污染大大减少。

4) 改善发动机的启动性能

在发动机启动和暖机过程中,控制系统能根据发动机温度变化,对进气量和供油量进行精确控制,从而保证发动机顺利启动和平稳通过暖机过程,可明显改善发动机的低温启动性能。

5) 改善发动机的加、减速性能

由于电子控制单元的运行速度非常快,使控制系统在加速或减速运行的过渡工况下能够迅速响应,从而提高了汽车的加、减速性能。

电控系统在改善汽车性能的同时,也使发动机更为复杂。因此,在发动机出现故障时需要维修人员具备更多的知识和维修技能,方能进行发动机电控系统的检修工作。

二、发动机电控系统的组成及工作原理

实际应用的发动机电子控制系统有很多种,但其组成基本上都可分为传感器、电控单元(ECU)和执行器三部分,如图 1-3 所示。

传感器是装在发动机各部位的信号转换装置,其功能是将控制系统所需要的压力、温度、空气流量、转速等发动机的工作情况和汽车运行状况信号采集下来,并将它们转换成 ECU 可以识别的电信号后发送给电控单元。

电控单元(ECU)是发动机电控系统的核心部件,实际上是一个微型计算机,一方面给各传感器提供基准电压,并从传感器接收发动机的工作信号;另一方面,完成对这些信号的计算与处理,并发出相应指令来控制执行器的动作。

执行器受电控单元的控制,负责执行电控单元发出的各项指令,是具体执行某项控制功能的装置。

形象地说,电控单元好比是发动机的“大脑”,各种传感器则好比是发动机的“眼睛和耳朵”,执行器就好比发动机的“手和脚”。电控单元采集传感器的信号并进行运算和处理后,控制执行器动作,最终控制发动机机械系统运转。

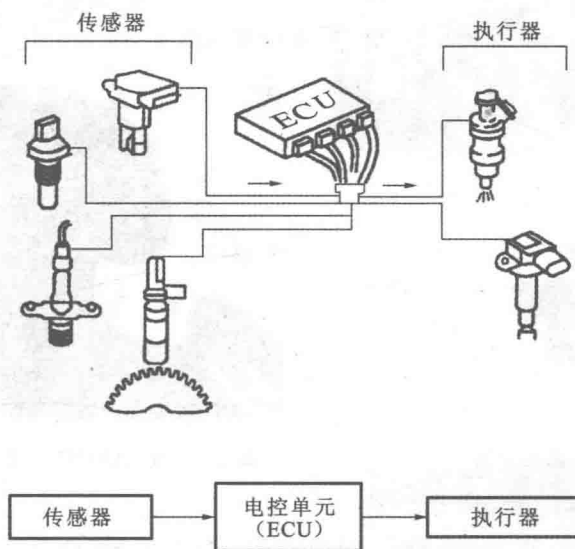


图 1-3 发动机电控系统的组成

1. 传感器

发动机电控系统中使用的传感器很多,主要有以下几种。

1) 空气流量传感器(mass air flow sensor)

空气流量传感器外形如图 1-4 所示,用于检测发动机的进气流量信号,并将其转换成电信号输入 ECU,是发动机控制单元计算点火时刻与喷油量的主要控制信号。

空气流量传感器一般安装在发动机的进气管上,节气门与空气滤清器之间,如图 1-5 所示。

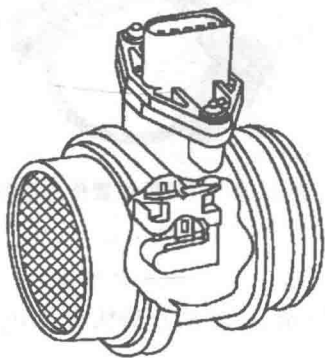


图 1-4 空气流量传感器外形

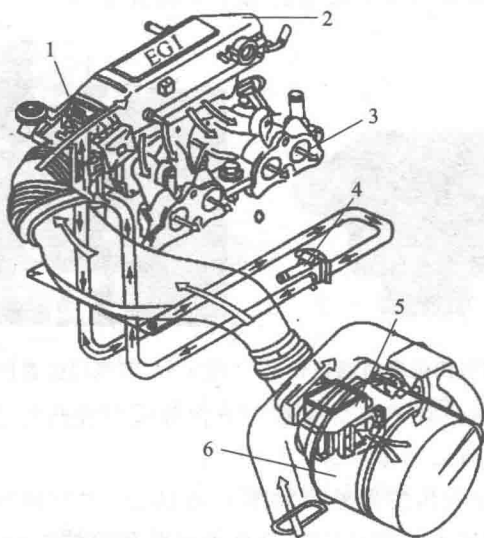


图 1-5 空气流量传感器的安装位置

1—节气门;2—动力腔;3—进气歧管;
4—附加空气阀;5—空气流量传感器;6—空气滤清器

2) 进气绝对压力传感器(manifold absolute pressure sensor)

进气绝对压力传感器外形如图 1-6 所示,依据发动机负荷状况,测出节气门后方进气歧管中绝对压力的变化,并将其转换成电压信号,送到 ECU,与转速信号一起作为确定基本喷油量和基本点火提前角的依据。

进气绝对压力传感器一般安装在节气门后方的进气管上,如图 1-7 所示。



图 1-6 进气绝对压力传感器外形



图 1-7 进气绝对压力传感器安装位置

3) 节气门位置传感器(TPS)

节气门位置传感器外形如图 1-8 所示,可以检测节气门开度(负荷)的大小,判定发动机怠速、部分负荷、全负荷工况,并将信号送给 ECU,实现不同的控制模式;节气门位置传感器还可以检测节气门变化的快慢(加速、减速等),将信号送给 ECU 后,实现加速加油、减速减油或断油控制等。

节气门位置传感器安装在节气门体上,通常在节气门拉线对面,是一个和节气门轴连接在一起的变阻器,如图 1-9 所示。

4) 凸轮轴位置传感器(CMPS)

凸轮轴位置传感器外形如图 1-10 所示,用来向 ECU 提供曲轴转角基准位置信号,作为供油正时控制和点火正时控制的主控制信号。

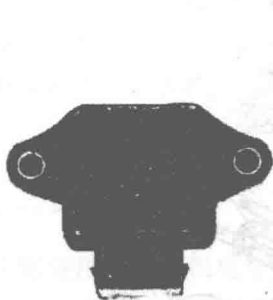


图 1-8 节气门位置传感器外形



图 1-9 节气门位置传感器的位置

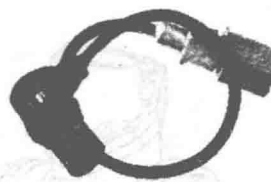


图 1-10 凸轮轴位置传感器外形

凸轮轴位置传感器通常安装在分电器或凸轮轴上。

5) 曲轴位置传感器(CKPS)

曲轴位置传感器外形如图 1-11 所示,用于检测曲轴转速和转角,并将信息输入发动机电控单元,电控单元根据该信号对点火正时和喷油进行修正。

曲轴位置传感器通常安装在曲轴前端、凸轮轴前端、飞轮上或分电器内,如图 1-12 所示。



图 1-11 曲轴位置传感器外形

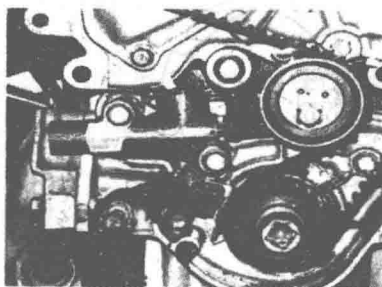


图 1-12 曲轴位置传感器安装位置

6) 进气温度传感器(IATS)

进气温度传感器外形如图 1-13 所示,用来检测进气温度,并输入给 ECU,作为燃油喷射控制和点火控制的修正信号。

进气温度传感器可独立装于气路,或与进气流量传感器、进气压力传感器组成为一体,可以安装在节气门前或节气门后,如图 1-14 所示。

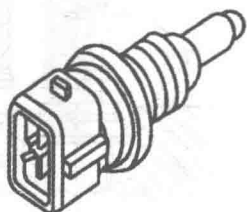


图 1-13 进气温度传感器外形



图 1-14 进气温度传感器安装位置

7) 冷却液温度传感器(ECTS)

冷却液温度传感器外形如图 1-15 所示,用来检测发动机冷却液温度,并将冷却液温度的信息转换为电信号输入发动机电控单元,电控单元根据该信号对燃油喷射、点火正时、废气再循环、空调、怠速、变速器换挡及离合器锁止、爆燃、冷却风扇等控制进行修正。

冷却液温度传感器 ECTS 安装在发动机缸体、缸盖冷却液的通道上,如图 1-16 所示。

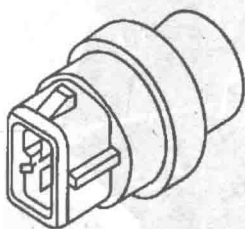


图 1-15 冷却液温度传感器外形



图 1-16 冷却液温度传感器安装位置

8) 氧传感器(oxygen sensor)

氧传感器外形如图 1-17 所示,用来检测排放废气中的含氧量,并以电压信号形式传送给电控单元,电控单元根据该信号,对喷油时间进行修正,从而使发动机得到最佳浓度的混合气,从而降低有害气体的排放量。

氧传感器通常安装在排气总管上,如图 1-18 所示。

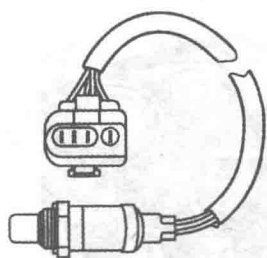


图 1-17 氧传感器外形

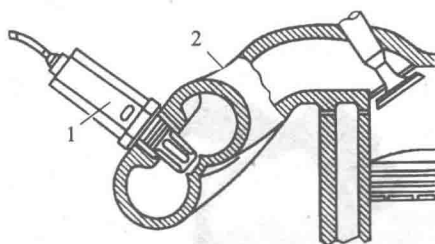


图 1-18 氧传感器安装位置

1—氧传感器;2—排气管

9) 爆振传感器(KS)

爆振传感器外形如图 1-19 所示,用于检测发动机爆燃或振动,并将信号反馈给电控单元,电控单元根据该信号对点火正时进行修正,推迟点火以防止发动机爆振燃烧。

爆振传感器通常安装在发动机气缸体中上部或火花塞上,如图 1-20 所示。



图 1-19 爆振传感器外形

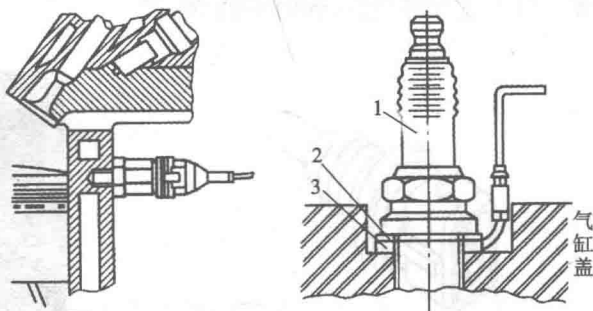


图 1-20 爆振传感器安装位置

1—火花塞;2—垫圈;3—PGS

2. 电控单元(ECU)

发动机电控单元(ECU)实物如图 1-21 所示,其型号有很多种,随着车型的不同,其功能也有所区别,但一般都具备如下一些基本功能。

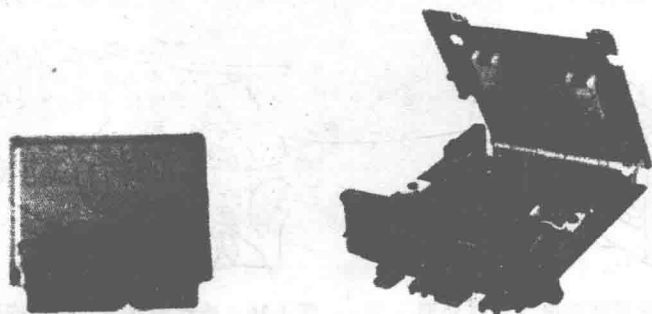


图 1-21 电控单元(ECU)实物

- (1) ECU 可将电源电压调节成 5 V、9 V、12 V 标准电压,供给传感器等外部元件使用。
- (2) 接收各种传感器和其他装置(如启动开关、制动开关等)输入的信息,并将模拟信号转换成微机所能接收的数字信号。
- (3) 储存该车型的特征参数、处理程序、故障信息、运算所需的有关数据信息等。
- (4) 运算分析,根据信息参数求出执行命令数值,将输出的信息与标准值对比,查出故障。

(5) 向执行元件输出指令,或根据指令输出自身已储存的信息。

(6) 自我修正功能(自适应功能)。

发动机 ECU 一般安装在仪表台、杂物箱或控制台中其他零部件、座椅、滤清器的下面或后面。安装时需注意 ECU 的防水、防振、防热、防过电压、防磁等。

3. 执行器

在发动机控制系统中,随着控制功能的不同,执行器相应也有所不同。执行器主要有以下几种。

1) 燃油泵

燃油泵外形如图 1-22 所示,用于建立油压,当泵内油压超过一定值时,燃油顶开单向阀向油路供油;当油路堵塞时,卸压阀开启,泄出的燃油返回油箱。

燃油泵安装在油箱内,由电机驱动,如图 1-23 所示。



图 1-22 燃油泵外形

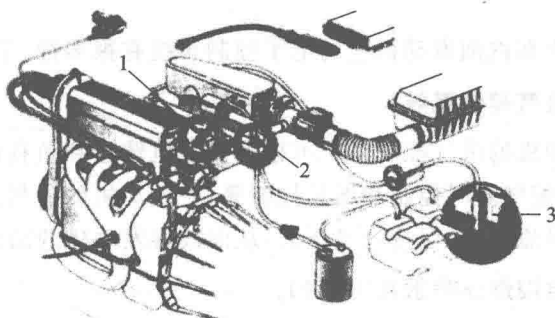


图 1-23 燃油泵安装位置

1—喷油器;2—油压调节器;3—燃油泵

2) 喷油器

喷油器外形如图 1-24 所示,其功能是将燃油以一定压力喷出并雾化。

燃油喷射有多点喷油系统和单点喷油系统之分,在多点喷油系统中喷油器通过绝缘垫圈安装在进气歧管或进气道附近的缸盖上,并用输油管将其固定。多点喷油系统每缸有一个喷油器。单点喷油系统的喷油器安装在节气门体上,各缸共用一个喷油器。

3) 点火器

点火器又称点火电子组件,其外形如图 1-25 所示。点火器壳体常用铝材铸模而成,以利于散热,壳体上有和 ECU 连接的线束插头以及高压线插口等。点火器的主要功能是实现点火控制。



图 1-24 喷油器外形

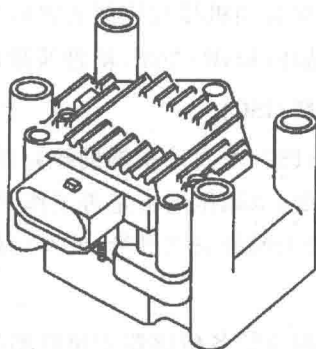


图 1-25 点火器外形

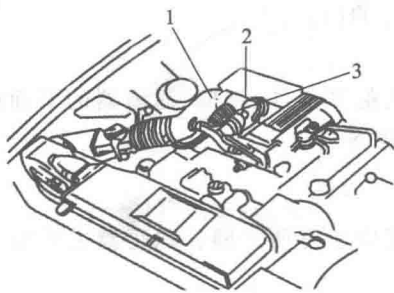


图 1-26 怠速控制阀安装位置

1—进气连接管；2—节气门体；3—怠速控制阀

4) 怠速控制阀

怠速控制阀通过改变旁通进气量,维持发动机在目标转速下稳定运行,其安装位置如图 1-26 所示。

除了上述的执行元件之外,还有一些执行元件,如 EGR 阀、进气控制阀、二次空气喷射阀、活性炭罐排泄电磁阀、油泵继电器、风扇继电器、空调压缩机继电器、自诊断显示与报警装置、仪表显示器等。

三、应用在汽油发动机上的电控子系统

应用在汽油发动机上的电子控制系统有很多种,下面介绍主要的几种。

1. 进气控制系统

汽油机的进气控制系统可根据发动机转速和负荷的变化,通过进气谐振增压控制、进气涡流控制、配气定时控制和增压控制等,对发动机的进气进行控制,以提高发动机的充气效率,改变进气涡流强度,保持进气压力,从而改善发动机的动力性和经济性等。

2. 电控燃油喷射系统(EFI)

电控燃油喷射系统(EFI)是发动机电控系统最重要的子系统。电子控制单元(ECU)主要根据进气量确定基本的喷油量,再根据其他传感器(如冷却液温度传感器、节气门位置传感器等)信号对喷油量进行修正,使发动机在各种运行工况下均能获得最佳浓度的混合气,同时还包括喷油正时控制、断油控制和燃油泵控制等。

3. 电控点火系统(ESA)

电控点火系统(ESA)对点火的控制包括点火正时控制、闭合角控制和爆振反馈控制三个方面。该系统根据各相关传感器信号,判断发动机的运行工况和运行条件,选择最理想的点火提前角点燃混合气,从而改善发动机的燃烧过程。通过对初级点火线圈通电时间的控制,以调整最佳的点火闭合角。通过对爆振的检测和反馈修正实现爆振反馈控制功能。

4. 排气净化系统

排气净化系统对发动机排放控制装置的工作实行电子控制。其主要功能包括氧传感器的反馈控制、废气再循环(EGR)控制、活性炭罐电磁阀控制、二次空气喷射控制等。

5. 怠速控制系统(ISC)

怠速控制系统(ISC)是发动机辅助控制系统。其功能是当发动机处于怠速工况时,ECU 根据发动机冷却液温度、空调压缩机是否工作、变速器是否挂入挡位等发动机负荷的变化,通过怠速控制阀,调整怠速工况的空气供给,使发动机保持最佳的怠速转速。

6. 自诊断系统

其功能是对控制系统各传感器和执行器等部分的工作情况进行监测,当发现不正常或有故障时,用来提醒驾驶员发动机有故障;同时,系统将故障信息以对应的故障码形式储存在存储器中,以便帮助维修人员确定故障类型和范围。

7. 失效保护与应急备用系统

失效保护功能就是当电控系统中的某些传感器出现故障,不能起到应有的作用时,发动机电控单元将忽略该故障传感器的信号,而采用微机预先设定的参考信号值工作,使发动机能继续运转。直到已有的故障被修好后,再重新采集信号控制运行。当发生的故障对发动机工作影响较大时,该系统会自动停止发动机工作。

应急备用系统是在发动机控制模块内,并列于控制模块的一套集成电路,由自诊断系统控制开启。当发动机电控单元产生故障,使得发动机停机,车辆不能行驶时,电控单元将开启应急备用系统,按设定的信号控制发动机转入强制运行状态,以防车辆停驶在路途中,同时警告驾驶员车辆出现严重故障,应尽快开到适宜的地方或开进维修站修理。

2

项目 2 汽油发动机电控燃油喷射系统检修

◀ 知识目标

(1) 掌握汽油发动机电控燃油喷射系统的基本组成与工作原理。

(2) 熟悉汽油发动机电控燃油喷射系统主要元件的构造与工作原理。

◀ 能力目标

(1) 能够对电控燃油喷射系统的传感器进行正确检测。

(2) 能够对电控燃油喷射系统的主要执行器进行正确检验、清洗与更换。

(3) 能够对电控燃油喷射系统的燃油压力进行正确测试。

