



- 普通高等教育“十二五”规划教材
- 高职高专汽车类专业任务驱动、项目导向系列化教材

# AUTO MOBILE

## 汽车发动机电控系统检修

QICHE FADONGJI DIANKONG XITONG JIANXIU

陈帮陆 龚文资 主编  
李玉柱 主 审



教学资源库  
<http://js.ndip.cn>



国防工业出版社

National Defense Industry Press

- 普通高等教育“十二五”规划教材
- 高职高专汽车类专业任务驱动、项目导向系列化教材

# 汽车发动机电控系统检修

陈帮陆 龚文资 主 编  
刘凤波 王美娟 韩 媛 王 斌 副主编  
李玉柱 主 审

国防工业出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书按照项目化教学的要求,对汽车发动机电控系统的相关知识进行了整合,将每一个发动机电控系统的检修作为一个实际项目,结合具体的车型展开了分析,每个项目均按照“知识技能要求”——“知识准备”——“项目实施”——“拓展知识”的顺序编排。

本书内容包括汽油发动机电控系统认识、电控汽油发动机燃油供给系统的检修、电控汽油发动机空气供给系统的检修、电控汽油发动机控制系统检修、电控汽油发动机点火系统检修、电控汽油发动机排气净化与排放控制系统检修、电控汽油发动机综合故障检修、电控柴油发动机检修,并将相关的最新技术作为拓展知识进行介绍。

本书可作为高等院校汽车类及其相关专业的教材使用,也可供相关行业从业人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统检修/陈帮陆 龚文资主编. —北京:国防工业出版社,2012.4

高职高专汽车类专业任务驱动、项目导向系列化教材  
ISBN 978-7-118-07919-7

I. ①汽… II. ①陈… ②龚… 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(2012)第034574号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1098 1/16 印张 17½ 字数 405 千字  
2012年4月第1版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 32.50元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010) 88540777

发行邮购:(010) 88540776

发行传真:(010) 88540755

发行业务:(010) 88540717

# 普通高等教育“十二五”规划教材 高职高专汽车类专业任务驱动、项目导向系列化教材 编审委员会

---

顾 问 李东江

主 审 杨益明（南京交通职业技术学院）

主 任 文爱民（南京交通职业技术学院）

宋延东（南京工业职业技术学院）

副主任 陈林山（南京交通职业技术学院）

沈恒旻（镇江高等专科学校）

何宇漾（江苏信息职业技术学院）

周同根（常州机电职业技术学院）

龚文资（无锡商业职业技术学院）

皮连根（常州工程职业技术学院）

代 洪（徐州工业职业技术学院）

汪东明（淮安信息职业技术学院）

柳青松（扬州工业职业技术学院）

夏令伟（无锡南洋职业技术学院）

张友宏（扬州市职业大学）

向志渊（钟山职业技术学院）

委 员 陈帮陆 陈锦华 陈俊武 陈华松 陈 平 陈生枝 陈 勇 程丽群

蔡彭骑 丁继斌 丁士清 范 健 房 莹 甘秀芹 郭 彬 郭兆松

郭伟东 韩 媛 韩 星 胡 俊 胡文娟 黄建民 黄秋平 荆旭龙

蒋浩丰 焦红兰 季 刚 李贵炎 李 宁 孔凡朗 刘 静 刘凤波

刘奕贵 卢 华 毛伟波 冒海滨 倪晋尚 邱 平 沙 颂 桑永福

沈南瑾 沈威东 施 颖 孙宏侠 覃维献 滕鸣凤 唐 剑 唐志桥

屠卫星 汪 钦 王 春 王东良 王 忠 王 斌 王美娟 魏世康

吴海丰 谢 剑 谢永东 徐 东 许红军 许新东 杨迎春 杨忠颇

游心仁 袁红军 于 瑞 赵 彬 曾庆业 邹晓波

# 前 言

“汽车发动机电控系统检修”是高职高专院校汽车类专业的一门主干课程。为了使该专业学生能够符合汽车服务行业相关岗位工作的要求，为便于教师比较全面、系统地讲授这门课程，我们编写了《汽车发动机电控系统检修》。

本书具有如下特点：

(1) 以工作任务为驱动的项目化教学。结合目前我国职业教育改革的新模式，从企业人才岗位技能需求出发，将发动机电控系统的知识和技能分解成一项项由浅入深的具体任务。

(2) 体现“做中教，做中学”职业教育理念。突破了理论与实践的界限，实行理实一体化教学，将学习过程工作化，工作过程学习化。

(3) 突出了电控系统检修技能的讲解，包括数据流分析、波形分析等。

本书由无锡商业职业技术学院陈帮陆、龚文资担任主编，无锡商业职业技术学院李玉柱担任主审，辽宁农业职业技术学院刘凤波、无锡商业职业技术学院王美娟、韩媛、王斌担任副主编。

本书在编写过程中，得到了无锡商业职业技术学院汽车教研室各位老师的大力支持和帮助，同时参考了大量的相关著作和资料，在此一并表示真挚的感谢。

由于编者水平以及参考资料的限制，加之时间仓促，书中不足之处在所难免，恳请同行专家及读者指正。

编 者

# 目 录

项目一	认识汽油发动机电控系统 .....	1
项目二	电控汽油发动机燃油供给系统的检修 .....	29
项目三	电控汽油发动机空气供给系统的检修 .....	53
项目四	电控汽油发动机电子控制系统的检修 .....	100
项目五	汽油机电控点火系统的检修 .....	127
项目六	电控汽油发动机排气净化与排放控制系统的检修 .....	174
项目七	电控汽油发动机综合故障的检修 .....	197
项目八	电控柴油发动机的检修 .....	248
参考文献	.....	273



# 认识汽油发动机电控系统

## 【知识要求】

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. 掌握汽油发动机电控系统的组成及工作情况。
3. 了解汽油发动机各电控子系统的功能。
4. 掌握数字万用表与示波器的组成及功能。

## 【能力要求】

1. 能区分与识别汽油发动机电子控制系统的主要传感器和执行器。
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。
3. 能利用万用表判断线路通断。
4. 能利用示波器读取波形信息并分析。

## 一、知识准备

### (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 年—1957 年。早在 1934 年德国就成功研制出第一架采用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汽缸内直接喷射汽油。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-Benz300L 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，向汽缸内直接喷射。1957 年，美国 Bendix 公司公布了其对电控汽油喷射装置的研究，但该系统没有被付诸应用。这一阶段的主要特征是飞机发动机的燃油喷射技术被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，控制功能是借助机械装置实现的，结构复杂、价格昂贵，多用于豪华轿车和赛车。

第二阶段为 1957 年—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，各国纷纷制订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和行驶性，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 公司成功研制出了 K-Jetronic 燃油喷射系统（K 系统）。图 1-1 所示为 1984 年德国大众公司生产的捷达轿车采用的 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汽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汽缸的机械式喷油器，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。图 1-1 中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。

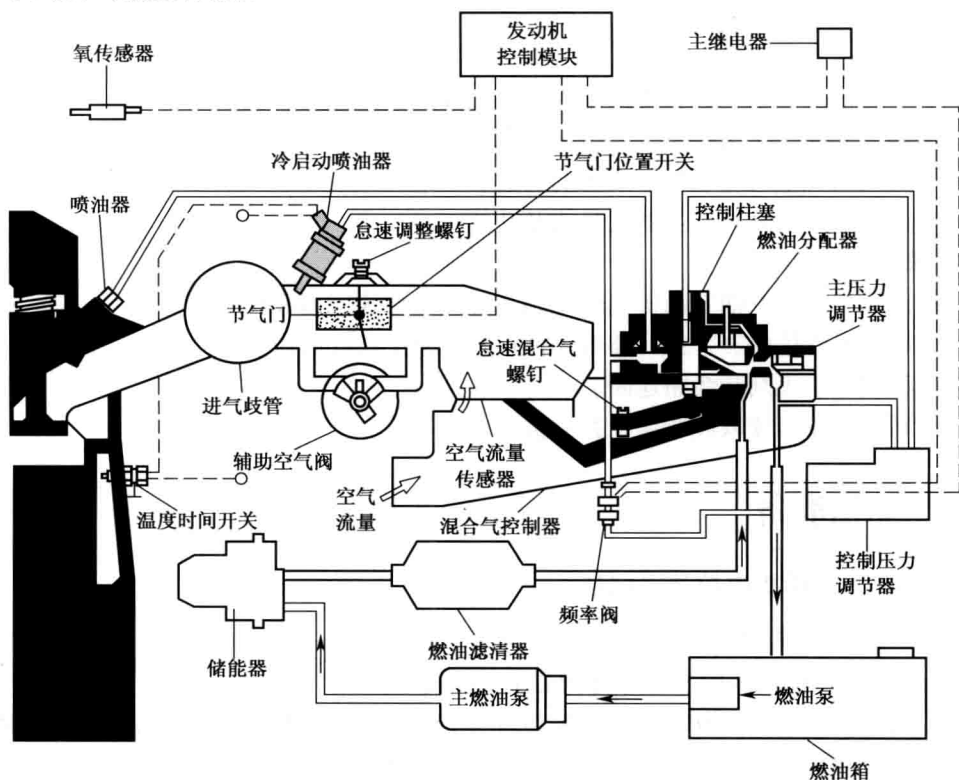


图 1-1 K-Jetronic 燃油喷射系统

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 轿车和奥迪 5000 轿车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。

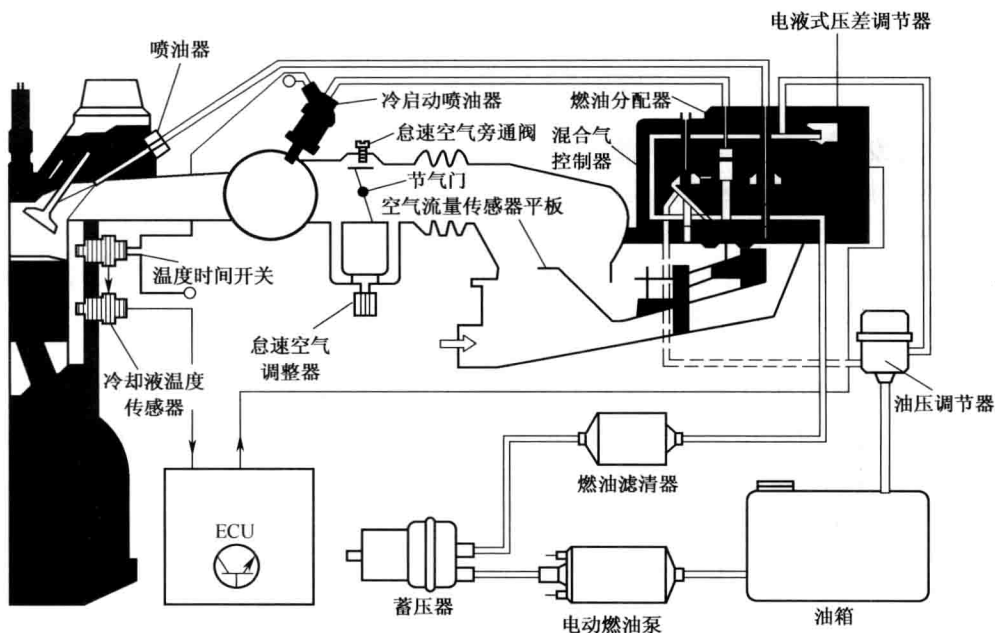


图 1-2 KE-Jetronic 燃油喷射系统

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,美国通用(GM)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型计算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,使得进入汽缸中的空气得到了充分的利用,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速、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，方能正确地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。

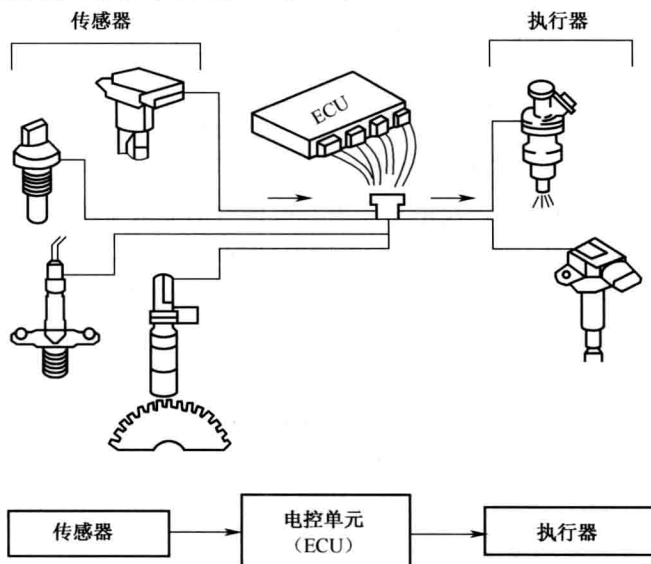


图 1-3 发动机电控系统的组成

传感器是安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传送给电控单元。

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”，各种传感器则是发动机的“眼睛和耳朵”，执行器就是发动机的“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。

### 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 1-4 所示。空气流量传感器包括翼片式 (图 1-5)、卡门涡旋式 (图 1-6)、热式 (图 1-7) 三种类型。

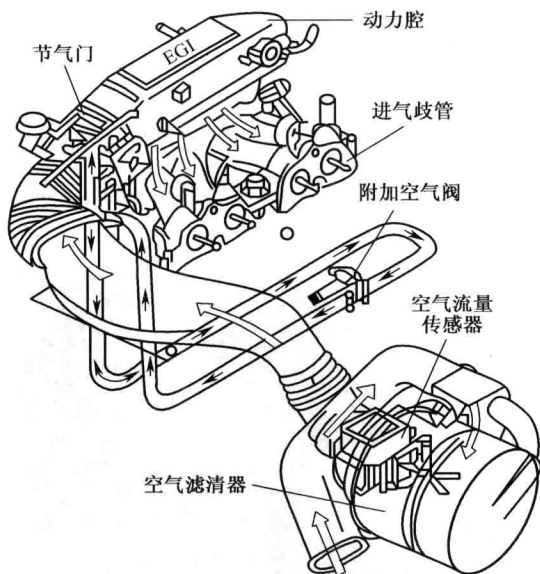


图 1-4 空气流量传感器的安装位置

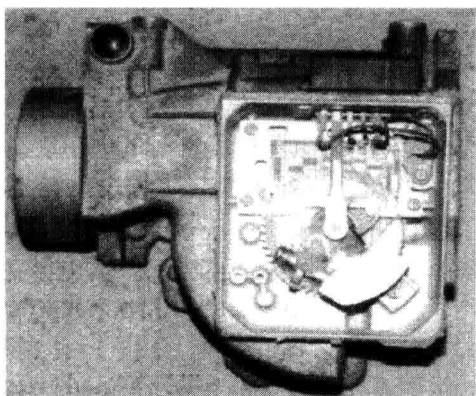


图 1-5 翼片式空气流量传感器

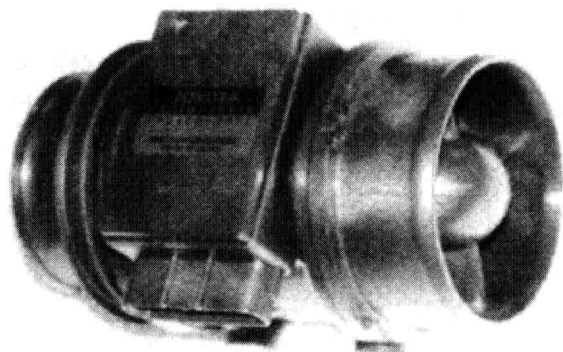


图 1-6 卡门涡旋式空气流量传感器

#### 2) 进气绝对压力传感器 (Manifold Absolute Pressure Sensor)

进气绝对压力传感器 (图 1-8) 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。

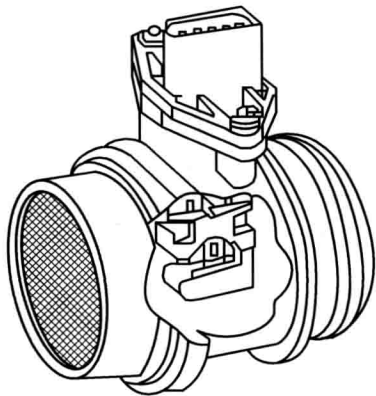


图 1-7 热式空气流量传感器外形图

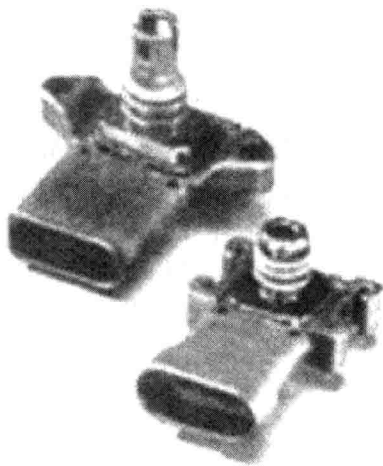


图 1-8 进气绝对压力传感器外形

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 1-9 所示。

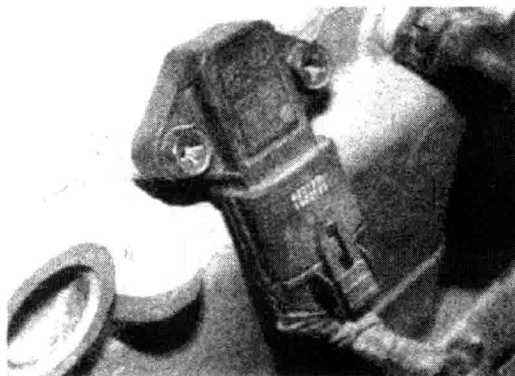


图 1-9 进气绝对压力传感器安装位置

### 3) 节气门位置传感器 (TPS)

节气门位置传感器 (图 1-10) 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, 和节气门轴连接在一起, 如图 1-11 所示。

### 4) 凸轮轴位置传感器 (CMPS)

凸轮轴位置传感器外形如图 1-12 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。

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 1-13 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。

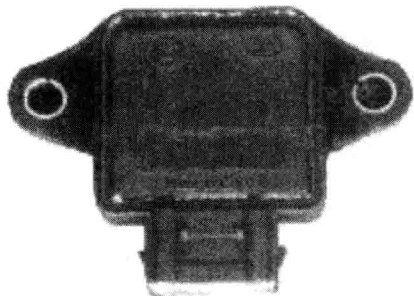


图 1-10 节气门位置传感器外形

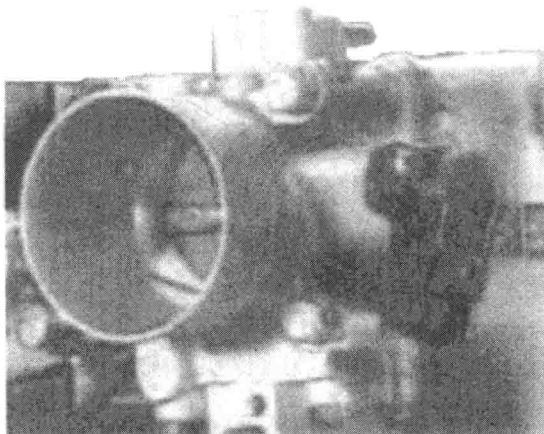


图 1-11 节气门位置传感器的位置

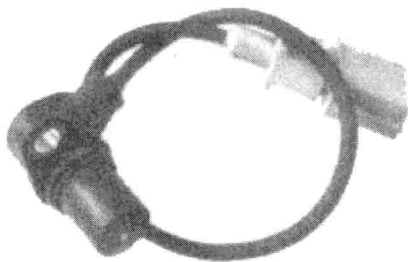


图 1-12 凸轮轴位置传感器外形

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 1-14 所示。



图 1-13 曲轴位置传感器外形

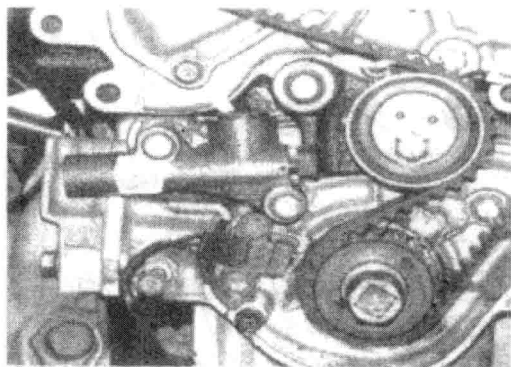


图 1-14 曲轴位置传感器安装位置

#### 6) 进气温度传感器 (IATS)

进气温度传感器外形如图 1-15 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 1-16 所示。

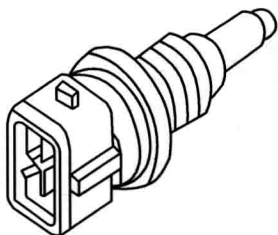


图 1-15 进气温度传感器外形

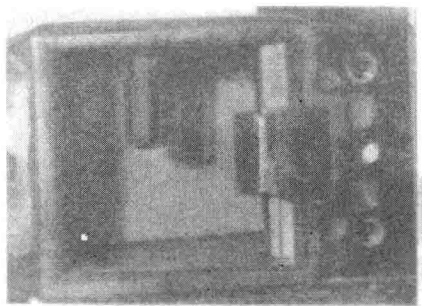


图 1-16 进气温度传感器安装位置

### 7) 冷却液温度传感器 (ECTS)

冷却液温度传感器的外形如图 1-17 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 1-18 所示。

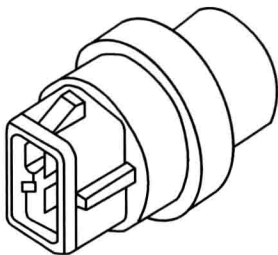


图 1-17 冷却液温度传感器外形



图 1-18 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 1-19 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, 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 1-20 所示。

### 9) 爆震传感器 (KS)

爆震传感器外形如图 1-21 所示, 用于检测发动机爆燃或震动, 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震燃烧。

爆震传感器通常安装在发动机汽缸体中上部或火花塞上, 如图 1-22 所示。

## 2. 电控单元 (ECU)

发动机 ECU 实物如图 1-23 所示, 其型号有很多种, 随着车型的不同, 其功能也有所区别, 但一般都具备如下基本功能。

① ECU 可将电源电压调节成 5V、9V、12V 标准电压, 供给传感器等外部元件使用。

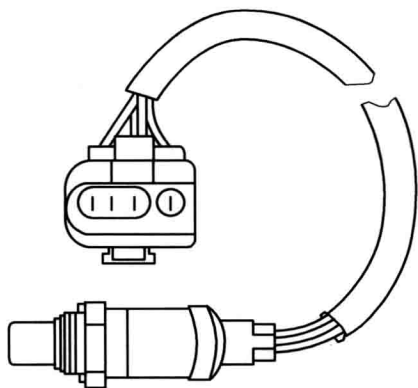


图 1-19 氧传感器外形

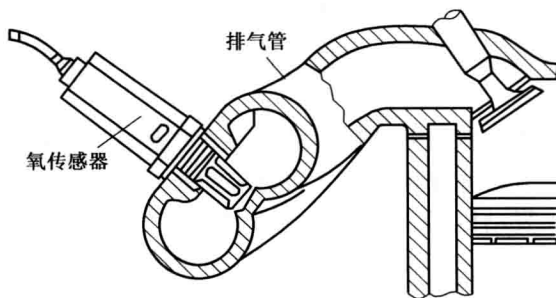


图 1-20 氧传感器安装位置

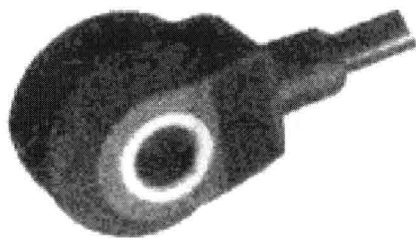


图 1-21 爆震传感器外形

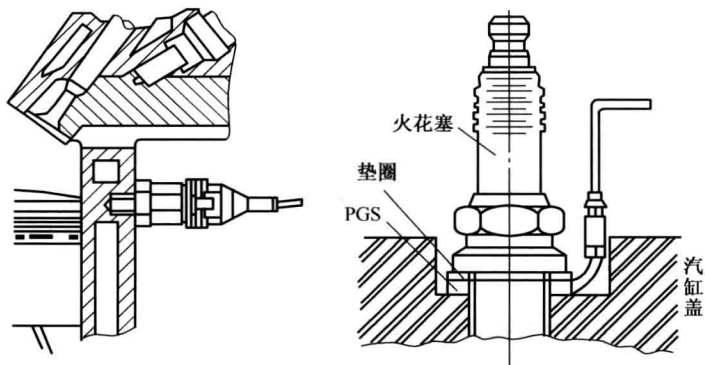


图 1-22 爆震传感器安装位置

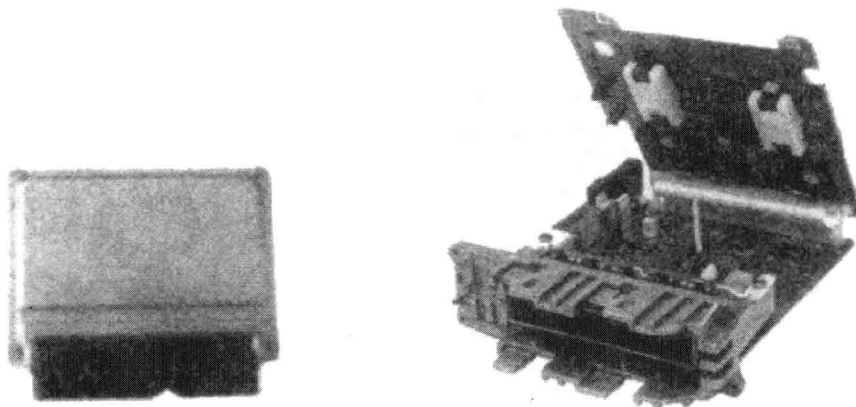


图 1-23 电控单元 (ECU)

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型计算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。安装时要注意 ECU 的防水、防震、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，主要有以下几种。

#### 1) 燃油泵

燃油泵外形如图 1-24 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，卸出的燃油返回油箱。

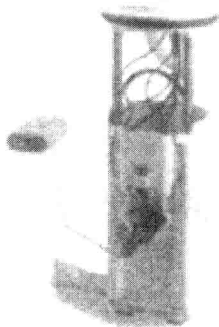


图 1-24 燃油泵外形

燃油泵安装在油箱内，由电机驱动，如图 1-25 所示。

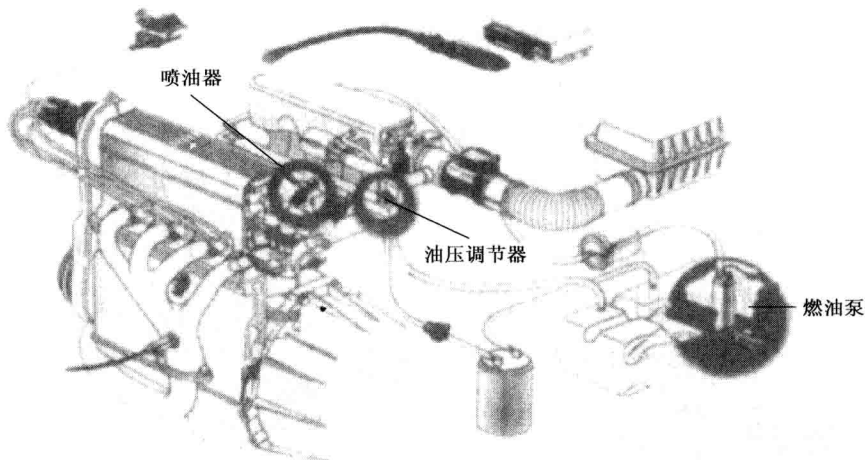


图 1-25 燃油泵安装位置



## 2) 喷油器

喷油器外形如图 1-26 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。

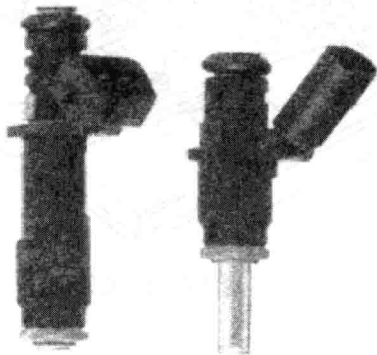


图 1-26 喷油器外形

## 3) 点火器

点火器又称点火电子组件, 如图 1-27 所示。其壳体常用铝材铸模而成, 以利于散热, 壳体上有和 ECU 连接的线束插头和高压线插口等。点火器的主要功能是实现点火控制。

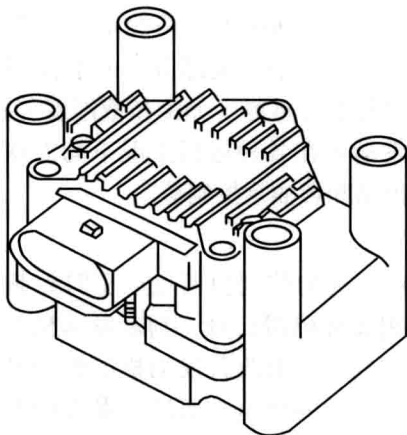


图 1-27 点火器外形

## 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 1-28 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) 电控技术在汽油发动机上的应用

应用在汽油发动机上的电子控制系统有很多种, 下面介绍其中主要的几种。