

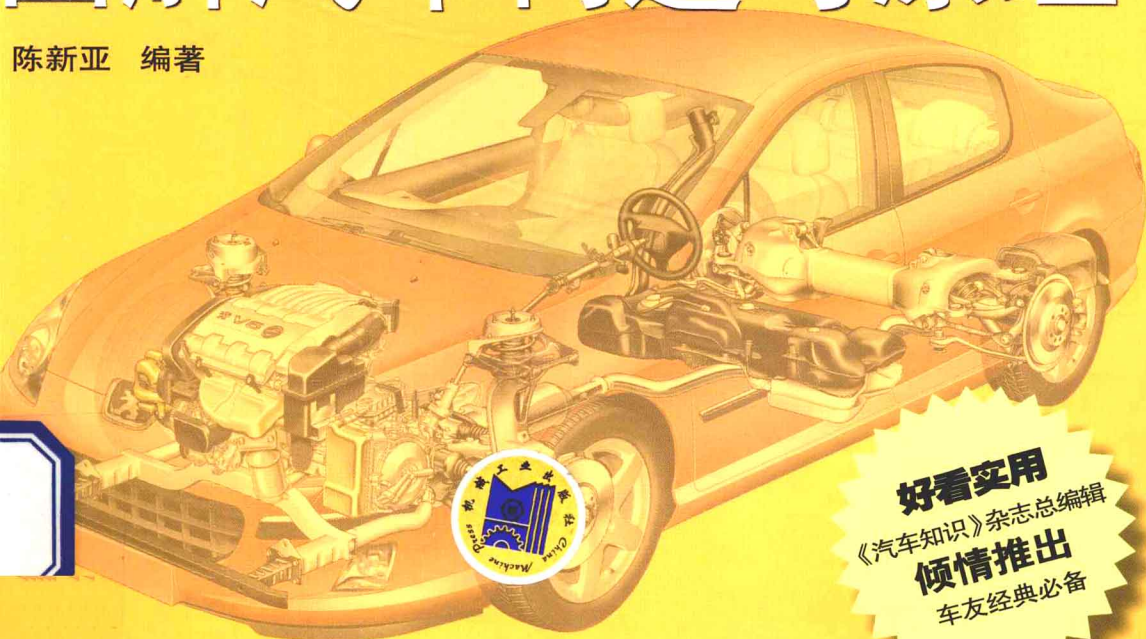
陈总编爱车热线书系

# 汽车为什么 会“跑”

普及版

## 图解汽车构造与原理

陈新亚 编著



好看实用

《汽车知识》杂志总编辑

倾情推出

车友经典必备

机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

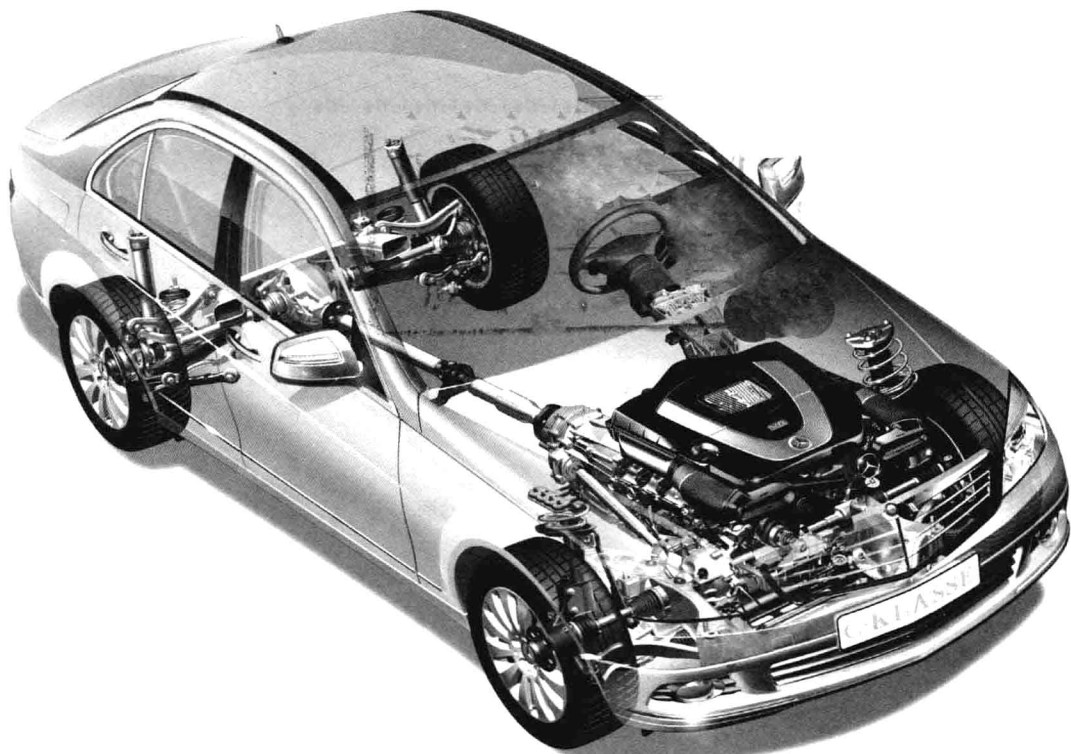
陈总编爱车热线书系

# 汽车为什么 会“跑”

普及版

## 图解汽车构造与原理

陈新亚 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

本书是“陈总编爱车热线书系”之一。作者根据多年来为车友咨询服务经验，精选了114个与汽车有关的问题，采用一问一答的形式，结合大量精美的汽车图片及简单文字说明，精准地介绍了汽车各个总成部件的构造、原理及最新汽车技术与配置等。

本书所选图片以透视图、剖视图及原理示意图等为主，可以让读者清晰地看到汽车内部的具体构造，了解汽车各个部件运作的原理，从而为车友选车购车、用车开车提供基础知识支持。

本书非常适合汽车爱好者、车主及相关汽车从业人员阅读使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车为什么会“跑”:图解汽车构造与原理:普及版/  
陈新亚编著. —北京:机械工业出版社, 2012.4  
(陈总编爱车热线书系)  
ISBN 978-7-111-37814-3

I. ①汽… II. ①陈… III. ①汽车—构造—图解 IV. ①U463-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第051982号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:李军 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2012年4月第1版第1次印刷

169mm×239mm·8印张·200千字

0001-3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-37814-3

定价:19.80元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网站:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

### 回答您一个问题

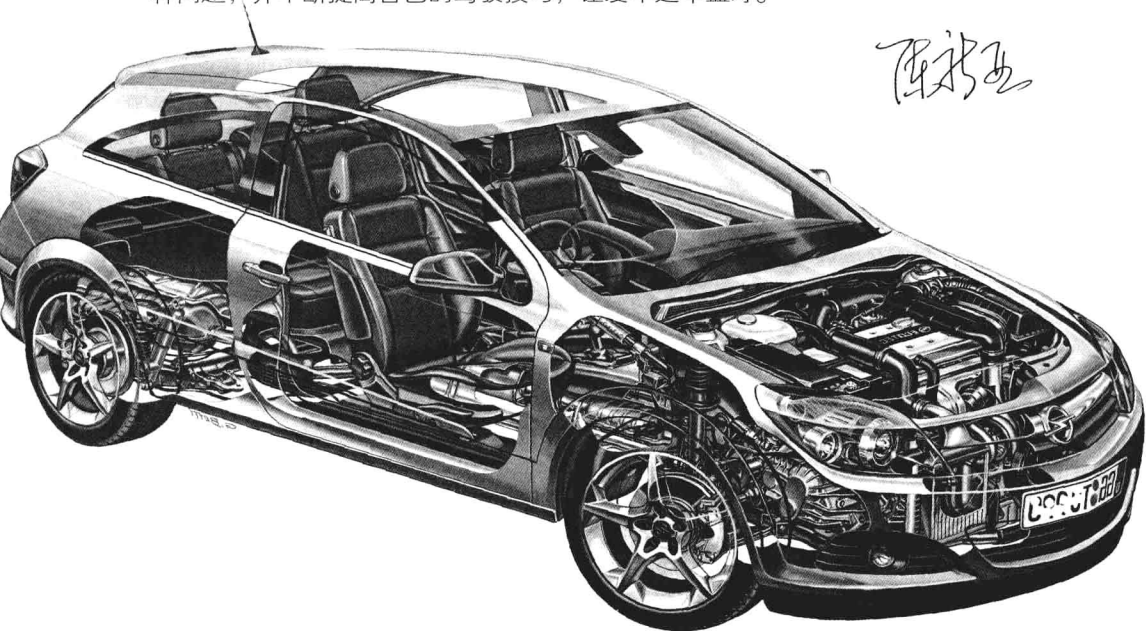


汽车为什么会“跑”？这可能是我们小时候都曾存在的疑问，甚至一直存在到今天。编写本书，就是想用图画的方式解答您心中存在已久的这个问题。

汽车是速度的象征，汽车是男人的最爱，男孩从小最喜欢的玩具就是汽车。当然，您也有其他玩具，如枪支、飞机、坦克等，但随着年龄增长，男人会对那些看得见摸不着的武器类玩具逐渐失去兴趣，顶多是偶尔谈起。然而，对于汽车却截然不同，可以说，从男孩到男人，我们对汽车的热爱之情与日俱增，对汽车知识探索的脚步一直未停。

然而，随着对汽车知识的了解，我们会发现对现在的汽车反而是越来越看不懂了，新技术、新配置、新名词、新设计让人眼花缭乱。如果只认识些车标和车名，知道些汽车故事，早已不能称之为汽车爱好者了。随着汽车技术的进步，汽车爱好者们也需要不断学习和更新知识，对汽车应有更深层次的认识和了解。对于购车者、车主和驾车人来说，也必须掌握一定的汽车知识，了解汽车的基本机械构造，了解汽车是如何行驶、转向和制动的，了解汽车行驶时所受的各种力，了解这些构造及力与驾驶和使用的关系。只有这样，您才能轻松应对每天行车中遇到的各种问题，并不断提高自己的驾驶技巧，让爱车延年益寿。

陈彬



# 目 录

## 第一章 发动机电控燃油喷射系统概述 /001

### 第一节 电控发动机组成与原理 /003

- 一、发动机电控系统的组成 /003
- 二、电子控制系统的控制功能 /005
- 三、电子控制系统的控制原理和控制方式 /007
- 四、电控燃油喷射系统的分类 /008

### 第二节 常用故障检修方法 /014

- 一、常用诊断工具和仪器 /014
- 二、常用故障诊断方法 /016
- 三、电控发动机故障检修注意事项 /021

### 第三节 仪器检测方法 /021

- 一、修车王电脑检测仪的使用 /022
- 二、431ME汽车故障电脑分析仪的使用 /026
- 三、故障诊断仪V.A.G1552的使用 /030
- 四、典型故障分析 /032

## 第二章 进气系统检修 /033

### 第一节 进气系统的组成与工作原理 /033

- 一、空气滤清器 /033
- 二、传感器 /034
- 三、发动机电子油门系统警报灯EPC /049
- 四、怠速控制 /049
- 五、增压控制 /050



## 第二节 进气系统的常见故障与排除 /066

- 一、传感器的检测 /066
- 二、怠速控制阀的检测 /070
- 三、可变配气相位控制系统检修 /072
- 四、VVT系统的检修 /072

## 第三节 进气系统典型故障案例 /073

- 一、本田轿车怠速工作粗暴特殊故障排除 /073
- 二、雷克萨斯LS400不能启动故障排除 /074
- 三、雷克萨斯LS400型轿车加速不良故障排除 /074
- 四、福特天霸加速不良故障排除 /075
- 五、六缸3.0L三菱吉普不好启动，行驶无力故障排除 /076
- 六、雪佛兰科西嘉轿车冷启动困难故障排除 /076
- 七、雷克萨斯LS400加速不良、行驶无力故障排除 /076

# 第三章 燃油供给系统检修 /078

## 第一节 燃油供给系统的组成与工作原理 /078

- 一、燃油箱 /078
- 二、燃油滤清器 /080
- 三、电动燃油泵 /081
- 四、喷油器 /083
- 五、燃油脉动阻尼器 /084
- 六、燃油压力调节器 /084
- 七、电动燃油泵控制电路 /086
- 八、汽油缸内直喷系统 /091

## 第二节 燃油供给系统的常见故障与排除 /094

- 一、燃油系统油压的检查 /094
- 二、主要故障现象 /097
- 三、各部件的检查 /097

## 第三节 燃油供给系统典型故障案例 /099

- 一、日产千里马轿车不能启动故障排除 /099
- 二、丰田CROWN3.0轿车自行熄火故障排除 /099
- 三、丰田子弹头车发动机抖喘故障排除 /100

- 五、皇冠3.0轿车短时运转即熄火的故障排除 /101
- 六、上海别克新世纪轿车加速无力故障排除 /101
- 七、日产千里马VG30加速不良、动力不足故障排除 /101
- 八、尼桑风度轿车发动机抖动故障排除 /102

## **第四章** 电控点火系统检修 /104

### **第一节** 电控点火系统的组成与工作原理 /104

- 一、电控点火系统的组成 /105
- 二、电控点火系统的类型 /117
- 三、电控点火系统的控制内容 /123

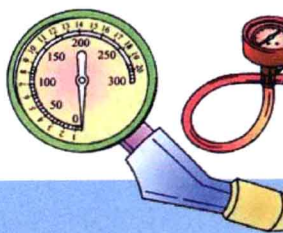
### **第二节** 电控点火系统的常见故障与排除 /129

- 一、霍尔式电子点火系统的检修 /129
- 二、微机点火系统的检修 /132
- 三、磁感应式点火信号发生器的检查 /134
- 四、霍尔式点火信号发生器的检查 /135
- 五、光电式点火信号发生器的检查 /135
- 六、点火电子组件的检查 /135
- 七、点火波形分析 /137

### **第三节** 电控点火系统典型故障案例 /143

- 一、奥迪100型轿车不能启动故障排除 /143
- 二、雷克萨斯LS400轿车无法启动故障排除 /144
- 三、丰田凯美瑞轿车高速行驶抖动故障排除 /144
- 四、丰田MARK-II型轿车无法启动故障排除 /145
- 五、尼桑轿车怠速时发动机抖动故障排除 /145
- 六、雷克萨斯LS400轿车怠速时不稳故障排除 /146
- 七、美款蓝鸟U13有时熄火、加速回火、抖动无规则故障排除 /146
- 八、北京切诺基发动机启动困难故障排除 /146
- 九、三菱跑车怠速不稳故障排除 /147
- 十、奔驰S320轿车加速不良故障排除 /148

## **第五章** 燃油喷射控制系统检修 /150



## 第一章

# 发动机电控燃油喷射系统概述

在这一章中，您将会学到：

- 电控发动机的发展历程
- 电控发动机组成与原理
- 电控系统故障检修方法
- 电控系统的仪器检测方法

汽车的发明给人类带来了极大的方便，同时也带来了许多问题。比如汽车数量逐渐增多使石油出现危机，并且严重危害环境。所以汽车制造设计工程师们为了解决这两个问题，使其能够满足所设定法规，研制开发了电子控制燃油喷射系统（EFI）。电子控制燃油喷射系统的全称为Electronic Fuel Injection，它主要是利用电子计算机控制供油、点火等。从而提高发动机的工作性能，并且减少排放污染，提高燃油经济性。首先来看一下电控燃油喷射发动机的发展历程。

博世公司于1912年开始研究燃油喷射系统。

第二次世界大战中，由于飞机对战争胜负起着重要的作用，而发动机混合气的配制对的性能和飞行高度影响很大。在寒冷高空中，燃油容易在化油器中结冰，造成发动机停机。为此，1937年博世公司用机械方式来控制可燃混合气的配制，首次在航空发动机上应用了燃油喷射系统。

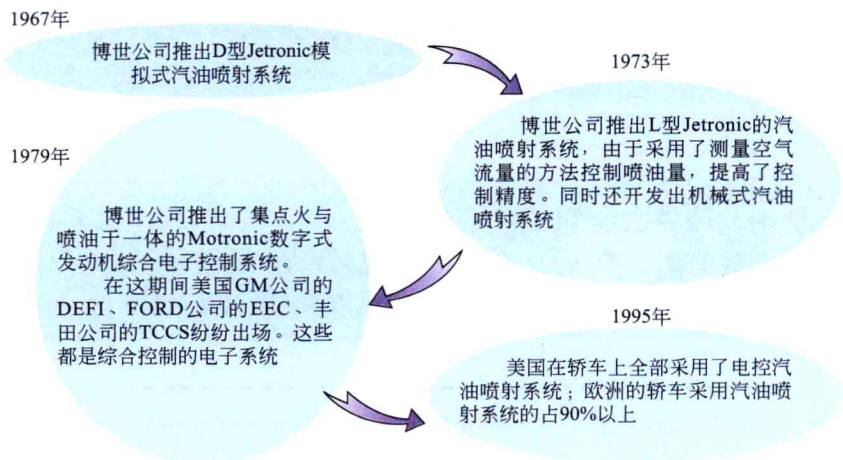
1952年，博世公司将燃油喷射系统从飞机“移植”到汽车上，将其装备在奔驰300SL车上，此时采用机械控制技术。

1953年，美国本迪克斯（Bendix）公司开始研究电控汽车喷射系统，并于1957年推出Electronic Fuel Injection电控燃油喷射系统。限于当时的电子技术，这种系统采用了管电路，体积庞大，并不实用，没有得到推广，但这套系统被称为现代燃油喷射系统“雏形”。

1962年，博世公司从本迪克斯公司购买了电控燃油喷射系统的专利，并在其基础上研究，改进后于1967年推出博世D型电控燃油喷射系统，称为D-Jetronic System。这是个实用型的电控燃油喷射系统，最先装备在大众汽车公司的VW-1600型车上，开创了电油喷射的新时代，在欧洲各大汽车厂获得推广。D系统采用电路控制燃油喷射，根据发动机转速和进气负压间接测量进气量，并非现代的压电具体式，所以进气量测量精度



1973年，博世公司推出另一种控制方式完全不同的汽车喷射系统——博世K型燃油喷射系统。这是一种机械控制的连续喷射系统，根据发动机吸入的空气量由控制电脑指示燃油分配来计量和分配喷油量，为了满足苛刻的美国汽车排放法规，博世公司1976年推出了采用闭环控制的K型燃油喷射系统。该系统在发动机的排气系统中设置了氧传感器，通过检测尾气中氧量的变化来调节燃油喷射量，从而更精确地控制空燃比以保证发动机的良好燃烧。带有氧传感器的K型喷射系统在降低排放污染方面又前进了一步。



20世纪70年代，单片微处理器被应用于汽车上，除了用于控制点火系统和燃油喷射系统外，还很快扩展到废气再循环（EGR）控制、发动机怠速控制等方面。这就产生了新的控制系统——微处理器（电脑）集中控制系统。这种类型的系统各家公司都有自己的名称。博世公司命名为Moronic系统，即为数字式发动机控制系统；丰田公司命名为TCCS，即丰田电脑控制系统；日产公司命名为ECCS，即日产集中控制系统。集中控制系统的优点是：从模拟电路发展到数字电路；控制的对象已不再局限于燃油喷射的控制，还包括变速器的控制、ABS制动防抱的控制等。现代轿车上几乎全部采用微处理器（电脑）集中控制系统。

1981年，日立公司和博世公司研制成功热线式空气流量计，它标志着电控燃油喷射系统进气量的检测方式得到了很大的改进。博世公司将带有这种流量计的电控燃油喷射系统称为LH系统。它的最大特点是反应快、阻力小，还能适应各种海拔的大气压力而不需修正。

随后博世公司对K型喷射系统作了进一步改进，于1982年开发出电子控制的机械式喷射系统（博世KE系统），在燃油分配器上增加了电液调节器（电子差压阀），能根据各种工况控制燃油量。

除了上述的多点燃油喷射系统（MPI），1980年出现的单点燃油喷射系统（SPI）或气门喷射系统（TBI），博世公司将其命名为Mono-Jetronic。单点喷射系统价格低，大部分安装在小型车辆上。

1994年上海大众推出采用D-Jetronic电控汽油喷射系统的桑塔纳2000型轿车。2000年中国政府规定：5人座以下的化油器式发动机汽车自2001年1月1日起停止生产。

1995年，日本三菱（MITSUBISHI）汽车公司公布了电控缸内直喷汽油机（即CI系统）。2001年，Volkswagen/Audi集团研制出独有的FSI（Fuel Stratified Injection）缸内直喷系统。

# 第一节 电控发动机组成与原理

在本节中，您将会学到：

- 发动机电控系统的组成
- 电子控制系统的控制功能
- 电子控制系统的控制原理和控制方式
- 电控燃油喷射系统的分类



## ◆ 一、发动机电控系统的组成

发动机电子控制系统主要由传感器（信号输入装置）、电子控制单元（ECU）、执行器组成，如图1-1所示。

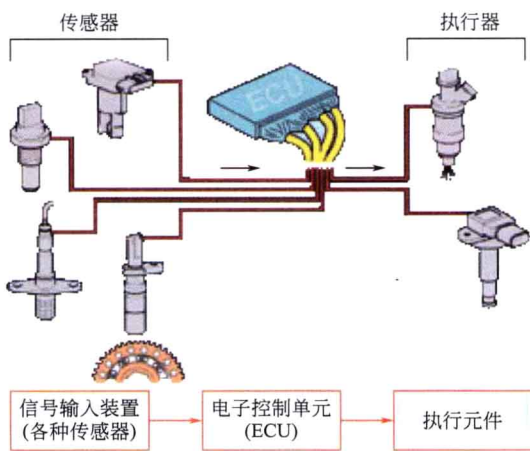


图1-1 发动机电控系统的组成

### 1. 传感器

发动机控制系统的信号输入主要是通过各种传感器及其他开关信号输入电子控制单元。主要信号有以下几种。

(1) 空气流量计 在L型EFI（电控燃油喷射系统）中，空气流量计检测发动机吸入的空气量，将此信号输入ECU，ECU将该信号和发动机转速作为燃油喷射和点火控制的主控制信号之一。

(2) 进气歧管绝对压力传感器 进气歧管绝对压力传感器用来检测进气管压力（在D型EFI中），并将此信号输入ECU，ECU将该信号和发动机转速作为燃油喷射和点火控制的主控制信号之一。

D型EFI，D是德文“压力”一词的第一个字母。



这两种空气测量方式的典型代表分别是博世公司的D-Jetronic系统和L-Jetronic系统。

(3) 转速和曲轴位置传感器 转速和曲轴位置传感器用来检测曲轴转角的位置及转速并输入ECU, 作为点火和燃油喷射控制的主信号。

(4) 凸轮轴位置(上止点位置)传感器 凸轮轴位置传感器用来检测凸轮轴位置及缸缸上止点信号, 并输入ECU, 作为点火控制的主信号。

(5) 冷却水温度传感器 冷却水温度传感器检测发动机冷却水温度, 向ECU输入冷却水温度信号, 为点火和燃油喷射的修正信号, 同时也是其他控制系统的控制信号。

(6) 进气温度传感器 进气温度传感器检测发动机进气温度, 并向ECU输入温度信号, 为点火和燃油喷射的修正信号。

(7) 节气门位置传感器 节气门位置传感器用来检测节气门的开度及节气门开、闭的信号, 并输入ECU, 控制燃油喷射及其他控制系统。

(8) 氧传感器 氧传感器用来检测废气中的氧含量, 向ECU输入空燃比反馈信号。

(9) 废气再循环(EGR)阀位置传感器 废气再循环阀位置传感器用来向ECU提供EGR阀的位置信号, 以检测EGR阀的开度。

(10) 爆燃传感器 爆燃传感器向ECU输入发动机爆燃信号, 控制点火提前角。

(11) 大气压力传感器 大气压力传感器用来检测大气压力, 向ECU输入大气压力信号, 作为喷油和点火的修正信号。

(12) 车速传感器 车速传感器用来检测汽车速度, 向ECU输入车速信号, 控制发动机转速, 实现超速断油控制。在发动机和自动变速器共同控制时, 是自动变速器换挡的主控制信号。

(13) 启动信号 发动机启动时, 向ECU输入一个启动信号, 作为点火提前角和喷油量修正信号。

(14) 发电机负荷信号 当发电机负荷因开启用电量较大的电器设备而增大时, 向ECU输入此信号, 作为喷油量和点火提前角的修正信号。

(15) 空调开关信号(A/C) 当空调开关打开时, 发动机负荷加大, 空调开关向ECU输入空调作用信号, 作为喷油量和点火提前角的修正信号。

(16) 挡位开关信号和空挡位置信号 当自动变速器挂挡时, 发动机负荷增加, 挡位开关向ECU输入信号, 作为喷油量和点火提前角的修正信号。当挂入P或N挡时, 空挡位置开关向ECU输入空挡位置信号, 此时, 允许发动机启动。

(17) 动力转向开关信号 采用动力转向的汽车, 当转向盘中间位置向左、右转动时, 动力转向油泵工作而使发动机负荷增大, 此时动力转向开关向ECU输入一个信号来修正点火提前角。

(18) 巡航控制开关信号 当进入巡航控制状态时, 由巡航控制开关向ECU输入巡航控制状态信号, 由ECU自动控制车速。

(19) 蓄电池电压信号 当ECU检测到蓄电池和电源系统的电压过低时, 将对喷油量进行修正, 以补偿由于电压过低造成喷油量减少。

不同类型的发动机, 由于控制方式不同, 其控制系统的信号输入装置也不同, 随着控制功能的扩展, 输入信号也将不断增加。

## 2. 电子控制单元(ECU)

ECU的功能是用来采集和处理各种传感器的输入信号, 根据发动机工作的要求, 进行决策运算, 并输出相应的控制信号。电子控制单元是发动机电子控制系统的核心, 它用于

电子控制单元（ECU）应具备的基本功能如下。

给传感器提供参考电压，接受传感器或其他装置输入的电信号，并对所接受的信号进行存储、计算和分析处理，根据计算和分析的结果向执行元件发出指令。

在发动机运转过程中，ECU根据发动机控制系统的各传感器送来的信号，判断发动机所处的运行工况和工作条件，并从ROM中查取相应的控制参数数据，经中央处理器（CPU）计算和必要的修正后，输出相应的控制信号，控制发动机运转。

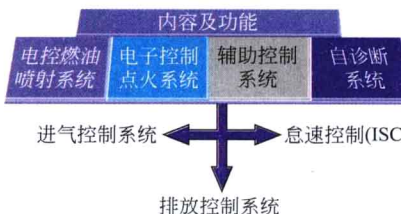
### 3. 执行器

在发动机电子控制系统中，接收信息的元件是传感器，而接收控制命令产生作用的则是执行器。

执行器的任务是根据控制信号去执行规定运作以完成控制目标，在汽油发动机的电子控制系统中，执行器主要有以下各种形式：电磁式喷油器、点火控制器（点火模块）、怠速控制怠速电动机、EGR阀、进气控制阀、二次空气喷射阀、活性炭罐排泄电磁阀、燃油泵继电器、冷却风扇继电器、空调压缩机继电器、增压器释压电磁阀、自诊断显示与报警装置、故障程序启动装置、仪表显示器等。

## ◆ 二、电子控制系统的控制功能

发动机电子控制系统主要控制内容及功能有电控燃油喷射、电控点火、辅助控制、自诊断等，如图1-2所示。



### 1. 汽油发动机控制功能

(1) 电控燃油喷射（EFI）汽油机电控燃油喷射系统的基本功能是对喷油量、喷射正时、燃油停供及燃油泵的控制，使发动机在各种运行工况下均能获得最佳浓度的混合气。

柴油机电控燃油喷射系统的基本功能是控制供（喷）油量和供（喷）油正时，还具有（喷）油速率控制和喷油压力控制等功能。

(2) 电控点火装置（ESA）汽油机电控点火系统的基本功能是点火提前角控制，使发动机在各种运行工况下均能获得最佳点火提前角和足够的点火能量。为了使混合气充分燃烧，发动机输出功率和转矩最大，使油耗和排放最低，必须对点火时间和点火能量进行控制。

#### (3) 辅助控制

① 怠速控制（ISC）基本功能是控制发动机怠速转速，使发动机怠速保持稳定。

柴油机怠速控制系统与电控燃油喷射系统集成一体，其功能除怠速转速控制外，还具有缸均匀性控制功能。

② 排放控制 排放控制项目主要有：废气再循环（EGR）控制、氧传感器及三元催化器开环、闭环控制、二次空气喷射控制、燃油蒸发排放（EVAP）控制等。

EVAP、EGR等基本功能是对排放控制装置的工作进行控制，以最大限度地降低发动机污染。

③ 进气控制 进气控制项目有可变气门正时控制、进气量控制、进气惯性增压控制、涡轮增压控制等。

VTEC、VVT-i等基本功能是通过各种途径对进气实施控制，以提高充气效率。

④ 自我诊断与报警系统 当控制系统出现故障时，仪表板上的“检查发动机”（CHECK ENGINE）



一定程序，能将故障码及有关信息资料调出，供检修用。

汽车工程师们在进行现代汽车电子控制系统设计的同时，在微机内增设了故障自诊断故障运行功能。自诊断就是电子控制系统自己检测运行情况，诊断系统有无故障。

⑤ 失效保护和应急备用系统 失效保护系统依靠ECU内的软件完成其功能。在电控系统工作时，ECU检测到某传感器内或其控制电路出现故障时，ECU将按设定的标准信号替代故障信号控制发动机继续运转或停止运转以保护发动机，确保车辆安全，这便是失效保护。

而当发动机ECU内微处理器或少数重要传感器出现故障时，ECU按预存的程序控制燃油喷射和点火正时，使电控系统维持最基本的控制功能，使发动机维持运转，汽车能维持基本行驶，这就是应急备用功能，它由ECU的备用IC（集成电路）来完成。

## 2. 汽油发动机电控系统的优点

相对于传统机械控制而言，汽油发动机（简称汽油机）电子控制技术的应用使汽油机性能得到了全面的提升，其主要优点如下。

(1) 控制精度高 由于电子控制元件的性能偏差相对较小，而且不存在磨损问题，电子控制对转速、负荷等工况参数的分辨率高，因此电子控制比机械控制精度高。

传统的机械控制其控制元件的机械加工尺寸偏差和磨损造成的尺寸偏差都会带来较大控制偏差，使控制精度下降。

(2) 改善了各缸混合气的均匀性 采用多点燃油喷射，每一个汽缸都有一个喷油器，油量是由电控单元通过计算精确控制，能根据发动机运行工况及时调整混合气空燃比，这对排放和提高燃油经济性十分有利。

在化油器发动机中，当混合气在经过不同宽度、不同长度及具有一定弯曲弧度的进气管时，由于空气和雾状的密度不同，空气较容易改变方向，而雾状汽油受惯性力作用则继续沿管末端运动，由此会造成各缸混合气浓度不均匀。

(3) 可以控制更多的控制变量 电子控制系统的传感器可以从发动机中提取几乎全部状态信息供ECU处理。执行器也可以执行机械执行机构很难甚至无法执行的许多任务，例如转速电子控制、爆燃电子控制、可变进气系统电子控制等。这就使得汽油机电子控制比机械控制具有更高的精度和更强的功能。

在机械控制汽油喷射中，有些变量如转速、负荷、温度、压力等能利用机械的探测器感知。但是发动机其他许多状态信息，如节气门位置、是否爆燃、空燃比大小等却是很难甚至无法用简单的机械装置探测到的。

(4) 减少排气污染 在电控燃油喷射系统中，无论发动机转速、负荷如何变化，都能精确地、精确地对空燃比进行调节。特别是采用燃油闭环控制，如氧传感器反馈控制，能精确空燃比 $\lambda$ 控制在理论空燃比附近（即空燃比等于14.7），使汽油机有害物的排放量进一步减少。

在化油器发动机中，虽然配有各种工况下混合气浓、稀装置，但随着发动机转速和负荷不断变化，混合气浓度也会短暂失调，导致燃油经济性和排放性能变坏。

(5) 加速性能好 在电控燃油喷射系统中，燃油喷射在各缸进气门附近，汽油又以一定压力从喷油器喷出，良好的雾化极易与空气混合，蒸发速度快，在各种工况下混合气都具有最佳的空燃比，能迅速响应节气门的变化。

流体有摩擦，特别是气体还有可压缩性。所以，气体和流体的控制系统往往会产生信息传递及处理的延迟。这种延迟是极其短暂，却会对发动机性能产生不良影响。

(6) 改善了汽油机对地理及气候环境的适应性 当汽车在不同地理环境或不同气候条



环境温度及时对空燃比进行修正，从而使汽车在各种地理环境及气候条件下运行时无需人工干预，即能保持良好的综合性能。

### ◆ 三、电子控制系统的控制原理和控制方式

#### 1. 电子控制系统的控制原理

在发动机运转过程中，传感器把发动机运行的工况和状态转变为电信号，输送给电子控制单元。电子控制单元根据这些变化的电量（或数据），判断发动机当前所处的运行条件，计算机内部存储器中查取相应的控制参数数据，经中央处理器（CPU）的计算和必要的修正，产生新的控制指令输出到各执行器，以完成所需的控制任务，其控制原理如图 1-3 所示。

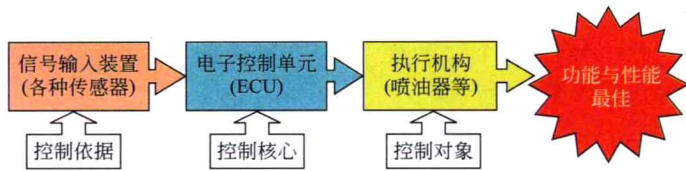


图 1-3 电控系统的控制原理

#### 2. 电子控制系统的控制方式

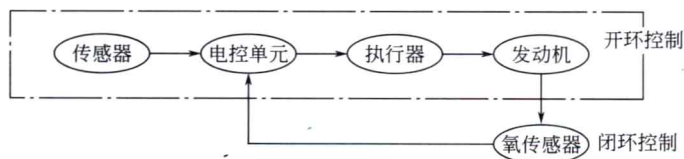
以计算机为控制核心，将传感器输入的信号称为输入量，控制对象执行的状态或过程称为输出量。所谓控制方式，就是指输出量与输入量之间的关系。发动机电子控制系统的控制方式主要有开环控制和闭环控制两种。

(1) 开环控制 发动机工作时，ECU 根据传感器的信号对执行器进行控制，而对控制结果（如燃烧是否完全、怠速是否稳定、是否有爆燃发生）是否达到预期目标则无法作出判断，控制的结果对控制过程没有影响，这种控制方式称为开环控制。

开环控制的特点：在控制器与被控制对象之间只有正向控制作用而没有反馈控制作用。开环控制比较简单，但是控制精度不够高。要达到精确控制，其控制系统 ECU 的 ROM 须预先储存发动机可能遇到的各种工况及运行条件所需控制参数的精确调整数据，这样才能输出的控制信号能产生预期的发动机响应，而控制数据一旦存入 ROM 中就不能再变动。

(2) 闭环控制 闭环控制也叫反馈控制。这种控制系统将控制对象的输出信号通过反馈送到控制器，以便根据输出情况随时修正控制量。以燃油喷射为例，为了使控制更加精确，可以在排气管上安装一个氧传感器，它能根据排气中的氧含量来判断混合气中各组分浓度，以氧传感器作为反馈环节，将它的输出信号反馈到电控单元，电控单元就可以修正空燃比。闭环控制的特点是在控制器与被控制对象之间不仅存在正向作用，而且存在着反馈作用，即系统的输出量对控制量有直接影响。

喷油量控制由计算机根据氧传感器输出的氧含量信号来判断进入汽缸中的可燃混合气空燃比是否合适，从而修正燃油供给量，使混合气空燃比保持在理想状态下，如图 1-4 所示。



## ◆ 四、电控燃油喷射系统的分类

### 1. 按喷射方式

(1) 连续喷射方式 指在发动机运转期间，汽油连续不断地喷射在进气道内，且大部分油是在进气门关闭时喷射的，因此大部分汽油在进气道中蒸发。除K型机械式及KE型机电式汽油喷射系统外，电控燃油喷射系统一般不采用此种喷射方式。

(2) 间歇喷射方式 指在发动机运转期间，将汽油间歇地喷入进气道内。在目前广泛应用的间歇喷射方式的多点电控燃油喷射系统中，按各缸喷油器的喷射顺序又可分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射。

① 同时喷射指将各缸的喷油器并联，在发动机运转期间，所有喷油器由电控单元的同时喷射指令控制，同时喷油、同时断油。采用同时喷射方式的内燃机燃油喷射系统一般是曲轴每转一圈各缸同时喷射一次，对每个缸来说，每一次燃烧所需的供油量需要喷射两次，即每转一圈喷射1/2的油量，如图1-5所示。

采用此种喷射方式，对各缸而言，喷油时刻不可能都是最佳的，其性能较差，一般用于分缸数较少的汽油发动机上，如韩国大宇轿车上使用的四缸发动机电控多点燃油喷射系统。

② 分组喷射指将各缸的喷油器分成几组，同一组的喷油器同时喷油或断油，如图1-6所示。

③ 顺序喷射指各喷油器由电控单元分别控制，按发动机各缸的工作顺序喷油。多缸发动机电控燃油喷射系统采用分组喷射或顺序喷射方式较多，如图1-7所示。

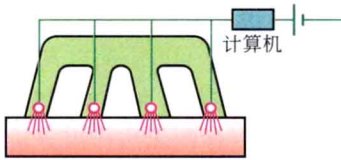


图1-5 同时喷射

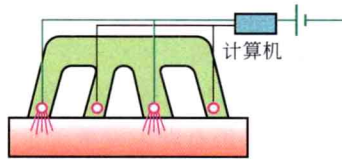


图1-6 分组喷射

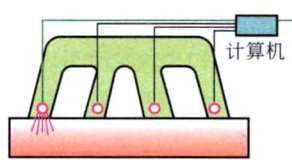
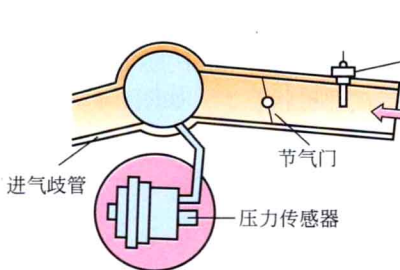


图1-7 顺序喷射

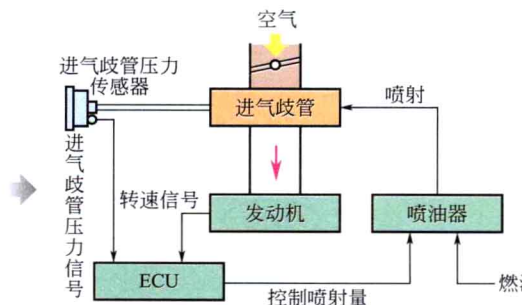
### 2. 按对空气量的计量方式

电控燃油喷射系统必须对进入汽缸的空气量进行精确的计量，才能通过对喷油量的控制实现混合气浓度的高精度控制。按对进气量的计量方式不同，电控燃油喷射系统可分为D型和L型。

(1) D型电控燃油喷射系统 其工作原理如图1-8所示。“D”是德语Druck（压力）的第一个字母。D型电控燃油喷射系统利用绝对压力传感器检测进气管内的绝对压力，电控单元根据进气管内的绝对压力和发动机转速推算出发动机的进气量，再根据进气量和发动机转速确定基本喷油量。



(a)



(b)



(2) L型电控燃油喷射系统 L型电控燃油喷射系统利用空气流量计直接测量发动机的量，电控单元不必进行推算，即可根据空气流量计信号计算与该空气量相应的喷油量。由除了推算进气量的误差影响，其测量的准确程度高于D型，故对混合气浓度的控制更精确工作原理如图1-9所示。

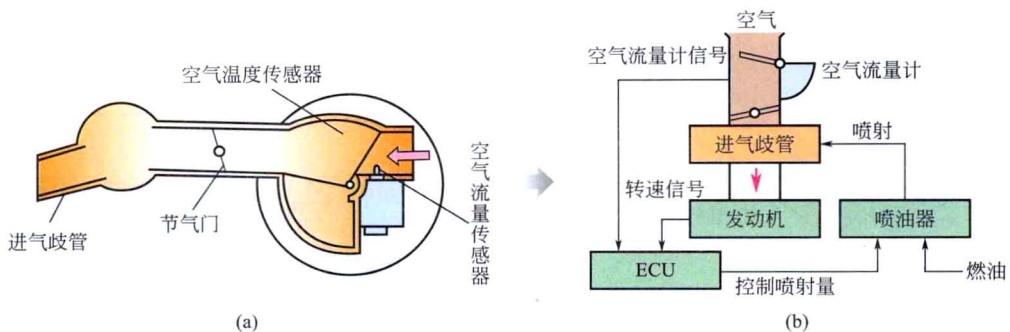


图1-9 L型（检测进气量）电控燃油喷射系统原理

### 3. 按喷射位置分类

(1) 缸内直接喷射 缸内直接喷射是将喷油器安装在汽缸盖上，把燃油直接喷入汽缸内，配合缸内的气体流动，形成可燃混合气，容易实现分层燃烧和稀混合气燃烧，可进一步提高发动机的经济性和排放性，如图1-10所示。

(2) 进气管喷射 目前汽车上应用的电控燃油喷射系统一般都是进气管喷射式，按喷油器的数量不同，又可分为单点喷射（SPI）系统和多点喷射（MPI）系统，如图1-11所示。

① 单点喷射 在节气门上方装一个中央喷射装置，用1~2个喷油器集中喷射。汽油喷入进气流中，形成的可燃混合气由进气歧管分配到各汽缸中。单点喷射又称为节气门体喷射TBI或中央喷射CFI。单点电控燃油喷射系统在每个汽缸进气行程开始的时候喷油，采用的是顺序喷射方式。又称独立喷射方式。独立喷射可使燃油在进气管中滞留的时间最短，各缸得到燃油量尽可能一致。单点喷射系统与多点燃油喷射系统的控制原理相似，空气量可采用空气流量计直接计量，也可采用绝对压力传感器间接测量，如图1-12所示。

② 多点喷射 在每缸进气门处装有1个喷油器，由电子控制单元（ECU）控制喷油，因此多点喷射又称为多气门喷射。多点喷射系统的燃油分配均匀性好，进气管可按最大进气量来设计，而且无论发动机处于冷态或热态，其过渡的响应及燃油经济性都是最佳的；但多点电控燃油喷射系统的控制系统比较复杂，成本较高，主要应用于对汽车性能要求较高的中、高级轿车上，如图1-13所示。

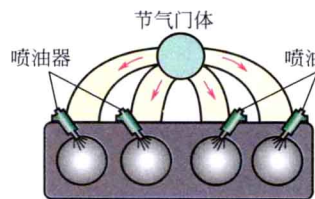


图1-10 缸内直喷示意图

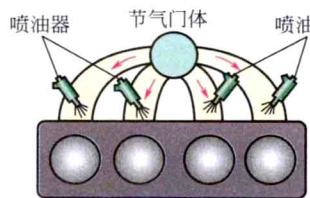
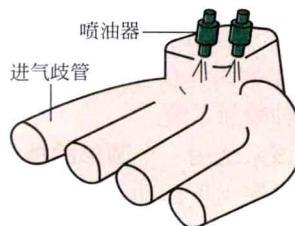


图1-11 进气管喷射示意图



### 4. 按有无反馈信号分类

(1) 开环控制系统 开环控制系统按预先设定在电控单

简单易行。但其精度直接依赖于所设定的基准数据和喷油器调整标定的精度。喷油器及发动机产品性能存在差异，或由于磨损等引起性能参数变化时，就不能使混合气准确地保持在预定空燃比（空燃比）。因此，开环控制系统对发动机及控制系统各组成部分的精度要求高，抗干扰能力差，当使用工况超出预定范围时，不能实现最佳控制，如图 1-14 所示。

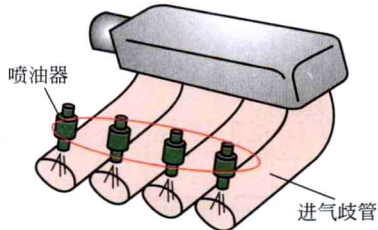


图 1-13 多点喷射示意图

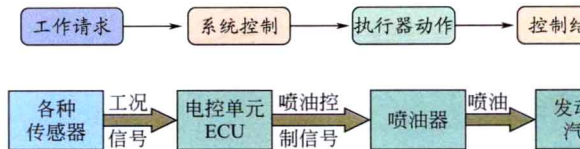


图 1-14 开环控制示意图

**工作原理：**它是将通过实验确定的发动机各工况的最佳供油参数预先存入电控单元，发动机工作时，电控单元根据系统中各传感器的输入信号，判断自身所处的运行工况，并输出最佳喷油量，通过对喷油器喷射时间的控制，来控制混合气的浓度，使发动机优化运行。

(2) 闭环控制系统 闭环控制系统可达到较高的空燃比控制精度，并可消除因产品制造、磨损等引起的性能变化，工作稳定性好，抗干扰能力强。但是，为了使排气净化达到最佳，只能运行在理论空燃比 14.7 附近。对启动、暖机、加速、怠速、满负荷等特殊工况，仍采用开环控制，使喷油器按预先设定的加浓混合气配比工作，以满足发动机特殊工况的工作要求。所以，目前普遍采用开环和闭环相结合的控制方案，如图 1-15 所示。

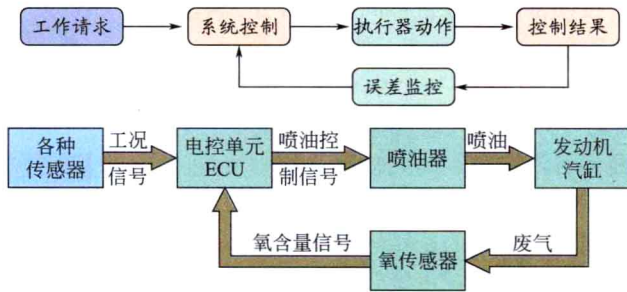


图 1-15 闭环控制示意图

**工作原理：**在该系统中，发动机排气管上加装了氧传感器，根据排气中含氧量的变化，判断实际进入汽缸的混合气空燃比，再通过电控单元与设定的目标空燃比值进行比较，并修正喷油器喷油量，使空燃比保持在设定的目标值附近。

## 5. 按功能分类

(1) K-Jetronic 燃油喷射系统 1976 年德国博世公司成功研制出 K-Jetronic 燃油喷射系统，1984 年德国大众公司捷达轿车采用 K-Jetronic 系统。此外，早期奔驰 190E、300E、560SE 等车型也采用这种喷射系统。

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喷射系统中的柱塞上下运动，进而改变计量槽孔的导通面积来控制燃油的喷射量。对混合气浓度的控制则是通过控制柱塞上方的燃油压力来实现的，其结构如图 1-16 所示。图中发动机控制模