

# 汽车发动机电控系统 构造与检修

● 主编 王先耀

“互联网+”教材



 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

全书视频资源

# 汽车发动机电控系统 构造与检修

主 编 王先耀

副主编 刘志君

参 编 吴雅莉 徐德亭 黄 刚 李伟艳

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书主要介绍了发动机电控系统构造、原理与检修。全书包括：认识发动机电控系统、汽油机电控燃油喷射系统检修、发动机电控点火系统检修、怠速控制系统检修、发动机进气控制系统检修、汽油机排放控制系统检修、柴油机电控系统检修及汽车发动机电控系统故障诊断等8个项目。

本书既可作为各高校汽车专业的教学用书，也可作为汽车维修技术人员的培训、自学用书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目 (CIP) 数据

汽车发动机电控系统构造与检修/王先耀主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 2  
ISBN 978 - 7 - 5682 - 3731 - 4

I. ①汽… II. ①王… III. ①汽车 - 发动机 - 电子系统 - 控制系统 - 构造 - 高等学校 - 教材②汽车 - 发动机 - 电子系统 - 控制系统 - 检修 - 高等学校 - 教材 IV. ①U464. 03②U472. 43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 036001 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中画美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 17.5

字 数 / 408 千字

版 次 / 2017 年 2 月第 1 版 2017 年 2 月第 1 次印刷

定 价 / 58.00 元

责任编辑 / 赵 岩

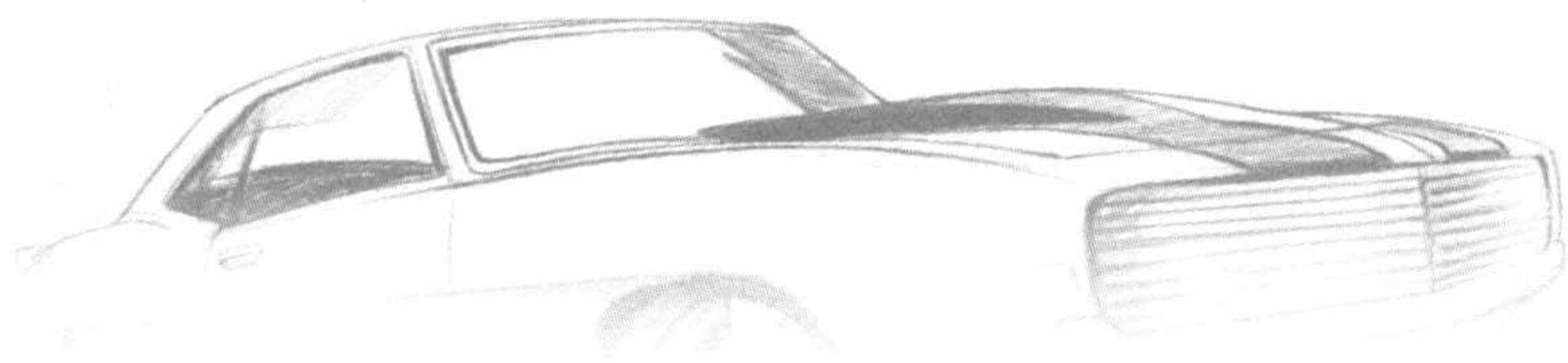
文案编辑 / 张 雪

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



# 前 言

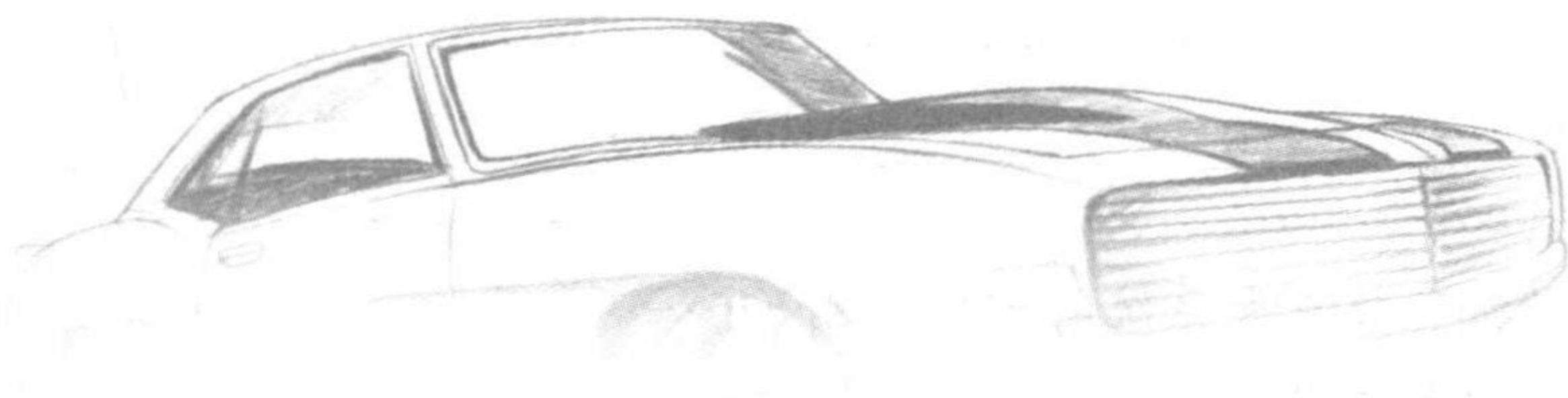
随着汽车技术的飞速发展，电子化、智能化等已经成为汽车发展的主要趋势，汽车技术越来越先进、复杂，这为汽车后市场从业人员提出了新的挑战 and 更高的要求。为使各高校汽车专业师生系统地掌握汽车发动机电控系统的构造、原理和故障诊断方法，我们编写了这本教材。在内容的选取上突出当今主流轿车正普遍采用的发动机电控技术及先进的维修方法，摒弃已经过时的教学内容；在信息表达上注重精美图片的选取及复杂问题简单化处理并配以互联网+及配套教学资源，文中设有大量的特别提示、知识链接、案例分析，尤其是在关键节点附有二维码扫码，让同学们能根据需要选取辅助或拓展教学资源，资源主要以动画、短视频及精美彩图呈现给大家，以适应当今教育教学改革潮流；本教材特别重视实用技能的提高，选取的实施项目均为主流车型的行业高频作业，以期举一反三。

本教材采用项目式编写体系，对汽车发动机电控系统的教学内容进行了有机整合，按照引例导入、相关知识、项目实施、知识能力拓展及习题的形式进行编排。全书包括：认识发动机电控系统、燃油喷射系统、发动机电控点火系统、怠速控制系统、进气控制系统、排放控制系统、柴油机电控系统以及汽车发动机电控系统故障诊断共八个项目。

本书由王先耀任主编（项目一、三、七），刘志君任副主编（项目二），参加本书编写工作的还有吴雅莉（项目六），徐德亭（项目五）、黄刚（项目八）和李伟艳（项目四）等。编写中得到了曹登华、李远军、李洪亮、江舸、姜松州、李阳、鲍强、刘备等大力的指导、支持及帮助，在此一并表示感谢。

在编写过程中，我们参考和借鉴了国内外大量资料，在此对相关资料的作者表示衷心的感谢。由于编写时间仓促，加之水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者



# 目 录

项目一 认识发动机电控系统	001
1.1 相关知识	002
1.1.1 发动机电控技术的发展历程	002
1.1.2 电控技术对发动机性能的影响	003
1.1.3 发动机电子控制系统的基本组成及功用	004
1.1.4 发动机电控系统的控制方式	010
1.1.5 电控技术在发动机上的应用	011
1.1.6 电控发动机的发展趋势	012
1.2 项目实施——在车上认识发动机电控系统	013
练习与思考	018
项目二 汽油机电控燃油喷射系统检修	020
2.1 相关知识	021
2.1.1 汽油机电控燃油喷射系统概述	021
2.1.2 空气供给系统	030
2.1.3 燃油供给系统	031
2.1.4 电子控制系统	037
2.2 项目实施	049
2.2.1 节气门体的检修	049
2.2.2 燃油供给系检修	050
2.2.3 空气流量传感器检修	054
2.3 知识与能力拓展	055
2.3.1 汽油机缸内直喷技术	055
2.3.2 发动机稀薄燃烧技术	058
练习与思考	061
项目三 发动机电控点火系统检修	063
3.1 相关知识	064
3.1.1 对点火系统的基本要求	064
3.1.2 电控点火系统的基本组成及工作原理	064
3.1.3 电控点火系统的类型	068

3.1.4	有分电器电控点火系统	068
3.1.5	无分电器点火系统	071
3.1.6	电控点火系统控制	077
3.2	项目实施	084
3.2.1	丰田 3SZ-FE 发动机直接点火系统的常规检测	084
3.2.2	大众 AJR 发动机无分电器双缸同时点火系统的检测	086
3.3	知识能力拓展——点火波形的识读与分析	090
	练习与思考	094
项目四	怠速控制系统检修	096
4.1	相关知识	097
4.1.1	怠速控制系统概述	097
4.1.2	旁通空气式怠速控制系统	098
4.1.3	节气门直动式怠速控制系统	105
4.1.4	怠速控制系统	107
4.2	项目实施	109
4.2.1	怠速控制系统的就车检测	109
4.2.2	旁通空气式怠速控制阀检修	110
4.3	知识与能力拓展——全电子节气门	113
	练习与思考	117
项目五	发动机进气控制系统检修	120
5.1	相关知识	121
5.1.1	进气增压控制	121
5.1.2	可变气门配气相位和气门升程控制	132
5.2	项目实施	140
5.2.1	进气谐波增压系统的检修	140
5.2.2	废气涡轮增压系统的检修	142
5.2.3	可变气门正时及升程电子控制系统的检修 (VTEC 系统的检修)	146
5.3	知识与能力拓展——宝马电子气门控制系统	149
	练习与思考	152
项目六	汽油机排放控制系统检修	154
6.1	相关知识	155
6.1.1	三元催化转化器与空燃比反馈控制系统	155
6.1.2	废气再循环控制系统	164
6.1.3	燃油蒸发排放控制系统	166
6.1.4	二次空气供给系统	169
6.2	项目实施——桑塔纳 2000 GSi 型轿车氧传感器的检修	172
6.3	知识与能力拓展——国 IV、欧 V 简介	174
	练习与思考	177

项目七 柴油机电控系统检修	179
7.1 相关知识	180
7.1.1 柴油机电控系统概述	180
7.1.2 电控泵喷嘴	186
7.1.3 电控单体泵	196
7.1.4 电控高压共轨系统	205
7.1.5 电控柴油机故障诊断	220
7.2 项目实施	223
7.2.1 电子油门踏板检修	224
7.2.2 喷油器检修	225
7.2.3 高压油泵检修	226
7.3 知识与能力拓展——博世高压共轨柴油机 ECU 的控制策略	227
练习与思考	232
项目八 汽车发动机电控系统故障诊断	234
8.1 相关知识	235
8.1.1 发动机电控系统故障诊断基础	235
8.1.2 电控系统故障诊断的原则	245
8.1.3 电控系统故障诊断的基本方法	245
8.1.4 电控系统故障的诊断流程	248
8.1.5 常用诊断工具	249
8.2 项目实施	256
8.2.1 故障码的读取与清除	256
8.2.2 标准诊断流程	258
8.3 知识与能力拓展	259
8.3.1 启动困难的故障诊断程序	259
8.3.2 怠速不稳的故障诊断程序	260
8.3.3 混合气过稀的故障诊断程序	261
8.3.4 混合气过浓的故障诊断程序	262
练习与思考	266
参考文献	268



# 项目一

## 认识发动机电控系统



### 学习目标

- (1) 了解发动机电控技术的发展历程和发展趋势。
- (2) 掌握发动机电控系统的基本组成及各部分的功用。
- (3) 知晓现代汽车发动机装配的典型传感器、执行器的种类。
- (4) 能够找出并识别发动机电控系统的主要传感器、执行器、ECU 部件。



### 学习要求

能力目标	知识要点	权重
了解电控发动机的发展历程，对发动机电控技术的发展趋势有初步的认识	发动机电控技术发展史的重要事件及时间； 发动机电控技术的发展趋势	15%
熟悉发动机电控系统的组成	传感器、执行器和电控单元的组成	20%
熟悉各主要传感器、执行器及电控单元的功用	各传感器的功用，电控单元的基本工作原理，执行器的功用	40%
能迅速找出主要传感器、执行器的安装位置	各传感器、执行器及电控单元在车上的布置规律	20%
知晓运用在发动机上的电控系统	发动机电控子系统的种类	5%



### 引例

一辆行驶里程为 5.6 万公里的丰田卡罗拉轿车，近期发现仪表板上发动机故障灯点亮，丰田 4S 店检测人员发现空气流量传感器、氧传感器及 EGR 阀等多个发动机传感器及执行器有故障码。现需要对出现故障码的传感器、执行器进行实车检测，你能找到它们在车上的位置吗？



## 1.1 相关知识

### 1.1.1 发动机电控技术的发展历程

随着汽车电子技术的飞速发展以及能源紧缺、交通安全,尤其是汽车排放、环境保护等问题日益突出,促使汽车发动机技术不断改进提高,其发展历程主要经历了以下几个阶段。

1952年德国博世(Bosch)公司成功研制了第一台机械控制燃油喷射式发动机,燃油直接喷入气缸内,装配在戴姆勒-奔驰300L型赛车上。

1953年美国本迪克斯(Bendix)公司开始研制由真空管电子控制系统控制的燃油喷射装置,并在1957年研制成功。该系统根据进气压力,由设在各个节气门前的喷油器与进气行程同步喷油,遗憾的是该专利技术并未被推广应用。

1958年,博世公司成功研制了机械控制进气歧管连续喷射燃油机,即机械式燃油喷射系统。空燃比采用机械式油量分配器进行调节,装配在梅赛德斯-奔驰220S型轿车上。

1967年,德国博世公司根据美国本迪克斯公司的专利技术,开始批量生产利用进气歧管绝对压力信号和模拟计算机,来控制发动机空燃比的D型燃油喷射系统(D-Jetronic),装配在德国大众汽车公司生产的VW-1600型和奔驰280SE型轿车上,这款燃油喷射系统率先达到了当时美国加利福尼亚州的排放法规要求。D型燃油喷射系统采用电子电路控制喷油器的开启时间进行喷油量控制,开创了汽油发动机电子控制燃油喷射技术的新纪元。

1973年德国博世公司在D型燃油喷射系统的基础上,研制出了L型燃油喷射系统——L-Jetronic。L型燃油喷射系统采用翼片式空气流量传感器检测发动机的进气量(体积型)进行空燃比的配制,与利用进气歧管绝对压力信号间接检测的D型燃油喷射系统相比,检测精度大大提高。但该系统由于翼片式空气流量传感器的计量板对加速灵敏性反应迟缓、控制性能会受磨损影响和安装性差而被淘汰。

1976年,美国克莱斯勒(Chrysler)汽车公司成功研制了微机控制点火系统,取名为“电子式稀混合气燃烧系统ELBS”。该系统由模拟计算机对点火进行控制,根据大气压力、进气温度、发动机冷却液温度、发动机负荷与转速等信号计算出最佳的点火时刻,通过控制200多个参数,对实际点火提前角进行最佳控制。

1977年,美国通用汽车公司开始采用微机控制点火系统。该系统由中央处理器(CPU)、存储器(RAM、ROM)和模/数(A/D)转换器等组成,是一种真正的计算机控制系统。装配在奥斯莫比尔牌特罗纳德轿车上。1978年,美国通用汽车公司成功研制了可同时进行点火控制、空燃比反馈控制、废气再循环控制、怠速控制、故障自诊断和带故障运行控制功能的电子控制系统。

1979年,德国博世公司在L-Jetronic系统的基础上,将电控点火和电控燃油喷射组合在一起,采用数字计算机进行控制,并开发出M-Motronic系统,即发动机集中管理系统。发动机集中管理系统将所有发动机的运行控制和管理功能集中到一个微机上,消除了以前的单一控制系统按功能设置控制单元和传感器的弊端。不但降低了制造成本,而且提高了控制系统的工作可靠性。

1979年,日本日产(Nissan)汽车公司成功研制了集点火控制、空燃比控制、废气再循环控制和怠速控制于一体的发动机集中控制系统(ECCS),该系统具有自诊断功能,装配在公子牌和光荣牌轿车上。

1980年,日本丰田(Toyota)公司开发出了具有燃油喷射控制、点火控制、怠速控制和故障自诊断功能的丰田计算机控制系统(TCCS)。同年,三菱(Mitsubishi)汽车公司成功研制了采用以卡尔曼涡旋式空气流量传感器的电子控制燃油喷射系统(ECI)。

1981年,博世公司在L-Jetronic系统的基础上,开发出了新颖的热线式空气流量传感器,能直接检测出进入发动机的空气的质量和流量。该方式及其后来的改进版至今被广泛采用。

20世纪90年代之后,为了满足更加严格的排放指标,世界各主要汽车公司除了逐步增加发动机集中管理系统的控制功能,还加大了能满足未来法规要求的其他技术的开发力度,尤其是缸内直喷技术。例如,日本三菱公司的GDI系统、大众/奥迪集团研制出独有的FSI缸内直喷系统、凯迪拉克的SIDI双模直喷发动机、奔驰的CGI直喷发动机、马自达的DISI直喷系统及博世公司的MED-Motronic系统等所使用的缸内直喷技术。

我国在轿车电子控制燃油喷射技术应用方面起步较晚,1994年上海大众推出了采用D-Jetronic电控燃油喷射系统的桑塔纳2000型轿车。2000年,我国政府规定: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。之后,电控燃油喷射发动机得到快速发展。目前,中外合资装配的发动机基本与国际先进技术同步,国产车装配的发动机正在迅速缩小与世界先进技术的差距。

### 1.1.2 电控技术对发动机性能的影响

#### 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,且始终以最佳的喷油量控制,因此使得进入汽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. 提高发动机的燃油经济性

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,使燃油燃烧得更为充分,极大地提高了发动机的燃油利用效率。

#### 3. 降低排放污染

通过电控系统对发动机在各种运行工况下的优化控制,从而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. 提高发动机的加速和减速性能

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

#### 5. 改善发动机的低温起动性能

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

### 1.1.3 发动机电子控制系统的基本组成及功用

发动机电控系统由传感器、电子控制单元（ECU）和执行器 3 部分组成，如图 1-1 所示。

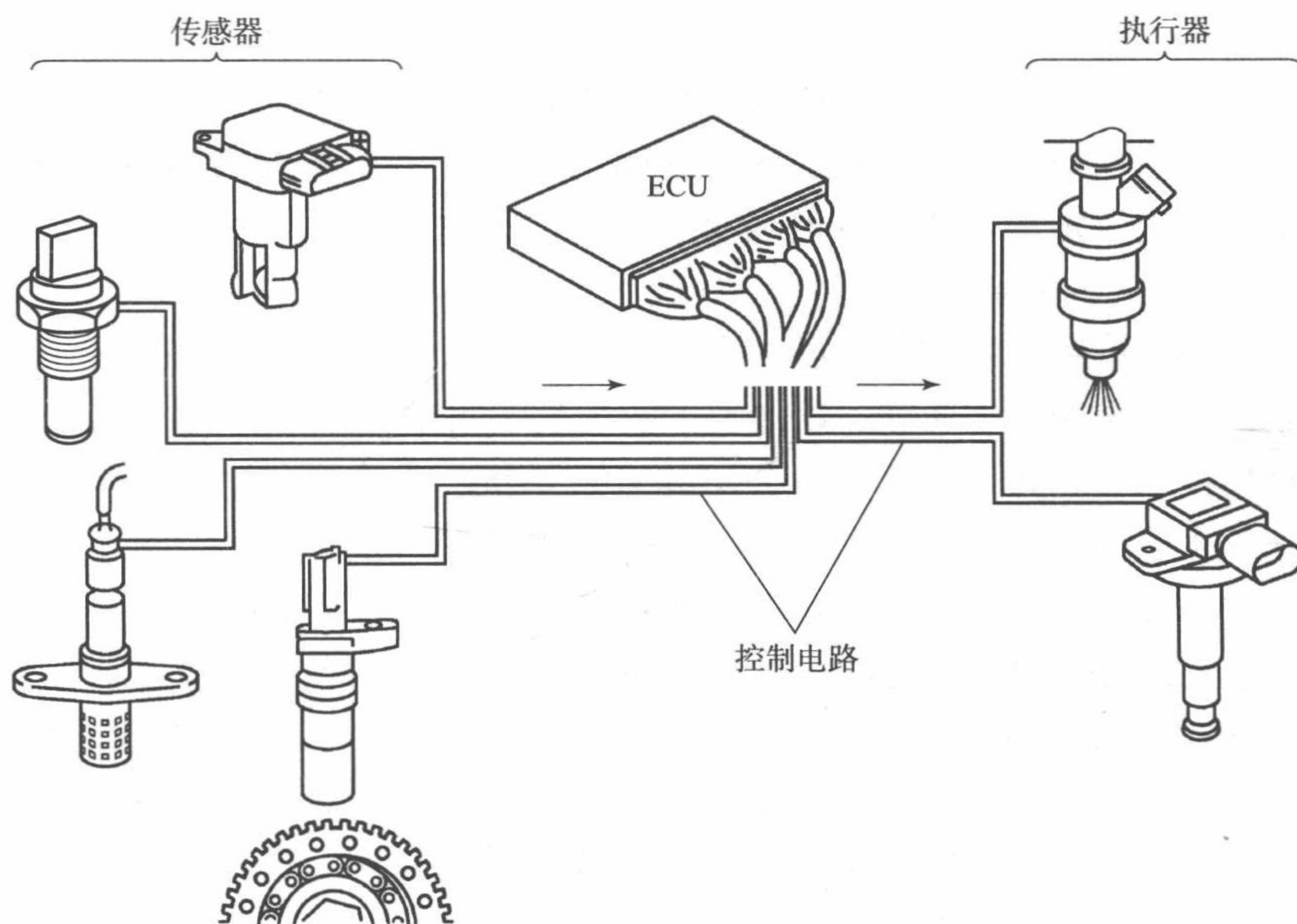


图 1-1 发动机电子控制系统的基本组成

传感器的功用是采集各种信息。电子控制单元（ECU）分析处理传感器采集到的各种信号并向执行器发出控制指令。执行器的功用是根据所接收的指令完成具体的操作动作。

安装在发动机不同部位上的各种传感器，测得发动机的转速、进气量、节气门开度、冷却液温度、进气温度等运转参数以及发动机的工作情况和汽车运行状况的信号，将它们转换成 ECU 可以识别的电信号后传送给 ECU，ECU 进行运算和处理，按 ECU 内设定的程序进行分析、判断和计算，并根据计算结果向喷油器、电动燃油泵、点火器、怠速控制阀等执行器发出指令信号，控制发动机各系统的工作。图 1-2 为发动机电控系统工作原理的方框图。

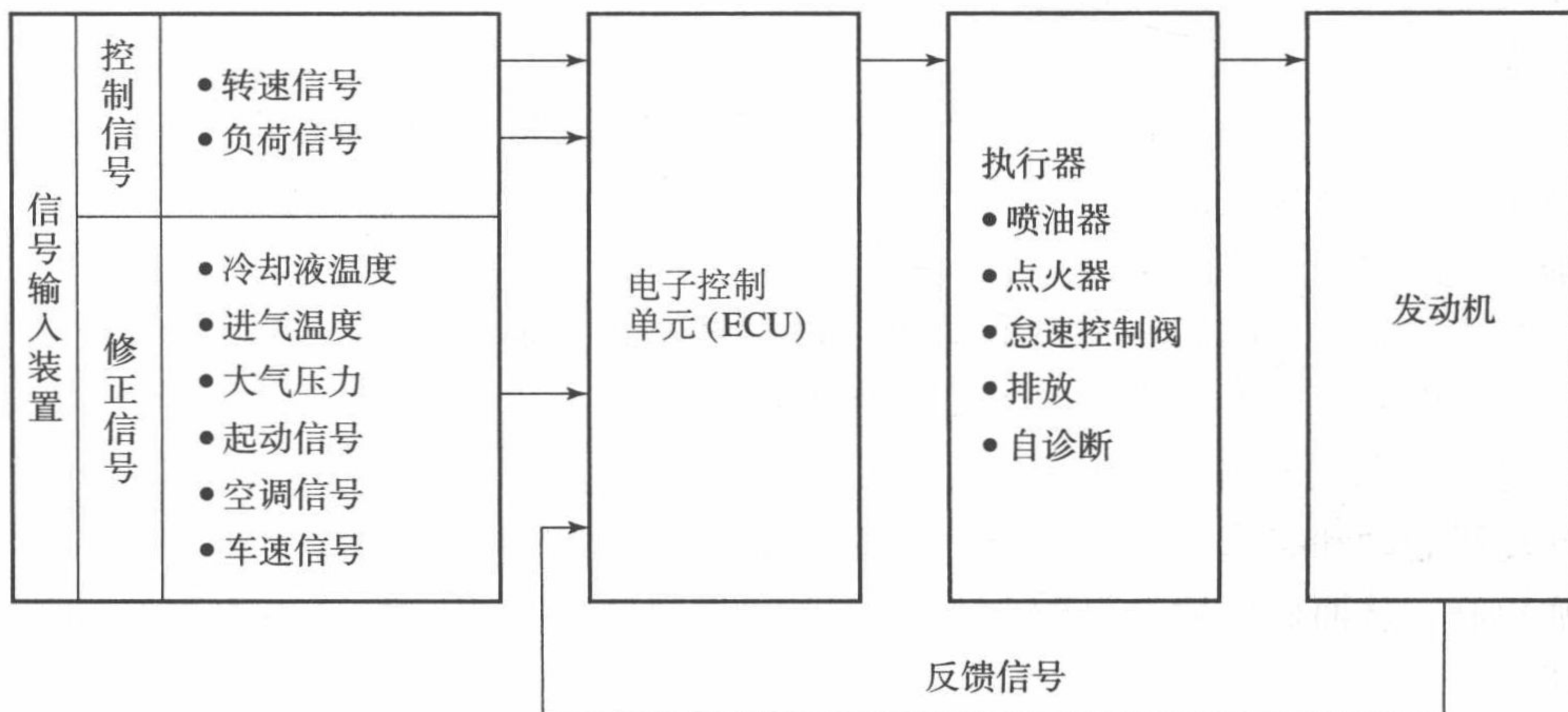


图 1-2 发动机电控系统工作原理的方框图

电子控制单元（ECU）是发动机电控系统的核心部件，它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。形象地说，电子控制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”。



资源 1-1 发动机电控系统的组成

### 1. 传感器

(1) 空气流量传感器（AFS）。由空气流量传感器测量发动机的进气量，并将信号输入 ECU，作为燃油喷射和点火控制的主控制信号。空气流量传感器一般安装在发动机的节气门与空气滤清器之间的进气管中。

(2) 进气管绝对压力传感器（APS）。根据发动机的负荷状况，测出节气门后方的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。进气管绝对压力传感器一般安装在节气门后的进气管上。

(3) 节气门位置传感器（TPS）。节气门位置传感器检测节气门的开度（负荷）、开度变化以及节气门开闭的速率（单位时间内开闭的角度）信号，将此信号输入 ECU，用于燃油喷射控制及其他辅助控制。节气门位置传感器安装在节气门体上。

(4) 曲轴位置传感器（CKPS）。用于检测曲轴转速和转角，并将信息输入 ECU，ECU 根据该信号对点火正时和喷油进行控制。曲轴位置传感器通常安装在曲轴上、凸轮轴上、飞轮上或分电器内。

(5) 凸轮轴位置传感器（CMPS）。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。

(6) 冷却液温度传感器（ECTS）。发动机的冷却液温度传感器给 ECU 提供发动机的冷却液温度信号，作为燃油喷射控制和其他发动机控制的修正信号。冷却液温度传感器安装在发动机气缸上或缸盖冷却液的通道上。

(7) 进气温度传感器（IATS）。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安装于进气道上，也可与空气流量传感器、进气管绝对压力传感器组成为一体，安装在节气门前或节气门后。

(8) 氧传感器（O<sub>2</sub>S）。氧传感器用来检测汽车排气中的氧含量，向 ECU 输送空燃比的反馈信号，进行喷油量的闭环控制。氧传感器通常安装在排气总管上。

(9) 爆燃传感器（KS）。爆燃传感器用来检测汽油机是否爆燃及爆燃强度，将此信号输入 ECU，ECU 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燃。爆燃传感器通常安装在发动机气缸体的中上部或火花塞上。



资源 1-2 空气流量传感器



资源 1-3 节气门位置传感器



资源 1-4 曲轴位置传感器



资源 1-5 凸轮轴位置传感器

(10) 车速传感器 (VSS)。检测汽车的行驶速度, 给 ECU 提供车速信号 (SPD 信号)。用于巡航控制或其他发动机修正控制, 也是自动变速器的主控制信号。车速传感器通常安装在变速器输出轴上或集成在 ECU 内。

(11) 起动开关 (STA)。发动机起动时, 通过起动开关给 ECU 提供一个起动信号, 作为燃油喷射控制和点火控制的修正信号。

(12) 空调开关 (A/C)。用来检测空调压缩机能否工作。ECU 根据空调开关信号控制发动机怠速时的点火提前角、怠速转速等, 以此作为燃油喷射控制和点火控制的修正信号。

(13) 挡位开关。当自动变速器由 P/N (停车或空挡) 挡位挂入其他挡位时, 发动机负荷将增加, 挡位开关向 ECU 输入信号, 作为发动机控制的修正信号。

(14) 制动灯开关。在制动时, 由制动灯开关向 ECU 提供制动信号, 作为发动机控制的修正信号。

(15) 动力转向开关。采用动力转向装置的汽车, 当转向盘由中间位置向左、右转动时, 由于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 输入信号, 作为发动机控制的修正信号。

(16) 巡航 (定速) 控制开关。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 对车速进行自动控制。

特别提示: 主要传感器的功用及其在车上的安装位置。

## 2. 电子控制单元 (ECU)

(1) ECU 的功能: 给传感器提供参考 (基准) 电压 (2 V、5 V、9 V、12 V); 接收传感器或其他装置输入的信息, 将输入的信息转变为微型计算机 (微机) 所能接受的信号; 存储分析计算所用的程序、车型的特点参数、运算中的数据及故障信息; 运算分析, 即根据信息参数算出执行命令并输出给执行器; 将输出的信息与标准值对比, 查出故障并输出故障信息; 自我修正 (自适应功能)。

在发动机控制系统中, ECU 不仅用来控制燃油喷射系统, 还具有点火提前角控制、怠速控制、进气控制、排放控制、自诊断、失效保护和备用控制等多项控制功用。

由于使用微型计算机, 与以往的模拟电路控制相比, 信号处理的速度和容量大大提高, 因此, 可以实现多功能的高精度集中控制。

(2) ECU 的硬件。ECU 是发动机电控系统的核心, 由微处理器 CPU、存储器 (ROM 和 RAM)、输入/输出接口和总线等部分组成, 如图 1-3 所示。



资源 1-6 冷却液温度传感器



资源 1-7 进气温度传感器



资源 1-8 氧传感器



资源 1-9 爆燃传感器

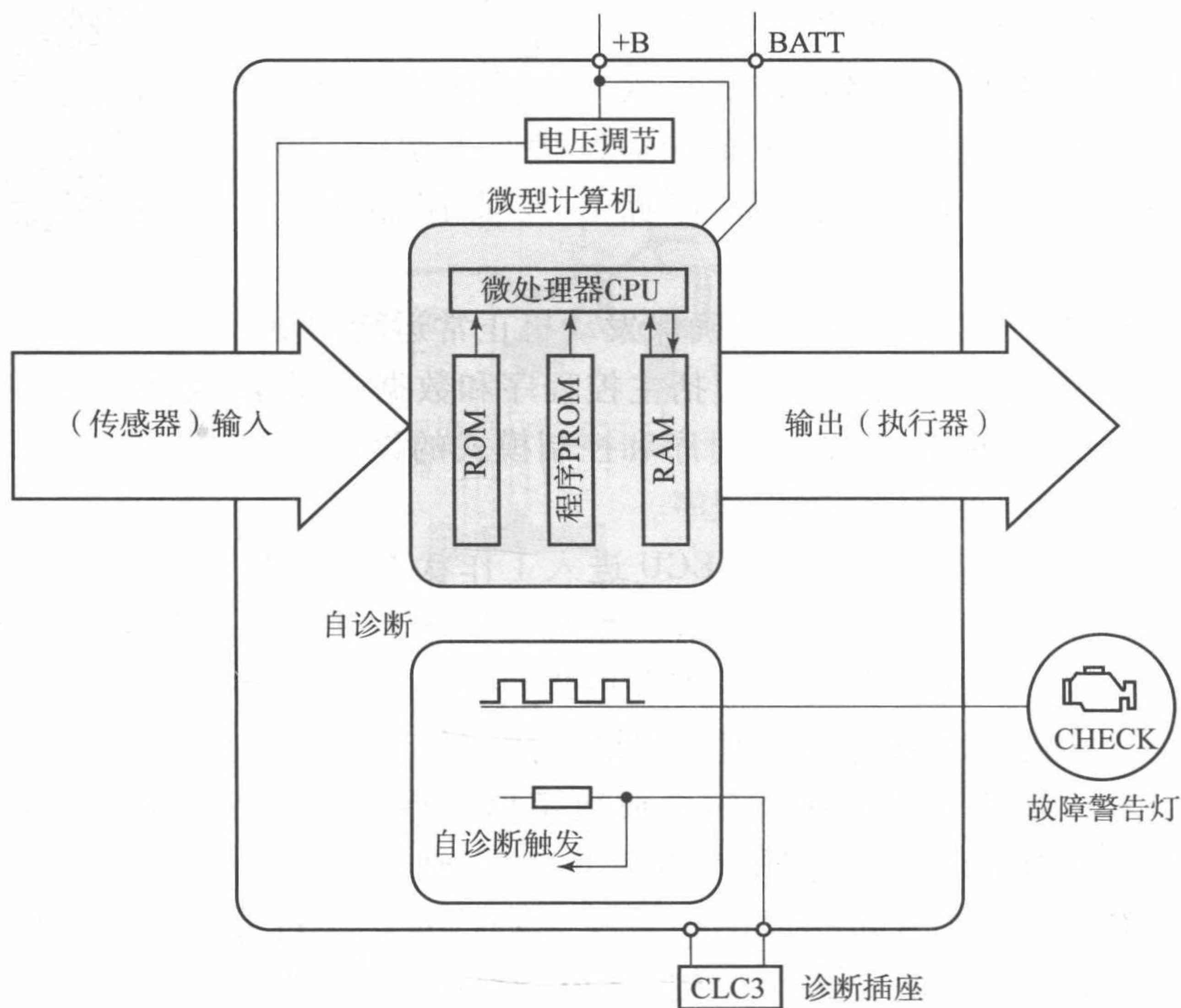


图 1-3 发动机 ECU 的内部组成

如图 1-4 所示，从传感器来的信号，首先进入输入回路。在输入回路里，对输入信号进行预处理，一般是在去除杂波和把正弦波变为矩形波后，再转换成输入电平。对于微机不能直接处理的模拟信号，A/D 转换器将其转换为数字信号后再输入微机。如果传感器输出的是脉冲（数字）信号，经过输入回路处理后可以直接进入微机。它能根据需要，把各种传感器送来的信号，按内存的程序对数据进行运算处理，并把处理结果送至输出回路。输出回路将微机发出的指令，转变成控制信号来驱动执行器工作。输出回路一般起着控制信号的生成和放大等作用。

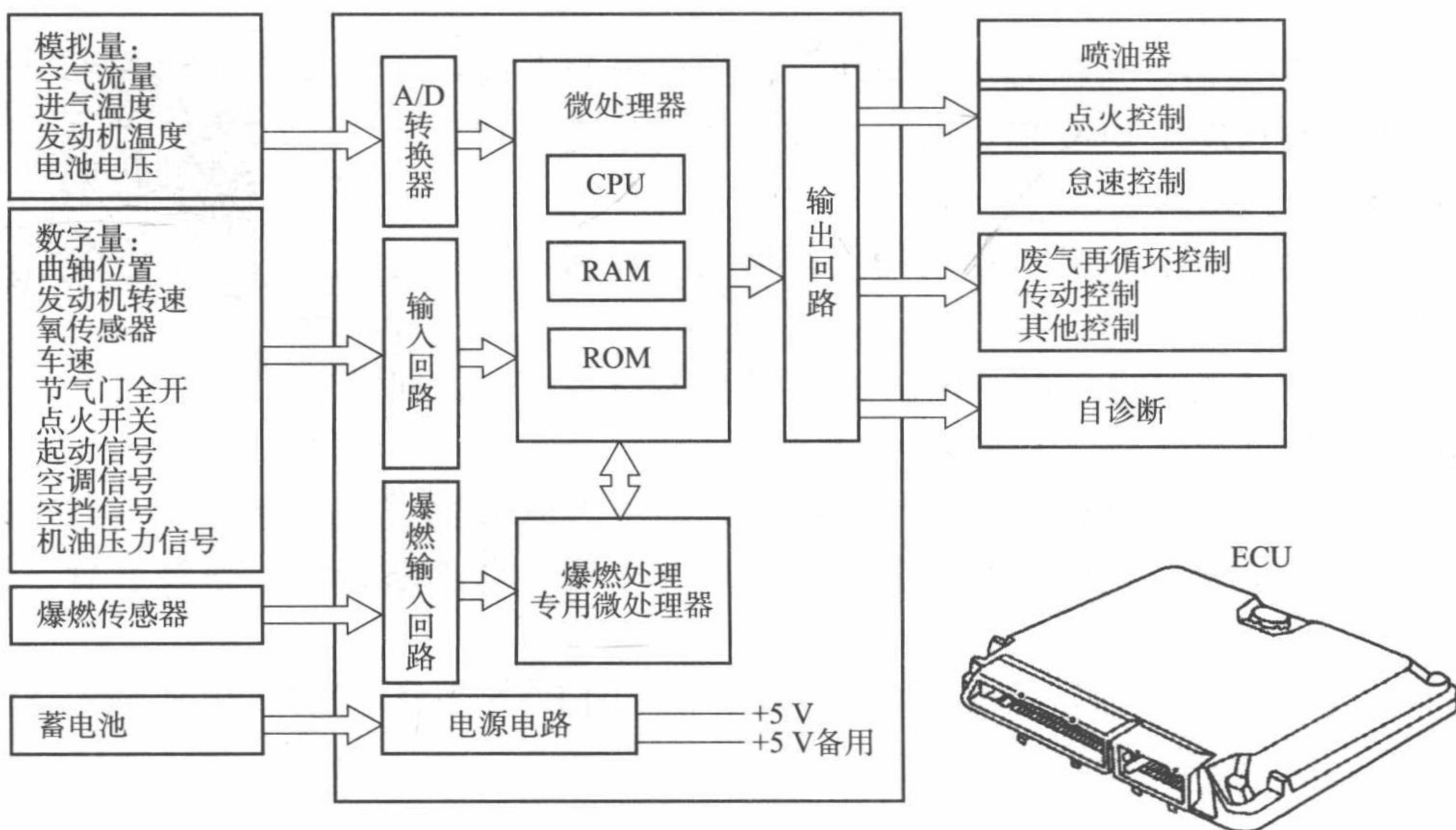


图 1-4 发动机 ECU 的功能

为实现发动机在各种工况及运行条件下最佳的综合性能,电子控制系统必须以相应的最佳控制参数(如最佳喷油脉宽和最佳点火提前角)控制发动机在最佳运行状况下运转,这些控制参数的最佳数据预先全部存储在只读存储器中(ROM)。

(3) ECU 的软件。ECU 的软件是确保发动机正常运转的重要部分,起着控制决策的作用。软件包括主控程序和数据两部分。主控程序的任务是完成整个系统的初始化、实现系统的工作时序和控制模式的设定,也是常用工况及其他各工况模式下,喷油信号和点火信号的输出程序。

(4) 工作过程。发动机起动时,ECU 进入工作状态,某些程序从 ROM 中取出进入 CPU。这些程序可以用来控制点火时刻、燃油喷射和怠速等。通过 CPU 的控制,指令逐条地进行循环执行。执行程序中所需要的发动机信息来自各个传感器。从传感器来的信号,首先进入输入回路进行处理。如果是数字信号,就直接经 I/O 接口进入微机;如果是模拟信号,就经 A/D 转换器转换成数字信号后,再经 I/O 接口进入微机。大多数信息暂时存储在 RAM 内,根据指令再从 RAM 送到 CPU。有时需将存储在 ROM 中的参考数据引入 CPU,使输入传感器的信息与之进行对比。对来自有关传感器的每一个信息依次取样,并与参考数据进行比较。CPU 对这些数据进行比较运算后,做出决定并发出输出指令信号,送达 I/O 接口,必要的信号还要经 D/A 转换器变成模拟信号,最后经输出回路去控制执行器动作。

### 3. 执行器

执行器是接受 ECU 的控制指令来完成具体的控制动作,并具体执行某项控制功能的装置。在发动机控制系统中主要的执行器及其功能如下所述。

(1) 电动燃油泵:供给燃油喷射系统规定压力的燃油。

(2) 电磁喷油器:根据 ECU 的喷油脉冲信号,精确计量燃油喷射量。

(3) 点火控制器:又称为点火模块,是微机控制点火系统的功率输出级;它接受 ECU 输出的点火控制信号并进行功率放大,以便驱动点火线圈工作。

(4) 怠速控制阀:根据发动机的负荷情况,控制发动机的怠速转速。

(5) 活性炭罐及其电磁阀:根据 ECU 的控制指令信号,回收发动机内部的燃油蒸汽,从而减少排气污染。

另外还有巡航控制电磁阀、节气门控制电动机、EGR 阀、进气控制阀、二次空气喷射阀、燃油泵继电器、风扇继电器、空调压缩继电器、自诊断显示与报警装置、仪表显示器等。

图 1-5 为典型的汽油发动机电控系统的组成。图 1-6 为桑塔纳 2000CSi 轿车 AJR 型发动机 M3.8.2 电控系统控制部件的组成。



资源 1-10 发动机 ECU



资源 1-11 电动燃油泵



资源 1-12 喷油器

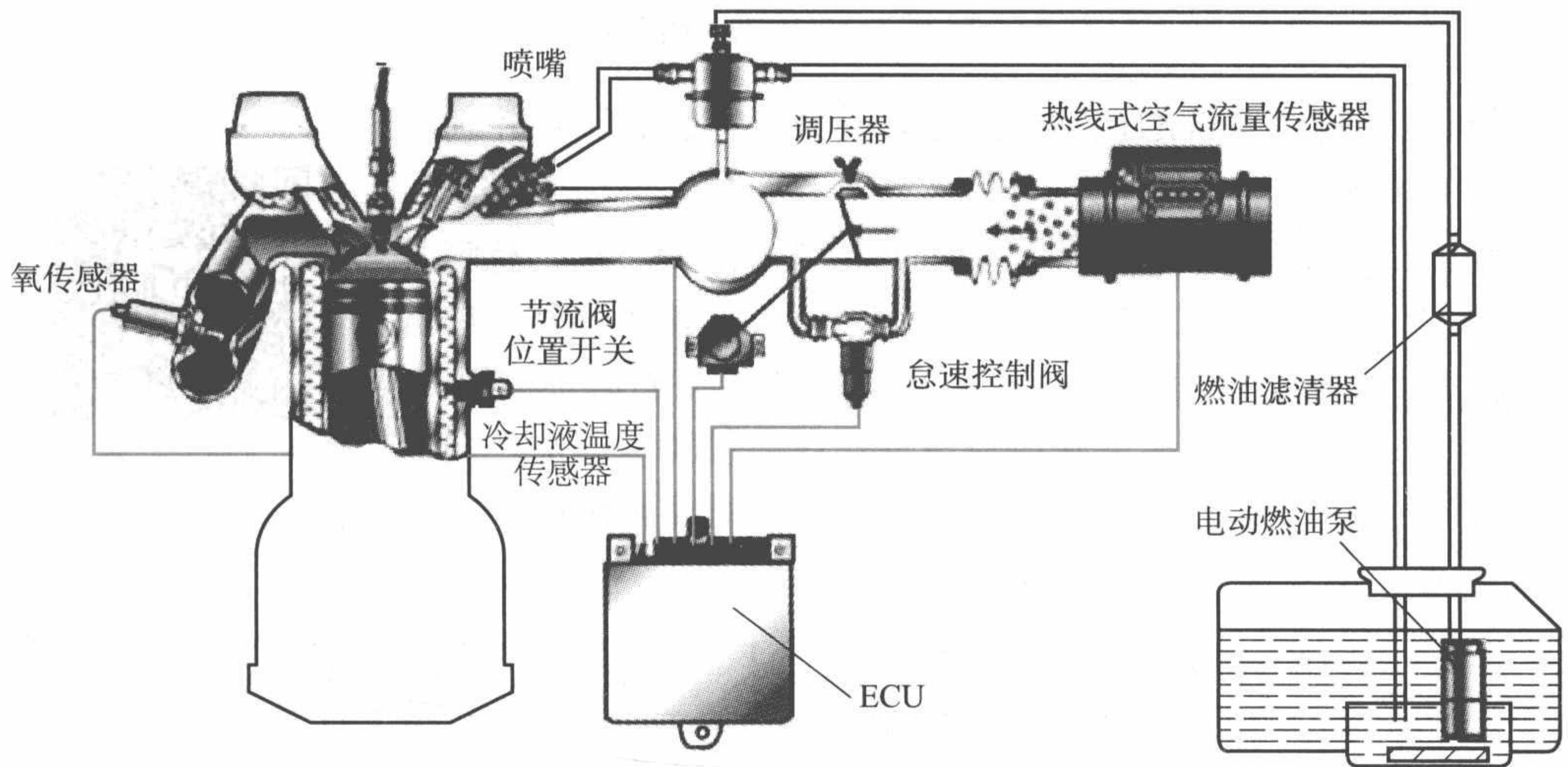


图 1-5 典型的汽油发动机电控系统的组成

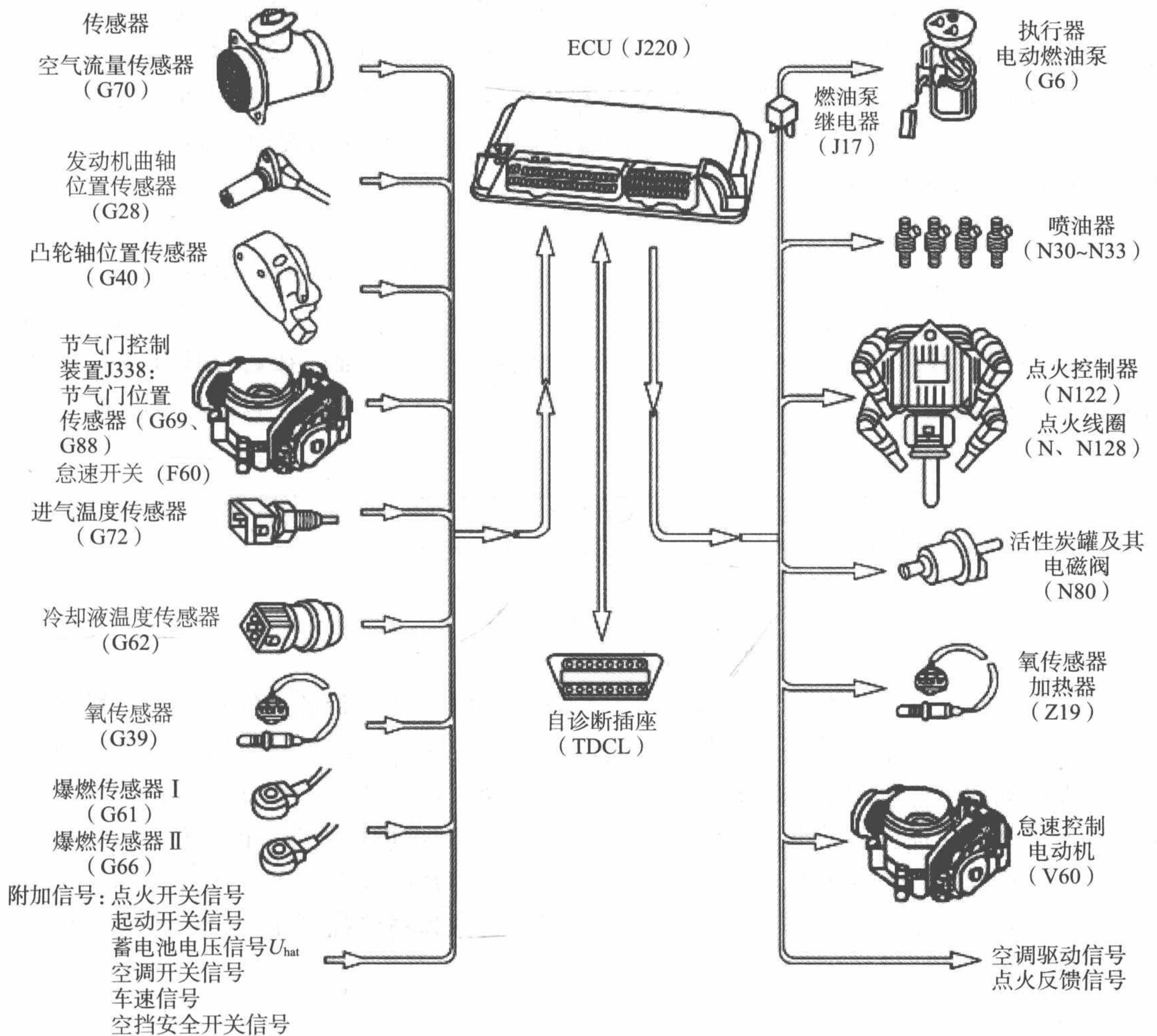


图 1-6 桑塔纳 2000CSi 轿车 AJR 型发动机 M3.8.2 电控系统控制部件的组成



### 1.1.4 发动机电控系统的控制方式

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。

#### 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, 而无法分析控制的结果(如燃烧是否完全、怠速是否稳定、是否有爆燃发生等)是否达到预期目标, 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。开环控制的特点是在控制器与被控对象之间只有正向控制作用而没有反馈控制作用, 如图 1-7 所示。



资源 1-13 发动机电控系统的组成



图 1-7 开环控制示意图

这种开环控制方式要达到精确控制, 其控制系统 ROM 中必须预先存储发动机可能遇到的各种工况, 以及运行条件所需的控制参数的精确调整数据, 这样才能保证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 ECU 的 ROM 中, 就不再变动。

开环控制系统调整空燃比和点火提前角的准确程度受到发动机技术状况和控制程序及数据的限制。另外, 开环控制系统无法一一兼顾影响空燃比和点火提前角的其他控制参数, 因此很难达到精确的控制。

#### 2. 闭环控制

闭环控制实质上就是反馈控制。在开环控制的基础上, 控制系统根据实际检测到的开环控制结果的反馈信号, 来决定增减输出控制量的大小, 如图 1-8 所示。闭环控制的特点是, 在控制器与被控对象之间不仅存在着正向作用, 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。发动机电控系统中空燃比和爆震控制就是典型的闭环控制。

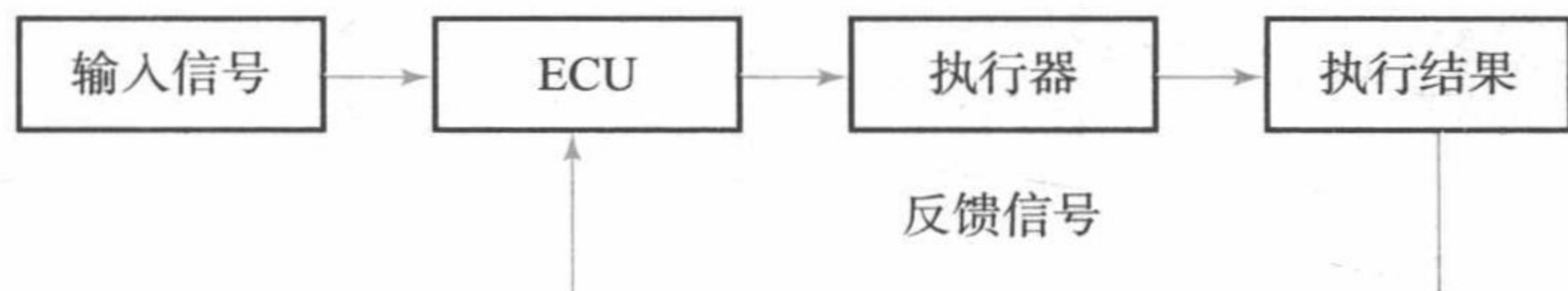


图 1-8 闭环控制示意图

喷油量控制由计算机根据氧传感器输出的氧浓度信号来判断进入气缸中的可燃混合气的浓度(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。

点火时刻的闭环控制是采用爆燃传感器检测发动机是否产生爆燃作为反馈信号, 从而决定点火时刻是应提前还是推迟, 使实际点火时刻能贴近爆燃界限曲线的变化。

由于开环和闭环控制各有其特点, 现代发动机电控系统大多同时采用开环和闭环两种控制方式。开环控制作为基本控制手段, 而闭环控制作为精确控制手段, 根据发动机工作需要, 相互转换、协调工作。

**特别提示:** 闭环控制是将运行结果送至传感器检测并记录下来, 同时将此信号反馈给 ECU, ECU 再做修正控制, 它主要用于比较重要的、需要精确控制的地方。