



中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

电控发动机维修

diankong fadongji weixiu

■ 主编 马一飞 张君健



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书内容翔实新颖,浅显易懂,兼具实用性和可操作性。全书共分三个模块,依次介绍了发动机系统的组成和工作过程、维护和检查电控发动机系统的基础知识、实施电控发动机系统故障诊断与排除的实用方法,全方位帮助学习者提高诊断与排除电控发动机故障的能力,同时体现了“工作过程系统化”课程的开发理念。

版权专用 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电控发动机维修 / 马一飞, 张君健主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2010. 7
ISBN 978-7-5640-3262-3

I. ①电… II. ①马… ②张… III. ①汽车-电子控制-发动机-车辆修理-专业学校-教材 IV. ①U472. 43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 106072 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 12

字 数 / 307 千字

版 次 / 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 22.00 元

责任校对/张沁萍

责任印制/母长新

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前言



本书借鉴了德国、澳大利亚等国际职业教育的先进教学理念，按照“以行业需求为导向，以能力为本位，以学生为中心”的原则，把行业能力标准作为专业课程教学目标和鉴定标准，按照行业能力要求组织教学内容，在教材开发中贯穿“工作过程系统化”的课程开发理念，针对中职学生的学习特征设计教学活动。

本书共分三个模块，按照学习者循序渐进的认知规律进行编写。模块一是发动机系统的组成和工作过程，帮助学习者认识汽车电控发动机工作的有关知识。模块二是维护和检查电控发动机系统，帮助学习者形成维护和检查电控发动机各个系统的能力。模块三是实施电控发动机系统故障诊断与排除，帮助学习者形成诊断与排除电控发动机故障的能力。

本书可作为中等职业院校汽车维修及相关专业的教材，也可作为汽车维修服务人员的自学用书和汽车维修企业的员工培训材料。

本书在编写过程中参考了大量国内外有关书籍并借鉴了行业汽车维修手册和培训资料，在此谨向其作者及资料提供者表示深切的谢意。

由于编者水平有限，书中不妥之处，恳请读者和专家批评、指正。

编者

目 录

CONTENTS

模块一 电控发动机系统综述..... 1

项目一	汽油发动机电控系统入门.....	1
项目二	电子控制系统的操作方法.....	5
项目三	电控发动机的传感器系统简介	10
项目四	电控发动机的进气系统简介	21
项目五	电控发动机的燃油供给系统简介	33
项目六	电控发动机的点火系统简介	43
项目七	电控发动机的排放系统简介	50
项目八	控制系统的工作模式和自诊断简介	58
项目九	柴油发动机电控系统简介	65

模块二 维护和检查电控发动机系统简介 75

项目一	维护电控发动机的准备工作简介	75
项目二	维护电子控制单元和系统部件的方法简介	83
项目三	维护电控发动机的进气系统的方法简介	95
项目四	维护电控发动机的燃油喷射系统方法简介	99
项目五	电控发动机的点火系统的维护方法简介.....	111
项目六	电控发动机排放控制系统的维护方法简介.....	121



模块三 诊断与排除电控发动机故障的方法简介 131

项目一	电控发动机故障诊断与排除的流程简介	131
项目二	诊断与排除电控系统故障的方法简介	142
项目三	根据故障码诊断电路故障的方法简介	149
项目四	根据故障码诊断与排除综合故障的方法简介	165
项目五	诊断与排除电控发动机的常见故障的方法简介	180

模块一 电控发动机系统综述



模块概述

随着汽车新技术的不断发展,各汽车公司不断推出新款车型,这些车型装备了电控发动机,还使用了一些提高发动机性能、促进环保的新技术,这使得汽车维修工作的技术难度不断提高。为了对电控发动机进行维修,必须先认识电控发动机的组成和工作过程。



教学目标

1. 了解电控汽油发动机的组成、作用和工作过程。
2. 掌握电控汽油发动机的传感器系统、进气系统、燃油喷射系统、点火系统、排放控制系统、控制单元及自诊断系统。
3. 了解柴油发动机电控系统。

* * * * *

项目一 汽油发动机电控系统入门

一、汽油发动机电控系统的功能简介

典型的汽油发动机电控系统如图 1-1 所示。汽油发动机电控系统的主要功能如下:

1. 电控点火

在发动机各种运行工况下,电控点火系统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,使发动机输出最大的功率和转矩,而将油耗和排放降到最低限度。

2. 电控汽油喷射

对于电控汽油喷射系统而言,主要是根据各传感器输送来的信号,控制喷油器的喷油量,使发动机在各种工况下的空燃比达到最佳值,从而实现提高功率、降低油耗、减少排气污染、改善驱动性等功能。

3. 发动机辅助控制

发动机辅助控制包括怠速控制、冷却风扇控制、发动机排量控制、气门正时控制、发动



机增压控制、系统自诊断等。这些功能已在不同类型的汽车上被采用。

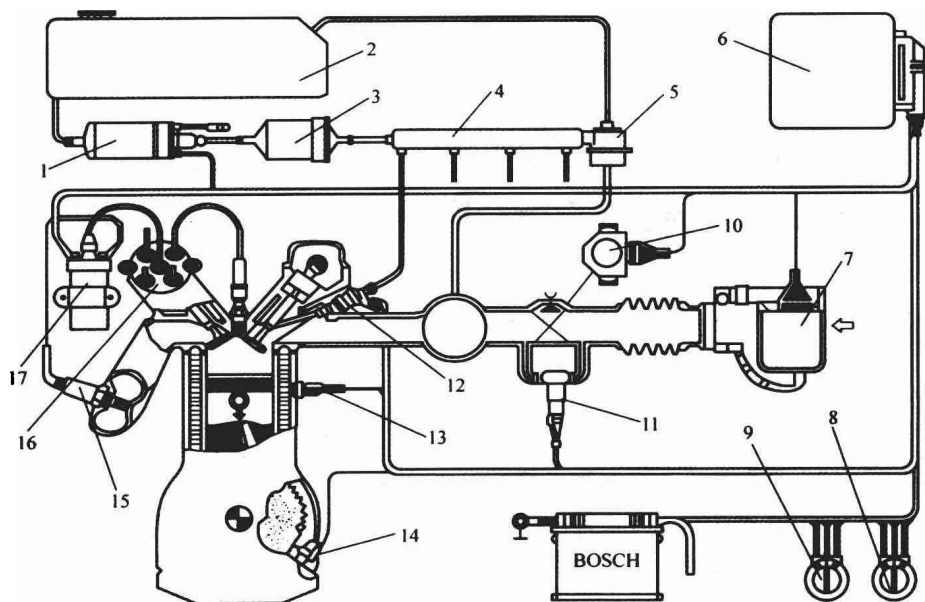


图 1-1 典型的汽油发动机电控系统

- 1—电动汽油泵；2—燃油箱；3—燃油滤清器；4—燃油分配管；5—压力调节器；6—控制单元；
7—空气流量计；8—空调开关；9—点火开关；10—节气门位置传感器；11—怠速空气调节器；
12—喷油器；13—温度传感器；14—曲轴位置传感器；15—氧传感器；16—分电器；17—点火线圈

4. 发动机排放控制

环保是发动机电子控制的一个重要发展方向。发动机排放控制系统主要包括二次空气喷射系统、燃油蒸发排放（EVAP）控制、三元催化转化器、废气再循环（EGR）和曲轴箱强制通风（PCV）等。它可以将排气中的有害成分降到最低。

二、汽油发动机电控系统的特点

与化油器式汽油机相比，电子控制技术在汽油机上的应用全面提高了汽油机的综合性能。电控汽油喷射在以下几个方面有明显的改善和提高。

- 电控汽油机采用压力喷射方式，汽油的雾化质量好。
- 喷油器可以安装在进气门附近，可以使进气管的设计更合理，改善了各缸混合气的均匀性。
- 通过精确控制空燃比和采用排放净化措施使有害物的排放量显著减少。
- 电控系统根据传感器的输入信号随时判断发动机运行工况的变化，并调整喷油量，改善了汽油机过渡工况的响应特性。
- 进气管中不需要设置喉管，通常不采用进气预热，减少了进气阻力，提高了进气密度、发动机的动力性和经济性。
- 电控系统根据起动时发动机冷却液的温度，提供与起动条件相适应的喷油量，提高了汽油机高、低温起动性能和暖机性能。
- 在各种环境条件下可以准确地计算进气量，改善了汽油机对地理及气候环境的适应性。



三、汽油发动机电控系统的组成部分

对于汽油发动机电控系统而言,通常包括传感器系统、进气系统、汽油供给系统、点火系统、排放控制系统、发动机电子控制单元及诊断系统等几部分组成。例如,捷达轿车发动机采用德国博世公司的 Motronic 电控系统,如图 1-2 所示。

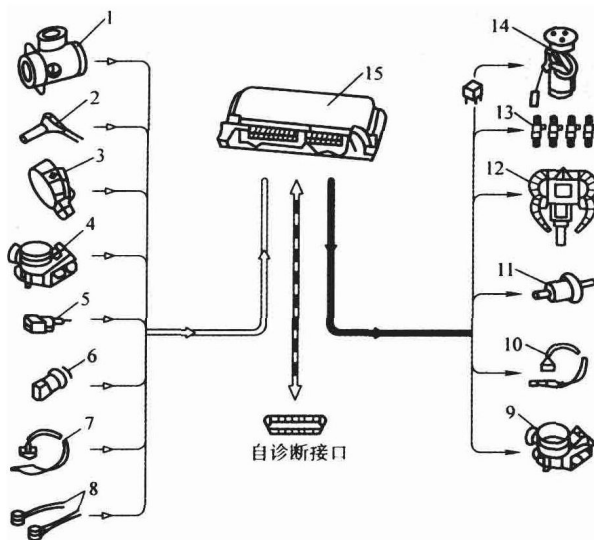


图 1-2 捷达轿车发动机的 Motronic 电控系统

- 1—空气流量计; 2—转速传感器; 3—霍尔传感器; 4—节气门电位计、怠速节气门电位计、怠速开关; 5—进气温度传感器; 6—冷却液温度传感器; 7—氧传感器; 8—爆燃传感器;
9—怠速电动机和节流阀体; 10—氧传感器加热器; 11—活性炭罐电磁阀;
12—带点火器的点火线圈; 13—喷油器; 14—汽油泵; 15—ECU

1. 关于传感器系统

传感器系统又称信号采集系统,它向控制单元反映发动机的工作状态以及驾驶员对动力及辅助功能的要求。电控发动机上常见的传感器有:

- 进气压力传感器 (MAP) ——测量进气管内气体的绝对压力。
- 空气流量计 (MAF) ——测量发动机的进气量。
- 节气门位置传感器 (TPS) ——检测节气门的开度及开度变化。
- 曲轴位置传感器 (CKP) ——提供发动机转速信号和曲轴转角信号。
- 凸轮轴位置传感器 (CMP) ——提供凸轮轴转角基准位置信号。
- 进气温度传感器 (IAT) ——检测进气温度信号。
- 车速传感器 (VSS) ——检测汽车的行驶速度。
- 冷却液温度传感器 (ECT) ——提供发动机冷却液温度信号。
- 氧传感器 (O_2S) ——检测排气中的氧含量。
- 爆燃传感器 (KNK) ——检测汽油机是否爆燃及爆燃强度。

2. 关于汽油供给系统

汽油供给系统由汽油泵、汽油滤清器、汽油压力脉动减振器、喷油器、汽油压力调节器



及油轨等组成,如图1-3所示。电动燃油泵将汽油自油箱内吸出,经滤清器过滤后,由压力调节器调压,通过油管输送给喷油器。喷油器根据发动机控制单元指令向进气管喷油。

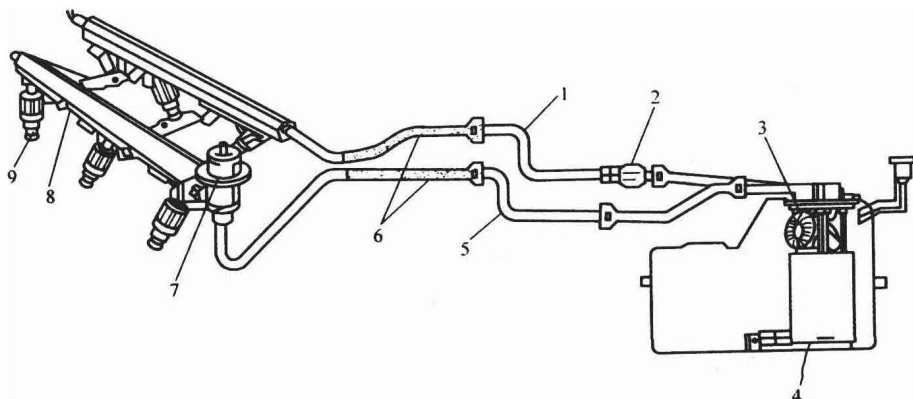


图1-3 汽油供给系统零件图

1—进油管; 2—汽油滤清器; 3—汽油泵; 4—滤网; 5—回油管; 6—软管;
7—油压调节器; 8—油轨; 9—喷油器

3. 关于电控点火系统

一般来讲,点火系统产生高压电,按点火顺序使火花塞跳火,点燃混合气。电控点火系统可以控制发动机各工况的点火提前角,使发动机在动力性、经济性、加速性和排放等方面性能优化。电控点火系统主要部件包括点火线圈、高压导线、火花塞、分电器、点火控制器等。桑塔纳2000GLi型轿车采用的是带分电器的电子控制点火系统。它与汽油喷射系统一起由同一个ECU来控制,其结构如图1-4所示。

4. 关于进气系统

进气系统为发动机可燃混合气的形成提供必需的空气。空气经空气滤清器、空气流量计、节气门、进气总管、进气支管进入各缸。

5. 关于发动机电子控制单元及诊断通信系统

发动机电子控制单元即发动机电脑、发动机计算机,是发动机控制系统的核心。有些汽车的发动机电子控制单元安装在发动机舱内。

为了防止从路面飞溅上的雨水、大气中弥漫的烟雾、车辆不断的振动和急剧的温度变化对车辆的影响,当控制单元装入发动机舱时,需要在电路板上涂一层密封胶,以确保绝缘和固定。许多汽车的发动机电子控制单元安装在驾驶室内,对发动机电子控制单元电路板的密封要求较低。如丰田汽车的发动机电子控制单元通常安装在仪表板右侧下方、离杂物箱很近的地方;在本田汽车上,发动机电子控制单元通常安装在乘客一侧的地板下面。

6. 关于排放控制系统

排放控制系统用于减少废气中有害气体(CO、HC和NO_x)排入大气。排放控制系统常见的有曲轴箱强制通风(PCV)系统、蒸发排放(EVAP)系统、三元催化转化(TWC)系统以及废气再循环(EGR)系统等。曲轴箱强制通风系统用于防止曲轴箱内的窜气进入大气中,使漏入曲轴箱内的窜缸混合气经专门通道,流回进气支管进行燃烧。

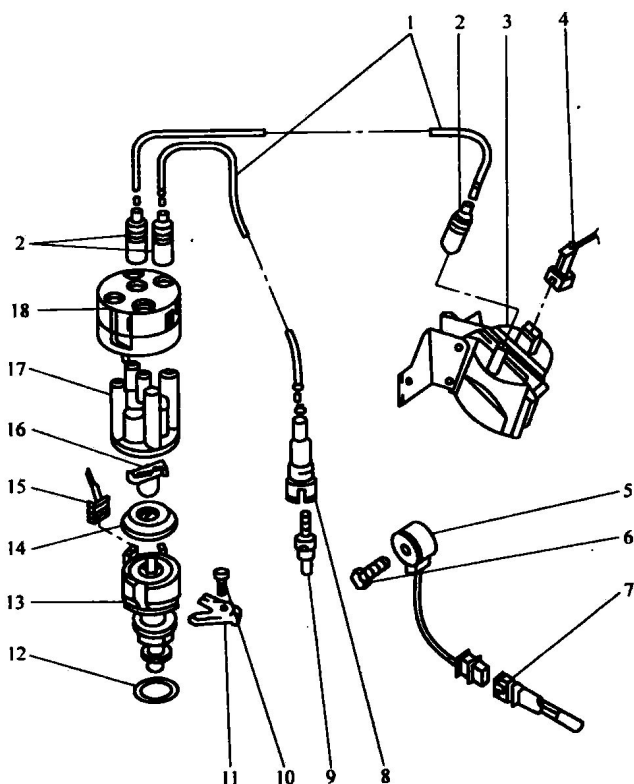


图 1-4 桑塔纳 2000GLi 型轿车的电子控制点火系统

- 1—高压导线；2—连接插座；3—点火线圈；4—点火线圈插头；5—爆燃传感器；
6—螺钉；7—爆燃传感器插头；8—火花塞插头；9—火花塞；10—分电器压板紧固螺钉；
11—分电器压板；12—O 形圈；13—高压分电器；14—防尘盖；15—霍尔传感器插头；
16—分火头；17—分电器盖；18—屏蔽罩

蒸发排放系统用于收集油箱和燃油系统中逸出的燃油蒸气并将之导入进气支管，引入燃烧室，从而防止燃油蒸气对大气的污染。三元催化转化系统可通过三元催化转化器将发动机排气中的有害物质转换成无害物质。三元催化转化器装在排气管中。

废气再循环系统将一部分废气引入进气管，以降低燃烧室的最高燃烧温度，减少 NO_x 的生成。

项目二 电子控制系统的操作方法

一、电子控制系统的组成部分

电子控制系统由传感器、电子控制单元和执行器三大部分组成，其工作关系如图 1-5 所示。

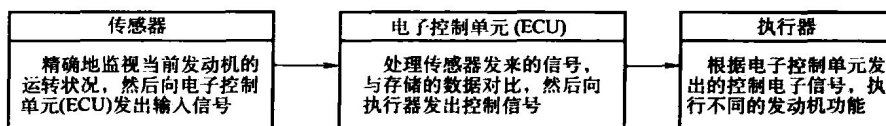


图 1-5 传感器、电子控制单元和执行器的工作关系

1. 关于传感器

一般来讲, 传感器是感知发动机信息的部件, 可把非电量信号转换成电量信号。具体来说, 其功用是向控制单元提供汽车运行状况和发动机工况。

2. 关于执行器

执行器执行 ECU 的指令, 从而完成控制功能。发动机电控系统主要的执行器有电动燃油泵、喷油器、怠速控制阀、点火器等。

3. 关于电子控制单元

电子控制单元 (ECU) 接收来自传感器的信息, 经信息处理后发出相应的控制指令给执行器。发动机控制单元根据空气流量计或进气压力传感器和发动机转速传感器的信号确定发动机各缸进气量, 再根据空燃比要求确定基本供油量; 然后根据传感器的信号进行点火提前角、温度、节气门开度、空燃比等各种工作参数的修正, 确定某一工况下的最佳喷油量。电子控制单元主要由输入处理器、中央处理器、存储器和输出驱动器组成。

二、传感器电信号的基本要素

通常情况下, 传感器的电信号可以分为模拟电压信号和数字电压信号两种。

1. 关于模拟电压信号

所谓模拟电压信号, 一般是指在一定范围内连续变化的信号。大多数车用电控系统传感器产生的都是模拟电压信号。当用一个可变电阻器控制一个额定电压为 5 V 的灯泡时, 如果可变电阻器输出电压低, 流过灯泡的电流就小, 灯光暗淡; 如果可变电阻器的输出电压是 5 V, 流过灯泡的电流比较大, 则灯光明亮。可变电阻器电压可以是 0 ~ 5 V 的任意值, 这就是模拟电压信号 (见图 1-6)。

2. 关于数字电压信号

需要注意的是, 数字电压信号不是高电压就是低电压。把一个普通的通/断开关与一个 5 V 灯泡串联在一起, 则当开关断开时加在灯泡两端的电压为 0 V, 灯泡熄灭; 当开关接通时, 加在灯泡上的电压为 5 V, 灯泡发光。经开关送给灯泡的电压不是 0 V 就是 5 V, 即电压信号不是高电压就是低电压, 这类电压信号就称为数字电压信号。如果开关迅速接通或断开, 就有一个数字电压信号从开关作用到灯泡上。

数字信号不是高值就是低值, 低值数字信号可用数字 0 代表, 高值数字信号用数字 1 代表, 这种给数字信号赋予数值的方式称为二进制编码。在二进制编码系统中只有两个数字: 0 和 1 (见图 1-7)。在发动机电子控制单元中, 信息以二进制码的形式进行交换, 状态、数字和字符都用多位 0 和 1 的组合表示。

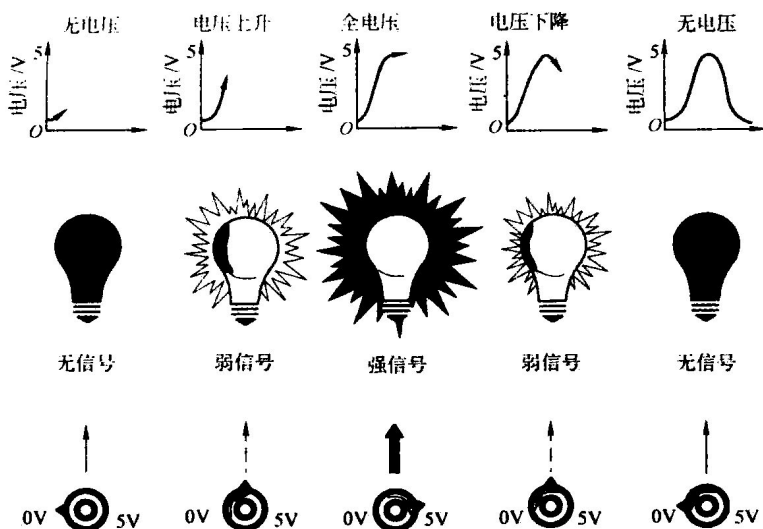


图 1-6 模拟电压信号举例

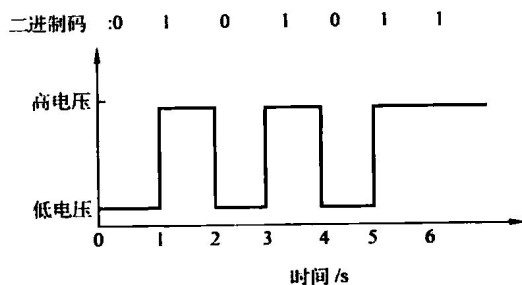


图 1-7 数字电压信号和二进制码

三、输入信号的处理方法

一般来讲,输入信号通过电子控制单元的输入处理电路进行处理(主要为放大和模数转换),如图 1-8 所示。

1. 将输入信号放大

将输入信号放大的目的是使输入信号增加到发动机控制单元可用的程度。这个放大作用是由发动机电子控制单元中输入处理芯片中的放大器来完成的。某些传感器(如氧传感器)产生一个小于 1 V 的低电压信号时,只能产生很小的电流,这样的信号送入中央处理器前必须放大。

2. 模/数转换 (A/D)

传感器一般产生模拟信号,而中央处理器处理的是数字信号,所以必须把模拟信号变为数字信号。这项工作由发动机电子控制单元输入处理芯片中的模/数转换器来完成。模/数转换器以固定的时间间隔不断对模拟输入信号进行扫描,并向这些电压赋值,然后把此数值编译成二进制码。

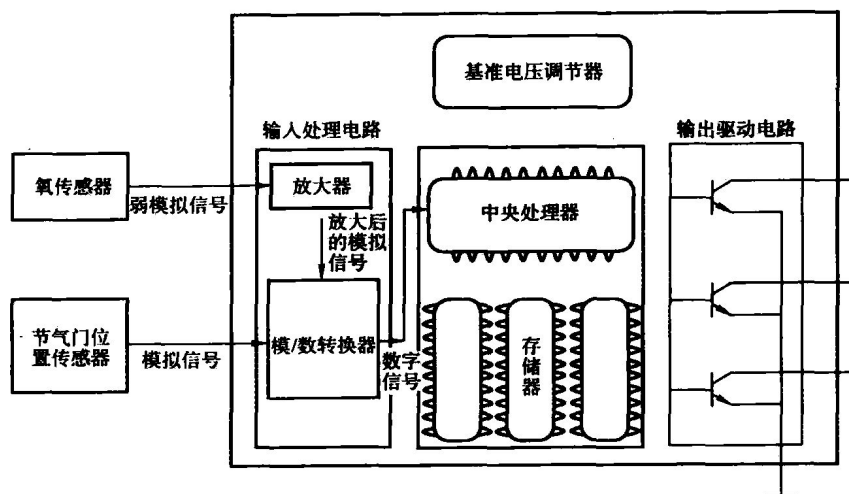


图 1-8 控制单元输入处理芯片中的放大电路和模数转换器

四、中央处理器和存储器的基本要求

1. 关于中央处理器

一般来讲，中央处理器是发动机控制单元中的计算和决策芯片。在中央处理器中有成千上万个微型晶体管和二极管，这些元件被蚀刻在一个很小的集成电路芯片上。集成电路芯片装在一个长方形的扁平护壳内。

在中央处理器护壳的两边排布着金属引脚，这些金属引脚把中央处理器连接到发动机控制单元的电路板上，如图 1-9 所示。中央处理器通过程序进行决策。程序是中央处理器执行的一组指令。例如，程序告诉中央处理器何时收集传感器的信息，然后怎样处理这些信息，最后程序引导中央处理器去触发诸如继电器和电磁线圈之类的执行器。

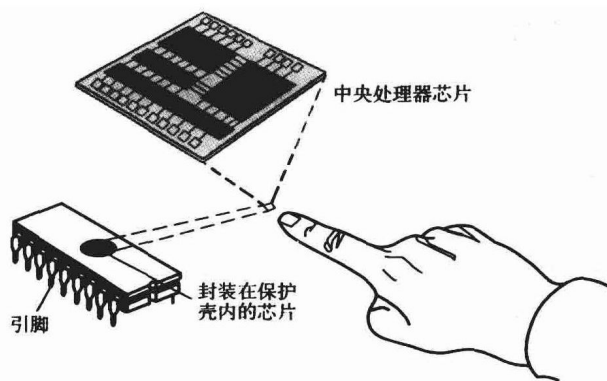


图 1-9 中央处理器芯片

2. 关于存储器

存储器中一般含有程序和中央处理器进行运算所需的汽车数据。存储器芯片的外形与中

央处理器芯片的外形相似。中央处理器可以从存储器中读取信息，也可以把新的信息写入存储器。图 1-10 所示为燃油油量信号的存储和读取。

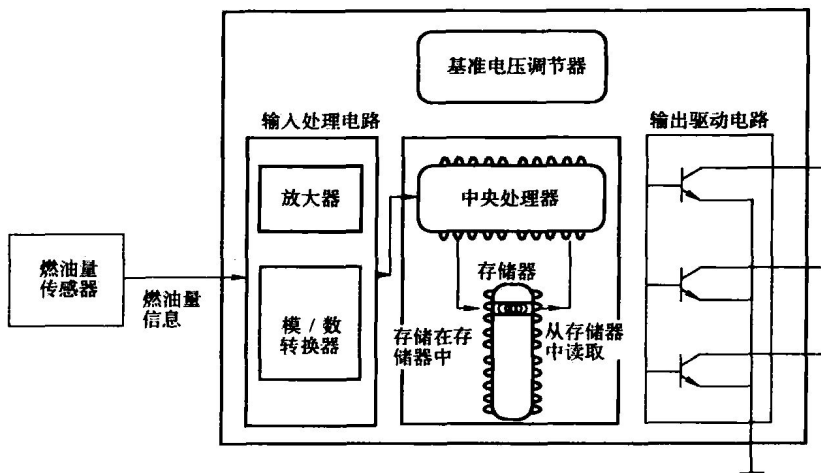


图 1-10 燃油油量信号的存储和读取

在空燃比的控制中，各个传感器随时向发动机控制单元报告发动机和汽车的工况，中央处理器从存储器中读取空燃比的标定信息，并与各传感器的输入信号比较，进行必要的修正，然后控制燃油喷油器向发动机提供精确的燃油量。

五、控制单元对信息的处理方法

1. 关于传感器和信号输入处理

通常，发动机上安装了多种传感器，用它们把信号输入到发动机电子控制单元，反映发动机的工作状态。下面以进气温度传感器的信号输入处理为例介绍发动机电子控制单元处理信息方法。

进气温度传感器向发动机电子控制单元输送模拟电压信号，A/D 转换器再把这个信号转换成数字信号。

中央处理器收到数字信号后访问存储器中的信息，从查询表中查出此空气温度对应的空气密度，把空气密度信息传给中央处理器；中央处理器控制输出驱动器和燃油喷油器，提供发动机所需要的准确的燃油量（图 1-11）。

2. 关于信号输出驱动器和执行器

一般来讲，中央处理器通过输出驱动器控制执行器。发动机控制单元的输出驱动器由很多晶体管组成，执行器通常是继电器、电磁线圈或显示器等。

例如，每个燃油喷油器都有一个电磁线圈，蓄电池为每个执行器供电。当中央处理器输出信号令输出驱动器接通执行器时，输出驱动器就给执行器送去一个“搭铁”信号。此时，电流通过执行器和输出驱动器搭铁而构成回路，执行器使必要的器件工作（图 1-12）。

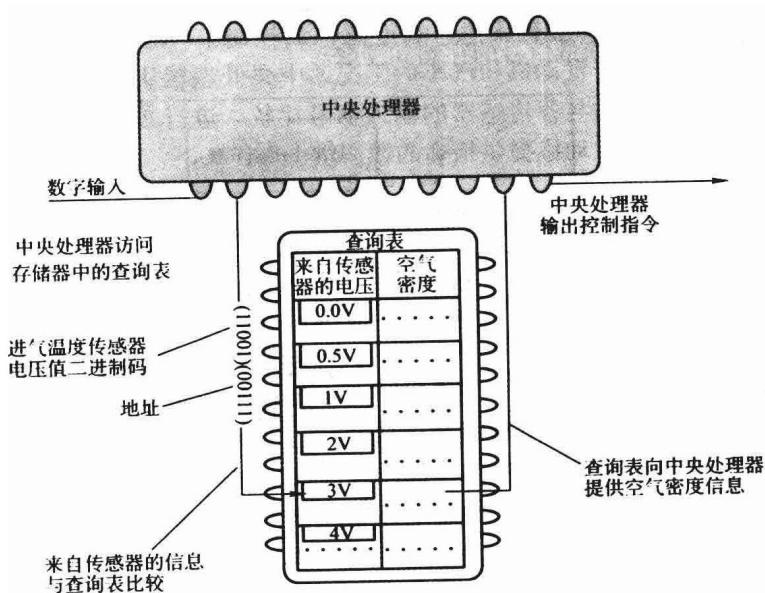


图 1-11 中央处理器从存储器中检索空气密度信息，并输出指令

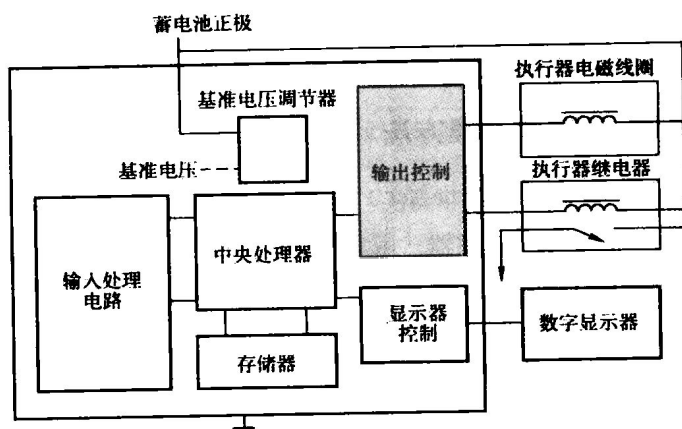


图 1-12 控制单元中的输出驱动器使执行器工作

项目三 电控发动机的传感器系统简介

一、测量进气量的传感器简介

1. 关于进气压力传感器

进气压力传感器即支管绝对压力传感器，它测量进气支管内绝对压力的变化并将其转化为电信号。进气压力传感器有半导体应变式、电容式、差动变压器式等。

半导体应变式进气压力传感器内部的半导体材料被施加一定载荷时，它的电阻会发生变

化, 这种现象称为压阻效应。半导体应变式进气压力传感器根据进气压力的变化产生进气压力信号, 其结构如图 1-13 所示。

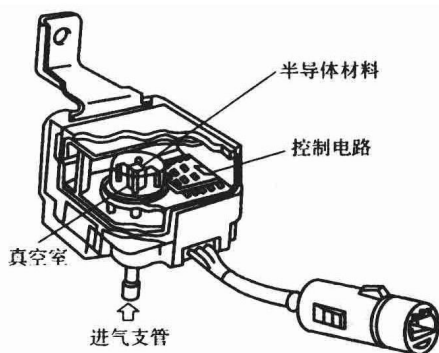


图 1-13 进气压力传感器

2. 关于空气流量计

日常工作中, 常见的空气流量计有叶片式空气流量计、卡门漩涡式空气流量计、热线式空气流量计和热膜式空气流量计。

(1) 叶片式空气流量计 一般来讲, 叶片式空气流量计安装在空气滤清器和节气门之间, 由两大部分组成: 一是担任检测任务的叶片部分, 二是担任转换任务的电位计, 如图 1-14 所示。

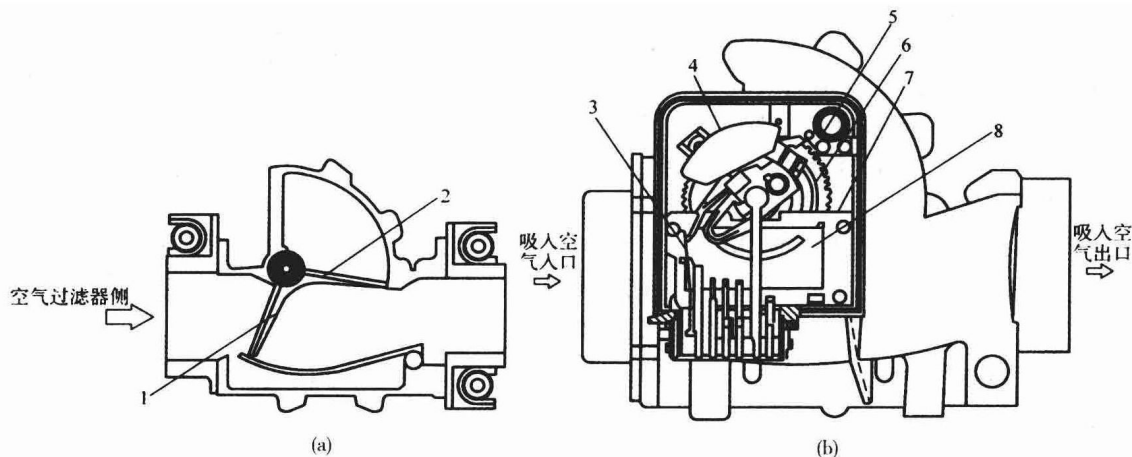


图 1-14 叶片式空气流量计结构

(a) 叶片部分结构; (b) 电位计部分结构

1—测量叶片; 2—缓冲叶片; 3—汽油泵开关; 4—平衡配重;

5—调整齿圈; 6—回位弹簧; 7—电位计; 8—印刷电路板

当空气流动时会产生压力差, 克服回位弹簧的拉力, 将测量板 (叶片) 推开, 此时使用电位计检测叶片转动的角度, 即可测量空气流量。

(2) 卡门漩涡式空气流量计 所谓卡门漩涡, 通常是指在流体中放置一个圆柱状或三角状物体时, 在这个物体的下游就会产生两列旋转方向相反并交替出现的漩涡。通过测量卡



门漩涡发生的频率,可以测量出空气的流速和体积流量。利用卡门漩涡原理测量空气流量的流量称为卡门漩涡式空气流量计。

目前,常见的卡门漩涡式空气流量计有光学式和超声波式两种。

- 光学式卡门漩涡空气流量计利用反光镜检测的方式,通过气流压力的交替变化检测漩涡的发生频率。它主要由管路、漩涡发生器、发光二极管(LED)、光敏晶体管等部分组成,其结构如图1-15所示。

- 超声波式卡门漩涡空气流量计利用超声波的方式,通过气流中速度的交替变化来检测漩涡的发生频率,其结构如图1-16所示。

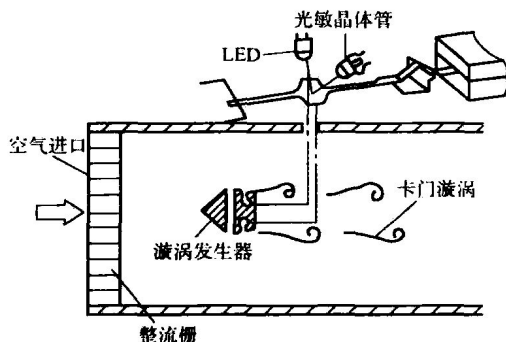


图 1-15 光学式卡门漩涡空气流量计结构

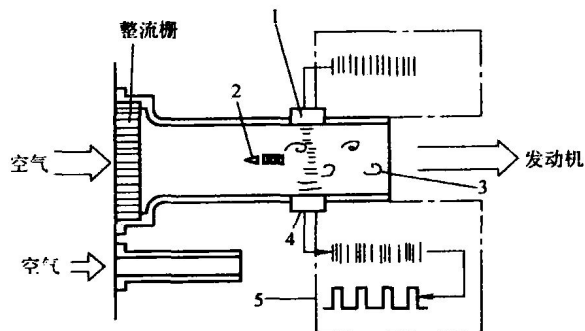


图 1-16 超声波式卡门漩涡空气流量计的结构

1—超声波信号发射器;2—漩涡发生器;3—卡门漩涡;
4—超声波接收探头;5—脉冲信号

(3) 热线式空气流量计 热线式空气流量计的要素包括:感知空气流量的白金热线、控制热线电流的控制电路以及壳体、根据进气温度进行修正的温度补偿电阻(又称为冷线)。当空气流经热线时会带走部分热量使热线温度下降,而空气流量计中的电路设计使热线和进入的空气之间保持恒定的温度差;进气量越大,则需要向热线提供的电流越大,空气流量计电路的输出电压信号随之发生改变。

(4) 热膜式空气流量计 热膜式空气流量计与热线式空气流量计的工作原理类似,不同的是将发热体由热线式改为热膜式,把金属铂做成的热膜固定在薄的树脂膜上构成,增加了发热体的强度。热膜式空气流量计的结构如图1-17所示。

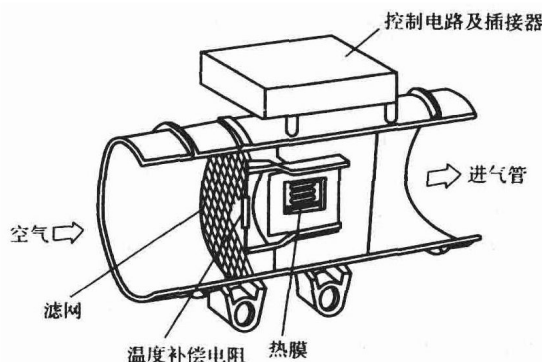


图 1-17 热膜式空气流量计