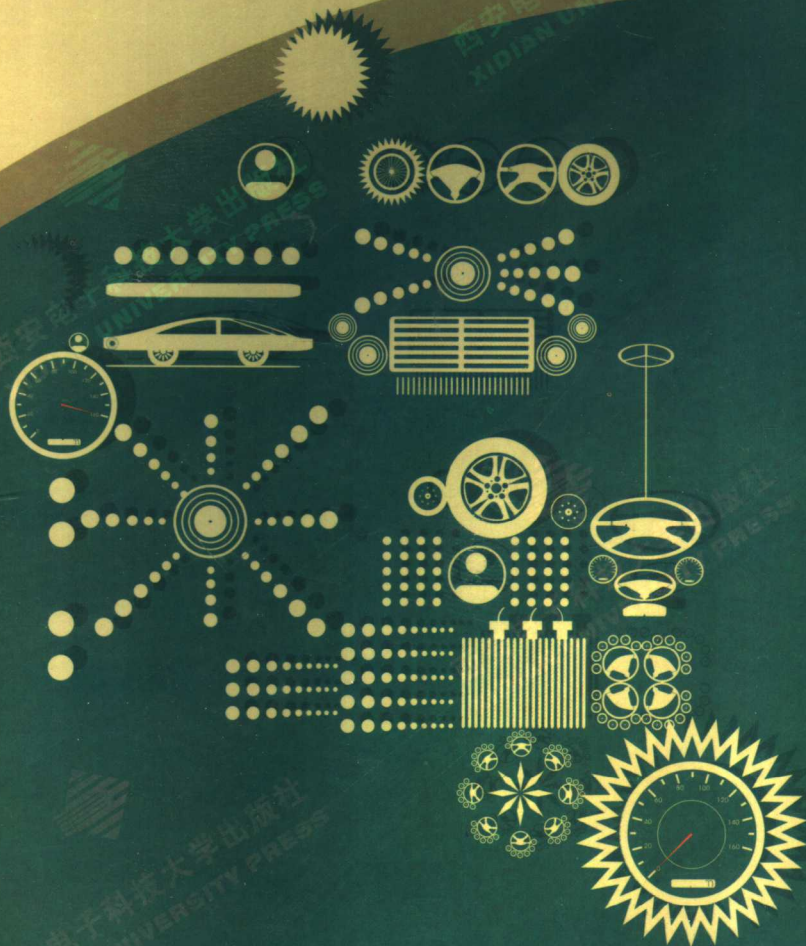


面向
21
世纪

中国高等职业技术教育研究会推荐
机电类专业高职高专规划教材

汽车典型电控系统 结构与维修

主 编 李美娟
副主编 张真忠 张松清
主 审 李祥峰 罗新闻



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中国高等职业技术教育研究会推荐

面向 21 世纪机电类专业高职高专规划教材

汽车典型电控系统 结构与维修

主 编 李美娟

副主编 张真忠 张松清

主 审 李祥峰 罗新闻

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介



本书全面系统地介绍了汽车典型电子控制系统的结构、原理及故障的诊断与排除,其中包括汽油机电控系统、柴油机电控系统、CCS 巡航电子控制系统、自动变速器电子控制系统、防滑控制系统、中央门锁与防盗警报系统、安全气囊系统、悬架电子控制系统、电子控制动力转向系统、自动空调系统以及汽车电子智能技术。

本书可作为高职高专的汽车专业教材,也可供汽车驾驶人员、汽车维修人员、汽车管理人员和工程技术人员阅读参考。



图书在版编目(CIP)数据

汽车典型电控系统结构与维修 / 李美娟主编. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2007.9

中国高等职业技术教育研究会推荐 面向 21 世纪机电类专业高职高专规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 1818 - 0

I. 汽… II. 李… III. ① 汽车—电子系统: 控制系统—构造—高等学校: 技术学校—教材
② 汽车—电子系统: 控制系统—车辆修理—高等学校: 技术学校—教材 IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 039202 号

策 划 马武装

责任编辑 曹 映 马武装

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http: //www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 23

字 数 548 千字

印 数 1~4000 册

定 价 31.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 1818 - 0/TN · 0366

XDUP 2110001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

序

进入 21 世纪以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,必须重视内涵建设,不断深化教育教学改革。根据市场和社会的需要,不断更新教学内容,编写具有鲜明特色的教材是其必要任务之一。

为配合教育部实施紧缺人才工程,解决当前机电类精品高职高专教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种的基础上,又联合策划、组织编写了“数控、模具及汽车类专业”系列高职高专教材共 60 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业(数控、模具和汽车)的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职高专教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,且大都已重印,有的教材出版一年多的时间里已重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。本轮教材预计 2006 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校基本建设的一项重要工作,多年来,各高职高专院校都十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高职高专教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,为不断推出有特色、高质量的高职高专教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2005 年 10 月

李宗尧

面向 21 世纪

机电类专业高职高专规划教材

编审专家委员会名单

主任：刘跃南（深圳职业技术学院教务长，教授）
副主任：方新（北京联合大学机电学院副院长，教授）
刘建超（成都航空职业技术学院机械工程系主任，副教授）
杨益明（南京交通职业技术学院汽车工程系主任，副教授）

数控及模具组：组长：刘建超（兼）（成员按姓氏笔画排列）

王怀明（北华航天工业学院机械工程系主任，教授）
孙燕华（无锡职业技术学院机械与汽车工程系主任，副教授）
皮智谋（湖南工业职业技术学院机械工程系副主任，副教授）
刘守义（深圳职业技术学院工业中心主任，教授）
陈少艾（武汉船舶职业技术学院机电工程系主任，副教授）
陈洪涛（四川工程职业技术学院机电工程系副主任，副教授）
钟振龙（湖南铁道职业技术学院机电工程系主任，副教授）
唐健（重庆工业职业技术学院机械工程系主任，副教授）
戚长政（广东轻工职业技术学院机电工程系主任，教授）
谢永宏（深圳职业技术学院机电学院副院长，副教授）

汽车组：组长：杨益明（兼）（成员按姓氏笔画排列）

王世震（承德石油高等专科学校汽车工程系主任，教授）
王保新（陕西交通职业技术学院汽车工程系讲师）
刘锐（吉林交通职业技术学院汽车工程系主任，教授）
吴克刚（长安大学汽车学院教授）
李春明（长春汽车工业高等专科学校汽车工程系副主任，教授）
李祥峰（邢台职业技术学院汽车维修教研室主任，副教授）
汤定国（上海交通职业技术学院汽车工程系主任，高讲）
陈文华（浙江交通职业技术学院汽车系主任，副教授）
徐生明（四川交通职业技术学院汽车系副主任，副教授）
韩梅（辽宁交通职业技术学院汽车系主任，副教授）
葛仁礼（西安汽车科技学院教授）
颜培钦（广东交通职业技术学院汽车机械系主任，副教授）

项目策划：马乐惠 **策 划：**马武装 毛红兵 马晓娟

前 言

本书是编者集多年高等职业技术教育及生产实践经验,在认真调查和充分研究我国汽车使用与维修发展现状基础上编写的。在编写过程中力求做到以下几点:

(1) 先进性。尽可能多地反映目前汽车的各种电子控制(简称电控)技术。

(2) 通俗性。全书按汽车电控系统的控制原理、结构、工作原理和诊断维修组织编写,介绍深入浅出并配有大量图表,便于阅读和自学。

(3) 应用性。全书以典型系统分析为主,配有大量图例,理论联系实际,有较强的实用性。

(4) 系统性。本书参考了国内大量资料,对汽车典型电控系统进行了系统的分类,思路清晰、内容全面。

本书适合作为高等职业技术教育汽车应用类专业的教学用书,同时适用于汽车运输、维修、管理部门有关技术人员自学与提高,也可作为广大汽车爱好者认识汽车、合理使用汽车以及正确维护保养汽车的自学用书。

本书共分四篇,第一篇为汽车电子控制技术基础,主要讲述汽车典型电控系统的基本内容以及电控系统的构成;第二篇为发动机电子控制系统,主要讲述汽油机电控系统、柴油机电控系统以及电子巡航系统的结构、原理、故障诊断及典型车型实例分析;第三篇为底盘电子控制系统,主要讲述自动变速器、防滑控制系统、悬架电控系统及电控动力转向系统;第四篇为车身电子控制系统,主要讲述中央门锁与防盗系统、安全气囊系统、自动空调系统及其他汽车电子智能技术——汽车黑匣子、汽车电子导航系统、智能汽车与自动化高速公路和汽车网络等。

参加本书编写的有承德石油高等专科学校汽车工程系李美娟(第8章、第11章)、张真忠(第2章、第6章)、刘焕学(第9章)、赵晓静(第3章)、张广栋(第5章)、孙晓娜(第7章)、侯存满(第1章、第12章)、承德石油高等专科学校电工电子系杜卫华(第10章),河南机电高等专科学校汽车工程系张松清(第4章)。

本书编写过程中参考和借鉴了大量的相关资料和书籍,并得到了很多汽车企业的帮助,在此向有关作者和工程技术人员致以诚挚的感谢!

由于编者的水平和经验有限,书中难免有不当之处,欢迎广大读者不吝指正。

编 者
2007年6月

目 录

第一篇 汽车电子控制技术基础

第 1 章 概述.....	1
1.1 汽车典型电子控制系统的基本内容.....	1
1.2 汽车电子控制系统的基本组成.....	2

第二篇 发动机电子控制系统

第 2 章 汽油机电子控制系统的结构与维修.....	5
2.1 汽油机电子控制系统的基本结构与原理.....	5
2.2 汽油机电子控制系统的故障诊断与排除.....	22
2.3 典型汽油机电子控制系统分析.....	26
第 3 章 柴油机电子控制系统的结构与维修.....	73
3.1 柴油机电子控制系统的基本结构与原理.....	73
3.2 柴油机电子控制系统的故障诊断与排除.....	78
3.3 典型柴油机电子控制系统分析.....	82
第 4 章 电子控制巡航系统.....	91
4.1 CCS 系统的基本结构与原理.....	91
4.2 CCS 系统故障诊断与排除.....	99
4.3 典型 CCS 系统分析.....	107

第三篇 底盘电子控制系统

第 5 章 自动变速器.....	109
5.1 概述.....	109
5.2 电子控制自动变速器的基本结构与原理.....	113
5.3 无级变速器.....	116
5.4 自动变速器的故障诊断与排除.....	125
5.5 典型自动变速器电子控制系统分析.....	126

第6章 防滑控制系统的结构与维修	146
6.1 防滑控制系统的基本结构与原理	146
6.2 防滑控制系统的故障诊断与排除	151
6.3 典型防滑控制系统分析	167
第7章 电子控制悬架系统	176
7.1 概述	176
7.2 电子控制悬架系统的构造和工作原理	177
7.3 电子控制悬架系统的故障的诊断与排除	187
7.4 典型电子控制悬架系统分析	194
第8章 电子控制动力转向系统	203
8.1 电子控制动力转向系统的基本结构与原理	203
8.2 电子控制动力转向系统的故障诊断与排除	207
8.3 典型电子控制动力转向系统分析	210

第四篇 车身电子控制系统

第9章 中央门锁与防盗警报系统	221
9.1 中央门锁与防盗警报系统的基本结构与原理	221
9.2 系统故障诊断与排除	228
第10章 安全气囊系统	248
10.1 SRS 气囊系统基本结构及原理	248
10.2 SRS 气囊系统的结构与原理	249
10.3 SRS 气囊系统部件的结构与原理	253
10.4 SRS 气囊系统的故障诊断与处置	268
10.5 典型 SRS 气囊系统分析	274
第11章 汽车自动空调系统	282
11.1 汽车自动空调系统的基本结构与原理	282
11.2 汽车自动空调系统的检修	293
11.3 典型汽车自动空调系统分析	313
第12章 汽车电子智能技术	339
12.1 汽车黑匣子	339
12.2 汽车电子导航系统	342
12.3 智能汽车与自动化高速公路	347
12.4 汽车网络	350
12.5 蜂窝电话	355
参考文献	359

汽车电子控制技术基础

第 1 章 概 述

1.1 汽车典型电子控制系统的基本内容

汽车是当今社会最重要的交通工具之一,汽车工业是国民经济的支柱产业。新兴技术的不断发展,尤其是计算机技术、电子控制技术、人工智能及网络通信技术在汽车上的广泛应用,为汽车向电子化发展创造了必要的条件。电子技术在汽车上的广泛应用,是当今汽车工业发展的重要标志之一。

国外汽车应用电子技术是从 20 世纪 60 年代开始的,而大批量地应用是从 20 世纪 80 年代以后开始的。我国在 20 世纪 90 年代后期,通过引进国外技术合资生产轿车(如一汽大众的奥迪、广州本田、上海大众的帕萨特、上海通用公司的别克轿车等),使我国汽车工业在电子化方面有了较快的发展,实现了与世界汽车工业的全面接轨。

随着汽车工业的不断发展,汽车保有量的日益增多,世界各国面临严重的汽车排放污染、能源危机以及汽车行驶安全性等问题。面对这些实际问题,传统的汽车技术已无法解决。与此同时,世界各国针对上述问题出台了一些相应的法规,迫使世界范围内汽车工业进行技术革新。为解决汽车的污染、节能和安全等问题,汽车上广泛采用了电子控制技术,如电控燃油喷射系统、电控自动变速系统、制动防抱死系统等。许多新产品层出不穷,并且随着人们对汽车舒适性及智能化的不断追求,电子控制技术将给汽车工业带来划时代的变革。

从传统意义上讲,汽车由发动机、底盘、车身和电器四部分组成。而汽车发展至今,电子控制技术已经贯穿汽车的每一个部分。从每辆车所使用的电子设备与整车的价格比来看,1991 年平均每辆汽车消耗电子产品的费用占整车价格的 10%,1998 年接近 15%,2003 年已达到 20% 以上。随着汽车电子设备的不断增多,汽车电控系统中的中央处理器(CPU)、传感器和执行器的数量也随之增加。1990 年在汽车上使用的 CPU 的平均数量是 14 个,而到 2000 年在汽车上使用的 CPU 的平均数量是 35 个,且 CPU 的类型从 8 位机、16 位机发展到了 32 位机,使电子控制系统的控制功能更加强大。同时,传统的电路连接方式会使控制线路故障增多而可靠性下降,且故障诊断变得十分复杂。目前,光纤以其抗电磁干扰能力强、信号传输速度快等优点,正在逐渐取代传统的同轴电缆,提高了汽车电子控制系统的可靠性。

纵观近几年汽车电子控制技术的发展，典型的电子控制技术的基本内容如下。

(1) 发动机方面。最佳点火提前角(ESA)控制、最佳空燃比控制、废气再循环控制(EGR)、怠速控制(ICS)和巡航控制系统(CCS)等。

(2) 底盘方面。制动防抱死系统(ABS)、电控自动变速器、电控动力转向和电控悬挂等。

(3) 仪表方面。电子转速表、电子车速里程表、电子燃油表和多功能综合屏幕显示等。

(4) 安全方面。电控安全气囊、雷达防撞系统、防滑控制系统、防盗报警系统、电控安全带和电控前大灯系统等。

(5) 舒适性方面。中央门锁系统、电动门窗与电动天窗系统、电动座椅、电动后视镜与电动除霜系统、汽车音响系统和自动空调系统等。

(6) 通信与智能化方面。卫星导航与定位系统、车载电话与计算机网络系统、安全维护与监控系统、故障自诊断系统和智能汽车与自动化高速公路等。

1.2 汽车电子控制系统的基本组成

一般而言，汽车电子控制系统是由信号输入装置、电子控制单元(ECU)和执行器三大部分组成的。汽车电子控制系统又称为汽车计算机系统。它按照输入、信息处理、输出三个步骤运行。汽车电子控制系统的基本构成如图 1-1 所示。

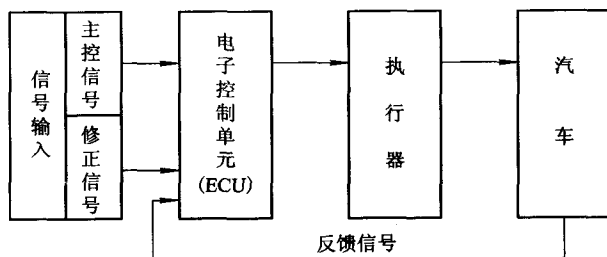


图 1-1 汽车电子控制系统的基本构成

1. 输入

汽车信号输入装置是将汽车运行工况转换成电信号输给 ECU(又称车用计算机)。计算机只接受“0”或“1”的数字信息，如果进入 ECU 的是模拟信号，则需先进行模/数(A/D)转换，再传输给中央处理器(CPU)。因此，汽车电子控制系统要有相应的输入设备和输入接口装置。

2. 信息处理

根据输入的信息和选定的程序，中央处理器经过运算并作出判断，看需要采取何种操作以控制汽车运行。因此，汽车电子控制系统相应地有中央处理器和存储数据与程序的存储器等。

3. 输出

必要时，计算机将处理结果进行数/模(D/A)转换，将模拟信号传输给执行器；有时计算机直接输出数字信号来控制执行器，执行器再将其转变成适当的动作，以控制汽车运行。因此，汽车电子控制系统要有相应的输出接口和输出设备。

1.2.1 信号输入装置及输入信号

计算机常用的信息输入装置有键盘、鼠标和扫描仪等设备。而汽车电子控制系统的信号是通过各类传感器或其他控制装置将汽车运行工况转换成电信号传输给电子控制单元的。在汽车电子控制系统中，检测对象的参数尽管是多种多样的，但都要变成电信号，这种电信号可分为模拟量和数字量两种，它们靠相应的输入装置向 ECU 输入信号。其中，对于模拟量输入装置(如热线式空气流量传感器、水温传感器等)来说，是将微机控制对象的各种被测参数(如空气流量、水温等)通过传感器变成模拟电信号，然后经过 A/D 转换器转换成数字量进入 ECU。而数字量输入装置多是产生离散信号的，通常这些信号代表两种状态，如开与关、高电平与低电平等。在汽车电控系统中有多种数字量输入装置，例如发动机曲轴转速数字传感器，它可以产生频率正比于曲轴转角的脉冲信号；还有上止点脉冲信号发生器，在曲轴转到上止点时产生一个窄脉冲，以此作为点火、喷油的基准信号，这些都是数字量输入装置。

1.2.2 电子控制单元的构成及功能

电子控制单元 ECU(Electronic Control Unit)是一种电子综合控制装置，又称车用计算机，它包括硬件与软件两部分。硬件是计算机系统中所有实际装置的总称，它由输入接口、微型计算机(微机)、输出接口等构成，如图 1-2 所示。软件主要包括 ECU 运行所需的各种程序、基本数据以及一些工况修正系数的数据储存等。基本数据是通过大量实验获得的，是满足微机控制汽车的各种性能的最重要保证。软件中的一系列程序应能满足功能强、运算处理迅速、控制准确、实时性强与效率高等多方面的要求。

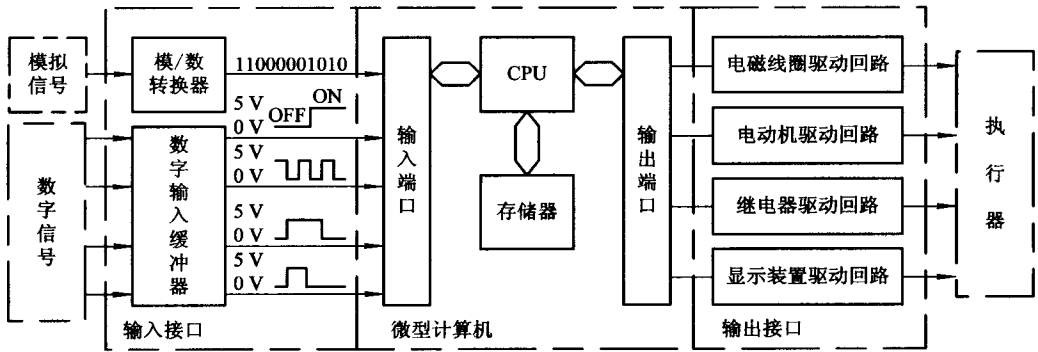


图 1-2 电子控制单元(ECU)的构成

1. 输入接口

为实现微机与输入装置的信息交换，应在两者之间设置一个部件，即输入接口。输入接口与输出接口一起，构成了 CPU 与外界的信息交换功能模块。微机所进行的信息接收与发送和与外界进行的数据交换都是通过输入/输出接口(I/O 接口)来完成的。

1) A/D 转换器

在汽车电子控制系统中，最主要的输入接口是传感器接口。而从传感器中输入的参数往往是连续变化的模拟量，如温度、压力、流量、位移量等。所谓模拟量，它包括两个方面的意思：一是时间变化连续，二是数值变化连续。模拟量不能直接送入微机进行运算，而必须把模拟量转换成二进制数(码)表示的数字信号，才能送到微机中进行算术或逻辑运

算。能够将模拟量转换成数字量的器件称为 A/D 转换器。

由于传感器输出的信号有模拟信号和数字信号两种，而微机只能接收和处理数字信号一种形式，因此传感器输入的模拟信号要经过相应的处理电路后，再经过 A/D 转换器转换，才能以数字量的形式送入中央处理器(CPU)。A/D 转换的工作过程如图 1-3 所示。

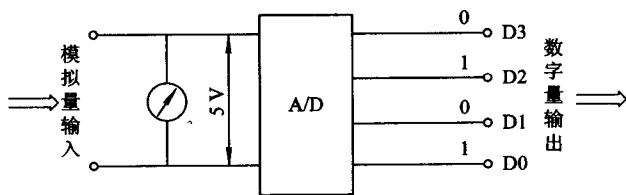


图 1-3 A/D 转换的工作过程

2) 数字输入缓冲器

输入装置不能直接和 CPU 数据总线相连，要借助于输入接口电路使输入装置与总线隔离，这样可以起到缓冲、暂存数据的作用，并协调解决主机和输入装置间数据传送速度不匹配的矛盾。数字输入缓冲器具有对数据信息传送速度的缓冲作用，从而达到主机和输入装置之间速度匹配的目的。

2. 微型计算机

由图 1-2 可见，微型计算机(微机)包括 CPU、存储器、输入端口和输出端口四大部分。各种输入信号通过输入端口进入。CPU 是微机的核心部分，它首先从预先写入存储器的程序(由一系列指令所组成)中逐条取出执行指令，然后进行指令译码，并按照操作码所指明的操作类型对操作数进行操作。CPU 对这些数据进行算术或逻辑运算，把运算结果储存在存储器中，通过输出端口输出，并同时使执行器进行工作。

3. 输出接口

输出接口是微机与被控对象进行信息交换的纽带。由于微机算出的结果是数字量，一般需要转换成模拟量才能进行输出并控制相应的执行器，如电磁线圈螺线管、电动机、继电器及显示装置等。因此，输出接口的功用就是将微机输出的数字信号转换成可以驱动执行器的模拟信号，起着控制信号的生成与放大等作用。输出接口通常采用大功率三极管，由微机输出的信号控制其导通和截止，从而控制执行器的接地回路。在电控发动机中，ECU 输出的各种控制指令由电子控制系统的执行器来执行，如执行喷油脉冲控制、点火提前角控制、怠速控制、排放控制以及启动故障自诊断程序和安全保险、备用程序等。在电控自动变速器中，ECU 输出控制信号使其液压控制装置上的各个电磁阀工作，以控制各个控制阀的动作而自动进行换挡操作。

1.2.3 执行器

车用执行器是汽车电子控制系统的输出装置。执行器是受 ECU 控制，具体执行某项控制功能的装置。执行器又称执行元件、执行机构或执行装置。在汽车电子控制系统中，执行器把从 ECU 传来的电信号转换为机械运动。它通过电能、发动机真空、气压或三者之间的组合作用对外做功，推动汽车或发动机的某个装置运动，以完成所需要的控制任务。例如，执行器可根据 ECU 的指令，改变发动机节气门的开度，从而控制发动机的转速。

在汽车电子控制系统中，最常使用的执行器主要有电磁线圈螺线管、电动机和继电器等。

第2章 汽油机电控系统的结构与维修

汽油机电控系统采用一个内置的 ECU，它把与汽油机(即发动机)各种工况相匹配的各种数据、喷油持续时间、点火时刻、怠速以及用来计算的程序都储存起来。ECU 利用这些数据，以及各种传感器传来的信号，通过内存程序进行计算来决定燃油喷射持续时间、点火时刻、怠速、排气控制等，并把这些控制信号输出到相应的执行机构，对发动机进行控制。

2.1 汽油机电控系统的基本结构与原理

发动机电控技术包含的内容很多，其主要由发动机电控燃油喷射系统、发动机电控点火正时系统、发动机怠速控制系统三大部分组成。

任何一个由微型电脑控制的装置，都是由以下三个基本部分组成的，如图 2-1 所示。

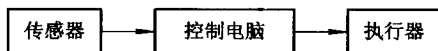


图 2-1 微型电脑控制装置的基本组成

传感器是电脑控制系统的眼睛，它用于观察各种变化的物理量和化学量，并将这些物理量和化学量转变为电脑可识别的电信号，例如水温传感器、空气流量计等。执行器是电脑控制系统的手，它用于执行电脑发出的各种命令，它可把命令变成对控制对象的具体动作，例如喷油器、怠速马达、点火线圈等。控制电脑是整个控制系统的指挥部，它用于分析和处理各种信息，并操作各个执行器来完成整个系统的工作。

2.1.1 发动机电控燃油喷射系统

发动机电控燃油喷射系统用于发动机可燃混合气的空燃比控制，它首先要根据发动机

```

graph TD
    FB[反馈信息] --> ECU[发动机控制电脑]
    WI[工况信息] --> ECU
    ECU --> AF[空气流量]
    ECU --> FI[喷油器]
  
```

1. 空气流量

```

graph LR
    A[空气流量测量] --- B[直接测量(使用空气流量计)]
    A --- C[间接测量]
    C --- D[密度速度式(使用进气压力传感器)]
    C --- E[节流速度式(使用节气门位置传感器)]

```

1) 直接测量

空气流量计有四种，即翼板式、热丝式、热膜式及卡门涡旋式空气流量计。

(1) 翼板式空气流量计。翼板式空气流量计由翼板式空气流量板(见图 2-4)和电位计(见图 2-5)两部分组成。空气翼板实际上就是一个空气流通阀,翼板的偏转位置决定空气通道开启的通过截面,翼板随吸入空气流量的大小向后移动,逐渐增大其通过截面。发动机吸入的空气量则是由转速与节气门的开度共同决定的。翼板式空气流量计结构如图 2-4 所示,其空气翼板的偏转角度与吸入空气量之间是对数关系。

• 6 •

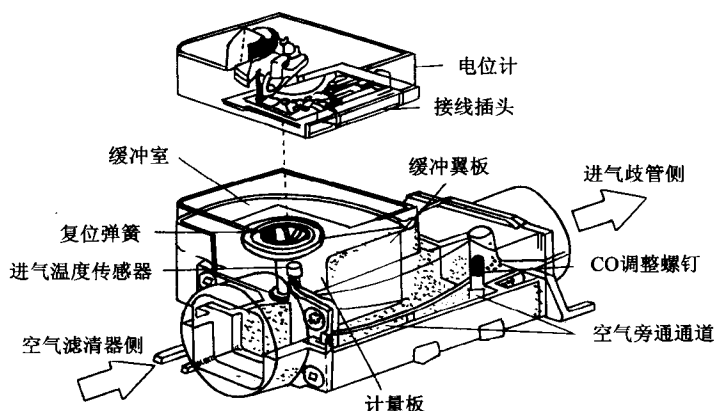


图 2-4 翼板式空气流量板

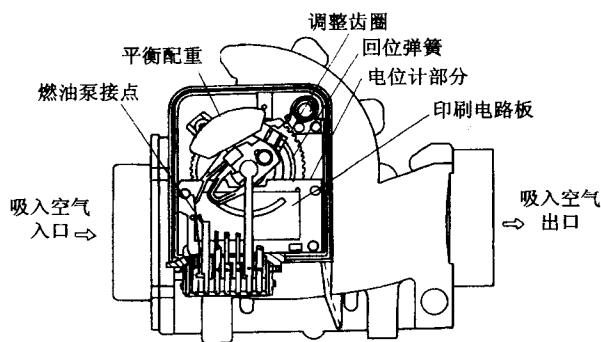


图 2-5 电位计

翼板的转角位置由与转轴相连的电位计转换成电压信号，随翼板转角不同，电位计扇形滑道产生不同的电阻值，使空气流量与输出电压成反比，此信号由电位计输入电控单元。

(2) 热丝式空气流量计。热丝式空气流量计由感知空气流量的白金热丝、温度补偿电阻(冷线)、控制热丝电流并产生输出信号的控制线路板以及空气流量传感器的壳体组成。

热丝式空气流量计(见图 2-6)的取样管置于主空气道中央，两端有金属防护网，防护网用卡箍固定在壳体上。取样管由两个塑料护套和一个热丝支撑环构成。热丝为直径 $70\ \mu\text{m}$ 的白金丝，布置在支撑环内，其阻值随温度的变化而变化。热丝支撑环前端的塑料护套内安装一个白金薄膜电阻器，其电阻值随温度的变化而变化，称为温度补偿电阻；热丝支撑环后端的塑料护套上粘结一只精密的电阻，并设计成能用激光修整，该电阻上的电压即产生热丝空气流量传感器的输出电压信号。

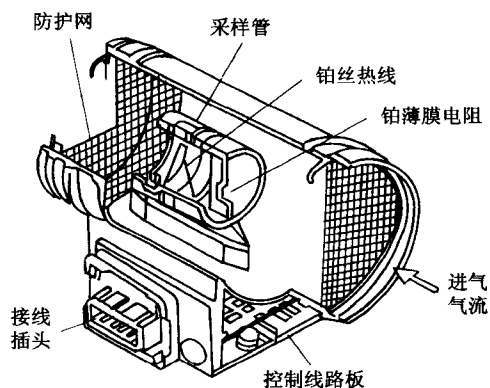
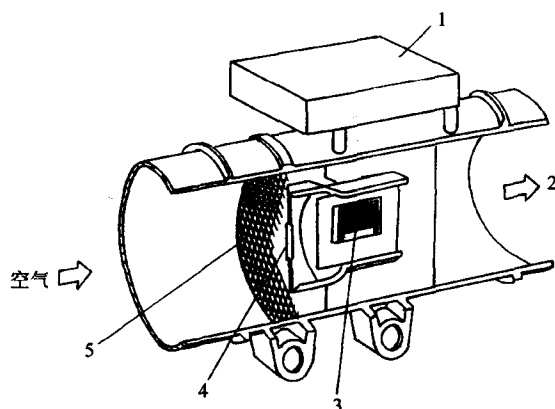


图 2-6 热丝式空气流量计

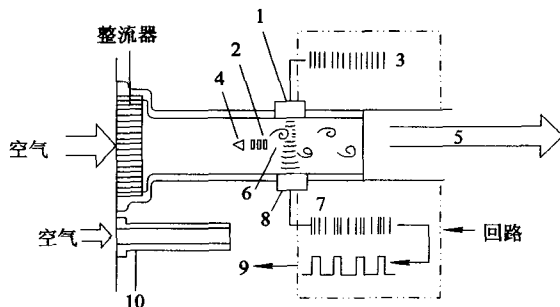
(3) 热膜式空气流量计。热膜式空气流量计(见图 2-7)的结构和工作原理与热丝式空气流量计基本相同,只是将发热体由热丝式改为热膜式。热膜是由发热金属铂固定在薄的树脂膜上构成的。这种结构可使发热体不直接承受空气流动所产生的作用力,增加了发热体的强度,提高了空气流量计的可靠性。



1—控制回路; 2—通往发动机; 3—热膜; 4—上流温度传感器; 5—金属网

图 2-7 热膜式空气流量计

(4) 卡门涡旋式空气流量计。卡门涡旋式空气流量计(见图 2-8)通常与空气滤清器外壳安装成一体,在其空气通道中央设置一锥体状的涡流发生器,在涡流发生器后部将会不断产生称之为卡门涡旋的涡流串,测出卡门涡旋的频率即可感知空气流量的大小。



1—信号发生器; 2—涡流稳定板; 3—超声波发生器; 4—涡流发生器; 5—通往发动机;
6—卡门涡旋; 7—与涡流数对应的疏密声波; 8—接收器; 9—接计算机; 10—旁通通路

图 2-8 卡门涡旋式空气流量计(超声波检测方式)

使用超声波检测方式的卡门涡旋式空气流量计是利用卡门涡旋引起的空气密度变化来进行测量的。其在空气流动方向的垂直方向上安装了超声波信号发生器,在其对面安装有超声波接收器。从信号发生器发出的超声波因受卡门涡旋造成的空气密度变化的影响,到达接收器时有的变早,有的变晚,测出其相位差,利用放大器使之形成矩形波,此矩形波的脉冲频率即为卡门涡旋的频率。

2) 间接测量

间接测量是通过进气压力传感器或节气门位置传感器测量出进气真空度或节气门开启

角度，然后加上当前发动机转速，最后再通过计算机计算出相应的空气流量，这是一种通过间接测量然后再经过计算机计算出空气流量的方法。它有两种方式：

方式一： 密度速度式空气流量 =

$$\frac{\text{进气真空度}}{\text{发动机转速}}$$

这种方式吸入发动机的空气量由进气压力传感器测出的进气真空度和发动机转速来进行推算。密度速度方式是利用进气压力传感器代替空气流量计的。

方式二： 节流速度式空气流量 =

$$\frac{\text{节气门开度}}{\text{发动机转速}}$$

这种方式吸入发动机的空气量由节气门位置传感器测出的节气门开度和发动机转速来进行推算。节流速度方式是利用节气门位置传感器代替空气流量计的。

进气压力传感器将进气管内的压力变化转换成电信号，如图 2-9 所示。它借助于橡胶软管同稳压箱相连接。进气压力传感器是由压力转换元件和把转换元件输出信号进行放大的混合 IC 构成的。

压力转换元件是利用半导体的压电效应制成的硅膜片。硅膜片的一侧是真空室，另一侧导入进气管压力。由于硅膜片的一侧是真空室，因此进气管内压力越大，硅膜片的变形越大。利用惠斯登电桥将硅膜片的变形转变成电信号。因为输出的电信号很微小，所以需用混合 IC 进行放大。

发动机转速信号是由安装在分电器内的点火触发器提供的，控制电脑根据点火触发脉冲的间隔时间计算出发动机的转速(r/min)。

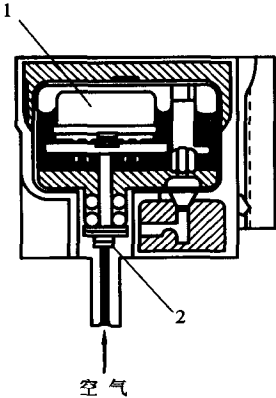
空气流量是发动机电控燃油喷射系统的重要输入参数，也是控制电脑决定基本喷油量的重要依据。

空气流量

⇐

直接测量式	空气流量计 MAF + 转速 r/min
间接测量式	进气压力传感器 MAP + 转速 r/min
	节气门位置传感器 TPS + 转速 r/min

空气流量的计量通常还需要考虑进气温度的影响，所以还要用进气温度传感器来向电脑报告进气温度的变化，以便进行温度修正。



1—半导体式压力转换元件；2—滤清器

图 2-9 进气压力传感器