

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

汽车电子

QICHE
DIANZI

凌凯汽车资料编写组 组编
谭秋平 主编



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

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

汽车电子

QI CHE DIAN ZI

凌凯汽车资料编写组 组编

主 编：谭秋平

参 编：杨绍华 张秀奇 于海东 蔡永红
陈 波 徐银泉 杨海鹏 易继平
赵宝军 邓冬梅 李丽娟 钟利兰

YZLI0890104328

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

内 容 简 介

本书作为模块化教材中的一本, 延续此套教材的特点。本书分为7个课题, 介绍了汽油/柴油发动机电子控制系统、自动变速器控制系统、ABS、SRS以及车身安全舒适等电子控制系统。

本书可作为高等院校汽车相关专业的教材, 也可供培训学校教学使用, 还可供汽车维修工, 尤其是汽车维修电工及汽车电子技术从业人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电子 / 谭秋平主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2011.6

ISBN 978-7-5640-4284-4

I. ①汽… II. ①谭… III. ①汽车-电子技术-高等学校-教材
IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 024992 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(总编室) 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 / 北京市通州富达印刷厂

开 本 / 710毫米×1000毫米 1/16

印 张 / 11.75

字 数 / 220千字

版 次 / 2011年6月第1版 2011年6月第1次印刷

印 数 / 1~1500册

定 价 / 28.00元

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

出版说明

近年来，随着我国汽车行业的不断发展，汽车保有量呈现出迅猛增加的趋势，汽车维修、售后服务以及汽车销售人才所存在的缺口问题也越发明显。特别是建立在先进传感技术基础上的故障诊断系统在各种汽车上大量应用之后，各种现代化检测诊断仪器和维修技术也应运而生，现代汽车已发展成为机电一体化的高科技载体。这给汽车维修业带来了极大的机遇和挑战，同时也对汽车维修人员的技术水平提出了更高、更新的要求。

为适应企业和市场对人才需求的变化，满足社会对技能型人才的需求，北京理工大学出版社特邀请一批知名行业专家、学者以及一线教学名师，规划出版了这套“面向‘十二五’高等教育课程改革项目研究成果”系列教材。

作者在编写之际，广泛考察了各校学生的学习实际，本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格，着力培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持有序工作的应用型人才。

本系列教材坚持如下定位：

- 以就业为导向，培养学生的实际运用能力，以达到学以致用的目的；
- 以科学性、实用性、通用性为原则，以使教材符合汽车类课程体系设置；
- 以提高学生综合素质为基础，充分考虑对学生个人能力的提高；
- 以内容为核心，注重形式的灵活性，以便学生易于接受。

本系列教材配有大量的插图、表格和大量的图片资料，介绍了大量的故障诊断、维修服务和营销案例。

- 在内容上强调面向应用、任务驱动、精选案例、严把质量；
- 在风格上力求文字简练、脉络清晰、图表明快、版式新颖；
- 在理论阐释上，遵循“必需”、“够用”的原则，在保证知识体系相对完整的同时，做到知识讲解实用、简洁和生动。

本系列教材可作为高等教育应用型本科院校汽车类相关专业的课程教学用书，也可作为相关行业从业人员的培训和参考用书。

前 言

目前我国汽车工业和交通运输业发展迅猛，汽车保有量正在逐年增加。汽车的价格也正在逐渐降低，汽车在我们日常生活中发挥着越来越重要的作用。汽车制造行业竞争日趋激烈，各个汽车厂商用汽车高配置新技术来吸引消费者，应用在汽车上面的新技术越来越多，汽车新技术绝大多数是通过电子控制的。新技术的增加给驾驶人员带来了便利，但是对汽车维修行业是个挑战，相当多的驾驶员或者是维修工面对复杂的汽车电子装置及电子控制系统束手无策，这就促使汽车维修工必须具备一定的电子技术基础。

为了满足维修工及汽车院校对汽车电子技术的需求，培养具有专业知识和实践能力的一代汽车维修工和汽车电子技术人员，使他们对汽车电子系统有比较全面的了解，熟悉汽车电子设备的不同类型和结构，熟悉汽车电子控制系统常见故障的诊断与排除方法，能自己动手对汽车电子控制系统的总成或者单个器件进行检测、调试和修理，同时为了满足广大汽车使用者或者爱好者对汽车电子控制技术的迫切需求，使大家尽快熟悉看似复杂的电子控制系统，更好的从事汽车电子控制装置的使用、保养与维修，特编写此书。

本书作为模块化教学教材中的一本，延续其他教材的特点，从汽车电子技术的发展模块讲起，模块化地介绍了汽车电子控制技术的发展历程、发展趋势，重点介绍汽油发动机电子控制系统，汽油发动机电子燃油控制系统、汽油发动机电子点火系统以及柴油发动机电子控制系统、汽车自动变速器控制系统以及ABS、SRS等车身安全舒适系统。书中针对这些系统中采用的新技术，比如发动机控制系统中的缸内直喷、可变进气、巡航系统以及安全舒适系统中的电子悬架和汽车操纵稳定性控制等也已有介绍。让读者在了解电子控制系统的基础知识的同时也有一定的提升。

本书图文并茂，简洁直观、通俗易懂，由于编者水平有限，书中难免有错误及不足之处，恳请广大读者批评指正。

本书可供高等院校汽车相关专业的教材，也可供培训学校教学使用，还可供汽车维修工，尤其是汽车维修电工及汽车电子技术从业人员使用。

编 者

目 录

概述

→ 课题一 1

任务一 汽车电子控制技术的应用…1

任务二 汽车电子控制系统的类型…3

任务三 汽车电子控制系统的控制方式…5

发动机电子控制系统

→ 课题二 10

任务一 发动机电子控制系统的功能…10

任务二 发动机电子控制系统的组成…13

- 一、空气供给系统…14
- 二、燃油供给系统…16
- 三、电子控制系统…17

任务三 柴油机的电控系统…22

- 一、柴油机电控技术的发展…22
- 二、典型的电控燃油喷射系统…24
- 三、柴油机的空气供给系统…25
- 四、柴油机电控系统的组成…27

发动机电控燃油喷射系统

→ 课题三 31

任务一 燃油喷射系统的发展…31

任务二 电控燃油喷射系统的分类…35

任务三 电控燃油喷射系统的组成与原理…40

任务四 电控燃油喷射系统的控制过程…43

- 一、喷油器和燃油泵的控制…44
- 二、喷油正时控制…45
- 三、喷油量控制…49
- 四、燃油停供控制…53

任务五 电控燃油喷射系统主要元件的构造与原理…57

- 一、空气供给系统的组成元件…57
- 二、燃油供给系统的组成元件与控制电路…58
- 三、控制系统主要元件的构造与原理…62

发动机电控点火系统

→ 课题四 82

任务一 电控点火系统的组成…82

任务二 电控点火系统的控制原理…86

任务三 电控点火系统的控制内容…88

- 一、点火提前角控制…88
- 二、通电时间控制…90

三、爆震控制.....92

任务四 电控点火系统的配电方式
及控制电路.....96

一、有分电器式电控点火系统.....96

二、无分电器式电控点火系统.....97

→ **课题五 自动变速器电子控制系统** 102

任务一 电控自动变速器的组成和
控制原理.....102

任务二 电子控制系统控制部件的
结构原理.....105

一、传感器.....105

二、控制开关.....109

三、电磁阀.....113

任务三 电控自动变速器的阀体...
.....115

任务四 电控自动变速器的控制电
路.....119

任务五 自动变速器电子控制系统
的控制内容与过程.....122

电子控制防抱死制动系统

→ **课题六** 134

任务一 防抱死制动系统的组成...
.....134

任务二 防抱死控制系统的控制及
布置方式.....137

任务三 防抱死制动系统控制部件
的结构原理.....140

任务四 防抱死制动系统控制电路
与过程.....154

→ **课题七 汽车其他电子控制系统** 158

任务一 巡航控制系统.....158

任务二 电子控制悬架系统.....168

任务三 安全气囊控制系统.....173



课题一 概述

○ [学习任务]

1. 了解汽车电子控制系统的类型。
2. 了解汽车电子控制系统的控制方式。

○ [技能要求]

1. 简要概述汽车电子控制系统的类别。
2. 简要讲述汽车电子控制系统有何特点。

任务一 汽车电子控制技术的应用

汽车技术、建筑技术与环境保护是衡量一个国家工业化水平高低的三大标志。20世纪80年代以来,提高汽车性能、节约能源和保护环境,主要取决于电子控制技术。在汽车上,电子控制技术的应用概况如图1-1所示,主要用于汽车动力性、安全性、舒适性和娱乐通讯信息控制。

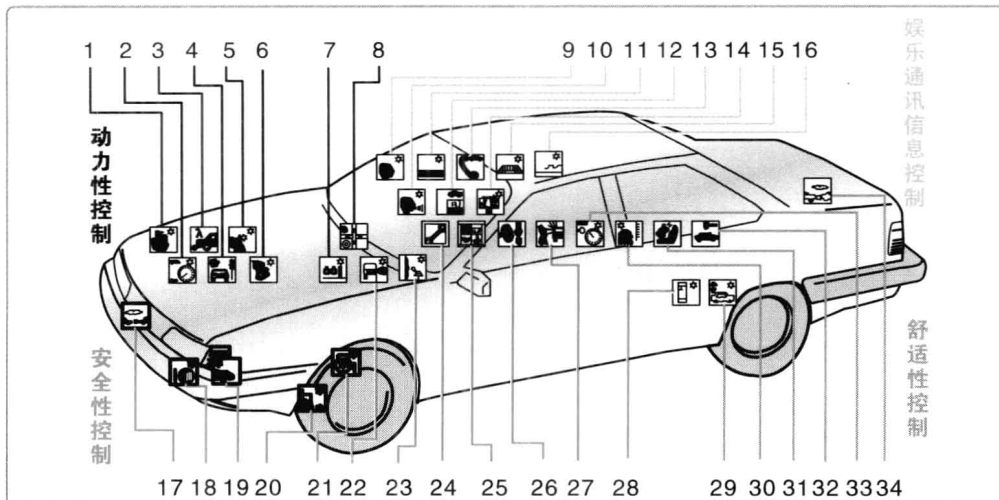


图1-1 汽车电子控制技术应用概况



| 序号 | 模块名称 |
|----|----------------|
| 1 | 燃油喷射系统 |
| 2 | 怠速控制系统 |
| 3 | 空调比反馈控制系统 |
| 4 | 集成诊断系统 |
| 5 | 电子控制自动变速系统 |
| 6 | 发动机管理系统 |
| 7 | 发动机功率控制 |
| 8 | 控制器区域网(电控单元联网) |
| 9 | 声响复制系统 |
| 10 | 声控操作系统 |
| 11 | 电子控制音响系统 |
| 12 | 车内计算机 |
| 13 | 车载电话 |
| 14 | 交通控制和信息系统 |
| 15 | 电子控制信息显示系统 |
| 16 | 线束复用系统 |
| 17 | 雷达车距控制与报警 |

| 序号 | 模块名称 |
|----|--------------------------|
| 18 | 前照灯控制与清洗 |
| 19 | 气体放电车灯 |
| 20 | 轮胎气压控制系统 |
| 21 | 防抱死制动系统(ABS)、驱动防滑系统(ASR) |
| 22 | 诊断测试系统 |
| 23 | 雨刷/清洗器控制 |
| 24 | 维修周期显示系统 |
| 25 | 液面和磨损监控 |
| 26 | 安全气囊/安全带张紧 |
| 27 | 车辆保安系统 |
| 28 | 前轮/后轮制动 |
| 29 | 电子控制悬挂 |
| 30 | 电子控制空调系统 |
| 31 | 座椅控制系统 |
| 32 | 中央门锁控制系统 |
| 33 | 自动驾驶系统 |
| 34 | 车距报警系统 |



任务二 汽车电子控制系统的类型

根据汽车的总体结构,汽车电子控制系统可分为发动机电子控制系统、变速器电子控制系统、底盘电子控制系统和车身电子系统四大类。根据控制功能,汽车电子控制系统可分为动力性、安全性、舒适性和娱乐通讯信息控制四种类型,其控制系统和主要控制项目如表1-1所示。每一个控制系统可由各自的电子控制单元(ECU)单独控制,也可由几个系统组合起来用一个ECU进行控制。在不同车型上,其组合形式和控制功能不尽相同。

表1-1 汽车电子控制系统类型及主要控制项目

| 类型 | 控制功能 | 系统名称 | 控制项目 |
|--------|-------|---------------|---|
| 汽车电子系统 | 动力性控制 | 电子控制燃油喷射(EFI) | 喷油量(喷油时间);喷油时刻;燃油泵;燃油停供 |
| | | 电子控制点火(ESA) | 点火时刻;通电时间;爆震防止 |
| | | 怠速转速控制(ISC) | 空调接通与切断;变速器挂挡;动力转向泵接通与切断 |
| | | 排放控制 | 废气再循环(EGR);空燃比反馈控制;活性炭罐电磁阀控制;CO控制(VAF);二次空气喷射 |
| | | 进气控制 | 进气引导通路切换;涡流控制阀 |
| | | 增压控制 | 泄压阀;废气涡轮增压器 |
| | | 自诊断测试与失效保护控制 | 故障警告;存储故障代码;部件功能测试;传感器与执行器失效保护 |
| | | 电子控制变速(ECT) | 发动机输出扭矩;液力变矩器锁止时机;变速器换挡时机;电磁阀和传感器失效保护 |
| | 安全性控制 | 防抱死制动控制(ABS) | 车轮制动力、滑移率 |
| | | 驱动防滑控制(ASR) | 发动机输出扭矩;驱动轮制动力;差速器锁止 |
| | | 安全气囊控制(SRS) | 气囊点火器点火时机 |
| | | 座椅安全带收紧控制 | 收紧器点火器点火时机 |
| | | 动力转向控制(ECPS) | 控制助力油压、气压或电动机电流 |
| | | 雷达车距控制 | 车距;报警;制动 |
| | | 前照灯灯光控制 | 焦距;光线角度 |
| | | 安全驾驶监控 | 驾驶时间;方向盘状态;驾驶员脑电图、体温和心率 |
| | | 防盗控制 | 报警;遥控门锁;数字密码点火开关;数字编码门锁;方向盘自锁 |
| | | 电子仪表 | 汽车状态显示 |
| | | 中央门锁控制 | 门锁遥控;行驶自锁,玻璃升降 |



续表

| 类型 | 控制功能 | 系统名称 | 控制项目 |
|--------|----------|------------|-----------------------------------|
| 汽车电子系统 | 舒适性控制 | 悬架控制 (EMS) | 车身高度, 悬架刚度; 悬架阻力; 车身姿势 (点头、侧倾、俯仰) |
| | | 巡航控制 (CCS) | 车速; 安全 (解除巡航状态) |
| | | 空调控制 | 制冷; 取暖 |
| | | 电动座椅控制 | 方向 (向前、向后); 高低 (向上、向下) |
| | | CD音响 | 娱乐 |
| | 信息娱乐通讯控制 | 交通信息显示 | 交通信息; 电子地图 |
| | | 车载电话 | 通讯联络 |
| | | 车载计算机 | 车内办公 |



任务三 汽车电子控制系统的控制方式

电子控制系统是由传感器、信息处理器和执行器三部分组成，如图1-2所示。

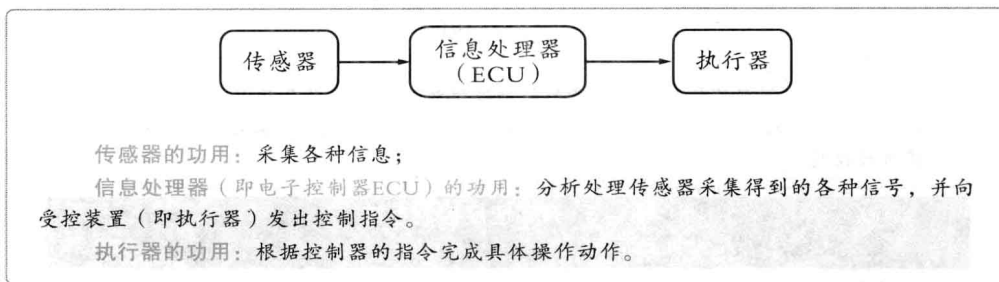


图1-2 电子控制系统的组成

在汽车电子控制系统中，虽然实现相同控制目标或达到相同控制目的所设计的传感器和执行器并无实质性区别，但是电子控制器ECU的设计却千差万别，各汽车公司都竭尽全力，各显神通。因为人们都清楚，在硬件条件大致相同下，谁能构想出更好的控制方法，设计出更好的控制程序，谁就能在激烈的竞争中占有更多的市场份额。

1. 开环控制

在控制系统中，如果输出端与输入端之间不存在反馈回路，输出量对系统的控制作用没有影响，该系统就称为开环控制系统，如图1-3所示。在汽车电子控制系统中，燃油喷射式发动机的启动工况和加速工况以及汽车前照灯光束的控制就采用了开环控制方式。它是根据控制信号的大小和方向来控制负载转速的高低和方向。

在任何开环控制系统中，既不需要对输出量进行测量，也不需要将输出量反馈到系统输入端与输入量进行比较。对应于每一个输入量，相应的就有一种工作状态与之对应。因此，开环控制系统的精度主要取决于系统的校准精度、工作过程中保持校准值的程度以及系统组成元件性能参数的稳定程度。在系统不存在内部扰动和外界扰动、元件性能参数又比较稳定的条件下，开环控制系统是比较简单并可保证足够的控制精度的。

为了满足实际应用需要，开环控制系统必须精确校准，并在工作过程中设法保持该校准值不发生变化。在系统存在扰动的情况下，当被控制的输出量偏离给定量时，开环系统就没有纠正的能力了，即控制精度就会降低。

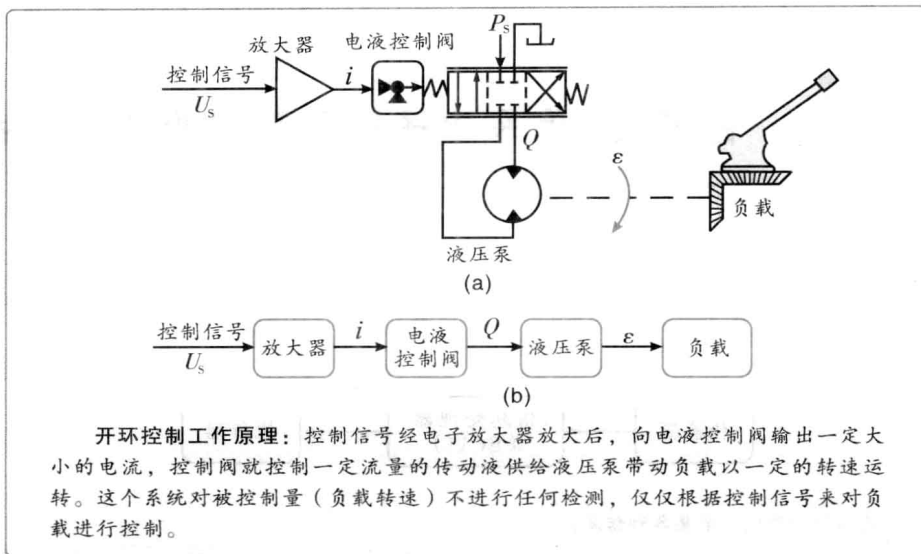


图1-3 开环速度控制系统

(a) 系统原理图；(b) 系统方框图

2. 闭环控制

凡是系统的输出端与输入端之间存在反馈回路，即输出量对控制作用有直接影响影响的系统，就称为闭环控制系统，如图1-4所示。换句话说，反馈控制系统就是闭环控制系统。“闭环”的含意就是应用反馈调节作用来减小系统的误差。

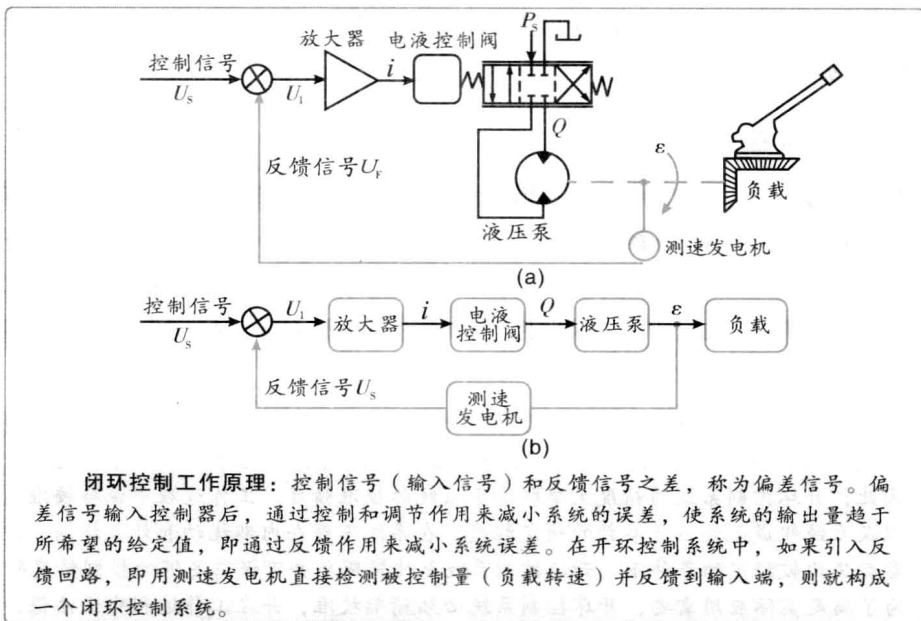


图1-4 闭环速度控制系统

(a) 系统原理图；(b) 系统方框图



闭环控制系统的优缺点:

◆ **优点:** 精度较高。无论什么干扰,只要被控制量的实际值偏离给定值,由于采用了反馈,对外界扰动和系统内部参数变化引起的偏差,系统就会产生调节作用来减少这一偏差,因此,可以采用精度不太高而成本比较低的元件组成一个比较精确的控制系统。

◆ **缺点:** 由于闭环系统是以偏差消除偏差,即系统要工作就必须有偏差存在,因此闭环系统不会有很高的精度。同时,由于系统组成元件的惯性、传动链的间隙等因素存在,如果配合不当就可能导致系统产生振荡(等幅振荡或变幅振荡),从而使系统不能稳定工作,因此精度和稳定性之间的矛盾始终是闭环控制系统存在的主要矛盾。

在汽车电子控制系统中,空燃比反馈控制、发动机爆震控制、排气再循环(EGR)控制、防抱死制动控制等都采用了闭环控制方式。空燃比(A/F)和点火提前角反馈控制,所采用的传感器分别是氧传感器和爆震传感器。氧传感器安装在发动机排气管上,用来检测排气中氧离子的浓度;爆震传感器安装在发动机缸体上,用来检测发动机是否产生爆震。排气中氧离子的浓度取决于混合气的空燃比,当空燃比小于理论空燃比(14.7:1)时,混合气偏浓,燃烧过程中氧气较少,排气中氧离子很少或没有氧离子;当空燃比大于理论空燃比(14.7:1)时,混合气偏稀,燃烧过程中氧气富裕,排气中氧离子含量较多。混合气越稀,排气中氧离子浓度越大。空燃比反馈控制系统由氧传感器测量排气中剩余氧离子的含量,间接测量出每一瞬间进入发动机的混合气的浓度,并将检测结果转变为电信号输入电控单元ECU与设定的目标空燃比进行比较,电控单元再根据比较结果控制喷油量增加或减少,从而将空燃比(A/F)控制在设定的目标值附近。当混合气过稀时,排气中氧离子含量多,控制单元就控制喷油器增加喷油量;反之,当混合气过浓时,排气中氧离子含量少,电控单元就控制喷油器减少喷油量,如此不断循环进行控制。为使三元催化装置对排气净化处理达到最佳效果,闭环控制的空燃比应当控制在理论空燃比(A/F=14.7)附近的狭窄范围内。因此对启动、加速及全负荷等需要加浓混合气的工况,则需采用开环控制。

3. 自适应控制

在控制系统中,当系统元件老化以及参数、环境变化时,都会造成系统的动态特性发生变化。虽然大多数反馈控制系统参数值的微小变化对系统的正常工作不会产生任何影响,但是,如果系统参数值随着环境变化而发生较大的变化,系统就可能出现在某一种环境条件下有满意的性能,在其他环境条件下就不可能有满意的性能,甚至出现不稳定现象。自适应控制系统就是:随着环境条件或结构



参数产生不可预计的变化时，系统本身能够自行调整或修改系统的参数值，使系统在任何环境条件下都保持有满意的性能的控制系统。换句话说，自适应控制系统是一种“自身具有适应能力”的控制系统。在汽车电子控制系统中，自适应控制得到了广泛地应用，点火时刻、喷油时间以及空燃比等的控制都采用了自适应控制方式。根据参数值的调节方式不同，自适应控制可分为以下两种基本形式。

◆ 前馈自适应控制 (图1-5)

在自适应控制系统中，如果通过可测信号能够观测到过程特性的改变，并且预先知道如何根据这些信号来调整控制器，这种系统就称为前馈自适应控制系统，又称为开环自适应控制系统。

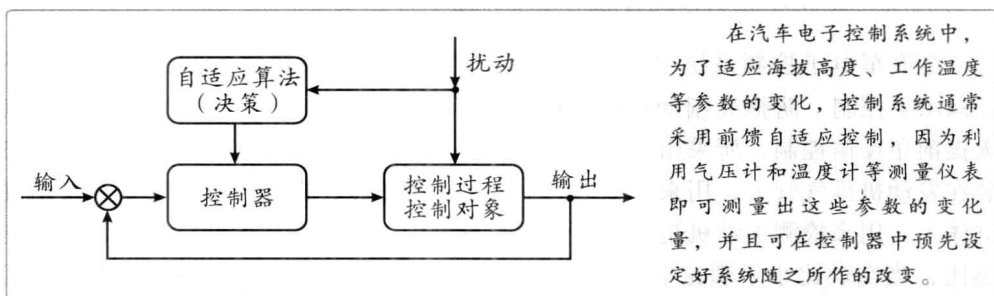


图1-5 前馈自适应控制系统框图

◆ 反馈自适应控制 (图1-6)

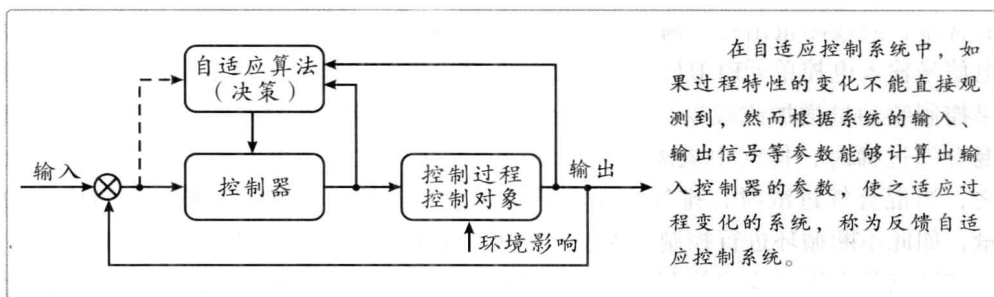


图1-6 反馈自适应控制系统框图



课题小结

汽车的电子控制系统是由传感器、控制单元及执行器组成的，可以进行闭环控制，还可以在某些条件下形成开环控制。当控制系统的组成元件老化及参数、环境变化时，进行自适应控制。通过本课题的学习后，应当对汽车电子控制系统有个初始的概念，基本了解这一控制系统的特点。



思考与练习

1. 根据汽车的总体结构，汽车电子控制系统分为哪几类？
2. 电子控制系统是由哪几部分组成的？
3. 什么叫开环控制系统，什么叫闭环控制系统？
4. 自适应控制有何特点？



课题二 发动机电子控制系统

○ [学习任务]

1. 学习汽车发动机电子控制系统的功能特点。
2. 了解发动机控制系统的组成。
3. 了解柴油电控技术的发展及控制系统的组成。

○ [技能要求]

1. 简要概括汽车发动机电子控制系统具备的功能。
2. 讲述发动机控制系统的组成。

汽油发动机可燃混合气的空燃比和点火时刻是影响发动机动力性、经济性和排气净化性能的两个主要因素。因此，精确地控制空燃比和点火时刻自然是汽油发动机电子控制的主要内容。

任务一 发动机电子控制系统的功能

发动机电子控制系统（ECCS）的主要功能：

发动机电子控制系统（ECCS）的主要功能是控制燃油喷射式发动机的空燃比和点火时刻。除此之外，还有控制发动机启动、怠速转换、极限转速、排气再循环、闭缸工作、二次空气喷射、进气增压、爆震、发电机输出电压、电动燃油泵和系统自诊断等辅助功能。

目前，汽车上广泛应用的是集中控制系统，应用在发动机上的子控制系统主要包括电控燃油喷射系统、电控点火系统和其他辅助控制系统。以下将逐一介绍其功能。

▶ 电控燃油喷射系统

在电控燃油喷射（EFI）系统中，喷油量控制是最基本的也是最重要的控制内容，电子控制单元（ECU）主要根据进气量确定基本的喷油量，再根据其他传感器（如冷却液温度传感器、节气门位置传感器等）信号对喷油量进行修正，使发动机在各种运行工况下均能获得最佳浓度的混合气，从而提高发动机的动力性、经济性和排放性。除喷油量控制外，电控燃油喷射系统还包括喷油正时控制、断油控制和燃油泵控制。