



21世纪应用型本科“十二五”规划教材——汽车类

汽车 QICHE 电子控制技术 DIANZI KONGZHI JISHU

主 编 ○ 杨国栋 吴焕芹 杜传祥
副主编 ○ 满维龙 陈建明



西南交通大学出版社

21 世纪应用型本科“十二五”规划教材——汽车类

汽车电子控制技术

主 编 杨国栋 吴焕芹 杜传祥

副主编 满维龙 陈建明

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书是根据国家关于技能型人才培养规划战略目标,结合当前我国汽车工业的发展和汽车市场对人才需求而编写的高等院校教学教材。本书系统地介绍了现代汽车发动机电子控制系统、双燃料发动机燃气电控系统、汽车安全性能控制系统、汽车舒适性能控制系统和其他电子控制系统;详细阐述了汽车发动机电控燃油喷射系统、电控点火系统、汽油机辅助控制系统、故障自诊断测试系统、汽车车身稳定性能控制系统、空调系统、汽车防盗系统、巡航系统、导航系统、安全气囊等电子控制系统的组成、结构、工作原理、检测维修、常见故障诊断与排除技术流程和方法。本书可作为高等院校车辆工程及其相关专业的教材,也可作为车辆从业技术人员工作、学习的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电子控制技术 / 杨国栋, 吴焕芹, 杜传祥主编.
—成都: 西南交通大学出版社, 2015.1
21 世纪应用型本科“十二五”规划教材. 汽车类
ISBN 978-7-5643-3740-7

I. ①汽… II. ①杨…②吴… ③杜… III. ①汽车—
电子控制—高等学校—教材 IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 027086 号

21 世纪应用型本科“十二五”规划教材——汽车类

汽车电子控制技术

主编 杨国栋 吴焕芹 杜传祥

*

责任编辑 李 伟

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

四川省成都市金牛区交大路 146 号 邮政编码: 610031

发行部电话: 028-87600564

<http://www.xnjdcbs.com>

四川五洲彩印有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 22.25

字数: 554 千

2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-3740-7

定价: 49.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

随着我国汽车工业的不断发展,大量先进电子技术应用于汽车制造行业,汽车电子化程度越来越高,汽车技术的新增长点无一不与电子技术相关。当今汽车机械与电子技术的完美结合,促进了汽车动力性、经济性、排放性以及安全可靠性的提高。

本书从提高汽车运用工程专业学生的专业技术水平和实践动手能力出发,主要介绍了发动机电子控制系统、汽车安全性能控制系统、汽车舒适性能控制系统和其他电子控制系统。在编写过程中,编者大量搜集并参考了当前出版的汽车电控技术专业教材和相关书籍,同时参照了我国部分汽车制造厂品牌汽车的维修技术手册和内容,引用了近几年来汽车电控系统的新技术、新工艺和新内容。在内容的编写中,根据汽车专业教学改革要求,按照应用型、技能型人才培养方向模式,力求以现阶段当地市场人才需求为基础、就业为导向,培养学生的职业技能和第一任职能力为宗旨,合理安排理论与实践的比例,注重实用型、增强实践性,突出新技术、新工艺、新知识,紧密结合现代汽车电控技术。

本书对涉及的技术参数、检测方法与步骤以及故障诊断工艺流程作了详细阐述。文字叙述过程注重理论与实践的结合,文字阐述详细清楚,图文并茂;涉及的发动机和车身等电控系统组成零部件的检测、故障诊断方法与步骤可操作性较强。

本书共分11章,由杨国栋、吴焕芹、杜传祥共同主编。其中,第1章、第4章、第5章由西安思源学院杨国栋编写,第2章、第3章、第6章由西安思源学院杜传祥编写,第7章、第8章由安徽三联学院满维龙编写,第9章、第10章第2节、第11章由武汉理工大学华夏学院吴焕芹编写,第10章第1节由西昌学院陈建明编写。参加本书编写工作的还有西安大众汽车学院冯浪成等。在本书编写过程中,参考和引用了部分教材、相关专业书籍以及检测诊断技术资料的图文,在此对相关作者一同表示感谢。

由于本科目技术发展速度快、更新换代周期短、内容繁杂且涉及面广,加之时间仓促,书中难免有疏漏之处,编者诚恳欢迎并接受广大读者批评指正,希望将您的宝贵意见发送至xz_xa@sina.com。

编 者

2014年10月

目 录

1 汽车电子技术概论	1
1.1 汽车电子技术及其发展	1
1.2 应用于汽车结构方面的电子控制技术	3
1.3 汽车电子控制系统的基本组成与控制方式	5
2 汽车发动机电控系统	10
2.1 概 述	10
2.2 发动机电控系统常用传感器的结构及工作原理	14
2.3 电子控制单元 (ECU)	44
2.4 执行元件	51
3 发动机电子控制燃油喷射系统	53
3.1 空气供给系统	55
3.2 进气控制系统的常见故障及诊断	60
3.3 燃油供给系统	61
3.4 喷油器	71
3.5 燃油喷射控制	75
3.6 燃油供给系统的常见故障与检测	89
4 发动机电子控制点火系统	91
4.1 点火系统的基本原理与组成	91
4.2 电控点火系统的基本组成与结构	93
4.3 点火系统的控制	103
4.4 点火系统部件的检测与故障分析	109
5 发动机辅助控制系统	114
5.1 怠速控制系统	114
5.2 汽车排放控制系统	125
5.3 发动机进气控制系统	142
5.4 其他辅助控制系统	151
6 发动机电控故障自诊断系统	155
6.1 故障自诊断系统的功能	155
6.2 故障自诊断系统的组成及工作原理	157

6.3	故障自诊断使用	159
7	CNG-汽油两用燃料发动机电控系统	162
7.1	概 述	162
7.2	天然气汽车	163
7.3	电子控制燃气喷射系统	165
7.4	燃气控制的工作过程及使用注意事项	169
8	发动机电控系统的故障诊断与检测	172
8.1	故障诊断及诊断方法	172
8.2	故障诊断与检测	174
8.3	根据故障代码进行故障诊断与检测	178
9	汽车安全性控制系统	191
9.1	汽车防滑控制系统	191
9.2	电子控制制动力分配系统 (EBD)	223
9.3	车身稳定性控制系统	226
9.4	汽车防撞控制系统	232
9.5	安全气囊系统	246
9.6	安全带控制系统	264
9.7	汽车防盗控制系统	267
10	汽车舒适性控制系统	275
10.1	汽车电控悬架系统	275
10.2	汽车空调系统	288
11	汽车其他电子控制系统	306
11.1	汽车电子控制动力转向系统	306
11.2	汽车巡航控制系统	328
11.3	汽车导航系统	336
	参考文献	349

1 汽车电子控制技术概论

汽车工业是国家的支柱产业，也是一个国家工业化程度、经济发达程度以及科学技术进步的象征。近年来，随着汽车工业的不断发展和需求量的急剧增长，在汽车保有量不断增多的同时，全社会对汽车的性能提出了更高的要求，促使了汽车制造工业的革命。目前，电子技术迅猛发展，先进的电子技术广泛应用于汽车制造业，使汽车整体结构发生了巨大的变化。

1.1 汽车电子控制技术及其发展

汽车电子控制技术又称为汽车电子技术，是以现代电气和电子技术、新材料和新工艺技术为基础，汽车机械总成、零部件为控制对象而结合的新技术，以提高汽车整车性能（包括动力性、经济性、排放性、安全性、舒适性、操纵性等），改善和解决能源紧缺、环境污染、交通安全等社会问题为目的汽车结构系统。

1.1.1 汽车电子控制技术的发展过程

汽车电子控制技术的发展起源于 20 世纪 60 年代。根据电子技术在汽车上的应用情况可大致分为 3 个阶段。第一阶段是从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代，主要以改善组成零部件技术性能而对汽车产品实施的技术改造，表现为电子装置代替某些机械部件，如晶体管收音机、交流发电机、电子调节器等在车辆上的使用。第二阶段是从 20 世纪 70 年代末期到 90 年代中期，为解决安全、污染和节能三大问题，研发并应用电控汽油喷射系统、防抱死制动系统和电控点火系统等。第三阶段是从 20 世纪 90 年代中期以后，电子技术广泛应用在汽车底盘、车身、操控系统和车用柴油发动机等多个方面。随着汽车产品电子技术的不断发展，汽车电子化程度越来越高，汽车上的电子装置也越来越多。汽车上新的技术增长点几乎无一不与电子技术和信息技术相关，现在汽车上每一个总成几乎都是机械、电子和信息一体化装置，在系统中电子和信息部分所起的作用也越来越重要，以至于有人认为汽车正在由一个拥有大量的电子技术与装置的机械系统，转变为一个由一定机械装置支撑的电子电气系统。同时，现代汽车控制技术已从单变量控制发展到多变量控制，从局部的自动调节发展到全局的最优控制，即汽车电子控制系统局域网络化（控制单元通过网络进行数据交换）。

1.1.2 现代汽车电控系统的基本特点

汽车电控装置对汽车各个运行工况的参数分辨率高、运行精确。电控装置运行与机械运动相比，电子运行不存在磨损和使用因素影响，控制精度高、响应速度快，且易实现各机构

远程和性能的最佳控制。同时,可执行更多项目的控制和采取闭环控制项目。除此之外,电控系统还具有工作可靠性高;具有良好的抗振性,能够在较宽温度范围稳定工作;具有抗强电磁波干扰能力,能在电压波动较大的情况下正常工作;具有较强的抗腐蚀性等特点。目前,电子控制技术在汽车结构方面主要反映在以下几个方面:

(1) 常规系统基本定型。现代汽车技术通过优胜劣汰,废旧换新,常规的结构已基本定型。如发动机技术向高转速、大功率、低油耗、低污染方向发展;底盘技术向良好的操纵性、稳定性和安全性方向发展;车身技术向安全性、稳定性、舒适性和居住性方向发展;动力源向新能源(双燃料、电动、核动力等)方向发展。

(2) 控制系统广泛应用电子模块。现代汽车向电子计算机化程度方向发展,包括发动机的点火、喷油和空燃比(A/F)的控制采用 ECU 由单一控制变为多元控制;自动变速器采用计算机 ECT 控制;定速巡航采用计算机 CCS 控制;防抱死制动系统采用 ABS ECU 控制;驱动防滑转控制系统采用 ASR ECU 控制;车身高度和悬架刚度的调节采用 ASC 控制;碰撞保护系统采用安全气囊 SRS 控制等。

(3) 故障诊断系统代码语言显示功能。故障诊断系统走向了代码化和语言化。由传感器测得各种信号,ECU 接收各种传感器的信号,监测和识别电子控制元件的故障,并通过故障指示灯以代码形式将这些诊断信息输出,或者通过故障诊断仪以语言形式输出。总体而言,未来汽车电子新技术概括为:功能多样化、技术一体化、系统集成化、通信网络化。

目前,受法规效力的强制排放标准和实施时间的颁布,未来汽车电控技术,仍将以达到排放标准作为主要的发展方向,主要从以下几个方面开展:

(1) 广泛采用集中管理模式,控制模式将从现在的被动控制转向主动控制模式,控制功能和内容不断增加,如发动机燃烧过程的优化控制、发动机和变速传动系统的最佳匹配、过渡工况最优控制等。

(2) 开发汽油机和柴油机二者有机结合的发动机。

(3) 为满足低油耗、低排放的要求,研发缸内直喷、可控分层稀薄燃烧技术是汽油发动机技术发展的重点方向。

1.1.3 汽车电子控制系统的分类

汽车电子控制系统的种类繁多,形式各异,分类方式也不尽相同。一般按控制系统的控制对象和控制目标进行分类。

1. 按控制对象分

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控制系统四大部分。

2. 按控制功能目标分

根据控制功能及其目标不同可分为动力性、经济性、排放性、安全性、舒适性、操纵性和通过性控制。其中,经济性和排放性控制系统具有双重性,既节能又减排。

(1) 动力性控制系统包括:发动机燃油喷射系统、发动机电子点火控制系统、爆震控制系统、怠速控制系统、电子控制变速系统、发动机进气控制系统、涡轮增压控制系统、控制器局域网(CAN)。

(2) 经济性与排放性控制系统包括：空燃比反馈控制系统、断油控制系统、废气再循环控制系统、燃油蒸气回收系统、二次空气供给系统。

(3) 安全性控制系统包括：防抱死制动系统 (ABS)、电子制动力分配系统 (EBD)、电子控制制动辅助系统 (EBA)、动态稳定控制系统 (DSC)、驱动轮防滑转调节系统 (ASR)、安全气囊控制系统 (SRS)、座椅安全带收紧系统 (SRTS)、雷达车距报警系统 (RPW)、前照灯光束控制系统 (HBAC)、安全驾驶监控系统、防盗报警系统 (GATA)、电子仪表系统、故障自诊断测试系统 (OBD)。

(4) 舒适性控制系统包括：电子调节悬架系统 (EMS)、座椅位置调节系统 (SAMS)、自动空调系统 (AHVC)、CD 音响、DVD 播放机、信息显示系统 (IDS)、车载电话 (CT)、车载计算机 (OBC)。

(5) 操纵性控制系统包括：电子控制动力转向系统 (EPS)、巡航控制系统 (CCS)、中央门锁控制系统 (CLCS)。

(6) 通过性控制系统包括：驱动防滑控制系统 (ASR)、轮胎中央充放气系统 (CIDC)、自动驱动管理系统 (ADM)、差速器锁止控制系统 (VDLS)。

1.2 应用于汽车结构方面的电子控制技术

汽车电子控制系统是指由传感器、电器开关、电子控制器和执行器等组成，并具有提高汽车性能的有机整体，如发动机电子控制系统、底盘电子控制系统和车身电子控制系统等。当系统采用了微处理器 (ECU) 作为电子控制器时，该系统则称之为微机控制系统或 ECU 控制系统。

汽车电子控制系统的显著特征是以汽车发动机、底盘和车身为控制对象，主要功能是提高汽车的整体性能，包括动力性、经济性、排放性、安全性、舒适性、操纵性与通过性等。

电子控制系统在现代汽车上的应用如图 1.1 所示。

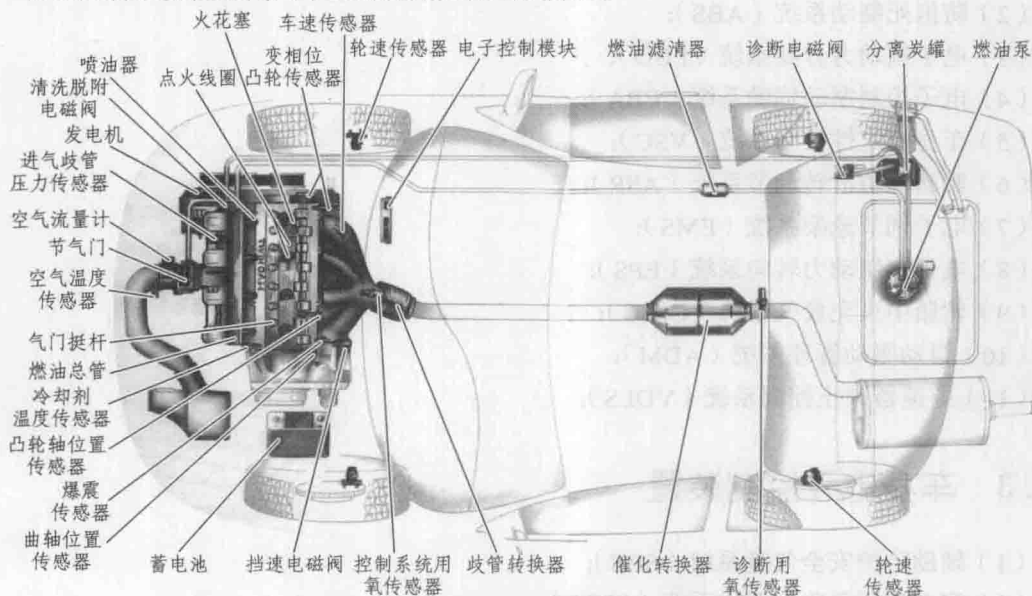


图 1.1 电子控制系统在现代汽车上的应用

1.2.1 发动机电子控制系统

为了提高发动机的动力性、经济性和排放性，汽车发动机采用的电子控制系统有以下几个方面：

- (1) 电子控制发动机燃油喷射系统 (EFI);
- (2) 电子控制发动机点火系统 (MCIS);
- (3) 发动机空燃比反馈控制系统 (AFC);
- (4) 发动机怠速控制系统 (ISCS);
- (5) 发动机断油控制系统 (SFIS);
- (6) 发动机爆震控制系统 (EDCS);
- (7) 加速踏板控制系统 (EAP);
- (8) 发动机进气控制系统 (EIACS);
- (9) 燃油蒸汽回收系统 (FECS);
- (10) 废气再循环控制系统 (EGR);
- (11) 可变气门正时控制系统 (VVT);
- (12) 汽车巡航控制系统 (CCS);
- (13) 车载故障自诊断系统 (OBD)。

1.2.2 汽车底盘电子控制系统

为了改善汽车的行驶稳定性、安全性以及乘坐舒适性，在汽车底盘结构方面采用的电子控制系统主要有以下几个方面：

- (1) 电子控制自动变速系统 (ECT);
- (2) 防抱死制动系统 (ABS);
- (3) 电子制动力分配系统 (EBD);
- (4) 电子控制制动辅助系统 (EBA);
- (5) 车身稳定性控制系统 (VSC);
- (6) 驱动轮防滑转调节系统 (ASR);
- (7) 电子调节悬架系统 (EMS);
- (8) 电子控制动力转向系统 (EPS);
- (9) 轮胎中央充放气系统 (CIDC);
- (10) 自动驱动管理系统 (ADM);
- (11) 差速器锁止控制系统 (VDLS)。

1.2.3 车身电子控制装置

- (1) 辅助防护安全气囊系统 (SRS);
- (2) 安全带紧急收缩触发系统 (SRTS);

- (3) 座椅位置调节系统 (SAMS);
- (4) 雷达车距报警系统 (RPW);
- (5) 倒车报警系统 (RVAS);
- (6) 防盗报警系统 (GATA);
- (7) 中央门锁控制系统 (CLCS);
- (8) 前照灯控制与清洗系统 (HAW);
- (9) 挡风玻璃刮水与清洗系统 (WWCS);
- (10) 自动采暖通风与空气调节系统 (AHVC);
- (11) 车载局域网 (LAN);
- (12) 车载计算机 (OBC);
- (13) 车载电话 (CT);
- (14) 交通控制与通信系统 (TCIS);
- (15) 信息显示系统 (IDS);
- (16) 声音复制系统 (ESR);
- (17) 各种液体存储量与磨损监控系统 (FWMS);
- (18) 维修保养周期显示及警示功能等。

1.3 汽车电子控制系统的基本组成与控制方式

汽车电子控制系统由若干个子系统组成,控制的理论基础就是现代控制理论。现代控制理论的发展使得电子控制系统更能适应复杂的多变量系统。目前,由于各汽车制造厂家开发应用的电子控制系统不尽相同,系统控制功能、控制内容、控制参数和控制精度各不相同,采用的控制部件的数量和类型也不尽相同。然而,无论控制系统有多复杂,子系统多与少,其控制逻辑都离不开共同的现代控制理论和电子控制技术。

1.3.1 电控系统的基本组成

任何一种电子控制系统,其主要组成可分为信号输入装置、电子控制单元 (ECU) 和执行元件三大部分,其基本组成如图 1.2 所示。



图 1.2 电控系统的基本组成

信号输入装置：各种传感器与开关信号，用来监测和采集汽车各总成的运行状态或参数信号，并转换成电信号输送给 ECU。现代汽车用的传感器有开关脉冲量和连续模拟量两种，应用时根据所需要的监控参数及要求选用。一般来说，汽车装备传感器越多，则车辆结构越复杂，控制的内容越多，车辆的档次就越高。

电子控制单元 (ECU)：是以单片微型计算机为核心所组成的电子控制装置，具有强大的

数学运算与逻辑判断、数据管理与数据处理功能，是电子控制系统的核心。

电控单元可以分为硬件和软件两部分，硬件部分是构成电控单元的物理元器件，软件部分是实现电控单元控制功能的指令和数据系统。ECU 的功用是对各种传感器输送来的信息进行运算、处理和分析判断，然后发出各种控制指令，使执行器按指令动作。另外，ECU 还具有故障监测和警示的功能，能将系统中发生的故障存储记忆下来，为故障诊断提供依据。

执行元件：由 ECU 控制，执行某项控制功能的装置，是控制系统对控制对象实施调控的关键部件，其性能的好坏对控制效果影响极大。

1.3.1.1 信号采集与传输

传感器是电控系统的信号采集输入和部分转换装置，根据其功能安装在各相应监测部位。其功能是检测汽车运行状态的各种电量及物理量和化学量等非电量参数，并将其按一定规律转换成电量信号输入电控单元。在汽车结构中，应用传感器数量的多少，是根据其控制对象的多少而定的，一般而言，控制的对象越多且复杂则传感器的数量就越多。

目前，在发动机电子控制系统中，传感器输入电控单元的电信号一般有数字信号和模拟信号两种。模拟信号输入装置（如热线式空气流量传感器、水温传感器等）是将 ECU 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信号，然后经过模/数转换器转换成数字信号进入电控单元。数字信号输入装置，多数产生离散信号，通常这些信号代表两种状态，如开与关、高电平与低电平。根据监测内容和目的不同，汽车电子控制系统应用的传感器有以下几种：

- (1) 流量传感器，如翼片式、量芯式、涡流式、热线式和热膜式空气流量计。
 - (2) 位置传感器，如曲轴位置、凸轮轴位置、节气门位置、车身高度位置、信息显示系统和液面高度位置、自动换挡杆位置显示等各种位置传感器。
 - (3) 压力传感器，如进气压力、大气压力、气缸压力、燃油压力、轮胎气压等压力传感器。
 - (4) 温度传感器，如进气温度传感器、自动变油温传感器、冷却液温度传感器等。
 - (5) 浓度传感器，如氧传感器等。
 - (6) 速度传感器，如轮速传感器、转速传感器、车速传感器、自动变速器一轴和二轴转速传感器等。
 - (7) 碰撞传感器，如安全气囊系统碰撞传感器（滚珠式、滚柱式、偏心式、压电式等）。
- 各类传感器所检测的对象如表 1.1 所示。

表 1.1 传感器类型与检测对象

类 型	检测量或检测对象
温度传感器	冷却液、排气、吸入空气、机油、自动变速箱油、车内外空气等温度
压力传感器	各种油压、气压、泵压、轮胎气压等
转速传感器	曲轴转速、车轮转速、变速器输入/输出轴转速等
速度加速传感器	车速、加速度
流量传感器	吸入空气量、燃油流量、废气再循环量、二次空气引入量等
位移方位传感器	节气门开度、车高、废气再循环阀开度、行驶距离、方向盘转角等
气体浓度传感器	O ₂ 、CO、NO _x 、HC、柴油机烟度
其他传感器	转矩、爆震电池电压等
各种开关信号	制动开关、动力转向开关、空调开关、换挡开关等

1.3.1.2 电子控制单元 (ECU)

电子控制单元 (Electronic Control Unit, ECU) 是以单片微处理器为核心的计算机控制装置, 也被称为车用计算机。它包括硬件与软件两部分。硬件是计算机系统中物理组成的总称, 它由输入信号电路、微机、输出信号电路等构成。软件是相对硬件而言的, 它主要包括 ECU 运行所需要的各种程序、基本数据以及工况修正系数的数据存储等。

发动机电控单元 (ECU) 所组成的电路是一个十分复杂的电路, 主要由输入回路、模/数转换器 (A/D 转换器)、微型计算机 (单片机) 和输出回路组成。

(1) 输入回路 (输入接口): 将各传感器、各开关输入的信号转换成单片机能够识别与处理的数字信号。输入回路主要由模/数转换器和数字输入缓冲器两部分组成。

(2) 模/数转换器: 将部分传感器输入的模拟信号转换成数字信号后再输入计算机。计算机不能直接处理模拟信号, 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计算机。

(3) 中央处理器 (CPU): 又称为微处理器, 具有译码指令和数据处理能力, 是电子控制单元的核心, 主要由运算器 (数学运算和逻辑运算)、存储器 (暂时存储数据或程序指令) 和控制器 (按监控程序和引用程序控制计算机工作) 组成。存储器是微机的“记忆”部件, 它是存储计算程序、原始数据及中间结果的设备。其容量越大, 记忆信息越多, 计算机功能就越强大, 它的工作速度直接影响计算机的运算速度。目前, 在车用计算机中, 几乎全部采用半导体存储器。

(4) 输入/输出接口: 是指在接口电路中完成信息传递, 是 ECU 与传感器或执行器进行数据交换和下达控制指令的通道, 并可由编程人员进行读写的寄存器。ECU 可以通过输入、输出指令向端口存或取信息。端口分为两类: 一类是状态口和命令, 另一类是数据口。若干个端口加上相应的控制电路构成接口, 所以一个接口有几个端口。

(5) 输出回路: 将微机的处理结果放大, 生成能控制执行元件工作的指令信号。由于微机只能输出微弱的电信号 (如喷油脉冲、点火信号等), 电压一般为 5 V, 不能直接驱动执行元件, 因此, 必须通过输出回路对控制指令进行功率放大、译码或 D/A 转换, 变成可以驱动各种执行元件的强电信号。

(6) 安全保护电路: 由电源监控、故障记忆、继电器驱动和系统故障警示灯驱动电路组成。其主要作用是监控电源电压、确保系统内部电压稳定、监控系统各个部分工作状态, 如发现故障, 立即亮故障警示灯, 记录故障代码; 同时, 根据 ECU 的指令使系统退出工作状态或进入后备状态。

(7) 总线 (BUS): 是微型计算机内部传递信息的连线电路。按传递信息不同, 总线可分为: 数据总线、地址总线和控制总线。数据总线主要用于传送数据和指令, 它由几根导线组成。数据总线是双向总线, 即 CPU 的数据可传送到存储器或输入/输出接口, 也可以从存储器或输入/输出接口接收数据。其中, 导线数与数据的位数一一对应。地址总线用于传送地址码、计算机总线上各部件之间的通信, 主要是靠地址码准确地进行联系的。控制总线用来传送各种控制信号。

1.3.1.3 执行器

执行器也称为执行元件, 是根据电控单元的控制指令完成各种相应动作、执行某项控制

功能的装置。执行元件把从 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。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。常用的执行器有电磁线圈、电动机、继电器等。

目前，电子控制系统分为反馈控制和程序控制两大类。反馈控制是要不断测量被控制对象的输出，也就是说要随时了解控制产生的效果，根据输出或控制产生的效果随时调整控制作用效果，这样就形成了一个闭环回路，因此，又称为闭环控制。

程序控制是根据事先设定好的程序进行操作，在操作过程中这个程序不再改动，因此，这种控制是开环控制。

开环和闭环在一种控制设备中经常混合使用，建立控制系统时要对汽车某一系统进行系统识别，建立该系统的数学模型，然后采用相应的控制方法进行优化控制。如点火提前角优化控制系统，由于发动机结构复杂，影响点火的因素很多，理论推导优化点火状态下的数学模型较困难。因此，一般采用试验的方法找出各种工况下的最佳点火提前角，然后存入微机内存。在实际控制过程中，微机不断检测发动机的工况（如转速、功率等），用查表的方法查出该工况下最佳点火提前角，修正后再通过微机接口、放大电路去控制点火。ECU 控制最突出的优点是，使用同样的车用 ECU 可以为不同的发动机和不同的工作状态编制不同的控制软件，与机械控制装置相比，既简单又经济。

1.3.2 电子控制系统的控制方式

同一台汽车电子控制系统结构中，配备有若干个电子控制子系统，而每一个子系统，都能实现不同的控制功能。现代汽车电子控制系统中，经常采用的控制方式有开环控制和闭环控制两种。

1.3.2.1 开环控制

开环控制方式比较简单，ECU 只根据传感器信号对执行元件进行控制，而控制的结果是否达到预期目标对其控制过程没有影响（不监测控制结果），如图 1.3 所示。开环控制具有以下几方面的特点：

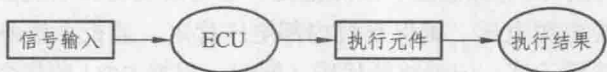


图 1.3 开环控制

(1) 在比较简单的控制系统中常常采用开环控制，它是通过控制装置改变被控对象。在这种控制中，系统的输出量对系统的控制作用没有影响，即不需要对输出量进行监测，也不需要将输出量反馈到系统输入端与输出端进行比较。

(2) 当发出控制指令后，控制对象便开始工作，但系统不能自动检测控制对象是否按控制指令的要求进行工作。

如对汽油喷射系统的控制，事先把已经试验确定的发动机各种工况的最佳喷油系数，存储在 ECU 的存储器中。当发动机运转时，ECU 在接收系统中各种传感器传来的信号后，经过处理、判别发动机运转工况，计算出最佳喷油量，并根据计算结果控制喷油器喷油时，以精确地控制混合气的空燃比，使发动机在接近理想的空燃比下运行。

(3) 开环控制的结构简单、易于实现,但其控制精度取决于设定参数的精度和控制对象的运行状况。

如当发动机的性能出现差异或因发动机喷油器磨损、老化等引起的性能变化时,混合气就不可能正确地保持理想的空燃比,难以实现最佳控制。

1.3.2.2 闭环控制

闭环控制也叫反馈控制,是在开环控制的基础上,对其控制结果进行监测,并将监测结果(即反馈信号)输入 ECU,如图 1.4 所示,ECU 则根据反馈信号对其控制误差进行修正。故闭环控制精度比开环控制精度高,目前得以广泛应用。闭环控制的特点如下:

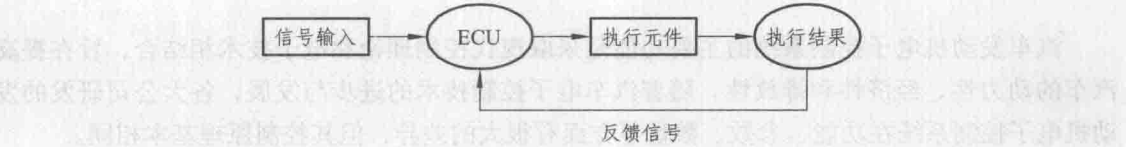


图 1.4 闭环控制

(1) 闭环控制是指通过反馈环节将控制对象的输出信号引入到输入端,与 ECU 中存储器的设定值相比较,求出偏差值,将此差值信号再去控制被控制对象的输出信号。其传输途径形成一个闭环回路,由于闭环回路是通过反馈来实现的,所以也称为反馈控制。

如对发动机空燃比的控制,是通过装在排气管上的氧传感器,根据排气中氧含量的变化,检测出进入发动机的混合气空燃比,并将它反馈输入 ECU 中,与设定的空燃比相比较,求出误差信号,使空燃比保持在理想值附近。

(2) 闭环控制可以消除发动机性能差异或因喷油器磨损、老化等引起的性能变化,其工作稳定性好,并可达到较高的控制精度。

对混合气空燃比的闭环控制,是一个简单而又实用的闭环控制系统,但这个控制系统由于需要经过一定的控制过程,即从进气管内形成混合气开始,至氧传感器检测排气中的氧浓度,需要经过一定时间。这一过程的时间包括混合气吸入气缸、排气流过氧传感器、氧传感器响应时间等。由于存在滞后时间,要完全准确地使空燃比保持在理论空燃比 14.7:1 是不可能的。故实际控制的混合气的空燃比总是保持在理论空燃比附近的一个狭窄的范围内。

1.3.2.3 混合控制

混合控制,即在同一控制子系统中,根据工况的变化采取既有开环控制又有闭环控制的方式。如在燃油喷射控制子系统中,根据发动机不同的工况采取不同的控制方式。发动机启动、部分怠速和加速以及大负荷工况时采取开环控制方式,在其他工况则采取闭环控制方式,以达到各种工况下的精确控制。

2 汽车发动机电控系统

2.1 概述

汽车发动机电子控制系统的主要功能是采取现代控制理论和电子技术相结合,旨在提高汽车的动力性、经济性和排放性。随着汽车电子控制技术的进步与发展,各大公司研发的发动机电子控制系统在功能、参数、数量等方面有很大的差异,但其控制原理基本相同。

2.1.1 发动机电控系统的基本组成

发动机电子控制系统由传感器、电子开关、电子控制单元和执行元件等组成。其特征是以汽车发动机为控制对象,主要功能是提高汽车的整体性能,包括动力性、经济性、排放性、安全可靠性等。在同一辆汽车上,装配有若干个电子控制系统,每一个电子控制系统,都能实现不同的控制功能。

发动机电控系统的基本组成及布置形式如图 2.1 所示。

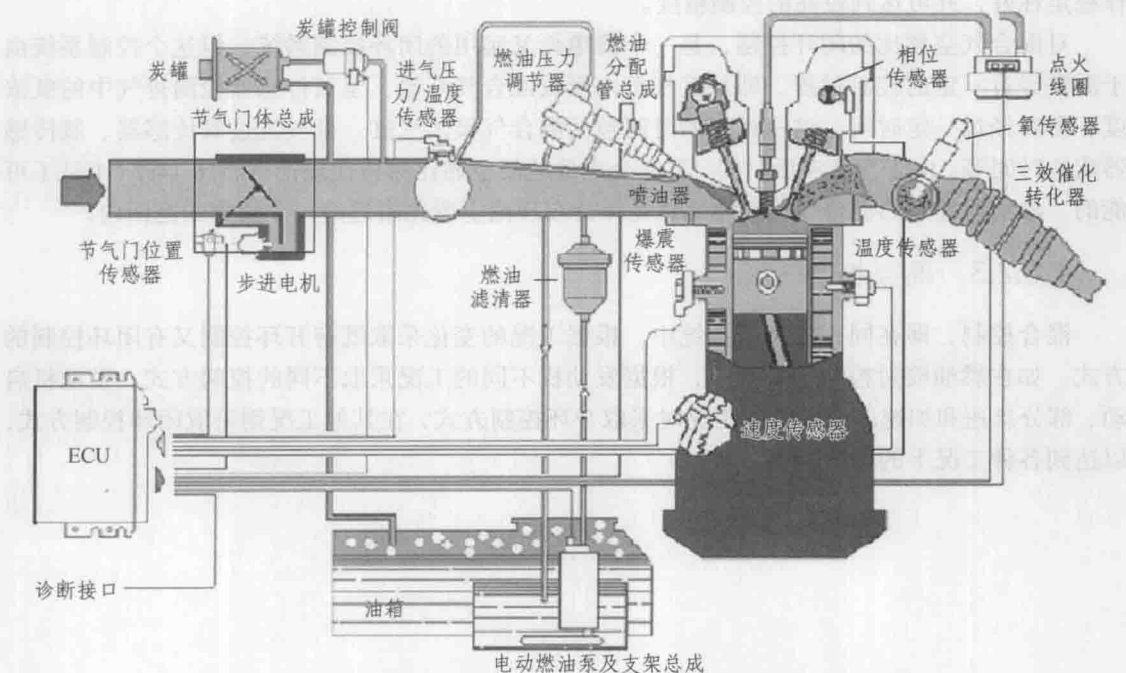


图 2.1 发动机电控系统的基本组成

发动机电控系统主要分为基本控制和辅助控制子系统两大部分。其中,基本控制包括燃油喷射控制、点火控制;辅助控制包括怠速控制、排放控制、增压控制、巡航控制、警告、自诊断与报警、失效保护等。

2.1.2 传感器及开关信号

发动机电控系统中的各种传感器和开关,是一种信号转换装置,分别安装在发动机的各相关部位,用于采集和检测发动机各工作状态的电量、物理量等相关参数,并将其转换为电信号输送给电控单元,电控单元依据这些信号通过执行元件来完成相关的控制功能。发动机电控系统常用的传感器和开关信号主要有以下几种:

1. 传感器

(1) 热膜式空气流量传感器(AFS),安装在发动机空气滤清器与节流阀体之间的进气管道上,直接测量吸入发动机气缸的进气量,以便计算确定喷油量的大小。

(2) 磁感应式曲轴位置传感器(CPS),安装在缸体的前端或后端,直接检测发动机曲轴的转速和转角,以便控制喷油提前角和点火提前角的大小。

(3) 霍尔式凸轮轴位置传感器,安装在发动机凸轮轴的前端,直接检测第一缸活塞相对于压缩行程上止点和排气行程上止点的位置,以便确定开始喷油时刻和开始点火时刻,又称为气缸判别传感器(CIS)。

(4) 可变电阻式节气门位置传感器(TPS),安装在发动机进气管上节气门轴的一段,检测节气门开度(发动机负荷)的大小,如节气门关闭、部分开启和全开等。

(5) 热敏电阻式冷却液温度传感器(CTS),又称为水温传感器,安装在发动机气缸体上,检测发动机水套内冷却液温度的高低,用于修正喷油量和点火提前时间。

(6) 热敏电阻式进气温度传感器(IATS),安装在发动机进气歧管上,直接检测吸入发动机气缸空气的温度,用于修正喷油量。

(7) 氧化钛式氧传感器或氧化锆式氧传感器(EGO),安装在发动机排气管上距离排气歧管不超过1m的位置,检测排气管排出废气中氧离子的含量来反映可燃混合气空燃比的大小,以便修正喷油量并实现空燃比闭环控制。

(8) 压电式爆震传感器(EDS),安装在发动机气缸体上,检测各气缸是否产生爆燃,以便修正点火提前角并实现点火提前角闭环控制。

(9) 舌簧开关式车速传感器(VSS),安装在变速器输出轴上,检测汽车行驶速度,用于判定汽车的状态,以便实现怠速控制等。

(10) 进气绝对压力传感器,测量进气管内气体的绝对压力,将信号输入ECU。

(11) 巡航控制开关,当进入巡航控制状态时,向ECU输入巡航控制状态信号。

在上述传感器中,空气流量传感器、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、节气门位置传感器4种传感器是控制燃油喷射与点火时刻最重要的传感器,其结构性能与发动机状况直接影响控制系统的控制精度和控制效果。