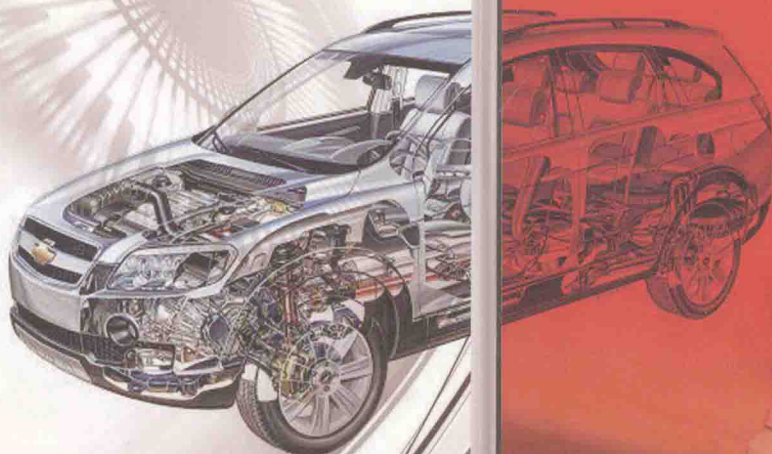


# 汽车电子控制技术基础

QICHE DIANZI KONGZHI  
JISHU JICHU



主 编 周 凯

 哈尔滨工业大学出版社  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 汽车电子控制技术基础

主 编 周 凯

哈爾濱工業大學出版社

## 内 容 简 介

本书较深入地介绍了汽车电子控制系统的基本原理、汽车主要电子控制装置的系统组成、汽车行驶安全性控制系统以及故障的诊断与维修等方面的内容。全书共分为 10 章,分别介绍了发动机控制系统的组成与类型、发动机控制系统传感器的结构原理与检修、汽车发动机电控系统、汽车电子控制点火系统、辅助控制系统、汽车发动机燃油喷射系统、车身电子控制、汽车巡航控制系统、汽车底盘的电子控制和汽车自诊断系统。

本书可供高等院校车辆工程、交通工程、汽车修理、汽车运用工程、机械制造及其自动化和农业机械化及其自动化等相关专业的师生使用,也可供从事汽车设计制造、汽车维修管理的工程技术人员及管理人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车电子控制技术基础/周凯主编. —哈尔滨·  
哈尔滨工业大学出版社,2015.3  
ISBN 978-7-5603-5256-5

I. ①汽… II. ①周… III. ①汽车-电子控制 IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 049186 号

责任编辑 杨秀华  
封面设计 刘长友  
出版发行 哈尔滨工业大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006  
传 真 0451-86414749  
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>  
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂  
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 13.5 字数 332 千字  
版 次 2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5603-5256-5  
定 价 33.00 元

---

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

# 前 言

汽车工业的快速发展和市场竞争的需求极大地促进了汽车电子技术的应用与发展,而汽车电子技术本身的创新和进步也为汽车产业的发展提供了技术保证,并为汽车向电子化、智能化、网络化和多媒体方向发展创造了条件。汽车电子技术的发展正在改变着汽车的传统结构并扩展着汽车的功能。在汽车技术的发展过程中,随着对其环保、节能、安全和舒适性要求的不断提高,汽车中逐步采用了各种汽车电子装置,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,这些系统的应用可使汽车在各种工况下都处于最佳工作状态。

在国外,普通轿车中电子控制装置的成本已占到轿车总成本的近 20%,在高档轿车中所占的比例还会更高。在国内,中高级轿车电子控制装置的配置已经接近或达到了国外汽车工业发达国家的水平,但我国汽车电子控制技术与国外差距还很大,关键是汽车电子零部件中拥有自主知识产权的还很少,汽车电子产业核心技术大部分被国外垄断。因此,国家和有关部委制定了有关“汽车电子发展规划”,加强了汽车电子产品的开发力度。近几年,许多大专院校、科研院所和企事业单位都加大了汽车电子技术的研究力量和投入力度,具有我国自主知识产权的汽车电子产品逐年增加,汽车电子工业有了长足的发展。

近几年来,国内外有大量有关汽车电子技术方面的产品问世。为了系统地总结国内外在该领域的研究成果,总结汽车电子产品的进步,并使广大工程技术人员了解、掌握和运用这一领域的最新技术,编写了本书。

本书共分为 10 章,主要围绕发动机控制系统、发动机点火系统、汽车主被动安全系统、汽车底盘系统以及汽车故障诊断系统等方面展开。

本书从应用角度出发,着重介绍了系统结构、具体的零部件结构以及系统的故障诊断技术。本书适宜于从事汽车电子技术的工程人员阅读,也可作为大专院校车辆工程等相关专业的教材和教学参考书。

本书在编写过程中参考和引用了许多专家和学者的论文及著作,在此表示衷心的感谢。

由于编写的时间匆促,终因水平有限,一定存在一些失误与不足之处,恳请广大读者批评指正。

周 凯  
2014 年 12 月  
于哈尔滨理工大学

# 目 录

## // 绪 论

- 0.1 汽车电子控制技术概述 ..... 1
- 0.2 汽车电子控制技术的发展过程 ..... 1
- 0.3 汽车电子控制系统的类型 ..... 7

## // 第 1 章 发动机控制系统的组成与类型

- 1.1 发动机控制系统的功用与组成 ..... 8
- 1.2 发动机燃油喷射系统的类型 ..... 12

## // 第 2 章 发动机控制系统传感器的结构原理与检修

- 2.1 空气流量传感器 ..... 23
- 2.2 曲轴与凸轮轴位置传感器 ..... 32
- 2.3 压力传感器 ..... 42
- 2.4 气门位置传感器 ..... 44
- 2.5 氧传感器 ..... 48
- 2.6 温度传感器 ..... 54
- 2.7 爆震传感器 ..... 57
- 2.8 开关控制信号 ..... 61

## // 第 3 章 汽车发动机电控系统

- 3.1 汽车发动机电控系统概述 ..... 64
- 3.2 汽车发动机电控系统故障诊断基本知识 ..... 68
- 3.3 发动机电子设备的故障诊断 ..... 73
- 3.4 汽车发动机各电控系统的检修 ..... 74
- 3.5 汽车发动机电控系统常见故障的检修 ..... 80

## // 第 4 章 汽车电子控制点火系统

- 4.1 点火系统的要求 ..... 88
- 4.2 电子点火系统的种类 ..... 89
- 4.3 无触点电子点火系统 ..... 90
- 4.4 有分电器的计算机点火系统 ..... 91
- 4.5 无分电器电子点火系统 ..... 92

## 第5章 辅助控制系统

5.1 排气净化与排放控制	93
5.2 电控怠速控制系统	101
5.3 进气控制系统	108
5.4 故障自诊断系统概述	110

## 第6章 汽车发动机燃油喷射系统

6.1 汽油喷射系统概述	115
6.2 空气供给系统	121
6.3 燃油供给系构造与检修	123
6.4 传感器检测	131
6.5 电控发动机检测设备的使用	141
6.6 汽油喷射电控发动机故障案例	148

## 第7章 车身电子控制

7.1 ESP 电子车身稳定装置	150
7.2 ASR 牵引力控制系统	151
7.3 ABS 防抱死制动系统	151
7.4 BA 刹车辅助	152
7.5 DSC 动态稳定控制系统	153
7.6 定速巡航系统	153
7.7 大灯智能随动转向	154
7.8 EBD 电子制动力分配系统	155
7.9 空气悬挂系统	155
7.10 胎压监测装置	157
7.11 VSC 车身稳定控制系统	157
7.12 无钥匙启动系统	158
7.13 CBC 制动力分配系统	159
7.14 CAN-BUS 控制器局域网	160
7.15 多功能信息显示器	160

## 第8章 汽车巡航控制系统

8.1 汽车巡航控制系统概论	162
8.2 国内外汽车巡航控制系统发展现状	166
8.3 现存问题与发展趋势	167
8.4 汽车巡航系统的功能及优点	169
8.5 巡航控制系统的发展动向	170
8.6 电子式巡航控制系统	170

## // 第9章 汽车底盘的电子控制

9.1 汽车底盘的电子控制概述 .....	178
9.2 汽车底盘最新技术的发展现状 .....	181
9.3 目前汽车底盘中采用的新技术 .....	185

## // 第10章 汽车自诊断系统

10.1 汽车自诊断系统概述 .....	189
10.2 汽车自诊断系统对故障的确认方法 .....	189
10.3 汽车故障自诊断系统的异常诊断 .....	190
10.4 汽车故障自诊断系统异常诊断的实例 .....	191
10.5 自诊断系统与跛行系统 .....	194
10.6 发动机自动熄火的诊断分析 .....	195
10.7 故障实例 .....	201
参考文献 .....	206

# 绪 论

## 0.1 汽车电子控制技术概述

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,电子控制技术主要用于汽车动力性、安全性、舒适性和娱乐通信信息的控制。随着机电一体化汽车和电子化汽车的诞生,汽车电子学和汽车电子控制技术等新科学、新技术正在蓬勃发展。

随着汽车技术和电子技术的迅速发展,现代汽车为提高汽车动力性、经济性、安全性、舒适性,以及减少尾气排放污染而广泛采用了电子控制技术。电子控制技术是现代汽车技术发展的重要趋势与标志,从发动机的燃油喷射、点火控制、进气控制、排放控制、故障自诊断到底盘的传动系统、转向与制动系统,以及车身、辅助装置等都普遍采用了电子控制技术。

## 0.2 汽车电子控制技术的发展过程

汽车控制技术是伴随着汽车法规(油耗法规、排放法规及安全法规)要求的提高和电子控制技术的发展而逐步发展到当今控制水平的,其发展过程经历了机械控制、电子电路控制、模拟计算机控制和数字计算机控制等过程。

### 1. 发动机电子控制技术的发展过程

汽车发动机电子控制技术是借鉴飞机发动机汽油喷射技术而诞生,并伴随电子控制技术的发展 and 汽车油耗法规、排放法规要求的逐步提高而发展到当今水平的。其发展经历大致如下:

1934年,德国采用怀特(Wright)兄弟发明的向发动机进气管内连续喷射汽油来配制混合气的技术,研制成功第一架采用燃油喷射式发动机的军用战斗机。

1952年,德国博世(Bosch)公司研制成功第一台机械控制汽油喷射式发动机,汽油直接喷入气缸内,空燃比利用气动式混合气调节器进行调节,配装在戴姆勒-奔驰(Daimler-Benz)300L型赛车上。

1958年,博世公司研制成功向进气管内喷射汽油的机械控制汽油喷射式发动机,空燃比采用机械式油量分配器进行调节,配装在梅赛德斯-奔驰(Mercedes-Benz)220S型轿车上。

1967年,博世公司研制成功K-Jetronic机械控制式汽油喷射系统,电动燃油泵提供的360 kPa低压燃油,由燃油分配器分配到各缸进气管上的机械式喷油器,汽油连续喷向进气口,空燃比由挡流板式空气流量计操纵油量分配器中的计量槽进行调节。1982年,在K-Jetronic系统的基础上增设了一个压差调节器、部分传感器和电子控制单元ECU,改进研制成功了KE-



Jetronic 机电结合式汽油连续喷射系统。1993 年以前出厂的奔驰轿车和奥迪轿车,大多数采用了 KE-Jetronic 系统。

最早研制汽车电子燃油喷射装置的是美国苯迪克斯(Bendix)公司。该公司于 1957 年开始试用真空管电子控制系统,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付诸实用。

1967 年,德国博世公司根据美国苯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式计算机来控制发动机空燃比 A/F 的 D 型燃油喷射系统(D-Jetronic),装配在德国大众(Volkswagen)汽车公司生产的 VW-1600 型和奔驰 280SE 型轿车上。率先达到了当时美国加利福尼亚州的排放法规要求,开创了汽油发动机电子控制燃油喷射技术的新时代。D 型燃油喷射系统是用电子电路控制喷油器阀门的开启时刻与开启时间。

1973 年,随着排放法规的要求逐年提高,要求进一步提高控制精度,进一步完善控制功能。博世公司便在 D 型燃油喷射系统的基础上,将其改进发展成 L 型燃油喷射系统(L-Jetronic)。L 型喷射系统利用了翼片式空气流量传感器直接测量进气管内进入发动机的空气的体积流量,与利用进气歧管绝对压力来间接测量进气量的 D 型喷射系统相比,检测精度和控制精度大大提高。

1973 年,美国通用(General)汽车公司在生产的汽车上,将分立元件式电子点火控制器开始改用集成电路 IC 式点火控制器。

1974 年,美国通用汽车公司开始加大火花塞的电极间隙,并采用高能点火装置,并将点火线圈和集成电路式点火控制器安放在分电器壳体内。

1976 年,美国克莱斯勒(Chrysler)汽车公司生产的汽车开始研制并在同年装配微机控制点火系统,取名为“电子式稀混合气燃烧系统 ELBS”。该系统采用模拟式计算机,根据大气温度、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点火时刻,控制 200 多个参数。

1977 年,美国通用汽车公司开始采用微机控制点火系统,取名为 MISAR 系统。该控制系统由 CPU, RAM, ROM, A/D 等组成,装配在奥迪斯莫比尔(Oldsmobile)牌“特罗纳德”轿车上。

1977 年,美国福特(Ford)汽车公司与日本东芝(TOSHIBA)公司合作开发出了可同时控制点火时刻、废气再循环、二次空气的发动机电子控制 EEC 系统,并于同年装配在林肯(Lincoln)牌“凡尔赛”轿车上。

1978 年,福特公司在 EEC 微机控制系统的基础上,增加了空燃比反馈控制和怠速转速控制等控制内容,控制系统取名为 EEC-II 系统。1979 年又进一步完善其控制功能,发展成为 EEC-III 系统,20 世纪 80 年代又改进发展成为 EEC-IV 系统。

1978 年,美国通用汽车公司也研制成功了可同时控制点火时刻、空燃比、废气再循环和怠速转速的微机控制系统,取名为 C-4 系统。该系统还具有自诊断功能和备用电路。

1979 年,德国博世公司在 L 型燃油喷射系统的基础上,将点火控制与燃油喷射控制组合在一起,并采用数字式计算机进行控制,从而构成当今广泛采用的 Motronic 控制系统。

1979 年,日本日产(Nissan)汽车公司也开发研制成功了能综合控制点火时刻、空燃比、废气再循环和怠速转速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(Cedric)牌和光荣(Gloria)牌轿车上。

1980 年,丰田(TOYOTA)汽车公司开发成功了能综合控制点火时刻、爆震、空燃比、怠速

转速,且具有自诊断功能的丰田计算机控制系统 TCCS。三菱(MITSUBISHI)汽车公司也在 1980 年研制成功了采用卡尔曼旋涡式空气流量传感器的电子控制喷射 ECI 系统。

1981 年,德国博世公司又在 L 型燃油喷射系统(L-Jetronic)的基础上,用新颖的热线式空气流量传感器直接测量进气管内进入发动机的空气的质量流量,从而取代翼片式空气流量传感器,该系统取名为 LH 型燃油喷射系统(LH-Jetronic)。

## 2. 变速器电子控制技术的发展过程

自动变速器是在机械式变速器、液力变矩器等液力传动技术和电子控制技术的基础上发展而成的。液力传动技术于 19 世纪初发明于欧洲,最早于 1912 年将液力变矩器应用在船舶上。由于液力变矩器不仅具有防止发动机过载的作用,而且还能无级地改变转速比和扭矩比,因此迅速在其他领域得到应用,主要用于公共汽车。

1930 年,英国研制生产了一种三级变矩器并将其应用于公共汽车。1932 年,美国通用 General 也在公共汽车上采用了这种变矩器,1937 年又将其用于内燃机车。第二次世界大战期间,液力变矩器又用于军用汽车和专用汽车。与此同时,美国开始自行研制液力传动技术。最早生产自动变速器的是美国通用公司,于 1938 年推出了将行星齿轮变速器与液力耦合器组合而成的液力自动变速器,采用液压控制自动变速,是现代轿车自动变速器的雏形。1942 年,研制成功一种两挡液力机械变速器,其变速器采用了“阿里逊”型双导轮、可闭锁的综合式变矩器。1947 年,该公司将液力传动装置用于批量生产的小客车上,并在第二年作为用于小客车的标准部件,并逐步应用到该公司生产的其他车型上。1948 年,在别克(Buick)轿车上装配了著名的 NYNAFLOW 型变速器,这种变速器由单级多相五元件变矩器(一个泵轮、一个涡轮、三个导轮)和具有两个前进挡、一个倒挡的行星齿轮变速器组成,采用液压控制,在结构上已接近现代汽车用液力自动变速器。

带锁止离合器的锁止式液力变矩器出现于 20 世纪 70 年代末期。在美国克莱斯勒公司 1978 年投放市场的 A-413 等型自动变速驱动桥中,就装配有锁止式液力变矩器。早期自动变速器的控制系统均为液压控制。1969 年,雷诺 16AT 型汽车装配了液力自动变速器,采用了电子计算机控制自动变速,从而成为电子控制液力自动变速器的先驱。

目前,液力自动变速器的变速齿轮机构已由单行星排发展到多行星排,使变速器的档位数量由两个前进挡增加到三个或四个前进挡。

由于液力自动变速器具有许多优点,因此在汽车上应用越来越广泛。美国三大汽车公司液力自动变速器的装车率在 1982 年分别为通用公司:91.7%、福特公司:71.5%、克莱斯勒公司:83%;在 1983 年分别为通用公司:93.9%、福特公司:74.4%、克莱斯勒公司:86.4%。美国轿车在 1992 年装车率为 80%(其中城市轿车为 100%)。日本生产轿车上液力自动变速器的装车率在 1982 年为 26%、1986 年为 41%、1992 年为 60%、1993 年为 75%。

## 3. 防抱死制动电子控制技术的发展过程

最早应用 ABS 技术的交通工具是铁路机车。早在 20 世纪初,由于铁路机车制动时车轮抱死在铁轨上滑行使车轮外圆磨损出一些小平面,因此车轮不能平稳旋转而产生振动和噪声。为了减小振动和噪声,在 1908 年,J. E. Francis 设计了一种装置,安装在机车上之后,意外地发现制动距离也缩短了,这就是 ABS 的雏形。

1920 年,英国人霍纳摩尔研制成功了 ABS 技术,并于 1932 年申请了第一个防滑专利 U. K382241。

1936年,德国罗伯特·博世(Robert Bosch)公司获得了ABS专利权。该专利技术由安装在车轮上的电磁式车轮速度传感器和控制制动液压力的电磁阀组成。20世纪40年代末期,为了缩短飞机着陆时的滑行距离、防止机轮在制动时跑偏、甩尾和轮胎剧烈磨耗,飞机制动系统开始采用ABS,并很快成为飞机的标准装备。

汽车上最早采用ABS的是美国福特(Ford)汽车公司。1954年,该公司率先把法国生产的民航飞机用ABS应用在林肯(Lincoln)牌轿车上。

1958年,杜尔(Dunlop)公司利用飞机用ABS原理,开发成功了目前称为四轮两通道控制式Maxa-ret ABS,将其安装在载货汽车上。该ABS的前轮速度传感器采用机械式,后轮速度传感器采用电磁式。

1960年,哈理·福格森·雷斯(Harry Ferguson Reserch)公司将Maxa-ret ABS改造成四通道控制式ABS,并装车试验。1965年,该公司向英国杰森(Jensen)公司提供四通道四轮控制式ABS样机。1966年,该公司将其四轮控制ABS安装于野马V-8型汽车上,并在美国著名的汽车城底特律举行了试车仪式,试坐人员无不为其良好的制动性能而惊叹。

1960年至1970年间,梅赛德斯·奔驰(Mercedes-Benz)公司与由德律丰根(Telefunken)公司和笨迪克斯(Bendix)公司合并而成的德律克斯(Teldix)公司联合开发四轮控制式ABS。1970年,罗伯特·博世公司购买了笨迪克斯公司在德律克斯公司的股份,并继续开发ABS。

1978年,Mercedes-Benz公司生产的450SEL型轿车开始批量选装Robert Bosch公司生产的四轮控制式ABS。与此同时,宝马(BMW)公司生产的BMW7系列轿车也开始批量选装Robert Bosch公司生产的四轮控制式ABS。Bosch公司一直在进行ABS技术的研制工作,并获得多项专利,是目前世界上最大的ABS生产公司。该公司不仅给本国的奔驰(Benz)、宝马(BMW)、奥迪(Audi)轿车配套安装ABS,而且还为国外30多个汽车厂的50余种汽车提供ABS,到1995年底,安装Bosch ABS的汽车已达300多万辆。德国生产ABS的公司还有瓦布克(WABCO)公司(该公司从1986年开始在北京设立办事处向我国推广ABS)和戴维斯(Teves)公司(目前国产桑塔纳2000GSi型轿车采用的MK20型ABS就是上海汽车制动系统有限公司引进戴维斯公司技术合资生产的)。

日本在ABS技术方面不甘落后。1971年,日本化油器机械公司开发研制成功后轮控制式ABS,称为电子滑移控制系统(Electronic Skid Controlled System, ESC),装配在丰田(Toyota)公司1971款皇冠(Crown)、科罗纳(Corona)、马克II(Mark II)型轿车和日产(Nissan)公司1971年款总统(President)、光荣(Gloria)及地平线(Skyline)轿车上。

1976年,日本三菱公司与日本纳布克(NABCO)公司联合开发成功后轮控制式ABS,将其安装在三菱公司生产的快乐(Debonair)牌轿车上。1983年,日本本田公司开发成功两通道四轮控制式ABS,将其安装在本田序曲(Prelude)牌轿车上。

1984年,日本纳布克(NABCO)公司获得德国Robert Bosch公司四轮控制式ABS的生产许可证,生产的ABS安装在1984年款华丽(Galant)、马自达(RX-7)和贵夫人(Fairlady)牌轿车上。

1984年后,Robert Bosch公司和阿尔福雷德(Alfred)公司开始开发将电子控制器、液压调节器以及制动总泵组合成一体式的ABS。1985年,Robert Bosch公司正式生产这种综合系统,其突出优点是缩小了占用空间。

美国生产ABS的公司主要有德尔科(Delco)公司和笨迪克斯(Bendix)公司。Delco公司

1991年后研制的 Delco Moraine VI 型低成本 ABS,在通用公司的别克(Buick)、雪佛莱(Chevrolet)、旁蒂克(Pontiac)等车系上得到广泛应用。到1995年,美国汽车 ABS 的装车率已经达到 90%。在安全法规的推动下,ABS 已成为汽车的标准装备。

目前,ABS 技术的发展与更新很快,型式与牌号也很多,比较流行的有博世 2(Bosch2)型、戴维斯·马克 4(Teves MKIV)型和德尔科 6(Delco Moraine VI)型,美国汽车大多采用戴维斯、德尔科以及苯迪克斯 ABS,欧洲和日本大多采用博世 2 型的改进型 ABS。我国研究 ABS 始于 20 世纪 80 年代初,国家“九五”科技攻关计划也列入了 ABS 研究项目,目前仅有个别厂家投入小批量生产。装配 ABS 的国产车型有一汽奥迪、捷达、上海别克、桑塔纳、广州本田和神龙富康等轿车。国内从事 ABS 研究与生产的单位有上海汽车制动系统有限公司、东风汽车公司、重庆公路研究所、重庆宏安 ABS 有限公司、陕西兴平 514 厂、清华大学、西安交通大学和吉林工业大学等。

#### 4. 安全气囊电子控制技术的发展过程

汽车安全气囊是美国机械工程师约翰·赫缀克(John W. Hertrick)于 1953 年发明的。约翰·赫缀克在发明安全气囊的专利得到批准之后,曾分别致函美国通用、福特和克莱斯勒三大汽车公司,介绍自己的发明。在 20 世纪 60 年代,由于汽车行业认为所有被动安全装置都形同虚设,在任何车速下都不能起到保险作用,因此三大汽车公司对约翰·赫缀克的发明反应都不积极。与此同时,航空公司着眼于保证飞机和宇宙飞船等碰撞事故中乘员的安全,对安全气囊技术较为重视,并进行了一些试验。其中,在 DC-7 型客机上的试验结果十分令人振奋,当以接近 260 km/h 的速度进行碰撞试验时,试验结果表明:装备气囊的模拟人都完好无损,而未装气囊的模拟人都毁坏了。随后,日本本田、美国福特与通用等汽车公司开始组织力量,改进、研制和完善安全气囊系统。

1971 年,日本本田汽车公司开始引进气囊技术进行开发研制和实车应用。

1973 年,美国通用汽车公司在 1 000 辆雪佛莱非洲羚羊(Imपालas)牌轿车上安装了气囊,并以销售价格低于成本价格的优惠条件,将气囊系统作为 1974 年所有高级轿车的选装件。到 1977 年的三年内,总共销售了 10 321 套。虽然因成本高、质量大、可靠性低和充气噪声大等原因而停止生产,但是这一举措为安全气囊在汽车上推广和发展起到了不可估量的作用。

1984 年,戴姆勒-奔驰公司在其 1984 年款梅赛德斯-奔驰(Mercedes-Benz)190 型和 S 级轿车上安装了气囊系统。从此气囊系统逐步被汽车消费者认可和接受,制造商也尽力改进和发展气囊技术,用以满足消费者的要求。同年美国联邦车辆安全标准(FMVSS)208 款规定:1987 年开始逐步采用气囊系统。其实施时间和配装率在 1987 年为 10%;1988 年为 25%;1989 年为 40%;1990 年为 100%。

1987 年,日本本田汽车公司经过 16 年艰苦努力,终于开发研制成功了当今普遍采用的价格低、质量小、可靠性高及充气噪声小的燃药式气囊系统。同年 9 月开始将其作为本田传奇(Legend)牌轿车的选装件。从此开辟了大量使用气囊系统的新局面。

1992 年美国联邦政府法律规定,1994 年以后出厂的新车必须配装驾驶席气囊或安全带收紧系统。到 1994 年,美国拥有配装气囊的汽车约 3 300 万辆。根据实际应用情况,FMVSS208 款又修改规定,要求从 1997 年 9 月 1 日起,美国所有客车都必须装备保护驾驶员和前排乘员(副驾驶员)的双气囊系统。美国是世界上最大的汽车消费市场,这一法规促使世界各国汽车公司出口美国的汽车必须将气囊系统作为汽车的标准装备,从而大大促进了气囊技术的发展

和提高。

从 20 世纪 70 年代开始采用座椅安全带和驾驶员正面气囊以来,已经挽救了成千上万人的生命。据专家估计,汽车普及气囊技术以后,仅在美国每年就可挽救 15 000 人的生命;另据德国敏感法律研究中心(Center for Study of Responsive Law, CSRL)1995 年提供的资料表明,如果气囊系统与安全带一起装备在德国所有汽车上,那么每年能够挽救 12 000 人的生命。

正面气囊只能避免或减轻来自前方的伤害,即只有在汽车遭受正面碰撞时才能起到保护作用,对侧面碰撞无能为力。据美国国家公路交通安全管理局统计,在美国 1993 年的车祸中,由于迎面碰撞而死亡和受伤的人数分别为 11 524 人和 1 011 000 人,由于侧面碰撞而死亡和受伤的人数分别为 6 922 人和 666 000 人,侧面碰撞导致死亡和受伤的人数分别为迎面碰撞导致死亡和受伤人数的 60% 和 66%。由此可见,加强侧面碰撞的防护能力是不容忽视的重要问题。实践证明,装备侧面辅助防护安全气囊(Side Supplemental Restraint Safe Air Bag, SSRS)是行之有效的措施之一。

瑞典沃尔沃(VOLVO)汽车集体公司是侧面气囊系统的先驱者。该公司将侧面气囊安装在座椅靠背边缘上,并装备在 1995 年新款 VOLVO850 型轿车上,1996 年秋季开始在 VOLVO960 型轿车上装备,1997 年推出的新款沃尔沃 S70 型轿车在后排驾驶席与乘员席均安装了侧面 SRS 气囊。

丰田汽车公司开发研制的侧面气囊的体积比沃尔沃公司侧面气囊的体积大一些。由于气囊体积较大,因此既能保护头部、颈部,也能保护腰部,并将其安装在车门上而不是安装在座椅上。

德国宝马(BMW)公司 1995 年在宝马 BMW5 系列轿车上采用了侧面气囊,并将其安装在车门上。随着气囊技术的发展,该公司认为采用两个气囊防止侧面碰撞比采用一个可靠,为此从 1997 年开始,便在宝马 BMW7 系列轿车上采用两个气囊。其中一个安装在车门上,用以保护汽车乘员的腰部;另一个设制成香肠状,安装在车门支柱的上部,用以保护乘员的头部与颈部。

目前,侧面 SRS 气囊开发研制工作方兴未艾,欧洲汽车公司处于领先地位,其主要原因有两个方面:一是欧洲汽车价格等级相对较高,增加气囊成本影响不大;二是欧洲侧面碰撞试验标准比美国严格,因为美国是欧洲汽车的主要市场之一,欧洲汽车公司倾向于通过严格的标准和试验来达到扩大市场的目的。

综上所述,汽车电子技术的发展过程大致可分为四个阶段:

1974 年以前为第一阶段,是汽车电子控制技术发展的初级阶段。主要产品有交流发电机、电子式电压调节器、电子式闪光器、电子控制式喇叭、电子式间歇刮水控制器、汽车收音机、电子点火控制器和数字时钟等。

1974 年至 1982 年为第二阶段,是汽车电子控制技术迅速发展的阶段,在此期间,汽车上广泛应用集成电路和 16 位以下的微处理器。主要产品有电子燃油喷射系统(EFI)、空燃比反馈控制系统、防抱死制动系统(ABS)、安全气囊系统(SRS)、电子控制自动变速系统(ECT)、巡航控制系统、电子控制门锁系统、程控驾驶系统、超速报警系统、前照灯灯光自动控制系统、自动除霜系统、车辆导航系统、座椅安全带收紧系统、车辆防盗系统、故障自诊断系统、车身高度自动控制系统和数字式组合仪表盘(包括数字式车速表、里程表、转速计、燃油表、水温表)等。

1982 年至 1990 年为第三阶段,也是微型计算机在汽车上应用日趋成熟并向智能化发展



的阶段。主要产品有牵引力控制系统、四轮转向控制系统、轮胎气压控制系统、声音合成与识别系统、数字式油压表、蜂窝式电话、可热式挡风玻璃、倒车示警器、超速限制器、自动后视镜系统和道路状态指示器等。

1990年以后为第四阶段,是汽车电子控制技术向智能化发展的高级阶段。主要产品有微波系统、多路传输系统、32位微处理器、动力最优化控制系统、通信与导航协调系统、安全驾驶监测与警告系统、自动防追尾碰撞系统、自动驾驶系统和电子地图等。

### 0.3 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控制系统四大类。根据控制功能,汽车电子控制系统可分为动力性、安全性、舒适性和娱乐通信信息控制四种类型。每一个控制系统可以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。如丰田凌志(LEXUS)LS400型和皇冠(CROWN)3.0型等轿车将发动机控制系统与自动变速控制系统共用一个ECU控制,而尼桑风度(CEFIRO)和瑞典沃尔沃(VOLVO)等轿车则各自用一个ECU控制。在所有汽车电子控制系统中,发动机控制系统的结构组成最复杂、控制项目最多、控制功能最强,因此通常将发动机ECU称为主ECU。

汽车电子控制系统主要由传感器、控制单元和执行器三部分组成。根据控制功能不同,汽车电子控制系统可分为动力性、经济与排放性、安全性、舒适性、操纵性、通过性和信息控制系统七种类型。根据汽车总体结构,汽车电子控制系统可分为发动机电子控制系统、底盘电子控制系统、车身电子控制系统和综合控制系统四大类。

(1)汽车发动机电子控制系统。它主要包括:电子控制发动机燃油喷射系统(EFI)、空燃比反馈控制系统(AFC)、怠速控制系统(ISC)、断油控制系统、燃油蒸汽回收控制系统、排气再循环控制系统、加速踏板控制系统(EAP)、微机控制点火系统(MCI)、发动机爆震控制系统(EDC)、进气控制系统、增压控制系统、汽车巡航控制系统(CCS)和第二代车载故障诊断系统(OBD-II)等。

(2)汽车底盘电子控制系统。它主要包括:电子控制自动变速系统(ECT)、防抱死控制系统(ABS)、电子控制制动力分配系统(EBD)、电子控制制动辅助系统(EBA)、动态稳定控制系统(DSC)、驱动防滑控制系统(ASR)、电子控制动力转向系统(EPS)、电子控制悬架系统(ECS)和轮胎气压控制系统(TPC)等。

(3)汽车车身电子控制系统。它主要包括:辅助防护安全气囊系统(SRS)、安全带张紧控制系统(STTS)、车辆保安系统(VESS)、中央门锁控制系统(CLCS)、前照灯控制与清洗系统(HAW)、刮水器与清洗器控制系统(WWCS)和座椅调节系统(SAMS)。

(4)汽车综合控制系统。它主要包括:维修周期显示系统(LSID)、液面与磨损监控系统(FWMS)、车载计算机(OBC)、车载电话(CPH)、交通控制与通信系统(TCIS)、信息显示系统(IDS)、控制器区域网络系统(CAN)、自动空调系统(ACS)、雷达车距控制系统和倒车防撞报警系统(PWS)等。

## 第 1 章

# 发动机控制系统的组成与类型

## 1.1 发动机控制系统的功用与组成

### 1.1.1 发动机电子控制系统 (EECS) 的功能

汽车发动机电子控制系统的英文名称是 Engine Electronic Control System, 简称为 EECS 或 EEC 系统。世界主要汽车公司发动机电子控制系统的控制功能及其主要特征如表 1.1 所示。

表 1.1 世界主要汽车公司发动机电子控制系统 (EECS) 应用情况

年份	系统名称	主要控制功能	汽车公司	主要特征
1967	D-Jetronic	燃油喷射	博世 (Bosch)	压力传感器检测空气流量
1973	L-Jetronic	燃油喷射	博世 (Bosch)	翼片式传感器检测空气流量
1976	ELBS	点火时刻	克莱斯勒 (Chrysler)	微机控制点火
1977	MISAR	点火时刻	通用 (General)	微机控制点火
1977	EEC	点火时刻、废气再循环	福特 (Ford)	微机控制系统
1979	ECCS	燃油喷射、点火时刻	日产 (NISSAN)	微机控制系统、系统自诊断
1979	EEC-IV	燃油喷射、点火时刻	福特 (Ford)	微机控制系统、系统自诊断
1979	DEFI	燃油喷射、点火时刻	通用 (General)	微机控制系统、系统自诊断
1979	Motronic	燃油喷射、点火时刻	博世 (Bosch)	热膜式传感器检测空气流量
1980	TCCS	燃油喷射、点火时刻	丰田 (TOYOTA)	涡流式传感器检测空气流量
1981	I-TEC	燃油喷射、点火时刻	五十铃 (ISUZU)	微机控制系统、系统自诊断
1981	LH-Jetronic	燃油喷射	博世 (Bosch)	热丝式传感器检测空气流量
1982	KE-Jetronic	燃油喷射	博世 (Bosch)	机电结合控制燃油喷射
1982	EMS	燃油喷射、点火时刻	卢卡斯 (Lucas)	微机控制系统、系统自诊断

发动机电子控制系统 (EECS) 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、怠速转速、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。

### 1.1.2 发动机电子控制系统 (EECS) 的组成

汽车发动机电子控制系统是由空气供给系统、燃油供给系统和电子控制系统三部分组成。随着汽车电子控制技术的发展与进步,各汽车公司开发研制的电子控制系统千差万别,控制功能、控制参数和控制精度不同,采用控制部件的类型、结构和数量也不相同,如捷达都市先锋 (GETTA AT) 和新捷达王 (JETTA GTX) 轿车发动机电子控制系统的组成与控制部件安装的位置。控制部件主要包括空气流量传感器 (热膜式) G70、磁感应式曲轴位置 (发动机转速与曲轴

转角)传感器 G28、霍尔式凸轮轴位置(第一缸上止点位置)传感器 G40、节流阀体 J338(包括节气门电位计 G69、怠速节气门电位计 G88 和怠速开关 F60)、进气温度传感器 G72、冷却液温度(水温)传感器 G62、氧传感器 G39、发动机爆震传感器 G61 与 G66、车速传感器、空调开关、空调继电器 J32、电子控制单元 J220、诊断测试通信接口(诊断插座)、汽油泵继电器 J17、电动汽油泵 G6、四只喷油器 N30、N31、N32 与 N33、点火线圈 N、N128 及点火控制器 N122 总成、火花塞 Q、活性炭罐电磁阀 N80、氧传感器加热器 Z19、怠速控制电机 V60、进气软管与进气歧管和油压调节器等。

### 1. 空气供给系统

空气供给系统简称供气系统。燃油在发动机气缸内燃烧需要一定数量的空气,空气供给系统的任务就是为发动机提供必要的空气,并测量出进入气缸的空气量。根据发动机怠速转速的控制方式不同,供给空气的进气道分为有旁通空气道和无旁通空气道两种。设有旁通空气道的空气供给系统的结构如图 1.1 所示:

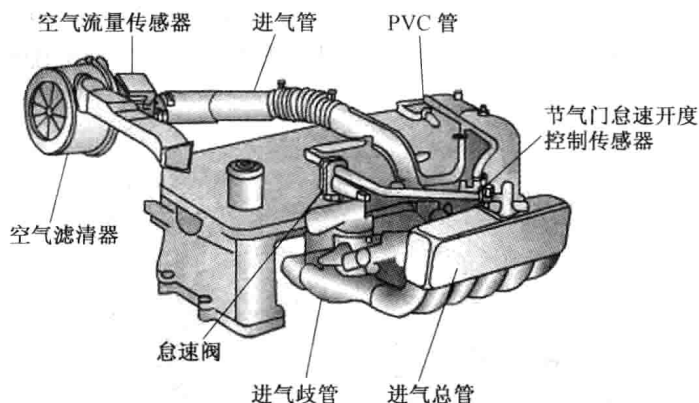


图 1.1 空气供给系统

发动机工作时,空气通道为:进气口→空气滤清器→空气流量传感器→进气管→节气门→动力腔→进气歧管→发动机进气门,进入发动机气缸。

当发动机怠速运转时,空气通道为:进气口→空气滤清器→空气流量传感器→进气管→节气门前端的旁通空气道入口→怠速转速控制阀→节气门后端的旁通空气道出口→动力腔→进气歧管→发动机进气门,进入发动机气缸。

捷达 AT, GTX 以及桑塔纳 2000GSi 型轿车的怠速转速采用节气门直接控制方式,空气供给系统没有设置旁通空气道,这种供气系统的结构主要由空气滤清器、空气流量传感器、进气软管、进气歧管、动力腔、节气门位置传感器和进气温度传感器等组成。

发动机工作(包括怠速)时,空气通道为:进气口→空气滤清器→空气流量传感器→进气软管→节流阀体→动力腔→进气歧管→发动机进气门。空气经滤清器滤清后,由节流阀体流入动力腔再分配给各缸进气歧管。进入发动机气缸空气量的多少由电控单元 ECU 根据安装在进气道上的空气流量传感器检测的进气量信号求得。捷达 AT, GTX 与桑塔纳 2000GSi 型轿车发动机供气系统在发动机怠速时的标准进气量为 2.0 ~ 5.0 g/s。

由燃油喷射式发动机供气系统的结构可见,与化油器式发动机相比,其进气道较长且设有动力腔,其目的是:充分利用进气管内的空气动力效应,增加各种工况下的充气量,以便提高发动机的动力性。空气动力效应是一种十分复杂的物理现象。为了便于说明,可将其视为气流



惯性效应与气流压力波动效应共同作用的结果。

气流惯性效应是指在进气管内高速流动的气流在活塞到达进气行程的下止点之后,仍可利用进口气流的惯性继续充气一段时间,从而增加充气量。因为适当增加进气管的长度,能够充分利用气流的惯性效应增加充气量,所以燃油喷射式发动机都采用了较长的进气管,并将进气歧管制成较大弧度,以充分利用气流的惯性效应来提高充气量。

气流压力波动效应是指各个气缸周期性、间歇性的进气而导致进气管内产生一定幅度的气流压力波动。气流压力波动会沿着进气管以音速传播并往复反射。如果进气管的形状有利于压力波反射并产生一定的共振,就能利用共振后的压力波提高充气量。为了利用气流压力波动效应,大多数燃油喷射式发动机在进气管中部都设有一个动力腔或在进气管的旁边设置一个与进气管相通的谐振腔,以利于进气管内压力波的共振来提高充气量。

## 2. 燃油供给系统

燃油供给系统简称供油系统,其功用是向发动机各个气缸供给混合气燃烧所需的燃油量。燃油喷射式发动机供油系统的结构(如图 1.2 所示),主要是由燃油箱、电动燃油泵、输油管、燃油滤清器、油压调节器、燃油分配管、喷油器和回油管等组成。燃油分配管又称为供油总管或油架。

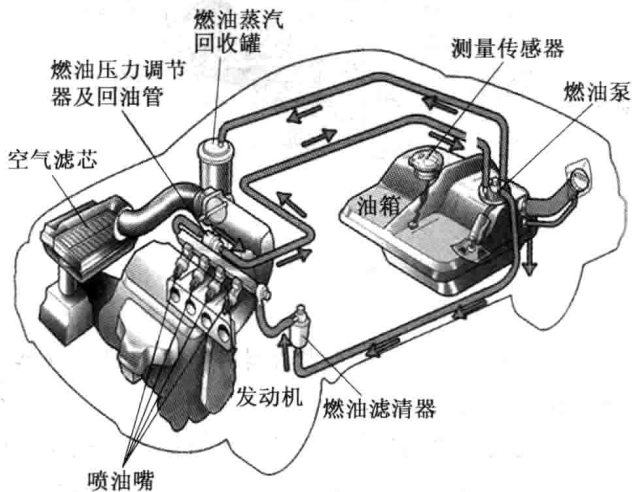


图 1.2 燃油供给系统

发动机工作时,汽油泵工作,将油箱内的燃油泵入供油系统,供油系统的油压由油压调节器调节,一般控制在高于进气管压力 300 kPa 左右。喷入发动机气缸内的燃油流过的路径为:汽油箱→汽油泵→输油管→汽油滤清器→燃油分配管→喷油器。喷油器将燃油喷射在进气门附近(缸内喷射系统则直接喷入气缸)。当发动机工作、进气门打开时再吸入气缸燃烧做功。

当汽油泵泵入供油系统的燃油增多、油路中的油压升高时,油压调节器将自动调节燃油压力,保证供给喷油器的油压基本不变。供油系统过剩的燃油由回油管流回油箱,回油路径为:汽油箱→汽油泵→输油管→汽油滤清器→燃油分配管→油压调节器→回油管→油箱。

电动汽油泵将汽油从油箱里泵出,先经汽油滤清器过滤,再经油压调节器调节油压,使油路中的油压高于进气管负压( $300 \pm 20$ ) kPa,最后经燃油分配管分配到各缸喷油器。喷油器根据电控单元 ECU 的指令将汽油适时喷在进气门附近。在德国原 Motronic 系统中,设计有冷启动喷油器,当冷车启动发动机时,冷启动喷油器按电控单元 ECU 发出的控制指令喷油,用以改