



普通高等教育“十二五”规划教材·卓越汽车工程师系列

汽车发动机

舒华 著

电子控制技术



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材·卓越汽车工程师系列

汽车发动机电子控制技术

舒 华 著
姚国平 审

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

内 容 提 要

本书汇集了作者 20 多年来研究汽车电控系统的最新成果。全书共分六章, 主要内容包括汽车汽油机、柴油机和车载局域网技术应用与发展、汽车工业科技发展战略、汽车电子控制系统的组成与分类、汽油机电控喷油 (EFI)、柴油机电控喷油 (EDC)、发动机点火 (ECI)、汽车排放 (AFC、FEC、EGR) 和车载局域网 (LAN) 等电子控制技术。详细介绍了各种电控系统的功能、组成、类型、结构原理、控制方法与控制过程等。

本书可作为高等院校车辆工程、汽车服务工程和汽车电子技术等专业的教材, 也可作为汽车设计、汽车制造、汽车运输、汽车维修管理等工程技术人员、汽车服务业就业群体学习提高和职工培训教材或参考读物使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车发动机电子控制技术/舒华著. —北京: 北京理工大学出版社, 2012. 4

ISBN 978 - 7 - 5640 - 5736 - 7

I. ①汽… II. ①舒… III. ①汽车 - 发动机 - 电子控制 - 高等学校 - 教材 IV. ①U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 054597 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](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 14. 75

字 数 / 338 千字

版 次 / 2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑 / 张慧峰

印 数 / 1 ~ 3000 册

责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 29. 00 元

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 本社负责调换



汽车发动机电子控制技术

本书依据教育部《卓越工程师教育培养计划》与《普通高等学校本科专业目录》以及人力资源和社会保障部《汽车维修专项技能认证标准》的教学基本要求编写。

21 世纪我国汽车工业科技的发展战略是“研究开发汽车电控技术、汽车轻量化技术和新能源汽车技术”。汽车发动机电子控制技术是汽车电控技术的重要组成部分。本书具有以下特点：

一是内容先进、编排合理。紧贴学科发展前沿，新成果、新理论成熟完备，经过实践检验；结构体系编排合理，便于读者阅读理解；

二是观点正确、方法科学。在编写方式上，从作者多年从事教学与科研实践的经验出发，论证推理科学严密、由浅入深、循序渐进，符合认知规律；脉络清楚，可读性强，有利于自学和培养创新能力；

三是体系完整、内容准确。基本涵盖了迄今汽车装备的发动机主要电子控制技术，体系符合本学科发展规律，内容全面，重点突出；图文并茂，计量单位、图表和数据标准规范；

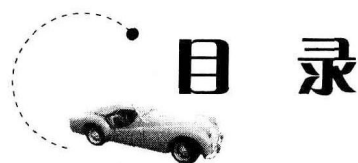
四是资料可靠、数据翔实。主要以国产汽车发动机电控系统为素材，原始资料来源于一汽大众、上海大众、上海联合电子公司和天津丰田等公司；理论与实践结合，控制方法和数据大都经过试验、实际测量和实际操作验证。

本书由军事交通学院舒华教授著，姚国平高工审，由赵劲松和舒展任副主编。参加编写工作的还有姚建军、黄玮、童敏勇、何松柏、令狐昌应、郑召才等。本书面世得益于总后军交部、总装通保部、军事交通学院及汽车行业有关领导和同仁张伟、高尚国、李士生、滕立新、刘宝波、甘秋明、郭运安、韦见民、洪湘、刘荣友、苏雅宁、黄勇、王征、王志国、高永刚、张海涛等多年来的热诚支持，在此一并表示感谢！

本书可作为高等院校车辆工程、汽车服务工程和汽车电子技术等专业的教材，也可作为汽车设计、汽车制造、汽车运输、汽车维修管理等工程技术人员、汽车服务业就业群体学习提高和职工培训教材或参考读物使用。

由于编者水平有限，书中不妥或错误之处在所难免，敬请广大读者和同仁使用后批评指正，以便再版时修正。

作 者



汽车发动机电子控制技术

► 第一章 汽车电控技术概述	1
第一节 汽车电控技术的应用	1
第二节 汽车电控技术的发展	2
第三节 汽车电控系统的组成	19
第四节 汽车电控系统的分类	24
思考题	28
► 第二章 汽油机电控喷油 (EFI) 技术	29
第一节 汽油机电控喷油系统组成	29
第二节 汽油机电控喷油系统分类	32
第三节 电控喷油系统传感器的结构原理	39
第四节 汽车电控单元结构原理	71
第五节 电控喷油系统执行器的结构原理	77
第六节 汽油机电控喷油系统控制	84
第七节 发动机怠速控制系统 (ISCS)	100
第八节 发动机断油控制系统 (SFIS)	109
思考题	111
► 第三章 柴油机电控喷油 (EDC) 技术	114
第一节 柴油机电控系统组成与分类	114
第二节 柴油机电控喷油技术基础	117
第三节 位置控制式柴油喷射系统	121
第四节 时间控制式柴油喷射系统	128
第五节 高压共轨式柴油喷射 (CRS) 系统	137
思考题	159
► 第四章 汽油机点火控制 (ECI) 技术	161
第一节 微机控制点火系统 (MCI)	161

第二节	汽油机爆震控制系统 (EDCS)	171
思考题		177
► 第五章	汽车排放电控技术	178
第一节	汽车排放物的危害与对策	178
第二节	空燃比反馈控制系统 (AFC)	180
第三节	燃油蒸发排放控制系统 (FEC)	187
第四节	废气再循环控制系统 (EGR)	189
思考题		193
► 第六章	汽车车载局域网 (LAN) 技术	195
第一节	车载局域网 (LAN) 的应用	195
第二节	车载局域网 (LAN) 构成与分类	200
第三节	控制器局域网 CAN	209
第四节	控制器局域网 CAN 应用实例	214
第五节	车载局域网 LAN 故障诊断与排除	220
思考题		225
► 参考文献		227

汽车电控技术概述

汽车电子控制技术,简称汽车电控技术,是指以电器技术、微电子技术、液压传动技术、新材料和新技术为基础,以解决汽车能源紧缺、环境保护和交通安全等社会问题为目的,旨在提高汽车整车性能(包括动力性、经济性、排放性、安全性、舒适性、操纵性、通过性等)的新技术。

2009年10月20日,我国首次年产第1 000万辆汽车下线。2011年1月10日,中国汽车工业协会发布2010年汽车产销数据:“国内汽车产销双双超过1 800万辆,创全球历史新高,再次蝉联全球第一。”这些数据标志着我国已经成为世界最大的汽车生产国和最大的汽车消费市场,同时也彰显了汽车产业对国民经济的支柱作用。因此,研究汽车电子控制技术是每一位与汽车技术有关人员必然面临的课题。

第一节 汽车电控技术的应用

汽车已为人类社会发展和国民经济建设做出不可磨灭的贡献。18世纪60年代至19世纪80年代,聪明的人类利用各种动力先后发明了各种汽车。

1769年,法国人尼古拉·约瑟夫·库格诺(Nicholas Joseph Cugnot)利用蒸汽作动力发明了蒸汽动力汽车。

1881年,法国电气工程师古斯塔夫·特鲁夫(Gustave Trouve)利用电力作动力发明了电动汽车。

1886年1月29日(发明专利申请日,1885年完成汽车样车),在法国工作的德国工程师卡尔·奔驰(Karl Benz)利用内燃机作动力发明了至今仍广泛使用的汽油发动机汽车。

1893年2月23日(发明专利申请日,德国专利号No.672 071 885),德国人鲁道夫·狄塞尔(Rudolf Diesel)博士发明了狄塞尔发动机(柴油发动机或柴油机),1924年第一台狄塞尔发动机卡车面世。

汽车技术、建筑技术与环境保护技术是衡量一个国家工业化水平高低的三大标志。汽车技术不仅代表着社会物质生活发展水平,而且代表着科学技术发展水平。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。汽车电子控制技术已广泛应用于汽油机控制、柴油机控制、汽车底盘控制、汽车车身控制和汽车故障诊断等技术领域。20世纪90年代,电子控制技术在轿车上的应用概况如图1-1所示。

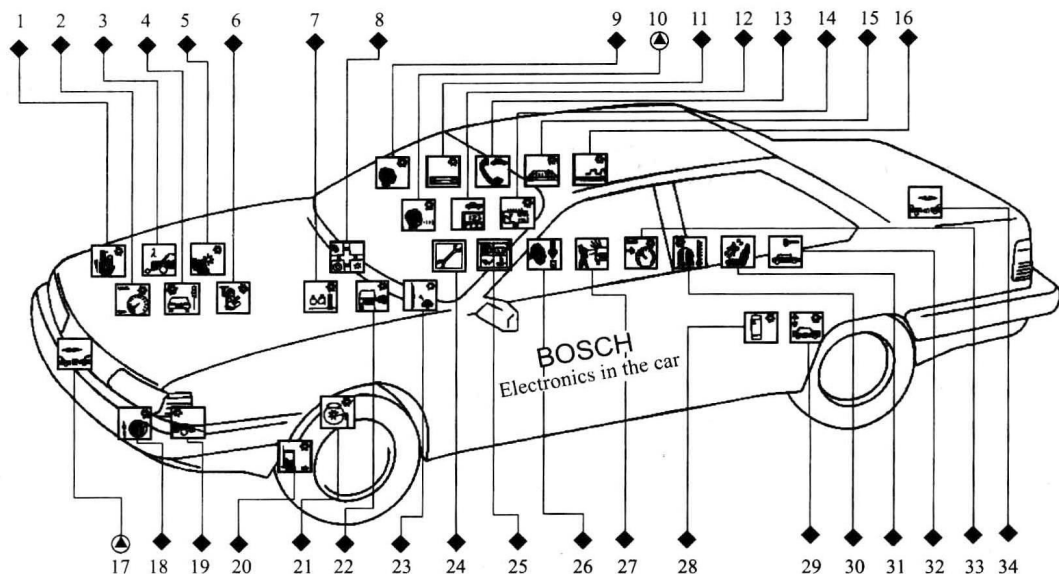


图 1-1 电子控制技术在汽车上的应用概况

- 1—燃油喷射系统；2—怠速控制系统；3—空燃比反馈控制系统；4—发动机故障诊断；5—自动变速；6—微机控制点火；7—加速踏板控制；8—控制器区域网络；9—声音复制；10—声控操作（将来采用）；11—音响系统；12—车载计算机；13—车载电话；14—交通控制与通信；15—信息显示；16—线束复用；17—雷达车距控制与报警（将来采用）；18—前照灯控制与清洗；19—气体放电车灯；20—轮胎气压控制；21—防抱死与防滑转调节；22—底盘故障诊断；23—刮水器与清洗器控制；24—维修周期显示；25—液面与磨损监控；26—安全气囊与安全带控制；27—车辆保安；28—前/后轮转向控制；29—电子悬架；30—自动空调；31—座椅调节；32—中央门锁；33—巡航控制；34—车距报警

当今世界衡量汽车先进水平和档次高低的重要标志主要是汽车品牌、汽车外观和汽车电子化程度的高低。汽车制造商普遍认为：增加汽车电子装置的数量，促进汽车电子化是夺取未来汽车市场的有效手段；汽车设计人员普遍认为：电控技术在汽车上的应用，已经成为汽车设计研究部门考虑汽车结构革新的重要手段。汽油机应用电控喷油技术，能够精确控制空燃比和实现闭环控制，如果再加装三元催化转化器，就可使汽油发动机的有害排放物降低95%以上；柴油机应用高压共轨式电控喷油技术，能够精确控制喷油量和高达160~200 MPa的喷油压力，不仅能够降低油耗和减少排放，而且还能提高动力性；汽车应用防抱死制动技术，可使在湿滑或冰雪路面上的事故发生率降低24%~28%。

21世纪以来，发动机电控喷油技术、汽油机电控点火技术、防抱死制动技术和安全气囊技术等国内外轿车都已普遍采用。在国产中高档轿车上，每辆轿车电子装置的平均成本已占整车成本的30%~35%，在一些豪华轿车上，电子产品的成本已占整车成本的50%以上，并始终保持逐年增加的趋势。

第二节 汽车电控技术的发展

近半个世纪以来，汽车技术的发展主要是汽车电器技术、电子控制技术和车身技术的发

展,汽车电子化(即自动化、智能化和网络化)是21世纪汽车发展的必由之路。

20世纪60年代以来,随着汽车结构与性能的不断改进和提高,汽车装备的传统电器设备面临着巨大的冲击与挑战。随着电子工业的发展,电子控制技术在汽车上的应用越来越广泛,新型车用电子装置犹如雨后春笋般的涌现,特别是大规模集成电路和微电子技术的应用,给汽车控制装置带来了划时代的变革。在解决汽车油耗、排放和安全问题等方面,汽车电子控制技术具有举足轻重的作用。例如:采用电控燃油喷射技术和微机控制点火技术,不仅能够节油5%~10%,而且还能大大提高动力性和排气净化性能;采用电子控制防抱死制动技术,不仅可使汽车在泥泞路面上安全行驶,而且可以在紧急制动时防止车轮抱死滑移,保证汽车安全制动;采用安全气囊技术,每年可以挽救成千上万人的生命。在实现汽车操纵自动化,提高舒适性和通过性等方面,电子控制技术也扮演着重要角色。

一、汽车电控技术发展动因

汽车电子控制技术是汽车技术与电子技术结合的产物。近半个世纪以来,汽车电子控制技术飞速发展的根本动力和原因包括两个方面:一方面是全球能源紧缺、环境保护和交通安全问题,促使汽车油耗法规、排放法规和安全法规的要求不断提高;另一方面是电子技术水平不断提高。汽车油耗法规和排放法规促进了汽车发动机电子控制技术和新能源汽车技术的发展,汽车安全法规促进了汽车底盘和车身电子控制技术的发展。随着汽车油耗法规、排放法规和安全法规要求的不断提高,汽车发动机燃油喷射电子控制系统、防抱死制动系统和安全气囊系统已经成为国内外轿车的标准装备。

二、汽车电控技术发展历程

汽车控制技术的发展经历了机械控制或液压-机械控制、电子电路(即分立电子元件电路与集成电路)控制、微型计算机(即模拟计算机和数字计算机)控制和车载局域网控制等过程。汽车电子控制技术的发展过程,大致经历了电子电路控制、微型计算机控制和车载局域网控制三个阶段。

第一阶段(1953—1975年):模拟电子电路控制阶段,即采用分立电子元件或集成电路组成电子控制器进行控制。汽车电子设备主要采用分立电子元件组成电子控制器,从而揭开了汽车电子时代的序幕。主要产品有二极管整流式交流发电机、电子式电压调节器、电子式点火控制器、电子式闪光器、电子式间歇刮水控制器、晶体管收音机和数字时钟等。

第二阶段(1976—1999年):微型计算机控制阶段,即采用模拟计算机或数字计算机进行控制,控制技术向智能化方向发展。汽车电子设备普遍采用8位、16位或32位字长的微处理器进行控制,主要开发研制专用的独立控制系统和综合控制系统。主要产品有微机控制发动机点火系统、电子控制发动机燃油喷射系统、发动机燃油喷射与点火综合控制系统、发动机空燃比反馈控制系统、巡航控制系统、电子控制自动变速系统、防抱死制动系统、牵引力控制系统、四轮转向控制系统、车身高度自动调节系统、轮胎气压控制系统、安全气囊系统、座椅安全带收紧系统、自动防追尾碰撞系统、前照灯光束自动控制系统、超速报警系统、车辆防盗系统、电子控制门锁系统、自动除霜系统、通信与导航协调系统、安全驾驶监测与警告系统和故障自诊断系统等。

第三阶段(2000年至今):车载局域网控制阶段,即采用车载局域网(Local Area

Network, LAN) 对汽车电器与电子控制系统进行控制。目前国内外中高档轿车都已普遍采用 LAN 技术。采用 LAN 技术的国外轿车有奔驰、宝马、大众、保时捷、美洲豹、劳斯莱斯等系列汽车。例如, 在 BMWAG (宝马公司) 2004 年新推出的 BMW 7 系列轿车上, 就装备了 70 多个微处理器 (电控单元), 利用了 8 种车载局域网分别按这些电控单元的作用连接起来。其中, 连接多媒体装置的网络就选用了多媒体定向系统传输网 (Media Oriented System Transport, MOST)。MOST 协议是 21 世纪车载多媒体设备不可缺少的高速网络协议。国内采用 LAN 技术的有一汽奥迪 A6L、A8L、宝来 BORA、上海帕萨特 B5、波罗、广州本田、东风雪铁龙等轿车。电子控制器网络化的多路集中控制系统不仅是汽车电器线束分布方式和电子控制系统控制技术的发展方向, 而且也是火车、船舶、机器人、机械制造、医疗器械以及电力自动化等领域控制技术的发展方向。

三、汽油机电控技术的发展

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。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 (EEC) 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
1978	EEC- II	燃油喷射、点火时刻	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- III	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	EEC- IV	燃油喷射、点火时刻	福特 Ford	微机控制系统、系统自诊断
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

汽车发动机电子控制系统 (Engine Electronic Control System, EEC 或 EECS) 的发展历程大致如下:

1934 年,德国怀特(Wright)兄弟发明向发动机进气管内连续喷射汽油来配制混合气的技术,并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,汽油直接喷入汽缸内,利用气动式混合气调节器调节空燃比,配装在戴姆勒-奔驰(Daimler-Benz)300L 型赛车上。

1953 年,前苏联率先在汽车上采用了二极管整流的交流发电机。从此揭开了汽车电子技术发展的序幕。自 1948 年发明晶体管之后,到 20 世纪 70 年代中期为止,利用分立电子元件或集成电路组成的电子产品逐步在汽车上得到应用。这些电子产品主要有二极管整流式交流发电机、电子式电压调节器、电子式点火控制器、电子式闪光器、电子式间歇刮水控制器、晶体管收音机和数字时钟等。

1957 年,美国本迪克斯(Bendix)公司开始试用真空管电子控制系统,根据进气压力,由设在各个进气门前的喷油器与进气冲程同步喷油。该公司是最早研制汽车电子燃油喷射装置的公司,遗憾的是该专利技术并未付诸实用。

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 型机械控制式汽油喷射系统(K-Jetronic),电动燃油泵提供压力为 360 kPa 的低压燃油,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 型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(Electronic Control Unit, ECU),改进研制成功了 KE 型机电结合式汽油连续喷射系统(KE-Jetronic)。1993 年以前出厂的奔驰和奥迪轿车,大多采用了这种 KE 型燃油喷射系统。

1967 年,德国博世公司根据美国本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),装备在德国大众(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,开创了电子控制汽油发动机燃油喷射技术的新时代。D 型燃油喷射系统采用了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(Bosch)公司便在 D 型燃油喷射系统的基础上,改进研制成功了 L 型燃油喷射系统(L-Jetronic)。L 型燃油喷射系统利用了翼片式空气流量传感器直接测量进入发动机汽缸空气的体积流量,与利用进气歧管绝对压力传感器来间接测量进气量的 D 型燃油喷射系统相比,检测精度和控制精度大大提高。同年,美国通用(General)汽车公司开始在其生产的汽车上,将分立元件式电子点火控制器改用集成电路 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,同时采用高能点火装置,并将点火线圈与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)汽车公司研制成功微机控制点火的“电子式稀混合气燃烧系统(ELBS)”。该微机控制点火系统采用模拟计算机控制,根据大气压力、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最佳点火时刻,控制 200 多个参数。

从此开辟了汽车发动机微机控制技术的新时代。

1977年,美国通用汽车公司开始采用微机控制点火系统(MISAR)。该控制系统由CPU、RAM、ROM和A/D等组成,装备在奥兹莫比尔(Oldsmobile)牌“特罗纳德”轿车上。同年,美国福特(Ford)汽车公司与日本东芝(TOSHIBA)公司合作开发研制出了同时控制点火时刻、废气再循环、二次空气的发动机电子控制系统(EEC),并于同年装备在林肯(Lincoln)牌“凡尔赛”轿车上。

1978年,福特公司在EEC系统的基础上,增加了空燃比反馈控制和怠速控制等内容,控制系统取名为EEC-II系统。1979年,福特公司进一步完善控制功能,发展成为EEC-III系统,80年代又进一步改进发展成为EEC-IV系统。同在1978年,美国通用汽车公司也研制成功了同时控制点火时刻、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。该系统还具有故障自诊断功能和故障应急功能。

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,从而构成了当今汽车广泛采用的M型控制系统(Motronic)。同于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计算机控制系统(Engine Computer Control System, ECCS),该系统具有自诊断功能,装备在公子(Cedric)牌和光荣(Gloria)牌轿车上。

1980年,日本丰田(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,且具有故障自诊断功能的丰田计算机控制系统(Toyota Computer Control System, TCCS)。同年,三菱(Mitsubishi)汽车公司也研制成功了采用卡尔曼涡流式空气流量传感器的电子控制燃油喷射系统(Electronic Control Injection System, ECI)。

1981年,德国博世公司在L型燃油喷射系统的基础上,用新颖的热丝式空气流量传感器直接测量进入发动机汽缸空气的质量流量,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)。

20世纪90年代,汽车电控技术步入成熟发展期。到20世纪末期,无论汽油机汽车还是柴油机汽车,无论进口汽车还是国产汽车,都已普遍采用电子控制技术。美国、俄罗斯、德国、法国和瑞典等工业发达国家军队装备的柴油机汽车,也都采用了电子控制技术。

四、柴油机电控技术的发展

柴油机电子控制燃油喷射技术从诞生至今已有近40年的历史,先后开发了位置控制式柴油喷射系统、时间控制式柴油喷射系统和高压共轨式柴油喷射系统三代产品。人类锲而不舍的研究开发柴油机电子控制技术,并已取得骄人的成绩,其根本目的在于节约燃油、减少排放、降低噪声和提高柴油机整机性能。

早在20世纪70年代,德国、美国和日本等工业发达国家就已竞相开发研制柴油机电子控制系统并应用于柴油车发动机的实时控制。最初投入使用的柴油机电子控制系统采用了传感器、模拟电子电路和执行器组成的电子控制系统来代替控制喷油量的调速器,能够比较精确地控制柴油机的转速。

进入20世纪80年代后,利用微型计算机代替模拟控制电路,利用电磁阀作为执行器控制喷油,大大提高了控制电路的设计自由度和系统的控制精度,柴油机电子控制系统圆满解

决了当时提出的节约燃油、排气净化和降低噪声等问题。典型产品有日本杰克赛尔 (Zexel) 公司喷油定时可变速燃油喷射系统 (Timing and Injection Rate Control System, TICS) 和微型计算机控制喷油量和喷油定时的 (Computed Ve pump Control System-Full, COVEC-F) 电控分配泵系统、日本电装公司 ECD-V3 电控分配泵系统以及德国博世公司 EDC 型和 VP 系列电控分配泵系统等。

20 世纪 90 年代, 研制成功了一种全新的柴油机电控燃油喷射系统——高压共轨式电控柴油喷射系统 (Common Rail System, CRS), 从此开辟了柴油机电控燃油喷射技术的新纪元。

人们对共轨式燃油喷射系统的基本原理并不陌生。早在 20 世纪 30 年代, 汽油发动机就已采用共轨式燃油喷射技术并应用到军用战斗机上, 20 世纪 50 年代应用到了赛车的汽油发动机上。到 20 世纪末, 各型汽油机都圆满完成了从机械式供油系统 (即化油器供油系统) 向电控燃油喷射系统的转换。在柴油机电控共轨燃油喷射技术的研究方面, 20 世纪 60 年代后期, 瑞士的哈勃 (Hiber) 教授开发成功了柴油机电控共轨系统基本原型, 随后瑞士工业大学以加尼斯 (Ganser) 教授为中心的研究团队对柴油机电控共轨燃油系统也进行了一系列的研究。到 20 世纪 90 年代中期, 柴油机电控共轨燃油喷射技术达到实用化阶段。

20 世纪 80 年代中期, 日本电装 (DENSO) 公司完成了汽油发动机电控燃油喷射技术的研究与应用, 时任电装公司燃油装置事业部主管的藤泽英也先生开始将汽油机电控燃油喷射技术应用到柴油机。

1990 年, 在日本千叶县幕张国际展览中心举办的国际汽车展览会上, 电装公司展出了配备 ECD-U2 型高压共轨式电控柴油喷射系统的柴油机。直到 1995 年末, 电装公司与丰田 TOYOTA 汽车公司联合开发成功的 ECD-U2 型高压共轨式电控柴油喷射系统应用于载货汽车柴油机并开始实现批量生产, 从此开创了柴油机高压共轨式电控柴油喷射系统的新时代, 随后电装公司又开发研制了 ECD-U2P 型高压共轨式电控柴油喷射系统。ECD-U2 型高压共轨式电控柴油喷射系统是为增压、中冷、中型及重型柴油机设计的电控燃油喷射系统, 也是全世界最早定型的高压共轨式电控柴油喷射系统; ECD-U2P 型高压共轨式电控柴油喷射系统是轿车柴油机设计的电控燃油喷射系统。

2000 年开始, 日本丰田、日野、五十铃、三菱和日产等公司都采用了这些高压共轨式电控柴油喷射系统。

德国 Bosch 公司也是世界著名的汽车电器与电控技术开发商, 在电控共轨喷射技术的研究方面亦有杰出贡献。

1994 年初, Bosch 公司开始与戴姆勒 - 奔驰公司合作研制高压共轨式电控柴油喷射系统。同年, Bosch 公司将高压共轨式电控柴油喷射系统应用于直喷式柴油机进行了 200 万 km 室外道路试验验证, 证实了电控共轨系统在降低排放、减小噪声和简化发动机结构设计等方面的优越性。此后, Bosch 公司与戴姆勒 - 奔驰公司、菲亚特 (FIAT) 公司以及菲亚特的子公司依莱赛斯 (Elasis) 等四家公司联合成立开发组, 共同开发共轨式电控柴油喷射系统。当时 Elasis 公司已经研制成功性能优越的供油泵和不带预喷射的电磁喷油器 (准确地说应该是电磁控制油压驱动喷油式喷油器)。

1997 年末, 博世公司研制的轿车柴油机用电控高压共轨系统 (CRS) 开始批量投放市场。

2000 年开始, 博世公司投入了 800 ~ 900 名工程技术人员专门从事电控共轨喷射技术研究, 2002—2003 年期间, 研制成功了利用压电晶体控制液压伺服机构的第二代电控喷油器 (即压电晶体式喷油器), 用以替代电控共轨喷射系统的高速电磁阀控制式喷油器 (即第一代电控喷油器), 喷油压力提高到 160 MPa, 每个喷射循环都可实现预喷射、主喷射和多段喷射, 预喷射油量可控制在每行程 1 mm^3 以内。2009 年, Bosch 将喷油压力提高到了 200 MPa。

高压共轨式电控柴油喷射技术的基本原理与汽油喷射技术相似, 电动燃油泵 (即输油泵) 将燃油箱内的柴油输送到高压油泵, 高压油泵在发动机驱动下将柴油加压到 160 ~ 200 MPa 后供入公共油轨 (Common Rail, CR, 俗称“共轨”, 相当于电控汽油喷射系统的燃油分配管或燃油总管) 内, 在电控单元 (ECU) 的控制下, 高压燃油经电控喷油器喷射到相应的汽缸内燃烧做工。高压共轨式电控喷油系统与传统的喷油泵供油系统以及电控喷油泵系统的显著区别在于: 燃油高压的产生和喷油的控制是由 ECU 分别独立进行, 燃油压力的产生与柴油机转速和负荷无关, 是由 ECU 控制压力控制阀来调节高压油泵的供油量进行控制。高压共轨式电控喷油系统的显著特点是: 能够自由改变喷油压力、喷油量、喷油定时 (即何时开始喷油) 和喷油特性 (即实现引导喷射、预喷射、主喷射、后喷射和次后喷射等多段喷射, 目前已可实现 3 次、5 次或更多次喷射)。通过预喷射, 可降低柴油机噪声; 通过后喷射, 可降低发动机氮氧化物 NO_x 和颗粒物 (Particulate Matter, PM, 即碳烟微粒或浮游微粒) 的排放量。因此, 柴油机采用高压共轨式电控柴油喷射技术, 能使柴油良好雾化、提高燃烧效率, 从而达到降低油耗、减少排放、降低噪声和减小振动之目的。

五、车载局域网技术的发展

1983 年是汽车行业和汽车技术发展具有划时代意义的一年。这是因为 Bosch 公司于 1983 年提出了众所周知的利用计算机总线技术实现汽车车身、动力及其传动系统控制器局域网 (Controller Area Network, CAN) 通信的基本协议。CAN 通信协议的发展历程如表 1-2 所示。

表 1-2 汽车控制器局域网 CAN 通信协议的发展历程

年份	发展情况	年份	发展情况
1983	德国博世公司开始研究控制器局域网 (CAN)	1992	使用 CAN 的车辆实现批量生产
1986	博世公司发表 CAN 通信协议、欧洲汽车于同年 12 月开始采用 CAN	1994	CAN 通信协议被国际标准化组织 ISO11898 获得认可
1987	首批 CAN 单片机制成	1995	ISO11898 进行修改
1989	CAN 单片机实现批量生产	1996	三菱 Mitsubishi 公司投产 CAN 单片机 (M37630)
1991	CAN 通信协议被国际标准化组织 ISO11519-1 获得认可; 同年 9 月, CAN 协议升高到 Ver. 2.0B 版本	1999	CAN 通信协议被国际标准化组织 ISO11898-1 获得认可

1999 年, CAN 通信协议被国际标准化组织 ISO11898 - 1 标准认可, 标志着车载局域网的发展进入了一个崭新的阶段。

网络必须按照规定的协议进行通信, 才能实现网络预期的功能。因此, 通信协议 (或通信标准) 是构成局域网的重要内容。在网络通信协议的制定和研制符合网络通信标准的产品方面, 都已取得突破性进展。最有代表性的有 Bosch 公司制定的控制器局域网 (CAN) 的通信基本, CAN 通信协议早在 1999 年国际标准化组织 ISO 就已确认为 ISO11898 - 1 串行通信协议 (标准)。除此之外, 还有英特尔 (Intel) 公司推出的 SAE J18065 网络通信标准。

在网络产品方面, 半导体厂商已将 CPU 与相关的电子模块组合, 制作出了满足上述各类 LAN 要求的系列单片机。飞利浦 (Philips)、英特尔 (Intel)、摩托罗拉 (Motorola) 等公司都已研制生产符合相关网络协议要求的芯片。例如, 将微处理器 CPU 与 CAN 控制器集成在一起的产品有飞利浦公司研制的 P8XC591、P8XC592 芯片, 达拉斯 - 马克西姆 (Dallas-Maxim) 集成产品公司研制的 DS80C390 芯片 (内部结构与功能如第二章图 2 - 54 所示); CAN 控制器有飞利浦公司的 SJA 1000、PCA82C200 芯片; 用于连接 CAN 控制器与物理总线的 CAN 总线收发器有飞利浦公司的 PCA82C250 芯片等。

为了满足汽车网络控制的需要, 更好地完成各控制系统之间的信息交流、协调控制、资源共享, 使通信协议达到标准化、通用化之目的, 世界各国始终都在积极合作, 力求制定统一的 LAN 国际标准。

六、汽车工业科技发展战略

汽车已为人类交通运输做出了不可磨灭的贡献, 未来汽车已不仅仅是一个代步工具, 而且具有交通、办公、通信和娱乐等多种功能。毋庸置疑, 汽车在造福人类的同时, 也带来了能源紧张、环境污染和交通安全等一系列社会问题。人类历史跨入 21 世纪以来, 国际原油价格一路上扬, 2005 年 6 月, 国际市场原油价格每桶突破 60 美元大关, 创下了近 20 年来的油价新高; 2011 年 5 月 3 日, 伦敦布伦特原油价格上升到了每桶 125 美元, 此后一路走低。到 2012 年元旦, 原油价格一直徘徊在 110 美元。由此可见, 能源消耗问题是汽车发展面临的突出问题, 如不严加防范, 就会给人类特别是子孙后代造成灾难。正因如此, 世界各地“救救地球, 救救人类”“既要使现代人生活得好, 又要使后代生活幸福”的呼声日益高涨。

就人类目前拥有的科学技术而言, 解决这些问题的有效途径依然是继续开发利用智能化网络化技术、开发汽车轻量化技术和研究新能源汽车技术, 这也是 21 世纪我国汽车工业科技的发展战略。

(一) 智能化网络化技术

汽车智能化网络化技术主要研究开发智能传感器技术、微处理器技术、智能交通技术、光导纤维技术、模块化设计技术、主动安全技术和网络通信技术等。汽车电控技术发展的终极目标是: 使汽车发展成为能够自动筛选最佳行驶路线的智能汽车。

1. 智能传感器技术

智能传感器不仅能够提供汽车的状态信息, 而且还能对信号进行放大和处理, 对温度漂移、时间漂移和非线性数据进行自动校正, 具有较强的抗电磁干扰能力, 在恶劣条件下仍能保持较高的测量精度。全球汽车传感器市场的年均增长率达 20%。

2. 微处理器技术

微处理器已广泛用于汽车发动机、底盘、车身和故障诊断控制系统,车载各类控制系统目前使用的微处理器累计已达 30 ~ 60 个。汽车智能化发展的一个重要趋势就是大量使用微处理器,用以改善汽车的整体性能。

3. 智能交通技术

智能交通系统(Intelligent Traffic System, ITS)是将机器视觉、环境感知、卫星定位、信息融合、决策与控制等相关技术相互融合,使汽车自动筛选最佳行驶路线的系统。

4. 光导纤维技术

光导纤维不仅具有柔软性好、易于连接、质量轻、成本低、弯曲半径小、数值孔径大、耦合效率高等优点,而且还具有电气绝缘性能好、抗电磁干扰和抗辐射能力强等优异的传输特性。随着光导纤维的成本不断降低和在汽车上的应用量逐年增大,必将大大降低汽车电子控制系统乃至汽车整车的制造成本和减轻整车整备质量,同时还可汽车轻量化开辟一条新的技术途径。

5. 模块化设计技术

所谓模块化设计,是指为开发具有多种功能的不同产品,不需要对每种产品实施单独设计,而是精心设计出多种模块,将其经过不同方式的组合来构成不同的产品,以解决产品品种、规格、制造周期和成本之间的矛盾。汽车整车电子控制系统的零部件用量越来越大,采用模块化设计技术,能够减小体积、减轻质量、缩短装配工时,提高汽车电子控制系统乃至汽车整车的可靠性。

6. 电压倍增技术

理论与实验证明:在电器负载功率不变的情况下,电源电压提高 2 倍,负载电流可以减小 2/3。因此,提高汽车电源电压,就可大大减小汽车电器或电子控制部件的电流,汽车导线、电缆、电动机、驱动线圈等就可减小尺寸、减轻质量。同理,在负载电流大小不变的情况下,提高汽车电源电压,可以增大汽车电器或电子控制部件的功率,电控螺线管驱动可变气门定时、电控电动转向、电控气动阀机构、飞轮内装起动机/发电机一体式结构、电控电动制动器等就能得以实现,电子控制系统就能驱动大功率执行器来实现自动控制功能。个别欧盟国家已于 2008 年开始实车应用 48 V 电源电压技术。

7. 网络通信技术

汽车电子化发展的一个重要趋势是利用网络通信技术来传输海量的实时数据。网络通信技术将集成通信系统与信息系统等车载系统,提供实时的交通信息、气象数据、满足个性化要求的信息以及详细的道路指南等信息。网络通信技术被视为汽车工业继高压压缩比发动机电子控制技术之后的又一次革命。作为引领汽车产业向另一发展阶段进发的新技术领域,网络通信技术必将进一步整合移动通信技术与无线网络技术,使汽车与人类活动紧密相连。

8. 主动安全技术

汽车最新主动安全系统包括车身动态综合管理系统、速度与车距自动调节系统、车辆碰撞预警系统、红外夜视系统、轮胎压力预警系统和驾驶环境控制系统等。

(1) 车身动态综合管理系统(Vehicle Dynamics Integrated Management System, VDIM)。该系统将防抱死制动系统(ABS)、电子控制制动力分配系统(EBD)、电子控制辅助制动系统(EBA)、驱动轮防滑转调节系统(ASR)和车身稳定性控制系统(VSC)等控制制动力

和驱动力的主动安全系统,以及电子控制动力转向系统(EPS)和电子调节悬架系统(EMS)等进行综合集成,对车身姿态进行综合控制,使汽车在各种行驶条件下,特别是在转向、制动或打滑时,都能保持方向稳定、行驶安全和乘坐舒适。事实上,VDIM是一个采用智能识别与判断技术来控制车辆行驶稳定性的主动安全体系。

(2) 汽车速度与车距自动调节系统。该系统是利用安装在车内的雷达探测装置准确探测汽车行进过程中的障碍物信息,由发动机控制系统、自动变速系统和防抱死制动系统等自动采取相应控制策略的集成控制系统。当雷达装置探测到障碍物信息时,系统将采取减速措施,一旦障碍物消失,就会取消制动并控制油门开度增大而加速。

(3) 车辆碰撞预警系统。该系统是一个由前部探测、后部探测和侧部探测装置组成的监控系统,其功能是提醒驾驶员避免车辆发生碰撞。

(4) 红外夜视系统。该系统是一个利用红外探测技术,能在夜间探测到距车 650 ~ 750 m 发热物体(人、动物和有余热的故障车辆等)的监测与报警系统。汽车前照灯一般能够照射到距车前方 150 m 的物体,最远只能照射到距车前方 300 ~ 400 m 的物体。红外夜视系统的功能与车辆碰撞预警系统相似,主要是提醒驾驶员躲避障碍物。

(5) 轮胎压力预警系统。该系统是一个集中央轮胎充放气系统为一体的监控与报警系统。该系统利用安装在每一只轮胎中的压力与温度传感器直接监测胎内气压和温度,并用无线射频装置将气压和温度信号发送到驾驶室内的接收与监控器,再由监控器显示与控制每一只轮胎的气压和温度。系统的功能是有有效避免轮胎温度和气压过高而导致爆胎事故、或轮胎漏气导致气压过低而加速磨损,使轮胎始终保持在正常气压和温度状态下行驶,延长轮胎使用寿命、降低汽车燃油消耗。

(6) 驾驶环境控制系统。该系统是一个舒适性控制系统。该系统集自动空调系统于一体,可据驾驶室内外温度、行驶速度、空气流量、气流方向进行换气通风,给驾驶员营造一个舒适的驾驶环境,减轻驾驶疲劳,保证车辆行驶安全。

(二) 汽车轻量化技术

汽车轻量化技术是指在使用要求和成本控制的前提条件约束下,能够减轻汽车自身质量的材料、设计和制造技术。轻量化材料包括高强度材料(高强度钢)和低密度材料(铝、镁、塑料、复合材料等)。众所周知的奥迪 A8L 轿车就是全铝车身的杰出代表,捷豹汽车则是全铝发动机的开路先锋。轻量化设计包括减少汽车零部件数量、优化汽车结构设计,如基于载荷和强度特性的结构设计、底盘与车身结构的拓扑优化设计等。轻量化制造包括激光拼焊、液压成型、热压成型、铝合金半固态成型以及异种材料之间的连接等。汽车综合运用轻量化技术的根本目的是降低燃油消耗、减少二氧化碳的排放量。

(三) 新能源汽车技术

根据工业和信息化部《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》(2009 年 7 月 1 日起正式施行)的说明,新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源(或使用常规的车用燃料、采用新型车载动力装置),综合车辆的动力控制和驱动方面的先进技术,形成的技术原理先进、具有新技术、新结构的汽车。即新能源汽车是指除汽油机和柴油机之外的所有其他能源为动力的汽车,包括混合动力汽车、纯电动汽车(包括太阳能汽车)、燃料电池电动汽车、氢动力汽车以及其他新能源(如高效储能器、二甲醚)汽车等各类别产品。

新能源汽车的显著优点是废气排放量较小。我国新能源汽车技术的研发方兴未艾,各大