

汽车新技术

QICHE XINJISHU

(第2版)

舒 华 姚国平 编著
郑召才 吴巧云 主审



国防工业出版社

National Defense Industry Press

汽车新技术

(第2版)

舒 华 姚国平 编著
郑召才 吴巧云 主审

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书汇集了作者 20 多年来的研究成果。全书共分 12 章, 内容包括汽车新技术应用与发展、汽车传感器技术、汽油机电控喷油技术、柴油机电控喷油技术、汽车点火与排放控制技术、汽车行驶安全电控技术、汽车电控自动变速技术、汽车巡航控制技术、汽车电控悬架技术、汽车车载局域网技术、汽车故障自诊断技术和新能源汽车技术。主要介绍了各种电控系统的功能、分类方法、结构组成、工作原理、控制过程、故障诊断与检修方法等。

本书可作为高等院校车辆工程、汽车服务工程和汽车类专业规划教材, 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参考读物和职工培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车新技术/舒华, 姚国平编著. -- 2 版. -- 北京:
国防工业出版社, 2012. 8
ISBN 978 - 7 - 118 - 08201 - 2

I. ①汽… II. ①舒… ②姚… III. ①汽车—高技术
IV. ①U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 156165 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 26 字数 659 千字

2012 年 8 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 48.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

前 言

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》的基本要求编写。

修订后的《汽车新技术》(第2版)具有三个特点:一是内容先进、重点突出。根据汽车类专业教育教学改革要求,紧贴学科发展前沿,突出新理论、新技术、新工艺和新方法,新增了柴油机电控喷油系统、汽车废气再循环系统、电控无级变速系统、车载网络系统和新能源汽车技术等内容,符合本学科发展规律。二是体系完整、编排合理。体系结构按技能型、应用型人才培养模式进行设计构思,基本涵盖了汽车电控系统迄今最新成果,各章共附有450道问答题和选择题以及选择题参考答案,便于学习理解和掌握重点。三是资料可靠,数据翔实。以国产汽车电控系统为素材,原始资料来源于一汽大众、上海大众和天津丰田等公司,理论与实践结合,检修方法和数据大多数都经过实际测量、实践操作或试验验证。

本书可作为车辆工程、汽车服务工程和汽车类专业规划教材,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、汽车行业就业群体学习提高以及作为职工培训教材或参考读物。

本书由舒华和姚国平编著,舒展和赵劲松副主编,郑召才和吴巧云主审。参与编写的还有贾继德、姚建军、许江枫、马洪文、张英锋、杨华、令狐昌应、白雪峰、范卫新、门君、李忠光、代会东、朱峰、朱愿、黄玮、童敏勇、高永刚、张海涛等。编写工作得到了一汽大众汽车、上海大众汽车、天津丰田汽车公司等单位的热诚支持,在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中不妥或错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正,以便再版修正。

作者

2012年4月于天津

目 录

第一章 汽车新技术概述	1
第一节 汽车新技术的应用	1
第二节 汽车新技术的发展	3
第三节 汽车电控系统组成	17
第四节 汽车电控系统分类	21
问答题、选择题及参考答案	24
第二章 汽车传感器技术	26
第一节 传感器分类与发展	26
第二节 空气流量传感器	28
第三节 压力传感器	37
第四节 位置传感器	40
第五节 温度传感器	53
第六节 浓度传感器	55
第七节 速度传感器	60
第八节 碰撞传感器	62
第九节 爆振传感器	63
问答题、选择题及参考答案	66
第三章 汽油机电控喷油技术	69
第一节 汽油机电控喷油系统组成	69
第二节 汽油机电控喷油系统分类	72
第三节 发动机电控单元结构原理	78
第四节 电控喷油执行器结构原理	84
第五节 汽油机电控喷油控制过程	90
第六节 电喷发动机怠速控制技术	105
第七节 电喷发动机断油控制技术	113
问答题、选择题及参考答案	115
第四章 柴油机电控喷油技术	118
第一节 柴油机电控系统组成与分类	118

第二节 柴油机电控喷油技术基础·····	121
第三节 位置控制式柴油喷射系统·····	124
第四节 时间控制式柴油喷射系统·····	131
第五节 高压共轨式柴油喷射系统·····	139
问答题、选择题及参考答案·····	159
第五章 汽车点火与排放控制技术 ·····	161
第一节 汽车排放物的危害与控制对策·····	161
第二节 微机控制点火系统·····	163
第三节 汽油机爆振控制系统·····	173
第四节 空燃比反馈控制系统·····	175
第五节 燃油蒸汽排放控制系统·····	177
第六节 废气再循环控制系统·····	179
问答题、选择题及参考答案·····	183
第六章 汽车行驶安全电控技术 ·····	185
第一节 防抱死制动系统·····	185
第二节 制动力分配系统·····	204
第三节 制动辅助系统·····	205
第四节 驱动轮防滑转调节系统·····	207
第五节 车身稳定性控制系统·····	215
第六节 安全气囊系统·····	218
第七节 安全带收紧系统·····	229
问答题、选择题及参考答案·····	231
第七章 汽车电控自动变速技术 ·····	234
第一节 电控自动变速系统组成·····	234
第二节 自动变速系统控制原理·····	237
第三节 齿轮变速系统结构原理·····	240
第四节 液压控制系统结构原理·····	250
第五节 电子控制系统结构原理·····	261
第六节 电控自动变速系统实例·····	266
第七节 电控无级变速技术·····	273
问答题、选择题及参考答案·····	277
第八章 汽车巡航控制技术 ·····	280
第一节 汽车巡航控制技术概述·····	280
第二节 巡航控制系统结构原理·····	282

第三节 巡航控制系统控制过程·····	288
问答题、选择题及参考答案·····	292
第九章 汽车电控悬架技术 ·····	294
第一节 电控悬架技术概述·····	294
第二节 车身高度电控系统·····	296
第三节 悬架刚度电控系统·····	300
第四节 悬架阻尼电控系统·····	302
第五节 电控悬架系统实例·····	306
问答题、选择题及参考答案·····	310
第十章 汽车车载局域网技术 ·····	312
第一节 车载局域网应用与发展·····	312
第二节 车载局域网构成与分类·····	316
第三节 控制器局域网·····	324
第四节 控制器局域网应用实例·····	329
第五节 车载局域网故障诊断与排除·····	334
问答题、选择题及参考答案·····	339
第十一章 汽车故障自诊断技术 ·····	341
第一节 汽车故障自诊断系统·····	341
第二节 汽车电控系统故障自诊断原理·····	344
第三节 汽车电控系统故障自诊断测试·····	347
第四节 汽车电控系统故障诊断与排除·····	361
问答题、选择题及参考答案·····	368
第十二章 新能源汽车技术 ·····	370
第一节 纯电动汽车·····	370
第二节 燃料电池汽车·····	373
第三节 氢动力汽车·····	385
第四节 混合动力汽车·····	388
问答题、选择题及参考答案·····	406
参考文献 ·····	408

第一章 汽车新技术概述

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的发展水平,而且代表着科学技术的发展水平。2009年10月20日,我国首次年产第1000万辆汽车下线。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1800万辆,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汽车消费国,同时也彰显了汽车产业对国民经济的支柱作用。众所周知,技术创新是一个国家工业的灵魂,没有创新就没有发展和出路。因此,研究汽车新技术是每一位汽车工程技术人员和专家学者的神圣职责。

第一节 汽车新技术的应用

近半个世纪以来,汽车技术的发展主要是汽车电控技术、汽车轻量化技术和新能源汽车技术的发展。新世纪新阶段,汽车新技术主要是指汽车电控技术和新能源汽车技术。

一、汽车电控技术的应用

汽车电控技术是汽车电子控制技术的简称,是指以电器技术、微电子技术、液压传动技术、新材料和新工艺技术为基础,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)的技术。

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(简称电控技术)。汽车电控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,电控技术在轿车上的应用情况如图1-1所示。

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:电子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。

在解决汽车油耗、排放和安全等问题方面,汽车电子控制技术具有举足轻重的作用。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;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160MPa~200MPa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;采用电控防抱死制动技术,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,可使在湿滑或冰雪路面上的事故发生率降低24%~28%;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,电控技术也扮演着重要角色。

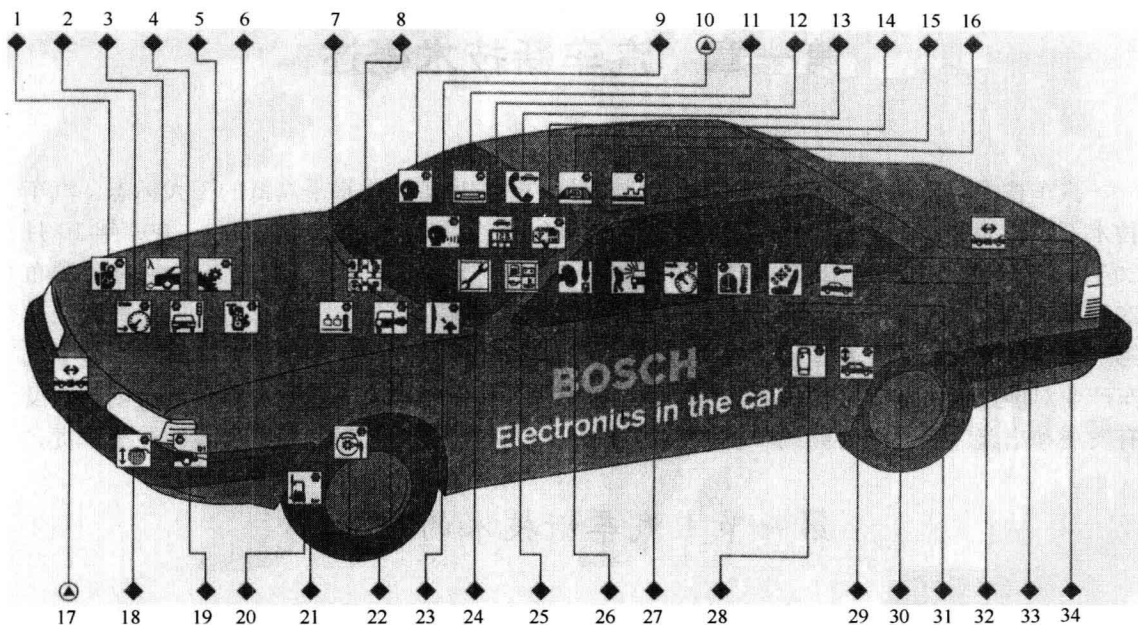


图 1-1 1992 年电控技术在德国汽车上的应用概况

- 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—控制器局域网; 9—声音复制;
10—声控操作 (将来用); 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—刮水与清洗控制;
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。

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在国内外轿车上都已普遍采用。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。

二、汽车轻量化技术的应用

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。

汽车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)。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,采用车载局域网来减少导线用量等。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、减少有害物质排放。

三、新能源汽车技术的应用

根据 2009 年 7 月 1 日起正式施行的工业和信息化部《新能源汽车生产企业及产品准入

管理规则》规定：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（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有害物质的排放量较小。

据 2010 年底统计，全球拥有液化石油气汽车超过 400 万辆、天然气汽车 100 多万辆。目前我国市场上在售的新能源汽车大都是混合动力汽车和纯电动汽车。

第二节 汽车新技术的发展

采用智能化和网络化的电控技术是 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，电控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。

一、汽车新技术的发展动因

近半个世纪以来，汽车新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控技术、汽车轻量化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控技术的发展。随着汽车油耗法规、排放法规、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（分立电子元件电路与集成电路）控制、微型计算机（简称微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。汽车电控技术的发展过程，大致经历了电子电路控制、微机控制和车载局域网控制三个阶段。

第一阶段（1953 年—1975 年）：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、数字时钟等。

第二阶段（1976 年—1999 年）：微机控制阶段，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、电控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、电控自动变速系统、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、电控门锁系统、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）对汽车电器与电控系统进行控制，目前国内外中高档轿车都已普遍采用 LAN 技术。国外采用 LAN 技术的轿车有奔驰、宝马、大众、保时捷、捷豹、劳斯莱斯等系列汽车。例如，在 BMW AG（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控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。

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 2 月，原油价格一直徘徊在每桶 110 美元。

在国际局势方面，2003 年 3 月 20 日爆发的伊拉克战争，2011 年 3 月 19 日爆发的利比亚战争等无不与能源直接相关。客观事实表明，能源问题不仅是汽车发展面临的突出问题，而且也是当今世界面临的重大政治问题。因此，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。

我国 21 世纪汽车工业科技的发展战略：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。

四、汽车电控技术的发展

汽车发动机电控技术是借鉴飞机发动机汽油喷射技术而诞生，并伴随电控技术的发展和汽车油耗法规、排放法规要求的逐步提高而发展到当今水平的。

（一）汽油机电控技术的发展

世界主要汽车公司汽油机电控系统的控制功能及其主要特征如表 1-1 所列。汽车发动机电控系统（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，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、数字时钟等。

表 1-1 世界主要汽车公司发动机电控系统 (EEC) 应用情况

年份/年	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

1957 年, 美国本迪克斯 (Bendix) 公司开始试用真空管电控系统, 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, 装在梅赛德斯—奔驰 (Mercedes-Benz) 220S 型轿车上。

1967 年, 德国博世公司研制成功 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、部分传感器和电控单元 (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 (Bosch) 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, 开创了电控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。德国博世公司便在 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、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控系统(EEC),并于同年装备在林肯(Lincoln)牌“凡尔赛”轿车上。

1978 年,美国福特公司在 EEC 系统的基础上,增加了空燃比反馈控制和怠速控制等控制内容,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,并于 20 世纪 80 年代又进一步改进发展成为 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、爆振、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控燃油喷射系统(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)。

汽车发动机电控系统(EEC 或 EECS)的发展已经历近 50 年历程。在 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,都已普遍采用电控技术。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,也都采用了电控技术。

（二）柴油机电控技术的发展

柴油机电控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控技术，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控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控系统采用了传感器、模拟电子电路和执行器组成的电控系统来代替控制喷油量的调速器，能够比较精确的控制柴油机的转速。

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）公司喷油定时可变量燃油喷射系统（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，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）研制成功，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（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上。

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，日本电装公司展出了配装 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，日本电装公司与丰田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才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为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。

德国博世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,博世公司开始与戴姆勒—奔驰公司合作研制高压共轨式电控柴油喷射系统。同年,博世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,博世公司与戴姆勒—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。当时依莱赛斯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名~900名工程技术人员专门从事电控共轨喷射技术研究,2002年—2003年,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(第一代电控喷油器),喷油压力提高到160MPa,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 1mm^3 以内。2009年,博世公司将喷油压力提高到了200MPa。

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(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160MPa~200MPa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功。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)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。

(三) 汽车电控技术发展趋势

汽车电控技术的发展趋势: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、电压倍增技术、网络通信技术和主动安全技术等,使汽车实现智能化和网络化,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个~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控系统乃至汽车整车的制造成本和减轻整车整备质量, 同时还可为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。汽车整车电控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, 提高汽车电控系统乃至汽车整车的可靠性。

6. 电压倍增技术

理论与试验证明: 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控部件的电流, 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控部件的功率, 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, 电控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 48V 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控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, 以及电控动力转向系统 (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 650m~750m 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 150m 的物体，最远只能照射到距车前方 300m~400m 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，它集自动空调系统于一体，可根据驾驶室内外温度、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。

五、新能源汽车技术发展

我国新能源汽车技术的研发方兴未艾，各大汽车集团都在积极推进，多数以混合动力客车为主，这种研发方向符合我国国情，有利于我国新能源汽车的研究与发展。东风集团的混合动力公交车已于 2005 年 7 月完成最终产品定型样车试验并通过验收；一汽集团研发的红旗 HQ3 于 2006 年投产；长安集团具有完全自主知识产权的羚羊混合动力汽车已出样车，其装备混合动力技术的长安 CV9 已经下线；奇瑞集团成立了国家节能环保汽车工程技术研究中心，2006 年下半年推出第一辆具有自主品牌的“BSG”混合动力汽车；吉利集团旗下的上海华普汽车已与同济大学汽车学院签署合作协议，预计在 2013 年完成混合动力轿车商业化生产；广州本田公司于 2006 年推出了国产雅阁混合动力汽车；上汽集团与通用集团签署协议联手开发混合动力轿车和公交客车。

新能源汽车作为未来汽车的主要发展方向，国家一向给予支持和鼓励。如《汽车产业发展政策》、《“十一五”汽车产业发展规划》等政策都一致鼓励清洁能源、代用燃料及汽车节油技术的发展。2009 年 2 月份，财政部、科技部发出的《节能与新能源汽车示范推广财政补助资金管理暂行办法》中提到，对使用铅酸电池和使用镍氢电池、锂离子电池两类的混合动力汽车进行补贴，每辆最高补贴额分别为 8 万元和 42 万元。2010 年 6 月发布的新能源车补贴以电池容量为确定补贴的唯一指标，铅酸电池完全被否定。前期的新能源汽车定义中包括铅酸电池的项目，而此次明确补贴的动力电池不包括铅酸电池，作为混合动力主力的镍氢电池也将很少补贴。由此可见，从政策层面看，采用锂离子电池和超级电容器作为新能源汽车的动力将是最大获益者。

（一）纯电动汽车技术的发展

纯电动汽车（Pure Electric Vehicle, PEV）又称为蓄电池电动汽车（Battery Electric Vehicle, BEV），简称电动汽车，是指采用电力驱动的汽车。驱动电力由电动机产生，有的