



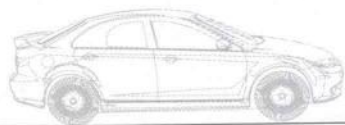
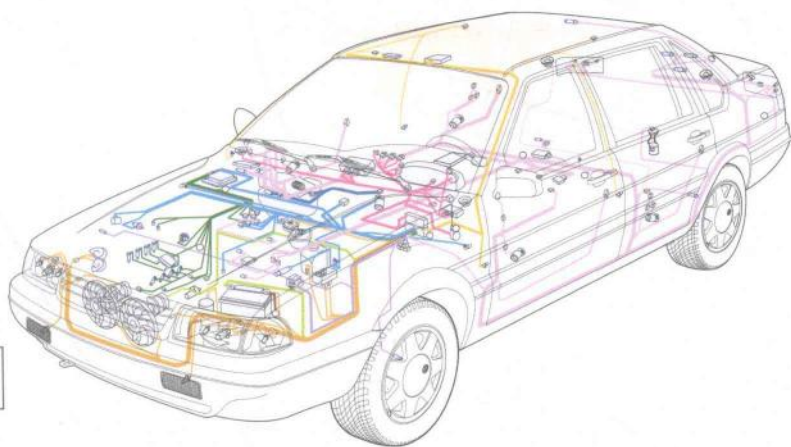
普通高等教育“十一五”国家级规划教材（本书第二版）  
普通高等教育汽车服务工程专业规划教材

（第三版）

# 汽车电子控制技术

Qiche Dianzi Kongzhi Jishu

舒 华 姚国平 主编  
李士生 王伟军 主审



人民交通出版社  
China Communications Press

本书第二版为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”

Qiche Dianzi Kongzhi Jishu  
汽车电子控制技术  
(第三版)

舒 华 姚国平 主 编  
李士生 王伟军 主 审

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家规划教材。全书共分十一章,主要介绍了汽车电控技术的应用与发展、汽油机电控喷油(EFI)、柴油机电控喷油(EDC)、汽油机点火控制(ECI)、汽车排放(AFC、FEC、EGR)、汽车行驶安全(ABS、EBD、EBA、ASR、VSC、SRS)、自动变速(ECT、CVT)、汽车巡航(CCS)、汽车悬架(EMS)、车载局域网(LAN)和电控系统故障诊断(OBD)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、汽车服务工程和车辆运用工程等专业教材,还可供其他汽车专业师生和从事汽车运输管理、汽车维修管理、汽车设计制造的工程技术人员以及汽车修理工、电工与驾驶员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车电子控制技术/舒华,姚国平主编.—3版.

—北京:人民交通出版社,2012.01

普通高等教育“十一五”国家级规划教材(本书第二版)

ISBN 978-7-114-09412-5

I. ①汽… II. ①舒… ②姚… 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(2011)第 208196 号

书 名: 汽车电子控制技术(第三版)

著 者: 舒 华 姚国平

责任编辑: 智景安

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 25.25

字 数: 620千

版 次: 2002年2月 第1版

2008年1月 第2版

2012年1月 第3版

印 次: 2012年1月 第3版 第1次印刷 总计第14次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09412-5

印 数: 39001-43000册

定 价: 48.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

## 《汽车电子控制技术》(第三版)编委会

主任委员:张 伟

副主任委员:李士生 腾立新 王伟军

委 员:舒 华 姚国平 曹会智 王印江 薛乃恩  
刘荣友 朱诗顺 刘增勇 马洪文 李文杰  
智景安 李晓峰 王 征

## 《汽车电子控制技术》(第三版)编写组

主 编:舒 华 姚国平  
编 委:肖云魁 徐友春 张 宪 李长安 李振兴  
张万刚 赵劲松 舒 展 王克才 王建龙  
白雪峰 范卫新 门 君 高艳章 李忠光  
王贤章 朱 愿 朱 峰 薛元飞 周 宇  
陈建勤 郑召才 刘 磊 张绪鹏 裴庆银  
许江枫 陈 适 巴 威 张芳凌 程旭东  
柴 怡 高永刚 张海涛

# 前 言

## Qianyan

伴随国家汽车产业发展政策的调整,我国汽车产业进入健康、持续、快速发展的轨道。在汽车工业大发展的同时,汽车消费主体日益多元化,广大消费者对高质量汽车服务的渴求日益增长,汽车厂商围绕提升服务质量的竞争业已展开,市场竞争从产品、广告层面提升到服务层面,这些发展和变化直接催生并推进了一个新兴产业——汽车服务业的发展与壮大。

当前,我国的汽车服务业正呈现出“发展快、空间大、变化深”的特点。“发展快”是与汽车工业本身的发展和社会汽车保有量的快速增长相伴而来的。“空间大”是因为我国的汽车普及率尚不够高,每千人拥有的汽车数量还不及世界平均水平的1/3,汽车服务市场尚有很大的发展潜力,汽车服务业将是一个比汽车工业本身更庞大的产业。“变化深”一方面是因为汽车后市场空前繁荣,蓬勃发展,大大拉长和拓宽了汽车产业链。汽车技术服务、金融服务、销售服务、物流服务、文化服务等新兴的业务领域和服务项目层出不穷;另一方面是因为汽车服务的新兴经营理念不断涌现,汽车服务的方式正在由传统的业务分离、各自独立、效率低下的模式,向服务主体多元化、经营连锁化、运作规范化、业务集成化、品牌专业化、技术先进化、手段信息化、竞争国际化的方向发展。特别是我国加入世贸组织后,汽车产业相关的保护政策均已到期,汽车服务业实现全面开放,国际汽车服务商快速进入,以上变化必将进一步促进汽车服务业向纵深发展。

汽车工业和汽车服务业的发展,使得汽车厂商和服务商对高素质的汽车服务人才的需求比以往任何时候都更为迫切,汽车服务业将人才竞争视作企业竞争制胜的关键要素。在这种背景下,全国高校汽车服务工程专业教学指导委员会(筹)顺应时代的呼唤,组织全国高校汽车服务工程专业的知名教授,编写了汽车服务工程专业规划教材。

本套教材总结了全国高校汽车服务工程专业的教学经验,注重以本科学生就业为导向,以培养综合能力为本位。教材内容符合汽车服务工程专业教学改革精神,适应我国汽车服务行业对高素质综合人才的需求,具有以下特点:

(1)本套教材是根据全国高校汽车服务工程专业教学指导委员会审定的教材编写大纲而编写,全面介绍了各门课程的相关理论、技术及管理知识,符合各



门课程在教学计划中的地位和作用。教材取材合适,要求恰当,深度适宜,篇幅符合各类院校的要求。

(2)教材内容努力做到由浅入深,循序渐进,并处理好了重点与一般的关系;符合认知规律,便于学习;条理清晰,文字规范,语言流畅,文图配合适当。

(3)教材努力贯彻理论联系实际的原则。教材在系统介绍汽车服务工程专业的科学理论与管理应用经验的同时,引用了大量国内外的最新科研成果和具有代表性的典型例证,分析了发展过程中存在的问题,教材内容具有与本学科发展相适应的科学水平。

(4)教材的知识体系完整,应用管理经验先进,逻辑推理严谨,完全可以满足汽车服务行业对综合性应用人才的培养要求。

《汽车电子控制技术》第一版和第二版是普通高等教育“十五”和“十一五”国家级规划教材,第三版在第二版的基础上修订而成。

在修订过程中,编写组根据国家级规划教材的编写要求和原教材的使用情况、征求了国内相关专业高等院校专家教授的意见与建议,重新修订了编写大纲,汇集了汽车电控系统迄今最新的研究成果,新增了柴油机电控喷油(EDC)技术、汽车废气再循环(EGR)技术、电控无级变速(CVT)技术及车载局域网(LAN)技术等内容。全书共11章,每章后面附有复习思考题,共计400余道。

《汽车电子控制技术》(第三版)由军事交通学院舒华教授和姚国平高级工程师主编,由赵劲松和舒展任副主编;军事交通学院李士生院长和军事交通运输研究所王伟军所长对全书进行了主审。参加编写工作的还有肖云魁、徐友春、张宪、李长安、李振兴、张万刚、王克才、王建龙、马洪文、李文杰、白雪峰、范卫新、门君、高艳章、李忠光、王贤章、朱愿、朱峰、薛元飞、周宇、陈建勤、郑召才、刘磊、张绪鹏、裴庆银、许江枫、陈适、巴威、张芳凌、程旭东、柴怡、高永刚、张海涛等。全书由舒华教授统稿。

本书编写过程中得到解放军总后军交部、总装通保部、海装舰技部、军事交通学院的大力资助和国内相关专业高等院校专家教授的热忱支持,在此一并表示感谢!

本书作为普通高等学校汽车服务工程专业的规划教材,将对汽车服务工程专业和相关专业(方向)的教学起到促进作用。此外,本书也可以作为国内汽车服务业就业群体学习提高和职工培训的教材或参考读物使用。

由于时间仓促,本套教材定有许多不足之处,敬请广大读者和同仁使用后批评指正,以便教材再版时修正。

全国高校汽车服务工程专业教学指导委员会(筹)

2011年8月

# 目 录

## Mulu

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| <b>第一章 汽车电控技术概述</b> .....       | 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.....              | 6   |
| 第四节 汽车电控系统的分类.....              | 12  |
| 思考题.....                        | 15  |
| 复习题.....                        | 16  |
| <b>第二章 汽油机电控喷油(EFI)技术</b> ..... | 17  |
| 第一节 汽油机电控喷油系统(EFI)的组成.....      | 17  |
| 第二节 汽油机电控喷油系统(EFI)的分类.....      | 21  |
| 第三节 电控喷油系统传感器的结构原理.....         | 27  |
| 第四节 汽车电控单元(ECU)的结构原理.....       | 58  |
| 第五节 电控喷油系统执行器的结构原理.....         | 64  |
| 第六节 汽油机电控喷油系统(EFI)控制.....       | 70  |
| 第七节 发动机怠速控制系统(ISCS).....        | 87  |
| 第八节 发动机断油控制系统(SFIS).....        | 95  |
| 思考题.....                        | 98  |
| 复习题.....                        | 100 |
| <b>第三章 柴油机电控喷油(EDC)技术</b> ..... | 102 |
| 第一节 柴油机电控喷油技术概述.....            | 102 |
| 第二节 柴油机电控喷油技术基础.....            | 106 |
| 第三节 位置控制式柴油喷射系统.....            | 109 |
| 第四节 时间控制式柴油喷射系统.....            | 117 |
| 第五节 高压共轨式柴油喷射(CRS)系统.....       | 125 |
| 思考题.....                        | 146 |
| 复习题.....                        | 147 |

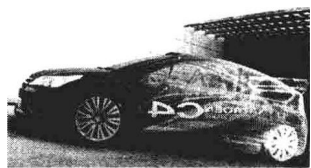


|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>第四章 汽油机点火控制(ECI)技术</b> .....      | 149 |
| 第一节 微机控制点火(MCI)系统 .....              | 149 |
| 第二节 汽油机爆震控制(EDCS)系统 .....            | 158 |
| 思考题 .....                            | 165 |
| 复习题 .....                            | 165 |
| <b>第五章 汽车排放电控技术</b> .....            | 167 |
| 第一节 汽车排放物的危害与控制对策 .....              | 167 |
| 第二节 空燃比反馈控制系统(AFC) .....             | 169 |
| 第三节 燃油蒸发排放控制系统(FEC) .....            | 176 |
| 第四节 废气再循环(EGR)控制系统 .....             | 178 |
| 思考题 .....                            | 182 |
| 复习题 .....                            | 182 |
| <b>第六章 汽车行驶安全电控技术</b> .....          | 184 |
| 第一节 防抱死制动系统(ABS) .....               | 184 |
| 第二节 制动力分配系统(EBD) .....               | 208 |
| 第三节 制动辅助系统(EBA/BAS/BA) .....         | 210 |
| 第四节 驱动轮防滑转调节系统(ASR/TCS/TRC) .....    | 211 |
| 第五节 车身稳定性控制系统(VSC/DSC/ESP) .....     | 220 |
| 第六节 安全气囊系统(SRS) .....                | 225 |
| 第七节 安全带紧急收缩触发系统(SRTS) .....          | 238 |
| 思考题 .....                            | 241 |
| 复习题 .....                            | 243 |
| <b>第七章 汽车电控自动变速(ECT/CVT)技术</b> ..... | 245 |
| 第一节 电控自动变速系统(ECT)的组成 .....           | 245 |
| 第二节 电控自动变速系统(ECT)的控制原理 .....         | 248 |
| 第三节 齿轮变速系统的结构原理 .....                | 251 |
| 第四节 液压控制系统的结构原理 .....                | 262 |
| 第五节 自动变速电控系统的结构原理 .....              | 273 |
| 第六节 电控自动变速器系统(ECT)实例 .....           | 278 |
| 第七节 电控无级变速(CVT)系统 .....              | 286 |
| 思考题 .....                            | 290 |
| 复习题 .....                            | 291 |



|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| <b>第八章 汽车巡航(CCS)电控技术</b> .....      | 293 |
| 第一节 汽车巡航电控系统(CCS)概述.....            | 293 |
| 第二节 汽车巡航控制系统(CCS)的结构原理.....         | 296 |
| 第三节 汽车巡航控制系统(CCS)的控制过程.....         | 302 |
| 思考题.....                            | 306 |
| 复习题.....                            | 307 |
| <b>第九章 汽车电控悬架(EMS)技术</b> .....      | 308 |
| 第一节 汽车电控悬架系统(EMS)的组成.....           | 308 |
| 第二节 车身高度电子控制系统.....                 | 310 |
| 第三节 悬架刚度电子控制系统.....                 | 315 |
| 第四节 悬架阻尼电子控制系统.....                 | 316 |
| 第五节 汽车电控悬架系统(EMS)实例.....            | 321 |
| 思考题.....                            | 325 |
| 复习题.....                            | 326 |
| <b>第十章 汽车车载局域网(LAN)技术</b> .....     | 327 |
| 第一节 车载局域网(LAN)的应用与发展.....           | 327 |
| 第二节 车载局域网(LAN)的构成与分类.....           | 332 |
| 第三节 控制器局域网(CAN).....                | 341 |
| 第四节 控制器局域网(CAN)应用实例.....            | 346 |
| 第五节 车载局域网(LAN)故障诊断与排除.....          | 351 |
| 思考题.....                            | 356 |
| 复习题.....                            | 357 |
| <b>第十一章 汽车电控系统故障诊断(OBD)技术</b> ..... | 358 |
| 第一节 故障自诊断系统(OBD)的组成与功能.....         | 358 |
| 第二节 汽车电控系统故障自诊断监测原理.....            | 361 |
| 第三节 汽车电控系统故障自诊断测试.....              | 364 |
| 第四节 汽车电控系统故障诊断与排除.....              | 380 |
| 思考题.....                            | 388 |
| 复习题.....                            | 389 |
| <b>附录一 各章选择题参考答案</b> .....          | 390 |
| <b>参考文献</b> .....                   | 391 |





## 第一章 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。

所谓技术,是指人类在利用自然和改造自然的过程中,积累起来并在生产劳动中体现出来的经验和知识,也泛指其他操作方面的技巧,如汽车电器技术、汽车电控技术和汽车维修技术等。知识是指人类在社会实践中积累起来的经验的总和,是人类认识自然、认识社会和认识自身的产物,如汽车电控知识、汽车维修知识等。

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,研究汽车电控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.672071885),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载货汽车面世。

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发动机控制、柴油发动机控制、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。

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。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 ~ 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;汽车应用防抱死制动技术,可在在湿滑或冰雪路面上的事故发生率降低 24% ~ 28%。

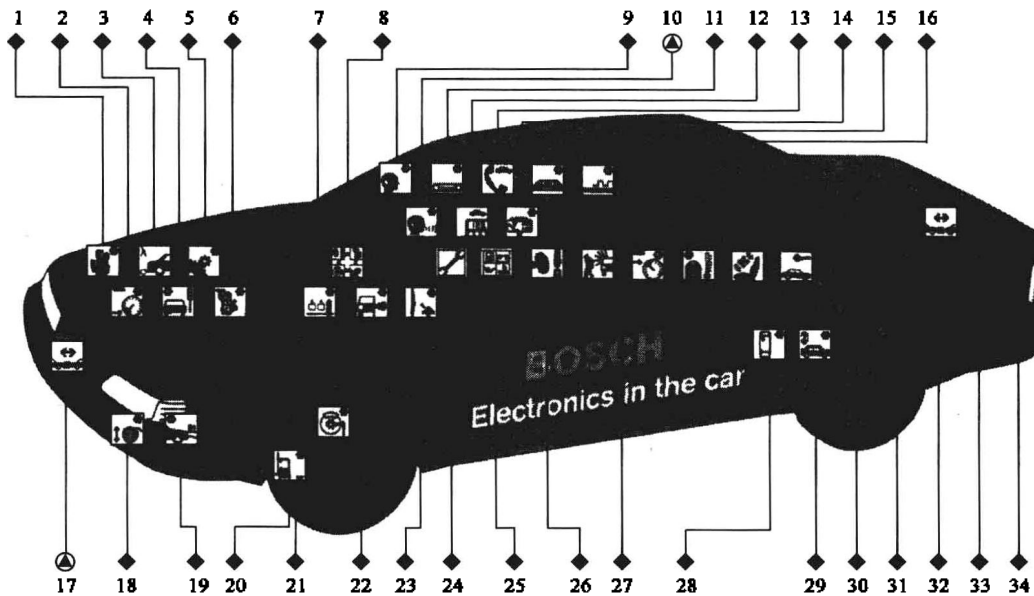


图 1-1 电子控制技术在汽车上的应用概况

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

21 世纪以来,国内外轿车已普遍采用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。在国内生产的中高档轿车上,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地涌现,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、排放和安全等问题方面,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、汽车电控技术发展的动因

汽车电控技术是汽车技术与电子技术结合的产物。近半个世纪以来,汽车电控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、汽车电控技术的发展过程

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,大致可分为电子电路控制、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、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(LAN, Local Area Network)对汽车电器与电子控制系统进行控制。国内外中高档轿车目前都已开始采用车载局域网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 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 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(MOST, Media Oriented System Transport)。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、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、汽车电控技术的发展趋势

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。

人类历史的脚步跨入 21 世纪以来,国际原油价格一路上扬,汽车发展面临的突出问题是能源消耗问题。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;2006 年 4 月,原油价格已经攀升到每桶 70 美元大关,到 2007 年 3 月,原油价格始终徘徊在每桶 60 美元左右。2007 年 10 月 18 日,纽约期货交易市场轻质原油价格每桶突破 90 美元;2008 年 1 月 2 日,在“金融危机”影响和国际资本的炒作下,原油价格每桶首次突破 100 美元大关,此后一路走低并在 70~80 美元之间徘徊;2011 年 5 月 3 日,伦敦布伦特原油价格上升到了每桶 125.25 美元。由此可见,能源问题如不严防防范,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。随着世界原油价格不断攀升以及汽车排放法规和安全法规要求的不断提高,汽车工业必须与时俱进,不断开发研制技术先进、性能优良的新型产品来满足能源消耗、环境保护、交通安全等政策和法规越来越严格限制的要求。

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汽车电控技术、研究新能源汽车技术和开发汽车轻量化技术,这也是我国汽车工业科技的发展战略。

#### 1. 汽车电控技术

汽车电控技术的发展日趋智能化和网络化。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。全球汽车传感器市场的年均增长率达 20%。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。

(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(ITS, Intelligent Traffic System)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、质量小、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,能够缩小体积,减小质量,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。2008年,欧盟国家已经开始实车应用42V电源电压技术。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、驱动线圈等就可缩短尺寸、减小质量。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。

(7)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。

车身动态综合管理系统(VDIM, Vehicle Dynamics Integrated Management System)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。

汽车速度与车距自动调节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节气门开度增大而加速。

车辆碰撞预警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。

红外夜视系统是一个利用红外探测技术,能在夜间探测到距车650~750m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300~400m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。

轮胎压力预警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接收器与监控器,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。

命,降低汽车燃油消耗。

驾驶环境控制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。

(8)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。

## 2. 新能源汽车技术

新能源汽车技术是指具有新型动力系统或燃用新型燃料的汽车技术。具有新型动力系统的汽车包括纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池汽车等;燃用新型燃料的汽车包括天然气汽车、液化石油气汽车、醇醚类燃料汽车、生物燃料汽车与合成燃料汽车等。

## 3. 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,能够减小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 A8 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。

# 第三节 汽车电控系统的组成

汽车电控系统是汽车电子控制系统的简称,是指由传感器、电控单元和执行元件组成的、能够提高整车性能的机电一体化控制系统。

汽车电控系统的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。

## 一、汽车电控系统的基本组成

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。汽车车型不同、档次不同,采用电子控制系统的多少也不尽相同。但是,汽车上每一个电子控制系统的基本结构都是由传感器(传感元件)与开关信号、电控单元(ECU, Electronic Control Unit)和执行器(执行元件)三部分组成,如图 1-2 所示,这是汽车电子控制系统的共同特点。

### (一) 传感器

传感器是将各种非电量(物理量、化学量、生物量等)按一定规律转换成便于传输和处理的另一种物理量(一般为电量)的装置。

传感器相当于人的眼、耳、鼻、口、舌。在汽车电子控制系统中,传感器的功用是将汽车

各部件运行的状态参数(各种非电量信号)转换成电量信号并输送到各种电控单元。

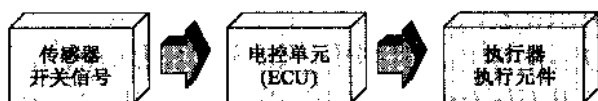


图 1-2 汽车电控系统的基本组成

车用传感器安装在汽车上的不同部位。汽车型号和档次不同,装备传感器的多少也不相同。有的汽车只有几只传感器(如发动机控制系统只有 6~8 只),有的汽车装备有 50 多只传感器。一般来说,汽车装备传感器越多,则其档次就越高。

按检测项目不同,汽车电子控制系统采用的传感器可分为以下几种类型。

(1)流量传感器。如发动机燃油喷射系统采用的翼片式、量芯式、涡流式、热丝式与热膜式空气流量传感器等。

(2)位置传感器。如发动机燃油喷射和微机控制点火系统采用的曲轴位置传感器(又称为发动机转速与曲轴转角传感器)、凸轮轴位置传感器、节气门位置传感器;电子调节悬架系统采用的车身位置(又称为车身高)传感器;信息显示系统和液面监控系统采用的各种液面位置(或高度)传感器;自动变速系统采用的换挡操纵手柄位置传感器;巡航控制系统采用的节气门拉线位置传感器;电子控制动力转向系统采用的转向盘转角传感器等。

(3)压力传感器。如发动机控制系统采用的进气歧管压力传感器、大气压力传感器、排气压力传感器、汽缸压力传感器;自动变速系统采用的燃油压力传感器;发动机爆震控制系统采用的爆震传感器等。

(4)温度传感器。如发动机冷却液温度传感器、进气温度传感器、排气温度传感器、燃油温度传感器;自动变速系统采用的自动传动液温度传感器;空调控制系统采用的车内温度传感器等。

(5)浓度传感器。如发动机控制系统采用的氧传感器;安全控制系统采用的酒精浓度传感器等。

(6)速度传感器。如防抱死制动系统采用的车轮速度传感器、车身纵向和横向加(减)速度传感器;发动机控制系统采用的转速传感器;发动机、自动变速以及巡航控制系统采用的车速传感器;变速器输入轴转速传感器以及输出轴转速传感器等。

(7)碰撞传感器。如辅助防护系统采用的滚球式、滚轴式、偏心锤式、压电式和水银式碰撞传感器等。

## (二)电控单元(ECU)

汽车电子控制单元简称电控单元,又称为汽车电子控制器或汽车电子控制组件,俗称“汽车电脑”。

电控单元是以单片微型计算机(即单片机)为核心所组成的电子控制装置,具有强大的数学运算、逻辑判断、数据处理与数据管理等功能。

电控单元是汽车电子控制系统的控制中心,其主要功用是分析处理传感器采集的各种信息,并向受控装置(即执行器或执行元件)发出控制指令。

## (三)执行器

执行器又称为执行元件,是电子控制系统的执行机构。执行器的功用是接受电控单元(ECU)发出的指令,完成具体的执行动作。



汽车电控系统不同,采用执行器的数量和种类也不相同。发动机燃油喷射系统的执行器有电动燃油泵和电磁喷油器;发动机怠速控制系统的执行器是怠速控制阀;燃油蒸气回收系统的执行器是活性炭罐电磁阀;微机控制点火系统的执行器有点火控制器和点火线圈;防抱死制动系统的执行器有两位两通电磁阀或三位三通电磁阀、制动液回液泵电动机;安全气囊系统的执行器是气囊点火器;座椅安全带收紧系统的执行器是收紧器点火器;自动变速系统的执行器有自动传动液液压油泵、换挡电磁阀和锁止电磁阀;汽车巡航控制系统的执行器有巡航控制电动机或巡航控制电磁阀等。

## 二、汽车发动机电控系统组成

发动机电子控制系统(EEC 或 EECs, Engine Electronic Control System)又称为发动机管理系统(EMS, Engine Management System),其主要功能是提高汽车的动力性、经济性和排放性能。随着汽车电控技术的发展,世界各大汽车公司或电子技术公司开发研制的发动机电控系统千差万别。控制系统的功能、控制参数和控制精度不同,采用控制部件(传感器、电控单元和执行器)的类型或数量也不尽相同。通过对各种控制部件进行不同的组合,便可组成若干个子控制系统。下面以上海桑塔纳 2000GSi、3000 型轿车发动机电控系统为例说明。

桑塔纳 2000GSi、3000 型轿车采用的莫特朗尼克(Motronic)M3.8.2 型发动机电子控制系统的组成如图 1-3 所示,结构原理如图 1-4 所示,控制部件安装位置如图 1-5 所示。

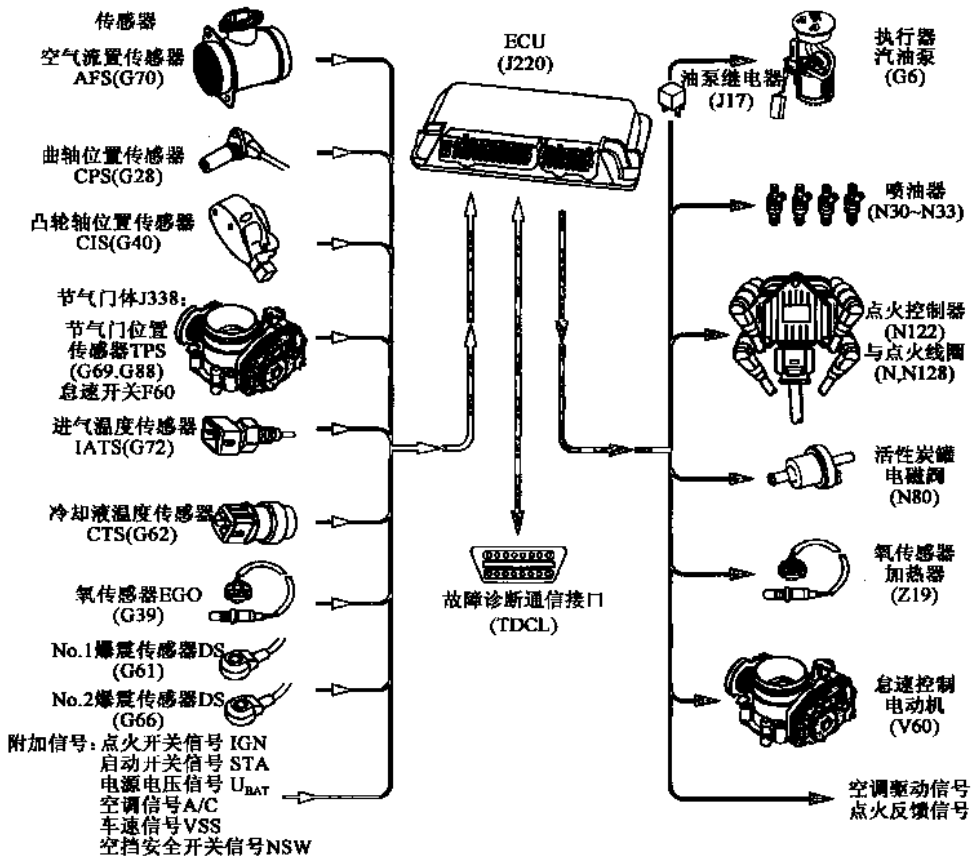


图 1-3 桑塔纳 2000GSi、3000 型轿车发动机电子控制系统的组成

(图中括号内代号 G70、G28 等为原厂维修资料代号)