



普通高等教育“十三五”汽车类规划教材

# 汽车电气及 电子控制系统

Automobile Electrical and  
Electronic Control Systems

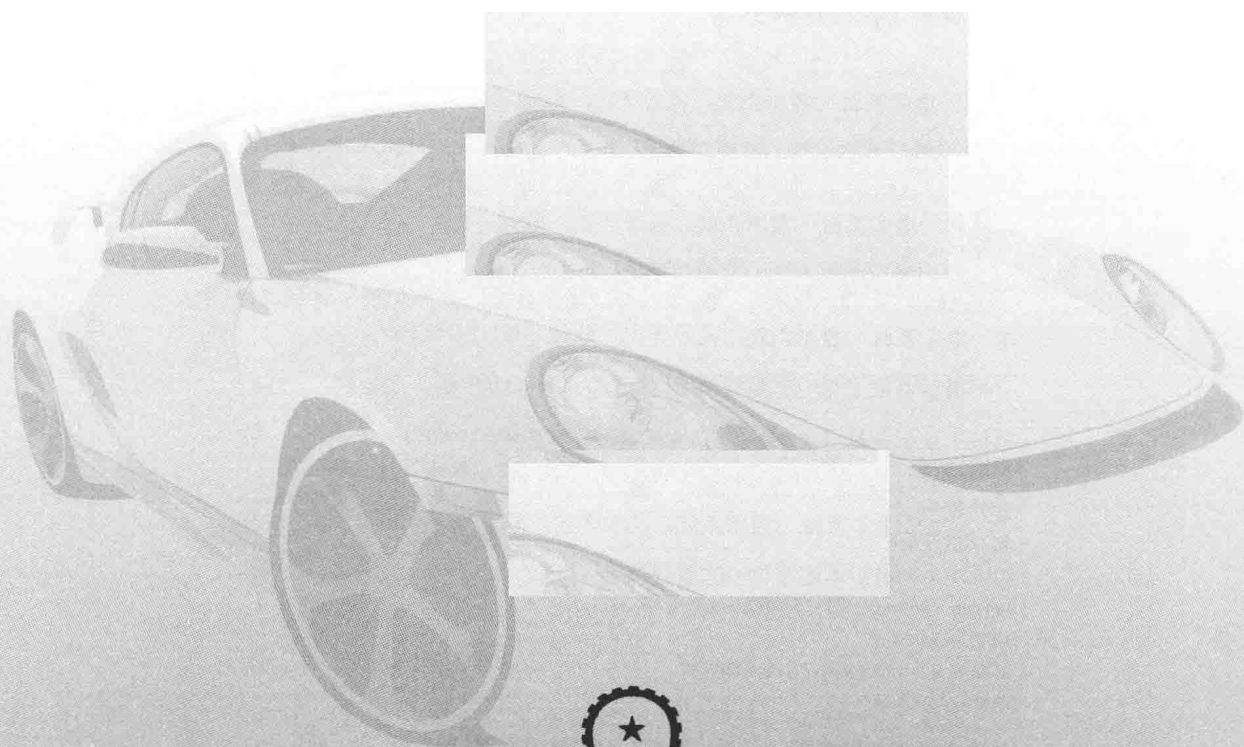
孙建民 周庆辉 ◎ 等编著



普通高等教育“十三五”汽车类规划教材

# 汽车电气及电子控制系统

孙建民 周庆辉 等编著  
殷国栋 主审



机械工业出版社

本书是根据普通高等教育车辆工程专业人才培养目标定位而编写的教材,在内容选取上注重对学生汽车整体结构体系的掌握与能力的培养,努力简化抽象、繁复的理论,强化汽车电气及电子系统的工作原理与结构特点,以满足理论教学和实践教学的需要。

本书与汽车构造知识体系相呼应,形成较为完整而清晰的汽车机电一体化系统格局。本书分两篇,共15章,第1篇为发动机电气及电子控制技术,包括7章,主要内容有:蓄电池、交流发电机及其调节器、起动机、汽油机电燃油喷射系统、电子点火系统和汽油机辅助控制系统,并以AJR型发动机电气及电子控制系统为例进行总结。第2篇为底盘与车身电气及电子控制技术,包括8章,主要内容有:电子控制自动变速器、汽车防抱死制动系统、汽车牵引力控制系统、电子控制悬架系统、汽车自动空调系统以及汽车照明、信号与仪表系统和辅助电气及电子控制系统,并通过汽车电气系统总线路对整车电气及电子控制系统进行总结。在内容组织过程中,本书力求注重理论与实际的结合,使读者在掌握理论知识的同时,打好实践基础。

本书可作为普通高等教育车辆工程、交通运输、汽车服务工程等专业教材,也可作为高等职业院校等相关专业的教学参考用书,还可供从事汽车设计制造、汽车使用与维修、汽车运输与管理等行业的工程技术人员参考。

本书配有教学课件(PPT),仅免费赠送给采用本书作为教材的教师,可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 下载,或联系编辑(tian.lee9913@163.com)索取。

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车电气及电子控制系统/孙建民等编著. —北京:机械工业出版社, 2016.7

普通高等教育“十三五”汽车类规划教材

ISBN 978-7-111-54207-0

I. ①汽… II. ①孙… III. ①汽车—电气设备—高等学校—教材②汽车—电子系统—控制系统—高等学校—教材 IV. ①U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第153569号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:宋学敏 责任编辑:宋学敏 李 然 版式设计:霍永明

责任校对:陈 越 封面设计:张 静 责任印制:常天培

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2016年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·21.25印张·482千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-54207-0

定价:45.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833 机工官网:[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线:010-88379649 机工官博:[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网:[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

封面防伪标均为盗版

金书网:[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

# 前言

随着我国经济发展的转型升级与国际竞争力的全面提高,培养创新能力强、能够适应我国经济建设和社会发展需要的工程技术人才,是各项事业长期稳定发展的重要保障。我国经济建设快速发展和人们生活水平的不断提高,促进了汽车保有量的大幅增加,带动了汽车工业和交通运输业的迅猛发展,汽车在国民经济的各个领域和社会生活中发挥着越来越重要的作用。随着汽车技术的发展,汽车电气及电子控制技术在汽车中占有日益重要的地位,其对于提高汽车动力性、经济性、安全性、可靠性、操纵稳定性、乘坐舒适性和降低排放等方面具有重要作用。汽车电气及电子控制技术是交通运输、车辆工程、汽车服务工程等专业重要的专业课程之一,对课程内容的理解与掌握直接影响汽车领域专业技术人员的理论与实践基础。

在高等工科教育“回归工程”和“能力导向”原则的指引下,各高校在专业建设过程中,都在研讨如何结合专业认证进行专业建设的深入改革。为此,许多高校都在进行人才培养方案与课程教学大纲的调整,其中课程改革与建设是新形势下人才培养的重要基础。汽车大结构的教学改革一直是车辆工程专业汽车方向教研人员关注的焦点,如何在教学中使学生尽快形成关于汽车结构清晰而完整的大知识体系,是汽车工程方向教学改革的一件大事。这需要对接有的“汽车构造”“汽车电器”“汽车电子控制技术”等课程进行研究,明确知识结构和各自的作用。

针对汽车大结构知识体系的形成,以机电系统知识体系为基础,借鉴“汽车构造”课程已形成的汽车大结构中机械系统的知识体系,将传统的“汽车电器”与现代的“汽车电子控制技术”有机结合,形成“汽车电气及电子控制系统”,作为汽车大结构中的电气系统,使汽车大结构体系更加科学化、条理化,有利于学生对汽车大结构的学习。

本书在注重结构基础知识的同时,力争反映当前汽车工程领域的先进成果。在汽车电气及电子控制系统结构介绍过程中,结合汽车电气系统的使用,适当加入实际车型的维护与检修内容,而不仅仅是对结构及工作过程的描述,以满足读者的实际需要。

全书分发动机电气及电子控制技术和底盘与车身电气及电子控制技术两篇。在第1篇中,主要介绍了蓄电池、交流发电机及其调节器、起动机、汽油机电子燃油喷射系统、电子点火系统和汽油机辅助控制系统等内容,最后,以典型AJR型电喷发动机系统的介绍作为总结,有利于对发动机电气及电子控制系统的整体把握。在第2篇中,主要介绍了电子控制自动变速器、汽车防抱死制动系统、汽车牵引力控制系统、电子控制悬架系统、汽车自动空调系统以及汽车照明、信号与仪表系统和辅助电气及电子控制系统等,最后,通过汽车电气系统总线路对整车电气及电子控制系统进行梳理。本书的选材及编写思路按照整体一局部一整体的逻辑关系,从读懂汽车电路出发,让学生掌握电气元件的工作和电子控制技术的工作



原理，再利用汽车电气系统总线路的知识将这些元件串联起来。本书突出工程应用能力的培养，注重理论与实际的结合，从而奠定学生汽车大结构中电气系统的理论与实践基础。

本书由孙建民、周庆辉等编著，由东南大学殷国栋教授主审。朱爱华、金涛涛参与编写了部分章节，孙建民对全书进行了统稿。

本书在编写过程中，得到了北京建筑大学机电与车辆工程学院各位领导、同事及韦智元、尹凤凤等同学的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！本书在编写过程中还参阅了大量国内外同行的专著、教材、文献资料等，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

|                          |   |
|--------------------------|---|
| 绪论 .....                 | 1 |
| 0.1 汽车发展面临的问题 .....      | 1 |
| 0.2 汽车电气及电子技术的发展现状 ..... | 3 |
| 0.3 汽车电气系统的特点 .....      | 4 |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| 0.4 汽车电气及电子系统分类 .....      | 5 |
| 0.5 汽车电气及电子控制系统的发展趋势 ..... | 8 |
| 思考与练习 .....                | 9 |

## 第 1 篇 发动机电气及电子控制技术

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第 1 章 蓄电池 .....          | 13 |
| 1.1 蓄电池的构造及型号 .....      | 13 |
| 1.2 蓄电池的工作原理及工作特性 .....  | 16 |
| 1.3 蓄电池的容量及其影响因素 .....   | 19 |
| 1.4 新型车用电池 .....         | 22 |
| 1.5 蓄电池的正确使用、维护和检查 ..... | 26 |
| 思考与练习 .....              | 28 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第 2 章 交流发电机及其调节器 .....         | 29 |
| 2.1 概述 .....                   | 29 |
| 2.2 交流发电机的构造 .....             | 30 |
| 2.3 交流发电机的工作原理 .....           | 35 |
| 2.4 交流发电机的工作特性 .....           | 38 |
| 2.5 交流发电机电压调节器 .....           | 40 |
| 2.6 交流发电机及其调节器的使用与<br>维护 ..... | 44 |
| 思考与练习 .....                    | 49 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第 3 章 起动机 .....       | 50 |
| 3.1 概述 .....          | 50 |
| 3.2 起动机的结构及工作原理 ..... | 51 |
| 3.3 起动机的特性 .....      | 58 |
| 3.4 起动机基本参数的确定 .....  | 59 |
| 3.5 典型起动机 .....       | 61 |
| 3.6 起动机的使用与维护 .....   | 67 |
| 思考与练习 .....           | 71 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第 4 章 汽油机电子燃油喷射系统 ..... | 72 |
| 4.1 概述 .....            | 72 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 4.2 空气供给系统 .....        | 78  |
| 4.3 燃油供给系统 .....        | 79  |
| 4.4 电子控制系统 .....        | 82  |
| 4.5 电控燃油喷射系统的控制原理 ..... | 98  |
| 思考与练习 .....             | 102 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第 5 章 电子点火系统 .....   | 104 |
| 5.1 概述 .....         | 104 |
| 5.2 电子点火系统结构 .....   | 107 |
| 5.3 电子点火系统控制原理 ..... | 114 |
| 思考与练习 .....          | 119 |

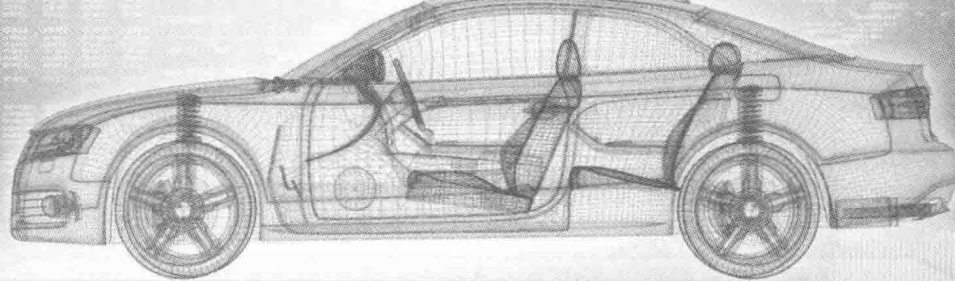
|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第 6 章 汽油机辅助控制系统 ..... | 120 |
| 6.1 怠速控制系统 .....      | 120 |
| 6.2 进气控制系统 .....      | 123 |
| 6.3 排放净化系统 .....      | 126 |
| 6.4 电子节气门系统 .....     | 129 |
| 思考与练习 .....           | 132 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 第 7 章 AJR 型发动机电气及电子<br>控制系统 .....      | 133 |
| 7.1 AJR 型发动机电控系统的组成 .....              | 133 |
| 7.2 AJR 型发动机电控系统的故障诊断与<br>排除 .....     | 134 |
| 7.3 AJR 型发动机燃油喷射系统主要元件<br>的结构与检修 ..... | 149 |
| 7.4 AJR 型发动机点火系统组件的检修 .....            | 158 |
| 思考与练习 .....                            | 161 |



## 第2篇 底盘与车身电气及电子控制技术

|                           |     |                           |     |
|---------------------------|-----|---------------------------|-----|
| 第8章 电子控制自动变速器 .....       | 165 | 12.1 概述 .....             | 234 |
| 8.1 概述 .....              | 165 | 12.2 汽车空调制冷系统 .....       | 237 |
| 8.2 自动变速器的结构与工作原理 .....   | 168 | 12.3 汽车采暖与通风系统 .....      | 241 |
| 8.3 自动变速器的电子控制系统 .....    | 173 | 12.4 汽车空调系统的自动控制与调节 ..... | 242 |
| 8.4 电子控制自动变速器的使用与维修 ..... | 180 | 12.5 汽车空调的检测与故障诊断 .....   | 248 |
| 思考与练习 .....               | 184 | 思考与练习 .....               | 250 |
| 第9章 汽车防抱死制动系统 .....       | 185 | 第13章 汽车照明、信号与仪表系统 .....   | 251 |
| 9.1 概述 .....              | 185 | 13.1 照明灯具 .....           | 251 |
| 9.2 ABS的结构组成 .....        | 189 | 13.2 信号系统 .....           | 256 |
| 9.3 ABS的工作原理 .....        | 197 | 13.3 仪表系统 .....           | 260 |
| 9.4 ABS的控制方法 .....        | 201 | 思考与练习 .....               | 267 |
| 9.5 ABS的使用与检修 .....       | 204 | 第14章 辅助电气及电子控制系统 .....    | 268 |
| 思考与练习 .....               | 206 | 14.1 电子控制动力转向系统 .....     | 268 |
| 第10章 汽车牵引力控制系统 .....      | 207 | 14.2 巡航控制系统 .....         | 275 |
| 10.1 概述 .....             | 207 | 14.3 安全气囊和座椅安全带 .....     | 285 |
| 10.2 TRC的结构组成 .....       | 207 | 14.4 汽车电子防盗系统 .....       | 294 |
| 10.3 TRC的工作原理与控制方式 .....  | 212 | 14.5 车载网络系统 .....         | 300 |
| 思考与练习 .....               | 219 | 思考与练习 .....               | 306 |
| 第11章 电子控制悬架系统 .....       | 220 | 第15章 汽车电气系统总线路 .....      | 308 |
| 11.1 概述 .....             | 220 | 15.1 汽车电路图的表达方法 .....     | 308 |
| 11.2 电子控制悬架系统的工作原理 .....  | 221 | 15.2 汽车全车线路 .....         | 314 |
| 11.3 主动悬架系统的组成部件 .....    | 226 | 15.3 汽车电路分析 .....         | 324 |
| 11.4 电子控制悬架系统的检修 .....    | 230 | 思考与练习 .....               | 331 |
| 思考与练习 .....               | 233 | 参考文献 .....                | 332 |
| 第12章 汽车自动空调系统 .....       | 234 |                           |     |



# 绪论

汽车是十九世纪人类最伟大的发明之一，一百多年来人类为发展汽车技术和汽车工业倾注了大量的聪明才智，使汽车这一产品日趋完善。在现代社会里，汽车已渗透到人类生活的各个方面，换句话说汽车已经成为人类密不可分的朋友。汽车改变了人们的生活结构，大大提高了人们的生活质量。

近年来，随着电子计算机技术和信息技术的飞速发展，汽车智能化控制技术及控制系统不断出现。汽车电子控制技术又称为汽车电子技术，是以微电子技术、电气技术、新材料和新技术为基础，以解决汽车能源、环境保护和交通安全等社会问题为目的，旨在提高汽车动力性、经济性、安全性、舒适性、通过性与排放等性能的新技术。

## 0.1 汽车发展面临的问题

汽车在造福人类的同时，也带来了能源短缺、排气污染与噪声污染、交通堵塞与交通事故等一系列的社会问题。因此，汽车工业必须与时俱进，不断开发研制技术先进、性能优良的汽车产品，才能满足越来越严格的环境保护、交通管理等政策和法规的要求。

汽车能源、环境保护和交通安全依然是 21 世纪全世界关注的三大课题。目前，内燃机汽车的发展正面临着严峻的挑战。

### 1. 能源问题

21 世纪是高科技、高技术的时代，随着汽车工业、国防工业、化学工业、冶金工业和机械工业的高速发展，人类将面临十分严峻的能源短缺挑战。图 0-1 所示为全球可用能源与能源消耗情况示意图。由图可见，全球石油和煤炭等主要能源在逐年减少，最终必将耗尽。因此，能源问题已经成为当今

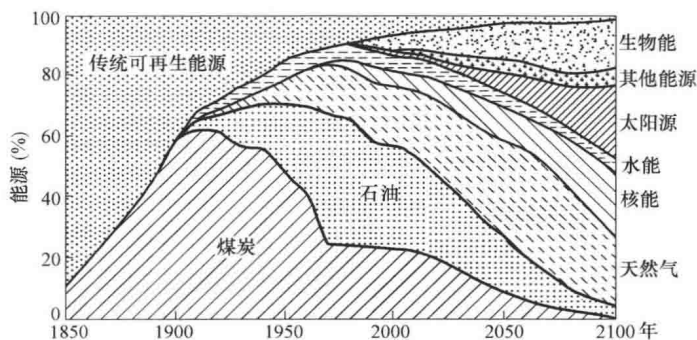


图 0-1 全球可用能源与能源消耗情况示意图



世界上最受关注的社会问题之一。

### 2. 环境保护问题

目前,环境保护已经成为人类社会可持续发展战略的核心问题。环境保护问题既是影响世界各国能源决策和科技导向的关键因素,同时也是促进能源科技发展的巨大动力。目前的能源体系已无法适应未来社会对高效、清洁、经济、安全的能源体系的要求,能源发展正面临着巨大的挑战。

地球上的“温室效应”与能源的生产、消费密切相关。导致温室效应的原因一半以上是来自全球目前的能源体系,即含碳化石燃料燃烧后所释放的二氧化碳。这类燃料所提供的能量约占世界能源总量的 $4/5$ ,而且目前每年仍以 $3\%$ 的幅度持续增长。由此可见,提高能源的利用率和发展替代能源必将成为影响世界发展的重要课题。

各种燃料在通过燃烧产生能量时,必然会产生各种各样的燃烧废气,石油和石油制品、人工合成材料、液化天然气、煤炭等在燃烧后,除了产生大量的水蒸气( $H_2O$ )和二氧化碳( $CO_2$ )之外,还会产生一氧化碳( $CO$ )、氮氧化物( $NO_x$ )、碳氢化合物( $HC$ )、二氧化硫( $SO_2$ )、光化学烟雾和铅微粒等各种各样的有害排放。

内燃机汽车的噪声主要是燃烧噪声以及进气和排气过程中气体的空气动力性噪声。这些噪声随汽车行驶而存在于车辆驶过的环境中,且具有很广的影响范围。即使采取了降噪措施,但由于汽车数量太大,噪声对周围环境的污染仍然十分严重。汽车产生的噪声对人类生活影响很大,特别是在大城市中,汽车产生的噪声几乎 $24h$ 都不停息,给城市居民的生活、休息和睡眠带来极大影响。

地球是人类赖以生存和发展的地方。然而,地球环境长期以来一直遭受着多种产业和交通工具污染的威胁。其中,汽车工业与汽车对环境的排放与噪声污染是一个重要方面。

### 3. 交通安全问题

据世界卫生组织统计,全世界一年内死于车祸的人数约为125万人。我国2014年发生道路交通事故约为16万次,死亡34292人,经济损失超过8亿人民币,每万辆汽车死亡人数约为2.2人。

交通事故造成了巨大的生命财产和经济损失,已经发展成为社会公害。汽车交通安全与车辆、人员、环境(道路、设施等)及法制(交通规则、制度及法律等)有关。正因如此,早在1966年美国就制定和颁布了有关交通安全标准与安全规范。欧洲与日本于1970年联合实施了汽车安全试验计划ESV(Experimental Safety Vehicle)。自20世纪90年代以来,随着各国汽车拥有量的迅速增加,对安全问题也更加重视,开展了多方面的研究开发工作,并取得了不少成果。例如,日本日产汽车公司在1996年的东京汽车展览会上,展出了一辆高级安全汽车ASV(Advanced Safety Vehicle),该车采用了12项有关安全的科技成果。世界各国开展的交通安全工作,大大减少了交通事故与伤亡人数。

综上所述,内燃机汽车的发展正面临着能源、环保和安全的严峻挑战。就目前技术水平而言,解决上述问题的有效途径主要体现在以下几方面:

- 1) 采用电子控制技术,提高汽车整体性能。
- 2) 不断实施更严格的油耗、排放和安全法规。
- 3) 开发利用新能源,使用替代燃料。



#### 4) 开发电动汽车和混合动力汽车。

## 0.2 汽车电气及电子技术的发展现状

汽车电气设备 (electrical device) 是汽车的重要组成部分之一, 其性能的好坏直接影响汽车的动力性、经济性、可靠性、安全性、舒适性及排放。例如, 为使汽车发动机获得最高的经济性, 需设计点火系统在最适当的时间点火; 为使发动机可靠起动, 需采用电力起动机; 为保证汽车工作可靠、行驶安全, 需利用各种指示仪表、信号装置和照明灯具等电气系统。

多年来, 汽车电气设备一直在汽车上发挥着重要的作用, 并将继续发挥其应有的作用。基础电气设备将向提高品质、提高性能的方向发展, 辅助电气系统将向进一步拓展种类、扩大应用范围的方向发展。

汽车电子控制技术在提高汽车动力性、燃油经济性、安全可靠性、乘坐舒适性, 改善汽车尾气排放和噪声控制, 推进汽车及交通智能化等方面发挥着不可替代的作用。目前, 汽车电子控制技术已成为衡量汽车技术发展水平的重要指标。

电子控制技术的飞速发展和汽车节能、安全、排放等方面相关法规的建立, 是汽车电子控制技术形成与发展的两大主要因素。汽车电子控制技术的形成和发展过程可分为三个阶段。

第一阶段 (20 世纪 60 年代中期 ~ 70 年代末), 即汽车电子控制技术萌芽及初级发展阶段。其主要特点是改善汽车单个零部件的性能, 比较有代表性的技术有电子收音机、发电机硅整流器、电压调节器、晶体管无触点电子点火和电子控制燃油喷射等。

第二阶段 (20 世纪 70 年代末 ~ 90 年代中期), 即汽车电子控制技术的大发展阶段。这时开始出现具有一定综合性的汽车电子控制系统, 大规模集成电路和超大规模集成电路技术的快速发展 (导致电子控制装置小型化) 和自动控制理论的引入, 使汽车电子控制技术基本成熟, 并逐渐向汽车的其他组成部分拓展。这一阶段的代表性技术有发动机电子控制系统、自动变速器、防抱死制动系统、电控悬架、电控转向、电子仪表和影音娱乐设备等。

而在第三阶段 (20 世纪 90 年代中期至今), 电子装置已成为汽车设计中必不可少的组成。20 世纪 90 年代以后, 汽车电子控制技术进入广泛应用阶段, 几乎渗透到了汽车的各个组成部分。汽车电子控制技术成为提高和改善汽车性能的主要途径。在此期间, 各种控制系统的功能进一步增强, 性能更加完善, 主要体现在以下几方面:

(1) **动力控制方面** 在发动机管理系统 (Engine Management System, EMS) 的基础上, 增加了变速器控制功能, 扩展为动力传动控制系统 (Powertrain Control Module, PCM)。

(2) **汽车主动安全控制方面** 在防抱死制动系统 (Anti-lock Braking System, ABS) 的基础上, 增加了牵引力控制系统 (Traction Control System, TCS, 也称为 TRC) 和驱动防滑系统 (Acceleration Slip Regulation, ASR) 控制功能。

(3) **车辆稳定性控制方面** 出现了车辆稳定性控制系统 (Vehicle Stable Control, VSC)、强化车辆稳定性系统 (Vehicle Stable Enhance, VSE) 以及智能悬架控制系统。

(4) **被动安全控制方面** 发展了主动安全带和安全气囊的综合控制技术。



(5) 改善驾驶人劳动强度和保障行车安全方面 在传统巡航控制系统的基础上, 开发出智能巡航控制, 即自适应巡航控制 (Adaptive Cruise Control, ACC), 控制内容包括防抱死制动、牵引力控制及车辆稳定性控制等。驾驶人即使没有踩制动踏板, ACC 也能在必要的时刻自动完成汽车制动操作, 以保证安全。

此外, 在汽车内部环境的人性化设计、无线网络通信技术、防盗报警系统和车载防撞雷达等电子装置方面, 都得到了进一步的开发和应用。

以控制器局域网 (Controller Area Network, CAN) 为代表的总线技术 (Data Bus) 技术在此期间有了很大的发展。CAN 总线将各种汽车电子控制系统连接成车载网络。在车载网络中, 各控制装置独立运行, 完成各自的控制功能。同时, 还可以通过通信线为其他控制系统提供数据服务, 实现信息共享。以大规模集成电路和控制器局域网为特征的、多学科综合的汽车电气及电子控制技术, 是第三阶段的突出特征。

## 0.3 汽车电气系统的特点

汽车电气系统简要构成, 如图 0-2 所示。其具有以下特点:

(1) 双电源 在汽车电气系统中, 采用两个电源, 即蓄电池和交流发电机。两者相互配合, 协同工作, 即使是在极端条件下 (如发电机损坏不发电), 仅由蓄电池供电, 汽车也能行驶一定里程。

(2) 低电压 汽车电气系统的额定电压有 6V、12V、24V 三种。汽油机汽车普遍采用 12V 电源, 柴油机汽车多采用 24V 电源, 摩托车采用 6V 电源。对于汽车运行中的实际工作电压, 12V 系统一般为 14V 左右, 24V 系统为 28V 左右。

(3) 直流供电 现代汽车发动机是靠电力起动机起动的, 起动机又需电池供电, 而向蓄电池充电又必须用直流电源, 所以汽车电气系统采用直流系统。虽然交流发电机发出的是交流电, 但会经整流器整流, 变成直流电后才供给全车用电。

(4) 单线制 单线制也称为单线连接, 是汽车电路的突出特点之一, 它是指汽车上所有电气设备的正极均采用导线相互连接, 而负极则直接或间接通过导线与金属车架或车身的金属部分相连, 即搭铁。任何一个电路中的电流都是从电源的正极出发, 经导线流入用电设备后, 再由电气设备或负极导线搭铁, 通过车架或车身流回电源负极从而形成回路。

(5) 负极搭铁 蓄电池的负极接金属车架或金属车身称为负极搭铁, 蓄电池的正极接金属车架或金属车身称为正极搭铁。如果单纯从构成电流回路的层面来说, 汽车既可以采用负极搭铁, 也可以采用正极搭铁。早期汽车上曾广泛采用正极搭铁, 但经研究表明, 采用负极搭铁对车架或车身金属的化学腐蚀较轻, 对无线电干扰小, 且对点火系统的点火电压要求

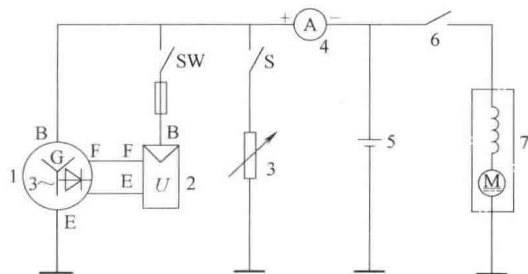


图 0-2 汽车电气系统

1—发电机 2—调节器 3—用电设备 4—电流表  
5—蓄电池 6—起动开关 7—起动机



也低,更有利于火花塞跳火。因此,目前包括我国在内的所有国家都已规定汽车电路统一采用负极搭铁。

**(6) 并联连接** 各用电设备均采用并联连接,汽车上的两个电源(蓄电池与发电机)之间以及所有用电设备之间,都是正极接正极,负极接负极,即并联连接。因此,当某一支路用电设备损坏时,并不影响其他支路用电设备的正常工作。

**(7) 设有保险装置** 为了防止因电源短路(相线搭接)或电路过载而烧坏线束,电路中一般都设有保护装置,如熔断器(短路保护)、易熔线(过载保护)等。

**(8) 低压导线有颜色和编号特征** 为了便于区分各电路的连接,汽车所有低压导线必须选用不同颜色的单色或双色线,并在每根导线上编号,编号由生产厂家统一规定。

**(9) 由相对独立的子系统组成** 汽车电路由相对独立的子系统组成,全车电路一般包括以下几个电路系统。

1) 电源电路。由蓄电池、发电机、电压调节器及工作状态指示装置(如电流表、充电指示灯)等组成。

2) 起动电路。由起动机、起动继电器、起动开关及起动保护装置等组成。

3) 点火电路。由点火线圈、分电器、电子点火器、火花塞及点火开关等组成。

4) 照明信号电路。由前照灯、雾灯、示宽灯、转向灯、制动灯、倒车灯、电喇叭及控制继电器和开关等组成。

5) 仪表报警电路。由仪表、传感器、各种警告灯、指示灯及控制器等组成。在高端汽车上,仪表报警已发展成为仪表信息系统。

6) 辅助装置电路。由为提高车辆安全性、舒适性、经济性等各种功能的电气系统组成。因车型不同差异较大,一般包括风窗刮水清洗系统、风窗除霜防雾系统、音响系统、车窗电动升降系统、电动座椅调节系统及中央电控门锁等。

## 0.4 汽车电气及电子系统分类

汽车电气及电子系统可分为汽车电气系统和汽车电子控制系统两大部分。

### 0.4.1 汽车电气系统

汽车电气系统主要由供电系统、用电设备、检测系统和配电系统四部分组成。

#### 1. 供电系统

供电系统包括蓄电池、发电机及其调节器和其他能源提供设备等。发电机是主电源,蓄电池是辅助电源,二者并联工作。发电机配有电压调节器,其主要作用是在发电机转速和负荷变化时,自动调节发电机电压,使之保持稳定。

随着现代科技的发展和石油资源危机的不断加深,在汽车上使用的能源也变得多种多样,如太阳能、氢能等,这些能源的使用使汽车供电系统的体系结构发生了变化,系统设备不断增加,系统也变得越来越复杂。

#### 2. 用电设备

汽车上的用电设备大致可分为以下几种:



(1) **起动系统** 该系统主要是指起动机，其任务是起动发动机。

(2) **电子点火系统** 该系统包括电子点火系统的全部组件，其作用是产生高压电火花，点燃汽油机气缸内的可燃混合气。

(3) **照明与显示系统** 该系统包括车内外各种照明灯以及保证夜间安全行车所需的灯光，其中以前照灯最为重要。电子仪表为驾驶人提供汽车行驶时最基本的操作信息，如车速、发动机转速、机油温度、冷却液温度和行驶里程等。这些信息都显示在仪表板上，以供驾驶人员及时了解汽车的工作情况。

(4) **信号系统** 该系统包括喇叭、闪光灯、蜂鸣器及各种信号灯，主要用来保证车辆运行时的人车安全。

(5) **附属电气设备** 附属电气设备包括电动刮水器的电动机、风窗洗涤电动泵式喷水器、低温起动电热塞、电磁喷油器和电加热器、空调器电磁离合器和风机、玻璃升降电动机、座椅调节电动机、音响设备、喇叭、防盗报警装置的报警喇叭、灯光以及点烟器、倒车雷达等。为适应舒适、娱乐、安全保障的需求，附属电气设备的数量和类型还在增加。

### 3. 检测系统

检测系统包括各种电器检测仪表和检测传感器，如电流表、电压表、机油压力表、温度表、燃油表、车速里程表、发动机转速表和自检系统，用来监视发动机和其他系统的工作情况。

### 4. 配电系统

配电系统包括中央配电盒、电路开关、保险装置、插接器和导线等。

## 0.4.2 汽车电子控制系统

根据汽车的总体结构，汽车电子控制系统分为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三个部分。

### 1. 发动机电子控制系统

发动机电子控制系统包括燃油喷射控制、点火时间控制、怠速运转控制、废气再循环控制、发动机爆燃控制、减速性能控制以及自诊断系统、后备系统等。发动机电子控制系统能最大限度地提高发动机的动力性，改善发动机运行的经济性，同时尽可能降低汽车尾气中有害物质的排放量。

(1) **发动机燃油喷射控制系统** 能够随时根据检测到的发动机基本负荷状态、冷却液温度、进气温度、进气量、节气门位置、发动机转速、汽车速度以及空调负荷等情况，通过电控单元确定最适宜的燃油喷射量和喷射时刻，以获得尽量低的燃油消耗率和良好的工作稳定性、适应性及排放性能。

(2) **最佳点火提前角控制系统** 使发动机在不同转速和进气量等条件下，实现最佳点火提前角，使发动机产生最大的功率或转矩，同时将油耗和排放降到最低限度。该系统分为开环和闭环控制两种方式，闭环控制是在开环控制的基础上，增加1个爆燃传感器进行反馈控制。

(3) **最佳空燃比控制系统** 通过有效控制可燃混合气的空燃比，使发动机在各种工况



及有关因素的影响下,空燃比可达到最佳值,从而实现提高功率、降低油耗、减少排气污染等功效。该系统有开环和闭环控制两种方式,闭环控制是在开环控制的基础上,在一定条件下,由电控单元根据氧传感器检测的混合气(空燃比)信号,修正燃油供给量,使混合气空燃比保持在理想状态。

**(4) 废气再循环系统(EGR)** 将一部分排气废气引入进气侧的新鲜混合气中,以抑制发动机有害气体(氮氧化物 $\text{NO}_x$ )的生成。该系统能根据发动机的工况,适时地调节废气再循环的流量,以减少排气中的有害气体 $\text{NO}_x$ 。这是一种排气净化的有效手段。

**(5) 怠速控制系统(ISC)** 根据发动机冷却液温度及其他有关参数(如空调开关信号、动力转向开关信号等),使发动机的怠速处于最佳状态。

除上述电子控制系统外,在发动机中部分实现电子控制的系统还涉及电动燃油泵、发电机输出、冷却风扇、发动机排量、节气门正时、二次空气喷射、发动机增压、油气蒸发及系统自诊断等,这些电子控制系统在不同类型的汽车上得到或多或少的采用。

## 2. 底盘电子控制系统

底盘电子控制系统包括防抱死制动控制、牵引力控制、变速器电子控制、悬架控制、动力转向控制和四轮转向控制等。

**(1) 汽车ABS和TRC** ABS可以防止汽车制动时车轮被抱死而产生侧滑,提高车辆的行驶稳定性和操纵性。TRC是用来防止汽车起步和加速时驱动轮打滑,从而使车辆在起步或加速时的操纵性和稳定性均处于最佳状态。

**(2) 变速器电子控制** 通过对节气门开度和车速的检测,由微机根据换档特性和换档规律,精确控制变速比,使其达到最佳档位。变速器电子控制与机械系统相比,动力传动精度提高,控制机构更加简单,并且能够改善汽车的燃油经济性和操纵性,提高变速器的传动效率。

**(3) 悬架控制** 根据不同的路面状况和车辆运行工况,自动控制车身高度,及时改变悬架的刚度和阻尼,以提高汽车的行驶稳定性和平顺性。

**(4) 动力转向控制** 根据车速、转向角、转矩等传感器信号,自动控制施加在转向盘上的转向力,使汽车在停车或低速行驶时转动转向盘所需的力减小,而汽车在高速行驶时所需的力增大,即在各种行驶条件下实现转向盘所需的力都是最佳值。

**(5) 四轮转向控制** 它可以使驾驶人能对汽车前后四个车轮进行转向操纵,改善车辆行驶时转向的灵活性,提高高速行驶时的稳定性和可控制性。

## 3. 车身电子控制系统

车身电子控制系统包括车用空调控制、车辆信息显示、风窗玻璃的刮水器控制、灯光控制、汽车门锁控制、电动车窗与电动后视镜控制、电动座椅控制、安全气囊与安全带控制、防盗与防撞安全系统、巡航控制系统、汽车音响系统控制、车内噪声与通风控制以及汽车内部和汽车与外界进行信息传输的各种系统和设备(如多路信息传输、汽车导航、蜂窝式移动电话)等。

根据控制功能,汽车电子控制系统可分为动力性、安全性、舒适性和娱乐信息控制四种类型,其控制系统及主要控制项目见表0-1。



表 0-1 汽车电子控制系统及其主要控制项目

| 类型     | 电子控制系统名称       | 主要控制项目                                        |
|--------|----------------|-----------------------------------------------|
| 动力性控制  | 电子控制燃油喷射 (EFI) | 喷油量(喷油时间),喷油时刻,燃油泵,燃油停供                       |
|        | 电子控制点火(ESA)    | 点火时刻,通电时间,防止燃爆                                |
|        | 怠速转速控制(ISC)    | 空调接通与切断,变速器挂档,动力转向泵接通与切断                      |
|        | 排放控制           | 废气再循环(EGR),空燃比反馈控制,活性炭罐电磁阀控制,CO控制(VAF),二次空气喷射 |
|        | 进气控制           | 进气引导通路切换,涡轮控制阀                                |
|        | 增压控制           | 泄压阀,废气涡轮增压                                    |
|        | 自诊断测试与失效保护控制   | 故障报告,存储故障码,部件功能测试,传感器与执行器失效保护                 |
|        | 电子控制变速(ECT)    | 发动机输出转矩,液力变矩器锁止时机,变速器换档时机,电磁阀和传感器失效保护         |
| 安全性控制  | 防抱死制动控制        | 车轮制动力、滑移率                                     |
|        | 牵引力控制          | 发动机输出转矩,驱动轮制动力,差速器锁止                          |
|        | 安全气囊控制         | 气囊点火器点火时机                                     |
|        | 座椅安全带收紧装置      | 收紧器点火器点火时机                                    |
|        | 动力转向控制         | 控制助力油压、气压或电动机电流                               |
|        | 雷达车距控制         | 车距、报警、制动                                      |
|        | 前照灯灯光控制        | 焦距、光线角度                                       |
|        | 安全驾驶控制         | 驾驶时间,转向盘状态,驾驶人脑电图、体温和心率                       |
|        | 防盗控制           | 报警、遥控锁门,数字密码点火开关,数字密码门锁,转向盘自锁                 |
|        | 电子仪表           | 汽车状态显示                                        |
|        | 中央门锁控制         | 门锁遥控,行驶自锁,玻璃升降                                |
| 舒适性控制  | 悬架控制(EMS)      | 车身高度,悬架刚度,悬架阻尼,车身姿态(点头、侧卧、俯仰)                 |
|        | 巡航控制(CCS)      | 车速、安全(解除巡航状态)                                 |
|        | 空调控制           | 制冷、取暖                                         |
|        | 电动座椅控制         | 方向(向前、向后),高低(向上、向下)                           |
|        | CD 音响          | 娱乐                                            |
| 娱乐信息控制 | 交通信息显示         | 交通信息、电子地图                                     |
|        | 车载电话           | 通信联络                                          |
|        | 车载计算机          | 车内办公                                          |

## 0.5 汽车电气及电子控制系统的发展趋势

### 1. 控制系统集成化

将发动机管理系统和自动变速器控制系统集成为动力传动系统的综合控制(PCM);将防抱死制动系统(ABS)、牵引力控制系统(TRC)和防滑控制系统(ASR)综合在一起进



行制动控制；通过中央底盘控制器，将制动、悬架、转向、动力传动等控制系统通过总线进行连接。控制器通过复杂的控制运算，对各子系统进行协调，将车辆行驶性能控制在最佳水平，形成一体化底盘控制系统（Unified Chassis Control, UCC）。

## 2. 信息传输网络化

由于汽车上的电子装置数量急剧增多，为了减少连接导线的数量，网络、总线技术有了很大的发展。例如，使用了网络，简化了布线，减少了电气节点的数量和导线的用量，同时也增加了信息传送的可靠性。

利用总线技术将汽车上各种电控单元、智能传感器、智能仪表等连接起来，从而构成汽车内部的控制器局域网，实现各系统间的信息资源共享。

## 3. 汽车与交通智能化

智能汽车（Intelligent Vehicle）是一个集环境感知、规划决策、多等级辅助驾驶等功能于一体的综合系统，它集中运用了计算机、传感、信息融合、通信、人工智能及自动控制等技术，是典型的高新技术综合体。

智能汽车装备有多种传感器，能够充分感知驾车人和乘客的状况、交通设施和周边环境的信息，判断乘员是否处于最佳状态，车辆和人是否会发生危险，并及时采取应对措施。

汽车智能化还表现在汽车由交通工具到移动空间的转变上。利用微机操作系统开发的车载计算机多媒体系统，具有信息处理、通信、导航、防盗、语言识别、图像显示和娱乐等功能。

智能交通系统（Intelligent Transportation System, ITS）是将信息、通信、传感、控制以及计算机技术等有机集成，运用于整个交通运输管理体系，而建立起的一种在大范围内、全方位发挥作用的，实时、准确、高效的综合运输管理系统。智能汽车与智能交通系统的发展是相辅相成的，汽车与交通的智能化代表着未来汽车和未来交通系统的发展方向。

汽车电气及电子技术是以汽车构造、电工学、电子学、计算机技术、传感器技术、控制技术、通信技术、网络技术为基础，研究现代汽车电器、电子控制系统及车载网络组成、构造、原理、特性、检测和使用维修的一门专业课。作为机电一体化典型产品的汽车，汽车电子技术的地位极其重要，在汽车技术领域正发展成为一门独立的分支学科。

汽车电气及电子控制系统是汽车的重要组成部分，其自身的性能对汽车的动力性、经济性、可靠性、安全性、操纵性、稳定性、舒适性、排气净化及娱乐等各种性能都会产生直接而重要的影响。现代汽车已不再是传统的机电产品，其中汽车机械部分的发展在短期内已很难突破，汽车继续改进的空间将集中在传统汽车技术和电子技术的结合上，汽车上 70% 的革新来自汽车电子技术及产品。汽车已经进入电子时代，汽车电气及电子控制技术已经成为当代汽车技术领域关注和研究的重点问题。

## 思考与练习

1. 简述汽车发展面临的问题。
2. 说明汽车电气系统的特点。
3. 简述汽车电气系统的组成。
4. 论述发动机控制系统的控制内容。
5. 论述底盘及车身控制系统的控制内容。

