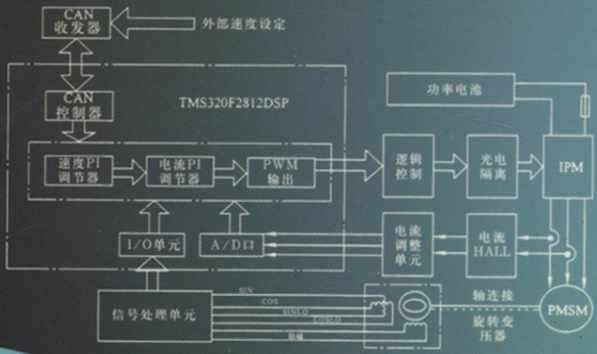
电力电子
新技术系列图书
New Technology Series in
Power Electronics



◎王旭东 余腾伟 编著

电力电子技术在汽车中的应用

DIANLI DIANZI JISHU ZAI
QICHEZHONG DE YINGYONG

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电力电子新技术系列图书

电力电子技术在汽车中的应用

王旭东　余腾伟　编著

机械工业出版社

本书针对电力电子技术在汽车中的应用，较深入和系统地介绍了汽车电子技术中涉及的电力电子技术基础、电力电子电路和电力电子装置。本书从介绍组成汽车电力电子装置的元器件特性开始，全面系统地分析了常用驱动电路的原理和设计方法，重点介绍了汽车中具体电力电子应用电路的设计。全书共分 10 章，分别为汽车电子技术概述、汽车电子技术基础、汽车中直流电动机的驱动控制、汽车自动变速器的驱动控制、汽车电磁执行机构的驱动控制、汽车交流发电机、汽车电子点火系统、汽车动力转向系统、汽车照明系统和汽车电源系统。

本书适宜于从事汽车电气与电子领域的工程技术人员阅读，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。

图书在版编目（CIP）数据

电力电子技术在汽车中的应用/王旭东等编著 . —北京：机械工业出版社，2010. 5

（电力电子新技术系列图书）

ISBN 978- 7- 111- 29993- 6

Ⅰ. ①电… Ⅱ. ①王… Ⅲ. ①电力电子学 – 应用 – 汽车工程 Ⅳ. ①U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 037628 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：孙流芳 责任编辑：罗 莉 版式设计：霍永明

责任校对：张莉娟 封面设计：马精明 责任印制：杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 19. 25 印张 · 371 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978- 7- 111- 29993- 6

定价：40.00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
社服务中心：（010）88361066	门户网：http://www. cmpbook. com
销 售 一 部：（010）68326294	
销 售 二 部：（010）88379649	教材网：http://www. cmpedu. com
读者服务部：（010）68993821	**封面无防伪标均为盗版**

电力电子新技术系列图书
编 辑 委 员 会

主　任：王兆安

副主任：白继彬　牛新国　徐德鸿　杨　耕

委　员：（按姓名拼音字母排序）

白继彬　陈伯时　陈道炼　陈　坚　陈守良
陈治明　高艳霞　郭世明　黄耀先　康　勇
李崇坚　李永东　刘进军　吕征宇　牛新国
钱照明　阮新波　孙流芳　童宗鉴　王鸿麟
王旭东　王兆安　邬伟扬　肖湘宁　徐德鸿
徐殿国　杨　耕　杨　旭　余岳辉　张　波
张承慧　张为佐　张卫平　张　兴　赵善麒
赵争鸣　钟彦儒　周　波　周雒维　查晓明

秘书组：陈守良　刘进军　孙流芳　罗　莉

电力电子新技术系列图书
序　　言

电力电子技术诞生近半个世纪以来，使电气工程、电子技术、自动化技术等领域发生了深刻的变化，同时也给人们的生活带来了巨大的影响。

目前，电力电子技术仍以迅猛的速度发展着，新的电力电子器件层出不穷，新的技术不断涌现，其应用范围也不断扩展。不论在全世界还是在我国，电力电子技术都已造就了一个很大的产业群，如果再考虑到与电力电子技术相关的上游产业和下游产业，这个产业群就更加庞大了。与之相应，在电力电子技术领域工作的工程技术和科研人员的数量也相当庞大，且与日俱增。因此，组织出版有关电力电子新技术及其应用的系列书籍，以供广大从事电力电子技术的工程师和高等学校教师和研究生在工程实践中使用和参考，成为眼下的迫切需要。

在20世纪80年代，电力电子学会曾和机械工业出版社合作，出版过一套电力电子技术丛书，那套丛书对推动电力电子技术的发展起过积极的作用。最近，电力电子学会经过认真考虑，认为有必要以“电力电子新技术系列图书”的名义出版一系列著作。为此，成立了专门的编辑委员会，负责确定书目、组稿和审稿工作，向机械工业出版社推荐，仍由机械工业出版社出版。

本系列图书有如下特色：

1. 本系列图书属专题论著性质，选题新颖，力求反映电力电子技术的新成就和新经验，以适应我国经济迅速发展的需要。

2. 理论联系实际，以应用技术为主。

3. 本系列图书组稿和评审过程严格，作者都是在电力电子技术第一线工作的专家，且有丰富的写作经验。内容力求深入浅出，条理清晰，语言通俗，文笔流畅，便于阅读学习。

本系列图书编委会中，既有一大批国内资深的电力电子专家，也有不少已崭露头角的青年学者，其组成人员在国内具有较强的代表性。

希望广大读者对本系列图书的编辑、出版和发行给予支持和帮助，并欢迎对其中的问题和错误给予批评指正。

电力电子新技术系列图书
编辑委员会

前　言

据中国汽车工业协会2009年11月9日发布的最新统计，2009年1～10月我国汽车产销量双双超过1000万辆，实现了历史性突破。我国已成为汽车大国，正在向着汽车强国的方向努力。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和发展，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和扩展着汽车的功能。在汽车技术的发展过程中，随着环保、节能、安全和舒适的要求，汽车中逐步采用了各种汽车电子装置，汽车电子装置大体上可以分为：车载电子装置、电子控制单元（ECU）、汽车总线系统和汽车电子驱动控制装置。其中，汽车电子驱动控制装置是电力电子技术在汽车中应用的重要领域。它主要包括汽车自动变速器的驱动控制、汽车电磁执行机构的驱动控制、汽车电子点火系统、汽车动力转向系统、汽车照明系统、汽车电源系统和汽车电动机驱动控制系统。其中，电动机驱动控制系统应用最为广泛，为新能源汽车的核心技术。由于汽车中各种控制单元的使用，可使汽车在各种工况下都处于最佳工作状态，提高了汽车的动力性和经济性，并使汽车排放污染减到最低。

汽车中电子系统的成本占整车总成本的比例越来越高。在我国，中高级轿车电子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。但我国汽车电子技术与国外差距还很大，关键汽车电子零部件的自主知识产权很少，汽车电子产业核心技术大部分被国外垄断，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能力。最近几年，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。特别是近几年来，节能与环保已成为全球的热点问题，通过采用电力电子技术在汽车中的应用实现节能与环保，受到了专家学者的高度关注。汪槱生、韩英铎、陈清泉等9位院士联名向国务院提出《关于发展电力电子技术和产业的建议》，得到国务院的高度重视，从而大大推动了我国电力电子技术和产业的发展，建议中也明确指出了电力电子技术在交通运输领域应用的现状和广阔的发展空间。随着电力电子技术在现代交通运输领域里的应用范围不断扩大，其作用也越显突出，由汽车中辅助装置的驱动控制到整车动力总成的驱动控制，电力电子技术在汽车中扮演着越来越重要的角色。

近几年来，国内外有大量的涉及汽车中电力电子技术应用方面的论文发表。

为了系统地总结国内外作者在这一领域的最新理论和技术研究成果，总结汽车电力电子产品的研发经验，沟通汽车电子技术的学术交流，促进汽车电力电子技术的进步，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，我们编写了本书。本书从应用角度出发，从组成汽车电力电子装置的元器件特性分析开始，力求深入浅出，着重介绍汽车电力电子技术应用的具体结构和设计思想，突出理论联系实际，面向广大工程技术人员，具有较强的工程性和实用性。本书适宜于从事汽车电子领域的工程技术人员阅读，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。

本书共分 10 章。第 1 章为汽车电子技术概述，第 2 章介绍了汽车电子技术基础，是汽车电力电子装置硬件电路设计的基础。第 3 ~9 章为具体的应用设计实例，内容包括：汽车中直流电动机的驱动控制、汽车自动变速器的驱动控制、汽车电磁执行机构的驱动控制、汽车交流发电机、汽车电子点火系统、汽车动力转向系统和汽车照明系统。第 10 章为汽车电源系统。全书由王旭东教授主编，第 1 ~3、5 章由哈尔滨理工大学的王旭东执笔，第 4、10 章由哈尔滨理工大学的吴晓刚执笔，第 6 ~9 章由哈尔滨理工大学的余腾伟执笔。

在本书选题、编写、定稿和出版过程中得到了《电力电子新技术系列图书》编委会和机械工业出版社的大力支持和帮助，特别感谢机械工业出版社的孙流芳教授。本书编写过程中曾参考和引用了许多专家和学者的论文和论著，作者在此一并表示衷心的感谢。

由于编写的时间匆促，资料不足和作者水平有限，书中的缺点和错误一定不少。恳切地希望同行和读者批评指正。

作　者

目　录

电力电子新技术系列图书序言

前言

第 1 章　汽车电子技术概述 …… 1

1.1　汽车电子技术的发展概况…… 1

1.1.1　汽车电子技术回顾 …… 1

1.1.2　现代汽车电子技术 …… 2

1.2　汽车电子技术的应用现状与发展趋势…… 6

1.2.1　汽车电子技术的应用现状 …… 6

1.2.2　汽车电子的发展趋势 …… 10

1.3　汽车电子驱动控制技术 …… 12

参考文献 …… 14

第 2 章　汽车电子技术基础 …… 15

2.1　汽车电子中常用的电感、电容元件 …… 15

2.1.1　汽车电子中常用的电感元件 …… 15

2.1.2　汽车电子中常用的电容元件 …… 17

2.2　汽车电子中常用的功率开关器件 …… 19

2.2.1　电力 MOSFET …… 20

2.2.2　绝缘栅双极型晶体管 …… 25

2.2.3　MOSFET 与 IGBT 的驱动电路 …… 30

2.3　汽车电子中的 TVS …… 33

2.3.1　TVS 的特性与工作原理 … 33

2.3.2　TVS 的分类与选用方法 … 35

2.3.3　TVS 在汽车电子中的典型应用 …… 36

参考文献 …… 37

第 3 章　汽车中直流电动机的驱动控制 …… 38

3.1　直流电动机的基本参数与数学建模 …… 38

3.1.1　直流电动机的主要用途、构成及特性参数 …… 40

3.1.2　直流电动机的起动及稳定运行条件 …… 43

3.1.3　直流电动机工作原理 …… 44

3.1.4　直流电动机的基本模型 … 45

3.1.5　汽车上直流电动机的应用简介 …… 46

3.2　直流电动机的控制方式 …… 47

3.3　直流电动机的 PWM 控制 …… 48

3.3.1　电动机导通瞬间分析 …… 49

3.3.2　电动机堵转分析 …… 50

3.3.3　电动机正常工作分析 …… 51

3.3.4　电动机续流情况分析 …… 52

3.3.5　死区分析 …… 54

3.4　直流电动机的智能模块控制 … 55

3.4.1　智能功率控制模块简介 … 55

3.4.2　智能功率控制模块在无刷直流电动机控制中的应用 …… 59

参考文献 …… 62

第 4 章　汽车自动变速器的驱动控制 …… 64

4.1　汽车自动变速器的分类 …… 64

4.1.1　按汽车驱动方式分类 …… 64

4.1.2 按变速齿轮类型分类 …… 64
4.1.3 按液力变矩器类型分类 … 64
4.1.4 按有级和无级变速器分类 …… 64
4.2 自动变速器的驱动控制 …… 65
4.2.1 AT 传动系统的工作原理 …… 65
4.2.2 AMT 传动系统的工作原理 …… 66
4.2.3 CVT 传动系统的工作原理 …… 67
4.3 自动变速器电子控制系统的基本组成与功能 …… 67
4.4 具有电磁离合器的 CVT 控制系统的硬件电路 …… 68
4.4.1 具有电磁离合器的 CVT 的基本结构 …… 69
4.4.2 CVT 控制系统硬件总体设计 …… 70
4.5 变速器控制单元的故障诊断 … 90
4.5.1 对于输入轴、输出轴转速传感器故障的检测 …… 91
4.5.2 电磁离合器故障的诊断 … 92
4.5.3 CVT 速比电动机故障的诊断 …… 93
4.5.4 发动机转速和节流阀开度信号故障的检测 …… 94
4.5.5 档位开关信号的故障诊断 …… 94
参考文献 …… 95
第 5 章 汽车电磁执行机构的驱动控制 …… 98
5.1 汽车电磁阀概述 …… 98
5.1.1 电磁阀基本理论 …… 98
5.1.2 汽车电磁阀的基本结构与数学建模 …… 101
5.2 汽车电磁阀的驱动控制实例 …… 104
5.3 汽车电磁阀的智能模块控制 …… 110
5.4 怠速控制阀 …… 113
5.4.1 怠速控制的功用 …… 113
5.4.2 怠速控制原理 …… 113
5.4.3 怠速控制装置分类 …… 114
5.5 汽车继电器的驱动 …… 117
5.6 汽车喷油器的驱动 …… 121
参考文献 …… 122
第 6 章 汽车交流发电机 …… 124
6.1 机动车中电气能量的产生 …… 124
6.1.1 车载电能 …… 124
6.1.2 直流发电机产生的电能 …… 126
6.1.3 交流发电机产生的电能 …… 127
6.1.4 交流发电机基本原理 …… 127
6.1.5 交流发电机类型 …… 131
6.1.6 特性总结 …… 134
6.2 交流发电机电路 …… 135
6.2.1 预励磁电路 …… 135
6.2.2 励磁电路 …… 137
6.2.3 发电电路 …… 138
6.2.4 电压调节 …… 139
6.3 电压调节器 …… 139
6.3.1 电压调节原理 …… 140
6.3.2 电压调节器的发展进程 …… 141
6.4 交流发电机的设计 …… 153
6.4.1 设计原则 …… 153
6.4.2 电气参数 …… 153
6.5 混合动力汽车用三相交流电动机的驱动控制 …… 155

6.5.1 系统主电路设计 …… 155
6.5.2 电动机驱动控制系统设计 …… 157
6.5.3 系统的软件设计 …… 170
参考文献 …… 175
第7章 汽车电子点火系统 …… 176
7.1 汽车点火系统概述 …… 176
7.1.1 汽车点火系统的构成与工作原理 …… 176
7.1.2 点火参数的定义 …… 177
7.1.3 汽车点火系统的分类 …… 177
7.1.4 点火线圈的发展历程 …… 183
7.2 分立元器件汽车点火系统 …… 185
7.2.1 无触点汽车电子点火系统控制电路的设计 …… 185
7.2.2 L497 型高能无触点点火控制器及其应用 …… 189
7.3 智能模块汽车点火系统 …… 193
7.3.1 汽车点火系统智能IGBT …… 194
7.3.2 基于 BTS2146 汽车智能点火系统 …… 200
参考文献 …… 206
第8章 汽车动力转向系统 …… 207
8.1 汽车动力转向系统概述 …… 207
8.2 汽车动力转向系统工作原理 …… 208
8.2.1 液压动力转向系统 …… 208
8.2.2 电动助力转向系统 …… 209
8.2.3 嵌入式线控转向系统 …… 213
8.3 汽车电动助力转向系统 …… 217
8.3.1 EPS 的 3 种控制方式 …… 217
8.3.2 汽车电动助力转向系统对传感器的具体要求 …… 218
8.3.3 电动助力转向系统各部分特点及选用 …… 219
8.3.4 电动助力转向系统的硬件设计 …… 224
8.3.5 电动助力转向系统的软件设计 …… 226
参考文献 …… 233
第9章 汽车照明系统 …… 234
9.1 汽车照明系统概述 …… 234
9.1.1 汽车照明的发展 …… 234
9.1.2 智能照明系统 …… 235
9.1.3 汽车照明光源的应用现状及发展趋势 …… 236
9.2 汽车照明系统的驱动 …… 240
9.2.1 基于 CAN/LIN 总线的车灯驱动控制系统硬件选取 …… 240
9.2.2 系统硬件电路设计 …… 248
9.2.3 基于 CAN/LIN 总线的车灯驱动控制系统软件分析 …… 255
9.2.4 系统软件设计 …… 257
9.3 汽车照明系统中的电子镇流器 …… 262
9.3.1 镇流器的基本作用 …… 262
9.3.2 电子镇流器的控制方法 …… 263
参考文献 …… 266
第10章 汽车电源系统 …… 268
10.1 汽车电源系统概述 …… 268
10.1.1 国内外在传统汽车电源方面的改进 …… 269
10.1.2 利用内燃机废气能量发电的汽车电源系统 …… 272
10.2 汽车电源系统的基本结构 … 274
10.2.1 蓄电池 …… 274
10.2.2 发电机 …… 275
10.2.3 电压调节器 …… 276

10.3 智能电源 IC …… 276
10.4 汽车电源中的线性电源 …… 277
10.5 汽车电源中的开关电源 …… 280
10.5.1 DC-DC 变换器…… 281
10.5.2 DC-AC-DC 型开关电源 …… 285
10.5.3 精密电源…… 291
10.5.4 开关电源与线性电源的比较 …… 291
10.6 电源效率 …… 291
参考文献 …… 293

第 1 章　汽车电子技术概述

汽车在当今社会和经济发展中的重要性已显而易见，汽车电子化已被视为衡量一个国家汽车工业发展水平的重要标志。随着汽车工业与电子工业的不断发展，今天的汽车已经逐步进入了计算机控制的时代，汽车将由单纯的机械产品向高级的机电一体化产品方向发展，成为“电子汽车”。随着我国未来汽车市场的快速发展和汽车电子的价值含量迅速提高，我国汽车电子产业将形成巨大经济规模效应，汽车电子产品占汽车的成本将进一步提高。未来的汽车电子产品中，围绕安全、节能、环保、舒适和娱乐等方面的元器件及其周边产品将发展最快。目前，我国消费者对车辆需求的增加、网络在车辆中的高速发展、安全与防盗需求的增加、机械系统与电子系统之间的转换以及动力总成方面性能的提高，都进一步推动了我国汽车电子产品市场的发展。

自从 20 世纪 70 年代引入电子发射规范和最初的发动机电子控制实用化以来，电子技术和汽车就建立了不可分割的联系。以微型计算机为代表的控制技术和半导体技术的快速进步，使它们之间的关系愈加密切。现在，一辆汽车中就可能装有 20 ~ 30 台微型计算机。如果没有电子技术，就不可能在汽车的基本特性之外再实现舒适、环保和安全等要求。展望未来，电子技术在实现电动汽车、智能车辆并最终达到“自动驾驶”的目标上所起的作用也将日益增加。

21 世纪汽车的 3 大任务是、安全、节能、环保。其中，环保与节能主要体现在发动机与传动系的电子控制以及以燃料电池、CAN（Control Area Network，控制器局域网）通信、X-By-Wire（线控）为代表的电动汽车、整车控制技术方面，而行驶安全性则主要体现在 ABS（Anti-lock Braking System，防抱死制动系统）、TCS（Traction Control System，牵引力控制系统）、VDC（Vehicle Dynamic Control，车辆动力学控制系统）、4WS（四轮转向系统）、TPMS（Tire Pressure Monitoring System，轮胎压力检测系统）等核心电子控制技术的发展上。此外，还有为提高行驶舒适性而开发的电子悬架技术，以及为提高汽车智能化而开发的自动避撞系统、车载导航系统等电子控制技术。

1.1　汽车电子技术的发展概况

1.1.1　汽车电子技术回顾

1902 年汽车上安装了第一个电子系统，那就是磁电点火系统。尽管这个系

统只包括磁发电机、点火分配器、点火线圈以及火花塞，但是这些部件用电线连接起来，毫无疑问，就是一个电子系统。

德国博世公司曾花了11年的时间完成了整车电子系统的安装，此系统包括：含火花塞的磁电点火系统、起动电机、发电机、车灯、蓄电池以及电压调节器。它标志着真正意义上的车载电子系统的开始。

到1958年，博世公司画出了最完整的汽车电子系统的线束框图，每个部分都是用素描画出来的，而不是用符号代替。1967年，D型电控燃油喷射系统的应用标志着电子技术进入汽车行业。

在过去几十年中，汽车上各部件规模不断加大，以及复杂程度不断加深，导致汽车电气负载的不断加重。汽车最初的主要负载只有起动机、点火系统以及车灯系统；而现在，在原有负载的基础上又增加了电子点火系统、燃油喷射系统，还有舒适系统及安全系统，增加了大量的驱动电动机等负载。

当今汽车上的电气以及电子设备已经复杂到再也无法用线束图来表示，而只能用电路原理图来表示车载电子各部分之间的相互关系。

1.1.2 现代汽车电子技术

现代汽车电子技术的发展可以分为以下6大类：发动机电子控制、底盘系统电子控制、车身电子控制、电动汽车技术、智能汽车与智能交通系统（ITS）、整车控制技术。现代轿车电子控制系统主要由传感器、电子控制单元（ECU）、执行器三个部分组成。传感器作为输入部分，用于测量物理信号（温度、压力等），将其转换为电信号；ECU的作用是接受传感器的输入信号，并按设定的程序进行计算处理，输出处理结果；执行器则根据ECU输出的电信号驱动执行机构，使之按要求变化。

1. 发动机电子控制

目前，汽油机的电子控制技术已经日趋完善，而国内外的柴油机电子控制技术则发展迅猛，新技术层出不穷。近年来，高压燃油直喷系统和高压共轨喷射系统的发展使柴油机的燃油经济性和排放性都有了很大的改善。废气再循环（EGR）技术、氧化催化器和微粒捕捉器改善了柴油机的各项排放。

发动机管理系统则对喷油和进气过程进行综合控制，保证发动机能够在保持良好动力性的基础上，达到最优的燃油经济性和排放性，同时降低噪声和振动。发动机管理系统的核心技术是（MCU），它为汽车动力传动系统从机械系统向电子系统转变提供了更强的计算处理能力。近几年，由于微处理器功能的增强，智能传感器、智能功率集成电路的出现，使得电子控制单元（ECU）硬件电路的设计变得非常简单，工作更为可靠。燃油喷射系统使用的主要传感器，如进气歧管压力传感器和曲轴转速、曲轴位置传感器，随着半导体制造工艺技术的提高，

已将敏感元件及其输出信号的处理电路都集成在一块硅片上，传感器的输出信号可以直接送给微处理器。此外，还增加了过电压、电源极性反接和抗干扰输出保护的功能。智能功率集成电路，已将线性放大电路、数字电路和功率器件都集成在一块硅片上，并且还增加了一些特定的功能。例如，喷油器驱动电路是一片4路低端开关智能功率集成电路，可分别驱动4个独立的喷油器，并且还具有负载开路检测，电感性负载高电压钳位，过热、过电压和过电流、断电保护以及自恢复等功能。器件的输入端可以直接和微处理器引脚相连，还可将工作状态诊断报告，通过串行外围设备接口（SPI）送给微处理器进行处理。使用新器件设计电路板时，可以省去传感器输入信号的调理电路和用于驱动功率器件的前置放大电路以及监测电路，使电路板变得非常简单。

2. 底盘系统电子控制

该系统主要用以改善汽车的行驶、转向和制动三项基本功能。现已出现电子控制动力转向系统、无级自动变速器、防抱死制动系统及电子悬架系统等。制造这类产品有相当难度，并要求高可靠性，其包含的主要内容有：

（1）自动变速器　电子控制的自动变速器，可以根据发动机的负载、转速、车速、制动器工作状态及驾驶员所控制的各种参数，经过计算机的计算、判断后能自动地改变变速杆的位置，从而实现变速器换档的最佳控制，即可得到最佳档次和最佳换档时间。这种变速器的优点是加速性能好、灵敏度高，能准确地反映行驶负载和道路条件等。货车传动系的电子控制装置，能自动适应瞬时工况变化，保持发动机以尽可能低的转速工作。

采用自动变速器，在驾驶时可以不踩离合器，实现自动换档，而且发动机不会熄火，从而可以有效地提高驾驶方便性。20世纪80年代以来，随着电子技术的发展，变速器自动控制更加完善，在各种使用工况下均能实现发动机与传动系的最佳匹配。

（2）电子控制悬架系统　目前，汽车的悬架系统一般是弹簧刚度和减振器阻尼特性不能改变的被动悬架，它不能根据使用工况和路面输入的变化进行控制和调整，故难以满足汽车平顺性和操纵稳定性的更高要求。近年来，随着电子控制和随动液压技术的发展，弹簧刚度和减振器阻尼特性参数可调的电子控制主动和半主动悬架，在汽车上逐步得到应用和发展。

主动悬架：一般由传感器检测系统运动的状态信号，反馈到电子控制单元（ECU），然后由ECU发出指令给执行机构主动力发生器，构成闭环控制。通常采用电液伺服液压缸作为主动力发生器，它由外部油源提供能量。主动力发生器产生主动控制力作用于振动系统，自动改变弹簧刚度和减振器阻力系数。主动悬架除可控制振动外，还可以控制车的姿态和高度。

半主动悬架：实时闭环控制的半主动悬架——主要是通过电磁阀控制可调阻

尼减振器，其控制方法和主动悬架类似，属于实时闭环控制；车速控制的可调阻尼悬架——可调阻尼减振器由直流电动机带动具有不同节流孔的转向阀得到舒适（软）、正常（中）、运动（硬）三个等级的阻尼；空气弹簧半主动悬架由刚度控制阀改变主、副气室的通道面积而得到软、中、硬不同的刚度，其控制与由车速控制的可调阻尼悬架类似。

（3）操纵稳定性的电子控制系统　提高汽车的操纵稳定性，过去一直局限于通过改进轮胎、悬架、转向与传动系的性能来实现。随着计算机、传感器和执行机构的迅速发展，各国研发了各种显著改善操纵稳定性和安全性的电子控制系统。如防抱死制动系统、牵引力控制系统（TCS，也称为 ASR）、四轮转向系统（4WS）、车辆动力学控制系统（VDC，也称为 VSC、ESP）、轮胎压力检测系统（TPMS）等。

电子防抱死制动系统可分为全电子阻尼系统和 ABS，前者可在选定的匀速制动和匀速制动工况下自动调整阻尼量，实现阻尼制动；后者基于对车轮转速的检测，通过车轮转速与车速的比较，测出相应滑移量，既能保证行驶稳定性，又可保证尽可能短的制动距离，还能延长制动器的使用寿命。ABS 的开发始于 20 世纪 60 年代，到 70 年代末国外开始应用于汽车上，ABS 的结构也发生了较大变化，现已进入第四、五代产品开发阶段。国外 ABS 大多是通过轮边的脉冲轮和感应式传感器把车轮速度信号传递给电子处理器，进行逻辑筛选，并向电-气调制器发出指令控制制动气室内的压力大小，从而使车轮滑移率维持在 12% ~ 75% 的最佳状态。值得一提的是：ABS 现已作为法规规定的汽车必备装置。

车辆动力学控制（VDC）系统是在 ABS 和 TCS 的基础上，增加汽车转向行驶时横摆运动的角速度传感器，通过 ECU 控制各个车轮的驱动力和制动力，确保汽车行驶的横向稳定性，防止转向时车辆被推离弯道或从弯道甩出。它综合了 ABS 和 TCS 的功能，用左右两侧车轮制动力之差产生的横摆力矩来防止出现难以控制的侧滑现象，从而使汽车由被动改变性能进入主动进行控制，使驾驶员以正常操作方式即可顺利地通过难以驾御的危险工况。

四轮转向系统（4WS）是指使后轮与前轮一起转向，是一种提高车辆响应性和稳定性的关键技术。使后轮与前轮同相位转向，可以减小车辆转向时的旋转运动（横摆），改善高速行驶的稳定性。使后轮与前轮逆相位转向，能够改善车辆中低速行驶的操纵性，提高快速转向性。

轮胎压力检测系统（TPMS）是在每一个轮胎上安装高灵敏度的传感器，在行车状态下实时监视轮胎的各种数据，通过无线方式发射到接收器，并在显示器上显示各种数据，任何原因（如铁针扎入轮胎、气门芯漏气等）导致轮胎的漏气、温度升高，系统都会自动报警。从而确保汽车行驶中的安全，延长轮胎的使用寿命，降低燃油的消耗，是一种真正不同于 ABS、安全带、安全气囊等现有汽

车安全装备的“事先主动”型安保产品。目前，TPMS 主要分为两种类型。一种是 TPMS（基于车轮转速的 TPMS，WSB TPMS 或称为间接式 TPMS），这种系统是通过汽车 ABS 的轮速传感器来比较车轮之间的转速差别，以达到监视轮胎压力的目的。该类型系统的主要缺点是无法对两个以上的轮胎同时缺气的状况和速度超过 100km/h 的情况进行判断。另一种是 TPMS（Pressure-Sensor Based TPMS，PSB TPMS，或称为直接式 TPMS），这种系统是利用安装在每一个轮胎里的压力传感器来直接测量轮胎的气压，并对各轮胎压力进行显示及监视，当轮胎压力太低或有渗漏时，系统会自动报警。一般认为 PSB TPMS 从功能和性能上均优于 WSB TPMS。

3. 车身电子控制

汽车车身电子控制技术所涉及的内容很多，如汽车的视野性、方便性、舒适性、娱乐性、通信功能等。

视野性是指驾驶员在驾驶过程中，不改变操作姿势时对道路及周围环境观察的可见范围。视野控制技术指的是对汽车照明灯（包括前照灯、钥匙孔照明灯、车门灯和荧光灯）和转向信号灯的电子控制，以及对电动刮水器、洗涤器和除霜器等的电子控制；方便性除指驾驶员、乘员进出车厢和行李货物装卸方便外，还包括对汽车电动门窗、电动门锁与点火钥匙锁、电动后视镜、电动车顶（天窗）等的控制；车身电子控制设备主要包括照明系统、自动座椅系统（如存储式座椅）、自动空调系统、自动雨刮和车窗系统、多媒体系统等。

目前车身电子控制技术呈现如下的发展趋势：进一步满足用户个性化的需求；更强调乘坐舒适性、安全性和环保性；先进的驾驶和乘坐信息系统，如车辆遥控检测、智能型汽车防盗、乘坐适应性控制、42V 电子系统、环保设计系统等。

4. 混合动力电动汽车

随着传统内燃机汽车的大范围推广应用，人们的生活变得日益方便舒适，但同时也引起了一系列的能源与环境问题。混合动力电动汽车以及燃料电池电动汽车，作为解决环境和能源问题的一种切实可行的方案，逐渐得到了世界各大汽车厂商的青睐。这是因为与传统汽车、纯电动汽车技术相比，它们具有以下一些优势：①效率高；②续驶里程长；③绿色环保；④过载能力强；⑤低噪声；⑥设计方便灵活。

随着 Toyota Prius 汽车在日本市场的出现和畅销，混合动力电动汽车以其优良的性能、极高的燃油经济性和低排放性能引起了汽车界的高度重视。而在燃料电池电动汽车领域，从 20 世纪 90 年代初开始，戴姆勒-奔驰汽车公司就先后推出了 Necar1 ~ Necar4 系列的燃料电池电动汽车；美国通用汽车公司在 2003 年国际巡展北京站中展出的燃料电池原型车“氢动三号”和基于“Hy-by wire”技术的燃料电池概念车已经具备了较好的动力性和燃油经济性能。

5. 整车控制技术

（1）CAN 通信　CAN 是国际上应用最广泛的现场总线之一。起先，CAN 总线被设计作为汽车环境中的微控制器通信，在车载各电子控制单元（ECU）之间交换信息，形成汽车电子控制网络。比如：发动机管理系统、变速箱控制器、仪表装备、电子主干系统中，均嵌入 CAN 控制装置。CAN 总线是一种多主方式的串行通信总线，基本设计规范要求有高的位速率、高抗电磁干扰性，而且能够检测出产生的任何错误。当信号传输距离达到 10km 时，CAN 总线仍可提供高达 5kbit/s 的数据传输速率。由于 CAN 串行通信总线具有这些特性，它很自然地在汽车、制造业以及航空工业中得到广泛应用。作为一种技术先进、可靠性高、功能完善、成本合理的远程网络通信控制方式，CAN 总线已被广泛应用到工业自动化控制系统中。从高速的网络到低价位的多路接线都可以使用 CAN 总线。在汽车电子、自动控制、智能楼宇、电力系统、安防监控等领域中，CAN 总线都具有不可比拟的优越性。

（2）LIN 通信　LIN（Local Interconnect Network，本地互联网）是一种低成本的串行通信网络，用于实现汽车中的分布式电子系统控制。LIN 的目标是为现有汽车网络（例如 CAN 总线）提供辅助功能。因此，LIN 总线是一种辅助的串行通信总线网络。在不需要 CAN 总线的带宽和多功能的场合，比如智能传感器和制动装置之间的通信，使用 LIN 总线可以大大节省成本。LIN 技术规范中，除定义了基本协议和物理层外，还定义了开发工具和应用软件接口。LIN 通信是基于 SCI（串行通信接口）（或 UART，通用异步收发报机）数据格式，采用单主控制器/多从设备的模式，仅使用一根 12V 信号总线和一根无固定时间基准的节点同步时钟线。

1.2　汽车电子技术的应用现状与发展趋势

在国外，电子系统已占到一辆普通轿车总成本的 30%，在高级轿车上比例更高，在国内，中高级轿车电子装置的配置已经接近或达到了国外汽车工业发达国家水平。图 1-1 是汽车中整车电子产品年产值分布图。

但在我国，汽车电子业总体上还与国外有很大差距，需要加大研发投入的力度。汽车的电子化、智能化、网络化是现代汽车发展的重要标志，随着消费者对汽车功能和性能要求的日益提高，汽车正在逐渐由机械系统向电子系统转换，目前全球汽车电子产业面临着高速增长的机遇。

1.2.1　汽车电子技术的应用现状

汽车电子技术经过两个阶段的发展，现正处在第三个阶段。第一阶段的汽车