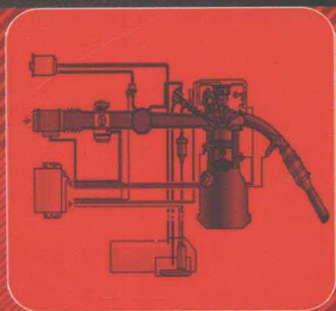


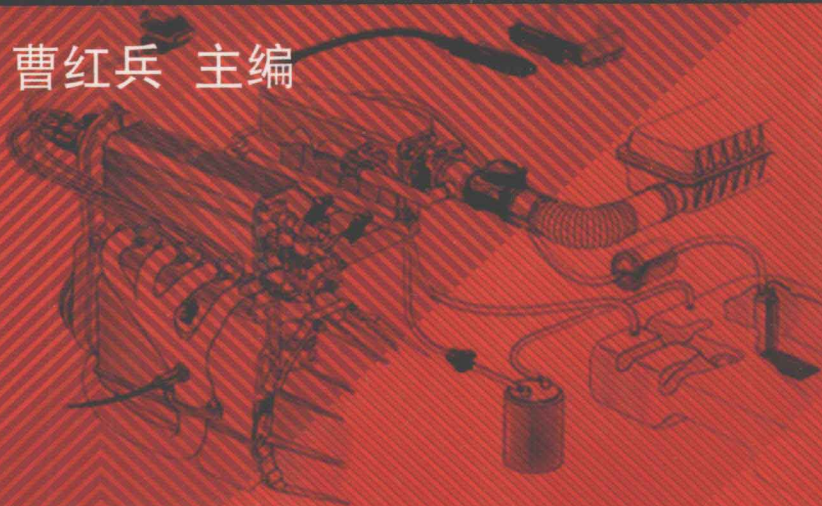


“十一五”浙江省重点教材建设项目

# 现代汽车 电子控制技术



曹红兵 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



本书是“十一五”浙江省重点建设教材。本书系统阐述了满足汽车使用性能要求的电子控制系统的基本构成和工作原理,包括发动机电子控制技术(电子控制燃油喷射系统、微机控制电子点火系统、辅助控制系统、缸内直接喷射系统)、自动变速器电子控制技术(电控液力自动变速器、电控无级变速器、双离合自动变速器)、底盘电子控制技术(防抱死制动系统、驱动防滑控制系统、电子稳定程序、电子控制转向系统、电子控制悬架系统)、车身电子控制技术(巡航控制系统、安全气囊与安全带系统、中央门锁与防盗系统)四个部分。

本书可作为高等学校汽车类专业的教学用书,也可供从事汽车研究、设计、使用、维修的技术与管理人员阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代汽车电子控制技术 / 曹红兵主编. —北京:  
机械工业出版社, 2012.6

“十一五”浙江省重点教材建设项目

ISBN 978-7-111-37681-1

I. ① 现… II. ① 曹… III. ① 汽车—电子控制  
IV. ① U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 041208 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:徐巍 责任编辑:徐巍

版式设计:石冉 责任校对:樊钟英

封面设计:陈沛 责任印制:杨曦

北京鑫海金澳胶印有限公司印刷

2012年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm·22.75印张·562千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-37681-1

定价:49.80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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着电子工业与汽车工业的不断发展,电子技术成为支撑现代汽车工程的技术基础之一,广泛应用于汽车发动机、传动、悬架、制动、仪表等各个系统,逐步融合而成现代汽车电子技术。可以说,今天的汽车已进入了电子控制的时代,且日趋成熟和可靠,并向自动化、智能化方向发展。有数据显示,当前世界汽车工业60%~70%的技术创新来源于电子技术的应用。鉴于此,我们编写了《现代汽车电子控制技术》一书,本书也是“十一五”浙江省重点建设教材。

本书从汽车产品本身出发,系统阐述了满足汽车使用性能要求的电子控制系统的基本构成和工作原理,包括发动机电子控制技术(电子控制燃油喷射系统、微机控制电子点火系统、辅助控制系统、缸内直接喷射系统)、自动变速器电子控制技术(电控液力自动变速器、电控无级变速器、双离合自动变速器)、底盘电子控制技术(防抱死制动系统、驱动防滑控制系统、电子稳定程序、电子控制转向系统、电子控制悬架系统)、车身电子控制技术(巡航控制系统、安全气囊与安全带系统、中央门锁与防盗系统)四个部分。其中,稀薄燃烧与汽油缸内直喷技术、DSG双离合自动变速器、ESP电子稳定程序、SBW线控转向系统等新技术正在推广应用或正成为研究的热点,这些内容反映出了近些年来汽车电子控制技术的最新成果。

在本书的编写过程中,我们从教学实际需要出发,以国内常见的大众车系、丰田车系为蓝本,以规律性知识和典型结构为基础,力争做到由浅入深,循序渐进,通俗易懂。为体现理论知识的实际应用,理论与实践相结合,在书后附有实验指导书和实验报告,具有一定的可操作性和指导意义。

本书是集体劳动的成果,由曹红兵任主编,董颖、卢国东、赵迎生任副主编,其中概论、第1篇(第1章、第2章、第3章、第4章、第5章)及实验1、实验2、实验3、实验报告模板由曹红兵编写,第2篇(第6章、第7章、第8章)及实验4由董颖编写,第3篇(第9章、第10章、第11章、第12章、第13章)及实验5、实验6、实验7、实验8由卢国东编写,第4篇(第14章、第15章、第16章)及实验9由赵迎生编写。王利利、黄石坚、吴定宜参与了本书图稿的处理工作。

在本书的编写过程中,编者参考了大量的书籍、论文等文献资料,在此,谨向原作者表示感谢。

本书可作为高等学校汽车类专业的教学用书,也可供从事汽车研究、设计、使用、维修的技术与管理人员阅读。

由于编者水平有限,且部分技术内容较新,资料缺乏,书中难免存在错误或疏漏之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

前言

概论 .....	1
<b>第1篇 发动机电子控制技术 .....</b>	<b>11</b>
<b>第1章 发动机电子控制系统的基本组成 .....</b>	<b>12</b>
1.1 发动机电子控制系统的控制功能 .....	12
1.1.1 电子控制燃油喷射系统 .....	12
1.1.2 电子控制点火系统 .....	12
1.1.3 辅助控制系统 .....	12
1.2 发动机电子控制系统的基本组成 .....	13
1.2.1 传感器 .....	14
1.2.2 电子控制单元(ECU) .....	14
1.2.3 执行器 .....	15
<b>第2章 电子控制燃油喷射系统 .....</b>	<b>17</b>
2.1 电子控制燃油喷射系统的分类与基本组成 .....	17
2.1.1 电子控制燃油喷射系统的分类 .....	17
2.1.2 电子控制燃油喷射系统的基本组成 .....	22
2.2 空气供给系统 .....	24
2.2.1 空气流量传感器 .....	24
2.2.2 进气歧管绝对压力传感器 .....	36
2.2.3 节气门位置传感器 .....	38
2.2.4 温度传感器 .....	43
2.3 燃油供给系统 .....	45
2.3.1 电动燃油泵 .....	46
2.3.2 燃油分配管总成 .....	53
2.4 燃油喷射控制过程 .....	58
2.4.1 喷油正时的控制 .....	58
2.4.2 喷油量的控制 .....	60
2.4.3 断油控制 .....	68
<b>第3章 微机控制电子点火系统 .....</b>	<b>71</b>
3.1 对点火系统的基本要求 .....	71
3.2 微机控制电子点火系统的组成及工作原理 .....	72
3.2.1 微机控制电子点火系统的组成 .....	72
3.2.2 曲轴位置传感器与凸轮轴位置传感器 .....	76

3.2.3 微机控制电子点火系统的点火电路 .....	86
3.3 点火提前角与闭合角控制 .....	89
3.3.1 点火提前角的控制 .....	89
3.3.2 闭合角控制 .....	95
3.4 爆燃传感器与爆燃控制 .....	95
3.4.1 爆燃传感器 .....	96
3.4.2 爆燃控制方法 .....	98
<b>第4章 辅助控制系统 .....</b>	<b>100</b>
4.1 进气控制系统 .....	100
4.1.1 进气惯性增压控制系统 .....	100
4.1.2 废气涡轮增压系统 .....	101
4.1.3 可变气门控制系统 .....	105
4.1.4 电子节气门控制系统 .....	114
4.2 怠速控制系统 .....	116
4.2.1 怠速控制系统的组成与分类 .....	117
4.2.2 节气门直动式怠速控制系统 .....	118
4.2.3 旁通空气式怠速控制系统 .....	118
4.3 排放控制系统 .....	122
4.3.1 燃油蒸发排放控制系统 .....	122
4.3.2 废气再循环(EGR)控制系统 .....	123
4.3.3 三元催化转化器与空燃比反馈控制系统 .....	126
4.3.4 二次空气喷射系统 .....	136
4.4 故障自诊断系统 .....	138
4.4.1 故障自诊断系统的组成 .....	138
4.4.2 故障自诊断系统的功能 .....	138
4.4.3 故障自诊断原理 .....	142
4.4.4 第二代故障自诊断系统(OBD-Ⅱ) .....	145
4.4.5 故障自诊断测试内容 .....	146
<b>第5章 缸内直接喷射系统 .....</b>	<b>148</b>
5.1 工作原理及特点 .....	148
5.1.1 稀薄燃烧 .....	148
5.1.2 结构与性能特点 .....	151
5.2 基本结构组成 .....	153
5.2.1 进气系统 .....	154
5.2.2 燃油喷射系统 .....	154
5.2.3 点火系统 .....	160
5.2.4 排气后处理系统 .....	162
5.3 大众公司缸内直喷发动机 .....	163
5.3.1 3.2FSI缸内直喷发动机 .....	163

5.3.2	2.0T FSI 缸内直喷发动机 .....	168
5.3.3	1.4TSI 缸内直喷发动机 .....	170
<b>第2篇</b>	<b>自动变速器电子控制技术 .....</b>	<b>175</b>
<b>第6章</b>	<b>电控液力自动变速器 .....</b>	<b>176</b>
6.1	液力变矩器 .....	176
6.1.1	液力变矩器的结构组成 .....	176
6.1.2	液力变矩器的控制原理 .....	177
6.2	行星齿轮机构 .....	178
6.2.1	行星机构的基本组成及形式 .....	178
6.2.2	换挡执行元件 .....	182
6.3	液压控制系统 .....	186
6.3.1	油泵及调压阀 .....	186
6.3.2	阀体及换挡控制阀 .....	188
6.3.3	辅助液压元件 .....	191
6.4	电子控制系统 .....	192
6.4.1	输入装置 .....	192
6.4.2	控制装置 .....	195
6.4.3	执行装置 .....	196
6.4.4	控制内容 .....	198
6.4.5	Tiptronic 技术 .....	203
<b>第7章</b>	<b>电控无级变速器 .....</b>	<b>204</b>
7.1	CVT 的结构组成 .....	204
7.1.1	机械传动系统 .....	204
7.1.2	液压控制系统 .....	207
7.1.3	电子控制系统 .....	209
7.2	CVT 的工作原理 .....	210
7.2.1	CVT 的工作原理 .....	210
7.2.2	大众 01J 型 CVT 控制单元的功能 .....	211
7.2.3	大众 01J 型 CVT 的离合器控制 .....	214
<b>第8章</b>	<b>双离合自动变速器 .....</b>	<b>216</b>
8.1	DSG 的性能特点 .....	216
8.2	DSG 的结构组成 .....	217
8.2.1	双离合器 .....	217
8.2.2	三轴式齿轮变速机构 .....	218
8.2.3	自动换挡机构 .....	219
8.2.4	变速杆总成 .....	219
8.2.5	控制模块 .....	220
8.3	DSG 的工作原理 .....	222

8.3.1 DSG 的工作原理 .....	222
8.3.2 液压控制系统的工作原理 .....	222
8.3.3 DSG 的控制策略 .....	225
<b>第3篇 底盘电子控制技术 .....</b>	<b>227</b>
<b>第9章 防抱死制动系统 .....</b>	<b>228</b>
9.1 概述 .....	228
9.1.1 ABS 简介 .....	228
9.1.2 ABS 的理论基础 .....	231
9.2 ABS 的结构组成及工作原理 .....	233
9.2.1 轮速传感器 .....	233
9.2.2 制动压力调节器 .....	234
9.2.3 电子控制单元 .....	238
<b>第10章 驱动防滑控制系统 .....</b>	<b>241</b>
10.1 概述 .....	241
10.1.1 ASR 的理论基础 .....	241
10.1.2 防滑转控制的方式 .....	242
10.1.3 ASR 与 ABS 的比较 .....	243
10.2 ASR 结构与工作原理 .....	243
10.2.1 ASR 基本组成与工作原理 .....	243
10.2.2 传感器 .....	243
10.2.3 电子控制单元(ECU) .....	244
10.2.4 执行机构 .....	244
<b>第11章 电子稳定程序 .....</b>	<b>247</b>
11.1 概述 .....	247
11.1.1 ESP 的理论基础 .....	247
11.1.2 ESP 的功能 .....	248
11.2 ESP 的组成及基本工作原理 .....	248
11.2.1 基本工作原理 .....	248
11.2.2 系统组成 .....	249
<b>第12章 电子控制转向系统 .....</b>	<b>253</b>
12.1 概述 .....	253
12.1.1 对转向系统的要求 .....	253
12.1.2 动力转向系统种类 .....	253
12.2 液压式电控动力转向系统 .....	254
12.2.1 流量控制式 EPS .....	254
12.2.2 反力控制式 EPS .....	255
12.2.3 阀灵敏度控制式 EPS .....	256
12.3 电动式电控动力转向系统 .....	258

12.3.1	电动式电控动力转向系统的结构与工作原理 .....	259
12.3.2	电动式电控动力转向系统的控制 .....	261
12.4	四轮转向控制系统 .....	262
12.4.1	4WS 汽车的转向特性 .....	262
12.4.2	转向角比例控制 .....	263
12.4.3	横摆角速度比例控制 .....	267
12.5	主动转向系统 .....	271
12.5.1	主动转向系统分类 .....	271
12.5.2	线控转向系统 .....	272
12.5.3	主动转向控制技术 .....	273
<b>第 13 章</b>	<b>电子控制悬架系统 .....</b>	<b>275</b>
13.1	概述 .....	275
13.1.1	电子控制悬架系统的功能 .....	275
13.1.2	电子控制悬架系统的种类 .....	275
13.2	电子控制悬架系统的结构与工作原理 .....	276
13.2.1	传感器 .....	276
13.2.2	电子控制单元 ECU .....	282
13.2.3	执行机构 .....	283
<b>第 4 篇</b>	<b>车身电子控制技术 .....</b>	<b>293</b>
<b>第 14 章</b>	<b>巡航控制系统 .....</b>	<b>294</b>
14.1	巡航控制系统的功能 .....	294
14.2	系统的组成、结构和工作原理 .....	295
14.2.1	巡航控制系统的组成 .....	295
14.2.2	巡航控制系统的基本工作原理 .....	296
14.2.3	巡航控制系统部件的结构与工作原理 .....	299
14.3	巡航控制系统的使用 .....	307
14.3.1	巡航控制系统的使用方法 .....	307
14.3.2	使用注意事项 .....	308
<b>第 15 章</b>	<b>安全气囊与安全带系统 .....</b>	<b>309</b>
15.1	安全气囊的分类与组成 .....	309
15.2	安全气囊的控制过程 .....	313
15.3	安全气囊系统部件结构 .....	315
15.3.1	传感器 .....	315
15.3.2	安全气囊组件 .....	318
15.3.3	安全气囊系统指示灯 .....	319
15.3.4	安全气囊系统 ECU .....	319
15.3.5	SRS 线束与保险机构 .....	320
15.4	安全气囊的检查要领与报废处理 .....	324



15.4.1	安全气囊检查要领	324
15.4.2	SRS 报废的处理方法	325
15.5	座椅安全带系统	326
15.5.1	点式安全带	326
15.5.2	预紧式安全带	327
<b>第 16 章</b>	<b>中央门锁与防盗系统</b>	<b>330</b>
16.1	中央门锁系统	330
16.1.1	中央门锁系统的基本组成与工作原理	330
16.1.2	无线遥控的汽车门锁	334
16.2	防盗系统	335
16.2.1	防盗报警系统的类型	335
16.2.2	防盗报警系统的组成	336
16.2.3	防盗报警系统技术方案	337
16.2.4	汽车防盗系统的应用	337
16.2.5	汽车防盗系统功能的检测	338
<b>附录</b>		<b>339</b>
实验 1	空气供给系统控制信号的基本检测	339
实验 2	燃油供给系统控制信号的基本检测	340
实验 3	微机控制电子点火系统信号的基本检测	342
实验 4	电液自动变速器基本检查及实验	343
实验 5	ABS 的基本检测	344
实验 6	ESP 的基本检测	345
实验 7	EPS 的基本检查	346
实验 8	电子控制悬架的基本检查	348
实验 9	巡航控制系统的设定与基本检测	349
	实验报告模板	351
<b>参考文献</b>		<b>352</b>

# 概 论

随着电子工业与汽车工业的不断发展，电子技术成为支撑现代汽车工程的技术基础之一，广泛应用于汽车发动机、传动、悬架、制动、仪表等各个系统，逐步融合而成现代汽车电子技术。汽车电子系统在提高汽车的动力性、操纵性、燃油经济性和安全性以及减少排放污染等方面，发挥着越来越重要的作用。可以说，今天的汽车已进入了电子控制的年代，且日趋成熟和可靠，并向自动化、智能化方向发展。

## 0.1 汽车电子技术的发展与应用

有数据显示，当前世界汽车工业 60% ~ 70% 的技术创新来源于电子技术的应用，并由此孕育出一个新的工业领域——汽车电子。目前，汽车电子产业已成为支持汽车工业发展的一个相对独立的新兴支柱产业。据统计，2006 年全球汽车电子市场的销售规模约为 1500 亿美元，至 2010 年，增长至 2500 ~ 3000 亿美元，到 2015 年，全球汽车电子市场的销售规模还将进一步扩大至 3000 ~ 4000 亿美元。目前，从世界范围来看，电子系统成本由 1980 年只占整车价格的 0.5% 发展到 2010 年的 35%，预计一些高档汽车中电子产品的价值含量将很快增加到 50%，未来有可能达到 60% 以上。

### 0.1.1 汽车电子控制技术的发展历程

现代汽车电子控制技术是汽车技术与电子技术相结合的产物，回顾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 3 个阶段。

第一阶段，1974 年以前的电子电路控制阶段，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，为汽车电子控制技术发展的初级阶段。

在 20 世纪 50 年代初期，汽车上最初采用的电子装置只是电子管收音机。汽车零部件中，最早采用的电子装置是交流发电机的整流器。1960 年，美国克莱斯勒公司和日本日产公司率先采用交流发电机以后，全世界各汽车公司都陆续采用交流发电机，淘汰了直流发电机。20 世纪 60 年代初期，开始使电压调节器及点火装置电子化。1960 年，美国通用汽车公司(GM)开始采用 IC 电子调节器，并于 1967 年以后在所有车中都换用 IC 电子调节器。1973 年，美国通用汽车公司开始采用 IC 电子点火装置，并逐渐普及使用。1974 年起，通用公司开始装备加大火花塞电极间隙、增强点火能量的高能点火系统，并且力图将分电器、点火线圈和电子控制电路制成一体。这一阶段的电子装置主要是代替单个机械部件的作用。这些革新往往是局部的，且电子装置多是由分立元件构成，体积大，可靠性也不太高。

20 世纪 60 年代到 70 年代初期，开始出现电子控制燃油喷射(由德国 BOSCH 公司于 1967 年研制成功)和电子控制点火，具有明显的优越性。但当时采用的还是模拟计算机，这时的电子控制系统都是由功能独立的系统构成，就是只能控制燃油喷射或只能控制点火，两个系统完全是独立的。因为采用的是模拟电路，如果要同时控制两种以上项目，就要追加和

实现相应功能的逻辑电路,电子控制单元的尺寸就变得非常大,对安装空间受限制的汽车来说是不现实的。这种电子控制系统被称为单独控制系统。

第二阶段,20世纪70年代后期至90年代末的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并向智能化方向发展,是汽车电子控制技术迅速发展且日趋成熟的阶段。

在此期间(特别是20世纪90年代后期),电子工业有了长足的进步,集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路的发展,能大批生产更为先进且灵巧的传感器、执行器、具有大容量的内存、16位或32位微处理器等,以此为基础,广泛应用集成电路和32位以下的微机系统成为解决上述矛盾的有效手段,主要开发研制专用的独立控制系统和综合控制系统。

汽车电子控制装置开发最早、最主要部分是从发动机控制开始的,而发动机的电子控制技术又首先是从控制点火时刻开始的。1976年,美国克莱斯勒公司首先创立了由模拟计算机对发动机点火时刻进行控制的控制系统。1977年美国通用汽车公司开始采用数字点火控制系统,称为迈塞(MISAR)系统。该系统体积较小,由中央处理器(CPU)、存储器(RAM、ROM)和模/数(A/D)转换器等组成,是一种真正的计算机控制系统。同年,美国福特汽车公司开发了能同时控制点火时刻、废气再循环和二次空气喷射的发动机电子控制系统。继之,日本、欧洲一些国家也相继开发了自己的汽车发动机电子控制系统。

随着电子技术的飞速发展,用于汽车电控系统的电子控制单元ECU由于采用了数字电路及大规模集成电路,其集成度愈来愈高,体积显著减小,运行速度和可靠性明显提高,存储容量的增加使其控制功能大大增加,从单一项目的控制发展到多功能的集中控制,即从单一的控制点火时刻或控制燃油喷射空燃比开始,逐步扩展到控制发动机怠速转速、废气再循环、二次空气喷射、涡轮增压等多项内容的发动机综合控制系统(后来称为发动机集中控制系统)。利用控制功能集中化,就可以不必按功能不同设置传感器和ECU,而是将多种控制功能集中到一个ECU上,不同控制功能所共同需要的传感器也就只设置一个。进入20世纪90年代后,在美国、欧洲、日本、韩国大汽车厂生产的轿车,95%以上采用了电子控制燃油喷射发动机。

随着消费者对汽车需求的多样化,现在电子控制技术已渗透到汽车的各个组成部分,如制动防抱死系统、电子控制自动变速系统、牵引力控制系统、安全气囊、电子控制悬架系统、电子控制动力转向系统、四轮转向控制系统、巡航控制系统、前照灯光束自动控制系统、电子控制门锁系统、故障自诊断系统、信息显示系统等。由于微机在汽车上的应用发展迅速,且日益普及和完善,可以说,汽车已进入电子控制时代。

第三阶段,21世纪初期至今的车载局域网控制阶段,即采用车载局域网LAN对汽车电器与电子控制系统进行控制,是汽车电子控制技术向网络化方向发展的高级阶段。

汽车车载局域网LAN是指分布在汽车上的电器与电子设备在物理上互相连接,并按照网络协议相互进行通信,以共享硬件、软件和信息等资源为目的的电器与电子控制系统。实际上,车载局域网是一种网络通信协议以及达到协议规定目的所采取的各种措施和方法,解决了以往每一系统与另外一个系统基本相互独立、各系统之间缺少联系的分散控制问题。1999年,CAN通信协议被国际标准化组织ISO11898-1标准所认可,标志着车载局域网的发展进入了一个崭新的阶段。就目前发展趋势看,电子控制器网络化的多路集中控制系统是汽

车电器线束分布方式和电子控制系统控制技术必然的发展方向。

图 0-1 为德国博世 (BOSCH) 公司, 在 20 世纪 90 年代后期生产和计划生产的汽车电子控制装置情况。

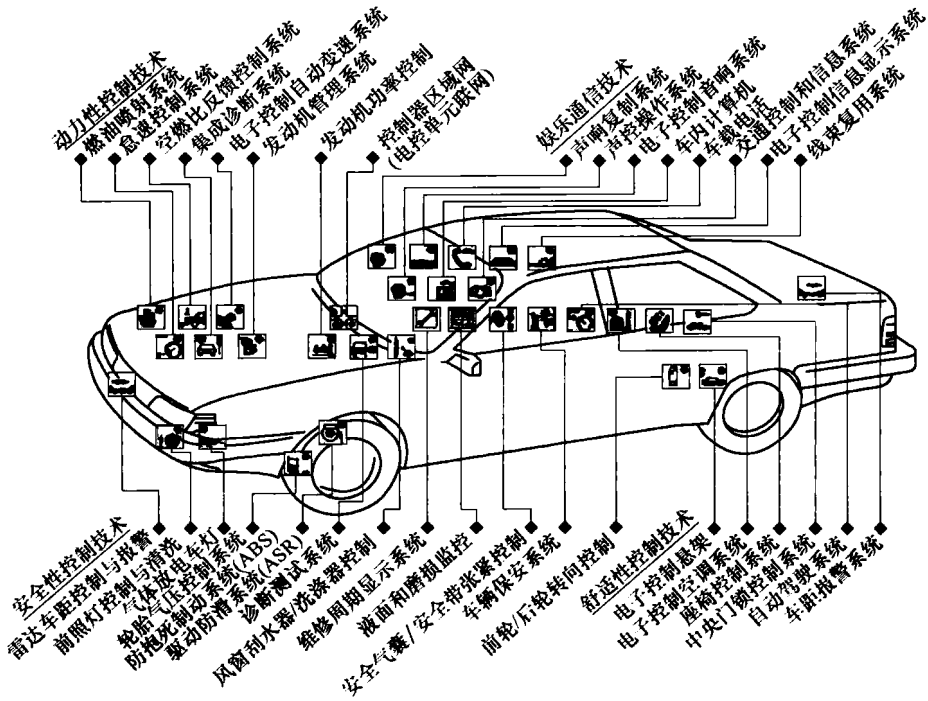


图 0-1 汽车电子装置的应用分布

### 0.1.2 汽车电子技术的应用概况

电子技术的飞速发展和节能、安全、排放等汽车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。在 2010 年以前, 汽车电子技术的研究仍主要围绕汽车各重要零部件, 解决其自动控制问题, 改善汽车的动力性、经济性、安全性、舒适性等。当前, 常见且较为成熟的汽车电子技术大致有以下几个方面。

#### 1. 动力传动总成电子控制

用于降低油耗, 减少污染, 减小动力传动系统的冲击, 减轻驾驶人的疲劳, 提高汽车的动力性、经济性和舒适性。主要有发动机电子控制、自动变速器电子控制和动力总成的综合电子管理等, 是目前高级轿车所配备的基本电子控制系统。

发动机电子控制分为汽油机和柴油机两种。汽油发动机电子控制目前应用极为普遍, 主要包括燃油喷射控制、点火控制、怠速控制、排放控制、进气及增压控制、稀薄燃烧及缸内直喷控制。此外, 还有电动燃油泵、发电机输出、冷却风扇、发动机排量、节气门正时控制及系统自诊断等。发动机电子控制能最大限度地提高发动机的动力性, 改善发动机运转的经济性, 同时尽可能降低汽车尾气中有害物质的排放量, 它是电子技术在汽车上应用的主要部分。

电子控制自动变速器能够按照换挡特性和换挡规律精确控制传动比, 得到最佳档位和最

佳换挡时间。与传统的手动变速器相比，自动变速器操纵轻便，改善了换挡舒适性，具有良好的自适应性，可大大提高发动机和传动系的使用寿命。

### 2. 底盘电子控制

用于提高驾驶的轻便性、行驶的稳定性和安全性和驾乘人员的舒适性。主要包括制动防抱死控制、驱动防滑控制、车辆动态性能控制、悬架系统控制、动力转向控制、四轮转向控制、巡航控制、轮胎压力的监测等。目前，在这些方面应用的电子控制系统正在迅速发展，底盘电子控制的内容正在增多。

### 3. 车身电子控制

用于增强车辆的安全性、舒适性和方便性。主要有：安全气囊控制、安全带控制、防撞系统控制、车窗控制、自动刮水器控制、灯光自动调节控制、门锁控制、防盗系统控制、自动空调控制、自动座椅控制、音响及音像系统控制和满足多种用电设备需求的电源管理系统等。

### 4. 信息与通信系统

用于和社会联系，协调整车各部分的电子控制功能。主要有与交通管理服务系统连接在一起的综合显示系统、驾驶人信息系统、定位导航系统(GPS)、计算机网络系统、状态监测与故障诊断系统等，这些是未来汽车电子技术的主要发展方向。

图 0-2 展示了现代汽车电子控制技术的应用情况。

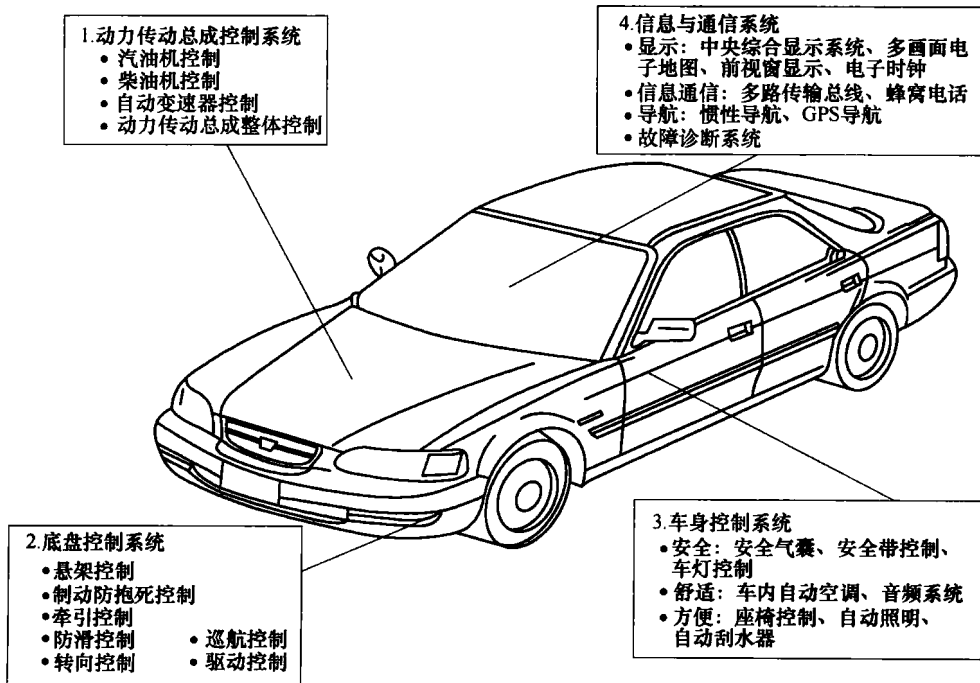


图 0-2 汽车电子技术的应用领域

## 0.1.3 汽车电子技术的最新进展及发展趋势

随着汽车电子技术和产品在汽车领域应用范围的扩大，汽车电子的概念不断延伸，现代

汽车电子已经成为由基础技术层、电控系统层和人车环境交互层所组成，集电控技术、数字技术、信息技术和汽车技术于一体的平台，如图 0-3 所示。在此背景下，世界各大汽车公司、汽车电子公司和半导体芯片供应商均十分重视汽车电子技术的研发与应用，技术创新取得不少优秀成果。

### 1. 动力传动控制

汽油发动机电控系统的基本功能是提供正确的混合气空燃比控制和在所有工况下进行精确的点火定时。现在，可变气门正时 VVT、涡轮增压、缸内直喷、稀薄燃烧、可压缩比、OBD 车载诊断技术正在得到发展应用，基于缸压控制的电控发动机和均质压燃发动机的研究工作也在不断深入。预计到 2012 年，采用 VVT 技术的发动机将占世界轿车汽油机市场 80% 的份额，日、美、欧等国开发的缸内直喷发动机技术产品已比较成熟，我国市场上已有装有缸内直喷发动机的轿车。

对于柴油发动机来说，高压共轨燃油喷射控制是柴油机的主流技术。采用高压共轨、单体泵或电控直列组合泵技术，可以达到欧Ⅲ排放标准。而要达到欧Ⅳ、欧Ⅴ或以上排放标准，需要在 OBD 在线诊断技术的基础上，进一步采用电控高压燃油喷射、可变截面涡轮增压、废气再循环 EGR 控制和排气后处理技术（还原催化器 SCR 和颗粒捕捉器 DPF）。目前，国外高压共轨喷射技术产品已很成熟，系统开发技术已发展到第三代。

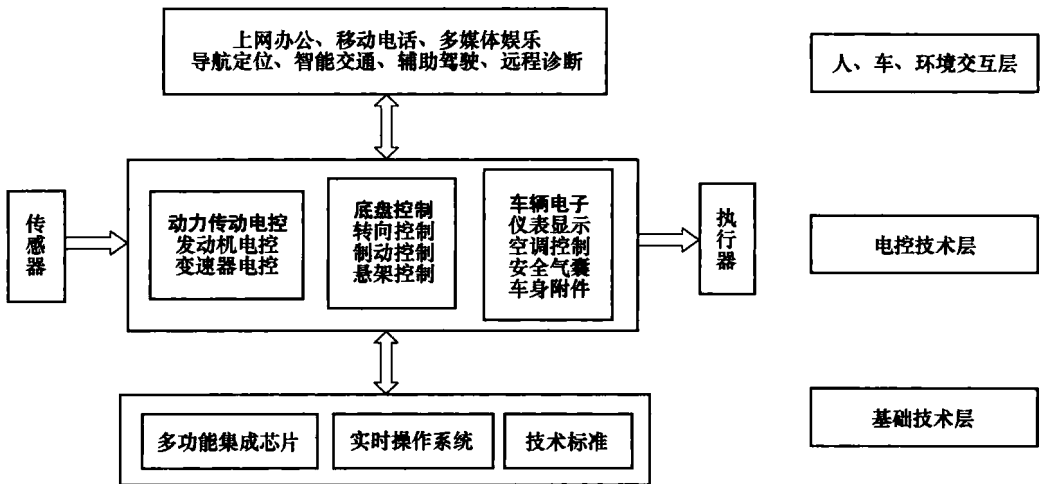


图 0-3 现代汽车电子技术平台

随着发动机电控技术的不断发展，以 32 位嵌入式微控制器及多任务实时操作系统为内核的电子控制单元（ECU）开发成为应用主流，传感器的多功能集成和系统化集成封装将使电控系统反应更灵敏、更智能。

在自动变速器方面，电控液力自动变速器（AT）是目前轿车应用的主流，电控无级变速器（CVT）、电控机械自动变速器（AMT）和双离合变速器（DSG）也得到快速发展。实现动力传动一体化的集成控制以优化动力性和燃油经济性，是目前技术发展的热点。

### 2. 底盘控制

在转向系统方面，电动助力转向 EPS 是继液压动力转向之后汽车转向系统的又一重大技术进步，2008 年北美生产的新车中，EPS 的安装率约为 25%，欧洲和日本则都达到 50%

左右。据预测,到2016年,全球主要汽车市场(包括中国)近60%的轿车将装备EPS,而目前这一比例是40%。EPS在集成传感器、控制策略、助力电动机(永磁同步电动机)等开发方面不断取得新进展。主动性前轮转向电控技术AFS能够改善对转向盘输入的动态响应特性和增强汽车横摆稳定性。四轮转向系统4WS、主动转向系统AS和线控转向SBW等技术发展迅速。本田、雷诺、德尔福相继推出四轮转向系统,线控转向样机也已出现。

在制动系统方面,集成了制动防抱死技术/驱动轮防滑技术ABS/ASR和汽车横摆稳定控制技术DYC的车辆稳定控制系统ESP(或ESC)是一项最先进的主动安全技术。ESP强大的扩展功能使其可作为底盘一体化控制系统的核心。目前,欧美几乎所有的中高档轿车都已安装或准备安装ESP系统,并逐步向重型载货车等商用车普及。电子驻车制动系统EPB、电控液压制动系统EHB也有产品投放市场。电子机械制动EMB和线控制动BBW已成为研究热点并取得可喜进展。

悬架系统主要由弹簧、减振器和横向稳定杆等组成,电控空气悬架系统ECAS技术越来越受到关注。电控空气悬架系统依靠调节空气弹簧刚度和减振器阻尼来实现对悬架的控制,也可调节车辆高度。使用可控型的横向稳定杆可满足悬架系统侧倾角刚度控制功能。目前,发达国家大客车几乎全部使用电控空气悬架,电控空气悬架系统也日益广泛地应用在豪华轿车和SUV车型上。近年来,在欧洲和北美市场,乘用车电控空气悬架系统需求呈增长态势。采用阻尼连续可调的电磁流变减振器的半主动悬架系统已有实际应用。

### 3. 综合协调集成控制

汽车电子技术已从用单一技术解决特定问题阶段发展到现在的用综合协调集成控制技术解决系统问题阶段。综合协调集成控制所追求的目标是实现多个控制目标的统一协调控制,以全面提高整车的动力经济性、平顺性和安全稳定性。其中,在底盘一体化电子控制技术中,融合了制动防抱死技术ABS、驱动轮防滑技术ASR、主动性前轮转向电控技术AFS和汽车横摆稳定控制技术DYC的功能。在汽车动力学综合管理系统中,结合了DYC、AFS和主动悬架控制技术的功能,对主动和被动安全技术也要进行集成控制。为了实现多目标的综合集成控制,需建立一个处于最高级别的控制层起全面综合协调作用,如整车控制器VECU,通过全局优化的方法得到最佳整车控制效果。而以汽车分布式控制系统为基础的车载网络总线技术的应用,为整车综合集成控制提供了技术保证。

### 4. 辅助驾驶(安全)系统

通过车载红外视觉传感器、毫米波雷达、车速传感器等,采集车辆运行道路环境及车速、车辆姿态等信息,再运用图像处理、信息融合、模式识别等技术,实现道路标志识别、道路环境场景实时显示、驾驶安全语音提示、安全车距保持、驾驶疲劳监控及对周边车辆的检测与跟踪等功能,并可实现自适应巡航辅助驾驶控制。如果将能够感知周围环境的智能传感技术、响应快速可靠的执行器技术与汽车的集成协调控制策略和网络通信技术相结合,将使汽车的环境实时感知/预警能力、车辆行驶路线规划决策能力和自动驾驶操作能力大大提高,最终将发展为具有全自动驾驶系统和自动防撞功能的真正意义上的安全的、智能的汽车。

### 5. 信息系统平台

以人、车、环境交互为特征的信息系统平台基于嵌入式车载远程信息系统作为基本架构,提供包括多媒体移动视频音频、GPS定位导航、移动通信、移动办公、车辆远程故障诊

断、综合信息显示、辅助驾驶等多项功能，并可应用人性化的人机界面和语音识别控制技术。目前，信息显示终端发展为液晶显示屏 LED，汽车仪表信息、车身状况信息、导航信息、多媒体信息、车辆后视信息等均可以一屏或多屏方式显示其上。汽车娱乐和车载信息系统是消费电子工业和汽车工业的结合，已经成为汽车的一个重要组成部分。各种车载信息系统可以通过 CAN、FlexRay、MOST、蓝牙无线局域网等组成车辆网络系统，并与外界的 IN-TENET 网构成完整的车载信息网络系统。

## 6. 网络总线技术

为简化日益增加的汽车电控装置的线路连接，提高系统可靠性和故障诊断水平，利于各电控装置之间数据资源共享，便于建成开放式的标准化、模块化结构，汽车网络总线技术得到了很大的发展，带来了整车电气系统设计的革新和结构优化。在欧美等国，网络总线的开发大都秉承平台化开发理念，目的是使开发的网络总线尽可能满足各种车型配置需求。即同一平台可供多个车型使用，平台复用程度高。网络总线平台化开发的另一特点，是在网络总线中使用独立网关。整车网络总线一般包含几个子网，各子网之间以独立网关为枢纽。独立网关具有独立的翻译转换功能，因而能够保证在子网更换或 ECU 供应商变更情况下不影响整车网络通信。而加强重视路试前的模拟仿真，可提高开发质量和降低开发成本。

图 0-4 展示了未来汽车包括电子控制技术在内的发展趋势。

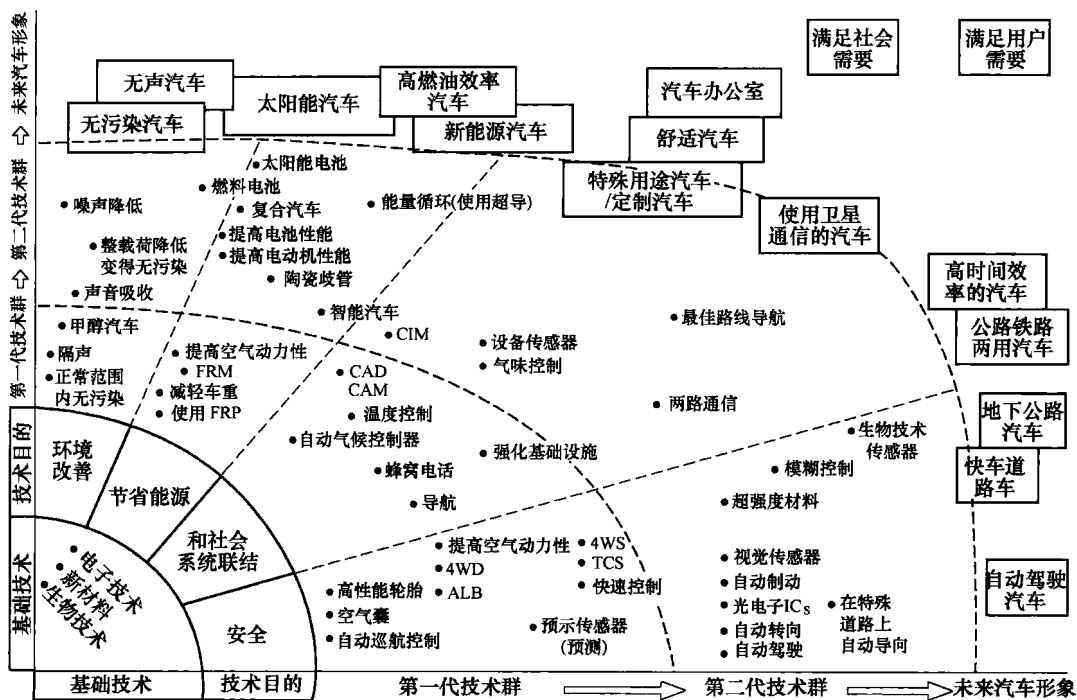


图 0-4 未来汽车电子技术发展趋势

综上所述，汽车工业的发展已经无法离开汽车电子技术的进步，它为汽车设计者、生产者能够持续满足社会需求和消费者需求提供了保障。汽车电子化被认为是汽车技术发展进程中的一次革命，汽车电子化的程度是衡量现代汽车水平的重要标志。



## 0.2 汽车电子控制系统的组成与工作过程

汽车电子控制系统是指由传感器、电器开关、电子控制器和执行器等组成，并具有提高汽车性能的有机整体。如果系统采用了微处理器作为电子控制器，则称为微机控制系统或计算机控制系统。在同一辆汽车上，配装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，并随着汽车功能的不断增多而日渐完善和复杂。

### 0.2.1 汽车电子控制系统的组成

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，汽车上任何一个电子控制系统的基本结构都包括硬件和软件两大部分。

#### 1. 汽车电子控制系统的硬件

汽车电子控制系统的硬件结构一般由三部分组成：传感器、电子控制单元(ECU)和执行器，如图 0-5 所示。



图 0-5 汽车电子控制系统的硬件结构组成

(1) 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、舌、身等五官。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子控制单元，用以监测各部件运行情况和环境条件。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。有的汽车只有几个传感器(如发动机控制系统只有 6~8 个)，有的汽车装备有 50 多个传感器。一般来说，汽车装备传感器越多，则其档次就越高。

(2) 电子控制单元(ECU) 电子控制单元简称电控单元(又称为汽车电子控制器)，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。电控单元可被视为汽车电子控制系统的大脑，它分析处理传感器发出的各种信息，利用事先制定的控制策略向执行器发出控制指令。电子控制单元含有一个微处理器，并在内存中存储着设计者事先编制的程序或控制软件。

(3) 执行器 执行器是电子控制系统的执行机构，执行器接收电子控制单元发来的各种指令，完成具体的执行动作。执行器可被视为控制系统的肌肉。汽车电子控制系统不同，采用执行器的数量和种类也不相同。

#### 2. 汽车电子控制系统的软件

在汽车电子控制系统中，除硬件设备外，还必须配有一定的软件。软件包括系统软件和应用软件两大部分。

系统软件一般用得较少，只有装有电子地图一类的特殊装置才需要，一般都是通用的(如 DOS、WINDOWS 操作系统等)。