



高等学校教材

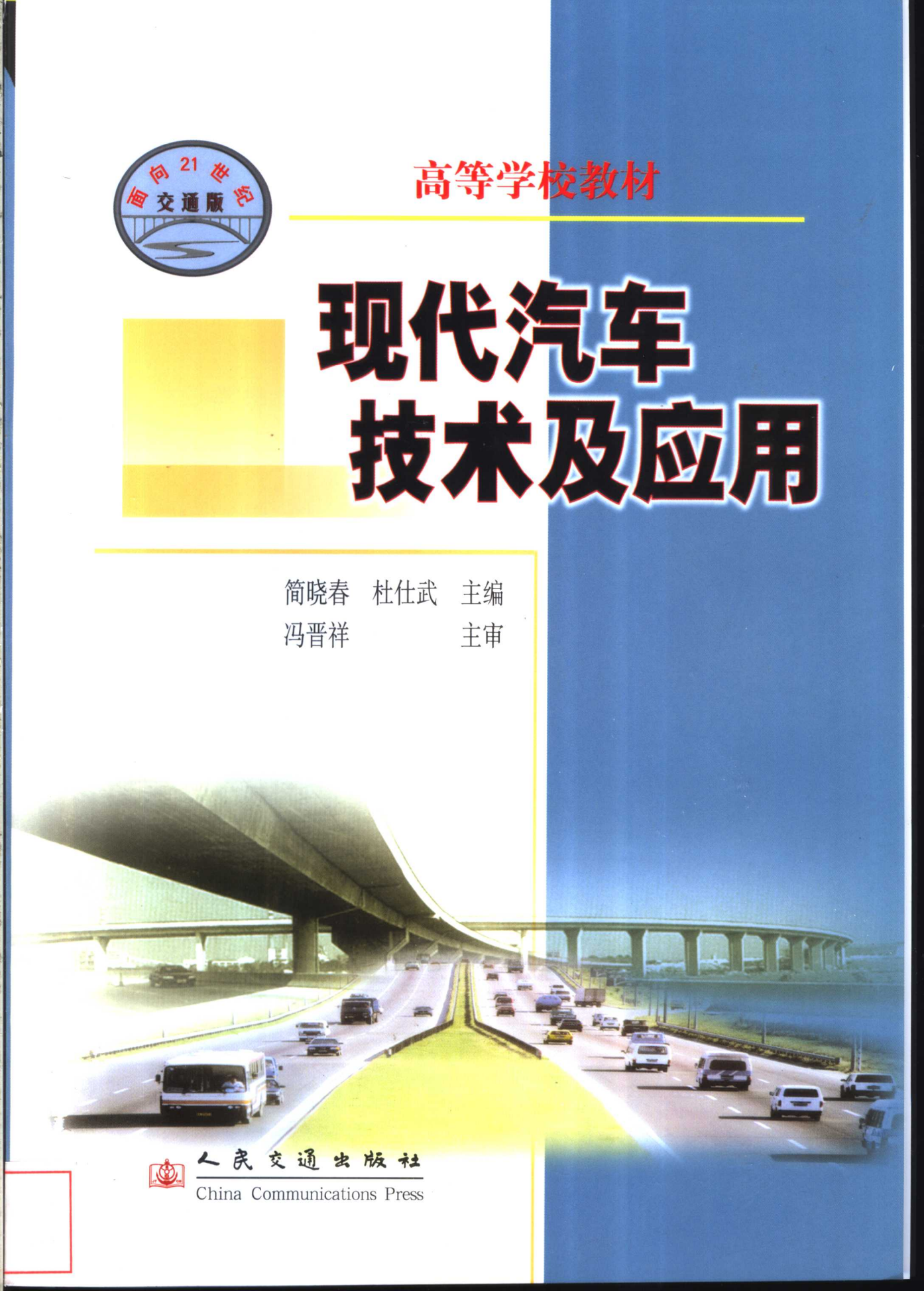
现代汽车 技术及应用

简晓春 杜仕武 主编
冯晋祥 主审



人民交通出版社

China Communications Press



面向 21 世纪交通版高等学校教材

Xiandai Qiche Jishu Ji Yingyong

现代汽车技术及应用

简晓春 杜仕武 主编
冯晋祥 主审

人民交通出版社

912488

内 容 提 要

本书以技术理论、系统工作原理为重点,全面、系统地介绍了现代汽车的电控汽油机和电控柴油机、自动变速器及全时四轮驱动、电控悬架系统、动力转向或四轮转向的转向系统、ABS与 ASR 系统、安全气囊、空调系统、故障自诊断与安全保险后备系统、代用燃料与新型能源、电动汽车及混合动力汽车等技术及应用。书中既阐述了在现代汽车上已广泛、成熟应用的技术,也介绍了一些新近发展的高新技术。

本书可作为高等院校相关专业的教学用书,也可供从事汽车研究、设计、使用和维修等工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车技术及应用/简晓春,杜仕武主编. —北京:
人民交通出版社, 2004.4

ISBN 7-114-04998-6

I. 现... II. ①简...②杜... III. 汽车工程
IV. U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第017743号

面向 21 世纪交通版高等学校教材

现代汽车技术及应用

简晓春 杜仕武 主编
冯晋祥 主审

正文设计:孙立宁 责任校对:王静红 责任印制:张 恺

人民交通出版社出版发行

(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号)

各地新华书店经销

三河市宝日龙印务有限公司印刷

开本:787 ×1092 1/16 印张:24.75 字数:634 千

2004 年 5 月 第 1 版

2004 年 5 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001 — 3000 册 定价:39.00 元

ISBN 7-114-04998-6

前 言

汽车从最初的机械产品,发展到现在集机、电、液、光于一体的高科技产品,其技术含量越来越高。特别是电子技术、计算机技术、现代信息及通信技术的迅猛发展和广泛应用,使汽车的技术和性能发生了质的飞跃,并逐渐形成了以电子信息技术、新材料技术、新设计和新工艺、新型能源动力技术为主要内容的现代汽车技术。从事汽车设计、制造、使用和维修的相关人员,熟练掌握和应用这些新的汽车技术是必要的。作为高级人才培养基地的高等学校,车辆工程及相关专业开设现代汽车技术课程更有必要。本书可作为这方面课程的本科教材。

现代汽车技术的内容十分丰富。考虑有些内容如新材料、新设计和新工艺已在其他课程中有所介绍,所以本书不再涉及这些内容,而仅从汽车产品本身出发,介绍现代汽车的电子控制技术和新型能源动力技术。同时,由于目前很多学校都已开设测试与传感技术、微机原理、计算机控制技术等课程,因此在介绍汽车电子控制技术方面,着重于阐述根据汽车性能要求的电子控制系统的基本构成和工作原理。全书共 13 章。第一、二、十二、十三章由简晓春编写,杜仕武编写第三、五、七、十一章,杨志刚编写第四章,张敬东编写第六章,陈作明编写第八章,孙庆编写第九、十章。全书由简晓春统稿。

山东交通学院冯晋祥教授对本书的编写大纲和编写给予了指导,并任本书的主审。在此,对冯晋祥教授表示衷心的感谢。同时,在本书的编著中查阅和参考了大量的文献,引用了文献中有关资料,还采用了 sina、Yahoo、3721 等网站的部分内容,在此,向这些文献的作者表示深切的谢意。

由于编者水平有限,书中难免出现缺点和错误,欢迎使用本书的师生和读者批评指正。

作 者

2003 年 5 月于重庆

2003/05

目 录

第一章 概论	1
第一节 现代汽车技术及其发展	1
一、现代汽车技术的主要内容	1
二、汽车电子控制技术的发展	3
第二节 现代汽车技术的应用	6
一、汽车电子控制技术的应用	6
二、汽车电子控制系统的工作环境	6
三、新型能源动力汽车技术的应用	7
第二章 汽油机电子控制技术	9
第一节 概述	9
一、汽油机的传统控制	9
二、汽油机的电子控制	11
第二节 汽油机电控系统的基本组成和工作原理	13
一、汽油机电控控制的类型和控制方式	13
二、汽油机电控系统的基本组成及工作原理	14
第三节 汽油机电控燃油喷射技术	19
一、汽油机燃油喷射系统的种类和组成	19
二、3种典型电子控制汽油喷射系统(EFI系统)	22
三、不同工况燃油喷射的电子控制	28
第四节 怠速电子控制技术	39
一、怠速控制的目标	39
二、怠速空气提供方式	39
三、怠速信号的产生与识别	40
四、怠速控制原理	40
第五节 点火系电子控制技术	46
一、电子控制点火系的控制内容和基本组成	46
二、点火提前角的控制	47
三、闭合角(通电时间)的控制	55
四、爆震控制	56
第六节 排放控制系统电子控制技术	58
一、燃油蒸发控制系统的电子控制	58
二、二次空气喷射电子控制	59
三、三元催化转化的闭环电子控制	61
四、排气再循环(EGR)电子控制	64

第七节 进气与增压电子控制技术	67
一、可变气门机构电子控制	67
二、进气量电子控制(E-GAS)	70
三、进气惯性增压电子控制	71
四、废气涡轮增压电子控制	74
第八节 稀薄燃烧与缸内直喷电子控制技术	76
一、稀薄燃烧电子控制	76
二、缸内直喷电子控制	81
第三章 柴油机电子控制技术	87
第一节 概述	87
一、柴油机电控系统的发展	87
二、柴油机电控系统的控制项目	88
第二节 电控燃油喷射系统的控制原理	89
一、概述	89
二、常规压力电控喷油系统的控制原理	92
三、高压电控喷油系统的燃油喷射控制	112
第三节 其他控制	118
一、怠速控制	118
二、进气控制	119
三、增压控制	122
四、排放控制	130
五、起动控制	132
第四章 电控自动变速器	135
第一节 汽车自动变速器的类型、发展过程及其特点	135
一、自动变速器的类型和发展过程	135
二、各种自动变速器的特点	136
第二节 电控液力机械自动变速器	137
一、电控液力机械自动变速器的组成、工作原理及性能特性	137
二、换挡控制逻辑与控制方法	153
第三节 电控机械自动变速器	157
一、电控机械自动变速器的类型	157
二、电控机械自动变速器的组成	160
三、电控机械式自动变速器控制单元的组成	164
四、电控机械式自动变速器的工作原理	169
五、电控机械式自动变速器的控制方法介绍	170
第四节 连续可变传动比自动变速控制系统	172
一、连续可变传动比自动变速器的特点	172
二、CVT系统的组成	172
三、CVT的工作原理	175
第五章 汽车的四轮驱动	178

第一节 概述	178
第二节 固定转矩分配式四轮驱动	179
一、中间差速器锁死方式	179
二、中间差速器差动限制方式	180
第三节 变动转矩分配四轮驱动	191
一、被动转矩分配式	191
二、主动转矩分配式	192
第六章 汽车的悬架系统	197
第一节 概述	197
第二节 主动悬架与半主动悬架	198
一、主动悬架	198
二、慢主动悬架	200
三、半主动悬架	200
第三节 电子控制悬架系统的工作原理	201
一、半主动式悬架的控制原理	202
二、主动式悬架的工作原理	203
三、主动式悬架系统的控制功能	208
第四节 电子控制悬架系统的主要部件结构原理	211
一、传感器	211
二、悬架弹簧、减振器及控制执行器	215
第七章 汽车转向系统	225
第一节 概述	225
第二节 汽车的动力转向系统	225
一、概述	225
二、机械控制液压式动力转向系统	227
三、电子控制液压式动力转向系统	231
四、电子控制电动式动力转向系统	235
第三节 轿车的四轮转向系统	245
一、概述	245
二、小转角控制的四轮转向系统	246
三、大转角控制的四轮转向系统	251
第八章 防抱死制动系统(ABS)和防滑装置(ASR)	262
第一节 概述	262
一、防抱死制动系统(ABS)	262
二、防滑装置(ASR)	262
三、ABS 和 ASR 的功用	263
第二节 ABS 和 ASR 的基本理论	264
一、滑移率	264
二、附着系数	264
三、滑转率	265

第三节 ABS 和 ASR 的基本组成与分类	265
一、ABS 的基本组成	265
二、ABS 的分类	266
三、ASR 的基本组成与分类	269
第四节 ABS 的工作原理及基本结构	270
一、ABS 的工作原理	270
二、ABS 的基本结构	272
第五节 ASR 的工作原理及基本结构	285
一、ASR 的工作原理	285
二、典型 ASR 的结构组成	285
第九章 汽车安全气囊、安全带与巡航控制	290
第一节 汽车安全气囊与安全带	290
一、安全气囊	290
二、座椅安全带	299
第二节 电子巡航控制系统	301
一、电子巡航控制系统的基本原理	302
二、电子巡航控制系统的组成结构	303
三、电子巡航控制系统的使用注意事项和安全保护功能	309
第十章 汽车空调系统	311
第一节 汽车空调系统概述	311
一、汽车空调系统的功能和特点	311
二、汽车空调系统的基本组成和分类	312
第二节 汽车空调系统的结构和工作原理	313
一、制冷系统	313
二、取暖系统	321
三、通风系统	322
四、空气净化装置	323
第三节 汽车空调系统的控制	323
一、汽车空调系统的主要控制方法	323
二、汽车空调系统的控制类型	324
三、汽车空调系统的未来研究方向	327
第十一章 故障自诊断系统与安全保险功能	328
第一节 故障自诊断系统	328
一、故障自诊断的内容	329
二、故障自诊断系统工作原理	329
三、自诊断故障代码的存储方式	336
四、故障代码的读取显示	336
五、故障代码的清除	340
六、OBD-II 系统	341
第二节 安全保险功能与后备系统	343

一、安全保险功能	343
二、后备系统	344
第三节 自诊断和故障安全功能的发展趋势	345
第十二章 新型能源动力汽车技术	347
第一节 概述	347
第二节 代用燃料汽车技术	347
一、车用代用燃料的种类	348
二、醇类燃料动力汽车技术	348
三、天然气汽车(NGV)技术	351
四、氢燃料汽车	356
五、生物质燃料汽车技术	357
第三节 太阳能和燃料电池汽车技术	360
一、太阳能汽车技术	360
二、燃料电池汽车(FCV)技术	362
第十三章 电动汽车及混合动力汽车技术	370
第一节 电动汽车的结构原理	370
一、电动汽车及其发展	370
二、电动汽车的结构及原理	371
三、电动汽车的总体布置	372
第二节 电动汽车的控制技术	374
一、电动汽车驱动系统的基本构成	374
二、电动汽车驱动控制技术	375
三、电动汽车的能量管理与再生控制技术	378
第三节 混合动力汽车技术	380
一、混合动力汽车的特点	380
二、混合动力汽车的类型	380
三、混合动力汽车的控制技术	381
参考文献	384

第一章 概 论

第一节 现代汽车技术及其发展

一、现代汽车技术的主要内容

汽车自 1886 年诞生至今,经过了 100 多年的发展,已成为当今世界经济中的支柱产业,也是我们工作和生活中不可缺少的部分。目前全世界客货车总量为 8 亿辆,预计到 2030 年,客货车总量将翻一番。

如今,随着科学技术的进步和计算机、新型材料、新工艺、新能源等技术在汽车上的应用,当今的汽车已演变成为一种精美绝伦的高科技产品。与传统汽车技术相比,现代汽车技术主要包括以计算机为核心的电子控制技术;以质轻、高强度为代表的新材料技术;应用现代设计理论和设计方法,以 CAD(计算机辅助设计)为核心的整车及零部件新设计;融合当代制造技术的汽车制造新工艺;以减少石油燃料消耗、降低大气环境污染为目的的新型能源动力汽车技术。

其中,电子装置及控制技术的应用尤为突出。汽车电子化的程度越来越高,特别是集成电路、微机控制技术出现以后,在扩展电子系统各部分功能的同时,减少了电子装置的体积和质量,并推动了传感器、执行机构、显示装置及控制技术的发展。这不但改变了汽车工业的面貌,而且使汽车的结构和性能焕然一新。汽车的动力性、燃油经济性、安全可靠、乘坐舒适性以及废气排放和噪声控制等诸方面都得到了显著的改善和提高。

本教材从应用出发,着重介绍汽车的现代结构和控制技术,以及汽车的新型能源动力技术。

(一)汽车电子控制技术

汽车电子化发展迅速,电子控制装置日新月异,层出不穷。图 1-1 是目前常见的、较成熟的汽车电子控制技术的主要内容。

1. 发动机的电子控制

发动机控制部分的内容,分为汽油机和柴油机两种。对于柴油发动机而言,主要有各种泵油喷射系统燃油喷射量、燃油喷射时机以及高压共轨喷射、进气节流和电热塞的电流等的控制。汽油发动机电子控制目前应用极为普遍,主要有: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我诊断等功能。在不同类型和不同生产年代的汽车上,电子控制的内容有多有少。

另外,随着微机技术的进一步发展,微机将会在现代汽车上承担更重要的任务。如控制燃烧室的容积和形状,控制压缩比,检测汽车零件逐渐增加的机械磨损等。目前在控制汽车尾气

排放和自诊断功能方面,发展速度更快。

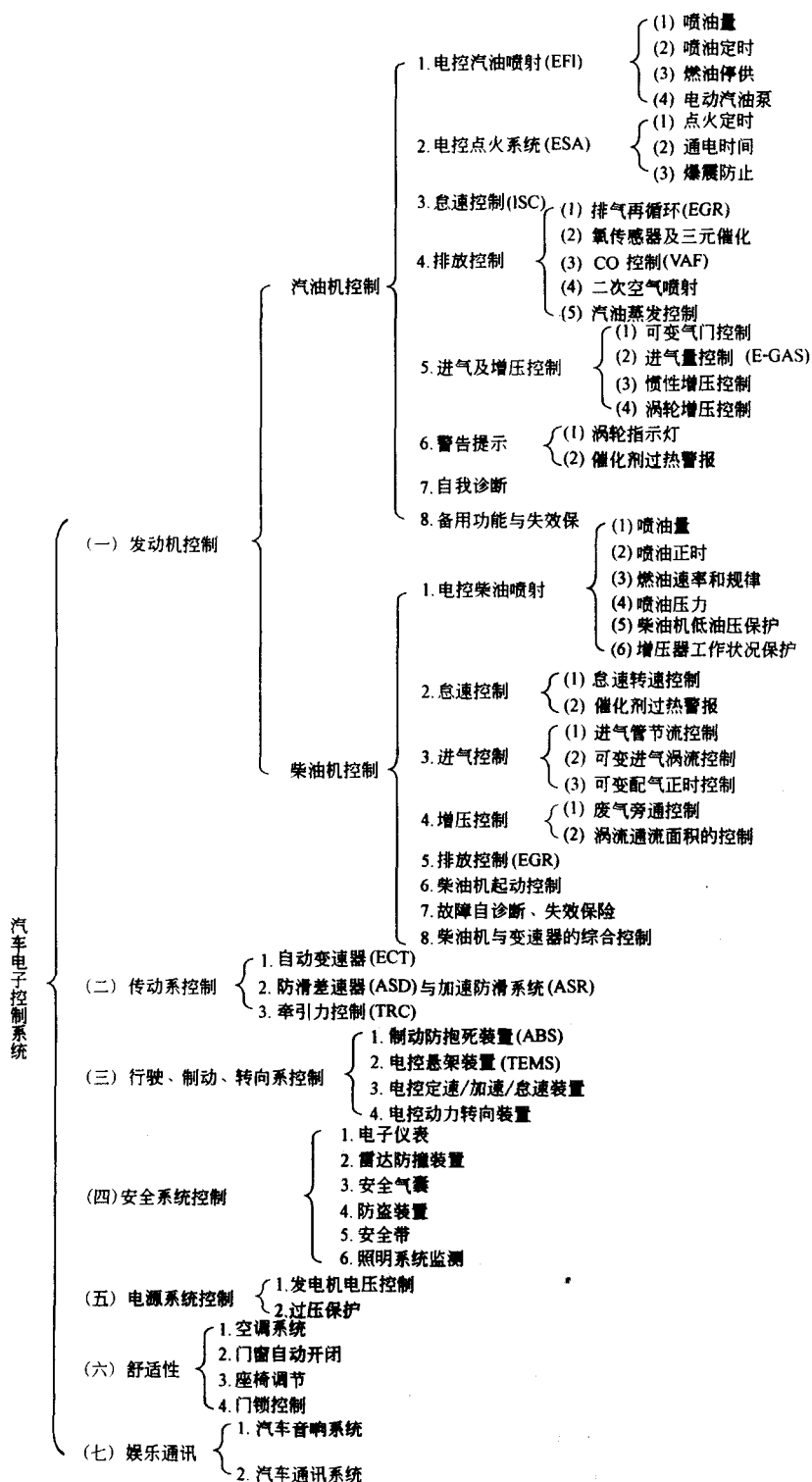


图 1-1 汽车电子控制的主要内容

2. 底盘的电子控制

底盘控制的内容正在增多,目前主要有:自动变速器控制、悬挂系统控制、动力转向控制、四轮转向控制、巡航控制、制动防抱死控制、驱动防滑控制、轮胎压力的监测。底盘电子控制的主要目的是提高驾驶的轻便性、行驶的稳定性、安全性和司乘人员的舒适性。控制内容包括汽车运行中3个基本特征,即行驶、转弯和停车。

3. 车身的电子控制

车身方面的控制主要是为司乘人员提供更为安全、更为方便和更为舒适的环境,并能够提高整车的市场竞争力。车身方面控制内容很多,主要有:安全气囊控制、安全带控制、防撞系统控制、灯光控制、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。

4. 信息与通讯系统及其控制

该系统可让司乘人员更多更快地获取有关汽车各方面的信息;同时通过与车外通讯实现社会联结,以获取各种信息资料。主要有以下几方面的内容:数字化仪表(是集感觉、识别、情况分析、信息库和控制等各种功能于一体的综合信息系统)、汽车定位导航系统(GPS)、移动电话系统等。

(二)新型能源动力汽车技术

新型能源,是相对于汽车使用的汽油和柴油传统能源而言的。就目前研究应用于汽车动力的新型能源来说,主要有各种代用燃料、天然气和液化石油气、太阳能以及燃料电池等。由此形成了代用燃料汽车、天然气汽车、液化石油气汽车、太阳能汽车、燃料电池汽车及其他各种电动汽车和混合动力汽车。

新型能源动力汽车技术的内容涉及面极广,既包括能作为汽车动力能源的新型能源资源及其获取技术,也包括使用新型能源动力机械的开发技术,还包括与应用新型能源动力相匹配的汽车开发与控制技术。

开发新型能源动力汽车的目的是为了降低及至最终取代有限的石油燃料资源,减少并最终消除汽车对大气环境的污染。

二、汽车电子控制技术的发展

电子技术的飞速发展和汽车相关法规(节能、安全、排放等)的建立是汽车电子控制技术形成与发展的两大主要因素。汽车电子控制技术形成和发展过程可分为3个阶段,如图1-2所示。

第一阶段:电子装置代替某些机械部件。

20世纪50年代初期,汽车上装用了电子管收音机。1955年晶体管收音机问世后,晶体管收音机也成了汽车的主要器件。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,人们开始对汽车发动机周围零部件的电子化进行研究。首先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。

第二阶段:电子装置被应用于某些机械装置无法解决的复杂控制系统。

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时刻控制系统,称为迈塞(MISAR)系统。该系统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、排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、欧州一些国家也相继开发了自己的汽车发动机电子控制系统。以后他们又经过多次改进,其控制功能不断增多,性能更加先进。

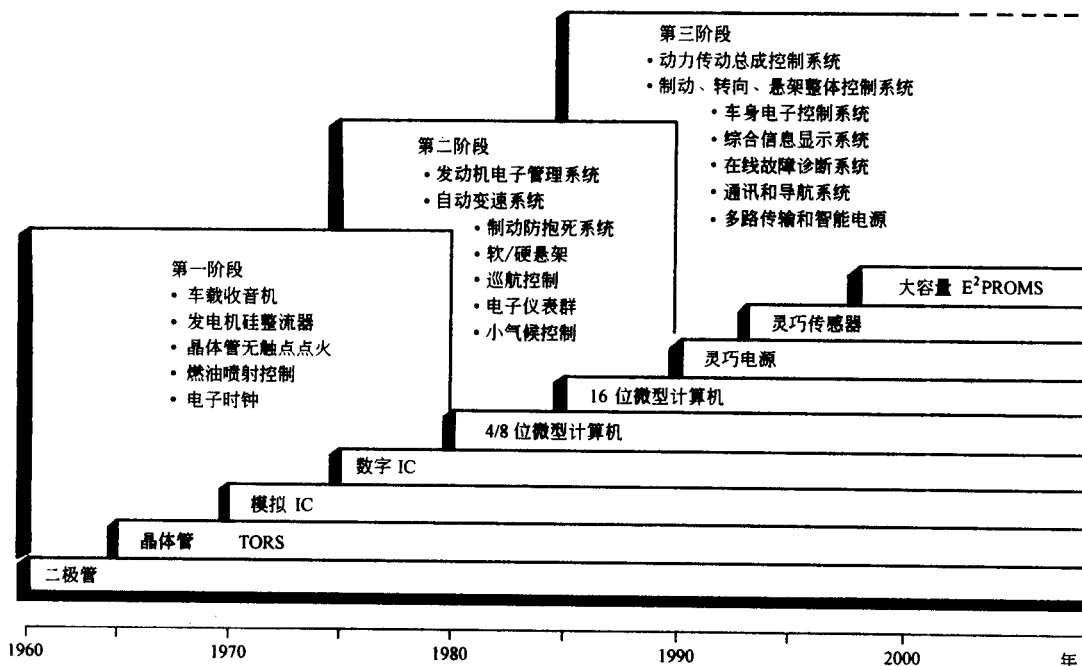


图 1-2 汽车电子技术的形成与发展

电子控制燃油喷射系统,是由德国波许(Bosch)公司于1967年研制成功的,它用电子电路控制喷油器的喷油量,与化油器相比,具有明显的优越性。随着时间的推移,该技术日渐成熟,又被美国、日本等国家所广泛采用。

第三阶段:电子装置成为汽车设计中必不可少的装置。

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。它从单一项目的控制,发展到多功能的控制,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、排放、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。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%以上都采用了电子控制燃油喷射发动机。

由于电子技术在发动机控制中取得了成功经验,汽车厂家越来越自觉地在汽车上展开全面应用。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、自动变速系统、信息显示系统等。美国通用、福特、克莱斯勒汽车公司生产的较高级的轿车上,一般都装有

7~8 个微处理器,日本丰田公司“滑翔机”牌汽车上已使用 24 个微处理器。最近 10 年左右从美国、日本、欧洲以及韩国等国进口的汽车上,都或多或少、程度不同地装有各种微机控制装置。1990 年世界生产的轿车上,有 90% 左右已采用微机控制装置。微机在汽车上的应用发展迅速,且日益普及和完善,可以说,在发达国家,汽车已进入电子控制时代。

国产汽车电子控制技术的开发和应用相对较晚。20 世纪 90 年代初期,只有少数汽车厂家,如一汽的奥迪、北汽的切诺基汽车上开始采用电子控制燃油喷射发动机,而且基本上是对国外生产的部件进行组装。在汽车电子控制技术上,与国外的先进汽车生产厂差距较大。随着形势的发展,如城市汽车数量的增多,汽车尾气造成的污染日趋严重等,国家有关新的安全、油耗、排放法规将同国际标准接轨;同时,迫于国际汽车行业的激烈竞争,我国汽车大大加快了采用电子控制技术的前进步伐。国产汽车电子控制技术的发展速度是可喜的,国家要求在从 2000 年开始,新生产的轿车都要采用电子控制燃油喷射发动机和三元催化净化装置。目前已基本实现。另外,其他电子控制装置,如防抱死制动系统、安全气囊、电控自动变速器等,也在陆续安装在国产轿车上。

关于汽车技术未来的发展,2000 年美国汽车工程师协会年会得出的结论是:21 世纪的汽车将是架在 4 个轮子上的计算机。可见,以计算机为核心的汽车电子控制技术将在未来汽车技术中发挥主导作用。图 1-3 和图 1-4 展示了未来汽车包括电子控制技术在内的发展趋势。

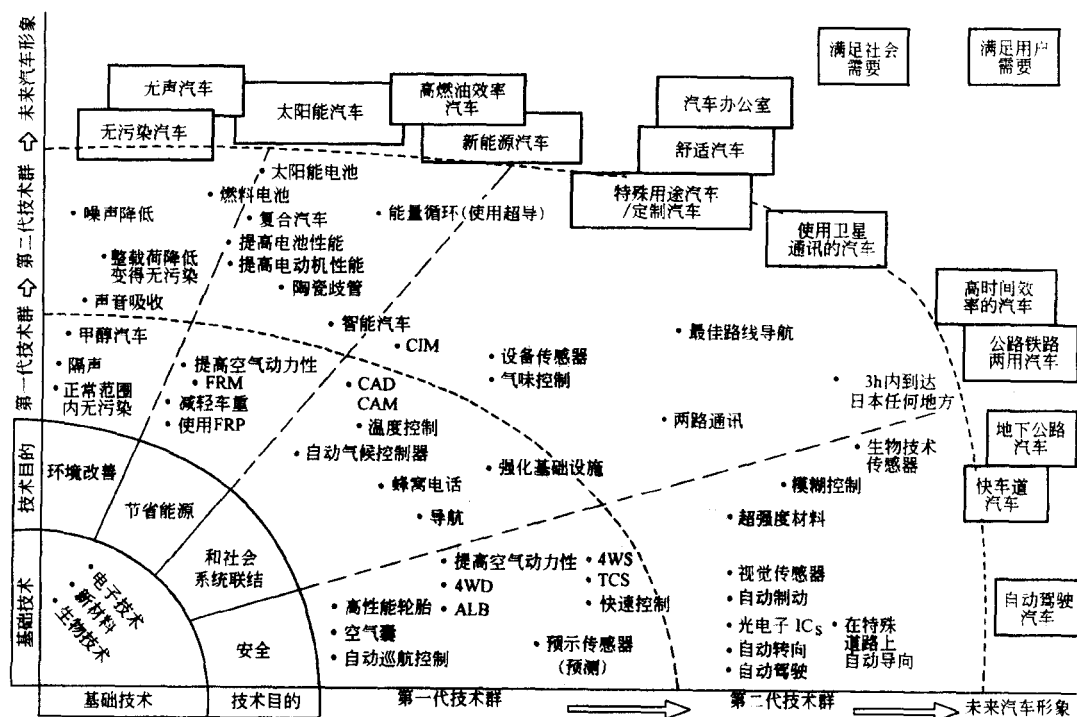


图 1-3 未来汽车技术的发展趋势

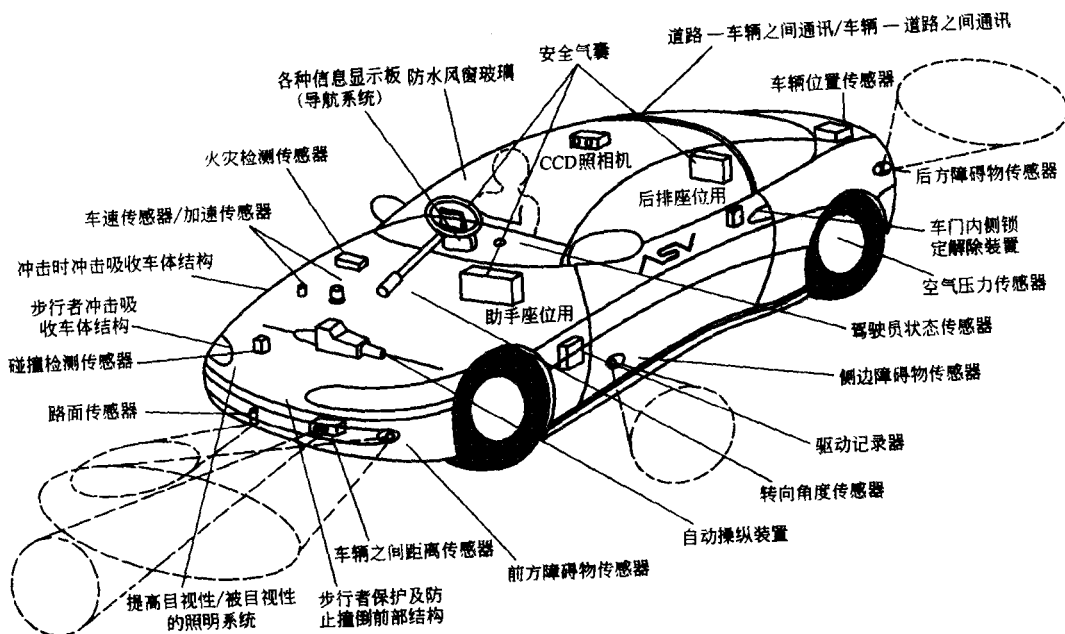


图 1-4 21 世纪的汽车

第二节 现代汽车技术的应用

一、汽车电子控制技术的应用

目前,汽车电子控制技术的应用正由单独控制向集中控制发展。图 1-5 展示了现代汽车电子控制技术的应用情况。

20 世纪 60 年代后期到 70 年代,汽车电控系统多采用模拟电路的 ECU(电子控制单元),单独对汽车某一系统,如燃油喷射系统、点火系统等进行控制。采用单独控制系统很难实现汽车全面的综合控制,并且结构线路复杂、成本高。多个系统用多个 ECU,而同一种信号几个控制系统 ECU 都需要时,则必须同时配备几个相同的传感器,这必然造成结构、线路复杂,成本高,维修困难,控制效果差。

随着电子技术的飞速发展,用于汽车电控系统的 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,微处理机速度的不断提高和存储容量的增加使其控制功能大大增加,并具有各种备用功能。另外,与汽油喷射控制、点火控制及其他控制系统相关的各种控制器,由于所用的传感器很多都可通用,如水温传感器,进气温度传感器,负荷、车速(转速)传感器等,因此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。

二、汽车电子控制系统的工作环境

汽车经常在不同的道路情况和气候条件下行驶,汽车电子控制系统所工作的环境条件比较恶劣。所以,要求汽车电子控制系统能够在苛刻的条件下可靠地工作,特别是以集成电路为主的电控单元。汽车电子控制系统的工作条件及要求一般为:

(1)电子控制系统必须承受汽车行驶中产生的强烈冲击和振动,要求电子控制系统能够耐受较大的动载荷。

(2)电子控制系统的环境温度可能会出现较高或较低且变化幅度较大的情况,要求控制系统能够耐受较大的热负荷,在较宽的温度范围内能够稳定工作。

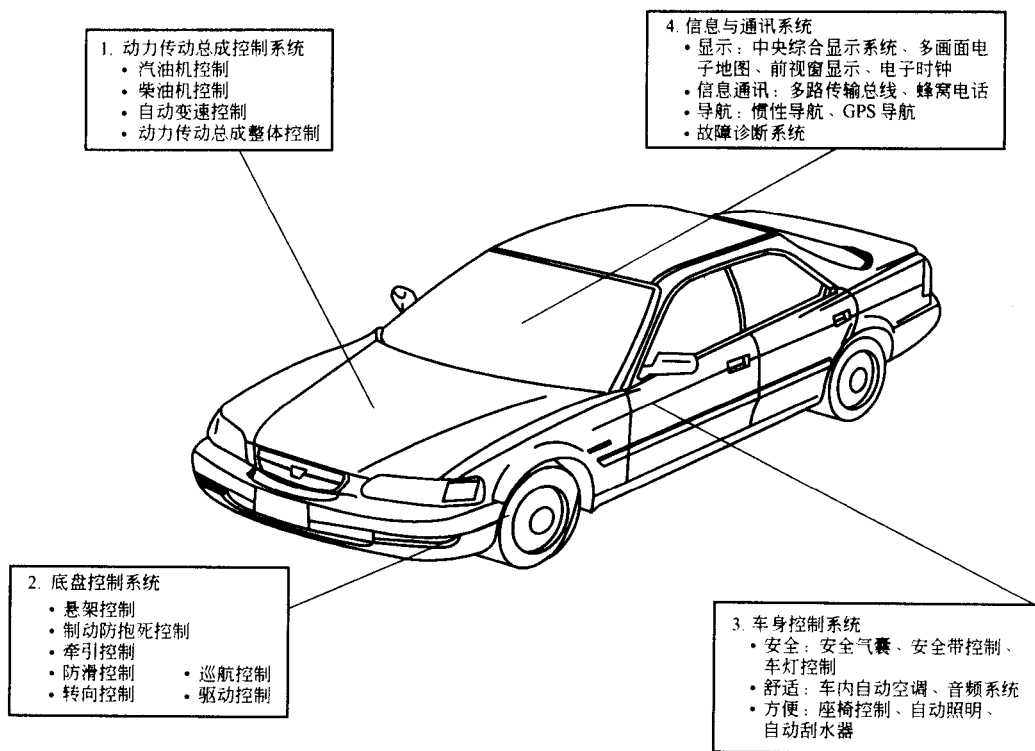


图 1-5 汽车电子技术的应用领域

(3)电子控制系统很容易受到雨淋、油泥和腐蚀性物质的沾染,因此要求控制系统具有较好的密封性和一定的抗腐蚀性。

(4)汽车的电源电压在工作中会出现不够稳定而且波动较大的情况,这就要求电子控制系统能够在电源电压波动较大的情况下可靠地工作;又由于汽车电系中存在较多的感性元件,而这些感性元件在工作过程中会产生高电压脉冲,这就要求控制系统具有耐受一定高电压脉冲的能力。

(5)汽车电子控制系统处于电磁干扰较为强烈的环境,所以要求电子控制系统具有较强的抗电磁干扰能力。

三、新型能源动力汽车技术的应用

燃料电池车在 21 世纪初实现商业化已不再是梦想。目前,美国、欧洲和日本的汽车厂家都在加紧开发燃料电池技术,预计 3~4 年后,燃料电池车将达到批量生产阶段,并投放市场。

世界各大汽车厂商已结成两大集团,以丰田和通用汽车公司为一方,以戴姆勒—克莱斯勒、福特及三菱汽车公司为另一方,展开了激烈的燃料电池汽车技术开发竞争。

电动汽车及混合动力汽车已在部分国家得到了应用,如美国 1998 年已有 4 千多辆投入使

用。太阳能汽车目前由于技术尚不成熟,并且造价太高还无法达到实用要求,预计短期内难以商品化。

天然气和液化石油气汽车在世界范围内已广泛使用,目前正在开发电子控制的专用发动机。

醇类(甲醇和乙醇)燃料汽车已在许多国家实现了商品化。其他代用燃料还处于研究阶段。