



21世纪

高等学校精品规划教材

车用内燃机电子 控制技术

主 编 郑清平

副主编 姬芬竹 何勇灵 姚胜华



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21世纪

高等学校精品规划教材

车用内燃机电电子 控制技术

主 编 郑清平

副主编 姬芬竹 何勇灵 姚胜华



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书主要以汽油机电控技术和柴油机电控技术为主,全面介绍了车用内燃机电子控制技术的结构、组成、工作原理及控制方法。全书共分十章,内容包括内燃机电子控制技术概论、内燃机控制基础、内燃机电控系统的传感器、内燃机电控系统的电控单元、汽油机电控系统和执行器、柴油机电控喷油系统和执行器、汽油机电控系统的控制方法与策略、柴油机电控系统的控制方法与策略、内燃机电控系统的故障自诊断系统、常见车用内燃机的电控系统。

本书内容层次分明,深入浅出,涉及面广,实用性强。适合作为动力工程、车辆工程、交通运输、汽车运用等专业的本科和研究生教材,也可供内燃机行业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

车用内燃机电子控制技术 / 郑清平主编. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2010. 8
21世纪高等学校精品规划教材
ISBN 978-7-5084-7833-3

I. ①车… II. ①郑… III. ①汽车—内燃机—电子控制—高等学校—教材 IV. ①U464

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第171845号

书 名	21世纪高等学校精品规划教材 车用内燃机电子控制技术
作 者	主编 郑清平 副主编 姬芬竹 何勇灵 姚胜华
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 14印张 332千字
版 次	2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	26.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

车用内燃机电子控制技术属于汽车电子控制领域的关键技术，占据汽车电子市场的主要份额。随着环保政策和能源政策限制力度的加大，大力应用内燃机电子控制技术，开发汽车内燃机电子控制系统产品是未来汽车领域的趋势。

由于内燃机电子控制技术涉及面广，内容繁多，有必要独立于汽车整车的电子控制技术专门介绍。

作者根据多年的教学经验和科研工作体会编写本书，主要以汽油机电控技术和柴油机电控技术为主，全面介绍了车用内燃机电子控制技术的结构、组成、工作原理及控制方法。主要内容有：内燃机电子控制技术概论、内燃机控制基础、内燃机电控系统的传感器、内燃机电控系统的电控单元、汽油机电控系统和执行器、柴油机电控喷油系统和执行器、汽油机电控系统的控制方法与策略、柴油机电控系统的控制方法与策略、内燃机电控系统的故障自诊断系统、常见车用内燃机的电控系统。

本书可作为动力工程、车辆工程、交通运输、汽车运用等专业的本科和研究生教材。在内容上注重深入浅出，层次分明。编写过程中参考了国内外最新的同类图书和资料，内容涉及面广，特别是在柴油机电子控制系统的结构和控制方法等方面作了较为详尽的解释。

本书由河北工业大学郑清平教授、北京航空航天大学姬芬竹副教授和何勇灵教授、湖北汽车工业学院姚胜华副教授编写。其中郑清平编写第一、第三、第五、第七章和第八章内容，姬芬竹编写第二、第九章和第三章的部分内容，何勇灵编写第四、第六章内容，姚胜华编写第十章内容。

本书在图表整理和文字校对过程中得到了河北工业大学动力机械及工程专业硕士研究生何金平、郎小娇和李丽等的帮助，在此表示感谢。在编写过程中参考了大量国内外的文献资料，在此，向所有参考文献的作者致以诚挚的谢意。

因内燃机电子控制技术中新的控制方式和内容层出不穷，加之作者水平和经验所限，书中恐有遗漏或错误，恳请广大读者和专家批评指正。

作者

2010年5月30日

于天津

目录

前言

第一章 内燃机电控技术概论	1
第一节 汽车电子技术的发展	1
第二节 汽油机电控系统概述	5
第三节 柴油机电控系统概述	9
第二章 内燃机控制基础	12
第一节 内燃机的性能要求	12
第二节 内燃机的运行工况	13
第三节 内燃机电控系统需要测定的参数	17
第四节 内燃机的控制参数	19
第五节 内燃机电控系统的控制方式	23
第三章 内燃机电控系统的传感器	31
第一节 传感器概述	31
第二节 温度传感器	33
第三节 压力传感器	36
第四节 空气流量传感器	37
第五节 节气门/加速踏板位置传感器	42
第六节 转速/曲轴位置和气缸识别传感器	45
第七节 位移传感器	51
第八节 氧传感器	55
第九节 爆震传感器	58
第四章 内燃机电控系统的电控单元	61
第一节 电控单元概述	61
第二节 电控单元的输入信号	63
第三节 电控单元中微处理器的组成和功能	64
第四节 电控单元控制信号的输出	69
第五节 电控单元中微处理器的选择	71

第五章 汽油机电控系统和执行器	74
第一节 引言	74
第二节 汽油机燃油喷射系统和执行器	76
第三节 点火系统和执行器	89
第四节 怠速系统和执行器	94
第五节 进气控制系统和执行器	96
第六节 排放控制系统和执行器	103
第六章 柴油机电控喷油系统和执行器	107
第一节 位置控制式电控喷油系统和执行器	107
第二节 时间控制式电控喷油系统和执行器	119
第三节 电控共轨喷油系统	126
第七章 汽油机电控系统的控制方法与策略	141
第一节 空燃比控制	141
第二节 喷油控制	143
第三节 点火控制	153
第四节 怠速控制	158
第五节 自学习控制	160
第六节 失效安全控制	162
第八章 柴油机电控系统的控制方法与策略	164
第一节 喷油量控制	165
第二节 喷油定时控制	169
第三节 喷油压力控制	170
第四节 喷油率控制	172
第五节 增压控制	174
第六节 柴油机电控系统的优点	177
第九章 内燃机电控系统的故障自诊断系统	179
第一节 故障自诊断系统功能和工作原理	179
第二节 自诊断测试方式	185
第三节 自诊断测试故障代码的读取和清除方法	185
第四节 随车诊断系统 OBD 简介	190
第十章 常见车用内燃机的电控系统	195
第一节 汽油机电控系统	195
第二节 柴油机电控系统	207
参考文献	216

第一章 内燃机电子控制技术概论

第一节 汽车电子技术的发展

一、汽车电子技术发展历程

随着汽车工业与电子工业的不断发展，电子技术在现代汽车上应用越来越广泛，汽车上原有的机械控制装置逐渐被电子控制装置所取代，汽车的性能、技术水平也不断趋于完善。汽车电子化是汽车技术发展进程中的一次重要革命，汽车电子化的程度被看作是衡量现代汽车水平的重要标志。

汽车电子技术的发展，按半导体器件来看经历了晶体二极管、晶体三极管、集成电路、大规模集成电路、超大规模集成电路及车载计算机等几个阶段。随着电子信息、机电一体化技术的不断发展，各种新汽车电子技术不断涌现。

汽车电子技术的发展经历了以下四个阶段。

第一阶段。从 20 世纪 50 年代初到 70 年代初，主要是开发由分立元件和集成电路组成的汽车电子产品，应用电子装置代替传统的机械部件，如集成电路调节器、电子点火器等。

第二阶段。从 70 年代中期到 80 年代中期，主要是发展专用的独立系统，电子装置被应用在某些机械装置所无法解决的复杂控制功能方面，如电子控制汽油喷射系统、制动防抱死系统、安全气囊系统、车辆防盗系统、巡航控制系统、车辆导航系统、前照灯光束自动控制系统、故障自诊断系统等。

第三阶段。从 80 年代中期到 90 年代中期，主要是开发可完成各种功能的综合系统及各种汽车整体系统的微机控制，如发动机燃油喷射与点火综合控制系统、集发动机控制与自动变速器控制为一体的动力传动系统控制、制动防抱死与防滑转控制系统等。

第四阶段。从 90 年代中期开始，主要是研究发展汽车的智能控制技术与网络控制技术，更好地实现控制的实时性、可靠性以及各控制系统之间的资源共享和协调控制。

汽车电子技术也可以按不同角度进行区分。基于对汽车行驶性能的影响，汽车电子控制系统可被分为影响行驶性能的汽车电子控制系统和不影响行驶性能的车载汽车电子装置两大类。汽车电子控制系统按汽车总体结构，可分为汽车动力传动电子系统、底盘电子控制系统、车身电子控制系统、车载汽车电子装置和车载故障自诊断系统等。

二、汽车电子技术应用现状

作为汽车工业与电子工业的结合，汽车电子产业得到了飞速发展。目前，西方发达国家的电子产品在轿车整车制造价格中所占的份额已经达到了 15%~20%，到 2010 年将达到 25%~35%。汽车电子技术不仅推动了汽车工业的发展，同时也极大地促进了电子产品市场的发展。现代汽车电子技术在改善汽车动力性、经济性、安全性、行驶稳定性和乘

坐舒适性等方面发挥着不可替代的作用。具体来说，汽车电子技术的应用主要可分为以下五个方面。

1. 动力传动电子控制系统

主要包括发动机电子控制（包括汽油机和柴油机）、自动变速器控制（ECT、CVT/ECVT等）以及动力传动总成的综合电子控制等。控制系统主要由各种传感器、执行机构和电控单元（ECU）组成。其主要是保证汽车在不同的工况下均能在最佳状态下运行，并简化驾驶员的有关操作，从而降低油耗和排放，减少动力传动系统的冲击，减轻驾驶员的劳动强度，提高汽车的动力性、经济性和舒适性。

2. 底盘电子控制系统

包括制动防滑与动态车身控制系统（ABS/ASR、ESP/VDC）、牵引力控制系统、悬架及车高控制系统、轮胎监测系统（TPMS）、巡航控制系统（CCS）、转向控制系统（如4WS）、驱动控制系统（如4WD）等。其主要用于提高汽车的安全性、舒适性和动力性等。近些年来，这类控制系统开始在普通轿车上广泛采用。

3. 车身电子控制系统

车身电子装置是在汽车环境下能够独立使用的电子装置，它和汽车本身的性能并无直接关系，以节约能源，改善乘坐舒适性，提高汽车档次，增加享受型功能等为目的，多属辅助性功能。车身电子装置包括电子控制安全带、安全气囊、主动式膝垫、车内气候控制、电子防盗系统、遥控门锁、电动座椅、电动后视镜、电子仪表盘、灯光控制、轮胎压力监测、车载防撞雷达控制、自动空调控制、视野照明控制、自动防撞系统等以及各种用电设备的电源管理系统。

4. 车载信息系统

车载信息系统是把IT技术应用到汽车上的产物，它也和汽车本身的性能无直接关系。车载信息系统包括汽车信息系统（汽车行驶的自身信息系统、车载通信系统、语音信息系统、上网设备和行车电脑等），导航系统，汽车音响及电视娱乐系统（数字式收音机、音响、电视、CD/DAT）等，它具有信息处理、在线故障诊断、通信、导航、防盗、语音识别、图像显示、安全和娱乐等多种功能。

5. 车载故障自诊断系统（OBD）

由于汽车控制的电子化，又带来了新的问题。一方面，汽车电控系统日趋复杂，给汽车维修工作带来了越来越多的困难，对汽车维修技术人员的要求越来越高；另一方面，电子控制系统需要安全容错处理，汽车不能因为电子控制系统自身的突发故障导致汽车失控和不能运行。针对这种情况，汽车电控系统设计人员在进行汽车电子控制系统设计的同时，增加了故障自诊断功能模块。它能够在汽车运行过程中不断监测电子控制系统各组成部分的工作情况，如有异常，根据特定的算法判断出具体的故障，并以代码形式存储下来，同时起动相应故障运行模块功能，使有故障的汽车能够被驾驶到修理厂进行维修，维修人员可以利用汽车故障自诊断功能调出故障码，快速对故障进行定位和修复。因此，从安全性和维修便利的角度来看，汽车电控系统都应具备故障自诊断功能。

自1979年美国通用汽车公司率先在其汽车电控系统中采用故障自诊断功能后，世界上的各大汽车厂商纷纷效仿，在各自生产的电控汽车上都配备了故障自诊断功能模块。故

障自诊断功能已经成为新车出厂和修理厂故障检测不可缺少的重要手段。经过几十年的发展，故障自诊断模块不仅能够提高汽车电控系统的安全性，解决存储记忆汽车问题，还能够实时提供汽车的各种运行参数。

三、汽车电子技术发展趋势

目前，随着人们对汽车的安全、环保、舒适、娱乐等要求的不断提高，汽车电子技术的功能多样化、系统集成化、体积微型化、系统网络化等方面不断取得新的突破。如发动机电子控制系统由 20 多个子系统组成，体现了功能多样化；ABS/ASR 一体化、ABS / ASR /VDC 集成化系统，体现了系统集成化；在硬件上共用传感器、控制元件、线路，减少了元器件数量和连接点数目、提高了可靠性；在软件上实现了信息融合、集中控制，提高了控制的可靠性和实时性；电子元器件的多功能、微型化、智能化带来了汽车电子控制系统的微型化；汽车上已经开始越来越多地使用 CAN、LIN 等总线技术，这表明汽车进入了系统网络化时代。

未来汽车电子技术将在以下方面取得突破。

1. 传感器技术

车用传感器是促进汽车高档化、电子化、自动化发展的关键技术之一，随着汽车电子化发展，自动化程度越高，对传感器的依赖程度也就越大。随着传感器多样化和使用数量地增加，使得传感器朝着多功能化、集成化、智能化和微型化方向发展。这些将使未来的智能化集成传感器不仅能提供用于模拟和处理的信号，而且还能对信号作放大等处理；同时它还能自动进行时漂、温漂和非线性的自校正，具有较强的抵抗外部电磁干扰的能力，保证传感器信号的质量不受影响，即使在特别严酷的使用条件下仍能保持较高的精度；另外，它还具有结构紧凑、安装方便的优点，从而免受机械特性的影响。

2. 微处理器技术

微机是整个系统的核心，负责指挥其他设备工作。随着汽车电子控制日趋集中化，ECU 需要处理的信息量不断增加，因此 16 位和 32 位 ECU 将成为未来汽车用 ECU 的首选，预计在今后几年内需求量将增加 50% 以上，逐步成为车用 ECU 的主流。开发具有多路同步实时控制、自带 A/D 与 D/A、自我诊断、高输入/输出等功能的汽车专用 ECU 系统也具有很高的现实意义。

3. 软件新技术

随着汽车电子技术应用的增加，对有关控制软件的需求也将会增加，并可能要求进一步与计算机联网。因此，要求使用多种软件，并开发出通用的高水平语言，以满足多种硬件的要求。轿车上多通道传输网络将大大地依赖于软件，软件总数的增加及其功能的提高，将能够使计算机能完成越来越复杂的任务。

4. 执行器

目前汽车上所使用的执行器主要有电磁式、电动式和气动/液动式。电磁和电动式的执行器是以电为动力的操作机构，具有体积小、重量轻、响应速度快、耗能小的特点，但是，与气动/液动式执行器相比，输出驱动能力则不足，无法满足未来汽车控制领域大驱动输出的需要。随着新材料、新工艺、新机构设计的采用，尤其是在未来汽车普遍更换 42V 新型电源系统之后，输出驱动能力将大幅度提升，完全可以取代传统的气动/液动

系统。

5. 控制策略

除了经典的 PID 控制方法外,随着控制技术的不断发展,一些新的控制方法将更多地应用于汽车的控制系统之中。如最优控制理论在汽车悬架系统中的应用、滑模控制在 ABS 控制中的应用、模糊控制在自动变速器控制中的应用及人工神经网络在四轮转向控制中的应用等。此外,未来汽车控制系统的另一个发展方向是将多种功能集成在一起,从而实现更经济、更有效以及可诊断的数据中心。例如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);将制动防抱死控制系统(ABS)、牵引力控制系统(TCS)和驱动防滑控制系统(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到最佳水平,形成一体化底盘控制系统(UCC)。业内专家预测,到2015年每辆汽车上的电子控制单元数量将减少到10~15个。相信随着控制方法在汽车上的成功应用,将极大改善汽车控制系统的精度,提高汽车的使用性能。

6. 新型 42V 供电电源

随着汽车电子装置越来越多,消耗的电能也正在增加。现有的12V动力电源已满足不了汽车上所有电气系统的需要。今后将采用集成起动机/发电机42V供电系统,发电机最大输出功率将会由目前的1kW提高到8kW左右,发电效率将会达到80%以上。汽车电压升级,除了能减少线束截面积和电机体积外,还可终结目前汽车上使用的机械式继电器,进入固体开关模式,采用电子模块代替目前的分立元件。

7. 车载网络技术

随着汽车电子设备数量的急剧增多,汽车电子技术的功能日益强大、系统日益复杂,为了进一步提高行驶的经济性,车载电子设备间的数据通信变得越来越重要。为了减少连接导线的数量和重量,网络、总线技术在此期间有了很大的发展。通信线将各种汽车电子装置连接成为一个网络,通过数据总线发送和接收信息。电子设备除了独立完成各自的控制功能外,还可以为其他控制装置提供数据服务。由于使用了网络化的设计,简化了布线,减少了电气节点的数量和导线的用量,使装配工作更为简化,同时也增加了信息传送的可靠性。通过数据总线可以访问任何一个电子控制装置,读取故障码对其进行故障诊断,使整车维修工作变得更为简单。

8. 安全技术

未来汽车安全领域电子控制主要有以下几个方向:①利用雷达技术和车载摄像技术开发各种自动避撞系统;②利用近红外技术开发各种能监测司机行为的安全系统;③高性能的轮胎综合监测系统;④自适应自动驾驶系统;⑤驾驶员身份识别系统;⑥安全气囊和ABS/ASR以及车身动态控制系统。

9. 多媒体娱乐与智能通信系统

随着第3代移动通信技术和计算机网络技术的不断发展,未来汽车正朝着移动办公室、家庭影院方向发展,为司机和乘客提供进行中的实时通信和娱乐信息,并把汽车和道路及其他远程服务系统结合起来,构建未来的智能交通系统(ITS)。具体功能有:①提

供丰富的多媒体设施环境，利用 GPS、3G 网络实现导航、行车指南、无线因特网以及汽车与家庭等外部环境的互动；②具备远程汽车诊断功能，紧急情况能够引导救援服务机构赶到故障或事故地点。

10. 光导纤维在汽车信号传输中的应用

汽车电子技术的进步已使各系统控制走向集中，形成整车控制系统。这一系统除了中心电脑外，甚至包括多达几十个微处理器以及大量传感器和执行部件，组成一个庞大而复杂的信息交换与控制系统，车用计算机的容量要求已与现代微机不相上下，计算速度则要求更高。由于汽车用计算机控制系统的数量日益增多，采用高速数据传输网络日益显得必要。光导纤维可为此传输网络提供传输介质，以解决电子控制系统防电磁干扰的问题。随着光导纤维的成本不断降低，其应用也将降低汽车有关方面的成本。

第二节 汽油机电子控制系统概述

20 世纪 60 年代以来，一些发达国家由于汽车数量的激增，汽车排气中的 NO_x 、HC、CO 对大气污染日益严重，人们在研究排放的对策中发现在过量空气系数为 1.0 附近的狭小范围内，应用三元催化转换器对 NO_x 、HC、CO 的催化效率都很高，而此时汽油机上应用的化油器由于结构上的限制已无法达到所要求的对过量空气系数的控制精度，到 70 年代由于大规模集成电路和微机控制技术的发展，已能提供功能强大、反应灵敏、价格低廉的电控技术，两者一拍即合，电控技术在汽油机上迅速传播开来，从早期的安装在排气管上的氧传感器对过量空气系数实现反馈控制，发展到对点火定时、废气再循环 (EGR)、故障诊断、怠速、进气管等多方面自动控制。自 80 年代以来具备燃油多点喷射、点火时刻、怠速、EGR 控制的进气管低压喷射的电控汽油喷射系统 (EFI) 和三元催化转换器已成为绝大多数轿车发动机的标准配置。

一、汽油机电子控制系统的组成

汽油机电子控制系统由信号输入装置 (传感器信号和开关信号)、电控单元 (ECU)、和执行装置 (执行器) 三部分组成。如图 1-1 和图 1-2 所示。

1. 传感器

传感器是电控系统的“触角”，是感知信息的部件，它负责向发动机电控单元提供汽车的运行状况和发动机的工况。开关信号反映开关状态，即开关是开通状态

还是关闭状态的信号，它有着与传感器类似的作用。汽油机电控系统的传感器和开关信号主要有：

(1) 空气流量计：测量发动机吸入空气量，并将信号输入 ECU，作为燃油喷射和点火控制的主控制信号。

(2) 进气 (歧管绝对) 压力传感器：测量进气管压力，并将信号输入 ECU，作为燃油喷射和点火控制的主控制信号。

(3) 发动机转速与曲轴位置传感器：检测曲轴位置信号和曲轴转角信号，并输入

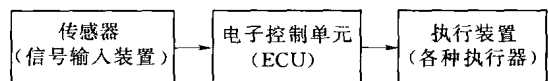


图 1-1 汽油机电子控制系统的组成 (一)

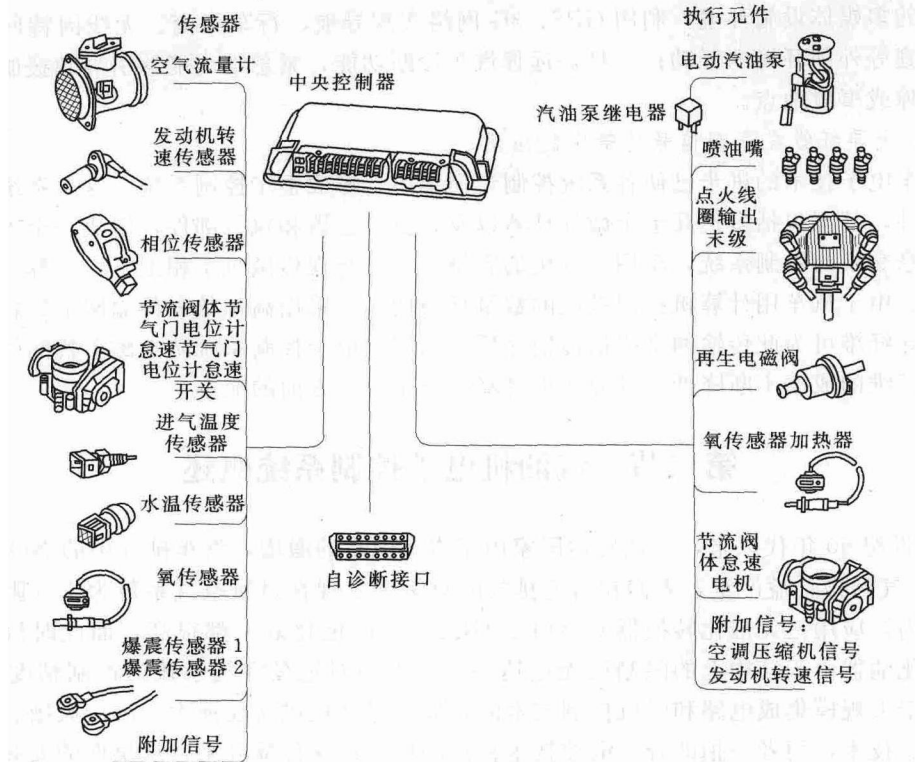


图 1-2 汽油机电子控制系统的组成 (二)

ECU，作为燃油喷射和点火控制的主控制信号。

(4) 凸轮轴位置传感器：也称同步信号传感器，是一个气缸判别定位装置，是点火控制的主控制信号。

(5) 冷却液温度传感器：给 ECU 提供冷却液温度信号，作为燃油喷射和点火控制的修正信号。

(6) 进气温度传感器：检测进气温度信号（修正信号）。

(7) 节气门位置传感器：检测节气门的开度及开度变化，信号输入 ECU。

(8) 氧传感器：检测排气中的氧含量，向 ECU 输入反馈混合气浓度信号。

(9) 爆震传感器：检测汽油机是否爆燃及爆燃强度。

(10) 大气压力传感器：检测大气压力，修正喷油和点火控制。

(11) 车速传感器：控制发动机转速，实现超速断油控制，也是自动变速器的主控制信号。

(12) 起动信号：发动机起动时，给 ECU 提供一个起动信号，作为喷油量和点火提前角的修正信号。

(13) 发电机负荷信号：发电机负荷增大时，作为喷油量和点火提前角的修正信号。

(14) 空调作用信号：当空调开关打开，空调压缩机工作，发动机负荷加大时，由空调开关向 ECU 输入信号。

(15) 档位开关信号和空档位置开关信号：自动变速器由 P/N 档挂入其他档时，发动机负荷增加，向 ECU 输入信号。当挂入 P/N 档时向 ECU 提供 P/N 档信号才能起动发动机。

(16) 蓄电池电压信号：当 ECU 检测到蓄电池和电源系的电压过低时，将对供油量进行修正。

(17) 离合器开关信号：在离合器接合和分离时，由离合器开关向 ECU 输入离合器工作状态信号，修正喷油量和点火提前角。

(18) 制动开关信号：在制动时，由制动开关向 ECU 提供制动信号，作为对喷油量、点火提前角、自动变速器等的控制信号。

(19) 动力转向开关信号：由于动力转向液压泵工作使发动机负荷加大，动力转向开关向 ECU 输入修正信号。

(20) 巡航（定速）控制开关：向 ECU 输入巡航控制状态信号，由 ECU 对车速进行自动控制。

2. 电控单元

电控单元（ECU）是发动机的综合控制装置，它根据自身存储的程序对发动机各种传感器输入的各种信息进行运算、处理、判断，然后输出指令，控制有关执行器动作，达到快速、准确、自动控制发动机工作的目的。ECU 的基本构成主要是微型计算机，由各类硬件和软件组成。

电控单元（ECU）的硬件主要包括输入回路、A/D 转换器、微机和输出回路四部分。电控单元（ECU）的主要软件有：①常规稳定工况下的最佳空燃比（最佳喷油量）脉谱图；②常规稳定工况下的最佳点火提前角脉谱图；③进气温度变化校正曲线；④水温变化校正曲线；⑤蓄电池电压变化校正曲线；⑥海拔高度校正曲线。

3. 执行器

执行器是受 ECU 控制，具体执行某项控制功能的装置。主要的执行器有：

(1) 电磁式喷油器：接受 ECU 发出的喷油脉冲信号，计量燃油喷射量。

(2) 点火控制器：接收 ECU 发出的点火控制指令，适时接通或断开点火线圈初级电流，以便在次级线圈中产生高压电。

(3) 怠速控制阀：调节发动机的怠速转速，达到防止怠速熄火和降低燃油消耗的目的。

(4) 进气控制阀：进气控制阀被置于进气管中，由发动机控制单元 ECU 发出动作指令打开或关闭，达到改变进气管有效长度的目的，使它符合发动机的转速和节气门的开度，从而提高发动机的动力性。

(5) 活性炭罐电磁阀：用于接收电控单元的控制指令，回收发动机内部的燃油蒸气，减少碳氢化合物的排放量，从而减少排气污染。

(6) EGR 电磁阀：接收 ECU 的指令，控制 EGR 阀的开度，以调节不同工况下的 EGR 率。

二、汽油机电子控制系统的主要内容

1. 电控燃油喷射系统

汽油机采用电子燃油喷射技术（EFI）是现代汽车提高功率、降低油耗、减少污染的

有效措施之一。EFI 技术是一种高级的发动机电子管理系统，其基本工作原理是：ECU 主要根据进气量和转速确定基本的喷油量，再根据其他传感器（如冷却液温度传感器、节气门位置传感器）信号对喷油量进行修正，使发动机在各种运行工况下均能获得最佳浓度的混合气。电控燃油喷射主要包括喷油量、喷射正时、燃油停供和燃油泵的控制。当今的 EFI 已由单一控制发展到多项集中控制，根据汽车速度、环境温度和发动机转速等参数，自动对发动机的燃油喷射、空燃比、点火时间、怠速转速、废气再循环（EGR）和进气系统等进行综合控制。

2. 电控点火装置

电控点火装置（ESA）的主要功能是点火提前角控制。根据各相关传感器信号，判断发动机的运行工况和运行条件，选择最理想的点火提前角点燃混合气，从而改善发动机的燃烧过程。

3. 怠速控制系统

怠速控制系统（ISC）是在发动机怠速工况下，根据发动机冷却液温度、空调压缩机是否工作、变速器是否挂入档位等，通过怠速控制阀对发动机的进气量进行控制，使发动机随时以最佳怠速转速运转。

4. 排放控制系统

排放控制系统是对发动机排放控制装置的工作实行电子控制。排放控制的项目主要包括：废气再循环（EGR）控制，活性炭罐电磁阀控制，氧传感器和空燃比闭环控制，二次空气喷射控制等。

5. 进气控制系统

进气控制系统主要是根据发动机转速和负荷的变化，对发动机的进气进行控制，以提高发动机的充气效率，从而改善发动机动力性。

6. 增压控制系统

增压控制系统是对发动机进气增压装置的工作进行控制。在装有废气涡轮增压装置的汽车上，ECU 根据检测到的进气管压力，对增压装置进行控制，从而控制增压装置对进气增压的强度。

7. 巡航控制系统

设定巡航控制模式后，ECU 根据汽车运行工况和运行环境信息，自动控制发动机工作，使汽车自动维持一定车速行驶。

8. 警告系统

由 ECU 控制各种指示和报警装置，一旦控制系统出现故障，该系统能及时发出信号以警告提示。

9. 自诊断与报警系统

自诊断与报警系统用来提示驾驶员发动机有故障；同时，系统将故障信息以设定的数码（故障码）形式储存在存储器中，以便帮助维修人员确定故障类型和范围。

10. 失效保护系统

失效保护系统是当传感器或传感器线路发生故障时，控制系统自动按电脑中预先设定的参考信号值工作，以便发动机能继续运转。

11. 应急备用系统

当控制系统电脑发生故障时，自动启用备用系统（备用集成电路），按设定的信号控制发动机转入强制运转状态，以防车辆在路途中停驶。

三、汽油机电控系统的工作过程

汽油机电控系统的简要工作过程如图 1-3 所示。

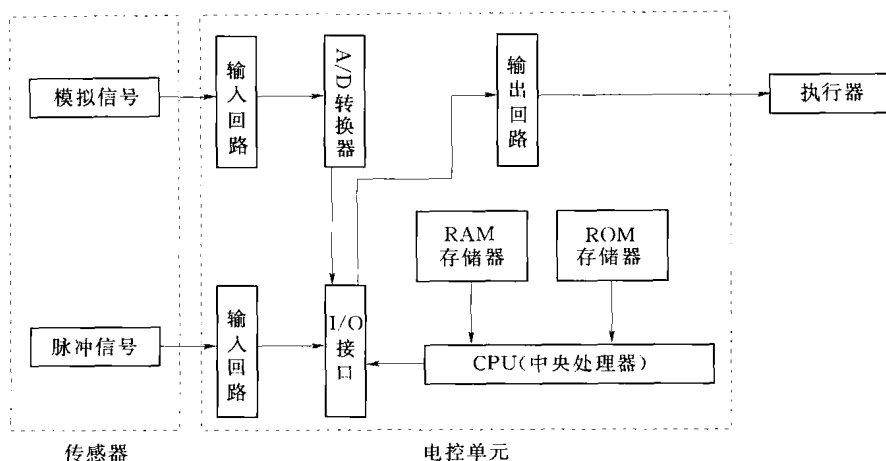


图 1-3 汽油机电控系统工作过程

(1) 发动机起动时，ECU 进入工作状态，某些程序从 ROM 中取出，进入 CPU。这些程序可以用来控制点火时刻、燃油喷射、怠速等。

(2) 从传感器来的信号，首先进入输入回路进行处理。如果是数字信号，直接经 I/O 接口进入微机；如果是模拟信号，经 A/D 转换器转换成数字信号后才经 I/O 接口进入微机。

(3) 大多数信息暂时存储在 RAM 内，根据指令再从 RAM 送到 CPU。有时需将存储在 ROM 中的参考数据引入 CPU，使输入传感器的信息与之进行对比。

(4) CPU 对来自有关传感器的每一个信息依次取样，并与参考数据进行比较后，作出决定发出输出指令信号，经 I/O 接口，必要的信号还要经 D/A 转换器变成模拟信号，最后经输出回路去控制执行器动作。

第三节 柴油机电子控制系统概述

一、柴油机电子控制技术的发展状况

由于柴油机具备高扭矩、高寿命、低油耗等特点，因此柴油机的使用范围越来越广，数量越来越多。目前，在载重货车和大型客车的动力源中，柴油机在数量上占有绝对的优势，在小型客车和轿车的动力源中也已经出现了柴油机化的趋势。但是随着越来越严格的排放法规的颁布和实施以及经济性的要求，柴油机也面临着以下几个方面的主要问题。

(1) 碳烟和微粒的排放受到越来越严格的法规限制，同时其他各种污染也要进一步降低。

(2) 微粒与氮氧化物排放的折中关系在柴油机上尚待圆满解决。

(3) 不断降低燃烧噪声, 寻求高的比功率以解决柴油机在轿车上的广泛使用问题。

解决以上问题主要依靠发展柴油机技术。经过柴油机的研究者和生产者坚持不懈的探索研究, 通过不断地将各学科领域的最新技术和成果应用于柴油机技术, 已取得了巨大的成就, 特别是柴油机直喷式高压喷射技术、增压中冷及废气再循环 (EGR) 技术和电控技术的出现, 使柴油机技术的发展得到标志性飞跃, 成为柴油机发展历程的 3 个里程碑。其中柴油机电控技术是继机械喷油系统和增压技术后柴油机最新、最重要的技术。

柴油机电控技术的发展比汽油机迟。20 世纪 70 年代, 柴油机电控技术处于开发阶段, 主要应用于发电机组用柴油机; 80 年代以后, 柴油机的电控技术开始有正式产品投放市场, 发展了多种位置及时间控制式电喷系统, 其控制功能也从单一的喷油量控制逐渐发展为多变量控制; 进入 90 年代以后柴油机的电控技术开始高速发展, 并得到大量应用, 这期间开发了功能更为强大的共轨式电喷系统, 不仅可以适时控制喷油量与喷油正时, 而且还使过去不能控制的喷射压力及难以控制的喷油率的控制成为可能, 系统的控制自由度及精度大为增加。到目前为止, 电喷系统不仅能够控制所有的喷油参数、喷油正时、喷油量、喷油压力以及喷油率, 而且对怠速稳定性、起动性、增压以及各缸喷油量均衡性等也可实施控制。柴油机电控内容已从单一的燃油喷射控制扩展到包括怠速控制、进气控制、增压控制、排放控制、起动控制、故障自诊断、失效保险、发动机与变速器的综合控制等在内的全方位控制。

几十年来, 英国卢卡斯公司, 德国博世公司、奔驰汽车公司, 美国通用的底特律柴油机公司、康明斯公司、卡特彼勒公司, 日本五十铃汽车公司及小松制作所等都竞相开发了柴油机电控新产品并投放市场。目前, 柴油机电子控制技术在发达国家的应用率已达到 60% 以上。

二、柴油机电控技术的特点

柴油机电控技术与汽油机电控技术有许多相似之处, 整个系统都是由传感器、电控单元和执行器三部分组成。但由于工作方式的区别, 柴油机电控技术有以下两个明显的特点。

1. 柴油喷射电控执行器复杂

柴油机燃油喷射具有高压、高频、脉动等特点。其喷射压力高达 200MPa, 为汽油机喷射压力的 100 倍以上。对燃油高压喷射系统实施喷油量的电子控制, 困难大得多。而且柴油喷射对喷射正时的精度要求很高, 相对于柴油机活塞上止点的角度位置远比汽油机要求准确, 因此柴油机电控比汽油机电控复杂, 技术要求高, 特别是柴油喷射的电控执行器技术难度比较大。

2. 柴油机的电控喷射系统形式多样

传统的柴油机具有直列泵、分配泵、泵喷油器、单缸泵等结构完全不同的系统。实施电控技术的执行机构比较复杂, 形成了柴油喷射系统的多样化, 例如: 直列泵电控喷射系统 (包括电子调速器)、分配泵电控喷射系统、泵喷嘴电控系统、单体泵电控喷射系统、共轨式电控系统等。每个系统各有特点和其应用的范围, 每种系统中又有多种不同的结构, 从而构成柴油机电控系统的多样化和激烈竞争的局面。同时柴油机需要对油量、定