

面向21世纪高等学校规划教材

# 汽车发动机 电控技术

QICHE FADONGJI DIANKONG JISHU

吕彩琴 编著

## 本书特色：

- ✦ 详细讲解车用汽油机、柴油机的电子控制技术；
- ✦ 详述车辆代用燃料发动机的电子控制技术；
- ✦ 介绍了燃气发动机及双燃料发动机电控系统；
- ✦ 每章后面都有精选的练习题（包括近年来的高频考研题），并附有解题过程及答案。



国防工业出版社

National Defense Industry Press

# 面向 21 世纪高等学校规划教材

## 汽车发动机电控技术

吕彩琴 编著

国防工业出版社

·北京·

发行部：(010)88411122  
编辑部：(010)88411122  
地址：北京(100045) 德胜门内大街 2 号

## 内 容 简 介

本书是为适应发展迅速的汽车发动机电控技术需要而编写的。书中系统地介绍了车用汽油机、柴油机的电控技术,以及车辆代用燃料发动机的电控技术。阐述了汽油机电控系统的结构、原理与控制技术,包括电控燃油喷射系统、电控点火系统,以及汽油机其他一些辅助控制系统;阐述了不同型号的柴油机电控燃油喷射系统,以及柴油机其他一些辅助控制系统。此外,本书还对正在推广应用的燃气发动机及双燃料发动机电控系统作了介绍。每章后面都有精选的练习题并附有答案,部分为近年来高频出现的考研题。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控技术 / 吕彩琴编著. —北京: 国防工业出版社, 2009. 1

面向 21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-118-06045-4

I. 汽... II. 吕... III. 汽车-发动机-电子系统: 控制系统-高等学校-教材 IV. U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 177767 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 17 字数 393 千字

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 29.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

# 前 言

随着汽车技术的发展和汽车工业的繁荣,汽车正逐步进入百姓家庭。而目前,随着全球范围内的能源紧张和世界性高标准环保法规的推出,都对车用汽油机燃油喷射技术、点火技术以及排放技术的要求越来越高;相对而言,经济性好的柴油机在车上的应用也越来越多,很多厂商推出柴油机轿车;同时随着国际油价的高涨,代用燃料或双燃料发动机也被各国大力推广应用。这些技术的实现都可以包含在发动机电控技术中。

现在,汽车工业涉及的学科划分越来越细,高等教育的专业面越来越宽,而专业课程课时却被不断地压缩。高等教育迫切需要适应教学要求和课时要求的有关车用发动机电控新技术方面的书籍。

本书内容基本上可分为三个模块,系统地介绍了车用汽油机、柴油机的电控技术,以及车辆代用燃料发动机的电控技术。阐述了汽油机电控系统的结构、原理与控制技术,包括电控燃油喷射系统、电控点火系统以及汽油机其他一些辅助控制系统;阐述了不同形式的柴油机电控燃油喷射系统,涉及第一代位置控制式、第二代时间控制式,以及第三代时间—压力控制式即共轨式柴油机,介绍了柴油机其他一些辅助控制系统;并对正在推广应用的燃气发动机及双燃料发动机电控系统作了介绍。全书共分七章。

编写中遵循大众化、实用化的编写原则,在内容上尽量吸收新技术、新结构。

本书由吕彩琴主编,参加编写的人员包括吕彩琴(第一章至第四章)、苏铁熊(第五章)、赵冬青(第六章和第七章)。全书由吕彩琴统稿。图片扫描与整理由高玉霞完成。

由于编者水平有限,加之内容涉及面广、内容复杂,错漏之处在所难免,诚恳欢迎读者批评指正。

编 者  
2008年9月

# 目 录

绪论	1
第一章 汽车发动机电控系统概述	3
第一节 发动机电控系统的发展过程	3
第二节 电控系统的基本概念	4
习题	11
第二章 汽油机电控燃油喷射系统	12
第一节 概述	12
第二节 电控汽油发动机燃油喷射系统组成与基本原理	25
第三节 汽油机燃油供给系统的组成及工作原理	35
第四节 汽油机空气供给系统的组成及工作原理	44
第五节 燃油喷射控制系统其他主要部件	46
第六节 电控燃油喷射系统的功能	70
第七节 空燃比控制	81
习题	86
第三章 汽油机电控点火系统	87
第一节 概述	87
第二节 电控点火系统的组成	90
第三节 点火提前角的控制	92
第四节 通电时间的控制	96
第五节 点火系统开环控制与闭环控制	99
第六节 电控点火系统	102
习题	112
第四章 汽油机辅助控制系统	113
第一节 怠速控制系统	113
第二节 进气控制系统	122
第三节 增压控制系统	127

第四节	排放控制系统	131
第五节	巡航控制及电控节气门系统	140
第六节	冷却风扇及发电机控制系统	149
第七节	故障自诊断系统	149
第八节	失效保护系统	153
第九节	应急备用系统	154
	习题	155
<b>第五章</b>	<b>柴油机电控喷油系统</b>	<b>157</b>
第一节	柴油机电控技术	157
第二节	柴油机电控燃油喷射系统	166
第三节	柴油机喷油量控制	174
第四节	柴油机喷油正时控制	184
第五节	柴油机电控燃油喷射系统实例	188
第六节	电控共轨喷射系统	203
	习题	214
<b>第六章</b>	<b>柴油机的辅助控制系统</b>	<b>215</b>
第一节	启动控制	215
第二节	进气控制	218
第三节	可变喷嘴涡轮增压系统电控技术	229
第四节	柴油机的废气再循环控制(EGR)	233
	习题	238
<b>第七章</b>	<b>代用燃料发动机电控技术</b>	<b>239</b>
第一节	概述	239
第二节	两用燃料发动机混合器供气电控系统	246
第三节	混合燃料发动机混合器供气电控系统	250
第四节	电控燃气喷射系统	251
第五节	电控燃气供给系统主要元件	254
	习题	257
<b>附录</b>	<b>习题答案</b>	<b>258</b>
<b>参考文献</b>		<b>265</b>



## 绪 论

汽车发动机电子控制(简称电控)技术是借鉴飞机发动机汽油喷射技术而诞生的。汽车发动机电控技术飞速发展的原因有两个方面:一方面是全球性的能源危机与环境保护促使对汽车油耗法规和排放法规的要求逐步提高;另一方面是电子技术的发展水平逐步提高。

为了满足有关环境保护、消除公害、节约能源、交通安全等方面严格的要求,国际组织与各国政府立法部门都为此制定了若干汽车法规或标准,强制性地加以颁布实施。法规是汽车制造商、销售者与使用者都必须遵守的守则,也是汽车与发动机设计制造的准则和汽车发动机产品认证、鉴定和进出口商品检验的主要技术依据。美国、欧洲各国、日本等在制定和实施发动机法规方面起步较早,并已取得一定的成效,刺激了汽车技术的发展。美国机动车法规已形成了相当完善的体系,是世界上最具有影响的法规,其中主要包括联邦环境保护法规(EPA)、联邦汽车燃料经济性标准法规及联邦机动车安全法规等。

汽车法规的第一方面是排放法规。汽车(尤其是轿车)数量增加迅速,汽车排放作为大气中的一个流动污染源已使城市空气污染日趋严重。汽车工业若不能解决由它自身带来的排气污染问题,汽车在城市中的使用必将受到限制。因此,必须不断地提高汽车排气净化的要求与标准,迫使汽车制造厂努力改进排气净化技术,开发代用燃料,开发新能源发动机等。

汽车法规的第二方面是噪声法规。汽车噪声是动力传动系统噪声、进排气噪声、轮胎噪声以及风阻产生的噪声的综合。汽车噪声主要辐射到车外,同时也通过传声结构传到车内。从环境保护和提高汽车舒适性要求考虑,希望减少车内及车外噪声。关于汽车噪声的法规,各国也都已限制汽车外部噪声的极限,如德国提出新车的噪声限值为75dB。这就意味着,对新车型的发动机必须进行封闭,把发动机整体或局部封装起来。

汽车法规的第三方面是汽车燃料经济性法规。为了减少能源消耗,促进汽车制造厂努力开发低油耗车辆,规定了汽车的综合平均燃料经济性限值(CAFE),无论汽车制造厂生产何种档次的汽车,其平均燃油消耗必须符合此法规限值。至2000年CAFE的标准限值为6.7L/100km。

汽车法规的第四方面是汽车安全性法规。美国于1966颁布了《机动车辆安全法》,之后制定了一系列影响汽车结构、燃料供给系统、客车车厢、制动器、轮胎等部件及防止事故方面的一些法规,均对汽车技术的开发起到促进与限制作用。

有关汽车排放、噪声、燃油经济性与安全性等法规的要求,对汽车、发动机的设计与制造产生明显的制约与技术指导作用,促进了汽车及发动机技术的开发与研究。在评定现代汽车发动机的性能时,首先要考虑的是它对环境保护的影响,即它的低公害性能。这一点越来越多地受到人们的重视。新一代汽车及其发动机应该满足减少排气污染、减少噪

声、减少能耗和提高在一般道路上行驶安全性等方面的要求。

同时,伴随近几十年电子技术与计算机技术的飞速发展,为汽车的电子化提供了技术上的支持。20世纪70年代研制成功的大规模集成电路和20世纪80年代的超大规模集成电路等电子技术的发展,使电子控制元件具有结构紧凑、可靠性高、耗能量少、响应性好、成本低廉等诸多优点。计算机在汽车上的成功应用,使今天汽车的发展进入到汽车电子化时代。采用电子技术已经成为解决汽车质量与性能等诸多问题中的最佳方案。而电控汽车的目的在于追求控制的精度、适应性与智能性,以实现汽车运行的最优化。

汽车电子化首先是从发动机的喷油系统和点火系统的控制开始实现的。如对于车用火花点火式汽油机来说,其运行性能包括排放、噪声与输出功率等,主要取决于混合气的质量与点火定时的精确控制。此后,电子技术又在发动机的其他方面得到应用。目前,发动机的电子控制已由早期的模拟装置发展成计算机控制的数字控制系统。多数轿车上都已装用发动机集中管理系统,对发动机各个系统进行综合控制与优化。

随着电控技术的发展,汽油喷射、电子点火、缸内汽油直接喷射、稀燃混合气的燃烧系统、顶置双凸轮轴的多气门配气机构、电控的可控进气管系统、可变配气定时、可变压缩比装置的广泛应用,使发动机结构设计取得了突破性的进展,使汽车发动机的排放性、燃油经济性与功率、转矩等综合性能又有了进一步的提高。与此相适应,发动机多系统的集成,提高了系统设计的灵活性,出现了发动机系统的模块式结构,也进一步减轻了结构重量。在发动机集中管理系统中,计算机不仅控制点火与喷油系统的点火定时与空燃比,且还扩展到控制怠速转速、爆燃、进气与废气再循环以及变速器传动比等多方面。并增加了自诊断系统、后备系统与保护装置,提高了整个系统的可靠性。

随着控制功能与项目的扩展,计算机控制的智能化程度越来越高,其控制单元已从普通8位机向16位机过渡,并使用64KB EPROM的大容量存储器,少数高级轿车开始装用32位机。同时,计算机的时钟节拍频率进一步高速化,已由6MHz提高到18MHz,控制性能进一步得到改善。

电控汽油喷射发动机能够精确控制发动机的空燃比,改善了混合气的形成、分配与燃烧。由于三元催化反应器只有工作在理论空燃比下,才能得到较高的排气净化效率,多数电控汽油喷射发动机都随带混合气空燃比的反馈控制系统,使供给汽油机的混合气成分经常调节到 $\lambda = 1.0$ 附近。在现阶段,电控汽油喷射发动机闭环反馈控制与三元催化反应器后处理装置,是满足当今欧美各国的汽车排放法规要求的最佳方案。

实际上这种带氧传感器的闭环控制汽油机运行时所供给的混合气,也并不都是按使用工况优化所需要的。若能对发动机供给按工况经济性优化混合气成分时,发动机的燃油消耗还有可能减少。高压缩比、快速的稀燃发动机就是一个实例。燃用稀混合气,一直是汽油机降低燃油消耗的有效方法之一,而且在控制得当的情况下这种发动机还可以同时获得排气污染少的效果。新开发的缸内汽油直接喷射发动机,在进气门关闭以后,直接将燃料喷入燃烧室内,并与气缸内的涡流配合,实现层状充气,使电控发动机可以在 $\lambda = 1.3 \sim 1.5$ 的稀混合气状态下正常运行。由于过量空气系数高,可以降低燃烧温度,从而减少了氮氧化物( $\text{NO}_x$ )的排放。若附带氧化催化反应器,可以降低排气中的碳氢化合物和一氧化碳(CO)。而且由于燃用稀混合气,燃油消耗率低。因此汽油直接缸内喷射的电控发动机是一种有前途、值得推广的电控发动机。



# 第一章 汽车发动机电控系统概述

## 第一节 发动机电控系统的发展过程

### 一、发动机电控技术发展

1934年,德国采用怀特(Wright)兄弟发明的向发动机进气管内连续喷射汽油来配制混合气的技术,研制成功了第一架采用燃油喷射式发动机的军用战斗机。

汽车上最初采用的电子装置是晶体管收音机于1948年发明,到20世纪60年代,硅二极管第一次用于汽车的交流发电机上,继而大量应用于点火系统和调节器上。

1952年,德国博世(Bosch)公司研制成功第一台机械控制汽油喷射式发动机,将汽油直接喷入气缸内,空燃比利用气动式混合气调节器调节,配装在戴姆勒—奔驰(Daimler-Benz)300L型赛车上。

1958年,Bosch公司研制成功机械控制汽油喷射式发动机,空燃比采用机械式油量分配器调节,配装在戴姆勒—奔驰220S型轿车上。

集成电路于1958年发明,约在20世纪70年代后期,为满足日益严格的汽车废气排放法规和人们对汽车发动机的燃料经济性的要求,开始对发动机的控制进行微处理。

1976年,计算机首次用于汽车上,美国克莱斯勒公司用模拟计算机控制发动机的点火时刻。

1977年,美国通用汽车公司将数字计算机用于点火自动控制系统,它是一种简单的现代计算机控制系统。

1979年,开发了能综合控制点火时刻、排气循环、空燃比和怠速转速,并具有自我诊断功能的电子式发动机的集中控制系统。

德国波许公司在1967年研制成功D型电子燃油喷射系统。同年,又开发了L型电子燃油喷射系统。1981年,又将电子燃油喷射系统中的叶片式空气流量计,改用热线式空气流量计,开发了L-H型电子燃油喷射系统。

20世纪80年代,出现了计算机控制的汽车仪表系统,它可以对汽车上的几十个参数同时进行测量、处理,并对主要工况进行高、低限报警。

20世纪80年代以后,电子技术在汽车上的应用范围越来越广。

汽车电子技术的应用,按其发展过程概括起来可以分为三个阶段:  
第一阶段,从20世纪60年代中期到20世纪70年代中期,表现为电子装置代替某些机械部件,主要是为了改善部分性能而对汽车产品进行的技术改造;

第二阶段,从20世纪70年代末期到20世纪90年代中期,为解决安全、污染和节能三大问题,研制出电控汽油喷射系统、电子控制防滑制动装置和电控点火系统,表现为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;

第三阶段,20世纪90年代中期以后,电子装置成为汽车设计中必不可少的装置,承担着汽车基本控制任务,处理外部和内部的各种信息。电子技术广泛地应用在底盘、车身、车用柴油发动机等多个领域。

发动机采用电控技术以后,可以使其动力性、燃油经济性大大提高,可以降低排污,同时汽车的启动性能、加减速性能得到很好的改善。

## 二、现代汽车电控系统的发展趋势

汽车电子化被认为是汽车技术发展进程中的一次革命,汽车电子化的程度被看作是衡量现代汽车水平的重要标志,是用来开发新车型、改进汽车性能最重要的技术措施。汽车制造商认为,增加汽车电子设备的数量、促进汽车电子化是夺取未来汽车市场非常重要的有效手段。

早期的汽车电控系统多采用一个电子控制单元(ECU)控制汽车的某一个系统,如果有多个系统就要采用多个ECU进行控制,称为单独控制。现在一般利用微处理器使控制功能集中化,将多种控制功能集中到一个ECU上,可以不必重复设置传感器和ECU,称为集中控制系统。现代汽车都采用集中控制系统,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)。

汽车的各种操纵系统向着电子化和电动化发展,实现“线操控”,用导线代替原来的机械传动机构,例如,“导线制动”、“导线转向”、“电子油门”等。

由于汽车上的电子电器装置数量急剧增多,为了减少连接导线的数量和质量,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。电子装置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控装置,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。车载局域网将逐步替代单独控制器;车载计算机的处理能力将有显著提高。

## 第二节 电控系统的基本概念

发动机电控技术的理论基础就是现代控制理论。从早期的经典控制到目前的智能控制,控制理论在汽车电控中得到了广泛的应用。主要有PID控制、最优控制、自适应控制、滑模控制、模糊控制、神经网络控制以及预测控制等。现代控制理论的发展使得电控系统更能适应复杂的多变量系统、时变系统和非线性系统,甚至对于数学模型不甚精确的系统也能实施精确有效的控制,而这正是发动机电控得以实现的前提。发动机电控系统由若干个子控制系统组成。由于各汽车公司开发研制的电控系统千差万别,系统控制功能、控制参数和控制精度各不相同,采用的控制部件(传感器和执行器)的数量和类型也各不相同。

同。无论子系统多少,也不管系统有多复杂,都离不开一些共同的控制理论及技术。例如,自动控制是采用控制装置使被控制对象(如机器设备的运行或生产过程的进行)自动地按照给定的规律运行,使被控制对象的一个或数个物理量(如电压、电流、速度、位置、温度、流量等)能够在一定的精度范围内按照给定的规律变化。

## 一、电控系统的基本组成与类型

### 1. 组成

任何一种电控系统,其主要组成都可分为信号输入装置、ECU 和执行元件三部分,其组成如图 1-1 所示。

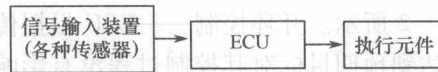


图 1-1 电控系统的基本组成

信号输入装置即各种传感器,用来检测发动机的运行参数或状态,将非电量的有关参数或状态转化成电信号,然后不失真地将有关信息提供给 ECU。目前,发动机用传感器有开关脉冲量和连续模拟量两种,具体应根据所需的监控参数及要求选用。

ECU 是以单片机为核心的控制器,是一个典型的数字式控制器,由单片机、接口电路等硬件和软件组成。主要硬件有中央处理器(CPU)、存储器、输入/输出(I/O)设备、定时器/计数器等。软件分为两种类型,即系统软件和应用软件。控制工程人员必须了解被控对象发动机及其控制目标,同时也必须了解和掌握单片机系统硬件、软件的设计和调试方法。主要功能为给各传感器提供参考电压,接受传感器信号即采集信息,对信息进行存储、计算和分析处理后向执行器发出指令进行程序控制等。

在控制器的存储器中,预先存有所需的发动机的调控参数或状态的目标数据。这些目标数据是发动机的各种不同参数和最优运行结果的综合,一般是通过统计或实测得到的。当由传感器检测到的发动机的某一实际参数进入单片机控制器后,先与存储器中的相应参数和最优运行结果比较。如果两者相同,则整个发动机电控系统保持原状态,发动机继续按先前状态运行。反之,当实际参数偏离目标参数时,单片机控制器则会根据该偏离值的大小和极性(正或负),按一定的控制策略进行有关信息的处理。

对数字信号的处理主要有两种方法:

第一种是根据预定控制规律的控制算法对输入信号进行直接运算和处理,然后输出控制信号,这是一种较为简单的控制;

第二种是对输入的数字信号进行特征抽取,从大量的输入信号中抽取那些有用的信息,然后根据所抽取的特征值来决定控制决策,这是一种较为复杂的高级控制。

经过运算处理后,控制器通过 I/O 通道输出控制决策信号。这些信号只能以数码形式出现,它既可以表示数值的大小或极性,也可以代表约定的确定信息。当执行器所需要的是连续时间函数信号(模拟量)时,控制器的输出信号还必须通过数/模(D/A)转换器,然后再输给执行器的驱动部分。这样,执行器就按特定的规律调节发动机的有关机构,使发动机的相应参数或状态向目标值逼近。逼近程度又可由传感器检测,并将检测结果再次送给单片机控制器。如此循环,就形成了一个闭环反馈控制系统,使发动机按最优状态运行。

上述过程是柴油机单片机控制应用中较为普遍的一种控制过程,它类似于最优控制。执行元件即执行器,由驱动部分、执行电器和机械执行机构三部分组成。ECU 输出的控制决策信号一般很小,不能直接驱动执行电器,需要专门设计驱动电路。执行器是控制系统对被控对象实施调控的唯一手段。执行器直接与发动机有关部件相连接,因此在设计时,要充分考虑到其强度、刚度、抗振动能力、抗干扰能力、调节精度和调节稳定性等一系列问题。执行器设计是整个发动机电控系统设计的一个重点和难点。

## 2. 类型

其基本形式有开环控制和闭环控制两种。

### 1) 开环控制的组成与特点

开环控制的组成如图 1-2 所示。开环控制——ECU 根据传感器的信号对执行器进行控制,而控制的结果是否达到预期目标对其控制过程没有影响。开环控制的特点是在控制器与被控对象之间只有正向控制作用而没有反馈控制作用,即不去检测控制结果。

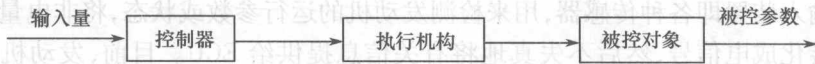


图 1-2 电控系统的开环控制

### 2) 闭环控制的组成与特点

闭环控制的组成如图 1-3 所示。闭环控制也叫反馈控制,在开环的基础上,它对控制结果进行检测,并反馈给 ECU,然后对上一次的控制量作修正。

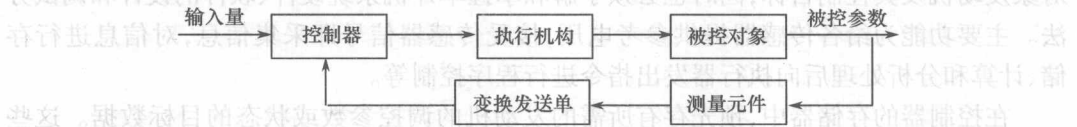


图 1-3 电控系统的闭环控制

闭环控制的特点是在控制器与被控对象之间,不仅存在着正向作用,而且存在着反馈作用,即系统的输出量对控制量有直接影响。

测量元件对被控对象的被控参数进行测量;变换发送单元将被测参数变成电压(或电流)信号,并反馈给控制器;控制器将反馈回来的信号与给定值进行比较。

## 二、信号输入装置及输入信号

信号输入装置即各种传感器,是一种信号转换装置,安装在发动机的各个部位,其功用是检测发动机运行状态的各种电量参数、物理量和化学量等,并将它们转换成计算机能够识别的电信号输入 ECU。发动机电控常用传感器与开关信号有以下几种:

(1) 空气流量传感器(Air Flow Sensor, AFS)。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(Manifold Absolute Pressure Sensor, MAP)。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 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(Camshaft Position Sensor, CPS)。也叫同步信号传感器,是一

个气缸判别定位装置,用于检测活塞处于上止点的位置。是点火控制的主控制信号。

(5) 上止点位置传感器。向 ECU 提供 1 缸上止点位置信号,作为点火控制的主控制信号。

(6) 缸序判别传感器。向 ECU 提供各缸工作顺序,作为点火控制的主控制信号。

(7) 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。

(8) 进气温度传感器。检测进气温度信号(修正信号)。

(9) 节气门位置传感器(Throttle Position Sensor, TPS)。检测节气门的开度及开度变化,如节气门关闭、部分开启和全开等。此外,ECU 通过计算节气门位置传感器信号的变化率,便可得到汽车加速和减速消耗。节气门位置传感器的信号要输入 ECU。

(10) 氧传感器。检测排气中的氧含量,向 ECU 输入反馈信号。此信号反映可燃混合气的空燃比大小。

(11) 爆震传感器。检测发动机产生爆燃及爆燃强度大小。

(12) 大气压力传感器。检测大气压力,修正喷油和点火控制。

(13) 车速传感器。用于检测汽车行驶速度高低,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。

(14) 启动开关信号(Start Switch, STA)。发动机启动时,给 ECU 提供一个启动信号,作为喷油量和点火提前角的修正信号。

(15) 点火开关信号(Ignition Switch, IGN)。当点火开关接通,“点火(IG)”挡位时,向 ECU 输入一个高电平信号。

(16) 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。

(17) 空调作用信号(Air Conditioning, A/C)。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。

(18) 挡位开关信号和空挡位置开关信号。自动变速器由 P/N 挡挂入其他挡时,发动机负荷增加,向 ECU 输入信号。当挂入 P/N 挡时,向 ECU 提供 P/N 挡信号才能启动发动机。

(19) 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。

(20) 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。

(21) 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。

(22) 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。

(23) EGR 阀位置传感器。向 ECU 提供 EGR 阀的位置信号。

(24) 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。

### 三、ECU 的功能与组成

ECU 又称电子控制器或电子控制组件,俗称计算机,是发动机控制系统的核心部件。



## 1. ECU 的功能

(1) 接收传感器或其他装置输入的信息;给传感器提供参考电压;将输入的信息转变为计算机所能接受的信号。

(2) 存储、计算、分析处理信息;计算输出值所用的程序;存储该车型的特点参数;存储运算中的数据、存储故障信息。

(3) 运算分析。根据信息参数计算出执行命令数值;将输出的信息与标准值对比,查出故障。

(4) 输出执行命令。把弱信号变成强的执行命令信号;将输入信号和输出指令信号与标准值进行比较,输出故障信息。

(5) 自我修正功能(自适应功能)。

## 2. 发动机集中控制系统 ECU 的构成

ECU 主要由输入回路、A/D 转换器、计算机(或单片机)和输出回路四部分组成。

(1) 输入回路。从传感器来的信号,首先进入输入回路。在输入回路里,对输入信号进行预处理,一般是去除杂波和把正弦波变为矩形波后,再转换成输入电平。

(2) A/D 转换器。计算机不能直接处理模拟信号,A/D 转换器是将模拟信号转换为数字信号后再输入计算机。如果传感器输出的是脉冲(数字)信号,经过输入回路处理后可以直接进入计算机。

(3) 计算机。计算机是发动机电控系统的核心。它能根据需要,把各种传感器送来的信号,按预先存储的程序对数据进行运算处理,并把处理结果送往输出回路。

计算机由中央处理器(CPU)、存储器和 I/O 接口等部分组成。

①CPU:CPU 主要由进行算术、逻辑运算的运算器,暂时存储数据的寄存器,按照程序执行各装置之间信号传送及控制任务的控制器等构成。

②存储器:存储器的主要功能是存储信息资料。存储器一般分为随机存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。

③I/O 接口:I/O 接口是 CPU 与输入装置(传感器)、输出装置(执行器)间进行信息交流的控制电路。

④总线:总线是一束传递信息的内部连线,在计算机系统中,CPU、存储器与 I/O 接口,通过传递信息的总线连接起来,它们之间的信息交换均要通过总线进行。总线按传递信息的类别可分为数据总线、地址总线和控制总线。

(4) 输出回路。将计算机发出的指令转变成控制信号去驱动执行器工作。输出回路一般起着控制信号的生成和放大等功能。

## 四、执行器

执行器又称执行元件,是控制系统的执行机构,其功用是接受控制单元的控制指令,完成具体的控制动作。发动机电控系统中,常用的执行器有以下几种:

(1) 电动燃油泵,用于供给发动机电子控制系统规定压力的燃油。

(2) 电磁式喷油器,用于接收 ECU 发出的喷油脉冲信号,控制燃油喷射量。

(3) 怠速控制阀(Idle Speed Control Valve,ISC 或 ISCV),用于调节发动机的怠速转速。控制内容包括两个方面:一方面是在发动机正常怠速运转时稳定怠速转速,达到防止

发动机熄火和降低燃油消耗的目的;另一方面是在发动机怠速运转状态下,当发动机负载增加(如接通空调器、动力转向器或液力变扭器等)时,自动提高怠速转速,防止发动机熄火。

(4)活性碳罐电磁阀,用于接收 ECU 的控制指令,回收发动机内部的燃油蒸汽,减少碳氢化合物的排放量,从而减少排气污染。

(5)点火控制器和点火线圈,用于接收 ECU 的控制指令,适时接通或切断点火线圈初级电流,并产生高压电,点燃可燃混合气。

## 五、电控系统的简要工作过程

(1)发动机启动时,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)通过 CPU 的控制,一个个指令逐个地进行循环执行。执行程序中所需要的发动机信息,来自各个传感器。

(3)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 接口进入计算机;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 接口进入计算机。

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

(5)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。

(6)CPU 对这些数据进行比较运算后,作出决定并发出输出指令信号,经 I/O 接口,必要的信号还要经 D/A 转换器变成模拟信号,最后经输出回路控制执行器动作。

## 六、计算机闭环控制

如果把闭环控制中的控制器用计算机来代替,就组成了计算机控制系统。

计算机控制系统的控制过程包括:

(1)数据采集。对被控参数的瞬时值进行检测,并输送给计算机。

(2)控制。对采集到的表征被控参数的状态量进行分析,并按既定的控制规律确定控制过程,适时地对执行机构发出控制信号。

(3)上述过程不断重复,使整个系统能够按照一定的控制指标进行工作,并对被控参数和设备本身出现的异常状态及时监测、迅速处理。

现代发动机电控系统属于计算机控制系统,早期采用开环控制,现在大部分采用闭环控制。

## 七、发动机电控系统的优越性

传统化油器对发动机空燃比的控制是一种近似的控制,虽然化油器采用了繁多的装置,但效果不尽人意。最初的机械控制汽油喷射系统与化油器相比具有很大的优势。但是,如果想要充分发挥汽油喷射的优越性,就离不开电子控制。相对于机械控制而言,汽油喷射电子控制具有无与伦比的优越性,这些优越性同样体现在整个汽油机的电子控制中。

### 1. 电控元件引起的偏差较小

电控元件的尺寸和性能偏差会使控制精度下降。在机械控制的场合,电控元件的机械加工尺寸偏差与磨损造成尺寸偏差都会带来较大的控制偏差。可是电控元件的性能偏差相对较小,而且不存在磨损问题,所以电控元件带来的偏差较小。

### 2. 控制精细

电控装置运行极为精确,对转速、负荷等工况参数的分辨率高,因此电子控制比机械控制精细。

### 3. 工况优化控制的独立性好

化油器的性能参数是连续的,选择化油器结构参数时,如果照顾到发动机低速性能就可能难以照顾到高速性能。化油器在各种工况下实际达到的空燃比不可能与发动机在该工况下要求达到最佳空燃比完全一致。因此,不可能在所有工况下都实现空燃比的最佳控制。在机械控制燃油喷射系统中也有同样的问题。但是,在数字式电子控制场合,不同工况下的控制数据储存在计算机的各个存储单元中,它们是孤立的、离散的、互不相关的,因此对每一个工况可以实现最佳控制。

### 4. 可以考虑更多的控制变量

在机械控制燃油喷射中,有些变量如负荷、转速、温度、压力等能利用机械的探测器来探知,并用于控制燃油量。但是发动机其他许多状态信息如节气门位置、是否爆震、空燃比是大于还是小于理论值 14.7 等却很难甚至无法用简单的机械装置探测得到。电子元件——传感器可以从发动机提取几乎全部的状态信息供 ECU 处理。这使汽油机电子控制比机械控制具有更高的精度和更强的功能。

### 5. 可以执行更多的控制项目

与传感器在发动机状态信息的探测方面给电控带来的优越性一样,电控系统的执行器也带来很大的优越性,它们可以执行机械执行机构很难甚至无法执行的许多任务,例如,怠速转速电控、爆震电控、可变进气系统电控等。

### 6. 可以实现闭环控制

发动机控制任务就是根据发动机当时的工况来调节一系列参数使之优化。而闭环控制则可将发动机某一特定参数调节到预定目标值。机械控制的场合,如果说发动机工况参数的信息可以通过机械控制装置对执行机构产生影响的话,那么这种影响对发动机产生的结果却难以反馈给机械控制装置。以化油器发动机为例,驾驶员加大油门从怠速进入部分负荷工况,本应当将过量空气系数  $\lambda$  调节到一个略高于 1.0 的水平,例如 1.1,但实际上  $\lambda$  可能由于某种原因而偏离这个数值。 $\lambda$  的实际数值几乎无法通过机械方式探测到,更谈不上在  $\lambda$  不符合预定目标的情况下调节供油量使  $\lambda$  接近目标值的可能性。在机械控制汽油喷射系统中,情况完全一样,而电控系统借助于传感器,很容易将执行器指令执行结果的信息反馈给控制装置,形成闭环控制。

### 7. 响应迅速

机械装置都有间隙和惯性,流体都有摩擦,特别是气体还有可压缩性,所以涉及机械和流体的控制系统往往会产生信息传递和处理迟延。这种迟延虽然极其短暂,却是存在的,有时可能会产生不良影响。例如,化油器中的泡沫管可以抑制当从怠速进入部分负荷时混合气变浓的现象,但负荷突然加大之初泡沫管就来不及发挥作用。电控系统则不同,

因为它的信息传递过程是在瞬息完成的。

## 习 题

1. 电控技术对发动机性能有哪些影响？
2. 什么叫开环控制系统？什么叫闭环控制系统？两个控制系统各有什么特点？
3. 电控系统由哪几部分组成？各有什么作用？
4. ECU 的功能是什么？
5. ECU 由哪些基本组成部分？它们起什么作用？
6. 简述电控系统的工作过程。
7. 发动机电控系统的优点有哪些？