

汽车发动机电子控制技术

张立伟 编著



郑州大学出版社

汽车发动机电子控制技术

张立伟 编著



郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电子控制技术/张立伟编著. —郑州:郑州大学出版社,2005.12

ISBN 7-81106-114-7

I. 汽… II. 张… III. 汽车-发动机-电子系统: 控制系统 IV. U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 079331 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:邓世平

全国新华书店经销

郑州文华印务有限公司印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:18.375

字数:464 千字

版次:2005 年 12 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

1/16

印数:1~3 100

印次:2005 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-81106-114-7/U·3

定价:28.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换

内容提要

本书系统地介绍了汽车发动机电子控制系统的原理、结构和故障诊断检测技术。全书共分7章,主要包括燃油喷射控制系统、点火控制系统和辅助控制系统。本书是笔者数年来科研和教学的总结,参阅了国内外大量的文献资料,内容新颖、丰富、系统。

本书可供汽车工程和电子工程的专业技术人员参考,也可以作为大专院校汽车专业的教学参考用书。

前 言

随着汽车技术和电子技术的迅速发展,汽车电子控制系统的集成化程度越来越高,汽车电子控制技术也已经发展成为一门新的学科。其中,汽车发动机电子控制技术占有极为重要的地位。首先,因为发动机是汽车的动力,它的性能好坏直接决定了车辆的整体性能。同时,汽车电子控制技术一开始就是从发动机的控制研究发展起来的,而车辆底盘和车身方面的电子控制技术的发展又向发动机的控制提出了新的要求,为发动机电子控制技术提示了新的研究方向和研究课题。现在,发动机的控制不仅要满足车辆动力性、经济性和排放性的要求,还要综合考虑安全性、操纵性、稳定性和舒适性的需要。

笔者根据自己数年来的研究和教学心得,编写了本书。本书介绍了发动机的燃油喷射控制、点火控制、怠速控制、进气与增压控制、排放控制、稀薄燃烧控制和故障诊断,试图从原理与设计、结构与检测、故障诊断与使用维修等方面,系统地对发动机电子控制技术作深入浅出的介绍,希望能对汽车设计、使用和维修技术人员以及大专院校汽车专业的师生有所帮助。

本书在系统、完整介绍发动机电子控制技术现状的同时,还力图反映这方面的最新发展动态和最新研究成果,以期读者有所了解。在编写过程中,参阅了不少国内外的文献资料,得到了同行的大力帮助和支持,这里谨表示衷心感谢。

由于本书涉及范围较广,内容较新,加上笔者学识水平有限,在资料的引用上也往往挂一漏万,错误和不妥在所难免,欢迎同行和读者批评指教。

郑州轻工业学院 张立伟

2005年5月

目 录

第一章 汽车电子控制技术概述	(1)
第一节 汽车电子控制技术的发展历史	(1)
第二节 汽油发动机集中控制系统简介	(3)
第三节 燃油喷射控制系统的概况	(6)
第二章 燃油喷射控制系统的结构和工作原理	(14)
第一节 空气供给系统	(14)
第二节 燃油供给系统	(17)
第三节 电子控制单元(ECU)和执行器	(34)
第四节 信号输入装置	(40)
第三章 燃油喷射控制系统	(75)
第一节 喷油正时的控制	(75)
第二节 喷油量的控制	(77)
第三节 起动时喷油量的控制	(92)
第四章 点火控制系统	(96)
第一节 电子控制点火系统的基本特点	(96)
第二节 电子控制点火系统的类型	(98)
第三节 点火提前角的控制	(108)
第四节 通电时间的控制	(114)
第五节 爆震控制	(114)
第五章 辅助控制系统	(117)
第一节 怠速控制	(117)
第二节 发动机的排放控制	(128)
第三节 进气与增压控制	(135)
第四节 电动燃油泵的控制	(146)
第五节 故障的自诊断系统	(150)
第六节 安全保险功能和后备系统	(152)
第七节 稀薄燃烧的电子控制	(153)
第六章 发动机集中控制系统的实例	(166)
第一节 丰田系列 TCCS 发动机控制系统	(166)
第二节 桑塔纳 2000 系列轿车发动机控制系统	(186)
第三节 富康轿车发动机控制系统	(210)

第七章 集中控制系统的故障诊断与检修	(220)
第一节 故障诊断的基本方法	(220)
第二节 检测工具与检测仪器	(234)
第三节 电控系统的故障码自诊断法	(254)
第四节 电子控制系统及零部件的故障诊断与维修	(262)
附录	(279)
常用英文缩写词简表	(279)
参考文献	(285)

第一章 汽车电子控制技术概述

第一节 汽车电子控制技术的发展历史

汽车是现代文明的产物。尽管汽车的出现才 100 多年的历史,但汽车极大地影响和改变了我们的世界。汽车是现代社会主要的交通工具。汽车工业不仅成为大多数国家在国民经济起飞时期主要的支柱产业,汽车工业和汽车技术也成为高新技术的载体。电子控制技术、计算机技术、通讯技术、人工智能、生物工程、网络通信、新材料、新能源以及环境保护等高新技术的迅速发展,对汽车技术和汽车工业的发展起了极大的推动作用。汽车技术和汽车工业的进步又为其他技术提供了更新更广阔的发展空间。

20 世纪 90 年代以来,汽车技术尤其是汽车控制技术进入了一个全新的时代。利用计算机技术和电子技术的发展成果,可以解决汽车控制技术方面的很多难题。电子控制技术已成为未来汽车产品研发的关键,汽车产业的技术竞争实质上就是汽车电子控制技术的竞争。

汽车电子控制技术是伴随着各国政府日趋苛刻的汽车管理法规(油耗法规、排放法规、安全法规)和日益成熟的微电子技术、计算机技术逐步发展起来的。汽车电子控制技术就是以微处理器为核心,实时监测发动机运转和车辆行驶过程中的各种运行参数,对全部工作过程进行动态控制。汽车运行时,发动机和动力传动机构的工作过程相当复杂,对其进行实时控制,传统的机械控制机构已经无法胜任。微电子技术和计算机技术以其控制过程精确、响应速度快的优势满足了这一要求。汽车电子控制技术成为机电一体化技术最成功的应用。

一、汽车电子控制技术的发展历史

汽车电子控制技术的应用始于 20 世纪 60 年代,而大规模的运用在 20 世纪 90 年代以后。从汽车电子化发展进程来看,可分为 4 个阶段。

第一阶段,从 60 年代中期到 70 年代末期,是汽车电子控制技术发展的初级阶段。汽车上运用电子技术主要是对汽车电气产品进行电子技术改造,以改善部分性能。主要产品有晶体管交流发电机、电子式电压调节器、电子式闪光器、电子控制式喇叭、电子式间歇刮水控制器、汽车收音机、电子点火控制器、数字时钟等。

1974 ~ 1982 年为第二阶段,是汽车电子控制技术迅速发展阶段。这一阶段的主要特征是广泛采用机电一体化装置解决机械系统无法解决的复杂过程的自动控制问题,尤其是解决汽车的安全、污染及节能三大问题。进入 70 年代,随着汽车工业的快速发展,汽车保有数量急剧增长,汽车排放公害日益严重,能源危机问题日益突出,加之汽车的安全问题,迫使各国政府出台相应的法规,传统的控制方法已无法应对。由于集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路技术的飞速发展,为在汽车上广泛采用电子技术提供了可能。在这一阶段,汽车上广泛应用集成电路和 16 位以下的微处理器。主要产品有电子燃油喷射系统(EFI)、空燃比反馈控制系统、防抱死制动系统(ABS)、安全气囊系统(SRS)、电子控制自动变速器

(ECT)、巡航控制系统、电子控制门锁系统、程控驾驶系统、超速报警系统、前照灯灯光自动控制
系统、自动除霜系统、车辆导航系统、座椅安全带收紧系统、车辆防盗系统、故障自诊断
系统、车身高度自动控制系统、数字式组合仪表盘等。

1982 ~ 1990 年为第三阶段,是微型计算机在汽车上应用日趋成熟并向智能化发展阶段。
主要产品有牵引力控制系统、四轮转向控制系统、轮胎气压控制系统、声音合成与识别
系统、数字式油压表、蜂窝式电话、可热式挡风玻璃、倒车示警器、超速限制器、自动后视镜系
统、道路状态指示器等。

1990 年以后为第四阶段,预计可延续到 2010 年,是汽车电子控制技术向智能化发展的高
级阶段。这一阶段的特征是强调以人 - 车 - 环境为主线的系统工程整体优化,主要体现在
智能化上。主要产品有微波系统、多路传输系统、32 位微处理器、动力最优化控制系统、
通信与导航协调系统、安全驾驶监测与警告系统、自动防追尾碰撞系统、自动驾驶系统和电
子地图等。

二、汽车电子控制技术的应用

汽车电子控制技术的应用经历了由单独控制向集中控制系统发展的过程。20 世纪 60
年代后期到 70 年代,控制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。在采用模拟电路的 ECU 控制系统中,如果要增
加控制功能,就必须增加与实现该项功能控制逻辑相应的电路,这样必然会使 ECU 的尺寸
增加很大,对于安装空间有限的汽车来讲很不适用。所以这一时期的汽车电子控制系统多
采用一个 ECU 控制汽车的一个系统的单独控制方式。

单独控制系统很难实现汽车全面的综合控制。每个系统用一个 ECU,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,汽车电子控制系统的 ECU 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。另外不同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,因此利用控制功能集中化,就可以将多种控制功能集中到一个 ECU 上,不同控制功
能所需要的同一信号也就只设置一个传感器。这种控制系统就是汽车集中电子控制系统。

汽车集中电子控制系统,按其控制功能大致可分为 4 部分,如表 1 - 1 所示。

表 1 - 1 汽车电子控制系统类型及其主要控制项目

控制功能	系统名称	控制项目
动力性控制	电子控制燃油喷射(EFI)	喷油量(喷油时间);喷油时刻;燃油泵;燃油停供
	电子控制点火(ESA)	点火时刻;通电时间;爆震控制
	怠速转速控制(ISC)	空调接通与切断;变速器挂档;动力转向泵接通与切断
排放控制		废气再循环(EGR);空燃比反馈控制;活性炭罐电磁阀控制;CO 控制(VAF);二次空气喷射
进气控制		进气引导通路切换;涡流控制阀
增压控制		泄压阀;废气涡轮增压器
自诊断测试与失效保护控制		故障警告;存储故障代码;部件功能测试;传感器与执行器失效保护
电子控制变速(ECT)		发动机输出转矩;液力变矩器锁止时机;变速器换档时机;电磁阀和传感器失效保护

续表 1-1

控制功能	系统名称	控制项目
安全性控制	防抱死制动控制 (ABS)	车轮制动力、滑移率
	驱动防滑控制 (ASR)	发动机输出转矩;驱动轮制动力;差速器锁止
	安全气囊控制 (SRS)	气囊点火器点火时机
	座椅安全带收紧控制	收紧器点火器点火时机
	动力转向控制 (ECPS)	控制助力油压、气压或电动机电流
	雷达车距控制	车距;报警;制动
	前照灯灯光控制	焦距;光线角度
	安全驾驶监控	驾驶时间;方向盘状态;驾驶员脑电图、体温和心率
	防盗控制	报警;遥控门锁;数字密码点火开关;数字编码闭锁;方向盘自锁
	电子仪表	汽车状态显示
舒适性控制	中央门锁控制	门锁遥控;行驶自锁;玻璃升降
	悬架控制 (EMS)	车身高度;悬架刚度;悬架阻力;车身姿势(点头、侧倾、俯仰)
	巡航控制 (CCS)	车速;安全(解除巡航状态)
	空调控制	制冷;取暖
	电动座椅控制	方向(向前、向后);高低(向上、向下)
信息控制	CD 音响	娱乐
	交通信息显示	交通信息;电子地图
	车载电话	通讯联络
	车载计算机	车内办公

在不同的车型上,其组合形式和控制项目各有异同。如有的车型将发动机控制系统与自动变速器共用一个 ECU 控制,有的车型则各自用一个 ECU 控制;大多数车型点火控制均由发动机 ECU 控制,但有的车型则单独由点火 ECU 控制;大多数车型怠速控制是由发动机 ECU 控制,但有的车型则将定速/怠速/加速控制共同由一个 ECU 控制;控制项目不同车型也各有取舍。

发动机 ECU 往往集中了较多的控制功能,故又称作主 ECU。

上述各控制系统,既独立地执行相应的控制功能,相互间又必须在极短时间内交换大量信息资料,如转速、负荷、车速等。所以现代汽车微机控制系统是一个十分复杂的综合控制系统,其配线也极其复杂。近年来的厂家已开发出一种总线系统,它仅用一根导线就可使信息交换迅速进行,其传递速度相当高,信息量也极大,并可同时提供与所有系统有关的许多信息,配线大大简化。

本书介绍汽油发动机集中控制系统。

第二节 汽油发动机集中控制系统简介

一、发动机电子控制技术的发展过程

汽车发动机电子控制技术是借助于飞机发动机汽油喷射技术而诞生的。它从研制到广泛应用经历了 4 个阶段,即机械控制、真空管电子控制、晶体管分立件模拟电子控制和计算机电子控制阶段。

(一)机械控制阶段

燃油喷射技术是针对航空发动机的需要而开始研制的。当时因浮子室式化油器的冰点

过低而使发动机停机,为了解决这个要害问题而研制燃油喷射装置。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,研制成功第一架采用燃油喷射式发动机的军用战斗机。

由于当时成本很高,汽车使用燃油喷射装置只能装用在性能要求很高的赛车上,直到1950年大多数赛车才装用燃油喷射装置。1952年,德国波许(Bosch)公司研制成功第一台机械控制汽油喷射式发动机,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,装配在戴姆勒-奔驰(Daimler-Benz)300 L型轿车上。

1958年在奔驰200SE型汽车上采用机械式进气管喷射系统,它采用的是分组喷射方式,空燃比用机械式油量分配器进行调节。起动时由起动阀和温度时间开关控制,装有冷起动和暖机燃油补偿装置,可根据空气流量、进气温度和大气压力来调整混合气空燃比。由此,确立了现代汽车燃油喷射技术的应用基础。

(二) 真空管电子控制阶段

采用机械控制喷油系统能有效地提高发动机的输出功率和发动机的转矩,但是,机械控制燃油喷射装置需要在原发动机上加装一个喷油泵,因此,不得不对发动机进行改造。这样给实际应用带来许多麻烦,同时,对空燃比的控制精度也比较低。

最早研制汽车电子控制燃油喷射装置的是美国本迪克斯(Bendix)公司。该公司1957年开始试用真空管电子控制系统,根据进气压力,由设在各个进气门前的喷油器与进气行程同步喷油。Bendix公司的研制成果引起了主要汽车生产厂家的高度重视。

1957年以前,由于晶体管刚发明不久,因此在汽车上应用存在价格昂贵和可靠性低的问题。Bendix公司研制电子燃油喷射系统的初期只能采用真空管,由此带来体积大和笨重的缺陷,也限制了燃油喷射系统的大量普及推广和进一步商品化。当时电子燃油喷射装置仍然只能在赛车上使用。

(三) 晶体管分立件模拟电子控制阶段

从20世纪50年代起,汽车排放造成的大气污染开始引起人们的关注。1957年至1960年上半年美国加州政府有关汽车排放污染的调查报告公布后,制定了相应的排放法规。各汽车制造厂商都在积极寻求解决排放污染的对策,当时主要是采用二次燃烧、废气再循环等被动处理办法,很难达到汽车排放污染法规的要求。这样各汽车制造厂家不得不重视电子燃油喷射技术的开发和应用。

1962年晶体管已从锗管向硅管发展,晶体管的价格和可靠性也适用于汽车上。德国波许公司从1962年开始着手开发晶体管分立件模拟电子燃油喷射系统,1967年开始批量生产利用进气歧管绝对压力信号和模拟式计算机来控制发动机空燃比的D型燃油喷射系统(D-Jetronic),装备在德国大众(Volkswagen)VW-1600型和奔驰280SE型轿车上。该装置具有良好的空燃比控制精度,极大地减少了排气污染,率先达到了当时美国加州的排放法规要求,开创了汽油发动机电子控制燃油喷射技术的新时代。

1973年,随着排放法规的要求逐年提高,要求进一步提高对发动机运行的控制精度,完善控制功能。波许公司在D型燃油喷射系统(D-Jetronic)的基础上,改进发展成L型燃油喷射系统(L-Jetronic)。L型喷射系统利用叶片式空气流量计直接测量进入发动机的空气的体积流量,与利用进气歧管绝对压力间接测量进气量的D型喷射系统相比,检测精度和控制精度大大提高。

1973年,美国通用(GM)汽车公司在生产的汽车上,将分立元件式电子点火控制器改成

集成电路 IC 式点火控制器。该公司加大火花塞的电极间隙,采用高能点火装置,并将点火线圈和集成电路式点火控制器安放在分电器壳体内。

(四) 计算机电子控制阶段

进入 20 世纪 70 年代,电子技术由晶体管向集成电路发展,开始了微型计算机时代,汽车电子技术从模拟时代进入数字时代。1976 年美国通用公司首先公布了运用微机进行汽车电子燃油控制技术的成果,并推出了体积小、控制精度高、质量可靠的产品。从此,使电子控制技术在以下几个方面有了飞快的发展。

(1) 统一运用发动机参数对燃油喷射、点火等子系统进行集中控制,使得发动机的动力性、经济性有了明显提高。

1977 年,美国福特(Ford)公司与日本东芝(TOSHIBA)公司合作开发出了同时控制点火时刻、废气再循环、二次空气喷射的发动机电子控制(EEC)系统。1978 年,福特公司在 EEC 微机控制系统的基础上,增加了空燃比反馈控制和怠速转速控制等控制内容,控制系统取名为 EEC - II 系统。1979 年又进一步完善控制功能,发展成为 EEC - III 系统。80 年代又改进发展成为 EEC - IV 系统。

1979 年,德国波许公司在 L 型燃油喷射系统的基础上,将点火控制与燃油喷射控制组合在一起,并采用数字式计算机进行控制,从而构成当今广泛采用的 Motronic 控制系统。1981 年,波许公司又在 L 型燃油喷射系统 L - Jetronic 的基础上,用热线式空气流量计直接测量进气管内进入发动机的空气的质量流量,从而取代叶片式空气流量计,该系统取名为 LH 型燃油喷射系统 LH - Jetronic。

(2) 增加了氧传感器,利用氧传感器的反馈信号来提高控制精度,使空燃比实现自适应控制成为可能。1981 年,利用氧传感器作为反馈质量流量检测方式,具有自适应控制功能的电子控制燃油喷射系统首先在丰田汽车上投入使用。

1978 年,美国通用(GM)公司也研制成功了同时控制点火时刻、空燃比、废气再循环、怠速转速的微机控制系统,取名为 C - 4 系统。该系统还具有自诊断功能和备用电路。

1979 年,日本日产(Nissan)公司也开发研制成功了能综合控制点火时刻、空燃比、废气再循环和怠速转速的发动机集中控制系统(ECCS),该系统具有自诊断功能。

(3) 采用了空气流量的速度密度检测方式。微型电子计算机的出现,使复杂控制和自由特性的实现成为可能。根据发动机转速和进气管压力等运行条件迅速求出燃油喷射量,使速度密度检测方式也同质量流量检测方式一样能确保空燃比的控制精度。于是采用速度密度检测方式,引入氧传感器反馈的自适应控制系统出现了。首先单点喷射(SPI)系统研制成功,1979 年美国通用汽车公司又推出了节气门喷射(CFI),并都投入使用。这两种系统都属于速度密度检测方式。

(4) 采用独立喷射方式的稀薄燃烧系统的出现。1984 年采用速率密度检测方式的丰田稀薄燃烧系统(T - LCS)投放市场。

二、发动机集中控制系统的控制功能

汽油发动机燃烧过程的组织和控制是决定发动机动力性、经济性和排放性能的根本因素,而混合气的空燃比和点火又是影响发动机燃烧过程的两个主要因素,因此精确地控制发动机的混合气空燃比和点火是发动机集中控制系统的主要内容。

发动机集中控制系统主要的控制项目是燃油喷射控制和点火控制,再根据不同车型增

加一些辅助的控制功能。在整个集中控制系统中,燃油喷射控制是最核心的部分。发动机集中控制系统是在燃油喷射控制系统的基础上逐步发展起来的。下面是发动机集中控制系统的主要控制功能和常见的辅助控制功能。

(一) 主要控制功能

1. 燃油喷射控制

喷油量控制、喷油正时控制。

2. 点火控制

点火正时控制、点火能量控制、爆震控制。

(二) 辅助控制功能

1. 怠速控制

2. 发动机的排放控制

废气再循环控制、燃油蒸发污染控制、二次空气喷射的控制、空燃比的反馈控制。

3. 进气与增压控制

进气量的电子控制、进气惯性增压控制、可变气门机构控制、废气涡轮增压控制。

4. 电动燃油泵的控制

5. 发电机的控制

6. 发动机闭缸控制

7. 巡航控制

8. 故障的自诊断系统

9. 安全保险功能和后备系统

10. 稀薄燃烧的电子控制

第三节 燃油喷射控制系统的概况

燃油喷射系统基本的控制原理是动态检测发动机的进气量,根据发动机的不同运行工况和车辆的各种行驶状态所要求的空燃比,确定喷油量,以达到对发动机的动力性、经济性和排放性的最佳控制。燃油喷射系统的控制核心就是对进入气缸混合气空燃比的控制,包括进气量的检测方式、燃油喷射方式和燃油喷射压力等。

一、进气量检测方式

发动机的进气量是由节气门开度、进气歧管压力和发动机转速确定的。进气量的检测方式,可以分为直接检测方式和间接检测方式。直接检测方式又称为质量-流量方式,间接检测方式又分为速度-密度方式和节气门-速度方式。

(一) 质量-流量方式

质量-流量方式是利用空气流量计直接检测发动机在每一计量单位时间的进气量,再根据转速计算出发动机每工作循环的喷油量。这种方式的检测精度高,稳定性好,但空气流量计的结构复杂,成本高。

(二) 速度-密度方式

速度-密度方式是利用发动机进气歧管的压力和转速测定出发动机每一周期的进气量,再以此为基础计算每循环的喷油量。

汽油机的转速调节范围约 10 倍,而燃油流量的调节范围约 80 倍,燃油的调节范围约 8 倍,因此这种检测方式具有燃油调节精度高的优点。但是进气管的压力与进气量并不是简单的函数关系[图 1-1(a)],过渡工况时进气量的修正较为复杂。同时当进行废气再循环(EGR)控制时,不同引入废气量时进气管压力与进气量的函数关系不易测定。

(三)节气门-速度方式

节气门-速度方式是根据节气门开度与发动机转速测定出发动机每一周期的进气量,然后计算每循环的喷油量。

这种检测方式由于直接检测出节气门的开度,因此在过渡工况时响应速度快,在赛车上尤为适用。但由于进气量与节气门开度之间的函数关系极其复杂[图 1-1(b)],进气量不易测定,因此在汽车上已基本不采用。

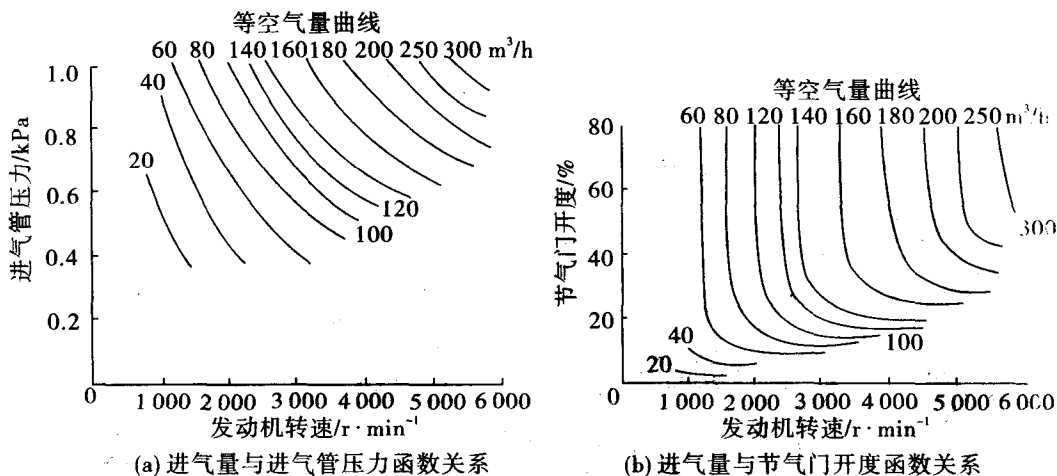


图 1-1 发动机(排量 2 L)的等空气量特性曲线

3 种进气量检测方式对空燃比的控制过程如图 1-2 所示。

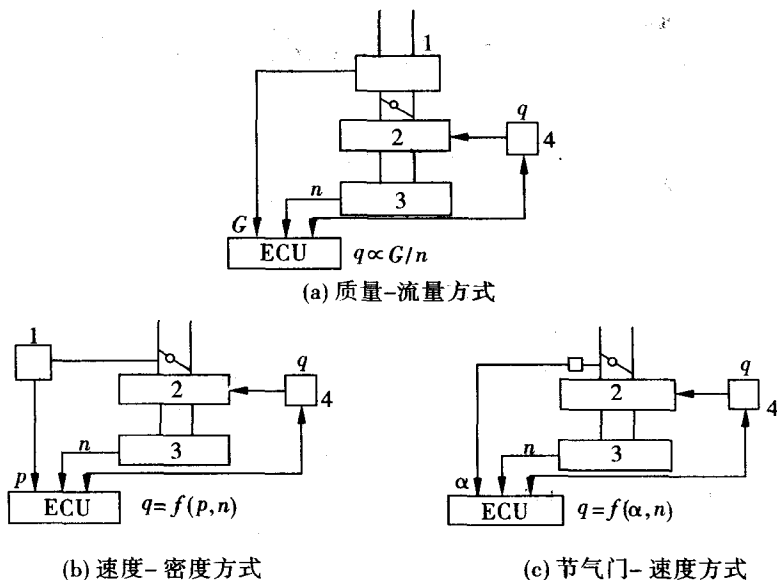


图 1-2 3 种空燃比控制系统的比较

1-空气流量计;2-进气管;3-发动机;4-喷油器

二、喷油器的控制方式

在发动机电子控制系统中,根据喷油器控制方式,可分为机械控制式、机电结合控制式和电子控制式3种燃油喷射系统。

(一) 机械控制式燃油喷射系统

该系统利用机械机构实现燃油连续喷射。早期奔驰(Benz)、奥迪(Audi)轿车采用的K-Jetronic系统(简称K式系统)即为机械控制式燃油喷射系统,结构如图1-3所示。K-Jetronic系统采用连续喷射方式,可分为单点或多点喷射。燃油分配器与空气计量器合在一起构成混合气控制器,空气计量器的挡板与控制杆的一端接触。进气量变化时挡板产生位移,并通过杠杆机构操纵燃油分配器的柱塞移动,从而改变燃油计量槽开度的大小来控制喷油器的喷油量,达到控制混合气空燃比的目的。该系统中设有冷起动喷油器、暖机调节器、空气阀及全负荷加浓器等装置,以便根据不同工况对基本喷油量进行修正。

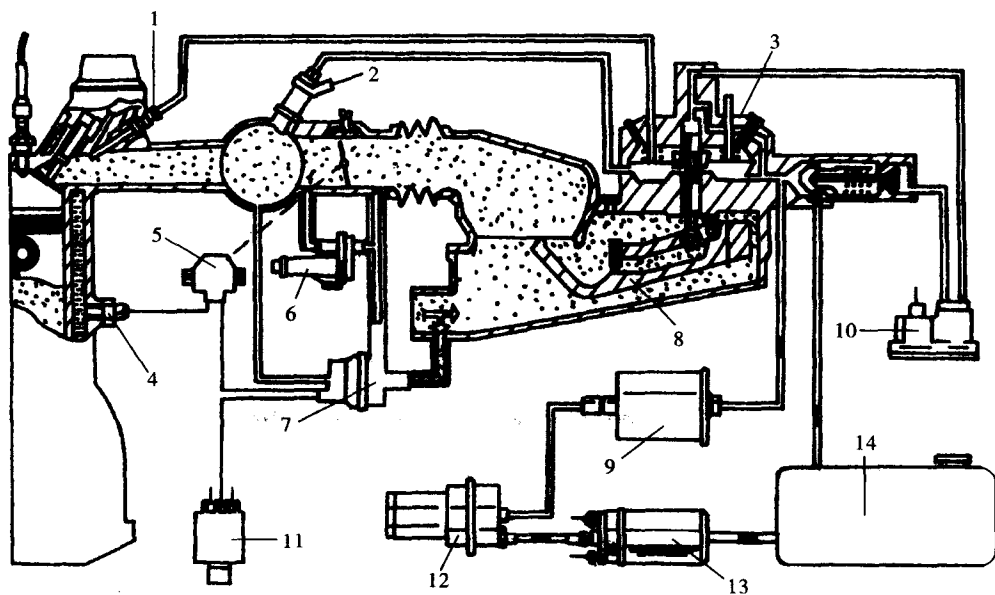


图 1-3 机械控制式燃油喷射系统

- 1-喷油器;2-冷起动喷油器;3-燃油分配器;4-热限时开关;5-节气门位置开关;6-辅助空气阀;7-最高转速切断阀;
8-空气计量器;9-燃油滤清器;10-暖机调节器;11-速度继电器;12-蓄压器;13-电动燃油泵;14-油箱

(二) 机电结合控制式燃油喷射系统

机电结合控制式燃油喷射系统是由机械机构与电子控制系统结合实现的燃油喷射系统。它是在K-Jetronic机械控制系统基础上改进而成的,叫KE-Jetronic系统,简称KE式系统,如图1-4所示。

KE-Jetronic系统增加了电子控制单元ECU和油液压差调节器、油压调节器、水温传感器、节气门位置传感器等元件。ECU可根据水温、节气门位置等传感器的输入信号来控制油液压差调节器,改变燃油分配器中燃油计量槽进口与出口之间的燃油压差,从而调节燃油供给量,达到控制不同工况下混合气空燃比的目的。

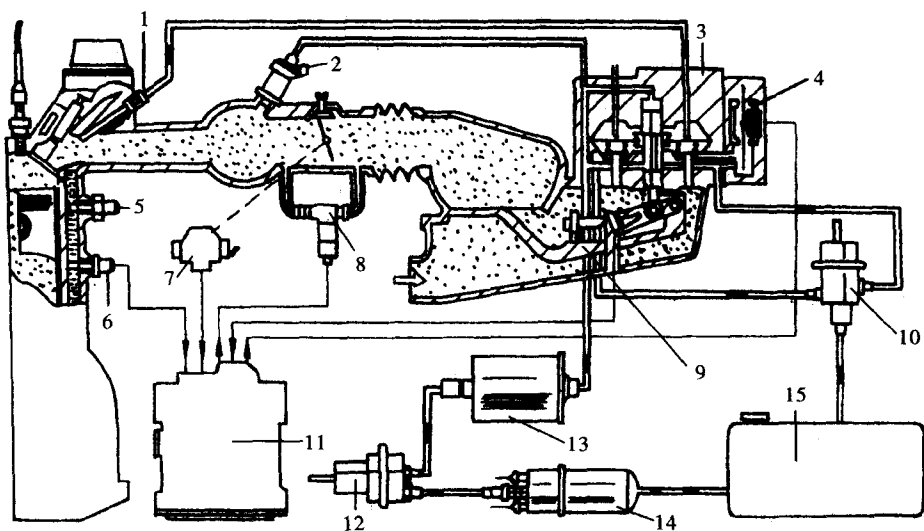


图 1-4 机电结合控制式燃油喷射系统

- 1 - 喷油器; 2 - 冷起动喷油器; 3 - 燃油分配器; 4 - 电液式压差调节器; 5 - 热限时开关;
6 - 水温传感器; 7 - 节气门位置开关; 8 - 怠速空气调节器; 9 - 空气计量器; 10 - 油压调节器;
11 - ECU; 12 - 蓄压器; 13 - 燃油滤清器; 14 - 电动燃油泵; 15 - 油箱

(三) 电子控制式燃油喷射系统

电子控制燃油喷射系统 (EFI, Electronic Fuel Injection) 是指由电控单元 ECU 直接控制的燃油喷射的系统, 结构如图 1-5 所示。该系统采用了全电子控制方式, 即电子控制单元

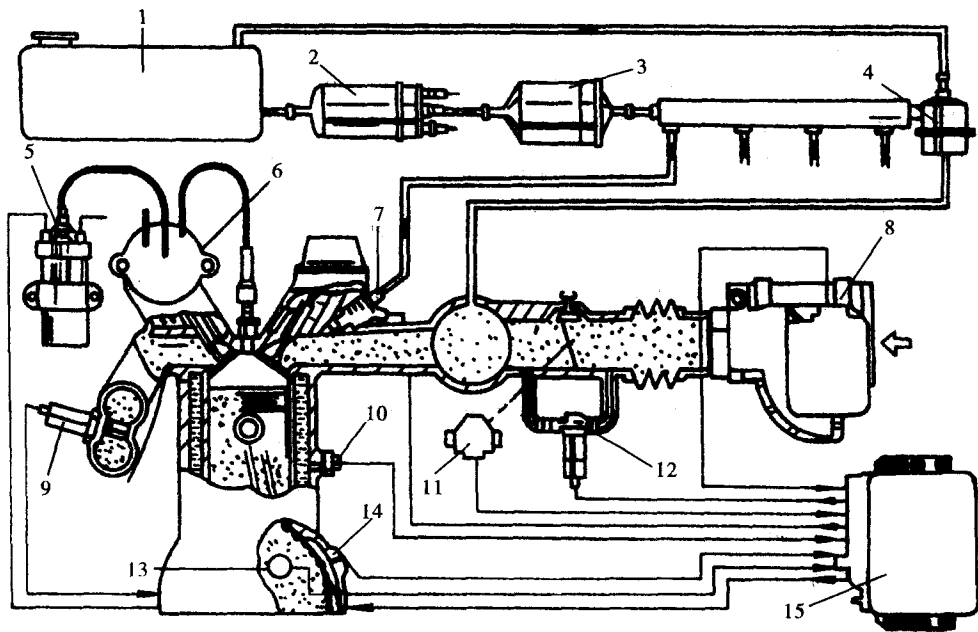


图 1-5 电子控制式燃油喷射系统

- 1 - 油箱; 2 - 燃油泵; 3 - 燃油滤清器; 4 - 油压调节器; 5 - 点火线圈; 6 - 分电器盖; 7 - 喷油器;
8 - 空气流量计; 9 - 氧传感器; 10 - 水温传感器; 11 - 节气门位置传感器;
12 - 怠速空气阀; 13 - 凸轮轴位置传感器; 14 - 曲轴位置传感器; 15 - ECU

通过各种传感器来检测发动机运行参数(如发动机的进气量、转速、负荷、温度、排气中的氧含量等)的变化,再由 ECU 根据输入信号和数学模型来确定所需的燃油喷射量,并通过控制喷油器的开启时间来控制喷入气缸内的每循环喷油量,进而实现对气缸内可燃混合气的空燃比进行精确配制的目的。

电子控制式燃油喷射系统在发动机各种工况下均能精确计量所需的燃油喷射量,且稳定性好,能实现发动机的优化设计和优化控制。因此,在汽车发动机燃油喷射系统中被广泛应用。

本书介绍电子控制式燃油喷射系统。

三、喷油器的喷射位置

按照喷油器的喷射位置,可分为缸内直接喷射和吸气喷射两种形式。

(一)缸内直接喷射

缸内直接喷射(GDI, Gasoline Direct Injection)是指将汽油直接喷射到气缸内使之与空气混合后点燃。它的基础技术借鉴于柴油机的燃油喷射技术,于 20 世纪 30 年代开始研制开发。由于缸内直接喷射需要较高的喷油压力(3~4 MPa)和燃油在燃烧室的合理分布,并受当时内燃机技术水平和自动控制技术水平的限制,开发的发动机性能并不理想,长期以来进展缓慢,没有得到实际的应用。20 世纪 90 年代以后,随着电子控制技术的发展及其在汽车上的应用逐步推广,这种新技术又重新得到关注。

缸内直接喷射采用燃油分期喷射方式,其燃油的喷射时间和喷射量是由计算机控制的,同时合理组织进气涡流实现分层燃烧,因此可以高精度地控制发动机的燃烧过程。最具有代表性的缸内直接喷射是美国 Texaco 公司的 TCCS 系统和日本三菱公司的 GDI 系统。

(二)吸气喷射

吸气喷射(PFI, Port Fuel Injection)是指将燃油喷射到进气门前或进气歧管处,燃油喷射后与进气混合形成混合气再进入气缸燃烧。

这种喷射方式对燃油系统要求不高,结构简单,成本较低,现在在汽车上广泛使用。

四、喷油器的数目

按喷油器数目分类,燃油喷射系统可分为单点喷射[图 1-6(a)]和多点喷射[图 1-6(b)]两种形式。

(一)单点喷射

单点喷射(SPI, Single Point Injection)是在进气管的节气门体或稳压箱内安装一个中央喷射装置,集中向进气歧管喷油,在发动机进气行程时与空气形成混合气,被吸入气缸内。这种喷射系统也可称为节气门体喷射 TBI(Throttle Body Injection)系统或中央喷射 CFI(Central Fuel Injection)系统。

(二)多点喷射

多点喷射(MPI, Multi Points Injection)是在每个进气门前安装一个喷油器,因此各缸混合气分配均匀,而且在设计进气管时可以充分利用空气惯性的增压效应以实现高功率化设计。

单点喷射系统是取代化油器后的一个过渡产品,它具有结构简单、工作可靠、故障率低、对发动机改动少、维修方便和成本低等优点,因此在 20 世纪 90 年代前的小排量普通轿车上