



汽车系列

高等职业院校教材改革示范教材

汽车发动机电控系统 构造与维修

◎ 付百学 主编



北京交通大学出版社



高等职业院校教材改革示范教材·汽车系列

汽车发动机电控系统构造与维修

主 编 付百学

副 主 编 范智勇 孙贵巍 孙 龙

参编人员 季海成 杨凤英 张 锐

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共分六个单元,主要介绍了发动机集中控制系统的控制与基本组成,电控燃油喷射系统、微机控制点火系统和辅助控制装置的结构原理,发动机电控系统的典型实例,以及汽车发动机电控系统的故障诊断与检修等内容。

本书为高等职业院校汽车相关专业教材,也可供汽车制造、使用维修行业和相关工程技术人员借鉴参考。

版权所有,侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电控系统构造与维修/付百学主编. —北京:北京交通大学出版社,2009.9
ISBN 978-7-81123-766-5

I. 汽… II. 付… III. ①汽车-发动机-电子系统:控制系统-构造 ②汽车-发动机-电子系统:控制系统-车辆修理 IV. U464 U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 140146 号

策划编辑:井飞 特邀编辑:杨春彦

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编:100044

印刷者:北京泽宇印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印张:13.25 字数:289 千字

版 次:2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-766-5/U·37

印 数:1~3 000 册 定价:22.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

随着我国汽车工业的迅速发展,汽车年产量和保有量迅速增加,截至 2008 年底,我国汽车年产量首次突破 1 000 万辆,全国汽车保有量达到 6 467 万辆,预计到 2020 年我国汽车保有量将增长至 1.2 亿辆。汽车车型、结构、性能在不断改变,汽车电子化程度越来越高,新结构与装置不断涌现,尤其是汽车电气与电子控制装置装车率迅速增多,要求汽车相关专业的学生,以及从事汽车专业的维修人员、技术人员应及时掌握汽车电子控制技术的理论知识,熟悉汽车电子控制装置的检测、故障诊断与维修的基本方法,不断更新知识,以适应日新月异的现代汽车技术发展的要求。

本书介绍了发动机集中控制系统的控制与基本组成,电控燃油喷射系统、微机控制点火系统和辅助控制装置的结构原理,发动机集中控制系统的典型实例及汽车发动机电控系统的故障诊断与检修等内容。在编写过程中从基本概念、基本组成入手,由浅入深地讲述,体现最新汽车电子技术发展动向。语言通俗易懂,精选实例,图文并茂,文字简洁、内容深浅适度、重点突出、层次结构合理,具有较强的针对性和实用性,便于教学和自学。

本书由付百学任主编,孙贵巍、范智勇、孙龙任副主编。编写分工:单元一,单元二的第 1~2 节:付百学,黑龙江工程学院;单元二的第 3~5 节:张锐,青海交通职业技术学院;单元三:孙龙,山东技师学院;单元四:孙贵巍,大庆职业学院;单元五:杨凤英,齐齐哈尔职业学院;单元六的第 1 节:季海成,哈尔滨工业大学华德学院;单元六的第 2~3 节:范智勇,天津开发区职业技术学院。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大师生和读者批评指正。

编 者
2009.8

目 录

单元一 概述	1
第一节 发动机集中控制及其控制功能	1
第二节 发动机电控系统的基本组成	2
一、信号输入装置	2
二、ECU	4
三、执行器	6
第三节 汽车电控技术的发展趋势	7
复习思考题	8
单元二 电控燃油喷射系统的结构原理	9
第一节 概述	9
一、燃油喷射的定义	9
二、发动机对可燃混合气的要求	10
三、燃油喷射系统的分类	12
四、燃油喷射系统的优点	19
第二节 电控燃油喷射系统的组成	21
一、空气供给系统	21
二、燃油供给系统	23
三、燃油喷射电子控制系统	25
第三节 传感器的结构原理	26
一、歧管压力传感器	26
二、空气流量传感器	30
三、节气门位置传感器	36
四、曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器	38
五、氧传感器	45
六、温度传感器	50
第四节 执行器的结构原理	52
一、喷油器	52
二、电动汽油泵	55
第五节 电控燃油喷射系统的控制原理	57
一、喷油器控制	57

二、喷油正时控制	58
三、发动机启动时喷油量的控制	60
四、发动机启动后喷油量的控制	62
五、发动机断油控制	62
复习思考题	65
单元三 微机控制点火系统的结构原理	66
第一节 微机控制点火系统的组成	66
第二节 MCI 主要部件的结构原理	67
一、爆燃传感器	67
二、点火控制组件	71
三、闭磁路式点火线圈	72
第三节 MCI 控制原理	74
一、基本控制原理	74
二、点火提前角的确定	74
三、MCI 配电方式	75
四、发动机爆燃的控制原理	78
复习思考题	80
单元四 辅助控制	81
第一节 怠速控制	81
一、旁通空气式怠速控制装置	82
二、节气门直动式怠速控制装置	90
第二节 排放控制	91
一、废气再循环	91
二、汽油蒸发排放控制系统	93
三、催化转化器	94
第三节 进气与增压控制	97
一、谐波进气增压控制系统	97
二、共振增压可变进气系统	99
三、废气涡轮增压系统	99
四、可变配气相位控制系统	100
复习思考题	105
单元五 发动机电控系统典型实例	106
第一节 别克轿车发动机电控系统	106
一、系统特点	106
二、点火控制	108

三、燃油喷射控制	112
四、发动机排放控制	114
第二节 富康轿车发动机电控系统	115
一、基本组成	115
二、控制功能	115
第三节 广州本田雅阁轿车发动机电控系统	123
一、基本组成	123
二、控制功能	126
复习思考题	127
单元六 发动机电控系统的故障诊断与检修	128
第一节 常用工具与专用测试仪器	128
一、跨接线	128
二、测试灯	129
三、万用表	130
四、真空测量仪	132
五、燃油压力表	132
六、喷油器清洗器	134
七、专用测试仪	134
第二节 发动机电控系统故障诊断与排除	151
一、故障诊断的基本方法	151
二、常见故障诊断与排除	167
三、电控燃油喷射系统故障诊断实例	175
第三节 发动机电控系统主要部件的检修	185
一、传感器	185
二、ECU	195
三、执行器	199
复习思考题	203
参考文献	204

单元一 概述

应知理论

1. 了解发动机集中控制的特点；
2. 掌握发动机集中控制项目的功能；
3. 掌握发动机电控系统的基本组成；
4. 了解汽车电控技术的发展趋势。

应会技能

1. 能举例分析发动机集中控制的项目；
2. 能分析发动机电控系统各组成部分的功用。

第一节 发动机集中控制及其控制功能

电子技术用于发动机控制的初期,主要是为了满足排放的严格要求和获得更好的燃油经济性。随着排放问题的基本解决,充分利用电子技术强大的控制能力,不断丰富发动机控制系统的功能,充分挖掘其在动力性、经济性方面的潜力,进而全方位地改善发动机的性能,已经成为发动机控制技术的主要发展方向。电子控制在发动机上的应用已从燃油喷射控制、点火控制发展到集中控制。

20 世纪 60 - 70 年代,汽车电控系统多采用模拟电路的电子控制单元(Electronic Control Unit, ECU),对汽车某一系统的控制多采用独立控制模式,很难实现汽车多系统同步实时控制,且线路复杂、成本高。其次,多个系统采用多个 ECU,同一种信号几个独立控制系统的 ECU 均需要时,必须同时配备几个相同的传感器,势必会造成系统结构复杂、维修困难、控制效果差及可靠性较低等问题。为此,采用集中控制,即用一个 ECU 进行以燃油喷射为主的多项控制,是发动机控制技术发展的必然。随着控制功能的不断增加,电子控制已经遍布发动机的各个机构和系统。同时,除发动机集中控制外,还以此为中心进行传动控制,并向车辆集中控制方向发展。

发动机控制系统从独立控制发展到集中控制,其主要控制对象为燃油喷射控制和点火控制,再根据不同车型适当增加一些辅助控制功能,如怠速控制、废气再循环控制、发电机控制、变速控制、汽油泵控制、加速踏板控制、巡航控制、极限转速控制、发动机闭缸控制和自诊断系统等。发动机集中控制及其控制功能,见表 1-1。

表 1-1 发动机集中控制及其控制功能

类型	功能说明
电控燃油喷射系统	精确、有效地控制混合气的空燃比,使其在各种工况下都能达到或接近于理论值(14.7:1),从而提高发动机功率、降低油耗、减少排放等
微机控制点火系统	控制发动机在不同转速、进气温度等条件下,获得最佳点火提前角并进行点火,以输出最大功率和转矩,并降低油耗和减小排放
怠速控制系统	由发动机 ECU 控制怠速控制阀,使发动机怠速在不同工况下能进行自动调整,并处于最佳怠速转速下运转,既能保证发动机不熄火,又能有效降低油耗
排放控制系统	利用曲轴箱通风和废气再循环技术,控制发动机有害气体的生成和减少有害气体的排放
进气与增压控制系统	在发动机不同负荷和转速下,由 ECU 控制真空电磁阀,控制动力阀或涡流阀的开、闭,从而改善进气效率,提高发动机输出转矩或动力;采用进气增压技术,提高充气效率
可变配气相位控制系统	可变配气技术包括可变气门正时和可变气门升程两大类。可变气门正时(VVT)技术可改善发动机在低、中转速下的转矩输出,大大增强驾驶的操纵灵活性;可变升程正时(VVTL)能使发动机的气门升程随发动机转速的变化而改变。在高转速时,采用长升程来提高充气效率,使发动机换气顺畅;在低转速时,采用短升程,能产生更大的进气负压及更多的涡流,使空气和燃油充分混合,提高发动机低转速时的动力输出。

第二节 发动机电控系统的基本组成

发动机电控系统主要由信号输入装置、ECU 和执行器等组成,见图 1-1。

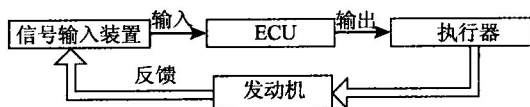


图 1-1 发动机电控系统组成框图

一、信号输入装置

信号输入装置包括各种传感器和开关。车用传感器有两类,一类用于控制汽车运行状态,另一类让驾驶员了解某些状态(如冷却液温度、润滑油压力、燃油量等)。车用传感器的种类与功能,见表 1-2。

表 1-2 车用传感器的种类与功能

物理量	测试部位	传感元件	基本要求	功能
转角	曲轴角度	电磁型拾音器、光电遮断器、霍尔集成电路	小型化、提高分辨能力	电控燃油喷射系统
	节气门开度	电位计(电路组件)	提高触点的接触可靠性、高寿命	
	转向角	光电遮断器、静电容量式	小型化、提高分辨能力	四轮转向、动力转向
	车高	超声波、激光、电位计	低成本化	悬架
	角速度、方位	振动陀螺仪、光纤陀螺仪、地磁陀螺仪、排气流量陀螺仪	提高耐高温特性、降低与其他转轴的灵敏度、低成本化、零件集成化、消除残留磁性	导航系统
转速	发动机转速	电磁型拾音器、霍尔集成电路	小型化、耐噪声	电控燃油喷射系统、自动变速控制系统、悬架、驱动防滑转系统、中央门锁、扰流器、导航系统等
	变速器转速	电磁型拾音器、霍尔集成电路、MR 元件	耐振动、耐噪声、耐高温	
	车轮转速	电磁型拾音器、霍尔集成电路、MR 元件	零点车速的检测	
加速度	质心弹簧上的加速度	差动变量器、光电遮断器、霍尔集成电路	小型化、提高频率响应特性	防抱死制动系统、驱动防滑转系统、四轮转向、悬架及导航系统
	碰撞加速度	机械式、半导体式开关	触点接触可靠、耐冲击、耐高温	安全气囊
压力	发动机进气压力	半导体式	密度校正	电控燃油喷射系统等
	发动机润滑油压力	机械式膜片、半导体式	触点接触可靠、耐高温、耐高压	
	制动液压力	半导体式	耐高温、耐高压	防抱死制动系统、驱动防滑转系统
流量	发动机吸入空气量	翼片式、卡门涡旋式、热丝式、热膜式	触电接触可靠、耐振动、耐污染、耐噪声、耐吸气脉动	电控燃油喷射系统等
液量	燃油、润滑油、冷却液	浮子、电位计式、静电容量式	触点接触可靠、低成本、耐噪声	

续表

物理量	测试部位	传感元件	基本要求	功能
温度	发动机冷却液温度	热敏电阻	提高灵敏度、小型化	电控燃油喷射系统等
	发动机进气温度	铂电阻		
	制冷剂温度	热电偶、热敏电阻	提高放大器性能	自动变速控制系统
	变速器油液温度	热敏铁氧体	提高灵敏度	空调、通风装置
	车室内、外温度	热敏电阻	提高灵敏度	
废气/氧气	废气中氧浓度	导电性陶瓷、电解质陶瓷	耐高温、稳定性好	电控燃油喷射系统

输入信号是由传感器或开关产生的电信号。随着系统功能的扩展,输入信号也不断增加。通常,输入计算机的信号都是电压信号,电压信号分模拟信号和数字信号两种,见图 1-2。

模拟信号是指在给定范围内是无穷可变的电压信号,来自传感器的信号大都是模拟信号。

数字信号是指“通—断”、“高一低”或“有一无”等两种状态中的一种。在发动机控制系统中,由于采用了计算机技术,与以往的模拟电路相比,信号处理的速度和容量都大大提高。而计算机中的中央处理器(CPU)所能接收的信号为数字信号。

简单的数字信号发生器(图 1-2(c)),如驾驶员操纵的开关。当开关打开时;计算机 A 点处电压信号为 5V;当开关闭合时,计算机 A 点处电压为 0V。对于只需要“是—否”或“开—停”的工作状态,都可用开关作输入信号。

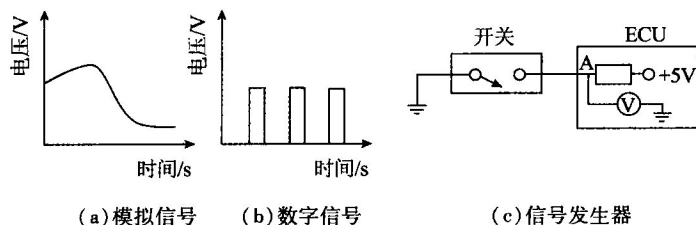


图 1-2 输入信号

二、ECU

ECU 主要由输入接口、计算机和输出接口等组成,见图 1-3。

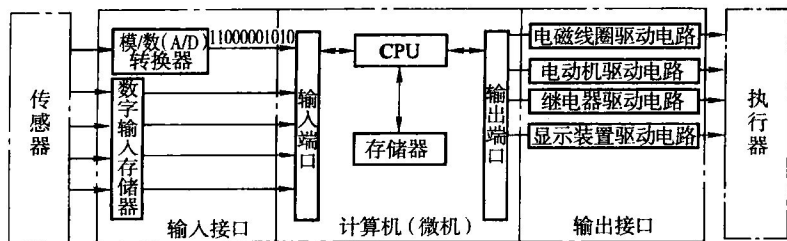


图 1-3 ECU 的基本组成结构

1. 输入接口

输入接口也称为输入回路,来自传感器的信号要经过输入回路滤波、整形、放大等处理后,才能送到 CPU 进行运算,见图 1-4。由于传感器检测的信号有模拟信号和数字信号,而计算机只能接收数字信号,因此要用输入接口电路将模拟信号转换成数字信号,即在输入接口中采用 A/D 转换器,见图 1-5。

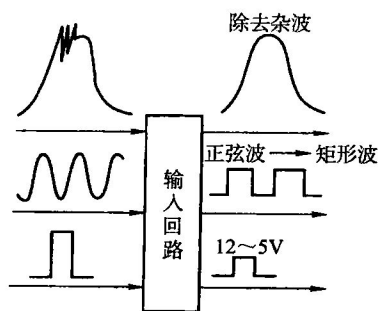


图 1-4 输入回路

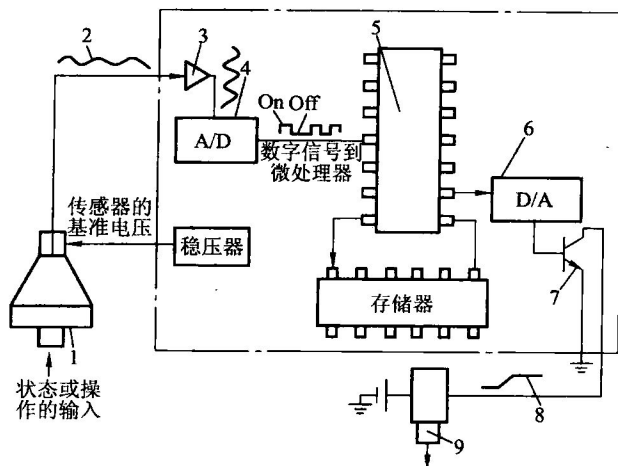


图 1-5 信号转换

1—传感器;2—模拟信号;3—放大器;4—A/D 转换器;5—CPU;6—D/A 转换器;
7—功率三极管(或驱动器);8—模拟信号;9—执行器

2. 计算机

计算机(微机)由存储器、CPU、地址总线 and 数据总线等组成,见图 1-6。计算机接收来自传感器或开关的电信号,同时对传感器提供基准工作电压(2V、5V、9V 或 12V)。CPU 采集输入信息,通过逻辑电路将输入信号加工成输出信号。程序指令、车辆参数、运算数据及故障信息等被存入存储器。

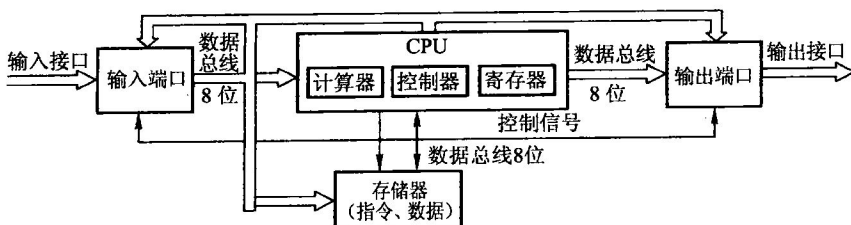


图 1-6 计算机的组成

3. 输出接口

计算机将输入信号处理后,调用程序指令,然后向执行器发出控制命令或向仪表板输出其他信息。计算机输出的电信号为数字信号,而有些执行器需要计算机输出模拟信号。因此,输出接口需要 D/A(数字/模拟)转换器。同时,由于计算机输出的电信号较弱,不能直接控制执行器。因此,输出电路中大多采用由大功率三极管组成的输出驱动器,见图 1-7,由计算机输出信号控制三极管的导通与截止,从而控制执行器的搭铁回路。

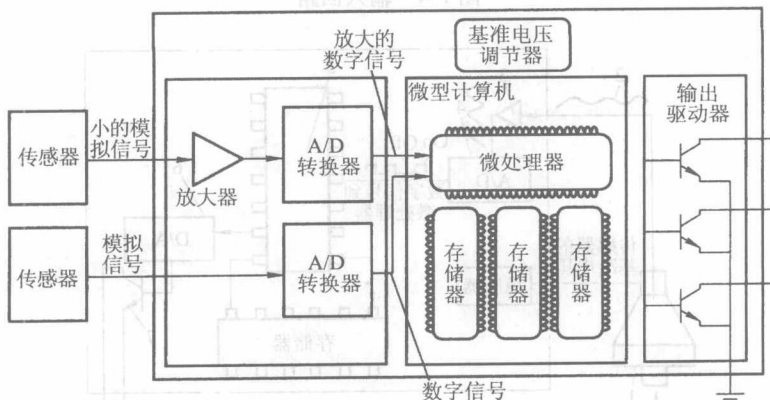


图 1-7 输出回路

三、执行器

执行器根据 ECU 输出的控制信号完成所需的机械动作,以实现某一系统的调整与控制。它将电信号转换为机械运动的方式有多种,按其实现机械运动的形式可分为直行式执行器和旋转式执行器。从结构看,真正实现这一转换的部件分别是电磁线圈、微型电动机和压电元器件等。

发动机综合控制系统的执行器主要有喷油器、点火器、怠速控制阀、步进电动机、氧传感器加热器、汽油泵继电器和活性炭罐电磁阀等。

第三节 汽车电控技术的发展趋势

1. 汽车电控技术发展历程

- (1) 1965—1980 年:主要是个别电子部件的开发。
- (2) 1980—1995 年:主要是子系统的集成化应用。
- (3) 1995—2010 年:主要是智能化、网络化及计算平台。

2. 汽车电子技术应用呈现的特征

(1) 功能多样化。从最初的发动机电子点火与喷油,发展到如今的各种控制功能,如自动巡航、自动启停、自动避撞等。

(2) 系统集成化。从最初单一控制发展到如今的多变量、多目标综合协调控制,如动力总成综合控制、集成安全控制系统等。

(3) 通信网络化。从初期的各子系统分别工作到如今的分布式模块化控制器局部网络,如以 CAN 总线为基础的整车信息共享的分布式控制系统、以无线通信为基础的远程高频网络通信系统等。

(4) 技术一体化。从最初的机、电部件松散组合到如今的机、液、电、磁一体化,如直喷式发动机电子控制共轨燃料喷射系统。

3. 汽车电子系统向计算平台发展

- (1) 硬件通用、高速,软件专业化。以软件功能提升硬件功能。
- (2) 内外信息智能、高速传输。无线与有线技术相结合。
- (3) 多微处理器协同工作。实现既有独立运行,又有协同功能的数据共享。
- (4) 数字化控制。取代模拟控制。
- (5) 功能综合集成。如车身控制模块将取代单项控制系统。

4. 汽车电子关键技术

(1) 汽车传感器技术。汽车传感器技术的发展趋势为微型化、多功能化和智能化,具有自动进行时漂、温漂和非线性的自校正及较强的抗干扰能力。

① 微型传感器利用 MEMS(微电机系统)技术,将微米级的敏感元件、信号处理器、数据处理装置封装在一块芯片上。

② 多功能传感器检测多个特征参数,提高系统的可靠性。

③ 智能型传感器与大规模集成电路相结合,具有智能化计算和通信能力。

(2) 车用微处理器技术。车用微处理器将不断提高汽车电子装置的性能,改善复杂的汽车电子电路,减小汽车内部电路的体积。

① 微处理器广泛应用于安全、环保、发动机、传动系统、速度控制和故障诊断。

② 汽车电子工业已形成了从半导体硬件到软件、从零部件开发到系统整合的一系列开发和生产体系,目前将以 8 位、16 位及 32 位作为汽车微处理器主要基础架构,而随着汽车电子

化深入发展,将从 8 位、16 位跳至 32 位、64 位,甚至处理速度更高。

(3) 软件新技术。要求使用多种控制软件,以满足多种硬件的要求。汽车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,形成高性能实时操作系统,为汽车计算平台应用软件提供运行支持环境,具有以下特点。

- ① 实时性:在确定时限内对随机或周期事件作出响应。
- ② 可配置和可伸缩性:具有扩展的特殊功能。
- ③ 安全性和可靠性:拥有操作系统可信赖的源代码和修改权。
- ④ 可移植性:不同硬件平台和应用软件的可移植性支持。
- ⑤ 联网通信能力:实现 TCP/IP 协议等在内的多种网络。

(4) 汽车网络技术。

- ① 控制器区域网(CAN)。
- ② 局部互联网络(LIN)。
- ③ 高速容错网络(FlexRay)。
- ④ 媒体定向系统传输(MOST)。
- ⑤ 与计算机网络兼容的蓝牙技术。

复习思考题

- 1. 简要介绍发动机集中控制的特点。
- 2. 举例说明发动机集中控制的项目及功能。
- 3. 叙述发动机电控系统的基本组成及其功用。

单元二 电控燃油喷射系统的结构原理

应知理论

1. 了解发动机对可燃混合气的要求；
2. 了解燃油喷射系统的优点；
3. 了解电控燃油喷射系统的组成；
4. 掌握燃油喷射电控系统各部分组成的功能；
5. 掌握电控燃油喷射系统常用传感器的类型、结构和工作原理；
6. 掌握喷油器的结构原理；
7. 掌握电动汽油泵的结构原理；
8. 掌握喷油器的控制原理；
9. 掌握喷油正时的控制原理；
10. 掌握发动机启动时和启动后的喷油量控制原理。

应会技能

1. 能结合实际对燃油喷射系统进行分类；
2. 能比较电控燃油喷射系统常用传感器；
3. 能正确区分不同类型的喷油器；
4. 能正确区分电动汽油泵的控制方式。

第一节 概 述

一、燃油喷射的定义

为使发动机能够正常运转,必须为其提供连续的可燃混合气。通过直接或间接测量进入发动机的空气量,并按规定的空燃比计量燃油的供给量,这一过程称为燃油配制。汽油机的燃油配制类型,可根据汽油的供给方式分为化油器式和燃油喷射式两种。这两种方式均是依据节气门开度和发动机转速计量进气量,然后根据进气量供给适当空燃比(A/F)的混合气进入汽缸。

燃油配制方式见图 2-1,化油器式发动机利用空气流经节气门上方喉管处产生的真空度,将燃油从浮子室中连续吸出且进行混合后,再被吸入汽缸内燃烧做功,使发动机运转;燃油喷射式发动机则根据直接或间接测量的空气进气量,确定燃烧所需的汽油量。并通过控制喷油器喷油时间精确配制,使一定量的汽油以一定压力通过喷油器喷射到发动机的进气道或汽缸

内与相应空气形成可燃混合气。

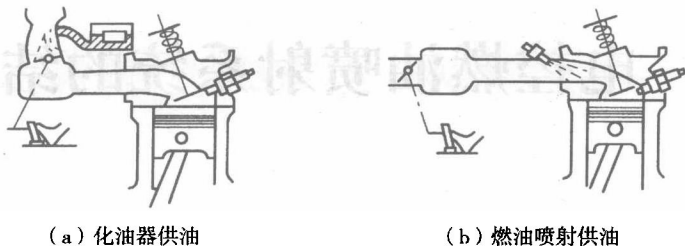


图 2-1 燃油配制方式

电子燃油喷射(Electronic Fuel Injection,EFI)系统采用多种传感器检测发动机工作状态,经过 ECU 计算处理,使发动机在各种工况下均能获得最佳的空燃比,可有效地提高和改善发动机的动力性和经济性,达到排气净化的目的。

二、发动机对可燃混合气的要求

可燃混合气的成分通常用 A/F 表示,它对发动机动力性、经济性及排放性均有较大的影响。下面分析 A/F 与发动机性能的关系。

1. A/F 对发动机性能的影响

将进入发动机的空气质量与燃油质量之比称为空燃比,用 A/F 表示。燃油供给装置向进气管提供一定比例的燃油,且与进气管内的空气混合后形成可燃混合气,使其在汽缸内燃烧。1 kg 汽油完全燃烧所需要的空气量约为 14.7 kg,因此,当 A/F 为 14.7 时,称为理论空燃比。但在发动机实际工作过程中,燃烧 1 kg 燃油所消耗的空气不一定为理论所需的空气量,它与发动机的结构与使用工况密切相关,所供的实际空气量可能大于或小于理论空气量。此外,通常把实际空气量与理论空气量的比值称为过量空气系数(λ),当 $\lambda = 1$ 时,称为理论混合气; $\lambda > 1$ 时,称为稀混合气; $\lambda < 1$ 时,称为浓混合气。

A/F 对发动机性能的影响见图 2-2。当 A/F 约为 12.5 时,由于其燃烧速度最快,发动机所产生的转矩最大,故发动机的动力性最好,所以又称其为功率空燃比。当 A/F 为 16 时,由于混合气较稀,有利于汽油完全燃烧,故可降低发动机的油耗。因为此时发动机的经济性最好,故又称其为经济空燃比。

发动机的性能与 A/F 有着密切的关系,但影响的程度和变化规律各不相同。因此,如何精确控制 A/F ,是提高发动机性能的重要途径。

2. 发动机各种工况对混合气的要求

发动机在实际运行过程中,其工况在工作范围内不断变化,且在工况变化时,发动机对可燃混合气 A/F 的要求也不同。

(1) 稳定工况对混合气的要求。发动机的稳定工况是指发动机已经完全预热,进入正常运转,且在一定时间内转速和负荷没有突变。稳定工况可分为怠速、小负荷、中等负荷、大负荷