

第1章

汽车电子控制系统概述



◎ 基本概念

- 发动机电子控制系统的功能
- 底盘电子控制系统的组成及功能
- 车身电子控制系统的组成及功能



案例导入

当前,世界汽车科技发展日新月异,以电子和信息技术为核心的技术革新、技术发明大量涌现,汽车工业正处于创新时代。以我国旗帜性轿车红旗轿车为例,其技术已经相当于丰田的顶级车型雷克萨斯,装备有 ABS、EBD、VSC、TRC、HAC 等一系列电子装备,前排座椅双气囊、智能随动转向灯头、前排安全带报警系统等安全辅助系统。这些电子控制技术的广泛应用,已经使汽车成为“电子控制汽车”。

根据上述案例,请思考下列问题:

- (1) 在现代汽车中,你知道应用了哪些电子控制技术,它们分别又有什么作用?
- (2) 各汽车生产厂商最新推出的车型都采用了哪些电子控制技术?

1.1 汽车电子控制技术概述

现代汽车电子控制技术是汽车技术与电子技术相结合的产物。随着汽车工业与电子工业的不断发展,在现代汽车上电子技术的应用越来越广泛,汽车电子化的程度越来越高。

汽车电子技术发展过程分为四个阶段。1974年以前为第一阶段,是汽车电子控制技术发展的初级阶段。主要产品有交流发电机、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。在此期间,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)、电子控制自动变速系统(ECT)、巡航控制系统、电子控制门锁系统、座椅安全带收紧系统、车辆防盗系统、故障自诊断系统、数字式组合仪表板等。1982—1990年为第三阶段,也是微型计算机在汽车上应用日趋成熟并向智能化发展的阶段。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、数字式油压表、蜂窝式电话、可热式风窗玻璃、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,是汽车电子控制技术向智能化发展的高级阶段。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、安全驾驶检测与警告系统、自动驾驶系统和电子地图等。

现代汽车电子技术的应用范围可以分为以下几大类:发动机电子控制技术、底盘电子控制技术、车身电子控制技术。

1.2 发动机电子控制技术

汽车发动机电子控制系统的英义名称是 Engine Electronic Control System,简称为EECS或EEC系统。该控制系统主要由电子控制单元(ECU)、传感器和执行器等组成。它在发动机上的应用主要表现在电控燃油喷射系统、电控点火系统和其他辅助控制系统。

1. 电控燃油喷射系统

在电控燃油喷射(EFI)系统中,喷油量控制是最基本的也是最重要的控制内容。电子控制单元(ECU)主要根据进气量确定基本的喷油量,再根据其他传感器(如冷却液温度传感器、节气门位置传感器等)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,从而提高发动机的动力性、经济性和排放性。除喷油量控制外,电控燃油喷射系统还包括喷油正时控制、断油控制和燃油泵控制。

2. 电控点火系统

电控点火系统(ESA)最基本的功能是点火提前角控制。该系统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,以实现提高发动机动力性、经济性和降低排放污染的目的。此外,电控点火系统还具有通电时间控制和爆燃控制功能。

3. 其他辅助控制系统

(1) 怠速控制系统

怠速控制(ISC)系统是发动机辅助控制系统,其功能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、变速器是否挂入挡位等信息,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。

(2) 排放控制系统

排放控制系统的功能主要是对发动机排放控制装置的工作实行电子控制。排放控制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。

(3) 进气控制系统

进气控制系统的功能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,改善发动机的动力性能。

(4) 增压控制系统

增压控制系统的功能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。

(5) 失效保护系统

失效保护系统的功能主要是当传感器或传感器线路发生故障时,控制系统自动按 ECU 中预先设定的参考信号值工作,以便发动机能继续运转。例如,进气温度传感器电路有故障时,失效保护系统将自动按设定的标准进气温度信号(20℃)控制发动机工作。

(6) 应急备用系统

应急备用系统的功能是当控制系统微机发生故障时,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,以防车辆停驶在路途中。应急备用系统只能维持发动机运转的基本功能,不能保证发动机性能。

除上述控制系统外,应用在发动机上的电控系统还有冷却风扇控制、配气正时控制、发电机控制等。

(7) 自诊断与报警系统

在发动机控制系统中,电子控制单元(ECU)都设有自诊断系统,对控制系统各部分的工作情况进行监测。当 ECU 检测到来自传感器或输送给执行元件的故障信号时,立即点亮仪表盘上的“CHECK ENGINE”灯(称故障指示灯),以提示驾驶员发动机有故障;同时,系统将故障信息以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。对车辆进行维修时,维修人员可通过特定的操作程序(或借助专用设备)调取故障码。故障排除后,需要通过特定的操作程序清除故障码,以免与新的故障信息混杂。

目前,汽油机的电子控制技术已经日趋完善,而国内外的柴油机电子控制技术则发展迅猛,新技术层出不穷。近年来,高压燃油直喷系统和高压共轨喷射系统的发展使柴油机的燃油经济性和排放性都有很大的改善。发动机管理系统则对喷油和进气过程进行综合控制,保证发动机能够在保持良好动力性的基础上,达到最优的燃油经济性和排放性,同时降低噪声和振动。

1.3 底盘电子控制技术

随着汽车工业的飞速发展,计算机技术在汽车上的广泛应用,汽车底盘发生了重大的改革,正朝着电子化、智能化方向发展,使汽车的驾驶更为方便,乘坐更为舒适安全。汽车底盘电子控制主要包括电控自动变速器、制动防抱死系统、驱动防滑转系统、电控悬架系统、转向

控制系统等。

1. 电子控制自动变速器

自动变速器电子控制系统具有提高传动效率、降低油耗、改善换挡舒适性、汽车的行驶平稳性以及延长变速器使用寿命等优点。自动变速器电子控制单元(ECU)通过传感器(如节气门位置传感器、车速传感器等)将节气门开度、汽车车速转变为电信号并输入微机,微机再根据内存程序,通过电磁阀控制换挡执行元件的动作实现换挡。由于电子控制自动变速器能在一定范围内实现自动换挡,并且具有操作轻便、换挡平稳、换挡精度高,过载保护等优点,因此越来越多的轿车甚至货车都安装了自动变速器。

2. 制动防抱死系统

制动防抱死系统能在各种路面上,防止汽车制动时车轮抱死。该系统可以提高制动效能,防止汽车在制动和转弯时产生侧滑,是保证行车安全和防止事故发生的重要措施。这种系统利用电子电路自动控制车轮制动力,可以充分发挥制动器的效能,提高制动减速和缩短制动距离,并能有效提高车辆制动的稳定性,防止车辆侧滑和甩尾,减少车祸,因此被认为是当前提高汽车行驶安全性的有效措施之一,目前国内外高级轿车和客车上已广泛使用。

防抱死制动系统以最佳车轮滑移率(或最佳减速度)为控制目标,微机根据轮速传感器(有的车上还设有减速度传感器)检测到的车轮转速进行控制。在制动过程中,当微机根据车轮转速信号判断到车轮即将被抱死时,便向执行元件发出控制指令,使执行元件动作,调节作用在制动轮缸内的液压,从而控制作用在车轮上的制动力,使车轮始终工作在不被抱死(滑移率为 $10\%\sim 30\%$)的状态下,达到最佳制动效果,使汽车在保证行驶稳定性的前提下获得最短的制动距离。

3. 驱动防滑转系统

所谓驱动轮滑转是指汽车在起步时驱动轮不停地转动,但汽车却原地不动,或者在加速时汽车车速不能随驱动轮转速的提高而提高。驱动轮滑转的根本原因是汽车的驱动力超过了地面的附着力。当驱动轮滑转时,汽车会失去方向稳定性和转向控制能力,这是很不安全的,同时还会加剧轮胎的磨损,所以驱动防滑转系统应运而生。

汽车在起步或加速过程中,四个车轮上的轮速传感器不停地向驱动防滑转系统微机输送各车轮转速信号,微机根据这四个轮速信号计算出车轮的滑转率,并判断滑转率是否在最佳范围内。当微机判断出某车轮的滑转率不在最佳范围内时,便由微机向执行器发出指令,采用调节发动机的输出功率对驱动车轮进行制动,以及对差速器进行锁止控制等控制方式来降低滑转率,使车轮的滑转率保持在最佳范围内,充分利用地面附着力,提高汽车起步、加速等工况下的方向稳定性。

4. 电控悬架系统

弹簧刚度和减振器阻尼特性不能改变的被动悬架系统,不能根据使用工况和路面输入的变化进行控制和调整,故难以满足汽车平顺性和操纵稳定性的更高要求。近年来,随着电控和随动液压技术的发展,弹簧刚度和减振器阻尼特性参数可调的电控主动和半主动悬架系统,在汽车上逐步得到应用和发展。

电控悬架系统能根据不同路面状况和驾驶工况,控制车辆高度,调整悬架的阻尼特性及弹性刚度,改善车辆行驶的稳定性、操纵性和乘坐的舒适性,使汽车的有关性能始终处于最

佳状态。

5. 转向控制系统

目前电控前轮动力转向比较普及,通过控制转向力,保证汽车停驶或低速行驶时转向较轻便,而高速行驶时又确保安全。轿车的动力转向发展方向是四轮转向系统,其特点是汽车在转向上只作轻微操作及缓慢转动时,或在改变行驶路线而又高速行驶时,后轮与转向盘转动方向基本一致,这样行车摆动小、稳定性好。在车轮出入车库、左右转弯行驶及大转弯或做U形掉头时,后轮与转向盘转动方向相反,可使汽车轻易转弯,具有较小的转弯半径。电子控制系统根据驾驶工况,调整后轮转向角的大小,达到提高转向特性和转向响应性以及改善高速行驶稳定性等目的。

1.4 车身电子控制技术

汽车车身电子控制技术所涉及的内容很多,如汽车的视野性、方便性、舒适性、娱乐性、通信功能等。汽车车身电子控制主要包括安全控制(电控安全气囊、电控安全带、防盗报警系统等)、舒适性控制(巡航系统、中央门锁系统等)、仪表控制(电子仪表、多功能综合屏幕显示等)、通信与智能化控制(导航系统、车载网络系统等)。

1. 安全控制

(1) 安全气囊系统

安全气囊系统,简称SRS(Supplemental Restraint System)。安全气囊是汽车上一种常见的被动安全装置。一旦撞车时,由电子控制单元(ECU)提供电流,引爆安放在转向盘中央及仪表板(杂物箱)后面气囊中的氮化合物,它像“火药”似的迅速燃烧而产生大量的氮气,在瞬间充满气囊(气袋),整个动作过程约在0.02s内完成。这样,在驾驶员与转向盘之间、副驾驶员与仪表板(杂物箱)之间立刻形成一种缓冲的软垫,避免硬性撞击而发生的严重伤亡。现在越来越多的车辆将其定为标准配置。

(2) 电控安全带

为确保乘员的安全,除了车身结构设计中应考虑有效地吸收撞击能量,确保车室内具有有效的乘员生存空间外,作为乘员约束装置之一的座椅安全带,要求当汽车发生碰撞和翻车事故时使乘员免受大的减速度,同时约束乘员,防止二次冲撞,在减轻乘员伤害程度方面起着重要作用。当安全带结构性能的改进与座椅结构和安全气囊相配合时,可达到较理想的乘员保护效果,进一步降低乘员的伤害指数。

(3) 防盗控制系统

为了防止车辆被盗,许多汽车公司开始将汽车防盗装置作为汽车的标准配置。防盗报警系统通常与汽车中控门锁系统配合工作。当汽车处于防盗报警功能状态时,若有人企图强行进入汽车或打开发动机罩、行李舱门时,防盗报警系统一方面发出报警,如灯光闪烁、喇叭鸣叫,另一方面阻止车辆运行,如切断点火电路、启动电路及供油电路等。

2. 舒适性控制

(1) 巡航控制系统

汽车巡航控制系统根据其特点又称恒速控制系统、车速自动控制系统等。该系统无须

驾驶员操纵加速踏板即可将汽车车速自动控制在某一设定好的目标车速上。该系统将根据行车阻力自动增减节气门开度,使汽车行驶速度保持一定,省去了驾驶员频繁地踩加速踏板的动作。在行驶中,驾驶员只要掌握转向盘就可轻松地进行驾驶。当路况变化时,驾驶员又能重新操纵汽车,如加减速、停靠等,从而使整个驾驶过程变得简便、轻松和舒适。

(2) 中央门锁系统

采用中央门锁系统的车辆,当锁住驾驶员侧的车门时,其他几个车门(包括后车门或行李舱门等)也能同时自动锁住;当打开驾驶员侧的车门时,其他几个车门也能同时打开;乘客仍可用各车门的机械或弹簧锁开关车门。

3. 仪表控制

(1) 电子仪表

传统的仪表对车速、发动机转速、燃油消耗等信息进行监测、传递和显示。随着汽车工业的发展,人们对汽车行驶过程中各系统工作状态的信息需求量显著增加,即对汽车仪表功能的要求越来越多。因此,传统的汽车仪表逐渐被电子仪表所取代。它采用微处理器采集处理不同传感器信号,控制显示如车速、发动机转速、燃油消耗和行车里程等多种信息。

(2) 多功能综合屏幕显示

随着汽车电子技术的飞速发展,汽车仪表的电子显示系统从简单地显示传感器信息,发展成为可以对各种信息进行分析计算、加工处理的综合信息系统。综合信息系统能够从大量的信息中选择出所需要的各种信息内容,包括电子行车地图、维修、后视镜等信息,还可以显示电视、广播、电话等信息。

4. 通信与智能化控制

(1) 导航系统

随着科学技术的发展,汽车导航系统快速发展。目前已发展到比较先进的具有汽车导航功能、防盗功能、调度功能、汽车主要工况的监测报警等功能的综合系统。从设备上,目前已发展成利用“3C 技术”,即计算机、通信及控制技术结合的全球卫星定位系统,建立了具有行车导航、控制等功能的综合大系统,而且民用精度已达到米级。

(2) 车载网络系统

20 世纪 90 年代以来,汽车上的电控装置越来越多,如电子燃油喷射装置、防抱死制动装置(ABS)、安全气囊装置、主动悬架等,因此电子控制区域网络 CAN 应运而生。它通过不同的编码信号表示不同的开关动作,信号解码后,根据指令接通或断开对应的用电设备(前照灯、刮水器、电动座椅等)。这样,就将过去一线一用的专线制改为一线多用制,减少了汽车上电线的数量,缩小了线束的直径。

思 考 题

1. 电子控制技术的应用对汽车的动力性、燃油经济性、安全性有哪些影响?
2. 你还知道哪些先进的汽车电子控制技术? 它们有什么作用?

练 习 题

1. 填空题

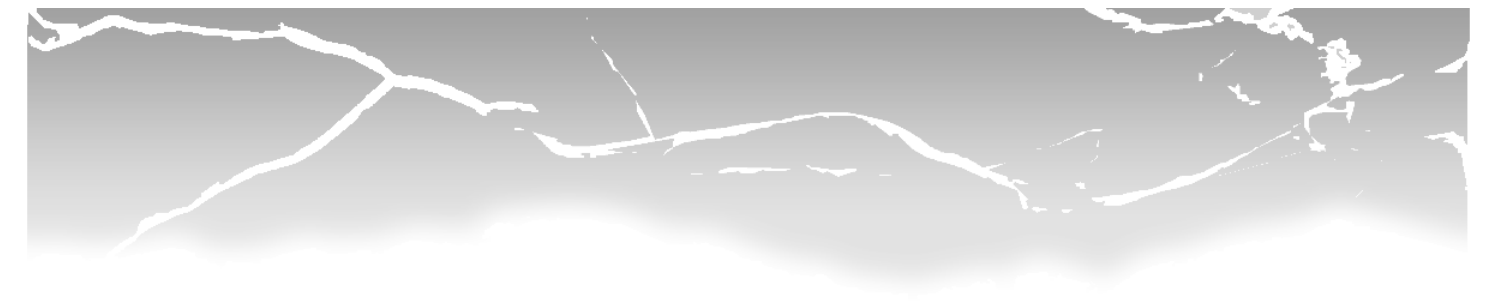
- (1) 汽车发动机电子控制系统的英义名称是_____, 简称为 EECS 或 EEC 系统。
- (2) 发动机上的应用主要表现在_____、_____和其他辅助控制系统。
- (3) 在电控燃油喷射(EFI)系统中, _____控制是最基本也是最重要的控制内容。
- (4) 电控点火系统(ESA)最基本的功能是_____。
- (5) 防抱死制动系统利用电子电路自动控制_____, 防止车辆和_____, 减少车祸。
- (6) 所谓驱动轮滑转是指汽车在起步时_____不停地转动, 但汽车却_____, 或者在加速时汽车车速不能随驱动轮转速的提高而提高。
- (7) _____刚度和_____特性参数可调的悬架为主动悬架。

2. 简答题

- (1) 汽车发动机电子控制系统的辅助控制系统有哪些?
- (2) 自动变速器电子控制系统的作用是什么?
- (3) 防抱死制动系统的作用是什么?

3. 论述题

汽车电子控制系统四个发展阶段的主要应用技术有哪些?



第2章

汽油发动机电子控制基础



◎ 掌握技能

- 各类传感器故障的检测方法
- 各类执行器的检测方法与维修步骤

◎ 基本概念

- 汽油机电子控制系统的组成及作用
- 各类传感器的组成及工作原理
- 各类执行器的组成及工作原理



案例导入

故障现象：一辆 3.0L 福特稳达(Windstar)轿车,里程 19 000km。客户反映,行车减速时发动机失速,发动机转速达 2 000r/min。

故障诊断：经试车验证,该车减速时节气门全闭,转速 RPM 可达 2 000r/min。发动机警告灯不亮,也没有历史故障记录。检查怠速控制电磁阀 IAC,节气门位置传感器 TPS,发动机冷却液温度传感器 ECT,发动机负荷 LOAD。在减速时节气门全闭的情况下,IAC 达到 50% 以上,TPS 电压值 1.5V,PRM 为 2 000r/min,其余正常。初步判断主要是经过 TPS 的空气略大,问题出现在 IAC。经检查此故障为 IAC 阀卡滞,在减速时不能关小怠速旁通道引起的。更换 IAC 阀,故障排除。

根据上述案例,请思考下列问题:

- (1) 电控发动机电子控制系统有哪些组成部分?
- (2) 知道 IAC、TPS、ECT 有什么功能吗?

2.1 发动机电子控制系统的组成与功能

1. 电子控制系统的组成

电子控制系统的基本组成可分为信号输入装置、电子控制单元(ECU)和执行元件三大部分,如图 2-1 所示。

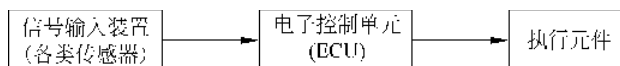


图 2-1 电子控制系统的基本组成

电子控制系统中的信号输入装置是各种传感器。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电量参数、物理参数和化学参数等,并将这些参数转换成计算机能够识别的电信号输入 ECU。检测发动机工况的传感器有:水温传感器、进气温度传感器、曲轴位置传感器、节气门位置传感器、车速传感器、氧传感器、爆震传感器等。

ECU 是发动机控制系统的核心部件,又称电控单元。ECU 的存储器中存放了发动机各种工况的最佳喷油持续时间,在接收了各种传感器的信号后,经过计算确定满足发动机运转状态的燃油喷射量和喷油时间。ECU 还可对多种信息进行处理,实现 EFI(Electronic Fuel Injection)系统以外其他诸多方面的控制,如点火控制、怠速控制、废气再循环控制、车轮防抱死控制等。电子控制单元功用是根据各种传感器和控制开关输入的信号,对喷油量、喷油时刻和点火时刻等进行实时控制。

执行元件是控制系统的执行机构,其功用是接受 ECU 输出的各种控制指令,完成具体的控制动作,从而使发动机处于最佳的工作状态,如喷油脉宽控制、点火提前角控制等。

2. 电子控制系统的主要功能

发动机电子控制系统的主要功能是控制燃油喷射式发动机的空燃比和点火时刻。除此之外,还有控制发动机启动、怠速转速、极限转速、排气再循环、闭缸工作、二次空气喷射、进气增压、爆震、发电机输出电压、电动燃油泵系统和自诊断等辅助功能。

(1) 传感器

发动机电子控制系统常用的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)或进气歧管绝对压力传感器(Manifold Absolute Pressure Sensor, MAPS),其功用是检测进入发动机的进气量信号。空气流量传感器可以直接检测进气量信号,歧管压力传感器只能间接检测进气量信号。

② 曲轴位置传感器(Crankshaft Position Sensor, CPS)和凸轮轴位置传感器(Cylinder Identification Sensor, CIS)。曲轴位置传感器的功用是检测发动机曲轴转角和转速信号,凸轮轴位置传感器功用是检测活塞上止点位置信号,故又称汽缸识别传感器。在相当多的汽

车上,曲轴位置传感器与凸轮轴位置传感器是制作成一体的,统称为曲轴位置传感器。

③ 节气门位置传感器(Throttle Position Sensor,TPS)。其功用是检测节气门的开度和加、减速信号。如节气门全开、全闭和部分开启等,通过 ECU 对节气门开度信号进行处理,即可得到加、减速信号。

④ 爆震传感器(Detonation Sensor,DS)。其功用是检测发动机有无爆震信号。

⑤ 冷却液温度(水温)传感器(Coolant Temperature Sensor,CTS)。其功用是检测发动机冷却水温信号,简称水温传感器。

⑥ 进气温度传感器(Intake Air Temperature Sensor,IATS)。其功用是检测供给发动机的空气温度信号。

⑦ 氧传感器(Oxygen Sensor)。其功用是通过检测废气中氧离子的含量检测空燃比信号。

⑧ 车速传感器(Vehicle Speed Sensor,VSS)。其功用是检测汽车行驶速度信号。

⑨ 空挡安全开关信号(Neutral Start Switch,NSW)。其功用是检测自动变速器的挡位选择开关是否处于空挡位置。

⑩ 点火开关信号(Ignition Switch)。当点火开关接通“ON(点火)”或“ST(启动)”挡位时,向电控单元 ECU 输入相应的信号。

⑪ 空调(Air Conditioning Switch,A/C)选择与请求信号。当空调接通时,向电控单元提供信号。

⑫ 蓄电池电压信号 U_{BAT} 。向电控单元提供电压信号。

(2) 电控单元

电控单元根据输入信号参数控制喷油量、点火时刻和喷油时刻。发动机工作时,节气门位置传感器(TPS)检测节气门开度,空气流量传感器(AFS)检测进入汽缸的空气量,曲轴位置传感器(CPS)检测发动机的转速,这三个信号作为确定汽油喷射量的主要信息输入电控单元,由 ECU 计算基本喷油量。同时,ECU 还根据水温传感器、进气温度传感器、大气压力传感器和氧传感器等输入信息计算辅助喷油量,用以对基本喷油量进行必要的修正,最终确定实际喷油量。当实际喷油量确定后,ECU 再根据曲轴位置传感器输入的曲轴转角信号、凸轮轴位置传感器输入的第一缸活塞上止点位置信号,确定最佳喷油时刻和最佳点火时刻,并向各执行器发出指令信号,控制喷油器、点火线圈等执行器动作。

(3) 执行器

发动机电子控制系统常用的执行器有以下几种。

① 电动燃油泵。其功用是供给燃油喷射系统规定压力的燃油。

② 电磁喷油器。根据 ECU 的喷油脉冲信号,精确计量燃油喷射量。

③ 冷启动喷油器及热限时开关。根据 ECU 的喷油脉冲信号和发动机冷却液温度信号,控制发动机启动时的喷油量和喷油持续时间。

④ 怠速控制阀 ISC 或 ISCV(Idle Speed Control Valve)。其功用是控制发动机的怠速转速。控制内容包括:在发动机正常怠速运转时稳定怠速转速,防止发动机熄火和降低燃油消耗;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矩器等)时,自动提高怠速转速(即快怠速),防止发动机熄火。