

# 项目 1 认识发动机电控系统

最初的汽车只是一个简单的机械产品，根本没有电气设备，更不用说电子控制（简称电控）装置。随着电子技术、信息技术等的发展，以及人们对汽车要求的不断提高，电控技术才不断在汽车上得到应用。下面系统介绍电控技术在汽车上的发展历程。

任务

1

# 汽车电控技术的发展



学习目标

## 技能目标

- ① 能够叙述汽车电控技术的发展过程；
- ② 能够叙述发动机电控技术的各个发展阶段。

## 知识目标

- ① 了解汽车电控技术的发展过程；
- ② 了解发动机电控技术的各个发展阶段。



任务准备

预先查找汽车电控技术相关的资料。



任务要求

叙述和分析汽车电控技术的发展历程。



## 一、汽车电控技术的发展

随着电子工业的快速发展以及人们对汽车综合性能要求的持续提高,汽车电子控制技术也取得了巨大的进步。

从20世纪50年代初期到1974年,这一阶段是汽车电子控制技术发展的初级阶段。在第一阶段的初期,主要解决电子产品在汽车上应用的技术问题和拓展电子产品在汽车上应用的范围。50年代初,汽车上出现了第一个电子装置,即电子管收音机,随着50年代中期半导体晶体管收音机的问世,安装晶体管收音机的汽车数量迅速增加。60年代初期,由于硅整流交流发电机开发成功,促成了使汽车发电机从直流走向交流的变革,并迅速推广到了全世界。从60年代中期开始,一些能够部分替代机械控制部件作用的电子控制装置,如晶体管电压调节器和晶体管点火装置等开始装备汽车;随着集成电路和大规模集成电路的出现,这些电子控制装置又逐步实现了由分立元件向集成化的过渡。这一阶段,装备汽车的其他电子装置还有电子式闪光器、电子控制式喇叭、电子式间歇刮水控制器、数字时钟及70年代初期的集成电路(IC)点火装置和高能点火(HEI)系统等。

1974—1982年,这一阶段的主要特征是集成电路和16位以下的微处理器在汽车上得到了广泛应用,以微处理器为控制核心。以实现特定控制内容或功能为基本目的的各种电子控制系统得到了迅速发展:在短短的七八年中,电子控制燃油喷射系统、空燃比反馈控制系统、防抱死制动系统、安全气囊系统、电子控制自动变速器、巡航控制系统、电子控制门锁系统、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、故障自诊断系统等相继在不同车辆上得到应用。

1982—1995年,这一阶段的主要特征是以微型计算机(简称微机)作为控制核心,能够实现多种控制功能的计算机集中管理系统逐步取代以前各自独立的电子控制系统,初步实现了汽车控制技术从普通电子控制向现代电子控制系统的过渡。电子控制在汽车上的应用,不仅拓展了电子控制的功能和控制内容,提高了控制精度,而且还为汽车智能化控制奠定了基础。在此阶段,发动机集中管理系统、传动系统电子控制系统、行驶转向与制动系统电子控制系统、安全保障与警示电子控制系统、车辆舒适性电子控制系统、娱乐通信电子控制系统等在不同类型的汽车中,得到不同程度的应用。

1995年以后,随着CAN(Controller Area Network)总线技术和超大规模集成电路组成的高速车用微机在汽车上的广泛应用,汽车电子控制系统对高复杂程度使用要求控制能力的提高,为汽车电子控制从现代电子控制系统向智能化电子控制系统发展创造了条件,近几年汽车运行过程的智能化电子控制系统已初露端倪。例如,动力系统最优化控制系统、通信与导航协调控制系统、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。

### 小知识：智能汽车



智能汽车是一种正在研制的新型高科技汽车，这种汽车不需要人去驾驶，人们可舒服地坐在汽车上享受这高科技的成果就行了。因为这种汽车装有相当于汽车的“眼睛”、“大脑”和“脚”的电视摄像机、电子计算机和自动操纵系统之类的装置，这些装置都装有非常复杂的计算机程序，所以这种汽车能和人一样“思考”、“判断”、“行走”，可以自动启动、加速、刹车，可以自动绕过地面障碍物。在复杂多变的情况下，它的“大脑”能随机应变，自动选择最佳方案，指挥汽车正常、顺利地行驶。无人驾驶的智能汽车将是21世纪汽车技术飞跃发展的重要标志。可喜的是，智能汽车已从设想走向实践。

## 二、汽车发动机电控技术发展

汽油发动机电控技术的发展一般可分为如下三个阶段。

### 1. 第一阶段（1952—1957年）

早在1934年，德国就成功研制出第一架装配汽油喷射发动机的军用飞机，该发动机采用了向进气管连续喷射汽油的混合气配制方法。1952年，德国 Bosch 公司研制成功第一台机械控制缸内喷射汽油机，并成功地安装在戴姆勒—奔驰（Daimler-Benz）300 L 型赛车上。1957年，美国 Bendix 公司公布其对电控汽油喷射装置的研究，但该系统没有付诸应用。

### 2. 第二阶段（1958—1979年）

20世纪60年代，在一些发达国家中随着汽车数量与日俱增，汽车排气对大气的污染也日益严重，加之曾一度出现的世界能源危机，欧洲一些国家和美国、日本等国纷纷制定了更加严格的燃油经济法规和汽车废气排放法规，迫使世界汽车工业寻找各种技术途径降低燃油消耗和减少污染排放。

1967年，德国 Bosch 公司成功研制出机械式汽油喷射系统、即 K-Jetronic 系统，该系统曾广泛应用在德国奔驰公司和大众公司的汽车发动机上，我国长春第一汽车集团公司生产的五缸奥迪轿车也曾经装配过这套系统。它由电动燃油泵和燃油压力调节器配合，形成一定的燃油系统压力，这种具有一定压力的燃油经燃油分配器输送给各个汽缸的机械式喷油器，喷油器向进气口连续喷射所需要的燃油。

后来，德国 Bosch 公司在机械式汽油喷射系统的基础上，增加了电液式压差调节器（EHA）、空气流量传感器（MAF）、节气门位置传感器（TPS）、发动机冷却液温度传感器（THW）、氧传感器（OS）等元件，经改进发展成为机电混合式汽油喷射系统，即 KE-Jetronic 系统。由于机械式汽油喷射系统的主要功能仍由机械装置完成，控制精度偏低，至20世纪90年代初该系统已逐渐被淘汰。



1967年,德国 Bosch 公司成功研制出 D-Jetronic 电控燃油喷射系统(简称 D 型),这种电控燃油喷射系统是速度—密度型电子燃油喷射系统,它将进气歧管绝对压力信号和转速信号输送到发动机电子控制单元(ECU),由发动机 ECU 根据该信号计算出进气量,再发出与之相对应的喷油脉冲宽度信号,控制电磁式喷油器喷射出适量的燃油。1973年,经改进发展为采用翼板式空气流量传感器的直接测量进气量空气体积量控制空燃比的 L-Jetronic 电控燃油喷射系统(简称 L 型),后来又相继开发出采用热线式和热膜式空气流量传感器的更先进的 L-Jetronic 电控燃油喷射系统(简称 LH 型),进一步提高了控制精度,开创了电控燃油喷射新时代。

20世纪70年代后期,电子技术有了长足的进步,特别是集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路的发展,迅速推动了计算机控制技术在汽车技术上的应用。汽车发动机电控技术从单一的点火时刻控制和单一的燃油喷射控制开始,逐步发展到发动机怠速控制、可变进气控制、废气再循环(EGR)控制、燃油蒸发控制、涡轮增压控制等多项内容的发动机集中控制系统。

1979年,德国 Bosch 公司开始生产集电子点火和电控汽油喷射系统于一体的数字式发动机综合控制系统。在这期间,美国通用(GM)汽车公司的 DEFI 系统、福特公司的 FEC 系统、日本丰田公司的 EFI 系统及日产公司的 TCCS 系统等,都是综合控制的发动机集中控制系统。

这一阶段的主要特征是以减少排污及降低能耗为主要目的,以空燃比精确控制为基本措施的各种电子控制汽油喷射系统相继开发成功,汽油机运行控制进入电子控制的新阶段。在这一阶段电子控制汽油喷射技术经历了从模拟控制到数字控制的发展过程,为单一控制向集中控制过渡奠定了基础。

### 3. 第三阶段(1980年以后到现在)

在 D 型、L 型和 LH 型电控燃油喷射系统普及初期,其价格比较昂贵,超出一般家庭的购买能力。为了将电控燃油喷射系统进一步推广到普通家用轿车上,1980年美国 GM 汽车公司研制成功一种结构简单、价格低廉的节气门体燃油喷射系统(TBI, Throttle Body Fuel Injection, 又称单点喷射)。随后德国 Bosch 公司又推出了 Mono-Jetronic 单点燃油喷射系统。这种单点燃油喷射系统是在进气歧管原来安装化油器的部位安装了一个大功率电磁式喷油器,集中进行燃油喷射。

1995年,美国率先在轿车上全部采用了电控汽油喷射系统,欧洲生产的轿车采用汽油喷射系统的占 90% 以上。

#### 小知识:复合动力技术



随着汽车保有量的增大,降低燃油消耗和排放污染具有重大意义。一些国家相继制定了未来汽车燃油消耗指标和新型汽车发展计划。如欧美等国正在新型汽车的开发,所要开发的新型汽车与现在的汽车相比,在燃油消耗相同的条件下,至少要增加行驶里程 50%,或在行驶里程相同的条件下,减少燃油消耗 35% ~ 40%。最有可能实现这一目标的方案是采用柴油机和电动机作为动力的复合技术。

20 世纪 90 年代中期，随着计算机网络技术的运用与发展，发动机电控系统已成为车载局域网的重要组成部分。

1997 年以后，欧洲、美国等部分厂家生产的汽油发动机开始采用汽油直喷技术进行分层稀薄燃烧，进一步降低了发动机油耗和排放。



### 任务实施

1. 查找典型品牌汽车的电控技术发展过程。  
查找资料，总结世界著名汽车公司生产的汽车在电控技术方面的发展情况。
2. 列举现在汽车上应用的典型电控系统。

任务

# 2

## 发动机电控系统的组成及类型



### 学习目标

#### 技能目标

- ① 能够叙述发动机电控系统的功能、种类；
- ② 能够在车辆上指出发动机电控系统各部件所在的位置。

#### 知识目标

- ① 掌握发动机电控系统的功能、种类；
- ② 掌握发动机电控系统的组成。



### 任务准备

- ① 提供电控发动机试验台一台、电控发动机教学挂图一套、常用工具一套；
- ② 强调实训中的安全注意事项。



### 任务要求

在试验台上找出发机电控系统的各个组成部件，并叙述各个部件的作用。



## 一、发动机电控系统的基本组成

发动机电控系统主要由传感器、电子控制单元（ECU）、执行器三部分组成，如图 1-1 所示。

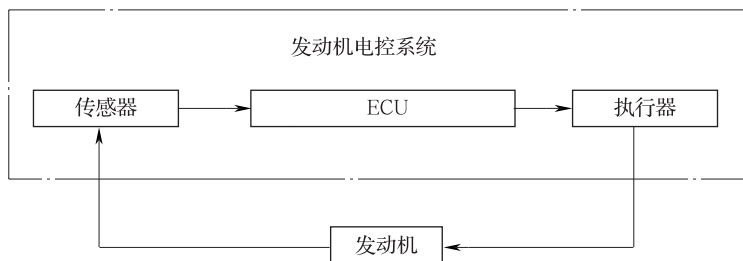


图 1-1 发动机电控系统的组成

### 1. 传感器

传感器的作用是将反映发动机运行状况的机械动作、热状态等物理量信息，转换成相应的模拟或数字信号，并输送到 ECU。每一个传感器都是一个完整的测量装置，它们传输的信息，是电控系统做出各种控制决策的依据。如果没有这些传感器，ECU 就无法实现对发动机的有效可靠控制。

发动机控制系统的传感器主要包括：空气流量传感器、进气歧管绝对压力传感器、节气门位置传感器、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、冷却液温度传感器、进气温度传感器、氧传感器、爆燃传感器、转速传感器、车速传感器等。各种传感器的功用与安装位置见表 1-1。

### 2. 电子控制单元

ECU 是发动机控制系统的核心，俗称“发动机控制电脑”。它的主要任务：向各种传感器提供它们所需的基准电压（如 2 V、5 V、9 V、12 V 等）；接收传感器或其他装置输入的信号，并将它们转换为微机能够处理的数字脉冲信号；储存输入的信息，运用内部已有的程序对输入信息进行运算分析，输出执行命令；根据发动机性能的变化，自动修正预置的标准值；将输入信息与设定的标准值进行比较，如发现数据异常，确定故障位置，并把故障信息储存在存储器中。

### 3. 执行器

执行器是接收 ECU 的控制指令完成具体的控制动作，具体执行某项控制功能的装置。在发动机控制系统中，主要的执行器包括：电动燃油泵、电磁喷油器、点火控制器、怠速控制阀、进气控制阀、EGR 阀、活性炭罐及其电磁阀等。随着控制功能的增加，执行器也将相应增加。各种执行器的功用与安装位置见表 1-1。



表 1-1 发动机控制系统中传感器和执行器的功用与安装位置

元 件	作 用	安装位置
空气流量传感器	检测单位时间内吸入发动机汽缸的空气量, 将其转换成电信号传给 ECU, 作为决定喷油量、点火正时、怠速控制、尾气排放的主控信号之一	位于空气滤清器与节气门体之间
进气歧管绝对压力传感器	检测进气管内的进气压力, 将其转换成电信号传给 ECU, 作为决定喷油量、点火正时、怠速控制、尾气排放的主控信号之一	位于节气门体与进气歧管之间
曲轴位置(转速)传感器	检测发动机曲轴位置(转速), 将其转换成电信号传给 ECU, 作为决定喷油量、点火正时、怠速控制、电动汽油泵运行、尾气排放的主控信号之一	有 3 个位置: 一是曲轴(前端)带轮后; 二是曲轴飞轮旁; 三是分电器内
凸轮轴位置(转速)传感器	检测凸轮轴的转角位置, 将其转换成电信号传给 ECU, 确定发动机某汽缸活塞上止点的位置。这是喷油正时、点火正时的主控信号之一	凸轮轴(前端)带轮后, 或分电器内
冷却液温度传感器	检测发动机冷却液的温度, 将其转换成电信号传给 ECU, 作为燃油喷射、点火正时、怠速和尾气排放控制的主要修正信号	位于缸体、缸盖的水套中
进气温度传感器	检测进气温度, 将其转换成电信号传给 ECU, 作为燃油喷射、点火正时的修正信号	在进气管上(空气滤清器)
排气温度传感器	检测三元催化转化器内排放气体的温度, 以防止因过热而使催化剂性能减退、对车辆造成损坏	在排气管道上
节气门位置传感器	检测节气门的开度和节气门开闭的速率, 将其转换成电信号传给 ECU, 作为控制喷油量、点火正时、怠速转速和尾气排放的一个比较重要的参考信号	装在节气门体上, 跟随节气门轴同步转动
爆燃传感器	检测发动机是否发生爆燃, 并将其转换成电信号传给 ECU, 进行点火提前角的闭环控制	常安装在发动机缸体上
氧传感器	检测排气中的氧浓度, 将其转换成反馈电信号传给 ECU, 进行喷油量的闭环控制	安装在排气管中
喷油器	在 ECU 控制下, 将雾化良好的燃油喷入进气歧管或汽缸内	安装在进气歧管或汽缸盖上
燃油泵	从油箱中抽出燃油, 加压后通过油管输送到喷油器	常安装在燃油箱内
EGR 阀	把一部分排气引入进气系统中, 使其和新鲜混合气一起进入汽缸中参与燃烧, 以减少 $\text{NO}_x$ 的排放	连接在排气管与进气管之间
三元催化转换器	促使尾气中的有害气体 HC、CO 和 $\text{NO}_x$ 发生反应, 生成无害的 $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$	安装在排气管道上
活性炭罐电磁阀	控制活性炭罐出口管路的通断	安装在活性炭罐出口与发动机进气管之间

## 二、发动机电控系统的类型

### 1. 按喷射位置分类

对采用压力喷射方式形成混合气的电控汽油机，按汽油的喷入位置分类，可分为缸内喷射方式和进气管喷射方式两种类型。

(1) 缸内喷射方式。缸内喷射方式的主要特点：喷油器安装在汽缸盖上，喷油器把汽油直接喷入发动机汽缸内与空气混合形成可燃混合气，如图 1-2 所示。

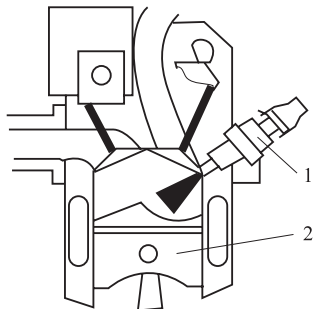


图 1-2 缸内喷射（直接喷射）

1—喷油器；2—活塞

#### 小知识：分层稀薄燃烧



在汽缸的不同区域拥有不同混合气浓度，采用缸内直喷可以实现这种浓度分布。在火花塞点火时，保证火花塞周围的混合气较浓，以提高点火的可靠性，而其他周边区域的混合气较稀，以实现稀薄燃烧。

(2) 进气管喷射方式。进气管喷射方式（也称缸外喷射方式）的主要特点：喷油器安装在进气总管或者进气歧管上，喷油器把汽油喷入进气总管或者进气歧管，喷入的汽油在进气管中与空气混合形成可燃混合气，在进气行程被吸入汽缸。采用进气管喷射方式，喷油器不与高温高压的燃气接触，且发动机改动很小，所以现代电控汽油机普遍采用进气管喷射方式。对于进气管喷射方式，按喷油器的安装部位不同，又分为单点喷射系统和多点喷射系统。

①单点喷射系统。单点喷射系统也称节气门体喷射或集中喷射系统，喷油器安装在进气总管的节气门上方，采用 1 ~ 2 个喷油器，如图 1-3 所示。

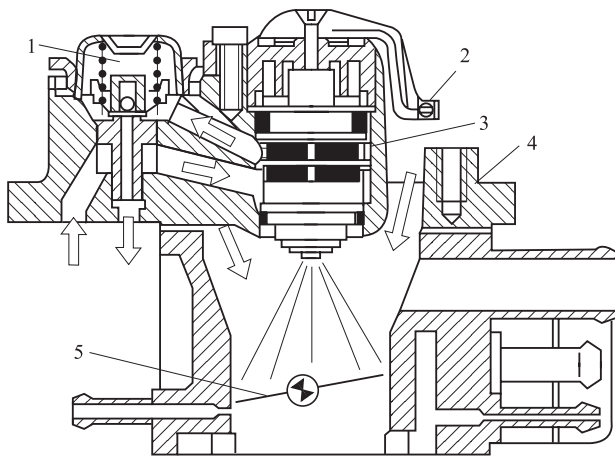


图 1-3 单点喷射系统喷油器的布置

1—压力调节器；2—空气温度传感器；3—电磁喷油器；4—节气门体；5—节气门



单点喷射系统的主要特点是结构简单。化油器式汽油机几乎不经过改制就能改造成微机控制的汽油喷射发动机。另外，由于单点喷射系统只使用1~2个喷油器，因此由喷油器产生的故障源少，工作可靠性好。但是，由于单点喷射系统的燃油是喷在进气总管内，因此各缸混合气的均匀性不如多点喷射系统。

② 多点喷射系统。多点喷射系统的喷油器安装在每一个汽缸的进气歧管上，喷油器把汽油喷在进气门附近与进气歧管内的空气混合形成混合气，如图1-4所示。

对于多点喷射系统，由于每一个汽缸都有一个喷油器，使各缸混合气的均匀性得到很大的改善。另外，在进气管设计时，可充分利用进气的惯性增压效应，实现高功率化设计。现代微机控制汽油喷射发动机，普遍采用多点喷射系统。

## 2. 按喷射时序分类

按汽油喷射的时序分类，可以分为连续喷射方式和间歇喷射方式两种类型。

(1) 连续喷射方式。连续喷射也称稳定喷射。发动机运行期间，喷油器的喷油是连续进行的。这种喷射方式不需要考虑喷油定时和各缸的喷油顺序。因此控制非常简单，但混合气的均匀性、空燃比控制精度及过渡工况的响应特性都较差。连续喷射方式仅用在德国 Bosch 公司的机械控制汽油喷射系统（K-Jetronic 系统）和机电混合式汽油喷射系统（KE-Jetronic 系统）中。

(2) 间歇喷射方式。间歇喷射也称脉冲喷射。喷油器以间歇方式，在规定的时段内把汽油喷入进气管。间歇喷射方式按各缸喷油器的工作时序，分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射三种方式。

① 同时喷射方式。同时喷射方式中各缸喷油器开始喷油和停止喷油的时刻完全相同，一般发动机曲轴每转一圈，各缸喷油器同时喷油一次，发动机一个工作循环所需要的油量，分两次喷入进气管，因此也称同时双喷方式，各喷油器的喷油正时及工作情况，如图1-5所示。

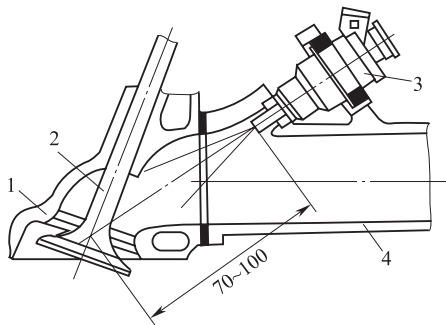


图 1-4 多点喷射系统喷油器的布置

1—汽缸盖；2—进气门；3—电磁喷油器；4—进气歧管

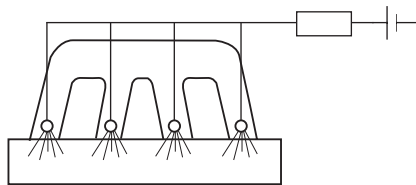


图 1-5 同时喷射方式

对于同时喷射方式，由于所有汽缸的喷油是同时进行的，因此喷油正时与发动机各缸的工作过程没有关系，各缸混合气形成时间的长短不一致，造成各缸混合气质量不一致。但是，喷射方式具有不需汽缸判别信号，用一个控制电路就能控制所有的喷油器，电路与控制软件简单等优点。早期生产的电控燃油喷射发动机都采用同时喷射方式。

② 分组喷射方式。分组喷射方式把发动机所有汽缸分成两组（四缸机）或三组（六缸机），ECU 用两个或三个控制电路控制各组喷油器。发动机工作期间，各组喷油器依次交替喷射，每个工作循环各组喷油器都喷射一次（或两次）。分组喷射方式各组喷油器的喷油正时和工作情况，如图 1-6 所示。

分组喷射方式的控制电路虽然比同时喷射方式复杂，但各缸混合气的质量及空燃比控制精度都有较大的提高。

③ 顺序喷射方式。也称独立喷射方式。发动机运行期间，喷油器按各缸的工作顺序，依次把汽油喷入各缸的进气歧管，发动机曲轴每转两圈，各缸喷油器轮流喷油一次。顺序喷射方式各缸喷油器的喷油正时和工作情况，如图 1-7 所示。

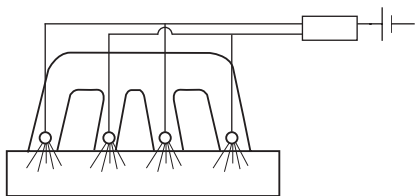


图 1-6 分组喷射方式

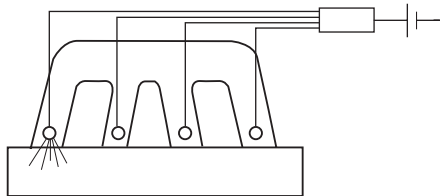


图 1-7 顺序喷射正时图

### 3. 按喷射系统的控制方式分类

按汽油喷射系统的控制方式分类，可分为机械式汽油喷射系统和电控汽油喷射系统。

(1) 机械式汽油喷射系统。机械式汽油喷射系统是一种以机械控制方式对汽油喷射过程进行控制的系统。具有代表性的是德国 Bosch 公司的机械式汽油喷射系统和机电混合式汽油喷射系统。

① 机械式汽油喷射系统。机械式汽油喷射系统也称 K-Jetronic 系统，于 1972 年由德国 Bosch 公司推出，如图 1-8 所示。

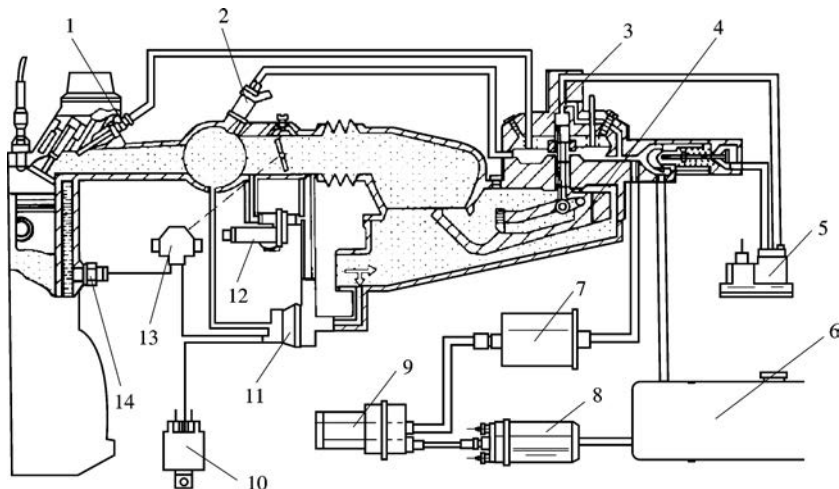


图 1-8 机械式汽油喷射系统

1—喷油器；2—冷起动喷油器；3—燃油分配器；4—混合气控制器；5—暖机调节器；  
6—油箱；7—燃油滤清器；8—电动燃油泵；9—蓄压器；10—速度继电器；11—急速空气调整器；  
12—节气门位置开关；13—热限时开关；14—温度传感器



该系统的汽油喷射控制装置和空气计量装置以机械方式相互连接。发动机工作时，空气计量装置的计量板被进气气流向上托起，计量板向上位移与进气量的多少有关。计量板在向上移动的同时，通过相连的杠杆机构推动燃油计量分配器的柱塞向上移动，使燃油计量槽孔的开启截面增大，供油量增加。若进气量减少，则计量板向下移动，燃油计量分配器柱塞在另一端油压的作用下，向下移动，供油量减少。这种系统应用于早期的汽油喷射发动机中，现已被电控汽油喷射系统所代替。

② 机电混合式汽油喷射系统。机电混合式汽油喷射系统也称 KE-Jetronic 系统，是 K-Jetronic 系统的改进型，德国 Bosch 公司于 1982 年推向市场。KE-Jetronic 系统的基本构架与 K-Jetronic 系统相同，汽油喷射控制仍为机械控制方式，两者的差异在于，后者增加了一个 ECU、若干个传感器及一个电液式压差调节器，如图 1-9 所示。

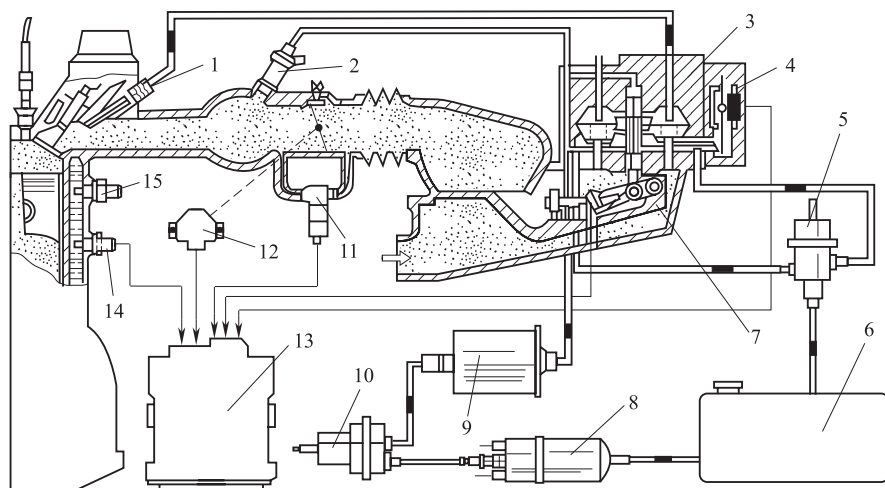


图 1-9 机电混合式汽油喷射系统

- 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—油压调节器；6—油箱；  
7—混合气控制器；8—电动燃油泵；9—燃油滤清器；10—蓄压器；11—怠速空气调节器；  
12—节气门位置开关；13—ECU；14—温度传感器；15—热控正时开关

ECU 根据水温和节气门开度，通过电液式压差调节器，调节燃油计量分配器内系统油压的高低，改变计量槽进、出口的油压差，对喷油量进行修正，即对混合气的空燃比进行修正。KE-Jetronic 系统空燃比的控制精度、发动机过渡工况特性比 K-Jetronic 系统有较大的提高，但与电控汽油喷射系统相比仍有不小的差距。

(2) 电控汽油喷射系统。现代电控汽油机已全部采用发动机集中管理系统，但汽油机电控系统发展的初期，都是仅具有单一电控汽油喷射控制功能。因此按电控系统的控制功能分类，可分为单一电控汽油喷射系统和发动机集中管理系统。

① 单一电控汽油喷射系统。电控汽油喷射技术发展的初期，都采用仅有单一汽油喷射控制功能的电控系统。电控系统的 ECU，早期采用模拟电路 ECU，后来采用

单片机控制单元。20世纪70年代初期到80年代末,电控汽油喷射系统中、高级汽油机轿车中有较广泛的应用,现已全部被发动机集中管理系统所代替。

② 发动机集中管理系统。发动机集中管理系统由德国 Bosch 公司于1979年推出,也称为 Motronic 系统,该系统是一个集汽油喷射控制、点火控制和空燃比反馈控制等多项控制功能于一体的电控系统,如图1-10所示。

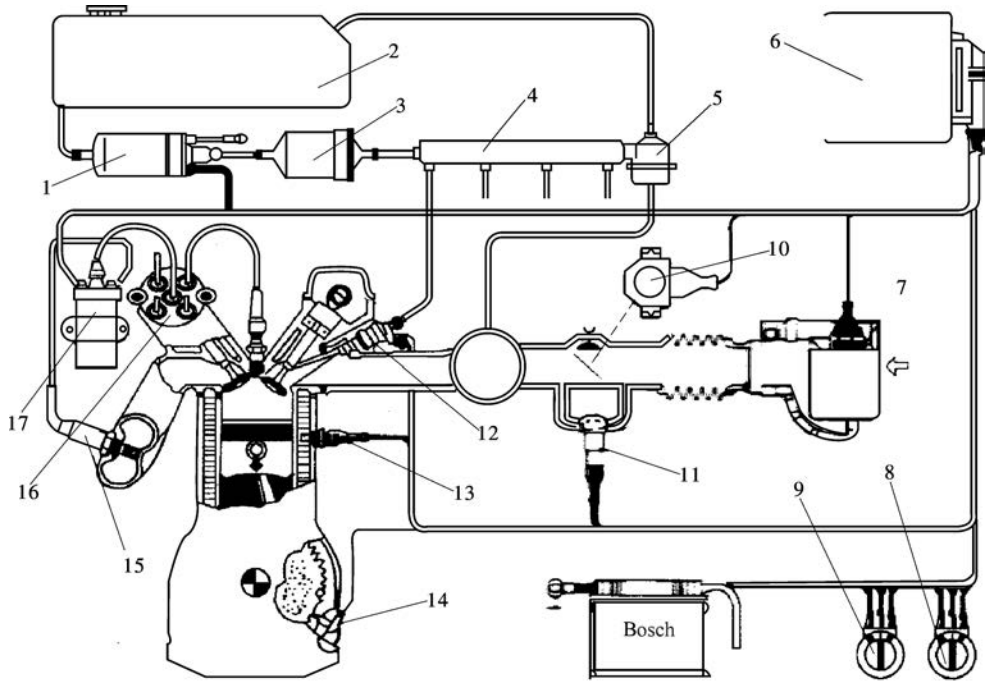


图 1-10 发动机集中管理系统的基本形式

- 1—电动汽油泵；2—燃油箱；3—燃油滤清器；4—燃油分配管；5—压力调节器；6—ECU；  
7—空气流量传感器；8—空调开关；9—起动、点火开关；10—节气门位置传感器；11—怠速空气调节器；  
12—喷油器；13—温度传感器；14—曲轴位置传感器；15—氧传感器；16—分电器；17—点火线圈

早期的发动机集中管理系统仅具有汽油喷射控制、点火控制和空燃比反馈控制三项功能。经过20多年的发展,现代汽油机发动机集中管理系统的基本控制除了以上三项外,还增加了怠速控制、活性炭罐清洗控制、故障自诊断和带故障运行等基本控制功能。此外,根据需要配置相关的装置和系统,还能增加废气再循环控制、二次空气喷射控制、进气谐振增压控制、进气涡流控制、配气定时控制等控制内容和功能。近年生产的电控汽油机已普遍采用发动机集中管理系统。

#### 4. 按进气量测量方式分类

为了精确控制汽油机混合气的空燃比,电控系统必须对发动机吸入的空气量进行测量,才能确定相应的喷油量。按空气量测量方式分类,可分为间接测量方式电控系统和直接测量方式电控系统两类。

(1) 间接测量方式电控系统。由于节气门的开度和发动机转速、进气歧管压力



和发动机转速与吸入空气量有一定的对应关系。在间接测量方式电控系统中，ECU 通过测量发动机转速、节气门开度或进气歧管压力，计算出发动机吸入的空气量。按所需测量的参数分类，可分为节流—速度方式和速度—密度方式两种。

① 节流—速度方式。节流—速度方式是指 ECU 通过测量节气门开度和发动机转速，根据节气门开度、发动机转速和发动机进气量的关系，算出每一循环的进气量，从而确定循环基本喷油量。

由于节流—速度方式直接检测节气门的开度，因此发动机具有较好的过渡工况响应特性，在一些赛车上采用这种方式。但是节气门开度、发动机转速与发动机进气量之间的函数关系相当复杂，因此要精确确定进气量有一定的困难。

② 速度—密度方式。速度—密度方式是指 ECU 通过测量进气歧管压力和发动机转速，根据进气歧管压力、发动机转速和发动机进气量的关系，算出每一循环的进气量，从而确定循环基本喷油量。速度—密度方式测量方法简单，喷油量精度容易调整和控制，但由于进气歧管压力、发动机转速与进气量之间的函数关系比较复杂，在过渡工况和采用废气再循环时由于进气歧管内压力波动较大，在这些工况测得的进气量误差较大，影响空燃比控制精度，因此需要对进气量进行修正。采用速度—密度方式的典型电控系统是德国 Bosch 公司的 D-Jetronic 系统，如图 1-11 所示。国产轿车中，上海大众的 99 系列、上海通用 SGM 的赛欧系列、广州的本田雅阁等均采用这种进气量测量方式。

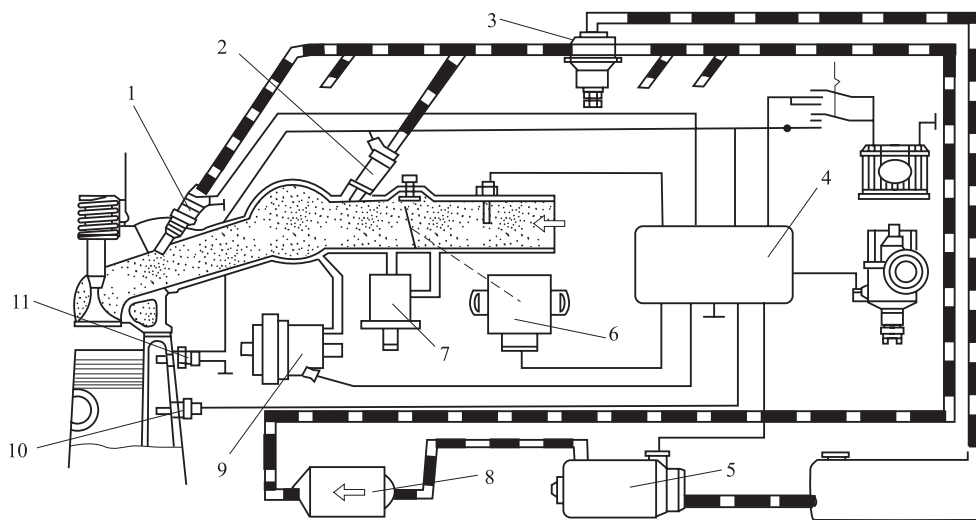


图 1-11 德国 Bosch 公司 D-Jetronic 系统

1—喷油器；2—冷起动喷油器；3—压力调节器；4—ECU；5—电动汽油泵；6—节气门位置传感器；  
7—怠速空气调节器；8—汽油滤清器；9—进气歧管压力传感器；10—温度传感器；11—热控正时开关

(2) 直接测量方式电控系统。直接测量方式采用空气流量传感器直接测量发动机单位时间吸入的空气量，ECU 根据流量计测出的空气流量和发动机的转速，计算出每个工作循环发动机吸入的空气量，从而确定循环基本喷油量。对于直接测量方式，根据测出的是空气的体积流量，还是质量流量，可分为体积流量方式和质量流量

方式。

① 体积流量方式。体积流量方式采用翼片式空气流量传感器或卡门旋涡式空气流量传感器，测量发动机单位时间吸入的空气体积。ECU 根据流量计测出的空气体积和发动机转速，计算出每个工作循环发动机吸入的空气体积，然后根据进气压力和温度转换为对应的空气质量，从而计算出循环基本喷油量。这种进气量测量方式与间接测量方式相比，测量精度较高，有利于提高空燃比控制精度。但由体积流量方式测出的空气体积，还需要根据进气压力和温度转换成对应的空气质量。采用体积流量方式的典型电控系统是德国 Bosch 公司的 L-Jetronic 系统，如图 1-12 所示。

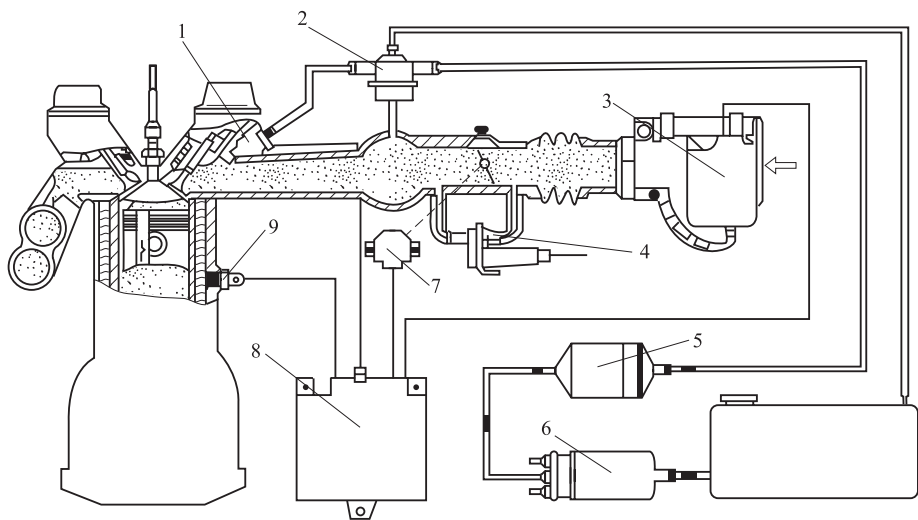


图 1-12 德国 Bosch 公司 L-Jetronic 系统

1—喷油器；2—压力调节器；3—翼片式空气流量传感器；4—怠速辅助空气阀；5—汽油滤清器；  
6—电动汽油泵；7—节气门位置传感器；8—ECU；9—水温传感器

② 质量流量方式。质量流量方式利用热线式或热膜式空气流量传感器，测量发动机单位时间吸入的空气质量。ECU 根据空气流量传感器测量出空气质量和发动机转速，计算出每个工作循环发动机吸入的空气质量，从而计算出该循环的基本喷油量。质量流量方式具有测量精度高，响应速度快，结构紧凑，不需要进行质量换算的突出优点。采用质量流量方式的典型电控系统是德国 Bosch 公司的 LH-Jetronic 系统，如图 1-13 所示。国产轿车中，上海大众的 2000 系列和帕萨特、上海通用 SGM 的别克系列、中国一汽大众的捷达王和奥迪，中国二汽的神龙富康等采用这种进气量测量方式。



## 任务实施

1. 观察发动机电控系统的组成图（图 1-14）。
2. 观察发动机电控系统零部件在车上的布置。按照小组依次在试验车辆上进行查找，要能够说出电控系统各个零部件的名字并指出其所在的位置。

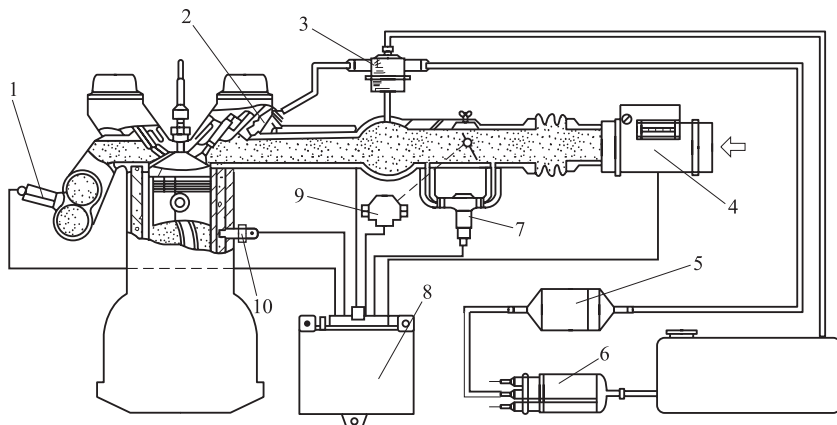


图 1-13 德国 Bosch 公司 LH-Jetronic 系统

1—氧传感器；2—喷油器；3—压力调节器；4—热线式空气流量传感器；5—汽油滤清器；6—电动汽油泵；  
7—怠速空气调节器；8—ECU；9—节气门位置传感器；10—水温传感器

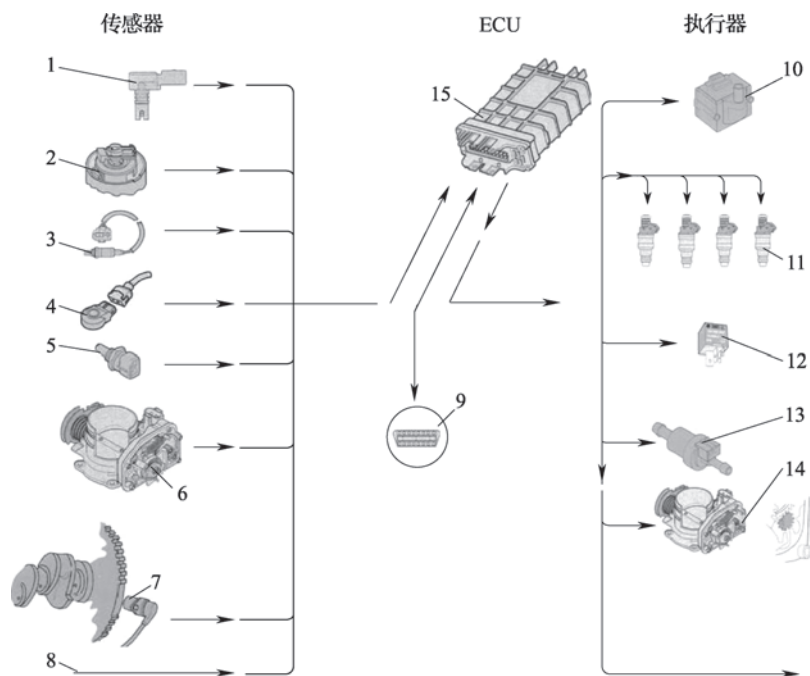


图 1-14 发动机电控系统的组成 (D 型)

1—进气压力传感器与进气温度传感器；2—凸轮轴位置传感器；3—氧传感器；4—爆燃传感器；  
5—冷却液温度传感器；6—节气门位置传感器；7—曲轴位置传感器；8—附加信号；9—自诊断接口；  
10—点火线圈；11—喷油器；12—油泵继电器；13—活性炭罐电磁阀；14—怠速控制阀；15—ECU



## 项目小结

1. 发动机电控系统主要由传感器、ECU 和执行器三大部分组成。

2. 发动机电控系统使用的传感器有空气流量传感器、进气歧管绝对压力传感器、节气门位置传感器、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、进气温度传感器、冷却液温度传感器、爆燃传感器、氧传感器等。

3. 发动机电控系统使用的执行器主要有喷油器、点火器（点火模块）、怠速控制阀、电动燃油泵、废气再循环阀等。

4. 发动机电控系统按喷射方式不同可分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射；按喷射位置不同可分为进气歧管喷射和缸内直接喷射两种类型；按进气量测量方式不同可分为间接测量方式和直接测量方式两种。



## 项目评价

评价项目	评价指标	权重	学生自评	小组互评	总评
项目检验	1. 能阐述汽车电控技术发展过程	7			
	2. 能够说出发动机电控系统的功能、种类				
	3. 能够在车辆上指出发动机电控系统各部件所在的位置				
职业素养	1. 学习态度：积极主动参与学习	3			
	2. 团队合作：与小组成员一起分工合作，不影响学习进度				
	3. 现场管理：服从工位安排、执行实训室“5S”管理规定				
教师评价					



## 职业技能鉴定指导

### 1. 职业道德

- (1) 遵守有关法律、法规和规定。
- (2) 爱岗敬业，忠于职守，自觉履行各项职责。
- (3) 认真负责，严于律己。

### 2. 技能要求

- (1) 能查阅资料。
- (2) 能撰写报告。

### 3. 模拟试题

- (1) 发动机电控系统主要由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三大部分组成。
- (2) 直接测量方式的发动机电控系统采用\_\_\_\_\_直接测量发动机单位时间吸入的空气量。
- (3) 传感器的主要作用是\_\_\_\_\_。
- (4) ECU 的主要作用是\_\_\_\_\_。
- (5) 执行器的主要作用是\_\_\_\_\_。

## 项目 2 发动机电控燃油喷射系统

电控燃油喷射系统能够根据汽车运行工况的变化，精确控制供给汽缸的混合气浓度，实现最佳空燃比控制，提高发动机的动力性、燃料经济性和降低污染排放。当汽车出现故障时，需要维修人员能迅速而准确地诊断和排除故障，这就要求维修人员掌握燃油喷射系统的类型、组成，以及各种传感器和执行器的结构、检测方法等，本项目包括 9 个任务，将主要对这些方面进行学习、探讨。

# 任务 1

## 电控燃油喷射系统的组成



### 学习目标

#### 技能目标

- ① 能够在车上找到电控燃油喷射系统各部件的位置；
- ② 能够拆装空气供给系统；
- ③ 能够拆装燃油供给系统。

#### 知识目标

熟悉电控燃油喷射系统的结构组成。



### 任务准备

- ① 准备好实训用车、故障诊断仪、试灯、常用工具；
- ② 强调实训中的安全注意事项。



### 任务要求

- ① 学习电控燃油喷射系统的结构组成，找出主要部件的安装位置；
- ② 拆装空气供给系统；
- ③ 拆装燃油供给系统。



## 相关知识

发动机电控系统有很多形式,但一般都由三个子系统组成,即空气供给系统、燃油供给系统和电控系统,如图 2-1 所示。

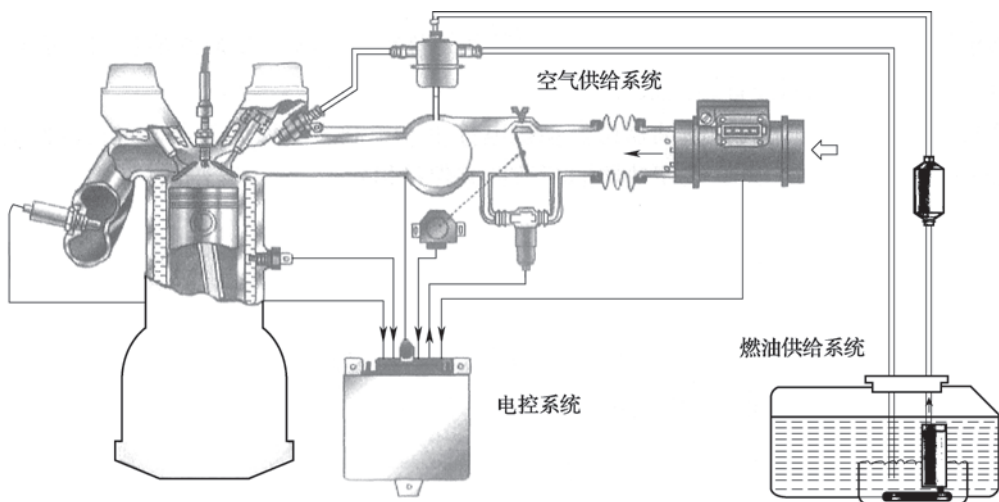


图 2-1 发动机电控系统的组成

### 一、空气供给系统

发动机电控系统空气中的空气供给系统主要组成部件包括空气滤清器、节气门体和进气管。

怠速控制系统的怠速控制阀和控制系统的进气温度传感器、节气门位置传感器、进气管绝对压力传感器或空气流量传感器也安装在进气系统中。在部分电控燃油喷射发动机的进气系统中,还装有其他系统的元件。

#### 1. D 型发动机电控系统的空气供给系统

D 型发动机电控系统没有空气流量传感器,其进气系统结构简单,应用广泛,布置结构如图 2-2 所示。

#### 2. L 型发动机电控系统的空气供给系统

L 型发动机电控系统对空气量的测量更精确,空气供给系统如图 2-3 所示。

与 D 型发动机电控系统的空气供给系统相比,在 L 型发动机电控系统的空气供给系统中设有空气流量传感器,而取消了进气歧管绝对压力传感器,其他组成部件基本相同。

### 特别提示



清洗节气门时,绝对不允许用砂纸或刮刀等清理积垢和结胶,以免损害节气门体内腔,导致节气门关闭不严,影响发动机正常工作。

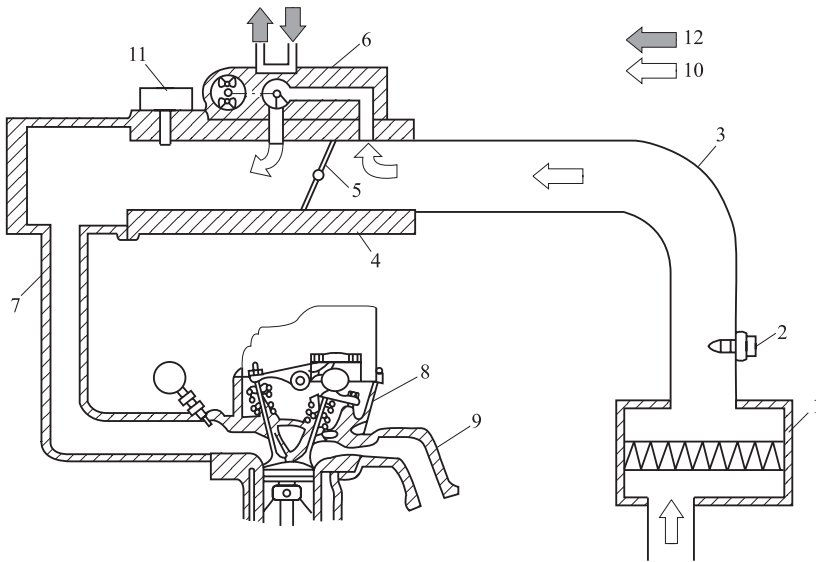


图 2-2 D 型发动机电控系统的空气供给系统

- 1—空气滤清器；2—进气温度传感器；3—进气歧管；4—节气门体；5—节气门；  
6—怠速控制阀；7—进气歧管；8—发动机缸盖；9—排气管；10—空气流动电路；  
11—进气歧管绝对压力传感器；12—发动机冷却液流动路线

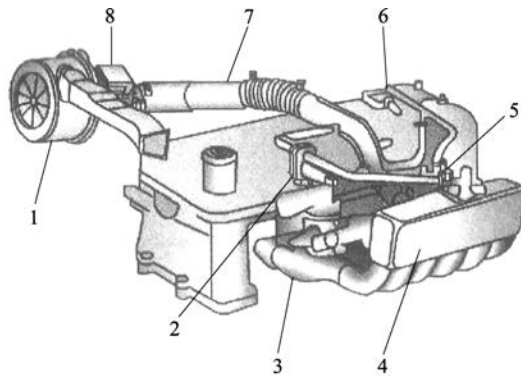


图 2-3 L 型发动机电控系统的空气供给系统

- 1—空气滤清器；2—怠速控制阀；3—进气歧管；4—进气总管；5—节气门位置传感器；  
6—PVC 管；7—进气管；8—空气流量传感器

## 二、燃油供给系统

燃油供给系统由燃油箱、电动燃油泵、燃油滤清器、燃油分配管、喷油器、燃油压力调节器和回油管等组成，如图 2-4 所示。燃油供给系统向燃油分配管供给一定压力的燃油，由 ECU 控制的喷油器将燃油以高压雾状喷出，以便形成所需要的可燃混合气。

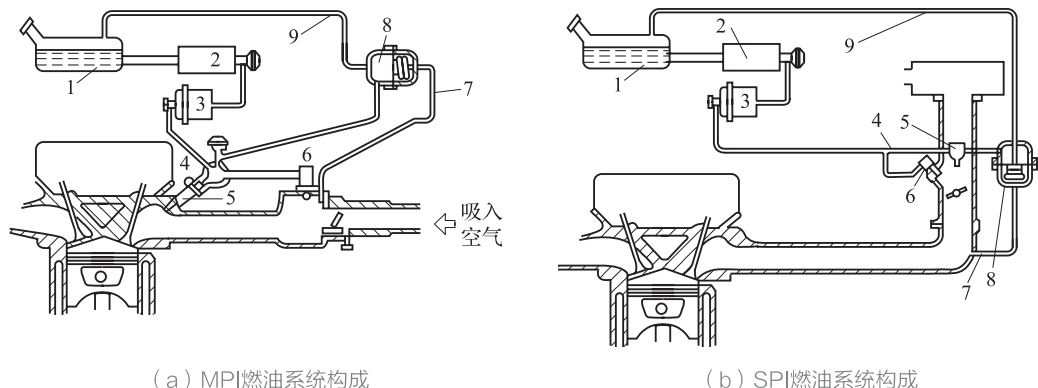


图 2-4 燃油供给系统

- 1—燃油箱；2—燃油泵；3—燃油滤清器；4—燃油分配管；5—喷油器；  
6—冷起动喷油器；7—真空管；8—油压调节器；9—回油管

电动燃油泵将燃油从油箱中泵出，经过燃油滤清器除去杂质及水分后，送至燃油分配管；当由 ECU 控制的喷油器开启时，燃油以高压雾状喷出，并与空气混合，形成可燃混合气；当进气门开启时，可燃混合气被吸入汽缸。

### 三、电子控制系统

电子控制系统包括传感器、ECU 和执行器。图 2-5 所示为 D 型燃油喷射控制系统，图 2-6 所示为 L 型燃油喷射控制系统。

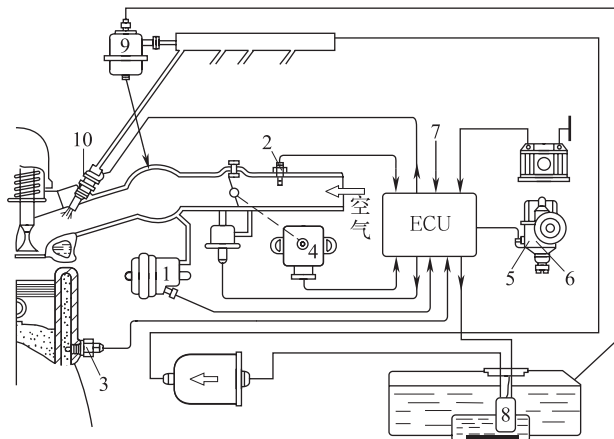


图 2-5 D 型燃油喷射控制系统

- 1—进气压力传感器；2—进气温度传感器；3—冷却液温度传感器；4—节气门位置传感器；  
5—凸轮轴位置传感器；6—转速传感器；7—氧传感器信号；8—电动燃油泵；  
9—燃油压力调节器；10—喷油器

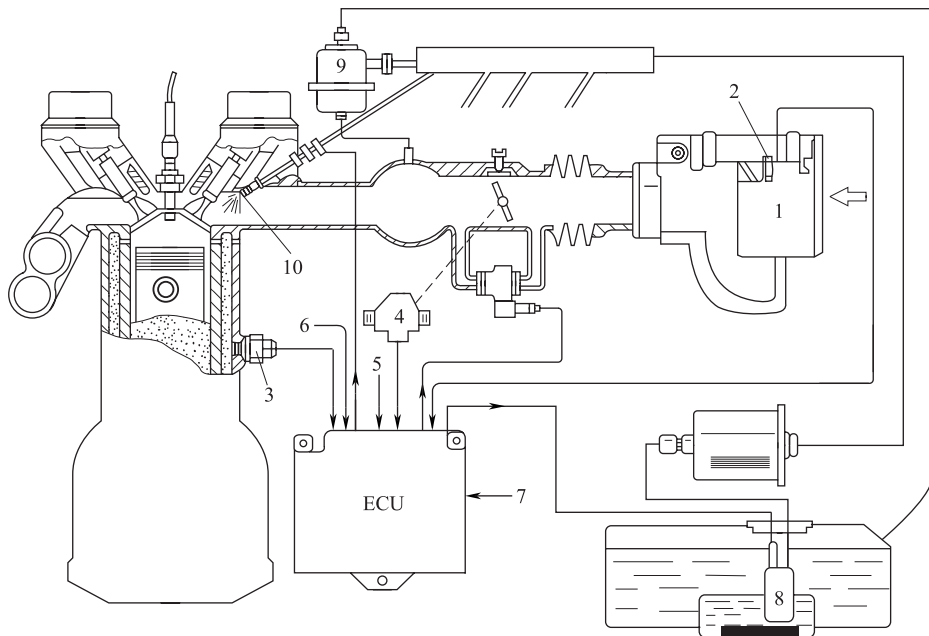


图 2-6 L 型燃油喷射控制系统

- 1—空气流量传感器；2—进气温度传感器；3—冷却液温度传感器；4—节气门位置传感器；  
5—凸轮轴位置传感器信号；6—转速传感器信号；7—氧传感器信号；8—电动燃油泵；  
9—燃油压力调节器；10—喷油器

电控系统的功能是根据发动机运转状况和车辆运行状况确定最佳喷油量和喷油时刻。供给发动机的汽油量由喷油持续时间来控制，而喷油持续时间则由 ECU 根据进气歧管压力传感器或空气流量计检测到的进气量决定。根据进气量和转速计算出基本喷油持续时间，然后进行温度、大气压力、节气门开度等各种工作参数的修正，最终得到发动机在这一工况下运行的最佳喷油持续时间，精确控制喷油量。

### 特别提示



拆卸旧发动机的 ECU 和安装新发动机的 ECU 之前，都必须断开蓄电池。装好发动机的 ECU 并重新连接好线束后，再重新接上蓄电池。



### 任务实施

1. 拆装空气供给系统，找出各个部件的安装位置，按照正确的拆装流程拆装。
2. 拆装燃油供给系统，找出各个部件的安装位置，按照正确的拆装流程拆装。
3. 在实训车辆上查找电子控制系统的传感器、ECU 和执行器。