

第 3 章 汽油机电控燃油供给系统

现代汽油电控发动机的燃油供给系统相对以往的传统发动机要复杂得多,由以前的以化油器为主的供油方式变为现代的以喷油器控制为主的供油方式。汽油从油箱经一系列构件到达汽缸内,其控制方式发生了很大的变化。现代汽油电控发动机在其控制精度、稳定可靠与排放几个方面都大大优于以往的发动机。

本章主要介绍现代电控发动机燃油供给系统的基本组成与工作原理,并对相应构件在出现故障时的检查与诊断加以适当讲解,希望读者对现代发动机的燃油供给系统有一定的认识。

3.1 电控燃油供给系统概述

3.1.1 电控燃油供给系统的发展史简介

汽油机电控燃油供给系统和传统的化油器供油系统都是为了实现在各种工况下向发动机供给合适的燃油,但由于化油器结构的局限性,对可燃混合气空燃比的控制精度不高,所以随着电子工业的迅速发展,随着人类对环境保护的日益重视和全球能源的日益紧张,化油器式的供油系统已被逐渐淘汰。本章主要介绍汽油机电控燃油供给系统的组成、基本工作原理、控制过程与检查方法。

1. 电控燃油喷射系统的出现

20 世纪 60 年代以前,传统的燃油供给系统相当盛行,达到其技术发展的顶峰。随后,人们发明了燃油喷射技术,并迅速应用开来。20 世纪 60 年代初,车用燃油喷射装置大多采用机械式柱塞喷射泵,控制功能由机械装置实现,由于其结构复杂、价格昂贵,所以发展缓慢且技术上没有重大突破。在这段时期,燃油喷射技术的应用仅仅局限于赛车和为数不多的豪华型轿车上,一般车用发动机仍然以化油器供油系统为主导。伴随着汽车数量的增长和汽车排放对大气污染的日趋严重,迫使世界汽车工业开始努力寻求各种技术途径,以降低燃油消耗和减少排放污染。1967 年德国 Bosch 公司 K-Jetronic 燃油喷射系统的研制成功,为燃油喷射技术开创了一个新的起点,自此,燃油喷射技术进入一个比较快的发展时期。我国是在 20 世纪 80 年代后期,由长春一汽集团公司引进发动机燃油喷射系统技术,用在了当时与德国大众合作生产的奥迪 100 五缸和六缸发动机上,这对我国汽车工业的发展起到了很大的作用。

2. 电控燃油喷射系统的发展

Bosch 公司 K-Jetronic 燃油喷射系统出现之后,又相继出现了 KE-Jetronic、D-Jetronic、L-Jetronic、LH-Jetronic、Motronic 系统,直到当前的 EMS(发动机管理系统)。

随着发动机燃油喷射系统的发展,其燃油供给的方式也发生了巨大的改变。燃油供给由原来的机械式向现代的电子式过渡,由原来的机械燃油泵向现代的电动燃油泵发展,整个供油系统的优化也越来越明显,各种各样的供油方式也相继涌现。在汽车发展的整个过程中,供油方式的变化也浓缩了汽车技术的发展历程,体现了现代人的设计理念——由简单到复杂,由粗糙到精细,再由复杂到简单的一个不断进步的过程。

20 世纪 60 年代,随着世界汽车保有量的日益增多,全球相继出现了排放污染日益恶化和

能源危机问题,在发达国家也随之出现了严格的排放法规,以限制汽车排放污染物的数量;同时,受能源危机的影响,也迫使世界各国纷纷制定汽车燃油经济性法规,在这样的历史条件下,汽车走上了一条技术快速革新之路,汽油燃油喷射技术也得到了进一步的完善和发展。

在上述条件下,20世纪60年代末期在机械式燃油喷射系统的基础上又发展起来了机电组合式燃油喷射系统,简称为“KE型”汽油喷射系统。KE型燃油喷射系统是在K型燃油喷射系统的基础上增加了由计算机控制的电液式压差调节器,由计算机根据冷却液温度、节气门位置等传感器的信号,通过控制调节器来改变供油压差,从而调节了燃油的实际喷射量,达到对不同工况混合气浓度修正的目的,由于计算机的应用,使喷射系统得到了发展。KE型汽油喷射系统研制成功后,主要应用在德国奔驰380SE、500SL型车上。KE-Jetronic燃油喷射系统的结构如图3-1所示,其中,连续供油空气流量传感器和燃油分配器的结构如图3-2所示。

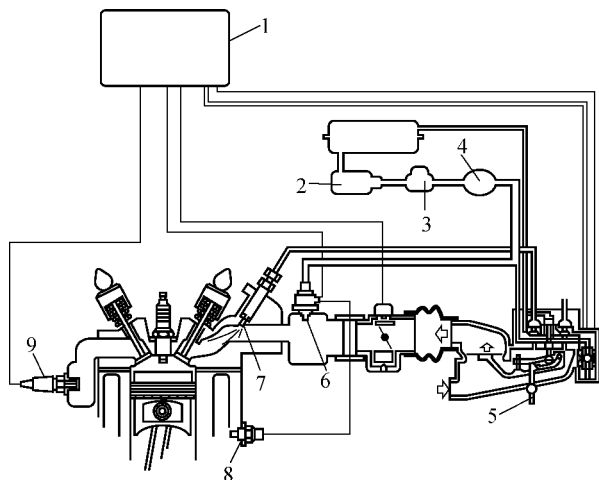


图 3-1 KE-Jetronic 燃油喷射系统

1—发动机控制单元(ECU); 2—燃油泵; 3—蓄压器; 4—燃油滤清器; 5—燃油分配器和空气流量传感器;
6—冷启动喷油器; 7—喷油器; 8—冷启动计时器; 9—氧传感器

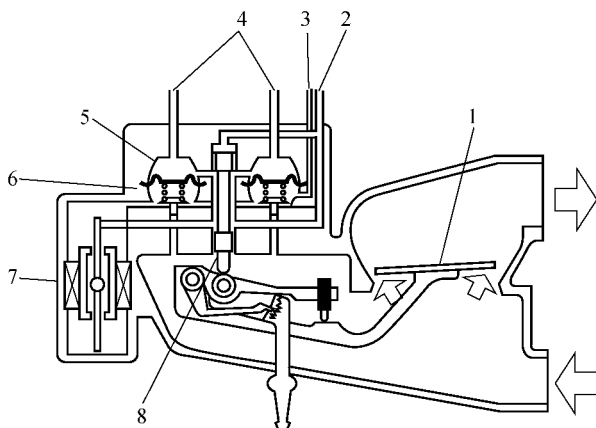


图 3-2 连续供油空气流量传感器和燃油分配器

1—空气流量感知板; 2—燃油入口; 3—到压力调节阀的燃油回路; 4—向喷油器供油;
5—上腔; 6—下腔; 7—压差调节阀; 8—控制柱塞

继 KE 系统之后,又相继出现了当前比较常用的 D 型、L 型电控燃油喷射系统。在 D 型、L 型电控燃油喷射系统刚刚普及时,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年美国通用汽车公司(GM)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,即 TBI 系统,又称单点喷射系统。随后,德国 Bosch 公司又推出了 Mono-Jetronic 低压中央喷射系统。单点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喷油器,集中进行燃油喷射。相对化油器系统而言,单点喷射系统能迅速使燃油通过节气门,在节气门上没有或极少发生燃油附着管壁的现象,因而消除了混合气燃烧的延迟,缩短了供油和空燃比信息反馈之间的时间间隔,提高了控制精度,改善了排放效果。与多点燃油喷射系统相比,TBI 系统用节气门的开启角度和发动机转速来控制空燃比,结构和控制方式更加简单。因此,这种单点喷射系统在排量小于 2L 的家用轿车上得到了迅速的推广应用。当然,节气门体燃油喷射系统对混合气的控制精度不如多点燃油喷射系统,各个汽缸的混合气的均匀性也比较差。目前,我国奇瑞轿车中有些车型就采用了意大利玛瑞利公司生产的单点燃油喷射系统(L. A. W6F),实现了燃油喷油控制、点火控制以及怠速控制,其系统组成如图 3-3 所示。

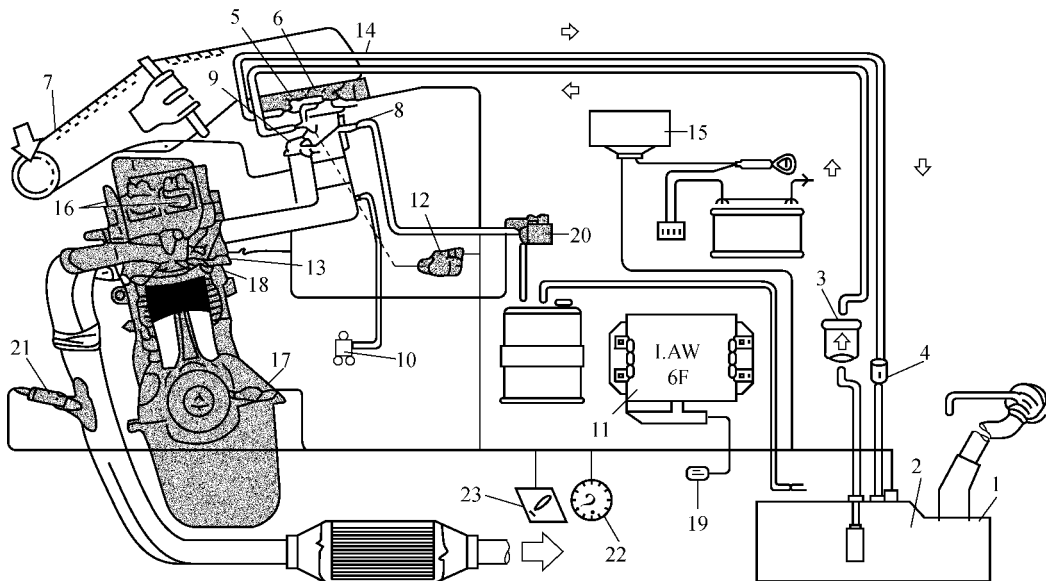


图 3-3 奇瑞轿车电控单点燃油喷射系统

- 1—燃油箱; 2—燃油泵; 3—燃油滤清器; 4—单向阀; 5—燃油压力调节器; 6—喷油器; 7—空气滤清器; 8—燃油蒸气连接管; 9—发动机怠速控制阀; 10—绝对压力传感器; 11—发动机控制模块; 12—节气门位置传感器;
13—冷却液温度传感器; 14—进气温度传感器; 15—喷射/点火系统双继电器; 16—点火线圈;
17—转速/上止点位置传感器; 18—火花塞; 19—数据传送接头; 20—燃油蒸气控制电磁阀;
21—氧传感器; 22—转速记数器(如果装有); 23—故障警告灯

随着电子技术的飞速发展,其在汽车上的应用成为各国汽车工业的重要发展方向。德国 Bosch 公司首先成功研制电控燃油喷射系统,电控燃油喷射技术历经晶体管、集成电路到微机处理三大发展进程,直至目前,各种汽车上应用的电控燃油喷射系统都是以 Bosch 公司产品为原形发展而来的。

3. 现代燃油喷射系统的主要类型

在现代汽车上,K型和KE型燃油喷射系统已基本淘汰,电控燃油喷射(electronic fuel injection,EFI)系统因其更优越而成为现代车用汽油机燃料供给系统的主流。

电子工业的飞速发展,促使汽车控制的电子化在 20 世纪的后 30 年逐渐成为各国汽车

工业的重要发展方向。首先是德国 Bosch 公司成功研制并开始批量生产出 D-Jetronic 电控燃油喷射(D型EFI)系统。如图3-4所示,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控制单元(ECU),由发动机控制单元根据该信号计算出发动机基本进气量,再由进气温度传感器、冷却液温度传感器、节气门位置传感器等信号修正后发出与之相对应的喷油脉宽信号,控制喷油器喷射出适量的燃油,形成可控制空燃比。国产桑塔纳2000GLi、奥迪C3A6、北京切诺基、东风富康、丰田威驰以及丰田皇冠车都采用D型燃油喷射系统。

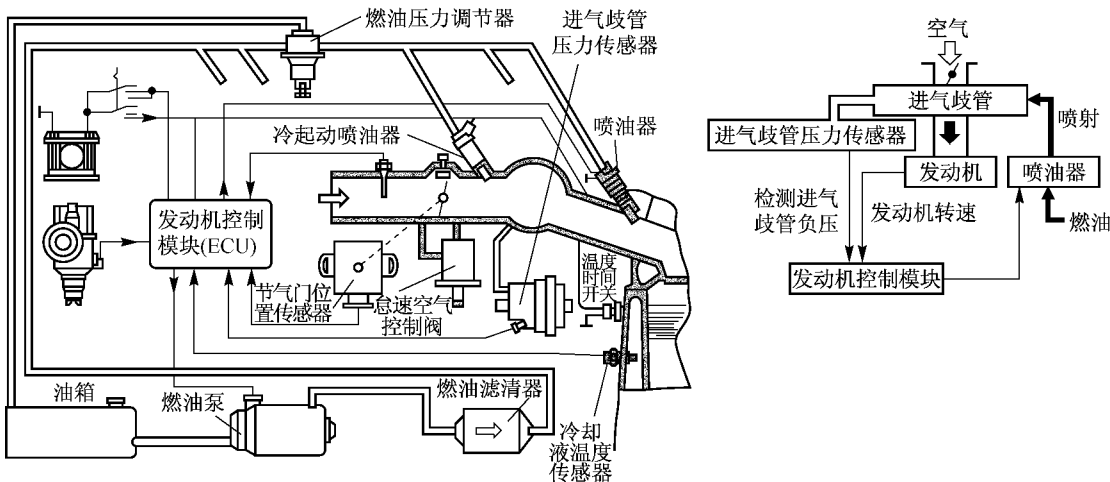


图 3-4 D-Jetronic 电控燃油喷射系统

由于D型EFI系统在某些工况下进气歧管绝对压力不够稳定、间接测量进气量不够精确,Bosch公司在此系统基础上,又研发出了叶片式体积型空气流量传感器,装有这种传感器的系统简称为L-Jetronic电控燃油喷射系统,也就是常说的L型EFI系统,如图3-5所示。丰田佳美、丰田大霸王以及马自达MPV多用途汽车等都采用这种燃油喷射系统。

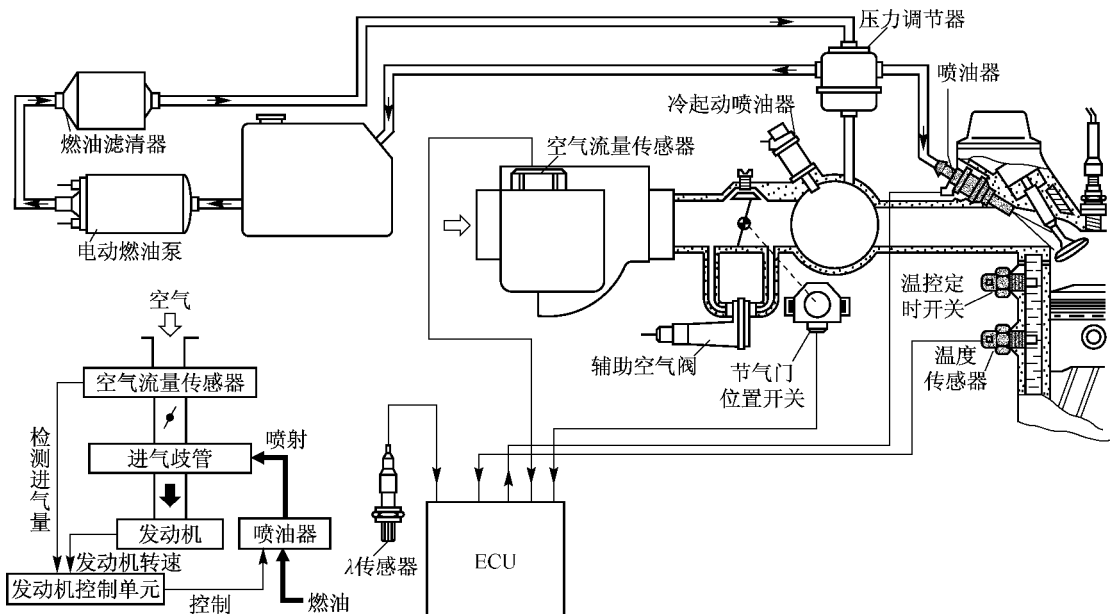


图 3-5 L-Jetronic 电控燃油喷射系统

其后又由于 L 型 EFI 在进气道上设置了一个空气流量感知板,并且连动着一个阻尼板,造成发动机进气阻力增加,限制发动机功率的提高;此外,还由于它测量的是体积流量,并不能直接获取进入发动机的空气质量,所以 Bosch 公司又研制出了 LH-Jetronic 系统。如图 3-6 所示,它是用热线式或热膜式空气流量传感器代替叶片式空气体积流量传感器来检测发动机的进气量。因它可直接检测进气质量,所以无须用进气温度和大气压力进行修正,并且进气阻力较低,对驾驶员加速意图响应比较快。这种燃油喷射系统在桑塔纳 2000GSi、捷达、别克、尼桑等轿车上都已采用,是当前比较先进的燃油喷射系统。

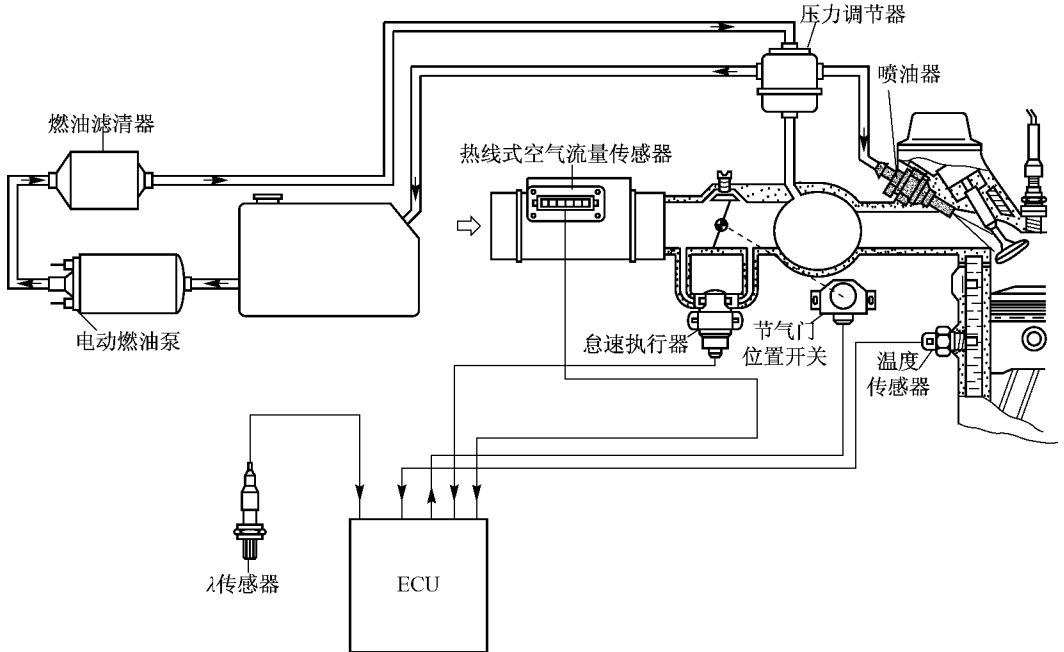


图 3-6 LH-Jetronic 电子燃油喷射系统

4. 最新燃油喷射技术

美国通用汽车公司新近推出了中央多点燃油喷射(CMFI)系统。如图 3-7 所示,该系统兼具节气门体喷射系统和进气门前喷射系统的许多特点,使用一个中央喷油器对流向几个(图中为六个)提升式喷油器的燃油进行控制。CMFI 喷油器总成由燃油检测器、压力调节器、一个中央喷油器、六个提升喷油器以及密封垫等组成。中央喷油器通过一个多孔分配垫片分配经过检测的燃油。该垫片在中央喷油器以及分别与六个提升喷油器相连的六根燃油管之间进行密封。

如图 3-8 所示,在每个喷油器内都装有一个由电磁线圈、中央喷油器和拉伸弹簧组成(它们被固定在一起)的总成来调节燃油流量。当高压燃油作用在单向球阀上时,喷油器打开,将雾化的燃油送到各个汽缸。当使用电磁喷油器被 ECU 控制时,可以实现顺序喷射。目前,中央多点燃油喷射系统(CMFI)多用于大排量发动机。

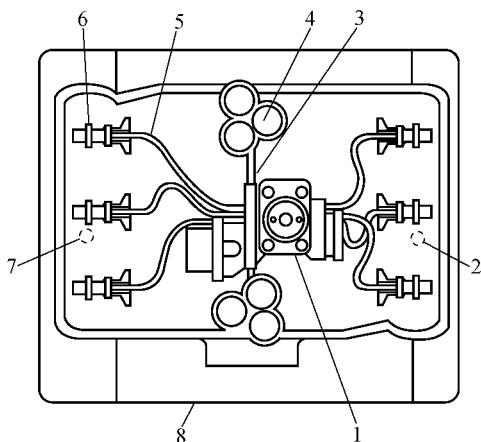


图 3-7 中央多点燃油喷射系统

1—中央喷油器；2、7—排水孔；3—分隔壁；4—汽缸进排气口；
5—燃油管；6—提升式喷油器；8—下半部分进气歧管

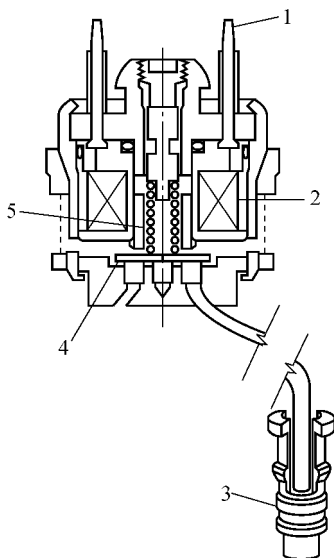


图 3-8 中央喷油器和提升喷油器

1—电线接柱；2—电磁线圈；3—提升式喷油器；4—中央喷油器；5—拉伸弹簧

近几年出现的燃油分层喷射发动机(fuel stratified injection, FSI)技术,可以说是开创了发动机技术的新篇章。FSI 意指燃油分层喷射。该技术的运用使 FSI 发动机与传统发动机相比拥有更低的油耗、更好的环保效果和更大的输出功率和转矩。燃油分层喷射技术是发动机稀燃技术的一种,即发动机混合气中的汽油含量低,汽油与空气之比可达 1:25 以上。

大众 FSI 发动机利用一个高压泵,使汽油通过一个分流轨道(共轨)到达电磁控制的高压喷射气门。它的特点是在进气道中已经产生可变涡流,使进气流形成最佳的涡流形态进入燃烧室内,以分层填充的方式推动,使混合气体集中在位于燃烧室中央的火花塞周围。如果稀燃技术的空燃比达到 25:1 以上,按照常规是无法点燃的,因此必须采用由浓至稀的分层燃烧方式。通过缸内空气的运动在火花塞周围形成易于点火的浓混合气,空燃比达

到 12 : 1 左右,外层逐渐稀薄。浓混合气点燃后,燃烧迅速波及外层,此系统的燃油是直接喷射到汽缸内的。

较新的燃油喷射系统还有缸内直接燃油喷射(GDI)系统,其主要也是采用分层燃烧技术。缸内直接喷射 GDI 系统的结构如图 3-9 所示。进气门前燃油喷射系统或者叫做进气歧管燃油喷射系统是将燃油喷射到进气门附近。而汽油机 GDI 系统同柴油喷射系统类似,是将燃油直接喷入到燃烧室内。GDI 系统的燃油压力远远高于普通的燃油喷射系统,可高达 10 MPa。在如此高的压力下,汽油一喷入汽缸内就会汽化。对 GDI 系统来说,空燃混合气可以更稀(空燃比可达 35 : 1)。这样,可将燃油经济性提高 30%,并且可显著减少在进气门出现燃油积垢和积炭的现象。

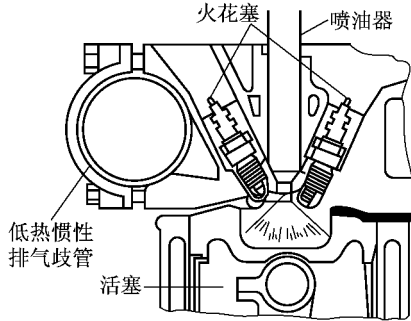


图 3-9 缸内直接喷射 GDI 系统结构

国际上比较典型的缸内喷射系统有福特 PROCO 缸内喷射系统、大众的奥迪 FSI2.0 缸内喷射系统、丰田 D-4 缸内喷射系统和三菱 4G 缸内喷射系统。目前,这种技术已经较为完善,处在推广阶段,其中较领先的是日本的三菱公司,到 1998 年 2 月,它的缸内直喷发动机已经售出 20 万台,三菱公司计划到 2010 年,把本公司的所有汽油机都实现直喷化(汽缸内喷射)。GDI 系统可能会逐步取代传统的进气门前喷射系统,将得到广泛应用。

3.1.2 电控燃油喷射系统的类型

(1)按燃油喷射部位分为缸内喷射、进气歧管喷射和节气门体喷射。

①缸内喷射。该喷射方式是通过喷油器将燃油直接喷射到汽缸内(见图 3-10a)。因喷油器直接安装在发动机缸盖上,并以较高的燃油压力(10 MPa)将燃油喷出,其本身必须能够承受燃气产生的高温、高压且受到发动机结构制约,目前这种形式的应用正在兴起。如上面所提到的丰田 D-4 和三菱 4G,以及大众的 FSI2.0 发动机缸内喷射系统,目前已经做得比较完善和成熟了,只是应用在档次较高的车辆上,有待于大众化。

②进气歧管喷射。进气歧管喷射又称为缸外喷射(见图 3-10b),该喷射方式是通过安装在进气歧管内或进气门附近的喷油器,将燃油喷射后与空气混合形成可燃混合气后再进入汽缸。与缸内喷射比较,喷油器不受缸内的高温、高压的直接影响,喷油压力不高(0.2~0.5 MPa),结构简单,成本较低,是目前发动机上采用较多的喷射方式。

③节气门体喷射。在节气门体上安装一个或者两个喷油器(见图 3-10c),在发动机整个工作过程中,间歇或连续地向节气门体处喷射燃油,在进气的作用下,将雾化混合的燃油蒸气带入到汽缸中,由于采用的喷油器少,易于实现计算机控制,单点燃油喷射系统结构简单、成本低、故障率低、工作可靠且维修方便,但存在各缸燃料分配不均和供油滞后等缺点,其在 20 世纪 90 年代的小排量普通轿车上曾得到广泛应用,在目前仍有不少发动机采用此种

技术。

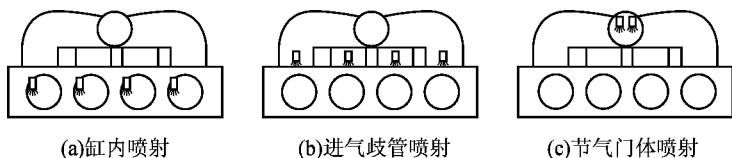


图 3-10 缸内喷射进气歧管喷射与节气门体喷射

(2)按喷油器的数目分为单点喷射和多点喷射。

①单点喷射。单点燃油喷射(SPI)系统是在进气管的节气门体上或稳压箱内安装一个或两个喷油器的燃油喷射方式,如图 3-10(c)和图 3-11(a)所示。

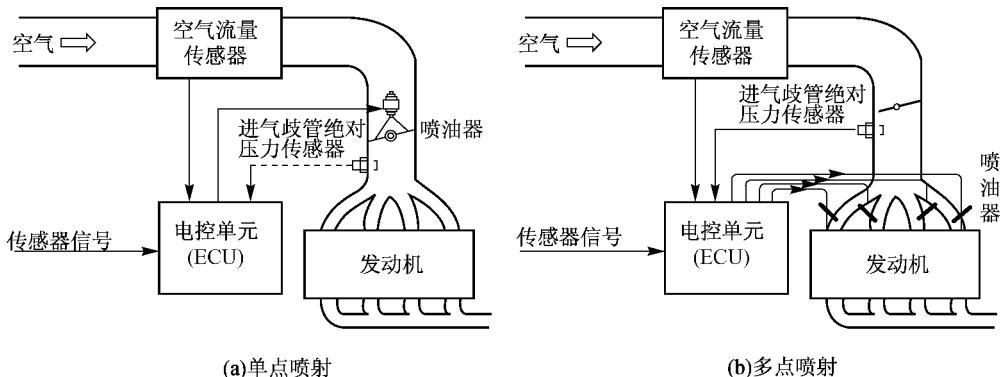


图 3-11 单点喷射与多点喷射

②多点喷射。多点燃油喷射(MPI)系统是在发动机每一个汽缸进气门前的进气歧管或汽缸内均安装一只喷油器的燃油喷射方式。如图 3-10(a)、(b)和图 3-11(b)所示。喷油器适时将燃油喷在节气门附近的进气歧管或汽缸内,空气和燃油在进气门附近形成混合气。这种喷射系统能较好地保证各缸混合气的均匀性,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。由于性能优良,除高级轿车之外,已经有越来越多的普通轿车采用多点燃油喷射系统。

(3)按进气量的检测方式分为速度密度控制型(D型)和质量流量控制型(L型)。

①速度密度控制型(D型)。速度密度控制型不是直接检测吸入发动机的空气量,而是通过检测进气歧管压力(真空度)和发动机转速,推算出吸入的空气量。D型燃油喷射系统是德国 Bosch 公司于 1967 年研制成功的,是最早应用在汽车上的电子控制燃油喷射系统。这种控制方式因受进气管内空气压力波动的影响,进气量的测量精度不高,但是其进气阻力小,充气效率高。

②质量流量控制型(L型)。质量流量控制型是由空气流量传感器直接测量进入进气歧管的空气量,其检测精度高于 D 型,故可更精确地控制空燃比。空气流量传感器类型多样,有叶片式(或称翼片式)、卡门涡旋式、热线式、热膜式。其中,叶片式、卡门涡旋式空气流量传感器测量空气的体积量,称为体积流量型。热线式、热膜式空气流量传感器是对 L 型的改进,由电子元件对空气的质量进行检测,是质量流量型,进气阻力小、精度高。

(4)按喷射时序分类,可分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射。

①同时喷射。同时喷射是指发动机在运转期间,各缸喷油器同时开启且同时关闭,由

ECU 的同一个喷油指令控制所有的喷油器同时工作,如图 3-12(a)所示。

②分组喷射。分组喷射是将偶数缸的喷油器分成两组交替喷射,ECU 发出两路喷油指令,每路指令控制一组喷油器,如图 3-12(b)所示。

③顺序喷射。顺序喷射是指喷油器按发动机各缸进气行程的顺序轮流喷射,也就是每次只有一个汽缸喷油,ECU 根据曲轴位置传感器提供的信号辨识各缸的进气行程,适时发出各缸的喷油脉冲信号(喷射正时信号),以实现顺序喷射的功能,如图 3-12(c)所示。

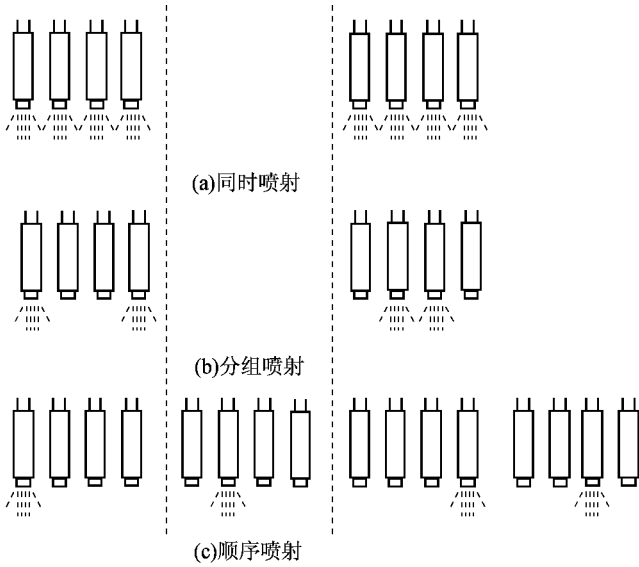


图 3-12 三种不同形式的喷射方式

相对而言,由于顺序喷射方式可在最佳喷油时间定时向各缸喷射所需的喷油量,故有利于改善发动机的燃油经济性。但要求系统能对等待喷油的汽缸进行识别,同时要求喷油器驱动回路与汽缸数目相同,故电路较为复杂。

三种喷射方式的控制如图 3-13 所示。

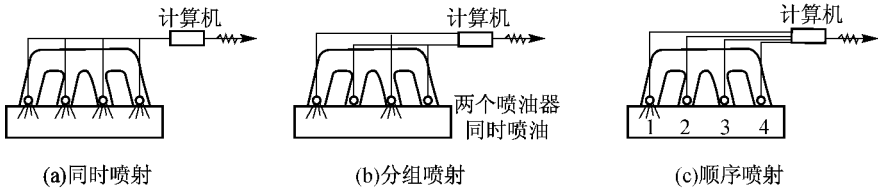


图 3-13 三种不同喷射形式的控制

3.1.3 现代燃油供给系统的组成

燃油供给系统的功用是向发动机及时供应各种工况下燃烧所需要的燃油。现代燃油供给系统主要由燃油箱、电动燃油泵、燃油滤清器、回油管、燃油压力调节器、油压脉动阻尼器(有的汽车没有)、喷油器、输油管、冷起动喷油器(有的汽车没有)等组成,其结构如图 3-14 所示。燃油供给系统在整车上的布置情况如图 3-15 所示。

汽油被燃油泵从燃油箱中泵出,由燃油滤清器滤去杂质,经油压脉动阻尼器送至燃油压力

调节器。在燃油压力调节器的作用下,使油压与进气歧管内气压的差值保持恒定(燃油压力比进气管压力高出约 250~300 kPa,剩余的燃油通过回流管回到燃油箱),然后由输油管配送给各个喷油器和冷起动喷油器。喷油器根据 ECU 的指令,控制喷油器的喷油开始时刻和喷油持续时间,使喷油器适时地喷射出所需的燃油量。为了消除燃油泵泵油时或喷油器喷油时引起管路中的油压产生的微小波动,有些发动机的燃油供给系统中还装有油压脉动阻尼器,用于吸收管路中油压波动时的能量,以此拟制管路中油压的脉动,提高系统的喷油精度。由于当前燃油泵技术的改进,泵油的波动很小,已经不会影响喷油器喷油量的精确程度,因此,现在的汽车大多已经没有了油压脉动阻尼器。为了改善发动机的冷起动性能,有的发动机在进气总管处安装一个冷起动喷油器,冷起动喷油器的喷油时间由热敏定时开关或者 ECU 控制。

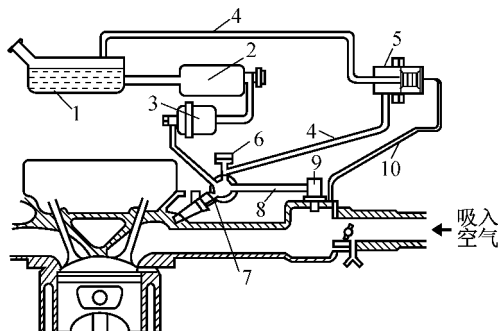


图 3-14 燃油供给系统

- 1—燃油箱；2—电动燃油泵；3—燃油滤清器；4—回油管；5—燃油压力调节器；
6—油压脉动阻尼器；7—喷油器；8—输油管；9—冷起动喷油器；10—真空管

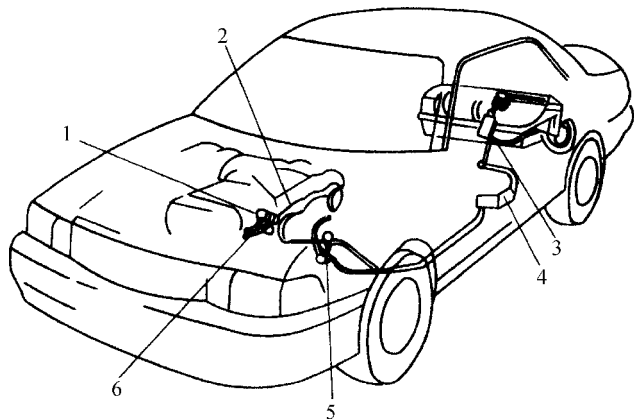


图 3-15 燃油控制系统在整车上的布置

- 1—燃油压力调节器；2—输油管；3—电动燃油泵；4—燃油滤清器；5—燃油脉动阻尼器；6—喷油器

3.2 喷油正时的控制

和点火正时类似,喷油正时就是指某缸喷油器开始喷油时,此缸活塞所处的位置与距上止点间的距离所对应的曲轴转角。因此,喷油正时控制主要应用于间歇喷射,特别是顺序喷射。对于进气歧管喷射的发动机,希望在进气冲程中完成喷油。对于采用多点间歇喷射方

式的发动机来说,按照喷油时刻与距上止点曲轴转角的关系可分为同步喷射和异步喷射。

同步喷射指喷射与发动机曲轴转动同步,在固定的活塞冲程和距上止点曲轴转角位置时喷射。异步喷射与距上止点曲轴转角位置无关,主要决定于发动机工况。如急加速时,当 ECU 检测到节气门开启速度达到设定值时,就会在同步喷射的同时增加临时性喷射,以达到发动机性能最佳的目的。

采用同步喷射方式的发动机,又可分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射。它们对喷油正时的要求也各不相同。

1. 同时喷射正时控制

采用同时喷射方式的发动机,喷油器控制电路和控制程序都比较简单,其控制电路如图 3-16 所示。所有的喷油器电磁线圈并联于 ECU 输出电路的功率晶体管上。发动机控制单元(ECU)根据曲轴(凸轮轴)位置传感器产生的基准信号,发出脉冲控制信号,控制功率晶体管的导通和截止,同时接通和切断所有喷油器电磁线圈电路。通常每个工作循环,各缸喷油器同时喷射两次,其喷油正时如图 3-17 所示。

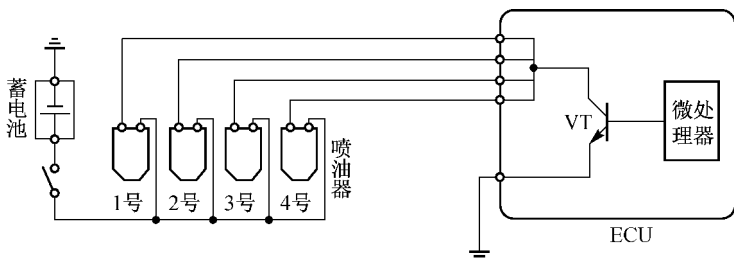


图 3-16 同时喷射控制电路

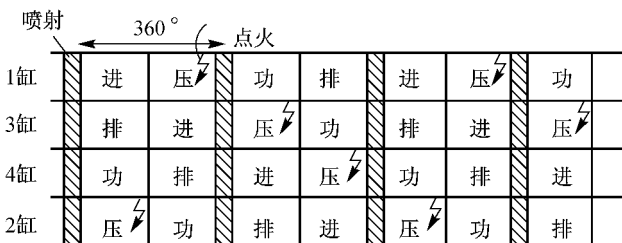


图 3-17 同时喷射正时

早期生产的燃油喷射发动机大多采用同时喷射方式。由于喷射时间对各缸来说有长有短,造成各缸的混合气形成不均匀。但这种喷射方式不需要汽缸判别信号,其喷射控制的硬件与软件都较简单且通用性好,因此在经济型汽车上使用较多,如国产富康 1.6A 系列。

2. 分组喷射正时控制

分组喷射一般是把所有汽缸的喷油器分成 2~4 组,发动机控制单元(ECU)控制各组喷油器顺序喷射。四缸发动机一般将喷油器分为两组,其控制电路如图 3-18 所示,每一工作循环中,各喷油器均喷射一次或两次。如图 3-19 所示为分组喷射的正时,夏利 2000 型汽车使用这种喷射方式。

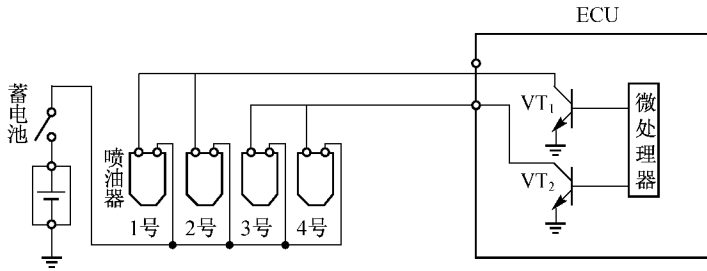


图 3-18 分组喷射控制电路

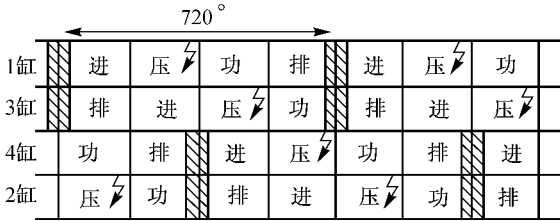


图 3-19 分组喷射正时

相对同时喷射方式,使用分组喷射方式的发动机在性能方面有所提高,主要体现在有更多的汽缸在合适的时刻喷射燃油,改善了混合气的均匀性。

3. 顺序喷射正时控制

顺序喷射是指在每个工作循环(曲轴每转两圈),各缸的喷油器按照发动机的点火顺序,依次在最合适的曲轴转角位置进行喷射。这种喷射系统应用广泛,如切诺基、桑塔纳、帕萨特、捷达等轿车都用这种喷射系统。顺序喷射系统的控制电路如图 3-20 所示。各缸喷油器分别由发动机控制单元(ECU)的一个功率晶体管控制。其功率放大器回路的数量与喷油器的数目相等。

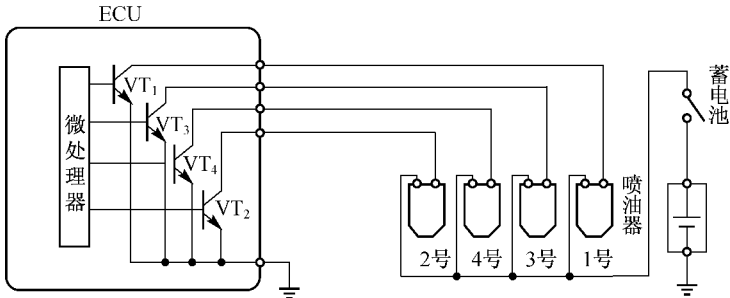


图 3-20 顺序喷射控制电路

采用顺序喷射方式的发动机控制单元,需要知道何时接通何缸的喷油器电路,其控制方式和点火顺序相同。曲轴(凸轮轴)位置传感器信号同时为点火和喷油提供判缸信号和曲轴转角信号,此时,喷油正时也可以称为喷油提前角。如图 3-21 所示为顺序喷射正时。

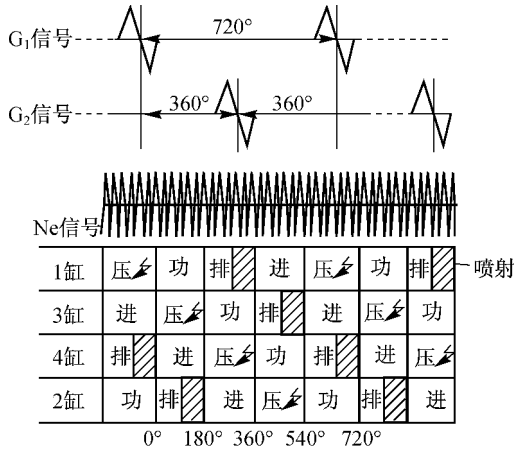


图 3-21 顺序喷射正时

3.3 喷油量的控制

当前发动机上使用的是电磁式喷油器,其喷油量大小取决于电磁阀打开时间的长短,电磁阀打开的时间取决于 ECU 提供的喷油脉冲信号宽度,常被简称为喷油脉宽,一般单位是毫秒(ms)。喷油量的控制也就是喷油脉宽的控制,控制目的是使发动机可燃混合气的空燃比符合所处工况的要求,使发动机具有良好的经济性、动力性和排放性。

喷油量的控制实际上是由 ECU 根据发动机运转的工况、影响因素以及输出控制信号控制的。ECU 通过进气歧管绝对压力传感器信号(D 型)或空气流量传感器信号(L 型)计量进气量,并根据计算出的进气量与目标空燃比进行比较,即可确定每次燃烧必需的燃油质量,再参考其他相关传感器的信息进行修正。喷油量的控制大致可分为起动机况下的喷油量控制、起动后喷油量控制、断油控制、加速控制、减速控制、怠速控制和空燃比反馈控制等。这里主要介绍起动控制、起动后喷油量控制和断油控制。

1. 起动机况下的喷油量控制

发动机起动时,由于发动机转速很低且波动很大,无论 D 型系统中的进气歧管绝对压力传感器还是 L 型系统中的空气流量传感器,都不能精确地给出信号,确定进气量,进而影响到 ECU 对喷油脉宽的确定。因此,在发动机冷起动时,ECU 不是以空气流量传感器信号或进气压力信号来计算喷油量的,而是按照 ECU 当中预先编制的起动程序和预设的空燃比控制喷油。具体地说,在发动机起动时,ECU 根据当时的发动机冷却液温度,由 ECU 中的冷却液温度—喷油时间图找出相应的冷却液温度—喷油脉宽图(见图 3-22),然后再用进气温度和蓄电池电压等参数进行修正,得到起动时的喷油脉宽,从而控制喷油器的工作(见图 3-23)。

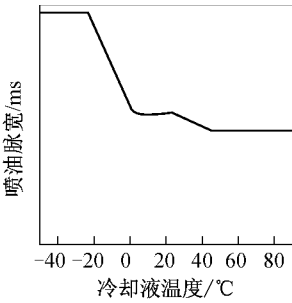


图 3-22 冷却液温度与喷油脉宽关系

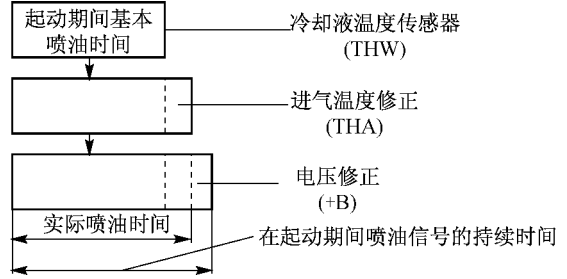


图 3-23 喷油脉宽的确定

点火开关接通起动挡位的同时, ECU 的 STA 端便接收到一个高电压信号, 与此同时, ECU 根据曲轴位置传感器、节气门位置传感器传来的信号判断发动机是否已经处于起动状态。如果曲轴位置传感器信号传来后, ECU 判断出发动机转速小于 300 r/min , 并且节气门位置传感器信号表明节气门处于关闭状态, 则判定发动机处于起动状态, 并控制运行起动程序。由冷却液温度传感器信号 ECU 查出冷却液温度—喷油脉宽图的基本喷油脉宽; 根据进气温度传感器的信号对喷油脉宽作增长或减短的修正; 根据蓄电池电压的高低对喷油脉宽信号进行修正, 以实现喷油量的电压修正。

喷油器存在着无效喷射时间, 也就是喷油器的实际打开时刻要晚于 ECU 控制其打开的时间, 即存在一段滞后, 故喷油器打开的实际时间较 ECU 计算出的需要打开的时间短, 此时间差称为无效喷射时间。蓄电池电压越低, 此滞后时间越长。因此, ECU 根据蓄电池电压的下降会自动延长喷油脉宽信号, 修正喷油量, 使实际喷油时间更接近于 ECU 计算值。喷油脉宽的确定见图 3-23。

冷却液温度传感器 (THW) 给 ECU 提供发动机冷却液温度信号, 作为燃油喷射和点火正时控制的修正信号。冷却液温度传感器信号也是其他控制系统 (如 EGR 等) 的控制信号。

冷却液温度传感器一般安装在汽缸体上或水套出口处。冷却液温度传感器的结构和电路如图 3-24 和图 3-25 所示。同一发动机的冷却液温度传感器与进气温度传感器特性一般完全相同。

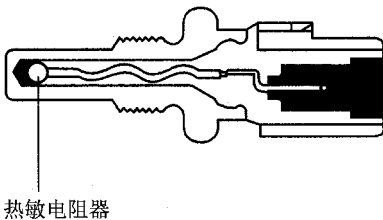


图 3-24 冷却液温度传感器的结构图

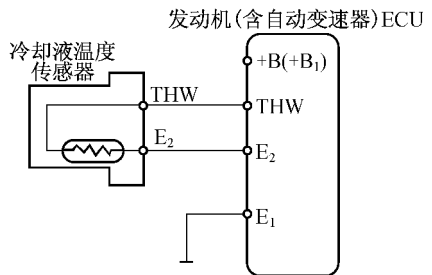


图 3-25 冷却液温度传感器电路图

冷却液温度传感器的内部也是一个负温度电阻系数的半导体热敏电阻, 其结构原理与进气温度传感器基本相同, 如图 3-26 所示为桑塔纳 2000GLi AFE 发动机冷却液温度传感器 (G62) 与 ECU 的连接电路。

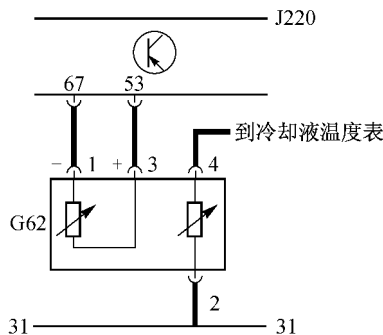


图 3-26 桑塔纳 2000GLi AFE 发动机冷却液温度传感器与 ECU 的连接电路

冷却液温度传感器对喷油量有很大影响,当混合气过浓或过稀时,应进行拆检。冷却液温度传感器的检测方法和要求也与进气温度传感器基本相同,其检测方法如下:

①电阻的检测。使用万用表检查传感器和 E_2 之间的电阻,其值应该符合维修手册上的标准值,如不符合则更换传感器。

②线束的检查。拔下传感器侧的电插,就维修手册上的说明,测量 ECU 到传感器之间的线束电阻是否小于 1.5Ω ,如果不符,则检查相应的线路或更换线束。

③传感器波形的检测。在检测冷却液温度传感器波形时,在示波器的时间轴上每格应为 60 s (时间要长些)。冷却液温度传感器电阻标准值参见表 3-1,波形如图 3-27 所示。如果波形与标准不符,则应该更换冷却液温度传感器。

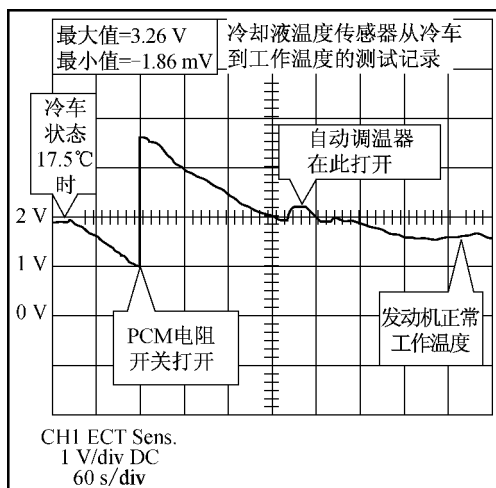


图 3-27 冷却液温度传感器波形图

表 3-1 桑塔纳 2000GLi AFE 发动机冷却液温度传感器的电阻标准值

温 度/ $^{\circ}\text{C}$	电 阻 值/ Ω	温 度/ $^{\circ}\text{C}$	电 阻 值/ Ω
0	5 000~6 500	60	530~650
20	2 200~2 700	80	280~350
40	1 000~1 400	100	170~200

发动机上冷却液温度传感器的常见故障有内部线路接触不良或断线、热敏元件性能变差,一般的表现是冷却液温度传感器无信号或信号不准确,此时,发动机在低温下起动将出现异常或在起动后没有快怠速。

2. 起动后喷油量的控制

发动机转速超过预定值时,ECU 确定的喷油脉宽信号满足下式:

$$\text{喷油脉宽} = \text{基本喷油脉宽} \times \text{喷油修正系数} + \text{电压修正值}$$

式中,喷油修正系数是各种传感器将信号反馈给 ECU 之后,ECU 做出的修正系数总和。

(1)基本喷油脉宽的确定。基本喷油脉宽是在空气温度为 20 ℃、压力为 101 kPa 的标准大气状态下,根据发动机每个工作循环的进气量、发动机转速和设定的空燃比(即目标空燃比,一般是理论空燃比为 14.7 : 1)确定的。

D 型电控燃油喷射系统的基本喷油脉宽由发动机转速信号和进气管内压力信号确定。根据进气管内压力信号确定喷油脉宽,这种脉宽的确定是以进气量与进气管压力成正比为前提设定的。而在实际工作中,进气脉动使充气效率发生变化,进行再循环的排气量的波动也影响进气量的多少。因此,ECU 还须根据发动机转速信号(N_e)对喷油脉宽作以修正。

L 型电控燃油喷射系统的基本喷油脉宽是由发动机转速信号和进气量信号来确定的。此基本喷油脉宽是实现理论空燃比的喷油时间。

由此可见,确定喷油量的两个主要因素是进气量传感器(空气流量传感器或进气歧管绝对压力传感器)和发动机转速传感器(曲轴位置传感器),其中特别是进气量传感器,其精度高将直接影响喷油时间的精确计算,从而影响发动机的动力性、经济性和排放性。

(2)起动后各工况下喷油量的修正。

①起动后加浓。发动机起动后的初期,由于温度较低引起混合气雾化不良,当点火开关由起动位置(STA)转到行车位置(ON)时,或发动机转速已达到或超过预定值时,ECU 开始额外增加喷油量,保持发动机稳定运行。喷油量的初始修正值是根据冷却液温度确定的,随后温度的升高就按某一固定速度下降,逐步达到正常,进入到怠速工况。

②暖机加浓。冷机时燃油蒸发性差,为使发动机由冷机起动迅速进入最佳工作状态,汽缸内必须供给浓混合气。在冷却液温度低时,ECU 根据冷却液温度传感器信号对喷油脉宽进行修正,增加喷油量,此时,发动机的转速也会提高,一般来讲,当发动机的冷却液温度在 -40 ℃时,喷油器的供油量约为基本喷射量的 2 倍。当发动机的温度达到预设的温度(60 ℃)时,ECU 停止对喷油量的增加,发动机的暖机过程也就宣告结束。

③进气温度修正。进入汽缸内气体的密度随发动机的进气温度的变化而变化,当发动机的温度升高后,进气密度会相应下降,ECU 根据进气温度传感器提供的信号,修正喷油持续时间,从而调整汽缸内可燃混合气的空燃比,使之满足需求。发动机一般以 20 ℃为进气温度信息的标准温度,进气温度低,空气密度增大,低于 20 ℃时,ECU 增加喷油量,使混合气不致过稀;进气温度高,空气密度减小,高于 20 ℃时,ECU 使喷油量减少,以防混合气过浓。增加或减少的最大修正量约为 10%,修正范围约在进气温度 -20~60 ℃之间。

④大负荷、满负荷加浓。发动机在大负荷或满负荷工况下运转时,为了保证发动机能够输出大的转矩,改善汽车的加速性能,要求使用浓混合气以便获得大功率。ECU 此时会根据发动机负荷增加相应的喷油量。

ECU 获得发动机负荷状况的信号可以根据节气门开度的大小或进气量的多少来确定。ECU 根据进气歧管绝对压力传感器或空气流量传感器、节气门位置传感器输送来的信号判

断发动机负荷状况,决定相应增加的喷油量。大负荷时的加浓量约为正常喷油量的10%~30%。有些发动机的大负荷加浓量还与冷却液温度传感器信号有关,冷却液温度越低,喷油增量比例越大,加浓持续时间越长。

⑤过渡工况喷油量控制。发动机在过渡工况下运行时,为获得良好的动力性、经济性和排放性,ECU也需要适量调整喷油脉宽,进行喷油量控制。ECU判定相应工况的信号主要有:D型进气管绝对压力(PIM或MAP)或L型进气量(VS)、发动机转速(Ne)、车速(SPD)、节气门位置(THP)、空挡起动开关(NSW)和冷却液温度(THW)等。

⑥D型系统中怠速稳定性修正喷油量。在D型燃油喷射系统中,决定基本喷油脉宽的信号是进气管压力,在过渡工况时,进气管压力信号会相对滞后于发动机转速,从而造成发动机转速上升时,输出转矩不足。为了提高发动机怠速运转时的稳定性,ECU根据进气管压力信号(PIM)和发动机转速信号(Ne)对喷油量作修正。具体操作是随着进气管内压力的增大或发动机转速的降低,增加喷油量;反之,则减少喷油量。

3. 断油控制

断油控制是某些电子控制单元ECU特有的功能,是指在某些特定的工况下,暂时中断燃油供给,控制发动机的运行,满足汽车行驶或发动机运行时的特殊需要。

(1)发动机超速断油。电控发动机的转速都有一个额定值,一般为6 000~8 000 r/min。当发动机转速超过额定转速时,ECU通过发动机转速传感器获得信号后,控制喷油器停止喷油,从而使发动机的转速下降到额定值以下,避免发动机因超速运行而损坏。当发动机转速下降至低于额定转速某一范围以下,如80 r/min时,ECU重新控制喷油器恢复喷油,以避免发动机功率进一步下降。

(2)发动机减速断油。当发动机在高速下运行而出现急减速时,也就是节气门迅速完全关闭时,理论上是进入汽缸内的空气不足,而喷油器仍在喷油,为避免混合气过浓以及燃料经济性、排放性能变差,ECU通过检测出节气门关闭的速率而发出信号,使喷油器停止喷油。当发动机转速降到预先设定转速之下或节气门重新打开时,ECU控制喷油器重新开始工作。此功能在冷却液温度低或空调工作需要增加输出功率时,断油和重新恢复喷油的转速会适当提高。

(3)汽车超速行驶断油。某些汽车在汽车运行速度超过限定值时,ECU获得车速信号后,控制喷油器停止喷油。当车速减缓到预先设定的数值时,再重新供油。这样可以控制汽车的最高车速,保证行车的安全性。

3.4 电动燃油泵

3.4.1 电动燃油泵的类型与工作原理

1. 电动燃油泵的类型

电动燃油泵是一种由小型直流电动机驱动的泵体,其作用是给电控燃油喷射系统提供具有一定压力的燃油。现代有些汽车上的电动燃油泵上还附属有调压机构,能够起到维持喷射系统内的压力保持在一个规定范围内的作用。

电动燃油泵按安装位置不同,可分为油箱内置式和油箱外置式两种。

油箱内置式电动燃油泵安装在油箱中,具有噪声小、不易产生气阻、不易泄漏、安装管路较简单等优点,应用较为广泛。有些车型在油箱内还装有一个小油箱,并将燃油泵置于小油箱中,这样可有效地防止油箱油量不足时,因汽车转弯或倾斜等引起燃油泵周围燃油的移动,造成燃油泵吸入空气而产生气阻的现象。

油箱外置式电动燃油泵串接在油箱外部的供油管路中,优点是容易布置,安装自由度大,维修方便,但噪声大,燃油供给系统易产生气阻,只有少数车型仍在使用。

电动燃油泵按其结构不同,可分为涡轮式、滚柱式、转子式和叶片式,其中,油箱内置式电动燃油泵多采用涡轮式,油箱外置式电动燃油泵则多数为滚柱式。

2. 电动燃油泵的构造与工作原理

(1) 涡轮式电动燃油泵。如图 3-28 所示,涡轮式电动燃油泵主要由电动机转子、叶轮、出油阀、卸压阀、泵壳体等组成。

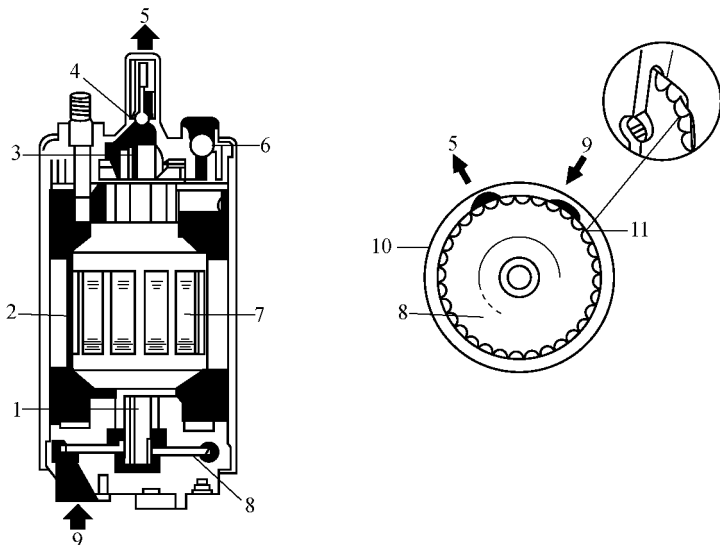


图 3-28 涡轮式电动燃油泵

- 1—前轴承; 2、7—电动机转子; 3—后轴承; 4—出油阀; 5—出油口;
6—卸压阀; 8—叶轮; 9—进油口; 10—泵壳体; 11—叶片

涡轮式电动燃油泵工作过程是:油箱内的燃油首先经过滤网初步过滤后进入到燃油泵内的进油室,燃油经过涡轮泵主体,涡轮泵主要由叶轮、叶片、泵壳体和泵盖组成,叶轮安装在燃油泵电动机的转子轴上。当油泵电动机通电时,燃油泵电动机驱动涡轮泵叶轮旋转,由于离心力的作用,使叶轮周围叶片贴紧泵壳,形成运送燃油的空间,将燃油从进油室输送到出油室。由于燃油的不断流动,在进油室一侧形成了一定的真空度,将油箱内的燃油吸进;而在出油室一侧燃油不断增多,油压升高,当油压高过预定值时,则顶开出油阀,进入燃油的输送管路,直到喷油器处。出油阀是单向阀,可以在燃油泵不工作时,阻止燃油回流到油箱。这样可保持油路中有一定的残余压力,满足发动机在下次起动时,管路中的油压快速形成,从而方便起动。

电动燃油泵在工作过程中,燃油流经泵体的内腔,对燃油泵内部的电动机起到了一定的

冷却和润滑作用。

卸压阀安装在进、出油室之间,当燃油泵输出油压达到预设压力时,卸压阀便开启,使进、出油室相通,燃油在燃油泵内部循环,有效防止了由于输油压力过高而损坏相关部件的现象。

涡轮式电动燃油泵具有泵油量大、噪声小、供油压力稳定、供油压力可达 600 kPa 以上、使用寿命长等优点,所以应用最为广泛。使用此种泵的发动机喷射系统中,往往不会装有油压脉动阻尼器。

(2)滚柱式电动燃油泵。如图 3-29 所示,滚柱式电动燃油泵主要由电动机、滚柱泵、出油阀、卸压阀等组成。滚柱式电动燃油泵的输油压力波动较大,在出油口处必须安装油压脉动阻尼器,这使燃油泵的体积增大,所以滚柱式电动燃油泵一般都安装在油箱外面,即为油箱外置式。

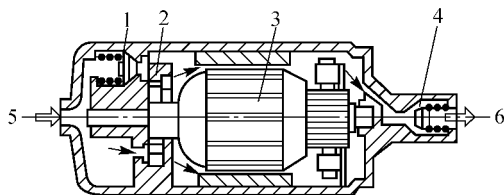


图 3-29 滚柱式电动燃油泵

1—卸压阀；2—滚柱泵；3—电动机；4—出油阀；5—进油口；6—出油口

在出油口处安装的阻尼减振器主要由膜片和弹簧组成,它可吸收燃油压力波动的能量,削减压力波动,以便提高喷油器喷油时的控制精度。

滚柱泵的工作过程如图 3-30 所示。装有滚柱的转子呈偏心状,置于泵壳体内,由直流电动机驱动,当转子旋转时,位于转子槽内的滚柱在离心力的作用下,紧紧贴压在泵体内表面上,在相邻两个滚柱之间形成了密闭的工作腔。

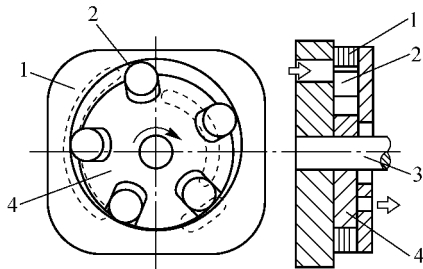


图 3-30 滚柱式电动燃油泵工作原理

1—泵壳体；2—滚柱；3—转子轴；4—转子

在燃油泵运转过程中,工作腔转过出油口后,由于泵的偏心安置,密闭的空间容积不断增大,形成了真空度,当转到与进油口连通时,将燃油吸入并充满整个工作腔,转过进油口后,燃油被密闭在工作腔内,随着泵的不断旋转,在其容积不断减小的同时,腔内的燃油压力也不断提高,受压燃油流过电动机,从出油口输出。其出油阀和卸压阀的作用与涡轮式电动燃油泵相同。

(3) 齿轮式电动燃油泵。齿轮式电动燃油泵的结构如图 3-31 所示,其主要结构是齿轮泵。齿轮泵的工作原理与滚柱泵相似。它由带外齿的主动齿轮、带内齿的从动齿轮和泵体组成,如图 3-31a 所示。主动齿轮带动从动齿轮一起旋转,在啮合过程中,由内外齿和泵体所围合的腔室容积大小将发生变化,合理选择进出口的位置,就可以利用这种容积的变化将燃油以一定的压力泵出。如图 3-31b 所示为进口奥迪 A6 轿车的齿轮泵剖视图。

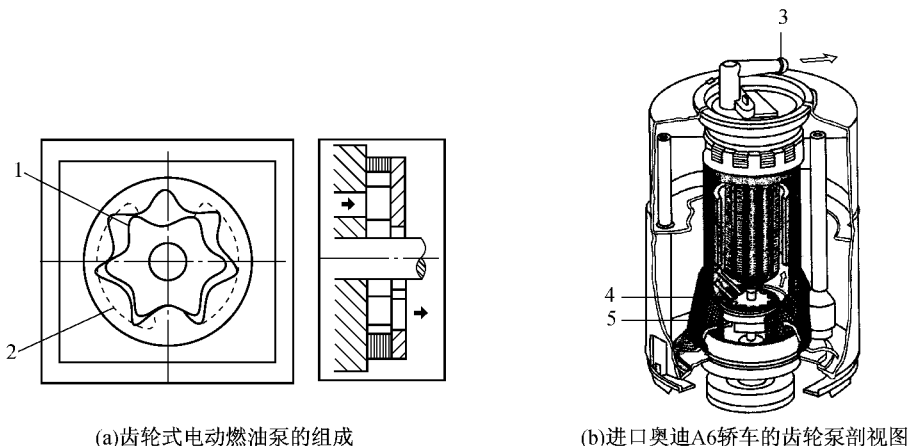


图 3-31 齿轮式电动燃油泵

1—主动齿轮; 2—从动齿轮; 3—出油口; 4—齿轮泵; 5—燃油泵滤网

齿轮泵与滚柱泵相比较,在相同的外形尺寸下,泵油腔室的数目可以做得较多,因此,齿轮泵输出燃油的流量和压力波动比滚柱泵的要小。

3.4.2 电动燃油泵的控制

当前各个汽车厂家的燃油供给系统中的燃油泵控制电路各不相同,但主要控制类型可以分为以下三种。

1. ECU 控制的燃油泵控制电路

此电路主要应用在 D 型 EFI 和装用热线式或卡门涡旋式空气流量传感器的 L 型 EFI 中。

如图 3-32 所示是丰田 3.0 轿车的燃油泵控制电路,电流经过路线依次是:经由 FL 主易熔线(MAIN)、EFI 20A 熔丝、EFI 主继电器到达 ECU 的 +B 端子,通过 ECU 控制 FP 端子向燃油泵电动机供电。燃油泵控制 ECU 根据发动机 ECU 端子 FPC 和 DI 的信号,控制 +B 端子与 FP 端子的连通回路,以改变输送给燃油泵电压,从而实现对燃油泵转速的控制。当发动机高速、大负荷工作时,发动机 ECU 的 FPC 端子向燃油泵控制 ECU 发出指令,使 FP 端子向燃油泵提供 12 V 的蓄电池电压,燃油泵以高速运转。当发动机低速、小负荷工作时,发动机 ECU 的 DI 端子向燃油泵控制 ECU 发出指令,使 FP 端子向燃油泵提供较低的 9 V 左右电压,燃油泵以低速运转。通过以上方式达到 ECU 对电动燃油泵的工作与转速控制。

ECU 的电源端子 +B 和燃油泵控制端子 FP,分别有导线与诊断座上的相应端子相连,以便于在燃油泵处出现故障时进行检查。

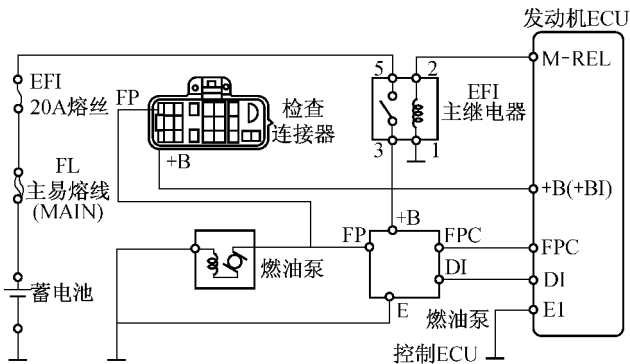


图 3-32 ECU 控制的燃油泵控制电路

2. 燃油泵开关控制的燃油泵控制电路

此种控制电路用于装有叶片式空气流量传感器的 L 型 EFI 系统,如图 3-33 所示为丰田雷克萨斯 ES300 轿车燃油泵控制电路。

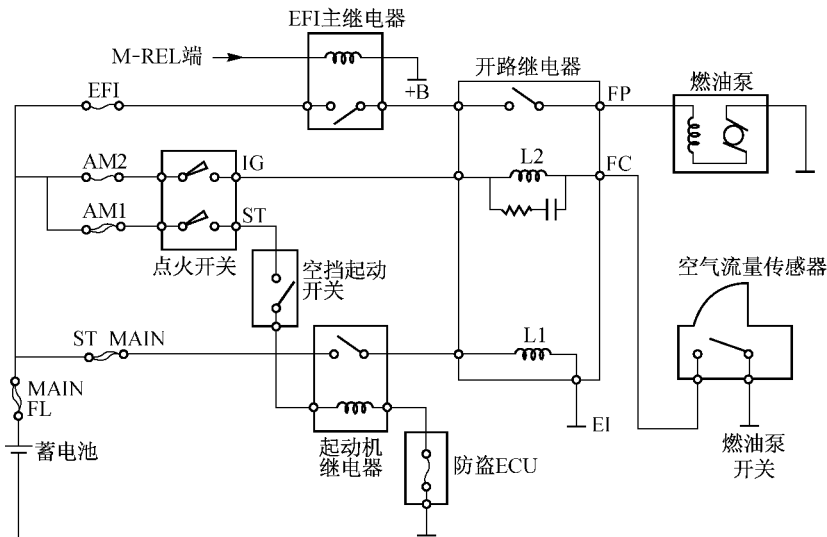


图 3-33 丰田雷克萨斯 ES300 轿车燃油泵控制电路

发动机起动时,点火开关 ST 端子与电源接通,起动机继电器线圈通电使其触点闭合,蓄电池经起动机继电器向开路继电器中的线圈 L1 供电,使其触点闭合,从而通过主继电器、开路继电器向燃油泵供电,燃油泵工作。发动机起动后正常运转时,点火开关处于点火位置。点火开关 IG 端子与电源接通,同时空气流量计内的测量板转动使燃油泵开关闭合,开路继电器内的线圈 L2 通电,仍可保持开路继电器触点闭合,燃油泵继续工作。发动机运转中,燃油泵始终保持工作状态;但发动机停转时,空气流量计内的燃油泵开关便断开,开路继电器内的 L1 和 L2 线圈均不通电,其开关断开燃油泵电路,燃油泵停止工作。

开路继电器中的 RC 电路,可使发动机熄火时延长电动燃油泵工作 2~3 s,以便保持燃油系统内有一定的残余压力。

3. 燃油泵继电器控制的燃油泵控制电路

此种控制电路可根据发动机转速和负荷的变化通过燃油泵继电器改变燃油泵供电线路,从而控制燃油泵工作转速。如图 3-34 所示为丰田雷克萨斯 LS400 轿车燃油泵控制电路。

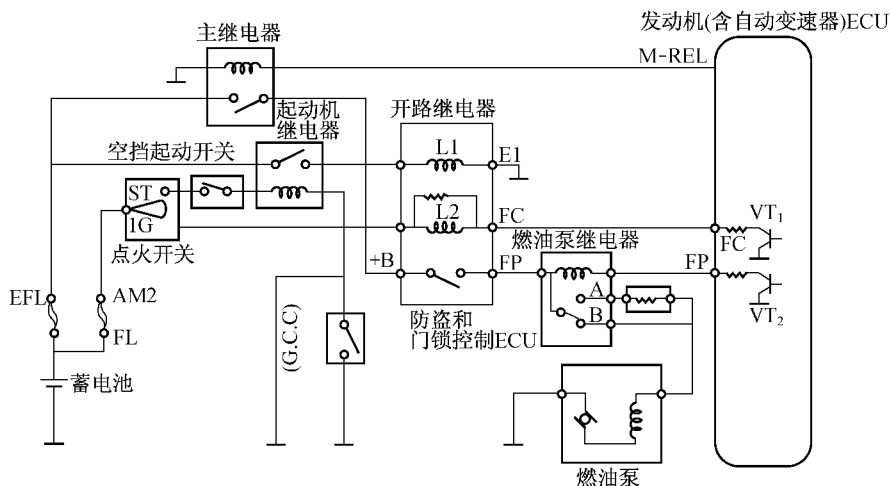


图 3-34 丰田雷克萨斯 LS400 轿车燃油泵控制电路

与雷克萨斯 ES300 基本相同,点火开关接通后即通过主继电器将开路继电器的 +B 端子与电源接通,起动时开路继电器中的 L1 线圈通电,发动机正常运转时,ECU 中的晶体管 VT_1 导通,开路继电器中的 L2 线圈通电,使开路继电器触点闭合,油泵继电器 FP 端子与电源接通,燃油泵工作。发动机熄火后,ECU 中的晶体管 VT_1 截止,开路继电器内的 L1 和 L2 线圈均不通电,其开关断开燃油泵电路,燃油泵停止工作。

发动机 ECU 控制燃油泵继电器。发动机低速、中小负荷工作时,ECU 中的晶体管 VT_2 导通、燃油泵继电器线圈通电,使触点 A 闭合,由于将电阻串联到燃油泵电路中,所以燃油泵两端电压低于蓄电池电压,燃油泵低速运转。发动机高速、大负荷工作时,ECU 中的晶体管截止,燃油泵继电器触点 B 闭合,直接给燃油泵输送蓄电池电压,燃油泵高速运转。

3.4.3 电动燃油泵的检测

1. 燃油泵的就车检查

(1)用专用导线将诊断座上的燃油泵测试端子跨接到 12 V 电源上,如在丰田车系诊断座连接器上,将 +B 与 FP 端子用导线连接,就是直接用蓄电池向燃油泵供电。

(2)将点火开关转至“ON”位置,但不要起动发动机。

(3)旋开油箱盖应能听到燃油泵工作的声音,或用手捏进油管应感觉有压力。

(4)若听不到燃油泵工作声音或进油管无压力,应检修或更换燃油泵。

(5)若有燃油泵不工作故障,但按上述方法(1)和(2)检查时燃油泵工作正常,则使用万用表检查燃油泵电路导线、继电器、易熔线和熔丝有无断路。

电控燃油喷射系统的电动燃油泵,通常在点火开关关闭 10 s 以上再打开时(不起动发动

机),或关闭点火开关使发动机熄火时,都会提前或延长工作 $2\sim 3$ s。若燃油泵及其电路无故障,在此情况下,在油箱处仔细听察,均能听到电动燃油泵工作的声音。

多数轿车的电动燃油泵,可在打开汽车后备箱盖或翻开后座垫后,从油箱上直接拆出。但也有些轿车必须将油箱从车上拆下,才能拆卸燃油泵。拆卸燃油泵时要注意:应释放燃油系统压力,关闭用电设备。

2. 燃油释放压力方法

将汽车的燃油泵继电器或熔丝拔下,起动汽车,直到其自行熄火,反复 $2\sim 3$ 次;或将燃油导轨上的测量接口处向内用适当的工具慢慢顶入,将流出的燃油用抹布接住。

3. 燃油泵单体检测

卸压后拆下燃油泵,单体检测燃油泵,其电动机两端子之间电阻应为 $2\sim 3\ \Omega$ 。用蓄电池直接给燃油泵通电通电时间不能过长,应能听到油泵电动机高速旋转的声音。同时应检查其供油压力。

3.4.4 燃油泵电路的检测

以图 3-34 为例,进行说明。

1. 继电器的检测

(1)起动机继电器的检测:测量起动机继电器线圈电阻两端,应有大于 $10\ \Omega$ 的电阻,当在其电阻两端加蓄电池电压时,应有触点吸合的声音,同时被吸合两触点间的电阻由 ∞ 变为 0 ,此时的状态为正常。

(2)开路继电器的检测:方法同上,在 L1 与 L2 线圈两端应有线圈电阻,当其中任何一个线圈通蓄电池电压后,在其+B 与 FP 端子有电阻从 ∞ 变为 0 的变化为正常。

(3)燃油泵继电器检测方法同上。

2. 线路通断的检测

当在车体上,向燃油泵供电端提供蓄电池电压时,发动机能够正常工作,不提供时发动机不能运转时,说明油泵控制线路出现了问题。此时,可用试灯(也可用万用表进行线路的电路检测)相继对主继电器、起动机继电器、开路继电器、燃油泵继电器处进行电源正极接柱试电,如发现在某处出现试灯不亮时,就应为此段线圈上出现了问题,再详细进行查找与判别。

3. 防盗系统的检测

当使用上述方法进行检测之后,如果没有发现问题,可短接防盗开关。

3.5 燃油压力调节器

3.5.1 燃油压力调节器的结构与工作原理

燃油压力调节器的主要功用是使燃油供油系统油压与进气歧管中的气压之差保持常数,一般为 $250\sim 300\ \text{kPa}$ 。因为从喷油器喷出的燃油量取决于喷油器的开启时间,即 ECU

提供给电磁喷油器通电信号的时间长度——喷油脉宽,所以,由以上分析可知,发动机所要求的燃油喷射量,是根据 ECU 加给喷油器的通电时间长短来控制的,如果不控制燃油压力,即使加给喷油器的通电时间相同,喷油器喷出燃油量也不会相同。当燃油压力高时,燃油喷射量会增加;当燃油压力低时,燃油喷射量会减少。为了避免这种情况的发生,燃油供油管路中系统油压与进气歧管压力差应保持恒定,故燃油压力调节器所控制的系统油压,应随进气歧管压力的变化而变化。

燃油压力调节器一般安装在供油总管上,如图 3-35 所示。其结构如图 3-36 所示,采用膜片式结构。油压调节器是一个金属壳体,中间通过一个卷边膜片将壳体内腔分成两个小室,一个是弹簧室,内装一个带预紧力的螺旋弹簧,弹簧室由一真空软管连接到进气歧管;另一个室为燃油室,直接通入供油总管。当供油总管的燃油进入燃油室的油压超过预定的数值时,燃油压力就将膜片上顶,克服弹簧压力,使膜片控制的阀门打开,燃油室内的过剩燃油通过回油管流回到燃油箱中,因而使供油总管与进气歧管内的气体压力差值保持在预定范围内。

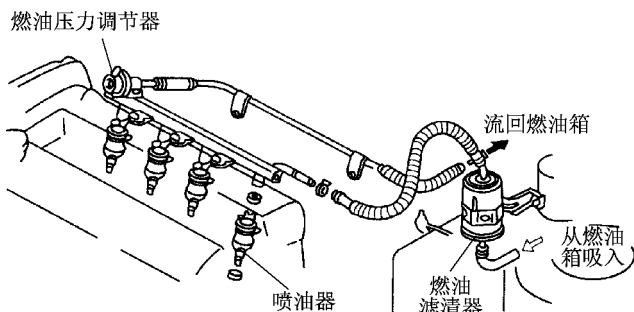


图 3-35 燃油压力调节器安装位置

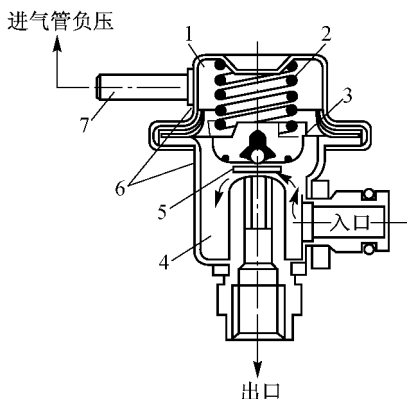


图 3-36 燃油压力调节器结构

1—弹簧室; 2—弹簧; 3—膜片; 4—燃油室; 5—回油阀; 6—壳体; 7—真空管接头

不同车型的燃油压力调节器调压方法不尽相同,其所处位置也不相同。一般弹簧的平衡压力设定为 $250\sim 300\text{ kPa}$,当进气歧管真空度为零时,燃油压力保持在 $250\sim 300\text{ kPa}$ 。当进气歧管真空度变化时,会影响到膜片的上下动作,以调节燃油压力。

有些发动机使用单油路燃油供油系统(无回油管供油系统),如图 3-37 所示。其由燃油滤清器、燃油压力调节器、燃油泵等组成的总成安装在燃油箱内,燃油压力调节器和燃油滤

清器组件装在这个总成的最上部。一条燃油油管将发动机罩下的燃油总管与此总成连接起来。

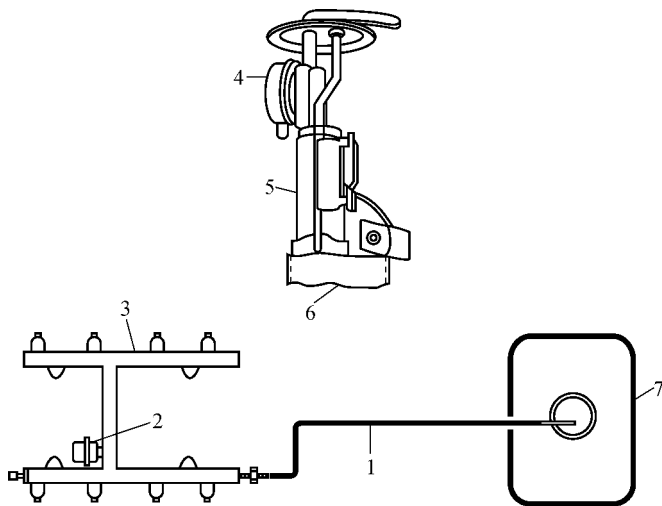


图 3-37 单油路燃油供油系统

- 1—供油管；2—燃油脉冲减振器；3—燃油总管；4—燃油压力调节器
5—电动燃油泵；6—燃油滤清器；7—燃油箱

燃油首先通过燃油压力调节器进入燃油滤清器，燃油压力作用在压力调节器的调压阀上，调压阀在调压弹簧的作用下落座，当燃油压力超过某个值时，调压阀克服调压弹簧的作用力向下移动，燃油便流回油箱，当燃油压力降低时，调压阀落座。在单油路燃油供油系统中，流经燃油滤清器的燃油量仅仅是发动机所需要的燃油量，因此燃油滤清器的体积可以更小一些。此系统管路布置简单，出现故障时，故障点集中，方便查找。

3.5.2 燃油压力调节器的检测

1. 工作情况的检查

检查时用油压表接入油路中，测量出发动机怠速运转时的燃油压力，同时观察，当拆下压力调节器上的真空软管时，油压应升高 50 kPa 左右，同时发动机的转速也应当有所上升，否则应予以更换燃油压力调节器。

2. 保持压力的检查

将燃油压力表接入燃油管路，用一根导线将电动燃油泵的两个检测端子短接（丰田的 +B 与 FP）；打开点火开关，让电动燃油泵运转 10~15 s，然后关闭点火开关取下连接导线；再将压力调节器的回油管夹紧，5 min 后观察油压，该油压即为压力调节器保持压力。如果该油压与不夹紧回油管时的油压相比有所上升，表明调节器有泄漏，应更换燃油压力调节器。

桑塔纳 2000GLi AFE 和 2000GSi AJR 发动机油压检测标准值见表 3-2。

表 3-2 桑塔纳 2000GLi AFE 和 2000GSi AJR 发动机油压检测标准值

检测项目	检测条件	AFE 发动机	AJR 发动机
怠速时燃油压力	不拔下油压调节器真空管	250±20 kPa	250±20 kPa
	拔下油压调节器真空管	300±20 kPa	300±20 kPa
保持压力	发动机正常工作熄火后 5 min	不低于 200 kPa	不低于 150 kPa

3. 单体检查

从系统中拆下燃油压力调节器,检查进油管和真空软管,两者之间应不通。如相通,表明有泄漏,燃油压力调节器应予以更换。

3.6 喷油器

喷油器是发动机控制单元(ECU)的重要执行器。喷油器的功用是按照发动机的工作要求按时按量向进气歧管或汽缸内喷射燃油。由于喷油器在发动机上的特殊地位,所以它应满足以下的要求:动态流量范围大、雾化性能好、抗堵塞、抗污染能力强、响应性好等。当前汽车汽油发动机上的喷油器一般都是按电磁原理工作的。

当前各种类型的喷油器在具体结构上有些不同,但大体上都有两个接线端子,喷油器内部电磁线圈的两端分别与这两个接线端子相连。在电磁线圈的中央装有可动阀芯,可动阀芯的下方装有一个阀座,上方装有一个弹簧。通过可动阀芯,阀体被弹簧紧压在阀座上,起密封作用以防止燃油泄漏。在接通点火开关发动机工作时,在喷油器的一个接线端子上就会被加上 12 V 蓄电池电压,喷油器的另一个接线端子与 ECU 相连。当 ECU 内部将此接线端子搭铁时,电流经喷油器电磁线圈流至连接 ECU 的搭铁形成闭合回路。电磁式喷油器的电磁线圈通电后,产生的磁场将铁制的可动阀芯及阀体吸起离开密封的阀座,燃油从喷油器的前方喷孔喷入到汽缸内或进气门前等处的管道内,或者在有些单点喷射式的发动机中,燃油喷射到节气门上方的气流中,形成相应的可燃混合气。

3.6.1 喷油器的分类和结构

电磁式喷油器按运动配合偶件的不同可以分为轴针式、球阀式和片阀式,其中轴针式是较常用的。也有些喷油器阀口处的护套上开着两个分流孔,这样的喷油器被称为双孔式喷油器。

单点喷射系统多将喷油器作为节气门体或中央喷射单元的一个部件考虑,其结构有自身的特点。

1. 轴针式喷油器

如图 3-38 所示,轴针式喷油器主要由壳体、针阀、针阀上的衔铁、电磁线圈及连接器等组成。当电磁线圈不通电时,喷油器内的针阀被回位弹簧压在喷油器出口处的密封锥形阀座上,喷口被密封,无燃油喷出。电磁线圈通电时,产生磁场吸力使衔铁移动,衔铁带动针阀从其座面上升高约 0.1 mm,燃油从精密环形间隙中流出,由于燃油与出口的气体之间存在一定的压力差,所以,当喷口打开时,燃油是喷射出去的。为使燃油充分雾化,针阀前端磨出一段喷油轴针,使燃油以向外扩散的形状喷射出去。喷油器针阀上升及下降时间约

为 1~1.5 ms。很多发动机采用这种喷油器,如桑塔纳、红旗、富康、本田雅阁以及丰田皇冠等轿车的发动机。

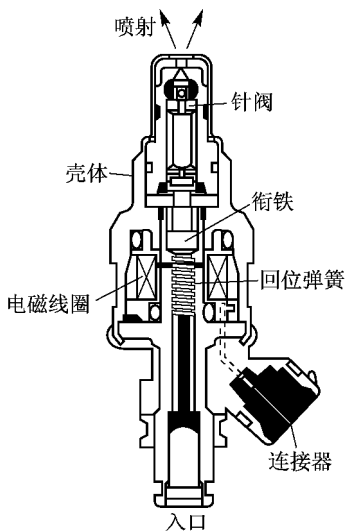


图 3-38 轴针式喷油器

2. 球阀式喷油器

如图 3-39 所示,其组成与轴针式喷油器相似,它与轴针式喷油器的主要区别在于阀的结构。球阀是用激光束将钢球、空心短导杆和衔铁等焊接在一起制成的,其质量只有轴针的一半,因此有着更好的响应性。为了保证密封,轴针必须有较长的导杆,而球阀具有自动定心作用,无需较长的导杆。轴针式阀针与球阀式阀针的比较,如图 3-40 所示。

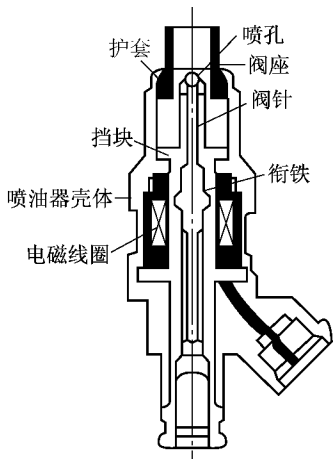


图 3-39 球阀式喷油器

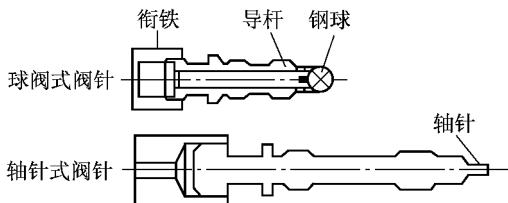


图 3-40 轴针式阀针与球阀式阀针的比较

3. 片阀式喷油器

如图 3-41 所示,片阀式喷油器采用质量较轻的阀片和孔式阀座,与前两种喷油器的线状密封不同,片阀式属于平面密封,所以不仅具有较大的动态流量范围,而且抗堵塞能力也较强;但是对阀片和阀座的材料和加工要求很高,否则很难密封。片阀式喷油器的工作过程如图 3-42 所示。

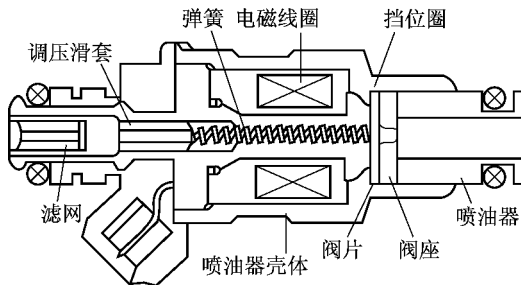


图 3-41 片阀式喷油器

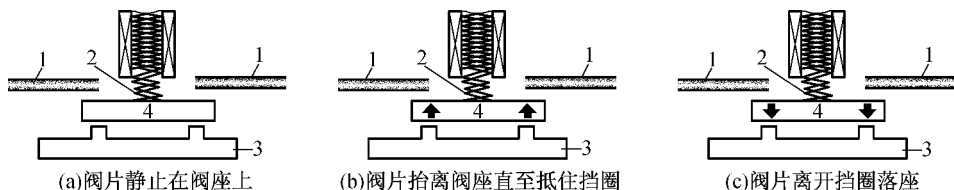


图 3-42 片阀式喷油器的工作过程

当喷油器控制电路中有电流通过时，片阀 4 被吸离阀座 3 直到接触挡圈 1，燃油由缝隙中喷出；当电路中无电流时，片阀在回位弹簧 2 的作用下回落至阀座，关闭油路，停止喷油。

3.6.2 喷油器的工作原理

1. 喷油器的工作特性

如图 3-43 所示是喷油器从通电到断电阀体的动作过程，这一过程被称为喷油器的工作特性。图中 T_i 是 ECU 喷油控制脉冲，也就是脉冲宽度。2 是针阀升程曲线。在实际工作过程中，由于喷油器针阀本身的惯性和电磁线圈通电后的磁滞性，从 ECU 发出接通喷油器的搭铁回路信号到喷油器阀体达到最大升程喷油器完全打开，需要一段时间，这个时间称为喷油器的完全打开时间 (T_o)。同样，从 ECU 切断喷油器回路到阀体落座回到喷油器完全关闭状态也需要一段时间，这个时间称为喷油器的完全关闭时间 (T_c)。所以喷油器实际喷油过程是滞后于 ECU 喷油控制脉冲的。一般情况下，喷油器的完全打开时间 T_o 比完全关闭时间 T_c 长，其中 $T_o - T_c$ 的值是喷油器没有喷油的时间，被称作无效喷油时间。无效喷油时间越长，喷油器的工作特性就越差。

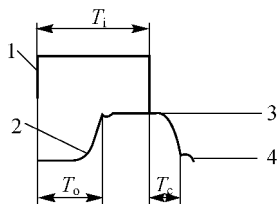


图 3-43 喷油器的工作特性

1—ECU 喷油控制脉冲；2—针阀升程曲线；3—针阀全开位置；4—针阀全关位置；

T_i —脉冲宽度； T_o —完全打开时间； T_c —完全关闭时间

影响喷油器的完全打开时间 T 。长短的因素有：喷油器衔铁的质量、电磁线圈匝数的多少与电阻的大小、蓄电池电压的高低。其中，蓄电池电压的高低对喷油器的完全打开时间影响较大，即蓄电池的电压越高，喷油器的完全打开时间 T 。越短，而喷油器的完全关闭时间 T_c 与蓄电池的电压无关。因此，当一部汽车的蓄电池电压过低时，会影响到供油系统中零部件的正常工作。

2. 喷油器的燃油喷射量特性

喷油器的燃油喷射量特性是指喷射的燃油量随喷油器电磁线圈通电时间的变化规律。

喷油器的喷射量包括静态喷射量和动态喷射量。

(1) 喷油器的静态喷射量，通常是指喷油器在规定的喷油压力和喷油背压(喷油器前方气体的压力)下，使阀体保持在最大开度位置时单位时间内喷射的燃油量，单位是 cm^3/min 或 mL/min ，静态喷射量表示了喷油器的理论喷射能力。

(2) 喷油器的动态喷射量，通常是指某一通电时间内喷油器的实际燃油喷射量。常以通电时间为 2.5 ms 时喷油器的喷射量来表示，单位是 mm^3/str (立方毫米/行程)。所以动态喷射量反映了喷油器的实际供油能力。

3.6.3 喷油器的控制

1. 喷油器的驱动方式

对于 ECU 内部的喷油器驱动电路，根据喷油器电磁线圈电阻不同分为电压驱动和电流驱动两种形式。电流驱动方式只适用于低电阻喷油器；而电压驱动方式同时适用高低电阻喷油器。低电阻喷油器的电阻值为 $2\sim 3 \Omega$ ；高电阻喷油器的电阻值为 $12\sim 17 \Omega$ 。

(1) 电压驱动型电路。如图 3-44 所示，在打开点火开关或发动机工作时，发动机主继电器闭合，喷油器电磁线圈正极电源(+B)电压已经提供，而喷油器是否通电喷油取决于发动机控制单元(ECU)是否控制其内部搭铁，当搭铁回路形成时，喷油器开始工作，向外按喷油脉宽喷射燃油。内部搭铁信号来源于 ECU 是否向功率晶体管发射脉冲信号，当 ECU 发出 T_1 脉冲时晶体管导通，喷油器电路构成了回路，喷油器工作。

低电阻喷油器电磁线圈匝数较少，电感小，所以喷油器的响应较快，可使喷油器迅速打开。但当流经线圈的电流增加到一定值时，线圈容易发热出现烧坏的情况，因此低电阻喷油器在控制电路中要在 +B 端加入附加电阻，目的是控制电流的大小。为了简化控制与降低成本，几个喷油器可以共用一个附加电阻，但附加电阻的接入又抵消了低电阻喷油器的优点。所以从减少故障源和降低成本方面考虑，电压驱动型电路与高电阻喷油器共同使用较为流行。

如图 3-44 中的电路，由于在发动机控制单元(ECU)切断喷油器的搭铁回路时，喷油器电磁线圈两端会产生很高的感应电动势，此反向电压将与电源电压一同作用在发动机控制单元 ECU 的功率晶体管上，容易将

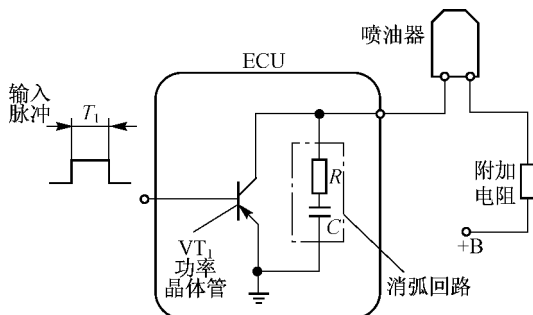


图 3-44 电压驱动型电路

其击穿。因此,为了保护发动机控制单元中的电路,在喷油器的驱动回路中增设了消弧回路。

(2)电流驱动型电路。喷油器电流驱动型电路中没有附加电阻,如图 3-45 所示,低电阻喷油器直接与蓄电池相连接,因而回路中阻抗小,当发动机控制单元 ECU 向喷油器提供搭铁信号后,喷油器电磁线圈内的电流很快上升,针阀迅速打开,提高了喷油器的响应性。但如果喷油器长时间大电流通电,可能导致其过热而出现烧损喷油器的电磁线圈的现象,因而在电流驱动型回路设计当中,增加了电流控制回路。当 ECU 发出的喷油脉宽使 VT_1 闭合初期,大电流使喷油器迅速开启,同时当流经检测电阻的电流产生的电压降到设定值时,电流控制回路将以高频脉冲控制 VT_1 通断,使电流下降至能够维持喷油器开启的水平上,直到此次喷油结束。例如,某喷油器开启电流为 8 A,而维持电流只需 2~3 A。这样就可以使用大电流 8 A 快速打开喷油器喷油,喷油器打开后,电流控制回路使电路中的电流变为 3 A,维持喷油器处在打开的位置,起到了避免其电流过大而烧毁的情况。

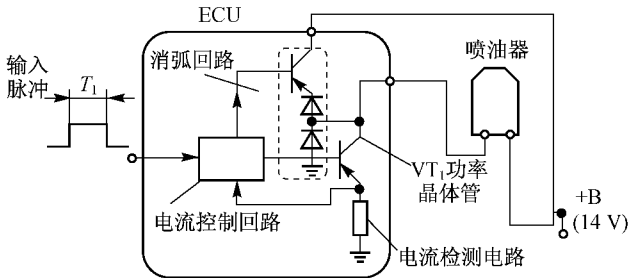


图 3-45 电流驱动型电路

2. 喷油器的常见控制电路

如图 3-46 所示为喷油器的控制电路。在点火开关打开、主继电器闭合的情况下,当 ECU 向晶体管 VT_1 和 VT_2 发送脉冲令其导通回路搭铁后,分别可使 2、4 和 1、3 喷油器工作。

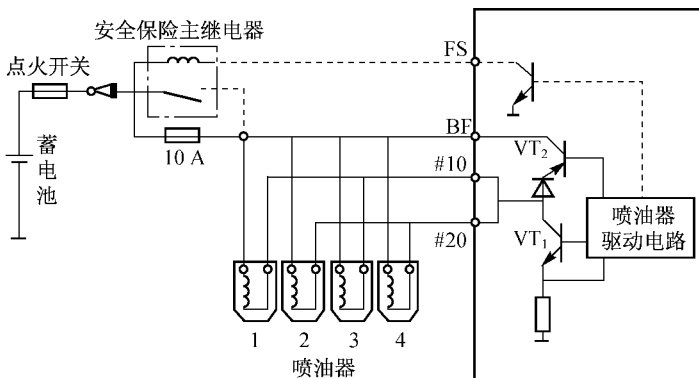


图 3-46 喷油器的控制电路

3. 冷起动喷油器的控制

在很多早期的发动机上存在着冷起动喷油器,其功能是在冷起动时,向发动机内提供额

外燃油,加浓混合气,保证在低温下发动机的顺利起动。其一般安装在节气门之后的进气总管上,工作原理和上述介绍的喷油器相同。其结构如图 3-47 所示,出油孔常用旋流式喷嘴,能将燃油喷散成更细的油雾,有利于低温的汽油雾化与混合,方便进入汽缸内的混合气燃烧。

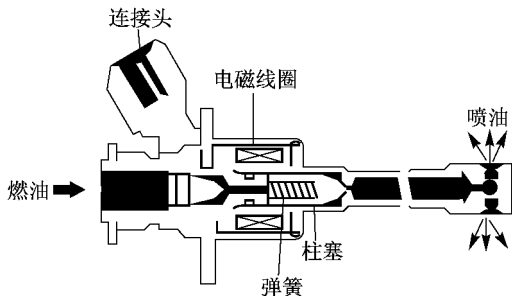


图 3-47 冷起动喷油器的结构

冷起动喷油器的控制电路如图 3-48 中所示,温度时间开关(正时开关)安装在发动机冷却系统中,能获得发动机的工作温度,一般在冷却液管道上。开关内有一个外绕加热线圈的双金属片,此双金属片能够控制冷起动喷油器的工作电路的通断,其中双金属片既可以通过缸体的温度使其张开,也可以在点火开关接通时,当双金属片通电受热到一定程度或时间,触点便会张开,使通往冷起动喷油器的电路断开,冷起动喷油器就不再喷射额外的燃油。冷起动喷油器的开启持续时间取决于温度时间开关的受热。如奔驰 600SEL 在冷车起动时,当喷油时间超过 8 s 或冷却液温度超过 35 ℃,温度时间开关触点便已经断开,使冷起动喷油器停止工作。当发动机处于热状态下时,温度时间开关始终处于断开状态,冷起动喷油器不喷射燃油。

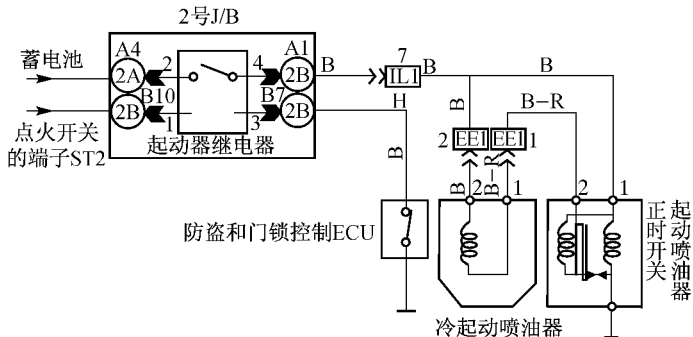


图 3-48 冷起动喷油器的控制电路

各车型喷油器控制电路基本相同,一般都是通过点火开关和主继电器(或熔丝)给喷油器供电,ECU 控制喷油器搭铁。只是不同发动机喷油器数量、喷射方式、分组方式不同,或 ECU 控制端子数量不同。

3.6.4 喷油器的检测

在实际使用中若喷油器不工作,拆开喷油器线束插接器,将点火开关转至“ON”位置,但不用起动发动机,用万用表测量其电源端子与搭铁间电压,应为 12 V,否则应检查供电线

路、点火开关、主继电器或熔丝是否有故障。若电压正常而有故障,则说明喷油器、喷油器搭铁线路(与 ECU 连接线路)或 ECU 有故障。常用检查方法如下:

1. 简单检查方法

在发动机工作时,用手触试或使用车用听诊器检查喷油器针阀开闭时的振动或声响,正常时会听到“嗒、嗒、嗒”的声音,如果感觉无振动或听不到声响,往往说明喷油器或其电路有故障。

2. 喷油器电阻检查

拆开喷油器线束连接器,用万用表测量喷油器两端子之间的电阻,低阻值喷油器阻值应为 $2\sim 3\ \Omega$,高阻值喷油器阻值应为 $13\sim 16\ \Omega$,否则应更换喷油器。

3. 喷油工作脉冲检查

在有些情况下,可以使用数字万用表进行喷油器的工作脉冲电压测试,在喷油器的输入与输出两端接线上,将万用表笔分别接上,调到 $2\ \text{V}$ 的挡位上,在发动机怠速时,会出现 $1\ \text{V}$ 左右的电压,当发动机转速上升时,此电压也会跟着上升,当出现此现象时,一般说明喷油器电控部分是完好的,如果此时仍然是缺缸不工作(排除点火系统的故障),可对喷油器进行堵塞的检查。

4. 喷油器滴漏检查

喷油器滴漏检查可在专用设备上进行,也可以将喷油器和输油总管拆下,再与燃油系统连接好,用专用导线将诊断座上的燃油泵测试端子跨接到 $12\ \text{V}$ 电源上,然后打开点火开关,或直接用蓄电池给燃油泵通电。燃油泵工作后,观察喷油器有无滴漏现象。若检查时,在 $1\ \text{min}$ 内喷油器滴油超过 1 滴,应更换喷油器。

5. 喷油器的喷油量检查

喷油器的喷油量可在专用设备上进行检查,也可按滴漏检查做好准备工作,燃油泵工作后,用蓄电池和导线直接给喷油器通电,并用量杯检查喷油器的喷油量。每个喷油器应重复检查 $2\sim 3$ 次,各缸喷油器的喷油量和均匀度应符合标准,否则应清洗或更换喷油器。

在检测时需要注意的是:低电阻喷油器不能直接与蓄电池连接,必须串联一个 $8\sim 10\ \Omega$ 的附加电阻,在检查其电压时,要注意不要将线束或连接处弄断或虚接,以免造成人为故障。此外,各车型喷油器的喷油量和均匀度标准不同,一般喷油量经验值为每 $(50\sim 70)\ \text{mL}/15\ \text{s}$,各缸喷油器的喷油量相差不超过 10% 。通常情况下,一部汽车的喷油器要定期检查与清洗,才能保证其正常工作。

6. 喷油器工作波形的检测

(1) PNP 喷油器的测试。PNP 喷油器是因在电控单元中操作它们的晶体管的形式而得名的。PNP 喷油器的脉冲电源连接到喷油器上,其波形如图 3-49 所示。

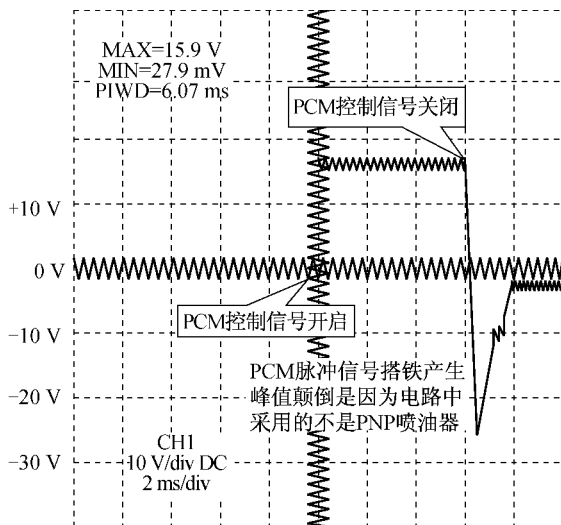


图 3-49 PNP 型喷油器波形

(2)饱和开关型(PFI/SF1)喷油器驱动器。起动发动机,以 2 500 r/min 转速运转 2~3 min,直至发动机达到正常工作温度,而且电控燃油喷射系统闭环工作(后面的爆燃反馈控制或氧传感器进入反馈控制)。关闭附属电器设备,将变速器操纵杆置于停车挡或空挡,缓慢加速并观察在加速时喷油驱动器喷油时间的相应增加,其波形应与图 3-50 相同。

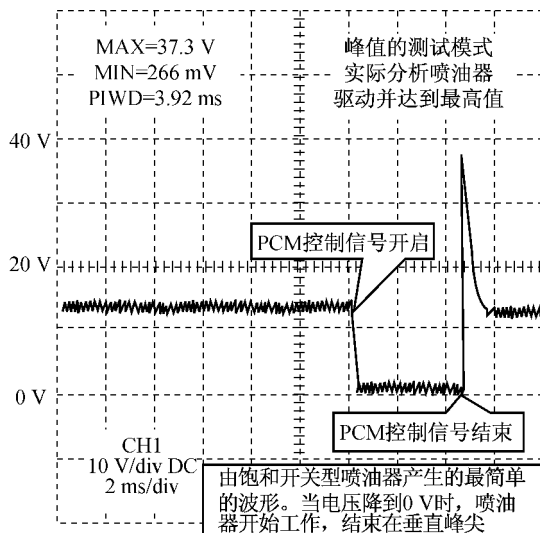


图 3-50 饱和和开关型喷油器

3.7 电控燃油供给系统的故障案例

3.7.1 发动机不易起动的故障

故障现象:一辆上海大众帕萨特 B5 轿车,多次打火才能起动,起动时发动机还伴随有发抖的现象,行驶时车身有轻微发颤的现象。

故障分析与排除:试车时很容易起动,熄火后再起动就很困难了。使用 V. A. G1552 故障诊断仪检查,显示有 18091、00561“偶发”故障码。初步怀疑油路、进气管路有问题。检查喷油器、火花塞积炭很多,于是进行了清洗。节气门积炭也较多,也经过清洗。再次起动,汽车仍然有问题。

检查供油系统的燃油压力时发现,怠速时油压时高时低,经常达不到最低值上限。于是初步判断问题可能出在电动燃油泵上。

汽油泵内部若接触不良或有时卡住,单向阀泄漏,泵油不好时,多次起动,也勉强可以建立起油压,此时汽油即可输送到喷油器喷出点燃。一旦发动机发动后,油压虽然低一些,也可以继续燃烧。

更换汽油泵后,发动机起动正常。

故障说明:该发动机火花塞、喷油器积炭过多,是由于多次起动不良,燃烧不好而留下的痕迹。由于汽油泵工作不良,造成供油系统油压建立不良,所以不易起动。

3.7.2 发动机产生抖动的故障

故障现象:一辆北京现代索纳塔轿车,发动机是 V6 2.7 L 的排量,累计行驶 4000 多千米,怠速时发动机有规律地抖动,使用空调时,发动机抖动更严重,排气管有时还伴有突突声,而且尾气的气味非常呛人。

故障分析与排除:首先用 HI-SCAM 故障诊断仪测试 ECM 系统,诊断仪中无该系统的故障码显示;读取各种传感器的数据流,只有氧传感器的电压有不正常现象,时而在 0.1~0.9 V 之间跳动,时而在 0.1~4.6 V 之间跳动。从氧传感器的电压有不正常到排气管有突突声,说明发动机燃烧不良,混合气空燃比不正常,有可能是个别汽缸工作不好。

按照电控发动机怠运转不良疑难故障的排除方法,对各缸的工作情况进行了检查,检查发现第 3 缸工作不良。于是拆下进气歧管,拔下第 3 缸火花塞分缸线检查,发现该分缸线跳火良好,电阻为 4 000 Ω (在标准范围内),拆下第 3 缸火花塞检查,发现其电极颜色发白,并无汽油味,说明混合气较稀,测量该缸喷油器的电阻为 17 Ω ,正常。拆下第 3 缸和第 1 缸的喷油器,比较两喷油器的喷油量,第 3 缸喷油器的喷油量明显少于第 1 缸,说明该喷油器有堵塞现象,仔细检查该喷油器,发现其上的 4 个小喷油孔被堵塞了 3 个。仔细究其原因后得知,其堵塞的原因主要是使用了不合格的燃油造成的。

将该缸喷油器清洗后,装复试车,发动机怠速运转正常,氧传感器信号电压正常,故障完全排除。换上合格的燃油后,喷油器堵塞的问题也彻底解决。

3.7.3 汽车加速无力的故障

故障现象:一辆别克轿车,已行驶 9 万多千米,用户反映此车在行驶时间过长后会出现加速无力的现象,有时还会有发动机严重抖动,甚至熄火的现象,有时放置时间稍长一些后,故障又会自然消失。

故障分析与排除:首先使用 TECH 2 对发动机系统进行检测,发现两个故障码:P0134(热氧传感器有故障);P0112(进气温度传感器有故障)。

拆下进气温度传感器,用万用表对其进行电阻测试,测得电阻值与实际温度相符,在 20℃ 时电阻值约为 3800 Ω,而且实车测试也有电压信号,发动机着车后由 TECH 2 的数据中读取其信号,发现其值也与实际温度相符。测试说明在当前状态下,进气温度传感器及其线路是正常的。同样,利用检测仪的数据流功能对热氧传感器进行检测,发现热氧传感器的电压值也在 0.1~0.9 V 之间变化,而且变化速度达到每 10 s 内 8~9 次,说明热氧传感器也符合要求。

从以上所测结果和分析结论可知,上述两个传感器不会是该故障的主要原因,也不会是传感器本身有问题。通过分析,认为该故障的原因可能是供油系统故障或空燃比过小所致。路试大约 20 km 之后,发动机表现出故障,明显感觉加油坐车,节气门开度越大,感觉越明显。出现故障时观察热氧传感器,发现其电压仅为 0.1~0.3 V 左右。停车测量汽油压力,其值约为 200 kPa,明显低于规定值 284~325 kPa。

更换汽油滤芯,拆下汽油泵,清洁油箱,并测量汽油压力,油压正常。装复后试车,跑了约 30 km 后故障又重新出现,此时,测量油压,发现其压力仍偏低,仅为 220 kPa 左右。此时,已经怀疑是汽油泵的问题,最后更换汽油泵,故障彻底排除。

故障说明:此车是由于汽油泵工作不良,造成供油油压不足,怠速和小负荷时车没有明显反映出来,当车进入大功率区时,车就表现出了无力的现象。

3.7.4 汽车在行驶中产生动力不足的故障

故障现象:一辆奥迪 A6 型轿车,装配 1.8 L 发动机。该车累计行驶了 5.6 万千米,出现行驶无力,加速不良,急加速时发动机轻微回火,且发动机怠速不稳,抖动严重。

故障分析与排除:首先用 V. A. G 1551 故障诊断仪查询故障码,共有五个故障码:01120(凸轮轴调整阀 N205 机械故障)、01247(活性炭罐电磁阀 N80 损坏)、16486(空气流量传感器 G70 信号太弱)、16519(氧传感器加热器 Z19 有故障)、17924(进气歧管转换阀 N156 断路)。分析认为,同时有这么多部件出现故障的可能性不大。于是先消除故障码,结果发现故障码无法清除。接着检查了各线路连接器的连接情况,没有发现问题。

按照该车电路图进行分析,得知出现故障码的部件的电源都来自熔丝盒上的第 29 号熔丝。检查该熔丝已熔断,换上新的熔丝后,清除故障码,所有故障码被消除。

重新启动发动机,发动机怠速稳定性和加速性有所好转,但急加速回火现象仍然存在。拆去空滤器管道,用手堵住节气门的进气口,以减少进气面积,使混合气变浓。结果发现发动机怠速变稳,急加速不再回火,说明该故障的原因是混合气过稀。拆下喷油器进行了清洗,效果不明显。测量燃油系统压力,压力明显过低。接着用钳子夹住回油管观察燃油压

力,发现有升高,说明燃油压力调节器无故障。接着检查燃油泵与燃油滤清器,发现两者堵塞严重。彻底清洗燃油系统,更换滤清器,故障彻底排除。

故障说明:在汽车上经常会出现多个故障同时出现的情况,在这个时候,作为诊断与分析人员要有清晰的思路,对汽车的结构与工作原理要非常熟悉,经过分析与总结,问题往往会得到解决,但同时也要注意案例的积累,这样,再维修诊断起来就会得心应手。

3.7.5 燃油压力不正常引起的发动机故障

电控发动机发生的故障中,有很大的部分是因为喷油回路中的压力失常而引起的,这种故障往往不会有故障码出现,因此检查时也较难判断。如果能抓住回路中各段喷油压力参数的变化的情况,再加上一些简单工具,如可用压力表来进行测量,就能够及时准确地诊断出故障的部位与原因。

如果是由于燃油泵磨损造成供油压力下降;滤清器或油泵滤网堵塞使供油量不足;压力调节器损坏,使系统压力不稳;喷油器堵塞造成各缸供油不均匀等原因引发的故障,都可用此方法排除。这部分故障包括无法起动、起动困难、怠速不稳、加速不畅或无高速等。

测量压力排除故障的方法具体操作可按以下步骤内容进行:

(1)先准备两块压力表,直径为 100 mm,量程为 0~1 MPa。准备安装在汽油滤清器的进口和出口处。压力表通过软管和接头与其相连。

(2)为了方便安装,可加工一垫环,环厚约 3 mm,内环槽深约 1 mm 左右,在其内孔穿一个空心油道螺钉,以保证油路和压力表的畅通,互不影响。软管接头可与垫环焊接在一起。

(3)根据两个压力表的变化情况来诊断故障。诊断部位有燃油泵、汽油滤清器和喷油器。

①由于燃油泵引发故障的诊断。燃油泵出现故障时,发动机有可能会加速不良、起动困难等故障现象。

诊断方法如下:卸下汽油滤清器进油口,在进油口处装上压力表,堵住滤芯出油口。打开点火开关,用跨接线的方法让其通电,在不起动发动机的情况下,使燃油泵转动。此刻压力表能读到燃油泵的堵塞压力,即燃油泵能达到的最高压力,一般应达到正常喷油压力的 1.5~2.0 倍。断电后油泵停转,压力应在 5 min 后仍保持最高压力的 60%,否则应对燃油泵进行修理或更换。

以下为几种常见车型的正常喷油压力:

桑塔纳 2000AJR 为 0.28~0.3 MPa;奥迪 A6 ANR 为 0.48~0.5 MPa;丰田 8A-FE 为 0.265~0.304 MPa;丰田 2J2-GE 为 0.22~0.24 MPa;三菱 4G93 为 0.30~0.32 MPa。

②由于汽油滤清器和燃油泵吸滤网堵塞引发故障的诊断。汽油滤清器或燃油滤网其中任何一个发生堵塞故障,都会引起发动机加速不畅、无高速、抖动等故障现象。

诊断方法如下:安装好滤清器出油口处的压力表,拆下连接线,起动发动机让其怠速运转,观察两个压力表的压力数值是否符合上述规定。此时可以踩加速踏板,观察两个表数值的变化,若都在所规定的范围内,则说明吸滤网无堵塞。如果滤清器出口处压力低于

正常喷油压力下限,而进油口处压力变化不大,说明滤清器堵塞,应予更换。如果两个表以同样的幅度在规定的范围下限以下波动,说明燃油泵吸滤网堵塞,应从油箱中取出燃油泵清洗。

③由于调压器原因引发故障的诊断。诊断方法如下:调压器在正常工作时,无论怠速或高速,系统燃油压力都应在规定范围内变化。怠速时,压力表应稳定在正常范围某一个压力值上,如果拔掉调压器的真空管,表压应稍有上升,插回后读数恢复原值。如果超过正常喷油压力,急加速时压力波动较大,说明调压器有故障,应予更换。

④由于喷油器原因引发故障的诊断。一般诊断方法如下:

· 拆下发动机上所有喷油器在试验台上检测,喷油器有无出现滴漏、雾化不良或者喷油量不均匀现象。

· 在车上拔出喷油器及燃油导管,利用整车建立起的燃油压力,进行测试。断开车上的喷油器控制,采用人为的方式向检查的喷油器供电,使其工作。使用此种方法检测时要注意安全。

本章小结

电子控制燃油喷射系统有多种不同的类型,与缸内喷射比较,采用进气歧管喷射系统不受缸内的高温、高压的直接影响,喷油压力不高,结构简单,成本较低,是目前普遍采用的喷射方式。由于性能卓越,多点燃油喷射系统被越来越广泛地使用。本章重点介绍的是进气歧管喷射系统的组成与工作原理。

质量流量控制型(L型)燃油喷射系统是由空气流量传感器直接测量进入进气歧管的空气量,其检测精度高于速度密度控制型(D型)燃油喷射系统,故可更精确地控制空燃比。由于顺序喷射方式可在最佳喷油时间定时向各缸喷射所需的喷油量,故有利于改善发动机的燃油经济性。

汽油机电控燃油供给系统的功用是向发动机及时供应各种工况下燃烧所需要的燃油。电子控制单元 ECU 接收各种传感器输出的发动机工况信号,确定适应发动机工况的喷油时刻、喷油脉宽等参数,完成喷油器的喷油量控制、喷油正时控制和断油控制,从而使发动机保持最佳运行状态。

喷油器和燃油泵是燃油供给系统中两个比较重要的器件,它们的工作好坏直接反映在汽车的动力性和起动性方面,在了解其结构、工作原理与控制电路之后,要想进一步对其加深认识,可以选取相关书籍研读其深层次的控制与检测。

习 题 3

- 3-1 电动燃油泵是怎样工作的? 其控制电路主要有几种类型? 如何检查?
- 3-2 燃油压力调节器有何作用? 它是如何工作的?
- 3-3 电控燃油喷射系统有哪些控制内容? 都是如何控制的?

- 3-4** 常见的电控燃油喷射系统的喷油器有哪几种？它们是如何工作的？如何检查？
- 3-5** 冷起动喷油器的作用是什么？它是如何工作的？
- 3-6** 画出常见发动机喷油器控制的电路，并叙述其工作原理与检查方法。
- 3-7** 现代轿车上燃油喷射系统主要有哪些？它们有什么异同点？
- 3-8** 冷却液温度传感器在供油系统中所起的作用是什么？如何检测？
- 3-9** 通过本章讲述的案例，可以从中领悟到什么？