



(4) 内循环阀

内循环阀又称为进气旁通阀，其作用是实现降压保护功能。

内循环阀安装在靠近节气门的进气管上，如图4-79所示。当驾驶过程中收节气门时，节气门关闭，涡轮叶片（增压器叶轮）在惯性作用下仍旧持续转动。此时因节气门的截断和叶片的继续增压所致，进气管路中（在节气门与涡轮之间）的空气压力会迅速提高。为了保护增压系统，当压力达到某一限定值后，进气旁通阀打开，把过剩的空气（压力）导回至滤清器与涡轮之间，实现降压保护的功能。

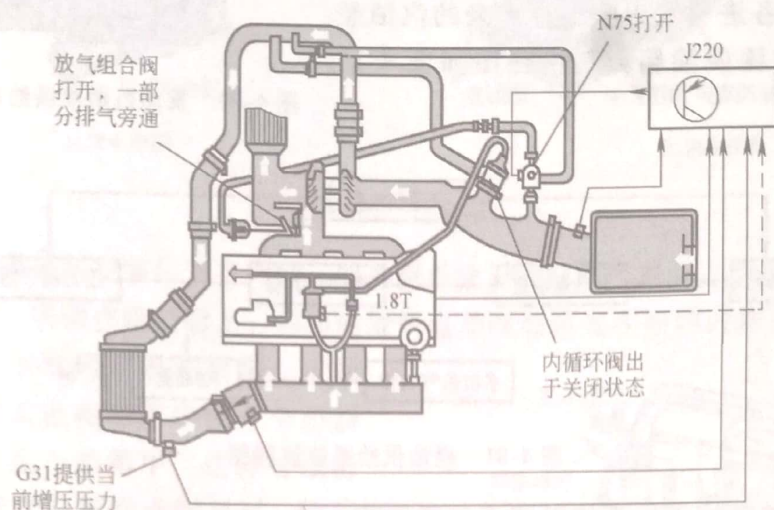


图4-78 放气阀工作原理（另见书后彩插）

2. 废气涡轮增压控制系统工作原理

1) 发动机工作时，排气管排出的废气推动排气端的涡轮机叶轮旋转。由此带动与之相连的另一侧的压气机叶轮也同时转动。

2) 压气机叶轮把空气从进风口强制吸进，并经叶片的旋转压缩后，再进入管径越来越小的压缩通道做二次压缩，这些经压缩的空气被送入中冷器。

3) 经过中冷器，以此降低被压缩空气的温度、提高密度，防止发动机产生爆燃。

4) 被压缩（并被冷却后）的空气经进气管进入气缸，参与燃烧做功。

5) 燃烧后的废气从排气管排出，进入涡轮，再重复以上的动作。

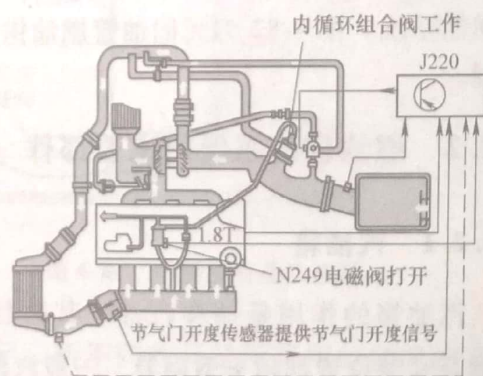


图4-79 内循环阀工作原理

4.4 燃油供给系统的构造与维修

4.4.1 燃油供给系统的作用和组成

汽油发动机燃油供给系统的作用是储存并滤清汽油，根据发动机各工况的要求向发动机





供给清洁的、具有适当压力并经精确计量的汽油。
汽油发动机燃油供给系统由汽油箱、电动汽油泵、汽油滤清器、燃油压力调节器、燃油分配管以及喷油器等组成。图 4-80 所示为发动机燃油供给系统组成示意图。

电动汽油泵将汽油从汽油箱中吸出并加压后，经汽油滤清器、燃油分配管输送到各喷油器，在 ECU 的控制下向各进气管中喷射，多余的汽油经燃油压力调节器流回油箱。其流程图如图 4-81 所示。

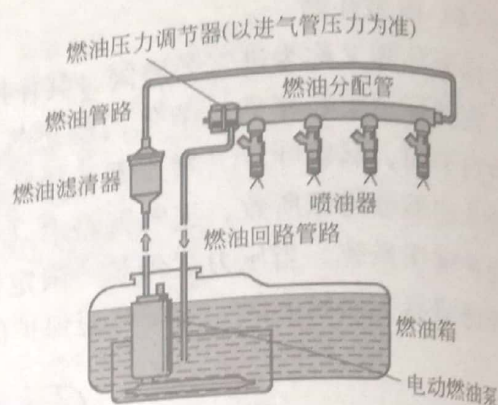


图 4-80 发动机燃油供给系统组成示意图

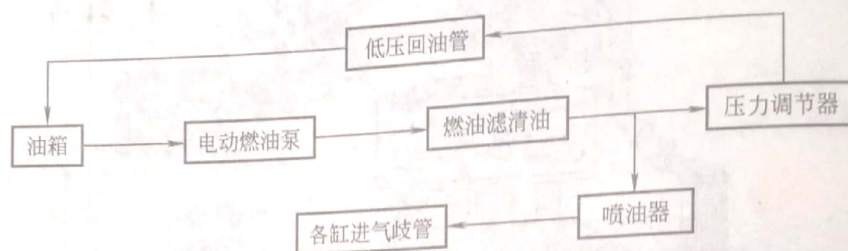


图 4-81 燃油供给系统流程图

有些发动机的燃油供给系统采用了无回油管系统来减少燃油蒸发排放，将汽油滤清器、燃油压力调节器与汽油泵一体装入油箱，形成了单管路燃油系统。图 4-82 为无回油管燃油供给系统示意图。

4.4.2 燃油供给系统的主要部件

4.4.2.1 汽油箱

汽油箱的作用是储存汽油。其数目、容量、外形及安装位置都随车型而异，一般汽油箱的容量能使汽油行驶 300 ~ 600km。

汽油箱的构造如图 4-83 所示。载货汽车油箱体是用薄钢板冲压焊成，内壁镀锌锡，以防腐。油箱上部焊有加油管，管内带有可拉出的延伸管，其底部有滤网。进油管口由油箱盖盖住。油箱上面装有油面指示表传感器和出油开关。出油开关经输油管与汽油滤清器相通。油箱底部设有放油螺栓，用以排除油箱内的积水和污物。箱内装有隔板，用以减轻汽车行驶时燃料的激烈振荡。

现代轿车燃油箱通常由耐油硬塑料制成，其外形结构随车内空间布置而有所不同。

4.4.2.2 电动汽油泵

汽油泵的作用是将汽油从油箱中吸出，并以足够的泵油量和泵油压力向燃油系统供油。曾经在货车上采用过机械膜片式汽油泵，现代轿车则广泛采用电动汽油泵。

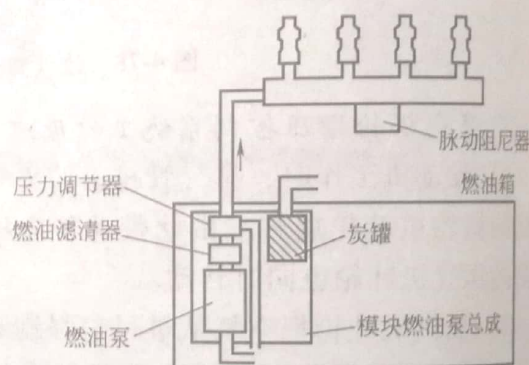


图 4-82 无回油管供油系统示意图



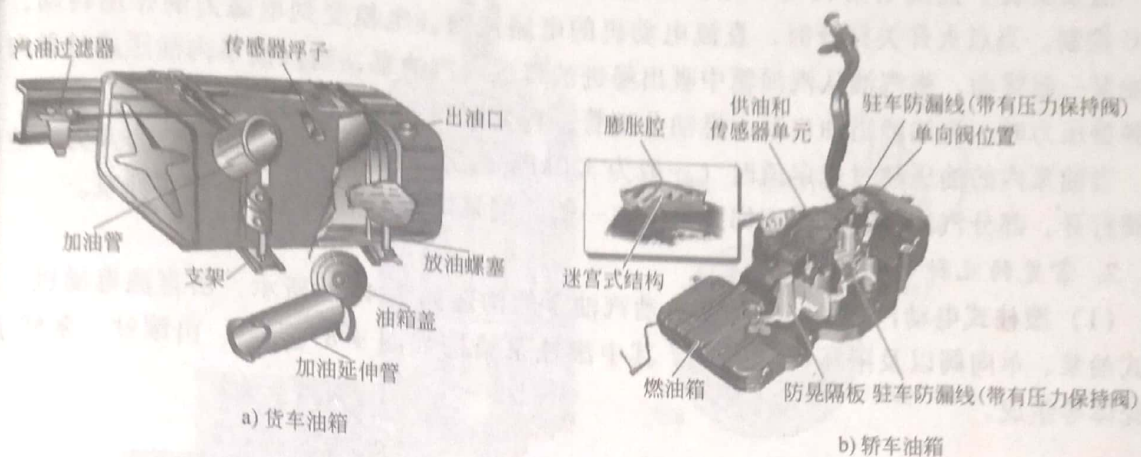


图 4-83 汽油箱

电动汽油泵常见的安装位置有两种，即油箱外置型和油箱内置型。油箱外置型电动燃油泵安装在油箱外，串联在输油管上；油箱内置型电动燃油泵安在油箱内部，浸泡在燃油里，这样可以防止产生气阻和燃油泄漏，且噪声小。此外内置式还在油箱中设一个小油箱，将燃油泵放在小油箱中，这样可以防止在燃油不足而汽车转弯或倾斜时，燃油泵吸入空气而产生气阻，如图 4-84 所示。目前大多数电控燃油喷射系统均采用油箱内置型电动燃油泵。

电动汽油泵常见的结构形式有 4 种，即滚柱式、涡轮式、转子式和侧槽式，目前应用较多的是滚柱式和涡轮式两种。

1. 电动汽油泵的基本结构和工作原理

无论是哪种形式的电动燃油泵，其结构基本上是相同的，都是由直流电动机、油泵、限压阀、单向阀和外壳等组成，如图 4-85 所示，所不同的只是所采用的油泵的形式各异。

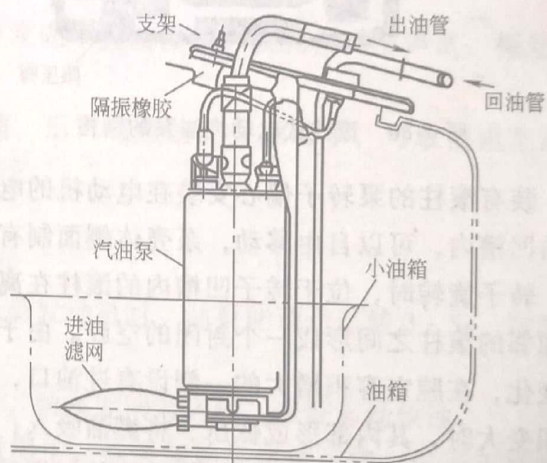


图 4-84 内置型电动汽油泵

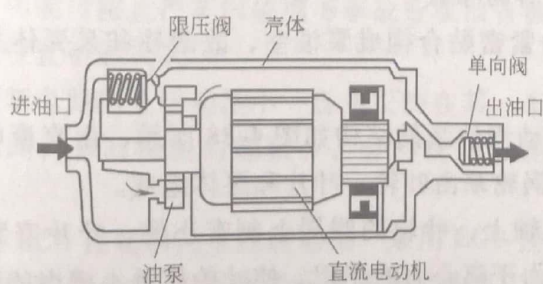


图 4-85 电动汽油泵的基本结构





油泵安装于直流电动机的一端，由直流电动机的电枢轴带动旋转，直流电动机则由 ECU 控制。当点火开关打开时，直流电动机的电路接通，电枢受到电磁力的作用转动，带动油泵一起转动，将汽油从汽油箱中吸出经进油口进入汽油泵，当汽油泵内油压超过单向阀的弹簧压力时，汽油经出油口泵入燃油分配管，再分配到各个喷油器。

当油泵内的油压超过规定值时（一般为 320kPa），油压将克服限压阀弹簧的弹力，使限压阀打开，部分汽油经限压阀返回到进油口一侧，使泵内压力不致过高而损坏油泵。

2. 常见的几种电动汽油泵

(1) 滚柱式电动汽油泵 滚柱式电动汽油泵的构造如图 4-86 所示，由直流电动机、滚柱式油泵、单向阀以及限压阀等组成。其中滚柱泵结构如图 4-87 所示，由滚柱、泵转子、泵壳体等组成。

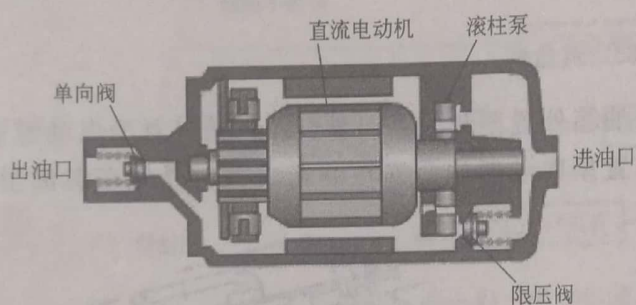


图 4-86 滚柱式电动汽油泵的结构

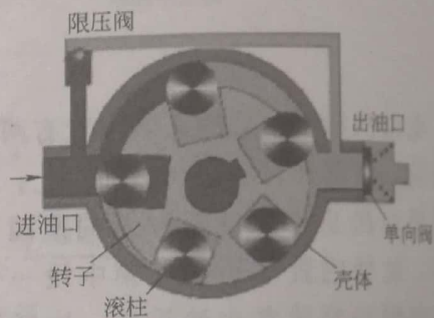


图 4-87 滚柱泵的结构和原理

装有滚柱的泵转子偏心安装在电动机的电枢轴上，随电动机一起旋转。滚柱安装在泵转子的凹槽内，可以自由移动，泵壳体侧面制有进油口和出油口。

转子旋转时，位于转子凹槽内的滚柱在离心力的作用下，压靠在泵壳体的内表面上，两个相邻的滚柱之间形成一个封闭的空腔。由于转子被偏心安装，腔室的容积在转动过程中不断变化，在腔室容积增大的一侧设有进油口，而在腔室容积变小的一侧设有出油口。当腔室容积变大时，其内部形成低压，将燃油吸入；当腔室容积变小时，其内部压力增大，将燃油压出，这样就可以将燃油从油箱吸出并加压后供到供油管路中。

滚柱式电动汽油泵有如下特点：

① 滚柱泵是利用容积变化对汽油压缩来提升油压的，油泵出口端输油压力脉动较大，在出口端必须安装阻尼减振器，以减轻油泵后方燃油管内的压力脉动，这使得燃油泵体积增大，故一般都安装在油箱外面，属外置式。

② 由于外置安装，安装自由度大，容易布置。

③ 滚柱泵依靠滚柱与泵壳体内壁的紧密贴合构成泵油室，故滚柱和泵壳体易磨损，运转中噪声较大，使用寿命不长。

(2) 涡轮式电动汽油泵 涡轮式电动汽油泵的结构如图 4-88 所示，由直流电动机、涡轮泵、单向阀以及限压阀等组成，其中涡轮泵由叶轮、叶片和泵体组成。

涡轮泵的叶轮安装在电动机的电枢轴上，叶轮的圆周上制有小槽，叶片安装在小槽内。电动机旋转时带动叶轮一起转动，由于离心力的作用，使叶轮周围小槽内的叶片紧贴泵壳，并将燃油从进油腔带往出油腔。由于进油腔的燃油被不断带走，故产生一定的真空度，油箱内的燃油经进油口吸入，而出油腔燃油不断增多，燃油压力升高。当油压升到一定值



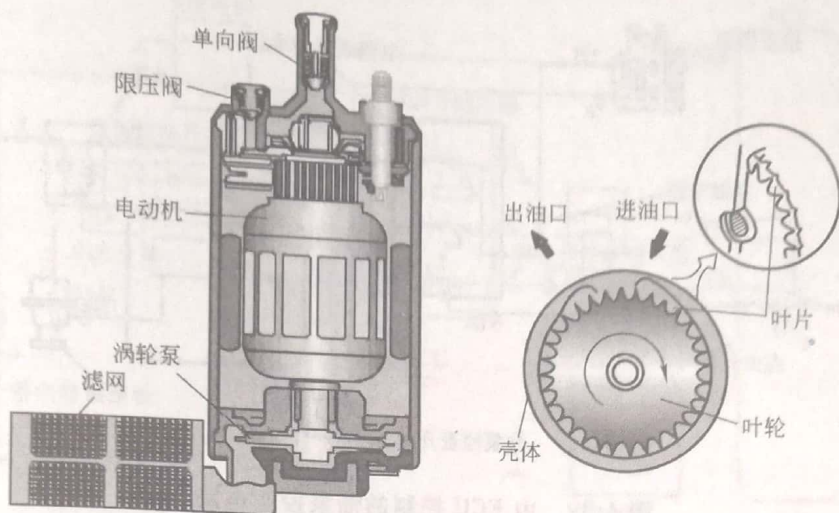


图 4-88 涡轮式电动汽油泵的结构

时,顶开出油口的单向阀输出。

涡轮式电动汽油泵有如下特点:

① 与滚柱泵相比,涡轮泵工作时,涡轮与泵壳不直接接触,故工作时噪声低、振动小、磨损小、可靠性高。

② 不存在因容积变化而产生对汽油的压缩,出口端燃油压力脉动小,可取消阻尼减振器,便于直接装入油箱,使用寿命长,应用广泛。

3. 电动汽油泵的控制

电动汽油泵的控制包括以下功能:

① 预运转功能。即当点火开关打开而不起动发动机时,油泵能预先运转 3~5s,向油管中预先充入压力燃油,保证顺利起动。

② 起动运转功能。即在发动机起动过程中,油泵能同时运转,保证起动供油。

③ 恒速运转功能。即在发动机正常运转过程中,油泵能始终恒速运转,保证正常的泵油压力和泵油量。

④ 变速运转功能。即根据发动机工况的变化控制油泵高、低速运转变换。发动机高速、大负荷工况下耗油较多时,燃油泵以高速运转;发动机在低速、中小负荷工况工作时,使燃油泵以低速运转,以减少不必要的燃油泵磨损和电能消耗。

⑤ 自动停转保护功能。发动机熄火后,即使点火开关仍处于接通状态,油泵也能自动停转。这一功能可防止汽车因碰撞等事故造成油管破裂时的燃油大量外溢,而避免因点火开关处于接通位置引起火灾。

油泵控制电路的上述功能不一定全反映在某一车型上,各车型控制电路所能实现的控制功能不尽相同,有的控制功能较少,有的控制功能较多,下面介绍几种常见的油泵控制电路。

(1) 由 ECU 控制的油泵控制电路 采用 ECU 控制的油泵控制电路如图 4-89 所示。

该控制电路由 ECU 和电路断开继电器对油泵工作进行控制。

① 起动发动机时,点火开关处于起动档,点火开关 ST 端子通电,电路断开继电器 L_2 线圈通电,使电路断开继电器触点闭合,电源向油泵供电,油泵工作,处于起动供油状态。



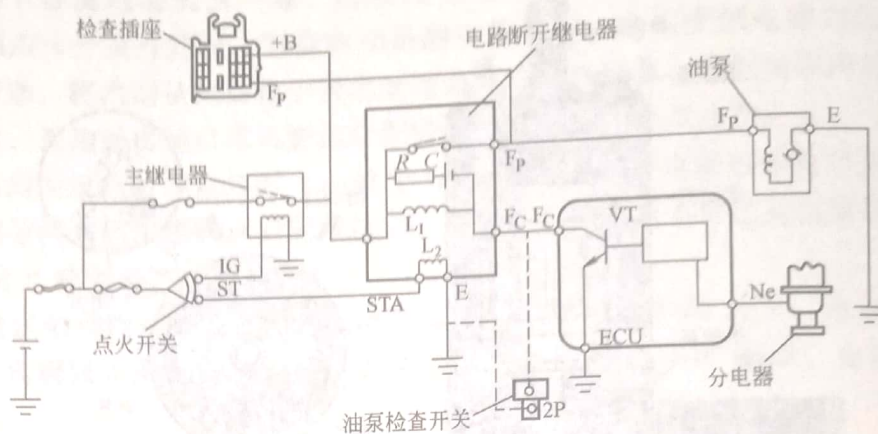


图 4-89 由 ECU 控制的油泵控制电路

② 发动机起动后进入正常运转时, 转速传感器将发动机转速 N_e 信号输入 ECU, ECU 控制晶体管 VT 导通, L_1 线圈通电, 电路断开继电器触点继续保持闭合状态, 油泵继续工作。

③ 发动机停止运转时, ECU 接收不到转速传感器发出的 Ne 信号而使晶体管 VT 截止, 线圈 L₁ 断电, 电路断开继电器触点打开, 油泵供电线路中断, 油泵停止工作。

这种控制方式还具有预运转功能,即点火开关由“OFF”档转至“ON”档,但不启动发动机时,ECU 会控制油泵运转 3~5s,使油路中的油压提高,从而方便启动。

对这种形式的控制电路，用连接线将检查插座中的 + B 和 F_p 插孔连接起来，可使汽油泵运转。用此方法可判断汽油泵及其控制电路的故障。

(2) 具有转速控制的油泵控制电路 发动机在低速或中小负荷下工作时, 供油量相对较小, 此时需要油泵低速运转, 以减少磨损、噪声和不必要的电能消耗。发动机在高速或大负荷下工作时, 供油量较大, 此时需要油泵高速运转, 以增加泵油量。为此, 某些车型的油泵控制电路采用了低速和高速两级控制。

要改变油泵的运转速度,只要改变加在油泵上的电压即可。目前,常见的油泵转速控制方式有电阻器控制式和专用 ECU 控制式两种。

1) 电阻器控制式。图 4-90 所示为电阻器控制式油泵转速控制电路。它在油泵控制电路中增设一个电阻器（降压电阻）和燃油泵控制继电器，当电阻器串入油泵电路中时，加在油泵上的电压降低，油泵就低速运转；当电阻器被隔除时，电压升高，油泵高速运转，这样就可实现油泵的变速控制。

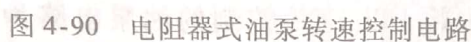
该控制电路中, 发动机在起动、正常运转及停转时的控制方式和前述基本相同, 实现转速控制的方法如下:

① 发动机在低速或中小负荷下工作时, ECU 控制晶体管 VT_2 导通, 燃油泵控制继电器线圈通电, 使触点 A 闭合, 电阻器被串入到油泵电路中, 燃油泵两端的电压低于蓄电池电压, 燃油泵低速运转。

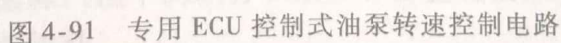
② 发动机在高速或大负荷下工作时, ECU 控制晶体管 VT_2 截止, 燃油泵控制继电器触点 B 闭合, 电阻器被隔除, 蓄电池电压直接加在燃油泵两端, 燃油泵高速运转。

2) 专用 ECU 控制式。图 4-91 为专用 ECU 控制式的油泵转速控制电路。该控制系统中





实现由本转述的又述控制。



② 发动机起动后, 在低速或小负荷下工作时, 发动机 ECU 向燃油泵 ECU 的 FPC 端输入一个低电位信号, 此时燃油泵 ECU 的 FP 端向油泵供给低于蓄电池电压 (约 9V), 使油泵低速运转。

4. 电动汽油泵及其控制电路的检测

1) 就车检查电动汽油泵。

① 用专用导线将诊断插座上的汽油泵测试端子跨接到 12V 电源上, 也可以拆开电动汽

① 用专用导线将诊断插座上的汽油泵测试端子跨接到 12V 电源上，也可以拆下电动汽油泵，将专用导线接在电动汽油泵上。

油泵的线束连接器，直接用蓄电池给汽油泵通电。

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汽油泵工作的声音，或用手捏紧油软管应感觉有压力。若听不到汽油泵工作声音或进油管无压力，应检修或更换汽油泵。

④ 若汽油泵有不工作故障，而按上述方法检查时正常，应检查汽油泵电路导线、继电器、易熔线和熔丝有无熔断。

2) 汽油泵的拆装与检验。拆卸汽油泵时注意：应释放燃油系统压力，并关闭用电设备。

① 拆下汽油泵后，测量汽油泵两端子之间电阻，应为 $2 \sim 3 \Omega$ 。如电阻值不符，应更换汽油泵。

② 用蓄电池直接给汽油泵通电，应能听到汽油泵电机高速旋转的声音，注意：通电时间不能过长（每次接通不超过 10s）。若汽油泵不转动，则应更换汽油泵。

(2) 汽油泵控制电路的检测 以 ECU 控制的油泵电路为例，控制电路图如图 4-85 所示。检查这种控制系统，首先应判别是 ECU 内部故障还是 ECU 外部的控制电路故障。其方法是：

① 打开油箱盖，将点火开关置于 ON 位置，但不起动发动机，在油箱口处倾听有无电动汽油泵运转的声音。如打开点火开关后，能听到油泵运转 3~5s 后又停止，说明控制系统各部分工作正常。

② 如打开点火开关后油泵不运转，可用一根导线将故障检测插座内两个检测电动汽油泵的插孔（如丰田汽车故障检测插座内的 FP 和 +B 两插孔）短接。此时打开点火开关如能听到油泵运转的声音，说明 ECU 外部的电动燃油泵控制电路工作正常，故障在 ECU 内部，应更换 ECU。若仍听不到电动汽油泵运转的声音，则为 ECU 外部的控制电路故障，应检查熔丝、继电器有无损坏，各电路有无断路或接触不良。

(3) 电动汽油泵继电器的失效故障

1) 燃油泵继电器失效原因：

① 触点烧焦。

② 继电器线圈烧断。

③ 插头针脚氧化。

④ 过载。

⑤ 磨损。

⑥ 腐蚀。

2) 燃油泵继电器失效后的故障征兆：安装有继电器的系统失灵。

(4) 电动汽油泵继电器的检测 常用的电动汽油泵继电器有四脚和五脚两种。

1) 四脚电动汽油泵继电器的检查。四脚电动汽油泵继电器中有两脚是接继电器的电磁线圈，另外两脚接继电器常开触点。

① 用万用表欧姆档测量，继电器电磁线圈两脚之间应导通，常开触点两脚之间应不通。

② 在电磁线圈两接脚上施加 12V 电压，同时用万用表欧姆档测量常开触点两脚之间应导通，如图 4-92 所示。若测量结果不符合要求，应更换电动汽油泵继电器。

2) 五脚电动汽油泵继电器的检测。五脚电动汽油泵继电器内有两组电磁线圈，其中一



组由起动开关控制,另一组由 ECU 控制。如图 4-93a 所示。

① 用万用表欧姆档测量这两组线圈,均应导通;测量常开触点两端 (+B 和 FP),应不导通,如图 4-93b 所示。

② 分别在两组线圈两端施加 12V 电压,同时测量常开触点两端,应导通,如图 4-93c、图 4-93d 所示。

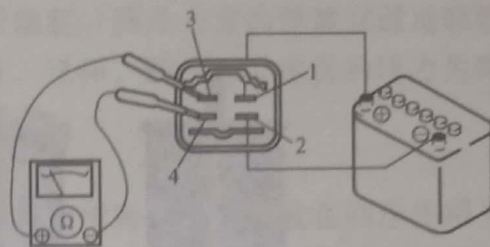


图 4-92 四脚电动汽油泵继电器的检测

1、2—电磁线圈接脚 3、4—常开触点接脚

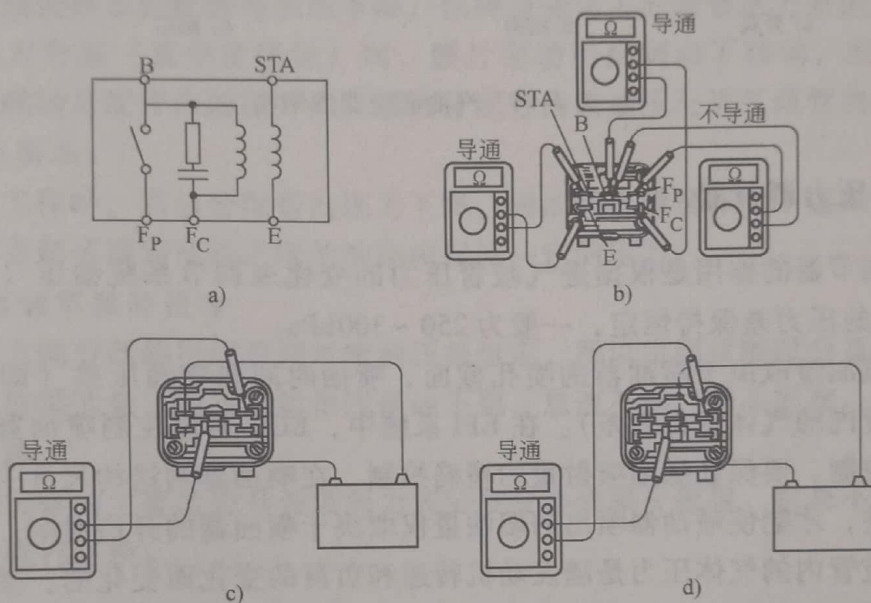


图 4-93 五脚电动汽油泵继电器的检测

4.4.2.3 汽油滤清器

汽油滤清器的作用是滤除汽油中的水分和杂质,防止燃油系统堵塞,减小机械磨损,确保发动机稳定运行,提高可靠性。

汽油滤清器一般安装在电动汽油泵出油管与燃油分配管之间的供油管路上,也有些车型(如丰田威驰、花冠、锐志)采用无回油管系统,将燃油压力调节器、汽油滤清器与汽油泵一体装入汽油箱。

1. 汽油滤清器的构造

在电控汽油喷射式发动机的汽油供给系统中,一般采用纸质滤芯、一次性的汽油滤清器。汽油滤清器由外壳和滤芯组成,滤芯采用滤纸叠成菊花形和盘簧形结构,如图 4-94 所示。

汽油从入口进入滤清器,经过壳体内部的滤芯过滤后,清洁的汽油从出口流出。安装时注意汽油滤清器壳体上的箭头标记为汽油流动方向。

2. 汽油滤清器的维护

汽油滤清器阻塞会导致供油压力和供油不足,影响发动机的动力性,因此要定期维护。

汽油滤清器为一次性使用零件,一般每行驶 30000 ~ 40000km,或每两个二级维护作业周期更换一次汽油滤清器。若使用的燃油含杂质较多时应缩短更换周期。





图 4-94 汽油滤清器的结构

4.4.2.4 燃油压力调节器

燃油压力调节器的作用是根据进气歧管压力的变化来调节系统油压（即燃油分配管内油压），使两者的压力差保持恒定，一般为 $250 \sim 300\text{kPa}$ 。

喷油器的喷油量取决于喷油器的喷孔截面、喷油时间和喷油压差（即燃油分配管内的油压与进气歧管内的气体压力之差）。在 EFI 系统中，ECU 通过控制喷油器的喷油时间来实现对喷油量的控制。要保证燃油喷射量的精确控制，在喷油器的结构尺寸一定时，必须保持恒定的喷油压差，才能使喷油器喷出的燃油量仅取决于喷油器的开启时间。

由于进气歧管内的气体压力是随发动机转速和负荷的变化而变化的，要保持恒定的喷油压差，必须根据进气歧管内压力的变化来调节燃油压力。即进气歧管内的压力增高时，燃油压力也应相应增高；反之，则降低。

1. 燃油压力调节器的构造

燃油压力调节器位于燃油分配管的一端或与汽油泵一体安装于油箱内，主要由膜片、弹簧和回油阀等组成，其结构如图 4-95 所示。

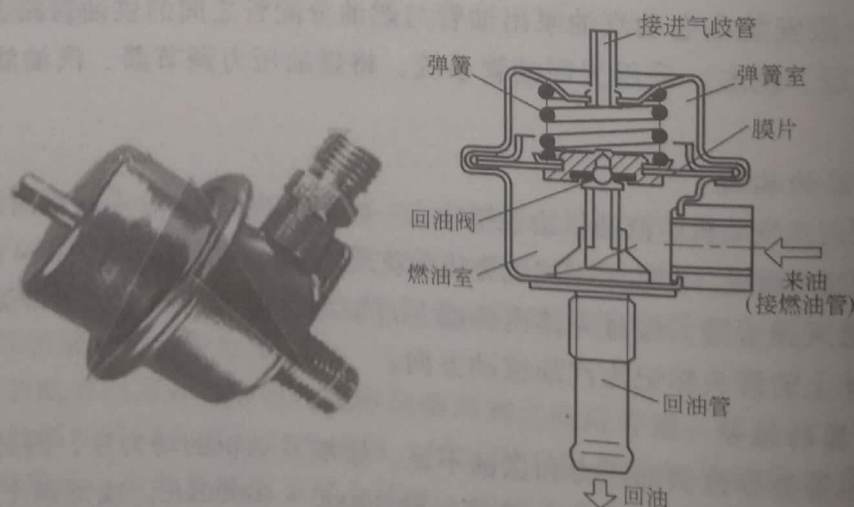


图 4-95 燃油压力调节器的结构



膜片将调节器壳体内部分成两个室，即弹簧室和燃油室。膜片上方的弹簧室通过软管与进气歧管相通，膜片与回油阀相连，回油阀控制回油量。这样，膜片上方承受的压力为弹簧的弹力和进气歧管内气体的压力之和，膜片下方承受油压。

2. 燃油压力调节器的工作原理

发动机工作时，由于电动汽油泵泵送的油量远大于喷射所需的油量，故在油压作用下膜片移向弹簧室一侧，阀门打开，部分燃油流回油箱，燃油分配管内保持一定的油压，此时膜片上、下压力处于平衡状态。

当进气歧管内气体压力下降（真空度增大）时，膜片向上移动，使回油阀开度增大，回油量增加，从而使燃油分配管内油压下降，保持与变化了的歧管压力差值恒定；反之，当进气歧管内的压力升高（真空度降低）时，膜片带动回油阀向下移动，回油阀开度减小，回油量减少，使燃油分配管内油压升高。燃油分配管内的油压与进气歧管内的气体压力之间的关系如图 4-96 所示。

发动机停止工作时，燃油分配管内压力下降，回油阀在弹簧作用下逐渐关闭，使汽油泵单向阀与燃油压力调节器回油阀之间的油路内保持一定的压力。

3. 燃油压力调节器的检修

由于燃油压力调节器的作用是调节喷油压差恒定，所以出现故障时会直接影响喷油压差的高低和发动机的供油量，使发动机出现供油不稳、怠速不稳、起动困难、加速无力、耗油以及冒黑烟等故障。

燃油压力调节器的主要故障是弹簧张力疲劳后变小或膜片破裂。它是不可调节器件，若工作不良时，应进行更换。

4.4.2.5 燃油分配管

燃油分配管的作用是固定喷油器和燃油压力调节器，并将高压燃油输送给各个喷油器。它安装在进气歧管或气缸盖上，燃油分配管与喷油器之间用 O 形密封圈和卡环密封，O 形密封圈可防止燃油渗漏，并具有隔热和隔振的作用。卡环将喷油器固定在燃油分配管上，如图 4-97 所示。

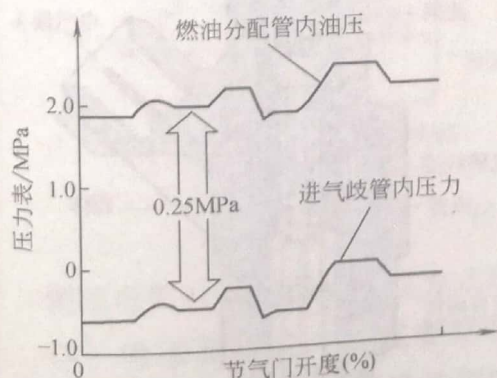


图 4-96 燃油分配管内油压与进气歧管压力的关系



图 4-97 燃油分配管的结构



大多数燃油分配管上都有燃油压力测试口，可用于检查和释放油压。

4.4.2.6 电磁喷油器

喷油器是电控燃油喷射系统中一个重要的执行元件，其作用是在 ECU 的控制下，将汽油呈雾状定时定量喷入进气歧管内。

电控燃油喷射系统采用电磁式喷油器，按总体结构不同可分为轴针式、球阀式和片阀式，目前常用的是轴针式喷油器。按照喷油器电磁线圈的电阻值不同分为高阻（ $13 \sim 18\Omega$ ）喷油器和低阻（ $2 \sim 3\Omega$ ）喷油器，国内电控燃油喷射系统采用高阻喷油器，如桑塔纳 2000GSi 轿车 AJR 发动机的喷油器电磁线圈的电阻值为 $(15.9 \pm 0.35)\Omega$ 。按喷油器的控制方式不同分为电压驱动式和电流驱动式。

电控燃油喷射系统的喷油器安装在各进气歧管或进气道附近的缸盖上，并用燃油分配管固定，如图 4-98 所示。

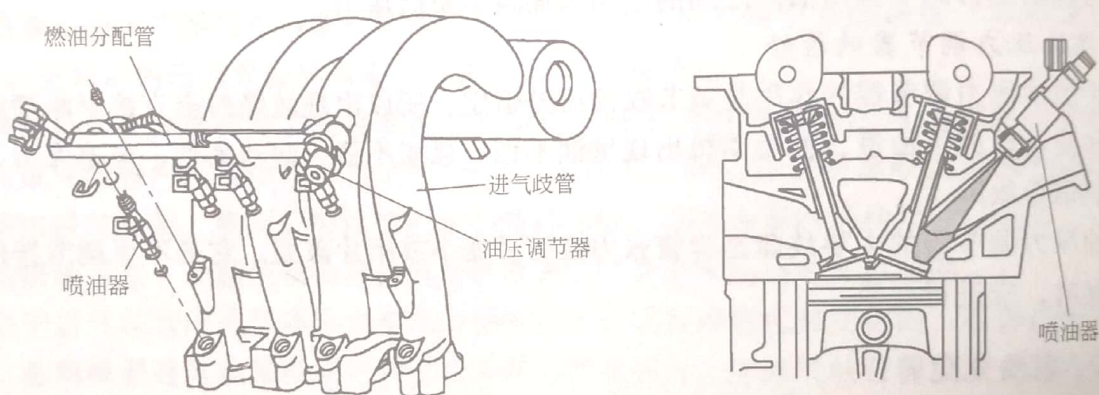


图 4-98 喷油器的安装位置

1. 喷油器的构造和原理

以轴针式喷油器为例，其结构如图 4-99 所示。由喷油器外壳、滤网、电接头、电磁线圈、衔铁、针阀及喷油轴针等组成。喷油器内部的电磁线圈经线束与微处理器连接，喷油器头部的针阀与衔铁连接为一体。它的一端为进油口，与燃油分配管连接；另一端为喷油口，插入进气歧管中，两端分别用 O 形密封圈密封。

当 ECU 发出指令使电磁线圈通电时，便产生吸力，将衔铁和针阀吸起，打开喷孔，燃油经针阀头部的轴针与喷孔之间的环形间隙高速喷出，并被粉碎成雾状。电磁线圈不通电时，磁力消失，弹簧将衔铁和针阀下压，关闭喷孔，停止喷油。

球阀式和片阀式喷油器，其结构和工作过程与轴针式喷油器基本一致，主要区别在于阀体结构不同。图 4-100 为球阀式喷油器，图 4-101 为片阀式喷油器。

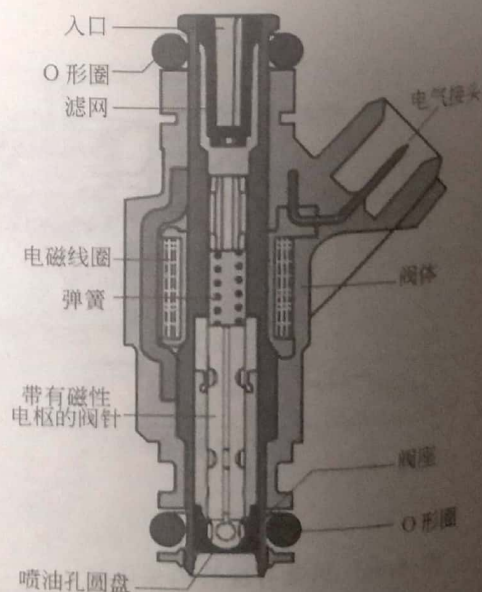


图 4-99 轴针式喷油器结构



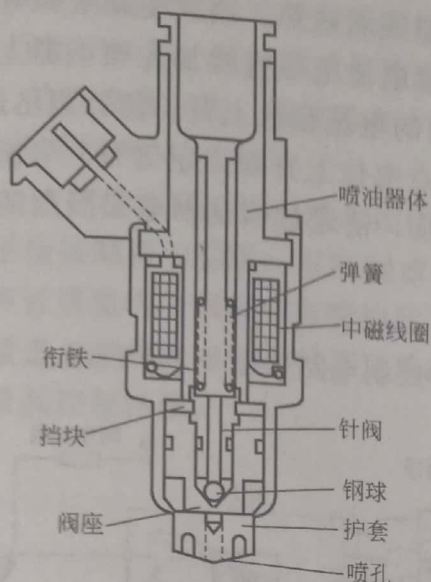


图 4-100 球阀式喷油器

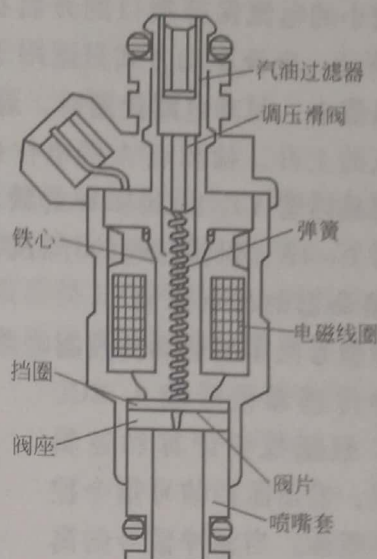


图 4-101 片阀式喷油器

2. 喷油器的驱动

喷油器按电磁线圈的控制方式不同,可分为电压驱动式和电流驱动式两种,如图4-102所示。

(1) 电压驱动式 电压驱动是指 ECU 驱动喷油器喷油电脉冲的电压是恒定的,如图4-102a所示。在电压驱动式电路中,使用高阻值喷油器时,可将蓄电池电压直接加在喷油器上;而使用低阻值喷油器时,则应在电路中串入附加电阻,将蓄电池电压分压后加在喷油器上。这是因为低阻喷油器电磁线圈匝数少、电阻小,如果直接和蓄电池电源连接,则电流大、发热快、易烧坏电磁线圈,故串入附加电阻可保护低阻喷油器。

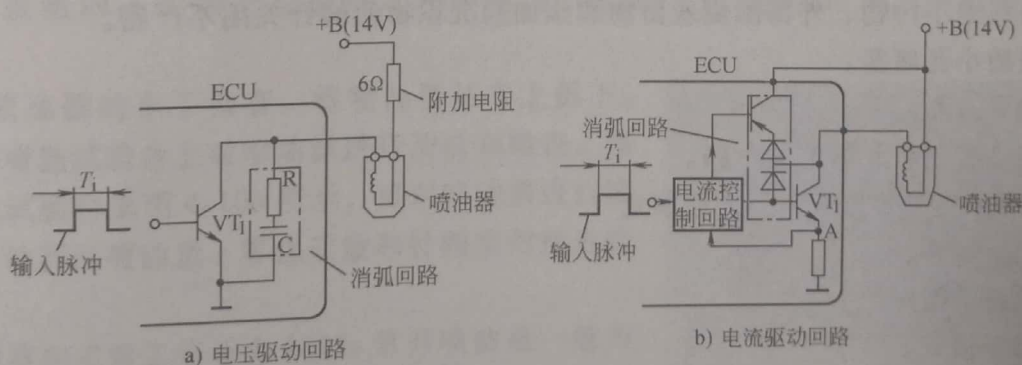


图 4-102 喷油器的驱动回路

附加电阻与喷油器的连接方式如图4-103所示。

(2) 电流驱动式 电流驱动是指通过控制喷油器的工作电流来控制喷油器的工作,即喷油器的驱动脉冲信号开始时用较大的电流,使电磁线圈产生较大的电磁吸力,以迅速打开喷口,

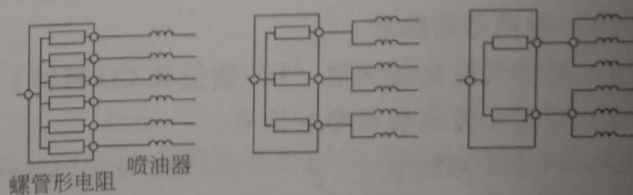


图 4-103 附加电阻与喷油器的连接方式



随后用较小的电流保持喷口的开启状态,从而防止电磁线圈过热,因此驱动效果好,如图4-102b所示。电流驱动方式只适用于低阻值喷油器,蓄电池电压直接加在喷油器上,由于喷油器阻值小,驱动电路接通时,通过喷油器电磁线圈的电流很快上升,使针阀迅速打开。随着电流的上升,检测点A的电位也很快升高。当A点电位上升到设定值时,电流控制回路会控制晶体管 VT_1 以20MHz的频率交替地导通和截止,使通过喷油器电磁线圈的平均电流保持为1~2A,保持针阀的开启状态。

3. 喷油器的控制电路

各种型号汽车喷油器的控制电路大同小异,其基本控制电路如图4-104所示。

各种传感器信号输入ECU后,ECU根据数学计算和逻辑判断结果,发出脉冲信号指令控制喷油器喷油。当脉冲信号的高电平加到驱动晶体管VT的基极时,VT导通,喷油器的电磁线圈电流接通,产生电磁吸力将针阀吸开,喷油器开始喷油;当脉冲信号的低电平加到驱动晶体管VT的基极时,VT截止,喷油器的电磁线圈电流切断,在复位弹簧弹力作用下针阀关闭,喷油器停止喷油。

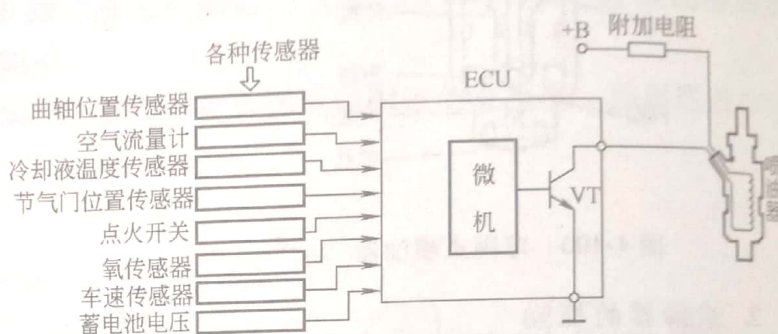


图 4-104 喷油器的基本控制电路

由此可见,ECU是通过控制喷油器的搭铁回路来实现对喷油器的控制的。

4. 喷油器的故障诊断

(1) 喷油器失效原因

- 1) 燃油中的杂质堵塞喷油器内的滤网。
- 2) 内部细小污物、外部燃烧残留物和添加剂沉积物使阀针关闭不严密。
- 3) 喷油小孔堵塞。
- 4) 线圈短路。
- 5) 连接控制单元的电缆断路。

(2) 喷油器失效可从以下方面察觉

- 1) 起动困难。
- 2) 耗油量提高。
- 3) 功率损失。
- 4) 怠速转速波动。
- 5) 废气特性恶化(尾气检测值超标)。
- 6) 后续损坏(发动机使用寿命缩短,催化转化器损坏等)。

(3) 喷油器的诊断

- 1) 进行气缸比较测量(HC数值和CO数值)和废气测量来测定转速下降。
- 2) 通过示波器显示喷射信号。
- 3) 燃油压力测量。
- 4) 检查喷油器与控制单元之间导线连接的导通性和接地连接。





- 5) 检查喷油器线圈的导通性和接地连接。
- 6) 拆卸喷油器, 通过测试仪检查喷油状况。

(4) 故障检查方法 具体检查方法如下:

1) 就车检查

① 检查喷油器的工作情况。如图 4-105 所示, 在发动机运转过程中, 用听诊器 (触杆式) 或手指接触喷油器时, 可听到或感觉到与发动机转速成正比的喷油频率。若各缸喷油器工作声音清脆均匀则说明各喷油器工作正常; 若某缸喷油器工作声音很小则可能是针阀卡滞, 应做进一步的检查; 若听不见某缸喷油器的工作声音则说明该缸喷油器不工作, 应检查喷油器及其控制线路。

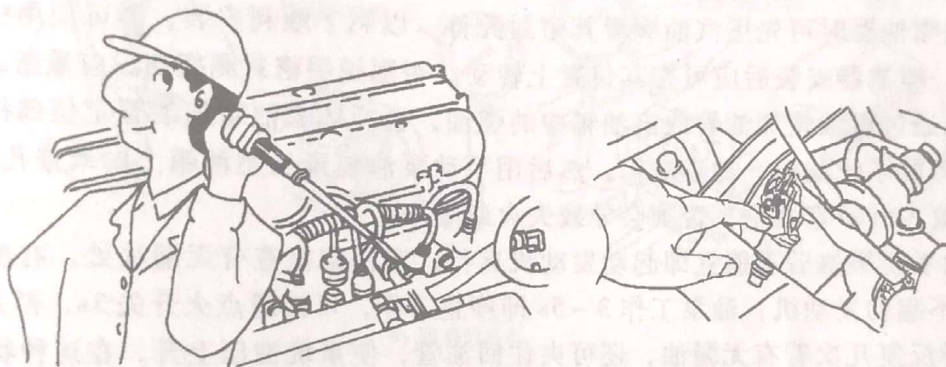


图 4-105 喷油器工作状况的检查

② 检查喷油器的电阻。拆下喷油器的导线插接器, 用万用表欧姆档测量喷油器电阻值。若不符合要求, 则应更换喷油器。

③ 检查喷油器的供电电压。当点火开关置于“ON”位置时, 用万用表的直流电压档测量线束连接器的 +B 端子与搭铁之间的电压, 应为 12V, 若不正常, 则检查控制线路及 ECU。

2) 喷油器的车下检查。将喷油器从车上拆下, 在喷油器清洗试验台上对喷油器进行清洗和检查。喷油器清洗试验台如图 4-106 所示, 可对喷油器进行清洗并对喷油器的喷油量、雾化质量和针阀密封性进行检查。

喷油器在正常工作压力下 15s 常开喷油量一般为 45~75mL, 各缸喷油量误差不得超过平均喷油量的 5%; 喷油器关闭后在正常工作压力下 1min 内喷油器不得滴漏两滴以上油滴。

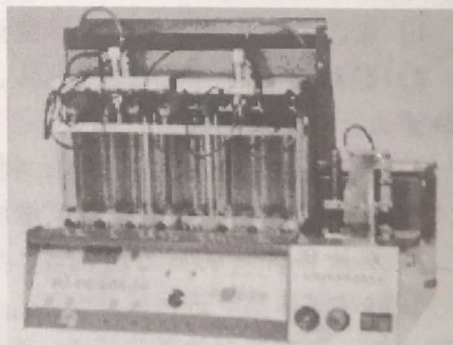


图 4-106 喷油器清洗试验台

4.4.3 燃油供给系统的检修

1. 燃油供给系统检修的注意事项

1) 燃油供给系统中存有高压汽油, 因此任何涉及燃油管路拆卸的工作都应首先卸压并准备好消防设备, 作业区应通风良好、断绝火源, 作业时要格外仔细小心, 避免泄漏的汽油





引发火灾。

2) 在拆卸油管时, 油管内还会有少量燃油泄出, 所以在断开油管前, 用抹布将拆卸处罩住, 以吸附泄漏的燃油, 将吸附燃油的抹布收集到准许的容器中。

3) 燃油管多用钢、橡胶或尼龙制造, 不得渗漏、裂纹、扭结、变形、刮伤、软化或老化, 否则应立即予以更换。

4) 所有密封元件、油管卡箍均为一次性零件, 维修时应予以更换。

5) 油管接头不得松动, 否则应立即予以紧固; 钢制油管端部的喇叭口应密封良好无渗漏, 否则应重新制作。有些轿车采用特制的油管快速接头, 拆装时应使用专用工具。

6) 连接螺母或接头螺栓与高压油管接头连接时必须使用新垫片并涂上一薄层润滑油, 先用手拧上接头螺栓, 再用工具拧紧到规定力矩。喇叭口的连接也一样。

7) 安装喷油器时可先用汽油润滑其密封元件, 以利于顺利安装, 不可使用机油、齿轮油或制动油。喷油器安装后应可在其位置上转动, 否则说明密封圈扭曲, 应重新装配。

8) 不能通过燃油箱加油管放出油箱中的燃油, 会损坏燃油箱加油管定位部件, 正确的方法是首先释放系统油压, 卸下油箱, 然后用手动泵油装置从燃油箱上的维修孔抽出燃油。不得将燃油放入开口容器中, 否则会导致失火或爆炸。

9) 燃油系统维修后不能立即起动发动机运行, 应仔细检查有无漏油处。有些车型接通点火开关, 不起动发动机, 油泵工作 3~5s 即停止工作, 可接通点火开关 3s, 再关闭点火开关 10s, 这样反复几次看有无漏油, 还可夹住回油管, 使系统油压上升, 在这种状态下检查和观察燃油系统是否有部位漏油; 有的车起动时油泵才工作, 可先起动一下, 检查起动时有无部位漏油。不管用哪一种方法都要确认无漏油部位后才能正式起动发动机, 发动机起动后使发动机怠速运转, 再仔细检查有无部位漏油, 此后才能关上发动机罩正常运行。

2. 燃油供给系统压力的卸除

为了汽油喷射发动机便于再次起动, 在发动机熄火后, 燃油系统内仍保持有较高的保持压力。在拆卸燃油系统内任何元件时, 都必须首先释放燃油系统压力, 以免系统内压力油喷出, 造成人身伤害或火灾。燃油系统压力卸除的方法如下:

1) 松开油箱上的加油盖, 释放油箱中的蒸气压力。

2) 起动发动机, 维持怠速运转, 在运转中拔去燃油泵继电器或熔丝, 也可拔下燃油泵导线插头, 直至发动机自行熄火。

3) 再次起动发动机 3~5 次, 利用起动喷射卸除油管中残余压力。

4) 关闭点火开关, 装上油泵继电器、熔丝或电动油泵导线插头。

3. 燃油供给系统压力的预置

在拆开燃油系统进行维修之后, 为避免首次起动发动机时, 因系统内无压力而导致起动时间过长, 应预置燃油系统压力。燃油系统压力预置可通过反复打开和关闭点火开关数次来完成, 也可按下述方法进行:

1) 检查燃油系统所有元件和油管接头是否安装良好。

2) 用专用导线将诊断座上的燃油泵测试端子跨接到 12V 电源上, 如日本丰田车系直接将诊断座上的电源端子“+B”与燃油泵测试端子“FP”跨接。

3) 将点火开关转至“ON”位置, 使电动燃油泵工作约 10s。

4) 关闭点火开关, 拆下诊断座上的专用导线。



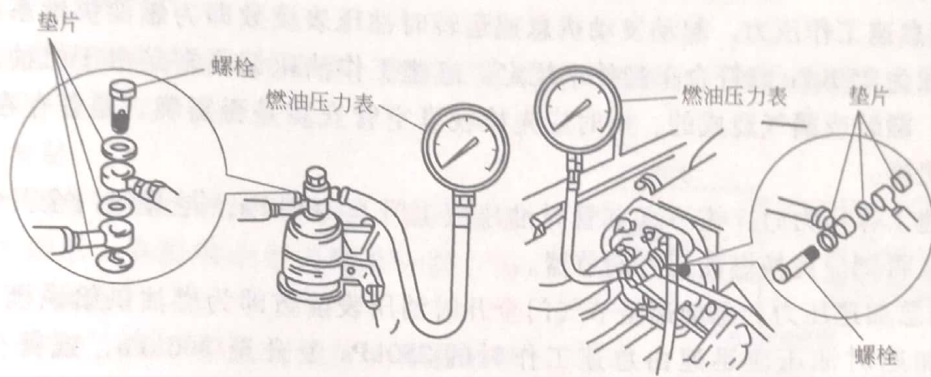


4. 燃油供给系统压力的检测

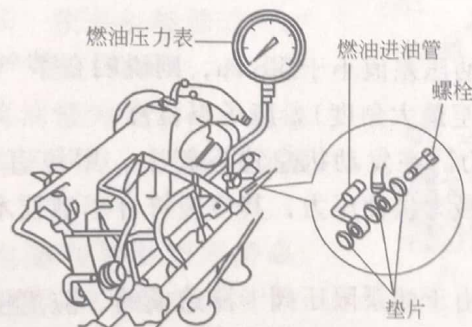
通过检测燃油系统压力，可诊断燃油系统是否有故障，进而根据检测结果确定故障性质和部位。检测时需用专用油压表和管接头，检测方法如下：

1) 卸除燃油系统的压力。

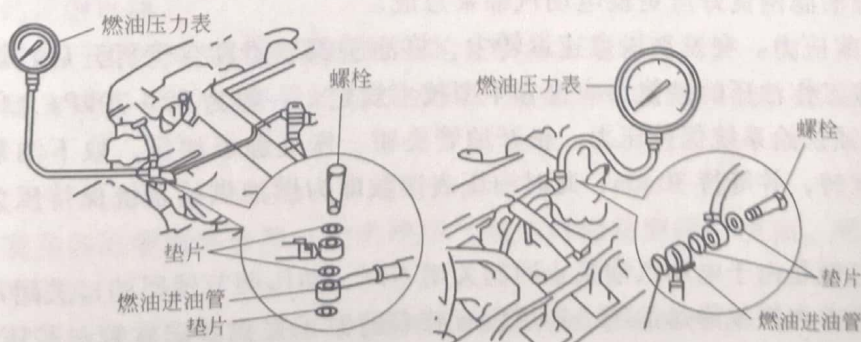
2) 安装汽车专用燃油压力表。如图4-107所示，拆下蓄电池负极搭铁线，安装汽车专用燃油压力表（量程为1MPa），压力表一般安装于汽油滤清器的出油口或燃油分配管的进油口处，带测压口的车辆可将燃油压力表连接至测压口处，重新装复蓄电池负极搭铁线、电动燃油泵继电器和电动燃油泵导线插头。



a) 凯美瑞轿车



b) 塞利卡轿车



c) 花冠轿车

图4-107 燃油压力表的连接





3) 检测静态油压。拔下电动汽油泵继电器, 用导线将电动汽油泵继电器供电端子短接; 打开点火开关但不启动发动机, 使电动汽油泵运转, 此时的燃油压力应符合技术要求, 一般应在 300kPa 左右摆动 (油压调节器的工作使得油压表指针摆动)。

静态油压偏高多是由于回油管变形或油压调节器损坏造成的, 应先仔细检查回油管, 变形的油管会阻碍燃油的流动, 导致静态油压升高, 若回油管完好应更换燃油压力调节器。

静态油压偏低多是由于油泵进油滤网脏堵、电动汽油泵内部磨损、电动汽油泵限压阀损坏、汽油滤清器脏堵、燃油压力调节器调压弹簧过软或喷油器喷孔卡滞常喷油造成的, 可更换汽油滤清器试一下, 若油压没有恢复正常, 则继续下述检测步骤, 找出故障确切位置。

4) 检测怠速工作压力。启动发动机怠速运转时油压表读数即为燃油供给系统的怠速工作压力, 一般为 250kPa 或符合车型技术规定。怠速工作油压偏高多是由于燃油压力调节器真空管错装、漏装或漏气造成的, 此时应先检视真空管安装是否正确、是否存在漏气部位, 必要时予以更换。

检测怠速工作压力时, 拔下真空管时油压应上升至 300kPa, 与节气门全开时的加速油压基本相等, 否则应更换燃油压力调节器。

5) 检测急加速压力。急加速至节气门全开时油压表读数即为燃油供给系统的急加速油压, 一般急加速时油压应迅速由怠速工作时的 250kPa 上升至 300kPa, 或符合车型技术规定。

若急加速油压无变化, 则可能是真空管插在了有单向阀的真空储气罐上 (如制动真空系统), 应予以恢复。

若急加速油压与怠速工作油压差值小于 50kPa, 则说明在节气门全开时进气系统仍存在真空节流 (例如节气门无法开至最大角度), 应予以检修。

6) 检测油泵最大供油压力。在发动机怠速运转中, 用包有软布的钳子将回油软管夹住, 此时油压表读数即为油泵最大供油压力, 其值应符合车型技术要求, 一般为工作油压的 2~3 倍, 即 500~750kPa。

油泵最大供油压力偏高是由于油泵限压阀卡滞造成的, 应更换电动汽油泵。

油泵最大供油压力偏低是由于汽油滤清器堵塞、油泵进油滤网脏堵、电动汽油泵内部磨损、油泵限压阀关闭不严或调压弹簧过软造成的。应先更换汽油滤清器后重新检测, 若油压仍然偏低则从油箱中拆出电动燃油泵检视: 若油泵进油滤网脏污则清洗汽油箱和油泵进油滤网, 若汽油泵进油滤网良好应更换电动汽油泵总成。

7) 检测调节压力。在发动机怠速运转中, 将油压调节器真空管拆开后, 燃油系统升高后的油压与怠速工作油压的差值, 应符合车型技术规定, 一般为 28~70kPa 之间。

8) 检测燃油供给系统保持压力。松开油管夹钳, 恢复静态油压, 取下油泵继电器跨接线使油泵停止运转, 并等待 30min, 此时油压表读数即为燃油供给系统保持压力, 应符合车型技术规定。

保持压力过低是由于电动汽油泵止回阀关闭不严、油压调节器回油口关闭不严或喷油器滴漏造成的。应首先恢复静态油压, 再用包有软布的钳子夹住回油软管, 若压力停止下降, 则应更换油压调节器; 若保持压力继续下降, 则用包有软布的钳子夹住燃油压力表三通接头至燃油分配管之间的进油软管, 如果压力停止下降说明喷油器漏油, 则应结合喷油器试验, 找出滴漏的喷油器并予以清洗, 清洗后复检, 必要时应予以更换; 若保持压力继续下降说明





电动燃油泵止回阀密封不严，应更换电动燃油泵总成。

保持压力检测完毕后再次复查静态压力，如果静态压力仍然偏低应更换油压调节器。

4.4.4 燃油喷射控制

在电控汽油发动机燃油供给系统中，ECU 要根据发动机工况的要求控制喷油器定时、定量地将汽油喷入进气歧管，并且在某些特定的情况还要控制喷油器停止喷油。因此，对燃油喷射的精确控制成为了电控发动机的重要控制内容。

4.4.4.1 喷油正时控制

喷油正时就是指喷油器何时喷油。在多点燃油喷射系统中，燃油喷射可分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射三种喷射方式。

1. 同时喷射

同时喷射指各缸喷油器同时喷油，其控制电路如图 4-108 所示，各缸喷油器并联在一起，由一只晶体管 VT 驱动。

发动机工作时，ECU 根据曲轴位置传感器和凸轮轴位置传感器输入的基准信号发出喷油指令，控制晶体管 VT 导通与截止，再由 VT 控制喷油器的电磁线圈电流接通与切断，使各缸喷油器同时喷油和停止喷油。曲轴每转一圈（ 360° ），各缸喷油器同时喷油一次，一次喷油量为发动机一次燃烧需要燃油量的 $1/2$ ，喷油正时与发动机工作循环无关。

这种控制方式，控制电路和控制程序简单，通用性较好。但各缸喷油时刻不可能最佳。

2. 分组喷射

分组喷射是将喷油器喷油分组进行控制，一般将四缸发动机分成两组，六缸发动机分成三组，八缸发动机分成四组。图 4-109 为四缸发动机分组喷射的控制电路。

发动机工作时，由 ECU 控制各组喷油器轮流喷油。发动机每转一圈，只有一组喷油器喷油。分组喷射方式虽然不是最佳的喷油方式，但与同时喷射相比，燃油雾化质量有所改善。

3. 顺序喷射

顺序喷射就是各缸喷油器按照一定的顺序（发动机做功顺序）喷油。顺序喷射的控制电路如图 4-110 所示。

在顺序喷射系统中，发动机工作一个循环，各缸喷油器轮流喷油一次，按特定的顺序依次进行喷射。

实现顺序喷射的一个关键问题是需要知道即将到达排气上止点的是哪一个气缸。为此，ECU 需要一个气缸判别信号（G 信号）。ECU 根据凸轮轴位置传感器信号（G 信号）、曲轴

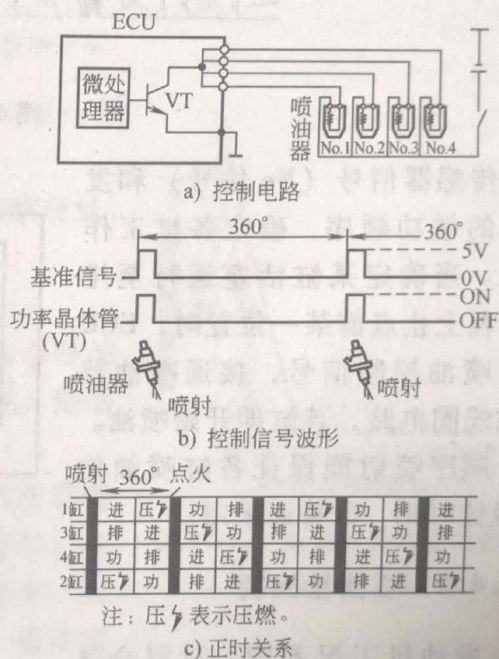
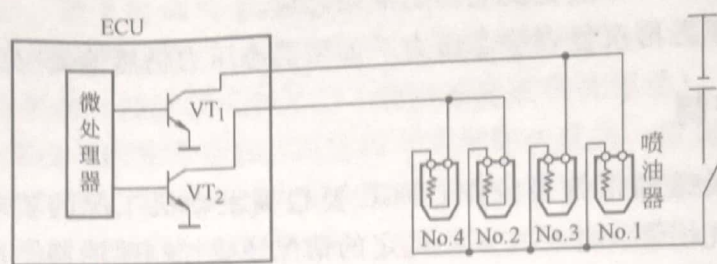
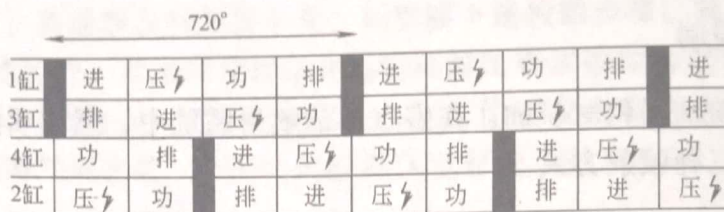


图 4-108 同时喷射





a) 控制电路



b) 正时关系

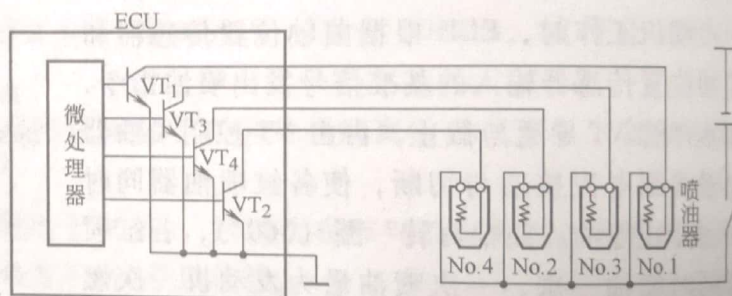
图 4-109 分组喷射

位置传感器信号（Ne 信号）和发动机的做功顺序，确定各缸工作位置。当确定某缸活塞运行至排气行程上止点前某一位置时，ECU 输出喷油控制信号，接通喷油器电磁线圈电路，该缸即开始喷油。

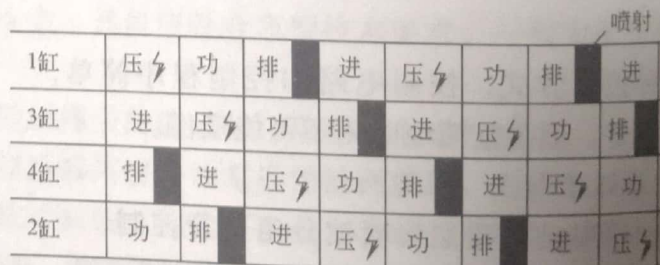
顺序喷射能保证各缸喷油均在最佳时刻，已普遍采用。

4.4.4.2 喷油量控制

发动机工况不同，对混合气浓度的要求也不相同。为使发动机在各种运行工况下，都能获得最佳的混合气浓度，以提高发动机的经济性和降低排放污染，需要对喷油量进行精确控制。



a) 控制电路



b) 正时关系

图 4-110 顺序喷射

在电控汽油喷射系统中，喷油量的控制实际上是由 ECU 根据发动机运转的工况及其影响因素，输出控制信号对喷油器的喷油时间（喷油脉宽）进行控制的。由于发动机各工况运转的特殊性，对各工况下喷油量的控制方式也有所不同。

1. 起动时的喷油量控制

发动机起动时转速很低，且转速波动较大，在这种情况下，无论是空气流量计还是进气歧管绝对压力传感器，其检测精度都偏低，输出的信号误差较大，不能精确计量进气量。因此，在起动时，ECU 按特定程序对喷油量进行控制，如图 4-111 所示。

起动时，ECU 首先根据点火开关、曲轴位置传感器和节气门位置传感器提供的信号，判定发动机是否处于起动工况，以便决定是否按起动程序控制喷油，然后根据冷却液温度传



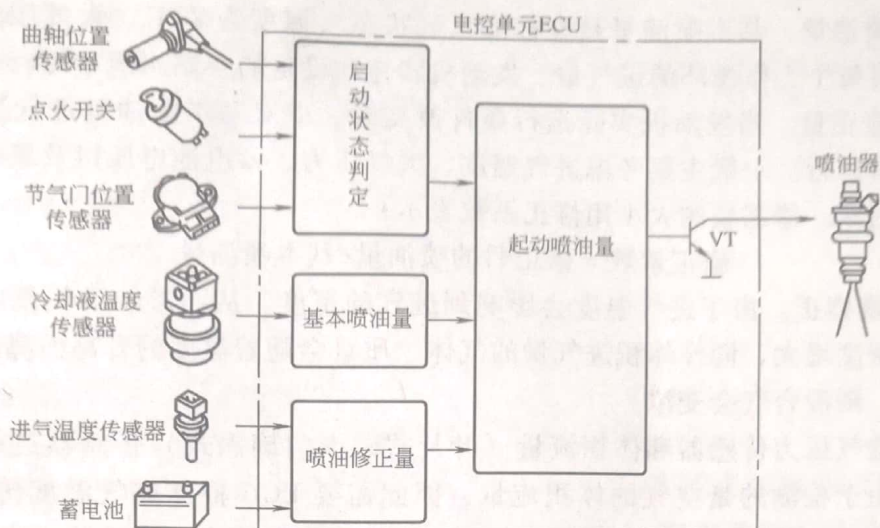


图 4-111 启动时喷油量的控制

感器信号确定基本喷油量，最后用进气温度和蓄电池电压等参数进行修正，得到启动时的喷油量。

冷却液温度与喷油量的关系如图 4-112 所示，温度越低，喷油量越大；温度越高，喷油量越小。

2. 启动后的喷油量控制

在发动机启动后进入正常运转工况下，喷油器的总喷油量由基本喷油量、喷油修正量和喷油增量三部分组成，如图 4-113 所示。

基本喷油量由进气量传感器（空气流量计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）的信号计算确定；喷油修正量由与进气量有关的进气温度、大气压力、氧传感器信号和蓄电池电压信号计算确定；喷油增量由反映发动机工况的点火开关信号、冷却液温度和节气门位置等传感器信号计算确定。

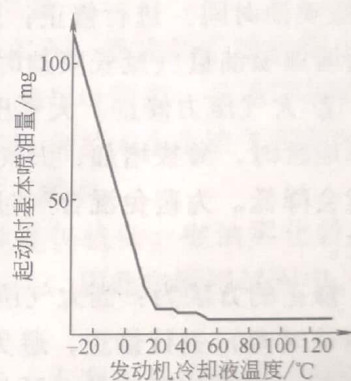


图 4-112 启动时基本喷油量与冷却液温度的关系

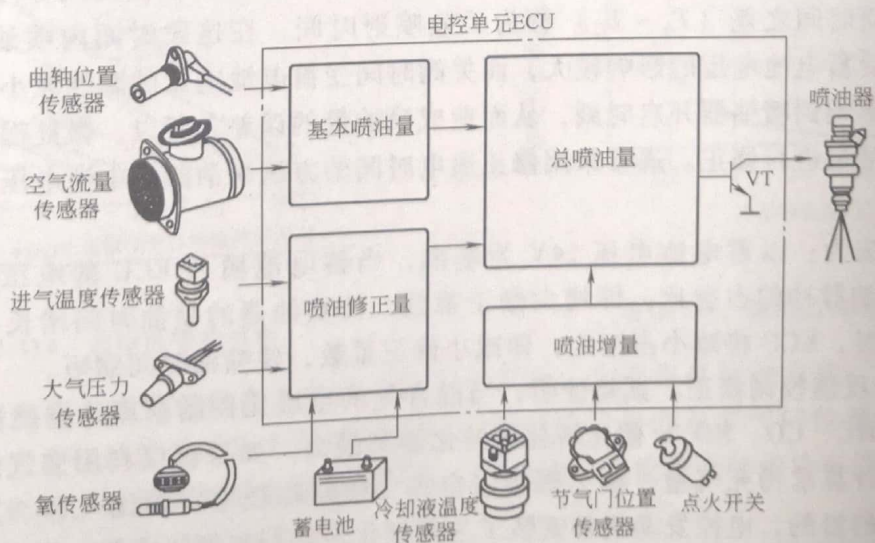


图 4-113 启动后喷油量的控制





(1) 基本喷油量 基本喷油量是在标准大气状态（温度为 20°C 、大气压力为 101kPa ）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确定的。

(2) 喷油修正量 当发动机实际运行条件改变时，应对基本喷油量进行适当修正，以保证发动机正常运行。一般主要考虑进气温度、大气压力、蓄电池电压以及氧传感器反馈修正等几方面的因素。修正量的大小用修正系数表示：

修正系数 = 修正后的喷油量 / 基本喷油量

① 进气温度修正。由于进气温度会影响到进气的密度，从而影响进气量。当进气温度升高时，空气密度增大，同样体积进气量的气体，质量会随着温度的升高而降低，若不对喷油量进行修正，则混合气会变浓。

对于采用进气压力传感器和体积流量（叶片式、卡门旋涡式）传感器进行进气量检测的喷射系统，由于检测的是空气的体积流量，因此需要 ECU 根据进气温度传感器的信号，对喷油量进行修正，使发动机在各种运行条件下，都能获得最佳的喷油量。

修正的方法为：当进气温度高于 20°C 时，ECU 将确定修正系数小于 1，适当减少喷油量（缩短喷油时间）进行修正；反之，当进气温度低于 20°C 时，ECU 将确定修正系数大于 1，适当增加喷油量（延长喷油时间）进行修正。

② 大气压力修正。大气压力也会影响到进气的密度，从而影响进气量。当汽车行驶到高原地区时，海拔增加，大气压力降低，使空气密度降低，对于同样体积的空气流量，其质量就会降低。为避免混合气过浓以及油耗过高，应根据大气压力对喷油器的喷油时间进行修正。

修正的方法为：当大气压力低于 101kPa 时，ECU 将减小修正系数，使喷油量减少（缩短喷油时间）进行修正，避免混合气过浓和油耗过高。反之，当大气压力高于 101kPa 时，ECU 将适当增加喷油量（延长喷油时间）进行修正。

③ 蓄电池电压修正。由于喷油器针阀的机械惯性、电磁线圈的磁滞特性以及磁路效率的影响，在喷油脉冲加到喷油器电磁线圈后，针阀并不是随着电脉冲同步升起并上升到最大值，而是有一段滞后时间。通常把从脉冲开始出现到针阀呈现最大升程所需的时间称为开阀时间 T_0 ；同样，从脉冲消失到针阀落座关闭也需要一定的时间，该段时间称为关阀时间 T_c ，开阀时间与关阀时间之差（ $T_0 - T_c$ ）称为无效喷射时间，在这段时间内喷油器并不喷油。其中开阀时间受蓄电池电压的影响较大，而关阀时间受蓄电池电压的影响较小。当蓄电池电压变化时，会影响到喷油器开启时刻，从而造成喷油量的误差，所以，微处理器也会根据蓄电池电压对喷油量进行修正。通常采用修正通电时间的方法来消除蓄电池电压变化对喷油量的影响。

修正的方法为：以蓄电池电压 14V 为基准，当蓄电池输入 ECU 的电压低于 14V 时，ECU 将增大喷油脉冲的占空比，即增大修正系数，使喷油器的喷油时间增长；反之，当蓄电池电压升高时，ECU 将减小占空比，即减小修正系数，使喷油时间缩短。

④ 空燃比反馈控制修正。试验证明：当混合气的空燃比控制在理论空燃比（ 14.7 ）附近时，三元（ HC 、 CO 、 NO_x ）催化转化器转化效率最高。如果仅仅利用空气流量计和发动机转速传感器计算求得充气量，那么很难将空燃比控制在理论空燃比（ 14.7 ）附近。为了达到排气净化的目的，电控发动机都安装了三元催化转化器和氧传感器，借助于安装在排气管上的氧传感器反馈空燃比信号，对喷油量进行反馈优化控制，将空燃比精确控制在理论空





燃比(14.7)附近,使三元催化转化器发挥最高的转化效率。

为保证发动机具有良好的工作性能,空燃比并不是在发动机的所有工况下都进行反馈控制。在下述情况下,ECU对空燃比不进行反馈控制:

- a. 发动机起工况。
- b. 发动机起动后暖机工况。
- c. 发动机大负荷工况。
- d. 加速工况。
- e. 减速工况。
- f. 氧传感器温度低于正常工作温度。
- g. 氧传感器输入 ECU 的信号电压持续 10s 以上时间保持不变。

(3) 喷油增量 当发动机运行工况发生变化(运行在某些特殊工况下)时,需要在基本喷油量的基础上额外增加一部分喷油量,以加浓混合气。一般在低温起动后、暖机、加速以及大负荷等工况下,需要加浓混合气。增量的大小用增量比表示:

$$\text{增量比} = (\text{基本喷油量} + \text{增量}) / \text{基本喷油量}$$

① 低温起动后。发动机低温起动后,由于低温混合气雾化不良,燃油会在进气管上沉积而导致混合气变稀,发动机运转不稳甚至熄火。为此在起动后的短时间内,必须增加喷油量,使混合气加浓,保证发动机稳定运转而不致熄火。喷油增量比例的大小取决于起动时发动机的温度,并随起动后时间的增长而逐渐减小至1,如图4-114所示。

② 暖机过程。在冷车起动结束后的暖机过程中,发动机温度仍较低,燃油雾化较差,部分燃油凝结在进气管和气缸壁上,会使混合气变稀,燃烧不稳定。因此在暖机过程中,必须增加喷油量,其燃油增量的比例取决于冷却液温度传感器。

ECU根据冷却液温度传感器信号,通过加大喷油脉冲宽度(占空比)进行暖车加浓。随着发动机冷却液温度的升高,喷油脉冲的占空比将逐渐减小,直到发动机冷却液温度超过60℃后才停止加浓,喷油增量比例逐渐减小至1,如图4-115所示。

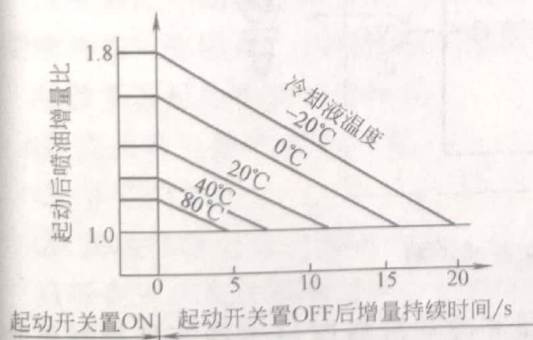


图 4-114 起动后喷油增量

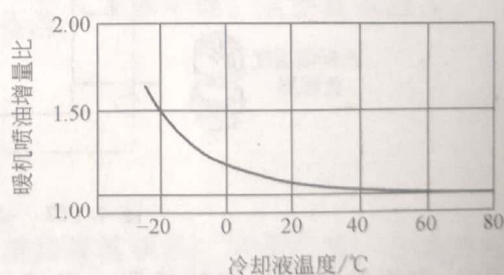


图 4-115 暖机喷油增量

③ 大负荷工况。当发动机在大负荷工况下运行时,为获得良好动力性,需要供给浓混合气。ECU根据进气歧管绝对压力传感器或空气流量计信号以及节气门位置传感器信号判断发动机负荷状况,大负荷时适当增加喷油量,供给浓于理论混合气的功率混合气,满足输出最大功率的要求。

④ 加速工况。当汽车加速时,为了保证发动机能够输出足够的转矩,改善加速性能,





必须增大喷油量。

在发动机运转过程中, ECU 将根据节气门位置传感器信号和进气量传感器信号的变化速率, 判定发动机是否处于加速工况。汽车加速时, 节气门突然开大, 节气门位置传感器信号的变化速率增大, 与此同时, 空气流量突然增大, 歧管压力突然增大, 进气量传感器信号突然升高, ECU 接收到这些信号后, 立即发出增大喷油量的控制指令, 使混合气加浓。

燃油增量比例大小与加浓时间取决于加速时发动机冷却液的温度。冷却液温度越低, 燃油增量比例越大, 加浓持续时间越长, 如图 4-116 所示。

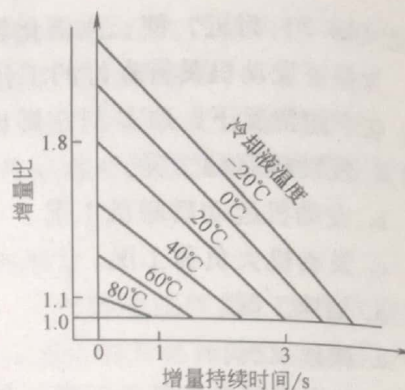


图 4-116 加速时的喷油增量

4.4.4.3 断油控制

断油控制是 ECU 在某些特殊工况下, 暂时中断燃油喷射, 以满足发动机运行的特殊要求。断油控制包括减速断油控制、超速断油控制和清除溢流控制等。

1. 减速断油控制

当汽车在高速行驶中突然松开加速踏板减速时, 发动机将在汽车惯性力的作用下高速旋转。由于节气门已经关闭, 进入气缸的空气很少, 如不停止喷油, 混合气将会很浓而导致燃烧不完全, 排气中的有害气体成分将急剧增加。因此, 当发动机运转过程中突然松开加速踏板减速时, ECU 会控制喷油器停止喷油, 即实行减速断油, 其控制过程如图 4-117 所示。

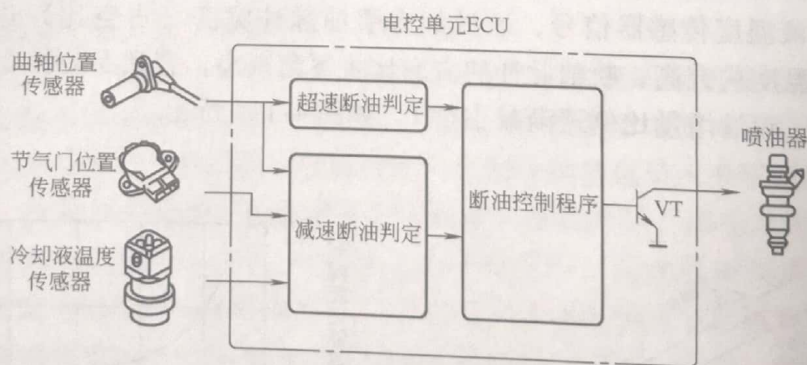


图 4-117 减速断油与超速断油控制

ECU 根据节气门位置传感器、发动机转速传感器和冷却液温度传感器信号判断是否满足以下减速断油的条件:

- ① 节气门位置传感器的怠速触点闭合。
- ② 冷却液温度已经达到正常温度。
- ③ 发动机转速高于某一转速。

该转速称为燃油停供转速, 其值由 ECU 根据发动机温度、负荷等参数确定。当三个条件全部满足时, ECU 立即发出停止喷油指令, 控制喷油器停止喷油。当喷油停止、发动机转速降低到燃油复供转速或怠速触点断开时, ECU 即发出指令, 控制喷油器恢复





供油。

燃油停供转速和复供转速与冷却液温度 and 外加负荷有关。冷却液温度越低、发动机负荷越大（如空调接通），燃油停供转速和复供转速就越高；反之，冷却液温度越高、发动机负荷越小，燃油停供转速和复供转速就越低，如图 4-118 所示。

2. 超速断油控制

发动机工作时，转速越高，曲柄连杆机构的离心力就越大。当离心力过大时，发动机就有“飞车”而损坏的危险，因此每台发动机都有一个极限转速，如桑塔纳 2000GSI 型轿车

AJR 发动机极限转速为 6400r/min。超速断油就是当发动机转速超过允许的极限转速时，ECU 就控制喷油器中断燃油喷射，防止发动机超速运转而损坏机件，控制过程如图 4-119 所示。

在发动机运行过程中，ECU 随时都将曲轴位置传感器测得的发动机实际转速与存储器中存储的极限转速进行比较。当实际转速达到或超过极限转速 80 ~ 100r/min 时，ECU 就发出停止喷油指令，控制喷油器停止喷油，限制发动机转速进一步升高。喷油器停止喷油后，发动机转速将降低。当发动机转速下降至低于极限转速 80 ~ 100r/min 时，ECU 将控制喷油器恢复重新喷油。极限转速控制曲线如图 4-119 所示。

3. 清除溢流控制

装备电控汽油喷射式发动机的汽车，当发动机多次起动未成功，淤积在缸内的浓混合气就会浸湿火花塞，使其不能跳火而导致发动机不能起动。

清除溢流控制就是将发动机加速踏板踩到底，接通起动开关起动发动机时，ECU 自动控制喷油器中断喷油，以便排除气缸内的燃油蒸气，使火花塞干燥，从而能够跳火。

电控系统清除溢流的条件是：

- ① 点火开关处于起动位置。
- ② 节气门全开。
- ③ 发动机转速低于 500r/min。

只有在三个条件都满足时，电控系统才能进入清除溢流状态。由此可见，在起动燃油喷射式发动机时，不必踩下加速踏板直接接通起动开关即可。否则电控系统可能进入清除溢流状态而使发动机无法起动。

4.5 排气系统的构造与维修

4.5.1 排气系统的作用和组成

排气系统的作用是汇集各气缸的废气，减小排气噪声和消除废气中的火焰和火星，使废

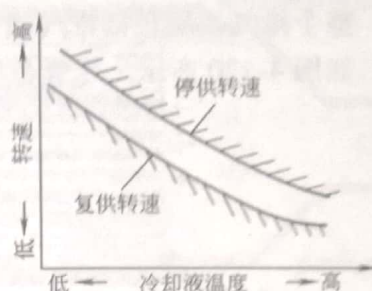


图 4-118 减速断油转速与冷却液温度的关系

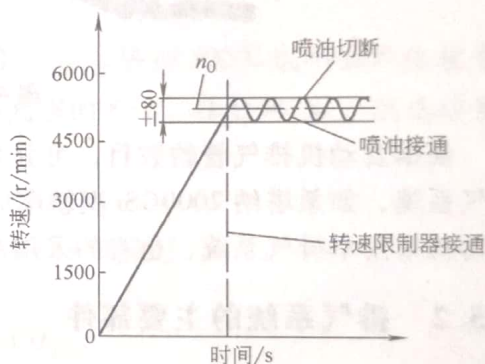


图 4-119 超速断油控制过程

