

学习目标

完成本学习任务后，你应当达到以下目标：

知识目标

1. 了解电控喷油系统的类型。
2. 掌握电控喷油系统的组成及各部分的工作原理。
3. 熟悉单点喷射和多点喷射的不同点。

能力目标

1. 能说出各部件的名称及作用。
2. 会检测燃油供给系统的性能。

任务引入

电子控制喷射系统顾名思义采用的是电子控制技术。因为所采用的喷油方式和控制喷油的方式不同，所以比传统的机械式喷射系统更加节能，燃料燃烧更加充分，那么它和传统的机械式喷油系统在结构上有哪些不同？喷油种类有哪些，各有何优点？控制系统的原理又是怎样的？

任务实施

一、汽油机燃油喷射系统概述

1. 电控燃油喷射系统的分类

电控汽油喷射系统有多种类型，可按不同方法进行分类。

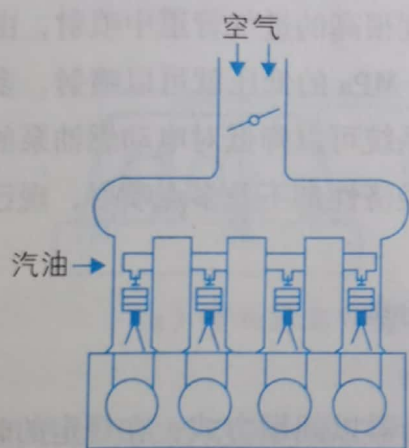
(1) 按喷射系统执行机构的不同分类

① 多点喷射

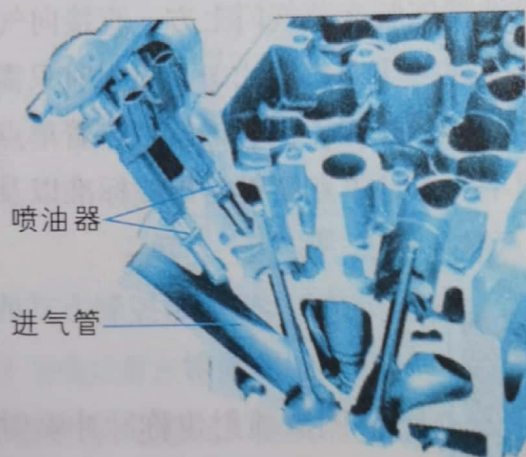
汽车发动机的电喷装置一般是由喷油油路、传感器组和电子控制单元三大部分组成的。如果喷油器安装在每个气缸的进气歧管上，即汽油的喷射是由多个地方喷入气缸的，这就是多点喷射，如图 2-2-1 所示。

多点电喷直接将燃油喷入进气歧管，再与流经进气歧管的空气流混合，当进气门

打开时,混合气体被吸入气缸。多点电喷与化油器式进气系统相比,从根本上解决了相邻气缸进气重叠而引起的配气不均匀、功率下降、油耗增加的问题,多点喷射发动机可以采用顺序喷射,因此空燃比的控制比单点喷射更精确,可以根据正时进行喷油,对喷油量、喷油时刻进行精确控制,所以多点喷射发动机的排放性能更好,更经济省油。



(a) 结构简图

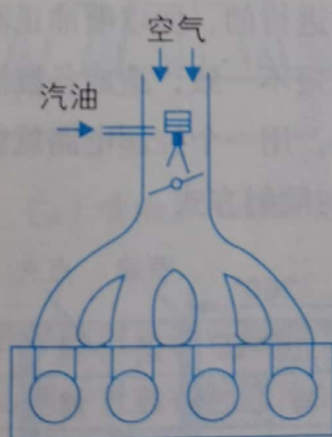


(b) 实物图

图 2-2-1 多点喷射

②单点喷射

汽车发动机的电喷装置一般是由喷油油路、传感器组和电子控制单元三大部分组成的。如果喷油器安装在进气总管位置上,即整个发动机只有一个汽油喷射点,这就是单点喷射,如图 2-2-2 所示。



(a) 结构简图



(b) 实物图

图 2-2-2 单点喷射

由于单点喷射是将喷油嘴安装在节气门上方, 只能改善在节气门处的雾化以及加热管壁温度提高燃油的蒸发程度, 但难以保证节气门后至进气门的一段管壁上不形成油膜或油滴, 因此进气歧管的结构对混合气的输送和分配有很大影响, 而且难以实现所有工况下都能保持理想的混合气分配。

但是单点喷射构造简单, 工作可靠, 维护简单。其中一个很显著的优点就是单点喷射的喷油嘴安装在节气门上方, 直接向气流速度很高的进气管道中喷射, 由于该处压力低(流速与压力成反比), 喷射时只需要 0.1 MPa 的低压就可以喷射, 多点喷射则要在 0.35MPa 才能工作, 这就意味着单点喷射系统可以降低对电动燃油泵的要求, 节省了成本。但是单点喷射的排放标准以及燃油经济性都不及多点喷射, 现已慢慢被淘汰。

(2) 按喷射控制方式的不同分类

① 间歇喷射

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, 可以分为同时喷射、分组喷射和顺序喷射 3 种方式。

● 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的油量分两次喷入进气管, 因此也称同时双次喷射方式, 各喷油器的喷油正时及工作情况如图 2-2-3 所示。

对于同时喷射方式, 由于所有气缸的喷油是同时进行的, 所以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的缺点。但是喷射方式具有不需气缸判别信号, 用一个控制电路就能控制所有的喷油器。早期生产的电控汽油喷射发动机都采用同时喷射方式。

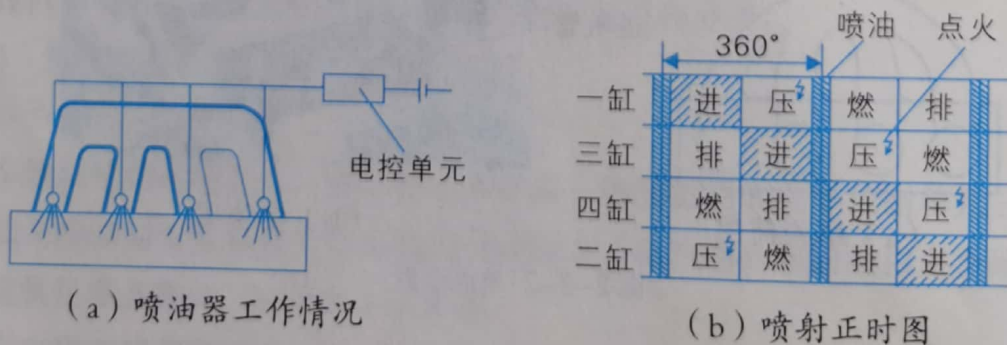


图 2-2-3 同时喷射方式

● 分组喷射方式

分组喷射方式把发动机所有气缸分成 2 组（四缸机）或 3 组（六缸机），ECU 用 2 个或 3 个控制电路控制各组喷油器。在发动机工作期间，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 2-2-4 所示。

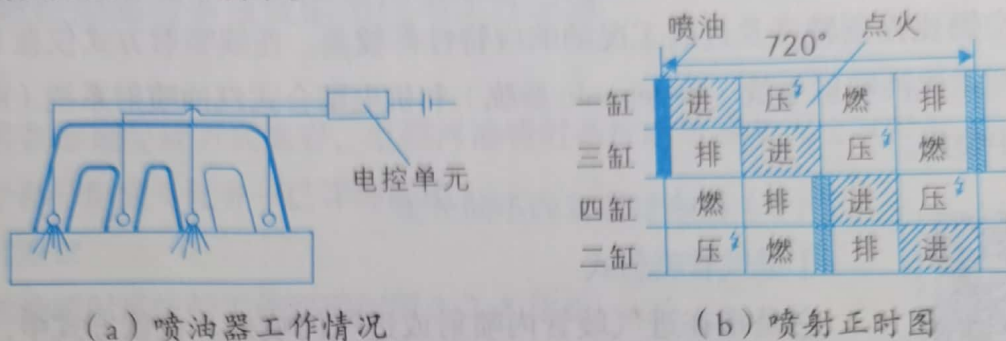


图 2-2-4 分组喷射方式

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

● 顺序喷射方式

顺序喷射方式也称独立喷射方式。在发动机运行期间，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 2-2-5 所示。

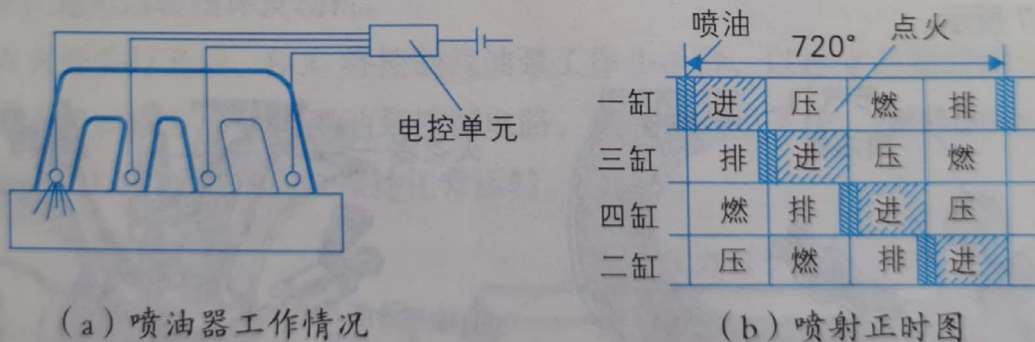


图 2-2-5 顺序喷射方式

由于顺序喷射是按各缸的工作顺序进行喷油的，因此微机控制系统必须配置检测基准气缸活塞位置和行程特征的传感器，以获得判缸信号。喷油开始时刻一般在排气行程上止点前 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 曲轴转角。

顺序喷射方式需要有与喷油器数目相同的控制电路，控制程序中需要增加基准汽缸判别和喷油正时计算等内容，因此，硬件设计和软件的编写都比较复杂。但顺序喷射可以使每一个气缸都具有较佳的喷油正时，对提高混合气的最终质量、保持各缸混

混合气质量的一致具有十分重要的意义。同时,它还有利于减少有害物的排放,提高燃油经济性,因此,现在的大多数电控汽油机都采用顺序喷射方式。

②连续喷射

连续喷射也称稳定喷射。在发动机运行期间,喷油器的喷油是连续进行的。连续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。连续喷射方式仅在 Bosch 公司的机械控制汽油喷射系统(K-Jetronic 系统)和机电结合式汽油喷射系统(KE-Jetronic 系统)中使用。

(3) 按喷射位置的不同分类

①进气管喷射式

它是指在进气歧管内喷射或进气门喷射。在该方式中,喷油器被安装在进气歧管内或进气门附近,故汽油在进气过程中被喷射后与空气混合形成可燃混合气再进入气缸内,如图 2-2-6 所示。



按喷射位置分类

②缸内喷射式

燃油缸内直喷技术则是将汽油直接喷入燃烧室,通过均匀燃烧和分层燃烧,使燃烧更完全、更充分、更准确,可降低燃油消耗,提高动力性,从而提高了发动机整体效率。燃油缸内直喷的优势是可以根据吸入空气量精确地控制燃油的喷射量,使燃油与空气同步进入气缸并充分雾化混合,使符合理论空燃比的混合气均匀地充满燃烧室,如图 2-2-7 所示。



图 2-2-6 进气管喷射式

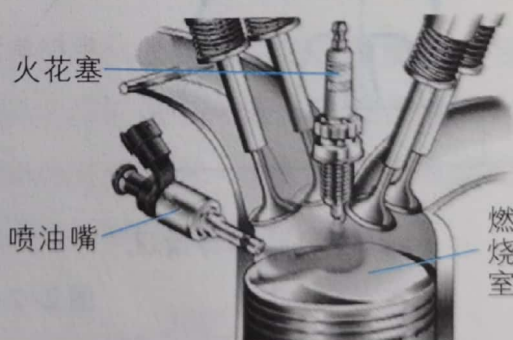


图 2-2-7 缸内喷射式

2. 电控汽油喷射发动机的优点

汽油喷射式发动机的燃油系统简称汽油喷射系统,它是在恒定的压力下,利用喷油器将一定数量的汽油直接喷入气缸或进气管道内的汽油机燃油供给装置。与化油器相比,汽油喷射系统具有下列优点。

(1) 能根据发动机工况的变化供给最佳空燃比的混合气。

(2) 供入各气缸内的混合气，其空燃比相同，数量相等。

(3) 由于进气管道中没有狭窄的喉管，因此进气阻力小，充气性能好。

因此，汽油喷射式发动机具有较高的动力性和经济性以及良好的排放性。此外，发动机的振动有所减轻，汽车的加速性也有显著改善。

二、电控燃油喷射系统的组成与工作原理

1. 组成

按其控制原理完成方式来看，电控汽油喷射系统由电控单元（ECU）、传感器和执行器 3 个部分组成（任务一已详细讲述）。

2. 工作原理

电控燃油喷射系统的工作原理如图 2-2-8 所示。

喷油量控制 ECU 将发动机转速和负荷信号作为主控信号，确定基本喷油量（喷油电磁阀开启的时间长短），并根据其他有关输入信号加以修正，最后确定总喷油量。

喷油定时控制 ECU 根据曲轴位置传感器的信号和两缸的发火顺序，将喷油时间控制在一个最佳时刻。

减速断油及超速断油控制汽车行驶时，当驾驶员快速松开油门时，ECU 将会切断燃油喷射控制电路，停止喷油，以降低减速时的废气排放和油耗。发动机加速时，发动机转速超过安全转速，ECU 将会在临界转速切断燃油喷射控制电路，停止喷油，以防止发动机超速运转损坏发动机。

当点火开关打开后，ECU 将控制汽油泵工作 2~3 秒，以建立必要的油压。此时若不启动发动机，ECU 将切断汽油泵控制电路，汽油泵停止工作。在发动机启动过程和运转过程中，ECU 控制汽油泵保持正常运转。

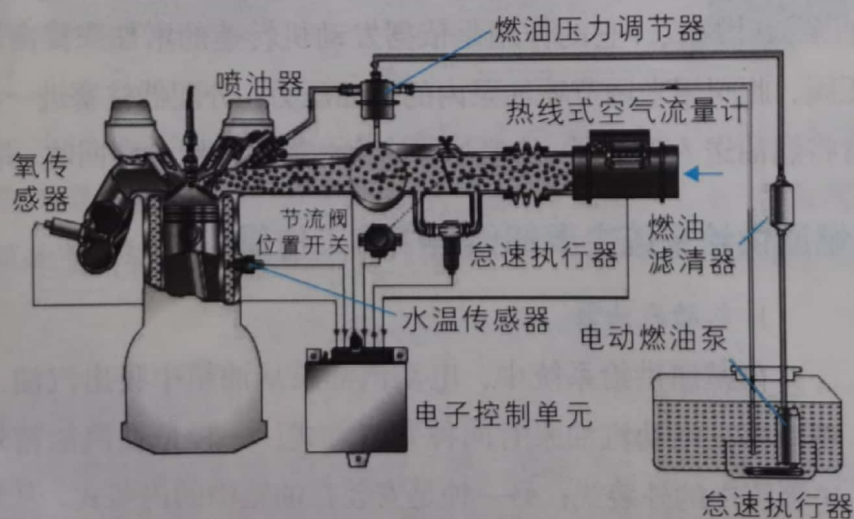


图 2-2-8 电控燃油喷射系统的工作原理图



燃油供给系统

三、电控燃油供给系统的基本组成与工作原理

1. 电控燃油供给系统的基本组成

在电控燃油供给系统中,电动汽油泵将汽油从油箱泵出,经过燃油滤清器后再经压力调节器调压,将压力调整到比进气管压力高出约250kPa的压力,然后经输油管配送给各个喷油器和冷启动喷油器,喷油器根据ECU发来的喷射信号,把适量汽油喷射到进气歧管中。当油路压力超过规定值时,压力调节器工作,多余的汽油返回油箱,从而保证送给喷油器的燃油压力不变。当冷却水温度低时,冷启动喷油器工作,将燃油喷入进气总管,以改善发动机低温时的启动性能。燃油系统的构成如图2-2-9所示,它主要由汽油箱、电动汽油泵、燃油压力调节器、汽油滤清器、喷油器、油泵继电器等构成。

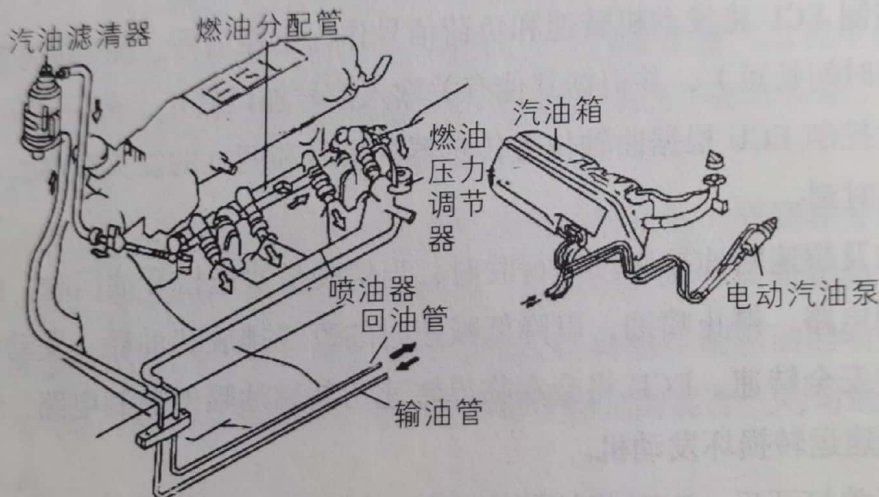


图 2-2-9 燃油供给系统的组成

2. 电控燃油供给系统的工作原理

供油系统的工作原理是输油泵从燃油箱中吸出燃油,经过燃油滤清器后到达供油泵进油腔。供油泵为叶片式,它的作用是依据发动机转速的增加来提高燃油压力;然后燃油到达调压阀,此阀用来调节喷油泵内的燃油压力;分配器柱塞进一步提高油压,并通过高压油管将燃油送入喷油器,从喷油器渗出的燃油被回油阀回收,并送回燃油箱。

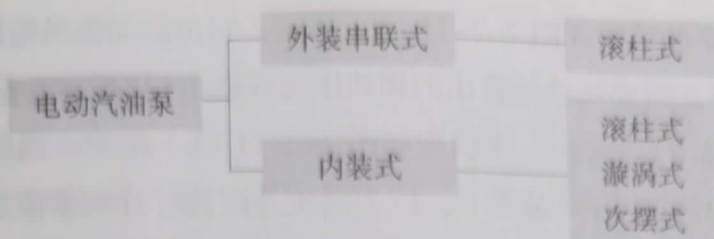
四、电控燃油供给系统主要部件组成与工作原理

1. 电动汽油泵

在燃油供给系统中,电动汽油泵从油箱中吸出汽油,加压后供给喷油器,电动汽油泵有两种安装方式:一种是在汽油箱外,安装在输送管路中的外装式;另一种是安装在油箱中的内装式。从结构形式分,电动燃油泵有滚柱式、旋涡式和次摆线式三种,其分类情况如下。



电动燃油泵

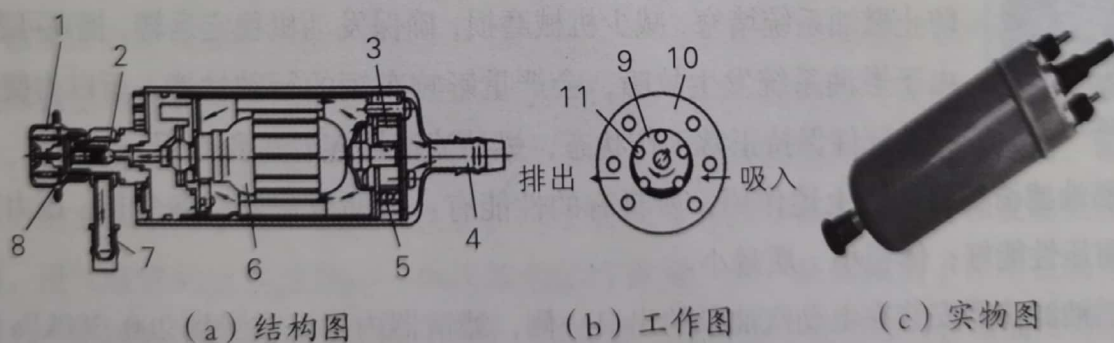


(1) 外装式串联电动汽油泵

外装式串联电动汽油泵又叫滚柱式电动汽油泵，一般安装在油箱外，它主要由汽油泵驱动电动机和滚柱式油泵组成，设有保护燃油输送管路用的安全阀，保持余压用的单向阀，防止燃油脉动的阻尼稳压器，以及汽油吸入口和排出口，如图 2-2-10 所示。这种电动汽油泵可以安装在输送管中的任何位置。

泵体部分是有汽油泵驱动电动机驱动的转子（与泵套偏心安装）、转子外围的泵套、转子和泵套及滚柱等构成。电动机转动时带动转子转动，在离心力的作用下，滚柱贴着泵套内壁转动。由于转子和泵套偏心安装，因此使转子、滚柱和泵套三者包容的容积发生周期性变化，使汽油从一侧的吸入口吸入，从另一侧的排出口排出。从吸入口吸入的汽油，由泵室排出后，在电动机壳体内经单向阀、阻尼稳压器送到排出口。

安全阀的作用是防止在工作中，排出口下游因某些原因出现堵塞时，发生管路破损和燃料漏泄事故。泵工作时，当排出口出现堵塞，工作压力上升到 400kPa 时，安全阀打开，高压汽油与泵的吸入侧连通，汽油在泵和电动机内部循环，这样可以防止燃油压力的上升而不高于设定燃油的压力值。



1- 阻尼稳压器；2- 单向阀；3- 泵室；4- 进油口；5- 安全阀；

6- 油泵驱动电动机；7- 出油口；8- 膜片；9- 转子；10- 泵套；11- 滚柱

图 2-2-10 滚柱式电动汽油泵

(2) 内装式电动汽油泵

内装式电动汽油泵因其安装在油箱内，所以噪声小，与串联式电动汽油泵相比，它不易产生气阻和燃油泄漏。内装式电动汽油泵虽然自吸性能差，但工作性能良好。

涡轮式电动汽油泵的结构如图 2-2-11 (a) 所示, 它由起动机涡轮泵、单向阀、卸压阀等组成, 由于涡轮式电动汽油泵排出的燃油压力脉动小, 故不需要安装阻尼稳压器。

涡轮式电动汽油泵的结构和工作原理如图 2-2-11 (b) 所示。涡轮式电动汽油泵由电动机驱动, 驱动力矩传递到涡轮上, 位于涡轮外围的叶片沟槽前后因液体的摩擦作用产生压力差, 很多叶片沟槽产生的压力差循环往复运动使燃油升压。升压后的燃油, 通过电动机内部经单向阀从排出口排出。

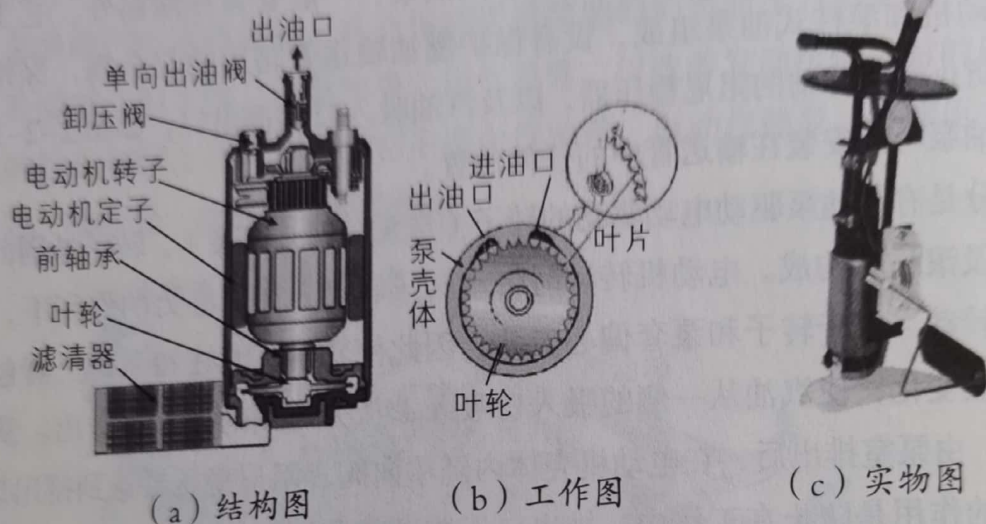


图 2-2-11 涡轮式电动汽油泵

2. 燃油滤清器



燃油滤清器

燃油滤清器把含在汽油中的氧化铁和粉尘等固体夹杂物质除去, 防止燃油系统堵塞, 减少机械磨损, 确保发动机稳定运转, 提高可靠性。由于燃油系统发生故障, 会严重影响车辆的行驶性能, 所以为使燃油系统部件保持正常工作状态, 燃油滤清器起着重要作用。

燃油滤清器要起到上述作用, 所具有的性能有: 过滤效率高; 寿命长; 压力损失小; 耐压性能好; 体积小、质量小。

燃油滤清器安装在电动汽油泵的出口一侧, 滤清器内部经常受到 200~300kPa 的燃油压力, 耐压强度要求在 500kPa 以上。油管也应使用旋入式金属管, 燃油滤清器如图 2-2-12 所示。一般采用纸质滤芯, 每行驶 20000~40000km 或 1 到 2 年应更换, 安装时应注意燃油流动方向的箭头, 不能装反。



图 2-2-12 燃油滤清器

3. 脉动阻尼器

脉动阻尼器又叫燃油脉动缓冲器，当汽油泵泵油、喷油器喷射及油压调节器的回油平面阀开闭时，都将引起燃油管路中油压的脉动和脉动噪声。燃油压力脉动太大会使油压调节器的工作失常。燃油脉动缓冲器的作用就是减小燃油管路中油压的脉动和脉动噪声，并能在发动机停机后保持油路中有一定的压力，以利于发动机重新启动。

一般由膜片、回位弹簧、阀片和外壳组成，如图 2-2-13 所示。

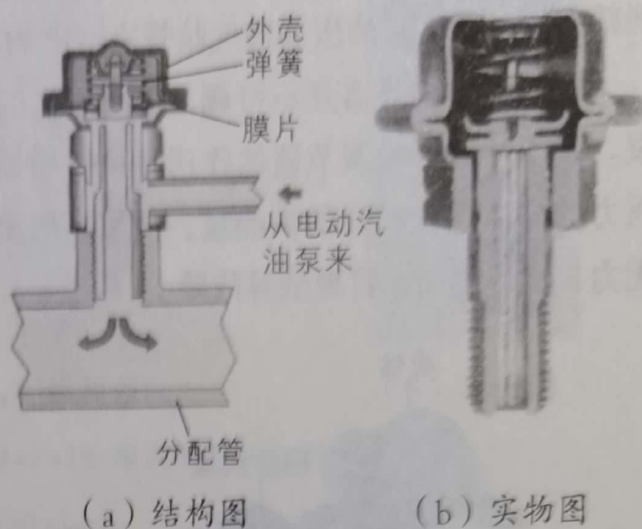


图 2-2-13 燃油脉动缓冲器

4. 燃油压力调节器

燃油压力调节器的作用是控制喷油器的喷油压力保持在恒定值，使发动机在各种负荷和转速下，精确地进行喷油控制。

发动机所要求的燃油喷射量，是根据 ECU 给喷油器的喷油信号持续时间的长短来控制的，如果不控制燃油压力，即使给喷油器的喷油脉冲信号时间相同，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。为此，必须保证喷油器的压力是恒定的（压差恒定）。

燃油压力调节器的结构如图 2-2-14 所示，它由金属壳体构成，其内部由橡胶膜片分成弹簧室和燃油室两部分，来自输油管路的高压油由入口进入并充满燃油室，推动膜片，打开阀门，在设定压力下和弹簧力平衡，部分燃油经回油管流回油箱，输油管内压力的大小取决于膜片弹簧的压力。由于燃油压力调节器的弹簧室和发动机进气管相通，进气歧管的真空度作用于调压器的膜片弹簧一侧，从而减弱了作用在膜片上的弹簧力，使回油量增加，燃油压力降低，即在进气歧管真空度增加时，喷油压力减少，但油压和进气歧管真空度的总和保持不变，即喷油器处压差恒定。油泵停止工作时，在弹簧力的作用下使阀关闭。这样，油泵内的单向阀和压力调节器内的阀门使油路中残留压力保持不变。

喷油器喷射燃油的位置是进气道或者气缸内，如果燃油压力相对大气压力是一定的，但由于进气歧管内的真空度是变化的，那么即使喷油信号的持续时间和喷油器压力保持不变，而当进气管绝对压力低（真空度高）时，燃油喷射量便增加，进气管绝



燃油压力调节器

对压力高（真空度低）时，燃油喷射量便减少。为了避免出现这种情况，使发动机得到精确的喷油量，油压和进气歧管真空度的总和应保持恒定不变。

燃油压力调节器是不可调节器件，它的主要故障是弹簧张力疲劳后变小或膜片破裂。由于燃油压力调节器的作用是调节喷油器压力，所以出现故障时会直接影响喷油压力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、启动困难、加速无力、油耗增加、冒黑烟等故障。



(a) 结构图



(b) 实物图

图 2-2-14 燃油压力调节器的结构

5. 喷油器

电控燃油喷射系统中使用的喷油器是电磁式的，喷油器通过绝缘垫圈安装在进气歧管或进气道上，并用输油管将其位置固定，根据 ECU 提供的喷射信号进行燃油喷射。

(1) 对喷油器的要求

- ①具有良好的雾化能力和适当的喷雾形状，以保证发动机的冷启动性、怠速稳定性，并满足降低排放污染的要求。
- ②具有一定的喷射压力及射程。
- ③喷射形状与燃烧室相适应。
- ④喷油迅速，断油干脆。
- ⑤对于多缸发动机，各缸喷油器喷油量应均匀一致。



喷油器

(2) 喷油器的种类

根据汽油喷射类型的不同, 喷油器可分为SPI(单点喷射系统)用喷油器(图2-2-15)和MPI(多点喷射系统)用喷油器(图2-2-16)两种; 按结构形式不同, 喷油器可分为从喷油器下部分供油方式(图2-2-15)和从上部供油的方式(图2-2-16)两种; 以喷油器喷口形式来区分, 可分为轴针式和孔式两种。轴针式喷油器的喷口不易堵塞, 而孔式喷油器的喷口喷出的燃油雾化好, 它一般有1~2个孔, 由于制造厂不同, 有的做成皮球阀, 有的做成锥形阀; 以喷油器的阻值来区分, 有低阻值喷油器和高阻值喷油器两种, 低阻值喷油器的电阻值约为 $2\sim3\Omega$, 高阻值喷油器的电阻值约为 $13\sim16\Omega$; 按插头的形状来区分, 喷油器的喷口形状和阻值如表2-2-2所示。

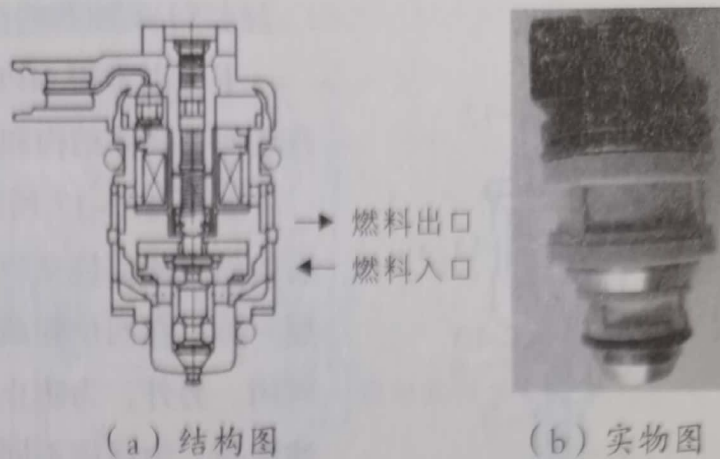


图2-2-15 单点喷射系统用喷油器 (SPI)

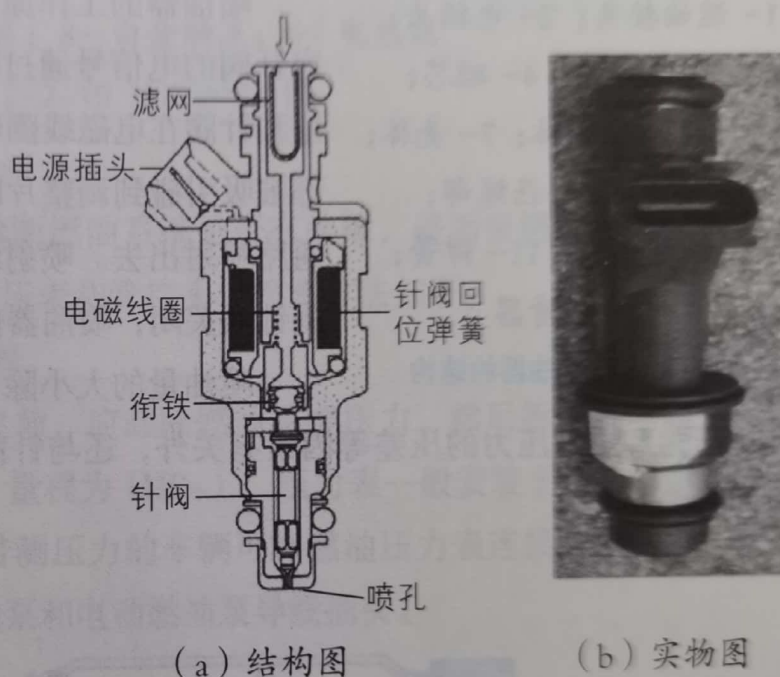
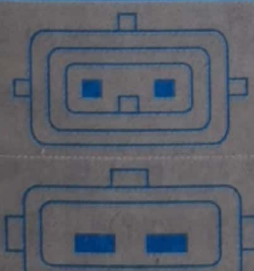


图2-2-16 多点喷射系统用喷油器 (MPI)

表 2-2-2 喷油器喷口形式和阻值

插头形状	喷口形式	阻值
	轴针形	低阻值
	轴针形	高阻值
	孔形	低阻值
	孔形	高阻值

(3) 喷油器的结构与工作原理

下面以常用 MPI (多点喷射系统) 用喷油器为例, 来说明其具体结构和工作原理。

如图 2-2-17 所示为喷油器的结构, 在筒状壳内装有电磁线圈、柱塞、回位弹簧和针阀等。柱塞和针阀装成一体, 在回位弹簧力作用下, 针阀紧贴阀座, 将喷孔封闭。另外, 为防止油中所含杂质影响针阀工作, 设有滤清器, 为适应不同的应用场合, 设有调整针阀行程的调整垫片。

喷油器的工作原理如图 2-2-18 所示, 当 ECU 将开启针阀的电信号通过驱动电路作用于电磁阀线圈时, 柱塞和针阀在电磁线圈吸力的作用下向上移动, 当其凸缘部被吸引碰到调整片时, 针阀全开, 燃油通过沿箭头的通路喷射出去。喷射结束后, 电磁线圈断电, 回位弹簧将针阀关闭, 喷油器停止喷油。

- 1- 燃油接头; 2- 电插头;
3- 电磁线圈; 4- 磁芯;
5- 行程; 6- 阀体; 7- 壳体;
8- 针阀; 9- 凸缘部;
10- 调整垫片; 11- 弹簧;
12- 滤清器

图 2-2-17 喷油器的结构

喷油量的大小除了与针阀行程、喷口面积以及喷射环境压力和燃油压力的压差等因素有关外, 还与针阀的开启时间, 即电磁线圈的通电时间有关。

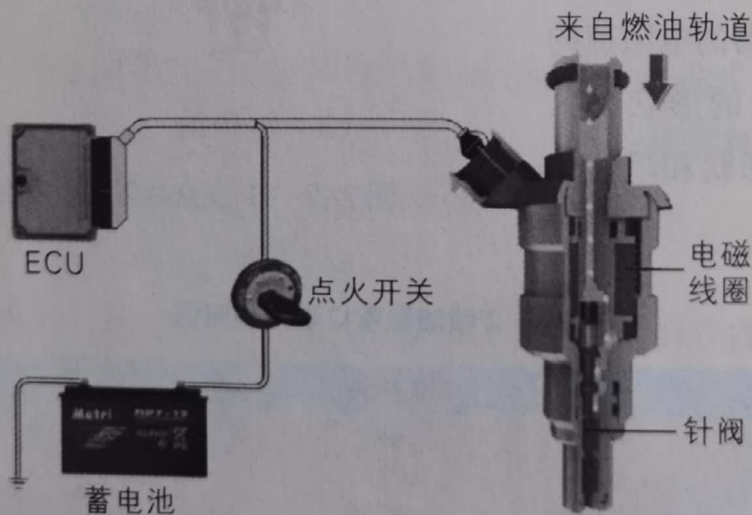


图 2-2-18 喷油器的工作原理

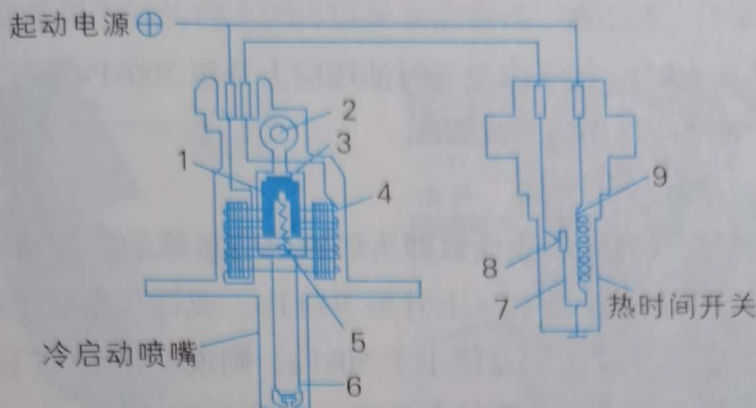
6. 冷启动喷油器

冷启动喷油器的功用是当发动机低温启动时, 向进气管喷入一定数量的附加汽油, 以加浓混合气。冷启动喷油器也是一个电磁阀, 故又称冷启动阀。冷启动喷油器的开启和持续喷油的时间取决于发动机的温度, 并由热时间开关控制, 如图 2-2-19 所示。冷启动喷油器安装



冷启动喷油器

在进气管上，热时间开关装在机体上并与冷却液接触。



1- 可动铁芯；2- 进油口；3- 平面阀；4- 电磁线圈；5- 弹簧；6- 涡流式喷嘴；
7- 双金属片；8- 白金触点；9- 电热丝

图 2-2-19 冷启动喷油器

7. 燃油供给系统的工作性能检测方法

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) 安装汽车专用汽油压力表

在安装汽车专用汽油压力表之前，应卸除燃油系统压力，然后拆下蓄电池负极搭铁线，安装汽车专用汽油压力表（量程为 1MPa），压力表一般安装于汽油滤清器的出油口或燃油喷射管的进油口处，带测压力的车辆可将燃油压力表连接至测压口，重新装复蓄电池负极搭铁线、电动燃油泵和电动燃油泵导线插头。

(2) 检测静态燃油

拨下电动燃油泵继电器，用导线将电动燃油泵继电器供电端子短接；打开点火开关（不启动发动机）使电动燃油泵运转，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、电动燃油泵内部磨损、电动燃油泵限压阀损坏、汽油滤清器脏堵、油压调节器调压弹簧过软或喷油器孔卡滞常喷油造成的，可更换汽油滤清器，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。

(3) 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油压调节器真空管错装、漏

装或漏气造成的,此时应先检测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,否则应更换油压调节器。

(4) 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。

(5) 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 2~3 倍,即 $500\sim 750\text{kPa}$ 。

油泵最大供油压力偏高是由于油泵限压阀卡滞造成的,应更换电动燃油泵。油泵最大供油压力偏低是由于燃油滤清器堵塞。油泵进油滤网脏堵、电动燃油泵内部磨损、油泵限压阀关闭不严或调压弹簧过软造成的。应先更换燃油滤清器后重新检测,若油压仍然偏低则从油箱拆出电动燃油泵检查;若油泵滤网脏污则清洗油箱和油泵进油滤网,若油泵进油滤网良好应更换电动燃油泵总成。

(6) 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 $28\sim 70\text{kPa}$ 之间。

(7) 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燃油泵单向阀关闭不严、油压调节器回油口关闭不严或喷油器滴漏造成的。

五、空气供给系统主要部件结构与工作原理



空气供给系统组成

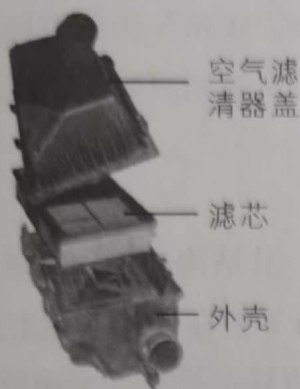
1. 空气滤清器

功用:空气滤清器的功用主要是滤除空气中的杂质或灰尘,使进气洁净,减少气缸磨损。另外,空气滤清器也有降低进气噪声的作用。

组成:空气滤清器一般由空气滤清器盖、外壳和滤芯等组成,如

图 2-2-20 所示。

分类：空气滤清器按结构的不同可以分为油浴式、离心式、干式等。



(a) 组成



(b) 安装在车上的位置

图 2-2-20 空气滤清器

2. 空气流量传感器

空气流量传感器（空气流量计）是测量发动机进气量的装置，它将吸入的空气量转换成电信号送至 ECU，作为决定喷油量的基本信号之一，主要用于 L 型 EFI 系统。根据测量原理不同，空气流量传感器有叶片式、卡门旋涡式、热线式及热膜式等几种类型，目前最常用的有热线式和热膜式。



空气流量传感器

① 热线式空气流量传感器

热线式空气流量传感器结构和工作原理如图 2-2-21 和图 2-2-22 所示。

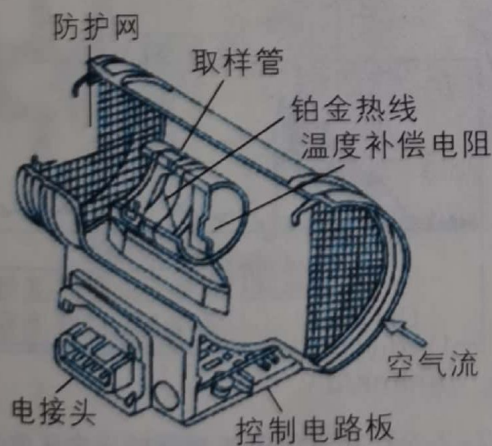
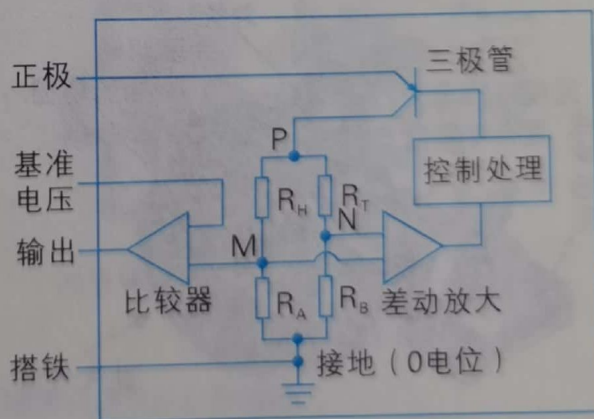


图 2-2-21 热线式空气流量传感器的结构



R_H - 热线电阻； R_T - 冷线电阻；

R_A 和 R_B - 精密电阻

图 2-2-22 空气流量传感器的内部原理图

热线式空气流量传感器的工作原理是把通电加热的直径很小的铂丝（也称为热线

或热丝)置于空气流中,使热线温度和吸入空气温度差保持在 100°C 左右,铂丝成为惠斯通电桥电路中一个臂。热线电阻因空气流动的冷却作用,阻值发生变化,使电桥失去平衡,M 和 N 点的电位不同,为了保持电桥平衡,M 和 N 点的电位相同,必须提高桥压,加大流过热线的电流,使热线的温度升高,恢复到原来的阻值。桥压的变化反映了空气流速的变化。

②热膜式空气流量传感器

热膜式空气流量传感器结构如图 2-2-23 所示,其结构和工作原理与热线式空气流量传感器基本相同,把热线、补偿电阻、精密电阻等镀在一片陶瓷上或将发热金属铂固定在树脂薄膜上,使制造成本降低,使发热体不直接承受空气流动所产生的作用力,增加了发热体的强度,提高了空气流量传感器的可靠性和使用寿命。

热膜式和热线式空气流量传感器的响应速度快,能在数毫秒时间内反映出空气流量的变化,因此其测量精度基本不受进气脉动的影响(气流脉动在发动机大负荷、低转速时最为明显),测量精度高。由于测量的是质量流量,因此也避免了海拔不同引起的误差。此外,还具有进气阻力小、无磨损部件、使用寿命长等优点。

当空气流量传感器出现故障时,发动机启动困难,怠速不稳,容易熄火,加速性能差,但有备用系统时,故障症状有所缓解。

空气流量传感器输出电压信号波形如图 2-2-24 所示。与维修资料中输出电压的正确参考值进行比较,通常热线式空气流量传感器输出的电压范围,是从怠速时超过 0.2V 至油门全开时的 4V 以上,全减速时的输出电压应比怠速时的电压稍低。

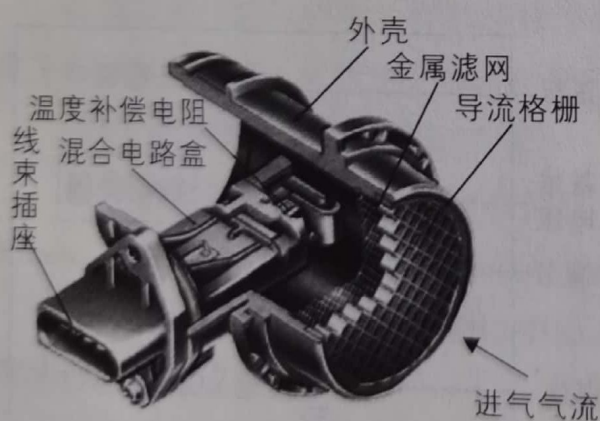


图 2-2-23 热膜式空气流量传感器的结构

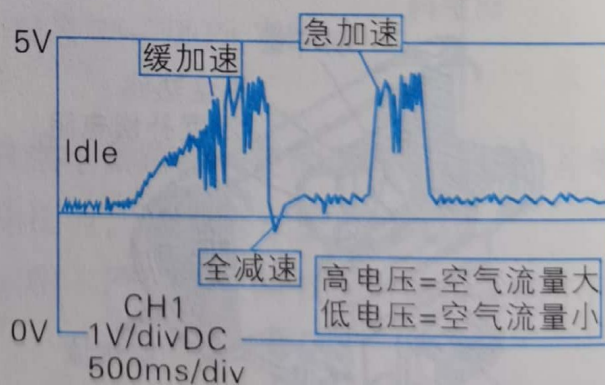


图 2-2-24 空气流量传感器输出电压信号波形



进气压力传感器

3. 进气压力传感器

一般装于发动机机舱内,用一根真空管与进气歧管相接或直接装在节气门后方的进气歧管上,如图 2-2-25 所示。

进气压力传感器(进气歧管绝对压力传感器)用于 D 型汽油喷射

系统。它在汽油喷射系统中所起的作用和空气流量传感器相似。进气压力传感器根据发动机的负荷状态测出进气歧管内绝对压力(真空度)的变化,并转换成电压信号,与转速信号一起输送到电控单元(ECU),作为确定喷油器基本喷油量的依据。进气管绝对压力传感器的种类较多,按检测原理可分为膜盒式、压敏电阻式、电容式等。下面主要介绍膜盒式和压敏电阻式。



图 2-2-25 进气压力传感器的安装位置

(1) 膜盒式进气压力传感器

①膜盒式进气压力传感器的结构原理

如图 2-2-26 所示,膜盒式进气压力传感器主要由膜盒、铁芯、感应线圈或滑动电阻、电子电路等组成。膜盒是由薄金属片焊接而成,其内部被抽成真空,外部与进气歧管相通。外部压力变化将使膜盒产生膨胀和收缩,置于感应线圈内部的铁芯和膜盒联动。感应线圈由两个绕组构成,如图 2-2-27 所示,其中一个与振荡电路相连,产生交流电,在线圈周围产生磁场;另一个为感应绕组,产生信号电压。当进气歧管压力变化时,膜盒带动铁芯在磁场中移动,使感应线圈产生的信号电压随之变化。该信号电压由电子电路检波、整形和放大后,作为传感器的输出信号送至 ECU。

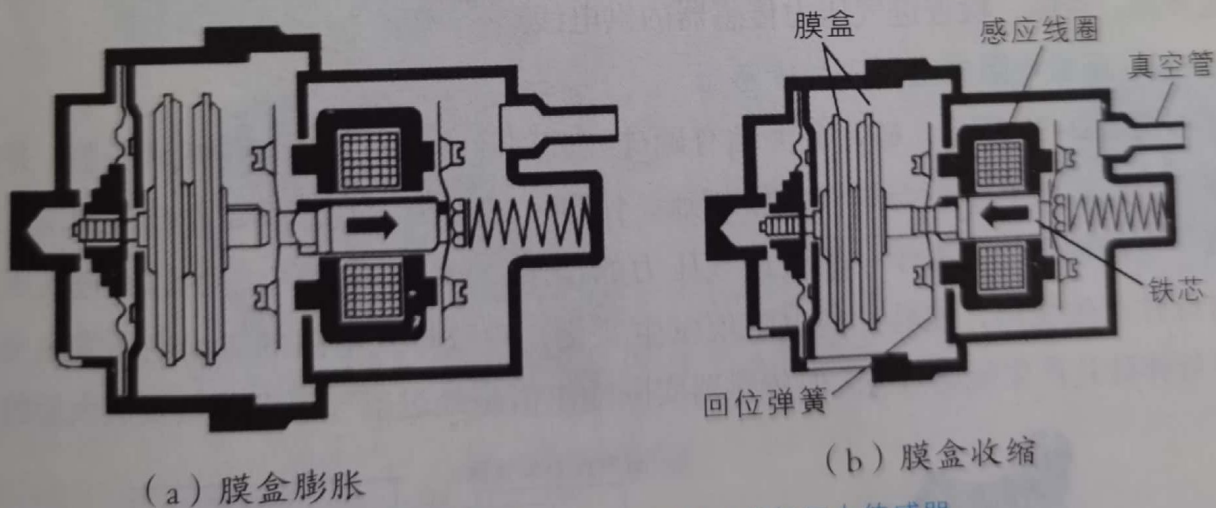


图 2-2-26 膜盒感应线圈式进气压力传感器

如图 2-2-28 所示,当进气歧管内压力变化,使膜盒收缩或伸张,通过传动杆操纵可变电阻滑动触点,使输出的电阻或电压变化,ECU 据此测得进气歧管内压力。

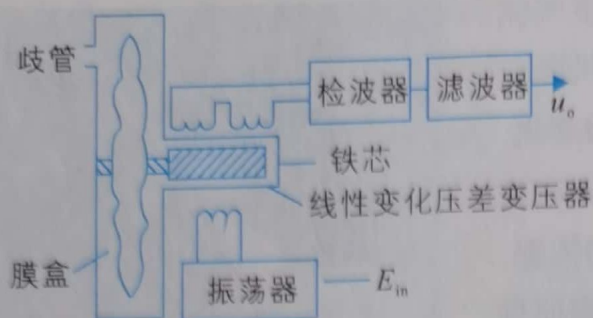


图 2-2-27 膜盒式进气压力传感器的原理图

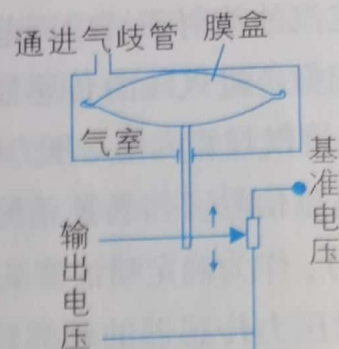


图 2-2-28 膜盒可变电阻式进气压力传感器

②膜盒式进气压力传感器的故障检修

进气压力传感器一般有供电、信号和接地三个端子。检测时，将万用表（电压挡）的表笔分别插入导线连接器与两端子接触，如图 2-2-29 所示，测量其输出电压。不拔插座，点火开关在“ON”位，将万用表表笔与 VS、E 端子接触。在拔下真空管，加上大气压的情况下，电压值约为 1.5V；在用嘴对真空管道吸气时，电压值应从 1.5V 起向下降方向变化；

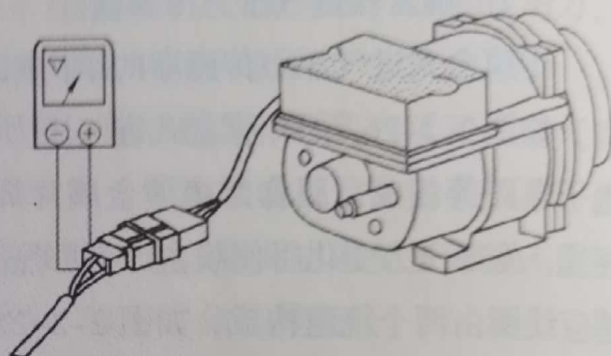


图 2-2-29 膜盒式进气压力传感器的检测

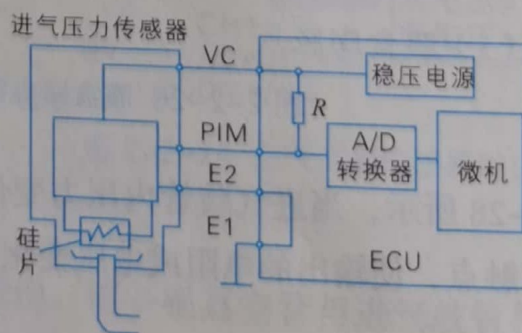
接上真空管，发动机怠速运转时，电压值约为 0.4V；而当发动机转速升高时，此电压值也升高。否则，检查进气压力传感器的供电线路。

(2) 压敏电阻式进气压力传感器

如图 2-2-30 所示，硅片底面粘有硼硅酸玻璃片，使硅片中部形成真空腔，并密封在容器中，通过真空管与进气歧管相通，使进气歧管内的气压作用在硅片周围。封装在真空室内的硅片，由于一侧受进气压力的作用，另一侧是真空，所以在进气压力变化时硅片产生变形，使硅片的电阻值发生变化，导致桥式电路的输出电压发生变化，使半导体硅片产生压电效应。但传感器实际输出值是经过空气温度补偿及放大后的值。



(a) 实物图



(b) 电路原理图

图 2-2-30 半导体压敏电阻式进气压力传感器

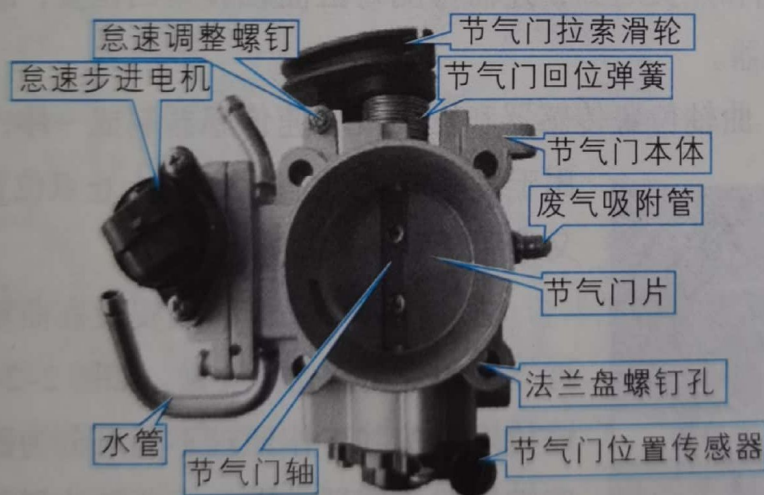
由于压差的关系引起压电元件所组成的桥式电路中电阻阻值的变化而使电流偏流,通过对桥式平衡电路中电压变化的测定即可计算出发动机的进气量。

硅片上 4 个压敏电阻连接成惠斯登电桥,由稳压电源 VC 供电。当进气歧管内压力增加时,硅片变形,使硅片内的压敏电阻变化,PIM 和 E2 之间输出与压力成正比的电压。

4. 节气门体

节气门体安装在进气管中,用以控制发动机正常运行工况下的进气量。节气门体主要由节气门、节气门位置传感器和怠速空气道等组成。由于电控燃油喷射发动机怠速运转时,一般将节气门完全关闭,所以专门设有怠速空气道,以供给发动机怠速时所需的空气。怠速空气道流通面积大小的控制是由怠速空气阀直接控制的,也有的是 ECU 通过怠速控制阀控制的。在单点燃油喷射系统中,喷油器一般安装在节气门体上,其结构比多点喷射系统的节气门体复杂。

节气门体的结构如图 2-2-31 所示。节气门位置传感器安装在节气门轴上,用来检测节气门的开度。ECU 通过怠速控制阀来控制怠速空气道,以根据需要调节发动机怠速时的进气量。怠速调整螺钉用来调节节气门的最小开度。在发动机工作时,冷却液通过加热水管流经节气门体,以防止寒冷季节空气中的水分在节气门体上冻结,有些车型的节气门体上没有加热水管。



节气门位置传感器

图 2-2-31 节气门体的结构

5. 进气总管, 进气歧管

进气管的结构如图 2-2-32 所示。在多点电控燃油喷射式发动机上,为了消除进气波动和保证各缸进气均匀,对进气总管和进气歧管的形状、容积都有严格的要求,每个气缸一般有一个单独的进气歧管。有些发动机的进气总管与进气歧管制成一体,有些则是分开制造再用螺栓连接。

在采用单点燃油喷射系统的发动机上,由于喷油器安装在节气门体上,进气管与

化油器式发动机进气管的要求和结构基本相同。



图 2-2-32 进气管的结构

六、控制系统主要部件结构与工作原理

1. 发动机转速与曲轴位置传感器

空气流量传感器只能够检测出每个单位时间内吸入的空气量，但是不能检测出每工作循环内吸入的空气量，因此为确定最佳空燃比的喷油量，还必须在已知单位时间空气流量的基础上，检测发动机转速，

同时为选取合适的喷油时刻和点火时刻，还需检测每缸曲轴转角的位置，故需要设有发动机转速与曲轴位置传感器。

在现代电控发动机上，曲轴位置传感器和发动机转速传感器制成一体，它们既可用于发动机曲轴位置、活塞上止点位置的测定，又可用于发动机转速的测定。

曲轴位置传感器一般安装在曲轴前端、靠近飞轮的变速器壳体位置，如图 2-2-33 所示。该传感器按其工作原理不同可分为磁电感应式曲轴位置传感器、霍尔式曲轴位置传感器和光电式曲轴位置传感器等。下面主要讲解磁电感应式和霍尔式曲轴位置传感器。



图 2-2-33 曲轴位置传感器的安装位置

(1) 磁电感应式曲轴位置传感器

① 磁电感应式传感器

磁电感应式曲轴位置传感器，又称为磁脉冲式传感器、可变磁阻式传感器。主要由导磁材料制成的信号转子、永久磁铁、信号线圈等组成，传感器的位置是固定的，软磁铁芯与信号转子齿间隙必须保持一定间隙，如图 2-2-34 所示。

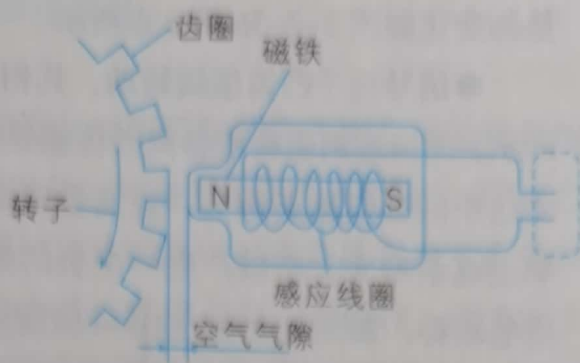


图 2-2-34 磁电感应式曲轴位置传感器的结构

传感器插头接线形式主要有二线制和三线制两种。二线制的两根线为信号回路线，信号正负交替变化，三线制中多出的一根线为屏蔽线。

●当信号转子凸齿靠近传感器时，磁头与齿间隙逐渐缩小，磁路中的磁阻逐渐减小，传感器的磁场便开始产生集中的现象，磁场强度增大，磁通量的变化率也逐渐增大，因此产生一个逐渐增大的正的感应电动势，磁场的变化越大，则感应出的电压也越强，其相对位置如图 2-2-35 (a) 所示；磁通量和感应电动势的变化如图 2-2-36 的 a-b 段所示。

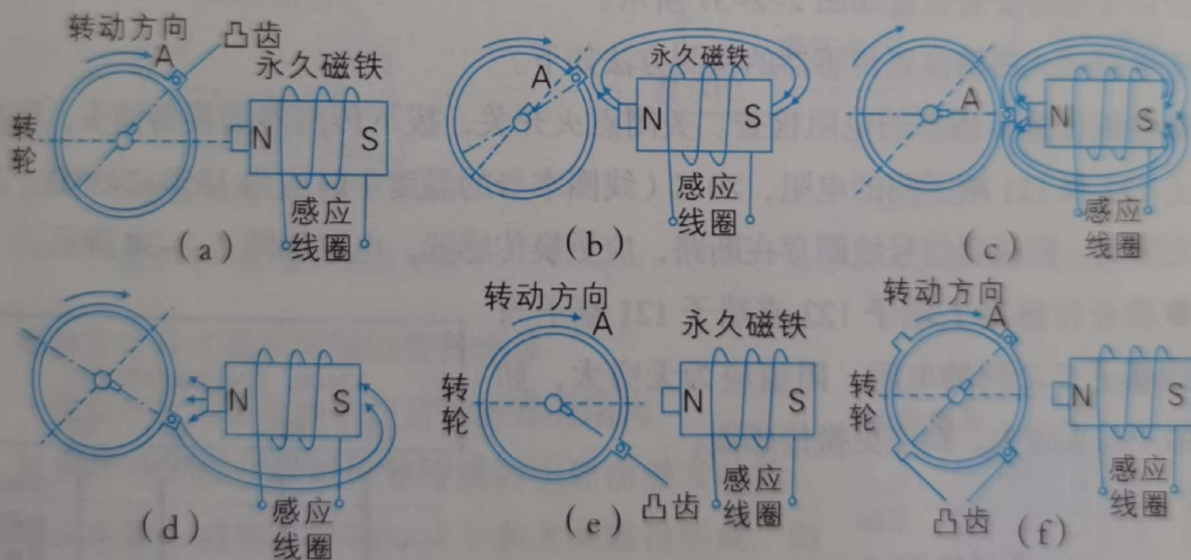


图 2-2-35 磁电感应式传感器的工作原理示意图

●当凸齿继续靠近磁头时，磁通量仍在增大，但磁通量的变化率减小，因此产生一个正的、逐渐减小的感应电动势，其相对位置如图 2-2-35 (b) 所示；磁通量和感应电动势的变化如图 2-2-36 的 b-c 段所示。

●当信号转子凸齿与传感器尖端对齐成一直线时，磁头与齿间隙最小，磁路中的磁阻最小，磁场强度最强，磁通量最大，但在该点磁场强度没有变化，磁场变化率为 0，所以感应电压和电流强度为 0，其相对位置如图 2-2-35 (c) 所示；磁通量和感应电动

势的变化如图 2-2-36 的 c 点所示。

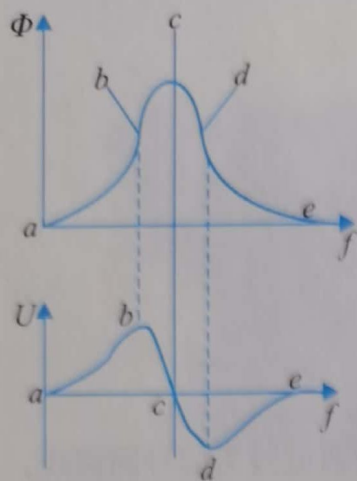


图 2-2-36 磁通量和感应电动势的变化

●信号转子凸齿继续转动，其相对位置如图 2-2-35 (d) 所示，凸齿远离磁头准备离开传感器时，二者间隙逐步变大，磁路中的磁阻逐渐增大，磁通量逐渐减小，但磁通量的变化率仍逐渐增大，所以产生一个负的但绝对值仍逐渐增大的感应电动势，如图 2-2-36 的 c-d 段所示。

●当凸齿继续转动离开磁头时，磁路中的磁阻继续增大，磁通量继续减小，但磁通量的变化率也逐渐减小，因此产生一个负的绝对值逐渐减小直至为 0 的感应电动势，其相对位置如图 2-2-35 (e) 所示；磁通量和感应电动势的变化如图 2-2-36 的 d-e 段所示。

②新款凯美瑞曲轴位置传感器的检测

新款凯美瑞的曲轴位置传感器安装在曲轴正时护罩内，曲轴的正时转子由 34 个齿组成，带有 2 个齿缺。曲轴位置传感器每 10° 输出曲轴旋转信号，齿缺用于确定上止点，曲轴位置传感器安装位置如图 2-2-37 所示。

磁电感应式曲轴位置传感器的检测方法如下。

●曲轴位置传感器的电阻检查。关闭点火开关，拔下传感器插接器插头，检查传感器上 122 和 121 端子间的电阻， 20°C （线圈本身的温度）时应为 $1850\sim 2450\Omega$ 。若电阻为无穷大，则说明信号线圈存在断路，应更换传感器，电路如图 2-2-38 所示。

●检查传感器上端子 122 或端子 121 端子与屏蔽线端子 C 之间的电阻，阻值应为无穷大，如果电阻不是无穷大，则应更换传感器。



图 2-2-37 曲轴位置传感器安装位置

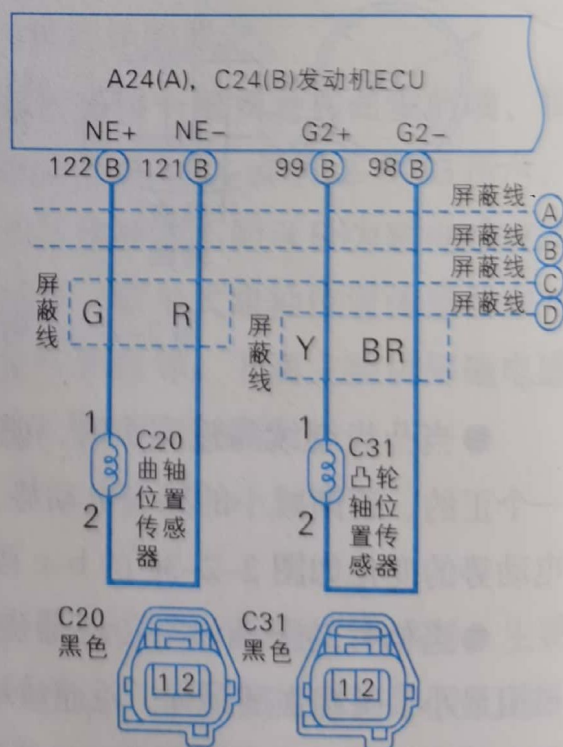


图 2-2-38 传感器与 ECU 电路图

(2) 霍尔式曲轴位置传感器

① 霍尔式传感器

霍尔式曲轴位置传感器是利用霍尔效应产生与曲轴转角相对应的电压脉冲信号的原理制成的,可分为触发叶片式和触发轮齿式两种霍尔曲轴位置传感器。

霍尔效应:当电流通过放在磁场中的半导体基片(称霍尔元件)且电流方向与磁场方向垂直时,电荷在洛仑兹力作用下向一侧偏移,在垂直于电流与磁场的霍尔元件的横向侧面上产生一个与电流和磁场强度成正比的电压,称为霍尔电压 U_H ,如图 2-2-39 所示。霍尔电压可用下式表示,即

$$U_H = \frac{R_H}{d} IB$$

式中, R_H 为霍尔系数; d 为基片厚度; I 为电流; B 为磁场强度。

当结构一定且电流为定值时,霍尔电压与磁场强度成正比。霍尔式曲轴位置传感器主要使用霍尔开关电路,根据脉冲信号的多少计算曲轴的旋转速度和位置,为了能够输出数字信号,产生的霍尔电压应该能够打开和关闭功率晶体管,如图 2-2-40 所示。

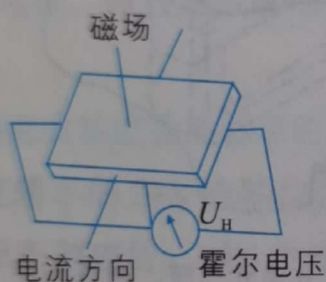


图 2-2-39 霍尔效应原理

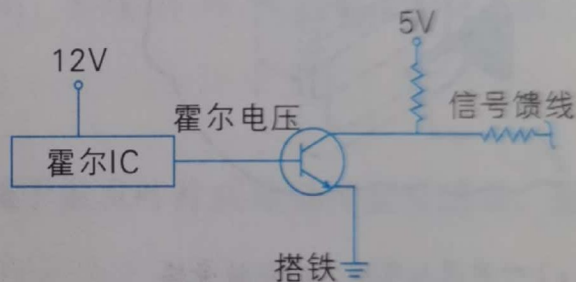


图 2-2-40 霍尔开关电路

● 触发叶片式霍尔曲轴位置传感器

· 触发叶片式霍尔曲轴位置传感器的结构

触发叶片式霍尔曲轴位置传感器主要由触发叶轮、霍尔集成电路、磁轭(导磁钢片)和永久磁铁组成。而集成电路又由霍尔元件、放大电路、稳压电路、温度补偿电阻、信号变换电路和输出电路组成,其结构如图 2-2-41 所示。其中触发叶轮安装在转子轴上,随转子轴一起转动,叶轮上制有叶片;当曲轴带动转子轴转动时,触发叶轮随其一起转动,叶片便在霍尔集成电路与永久磁铁之间转动。

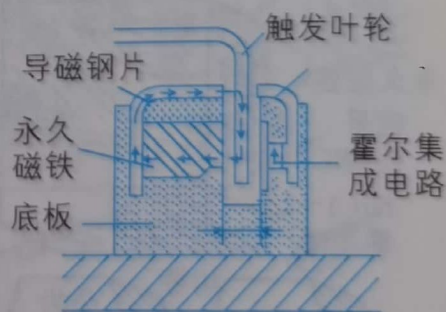


图 2-2-41 触发叶片式霍尔曲轴位置传感器的结构

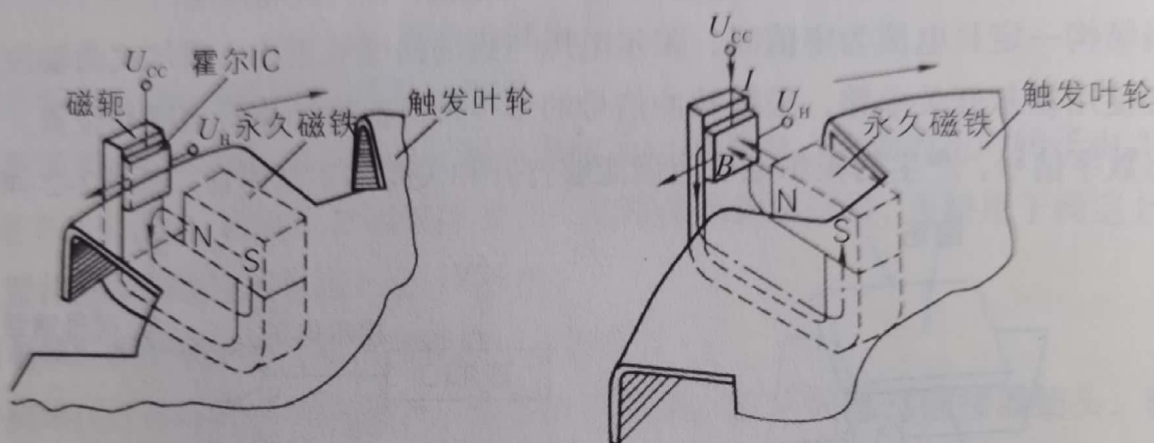
· 触发叶片式霍尔曲轴位置传感器的工作原理

当曲轴转动并带动转子轴转动时,触发叶轮随转子轴一起转动,触发叶轮的叶片便从霍尔集成电路与永久磁铁之间的间隙中转过。当叶片进入间隙时,霍尔集成

电路中的磁场被叶片旁路，如图 2-2-42 (a) 所示，此时霍尔元件产生的霍尔电压为零，集成电路输出级的三极管截止，传感器输出一个高电平信号电压 U_0 （实验表明：当电源电压 $U_{CC}=14.4V$ 时，信号电压 $U_0=9.8V$ ；当电源电压 $U_{CC}=5V$ 时，信号电压 $U_0=4.8V$ ）。

当叶片离开气隙时，永久磁铁的磁通便经过霍尔集成电路和导磁钢片构成回路，如图 2-2-42 (b) 所示，此时霍尔元件产生霍尔电压 U_H （ $U_H=1.9\sim 2.0V$ ），霍尔集成电路输出级的三极管导通，传感器输出一个低电平电压信号 U_0 （实验表明：当电源电压 U_{CC} 为 $14.4V$ 或 $5V$ 时，信号电压 $U_0=0.1\sim 0.3V$ ）。

ECU 便根据输入的脉冲信号计算出曲轴的转角及活塞上止点位置，从而对发动机的点火和喷油时刻进行控制。



(a) 叶片进入气隙，磁场被旁路

(b) 叶片离开气隙，磁场饱和

图 2-2-42 霍尔曲轴位置传感器工作原理

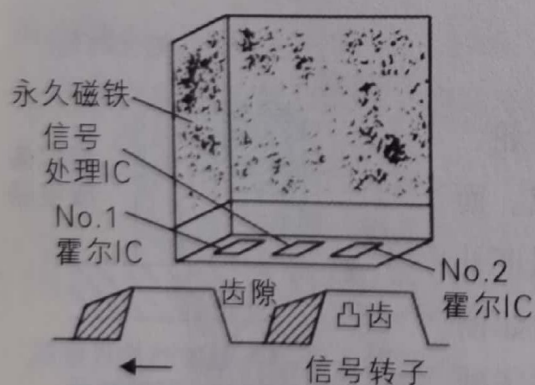


图 2-2-43 触发轮齿式霍尔曲轴位置传感器结构

● 触发轮齿式霍尔曲轴位置传感器

· 触发轮齿式霍尔曲轴位置传感器结构

触发轮齿式霍尔曲轴位置传感器即差动霍尔式曲轴位置传感器，也叫双霍尔式曲轴位置传感器，其结构与磁脉冲式曲轴位置传感器相似，由带凸齿的信号转子和霍尔信号发生器组成，如图 2-2-43 所示。

· 触发轮齿式霍尔曲轴位置传感器的工作原理

触发轮齿式霍尔曲轴位置传感器的工作原理与触发叶片式霍尔曲轴位置传感器的工作原理相同。触发轮齿式霍尔曲轴位置传感器的信号转子即凸齿转子安装在发动机曲轴上（部分汽车以发动机的飞轮为信号转子），当发动机曲轴或飞轮转动时，传感器的信号转子随其一起转动，从而使信号转子的齿

缺与凸齿转过霍尔电路（与触发叶片式霍尔电路相同，由霍尔元件、放大电路、稳压电路、温度补偿电阻、信号变换电路和输出电路等组成）的探头，使齿缺或凸齿与霍尔探头之间的气隙发生变化，磁通量随之变化，即磁场强度 B 发生变化，根据霍尔效应，在传感器的霍尔元件中就会产生交变电压信号，如图 2-2-44 所示，其输出电压由两个霍尔信号电压叠加而成。因为输出信号为叠加信号，所以转子凸齿与信号发生器之间的

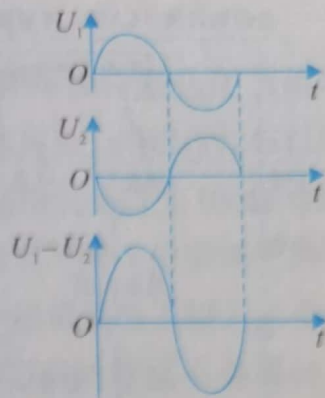


图 2-2-44 触发轮齿式霍尔曲轴位置传感器电压波形

气隙可以增大到 $1.0 \pm 0.5\text{mm}$ （普通霍尔式传感器仅为 $0.2\sim 0.4\text{mm}$ ），从而便可将信号转子设置成像磁感应式传感器转子一样的齿盘式结构，其突出优点是信号转子便于安装。

汽车上用霍尔式传感器一般为三线或两线（一根电源、一根为信号线）：一根为电源线，供给工作电压，一般为 12V ，也有的用 8V 、 5V 或 9V ；一根为信号线，需要提供 5V 参考电压，通过三极管的导通或关闭，实现 0V 和 5V 的脉冲变化；第三根为搭铁线。

②新款别克曲轴位置传感器的检测

上海别克轿车的 24X 曲轴位置传感器属于触发叶片式曲轴位置传感器，是利用霍尔效应的原理制成的。24X 曲轴位置传感器的信号转子上有 24 个均匀的叶片和窗口，曲轴每转一次，24X 曲轴位置传感器产生 24 个通断脉冲信号，并将其输入 ECU。ECU 通过此信号来计算发动机低速运转时曲轴的位置和发动机的转速。24X 曲轴位置传感器安装在发动机右前部下侧，固接在铝质安装支架上，并用螺栓固定在发动机正时链条盖的前面，一部分位于曲轴平衡装置后，如图 2-2-45 所示。

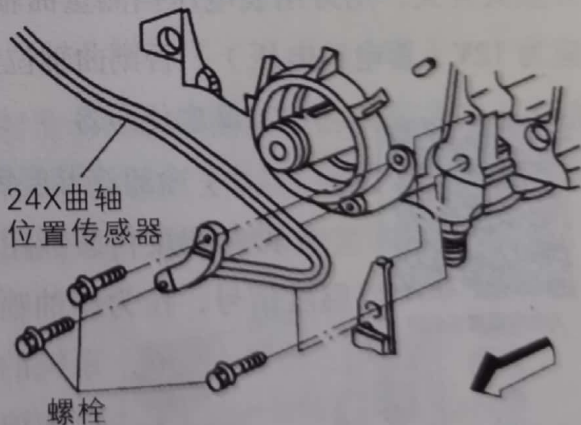


图 2-2-45 24X 曲轴位置传感器的安装位置

24X 曲轴位置传感器与 ECU 的连接电路如图 2-2-46 所示。24X 曲轴位置传感器的插头端子如图 2-2-47 所示。其中，A 端子为电源线，B 端子为信号线，C 端子为搭铁线。24X 曲轴位置传感器的检测方法如下。

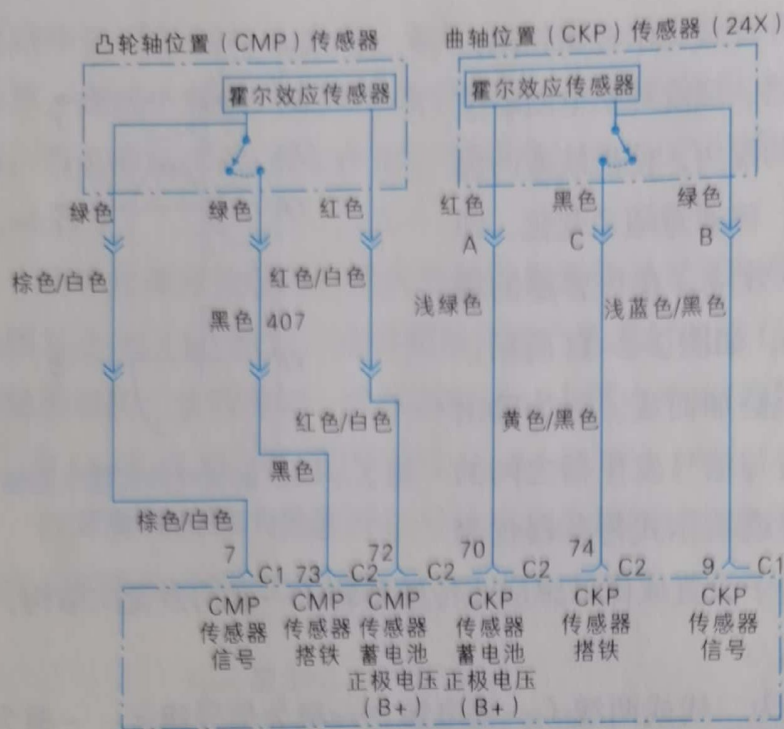


图 2-2-46 传感器与 ECU 的连接电路



图 2-2-47 传感器的插头端子

●检测传感器的输出信号。关闭点火开关，在曲轴位置传感器的信号线路上串接一个无源试灯（或发光二极管），启动发动机，观察灯（或发光二极管）的闪烁情况，试灯（或发光二极管）应有规律闪烁，否则曲轴位置传感器信号不良。

●检测传感器的电源电压。关闭点火开关，拔下曲轴位置传感器的 3 芯插头，打开点火开关，用万用表电压挡测量曲轴位置传感器插座上 A 孔与搭铁之间的电压值，应为 12V（蓄电池电压），否则曲轴位置传感器的电源线路不良。

2. 温度传感器

(1) 冷却液温度传感器

冷却液温度传感器用于检测发动机冷却液温度，向 ECU 输入冷却液温度信号，作为燃油喷射和点火正时的修正信号，同时也是其他控制

系统的控制信号。在冷却液温度较低的冷机状态下，应加浓可燃混合气，使发动机稳定地燃烧。当发动机处于冷机状态时，如果不发出冷机状态信号，则可燃混合气变得稀薄，发动机处于不正常工作状态；反之，当发动机处于暖机状态时，如果发出冷机状态信号，则可燃混合气变得过浓，发动机仍处于不正常工作状态。冷却液温度传感器的工作特性如图 2-2-48 所示。

冷却液温度传感器插头的端子与 ECU 的连接电路如图



冷却液温度传感器

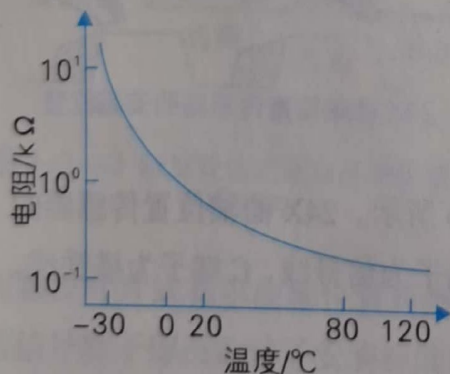


图 2-2-48 冷却液温度传感器的工作特性

2-2-49 (a) 所示, 其中, THW 为信号端子, E2 为搭铁线端子。

从图 2-2-49 (b) 中可以看出, ECU 使 5V 电压通过阻值为 $1\text{k}\Omega$ 的电阻与晶体管串联后再与阻值为 $10\text{k}\Omega$ 的电阻并联的电路, 然后经过传感器搭铁。当温度比较低时, 传感器热敏电阻的阻值较大, 此时 ECU 使晶体管截止, 5V 电压仅仅通过 $10\text{k}\Omega$ 电阻及传感器后搭铁, 由于传感器热敏电阻的阻值与 $10\text{k}\Omega$ 相差不大, 因此传感器所测得的数据比较准确; 而当温度达到特定值 51.6°C 时, 热敏电阻的阻值发生了很大的变化, 此时其阻值相对于 $10\text{k}\Omega$ 电阻的阻值已经较小, 传感器所测得的数据不再准确, 而 ECU 使晶体管导通, 5V 电压通过 $1\text{k}\Omega$ 电阻与晶体管串联后再与 $10\text{k}\Omega$ 电阻并联的电路, 然后经过传感器搭铁, 由于并联后的阻值与 $1\text{k}\Omega$ 相差不大, 即与温度升高后传感器的阻值相差不大, 这样即使温度升高后热敏电阻的阻值发生了变化, 该电路也能保证测量结果的准确性。

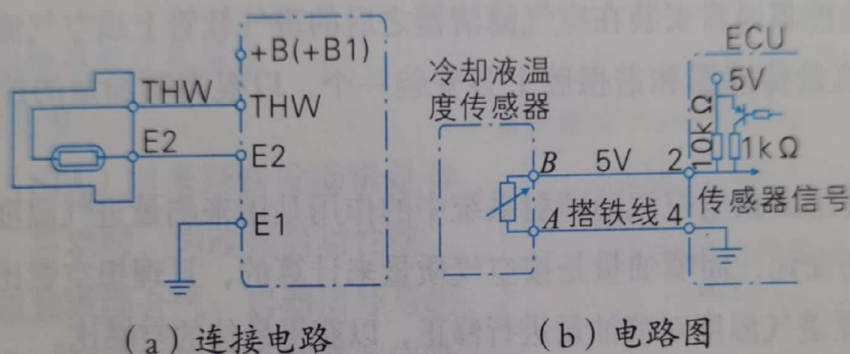


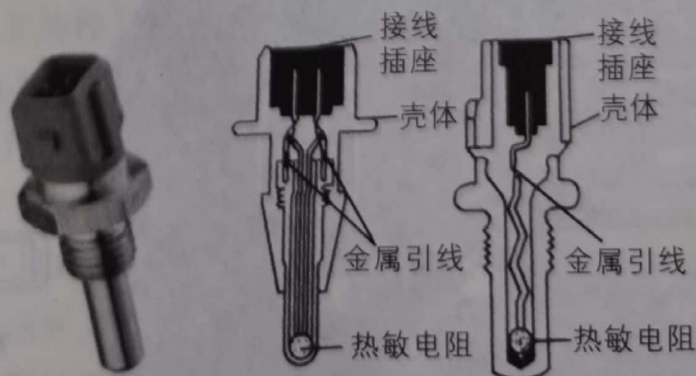
图 2-2-49 冷却液温度传感器插头的端子与 ECU 的连接电路及电路图

(2) 冷却液温度传感器的安装位置和结构

冷却液温度传感器一般安装在电控汽油喷射发动机缸体的缸盖的水套及其上出液管等处, 如图 2-2-50 所示。冷却液温度传感器的结构如图 2-2-51 所示, 该传感器有双端子式和单端子式两种, 主要由热敏电阻、金属引线、接线插座和壳体组成。



图 2-2-50 冷却液温度传感器的安装位置



(a) 实物图 (b) 双端子式 (c) 单端子式

图 2-2-51 冷却液温度传感器的结构

(3) 进气温度传感器



进气温度传感器

进气温度传感器用于检测进气温度，并将温度信号转换为电信号传送给 ECU。进气温度信号是各种控制功能的修正信号，如果进气温度信号中断，则会导致发动机热启动困难，废气排放量增大。

由于空气流量传感器测定的空气流量为体积流量，因此需要配装进气温度传感器和大气压力传感器。ECU 根据发动机的进气温度信号和大气压力信号修正喷油量，使发动机自动适应外部环境温度（寒冷或高温）和大气压力（高原或平原）的变化。当进气温度低时（空气密度大），热敏电阻的阻值大，传感器输入 ECU 的信号电压高，ECU 控制喷油器增加喷油量；反之，当进气温度高时（空气密度小），热敏电阻的阻值小，传感器 ECU 的信号电压低，ECU 将控制喷油器减少喷油量。

① 进气温度传感器的安装位置和结构

进气温度传感器通常安装在空气滤清器之后的进气软管上或空气流量传感器上，有的还在空气流量传感器谐振腔上各安装一个，以提高喷油量的控制精度，如图 2-2-52 所示。

进气温度传感器在电控汽油喷射系统中的作用是用来测量进气温度，因空气密度随温度的变化而变化，而喷油量是按空气质量来计算的，且理想空燃比是 14.7:1，所以 ECU 必须根据进气温度对喷油量进行修正，以获得最佳的空燃比。

进气温度传感器的结构如图 2-2-53 所示，该传感器主要由绝缘套、塑料外壳、防水插座、铜垫圈、热敏电阻等组成。

② 进气温度传感器的工作原理

进气温度传感器采用负温度系数热敏电阻作为检测元件，为能准确测量进气温度，常用塑料外壳加以保护，以防安装部位的温度影响传感器的测量精度。

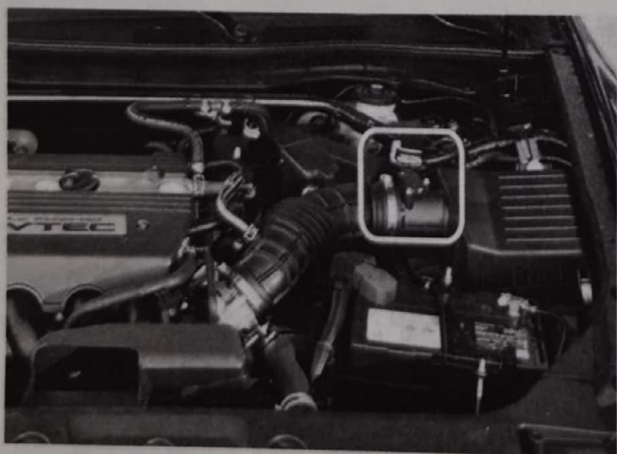


图 2-2-52 进气温度传感器的安装位置

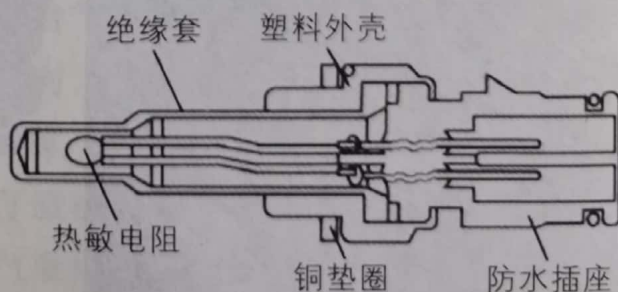


图 2-2-53 进气温度传感器的结构

进气温度传感器与电控汽油喷射系统 ECU 的连接电路如图 2-2-54 所示。ECU 根据进气温度传感器输入的信号来修正基本喷油量。进气温度传感器的工作特性如图 2-2-55 所示。

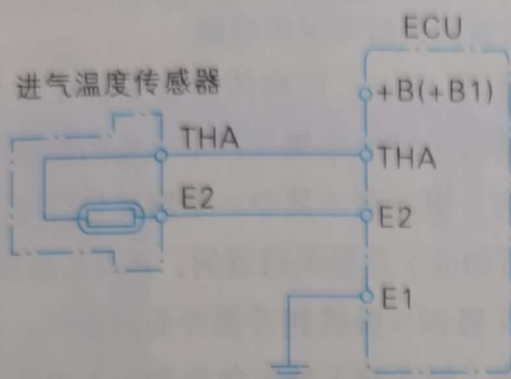


图 2-2-54 进气温度传感器与电控汽油喷射系统 ECU 的连接电路

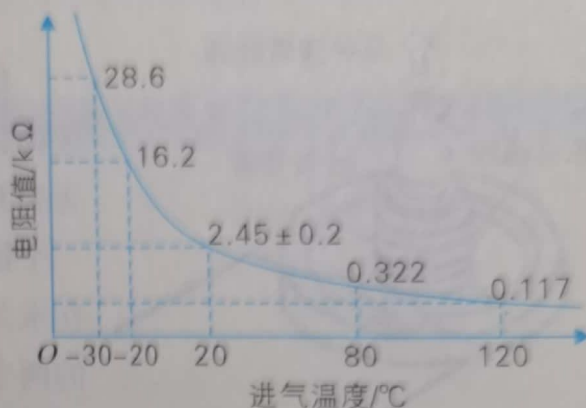


图 2-2-55 进气温度传感器的工作特性

3. 启动与空挡启动开关信号

(1) 启动信号

启动信号 (STA) 用来判断发动机是否处在启动状态。启动时，为改善启动性能，需增加喷油量以加浓混合气。启动信号与起动机电源连接在一起，由空挡启动开关同时控制，空挡启动开关接通，ECU 便检测到启动信号，确认发动机处于启动状态，并自动增加喷油量。启动信号电路如图 2-2-56 所示。

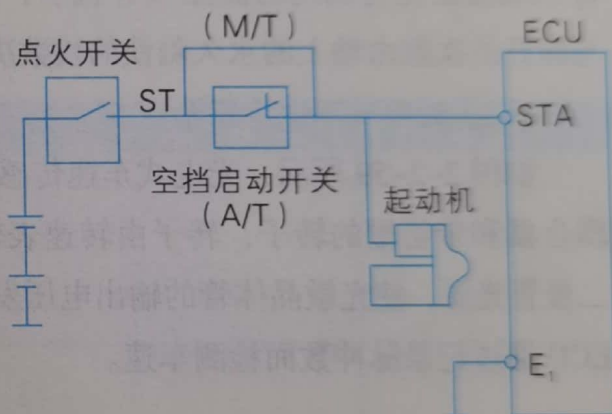


图 2-2-56 启动信号电路

(2) 空挡启动开关信号

在装有自动变速器的汽车中，ECU 用空挡启动开关信号判定变速器的挡位。P 为停车挡，N 是空挡，L、2、D 挡为行驶挡，R 为倒挡。如图 2-2-57 所示，当点火开关在 ST 位置时，空挡启动开关信号 (NSW) 端与蓄电池相连接。自动变速器处于 L、2、D 或 R 挡时，空挡启动开关断开，空挡启动开关信号 (NSW) 端为高电压。自动变速器处于 N 或 P 挡位时空挡启动开关闭合，由于起动机载荷形成压降，NSW 端为低电压。ECU 通过对 NSW 信号的识别，对怠速系统进行控制，在发动机过渡工况时，修正喷油量。

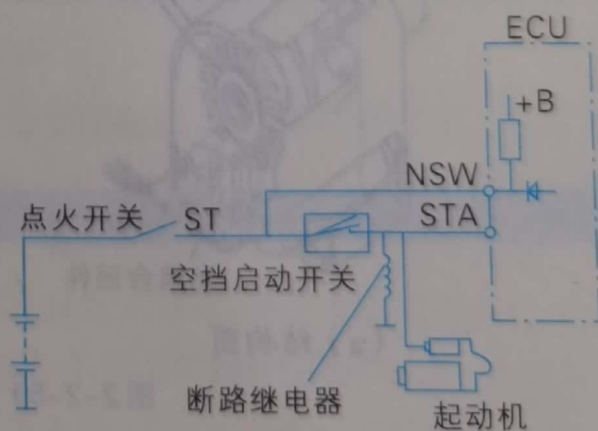


图 2-2-57 空挡启动开关信号电路

4. 车速传感器

车速传感器用以测量汽车行驶速度。车速传感器信号主要用于发动机怠速和汽车加减速时的空燃比控制。车速传感器主要有舌簧开关型和光电式两种。

(1) 舌簧开关型车速传感器



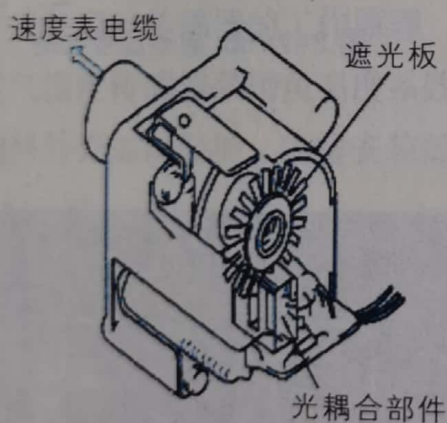
图 2-2-58 舌簧开关型车速传感器

如图 2-2-58 所示, 这种传感器安装在组合仪表内, 该传感器实际上是测量汽车车轮的线速度。舌簧开关由两个钢片臂 (其中一个钢片是固定的, 一个钢片是可动的) 及触头组成的, 开关是断开的, 在永久磁铁 N 极和 S 极转到舌簧开关两端时, 开关的两个臂末端 (触头端) 被磁化为和永久磁铁相近的 N 极和 S 极, 产生吸力, 开关闭合。在永久磁铁的一个极 (如 N 极) 转到开关中心时, 这时开关两

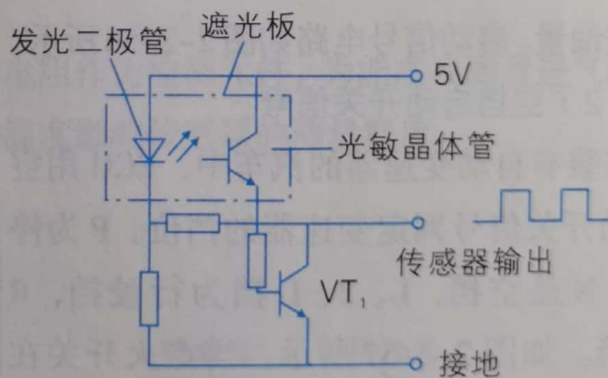
臂末端被磁化为相同的极性 (N 极), 则产生斥力, 触头断开。软轴转一周开关接通与断开的次数由轴上的永久磁铁的块数决定。由此一来 ECU 通过触点信号检测出车速。

(2) 光电式车速传感器

如图 2-2-59 所示, 光电式车速传感器也是装于组合仪表内, 主要的构成体是光电耦合器和带切槽的转子, 转子由转速表软轴驱动, 转子转动时, 其齿间断地遮挡发光二极管光源, 使光敏晶体管的输出电压发生变化。转子旋转一周, 输出若干电压脉冲, ECU 通过记录脉冲数而检测车速。



(a) 结构图



(b) 工作原理

图 2-2-59 光电式车速传感器

5. 空调信号

A/C 信号用来检测空调压缩机是否工作, 该信号与空调压缩机电磁离合器的电源连接在一起。ECU 根据 A/C 信号控制发动机怠速时的点火提前角和进行怠速喷油量的修正。