

第一章 摩托车发动机电子控制技术

第一节 摩托车发动机电子控制系统

一、发动机电子控制系统的功用与组成

1. 发动机电子控制系统的功用

发动机电子控制系统的英文全称是 Engine Electronic Control System 简称 EECS或 EEC 系统。

发动机电子控制系统 EECS 的主要功用是控制发动机喷油时间(即喷油量)和点火时刻。除此之外,还有控制发动机起动、怠速转速、排气再循环、进气增压、发电机输出电压、爆燃、电动燃油泵和系统故障自诊断测试等功能,从而提高发动机的动力性、经济性和排放性能。

2. 发动机电子控制系统的组成

随着发动机电子控制技术的进步与发展,各公司开发研制的电子控制系统千差万别,系统的控制功能、控制参数和控制精度不同,采用控制部件(传感器和执行器)的数量和类型也不相同。通过对各种控制部件进行不同的组合,便可组成若干个子控制系统。

摩托车发动机电子控制系统是由若干个子控制系统组成,主要包括发动机燃油喷射系统、怠速控制阀、断油控制系统、空燃比反馈控制系统、电子点火系统、爆燃控制系统和故障自诊断测试系统等 7 个子系统。无论子系统多少,一般都采用同一个 ECU 进行控制。

日本川崎公司于 1980 年率先在四缸四冲程 Z1000 型摩托车上应用的电子控制系统的组成如图 1-1 所示。图 1-2 所示是川崎 Z1000 型电子控制系统部件在摩托车上的安装位置。

(1) 发动机电子控制系统常用传感器

传感器是一种信号转换装置,其功用是检测发动机不同状态下的各种电量、物理量和化学量等参数,并将这些参数转换成 ECU 能够识别的电信号输入 ECU。发动机电子控制系统常用传感器与开关信号有以下几种:

空气流量传感器 AFS(Air flow Sensor)或进气支管绝对压力传感器 MAP(Manifold Absolute Pressure Sensor)用于检测吸入发动机气缸的进气量多少。空气流量传感器可以直接检测发动机的进气量,支管压力传感器只能间接检测发动机的进气量。因为 AFS 和 MAP 的功用都是检测进气量,所以在同一个发动机电子控制系统中,如果采用了 AFS 就无需再采用 MAP 反之,如果采

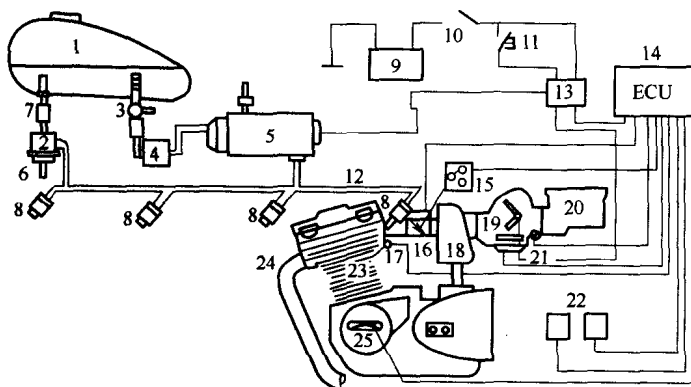


图 1-1 川崎 Z1000 型车电子控制系统

1. 汽油箱
2. 燃油压力调节器
3. 汽油箱开关
4. 燃油滤清器
5. 电动燃油泵
6. 真空管
7. 单向阀
8. 喷油器
9. 蓄电池
10. 点火开关
11. 起动开关
12. 燃油管
13. 继电器
14. 电控单元
15. 节气门位置传感器
16. 节气门
17. 气缸温度传感器
18. 稳压筒
19. 空气流量传感器
20. 空气滤清器
21. 进气温度传感器
22. 点火线圈
23. 发动机
24. 排气管
25. 转速传感器

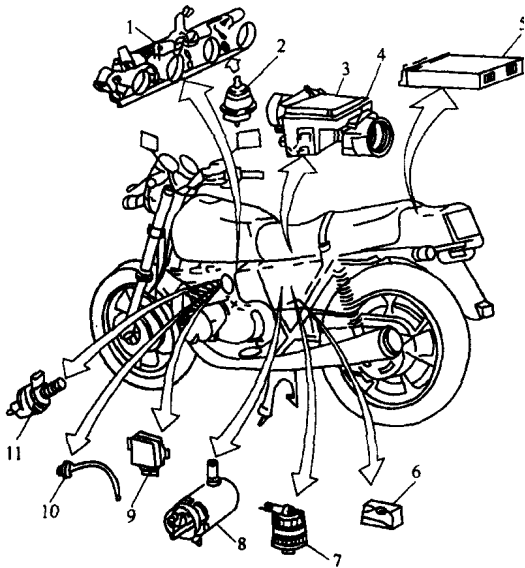


图 1-2 川崎 Z1000 车发动机电子控制系统安装位置
 1. 节气门 2. 调压阀 3. 空气流量传感器
 4. 空气温度传感器 5. 电控单元 6. 继电器
 7. 燃油滤清器 8. 燃油泵 9. 节气门开关
 10. 进气温度传感器 11. 喷油器

用了 MAP 就无需采用 AFS。

曲轴位置传感器 CPS(Crankshaft Position Sensor)，用于检测发动机曲轴转速高低和转角大小。

节气门位置传感器 TPS(Throttle Position Sensor)：用于检测节气门开度大小。如节气门关闭、部分开启和全开等。此外，电控单元通过计算节气门位置传感器信号的变化率，便可得到汽车加速或减速信号。

冷却液温度(水温)传感器 CTS(Coolant Temperature Sensor) 用于检测发动机冷却液温度高低，又称为水温传感器。

进气温度传感器 IATS(Intake Air Temperature Sensor) 用于检测吸入发动机气缸空气的温度高低。

⑥氧传感器或 O₂ 传感器 EGO(Exhaust Gas Oxygen Sensor) 用于检测排气管排出废气中氧离子的含量来反映可燃混合气的空燃比大小。

⑦爆燃传感器 DS(Detonation Sensor)：用于检测发动机是否产生爆燃以及爆燃强度大小。

⑧车速传感器 VSS(Vehicle Speed Sensor)：用于检测摩托车行驶速度的高低。

(2) 发动机电子控制系统常用开关信号

点火开关信号 IGN(Ignition Switch) 当点火开关接通“点火(IG)”档位时，向电控单元(ECU)输入一个高电平信号。

起动开关信号 STA(Start Switch) 当点火开关接通“起动(ST)”档位时，向电控单元(ECU)输入一个高电平信号。

电源电压信号 U_{BAT} 向电控单元提供蓄电池端电压信号。

(3) 发动机电控单元

电控单元 ECU 又称为电子控制组件，是发动机控制系统的核心部件。电控单元主要由输入回路、单片微型机(单片机)和输出回路三部分组成。

发动机电控单元的主要功用是接收各种传感器和控制开关输入的发动机工况信号，根据电控单元内部预先编制的控制程序和存储的试验数据，通过数学计算和逻辑判断确定适应发动机工况的喷油时间和点火提前角等参数，并将这些参数转换为电信号控制各种执行元件完成执行动作，从而使发动机保持最佳运行状态。

发动机工作时，空气流量传感器 AFS 检测进入气缸的进气量信号，曲轴位置传感器(CPS)检测发动机曲轴的转速信号，节气门位置传感器(TPS)检测驾驶员操作的节气门开度信号，这三个信号作为计算确定燃油喷射量的主要信息输入 ECU 再由 ECU 计算确定基本喷油量。与此同时，ECU 还要根据冷却液温度传感器、进气温度传感器和氧传感器等输入的信号计算确定辅助喷油量，用以对基本喷油量进行必要的修正，最终确定实际喷油量。当实际喷油量确定后，ECU 再根据曲轴位置传感器输入的曲轴转速和转角信号、确定最佳喷油时刻和最佳点火时刻，并向执行器发出控制指令，控制喷油器、点火线圈等动作，实现相应的控制功能。

(4) 发动机电子控制系统常用执行器

执行器又称执行元件，是控制系统的执行机构，其功用是接受 ECU 发出的控制指令并完成具体的执行动作。发动机电子控制系统常用执行器有以下几种：

电动燃油泵：用于供给发动机电子控制系统规定压力的燃油。

电磁喷油器 用于接收 ECU 发出的喷油脉冲信号，计量燃油喷射量。

点火控制器和点火线圈，用于接收电控单元发出的控制指令，适时接通或切断点火线圈一次侧绕组电流，并产生高压电点着可燃混合气。

二、发动机燃油喷射系统的组成和工作原理

发动机燃油喷射系统 EFI 又称为电子控制燃油喷射系统，简称燃油喷射系统。

新型摩托车燃油喷射系统尽管类型不少，品种繁多，但它们都具有相同的控制原则：以电控单元为控制核心，以空气流量或进气压力和发动机转速为控制基础，以喷油器为控制对象，确保获得与摩托车各种运行工况相匹配的最佳混合气成分和最佳喷油时刻。相同的控制原则决定了各类电喷系统具有相同的基本结构与工作原理。一般均由进气系统、供油系统和电子控制系统等三部分组成。现以日本川崎公司生产的四缸四冲程 Z1000 型摩托车发动机燃油喷射系统为例，介绍新型摩托车发动机系统的基本组成和工作原理。

1. 进气系统

进气系统又称为空气供给系统，燃油在发动机内燃烧时，需要一定数量的空气。进气系统的功用是向发动机提供混合气燃烧所需的空气，并测量出进入气缸的空气量。

川崎 EFI 电子燃油喷射装置的进气系统如图 1-3 所示。空气经空气滤清器、空气流量传感器、稳压筒和节气门（节流阀）进入各气缸进气门前的进气支管内，为发动机可燃混合气的形成提供必需的空气。

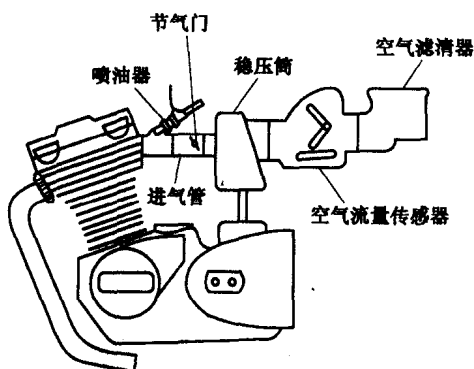


图 1-3 川崎 Z1000 摩托车进气系统

一般行驶时，空气的流量由通道中的节气门来控制。向外转动节气门转把时，节气门逐渐开大，进入的空气量逐渐增多。怠速时，松开节气门转把，转把在回位弹簧弹力的作用下自动恢复到怠速状态，节气门关闭，空气由旁通通道通过。怠速转速的控制是由怠速调整螺钉和怠速空气调节器调整流经旁通通道的空气量来实现的。

怠速空气调节器由电控单元控制。在气温低、发动机暖机时，怠速空气调节器的通路打开，以供给暖机必须的空气量给进气支管。此时，发动机转速较正常怠速高，称为快怠速。随着发动机温度的升高，怠速空气调节器使旁通通道开度逐渐减小，旁通空气量由下面进入亦逐渐减少，发动机的转速逐渐降低至正常怠速。

通道中的空气流量传感器或绝对压力传感器是用来计量进入进气支管的空气量的，并将计量到的空气量随机转换成相应大小的电压脉冲信号，输送 ECU。由 ECU 计算出基本喷油量。一般而言，流量传感器上均装有进气温度传感器，以测定进气温度。进气温度不同，空气的密度不同，从而导致空燃比发生变化。ECU 可根据进气温度传感器测定的进气温度电信号，适时修正喷油器的喷油量，以更为准确地控制混合气的空燃比。

空气流量传感器 Air Flow Sensor 简称 AFS，又称为空气流量计 Air Flow Meter 简称 AFM，是进气支管空气流量传感器 MAFS (Manifold Air Flow Sensor) 的简称。其功用是检测发动机进气量大小，并将进气量信息转换成电信号输入 ECU，以供 ECU 计算确定喷油时间（即喷油量）和点火时间。空气流量传感器信号是电控单元计算喷油时间和点火时间的主要依据。

根据检测进气量的方式不同，空气流量传感器分为 D 型（即压力型）和 L 型（即流量型）两种类型。L 型流量传感器又分为体积流量型和质量流量型两类。摩托车发动机燃油喷射系统采用的体积流量型传感器有翼片式、量芯式、涡流式流量传感器三种，质量流量型传感器有热丝式和热膜式流量传感器两种。

D 型流量传感器是利用压力传感器检测进气支管内的绝对压力，测量进气量的方法属于间接测量方法。D 型流量传感器可以安装在摩托车上

的任何部位，只需用导压管将节气门至进气支管之间的进气压力引入传感器即可。装备 D 型流量传感器的喷射系统称为 D 型燃油喷射系统，电控单元利用该绝对压力和发动机转速来计算吸入气缸的空气量，故又称为速度-密度型燃油喷射控制系统。由于空气在进气支管内流动时会产生压力波动，发动机怠速、节气门关闭时的进气量与摩托车加速（节气门全开）时的进气量之差很大，因此 D 型燃油喷射系统的测量精度不高，但控制系统成本较低。

L 型流量传感器是利用流量传感器直接测量吸入进气管的空气流量，因为采用直接测量方法，所以进气量的测量精度较高，控制效果优于 D 型燃油喷射系统。L 型流量型传感器安装在空气滤清器至节气门之间的进气通道上。在 L 型流量传感器中，由于质量流量型传感器内部没有移动部件，且气流流动阻力很小，因此具有工作性能稳定、测量精度高的优点，但是其制作成本较高。因为热膜式流量传感器的使用寿命远远长于热丝式流量传感器，所以愈来愈多的摩托车采用热膜式空气流量传感器。

空气流量传感器是进气系统中最为关键的传感器。由于进气温度不同，空气的密度不同，会导致混合气的空燃比发生变化。因此，翼片式和卡门涡旋式空气流量传感器中，一般均带有进气温度传感器。选用这两种空气流量传感器时，还必须加装大气压力传感器，以便根据摩托车实际行驶区域的海拔高度修正基本喷油量（海拔高度不同，大气压力不同，空气密度会发生变化，从而影响空燃比）。空气流量传感器是初期的结构形式，现在已较少采用。目前，广为应用的是能计量流量的热线式或热膜式空气流量传感器，因此系统中不需加装进气温度和大气压力传感器。

有些电喷系统也有采用绝对压力传感器来计量空气体积流量的结构形式，由于进气流量与压力没有比例关系，其控制精度较差，故而较少采用。

还有些电喷系统在节气门体上加装了节气门位置传感器来计量进入发动机的进气量，以便起双重保险作用。

通道中稳压筒的作用是减少进气时空气的脉动，其形状像一个较大容积的扩张室，以利流入的

空气缓冲、稳压。

(1) 空气流量压力传感器的组成和工作原理

翼片式空气流量传感器：翼片式空气流量传感器又称活门式或叶片式空气流量计（AFS），是一种利用力矩平衡原理和电位器原理而开发研制的流量传感器。该型传感器具有结构简单、价格便宜、可靠性较高等优点。

该空气流量传感器由翼片部分、电位计部分和接线插头三部分组成（图 1-4）。当叶片转动时，可变电阻中的活动触点同步随着转动，其电阻值大小变化也就反映了测量叶片开度的大小，即实现了把空气流量的多少转换成电信号的目的。

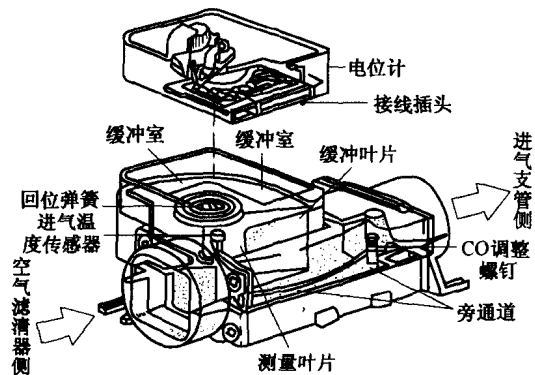


图 1-4 翼片式空气流量传感器的结构

a. 翼片部分。如图 1-5 所示，翼片由测量叶片和缓冲叶片构成，两者铸成一体。翼片转轴安装在空气流量传感器的壳体上，转轴一端有螺旋回位弹簧（安装在电位计部分内），回位弹簧的弹力与吸入空气流对测量叶片的推力平衡时，翼片即处于稳定位置。测量叶片随空气流量的变化在空气通道内偏转，同时，缓冲叶片在缓冲室内偏转，缓冲室对翼片起阻尼作用。其目的在于，当发动机吸入的空气量急剧变化和气流脉动时，减少翼片的脉动，使翼片运转平稳。

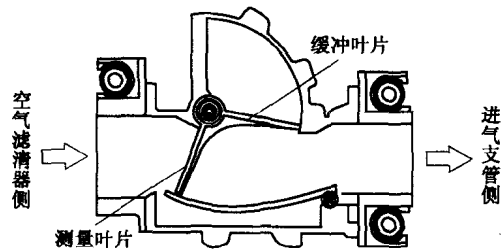


图 1-5 翼片部分的结构

在空气流量传感器主空气道下方设置有空气旁通通道,在旁通通道的一侧设有可改变旁通空气量的 CO 调整螺钉,以便在小空气流量时对空气流量传感器的输出特性进行调节。怠速时的空燃比因发动机和电控系统的装置不同会出现若干偏差,因此需要通过 CO 调整螺钉调整旁通通道面积,使空气流量传感器的输出与目标值一致。

b. 电位计部分。电位计在空气流量传感器壳体上方,内有平衡配重块、滑臂、回位弹簧、调整齿圈和印刷电路板等。调整齿圈上有刻度标记,改变调整齿圈的固定位置,可调整回位弹簧的预紧力。使用中用以调整空气流量传感器的输出特性。翼片转轴上端固装着平衡配重块和滑臂,随翼片一起动作,测臂与印刷电路板上的镀膜电阻接触并在其上滑动便构成了电位计。

c. 进气温度传感器。只有具备电控单元燃油喷射系统的车型,才有进气温度传感器。进气温度传感器与水温传感器基本相同,采用的也是负温度系数热敏电阻。

当发动机进气温度较低时,空气密度大,热敏电阻的电阻值增大,ECU 检测到的感应电压高,根据此信号可相应增加喷油量。

当发动机进气温度升高后,空气密度小,热敏电阻的电阻值减小,ECU 检测到的感应电压小,根据此信号可相应减少喷油量。

进气温度传感器装于空气流量传感器主进气道上方,位于空气滤清器一侧。

新型摩托车电喷系统的温度传感器(含进气温度传感器与水温传感器)应用较多的是绕线电阻式和热敏电阻式两种。

绕线电阻式是在绝缘绕线架上绕上高纯度的镍线,再罩上适当的外套制成。它是利用镍线电阻值随温度变化而变化的特性,测定进气温度或发动机冷却水温度,输入 ECU 修正喷油器喷油量,调整空燃比为最佳值。其精度在 $\pm 1\%$ 以内,响应特性较差,响应时间约为 15 s。

热敏电阻式是利用半导体的电阻值随温度变化而变化的特性来测定进气温度或冷却水温度的,如图 1-6 所示,其灵敏度有 NTC 负温度系数)和 PTC 正温度系数)两种。虽然灵敏度高,但线性差,使用温度限于 300 以内,不过,也有像氧化锆那样的高温型热敏式传感器。

热敏式传感器响应特性比绕线电阻式传感器优良,因而应用广泛。川崎 Z1000 车便是应用这

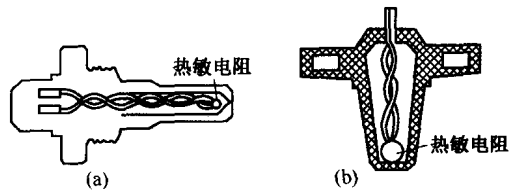


图 1-6 热敏式温度传感器结构

(a) 水温传感器结构 (b) 进气温度传感器结构

种热敏式传感器测量进气温度的。

d. 翼片式空气流量传感器。翼片式空气流量传感器的工作原理如图 1-7 所示。

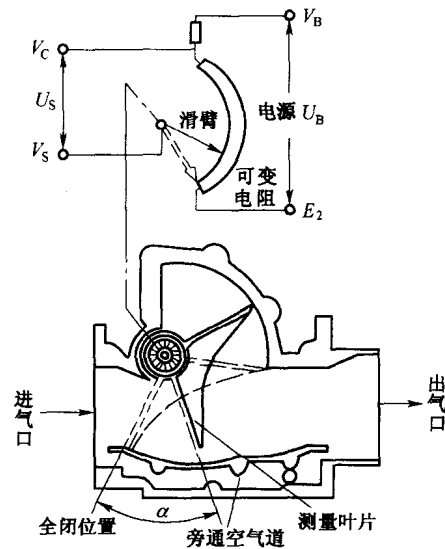


图 1-7 翼片式空气流量传感器工作原理

①当吸入空气的流量增加时:空气通过空气流量传感器主通道时,流动空气会推动叶片转动,翼片将受到空气气流的压力及回位弹簧的弹力控制,当空气流量增大,则气流压力增大,使翼片偏转,翼片转角 α 增大,直到两力平衡为止。与此同时,电位计中的滑臂与翼片转轴同轴偏转,使接线端子 V_C 与 V_S 间的电阻减小, U_S 电压值降低,电控单元根据空气流量传感器送来的 U_S/U_B 的信号感知空气流量的大小。 U_S/U_B 的电压比值与空气流量成反比,且呈线性下降。

②当吸入空气的流量减少时:当吸入空气的流量减少时,翼片转角减小,接线端子 V_C 与 V_S 间的电阻值增大, U_S 的电压值上升,则 U_S/U_B 的电压比值随之增大。

使用 U_S/U_B 电压比作为空气流量传感器的

输出,其目的在于,当加给电位计的电源电压 U_B 发生变化时因信号 U_S 与 U_B 成比例变化所以作为空气流量传感的输出信号 U_S/U_B 仍保持不变即不受电源电压的影响确保空气流量传感器的测量准确。

翼片式空气流量传感器结构简单,价格便宜,且具有良好的可靠性但体积大不便安装急加速响应滞后时间较长进气阻力大需要补偿大气压力和温度变化等。为了克服这些缺点,后来又出现了更为先进的热线式、热膜式和卡门漩涡式等空气流量传感器,尤其是热线式和热膜式空气流量传感器能测出空气质量流量,避免了海拔高度引起的误差,再加上其响应时间短,测量精度高因此已经成为新型摩托车电控系统中广为应用的空气流量传感器。

热线式空气流量传感器:热丝式与热膜式空气流量传感器是借鉴日常生活中使用的电吹风机的的工作原理而开发研制的一种检测吸入发动机进气量的质量流量传感器。

热丝式与热膜式传感器的检测原理完全相同,热丝式空气流量传感器的发热元件是铂金属丝,热膜式空气流量传感器的发热元件是铂金属膜,铂金属发热元件的响应速度很快,能在几 ms 内反映出空气流量的变化,因此测量精度不受进气气流脉动的影响(气流脉动在发动机大负荷、低转速运转时最为明显)。此外还具有进气阻力小无磨损部件等优点,因此目前大多数摩托车都采用了这种传感器。

a. 热线式空气流量传感器的结构。热线式空气流量传感器的基本组成是由感知空气流量的铂热线根据进气温度进行修正的温度补偿电阻冷线和控制热线电流、并产生输出信号的控制线路板,以及空气流量传感器的壳体组成。根据铂线的壳体内安装的部位不同,可分为主流测量方式和旁通测量方式两种结构形式。

主流测量方式热线式空气流量传感器的结构如图 1-8 所示。

取样管置于主空气通道中央,两端有金属防护网防护网用卡箍固定在壳体上取样管由两个塑料护套和一个热线支承环构成。热线为线径 $70\mu\text{m}$ 的铂丝布置在支承环内其阻值随温度变化而变化,是惠斯顿电桥电路的一个臂 R_H 热线支承环前端的塑料护套内安装一个铂薄膜电阻器其电阻值随进气温度的变化而变化称为温度

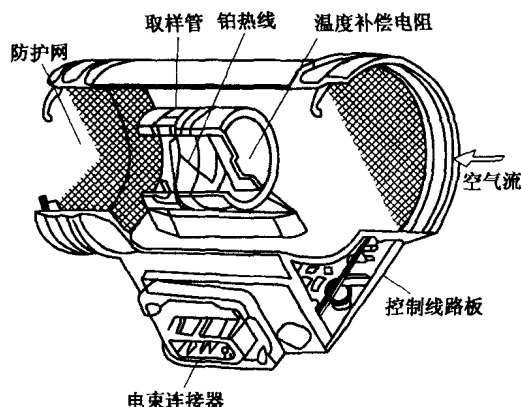


图 1-8 热线式空气流量传感器结构(主流测量方式)

补偿电阻,是惠斯顿电桥电路的另一个臂 R_K ,热线支承环后端的塑料护套上粘接着一只精密电阻并可用激光修整其阻值是惠斯顿电桥电路的又一个臂 R_A ,该电阻上的电压即产生热线式空气流量传感器的输出电压信号。惠斯顿电桥还有一个臂 R_B 的电阻器装在控制线路板上该电阻器在最后调试试验中用激光修整,以便在预定的空气流量下调整空气流量传感器的输出特性。

热线式空气流量传感器的电子控制线路包括电桥平衡电路、烧净电路和怠速混合气调节电位器,电子控制装置的大多数元件(除 R_H 、 R_K 和 R_A 外)都配置在这块混合集成电路板上。一般设置六端子插接器与 ECU 相连接,用以传递信息。如图 1-9 所示,为旁通测量方式的热线式空气流量传感器的结构。它与主流测量方式在结构上的主要区别在于:将铂热线和补偿电阻(冷线)安装在空气旁通通道上。热线和温度补偿电阻是用铂线缠绕在陶瓷绕线管上制成的。

b. 热线式空气流量传感器工作原理。如图 1-10 所示,在空气通道中放置热线电阻 R_H 由于其热量被空气吸收,热线本身变冷。热线周围通过的空气流量越大,被带走的热量也将增加。热线式空气流量传感器就是利用热线与空气之间这种热传递现象进行空气质量流量测量的。其工作原理是将热线温度与吸入空气温度差保持在 100°C ,热线温度由混合集成电路控制,当空气质量流量增大时由于空气带走的热量增多为保持热线温度,混合集成电路使热线 R_H 通过的电流增大反之则减少。这样应使通过热线 R_H 的

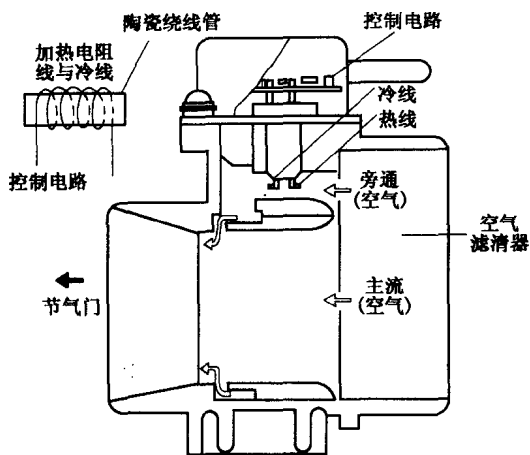


图 1-9 热线式空气流量传感器（旁通测量方式）

电流与空气质量流量成单一函数关系，亦即热线电流 I_H 随空气质量流量增大而增大，随空气质量流量减小而减小。热线加热电流 I_H 在 50 ~ 120mA 之间变化，热线加热电流的输出信号为电桥电路上的精密电阻 R_A 上的电压降。为了减少电损耗 温度补偿电阻 R_K 和电桥电阻 R_B 的电阻值一般都较高 通过其上的电流仅为几 mA。

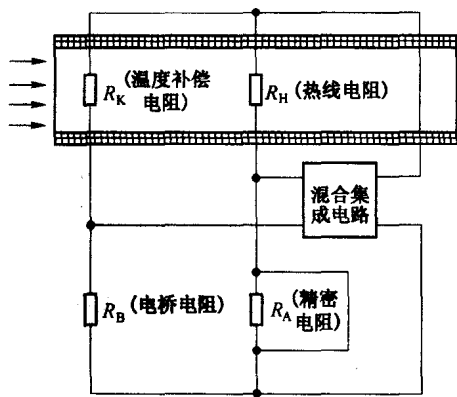


图 1-10 热线式空气流量传感器工作原理

c. 热膜式空气流量传感器。热膜式空气流量传感器的结构和工作原理与热线式空气流量传感器基本相同 如图 1-11 所示 只是将发热体由热线改为了热膜，热膜是由发热金属铂固定在薄的树脂上构成的。这种结构可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。

d. 卡门涡旋式空气流量传感器。卡门涡旋式空气流量传感器是根据卡尔曼涡流理论，利用超

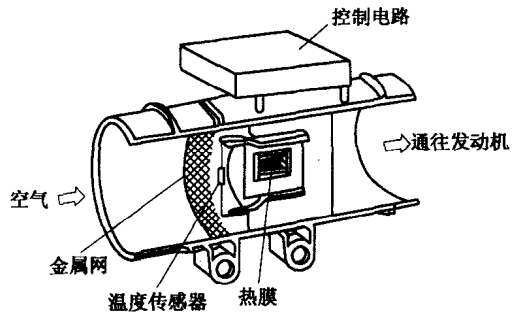


图 1-11 热膜式空气流量传感器

声波或光电信号，通过检测旋涡频率来测量空气流量的一种传感器 如图 1-12、图 1-13 所示。

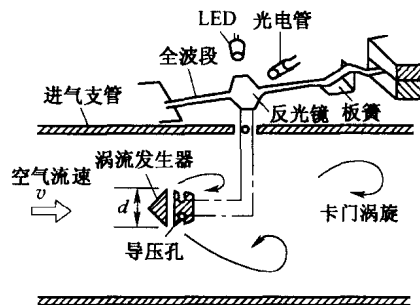


图 1-12 卡门涡旋式空气流量传感器（反光镜子检测方式）

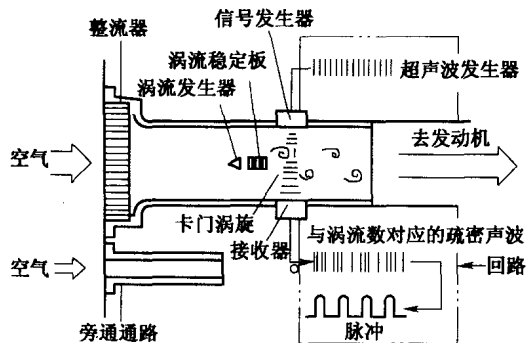


图 1-13 卡门涡旋式空气流量传感器（超声波检测方式）

图 1-12 是光学检测方式，图 1-13 是超声波检测方式。所谓卡门涡旋，是在进气道中央设置一锥体状的涡流发生器 当空气流过发生器时 其后方就会不断地产生一定规律的涡旋，测出涡旋频率 f 值 即可感知空气流速 v 的大小。 $v = 5df$ (d 为涡流发生器的直径)，再将空气通道的有效截面积与空气流速 v 相乘。就可感知空气的

域也不会发生断火现象。

剩余气体的自燃点火是由电控单元 ECU 通过控制 ARC 阀门机构来进行的,ARC 阀门可将上一次冲程的剩余气体可靠地留在气缸内,通过控制压缩行程时气缸内的压力控制自燃点火时间。

(3)气门定时控制装置 (VVT)

VVT 的英文全称为 Variable Valve Timing, 简称为 VVT 直译为气门阀定时。为了解决顶置式凸轮发动机在低速功率时下降、转矩低和耗油高等问题,1988 年本田公司、铃木公司和比亚乔

公司等生产出新式气门定时控制装置 (VVT) 用于各自的摩托车上。

下面以铃木 GSF400 型摩托车采用的 VVT 装置为例,说明其基本结构和工作原理。

基本结构如图 1-15 所示,VVT 装置由柱形蜗轮、偏心摇臂轴、左单摇臂、左高速凸轮、低速凸轮、右单摇臂、右高速凸轮、叉形摇臂、气门弹簧、气门、电磁阀驱动装置、微机、节气门位置传感器和 CDI 点火器等组成。在低速低功率时,用低速凸轮控制气门的关闭在高速高功率时采用高速凸轮来控制气门的开闭。

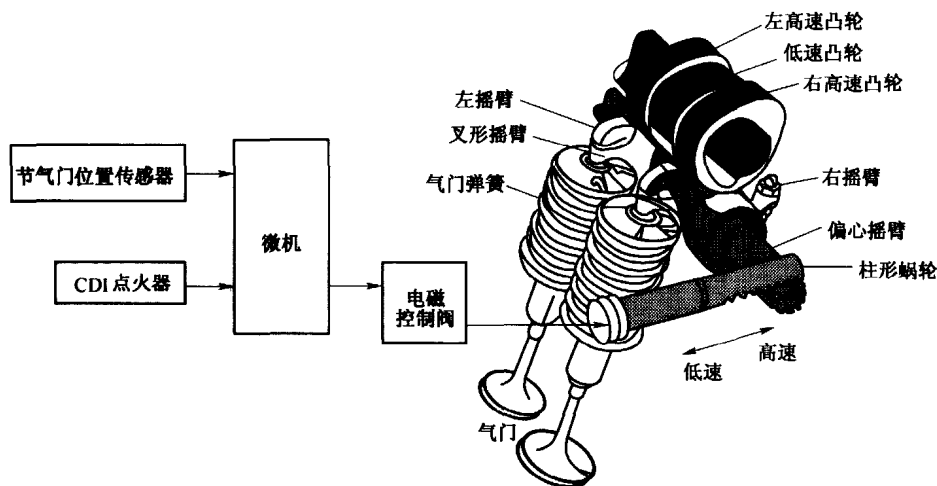


图 1-15 铃木 GSF400 型 VVT 装置

工作原理:

a. 发动机低速时 摩托车低速行驶时 电控单元 (ECU) 从节气门位置传感器得到节气门开度小的电信号 从 CDI 点火器得到点火控制信号,再变为发动机转速低的电信号去控制电磁阀动作。其机械部分动作控制过程如下:电磁控制阀左移,柱形蜗轮左移 偏心摇臂轴 偏心下降 带动三个摇臂一起逆时针转动,使得叉形摇臂与低速凸轮紧贴靠在一起。此时由低速凸轮控制进、排气门的工作。

b. 发动机高速运转时。摩托车高速行驶时,电控单元 (ECU) 从节气门位置传感器得到节气门开度大的电信号 而从 CDI 点火器得到点火控制信号,再变为发动机转速高的电信号去控制电磁阀动作。其机械部分动作控制过程如下:电磁控制阀右移 柱形蜗轮右移 偏心摇臂轴 (偏心上升) 带动三个摇臂一起顺时针转动 使得左、右两个单

摇臂与左、右两个高速凸轮紧紧地贴靠在一起。此时由高速凸轮控制进、排气门的工作。

发动机采用 VVT 装置的还有本田 V-TEC 型、比亚乔 CX125 型等摩托车等。

2. 供油系统

供油系统是电喷系统中极为重要的组成部分,对保证油路畅通和燃油喷射的精确计量起着十分重要的作用。

燃油自汽油箱而来 经燃油滤清器过滤后 进入电动燃油泵。燃油泵以 0.25MPa 的较高压力,压送燃油至各电磁喷油器 (喷嘴) 电磁喷油器根据 ECU 的喷油指令 接通电磁线圈 开启喷油器,将适量的燃油喷于进气门前,待进气行程进气门开启时,再将燃油混合气吸入气缸内。过多的燃油经燃油压力调节器 调压阀 流回汽油箱。燃油压力调节器是用以调节输送油管内的燃油压力的,目的在于保持喷油器与进气支管的压力差为

0.25MPa。

川崎 EFI 燃油喷射系统的供油系统如图 1-16 所示。它由燃油滤清器、电动燃油泵、电磁喷油器及燃油压力调节器、调压阀等组成。当燃油开关打开时，燃油由汽油箱经燃油开关至燃油滤清器、电动燃油泵以 0.25MPa 的较高压力压送燃油至各燃油喷油器。电磁喷油器根据电控单元 (ECU) 的喷油指令接通电磁阀，开启喷油器，将适量的燃油喷于进气门前，待进气行程进气门开启时，再将燃油混合气吸入气缸中。过多的燃油经燃油压力调节器流回油箱。

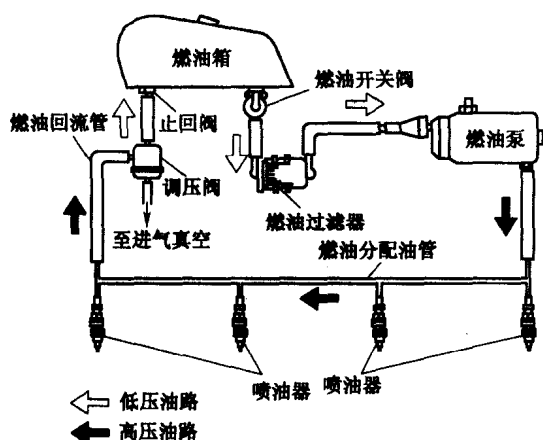


图 1-16 川崎 Z1000 型摩托车 EFI 供油系统

(1) 燃油滤清器

燃油滤清器的作用是滤除油路系统中的氧化铁、粉尘等固体夹杂物，防止油路堵塞，保护易受污染、堵塞而失效的喷油器等精密结构元件，减少机械磨损，确保摩托车稳定行驶，提高可靠性，对保持系统正常工作状态起着重要作用。对其要求也较为苛刻，应具有体积小、质量小、过滤效率高、寿命长、压力损失小、耐压高等性能。

燃油滤清器的滤芯一般采用平均孔隙直径为 $10\mu\text{m}$ 的滤纸叠成菊花形和盘簧形结构，如图 1-17 所示，以增大单位体积的过滤面积，提高过滤效果。为减少压力损失，延长使用寿命，一般安装在燃油泵前面的低压油路中，也有安装在燃油泵后面的高压油路的情况，设计时必须考虑滤芯的耐压性能。

(2) 电动燃油泵

电动燃油泵基本功用是连续不断地把燃油从汽油箱吸出，供给燃油系统规定压力的汽油。它的结构和工作原理如下：

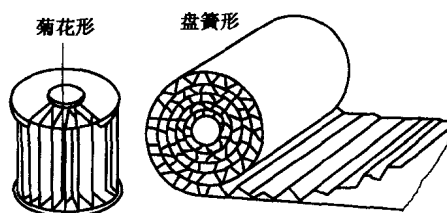


图 1-17 燃油滤清器滤芯元件

电动燃油泵主要由泵体、永磁电动机和外壳三部分组成。永磁电动机通电即带动泵体旋转，将燃油从进油口吸入，经燃油泵内部，再从出油口压出，为燃油系统提供一定压力的燃油。燃油流经燃油泵内部时，对永磁电动机的电枢起冷却作用，电动机浸泡在燃油中，由于没有空气，燃油泵工作时，不可能着火。电动机部分包括固定在外壳上的永久磁铁和产生电磁力矩的电枢，以及安装在外壳上的电刷装置等。电刷与电枢上的换向器相接触，其引线连接在外壳的接线柱上。燃油泵外壳两端卷边铆紧，使其成为一个不可拆卸的总成。

燃油泵上的安全阀是为了避免燃油管路阻塞时，油压过分升高，而造成油管破裂或燃油泵损坏等问题。单向阀是为了在燃油泵停止工作时密封油路，使供油系统保持一定残压，以便下次起动容易。

燃油泵供给的燃油量要比发动机要求的最大喷油量，以便在各种行驶工况下保持固定的输油压力，多余的燃油会通过燃油压力调节器自动返回汽油箱。同时，电动泵可以消除高温下的气阻现象，更不会出现供油不足的情况，而且提高了起动性能、加速性能和燃烧效率，可以节约燃油 10% 左右。

电动燃油泵的种类与结构有多种，但目前还仅用于少数大排量或电控单元控制的车型中，泵体是电动燃油泵的主体，根据其结构不同，可分为滚柱泵、齿轮泵、涡轮泵和侧槽泵等型式。

滚柱泵：滚柱泵是电喷摩托车最常用的结构型式。电动滚柱式燃油泵也简称为电动燃油泵，或称为燃油泵。它应用于较先进的电子控制燃油喷射系统 (CFI 系统) 中，如本田 GL1200、雅马哈 GTS1000A 型等摩托车中。

燃油泵主要由永磁电动机 (小功率直流电动机)、滚柱泵体 (转子、滚柱和泵套)、外壳、进油口、出油口、电源线接线柱三部分组成。

如图 1-18 所示，装有滚柱的转子被偏心地安

装在泵套内 电动机旋转带动转子旋转时 位于凹槽内的 5 个滚柱在离心力作用下压靠在泵套的内表面上 并封住转子与泵套之间的空间 滚柱紧贴着泵套的内壁滚动 即利用转子、滚柱和泵套三者所包容部分的容积变化,使汽油在容积由小变大的一侧 入口 被吸入 在容积由大变小的一侧 出口 被压出 并使燃油的压力升高。

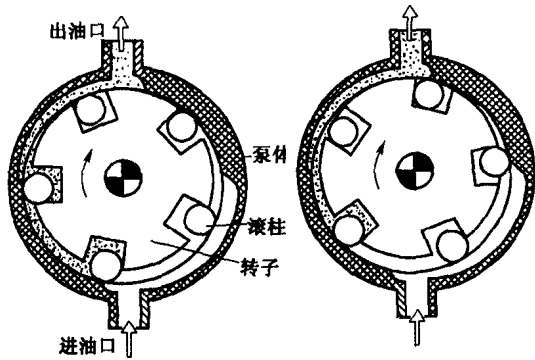


图 1-18 电动滚柱泵工作原理

滚柱泵在无燃油而油泵旋转时,因转子上的滚柱与壳体内壁无法密封 因而不会产生吸力 造成缺油以致冷却不良而烧毁的现象。

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壳组成 如图 1-19 所示。主动齿轮偏心地安装在从动齿轮中 当电动机带动主动齿轮旋转时 则带动与之相啮合的从动齿轮一起旋转。在旋转过程中,内外齿轮所围合的腔室将发生容积大小的变化,即可利用这种容积的变化将燃油以一定的压力泵出。齿轮泵与滚柱泵的结构相似,在相同外形尺寸下 泵油腔室的数目 等于齿数 较多 因此输出的油压比较均匀,十分适合超大排量摩托车使用。

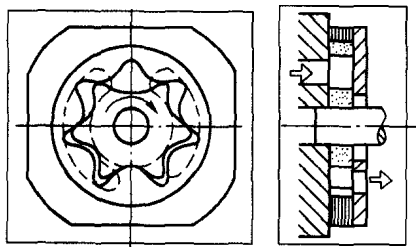


图 1-19 齿轮泵的工作原理

涡轮泵: 涡轮泵又称再生泵。泵的燃油输送和压力升高完全是由液体分子之间动量转换实现的。其结构非常简单,仅由叶轮和两个法兰组成 如图 1-20 所示。两个法兰相对而立,中间形成一个空腔,叶轮位于其中。叶轮圆周上有许多涡轮叶片,法兰上与叶片相对应的部位开有合适的流道。当电动机带动叶轮旋转时,叶片带动由进油口流入的燃油经法兰内的流道从出口口压出。涡轮泵的效率较低,特别是压力升高的效率不太高 因此 不宜用于二冲程摩托车的缸内高压直喷系统的供油。

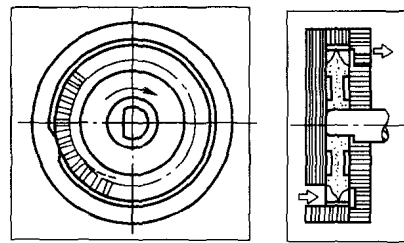


图 1-20 涡轮泵的结构

侧槽泵: 侧槽泵的工作原理与涡轮泵十分相似,也是通过液体分子之间的动能转换使燃油具有动能与压力。两者的主要区别在于叶轮形状,叶片数目及流道的形状与配置。

如图 1-21 所示 是侧槽泵的结构图 它仅由法兰和叶轮两部分组成。法兰包括进油口、侧槽和封闭导式流槽;叶轮包括正对着边槽的叶片环和可使燃油从导流槽穿过叶轮流向其背面的轮辐。

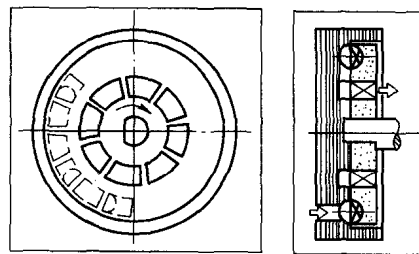


图 1-21 侧槽泵的结构

侧槽泵的突出优点在于能以蒸气和燃油的混合物运转,并能通过适当的放气口分离或提高压力 使蒸气冷凝来消除蒸气 这对于电喷系统的正常工作具有重要意义。

(3) 燃油压力调节器

燃油压力调节器简称调压阀,它是燃油系统

内部的燃油压力调节部件，受系统油压与进气支管压力（负压）的控制。它的作用是要自动保持整个油压系统的燃油压力为一定值，使供油总管内油压与进气支管压力之差为一恒定值，一般为 $250\sim 300\text{kPa}$ 。只有保持了一定压力差，才能使喷油器喷油量取决于喷油器的开启时间。因为发动机需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，当燃油压力高时，燃油喷射量会增加；当燃油压力低时，燃油喷射量减少。因此，当系统油压与进气支管压力差发生变

化时，燃油压力调节器应随系统油压与进气支管压力差的变化作相应的变化，以便保持系统内油压的稳定。

基本结构如图 1-22 所示。其外部有三个连接口，它们是接燃油总管的燃油入口、接燃油箱的燃油出口和接进气支管的负压口。其金属外壳的中间通过一个卷边的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，作用在膜片上；弹簧室有一真空软管连接至进气支管；另一室为燃油室，直接连入供油总管。

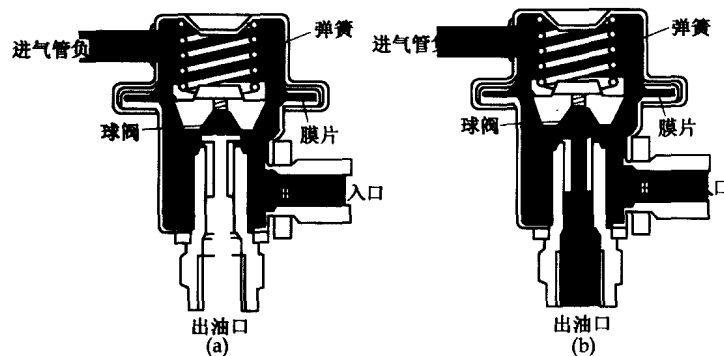


图 1-22 燃油压力调节器
(a)油压正常时球阀关闭 (b)油压过高时球阀打开

这样可使燃油系统的压力取决于进气管内的绝对压力。在节气门不同位置时（即发动机不同的工况下）通过喷油器的压降也将是相同的。

②工作原理：

a. 当系统油压在正常值时。如图 1-22a 所示，当燃油室内的油压不足以克服弹簧的弹力，燃油压力调节器不工作。

b. 当系统油压超过正常值时。如图 1-22b 所示，当燃油泵提供的油量大于发动机耗油量时，燃油系统中的油压便升高。当油压升高到大于调压弹簧的弹力时，燃油压力就将橡胶膜片上移，使膜片控制的球阀打开，因而使燃油室内过多的燃油通过回油管流回到汽油箱中去。同时系统中油压下降，膜片弹簧力作用下推动球阀下移，使回油口的截面积减少或全部被堵住。所以燃油调压器根据系统油压的大小，及时地调整供油总管及压力调节器燃油室的油压，保持在预定的油压值。

燃油系统内油压力的大小取决于橡胶膜片弹簧的压力，因此，调节弹簧的弹力可以调节预定的油压值。

c. 进气支管中的负压。进气支管的真空度被引到压力调节器膜片弹簧的一侧时，其负压也作用在膜片上，相当于减轻了弹簧的弹力。当进气支管的负压增大或减少时，系统燃油的压力也发生改变。

本田 GL1200 型摩托车燃油喷射系统中的燃油压力调节器安装在燃油滤清器、喷油器的供油总管与进气支管通道、燃油箱的汇合处，并与它们相通。

(4) 电磁喷油器

喷油器是电子控制燃油喷射系统中的重要元件，它一般安装在各缸进气门附近。在本田、雅马哈、铃木等大排量车型中采用的是电磁式喷油器。

喷油器实质上是一个电磁阀门开关，受电控单元 ECU 信号的控制，并根据电控单元的控制指令，把计量准确的汽油以雾状形式喷入进气门前方，与吸入的空气混合后进入气缸内，要求其动态流量范围大、抗堵塞、抗污染能力强以及雾化效果好。

基本结构 喷油器的形式较多，其基本结构

如图 1-23 所示。

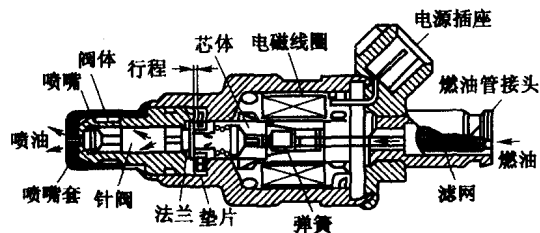


图 1-23 电磁喷油器的结构

川崎 Z1066 型摩托车电喷系统中使用的喷油器如图 1-23 所示。是新型摩托车电喷系统中广为应用的轴针式电磁喷油器，它主要由喷油器外壳、喷嘴、针阀、套在针阀上的衔铁以及根据喷油脉冲信号产生电磁吸力的电磁线圈组成。

工作原理：

a. 当喷油器电磁线圈无电流通过时：即喷油器没有动作时 衔铁、针阀和喷油针在回位弹簧的压力下，头部的针阀紧贴在喷油器出口处的密封锥形阀座上，将喷油口封闭，即封闭了汽油的流出。

b. 当喷油器电磁线圈有电流通过时：电磁线圈产生磁场吸力 吸引衔铁上移 衔铁带动针阀和喷油针也向上移动约为 0.1mm 打开了喷油口 通过时间 2~10ms 经加压的汽油被喷出 同时燃油在喷油针前端被雾化。

3. 排气系统

发动机排气系统除了要及时、彻底地排出发动机内燃烧完的废气之外，还要尽量减少汽油发动机的排放污染。排气系统主要由排气消声器和排气管组成，由伺服电动机控制各种可变排气控制阀，并且在排气系统中装有用三元催化转换器。

(1) 三元催化转换器

三元催化转换器也称排气催化转换器。它是一种排气后处理装置，即金属或陶瓷材料的载体上涂上一层贵金属 铂、铑、钯 为触媒 利用催化转换反应使排气中的有害成分还原或氧化，达到净化排放的目的。此项技术国外已相当成熟，早已较为普遍地应用于二冲程摩托车上。

我国近年来也已成功地应用于摩托车上。中国轻骑集团已在 TB 和 AG 系列摩托车上、金城集团在 JC90-8 车上、幸福公司在 XF50QT-A 车上、南方公司在 NF125 车上采用了该项技术。

但普通催化转换器只能处理排气中的 CO 和

HC 对 NO_x 的净化作用很微弱。要同时处理 CO、HC 和 NO_x 三种有害气体 必须使用三元器。其外观像一个排气消声器，实际上也起消声作用。其壳体用耐高温、耐腐蚀的不锈钢制成 内部装有催化剂，装在发动机排气管出口处。这种整体式催化剂载体，由多孔陶瓷和金属材料制成。陶瓷载体由于热容量小、升温快 催化的预热性也好 但其耐振动性差。目前已被碳化硅或氮化硅等高性能陶瓷所取代 不但比表面积大、预热性好 而且具有很高的强度和较高的抗振性。

使用三元器时，必须在排气管中加装氧传感器 实施空燃比反馈控制 使发动机在各种运行工况下均收敛于理论空燃比 14.7:1 左右 才能发挥其最佳净化效果。

在排气管中加装氧传感器的目的是根据排气中氧的含量测定发动机的实际空燃比，然后反馈给电控单元 (ECU) 不断修正喷油量 与电喷系统同时使用) 控制空燃比在 14.7:1 左右。目前适用的氧传感器有二氧化锆氧传感器和二氧化钛氧传感器。它们都是利用陶瓷材料的电阻值随排气中氧含量的变化而变化的特性制成的。

三元器 在废气处理中 催化剂本身并不发生变化 只起催化、转化作用。因此在发动机冷启动后的怠速阶段 应推迟点火时刻 以加速转换器的升温。一般情况下，发动机启动预热 5min 后，转换器才开始工作。一旦开始工作，催化剂便因反应放热而自动地保持高温。当发动机工作不良 断火或减速时 转换器温度因 HC 和 CO 浓度增大而上升，尤其是上坡后无怠速、火花塞缺火，未燃混合气进入反应器等工况，使催化剂温度急剧上升 最高可达 1400℃ 此时会加快催化剂老化，使其发生质的变化，以致于完全丧失催化功能 甚至熔融。因此 为防止催化剂过热 必须确保点火系统可靠工作，有的转换器为此安装了警报装置，提醒骑手注意，及时停车检查原因。此外，转换器损坏的原因，经常也因排气中铅化物、碳烟、焦油等的堵塞而引起。因此为了提高转换器使用寿命，应使用无铅汽油。

(2) 二冲程发动机自动控制排气系统

为了提高二冲程摩托车发动机在低速、中速、高速各领域内的输出功率和转矩，减少排气污染，降低噪声，在雅马哈 YZ 系列、铃木 RM 系列、本田 CR 系列和川崎 KX 系列车型中，都采用了发动机自动控制可变排气系统。

①雅马哈自动控制排气系统 (YPVS):下面以雅马哈 TZR125 型摩托车 YPVS 系统为例说明其基本结构与工作原理。

a.结构原理。YPVS 系统的结构原理如图 1-24 所示。它由 YPVS 控制器、YPVS 电动机部分和 CDI 点火器等组成。

YPVS 控制器是一个电控单元控制部件,处理来自 CDI点火器的点火脉冲信号,并向 YPVS 电动机装置发出动作信号。

YPVS 电动机装置是由同步电动机、连接钢丝绳和一个半圆柱形控制阀门等组成。圆柱旋转阀门安装在发动机排气口上 如图 1-25 所示。

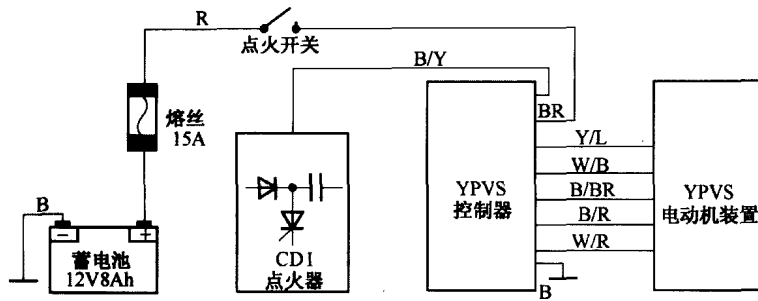


图 1-24 雅马哈 TZR型自动控制排气系统结构原理

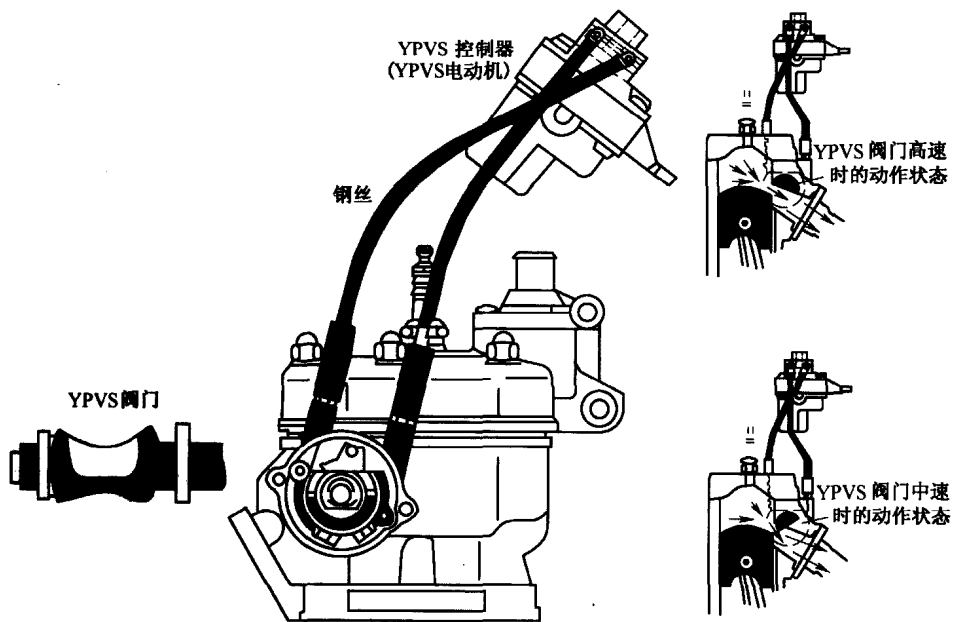


图 1-25 雅马哈 TZR型自动控制排气系统结构原理

b.工作原理。发动机起动后,YPVS 系统由 CDI点火器获得点火基本控制电信号,经 YPVS 控制器处理后,变为—随发动机转速变化的电信号去控制电动机转动 电动机动力再经钢丝绳去带动旋转阀门转动相应的排气角度。低速时,控制阀门打开约 1/3 中速时 控制阀门打开约 1/2; 高速时 控制阀门全部打开。

控制阀门开度的大小随发动机转速的变化而变化 能使发动机获得最佳的排气量 从而提高了输出功率 降低了燃油消耗。

铃木自动控制排气系统 (SAES)。SAES 系统使发动机输出功率增大 自动控制性能好 可使发动机在低速至高速的范围内输出平稳的功率,同时降低发动机燃油消耗。

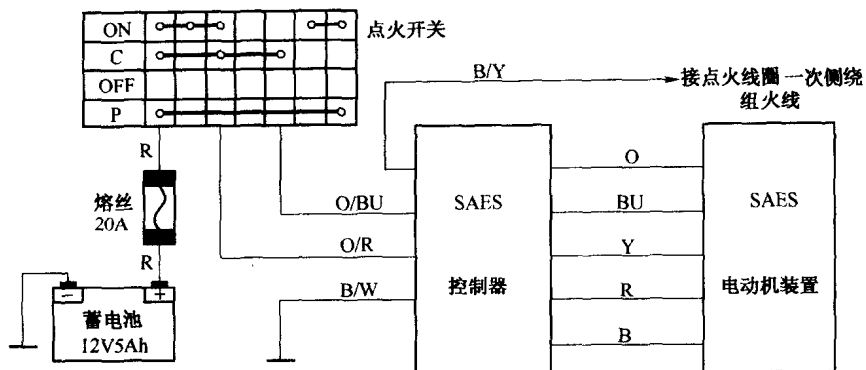


图 1-26 铃木 RGV250W 型自动控制排气系统

下面以铃木 RGV250W 型摩托车 SAES 系统为例，说明其基本结构与原理。

a. 原理与结构。如图 1-26 所示，SAES 系统与 YPVS 系统的结构相仿，主要由 SAES 控制器、SAES 电动机部分和 CDI 点火器等组成。

SAES 控制器是一个电子控制部件，它处理来自 CDI 点火器的基本点火脉冲信号，并向 SAES 电动机部分发出动作信号。

SAES 电动机部分是由电动机、连接钢丝绳和圆筒形阀门等组成。圆筒阀门安装在发动机排气口后面设的一个副排气室口处。

b 工作原理。发动机起动后，CDI 点火器向 SAES 系统提供点火基本控制电信号，经 SAES 控制器处理后，变为随发动机转速变化的电信号去控制电动机转动，电动机动力经钢丝绳带动圆筒形控制阀门转动相应的排气角度。

铃木自动控制排气系统 (AETC): AETC 系统是铃木二冲程发动机的另一类自动控制排气系统，即自动排气定时控制。可以使低、中、高速的排气量得到自动控制，提高了发动机所有转速内的输出功率。

下面以铃木 RG250r 型摩托车 AETC 系统 (如图 1-27 所示) 为例，说明其工作原理。它在发动机排气孔后面设置了两个半圆柱形阀门，并跟踪发动机转速的变化。

低速时，两个阀门均处于关闭状态，基本上阻塞了排气管，以防止混合气泄漏，提高发动机的充气效率。中速时，打开左阀门，关闭右阀门，以保证中速时的功率输出。高速时，两个阀门全部处于打开状态，以配合发动机高速运转，提高排气效率，获得高输出功率。

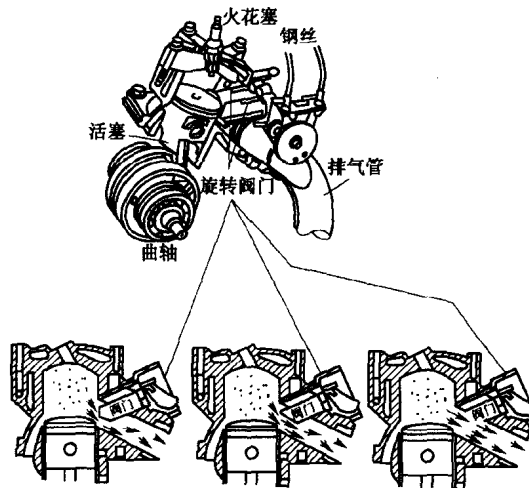


图 1-27 铃木 RG250r 型自动排气控制系统

本田自动控制排气系统 (ATAC): ATAC 装置即自动控制转矩增量装置。在本田 CRM250 越野摩托车、NS125R、NS125F、MTX200R 等摩托车中采用了这种装置。其基本结构原理与上述车型相仿。

本田 CRM250 型摩托车自动控制转矩增量系统电路原理如图 1-28 所示。

⑤ 川崎排气阀同步系统 (KVSS): KVSS 系统的英文全称为 Kawasaki Exhaust Valve Synchronism System，即川崎排气阀同步系统。川崎 KR250S 型摩托车采用了这种系统，其结构原理与本田、雅马哈自动控制排气系统相同。

(3) 四冲程发动机自动控制排气系统

为了改善高速大功率四冲程发动机在怠速运转的不稳定和低速时功率输出不平稳现象，提高功率，降低油耗，1988 年雅马哈公司首先在

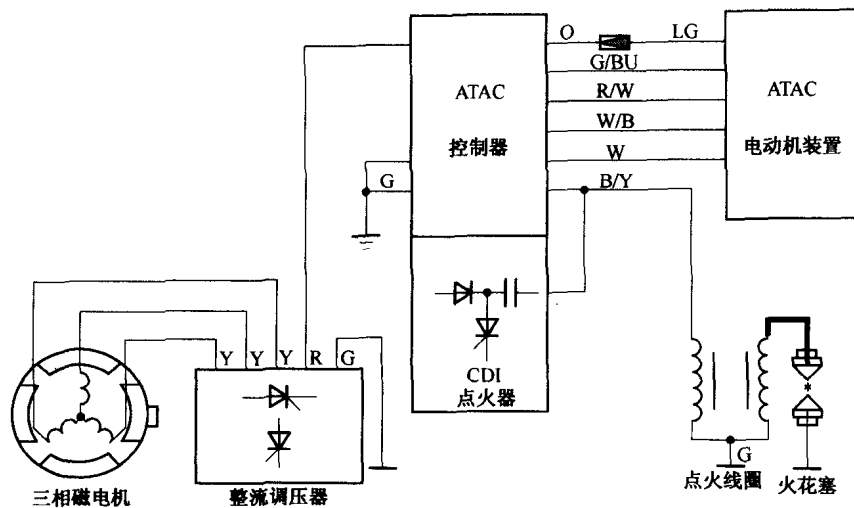
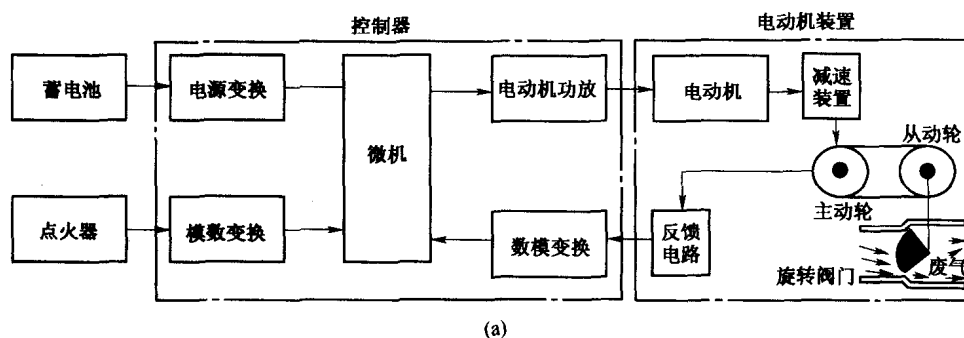
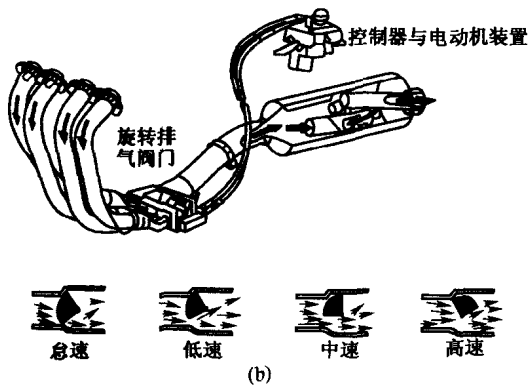


图 1-28 本田 CRM250 型摩托车自动控制转矩增量系统



(a)



(b)

图 1-29 雅马哈 FRZ250 型自动排气系统

(a)基本结构原理 (b)系统工作过程

FZR250、FZR400R 型四冲程发动机摩托车上安装了自动控制排气系统 简称为 EXUP 系统。

基本结构 如图 1-29 所示, EXUP 控制器是一个电控单元控制部件 它处理来自 PEI 点火器的基本点火脉冲信号 并向 EXUP 电动机装置

发出动作信号 EXUP 电动机装置由同步电动机、连接钢丝绳和一个半圆柱形控制阀门等组成, 圆柱旋转阀门安装在发动机排气管中部。

基本工作原理 如图 1-29b 所示 发动机启动后, 电控单元系统点火器获得基本点火控制电

信号经电控单元处理后获得一随发动机转速变化的电信号去控制电动机正向与反向转动,电动机的动力经减速齿轮减速,由主动轮通过两根钢丝绳带动从动轮和圆柱形旋转阀门转动。

怠速时旋转阀门基本处于关闭状态,只有少量废气排出;低速时,旋转阀门打开约 1/3 中速时,旋转阀门打开约 1/2;高速时,旋转阀门全部打开。

4. 电子控制系统

电子控制系统也叫电控单元 (ECU) 又称为电控单元或电子控制组件,常叫电脑。它是电子控制汽油喷射系统与点火系统的控制中心。电控单元的核心是电脑的只读存储器,其中存放着通过大量试验而获得的一系列控制程序软件、喷油特性脉谱以及其他特性的数据等重要信息,是 ECU 进行操作和控制的重要依据,是满足发动机的动力性、经济性和排放性等最重要的保证。

发动机工作时,电子控制系统根据空气流量传感器或绝对压力传感器送来的电信号计算出进气量,根据进气量和发动机转速计算出基本喷油持续时间,然后进行温度、节气门开度等各种工作参数的修正,得到发动机在这一工况下运行的最佳喷油持续时间,精确地控制燃油喷射量。

川崎电子控制系统如图 1-30 所示。

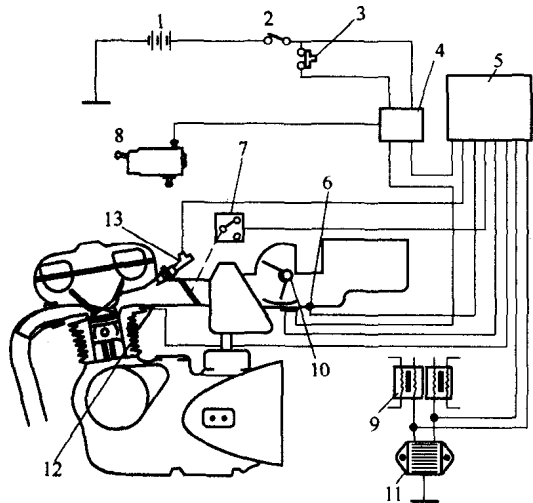


图 1-30 川崎电子控制系统

1. 蓄电池 2 点火开关 3 起动按钮 4. 继电器
5. 电控单元 6. 进气温度传感器 7. 节气门开关
8. 燃油泵 9. 点火线圈 10. 空气流量传感器
11. 点火器 12. 温度传感器 13. 喷油器

在本田 GL1200 型摩托车电控燃油喷射系统中,ECU 与点火控制器是分开设置的。而在雅马哈 GTS1000A 型摩托车燃油喷射系统中,点火控制器已直接集成到 ECU 中对燃油喷射量和点火时间进行统一控制。

(1) 发动机电控单元的组成

电控单元的基本组成如图 1-31 所示。它主要由输入回路、A/D 转换器、微机(单片机)和输出回路四部分组成。

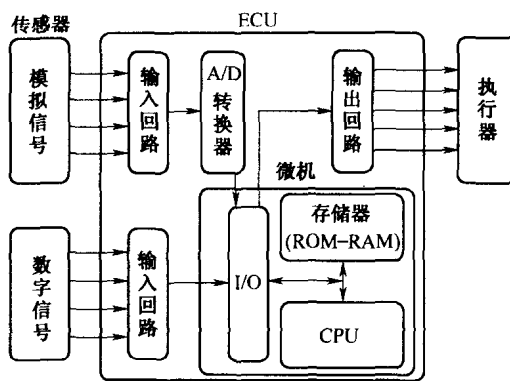


图 1-31 电控单元的基本组成

输入回路 输入回路主要由滤波电路、整形放大电路、单稳态等电路组成。从各类传感器输出的电信号,首先进入输入回路,以对输入信号进行必要处理,如进行除去杂波,将低电压进行增幅,高电压进行减幅,将非正弦波进行整形转变为矩形波等工作。然后再转换成所需要的工作电压,一般低电压为 0V,高电位为 5V。它的作用如图 1-32 所示。

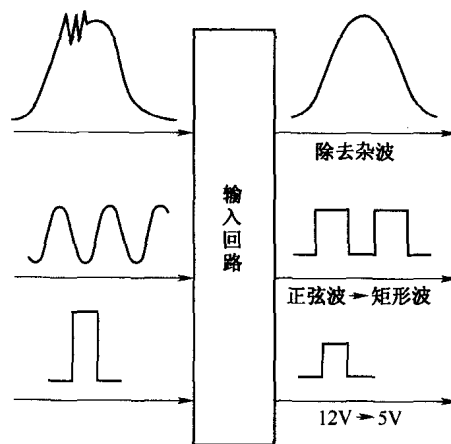


图 1-32 输入回路作用示意图