

第 2 章 汽油机电控燃油喷射系统

2.1 电控燃油喷射系统概述

2.1.1 汽油喷射系统的发展过程

汽油喷射系统于 20 世纪 30 年代首次用于军用飞机发动机上,1954 年德国奔驰公司首次在奔驰 300SL 汽车上装用了机械式汽油喷射系统。简称 K 型汽油喷射系统。

20 世纪 60 年代末期,在 K 型的基础上出现机电组合式汽油喷射系统,简称 KE 型。如德国奔驰 380SE、500SL 轿车。

20 世纪 60 年代后期,德国 BOSCH 公司研制成功电控燃油喷射系统 EFI,并历经晶体管、集成电路到微机处理三大发展进程。目前各国汽车上应用电控燃油喷射系统都是以 BOSCH 公司产品为原型发展而来的。目前 K 型和 KE 型汽油喷射系统已基本淘汰,EFI 系统成为汽油机燃料供给系统的主流。

BOSCH 公司燃油喷射系统的发展过程

1967 年,BOSCH 公司推出 D 型 Jetronic 模拟式汽油喷射系统。

1973 年,BOSCH 公司推出 L 型 Jetronic 的汽油喷射系统。由于采用了测量空气流量的方法控制喷油量,提高了控制精度,同时还开发出机械式汽油喷射系统。

1979 年,BOSCH 公司推出了集点火与喷油于一体的 Motronic 数字式发动机综合电子控制系统。在这期间,美国 GM 公司的 DEFI、FORD 公司的 EEC、丰田公司的 TCCS 等纷纷出场。这些都是综合控制的电子系统。

1995 年,美国在轿车上全部采用了电控汽油喷射系统,欧洲的轿车采用汽油喷射系统的占 90% 以上。

目前汽车工业发达的国家在汽油车上均采用汽油喷射系统,以满足日益严格的排放要求。

2.1.2 电控燃油喷射系统的优点

电控燃油喷射系统有以下优点。

- (1) 能提供发动机在各种工况下最合适的混合气浓度;
- (2) 用排放控制系统后,降低了 HC、CO 和 NO_x 三种有害气体的排放;
- (3) 增大了燃油的喷射压力,因此雾化比较好;
- (4) 在不同地区行驶时,发动机控制 ECU 能及时准确地做出补偿;

- (5) 在汽车加减速行驶的过渡运转阶段, 燃油控制系统能迅速的做出反应;
- (6) 具有减速断油功能, 既能降低排放, 也能节省燃油;
- (7) 在进气系统中, 由于没有像化油器那样的喉管部位, 因而进气阻力小;
- (8) 发动机起动容易, 暖机性能提高。

2.1.3 电控喷射系统的类型

汽油喷射技术从 20 世纪六七十年代以来, 得到了长足的发展和广泛的应用。欧、美、日的一些著名汽车公司都相继开发研制并实际应用了许多类型不同、档次各异的汽油喷射系统, 即使是同一类型的汽油喷射系统, 应用于不同汽车公司生产的汽车上又有不同的名称。因此, 对于使用和维护人员来说, 总觉得其品种繁多, 有应接不暇的感觉。为此, 我们不妨将现代汽油喷射系统按一定的方式分类归纳, 以便有一个较全面的了解和认识。

1. 按喷射方式分类

同时喷射: 将各气缸的喷油器并联, 所有喷油器由电脑的同一个指令控制, 同时喷油, 同时断油。如图 2.1 所示。

分组喷射: 将各气缸的喷油器分成几组, 同一组喷油器同时喷油或断油。如图 2.2 所示。

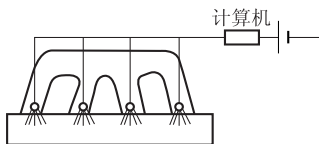


图 2.1 同时喷射示意图

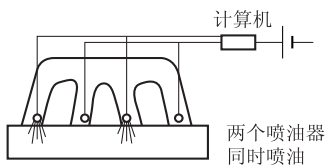


图 2.2 分组喷射示意图

顺序喷射: 喷油器由电脑分别控制, 按发动机各气缸的工作顺序喷油。如图 2.3 所示。

2. 按空气量的计量方式分类

D 型电控燃油喷射系统: 是将歧管绝对压力信号和转速信号输送到 ECU, 由 ECU 根据该信号计算出充气量, 再产生与之相对应的喷油脉冲, 控制喷油器喷射适量的汽油。如图 2.4 所示。

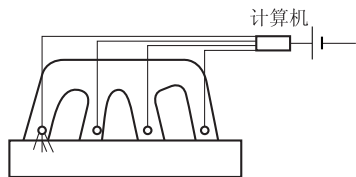


图 2.3 顺序喷射示意图

L 型电控燃油喷射系统: 利用空气流量计直接测量发动机的进气量, 电脑不必进行推算, 可根据空气流量计信号和转速信号计算与该进气量相应的喷油量。

如图 2.5 所示。

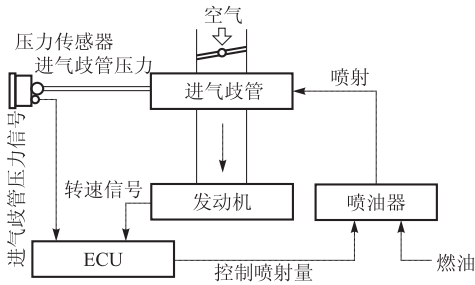


图 2.4 D 型电控燃油喷射系统

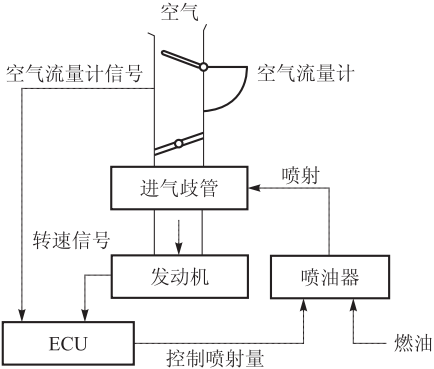


图 2.5 L 型电控燃油喷射系统

3. 按喷射位置分类

多点喷射系统：每缸进气门处装有一个喷射装置，由 ECU 控制喷射。其燃油分配均匀性好，但控制系统复杂，成本高。主要用于中、高级轿车。如图 2.6 所示。

单点喷射系统：在节气门上方装一个中央喷射装置，由 1~2 个喷油器集中喷油。其结构简单，故障少、维修调整方便。广泛地应用于普通轿车和货车。如图 2.7 所示。

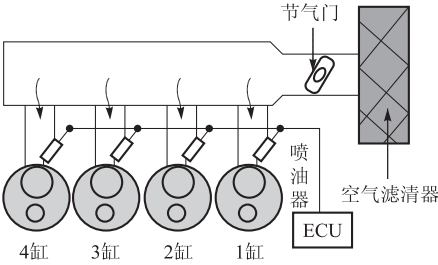


图 2.6 多点喷射系统示意图

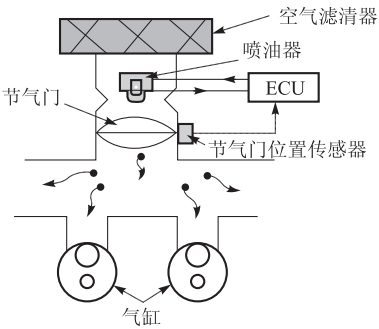


图 2.7 单点喷射系统示意图

4. 按有无反馈信号分类

开环控制系统：（未设置氧传感器）通过实验室确定的发动机各工况的最佳供油参数预先存入电脑，在发动机工作时，电脑根据系统中各传感器的输入信号，判断自身所处的运行工况，并计算出最佳喷油量。其精度直接依赖于所设定

的基准数据和喷油器调整标定的精度。当使用工况超出预定范围时，不能实现最佳控制。

闭环控制系统：（设置氧传感器）在系统中，发动机排气管上加装了氧传感器，根据排气中含氧量的变化，判断实际进入气缸的混合气空燃比，将信号反馈回电脑通过电脑与原来设定的目标空燃比进行比较，并根据误差修正喷油量。空燃比控制精度较高。

2.2 电控燃油喷射系统的功能

2.2.1 喷射正时控制

1. 同步喷射正时控制

同步喷射正时控制指在设定的曲轴转角进行喷射，在发动机稳定工况的大部分运转时间里，喷油系统以同步方式工作。

（1）顺序喷射正时控制（如图 2.8 所示）。

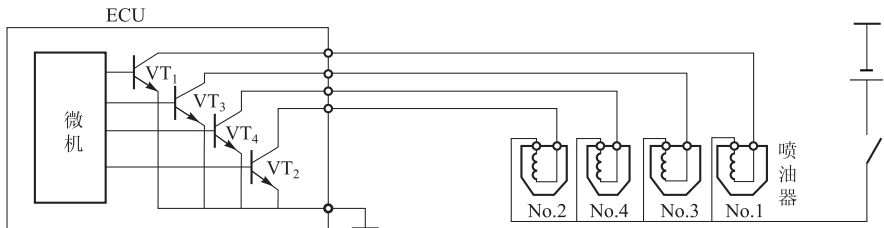


图 2.8 顺序喷射正时控制电路图

特点：喷油器驱动回路数与气缸数目相等。

工作原理：ECU 根据凸轮轴位置传感器、曲轴位置传感器和发动机的做功顺序，确定各气缸工作位置。当确定各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，使该缸开始喷油。

（2）分组喷射正时控制（如图 2.9 所示）。

特点：把所有喷油器分成 2~4 组，由 ECU 分组控制喷油器。

工作原理：以各组最先进入做功的缸为基准，在该气缸排气行程上止点前某一位置，ECU 输出指令信号，接通该组喷油器电磁线圈电路，该组喷油器开始喷油。

（3）同时喷射正时控制（如图 2.10 所示）。

特点：所有各缸喷油器由 ECU 控制同时喷油和停油。

工作原理：喷油正时控制是以发动机最先进入做功行程的缸为基准，在该缸

排气行程上止点前某一位置, ECU 输出指令信号, 接通该组喷油器电磁线圈电路, 该组喷油器开始喷油。

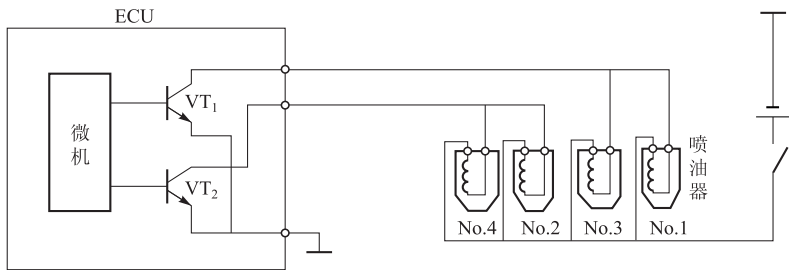


图 2.9 分组喷射正时控制电路图

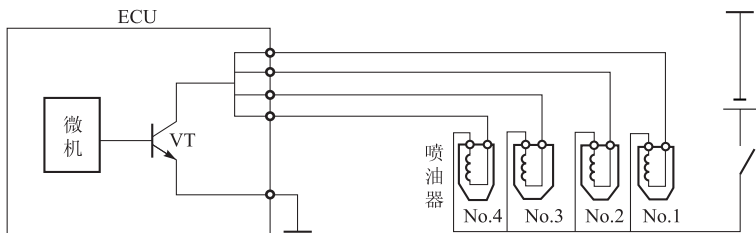


图 2.10 同时喷射正时控制电路图

2. 异步喷射正时控制

发动机在起动和加速时,为了保证起动迅速、加速响应快,ECU 会根据水温、油门变化程度适当地增加供油量,此时应采取与曲轴转角无关的异步喷射。

(1) 起动时异步喷油正时控制。在同步喷油基础上, 为改善发动机的起动性能, 再增加一次异步喷油。

在起动开关处于接通状态时, ECU 接收到第一个凸轮轴位置传感器信号后, 接收到第一个曲轴位置传感器信号时, 开始进行起动时的异步喷油。

(2) 加速时异步喷油正时控制。为了改善加速性能, ECU 根据节气门位置传感器中怠速信号从接通到断开时, 增加一次固定量的喷油。

2.2.2 喷油量控制

喷油量控制的目的是使发动机在各种运行工况下，都能获得最佳的喷油量，以提高发动机的经济性和降低排放污染。喷油量的控制是通过控制喷油器喷油时间的控制来实现的。

1. 起动时的同步喷油量控制

在发动机转速低于规定值或点火开关接通位于 STA（起动）挡时，ECU 根据水温确定基本喷油持续时间，再根据进气温度和蓄电池电压进行修正，得到起动时的喷油持续时间。起动时的基本喷油持续时间如图 2.11 所示。

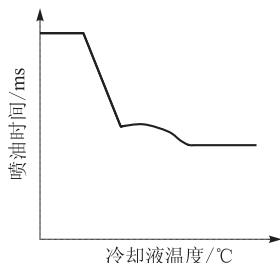


图 2.11 起动时的基本喷油时间

2. 起动后的同步喷油量控制

喷油持续时间 = 基本喷油持续时间 × 喷油修正系数 + 电压修正。

基本喷油持续时间：根据传感器信号，由电脑查表确定。

D 型：根据发动机转速信号和进气管绝对压力信号确定基本喷油时间；

L 型：根据发动机转速信号和空气流量计信号确定基本喷油时间。

喷油修正系数：包括起动后加浓修正、暖机加浓修正、进气温度修正、大负荷工况喷油量修正、过渡工况喷油量修正、怠速稳定性修正等。

电压修正：考虑蓄电池电压变化的修正。

3. 异步喷油量控制

发动机起动和加速时的异步喷油量是固定的，各气缸喷油器以一个固定的喷油持续时间，同时向各气缸增加一次喷油。

2.2.3 燃油停供控制

减速断油控制：当驾驶员快速松开油门踏板使汽车减速时，ECU 控制喷油器停止喷油，以降低 HC 和 CO 含量。当转速降至规定值时又恢复正常。

限速断油控制：发动机转速超过安全转速或汽车超过设定的最高车速时，ECU 控制喷油器停止喷油，以防超速。

2.2.4 燃油泵控制

当点火开关打开或发动机熄灭后，电控燃油喷射系统中的燃油泵一般预先或延迟工作 2~3 s，以保证燃油系统必需的油压。在发动机起动过程和运转过程中，燃油泵应保持正常工作。打开点火开关但不起动发动机，或关闭点火开关后，应适时切断燃油泵控制电路，使燃油泵停止工作。有些燃油泵有高低两个转速挡，以满足不同转速的需要。

2.3 电控燃油喷射系统的组成与基本原理

电控燃油喷射系统由 3 个子系统组成：空气供给系统、燃油供给系统和控制系统。

2.3.1 空气供给系统

功用：为发动机提供清洁的空气并控制发动机正常工作时的供气量。工作原理如图 2.12 所示。

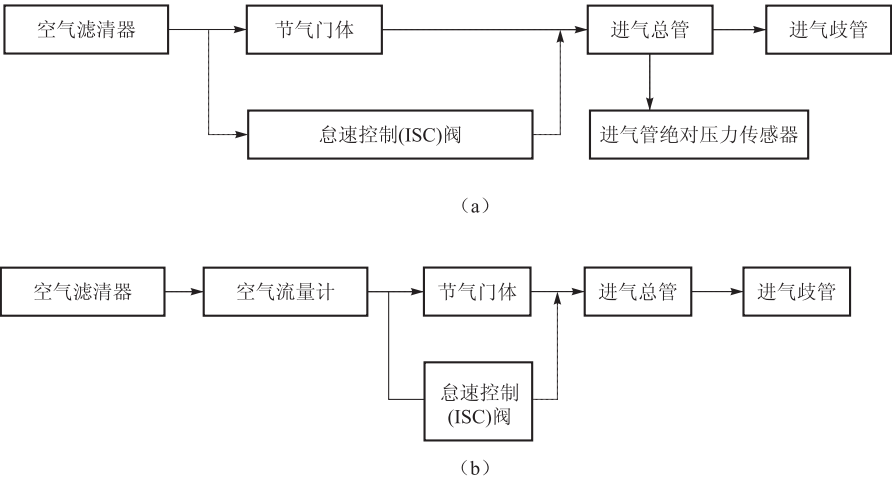


图 2.12 空气供给系统工作原理图
(a) D 型；(b) L 型

以 L 型系统为例，空气经空滤器后，用空气流量计测量，通过节气门体进入进气总管，再分配到各进气歧管。在进气歧管内，从喷油器喷出的汽油和空气混合后被吸入气缸内燃烧。在冷却液温度较低时，为加快发动机暖机过程，设置了快怠速装置，由空气阀来控制快怠速所需要的空气，这时经空气流量计计量后的空气，绕过节气门体，经空气阀直接进入进气总管。可以通过怠速调整螺钉调节怠速转速，用空气阀控制快怠速转速，也可由 ECU 操纵怠速控制阀（ISC）控制怠速与快怠速。

2.3.2 燃油供给系统

功用：供给喷油器一定压力的燃油，喷油器则根据电脑指令喷油。工作原理如图 2.13 所示。

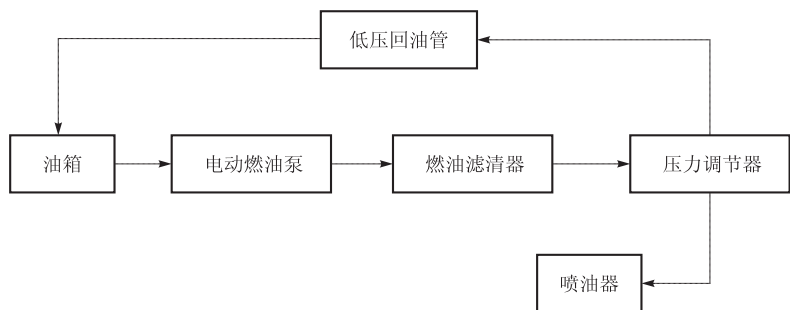


图 2.13 燃油供给系统工作原理图

汽油泵抽吸油箱内的汽油，经汽油过滤器过滤后，由压力调节器调压，然后经输油管配送给各个喷油器和冷起动喷油器，喷油器根据 ECU 发出的指令，将适量的汽油喷入各进气歧管或进气总管。

汽油泵亦可置于汽油箱内。有些车型还在输油管的一端设有脉动阻尼器，以消除喷油时油压产生的微小波动。

2.3.3 控制系统

ECU 根据空气流量计信号和发动机转速信号确定基本喷油时间，再根据其他传感器传来的信息对喷油时间进行修正，并按最后确定的总喷油时间向喷油器发出指令，使喷油器喷油或断油。

控制系统原理图如图 2.14 所示。

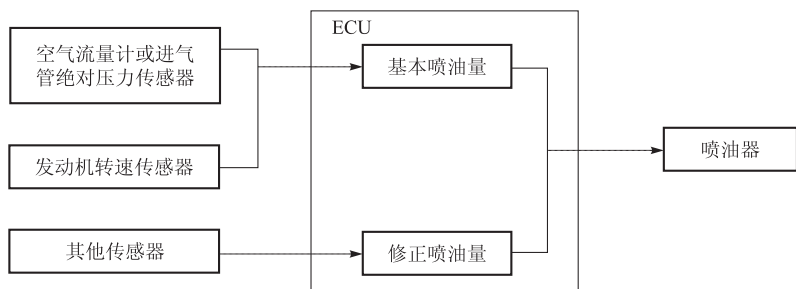


图 2.14 控制系统原理图

2.4 空气供给系统主要元件的构造与检修

2.4.1 空气供给系统元件位置

电控燃油喷射发动机空气供给系统基本相同，主要组成元件包括空气滤清

器、节气门体和进气管。

1. D 型 EFI 空气供给系统（如图 2.15 所示）

D 型喷射系统由于没有空气流量计，其进气系统结构简单，应用比较广泛。

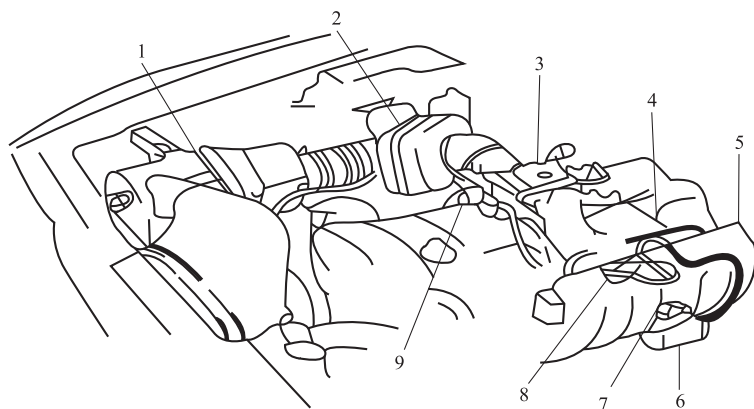


图 2.15 D 型 EFI 空气供给系统

1—空气滤清器；2—稳压箱；3—节气门体；4—进气控制阀；5—进气室；6—真空罐；
7—电磁真空阀；8—真空驱动器；9—怠速控制阀

2. L 型 EFI 空气供给系统（如图 2.16 所示）

L 型喷射系统对空气量的测量更精确，应用也比较广泛。

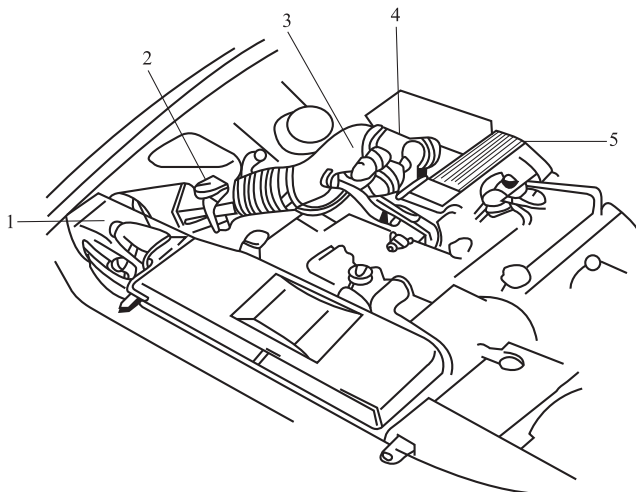


图 2.16 L 型 EFI 空气供给系统

1—空气滤清器；2—空气流量计；3—进气连接管；4—节气门体；5—进气室

2.4.2 空气供给系统元件的构造

1. 空气滤清器

用于滤除空气中的灰尘，一般都为纸质滤芯，其结构与普通发动机上相同。

2. 节气门体

功能：节气门体安装在进气管中，用来控制发动机正常工况下的进气量。

组成：主要由节气门和怠速空气道等组成。节气门位置传感器装在节气门轴上，来检测节气门的开度。有的车上还设有副节气门和副节气门位置传感器。

3. 进气管

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，每个气缸必须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，有些则分开制造，再用螺栓连接。

2.4.3 空气供给系统的检修

维修时应注意进行以下检查：

- (1) 检查空气滤清器滤芯是否脏污，必要时用压缩空气吹净或更换；
- (2) 进气系统漏气对电控燃油喷射发动机的影响比对化油器式发动机的影响大。检查各连接部位是否连接可靠，密封垫是否完好；
- (3) 检查节气门内腔的积垢和积胶情况，必要时用清洗剂进行清洗。

注意：绝对不能用砂纸和刀片清理积垢和积胶。

2.5 燃油供给系统主要元件的构造与检修

2.5.1 燃油供给系的组成

由电动燃油泵、燃油滤清器、燃油压力调节器、脉动阻尼器及油管组成（如图 2.17 所示）。

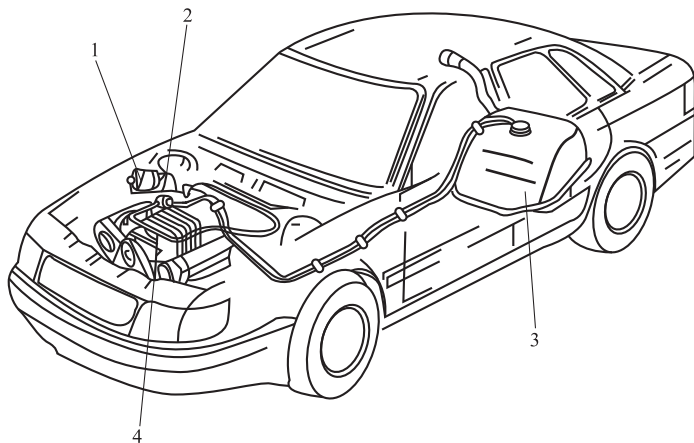


图 2.17 燃油供给系统元件位置

1—汽油滤清器；2—压力调节器；3—油箱；4—燃油分配管

2.5.2 电动燃油泵

1. 电动燃油泵的类型

按安装位置不同分为：

(1) 内置式——安装在油箱中，具有噪声小、不易产生气阻、不易泄漏、管路安装简单等优点；

(2) 外置式——串接在油箱外部的输油管路中，易布置、安装自由，但噪声大，易产生气阻。

按电动燃油泵的结构不同分为：

- (1) 涡轮式；
- (2) 滚柱式；
- (3) 转子式；
- (4) 侧槽式。

2. 电动燃油泵的构造

(1) 涡轮式电动燃油泵。

结构：主要由燃油泵电动机、涡轮泵、出油阀、卸压阀组成。

原理：油泵电动机通电时，电动机驱动涡轮泵叶片旋转，由于离心力的作用，使叶轮周围小槽内的叶片贴紧泵壳，将燃油从进油室带往出油室。由于进油室的燃油不断被带走，所以形成一定的真空度，将燃油从进油口吸入；而出油室燃油不断增多，燃油压力升高，当达到一定值时，顶开出油阀，从出油口输出。

出油阀在油泵不工作时阻止燃油流回油箱，保持油路中有一定的压力，便于下次起动。如图 2.18、图 2.19 所示。

优点：泵油量大、泵油压力较高、供油压力稳定、运转噪声小、使用寿命长。此外，由于不需要消声器所以可以小型化，因此广泛地应用在轿车上，如捷达、本田雅阁。

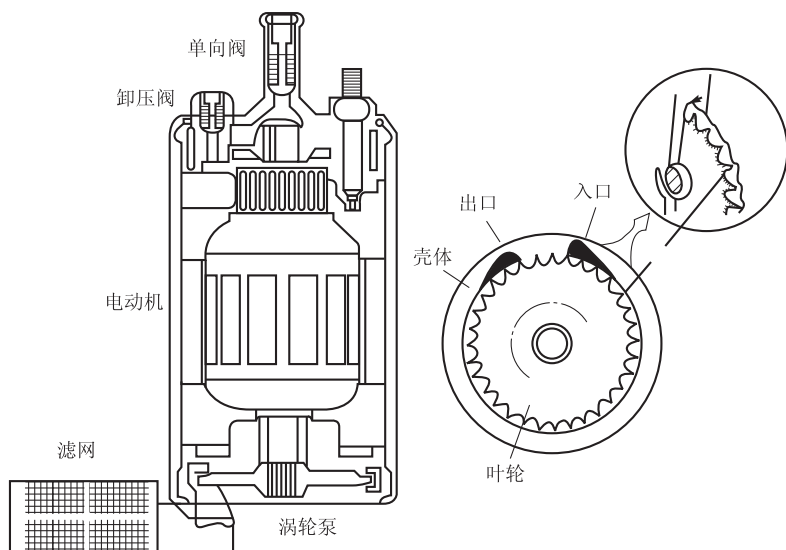


图 2.18 涡轮式电动燃油泵

(2) 滚柱式电动燃油泵。

结构：主要由燃油泵电动机、滚柱式燃油泵、出油阀、卸压阀等组成。

原理：如图 2.20 所示，当转子旋转时，位于转子槽内的滚柱在离心力的作用下，紧压在泵体内表面上，对周围起密封作用，在相邻两个滚柱之间形成工作腔。在燃油泵运转过程中，工作腔转过出油口后，其容积不断增大，形成一定的真空度，当转到与进口口连通时，将燃油吸入；而吸满燃油的工作腔转过进油口后，容积不断减小，使燃油压力提高，受压燃油流过电动机，从出油口输出。



图 2.19 涡轮式电动燃油泵

3. 电动燃油泵的控制

(1) ECU 控制的燃油泵控制电路。该电路主要应用在装用 D 型 EFI 和装用热式和卡门旋涡式空气流量计的 L 型 EFI 系统中。

控制原理：如图 2.21 所示，燃油泵控制 ECU 根据发动机 ECU 端子 FPC 和

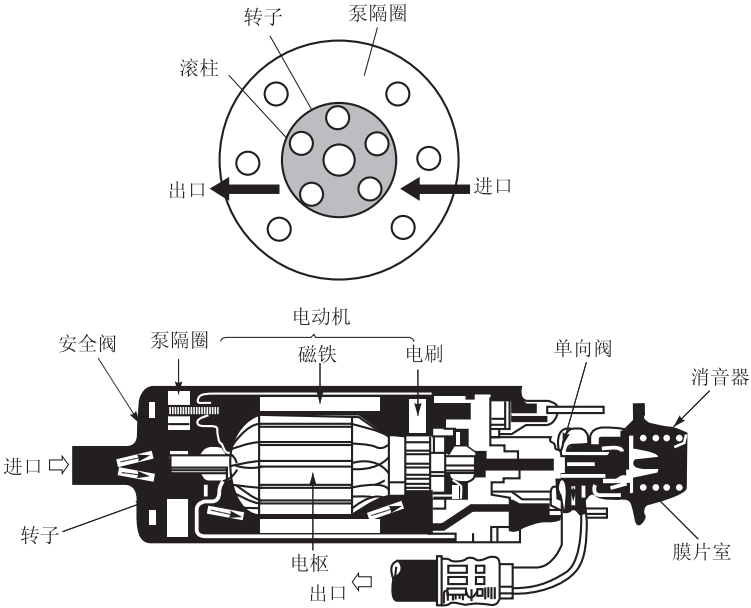


图 2.20 滚柱式电动燃油泵

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电压（一般为 9 V），燃油泵以低速运转。

ECU 的电源端子 +B 和燃油泵控制端子 FP，分别由导线与诊断座上的相应端子相连，以便对燃油泵进行检查。

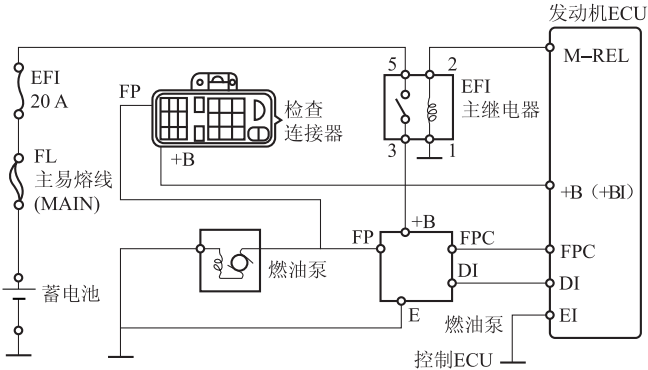


图 2.21 ECU 控制的燃油泵控制电路

(2) 燃油泵开关控制的燃油泵控制电路。此控制电路主要用于装用叶片式空气流量计的 L 型 EFI 系统中。

控制原理：如图 2.22 所示，当点火开关 ST 端子接通时，起动机继电器线圈通电使触电闭合，此时开路继电器中 L1 线圈通电使其触电闭合，从而通过主继电器、开路继电器向燃油泵供电，油泵工作；发动机正常运转时，点火开关 IG 端子与电源接通，同时空气流量计测量板转动使油泵开关闭合，开路继电器 L2 通电，使开路继电器触电保持闭合，油泵继续工作。发动机停转时，L1 和 L2 线圈不通电，燃油泵停止工作。

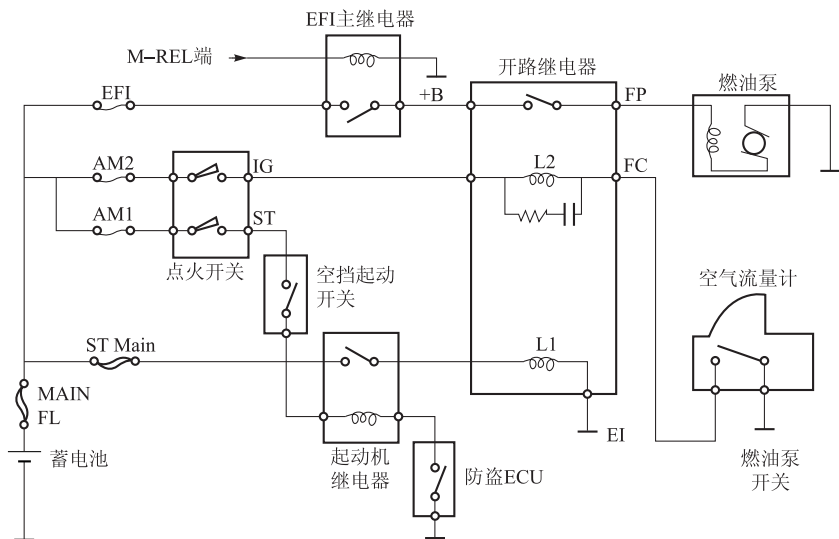


图 2.22 燃油泵开关控制的燃油泵控制电路

(3) 燃油泵继电器控制的燃油泵控制电路。如图 2.23 所示，此控制电路根据发动机转速和负荷的变化，通过燃油泵继电器改变油泵的供电线路，从而控制油泵的工作转速。

点火开关接通后即通过主继电器将开路继电器 +B 端子与电源接通，起动时开路继电器的 L1 线圈通电，发动机正常运转时，ECU 中的晶体管 VT_1 导通，开路继电器的 L2 线圈通电，均使开路继电器触电闭合，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，使触电 A 闭合，由于是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 VT_2 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。

2.5.4 脉动阻尼器

功用：减小在喷油器喷油时，油路中的油压可能会产生的微小波动。使系统压力保持稳定。

组成：由膜片、回位弹簧、阀片和外壳组成。

原理：发动机工作时，燃油经过脉动阻尼器膜片前方进入输油管，当燃油压力产生脉动时，膜片弹簧被压缩或伸张，膜片下方的容积稍有增大或减小，从而起到稳定燃油系统压力的作用。如图 2.25 所示。

2.5.5 燃油压力调节器

功用：调节燃油管的压力，使它与进气歧管内空气压力之间的差值保持恒定的 250 ~ 300 kPa。

组成：主要由阀门、膜片、膜片弹簧和外壳组成。如图 2.26 所示。

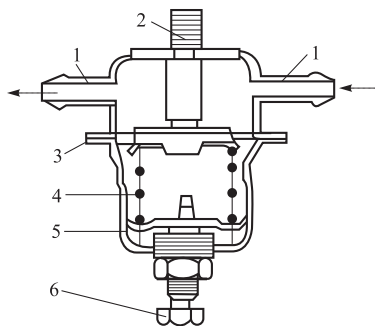


图 2.25 脉动阻尼器结构图

1—燃油接头；2—固定螺钉；3—膜片；
4—压力弹簧；5—壳体；6—调节螺钉

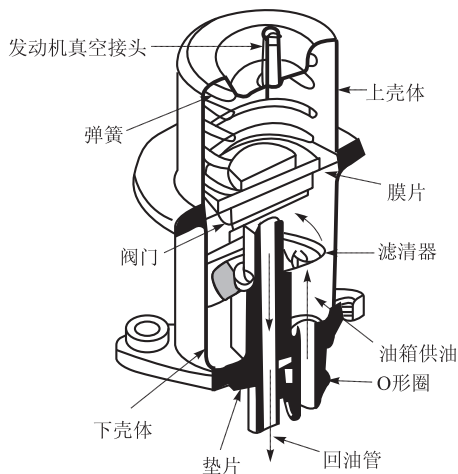


图 2.26 燃油压力调节器结构

原理：发动机工作时，燃油压力调节器膜片上方承受的压力为弹簧压力和进气管内气体的压力之和，膜片下方承受的压力为燃油压力，当压力相等时，膜片处于平衡位置不动。当进气管内气体压力下降时，膜片向上移动，回油阀开度增大，回油量增多，使输油管内燃油压力下降；反之，进气管内气体压力升高时，燃油的压力也升高。

2.5.6 燃油供给系统检修

1. 燃油系统的压力释放

目的：防止在拆卸时，系统内的压力使油喷出，造成人身伤害和火灾。

方法：

- (1) 起动发动机，维持怠速运转；
- (2) 在发动机运转时，拔下油泵继电器或电动燃油泵电线接线，使发动机熄火；
- (3) 再使发动机起动 2 ~ 3 次，就可完全释放燃油系统压力；
- (4) 关闭点火开关，装上油泵继电器或电动燃油泵电源接线。

2. 燃油系统压力预置

目的：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。

方法 1：

通过反复打开和关闭点火开关数次来完成。

方法 2：

- (1) 检查燃油系统元件和油管接头是否安装好。
- (2) 用专用导线将诊断座上的 FP 端子和 + B 端子跨接。
- (3) 将点火开关转至“ON”位置，使电动燃油泵工作约 10 s。
- (4) 关闭点火开关，拆下诊断座上的专用导线。

3. 燃油系统压力测试

- (1) 释放燃油系统压力，拔下蓄电池负极电缆；
 - (2) 将油压表接入燃油系统；
 - (3) 丰田车系：油压表接到输油管的进油管接头处；
 - (4) 大宇和通用：油压表接到脉动阻尼器的位置（拆掉脉动阻尼器）；
 - (5) 接好蓄电池负极电缆，起动发动机；
 - (6) 燃油压力检测：发动机运转至正常工作温度后，油压表数值应符合要求。
- 残压检测：油泵停止工作 10 min 后，油压表数值即为残余压力。

如果残压很低或等于零，将造成发动机难起动或不能起动。残压保不住的原因有燃油泵单向阀关闭不严、油压调节器阀门关闭不严、喷油器漏油、燃油系统漏油等。

检查完毕后，释放燃油压力，拆下油压表，装复燃油系统，然后预置燃油压力，起动发动机确定有无泄漏。

不同车系的燃油压力见表 2 - 1。

表 2-1 不同车系的燃油压力

车型	排量	喷射类型	系统油压（接真空管）	残压
桑塔纳 2000	1.8 L	多点喷射	约 300 kPa	>150 kPa（停车 10 min 后）
奥迪 A6	1.8 L	多点喷射	约 350 kPa	>250 kPa（停车 10 min 后）
上海别克	3.0 L	多点喷射	284 ~ 325 kPa	>33 kPa（停车 10 min 后）
通用	5.0 L	单点喷射	75 kPa	残压很低
丰田		多点喷射	196 ~ 235 kPa（怠速） 265 ~ 304（静态）	熄火后 5 min 不降低
克莱斯勒	2.5 L	单点喷射	98 kPa	残压很低
本田	2.0 L	多点喷射	265 ~ 305 kPa（怠速）	>150 kPa（停车 10 min 后）
福特	2.3L	多点喷射	206 ~ 318 kPa（怠速）	熄火后 5 min 不降低

4. 燃油压力不正常的检查

油压过低：

- (1) 夹住油压调节器回油管，检查油压，若油压升高至正常，说明油压调节器有故障；
- (2) 若压力不升高，则应检查燃油滤清器是否堵塞；
- (3) 若滤清器正常，检查油箱中是否有油；
- (4) 检查燃油泵滤网是否堵塞、燃油泵出油管路是否堵塞；
- (5) 若全部正常，则更换燃油泵。

油压过高：

- (1) 将油压调节器回油管拆下，接上一根干净回油管至一个容器内；
- (2) 检查油压；
- (3) 观察回油管端的回油量；
- (4) 回油量少或没有，说明油压调节器故障；
- (5) 回油量多，说明回油管堵塞。

2.6 电控系统主要元件的构造与检修

2.6.1 传感器

1. 空气流量计（MAF）

- (1) 叶片式空气流量计。

结构：如图 2.27 所示。空气流量计主要由测量板、补偿板、回位弹簧、电位计、旁通空气道组成，此外还包括尾气成分调整螺钉、油泵开关及进气温度传感器等。

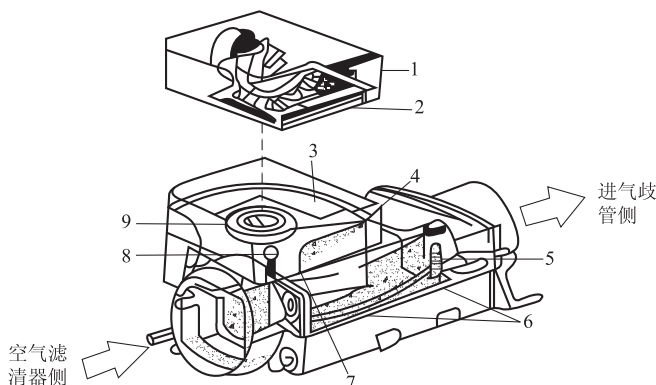


图 2.27 叶片式空气流量计结构

- 1—电位计；2—线束连接器；3—缓冲室；4—缓冲叶片；5—尾气成分调整螺钉；
6—旁通空气道；7—测量叶片；8—进气温度传感器；9—回位弹簧

工作原理：如图 2.28 所示。来自空气滤清器的空气通过空气流量计时，空气推力使测量板打开一个角度，当吸入空气推开测量板的力与弹簧变形后的回位力相平衡时，叶片停止转动。与测量板同轴转动的电位计检测出叶片转动的角度，将进气量转换成电压信号 U_s 送给 ECU。

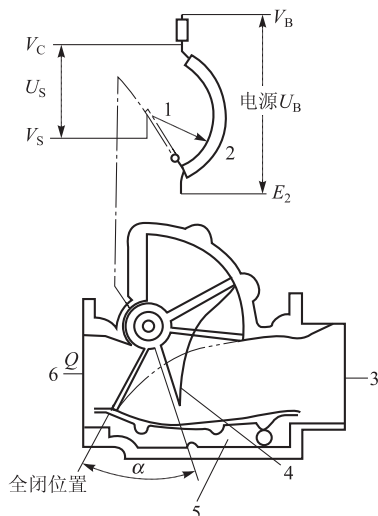


图 2.28 叶片式空气流量计工作原理

- 1—电位计滑臂；2—可变电阻；3—接进气管；4—测量叶片；
5—旁通空气道；6—接空气滤清器

(2) 热式空气流量计 (如图 2.29 所示)。20 世纪 80 年代后生产的日本日产公爵轿车和美国福特车系轿车多数采用热式空气流量计, 热式空气流量计的主要元件是热线电阻, 可分为热线式和热膜式两种类型, 其结构和工作原理基本相同。

分类: 按测量元件形式分为热线式和热膜式。

热线式: 测量元件为铂丝热线, 热线缠绕在陶瓷管上。

热线式空气流量计按测量位置分为主流测量方式和旁通测量方式。

主流测量式: 将热线电阻安装在主进气道中。

旁通测量式: 将热线安装在旁通空气道中。

热膜式: 测量元件镀在陶瓷片上, 称为热膜。

信号类型: 电压信号, 频率信号。

进气量 $\uparrow \rightarrow$ 信号电压 $\uparrow$

进气量 $\uparrow \rightarrow$ 信号频率 $\uparrow$

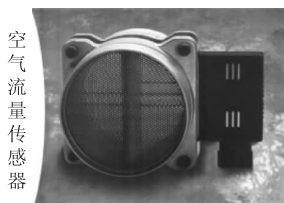


图 2.29 热式空气流量计

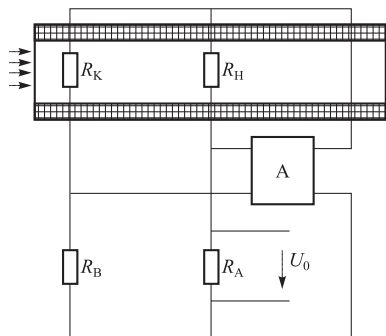


图 2.30 热式空气流量计工作原理

A—混合集成电路; R_H —热线电阻;

R_K —温度补偿电阻; R_A —精密电阻;

R_B —电桥电阻

① 工作原理: 如图 2.30 所示。热线电阻 R_H 用铂丝制成, R_H 和温度补偿电阻 R_K 均置于空气通道中的取气管内, 与 R_A 、 R_B 共同构成桥式电路。 R_H 、 R_K 阻值均随温度变化。当空气流经 R_H 时, 使热线温度发生变化, 电阻就会减小或增大, 使电桥失去平衡, 精密电阻 R_A 两端的电压也相应变化, 并且该电压信号作为热式空气流量计输出的电压信号送往 ECU。

② 热线式空气流量计电路检测: 如图 2.31 所示。接通点火开关, 不起动发动机, 测 E 与 D、E 与 C 之间的电压, 应为蓄电池电压。B 与 D 间为信号电压, 发动机工作时为 2~4 V, 发动机不工作时为 1.0~1.5 V。F 与 C 之间电压, 关闭点火开关时, 电压回零并在 5 s 后又跳跃上升, 1 s 后再回零, 说明自清信号良好。

③ 热膜式空气流量计 (如图 2.32 所示)。其结构和工作原理与热线式空气流量计基本相同, 只是把发热体由热线改为热膜, 热膜是把发热体金属铂镀敷在树脂薄膜上构成的。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, 提高了空气流量计的可靠性。

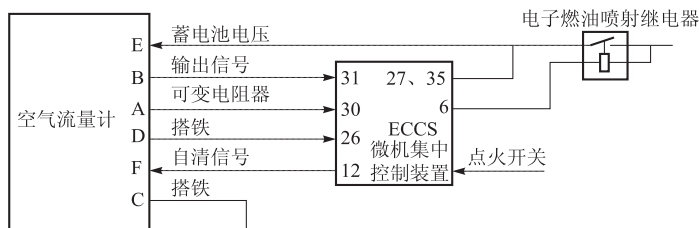


图 2.31 热线式空气流量计电路

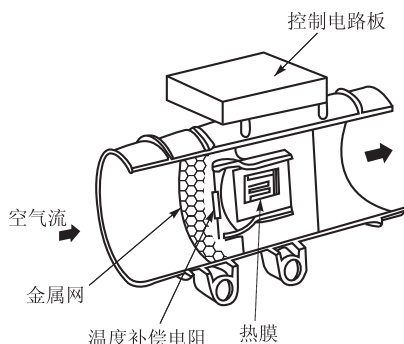


图 2.32 热膜式空气流量计

(3) 卡门旋涡式空气流量计。在气流通道中放一个柱体，气体通过时在柱体后产生许多旋涡。按检测原理分为超声波检测法和反光镜检测法。

① 反光镜检测法。

检测部分结构：如图 2.33 所示，由镜片、发光二极管和光电晶体管组成。

原理：空气流经过涡流发生器时，产生的旋涡会使涡流发生器后的空气压力发生波动，这个波动经压力导向孔作用在反光镜上，使反光镜发生振动，从而将发光二极管投射在反射镜上的光按照一定的规律间断地反射给光电管，对反射光信号进行检测，即可得旋涡的频率。频率高对应于进气量大。

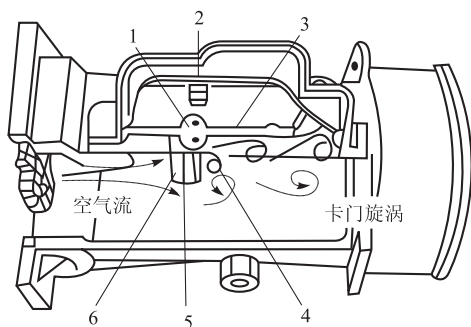


图 2.33 卡门旋涡式空气流量计（反光镜式）

- 1—反光镜；2—发光二极管；3—钢箔弹簧；4—光电晶体管；
5—压力导向孔；6—旋涡发生器

② 超声波检测法。

结构：如图 2.34 所示，由超声波信号发生器、超声波发射探头、涡流稳定板、涡流发生器、整流器、超声波接收探头和转换电路组成。

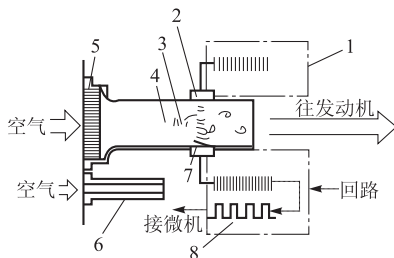


图 2.34 卡门旋涡式空气流量计（超声波检测式）

- 1—超声波信号发生器；2—超声波发射探头；3—涡流稳定板；4—涡流发生器；
5—整流器；6—旁通空气道；7—超声波接收探头；8—转换电路

原理：卡门旋涡造成空气密度变化，受其影响，信号发生器发出的超声波到达接收器的时间或变早或变晚，测出其相位差，利用放大器使之形成矩形波，矩形的脉冲频率为卡门旋涡的频率。

③ 反光镜式检测方式的空气流量计电路及其检测（如图 2.35 所示）。

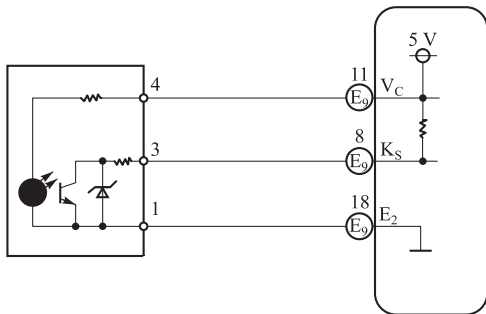


图 2.35 凌志 LS400 空气流量计电路

信号类型：频率信号。

进气量 ↑ → 输出信号频率 ↑，信号的占空比也发生相应的变化。

检测：用吹风机模拟进气，测量在不同进气量条件下，传感器的输出信号的频率，看传感器的信号输出频率是否满足要求。点火开关转至 ON 位置，检测 V_C 与 E₂ 间电压应为 5 V，K_S 与 E₂ 间电压应为 2~4 V。

2. 空气流量计波形分析

(1) 叶片式空气流量传感器信号波形分析。波形的含义及相关说明如图 2.36 所示。

测量出的电压值波形可以参照维修资料进行对比分析，正常叶片

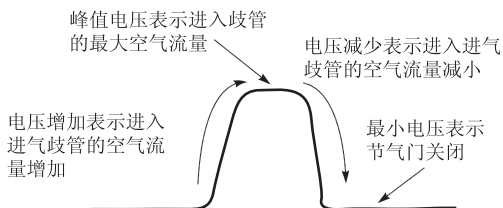


图 2.36 叶片式空气流量传感器信号波形分析

式空气流量传感器怠速时输出电压约为 1 V，节气门全开时应超过 4 V，急减速（急抬加速踏板）时输出电压并不是非常快地从急加速电压回到怠速电压。

叶片式空气流量传感器实测波形如图 2.37 所示。

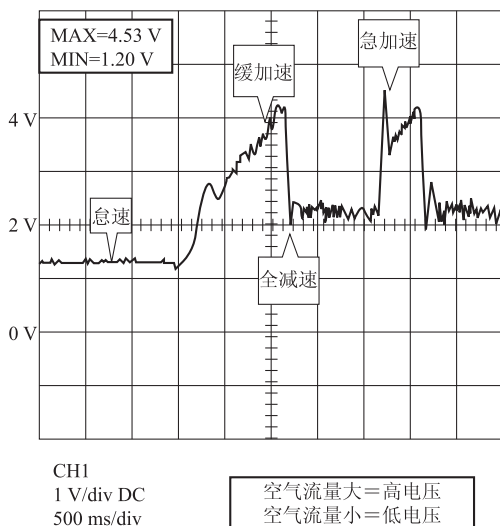


图 2.37 叶片式空气流量传感器实测波形

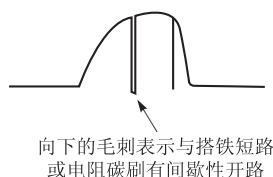


图 2.38 叶片式空气流量传感器故障波形

故障波形举例：出现如图 2.38 所示的向下的毛刺，则表示传感器中有与搭铁短路或可变电阻器碳刷有间歇性的开路故障，应更换叶片式空气流量传感器。

注意：在急加速时波形中的小尖峰是由于叶片过量摆动造成的，电控单元正是根据这一点来判定加速加浓信号的，这不是故障，而是正常波形。

(2) 热线（热膜）式空气流量传感器信号波形分析。热线式空气流量传感器信号实测波形如图 2.39 所示。热线式空气流量传感器信号波形分析如图 2.40 所示。

热线（热膜）式空气流量传感器输出信号电压范围是从怠速时超过 0.2 V 变至节气门全开时超过 4 V，当急减速时的输出信号电压应比怠速时的电压稍低。

发动机运转时，波形的幅值看上去在不断地波动，这是正常的，因为热线式空气流量传感器没有任何运动部件，因此没有惯性，所以它能快速的对空气流量的变化做出反应。在加速时波形上所看到的杂波是由于各缸进气口上的空气气流脉动造成的，发动机 ECU 中的超级处理电路读入后会清除这些杂波，所以这些脉动不会影响信号的检测。

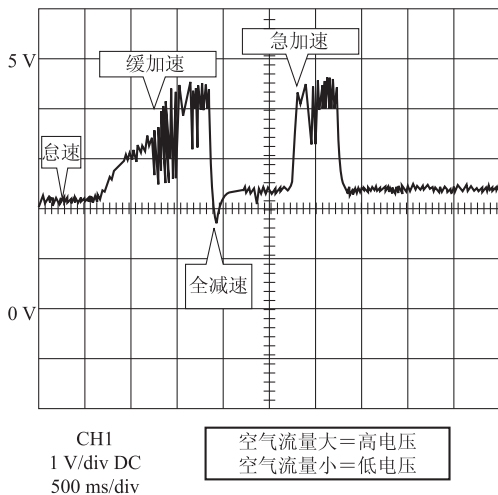


图 2.39 热线式空气流量传感器信号

不同的车型输出电压有很大的差异，在怠速时信号电压是否为 0.25 V 左右也是判断空气流量传感器好坏的方法之一；另外，从燃油混合气是否正常或冒黑烟也可以判断空气流量传感器的好坏。

如果信号波形与上述情况不符，或空气流量传感器在怠速时输出信号电压太高，而节气门全开时输出信号电压又达不到 4 V，则说明空气流量传感器已经损坏。如果在车辆急加速时空气流量传感器输出信号电压波形上升缓慢，或在车辆急减速时空气流量传感器输出信号电压波形下降缓慢，则说明空气流量传感器的热线（热膜）脏污。出现这些情况，均应清洁或更换热线（热膜）式空气流量传感器。

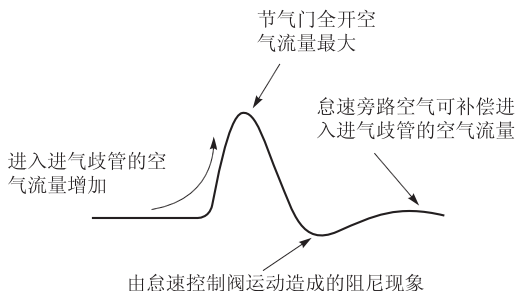


图 2.40 热线式空气流量传感器信号波形分析

如果信号波形与上述情况不符，或空气流量传感器在怠速时输出信号电压太高，而节气门全开时输出信号电压又达不到 4 V，则说明空气流量传感器已经损坏。如果在车辆急加速时空气流量传感器输出信号电压波形上升缓慢，或在车辆急减速时空气流量传感器输出信号电压波形下降缓慢，则说明空气流量传感器的热线（热膜）脏污。出现这些情况，均应清洁或更换热线（热膜）式空气流量传感器。

(3) 数字式空气流量传感器信号波形分析。数字式空气流量传感器输出的信号都是频率信号，根据空气流量传感器的不同，其输出信号电压波形可以分为低频和高频两种形式，两种形式空气流量传感器的信号电压波形分别如图 2.41 和图 2.42 所示。波形的含义及相关说明如图 2.43 所示。

波形的幅值大多数应满 5 V，波形的形状要相当一致，矩形的拐角和垂直沿的一致性要好，传感器输出信号电压波形的频率要与发动机转速和空气流量传感器的比率一致。有些车型如通用别克汽车的波形上部左侧的拐角有轻微的圆滑过渡是正常现象，并不说明传感器损坏。

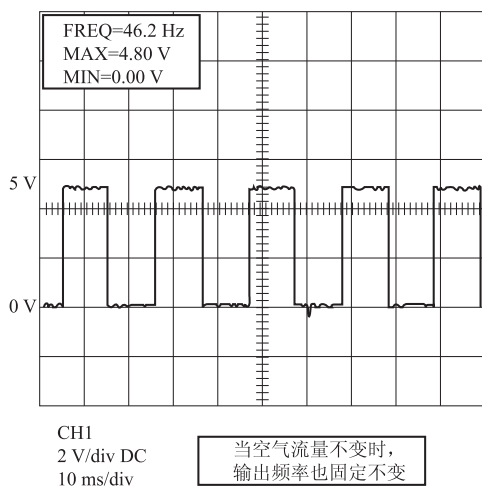


图 2.41 数字式空气流量传感器波形低频型

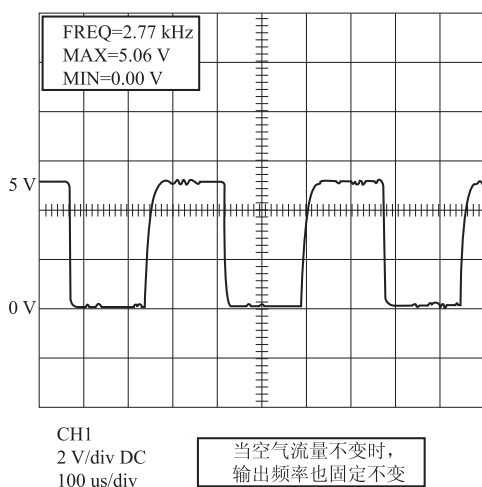


图 2.42 数字式空气流量传感器波形高频型

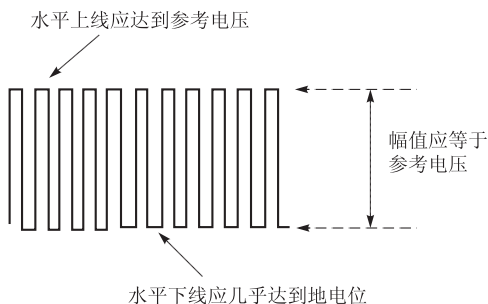


图 2.43 数字式空气流量传感器信号电压波形分析

随着空气流量的增加，传感器输出信号波形的频率也增加，流过空气流量传感器的空气越多，信号图上出现的脉冲频率也就越大。如果信号波形不符合上述要求，或者脉冲波形有伸长或缩短，或者有不必要的尖峰和变圆的直角等，应更换空气流量传感器。

(4) 卡门旋涡式空气流量传感器波形分析。卡门旋涡式空气流量传感器的输出方式也是数字式，但它与其他的数字式输出空气流量传感器不同，通常数字式空气流量传感器在空气流量增大时频率也随之增加。在加速时，卡门旋涡式空气流量传感器与其他数字式空气流量传感器不同之处在于它不但频率增加，同时它的脉冲宽度也改变。卡门旋涡式空气流量传感器的输出信号电压波形如图 2.44 所示。

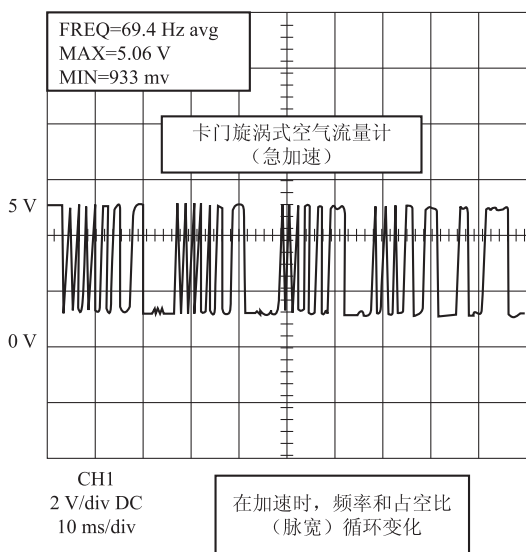


图 2.44 卡门旋涡式空气流量传感器的输出信号电压实测波形

当这种型号的空气流量传感器工作正常时，脉冲宽度将随加速的变化而变化，这是为了加速加浓时，能够向发动机 ECU 提供非同步加浓喷油脉冲信号。所看到的可能的缺陷和不正确的关键参数是脉冲高度缩短、不应该有峰尖以及圆角的产生，这些都会影响发动机性能，造成排放等问题。如果波形不符合上述要求，则应更换卡门旋涡式空气流量传感器。

3. 进气歧管绝对压力传感器

IMAPS = Intake Manifold Absolute Pressure Sensor

作用：在 D 型电控燃油喷射系统中，由进气歧管绝对压力传感器测量进气歧管压力，并将信号输入 ECU，作为燃油喷射和点火控制的主控制信号。

安装位置：靠近进气歧管的发动机室内。

分类：按其检测原理分为压敏电阻式和电容式等。

信号类型：压敏电阻式为电压信号，电容式的为频率信号。

进气歧管绝对压力传感器外形如图 2.45 所示。

进气歧管绝对压力传感器压敏电阻式构造如图 2.46 所示。



图 2.45 进气歧管绝对压力传感器外形图

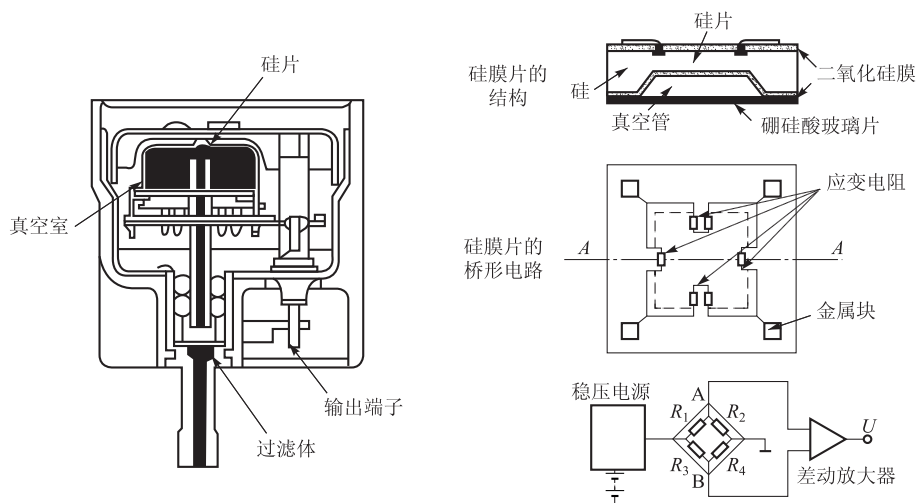


图 2.46 进气歧管绝对压力传感器压敏电阻式构造

进气歧管压力 $\uparrow \rightarrow$ 输出电压 $\uparrow$ 。

怠速运转时约 1.25 V，节气门全开时接近 5 V。

进气歧管绝对压力传感器电路及其检测，电路图如图 2.47 所示。

ECU 通过 VC 端子给传感器提供标准 5 V 电压，传感器信号经端子 PIM 输送

给 ECU，E₂ 为传感器搭铁端子。

检测：点火开关转至 ON 位，测量 VC 与 E₂ 之间电压应为 5 V。

拆下传感器连接真空软管，用手动真空枪给传感器施加真空度，PIM 与 E₂ 之间的电压应随真空度增加而下降。

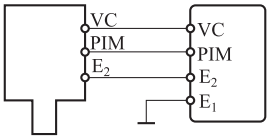


图 2.47 皇冠 3.0 轿车 IMAPS 电路

4. 进气歧管绝对压力传感器波形分析

(1) 半导体压敏电阻（模拟输出）式进气歧管绝对压力传感器波形分析。关闭所有附属电气设备，起动发动机，并使其怠速运转，怠速稳定后，检查怠速输出信号电压。做加速和减速试验，应有类似如图 2.48 所示的波形出现。

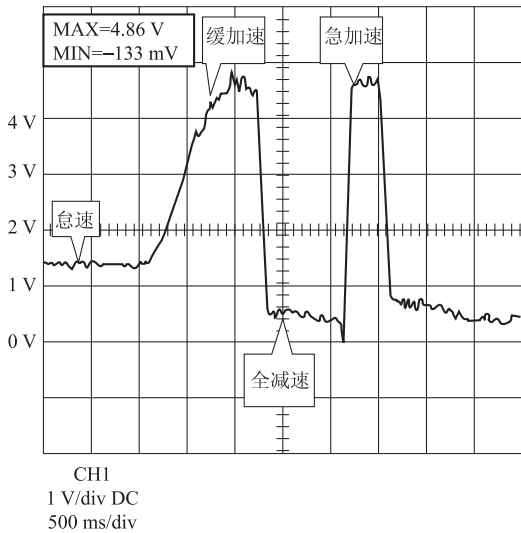


图 2.48 半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器信号波形

半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器信号波形说明如图 2.49 所示。通常半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器的输出电压在怠速时为 1.25 V，当节气门全开时略低于 5 V，全减速时接近 0 V。

(2) 电容（数字输出）式进气歧管绝对压力传感器波形分析。波形图如图 2.50 所示。这种进气歧管绝对压力传感器产生的是频率调制式数字信号，它的频率随进气真空的改变而改变，当没有真空时输出信号频率为 160 Hz，在怠速时真空度为 64.3 kPa，它产生频率约为 105 Hz 的输出信号，检测时应按照维修手册中的资料来确定真空度和输出信号频率的关系。波形的幅值应该是满 5 V 的脉冲，同时形状正确，例如波形稳定，矩形方角正确，上升沿垂直。

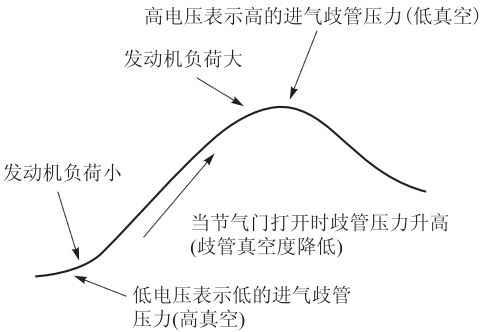


图 2.49 半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器信号波形分析

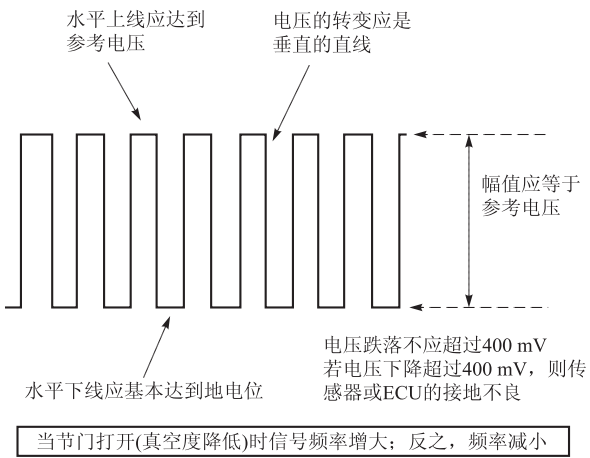


图 2.50 电容式进气歧管绝对压力传感器波形分析

可能的缺陷和参数值的偏差主要是频率值不正确，脉冲高度变短和不正常尖峰等。如果测得的波形异常，则应更换电容式进气歧管绝对压力传感器。

5. 节气门位置传感器 TPS

TPS = Throttle Position Sensor

作用：检测节气门的开度及开度变化，此信号输入 ECU，控制燃油喷射及其他辅助控制。

安装位置：在节气门轴上，如图 2.51 所示。

分类：开关式、线性式。

信号类型：电压。

节气门开度增大，信号电压升高。

线性式节气门位置传感器如图 2.52 所示。



图 2.51 节气门位置传感器

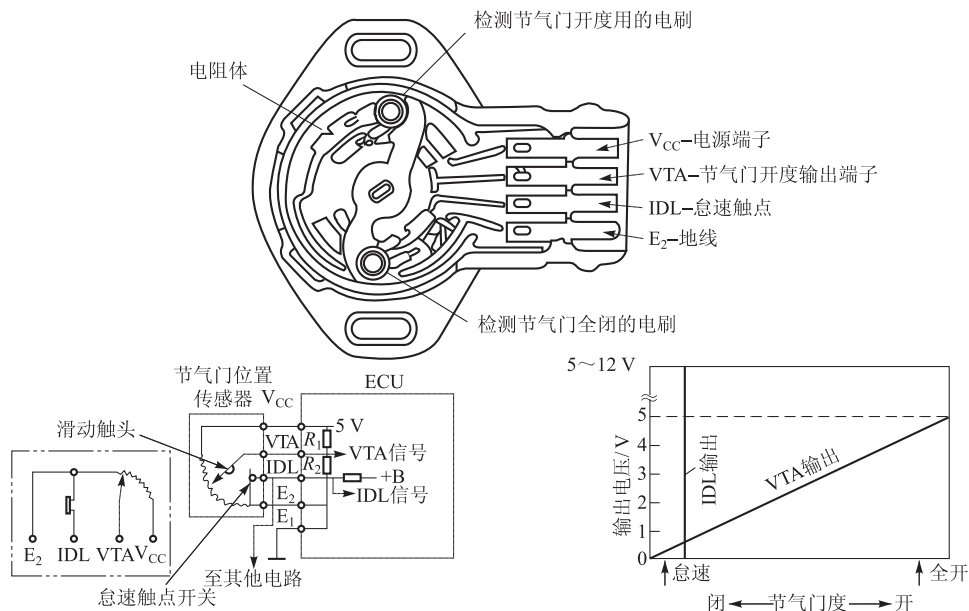


图 2.52 线性式节气门位置传感器结构及电路

这种传感器有两个与节气门联动的可动电刷触点。一个电刷触点可在电阻体上滑动，利用变化的电阻值，测得与节气门开度对应的线性输出电压。根据输出的电压值，可知节气门开度。另一个电刷触点在节气门全关闭时与怠速触点接触。

IDL 怠速信号主要用于断油控制和点火提前角的修正。节气门开度输出信号 VTA 使 ECU 对喷油量进行控制，以获得相应的功率。随着节气门开度的增大，节气门开度输出电压线性增大。

检查输出信号电压，节气门全关时应约为 0.5 V，随节气门开度增大，输出电压增加，节气门全开时应约为 5 V。怠速触点在节气门全闭时应闭合，即

IDL 和 E_2 之间的电阻为零, 此时通过 IDL 端子返回 ECU 的电压为 0 V, 告知 ECU 此时节气门处于全关状态。节气门稍微转动就使 IDL 和 E_2 断开, 此时通过 IDL 端子返回 ECU 的电压为 12 V。

6. 节气门位置传感器波形分析

(1) 线性输出型节气门位置传感器波形分析。打开点火开关, 发动机不运转, 慢慢地让节气门从关闭位置到全开位置, 并重新返回至节气门关闭位置。慢慢地反复这个过程几次。这时波形应如图 2.53 所示。线性输出型节气门位置传感器正常波形和故障分析如图 2.54 所示。

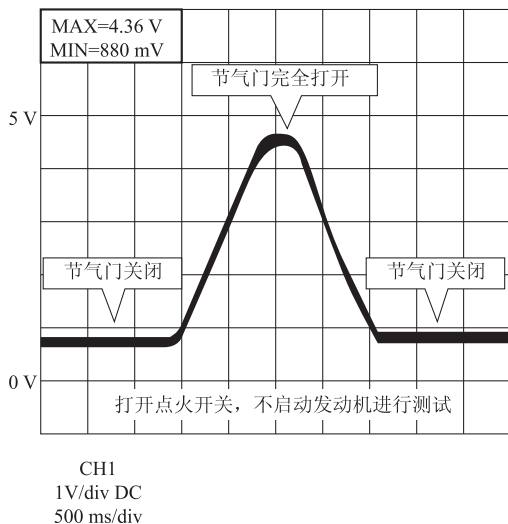


图 2.53 线性输出型节气门位置传感器实测波形

通常传感器的电压应从怠速时的低于 1 V 到节气门全开时的低于 5 V。波形上不应有任何断裂、对地尖峰或大跌落。应特别注意在前 1/4 节气门开度中的波形, 这是在驾驶中最常用的传感器碳膜的部分。传感器的前 1/8 ~ 1/3 的碳膜通常首先磨损。有些车辆有两个节气门位置传感器, 一个用于发动机控制, 另一个用于变速器控制。

发动机节气门位置传感器传来的信号与变速器节气门位置传感器传来的信号正好相反。变速器节气门位置传感器在怠速运转时产生低于 5 V 电压, 在节气门全开时变到低于 1 V。

特别注意达到 2.8 V 处的波形, 这是传感器的碳膜容易损坏或断裂的部分。在传感器中磨损或断裂的碳膜不能向发动机 ECU 提供正确的节气门位置信息, 所以发动机 ECU 不能为发动机计算正确的混合气命令, 从而引起汽车驾驶性能出现问题。如果波形异常, 则更换线性输出型节气门位置传感器。

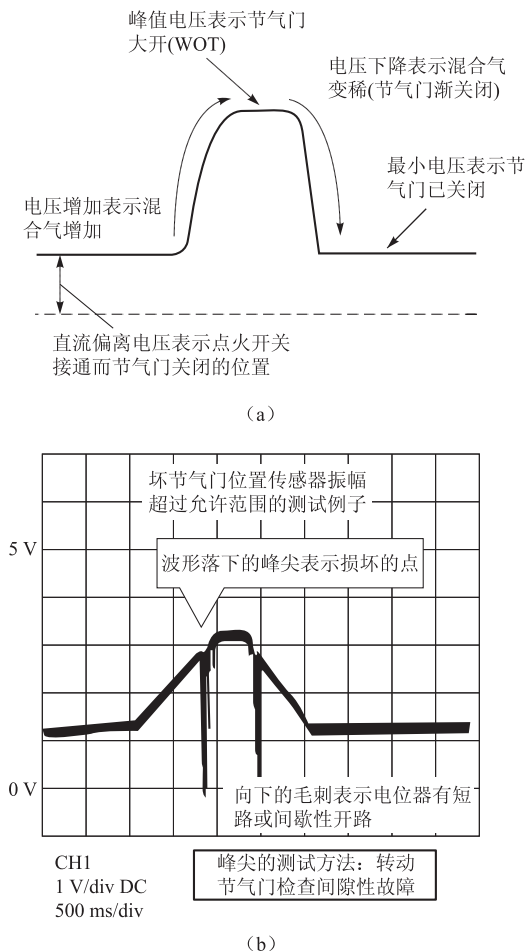


图 2.54 线性输出型节气门位置传感器信号波形分析

(a) 正常波形；(b) 典型故障波形

(2) 开关量输出型节气门位置传感器信号波形分析。开关量输出型节气门位置传感器的信号波形检测与线性输出型节气门位置传感器相同。它是由两个开关触点构成的一个旋转开关，一个常闭触点构成怠速开关，节气门处在全开位置时，它位于闭合状态，将发动机 ECU 的怠速输入信号端接地搭铁，发动机 ECU 接到这个信号后，即可使发动机进入怠速控制，或者控制发动机处于“倒拖”状态时停止喷射燃油。另一个常开触点（构成全功率触点），节气门开度达到全负荷状态时，将发动机 ECU 的全负荷输入信号端接地搭铁，发动机 ECU 接到这个信号后，即可使发动机进入全负荷加浓控制状态。在中间开度时，可动触点同哪一个触点都不接触。

开关量输出型节气门位置传感器与线性输出型节气门位置传感器相比，结构

简单且价廉，但节气门开度的检测精度差。

开关量输出型节气门位置传感器结构简单，只需测量其怠速触点和功率触点的通断情况即可判定其好坏。怠速触点在节气门全闭时应闭合，节气门略打开一点即断开。功率触点在节气门开度小于 50% 时应断开，节气门开度大于 50% 时应闭合。

开关量输出型节气门位置传感器的信号波形及其分析如图 2.55 所示。如果波形异常，则应更换开关量输出型节气门位置传感器。

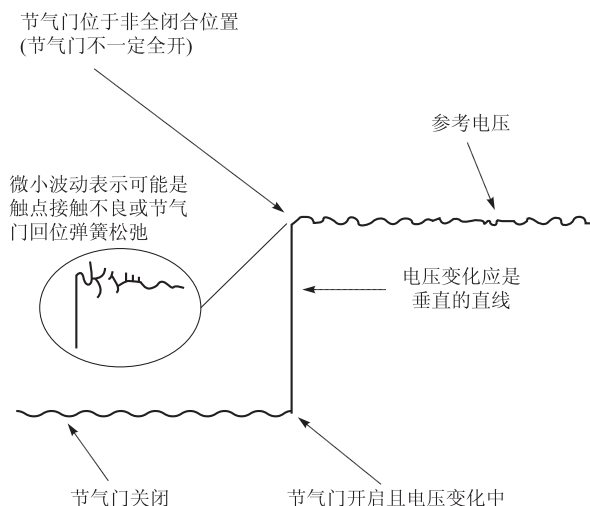


图 2.55 开关量输出型节气门位置传感器的信号波形及其分析

7. 进气温度传感器 IATS（外形如图 2.56 所示）

IATS = Intake Air Temperature Sensor

功用：给 ECU 提供进气温度信号，作为燃油喷射和点火正时控制的修正信号。

安装位置：D 型——空气滤清器内或进气管内；L 型——空气流量计内。

工作原理：常采用负温度系数的热敏电阻。



图 2.56 进气温度传感器外形图

负温度系数：温度升高，电阻下降。

进气温度 $\uparrow$ $\rightarrow$ 传感器电阻值 $\downarrow$ $\rightarrow$ 信号电压 $THA \downarrow$ 。

进气温度 $\downarrow$ $\rightarrow$ 传感器电阻值 $\uparrow$ $\rightarrow$ 信号电压 $THA \uparrow$ 。

进气温度传感器构造、电路及其检测。

进气温度传感器内部构造如图 2.57 所示。电路如图 2.58 所示。

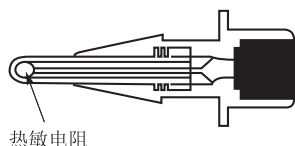


图 2.57 进气温度传感器内部构造

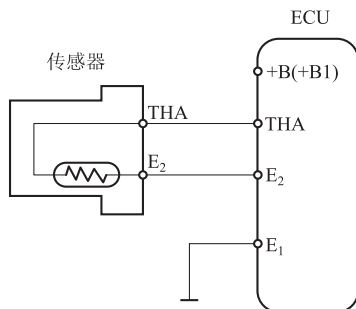


图 2.58 进气温度传感器电路

在 ECU 中有一标准电阻与传感器的热敏电阻串联，并由 ECU 提供标准电压， E_2 端子通过 E_1 端子搭铁。

检测：

拆下传感器放入热水中，检查其特性。如丰田车： $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时电阻 $4\sim 7\text{ k}\Omega$ ；

$20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时电阻 $2\sim 3\text{ k}\Omega$ ；

$40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时电阻 $900\sim 1\ 300\ \Omega$ ；

$60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时电阻 $400\sim 700\ \Omega$ ；

$80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时电阻 $200\sim 400\ \Omega$ 。

8. 冷却液温度传感器 ECTS

ECTS = Engine Coolant Temperature Sensor

功用：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修正信号。

安装位置：气缸体水道上或冷却液出口处。

工作原理：与进气温度传感器相同。

信号类型：电压信号 THW。

发动机温度 $\uparrow$ $\rightarrow$ 传感器电阻值 $\downarrow$ $\rightarrow$ 信号电压 THW $\downarrow$ 。

发动机温度 $\downarrow$ $\rightarrow$ 传感器电阻值 $\uparrow$ $\rightarrow$ 信号电压 THW $\uparrow$ 。

9. 温度传感器信号波形分析

冷却液温度传感器和进气温度传感器的检测方法和波形基本相同，下面以发动机冷却液温度传感器为例介绍波形检测方法和波形分析。

连接好波形测试设备，起动发动机，然后在发动机暖机过程中观察温度传感器信号电压的下降情况。发动机冷却液温度传感器信号波形的起动暖机过程检测结果如图 2.59 所示。

检查车型的规范手册以得到精确的电压范围，通常冷车时传感器的电压应在 3 ~ 5 V（全冷态），然后随着发动机运转减少至运行正常温度时的 1 V 左右。

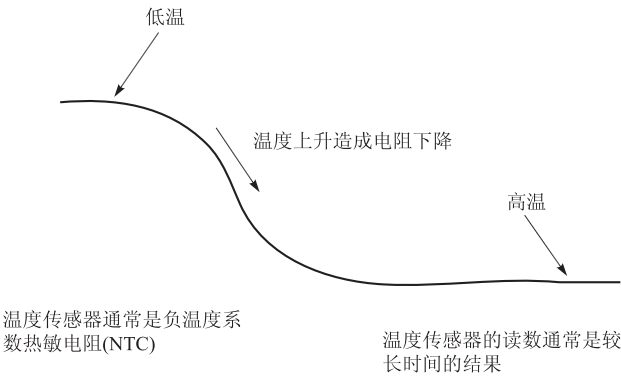


图 2.59 发动机冷却液温度传感器信号波形的起动暖机过程检测结果

发动机冷却液温度传感器电路的开路将使电压波形出现向上的尖峰（到参考电压值），发动机冷却液温度传感器电路的短路将使电压波形产生向下尖峰（到接地值）。

10. 凸轮轴/曲轴位置传感器 CPS

功用：凸轮轴位置传感器 CMPS（Camshaft Position Sensor）：又称为上止点位置传感器、霍尔传感器等。用于给 ECU 提供曲轴转角基准位置（第一缸压缩上止点）信号，作为燃油喷射控制和点火控制的主控信号。

曲轴位置传感器 CKPS（Crankshaft Position Sensor）：又称转速传感器，检测曲轴转角位移，给 ECU 提供发动机转速信号和曲轴转角信号，作为燃油喷射和点火控制的主控信号。

安装位置：曲轴、凸轮轴、飞轮或分电器处。两传感器有安装在一起的，也有分开安装的。



图 2.60 磁脉冲式凸轮轴/曲轴位置传感器

分类：磁脉冲式、霍尔式和光电式。

(1) 磁脉冲式凸轮轴/曲轴位置传感器（如图 2.60 所示）。

信号类型：频率信号。

发动机转速 ↑ → 信号频率 ↑ → 信号振幅 ↑。

磁脉冲式凸轮轴/曲轴位置传感器原理如图 2.61 所示。

丰田车磁脉冲式凸轮轴/曲轴位置传感器安装位置如图 2.62 所示。

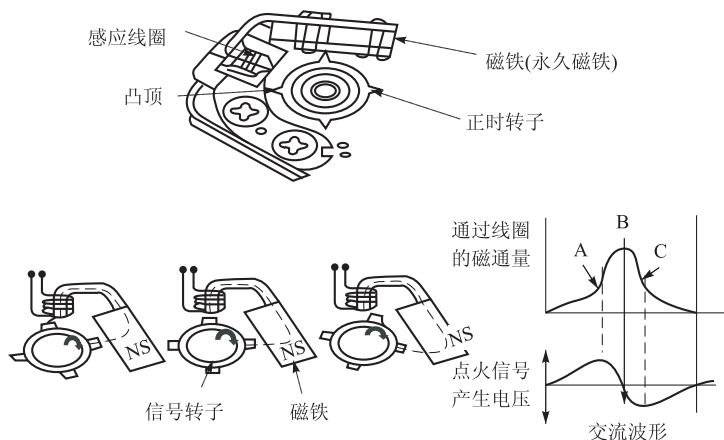


图 2.61 磁脉冲式凸轮轴/曲轴位置传感器原理图

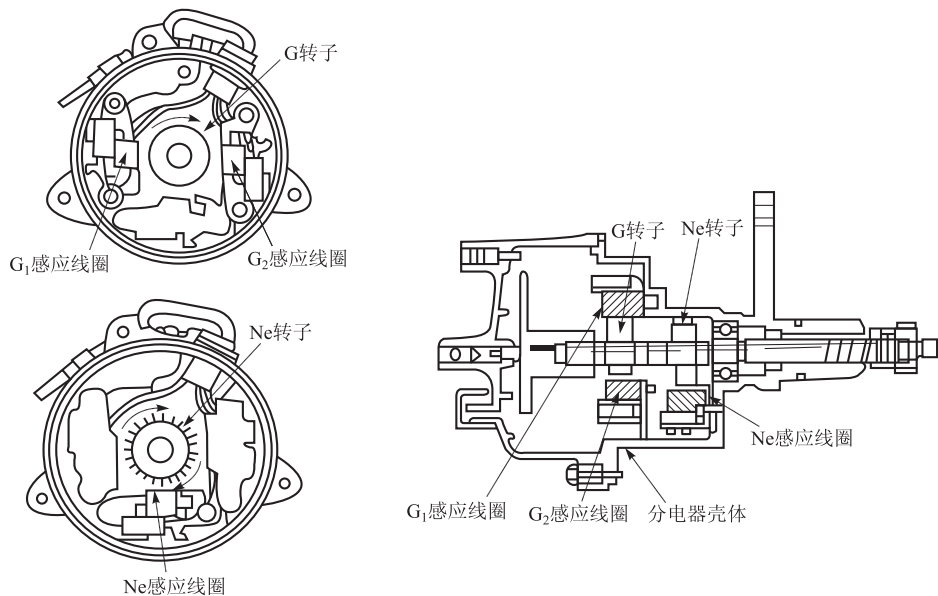


图 2.62 丰田车磁脉冲式凸轮轴/曲轴位置传感器安装位置

Ne 信号：检测曲轴转角位移及发动机转速的信号。

G 信号：用于辨别气缸及检测活塞上止点位置。

磁脉冲式凸轮轴/曲轴位置传感器电路及其检测：（电路如图 2.63 所示）。

检查感应线圈的电阻，冷态下的 G_1 和 G_2 感应线圈电阻应为 $125 \sim 200 \Omega$ ，Ne 感应线圈电阻应为 $155 \sim 250 \Omega$ 。

G_1 、 G_2 和 Ne 信号实例如图 2.64 所示。

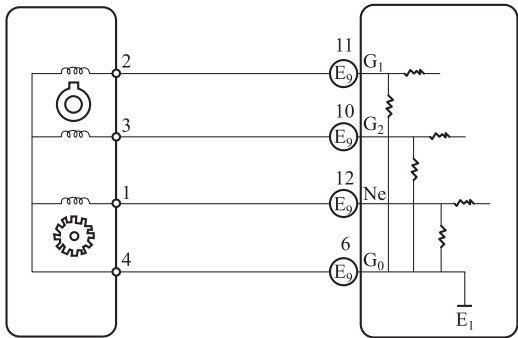


图 2.63 磁脉冲式凸轮轴/曲轴位置传感器电路

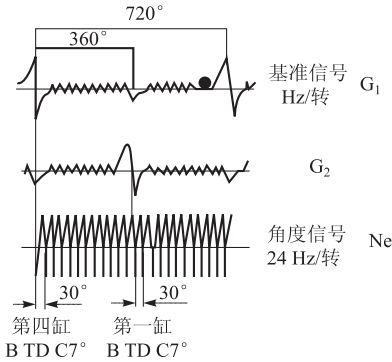


图 2.64 G_1 、 G_2 和 Ne 信号实例

(2) 磁脉冲式曲轴位置传感器信号波形分析。对于将发动机转速和凸轮轴位置传感器制成一体的具有两个信号输出端子的曲轴位置传感器可用双通道的波形检测设备同时检测其信号波形，其典型信号波形如图 2.65 所示。

在大多数情况下，如果传感器或电路有故障，波形检测设备上将完全没有信号，所以波形测试设备中间 0 V 电压处是一条直线便是很重要的诊断资料。

如果示波器显示在零电位时是一条直线，则说明传感器信号系统中有故障，那么应该在确定示波器到传感器的连接是正常的之后，进一步检查相关的零件（分电器轴、曲轴、凸轮轴）是否旋转、磁脉冲式曲轴位置传感器的空气间隙是否适当和传感器头有无故障。

注意：也有可能是点火模块或发动机 ECU 中的传感器内部电路搭铁，此时可以用拔下传感器导线连接器后再用波形测试设备测试的方法来判断。

如图 2.66 所示为两种磁脉冲式曲轴位置传感器的故障波形。

图 2.66 (a) 所示故障波形为齿槽中填有异物造成的，图 2.66 (b) 所示故障波形是传感器触发轮安装不当造成的。

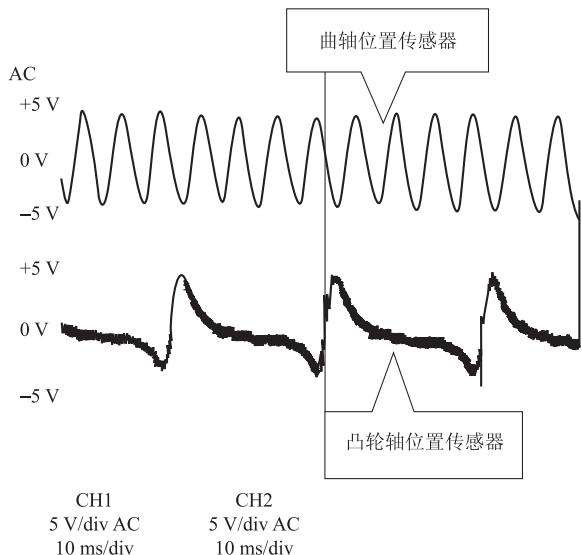


图 2.65 典型的双通道检测磁脉冲式曲轴位置传感器信号波形

如果检测出的波形异常，应更换磁脉冲式曲轴位置传感器（含传感器头和触发轮）。

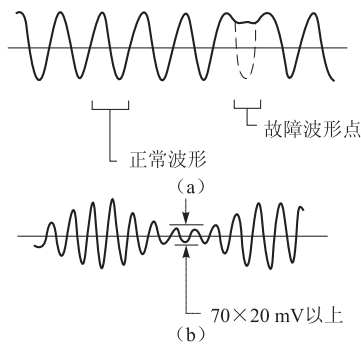


图 2.66 磁脉冲式曲轴位置传感器的故障波形举例

(a) 齿槽中填有异物造成故障波形；(b) 传感器触发轮安装不当造成故障波形

(3) 霍尔式凸轮轴/曲轴位置传感器。霍尔式凸轮轴/曲轴位置传感器工作原理如图 2.67 所示。

霍尔式凸轮轴/曲轴位置传感器电路及其检测。

信号类型：频率信号。

发动机转速↑→信号频率↑→信号振幅不变。

检测：

点火开关转至 ON 位。

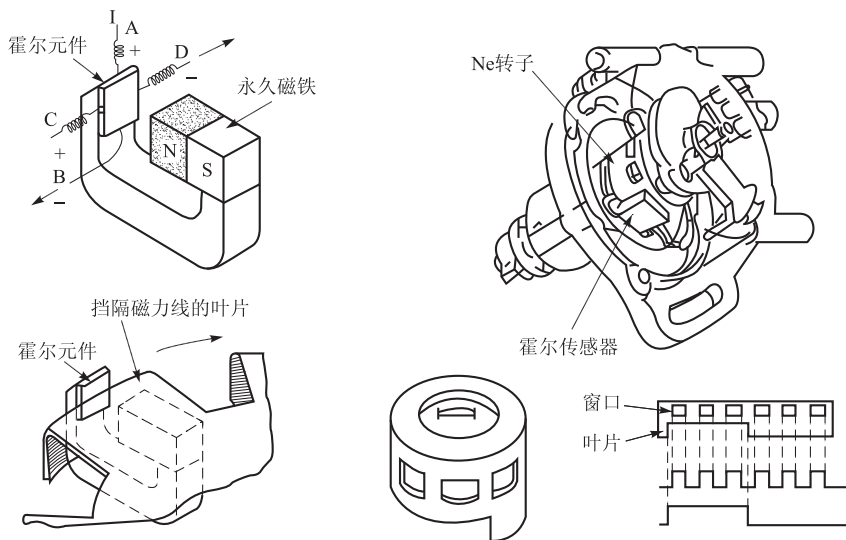


图 2.67 霍尔式凸轮轴/曲轴位置传感器工作原理

检测 A、C 之间的电压应为 5 V。

B、C 间输出的信号电压应为 5 ~ 0 V 交替变化。

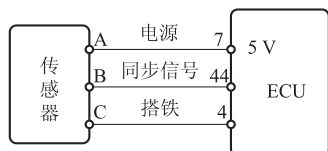


图 2.68 霍尔式传感器电路

霍尔式传感器电路如图 2.68 所示。

(4) 霍尔式曲轴位置传感器信号波形分析。
连接波形测试设备，起动发动机，怠速运转，而后加速或按照故障出现时的转速运转，获得波形，典型的霍尔式曲轴位置传感器信号波形如图 2.69 所示。

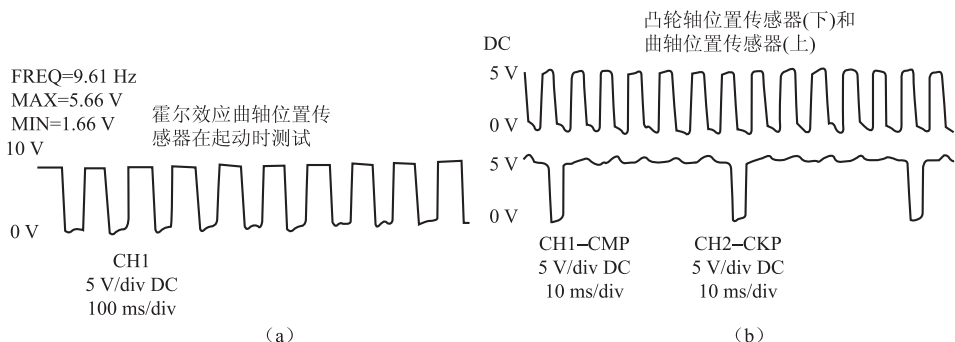


图 2.69 霍尔式曲轴位置传感器信号波形

霍尔式曲轴位置传感器信号波形的分析如图 2.70 所示。

如果在波形检测设备 0 V 电压处显示一条直线，则应检查波形检测设备和传

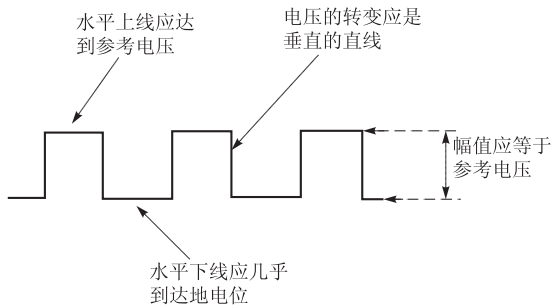


图 2.70 霍尔式曲轴位置传感器波形分析

传感器是否连接良好，确认相关的零件（分电器、曲轴和凸轮轴等）是否都在转动，用示波器检查传感器的电源电路和发动机 ECU 的电源及接地电路；检查电源电压和传感器参考电压。

如果在波形检测设备上显示传感器电源电压呈一条直线，则应检查传感器接地电路的完整性，确认相关的零件（分电器、曲轴和凸轮轴等）是否都在转动，如果传感器的电源和接地良好，波形检测设备显示在传感器供给电源电压处呈一条直线，则很可能是传感器损坏。

(5) 光电式凸轮轴/曲轴位置传感器。

信号类型：频率信号。

发动机转速↑→信号频率↑→信号振幅不变。

光电式凸轮轴/曲轴位置传感器原理如图 2.71 所示。

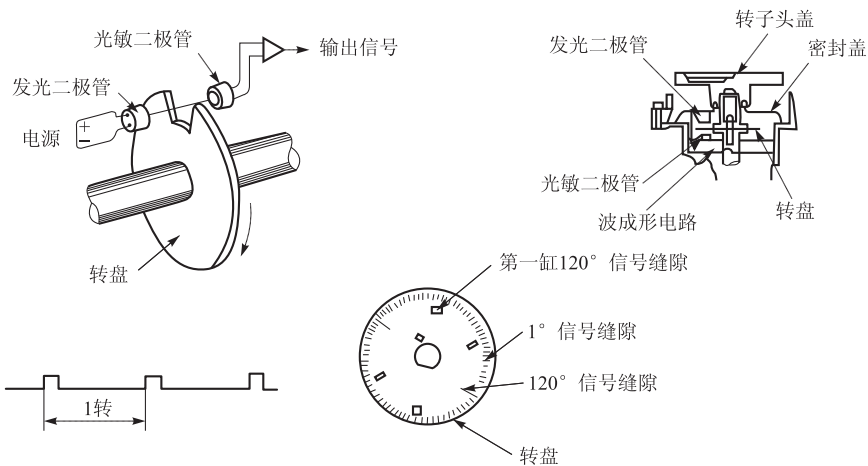


图 2.71 光电式凸轮轴/曲轴位置传感器原理

光电式凸轮轴/曲轴位置传感器电路及其检测（如图 2.72 所示）：
点火开关转至 ON 位，检测电脑侧 1 和 2 端子间电压为 12 V，给传感器施加

12 V 电压，在信号输出端子 3 和 4 与 1 之间分别接上电流表，转动转子一圈，两个电流表应分别摆动 1 次和 4 次，电流应约为 1 mA。

(6) 光电式曲轴位置传感器信号波形分析。光电式曲轴位置传感器信号波形如图 2.73 所示。

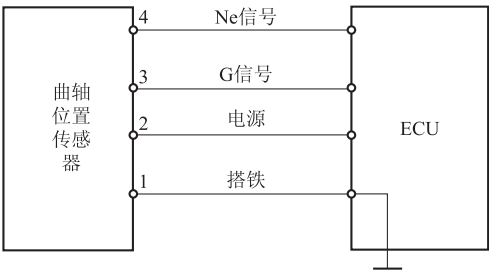


图 2.72 光电式曲轴和凸轮轴位置传感器电路



图 2.73 光电式曲轴位置传感器信号波形

光电式传感器有一个弱点，它们对污物和油所产生的对通过转盘的光传输干扰问题非常敏感。

光电式传感器的功能元件通常被密封得很好，但损坏的分电器轴套或密封垫，以及当维修时可能使油污和污物进入敏感区域造成的污损，可能引起不能起动、失速和断火。检查波形幅值的一致性，由于传感器供电电压不变，因此所有波形的高度均应相等。实际应用中有些波形有缺痕或上下各部分有不规则形状，这也是正常的，在这里关键是一致性。

如果在波形检测设备 0 V 电压处呈一条直线，则应检查波形检测设备和传感器连接是否良好；确认相关的零件（分电器、曲轴和凸轮轴等）都在转动；用波形检测设备检查传感器的电源电路和发动机 ECU 的电源及接地电路；检查电源电压和传感器参考电压。

如果在波形检测设备上显示传感器电源电压呈一条直线，则应检查传感器接地电路的完整性，确认相关的元件都在转动（分电器、曲轴、凸轮轴等），如果传感器的电源、接地良好，波形检测设备显示传感器供给电源电压呈一条直线，则很可能是传感器损坏。

11. 车速传感器 VSS (车速传感器外形如图 2.74 所示)

VSS = Vehicle Speed Sensor

功用：检测汽车行驶速度，给 ECU 提供车速信号，用于控制发动机怠速转速、汽车加减速期间的汽油喷射和点火控制、巡航控制及限速断油控制。

安装位置：组合仪表内或变速器轴上。

分类：舌簧开关式、光电式等。

舌簧 (Lead) 开关式，装在组合仪表内，把转速表软轴驱动的齿轮的转速，转变为周期性的电压信号，之后输入给微机。

车速传感器电路及其检测：

检查电源电压应正常。

转动驱动轮，测量输出信号，应为 12 V 脉冲信号。

车速传感器工作原理如图 2.75 所示。



图 2.74 车速传感器外形

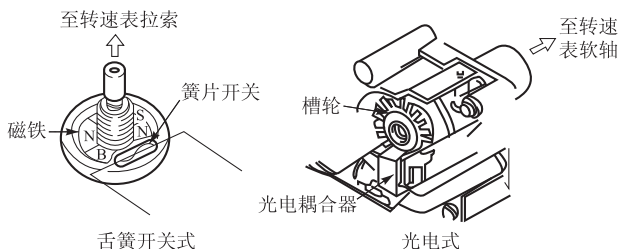


图 2.75 车速传感器工作原理

12. 信号开关

在发动机控制系统中，ECU 还必须根据一些开关的信号确定发动机或其他系统的工作状态。

常用的有：

起动开关 STA；

空调开关 A/C；

空挡起动开关 NSW；

制动灯开关；

动力转向开关 PS；

巡航控制开关等。

(1) 起动开关信号 STA (如图 2.76 所示)。判断发动机是否处在起动状态。

以便发动机控制模块能确定合适的空燃比和点火提前角，使发动机能顺利起动。

(2) 空挡起动开关 NSW (如图 2.77 所示)。在装有自动变速器的汽车上，ECU 根据空挡起动开关信号判别变速器是处于“P”或“N”(停车或空挡)，还是处于“L”“2”“D”或“R”状态(行驶状态)。NSW 信号主要用于怠速系统的控制。

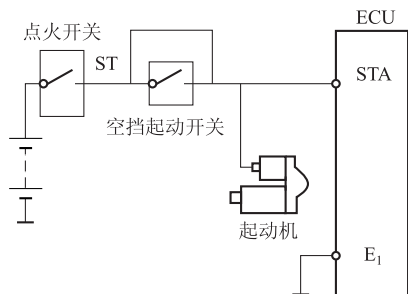


图 2.76 起动开关信号电路

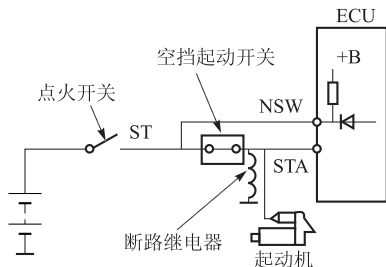


图 2.77 空挡起动开关信号

当点火开关在 ST 位置时，空挡起动开关 NSW 端与蓄电池正极相连。若自动变速器处于“L”“2”“D”或“R”等行驶挡时，空挡起动开关断开，NSW 端是高电位；若自动变速器处于“P”或“N”挡位时，空挡起动开关闭合，由于起动机的阻抗很小，NSW 端是低电位。在检测空挡起动开关信号时，可用万用表电压挡测量 NSW 与 E₁ 端的电压。当点火开关位于“ST”位置，变速器操纵手柄置于“L”“2”“D”或“R”挡位时，NSW - E₁ 端子之间的电压降低，说明空挡起动开关损坏。

亦可用万用表 Ω 挡测量空挡起动开关两端子间的导通性，在变速操纵手柄置于“P”或“N”位时，应导通；在变速操纵手柄置于“L”“2”“D”或“R”挡位时，应不导通。否则，更换空挡起动开关。

(3) 空调开关信号 A/C。空调开关信号用来检测空调压缩机是否工作，空调信号与空调压缩机电磁离合器的电源在一起，ECU 根据 A/C 信号控制发动机怠速时点火提前角、怠速转速和断油转速等。

(4) 电子负荷信号 E/L。电子负荷信号用来检测电子负荷的大小，ECU 根据此信号控制发动机工况。

(5) 动力转向信号 P/S。P/S 信号用于检测动力转向机的工作状态，ECU 根据此信号控制进入发动机的混合气量。

(6) 其他开关信号。如制动灯开关、巡航控制开关等。

2.6.2 电子控制单元 (ECU) (如图 2.78 所示)

ECU 的功用是采集和处理各种传感器的输入信号，根据发动机工作的要求(喷油脉宽、点火提前角等)，进行控制决策的运算，并输出相应的控制信号。

当前电控发动机中除了控制喷油外，还控制点火、EGR、怠速和增压发动机的废气阀等，由于共用一个 ECU 对发动机进行综合控制，所以也被称为发动机管理系统。

控制单元的组成（如图 2.79 所示）：输入回路、模/数转换器、微型计算机（微机）和输出回路。

各种传感器的信号输入 ECU 后，首先进入输入回路进行处理，传感器输入的信号不同，处理的方法也不同。模拟信号与数字信号如图 2.80 所示。输入回路原理如图 2.81 所示。

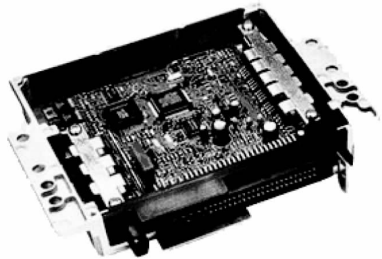


图 2.78 电子控制单元

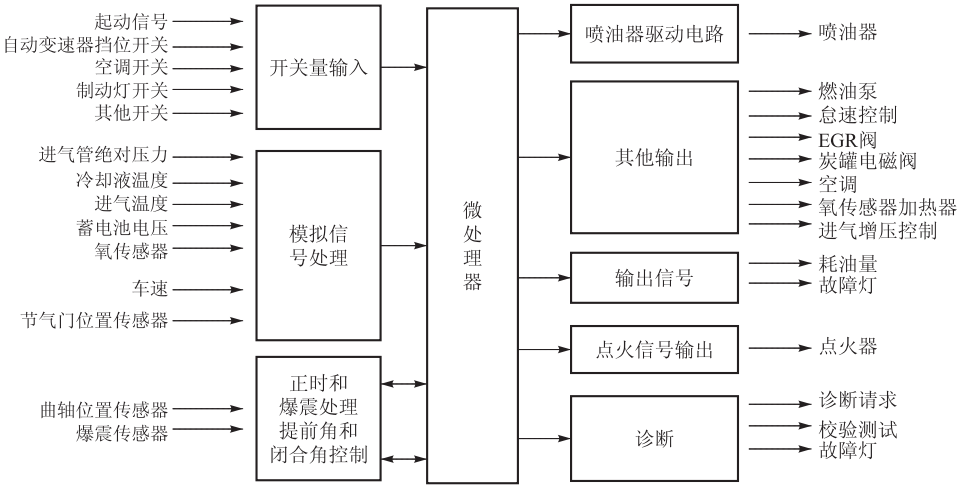


图 2.79 控制单元的组成

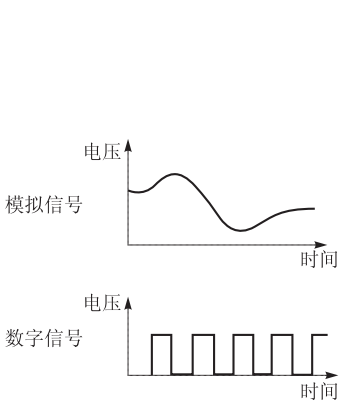


图 2.80 模拟信号与数字信号

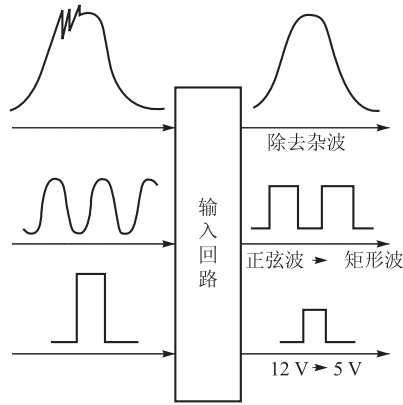


图 2.81 输入回路原理图

2.6.3 执行元件——喷油器

功用：根据 ECU 的指令，控制燃油喷射量。

结构形式：电磁式喷油器。

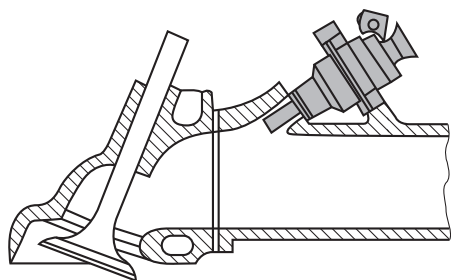


图 2.82 多点喷射系统安装位置

安装位置：单点喷射——节气门体空气入口处；

多点喷射——各缸进气歧管或气缸盖上的各缸进气道处。

分类：按喷油口的结构不同，分孔式和轴针式；

按喷油器的驱动方式不同，分电流驱动和电压驱动两种。多点喷射系统安装位置如图 2.82 所示。

1. 喷油器的结构及工作原理

多点燃油喷射系统的喷油器一般采用上部进油式，即进油口设在喷油器的头部。电磁线圈电流导通，铁芯被吸，柱塞和针阀被吸到与衔铁接触为止，阀门开启，燃料通过缝隙喷出。喷射量取决于针阀的行程、喷口面积、燃料喷射压力、电磁线圈的通电时间。当喷油器的结构和喷油压力一定时，喷油量取决于电磁线圈的通电时间。

孔式喷油器构造如图 2.83 所示。

2. 喷油器的驱动方式（如图 2.84 所示）

各车型装用的喷油器，按其线圈的电阻值可分为高阻（电阻为 $13 \sim 16 \Omega$ ）和低阻（电阻为 $2 \sim 3 \Omega$ ）两种类型。

高阻喷油器常采用电压驱动方式。低阻喷油器电压、电流驱动方式都可采用。电流驱动方式只适用于低阻喷油器。

在刚开始时，电流很大，达 8 A，使喷油器针阀迅速打开；然后，ECU 控制喷油器的电流降低至 2 A，以保持并稳定喷油器针阀的打开。

特点：无附加电阻，回路阻抗小，针阀开启速度快，喷油器喷油迟滞时间短，响应性好。

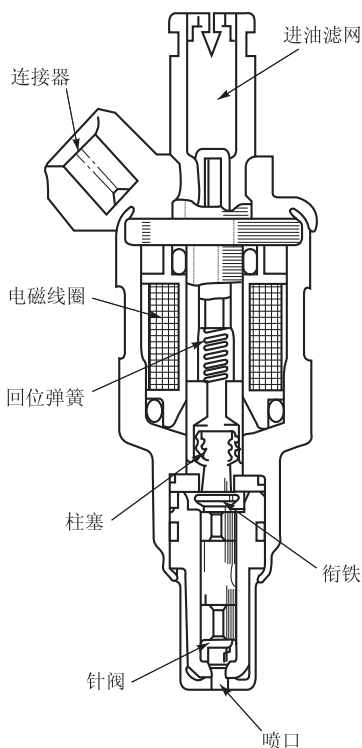


图 2.83 孔式喷油器构造

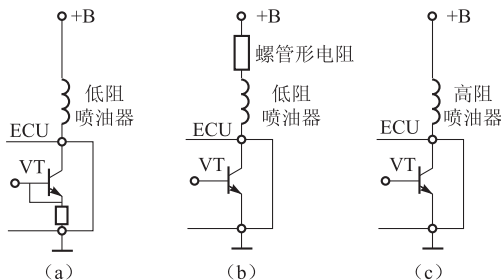


图 2.84 喷油器的驱动方式

(a) 电流驱动；(b) 电压驱动（低阻）；(c) 电压驱动（高阻）

电压驱动方式既可用于高阻喷油器，又可用于低阻喷油器。

低阻喷油器采用电压驱动方式时，须加入附加电阻，以降低流过线圈的电流，防止线圈发热而损坏。

特点：喷油滞后时间较长。

3. 喷油器的检修

简单检查：用手触摸或用听诊器检查喷油器，应感觉到针阀有振动或听得到声响。

喷油器电阻检查：高阻喷油器电阻为 $13 \sim 16 \Omega$ ，低阻喷油器电阻为 $2 \sim 3 \Omega$ 。

喷油器喷油量检查：在专用设备上进行。

要求：喷油量为 $50 \sim 70 \text{ mL}/15 \text{ s}$ ，各缸喷油器的喷油量相差不超过 10%。

喷油器滴漏检查：在专用设备上进行。喷油器停止喷油后，喷油器喷口在 1 min 内滴漏不能超过 1 滴。

4. 喷油器控制电路

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，ECU 控制端子数量不同。

5. 喷油器波形分析

喷油器的控制方式有四种基本类型：

饱和开关型；

峰值保持型；

脉冲宽度调制型；

PNP 型。

特别提醒：不同类型的喷油器产生的波形不同。

(1) 饱和开关型喷油器波形分析。饱和开关型喷油器主要在多点燃油喷射系统中使用，在节气门体燃油喷射（TBI）系统上应用不多。

当发动机电控单元接地电路接通时，喷油器开始喷油，当发动机 ECU 断开控制电路时，电磁场会发生突变，这个线圈突变的电磁场产生了峰值。

饱和开关型喷油器波形及分析如图 2.85 所示。

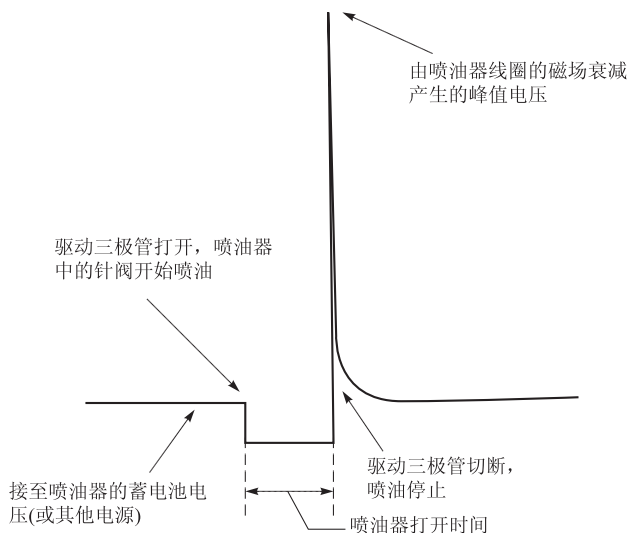


图 2.85 饱和开关型喷油器波形及分析

从进气管中加入丙烷，使混合气变浓，如果系统工作正常，喷油器喷油持续时间将缩短，这是由于排气管中的氧传感器此时输出高的电压信号给发动机 ECU，试图对浓的混合气进行修正的结果。

人为造成真空泄漏，使混合气变稀，如果系统工作正常，喷油器喷油持续时间将延长，这是由于排气管中的氧传感器此时输出低的电压信号给发动机 ECU，试图对稀的混合气进行修正的结果。

通常喷油器的喷油持续时间大约为怠速时在 1 ~ 6 ms 之间，冷起动或节气门全开时在 6 ~ 35 ms 之间变化。匝数较少的喷油器线圈通常产生较短的关断峰值电压，甚至不出现尖峰。

关断尖峰随不同汽车制造商和发动机系列而不同，正常的范围在 30 ~ 100 V 之间，有些喷油器的峰值被钳位二极管限制在 30 ~ 60 V 之间。如果所测波形有异常，则应更换喷油器。

(2) 峰值保持型（电流控制型）喷油器波形分析。峰值保持型喷油器主要应用在节气门体（TBI）燃油喷射系统。但有少数几种多点喷射（MFI）系统发动机亦采用峰值保持型喷油器。安装在发动机 ECU 中的峰值保持型喷油驱动器被设计成允许大约 4 A 的电流供给喷油器线圈，然后减少电流至约 1 A 以下。通

常，一个电磁阀线圈拉动机械元件做初始运动所需要的电流大约是保持该元件在固定位置所需要的电流的4倍以上。

峰值保持型喷油器的得名是因为电控单元用4 A的电流打开喷油器针阀，而后只用1 A的电流使它保持在开启的状态。图2.86为峰值保持型喷油器的正确波形及分析说明。

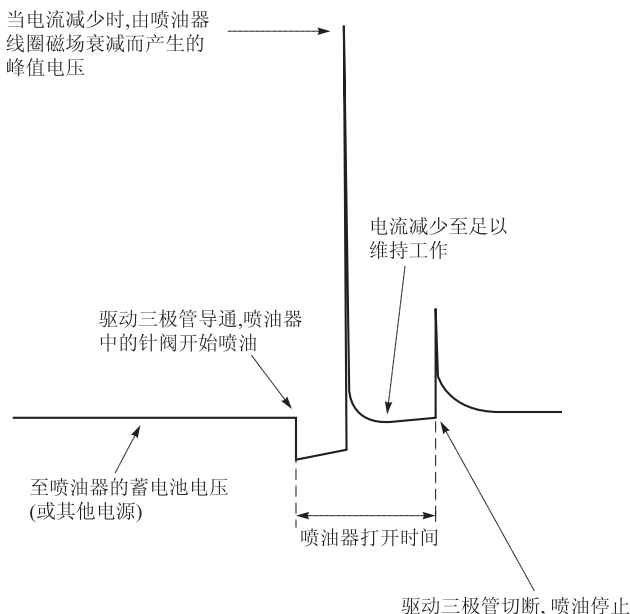


图2.86 峰值保持型喷油器的正确波形及分析

从左至右，波形轨迹从蓄电池电压开始，这表示喷油驱动器关闭，当发动机ECU打开喷油驱动器时，它对整个电路提供接地。

发动机ECU继续将电路接地（保持波形轨迹在0 V）直到其检测到流过喷油器的电流达到4 A时，发动机ECU将电流切换到1 A（靠限流电阻开关实现），这个电流减少引起喷油器中的磁场突变，产生类似点火线圈的电压峰值，剩下的喷油驱动器喷射的时间由电控单元继续保持工作，然后它通过完全断开接地电路，而关闭喷油驱动器，这就在波形右侧产生了第2个峰值。

当发动机ECU接地电路打开时，喷油器开始喷油（波形左侧），当发动机ECU接地电路完全断开时（断开时峰值在右侧）喷油器结束喷油，这时读取喷油器的喷射时间，可以通过计算发动机ECU从打开到关闭波形的格数来确定喷油持续时间。

汽车波形测试设备一般可以将喷油器喷油持续时间的数字显示在显示屏上。也可以用手工加入丙烷的方法使混合气更浓，或者在造成真空泄漏使它变稀的同时，观察相应喷油持续时间的变化。加速时，将看到第2个峰尖向右移动，第1个峰尖保持不动；如果发动机在极浓的混合气下运转，能看到两个峰尖顶部靠得

很近（如图 2.87 所示），这表明发动机 ECU 试图靠尽可能缩短喷油器喷油持续时间来使混合气变得更稀。

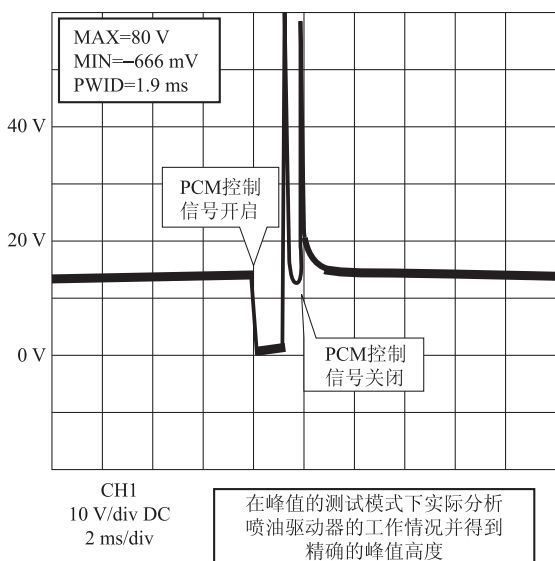


图 2.87 发动机在极浓的混合气下运转时的喷油器波形

（3）脉冲宽度调制型喷油器波形分析。脉冲宽度调制型喷油器用在一些欧洲汽车和早期亚洲汽车的多点燃油喷射系统中。脉冲宽度调制型喷油驱动器（安装在发动机 ECU 内）被设计成允许喷油器线圈流过大约 4 A 的电流，然后再减少大约 1 A 电流，并以高频脉动方式开、关电路。这种类型的喷油器不同于前述峰值保持型喷油器，因为峰值保持型喷油器的限流方法是用电阻来降低电流，而脉冲宽度调制型喷油器的限流方法是脉冲开关电路。

波形测试方法同上。

脉冲宽度调制型喷油器的波形及分析如图 2.88 所示。

从左至右，波形开始在蓄电池电压高度，这表示喷油器关闭，当发动机 ECU 打开喷油器时，它提供了一个接地使电路构成回路。

发动机 ECU 继续接地（保持 0 V）直到探测到流过喷油器的电流大约 4 A 左右，发动机 ECU 靠高速脉冲电路减少电流。然后它停止脉冲并完全断开接地电路使喷油器关闭，这就产生了图 2.88 所示波形右侧的那个峰值。

（4）PNP 型喷油器波形检测、分析。PNP 型喷油器是由在发动机 ECU 中操作它们的开关三极管的形式而得名的，一个 PNP 型喷油驱动器的三极管有两个正极管脚和一个负极管脚。

PNP 的驱动器与其他系统驱动器的区别就在于它的喷油器的脉冲电源端接在负极上。PNP 型喷油驱动器的脉冲电源连接到一个已经接地的喷油器上去开关喷

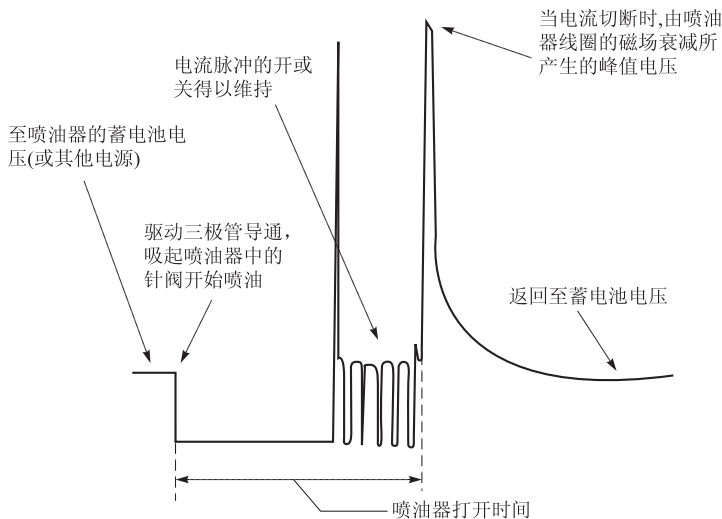


图 2.88 脉冲宽度调制型喷油器的波形及分析

油器。它的脉冲接地再接到一个已经有电压供给的喷油器上，流过 PNP 型喷油器的电流方向与其他喷油器上的电流方向相反，这就是为什么 PNP 型喷油器释放峰值方向相反的原因。

PNP 型喷油器常见于一些多点燃油喷射（MFI）系统中，通常 PNP 型喷油器的波形除了方向相反以外，与饱和开关型喷油驱动器的波形十分相像。PNP 型喷油器的波形和分析如图 2.89 所示。

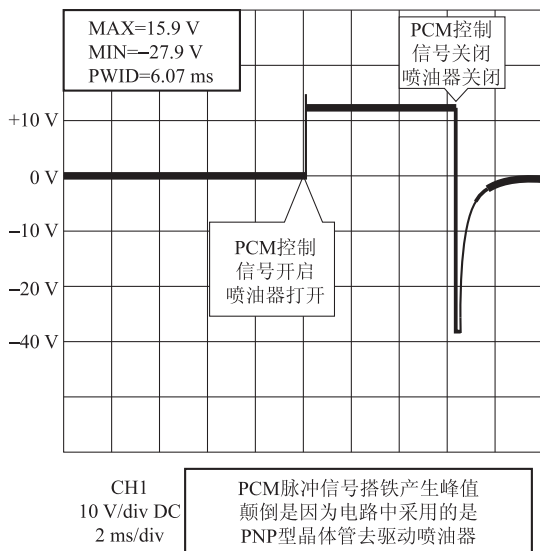


图 2.89 PNP 型喷油器波形分析

喷油时间开始于发动机 ECU 电源开关将蓄电池电路打开时，（看波形图左侧），喷油时间结束于发动机 ECU 完全断开控制电路（释放峰值在右侧）时。

汽车波形测试设备一般具有既可图形显示又可数字显示喷油持续时间的功能。也可以从波形上观察出燃油反馈控制系统是否工作，用丙烷去加浓混合气或用造成真空的方法使混合气变稀，然后观察相应的喷油持续时间变化情况。

（5）喷油器电流波形分析。如果怀疑喷油器线圈短路或喷油驱动器有故障，可以用静态测试喷油器的线圈电阻值的方法来判断。更精确的方法是测试动态下流过线圈电流的踪迹或波形，即进行喷油器电流测试。另外在喷油器电流测试时，还可以检查喷油驱动器（发动机 ECU 中的开关三极管）的工作。

喷油驱动器电流极限的测试能够进一步确认发动机 ECU 中的喷油驱动器的极限电流是否适合，这个测试需要用波形测试设备中的附加电流钳来完成。

具体试验步骤为：起动发动机并在怠速下运转或驾驶汽车使故障出现，如果发动机不能起动，就用起动机带动发动机运转，同时观察波形测试设备上的显示。

喷油器电流的波形如图 2.90 所示。

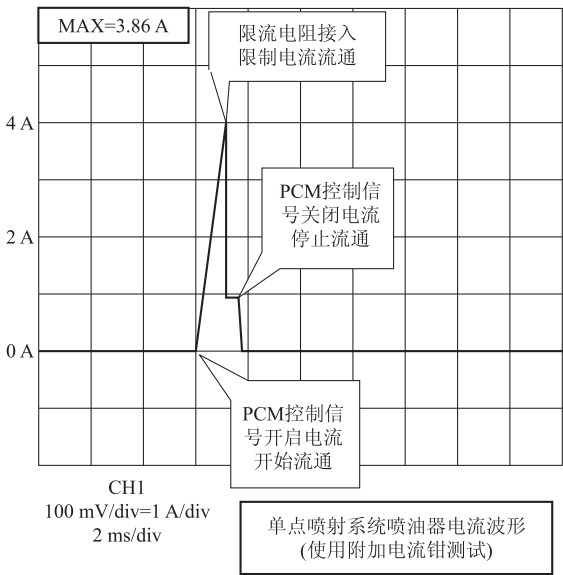


图 2.90 喷油器电流的波形

波形结果分析：

当电流开始流入喷油器时，由喷油器线圈的特定电阻和电感特性，引起波形以一定斜率上升，上升的斜率是判断故障的依据。通常饱和和开关型喷油器电流波形大约在以 45°角上升；通常峰值保持型喷油器波形大约以 60°角上升。

在电流最初流入线圈时，峰值保持型喷油器波形比较陡，这是因为与大多数

饱和开关型喷油器相比其电流增大了。峰值保持型喷油器的电流通常大约为 4 A，而饱和开关型喷油器的电流通常小于 2 A。

若电流开始流入线圈时，电流波形在左侧几乎垂直上升，这就说明喷油器的电阻太小（短路），这种情况还有可能损坏发动机 ECU 内的喷油驱动器。

另外，也可以通过分析电流波形来检查峰值保持型喷油器的限流电路，在限流喷油器波形中，波形踪迹起始于大约 60° 角并继续上升直到喷油驱动器达到峰值（通常大约为 4 A），在这一点上，波形成了一个尖峰（在峰值保持型里的尖峰），然后几乎是垂直下降至大约稍小于 1 A。

这里喷油驱动器的“保持”部分是指正在工作着并且保持电流约为 1 A 直到发动机 ECU 关闭喷油器为止，当电流从线圈中消失时，电流波形慢慢降回零线，参见图 2.90。

电流到达峰值的时间以及电流波形的峰值部分通常是不变的，这是因为一个好的喷油器通入电流和打开针阀的时间保持不变（随温度有轻微变化），发动机 ECU 操纵喷油器打开的时间就是波形的保持部分。

（6）喷油器起动试验波形分析。该测试主要使用于发动机不能起动的状态。

当怀疑没有喷油器脉冲信号时，可以用波形测试设备进行测试。

起动发动机，大多数情况下，如果喷油器电路有故障，就一点脉冲信号都没有，此时可能有两种情况：一种是有一条 0 V 的直线，一种是有一条 12 V 电压的水平线（喷油器电源电压）。

① 对于除 PNP 型喷油器外的所有电路。如果波形测试设备显示一条 0 V 直线，首先应确认波形测试设备和喷油器连接是否良好；必要的零件（分电器轴、曲轴和凸轮轴等）是否是运转的，用波形测试设备检查喷油器供电电源电路以及发动机 ECU 的电源和接地电路，如果喷油器上没有电源电压，检查其他电磁阀（EGR 阀和 EEC 控制阀等）电源电压。

如果喷油器供电电源正常，喷油器线圈可能开路或者喷油器插头损坏，个别情况是发动机 ECU 中喷油器控制电路频繁接地，代替了推动脉冲，频繁的从喷油器向气缸中喷射燃油，造成发动机淹缸的后果。

如果波形测试设备显示一条 12 V 供电电压水平直线，首先确认必要零件（如分电器轴、曲轴和凸轮轴等）是否运转良好。如果喷油器供给电压正常，波形测试设备上显示一条喷油器电源电压的水平直线，说明发动机 ECU 没有提供喷油器的接地。

这可能由以下原因造成：发动机 ECU 内部或外部接地电路不良，发动机 ECU 没有收到曲轴、凸轮轴位置传感器传出的发动机转速信号或同步信号，发动机 ECU 电源故障，发动机 ECU 内部喷油驱动器损坏。

如果波形测试设备显示有脉冲信号出现，应确定脉冲信号间幅值、频率、形状及脉冲宽度等判定性尺度是否都是一致的。十分重要的是确认是否有足够的喷

油器脉冲宽度去供给发动机足够的燃油来起动。在起动时大多数发动机 ECU 一般被程序设定会发出 $6 \sim 35$ ms 的喷油脉冲宽度。通常喷油脉冲宽度超过 50 ms 时燃油会淹缸, 并可能阻碍发动机的起动。

检查喷油器尖峰高度幅值的一致性和正确性。喷油器释放尖峰应该有正确的高度。如果尖峰异常的短可能说明喷油器线圈短路, 可用欧姆表测量喷油器线圈阻值或用电流钳测量喷油器的电流值。或者用电流钳在波形测试设备上分析电流波形, 确认波形从对地水平升起的不是太高, 太高可能说明喷油器线圈电阻太大或者发动机 ECU 中喷油器驱动器接地不良。

如果出现在波形测试设备上的波形不正常, 应检查线路和线路插座是否损坏, 检查波形测试设备的接线并确认有关零件(分电器轴、曲轴和凸轮轴等)的运转情况。当故障显示在波形测试设备上时, 摇动线束和插头, 这有利于进一步确认喷油器电路的故障原因。

② PNP 喷油驱动器电路。当波形测试设备显示一条电源电压水平直线时, 确认喷油器的插头和喷油器接地接头良好, 确认必要零件(分电器轴、曲轴和凸轮轴等)运转良好, 并用波形测试设备检查喷油器的接地电路和电控单元的电源及接地电路。

比较少见的情况是发动机 ECU 内部连续对喷油器提供电源, 它代替脉冲推动, 造成从喷油器连续喷射燃油, 这是淹缸的原因。

当波形测试设备显示一条位于地线的水平直线时, 应首先确认必要的零件(分电器轴、曲轴和凸轮轴等)运转正常。如果喷油器接地正常, 则是发动机 ECU 没有电源脉冲推动控制电路信号输出。这可能有以下几种原因: 发动机 ECU 没有收到曲轴, 凸轮轴位置传感器传出发动机转速信号或同步信号, 发动机 ECU 内部或外部电源电路损坏, 发动机 ECU 接地不良, 发动机内部喷油驱动器损坏。

复习思考题

1. 什么是同步喷射? 什么是异步喷射? 起动后同步喷射的基本喷油持续时间如何确定?
2. 发动机温度(冷却液温度)是如何影响基本喷油持续时间的?
3. 电动燃油泵中的单向出油阀和安全阀有什么作用? 若损坏, 会出现什么问题?
4. 燃油压力调节器的作用是什么? 为什么要使燃油分配管内油压与进气歧管内气压的差值保持为常数?
5. 空气流量计有几种, 各有什么特点?
6. 凸轮轴/曲轴位置传感器起什么作用? 如何检修电磁式凸轮轴/曲轴位置传感器?
7. 什么是高阻喷油器和低阻喷油器? 如何检修喷油器?

8. 如何检查燃油系统的油压？燃油泵控制电路检修过程如何？
9. 与使用化油器的车相比，使用汽油机电控燃油喷射系统的轿车具有哪些优越性？
10. 如何检修进气压力传感器？
11. 常用的怠速控制阀有哪些类型？工作特点如何？如何检修怠速控制阀？
12. 汽油机电控燃油喷射系统中常用的喷油器有哪些类型？喷油器的检修方法和步骤是什么？