

# 第一章 汽车传感器概述

现代汽车电子控制中，传感器广泛应用在发动机、底盘和车身各个系统中。汽车传感器在这些系统中担负着信息的采集和传输，由电脑（电子控制单元）对信息进行处理后向执行器发出指令，实行电子控制。传感器在电子控制和自我诊断系统中是非常重要的装置，它能及时识别外界的变化和系统本身的变化，再根据变化的信息去控制本身系统的工作。各个系统控制过程正是依靠传感器，进行信息的反馈，实现自动控制工作的。

传感器输出的信号有模拟信号和数字信号两种，其中数字信号直接输入电子控制单元，而模拟信号则要通过 A/D 转换器转换成数字信号后再输入电子控制单元。电子控制单元不断地检测各个传感器的信号，一旦检测出某个输入信号不正常，就可将错误的信号存入存储器内，需要时可以通过专用诊断仪或采取人工方法读取故障信息，再根据故障码信息内容，进行维修。

电子控制单元有效地控制着系统的工作，需要具备完整的条件，而传感器的精度、响应性、可靠性、耐久性及输出的电压信号等，对系统的控制稳定性起着至关重要的作用。

传感器按能量关系分为主动型和被动型两大类。汽车上使用的传感器大多是被动型的，这种被动型传感器需要外加电源才能产生电信号。汽车发动机、底盘和车身系统应用着很多种传感器，例如温度传感器、压力传感器、位置传感器、氧传感器、转速传感器等。这些传感器的功能共用，使电子控制单元对发动机的汽油喷射、电子点火提前、自动变速器、自动空调等进行集中控制。

## 一、汽车传感器的使用目的

### 1. 电子汽油喷射控制

#### (1) 电控燃油喷射 EFI (Electronic Fuel Injection)

**喷油量控制。**电子控制单元（ECU）根据空气流量传感器或进气压力传感器、发动机转速传感器、进气温度传感器、冷却水温度传感器等所提供的信号，计算喷油脉宽即喷油量。发动机各种工况的最佳喷油量是存放在电子控制单元的存储器中的。

**喷油正时控制。**当发动机采用多点顺序燃油喷射系统时，ECU除了控制喷油量以外，还要根据发动机的各缸点火顺序，将喷油时间控制在最佳时刻，以使汽油充分燃烧。但在电子控制间歇喷射系统中，采用独立喷射时，电子控制单元还要对喷射燃油的气缸辨别信号分析，根据发动机各缸的点火顺序和随发动机工况的不同而将喷油时间控制在最佳时刻。

**怠速控制（ISC）。**发动机在汽车制动、空调压缩机工作、变速器挂入挡位，或发动机负荷加大等不同的怠速工况下，由 ECU 控制怠速控制阀，使发动机处在最佳怠速稳定转速下运转。

**进气增压控制。**进气谐波增压控制是 ECU 根据转速传感器检测到的发动机转速信号，控制增压控制阀的开闭，改变进气管的有效长度，实现中低转速区和高转速区的进气谐波增压，提高发动机的充气效率。涡轮增压控制是装有电子控制涡轮增压器的发动机，在发动机工

作中，能保证获得最佳增压值。涡轮增压发动机排气温度高，容易产生爆震。电子控制装置可以通过降低增压压力和调节点火正时相结合的办法阻止爆震，使发动机的功率不会下降，而得到稳定发挥。

发电机输出电压的控制。电子控制单元根据发动机转速传感器输入的转速、蓄电池温度等信息，控制磁场电流实现对发电机输出电压的控制。当发电机输出电压超过额定值时，ECU使磁场电路接通时间变短，减弱磁场电流，降低发电机电压；相反，当输出电压低于额定值时，ECU使磁场电路接通时间变长，增强磁场电流，提高发电机电压。

⑥排放控制。废气再循环控制（EGR）是当发动机的废气排放温度达到一定值时，ECU根据发动机的转速和负荷信号，控制EGR阀的开启动作，使一定数量的废气进行再循环燃烧，以降低排气中 $\text{NO}_x$ 的排放量。

开环与闭环控制是在装有氧传感器及三元催化转化器的发动机中，ECU根据发动机的工况及氧传感器反馈的空燃比浓稀信号，确定开环控制或闭环控制。

二次空气喷射控制是ECU根据发动机的工作温度，控制新鲜空气喷入排气歧管或三元催化转化器，用以减少排气造成的污染。

活性炭罐清污电磁阀控制是ECU根据发动机的工作温度、转速和负荷信号，控制清污电磁阀的开启工作，将活性炭吸附的汽油蒸气吸入进气管，进入发动机燃烧，降低蒸发排放。

⑦电子油门控制。在电控加速踏板中安装有一个电位器作传感器，它可把加速踏板的位置信息输入ECU，ECU再根据发动机的工况，计算节气门位置的理论值，该理论值与发动机运行参数、加速踏板位置有关。电控单元可把节气门位置调整在理论值范围，这样可以避免加速踏板传动机构中，由于间隙、磨损产生的误差，可在燃油消耗优化的前提下，发挥较好的加速性。

⑧冷起动喷油器控制。为了提高发动机低温时冷机起动性能，在进气总管上安装了一个冷起动喷油器，其喷油时间由定时开关控制，或由电子控制单元和起动喷嘴定时开关同时控制。有些电控发动机已经取消了冷起动喷油器，在低温起动过程中，ECU根据发动机冷却水温度信息，在冷机起动时加浓混合气，以使起动顺利。

⑨燃油泵控制与汽油泵油量控制。在电控燃油喷射系统中，油泵的控制方式有两种，一种是当点火开关打开后，ECU使油泵运转 $2\sim 3\text{s}$ ，以产生必要的油压，若发动机没有起动，没有信号输入ECU，ECU会立即切断燃油泵继电器控制电路，使油泵停止工作。另一种控制方式是只有发动机运转时，油泵才投入运转。

有的燃油泵控制系统是使泵油量随发动机的负荷而变化，即当发动机高转速、大负荷工作时，油泵高速运转以增加供油量；当发动机在低转速、小负荷工作时，油泵低速运转，以减少供油量。

⑩断油控制。发动机的断油控制分为减速断油控制和超速断油控制。

减速断油控制是汽车正常行驶中，驾驶员突然放松加速踏板，ECU根据转速信号将自动切断燃油喷射控制电路，使燃油喷射中断，目的是降低减速时HC和CO的排放量，而当发动机转速下降到临界转速时，又能自动恢复供油。

超速断油控制是发动机加速时，当转速超过安全转速或汽车车速超过设定的最高车速时，ECU将会在临界转速时切断燃油喷射控制电路，停止喷油，防止超速。

⑪停车起动控制。在汽车停车时间达数秒后，停车起动系统会发出控制信号将燃油切断。具体工作过程是当离合器脱开，汽车停车或车速约为 $2\text{km/h}$ 时，发动机就停机。若要使发动

机起动,可将离合器踩到底,再踏下加速踏板,当加速踏板踩到总行程的三分之一时,发动机将再次起动。

⑫自我诊断与报警。当电子控制系统出现故障时,ECU会点亮仪表盘上的“发动机检查(CHECK ENGINE SOON)”指示灯,提醒驾驶员,发动机已经出现故障,应立即停车检修。ECU将故障以故障码的形式存储在ECU的存储器中,维修人员通过诊断插座,使用专用诊断仪或采用人工方法读取故障信息。

⑬安全保险与备用功能。当ECU检测到电控系统出现的故障时,会自动按照ECU预先设置的数据,使发动机保持运转,但发动机的性能有所下降,以便尽快送到维修站检修。

当ECU本身出现故障时,会自动启用备用系统,使发动机进入跛行(Limp-home)状态,以便将车开到维修站检修。

## (2) 电子点火 ESA 控制

点火提前角(Electronic Spark Advance)控制。在ECU的存储器中存储着发动机在各种工况下最佳点火提前角。发动机运转时,ECU根据发动机的转速和负荷信号确定基本提前角,并再根据其他信号进行修正,最后确定点火提前角。然后,向电子点火控制器输出点火信号,以控制点火系统的工作。

通电时间(闭合角)与恒流控制(Dwell Control)。点火线圈初级电路在断开时需要保证足够大的断开电流,以使次级线圈产生足够高的次级电压。与此同时,为防止通电时间过长而使点火线圈过热损坏,ECU根据蓄电池电压及发动机转速信号等,控制点火线圈初级电路的通电时间。

在现代汽车高能点火系统电路中,还增加了恒流控制电路,使初级电流在极短的时间内迅速增长到额定值,减少转速对次级电压的影响,改善点火特性。

爆震控制(Knock Control)。当ECU接收到爆震传感器输入的电信号后,ECU对该信号进行处理并判断是否即将产生爆震,当检测到爆震信号后,ECU立即推迟发动机点火提前角,采用反馈控制避免爆震产生。

## 2. 底盘控制

### (1) 电控自动变速器(ECT)

自动变速器控制系统根据节气门开度和车速信号计算换挡时刻,向相应的电磁阀通电,使换挡阀动作,接通主油道和执行油缸的通路,挂上相应的挡位。电子控制系统按照换挡规律精确地控制挡位,保证汽车获得良好的动力性和经济性。自动变速器控制系统使用多个传感器,如O/D直接挡离合器转速传感器、1号车速传感器和2号车速传感器,用于换挡时间控制;液压油温度传感器,用于检测液压油的温度信号,用作换挡控制、油压控制和锁定离合器控制等。

### (2) 电控防抱死制动(ABS)

电控防抱死制动系统可以防止车辆制动时车轮抱死,提高制动效能,防止汽车侧滑,保证行车安全,防止发生交通事故。电控防抱死制动装置已从模拟式发展到数字式,其电子线路也已集成化。在现代轿车上,ABS系统多采用双回路控制,即在车轮上安装使用两个、三个或四个车轮轮速传感器。当车轮旋转时,在传感器线圈中产生一个交变电压,其频率与车轮转速成正比。电脑(ECU)不断接收车轮轮速传感器输入的信号,并检测车轮的运动状态和汽车制动时车轮被制动的运动情况。当某一个车轮将被抱死时,ECU根据车速信号,将发出指令使控制电磁阀打开或关闭控制油路,实行防抱死制动控制。

### (3) 电控动力转向 ( Electronic Control Power Steering)

电子控制动力转向系统可在低速时减轻转向操纵力，在高速时又可增加转向力，以提高操纵稳定性。在液压式动力转向系统中有车速传感器，它将车速信号不断输入 ECU 由 ECU 控制液压油量实现助力作用。电子控制动力转向系统，由车速传感器和扭矩传感器输入信号给 ECU，ECU 根据输入信号，确定助力扭矩的大小和方向，通过电磁离合器和减速机构，将扭矩加到转向机构上，实现电子动力转向。

### (4) 电控悬架

电子控制悬架在汽车行驶过程中，它的刚度和阻尼可以随时调节，使其达到最佳行驶平顺性和操纵稳定性。在电子控制悬架系统中的控制装置主要有 ECU、信号输入装置和输出装置。信号输入装置主要有车速传感器、高度传感器、转角传感器、节气门位置传感器等，信号输出装置即执行器主要是进、排气阀、高度控制排气阀等。传感器将信号输入 ECU，经 ECU 处理后发出指令，由执行器控制悬架的刚度和阻尼力，使汽车平稳行驶。

### (5) 巡航控制 (CC)

汽车行驶中，可利用巡航 ( Cruise Control) 控制装置对车速进行自动控制，即驾驶员的脚离开加速踏板后，汽车仍能按选定的速度稳定行驶，不需要反复调节节气门大小，这样可以减少速度变化和驾驶员长时间操作带来的疲劳。而在需要解除定速控制时，可按下 OFF 开关即可使自动控制系统停止。当需要提高或降低车速时，可按一定的操作方法，保持车辆按选定速度行驶。

巡航控制系统主要由电子模块、速度控制传感器、电磁阀等组成。速度传感器是利用速度表轴驱动的装置，产生与车速成正比的电压，传感器输出的电压输入电子模块。电子模块接收驾驶员控制开关与速度传感器输入的信号，根据接收的信号，电子模块通过电磁阀调整供给伺服装置的真空程度，进行车速控制。

## 3. 安全行驶控制

### (1) 安全气囊系统 ( SRS)

SRS ( Supplemental Restraint System ) 辅助乘员保护系统，简称 SRS 安全气囊。SRS 属于被动式安全系统，它是由安全气囊和带预紧装置的安全带或安全气囊组成。当车辆发生前方一定角度的高速碰撞时，汽车前端的碰撞传感器和与 SRS 电脑安装在一起的安全传感器就会检测到汽车突然减速的信号，并将信号传送到 SRS 电脑；SRS 经过计算和比较后，立即向 SRS 气囊组件内的电热引爆管发出点火指令，引爆电雷管，使点火药粉受热爆炸，产生的气体充入气囊，保护驾驶员和乘客的安全。与此同时安全带预紧装置也引爆，使安全带收缩，减少二次冲击对乘员的伤害。

### (2) 防撞系统

为防止汽车追尾事故发生，安全车距自动控制装置中的多卜勒雷达 ( 用作测速和测距传感器 ) 可以测出两车的距离、车速、相对车速等有关信息，输入电脑后经过比较，若实测距离小于安全距离，电脑发出报警信息，若驾驶员未采取措施，执行器就会自动对汽车的制动系统起作用，使汽车减速，防止事故发生。当车距超过安全车距时，制动系统恢复正常，这样对安全车距进行自动控制。

汽车倒车安全装置用超声波及雷达作为传感器，可分为超声波及雷达倒车安全装置。目前超声波倒车安全装置应用较多，该系统有两对超声波传感器，并列安装在后保险杠上，该系统中的超声波发射脉冲，后方有障碍物时发出报警信号，提醒驾驶员，保证倒车安全。

### (3) 驱动防滑系统 ASR (Automatic Slip Regulation)

在汽车驱动防滑控制系统中，ASR 的作用是防止汽车起步，加速过程中驱动轮打滑，特别是防止汽车在非对称路面或转弯时驱动轮打滑。ABS 和 ASR 都需要轮速传感器输入信号，都是对车轮滑移进行控制，因此 ABS 和 ASR 的 ECU 组合在一起，四个轮速传感器产生的车轮转速信号输入 ECU，ECU 确定驱动车轮的滑移率等。当滑移率超过规定值时，ECU 使副节气门步进电机动作，关小油门，即减少供油避免滑移；或者对发生滑移的驱动轮直接制动。在装有电子控制防滑差速器的车辆上，可对防滑差速器 (LSD) 进行控制，防止打滑。该控制系统压力由蓄压器供给，压力大小由 ECU 控制电磁阀的开闭进行，并由压力传感器和轮速传感器产生的信号反馈给 ECU，实行反馈控制，进一步降低驱动轮的滑移率，使之达到防止驱动轮滑转的要求。

### (4) 前照灯控制

前照灯自动控制系统包括前照灯自动开关和自动调光系统。前照灯自动开关的作用是在车外日光暗到一定程度时，前照灯自动开启，而当日光增强到一定程度，前照灯会自动关闭。该控制系统中，安装在仪表板上的日照传感器在受到日光照射时会产生微弱电流，电流大小与受光量成正比。这个电流经放大后控制继电器，即控制前照灯的打开或关闭。在夜间行车时，为减少来往行车灯光的相互干扰，前照灯具有远近光照射功能。这其中，日照传感器可以感受车外明暗情况，实现远近光自动调节。驾驶员也可根据需要调整室内控制器，控制日照传感器放大器作用时所需光的强弱，以使系统根据环境灯光的明暗程度进行远近光的自动调节。

## 4. 信息传输

### (1) 信息的显示与报警

电子信息中心可以监控发动机的工况及其他信息，当出现不正常情况时，可随时报警。报警系统传感器有机油压力传感器、液量传感器、温度传感器等，这些传感器向电脑提供信息，必要时启动报警电路进行报警。

### (2) 语音提示

语音提示包括语音警告和语音控制。语音警告通过开关型传感器监测车内部件的工作情况，一旦出现故障，开关闭合，控制器被触发，语音电路被启动，同时发出报警声音讯号。

语音控制是指驾驶员可用声音指挥、控制汽车的某个部件的工作，进行指令性动作。

### (3) 车辆定位和导航

车辆定位和导航技术已经应用在汽车上，它将全球定位系统 (GPS) 接收机安装在车辆上，并使用推算技术，即利用各种传感器，如相对传感器、绝对传感器、转向角传感器、车轮转速传感器 (测距)、地磁传感器、陀螺盘 (测方向)、罗盘等精确测定汽车目前所在的位置。

使用车辆定位和导航系统，可以完成下列各项任务：

- 数字地图显示；

- 利用城市街区地址、各交叉路口确定要到达的目的地；

- 计算行驶路径；

- 沿着预先计算出的行驶路线为驾驶员导航；

- 各种传感器检测到的车辆行驶轨迹和已知道路网进行匹配，以便更准确地确定车辆的实际位置；

⑥为驾驶员提供旅游信息，如旅游指南、路标、旅馆和饭店等信息。

## 5. 驾驶舒适性

### (1) 自动空调的控制

汽车自动空调是用温度设定开关设定所需要的温度，再把各种传感器（车内温度、车外温度、日照射强度、发动机水温等）所测出的汽车室内温度、汽车室外空气温度、太阳光的照射强度、发动机的冷却水的温度等信息输入电子控制单元 ECU，ECU 经过数据处理后，计算出自动空调所输送空气的温度值，从而向执行器发出控制指令，控制空气混合板的开度，冷却水阀的开闭，风机的转速，空气吸入口和送出口挡板的开度变换等。根据乘客需要，使车内温度、湿度等处处在最佳值，让人感到舒适。

### (2) 自动座椅

自动座椅控制是根据人体工程学和电子技术设计，使它能适合乘客不同体型、身材，满足乘客舒适性要求。

## 6. 安全防盗

GPS 机动车防盗系统是具有网络报警功能的汽车电子防盗系统。在汽车上安装一台 GPS 全球卫星定位系统终端设备，卫星监控中心对车辆 24 小时不间断、高精度监控。该系统由指挥中心的中央控制系统、安装在车辆上的 GPS 终端机以及 GSM 通信网络组成。该系统可计算出移动目标的经度、纬度、速度、方向，并利用 GSM 网络的短消息平台作通信媒介来实现定位信息的传输。如果汽车被盗，控制中心将自动对车辆进行被盗确认，报告 110 协助警方确定车辆位置，甚至可以遥控熄火，使汽车不能行驶。

## 二、汽车传感器的分类与识别

传感器本身能检测物理量、电量和化学量等信息并能把它转换成 ECU 能接收的电信号，也就是对信息的采集和传输。在国标 GB 7665—87 中，对传感器定义为：“能够感受规定的被测量，并按一定的规律转换成输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成”。敏感元件指传感器中能直接感受或响应被测量的部分；转换元件指传感器中能将敏感元件感受的或响应的被测量转换成适合于传输的电信号。传感器是组成电子控制系统最关键的部件，它的分类可按能量关系、信号转换、输入量、工作原理和输出信号分类。

### 1 汽车传感器的分类

#### (1) 按能量关系分类

传感器按能量关系分类可分为主动型和被动型两类。汽车上使用的传感器大多数属被动型传感器，这种被动型传感器需要外加输入电源才能产生电信号，所以这类传感器实际上是一个能量控制器。

#### (2) 按信号转换分类

按信号转换关系分类，可分为由一种非电量转换成另一种非电量，如弹性敏感元件和气动传感器；另一种是由非电量转换成电量的传感器，如热电偶温度传感器、压电式加速度传感器等。

#### (3) 按输入量分类

按输入量分类即按被测量分类，可分位移、速度、加速度、角位移、角速度、力、力矩、压力、真空度、温度、电流、气体成分、浓度传感器等。

#### (4) 按工作原理分类

按传感器的工作原理分类,有电阻式、电容式、应变式、电感式、光电式、光敏式、压电式、热电式传感器等。

#### (5) 按输出信号分类

按传感器输出信号分类,有模拟式和数字式传感器两种。

汽车用各种传感器按其使用功能又可分为两类,一类是使驾驶员了解汽车各部分状态的传感器,另一类是用于控制汽车运行状态的传感器,汽车用传感器的种类如表 1-1 所示。

表 1-1 汽车用传感器的种类

种 类	检测量或检测对象
温度传感器	冷却水、排出气体(催化剂)、吸入空气、发动机机油、自动变速器液压油、车内外空气
压力传感器	进气歧管压力、大气压力、燃烧压力、发动机油压、自动变速器油压、制动压、各种泵压、轮胎压力
转速传感器	曲轴转角、曲轴转速、方向盘转角、车轮速度
速度、加速度传感器	车速(绝对值)、加速度
流量传感器	吸入空气量、燃料流量、废气再循环量、二次空气量、冷媒流量
液量传感器	燃油、冷却水、电解液、洗窗液、机油、制动液
位移方位传感器	节气门开度、废气再循环阀开度、车辆高度(悬架、位移)、行驶距离、行驶方位、GPS 全球定位
气体浓度传感器	氧气、二氧化碳、NO <sub>x</sub> 、HC、柴油烟度
其他传感器	转矩、爆震、燃料成分、湿度、玻璃结露、鉴别饮酒、睡眠状态、电池电压、蓄电池容量、灯泡断线、荷重、冲击物、轮胎失效、风量、日照、光照、地磁等

## 2. 汽车传感器的性能要求与使用原则

### (1) 汽车传感器的性能要求

汽车用传感器的性能指标包括精度指标、响应性、可靠性、耐久性、结构紧凑性、适应性、输出电平和制造成本等。

有较好的环境适应性。汽车工作环境温度是在  $-40\sim 80^{\circ}\text{C}$ ,各种道路条件下运行,特别是发动机承受着巨大的热负荷、热冲击、振动等,因此要求传感器能适应温度、湿度、冲击、振动、腐蚀及油液污染等恶劣工作环境。

要求汽车传感器工作稳定性好、可靠性高。

再现性好。由于计算机在汽车上的应用,要求传感器再现性一定要好,因为即使传感器线性特性不良,通过电脑可以修正。

具有批量生产和通用性。由于汽车工业的发展,要求传感器应具有批量生产的可能性。一种传感器可用于多种控制,如把速度信号微分,可求得加速度信号等,所以传感器应具有通用性。

要求小型化,便于安装使用,检测识别方便。

⑥应符合有关标准要求。

⑦传感器数量不受限制。

在现代汽车电子控制系统中,传感器可把被测参数转变成电信号,无论参数数量怎样多,只要把传感器信号输入电脑,就可以进行处理,实现高精度控制。在表 1-2 中给出了汽车传感器的检测项目和精度要求。

表 1-2 汽车传感器的检测项目和精度要求

检测项目	检测范围	精度要求
进气歧管压力 (kPa)	10~100	±2%
空气流量 (kg/h)	6~600	±2%
温度 (°C)	-50~150	±2.5%
曲轴转角 (°)	10~360	±0.5°
燃油流量 (L/h)	0~110	±1%
排气中氧浓度	0.4~1.4	±1%

汽车电子控制系统中的传感器经受着发动机的热负荷、振动、冲击，以及使用在油蒸气、泥泞道路等恶劣环境，因此要求传感器应能适应这种恶劣环境和条件。表 1-3 为汽车发动机用传感器工作环境条件。汽车用传感器的技术指标如表 1-4 所示。

表 1-3 发动机控制用传感器的工作环境条件

传感器	环境条件	传感器	环境条件
振动	50~2000Hz, 三轴方向, 无共振	保存温度	-40~150°C
冲击	从 0.91m 高自由跌落, 三轴方向	湿度	10%~100%RH, -40~120°C
初期温度	0~50°C	热冲击	-40~120°C, 每点 30min, 800 次循环
工作温度	-40~120°C	其他	应承受盐雾腐蚀、油和污染物溶液的浸入

表 1-4 发动机控制用传感器的技术指标

传感器名称	满度值	量程或安全化	输出 (V)	准确度	响应时间	分辨率	可靠性
曲轴位置	—	360°	脉冲最小 0.25	±0.5°	3μs	±0.1°	0.999 (4000h)
压力	106.66kPa	4:1	0~5	40kPa 时 ±0.4Pa	10ms	±13.332Pa	0.997 (2000h)
空气流量	236L/min	30:1	脉冲重复频率, 周期 0~5	7.08L/min 时 ±1%	1ms	数值的 0.1%	0.997 (2000h)
温度	150° (max)	-50~120°C	0~5	±2°C	10s (冷却水) 1s (空气)	±0.5°C	0.997 (4000h)
氧分压	1.066kPa	0~1.066kPa	0~1	133.322Pa 时 ±13.3Pa	10ms	±66.66kPa	0.999 (2000h)
燃料流量	33.6mL/min	30:1	脉冲重复频率, 周期 0~5	1.12mL/min 时 ±1%	1s	数值的 0.1%	0.997 (2000h)
节气门角度	—	90°	0~5	±1°	—	0.1°	0.997 (4000h)

## (2) 汽车传感器的使用原则

量程的选择。量程是传感器测量上限和下限的代数差。例如检测车高用的位移传感器，要求测量上限为 40mm，测量下限为 -40mm，则选择位移传感器的量程应为 80mm。

灵敏度的选择。传感器输出变化值与被测量的变化值之比称之为灵敏度。例如，测量发动机水温的传感器，它的测量变化值为 170°C (-50~120°C)，而它的输出电压值要求为 0~5V，所以选择其灵敏度为 5V/170°C。

分辨率的选择。分辨率表示传感器可能检测出的被测信号的最小增量。例如，发动机曲轴位置传感器要求分辨率为  $0.1^\circ$ ，也就是表示设计或选择数字传感器时，它的脉冲当量选择为  $0.1^\circ$ 。

误差的选择。误差是指测量指示值与真值之间的差。有的用绝对值表示，例如温度传感器的绝对误差为  $\pm 2^\circ\text{C}$ ；有的用相对于满量程之比表示。例如，空气流量传感器的相对误差为  $\pm 1\%$ 。传感器误差是系统总体误差所要求的，应当得到满足。

重复性的选择。重复性是传感器在工作条件下，被测量的同一数值，在一个方向上进行重复测量时，测量结果的一致性。例如检测发动机在转速上升时期对某一个速度重复测量时数值的一致性 or 误差值多大，应满足规定要求。

⑥线性度的选择。汽车传感器的线性度是指它的输入输出关系曲线与其理论拟合直线之间的偏差。这种偏差要选择大小一定，重复性要好，而且有一定的规律，这样在电脑处理数据时可以用硬件或软件进行补偿。

⑦过载的选择。过载表示传感器允许承受的最大输入量（被测量）。在这个输入量作用下传感器的各项指标应保证不超过其规定的公差范围。一般用允许超过测量上限（或下限）的被测量值与量程的百分比表示。选择时只要实际工况超载量不大于传感器说明书上规定值就可以。

⑧可靠度的选择。可靠度的含义是在规定条件（规定的时期，产品处的环境条件、维护条件和使用条件等）下，传感器正常工作的可能性。例如压力传感器的可靠度为 0.997（2000h），它是指压力传感器符合上述条件时，工作 2000h，它的可靠性（概率）为 0.997（99.7%）。在选择工作时间长短及概率两指标时都要符合要求，才能保证整个系统的可靠性指标。

⑨响应时间的选择。传感器的响应时间（或称建立时间）是在阶跃信号激励后，传感器输出值达到稳定值的最小规定百分数（如 5%）时所需时间。例如压力传感器响应时间要求是 10ms，也就是要求该传感器在工作条件下，从输入信号加入后，要经 10ms 后，它的输出值才达到所要求的数值。这个参数大小会直接影响汽车起动时间的大小，所以在选择时只能小于 10ms，才能满足汽车起动时间或工况变换的时间要求。

### 3. 汽车传感器的识别

#### (1) 传感器的结构、安装位置与用途

汽车用各种传感器的结构、安装位置与用途，如表 1-5 所示。

表 1-5 汽车传感器的结构、安装位置与用途

传感器种类	结 构	安 装 位 置	用 途
冷却液温度传感器	负温度系数热敏电阻	冷却水道上	测量水温
水温表热敏电阻式温度传感器	负温度系数热敏电阻	仪表板上	测量水温
车内外空气温度传感器	负温度系数热敏电阻	车内：挡风玻璃底下 车外：前保险杠内	测量车内、外空气温度
进气温度传感器	热敏电阻	空气流量计内或空滤器内； 进气总管；进气导管内	测量进气温度
蒸发器出口温度传感器	热敏电阻	空调蒸发器片上	空调蒸发器出口温度
排气温度传感器	热敏电阻；热电偶；熔断器	三元催化转化器上	测量排气温度
EGR 监测温度传感器	热敏电阻	EGR 进气道上	EGR 循环气体温度和 EGR 工作情况

续表

传感器种类	结 构	安 装 位 置	用 途
石蜡式气体温度传感器	石蜡	化油器式发动机进气道上	低温时用作进气温度调节装置;高温时修正怠速
双金属片式进气温度传感器	金属片	化油器式发动机进气道上	低温时用于进气温度调节;高温时修正怠速
散热器冷却风扇传感器	热敏铁氧体	水箱上	控制散热器风扇转速
变速器油液温度传感器	热敏电阻	液压阀体上	测量油液温度,向 ECU 输入温度信息,以便控制换挡、锁定离合器结合、控制油压
真空开关传感器	膜片、弹簧	空滤器上	检测空滤器是否堵塞
油压开关传感器	膜片、弹簧	发动机主油道上	检测发动机油压
制动主缸油压传感器	半导体式	制动主缸的下部	控制制动系统油压
绝对压力传感器	硅膜片式	悬架系统	检测悬架系统油压
相对压力传感器	半导体式	空调高压管上	检测冷媒压力
半导体压敏电阻式进气压力传感器	半导体压敏电阻	进气总管上	检测进气压力
真空膜盒式进气压力传感器	真空膜盒、变压器	进气总管上	检测进气压力
电容式进气压力传感器	膜片式	进气总管上	检测进气压力
表面弹性波式进气压力传感器	压电基片	进气总管上	检测进气压力
涡轮增压传感器	硅膜片	涡轮增压机上	检测增压压力
制动总泵压力传感器	半导体式	主油缸下部	检测主油缸输出压力
叶片式空气流量传感器	叶片、电位计	进气管上	检测进气量
卡尔曼涡流式空气流量传感器	涡流发生器、超声波发生器、光电管	进气管上	检测进气量
热线式空气流量传感器	铂金热线	进气管上	检测进气量
热膜式空气流量传感器	铂金属固定在树脂膜上的发热体	进气管上	检测进气量
量心式空气流量传感器	量心、电位计	进气管上	检测进气量
二氧化锆式氧传感器	锆管、加热元件	排气管、三元催化转化器上	控制空燃比
二氧化钛式氧传感器	钛管、加热元件		控制空燃比
全范围空燃比传感器	二氧化锆元件、陶瓷加热器		控制空燃比
烟雾浓度传感器	发光元件、光敏元件、信号电路	车箱内	净化空气
磁脉冲式曲轴位置传感器(轮齿)	信号转子、永磁铁、线圈	分电器内或曲轴前端皮带轮之后	检测曲轴转角位置、测量发动机转速
磁脉冲式曲轴位置传感器(转子)	正时转子、G、Ne 线圈	分电器内	检测曲轴转角位置、测量发动机转速
光电式曲轴位置传感器	曲轴转角传感器、信号盘	分电器内	检测曲轴转角位置、测量发动机转速
触发叶片式霍尔曲轴位置传感器	内、外信号轮	曲轴前端	检测曲轴转角位置、测量发动机转速
同步信号传感器(或称凸轮轴位置传感器)	脉冲环、霍尔信号发生器	分电器内	判缸信号

续表

传感器种类	结 构	安 装 位 置	用 途
稀薄混合气传感器	二氧化锆固体电解质	三元催化转化器上	测量排气中氧浓度,控制空燃比
磁致伸缩式爆震传感器	磁心、感应线圈、永久磁铁	发动机缸体上	检测爆震信号、输入 ECU
共振型压电式爆震传感器	压电元件、振荡片	发动机缸体上	检测爆震信号、输入 ECU
非共振型压电式爆震传感器	平衡重、压电元件	发动机缸体上	检测爆震信号、输入 ECU
线性输出型节气门位置传感器	怠速触点、全开触点电阻器、导线	节气门体上与节气门连结	判断发动机工况,控制喷油脉宽
开关型节气门位置传感器	IDL 触点、PSW 功率触点、凸轮、导线	节气门体上与节气门连结	判断发动机工况,控制喷油脉宽
滚球式碰撞传感器	滚球、磁铁、导缸、触点	两侧翼子板内;两侧前照灯支架下;散热器支架左右两侧;驾驶室仪表盘和手套箱下方或车身前部中央位置	检测汽车加速度
滚轴式碰撞传感器	滚轴、触点、片状弹簧		
偏心锤式碰撞传感器	偏心锤、臂、触点、弹簧、轴		
水银开关式碰撞传感器	水银、电极		
电阻应变计式碰撞传感器	电子电路、应变计、振动块、缓冲介质		
无触点式扭矩传感器	线圈、扭力杆	转向轴上	测量转向盘与转向器之间相对扭矩
滑动可变电阻式扭矩传感器	电位器、滑环、齿轮、扭杆	转向轴上	
光电式车身高度传感器	光电耦合元件、遮光盘、轴	悬架系统减振器杆上	将车身高度转换成电信号,输入 ECU
座椅位置传感器	霍尔元件、永久磁铁	座椅调节装置上	调节座椅状态
方位传感器	线圈、铁心	GPS 终端机上	车辆导航
舌簧开关型车速传感器	舌簧开关、磁铁	变速器输出轴或组合仪表内	测量汽车行驶速度
光电耦合型车速传感器	光电耦合器、转子	组合仪表内	
电磁型车速传感器	转子、线圈	变速器输出轴上	
O/D 直接挡离合器转速传感器	与车速传感器相同	变速器输入轴上	测定变速器输入轴转速
电磁式轮速传感器	传感头、齿圈	车轮上、减速器或变速器上	检测轮速
霍尔式轮速传感器	霍尔元件、触发齿圈、永久磁铁		
日照传感器	光电管、滤光片	风挡玻璃下、仪表盘上侧	把太阳照射情况转变成电流,修正车内温度
光电式光量传感器	硫化镉、陶瓷基片、电极	仪表盘上方灯光控制器内	汽车灯具亮、熄自动控制
光敏二极管式光量传感器	光敏二极管、放大器	仪表盘上,可接收外来灯光处	检测车辆周围亮度,自动控制前照灯的亮度
雨滴传感器	振动板、压电元件、放大电路	发动机室盖板上	检测降雨量、控制雨刷器转速
蓄压力压力传感器	半导体压敏电阻元件	液压控制组件上方	检测液压控制组件的压力
空调压力开关传感器	膜片、活动触点、固定触点、感温包	高压压力开关安装在高压管路上; 低压压力开关安装在低压管路上	高压压力开关: 高压回路压力高于规定值时使压缩机停机 低压压力开关: 高压回路压力低于规定值时使压缩机停转

## (2) 汽车传感器的类型

传感器按能量关系分类，可分为主动型和被动型传感器。汽车上使用的传感器大多数是属被动型传感器，这种被动型传感器需要外加输入电源（一般为 +5V），它才能输出电信号。例如温度传感器，它以改变电阻值的方式向外输出电信号，但信号的输出需要测试回路提供电源，但电源的输出能量要受测试对象输出信号所控制。采用电阻、电感、电容及应变效应、磁阻效应、热阻效应制成的传感器都属于被动型传感器。

主动型传感器是指传感器本身在吸收了能量（光能和热能）经它本身变换后再输出电能。例如，太阳能电池和热电偶输出的电能分别来源于传感器吸收的光能和热能。因此主动型传感器不需要外加电源，它本身是一个能量变换器。例如采用压电效应、磁致伸缩效应、热电效应、光电效应等制成的传感器都属于主动型传感器。

## (3) 汽车传感器输出的信号

从传感器输出的信号，有模拟信号和数字信号两种，如图 1-1 所示。信号输入 ECU 后，首先通过输入回路，这其中数字信号可直接输入微机，而模拟信号则必须由 A/D（模/数转换器）转换成数字信号后再输入微机。

微机根据汽车工作的需要，把各种传感器输入的信号和数据进行运算处理，并把处理结果送往输出回路。输出回路将微机输出的数字信号转换成可以驱动执行元件的输出信号，控制大功率三极管的导通和截止，最终控制执行元件的动作。

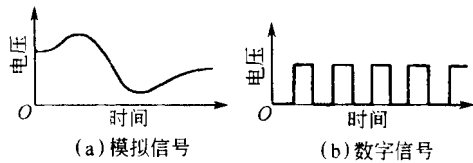


图 1-1 传感器输出信号的种类

## (4) 汽车传感器接头端子连接线路

汽车传感器接头端子数量及连接线路如表 1-6 所示。

表 1-6 汽车传感器接头端子数量及连接线路

传感器接头端子数量	传感器种类	端子连接线路名称
1	爆震传感器	一条信号线
	液位传感器	一条信号线
2	水温传感器	THW-信号线（电源 +5V 输入）；E <sub>2</sub> -地线
	进气温度传感器	一条信号正极线；一条信号负极线
	氧传感器	信号输出线；地线
	舌簧开关型车速传感器	信号线；地线
	电磁型车速传感器	信号线；地线
3	带加热器氧传感器	信号线；地线；HT 加热线
	空气流量传感器	电源线；信号线；地线
	开关型节气门位置传感器	IDL-怠速触点端子；PSW-全负荷触点；TL-电源线
	线性输出型节气门位置传感器	电源线；信号线；地线
	光电耦合型车速传感器	电源线；si-信号线；地线
	进气歧管压力传感器（丰田）	V <sub>cc</sub> -电源线；PIM-信号线；E <sub>2</sub> -地线
	曲轴位置传感器（三菱）	1-转角信号线；4-上止点脉冲信号线；2-地线
	同步信号传感器（北京切诺基）	A-电源线；B-同步信号线；C-地线
	爆震传感器（桑塔纳 2000、捷达）	1-信号线（+）；2-信号线（-）；3-传感器屏蔽线
	进气歧管压力传感器（北京切诺基）	C-电源线；B-信号线；A-地线
	进气歧管压力传感器（福特）	26-电源线；45-信号线；46-地线
	曲轴位置传感器（桑塔纳 2000、捷达）	1-曲轴转角及转速信号正极线；2-曲轴转角及转速信号负极线；3-屏蔽线
	霍尔式凸轮轴位置传感器（桑塔纳 2000、捷达）	1-电源线；2-信号线；3-地线

续表

传感器接头端子数量	传感器种类	端子连接线路名称
4	氧传感器 (三菱)	3-电源线;5、2-地线;1-信号线
	加热型氧传感器 (北京切诺基)	A-加热电源线;B-地线;C-信号线;D-地线
	进气歧管压力传感器 (桑塔纳 2000GLi)	1-地线;2-进气温度传感器信号线;3-电源线 (+5V);4-信号线
	节气门位置传感器 (皇冠 3.0)	IDL-怠速触点;V <sub>TA</sub> -信号线;V <sub>C</sub> -电源线;E <sub>2</sub> -地线
	氧传感器 (桑塔纳 2000GSi)	1-加热元件正极线;2-加热元件负极线;3-信号电压负极;4-信号电压正极
	曲轴位置传感器 (丰田)	G <sub>1</sub> -六缸上止点信号;G <sub>2</sub> -一缸上止点信号;G-判缸信号线及活塞上止点信号线;N <sub>c</sub> -曲轴转角及转速信号线
5	涡流式空气流量传感器 (凌志)	V <sub>C</sub> -电源线;K <sub>S</sub> -信号线;THA-温度传感器电源线;E <sub>1</sub> 、E <sub>2</sub> -地线
	量心式空气流量传感器 (马自达)	THA-进气温度传感器信号线;V <sub>C</sub> -基准电压线 (+5V);V <sub>S</sub> -信号线;E <sub>1</sub> 、E <sub>2</sub> -地线
6	热线式空气流量传感器 (日产 VG30E)	A-可变电阻器;B-信号线;C-地线;D-地线;E-电源线;F-自清信号线
	热线式空气流量传感器 (美洲虎 XJ6)	3-空气流量信号;5-电源线;6-起动、熄火控制线;1、2-地线;4-空脚

## 第二章 温度传感器的识别与检测

现代汽车发动机、自动变速器和空调等系统使用温度传感器，用于测量发动机的水温、进气温度，自动变速器油液温度，空调系统环境温度，为发动机的燃油喷射、自动变速器的换挡、离合器锁定、油压控制以及空调自动控制提供依据。这些控制工作都是依据温度传感器提供的温度信息来实现的。

### 一、概述

热敏电阻式温度传感器是用陶瓷半导体材料掺入适量氧化物，根据所需要的形状，在高温下烧结而成的温度系数很大的电阻体制成。在工作范围内，按陶瓷半导体的电阻与温度的特性关系，热敏电阻可以分成三种类型。一种是负温度系数热敏电阻（NTC），在工作范围内，其电阻值随温度的升高而减小的电阻，如图 2-1 中曲线 1 所示；一种是正温度系数热敏电阻（PTC），在工作范围内，其电阻值随温度的升高而增加的电阻，如图 2-1 中曲线 2 所示；另一种是临界温度热敏电阻（CTR），在临界温度时，其阻值发生锐变的叫做临界温度热敏电阻，如图 2-1 中曲线 3 所示。

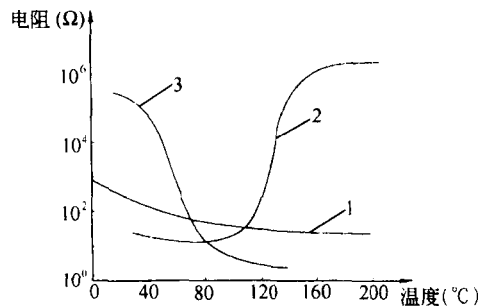


图 2-1 热敏电阻的温度特性

1-负温度系数 ( NTC) ;2-正温度系数 ( PTC) ;  
3-临界温度系数 ( CTR)

石蜡式温度传感器用石蜡制成，石蜡在低温时成固体状态，而随着温度的升高，石蜡逐渐由固体融化成液体，这时石蜡的体积增大，石蜡式温度传感器利用石蜡这一特性制成。

双金属片式温度传感器是由热膨胀系数不同的两种金属粘合而成的。在温度低时，双金属片保持原来的状态，当温度升高时，由于两种金属的热膨胀系数不同，膨胀系数大的金属片膨胀量大，膨胀系数小的金属片膨胀量小，双金属片便向膨胀系数小的一方弯曲，利用这一特性可以关闭阀门、制成双金属片式温度传感器。

热敏铁氧体温度传感器由强磁性材料制成，当环境温度超过某一规定值时，热敏铁氧体的导磁率急剧下降，利用这一特性可以使舌簧开关导通或断开，制成热敏铁氧体开关式传感器。

### 二、热敏电阻式温度传感器的识别与检测

#### 1. 热敏电阻式水温传感器的识别与检测

##### (1) 水温传感器的识别

发动机冷却液温度传感器即水温传感器大多用负温度系数热敏电阻制成，它具有负温度系数。水温低时，电阻值大，水温高时，电阻值小。水温传感器的结构和特性如图 2-2 所示。它一般安装在发动机缸体、缸盖的水套或节温器内并伸入水套中，如图 2-3 北京切诺基汽车发动机水温传感器的安装位置所示。水温传感器接头有两端子与 ECU 连结，其中一条是信号线，输出电

压随热敏电阻值的变化而变化，ECU 根据电压的变化测得发动机的水温；另一根是地线。

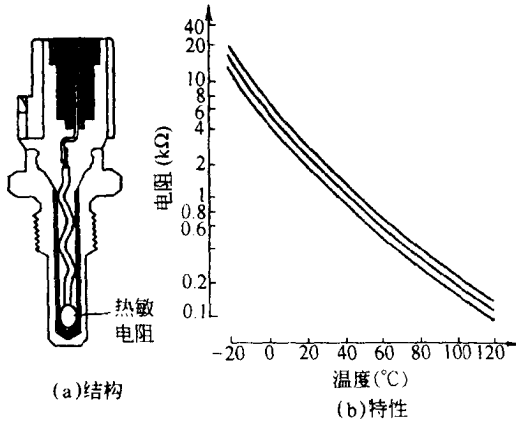


图 2-2 热敏电阻式发动机水温传感器的结构与特性

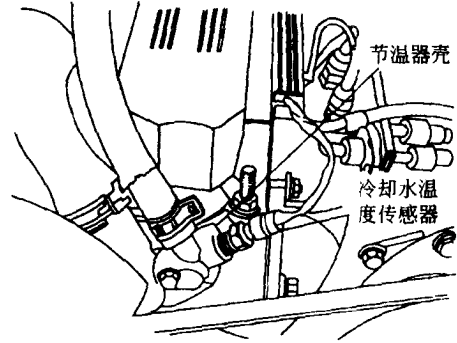


图 2-3 北京切诺基汽车发动机水温传感器的安装位置

图 2-4 为丰田皇冠 3.0 轿车和北京切诺基汽车发动机热敏电阻式水温传感器接头端子与 ECU 的连接电路。电路特点如图 2-4 (b) 所示，ECU 使 5V 电压分别通过 10kΩ 电阻和 10kΩ 电阻与 1kΩ 电阻并联电路。其中 10kΩ 与 1kΩ 并联后电阻为 909Ω，近似 1kΩ。在发动机水温低于 51.6 时，5V 电压只通过 10kΩ 电阻，这时水温传感器测定数据准确。当发动机水温升高后，由于 10kΩ 电阻值大，传感器热敏电阻值小，传感器测定的数据不再准确。当发动机水温达 51.6 时，ECU 控制使三极管导通，5V 电压则通过并联电阻到传感器，这使得水温传感器在高温时，测量结果也很准确。水温信号输入 ECU，为修正喷油量及确定喷油时刻提供准确依据。

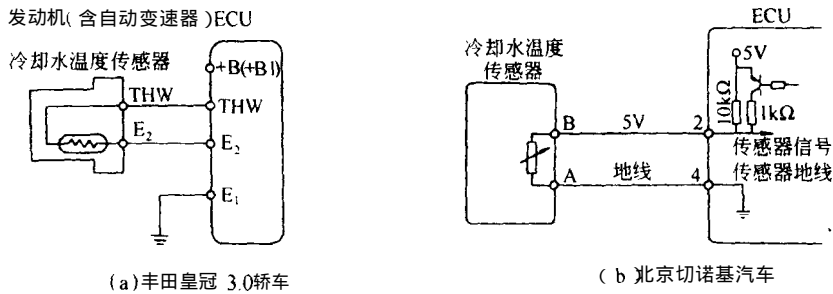


图 2-4 发动机水温传感器与 ECU 连接电路

## (2) 水温传感器的检测

水温传感器工作性能的好坏对发动机的喷油量有很大影响，进而影响发动机的燃烧性能。当混合气过浓或过稀时，发动机的燃烧情况变坏，会引起发动机不易起动，运转不平稳，这时应检查水温传感器。检查内容如下。

水温传感器电阻检查。关闭点火开关，拔下水温传感器连接器接头，用高阻抗数字式万用表 Ω 挡就车检查传感器接头两端子间电阻，对如图 2-4 如皇冠 3.0 轿车为 THW—E<sub>2</sub> 北京切诺基汽车为 B—A 电阻测量方法如图 2-5 所示，其电阻值在温度低时大，在温度高时小，在热机状态时电阻应小于 1kΩ。

从发动机上拆下水温传感器，将传感器放到烧杯里的水中，如图 2-6 所示，加热杯中的水，

用万用表测量在不同温度下两端子间电阻，其电阻值应符合表 2-1 及表 2-2 规定值。如果测量结果与表中规定值相差很大，则应更换水温传感器。

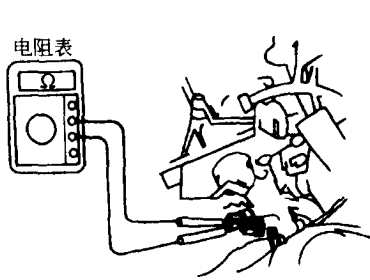


图 2-5 水温传感器就车测量电阻

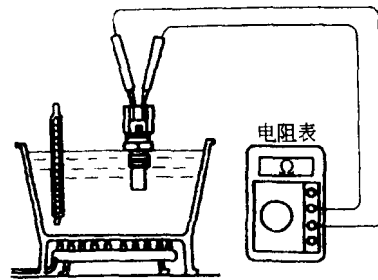


图 2-6 水温传感器在不同温度下电阻值测量

表 2-1 北京切诺基车用热敏电阻式冷却水温度 / 进气温度传感器的电阻值

温度 (°C)	电阻 (kΩ)		温度 (°C)	电阻 (kΩ)	
	最小	最大		最小	最大
-40	291.49	381.71	50	3.33	3.88
-20	85.85	108.39	60	2.31	2.67
-10	49.25	61.43	70	1.63	1.87
0	29.33	35.99	80	1.17	1.34
10	17.99	21.81	90	0.86	0.97
20	11.37	13.61	100	0.64	0.72
25	9.12	10.88	110	0.48	0.54
30	7.37	8.75	120	0.37	0.41
40	4.90	5.75			

表 2-2 丰田汽车用冷却水温度 / 进气温度传感器的电阻

温度 (°C)	电阻 (kΩ)	温度 (°C)	电阻 (kΩ)
0	6	60	0.6
20	2.2	80	0.25
40	1.1		

水温传感器输出信号电压的检查。在发动机运转时，从水温传感器连接器信号输出端“B”接线柱或从 ECU 的连接器“2”端子上，如前述图 2-4 (b) 所示，用万用表的电压挡测量水温传感器输出的电压信号值。其电压大小应随冷却水温度变化发生变化，温度低时信号电压高，温度高时信号电压低，测量结果应符合表 2-3 规定。

表 2-3 北京切诺基车用冷却水温度传感器各种温度下的电压值

冷态曲线 (用 10kΩ 电阻器)		热态曲线 (用 909Ω 的计算电阻)	
温度 (°C)	电压 (V)	温度 (°C)	电压 (V)
-28.8	4.70	51.6	4.00
-23.3	4.57	54.4	3.77

续表

冷态曲线 (用 10kΩ 电阻器)		热态曲线 (用 909Ω 的计算电阻)	
温度 (°C)	电压 (V)	温度 (°C)	电压 (V)
-17.7	4.45	60	3.60
-12.2	4.30	65.5	3.40
-6.6	4.10	71.1	3.20
-1.1	3.90	76.6	3.02
4.4	3.60	82.2	2.80
10	3.30	87.7	2.60
15.5	3.00	93.3	2.40
21.1	2.75	98.8	2.20
26.6	2.44	104.4	2.00
32.2	2.15	110	1.80
37.7	1.83	115.5	1.62
43.3	1.57	121.1	1.45
48.8	1.25	—	—

水温传感器与 ECU 连结线束电阻值检查。用高阻抗万用表  $\Omega$  挡, 测量传感器信号端“B”与 ECU 的“2”端子间电阻、传感器地线端“A”与 ECU 的“4”端子间电阻, 线路应导通, 若不导通或电阻值大于  $1\Omega$ , 说明传感器线束存在断路或连接器接头接触不良, 应进一步检查或更换。

## 2. 热敏电阻式进气温度传感器的识别与检测

### (1) 进气温度传感器的识别

进气温度传感器在电子汽油喷射系统中的作用是用来测量进气温度, 向 ECU 输入进气温度信号, 为燃油喷射量和点火正时提供依据。进气温度传感器也用负温度系数热敏电阻制成, 具有 NTC 负温度系数特性 (NTC)。

进气温度传感器的安装位置有三种。在 D 型 EFI 系统中, 它安装在空气滤清器之后的进气软管上 如图 2-7 所示; 在 L 型 EFI 系统中, 它安装在空气流量计上, 如图 2-8 所示; 第三种是将进气温度传感器安装在进气压力传感器内, 如桑塔纳 2000 型轿车, 这将在后面介绍。

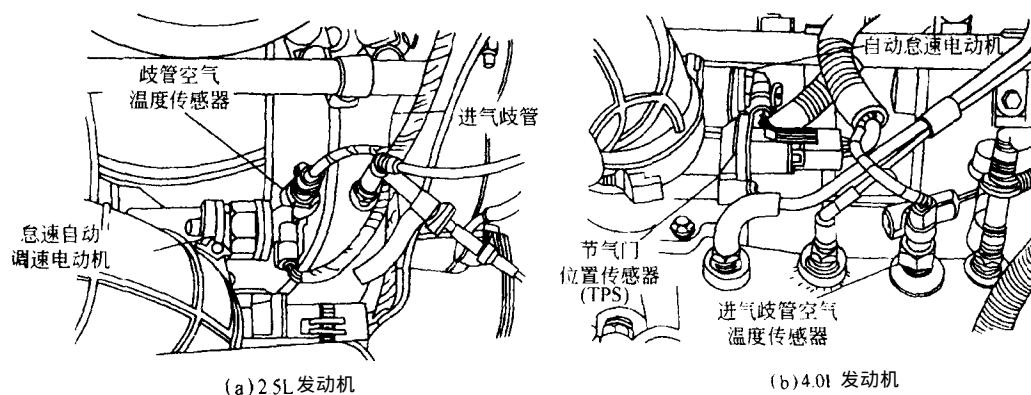


图 2-7 进气温度传感器安装在进气软管上 (北京切诺基汽车)