

# 第 1 章

## 汽车仪表



### 学习目标

#### 【知识目标】

1. 正确描述普通仪表系统的组成、电路及工作原理；
2. 正确描述普通仪表的传感器的结构和工作原理；
3. 简单叙述各警报指示灯装置的结构、工作原理；
4. 简单叙述电子仪表系统的组成、电路及工作原理。

#### 【技能目标】

会分析、排除仪表系统的故障。



### 案例引入

一辆 2010 款比亚迪 F3, 发动机为四冲程直列 4 缸 1.5L 汽油机, 行驶里程 5 万千米。客户反映该车整个组合仪表不工作。据车主讲, 该车此前行驶一直正常。只是因为看到发动机太脏而用高压水枪对发动机机舱部分进行了冲洗, 之后便出现了故障。针对此故障, 作为专业维修服务人员, 如何通过客户描述判断故障是怎样产生的? 如何对此故障进行诊断分析? 用什么方法及设备进行排除?

由于发动机能正常工作, 只是组合仪表不工作, 判断故障可能出在组合仪表的电源部分。为了确定在点火开关打开至 ON 位置后组合仪表是否有部分显示, 先将发动机熄火(即关闭点火开关), 再打开。同时对组合仪表的显示进行观察, 结果一拧点火开关, 启动机即开始运转。随即发动机被启动。在此过程中, 组合仪表中仍然只有发动机故障指示灯点亮。松开点火钥匙后, 又发现该钥匙不能自动回位, 也就是启动机随着发动机一直运转。见此情况, 将点火开关稍往回一转, 启动机便停止了运转, 发动机也处于正常的怠速状态。紧接着又进行两次试车, 均是相同的情况。然后分别对发动机室和驾驶室内保险丝盒中与组合仪表相关的保险丝进行检查未发现有熔断的。此时看到组合仪表中的发动机故障指示灯点

亮。于是决定用诊断仪作辅助诊断。用诊断仪调试代码,无故障码。

针对故障的起因及检查结果,重点对发动机部分的各搭铁点及主线路进行检查,结果在检测到发动机右侧保险丝盒附近的线束时,发现将线束来回一动,组合仪表的指示即可恢复正常,为了准确判断是否与此线束有关,于是在活动线束的同时,对组合仪表进行观察,发现组合仪表出现断续的工作现象。

将该保险盒拆下,看到其附近的线束上布满了水珠。用压缩空气将这部分的线束吹干后,启动试车,组合仪表显示正常。同时在启动时发现,点火开关也恢复了正常。即有挡位并且在发动机启动后松开钥匙,也能自动回位,此时再活动线束,无故障出现。将所拆部件装复,经过一段时间的试车,故障再未出现。

## 1.1 汽车常用仪表的结构

汽车仪表是人和汽车的交互界面,为驾驶员提供所需的运行参数、故障、里程等信息,是每一辆汽车必不可少的部件。仪表显示的直观与美观使得驾驶不但是代步之必需,也成为舒适生活的一部分,而参数传递的准确性与可靠性则直接关系到汽车行驶的安全。常用的有车速里程表、发动机转速表、燃油表、水温表、机油压力表等。不同车型安装仪表的个数及类型有所不同。

### 1.1.1 车速里程表

车速里程表用来显示汽车行驶的速度和里程。常用的有磁感应式和动圈式车速里程表两种,它们都由车速表和里程表两部分组成,其原理都是利用永久磁铁磁场和新产生的磁场相互作用来带动指针偏转显示车速。下面以磁感应式为例介绍车速里程表的结构及原理。如图 1-1 所示。

(1)结构 车速表由永久磁铁、带轴及指针的铝碗、罩壳、刻度盘组成,里程表由三对涡轮蜗杆、中间齿轮、里程计数器等组成。车速里程表的主动轴由变速器输出轴通过齿轮啮合及软轴驱动。

(2)工作原理 汽车静止时,在游丝的作用下,铝碗指针位于刻度盘零位。汽车行驶时,主动轴带着永久磁铁旋转,磁力线磁化铝碗,使铝碗产生磁场,永久磁铁的磁场与铝碗磁场相互作用产生力矩,克服游丝的弹力,指针被铝碗带着转动一个与主动轴转速大小成正比例的角度,即在刻度盘上显示出相应的车速。

主动轴与涡轮蜗杆机构具有一定的传动比,汽车行驶时,软轴带动主动轴,并经三对涡轮蜗杆减速后驱动里程表右边第一计数轮,并从右向左逐级传到其余的计数轮,累计出行驶

里程。同时,里程表上的齿轮通过中间齿轮,驱动短里程计数轮,并向左逐级传到其余的数字轮,记录短程行驶里程。当需要清除短里程记录时,按一下短里程表复位杆,可使短里程计数器的指示回零。

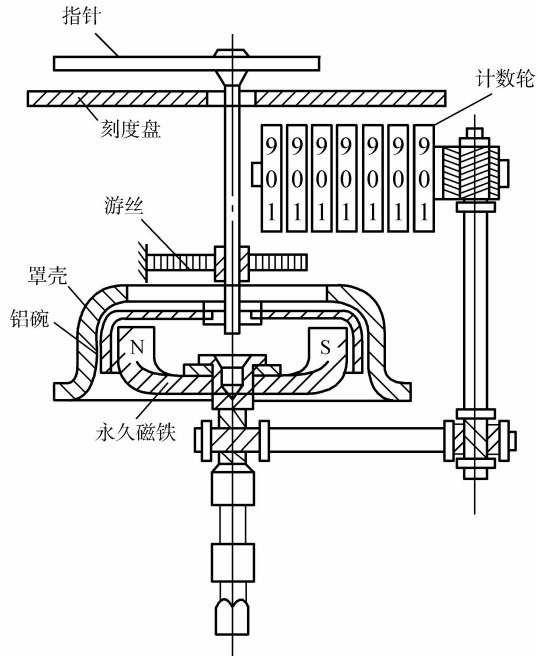


图 1-1 车速里程表的结构

### 1.1.2 发动机转速表

发动机转速表用来显示发动机运转速度。常用的是电子式转速表。如图 1-2 所示。

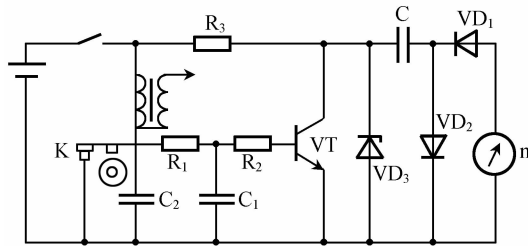


图 1-2 电子式转速表

(1)结构 由  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $C_1$  组成的积分电路(作用是给开闭脉冲信号整形),充放电电容  $C$ 、放大管  $VT$ 、稳压管  $VD_2$ (使电容  $C$  充电电压稳定,提高转速表的测量精度)及转速表  $n$  等组

成。其转速信号取自于点火系统初级电路的脉冲信号。VD<sub>3</sub> 起保护作用,防止 VT 集电极出现瞬间高电压被击穿。

(2)工作原理 发动机工作使断电器触点 K 闭合时,三极管 VT 的基极搭铁无偏压处于截止状态,电源正极→R<sub>3</sub>→C→VD<sub>2</sub>→搭铁→电源负极,给电容 C 充电;当触点断开时,三极管 VT 的基极电位接近电源电压,VT 由截止转为导通,此时电容 C 上充满的电荷→VT→转速表 n→二极管 VD<sub>1</sub>→C,构成放电回路,驱动转速表。触点重复开闭,电容 C 不断进行充放电,使转速表 n 显示通过电流的平均值。断电器触点的开闭频率与发动机的转速成正比,通过转速表 n 的放电电流平均值也与发动机的转速成正比。

### 1.1.3 燃油表

燃油表用来显示燃油箱内燃油的多少。常用的有电热式、电磁式、电子式 3 种。其中,电热式燃油表的结构原理与电热式机油压力表基本相同,下面主要介绍电磁式和电子燃油表。如图 1-3 所示。

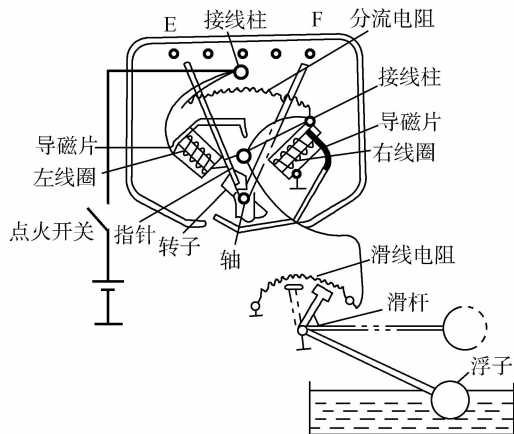


图 1-3 电磁式燃油表

#### 1. 电磁式燃油表

(1)结构 由装在燃油箱内的浮筒传感器和装在仪表板上的燃油指示表组成。浮筒传感器由电阻、滑杆、浮子组成。燃油指示表由两个绕在铁芯上的线圈、转子、指针、分流电阻等组成。

(2)工作原理 当油箱无油时,浮子下沉,滑线电阻上的滑片移至最右端,将右线圈短路,电流由蓄电池正极→点火开关→接线柱(上)→左线圈→接线柱(下)→浮子滑片→滑杆→搭铁→蓄电池负极。左线圈产生的磁场使转子带动指针左偏,使指针在“E”位上。

当油量增加时,浮子上升,滑线电阻部分接入,这一部分电阻与右线圈并联,同时又与左

线圈串联,电流由蓄电池正极→点火开关→接线柱(上)→左线圈→接线柱(下)→两路(一路经滑线部分电阻;另一路经右线圈)→搭铁→蓄电池负极。左线圈由于串联了电阻使左线圈中的电流相对减小,磁场减弱,而右线圈中有电流通过,电流相对增大,合成磁场使转子带动指针右偏,指示出油箱中的油量。

当油箱中装满油时,浮子带着滑片移到电阻的最左端,电阻全部接入电路。此时左线圈中电流更小,磁场更弱,而右线圈中电流增大,磁场加强,转子便带着指针向右移,使指针在“F”(满)位上。

## 2. 电子燃油表

(1)结构 电子燃油表如图 1-4 所示。

电路由两块 IC(电压比较器)及相关电路、发光二极管显示器、浮筒传感器 3 大部分组成。 $R_x$  是传感器的可变电阻,电阻  $R_{15}$  和二极管  $VD_8$  组成稳压电路,给  $IC_1$ 、 $IC_2$  两块电压比较器反相输入端提供基准电压信号。电容  $C$  和电阻  $R_{16}$  组成延时电路,接到电压比较器的同相输入端, $R_x$  产生的变化电压信号经延时后与基准电压信号进行比较放大。

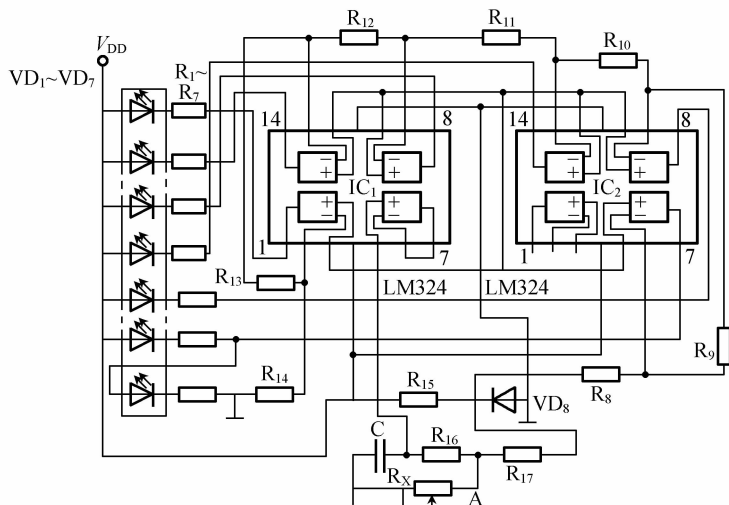


图 1-4 电子燃油表电路图

(2)工作原理 当油箱内燃油加满时, $R_x$  阻值最小,A 点电位最低, $IC_1$ 、 $IC_2$  两块电压比较器输出为低电平,6 只绿色发光二极管全部点亮,而红色发光二极管  $VD_1$  熄灭,表示油箱已满。

当油箱内的燃油量逐渐减少时, $R_x$  阻值逐渐增大,A 点电位逐渐升高,绿色发光二极管  $VD_7$ 、 $VD_6$ 、 $VD_5$ 、...、 $VD_2$  依次熄灭。燃油量越少,绿色发光二极管亮的个数越少。

当油箱内燃油用完时, $R_x$  的阻值最大,A 点电位最高, $IC_1$ 、 $IC_2$  两块电压比较器输出为高电平,6 只绿色发光二极管全部熄灭,而红色发光二极管  $VD_1$  亮,表示油箱无油。

### 1.1.4 水温表

水温表用来显示发动机冷却水的工作温度。常用的有电热式和电磁式两种。其中,电热式水温表与电热式机油压力表结构和工作原理相似,电磁式水温表的结构、原理如图 1-5 所示。

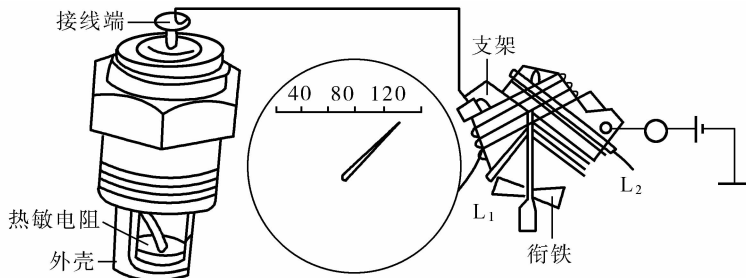


图 1-5 电磁式水温表

(1)结构 由装在汽缸盖水套中的热敏电阻传感器和装在仪表板上的水温显示表两部分组成。传感器由外壳、接线端子、负温度系数热敏电阻(有些车型采用正温度系数热敏电阻)组成,水温显示表由塑料支架、两个串联线圈( $L_1$ 、 $L_2$ )、带指针的衔铁等组成。

(2)工作原理 当电源开关接通时,电流由蓄电池正极→点火开关→线圈  $L_1$ →分两路(一路流经热敏电阻;另一路流经线圈  $L_2$ )→搭铁→蓄电池负极,构成回路。

当水温低时,传感器中热敏电阻的阻值大,电流经  $L_1$  后,大部分流入  $L_2$  中,产生的合成磁场使带指针的衔铁会向左偏转,使表针指向低温刻度;当水温高时,传感器中热敏电阻的阻值减小, $L_2$  中的电流相对减少,产生的合成磁场使带指针的衔铁会向右偏转,使表针指向高温刻度。

### 1.1.5 机油压力表

机油压力表用来显示发动机主油道机油压力的大小,从而监视润滑系统的工作情况。常用的机油压力表有电热式、电磁式和动磁式 3 种。其中应用最为广泛的是电热式机油压力表,其结构和工作原理如图 1-6 所示。

(1)结构 由装在发动机主油道上的机油压力传感器和仪表板上的机油压力显示表组成。传感器内有膜片,膜片的上部顶着弓形弹簧片,弹簧片的一端与外壳固定搭铁,另一端焊接的触点与双金属片触点接触,双金属片上绕有加热线圈,加热线圈通过接触片与外接线柱连接,电阻与加热线圈并联。膜片下方油腔与发动机主油道相通,机油压力可直接作用在膜片上。

机油压力显示表内有特殊形状的双金属片,双金属片上绕有加热线圈,两线端分别与两接线柱连接,它一端固定在调节齿扇上,另一端与指针相连。

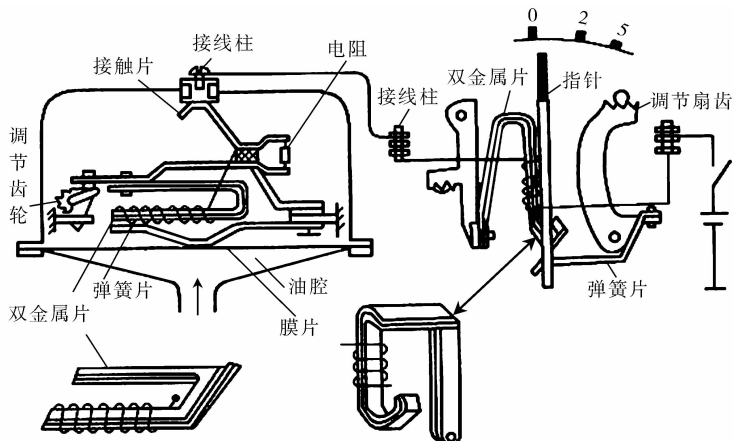


图 1-6 电热式机油压力表

(2)工作原理 接通点火开关时,电流由蓄电池正极→点火开关→接线柱→表内双金属片上的加热线圈→接线柱→传感器内接触片→分两路(一路流经传感器内双金属片上的加热线圈;另一路流经电阻→双金属片)→传感器内双金属片的触点→弹簧片→搭铁→蓄电池负极,构成回路。由于电流流过表内和传感器内双金属片上的加热线圈,使双金属片受热变形。

当机油压力很低时,膜片几乎没有变形,作用在传感器内触点上的压力很小。

当电流流过而温度略有上升时,传感器内双金属片就受热弯曲,使触点分开,切断通电回路,一段时间后,双金属片冷却伸直,触点又闭合,电路又被接通,故触点闭合时间短,打开时间长,流过表内加热线圈的平均电流值小,使表内双金属片弯曲变形程度小,指针偏转角度很小,显示出此时机油压力较低。

当机油压力升高时,膜片向上拱曲使触点压力增大,传感器内双金属片需要在较高温度下,才能使触点分开,即其上的加热线圈需要通过较大电流。触点分开后稍加冷却就很快闭合。故触点打开时间短,而闭合时间长,通过表内加热线圈的平均电流值大,指针偏转角度增大,显示出此时机油压力较高。

### 1.1.6 仪表稳压器

为了提高仪表的显示精度,避免电源电压变化时带来的不良影响,现代汽车在仪表电路中都串联仪表稳压器,常用的有电热式和电子式两类。

#### 1. 电热式仪表稳压器

(1)结构 如图 1-7 所示。由双金属片、常闭触点、电热丝、座板和外壳等组成。双金属片上的电热丝一端搭铁,另一端焊在双金属片上。双金属片一端是动触点,另一端用铆钉固定在调节片上,调节片的一端也用铆钉固定并与电源接线相连。

调节螺钉可调节两触点之间的压力。

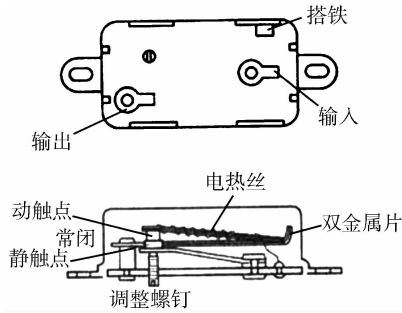


图 1-7 电热式仪表稳压器的结构图

(2)工作原理 如图 1-8 所示。当电源电压偏高时,电热丝中的电流增大,双金属片加热快,触点很快断开,断开的触点需要较长时间冷却才能闭合,这样触点闭合时间短,断开时间长,从而将偏高的电源电压降低为某一输出电压平均值。

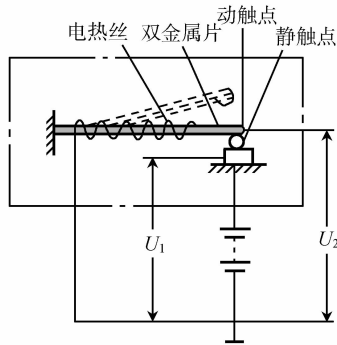


图 1-8 电热式仪表稳压器的的工作原理图

工作时电压波形如图 1-9 所示。

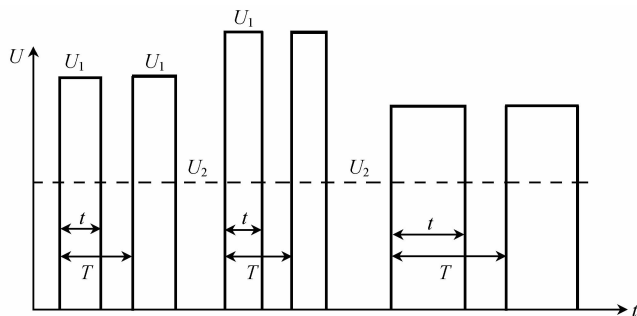


图 1-9 电热式仪表稳压器的的工作波形图

(3)使用中应注意的问题

- ①安装仪表稳压器时,两接线柱的接线不得接错。
- ②凡使用仪表稳压器的燃油表及水温表,不允许直接与电源相接,否则会烧坏仪表。



## 2. 电子式仪表稳压器

电子式仪表稳压器主要是采用汽车专用的三端集成稳压块,它具有结构简单、成本低、稳压效果好、使用寿命长等优点,故被广泛应用。图 1-10 所示为桑塔纳、奥迪轿车仪表板专用的三端式电子稳压器。1 为输出脚,⊥脚为搭铁,2 为电源输入端。该稳压器输出电压为 9.5~10.5V。

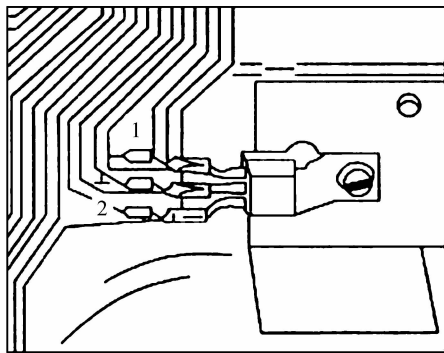


图 1-10 电子式仪表稳压器的结构图

## 1.1.7 数字式仪表

### 1. 数字式仪表的优点

随着现代汽车工业和电子技术的发展,汽车的环保性、安全性、经济性、智能化要求不断提高,驾驶员需要更多、更快地了解汽车运行的各种信息,常规指针式仪表已远远不能满足现代汽车技术发展的要求。因此,汽车数字式仪表的使用比例正在逐年增加。其优点为:

(1)能提供大量、复杂的信息,显示直观。为满足汽车排气净化、节能、安全性和舒适性的要求,汽车电子控制装置必须能迅速、准确地处理各种复杂的信息,并以数字、文字或图形显示出来,供驾驶员了解汽车的运行状况,并及时处理。另外,数字仪表显示终端能显示汽车的故障诊断、导航、定位等大量的信息。

(2)具有高精度和高可靠性。数字式仪表显示为即时值,故精度高,又因没有运动部件,故障率低,提高了可靠性。

(3)可满足小型、轻量化的要求。数字式仪表既可适用各种传感器和控制系统的电子化,又可实现小型轻薄化。既节省了仪表台附近的空间利用率,又可处理日益增多的信息。

(4)具有一表多用的功能。数字式仪表采用数字显示,既可用一组数字分时显示,又可同时显示几个信息,不必为每个信息设置一个指示表,故使仪表系统结构得以简化。

### 2. 常用显示器件

(1)发光二极管(LED) 它是应用最为广泛的低压显示器件,其实质是晶体管。如图 1-11所示。正、负极加上合适正向电压后,其内半导体晶片发光,通过带颜色透明的塑料外

壳显示出来。发光的颜色有红、绿、黄、橙等，可单独使用，也可用来组成数字、字母、发光条形码。汽车一般用于指示灯、数字符号段或点数不太多的光杆图形显示。如图 1-12 所示。

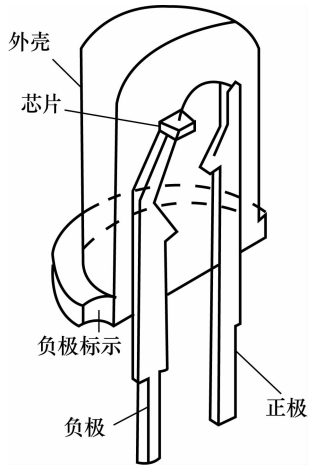


图 1-11 发光二极管的结构图

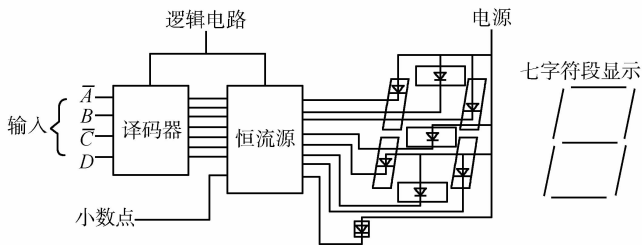


图 1-12 发光二极管构成的七字符段显示电路

(2)液晶显示器件(LCD) 液晶是一种有机化合物，在一定温度范围和条件下，既具有普通液体的流动性，也具有晶体的某些光学特性。如图 1-13 所示。它有两块厚约 1mm 的玻璃基板，基板上涂有透明的导电材料作为电极，一面电极为图形。两基板间注入  $10\mu\text{m}$  厚的液晶，再在两玻璃基板的外表面分别贴有偏光板，四周密封。当两电极通入一定电压时，位于通电电极范围内(要显示的数字、图形等)的液晶分子重新排列，这样，通电部分电极就形成了在发亮背景下的字符或图形。

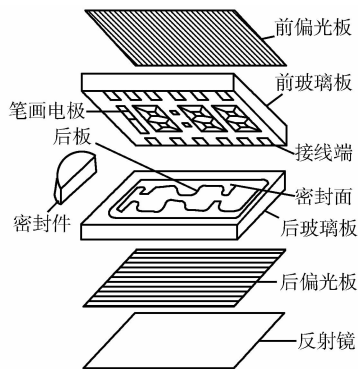


图 1-13 液晶显示器的结构图



由于 LCD 为非发光型显示器件，所以夜间显示必须采用照明光源，汽车上通常用白炽灯作为背景光源。

液晶显示器件具有工作电压低(3V 左右)、显示面积大、耗能少、显示清晰，通过滤光镜可显示不同颜色，在阳光直射下不受影响，电极图形设计自由度极高，设计成任何显示图形的工艺都很简单等优点，现被广泛应用在中、高档轿车上。

(3)真空荧光管(VFD) 真空荧光管实际上是一种真空低压管，它由钨丝、栅极、涂有磷

光物质玻璃组成。其发光原理与电视机中的显像管相似。如图 1-14 所示。当屏幕接电源正极,灯丝接电源负极时,便获得正向电压,电流通过灯丝并加热,在电场力的作用下发射电子,由栅极控制电子流加速,射向屏幕,当电子高速碰撞数字板荧光材料时,数字板发光,通过前面平板玻璃的滤色镜显示出数字。真空荧光管为发光型显示器件,具有色彩鲜艳、可见度高、立体感强等优点。但由于真空管需要一定厚度玻璃外壳制成,故障复杂的图形用 VFD 制作成本较高,体积大,汽车上它常用做数字显示器。

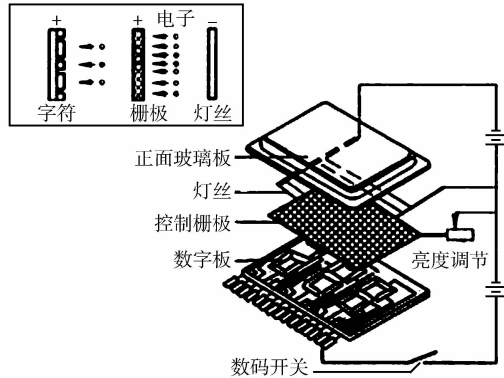


图 1-14 真空荧光管的结构原理图

### 3. 数字组合仪表

数字式组合仪表由各种传感器、微电脑、显示器三大部分组成。一般都具有自诊断功能,若仪表发生故障,则其故障代码会存放在组合仪表的 RAM 里,用专用仪器调试代码后,可以读出故障内容。如图 1-15 所示为杆图式数字仪表,仪表有车速里程表、发动机转速表、机油压力表、电压表、冷却液温度表、燃油表等;组合仪表不可分解,只有普通灯泡的指示灯可以单独更换。在保修期内应该整体更换组合仪表。

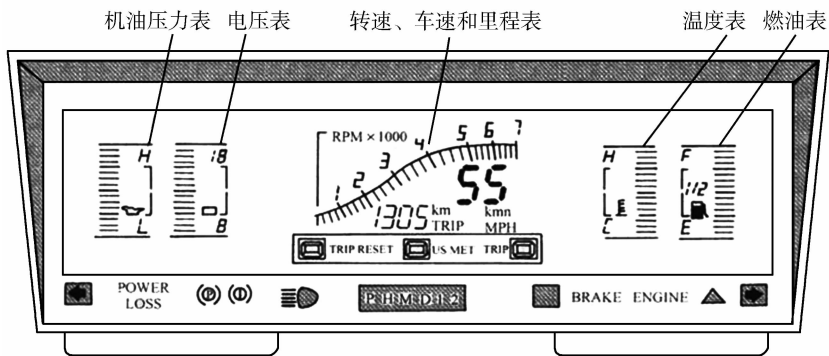


图 1-15 杆图式数字仪表