

第一章 现代汽车电器基础知识及检修方法

第一节 现代汽车电器基础知识

一、现代汽车电器、电子设备特点

现代汽车电器、电子设备的特点主要体现在功能集约化(组合化)控制电子化和连接标准化上。在分析电子线路的故障时,由于它总是与相关的电器设备相联系,所以,一定要了解电器、电子设备的一般特点。

1. 电器设备的一般特点

电器设备视其工作性质和种类的不同而各有其结构原理特点,在此简述分析检修电子线路之前应注意的特点。

(1)汽车一般设有总电源开关,且多为电磁式。

(2)汽车上有许多地方配置易熔导线(不是保险丝),以保护线束,而不是保护某个特定的电器。它与保险丝的不同之处在于其熔断反应较慢,且是导线的形式。由于某种原因导致其保护性熔断后,不能像保险丝那样容易发现,有些甚至在线束内,在分析故障时要倍加注意。

(3)除极个别情况外,所有进口车均是采用单线制连接,而以车身金属结构作为另一条公共导线。所有电器均以“搭铁”形式与其连接。

(4)原则上,所用电器均为低压大电流器件。

(5)即使是同一厂家的同一型号,也会由于出厂年度甚至月份的不同而有某些改进。

2. 电子设备的使用特点

(1)温度与湿度

温度的变化包括两个基本方面:一是进出使用温度即外界环境温度。在我国,这个变化范围大约是(-40~+50)℃(阳光下),二是条件使用温度,它是与汽车工作时间的长短、电子线路布置的位置及其自身的发热、散热条件等有密切关联的。就一般情况而言,发动机的温度可达100℃以上,仪表板内壁温度可达60℃以上,而排气管内温度可达600℃以上(排气含氧传感器即置于此)。对于电子元件来讲,这样高的使用温度往往是造成过热损坏的主要原因之一。除此之外,在寒冷地区工作的汽车,温度梯度变化较大,如汽车在寒冷地区启动后立即行驶时,各部分温度发生急剧变化,冷却液温从室外的-30℃到启动10min后升到+80℃左右,发动机油温也在启动30min后升到80℃左右。所以电子设备的安装要考虑到所安装位置的温度环境。

湿度的增加则会增加水分子对电子元件的浸润作用,使电子元器件的绝缘性能下降,加速老化。

(2) 电压的波动

电压的波动来自两个方面：

电源电压波动

在正常情况下 汽车电压 是波动的，在发动机未启动前或转速低于某值时，由蓄电池供电；在发动机转速超过一定数值时，发电机对外供电，用于用电设备和给蓄电池充电。由于蓄电池放电程度不同，其输出电压变化较大，同时发电机调节器是用通、断的方式来控制发电机励磁电流的，输出电压在标准电压附近上、下波动。这个波动范围应是从蓄电池端电压到调节器起作用的电压之间，例如使用 12V 电源的汽车，低温启动时其蓄电池端电压可低至 6~8)V 而发电机高速运转时 则可达 14.5V。

瞬时过电压

瞬时过电压是指由于电磁感应在短时间内产生的较高电压，也称脉冲电压。瞬时过电压产生的因素很多 主要是由于电器工作时的开 / 关过程、触点的断/合、点火脉冲等引起的。瞬时过电压的峰值虽然很高 但持续时间很短 对强电设备 如启动机、电喇叭等 危害不大，但对微电子设备及其元件危害较大。因此，在使用有电子控制装置的汽车时，需特别注意瞬时过电压的产生及其预防。

(3) 无线电干扰

电器间的相互干扰

现代汽车上的各个电器工作方式不同，因此，它们之间会以不同的方式彼此侵扰。上述点火、开 / 关等形式的脉冲 即是一种干扰。通常 所有汽车电器能在车上共同工作而不干扰其他电器的正常工作也能抵抗其他电器干扰的能力称为汽车电器的相容性。

事实上 由于汽车电器间的相互干扰不可避免 因此 对汽车电子电路来说 重要的是电磁相容性。任何因素激发出的电路中的振荡，都会通过导线等以电磁波的形式发射出去，不仅干扰收音机、通信设备，而且对车上具有高频响应特点的电子系统也会产生电磁干扰。因此 汽车上应用计算机、控制器 等 都应具有良好的电磁屏蔽措施，一旦屏蔽损坏 也会导致工作异常。

车外干扰

由车外收发两用机之类的无线电设备、雷达、广播电台等发射的无线电波 会干扰汽车上的仪器，使电子控制装置失控。

(4) 其他环境

振动和冲击是汽车行驶的特征 对电子设备的破坏是机械性的 会造成脱线、脱焊、触点抖动、搭铁不良等。

除此之外 还会受到水、盐、油及其他化学物质的危害 所以电子元件还必须在下列环境中进行试验，合格后方可安装：

浸水、结冰试验 检验电子元件对水浸、冰冻的承受能力。

耐盐试验：对汽车电子元件进行 5% 的盐水喷涂试验，检验对盐的耐腐蚀性。

灰尘、沙：沙尘会引起电器接触不良，或者吸收水分后附在元器件上引起漏电。

油与其他化学物质：要求汽车用电子元件不能因机油、机油添加剂、汽油和防冻液的影响而影响功用。

二、常用元器件与基本电路单元

1. 常用元器件

现代汽车电子电路由许多分立或集成的元器件组成，基本的元器件大致可分为三大类：电路元件、半导体器件、印刷电路板。电路元件有电阻器、电容器、电感线圈和变压器；半导体器件包括晶体管、晶体二极管和晶体三极管、可控硅和集成电路等。

(1) 电阻器

电阻器是利用金属或非金属材料制成的便于安装的电路元件。电阻器通常称为电阻。几乎在所有电路中，为了有效地控制电压和电流，都要用到它。其功能大致可归纳为降低电压、分配电压、限制电流、向各种电子电路元器件提供必要的工作条件（如电压、电流）等。

(2) 电容器

电容器是各种电路的主要元件之一。和电阻器一样，几乎每种汽车的电子电路都离不开电容器。电容器通常也叫作电容，其功能有：调谐、耦合、滤波、去耦、通交流隔直流等。电容器的种类很多，按其结构形式可分为三大类：固定电容器、可变电容器和半可变（微调）电容器。

电容器常见的故障有：击穿、短路（断线）、开路、漏电和容量减小四种。其中电解电容器的故障率比一般固定电容器高得多，击穿短路、漏电和容量减小均是电解电容器的常见故障。

检查电容器有无故障可在电路上进行，但要切断电源，先进行外观检查，若发现“流淌”——电解液外溢、“放炮”——电容器外壳和电容器分离等，说明该电容器已经损坏，可以焊开电容器的一个电极引线，或取下电容器，用万用表电阻挡进行详细检查，损坏、不能用的电容器应该更换。

(3) 电感器

电感元件是指电感器（电感线圈）和各种变压器。电感器也是电子电路最重要的元件之一，它和电阻、电容、晶体管等进行恰当地配合，从而构成具有各种功能的电子电路。电阻、电容和电感，一般称为无源元件（电子管、晶体管、集成电路等通常称为有源器件）。

电感器的精确测量往往要借助于专用仪表仪器，如电桥和 Q 表等。在没有这些测试设备的情况下，可以用万用表测量电感线圈的电阻值来大致判断其好坏。一般电感线圈的直流电阻都很小，约为零点几欧到几欧，低频扼流圈的直流电阻最多也只有几百至几千欧。当测量到线圈的电阻为无穷大时，表明线圈已经开路，如线圈内部断路或其引出端断线。高频线圈的故障也为开路居多，局部短路的现象较少。在检测电感线圈时，应注意将电感线圈与外电路断开，以免因外电路对线圈的并联作用而引起错误的判断。对于有开路故障的线圈，可以将它从电路中拆开，细心检查其引出端，或将线圈从磁芯上拆下，记下所绕的圈数。接好引出线后，再按原来的圈数、绕法重新绕好。对于蜂房线圈，在没有专用绕线机的条件下，可用卡片纸做成一个框架，然后用手工绕，亦可达到蜂房绕法的效果。

(4) 变压器

变压器是电子电路中广泛采用的无源器件之一。其功用是对交流电进行电压变换、电流变换或阻抗变换，也可用来传递信号、隔断直流等。

变压器的常见故障有开路和短路两种。对于开路故障，用万用表来检查很容易查出；而短路故障，通常也借助于万用表的电阻挡来检测变压器线圈的直流电阻进行分析判断。一般中、高频变压器线圈匝数不多，其直流电阻应该很小，通常在零至几欧之间。电源变压器和音频变压器由于线圈匝数较多，故其直流电阻可达几百至几千欧以上。必须注意，变压器线圈的直流电阻正常，并不能说明变压器没有故障。例如：电源变压器内部有少数线圈短路，可对其直流电阻的影响并不大，因而不易测出，但变压器的工作并非正常。高频变压器的线圈局部短路，更不易用测量直流电阻的方法加以判别，一般需要用专用测量仪器进行精确测量后才能做出正确的判断。

判断变压器线圈内部是否存在短路，可用以下方法进行检查：

空载通电法

在变压器初级线圈接通电源的情况下，切断变压器的一切负载，察看变压器的温升，如果烫手，说明其内部局部短路。若接通电源 15min ~ 30min 升温正常，则说明变压器线圈内部无短路故障发生。

串接灯泡法

可在变压器初级线圈回路中串接一只 220V/100W 的灯泡。在接通电源后，此灯泡亮，但只发微红光，则说明该变压器工作正常；若灯泡很亮或较亮，表明线圈内部有局部短路现象。

(5) 继电器

继电器是自动控制电路中常用的一种元器件，如果将其合理地组合，还可构成逻辑电路和时序电路。

继电器属于开关的范畴。它是利用电磁、机电原理或其他（如热电或电子）方法，实现自动接通或断开的，或一组接点，以完成电路开与关的功能。常见的继电器有电磁继电器、干簧继电器和双金属片继电器，另外还有电子继电器。

在更换电磁继电器时，应注意以下几点：

电磁线圈的额定电压和电流应该与原继电器相同（其最大允许误差为 $\pm 10\%$ ）。

继电器的接点电流应满足电路的要求。

继电器的接点数目必须足够。

如果原继电器只是电磁线圈断路，可以重新绕线圈，不必更换继电器总成。

在对电子继电器进行检修时，除需认真检查电磁线圈和接点外，还应仔细检查电子元器件，必要时应该对其进行测试和更换。

(6) 晶体二极管与稳压管

晶体二极管与稳压管属于半导体器件。半导体按其导电类型的不同，分为 P 型半导体和 N 型半导体两种。如果把一小块半导体的一边制成 P 型，另一边制成 N 型，则在 P 型半导体和 N 型半导体的交界面处就形成 PN 结。晶体二极管实际上是由一个 PN 结构成。

晶体二极管的种类很多。按其用途分有检波二极管、整流二极管、稳压二极管、开关管和光电管等；按其结构分主要有点接触型二极管和面接触型二极管两种。

(7) 晶体三极管

晶体三极管的分类方法很多，按其内部结构分，可分为点接触型和面接触型三极管；按其生产工艺，又可分为合金型、扩散型、台面和平面型三极管等。通常从应用角度，按其工作

频率来分,有低频三极管、高频三极管和开关三极管,按其功率来分,又有小功率三极管、中功率三极管和大功率三极管。从其外形结构上看,还有小功率封装、大功率封装,以及塑料封装等多种晶体三极管。

(8)可控硅和单结晶体管

可控硅是一种能作强电控制的大功率半导体器件,它实际上是一种可控的导电开关,能在弱电信号作用下,可靠地控制强电系统的各种电路,完成人们预想的或所要做的工作。因此,可控硅已经成为实现工业电器自动化不可缺少的重要元件之一。

单结晶体管具有一个PN结和三个电极,即一个发射极和两个基极,所以又称为双基极二极管。它具有一种重要的电性能,即负阻特性。利用这种特性,可以用单结晶体管组成张弛振荡器、多谐振荡器、阶梯波发生器以及定时器等多种脉冲电路。在汽车电子电路中,通常采用单结晶体管组成触发电路,产生尖顶脉冲波,用来触发可控硅。

(9)集成电路

集成电路是利用半导体工艺将一些晶体管、电阻、电容以及导线等制作在一块很小的半导体材料或绝缘基片上,从而形成一个完整的电路,并封装在一个特制的外壳当中。由于集成电路具有体积小、重量轻、可靠性高以及造价低等一系列优点,所以在汽车领域中已有广泛的应用。

(10)热敏元件

汽车上使用热敏元件的地方很多,主要用于仪表、保护、稳压等环节上。

现代汽车使用的热敏元件主要是热敏电阻,这是一种阻值随温度改变的电阻器。随温度的升高而阻值减少的称为负温度系数型(即NTC元件),随温度升高而阻值增加的称为正温度系数型(即PTC元件)。图1-1所示为PTC与NTC电阻器的特性曲线。

由图中可知,当温度升高至某一定值 t_1 后,PTC型电阻的阻值迅速上升,接近于开路状态,所以PTC电阻具有温度“开关”作用,可用在座椅加热、后挡风玻璃除霜器等电热装置中,还可保护小功率电机,也可用PTC电阻作为油量传感器。

而NTC电阻的温度特性比较平缓,阻值不随温度的变化而发生突变,这样可以利用它在某一范围内线性较好的特性,用于电子电压调节器的温度补偿,使调节电压随温度上升而下降(蓄电池充电的要求),也可用于水温、排气温度等参数的精确测量。

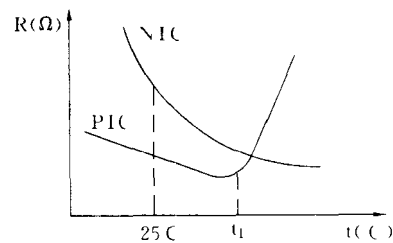


图 1-1 热敏电阻的特性曲线

(11)光敏元件

常见的光敏元件有光敏电阻、光敏二极管和光敏三极管等。在装有自动变光开关的汽车上,通常用光敏元件作为光传感器;也有的汽车用光敏元件做传感器,用于点火电路。

光敏二极管和三极管的特性有如 NTC 电阻,其PN结间的等价阻值随光线的增强而减少,即表现为从截止向导通转化,而且光照越强,呈现的阻值越小,集电极电流越大。它们的特性曲线如图1-2所示。

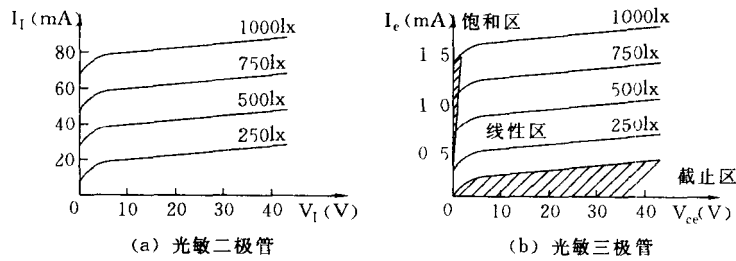


图 1-2 光敏管的输出特性

2. 连接器及其代号

连接器是汽车电器系统中既简单而又不可缺少的元件，各连接器在汽车中的实际位置是连接图的一个重要内容。

按照插头与插孔的关系，连接器分为插座连接器（也叫阴连接器、母连接器）和插头连接器（也叫阳连接器、公连接器）。

按照连接器是否直接与元件相连，又分为直接连接型式（连接器与元件直接相连）连接器、配线连接型式（连接器与元件的引线相连，连接器和中间连接器、阴、阳连接器相接）。

连接器的代号由两部分组成，一是与所连接线束相应的位置分类符号；二是连接器所特有的数字代号，是连接器的顺序号，各顺序号在配线图中按顺时针方向排列，整个接线图中使用同一连接器顺序号，以便于寻找连接器的位置，如图 1-3 所示。若图中有许多连接器集中在一个位置时，为了便于辨别，需要表示出连接器的颜色。

许多车型资料中连接器的位置分类符号不统一，例如：三菱车和索那塔车的连接器位置分类符号分别如表 1-1 和表 1-2 所示。

表 1-1 三菱车连接器位置符号

符 号	位 置
A	发动机室
B	变速器
C	仪表板
D	仪表板和落地操纵箱
E	地板和车顶
F	车门
G	大后门和地板下面后侧

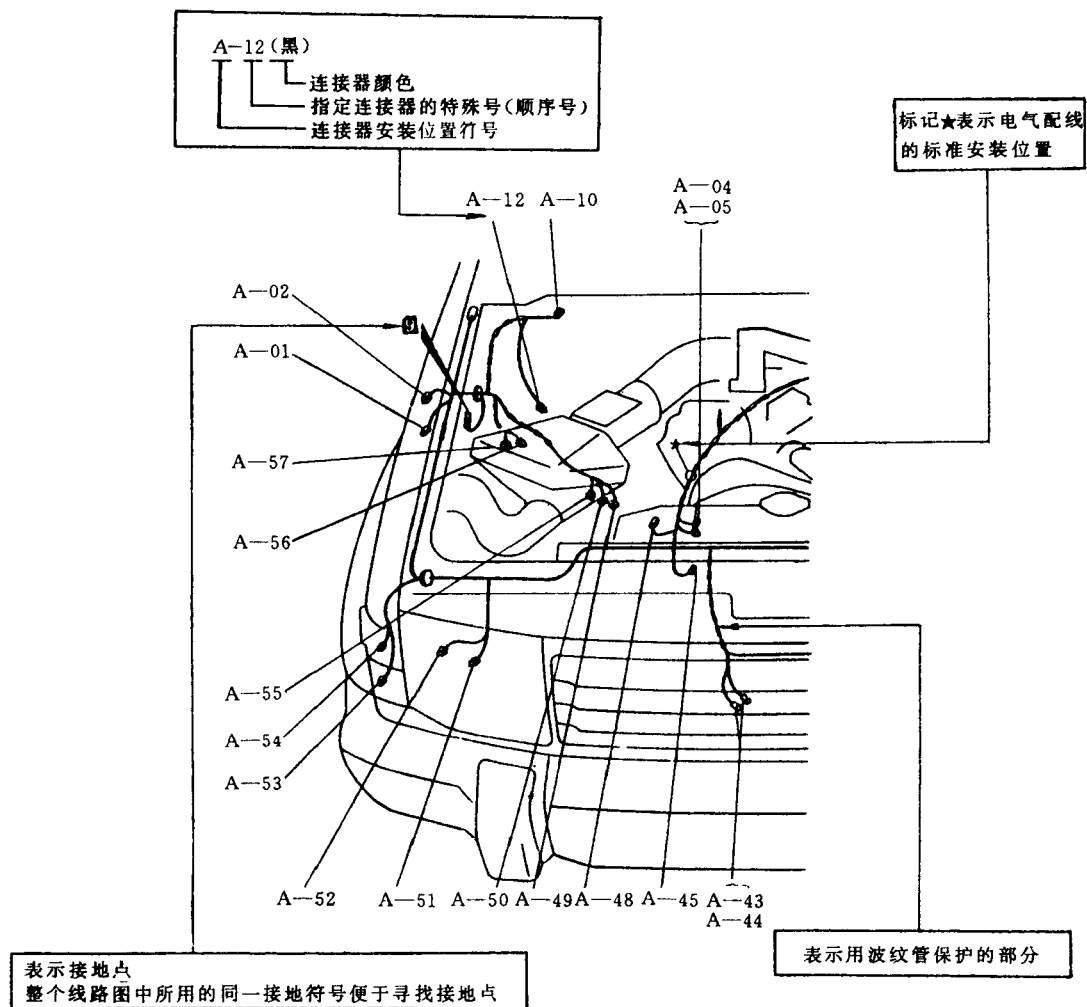
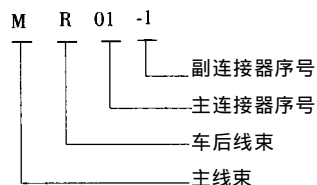
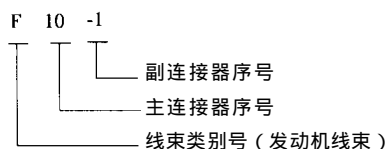


图 1-3 三菱车发动机室的连接器序号排列

表 1-2 索那塔车连接器位置符号

连接线束名称	位置	符号
发动机及其引伸线束	发动机仓	E
主线束及其引伸线束	乘客仓	M
控制线束(ECM)	发动机仓	C
TCM 及其引伸线束	发动机仓	T
地板、行李仓盖、车后及其引伸线束	乘客仓与行李仓	R
防撞垫、仪表板及其引伸线束	防撞垫下	I
车门及其引伸线束	车门	D

Sonata车型的某两个连接器代号为 E10-1 和 MR01-1 其具体含义可以从下述内容中得知：



3. 基本电路单元

任何一个复杂的电子电路，都是由许多个基本的电路单元构成，这些独立的单元电路能完成某种特定的功能，熟记这些单元的形式可将复杂的电路化简，使电路分析得以简化。

(1) R - C 电路单元

图 1-4 所示为典型的 RC 电路单元及其电压、电流特性曲线。

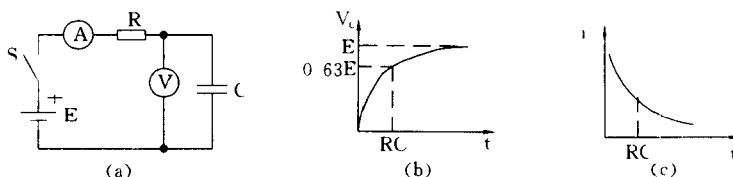


图 1-4 RC 电流电压及其特性

从图中可见，虽然电容 C 的电流可以突变，即在开关 S 闭合的瞬间 ($t = 0$) 电流可以从零跳跃到最大值 (图 1-4(c)) 但 C 两端的电压却不能突变，必须经过一定的时间才能达到电源电压。这个过程称为电路的过渡过程。通常定义当电压达到 63% 的电源电压时所需的时间为 RC 电路的时间常数，这个常数在数值上为：

$$T = RC$$

进口汽车的电子电路，在刮水器间歇控制、电喇叭、防盗装置中常利用这个单元作延时或振荡之用，也常用它于点火性能的改善。

(2) LR 电路单元

如图 1-5 所示在直流回路中电感两端的电压虽然可以突变但电流却不可以突变 (点火线圈正是利用这一原理工作的)。同理，将电流上升到饱和值 E/R 的 63% 时所需要的时间为 LR 电路的时间常数：

$$\tau = L/R$$

分析点火系性能时，常利用这一电路单元。进口汽车电路中也常见其用于电路扼流、滤波、抗干扰等。

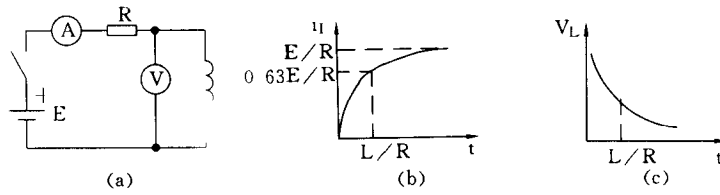


图 1-5 LR 回路单元及其特性

(3) LRC 电路单元

如图 1-6 所示，随该单元的参数不同而可以有各种过渡状态。在一定条件下，点火系统的电路单元可以简化为这一回路。需要指出的是，图 1-6(b) 中所示的振荡过程解释了点火脉冲以及汽车电路中其他具有开关过程的电器容易在汽车电子电路中形成有害过电压的原理。

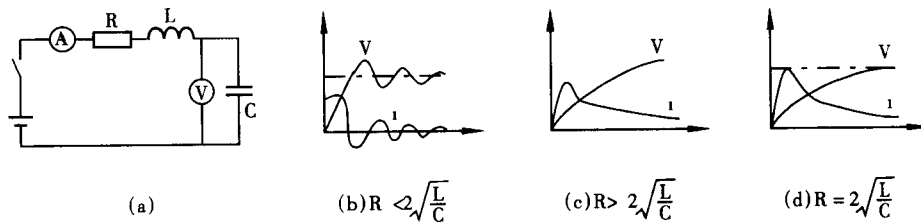


图 1-6 LRC 电路单元及其特性

(4) 晶体管开关电路

图 1-7 所示为典型的晶体管开关电路及其特性。

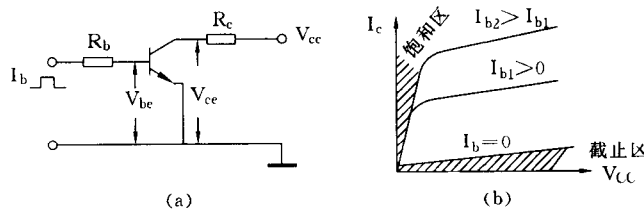


图 1-7 晶体管开关电路及其特性

众所周知，晶体三极管有饱和、放大和截止三个状态。当基极 b 与发射极 e 处于反偏，即 $V_{be} < 0.6V$ 或 $I_b \leq 0$ 时，它处于高阻状态，相当于开关断开。此时，即使提高电源电压 V_{cc} ，也只有很小的漏电流。而当 be 结正偏置， I_b 大于一定值时，则它迅速导通并进入饱和，在很大的集电极电流 I_c 下， V_{ce} 都很小（只有零点几伏）因此相当于开关接通。

晶体管点火系就是利用这一基本单元，再经过性能扩充完善而成。晶体管电动汽油泵电路、无触点喇叭等电路中也应用了这一单元。

(5)可控硅开关电路

图 1-8 所示为典型的可控硅开关电路。在该电路单元中，可控硅看作是一个二极管，但它的导通需要有一个触发脉冲。一旦触发，则其导通状态与控制极是否有电流和电压无关，而只取决于流过其阴阳极（即主回路）间的电流大小。关断它的条件是阴阳极反偏或回路电流小于维持电流。

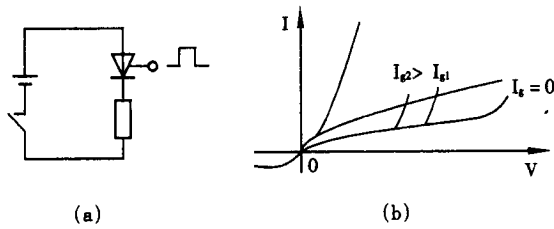


图 1-8 可控硅回路及其特性

某一稳定的状态不变。

该电路单元是进口汽车电路中最常见的电路单元之一。由于其振荡周期可以方便地调整 因此 它可用于闪光器、间歇刮水器、电喇叭电路等。它可如图 1-9 由分立元件组成 也可以由集成电路组成。

可控硅电容放电点火系运用这一电流单元的开关原理作切断点火线圈初级电流用。一些进口车上的刮水器，也用它作间歇刮水控制和供电系过电压保护等。

(6)无稳多谐振荡电路

图 1-9 所示是标准而最简化的无稳多谐振荡电路单元。所谓无稳态，是对两只晶体管 T_1 和 T_2 的状态而言，即它们都不能维持在

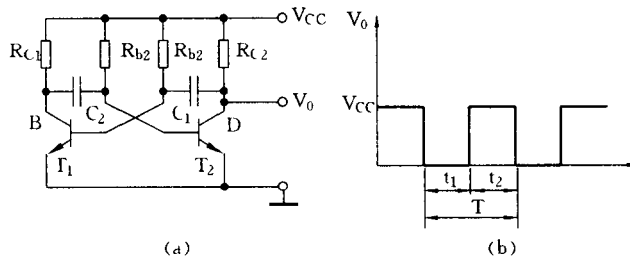


图 1-9 无稳多谐振荡电路单元及其输出特性

(7)单稳多谐振荡电路单元

图 1-10 所示为单稳多谐振荡电路单元及其输出特性。单稳振荡电路单元有一个稳定状态 当无外加输入电压 V_1 时 单元始终处于这一状态 即 T_1 截止， T_2 始终饱和， V_0 无输出。当输入一个负脉冲后 则 T_2 截止， T_1 饱和，但 T_2 截止后， C_2 经 $T_1 \rightarrow$ “地” $\rightarrow V_{CC} \rightarrow R_{b2}$ 放电 然后由 $V_{CC} \rightarrow R_{b2} \rightarrow C_2 \rightarrow$ “地”反充电 充至 T_2 的基极电位大于 $0.6V$ 以后， T_2 又导通直至饱和 单元重回稳态。可见 其输出脉冲宽度：

$$t_p = 0.7R_{b2}C_2$$

由于其宽度一定，而方波形状完美，因此常用在汽车电子系统中的波形整形或变换。

三、电器设备总线路

汽车电器设备总线路是将电源、启动系、点火系、照明系、仪表及辅助装置等，按照它们各自的工作特性和相互的内在联系，通过开关、导线、熔断器等联接起来 构成一个整体。

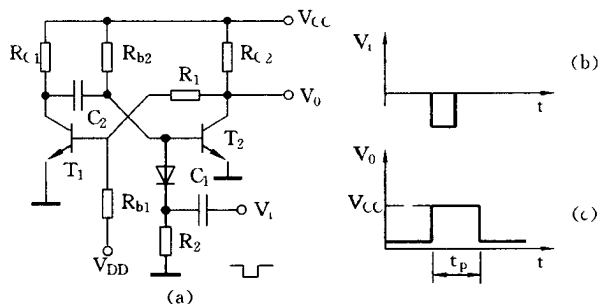


图 1-10 单稳多谐振荡器及其输出特性

1. 电器设备总线路的连接原则

汽车上的各种装置繁多，电路密集纵横交错，尤其是现代汽车电器设备的数量日趋增多 电路复杂程度差异甚大 但从总体上看 不同车型的总线路存在许多共同之处，一般都遵循以下几个原则：

(1) 电器设备间均为并联

开关、熔断器均串联在电源和相应的用电设备之间，电流表串联在供电电路上，电器仪表与其传感器之间串联。

(2) 单线制

现代汽车上的所有电器设备的正极均用导线连接 该导线通常称为“火线”而负极则与车身金属相连 称之为“搭铁”。个别电器设备为保证工作可靠 采用双线连接方式 如发电机与调节器之间的连接。

(3) 现代新型汽车全部采用负极搭铁。

(4) 双电源

蓄电池与发电机接在电流表两端，如果线路为负极搭铁，蓄电池正极接电流表“-”端，交流发电机“电枢”接线柱和电流表“+”极连接。用电量大的用电设备 如启动电机、耗电量大的喇叭等，工作时不经过电流表，因此要接在蓄电池和电流表之间的电路上。其余需要通过电流表的用电设备都通过点火开关或电源开关与电源并联在电流表“+”端。

(5) 各电器设备均根据其用途装在车辆上大致相同位置，所以整个电器线路的走向和布局大致相同。

2. 电路的线束

为了使汽车上繁多的导线整体美观不凌乱，接线安装方便，以及保护绝缘层不易损坏，汽车上都将同路的导线用棉纱编织带或塑料带包扎成束，称为线束。同一种车型的线束在制造厂里按车型设计制造好后，用卡簧或绊钉固定在车上的即定部位，其插头恰好与各电器设备的接线柱附近，安装时按线号装在与其对应的接线柱上，便完成了线路的连接工作。各种车型的线束各不相同，同一车型的线束按发动机、底盘和车身部分可以有多个线束。

3. 电路图的读法

汽车电路一般是由充电电路、启动电路、点火系电路、灯系电路、仪表电路等分电路组成，所以看电路时应从各分电路入手。

因此，读图的第一步是先看全图，把一个单独的电路系统框出来，不能漏掉，也不能多画。一般地讲，各个电器系统只有电源和总电源开关是公用的，任何一个系统都应是一个完整的电器回路（即包括电源、开关和保险）（电器或电子线路）导线等，并从电源正极经导线（对正极搭铁汽车则为搭铁）开关、保险至用电器后经搭铁（对正极搭铁者为导线）最后回到负极。这种分析方法称为“回路原则”。

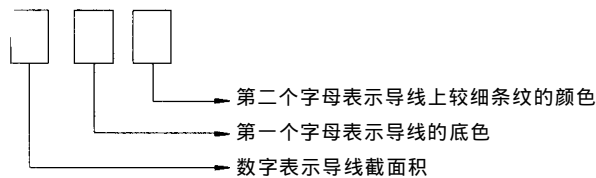
读图的第二步便是分析各个系统图的工作过程和相互关系，应特别注意开关（包括继电器触点）的工作状态，大多数电器系统都是通过它们的状态而改变回路从而实现不同的功能的，例如变光开关即是通过开关挡位的置换而接通不同的灯（四灯制）或不同的灯丝（两灯制）工作的。

在标准画法的线路图中，开关触点总是位于零点或静态，即开关处于断开状态或继电器线圈处于失电状态。晶体管、可控硅等具有开关特性的元件的导通与截止状态视具体情况而定。

4. 电器配线图的读法

(1) 概述

电器配线图主要应正确识别图上标注的符号，用来表示导线的截面和颜色，由数字和字母符号组成：



当前各国汽车接线图上采用的数字标记含义均相同，都是指 mm^2 数，而标记颜色的字母则因母语不同而有区别，国际标准化组织 (ISO) 以英文规定，美国、日本及我国也采用英文字母，德国采用德国字母，前苏联用俄文。

配线截面积在 4mm^2 以上的采用单色，在 4mm^2 以下的均采用双色，搭铁线均为黑色。汽车配线的颜色与代号见表 1-3，汽车电系各系统的主色见表 1-4。

表 1-3 汽车配线的颜色与代号

配线颜色	黑	白	红	绿	黄	棕	蓝	灰	紫	橙
代号	B	W	R	G	Y	Br	Bl	Gr	V	O

表 1-4 汽车电系各系统的主色

序号	系统名称	主色	颜色代号
1	电源系统	红	R
2	点火、启动系统	白	W
3	雾灯	蓝	Bl
4	灯光、信号系统	绿	G
5	防空灯及车身内部照明系统	黄	Y
6	仪表、报警系统、喇叭系统	棕	Br
7	收音机、电钟、点烟器等辅助系统	紫	V
8	各种辅助电动机及电器操纵系统	灰	Gr
9	搭铁线	黑	B

表 1-5 是进口汽车导线的规格。

表 1-5 进口汽车低压导线规格

连接部位	号数	直径 (mm)
蓄电池至起动机(轿车)	1	7 348
起动机至电流表	10	2 588
发动机至蓄电池	10	2 588
大灯开关至电源	12	2 053
大灯开关至变光器	12	2 053
各指示灯、小灯	16	1 300
点火系低压线	14	1 628
电喇叭	14	1 628
空调系统电路	14	1 628
各部搭铁引线	16	1 300

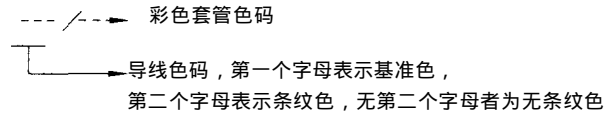
(2) 日本汽车配线常用颜色

进口的欧洲汽车上，哪个电器系统能使用什么色码作导线的基准色（即专用主色调）并不统一，因此，单凭导线的色码难以判别线束的归属。但在日本汽车上，则每个电器系统的导线都各有基准色。例如，黑色线（可带异色条纹）专用作启动及点火系，红色线专用作照明电路，并可用于辅助电器系统等，详见表 1-6。

表 1-6 日本汽车各电器系统用线的规定色码

电 系 统 \ 色 码	基准色	或选基准色	辅助色(条纹色)
启动与点火系	B	-	W、Y、R、L
供电系(充电电路)	W	Y	B、R、L
照明	R	-	B、W、G、L
信号	G	Lg、Br	B、W、L、Y
仪表	Y	-	B、W、G、L
辅助电系	L	R、Y、Br	B、W、G、Y
搭铁	B	-	-

有些日本车，特别是比较高级、用线比较多的车型上，往往还在导线接头处套有彩色套管。此时，标记的形式为：



例如 WR/Y 或 WR/Y，表示的是带有红条纹的白色导线，套有黄色套管。从表 1-6 知，它是充电电路用线。

5. 线路故障及检查方法

(1) 定义

汽车电器系统与汽车其他总成部件一样，处在复杂多样的气候条件、强烈的振动、灰尘和油垢以及不同的操作保养水平之下运行，加上本身设计制造方面的原因，工作了一定的行驶里程之后，必然会出现这样或那样的故障。

所谓电路故障，就是指电路的局部或整体丧失了工作能力，不能完成预定的任务。比如发电机与调节器正常工作时其输出电压应在 $14V \pm 0.5V$ (12V 制) 或 $28V \pm 0.5V$ (24V 制)，且有足够的输出电流。当电压过高、过低或输出电流不足，则说明充电电路有了故障。

(2) 电路故障的种类

电路故障按发生时间的长短可以分为渐发性故障和突发性故障。渐发性故障所发生的周期较长，故障程度有从轻到重、从弱到强的过程，它们多是由于零件运行中的摩擦和磨损引起，如点火断电器凸轮磨损引起某缸缺火、启动机扫膛等。突发性故障多由电路的短路或断路所引起，如前照灯突然不亮、发动机突然熄火。

电路故障按其対机器功能影响的程度可分为破坏性故障与功能性故障。破坏性故障是电器总成或部件因故障而完全丧失工作能力，不更换或大修不能继续工作，如灯泡灯丝烧断、集成电路调节器击穿、发电机定子线圈烧焦等。功能性故障是指电器总成功能降低但未完全丧失工作能力，属于非破坏性故障，经过调整或局部检修可恢复其功能，如点火断电器触点烧蚀、间隙过大或过小等。

(3) 线路故障产生的原因及实质

线路故障产生的原因主要有以下几点：

正常运行中产生的摩擦、磨损或疲劳。比如启动机转子轴与铜套采用黄油润滑，常因二者磨损而使驱动小齿轮与飞轮齿圈不能正确啮合引起顶齿、打齿现象。有些开关特别是组合开关的塑料件，常因磨损过甚而使开关铜片运动轨迹改变而不能到位，引起开关通、断不可靠。

环境因素。汽车在不同地理、气候、地形条件下常会出现各种不同的故障。严寒地带常因润滑油粘度成倍增加，启动阻力加大，蓄电池早期损坏；炎热地带汽车电器会因机件高温、塑料件和绝缘材料加快老化而使可靠性下降；酸雨、盐雾地区易使零件腐蚀等。

人为因素。正确规范地驾驶运行，及时而合格的保养、清洁和调整，能够显著地延缓机件磨损，减少渐发性故障。渐发性故障的减少，也会大大减少突发性故障的产生。

设计制造因素。电路元器件因设计的合理程度、构思的精巧、严谨及制造工艺、材料

性能、加工装配质量的高低，直接影响到电路元器件的故障率。

线路故障的种类和现象是多种多样的，但其实质可以分为机械性故障、电器性故障、机电综合故障。这三类故障互有区别，又互相联系，不能孤立地去看。

机械性故障。常因装配不当和磨损引起松动、冲击或卡住。如轴承磨损引起发电机、启动机扫膛；开关不能定位，弹簧失效，引起触点接触不良；轴类弯曲，引起跳动量过大等。机械性故障持续到一定时间便会引起电器故障，如扫膛引起电动机电枢线圈短路，触点间隙过大而使点火初级电路不能接通等。

电器性故障。这主要是电路上产生了短路或断路，或接触不良（轻微断路）或漏电。例如，发电机过载引起整流二极管短路，过电压引起调压器末级开关管击穿断路，触点烧蚀而不导电，电容器击穿而不能储存电荷，电感线圈匝间或层间短路或与机体搭铁，高压绝缘元件击穿漏电，蓄电池极桩松动或腐蚀引起不导电，电源电压过高过低，磁性元件的磁通量削弱或增强 电路参数如频率、相位发生变异。

机电综合故障。在电器元件中，电路是依托在机械结构上的，由于机械磨损、松旷或弹簧力量不足而导致电路接触不良，这类故障解决的根本办法是恢复机械结构的完整性。

在判断电路故障时，人们有时光着眼于电路或电路图是不够的，单纯重视电路而忽视机械结构或处理故障时对机械结构处理不彻底，都会重新发生机械性和电器性故障。

(4)线路故障诊断原则及方法

为了提高判断线路故障的准确性，缩短查找线路的时间，防止增添新的故障，减少不必要的损失，不论是靠人工感觉去判断还是借助仪表测灯、仪器去检测，根据广大实践者的多年经验应遵循下列原则：

- 胸有“成图”联系实际；
- 查清症状，仔细分析；
- 从简到繁，由表及里；
- 探明构造，切忌随意；
- 回想电路，结合原理；
- 按系分段，替代对比；
- 逐一排除 经验可靠。

前已述及 电路故障的实质不外断路、接触不良（轻微断路）、短路、漏电（轻微短路）等，按其故障的性质可分为机械性故障、电器性故障、或综合性故障。当电路发生故障时，其实是电路的工作原理的正常运行受到断路或短路的障碍，判断分析故障的过程，也就是运用电路原理图（结合汽车电路的实际，最好是电路线束布置图）推断故障部位的思维过程。由于汽车电路越来越复杂，单凭经验或习惯已远不够用。准确、迅速的办法是先把电路搞清楚，最好能有该车的电路原理图（或相近车型的电路原理图）以电路图为参考依据，以线路实体为根本，同一故障可以有许多的分析判断方案，有不同的方法和手段，但无论如何都是其工作原理在不同角度上的应用。

判断故障首先应考虑到的几个大的方面有：电源是否有电；线路是否畅通（即电线、开关、继电器触点、电线插接器接触是否紧密）用电器是否正常等。围绕这几个方面判断就能较快地缩小范围、节省时间。

检查电源是否有电

简易的方法是在电源火线的主干线上测试 如蓄电池正、负极之间 启动机火线接柱与搭铁之间 交流发电机电枢接柱与外壳搭铁之间 熔断器盒的带电接头与搭铁之间。

测试工具可用试灯，最好是 20W 或 60W 的 12V 灯泡，可以装在壳内以防碰碎 24V 柴油车则采用 24V 同功率的灯泡为宜。功率太小（如 1W 仪表灯泡）只可以测试某点是否有电，而其接触压降往往测试不出来，这种 20W ~ 60W 灯泡对于测试断路也很有用，可以用其作为导线 短接断路点 将负载电流小的电器与电源连接起来 又不会产生很大的电流

测试中还可以利用导线划火，或拆下某段电线与搭铁作短促的划碰，实质是短暂的短路。这种做法比较简单，但对于某些电子元件和继电器触点有烧坏的危险。在 24V 电路中 短路划火会引起很长的电弧且不易熄灭 在汽油车上则易引起火灾 应当慎用。

测试最精确的当然是仪表，如直流 30V ~ 50V 电压表 直流 30A ~ 100A 电流表，测试电压、电阻和小电流用数字万用表最方便。

检查线路是否畅通

看电源电压能否加到用电设备的两端以及用电器的搭铁是否能与电源负极相通，可用试灯或电压表检查，如果蓄电池有电，而用电器两端没电，说明用电器与蓄电池火线之间或用电器搭铁与蓄电池搭铁之间有断路故障。在检查线路是否畅通的过程中应注意以下几点。

熔丝的排列位置及连接紧密程度。现代汽车电路日趋复杂，熔丝多至数十个，哪个熔丝管哪条电路一般都标明在熔丝盒盖上 如未标明 不妨由使用者自己查明写在上面 熔丝有用熔体或铅丝代替的，甚至有用细铜丝代用的，在不超过允许熔断电流的情况下，可以暂时应急 但必需连接紧密

插接器件接触的可靠性。优质的插接器件拆装方便，连接准确，十分可靠。在有些复杂的汽车电路中，一条分支电路就要经过 3 ~ 6 个插接器才能构成回路。由于使用日久，接触面间积聚灰尘、油垢，或潮湿生锈就会发生接触不良的可能。在判断线路是否畅通时，如有必要，可以用带针的试灯或万用表在插接件两端测试，也可以拨开测试。

开关挡位是否确切。有些电路开关如点火开关、车灯开关、转向灯开关、变光开关 由于铆钉松动、操作频繁 磨损较快而发生配合松旷 定位不准确 挡位手感不强、甚至切换错误，在线路断路故障中所占比率较高。

电线的断路（短路）与接线柱的关系。接线柱有插接与螺钉连接等多种，电器元件本身的接线端是否坚固 有些接线柱因为接线位置关系 操作困难 形成接线不牢 时间长了便发生松动，如电流表上的接线。有些电线因为受到拉伸力过大或在与车身钣金交叉部位磨损而短路或断路 蓄电池的正极桩与火线之间 负极桩与车架搭铁之间 因为锈斑或油漆 都容易形成接触不良。

检查电器自身是否正常

如果电源供电正常，线路也都畅通而电器不能工作，则应对电器自身功能进行检查。检验的方法通常有以下几种：

就车检验。优点是方便、迅速，但易受车上其他因素的影响。如检验点火线圈是否正常，要接通点火开关，拨动断电触点，看高压电火花。检查发电机是否发电，可以观察电流表、充电指示灯，也可以熄火后取下“B”柱上的接线，在运转状态下，用灯泡或电压表测试其与搭铁之间的电压。

在车上也可以用仪表检测一些电器元件，比如可以用欧姆表测量点火线圈一次电阻和二次电阻以判断其好坏。当一次线圈初级电阻为 1.3Ω ，二次线圈电阻中央高压线插孔与“启动开关”接柱之间为 $(6\sim 7)\Omega$ 时则为正常。交流发电机二极管组的正/反向电阻、励磁线圈的阻值及线圈是否与机体搭铁，也都可以就车测试。

从车上拆下来检验。当必须拆卸电器内部才能判断电路故障时，则需将电器从车上拆下来单独检测。单独检验某一电器是将其周围工作条件进行“纯化处理”，使故障分析的范围大大缩小。如发电机电枢组是否烧坏、前后轴承是否松旷等都要拆卸检测。

有些电器设备，仅用仪表作静态检查还不能发现本质问题，必须进行动态检测。如 CA1090 汽车发电机的发电能力就要在试验台上，将其驱动到 $2500\text{r}/\text{min}$ 并接通负荷。如果能保持 14V 电压并输出 50A 电流则算合格。启动机的制动力矩为 $24\text{N}\cdot\text{m}$ ，功率为 1.5kW ，只有在制动状态下才能测知。电器试验台是模拟电器在车上工作的主要环境指标（如转速、负荷）检验电器的装置。

(5)常用的检测故障手段

感觉判断。通过人的眼、耳、鼻、手、身体等感觉器官，观察和感知电器设备的工作状态、异响、温升、气味、颜色、火花、冒烟及其他参数与正常状态和参数进行比较，来判断电器设备工作状态的好坏。

现在有不少测试仪器可以对发动机底、盘电器设备的状态进行不拆卸检测，并且在荧光屏上显示其变化的波形。如 QFC-4 型发动机不拆卸检测仪便可对汽油机的启动电流、启动时的蓄电池电压变化、气缸压力及其点火提前角、触点闭合角、各缸点火次级电压进行观察，通过屏幕显示波形、通过数码管定时显示状态参数，通过打印机随时记录数据和波形。

②替代比较。将怀疑有故障的电器总成换用良好的电器总成，如果该电路的工作状态由不正常变为正常，则表示原电器总成有故障；如果换上良好的电器总成之后，该电路仍然不正常或不工作，则说明原电器没有问题。

用试灯检查。前已述及，用 12V 、 20W 灯泡或 60W 灯泡作为检测工具，经济方便。在 24V 制柴油车上则要用 24V 、 20W 或 24V 、 60W 灯泡作为检测工具。这种试灯一端与火线接触，另一端与搭铁用鱼夹固定，经灯泡产生 2A 或 5A 电流，既能测知某点是否有电，又能查出线路接触是否良好（因其电流适中）。

用电线刮火。要知道电器某个接线柱是否有电，可以将该接线柱拆下来对搭铁刮火，也可以用另一根临时电线，一端搭铁，另一端对此接线柱刮火。这种方法只用在没有电子元件的电器上，刮火时间要极为短促，以免损坏内部器件和烧蚀电线。并要清除刮火处的油渍，特别是汽油。如果要检查点火线圈接点火开关的电线（CA1090 汽车为 7 号红白线），可以将其拆下对机体刮火（此时点火开关在 I 挡）如有强火花表明这段电路正常，若火花微弱或无火，表明这段电路某接线柱（如点火开关插接器或电流表接柱等）连接松动或锈蚀太脏，或有断路之处。

⑤短路试验。用一字旋具或导线将某段电路短接，让电流从一字旋具或导线上经过，取代被短接的电器元件，如果工作恢复正常，则说明被短接的电器内部断路。

如怀疑暖风电动机开关 53 接触不良（参考 CA141 汽车电路原理图第六段暖风点烟）可以在测知 48 号灰线有电的情况下，用电线将 48 号灰线与 51 号棕线接柱短接，以取代暖风开关，如果暖风电动机旋转，说明高速挡铜片接触不良；若将 48 号灰线与 50 号蓝线短接，暖