

汽车电气构造、原理与检修（上）

汽车电气设备

QICHE DIANQI GOUZAO、YUANLI YU JIANXIU(SHANG)
QICHE DIANQI SHEBEI

主编◎ 赵振宁

主审◎ 李春明



汽车电气构造、原理与检修（上）

汽车电气设备

主 编 赵振宁

副主编 孙雪梅 徐 磊

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书共分八章,第一章为电气系统基础知识,介绍了汽车电路的两种类型、电路故障名称,电子元件的使用、组成电气系统的一些基本元件;第二章为汽车检测工具和仪器的使用,讲解了数字万用表、模拟万用表和示波器的使用;第三章为汽车电源系统,讲解了蓄电池、发电机、几种不同的点火开关、供电控制和双蓄电池系统;第四章为汽车起动系统和起动新技术,讲解了起动机结构、基本起动控制电路、典型起动控制电路、一键起动系统;第五章为点火系统,讲解了双缸同时点火、单缸独立点火和分电器点火以及点火系统检修;第六章为照明、信号和中央电气控制,讲解了大灯控制和各种信号功能及电路;第七章为仪表和警报系统,讲解了电控化仪表功能和警报种类及功能;第八章讲解了汽车空气调节系统。

本书为高等学校“新能源汽车技术”“汽车检测与维修”和“汽车电子”的专业教材,也可供从事本专业工作的工程开发和售后维修技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气构造、原理与检修. 上, 汽车电气设备 / 赵振宁主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 3

ISBN 978 - 7 - 5682 - 0196 - 4

I. ①汽… II. ①赵… III. ①汽车 - 电气设备 - 构造 - 高等学校 - 教材②汽车 - 电气设备 - 车辆修理 - 高等学校 - 教材 IV. ①U472. 41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 051505 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 17

字 数 / 390 千字

版 次 / 2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

定 价 / 49.00 元

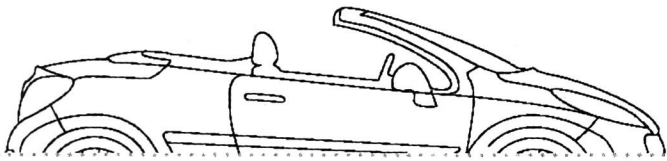
责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 多海鹏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



前言

P R E F A C E

随着汽车电气系统的发展,电气系统的功能越来越多,技术也越来越复杂。为了检修方便,控制单元能进行自诊断,而传感器、执行器原理和传统的相比相差不多。以前的输入输出关系较直观,现代汽车电气系统采用了集中控制方式。集中化控制后,系统变得不是特别清晰。加上汽车总线系统的介入,传感器输入和执行器输出的对应关系在以前的书中基本找不到了。传统电气系统介绍的内容已经远远跟不上汽车电气系统的发展,虽然偶尔也有一些电控技术介绍,但多为产品的功能介绍,对相关技术的细节介绍不多,为利于在实践中解决实际问题,且相关技术在实车上的应用已经较为普遍的情况下,急需体现完整技术细节教材。

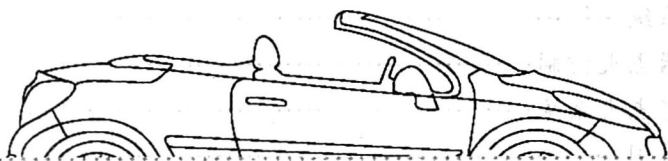
本书共分八章,第一章为电气系统基础知识,介绍了汽车电路的两种类型、电路故障名称、电子元件的使用及组成电气系统的一些基本元件;第二章为汽车检测工具和仪器的使用,讲解了数字万用表、模拟万用表和示波器的使用;第三章为汽车电源系统,讲解了蓄电池、发电机、几种不同的点火开关、供电控制和双蓄电池系统;第四章为汽车起动系统和起动新技术,讲解了起动机结构、基本起动控制电路、典型起动控制电路、一键起动系统;第五章为点火系统,讲解了双缸同时点火、单缸独立点火和分电器点火以及点火系统检修;第六章为照明、信号和中央电气控制,讲解大灯控制和各种信号功能及电路;第七章为仪表和警报系统,讲解了电控化仪表功能和警报种类及功能;第八章讲解了汽车空气调节系统。

本书由赵振宁任主编,由李春明任主审,在此对主审的工作深表感谢。

作者出版了《电控发动机原理与检修》上下册、《自动变速器原理与检修》上下册、《现代汽车新技术》上下册、《新能源汽车技术》上下册、《混合动力汽车构造、原理与检修》上下册和《汽车底盘构造、原理与检修》上下册等教材,具体可参考中国汽车技术视频网 chinaautotech.com 的讲解,可以促进对相关教材的理解。

由于时间仓促,作者水平有限,以及本书的篇幅所限,难免会有疏漏之处,希望读者不吝指正,作者也会尽量把最新最准的汽车技术展现在读者面前。未经作者同意,严禁复制和摘抄本书的任何内容。

编者



目 录

CONTENTS

| | |
|-------------------------------|-----|
| 第一章 电气系统基础知识 | 001 |
| 第一节 电路类型和电路故障..... | 001 |
| 第二节 电子元件功能、符号和汽车中的应用..... | 005 |
| 第三节 电阻、电容和电感..... | 011 |
| 第四节 晶振和微电子器件..... | 016 |
| 第二章 汽车检测工具和仪器的使用 | 019 |
| 第一节 汽车试灯、数字万用表和模拟万用表..... | 019 |
| 第二节 示波器和故障诊断仪..... | 027 |
| 第三章 汽车电源系统 | 032 |
| 第一节 蓄电池结构和工作原理..... | 032 |
| 第二节 汽车蓄电池的种类、型号..... | 034 |
| 第三节 蓄电池的容量及其影响因素和使用..... | 035 |
| 第四节 蓄电池技术状况的检查..... | 039 |
| 第五节 蓄电池充电方法..... | 044 |
| 第六节 交流发电机结构和工作原理..... | 047 |
| 第七节 发电机电压调节器..... | 056 |
| 第八节 充电系统性能检查和常见故障诊断..... | 062 |
| 第九节 汽车双蓄电池技术（选修）..... | 066 |
| 第十节 电动汽车电器电源系统（选修）..... | 069 |
| 第十一节 汽车点火开关..... | 071 |
| 第十二节 电源控制 ECU 控制..... | 078 |
| 第四章 汽车起动系统和起动新技术 | 086 |
| 第一节 起动机结构和工作原理..... | 086 |
| 第二节 起动机控制电路..... | 094 |
| 第三节 起动机检修和性能测试..... | 101 |
| 第四节 起动系统故障诊断..... | 105 |
| 第五节 一键起动和起停系统..... | 109 |
| 第六节 汽车漏电故障诊断..... | 113 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 第五章 点火系统 | 117 |
| 第一节 传统点火系统简介..... | 117 |
| 第二节 微机控制点火系统基础..... | 122 |
| 第三节 大众汽车点火系统..... | 126 |
| 第四节 尼桑汽车分电器点火控制..... | 133 |
| 第五节 丰田汽车分电器点火系统..... | 135 |
| 第六节 其他点火系统举例..... | 137 |
| 第七节 气缸不做功的判断..... | 139 |
| 第八节 点火系统检查..... | 143 |
| 第六章 照明、信号和中央电气控制 | 148 |
| 第一节 照明和信号简介..... | 148 |
| 第二节 照明和信号系统..... | 150 |
| 第三节 信号装置..... | 160 |
| 第四节 丰田皇冠汽车中央电器控制系统..... | 169 |
| 第五节 大众速腾汽车中央电器控制系统..... | 178 |
| 第七章 仪表和警报系统 | 192 |
| 第一节 仪表和警报装置简介..... | 192 |
| 第二节 汽车仪表..... | 200 |
| 第三节 汽车仪表信号采集和警报系统..... | 210 |
| 第四节 丰田皇冠高档汽车仪表..... | 216 |
| 第五节 大众速腾汽车组合仪表训练..... | 218 |
| 第八章 汽车空气调节系统 | 222 |
| 第一节 空气调节系统概述..... | 222 |
| 第二节 制冷系统元件结构和工作原理..... | 231 |
| 第三节 全自动空调..... | 248 |
| 第四节 空调保养和常见维修作业..... | 253 |
| 附录 德国大众、德国奥迪汽车控制器信息表 | 257 |
| 参考文献 | 261 |

第一章

电气系统基础知识

第一节 电路类型和电路故障

一、汽车电路类型

[任务驱动指导] 请学员在学完传统无微机汽车电路后能利用汽车蓄电池、导线、开关、保险丝（保险丝容量选为二倍于计算的额定容量）、负载（如灯泡、电磁阀等）及一块模拟车身的金属来连接成电路。

1. 无微机控制电气

一辆汽车有 1 000 多个单独电路，其中某些电路非常复杂，但其工作原理都相同。若要构成一个完整电路，必须有电源、导线、负载和地线（粗电缆）。图 1-1 所示为传统无微机控制电气组成。蓄电池或发电机为车上电源，电路（图 1-1 中仅有一个电路，实际中为多个电路并联）从蓄电池正极出发经负载到车身搭铁，经车身和粗电缆回蓄电池负极。一个电路负载很小，所以通常为细导线，接地通路是负极用粗电缆接在车身上，接收从多个支路回来的电流。用电器（也就是负载）可以是灯泡、电动机、电磁阀、点火线圈和功率放大器。保护装置指保险和断路器，保险是一次性用品；断路器和家中的空气开关差不多，过流时断开电路，不过流时需要在人的帮助下恢复工作。把各个支路并联在一起后，通常把各支路的保险放在一个集中盒里，以便于维修管理，称作保险丝盒。在图 1-1 所示的电路中，控制装置指开关，开关可以是手动控制开关、气压控制开关、液压控制开关或电磁控制开关等。

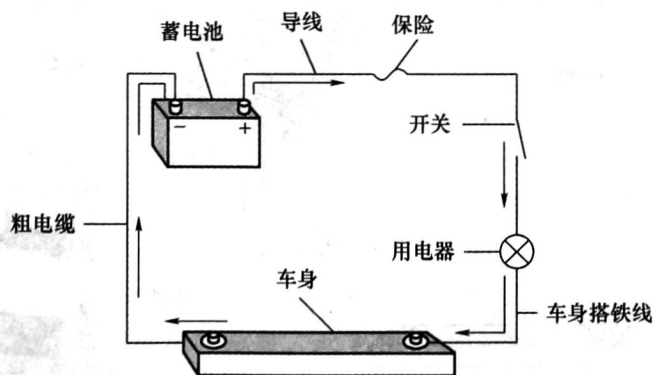


图 1-1 传统无微机控制电气组成

技师指导：传统无微机控制的汽车电路结构基本相同，只不过控制装置和负载略有不同。这样的无微机控制电路不能进行故障自诊断（如读故障码、数据流、执行元件诊断等）和负荷动态管理。另外，有些电路采用传统电路，其线路反而复杂，如雨刮器控制电路，采用微机控制电路后，线路工作原理的理解将变得简单。

2. 微机控制电气系统

现代汽车为了在电气设计上能利用微机控制的优势进行控制，传统汽车的保险丝/继电器盒被升级为具有微机控制功能的汽车电气控制单元；而车身和舒适系统通常采用微机控制，这样的微机控制电路将成为主流控制方式。目前的无微机控制电路和有微机控制电路在汽车中主要由车系和具体车型价格决定。

微机控制汽车电路是指电路中增加了微控制器接收外部控制装置，如各种开关信号、各种传感器的信号，信号可以是传感器直接的数字或模拟信号，也可以是网络共享的数据信息，经微机处理后，输出信号给执行器（执行器也就是负载，也称为用电器，执行器有时也可以是另外的控制模块）。

微机控制电路能进行故障自诊断，自诊断是生产厂家在微机内除主程序之外，又内置的故障诊断软件。在硬件接口上加上检测电路，通过微机内的诊断软件和硬件的组合就可识别如断路或短路这种简单故障。同时通过元件信号是否在正常范围内或多传感器信号同时输给某个元件的诊断模型等就可以断定元件是有故障的，故障被以代码的形式在微机内存储，同时微机会通过仪表的故障灯通知驾驶员或修理人员系统有存障。修理人员通过检测仪就可以读出这个故障代码，故障代码在检测仪内部被转换成对应的故障元件和故障元件的故障状态的形式而描述出来。数据流和执行元件诊断也是自诊断的诊断手段，数据流是通过检测仪让微机将修理人员想输出的传感器、微机（简称 ECU 或控制单元）和执行器数据输出给检测仪，在检测仪的显示屏上显示出来。执行元件诊断是检测仪通过微机直接控制执行器工作，若执行器工作，则证明执行器本身和微机的输出没有故障，这样缩小了故障范围。

图 1-2 所示为微机控制汽车电气控制单元接收灯开关信号输入，通过汽车电气控制单

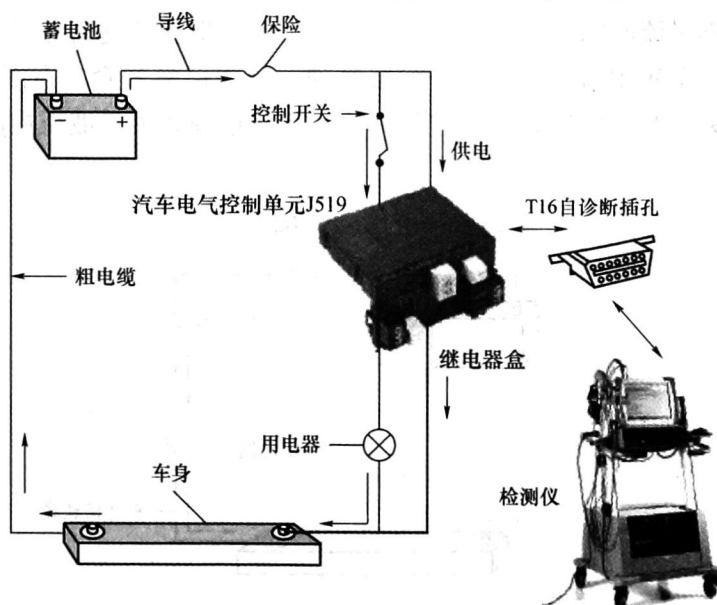


图 1-2 汽车电气微机控制系统

元集成的继电器插座把电流输往继电器线圈电路,继电器线圈通电开关闭合,从而控制用电器供电,也可直接输出电流至用电器。汽车电气控制单元对灯开关信号的状态和执行器回路状态进行监测,例如汽车电气控制单元对灯泡(执行器)断路进行监测,检测仪可以对开关、执行器的状态以数字0或1显示出来,维修人员可通过数字0或1的状态判别开关和执行器是否动作。通过检测仪向微机的灯开关状态寄存器直接发送灯开关闭合的信号,通过人为控制灯等执行器工作来判断元件是否损坏,以方便维修。

二、常见电路故障

[任务驱动指导] 请学员在学完常见电路故障后,说出常见电路故障原因。有条件的可利用蓄电池导线、开关、保险丝、灯泡或电磁阀、一块模拟车身的金属来连接成电路,人为制造出以下三种故障,说出故障现象是什么,从“望、闻、问、切、听”五个方面去总结。

1. 电源对地短路

对地线短路是一个电路负载上游线路与车身地线之间的意外导通。当发生这种情况时,由于电流绕过工作负载流动,故这种短路会使得大量的电流流过保险,通常会熔断保险,但不会引起火灾。图1-3所示为一个金属螺丝钉穿透线外绝缘层短路,熔断保险。

技师指导: 保险丝熔断,说明短路或用电负载过大,查找故障时,一定要在负载之前进行查找。实践中经常见到的错误是很多技师在负载后查找。

2. 用电器对正极短路

用电器对电源短路本质上是一个电路的意外导通。在图1-4中,电流经过烧结的开关加至负载,这就出现了即使操纵开关断开,线路也无法实现断路的情况。

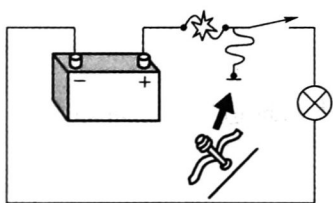


图1-3 对地线短路

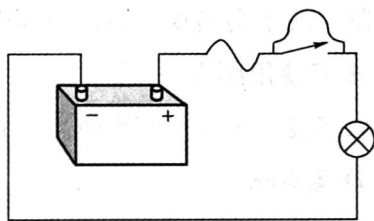


图1-4 对电源短路

技师指导: 开关未闭合,而负载却工作了,这时多为控制开关烧结而一直导通导致的。

3. 电路断路

如图1-5所示,由控制开关断开电路是正常的情况,但不是因为控制开关断开而产生的断开就不正常了。

技师指导: 图1-6所示为常见的断路原因。线路断线损坏的故障一般很容易判别,但如接线端子生锈、水隔离和接触不严则需细心检查。

腐蚀电阻是电气端子暴露在诸如水和盐以及污物中时出现的电阻,这个电阻的特点是会随时间增长而增大。当腐蚀开始时间较短时,此电阻不易被发现,随时间增长,当这个电阻增大到一定值时,就会影响电路工作,造成端子生热或负载供电不足。

水隔离是线束接头中存在水造成的。水隔离易出现在观后视镜电路中,主要原因是观后视镜

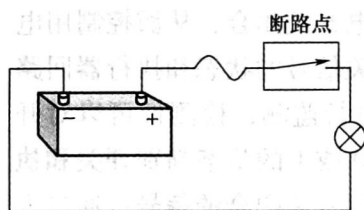


图 1-5 电路断路图



图 1-6 可能的断路原因

线束走向是从观后视镜位置沿车门向下，水流易沿线束渗入线束接头中。

接触不严经常发生在汽车碰撞后，在钣金修理期间，许多负载插头脱开，这些插头和插座暴露在潮湿的喷漆车间环境中，在钣金和喷漆修理结束后，经常会有负载不能正常工作的情况发生，这种情况通常是由水和灰尘两个条件促成的。其他如冬季温度造成金属收缩产生的接触不严也时有发生。

三、诊断中应抓住以下几点

1. 工作频率高

经常被驾驶员操作的电气开关损坏率很高，如方向盘下的组合开关。

2. 大功率器件

电气元件本身损坏率较高，其中又以功率大、经常使用和汽车行驶时总处于工作状态的元件损坏最多，如灯泡、发电机电刷、发电机的电压调节器、油泵继电器等。车上直流电动机的可靠性很高，正常使用寿命远超出车本身，极少损坏。电动机损坏多为电动机堵转损坏，但车上易堵转的地方如门玻璃升降电动机，由于在电动机内设有限流电阻或微控制器的限流控制，故不会出现堵转而烧坏电动机。

3. 车辆使用频繁

例如驾校的车辆损坏率较高，且有自己乱修的习惯，人为修理造成的损坏较多。

4. 环境影响

长久不使用车辆，受风吹雨打，灰尘沉积。在发动机舱下部的电气元件端子受腐蚀，导致不能通电。

5. 线束本身

在修理时我们一般是假设线束本身没有故障，其根据是线束可靠性很高。但是也有线束损坏的情况，常见例子有：左门与门框处线束磨损；在后备厢盖上安装有灯时，灯线束有夹断或磨损造成断路的情况；其他，如非正规的修理人员在电气元件上直接剥线测量造成的线束损坏。

技师指导：家中照明灯泡和开关损坏率较高，线束几乎没有损坏的，从理论上讲短路和接触不严可损坏线路。由于实际电路中有保险丝，一旦出现短路，保险丝会熔断，故不会造成烧线束。在家用电器中，负载的电源线插头插在 220 V 插排上时，有接触不严造成接头发热或冒烟的情况，汽车里这种接触不严的情况也称为虚接，虚接会烧损线束，甚至引起火灾。

在发动机舱内，蓄电池向起动机和向保险丝盒的供电线上没有保险，在汽车发生碰撞导致

线与车体短路时会发生火灾，若导轨内汽油喷出还可能发生爆炸，不过可能性极小。有些汽车可在这些线因撞车发生短路时迅速切断蓄电池正极的粗电缆，但这要求电缆内部设计速断装置。

四、诊断步骤

诊断工作要求掌握系统的结构和工作原理，才能灵活运用。对于所有的诊断工作来说，首先，修理人员必须利用症状现象确定车辆发生故障的原因。

以下步骤有利于故障的快速解决：

(1) 弄清故障症状是什么。

(2) 分析该故障症状与哪几个系统有关。

(3) 分析从哪个角度入手能更容易，走的弯路更少。

(4) 通过仪器测量，确定真因或受害者，若真因和受害者是一个部件，则直接更换这个部件；若真因和受害者不是同一个部件，则要更换真因部件和受害部件。

例如：发动机机油警告灯亮这是故障症状，机油警告灯亮说明机油警告灯电路肯定是工作了，故障可能是机油压力不正常，属于发动机润滑系统故障；也可能是机油警告灯开关短路了，属于仪表和警报系统故障。有经验的技师会打开发动机机油加注口，通过看发动机凸轮轴上是否供油充分，以判别故障是机油警告灯开关损坏还是机油泵磨损了。这里没有通过仪器测量这步，实际上拆下机油压力开关后，还要通过万用表再确认一下其是否损坏。

第二节 电子元件功能、符号和汽车中的应用

[任务驱动指导] 请教师准备若干二极管、三极管、场效应管、稳压集成电路、模拟集成电路、数字集成电路和微电子器件，同时准备从车上拆下的印刷电路板。学习本节内容后，学生要能识别分立元件和集成元件，说出分立元件和集成元件的差别，并能说出分立元件是如何接入电路工作的；能在拆下的印刷电路板上识别元件的名称和大致的作用；若可以上网，同学们可根据型号查找数据手册来增加课外学习内容。

一、晶体二极管

[任务驱动指导] 学完本节要求学生能说出普通、稳压、发光和光电四种二极管的作用；能在黑板上画出相应的符号，并说明元件的使用方法。能在众多电子元件中找出二极管，并用万用表确定极性。

二极管是一种只允许单向导电的半导体，由 P (Positive 正极) 型材料和 N (Negative 负极) 型材料组合而成，电流由正极导向负极。P、N 两种材料的结合处称作 PN 结，电流只允许从 P 流至 N 方向（也叫正向偏置），反向则不导通，图 1-7 所示为 PN 结的单向导电性。

二极管只有以正确极性接入电路时，才会允许电流通过。二极管的主要应用包括：二极管在交流发电机中实现整流；二极管可反向并联在电感线圈上，起续流作用，从而保护下游的开关管。二极管还可用于汽车电路板的供电端，防止蓄电池电缆的极性接反，造成电路板损坏。

二极管在电路中常用“D”加数字表示。晶体二极管的类型很多，这里仅介绍汽车中常用的二极管，图 1-8 所示为汽车常用的四种二极管的符号。

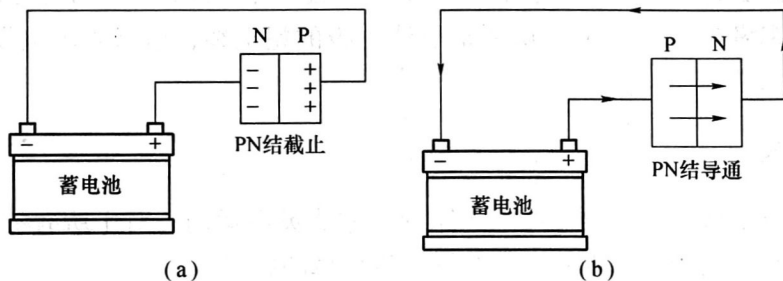


图 1-7 PN 结的单向导电性

(a) PN 结反向偏置不导通；(b) PN 结正向偏置导通

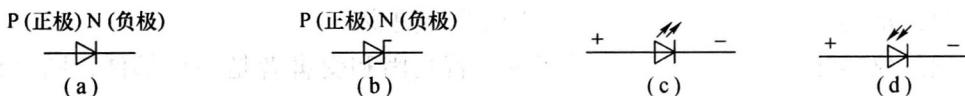


图 1-8 汽车常用的四种二极管的符号

(a) 二极管；(b) 稳压管；(c) 发光二极管；(d) 发电二极管

1. 整流二极管

图 1-9 所示为二极管外形，从二极管的原理来看，各种二极管都是正向导通、反向截止，都可用于把正、负方向的交流信号整流成只有正方向的电流。从整流功率和耗能上讲，要选用功率与负载相配的二极管。汽车用电器用电量很大，发电机用的整流二极管实际外形较普通二极管要大，封装多为金属封装，少数为塑料封装。

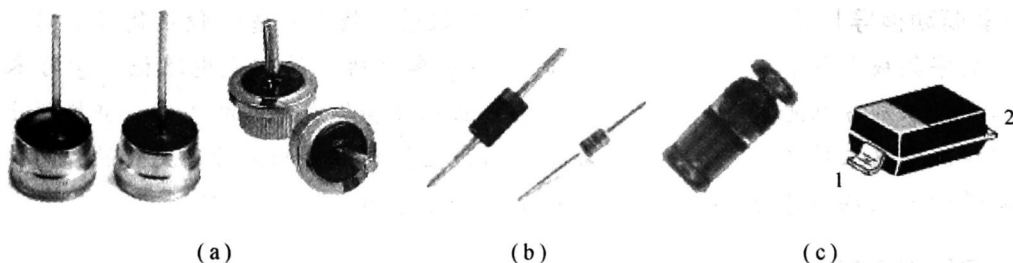


图 1-9 三种封装的二极管外形

(a) 汽车整流二极管；(b) 普通二极管；(c) 贴片二极管

图 1-10 所示为三相交流发电机和六个整流二极管组成的整流桥，在发电机的整流桥中有两层金属薄板，分别称为正整流板和负整流板，每层板上有三个整流二极管，整流桥用于交流发电机中将其三相定子线圈产生的交变电流进行整流。

2. 发光二极管

发光二极管是正向通电发光的二极管，英文简称为 LED (Light-Emitting Diode)。现代汽车仪表和开关多采用发光二极管来照明，汽车前部和后部灯光上常采用发光二极管代替灯泡来实现照明或发出信号。图 1-11 所示为典型的 LED 发光二极管，分为直插式和贴片式两种，LED 的两个电极中较长的是正极；一些 LED 使用长度相同的电极，在决定正确的极性时就必须使用欧姆表或数字万用表上的“二极管”检查挡。当二极管的正极 (P) 电压比负

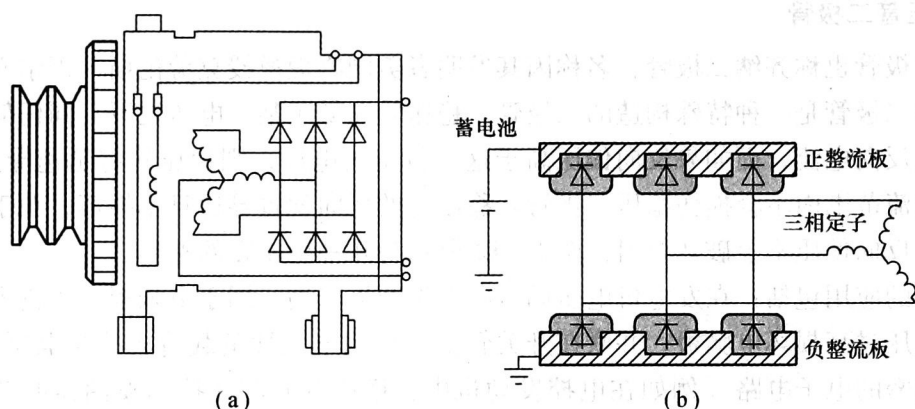


图 1-10 整流二极管在汽车发电机上的应用

(a) 发电机三相交流电路；(b) 整流桥

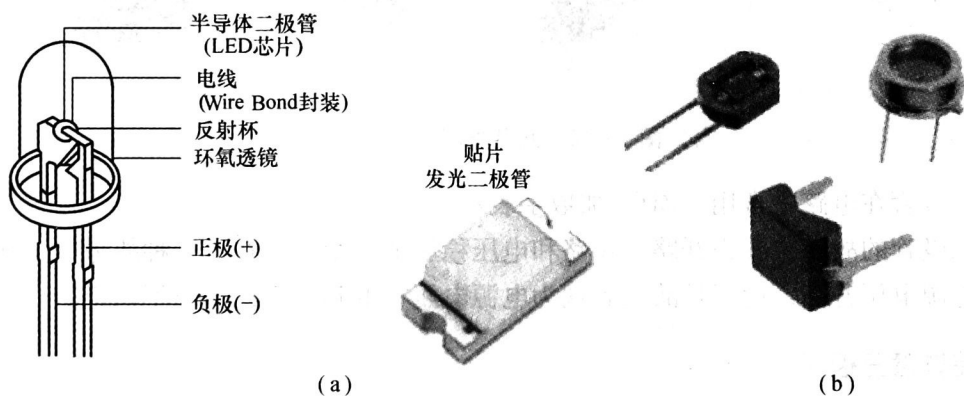


图 1-11 典型的发光二极管和光敏二极管

(a) 发光二极管结构；(b) 光敏二极管外形

极 (N) 电压高 1.5 ~ 2.2 V 时, LED 二极管才会发光, 硅二极管在 PN 结上导通后的电压降典型值为 0.6 V。

如果 LED 二极管连接到 12 V 的汽车蓄电池上, 那么 LED 二极管会发出极为明亮的光, 且持续 1 ~ 2 s 后熄灭, 结果电流损坏了 LED 二极管。因此, 在应用时, 必须串联一个电阻 (常见串联几百欧姆) 以控制流过 PN 结的电流。

3. 光敏二极管

光敏二极管也称光电二极管, 是见光导通的二极管, 光敏二极管在其外壳上采用特殊工艺制成了一个“窗口”, 以响应不同波长的光, 如果光电 LED 暴露在强光下, 在其正极和负极间就要形成一个潜在的电压。图 1-11 所示为典型的光敏二极管, 其工作原理是当光能量冲击二极管时会释放电子, 同时光能量也克服了电压势垒, 二极管按正向偏置方向导通。光敏二极管上的电阻值有随着光强度的增加而降低的特性, 使得光敏二极管成为控制“会车大灯远光关闭”和“车内观后视镜防炫目”两种功能十分有效的电子元件; 也可配合发敏二极管做成光电耦合器, 应用在发动机凸轮轴位置传感器或方向盘转向角传感器上。

4. 稳压管二极管

稳压二极管也称齐纳二极管，名称因其发明者美国物理教授克劳伦斯·迈尔文·齐纳而命名。齐纳二极管是一种特殊构造的二极管，稳压管在低于某一电压之下，同任何其他二极管一样阻断反向电流，而如果反向偏压高于这一特定的电压，则稳压管将迅速导过大电流，且在一定电流范围内不会损伤稳压二极管。稳压管的反向偏置导通且不损坏，源于稳压管是重度掺杂，反向偏压不会破坏材料，图 1-12 所示为几种稳压管的外形。

稳压管的应用包括：在发电机电压调节器上作稳压器用；用于电脑板电源输入的再次稳定，防止电压过高损坏电脑板；并联在开关管上，控制电感性负载造成的高电压尖峰信号，防止损害精密的电子电路（例如在电控发动机中，稳压管并联在控制喷油器的功率场效应管或三极管旁边，防止喷油器线圈在开关管断电感生电压升至过高损坏开关管）。

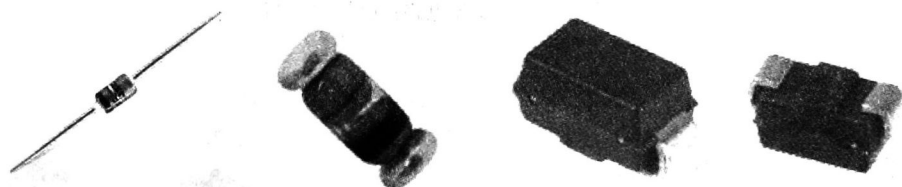


图 1-12 几种稳压管的外形

稳压二极管在电路中常用“ZD”加数字表示。

稳压二极管的故障主要为开路、短路和电压稳压值不稳定。在这三种故障中，前一种故障表现为电源电压升高，后两种故障表现为电源电压变低到零伏或输出不稳定。

二、晶体管三极管

[任务驱动指导] 请学生用蓄电池、导线、三极管、电阻、开关和电磁阀（或灯泡）来完成一个用三极管的开关特性驱动负载电磁阀的电路。有电子实验箱的最好利用电子实验箱完成任务。教师要事先选定电子元件的参数，学生只要按教师给的电路图连通即可。

晶体管是电流控制电流的部件，分为 NPN 和 PNP 两种。NPN 用于正向电压放大，PNP 多用于反向电压放大。目前 NPN 应用较多，NPN 型就像两个二极管背对背相接，只能在一个方向上传导电流；PNP 型应用较少，主要用在集成功放内部，很少作为分立元件使用。

图 1-13 所示为晶体管的基本工作原理，图 1-14 所示为不同晶体三极管的符号。在 NPN 型中，如果 BE 极之间有小电流通过，则在 CE 极之间有大电流流通。晶体管就像继电器一样，BE 极之间相当于继电器的线圈电路，CE 极之间相当于开关电路，两者都是小电流控制大电流的部件。基极 B 流入的小电流称作控制电流，晶体管输入一个小的控制电流，控制晶体管导通并允许一个较大的电流从集电极 C 流入、发射极 E 流出。

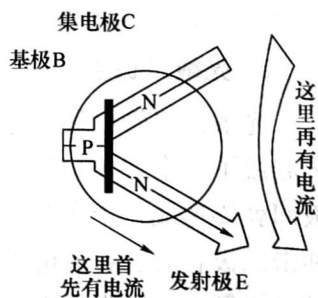


图 1-13 晶体管的基本工作原理

当 BE 极之间的控制电压超过一定值时，晶体管 CE 极之间有电流通过，此时 BE 间的电压称作门槛电压。对于锗材料

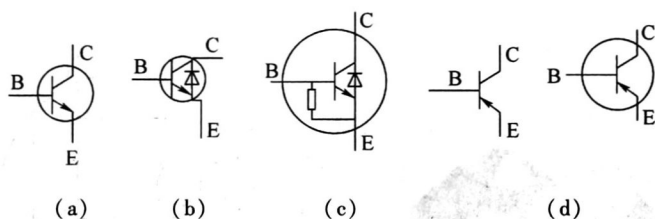


图 1-14 不同晶体三极管的符号

(a) NPN 三极管; (b) 带阻尼二极管的 NPN 三极管; (c) 带阻尼二极管及电阻的 NPN 三极管; (d) PNP 三极管

三极管的 BE 极间门槛电压必须在 0.3 V 以上, 对于硅材料三极管的 BE 极间门槛电压必须在 0.6 V 以上, 而且在刚超过门槛电压时只能在 BE 极之间产生较小的电流。至于能在 CE 极之间产生多大电流与三极管本身的放大倍数有关, CE 极间大电流和 BE 极间小电流的比值称为放大倍数 β , 一般从几十至几百。

图 1-15 所示为小功率、中功率和大功率三极管的外形。三极管的封装形式和管脚识别: 常用三极管的封装形式有金属封装和塑料封装两大类, 引脚的排列方式具有一定的规律, 对于金属圆形封装三极管, 从引脚侧观察, 三个引脚构成等腰三角形, 由其顶点开始从左向右依次为 E、B、C; 对于小功率塑料三极管, 使其平面朝向自己, 三个引脚朝下放置, 则从左到右依次为 B、C、E。目前, 国内晶体三极管管脚的排列不尽相同, 在使用前, 必须先测量管脚, 确定 E、B、C 各管脚正确的位置或查找晶体管使用手册, 明确三极管的特性及相应的技术参数和资料。

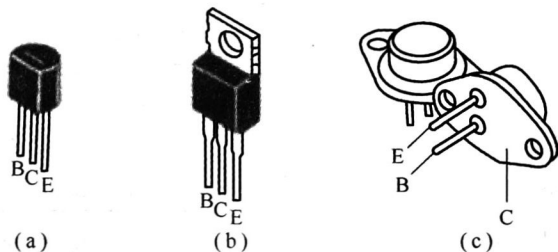


图 1-15 晶体管的外形

(a) 小功率三极管; (b) 中功率三极管; (c) 大功率三极管

晶体三极管在电路中常用“Q”或“T”加数字表示。

三个引脚的元件不一定是三极管, 也可能是电阻、稳压集成电路、场效应管等, 所以在遇到三脚管时, 可根据型号上网查找数据手册来确定其具体功能。

1. 达林顿管

达林顿管也称复合管, 其外形和三极管相同。要控制更大电流时, 可采用达林顿管, 例如可用达林顿管控制汽车交流发电机中转子线圈的励磁电流。如图 1-16 所示, 对于达林顿管, 可将其按一个三极管测量。

在汽车负载控制中, 三极管多数为开关作用; 少数为放大作用, 如汽车音响。一个 NPN 三极管不能真正放大交变信号, 因为低于 0.6 V 或负的电压信号 NPN 管不能放大, 这时就需要一个 PNP 三极管来放大负信号, 实际上采用多个三极管组成差动放大电路并形成前级时才能真正放大, 在音响中通常采用一个前级、两个后级的组合, 也有两个前级、四个后级的高档组合。

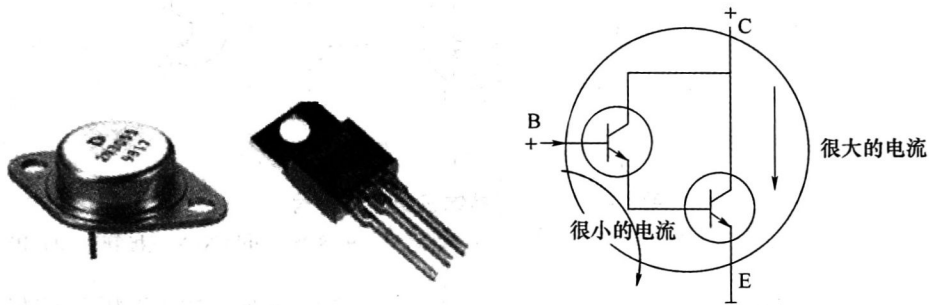


图 1-16 金属封装和塑料封装的达林顿管及管内电路

2. 光敏三极管

光敏三极管与光敏二极管的功能类似，其使用光能量打开晶体管的基极。光敏三极管是一个 NPN 型的三极管，有一个暴露的基极区域，以光作为三极管的控制。因此，许多光敏三极管没有基极端，只有集电极端和发射极端。当将光敏三极管连接在电路中的电源端时，CE 极间导通。图 1-17 所示为光敏三极管符号，光敏三极管可用在方向盘转盘传感器、自动空调的阳光传感器、大灯自动变光传感器控制中。

光敏三极管和发光二极管可组合成光电耦合器件，如图 1-18 所示，这种结构可用作光电隔离或用于转速和位置检测。

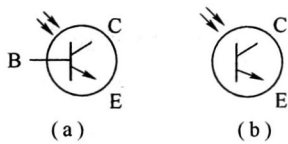


图 1-17 光敏三极管符号

(a) 使用基极线；(b) 不使用基极线

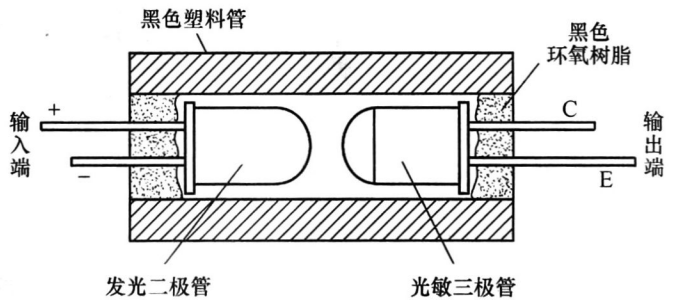


图 1-18 光电耦合器件结构

在电子电路的印刷电路板中，光电耦合器件通常采用集成电路，其外形如图 1-19 所示。



图 1-19 集成光耦

(a) 单路双列直插光耦；(b) 双路双列直插光耦

三、场效应管

场效应管全称是金属氧化物场效应管，英文为 Metal Oxide Field-effect Transistors，简称 MOS 管，是电压控制电流的电子元件。场效应管在外形上与三极管相似，也有开关和放大两个作用。图 1-20 和图 1-21 所示分别为中功率场效应管实物和场效应管符号。因场效应管仅利用多数载流子导电，故称为单极型器件，而晶体管采用多数载流子和少数载流子共同导电，故称为双极型器件。

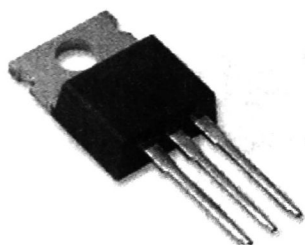


图 1-20 中功率场效应管实物

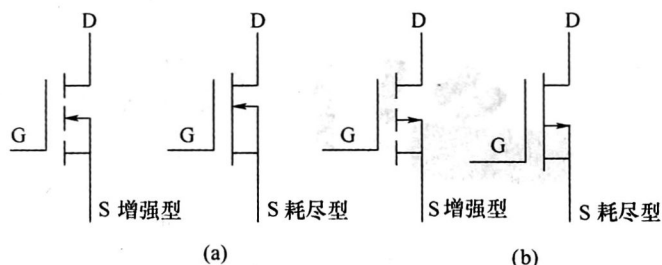


图 1-21 场效应管符号

(a) N 沟道 MOS 管；(b) P 沟道 MOS 管（少用）

在图 1-21 中，箭头表示管子内部电子的流动方向，与外部正好相反；图形符号 G（栅极）旁的竖直线表示金属板；增强型有 3 段沟道线，栅极与沟道线没有直接相连，表示相互是绝缘的。

使用时 N 沟道 MOS 管相当于 NPN 三极管，而 P 沟道 MOS 管相当于 PNP 三极管。在只允许从信号源获取较少电流的情况下，应选用场效应管；在信号源电压较低，但允许从信号源获取较多电流的条件下，可选用晶体管。有些场效应管的源极和漏极可以互换使用，栅极电压也可正、可负，灵活性比晶体管好。场效应管能在很小电流和很低电压的条件下工作，而且它的制造工艺可以很方便地把很多场效应管集成在一块硅片上，因此，场效应管在大规模集成电路中得到了广泛的应用。

第三节 电阻、电容和电感

一、电阻

[任务驱动指导] 请用万用表测量教师准备的不同类型电阻，并说出电阻作用、类型、单位和标称方法。

电阻产生：带负电荷的电子在导体中一边自己互相碰撞、一边又与处于热振动状态的正离子或杂质原子相碰撞，这样电子就处于一会减速、一会加速的运动状态，但总的运动方向一直向电源的正极运动。

由于热敏电阻的阻值随温度变化而变化，故热敏电阻器可分为两大类，一类是正温度系数（PTC）热敏电阻，是以钛酸钡为主要材料，再渗入微量的锶、钛和锆等稀土元素后烧制而成，随着温度升高其阻值变大，原因是原子温度越高，热振动越激烈，加之杂质原子越多