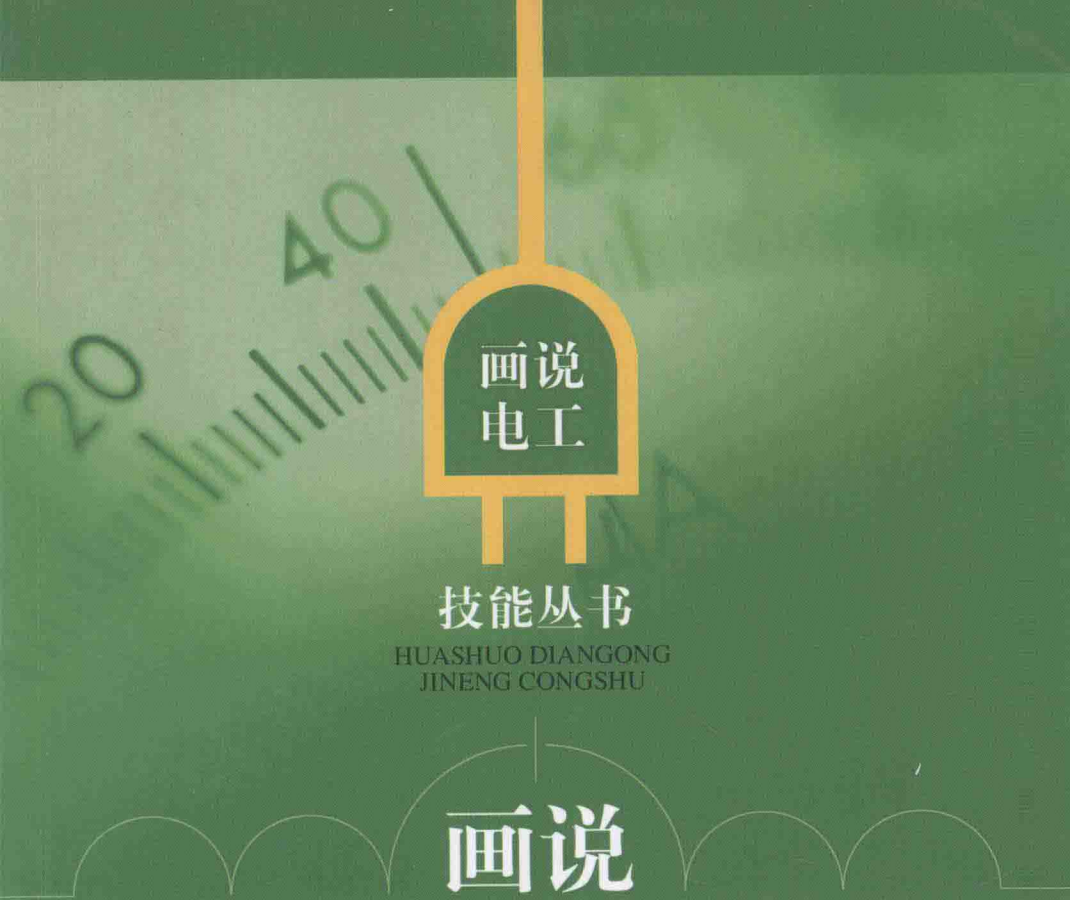




画说
电工

技能丛书

HUASHUO DIANGONG
JINENG CONGSHU

画说 电工电子

HUASHUO
DIANGONG DIANZI JISHU

王吉华
主编

上海科学技术出版社

画说电工技能丛书

画说电工电子技术

王吉华 主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

画说电工电子技术 / 王吉华主编. —上海: 上海科学技术出版社, 2014. 7

(画说电工技能丛书)

ISBN 978-7-5478-2203-6

I. ①画… II. ①王… III. ①电工技术—图解
②电子技术—图解 IV. ①TM-64②TN-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 077506 号

画说电工电子技术

王吉华 主编

上海世纪出版股份有限公司出版
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.cc

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/32 印张:6.25

字数:165 千字

2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-2203-6/TM·46

定价: 25.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内容提要

本书以图解的形式,简洁明了地介绍了电路基础知识、电路分析方法、正弦交流电路、半导体二极管及其应用电路、半导体三极管及其放大电路、集成运算放大电路、数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、电工电子操作实践等内容,本书涵盖了电工电子技术人员需要掌握的大部分知识与技能,讲解全面详细,理论和实践操作相结合,内容由浅入深,语言通俗易懂。

本书可供从事电工作业的技术人员和电子技术爱好者学习使用,也可供职业院校或培训机构相关专业的学生学习使用。

前 言

随着国民经济和现代科学技术的迅猛发展,我国电气工程的设计、制造、运行和控制技术发生了深刻的变革,一大批新原理、新材料、新结构、新工艺、新技术、新性能的产品得到广泛开发和应用,新的应用和新的需求同时也推动着电气工程技术本身的迅速发展。面对新的形势,广大从事电气工程技术工作的人员迫切需要知识更新,特别是学习和掌握与新的应用领域有关的新技能。正是在此背景下,我们组织编写了《画说电工电子技术》。

电工与电子技术基础既是电类专业的一门技术基础课程,又是一门研究电工技术和电子技术的理论和应用的技术基础课程。电工技术和电子技术的发展十分迅速,应用非常广泛,现代一切新的科学技术无不与电有着密切的关系。本书以图解的形式,简洁明了地介绍了电路基础知识、电路分析方法、正弦交流电路、半导体二极管及其应用电路、半导体三极管及其放大电路、集成运算放大电路、数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路等内容,本书涵盖了电工电子技术需要掌握的大部分知识与技能,讲解全面详细,理论和实践操作相结合,内容由浅入深,语言通俗易懂。既适合于广大电工技术爱好者自学,又可作为初级电工培训教材,还可供相关专业职业技术学校师生阅读与参考。

本书由王吉华主编,参加编写的有徐峰、邱立功、张能武、刘春玲、陶荣伟、楚宜民、陈忠民、杨光明、薛国祥、周斌兴、任志俊等。本书在编写过程中参考了大量的图书出版物和企业培训资料,在此向上述作者和有关企业表示衷心的感谢和崇高敬意!

因编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

目 录

第一章 电路与电路元件基础知识	1
第一节 电路基础知识	1
一、电路的基本状态	1
二、直流电流、电压与电位的测量	2
第二节 电路元件的识别与检测	6
一、电阻器的识别与检测方法	6
二、电容器的识别与检测方法	15
三、电感线圈的识别与检测方法	20
第二章 直流电路分析与测试	24
第一节 简单直流电路的分析	24
一、欧姆定律	24
二、简单电阻电路的分析	26
三、电压源和电流源	30
第二节 复杂直流电路的分析	34
一、基尔霍夫定律	34
二、节点电压法	37
三、戴维南定理	38
四、负载获得最大功率的条件	40
第三章 交流电路分析与测试	43
第一节 正弦交流电的基本概念	43
一、正弦交流电的基本概念	43
二、用示波器测量交流电的最大值和频率	49
第二节 单相正弦交流电路分析	53
一、纯电阻电路	53

二、纯电感电路	55
三、纯电容电路	58
第四章 半导体二极管及其应用电路	62
第一节 半导体基础知识	62
一、本征半导体	62
二、杂质半导体	63
三、PN 结及其单向导电性	64
第二节 半导体二极管	65
一、二极管的结构与符号	65
二、二极管的伏安特性	66
三、二极管的主要参数及检测	67
四、二极管的应用电路	68
第三节 特殊二极管	69
一、稳压二极管	69
二、发光二极管	71
第四节 整流滤波电路	72
一、半波整流电路	72
二、桥式整流电路	74
第五章 半导体三极管放大电路及测试	76
第一节 半导体三极管	76
一、三极管的结构与符号	76
二、三极管的电流放大作用	77
三、三极管的伏安特性	79
四、三极管的主要参数及检测	81
第二节 放大电路的主要性能指标	83
一、放大倍数	83
二、输入电阻	84
三、输出电阻	84
第三节 共射基本放大电路	85
一、共射放大电路的组成	85
二、放大电路的静态分析	86
三、放大电路的动态分析	87

四、共射放大电路的测试	89
第四节 工作点稳定的放大电路	92
一、温度对静态工作点的影响	93
二、分压式偏置电路	93
第五节 共集电极放大电路	95
一、共集电极放大电路的组成	95
二、共集电极放大电路的分析	95
第六节 多级放大电路	97
一、多级放大电路的组成	97
二、多级放大电路的级间耦合方式	97
第七节 放大电路中的负反馈	99
一、反馈的基本概念	99
二、负反馈放大器的一般表达式	102
三、负反馈对放大器性能的影响	103
第八节 功率放大电路	104
一、功率放大电路概述	105
二、互补对称功率放大电路	106
第六章 集成运算放大电路及测试	110
第一节 集成电路概述	110
一、集成电路的发展与应用	110
二、集成电路的分类	110
第二节 集成运算放大器	111
一、集成运放及其基本组成	111
二、集成运放的电路符号	112
三、集成运放的基本特性	112
四、理想集成运放	114
第三节 集成运算放大器的应用	115
一、比例运算电路	115
二、加法和减法运算电路	117
第四节 集成运算电路的测试	120
一、操作要领	120
二、操作步骤	122

第七章 数字电路基础及测试	124
第一节 数制和码制	124
一、数制	124
二、数制转换	126
三、码制	126
第二节 基本逻辑关系	128
一、“与”逻辑	128
二、“或”逻辑	129
三、“非”逻辑	130
四、其他逻辑关系	130
第三节 逻辑函数的运算	132
一、基本定律和规则	133
二、逻辑函数的表示方法	134
三、最小项	135
四、逻辑函数卡诺图化简	136
第四节 集成门电路的性能测试	138
一、操作要领	138
二、操作步骤	140
第八章 组合逻辑电路及测试	142
第一节 组合逻辑电路的分析	142
第二节 编码器和译码器	144
一、编码器	144
二、译码器	147
第三节 数据选择器和数据分配器	150
一、数据选择器	151
二、数据分配器	152
第四节 半加器和全加器	153
一、半加器	153
二、全加器	154
第五节 集成组合逻辑电路的功能测试	155
一、操作要领	155
二、操作步骤	156

第九章 时序逻辑电路	158
第一节 触发器	158
一、基本 RS 触发器	159
二、同步触发器	161
三、边沿触发器	163
第二节 计数器	166
一、集成计数器 74161	166
二、集成计数器 74160	168
第三节 555 定时器及其应用	169
一、555 定时器	169
二、单稳态触发器	171
三、施密特触发器	172
第十章 电工电子操作实践	175
一、荧光灯电路的安装与调试	175
二、配电箱的制作与安装	178
三、声控节电开关照明电路的设计	182
四、火灾报警器电路的设计	183
五、Y- Δ 自动转换控制线路的安装与调试	185
六、淋浴器节水电路的设计	188

第一章 电路与电路元件基础知识

第一节 电路基础知识

一、电路的基本状态

电路的基本状态一般有三种：有载状态、短路状态和开路状态，如图 1-1 所示。

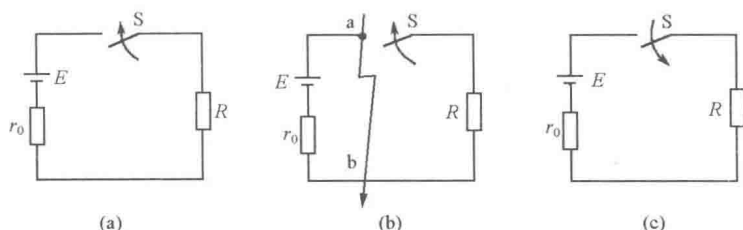


图 1-1 电路的三种状态

1. 有载状态

如图 1-1a 所示电路，当开关 S 闭合后，电源与负载形成闭合回路，电源处于有载工作状态，电路中有电流流通。

2. 短路状态

如图 1-1b 所示电路，若 a、b 两点直接被导体接通，电源就处于短路状态，此时电流不再流过负载，而直接经短路点流回电源。由于电源的内阻一般很小，因而流过电源的短路电流很大，会造成电源发热而烧毁，或引起电气设备损伤等严重后果，因此要绝对避免电源短路。短路状态的特点是：短路电流很大，电源端电压为零。

3. 开路状态

如图 1-1c 所示电路，当开关 S 断开或电路某处断开，此时电路中没有电流，电路处于断开状态，电源不向负载输送电能。对电源来讲，这种

状态称为空载。开路状态的主要特点是:电路中电流为零,电源端电压与电动势相等。

二、直流电流、电压与电位的测量

(一) 安全操作规程

(1) 应在无电的情况下进行线路连接,连接好后,需经过检查,经确认无误后方可送电。

(2) 如操作中需要改变线路或更换元器件,应停电进行,不允许带电操作。

(3) 如操作中发生故障,必须首先断开电源,再进行检查,绝对不允许带电检查。

(4) 工作完毕后,应首先断开电源,再将线路拆除,把元器件、仪器、仪表、工具等清点好,摆放整齐。

(5) 使用仪器、仪表时应注意量程大小的选择,绝对不允许用小量程去测量大电流和高电压。

(二) 操作要领

1. 电路连接

(1) 准备充分。在电路接线前,工作台上所用的电源、开关、仪器、仪表和元器件等,按照从左到右的顺序合理有序地摆放。注意把随时读取数据的仪器仪表放在易读、易看处;把经常使用的仪器、仪表放在顺手处;把易发热和危险端钮(如 220V/380V 端钮、调压器的接线端子等)放在不易碰到的安全位置。

(2) 先主后辅。电路连接顺序是:先接主回路,再接辅助回路。主回路就是电源与电流表、负载串联的回路。连接主回路时,可按路径(电流方向)顺序依次连接。完成主回路后,按图检查无误后,再接并联的回路即辅助回路,最后接电源和电压表。

(3) 牢固准确。接线端的连接处,要拧紧或插紧,防止虚接。对于插接件一定要看清结构,再对准插到位。开关通断、转换旋转等要准确到位。旋转、插拔时不能用力过猛,以免造成连接处损坏。

(4) 井然有序。电路连接要井然有序,要易看、易查和易操作。连接导线的颜色要合理搭配,一般凡与电源“+”端、相线端相连接的导线用红色;而与电源“-”端或中性线相连接的导线用蓝色或黑色。导线长短要适宜。连接时,能用短线尽量用短线,避免导线过长且互相交叉。如必须

交叉,则最好选用不同的颜色,以示区别。

(5) 工作台面要干净整洁。接线完毕,要及时清理工作台上多余的物品。把剩余的导线、导电物品等及时拿开收好,把钳子、旋具、镊子等其他工具放在指定位置,以防引起短路或间接触电事故。

2. 电流表的接线

(1) 电流表必须串联在电路中。各种类型的毫安表、电流表和万用表电流挡在测量电流时,要串联连接在电路中,如图 1-2a 所示。

(2) 用直流电流表测量电流时要注意方向,连线应使电流从电流表“+”端流进,从“-”端流出,如图 1-2b 所示。

(3) 电流表不准与电源并联,即电流表不准与不带负载的电源连接在一起,如图 1-3 所示,因为电流表的内阻很小,这样连接会因流过电流表的电流过大而把表烧坏。

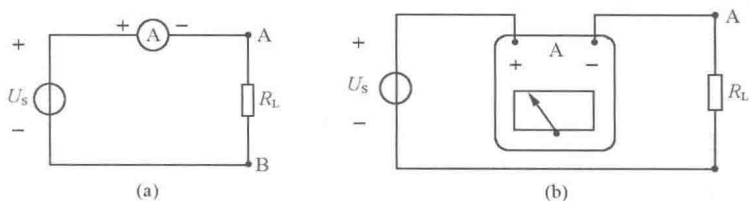


图 1-2 电流表的接线

(a) 电流表串联在电路中; (b) 电流表连接时的极性

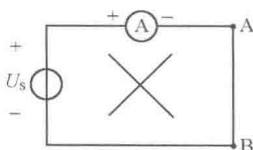


图 1-3 电流表不准与电源并联

3. 电压表的接线

(1) 电压表必须并联在电路中。各种类型的毫伏表、电压表和万用表电压挡在测量电压时,要并联连接在电路中,如图 1-4a 所示。

(2) 用直流电压表测量电压时,应注意电路电压“+”、“-”端极性,电压表与电路的接线如图 1-4b 所示。

(3) 当被测电阻较大($R > 10\text{k}\Omega$)时,常采用电压表外接测量电路,如图 1-5a 所示;当被测电阻较小时,常采用电压表内接测量电路,如图 1-5b 所示。

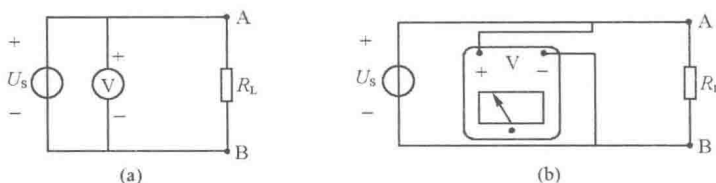


图 1-4 电压表的接线

(a) 电压表并联在电路中; (b) 电压表连接时的极性

这是因为常用电压表的内阻较大($1\text{M}\Omega$), 电流表的内阻较小($1 \times 10^{-9}\text{M}\Omega$)。当负载电阻较大时, 采用电压表外接电路, 电压表的读数是电阻 R_L 上的压降与电流表内阻的压降之和, 由于电流表的内阻很小, 其压降可以忽略不计, 所以电压测量误差较小。

同理, 当负载电阻较小时, 采用电压表内接电路, 电流表的读数是电阻 R_L 和电压表的电流之和, 由于电压表的内阻很大, 电流可以忽略不计, 所以电流测量误差较小。

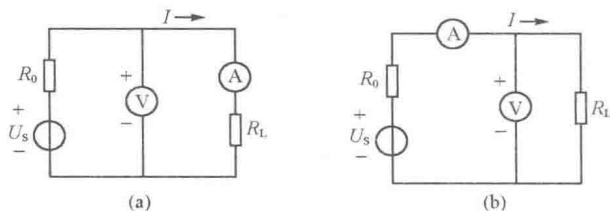


图 1-5 电压表的两种接法

(a) 电压表外接; (b) 电压表内接

4. 数字万用表的使用方法

万用表是一种多用途、多量程的电工仪表。一般的万用表可以测量直流电流、直流电压、交流电压和电阻等, 还有些万用表可测电容、功率、晶体管共射极直流放大系数 h_{FE} 等, 所以万用表是进行电气和电子设备的安装、调试与维修所必备的电工仪表。万用表有指针式(模拟式)和数字式两种。这里主要介绍数字式万用表测量直流电压和直流电流的使用方法。

图 1-6 为 DT890 系列数字万用表的面板示意图, 各部分的功能如下:

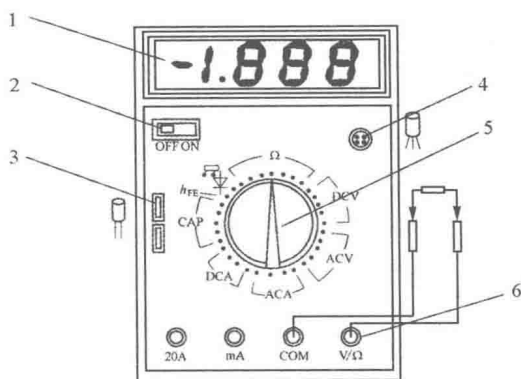


图 1-6 DT890 系列数字万用表的面板示意图

1—液晶显示器；2—电源开关；3—电容测试插座；
4—晶体管测试插座；5—功能转换开关；6—输入插孔

(1) 液晶显示器。3½位数字万用表显示的最大指示值为 1 999。如果显示器只显示“1”，则表示过量程，应将功能转换开关置更高量程(但在测电阻时，当表笔开路，显示器也显示为“1”)。

(2) 电源开关。使用时将电源开关置“ON”，使用完毕置“OFF”位置。

(3) 功能转换开关。测试之前，功能转换开关应置于被测电量(电压、电流、电阻等)及其大小相对应的挡位和适当的量程。例如，测量直流电压，应将开关拨至“DCV”，并选择适当的量程。

需注意，不能带电调整挡位或量程，即在转换开关时要先断开电源，避免转换开关的触点因产生电弧而被损坏。

(4) 输入插孔。共有 4 个。测量交、直流电压和测量电阻时，将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“V/Ω”插孔。测量交、直流电流时，将黑表笔插入“COM”插孔，当被测电流在 200mA 及以下时，红表笔插入“mA”插孔；当被测电流最大值不超过 20A 时，将红表笔插入“20A”插孔。

(5) 电容测试插座。测量电容时，将电容器插入电容测试插座中，因仪表本身已对电容挡设置了保护，故在测试过程中不用考虑电容的极性。但在测量大电容时，稳定读数则需要一定的时间。

(6) 晶体管测试插座。显示器上只能读出放大系数 h_{FE} 的近似值，对判断晶体管起参考作用，不能做精密测试。

5. 测量直流电压的操作方法

(1) 将功能转换开关拨到“DCV”(直流电压)位置,根据电压值的范围选择适当的量程。若被测电压数值范围不清楚时,可先选用较大的量程,再调整选用较低的量程,此时,应先将电源断开,再转动开关。

(2) 将万用表并接到被测电路上,红表笔接到被测电压的正极(或高电位一端),黑表笔接到被测电压的负极(或低电位一端)。如果极性接反,则显示负值。

6. 测量直流电流的操作方法

(1) 将红表笔插入“20A”或“mA”插孔(需根据被测电流的大小选择)。

(2) 将功能转换开关拨到“DCA”(直流电流)位置,并根据估算值选择适当的量程。

(3) 将被测电路断开,把万用表串接在电路中,务必注意表笔的接法,应使电流从红表笔流入,从黑表笔流出。

第二节 电路元件的识别与检测

一、电阻器的识别与检测方法

(一) 常用电阻器和电位器简介

1. 电阻器

具有一定阻值的实体元件称为电阻器,简称电阻。电阻器是电工和电子电路中应用最多的元件之一,在电路中用于分压、分流、耦合、阻抗匹配和用作负载等。

电阻器的种类很多,通常有固定电阻器、可变电阻器和敏感电阻器,其电路图形符号如图 1-7 所示。



图 1-7 电阻的电路符号

(a) 电阻器; (b) 热敏电阻; (c) 可调电阻; (d) 电位器

电阻的基本参量是电阻值,它是反映导体对电流起阻碍作用大小的一个物理量,用字母 R 表示,电阻的国际单位为欧姆(Ω),在实际电路中常用的单位还有千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$),它们之间的换算关系为

$$1\text{M}\Omega = 10^3\text{k}\Omega = 10^6\Omega$$

常用的固定电阻器按其结构形状和材料的不同,分为线绕电阻、碳膜电阻、金属膜电阻等,其外形如图 1-8a~d 所示。常用的敏感电阻器有热敏电阻和光敏电阻,外形如图 1-8e、f 所示。

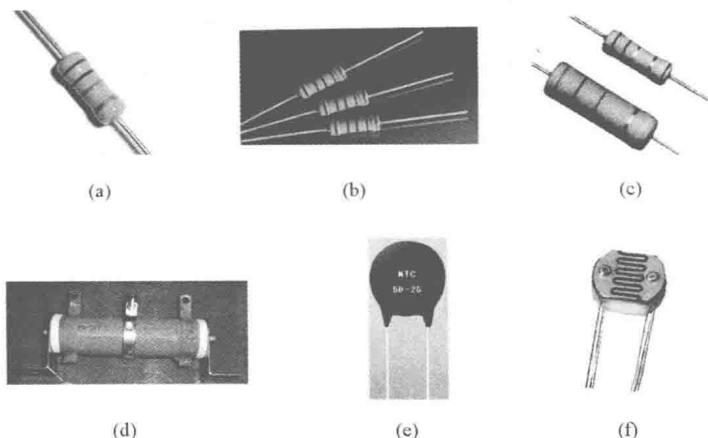


图 1-8 常用电阻器外形

(a) 碳膜电阻; (b) 金属膜电阻; (c) 金属氧化膜电阻;
(d) 线绕电阻; (e) 热敏电阻; (f) 光敏电阻

2. 电位器

电位器实际上是一个连续可调的电阻器,它由一个电阻体和一个转动或滑动臂组成,其电阻值可在一定范围内变化。在家用电器和其他电子设备电路中,电位器用来分压、分流和作为变阻器。在晶体管收音机、电视机等电子设备中,电位器用来调节音量、音调、亮度、对比度等。电位器的种类和结构形式也很多,有碳膜电位器、有机实心电位器、金属膜电位器、带开关电位器、线绕式电位器等,其外形如图 1-9 所示。

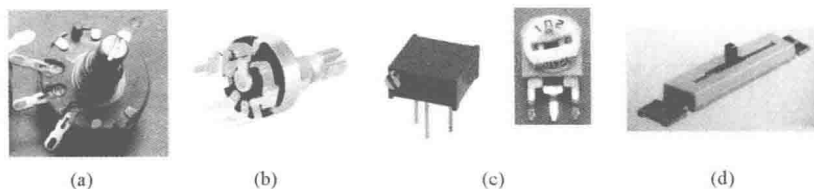


图 1-9 常用电位器外形

(a) 普通电位器; (b) 带开关电位器; (c) 微调电位器; (d) 直滑式电位器