

国家骨干高职院校建设

机电一体化技术专业（能源方向）系列教材

电子电路的组装与调试

■ 牛海霞 主编
■ 袁 广 主审



DIANZI DIANLU DE
ZUZHUANG YU TIAOSHI



化学工业出版社

国家骨干高职院校建设机电一体化技术专业
(能源方向) 系列教材

电子电路的组装与调试

		牛海霞	主 编
李满亮	王荣华	温玉春	副主编
		袁 广	主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书共分为十个任务, 主要包括: 电路常用元件的识别与检测、日光灯电路的接线与测量、三相负载的连接及功率的测量、变压器的同名端测定及性能参数测试、三相异步电动机的拆装、稳压电路的组装与调试、扩音机电路的组装与调试、收音机电路的组装与调试、数码显示器的组装与调试、智力竞赛抢答器的制作与调试。

本书可作为高职高专非电类专业电工电子技术基础课教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子电路的组装与调试/牛海霞主编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 5

国家骨干高职院校建设机电一体化技术专业 (能源方向) 系列教材

ISBN 978-7-122-19956-0

I. ①电… II. ①牛… III. ①电子电路-组装-高等职业教育-教材②电子电路-调制技术-高等职业教育-教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 041533 号

责任编辑: 李 娜

装帧设计: 张 辉

责任校对: 宋 夏

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 14¼ 字数 355 千字 2014 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

前 言

电子电路的组装与调试课程是非电类专业的一门专业基础课，要求学生学习和掌握电工电子基本理论和基本技能，并为相关的后续课程和今后从事专业技术工作奠定一定的基础。本书是高职高专教改项目成果教材，不仅具有一定的理论性和系统性，而且实践性和应用性也很强。

本书的特点是以项目为导向，注重任务驱动，在教学过程中积极推行任务教学，精心选用典型的、有实用价值的、学生感兴趣的任務，以该任务的设计和改進中的問題为切入点，步步深入。在每个任务中将理论与实践巧妙结合，实践教学与理论教学同步进行。

教学过程中实现了以学生为主体，以培养学生的自主学习能力、实践能力和创新能力为基本价值取向，若运用得法，将会最大限度地调动学生的主观能动性和学习兴趣。学生在完成每个任务的学习之后，对理论内容有了初步认识，为学好理论知识打下基础，实际操作和设计能力也将得到很大的提高。

本书共分为十个任务，主要内容包括：电路常用元件的识别与检测，日光灯电路的接线与测量，三相负载的连接及功率的测量，变压器的同名端测定及性能参数测试，三相异步电动机的拆装，稳压电路的组装与调试，扩音机电路的组装与调试，收音机电路的组装与调试，数码显示器的制作与调试，智力竞赛抢答器的制作与调试。

本教材由内蒙古机电职业技术学院牛海霞任主编，内蒙古机电职业技术学院李满亮、王荣华、温玉春任副主编，内蒙古机电职业技术学院袁广教授任主审，参加编写的还有内蒙古机电职业技术学院的刘海霞、王景学、王京、苏月、内蒙古电子信息职业技术学院的袁文博、北京京能新能源有限责任公司的董正茂、内蒙古水利水电勘测设计院的石银业。全书由牛海霞统稿。

本书在编写过程中，得到了乌海露天煤矿有限责任公司张建军等同志的帮助和支持，在此向他们表示衷心地感谢！

由于编者水平有限，书中难免错误与疏漏之处，诚望使用本教材的教师同仁与同学们给予宝贵建议。

编者

目 录

任务一 电路常用元件的识别与检测	1
分任务一 分析电路模型	1
分任务二 电路元件的识别	4
分任务三 电位、电压测定	11
分任务四 直流电压、电流测量	14
任务实施	19
任务巩固	23
任务二 日光灯电路的接线与测量	27
分任务一 认识正弦交流电路	27
分任务二 分析单相正弦交流电路	33
分任务三 功率因数的提高	43
分任务四 交流电路中电量的测量	45
任务实施	54
任务巩固	56
任务三 三相负载的连接及功率的测量	59
分任务一 认识三相交流电	59
分任务二 三相电源的连接	61
分任务三 三相负载的连接	64
分任务四 三相电路的功率及其测量	68
任务实施	71
任务巩固	73
任务四 变压器的同名端测定及性能参数测试	76
分任务一 磁路的基本知识	77
分任务二 变压器的参数设置	79
分任务三 认识三相变压器	84
任务实施	88
任务巩固	92
任务五 三相异步电动机的拆装	94
分任务一 认识三相异步电动机的基本结构和工作原理	94
分任务二 分析三相异步电动机的启动、制动和调速	101
任务实施	106
任务巩固	111

任务六 稳压电路的组装与测试	112
分任务一 二极管的识别	112
分任务二 分析二极管整流电路	124
分任务三 分析滤波电路	129
分任务四 直流稳压电路与集成稳压器	132
分任务五 手工焊接技术与工艺	134
任务实施	137
任务巩固	142
任务七 扩音机电路的组装与调试	145
分任务一 放大电路概述	145
分任务二 三极管	146
分任务三 三极管放大电路	151
分任务四 功率放大电路	159
任务实施	164
任务巩固	165
任务八 收音机电路的组装与调试	167
分任务一 集成运算放大器的认识	167
分任务二 分析差分放大电路	170
分任务三 集成运算放大器线性应用	174
任务实施	180
任务巩固	186
任务九 数码显示器的制作与调试	188
分任务一 数值与编码	188
分任务二 逻辑代数及应用	192
分任务三 组合逻辑电路	198
任务实施	204
任务巩固	206
任务十 智力竞赛抢答器的制作与调试	208
分任务一 认识触发器	208
分任务二 认识寄存器	213
分任务三 计数器	214
任务实施	218
任务巩固	220
参考文献	222

任务一 电路常用元件的识别与检测

任务描述

电路是各种电气元件按一定的方式连接起来的总体。在人们的日常生活和生产实践中,电路无处不在,种类繁多,其功能和分类方法也很多,但几乎都是由各种基本电路组成的。本任务针对基本电路中常用元件的识别与检测,介绍直流电路的基本知识。

能力目标

- (1) 能对电阻、电感及电容进行识别与检测;
- (2) 能分析基本电路,判定电位高低;
- (3) 能对直流电路进行分析,正确计算电路中的各物理量;
- (4) 会正确使用各种电工仪表。

相关知识

- (1) 电路模型及基本物理量;
- (2) 电路元件识别与检测;
- (3) 电路中电位图的绘制;
- (4) 基尔霍夫定律验证;
- (5) 支路电流法验证;
- (6) 叠加原理验证;
- (7) 戴维南定理测定。

分任务一 分析电路模型

一、电路组成

电路是电流通过的路径,它是由一些电气设备和元器件按一定的方式连接而成的。电路按其用途不同,可分为复杂电路和简单电路。但不管电路有多复杂或有多简单,其作用都有两种。一种作用是实现电能的传输和转换;另一种作用是实现信号的传递和处理。

把干电池和灯泡经过开关用导线连接起来,就构成了一个电路,如图 1-1-1 所示为常见的手电筒电路。电路中的干电池即为电源,灯泡为负载,而把电源和负载连接起来的开关及导线,是中间环节。

组成电路的基本部件如下。

- (1) 电源 把其他形式的能量转换成电能,是电路中电能的来源。常用的电源有干电



图 1-1-1 手电筒电路

池、蓄电池和发电机等，例如干电池将化学能转换成电能，发电机将机械能转换成电能等。电源在电路中起激励作用，在它的作用下产生电流与电压。

(2) 负载 是电路中的用电设备，它把电能转换成其他形式的能量。例如白炽灯将电能转换成热能和光能，电动机将电能转换成机械能等。常用的电灯、电动机、电炉、扬声器等都是电路中的负载。

(3) 中间环节 中间环节在电路中起着传递电能、分配电能和控制整个电路的作用。中间环节即开关和连接导线；一个实用电路的中间环节通常还有一些保护和检测装置，复杂的中间环节可以是由许多电路元件组成的网络系统。

二、电路模型

为了便于研究各类具体的电路，电工技术中，在一定条件下对实际器件加以理想化，只考虑其中起主要作用的电性能，这种电路元件简称理想电路元件。例如，电阻元件是一种只表示消耗电能的元件，是电阻器、电烙铁、电炉等实际电路元件的理想元件，称为模型。因为在低频电路中，这些实际元件所表现的主要特征是把电能转化为热能，所以可以用“电阻元件”这样一个理想元件来反映消耗电能的特征。同样，电感元件是表示其周围空间存在着磁场而可以储存磁场能量的元件，在一定条件下，“电感元件”是线圈的理想元件；电容元件是表示其周围空间存在着电场而可以储存电场能量的元件，在一定条件下，“电容元件”是电容器的理想元件。

由理想元件构成的电路，称为实际电路的“电路模型”。例如，图 1-1-2 的手电筒电路模型，在电路图中，电源部分用电动势 E 和内阻 R_0 表示，而作为负载的灯泡则用一个电阻 R 表示。电动势 E 的方向在电源内部是从低电位（电源负极）指向高电位（电源正极）的，输出电压 U 的方向是从高电位指向低电位，电流 I 的方向在外电路则是从高电位通过负载流向低电位的，在内电路是从低电位流向高电位。

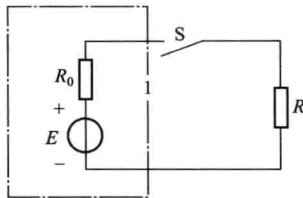


图 1-1-2 手电筒电路模型

三、电路的基本物理量

研究电路的基本规律，首先应掌握电路中的基本物理量：电流、电压、电位和电功率。

1. 电流

电流强度是单位时间内通过导体单位横截面的电荷量。电流强度又常称为电流。电流强度的单位是 A（安培），简称安。实际应用中，大电流用 kA（千安）表示，小电流用 mA

(毫安) 或 μA (微安) 表示。

电流主要分为两类：一类为大小和方向均不随时间变化的电流，即恒定电流，简称直流，用大写字母 I 表示，另一类为大小和方向均随时间变化的电流，即变化电流，用小写字母 i 或 $i(t)$ 表示。其中，一个周期内电流的平均值为零的变化电流称为交变电流，简称交流，也用 i 表示。

几种常见的电流波形如图 1-1-3 所示，图 1-1-3(a) 为直流电流，图 1-1-3(b)、图 1-1-3(c) 为交流电流。

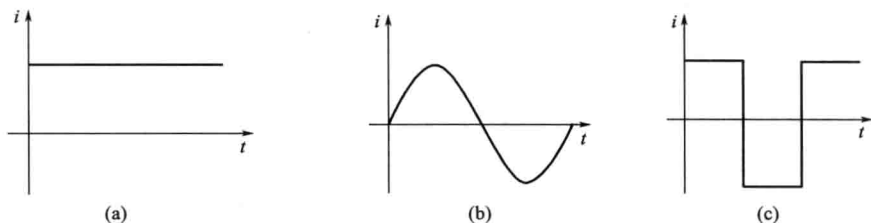


图 1-1-3 几种常见电流的波形

将电流的实际方向规定为正电荷运动的方向。在分析电路时，对于复杂的电路，由于无法确定电流的实际方向，或在交流电路中由于电流的方向是随时间变化的，它的实际方向也不能确定。为此，在分析电流时可以先假定一个方向，并称之为参考方向。电流的参考方向通常用带有箭头的线段表示，箭头所指的方向表示电流的流动方向。

当电流的实际方向与参考方向一致时，电流的数值就为正值（即 $I > 0$ ），如图 1-1-4(a) 所示。图中带箭头的实线段为电流的参考方向，虚线段为电流的实际方向（下同）。反之，当电流的实际方向与参考方向相反时，电流的数值为负值（即 $I < 0$ ），如图 1-1-4(b) 所示。

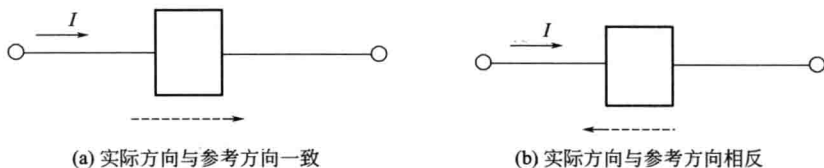


图 1-1-4 电流实际方向与参考方向

2. 电压

电压是电路中既有大小又有方向（极性）的基本物理量。直流电压用大写字母 U 表示，交流电压用小写字母 u 表示。电压的单位是伏特（V），简称伏。高电压用千伏（kV）表示，低电压可用毫伏（mV）或微伏（ μV ）表示。

电压的方向规定为从高电位指向低电位，在电路图中可用箭头来表示。在比较复杂的电路中，往往不能事先知道电路中任意两点间的电压，为了分析和计算的方便，也采用任意选定电压参考方向的办法。先按选定的电压参考方向进行分析、计算，再由计算结果中电压值的正负来判断电压的实际方向与任意选定的电压参考方向是否一致，若电压值为正，则实际方向与参考方向相同，电压值为负，则实际方向与参考方向相反。

3. 电位

在电路中任选一点为电位参考点（即零电位点），则某点到电位参考点的电压称为这一点（相对于电位参考点）的电位，如 A 点的电位为 V_A 。当选择 O 点为电位参考点时，则

$$V_A = U_{AO} \quad (1-1)$$

电压是针对电路中某两点而言的，与路径无关，所以

$$U_{AB} = U_{AO} - U_{BO} = V_A - V_B \quad (1-2)$$

这样，A、B 两点间的电压，就等于该两点的电位之差。电路中各点电位的高低是相对的，如果没有一个共同的参考点作标准，就无法确定电路中各点的电位，也无从比较各点电位的高低。通常在分析电路时先选定一个参考点，认为参考点的电位为零，电路中其他各点的电位均通过与参考点（零电位点）相比较而定。在生产实践中，把地球作为零电位点，凡是机壳接地的设备，接地符号是“⊥”，机壳电位即为零电位。电路中，比参考点电位高的各点电位是正电位，比参考点电位低的各点电位是负电位。

4. 电功率

电功率是指单位时间内电路元件上能量的变化量，是具有大小和正负值的物理量。电功率简称功率，其单位是瓦特（W），简称瓦。

在电路分析中，多是采用关联参考方向，通常用电流 i 与电压 u 的乘积来描述功率，则功率的计算公式为

$$p = ui \quad (1-3)$$

若 $p > 0$ ，则该元件吸收（或消耗）功率；若 $p < 0$ ，则该元件发出（或提供）功率。

分任务二 电路元件的识别

一、电路元件

1. 电阻元件

电阻是用于反映电流热效应的电路元件。在实际交流电路中，像白炽灯、电炉和电烙铁等，均可看成电阻元件。电阻的单位是欧姆（ Ω ），简称欧。常用单位还有 $k\Omega$ （千欧）或 $M\Omega$ （兆欧）等。

电阻元件对电流呈现阻力的性能可用其二端电压 U 与通过元件的电流 I 的关系表示，这种关系称为伏安特性。如图 1-2-1(a) 所示，当电阻元件上的电压 U 与电流 I 取关联方向时，通过电阻元件的电流与端电压成正比，而与电阻 R 成反比，欧姆定律表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-4)$$

满足欧姆定律的电阻为线性电阻，它的电压和电流关系在直角坐标系上是一条通过原点的直线。

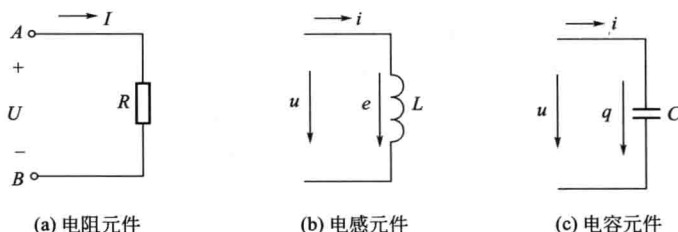


图 1-2-1 各元件电压与电流的关系

2. 电感元件

电感是反映电流周围存在磁场且能够储存和释放磁场能量的电路元件，典型的电感元件

是电阻为零的线圈。若线圈中无铁磁物质（即空心）则称为线性线圈，如图 1-2-1(b) 所示。

$$u = -e_i = L \frac{di}{dt} \quad (1-5)$$

式(1-5) 表明，电感元件上任一瞬间的电压大小，与这一瞬间电流对时间的变化率成正比。

若电感元件中通过的是直流电流，因电流的大小值不变化，即 $\frac{di}{dt} = 0$ ，则电感上的电压就为零，所以电感元件对直流电路可视为短路。

电感是一种储能元件。当通过电感的电流增加时，电感元件就将电能转换为磁能并储存在磁场中；当通过电感的电流减小时，电感元件就将储存的磁能转换为电能释放给电源。因此，在电感中的电流发生变化时，它能进行电能与磁能的互换，如果忽略线圈导线中的电阻的影响，那么电感本身是不消耗电能量的。

3. 电容元件

电容是反映带电导体周围存在电场且能够储存和释放电场能量的电路元件。电容种类很多，但从结构上都可看成由中间夹有绝缘材料的两块金属极板构成的。它的符号及规定的电压和电流参考方向如图 1-2-1(c) 所示。当电容接上交流电压 u 时，极板上的电荷也随之变化，电路中便出现了电荷的移动，形成电流 i ，则有

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1-6)$$

式(1-6) 表明，电容的电流与电压对时间的变化率成正比。当电压恒定，即 $\frac{du}{dt} = 0$ 时，电容上的电流为零。故电容对直流可视为断路，称之为“隔直”作用，即不允许直流电流通过。对于交流，电容会有电流通过，称之为“通交”作用。

电容也是一种储能元件。当两端的电压增加时，电容元件就将电能储存在电场中；当电压减小时，电容就将储存的能量释放给电源。因此，电容通过加在两端的电压的变化来进行能量转换。

4. 电源元件

能够向电路发出电流（或电压）的装置，称为电源。电源的种类很多，能够向电路独立发出电压或电流的电源，称为独立电源，如化学电池、太阳能电池或发电机等。独立电源按其外部特性，可分为电压源和电流源两种类型。

(1) 电压源 电压源是用于向外电路提供稳定电压的一种电源装置，电压源模型用电动势 E 和内阻 R_0 串联组合表示，如图 1-2-2(a) 的虚线框部分所示，电动势的参考方向习惯上用“+”和“-”极性表示。电压源两端接上负载 R 后，负载上就有电流 I 和电压 U ，分别称为输出电流和电压。在图 1-2-2(a) 中，电压源的外特性方程为

$$U = E - IR_0 \quad (1-7)$$

由此可画出电压源的外部特性曲线，如图 1-2-2(b) 所示的实线部分，它是一条具有一定斜率的直线段。其中，当负载断路（即 $R = \infty$ ）时，电路具有断路状态的特点，直线交于纵轴，即 $U = E$ ， $I = 0$ ；当负载被短路（即 $R = 0$ ）时，电路具有短路状态的特点，直线交于横轴，即短路电流 $I_{sc} = \frac{E}{R_0}$ ， $U = 0$ ；当 R 变化时，输出电压随输出电流的增加而降低，被降低部分的电压就是内压降 IR_0 。

由此可见， R_0 越小， U 随 I 的变化就越平坦。当 $R_0 = 0$ 时， U 不再随 I 的改变而发生

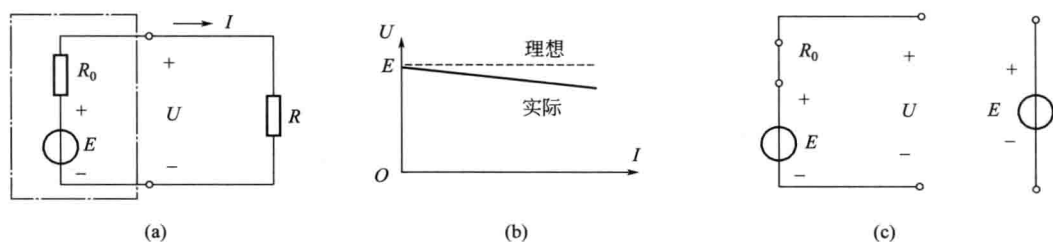


图 1-2-2 电压源模型及其外特性曲线

变化,恒等于电动势 E , 这种情况的电源称为理想电压源,简称恒压源。它的外部特性如图 1-2-2(b) 的虚线部分所示,为一条平行于横轴的直线。理想电压源的模型如图 1-2-2(c) 所示,其内阻为 R_0 ,用短路线替代,表示 $R_0=0$ 。理想电压源实际上是不存在的,当实际的电压源内阻 $R_0 \ll R$ (负载电阻) 时,内压降可忽略不计,此时这种电压源就可视为理想电压源。

(2) 电流源 电流源是用于向外电路提供稳定电流的一种电源装置,用电流 I_S (为恒定值) 和内阻 R_S 并联组合的模型表示,如图 1-2-3(a) 的虚线框部分所示,它的外部特性方程可用以下公式计算。

$$I = I_S - \frac{U}{R_S} \text{ 或 } U = I_S R_S - I R_S \quad (1-8)$$

由此可画出电流源的外部特性曲线,如图 1-2-3(b) 的实线部分所示。当 $R=\infty$ 时,电路处于断路状态,曲线交于纵轴,即 $U=I_S R_S$, $I=0$; 当 $R=0$ 时,电路处于短路状态,曲线交于横轴,即 $I=I_S$, $U=0$; 当 $0 < R < \infty$ 变化时,输出电压同样随着电流的增加而降低。当 $R_S=\infty$ 时, I 不再随 R 的变化而发生改变,而是恒等于电流值 I_S , 这种情况的电源称为理想电流源,简称恒流源,它的符号如图 1-2-3(c) 所示。其中内阻 R_S 用开路元件替代,外部特性是一条平行于纵轴的直线,如图 1-2-3(b) 的虚线部分所示。理想电流源实际也是不存在的,只是当 $R_S \gg R_0$ 而忽略电源内阻的分流作用时,该电流源才被视为理想电流源。

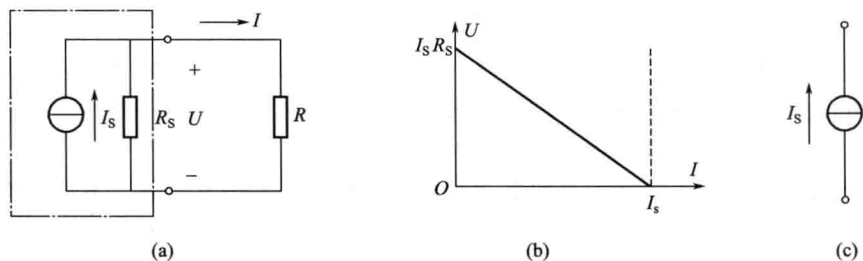


图 1-2-3 电压源模型及其外特性曲线

二、电阻器

电阻器的主要作用是限流、分流、降压、分压、负载、阻抗匹配、阻容滤波等,电阻器是电路元件中应用最广泛的一种。

1. 电阻器的分类

电阻器有多种分类方式,按结构可分为固定电阻器、可变电阻器(电位器)和敏感电阻器。按材料和工艺可分为膜式电阻器、实心电阻器、线绕电阻器等。常用电阻器的外形如图 1-2-4 所示。

固定电阻器简称电阻器。可变电阻器分为滑线式变阻器和电位器,常用于调节电路。敏

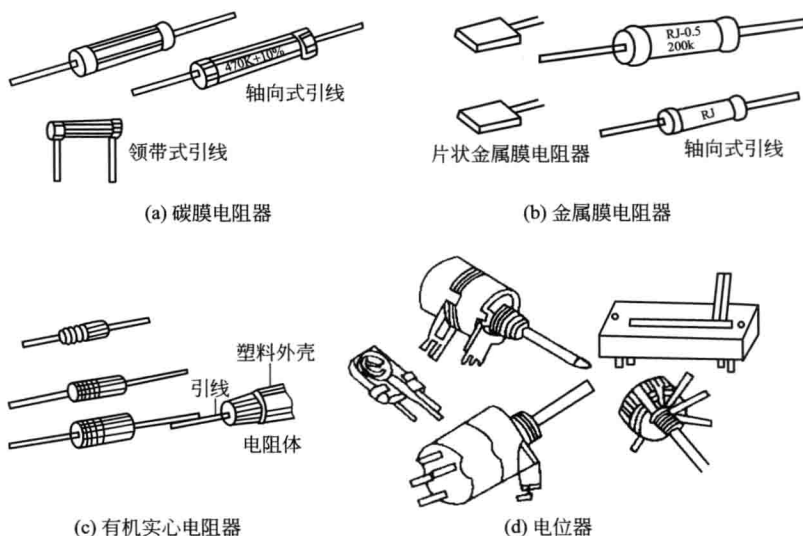


图 1-2-4 常用电阻器外形

敏感电阻器有光敏电阻、热敏电阻、压敏电阻、气敏电阻等。它们均是利用材料电阻率随物理量变化的特性制成的，多用于控制电路。新型的电阻元件是片状电阻器，也称为表面安装电阻元件，是由陶瓷基片、电阻膜、玻璃釉保护层和端头电极组成的无引线结构电阻元件。这种片状的新型电阻元件具有体积小、重量轻、性能优良、温度系数小、阻值稳定可靠性强等优点，但其功率一般都不大。

2. 电阻器的主要参数

电阻器的主要参数有标称阻值和误差、标称功率、最高工作温度、极限工作电压、稳定性、噪声电动势、高频特性和温度特性等。

当选择在电路使用的电阻器时，它的阻值并不是唯一被考虑的参数。电阻器的误差和功率也同样重要。在简单的电子制作中，我们一般主要考虑标称阻值、误差、标称功率等几个主要参数。电阻器的标称阻值是指在电阻器上标的电阻值。标称功率是指电阻器在规定的环境温度和湿度长期连续工作，电阻器所允许消耗的最大功率。

标识电阻器的阻值和误差的方法有两种：①直标法；②色标法（固定电阻器用）。直标法是用数字直接标注在电阻上，如图 1-2-5 所示。色标法是用不同颜色的色环来表示电阻的

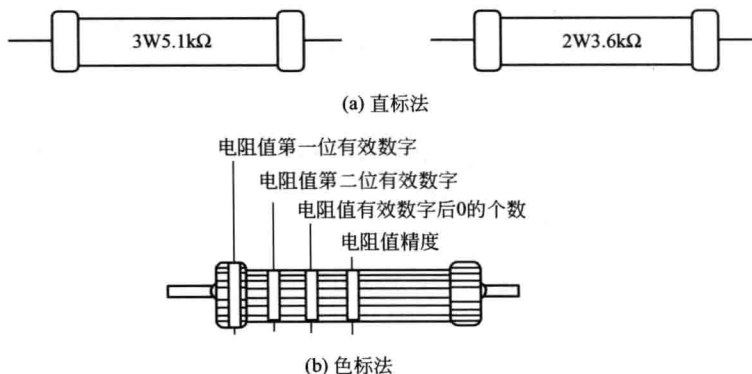


图 1-2-5 电阻器标法

阻值和误差，各色环颜色所代表的含义如表 1-2-1 所示。

表 1-2-1 各色环颜色代表的含义

颜色	第一色环第一位数	第二色环第二位数	第三色环倍数	第四色环误差
黑	0	0	10^0	
棕	1	1	10^1	
红	2	2	10^2	
橙	3	3	10^3	
黄	4	4	10^4	
绿	5	5	10^5	
蓝	6	6	10^6	
紫	7	7	10^7	
灰	8	8	10^8	
白	9	9	10^9	
金				
银				
无色				

例如，图中第一色环为红、第二色环为黄、第三色环为橙、第四色环为银，则电阻阻值为 $24 \times 10^3 = 24\text{k}\Omega$ 。

3. 电阻器的选用和测量

表 1-2-2 给出几种常见电阻器的结构与特点，可供选用时参考。

表 1-2-2 几种常见电阻器的结构与特点

电阻器的类别	型号	应用特点
碳膜电阻器	RT 型	性能一般，价格便宜，大量应用于普通电路中
金属膜电阻器	RJ 型	与碳膜电阻相比，体积小，噪声低，稳定性好，但成本较高，多用于要求较高的电路中
金属氧化膜电阻器	RY 型	与金属膜电阻相比，性能可靠，过载能力强，功率大
实心碳质电阻器	RS 型	过载能力强，可靠性较高。但噪声大，精度差，分布电容电感大，不适宜要求较高的电路中
线绕电阻器	RX 型	阻值精确，功率范围大，工作稳定可靠，噪声小，耐热性能好，主要用于精密和大功率场合。但其体积较大，高频性能差，时间常数大，自身电感较大，不适用于高频电路
碳膜电位器	WT 型	阻值变化和中间触头位置的关系有直线式、对数式和指数式三种，有的和开关组成带开关电位器。碳膜电位器应用广泛
线绕电位器	WX 型	用电阻丝在环状骨架上绕制而成，其特点是阻值变化范围小，寿命长，功率大

测量电阻的方法很多，可用欧姆表、电阻电桥和万用表欧姆挡直接测量，也可通过测量电阻的电流和电压再由欧姆定律算出电阻值。

三、电容器

电容器是一种储能元件，在电路中，用于调谐、滤波、耦合、隔直、旁路、能量转换和延时等。

1. 电容器的类别

电容器按其电容量是否可调分为固定电容器、半可变电容器、可变电容器三种。按其所

用介质分为金属化纸介电容、钽电解电容器、云母电容器、薄膜介质电容、瓷介电容器等。几种常见电容器的外形如图 1-2-6 所示。

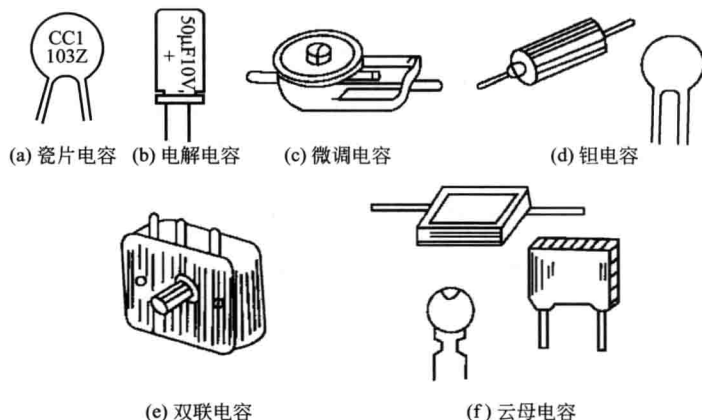


图 1-2-6 常用电容器的外形

固定电容器简称电容器。半可变电容器又称为微调电容器或补偿电容器，其特点是电容器可在小范围内变化（几皮法至几十皮法，最高可达 100pF）。可变电容器的电容量可在一定范围内连续变化，它们由若干片形状相同的金属片并接成一组（或几组）定片和一组（或几组）动片，动片可以通过转轴转动，以改变动片插入定片的面积，从而改变电容量。

2. 电容器的主要参数

电容器的主要参数为标称电容量、允许误差和额定工作电压等。标称电容量是指电容器上标出的名义电容量值。允许误差为实际容量与标称容量之间允许的容量最大偏差范围。额定工作电压是电容器在规定的工作温度范围内，长期、可靠地工作所能承受的最高电压。

电容器的标识方法有三种：一是直标法；二是数码法；三是色标法。

(1) 直标法。将电容器的容量、耐压及误差直接标注在电容上。

(2) 数码法。用三位数字来表示容量的大小，单位为 pF。前两位为有效数字，第三位表示倍率，即乘以 10^i ， i 的取值范围是 1~9，但 9 表示 10^{-1} 例如，333 表示 33 000pF 或 0.033μF；229 表示 2.2pF。

(3) 色标法与电阻器的色环表示法类似，其各色环颜色所代表的含义与电阻色环完全一样，单位为 pF。

3. 电容器的选用及测试

电容器的种类繁多，性能指标各异，合理选用电容器对实际电路很重要。对于一般电路，可选用瓷介电容器；对于要求较高的中高频、音频电路，可选用涤纶或聚苯乙烯电容器。例如，谐振回路要求介质损耗小，可选用高频瓷介或云母电容器；电源滤波、退耦、旁路可选用铝或电解电容。常用电容器的性能特点如表 1-2-3 所示，应根据电路要求进行选择。

表 1-2-3 几种常用电容器的性能特点

电容器的类别	型号	应用特点
铝电解电容器	CD 型	有极性之分。电容量大，耐压高，电容量误差大，且随频率而变动，绝缘电阻低，漏电流大

续表

电容器的类别	型号	应用特点
钽解电容器 铌解电容器	CA 型 CN 型	有极性之分。体积小,电容量大,耐压高,性能稳定,寿命长,绝缘电阻大,温度特性好;但成本高,用在要求较高的设备中
云母电容器	CY 型	高频性能稳定,介质损耗小,绝缘电阻大,温度系数小,耐压高(从几百伏至几千伏);但电容量小(从几十皮法至几万皮法)
瓷介电容器	CC 型	体积小,损耗小,绝缘电阻大,温度系数小,可工作在超高频范围;但耐压较低(一般为 $60\sim 70\text{V}$),电容量较小(一般为 $1\sim 1000\text{pF}$)。为提高电容量,采用铁电陶瓷和独石为介质,其容量分别可达 $680\text{pF}\sim 0.047\mu\text{F}$ 和 0 至几微法,但其温度系数大,损耗大,电容量误差大
纸介电容器	CZ 型	体积小,电容量可以做得较大,且结构简单,价格低廉。但介质损耗大,稳定性不高。主要用于低频电路的旁路和隔直电容,其电容量一般为 $10\sim 100\text{pF}$
金属化纸介电容器	CJ 型	其性能与纸介电容器相仿。但它有一个最大的特点是被高电压击穿后,有自愈作用,即电压恢复正常后仍能工作
(苯)有机薄膜电容器 (涤纶)有机薄膜电容器	CB 型 CL 型	与纸介电容器相比,它的特点是体积小,耐压高,损耗小,绝缘电阻大,稳定性好;但温度系数大

电容器装接前应先进行测量,看其是否短路、断路或漏电严重。利用万用表的欧姆挡就可以简单地测量。具体方法是:容量大于 $100\mu\text{F}$ 的电容器用 $R\times 100$ 挡测量;容量为 $1\sim 100\mu\text{F}$ 的电容器用 $R\times 1\text{k}$ 挡测量;容量更小的电容器用 $R\times 10\text{k}$ 挡测量。对于极性电容,将黑表笔接电容器的正极,红表笔接电容器的负极,若表针摆动大,且返回慢,返回位置接近 ∞ ,说明该电容器正常,且电容量大;若表针摆动大,但返回时,表针显示的欧姆值较小,则说明该电容漏电电流较大;若表针摆动很大,接近于 0Ω ,且不返回,说明该电容器已击穿;若表针不摆动,则说明该电容器已开路,失效。对于非极性电容,两表笔接法随意。另外,如果需要对电容器再进行一次测量,就必须将其放电后才能进行。

对于要求更精确的测量,我们可以用交流电桥和 Q 表(谐振法)来测量,这里不做介绍。

四、电感器

电感器是利用电磁感应原理制成的元件,通常分两类:一类是应用自感作用的电感线圈;另一类是应用互感作用的耦合电感。电感器的应用范围很广,它在调谐、振荡、匹配、耦合、滤波、陷波等电路中都是必不可少的。由于电感工作频率、功率、功用等的不同,使其结构多种多样。一般电感器是由漆包线在绝缘骨架上绕制而成的线圈,作为存储磁能的元件。为了增加电感量,提高品质因数和减小体积,通常在线圈中加入软磁性材料的磁心。

1. 电感器的类别

根据电感器的电感量是否可调,电感器分为固定、可变和微调电感器。常见电感器的外形如图 1-2-7 所示。

可变电感器的电感量可利用磁心在线圈内移动而在较大的范围内调节。它与固定电容器配合用于谐振电路中起调谐作用。

微调电感器可以满足整机调试的需要和补偿电感产生时的分散性,一次调好后,不再变动。

除此之外,还有一些小型电感器,如色码电感器、平面电感器和集成电感器,可满足电气设备小型化的需要。

2. 电感器的主要参数

电感器的主要参数为电感量、品质因数和额定电流等。电感量是指电感器通过变化电流

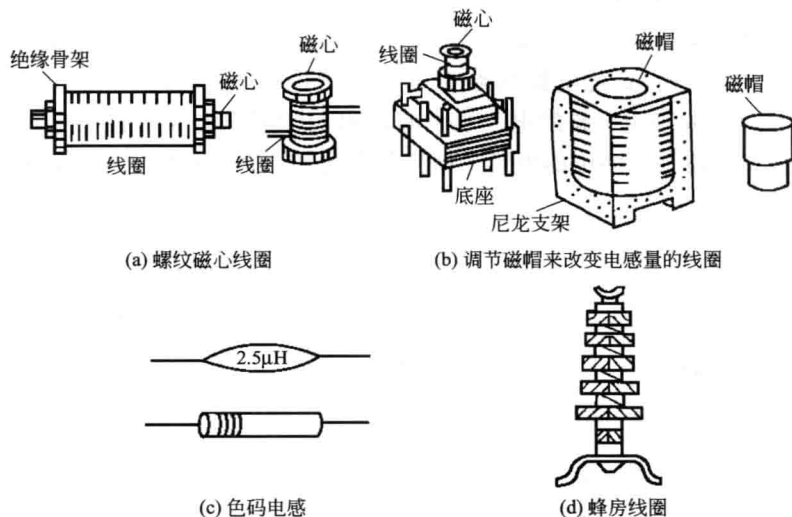


图 1-2-7 常用电感器的外形

时产生感应电动势的能力。其大小与磁导率 μ 、线圈几何尺寸和匝数等有关。品质因数为线圈中存储能量和消耗能量的比值，通常用 $Q = \omega L / R$ 来表示，它反映电感器传输能量的效能。 Q 值越大，损耗越小，传输效能越高，一般要求 $Q = 50 \sim 300$ 。额定电流主要是对高频电感器和大功率电感器而言的。通过电感器的电流超过额定值时，电感器将会发热，严重时烧坏。

3. 电感器的选用及测试

根据电路要求选择电感器的类型、电感量、误差及品质因数；根据电路工作电流选择电感器的额定电流。如选电感器时，首先应明确其使用频率范围，如铁心线圈只能用于低频；一般铁氧体线圈、空心线圈可用于高频。再考虑电感量、误差及品质因数等。

线圈是磁感应元件，它对周围的电感性元件有影响。安装时一定要注意电感性元件之间的相互位置，一般应使相互靠近的电感线圈的轴线互相垂直，必要时可在电感性元件上加屏蔽罩。

用万用表欧姆挡测量电感线圈的直流电阻，并与其技术指标相比较时，若阻值比规定的阻值小得多，则说明线圈存在局部短路或严重短路情况；若阻值很大或表针不动，则表示线圈存在断路。也可以用电桥法、谐振回路法测量。常用测量电感的电桥有海氏电桥和麦克斯韦电桥，这里不做详细介绍。

分任务三 电位、电压测定

一、电位的计算

电路中某一点的电位，必须先先在电路中选定某一点作为电位参考点。只有选定了参考点以后，讨论电路中某点的电位才有意义。一般选取零电位点为参考点。如图 1-3-1 所示，取 d 点作为电位参考点，参考点的电位 $V_d = 0$ ，其他各点的电位都与这一点进行比较，比它高的电位为正，比它低电位为负。正数值越大，电位就越高，而负数值越大，电位就越低。实际上，电路中某一点的电位就等于该点与参考点之间的电压。

结论：(1) 电路中某一点的电位在数值上等于该点与参考点之间的电位差；