

电工基础

Diangong Jichu

主 编 / 闫 明

副主编 / 刘亚明

主 审 / 胡志东



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

电工基础

Diangong Jichu

主 编 / 闫 明

副主编 / 刘亚明

主 审 / 胡志东



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

北 京

内 容 提 要

本书采用现实一体的思路,结合大量实例编写而成,全书共设6个项目,主要包括:直流电路、安装单相照明电路、小型配电箱的制作、三相电动机的控制、安全用电的相关知识。

本书可作为中等职业教育机电专业、电工电子专业、焊接技术专业、自动控制专业、数控专业及相关专业的教材,也可供机电技术和电气技术人员参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础 / 闫明主编. — 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2015.2

ISBN 978-7-114-10827-3

I. ①电… II. ①闫… III. ①电工学—中等专业学校—教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 179133 号

中等职业教育土木类专业规划教材

书 名: 电工基础

著 作 者: 闫 明

责任编辑: 刘彩云 谢海龙

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 13.25

字 数: 276 千

版 次: 2015 年 2 月 第 1 版

印 次: 2015 年 2 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10827-3

定 价: 29.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

电工基础是机电类专业各门专业课的基础课,其内容主要包括直流电,单相照明,三相电动机的控制,单相配电、单相用电及相关保护,低压电器、电动机的控制电路图,变压器的结构与原理,安全用电的相关知识。

本书主要以用电的相关工艺为主线,配合以相应的理论知识,简化大量的理论计算,辅以相应的大量的实验及实训,完成对所述内容的具体化,使学生能够具备用电方面的实践技能,具有电路故障分析的能力。在编写过程中,作者参阅了许多同行专家编著的文献,参考了各相关国家标准、工业与民用配电设计师手册等相关资料。全书深入浅出、结构合理、通俗易懂,具有较强的实用性。

本书由齐齐哈尔铁路工程学校闫明担任主编,刘亚明担任副主编。具体分工如下:项目一由郑彤编写,项目二由刘亚明编写,项目三由闫明编写,项目四由盛伟编写,项目五由周靖冉编写,项目六由金字编写。胡志东同志审阅了全部文稿,并提出了很多宝贵意见。

限于编者水平,不足之处敬请广大读者批评指正。

编 者
2014 年 10 月

目 录

项目一 安装与测量直流电路	1
任务一 认识电路	1
任务二 认识电路中的基本物理量	5
任务三 认识电阻和导电材料	9
任务四 学会电阻的串联和并联	12
任务五 学会使用万用表	15
任务六 连接测量直流电路	23
项目二 安装单相照明电路	25
任务一 认识单相正弦交流电	25
任务二 学会使用示波器	37
任务三 认识交流电路中的电感元件	51
任务四 认识交流电路中的电容元件	57
任务五 了解电阻与电感串联的交流电路特征	60
任务六 日光灯电路的安装与功率因数的提高	76
思考题	79
综合练习	79
项目三 安装小型配电箱	95
任务一 认识三相交流电	101
任务二 学会三相负载的星形连接	106
任务三 学会三相负载的三角形连接	109
任务四 学会使用单相电度表	113
任务五 配电线路的保护	126
任务六 电缆在室内敷设	128
思考题	131
项目四 制作小型电源变压器	132
任务一 认识磁场和基本物理量	132
任务二 了解电磁感应现象	137
任务三 了解互感现象	141
任务四 认识变压器	145
任务五 测量变压器的同名端	154
任务六 学会使用兆欧表测量变压器的绝缘电阻	155
任务七 制作小型电源变压器	158

思考题.....	165
项目五 控制三相异步电动机的起动和停止.....	166
任务一 认识三相异步电动机.....	166
任务二 认识常用低压电器.....	173
任务三 安装三相异步电动机控制电路.....	182
项目六 安全用电.....	190
任务一 安全操作规程.....	190
任务二 触电急救.....	194
任务三 安装接地装置.....	197
思考题.....	204
参考文献.....	205

项目一 安装与测量直流电路

【项目描述】

我们的生活和工作都离不开电,要掌握和利用电,就要从认识电路开始。在本项目中,我们从电路的组成入手,进一步认识电路中的物理量,掌握电路中最常见的电阻元件特性,学习电阻的串联与并联,学会使用万用表,最终能够安装与测量简单的直流电路。

【技能要点】

通过色环读出电阻值及误差,利用万用表测量电阻值,利用万用表测量电压值和电流值。

【知识要点】

电路的组成及工作状态,电阻的串联与并联,电路中的基本物理量。

任务一 认识电路

一、电路组成

电能的产生、输送及各种电气设备的工作都是依靠电路来实现的,我们把电流流过的路径称为电路。电路一般由电源、负载、导线和开关四部分组成,如图 1-1 所示。

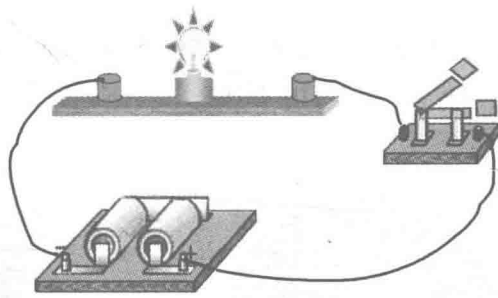


图 1-1 电路的组成

1. 电源

电源:电源是电能的来源,它将其他形式的能量转换为电能,如图 1-2 ~ 图 1-6 所示为几种常用电源。



图 1-2 干电池



图 1-3 蓄电池

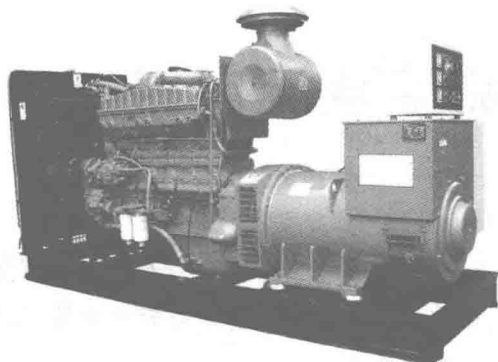


图 1-4 柴油发电机

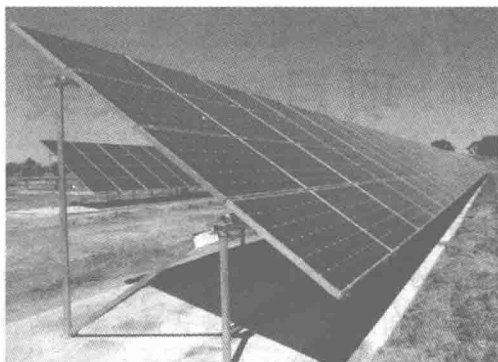


图 1-5 太阳能电池板



图 1-6 风力发电机

2. 负载

负载是消耗电能的设备,如照明灯、电热器、电动机等,它们能将电源产生的电能转变为光能、热能、机械能等其他形式的能量,为人们所利用。

常用的负载如图 1-7 ~ 图 1-9 所示。



图 1-7 节能灯

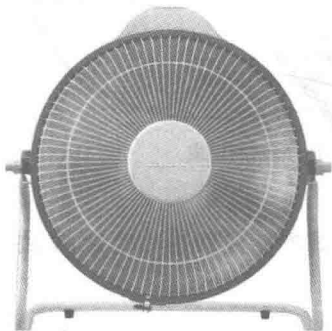


图 1-8 电热器

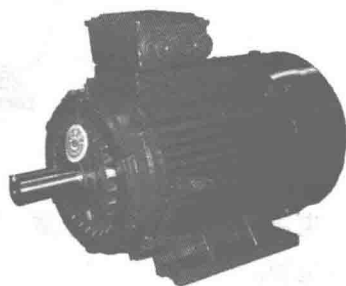


图 1-9 电动机

3. 导线

导线的作用是将电路中的各个元件连接起来,形成回路。由于用途的不同,导线的外形和结构也有所不同常用的导线如图 1-10 ~ 图 1-12 所示。

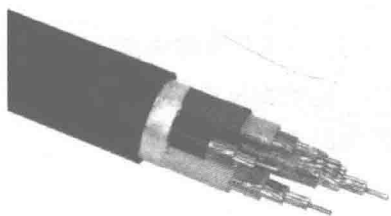


图 1-10 电缆线

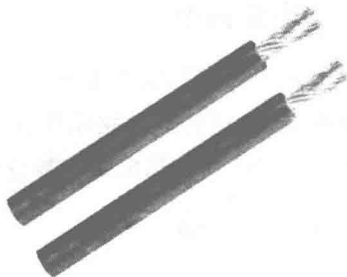


图 1-11 多芯软铜线



图 1-12 信号线

4. 开关

开关用于控制电路的通断,如通过开关可以控制房间里面的灯的开闭常用的开关形式如图 1-13 ~ 图 1-16 所示。

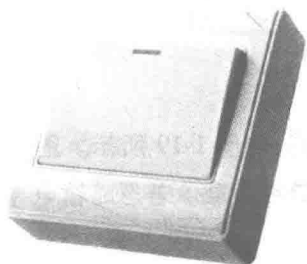


图 1-13 照明开关

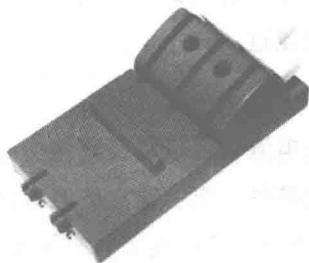


图 1-14 刀开关



图 1-15 空气开关

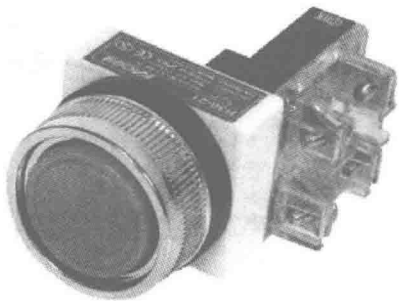


图 1-16 按钮开关



电路模型

实际电路中的电气设备多种多样,为了便于分析和研究,通常将实际电路中的元器件用规定的符号来表示,这就是电路模型,通常我们所说的“电路”指的都是电路模型。

如图 1-1 所示的实际电路可简化成如图 1-17 所示的电路模型。



电路状态

1. 断路

断路就是电源与负载没有连接成闭合电路,也就是图 1-18 中开关 S 断开时的工作状态。断路状态相当于负载电阻无穷大,电路的电流为零。

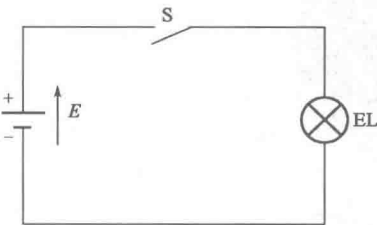


图 1-17 电路模型

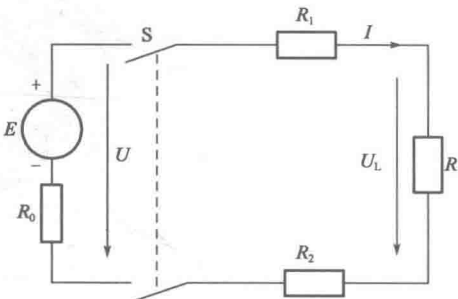


图 1-18 电路的通和断

2. 通路

通路就是将电源与负载连接成闭合回路,即为图 1-18 中开关 S,闭合时的工作状态,此时电路中有电流流过。

3. 短路

短路就是电源未经负载而直接由导线连接而成的闭合回路,如图 1-19 所示。图中虚线是指明短路点的符号。电源输出的电流就以短路点为回路而不流经负载。若忽略输电导线的电阻,短路时回路中只存在电源的内阻 R_0 ,这时的电流为:

$$I_{sc} = \frac{E}{R_0}$$

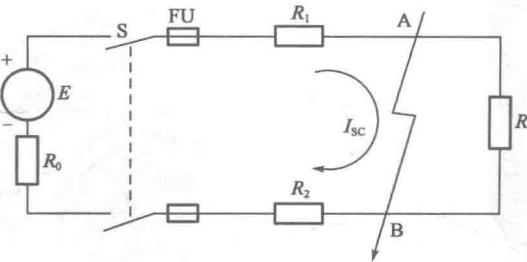


图 1-19 短路示意图

I_{sc} 称为短路电流。因为电源内电阻 R 。一般都比负载电阻小得多,所以短路电流 I_{sc} 总是很大。如果电源短路状态不能迅速排除,电流热效应很大的短路电流将会烧毁电源、导线以及短路回路中所接的电流表、开关等,引起火灾。所以电源短路是一种严重事故,应严加杜绝。

许多短路事故是因绝缘损坏而引起的,错误的接线或误操作也常导致电源短路。

为了避免短路事故引发的严重后果,通常在电路中接入熔断器或自动断路器(图 1-19 中的 FU),以便在发生短路时能迅速将故障电路自动断开。

任务二 认识电路中的基本物理量

一、电流

电路中的电灯会发光,电热器会发热,电动机能够转动都是因为在电路中有电流流过,那么,电流是怎样形成的?

1. 电流的形成

在电路中,电荷的定向移动形成电流。那么,电荷为什么会定向移动呢?

在金属导体中存在着大量的自由电子,通常情况下自由电子处于紊乱的、无规则的热运动状态,当金属导体接到电源上形成闭合电路时,电源会在金属导体中形成电场,自由电子在电场力作用下有规则的定向移动就形成了电流,如图 1-20 所示。

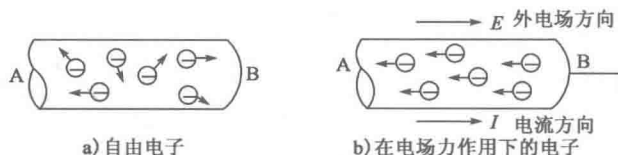


图 1-20 电流的形成

2. 电流的大小

电流的大小用电流强度来描述。单位时间内流过导体某一截面的电荷量称为电流强度,简称电流,即:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

式中: i ——电流,单位为安培(A);

ΔQ ——通过导体某一截面的电荷量,单位为库仑(C);

Δt ——时间,单位为秒(s)。

电流常用的单位不仅有安培(A),还有毫安(mA)和微安(μA)。换算单位为: $1A = 1000mA$, $1mA = 1000\mu A$ 。

如果电流的大小和方向不随着时间的推移而变化,则称为稳恒直流电,简称直流电。

直流电通常这样表示:

$$I = \frac{Q}{t}$$

3. 电流的方向

通常人们规定正电荷运动方向为电流的方向。然而,在金属导体中,电子运动的方向与电流方向是相反的。

在电路分析过程中,有时很难确定电流的实际方向,这时可以先假定一个方向作为电流的参考正方向,简称正方向。

如果电流的实际方向与电流的参考方向一致,则电流为正;如果电流的实际方向与参考方向相反,则电流为负。电流的正负只是用来说明电流的方向,并不表示电流的大小。

在图 1-21 中,实线箭头表示电流的参考方向,虚线箭头表示电流的实际方向。

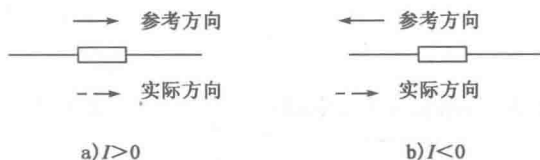


图 1-21 电流的方向

〔做一做〕 测量电流

测量电流时一般使用电流表。

按图 1-22 连接电路。测量时将电流表串接在电路中,让电流从表的“+”端流入,从表的“-”端流出,根据表针指示的刻度,读出电流的大小。

测量时如果发现指针反向偏转,则表示电流表的接线端子极性与电路中电流的方向相反,应交换接线端子重新测量。

二、电压和电位

1. 电压

1) 电压的定义

电流产生的条件是电路闭合并且有电源产生电位差,这个电位差就是电压,电压是怎样形成的呢? 如图 1-23 所示,极板 A 带正电荷,极板 B 带负电荷,则 A、B 极板上因为有电荷的堆积,在极板间形成电位差,在电位差的作用下电流流过白炽灯。

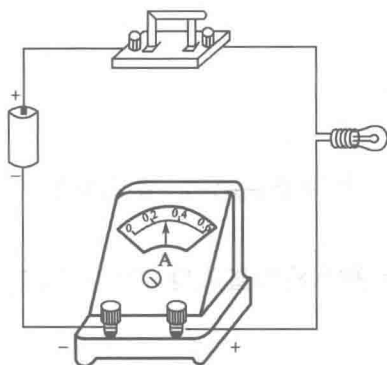


图 1-22 测量电流

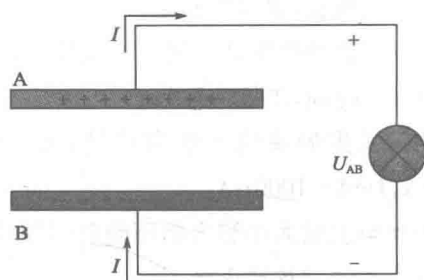


图 1-23 电压的形成

A、B 板之间的电位差称为 A、B 两点之间的电压 U_{AB} 。

2) 电压的单位

电压的单位为伏特(V),常用的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)。换算单位为: $1kV = 1000V$, $1V = 1000mV$, $1mV = 1000\mu V$ 。

3) 电压的方向

电压的方向由高电位指向低电位,可以用极性符号表示,也可以用箭头符号表示,例如电压 U_{AB} 的方向表示如图 1-24 所示。

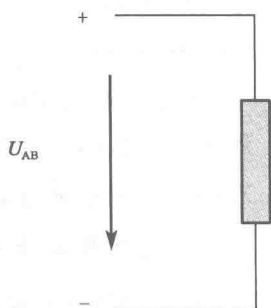


图 1-24 电压的方向

2. 电位

取电路中任一点为参考点,并规定为零电位点,电路中任一点到参考点之间的电压,就称为该点的电位。电位的单位也是伏特(V)。

在图 1-23 中,若设 $U_{AB} = 10V$,并设 B 点为参考点,则 A 点的电位为 10V;若设 A 点为参考点,则 B 点的电位为 -10V。

电路中的参考点常用“ $\perp$ ”表示,其电位为零。

3. 电压与电位的关系

电压即为两点之间的电位差,即:

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

【想一想】 电路中某点的电位与参考点的选择有关系吗? 两点之间的电压与参考点的选择有关系吗?

【做一做】 测量电压

测量电压用电压表。

按图 1-25 连接电路,测量时将电压表串接在电路中,让表的“+”极接高电位,表的“-”极接低电位,根据表针所指示的刻度,读出电压的大小。

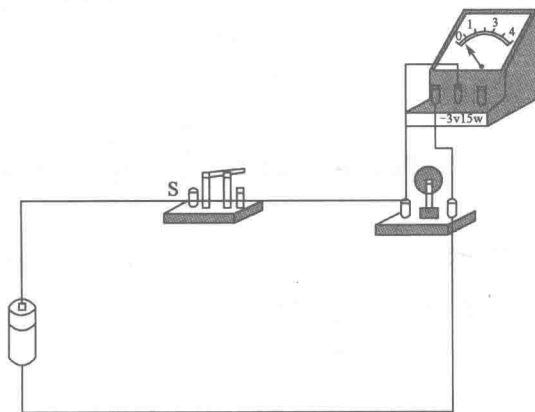


图 1-25 测量电压

[想一想] 测量过程中,有没有出现表针反向偏转的现象,想一想是什么原因?怎样改正?

三、电动势

1. 电动势的定义

电动势是用来描述电源对电荷做功能力的物理量。在图 1-23 中,正电荷在电场力的作用下,从极板 A(高电位)移动到极板 B(低电位),形成电流。为了使电路中的电流能持续流动,还必须将正电荷从极板 B(低电位)移到极板 A(高电位),这个使电荷移动的力就称为电源力,电动势就是表征电源力对电荷做功能力的物理量。

2. 电动势的方向

电动势的方向规定为电源的负极指向正极,用“+”、“-”或箭头“↑”来表示。

3. 电动势的单位

电动势的单位与电压一样,单位也为伏特(V)。

四、电能和电功率

1. 电能

电流通过电阻时会消耗能量,电能转化为其他形式能的过程,就是电流做功的过程,因此消耗多少电能,可以用电流所做的功来度量,其公式为:

$$W = UIT$$

式中: W ——电能,单位为焦耳(J),常用单位为千瓦时(kW·h),即我们常说的1度电;

U ——电压,单位为伏特(V);

I ——电流,单位为安培(A);

T ——时间,单位为秒(s)。

如果电路的负载是电阻时,根据欧姆定律 $I = U/R$,可得电阻 R 上吸收的电能为:

$$W = I^2 RT$$

$$W = \frac{U^2}{R} t$$

[例 1-1] 一台 29 寸彩电的额定功率为 140W,每千瓦时电的电费为 0.5 元,工作 10h 的电费是多少?

解: 电费 = 额定功率 × 用电小时数 × 每度电的费用
 $= 140 \times 10^{-3} \times 10 \times 0.5 = 0.7$ 元

2. 电功率

用电设备单位时间里消耗的电能称为电功率,用 P 来表示,即:

$$P = \frac{W}{T}$$

由于 $W = IUT$ 代入上式得

$$P = UI$$

式中: P ——功率,单位瓦特(W)。

常用的功率单位还有千瓦(kW)、毫瓦(mW)等。换算关系为: $1\text{kW} = 10^3\text{W}$, $1\text{mW} = 10^{-3}\text{W}$ 。

根据 $P = UI$,显然电路中电压越高,电流越大,其电功率也就越大。电功率的测量使用功率表。

[例 1-2] 一台电炉的电压为 220V,额定电流为 10A,该电炉的电功率为多少?

解:由 $P = VI$,知 $P = 220 \times 10 = 2200\text{W} = 2.2\text{kW}$ 。

3. 电能与电功率的区别

电能是指一段时间内电流所做的功,或者说一段时间内负载消耗的能量;电功率是指单位时间内电流所做的功,或者说是指单位时间内负荷消耗的电能。电能常用的单位是千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$),电功率常用单位是瓦(W)千瓦(kW),这是两个不同的概念,不能混淆。

任务三 认识电阻和导电材料

一、电阻

1. 电阻的定义

导体对电流的阻碍作用称为导体的电阻,用 R 表示。电阻的单位为欧姆(Ω),常用的单位还有千欧($\text{k}\Omega$)和兆欧($\text{M}\Omega$)。换算关系为: $1\text{M}\Omega = 1000\text{k}\Omega$, $1\text{k}\Omega = 1000\Omega$ 。

2. 电阻定律

导体的电阻跟导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比,还与导体的材料有关,可表示为:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中: ρ ——导体的电阻率,单位为欧·米($\Omega \cdot \text{m}$);

l ——导体的长度,单位为米(m);

S ——导体的横截面积,单位为平方米(m^2);

R ——导体的电阻,单位为欧姆(Ω)。

常用导体材料的电阻率见表 1-1。

常用导体材料的电阻率

表 1-1

材 料	0°C 时的电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)	材 料	0°C 时的电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)
银	1.5×10^{-8}	铝	2.5×10^{-8}
铜	1.6×10^{-8}		

3. 电阻与温度的关系

温度发生变化,导体的电阻率也发生变化,使得其电阻值发生变化。如果导体的电阻率随着温度的升高而升高,则为正温度系数导体;如果导体的电阻率随着温度的升高而降低,则为负温度系数导体。

金属材料都是正温度系数导体,它们的阻值随着温度的上升而增大,如银、铜、铝等。

[练一练] 现有长度为1m,截面积为10mm²的一条铝导线和一条铜导线,试计算它们在0℃时的电阻各为多少?



常用的电阻器

常用电阻器的外形、符号、特征见表1-2。

常用电阻器的外形、符号、特征

表 1-2

种 类	外 形	符 号	特 征
碳膜电阻器			阻值稳定性好,价格便宜,应用广泛,阻值范围1~10MΩ
贴片电阻器			体积小,重量轻,电性能稳定,可靠性高,机械强度高,高频特性优越,广泛应用于计算机、手机、医疗电子产品等电子设备中
金属膜电阻器			耐热性能、噪声指标、温度系数和工作电压范围都优于碳膜电阻器。体积小,精度高,阻值范围1Ω~1000 MΩ
绕线被釉电阻器			在较宽的温度范围内具有较低的温度系数,阻值精度高、稳定性好、抗氧化、耐热,主要作为大功率电阻使用,阻值范围5.1Ω~10KΩ
热敏电阻器			阻值随温度变化而变化,正温度系数电阻多用作过热保护、无触点开关等,负温度系数多用作电路的温度补偿、温度检测等
压敏电阻器			压敏电阻器的制作材料为氧化锌,当所加电压达到电阻的限制电压时,电阻阻值急剧下降,电流明显上升,常用于过电压保护
电位器			通过移动触点在电阻体上移动而改变电阻阻值,一般带有调整柄,用以调整阻值的大小,多用于装置、设备的操作面板对信号的调整
可变电阻器			可变电阻器体积小,通过移动触点在电阻体上移动而改变电阻阻值,一般不带调整柄,多用于电子电路中作为电压、电位的微调

三、电阻阻值的识读

1. 直标法

直接把标称阻值和容许偏差印在电阻上。在一些老式电阻中,容许偏差用罗马数字表示,I 表示 $\pm 5\%$,II 代表 $\pm 10\%$,III 或不标出时代表 $\pm 20\%$ 。如 $100\Omega \pm 5\%$ 表示 100Ω ,容许偏差为 $\pm 5\%$; $50k\Omega II$ 表示 $50k\Omega$,容许偏差为 $\pm 10\%$; $2M\Omega$ 表示 2 兆欧,容许偏差为 20% 。

2. 色标法

用色“圈”或“环”和色点来表示电阻器的标称阻值及容许偏差,各种颜色表示的数值应符合表 1-3 的规定。

电阻器的色标

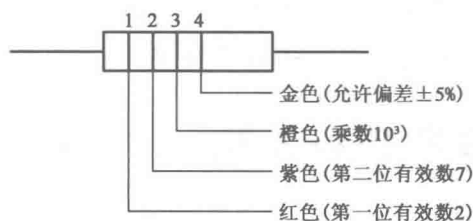
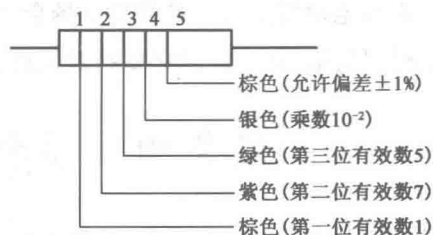
表 1-3

颜色	A(第一位数)	B(第二位数)	C(被乘数)	D(容许偏差)
黑	0	0	$\times 1$	
棕	1	1	$\times 10$	$\pm 1\%$
红	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.2\%$
紫	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	$\times 10^8$	
白	9	9	$\times 10^9$	
金			$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
银			$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$

例如:

(1) 在电阻值的一端标以彩色环,电阻的色标是由左向右排列。图 1-26 的电阻为 $27000\Omega \pm 5\%$ 。

(2) 精密电阻器的色标志用 5 个色环表示,第 1~3 色环表示电阻的有效数字,第 4 色环表示倍乘数,第 5 色环表示容许偏差。图 1-27 的电阻为 $17.5\Omega \pm 1\%$ 。

图 1-26 表示 $27000\Omega \pm 5\%$ 图 1-27 表示 $17.5\Omega \pm 1\%$