

图表细说电工技术丛书

图表细说

常用电工器件及电路

杨清德 林安全 主编

以电工“应知应会”为主线

多用图·表·口诀讲解

对关键点“指点迷津”

用“知识窗”扩大视野



图表细说电工技术丛书

图 表 细 说

常用电工器件及电路

杨清德 林安全 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书系统地介绍了常用电工元器件及电路的基础知识和应用技能, 主要包括常用电子元器件、常用电力电子元器件、低压电器件、高压电器件、照明电路和电动机控制电路。所选择的电工器件和电路, 是各个电工工种应该准确学习和掌握的内容。

本书图文并茂、直观易懂、实用性强, 适合电工领域从业人员和广大电工技术爱好者学习使用, 可作为职业院校电类专业师生的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

图表细说常用电工器件及电路 / 杨清德, 林安全主编.
北京: 化学工业出版社, 2012. 11
(图表细说电工技术丛书)
ISBN 978-7-122-15342-5

I. ①图… II. ①杨…②林… III. ①电子元件-图解
②电子器件-图解③电路-图解 IV. ①TN6-64②TM13-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 220827 号

责任编辑: 高墨荣
责任校对: 陈 静

装帧设计: 尹琳琳

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: 三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 384 千字 2013 年 1 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

电工，顾名思义就是与“电”打交道的工作人员，即从事电气设备、电气元件及电气线路的安装、调试、运行、维护、检修、试验等工作的劳动者。电工不是一个简单的职业，也不是一个普通的工种，电工工作更不是一般的体力劳动，而是一个复杂的、技术性要求极高的、脑力和体力都要用到的、保证电气系统安全运行的崇高职业。随着社会的发展和电工技术的进步，“电工”已经渗透到了国民经济的多个领域，大到加工制造、电气自动化控制，小到社区物业管理、居室装修、生活照明、电器使用等，都离不开电工。

电工技术是一门知识性、实践性和专业性都比较强的实用技术。电工技术更新较快，按照国家有关规定，电工“应知”的知识和“应会”的技能很多。由于电工从事的具体工作有很多种，我们选择近年来从业人员较多的企业电工、物业电工和装修电工作为普及电工新技术、新工艺的推广对象，编写了“图表细说电工技术”丛书，以适应我国目前正在加快城镇化、工业化建设进程对电工技能人才的大量需求。

本丛书结合近年来电工行业对不同岗位员工的实际需求，将国家职业标准及相关的规定融入到知识与技能中，以“应知”知识和“应会”技能为主线，立足于电工初学者，内容翔实、新颖、实用，多用图、表、口诀来讲解，通俗易懂，以便让文化程度不高的读者也能通过直观、快捷的方式学好电工技术，为今后工作和进一步学习打下基础。书中对内容关键点进行了“指点迷津”，予以提示；用“知识窗”向读者传递相关的知识、技能要点，以扩大视野，提高可读性。

本丛书包括《图表细说常用电工器件及电路》、《图表细说企业电工应知应会》、《图表细说物业电工应知应会》和《图表细说装修电工应知应会》，共4本。

《图表细说常用电工器件及电路》——详细介绍了各种电工器件的结构、种类、检测及应用，典型及实用电工控制电路的工作原理及应用注意事项。主要内容包括常用电子元器件、常用电力电子元器件、低压电器件、高压电器件、照明电路和电动机控制电路。所选择的电工器件和电路，是各个电工工种应该准确学习和掌握的内容。

《图表细说企业电工应知应会》——将企业常用电气控制系统及设备结构、原理等知识融入到动手操作要点之中，详细介绍了企业电工必备的基础知识和操作技能。主要内容包括电工职业道德及作业安全技术、电工基本操作技能、常用低压电器及应用、常用电动机及控制技术、工业自动控制技术基础、常用电气设备运行与检修和电动机检修技术等。

《图表细说物业电工应知应会》——物业电工的工作性质决定了不仅需要与电气打交道，更需要与用户交流沟通，加强用电管理，以确保物业安全用电和正常用电、各种弱电设备运行正常。主要内容包括物业电工必备电路知识及安全用电知识，物业供配电，电气照明及设备的安装与维护，物业弱电线路的安装与维护，社区安防系统安装与维护 and 物业电工日常管

理与设备维护等。

《图表细说装修电工应知应会》——装修电工异军突起，从业人员很多，着眼于家装电工、兼顾公装电工的工作需要，详细介绍了装修电工必备知识和技能。主要包括电路知识、电气照明知识及安全用电知识，常用电工工具及仪表使用，室内装修电气识图，家装电气施工前期工作，家庭配电线路及设备安装，电气照明及用电器安装，家装弱电系统安装和家装常用照明控制电路解读等。

本书作者团队既有来自于职业院校的高级教师，也有来自于企业的工程师，还有来自于生产一线的技师、高级技师，大家分工合作，编写了这套适合于初学者阅读的丛书。本书在编写过程中，吸取了许多书籍的精华，借鉴了众多电气工作者的成功经验，在此向原作者表示真诚的感谢。

《图表细说常用电工器件及电路》是本丛书中的一本。

本书由杨清德和林安全主编，参加本书编写工作的还有刘宪宇、雷娅、吕正伟、冉洪俊、赵顺洪、杨鸿、胡萍、杨卓荣、余明飞、谭定轩、黎平、成世兵、胡世胜等。

本书适合电工领域从业人员和广大电工技术爱好者学习使用，可作为职业院校电类专业师生的教学参考书。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在不妥之处，敬请各位读者多提意见和建议，盼赐教至 yqd611@163.com，以期再版时修改。

编者

目 录

第 1 章 常用电子元器件

1

1.1 电阻器	1	使用	18
1.1.1 电阻器的分类及特点	1	1.4 晶体二极管	20
1.1.2 电阻器的主要特性参数	4	1.4.1 二极管简介	20
1.1.3 电阻器阻值标示方法	4	1.4.2 常用二极管及应用	23
1.1.4 常用电阻器	6	1.4.3 用万用表测试二极管	25
1.1.5 电阻器好坏的检测	9	1.5 晶体三极管	25
1.2 电容器	10	1.5.1 三极管简介	25
1.2.1 电容器的种类及作用	10	1.5.2 用万用表测量三极管	27
1.2.2 电容器的主要参数	11	1.6 电声转换器件	29
1.2.3 电容器的容量标注	12	1.6.1 话筒	29
1.2.4 常用电容器	12	1.6.2 扬声器	30
1.2.5 用万用表检测电容器	15	1.7 开关和插接件	32
1.3 电感器	17	1.7.1 开关件	32
1.3.1 电感器简介	17	1.7.2 接插件	33
1.3.2 电感器的型号命名和主要参数	17	1.8 集成稳压器	34
1.3.3 常用电感器的特性及		1.8.1 三端固定式集成稳压器	34
		1.8.2 三端可调式集成稳压器	34

第 2 章 常用电力电子元器件

36

2.1 电力电子器件基础	36	2.2.5 电力二极管的检测	42
2.1.1 电力电子器件的分类	36	2.2.6 电力二极管典型应用电路	45
2.1.2 电力电子器件的应用	36	2.3 电力晶闸管 (SCR)	45
2.2 电力二极管	38	2.3.1 电力晶闸管的结构	46
2.2.1 电力二极管的结构	38	2.3.2 电力晶闸管的工作原理	47
2.2.2 电力二极管的特性	38	2.3.3 电力晶闸管的特性	48
2.2.3 电力二极管的主要类型	40	2.3.4 电力晶闸管的主要特性参数及选用	49
2.2.4 电力二极管的主要参数及选用	41	2.3.5 电力晶闸管的派生器件	52

2.3.6 电力晶闸管整流电路	56	2.7 其他新型电力电子器件	68
2.4 电力晶体管 (GTR)	58	2.7.1 静电感应晶体管 (SIT)	68
2.4.1 电力晶体管的结构、原理及特点	58	2.7.2 静电感应晶闸管 (SITH)	69
2.4.2 电力晶体管的特性与主要参数	59	2.7.3 MOS 控制晶闸管 (MCT)	70
2.5 电力场效应晶体管	61	2.7.4 功率模块与功率集成电路	71
2.5.1 电力场效应管的结构及原理	61	2.8 电力电容器	72
2.5.2 电力场效应晶体管的特性与主要参数	62	2.8.1 电力电容器的作用和种类	72
2.6 绝缘栅双极型晶体管 (IGBT)	65	2.8.2 电力电容器的应用	75
2.6.1 IGBT 的结构及原理	65	2.9 电力电阻器	79
2.6.2 IGBT 的特性与主要参数	66	2.9.1 电力电阻器的种类及适用场合	79
2.6.3 IGBT 的检测	68	2.9.2 常用电力电阻器	79

第 3 章 低压电器件

81

3.1 刀开关	81	3.6 交流接触器	104
3.1.1 刀开关简介	81	3.6.1 交流接触器简介	104
3.1.2 刀开关的应用	82	3.6.2 交流接触器的应用	108
3.2 组合开关	85	3.7 继电器	111
3.2.1 组合开关简介	85	3.7.1 继电器简介	111
3.2.2 组合开关的应用	86	3.7.2 继电器的应用	112
3.3 低压熔断器	88	3.8 主令电器	116
3.3.1 低压熔断器简介	88	3.8.1 控制按钮	117
3.3.2 低压熔断器的应用	94	3.8.2 接近开关	119
3.4 低压断路器	96	3.8.3 行程开关	121
3.4.1 低压断路器简介	96	3.8.4 主令控制器	122
3.4.2 低压断路器的应用	98	3.9 传感器	123
3.5 低压变压器	100	3.9.1 传感器简介	123
3.5.1 低压变压器简介	100	3.9.2 常用传感器	124
3.5.2 常用低压变压器	101	3.9.3 传感器的接线	126
3.5.3 低压变压器的检测	103		

第 4 章 高压电器件

128

4.1 高压电器简介	128	4.2 高压开关电器	131
4.1.1 高压电器的分类	128	4.2.1 高压断路器	131
4.1.2 高压电器的常用术语	129	4.2.2 高压隔离开关	134

4.2.3 高压负荷开关	138
4.2.4 高压熔断器	140
4.3 高压避雷器	145
4.3.1 高压避雷器简介	145

4.3.2 高压避雷器的应用	146
4.4 互感器	148
4.4.1 电压互感器	148
4.4.2 电流互感器	150

第 5 章 照明电路

154

5.1 照明电路的组成与控制	154
5.1.1 照明电路的基本组成	154
5.1.2 照明电路的控制方式	156
5.2 基本照明控制电路	156
5.2.1 一只开关控制一盏灯	157
5.2.2 一控一灯一插座电路	158
5.2.3 一只开关控制多盏灯 电路	158
5.2.4 异地控制一盏灯电路	159
5.3 荧光灯控制电路	162
5.3.1 电感镇流器式荧光灯 电路	162
5.3.2 电子镇流器式荧光灯 电路	164
5.3.3 荧光灯的调光控制	167

5.4 智能开关控制的照明电路	170
5.4.1 声控开关控制的照明 电路	170
5.4.2 光控开关控制的照明 电路	173
5.4.3 声光联控延时照明电路	176
5.4.4 触摸控制照明电路	177
5.4.5 红外移动探测控制电路	178
5.5 室内装饰照明电路	180
5.5.1 流水彩灯串控制电路	180
5.5.2 彩灯串控制电路	181
5.5.3 声控彩灯电路	184
5.6 应急照明电路	185
5.6.1 自动应急照明电路	185
5.6.2 手动应急照明灯电路	186

第 6 章 电动机控制电路

188

6.1 电动机基本控制“三把锁”	188
6.1.1 点动与长动控制电路	188
6.1.2 电动机正反转控制电路	192
6.1.3 限位控制和循环控制 电路	195
6.1.4 电动机顺序控制电路	200
6.1.5 电动机多点联锁控制	202
6.1.6 电动机时间控制电路	203
6.2 三相异步电动机启动、停止、保护 和速度控制电路	205
6.2.1 三相异步电动机降压启动	

控制电路	205
6.2.2 电动机制动控制电路	216
6.2.3 电动机速度控制电路	222
6.2.4 电动机保护控制电路	226
6.3 直流电动机控制电路	229
6.3.1 直流电动机启动控 制电路	229
6.3.2 直流电动机正反转控 制电路	233
6.3.3 直流电动机制动控制 电路	235

参考文献

239

第 1 章 常用电子元器件

1.1 电阻器

导体对电流的阻碍作用称为电阻，在电路中，电阻用文字符号 R 表示，单位为欧姆、千欧、兆欧，分别用 Ω 、 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 表示。电阻的作用为分流、限流、分压、偏置、滤波（与电容器组合使用）和阻抗匹配等。

1.1.1 电阻器的分类及特点

(1) 电阻器的分类

按照不同的分类方法，有不同种类的电阻器，见表 1-1。

表 1-1 电阻器的种类

分类方法	种 类	说 明
按结构形式分	一般电阻器、片形电阻器和可变电阻器（电位器）等	由于维修电工在工作中，接触的电子电路中应用比较广泛的是一般电阻器，因此本书主要介绍一般电阻器
按材料分	合金型、薄膜型和合成型	—
按用途分	普通型	其允许误差为+5%、+10%、±20%等
	精密型	其允许误差为±2%~+0.001%
	高频型	亦称无感电阻，功率可达 100W
	高压型	额定电压可达 35kV
	高阻型	阻值为 10~100M Ω
	敏感型	阻值对温度、压力、气体等很敏感，会根据它们的变化而变化
	熔断型	又称为保险丝电阻器，其阻值较小，在电路中具有保险丝和电阻的双重作用



电阻器型号命名方法

国产电阻器的型号由四部分组成（不适用敏感电阻），见表 1-2。

表 1-2 电阻器型号命名方法

第一部分：主称		第二部分：材料		第三部分：特征分类			第四部分：序号
符号	意义	符号	意义	意 义			
				电阻器	电位器		
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通	对主称、材料相同，仅性能指标、尺寸大小有差别，但基本不影响互换使用的产品，给予同一序号；若性能指标、尺寸大小明显影响互换时，则在序号后面用大写字母作为区别代号
W	电位器	H	合成膜	2	普通	普通	
—	—	S	有机实芯	3	超高频	—	
		N	无机实芯	4	高阻	—	
		J	金属膜	5	高温	—	
		Y	氧化膜	6	—	—	
		C	沉积膜	7	精密	精密	
		I	玻璃釉膜	8	高压	特殊函数	
		P	硼碳膜	9	特殊	特殊	
		U	硅碳膜	G	高功率	—	
		X	线绕	T	可调	—	
		M	压敏	W	—	微调	
		G	光敏	D	—	多圈	
		R	热敏	B	温度补偿用	—	
		—	—	C	温度测量用	—	
				P	旁热式	—	
				W	稳压式	—	
				Z	正温度系数	—	

(2) 几种一般电阻器的特点

一般电阻器的种类很多，如图 1-1 所示，按其材料和工艺不同，大致可分为薄膜类、合金类和合成类等，见表 1-3。

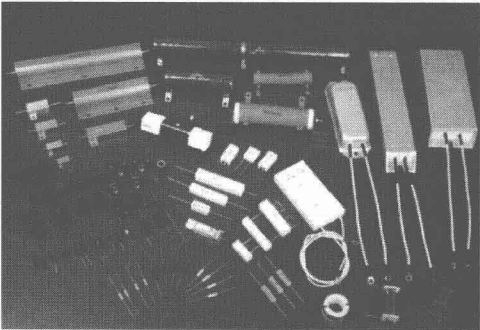


图 1-1 常用的一般电阻器

表 1-3 几种一般电阻器的特点

电 阻 器		特 点
薄膜类	金属膜电阻(型号 RJ)	工作环境温度范围广(－55～＋125℃)、温度系数小、噪声低、体积小(与碳膜电阻相比，在相同体积下，额定功率相差一倍左右)。本类电阻在稳定性要求较高的电路中广泛应用，额定功率为 0.125W、0.25W、0.5W、1W、2W 等，标称阻值在 10Ω～10MΩ 之间，精度等级为±5%、±10%等
	金属氧化膜电阻(型号 RY)	具有极好的脉冲、高频和过负荷性；力学性能好，坚硬、耐磨；在空气中不会氧化，因而化学稳定性好。但其阻值范围窄，温度系数比金属膜电阻大，外形和金属膜电阻相似

续表

电 阻 器		特 点
薄膜类	碳膜电阻(型号 RT)	电阻值范围宽($10\Omega\sim 10\text{M}\Omega$);额定功率为 $1/8\sim 10\text{W}$;精度等级为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$,体积比金属膜电阻大,温度系数为负值。这类电阻器的最大特点是价格低廉,在各类电阻中是最廉价的一种,因此在电子产品中被广泛使用。通常碳膜电阻的外表以绿漆为特征
合金类	精密线绕电阻(型号 RX)	在测量仪表及其他要求精度高的电路中,可采用精密线绕电阻,这种电阻一般精度为 $\pm 0.01\%$,最高达 0.005% 或更高,温度系数小于 10^{-6}℃ ,长期工作稳定性高,阻值范围可在 $0.01\Omega\sim 10\text{M}\Omega$ 之间。但本类电阻由于工艺为线绕,因而分布参数大,不适宜在高频电路中使用
	功率型线绕电阻(型号 RX)	这种电阻额定功率在 2W 以上,最大功率可达 200W ,阻值范围为 0.15Ω 到数百千欧,精度等级 $\pm 5\%\sim \pm 20\%$ 。本类电阻又分固定式和可调式两种。可调式即从电阻体上引出一滑动头,可对阻值进行调整,便于整机调试中使用
	精密合金箔电阻	这种电阻具有自动补偿电阻温度系数的功能,能在较宽的温度范围内保持极小的温度系数,因而具有高精度、高稳定性、高频高速响应的特点,弥补了金属膜和线绕电阻的不足。本类电阻精度可达 $\pm 0.001\%$,稳定性为 $\pm 5\times 10^{-5}\%/年$,温度系数为 $(0\pm 1)\times 10^{-6}/\text{℃}$
合成类	实芯电阻(型号 RS)	常见型号是 RS11 型,阻值范围为 $4.7\Omega\sim 22\text{M}\Omega$,精度为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$,相同功率下体积与金属电阻相当
	高压合成膜电阻(型号 RHY)	国内常见的型号有 RHY-10 型和 RHY-35 型。前者耐压可为 10kV ,后者可达 35kV ;阻值范围为 $47\sim 1000\text{M}\Omega$,精度为 $\pm 5\%$ 和 $\pm 10\%$ 两种
	真空兆欧合成膜电阻(高阻型,型号 RH)	高于 $10\text{M}\Omega$ 的电阻大部分为合成膜电阻,国内产品有 RHZ 型。阻值范围在 $10\sim 10^6\text{M}\Omega$ 。允许误差为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$
	金属玻璃釉电阻(型号 RI)	以无机材料做黏结剂,用印刷烧结工艺在陶瓷基体上形成电阻膜,这种电阻膜的厚度要比普通薄膜类电阻的膜厚得多。本类电阻具有较高的耐热性和耐潮性,常用它制成小型化片状电阻



集成电阻

随着电子技术的发展,电路中常需要一些电阻网络,如计算机中的 A/D、D/A 转换等。这些网络往往要求精度高、温度系数小等,用分立元件不仅工作量大,而且往往难以达到技术要求。采用掩膜技术、光刻技术、烧结技术等综合工艺,可在一块基片上制成电阻网络,即集成电阻,可以满足这类电路的要求。

集成电阻又称为排电阻,如图 1-2 所示,为图中 BX 表示产品型号,10 表示有效数字,3 表示有效数字后边加“0”的个数,103 即 10000Ω ($10\text{k}\Omega$)。半字线“-”后面的 9 表示此

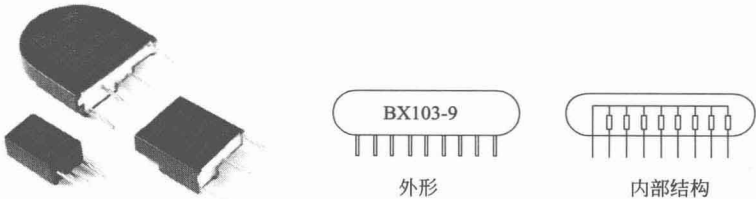


图 1-2 集成电阻

电阻有 9 个引脚，其中的一个引脚是公共引脚，一般都在两边，用色点标志。

排电阻适合多个电阻阻值相同，而且其中的一个引脚都连在电路的同一位置的场合。排电阻比分立电阻体积小，安装方便，但价格也稍贵。

1.1.2 电阻器的主要特性参数

电阻器的主要特性参数见表 1-4。在使用电阻器时，必须关注的特性参数主要有标称阻值、额定功率和允许误差。

表 1-4 电阻器的主要特性参数

特性参数	说 明
标称阻值	电阻器上面所标示的阻值
允许误差	标称阻值与实际阻值的差值跟标称阻值之比的百分数称阻值偏差,它表示电阻器的精度。允许误差与精度等级对应关系如下:±0.5%-0.05、±1%-0.1(或 00)、±2%-0.2(或 0)、±5%-Ⅰ级、±10%-Ⅱ级、±20%-Ⅲ级
额定功率	在正常的大气压力及环境温度为-55~+70℃的条件下,电阻器长期工作所允许耗散的最大功率。 线绕电阻器额定功率系列为(W):1/20、1/8、1/4、1/2、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250、500。 非线绕电阻器额定功率系列为(W):1/20、1/8、1/4、1/2、1、2、5、10、25、50、100
额定电压	由阻值和额定功率换算出的电压
最高工作电压	允许的最大连续工作电压。在低气压工作时,最高工作电压较低
温度系数	温度每变化 1℃所引起的电阻值的相对变化。温度系数越小,电阻的稳定性越好。阻值随温度升高而增大的为正温度系数,反之为负温度系数
老化系数	电阻器在额定功率长期负荷下,阻值相对变化的百分数,它是表示电阻器寿命长短的参数
电压系数	在规定的电压范围内,电压每变化 1V,电阻器的相对变化量
噪声	产生于电阻器中的一种不规则的电压起伏,包括热噪声和电流噪声两部分,热噪声是由于导体内部不规则的电子自由运动,使导体任意两点的电压不规则变化

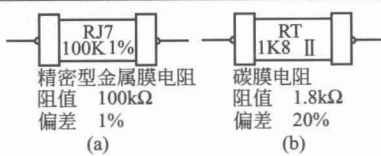
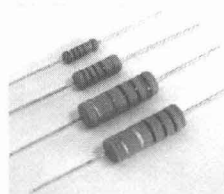
1.1.3 电阻器阻值标示方法

电阻器阻值的标示方法主要有直标法、文字符号法、数码法和色标法四种，见表 1-5。

表 1-5 电阻器阻值的标示方法

标示法	说 明	图 示														
直标法	用数字和单位符号在电阻器表面标出阻值,其允许误差直接用百分数表示,若电阻上未注偏差,则均为±20%															
文字符号法	用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来表示标称阻值,其允许偏差也用文字符号表示。符号前面的数字表示整数阻值,后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值。 表示允许误差的文字符号及含义 <table><tr><td>文字符号</td><td>D</td><td>F</td><td>G</td><td>J</td><td>K</td><td>M</td></tr><tr><td>允许偏差</td><td>±0.5%</td><td>±1%</td><td>±2%</td><td>±5%</td><td>±10%</td><td>±20%</td></tr></table>	文字符号	D	F	G	J	K	M	允许偏差	±0.5%	±1%	±2%	±5%	±10%	±20%	
文字符号	D	F	G	J	K	M										
允许偏差	±0.5%	±1%	±2%	±5%	±10%	±20%										

续表

标示法	说 明	图 示
数码法	在电阻器上用三位数码表示标称值的标志方法。数码从左到右,第一、二位为有效值,第三位为指数,即零的个数,单位为欧。偏差通常采用文字符号表示	 精密型金属膜电阻 阻值 100kΩ 偏差 1% (a) 碳膜电阻 阻值 1.8kΩ 偏差 20% (b)
色标法	用不同颜色的带或点在电阻器表面标出标称阻值和允许偏差。目前许多电阻均采用色标法。 颜色含义为:黑—0、棕—1、红—2、橙—3、黄—4、绿—5、蓝—6、紫—7、灰—8、白—9、金—±5%、银—±10%、无色—±20%。 当电阻为四环时,最后一环必为金色或银色,前两位为有效数字,第三位为乘方数,第四位为偏差。 当电阻为五环时,最后一环与前面四环距离较大。前三位为有效数字,第四位为乘方数,第五位为偏差,如图 1-3 所示	

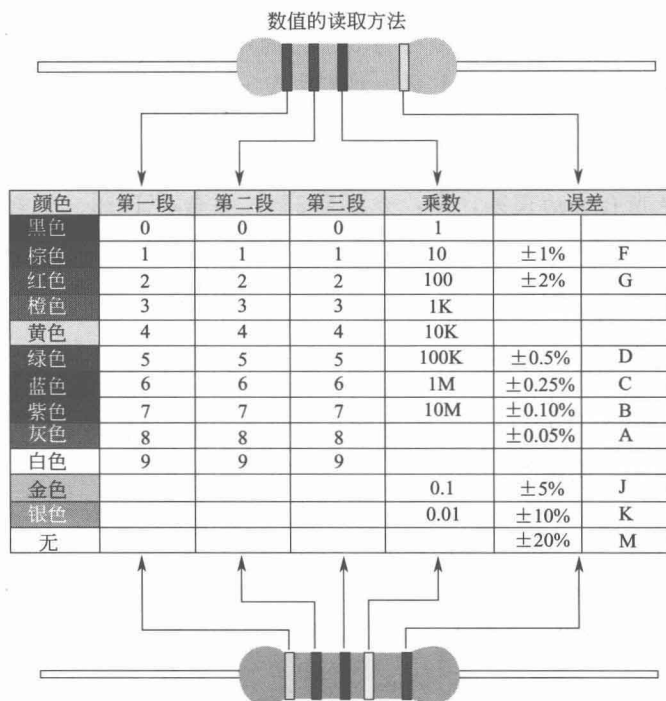


图 1-3 色环电阻的识读规则

我们可用下面的口诀来帮助记忆色环电阻色标的含义。

口诀 ▶▶▶

洞 (0) 妖 (1) 又来 2、3、4, 黑棕走进红橙幌 (黄),
5、6、7、8 还要 9, 绿蓝指 (紫) 定吃灰白。
普通电阻四色环, 一、二阻值三倍率,
第四腰带表误差; 精密电阻用五色,

前面三色定阻值，四倍率来舞（五）差偏。

快速查找定范围，四色只认第三色，

五色专寻四小弟（第），欧姆最小金黑棕，

千欧找到红橙黄，绿蓝对弈兆欧棋（级）。

误差偏差一样差，金舞（5%）银色（10%）无色廿（20%）。



指点迷津

拿到色环电阻器，要把靠近电阻端部的那个色环作为第一色环，否则会读反。在对色环不太熟悉时，建议用万用表测量加以证实。

在换算为阻值时，大家一定要抓住色环的含义。

从数量级来看，大体上可把色环划分为3个大的等级，即：金、黑、棕色是欧姆级；红、橙、黄色是千欧级；绿、蓝色则是兆欧级。这样划分一下是为了便于记忆。

当第二环是黑色时，第三环颜色所代表的则是整数，即几、几十、几百千欧等，这是读数时的特殊情况，要注意。例如第三环是红色，则其阻值即是整几千欧的。

记住第四环颜色所代表的误差，即：金色为5%；银色为10%；无色为20%。

近年来还出现了六环电阻，其前五位按照五位色环电阻的读法读出来，第六环是温度系数。

1.1.4 常用电阻器

(1) 光敏电阻

如图1-4所示，光敏电阻是一种电阻值随外界光照强弱（明暗）变化而变化的元件，光越强阻值越小，光越弱阻值越大。

如果把光敏电阻的两个引脚接在万用表的表笔上，用万用表 $R \times 1k$ 挡测量它在不同的光照下光敏电阻的阻值，会发现将光敏电阻从较暗的抽屉里移到阳光（或灯光）下，万用表读数将会发生变化。在完全黑暗处，光敏电阻的阻值可达几兆欧以上（万用表指示电阻为无穷大，即指针不动），而在较强光线下，阻值可降到几千欧甚至 $1k\Omega$ 以下。

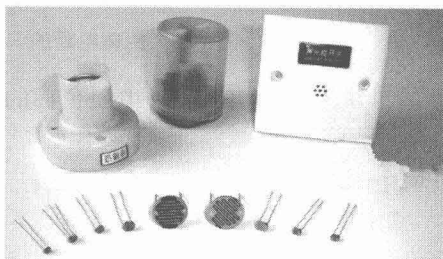
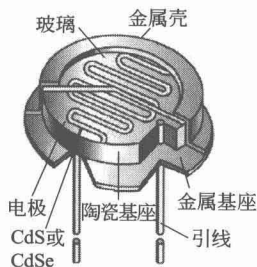


图1-4 光敏电阻的结构及应用

光敏电阻属半导体光敏器件，除具灵敏度高，反应速度快，光谱特性及 r 值一致性好等特点外，在高温、多湿的恶劣环境下，还能保持高度的稳定性和可靠性，可广泛应用于照相

机、太阳能庭院灯、草坪灯、验钞机、石英钟、音乐杯、礼品盒、迷你小夜灯、光声控开关、路灯自动开关以及各种光控玩具、光控灯饰、灯具等光自动开关控制领域。

(2) 热敏电阻

如图 1-5 所示,热敏电阻采用对温度变化极为敏感的半导体材料制成,其阻值随温度变化发生极明显的变化。

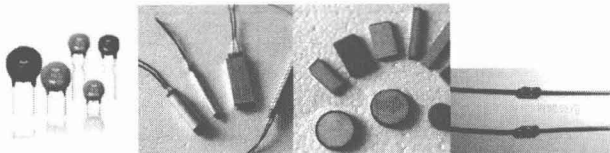


图 1-5 热敏电阻

按电阻温度系数的不同,热敏电阻分为正温度系数热敏电阻和负温度系数热敏电阻。

在工作温度范围内,正温度系数热敏电阻的阻值随温度升高而急剧增大;负温度系数热敏电阻的阻值随温度升高而急剧减小。后者应用较为广泛。

热敏电阻由于具有热敏特性,其电压和电流之间不再保持线性关系,是一种非线性元件。热敏电阻主要用在温度测量、温度控制、温度补偿、自动增益调整、微波功率测量、火灾报警、红外探测及稳压、稳幅等方面,是自动控制设备中的重要元件。

(3) 贴片电阻

如图 1-6 所示,贴片电阻是将金属粉和玻璃釉粉混合,采用丝网印刷法印在基板上制成的电阻器,目前常用在高集成度的电路板上。它体积很小,分布电感、分布电容都较小,适合在高频电路中使用。它是新一代电路板设计的首选元件,广泛应用于计算机、手机、电子辞典、医疗电子产品、摄录机、电子电能表及家用电器等。

贴片电阻的阻值和一般电阻器一样,在电阻体上标明。共有三种阻值标示法,但标示方法与一般电阻器不完全一样。

① 数字标称法(一般矩形片状电阻采用这种标称法)。数字标称法就是在电阻体上用三位数字来标明其阻值。它的第一位和第二位为有效数字,第三位表示在有效数字后面所加“0”的个数。这一位不会出现字母。例如:“472”表示“4700 Ω ”;“151”表示“150 Ω ”。

如果是小数则用“R”表示“小数点”,并占用一位有效数字,其余两位是有效数字。例如:“2R4”表示“2.4 Ω ”;“R15”表示“0.15 Ω ”。

② 色环标称法(一般圆柱形固定电阻器采用这种标称法)。贴片电阻与一般电阻一样,大多采用四环(有时三环)标明其阻值。第一环和第二环是有效数字,第三环是倍率(色环代码见表 1-6)。例如:“棕绿黑”表示“15 Ω ”;“蓝灰橙银”表示“68k Ω ”误差 $\pm 10\%$ 。

表 1-6 色环代码

色环	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑	金	银	无色
第一环	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0			
第二环	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0			
第三环	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^0	10^{-1}	10^{-2}	
第四环											$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

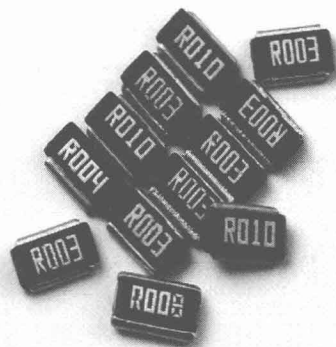


图 1-6 贴片电阻

③ E96 混合标称法。数字代码与字母混合标称法也是采用三位标明电阻阻值，即“两位数字加一位字母”，其中两位数字表示的是 E96 系列电阻代码，具体见表 1-7。它的第三位是用字母代码表示的倍率（见表 1-8）。例如：“51D”表示“ 332×10^3 ； $332\text{k}\Omega$ ”；“249Y”表示“ 249×10^{-2} ； 2.49Ω ”。

表 1-7 E96 系列电阻代码

代码	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
阻值	100	102	105	107	110	113	115	118	121	124
代码	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
阻值	127	130	133	137	140	143	147	150	165	158
代码	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
阻值	162	165	169	174	178	182	187	191	196	200
代码	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
阻值	205	210	215	221	226	232	237	243	249	255
代码	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
阻值	261	267	274	280	287	294	301	309	316	324
代码	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
阻值	332	340	348	357	365	374	383	392	402	412
代码	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
阻值	422	432	442	453	464	475	487	499	511	523
代码	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
阻值	536	549	562	576	590	604	619	634	649	665
代码	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
阻值	681	698	715	732	750	768	787	806	825	845
代码	91	92	93	94	95	96				
阻值	866	887	908	931	953	976				

表 1-8 倍率代码

代码字母	代表倍率	代码字母	代表倍率
A	10^0	G	10^6
B	10^1	H	10^7
C	10^2	X	10^{-1}
D	10^3	Y	10^{-2}
E	10^4	X	10^{-3}
F	10^5		

(4) 可变电阻器

可变电阻器一般称为电位器，如图 1-7 所示，它是阻值可以调整的电阻器，是一种可调的电子元件，它由一个电阻体和一个转动或滑动系统组成。用于需要调节电路电流或需要改

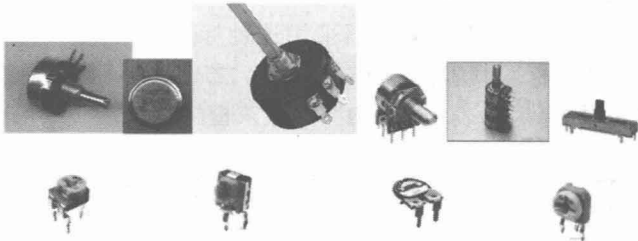


图 1-7 可变电阻器

变电路阻值的场合。

可变电阻器从形状上分有圆柱形、长方体形等多种形状；从结构上分有直滑式、旋转式、带开关式、带紧锁装置式、多连式、多圈式、微调式和无接触式等多种形式；从材料上分有碳膜、合成膜、有机导电体、金属玻璃釉和合金电阻丝等多种电阻体材料。

通常我们看到可变电阻器上的阻值标称有 W503、W204、W102 等，它们是什么意思呢？W503 就是说这个可变电阻器的阻值范围是 $0\Omega \sim 50k\Omega$ ，503 是 $50 \times 10^3 \Omega = 50k\Omega$ ；同理 W102 就是 $1k\Omega$ ，W204 就是 $200k\Omega$ 。

碳膜电位器是较常用的一种电位器。电位器在旋转时，其相应的阻值依旋转角度而变化。

电位器的结构特点是它的电阻体有两个固定端，通过手动调节转轴或滑柄，改变动触点在电阻体上的位置，则改变了动触点与任一固定端之间的电阻值，从而改变了电压与电流的大小。

1.1.5 电阻器好坏的检测

(1) 用指针万用表判定电阻的好坏

① 选择测量挡位，再将倍率挡旋钮置于适当的挡位，一般 100Ω 以下电阻器可选 $R \times 1$ 挡， $100\Omega \sim 1k\Omega$ 的电阻器可选 $R \times 10$ 挡， $1 \sim 10k\Omega$ 电阻器可选 $R \times 100$ 挡， $10 \sim 100k\Omega$ 欧姆的电阻器可选 $R \times 1k$ 挡， $100k\Omega$ 以上的电阻器可选 $R \times 10k$ 挡，如图 1-8 所示。

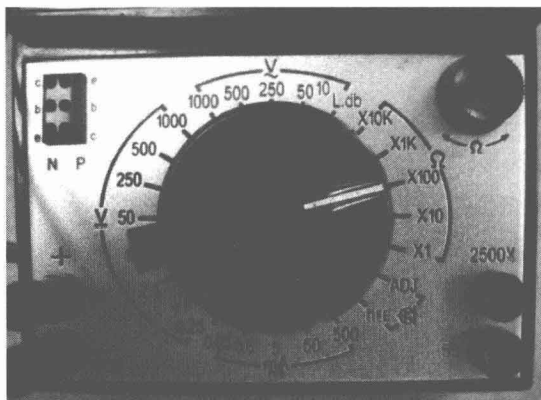


图 1-8 指针万用表的电阻挡位

② 测量挡位选择确定后，对万用表电阻挡进行欧姆调零，欧姆调零的方法是：将万用表两表笔金属棒短接，观察指针有无到 0 的位置，如果不在 0 位置，调整调零旋钮使表针指向电阻刻度的 0 位置。

③ 将万用表的两表笔分别和电阻器的两端相接，表针应指在相应的阻值刻度上，如果表针不动和指示不稳定或指示值与电阻器上的标示值相差很大，则说明该电阻器已损坏。

(2) 用数字万用表判定电阻的好坏

① 将万用表的挡位旋钮调到欧姆挡的适当挡位，一般 200Ω 以下电阻器可选 200 挡， $200\Omega \sim 2k\Omega$ 电阻器可选 2k 挡， $2 \sim 20k\Omega$ 可选 20k 挡， $20 \sim 200k\Omega$ 的电阻器可选 200k 挡，