

识图技巧丛书

电子电路图 识图技巧

张拥军◎主编 吴新杰 刘军玲 吴劲松◎副主编

升级版

融入思维导图——易读易懂
对比生活场景——易学易用



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

识图技巧丛书

电子电路图识图技巧 升级版

主 编 张拥军
副主编 吴新杰 刘军玲 吴劲松
参 编 吕彦辉 王洪权 闫壮国 王力永



机械工业出版社

本书依据电子电路的基本特点,结合实际工作对电子电路识图的要求,详细介绍了电子电路识图所需要的知识与技能。本书主要内容包括:电子元件的识别、电子器件的识别、集成电路的识别、模拟电子电路基本单元和数字电子电路基本单元的识读。

本书可供电工与电子技术人员学习使用,也可供职业学校电工电子专业的师生参考使用,还可作为职业技能培训部门的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路图识图技巧:升级版/张拥军主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2016.12

(识图技巧丛书)

ISBN 978-7-111-55286-4

I. ①电… II. ①张… III. ①电子电路-电路图-识图 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第261791号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:林运鑫 责任编辑:王振国 责任校对:刘秀芝

封面设计:马精明 责任印制:常天培

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2017年2月第2版第1次印刷

184mm×260mm·9印张·215千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-55286-4

定价:29.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

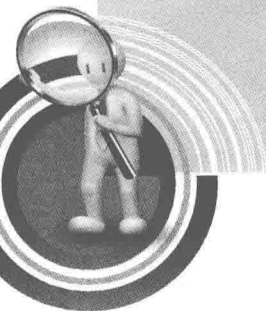
机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com



前言



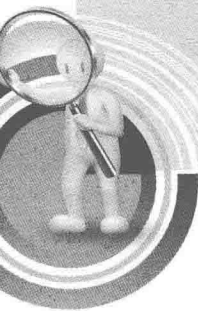
随着科学技术的不断发展和进步，人们的日常生活和工农业生产中电气自动化程度越来越高，而电气自动化技术是与电工电子技术密切相关的，因此需要越来越多的电气技术人员从事与电工电子技术相关的工作，更需要这些技术人员不断学习与电工电子技术相关的知识和技能，在这种情况下，电子电路识图技能也就显得尤为重要了，因为掌握了电子电路识图技能是学习其他电工电子技术的前提和基础。

本书依据电子电路的基本特点，结合实际工作对电子电路识图的要求，突出识图技能，注重识图应用，并将相关职业工种职业技能标准对电工电子技术的要求融入到知识与技能中。为了使图书内容与生产实践达到良好衔接，书中介绍的电子元器件都是生产实践中经常使用的型号和规格，这样就使读者在掌握电子电路识图相关知识与基本技能的同时，理论联系实际，并做到举一反三，将识图技能灵活地运用到生产实践中。

本书主要体现以图解文、以表说文、内容简洁、特色鲜明的特点，内容注重知识性、系统性与操作性相结合，主要介绍了电子元件的识别、电子器件的识别、集成电路的识别、模拟电子电路基本单元和数字电子电路基本单元的识读等内容。本书可供电工与电子技术人员学习使用，也可供职业学校电工电子专业的师生参考使用，还可作为职业技能培训部门的培训用书。

由于时间紧，编者的水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，敬请广大读者和同仁批评指正。

编者



目录



前言	
第1章 电子元件的识别	1
1.1 电阻器	1
1.1.1 固定电阻器	1
1.1.2 可变电阻器	11
1.1.3 特殊电阻器	15
1.2 电容器	20
1.3 电感器	29
1.4 变压器	34
1.5 常用接插件	39
第2章 电子器件的识别	42
2.1 二极管	42
2.2 晶体管	50
2.3 场效应晶体管	55
2.4 晶闸管	57
2.5 其他器件的识别	60
2.5.1 继电器	60
2.5.2 电声器件	62
第3章 集成电路的识别	66
3.1 集成电路的分类及型号命名方法	66
3.1.1 集成电路的分类	66
3.1.2 国产半导体集成电路的型号命名方法	68
3.2 集成电路应用电路识图基础	70
3.2.1 集成电路应用电路的功能和特点	70
3.2.2 集成电路应用电路的识图方法和注意事项	70
3.2.3 集成电路引脚的识别	71
第4章 模拟电子电路基本单元的识读	76
4.1 二极管整流滤波电路	76
4.1.1 二极管半波整流电路	76
4.1.2 二极管桥式整流电路	76
4.1.3 滤波电路	78
4.2 直流稳压电源电路	80
4.2.1 稳压管稳压电路	80
4.2.2 三端稳压集成电路	81
4.2.3 可调稳压集成电路	82
4.3 低频小信号放大电路	83
4.3.1 共发射极放大电路	83
4.3.2 共集电极放大电路	85
4.3.3 多级放大电路	86
4.4 低频功率放大电路	89
4.4.1 OCL功率放大电路	89
4.4.2 OTL功率放大电路	91
4.4.3 集成功率放大电路	92
4.5 集成运算放大器电路	93
4.5.1 集成运算放大器	93
4.5.2 运放线性应用电路	95
4.5.3 比较器电路	98
4.6 正弦波振荡电路	99
4.6.1 RC振荡电路	100
4.6.2 LC振荡电路	101
4.6.3 石英晶体振荡电路	102
第5章 数字电子电路基本单元的识读	103
5.1 逻辑代数和逻辑门电路	103
5.1.1 逻辑代数基础	103
5.1.2 逻辑门电路	105



5.1.3 门电路电气参数	107	5.4.1 寄存器	122
5.2 组合逻辑电路	110	5.4.2 计数器	124
5.2.1 编码器	110	5.4.3 集成计数器	125
5.2.2 译码器	112	5.5 脉冲产生和整形电路	130
5.2.3 显示译码器	113	5.5.1 单稳态触发器	130
5.3 触发器	116	5.5.2 施密特触发器	133
5.3.1 基本 SR 锁存器	116	5.5.3 多谐振荡器	135
5.3.2 JK 触发器	118	5.5.4 555 定时器	135
5.3.3 D 锁存器和 D 触发器	119	参考文献	138
5.4 时序逻辑电路	121		

第1章

电子元件的识别

1.1 电阻器

导体对电流的阻碍作用称为电阻，用符号 R 表示，单位是欧姆 (Ω)、千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。电阻器是电器与电子设备中用得最多的基本元件之一，主要用于控制和调节电路中的电流和电压，或用作消耗电能的负载。其实物及电路符号如图 1-1 所示。

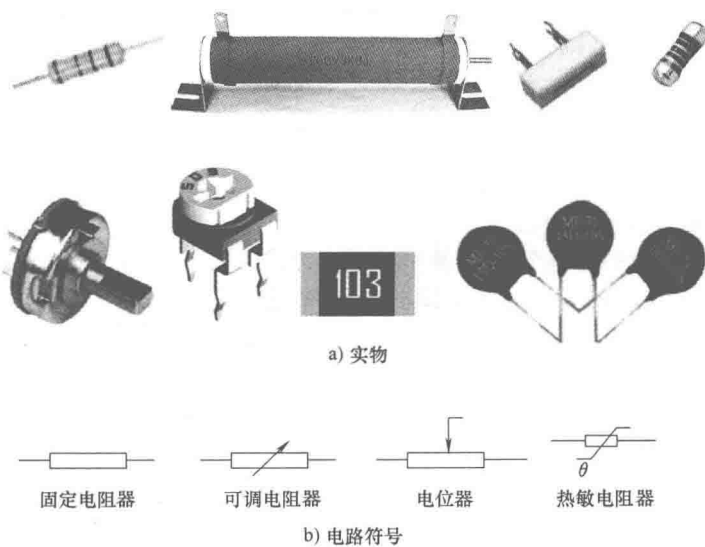


图 1-1 电阻器实物及电路符号

电阻器的种类有很多，通常分为三大类，即固定电阻器、可变电阻器、特种电阻器。在电子产品中，以固定电阻器应用最多。

1.1.1 固定电阻器

一、固定电阻器的分类

1. 按材料分

(1) 线绕电阻器 这类电阻器主要包括通用线绕电阻器、精密线绕电阻器、大功率线

绕电阻器和高频线绕电阻器。其外形如图 1-2 所示。

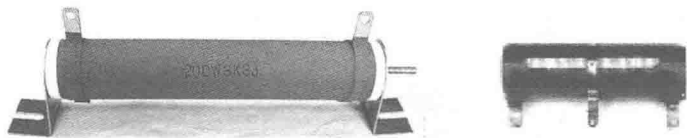


图 1-2 线绕电阻器的外形

(2) 薄膜电阻器 这类电阻器主要包括碳膜电阻器、合成碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、化学沉积膜电阻器、玻璃釉膜电阻器和金属氮化膜电阻器。其外形如图 1-3 所示。

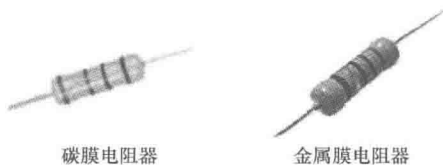


图 1-3 碳膜电阻器和金属膜电阻器

(3) 实心电阻器 这类电阻器主要有无机合成实心碳质电阻器、有机合成实心碳质电阻器。其外形如图 1-4 所示。

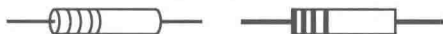


图 1-4 实心电阻器的外形

2. 按功率分

常见的有 $1/8W$ 、 $1/4W$ 、 $1/2W$ 、 $1W$ 等色环碳膜电阻器，它们是电子产品和电子制作中用得最多的。在一些微型产品中，还会用到 $1/16W$ 的电阻器，它的体积小得多。再有就是微型片状电阻器。

这类电阻器的外形如图 1-5 所示。



图 1-5 常用电阻器的外形

二、主要特性参数

(1) 标称阻值 是指电阻器表面所标的阻值。为了方便使用，国家标准规定了一系列阻值作为产品的标准，称为标称阻值系列，有 E6、E12、E24、E48、E96 和 E192，常用的有 E6、E12、E24 系列，见表 1-1。

(2) 允许偏差 标称阻值与实际阻值的差值与标称阻值之比的百分数称为允许偏差，它表示电阻器的精度。



表 1-1 E6、E12、E24 标称阻值系列

允许偏差			允许偏差			允许偏差		
±5%	±10%	±20%	±5%	±10%	±20%	±5%	±10%	±20%
E24	E12	E6	E24	E12	E6	E24	E12	E6
1.0	1.0	1.0	2.2	2.2	2.2	4.7	4.7	4.7
1.1			2.4			5.1		
1.2	1.2		2.7	2.7		5.6	5.6	
1.3			3.0			6.2		
1.5	1.5	1.5	3.3	3.3	3.3	6.8	6.8	6.8
1.6			3.6			7.5		
1.8	1.8		3.9	3.9		8.2	8.2	
2.0			4.3			9.1		

(3) 额定功率 是指在正常的大气压力 90 ~ 106.6kPa 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。常用电阻器的额定功率见表 1-2。

表 1-2 常用电阻器的额定功率

电阻器类型	额定功率/W
线绕电阻器	1/20、1/8、1/4、1/2、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250、500
非线性电阻器	1/20、1/8、1/4、1/2、1、2、5、10、25、50、100

(4) 额定电压 是指由阻值和额定功率换算出的电压。

(5) 最大工作电压 是指允许加到电阻器两端的最大连续工作电压。在低气压工作时, 最高工作电压较低。

(6) 温度系数 是指温度每变化 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。

三、固定电阻器的型号命名方法

国产电阻器的型号命名及含义见表 1-3。

表 1-3 国产电阻器的型号命名及含义

第一部分:主称		第二部分:电阻体材料		第三部分:主要特征		第四部分:序号
字母	含义	字母	含义	数字或字母	含义	
R	电阻器			1	普通	用个位数或无数字表示
				2	普通	
				3	超高频	
W	电位器	H	合成膜	4	高阻	
		I	玻璃釉膜	5	高温	
		J	金属膜(箔)	7	精密	
		N	无机实心	8	高压	
		S	有机实心	9	特殊	
		T	碳膜	G	高功率	
		X	线绕			
Y	氧化膜					

例如：RJ75 表示精密金属膜电阻器，其中，R—电阻器；J—金属膜；7—精密；5—序号。RT10 表示普通碳膜电阻器，R—电阻器；T—碳膜；1—普通型；0—序号。

四、固定电阻器的标识

1. 普通固定电阻器的表示方法

(1) 直标法 直标法是用阿拉伯数字和单位符号在电阻器表面直接标出标称阻值，其允许偏差直接用百分数表示。图 1-6 表示标称阻值为 $10\text{M}\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 20\%$ 的电阻器。

(2) 文字符号法 文字符号法是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。其允许偏差用文字符号表示（见表 1-4），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，如图 1-7 所示。

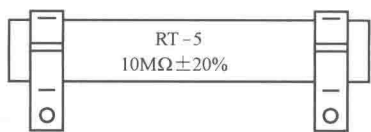


图 1-6 直标法

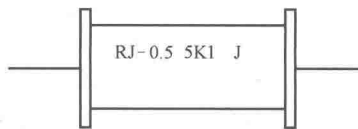


图 1-7 文字符号法

图 1-7 表示标称阻值为 $5.1\text{k}\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 5\%$ 的电阻器。

表 1-4 电阻允许偏差代号

文字符号	允许偏差	文字符号	允许偏差
B	$\pm 0.1\%$	J	$\pm 5\%$
C	$\pm 0.25\%$	K	$\pm 10\%$
D	$\pm 0.5\%$	M	$\pm 20\%$
F	$\pm 1\%$	N	$\pm 30\%$
G	$\pm 2\%$		

(3) 色环法 色环法是用不同颜色的带或点在电阻器的表面标出标称阻值和允许偏差。目前，电子产品广泛采用色环电阻，其优点是在装配、调试和修理过程中，不用拨动元件，即可在任意角度看清色环，读出阻值，使用方便。

普通电阻器用四道色环，精密电阻器用五道色环，如图 1-8 所示。色环定义见表 1-5。

表 1-5 色环定义

颜色	第一位有效数字	第二位有效数字	第三位有效数字	倍率	允许偏差
黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	$\pm 5\%$
蓝	6	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	10^8	



(续)

颜色	第一位有效数字	第二位有效数字	第三位有效数字	倍率	允许偏差
白	9	9	9	10^9	+50% ±20% (四环)
金				10^{-1}	±5% (四环)
银				10^{-2}	±10% (四环)
无色					±20% (四环)

注：三环和四环电阻器有两位有效数字，五环电阻器有三位有效数字。

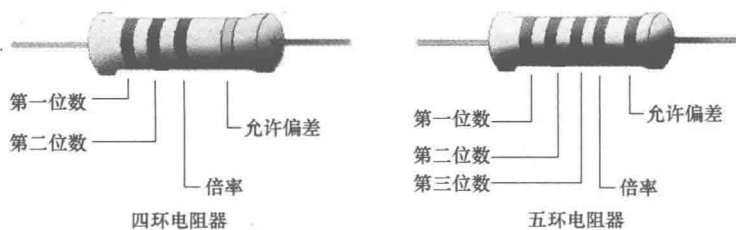


图 1-8 色环法

色环法注意要点：

1) 熟记第一、二环每种颜色所代表的数字，记忆方法如下：

棕 = 1 红 = 2 橙 = 3 黄 = 4 绿 = 5 蓝 = 6 紫 = 7 灰 = 8 白 = 9 黑 = 0

2) 牢记四环电阻器的第三环颜色、五环电阻器的第四环颜色所代表的阻值范围，记忆方法是：

金色：几点几欧

黑色：几十几欧

棕色：几百几欧

红色：几点几千欧

橙色：几十几千欧

黄色：几百几千欧

绿色：几点几兆欧

蓝色：几十几兆欧

从数量级来看，总体上可把它们划分为三个等级，即：金、黑、棕色是欧姆级；红是千欧级，橙、黄色是十千欧级；绿是兆欧级；蓝色则是十兆欧级。

3) 当四环电阻器的第二环、五环电阻器的第三环是黑色时，则后一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。例如四环中第三环是红色，则其阻值即是整几千欧。

4) 记住最后一环颜色所代表的允许偏差，即：金色为 5%；银色为 10%；无色为 20%，棕色为 1%。

下面举例说明：

例 1：当四个色环依次是黄、橙、红、金色时，因为第三环为红色，阻值范围是几点几千欧的，按照黄、橙两色分别代表的数“4”和“3”代入，则其读数为 4.3kΩ。第四环是银色表示允许偏差为 ±10%。

例 2：当五个色环依次是棕、绿、黑、橙、金色时，因为第四环为橙色，第三环又是黑色，阻值应是整几百千欧的，按棕色代表的数“1”、绿为“5”代入，读数为 150kΩ。第五



环是金色，其允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

2. 片状固定电阻器的表示方法

贴片元器件 (SMD/SMC) 是无引线或短引线的新型微小型元器件，适合安装在没有通孔的印制板上，是表面组装技术的专用元器件。片状电阻器是贴片元器件中应用最广的元件之一，常用的固定贴片电阻器有矩形电阻器、圆柱形电阻器等。

(1) 矩形片状电阻器 矩形片状电阻器的外形如图 1-9 所示。



图 1-9 矩形片状电阻器的外形

标记识别方法：

1) 当片式电阻器的阻值精度为 $\pm 5\%$ 时，采用三个数字表示：跨接线记为 000 (专门作跨接线用的电阻器也叫作片状跨接线电阻器或零阻值电阻器)。阻值小于 10Ω 的，在两个数字之间补加“R”；阻值在 10Ω 以上的，则最后一数值表示增加的零的个数。

2) 当片式电阻器的阻值精度为 $\pm 1\%$ 时，则采用四个数字表示：前面三个数字为有效数，第四位表示增加的零的个数；阻值小于 10Ω 的，仍在第二位补加“R”；阻值为 100Ω ，则在第四位补 0。

三种不同阻值电阻器的表示方法示例见表 1-6。

表 1-6 三种不同阻值电阻器的表示方法示例

实际阻值	精度为 $\pm 5\%$ 时的表示方法	精度为 $\pm 1\%$ 时的表示方法
4.7Ω	4R7	4R70
100Ω	101	1000
$1M\Omega$	105	1004

(2) 圆柱形片状电阻器 这种电阻器又叫作 MELF 电阻器，其外形如图 1-10 所示。



图 1-10 圆柱形片状电阻器的外形

MELF 电阻器的色环表示法，如图 1-11 所示。

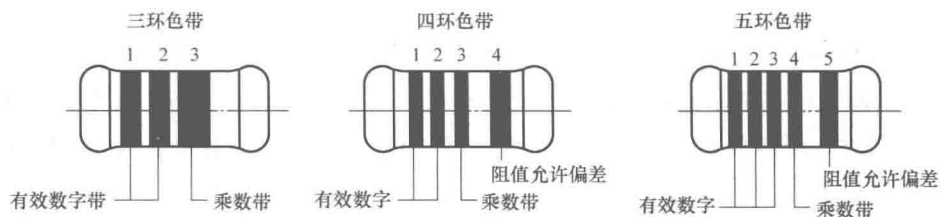


图 1-11 MELF 电阻器的色环表示法

五、常用固定电阻器

1. 碳膜电阻器

碳膜电阻器是通过真空高温热分解的结晶碳沉积在柱形或管形陶瓷骨架上制成的，用控制膜的厚度和刻槽来控制电阻值。碳膜电阻器有轴向引线、领带式引线以及不接引线等方式，其外形如图 1-12 所示。

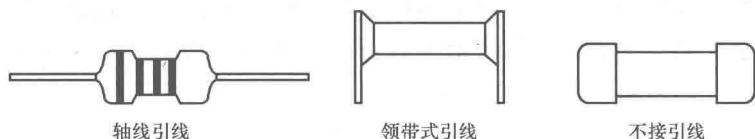


图 1-12 常见碳膜电阻器的外形

(1) 性能特点 碳膜电阻器稳定性良好，负温度系数小，高频特性好，受电压频率影响较小，噪声电动势较小，脉冲负荷稳定，阻值范围宽，因其制作容易，生产成本低，价廉，运用非常广泛。

(2) 阻值范围 $1\Omega \sim 10M\Omega$ 。

(3) 额定功率 $1/8W$ 、 $1/4W$ 、 $1/2W$ 、 $1W$ 、 $2W$ 、 $5W$ 和 $10W$ 等。

目前生产和使用的碳膜电阻器根据不同的用途和不同的特性有很多品种，普通碳膜电阻器外，有高频或超高频碳膜电阻器，如 RTCP 型棒状超高频碳膜电阻器、RTCP-Q 型纽扣式超高频碳膜电阻器等；还有应用在各种仪器中的 RTL 测量型碳膜电阻器、温度系数较小的硅碳膜电阻器、消耗功率为 $100kW$ 的大功率碳膜电阻器和精密碳膜电阻器等。

2. 金属膜电阻器

金属膜电阻器通常是将金属或合金材料用高真空加热蒸发在陶瓷体上形成一层薄膜制成的，这种制作方法称为真空蒸发法，是最常采用的方法。合金膜也可以采用高温分解、化学沉积和烧渗等方法制成。

(1) 性能特点 金属膜电阻器稳定性好，耐热性能好，温度系数小，电压系数比碳膜电阻器更好。它的工作频率范围大，噪声电动势很小，可在高频电路中使用。在相同功率条件下，它比碳膜电阻器体积小很多，但这种电阻器脉冲负荷稳定性较差。

(2) 阻值范围 一般的为 $1\Omega \sim 200M\Omega$ 。

(3) 额定功率 $1/8W$ 、 $1/4W$ 、 $1/2W$ 、 $1W$ 和 $2W$ 等。

金属膜电阻器的外形结构与普通碳膜电阻器相同。

3. 金属氧化膜电阻器

金属氧化膜电阻器是利用锡和铈等金属盐溶液喷雾到约为 550°C 的加热炉内的炽热陶瓷骨架表面上，沉积后制成的。这种电阻器的导电膜层均匀，膜与骨架基体结合牢固，有些性能优于金属膜电阻器，比如有的金属氧化膜电阻器可在超高频范围工作。普通金属氧化膜电阻器的外形与金属膜电阻器基本相同，其结构多为圆柱形和轴向引线。金属氧化膜电阻器的外形如图 1-13 所示。

(1) 性能特点 金属氧化膜电阻器比金属膜电阻器抗氧化能

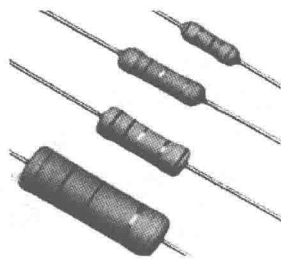


图 1-13 金属氧化膜电阻器的外形

力强，抗酸、抗盐的能力强，耐热性能好。

它的缺点是由于材料特性和膜层厚的限制，阻值范围小。

(2) 阻值范围 $1\Omega \sim 200k\Omega$ 。

(3) 额定功率 $1/8 \sim 10W$ ， $25 \sim 50kW$ 。

4. 合成碳膜电阻器

合成碳膜电阻器是将炭黑、填料和有机粘合剂配成悬浮液，涂覆在绝缘骨架上，经加热聚合制成的。它主要适于制成高压和高阻用电阻器，常用玻壳封上，制成真空兆欧电阻器，用于微电流测试。它的外形如图 1-14 所示。



图 1-14 合成碳膜电阻器的外形

(1) 性能特点 合成碳膜电阻器生产工艺、设备简单，因此价格低廉；它的阻值范围大，可达 $10 \sim 10^6 M\Omega$ 。其缺点是抗湿性差，电压稳定性低，频率特性不好，噪声大。它不适用于通用电阻器。

(2) 阻值范围 $10 \sim 10^6 M\Omega$ 。

(3) 额定功率 $1/4 \sim 5W$ 。

注意：这种电阻器的最大工作电压为 $35kV$ 。

5. 有机合成实心电阻器

有机合成实心电阻器是将炭黑、石墨等导电物质和填料、有机粘合剂混合成粉料，经专用设备热压后装入塑料壳内制成的，如图 1-15 所示。实心电阻器的引线压塑在电阻体内，一种是无端帽的电阻器；另一种是有端帽并把端帽作为电极的电阻器。

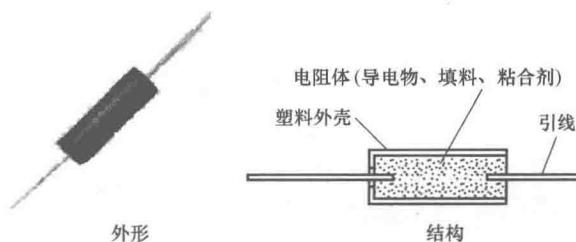


图 1-15 有机实心电阻器的外形与结构

(1) 性能特点 这种电阻器机械强度高、可靠性好，具有较强的过负荷能力，体积小、价格低廉，固有噪声大、分布参数大，电压和温度稳定性差。这种电阻器不适用于要求较高的电路中。

(2) 阻值范围 $4.7\Omega \sim 22M\Omega$ 。

(3) 额定功率 $1/4 \sim 2W$ 。

注意：这种电阻器的工作电压为 $250 \sim 500V$ 。

6. 玻璃釉电阻器

玻璃釉电阻器是由金属银、铈、钨等金属氧化物和玻璃釉粘合剂混合成浆料，涂覆在陶



瓷骨架上，经高温烧结而成的，如图 1-16 所示。

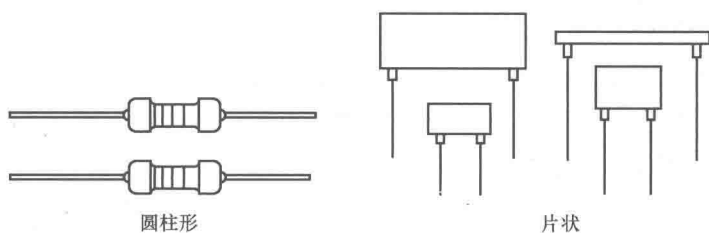


图 1-16 常见玻璃釉电阻器的外形

(1) 性能特点 玻璃釉电阻器耐高温、耐湿性好，稳定性好，噪声小，温度系数小，阻值范围大。该电阻器属于厚膜电阻。

(2) 阻值范围 $4.7\Omega \sim 10M\Omega$ 。

(3) 额定功率 $W/8$ 。

注意：小型玻璃釉电阻器可用于电子手表中，其使用环境为 $-55 \sim 125^\circ\text{C}$ ，额定温度可达 85°C 。

7. 线绕电阻器

线绕电阻器是用康铜、锰铜或镍铬合金丝缠绕在陶瓷骨架上制作而成的。这种电阻器表面被覆一层玻璃釉，常称作被釉线绕电阻器；有的表面被覆一层保护有机漆或清漆，称为涂漆线绕电阻器；还有裸式线绕电阻器。其外形如图 1-17 所示。

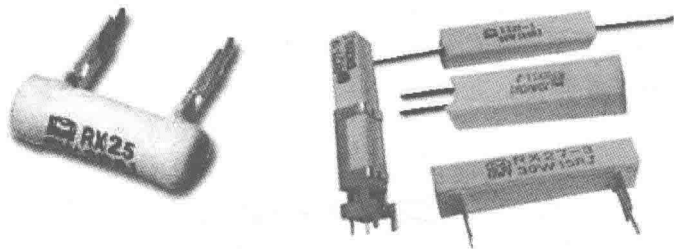


图 1-17 线绕电阻器的外形

(1) 性能特点 线绕电阻器噪声小，甚至无电流噪声；温度系数小、热稳定性好、耐高温，工作温度可达到 315°C ；功率大，能承受大功率负荷。缺点是高频特性差。

(2) 阻值范围 $0.1 \sim 5M\Omega$ 。

(3) 额定功率 $1/8 \sim 500W$ 。

注意：线绕电阻器分为固定式和可调式两种。

8. 熔断电阻器

熔断电阻器是一种新型双功能元件。在电路正常工作时，它具有普通电阻器的功能；当电路出现故障而超过其额定功率时，它会像熔丝一样熔断，即将连接电路断开，从而起到保护作用。熔断电阻器可以分绕线型、金属膜型、碳膜型、化学沉积膜型等，其阻值范围为 $0.33\Omega \sim 10k\Omega$ 。其外形如图 1-18 所示。

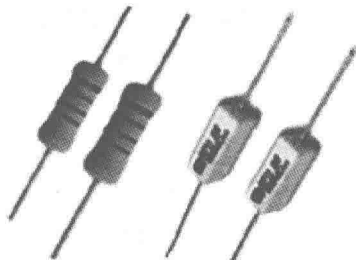


图 1-18 熔断电阻器的外形

9. 矩形片式电阻器

矩形片式电阻器是开发较早和产量较大的表面安装元件之一，其外形和内部结构如图 1-19 所示。

由于制造工艺不同，这种电阻器有两种类型，一类是厚膜型（RN 型），另一类是薄膜型（RK 型）。厚膜型是在扁平的高纯度 Al_2O_3 基板上印一层电阻浆料，烧结后经光刻而成；薄膜电阻是在基体上喷射一层镍铬合金而成，性能稳定，阻值精度高，但价钱较贵。在电阻层上涂覆特殊的玻璃釉涂层，故电阻在高温、高湿下性能非常稳定。

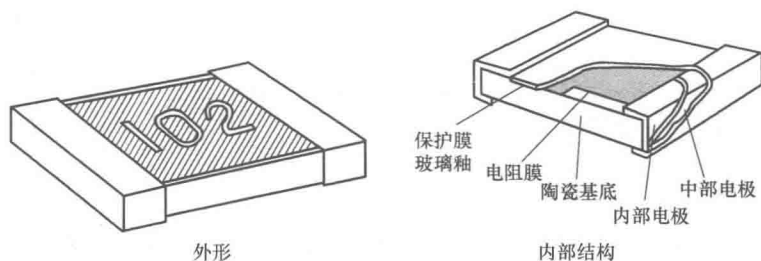


图 1-19 矩形片式电阻器的外形和内部结构

注意：矩形片式电阻器一般用于电子调谐器和移动通信等频率较高的产品中，可提高安装密度和可靠性。

10. 圆柱形片式电阻器

圆柱形片式电阻器，即金属电极无引脚端面元件，简称 MELF 电阻器。MELF 主要有碳膜 ERD 型、高性能金属膜 ERO 型及跨接用的 0Ω 电阻器三种。它与矩形片式电阻器相比，无方向性和正反面性，包装使用方便，装配密度高，固定到印制板上有较高的抗弯曲能力，特别是噪声电平 and 三次谐波失真都比较低，常用于高档音响电器产品中。

MELF 电阻器是在高铝陶瓷基体上被覆金属膜或碳膜，两端压上金属帽电极，采用刻螺纹槽的方法调整电阻值，表面涂上耐热漆密封，最后根据电阻值涂上色码标志，如图 1-20 所示。

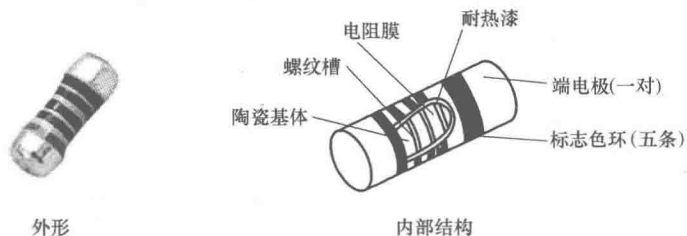


图 1-20 圆柱形片式电阻器的外形和内部结构

11. 电阻网络

电阻网络是电阻器集成的复合元件，具有体积小、重量轻，可以高密度安装，可靠性



高、可焊性好等特点。使用时，焊接远离元件的引出端，不会带来热冲击，引出端扁平短小，且元件均进行了密封，寄生电参数小，便于屏蔽。电阻网络按电阻膜特性分为厚膜型和薄膜型。常用的是厚膜电阻网络，薄膜电阻网络只在要求高频、精密的情况下使用。单排固定电阻网络的外形如图 1-21 所示。

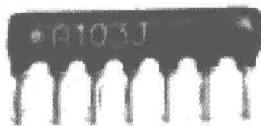


图 1-21 单排固定电阻网络的外形

表面组装元件的电阻网络有 SOP 型、芯片功率型、芯片载体型和芯片阵列型四种结构。其结构特点见表 1-7。

表 1-7 表面组装元件的电阻网络的结构特点

种类	结构	特点
SOP 型	外引出端子与 SOP 集成电路相同，模塑封装，厚膜或薄膜电阻	可组成高密度电路
芯片功率型	基板带“J”型端子，氮化钽薄膜或厚膜电阻	功率大，形状大，适合于专用电路
芯片载体型	电阻芯片贴于载体基板上，基板侧面四个方向有电极	可组成小型、薄型、高密度电路，仅适于再流焊接
芯片阵列型	电阻芯片以阵列排列，在基板两侧有电极	小型、薄型简单网络

1.1.2 可变电阻器

可变电阻器主要是指电位器。电位器对外有三个引出端，其中两个为固定端，一个为滑动端（也叫作中心抽头）。滑动端可以在固定端指间的电阻体上机械运动，使其与固定端之间的阻值发生变化。

一、普通电位器的分类

常见普通电位器的种类很多，用途各异，可按材料、用途、阻值变化规律、结构特点和调节方式等因素对其进行分类，见表 1-8。

表 1-8 普通电位器的分类

分类依据		举 例	
材料	合金型	线绕	线绕电位器
		金属箔	金属箔电位器
	薄膜型		金属膜，金属氧化膜，复合膜，碳膜
	合成型	有机	有机实心
		无机	无机实心，金属玻璃釉
导电塑料		直滑式，旋转式	
用途		普通，精密，微调，功率，高频，高压，耐热	
阻值变化规律	线性	线性电位器	
	非线性	对数式，指数式，正余弦式	
结构特点		单圈，多圈，单联，多联，有止档，无止档，带旋转开关	
调节方式		旋转式，直滑式	

二、电位器的主要参数

(1) 标称阻值 标在产品上的名义阻值，其系列与电阻器的阻值标称系列相同。根据