

第一章 电阻器及电位器

第一节 电阻器

电阻器是电子线路中常用的电子元器件之一,多用来分压、限流,还可与电容器组成滤波器、陷波器等。当电流流过电阻器时,它会因发热而消耗一定的能量,因此它是一种耗能元件。

一、基础知识

1. 基本概念

(1) 电阻的定义。各种材料(物质)对通过它的电流在一定程度上均呈现出一定的阻碍作用,这种呈现阻碍作用的物理性质就称为此种材料的电阻。不同材料(物质)具有不同的电阻,材料的电阻值与所用材料的性质和几何尺寸有关。

(2) 电阻器的定义。在电路中,具有总集电阻这种物理性质的实体元件叫做电阻器,简称电阻。在电子线路图中,常用字母“ R ”表示。

(3) 电阻值的计算公式。

①第一种方法:用公式 $R = \rho \frac{L}{S}$, 这是理论性定义。式中,各字母所表示的意义是: R ——导体的电阻值,单位为欧姆 (Ω); ρ ——所用材料的电阻率,单位为欧姆·毫米²/米 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$); L ——导体的长度,单位为米 (m); S ——导体的横截面积,单位

为毫米² (mm²)。

②第二种方法：电阻器的电阻值也可以通过测量其两端的电压降 (U) 和通过的电流 (I) 来测得，即用欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ 来计算，这是实践中常用的方法。式中，各字母所表示的意义是： U ——加在导体两端的电压，单位是伏 (V)； I ——流过导体的电流，单位是安培 (A)。

导体的电阻值取决于导体材料的物理性质、几何尺寸以及导体的温度。

(4) 单位换算。

$1\text{k}\Omega$ (千欧) $= 10^3\Omega$, $1\text{M}\Omega$ (兆欧) $= 10^6\Omega$,

$1\text{G}\Omega$ (千兆欧) $= 10^9\Omega$ 。

2. 分类

(1) 按构成材料不同，电阻器可分为线绕电阻器（又分为普通型和被釉型）和非线绕电阻器（又分为合成型电阻器和薄膜型电阻器）。一般地说，线绕电阻器 (RX) 是低阻值的大功率电阻器，它的阻值精确，功率范围大，但是不适合高频工作，它的外表多为黑色。被釉型线绕电阻器多为浅绿或深绿色。薄膜型电阻器的阻值范围很宽，但功率范围比线绕电阻器的要小。薄膜型电阻器按构成材料不同，分为以下三类：

①炭膜电阻器 (RT)：它具有较好的稳定性（指电压、温度的变化对阻值的影响较小），适于高频工作，它的价格也便宜。外表常涂成绿色，但也有用色环标注的。

②金属膜电阻器 (RJ)：它的物理性能比 RT 好，缺点是售价太高。其上一般涂有红漆。

③金属氧化膜电阻器 (RY)：它不易被氧化，耐磨性好，适宜用作低阻值电阻器，售价也不高，但它在直流作用下，氧化膜容

易发生电解，使氧化物被还原，性能不太稳定。

(2) 按阻值是否可以改变，可分为固定式和可调式两类。固定式电阻器主要用于阻值固定而不需要变动的电路中。可调式电阻器主要用于阻值频繁变动或有时需要调节的电路中。

(3) 按结构形状不同，可分为圆柱型、管型、圆盘型以及平面片状等。

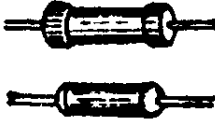
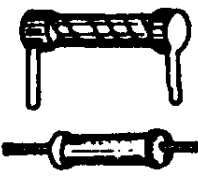
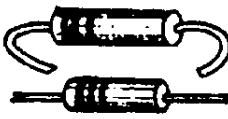
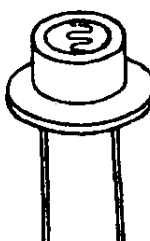
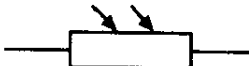
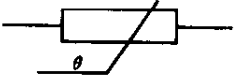
(4) 按用途不同，可分为通用型电阻器、精密型电阻器、高阻型电阻器、高压型电阻器以及高频型电阻器等。

另外，还有一类特殊用途的电阻器，一是敏感型电阻器，包括热敏、光敏、压电敏、压力敏、气敏电阻器等，它们的阻值分别随着外界温度的高低、光线的强弱、电压的高低、压力的大小、气体浓度的高低变化而变化。二是熔断型电阻器，这种电阻器广泛用于家用电器（如彩色或黑白电视机或影碟机）中，又常称为保险电阻或易熔电阻。若电路工作情况正常，它具有普通电阻的功能；否则，当它消耗的功率超过其额定功率时，在规定的时间内，它会像保险丝一样自动熔断，从而使与它连接的支路形成开路，这样，贵重元件不易受到损坏。熔断型电阻器熔断后不能恢复，只能一次性使用。三是片状电阻，它是新一代电子元件，颜色一般为黑色，上面标注有它的阻值，具有参数漂移小、稳定性高、性能好、可靠性高、无致命性失效（如无参数、击穿、烧毁、破裂等）等优点。随着技术和材料的发展，它的体积越来越小，重量越来越轻，但其阻值范围不变，即任何一个尺寸的片状电阻阻值均为 $1.2\Omega \sim 2.2\text{M}\Omega$ 。在各类电子整机中，有一种颜色不为黑色，且标注为 0、000 或根本无标注的片状元件。它则不是电阻，而是一种“桥接元件”，阻值为零，用于代替导线起连接作用，不要与片状电阻混淆。

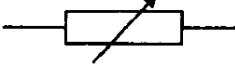
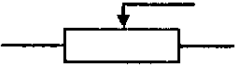
3. 外形及电路符号

电阻器的实物图种类繁多，常见的外形及电路符号如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 电阻器的外形及电路符号

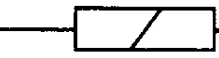
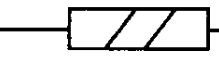
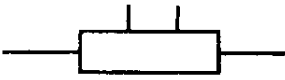
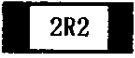
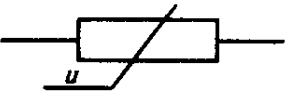
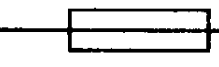
元件名称	实物或外形图			电路符号
普通电阻器	 金属膜电阻器	 炭膜电阻器	 炭质电阻器	 标准符号  常用符号
	 线绕电阻器		 带锁紧螺母有机实心电阻器	
光敏电阻器				
圆片状热敏电阻器				

续表

元件名称	实物或外形图			电路符号
可变(半可调或微调)电阻器				
滑线式变阻器				

另外，还有一些特殊电阻器的电路符号，如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 一些特殊电阻器的电路符号

电路符号	表示的意义	电路符号	表示的意义
	1W 电阻器*		0.25W 电阻器
	0.5W 电阻器		0.125W 电阻器
	有两个固定抽头的电阻器		片状电阻器
	压敏电阻器、变阻器		熔断电阻器的标准符号
	熔断电阻器的一般符号		熔断电阻器的一般符号

注：* 表示如果电阻器的额定功率大于 1W，则要用阿拉伯数字直接表示。

4. 电阻器的串联和并联

电阻器的串联如图 1-1-1 所示, $R=R_1+R_2+\cdots+R_n$, 即串联后的总电阻等于各电阻器阻值之和。例如: 两只 100Ω 的电阻器串联后的总电阻为 200Ω 。

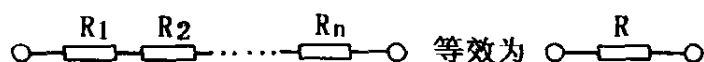


图 1-1-1 电阻器串联的等效

电阻器的并联如图 1-1-2 所示, $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\cdots+\frac{1}{R_n}$, 即并联后的总电阻的倒数等于各电阻器阻值的倒数之和。例如, 两只 100Ω 的电阻器并联后的总电阻为 50Ω 。

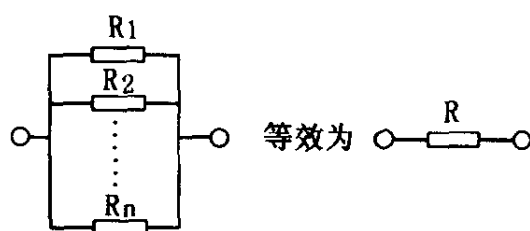


图 1-1-2 电阻器并联的等效

二、主要参数及规格标注方法

1. 电阻器的主要技术指标

(1) 标称阻值与允许偏差。在实际生活中, 为了便于电阻器的大规模生产, 国家规定出一系列的阻值为电阻器的标准, 这一系列阻值就叫做电阻器的标称阻值。

一般说来, 电阻器的实际阻值不可能做到与它的标称阻值完全一样, 二者存在着一定的偏差。最大允许偏差阻值除以该电阻器的标称阻值, 所得到的百分数, 就称为电阻器的偏(误)差。普通电阻器的误差可分为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 三种, 在标记上分别以 I、II、III 挡表示。精密电阻器的误差分别为 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$, 在标记上分别以 0.2、0.1、0.05 表示。很显然, 在售

价上，精密电阻器的价格比普通电阻器的要高。通常在电子制作实验中，对电阻精度的要求不是很高，可选用普通型电阻器。但是，在测量仪器（如万用电表、示波器、真空毫伏表等）中，对电阻精度有较高要求，要求选用精密电阻器。

例如：某电阻器标有“60kI”这样的符号，它表示这个电阻器的标称阻值为 60kΩ，最大允许偏差不超过其标称阻值的±5%。

普通电阻器的标称阻值系列如表 1-1-3 所示，对于误差为±5%的电阻，不仅可生产标称阻值为 1.0,1.1,1.2,1.3,1.5……9.1Ω 的电阻器，还可生产以这些数值乘以 10,100,1000……的电阻器。以 2.7 为例来说明一下，不仅可生产标称阻值为 2.7Ω 的电阻器，还可生产阻值为 27Ω、270Ω、2.7kΩ……的电阻器。如果需要 一个 2.6kΩ 的电阻器，可以选用阻值为 2.7kΩ 的电阻器，因为在标称阻值系列中，没有这个阻值，这时的误差为 $\frac{2.6-2.7}{2.7} = -3.7\%$ ，在规定的误差±5%以内。

表 1-1-3 普通电阻器的标称阻值 (Ω)

系列代号	允许偏差 (%)	系列值 (×10 ⁿ)
E ₂₄	±5	1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.4, 2.7, 3.0, 3.3, 3.6, 3.9, 4.3, 4.7, 5.1, 5.6, 6.2, 6.8, 7.5, 8.2, 9.1
E ₁₂	±10	1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2
E ₆	±20	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

注：n 可为正整数或负整数，例如 n 可取 1, 2, 3, 4……

由上表也可看出，标称系列值大部分不是整数，这样规定的原因是为了保证在同一系列中，相邻两个数中较小数的正偏差与较大数的负偏差之间有衔接或稍有重叠，从而使得生产的全部电阻器都包括在规定的标称阻值系列中，不致因无法靠拢系列而成

为废品。例如，在 E₂₄ 系列中，较小数 1.0 的正偏差和较大数 1.1 的负偏差分别为 $1.0 \times (1 + 5\%) = 1.05$, $1.1 \times (1 - 5\%) = 1.045$ 。由此可知，这两偏差数在 1.045 和 1.05 之间有一段重叠。

(2) 额定功率。电阻器的额定功率是指在一定的条件下，在电阻器的使用过程中，电阻器所能承受的而不致将其烧毁的最大限度功率值。它是根据电阻器本身的阻值以及所通过的电流和其两端所加的电压来确定的。常用电阻器的额定功率的系列值如表 1-1-4 所示。

表 1-1-4 常用电阻器的额定功率 (W)

电阻器的类别	系列值 (×10 ⁿ)
线绕电阻器额定功率系列	0.05, 0.125, 0.25, 0.5, 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	0.05, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 25, 50, 100

注：n 可为正整数或负整数，例如 n 可取 1, 2, 3, 4 等。

电阻器的额定功率也有标称值，通常有 1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、3.5W 等，在大多数电子线路中，图上不标注瓦数。但是，电阻器的瓦数可根据电阻器的体积来判断，如表 1-1-5 所示。

表 1-1-5 根据电阻器的体积来判断电阻器的功率

额定功率 (W)	炭膜电阻器 (RT)		金属膜电阻器 (RJ)	
	长度 (mm)	直径 (mm)	长度 (mm)	直径 (mm)
1/8	11	3.9	6~8	2~2.5
1/4	18.5	5.5	7~8.3	2.5~2.9
1/2	28	5.5	10.8	4.2
1	30.5	7.2	13.0	6.6
2	48.5	9.5	18.5	8.6

在选择应用时，不仅要根据计算得出电阻器的标称阻值，而且还要根据电阻在电路中消耗的功率得出所选电阻器的额定功率值，通常所选电阻器的额定功率应比其实际消耗的功率大一些，以保持一定的余量。

2. 电阻器的规格标注方法

(1) 直接表示法。直接表示法就是直接将电阻器的标称阻值和允许偏差及其他技术参数标注在它的表面上。有以下几种表示方法：

①用 3~4 位阿拉伯数字来标注电阻的阻值。不管用 3 位或 4 位，最后 1 位一定表示阻值的倍率，其余的表示阻值的有效数字，如图 1-1-3 所示。

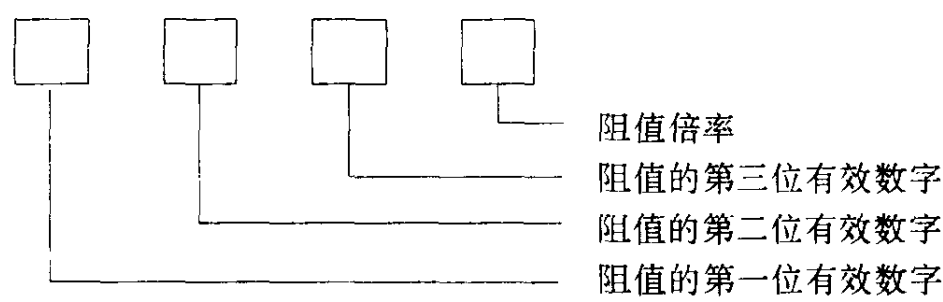


图 1-1-3 电阻器阻值的表示法

例如：203 表示电阻器的阻值是 $20 \times 10^3 = 20\text{k}\Omega$ ，106 表示此电阻器的阻值是 $10 \times 10^6 = 10\text{M}\Omega$ ，4501 表示电阻器的阻值是 $450 \times 10^1 = 4.5\text{k}\Omega$ ，4503 表示此电阻器的阻值是 $450 \times 10^3 = 450\text{k}\Omega$ 。

②用阿拉伯数字和文字符号按一定的规律组合来表示电阻器的标称阻值，允许偏差也用文字符号来表示。

符号 (R、K、M、G、T) 前面的数字表示电阻器标称阻值的整数部分，后面的数字依此 (顺序) 分别表示它的第一、二、三……位小数部分。允许偏差的文字符号所代表的含义如表 1-1-6 所示。

表 1-1-6 允许偏差的文字符号所代表的含义

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

例如：R56 表示电阻器的标称阻值是 0.56Ω ，3R9 表示电阻器的标称阻值是 3.9Ω ，7M2 表示此电阻器的标称阻值是 $7.2M\Omega = 7.2 \times 10^6\Omega$ ，9R1K 表示此电阻器的标称阻值和允许偏差分别为 9.1Ω 和 $\pm 10\%$ 。

③将标称阻值直接标注在电阻器的外表面上，例如： $2.7\Omega 10\%$ 表示此电阻器的标称阻值和允许偏差分别为 2.7Ω 和 $\pm 10\%$ 。

(2) 色标法。色标法是目前国际通用的色环表示法，就是将电阻器类别及其主要技术参数的数值用相应所代表的颜色（色环或色点）标在它的表面上。

一般地说，精密电阻器的色环为五环，普通电阻器的色环为四环。各色环表示的含义见图 1-1-4 所示。用色标法来读电阻器阻值的方法如下：

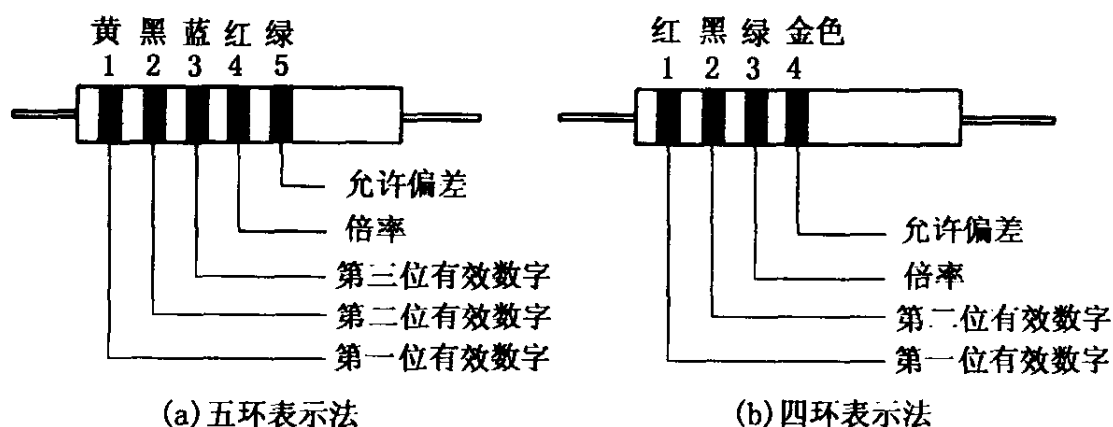


图 1-1-4 电阻器的色环表示法

(1) 紧靠电阻器一端的为第一色环，也就是电阻器阻值的第一位有效数字，其余的有效数字沿着电阻体依次类推。色环颜色所代表的数字以及精确度（允许偏差）如表 1-1-7 所示。图 (a) 所示电阻器的阻值为 $406 \times 10^2 = 40.6\text{k}\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 0.5\%$ 。

(2) 若色环均匀分布在电阻体上，则判断色环的次序可用如下方法：由于金色、银色在阻值有效数字中并没有具体含义，而只有具体的允许偏差值，因此，金色和银色环必定为最后一条色环。图 (b) 所示电阻器的阻值为 $20 \times 10^5 = 2\text{M}\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

注意：有时四条色带的电阻器只有三条，其原因是：当允许偏差为 $\pm 20\%$ 时，表示此值的这条色带颜色就是电阻器本身的颜色，这一表示法仅用于普通电阻器的表示中。

表 1-1-7 色环颜色所代表的数字以及允许偏差

色环	颜色含义	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	本色
第一、二、三环	第一、二、三位有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
第四环	倍率	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{-1}	10^{-2}	
第五环	允许偏差 (%)		± 1	± 2			± 0.5	± 0.25	± 0.1		$+50 \sim -20$	± 5	± 10	± 20
工作电压 (V)		4	6.3	10	16	25	32	40	50	63				

注：①此表也适用于电容器，其中工作电压的颜色标记只适用于电解电容器，同时，色点应标记在它的正极。

②本色指的是电阻器本身的颜色。

三、性能检测

一般地说,电阻器的型号都标注在它们的外表面上,但是,当这些标志脱落或者我们想知道其精确阻值时,就需要对其进行检测。通常,从外观上来看,若电阻器表面上有烧焦的痕迹或者有变黑现象,则说明流过电阻器的电流太大,以致把该电阻器烧成了开路。比较准确的检测方法介绍如下。

(一) 普通电阻器

对此类电阻器性能的检测,主要是使用万用电表的欧姆挡,通过对其阻值的测量来判断电阻器的性能(即是否出现开路、短路以及阻值变化情况)。

1. 静态检测

(1) 当电阻器和电路脱离(至少电阻器的一根引脚不在电子线路板上)时,合理选择万用电表的欧姆挡,把两只表笔分别接在电阻器的两根引线上,测得的阻值 R' 即为这一电阻器的实际值。如果知道此电阻器的标称阻值 R , 就可以判断其性能的好坏。

①若 $R' \approx R$, 则说明此电阻器是好的。

②若 $R' \ll R$, 则说明此电阻器已损坏。

③若 $R' \approx 0\Omega$, 则说明此电阻器已短路。

④若 $R' \gg R$, 则说明此电阻器已开路, 即已损坏。

(2) 当电阻器两端都焊在电子线路板上时, 合理选择万用电表的欧姆挡, 把两只表笔分别接在电阻器的两只引脚的焊点上, 测得一次阻值; 然后, 两只表笔互换一次, 再测得一次阻值。把两次测量中较大的阻值设为 R' , 其原因主要是为了排除电路中晶体管 PN 结的正向电阻对测量的影响(例如和被测电阻器并联有二极管、三极管, 当万用电表的欧姆挡内部电池对 PN 结加正向电压时, PN 结的内阻较小, 从而影响了测量结果; 把两只表笔对调后,

电表内部电池对 PN 结加反向电压,此时 PN 结的内阻很大,相当于开路,这样所测得的阻值基本上能反映被测电阻器的实际阻值)。如果知道此电阻器的标称阻值 R ,则可以判断其性能的好坏。

①若 $R' > R$,则说明此电阻器已损坏。原因是此电阻器已开路,或者是存在阻值增大现象(对普通电阻器来说,此现象很少见)。

②若 $R' \approx R$,则可以认为此电阻器是好的。

③若 $R' \approx 0\Omega$,则说明有两种情况:第一种情况是此电阻器已短路;第二种情况是与此电阻器并(串)联有电感元件,但不能判断所测电阻器已损坏。此时,要采用上面所介绍的电阻器和电路脱离的方法来进一步进行检测,即把电阻器的一根引脚脱离线路,然后再进行测量。

④若 $0 \ll R' \ll R$,并且 R' 为几千欧,此现象说明与此电阻器并(串)联有比此电阻器阻值更小的电子元件,但不能说明此电阻器已损坏(即存在阻值缩小现象)。此时,要采用上面所介绍的电阻器和电路脱离的方法来进一步进行检测。

测量时应注意:

①选择适当的欧姆挡量程。一般地说,应先用电表估测一下被测电阻器的实际阻值,然后再根据此选择适当的欧姆挡量程,其原因是电阻挡的刻度呈非线性,愈靠近高阻(左)端刻度愈密,读数误差也相应增大,因此,为了提高测量时的精确度,应当使电表的指针尽可能地位于刻度线的 0 刻度至全程 $2/3$ 这一段位置上。例如:若被测电阻器的阻值为几欧至几十欧,可用 $R \times 1$ 挡,若阻值为几千欧至几十千欧,可用 $R \times 1k$ 挡。

②注意欧姆挡调零。在选择了适当的欧姆挡量程后,将电表的两只表笔短接,调节表盘上的“调零旋钮”,使表头指针指向 0。为了提高测量时的精确度,每次更换欧姆挡量程后,都要重新进行调零。若调零旋钮已调到极限位置,但是,指针不指向 0(最有

端),这时应考虑更换电池。若手头无新电池,而又希望继续测量,则可用“差值法”(即从测量值中减去欧姆挡调零时的开始值,所得到的值就是被测电阻的实际阻值)测量几十欧以上的电阻值。

③检测方法要合理。不要用手同时接触电阻器的两根引线,以免因人体分流作用而使检测值小于它的实际值。原因是此时电表测量的是人体与电阻的并联值,因此,所要测的电阻器的阻值越大(如为几十千欧),精确度也就越差。测量几欧姆的小电阻时,尤其要求表笔与电阻引脚(线)接触良好。测量几十千欧的大电阻时,手不要接触电阻器的任何部位,要放在桌子上进行测量。若电阻器引线表面上有绝缘物(如氧化物、油漆等),应把这些附着物刮掉后再进行测量。

④读数要准确。测量时,万用电表应水平放置在桌面上,两眼应位于电表指针的正上方;如果表盘内有一弧形的反光镜,当看到指针与其镜中的影像重合时,方可读数,然后,再把读数乘以所选用的欧姆挡量程值,就可得到电阻的测量值。若指针指在两条刻度线之间,此时不仅要读最靠近指针右端的刻度线处的刻度值,而且还应估计一下两条刻度线之间的数值。指针越靠近刻度间的左端,读数应越大,若指针指向刻度间的中间时,应读作比该刻度间的值的1/2小一些。例如:对于图1-1-5所示,若所用量程为 $R \times 10$ 挡,则可读作 $12.4 \times 10 = 124\Omega$ 。

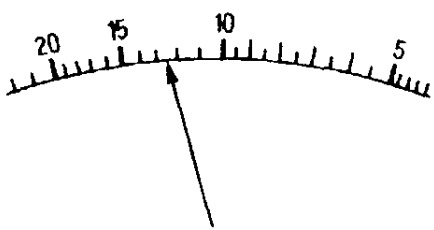


图 1-1-5 万用电表阻值的读取方法

⑤当电阻器在线路中检测时,一定要切断电路电源,否则,不但测不准,而且极易损坏电表。

2. 动态检测

动态检测也称为“加电检测”或“在线检测”,是指在回路工

作状态情况下进行检测。对电阻值的测量一般用伏安法，如图 1-1-6 所示，有内接法和外接法两种。

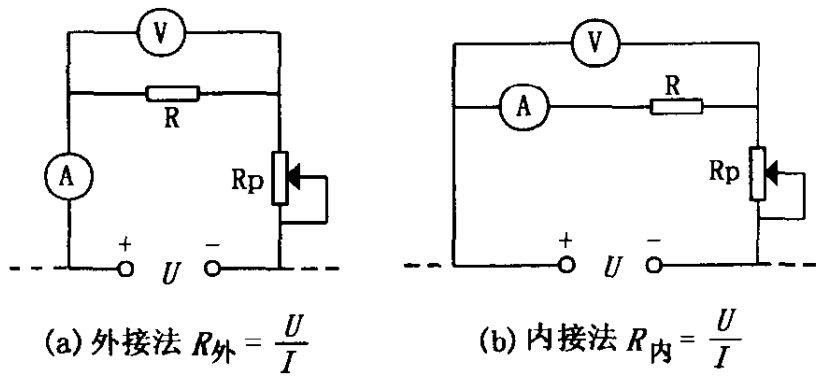


图 1-1-6 用伏安法测量电阻值

(1) 电阻器单独检测。外接法和内接法分别指的是电流表外接和内接，设待测实际阻值为 R ：若用两只电表进行测量，则 R 比 $R_{\text{内}}$ 要小，比 $R_{\text{外}}$ 要大。原因如下：

电流表外接时，待测电阻 R 的测量值 $R_{\text{外}} = V/I = V/(I_R + I_V) = V/[(1 + I_V/I_R) I_R] = R/(1 + R/R_V)$ ，式中 R_V 是电压表的内电阻值， I_V 是流过电压表的电流值，因此， $R_{\text{外}} < R$ 。

电流表内接时，待测电阻 R 的测量值 $R_{\text{内}} = V/I = (V + V_A)/I = R + R_A = R(1 + R_A/R)$ ，式中 R_A 是电流表的内电阻值， V_A 是加在电流表两端的电压值。因此， $R < R_{\text{内}}$ 。

由此可见，用伏安法测量电阻的阻值时，总存在着系统误差，当电流表的内阻 R_A 较大或者电压表的内阻 R_V 较小时，测量时产生的阻值误差就比较大，但是，当 $R_V \gg R \gg R_A$ 时，产生的阻值误差可忽略。

若用一只电表进行测量，则不分外接法与内接法了，测量阻值就近似等于 $R' = V/I$ ， R_V 越大， R_A 越小，则 R' 也就越接近于 R 。

(2) 电阻器在路（线）检测。设图 1-1-6 是某电路的一部分，

首先用万用电表的电压挡测量待测电阻 R 两焊点之间的电压值 U ，然后断开待测电阻 R 的一个引脚，把万用电表拨到电流挡，判断一下通过待测电阻 R 的电流方向，把一只表笔接在待测电阻 R 断开的引脚上，另一只表笔接在拔出此引脚的焊点上，读出流过待测电阻 R 的电流值 I ，测量阻值就等于 $R' = U/I$ ，由于串联电流表后， I 减小，所以 $R' > R$ 。欲精确检测电阻器的阻值，应使用电桥进行测量，如惠斯通电桥，其测量原理如图 1-1-7 所示。闭合开关 K ，适当调节 R_0 、 R_1 和 R_2 的大小，使检流计 G 的指示为零，这样就可得到 R_x 的阻值，即 $R_x = (R_1/R_2) \times R_0$ 。由于物理实验室都有这种实验器材，此检测方法也比较实用。

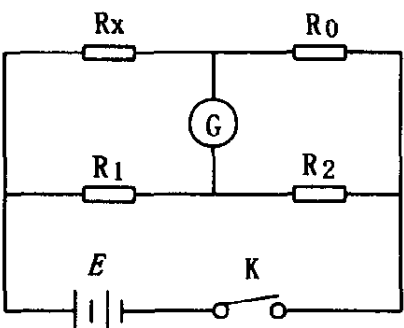


图 1-1-7 惠斯通电桥

(二) 微调（半可调）电阻器

微调电阻器的体积通常比普通电阻器大一些，在它的表面上可看到它的标称阻值（指的是两个固定引脚之间的最大阻值）和一个调整口（在正表面上）。检测方法如下：

将万用电表的一只表笔接在微调电阻器的任一固定引脚上，另一只表笔接在与其动片连结的引脚上，用起子均匀转动调整口，可得到一系列不同的阻值。

- (1) 若测得的阻值连续变化，且在调整口转动到极限位置时，测得的阻值等于其标称阻值，则说明此微调电阻器性能良好。
- (2) 若测得的阻值有跳变发生，则说明其接触不良。
- (3) 在转动调整口的过程中，若测得的阻值大于其标称阻值，则说明其内部已断路。
- (4) 在转动调整口的过程中，若测得的阻值等于 0，且此时调

整口并没转动到极限位置，则说明其内部存在短路现象。

(三) 敏感电阻器

1. 热敏电阻器

根据阻值随着温度变化的情况，热敏电阻器可分为正温度系数热敏电阻器(PTC)和负温度系数热敏电阻器(NTC)两种。PTC的阻值随着温度的升高而增大，而NTC的阻值随着温度的升高而减小。在室温下，判断热敏电阻器性能的好坏，可用以下方法：

首先估计一下热敏电阻器的阻值大小，然后据此选择合适的万用电表欧姆挡量程，将两只表笔分别接热敏电阻器的两个引脚。若测得的值近似为零或者无穷大，则说明此热敏电阻器已损坏（分别为短路或断路）。若测得的值与热敏电阻器标称阻值的范围相差很大，则说明其内部接触不良。在测量的过程中，把加热的电烙铁靠近热敏电阻器，若后来阻值增大（对PTC来说）很多或者减小（对NTC来说）很多，则说明其性能良好；否则，说明其性能不好或者已损坏。

2. 光敏电阻器

光敏电阻器是利用半导体材料的光电导效应（当某种物质受到光的照射时，它的载流子浓度增加，从而使它的电导率也增加）制成的一种特殊的电阻器。通过检测光敏电阻器的阻值，可判断其性能的好坏。将万用电表的两只表笔分别接光敏电阻器的两个引脚，根据需要进行合理的量程（常用的光敏电阻器的暗阻大于几或几十兆欧，亮阻小于几或几十千欧，因此，可选 $R \times 1k$ 挡），用一光源照射光敏电阻器的透光口，若测得的值比较小，即表针摆动的幅度比较大，则说明其性能良好；若测得的值为无穷大或者大于暗阻的标称阻值，即表针基本不动，则说明此光敏电阻器的光敏材料已损坏。用一遮光板挡住光敏电阻器的透光口，若测得的值很小或者小于亮阻的标称阻值，即表针摆动的幅度比较