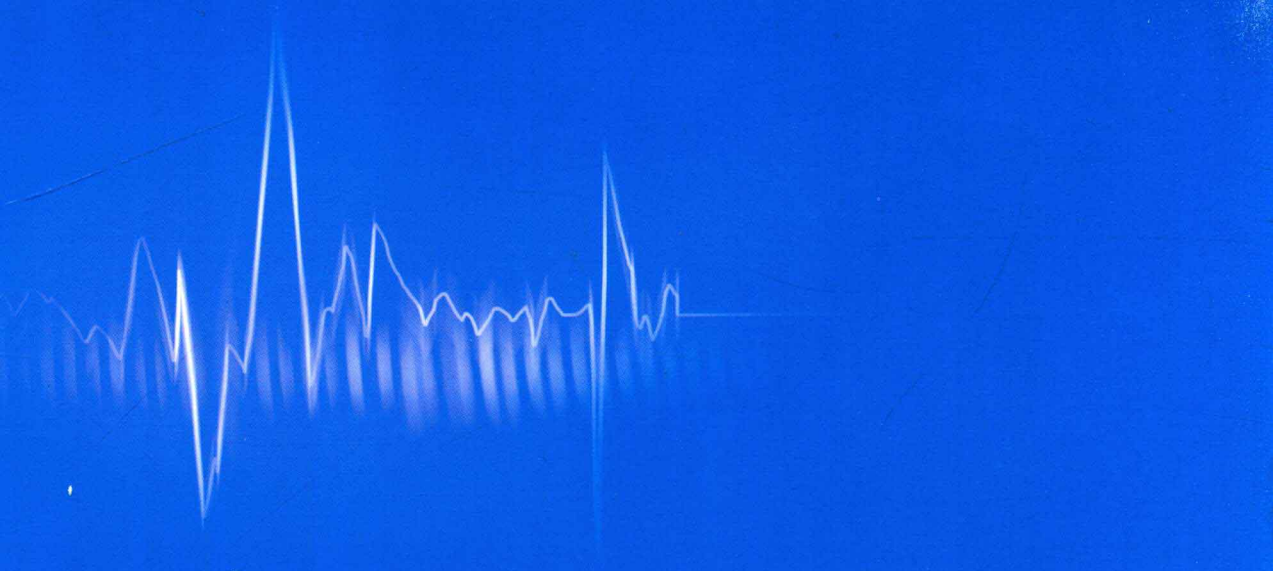




无线电调试工

实训与考级

主 编 朱小刚

副主编 范顺治

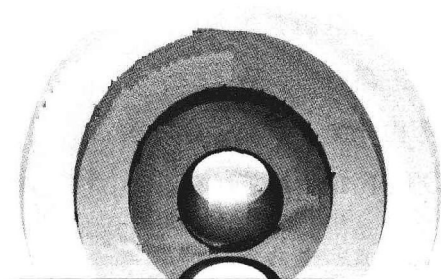


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

无线电调试工 实训与考级

主 编 朱小刚

副主编 范顺治



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书系统地介绍了无线电调试工在常用元件的识别与检测、常用仪器仪表的使用、电子产品的排故维修等方面应注意的问题和方法,在简明扼要阐述理论的同时,列举了典型的实训实例,并在附录中附有技能考试理论和实际操作的样卷。

本书可作为从事无线电产品中电气部件、整件的装配调试与校正的技术工人,以及使用测试仪器调试无线通信、传输设备,广播视听设备和电子仪器、仪表的人员的培训和考核教材。

图书在版编目(CIP)数据

无线电调试工实训与考级 / 朱小刚主编. —北京: 中国电力出版社, 2012.11

ISBN 978-7-5123-3661-2

I. ①无… II. ①朱… III. ①无线电技术 IV. ①TN014

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 259329 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 11 月第一版 2012 年 11 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 7.75 印张 132 千字

印数 0001—3000 册 定价 19.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

无线电调试工是国家职业技能鉴定名录中的鉴定项目，也是高职院校电子通信类专业需要掌握的基本专业技能之一。该职业技能鉴定主要为从事无线电产品中的电气部件、整件的装配调试与校正的技术工人，以及使用测试仪器调试无线通信、传输设备，广播视听设备和电子仪器、仪表的人员提供符合国家标准的培训和考核。

本书编者有多年高职院校无线电调试工培训的经验，针对企事业技术员、高职院校学生的知识水平和技能状况，同时也结合国家技能鉴定的要求编写了本书，希望本书能成为无线电调试工受训者喜爱的参考书。本书在讲述了相关电路原理、参数的同时，侧重于技能的实践和训练，在实训实例中详细给出了实践的步骤，最后还总结分析了常用的电路故障和检修方法。书后附录给出了无线电调试工国家职业技能鉴定标准和标准的鉴定理论样卷、实践考核样卷。

全书由朱小刚任主编，范顺治任副主编。其中，第三章和附录由朱小刚编写，第一、二章由范顺治编写，第四章由苏伯贤编写，全书由李永茂担任主审。全书的电路图和仿真波形图由范顺治绘制。书中实训实例电路的 PCB 板及套件设计由苏州优法电子科技有限公司负责，编者对他们的支持和帮助表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 9 月

目 录

前言

第一章 常用元件的识别与检测	1
第一节 电阻器与电位器	1
第二节 电容器	8
第三节 半导体器件	14
第二章 常用仪器仪表的使用	26
第一节 直流稳压电源	26
第二节 交流毫伏表	31
第三节 信号发生器	36
第四节 示波器	41
第三章 无线电调试工实训实例	48
第一节 直流稳压电源安装调试	48
第二节 交流电压平均值转换器安装调试	56
第三节 功率放大器（OTL）的安装调试	62
第四节 可编程定时器安装调试	65
第四章 电子产品维修知识	69
第一节 电子设备故障检查的基本方法	69
第二节 电子电路调试技术	73
附录一 无线电调试工国家职业标准摘录	77
附录二 无线电调试工（中级）考核大纲	80

附录三 无线电调试工（中级）理论知识试卷样卷.....83

附录四 无线电调试工（中级）技能考核试卷样卷.....104

附录五 串联型直流稳压电源考核试卷.....110

附录六 交流电压平均值转换器考核试卷.....113

附录七 可编程定时器考核试卷.....116

第一章

常用元件的识别与检测

电阻器、电容器、电感器、半导体器件、电声器件、开关、继电器等都是无线电调试工常用的元器件。学习和掌握常用元器件的性能、用途、质量判别方法，对提高电子设备的装配质量及可靠性有重要的保证作用。

第一节 电阻器与电位器

一、电阻器与电位器的作用及单位

固定电阻器是用电阻率较大的材料制成的，它在电路中起限流、分压、耦合、负载等作用。电位器即可调电阻器，在电路中常用来调节各种电压或信号的大小。电阻器的单位为：欧姆（ Ω ），千欧（ $k\Omega$ ），兆欧（ $M\Omega$ ），吉欧（ $G\Omega$ ）， $1G\Omega=10^3M\Omega=10^6k\Omega=10^9\Omega$ 。各种电阻器、电位器的图形和符号如图 1-1 所示。

二、固定电阻器、电位器、敏感电阻的命名方法

固定电阻器、电位器、敏感电阻的命名主要由五个部分组成：第一部分用字母表示产品的主称，R 表示电阻器，W 表示电位器，M 表示敏感电阻器；第二部分用字母表示产品的材料或类别，如表 1-1 所示；第三部分用数字或字母表示电阻器、电位器、敏感电阻器的特性、用途、类别；第四部分用数字表示生产序号；第五部分用字母表示序号相同但性能有一定差异的产品区别代号。

【例 1-1】RJ21：“R”表示主称为电阻，“J”表示材料为金属膜，“2”表示分类为普通，“1”表示序号。

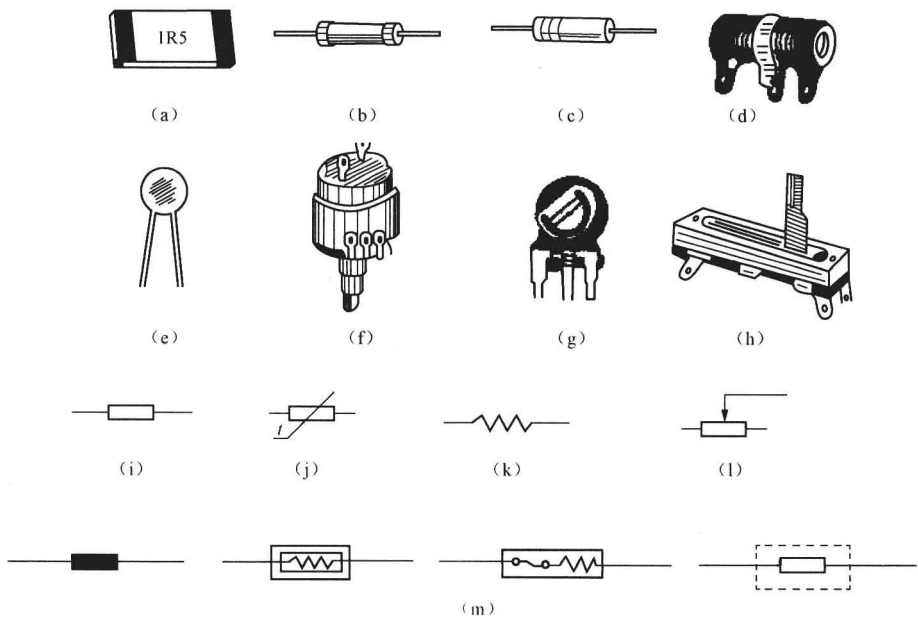


图 1-1 各种电阻器、电位器的图形和符号

(a) 片状电阻；(b) 金属膜电阻器；(c) 碳膜电阻器；(d) 线绕电阻器；(e) 热敏电阻器；
(f) 带开关电位器；(g) 微调电位器；(h) 直滑式电位器；(i) 固定电阻；(j) 热敏电阻；
(k) 固定电阻；(l) 可变电阻（电位器）；(m) 常见熔断电阻器

表 1-1 固定电阻器、电位器、敏感电阻的材料或类别

电阻器、电位器				敏 感 电 阻			
字母	材 料	字母	材 料	字母	材 料	字母	材 料
T	碳膜	Y	氧化膜	Z	正温度系数 热敏材料	S	湿敏材料
H	合成膜	C	沉积膜			Q	气敏材料
S	有机实芯	I	玻璃釉膜	F	负温度系数 热敏材料	G	光敏材料
N	无机实芯	X	线绕			C	磁敏材料
J	金属膜			Y	压敏材料		

【例 1-2】 WSW1A：第一个“W”表示主称为电位器，“S”表示材料为有机实芯，第二个“W”表示分类为微调，“1”表示序号，“A”表示区别代号。

【例 1-3】 MF41：“M”表示主称为敏感电阻，“F”表示材料为负温度系数热敏材料，“4”表示分类为旁热式，“1”表示序号。

三、电阻器参数

1. 标称值和允许偏差

一般电阻器标称值系列如表 1-2 所示，表中所有数值都可以乘以 10^n ，单位为 Ω ，

n 为整数。该表也适用于电位器、电容器标称值系列，在表示电容容量标称值系列时的单位为 pF。

表 1-2 电阻器、电容器标称值系列

系列	偏 差	标 称 值
E24	I 级±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
E12	II 级±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
E6	III 级±20%	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

电阻器的标称值和偏差一般都以各种方法标记在电阻体上，其标记方法有以下几种：

- (1) 直标法。用具体数字、单位或偏差符号直接把阻值和偏差标记在电阻体上，如图 1-2（a）所示，一般用“Ⅰ”表示±5%，“Ⅱ”表示 10%，“Ⅲ”表示±20%。
- (2) 文字符号法。将标称阻值及允许偏差用有规律的文字和数字组合来表示，如图 1-2（b）所示。例如 2R2K 表示 $(2.2\pm0.22)\,\Omega$ ，R33J 表示 $(0.33\pm0.165)\,\Omega$ ，1K5M 表示 $(1.5\pm0.3)\,\text{k}\Omega$ ，末尾字母表示偏差。一般常用字母表示偏差，允许偏差的文字符号表示如表 1-3 所示，不标记的表示偏差未定。

表 1-3 允许偏差的文字符号表示

符号	W	B	C	D	F	G	J	K	M	N	R	S	Z
偏差 (%)	±0.05	±0.1	±0.2	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20	±30	+100 -10	+50 -20	+80 -20

- (3) 数码表示法。如图 1-2（c）所示。例如 103K 中，“10”表示 2 位有效数字，“3”表示倍乘 10^3 ，“K”表示偏差±10%，即阻值为 $10\times10^3\,\Omega=10\text{k}\Omega$ 。又如 222J，表示阻值为 $22\times10^2\,\Omega=2.2\text{k}\Omega$ ，“J”表示偏差为±5%。偏差表示方法与文字符号法相同， $10\,\Omega$ 以下的小数点也与文字符号法相同，用 R 表示。例如 $2.2\,\Omega$ ，也用 2R2 表示。
- (4) 色标法。用不同颜色表示电阻数值、偏差或其他参数时的色标符号规定，如表 1-4 所示。该表也适用于以色标法表示电容、电感的数值和偏差，用于电阻时单位为 Ω ，用于电容时单位为 pF，用于电感时单位为 μH ，表示额定电压时只限于电容。

用色标法表示电阻数值和偏差如图 1-2（d）和图 1-2（e）所示。普通电阻常

用 2 位有效数字表示，精密电阻常用 3 位有效数字表示。图 1-2 (d) 所示的阻值为 $27 \times 10^3 \Omega = 27k\Omega$ ，偏差 $\pm 5\%$ ；图 1-2 (e) 所示的阻值为 $332 \times 10^2 \Omega = 33.2k\Omega$ ，偏差 $\pm 1\%$ 。

第一色环即第一位数值识别方法：第一色环一般在最左边，偏差色环常稍远离前面几个色环。金、银色环不可能是第一色环，若色环完全是均匀分布且又没有金银色环时，只能通过用万用表测试来帮助判断。若色环颜色分不清楚，也可利用电阻标称值系列来帮助判断，这样可大大减少颜色可选择种类。例如电阻为蓝□红金，从表 1-4 可知，其中□色只有两个选择，即红色或灰色，而这两种颜色则较容易区分。

表 1-4 色标符号规定

颜色	银	金	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白
有效数字	—	—	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
乘倍数	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9
偏差 (%)	± 10	± 5	—	± 1	± 2	—	—	± 0.5	± 0.25	± 0.1	—	$+50$ -20
额定电压 (V)	—	—	4	6.3	10	16	25	32	40	50	63	—

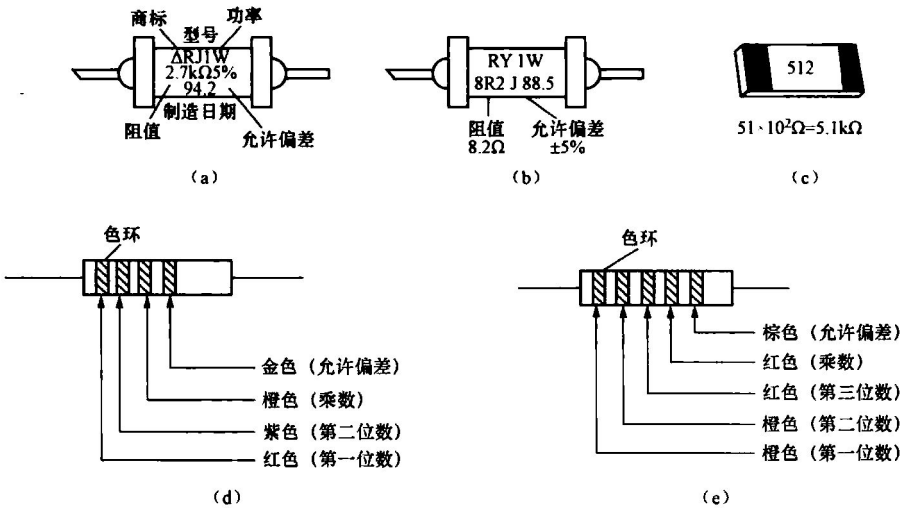


图 1-2 电阻器标称值表示方法

(a) 直标法；(b) 文字符号法；(c) 数码表示法；(d) 二位有效数字色标法；(e) 三位有效数字色标法

2. 电阻器额定功率

电阻器额定功率是指在正常条件下，电阻器长期连续工作并满足规定的性能要



求时所允许消耗的最大功率。

额定功率 2W 以下的电阻一般不在电阻器上标出, 2W 以下的电阻才在电阻器上用数字标出, 而在线路图上的电阻符号没有特别标记, 则一般指额定功率为 0.125W 的电阻。电阻器额定功率符号如图 1-3 所示, 大于额定功率 1W 的电阻都直接标出。

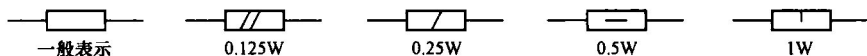


图 1-3 电阻器额定功率符号

3. 电阻器其他性能参数

电阻器的其他性能参数, 如温度系数、噪声系数等, 与其所用的材料有关, 一般不在电阻器上标明。

四、常见电阻器

(1) 碳膜电阻 (型号 RT)。阻值范围为 $1\Omega \sim 10M\Omega$, 各项性能参数较普通, 但价格低廉, 广泛用于各种电子产品中。

(2) 金属膜电阻 (型号 RJ)。阻值范围为 $1\Omega \sim 10M\Omega$, 温度系数小, 稳定性好, 噪声低, 同功率下与碳膜电阻相比, 体积较小但价格稍贵, 常用于要求低噪、高稳定性的电路中。

(3) 金属氧化膜电阻 (型号 RY)。有极好的脉冲高频过负荷性能, 机械性能好, 化学性能稳定, 但其阻值范围窄 ($1\Omega \sim 200k\Omega$), 温度系数比金属膜电阻差, 常用于一些在恶劣环境中工作的电路上。

(4) 线绕电阻 (型号 Rx)。阻值范围为 $0.01\Omega \sim 10M\Omega$, 可以制成精密型和功率型电阻, 常在高精度或大功率电路中使用, 但不适合在高频电路中工作。

(5) 金属玻璃釉电阻 (型号 RI)。耐高温, 功率大, 阻值宽 ($5.1\Omega \sim 200M\Omega$), 温度系数小, 耐湿性好, 常用于制作小型化贴片电阻。

(6) 实芯电阻 (型号 Rs)。过负荷能力强, 不易损坏, 可靠性高, 价格低廉, 但其他性能参数较差, 阻值范围为 $4.7\Omega \sim 22M\Omega$, 常用在要求高可靠性的电路中 (如宇航工业)。

(7) 合成碳膜电阻 (型号 RH)。阻值范围为 $10\Omega \sim 10^6M\Omega$, 主要用来制造高压高阻电阻器。



(8) 电阻排。又称集成电阻，在一块基片上制成多个参数性能一致的电阻，常在计算机上使用。

(9) 熔断电阻。又称水泥电阻，常用陶瓷或白水泥封装，内有热熔性电阻丝，当工作功率超过其额定功率时，会在规定时间内熔断，主要起保护其他电路的作用，在电视、录像机电路中常用做大功率限流电阻。

(10) 敏感元器件 (M)。主要是指用于检测温度、光照度、湿度、压力、磁通量、气体浓度等物理量的传感器，广泛用于各种自动化控制电路和保护电路上。例如，电话机上使用的压敏电阻，主要用于防雷或防电压冲击；电视机上使用的热敏电阻（消磁电阻），用于实现彩电自动化消磁；抽油烟机上常用的气敏电阻，利用其对可燃性气体特别敏感的特点，可实现自动化抽油烟，也可以用来制造一氧化碳报警器，或者用做对 CF_4 有敏感作用的气敏电阻，制作冰箱、冷气机雪柜检漏器。现在，为了提高传感器的灵敏度，一般加有放大电路。例如，用于测量红外线能量变化的热释红外线传感器，就是利用两个红外线热敏电阻和一个场效应管构成，这种传感器常用于制造人体遥感开关，如自动门等电路。

五、电位器

电位器一般有三只引脚，若带中心抽头，则有四只引脚，若是多联电位器，则引脚数更多，其中每一个单联电位器都只有一只滑动臂，其余为固定臂。

1. 电位器参数

(1) 标称阻值和允许偏差。标称阻值是指电位器两个固定端的阻值，其规定的标称值与电阻器规定中的标称值的 E6、E12 系列相同，具体标称值见表 1-2。允许偏差有 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.1\%$ 等。

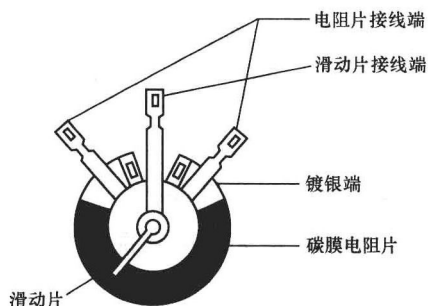


图 1-4 碳膜电位器内部结构图

(2) 电位器额定功率。在相同体积情况下，线绕电位器功率比一般电位器的功率大。

(3) 电位器其他参数。①滑动噪声；②电位器分辨力；③电阻膜耐磨性；④双联电位器同步性；⑤电位器阻值变化规律；⑥电位器轴长与轴端结构（如图 1-4 所示）。

2. 电位器的分类

电位器种类很多，按材料、调节方式、结构特点、阻值变化规律、用途分成多种电位器。



3. 几种常见电位器的特点

(1) 合成碳膜电位器(型号 WTH)。阻值范围宽,可达 $100\Omega\sim 4.7\text{M}\Omega$,分辨力高但滑动噪声大,对温度、湿度适应性差。由于生产成本低,广泛用于收音机、电视机、音响等家电产品中。

(2) 有机实芯电位器(型号 WS)。阻值范围宽,可达 $100\Omega\sim 4.7\text{M}\Omega$ 分辨力高,耐高温,体积小,可靠性高,但噪声较大,主要用于对可靠性、耐高温性有较高要求的电器上。

(3) 线绕电位器(型号 WX)。相对额定功率大,耐高温性能稳定,精度易于控制,但阻值范围小,为 $4.7\Omega\sim 100\text{k}\Omega$,分辨力低,高频特性差。

接触型电位器除以上三种外,还有可作大范围、高精度调整的多圈电位器,高性能、高耐磨导电塑料电位器,带驱动电动机的电位器(常用作遥控调节音量使用)等,在此不再一一叙述。而非接触型电位器因克服了接触型电位器滑动噪声大的缺陷,正逐渐被采用,如光敏电位器、磁敏电位器。

六、电阻器参数在工艺文件上的填写方法

电位器参数的填写方法见例题。

【例 1-4】 15W, 30k Ω 碳膜电阻,引出线是轴向,误差 $\pm 5\%$ 。

在工艺文件上的书写方法: -RT-15-b-30k Ω - $\pm 5\%$ 。

【例 1-5】 470k Ω 电位器, 0.1W 单联合成膜。

在工艺文件上的书写方法: -WT-1-0.1-470k Ω -X-60ZS-3。

七、固定电阻、电位器、敏感电阻的性能检测

1. 固定电阻器的性能检测

(1) 独立测量方法。使用万用表测量固定电阻器两端的阻值并与标称值进行比较,只要在偏差范围内,则为正常电阻器。使用万用表测量电阻器(或其他元器件)时应注意,手不能同时接触电阻器的两条引脚,选择指针尽可能靠中的量程来测量,选择量程后还应对该量程调零。

(2) 在印制电路板上测量的方法。电阻器损坏时,排除因潮湿或尘埃引起阻值变小的可能,则大部分电阻阻值都会变大甚至开路。而在印制电路板上测量电阻器时,由于与之并联的元器件有很多,正常时无论怎样测量,电阻读数都只会小于或等于标称值。若正反测量电阻发现有一次读数大于标称值且超出偏差范围,则该电



阻肯定是坏电阻；若读数两次都小于标称值，则该电阻不一定是坏电阻。若还有怀疑，则必须拆出电阻单独测量。

若怀疑电阻（或其他元器件）热稳定性差，则可以在开机后加热一段时间，或在刚开机时，观察故障是否有变化，若有变化，则该电阻为坏电阻。

2. 电位器质量判断

首先要测量两个固定引脚端的阻值，在偏差范围内应与标称值相等，然后分别测量两个固定引脚与滑动引脚的阻值，转动电位器滑动臂时阻值应在零到标称值范围内变化，且指针必须平稳摆动，无跳变、抖动等现象。对于多联电位器必须逐联测量，带开关电位器的还要测量开关的通断情况。

3. 敏感电阻器质量判断

可通过测量敏感电阻两端在相应敏感条件（如加温、加压、加光等）变化前后的阻值来判断敏感电阻器的好坏，若变化不大，则敏感电阻器是坏的。例如，用于彩电消磁的热敏电阻 MZ72，在常温时测量其阻值只有 270Ω ，用风筒加热 1min 左右时，阻值迅速增至数十兆欧，这说明该消磁电阻是好的。

第二节 电 容 器

电容器是组成电路的基本元件之一，由两个相互靠近的导体与中间所夹的一层绝缘介质组成。电容器是一种储能元件，常用在谐振、耦合、隔离、滤波、交流旁路等电路中。

一、常见电容器

1. 电容器外形和电路符号

常见电容器的外形和电路符号见图 1-5。

2. 电容的单位

电容的单位是法，符号为 F，最常用的两个单位是 μF 和 pF ，一般情况下，够 10000pF 就以 μF 单位，如 $20000\text{pF}=0.02\mu\text{F}$ 。

3. 电容器的命名

电容器的命名一般由四部分组成，见图 1-6。第二、三部分的意义见表 1-5。

【例 1-6】 CT12 表示圆片低频瓷介电容器，其中“2”表示序号。

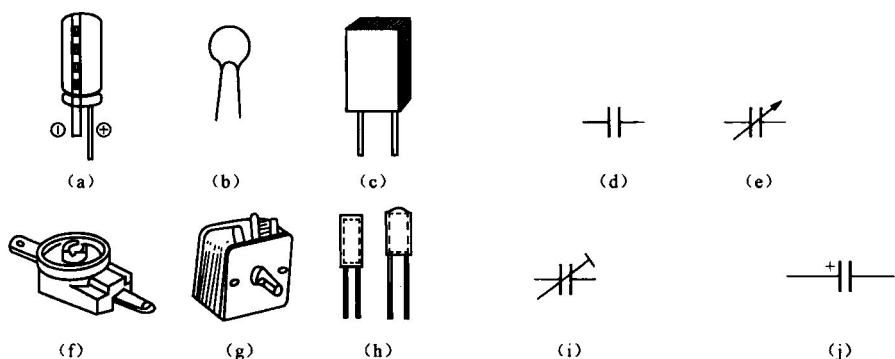


图 1-5 电容器外形和电路符号

(a) 电解电容器；(b) 瓷介电容器；(c) 玻璃釉电容；(d) 一般电容器符号；(e) 可调电容器符号；
(f) 微调电容器；(g) 双联可调电容器；(h) 涤纶电容器；(i) 半可调电容器符号；(j) 电解电容器符号



图 1-6 电容器的命名

表 1-5 电容器材料符号及其意义

符号	含义	符号	含义	符号	含义	符号	含义
C	高频瓷介	B	聚苯乙烯	Q	漆膜	A	钽电解质
T	低频瓷介	BB	聚丙烯	Z	纸介	N	铌电解质
Y	云母	F	聚四氟乙烯	J	金属化纸介	G	合金电解质
I	玻璃釉	L	涤纶	E	复合介质		
O	玻璃膜	S	聚碳酸酯	D	铝电解		

注 以上规定对可变电容和真空电容不合适。

二、电容器的性能参数

1. 电容器的标称容量和偏差

电容器的标称容量和偏差与电阻器的规定相同，可参见表 1-3，但不同种类的电容器会使用不同系列，如电解电容器使用 E6 系列，偏差有 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 、 $+50\%$ 等几种。电容器的标记方法有以下几种：

(1) 直标法。直接把电容器容量、偏差、额定电压等参数标记在电容器体上，如图 1-7 (a) 所示。有时因面积小而省略单位，但存在以下规律：小数点前面为 0 时，则单位为 μF ；小数点前不为 0 时，则单位为 pF 。如图 1-7 (d) 所示，偏差也有用 I、II、III 三级来表示的。

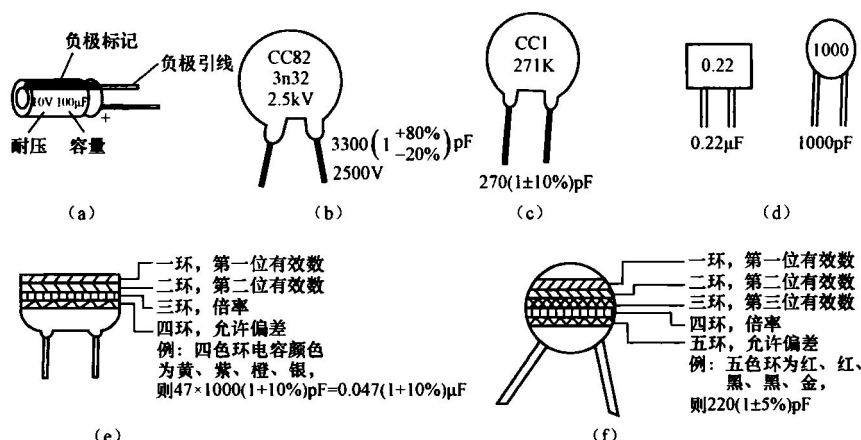


图 1-7 电容容量标记方法

(a) 直标法; (b) 文字符号法; (c) 数码表示法; (d) 简略标记法; (e) 四色环色标法; (f) 五色环色标法

(2) 文字符号法。如图 1-7 (b) 所示, 与电阻文字符号法相似, 只是单位不同。

【例 1-7】 $p82=0.82pF$ $6n8=6800pF$ $2u2=2.2μF$

(3) 数码表示法。与电阻数码表示法基本相同, 如图 1-7 (c) 所示, 只有个别不同。如第三位数“9”表示 10^{-1} , 后面字母表示偏差, 可参见表 1-4。

【例 1-8】 $339K=33 \times 10^{-1}pF=3.3(1 \pm 10\%)pF$ $102J=10 \times 10^2pF=1000(1 \pm 5\%)pF$
 $103J=10 \times 10^3pF=0.01(1 \pm 5\%)μF$ $204K=20 \times 10^4pF=0.2(1 \pm 10\%)μF$

(4) 色标法。电容器色标法与电阻器色标法规定相同, 可参见表 1-5。基本单位为 pF , 有时还会在最后增加一色环表示电容额定电压, 如图 1-7 (e) 和图 1-7 (f) 所示。

此外, 电容器的容量还可使用色点表示法, 该方法与色标法相似, 不再详述。新型贴片除了使用数码法、文字符号法表示外, 还使用 1 种颜色+1 个字母或 1 个字母+1 个数字来表示其容量。

【例 1-9】 黑色+A-表示 $10pF$, $A0=1pF$ 。

2. 电容器额定直流工作电压

电容器额定直流工作电压是指电容器在指定的温度范围内能长期可靠地工作所能承受的最大直流电压, 它的大小与介质的厚度、种类有关。该参数一般都直接标记在电容器上, 以便选用。但要注意, 当电容器在交流电路工作时, 交流电压峰值不得超过额定直流工作电压。电容器常用的额定直流工作电压有 6.3、10、16、25、63、100、160、250、400、630、1000、1600、2500V 等。

3. 工作温度范围

电容器必须在指定的工作温度范围内才能稳定工作。一般的电解电容器都直接



标出它的上限工作温度，如 85°C 或 105°C 等。

4. 损耗角正切值 $\tan\delta$

损耗角正切值 $\tan\delta$ 是指当电流流过电容器时，电容器的损耗功率与存储功率的比值，该值的大小取决于电容器介质所用的材料、厚度及制造工艺，真实地表征了电容器质量的优劣。 $\tan\delta$ 值一般都为 $10^{-2}\sim 10^{-4}$ ，数值越小，电容器质量越好，但该值一般不标注在电容器体上，只能用专用仪器来测量，也可以根据电容器所用介质作估算。

5. 温度系数

温度系数是反映电容器稳定性的一个重要参数，该值有正有负，绝对值越小，表明电容器温度稳定性越高。

三、常见的几种电容器的特点

(1) 瓷介电容器。以陶瓷为介质的电容器，根据介质常数可分为 CC 型高频瓷介电容器和 CT 型低频瓷介电容器。

1) CC 型瓷介电容器。介质常数大于 1000，主要特点是体积小，性能稳定，耐热性好，绝缘电阻大，损耗小，成本低廉，容量范围为 $1\text{pF}\sim 0.1\mu\text{F}$ ，常用于要求低损耗、容量稳定的高频电路中。

2) CT 型瓷介电容器。介质常数小于 1000，主要特点是体积较 CC 型瓷介电容器小，但容量比 CC 型大，最大达 $4.7\mu\text{F}$ ，绝缘电阻低，损耗大，稳定性较 CC 型差，一般用于低频电路中作旁路使用。

(2) 云母电容器（型号为 CY）。以云母为介质，主要特点是精度高，可达 $\pm(0.01\sim 0.03)\%$ ，性能稳定、可靠，损耗小，绝缘电阻高，是一种优质电容器。但该电容器容量小（一般为 $4.7\sim 5100\text{pF}$ ），体积大，成本高，主要用于稳定性和可靠性要求较高的高频电路，如一些高频本振电路。

(3) 玻璃电容器。玻璃釉电容器的型号为 CI、玻璃膜电容器的型号为 CQ。该类电容器以玻璃为介质，稳定性介于云母电容器与瓷介电容器之间，是一种耐高温、相对体积小、成本低廉、性能较高的电容器，可制成贴片元件，常在高密度电路中使用。

(4) 纸介电容器（型号 CZ）。以纸作为介质，特点是制造成本低，较瓷介电容器、玻璃电容器容量范围大（一般为 $0.01\sim 10\mu\text{F}$ ），但绝缘电阻小，损耗大，体积也大，只适用于直流或低频电路。另一种纸介电容器，即金属化纸介电容器（型号