



21世纪高职高专规划教材
自动化类

电子工艺实训教程

主 编 兰如波 陈国庆
副主编 谭琦耀 张新强
黄金娥 吴 畏
李自力



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

21 世纪高职高专规划教材·自动化类

电子工艺实训教程

主 编 兰如波 陈国庆

副主编 谭琦耀 张新强 黄金娥

吴 畏 李自力

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

全书共分6章, 主要内容包括: 常用电子元器件的识别与检测; 手工电子焊接工艺及其基本训练; 电子装配电路的原理与检测; 印制电路板的制作; 自动焊接技术; 电子产品生产的工艺管理等。

本书突出了手工电子技能的训练与培养, 给出了非常直观的实物连接图、操作方法和步骤的实际图片, 循序渐进地安排了电子装配电路, 所有装配电路的材料都易于购买, 对于实训教学来说, 具有很好的可操作性, 是实用的电子工艺实训教材。

本书可作为高等职业院校电工电子类专业或相近专业的实训教材, 也可以供有关电工电子技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺实训教程/兰如波, 陈国庆主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2008. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1735 - 4

I. 电… II. ①兰…②陈… III. 电子技术 - 高等学校 - 教材
IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 125750 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 9.5

字 数 / 192 千字

版 次 / 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 3000 册

定 价 / 20.00 元

责任校对 / 申玉琴

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

当今社会电子技术发展迅速,电子科学理论和电子工艺技术的发展都很快,电子元器件从传统的通孔安装元件发展为表面安装元件(贴片元件),并广泛应用于各种电子产品中,电子技术从业人员不仅要懂理论,更要掌握相关的实践技能。

本书以电子工艺技能的学习和训练为主要内容,重视手工电子工艺技能的训练与培养,强调培养动手能力,理论与实践相结合,并注意将新技术、新工艺引入教材,内容贴近现实,反映了电子工艺技术的发展和高职高专教学改革的要求。

本书在内容的选择上突出了职业教育的特点,以实用够用为原则,注意内容的精炼,避免过于宽泛。在实训内容的安排上,按循序渐进的原则设计了不同的装配电路,对于实训教学来说,具有较强的可操作性。书中还配有较多的实物照片和实际操作的照片,让学生易于接受和理解。

本书由广西电力职业技术学院教师黄金娥(第1章)、陈国庆(第2章部分)、吴畏(第3章)、张新强(第4章)、李自力(第5章)、兰如波(第6章)以及河池职业学院谭琦耀(第2章部分)共同编写,兰如波、陈国庆为主编。本书在编写过程中得到了广西电力职业技术学院、河池职业学院等学校领导的大力支持,在此表示感谢。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中误漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章	常用电子元器件的识别与检测	1
1.1	电阻器	1
1.2	电容器	11
1.3	电感器	14
1.4	晶体二极管	16
1.5	晶体三极管	19
1.6	单结晶体管	23
1.7	晶闸管	24
1.8	集成电路分类	27
1.9	其他类	30
第 2 章	手工电子焊接工艺及其基本训练	41
2.1	焊接概述	41
2.2	通孔安装元件的焊接	44
2.3	表面安装元器件的焊接	54
第 3 章	电子装配电路的原理与检测	76
3.1	整流滤波电路	76
3.2	基本放大电路	80
3.3	三极管串联型线性稳压电路	83
3.4	单向晶闸管的可控整流电路	86
3.5	集成运算放大电路	90
3.6	五管超外差式收音机	93
第 4 章	印制电路板的制作	102
4.1	印制电路板的特点与分类	102
4.2	印制电路板设计的基本要求	106
4.3	人工制作印制电路板	112
第 5 章	自动焊接技术	116
5.1	浸焊	116
5.2	波峰焊接技术	118
5.3	回流焊技术	121

第6章 电子产品生产的工艺管理	124
6.1 电子产品生产概述	124
6.2 电子产品生产的工艺技术	127
6.3 电子产品技术文件	131
参考文献	143

第1章 常用电子元器件的识别与检测

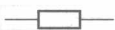
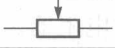
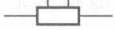
1.1 电 阻 器

电阻器通常简称为电阻，是一种应用十分广泛的电子元件。它在电路中具有限流、分压、阻抗匹配等作用。

1.1.1 电阻器的分类和符号

电阻器的种类繁多，通常分为普通电阻器、熔断电阻器、压敏电阻器、热敏电阻器、水泥电阻器、可变电阻器、电位器。电阻器在电路中的图形符号见表 1.1，其字母代号为 R。

表 1.1 电阻器在电路中的图形符号

图形符号	说 明
	电阻器一般符号
	可变（可调）电阻器
	压敏电阻器/变阻器
	热敏电阻器
	0.125 W 电阻器
	0.25 W 电阻器
	0.5 W 电阻器
	1 W 电阻器
	滑线式电阻器
	有两个固定抽头的电阻器

1. 普通电阻器

普通电阻器外形如图 1.1 所示，只有两个引脚沿中心轴线伸出，不分正、负极性。

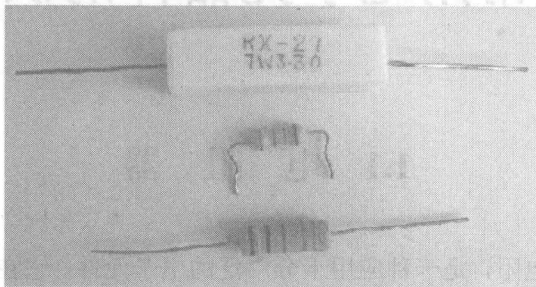


图 1.1 普通电阻器

2. 熔断电阻器

熔断电阻器又叫保险丝电阻器，是一种新型的双功能元件。它在正常情况下使用时，具有普通电阻器的电气特性；一旦发生电路失调、电源变化或某种元器件失效等故障时，熔断电阻器过负荷，就会在规定的时间内熔断，形成开路，从而起到保护元器件的作用。熔断电阻器在电路图中的符号有时与普通电阻器不同，如图 1.2 所示为熔断电阻器实物图及电路图中的符号。

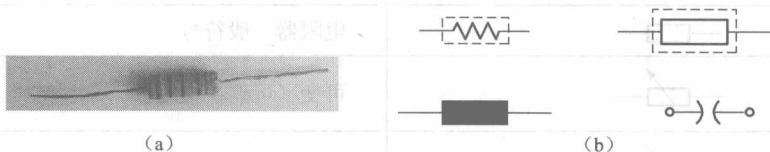


图 1.2 熔断电阻器及符号

(a) 实物图；(b) 符号

熔断电阻器主要用于彩电、录像机、仪器等高挡电器的电源电路中。彩电的行扫描电路中也用熔断电阻器。

在焊接电阻器时动作要快，不要使电阻器长时间受热，以免引起阻值变化。在需要打弯引线时，打弯处必须与根部相距 5 mm 以上。在存放和使用过程中，要保持漆膜的完整。

3. 压敏电阻器

压敏电阻器是利用半导体材料的非线性特性制成的一种特种电阻器。当施加在压敏电阻器两端的电压达到某一临界值（压敏电压）时，压敏电阻器的阻值就会急剧变小。

常见的压敏电阻器实物如图 1.3 所示。

4. 热敏电阻器

PTC 是正温度系数热敏电阻器, 它的电阻值随温度升高而升高。它广泛应用于工业设备、汽车及家用电器等产品中, 以达到自动消磁、过热过流保护, 电机启动、恒温加热、温度补偿、延时等作用。常见的 PTC 热敏电阻器实物如图 1.4 所示。

NTC 是负温度系数热敏电阻器, 它的电阻值随温度升高而降低。它适用于转换电源、开关电源、UPS 电源、各类电加热器、电子节能灯、温度控制电路、电源电路的保护以及彩色显像管、白炽灯及其他照明灯具的灯丝保护电路中。常见的 NTC 热敏电阻器实物如图 1.5 所示。



图 1.3 压敏电阻器



图 1.4 PTC 正温度系数热敏电阻器

5. 水泥电阻器

陶瓷绝缘功率型线绕电阻习惯上称为水泥电阻, 如图 1.6 所示。水泥电阻按功率可分为 2 W、2 W、3 W、5 W、7 W、8 W、10 W、15 W、20 W、30 W、40 W 等规格。水泥电阻广泛应用于计算机、电视机、仪器 and 仪表中。

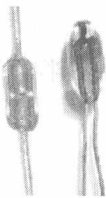


图 1.5 NTC 是负温度系数热敏电阻器

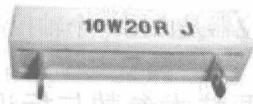


图 1.6 水泥电阻

6. 电位器

电位器是常用的电子元件之一。在收音机中, 可以用它来控制音量和音质。在电视机中, 可以用它来预选频道, 调节亮度。图 1.7 是不同种类电位器的实物图。

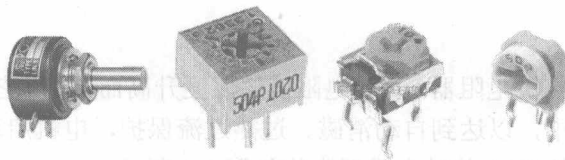


图 1.7 电位器

7. 带开关电位器

带开关电位器是在电位器上附带有开关装置。开关和电位器虽同轴相连，但又彼此独立，互不影响，因此在电路中就可以省去一个单独的电源开关。按开关运动方式可分为旋转和推拉开关等。一般旋转式开关，图 1.8 (b) 按顺时针方向转动为开，反之为关。在做“开”或“关”动作时，必须将滑动臂旋转至端点位置。

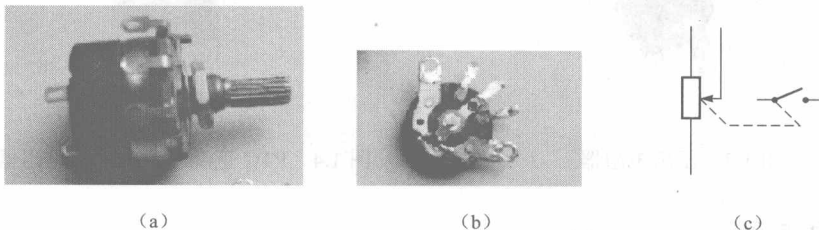


图 1.8 带开关电位器及电路中的符号

(a) 带推拉开关的电位器；(b) 带旋转开关电位器；(c) 带开关电位器符号

带推拉开关的电位器，如图 1.8 (a) 所示，它的滑动臂在任何位置时，都可将其转轴拉出，而使开关“开”，推入而使其“关”。因此，推拉式开关电位器的使用寿命相对较长。常用于电视机中作音量兼电源开关。

电位器带有开关，如图 1.8 (c) 所示的符号表示，其中右半部分表示开关，中间虚线表示开关与电位器是由同一个轴控制的。

1.1.2 主要技术参数与标识

标称阻值、允许误差和额定功率是固定电阻的主要参数。了解这些参数的定义以及标识方法后，可以正确选用各种电阻器。

1. 标称阻值和允许误差

电阻器上都标有电阻的数值，这就是电阻器的阻值标称值。电阻器的标称值往往和它的实际值不完全相符。实际值和标称值的偏差，除以标称值所得的百分数，叫电阻器的误差，

它反映了电阻器的精度。不同的精度有一个相应的允许误差,表 1.2 列出了常用电阻器的允许误差的等级(精度等级)。

表 1.2 常用电阻器允许误差的等级

允许误差/%	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20
级别	005	01	02	I	II	III
类型	精密型			普通型		

2. 电阻器的额定功率

当电流通过电阻器的时候,电阻器就会发热。功率越大,电阻器发热越厉害。如果使用电阻器发热功率过大,电阻器就会烧坏。电阻器长时间正常工作所允许的最大功率叫做额定功率。

电阻的阻值及允许误差的标识方法主要有以下 4 种。

(1) 直标法

直标法是将电阻器的标称值用数字和文字符号直接标在电阻体上,其允许偏差则用百分数表示,未标偏差的即为 $\pm 20\%$ 的允许偏差。

【例 1.1】电阻标号如图所示。

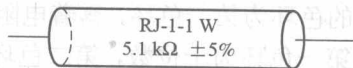
RJ: 型号(金属膜电阻)

1: 类型

1 W: 功率

5.1 k Ω : 标称阻值

$\pm 5\%$: 精度(误差)



(2) 文字符号法

文字符号法是指将电阻器的标称值和允许偏差值用数字和文字符号法按一定的规律组合标识在电阻体上。电阻器标称值的单位标识符号见表 1.3, 允许偏差见表 1.4。

表 1.3 电阻器文字符号法的阻值标注

文字符号	单位及进位关系	名称	文字符号	单位及进位关系	名称
R 或 ohm	Ω (10^0)	欧姆	G	G Ω (10^9)	吉姆
k	k Ω (10^3)	千姆	T	T Ω (10^{12})	太姆
M	M Ω (10^6)	兆姆			

表 1.4 电阻器文字符号法的误差值标注

文字符号	允许误差/%	文字符号	允许误差/%
Y	± 0.001	D	± 0.5
X	± 0.002	F	± 1
E	± 0.005	G	± 2
L	± 0.01	J	± 5
P	± 0.02	K	± 10
W	± 0.05	M (或者省略)	± 20
B	± 0.1	N	± 30
C	± 0.25		

为了防止小数点在印制不清时引起误解, 故阻值采用这种标识方法的电阻体上通常没有小数点, 而是将小于 1 的数值放在英文字母后面。

【例 1.2】6R2J 表示该电阻标称值为 6.2Ω , 允许偏差为 $\pm 5\%$;

3k6 表示该电阻值为 $3.6 \text{ k}\Omega$, 允许偏差为 $\pm 10\%$;

1M5 表示该电阻值为 $1.5 \text{ M}\Omega$, 允许偏差为 $\pm 20\%$;

(3) 色标法

电阻的阻值除了直接标注之外, 常以色环来表示。普通的电阻器用四色环表示, 精密电阻用五色环表示。紧靠电阻体一端的色环为第一色环, 露着电阻体本色较多的另一端为末环。

普通电阻采用四色环标注, 其第一色环为十位数, 第二色环为个位数, 第三色环为倍率, 第四色环为误差, 见表 1.5。

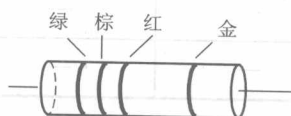
表 1.5 普通精度电阻器四色环与数值对照表

色环颜色	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环
	第一位数	第二位数	倍率	误差范围
黑	—	0	10^0	—
棕	1	1	10^1	—
红	2	2	10^2	—
橙	3	3	10^3	—

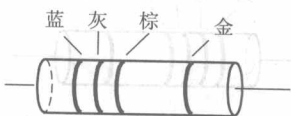
续表

色环颜色	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环
	第一位数	第二位数	倍率	误差范围
黄	4	4	10^4	—
绿	5	5	10^5	—
蓝	6	6	10^6	—
紫	7	7	—	—
灰	8	8	—	—
白	9	9	—	—
金	—	—	10^{-1}	$\pm 5\%$
银	—	—	10^{-2}	$\pm 10\%$

【例 1.3】色环电阻如图所示。

代表阻值： $51 \times 10^2 \Omega$ ，即 $5.1 \text{ k}\Omega$ 误差为 $\pm 5\%$

【例 1.4】色环电阻如图所示。

代表阻值： $68 \times 10^1 \Omega$ ，即 680Ω 误差为 $\pm 5\%$

精密电阻采用五色环表示，见表 1.6。其第一色环为百位数，第二色环为十位数，第三色环为个位数，第四色环为倍率，第五色环为误差。

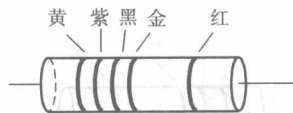
表 1.6 精密电阻器五色环颜色与数值对照表

色环颜色	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环	第五色环
	第一位数	第二位数	第三位数	倍率	误差范围
黑	0	0	0	10^0	—
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$

续表

色环颜色	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环	第五色环
	第一位数	第二位数	第三位数	倍率	误差范围
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	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	10^8	—
白	9	9	9	10^9	—
金	—	—	—	10^{-1}	—
银	—	—	—	10^{-2}	—

【例 1.5】



代表阻值： $470 \times 10^{-1} \Omega$ ，即 47Ω 误差为 $\pm 2\%$

色环电阻器识读技巧：

- ① 紧靠电阻体一端头的色环为第一色环，露着电阻体本色较多的另一端为末环；
- ② 金、银色只能出现在色环的第三、第四位的位置上，而不能出现在色环的第一、第二位上。

③ 从色环间的距离看，距离最远的环是最后一环即允许偏差环。

④ 若均无以上特征，且能读出两个电阻值，可根据电阻的标称系列标准，若在其内者，则识读顺序正确；若两个电阻值均在标称系列标准中，则只能借助万用表来加以识别。

(4) 数码标识法

在产品 and 电路图上用三位数字来表示元件标称的方法称为数码标识法。该方法常见于贴

片电阻或进口器件上。

在三位数字中从左至右的第一、第二位为有效数字，第三位数字表示有效数字后面所加0的个数（单位为 Ω ）如果阻值中有小数点，则用R表示，并占一位有效数字。

【例 1.6】103 电阻值为 $10 \times 10^3 = 10 \text{ k}\Omega$

102 电阻值为 $10 \times 10^2 = 1 \text{ k}\Omega$

105 电阻值为 $10 \times 10^5 = 1 \text{ M}\Omega$

标为0或000的电阻，阻值为 0Ω ，这种电阻实际上是跳线（短路线），在有些电路中，阻值为 0Ω 的贴片电阻用保险电阻使用。

1.1.3 电阻器的离线与在线检测

1. 电阻器的离线检测

(1) 固定电阻的检测

- ① 连接表笔。将红表笔插入+插口，黑色表笔插入*插口；
- ② 机械调零。测量之前应将该万用表水平放置，观察指针是否指向零位，若不在零位，应调整“机械校零旋钮”使其指向零；
- ③ 将万用表置于 Ω 挡，确定好量程，进行“ Ω 校零”；
- ④ 测量过程。将红黑表笔接触电阻器两端便可进行测量，如图1.9所示；
- ⑤ 读取数值。将“ Ω 刻度线”上的读数 $\times$ 量程数，就是该被测电阻器的电阻值；
- ⑥ 将所测结果与标称值进行比较，只要在偏差范围内，即为合格电阻器。

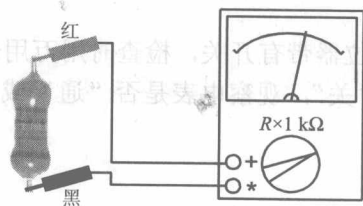


图 1.9 红黑表笔接触电阻两端

为了提高测量精度，应根据被测电阻标称值的大小来选择量程。由于电阻挡的非线性，它的中间一段分度较为精细，因此应使指针指示值尽可能落到万用表刻度的中段位置，即全刻度起始的20%~80%弧度范围内，以使测量更准确。

(2) 带开关电位器的质量判别

在检查电位器时，首先要转动旋柄，检查旋柄转动是否平滑，开关是否灵活，开关通、断时“喀达”声是否清脆，并听一听电位器内部接触点和电阻体摩擦的声音，如有“沙沙”

声,说明质量不好。用万用表测试时,可从下面几处着手。

① 电位器的标称阻值的测量。用万用表的欧姆挡测 1、3 两端,其读数应为电位器的标称值,如图 1.10 (a) 所示。如万用表的指针不动或阻值相差很多,则表明该电位器已损坏或质量不合格。

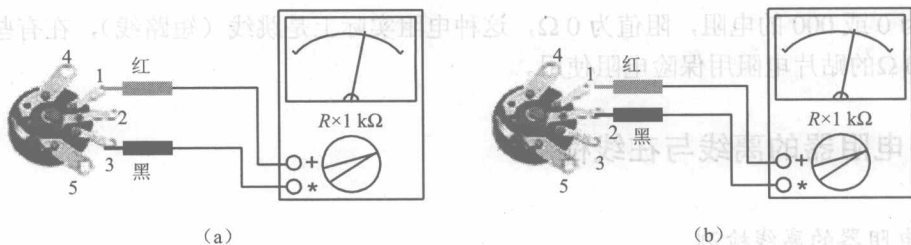


图 1.10 电位器标称阻值测量

(a) 欧姆挡测 1.3 端; (b) 欧姆挡测 1.2 端

② 检查电位器的活动臂与电阻片的接触是否良好。用万用表的欧姆挡测 1、2 (或 2、3) 两端,如图 1.10 (b) 所示。将电位器的转轴按逆时针方向旋至接近“关”的位置(注意:这时电阻值越小越好,否则音量将会“关不死”。即电位器旋至音量最小处,但仍有声音输出)再徐徐旋转轴柄,电阻应逐渐增大,表头中的指针应平稳移动,旋至极端位置 3 时阻值应接近电位器的标称值。如表头中的指针在电位器的轴柄转动过程中有跳动现象,说明可变触点接触不良。如果将这种电位器用于收音机的音量控制,会出现噪声。机器受震动时,也会出现“喀喀”声。

③ 测试开关好坏。如果电位器带有开关,检查时用万用表低阻挡测 4、5 两端,旋转电位器轴柄,使开关一“开”一“关”,观察电表是否“通”或“断”。要“开”、“关”多次,注意是否每次反应都正确。

2. 电阻器的在线测量

因为在电路板上与该电阻器并联的元件在路测量值应总是小于或等于标称值,否则说明该电阻器损坏。测量方法如下:

(1) 该万用表置于 Ω 挡,确定好量程,进行“ Ω 校零”。

(2) 直接在印制电路板上对电阻器进行测量。

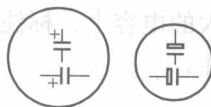
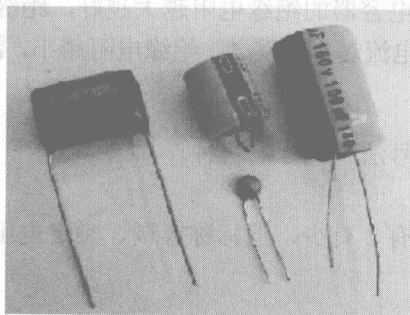
(3) 在测量过一次后,为了准确判别质量好坏,常交换两表笔再次进行测量。

1.2 电 容 器

电容器（简称电容）也是一种基本电子（电气）元件，它在电路中的文字符号是英文字母 C。它在电子电气电路中用得十分广泛，主要用作交流耦合、隔离直流、滤波、交流或脉冲旁路、RC 定时、LC 谐振选频等。电容器的实物外形及电路中的符号如图 1.11 所示。

1.2.1 电容器的分类

电容器按电容量是否可调分为固定电容器和可变电容器两大类。固定电容器是指其容量固定、不能调整的电容器。可变电容器是指其容量可在一定范围内改变的电容器。



(a)

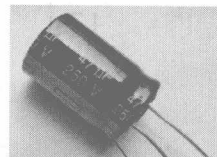
(b)

(c)

图 1.11 电容器实物和表示符号

(a) 实物图；(b) 有极电容的符号；(c) 无极电容的符号

固定电容器按其是否有极性来分，可分无极电容器和有极电容器两大类，它们在电路中的符号稍有差别。由于有极性电容器的两条引线分别引出电容器的正极和负极，如图 1.12 所示，因此，在电路中不能接错，在电路符号中也有明确的标志，如图 1.11 (b) 所示。



负极

图 1.12 电解电容

1.2.2 电容器的参数与标识

1. 电容器的主要参数

电容器的主要参数有标称容量、允许偏差、额定电压、绝缘电阻及漏电流等。