

电子电话丛书(二)

普通按键式电子电话机 原理调试及维修

陈正龙 向忠贵 编

电子科技大学出版社



电子电话丛书（二）

普通按键式电子电话机 原理调试及维修

陈正龙 向忠贵 编

电子科技大学出版社

• 1993 •

[川]新登字 016 号

内 容 提 要

《普通按键式电子电话机原理、调试及维修》是电子电话维修丛书的第二分册。

本书由电路基础知识和维修两篇组成。上篇简介了常用电子元器件的基本性质及其在实际电路中的应用；下篇详细介绍各部分电路的工作原理，对各部分电路中电子元器件可能出现的故障予以假设，通过严格的调试得到整机产生的故障现象及某些特殊参数，详介了排除故障的步骤及调试方法，并对故障进行了系统分类。书中附有供维修参考的较齐全的图纸。

本书适合广大电子电话机用户、维修爱好者及有关工程维修技术人员参考。

电子电话丛书(二)
普通按键式电子电话机
原理调试及维修

陈正龙 向忠贵 主编

*

电子科技大学出版社出版
(成都建设北路二段四号) 邮编 610054
四川省自然资源所印刷厂印刷
四川省新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 8 字数 190 千字
版次 1993 年 12 月第一版 印次 1993 年 12 月第一次印刷
印数 1—5000 册
中国标准书号 ISBN 7-81016-588-7/TN·140
定价(压膜): 6.80 元

前 言

随着国民经济和现代科学技术的发展,目前,电子电话机不但在社会的各个部门迅速普及,而且逐渐走向普通家庭。使用电子电话机的数量日益增多,从而发生各种故障在所难免。然而,与之配套的维修书刊却难以找到,维修人员往往凭经验维修,很多时候都带有盲目性,费时费力,甚至在维修中使故障进一步扩大。许多单位对于只需花上一两个小时甚至几分钟就可以修复的电子电话机,只是简单地以新代旧,一弃了之,造成不必要的浪费。由此可见,迫切需要电子电话机维修方面的图书。为此,我们将近十年积累起来的电话机维修经验奉献给广大用户和维修技术人员。由于电子电话机种类繁多,我们按其使用功能以丛书形式分册加以介绍。本丛书共六个分册,即:普通式;多功能式;收录音式;移动式;传真式,最后一个分册是电子电话机特殊故障处理。各分册既是丛书的有机组成部分,又相对独立,读者可以根据需要选择而不影响阅读。

本丛书起点不高,内容由浅入深,既介绍了电子电话机工作原理,又特别注重实际维修与调试。为了方便广大用户和读者,书中还附有维修用的电路图和测试数据。

本书适合广大电子电话机用户及维修人员阅读参考。

我们衷心希望本丛书能对广大读者起到抛砖引玉的作用,读者通过阅读本丛书能举一反三,迅速排除故障。

由于时间仓促,加之水平有限,本书难免出现遗漏和错误,敬请广大读者批评指正。

作 者

一九九三年十月

目 录

上篇 基础知识

第一章 电路的基本概念

§ 1-1 实际电路和电路模型	5
§ 1-2 电荷和电流	6
§ 1-3 能量和电压	7
§ 1-4 功率	9

第二章 电阻、电容和电感

§ 2-1 电阻	11
§ 2-2 线性电阻元件的伏安特性	11
§ 2-3 线性电阻的功率	12
§ 2-4 电容	12
§ 2-5 线性电容的伏安特性	12
§ 2-6 电容的功率和储能	13
§ 2-7 电感	14
§ 2-8 线性电感的伏安特性	15
§ 2-9 电感的功率和储能	

第三章 半导体的概念

§ 3-1 基本概念	16
§ 3-2 本征半导体	17
§ 3-3 杂质半导体	18
§ 3-4 PN 结及其单向导电性	19

第四章 半导体二极管

§ 4-1 概述	23
§ 4-2 半导体二极管的伏安特性	24
§ 4-3 半导体二极管的主要参数	26
§ 4-4 半导体二极管的电容效应	27
§ 4-5 稳压管	28

第五章 半导体三极管

§ 5-1 概述	31
§ 5-2 半导体三极管的放大作用和载流子的运动	32
§ 5-3 半导体三极管的特性曲线	35
§ 5-4 半导体三极管的主要参数	38
§ 5-5 半导体三极管的温度特性	41

下篇 普通按键式电子电话机 原理、调试及维修

第一章 普通按键式电子电话机简介

§ 1-1 主要技术参数	42
§ 1-2 内部结构	43

第二章 铃流部分

§ 2-1 铃流电路组成及工作原理	44
§ 2-2 电路布线断裂	45
§ 2-3 搁叉组混线及接点不能打开或绝缘不良	45
§ 2-4 C_1 电容器断线	46
§ 2-5 C_1 电容器混线	46
§ 2-6 铃线圈断路及永久磁铁失磁	46
§ 2-7 一种给铃线圈充磁的方法	47

第三章 整流电桥部分

§ 3-1 整流电桥组成及工作原理	49
§ 3-2 二极管 D_1 故障	49
§ 3-3 二极管 D_2 故障	51
§ 3-4 二极管 D_3 故障	52
§ 3-5 二极管 D_4 故障	52
§ 3-6 电阻 R_2 故障	53
§ 3-7 CH_{1-3} 产生故障	54

第四章 供电电路部分

§ 4-1 供电电路的组成及工作原理	56
§ 4-2 三极管 Q_7 产生的故障	57

§ 4-3	电阻 R_6 故障	60
§ 4-4	电阻 R_4 故障	61
§ 4-5	二极管 D_5 和 D_6 故障	62
§ 4-6	二极管 D_8 故障	63
§ 4-7	二极管 D_9 故障	64
第五章 脉冲输出开关电路部分		
§ 5-1	脉冲输出电路组成及工作原理	65
§ 5-2	三极管 Q_{10} 故障	66
§ 5-3	电阻 R_9 故障	70
§ 5-4	电阻 R_{10} 故障	71
§ 5-5	三极管 Q_{11} 故障	72
§ 5-6	电阻 R_9 故障	76
第六章 受话放大电路部分		
§ 6-1	受话输出电路组成及工作原理	78
§ 6-2	电阻 R_{19} 故障	78
§ 6-3	三极管 Q_{19} 故障	79
§ 6-4	电阻 R_{18} 故障	83
§ 6-5	电容器 C_8 故障	84
§ 6-6	三极管 Q_{20} 故障	84
§ 6-7	电阻 R_{17} 故障	88
§ 6-8	电容器 C_6 故障	89
§ 6-9	受话器“SH”故障	90
§ 6-10	二极管 D_{18} 故障	90
§ 6-11	电阻 R_{15} 故障	91
§ 6-12	二极管 $D_{14} \sim D_{17}$ 故障	91
§ 6-13	电阻 R_{13} 故障	92
§ 6-14	电阻 R_{12} 故障	92
§ 6-15	电容器 C_5 故障	93
§ 6-16	电容器 C_{10} 故障	93
§ 6-17	电阻 R_{11} 故障	93
§ 6-18	二极管 D_{12} 故障	94
第七章 送话放大电路部分		
§ 7-1	送话放大电路组成及工作原理	95
§ 7-2	送话器“S”故障	95
§ 7-3	电容器 C_9 故障	96
§ 7-4	三极管 Q_{21} 故障	96

§ 7-5	电阻 R_{20} 故障	99
§ 7-6	电容器 C_7 故障	100
§ 7-7	电阻 R_{16} 故障	100
§ 7-8	电阻 R_{14} 故障	101
§ 7-9	三极管 Q_{13} 故障	101
第八章 外围件电路部分		
§ 8-1	外围件电路组成及工作原理	106
§ 8-2	电容器 C_2 故障	106
§ 8-3	电阻 R_7 故障	107
§ 8-4	电容器 C_3 故障	107
§ 8-5	电阻 R_5 故障	108
§ 8-6	电容器 C_4 故障	108
§ 8-7	电阻 R_3 故障	109
第九章 故障分类及调试		
§ 9-1	无声	111
§ 9-2	脉冲不能输出到外线	112
§ 9-3	“S”和“SH”送受话声音小	113
§ 9-4	充放电、声音增大、噪声和失真	114
§ 9-5	调试	115
附 表		117

上 篇 基础知识

第一章 电路的基本概念

在现代化的生产、科研、国防和日常生活中，我们几乎都要和电打交道。在电技术的各领域内，人们都是通过各种电路来完成各种任务的。不同的电路具有不同的功能，例如：供电电路用来传输电能；整流电路可将交流变成直流；滤波器电路可以“滤掉”附加在有用信号上的噪声，完成信息处理任务；计算机中的存储器电路能存储原始数据、中间结果和最终结果，具有存储功能等等。电路种类繁多，其功能的分类法也很多。然而，不论电路结构有多么不同，最复杂的和最简单的电路之间却有着最基本的共性，遵循着相同的运动规律。最复杂的电路也是由简单的电路构成的，各种电路都是由各种电子元件构成的。为了掌握各种电路的规律，人们将实际的电路用等效的便于分析的所谓“理想”的电路来代替，由此导致了一系列电路基本元件的概念。掌握这些基本电子元件的规律对于掌握复杂电路的规律是必不可少的。

§ 1-1 实际电路和电路模型

完成特定任务的各种实际电路都是由电源、电阻器、电容器、电感器、变压器、电子管、半导体管等电路元、部件所组成的。图 1-1 所表示的是一个手电筒电路的示意图。小灯泡通过金属壳体（相当于金属导线）及开关与干电池相连。当闭合开关时，电池、导线和灯泡构成电流电路，电流流过灯泡，电池供给电能，灯泡消耗电能而发热发光，实现了能量的转换。当打开开关时，切断了电流流通的路径，没有电流流动，灯泡不亮，电路处于不工作状态，因而没有能量转换。

图 1-1 可知，一个电路主要是由电源、负载和导线（还有开关、保险丝等电器设备等）所组成。电源是电路中提供能量的部件，负载是耗能部件，导线和其它电器部件是电源和负载之间的联接设备，用来传输、分配和控制电能。

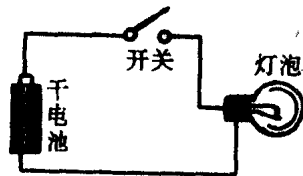


图 1-1 手电筒电路示意图

组成电路的实际部件种类繁多，它们在工作过程中都和电磁现象有关。例如：各电阻器具有对电流呈阻力、耗电能的主要性质，由于有电流流过，其周围就要产生磁场，因而又兼有电感的性质。各电感线圈有储存磁能的主要性质，由于电感线圈的导线多少总

有一点电阻，因而也兼有电阻的性质。各电容器都具有储存电能的主要性质，也兼有电阻的次要性质，甚至还兼有电感的性质等等。由于实际部件的电磁性质比较复杂，难以用数学式子描述它们，如果不分主次，把各种性质全部考虑在内，问题就非常复杂，给分析电路带来极大困难，甚至无法进行分析。因此，我们必须在一定条件下对实际部件加以理想化，用一个足以表征其主要性质的模型来表示，以便于对电路进行分析、计算。模型由理想元件构成，有些实际部件（如灯泡、电炉等）的模型可只由一种理想元件构成即由电阻元件构成，这个电阻元件只有对电流呈现阻力、消耗电能的性质而无任何其它的性质；各种电感线圈可用电感元件来作模型，这种电感元件只有储存磁能的性质而无任何其它性质，同样，我们可用只有储存电能性质而无其它性质的电容元件来模拟实际电容器。理想元件的性质单纯，都可以用数学式子来精确地加以定义。各种理想元件都用一定的符号图形来表示，图 1-2 所表示的是三种基本理想元件的符号图形。由理想元件组成的电路就是电路模型。



图 1-2 三种基本理想元件的符号图形

(a) 电阻元件 (b) 电感元件 (c) 电容元件

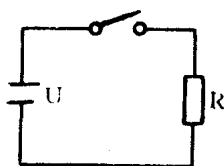


图 1-3 手电筒电路的模型

对图 1-1 的实际手电筒电路，我们用电阻元件 R 来表示灯泡，用直流理想电压源 U 表示干电池，用电阻为零的导线表示金属壳体，于是，一个实际手电筒电路可抽象为图 1-3 所示的电路模型。

§ 1-2 电荷和电流

随着电流在电路中的流动，进行着电能和其他形式能量之间的转换。电路中没有电流，也就没有能量转换发生。电流是电路分析中的一个基本变量，为了更好地理解它，我们先介绍与之有密切关系的电荷。

根据原子理论，物质是由原子组成的，而原子又是由原子核和环绕原子核高速运动的电子组成的。原子核中有质子和中子，质子带正电荷，中子不带电，电子带负电荷。在正常情况下，电子的负电荷和质子的正电荷相平衡，原子呈现中性。

带电粒子所带的电荷数叫做电量或电荷量。电荷的实用单位是库仑。库仑是国际单位制中度量电荷的基本单位。1 库仑的电量等于 6.24×10^{18} 个电子所代的电量，或者说，一个电子所带的电量等于 1.602×10^{-19} 库仑。

电荷的符号用 Q 或 q 表示。大写 Q 表示恒定电荷，小写的 q （有时也写成 $q(t)$ ）表示随时间而变化的电荷。此表示方法也用于电路中的其他各物理量。

不同的物质，其原子结构和特性各异。在铝、银、铜等金属原子中，其最外层的电子受原子核的吸引力较小，容易从原子中挣脱出来成为自由电子，在金属内部作不规则运动。在外电场作用下，这些自由电子就沿着电场力相反的方向运动，从而形成了电流。

由于金属中存在大量的自由电子，所以金属是良导体。还有另一类导体，如酸、碱、盐等化合物的水溶液中，这些化合物分解成带正电和带负电的粒子，称为正离子和负离子。如果有外加电场的作用，正、负离子将分别沿着电场力的正反方向运动，从而形成电流。总之，电流是带电粒子在外电场的作用下做有秩序的移动而形成的。电流强度是衡量电流大小的量，简称电流，用 I 或 i 表示。

单位时间内通过导体横截面的电量定义为电流强度。或者说，电流强度就是电荷对时间的变化率，即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

其中 电荷 q 的单位为库仑 (C)

时间 t 的单位为秒 (S)

电流 i 的单位为安培 (A)

安培是国际单位制中的基本单位之一。电流的方向规定为正电荷运动的方向。

电路中经常遇到各种类型的电流，如图 1-4 所示。有些电流如图 1-4 (b)，其大小方向随时间而变化，难以用一个固定的箭头来表示。因此，我们引入一个重要的概念——参考方向的概念。

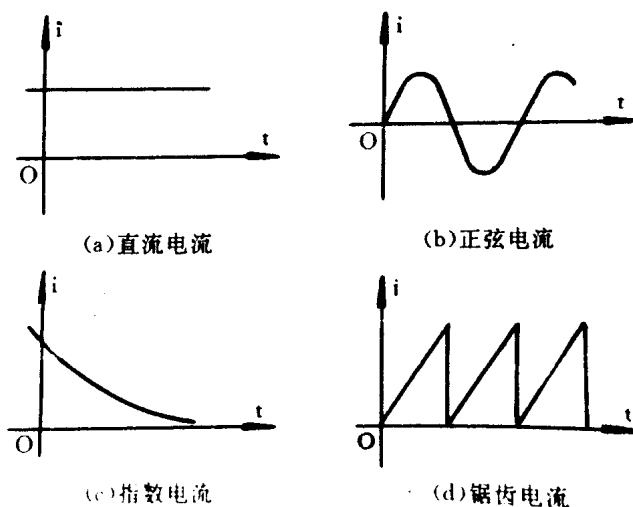


图 1-4 各类型的电流



图 1-5 电流的参考方向

电路中，我们可以任意用箭头表示电流的方向，这一任意选定的方向称为电流的参考方向，如图 1-5 中所示。图中长方形表示电路元件， a 、 b 表示该元件的二个端钮，箭头表示电流 i 的参考方向。如果电流的真实方向与参考方向一致，则规定 i 的数值为正；否则规定 i 的数值为负。也即是说，在求解电路中的电流时，首先给定一参考方向，并由此进行分析计算，根据计算出的电流值正负和参考方向就可以判定电流的真实方向。

§ 1-3 能量和电压

金属导体中虽有大量自由电子，没有外电场的作用是不会形成电流的。要使自由电子作有规则的运动，必须要有外加电场。电场力将迫使自由电子作定向运动而形成电流。

电场力移动电荷就对电荷做了功。为了衡量电场力做功的大小，引用电路分析中的又一基本变量——电压。

电压的定义是：电场力把单位正电荷从 a 点移动到 b 点所做的功称为 a 、 b 两点之间的电压。电压用 U 和 u 表示。即

$$u = \frac{dw}{dq} \quad (1-2)$$

其中， w 是电场力将正电荷由 a 点移到 b 点所做的功，单位为焦耳 (J)。 q 是被移动的正电荷的电量，单位为库仑 (C)。 u 是 a 、 b 两点之间的电压，(有时用 u_{ab} 表示)，单位为伏特 (V)。

电压又称为电位差，它总是与电路中的两个点有关。电压和能量的关系很密切，在图 1-6 (a) 中，如果正电荷由 a 端移动到 b 端时是失去能量，则 a 点为高电位， b 点为低电位，这时 a 端为正极，用 “+” 号表示， b 端为负极，用 “-” 号表示， u_{ab} 是电压降，其值为正；反之， u_{ba} 是电压升，其值为负。

若正电荷通过元件时失去能量，则该元件是吸收 (或消耗) 能量的元件。所谓吸收能量，是指该元件把电能转换成其它形式的能量，如热能或光能等。若正电荷通过元件时得到能量，则该元件是产生 (或提供或释放) 能量的元件，这是指该元件将其它形式的能量 (如化学能或机械能等) 转换成电能，赋给电荷以能量。在电路中，常常难以事先判断元件两端电压的真实极性，因此，在分析电路时，也要先为电压假设参考极性。参考极性用一对 “+” “-” 号表示，如图 1-7 所示。

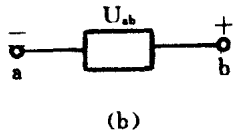
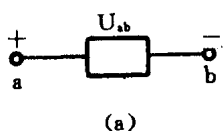


图 1-6

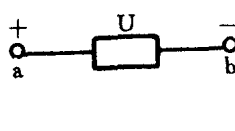


图 1-7

电压的参考极性一旦假定，就可进行电路计算，如果算出的电压为正值，说明电压的真实极性与假定的参考极性相同；否则电压的真实极性与假定的参考极性相反。

电压和电流的参考方向均可任选，互不相关。但为了分析方便，常采用关联的参考方向，即把元件上的电压和电流参考方向取为一致。也就是电流从电压标 “+” 号的端钮流入。如图 1-8 (a) 所示：

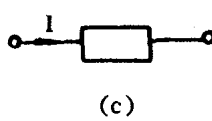
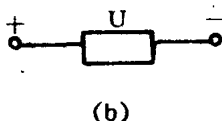
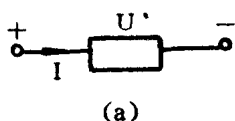


图 1-8 关联参考方向的各种表示方法

在采用关联参考方向时，电路图上只标出两个中任意一个的参考方向，另一个参考方向可省略不标。如图 1-8 (b)、(c) 所示。

§ 1-4 功 率

电路的基本作用之一是实现能量的传递。我们用功率来表示能量的变化速率，它是电路分析中经常遇到的一个重要物理量，用 P 或 p 表示。

功率的定义是：单位时间内能量的变化，即

$$P = \frac{dw}{dt} \quad (1-3a)$$

其中 w 是能量，单位为焦耳 (J)

t 是时间，单位为秒 (S)

p 是功率，单位为瓦特 (W)

在电路中，功率可以用电压、电流来表示，即

$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = u \cdot i \quad (1-3b)$$

在直流情况下

$$P = UI \quad (1-3c)$$

前面已知，当正电荷由元件（或一段电路）的 a 端移动到 b 端失去能量时，该元件（或电路）就是吸收能量的元件，反之，该元件便是产生能量的元件。单位时间内所吸收或产生的能量就是该元件所吸收或产生的功率。因而，在电压、电流为关联的参考方向下，由 (1-3) 标算出的功率为正，元件为吸收功率；功率为负，元件为产生功率。

至此，我们已经建立起了电荷、电流、电压、能量和功率等物理量的基本概念，在电路分析中会经常遇到它们。它们的单位——库仑、安培、伏特、焦耳和瓦特都是国际单位制中所采用的单位，在实际应用中，这些单位有时嫌太小、有时又嫌太大，所以，常在这些单位前面加上词头，形成辅助单位，例如：

$$1 \text{ 千伏 (kV)} = 1 \times 10^3 \text{ 伏 (V)}$$

$$2 \text{ 毫安 (mA)} = 2 \times 10^{-3} \text{ 安 (A)}$$

$$3 \text{ 兆瓦 (mW)} = 3 \times 10^6 \text{ 瓦 (W)}$$

$$4 \text{ 微库 (}\mu\text{C)} = 4 \times 10^{-6} \text{ 库 (C)}$$

等。

部分国际制词头如表 1-1 所示。

表 1-1 部分国际制词头

词 原	头 文	名 中	称 文	符 号	因 素
<i>pico</i>		皮		<i>p</i>	10^{-12}
<i>nano</i>		纳		<i>n</i>	10^{-9}
<i>micro</i>		微		μ	10^{-6}
<i>milli</i>		毫		<i>M</i>	10^{-3}
<i>kilo</i>		千		<i>K</i>	10^3
<i>mega</i>		兆		<i>M</i>	10^6
<i>giga</i>		吉		<i>G</i>	10^9
<i>tera</i>		太		<i>T</i>	10^{12}

第二章 电阻、电容和电感

§ 2-1 电 阻

电阻元件是电路基本元件之一，它是从对电流呈现阻力的实际部件中抽象出来的模型。

电阻器是一种具有一定阻值、一定几何形状和一定技术性能的电子元件。它一般由电阻体、基体和引出端子等几部分组成。按照其结构特点可分为固定电阻和可变电阻两类。按其电阻体的特征可分为绕线电阻与非绕线电阻两大类。非绕线电阻包括薄膜型、合成型和敏感型等。按其用途分类，电阻可分为：

- 一、通用电阻——阻值为 $5.1\Omega \sim 10k\Omega \sim 10m\Omega$ 、功率为 $0.125 \sim 2$ 瓦 (W)。
- 二、兆欧电阻——其阻值高达 10^{13} 欧姆 (Ω)、用于微电流的测量。
- 三、高压电阻——能在 $1000 \sim 3500$ 伏 (V) 高压下工作。
- 四、高频电阻——精度高。
- 五、小型电阻——体积小、专用于小型化电子设备。

§ 2-2 线性电阻元件的伏安特性

线性电阻元件的伏安特性由欧姆定律来定义，即

$$u = Ri \quad (2-1a)$$

其中 u 为电阻元件两端的电压，单位为伏特 (V)， i 为流过它的电流，单位为安培 (A)， R 为电阻，单位为欧姆 (Ω)。

欧姆定律表明了线性电阻元件的特性：当有电流流过时，要消耗电能，沿电流流动方向的两个端钮上就出现电压降，该电压降与流过的电流成正比，比例常数为 R ，这就是该电子元件的电阻值。 R 是表征电阻元件特性的一个参数。 u 和 i 可以是常数，也可以是时间的函数。线性电阻元件简称电阻。

由于电阻的电压和电流的真实方向总是一致的，故 (2-1a) 式只有在关联的参考方向下才能使用，若为非关联方向，则应使用。

$$u = - Ri \quad (2-1b)$$

线性电阻也可用另一物理变量电导 G 来作为表征它的参数。

$$G = \frac{1}{R} \quad (2-2)$$

在国际制单位中电导的单位是西门子 (S)。

当用电导表示电阻元件时，欧姆定律可表示为

$$u = \frac{i}{G} \quad (2-3a)$$

或

$$i = Gu \quad (2-3b)$$

§ 2-3 线性电阻的功率

根据 (1-3) 式功率的定义可以得到电阻功率的计算公式:

$$P = i^2 R = \frac{i^2}{G} \quad (2-4a)$$

或

$$P = \frac{u^2}{R} = u^2 G \quad (2-4b)$$

由此两式可见, P 总为正值, 说明电阻总是消耗功率的。

功率的计算是电路分析中的一个重要内容。对于理想电阻元件来说, 功率数值的范围不受限制, 但对任何一个实际的电阻器, 使用时都不得超过所标明的功率。因为电流流过实际电阻器时, 要发热而使温度升高, 超过一定范围则会烧坏电阻器, 因此, 各种电器设备如电灯、电炉及各种电阻器等都规定了额定功率、额定电压、额定电流。使用时不得超过额定值, 以保证安全工作。由于功率、电压和电流之间有一定关系, 故一般不全部给出。例如灯泡只给出额定电压和额定功率 (例如 220V, 40W), 电阻器只标明电阻值和额定功率 (例如 1K, $\frac{1}{2}$ W)。各种电气设备的额定值一般都标示在产品的铭牌上。

§ 2-4 电 容

电容是电容元件的简称, 是实际电容器的理想化模型, 表征电容器的主要物理特性。

电容器是一种由金属电极和电介质所构成的一种储能元件, 它具有阻止直流电流流过而允许交流电流通过的特性。常用的电容器有如下几种:

- 一、固体无机介质电容器——如云母、陶瓷、玻璃等电容器。
- 二、固体有机介质电容器——如纸介、有机薄膜等电容器。
- 三、液体介质电容器——采用矿物油或合成液体介质, 如油液电容器。
- 四、气体介质电容器——如空气、充气电解电容器等。
- 五、电解电容器——如铝电解、钽电解电容器等。

§ 2-5 线性电容的伏安特性

电容是根据库-伏关系来定义的。按电流的定义, 从库-伏关系就可以得到电容的伏-安特性。

在电路中, 电容只具有储存电荷即储存电场能量的功能, 而无其它作用。它所储存的电荷与其两极板上的电压值有关。电容的一般定义为: 如果任一时刻 t 元件所储存的电荷 $q(t)$, 取决于同一时刻的端电压 $u_c(t)$, 并且满足如下线性关系

$$q(t) = Cu_c(t) \quad (2-5)$$

式中 C 是一个正常数, 称为电容。在国际制单位中, 电容的单位为法拉, 简称为 (F)。在实际应用中, 法拉单位太大, 通常用微法 μF ($1\mu\text{F}=10^{-6}\text{F}$; 或皮法 pF ($1\text{pF}=10^{-12}\text{F}$))。

实际的电容器标定电容量和额定工作电压两个参数。如果工作电压超过额定工作电压时, 电容器的介质就有可能损坏或击穿, 丧失电容器的作用, 在使用时应注意这一点。

在如图 2-1b 所示的关联参考方向下, 如果电荷和电压都是随时间变化的, 则根据电流的定义

$$i_c(t) = \frac{dq(t)}{dt} \quad (2-6)$$

将 (2-5) 式代入上式, 便得出电容的一个伏安关系式为

$$i_c(t) = C \frac{du_c(t)}{dt} \quad (2-7)$$

当 $\frac{du_c}{dt} > 0$ 时, 电流的实际方向流向电容的正极板, 极板上的电荷增多, 这时电容进行充电; 当 $\frac{du_c(t)}{dt} < 0$ 时, 电流方向从正极板流出, 极板上的电荷减少, 这时电容在放电。显然, 电容在充放电过程中, 就在电路中形成电流。

由 (2-7) 式可知, 任一时刻通过电容的电流取决于该时刻电容两端电压的变化率 $\frac{du_c(t)}{dt}$, 而与该时刻电容电压本身和过去的历史无关, 电容电压的变化率越大, 则电流也越大。如果电容两端的电压是不随时间变化的恒量, 尽管电压值很高, 但是电压的变化率为零, 这时电容电

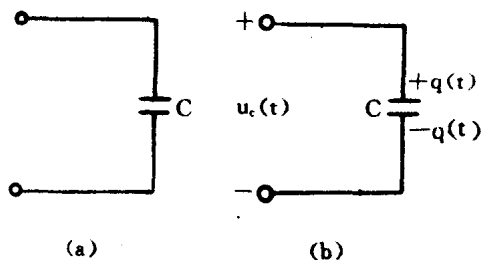


图 2-1 电容的符号及其关联参考方向
(a) 电容的符号 (b) 电容的关联参考方向

流也为零, 电容相当于开路。与此相反, 也可能在某一时刻电容电压为零, 而电压变化率不为零, 这时电容电流也不为零。由于电容电流取决于电容电压的变化率, 即电容电压在动态的条件下才能有电流, 故电容又称为一种动态元件。

§ 2-6 电容的功率和储能

在关联参考方向条件下, 输入电容的瞬时功率, 是电容电压 $u_c(t)$ 和电流 $i_c(t)$ 瞬时值的乘积, 即

$$p_c(t) = u_c(t) i_c(t) \quad (2-8)$$

电容的瞬时功率 $p_c(t)$ 有时为正值, 有时为负值。正值表示电容从电路中吸收功率, 储存于电场中; 负值表示电容向电路释放功率, 而本身并不消耗功率。

电容器的储能 $w_c(t)$ 由下式决定:

$$w_c(t) = \frac{1}{2} C u_c^2(t) \quad (2-9)$$

(2-9) 式表明: 电容在某一时刻的储能, 只取决于该时刻的电容电压值, 而与电容电流值无关。只要电容有电压存在, 它就存储有电能。同时我们还可以看出, 尽管电容的瞬时功率可时正时负, 但电容的储能总是为正值。