

内 容 简 介

本书主要介绍制作LC滤波器的基本知识和调试方法。在编写过程中，吸取了有关工厂制作LC滤波器的实践经验。写作时，力求深入浅出、通俗易懂和联系实际。可供学习制作LC滤波器的同志阅读参考。

滤 波 器 的 制 作

南京邮电学院
《滤波器的制作》编写组

人民邮电出版社出版
北京东长安街27号
河北邮电印刷厂印刷
新华书店发行

开本：787×1092 1/32 1976年2月第一版
印张：3 16/32 页数56 1976年2月河北第一次印刷
字数：89千字 印数：1—31,000册

统一书号：15045·总2065-有528

定价： 0.28 元

目 录

前 言

第一章 概述	(1)
第一节 滤波器概念.....	(1)
第二节 滤波器的种类.....	(2)
第三节 LC滤波器简介.....	(5)
第四节 LC滤波器的制作过程.....	(7)
第二章 电容器	(10)
第一节 电容器的一般概念.....	(10)
(一)电容量.....	(10)
(二)容抗.....	(11)
(三)电容器的损耗.....	(12)
(四)电容器的稳定性.....	(15)
(五)电容器的额定工作电压.....	(16)
第二节 电容器的选择.....	(17)
(一)常用电容器的介绍.....	(17)
(二)电容器的选择.....	(17)
第三章 电感器	(20)
第一节 电感器的一般概念.....	(20)

(一)电感量	(20)
(二)感抗	(22)
(三)LC滤波器中的电感器	(23)
第二节 铁氧体磁芯线圈	(25)
(一)导磁率	(26)
(二)罐形磁芯的结构和尺寸	(27)
(三)罐形磁芯的空气隙	(29)
(四)磁芯常数和电感系数	(31)
(五)磁芯线圈的损耗	(34)
(六)铁氧体材料的稳定性	(35)
(七)铁氧体材料的非线性	(37)
第三节 电感器的材料选择	(39)
(一)绕线骨架的选择	(39)
(二)导线的选择	(41)
(三)铁氧体磁芯的选择	(42)
第四节 电感器的制作	(45)
(一)线圈的绕制	(45)
(二)导线的引出和去漆	(48)
(三)电感器的测试	(50)
(四)磁芯线圈的胶合	(51)
第四章 滤波器的制作过程	(54)
第一节 印制电路板的排制	(54)
(一)印制电路的排板	(54)
(二)印制电路板的制作	(56)
第二节 滤波器元件的装配与焊接	(58)

(一)装配前的准备工作	(58)
(二)焊接	(59)
第三节 滤波器的测试调整	(63)
第四节 滤波器的三防处理	(63)
(一)线圈的防潮处理	(63)
(二)机盘喷防护漆	(66)
(三)滤波器的密封	(67)
第五章 滤波器的测试和检修	(71)
第一节 滤波器的技术要求	(71)
第二节 谐振频率的测量和调整	(73)
(一)串联谐振回路的调谐	(73)
(二)并联谐振回路的调谐	(74)
(三)谐振回路Q值的测量	(75)
(四)调谐注意事项	(77)
第三节 工作衰减的测量	(77)
(一)直读法	(78)
(二)比较法	(79)
(三)测量注意事项	(80)
第四节 反射系数和反射衰减的测量	(81)
(一)直读法	(82)
(二)比较法	(83)
第五节 谐波衰减的测量	(84)
第六节 平衡衰减的测量	(86)
第七节 环路衰减和交叉衰减的测量	(87)
(一)环路衰减的测量	(88)

(二)交叉衰减的测量·····	(88)
第八节 滤波器的调整过程·····	(89)
第九节 滤波器的常见故障及排除方法·····	(91)
(一)不通或通带衰减大·····	(91)
(二)通带内衰减波动大·····	(92)
(三)阻带衰减下降·····	(93)
(四)非线性失真增大·····	(93)
(五)平衡滤波器的平衡衰减下降·····	(93)
(六)阻抗特性不好(反射衰减太小)·····	(93)
附录一 电容器的型号·····	(94)
附录二 电容器标称容量系列·····	(95)
附录三 漆包圆铜线基本数据·····	(97)
附录四 反射衰减和反射系数的换算·····	(100)

第一章 概 述

本章介绍滤波器的初步概念和制作过程概况，作为一般的了解。更深入的理论可以阅读有关网络书籍。

第一节 滤波器概念

滤波器是一种具有分隔信号频带作用的部件，它能够允许某一段频率范围内的信号通过，同时阻止不需要的信号频带通过。

在载波多路通信中，如果没有滤波器这样的具有频率选择性的部件，那么在一路线路上同时传输的多路信号就会互相混淆，这样，载波多路通信就无法实现。在载波机中，滤波器是数量用得最多的一种重要部件，滤波器的质量好坏将直接影响载波多路通信的质量。

根据滤波器的作用，在设计制作时有下面几个要求：

(一)在允许信号通过的频带内（称为通带），滤波器对信号的衰减愈小愈好，理想情况是通带衰减为零。

(二)在阻止信号通过的频带内（称为阻带），滤波器对信号的衰减愈大愈好，理想情况是阻带衰减为无穷大。

(三)通带与阻带的分界要非常明显。通带和阻带的交界频率叫做截止频率（用 f_c 表示），理想情况下，在 f_c 处衰减从零立即变成无穷大。实际上，理想情况是不存在的，我们希

望在 f_c 处，衰减频率特性曲线上升愈陡峭愈好，不应该是非缓慢地上升。实际情况中，在通带和阻带之间存在一定的过渡频带，通常称其为过渡带。

(四)在通带内，特性阻抗应该与滤波器前后联接的其它网络的阻抗相匹配。

关于滤波器的具体技术要求，我们将在第五章中详细介绍。

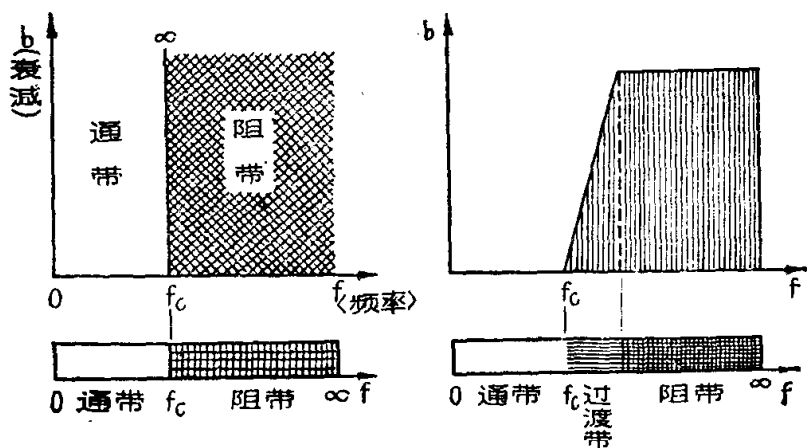
第二节 滤波器的种类

按照滤波器所能允许通过的信号频带来区分，滤波器可以分为如下四种：

(一)低通滤波器

允许频率为 $0 - f_c$ 的信号频带通过滤波器；
阻止频率为 $f_c - \infty$ 的信号频带通过滤波器。

图1-1是低通滤波器的衰减频率特性。



(a)理想情况

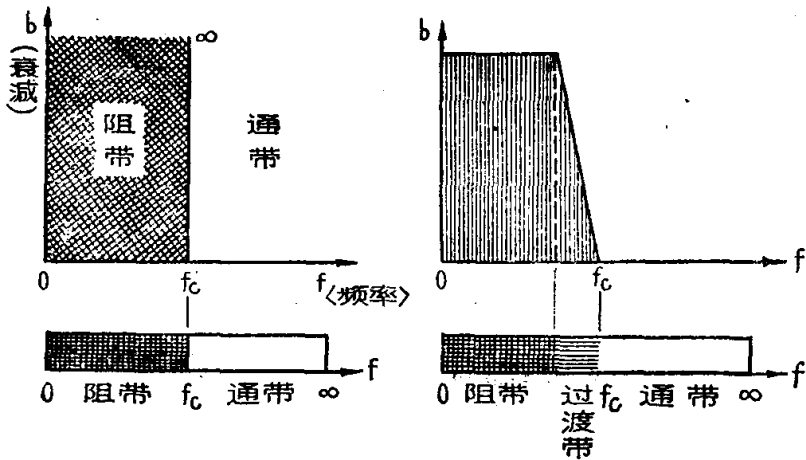
图 1-1

(b)实际情况

(二)高通滤波器

允许频率为 $f_c \sim \infty$ 的信号频带通过滤波器；
阻止频率为 $0 \sim f_c$ 的信号频带通过滤波器。

图1—2是高通滤波器的衰减频率特性。



(a)理想情况

图 1—2

(b)实际情况

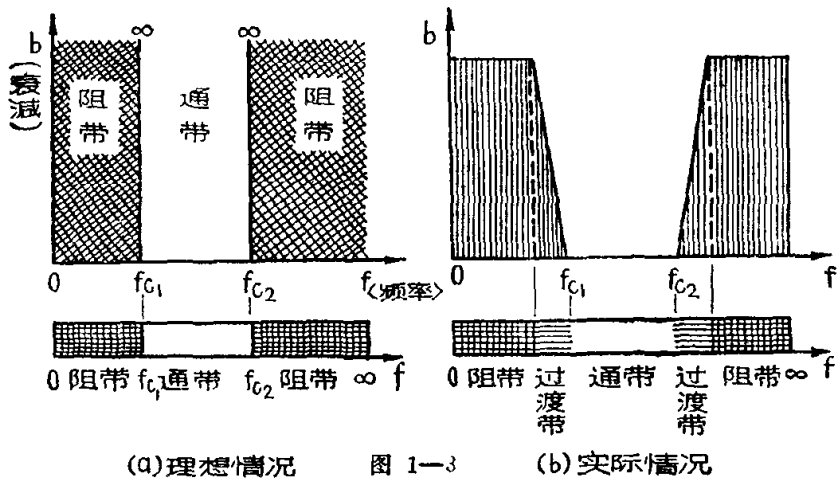
(三)带通滤波器

允许 $f_{c1} \sim f_{c2}$ 之间的信号频带通过滤波器；
阻止低于 f_{c1} (即 $0 \rightarrow f_{c1}$) 和高于 f_{c2} (即 $f_{c2} \rightarrow \infty$) 的信号频带通过滤波器。

图1—3是带通滤波器的衰减频率特性。

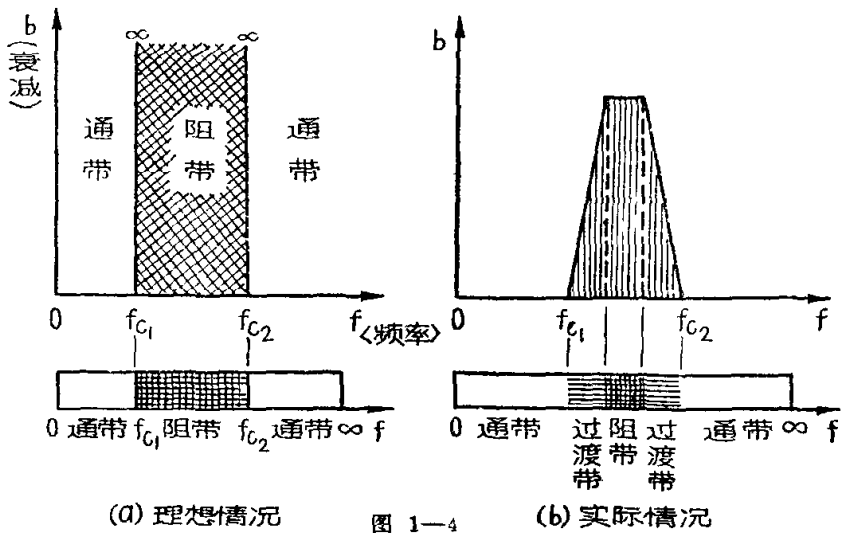
(四)带阻滤波器

允许低于 f_{c1} (即 $0 \rightarrow f_{c1}$) 和高于 f_{c2} (即 $f_{c2} \rightarrow \infty$) 的信号频带通过滤波器；



阻止 $f_{c1} \sim f_{c2}$ 之间的信号频带通过滤波器。

图1—4是带阻滤波器的衰减频率特性。



如果按照滤波器的构成元件来分，主要有LC滤波器、晶体滤波器、机械滤波器和陶瓷滤波器等。这些滤波器各有其特点和适用场合，其中LC滤波器是当前使用最为普遍的一

种滤波器。对于一般技术要求的滤波器,大多可以由 LC 滤波器来实现。

第三节 LC 滤波器简介

LC 滤波器是由电感(L)和电容(C)所构成的滤波器。

从电工基础知识中我们知道, 当把一个电感线圈串联在电路中时, 它具有阻止高频电流通过的作用, 而对于低频电流来讲则很容易通过。如果把一个电容元件串联在电路中时, 那么情况恰恰相反: 电容器具有阻止低频电流通过的作用, 而对于高频电流来讲则很容易通过。可见, 单独的一个电感可以“滤”去高频电流, 具有低通滤波器的作用; 单独的一个电容可以“滤”去低频电流, 具有高通滤波器的作用。所以, 单独的一个电感或者电容也可以看作是一种最简单的滤波器。不过, 这样的滤波器特性是不能满足我们实际要求的。实际应用的 LC 滤波器是将电感和电容以一定的结构形式进行适当的组合, 并且经过定量的计算确定滤波器电路中电感和电容的各个规定量值, 这样构成的 LC 滤波器特性已经是单独的一个电感或电容所无法相比的了。

举例来说, 如果将具有阻止高频电流通过的电感线圈连接在串联臂, 同时将对于高频电流来讲容易通过的电容器连接在并联臂, 让它起高频电流的分流作用, 这样就构成了如图1—5的低通滤波器。反之, 如果将电容器连接在串联臂, 而将电感线圈连接在并臂, 这样就可构成如图1—6所示的高通滤波器。图1—5和图1—6所示的已经是具有实用价值的滤波器电路了。

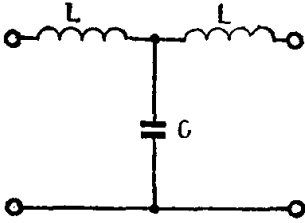


图 1—5

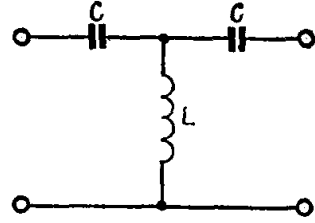
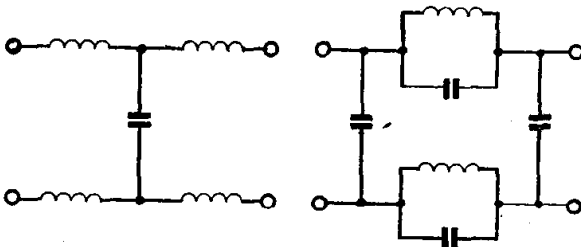
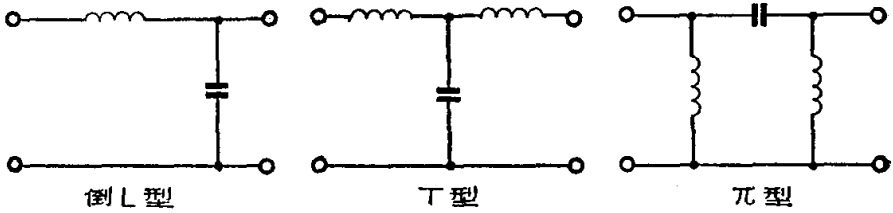


图 1—6

在LC滤波器中，电感和电容等元件比较多的是接成T型、 π 型、倒L型、H型和口型等形式，图1—7是这些构成形式的举例：



H 型 图 1—7 口 型

图1—7所示是滤波器的单节型式。在实际运用中，根据需要往往要将几个单节型式联接起来，以满足一定的阻带衰减要求。例如图1—8所示的晶体管12路载波机中3.4KHz低通滤波器就是由三个 π 型单节所组成的。

通滤波器就是由二个 π 型单节所组成的。

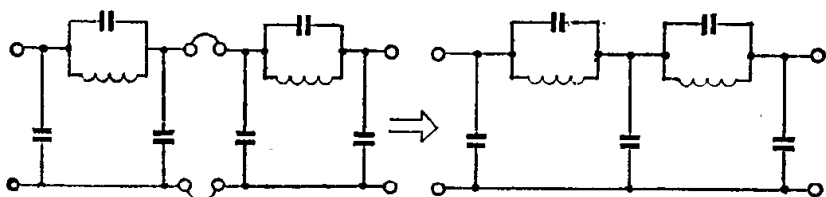


图 1-8

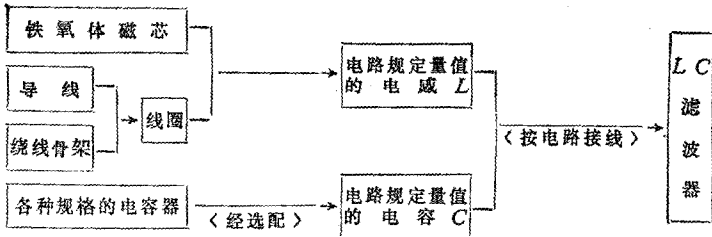
对于滤波器电路的设计和计算，本书不作讨论，有关这一方面的详细内容以及滤波器电路的设计方法读者可以参阅相关资料。本书着重讨论已经设计好的滤波器电路如何制作的问题。

第四节 LC滤波器的制作过程

在已经设计（或选定）了一个LC滤波器的电路以后，如何来实现这一个LC滤波器，这是本书将要讨论的主要内容。如前所述，LC滤波器主要是由电感和电容所组成的，所以要实际制作一个LC滤波器，首先就必须根据电路的特定要求，制作出规定量值的电容“C”和制作出规定量值的电感“L”。

通常，定值的电容“C”是通过对电容器进行选配来达到规定要求的，有条件的工厂可以直接制造由电路所规定量值的一部分电容器。滤波器电路上所规定量值的电感，现在一般是通过制作磁芯线圈来满足要求的（磁芯线圈就是在铁氧体磁芯上加以由某种规格导线绕制的一定圈数的线圈所构成）。有了定值的电容C和定值的电感L以后，只要按照电路进行接线，就可以草联成一个LC滤波器了。

上述内容归纳如下：



这些工作是我们试制一个LC滤波器时所必须做的。

图1—9是某LC滤波器的电路图和实体接线情况。

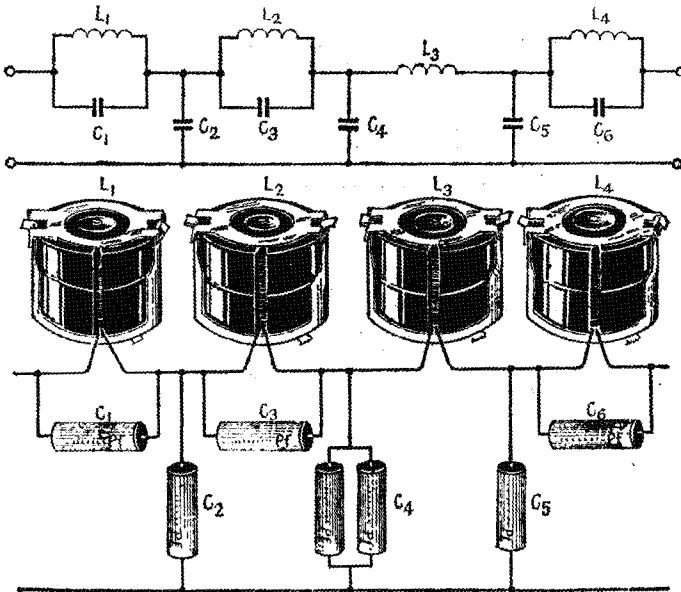
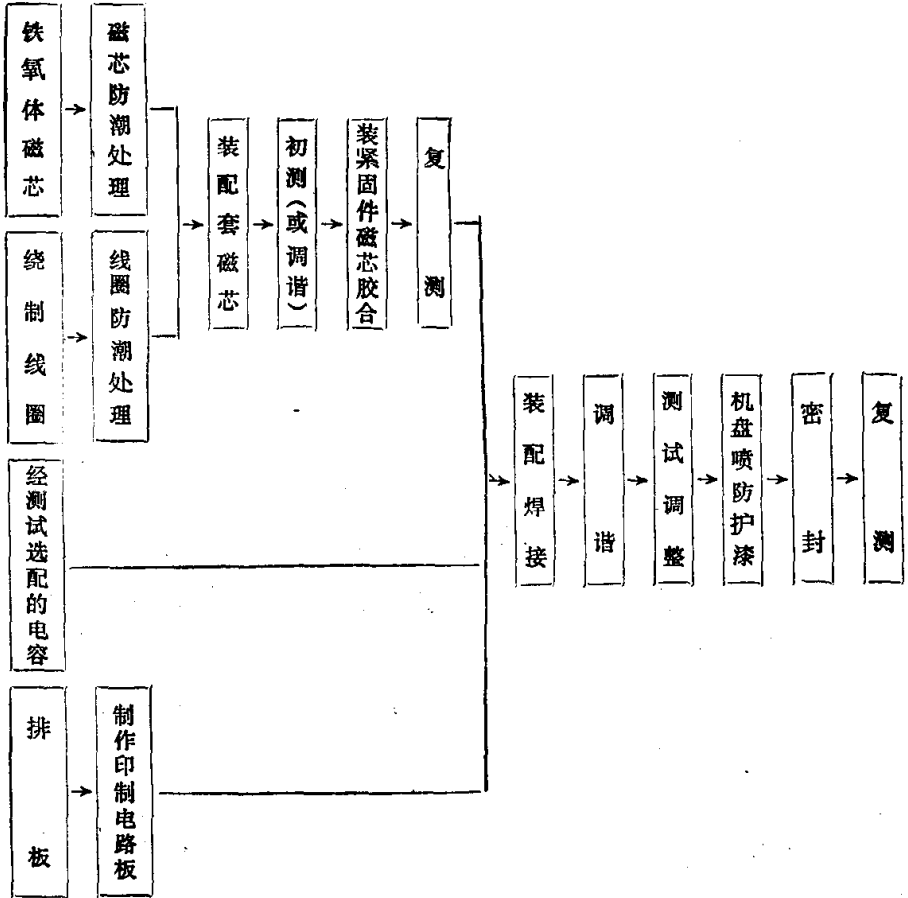


图 1—9

实际的LC滤波器制作过程要比草联工作复杂得多,滤波器的制作与滤波器的质量有密切关系,如果制作不适当,即使有了比较好的电路,仍然达不到要求。下面就来介绍一下LC滤波器实际制作的一般过程:



根据具体情况,上述工作中个别环节可以省略不做。

下面的章节我们将围绕着制作LC滤波器这一问题,进一步地作一些相关知识的介绍。

第二章 电 容 器

电容器是 LC 滤波器中的基本元件，本章从制作滤波器这一角度出发，介绍一些电容器的相关知识。

第一节 电容器的一般概念

(一) 电容量

电容器是一种具有储存电荷本领的“容器”，简称电容。如果我们将两块金属板中间隔以某种绝缘物质，这样就可以组成最简单的电容器（如图 2—1 所示）。这里，金属板叫做电容器的极板，绝缘物质称为电介质。

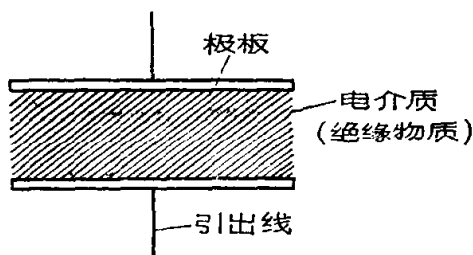


图 2—1

电容器在字母中用 C 来表示。既然电容器能够储存电荷，那么我们很自然会想到它能够储存多少电荷？电容器储存电荷能力的大小通常用电容量来表示。如果在电容器极板上加的电压为 U ，电容器所能储存的电荷量为 Q ，则电容器的电容量 C 由下面关系确定：

$$C = \frac{Q(\text{库仑})}{U(\text{伏特})} (\text{法拉})$$

所以电容量就是电容器极板之间加上 1 伏的电压时，电容器所能储存的电荷数量。

电容量的单位是“法拉”，用 F 来表示，简称“法”。在实际应用中，“法拉”这个单位太大，所以一般常用它的百万分之一作为单位，叫做“微法”，用 μF 表示；也可以用“法拉”的亿万分之一作为单位，叫做“微微法”，用 $\mu\mu F$ 或 pF 表示。在滤波器中一般以微微法 (pF) 为单位。下面是它们之间的关系：

$$1 \text{ 法拉}(F) = 1,000,000 \text{ 微法}(\mu F) = 10^6 \mu F$$

$$1 \text{ 微法}(\mu F) = 1,000,000 \text{ 微微法}(\mu\mu F) = 10^6 \mu\mu F (PF)。$$

应该指出，电容器储存电荷的本领是客观存在的，就好像一个杯子不管它是否装水，杯子的容量总是客观存在的一样。所以，电容量是说明电容器储存电荷本领这一客观存在的物理量。

电容器的电容量取决于电容器极板的面积以及极板间电介质的种类。在电容器电介质已经选定的条件之下，电容量与极板面积成正比，与极板之间的介质厚度成反比，也就是极板面积越大、极板之间距离越小，则容量越大。各种不同容量的电容器就是根据这个基本原则制造的。各种电容器的电容量都标在该电容器上。滤波器电路中使用的电容器的电容量，在电路图上均有注明。

(二)容抗

在稳态的情况下，只有交流电才可以通过电容器，电容器对交流电具有一定的阻力，这种阻力称为“容抗”，容抗

用 X_c 来表示。

容抗的大小与电容器的电容量有关。电容量越大，容抗越小，电容量越小，容抗则越大。电容器的容抗大小还与通过它的交流电的频率有关。频率越高，容抗就越小；频率越低，容抗则越大。它们之间的关系可用（2—1）式来表示：

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{\omega C} \quad (2-1)$$

式中： f 的单位为赫（Hz）

C 的单位为法（F）

X_c 的单位为欧（ Ω ）

ω 称为角频率，是交流电在 1 秒钟内变化的相位角。交流电每变化一周，其相位变化 $360^\circ(2\pi)$ ，所以，角频率与频率有如下关系： $\omega = 2\pi f$ 。

（三）电容器的损耗

在选用制作 LC 滤波器的电容器时，我们总是要对电容器的损耗提出一定的要求，这样才能保证滤波器的质量。电容器损耗角 δ 的正切（ $\text{tg}\delta$ ）我们称它为电容器损耗因数，它是电容器质量的重要参数之一。

由电学的基础知识可知：在纯电阻交流电路中，当电压 u 为零时，电流 i 也为零；伴随着 u 的增大，流过电阻 R 的电流 i 也增大，当 u 减小时电流 i 也随着减小。由此可见，纯电阻的交流电路中，电阻上的电流和电压的变化是同相的。在矢量图上，电压矢量与电流矢量的夹角为零。纯电阻交流电路的波形及其矢量图如图 2—2 所示。