

电子元件应用丛书



陈国光 主编

国防工业出版社

怎样选用电容器

内 容 简 介

本书简明扼要地介绍了在电子线路中广泛应用的电容器。深入浅出地叙述电容器的主要技术参数、基本特性、各类型的性能特点、应用注意事项等。书中着重从应用的角度来分析电容器在实用的分立电路，模拟、数字集成电路和家用电器电路中的各个作用与要求，以及应如何有针对性地进行选用。本书还力求把电容器的性能、特点和电路中的应用要求有机地联系在一起。

本书可供从事电子线路设计、维修和电容器生产设计以及产品采购的技术人员和无线电爱好者阅读，也可作电子技术类学校有关专业师生的参考书。

电子元件应用丛书

怎样选用电容器

陈 国 光 主编

责任编辑 杨其眉

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 $1/32$ 印张 $6\frac{1}{8}$ 131千字

1986年10月第一版 1986年10月第一次印刷 印数：0,001—7,700册

统一书号：15034·2979 定价：1.30元

前 言

电子技术的广泛应用是现代技术进步的重要标志,是经济振兴的必要条件和重要措施。电子元件是电子整机的基础。由于电子整机线路及结构要求的不同,需要各种类型的元件,如:阻容元件、机电组件、敏感元件及传感器、混合集成电路、石英晶体、电子陶瓷与压电、铁电器件、传输线、微特电机以及新型的声光及表面波器件等。它们在电子线路中有控制、传输、耦合、转换、隔离、显示等各种不同的特定功能,满足电子整机的各种要求。随着电子设备日益提高的精确性、可靠性和多功能要求而使线路更复杂,组装密度也更高,因此对电子元件的选用变得越来越重要了。只有合理地选用电子元件,才能充分发挥它们在电子线路中应有的作用,保证和提高电子线路的精确效能和整机的可靠性。

中国电子学会电子元件学会为了宣传和推广电子元件的广泛应用,组织编写了一套科普性质的电子元件应用丛书,此丛书为广大整机工作者、应用电子元件的科技人员、无线电业余爱好者乃至家用电器使用者介绍各种电子元件的一般机理、性能、结构、用途,提供合理选用的科学知识,以减少由于选用不当造成的不必要的故障和损失,进一步提高电子整机的性能和质量水平,取得更高的经济效益。

首批陆续出版的有以下十一册:

怎样选用电容器;

怎样选用电阻器;

怎样选用电位器;

怎样选用继电器;

压敏电阻器及应用；
厚薄膜混合集成电路及应用；
石英谐振器及应用；
结构陶瓷及应用；
信息传输线及应用；
电子变压器及应用；
家用微电机。

根据情况今后将增加新的书目，满足各方面读者的需要。

编辑出版电子元件应用丛书是一次尝试，缺乏经验，望广大读者提出宝贵意见，以便改进。

中国电子学会电子元件学会
主任委员 陈克恭

编者的话

电容器是电子元件家族中的主要组成部分，广泛应用于电子设备、仪器和家用电器类产品中。不论在广播、通讯、电视、雷达、计算机、激光、测量仪器等科学技术的各个领域内，还是在人们喜爱的收音机、收录机、电视机、录象机、立体声音响设备中都有电容器。在整机中，电容器占所用电子元件总量的20~30%。

电容器是一种以储存电荷和提供电容量为其主要特征的元件，还具有能顺利地通过交流电而不让直流电通过的性质。因此它在电路中能发挥耦合、旁路、谐振、计时、微分、积分、储能、滤波、隔直流等各种各样不同的作用。有的要求电性能优越，有的要求用在高压或低压，有的要求使用频率宽广或是直流、低频或高频、超高频之类波段，有的还要求提供大功率负荷，有的要求体积小、重量轻，有的要求使用寿命特别长，有的要求价格低廉，便于产品销售等等。为此电容器工业生产了相当多种类的电容器，而且已经组成了系列化的标称电容量和额定电压的规格，以便利电路设计人员的选择和生产厂家的生产。

在生产和使用电容器的双方，一般都希望有一种共同的语言，既能表达出电容器的基本性能和各项特点，又能叙述清楚它在电路中所扮演各种各样角色的作用和要求，这样为达到彼此相互了解和共同为电容器提高可靠性、使用寿命以及为整机获得应有的性能而协调努力。本书如能在这方面起到一些桥梁作用，那末编者也就感到相当满意的了。

全书共分七章，首两章介绍电容器主要参数的意义和其

基本特性；第三章结合介绍各类型电容器，简述其性能特点和应用中的共同注意事项；后三章则结合电容器在电路中的主要各种功能和应用选择，并说明选择类型、规格的理由，其中第四章以介绍分立电路中的各种电容器的作用为主；第五章则结合集成运算放大器来讨论外接电容器在典型的模拟集成电路中如何发挥其各种性能并进行选择；第六章则结合集成数字电路所需外贴电容器来考虑的。最后第七章则简述电容器在家用电器中的典型电路，并对所用电容器作出评价。全书由陈国光同志担任主编，并编写其中第一、二章的内容；第三、七章由曹婉真同志编写；第四、五、六章由郑海涛同志编写。书中全部插图由邵祖发同志描绘。本书特请西安交通大学电子学教研室沈尚贤教授审阅，在此表示衷心的感谢。

由于编者初次尝试从电容器应用的角度来组织编写本书，而电容器应用范围又是如此广泛和多样化，以致难于全面了解和掌握情况，不仅挂一漏万在所难免，而且缺点和错误亦会存在，谨希广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章	电容器的主要技术参数	1
§ 1.1	电容量	1
§ 1.2	绝缘电阻和时间常数	7
§ 1.3	电容器损耗	10
§ 1.4	电容器的额定电压	13
§ 1.5	电容器的类别温度范围	16
§ 1.6	电容器的电容温度特性	17
第二章	电容器的基本特性	21
§ 2.1	电容器的频率特性	21
§ 2.2	电容器的高频参数	25
§ 2.3	电容器的吸收特性	30
§ 2.4	电容器的无功功率	32
§ 2.5	电容器承受纹波电压的特性	36
§ 2.6	电容器的体积效率	39
第三章	电容器的各类型及其特点	44
§ 3.1	电容器的分类	44
§ 3.2	有机介质电容器及其特点	45
§ 3.3	无机介质电容器及其特点	58
§ 3.4	电解电容器及其特点	63
§ 3.5	可变电容器及其特点	74
§ 3.6	各种电容器使用注意事项	79
第四章	分立元件电路中的电容器	86
§ 4.1	前置放大器中的电容器	86
§ 4.2	CR 耦合低频放大电路	87
§ 4.3	视频放大器中的电容器	90
§ 4.4	用于高低音扬声器的分频滤波器	91

§ 4.5	高频滤波器中的电容器	93
§ 4.6	高稳定振荡电路中的电容器	96
§ 4.7	温度补偿振荡电路中的电容器	98
§ 4.8	利用介质组合的方法改善电容器的温度特性	101
§ 4.9	利用晶体管的增益达到增加电容器 电容量的效果	103
§ 4.10	整流滤波电路中的电容器	105
§ 4.11	储能用的电容器选择	111
第五章	集成运放电路中电容器的选择	114
§ 5.1	积分电路中的电容器	114
一、	积分器的工作原理	114
二、	适用于积分电路的电容器	116
三、	积分电路中 CR 的匹配组合	120
四、	增大积分时间常数的方法	123
五、	时间常数与相位的调整方法	128
§ 5.2	微分电路中的电容器	129
§ 5.3	模拟存储器用的电容器	132
§ 5.4	大时间常数电路中的电容器	135
一、	低通滤波器用的电容器	136
二、	模拟定时器用的电容器	139
§ 5.5	运放器前置放大电路中的耦合电容器	141
§ 5.6	电源电路的旁路电容器	143
§ 5.7	集成运放电路中的噪声对策	146
一、	抑制高频同相噪声的电容器	146
二、	运算放大器输入输出端的滤波电容器	146
三、	A/D 转换器近旁的噪声对策	148
第六章	数字电路中的电容器	150
§ 6.1	根据不同的逻辑元件选择电容器	150
一、	TTL 电路中的电容器	150
二、	CMOS 电路中的电容器	150
§ 6.2	旁路用电容器及其配置方法	152

§ 6.3 耦合及振荡用的电容器	157
一、耦合用的电容器	157
二、振荡用的电容器	158
§ 6.4 滤波用的电容器	159
§ 6.5 延迟电路用的电容器	161
§ 6.6 定时器用的电容器	163
第七章 家用电器中的电容器选择	165
§ 7.1 电视机中的专用电容器	165
§ 7.2 日光灯电容器	169
§ 7.3 调光灯用电容器	171
§ 7.4 电动式家用电器用的电容器	172
附录 1	180
附录 2	183
附录 3	185

第一章 电容器的主要技术参数

为了使电容器使用者能正确认识电容器的性能特点，首先宜熟悉一下有关这方面的主要技术参数。

§ 1.1 电 容 量

一、标称电容量

标称电容量是表明标志在每个电容器上的电容量名义数值，它与实际电容量值之间可能有一些差别，这些差别又都是在技术条件所规定的容许范围以内。如果要求生产厂都在电容器上标明其实际值，则产品规格不知道将有多少种，不仅对生产单位造成极大的麻烦和紊乱，而且对使用者来说也没有这个必要。在绝大多数情况下，电容量数值上的一些合理偏差，并不会影响到电路功能的完成；当然也确有少数电路要求电容量在某一个数值，此时必然又要求该电容量的稳定性合乎要求，这种情况属于特殊设计之列，不是针对大量生产的产品而言的。所以电容器产品均标志其标称电容量的一系列规定数值。

二、标称电容量系列确定的原则

在 1 和 10 之间的数值，按通常生活习惯，取 1，2，3，…，10 等十个整数为最方便。但其中相邻两数的比值均不相等，（如 2 与 1 的比值为 2，3 与 2 的比值为 1.5）以致当择定某一偏差百分比时，绝大部分数值的正偏差值与下一个数值的负偏差值相差较大，无法衔接（如 1 的 +10% 为 1.1，2 的 -10% 为 1.8）。这样就有可能使某些数值，或为整个系列数所不容，无法归入某一系列数中，或又能为相邻两系列数均

可纳入的怪现象。现举例说明如下，表1-1(a) 列出 1 至10 十个整数的 $\pm 10\%$ 和 $\pm 20\%$ 的偏差值。

表1-1(a) 按整数系列的正、负偏差值

偏差 \ 整数系列	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
- 10%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9.0
+ 10%	1.1	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8	9.1	11.0
- 20%	0.8	1.6	2.4	3.2	4.0	4.8	5.6	6.4	7.2	8.0
+ 20%	1.2	2.4	3.6	4.8	6.0	7.2	8.4	9.6	10.8	12.0

当出现1.3~1.5数时，无论从 $\pm 10\%$ 或 $\pm 20\%$ 的偏差范围来衡量，既不能属于 1.0 的规格，也不能归入 2 的规格；而当出现如8.2~8.6数时，则既能归入 9 又能归入 8 的规格范围，甚至还可能进到 7 的规格中 ($+20\%$)；这样对生产管理是无法进行的，因此不能采用通俗的整数系列拣分方法。

现在我国所实行的“固定电容器标称容量系列”(GB 2471-81)见附录 2。其数值是按优选数系列而组成。它们的共同特点是在 1 至10之间所择定的数应达到：

- (1) 任何相邻两数的比值基本上均符合某一公比数。例如：在 $\pm 20\%$ 偏差下，公比数约为1.5；在 $\pm 10\%$ 偏差下，公比数约为1.2；在 $\pm 5\%$ 偏差下，公比数约为1.1。
- (2) 任何一数的正误差极限大致与下一个数值的负误差极限相衔接，既无空挡，也不重叠。

这样就避免了上例所述的混乱现象而有条不紊，既简化了规格品种，又便利为生产单位和使用单位共同遵循。

例如，在允许偏差为 $\pm 20\%$ 的情况下，E6 系列为 6 个，

即1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8。

在允许偏差为 $\pm 10\%$ 的情况下, E12 系列数增至 12 个, 即1.0, 1.2, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2。从表1-1(*b*) E12 系列的上下极限值 (即允许偏差)的例子, 可以看到其上、下极限值的获得, 除四舍五入外, 只在其中几个数值上作了微小的调正, 即能获得如此衔接紧凑的允许偏差值。明显看出要比表1-1(*a*) 按整数系列取偏差值的方式优越得多。

表1-1(*b*) E12系列上、下极限值

E12系列数	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
-10%	0.9	1.1	1.3	1.6	2.0	2.4	3.0	3.6	4.2	5.1	6.1	7.4
+10%	1.1	1.3	1.6	2.0	2.4	3.0	3.6	4.2	5.1	6.1	7.4	9.0

三、确定电容量允许偏差的意义

从上小节可知, 允许偏差的含义可说是电容器的实测电容量与标称电容量之间可以允许偏离的正、负误差的最大范围。因生产厂首先要考虑到: 由于所购原材料不可能做到所有规格都符合标准, 以致各批进货质量难于完全一致; 而且操作人员执行工艺也会有些微小差别。这样大量生产的产品, 其电容量难于做到完全相同, 实际也无此必要。容许它有一定范围内的分散性, 而其他电性能又都符合产品技术条件规定。因此根据产品类型, 确定其电容量偏离标称值的范围, 这就是要采用允许偏差的积极意义。电容量分散性愈小, 一般可以说就是生产管理的质量控制得比较好。一批中那些落于允许偏差范围以外的少量产品, 只能作为废、次品处理,

而不能归并到不属于本批规格的其他规格中去。

从使用者来说，如电路设计对元件标称值要求允许偏差并不很严格时，则仪器设备愈能适应各种条件下的应用，而且成本也可降低一些。电容量精度提高，意味着电容器的单价也相应提高，所以确定合理的允许偏差对供求双方都是有利的。

四、除规定的标称值和允许偏差外的例外情况

在新的电路设计中，应强调采用国家规定的标称系列。但是照顾到历史原因和日常生活中所用的电器产品的习惯，如应用纸介电容器或金属化纸介电容器、铝电解电容器之类产品，在生产大于1微法的产品时，也习惯按1，2，4，6，8，10，15，20，30，50等数值生产一些例外规格，估计这只是暂时现象。

除了以上三种通用的系列和相应的允许偏差外，对精密电容器则可按精密电容器标称容量系列及其允许偏差执行。对铝电解电容器及Ⅱ类瓷介电容器来说，由于其工艺或材料的特殊性和使用者对允许偏差更容许有较大的宽容，因此其允许偏差，正温可达+50%或以上，负温则为-20%，这也属于例外情况。

五、电容量的精度与其性能质量间的关系

一般说生产电容量精度高的产品，即要求允许偏差的范围更窄，是在正常生产的产品中通过电容量测试后，挑选出来的合格品。如果生产中质量控制得好，一批产品中的标称值就和设计预期值相差不大，要挑选精度较高的产品就不难。但是，由于制造工艺和原材料都是一样的，因此精度和产品质量并不存在有机的联系，精度较高的产品并不意味着电性能质量有独特之处。如果一个劲儿地提高精度要求，只意味

着成本的增加，一般并无裨益。但对少数特殊电路用的电容器对电容量有精确要求者则属例外。

六、电容量常用的单位

电容量的单位应是法(F)，对通用产品来说，其值过大，因此常用的有两种：即微法(μF)和皮法(pF)， $1\mu\text{F}=10^{-6}\text{F}$ ， $1\text{pF}=10^{-12}\text{F}$ 。国外电解电容器产品也有用毫法(mF)的， $1\text{mF}=1000\mu\text{F}$ 。各种电容器的电容量范围如图1-1所示。

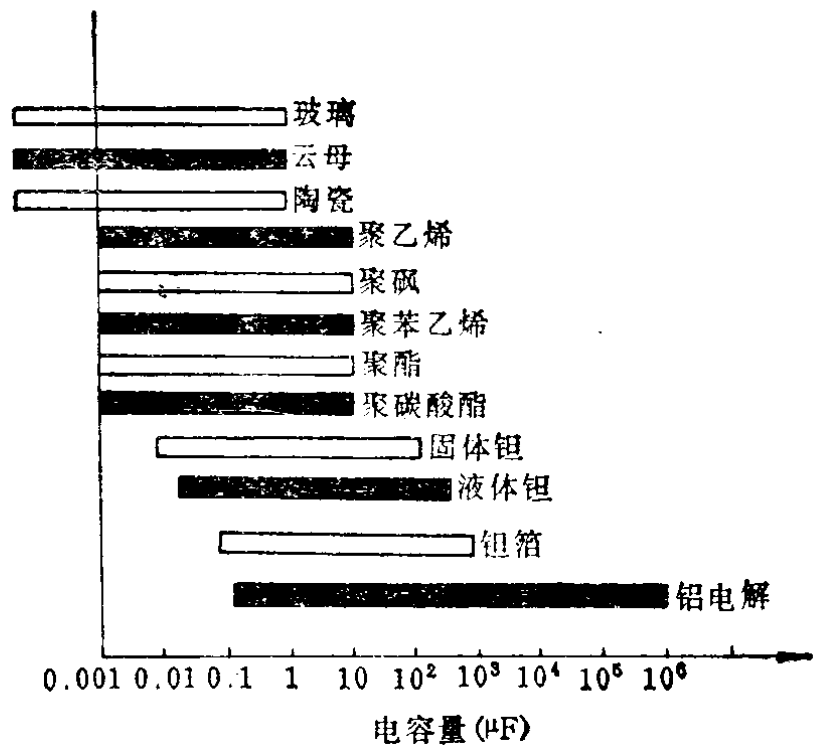


图1-1 各种电容器的电容量范围

七、电容量的色标标志方式

一般的标志方式均将标称电容量（及允许偏差）直接打印在电容器外壳上，但近年来由于小型化电容器的发展，影响到打印阿拉伯字母的困难，因此也采用与电阻那样用色标法来标志，可以是色环也可能是色点。如以色环为例，自左至右，首两位颜色表征有效数字，第三位颜色表示乘数，最

后可能还有表示允许偏差的色标，如表 1-2 所示

表1-2 电容量的色标表示法

颜 色	代表数字	乘 数	允许偏差
黑	0		无色 ± 20 %
棕	1		银色 ± 10 %
红①	2	10^2	金色 ± 5 %
橙	3	10^3	
黄	4	10^4	
绿	5	10^5	
蓝	6	10^6	
紫	7		
灰	8		
白	9		

① 红色也有可能用作表征极性为正。

根据国外样品，如温度补偿瓷介电容器，首位表征电容器的电容温度系数特征，其后才是电容量的表示方式。现将有关的美军标准MIL-C-20 文件所列表示方式以图1-2 及表 1-3 列出，以供参考。

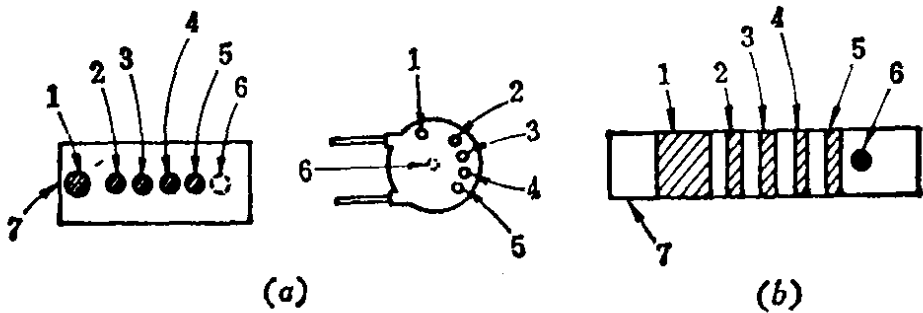


图1-2 温度补偿瓷介电容器的三种结构形式的色标表示图

(a) 色点；(b) 色环。

1—温度系数；2、3—有效数字；4—乘数，
5—允许偏差；6—MIL标志(黑色)，7—内电极端。

表1-3 温度补偿瓷介电容器的色标表示方法

颜色	电容器特征(首一位)		额定电容量(pF)		允许偏差(±%)	
	(ppm/°C)	字母符号	首二、三位	乘数	>10pF	≤10pF
黑	0	C	0	1		2.0
棕	-30	H	1	10	1	
红	-80	L	2	100	2	0.25
橙	-150	P	3	1000		
黄	-220	R	4			
绿	-330	S	5		5	0.5
蓝	-470	T	6			
紫	-750	U	7			
灰			8	0.01		
白			9	0.1	10	1.0
金	+100	A				

§ 1.2 绝缘电阻和时间常数

一、电容器的绝缘电阻的性质

电容器是由电介质和其上、下导电极板构成的。电介质就是绝缘材料。当两导电极板间隔了绝缘材料，在直流电场下，稳态时，理想电容器应该没有漏电流通过介质。实际上，由于工程用电介质不是理想的绝缘体，大面积的绝缘材料中或多或少的存在疵点、杂质和易导电的粒子等，因此实际电容器有稳态的漏电流通过介质；另外，还有在两引出端之间通过电容器表面(如表面沾污或保护涂层防潮不佳的情况下)所引起的表面漏导电流。这一总的漏导电流大小就决定电容器的绝缘质量，并常以绝缘电阻这一参数来表征。

二、电容量的大小与绝缘电阻值间的关系

由测试过程的实践已知，同一类型的电容器在制造工艺和原材料均相同的情况下，电容量大的产品，其绝缘电阻值

远小于电容量小的产品，影响是极明显的。是否表明前者的绝缘质量要逊于后者，答案是否定的。这仅仅是由于电容量大的产品所用的电介质有效面积增大的缘故，因为绝缘电阻值与极板面积大小成反比（当介质的体积电阻率和厚度不变时）。因此，对电容量较大的电容器（如大于0.1微法），不宜用绝缘电阻这一参数，而是用时间常数或 RC 乘积值来表示其绝缘质量。

三、电容器的时间常数与电容器用在 RC 电路中作时间常数间的差别

电容器的时间常数仅表明电容器本身的绝缘电阻和电容量的乘积，是表征其绝缘质量的参数，仅与其所用电介质的体积电阻率和电容率[●]的乘积成比例，与电容量及其几何尺寸大小无关。

而在电路中它与另一电阻器组成时间常数元件时，是作为控制时间（或频率）的作用，与以上参数毫无共同之处，不应混淆。

四、电解电容器的漏电流参数与其绝缘质量间的关系

已知电解电容器的漏电流，常以 $I_l = KCU$ 公式来计算。其中，常数 K 由产品类型决定，实为电容器的时间常数的倒数，因此用漏电流表示其绝缘质量时，只是参数以另一种表征形式而已。但从式中可知，漏电流是与电容量的大小和施加的电压有关的，这在电解电容器中表现得特别明显。

五、测量绝缘电阻和漏电流时要规定统一的测量时间与所处温度的意义

由于电容器的充电电流是随时间增加而下降的，只有当

●即介电常数，并均略去“相对”两字。