



张志立 邓海琴 余定鑫 主编

航空工业出版社

电工与电子技术 实验及课程设计

张志立 邓海琴 余定鑫 主编

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书分上、下两篇,共8章。上篇“电工与电子技术实验基础”包括第1章至第4章,系统介绍了常用电子元器件基础知识、常用仪器仪表及其使用、实验技术基本知识以及安全用电的常识;下篇“电工与电子技术实验及课程设计”包括第5章至第8章,介绍了电工技术实验、电子技术实验、综合性设计实验以及课程设计。

本书所设计的实验内容由简到繁,由单纯的验证性实验过渡到综合性、设计性实验,旨在逐步提高学生实际动手能力与理论联系实际的能力。可作为应用型本科院校机电、车辆和民航等非电子类专业的实验实践教材,也可供相关领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实验及课程设计 / 张志立, 邓海琴,
余定鑫主编. -- 北京: 航空工业出版社, 2015. 9

ISBN 978 - 7 - 5165 - 0876 - 3

I. ①电… II. ①张… ②邓… ③余… III. ①电工技
术—实验—课程设计—高等学校—教材②电子技术—实验
—课程设计—高等学校—教材 IV. ①TM - 33②TN - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 216825 号

电工与电子技术实验及课程设计

Diangong Yu Dianzi Jishu Shiyen Ji Kecheng Sheji

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑2号院 100012)

发行部电话: 010 - 849346597 010 - 84936343

三河市华骏印务包装有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2015年9月第1版

2015年9月第1次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 15.25

字数: 361千字

印数: 1—3000

定价: 39.00元

前 言

本书为工科非电类各有关专业（机电、民航、车辆、管理）的实验实践教材。培养实验能力和实践技能是高等工科院校教育的重要内容之一，帮助学生学习和运用理论处理实际问题，验证、消化和巩固基本理论，获得实验技能和科学研究方法，促进学生的基本训练、加强工程实践能力的培养，是我们编写这本教材的根本目的与宗旨。

全书分上、下两篇，共8章。上篇“电工与电子技术实验基础”包括第1章至第4章，系统介绍了常用电子元器件基础知识、常用仪器仪表及其使用、实验技术基本知识以及安全用电的常识；下篇“电工与电子技术实验及课程设计”包括第5章至第8章，介绍了电工技术实验、电子技术实验、综合性设计实验、课程设计。实验内容由简到繁，由单纯的验证性实验过渡到综合性、设计性实验，旨在逐步提高学生实际动手能力与理论联系实际的能力。内容注重实用性、新颖性、综合性和设计性，所编的实验除课程设计实验外都有相应的原理介绍。

参加本实验实践教材编写的有：余定鑫（前言，绪论，第3章，第4章，第5章）；张志立（第1章，第6章6.1、6.2、6.3、6.4，第7章，第8章8.1、8.2、8.3、8.4）；邓海琴（第2章，第6章6.5、6.6、6.7、6.8，第8章8.5、8.6、8.7、8.8，附录）。全书由余定鑫审校，张志立统稿。

由于编者学识水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者提出批评和改进意见。

编者

2015年9月

目 录

绪论	(1)
上篇 电工与电子技术实验基础	(3)
第1章 常用电子元器件基础知识	(5)
1.1 电阻器、电容器和电感器	(5)
1.2 常用半导体器件	(16)
第2章 常用电工仪表及电子仪器的使用	(27)
2.1 常用电工仪表的基本知识	(27)
2.2 常用电子仪器及其使用	(37)
第3章 实验技术基本知识	(51)
3.1 测量误差及误差分析	(51)
3.2 实验数据的处理	(54)
3.3 实验操作要求	(56)
3.4 实验报告的编写及要求	(58)
第4章 安全用电常识	(59)
4.1 安全用电基本知识	(59)
4.2 安全用电及安全保护的措施	(63)
4.3 电工实验室安全用电须知	(67)
下篇 电工与电子技术实验及课程设计	(69)
第5章 电工技术实验	(71)
5.1 元件的伏安特性	(71)
5.2 电路定理	(74)
5.3 单相交流电路参数的测定	(77)
5.4 三相电路	(80)
5.5 常用电子仪器的使用	(84)
5.6 频率特性的测量	(89)
5.7 RC 电路的过渡过程	(91)
5.8 单相变压器	(93)
5.9 三相异步电动机的测试与控制	(97)
5.10 三相异步电动机的时间控制设计	(100)
5.11 三相异步电动机的变频调速	(101)

5.12	PLC 可编程控制器基本指令的使用	(108)
5.13	PLC 可编程控制器应用实验	(110)
第6章	电子技术实验	(113)
6.1	单级晶体管放大器	(113)
6.2	集成运算放大器的线性应用	(120)
6.3	集成运算放大器在信号处理中的应用	(128)
6.4	整流、滤波、稳压电路	(132)
6.5	组合逻辑电路设计	(138)
6.6	触发器及应用	(142)
6.7	计数、译码、显示电路	(147)
6.8	集成定时器及应用	(152)
第7章	Multisim 10 仿真实验	(158)
7.1	概述	(158)
7.2	Multisim 10 基本界面简介	(159)
7.3	Multisim 10 在电路分析中的应用	(174)
第8章	电工与电子技术课程设计	(199)
8.1	电工与电子线路的设计方法	(199)
8.2	电子电路的安装、调试与故障检测	(200)
8.3	函数信号发生器	(203)
8.4	定时电路	(205)
8.5	温度控制器	(208)
8.6	锯齿波发生器	(211)
8.7	计时器	(213)
8.8	频率计	(215)
8.9	脉搏计	(219)
8.10	数字电子钟	(223)
附录		(227)
附录1	MES-IV 型模拟电子技术实验箱	(227)
附录2	NET-1E 型数字电子技术实验箱	(229)
附录3	DGL-I 电工实验板	(230)
附录4	DGL-I 型电工技术实验系统(电源箱)	(230)
附录5	常用集成电路的型号、功能及引脚图	(231)

绪 论

科学实验是人类认识自然、检验理论正确与否的重要手段，通过实验取得重大的成果在科学史上屡见不鲜。科学的实验与实践形成了丰富的理论知识、理论体系，而这种理论又是电工电子技术发展的重要基础。在电工电子技术的发展中，每一类新概念、新理论的建立，每一项新产品的开发成功，每一种新技术的应用与推广，都离不开实验与实践。

理论来自于实践，同时又为实践提供指导，实验现象和结果需要从理论上加以分析提高。实验、实践是手脑并用、理论与实际密切配合、富于创造性的劳动过程。实验实践教学是学生把理论知识与生产实践相联系的桥梁，非电子类专业的实验实践教学重在应用，通过实验不仅使学生加强对电工电子技术中常用的仪器设备、仪表以及电子元器件的认识和使用，还使学生巩固和加深对所学的理论知识的理解。通过实验技能的训练和实践培养，使学生树立工程实际观念，培养严谨踏实的科学作风，提高理论联系实际的动手能力。

因此，学生在进行实验前，应切实掌握相关的理论知识和实验原理。对于基础验证性实验，要事先计算出实验电路的理论值，以便检查实验测量值正确与否。预先阅读所需使用的仪器设备的使用说明书，了解操作注意事项，熟悉各旋钮、按键、开关的功能和作用，以便进行实验时能顺利操作和测量；对于设计性实验，需要预先了解并选择相关的器件，设计好电路，画出原理图和器件引脚连接图。同时要拟订实验方法和步骤，设计实验表格，估算（分析）实验结果。

21 世纪已经到来，面向新知识经济的大学生任重道远。电工电子实验和实践的内容涉及电路的基本理论、工程实践等基础内容。我们期望学生通过实验与实践的培训，能将理论与实践相结合，巩固所学的理论知识；能熟悉电路的连接；能掌握电工测量及故障排除等实验技巧；能正确使用常用的电工仪器仪表；能正确地采集和处理实验数据；能分析、观察实验中的问题。在实验的过程中，能够培养严肃认真的科学态度和细致踏实的作风及创新意识和能力。

电工电子技术发展迅速，应用广泛，现代一切新的科学技术无不与之有着密切的联系。电工电子技术是研究电工技术和电子技术的理论和应用的技术基础课程，是一门技术性学科。电工技术包括电路、磁路的基本理论，电机与电气控制的基本技术，与现实生活和工作密切联系的供电与安全用电常识，电工测量知识，以及电气控制的新技术——PLC 可编程控制器技术等；本书中电子技术部分除了传统的模拟电子技术和数字电子技术，还包括先进的仿真软件的使用以及综合课程设计项目。

为达到提高学生综合素质的目的,本教材合理安排实验内容,主要包括基础性实验、综合性实验、设计性实验。

(1) 基础性实验:使学生巩固和加深对理论知识的理解和运用。

(2) 综合性实验:培养综合运用所学理论知识分析、解决实际问题的能力。

(3) 设计性实验:能将所学知识应用于工程实际,并通过对实验的组织 and 设计培养学生的科学研究能力和实际应用能力。

电工与电子技术实验实践教学的要求如下所述。

实验中积极思考,多动手,学会正确使用常用的电子仪器、电工仪表、电机和电器设备以及电子元器件。要学会合理布局仪器设备,注意位置、距离,摆放适当,便于读数。跨线尽量短,便于操作;能正确连接电路。通电前必须仔细检查电源的正负极以及仪表的极性是否正确无误,电路连接有无错线、漏线;通电后要集中精力,首先观察,再操作,读数。如果出现异常现象,如烧断熔丝、出现冒烟、有焦糊味、有异常响声、仪表卡表等,应立即切断电源,保持现场,请示指导教师再做故障处理,排除故障后方能继续进行实验操作。严禁带电接线、拆线或换接线路。

实验完成后要经指导教师检查实验结果与实验数据,通过后方能拆除电路。实验结束后要对实验数据进行整理、分析,结合思考题的求解,加深对理论知识和实验原理的理解,在此基础上,编写出完整、科学的实验报告。

上篇

电工与电子技术实验基础

第1章

常用电子元器件基础知识

电子电路都是由各类电子元器件组成的，而常用的元器件有电阻器、电容器、电感器和各种半导体器件（如二极管、三极管、集成电路等）。为了能正确地选择和使用这些元器件，就必须掌握它们的性能、结构及主要参数等相关知识。

1.1 电阻器、电容器和电感器

1.1.1 常用电阻器

1.1.1.1 电阻器的分类

电阻器是电路元件中应用最广泛的一种，在电子设备中占元件总数的 30% 以上，其质量的好坏对电路工作的稳定性有极大的影响。它的主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压，其次还作为分流器、分压器和负载使用。

电阻器按结构可分为固定式和可变式两大类。固定式电阻器即一般我们所说的“电阻”，常用电阻外形及符号如图 1-1 所示。由于制作材料和工艺不同，固定式电阻器可分为膜式电阻、实心电阻、金属线绕电阻（RX）、特殊电阻四种类型。



图 1-1 常用电阻外形与符号

膜式电阻包括：碳膜电阻（RT）、金属膜电阻（RJ）、合成膜电阻（RH）和氧化膜电阻（RY）等。

实心电阻包括：有机实心电阻（RS）和无机实心电阻（RN）。

特殊电阻包括：MG 型光敏电阻和 MF 型热敏电阻。

可变式电阻器分为滑线式变阻器和电位器。其中应用最广泛的是电位器。电位器是一种具有三个接头的可变电阻器，其阻值可在一定范围内连续可调。电位器的分类

有以下所述几种方式。

按电阻材料分，有薄膜电位器和线绕电位器两种。薄膜电位器又可分为 WTX 型小型碳膜电位器、WTH 型合成碳膜电位器、WS 型有机实心电位器、WHJ 型精密合成膜电位器和 WHD 型多圈合成膜电位器等。线绕电位器的代号为 WX 型。一般线绕电位器的误差不大于 $\pm 10\%$ ，非线性绕电位器的误差不大于 $\pm 2\%$ 。其阻值、误差和型号均标在电位器上。

按调节机构的运动方式分，有旋转式电位器、直滑式电位器。

按结构分，可分为单联电位器、多联电位器、带开关电位器、不带开关电位器等，开关形式又有旋转式电位器、推拉式电位器、按键式电位器等。

按用途分，可分为普通电位器、精密电位器、功率电位器、微调电位器和专用电位器等。

按阻值随转角变化关系，又可分为线性电位器和非线性电位器，如图 1-2 曲线所示。它们的特点如下。

X 式（直线式）：常用于示波器的聚焦电位器和万用表的调零电位器（如 MF-47 型万用表），其线性精度为 $\pm 2\%$ ， $\pm 1\%$ ， $\pm 0.3\%$ ， $\pm 0.05\%$ 。

D 式（对数式）：常用于电视机的黑白对比度调节电位器，其特点是先粗调后细调。

Z 式（指数式）：常用于收音机的音量调节电位器，其特点是先细调后粗调。

字母符号 X、D、Z 一般印在电位器上，使用时应注意。常用电位器外形及符号如图 1-3 所示。

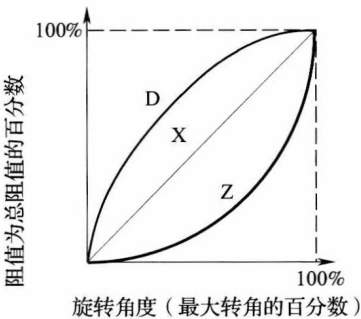


图 1-2 电位器阻值随转角变化曲线

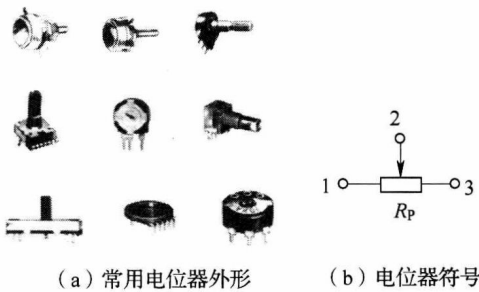


图 1-3 常用电位器外形及符号

1.1.1.2 电阻器的型号命名

电阻器的型号命名如表 1-1 所示。

表 1-1 电阻器的型号命名

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示特征		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
R	电阻器	T	碳膜	1, 2	普通	
RP	电位器	P	硼碳膜	3	超高频	
		U	硅碳膜	4	高阻	

续表 1-1

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示特征		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
		C	沉积膜	5	高温	包括额定功率、阻值、允许误差、精度等级
		H	合成膜	7	精密	
		I	玻璃釉膜	8	电阻器—高压 电位器—特殊函数	
		J	金属膜（箔）			
		Y	氧化膜	9	特殊	
		S	有机实心	G	高功率	
		N	无机实心	T	可调	
		X	线绕	X	小型	
		R	热敏	L	测量用	
		G	光敏	W	微调	
		M	压敏	D	多圈	

例如：RJ71 - 0.25 - 10KI 型电阻器的命名含义如图 1-4 所示。

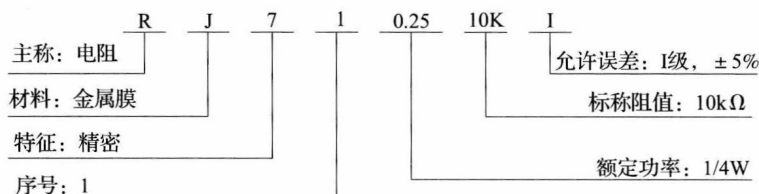


图 1-4 RJ71 - 0.25 - 10KI 型电阻器的命名含义

由图 1-4 可知，这是精密金属膜电阻器，其额定功率为 1/4W，标称电阻值为 10kΩ，允许误差为 ±5%。

1.1.1.3 电阻器的主要参数指标

电阻器的主要参数指标包括额定功率、标称阻值、允许误差（精度等级）、温度系数、噪声、最高工作电压、高频特性等。在选用电阻器时一般只考虑标称阻值、允许误差和额定功率这三项最主要的参数，其他参数在有特殊需要时才考虑。

（1）额定功率：电阻器的额定功率是在规定的环境温度和湿度下，假定周围空气不流通，在长期连续使用负载而不损坏或基本不改变性能的情况下，电阻器上允许消耗的最大功率。当超过额定功率时，电阻器的阻值将发生变化，甚至发热烧毁。为保证安全使用，一般选用的额定功率比它在电路中消耗的功率要高 1~2 倍。

额定功率分 19 个等级，常用的有 1/8W，1/4W，1/2W，1W，2W，4W…在电路图中，非绕线电阻器额定功率的符号表示法如图 1-5 所示。

实际中应用较多的有 1/8W，1/4W，1/2W，1W，2W。线绕电位器应用较多的有 2W，3W，5W，10W。

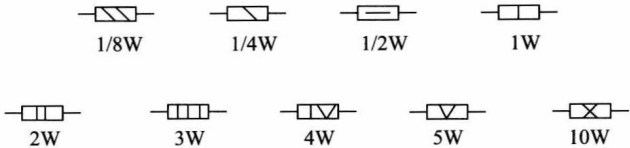


图 1-5 额定功率的符号表示法

(2) 标称阻值：标称阻值是产品标志的“名义”阻值，其单位为欧姆（Ω）、千欧（kΩ）、兆欧（MΩ）。标称阻值系列如表 1-2 所示。
 任何固定电阻器的阻值都应符合表 1-2 所列数值乘以 $10^n\Omega$ ，其中 n 为整数。

表 1-2 标称阻值系列

系列代号	允许误差	标称阻值系列											
E6	±20%	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8						
E12	±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
E24	±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

(3) 允许误差：允许误差是指电阻器和电位器实际阻值对于标称阻值的最大允许偏差范围。它表示产品的精度。允许误差等级如表 1-3 所示。线绕电位器的允许误差一般小于 ±10%，非线绕电位器的允许误差一般小于 ±20%。

表 1-3 允许误差等级

级别	005	01	02	I	II	III
允许误差	±0.5%	±1%	±2%	±5%	±10%	±20%

电阻器的阻值和误差，一般都用数字标印在电阻器上，但字体很小。一些合成电阻器的阻值和误差常用色环来表示，也就是用不同颜色的色环在电阻器的表面标志出其最主要的参数的标记，色标所代表的意义如表 1-4 所示。

表 1-4 色标所代表的意义

色环颜色	有效数字	乘数	允许误差/%	工作电压/V
银色	—	10^{-2}	±10	—
金色	—	10^{-1}	±5	—
黑色	0	10^0	—	4
棕色	1	10^1	±1	6.3
红色	2	10^2	±2	10
橙色	3	10^3	—	16
黄色	4	10^4	—	25
绿色	5	10^5	±0.5	32
蓝色	6	10^6	±0.2	40
紫色	7	10^7	±0.1	50
灰色	8	10^8	—	63
白色	9	10^9	+5 ~ -20	—
无色	—	—	±20	—

注：此表也适用于电容器，其工作电压的颜色标记只适用于电解电容器，同时色点应在正极。

色环电阻器有三环、四环、五环三种标法。

三环色标电阻器：只表示标称电阻值（精度均为 $\pm 20\%$ ）。

四环色标电阻器：表示标称电阻值（两位有效数字）和精度。

五环色标电阻器：表示标称电阻值（三位有效数字）和精度。

电阻器色环的表示含义如图 1-6 所示，靠近电阻器端面一端的色环为第一环。如一三环电阻器的色环为棕、红、红，则此电阻器的标称阻值为 1200Ω ，允许误差为 $\pm 20\%$ 。如一五环电阻器的色环为棕、紫、绿、金、棕，则此电阻器的标称阻值为 17.5Ω ，允许误差为 $\pm 1\%$ ，为区分五环电阻器的色环顺序，第五色环的宽度比另外四环要大。

在读取色环电阻器的阻值时应注意以下几点。

①熟记表 1-4 中色数对应关系。

②找出色环电阻器的第一环，其方法有：色环靠近引出端最近的一环为第一环，四环电阻器多以金、银色作为误差环，五环电阻器多以棕色作为误差环。

③色环电阻器标记不清或个人辨色能力差时，只能用万用表测量。

数码法是用三位数码表示电阻的标称值。数码从左到右，前两位为有效值，第三位是有效值后零的个数，即表示在前两位有效值后所加零的个数，单位为“ Ω ”。例如：152 表示在 15 后面加 2 个“0”，即 $1500\Omega = 1.5\text{k}\Omega$ 。此种方法在贴片电阻中使用较多。

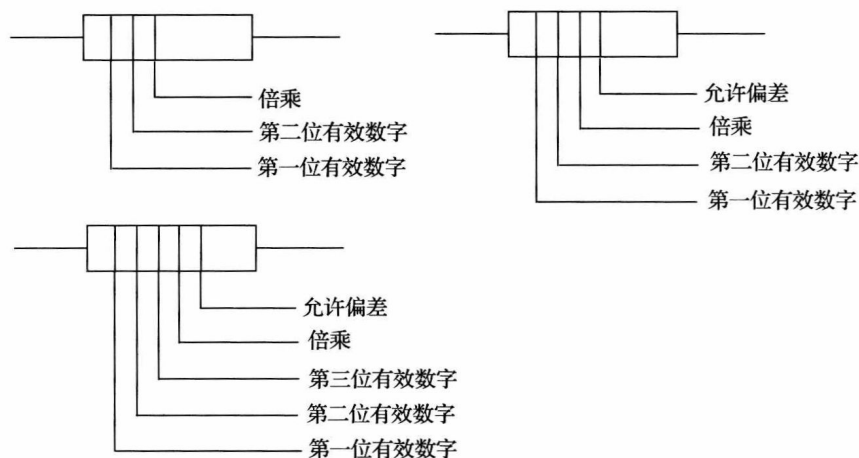


图 1-6 电阻器色环所表示的含义

例如，四环电阻器的第一、二、三、四道色环分别为绿、棕、红、金色，则该电阻的阻值和误差分别为

$$R = (5 \times 10 + 1) \times 10^2 \Omega = 5.1\text{k}\Omega, \text{ 误差为 } \pm 5\%$$

(4) 最高工作电压：最高工作电压是由电阻器、电位器最大电流密度、电阻体击穿及其结构等因素所规定的工作电压限度。对阻值较大的电阻器，当工作电压过高时，虽功率不超过规定值，但内部会发生电弧火花放电，导致电阻器变质损坏。一般 $1/8\text{W}$ 碳膜电阻器和金属膜电阻器的最高工作电压分别不能超过 150V 或 200V 。

1.1.1.4 电阻器电阻的测试方法

测量电阻的方法很多,可用欧姆表、电阻电桥和数字欧姆表直接测量,也可根据欧姆定律 $R = U/I$,通过测量流过电阻器的电流 I 及电阻器上的压降 U 来间接测量电阻。

当测量精度要求较高时,可采用电阻电桥来测量电阻。电阻电桥有单臂电桥(惠斯通电桥)和双臂电桥(开尔文电桥)两种。这里不做详细介绍。

当测量精度要求不高时,可直接用欧姆表测量电阻。现以 MF-47 型万用表为例,介绍测量电阻的方法。首先将万用表的功能选择挡位开关置 Ω 挡,量程波段开关至合适挡。将两根测试笔短接,表头指针应在刻度线零点;若不在零点,则要调节“ Ω ”旋钮(零欧姆调整电位器)回零。调回零后即可把被测电阻接于两根测试笔之间,此时表头指针偏转,待稳定后可从刻度线上直接读出所示数值,再乘上事先所选择的量程,即可得到被测电阻的阻值。当另换量程挡时必须再次短接测试笔,重新调零。每换一次量程挡,都必须调零。

特别要指出的是,测大阻值电阻器,不能用手捏着电阻器引线,防止人体与被测电阻器并联,测量不准;测小阻值电阻器,要将引线刮干净,保证表笔与电阻器引线的良好接触。

1.1.1.5 电阻器选择常识

(1) 根据电子设备的技术指标和电路的具体要求选用电阻器的型号和误差等级。

(2) 使用时要注意电阻器所承受的功率是否合适,防止其受热损坏,要求额定功率要比承受功率大 1.5~2 倍。

(3) 电阻器装配前应进行测量、核对,尤其是在精密电子仪器设备装配时,还需经人工老化处理,以提高稳定性。

(4) 在装配电子仪器时,若选用非色环电阻器,则应将电阻器标称阻值标志朝上,且标志顺序一致,以便于观察。

(5) 焊接电阻器时,烙铁停留时间不宜过长。

(6) 电阻器种类繁多,性能各不相同,应用范围有很大区别。在耐热性、稳定性、可靠性要求较高的电路中,应选用金属膜或金属氧化膜电阻器;在要求功率大、耐热性好、工作频率不高的电路中,可选用线绕电阻器。

(7) 电路中阻值不满足实际需要时,可采用串联或者并联的方法。串联或者并联时,应考虑其额定功率。阻值相同的电阻器串联或并联,额定功率等于各个电阻器额定功率之和。阻值不同的电阻器串联时,额定功率取决于高阻值电阻器;并联时,取决于低阻值电阻器,且需计算方可应用。

1.1.2 常用电容器

1.1.2.1 电容器的分类

电容器是电子电路中常用的元件,它由两个金属电极,中间夹一层电介质构成。电容器是储能元件。电容器在电路中具有隔断直流、通过交流的特性,通常可完成滤波、旁路、级间耦合,以及与电阻器或电感器组成振荡回路等功能。电容器按以下两

种情况分类。

(1) 按结构分

①固定电容器。容量是固定不可调的电容器，我们称之为固定电容器。图1-7所示为几种固定电容器的外形和电路符号。



图1-7 固定电容器外形及符号

②半可变电容器（微调电容器）。电容器容量可在小范围内变化，其可变电容量为几皮法至几十皮法，最高达100pF（以陶瓷为介质时），适用于整机调整后电容量无须经常改变的场合。微调电容器常以空气、云母或陶瓷作为介质。其外形和电路符号如图1-8所示。

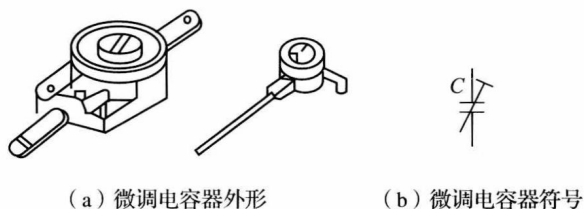


图1-8 微调电容器外形及符号

③可变电容器。电容器容量可在一定范围内连续变化，常有“单联”“双联”之分。它们由若干片状相同的金属片拼接成一组定片和一组动片，其外形及符号如图1-9所示。动片可以通过转轴转动，以改变动片插入定片的面积，从而改变电容量。一般以空气作为介质，也有用有机薄膜作为介质的，但后者的温度系数较大。

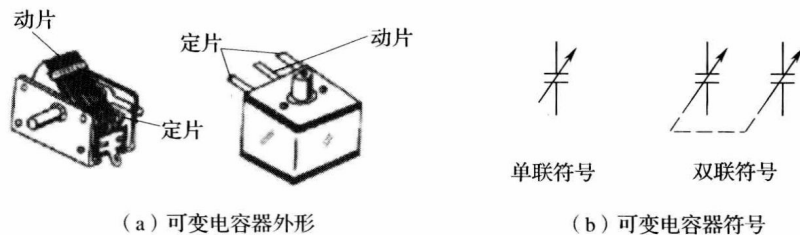


图1-9 可变电容器外形及符号