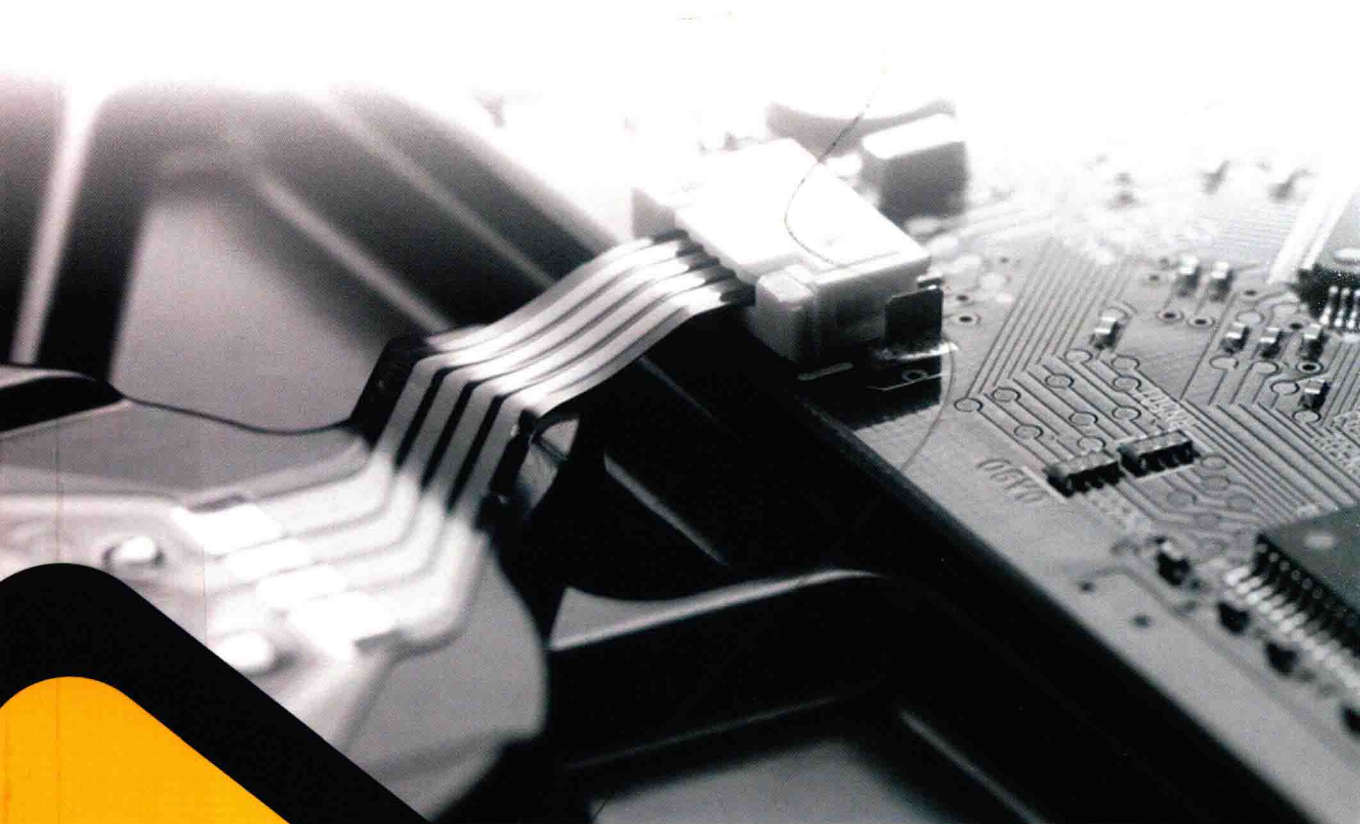




企业新型学徒制培训教材

电子工艺基础

人力资源社会保障部教材办公室 组织编写



中国劳动社会保障出版社



企业新型学徒制培训教材

电子工艺基础

人力资源社会保障部教材办公室 组织编写

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺基础 / 人力资源社会保障部教材办公室组织编写. -- 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2019

企业新型学徒制培训教材

ISBN 978 - 7 - 5167 - 3922 - 8

I. ①电… II. ①人… III. ①电子技术-职业培训-教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 040955 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

*

三河市华骏印务包装有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 9.75 印张 227 千字

2019 年 3 月第 1 版 2019 年 3 月第 1 次印刷

定价: 28.00 元

读者服务部电话: (010) 64929211/84209101/64921644

营销中心电话: (010) 64962347

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

如有印装差错, 请与本社联系调换: (010) 50948191

我社将与版权执法机关配合, 大力打击盗印、销售和使用盗版图书活动, 敬请广大读者协助举报, 经查实将给予举报者奖励。

举报电话: (010) 64954652

企业新型学徒制培训教材

编审委员会

主 任：张立新 张 斌

副主任：王晓君 魏丽君

委 员：王 霄 项声闻 杨 奕 蔡 兵
刘素华 张 伟 吕红文

前 言

为贯彻落实党的十九大精神，加快建设知识型、技能型、创新型劳动者大军，按照中共中央、国务院《新时期产业工人队伍建设改革方案》《关于推行终身职业技能培训制度的意见》有关要求，人力资源社会保障部、财政部印发了《关于全面推进企业新型学徒制的意见》，在全国范围内部署开展以“招工即招生、入企即入校、企校双师联合培养”为主要内容的企业新型学徒制工作。这是职业培训工作改革创新的新举措、新要求和新任务，对于促进产业转型升级和现代企业发展、扩大技能人才培养规模、创新中国特色技能人才培养模式、促进劳动者实现高质量就业等都具有重要的意义。

为配合企业新型学徒制工作的推行，人力资源社会保障部教材办公室组织相关行业企业和职业院校的专家，编写了系列全新的企业新型学徒制培训教材。

该系列教材紧贴国家职业技能标准和企业工作岗位技能要求，以培养符合企业岗位需求的中、高级技术工人目标，契合企校双师带徒、工学交替的培训特点，遵循“企校双制、工学一体”的培养模式，突出体现了培训的针对性和有效性。

企业新型学徒制培训教材由三类教材组成，包括通用素质类、专业基础类和操作技能类。首批开发出版《入企必读》《职业素养》《工匠精神》《安全生产》《法律常识》等16种通用素质类教材和专业基础类教材。同时，统一制订新型学徒制培训指导计划（试行）和各教材培训大纲。在教材开发的同时，积极探索“互联网+职业培训”培训模式，配套开发数字课程和教学资源，实现线上线下培训资源的有机衔接。

企业新型学徒制培训教材是技工院校、职业院校、职业培训机构、企业培训中心等教育培训机构和行业企业开展企业新型学徒制培训的重要教学规范和教学资源。

本教材由张宪、卢小林、张大鹏、韩凯鸽编写，李子玉、赵利军审稿。教材在编写中得到北京市职业培训指导中心、天津市军事交通学院、首钢技师学院的大力支持，在此表示衷心感谢。

企业新型学徒制培训教材编写是一项探索性工作，欢迎开展新型学徒制培训的相关企业、培训机构和培训学员在使用中提出宝贵意见，以臻完善。

人力资源社会保障部教材办公室

目 录

第1章 常用电子元器件

第1节 电阻器的性能与检测 / 002

- 一、电阻器的性能指标 / 002
- 二、电阻器的选用 / 005
- 三、电阻器的检测与安装 / 007

第2节 电容器的性能与检测 / 009

- 一、电容器的性能指标 / 009
- 二、电容器的选用 / 011
- 三、电容器的检测 / 013

第3节 电位器的功能与检测 / 016

- 一、电位器的分类 / 016
- 二、电位器的选用与安装 / 017
- 三、电位器的检测 / 018

第4节 电感器的功能与检测 / 020

- 一、电感器的分类和型号 / 021
- 二、电感器的检测 / 021
- 三、使用和装配电感器时应注意的问题 / 023

第5节 变压器 / 024

- 一、变压器的结构 / 024
- 二、变压器的作用 / 025
- 三、变压器的额定数据 / 025

第6节 晶体二极管的使用与检测 / 027

- 一、半导体及其特性 / 027
- 二、晶体二极管 / 028
- 三、稳压二极管 / 030

第7节 晶体三极管的使用与检测 / 032

- 一、晶体三极管的结构 / 032
- 二、晶体三极管的主要参数 / 033
- 三、晶体三极管的检查 / 034

第 8 节 场效应晶体管的使用与检测 / 037

- 一、场效应晶体管的分类 / 037
- 二、场效应晶体管的引脚识别 / 038
- 三、场效应管使用中的注意事项 / 040
- 四、结型场效应管的检测 / 041

第 9 节 晶闸管的使用与检测 / 042

- 一、晶闸管的结构 / 042
- 二、晶闸管的检测 / 043

第 10 节 集成电路的使用与检测 / 045

- 一、集成电路的结构 / 045
- 二、集成电路的引脚识别 / 046
- 三、集成电路的更换 / 047

第 2 章**常用电子测量仪器的使用****第 1 节 电子测量的基本知识 / 050**

- 一、概述 / 050
- 二、电子测量仪器的分类 / 050

第 2 节 示波器 / 052

- 一、概述 / 052
- 二、示波器的分类与特点 / 053
- 三、示波器的组成 / 054
- 四、ST-16 型示波器面板布局及
主要技术性能 / 056
- 五、数字示波器 / 058

第 3 节 信号发生器 / 061

- 一、信号发生器的分类与指标 / 061
- 二、XD1 型低频信号发生器 / 062
- 三、XD2 型低频信号发生器 / 064
- 四、高频信号发生器 / 065
- 五、函数信号发生器 / 066

第 4 节 晶体管毫伏表 / 069

- 一、DA-16 型晶体管毫伏表 / 069
- 二、DA-1 型超高频毫伏表 / 070

第 5 节 其他测量仪器 / 072

- 一、直流稳压电源的正确使用 / 072
- 二、直流电桥的正确使用 / 072
- 三、万用电桥的正确使用 / 074

第 6 节 指针式万用表 / 076

- 一、万用表的组成 / 076
- 二、万用表的正确使用 / 077

第3章 电子电路

三、万用表测量直流电流 / 078

四、万用表测量直流电压 / 079

五、万用表测量交流电压 / 080

六、万用表测量交流电流 / 080

七、万用表测量电阻 / 081

第7节 数字式万用表 / 083

一、数字式万用表的特点 / 083

二、DT-890 型数字式万用表主要技术性能 / 084

三、DT-890 型数字式万用表的使用 / 085

第1节 基本放大电路 / 088

一、单管放大电路的组成 / 088

二、放大电路的分析 / 089

三、工作点稳定的放大电路 / 091

四、射极输出器 / 092

五、多级放大电路 / 092

六、功率放大电路 / 093

第2节 集成运算放大器 / 094

一、集成运算放大器的组成 / 094

二、反相输入比例运算电路 / 094

三、同相输入比例运算电路 / 095

四、加法运算电路 / 095

五、减法运算电路 / 096

第3节 整流、滤波电路 / 097

一、整流电路 / 098

二、滤波电路 / 102

第4节 直流稳压电路 / 107

一、简单稳压电路 / 107

二、串联调整型稳压电路 / 108

三、集成稳压电路 / 112

第5节 数字电路 / 115

一、逻辑门电路 / 115

二、组合逻辑电路的分析与设计 / 118

三、时序逻辑电路 / 119

第1节 装配工具 / 122

一、试电笔 / 122

二、钢丝钳 / 123

三、电工刀 / 124

四、螺钉旋具 / 124

第4章

电子设备装配的基本技能

五、尖嘴钳 / 126

六、斜口钳 / 126

七、剥线钳 / 126

八、活扳手 / 127

九、电烙铁 / 127

第2节 元器件的装配技能 / 129

一、元器件的识别与测试 / 129

二、元器件的装配 / 131

第3节 导线线端加工与捆扎 / 135

一、导线线端加工工艺 / 135

二、线扎加工 / 137

第4节 电子设备的装配技能 / 139

一、装配前的准备工作 / 140

二、零部件的装配 / 141

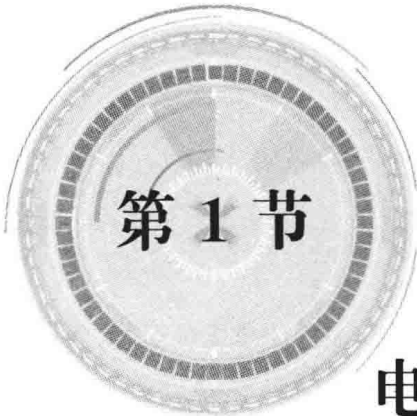
三、整机装配的特点 / 142

四、总装 / 142

五、装配技能训练 / 143

第1章

常用电子元器件



电阻器的性能与检测

电阻器是电路元件中应用最广泛的一种，在电子设备中约占元件总数的 30％以上，其质量的好坏对电路工作的稳定性有极大影响。电阻器主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压，其次还可作为分流器、分压器和消耗电能的负载等。

按结构电阻器可分为固定式、可变式和敏感式三大类。

固定式电阻器一般称为电阻，根据制作材料和工艺不同，可分为膜式电阻、实芯式电阻、金属线绕电阻。

膜式电阻包括碳膜电阻、金属膜电阻、合成膜电阻和氧化膜电阻等。

实芯式电阻包括有机实芯电阻和无机实芯电阻。

金属线绕电阻包括通用线绕电阻、精密线绕电阻、功率型线绕电阻、高频线绕电阻。

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。

敏感式电阻包括光敏电阻、热敏电阻、压敏电阻、湿敏电阻、气敏电阻、力敏电阻、磁敏电阻。

一、电阻器的性能指标

1. 电阻器的型号命名

电阻器的型号命名详见表 1—1。

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	包括额定功率、阻值、允许误差、精度等级
RP	电位器	P	硼碳膜	3	超高频	
		U	硅碳膜	4	高阻	
		C	沉积膜	5	高温	
		H	合成膜	7	精密	

续表

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	
		I	玻璃釉膜	8	电阻器——高压	
		J	金属膜（箔）		电位器——特殊函数	
		Y	氧化膜	9	特殊	
		S	有机实芯	G	高功率	
		N	无机实芯	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	

示例：RJ71-0.125-5.1k I 电阻器型号的命名含义。

	R	J	7	1	0.125	5.1k	I	
主称：电阻器								允许误差：I级(±5%)
材料：金属膜								标称阻值：5.1 kΩ
特征：精密								额定功率： $\frac{1}{8}$ W
序号：1								

由此可见，这是精密金属膜电阻器，其额定功率为 $\frac{1}{8}$ W，标称电阻值为5.1 kΩ，允许误差为±5%。

2. 电阻器的主要性能指标

电阻器的主要性能指标有标称阻值和允许误差、额定功率、最大工作电压、温度系数、电压系数、噪声电动势、高频特性、老化系数等。

3. 电阻器的标称阻值

标称阻值是指电阻器表面上标出的电阻值。其单位为欧(Ω)，或标以千欧(kΩ)、兆欧(MΩ)。对热敏电阻器则指25℃时的阻值。标称阻值系列见表1—2。

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 Ω，其中 n 为整数。

表 1—2

标称阻值

允许误差	系列代号	标称阻值系列														
±5%	E24	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						
±10%	E12	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2			
±20%	E6	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8									

4. 电阻器的允许误差等级

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误差范围。它表示产品

的精度。一个电阻器的实际阻值不可能绝对等于标称阻值，总是有一定偏差的，两者间的偏差允许范围称为允许误差。一般允许误差小的电阻器，其阻值精度就高，稳定性也好，但生产要求也相应提高，成本提高，价格也就贵些。电阻器的电阻允许误差应根据电路或整机实际要求来选用。例如，通常的电子制作实验对电阻精度大多无特殊要求，可选用普通型的电阻器（允许误差为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 均可）；在测量仪表（如万用表）及精密仪器中，对许多电阻器都要求高精度（如 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 等），不能选用普通精度的电阻器。

允许误差等级见表 1—3。线绕电阻器允许误差一般小于 $\pm 10\%$ ，非线性绕电阻器的允许误差一般小于 $\pm 20\%$ 。

表 1—3 允许误差等级

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

电阻器的阻值和误差，一般都用数字标印在电阻器上，但一些体积很小的合成电阻器，其阻值和误差常用色环来表示，如图 1—1 所示。它是在靠近电阻器的一端画有四道或五道（精密电阻）色环。其中，第一道色环、第二道色环以及精密电阻的第三道色环都表示其相应位数的数字；其后的一道色环则表示前面数字再乘以 10^n ；最后一道色环表示阻值的允许误差。各种颜色所代表的意义见表 1—4。

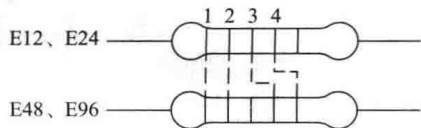


图 1—1 阻值和误差的色环标记

表 1—4 色环颜色的意义

颜色 数值	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	本色
代表数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
允许误差	F ($\pm 1\%$)	G ($\pm 2\%$)				D ($\pm 0.5\%$)	C ($\pm 0.25\%$)	B ($\pm 0.1\%$)			J ($\pm 5\%$)	K ($\pm 10\%$)	$\pm 20\%$

例如，四色环电阻器的第一、二、三、四道色环分别为棕、绿、红、金色，则该电阻的阻值和误差分别为：

$$R = (1 \times 10 + 5) \times 10^2 \Omega = 1\,500 \Omega \text{ (误差为 } \pm 5\%)$$

5. 电阻器的额定功率

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。不同材料的电阻器额定功率与电阻器外形尺寸及应用的环境温度有关。在选用时，根据电阻器的额定功率和环境温度的不同，应当留有不同的裕量。为保证电阻器安全工作，一般选其额定功率比它在电路中消耗的功率高 1~2 倍。

额定功率分 19 个等级，常用的有 $\frac{1}{20} \text{ W}$ 、 $\frac{1}{8} \text{ W}$ 、 $\frac{1}{4} \text{ W}$ 、 $\frac{1}{2} \text{ W}$ 、 1 W 、 2 W 、 4 W 、 5 W 等。

在电路图中，电阻器额定功率的符号表示法如图 1—2 所示。

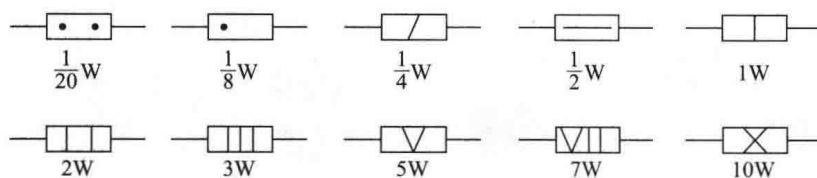


图 1—2 额定功率的符号表示法

实际中应用较多的电阻器额定功率有 $\frac{1}{4}$ W、 $\frac{1}{2}$ W、1 W、2 W。线绕电阻器应用较多的有 2 W、3 W、5 W、10 W 等。

电阻器的额定功率系列见表 1—5。

表 1—5

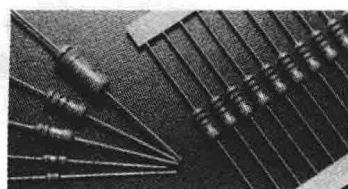
电阻器的额定功率系列

类别	额定功率系列
线绕电阻	0.05 W、0.125 W、0.25 W、0.5 W、1 W、2 W、4 W、8 W、10 W、16 W、25 W、40 W、50 W、75 W、100 W、150 W、250 W、500 W
非线绕电阻	0.05 W、0.125 W、0.25 W、0.5 W、1 W、2 W、5 W、10 W、25 W、50 W、100 W

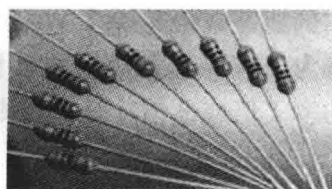
二、电阻器的选用

电阻器的选用是一项较复杂的工作。要想正确选用好各种电阻器，必须根据前面所介绍的电阻器的基本知识、电阻器的参数、各类型电阻器的性能特点，按各种电子设备电路实际要求进行选用。

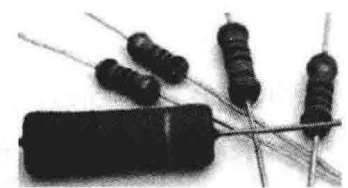
图 1—3 所示为常用的几种电阻器实物图。



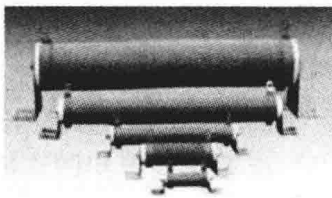
a)



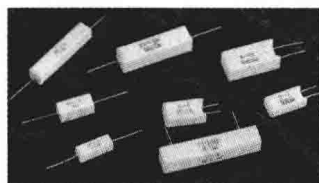
b)



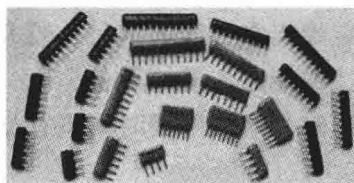
c)



d)



e)



f)

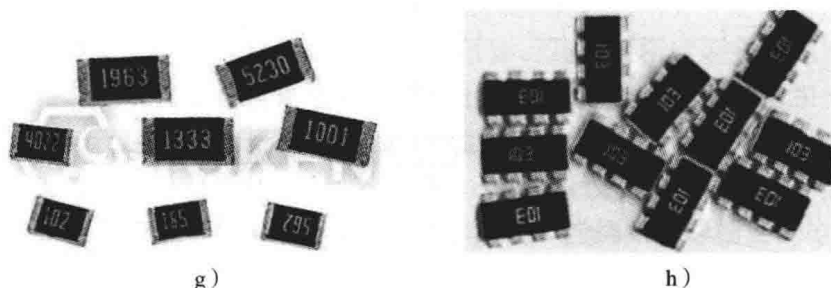


图 1—3 常用的几种电阻器实物

a) 碳膜电阻 b) 金属膜电阻 c) 金属氧化膜电阻 d) 大功率涂漆线绕电阻器
e) 水泥电阻 f) 直插排阻 g) 贴片电阻 h) 贴片排阻

除了上述电阻器外,还有特殊类型的电阻器,如棒状电阻器、管状电阻器、片状电阻器、纽扣状电阻器,以及具有双重功能的熔断电阻器等。应根据电子电路及装置的使用条件和电路中的具体要求来选用,不要片面采用高精度的。电阻器选用必须满足的主要参数是阻值和额定功率。

1. 优先选用标准系列的电阻器

在电子装置装配中,要优先选用标准系列的电阻器。这样,既能满足使用要求,又方便经济。如果选用非标准系列的电阻器,可能不容易找到,既不方便也不经济,同时也会给今后的维修工作带来一定的困难,因为以后要想找替换电阻器更是不容易。另外,从生产管理、降低成本(生产节约)方面着想,也应优先选用标准系列的电阻器。

2. 正确选用电阻器的功率

在电子装置装配中,所选用电阻器的功率,原则上按电路图样上所标注的数据选用就可以了。因为原先电路对要选用的电阻器功率数据,一般都做了细致考虑,不要再重新加大其裕量了。至于对那些标注不清的,要进行核算,必要时,选用的电阻器要加上裕量,以确保电路安全工作。例如,电路需要 1 W 的电阻器,那么,实际选用电阻器功率要大一些,一般选用额定功率为 2 W 的电阻器。在实际应用中,选用功率型电阻器的额定功率都要高于电路实际要求功率 1 倍或 2 倍才行,否则很难保障电路正常安全工作。

3. 选用电阻器时的注意事项

- (1) 根据电子设备的技术指标和电路的具体要求选用电阻的型号和误差等级。
- (2) 为提高设备的可靠性,延长使用寿命,应选用额定功率大于实际消耗功率 1.5~2 倍的电阻器。
- (3) 电阻装接前应进行测量、核对,尤其是在精密电子装置装配时,还需经人工时效处理,以提高稳定性。
- (4) 在装配电子装置时,若所用非色环电阻,则应将电阻标称值标识朝上,且标识顺序一致,以便于观察。
- (5) 电阻固定焊接在接线架上时,较大功率的线绕电阻应用螺钉或支架固定,以防因振动而折断引线或造成短路,损坏设备。
- (6) 焊接电阻时,烙铁停留时间不宜过长,以免电阻长时间受热引起阻值变化,影响设备正常工作。
- (7) 选用电阻时应根据电路中信号频率的高低来选择。一个电阻可等效成一个 R 、 L 、

C二端线性网络,如图1—4所示。不同类型的电阻, R 、 L 、 C 三个参数的大小有很大差异。线绕电阻本身是电感线圈,所以不能用于高频电路中。薄膜电阻中,电阻器上刻有螺旋槽的工作频率在10 MHz左右,未刻螺旋槽的(如RY型)工作频率则更高。

(8) 电路中如需串联或并联电阻来获得所需阻值时,应考虑其额定功率。阻值相同的电阻串联或并联,额定功率等于各个电阻额定功率之和;阻值不同的电阻串联时额定功率取决于高阻值电阻,并联时取决于低阻值电阻,且需计算方可应用。

(9) 电阻在存放和使用过程中,都应保持漆膜完整,不要互相碰撞、摩擦。否则,漆膜脱落后电阻防潮性能降低,容易使导电层损坏,造成条状导电带断裂,电阻失效。

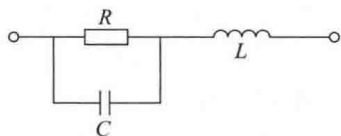


图 1—4 电阻器的等效电路

三、电阻器的检测与安装

1. 电阻器使用前的检测

电阻器在使用前必须逐个检查,应先检查一下外观有无损坏、引线是否生锈、端帽是否松动。尤其是组装较复杂的电子装置时,由于电阻多,极易搞错。要检查电阻器的型号、标称阻值、功率、误差等,还要从外观上检查一下引脚是否受伤,漆皮是否变色。最好用万用表测量一下阻值(见图1—5),测好后分别记下,并把它顺序插到一个纸板盒上,这样用时就不会搞错了。测量电阻时,注意手不要同时搭在电阻器的两脚上,以免造成测量误差。

用数字式万用表测量电阻器,所得阻值更为精确。测量方法如图1—6所示。

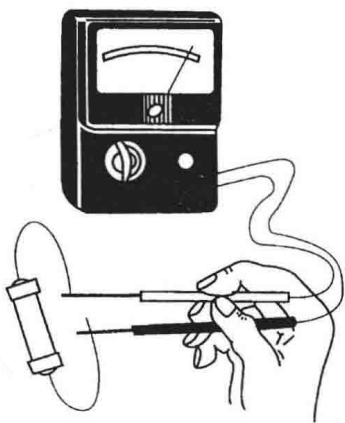


图 1—5 用万用表测量电阻的方法

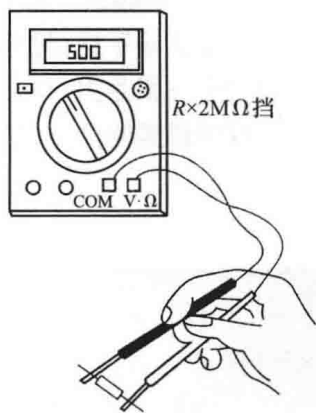


图 1—6 用数字万用表测量电阻器

将数字式万用表的红表笔插入“V·Ω”插孔,黑表笔插入“COM”插孔,之后将量程开关置于电阻挡(根据阻值确定),将数字式万用表的电源开关拨至“ON(开)”的位置,再将红表笔与黑表笔分别与被测电阻器的两个引脚相接,显示屏上便能显示出被测电阻器的阻值。

如果测得的结果为阻值无穷大,数字式万用表显示屏左端显示“1”或者“-1”,这时应选择稍大量程进行测量。

用数字式万用表测量电阻器时无须调零。

2. 电阻器的安装

电阻器在安装前,要把电阻器的引线刮光镀锡,确保焊接牢固可靠;尤其在高增益放大



电路中,更要防止虚焊,否则会引起严重噪声。

电阻器安装时,其引线不要过长或过短,小型电阻器的引线不要短于 5 mm。焊接时用钳、镊夹住引线根部,以防焊接热量影响电阻器质量。高频电路中,使用的电阻器的引线不要过长,以减小分布电感、电容。

电阻器的引线需要打弯时,应在距根部 3~5 mm 处打弯,并且不要反复弯曲。

电阻器在安装时,要将其标识向上或向外,便于测试和维修;并且将其两端安装在可靠的支点上,防止因振动造成短路、断路。安装发热较高的电阻器,要注意对周围其他元器件的影响,并采取适当措施。