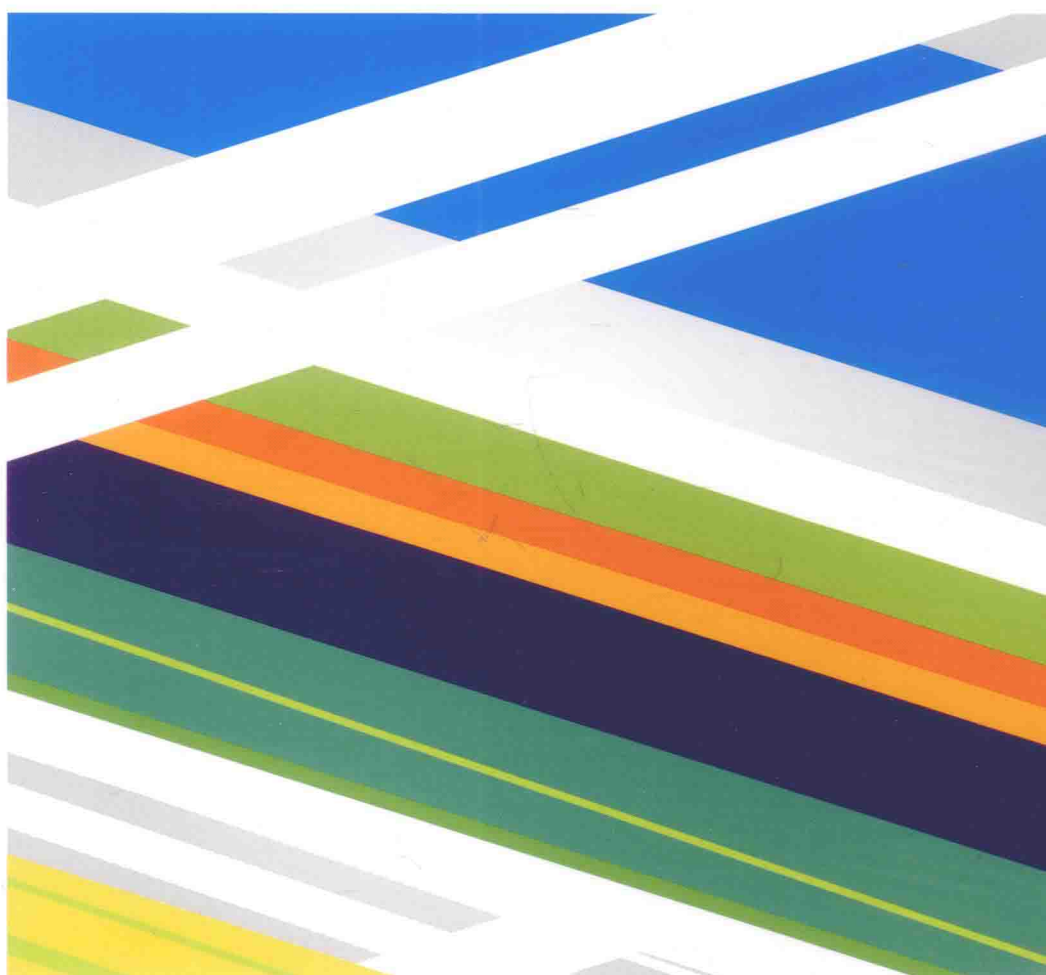




电子技能实训导论

管小明 黎军华 王怀平 冯 林 编

朱兆优 李跃忠 主审

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

电子技能实训导论

管小明 黎军华 王怀平 冯 林 编
朱兆优 李跃忠 主审



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是作者在多年教学实践与指导学生比赛的基础上编写的。全书分三大部分,共八章,主要包括:电子元器件、常用电子仪器仪表及使用、印制电路板的设计与制作、焊接技术、电子产品的调试与检测、层次渐进式案例教学项目等,并配有相关的课外制作与训练,设计举例将典型电路与趣味电路相结合,具有学生爱学、教师易教的编写特色。

本书既可作为普通高等院校理工科专业开设的电工电子实训、电子技术基础课程设计、电子工艺学等课程的实践教学参考书,还可供电子技术爱好者和有关技术人员学习和参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电子技能实训导论 / 管小明等编. —北京:北京理工大学出版社, 2016. 8

ISBN 978 - 7 - 5682 - 2995 - 1

I. ①电… II. ①管… III. ①电子技术 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 202846 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 14.25

字 数 / 335 千字

版 次 / 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 42.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

目前,电工电子技术应用极其广泛,发展非常迅速,电子信息类专业主要面向生产实际和工程技术开发而开设,在服务地方经济发展中占有较大比重。为了满足我国高等教育对应用技术型工程技术人才的培养要求,促进理论学习与动手实践的有机结合,加强对学生工程素质和创新意识的培养,作者根据多年的理论教学、指导学生比赛和电工电子实训实践指导等经验编写了《电子技能实训导论》。本书编写以技能培训为抓手,以培养适应产业转型升级和公共服务发展需要的高层次应用技术型人才为主要目标。

本书从教学实际出发,充分体现了应用型工程技术人才培养的特点,在内容上注意了广泛性、实用性和递进性。在保留实用的传统器件和工艺的基础上,增加了新器件、新工艺和新技术的介绍。内容以实践操作训练为主线,注重对学生工程技能训练进行规范,分级进行,循序渐进,从基础到综合,再到设计与创新,依据从简单到复杂的普遍认知规律和实验教学规律,具备学生爱学、教师易教的特点。

本书分三大部分,共八章,主要内容包括:电子元器件、常用电子仪器仪表及使用、印制电路板的设计与制作、焊接技术、电子产品的调试与检测、层次渐进式案例教学项目等。参加编写工作的有管小明、黎军华、王怀平、冯林。冯林编写第1章,王怀平编写第2、4章,管小明编写第3、5、8章,黎军华编写第6、7章。管小明担任本书主编,负责全书的统稿和定稿工作。

朱兆优和李跃忠两位教授对本书的编写和出版自始至终给予了大力支持和帮助,并认真细致地对全书进行了审阅,提出了宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢!在本书的编写过程中,还得到了张胜群、胡文龙、朱星华、袁芳、胡开明等老师的鼓励和帮助,在此谨致以深切的谢意!

由于编者时间及水平有限,书中不足之处在所难免,恳请读者给予批评指正。

编 者

2016年3月

目 录

第一部分 基础知识篇

第1章 电子元器件	3
1.1 电阻器	3
1.1.1 电阻器的特性	3
1.1.2 电阻器的种类及其命名方法	4
1.1.3 电阻器的主要参数及标志方法	6
1.1.4 电阻器的串、并联及其作用	8
1.1.5 电位器	9
1.1.6 特殊电阻器	12
1.2 电容器	13
1.2.1 电容器的型号命名方法	13
1.2.2 电容器的主要参数及标志方法	14
1.2.3 电容器的种类、结构及性能特点	15
1.2.4 可变电容器	18
1.2.5 电容器的选用及注意事项	18
1.3 电感器和变压器	19
1.3.1 电感器的型号命名方法	19
1.3.2 电感器的主要参数及标志方法	20
1.3.3 电感器的种类、结构及性能特点	21
1.3.4 变压器	22
1.3.5 电感器、变压器的选用及注意事项	23
1.4 半导体分立器件	24
1.4.1 半导体分立器件的型号命名方法	24
1.4.2 二极管	24
1.4.3 三极管	26
1.5 集成电路	29
1.5.1 集成电路的型号命名方法	30
1.5.2 集成电路的引脚识别及性能检测	32

1.5.3 集成电路的种类及选用	35
1.5.4 音乐及语音集成电路	36
1.6 其他电路元器件	39
1.6.1 电声器件	39
1.6.2 开关及继电器	42
1.6.3 接插件	45
1.7 电子元器件的一般选用原则	46
思考与练习	49
第2章 常用电子仪器仪表及使用	50
2.1 指针式万用表	50
2.2 数字万用表	54
2.3 SP1641D 型函数信号发生器/计数器	57
2.4 双踪示波器	60
2.4.1 示波器的基本结构	60
2.4.2 波形显示原理	61
2.4.3 GOS-620 双踪模拟示波器	65
2.5 仪器设备在使用时的接地和共地问题	71
2.5.1 接地问题	71
2.5.2 共地问题	72
2.5.3 模拟地和数字地	73
思考与练习	73

第二部分 基本技能篇

第3章 印制电路板的设计与制作	77
3.1 印制电路板的基础知识	77
3.1.1 常用覆铜板的种类	77
3.1.2 印制板的分类	78
3.1.3 印制电路的制作工艺	79
3.2 印制电路板的排版设计	80
3.2.1 印制电路板设计基础	80
3.2.2 焊盘及印制导线的设计	83
3.2.3 印制板图的设计	86
3.3 印制电路板的制造工艺	90
3.3.1 印制电路板制造过程的基本工序	90
3.3.2 印制电路板的生产工艺流程	91
3.3.3 手工自制印制电路板	93
3.3.4 印制电路板的检验	94

3.4 计算机辅助设计印制电路板	95
3.4.1 用 CAD 软件设计印制电路板的一般步骤	95
3.4.2 印制电路板 CAD 典型软件简介	96
思考与练习	98
第4章 焊接技术	99
4.1 焊接基础知识	99
4.1.1 锡焊的机理	99
4.1.2 锡焊的工艺要素	100
4.1.3 焊点的质量要求	101
4.2 焊接材料与工具	101
4.2.1 焊料	101
4.2.2 焊剂	102
4.2.3 阻焊剂	103
4.2.4 焊接工具	103
4.3 手工焊接技术	108
4.3.1 焊接前的准备	108
4.3.2 焊接操作的正确姿势	110
4.3.3 焊接操作的基本步骤	110
4.3.4 焊接操作的基本要领	111
4.3.5 焊接质量要求与缺陷分析	112
4.3.6 焊接后的清洗	116
4.3.7 手工拆焊技术	117
4.3.8 典型焊接方法与工艺	118
4.4 工业生产中电子产品的焊接技术	119
4.4.1 浸焊技术	119
4.4.2 波峰焊技术	120
4.4.3 再流焊技术	122
4.4.4 其他焊接方法	122
4.5 表面安装技术	122
4.5.1 表面安装技术简介	123
4.5.2 SMT 装配方案和生产设备	125
思考与练习	129
第5章 电子产品的调试与检测	131
5.1 电子电路读图方法	131
5.1.1 读图的基本要求	131
5.1.2 电路图、方框图及装配图三者的关系	132
5.1.3 读图的一般步骤	133
5.1.4 读图举例	134

5.2 电子产品的调试	138
5.2.1 调试人员的基本要求	138
5.2.2 电子产品的调试方法	139
5.2.3 调试的步骤	140
5.2.4 调试中的注意事项	141
5.3 电子产品的故障检测方法	142
5.3.1 故障现象和产生故障的原因	142
5.3.2 检查故障的一般方法	143
5.3.3 检测故障的注意事项	145
思考与练习	146

第三部分 实战技术篇

第6章 开启电子之旅	149
6.1 电路组装调试过程	149
6.1.1 面包板上的安装技巧	149
6.1.2 组装及调试的考核制度	150
6.2 电容充放电显示器	151
6.2.1 工作原理	151
6.2.2 面包板布局图	151
6.3 LED 闪烁电路	152
6.3.1 工作原理	152
6.3.2 面包板布局图	153
6.4 双音调电子门铃	153
6.4.1 工作原理	153
6.4.2 面包板布局图	154
6.5 三极管好坏判别器	154
6.5.1 工作原理	154
6.5.2 面包板布局图	155
6.6 电子萤火虫	156
6.6.1 工作原理	156
6.6.2 面包板布局图	156
6.7 直流电压倍压电路	157
6.7.1 工作原理	157
6.7.2 面包板布局图	158
6.8 声光计时器	158
6.8.1 工作原理	158
6.8.2 面包板布局图	159

课外训练	160
第7章 步入电子世界	162
7.1 语音放大器	162
7.1.1 结构分析及参数计算	162
7.1.2 电路原理分析	163
7.1.3 制作与调试	164
7.2 多路延时电子门铃	164
7.2.1 结构分析及参数计算	165
7.2.2 电路原理分析	165
7.2.3 制作与调试	166
7.3 叮咚音响门铃	167
7.3.1 器件选型及参数计算	167
7.3.2 电路原理分析	168
7.3.3 制作与调试	169
7.4 多点监控报警器	170
7.4.1 音调简介及参数计算	170
7.4.2 电路原理分析	172
7.4.3 制作与调试	173
7.5 流水灯电路	174
7.5.1 器件选型及参数计算	174
7.5.2 电路原理分析	175
7.5.3 制作与调试	175
7.6 收音机的组装调试	176
7.6.1 收音机的组成及工作原理	176
7.6.2 收音机的调试方法及步骤	177
课后制作	180
第8章 电子综合实训案例	184
8.1 频率合成器	185
8.1.1 锁相环简介	185
8.1.2 频率合成器设计方案及原理分析	185
8.1.3 组装与测试	187
8.2 数字温度计	188
8.2.1 数字温度计设计方案及工作原理	188
8.2.2 组装及调试	191
8.2.3 数字温度计的参数测试	193
8.3 LED 光立方	195
8.3.1 系统设计方案	195
8.3.2 硬件电路设计	195

8.3.3 软件设计	197
8.3.4 组装及调试	198
8.4 基于超声波的测距仪	200
8.4.1 超声波测距仪的原理	200
8.4.2 系统设计方案	200
8.4.3 硬件电路设计	201
8.4.4 软件设计	203
8.5 32×32 点阵 LED 书写屏	204
8.5.1 系统设计方案	205
8.5.2 硬件电路设计	206
8.5.3 软件设计	209
课后制作	211
参考文献	215

第一部分

基础知识篇

第 1 章

电子元器件

电子电路由电子元器件组合而成，因此，熟悉元器件的性能特点，合理选用元器件，是设计、维修电子电路者必不可少的前提。

1.1 电 阻 器

1.1.1 电阻器的特性

在电路中能起电阻作用的元件称为电阻器，简称电阻（Resistor，通常用“ R ”表示）。电阻是所有电子电路中使用最多的元件，其主要物理特征是变电能为热能，也可说它是一个耗能元件，电流经过它就产生热能。电阻在电路中通常起限流、分流、降压、分压、负载、取样等作用，对信号来说，交流与直流信号都可以通过电阻。

由实验可知，物体电阻的大小与长度 L 成正比，与其横截面积 S 成反比，用公式表示为：

$$R = \rho L / S$$

式中的比例系数 ρ 叫作物体的电阻系数或电阻率，它与物体材料的性质有关，在数值上等于单位长度、单位面积的物体在 20℃ 时所具有的电阻值。

表 1.1 列出了常用导体的电阻率。银、铜、铝等的电阻率比较小，因此，铜、铝被广泛用来制作导线。银的电阻率虽小，但由于价格很贵，常用作镀银线。而有些合金如康铜、镍铬合金等的电阻率较大，常用来制造电热器及电阻器的电阻丝。

表 1.1 常用导体的电阻率

材料名称	20℃ 时的电阻率 $\rho / (\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1})$
银	0.016
铜	0.017 2
金	0.022
铝	0.029
钼	0.047 7
钨	0.049

续表

材料名称	20 ℃时的电阻率 $\rho/(\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1})$
镍	0.059
铁	0.073
锡	0.105
铅	0.114
汞	0.206
碳	0.958
康铜 (54% 铜, 46% 镍)	0.50
锰铜 (86% 铜, 12% 锰, 2% 镍)	0.43

不同材料的电阻率是不同的。相同材料做成的导体, 直径越大电阻越小, 反之则越大。长度越长电阻越大, 反之则越小。

此外, 导体的电阻大小还与温度有关系。对金属材料, 其电阻值随着温度的升高而增大; 对石墨和碳, 其电阻值随着温度的升高而减小。

1.1.2 电阻器的种类及其命名方法

电阻器的种类很多, 按结构形式来分, 有固定电阻器、可变电阻器和电位器三种; 从构成电阻体的材料来分可分为合成碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、线绕电阻器等多种; 从误差范围来分, 有普通型 ($\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$) 和精密型 ($\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$) 等。

电阻器和电位器的型号一般由四个部分组成, 如图 1.1 所示。其中各部分的确切含义见表 1.2。例如: RJ71——精密金属膜电阻器; WSW1——微调有机实芯电位器。

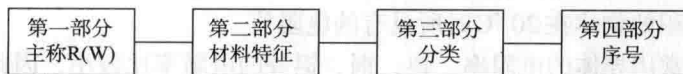


图 1.1 电阻器的型号命名

表 1.2 电阻器和电位器型号的命名方法

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		用数字或字母表示分类		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	序号, 由生产厂自定
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	
W	电位器	P	硼碳膜	2	普通	
		U	硅碳膜	3	超高频	
		H	合成膜	4	高阻	

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		用数字或字母表示分类		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	序号, 由生产厂自定
		I	玻璃釉膜	5	高温	
		J	金属膜 (箔)	7	精密	
		Y	氧化膜	8	电阻; 高压; 电位器; 特殊	
		S	有机实芯	9	特殊	
		N	无机实芯	G	高功率	
		X	线绕	T	可调	
		C	沉积膜	X	小型	
		G	光敏	L	测量用	
				W	微调	
				D	多圈	

常用电阻器、电位器的外形及图形符号如图 1.2 所示。

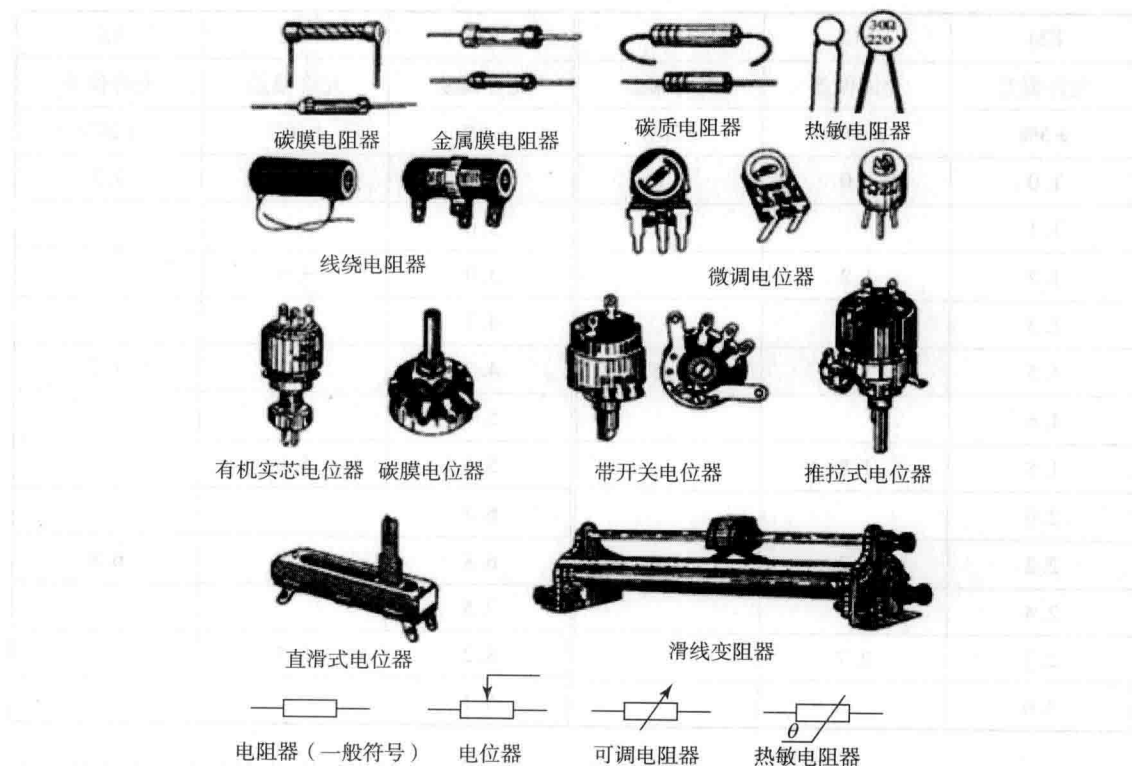


图 1.2 电阻器、电位器的外形及图形符号

1.1.3 电阻器的主要参数及标志方法

1. 电阻器的标称阻值和偏差

由于工业化大批量生产的电阻器不可能满足使用者对阻值的所有要求。一般选用一个特殊的几何级数，其通项公式为：

$$a_n = (\sqrt[k]{10})^{n-1} \times \sqrt[k]{10}$$

式中， $\sqrt[k]{10}$ 是几何级数的公比， n 是几何级数的项数。若在10内要求有6个值，则 k 选为6，公比是1.48，在10以内的6个值分别为1.1, 1.468, 2.154, 3.162, 4.642, 6.813，然后将数值归纳并取其接近值，则为1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8。电阻器的标称值系列就是将 k 分别选择为6, 12, 24, 48, 96, 192所得值化整后构成的几何级数数列，称为E6, E12, E24, E48, E96, W192系列，这些系列分别适用于允许偏差为 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 1\%$ 和 $\pm 0.5\%$ 的电阻器。

这种标称值系列（如表1.3所示）的优越性在于：在同一系列相邻两值中较小数值的正偏差与较大数值的负偏差彼此衔接或重叠，所以制造出来的电阻器，都可以按照一定标称值和误差分选，表1.3中的标称值可以乘以 10^n ，例如0.47 Ω ，4.7 Ω ，47 Ω ，470 Ω ，4.7 k Ω …

表 1.3 普通电阻器的标称阻值系列

E24	E12	E6	E24	E12	E6
允许偏差	允许偏差	允许偏差	允许偏差	允许偏差	允许偏差
$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
1.0	1.0	1.0	3.3	3.3	3.3
1.1			3.6		
1.2	1.2		3.9	3.9	
1.3			4.3		
1.5	1.5	1.5	4.7	4.7	4.7
1.6			5.1		
1.8	1.8		5.6	5.6	
2.0			6.2		
2.2	2.2	2.2	6.8	6.8	6.8
2.4			7.5		
2.7	2.7		8.2	8.2	
3.0			9.1		

电阻器的标称电阻值和偏差一般都直接标在电阻体上，其标识方法有三种：直标法、文字符号法和色标法。

(1) 直标法。直标法是用阿拉伯数字和单位符号在电阻器表面直接标出标称阻值,如图1.3所示,其允许偏差直接用百分数表示。

(2) 文字符号法。文字符号法是用阿拉伯数字和文字符号两者有规律地组合来表示标称阻值,其允许偏差也用文字符号表示,如表1.4所示。符号前面的数字表示整数阻值,后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值,其文字符号如表1.5所示。例如1R5表示1.5 Ω ,2K7表示2.7 k Ω 。

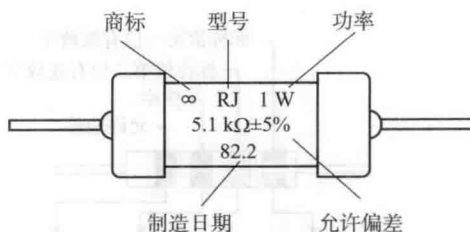


图 1.3 直标法表示的电阻器

表 1.4 表示允许偏差的文字符号

文字符号	允许偏差	文字符号	允许偏差
B	$\pm 0.1\%$	J	$\pm 5\%$
C	$\pm 0.25\%$	K	$\pm 10\%$
D	$\pm 0.5\%$	M	$\pm 20\%$
F	$\pm 1\%$	N	$\pm 30\%$
G	$\pm 2\%$		

表 1.5 表示电阻单位的文字符号

文字符号	所表示的单位
R	欧姆 (Ω)
K	千欧姆 ($10^3 \Omega$)
M	兆欧姆 ($10^6 \Omega$)
G	千兆 (吉) 欧姆 ($10^9 \Omega$)
T	兆兆 (太) 欧姆 ($10^{12} \Omega$)

(3) 色标法。色标法是用不同颜色的带或点在电阻器表面标出标称阻值和允许偏差。

①两位有效数字色标法。普通电阻器用四条色带表示标称阻值和允许偏差,其中三条表示阻值,一条表示偏差。例如,电阻器上的色带依次为绿、黑、橙、无色,则表示其标称阻值为 $50 \times 1\,000 = 50\text{ k}\Omega$,允许偏差为 $\pm 20\%$;又如电阻器上的色标是红、红、黑、金,则其阻值为 $22 \times 1 = 22\text{ }\Omega$,误差为5%,具体如图1.4所示。

②三位有效数字色标法。精密电阻器用五条色带表示标称阻值和允许偏差,如图1.5所示。例如色带是棕、蓝、绿、黑、棕,则表示 $165\text{ }\Omega \pm 1\%$ 的电阻器。

2. 电阻器的额定功率

额定功率指电阻器在正常大气压力(650~800 mmHg, 1 mmHg=0.133 kPa)及额定温度下,长期连续工作并能满足规定的性能要求时,所允许耗散的最大功率。

电阻器的额定功率也是采用了标准化的额定功率系列值,其中线绕电阻器的额定功率系