



电工电子技术

曾令琴 王海星 主编

高等教育出版社

全国高职高专教育规划教材

DIANGONG DIANZI JISHU

电工电子技术



曾令琴 王海星 主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书共分两篇 11 章, 第一篇是电工技术基础, 内容有: 第 1 章电路基本元器件的认识、第 2 章电路测量、第 3 章交流电的产生与应用、第 4 章三相交流电路、第 5 章磁路与变压器、第 6 章异步电动机及其控制技术; 第二篇是电子技术基础, 内容有: 第 7 章电子技术中常用半导体器件、第 8 章基本放大电路、第 9 章集成运算放大器、第 10 章逻辑门和组合逻辑电路、第 11 章触发器与时序逻辑电路。本书突出了理实结合及工程应用特色, 全书内容由浅入深, 语言通俗易懂。内容编排上由器件到基本单元控制电路, 从认识到实践, 在偏重于实际技能学习的基础上, 将理论与实际有机结合, 使学习者感到学有所用。另外, 本书为立体化建设, 向使用者提供课程教学大纲、节后问题与思考解析和章后自测题详解, 鉴于目前各校都很重视现代化教育教学手段的应用, 还向使用本教材的教师和读者提供实操性很强的高水平教学课件, 把实际电路器件及设备引进课堂, 以增加学生的学习兴趣 and 认知能力。

本书不仅可作为高等职业教育相关专业的教材, 同样适用于应用性本科相关专业, 也可以供从事现场工作的电气工程技术人員参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

电工电子技术 / 曾令琴, 王海星主编. -- 北京 :
高等教育出版社, 2014. 8
ISBN 978 - 7 - 04 - 039840 - 3

I. ①电… II. ①曾… ②王… III. ①电工技术 - 高等学校 - 教材②电子技术 - 高等学校 - 教材 IV. ①TM
②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 105123 号

策划编辑 王莉莉
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 王莉莉
责任校对 孟 玲

封面设计 杨立新
责任印制 田 甜

版式设计 王艳红

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京铭成印刷有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 21.5
字 数 470 千字
购书热线 010 - 58581118

咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2014 年 8 月第 1 版
印 次 2014 年 8 月第 1 次印刷
定 价 33.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 39840 - 00

前言

职业技术教育是国家工业化和现代化的重要支柱,职业技术教育相关教材的优劣直接影响职业技术教育的质量。根据教育部制定的《高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求》及多年的实践教学经验,我们组织编写了这本适用于非电各专业的《电工电子技术》教材。“电工电子技术”课程是非电类特别是机类各专业学生知识结构的重要组成部分,在人才培养中起着十分重要的作用,具有很强的实践性。

本书在编写过程中,编者围绕“应用型”、“技能型”人才培养目标,一方面力求基本概念的阐述清楚、准确,理论问题的研究浅显易懂,实际应用部分体现先进性和前瞻性;另一方面也注意避开“烫剩饭”式的低层次徘徊。编写教材的过程中,特别注重本书的实用性,坚持以实为本,联系实际,体现实用,避开高深理论推导和元器件内部电路的过细研究,注重元器件的外部特性及连线技能,同时兼顾对学生的素质、能力方面的培养。根据课程内容的广泛性与复杂性,本书不仅采用科学、合理的方法对教学内容进行理实结合的归类合并,而且加入了相关实验教学指导和实习教学指导项目;真正把立足点移到了工程技术实际应用上,做到既为学习后续课程服务,又能直接服务于工程技术应用能力的培养,具有很强的实践性。本书知识结构合理、有序、宽泛,不同专业可根据学时安排及需求,选择与本专业紧密相关的章节和实践环节。

本书共11章,由河南理工大学万方科技学院曾令琴、王海星担任主编。其中曾令琴编写第7章、第8章,并对全书进行统稿;王海星编写第3章、第5章和第6章,对第一篇进行统稿。黄河水利职业技术学院曾赞担任副主编,编写第10章和第11章,对第二篇进行统稿;河南理工大学万方科技学院的岳新伟编写第4章和第9章;黄河水利职业技术学院王磊编写第1章和第2章。

为了给教师的教学和学生的学习提供优质教学资源和学习上的方便,编者对教材进行了立体化建设,除了纸质主教材外,还制作了实用性极高的教学课件,并且提供与教材相配套的教学大纲、试题库、习题详细解析等。

限于编者水平,错误和不妥处在所难免,敬请使用本书的教师和工程技术人员对书中存在的错漏和不足之处,能及时给予批评指正。

作者联系方式: Email: zlingqin@163.com

编者

2014年2月

目 录

第一篇 电工技术基础

第1章 电路基本元器件的认识	3	1.4 理想电路元件和电路模型	27
1.1 电阻的识别、应用和测量	3	1.4.1 理想电路元件	27
1.1.1 电阻概述	3	1.4.2 电路模型	28
1.1.2 电阻器	4	1.4.3 电源模型及其等效互换	29
1.1.3 电阻标称值的识别方法	5	问题与思考	30
1.1.4 电阻的应用	8	技能训练	30
1.1.5 电阻的选用	11	第1章检测题	34
1.1.6 电阻的测量	12	第2章 电路测量	37
问题与思考	15	2.1 电流及其测量	37
技能训练	15	2.1.1 电流	37
1.2 电感的识别、应用和测量	16	2.1.2 结点电流定律(KCL)	38
1.2.1 电感概述	16	2.1.3 电流的测量	40
1.2.2 电感器	17	问题与思考	40
1.2.3 电感标称值的标示方法	18	技能训练	41
1.2.4 电感器的技术参数	18	2.2 电位及其测量	41
1.2.5 电感器的使用	19	2.2.1 电位	41
问题与思考	19	2.2.2 电位的计算	41
技能与训练	19	2.2.3 电位的测量	43
1.3 电容的识别、应用和测量	20	问题与思考	43
1.3.1 电容器概述	20	技能训练	43
1.3.2 电容器	22	2.3 电压及其测量	43
1.3.3 电容器标称值的识别方法	24	2.3.1 电压	43
1.3.4 电容器的技术参数	25	2.3.2 回路电压定律(KVL)	44
1.3.5 电容器的选用	25	2.3.3 电压的测量	45
问题与思考	26	问题与思考	46
技能训练	26	技能训练	46

2.4 电能及其测量	46	电路的分析	79
2.4.1 电能	46	3.4.1 日光灯电路的组成	79
2.4.2 电能表(电度表)	47	3.4.2 日光灯电路的工作原理	81
2.4.3 电能的测量	49	3.4.3 日光灯电路及其分析计算	82
问题与思考	49	3.4.4 功率因数对供配电 系统的影响	85
技能训练	49	问题与思考	88
2.5 功率及其测量	50	技能训练	89
2.5.1 功率	50	第3章检测题	90
2.5.2 负载上获得最 大功率的条件	50	第4章 三相交流电路	93
2.5.3 功率的测量	51	4.1 三相电源的连接方式	93
问题与思考	52	4.1.1 三相电源的星形(Y) 联结	93
技能训练	52	4.1.2 三相电源的三角形(Δ) 联结	94
2.6 电气设备的额定值及电路的 工作状态	52	问题与思考	95
2.6.1 电气设备的额定值	52	实践环节	95
2.6.2 电路的三种工作状态	53	4.2 三相负载的连接方式	95
问题与思考	55	4.2.1 负载的星形连接	95
技能训练	55	4.2.2 负载的三角形联结	98
第2章检测题	58	4.2.3 三相负载的正确连接	100
第3章 交流电的产生与应用	61	问题与思考	101
3.1 交流电能的产生	61	技能训练	101
3.1.1 交流电的产生	61	4.3 三相电路功率与安全用电	103
3.1.2 正弦交流电的三要素	62	4.3.1 三相电路的功率	103
问题与思考	66	4.3.2 安全用电	104
技能训练	66	问题与思考	105
3.2 正弦交流电的相量表示法	67	技能训练	106
3.2.1 相量的概念	67	第4章检测题	106
3.2.2 相量图	68	第5章 磁路与变压器	109
问题与思考	69	5.1 铁心线圈和磁路	109
3.3 单一参数的正弦交流电路	70	5.1.1 磁路的基本概念	109
3.3.1 电阻元件	70	5.1.2 磁路的基本物理量	110
3.3.2 电感元件	72	5.1.3 铁磁材料的磁性能	111
3.3.3 电容元件	75	5.1.4 铁心损耗	112
问题与思考	78	5.1.5 铁磁材料的分类和用途	112
3.4 典型单相用电器—日光灯			

5.1.6 主磁通原理	113	机械特性	132
问题与思考	114	6.2.1 异步电动机的电磁转矩	132
5.2 变压器的基本结构和工作原理	114	6.2.2 异步电动机的机械特性	133
5.2.1 变压器的基本结构	114	问题与思考	133
5.2.2 变压器的工作原理	115	6.3 三相异步电动机的控制	134
5.2.3 变压器的外特性	117	6.3.1 三相异步电动机的起动	134
5.2.4 电压调整率	117	6.3.2 三相异步电动机的调速	136
5.2.5 变压器的损耗和效率	117	6.3.3 三相异步电动机的制动	137
问题与思考	118	6.3.4 三相异步电动机的选择	138
5.3 实用中的常见变压器	118	问题与思考	139
5.3.1 电力变压器及其用途	118	技能训练	139
5.3.2 自耦变压器	119	6.4 常用控制电器	140
5.3.3 电焊变压器	119	6.4.1 常用低压电器	140
5.3.4 仪用互感器	120	6.4.2 常用高压控制电器简介	146
问题与思考	121	问题与思考	146
电工技能必备知识	121	技能训练	147
第5章检测题	123	6.5 电机控制电路	148
第6章 异步电动机及其控制技术	125	6.5.1 点动控制电路	148
6.1 异步电动机的基本知识	125	6.5.2 电动机单向连续运转控制	148
6.1.1 三相异步电动机的结构	125	6.5.3 电动机的正反转控制电路	149
6.1.2 三相异步电动机的工作原理	126	6.5.4 工作台自动往返控制电路	150
6.1.3 三相异步电动机的铭牌数据	128	6.5.5 多地控制电路	151
6.1.4 单相异步电动机简介	130	问题与思考	152
问题与思考	131	技能训练	152
6.2 异步电动机的电磁转矩和		第6章检测题	154

第二篇 电子技术基础

第7章 电子技术中常用

半导体器件	159	7.2 半导体二极管	164
7.1 半导体的基本知识	159	7.2.1 二极管的结构和类型	164
7.1.1 半导体的独特性能	159	7.2.2 二极管的伏安特性	165
7.1.2 本征半导体与杂质半导体	159	7.2.3 二极管的主要参数	166
7.1.3 PN结	162	7.2.4 二极管的应用举例	166
7.1.4 PN结的单向导电性	163	问题与思考	167
问题与思考	164	技能训练	168
		7.3 特殊二极管	168

7.3.1 稳压二极管	168	静态工作点的估算	195
7.3.2 发光二极管	169	问题与思考	196
7.3.3 光电二极管	170	8.3 基本放大电路的动态分析	196
7.3.4 变容二极管	170	8.3.1 共射放大电路的动态分析	196
7.3.5 激光二极管	170	8.3.2 微变等效电路法	197
问题与思考	171	问题与思考	199
7.4 双极型三极管	171	技能训练	200
7.4.1 双极型晶体管的 基本结构和类型	171	8.4 共集电极放大电路	202
7.4.2 晶体管的电流分配与 放大作用	172	8.4.1 电路的组成	202
7.4.3 晶体管的特性曲线	174	8.4.2 静态工作点	202
7.4.4 晶体管的主要参数	175	8.4.3 动态分析	202
问题与思考	176	8.4.4 电路特点和应用实例	203
技能训练	177	问题与思考	204
7.5 单极型晶体管	177	8.5 功率放大器和差分放大电路	205
7.5.1 MOS管的基本结构	178	8.5.1 功率放大器的分类	205
7.5.2 工作原理	178	8.5.2 功率放大器的特点及 技术要求	205
7.5.3 MOS管使用注意事项	179	8.5.3 功放电路中的交越失真	206
问题与思考	179	8.5.4 差分放大电路	207
技能训练	180	问题与思考	208
第7章检测题	181	8.6 放大电路中的负反馈	208
第8章 基本放大电路	185	8.6.1 反馈的基本概念	208
8.1 基本放大电路的概念及 工作原理	185	8.6.2 负反馈的基本 类型及其判别	209
8.1.1 放大电路的组成原则	185	8.6.3 负反馈对放大电路 性能的影响	210
8.1.2 放大电路的组成及 各部分作用	186	问题与思考	210
8.1.3 共射放大电路的工作原理	187	技能训练	211
问题与思考	188	第8章检测题	218
技能训练	188	第9章 集成运算放大器	221
8.2 基本放大电路的静态分析	192	9.1 集成运放	221
8.2.1 放大电路静态 分析的估算法	192	9.1.1 集成运放概述	221
8.2.2 用图解法确定静态工作点	193	9.1.2 集成运放芯片引脚 功能及元器件特点	223
8.2.3 分压式共射放大电路		9.1.3 集成运放的主要技 术指标	224

9.1.4 理想集成运放及其 传输特性	225	技能训练	279
问题与思考	226	第 10 章检测题	282
9.2 集成运放的应用	226	第 11 章 触发器与时序逻辑电路	285
9.2.1 集成运放的线性应用	226	11.1 触发器	285
9.2.2 集成运放的非线性应用	230	11.1.1 RS 触发器	285
问题与思考	233	11.1.2 JK 触发器	289
技能训练	233	11.1.3 D 触发器	291
第 9 章检测题	237	11.1.4 T 触发器和 T' 触发器	293
第 10 章 逻辑门与组合逻辑电路	240	问题与思考	294
10.1 逻辑代数基础	240	技能训练	294
10.1.1 计数制和码制	240	11.2 计数器	297
10.1.2 逻辑函数及其化简	245	11.2.1 二进制计数器	297
问题与思考	251	11.2.2 十进制计数器	300
10.2 门电路	252	11.2.3 集成计数器及其应用	303
10.2.1 分立元件的基本逻辑门 电路	252	问题与思考	307
10.2.2 复合门电路	254	技能训练	307
10.2.3 集成逻辑门电路	256	11.3 寄存器	310
问题与思考	261	11.3.1 数码寄存器	310
技能训练	262	11.3.2 移位寄存器	311
10.3 组合逻辑电路的分析和设计	265	11.3.3 移位寄存器的应用	313
10.3.1 组合逻辑电路的分析	265	问题与思考	315
10.3.2 组合逻辑电路的设计	266	技能训练	315
问题与思考	268	11.4 555 定时电路	320
10.4 常用组合逻辑电路器件	268	11.4.1 555 定时电路的组成	320
10.4.1 编码器	268	11.4.2 555 定时器的工作原理	322
10.4.2 译码器	271	11.4.3 555 定时器应用举例	323
10.4.3 数值比较器	276	问题与思考	324
10.4.4 数据选择器	277	技能训练	324
问题与思考	278	第 11 章检测题	328

第一篇

电工技术基础

在现代工业、农业、军事、科学技术领域及日常生活中，电工技术得到了极其广泛的应用。并且伴随着现代科学技术飞速发展的步伐，向各专业的知识渗透也越来越深入。因此，传授发展最快的电工技术基础知识，其任务越来越繁重、内容也越来越广泛。很多为某些专业所特有的电工电子技术和理论已经上升为各专业的共有理论和共有技术。学习电工技术基础，就是为非电专业的工程师和技术人员提供必要的电工技术知识。

电路图是电工技术的语言，看不懂电路图也就无法深入地学习和掌握电工技术。电路图通常由电路基本元器件构成，若要看懂电路图，首先必须认识电路基本元器件。通过电子元器件的认识，可使学生进一步熟悉电工技术中各种实用电路的构成原理及功能，更好地在实际电路中熟悉和掌握电路理论，提高实际应用能力。

1.1 电阻的识别、应用和测量

1.1.1 电阻概述

电阻是电工电子技术中应用最多的元器件之一，在电路中主要起限流和分压作用。

从物理学的角度看：导体对电流所呈现的阻碍作用称为电阻。

不同材料的物质载体通过相同电流时呈现的阻力差异很大，如云母、塑料等对电流呈现的电阻极大，导电性几乎为零，这类物质称为绝缘体；铜、铝等对电流呈现的阻力很小，说明它们的导电性能很好，这类物质称为导体；硅和锗等通过一定电流时呈现的电阻通常介于导体和绝缘体之间，称为半导体。

工程实际应用中，电路的连接线都是用导电性能良好的导体材料制作的，因此，导体的电阻不仅取决于其电阻率的大小，还与导体的长度、截面有关。导体的电阻遵循

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1.1)$$

式(1.1)称为电阻定律。式中 ρ 是导体的电阻率，单位是 $\Omega \cdot \text{m}$ ，读作欧米； l 是导体的长度，单位是 m ，读作米； A 是导体的截面，单位是 m^2 ，读作平方米。在上述国际单位制下，电阻 R 的单位为 Ω ，读作欧姆。

工程上常采用 $\text{k}\Omega$ (千欧)、 $\text{M}\Omega$ (兆欧) 作单位，它们和电阻基本单位【 Ω 】之间的换算关系为

$$1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$$

工程应用中导体的电阻率 ρ 随温度的变化而变化，电气行业中的常用材料以 20°C 时的电阻率作为计算依据，如表 1.1 所示。

表 1.1 常用材料在 20℃ 的电阻率

材料名称	电阻率 $\rho/\Omega \cdot \text{m}$	材料名称	电阻率 $\rho/\Omega \cdot \text{m}$
银	1.6×10^{-8}	锰铜	4.4×10^{-7}
铜	1.7×10^{-8}	康铜	5.0×10^{-7}
铝	2.9×10^{-8}	镍铬合金	1.0×10^{-6}
铁	1.0×10^{-7}	铁铬铝合金	1.4×10^{-6}
锡	1.1×10^{-7}	铝镍铁合金	1.6×10^{-6}
钢	2.5×10^{-7}	石墨	$(8 \sim 13) \times 10^{-6}$

由表 1.1 可看出，金属材料及大多数材料的电阻随温度变化并不明显，所以通常认为它们的电阻阻值不随温度变化。但是，实际工程应用中也有随温度上升电阻随之明显增大的现象，比如半导体陶瓷材料，这种现象称为热敏现象，而半导体陶瓷作为热敏材料可制作成热敏电阻器。热敏电阻器的特点是：电阻值随温度的变化而发生明显的变化。热敏电阻在电路中作温度补偿用，也可在温度测量电路和控制电路中作感温元件。

若导体的电阻随照射光线的强弱变化，则把这类导体称为光敏材料，用光敏材料制作的电阻称为光敏电阻。光敏电阻广泛应用于各种光控电路，如对灯光的控制、对灯光的调节，也可用于光控开关。

某些特殊金属、合金和化合物，在温度降到绝对零度附近某一特定温度时，它们的电阻率突然减小到无法测量的现象叫做**超导现象**，能够发生超导现象的物质叫做**超导体**。例如在大的电磁铁或电机中，通过线圈的电流很强，为了避免产生过多的热量，线圈就必须用较粗的导线绕制或采取冷却措施。如果用超导体做线圈，就可避免上述缺点。另外，电缆采用超导体材料制作时，超导电缆埋在地下，损耗小，有利于节约能量，保护环境和节约土地。超导现象在高能物理领域也有重要应用，用超导线圈制成的电磁铁能产生强大的磁场，对于核聚变时约束等离子体和粒子加速器实验装置都有很大用处。目前超导现象不能大规模应用的主要障碍是超导体要求低温条件，如果能得到在室温下工作的超导材料，可能会使整个工业的发展发生巨变。对新的超导材料的研究工作，我国目前站在世界前列。

【例 1.1】 在商场买回 1 捆长度 $l = 100 \text{ m}$ 、横截面积 $A = 1 \text{ mm}^2$ 的铜芯绝缘导线，求这捆导线的电阻。（电阻率可查表 1-1）

【解】 $A = 1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ ， $l = 100 \text{ m}$ ，查表 1-1 铜的电阻率 $\rho = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ，则

$$R = \rho \frac{l}{A} = 1.7 \times 10^{-8} \frac{10^2}{10^{-6}} \Omega = 1.7 \Omega$$

1.1.2 电阻器

电阻器是电子电路中用得最多的元器件之一，在电路中起限流、分压及分流的作用。电阻器从结构上可为固定电阻器和可变电阻器两大类。

1. 固定电阻器

顾名思义，固定电阻器的电阻值是**不可变的**，其标称阻值一般标示在电阻上。固定电阻器的典型产品图、图形符号如图 1.1 所示，文字符号用大写字母“R”表示。



图 1.1 实用固定电阻和电阻图形符号

2. 可变电阻器

可变电阻器的电阻值可以在一定范围内调节，其**标称阻值是最大值**。可变电阻的可调端调至任意一个位置时，其阻值均等于可调端与固定端之间的电阻值，数值通常在 0 和最大值之间连续可调。

可变电阻器分为可调电阻器和电位器两种。可调电阻器有立式和卧式之分，分别用于不同电路的安装。电位器就是可调电阻器加上一个开关，做成同轴联动形式。可变电阻器产品及图形符号如图 1.2 所示。



图 1.2 可变电阻器产品与图形符号

1.1.3 电阻标称值的识别方法

电阻器上标示的电阻值称为标称值。标称值在电阻器上常用的标示方法有四种。

1. 直接标示法

将电阻器的类别、标称阻值、允许偏差及额定功率等直接标注在电阻器的外表面上，如图 1.3 所示。

图 1.3 左图表示标称值为 20 kΩ、允许偏

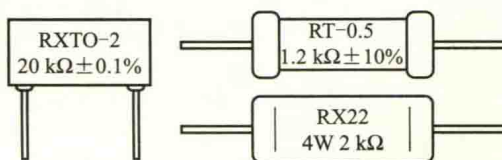


图 1.3 电阻器的直接标示法

差为±0.1%、额定功率为2W的线绕电阻器；图1.3右上图表示标称阻值为1.2kΩ、允许偏差为±10%、额定功率为0.5W的碳膜电阻器；图1.3右下图表示标称阻值为2kΩ、额定功率为4W的线绕电阻器。

直接标示法中，电阻值的单位标志符号见表1.2。

表 1.2 电阻值的单位标志符号

单位标志符号	名 称	单位标志符号	名 称
R	欧姆($10^0\Omega$)	G	吉欧($10^9\Omega$)
k	千欧($10^3\Omega$)	T	太欧($10^{12}\Omega$)
M	兆欧($10^6\Omega$)	—	—

直接标示法还有的用数字和单位标志符号组合在一起表示其标称值，如果单位标志符号在数字前面，则数字表示单位标志符号的小数位；如果单位标志符号在数字后面，则数字表示单位标志符号的整数数值。例如电阻器上标志符号为“R33”，表示电阻的阻值为0.33Ω；电阻器上的标志符号为“6k8”表示电阻的阻值为6.8kΩ。

2. 文字符号标志法

这种标示法是将电阻器的标称值和允许偏差值用阿拉伯数字和单位标志符号两者有规律的组合来表示标称阻值，如表1.3所示。

表 1.3 文字符号法标志电阻器标称值

标称阻值	文字符号标志	标称阻值	文字符号标志
0.1 Ω	R10	10 kΩ	10k
0.33 Ω	R33	12 kΩ	12k
1 Ω	1R0	100 kΩ	100k
10 Ω	10R	332 kΩ	332k
33.2 Ω	33R2	1 MΩ	1M0
100 Ω	100R	3.3 MΩ	3M3
1 kΩ	1k0	1 GΩ	1G0
3.3 Ω	3k3	1 TΩ	1T0

文字符号标示法中，其允许偏差用大写英文字母表示，表示允许偏差的英文字母有D F G J K M，与它们相对应的允许偏差分别是：±0.5%、±1%、±2%、±5%、±10%、±20%。

例如电阻器上标志50 ΩJ，表示电阻为50 Ω，允许偏差为±5%。

3. 数码标示法

贴片电阻器的阻值和一般电阻器一样，在电阻体上标明，但标志方法与一般电阻器不

完全一样。贴片电阻元件具有体积小、重量轻、安装密度高、抗振性强、抗干扰能力强、高频特性好等优点，广泛应用于计算机、手机、电子辞典、医疗电子产品、摄录机、电子电表及 VCD 机等。贴片电阻与一般元器件的标称方法有所不同，通常在贴片电阻器上用三位数码表示标称值的标志方法称为数码标示法。数码从左到右，第一、二位为有效值，第三位为倍乘，即 10 的几次方，单位为欧姆，如图 1.4 所示。

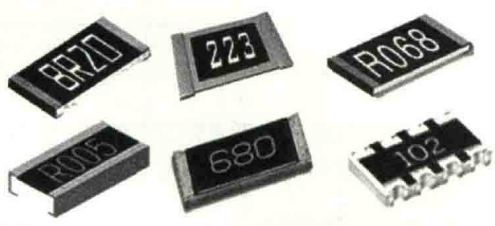


图 1.4 电阻的数码标示法

数码标示法通常只有三位数码，三位数码中，从左至右的第一、二位为有效数字，第三位表示有效数字后面所加“0”的个数，如标有“223”，表示该电阻阻值为 22 k Ω ；标有“680”，表示该电阻的阻值为 68 Ω ；标有“102”表示该电阻阻值为 1 k Ω 。如果电阻值带有小数或是纯小数，则用“R”表示“小数点”，R 前为整数，R 后为小数。例如：“8R20”表示贴片电阻器的阻值为 8.2 Ω ；“R068”表示阻值为“0.068 Ω ”。

4. 色环标示法

目前，国产或进口电视机、收录机广泛采用色环电阻，其优点是在装配、调试和修理过程中，不用拨动元件，即可在任意角度看清色环，读出阻值，使用很方便。实用中体积较小的固定电阻器和一些合成电阻器，其阻值和误差通常都采用色环来标注，因此，色环标示法的掌握应是一种基本技能。

对体积很小的电阻和一些合成电阻器，其阻值和误差常用色环来标注，如图 1.5 所示。

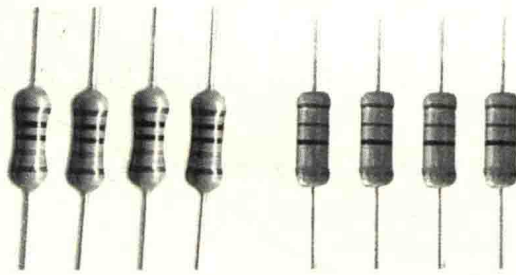


图 1.5 色环电阻产品示意图

色环标志法有四环和五环两种。四环电阻的一端有四道色环，第 1 道环和第 2 道环分别表示电阻的第一位和第二位有效数字，第 3 道环表示 10 的乘方数 (10^n , n 为颜色所表示的数字)，第 4 道环表示允许误差 (若无第四道色环，则误差为 $\pm 20\%$)。色环电阻的单位为 Ω 。

表 1.4 列出了色环电阻所表示的数字和允许误差。

例如图 1.5 右所示的四环电阻，分别为①环——紫色、②环——红色、③环——黑色、④环——金色，对照表 1.4 可知，该四环电阻的阻值为：72 Ω ，允许误差是 $\pm 5\%$ 。

表 1.4 色环颜色所表示的有效数字和允许误差

色环颜色	第一环	第二环	第三环	倍乘	允许误差
黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6		$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7		$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8		
白	9	9	9		
金				10^{-1}	$\pm 5\%$
银				10^{-2}	$\pm 10\%$

精密电阻器一般用五道色环标注，它用前三道色环表示三位有效数字，第四道色环表示 10^n (n 为颜色所代表的数字)，第五道色环表示阻值的允许误差。例如图 1.5 左边所示的五环电阻，第一环为棕色、第二环为黑色、第三环为绿色、第四环为橙色、第五个环为棕色，棕黑绿橙棕，则其阻值为： $105 \times 10^3 \Omega$ ，允许误差是 $\pm 1\%$ 。

在色环电阻器的识别中，找出第一道色环很重要，通常可用以下方法来识别：四环电阻的标志中，第四道色环一般是金色或银色，由此可推出第一道色环；五环电阻标志中，第一道色环与电阻的引脚距离最短，或第五环与第四环之间的距离稍大，由此可识别出第一道色环。

采用色环标志的电阻器，颜色醒目，标志清晰，不易退色，从不同的角度都能看清阻值和允许偏差。目前国际上广泛采用色标法。

1.1.4 电阻的应用

电阻在实际电路中的应用主要是限流和分压。

1. 扩大电压表量程

利用电阻的串联可以实现电压表量程的扩大。中学我们就学过：电阻相串联后流过各电阻的电流相等；串联电路的等效电阻等于各个串联电阻之和；串联电阻可以分压，串联电阻上分得的电压值与其阻值成正比。

实用直流磁电系电压表通常由小量程的标准表头与串联电阻器（又称为分压器）组成。标准表头中的电阻一般较小，因此表头电路本身的量程很小。为了扩大电压表量程，在表