



职业教育课程改革创新规划教材

★★ 技能应用系列 ★★

电工电子元器件 与材料基础

王国玉 胡国喜 主 编

毕红林 侯守军 冀红海 副主编

赵永杰 主 审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

职业教育课程改革创新规划教材·技能应用系列

电工电子元器件与材料基础

王国玉 胡国喜 主 编
毕红林 侯守军 冀红海 副主编
赵永杰 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是一本关于电工电子元器件基础的入门教材。书中全面地介绍了电工电子元器件的基本理论知识和实训基本技能,内容包括电阻器、电容器、电感元件、开关和接插件、晶体二极管、晶体三极管、场效应管、晶闸管、半导体集成电路、可编程器件、显示器件、防雷元件、接地元件等,特别是将电工与电子技术中经常用到的电阻器、电容器、电感元件、开关与接插件和半导体器件融合在一起讲授,更有利于学生学习,符合教学实际情况和认知规律。特别强调电子元器件在强电(电工)和弱电(电子)中的应用。书中内容通俗易懂,符合初学者的认知规律。因此,本书是电子技术的启蒙教材,特别适合当前职业教育的需求。为了方便教师教学,本书还配有电子教学参考资料包,包括教学指南、电子教案和习题答案(可在电子工业出版社华信教育网资源中心下载,网址为 <http://hxedu.com.cn>)。

本书适合作为职业院校和技工学校电类相关专业教材,也可作为电工、电子专业生产和维修人员的培训和自学用书。同时,对于没有经过专业学习的社会和农村青年来说,本书也不失为一本自学教科书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子元器件与材料基础 / 王国玉, 胡国喜主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.8

职业教育课程改革创新规划教材. 技能应用系列

ISBN 978-7-121-23774-4

I. ①电… II. ①王… ②胡… III. ①电子元件—职业教育—教材②电子器件—职业教育—教材
IV. ①TN6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 150002 号

策划编辑: 张 帆

责任编辑: 底 波

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 21.5 字数: 550 千字

版 次: 2014 年 8 月第 1 版

印 次: 2014 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

电工电子元器件与材料在电子理论和技能中的重要作用不言而喻。在传统教学模式中,电工电子元器件基本功(基础理论+基本技能)常常被人为地分割为理论知识一部分,有关元器件的识别与检测技能的训练常常被当做局部实训一部分,给教学带来不便。在当今职业教育形式下,根据社会对该岗位群的要求和实际教学的需要,我们以全新的视角和手法编撰了《电工电子元器件与材料基础》,弥补了传统教材的不足,体现了“以学生为本位,以职业技能为本位”的理念。

本书在理论体系、教材内容及其阐述方法等方面都做出了一些大胆的尝试,以基本功(项目基本技能+项目基本知识=项目基本功)为基调,以“项目情境创设”、“项目学习目标”、“项目基本技能”、“项目基本知识”、“项目知识拓展”和“项目学习评价”六个要素为重点。通过基本技能的训练,培养学生建立学习元器件的兴趣;强调理论知识指导实践,充分体现理论和实践的结合。特别是将电工电子元器件制造中所涉及的材料作为“项目知识拓展”展现给大家,其目的是帮助学生理解元器件的结构和特性。强调学生在“做中学”、教师在“做中教”、教学合一,理论实践一体化,使学生能够“无障碍读书”和“学以致用”。把学习电工电子元器件基本功的兴趣转化为学习电子技术的动力,使学生树立起学习的信心。掌握电工电子元器件的检测选用、常用仪器仪表的使用方法及元器件在电工电子技术中应用。同时,在教与学、学与教的过程中,潜移默化地培养学生的爱岗敬业精神、沟通合作能力和质量意识、安全意识、环保意识。

本书由河南信息工程学校高级工程师、河南省学术技术带头人王国玉、河南省科技工业学校胡国喜担任主编,完成全书统稿;武汉东西湖职业技术学校毕红林、湖北省荆门职教集团侯守军和河南信息工程学校冀红海担任副主编。其中,湖北省宜都职业教育中心魏远斌编写了项目一和项目二;河南省新郑职业中专张海芳编写了项目三;湖北省荆门职教集团侯守军编写了项目九;河南信息工程学校冀红海编写了项目四和项目五;湖北十堰职业技术(集团)学校朱大鹏编写了项目六和项目七;河南信息工程学校张菊荣编写了项目十三;新乡职业教育中心于重洋编写了项目十一;河南信息工程学校王国玉编写了项目十;河南省科技工业学校胡国喜编写了项目八;武汉东西湖职业技术学校毕红林编写了项目十二。参加本书编写工作的人员还有胡祎、黄瑞冰、常钊、张树周和方光辉。全书由河南省

南阳电大赵永杰副教授主审，并且提出了宝贵建议，在此深表谢意！

由于各学校及各专业情况不一样，以及办学条件的不同，任课教师可根据具体的情况做适当调整。另附教学建议学时表如下。

序 号	内 容	学 时
项目一	电阻器的识别、检测与应用	4
项目二	电容器的识别、检测与应用	4
项目三	电感性器件的识别、检测与应用	6
项目四	晶体二极管的识别、检测与应用	4
项目五	晶体三极管的识别、检测与应用	6
项目六	场效应管的识别、检测与应用	4
项目七	晶闸管的识别与检测	4
项目八	开关与接插件的识别、检测与应用	4
项目九	半导体集成电路的识别、检测与应用	6
项目十	编程器与单片机器件的认知	6
项目十一	发光显示器件的识别、检测与应用	8
项目十二	防雷器件的认知	4
项目十三	接地元器件的认知	4
总学时数		64

本书在编写过程中吸取了国内一些专家、学者的研究成果和一些企业产品资料，在此表示感谢。由于作者水平有限，再加上时间仓促，书中难免存在错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

项目一 电阻器的识别、检测与应用	1
项目基本技能	2
技能一 电阻器的识别与检测	2
技能二 电位器的识别与检测	9
项目基本知识	10
知识点一 电阻器的电路符号和实物图	10
知识点二 电阻器的分类	12
知识点三 电阻器的主要特性参数	12
知识点四 电位器电路和等效电路	14
知识点五 电位器的参数	15
知识点六 电阻器在电工和电子中的应用	16
项目知识拓展	19
电阻器材料	19
项目二 电容器的识别、检测与应用	21
项目基本技能	22
技能一 电容器的识别与检测	22
技能二 电力电容器的识别与检测	27
项目基本知识	29
知识点一 电容器的电路符号和类型	29
知识点二 电容器的主要参数与分布电容	31
知识点三 电容器在电子和电工中的应用	33
项目知识拓展	34
电容器材料	34
项目三 电感性器件的识别、检测与应用	44
项目基本技能	45
技能一 电感性器件的识别与检测	45
技能二 中周和电源变压器的识别与检测	55

项目基本知识	57
知识点一 电感性器件的基本知识、命名、分类、主要参数和分布电感	57
知识点二 电感元件在电工和电子技术中的应用	63
项目知识拓展	68
电感器材料	68
项目四 晶体二极管的识别、检测与应用	76
项目基本技能	77
技能一 二极管的识别与检测	77
项目基本知识	84
知识点一 二极管的特性	84
知识点二 二极管的分类和命名	86
知识点三 晶体二极管的主要参数	87
知识点四 晶体二极管在电工和电子中的应用	89
项目拓展知识	93
半导体材料之一——锗	93
项目五 晶体三极管的识别、检测与应用	104
项目基本技能	104
技能一 三极管的识别与检测	104
项目基本知识	109
知识点一 三极管的电路符号和实物图	109
知识点二 三极管的分类	112
知识点三 三极管的主要参数	113
知识点四 三极管在电工和电子中的应用	114
项目知识拓展	121
半导体材料之二——硅材料	121
项目六 场效应管的识别、检测与应用	129
项目基本技能	129
技能一 场效应管的认知、识别与检测	129
项目基本知识	132
知识点一 场效应管的结构、电路符号和工作原理	132
知识点二 场效应管的分类及参数	137
知识点三 场效应三极管的型号命名方法	139
知识点四 场效应管实物图	139
知识点五 场效应管在电工和电子中的应用	141
项目知识拓展	144
电子封装材料	144
项目七 晶闸管的识别与检测	148
项目基本技能	148
技能一 晶闸管的识别与检测	148

项目基本知识	154
知识点一 晶闸管的电路符号和结构	154
知识点二 晶闸管的分类	156
知识点三 晶闸管的参数与型号命名	158
知识点四 晶闸管在电工和电子中的应用	163
项目知识拓展	166
电子散热硅胶材料	166
项目八 开关与接插件的识别、检测与应用	170
项目基本技能	170
技能一 开关的识别与检测	170
技能二 接插件的识别与检测	177
项目基本知识	179
知识点一 开关与接插件的电路符号和实物图	179
知识点二 开关与接插件的分类	182
知识点三 开关与接插件的参数	183
知识点四 开关与接插件在电工和电子中的应用	185
项目知识拓展	190
导电材料——导电胶布和导电胶水	190
项目九 半导体集成电路的识别、检测与应用	195
项目基本技能	196
技能一 半导体集成电路的识别与检测	196
项目基本知识	204
知识点一 半导体集成电路的基本知识和实物图	204
知识点二 半导体集成电路的分类	207
知识点三 半导体集成电路的参数	208
知识点四 常用集成电路	208
知识点五 半导体集成电路在电工和电子中的应用	212
项目知识拓展	216
电子陶瓷材料	216
项目十 编程器与单片机器件的认知	223
项目基本技能	224
技能一 编程器的认知	224
技能二 单片机的芯片的认知	231
项目基本知识	235
知识点一 单片机的基本结构	235
知识点二 单片机仿真器、编程器的程序调试与程序烧写（烧录）	240
知识点三 PIC 单片机编程器	245
知识点四 常见 PLC 编程器的工作过程及使用	249
知识点五 编程器在弱电中的应用	251

知识点六 PLC 编程器在强电中的应用	253
项目知识拓展	258
普通陶瓷材料	258
项目十一 发光显示器件的识别、检测与应用	262
项目基本技能	263
技能一 发光显示器件(LED)的识别与检测	263
技能二 液晶显示器件(LCD)的识别与检测	267
技能三 液晶显示模块(LCM)的识别与检测	270
项目基本知识	271
知识点一 发光显示器件	271
知识点二 数码显示器件(LED)	274
知识点三 液晶显示器件(LCD)	279
知识点四 液晶显示模块(LCM)	281
知识点五 显示器件在电工和电子中的应用	283
项目知识拓展	291
光电材料	291
项目十二 防雷器件的认知	295
项目基本技能	296
技能一 防雷器件的识别及检测	296
项目基本知识	301
知识点一 防雷器件的基础知识	301
知识点二 防雷器件的特性和参数	306
知识点三 防雷器件在电工和电子中的应用	307
项目十三 接地元器件的认知	312
项目基本技能	313
技能一 接地装置的组成和形式	313
技能二 接地装置的安装	315
技能三 接地电阻的测量	319
项目基本知识	323
知识点一 电气事故与安全	323
知识点二 电气接地技术	327
知识点三 接地装置与接地电阻	330
知识点四 接地元器件在电工和电子中的应用	331

项目一

电阻器的识别、检测与应用



项目情境创设

如图 1-1 所示，电阻器是电工、电子电路中使用率最高的耗能元件，有固定电阻器和可调电阻器两种类型。阻值固定不变的电阻器称为固定电阻器；阻值可在一定范围内调节的电阻器称为可调电阻器，又称电位器。



各种功率和规格电阻器



电动机用的大功率启动电阻器

图 1-1 电阻器



项目学习目标

学 习 目 标		学 习 方 式	学时
技能目标	① 学会对各种电阻器、电位器进行识别 ② 会利用万用表对电阻器、电位器进行检测	教师利用各种电阻器、电位器进行演示并适当讲解，学生可对照实物进行识别，并利用万用表进行检测	2
知识目标	① 熟练掌握各种电阻器、电位器的电路符号 ② 掌握各种型号电阻器、电位器的特点 ③ 掌握电阻器、电位器的主要参数 ④ 了解电阻器、电位器在电工电子中的应用		4

项目基本技能

技能一 电阻器的识别与检测

电阻器是组成电路的基本元件之一，在各种电子产品和电力设备中被广泛应用。

一、电阻器的识别

1. 电阻和电阻器

导体对电流的阻碍作用叫电阻。电阻值用字母 R 表示，单位为欧[姆]，符号为 Ω 。常用的电阻单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)，它们之间的关系是：

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

2. 电阻器的电路图形符号

电阻器的电路图形符号如图 1-2 所示。

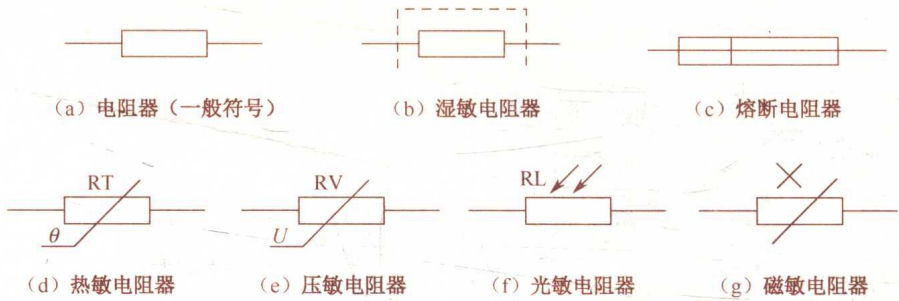
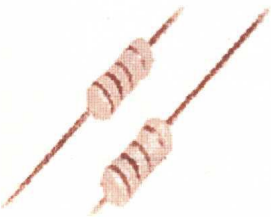


图 1-2 电阻器的符号

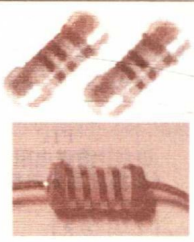
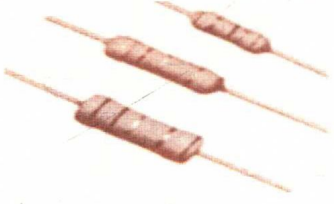
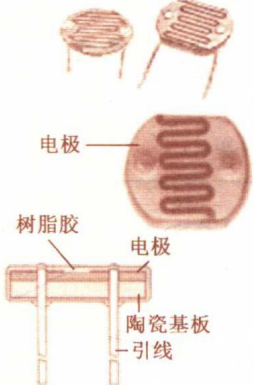
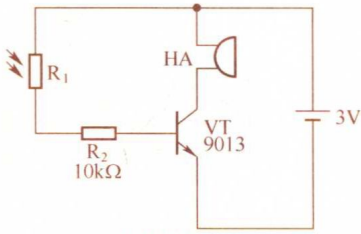
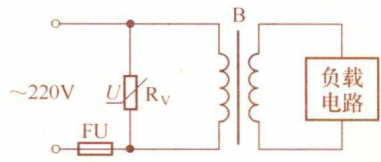
3. 常用电阻器的实物图、结构特点及应用

电阻器主要用来稳定和调节电路中电流和电压的大小，在电路中主要起限流、降压、分流、隔离和分压等作用。常用电阻器的实物图、结构特点及应用如表 1-1 所示。

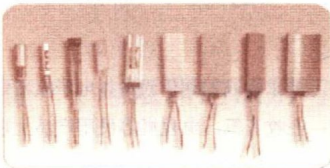
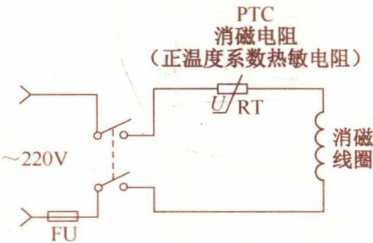
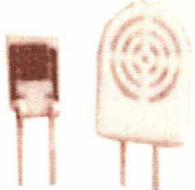
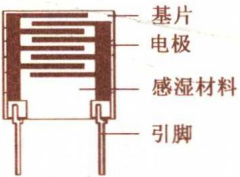
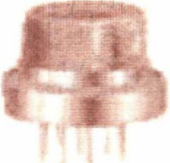
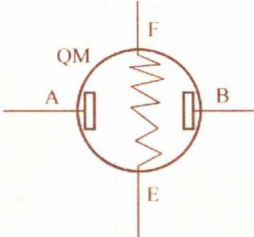
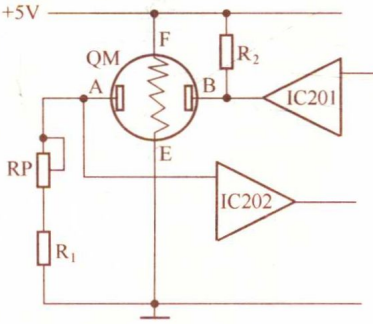
表 1-1 常用电阻器的实物图、结构特点及应用

实 物 图	电阻结构和特点	常见应用电路及典型应用
 碳膜电阻器 (RT)	用碳膜作为导电层，属于膜式电阻器的一种。它是将通过真空高温热分解出的结晶碳沉积在柱形或管形陶瓷骨架上制成的。改变碳膜的厚度和使用刻槽的方法，可以变更碳膜的长度，得到不同的阻值。碳膜电阻器成本较低，性能属中档	价格便宜、精度较低，一般应用在要求不高的电路中

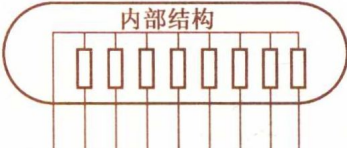
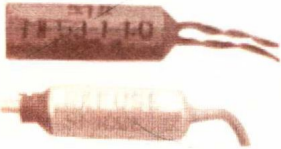
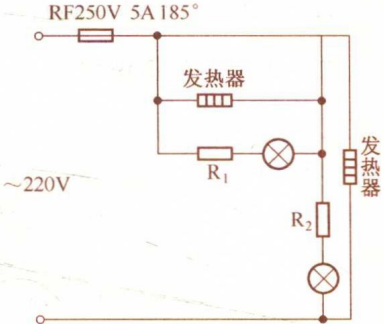
续表

实 物 图	电阻结构和特点	常见应用电路及典型应用
 金属膜电阻器 (RJ)	在真空中加热合金，合金蒸发，使瓷棒表面形成一层导电金属膜。刻槽和改变金属膜厚度可以控制阻值。这种电阻器与碳膜电阻器相比，具有体积小、噪声低、稳定性好、工作频率范围较宽等特点，但成本较高	适用于要求较高的通信设备、电子仪器等电路中；在收音机、电视机等民用产品上也得到了较多的应用
 氧化膜电阻器 (RY)	用铈和锡等金属盐溶液喷雾到炽热（约 550℃）的陶瓷骨架表面上沉积后制成。它与金属膜电阻器相比，具有阻燃、导电膜层均匀、膜与骨架基本体结合牢固、抗氧化能力强等优点，其缺点是阻值范围小	广泛用于彩色电视机中
 线绕电阻器 (RX)	用康铜或者镍铬合金电阻丝，在陶瓷骨架上绕制而成。这种电阻分固定和可变两种。它的特点是耐高温、热稳定性好、温度系数小、电流噪声小、功率大，但分布电容、电感较大且阻值较低	适用于大功率的场合，额定功率一般在 1W 以上
 光敏电阻器 (MG)	在陶瓷基座上沉积一层硫化镉（CdS）膜后制成，由玻璃基片、光敏层、电极组成。通常，光敏电阻器都制成薄片结构，以便吸收更多的光能。光敏电阻器的阻值随入射光的强弱而改变，有较高的灵敏度。无光照射时，呈高阻状态，有光照射时，其电阻值迅速减小	 光电控制电路
 压敏电阻器	压敏电阻器在正常电压条件下阻值极大，当外加电压施加到某一临界值时，压敏电阻器的阻值急剧变小。它是一种敏感电阻器，主要应用于各种电子产品的过电压保护电路	 电源过电压保护电路 压敏电阻 R_V 主要应用在各种电子产品的过电压保护电路中

续表

实 物 图	电阻结构和特点	常见应用电路及典型应用
 PTC 正温度系数热敏电阻器  NTC 负温度系数热敏电阻器	它可由单晶、多晶、玻璃和塑料等半导体材料制成。这种电阻器具有一系列特殊的电性能，其最基本的特性是它的电阻值随着其表面温度的变化而变化。它的特点是对温度灵敏度高、热惰性小、寿命长、体积小、结构简单以及可制成各种不同的外形结构	 PTC 消磁电阻 (正温度系数热敏电阻)
  湿敏电阻器	湿敏电阻器是其阻值随环境相对湿度变化而变化的敏感元件。湿敏电阻器的基本结构由感湿层、引线电极和具有一定强度的绝缘基体组成	湿敏电阻器广泛应用于空调器、恒湿机等家电中做湿度环境的检测
 气敏电阻器  气敏电阻器电路符号	气敏电阻器是一种对特殊气体敏感的元件，可以将被测气体的浓度和成分信号转变为相应的电信号，是一种新型半导体元件。它是利用金属氧化物半导体表面吸收某种气体分子时，会发生氧化反应或还原反应的特点制成的。N 型气敏电阻器在检测到甲烷、一氧化碳、天然气、煤气、液化石油气、乙炔、氢气等气体时，其电阻值减小。P 型气敏电阻器在检测到可燃气体时电阻值增大，而在检测到氧气、氯气及二氧化碳等气体时，其电阻值减小。气敏电阻器具有灵敏度高、功耗低、稳定性好、响应和恢复时间快等特点	 抽油烟机监控电路局部图 广泛应用于各种可燃气体、有害气体及烟雾等方面的检测及自动控制

续表

实 物 图	电阻结构和特点	常见应用电路及典型应用
 电阻排阻  内部结构	排电阻也叫集成电阻器。它是在真空中镀一层合金电阻膜于陶瓷基板上，加玻璃材料保护层及三层电镀而组成的电阻，具有可靠度高、外观尺寸均匀、精确且具有温度系数与阻值公差小的特性。排电阻比分立电阻体积小、安装方便，但价格稍贵	在数字显示电路、计算机硬件电路中经常用到它
 熔断电阻器  自恢复熔丝电阻器	熔断电阻器在电路图中起着熔丝和电阻器的双重作用，主要应用在电源电路输出和二次电源的输出电路中。它们一般以低阻值（几欧姆至几十欧姆）、小功率（1/8~1W）为多，其功能就是在过流时及时熔断，保护电路中的其他元件免遭损坏。在电路负载发生短路故障，出现过电流时，熔断电阻的温度在很短的时间内就会升高到500~600℃，这时电阻层便受热剥落而熔断，起到保险的作用，以达到提高整机安全性的目的	 小功率保温器自动电饭锅电路原理图

4. 电阻器型号组成的认知

根据我国国家标准规定，电阻器型号由以下四部分组成，各部分含义如表 1-2 所示。



表 1-2 电阻器型号命名方法

电阻器和电位器的型号命名方法						
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	
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	
		I	玻璃釉膜	5	高 温	
		J	金属膜（箔）	7	精 密	

续表

电阻器和电位器的型号命名方法							
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	
		Y	氧化膜	8	电阻：高压；电位器：特殊		
		S	有机实心	9	特 殊		
		N	无机实心	G	高功率		
		X	线 绕	T	可 调		
		C	沉积膜	X	电 阻：小 型		
		G	光 敏	L	电 阻：测 量 用		
				W	电位器：微 调		
				D	电位器：多 圈		

如：RTG6 是高功率碳膜电阻器。WXT1 是线绕可调电位器。

二、电阻器阻值识别

1. 色环电阻器的识别

色环电阻器是用不同颜色的环带在电阻器表面表示标称阻值和允许偏差。常用的有四色环法和五色环法。四环与五环电阻器各环所代表的意义，如图 1-3 所示。

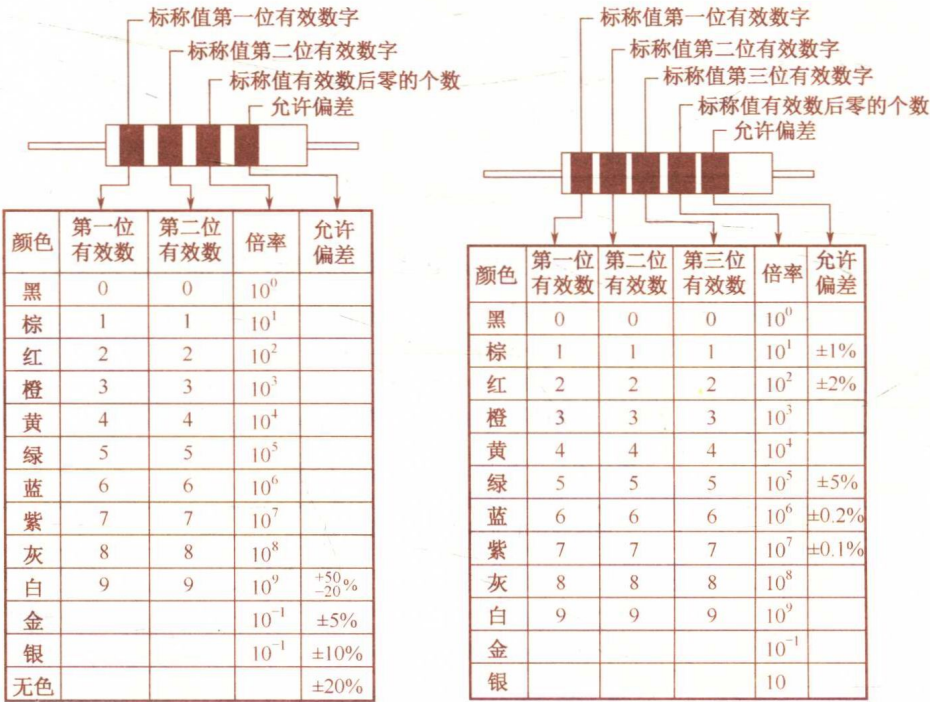


图 1-3 色环电阻器各环意义

(1) 四环电阻器。

四条色环中的前两条表示两位有效数字，第三条表示乘数即有效数后零的个数，第四条表示允许偏差。

例如, 现有一个电阻器, 其各环的颜色如图 1-4 所示, 电阻器的阻值与允许偏差就可以通过其含义解读出来。



图 1-4 四环电阻器

(2) 五色环电阻器。

五环电阻器是精密电阻器, 五条色环中的前三条表示三位有效数字, 第四条表示乘数即有效数后零的个数, 第五条表示允许偏差。各环含义与四环电阻器各环的含义基本相同。

例如, 图 1-5 所示为五环电阻器示意图。



图 1-5 五环电阻器

注意: 识别第一环应特别小心。色环电阻器的第一环的确定方法: 金银环只能表示偏差环, 不能作为第一环; 橙、黄、灰只能表示第一环; 第一环一般距电阻体端部较近, 偏差环一般离电阻体端部较远。

2. 直标法电阻器的识别

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和允许偏差, 如图 1-6 所示。



图 1-6 直标法电阻器

3. 文字符号法电阻器的识别

用阿拉伯数字和文字符号两者有规律地组合在电阻上标出。标注时用符号 R 或 Ω 表示 Ω 、K 表示 $k\Omega$ 、M 表示 $M\Omega$, 电阻值 (阿拉伯数字) 的整数部分写在符号的前面, 小数部分写在符号的后面, 如图 1-7 所示。



图 1-7 文字符号法电阻器

4. 数码表示法电阻器的识读

用三位阿拉伯数字表示, 前两位为阻值的有效值, 第三位为有效数后零的个数, 单位为 Ω 。

例：102J 的标称阻值为 $10 \times 10^2 = 1\text{k}\Omega$ ，J 表示该电阻的允许误差为 $\pm 5\%$ 。

三、电阻器检测

电阻的检测，主要是检测其阻值及其好坏。

1. 固定电阻器检测

用万用表的欧姆挡测量电阻的阻值，将测量值和标称值进行比较，从而判断电阻是否出现短路、断路、老化（实际阻值与标称阻值相差较大的情况）等现象，是否能够正常工作。

注意：用万用表测量电阻时，不要双手触及表笔和电阻，如图 1-8～图 1-10 所示。

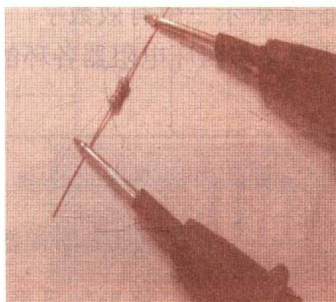


图 1-8 正确



图 1-9 错误

2. 敏感电阻器检测

(1) 热敏电阻器检测。

测量电阻的同时，用手捏住热敏电阻器或靠近已加热的电烙铁（不要接触）对其加热，若阻值随温度的变化而变化，说明其性能良好。如图 1-11～图 1-12 所示。

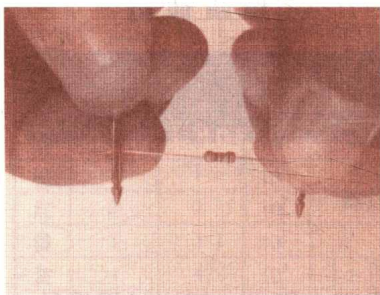


图 1-10 错误

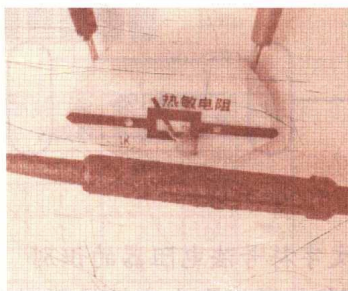


图 1-11 通电加热烙铁靠近热敏电阻器

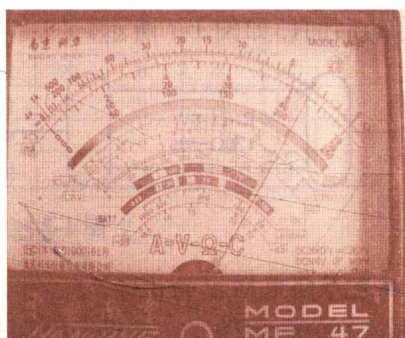
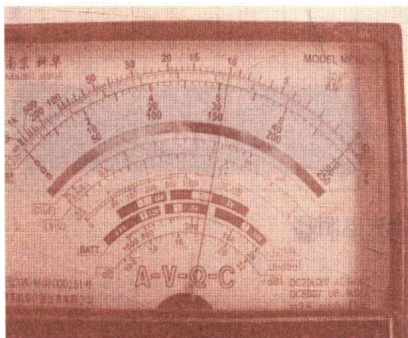


图 1-12 阻值随温度升高而减小