



全国高等职业教育规划教材

电子产品装配与调试

主 编 戴树春

副主编 张 洋 陈喜艳



电子教案下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

电子产品装配与调试

主 编 戴树春

副主编 张 洋 陈喜艳

参 编 郭永禄



机械工业出版社

本书是遵循高职高专学生的认知和职业成长规律而编写的基本技能型教材。本书共分为4个项目,项目1介绍常用电子元器件的识别与检测,项目2介绍电子元器件的焊接工艺,项目3介绍整机的装配与调试,项目4介绍电子产品的检验与包装。本书选取典型的小型电子产品为载体,电路从简单到复杂,逐步涉及多种电子操作工艺,使学生获得电子产品装配与调试全过程的知识和技能。

本书可作为高职高专电子信息类、机电类等专业的教材,也可作为相关专业的电子技能实训教材。

本书配套授课电子教案,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369, 电话: 010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品装配与调试/戴树春主编. —北京:机械工业出版社,2012.11
全国高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-111-39690-1

I. ①电… II. ①戴… III. ①电子产品—装配(机械)—高等职业教育—教材②电子产品—调试方法—高等职业教育—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第211767号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王颖 版式设计:姜婷

责任校对:张媛 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·9.25印张·223千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-39690-1

定价:19.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材 电子类专业编委会成员名单

主任 曹建林
副主任 张中洲 张福强 董维佳 俞宁 杨元挺 任德齐
华永平 吴元凯 蒋蒙安 祖炬 梁永生

委员 (按姓氏笔画排序)
尹立贤 王用伦 王树忠 王新新 邓红 任艳君
刘松 刘勇 华天京 吉雪峰 孙学耕 孙津平
朱咏梅 朱晓红 齐虹 张静之 李菊芳 杨打生
杨国华 汪赵强 陈子聪 陈必群 陈晓文 季顺宁
罗厚军 姚建永 钮文良 聂开俊 袁勇 袁启昌
郭勇 郭兵 郭雄艺 高健 崔金辉 曹毅
章大钧 黄永定 曾晓宏 蔡建军 谭克清

秘书长 胡毓坚

副秘书长 戴红霞

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位，促进学生技能的培养，以及教材内容要紧密结合生产实际，并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神，机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补，并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师，针对相关专业的课程设置，融合教学中的实践经验，同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的，具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中，本系列教材获得了较高的评价，并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中，除了保持原有特色外，针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中，核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时，增加实训和习题；实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合；涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时，根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来，本系列教材具有以下特点：

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度，强调专业技术应用能力的训练，适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁，多用图表来表达信息；增加相关技术在生产中的应用实例，引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新，及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注意吸收最新的教学理念，并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合，提高教学服务水平，为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快，加之我们的水平和经验有限，因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息，以利于我们今后不断提高教材的出版质量，为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

现在正是电子技术飞速发展的时代，电子产品正广泛地应用于人类生活的各个领域，如：日常生活中使用的家用电器、计算机、手机等；农业生产中的自动灌溉、培种育苗用的恒温控制等；工业生产中的各类仪器仪表、机电一体化设备中的数控机床、机器人等；还有航空航天、通信、国防等领域也都有电子产品的广泛应用。随着电子产品的使用范围越来越广，使用条件越来越复杂，质量要求越来越高，对电子产品结构的要求也越来越高，技术要不断地改进，产品的性能要不断地提高。

为了跟上电子信息行业新技术、新工艺日新月异的发展，适应电子企业生产第一线对工艺型、技能型、懂理论、会动手人才的需求，高职高专院校要培养生产、管理第一线高级应用型技术人才，就必须通过有效的实践教学手段和方法，对学生进行系统的实践技能训练，提高学生的动手能力。

“电子产品装配与调试”是高职高专应用电子技术、电子信息技术专业必修的核心课程之一，是一门面向应用、具有很强的实践性、实用性与综合性的专业技术课程。本书是基于工学结合、理论与实践一体化、行动导向的理念，按照电子产品生产流水线各岗位的工作过程，遵循学生的认知规律和职业成长规律编写的。

全书共分为4个项目，项目1介绍常用电子元器件的识别与检测，项目2介绍电子元器件的焊接工艺，项目3介绍整机的装配与调试，项目4介绍电子产品的检验与包装。

本书可作为高职高专电子信息类、机电类专业的专业课教材，也可作为相关专业的电子技能实训教材，建议教学时数为60学时。

本书纳入“福建省高等职业教育教材建设计划”，在编写过程中得到了福建省教育厅的大力支持，在此表示衷心感谢。

本书由漳州职业技术学院电子工程系戴树春副教授任主编，福建信息职业技术学院张洋和泉州信息职业技术学院陈喜艳任副主编，漳州职业技术学院郭永禄为参编。张洋编写了项目1；陈喜艳编写了项目2和项目3中的任务3.8；戴树春编写了项目3中的任务3.1、任务3.2、任务3.3、任务3.4、任务3.6、任务3.7和项目4；郭永禄编写了项目3中的任务3.5。在编写过程中编者参考了许多文献已列在书后，对参考文献的各位作者表示衷心的感谢。

漳州市明达光电科技有限公司总经理洪建华、漳州市威华电子有限公司总经理张怀恩等，为本书的编写给予了真诚的帮助和大力支持，提供了相关资料，得到他们企业中具有丰富实践经验的工程师的指导，使本书既能反映专业特色，又能适合地方的经济建设，在此深表感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，欢迎使用本书的读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

项目 1 常用电子元器件的识别与检测	1
任务 1.1 电阻的识别与检测	1
1.1.1 电阻及其特性	1
1.1.2 电阻的检测方法	4
1.1.3 电阻的使用常识	5
1.1.4 特种电阻	6
1.1.5 任务实施	8
任务 1.2 电容的识别与检测	8
1.2.1 电容及其特性	9
1.2.2 电容的检测方法	10
1.2.3 任务实施	12
任务 1.3 电感的识别与检测	12
1.3.1 电感及其特性	12
1.3.2 电感的检测方法	14
1.3.3 任务实施	15
任务 1.4 常用半导体器件的识别与检测	15
1.4.1 二极管及其特性	15
1.4.2 二极管的检测方法	16
1.4.3 晶体管及其特性	18
1.4.4 晶体管的检测方法	19
1.4.5 任务实施	21
任务 1.5 常用集成电路的识别与检测	22
1.5.1 集成电路的型号和分类	22
1.5.2 外形结构和引脚排列	23
1.5.3 集成电路使用注意事项	23
1.5.4 常用集成电路芯片介绍	24
1.5.5 集成电路的检测方法	25
1.5.6 任务实施	26
项目 2 电子元器件的焊接工艺	27
任务 2.1 焊接基础知识	27
2.1.1 焊接基本原理	27
2.1.2 手工焊接工具和材料	28
2.1.3 任务实施	31
任务 2.2 手工焊接操作与拆焊	32
2.2.1 手工焊接的基本操作	32

2.2.2	手工焊接的流程和方法	32
2.2.3	导线和接线端子的焊接	35
2.2.4	焊接质量的检查与分析	36
2.2.5	任务实施	37
任务 2.3	拆焊	40
2.3.1	拆焊方法	40
2.3.2	拆焊时的注意事项	42
2.3.3	拆焊后重新焊接时应注意的问题	42
2.3.4	任务实施	43
任务 2.4	现代焊接技术	43
2.4.1	浸焊	43
2.4.2	波峰焊	44
2.4.3	再流焊	46
2.4.4	无铅焊接	48
2.4.5	任务实施	49
项目 3	整机的装配与调试	50
任务 3.1	认识电子工艺文件	50
3.1.1	电子工艺文件的种类	50
3.1.2	编制电子工艺文件的方法	51
3.1.3	任务实施	52
任务 3.2	元器件引线的预处理与插装	59
3.2.1	元器件引脚的预处理	59
3.2.2	元器件的插装	60
3.2.3	特殊元器件的插装	61
3.2.4	任务实施	63
任务 3.3	导线的加工	63
3.3.1	绝缘导线的加工	64
3.3.2	屏蔽导线端头的加工	66
3.3.3	同轴电缆端头的加工方法	67
3.3.4	任务实施	68
任务 3.4	电子节能荧光灯的装配与检测	68
3.4.1	任务描述	69
3.4.2	任务相关知识	69
3.4.3	任务实施	70
3.4.4	任务总结	81
任务 3.5	数字万用表的装配与调试	85
3.5.1	任务描述	86
3.5.2	任务相关知识	86
3.5.3	任务实施	89
3.5.4	任务总结	101
任务 3.6	闪烁灯的制作与调试	101
3.6.1	任务描述	101
3.6.2	任务相关知识	101

3.6.3	任务实施	103
3.6.4	任务总结	107
任务 3.7	多路可调直流稳压电源的设计与制作	107
3.7.1	任务描述	108
3.7.2	任务相关知识	108
3.7.3	任务实施	110
3.7.4	任务总结	115
任务 3.8	高频无线短距离电力传输系统的设计与制作	115
3.8.1	任务描述	115
3.8.2	任务相关知识	116
3.8.3	任务实施	118
3.8.4	任务总结	126
项目 4	电子产品的检验与包装	127
任务 4.1	电子产品的检验工艺	127
4.1.1	电子产品的检验项目	127
4.1.2	电子产品的检验顺序	127
4.1.3	电子产品的样品试验	129
4.1.4	任务实施	130
任务 4.2	电子产品的包装	131
4.2.1	电子产品的包装种类	131
4.2.2	电子产品包装前的准备	132
4.2.3	电子产品的包装原则	132
4.2.4	电子产品的包装材料	132
4.2.5	电子产品包装的防伪标志	133
4.2.6	电子产品包装的设计要求	133
4.2.7	任务实施	133
参考文献		137

项目 1 常用电子元器件的识别与检测

学习目标：

- (1) 会识别常用电子元器件的种类，熟悉其名称和作用。
- (2) 通过对常用电子元器件的检测，熟练掌握常用检测工具及仪表的使用及各种检测方法。

学习内容：

- (1) 了解电子产品中的常用电子元器件的种类、特点以及功能。
- (2) 熟悉各种常用电子元器件的外形和主要指标及检测方法。

引导课文：

纷繁多样的电子产品（如家用电器、仪器仪表等）都由各种各样的电子元器件构成，故对于常用元器件的性能、用途、质量等判别方法的学习和掌握还是十分必要的，因其对提高电气设备的装配质量及可靠性以及提高性价比都将起到重要的保证作用。电阻、电容、电感、二极管、晶体管、集成电路等都是电子电路中常用的元器件。

任务 1.1 电阻的识别与检测

1.1.1 电阻及其特性

电阻的种类有很多，通常分为 3 大类：固定电阻、可变电阻、特种电阻。电阻在电路中的作用可概括为：在串联电路中起限流和分压的作用，在并联电路中起分流的作用。

1. 固定电阻及参数指标

常用电阻的外形如图 1-1 所示。

(1) 标称阻值与允许误差。

电阻通常用大写字母 R 表示，阻值的基本单位是欧姆，简称为欧 (Ω)。除欧姆外，常用单位还有千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$)，它们之间的换算关系为：

$$1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

电阻上标称电阻值的表示方法一般有 4 种。

1) 直标法。直标法是指用阿拉伯数字和单位符号在电阻的表面上直接标出标称阻值和允许误差。其优点是直观、易于辨读。例如：图 1-2 在电阻体上印有“0.47K Ω ”的字样，表示这个电阻的阻值为 0.47 Ω ，K 表示允许误差为 $\pm 10\%$ 。

2) 文字符号表示法。文字符号表示法是把文字、数字有规律地结合起来表示电阻的标称阻值和允许误差，如图 1-3 所示。允许误差的字母代号与对应数值如表 1-1 所示。

表 1-1 允许误差的字母代号与对应数值

字母代号	W	B	C	D	F	G	J	K	M	N	R	S	Z
允许误差 (%)	± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1	± 2	± 5	± 10	± 20	± 30	+100 -10	+50 -10	+80 -20

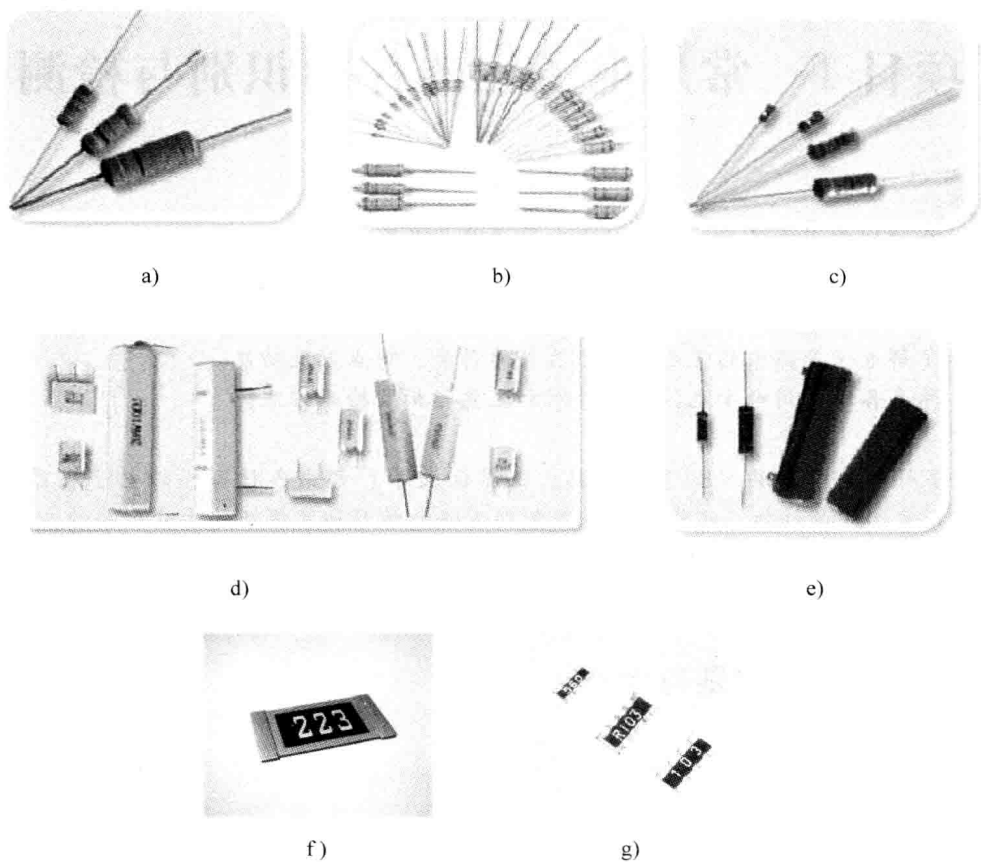


图 1-1 几种常见电阻的外形
 a) 金属氧化膜电阻 b) 碳膜电阻 c) 金属膜电阻 d) 水泥线绕电阻
 e) 被漆线绕电阻 f) 贴片电阻 g) 贴片排阻

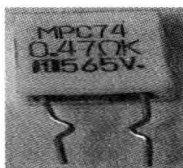


图 1-2 电阻的直标法

例：如表 1-2 所示是在电阻上印有文字符号表示法的字样与对应数值。

表 1-2 文字符号表示法与对应数值

文字符号法	1K5J	4K7K	3Ω6M	R5F	3M3J
标称阻值	1.5kΩ	4.7 kΩ	3.6Ω	0.5Ω	3.3MΩ
允许误差	± 5%	± 10%	± 20%	± 1%	± 5%

从上表中可看出，第一个字母表示单位，如：R (Ω) 表示欧姆 (10⁰)，K 表示千欧

(10^3), M 表示兆欧 (10^6), G 表示吉欧 (10^9), T 表示太欧 (10^{12}), 也代替了小数点, 可以理解为单位前面是整数, 单位后面是小数部分, 小数点前面是 0 不写; 第二个字母表示允许误差。

3) 数码表示法。用 3 位数字表示电阻值、用相应字母表示允许偏差的方法称为数码表示法。其中, 数码按从左到右的顺序, 第一、二位为电阻值的有效值, 第三位为零的个数, 电阻的单位是 Ω 。10 Ω 以下的小数点也与文字符号法相同, 如: 2.2 Ω 也用 2R2 来表示。

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

图 1-1f 中, “223” 表示标称阻值为 $22 \times 10^3 \Omega = 22\text{k}\Omega$ 。

4) 色标法。色标法是用色环、色点或色带在电阻的表面上标出标称阻值和允许误差, 色标法与对应数值如表 1-3 所示。一般有四色环和五色环两种。四色环色标法: 普通电阻器大多用四色环色标法来标注。四色环的前两条色环表示阻值的有效数字, 第三条色环表示阻值倍率, 第四条色环表示阻值允许误差范围。五色环色标法: 精密电阻器大多用五色环色标法来标注。五色环的前三条色环表示阻值的有效数字, 第四条色环表示阻值的倍率, 第五条色环表示允许误差范围。色标法中色环电阻读值如图 1-4 所示。

表 1-3 色标法与对应数值

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	本色
对应数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
应乘倍率	$\times 10^0$	$\times 10^1$	$\times 10^2$	$\times 10^3$	$\times 10^4$	$\times 10^5$	$\times 10^6$	$\times 10^7$	$\times 10^8$	$\times 10^9$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-2}$	
误差率 (%)		± 1	± 2			± 0.5	± 0.25	± 0.1			± 5	± 10	± 20
温度系数	200ppm	100ppm	50ppm	15ppm	25ppm	20ppm	10ppm	5ppm	1ppm				

例如: 红、红、红、银四环表示的阻值为 $22 \times 10^2 = 2200\Omega$, 允许偏差为 $\pm 10\%$;

棕、紫、绿、银、棕五环表示阻值为 $175 \times 10^{-2} = 1.75\Omega$, 允许偏差为 $\pm 1\%$ 。

(2) 额定功率。

电阻的额定功率是指在特定环境温度范围内所允许承受的最大功率。它决定了电阻能安全通过的电流大小。常用电阻器的功率有 1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、5W、10W 等。

2. 可变电阻

可变电阻可分为微调电阻和电位器两种, 一般有 3 只引脚, 若带中心抽头则有 4 只引脚, 若是多联电位器, 引脚数就更多了, 其中每一个单联电位器都只有一只滑动臂, 其余为固定臂。可变电阻的阻值可在一定范围内调整, 标称阻值是指两个固定端之间的阻值为最大值, 并将该电阻值称为这个可变电阻的阻值, 滑动臂与任意一个固定端之间的电阻值可以随着轴臂的旋转而改变, 在 0 和最大值之间连续可调。可变电阻器的外形如图 1-5 所示。

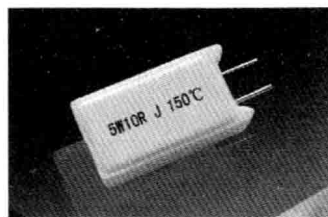


图 1-3 电阻的文字符号表示法

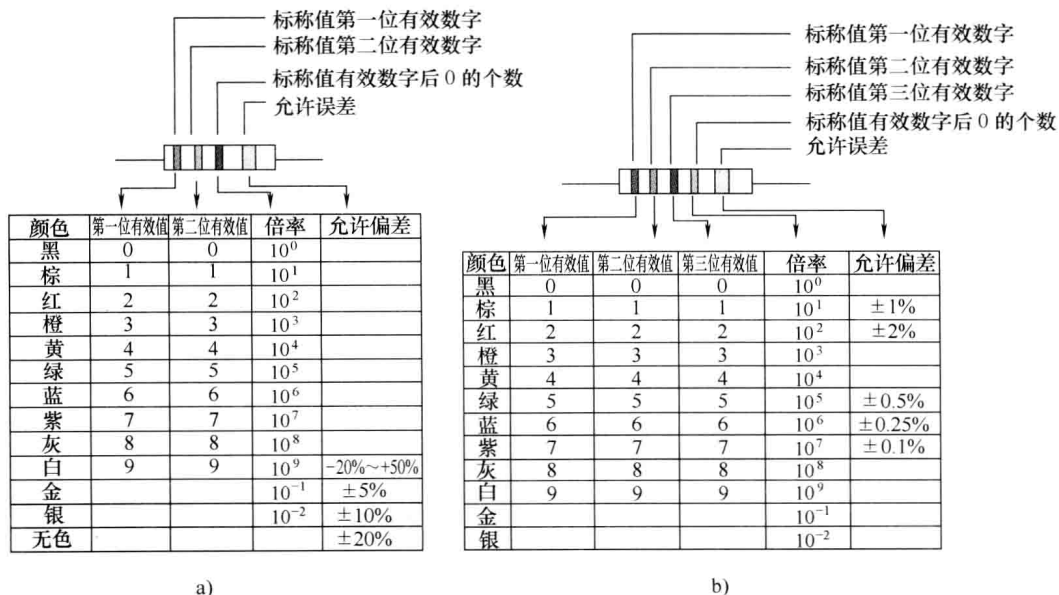


图 1-4 色环电阻读值

a) 四色环电阻 b) 五色环电阻

电位器的一般标识方法如图 1-6 所示。

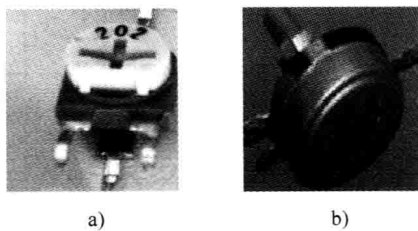


图 1-5 可变电阻的外形
a) 微调电阻 b) 电位器

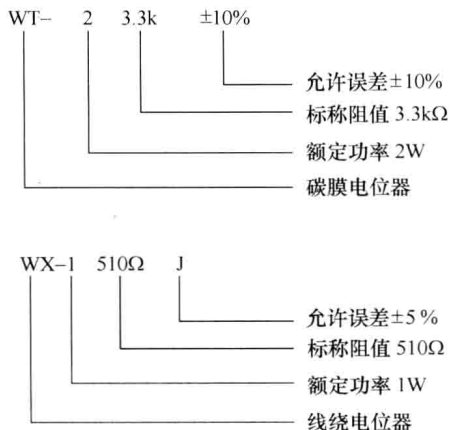


图 1-6 电位器的标识方法

1.1.2 电阻的检测方法

1. 万用表测量实际电阻值

1) 将万用表拨到欧姆档，两只表笔（不分正、负）分别与电阻的两端引脚相接即可测出实际电阻值。为了提高测量精度，应根据被测电阻标称值的大小来选择量程，并使指针指示值尽可能落到刻度的中段位置，即全刻度起始的 20% ~ 80% 弧度范围内，以使测量更准确。根据电阻误差等级不同，读数与标称阻值之间分别允许有 ±5%、±10% 或 ±20% 的误差。如不相符，超出误差范围，则说明该电阻值变值了。

2) 注意：测试时，特别是在测几十千欧以上阻值的电阻时，手不要触及表笔和电阻的

导电部分；被检测的电阻必须从电路中拆焊下来或至少要焊开一个端头，以免电路中的其他元器件对测试产生影响，造成测量误差；色环电阻的阻值虽然能以色环标志来确定，但在使用时最好还是用万用表测量一下其实际阻值。

2. 检测电位器

(1) 转动电位器的转轴或滑动电位器的沿片。

在操作过程中，若能感到平滑和具有良好的手感，并且电位器内部无“沙沙”声，则说明此电位器性能良好；否则，应对其进行检修。

(2) 测量电位器的标称阻值。

测量出的电位器两定片之间的阻值应为其标称阻值。如果测量值与电位器的实际标称阻值相差很大，则说明其已损坏。

(3) 检测滑动片与电阻体定片之间的接触状况。

将万用表拨到欧姆档，根据被测电位器的标称阻值大小，选择合适的量程档。万用表的一只表笔接触中心焊片（滑动）的引脚（注意：中心焊片的引脚是固定的，而滑动片是可以直接移动的），另一只表笔接触其两端定片引脚中的任意一个，慢慢地将转轴（柄）从一个极端旋转到另一个极端，其阻值应从近似0（原因是电位器上存在着活动触头，而活动触头存在着接触电阻）连续变化到电位器的标称阻值，或者做相反变化。在此操作过程中，万用表的指针不应有跳动现象，否则，表明电位器的活动触头有接触不良的故障。

(4) 检测开关性能。

带开关的电位器，当将其开关接通或断开时，应能听到清脆的响声，否则，将对其进行检修。将万用表置于 $R \times 1\Omega$ 档，两只表笔分别接触开关的两个焊片：当开关接通时，开关的两焊片之间的阻值应近似为0，否则说明电位器开关触头接触不良；当开关断开时，开关的两焊片之间的阻值应为无穷大，否则说明电位器开关失控。

(5) 检测电位器外壳与各引脚的绝缘性能。

将万用表置于 $R \times 10k\Omega$ 档，万用表的一只表笔接触电位器的外壳，另一只表笔分别逐个接触电位器的各个引脚。测得的阻值都应为无穷大，否则说明电位器外壳与引脚存在着短路现象或者它们之间的绝缘性能不好。

1.1.3 电阻的使用常识

(1) 用万用表测量在电路中的电阻时，首先应把电路中的电源切断，然后将电阻的一端与电路断开，以免电路元器件的并联影响测量的准确性。测量电阻时，不允许用两只手同时接触表笔的两端，否则会将人体电阻并联在被测电阻上而影响测量的准确性。要精确测量某些电阻值时需用电阻电桥。

(2) 电阻在使用前，最好用万用表测量一下阻值，检查无误后，方可使用。用文字直接标志的电阻，装配时应使其有标志的一面向上，以便查对。

(3) 电位器使用一段时间后最易出现的故障是噪声大，特别是非密封的带开关的电位器，主要原因是电阻膜被磨损，接触电阻不稳定。可用无水酒精清洗内部电阻膜，去除摩擦产生的碳粉及污垢。当然磨损严重的电位器就需要更换了。

(4) 额定功率合适。选用的功率过大，电阻的体积也大，成本也就相应增加，不利于电路的设计和装配；但是，为了保证电阻的安全使用，额定功率也不能选得过小。通常选用

的额定功率应大于实际消耗的功率的两倍左右。

(5) 误差大小合适。一般选用的电阻与电路图中的设计值有 10% 的浮动。个别阻值要求精确的地方，其安装说明中会特别指出。因此，一般可使用误差环是银色的电阻，个别地方应使用五色环精密电阻。

(6) 由于电子装置中大量使用小型和超小型电阻，所以焊接时使用尖细的烙铁头，功率在 30W 以下。尽可能不要把引线剪得过短，以免在焊接时热量传入电阻内部，引起阻值的变化。

(7) 色环电阻顺序的识别方法。

色环电阻是应用于各种电子设备中最多的电阻类型，无论怎样安装，都应使维修者能方便的读出其阻值，便于检测和更换。但在实践中发现，有些色环电阻的排列顺序不甚分明，往往容易读错，在识别时，可运用如下技巧加以判断。

技巧 1：先找标志误差的色环，从而排定色环顺序。最常用的表示电阻误差的颜色是：金、银、棕，尤其是金色环和银色环，一般不会用做电阻色环的第一环，所以在电阻上只要有金色环和银色环，就可以基本认定这是色环电阻的最末一环。

技巧 2：棕色环是否是误差标志的判别。棕色环既常用做误差环，又常作为有效数字环，且常常在第一环和最末一环同时出现，使人很难识别哪一环是始末。在实践中，可以按照色环之间的间隔加以判别：比如对于一个五道色环的电阻而言，第五环和第四环之间的间隔比第一环和第二环之间的间隔要宽一些，据此可判定色环的排列顺序。

技巧 3：在仅靠色环间距还无法判定色环顺序的情况下，还可以利用电阻的生产序列值来加以判别。比如有一个电阻的色环读序是：棕、黑、黑、黄、棕，其值为： $100 \times 10^4 \Omega = 1\text{M}\Omega$ ，误差为 $\pm 1\%$ ，属于正常的电阻系列值，若是反顺序读：棕、黄、黑、黑、棕，其值为 $140 \times 10^0 \Omega = 140\Omega$ ，误差为 $\pm 1\%$ 。显然按照后一种排序所读出的电阻值，在电阻的生产系列中是没有的，故后一种色环顺序是不对的。若以上两种方法还是无法确定阻值，那只好配合万用表测量来确定。

1.1.4 特种电阻

1. 光敏电阻

光敏电阻又称为光导管，如图 1-7a 所示。它是利用半导体的光电效应制成的一种电阻值随入射光的强弱而改变的电阻；入射光强，电阻减小，入射光弱，电阻增大。

其主要参数：

- ① 亮电阻 ($\text{k}\Omega$)：指光敏电阻受到光照射时的电阻值。
- ② 暗电阻 ($\text{M}\Omega$)：指光敏电阻在无光照射（黑暗环境）时的电阻值。
- ③ 最高工作电压 (V)：指光敏电阻在额定功率下所允许承受的最高电压。
- ④ 灵敏度：指光敏电阻在有光照射和无光照射时电阻值的相对变化。

除此之外，还有亮电流、暗电流、时间常数和电阻温度系数等。

检测：

1) 检测暗电阻：用小黑纸片遮在光敏电阻的透光窗，此时万用表的指针应有微小幅度的摆动，阻值明显很大。暗阻为数兆欧至几十兆欧，则说明光敏电阻质量良好。

2) 检测亮电阻：将光源对准光敏电阻的逐透光窗口，此时万用表的指针应有较大幅度的摆动，阻值明显减小。此值越小说明光敏电阻性能越好，若此值很大甚至无穷大，表明光

敏电阻内部开路损坏，也不能再继续使用。

3) 检测灵敏性：将光敏电阻透光窗口对准入射光线，用小黑纸片在光敏电阻的透光窗上部晃动，使其间断受光，此时万用表指针应随黑纸片的晃动而左右摆动。如果万用表指针始终停在某一位置不随纸片晃动而摆动，说明光敏电阻的光敏材料已经损坏。

2. 热敏电阻

热敏电阻电阻值随着其表面温度的高低的变化而变化，如图 1-7b 所示。热敏电阻分为正温度系数和负温度系数电阻。选用时不仅要注意其额定功率、最大工作电压、标称阻值，更要注意最高工作温度和电阻温度系数等参数，并注意阻值变化方向。检测如下所述。

(1) 常温检测（室内温度接近 25℃）。

将两表笔接触热敏电阻的两引脚测出其实际阻值，并与标称阻值相对比，二者相差在 $\pm 2\Omega$ 内即为正常。实际阻值若与标称阻值相差过大，则说明其性能不良或已损坏。

(2) 加温检测将一热源（例如电烙铁）靠近热敏电阻对其加热，同时用万用表监测其电阻值是否随温度的升高而变化，阻值增大为 PTC，阻值减小为 NTC。

若测得是开路或短路，或阻值偏离标称阻值很多，或加温后阻值无变化的，均说明热敏电阻器已损坏。

3. 压敏电阻

压敏电阻是对电压变化很敏感的非线性电阻，如图 1-7c 所示。当电阻上的电压在标称值内时，电阻上的阻值呈无穷大状态，当电压略高于标称电压时，其阻值很快下降，使电阻处于导通状态，当电压减小到标称电压以下时，其阻值又开始增加。选用时，压敏电阻的标称电压值应是加在压敏电阻两端电压的 2~2.5 倍，另需注意压敏电阻的温度系数。

辨认压敏电阻的方法，一是看在标记了标称电压值后面是否标记了“V”，有就是压敏电阻。另一种方法是看透明外壳封装的一端上是否标印了一个黑点，有就是压敏电阻。

检测：在常态下（脱开电路后），用万用表的 $R \times 1k\Omega$ 档测量压敏电阻两引脚之间的正、反向绝缘电阻，均应为无穷大。否则，说明漏电流大。若所测电阻很小，说明压敏电阻已损坏，不能使用。

4. 湿敏电阻

湿敏电阻是对湿度变化非常敏感的电阻，能在各种湿度环境中使用，如图 1-7d 所示。选用时应根据不同型号的不同特点以及湿敏电阻的精度、湿度系数、响应速度、湿度量程等进行选用。

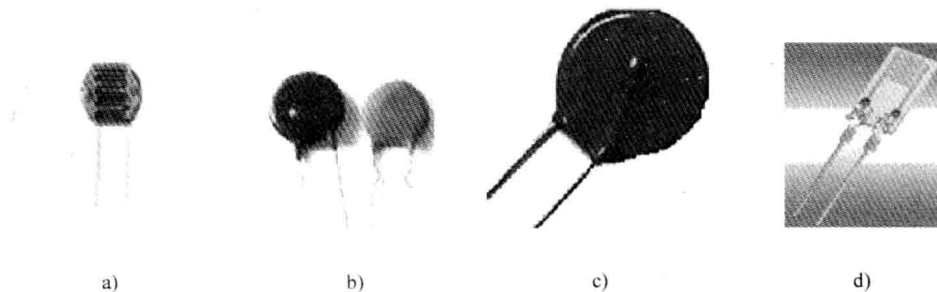


图 1-7 特种电阻外形

a) 光敏电阻 b) 热敏电阻 c) 压敏电阻 d) 湿敏电阻

1.1.5 任务实施

1. 电阻的测量

用万用表测量 5 个色环电阻，并将数据记录如表 1-4 所示。

表 1-4 电阻的测量

次数	电阻色环	电阻标称值	实测值	误差	误差分析
1					
2					
3					
4					
5					

2. 电位器的测量

用万用表测量 3 个电位器的固定电阻值，并检测当转动其动点时，能否改变动点与定点之间的电阻值，并将数据记录，如表 1-5 所示。

表 1-5 电位器的测量

次数	标称值	实测值	动点与定点电阻可调否	综合判定电位器良好否
1				
2				
3				

3. 光敏电阻的测量

用万用表欧姆档分别测量可见光敏电阻及紫外光敏电阻的暗电阻和亮电阻并将数据记录，如表 1-6 所示。

表 1-6 光敏电阻的测量

MG45-14 可见光敏电阻	正向	暗电阻	MG25-14 紫外 光敏电阻	正向	暗电阻
		亮电阻			亮电阻
	反向	暗电阻		反向	暗电阻
		亮电阻			亮电阻

4. 热敏电阻的测量

用万用表欧姆档测量加热到一定温度的 NTC 热敏电阻阻值并将数据记录，如表 1-7 所示，再根据数据绘曲线。

表 1-7 热敏电阻的测量

标称值												
	20℃	30℃	40℃	50℃	60℃	70℃	80℃	90℃	100℃	110℃	120℃	150℃
加热												
电阻												

任务 1.2 电容的识别与检测

在我们周围能看到很多容器，如粮仓、油筒、杯子等。在电子装备中，却有一种与众不同