



21世纪高职高专规划教材
电子信息/通信类

- 借鉴国外职业教育的先进教学模式, 顺应现代职业教育制度的改革趋势
- 以能力为主、应用为本作为职业教育导向的内容体系
- 基于岗位技能, 面向操作过程的编写思路
- 应用类课程与国家职业认证挂钩

DIANZI SHIXUN

YU CHANPIN ZHIZUO

电子实训

与产品制作

主 编 伍季松
副主编 李皓瑜



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪高职高专规划教材·电子信息/通信类

电子实训与产品制作

主 编 伍季松
副主编 李皓瑜

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书围绕高等职业技术教育人才培养目标,以提高学生专业实践能力为核心,由浅入深地安排了一系列的实训教学内容。

本书由两部分组成:第一篇为电子实训,共有4章,着重介绍了电子技术基础操作的入门知识,包括电子产品焊接、常用电子元器件的识别与测量、印制电路板的设计与制作、Protel 电路设计简介等;第二篇为电子产品的设计与制作,共提供了14个电子产品制作的课题,从设计目的、设计要求到整机原理图、工作原理都作了详细介绍,便于教师教学与学生自学。每章及每个课题后都附有相关习题,以检验学生对知识点的掌握情况。

本教材适用于高职高专院校电子信息类及相关专业实训课程的教学,还可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电子实训与产品制作/伍季松主编. —北京:北京理工大学出版社,
2009.3

ISBN 978-7-5640-1813-9

I. 电… II. 伍… III. ①电子技术②电子产品-制作 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第021147号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京圣瑞伦印刷厂

开 本/787毫米×960毫米 1/16

印 张/14.25

插 页/1

字 数/290千字

版 次/2009年3月第1版 2009年3月第1次印刷

印 数/1~4000册

定 价/25.00元

责任校对/申玉琴

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前言

实践教学环节是实现高职培养目标的重要环节，它的成功与否是高职教育能否真正办出成效、办出特色的关键。为了实现高职教育的培养目标，我们在教学过程中，始终把对学生实践能力的培养与实践教学环节放在首位。

本书是以应用为宗旨，以能力培养为核心构建而成的全新实训教材，具有以下特点：

1. 实训环节分成两个层次，即电子实训、电子产品设计与制作。
2. 实训环节实现“6个合一”，即“教室、车间合一；学生、学徒合一；教师、师傅合一；课内、课外合一；产品、作品合一；育人、创收合一”。
3. 强调理论与实际相结合，注重将电子新知识、新技术、新工艺、新器材引进教材，以课题（电子产品制作）为主导，将相关课程的知识点有机地、系统地紧密结合起来，让教材的内容更贴近现实。
4. 在编写方法上打破以往教材过于注重“系统性”的格局，摒弃了“验证性实验”和繁琐的数学推导，改用课题式的编写模式，突出实用技能和动手训练，使得内容更加新颖、实用。
5. 注重现实社会发展和学生就业的需求，以培养岗位群的综合能力为目标，充实训练模块的内容，强化应用，有针对性地培养学生较强的职业技能。

全书共分为4章和14个课题，可培养学生达到以下专业能力：

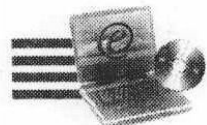
1. 能读懂电路原理图，有分析电路基本功能的能力。
 2. 有分析、组装及调试基本电子电路的能力。
 3. 能熟练掌握电路原理图与印制电路板图的对应关系的能力。
 4. 会查阅和利用相关技术资料，合理选用电子元器件的能力。
 5. 会使用万用表，检测常用电子元器件质量的能力。
 6. 有分析和排除基本电子电路一般故障的能力。
 7. 能掌握常用电子测量仪表的正确使用方法和各类电路（或功能）的基本测量方法的能力。
 8. 能书写严谨、有理论分析、有测试数据、实事求是、文字通顺和字迹端正的实训总结。
- 因时间仓促，编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

第1篇 电子实训

第1章 焊接	2
1.1 焊接的概念及物理过程	2
1.2 电烙铁	3
1.3 焊料、焊剂与元器件的可靠性	4
1.4 焊接准备与操作要领	5
1.5 焊接的质量检查	6
1.6 特殊元器件的手工焊接	6
1.7 锡焊元器件的无损拆卸	7
1.8 焊接训练工具、器材	8
习题	8
第2章 常用电子元器件的识别与测量	9
2.1 电阻的识别与测量	9
2.2 电位器的识别与测量	12
2.3 电容的识别与测量	13
2.4 二极管的识别与测量	14
2.5 三极管的识别与测量	17
2.6 可控硅 (SCR) 的识别与测量	18
2.7 整流桥的识别与测量	19
2.8 数码管的识别与测量	20
2.9 继电器的识别与测量	20
2.10 电源变压器的识别与测量	22
2.11 集成电路的识别与测量	23
2.12 常用电子元器件识别与测量训练工具、器材	24
习题	25
第3章 印制电路板的设计与制作	30
3.1 概述	30



3.2	印制电路板的设计原则.....	31
3.3	印制电路板布线的基本原则.....	31
3.4	手工制作印制电路板的方法.....	32
3.5	印制电路板的质量检验.....	33
3.6	印制电路板的草图设计.....	33
	习题	34
第 4 章	Protel 99 电路设计简介	35
4.1	双音报警器.....	35
4.2	电路原理图的创建.....	38
4.3	设计印制电路板图.....	43

第 2 篇 电子产品设计与制作

课题 1	直流稳压电源.....	50
课题 2	MF-47 型万用表	58
课题 3	ZX-2018 型直流稳压电源/充电器	72
课题 4	多功能防盗报警器.....	80
课题 5	自动换向 LED 装饰彩灯	88
课题 6	拔河比赛游戏机.....	109
课题 7	篮球竞赛数显 30 s 计时器	122
课题 8	程序工作控制系统.....	135
课题 9	数字温度计.....	140
课题 10	函数信号发生器.....	151
课题 11	用运放 LM358 构成正弦波振荡器	156
课题 12	红外线多路遥控装置.....	162
课题 13	声、光控延时报警的自激多谐振荡器.....	180
课题 14	EDA 实验平台设计	186
附录一	部分器件简介一览表.....	220
附录二	EDA4-0 主板原理图	222

第1篇 电子实训

- 第1章 焊接
- 第2章 常用电子元器件的识别与测量
- 第3章 印制电路板的设计与制作
- 第4章 Protel 99 电路设计简介

第1章 焊 接

国外一位电子技术专家曾说：“谁掌握了优良的焊接技术，谁就真正掌握了市场”，可见焊接技术在电子产品生产过程中的地位是何等重要。事实上，电子产品无论是在生产中还是在使用中所出现的故障，多半都是焊接不良所引起的。

焊接技术发展到今天，已有多种自动焊接技术，其效率和质量都是手工焊接无法比拟的。但是这些自动焊接技术只能在特定的、大批量生产情况下进行，如生产手机、电话机就是如此。但在许多情况下，还是离不开手工焊接，如新产品的研制、维修、小批量生产、特殊元器件的手工装配以及整机组装等都要靠手工焊接来完成。另外，掌握手工焊接技术也是一个必经的学习过程，通过手工焊接了解焊接原理、掌握焊接过程的要领、确保电子产品质量。因此本章重点讲述手工焊接。

1.1 焊接的概念及物理过程

1.1.1 焊接的概念

焊接一般采用加热的方法，通过第三种物资——焊料，使两个金属物体紧密结合起来。

1.1.2 焊接的物理过程

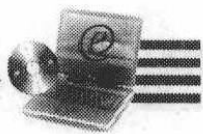
锡焊，其本质就是让熔化的焊锡渗透到两个被焊物体（元件引脚与电路板焊盘）的金属表面，然后冷却凝固而使之结合。要得到一个良好的焊点，必须满足以下几个基本物理条件。

- （1）两个金属表面能充分接触，中间没有杂质隔离（如氧化膜、油污、锈迹、灰尘）。
- （2）温度足够高。
- （3）时间足够长。

焊接过程的本质是扩散。满足上述3个条件后，金属分子才有机会、有足够的能量和时间进行扩散。

- （4）冷却时，两个被焊物的位置必须相对固定。

应该指出，有些初学者头脑中存在一个错误的概念：认为锡焊焊接无非是将焊锡熔化以后，用烙铁头把它涂到焊点上，待其冷却凝固而成。他们把焊料看成了糨糊，看成了敷墙的



水泥，这是不对的。要记住：焊接不是“粘”、不是“涂”、不是“敷”，而是融入浸润，是扩散而形成合金层。

1.2 电 烙 铁

1.2.1 电烙铁的功能构造及工作原理

电烙铁在焊接工艺中有哪几项功能呢？它有加热焊区各被焊金属、熔化焊料、运载焊料、调节焊料用量等4项功能。

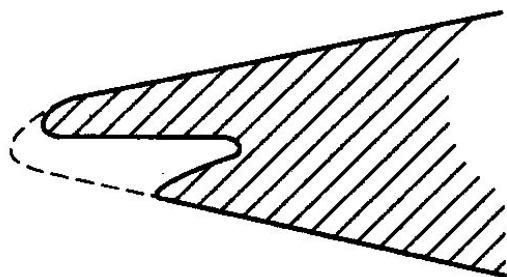
电烙铁由5部分组成：电源线、手柄、管状烙铁身、烙铁芯及烙铁头等。

电烙铁的工作原理简单地说就是一个电热器在电能的作用下，发热、传热及散热的过程。

1.2.2 烙铁头

普通烙铁头的特点是什么？有何弱点？

普通烙铁头都是用热容比大、热导率高的纯铜（紫铜）制成。因为锡和铜之间有很好的亲和力，所以熔化的焊锡才会很容易被吸附在烙铁头上任由调度。然而铜与锡生成铜锡合金，合金的熔点大大低于纯铜的熔点，在电烙铁的工作温度下（一般在 300°C ）局部熔解。其熔解速度与温度成正比。在烙铁头的工作面各处的温度不会完全一样，温度高的地方铜金属消耗较快，使工作面形成凹陷，凹陷处温度更集中，局部熔解的速度加快，这样恶性循环，于是在烙铁头原来平整的工作面就会出现一个很深的凹坑，如图 1.1.1 所示。



此时不利于热量传递，同时由于烙铁头被“烧死”，而不再吃锡。在这种情况下，烙铁头虽然很热，但就是焊不上元器件。结果对烙铁头不得不重新加工、修整、上锡。这既麻烦，同时用不了多久烙铁头就要报废。

为了解决上述问题，出现了长寿烙铁头。长寿烙铁头比普通烙铁头的寿命长 20 倍左右。

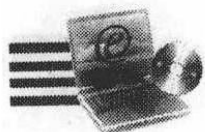
长寿烙铁头为什么可以长寿呢？

长寿烙铁头的基本金属还是紫铜，只是在工作端部被镀上一层用来阻挡焊锡侵蚀的纯铁。为了保持烙铁头对焊锡的吸附性，在铁的表面使用活性较大的助焊剂（氯化锌）热镀上一层纯锡。由于铁在工作温度下基本不与锡起反应，所以解决了这个问题。

长寿烙铁头如图 1.1.2 所示。

使用长寿烙铁头的电烙铁应注意什么问题呢？

要注意保护烙铁头表面的镀层，千万不能在砂纸上打磨、用锉刀锉。若其尖端附着点黑



东西，只要在湿布或湿纤维素海绵上稍加擦拭就可露出光亮的镀锡表面。放在烙铁架上，烙铁头尖端应朝下搁置，让烙铁尖总被焊锡包围，以免烙铁头烧死。

1.2.3 电烙铁的选用原则

(1) 焊接小型电子元器件及敏感元器件，如集成电路、晶体管、0.5 W 以下电阻、敏感元器件，片状元器件等应选用 20 W 内热式电烙铁。

(2) 焊接大型元器件，如大功率晶体管、整流桥、变压器、大容量电解电容器的引脚、金属底盘接地焊片等，应选用 60~100 W 的电烙铁。

(3) 焊接导线或同轴电缆时，应根据导线粗细选用 30~50 W 的电烙铁。导线粗的可选瓦数大些；反之选小些。

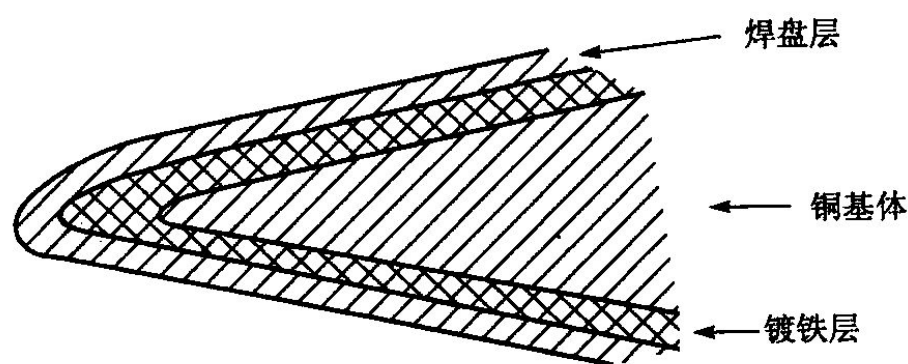


图 1.1.2 长寿烙铁头剖面

1.3 焊料、焊剂与元器件的可靠性

1.3.1 焊料

焊料就是焊锡。它通常是由锡与另一种低熔点金属铅组成的合金。

该合金中锡的质量分数为 63%，铅的质量分数为 36.5%，其他金属的质量分数为 0.5%。焊锡的规格一般直径为 $\phi 0.5 \sim 5$ mm 等 10 多种规格。一般电子产品安装使用 $\phi 1.0$ mm 左右即可，对小于 $\phi 0.5$ mm 的焊锡丝一般用在密度较大的贴装微小元器件焊接中。

1.3.2 焊剂

在电子产品焊接中，焊剂基本上以松香为主。

松香是天然树脂，是一种在常温下呈浅黄色或棕红色的透明玻璃状固体。松香的主要成分为松香酸，在温度为 74°C 时熔解并呈现出活性，随着温度的升高，松香酸开始起作用，使参加焊接的金属表面氧化物还原，熔解，起到助焊的作用，故又称“助焊剂”。

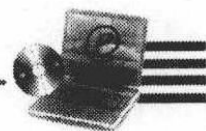
助焊剂的作用有以下 3 点：

(1) 清洁焊接面。

(2) 防止焊接面氧化。

(3) 有助于焊锡浸润焊件。焊锡在熔融状态时，助焊剂融入液态焊料之中，增加了焊锡的流动性，使焊锡流动顺畅，有助于焊锡浸润焊件。

固体状松香的电阻率很高，具有良好的绝缘性，且化学性能稳定，对焊点及电路无腐蚀性。



1.4 焊接准备与操作要领

1.4.1 焊接准备

(1) 在整个焊接过程中要注意烙铁头的温度。烙铁头的温度可以通过插入烙铁芯的深度来调节。烙铁头往里送点，温度就升高；反之则降低。

(2) 不可温度过高，防止烙铁头“烧死”。烙铁头“烧死”是指烙铁头前端工作面上的镀锡层在过高的温度下氧化掉，表面形成了一层黑色的氧化铜壳层，看不到银白色的吃锡状态。此时烙铁头既不传热，也不吃锡，无法进行焊接。

(3) 对于烙铁头“烧死”后的处理。

首先用锉刀将烙铁头部锉平，并用砂布打磨烙铁头，除去其氧化层，露出均匀、平整的铜表面，然后将烙铁头装好通电加热。

也可将砂布放在木板上，在砂纸上放少量松香和焊锡，烙铁头蘸上焊锡后在松香上来回摩擦，直到整个烙铁头修整面均匀地挂上一层焊锡为止。

应注意：烙铁通电后一定要立刻蘸上松香，防止烙铁头氧化。

1.4.2 操作要领

(1) 元器件引脚的上锡。

焊接之前，一般要对元器件引脚的表面进行清洁处理，除去表面的锈迹、油污、灰尘及氧化层等影响焊接质量的杂质。手工处理的方法是：用锋利的工具沿着引线方向外刮，或用较细的砂纸进行打磨，直至元器件引脚上存在的氧化物彻底除掉。然后将引脚的焊接部分镀上一层焊锡。采取这些措施，是为了保证不出现虚焊。

一般电子元器件，在出厂3个月以内，引脚不会被氧化，上焊锡前不用做清洁处理，3个月后可能出现氧化，必须做清洁处理。

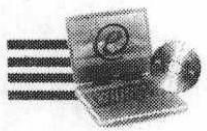
(2) 手工焊接的技术要领是：

将电路板面向操作者倾斜搁置，烙铁头工作面靠在被焊元器件的引脚和焊盘上，同时将松香焊锡丝送向三者交汇的烙铁头上使其熔化，熔化的焊锡马上流向并填充它们之间的空隙，使热量迅速地传过来，很快将被焊物升温，当被焊物热起来以后，就不失时机地转到烙铁对面的一侧，直接向元器件引脚和焊盘交接处少量送入另一部分焊锡丝，这样熔化了了的焊锡丝就起到了焊点形成的作用。形成焊点后，移开烙铁头。

以下介绍五步焊接法

步骤一：准备。烙铁头和焊锡丝靠近被焊元器件并认准位置，处于随时可以焊接的状态。

步骤二：加热。将烙铁头放在元器件引脚及焊盘上进行加热，保证元器件引脚与焊盘被



充分加热。

步骤三：加焊料。将焊锡丝放在元器件引脚上，熔化适量焊锡。在送焊锡的过程中，可先将焊锡丝接触烙铁头，然后移动焊锡与烙铁头的相对位置，这样将有利于焊锡丝的熔化和热量的传导。此时注意焊锡一定要浸润被焊元器件表面和整个焊盘。

步骤四：移开焊料。当熔化的焊锡充满整个焊盘，并均匀地包围元器件的引脚后，将焊锡丝沿着元器件的引脚方向迅速拿开。

步骤五：移开烙铁。焊锡的扩散范围达到要求后，沿着元器件引脚的方向迅速拿开烙铁。在拿开烙铁时，应保持元器件引脚相对固定。

在进行焊接练习时，要注意养成手性。所谓手性，是指焊接过程中每一个阶段的分寸能下意识地掌握得很准。

1.5 焊接的质量检查

一个焊点的焊接质量最主要的是看它是否为虚焊，其次才是外观。

1.5.1 判断一个焊点是否为虚焊

(1) 当发现焊锡在焊盘与元器件引脚处呈现大于 90° 的接触角，表明焊锡没有浸润它们，这样的焊点肯定是虚焊。

(2) 焊点不完整，虽不为虚焊，但焊点的机械强度太小。

(3) 焊点表面不光滑，有拔丝拖尾现象，表明在焊接过程中，焊剂用得不够，至少在焊接的后阶段是在缺少焊剂情况下结束的，难保不是虚焊。

(4) 焊点在凝固形成时，零件有晃动，焊料凝固成松散的豆渣状，这样的焊点也可能是虚焊。

1.5.2 焊点的质量标准

(1) 焊锡充满整个焊盘，形成对称的焊角。如果是双面板，焊锡应充满过孔处。

(2) 焊点外观光滑、圆润，对称于元器件的引线，无针孔、无砂眼、无气孔。

(3) 焊点干净、明亮，无焊剂残渣。

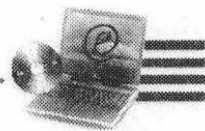
(4) 焊点上没有拉尖、裂纹和杂质。

(5) 焊点上的焊锡适量，焊点的大小与焊盘相适应。

(6) 同样尺寸的焊盘，其焊点的大小和形状要均匀、一致。

1.6 特殊元器件的手工焊接

这里的特殊元器件是指那些在焊接时必须用特殊的办法对待才能焊好的元器件，它们一



般都是比较脆弱的、不耐高温的元器件，或者是尺寸极小、不便操作的元器件。

1.6.1 微型拨动开关的焊接

现代电子产品中的微型拨动开关，其触点引出脚非常短小，里面的可动触头的塑料件在焊接时极易受热变形。焊接这种开关时，必须采取以下特殊措施才能焊好。

(1) 使用功率不大但温度偏高的电烙铁，将焊接时间控制在1 s以内。

(2) 采用具有较大活性焊剂芯的细焊锡丝。

(3) 焊完后马上帮助散热，可以用冷镊子夹住引脚以利散热。

(4) 每焊好一个引脚后，停留一段时间让刚焊过的引脚及塑料件彻底冷却后，再来焊该开关的第二个引脚。

1.6.2 贴片元器件的手工焊接

这样的操作最好在一种带有照明灯的放大镜下进行。

(1) 分立贴片元器件的焊接：(电阻、电容、二极管)。

焊锡丝采用 $\phi 0.5$ mm规格，电烙铁采用20 W，必要时可在烙铁头上加缠铜丝改制成较细小的烙铁头。操作的关键是要注意在焊第一个焊点时要对准焊盘的位置。

(2) 集成贴片元器件的焊接。

采用“滚焊”(或拖焊)的手法来解决，具体操作如下。

首先将待焊元器件摆准位置，使引脚与焊盘基本对准后，先将对角线上两个引脚焊好，然后用滚焊的手法将所有的引脚焊牢。

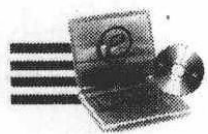
“滚焊”的方法：将电路板按一定的角度倾斜搁置，让大量的焊料在充足的焊剂的保护下，从上到下地在要焊的引脚上慢慢拖滚下来，只要控制好印制电路板摆放的角度以及掌握好电烙铁在每一个引脚处停留引导的时间，焊锡所经之处会自动地留下一个个完美的焊点，滚焊时所使用的电烙铁功率不能太小。

1.7 锡焊元器件的无损拆卸

拆卸元器件必须遵循两条原则：一是拆下来的电子元器件必须是安然无恙；二是元器件拆走后的电路板完好无损。

1.7.1 分立元器件的拆卸

采用电烙铁拆卸，具体方法是：将印制板竖起来并夹住，用烙铁头加热待拆焊点，焊点一熔化，此时就用镊子或尖嘴钳夹住元器件引脚，及时按垂直电路板平面的方向向外拔出元器件引脚，往外拉元器件时一定要用力得当，切忌强拉或扭转元器件，以避免损伤电路板和



元器件。

1.7.2 集成电路的拆卸

采用吸锡器。吸锡器是一种专用拆卸元器件的工具，它能在对焊点加热的同时，把焊锡吸入内腔，从而完成拆卸。

1.8 焊接训练工具、器材

序 号	名 称	数 量
1	30 W 电烙铁	1
2	烙铁架	1
3	斜口钳	1
4	小剪刀	1
5	松香	若干
6	$\phi 1$ mm 焊锡丝	若干
7	镀银线（单股线）	若干
8	单面电路板	若干

习 题

1. 焊接的本质是什么？得到一个良好焊接点的基本物理条件有哪些？
2. 使用长寿烙铁头的电烙铁，应注意什么问题？
3. 手工焊接的技术要领是什么？何谓有“手性”？
4. 试述焊接技术中五步焊接法。
5. 怎样判断一个焊点为虚焊？

第 2 章 常用电子元器件的识别与测量

2.1 电阻的识别与测量

2.1.1 电阻的作用

电阻的主要作用是稳定和调节电路的电流和电压，其次是限制电路电流、降低电压及分配电压等功能。

2.1.2 图形符号与基本单位

电阻的图形符号如图 1.2.1 所示。



图 1.2.1 电阻的图形符号

电阻的基本单位为欧姆，简称欧，用字母“ Ω ”表示。常用单位：欧（ Ω ）、千欧（ $k\Omega$ ）和兆欧（ $M\Omega$ ）。

$$1 M\Omega = 1\,000 k\Omega = 10^6 \Omega$$

2.1.3 色环标示法

小功率电阻广泛使用色标法。

普通电阻通常用 4 个色环表示其阻值和允许误差。第一、二个色环表示有效数字，第三个色环表示倍率（乘数），与前 3 环距离较大的第四个色环表示精度，如图 1.2.2 所示。四色环标示法如表 1.2.1 所示。

例如，具有红、黄、棕、金这 4 个色环标注的电阻，其阻值为 $24 \times 10^1 = 240 \Omega$ ，允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

精密电阻用 5 个色环表示其阻值和允许误差。第一、二、三个色环表示有效数字，第四个色环表示倍率，与前 4 个色环距离较大的第五个色环表示精度，如图 1.2.3 所示。五色环标

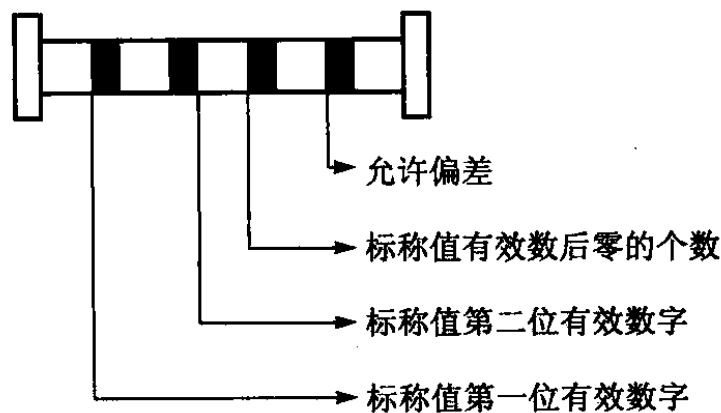
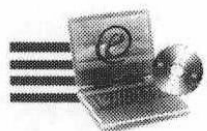


图 1.2.2 电阻的四色标法



示法如表 1.2.2 所示。

表 1.2.1 四色环标示法

颜 色	第一位有效数	第二位有效数	倍率	允许偏差
棕	1	1	10^1	
红	2	2	10^2	
橙	3	3	10^3	
黄	4	4	10^4	
绿	5	5	10^5	
蓝	6	6	10^6	
紫	7	7	10^7	
灰	8	8	10^8	
白	9	9	10^9	
黑	0	0	10^0	
金				$\pm 5\%$
银				$\pm 10\%$
无色				$\pm 20\%$

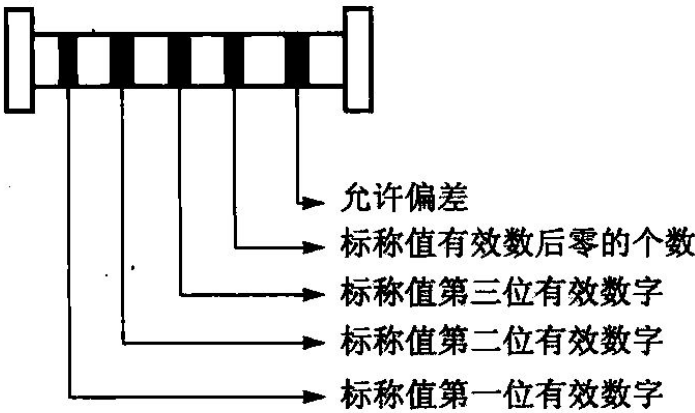


图 1.2.3 电阻的五色标法

表 1.2.2 五色环标示法

颜色	第一位有效数	第二位有效数	第三位有效数	倍率	允许偏差/%
棕	1	1	1	10^1	± 1
红	2	2	2	10^2	± 2
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	± 0.5



续表

颜色	第一位有效数	第二位有效数	第三位有效数	倍率	允许偏差/%
蓝	6	6	6	10^6	± 0.25
紫	7	7	7	10^7	± 0.1
灰	8	8	8	10^8	
白	9	9	9	10^9	± 50 、 -20
黑	0	0	0	10^0	
金					± 5
银					± 10
无色					± 20

例如, 具有蓝、灰、黑、橙、紫这5个色环标注的电阻, 其阻值为 $680 \times 10^3 = 680 \text{ k}\Omega$, 允许偏差为 $\pm 0.1\%$ 。

2.1.4 电阻的主要参数

电阻的主要参数有标称阻值、允许偏差及额定功率。

2.1.5 阻值的测量

测量阻值一般采用万用表的欧姆挡进行(以指针式万用表为例), 测量前应将万用表调零。例如, 测量 470Ω 电阻, 首先将万用表置于 $R \times 10 \Omega$ 挡, 将红、黑两根表笔短接, 调节调零电位器使万用表指针阻值为零, 然后再用表笔接被测电阻两个引脚, 此时指针应指向“47”, 将此时指针指示值乘 10, 即为被测电阻的阻值。在测试时, 若指针指向“0”处, 则表明电阻短路; 若指针指向“ ∞ ”处, 则表明电阻内部开路, 此时说明电阻失效, 不能使用。

2.1.6 敏感电阻

(1) 光敏电阻是根据半导体的光电效应制成的, 其电阻率对某段波长光的照度变化敏感, 在一定的条件下电阻率与照度呈线性关系。光敏电阻在无光时, 具有的电阻称为暗电阻, 其阻值一般在 $1.5 \text{ M}\Omega$ 以上。在有光时的电阻称为亮电阻, 其阻值在数千欧。暗电阻与亮电阻两者之间相差很大。光敏电阻应用较为广泛, 适用于光电自动控制、照度计、电子照相机及光报警装置。

(2) 负温度系数的热敏电阻, 其阻值随着温度的升高而减小。一般用于温度检测以及为了电路稳定而起补偿作用。