

普通高等教育“十二五”规划教材



DIANLU SHIYAN JIAOCHENG

# 电路实验教程

李翠英 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

普通高等教育“十二五”



DIANLU SHIYAN JIAOCHENG

# 电路实验教程

主编 李翠英

编写 许海 周芬萍 段辉娟

赵玲玲 宋利军 刘磊

主审 王培峰



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。

全书共分三部分，第一部分为电路实验基础知识，包括常用元器件、焊接技术及实验课须知。第二部分为实验项目，包括 22 个实验，实验内容基本涵盖了电路理论的重要知识点，可以根据不同专业的教学要求选择部分或者全部教学内容。第三部分为附录，主要介绍了常用电工电子仪器仪表的原理及使用方法。

本书作为高等院校电气信息类、自动化类、电子信息类专业电路实验教材，也可以供相关工程技术人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电路实验教程/李翠英主编. —北京: 中国电力出版社, 2014. 12

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-6790-6

I. ①电… II. ①李… III. ①电路-实验-高等学校-教材  
IV. ①TM13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 000660 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2014 年 12 月第一版 2014 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11 印张 260 千字

定价 20.00 元

## 敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

## 电类基础课教材编写小组

组长：王培峰

成员：马献果 王计花 王冀超 吕文哲 曲国明 朱玉冉  
任文霞 刘红伟 刘 磊 安兵菊 许 海 孙玉杰  
李翠英 宋利军 张凤凌 张会莉 张成怀 张 敏  
岳永哲 孟 尚 周芬萍 赵玲玲 段辉娟 高观望  
高 妙 焦 阳 蔡明伟

(以姓氏笔画排序)

## 序

电工、电子技术为计算机、电子、通信、电气、自动化、测控等众多应用技术的理论基础,还涉及机械、材料、化工、环境工程、生物工程等众多相关学科。对于这样一个庞大的体系,不可能在学校将所有的知识都教给学生。以应用型本科学生为对象的大学教育,必须对学科体系进行必要的梳理。本套教材就是试图搭建一个电类基础知识体系平台。

2013年1月,教育部为加快发展现代职业教育,建设现代职业教育体系,部署了应用技术大学改革试点战略研究项目,其目的是探索“产学研一体、教学做合一”的应用型人才培养模式,促进地方本科高校转型发展。河北科技大学作为河北省首批加入“应用技术大学(学院)联盟”的高校,对电类基础课进行了试点改革,并根据教育部高等学校教学指导委员会制定的“专业规划和基本要求、学科发展和人才培养目标”,编写了本套教材。本套教材特色如下:

(1)教材的编写以教育部高等学校教学指导委员会制定的“专业规划和基本要求”为依据,以培养服务于地方经济的应用型人才为目标,系统整合教学改革成果,使教材体系趋于完善,教材结构完整,内容准确,理论阐述严谨。

(2)教材的知识体系和内容结构具有较强的逻辑性,利于培养学生的科学思维能力;根据教学内容、学时、教学大纲的要求,优化知识结构,既加强理论基础,也强化实践内容;理论阐述、实验内容和习题的选取都紧密联系实际,培养学生分析问题和解决问题的能力。

(3)课程体系整体设计,各课程知识点合理划分,前后衔接,避免各课程内容之间交叉重复,使学生能够在规定的课时数内,掌握必要的知识和技术。

(4)以主教材为核心,配套学习指导、实验指导书、多媒体课件,提供全面的教学解决方案,实现多角度、多层面的人才培养模式。

本套教材由王培峰任总主编,包括:电路(上、下册,王培峰主编),模拟电子技术基础(张凤凌主编),数字电子技术基础(高观望主编),电路与电子技术基础(马献果等编),电路学习指导书(上册,朱玉冉主编;下册,孟尚主编),模拟电子技术学习指导书(张会莉主编),数字电子技术课程学习指导书(任文霞主编),电路与电子技术基础学习指导书(马献果等编),电路实验教程(李翠英主编),电子技术实验与课程设计(安兵菊主编),电工与电子技术实验教程(刘红伟等编)等。

提高教学质量，深化教学改革，始终是高等学校的工作重点，需要所有关心高等教育事业人士的热心支持。为此谨向所有参与本套教材建设的同仁致以衷心的感谢！

本套教材可能会存在一些不当之处，欢迎广大读者提出批评和建议，以促进教材的进一步完善。

**电类基础课教材编写小组**

2014年12月

# 前 言

本书为普通高等教育“十二五”规划教材，是根据高等院校电气信息类、自动化类、电子信息类专业“电路”课程实验部分的基本教学要求，结合当前一些新技术及实验设备编写的。旨在帮助学生验证所学的理论知识，训练实验技能，提高分析问题和解决问题的能力，培养严谨的工作作风。

本书为《电路》的配套使用教材，全书共分三部分。第一部分为电路实验基础知识，包括常用元器件、焊接技术及实验课须知，对实验需要统一注意的事项、常用元器件的识别以及基本的焊接方法进行了介绍。第二部分为实验项目，包括 22 个实验，实验内容基本涵盖了电路理论的重要知识点，由浅入深、由易到难，既有基本实验，也有扩展性实验，任课教师可以根据不同专业的教学要求选择部分或者全部实验内容。在编写该部分时，编者着重考虑实验技能的培养及分析电路能力的提高，叙述上力求简洁，采用提示的方式，给读者留有思考的余地，以发挥其主观能动性。第三部分为附录，主要介绍了常用电工电子仪器仪表的原理及使用方法，此部分内容不必讲授，可以作为自学内容。通过本书的学习，读者在动手能力、分析、设计电路的能力、处理电路故障的能力等方面都会有较大的提高。

本书是河北科技大学电工实验室的教师在总结多年实验课教学经验的基础上编写的。参加本书编写的有李翠英、许海、周芬萍、段辉娟、赵玲玲、宋利军和刘磊。其中第一部分由宋利军、许海编写；实验一至实验六由段辉娟、李翠英编写；实验七至实验十三由周芬萍、李翠英编写；实验十四至实验十九由赵玲玲、许海编写；实验二十至实验二十二由李翠英、许海编写；附录部分由许海、刘磊编写。书中插图主要由周芬萍、李翠英绘制，全书由李翠英统稿。

由于时间有限，不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 12 月

# 目 录

序

前言

第一部分 电路实验基础知识 .....	1
基础知识一 常用电路元器件 .....	3
基础知识二 焊接技术 .....	8
基础知识三 实验课须知 .....	12
第二部分 实验项目 .....	15
实验一 电路元件的伏安特性 .....	17
实验二 受控源 .....	22
实验三 基尔霍夫定律和叠加定理 .....	27
实验四 电阻电路的故障检查 .....	31
实验五 万用表电路的设计 .....	35
实验六 线性含源二端网络的研究 .....	42
实验七 特勒根定理和互易定理 .....	48
实验八 示波器的使用 .....	53
实验九 一阶电路的研究 .....	60
实验十 一阶电路的应用 .....	66
实验十一 二阶电路的研究 .....	71
实验十二 元件参数的测定 .....	75
实验十三 感应式单相电能表的校验 .....	79
实验十四 感性电路功率因数的提高 .....	83
实验十五 串联谐振电路的研究 .....	88
实验十六 RC 选频网络特性测试 .....	93
实验十七 互感电路 .....	98



实验十八 单相变压器 .....	103
实验十九 三相交流电路电压和电流的测量 .....	108
实验二十 三相功率的测量 .....	112
实验二十一 负阻抗变换器及其应用 .....	117
实验二十二 回转器及其应用 .....	123
<b>附录 常用电气测量仪器仪表及使用 .....</b>	<b>129</b>
附录 A 电源控制屏 .....	131
附录 B 直流稳压电源、恒流源 .....	133
附录 C 直流数字电压表、电流表 .....	135
附录 D 交流数字电流表、电压表 .....	137
附录 E 单相交流电参数测试仪 .....	139
附录 F 函数信号发生器和交流数字毫伏表 .....	142
附录 G SFG2004 型函数信号发生器 .....	145
附录 H 万用表 .....	147
附录 I 6502 型示波器 .....	155
<b>参考文献 .....</b>	<b>163</b>



# 第一部分

## 电路实验基础知识



## 基础知识一 常用电路元器件

电路元器件种类、型号很多，只有了解常用器件的种类、性能、用途等，才能在电路设计中灵活使用。

### 一、电阻器

电阻器（简称电阻），用字母“R”表示，在电路中的符号如图 1-1 所示。

电阻最基本的作用就是阻碍电流的流动。电阻器的两个最基本的参数是标称阻值和额定功率。其中标称阻值用来表示电

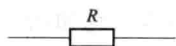


图 1-1 电阻器的符号

阻器对电流阻碍作用的大小，除基本单位  $\Omega$ （欧姆）外，还有  $k\Omega$ 、 $M\Omega$ （千欧、兆欧）；额定功率用来表示电阻器正常工作时所能承受的最大功率，单位为 W（瓦特），规格有 1/16、1/8、1/4、1/2、1、2W 等多种。工作功率超过额定功率后，电阻器就会烧坏。

#### （一）电阻器的类别和符号

根据制作材料不同，电阻器可分为水泥电阻（特点是制作成本低、功率大、热噪声大、阻值不够精确、工作不稳定）、碳膜电阻、金属膜电阻（特点是体积小、工作稳定、噪声小、阻值精确度高）及金属氧化膜电阻等；根据其阻值是否可变，电阻器可分为微调电阻、可调电阻、电位器等。

为了区别不同种类的电阻器，常用拉丁字母和数字表示电阻型号：第一个部分用字母表示主称，第二部分用字母表示材料，第三部分用数字或字母表示分类，第四部分用数字表示序号。

我国电阻器的型号命名法见表 1-1。

表 1-1 电阻器的型号命名法

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、2	普通	包括额定功率、阻值、允许误差等
W	电位器	P	硼碳膜	3	超高频	
		U	硅碳膜	4	高阻	
		H	合成膜	5	高温	

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	
		I	玻璃釉膜	7	精密	包括额定功率、阻值、允许误差等
		J	金属膜(箔)	8	高压	
		Y	氧化膜	9	特殊	
		S	有机实芯	G	高功率	
		N	无机实芯	T	可调	
		X	线绕	X	小型	
		R	热敏	L	测量用	
		G	光敏	W	微调	
		M	压敏	D	多圈	

## (二) 电阻的常用标示法

在使用电阻器时,需要了解它的主要参数,即标称阻值、功率、允许误差。电阻器的标称阻值和允许误差一般都标在电阻器体表,而在电路图上通常只标出标称阻值。电阻的标示方法分为下列四种。

(1) 直标法:将电阻器的标称阻值用数字和文字符号直接标在电阻器体表,允许误差用百分数表示,未标误差值的即为 $\pm 20\%$ 的允许误差。例:电阻器上标注为 $1W2.7k\Omega 5\%$ ,表示该电阻功率为 $1W$ ,标称阻值为 $2.7k\Omega$ ,允许误差为 $5\%$ 。

(2) 文字符号法:将电阻器的标称值用数字和文字符号法按一定的规律组合标示在电阻器体表,文字符号前面的数字表示阻值的整数部分,后面的数字表示阻值的小数部分,见表1-2。

表 1-2 电阻器标称阻值的文字符号、单位及名称

文字符号	单位	名称	文字符号	单位	名称
R	$\Omega$ ( $10^0$ )	欧姆	K	$k\Omega$ ( $10^3$ )	千欧
M	$M\Omega$ ( $10^6$ )	兆欧	G	$G\Omega$ ( $10^9$ )	吉欧
T	$T\Omega$ ( $10^{12}$ )	太欧			

例如 $6R2$ 表示电阻标称值为 $6.2\Omega$ ;  $3K6$ 表示电阻值为 $3.6k\Omega$ ;  $1M5$ 则表示电阻值为 $1.5M\Omega$ 。

(3) 色标法:普通的电阻器用四色环表示,精密电阻器用五色环表示。紧靠电阻体一端头的色环为第一环,露着电阻体本色较多的另一端头为末环。

如果是四环电阻,则第一、二环表示电阻值的第一、二位有效数字,第三环颜色表示有效数字后“0”的个数,第四环表示误差。

色环颜色定义:黑=0、棕=1、红=2、橙=3、黄=4、绿=5、蓝=6、紫=7、

灰=8、白=9，金=0.1（误差±0.05）、银=0.01（误差±0.1），第四环无色，表示误差±0.2。

如果是五环电阻，则第一、二、三环表示电阻值的第一、二、三位有效数字，第四环颜色表示有效数字后“0”的个数（单位为 $\Omega$ ），第五环表示误差。

例如：某四环电阻，四个色环分别为红、绿、黄、金，该电阻阻值为250 000 $\Omega$ （250k $\Omega$ ），误差为±5%。

（4）数码标示法：在产品 and 电路图上用三位数字来表示元件标称值的方法称为数码标示法，常见于贴片电阻或进口器件上。在三位数码中，从左至右第一、二位数表示电阻标称值的第一、二位有效数字，第三位数为倍率，即前面两位数后加“0”的个数，单位为 $\Omega$ 。例如标示为222的电阻器，其阻值为2200 $\Omega$ 即2.2k $\Omega$ ；标示为105的电阻器阻值为 $10 \times 10^5 = 1\,000\,000\Omega$ 即1M $\Omega$ 。

## 二、电容器

电容器（简称电容）由两个金属极、中间夹有绝缘材料（介质）构成。不同的绝缘材料，所构成的电容种类也有所不同。

电容器在电路中具有隔断直流电，通过交流电的作用，因此常用于级间耦合、滤波、去耦、旁路及信号调谐。

电容用字母“C”表示，电容的大小称为电容量，单位为F、 $\mu\text{F}$ 、pF。电容在电路图中的符号如图1-2所示。

### （一）电容的分类

（1）按结构可分为固定电容、可变电容和微调电容。

（2）按介质材料可分为气体介质电容、液体介质电容、无机固体介质电容、有机固体介质电容和电解电容。

（3）按极性分为有极性电容和无极性电容。

### （二）电容量的标示方法

（1）直标法：用数字和字母把规格、型号直接标在外壳上，

该方法主要用在体积较大的电容上。通常用数字标注容量、耐压、误差、温度范围等内容；而用字母标示介质材料、封装形式等内容。字母通常分为四部分：第一部分字母通常固定为C，表示电容；第二部分字母标示介质材料；第三部分数字表示分类，第四部分数字表示序号。

（2）文字符号法：采用字母、数字或两者结合的方法来标注电容的主要参数。常用的有两种标注法：一是用数字和字母结合进行表示，如3p3代表3.3pF，8n2代表

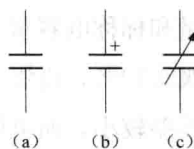


图 1-2 电容的符号

(a) 无极性电容；

(b) 电解电容；

(c) 可变电容

8200pF (8.2nF)。二是用三位数字表示，其中第一、二位为有效数字位，表示容量值的有效数；第三位为倍率，表示有效数字后“0”的个数，容量的单位为 pF。如 203 表示容量为  $0.02\mu\text{F}$ ；102 表示容量为  $1000\text{pF}$ ；224 表示容量为  $0.22\mu\text{F}$  等，此法与电阻的 3 位数码标注法相似。

(3) 色标法：电容的色标法与电阻相似，单位一般为 pF。对于圆片或矩形片状等电容，非引线端部的一环为第一色环，以后依次为第二色环、第三色环等。色环电容也分 4 环和 5 环形式，有些电容还有第五或第六环，这两环往往代表电容特性或工作电压。

第一、二色环表示电容量，第三色环表示有效数字后“0”的个数（单位为 pF）。

色环颜色定义：黑=0、棕=1、红=2、橙=3、黄=4、绿=5、蓝=6、紫=7、灰=8、白=9。

### (三) 电容的主要参数

(1) 耐压。耐压是指电容在电路中长期有效地工作而不被击穿所能承受的最大直流电压。耐压的大小与介质材料有关。对于结构、介质、容量相同的电容，耐压越高，体积越大。在交流电路中，电容的耐压值应大于供电电压的峰值，即不小于交流电压有效值的 1.42 倍，否则电容可能被击穿。一般电解电容的耐压分为 6.3、10、16、25、50V 等几挡。

使用电解电容的时候，还应注意正负极不要接反。

(2) 容量与误差。电容的大小，称为电容量，是电容最主要的参数之一。实际电容量和标称电容量允许的最大偏差范围就是误差。误差一般分为 3 级：Ⅰ级  $\pm 5\%$ ，Ⅱ级  $\pm 10\%$ ，Ⅲ级  $\pm 20\%$ 。在有些情况下，还有 0 级，误差为  $\pm 2\%$ 。精密电容的允许误差较小，而电解电容器的误差较大，它们采用不同的误差等级。

(3) 温度系数。在一定温度范围内，温度每变化  $1^\circ\text{C}$ ，电容量的相对变化值，称为温度系数。温度系数越小越好。

(4) 绝缘电阻。用来表明漏电大小的电阻值，称为电容的绝缘电阻。一般小容量的电容，绝缘电阻很大，在几百兆欧姆或几千兆欧姆。电解电容的绝缘电阻一般较小。相对而言，绝缘电阻越大，性能越好，漏电电流也越小。

不同电路应该选用不同类型的电容。谐振回路可以选用云母、高频陶瓷电容，隔断直流的电路可以选用纸介、涤纶、云母、电解、陶瓷电容，滤波电路可以选用电解电容，旁路电路可以选用涤纶、纸介、陶瓷、电解电容。

电容在装入电路前要检查是否存在短路、断路和漏电等现象，并且核对它的电容量。安装的时候，要将电容的类别、容量、耐压等标示符号放置在容易看到的位置，

以便核实。

### 三、电感器

电感器是能够把电能转化为磁能而存储起来的元件，通常简称为电感。电感的作用多是扼流滤波和滤除高频杂波，在电路中用“L”标注，单位为 H、mH、 $\mu$ H，在电路图中符号如图 1-3 (a) 所示。

电感是用线圈制成的，线圈具有一定的电阻，所以在电路中也常用图 1-3 (b) 所示的方式绘制。

电感在直流电路中就是一条导线，它只阻止电流的变化，所以电感具有通直流阻交流的作用，也称为扼流器、电抗器。

只有外形像电阻的电感才可以读出电感值，通常为色标电感，其中色环的含义与电阻完全相同。贴片电感的外形与贴片电阻也非常相似，电感值的标注方法也与电阻值的标注方法相同。

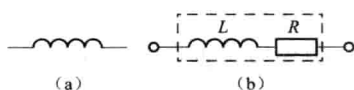


图 1-3 电感的符号  
(a) 理想电感；(b) 实际电感



## 基础知识二 焊接技术

在设备设计、生产和维修过程中，电路板上的元器件焊接是非常重要的一个环节，焊接质量直接影响到电路工作的可靠性。波峰焊、回流焊是生产中常用的焊接技术，但是手工焊接是从事电气行业工作人员的一个基本功。

### 一、焊接工具

#### (一) 电烙铁

电烙铁的作用就是为焊接过程中提供足够的热量融化焊料，一般分为外热式和内热式两种。外热式的电烙铁一般功率都较大，内热式的电烙铁功率较小，但价格便宜，一般电子制作都用 20~30W 的内热式电烙铁。常用电烙铁如图 1-4 所示。

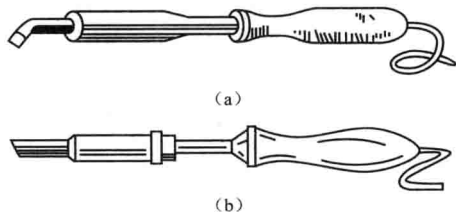


图 1-4 常用电烙铁

(a) 外热式电烙铁；(b) 内热式电烙铁

电烙铁使用时要注意安全。新电烙铁使用前，必须要用万用表电阻挡检查一下插头与金属外壳之间的电阻值，绝缘性能良好的电烙铁才可以使用。

新电烙铁在使用前还应用锉刀锉烙铁的尖头，并待接通电源烙铁头逐渐变色后，用焊锡丝放在烙铁尖头给电烙铁镀锡，这样在电烙铁以后的使用中才不易被氧化。在使用过程中，应使烙铁头保持清洁，并保证烙铁的尖头上始终有焊锡。

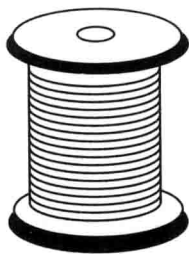


图 1-5 焊料

#### (二) 焊料

焊料是由铅和锡组成的合金材料，为方便使用，通常做成焊锡丝的形状，如图 1-5 所示。常见的焊锡丝是含 60% 锡和 40% 铅的合金，中心填有一定的助焊松香，熔点较低。