

【高校电工电子实验系列教材】

电工电子工艺实习 ■ 实验教程

王涛 主编

DIANGONGDIANZI
GONGYISHIXISHIYAN
JIAOCHENG



山东大学出版社
Shandong University Press

高校电工电子实验系列教材

电工电子工艺实习实验教程

主 编 王 涛

副主编 (以姓氏笔画为序)

陈晓维 李艳萍

孙 皓 周建春

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子工艺实习实验教程/王涛主编. — 济南: 山东大学出版社, 2006. 7

ISBN 7-5607-3193-7

I. 电...

II. 王...

III. ①电工技术—实验—高等学校—教材②电子技术—实验—高等学校—教材

IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 068307 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码: 250100)

山东省新华书店经销

山东旅科印务有限公司印刷

787×1092 毫米 1/16 14.25 印张 328 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

定价: 20.00 元

版权所有, 盗印必究

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社营销部负责调换

山东省高等学校基础课实验教材编写指导委员会

主任委员 马庆水

副主任委员 宋承祥 周新利 陈国前

委员 (以姓氏笔画为序)

王正林	王 波	朱德中	刘传宝	刘智军
杜守旭	李明弟	张奎平	郑兆聚	杨玉强
赵景胜	柳中海	顾灵光	徐京明	郭仲聚
梁立刚	蔡明正	魏鲁真		

电工电子系列实验教材编委会

主 任 蔡明正

副主任 徐淑华

委 员 (以姓氏笔画为序)

王汝霖	王春兴	王祖强	王 涛
公茂发	李纲民	张 民	

电工电子工艺实习实验教程

主 编 王 涛

副主编 (以姓氏笔画为序)

陈晓维	李艳萍	孙 皓	周建春
-----	-----	-----	-----

总 序

为了进一步加强我省高等学校实验教学和实验教学条件建设,更好地为深化高等教育改革和全面实施素质教育服务,按照教育部《新世纪高等教育教学改革工程》(教高[2001]1号)要求,山东省教育厅于2004年颁布了《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》。这是进一步优化高等学校资源配置、提高办学效益、深化实验室管理体制改革的,培养学生动手操作能力、实践能力和创新能力的重要举措,对于促进高等学校教学资源共享、强化办学特色、加快学校发展,具有重要作用。

实验教材建设是基础课实验教学示范中心建设的关键任务之一。为了切实把这项工作做好,山东省教育厅成立了“山东省高等学校基础课实验教材编写指导委员会”,对新体系、立体化实验教材的编写思路、编写方式进行了认真研究。在此基础上,山东省教育厅组织有关高校长期从事实验教学的教师、专家,组成了物理、化学、生物、电工电子、机械、力学等六个门类新体系立体化实验教材编写组。各编写组根据《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》和“厚基础、宽口径、大综合”的要求,按照系列文本教材、配套教学课件、网络课程等三大部分的编写框架,群策群力,集思广益,开展了卓有成效的工作。

新体系立体化实验教材,是我省首次统编实验教材,对于基础课实验教学示范中心建设具有开创性意义。通过在全省高校统一实验教材,力求突破传统的实验教学模式,建立以基础型实验、综合设计型实验、创新型实验为主,形成开放、自主、探究性学习的实验教学新模式和分层次、一体化的实验教学新体系。

本套新体系立体化实验教材的编写力求突出时代性、先进性、适用性和通用性,力求做到科学规范。但是,由于水平所限,难免有疏漏和不足之处,请各高校在使用过程中提出修改意见,不断提高我省统编实验教材的质量和水平,为促进高等教育改革和素质教育的实施作出更大的贡献。

山东省高等学校基础课实验教材
编写指导委员会

编写说明

电工电子系列课程是高等学校理、工、医、师类各专业很重要的专业基础课,是实践性很强的课程。该系列课程涉及电工电子学科的各个领域,是学习专业知识的重要基础。

培养具有厚基础、宽口径、强能力、高素质的创造型人才,培养大学生的实际工程能力,在很大程度上是通过实验课程来实现的。在高等教育改革和培养人才的整个过程中,“实践”占据极为重要的地位。经过几年的努力,电工电子系列课程理论课教学改革的教材建设有了很大的进展,但因受到诸多因素的制约,实验改革和实验教材的建设相对滞后。大部分学校没有比较系统的、完整的实验教材,提供给学生的仅是一本很简单的实验讲义或实验指导书。学生只要按照讲义规定的步骤去做,不需要多动脑子,便可完成实验,因此收效较少,一定程度上扼制了广大学生的创造性和个性的发挥。之所以长期维持这种状况,是因为存在错觉和误区,即认为离开实验室现有的具体仪器和实验板无法编写实验教材,而各实验室的仪器和实验板又不尽相同,即使写出来也无法通用。在教育部《新世纪高等教育教学改革工程》和山东省教育厅《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》颁布的推动下,我们以极大的热情尝试着编写这套实验教材,希望该教材的出版有助于实验教学的改革和进步。

对应用性极强的电工电子系列课程,实验体系的改革尤为重要。但多年来在我国传统的电工电子系列课程的实验教学中,多以验证性实验为主,且实验学时与理论教学的学时比例很低。当前,随着教育改革的深入,“高等教育需要从以单纯的知识传授为中心,转向以创新能力培养为中心”,为此,在彻底转变教育培养观念的同时,对电工电子系列实验课程的教学体系、教学内容和教学模式的改革也势在必行。山东省高等学校电工电子实验新体系立体化系列教材的陆续出版发行就是为适应这种教学改革而编写的。电工电子实验新体系立体化系列教材由《电工电子技术实验教程》、《电工电子工艺实习实验教程》、《电路基础实验教程》、《电子技术实验教程》、《电子设计自动化实验教程》、《电子综合设计实验教程》、《微机技术实验教程》、《虚拟仪器实验教程》八

个分册组成,由系列文本教材以及与之配套的教学课件、网络教程三大部分构成。它是在山东省高等学校基础课新体系立体化系列实验教材编写指导委员会的指导下,由青岛大学、山东大学、中国海洋大学、山东师范大学、山东科技大学、烟台大学、山东建筑工程学院、青岛理工大学等高校多年从事电工电子课程实验教学的教师,结合各高校多年积累的教学经验,参考国内外电工电子实验教材及相关论著共同编写而成。

系列文本教材是根据“高等学校基础课实验教学示范中心建设标准”和“厚基础、宽专业、大综合”教育理念的要求编写而成的。突破传统的实验教学体系,建立以基础实验、综合设计实验、提高创新实验和开放自主性学习、研究性学习模式、分层次一体化的实验课程新体系;突出时代性、先进性、适用性和通用性;更加科学化和规范化。

山东省高等学校电工电子实验新体系立体化系列教材编写委员会

目 录

第一篇 基础篇

第 1 章 常用电工电子仪器仪表的使用	(3)
1.1 电子测量的基本知识	(3)
1.1.1 测量、计量及测量误差	(3)
1.1.2 测量数据的采集与处理	(6)
1.1.3 电子测量概述	(10)
1.2 常用电工电子仪器仪表	(14)
1.2.1 万用表	(14)
1.2.2 通用电子示波器	(21)
1.2.3 低频信号发生器	(28)
1.2.4 低频交流毫伏表	(31)
1.2.5 直流稳压电源	(33)
1.3 基本电参量与电路参数的测量	(36)
1.3.1 基本电参量的测量	(36)
1.3.2 基本电路参数的测量	(42)
思考题	(46)
本章参考书目	(48)
第 2 章 常用电子元器件的识别与检测	(49)
2.1 电阻器	(49)
2.1.1 电阻器的分类	(49)
2.1.2 电阻器和电位器的型号命名	(52)
2.1.3 电阻器和电位器的主要参数	(53)
2.1.4 电阻器和电位器的检测	(56)
2.1.5 电阻器和电位器的选择与使用	(56)

2.2 电容元件	(57)
2.2.1 电容器的分类	(58)
2.2.2 电容器的型号命名	(59)
2.2.3 电容器的主要参数	(60)
2.2.4 电容器的检测	(63)
2.2.5 电容器的选择和使用	(64)
2.3 电感器	(65)
2.3.1 电感器的分类	(65)
2.3.2 电感器的型号命名	(67)
2.3.3 电感器的主要参数	(67)
2.3.4 电感器的检测	(68)
2.3.5 电感器的选择和使用	(69)
2.4 变压器和继电器	(70)
2.4.1 变压器	(70)
2.4.2 继电器	(73)
2.5 半导体二极管	(75)
2.5.1 晶体二极管分类	(75)
2.5.2 晶体二极管的型号命名	(76)
2.5.3 晶体二极管的主要参数	(77)
2.5.4 晶体二极管的检测	(77)
2.5.5 晶体二极管的选择和使用	(78)
2.6 半导体三极管	(78)
2.6.1 三极管的种类	(79)
2.6.2 三极管的型号命名	(80)
2.6.3 三极管的主要参数	(81)
2.6.4 三极管的检测	(81)
2.6.5 晶体三极管的选择和使用	(82)
2.7 晶闸管	(82)
2.7.1 晶闸管的分类	(83)
2.7.2 晶闸管的型号命名	(84)
2.7.3 晶闸管的主要参数	(85)
2.7.4 晶闸管的检测(晶闸管的简易测试)	(85)
2.8 集成电路	(86)
2.8.1 集成电路的分类	(86)
2.8.2 集成电路的型号命名法	(87)
2.8.3 集成电路的主要参数	(88)
2.8.4 集成电路外形和引线识别	(88)
2.8.5 集成电路的检测方法	(89)

2.9 常用电子元器件实习	(90)
思考题	(92)
本章参考书目	(93)
第3章 电工基本操作技能	(94)
3.1 常用电工工具使用	(94)
3.1.1 常用通用工具	(94)
3.1.2 常用线路装修工具	(99)
3.1.3 常用设备装修工具简介	(101)
3.2 常用导线连接	(102)
3.2.1 导线绝缘层的剖削	(102)
3.2.2 导线的连接	(105)
3.2.3 导线的封端	(112)
3.2.4 导线绝缘层的恢复	(112)
3.3 电工识图	(113)
3.3.1 电工图纸中的电气符号	(113)
3.3.2 电工图纸的组成	(114)
3.3.3 电工用图的种类	(116)
3.3.4 电工识图的基本方法和步骤	(117)
3.3.5 电气识图举例	(118)
3.3.6 电子电路图的读识	(119)
3.3.7 民用机电产品电气原理图简介	(120)
3.4 安全用电及急救技能	(121)
3.4.1 电流对人体的伤害	(121)
3.4.2 安全电压的规定	(122)
3.4.3 触电原因及预防措施	(124)
3.4.4 触电急救	(125)
3.4.5 防雷技术	(129)
3.5 电工基本操作实习	(130)
思考题	(132)
参考文献	(133)
第4章 焊接技术与元器件装配工艺	(134)
4.1 焊接基本知识	(134)
4.1.1 焊接工具	(134)
4.1.2 焊料和焊剂	(136)
4.2 元器件装焊前的准备	(136)
4.2.1 元器件引线加工成型	(136)

4.2.2 镀锡	(138)
4.3 手工烙铁焊接技术	(138)
4.3.1 焊接操作姿势	(138)
4.3.2 焊接操作的基本步骤	(139)
4.3.3 焊接操作手法	(139)
4.4 电子线路手工焊接工艺	(141)
4.4.1 印制电路板的焊接	(141)
4.4.2 集成电路的焊接	(141)
4.4.3 导线焊接技术	(142)
4.4.4 拆 焊	(143)
4.5 元器件装配工艺	(145)
4.5.1 元器件使用筛选	(145)
4.5.2 元器件引线的弯曲成型	(146)
4.5.3 元器件的插装	(146)
4.5.4 表面安装技术简介	(147)
4.6 电子产品的焊接制作与装配实习	(148)
4.6.1 焊接的分类	(148)
4.6.2 锡焊的特点	(148)
4.6.3 锡焊必须具备的条件	(149)
4.6.4 焊点的质量要求	(149)
4.6.5 焊点的质量检查	(150)
4.6.6 电子产品装配实习(见 6.1)	(151)
思考题	(151)
参考文献	(151)
第 5 章 印制电路板设计制作	(152)
5.1 印制电路板的设计	(152)
5.1.1 元件的布局	(152)
5.1.2 布线的原则	(153)
5.2 印制电路板的制作	(153)
5.2.1 印制电路板的手工制作方法	(154)
5.2.2 印制电路板的工业制作简介	(154)
5.3 印制电路板制作实习	(155)
5.3.1 认识电路图	(155)
5.3.2 制作印制板图	(156)
5.3.3 喷涂助焊剂	(156)
5.4 用 CAD 软件印制电路板	(157)
5.4.1 电子 CAD 软件	(157)

5.4.2 设计的一般步骤	(157)
5.4.3 电路原理图设计流程	(158)
5.4.4 产生网络表	(158)
5.4.5 PCB 设计流程	(159)
5.4.6 简单电路 PCB 设计实例	(159)
思考题	(163)

第二篇 实践篇

实验一 收音机组装与调试	(167)
实验二 万用表的组装与调试	(175)
实验三 可调式直流稳压/恒流充电 电源的装配与调试	(195)
实验四 数字钟的组装与调试	(206)
实验五 电子镇流器的组装与调试	(211)
参考文献	(215)

第一篇 基础篇

第 1 章 常用电工电子仪器仪表的使用

1.1 电子测量的基本知识

1.1.1 测量、计量及测量误差

1.1.1.1 测量与计量

测量是为确定被测对象的量值而进行的实验过程。在这一过程中常借助专门的测量器具或仪表,将被测对象直接或间接地与同类已知单位进行比较,并取得用数值和单位共同表示的测量结果。如:9.54kg,7.2cm,3.60V,5.4mA,81.25 Ω 等。这里所说的已知单位,是指那些源自计量基准或标准并且客观存在的、具有统一性和准确性的法定单位,并非仅指理论意义上的量纲。

计量则是建立、使用、管理并研究这些法定单位的一项专门技术,也可以说计量是为了保证量值的准确一致而进行的一种特殊测量。计量工作主要是把各种未知量与经过准确确定并经国家计量部门认可的计量基准或标准相比较来加以测定,即通过建立基准、标准,进行量值的逐级传递。这种自上而下的量值传递关系依次为:

计量基准——国家基准、副基准、工作基准

计量标准——标准计量器具、标准计量物质

工作用计量器具(含标准仪器)

通常,计量标准必须依照工作基准进行比对,并将工作基准所复现的单位量值通过检定再逐级传递到工作用计量器具或标准仪器上。日常测量所使用的计量器具或标准仪器则应按照计量标准定期地进行检定或校准,以便评定其计量性能(准确度、稳定度、灵敏度等)是否合格,并确定其量值修正关系。

显然,计量的出现是测量发展的客观需要,测量则是计量联系生产实际的重要途径。可以说,没有测量,就谈不上计量。但是,测量数据的准确可靠,要求计量予以保证;没有计量,测量结果也就失去了应用价值。

1.1.1.2 测量误差

一个量值在一定的时间、空间条件下被观测时,其本身所具有的真实大小称为真值。

但在测量中,人们通过实验比对的方法求取被测量的真值时,由于对客观规律认识的局限性、测量器具不准确、测量手段不完善、测量条件发生变化以及测量工作中的疏忽或错误等原因,都会使测量结果与真值不同,这个差别就是测量误差。

(1) 测量误差表示法

①绝对误差:测量值 x 与被测量的真值 A_0 间的偏差称为绝对误差 Δx , 即

$$\Delta x = x - A_0 \quad (1-1)$$

有些情况下,真值可以是理论值或是由计量学做出的规定值。例如,三角形内角和的真值为 180° ;又如 Cs^{133} 原子在基态的两个超精细能级间跃迁所对应辐射波的 9192631770 个周期的持续时间为 1 秒,这就是秒的规定真值。但就大多数情况而言,真值很难确切得知,故常以约定真值取代理想真值。也就是说,在计量工作中,常用高一等级的计量基准或标准所测得的量值作为约定真值。而在日常测量中,则将工作用计量器具或标准仪器的测量值 x 加上其校准时所获得的修正值 c 作为约定真值。此时,若以 A 表示约定真值,则有

$$A = x + c \quad (1-2)$$

显然,修正值 c 是与绝对误差大小相等、符号相反的量,即

$$c = A - x = -\Delta x \quad (1-3)$$

在某些较准确的仪器中,常以表格、曲线或公式的形式给出修正值。在自动测量仪器中,修正值被预先编成程序存储在仪器中,则测量时仪器可以对测量结果自动进行修正。

绝对误差能够表示测得值与约定真值的偏差程度,但不能反映测量的准确程度,这时要用相对误差来表示。

②相对误差:测量的绝对误差 Δx 与约定真值 A 的比值称为相对误差,常用百分数表示,即

$$\gamma_A = \frac{\Delta x}{A} \times 100\% \quad (1-4)$$

相对误差没有量纲,但用来反映测量的准确程度。例如测量两个电阻,其中一个电阻 $R_1 = 1000\Omega$,其绝对误差 $\Delta R_1 = 1\Omega$;另一个电阻 $R_2 = 2000000\Omega$,其绝对误差 $\Delta R_2 = 20\Omega$ 。尽管 ΔR_2 大于 ΔR_1 ,却并不能因此得出 R_1 的测量较 R_2 的测量更为准确的结论。恰恰相反, $\gamma_{R_1} = 0.1\%$ 而 $\gamma_{R_2} = 0.001\%$,表明测量 R_2 的准确程度比测量 R_1 的准确程度高了两个数量级。

在误差较小或要求不太严格的场合,也可以用仪器的测得值代替约定真值。这时的相对误差称为示值相对误差,用 γ_x 表示。

$$\gamma_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad (1-5)$$

相对误差虽然可以反映测量的准确程度,但不用于评价仪表的准确程度,也不便于对划分仪表的准确度等级。因为仪器仪表的可测量范围不是某个点而是某一个量程。在此量程内,被测量可能是不同的值,用式(1-4)计算时,式中的分母需取不同的值,使仪表的相对误差数值难以标注。所以对连续刻度的测量仪表而言,则常用满度相对误差 γ_n (也称引用误差)来表示其准确度等级。

满度相对误差是最大绝对误差 Δx_m 与仪表某一测量范围的上限值或量程满度值 x_m 之比的百分数,即

$$\gamma_n = \frac{\Delta x_m}{x_m} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中, Δx_m 是指仪表某一量程或某一测量范围内所能出现的最大绝对误差,实际连续刻度线上各点示值的绝对误差并不相等,但为了评价仪器仪表的准确度,应从最大误差出发,整量化地取用最大绝对误差,即对于测量者来说,在没有修正值的情况下,应当认为指针在不同偏转角时的示值误差处处相等。所以说, γ_n 表征了仪器在正常工作条件下所不超过的最大相对误差。

这种误差表示方法比较多地用在电工仪表中,一般将其准确度等级分为 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 5.0 七级,分别表示它们的满度相对误差百分数的分子所不超过的最大绝对值。上述等级值通常用 s 表示。例如, $s = 1.0$, 说明仪表的满度相对误差不超过 $\pm 1.0\%$ 。

若某仪表的等级是 s 级,选用量程的满刻度值为 x_m ,被测量的示值为 x ,则该测量范围内的最大绝对误差为:

$$\Delta x_m = \pm s\% \times x_m \quad (1-7)$$

而最大的示值相对误差则为:

$$\gamma_x = \pm s\% \times \frac{x_m}{x} \quad (1-8)$$

由式(1-7)可见,当一个仪表的等级 s 选定后,测量中绝对误差 Δx 的最大值与所使用量程的满度值 x_m 成正比。因此,选用量程时应尽量使得 x_m 不要比实测值 x 大得太多。同样,在式(1-8)中,总是满足 $x_m \geq x$,可见当仪表的等级 s 选定后, x 越接近 x_m 时,测量中相对误差 γ_x 就越小,测量结果越准确。也就是说,如果使用这类仪表作测量时,需合理选择量程,使被测量的数值尽可能达到仪表满刻度值的三分之二以上。

【例 1.1.1】 用 MF-47 型万用表交流电压的 50V 挡,分别测量 20V 及 40V 电压,求最大示值相对误差。此表交流电压挡的准确度等级为 5.0 级。

$$\text{当 } U_x = 20\text{V 时, } \gamma_x = \pm s\% \times \frac{x_m}{x} = \pm 5\% \times \frac{50}{20} = \pm 12.5\%$$

$$\text{当 } U_x = 40\text{V 时, } \gamma_x = \pm 5\% \times \frac{50}{40} = \pm 6.25\%$$

可见,指针偏转角度较大时,测量误差较小。

【例 1.1.2】 被测直流电压的实际值 $U = 10\text{V}$,现有①150V, 0.5 级、②15V, 2.5 级两只电压表,问选用哪只表测量误差较小?

$$\text{用①表时, } \Delta U_m = \pm s\% \times U_m = \pm 0.5\% \times 150 = \pm 0.75\text{V}$$

$$\text{用②表时, } \Delta U_m = \pm 2.5\% \times 15 = \pm 0.375\text{V}$$

可见,这时选择 2.5 级的表比选择 0.5 级的表测量误差要小。所以,要合理选择仪器仪表的量程及准确度等级,不能单纯追求仪器仪表的级别(当然还有仪表内阻的影响问题)。

(2)测量误差的来源