



普通高校“十三五”规划教材

电工电路实验教程

(第3版)

主 编 骆雅琴
副主编 顾凌明



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十三五”规划教材

电工电路实验教程

(第3版)

主 编 骆雅琴
副主编 顾凌明

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书为高等院校非电类工科专业电工实验教材,共分三篇:第一篇是电工实验基础,主要介绍电工测量技术及仪器设备(包括软件、硬件);第二篇是电工实验,由基础性实验和设计性综合性实验两部分组成;第三篇是例题、习题和实验理论试卷。本书的第一篇和第二篇均配有思考题。

本书可作为高等院校非电类工科专业“电工技术”(电工学1)课程的配套实验教材,也可作为实验独立设课的电工实验课教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工电路实验教程 / 骆雅琴主编. -- 3 版. -- 北京 :
北京航空航天大学出版社, 2017. 8

ISBN 978-7-5124-2496-8

I. ①电… II. ①骆… III. ①电工实验—高等学校—
教材②电路—实验—高等学校—教材 IV. ①TM-33
②TM13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 203494 号

版权所有,侵权必究。

电工电路实验教程(第3版)

主 编 骆雅琴

副主编 顾凌明

责任编辑 胡 敏

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: bhpess@263.net 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:17.5 字数:373 千字

2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷 印数:2 000 册

ISBN 978-7-5124-2496-8 定价:35.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

第3版前言

2007年2月,我们出版了“十一五”高校规划教材《电工实验教程》。该书的出版对安徽工业大学“电工学”教学和教改起到了积极的促进作用。经过一年的教学实践,于2008年2月对其进行了再版修订。前两版教材已经使用10年,对安徽工业大学的“电工学”实验课程起到了重要的作用。目前本人兼聘于河海大学文天学院进行“电路”课程教学工作,并即将完成安徽省级教改项目“电路电子教学团队”。在开展电路电子教学团队建设的进程中,我们安排了两校更多的教师参与对《电工实验教程(第2版)》的修订工作,力求在修订过程中让教师们的业务水平得到提升。考虑到“电路”课程教学的需要,同时考虑到基础知识的相同性,本次修订力求拓展应用面,即使之不仅适合“电工学”课程使用,也适合“电路学”课程使用。因此本版即第3版的书名中添加“电路”两字,为《电工电路实验教程(第3版)》。

本书共分三篇。第一篇是基础,第二篇是核心,第三篇是复习。三篇各有侧重,又相互联系。使用本书的教师,可根据课时对内容进行选取。

本书是“电工学 电工技术”实验课程的配套教材,还可作为“电路”和“电机及电力拖动”(少学时)实验课程的选用教材,以及“电工学 电工技术”、“电路”课程的提高性实验、课程设计、创新实验的选用教材。

对本次修订说明如下:

1. 保留了第2版的体系和主要内容,除订正错误、调整部分内容外,还增加了两个电路实验,即实验十三“常用电子仪器的使用及典型信号的观测”和实验十四“移相器的设计与测试”。

2. 绪论、第一篇和第二篇的第7章,对需要做电工实验和电路实验的任何学生都是适用的。实验基础知识的准备非常重要,由于实验课主要是动手操作,不会有太多的时间来讲授这些基础知识,因此要求学生在课前要认真自学这些内容。只有认真地做好准备工作,才能顺利地完成任务。

3. “电工学”的学生必做的电工实验基本内容是:实验一~实验六。

4. “电路”的学生必做的电路实验基本内容是:实验一~实验五、实验

十三和实验十四。

5.“电机及电力拖动”(少学时)的学生必做的电力拖动实验基本内容是:实验十一、实验十二。

6.“电工学”和“电路”的学生,需要做提高性实验、课程设计、创新实验的,可以选用实验七~实验十。

参加本次修订工作的有主编骆雅琴、副主编顾凌明,安徽工业大学的游春豹、程卫群,以及河海大学文天学院的陈玲、胡徐胜、吴静姝、王飞等。在本次修订过程中,安徽工业大学教务处、电气工程及信息学院、电工学教研室以及电气实验中心等部门的领导和老师们给予了极大的支持和帮助,河海大学文天学院教务处、电气系、电路教研室等部门的领导和老师们也给予了极大的支持和帮助,北航出版社的编辑们认真严谨的工作态度给我们留下了深刻的印象,在此表示衷心的感谢!对给本书提出宝贵意见的读者在此也一并表示诚挚的谢意。

由于我们水平有限,恳请广大读者朋友批评指正。

骆雅琴

2017年7月写于安徽工业大学

2017年8月修改于河海大学文天学院

第2版前言

2007年2月我们出版了“十一五”普通高校规划教材《电工实验教程》。该书的出版对我校“电工学”教学和教改起到了积极的促进作用。通过这本教材——这个与广大读者交流的窗口，我们第一次向大家介绍了具有安徽工业大学特色的“电工学”三位一体教学模式，并强调实验课在其中的重要作用。一方面我们希望使用这本教材的学生能了解“电工学”新的教学体系，积极配合教学，学得更好、更扎实；另一方面还希望和高等院校的同行们共同探讨，摸索出“电工学”实验课最有效的教学方式，以促进我国“电工学”学科的发展。

《电工实验教程》自出版以来，受到广大师生的欢迎，仅一年时间的使用，就面临再次印刷的需求。为了提高教材质量，对广大读者负责，我们决定对其进行修订。我们广泛地向使用这本教材的教师和学生征求了修改意见。为此，安徽工业大学教务处对学生进行了百余份问卷调查统计，并将统计结果反馈给我们。这些宝贵意见是我们修订工作的依据。

对本次修订做以下说明：

1. 对应用较多的基础性实验，做了大量的修改。第1版只有实验线路图的，均增加电路原理图。对实验的叙述也做了一些修改，还增加了部分电路图，力求通俗易懂。

2. 尽量删去一些可要可不要的文字、图和表格，力求简单明了，但仍保留了原来的体系和主要内容。

3. 本书是“电工学”实验课程的配套教材。为满足独立设课的要求，在内容的选取上体现了实验理论体系的完整性和系统性，因此力求新编实验教材内容的丰富、全面、新颖。使用本书的读者，可根据课时对内容进行选取。

4. 本书共分三篇。第一篇是基础，第二篇是核心，第三篇是习题。三篇各有侧重，又相互联系。要想完成实验，首先要做准备，其中重要的准备是实验基础知识的准备。由于实验课主要是动手做，不会有太多的时间来讲授基础知识，因此要求学生在课前认真自学基础篇。因为准备做得越认真全面，实验就会越顺利，越能达到预期目标。

5. 本书三篇的各章均配有思考题。这些思考题都可能是实验理论考试的考点,希望使用本书的迎考读者,不要只看第三篇,全面复习才能取得优良的成绩。

6. 实验十一和实验十二是本书选做的综合性实验,也是“电机及电力拖动”课的必做实验。希望有此后续课的同学保留本书,以便今后使用。

7. 此次修订,在第三篇中增加一套电工技术实验理论考试的新试卷。

参加本次修订工作的有主编骆雅琴、副主编顾凌明,以及甘晖和郭蕊等。在本次修订过程中,安徽工业大学教务处、电气信息学院、电工学教研室以及电气实验中心等部门的领导和老师们给予了极大的支持和帮助,北航出版社的编辑们认真严谨的工作态度给我们留下了深刻的印象,在此表示衷心感谢!对给本书提出宝贵意见的读者在此也一并表示诚挚的谢意。

由于我们水平有限,恳请广大读者朋友批评指正。

骆雅琴

2008年2月于安徽工业大学

前言

随着现代科学技术的飞速发展,电工领域的新技术层出不穷。为了适应科技的进步,我们坚持教学改革多年,初步形成了电工理论、电工实验和电工实习三者各自独立又相互融合的“电工学”课程教学新体系。电工实验是这一新体系的重要组成部分。为了满足电工实验教学的需要,我们编写了《电工实验教程》。

本书是根据教育部制定的“高等工科院校‘电工技术’(电工学1)课程的教学基本要求”,结合现有的实验设备条件和电工实验教学改革而编写的。根据现代高校的办学特点,在内容安排上,充分考虑了一类、二类、三类本科不同层次的教学需要。本书可作为高等工科院校非电类专业“电工技术”(电工学1)课程的配套教材,也可作为实验独立设课的“电工技术”(电工学1)的实验课教材。

为了帮助学生巩固和加深理解所学的理论知识,培养学生的实验技能和综合应用能力,树立工程实际观点和严谨的科学作风,在《电工实验教程》的编写过程中,把实验教学的重心从单纯的验证理论层面,转移到实验操作、综合应用与扩展知识层面,使实验教学与理论教学不再是简单的重复,而是彼此各有侧重又相互呼应,从而形成有机结合。

本书应用现代教育技术、现代实验技术来解决实践教学中的问题,增加了反映电工实验教改成果的实验内容和新技术应用的实验项目。本书的最大特点是在确保电工基础性实验内容完整性的基础上,增加了设计性综合性实验:基础性实验是必做实验,覆盖了电工技术的主要内容;设计性综合性实验为选做内容,是提高性实验,能拓宽学生的知识面且有一定的深度和广度。两部分实验相互配合,以供不同层次的学生选用。本书部分实验可以应用安徽工业大学“电工学”精品课网页中的网上实验平台来预习和验证。

《电工实验教程》的编写还注重教材的启发性、系统性和完整性。全书共分三篇。第一篇是电工实验基础,主要介绍电工测量技术及仪器设备(包括软件、硬件),为了启发学生深入理解电工测量理论、灵活掌握电工测量技术,各章均配有思考题;第二篇是电工实验,其中实验一~实验

六为基础性实验;实验七~实验十二是设计性综合性实验,各实验配有预习思考题和实验思考题,以帮助学生进行实验的预习和总结;为了配合实验课考试,本书还编写了第三篇“电工实验例题和习题”,并收编了四套实验理论试卷,以供学生复习时参考。

本书由骆雅琴任主编,顾凌明任副主编。参加编写、审校和验证实验等工作的还有郭华、程卫群、孙金明、黄欣、魏明、查锋炜。在本书的编写过程中,安徽工业大学教务处、电气信息学院、电工学教研室以及电气实验中心等部门的领导和老师们都给予了极大的支持和帮助,在此表示衷心的感谢!对参考文献中的有关作者在此也一并表示诚挚的谢意。

由于我们水平有限,加之时间仓促,对于书中存在的疏漏和错误,恳请广大读者朋友批评指正。

骆雅琴

2006年10月于安徽工业大学

目 录

绪 论	1
0.1 电工实验重要性论述	1
0.2 电工实验的目标任务	1
0.3 电工实验的教学体系	3
0.4 电工实验的教学方式	4
0.5 电工实验的基本要求	5
0.6 实验室安全用电规则	7

第一篇 电工实验基础

第 1 章 电工测量及仪表认识	9
1.1 电工测量分类	9
1.2 测量误差分析	10
1.3 电工测量仪表的工作原理	12
1.4 电工仪表的分类及标志	20
思考题	22
第 2 章 常用电工实验仪表	24
2.1 磁电式直流电表	24
2.2 电磁式交直流电表	25
2.3 电动式功率表	26
2.4 万用表	27
2.5 兆欧表	32
2.6 手持数字转速表	33
2.7 电工仪表使用说明	34
思考题	37
第 3 章 常用电工实验仪器	38
3.1 双踪示波器	38



3.2 信号发生器	46
3.3 晶体管直流稳压电源	49
思考题	51
第4章 常用电工实验设备	52
4.1 电工实验电源板	52
4.2 直流电路实验板	53
4.3 电流插头和插座	53
4.4 交流电路实验板	54
4.5 电容箱	55
4.6 三相灯箱	55
4.7 电动机继电控制系统实验板	56
思考题	57
第5章 EWB 实验仿真软件	58
5.1 EWB 软件简介	58
5.2 EWB 的基本界面	59
5.2.1 EWB 的主窗口	59
5.2.2 EWB 的菜单栏	60
5.2.3 EWB 的工具栏	60
5.2.4 EWB 的元器件库栏	61
5.3 EWB 的基本操作方法	64
5.3.1 电路的创建与运行	65
5.3.2 子电路的生成与使用	72
5.3.3 仪器的使用	74
思考题	84
第6章 常用元件及其测量方法	85
6.1 常用元件介绍	85
6.2 参数的测量	94
6.3 电量的测量	97
6.4 电工测量注意问题	99
思考题	100



第二篇 电工实验

第 7 章 电工实验方法	101
7.1 电工基础性实验	101
7.1.1 电工基础性实验的要求	101
7.1.2 电工基础性实验的操作方法	102
7.2 电工设计性综合性实验	103
7.2.1 电工设计性综合性实验的要求	104
7.2.2 电工设计性综合性实验的步骤	105
7.2.3 电工设计性综合性实验的方法	106
第 8 章 电工实验内容	109
实验一 直流电路的测量	109
实验二 直流电源等效	116
实验三 直流暂态电路	122
实验四 单相交流电路	127
实验五 三相交流电路	136
实验六 交流异步电动机及控制	143
实验七 三相异步电动机的继电接触控制系统设计	152
实验八 电路测量的仿真实验设计	162
实验九 小型供电系统的设计和安装	179
实验十 三相异步电动机 PLC 控制系统	194
实验十一 直流电动机的认识和机械特性的测定	213
实验十二 绕线式异步电动机机械特性、启动和制动、调速	220
实验十三 常用电子仪器的使用及典型信号的观测	226
实验十四 移相器的设计与测试	235

第三篇 例题与习题

第 9 章 电工实验例题	239
第 10 章 电工实验习题	246
2.1 电工实验习题	246



2.2 电工实验习题答案	254
第 11 章 电工实验理论考卷(样卷)	257
试卷 1	257
试卷 2	259
试卷 3	261
试卷 4	263
试卷 5	265
参考文献	268

绪 论

0.1 电工实验重要性论述

在现代科学技术及工程建设中,电工技术的应用十分广泛。因此,非电类专业的学生同样要掌握现代电工技术的基础知识和基本技能。要掌握现代电工技术离不开实验。实验是人们认识自然及进行科学研究工作的重要手段。一切真知都是来源于实践,同时又通过实践来检验其正确性,因此可以说实验是一种重要的实践方式。

电工技术的发展离不开实验。1747年,富兰克林通过实验证实了闪电和摩擦生电所产生的电荷是相同的;1820年,安培和奥斯特先后通过实验发现载流线圈之间的作用力和电流对磁针的作用力;1831年,法拉第通过实验中总结出了电磁感应定律;1873年,麦克斯韦用数学方法创立了电磁场理论;1889年,赫兹通过实验实现了无线电波的传播,从而验证了麦克斯韦的理论。在实验和实践中电工技术得到了发展。

电工技术的学习也离不开实验,因为实验是观察与感知电现象与电路中物理过程的重要手段。众所周知,电气现象及电路过程不是那么直观,电压的变化、电流的流动都是看不见、摸不到的,只有通过检测仪表间接地观察;另外,电压和电流的变化是瞬息万变的,观察的时效性很强,只有熟悉电工仪表、电子仪器的使用,掌握正确的测试方法,了解电路中电压与电流变化的基本规律,才能对电路或装置进行测试和研究。

因此要学好电工技术,必须加强电工实验这一教学环节,使学生通过电工实验来巩固和加深理解所学的电工理论知识。

0.2 电工实验的目标任务

1. 电工实验课的目标

在工科大学生的培养过程中,实验是一项重要的实践性教学环节。电工实验将培养学生以下几方面能力:

- ① 正确使用设备的能力。要求学生学会正确使用常用电子仪器,熟悉电子电路中常用的元器件性能。
- ② 理论联系实际的能力。要求学生能根据所掌握的知识,阅读简单的电路原



理图。

- ③ 实验动手能力。要求学生能独立地进行实验操作。
- ④ 解决问题的能力。要求学生能处理实验操作中出现的問題。
- ⑤ 实际工作能力。要求学生能准确地读取实验数据,测绘波形和曲线。
- ⑥ 独立分析问题的能力。要求学生学会处理实验数据,分析实验结果,撰写实验报告。
- ⑦ 工程实际观点。要求学生掌握一般的安全用电常识,遵守操作规程。

实验的目的不仅要帮助学生巩固和加深理解所学的理论知识,还要训练他们的实验操作技能和实际工作能力,培养他们的动手能力和独立工作能力,树立工程实际的观点和严谨的科学作风,全面提高学生在工程技术方面的素质,为将来能够更好地解决现代科学技术研究及工程建设和开发过程中碰到的新问题打下良好的基础。

2. 电工实验要求掌握的基本技能

电工实验技能训练的具体要求是:

- ① 认识常用的电工仪表。常用的电工仪表是指直流电流表、直流电压表、交流电流表、交流电压表、功率表、万用表和兆欧表等。

了解仪表的工作原理、使用场合和准确度等级;学会正确使用常用的电工仪表,选择量程,避免读数方法不当引起的误差;掌握仪表的正确接线方法和正确读数方法。

- ② 认识常用的电子仪器。常用的电子仪器有直流稳压电源、双线示波器和信号发生器等。

了解电子仪器的组成原理、功能、主要技术性能、主要操作旋钮及操作开关的功能,了解电子仪器的正确调节方法、正确观察及读数方法;学会使用常用的电子仪器;掌握电子仪器的正确接线方法。

- ③ 认识常用的电工设备。常用的电工设备有单相变压器、接触式调压器、三相异步电动机和日光灯。常用的控制电器有开关、交流接触器、继电器和按钮等。

了解电工设备的工作原理及使用场合;学会正确使用常用的电工设备;掌握电工设备的正确接线方法及正确的操作方法。

- ④ 能按电路图接线、查线和排除简单的线路故障。具有熟练的按图接线能力,能判别电路的正常工作状态及故障现象,能够检查线路中的断线及接触不良,特别是不能因接线错误而出现短路。了解实验接线板的功能及接线要求,能够正确地把仪器、仪表接入接线板。

- ⑤ 能进行实验操作、读取数据、观察实验现象和测绘波形曲线。

- ⑥ 能整理分析实验数据、绘制曲线,并写出整洁、条理清楚、内容完整的实验报告。

- ⑦ 能使用安徽工业大学电工学精品课网页中的网上实验平台。学会使用网上



实验平台提供的计算机仿真软件来预习实验,验证实验以及完成设计性实验。

⑧ 能完成 1~2 项电工设计性实验。电工设计性实验可以通过模拟仿真软件来预习,但必须在实验室验证。

为了完成电工实验的基本任务,实现电工实验的教学目标,电工实验不仅已单独设课、单独考试及记分,而且还增加了设计性、综合性实验,并尝试和以可编程控制器为主线的电工实习进行有机的结合。本教材的部分实验和预习要求在安徽工业大学电工学精品课网页中的网上实验平台进行。

0.3 电工实验的教学体系

1. 电工学课程体系中的电工实验

安徽工业大学电工学课程新体系有三个环节,其中电工技术的三个环节是:电工理论、电工实验和电工实习。电工实验在其中起着承上启下的作用:它既要支撑电工理论,为理论服务;又要沟通电工实习,为电工实习做前期实践准备。因此,电工实验必须与电工理论和电工实习有机结合,形成一个整体。

电工学课程体系示意图如图 0.0.1 所示。



图 0.0.1 电工学课程体系示意图

电工实验虽然单独设课,并且有自身的教学体系,但它必须服从电工学课程体系的要求。

2. 电工实验教学体系

安徽工业大学电工实验的教学体系示意图如图 0.0.2 所示。

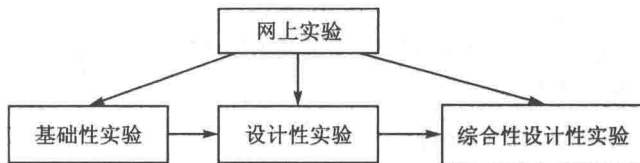


图 0.0.2 电工实验的教学体系

1) 基础性实验

基础性实验是必做实验。基础性实验基本上是验证性实验,占实验总学时的 62.5%~75%。



2) 设计性实验

设计性实验必做 1~2 项,占实验总学时的 25%。

3) 综合性设计性实验

综合性设计性实验是选做实验或演示实验,占实验总学时的 0~12.5%。这类实验是为学有余力的学生准备的。

4) 网上实验

网上实验也是电工实验重要组成部分,它主要提供一个课外实验平台。这个实验平台是用计算机仿真软件来进行实验预习、实验验证以及设计实验的。网上实验不安排学时,是开放性实验,为学生自主学习提供方便。网上实验平台的具体内容及操作要求见安徽工业大学电工学精品课网页中的网上实验。

0.4 电工实验的教学方式

1. 电工实验课的安排

电工实验课以自然班人数为单位安排。电工实验课是在开课的上一学期末选课,学生按选课时间到电工实验室上课。每学期的实验安排,在开学的第三周内发布在安徽工业大学电工学精品课网页中的网上实验里。实验内容、实验进度及实验地点等相关内容都将发布在网上实验里,请同学务必注意网上实验里的通知。若有不清楚的问题,可通过电工学精品课网页中的互动平台与相关教师联系。

根据实验内容进行实验分组,弱电实验 1 人 1 组,强电实验 2 人 1 组。每班由 1~2 名教师负责指导。实验课教师负责检查学生的预习情况,讲解实验内容及仪器使用方法,检查实验接线,处理实验故障,检查实验结果,指导学生实施正确的实验操作方法,负责实验课进行中的安全用电,解答学生在实验中所出现的问题,批改实验报告,在期末考核学生的实验能力及评定成绩。

每次实验课需要经过预习、熟悉设备、接线、通电操作、观察读数、整理数据、编写实验报告等环节,学生对每一个环节都必须重视,有始有终地完成每个实验。

每次实验课学生除了要带预习报告,还要交上一次的实验报告。在实验课开始时指导教师应在实验内容、实验接线图、主要操作步骤、预习练习题、实验注意事项等方面检查学生的预习情况。

2. 电工实验课的操作程序

1) 基础性实验

良好的实验操作方法与正确的操作程序是实验顺利进行的有效保证。

图 0.0.3 所示为常规实验的操作程序,其详细说明见 7.1 节“电工基础性实验”。