

“十三五”普通高等教育本科规划教材



DIANGONG YU DIANZI JISHU SHIYAN JIAOCHENG

电工与电子技术实验教程

第二版

刘红伟 马献果 王冀超 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

“十三五”普通高等教育本科规划教材



DIANGONG YU DIANZI JISHU SHIYAN JIAOCHENG

电工与电子技术实验教程

第二版

刘红伟 马献果 王冀超 编
焦 阳 主审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材,是根据“电工学”及“电工技术”“电子技术”课程教学基本要求中“实验教学部分”的内容,并结合当前的新技术及实验设备编写的。全书分为训练型实验、验证型实验、综合型实验和设计型实验四种类型,目的在于将电工学的课堂教学内容与实际动手有机地结合起来,帮助学生掌握电工学的基本理论、基本实验知识及实验技能,提高学生分析问题和解决问题的能力。主要内容包括电工电子实验的基础知识、综合实验装置及常用仪器仪表的使用、电工技术实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验。书后附有附录,给出了常用元器件、电气设备等的主要技术数据及识别、型号命名方法等,并附有实验报告示例,供撰写实验报告参考。

本书可作为高等学校机械、材料、化工、环境工程等非电类专业“电工学”实验教材,也可供相关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实验教程/刘红伟,马献果,王冀超编. —2版. —北京:中国电力出版社,2019.2

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5198-1633-9

I. ①电… II. ①刘… ②马… ③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(2019)第025651号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:罗晓莉(010-63412547)

责任校对:黄蓓 朱丽芳

装帧设计:赵姗姗

责任印制:钱兴根

印 刷:三河市万龙印装有限公司

版 次:2014年12月第一版 2019年2月第二版

印 次:2019年2月北京第五次印刷

开 本:787毫米×1092毫米 16开本

印 张:10

字 数:189千字

定 价:30.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社营销中心负责退换

电类基础课教材编写小组

组长：王培峰

成员：马献果 王冀超 吕文哲 曲国明 朱玉冉 任文霞
刘红伟 刘 佳 刘 磊 安兵菊 许 海 孙玉杰
李翠英 宋利军 张凤凌 张 帆 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）



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编写小组组长，主要包括：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 10 月

前 言

本书是为高等学校机械、材料、化工、环境工程等专业而编写的“电工学”实验教材,是根据教育部电工学课程教学小组制定的“电工技术”“电子技术”课程教学基本要求中“实验教学部分”的内容,并结合当前的一些新技术及实验设备编写的。全书分为训练型实验、验证型实验、综合型实验和设计型实验四种类型,目的在于将电工学的课堂教学内容与实际动手有机地结合起来,帮助学生掌握电工学的基本理论、基本实验知识及实验技能,提高学生分析问题和解决问题的能力。

全书主要内容共分 5 章:

第 1 章为电工电子实验的基础知识,介绍了电工电子实验的基本要求、常见故障处理和常用电量测量基础,可供学生学习相关内容时参考。

第 2 章为综合实验装置及常用仪器仪表的使用。实验装置及仪器仪表都配有面板图和详细的使用说明,学生完全可以通过自学掌握这些实验仪器的使用方法。

第 3 章为电工技术实验,介绍了电工技术的基本实验内容和基本测量方法,对一些基本定理和常用电路进行验证与测量,共有 10 个实验。

第 4 章为模拟电子技术实验,介绍了模拟电子技术的基本实验内容和基本测量方法,对一些常用的典型电路进行测量,共有 5 个实验。

第 5 章为数字电子技术实验,介绍了数字电子技术的基本实验内容和基本测试及设计方法,注重各种集成芯片的使用,共有 5 个实验。

附录 A、B 介绍了 Y 系列三相异步电动机和常用交流接触器、熔断器、热继电器的主要技术数据;附录 C、D 介绍了常用元器件的识别及型号命名和常用集成电路的型号命名及引脚说明,可作为手册查阅;附录 E 给出了实验报告示例,供撰写实验报告时参考。

本书由河北科技大学信息科学与工程学院长期从事“电工学”教学的教师在总结多年实验教学经验的基础上编写的。参加本书编写的教师有刘红伟、马献果和王冀超。刘红伟编写了第 1、4、5 章和附录 A、B 及附录 E,马献果编写了第 3 章和附录 C、D,王冀超编写了第 2 章。全书由刘红伟统稿。

本书在编写过程中,得到了河北科技大学信息科学与工程学院有关领导和教师的支

持和帮助，主审焦阳教授对全书提出了许多建设性的修改意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有一些缺点、错误或不妥之处，恳请使用本书的教师和同学们批评指正。

编 者

2018 年 10 月

目 录

序

前言

1 电工电子实验的基础知识	1
1.1 电工电子实验的基本要求	3
1.2 电工电子实验中常见故障的处理	5
1.3 电工电子实验中常用电量的测量	7
2 综合实验装置及常用仪器仪表的使用	15
2.1 综合实验装置	17
2.2 常用仪器仪表的使用	22
3 电工技术实验	37
3.1 常用元器件的伏安特性	39
3.2 电源外特性的测定及电源的等效变换	43
3.3 基尔霍夫定律和叠加定理及其适用条件的验证	46
3.4 戴维南定理的验证	51
3.5 一阶 RC 电路的暂态过程的测试	56
3.6 单相交流电路的测量	61
3.7 RLC 串联电路中的谐振	65
3.8 三相交流电路的测量	69
3.9 三相异步电动机的点动及单向连续运转控制	73
3.10 基于 PLC 的三相异步电动机的正反转控制	76
4 模拟电子技术实验	81
4.1 常用电子元器件的测量	83
4.2 单管共射极放大电路的测量	87
4.3 集成运算放大器在信号运算方面的应用	90

4.4	集成运算放大器的非线性应用·····	95
4.5	整流、滤波及稳压电路的测量·····	99
5	数字电子技术实验·····	105
5.1	常用集成门电路的功能测试及应用·····	107
5.2	组合逻辑电路的分析与测试·····	111
5.3	组合逻辑电路的设计·····	114
5.4	触发器的功能测试及应用·····	117
5.5	集成同步计数器的功能测试及应用电路设计·····	122
	附录·····	126
	附录 A Y 系列三相异步电动机的主要技术数据·····	126
	附录 B 常用交流接触器、熔断器、热继电器的主要技术数据·····	130
	附录 C 主要元器件的基本识别及型号命名·····	132
	附录 D 常用集成电路的型号命名及引脚说明·····	139
	附录 E 实验报告示例·····	146
	参考文献·····	148

1

电工电子实验的基础知识

1.1 电工电子实验的基本要求

1.1.1 实验的目的和意义

“电工学”是一门实践性较强的专业基础课，它的任务是使学生获得电工电子技术方面的基础理论、基础知识和基本技能。实验是学习这门课程的重要实践环节，是理论联系实际的重要手段。通过实验环节，不仅可帮助学生巩固所学的理论知识和丰富学习内容，还能够使学生在基本实验方法和基本实验技能两个方面得到系统的训练，以培养学生分析和解决实际问题的能力，使其适应新技术发展和未来社会的需要。

电工电子技术实验，按性质可分为训练型实验、验证型实验、综合型实验和设计型实验四种类型。

训练型实验是针对电工电子技术中常用元器件的测量而设置的，通过实验使学生掌握常用仪器仪表的使用方法，能够根据各种电信号的特点和性质，选择正确的仪器仪表进行测量。

验证型实验是针对电工电子技术基础理论而设置的，通过实验获得感性认识，验证和巩固基础理论，使学生掌握基本实验知识、基本实验方法和基本实验技能。

综合型实验侧重于对一些理论知识的综合应用和实验的综合分析，其目的是培养学生综合应用理论知识的能力和解决较复杂实际问题的能力。

设计型实验对学生来说，既有综合性又有探索性。它主要侧重于某些知识的灵活应用。这类实验对提高学生的科学实验能力以及科学研究的能力非常有益。

总之，通过实验课的学习，学生可达到以下目的：

- (1) 能够正确地选择和安全使用交、直流电源。
- (2) 能够根据实验中的电压、电流，选用相应的电工电子仪器仪表进行测试。
- (3) 能够独立地连接实验电路，检查并排除简单的电路故障。
- (4) 能够掌握基本实验和数据的分析处理方法。
- (5) 能够应用已学的理论知识设计简单的应用电路，并能通过实验验证所设计的电路。
- (6) 养成严肃认真、实事求是的科学态度和严谨的工作作风。

1.1.2 实验的基本要求

实验是把所学的理论知识用于实践的开始，只有具备了一些基本实验技能，才能灵活地运用所学的理论解决实际问题。为了培养学生良好的实验习惯，提高实验质量，电工电子技术实验分为实验前的预习、实验操作和实验报告三个环节。

1. 实验前的预习

实验能否顺利进行，能否达到预期的效果，在很大程度上取决于实验前预习得是否充分。实验课之前的预习应包括以下内容：

- (1) 仔细阅读实验内容及与实验内容相关的理论知识，明确实验目的。
- (2) 根据实验要求，画出实验电路图以及实验所需的数据记录表格，拟订实验步骤。
- (3) 根据每次实验用到的理论知识，估算实验结果。
- (4) 了解每次实验所用仪器设备的作用和使用方法。
- (5) 理解并记住每次实验中的注意事项。
- (6) 写出预习报告。每次实验课前要写出预习报告，预习报告内容应包括：实验目的、实验原理、实验仪器设备、实验电路、实验步骤、理论数据估算和数据记录表格等。

2. 实验操作

在实验过程中应注意以下几个方面：

- (1) 注意用电安全。在实验室用到 220V 或 380V 的交流电时，必须注意用电安全，严禁触摸带电部分。若发生意外触电事故，应立即切断电源。
- (2) 动手操作前，先对照实验指导书，认真清点和熟悉实验中用到的实验设备和仪器。
- (3) 连接实验电路。连接实验电路必须在断开电源后进行。接线完毕后，要认真检查，经指导教师检查同意后，方可接通电源。
- (4) 实验过程中，如果出现任何异常现象或故障，应立即切断电源，并报告指导教师，共同查找原因。待排除故障后再通电继续实验。
- (5) 完成实验后，先切断电源，经指导教师允许，方可拆除实验电路，整理好导线和仪器，离开实验室。

3. 实验报告

编写完整的实验报告是对实验过程的全面总结。实验报告要求文理通顺，简明扼要，字迹工整，数据和图表齐全，分析合理、结论正确。实验报告可在预习报告的基础上完成，需要再加入以下内容。

- (1) 整理和处理原始实验数据, 绘制必要的图表、曲线, 计算误差。
- (2) 分析实验结果, 包括实验结论、收获体会等, 完成实验报告要求内容。
- (3) 回答思考题。

1.1.3 实验室安全用电要求

为了确保实验过程中人员和仪器设备的安全, 实验人员必须严格遵守实验室的各项安全操作规定。

- (1) 认真听取实验室指导教师的讲解。
- (2) 拆线、接线之前必须先切断电源。给实验电路送电后, 身体不能再接触实验电路的带电部分。
- (3) 连接好实验电路后, 应仔细检查, 经指导教师允许后方可通电实验。
- (4) 实验过程中发生任何异常情况(如冒烟、打火、异常声响、过热、异味等)时, 应立即切断电源, 并报告指导教师。
- (5) 在进行有电动机的实验时, 不要把导线、头发、衣物等靠近电动机的转轴, 以防发生意外。
- (6) 当实验中用到的电源电压可调时, 应从零逐渐升高。如有异常, 应立即切断电源。

1.2 电工电子实验中常见故障的处理

实验过程中, 由于各种各样的原因, 不可避免地会出现一些故障。如果不能及时发现并排除故障, 不仅会影响实验的正常进行, 还可能造成不必要的损失。故障分为硬故障和软故障两大类: 硬故障可以造成元器件或仪器设备的损坏, 常常伴有过热冒烟、烧焦味、“吱吱”声或“啪啪”的爆炸声; 软故障一般暂时不会造成元器件的损坏, 但会使电路中电压、电流的数值不正常或者使信号的波形发生畸变, 导致电路不能正常工作。软故障通常是由于接触不良、元器件性能变化等原因引起的, 不易发现。

1.2.1 常见的故障

实验中发生的故障可分为以下几种。

- (1) 电源连接错误。有可能是:

- 1) 把交流电源的线电压当作相电压使用, 或把相电压当作线电压使用, 而线电压是相电压的 $\sqrt{3}$ 倍。

2) 直流电压源的输出电压超出规定值或极性接反, 直流电流源的输出电流超出规定值或两个输出端接反。

(2) 电路连接错误。这种故障主要是粗心大意造成的, 所以连接实验电路时要认真, 并且连接好电路后要仔细检查。

(3) 电源、实验电路、仪器仪表之间公共参考点选择不当或公共参考点连接错误。

(4) 仪器仪表使用不当。如测量模式不对、量程选择不合适、读数错误等。

(5) 干扰。如电源线干扰、接地线干扰、人体干扰、输入端悬空干扰等。

(6) 元器件老化。如连接导线内部断裂、元件参数值与标称值不符等。

1.2.2 故障的预防

为了能够顺利、安全地进行实验, 减少或避免出现故障, 应该对实验中要用到的实验仪器设备、元器件做必要的检查。

1. 通电前的检查

在连接实验电路前, 先对所用的实验元器件、导线、实验仪器设备做必要的检查。连接好实验电路后, 不要立即通电, 应先对实验电路进行以下几个方面的检查。

(1) 检查实验电路中的设备和元器件是否符合要求, 对有极性的元器件 (如二极管、晶体管、电解电容器等), 检查其接法是否正确。

(2) 检查实验电路的连接线是否正确。包括检查电源线、接地线、信号线连接是否正确, 有无接触不良或短路现象, 有无多接或漏接的情况。

(3) 检查所用实验仪器仪表的工作模式是否正确、量程是否合适。

(4) 检查电源电压是否正常。可用电压表检测电源电压是否符合要求。

2. 通电后的检查

接通电源后, 要注意观察实验电路有无异常现象, 如出现打火、冒烟、有异味、有异常声响时, 应立即切断电源, 并报告指导教师。待查出并排除故障后, 经指导教师同意方可重新接通电源。

1.2.3 故障的检查与排除

故障的检查主要是找出发生故障的原因或发生故障的部位, 进而排除故障。通常采用下面两种方法检查实验电路的故障。

1. 断电检查法

当出现具有破坏性的硬故障时, 应采用断电检查法检查。切断电源, 检查电路中有无短路、开路、元器件损坏等情况。在排除故障之前, 不能通电, 以防引起更大的

损失。

2. 通电检查法

对于软故障,可用示波器、电压表等仪器仪表对电路中某部分的电压或波形进行检测。找出故障点,加以排除。

另外,电路中可能同时存在多个故障,这些故障又可能相互影响。所以,在检查电路故障时一定要耐心细致,逐个检查、排除。

1.3 电工电子实验中常用电量的测量

在电工电子实验中,常遇到的电量测量包括有电压、电流、功率、频率、时间、放大倍数、输入电阻和输出电阻等。掌握这些电量的测量原理和方法,对顺利地完实验以及将来从事技术工作都大有益处。常用电量的测量方法有直接测量法和间接测量法,其中直接测量法是一种对被测对象直接进行测量并获得测量数据的测量方法。电工测量大多采用直接测量法,例如对电压、电流、电阻、功率的测量就是直接测量。间接测量法是对一个或几个与被测量有确切函数关系的电量进行测量,然后通过对函数关系的计算或推导得出被测量的测量方法。电子电路的测量往往采用间接测量法,例如对放大电路电压放大倍数的测量,就是先用电压表测得放大电路的输入电压 U_i 和输出电压 U_o ,再通过 $A_u = U_o / U_i$ 求得。另外,测量时,要根据被测对象是电压、电流还是功率,是直流还是交流,对测量准确度的要求以及被测电路阻抗的大小来选用测量仪表,才能取得较准确的测量结果。

1.3.1 常用电工电量的测量

常用的电工电量有电压、电流、电阻、功率等,测量这些电量的仪表称为电工仪表。

1. 电压的测量

电压从频率上分为直流电压、50Hz 工频电压、低频和高频信号电压等。测量电压基本上使用直接测量法,可以用电压表或万用表测量。

测量电压时,应把电压表或万用表并联在被测电路两端。由于电压表或万用表本身有内电阻 R_V ,相当于把一个电阻 R_V 并联到电路中,这必然会对被测电路中的电压、电流产生影响。为了使测量值较为真实地反映被测电路电压的真值,就要求电压表或万用表的内电阻 R_V 越大越好。所以,要使电压表或万用表的测量满足一定准确度,除了要考虑电压表或万用表的测量范围及测量误差以外,还应考虑电压表或万用表的内阻对被