

电工与电子实验

中国机械工业教育协会 组编

33
79



机械工业出版社
China Machine Press

21 世纪高职高专系列教材

电工与电子实验

组 编 中国机械工业教育协会
主 编 山东工程学院 闫章修
副主编 江苏理工大学 周新云
参 编 山东工程学院 谷笑娜 肖伟 尹丽菊
主 审 燕山大学 毕卫红



机械工业出版社

本书是根据教育部〔2000〕2号文件精神,参考原国家教委1995年颁发的高等工业学校《电工技术》和《电子技术》课程的教学基本要求编写的。内容包括电路、电机与控制、模拟电子技术及数字电子技术、电工及电子测量技术等方面的实验理论和实验项目。

本书可作为开设《电工与电子基础》、《电工技术》和《电子技术》等课程的高职、高专、职大、夜大、函大、成人学院等学生的实验教材,也可作为其他类学校开设上述课程学生的实验教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子实验/中国机械工业教育协会组编.
—北京:机械工业出版社,2001.2
21世纪高职高专系列教材
ISBN 7-111-08397-0

I. 电... II. 中... III. ①电工技术—实验—高等学校: 技术学校—教材②电子技术—实验—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第02615号
机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:朱华 版式设计:冉晓华 责任校对:唐海燕
封面设计:姚毅 责任印制:路琳
北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2001年2月第1版·第1次印刷
890mm×1240mm A5·5.375印张·158千字
0 001—4 000册
定价:10.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

21 世纪高职高专系列教材编委会名单

编委会主任 中国机械工业教育协会 郝广发

编委会副主任 (单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰

机械工业出版社 陈瑞藻 (常务)

大连理工大学 唐志宏

沈阳工业大学 李荣德

天津大学 周志刚

河北工业大学 檀润华

甘肃工业大学 路文江

武汉船舶职业技术学院 郭江平

江苏理工大学 杨继昌

金华职业技术学院 余党军

成都航空职业技术学院 陈玉华

编委会委员 (单位按笔画排)

上海电机技术高等专科学校 徐余法

合肥联合大学 杨久志

山东省职业技术教育师资培训中心

同济大学 孙 章

邹培明

机械工业出版社 李超群 余茂祚
(常务)

天津理工学院职业技术学院 沙洪均

沈阳建筑工程学院 王宝金

天津职工工业技术学院 (天津中德培
训中心) 李大卫

河北工业大学 范顺成

日照职业技术学院 李连业

哈尔滨理工大学工业技术学院
线恒录

辽宁工学院职业技术学院 李居参

洛阳大学 吴 锐

包头职业技术学院 郑 刚

洛阳工学院职业技术学院 李德顺

北方交通大学职业技术学院 佟立本

南昌大学 肖玉梅

北京科技大学职业技术学院 马德青

厦门大学 朱立秒

北京建设职工大学 常 莲

湖北工学院高等职业技术学院
吴振彪

北京海淀走读大学 成运花

江苏理工大学成教学院 吴向阳

彭城职业大学 陈嘉莉

佳木斯职业技术学院 王耀国

燕山大学 刘德有

序

1999年6月中共中央国务院召开第三次全国教育工作会议，作出了“关于深化教育改革，全面推进素质教育的决定”的重大决策。强调教育在综合国力的形成中处于基础地位，坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育，培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力，适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此，教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议，进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务；以适应社会需要为目标；以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案；以“应用”为主旨和特征来构造课程和教育内容体系；高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要，即用人的需要；教材可以“一纲多本”，形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人，教材先行”，教育离不开教材。为了贯彻中共中央国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求，中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套《21世纪高职高专系列教材》。教材首批80余本（书目附书后）已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制（总学时1600~1800）、兼顾2年制（总学时1100~1200）的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点；专业课加强了针对性和实用性，强化了实践教学。为了扩大使用面，在内容的取舍上也考虑到电大、职大、夜大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的，但每本教材又有各自的独立性。因此各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量,真正编写出有显著特色的 21 世纪高职高专系列教材,组织编写队伍时,采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿,以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一。在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验,出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材,在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合 21 世纪高职高专教育特点的系列教材。

中国机械工业教育协会

1997/10/1

前 言

为适应我国高职高专教育发展的需要,实现高职高专教育以培养高等技术应用型专门人才的目标,根据教育部[2000]2号文件精神,参考原国家教委1995年颁发的高等工业学校《电工技术》和《电子技术》课程的教学基本要求,结合我们多年的教学实践和其他院校的经验编写了这本实验教材。

在编写过程中既考虑了实验教学与理论教学的相关性,又注意了使其具有相对的独立性、直观性,尤其是实用性;同时注重了经典实验内容与当前的新技术、新设备的结合。

本书可作为开设《电工与电子基础》、《电工技术》和《电子技术》等课程的高职、高专、职大、夜大、函大、成人学院等学生的实验教材,也可作为其他类学校开设上述课程学生的实验教材或教学参考书。本教材适用于40~44学时,各院校可根据专业和实际情况决定内容的取舍和学时安排。

闫章修组织了本书的编写,制定了详细的编写提纲,并负责了全书的统稿。全书共9章,其中第1、2、4、6、9章由闫章修编写,第3章由谷笑娜编写,第5章由肖伟编写,第7、8章由谷笑娜、尹丽菊共同编写。闫章修任本书主编,周新云任副主编。

本书在编写过程中得到了燕山大学毕卫红的指点,她详细地审阅了编写提纲及全稿,提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢。

限于作者水平,书中难免有缺点和不当之处,恳请专家、同行和广大读者批评指正。

编 者

目 录

序
前言

第 1 章 实验的基本要求和安全操作规程	1
1.1 实验的基本要求	1
1.2 实验安全操作规程	2
第 2 章 常用电工仪表与测量	4
2.1 测量误差与数据处理	4
2.1.1 仪表误差和准确度	4
2.1.2 测量误差分类及产生的原因	7
2.1.3 减小测量误差的方法	8
2.1.4 测量数据的处理	9
2.2 电工仪表的基本知识	11
2.2.1 电工仪表的基本组成和工作原理	11
2.2.2 常用电工仪表的分类	13
2.2.3 常用电工仪表的主要技术指标	13
2.2.4 常用电工仪表的表面标记符号	14
2.3 常用电工仪表测量机构及工作原理	15
2.3.1 磁电系仪表	15
2.3.2 电磁系仪表	17
2.3.3 电动系仪表	20
2.3.4 万用表	24
2.4 常用电量的测量	28
2.4.1 常用电量测量方法	28
2.4.2 常用电量的测量	28

第3章 常用电子测量仪器	34
3.1 晶体管直流稳压电源	34
3.1.1 晶体管直流稳压电源的工作原理	34
3.1.2 稳压电源的质量指标	34
3.1.3 JWY-30F 型直流稳压电源的使用	35
3.2 模拟式电子电压表	36
3.2.1 概述	36
3.2.2 模拟式电子电压表的工作原理	36
3.2.3 DA-16 型晶体管毫伏表	38
3.3 示波器	42
3.3.1 示波器的基本组成及原理	42
3.3.2 SR-8 型二踪示波器	43
3.4 信号发生器	55
3.4.1 概述	55
3.4.2 XD11 型多用信号发生器	55
3.5 数字万用表	57
3.5.1 数字万用表的主要特点	57
3.5.2 数字万用表的使用要点	57
第4章 安全用电常识	60
4.1 保护接地和保护接零	60
4.1.1 保护接地	61
4.1.2 保护接零	62
4.1.3 保护接地与保护接零的应用特点	64
4.2 电气火灾与预防	64
4.2.1 电气火灾产生的原因	64
4.2.2 电气火灾的预防措施	66
4.2.3 电气灭火常识	66
4.3 触电保护	68
4.3.1 发生触电的原因	68
4.3.2 触电的种类	68
4.3.3 触电的危害	69

第 5 章 电路实验	70
5.1 叠加原理	70
5.2 戴维南定理和电位概念	72
5.3 日光灯电路及功率因数的提高	76
5.4 RC 电路的过渡过程	78
5.5 RLC 串联谐振电路	82
5.6 三相交流电路	84
第 6 章 电机与控制实验	89
6.1 单相变压器	89
6.2 三相异步电动机接触器控制	92
第 7 章 模拟电路实验	94
7.1 晶体管特性测试	94
7.2 单管电压放大器	97
7.3 集成运算放大器的应用	99
7.4 RC 正弦波振荡电路	103
7.5 整流、滤波及稳压电路	105
第 8 章 数字电路实验	109
8.1 门电路	109
8.2 加法器	113
8.3 译码器与编码器	115
8.4 触发器	121
8.5 寄存器	127
8.6 计数器	131
第 9 章 常用电子器件介绍及焊接的基本知识	138
9.1 常用电子元件的识别	138
9.1.1 电阻器与电位器	138

9.1.2 电容器	142
9.2 半导体器件的识别	146
9.2.1 国内外半导体器件型号命名法	146
9.2.2 常用二极管型号及主要参数	149
9.2.3 常用三极管型号及主要参数	151
9.3 常用集成电路型号及参数	153
9.3.1 国产半导体集成电路型号命名法	153
9.3.2 常用集成电路的型号及参数	154
9.4 焊接的基本知识	156
9.4.1 电烙铁	156
9.4.2 焊料和焊剂	157
9.4.3 焊接要领	158
参考文献	160

第 1 章 实验的基本要求和安全操作规程

1.1 实验的基本要求

电工与电子实验的目的在于培养学生掌握基本的实验方法与操作技能，培养学生学会根据实验目的拟订实验线路、选择所需仪表、确定实验步骤、测取所需数据、进行分析研究、得出必要结论，最终写出实验报告。在整个实验过程中，必须严肃认真，集中精力，及时做好实验。按实验过程提出下列基本要求。

1.1.1 实验前的准备

实验前要认真研读实验指导书，了解实验目的、内容、方法与步骤，预习与实验内容有关的理论和概念，并按照实验项目准备好记录表格等。

认真做好实验前的准备工作，对于培养同学的独立工作能力、提高实验质量和效率都是很重要的。

1.1.2 实验的进行

(1) 建立小组，合理分工。每次实验以小组为单位进行，每组由 2~3 人组成，推选组长 1 人。组长负责组织实验的进行，如分配记录、接线、调节负载等工作，务求在实验过程中全组人员操作协调，实验数据准确。

(2) 抄录铭牌，选择仪表。根据预习的实验内容，选择并记录所用设备的铭牌和仪表的量程，然后将仪表、设备布置整齐，便于测取数据。

(3) 按图接线。根据实验线路图及所选仪表、设备，按图接线，线路力求简单明了。

接线原则是先串联主回路，再接辅助回路或并联支路。如是三相电路，则三根线一齐接到下方；如是单相或直流电路，则从一相或一极出发，经过主要线路之各段仪表、设备，最后返回到零线或另一

极。并根据电流的大小选择合适的导线。

(4) 接通电源, 观察仪表。在正式实验开始之前, 校准各仪表零位、熟悉分度, 并记下倍率, 然后接通电源, 观察所有仪表是否正常(如指针反偏、过量程等)。如果出现异常, 应立即切断电源, 及时报告, 查清原因并排除故障; 如果一切正常, 即可正式开始实验。

(5) 测取数据。预习时对实验内容与实验结果应事先作好理论分析, 并预测实验结果的大致趋势, 做到心中有数。正式实验时, 根据预定计划测取数据。

(6) 认真负责, 实验有始有终。实验结束后, 整理好实验设备、仪器、工具, 经指导教师验收后方可离开实验室。

1.1.3 实验报告

实验报告是根据实验目的、实测数据及在实验中观察和发现的问题, 经过分析研究而得出的结论或通过分析讨论写出的心得体会。

实验报告要简明扼要、字迹清楚、图表整洁、结论明确。实验内容包括:

(1) 写明实验名称、专业班级、组别、姓名、同组同学姓名、实验日期、室温。

(2) 列出实验所用设备和仪表的规格、型号及铭牌数据等。

(3) 扼要地写出实验目的。

(4) 绘出实验线路图。

(5) 列出实验项目。

(6) 列出实验数据。

(7) 绘制相应的曲线。

(8) 写出结论。根据实验结果进行计算和分析, 最后得出结论。这是由实践再上升到理论的提高过程, 是实验报告中很重要的一部分。结论中可根据不同的实验方法所得结果进行比较, 讨论各种实验方法的优、缺点, 说明实验结果与理论是否相符及其原因。

每次实验每人独立写一份报告, 按时送交指导教师批阅。

1.2 实验安全操作规程

为了按时完成实验, 确保实验时人身安全与设备安全, 实验时必

须严格遵守实验室安全操作规程。电工与电子实验安全操作规程如下：

(1) 电源必须经过开关（或接触器）、熔断器之后接入负载。接线或拆线都必须在切断电源的情况下进行。

(2) 操作开关应迅速、果断、快合、快断，以免产生电弧，烧坏开关。合闸和分闸都要到位。

(3) 人体不可接触带电线路。

(4) 学生独立完成接线或改接线后，必须经指导教师检查和允许，并招呼全组同学引起注意后，方可接通电源。实验中如发生事故，应立即切断电源、保护现场，并报告指导教师，待查清问题和妥善处理，才能继续进行实验。

(5) 做电机实验时，注意长发、围巾、衣物等不能接触电机转动部分，以免造成事故。

(6) 总电源由实验室工作人员掌管，其他人不得乱动。

实验过程中，由于违章操作，损坏仪器、设备者，要承担部分或全部赔偿责任。

第2章 常用电工仪表与测量

2.1 测量误差与数据处理

测量是指通过试验的方法去确定一个未知量的大小，这个未知量叫做“被测量”。一个被测量的实际值是客观存在的。但由于人们在测量中对客观认识的局限性、测量器具不准确、手段不完善、测量条件发生变化及测量工作中的疏忽等原因，都会使测量结果与实际值不同，这个差别就是测量误差。

不同的测量，对测量误差大小的要求往往是不同的。随着科学技术的进步，对减小测量误差提出了越来越高的要求。我们学习、掌握一定的误差理论和数据处理知识，为的是能合理设计和组织实验，正确选用测量仪器，减小测量误差，得到接近被测量实际值的结果。

2.1.1 仪表误差和准确度

对于各种电工指示仪表，不论其质量多高，它的测量结果与被测量的实际值之间总是存在一定的差值，这种差值被称为仪表误差。误差值的大小反映了仪表本身的准确程度。因此，在仪表的技术参数中，仪表的准确度被用来表示仪表的基本误差。

2.1.1.1 仪表误差的分类

根据误差产生的原因，仪表误差分为下述两大类。

1. 基本误差 仪表在正常工作条件下（指规定温度、放置方式、没有外电场和外磁场干扰等），因仪表结构、工艺等方面的不完善而产生的误差叫基本误差。如仪表活动部分的摩擦，标尺分度不准、零件装配不当等原因造成的误差都是仪表的基本误差，基本误差是仪表的固有误差。

2. 附加误差 仪表离开了规定的工作条件（指温度、放置方式、频率、外电场和外磁场等）而产生的误差，叫附加误差。附加误差实际上是一种因工作条件改变而造成的额外误差。

2.1.1.2 误差的表示

仪表误差的表达方式有绝对误差、相对误差和引用误差三种。

1. 绝对误差 仪表的指示值 A_x 和被测量的实际值 A_0 之间的差值, 叫绝对误差 Δ 。即

$$\Delta = A_x - A_0 \quad (2-1)$$

可见, 绝对误差有正负之分。正误差说明指示值比实际值偏大, 负误差说明指示值比实际值偏小。在计算 Δ 值时, 常用标准表的指示值作为被测量的实际值。

例 1 用一只标准表校验甲、乙两只电压表, 当标准表的指示值为 220V 时, 甲、乙两表的指示值分别为 220.5V 和 219.2V, 求两只被校表的绝对误差。

解: 由式 (2-1) 得

甲表的绝对误差

$$\Delta_1 = A_x - A_0 = 220.5\text{V} - 220\text{V} = 0.5\text{V}$$

乙表的绝对误差

$$\Delta_2 = A_x - A_0 = 219.2\text{V} - 220\text{V} = -0.8\text{V}$$

可见, 甲表绝对误差的绝对值比乙表小, 说明甲表指示比乙表更准确。因此, 在测量同一被测量时, 我们用绝对误差 Δ 的绝对值来说明指示值偏离实际值的程度。

为了获得被测量的实际值, 由 (2-1) 式可得

$$A_0 = A_x + (-\Delta) = A_x + C \quad (2-2)$$

式 (2-2) 中, $C = -\Delta$ 称为修正值 (更正值、校正值)。修正值与绝对误差的绝对值大小相等, 符号与绝对误差相反。引入修正值, 就可以对仪表指示值进行校正, 消除其误差, 得到被测量的实际值。

2. 相对误差 绝对误差 Δ 与被测量的实际值 A_0 比值的百分数, 叫做相对误差 γ 。即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% \quad (2-3)$$

由于在测量不同大小的被测量时, 不能简单地用绝对误差来判断其准确程度, 而在实际测量中, 通常采用相对误差来比较测量结果的准确程度。

例2 已知甲表测量100A 电流时, $\Delta_1 = +0.2\text{A}$, 乙表测量 10A 电流时 $\Delta_2 = +0.1\text{A}$, 试比较两表的相对误差。

解: 甲表相对误差

$$\gamma_1 = \frac{\Delta_1}{A_0} \times 100\% = \frac{+0.2}{100} \times 100\% = +0.2\%$$

乙表相对误差

$$\gamma_2 = \frac{\Delta_2}{A_0} \times 100\% = \frac{+0.1}{10} \times 100\% = +1\%$$

结果表明乙表的相对误差较甲表大。

工程上被测量的实际值一般难以确定, 而仪表的指示值与实际值又比较接近, 因此, 采用指示值 A_x 近似代替 A_0 对相对误差进行计算。其公式为

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_x} \times 100\% \quad (2-4)$$

3. 引用误差 相对误差能表示测量结果的准确程度, 但不能全面反映仪表本身的准确程度。同一块仪表, 在测量不同的被测量时, 其绝对误差 Δ 虽然变化不大, 但随着被测量的变化, 仪表的指示值 A_x 可在仪表的整个分度范围内变化。因此, 对应于不同大小的被测量, 其相对误差也是变化的。换句话说, 每只仪表在全量限范围内各点的相对误差是不同的。为此, 工程上采用引用误差来反映仪表的准确程度。

把绝对误差 Δ 与仪表测量上限 A_m (满刻度值) 比值的百分数, 叫做引用误差 γ_m 。即

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% \quad (2-5)$$

由于仪表的测量上限是一个常数, 而仪表的绝对误差又基本不变, 所以可用“引用误差”来表示仪表的准确度。引用误差实际上是测量上限的相对误差。

2.1.1.3 仪表的准确度

指示仪表在测量值不同时, 其绝对误差多少有些变化, 为了使引用误差能包括整个仪表的基本误差, 因此, 工程上规定以最大引用误