



教育部 高职高专 规划教材

电工电子 技术实训

○ 高嵩 苑秀香 主编



化学工业出版社
教材出版中心

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术实训/高嵩, 苑秀香主编. —北京: 化学工业出版社, 2002.5

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-3820-8

I. 电… II. ①高…②苑… III. ①电工技术-高等学校:技术学校-教材②电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 029975 号

教育部高职高专规划教材

电工电子技术实训

高 嵩 苑秀香 主编

责任编辑: 王丽娜

责任校对: 李 丽 崔世芳

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社
教材出版中心

出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市管庄永胜印刷厂印刷
三河市延风装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 7 1/4 字数 168 千字

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3820-8/G·1014

定价: 12.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

全国高等职业教育化工专业教材编审委员会

主 任：赵杰民

副 主 任：张鸿福 李顺汀 田 兴 黄永刚 任耀生

基础化学组：李居参 赵文廉 宋长生
苏 静 胡伟光 初玉霞 丁敬敏 王建梅 张法庆
徐少华

数理基础组：于宗保 王绍良 王爱广
金长义 陈 泓 朱芳鸣 高 松 刘玉梅 杨 凌
董振珂 李元文 丛文龙 傅 伟

化工基础组：唐小恒 周立雪 秦建华
王小宝 张柏钦 张洪流 邢鼎生 张国铭 徐建良
周 健

化工专业组：刘德峥 陈炳和 杨宗伟
王文选 文建光 田铁牛 李贵贤 梁凤凯 卞进发
杨西萍 舒均杰 郑广俭

人文社科组：曹克广 霍献育 徐沛林
刘明远 曾悟声 马 涛 侯文顺 曲富军 高玉萍
史高锋 赵治军

工程基础组：丁志平 刘景良 姜敏夫
魏振枢 律国辉 过维义 吴英绵 章建民 张 平
许 宁 贺召平

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

《电工电子技术实训》是为高职高专非电类专业编写的一门实训课教材。本书编写时力求做到针对性强、联系实际，实验方法本着简单可行兼顾不同学校实验条件的原则。希望完成本书的实验和训练内容后，使学生掌握电工电子实验的基本方法，学会各种常用电工仪表和电子仪器的正确使用，能认识常用电工器件和电子元件并了解其如何使用，具备能正确选择与专业相关的电工器件和电子元件且能正确安装使用的能力。

本书提供的实验和训练内容可以与《电工电子技术》教材配合进行，也可以作为一门课程独立进行。综合实验最好作为为期两周的电工电子实训内容，且实训最好在完成基本实验内容之后进行，这样会有更大的收获。

本书由高嵩、苑秀香主编，王艳华、刘江彩参加了本书的编写工作。姜敏夫任本书主审，于占河、朱秀兰、杨凌、董力、屈义襄也参加了本书的审稿工作，并对书稿提出了宝贵的意见和建议。在编写过程中对所列参考文献作了一些借鉴，谨此之际对审稿人员、参考文献的作者及帮助此书出版的化学工业出版社的编辑们一并表示感谢。

编者虽从教多年，限于水平，书稿中疏漏之处在所难免。恳切希望使用本书的教师、同学及其他读者给予批评指正。

编 者
2002 年 3 月

目 录

电工电子技术实验须知	1
第一部分 基础类实验	10
实验一 直流电压、电流的测量	10
实验二 日光灯电路及交流电压、电流和电功率的测量	13
实验三 三相负载的正确连接及三相电功率的测量	16
实验四 三相异步电动机的选择及运行	20
实验五 实验室常用电子仪器的使用	26
实验六 单管放大器的制作、调试及性能测试	31
实验七 直流稳压电源的制作、调试及性能测量	36
实验八 运算放大器应用	40
实验九 A/D、D/A 转换器的应用	45
第二部分 综合实训	53
综合实训一 模拟住宅供电电路的安装	53
综合实训二 电动机控制柜的安装与调试	61
综合实训三 数字计时器的制作与调试	75
附录	84
附录一 常用电路元件简介	84
附录二 半导体分立器件性能简介和引线端子判别方法	89
附录三 常用集成电路简介	92
附录四 常用电工仪表的选择及依据	99
参考文献	106

电工电子技术实验须知

电工与电子技术实训课的目的, 是进行实验基本技能的训练。巩固、加深并扩展所学到的理论知识, 培养运用基本理论分析、处理实际问题的能力。通过实验课在实验技能上应达到如下要求。

- (1) 正确使用常用电工仪表、仪器和一些电工实验设备;
- (2) 能按电路图连接实验线路完成实验全过程, 具备排除简单故障的能力;
- (3) 学会观察实验现象, 能正确地读取实验数据, 具备判断获得的实验数据是否正确的能力;
- (4) 能写出符合要求的实验报告并能对实验结果做出合理的分析;
- (5) 能正确运用实验手段来验证一些定理和结论及处理一些实际问题;
- (6) 能根据实验任务确定实验方案、设计实验线路、选择实验仪器设备。

为确保人身和实验设备安全, 进入实验室后应严格遵守实验室规则。以下是电工电子实验室最基本的规则。

一、实验室实验规则和实验注意事项

- (1) 实验前必须认真预习实验指导书相关内容, 了解实验目的、原理和步骤, 未经预习者, 不能参加实验。
- (2) 进入实验室不许大声喧哗, 不许随手乱动仪器及元件, 不许搬弄与本次实验无关的仪器。
- (3) 实验前必须认真清查、整理实验用品, 按图接线, 接线完成后经过认真的自查、互查后, 在获得实验教师的许可下, 通知全组人员, 才能接通电源。
- (4) 认真听取实验教师讲解, 严格遵守操作规程, 做到安全操作。如果发现仪器设备发生异常声响、冒烟、焦臭、闪弧等现象, 应立即关掉电源, 并报告指导教师处理。
- (5) 实验中不允许用手触摸线路中带电的裸露导体, 以防触电。改接线路或拆线应先断开电源, 如果电路中有电容器, 应先用导线短接放电后再进行改接。
- (6) 根据被测量合理选择测量仪表, 预估被测量大小, 选择合适的量程进行测量, 以免损坏仪表。
- (7) 实验完毕应立即切断电源, 将实验数据交实验教师检查无误后拆除实验电路, 将仪表器件等归放原处, 清理好实验场地, 经指导教师同意后, 方可离开实验室。
- (8) 爱护实验室的仪器设备, 凡丢失损坏仪器设备者, 要填写仪器报损单, 按赔偿制度进行处理。

二、第一次进入实验室应做的事

(一) 观察

在实验教师的引导下观察实验室的常用设备及这些设备的正确使用方法, 主要有实验用工频交流电源, 每个实验台上的交流电源及使用方法。牢记实验教师讲解的实验过程中一旦

出现问题的处理方法。特别是一旦出现触电和短路等意外事故时应如何处理。

(二) 学习实验过程常用工具的正确使用方法

电工电子实验过程中常用的工具有以下几种。

1. 低压验电器

低压验电器又称测电笔（简称电笔）。用于检验 500 V 以下带电体，按其结构形式分钢笔式和螺钉旋具式两种，按其显示元件分氖管发光指示式和数字显示式两种，如图 0-1 所示。

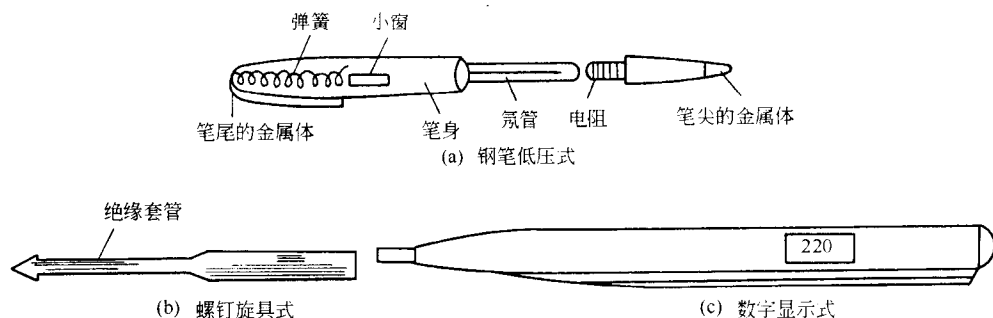


图 0-1 低压验电器

使用低压验电器时，以食指触及笔尾的金属体，笔尖触及带电体，如图 0-2 所示。微小的电流经带电体、电笔、人体到大地形成通路。

只要带电体与大地间的电位差在 60~500 V 之间，电笔中的氖管就发光，电压高发光强，电压低发光弱。

数字显示式测电笔验电时，握笔方法同氖管指示式握法。只要带电体与大地间的电位差在 2~500 V 之间都能显示出带电体是否有电及电位差的数值。

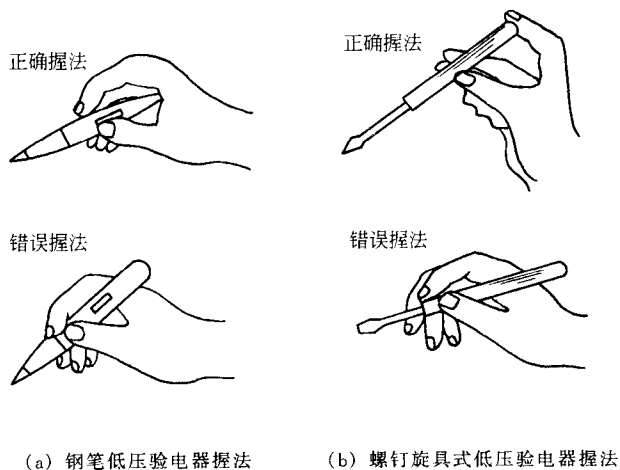


图 0-2 低压验电器握法

使用验电器的安全注意事项如下。

验电器使用前，应试测过，证明验电器确实良好，方可使用。使用时，应逐渐靠近被测物体，直至氖管发亮。只有氖管不亮时，才可直接接触被测物体。

2. 螺钉旋具

螺钉旋具俗称螺丝刀、旋凿或起子，它是一种紧固或拆卸螺钉的工具。

(1) 螺丝刀的式样和规格 螺丝刀的式样和规格很多，按头部形状不同分为一字槽形和十字槽形两种。按握柄材料不同又可分为木柄和塑料柄两种。

一字形螺丝刀常用的规格有 50 mm、100 mm、150 mm 和 200 mm 等，电工常用的是 50 mm 和 150 mm 两种（规格指的是金属杆的长度）。

十字形螺丝刀专供紧固或拆卸十字形的螺钉，常用的规格有 I 号适用于直径为 2~2.5 mm，II 号适用于 3~5 mm，III 号适用于 6~8 mm，IV 号适用于 10~12 mm。

(2) 螺丝刀的使用方法

① 大螺丝刀一般用来紧固较大的螺钉。使用时用大拇指、食指和中指夹住握柄，手掌顶住握柄的末端，以便施力。使用方法见图 0-3 (a)。

② 小螺丝刀一般用来紧固电气装置接线桩头上的小螺钉，使用时可用大拇指和中指夹着握柄，用食指顶住柄的末端捻旋。使用方法见图 0-3 (b)。

③ 较长螺丝刀可用右手压紧并转动手柄，左手握住螺丝刀的中间，使螺丝刀不致滑脱。

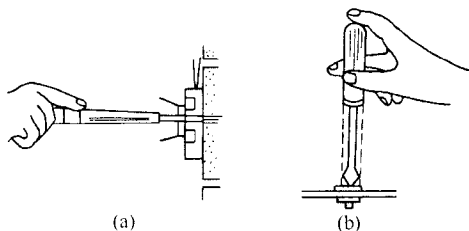


图 0-3 螺丝刀的使用方法

(3) 使用螺丝刀的安全知识

① 电工不可使用金属杆直通柄顶的螺丝刀，否则易造成触电事故。

② 使用螺丝刀紧固或拆卸带电的螺钉时，手不得触及螺丝刀的金属杆以免发生触电事故。

③ 为了避免螺丝刀的金属杆触及皮肤或触及邻近带电体，应在金属杆上穿套绝缘管。

④ 选用合适规格的螺丝刀，以免损坏螺钉头使螺钉无法旋进或旋出。

3. 钢丝钳

钢丝钳又称电工钳、克丝钳等。

(1) 钢丝钳分类与规格 钢丝钳有铁柄和绝缘柄两种，绝缘柄为电工用剪线钳，耐压为 500 V，常用的规格有 150 mm、175 mm 和 200 mm 三种。

(2) 电工钢丝钳的构造和用途 电工钢丝钳如图 0-4 所示，由钳头和钳柄两部分组成，钳头有钳口、齿口、刀口和侧口四部分组成。钢丝钳用途很多，钳口

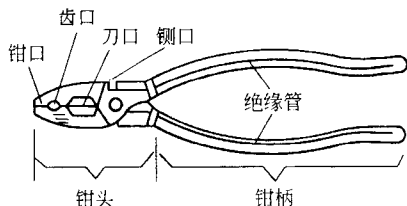


图 0-4 钢丝钳的结构

用来弯绞或钳夹导线线头，如图 0-5 (a) 所示；齿口用来紧固或起松螺母，如图 0-5 (b) 所示；刀口用来剪切导线或剖削软导线绝缘层，如图 0-5 (c) 所示；侧口用来侧切电线线芯，钢丝或铅丝等较硬金属，如图 0-5 (d) 所示。

(3) 电工钳的使用 使用时右手握钳柄，通常靠右手无名指向外张，推动钳子两柄向外使钳口张开；当夹住工件时，拇指和其余四指一齐施力向内挤压收紧。

(4) 使用电工钳的安全注意事项。

① 使用电工钳以前，必须检查绝缘柄的绝缘是否完好。如绝缘损坏，进行带电作业时会发生触电事故。

② 用电工钢丝钳剪切带电导线时，不得用刀口同时剪切相线和零线，以免发生短路故障。

③ 钳头不可代替手锤作为敲打工具使用。

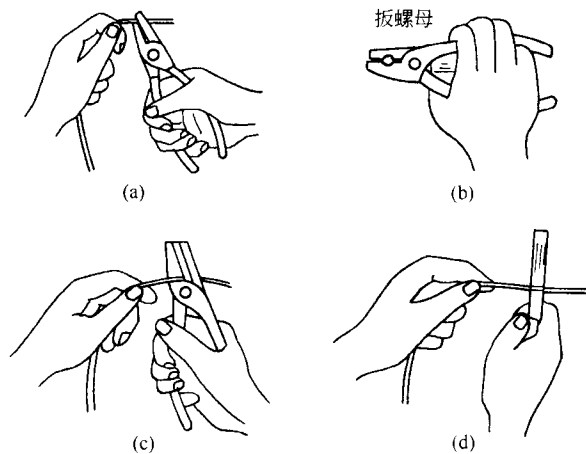


图 0-5 钢丝钳的使用方法

4. 尖嘴钳

尖嘴钳的结构如图 0-6 所示，尖嘴钳的头部尖细，适用于在狭小的工作空间操作。尖嘴钳也有铁柄和绝缘柄两种，绝缘柄的耐压为 500 V。

尖嘴钳的用途如下。

- ① 带有刃口的尖嘴钳能剪断细小金属丝。
- ② 尖嘴钳能夹持较小螺钉、垫圈、导线等元件进行施工。
- ③ 在装接控制线路板时，尖嘴钳能将单股导线弯成一定圆弧的接线鼻子。

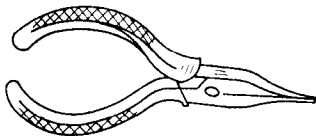


图 0-6 尖嘴钳的结构

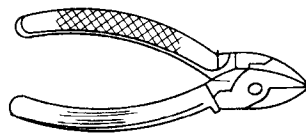


图 0-7 断线钳的结构

5. 断线钳

断线钳如图 0-7 所示，断线钳又称斜口钳，钳柄有铁柄、管柄和绝缘柄三种形式，其中电工用的绝缘柄断线钳耐压为 1000 V。

断线钳是专供剪断较粗的金属丝、线材及电线电缆等用。

6. 剥线钳

剥线钳是用于剥削小直径导线绝缘层的专用工具。耐压为 500 V。

剥线钳的使用方法如下。

使用时将要剥削的绝缘长度用标尺定好以后，即可把导线放入相应的刃口中（比导线直径稍大），用手将钳柄一握，导线的绝缘即被割破自动弹出。

7. 电工刀

电工刀是用来剖削电线线头，切割木台缺口，削制木枕的专用工具。

(1) 电工刀的使用 使用时应将刀口朝外剖削，剖削导线绝缘层时，应使刀面与导线成较小的锐角，以免割伤导线。

(2) 使用电工刀的注意事项如下。

- ① 电工刀使用时应注意避免伤手。
- ② 电工刀用毕，随即将刀身折进刀柄。
- ③ 电工刀刀柄是无绝缘保护的，不能在带电导线或器材上剖削，以免触电。

8. 活络扳手

活络扳手又称活络扳头、活扳手，是用来紧固和起松螺母的一种专用工具。

(1) 活络扳手的构造和规格 活络扳手如图0-8所示，活络扳手由头部和柄部组成，头部由活络扳唇、呆扳唇、扳口、蜗轮和轴销等组成。旋动蜗轮可调节扳口的大小。规格是以长度×最大开口宽度（单位：mm）来表示，电工常用的活络扳手有150×19（5"）、200×24（8"）、250×30（10"）和300×36（12"）等4种。

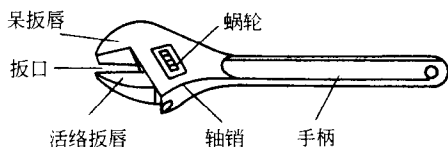


图 0-8 活络扳手的结构

(2) 活络扳手的使用方法

- ① 扳动大螺母时，需用较大力矩，手应握在近柄尾处，如图 0-9（a）所示。
- ② 扳动较小螺母时，需用力矩不大。但螺母过小易打滑，故手应握在近头部的地方，可随时调节蜗轮。收紧活络扳唇防止打滑，如图 0-9（b）所示。



图 0-9 活络扳手的使用方法

- ③ 活络扳手不可反用，以免损坏活络扳唇，也不可用钢管接长柄来施加较大的扳拧力矩。
- ④ 活络扳手不得当作撬棍和手锤使用。

三、如何编写实验报告

实验报告是实验工作的全面总结，要用简明的形式将实验结果完整和真实地表达出来。报告要求文理通顺，简明扼要，字迹端正，图表清晰，分析合理，结论正确，讨论深入。报告纸采用规定的格式，实验报告除填好报告纸上各栏外，一般应包括如下几项。

(一) 实验名称

(二) 实验目的

通过该实验要达到的目的，整个实验均是围绕着这些目的进行的。

(三) 实验原理及实验电路图

实验原理就是根据理论原理，设计什么样的电路，采用什么样的方法、路线来产生某些现象，怎样通过对这些现象的测量观察，有时还要通过计算，来证明一些定理、定律。或验证是否会出现一些预测的现象。能否达到一些设计的目标。

实验电路图就是根据实验目的和实验原理，利用可以购买到或能自己制作成的元器件，以及具备的测量仪器，设计一个能实现上述实验目的的电原理图。

(四) 实验步骤

按电原理图，用给定的元器件或在给定的专用实验板上组成实验电路。根据预习时或实

验前确定的通过哪些操作步骤,来产生哪些现象,并在实验电路的什么位置测量哪些参数。

(五) 数据、图表及计算

实验过程中要测量哪些数据在实验前要给予确定,并根据数据的规律提前绘制出记录表,如实验过程中要立即观察变化关系还应准备好坐标纸,以便现场绘制曲线。实验时还要准备计算器,因为有些结果需要经过计算才能得到。计算需要用到的公式在预习时应从相关的参考书上查取。

(六) 实验结果整理及误差分析

实验过程中获得的数据有些可以直接应用,但有些还需要经过计算才能应用。对实验数据的处理,要合理取舍有效数字。报告中的所有图表、曲线均按工程化要求绘制。波形曲线一律画在坐标纸上,比例要适中,坐标轴上应注明物理量的符号和单位。

实验中获得的参数要与理论分析计算的参数对比,对于差异较大的应认真分析找出原因,并按误差分析的规定检验获得的参数。对于实验的结果也要做误差分析,确定引起误差的原因。例如:测量仪表的精度及选择的是否适当、观测者的经验、实验方法的完善程度及选择的实验电路是否适当。要从不同的角度进行分析以便得到引起误差的正确原因。

(七) 思考题回答

实验指导书中每个实验的后面都给出了不同数量的思考题,在预习时应仔细阅读并确定问题与实验中哪些部分有关,实验过程中注意与思考题有关的现象,在实验报告中根据自己的观察和分析对这些思考题做出合理的回答。

四、实验课取得好效果的方法

(一) 课前预习

实验能否顺利进行和收到预期的效果,很大程度上取决于预习准备的是否充分。因此,要求在预习时仔细阅读实验指导书和其他参考资料,明确实验的目的、任务,了解实验的基本原理以及实验方法,熟悉实验步骤,清楚每一步要做什么、将会出现什么现象、观察什么、测量什么、记录哪些数据、注意哪些事项。准备好实验所需要的记录表格。注意思考题提出的问题,在实验中注意与这些问题有关的现象。

(二) 实验操作

(1) 实验前认真听取指导教师讲解实验内容和注意事项。

(2) 到指定实验台做实验。实验前先检查仪器设备的型号、规格、数量等是否与实验要求相符,然后检查各仪器设备是否完好,如有问题及时向实验教师提出以便处理。不得随便动用与本实验无关的仪器设备及其他实验台的仪器设备。

(3) 实验电路的布线简洁明了,便于测量,导线的长短粗细要合适,尽量短,少交叉,防止连线短路。接线片不宜过于集中于某一点,所有仪器设备和仪表,都要严格按规定的接法正确接入电路。(例如:电流表及功率表的电流线圈一定要串接在电路中,电压表及功率表的电压线圈一定要并接在电路中)。正确选择测量仪表的量程,正确选择各个仪器设备的电流、电压的额定值,否则会造成严重事故。调压器等可调设备的起始位置要放在最安全处,电路接好后,本组要仔细复查。确定无误后,请指导教师检查批准,方可通电进行实验。

(4) 实验操作时同组人员要注意配合,尤其做强电实验时要注意,手合电源,眼观全局,先看现象,再读数据。将可调电源电压缓慢上调到所需数值。一有异常现象(例如有声

响、冒烟、打火、焦臭味及设备发烫等异常现象)应立即切断电源,分析原因,查找故障,在没有分析清楚原因以前不能再进行实验。

(5) 读数前要弄清仪表的量程及刻度,读数时注意姿势正确,要求“眼、针、影成一线”。注意仪表指针位置,及时变换量程使指针指示于误差最小的范围内。(变换量程时,要在切断电源情况下操作)。

(6) 将所有数据记在原始记录表上,数据记录要完整、清晰,力求表格化,一目了然,合理取舍有效数字。要尊重原始记录,实验后不得涂改,养成良好的记录习惯,培养工程意识。交实验报告时,将原始记录一起附上。

(7) 结尾工作。

完成实验后,应该核对实验数据是否完整和正确,确定无误后,交指导老师审查并在原始记录上签字,然后拆线(先切断电源,后拆连接线),做好仪器设备、导线、实验台面及环境的清洁和整理工作。

五、有效数字的概念和处理规则

(一) 有效数字的概念

在测量和数字计算中,该用几位数字来代表测量或计算结果是很重要的,它涉及有效数字和计算规则问题,不是取得位数越多越准确。

在记录测量数值时,该用几位数字来表示呢?下面通过一个具体例子来说明。如图0-10,表示一个0~50 V的电压表在三种测量情况下指针的指示结果。第一次指针指在42~43 V之间,可记作42.5 V。其中数字“42”是可靠的,称为可靠数字,而最后一位数“5”是估计出来的不可靠数字(欠准数字),两者合称为有效数字。通常只允许保留一位不可靠数字。对于42.5这个数字来说,有效数字是三位。第三次指针指在30 V的地方,应记为30.0 V,这也是三位有效数字。

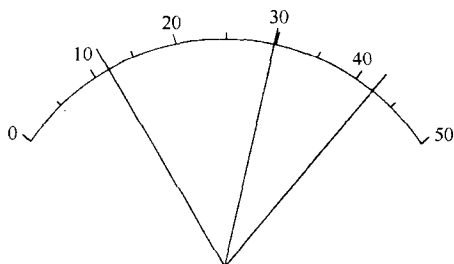


图 0-10 仪表如何读数

数字“0”在数中可能不是有效数字。例如:

42.5 V还可写成0.0425 kV,这时前面的两个“0”仅与所用单位有关,不是有效数字,该数的有效数字仍为三位。对于读数末位的“0”不能任意增减,它是由测量设备的准确度来决定的。

(二) 有效数字的正确表示

(1) 记录测量数值时,只保留一位不可靠数字。通常,最后一位有效数字可能有 ± 1 个单位或 ± 0.5 个单位的误差。

(2) 有效数字的位数应取得与所用仪器的误差(准确度)相一致,并在表示时注意与误差量的单位相配合。大数值和小数值要用幂的乘积形式来表示。

例如:仪器的测量误差为 ± 0.01 V,而测量的数据为3.212 V,其结果应取为3.21 V。有效数字为三位。

例如:仪器测量误差为 ± 2 kHz,而测量数据为6800 kHz,这里最后一位有效数字与误差单位是配合的,有效数字为四位。也可表示为6.800 MHz和 6800×10^3 Hz。但不能表示为6.8 MHz和6800000 Hz。

(3) 在所有计算式中, 常数 (例如 π 、 e 等) 及乘除 (例如 $1/2$ 等) 的有效数字的位数可以没有限制, 在计算中需要几位就取几位。

(4) 表示误差时, 一般只取一位有效数字, 最多取两位有效数字。

例如: $\pm 1\%$ 、 $\pm 1.5\%$ 。

(三) 有效数字的运算规则

处理数字时, 常常要运算一些精度不相等的数值。按照一定运算规则计算, 既可以提高计算速度, 也不会因数字过少而影响计算结果的精度。常用规则如下。

(1) 加减运算时, 各数所保留的小数点后的位数, 一般应与各数中小数点后位数最少的相同。例如 13.6 、 0.056 、 1.666 相加, 小数点后最少位数是一位 (13.6), 所以应将其余二数修约到小数点后一位, 然后相加, 即

$$13.6 + 0.1 + 1.7 = 15.4$$

为了减少计算误差, 也可以在修约时多保留一位小数, 即

$$13.6 + 0.06 + 1.67 = 15.33$$

其结果应为 15.3 。

(2) 乘除运算时, 各因子及计算结果所保留的位数, 一般与小数点位置无关, 应以有效数字位数最少的项为准。例如 0.12 、 1.057 和 23.41 相乘, 有效数字位数最少的是两位 (0.12), 则

$$0.12 \times 1.06 \times 23 = 2.926$$

六、测量误差及消除方法

任何测量都要力求准确。但是, 在实际测量中, 由于测量方法、仪器仪表、实验条件和观测经验等方面因素的影响, 使得测量结果不可能是被测量的实际值, 而只是它的近似值。我们把测量值和实际值之间的差异, 叫做误差。

(一) 误差的分类和来源

根据性质的不同, 测量误差一般分为系统误差、偶然误差和疏失误差三类。

1. 系统误差

这是在测量过程中或者遵循一定的规律变化, 或者保持不变的误差, 造成系统误差的原因主要如下。

(1) 测量设备的误差。由于标准度量、仪器仪表本身具有误差, 例如刻度不准, 结果会在测量中造成系统误差。

(2) 测量方法的误差。由于测量方法的不够完善而引起。例如引用近似公式, 以及未足够估计漏电、热电势、接触电阻、仪表内阻、电源内阻等影响, 都会造成系统误差。

(3) 由于测量装置的安装或配线不当, 周围环境条件的变化以及测量人员的经验不足、反映不准确等因素, 都会在测量中造成系统误差。

2. 偶然误差

这是一种大小和符号都不固定的具有偶然性的误差。产生偶然误差的原因很多, 例如温度、湿度、磁场、电场、电源频率等的偶然变化, 都会引起偶然误差。所以, 在完全相同的条件下, 以相同的仔细程度重复进行同一个量的测量时, 测量结果往往不完全相同。

3. 疏失误差

疏失误差由测量中的疏失所引起, 是一种明显地歪曲测量结果的误差。例如对测量仪表

的不正确读数,对观察结果的不正确记录等。

(二) 测量误差的消除方法

对于系统误差的消除,一般有以下几种方法。

(1) 度量器及测量仪器进行校正,在测量中,度量器和测量仪器的误差直接影响测量结果的准确度,所以常引入其更正值,以消除误差。

(2) 消除误差的根源,例如,选择合理的测量方法,配置适当的测量仪器,改善仪表、电路的安装质量和配线方式,测量前调整仪表零位,采取屏蔽措施消除外部影响。

(3) 采取特殊的测量方法

① 替代法 在保持仪表读数状态不变的条件下,用等值的已知量去代替被测量。这样测量结果就与测量仪表的误差及外界的影响无关,从而消除了系统误差。例如用电桥测电阻时,用标准电阻代替被测电阻,并调整标准电阻使电桥达到原来的平衡状态,则被测电阻值就等于这个标准电阻值,这样就排除了电桥本身和外界的影响因素,消除了由它们引起的系统误差。

② 正负消去法 如果第一次测量误差为正,第二次测量时为负,则可对同一量测量两次,然后取两次的平均值,便可消除这种系统误差。

③ 换位法 当系统误差恒定不变时,在两次测量中使它从相反的方向影响测量结果,然后取平均值,从而使这种系统误差得到消除。例如用等比率电桥进行测量时,为了消除比率臂电阻值不准确造成的误差,可采用换臂措施,即将两个比率臂电阻的位置调换一下,再进行一次测量,然后取测量的平均值即可。

对于偶然误差的消除,只能根据多次测量中各种偶然误差出现的或然率用统计的方法加以处理。在足够多次的测量中,绝对值相等的正误差和负误差出现的机会是相同的,而且,小误差比大误差出现的机会总是更多。这样,在足够多次的测量中,偶然误差的算术平均值必然趋近于零。这是因为在一系列测量的偶然误差总和中,正、负误差相互抵消的结果。由此可知为了消除偶然误差对测量结果的影响,可以采用增加重复测量次数的方法来达到。测量次数越多,测量结果的算术平均值就越接近于实际值。在工程测量中由于偶然误差较小,通常可以不考虑。

至于疏失误差,由于它是显然的错误,并且常常严重地歪曲了测量结果,因此,包含疏失误差的观测结果是不可信的,应予以抛弃。

七、思考题

- (1) 实验室的动力配电设备由哪些部分组成?怎样正确使用?
- (2) 如何进行实验误差分析?
- (3) 复习常用电工工具的使用方法。
- (4) 画出本实验室配电系统框图。

第一部分

基础类实验

实验一 直流电压、电流的测量

一、实验目的

- (1) 学习直流电压表、电流表、万用表的使用。
- (2) 认识直流稳压电源、电阻、电阻箱，学习其使用方法。
- (3) 组成实际的分压电路，如何把复杂的电路等效成简单的电路而在负载上获得同样的响应。

二、实验原理

(1) 用 5 个电阻和 2 个直流电源组成如图 1-1 所示的电路，用万用表测量每个电阻的阻值，用直流电压表测量各个电阻的电压和通过每个电阻的电流。练习万用表、直流电压表、电流表和直流稳压电源的使用。

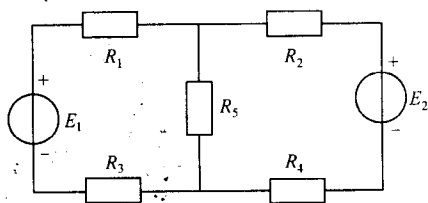


图 1-1 电压电流测量电路

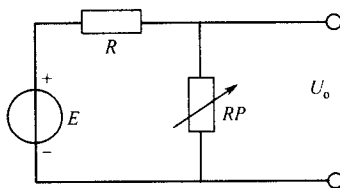


图 1-2 电阻串联分压电路

(2) 用一个固定电阻和电阻箱按图 1-2 构成一个分压电路，在其两端加一固定电压，通过改变电阻箱的阻值获得不同的输出电压。

(3) 利用戴维南定理把一个复杂电路等效成一个简单电路。戴维南定理指出，任何一个线性二端网络，对其外部电路而言，总可以用一个理想电压源和电阻相串联的有源电路来代替。其理想电压源的电压等于原网络端口的开路电压 U_{∞} ，其电阻等于原网络中所有独立电源置零时的入端等效电阻 R_i ，如图 1-3 所示。

注意：

(1) 应用戴维南定理时，被变换的二端网络必须是线性的，可以包含独立电源或受控电源，但是与外部电路之间除直接相连外，不允许存在其他任何耦合，例如通过受控电源的耦合或者是磁耦合（互感耦合）等。外部电路可以是线性或非线性的。

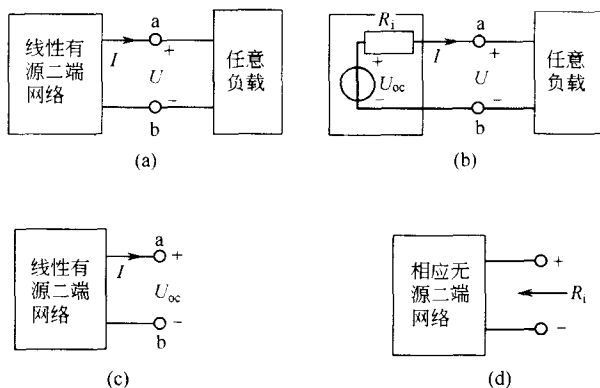


图 1-3 戴维南等效电路原理

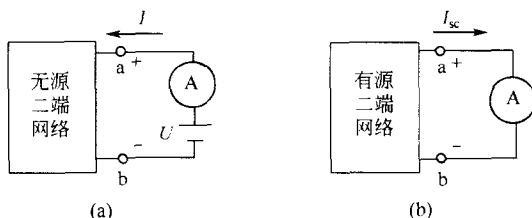
(2) 对于已知的线性有源二端网络，其开路电压和入端等效电阻 R_i 可以通过实验的方法测出，测量的方法如下。

① 开路电压 U_{oc} 的测量 当入端等效内阻 R_i 和电压表内阻 R_v 相比可以忽略不计时，直接用电压表测量开路电压的方法。

② 有源二端网络入端内阻 R_i 的测量。

• 伏安法 将网络内所有电源置零，在网络两端钮 a、b 处施加一个已知电压 U ，测出端钮 a、b 处的电流 I 后，则入端电阻 $R_i = \frac{U}{I}$ ，如图 1-4 (a) 所示。

• 开路电压短路电流法 分别测出有源二端网络的开路电压 U_{oc} 和短路电流 I_{sc} 如图 1-4 (b) 所示，则 $R_i = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$ 。

图 1-4 伏安法、开路电压短路电流法求 R_i

三、实验步骤

(1) 直流电压、电流和电阻的测量 用万用表欧姆挡相应量程测量实验板（如图 1-5）上的电阻并把结果记入表 1-1。把直流稳压电源的两路输出分别调到 5 V 和 7 V 与实验电路板上相应位置连接，然后用直流电压表或万用表的直流电压挡相应量程测量各电阻的电压，将测量结果记入表 1-1。把各电阻支路从相应位置断开，串入电流表或用万用表直流电流挡相应量程进行测量，将结果记入表 1-1。实验结束后用欧姆定律、克希荷夫第一、第二定律验证。

(2) 分压电路的制作及测量 按图 1-2 所示，用实验板上一个 100 Ω 的固定电阻与一个电阻箱 R_w 串联（电阻箱取值 100 Ω ），然后与直流稳压电源连接。将直流稳压电源的输出电