



西昌学院“质量工程”资助出版系列教材

电工电子技术

实验实训教程

■ 主编 方志聪



西昌学院“质量工程”资助出版系列教材

电工电子技术实验 实训教程

主 编	方志聪	
副主编	牟小令	刘显奎
参 编	何晓斌	张 娜
	施智雄	黄 雄

 北京理工大学出版社

BE

PRESS

内 容 简 介

本书以电工电子实践技能培养为主线,分别介绍了电工技术实验实训、模拟电路实验实训、数字电路实验实训、综合设计等实验实训项目,既有一般实验项目,又有应用性、实践性较强的实训项目,还有设计性实验项目。每个实验实训项目包括实验目的、实验原理、实验设备、实验内容、预习思考题和实验报告等内容。

本书可配合电工电子技术、模拟电子技术、数字电子技术、电工学等课程使用,作为实践环节的实验与实训教材,供电气自动化、电气技术、计算机、电子信息、应用电子等专业开设相应的实验实训课程之用。各专业可根据教学大纲的要求和课时需要,选择其中有关章节的实验与实训项目。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验实训教程 / 方志聪主编. —北京:北京理工大学出版社, 2014. 2
ISBN 978 - 7 - 5640 - 8720 - 3

I. ①电… II. ①方… III. ①电工技术 - 实验 - 教材 ②电子技术 - 实验 - 教材
IV. ①TM - 33 ②TN - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 314686 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 15.5

字 数 / 383 千字

版 次 / 2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

定 价 / 39.00 元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 张梦玲

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

序 言

西昌院校长 夏明忠

为了贯彻落实党中央和国务院关于高等教育要全面坚持科学发展观，切实把重点放在提高质量上的战略部署，经国务院批准，教育部和财政部于 2007 年 1 月正式启动“高等学校本科教学质量与教学改革工程”（简称“质量工程”）。2007 年 2 月，教育部又出台了“关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见”。从此，拉开了中国高等教育“提高质量，办出特色”的序幕，将中国高等教育从扩大规模正式向“适当控制招生增长的幅度，切实提高教学质量”的方向转变。这是继“211 工程”和“985 工程”之后，在高等教育领域实施的又一重大工程。

西昌学院在“质量工程”建设过程中，全面落实科学发展观，全面贯彻党的教育方针，全面推进素质教育；坚持“巩固、深化、提高、发展”的方针，遵循高等教育的基本规律，牢固树立人才培养是学校的根本任务，质量是学校的生命线，教学是学校的中心工作的理念；按照分类指导、注重特色的原则，推行“本科学历（学位）+职业技能素养”的人才培养模式，加大教学投入，强化教学管理，深化教学改革，把提高应用型人才培养质量视为学校的永恒主题。先后实施了提高人才培养质量的“十四大举措”和“应用型人才培养质量提升计划 20 条”，确保本科人才培养质量。

通过 7 年的努力，学校“质量工程”建设取得了丰硕成果。已建成 1 个国家级特色专业，6 个省级特色专业，2 个省级教学示范中心，3 位省级教学名师，2 个省级卓越工程师人才培养专业，3 个省级高等教育“质量工程”专业综合改革建设项目，16 门省级精品课程，2 门省级精品资源共享课，2 个省级重点实验室和 1 个省级人文社会科学重点研究基地，2 个省级实践教学建设项目，1 个省级大学生校外农科教合作人才培养实践基地，4 个省级优秀教学团队等等。

为了搭建“质量工程”建设项目交流和展示的良好平台，使之在更大范围内发挥作用，取得明显实效；促进青年教师尽快健康成长，建立一支高素质的教学科研队伍，提升学校教学科研整体水平。学校决定借建院十周年之机，利用 2013 年的“质量工程”建设资金资助实施“百书工程”，即出版优秀教材 80 本，优秀专著 40 本。“百书工程”原则上支持学校副高职称的在职教学和科研人员，以及成果极为突出的中级职称或获得博士学位的教师。学校鼓励和支持他们出版具有本土化、特色化、实用性、创新性的专著，结合“本科学历（学位）+职业技能素养人才培养模式”的实践成果，编写实验、实习、实训等实践类的教材。

在“百书工程”实施过程中，教师们积极响应，热情参与，踊跃申报，一大批青年教师更希望借此机会促进和自身的教学科研能力；一批教授甘于奉献，淡泊名利，精心指导青年教师；各二级学院、教务处、科技处、院学术委员会等部门的同志在选题、审稿、修改等方面也做了大量的工作；北京理工大学出版社和四川大学出版社也给予了大力支持。借此机会，向为实施“百书工程”付出艰辛劳动的广大教师、相关职能部门和出版社等表示衷心

的感谢！

我们衷心祝愿此次出版的教材和专著能为提升西昌学院整体办学实力增光添彩，更期待今后有更多更好的代表学校教学科研实力和水平的佳作源源不断地问世，殷切希望同行专家提出宝贵的意见和建议，以利于西昌学院在新的起点上继续前进，为实现第三步发展战略目标而努力。

前 言

电工电子技术实验实训是许多工科专业的重要基础技术课程，电工电子技术实验实训的主要任务是培养学生的操作能力和分析解决实际问题的能力，巩固电工电子技术课程的基本理论、基本知识和基本技能。

本书的实验实训内容由浅到深，由单一到综合，取材丰富，有足够的实验实训项目，电子实验实训项目广泛采用了中、大规模集成电路，具有广泛性和先进性。教材各部分有实验和实训项目，内容以实践训练为主，实训项目力求体现真实的职业环境，强调实训项目的功能应用性和工艺规范性，加强了技能操作训练。综合设计能使运用已学知识，完成小型系统的设计制作任务。

本书是西昌学院“百书工程”项目之一，注重对学生实践能力的培养，紧密结合西昌学院“本科学历+职业技能证书”的培养模式，实践性强，突出了职业技术应用性。

本书第一章、第四章的实验一至实验六由刘显奎执笔，第二章、附录由方志聪执笔，第三章、第四章的实验七由牟小令执笔。全书由方志聪统稿和校稿。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，希望读者谅解并提出宝贵意见。

编 者

目 录

第一章 电工技术实验实训	(1)
实验一 常用电工仪表的使用	(3)
实验二 电工实验台的使用	(8)
实验三 电位、电压的测量	(13)
实验四 基尔霍夫定律的验证	(15)
实验五 叠加定理的验证	(17)
实验六 戴维宁定理的验证	(19)
实验七 一阶电路瞬变响应	(22)
实验八 交流电路元件参数的测量	(25)
实验九 电度表的安装与校验	(28)
实验十 三相负载连接	(30)
实验十一 三相交流电路相序及功率的测量	(34)
实验十二 日光灯电路安装与功率因数的提高	(36)
实验十三 三相交流异步电动机点动、自锁与正反转控制电路安装	(39)
实验十四 三相交流电动机双重联锁正反转控制电路安装	(43)
实验十五 三相鼠笼式异步电动机 Y-D 降压起动控制电路安装	(45)
第二章 模拟电路实验实训	(47)
实验一 常用电子元件的识别与测量	(47)
实验二 常用电子仪器的使用	(56)
实验三 晶体管单管共射放大器的调整和测量	(60)
实验四 场效应管放大器	(67)
实验五 负反馈放大器	(71)
实验六 差动放大器	(75)
实验七 集成运算放大器的应用 (一): 模拟运算电路	(79)
实验八 集成运算放大器的应用 (二): 有源滤波器	(84)
实验九 集成运算放大器的应用 (三): 波形发生器	(89)
实验十 RC 正弦波振荡器	(93)
实验十一 LC 正弦波振荡器	(97)
实验十二 OTL 功率放大器	(100)
实验十三 集成功率放大器	(104)
实验十四 串联型晶体管直流稳压电源	(107)
实验十五 集成直流稳压电源	(112)

第三章 数字电路实验实训	(117)
实验一 TTL 门电路的逻辑功能与基本参数测试	(117)
实验二 CMOS 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	(123)
实验三 集电极开路门及三态门电路的应用	(126)
实验四 TTL 与非门的应用	(130)
实验五 组合逻辑电路设计	(133)
实验六 译码器及其应用	(136)
实验七 数据选择器及其应用	(142)
实验八 触发器及其应用	(148)
实验九 计数器及其应用	(155)
实验十 移位寄存器及其应用	(160)
实验十一 脉冲分配器及其应用	(166)
实验十二 555 时基电路及其应用	(170)
实验十三 门电路产生脉冲信号	(176)
实验十四 D/A 转换器	(179)
实验十五 A/D 转换器	(183)
第四章 电子线路综合设计	(186)
实验一 温度监测及控制电路	(186)
实验二 函数信号发生器的组装与调试	(192)
实验三 智力竞赛抢答器	(196)
实验四 电子秒表	(198)
实验五 直流数字电压表	(202)
实验六 数字频率计	(207)
实验七 拔河游戏机	(213)
附录 A 示波器原理及其使用	(217)
附录 B 放大器干扰、噪声抑制和自激振荡的消除	(225)
附录 C 常用集成电路引脚图	(228)
参考文献	(234)

第一章

电工技术实验实训

为了在电工技术实验实训时能取得预期的效果，建议同学们注意以下环节。

一、实验实训准备

实验实训准备即实验实训的预习阶段，是保证实验实训顺利进行的必要步骤。每次实验实训前都应先进行充分的预习，从而提高实验实训的质量和效率，避免在实验实训时不知如何下手，完不成实验实训，甚至损坏实验实训装置。因此，实验实训前应做到：

- (1) 复习教材中与实验实训有关的概念、规律，熟悉与本次实验实训相关的理论知识。
- (2) 预习实验实训指导书，了解本次实验实训的目的、原理和内容；掌握本次实验实训的工作原理、方法并了解注意事项。
- (3) 撰写预习报告，其中应包括实验实训的详细接线图、实验步骤等。
- (4) 熟悉实验实训所用的装置、测试仪器等的使用方法。

二、实验实训实施

在完成理论学习、实验实训预习等环节后，就可进入实验实训实施阶段。在实验实训实施时要做到以下几点：

- (1) 实验实训开始前，指导教师要对学生的预习报告进行检查，要求学生了解本次实验实训的目的、内容和方法。只有满足此要求后，方能允许学生开始实验实训。
- (2) 指导教师对实验实训装置作介绍，要求学生熟悉本次实验实训所使用的设备、仪器，明确这些设备的功能、使用方法和注意事项。
- (3) 如分组进行实验实训，小组成员应有明确的分工，各人的任务应在实验实训进行中实行轮换，以使参加者都能全面掌握实验实训技术，从而提高每一位同学的动手能力。
- (4) 按预习报告上详细的实验实训线路图进行接线，注意接线顺序。
- (5) 完成实验实训接线后，必须进行自查：对于串联回路从电源的某一端出发，按回路逐项检查各设备、负载的位置、极性是否正确、合理；对于并联支路则检查其两端的连接点是否在指定的位置。距离较近的两连接端尽可能用短导线；距离较远的两连接端尽量选用长导线直接连接，尽可能不用多根导线做过渡连接。自查完成后，须经指导教师复查后方可通电进行实验实训。
- (6) 进行实验实训时，应按实验实训指导书所提出的要求及步骤，逐项进行实验实训和操作。改接线路时，必须断开电源。在实验实训中应观察实验实训现象是否正常、所得数

据是否合理、实验实训结果是否与理论相一致。

完成本次实验实训的全部内容后，应请指导教师检查实验实训结果。经指导教师认可后方可拆除接线，整理好连接线、仪器、工具。

三、实训要求

1. 建议连接导线采用规定的颜色

为达到与实际电气工程相衔接的目的，根据国家标准（GB 681 等）的规定，建议在实训中采用明确规定的颜色的导线。

各类导线的颜色标志如下：

- (1) 黑色——装置和设备的内部布线；
- (2) 棕色——直流电路的正极；
- (3) 红色——交流三相电路的第三相，半导体三极管的集电极，半导体二极管、整流二极管、晶闸管的阴极；
- (4) 黄色——交流三相电路的第一相，半导体三极管的基极，晶闸管和双向晶闸管的门极；
- (5) 绿色——交流三相电路的第二相；
- (6) 蓝色——直流电路的负极，半导体三极管的发射极，半导体二极管、整流二极管、晶闸管的阳极；
- (7) 淡蓝色——交流三相电路的零线或中性线，直流电路的接地中间线；
- (8) 白色——双向晶闸管的主电极，无指定用色的半导体电路；
- (9) 黄、绿双色——确保电路安全用的接地线；
- (10) 红、黑色并行——用双芯导线或双根绞线连接的交流电路。

2. 导线的要求

导线的绝缘性能和耐压性能要符合电路要求，每一根连接导线在接近端子处的线头上必须套上标有线号的套管。进行布线时，要求走线横平竖直、整齐、合理，接点不得松动，不得承受拉力。接地线和其他导线接头，同样应套上标有线号的套管。

3. 指示灯及按钮的颜色

(1) 指示灯颜色的含义：

红——运行、危险或报警；

绿——安全。

(2) 按钮颜色的用法：

红——“停止”或“断开”；

绿——“启动”。

四、实验实训总结

实验实训的最后阶段是实验实训总结，即对实验实训数据进行整理、分析实验实训现象、撰写实验实训报告。每个实验实训参与者都要独立完成一份实验实训报告，编写实验实训报告时应持严肃认真、实事求是的科学态度。

实验一 常用电工仪表的使用

一、实验目的

- (1) 学会使用万用表、功率表、电度表、兆欧表等常用电工仪表；
- (2) 学会用常用电工仪表测量基本电学量和电路参数。

二、实验原理

在电工测量中需要使用各种类型的电工仪表，对各种电学量及电路参数，如电压、电流、电功、电功率、功率因数、频率、电阻、电感、电容等进行测量，本项目要求学生学会使用常用电工仪表。

1. 万用表

“万用表”是万用电表的简称，其具有用途多、量程广、使用方便等优点，它可以用来测量电流、电压、电阻，有的还可以测量三极管的放大倍数、频率、电容值、逻辑电位、分贝值等。

常见的万用表有指针式万用表和数字式万用表。指针式万用表是以表头为核心部件的多功能测量仪表，测量值由指针指示读取；数字式万用表的测量值由液晶显示屏直接以数字的形式显示，读取方便。

指针式万用表在结构上主要由三部分组成，即测量机构（又称表头）、测量线路和转换开关。万用表的面板包括表盘和转换开关，表盘由刻度线、指针和机械调零钉组成。由指针所指刻度线的位置读取测量值，机械调零钉位于表盘下部中间的位置，转换开关的作用是选择测量的项目及量程。

指针式万用表的基本原理是利用一只灵敏的磁电式直流电流表（微安表）做表头，当微小电流通过表头时就会有电流指示，表头不能通过大电流，所以必须在表头上并联与串联一些电阻进行分流或降压，从而测出电路中的电流、电压和电阻。

(1) 测直流电流原理。

在表头上并联适当的电阻（叫分流电阻）进行分流就可以扩展电流量程，改变分流电阻的阻值，就能改变电流测量范围。

(2) 测直流电压原理。

在表头上串联适当的电阻（叫倍增电阻）进行降压就可以扩展电压量程，改变倍增电阻的阻值，就能改变电压的测量范围。

(3) 测交流电压原理。

因为表头是直流表，所以测量交流时，需加装一个并、串式半波整流电路，将交流进行整流变成直流后再通过表头，这样就可以根据直流电的大小来测量交流电压，扩展交流电压量程的方法与扩展直流电压量程相似。

(4) 测电阻原理。

在表头上并联和串联适当的电阻，同时串接一节电池，使电流通过被测电阻，根据电流的大小，就可测量出电阻值，改变分流电阻的阻值，就能改变测量电阻的量程。

2. 功率表

在日常电工测量中,对电气设备电功率的测量一般使用功率表(又称瓦特表)进行,功率表大多采用电动式测量机构,其固定线圈匝数少,导线粗,与负载串联,并流过负载的电流,所以称为电流线圈,而可动线圈与附加电阻串联后再并联至负载,电压与负载是一致的,所以称为电压线圈。由于仪表指针的偏转角度与负载电流和电压的乘积成正比,故可测量负载的功率。

3. 电度表

电度表,又称电能表、火表,是用来测量电能的仪表,分为感应式和电子式两大类。

感应式电能表由驱动元件、转动元件、制动元件、计数元件组成。

驱动元件用来产生转动力矩,它由电压元件和电流元件组成,电压元件是在铁芯上绕有匝数多、导线截面较小的线圈,该线圈在使用时与负载并联,称为电压线圈。电流元件是在铁芯上绕有匝数少且导线截面大的线圈,该线圈使用时与负载串联,称为电流线圈。

转动元件由铝盘和转轴组成,转轴上装有传递铝盘转数的蜗杆,仪表工作时,驱动元件产生的转动力矩将驱使铝盘转动。

制动元件由永久磁铁及调整装置组成,用来在铝盘转动时产生制动力矩,使铝盘的转速与被测功率成正比。

计度器(也称积算机构)用来计算铝盘的转数,实现累计电能的目的,电能表最终通过计数器直接显示被测电能的数值。

感应式电能表采用电磁感应的原理把电压、电流、相位转变为磁力矩,推动铝制圆盘转动,圆盘的轴(蜗杆)带动齿轮驱动计度器的鼓轮转动,转动的过程即是时间量累积的过程,因此感应式电能表的好处是直观、动态连续、停电不丢数据。

当把电能表接入被测电路时,电流线圈和电压线圈中就有交变电流流过,这两个交变电流分别在它们的铁芯中产生交变的磁通,交变磁通穿过铝盘并在铝盘中感应出涡流,涡流又在磁场中受到力的作用,从而使铝盘得到转矩而转动。

负载消耗的功率越大,通过电流线圈的电流越大,铝盘中感应出的涡流就越大,使铝盘转动的力矩也越大。转矩的大小跟负载消耗的功率成正比,功率越大,转矩越大,铝盘转动也就越快。

铝盘转动时,又受到永久磁铁产生的制动力矩的作用,制动力矩与主动力矩方向相反,其大小与铝盘的转速成正比,铝盘转动越快,制动力矩也越大。当主动力矩与制动力矩达到暂时平衡时,铝盘将匀速转动,负载所消耗的电能与铝盘的转数成正比,铝盘转动时,带动计数器,把所消耗的电能指示出来。

4. 兆欧表

兆欧表俗称摇表、绝缘摇表,主要用来测量电气设备的绝缘电阻,如电动机、电气线路的绝缘电阻,判断设备或线路有无漏电现象、绝缘损坏或短路等。

由磁电式流比计构成的兆欧表,其电源是手摇高压直流或交流发电机,与兆欧表指针同轴相连的有两个线圈,一个同表内的附加电阻串联,另一个和被测电阻串联,然后一起接到手摇发电机上。当手摇动发电机时,两个线圈中同时有电流通过,并在两个线圈上产生方向相反的转矩,指针就随着两个转矩的合成转矩大小而偏转某一角度,这个偏转角度决定于两个电流的比值,所以可测量待测电阻的大小。

三、实验设备与器件

- (1) 万用表;
- (2) 瓦特表;
- (3) 电度表;
- (4) 兆欧表;
- (5) 常用电工工具;
- (6) 电阻、熔断器、开关、导线、白炽灯等常用电工器材。

四、实验内容

1. 万用表使用

万用表通过转换开关的旋钮来改变测量项目和测量量程。机械调零旋钮用来保持指针在静止时处在左零位。“ Ω ”调零旋钮是用来测量电阻时使指针对准右零位,以保证测量数值准确。

(1) 测量电阻。

先将红、黑表笔搭在一起短路,使指针向右偏转,随即调整“ Ω ”调零旋钮,使指针恰好指到“0”,然后将两根表笔分别接触被测电阻两端,读出指针在欧姆刻度线上的读数,再乘以该挡标的数字,就是所测电阻的阻值,计算公式如下:

$$\text{被测电阻值} = \text{刻度示值} \times \text{倍率 (单位: } \Omega \text{)}$$

测量电阻时,用左手握电阻的一端,右手以握筷子的姿势握表笔,使表笔的金属杆与电阻的引脚良好接触,测量时注意手不能同时接触电阻器的两引脚,以免人体电阻的接入影响电阻的测量精度。

由于“ Ω ”刻度线左部读数较密,难于看准,所以测量时应选择适当的欧姆挡,使指针在刻度线的中部或右部,这样读数比较清楚准确。每次换挡时,都应重新将两根表笔短接,重新调整指针到零位,才能测准。

(2) 测量直流电压。

首先估计被测电压的大小,然后将转换开关拨至适当的量程,将红表笔接被测电压“+”端,黑表笔接被测量电压“-”端,然后根据指针所指数字,读出被测电压的大小。

(3) 测量直流电流。

先估计被测电流的大小,然后将转换开关拨至合适的量程,再把万用表串接在电路中,读出被测电流数值。注意:红表笔为电流流入端。

(4) 测量交流电压。

测交流电压的方法与测量直流电压相似,所不同的是因交流电没有正、负之分,所以测量交流时,表笔也就不需分正、负。

(5) 注意事项。

万用表如果使用不当,不仅会造成测量不准确且极易损坏,故使用万用表时应注意如下事项:

1) 测量电流与电压不能旋错挡位。如果误将电阻挡或电流挡去测电压,就极易烧坏电表。

2) 测量直流电压和直流电流时, 注意“+”、“-”极性不要接错, 如发现指针反转, 应立即调换表笔, 以免损坏指针及表头。

3) 如果不知道被测电压或电流的大小, 应先用最高挡, 而后再选用合适的挡位来测试, 以免表针偏转过度而损坏表头。所选用的挡位愈接近被测值, 测量的数值就愈准确。

4) 测量电阻时, 不要用手触及元件的裸体两端 (或两支表笔的金属部分), 以免人体电阻与被测电阻并联, 使测量结果不准确。

5) 测量电阻时, 如将两支表笔短接, 调“ Ω ”调零旋钮至最大, 指针仍然达不到0位, 这种现象通常是由于表内电池电压不足造成, 应换上新电池方能准确测量。

6) 万用表不用时, 不要旋在电阻挡, 因为内有电池, 如不小心易使两根表笔相碰短路, 不仅耗费电池, 严重时甚至会损坏表头。万用表不用时, 最好将挡位旋至交流电压最高挡或“OFF”挡, 避免因使用不当而损坏。

2. 功率的测量

(1) 直流电路功率的测量。

用功率表测量直流电路功率, 功率表的读数就是被测负载的功率。功率表的正确接线应将标有“*”号的电流端钮接至电源端, 另一电流端钮接至负载端, 标有“*”号的电压端钮也接至电源端, 另一电压端钮接至负载另一端。

(2) 单相交流电路功率的测量。

测量单相交流电路的功率应采用单相功率表, 方法与直流电路功率的测量相似。

(3) 三相交流电路功率的测量。

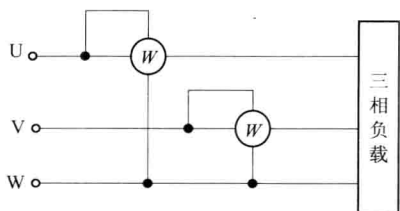


图 1-1-1 三相三线制功率

1) 用单相功率表测量三相四线制电路功率: 用三个单相功率表分别按单相方式连接, 电路总功率为三只功率表读数之和。

2) 用单相功率表测量三相三线制电路功率: 如图 1-1-1 所示, 电路总功率为两只功率表的读数之和。如果负载的功率因数过小, 则会有一只功率表的读数为负值, 即该功率表的指针会反转, 这时需要将该功率表

电流线圈的两个端钮对换, 使指针往正方向偏转, 这时所测得的功率为两只功率表读数之差。

3. 绝缘电阻的测量

(1) 绝缘电阻的测量。

在测量前, 应先做开路试验和短路试验, 然后进行照明线路绝缘电阻测量, 电动机线圈与地、匝间绝缘电阻等绝缘电阻测量。

兆欧表有“L”、“E”、“G”三个接线柱, 在测量时, “L”端子接电气设备的带电体 (被测设备和大地绝缘的导体部分) 一端, “E”端子接电气设备的外壳或地线, 然后进行测量, 兆欧表指针偏向零时, 证明绝缘损坏; 指针如指向“ ∞ ” (无穷大) 值上, 表明绝缘良好。标号“G”为保护或屏蔽接线柱。

测量时, 一般只用“L”和“E”两个接线柱就可以了。但当被测设备表面漏电严重, 对测量结果影响较大而又不易消除时, 比如空气太潮湿、绝缘材料表面受到浸蚀而又不能清理干净时, 就必须连接“G”端钮, 这样, 表面漏电流从发电机正极出发, 经接线柱“G”

流回发电机负极而构成回路，而不再经过兆欧表的测量机构，消除了表面漏电流对测量的影响。如测量电缆的绝缘电阻时就需再将电缆芯之间的内层绝缘物接“保护环”，以消除因表面漏电而引起的读数误差。

(2) 注意事项。

按规定，测量额定电压在 500 V 以下的电气设备的绝缘电阻时，选用 500 V 的兆欧表，测量额定电压在 500 V 以上的电气设备的绝缘电阻时，选用 1 000 ~ 2 500 V 兆欧表。

在测量前，应先做开路试验和短路试验。在开路试验中，将兆欧表的两接线端分开，再摇动手柄，指针应指到“ ∞ ”（无穷大）处；在短路试验中，将兆欧表的两接线端接触，再摇动手柄，指针应指到“0”处，这表明兆欧表工作状态正常。

使用兆欧表时，摇动兆欧表手柄，应先慢再逐渐加快，待调速器发生滑动后，应保持转速稳定不变。按兆欧表的规定，一般为 120 r/min，在 1 min 后取一稳定读数。

如果被测电气设备短路，表针摆动到“0”时，应停止摇动手柄，以免兆欧表过流发热烧坏。

五、实验总结

- (1) 总结相关电工仪表的使用要点。
- (2) 为什么不用万用表来测量高频交流电压？
- (3) 若出现功率表指针反向偏转，怎么办？
- (4) 怎样防止窃电？
- (5) 兆欧表的额定电压可否降为几伏或几十伏？

六、预习要求

- (1) 预习相关电工仪表原理。
- (2) 说明相关电工仪表的使用要点。

实验二 电工实验台的使用

一、实验目的

- (1) 熟悉实验台上仪表的使用方法及布局；
- (2) 熟悉恒压源、恒流源、电压表、电流表、万用表的使用方法；
- (3) 熟悉功率表、毫伏表、信号发生器的使用方法；
- (4) 掌握常用元件的伏安特性的测定方法。

二、实验原理

1. 二端元件的伏安特性

二端电阻元件的伏安特性是指元件的端电压与通过该元件的电流之间的函数关系。通过一定的测量电路，用电压表、电流表可测定电阻元件的伏安特性，由测得的伏安特性可判定电阻元件的类型。通过测量得到元件伏安特性的方法称为伏安测量法，简称伏安法。线性电阻元件的伏安特性满足欧姆定律。在关联参考方向下，可表示为 $u = Ri$ ，其中 R 为常量，称为电阻的阻值。其伏安特性曲线是一条过坐标原点的直线，具有双向性，如图 1-2-1 所示。

非线性元件的阻值不是一个常量，其伏安特性是曲线。非线性电阻的种类很多，图 1-2-2 所示是普通二极管的伏安特性曲线。

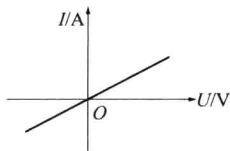


图 1-2-1 线性元件伏安特性曲线

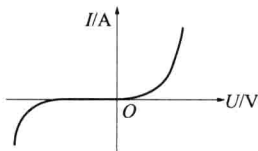


图 1-2-2 非线性元件伏安特性曲线

在被测元件上施加不同极性和幅值的电压，分别测量出流过相应元件中的电流或在元件中通入不同方向和幅值的电流，测量相应元件两端的电压，便得到被测元件的伏安特性。测量参考电路如图 1-2-3 所示。

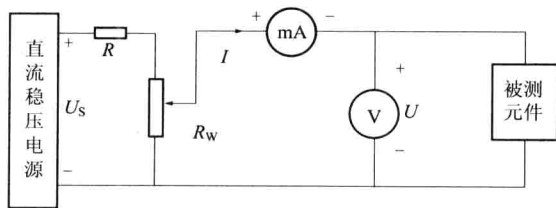


图 1-2-3 伏安特性测定电路

2. 实验台结构及仪表布局

图 1-2-4 所示是某电工及电子学综合实验台示意图，实验台左上角有三个交流数字表，分别是交流电压表、交流电流表、功率及功率因数表。它的下面有三个直流数字表，分别是直流电压表、直流毫安表、直流安培表。这六只表下各有连接插孔、功能开关及量程选择按键等。使用时根据不同测量电量使用不同仪表和适当量程，电流表一定要串联在待测支路中，电压表一定并

联在待测两点之间,功率表的电流线圈一定与负载串联,电压线圈一定与负载并联。

实验台的右上部是元件挂箱区,在挂箱区下面有信号源、恒流源、恒压源、交流毫伏表、数据采集器等实验常用设备。

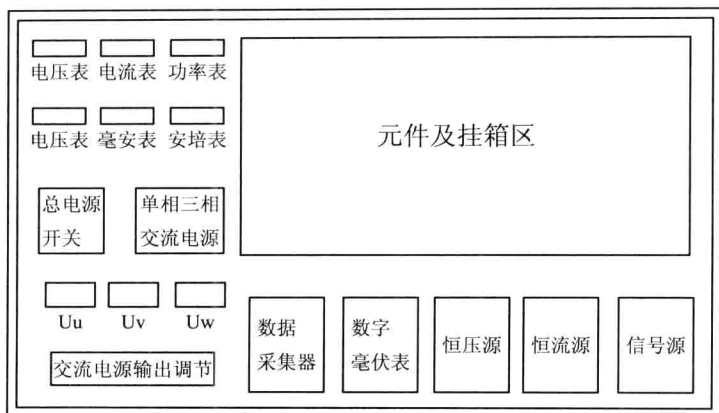


图 1-2-4 电工实验台结构及仪表布局

(1) 信号源:它可以输出正弦波、三角波、方波以及单次脉冲,通过波形按键选择;输出信号的频率由“频段选择”按键和“频率粗调”、“频率细调”旋钮调节;输出信号幅值由“幅值调节”旋钮调节。它的上部有一个六位数字频率计,用于测量交流信号的频率,如果将信号源的输出接到频率计的输入端,则频率计显示信号源输出信号的频率。

(2) 恒流源:它可以输出 1 ~ 500 mA 的恒定电流,电流大小由“电流选择”按键和“电流调节”旋钮来调节。它的上部有一数字表,随时显示输出的电流值。

(3) 恒压源:它有固定稳压输出和可调稳压输出两组输出端,固定稳压输出只有 6 V 和 12 V 两个直流电压输出值,通过相应开关选择其中之一;可调稳压输出通过“选择”按键和“电压调节”旋钮,在它的输出端可得到 0 ~ 30 V 的直流电压。它的上部有一数字显示仪表,通过按键可选择显示其中一组的电压值。

(4) 交流数字毫伏表:它用来测量交流电压信号的有效值,它有 200 mV、2 V、20 V、200 V 四个量程。

左下面三个机械表头分别显示三相电源的相电压,通过它旁边的转换开关选择显示电网的相电压或者调压器输出相电压。它的下面有一个调节旋钮,用于调节三相电源输出电压。

三、实验设备与器件

- (1) 电工电子学实验台;
- (2) 双踪示波器;
- (3) 元件箱。

四、实验内容

1. 实验台的使用

熟悉实验台上仪表的布局,了解各仪表的性能及使用方法,经指导教师许可后,打开总电源开关,这时实验台左上部六只数字表均应显示“0”。