

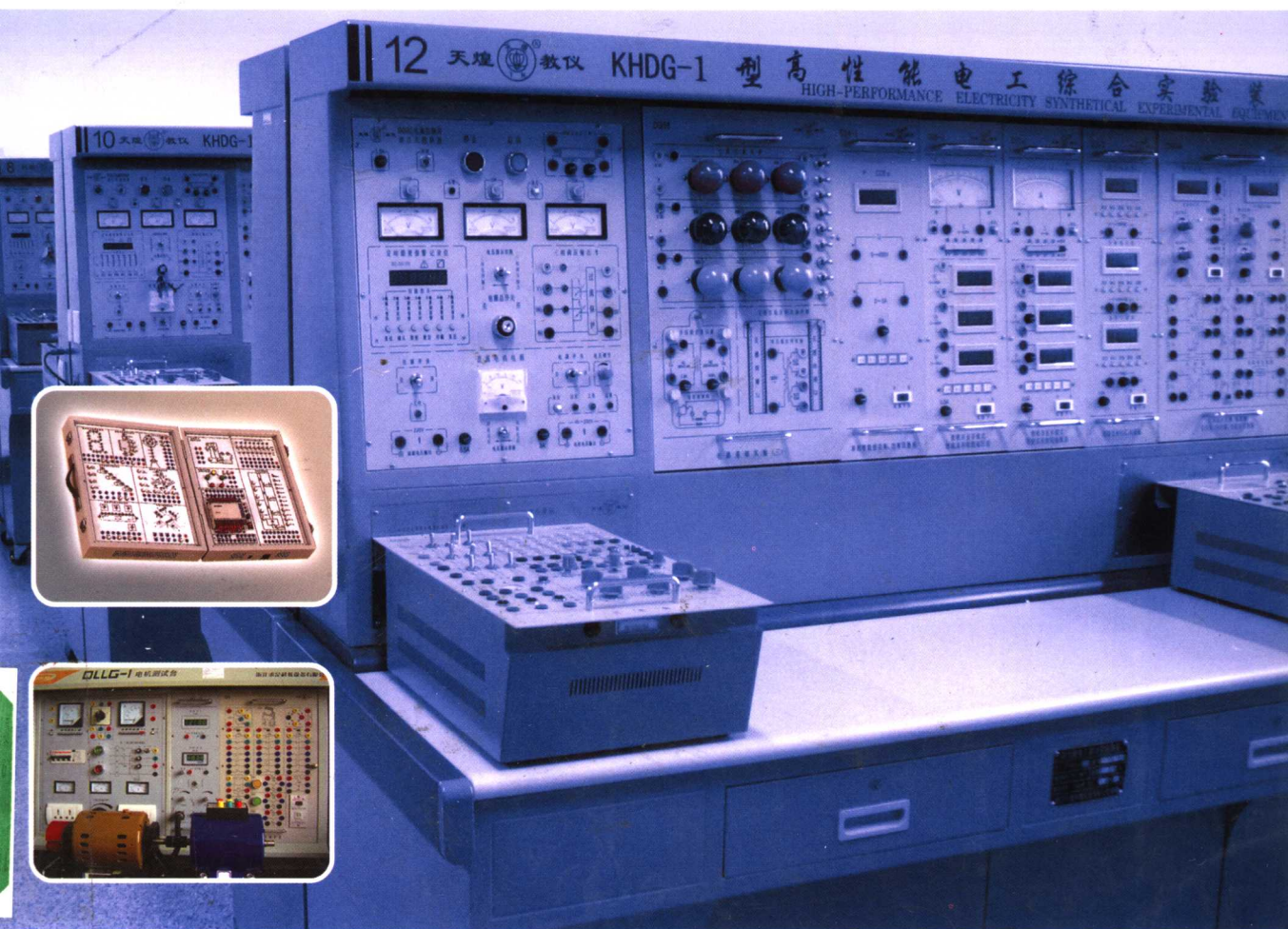
高等学校理工科规划教材

电工技术实验教程

DIANGONG JISHU SHIYAN JIAOCHENG

大连理工大学电工电子实验中心 组编

王林 王振江 李坪 编著



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校理工科规划教材

电工技术实验教程

大连理工大学电工电子实验中心 组编

王 林 王振江 李 坪 编著

大连理工大学出版社

© 王林,王振江,李坪 2005

图书在版编目(CIP)数据

电工技术实验教程 / 王林,王振江,李坪编著. —大连: 大连理工大学出版社, 2005. 12

ISBN 7-5611-3078-3

I. 电… II. ①王… ②王… ③李… III. 电工技术—实验—高等学校—教材 IV. TM—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 131925 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:<http://www.dutp.cn>

大连业发印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:8.75 字数:211 千字

印数:1~4 000

2005 年 12 月第 1 版

2005 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑:范业婷

责任校对:杨帆

封面设计:宋 蕾

定 价:12.00 元

序

辉煌的 20 世纪已经过去,世界进入了风景无限的 21 世纪。回顾过去我们会发现,电子信息技术在上个世纪得到了空前的高速发展,并在各个领域都得到了广泛的应用。电子信息技术对促进社会整体的进步与发展起到了日益重要的作用,在当今高技术群域中处于主导地位,社会其他各个领域的成功与发展无一能够脱离电子信息技术的支持。据有关专家统计,20 世纪末电子工业已经成为世界第一工业。

综观国内各高校近年来专业发展的情况,我们发现与电子信息技术相关的专业已成为发展最快的专业之一,也是最热门的专业之一。21 世纪是知识经济时代,时代的特点将会对人才的培养和需求提出新的要求和标准,这就要求我们广大的高校教育工作者及时适应社会发展的步伐,对教学内容进行不断地改革和创新。

高等学校是培养人才最重要的基地,担负着历史赋予的培养人才的重要使命。当前我国高等教育得到了突飞猛进的发展,国内各高校的教学改革也相应出现了百花齐放、蓬勃发展的大好局面。大连理工大学电工电子实验中心的建设在学校的重视下,在世行贷款项目的支持下,已进入了最快最好的发展时期。近年来,我们不仅对实验设备、测量仪器

进行了全面的更新换代,同时也对实验内容进行了全面的更新和改进,增大了设计性、综合性、科研创新性实验(创新院、创新班)的比例。建立了自主的、新的实验课程体系。我们将实验课程体系划分为五个层次:认知性实验、验证性实验、设计性实验、综合性实验、科研创新性实验。五个层次的实验课程由浅入深,贯穿于大一到大四共八个学期,保证了实验教学的科学性和连续性。对应五个层次,设置了一系列实验课程,并且编写出版了相应的实验教材。

本系列实验教材包括以下几个方面:仪器仪表使用及电子器件识别、电子工程训练(一、二)、电工学、可编程控制器、电路原理、模拟电子技术、数字电子技术、单片机原理、微机原理、电子系统综合设计、EDA技术、科研创新专题(一、二、三)。教材的特点为:独立设课,以设计性和综合性为主,注重学生系统设计能力的培养和训练,部分课程将理论教学融于实验教学当中,教材的编写全部基于新的实验设备和测量仪器。

在此,对实验教材编者们的辛勤劳动表示由衷的感谢!最后,希望广大师生多提宝贵意见,以利不断提高。

大连理工大学电工电子实验中心

2004年5月

前 言

电工技术、电子技术是工科非电专业的基础课,该课程不仅含有重要的基础理论知识,而且还含有很强的实践环节。为适应新世纪经济建设和社会发展对高素质创新性人才培养的需求,根据《新世纪高等教育教改工程》中对实验室建设和改造方面的内容和要求,许多院校在“211 工程建设”项目中针对非电类电工技术、电子技术实验在课程设置、实验内容、实验设备、管理模式、教学方法等方面进行了较大规模的改革,为此,结合各院校广泛采用的典型实验设备编写了本书。

本书在实验内容的安排上考虑到学生的认识规律和实际水平,力争做到由浅入深、由简单到综合、由验证实验到设计实验;另外,为充分调动学生的自主创新意识,在相应的章节中安排了部分综合实验和自选实验题目,每个专业的实验任课教师可根据实际学时和专业特点选择具体实验内容。

通过实验,不仅要培养学生的基本实验技能,同时也要培养学生组织和安排实验的能力。为此,我们在实验中特意安排了让学生自己设计实验线路、自己选择实验器件、自己组织实验项目,实现了对学生的初步训练。

随着现代科技的迅猛发展,电工电子新技术不断涌现。PLC 已成为当今自动化技术的三大支柱之一,PLC 应用的深度和广度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志;变频调速器也越来越广泛地应用于运动控制和过程控制中,被国内外公认为目

前最有发展的调速方式;电子 CAD 技术已经真正实现了自动化,从而引发了一场工业设计和制造领域的革命。为了反映电工电子技术的最新发展,使工科非电类学生认识、了解这些先进技术,本书还编写了 PLC 实验、变频调速器实验以及计算机仿真实验等反应新技术的实验内容。在实验内容的安排上既有软件方面的设计性实验,又有软件与硬件结合的综合实验,这些实验已在我们的实验教学中收到了良好的效果。

参加本书编写的有:王林(第 1 章,第 2 章中 2.1~2.8、2.11~2.17 节,第 3 章,第 4 章及附录),李坪(第 2 章中 2.9、2.10 节),王振江(第 5 章)。全书由王林统稿。

本书由李洪春教授审阅,提出了许多宝贵意见,本书编写中也得到了大连理工大学电工教研室刘凤春等老师的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,欢迎使用本书的广大师生批评指正。

编著者

2005 年 12 月

目 录

电工技术实验须知 /1

第1章 常用电工仪器仪表及实验装置

- 1.1 常用电工仪器仪表 /3
- 1.2 电工实验装置 /20

第2章 电工技术基本实验

- 实验 2.1 基本电工仪表的使用及测量误差的计算 /28
- 实验 2.2 减小仪表测量误差的方法 /32
- 实验 2.3 电路元件伏安特性的测绘 /36
- 实验 2.4 基尔霍夫定律和叠加原理的验证 /38
- 实验 2.5 电压源与电流源的等效变换(设计性实验) /42
- 实验 2.6 戴维南定理——有源二端网络等效参数的测定(设计性实验) /44
- 实验 2.7 典型电信号的观察与测量 /47
- 实验 2.8 RC一阶电路响应测试 /49
- 实验 2.9 正弦稳态交流电路相量的研究 /52
- 实验 2.10 三相交流电路 /55
- 实验 2.11 变压器 /59
- 实验 2.12 三相鼠笼式异步电动机 /62
- 实验 2.13 三相鼠笼式异步电动机的正反转控制(设计性实验) /66
- 实验 2.14 三相鼠笼式异步电动机的顺序控制(设计性实验) /68
- 实验 2.15 三相鼠笼式异步电动机的两地控制(设计性实验) /70
- 实验 2.16 三相鼠笼式异步电动机的Y- Δ 启动控制(设计性实验) /71
- 实验 2.17 继电器和行程开关控制小车运动(综合实验) /74

第3章 可编程序控制器实验

- 3.0 可编程序控制器简介 /77
- 实验 3.1 可编程序控制器基本实验(设计性实验) /91
- 实验 3.2 三相异步电动机的Y- Δ 启动(综合实验) /93
- 实验 3.3 小车往复运动的控制(综合实验) /94
- 实验 3.4 数码显示的模拟控制(综合实验) /96
- 实验 3.5 交通信号灯的控制(综合实验) /97

第4章 变频调速器实验

- 4.0 变频调速器简介 /100
- 实验 4.1 三相异步电动机的变频调速实验 /104
- 实验 4.2 PLC和变频调速器控制电动机正反转及变速实验(综合实验) /106
- 实验 4.3 自拟题目实验(综合实验) /109

第5章 OrCAD PSpice 仿真实验

- 5.0 OrCAD PSpice 简介 /110
- 实验 5.1 直流扫描分析实验 /120
- 实验 5.2 暂态电路分析实验 /121
- 实验 5.3 交流扫描分析实验 /121
- 实验 5.4 电路仿真自选实验 /122

附 录

- 附录 1 S7-200 CPU的有效范围 /124
- 附录 2 CPU224(DC/DC/DC)连线端子图 /125
- 附录 3 变频调速器的操作模式的设定 /126
- 附录 4 变频调速器参数设定方法 /130
- 附录 5 变频调速器频率设定与操作模式 /131

参考文献 /132

电工技术实验须知

一、电工技术实验目的

- (1)通过实验巩固所学到的理论知识,培养利用基本理论分析问题、解决问题的能力。
- (2)掌握必要的电工实验技能,能正确使用常用的电工仪表、电子仪器及常用电气设备,如变压器、电动机等。
- (3)具有独立设计并组织 and 安排实验的基本技能,并能初步分析和排除故障。
- (4)能准确读取数据、测绘波形和曲线,能对实验结果进行正确的逻辑分析、总结。
- (5)掌握一般的安全用电常识。
- (6)学习和掌握电工新技术,如可编程序控制器,变频调速器等的使用方法,提高综合实验技能。

二、电工技术实验基本要求

电工技术实验要求学生认真作好课前预习、实验中遵守实验室各项安全操作规程、实验后认真总结,完成实验报告。

1. 课前预习

- (1)应按要求仔细阅读有关资料,复习相关的理论知识,对实验目的、基本原理等做到心中有数。
- (2)实验前写出预习实验报告,其中包括“实验目的”、“预习要求”、“实验设备”等内容(实验设备型号可在实验完成后记入实验报告中)。
- (3)实验前应在预习报告中设计出切实有效的实验方案(包括实验原理图),并确定实验步骤及测量对象、设计记录数据的表格,明确要注意的问题。预习报告课前需交指导教师批阅,不合格者不允许做本次实验。

2. 课中实验

- (1)听取指导教师讲解实验要求。
- (2)清点实验用设备,并抄录设备型号、规格,了解其使用方法。
- (3)按实验要求连接线路,合理安排实验设备、合理布局实验线路、接线要牢固可靠,经指导教师检查后,方可通电操作。
- (4)观察实验现象、记录实验数据及波形,合理选取数据测试点,正确选择仪表的量程及连接方法,准确地读取数据;使用示波器、频率计、万用表等仪器需按实验要求正确操作,否则会损坏实验设备。
- (5)实验数据经指导教师复查后,方可停电拆线,并将仪器设备、实验用线归位,清理实验环境后方可离开。
- (6)实验中需注意人身安全和设备安全。如发现异常要立即断电,报告实验指导教师,等候处理。

3. 课后书写实验报告

实验报告要用规定的实验报告用纸,用简明的文字、图表把实验结果完整、真实地表达清楚,做到语言流畅、图表清晰、字迹工整、分析合理、讨论深入。实验报告包括以下几方面:

- (1)实验目的。
- (2)实验设备规格,用途及注意事项。
- (3)实验内容及实验原理图。
- (4)经过整理的实验数据表格及计算结果(附原始数据)。
- (5)按要求绘制的曲线或相量图(需用坐标纸)。
- (6)实验结果的分析及思考题回答。
- (7)实验心得体会及对实验的改进意见。

三、电工学实验安全规则

为在实验中确保人身和设备安全,要求学生自觉遵守实验室的各项安全操作规程。

(1)人身安全

实验中严格遵守“先接线后通电,先断电后拆线”的操作程序;严禁带电接线或拆线;未经指导教师许可不许擅自通电;通电后,不要用手触摸裸露端子或其他带电部分;如有异常情况,应立即切断电源,保护现场,报告指导教师,等候处理。

(2)设备安全

非本次实验用仪器、设备未经指导教师许可不得动用;实验前应先了解所用设备的性能和使用方法,按实验设备操作要求使用相关设备;要注意设备的容量和额定值。

如损坏了仪器、设备,必须向指导教师报告,如实填写事故报告单,按学校有关规定处理。

第1章 常用电工仪器仪表及实验装置

1.1 常用电工仪器仪表

用来测量电压、电流、电功率及电阻、电容和电感等电学物理量的仪表称为电工测量仪表。由于常用电工测量仪表结构简单、价格低廉、稳定可靠、反应迅速,所以电工测量仪表是现代化生产和科学实验中不可缺少的测量工具。

电工仪表按工作原理和显示方法可分为模拟式仪表和数字式仪表。常用的模拟式仪表有磁电式、电磁式、电动式等,按测量种类分有安培表、伏特表、功率表等。随着科学技术的迅猛发展,特别是电子技术、计算机技术和大规模集成电路技术的发展,出现了一些新型的测量仪表,如全数字式智能仪表,这些仪表以单片机为核心,准确度和灵敏度都很高,而且数字式智能仪表能和计算机联机通讯,从而成为现代电工测量技术中的一个新的领域和重要的发展方向。

为适应高校电工实验室设备的更新,本节除介绍实验室中常用的电工测量仪表的原理和使用方法外,还介绍了数字式智能仪表的原理和使用方法。

1.1.1 万用表

万用表又称多用表,是一种可以测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压和电阻、电容、电感以及晶体管某些参数的多用途测量仪表。由于能测量多种电量和电参量,测量量程多,且便于携带,使用也很方便,因此,万用表是电气工程技术人员在测试及维修中最常使用的仪表之一。万用表的种类很多,目前广泛使用的万用表有模拟式万用表、晶体管万用表、数字式万用表及智能数字万用表。下面仅对常用的模拟式万用表和数字式万用表的结构、原理及使用方法进行简要介绍。

1. 模拟式万用表

模拟式万用表主要由表头、测量线路和转换开关组成。表头用来指示被测量的数值;测量线路用来把各种被测量转换成适合表头测量的直流电流;转换开关实现对不同测量线路的选择,以适合各种测量要求。万用表的种类很多,测量范围也各有差异,因此面板上的布置也不尽相同。由于直流电压、交流电压、直流电流等不同被测量共用一个表头,因此在表盘上有相应的几条标度尺,在转换开关的面板上有测量范围的刻度,用以表明各被测量挡位及其限量。虽然万用表的形式多种多样,但使用方法大体相同。在此仅以 MF-30 型万用表为例来说明万用表的使用方法,其面板如图 1-1 所示。

(1) 直流电流的测量

一个磁电式表头与几个分流电阻并联,就可以构成一个多量程的直流电流表,如图 1-2 所示。与表头并联的电阻起分流作用(如 R_1 、 R_2 、 R_3)。被测电流 I_x 由正接线端流入后,一部

分经分流电阻,另一部分流经表头从负接线端流出。通过转换开关 S 选取不同的分流电阻,便可得到不同的量程。在测量电流时,电流表串联在被测电路中。当被测电流通过电流表时,电流表的内阻会产生一定数量的电压降,约为几毫伏到几百毫伏。此电压将引起电路工作电流的变化,造成测量误差。万用表毫安(mA)挡量程越小,内阻越大。适当选择大一些的量程,就可以减小由电流表内阻造成的误差。

(2) 直流电压的测量

几个不同值的附加电阻与一个磁电式表头相串联,就可以构成多量程的直流电压表,如图 1-3 所示。与表头串联的电阻起分压作用。被测电压经分压电阻分压后加到表头电路上。通过转换开关 S 选取不同的分压电阻便可得到不同的量程。

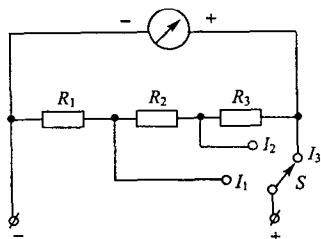


图 1-2 多量程直流电流表原理图

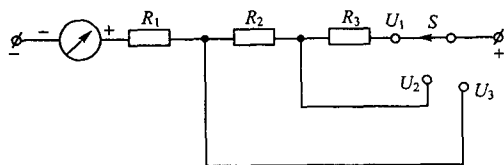


图 1-3 多量程直流电压表原理图

电压表的内阻越高,从被测电路取用的电流越少,被测电路受到的影响越小。万用表以电压挡的灵敏度来说明这个特征。

$$\text{灵敏度} = R_i / U_N \quad (\Omega/V)$$

其中 R_i 为电压表总内阻, U_N 为电压量程。

每伏欧姆值越大,电压表的灵敏度越高。MF-30 型万用表在直流电压 25 V 挡上仪表的总内阻为 500 k Ω ,则这个挡的灵敏度为 20 k Ω/V 。

(3) 交流电压的测量

万用表的表头为磁电系测量机构,它只能测量直流电,因此必须利用整流元件(二极管)将被测的交流电变为直流电,进而实现对交流电压的测量。

图 1-4 是交流电压挡的简化原理图。当被测电压为正半周时,电流从(+)端流进,经二极管 D_1 和交流调整电位器后,部分电流经微安表从(*)端流出。负半周时,电流直接经二极管 D_2 从(+)端流出。可见,通过微安表的是半波电流,这时,表头的读数为该半波电流的平均值。但在工程技术中,交流电压和交流电流的数值一般都有效值计量。因此,万用表用交流调整电位器使半波电流分流,并改变表盘刻度,使表头的读数表示正弦电压的有效值,故万用表交流电压挡只能测正弦波电压。

万用表交流电压挡的灵敏度一般比直流电压挡低,MF-30 型万用表交流电压挡的灵敏度为 5 k Ω/V 。

模拟式万用表能在较宽的频率范围内使用,一般为 50 Hz ~ 1000 Hz,MF-30 型万用表

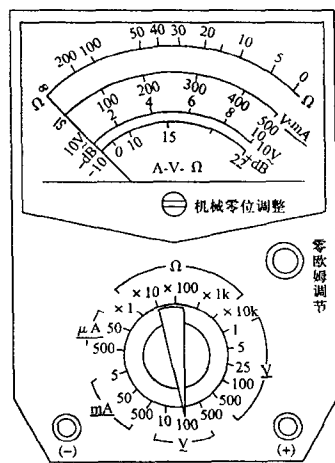


图 1-1 MF-30 型万用表面板图

的测量频率为 $45 \sim 1\,000\text{ Hz}$ 。

(4) 电阻的测量

测量电阻的欧姆挡电路主要由表头和电池等组成,如图 1-5 所示。被测电阻(R) 接于正(+)、负(-) 两接线端之间,通过装于表内的电池产生电流,使表头指针偏转,指示出被测电阻值。当两个接线端短接时,电流最大,指针应在满刻度处,指示为 0,表示被测电阻 $R = 0$ 。当两个接线端开路时,电流最小,等于零,指针不动,指示为 ∞ ,表示电阻 $R = \infty$ 。当接入被测电阻后,表头通过一定数量的电流,指针指在一定的电阻刻度上。所以用万用表测定电阻值,实质上是测定在一定电压条件下通过表头电流的大小。通过转换开关改变分流电阻的数值,即可得到不同的电阻值量程。

通过表头的电流与被测电阻 R 不是正比关系,所以表盘上的电阻标度尺是不均匀的。

万用表的欧姆挡分为 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 1\text{ k}$ 等几个挡位。刻度盘上 Ω 的刻度只有一行,其中 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 1\text{ k}$ 等值即为电阻欧姆挡的倍率。

被测电阻的实际值 = 标度尺上的读数 $\times$ 倍率

从图 1-5 中可以看出,面板上的(+) 端接在电池的负极,而(-) 端接在电池的正极。

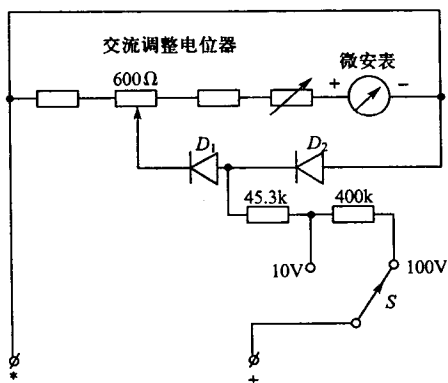


图 1-4 交流电压挡简化原理图

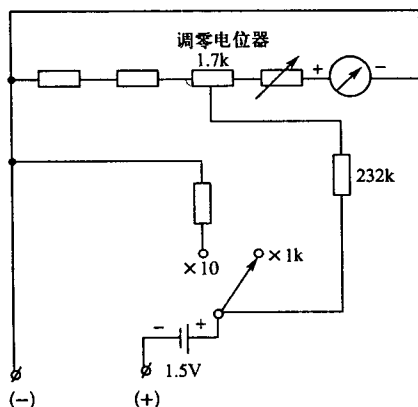


图 1-5 欧姆挡简化原理图

电池使用久了或长期不用,端电压下降,使得 $R = 0$ 时指针不能偏转到满刻度即指为零处。测试前应先将两根测试笔(表笔)短接,转动调零电位器,使指针指在 $0\ \Omega$ 的位置,然后再进行测量。

(5) 使用模拟式万用表的注意事项

① 用一副红、黑测试笔分别插在(+)、(-) 或(*) 插孔里,每次测量前应预先根据被测量的种类和量程大小,将转换开关转到合适的位置。如果位置选错,万用表会被烧坏。每次改变万用表转换开关的位置时,应先将电路与外部电源断开,不允许在带电的情况下转动转换开关。

② 测量直流电流时,要把万用表串入被测电路中。选择的量程应略大于实际的被测电流值,还应注意仪表的量程和极性。

③ 测量电路两点间电压时,电表应与被测电路并联。测量直流电压时,还应注意仪表的量程和极性。

④ 测量电阻时,应将被测电路与外部电源断开,且被测元件不要与其他元件构成回路,决不能在带电电路上测量电阻,测量前要进行零欧姆调节,每换一个量程,都要重新调零(如

果调节调零旋钮无法使指针调到零欧姆位置,则需更换表内电池)。

⑤ 利用欧姆挡来测试半导体元件时,要记住红测试笔接表内电池的负端。表内电池的电流自黑色测试笔流出。

⑥ 测量完毕,要将转换开关旋至交流高电压(如 500 V) 挡位,以防止误用欧姆挡(或电流挡)测电压和避免测试笔相碰而损耗电池的电能。

2. 数字式万用表

数字式万用表(简称数字万用表)是一种多功能、多量程的数字仪表。由于采用大规模集成电路和液晶显示技术,目前此种仪表发展迅速并向小型化便携式发展。

(1) 工作原理及面板结构

数字式万用表测量电压的原理是将被测电压(模拟量)转换成数字量后,用计数器和显示器直接显示出测试结果。上述转换过程在电子技术中称为模/数(A/D)转换。在直流电压测量电路的基础上,附加适当的变换装置即可实现对交流电压、直流电流、交流电流和电阻等电量的测量。

数字万用表测量电流的原理是使被测电流流过装表内的一个定值电阻,用测量电阻上的直流或交流电压的方法实现直流电流和交流电流的测量。数字万用表测量电阻的原理是使一个恒定的电流流过被测电阻,然后测其两端的直流电压即可得到被测电阻数值。有的万用表还可以测量三极管的电流放大倍数和电容等,这也是通过一定的转换电路实现的。

一般的数字万用表的面板结构有显示器、电源开关、转换开关、读数保持开关、输入插孔和三极管测试插孔等,当然万用表的型号不同,面板的结构也略有差别。

图 1-6 是 MS8200 系列数字万用表外形图。

① 显示器 显示四位数字,最高位只能显示 1 或不显示。最大值为 1 999 或 -1 999。

当测量超过最大指示值时,显示“1”或“-1”。

② 电源开关 使用时按下即可接通,使用完毕再次按下即可关闭。

③ 读数保持开关 按下读数保持开关后具有读数保持功能,显示器数值将被锁住,再次按下该开关,可解除读数保持状态。

④ 转换开关 选择功能和量程。

⑤ 输入插孔 具有防测试笔误接插装置,会按测量功能和量程开启相应的插孔。

(2) 主要功能和使用方法

数字万用表的型号很多,功能也略有区别,下面以 MS8200 系列万用表为例来说明数字万用表的主要功能和使用方法。

① 测量电压

可以测量直流电压和交流电压。具有多个量程供选择,还具有过载保护功能。直流电压测量精度为 200mV/2V/20V/200V: $\pm 0.5\%$; 1000V: $\pm 0.8\%$ 。交流电压测量精度为 200mV $\pm 1.2\%$; 2V/20V/200V: $\pm 1.0\%$; 700V $\pm 1.2\%$ 。测量时将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔;转换开关置于欲测的 V— 或 V~ 量程位置;将表笔并联在电压源或负载两端进行测量;在 LED 显示器上读数;在测量直流电压时,极性显示将表明红表笔所接端的

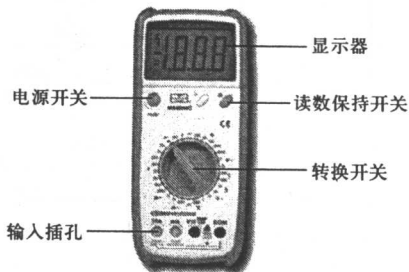


图 1-6 MS8200 系列数字万用表外形图

极性。注意,显示器仅显示“1”或“-1”时,表示超量程状态,应选择高的量程;当预先不知道被测值大小时,应将转换开关置于最高挡并逐次下降;在测量高电压时要格外注意避免触电。

② 测量电流

可以测量直流电流和交流电流。具有多个量程供选择,还具有过载保护功能。直流电流测量精度为 2 mA/20 mA: $\pm 1.0\%$; 200 mA: $\pm 1.5\%$; 10 A: $\pm 2.0\%$ 。交流电流测量精度为 20 mA: $\pm 1.2\%$; 200 mA: $\pm 2.0\%$; 10 A: $\pm 3.0\%$ 。测量电流时将黑表笔插入 COM 插孔,当被测值小于 200 mA 时,红表笔插入 mA 插孔,当被测值大于 200 mA、小于 10 A 时,红表笔插入 10 A 插孔;转换开关置于欲测的 A— 或 A ~ 量程位置;将表笔串接在被测线路中进行测量;在 LED 显示器上读数;在测量直流电流时,极性显示将表明红表笔所接端的极性。注意,显示器仅显示“1”或“-1”时,表示超量程状态,应选择高的量程;当预先不知道被测值大小时,应将转换开关置于最高挡并逐次下降;过大的电流将烧坏保险管。

③ 测量电阻

有多个量程供选择,各个量程的测量准确度均为 $\pm 1.0\%$ 。测量时将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔;转换开关置于欲测的 Ω 量程位置;将表笔接在被测电阻或线路的两端进行测量;在 LED 显示器上读数。注意,数字显示“1”表示超量程状态,应更换量程;被测电阻高于 1 M Ω 时,仪表可能需要几秒才能稳定读数,对于高阻值这是正常的;输入开路时,LED 将显示“1”超量程状态;在测量线路上的阻抗时,应确定电路电源断开,电路上的电容完全放电。

④ 测量二极管

功能:近似显示二极管正向电压值。测量时将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔;转换开关置于 $\blacktriangleright$ 的量程位置;将红表笔连接二极管阳极,黑表笔连接二极管阴极进行测量,在 LED 显示器上读数。如果表笔反向连接或表笔开路,则显示器显示“1”。

⑤ 测量电容

有多个量程供选择,各个量程的测量准确度均为 $\pm 4.0\%$ 。测量时将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔;转换开关置于欲测的 F 量程位置;在电容完全放电后将表笔接在被测电容两端进行测量;在 LED 显示器上读数。注意,在使用小电容量程时,表笔开路时会有有一个小的读数,这是正常的,它不会影响测量精度;测量大电容时稳定读数需要一定的时间。

⑥ 线路通断测试

测量时将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔;转换开关置于 di 的位置;将表笔连接在线路两端进行测量;如果被测线路的电阻小于 70 Ω ,蜂鸣器将发声;如果表笔开路,则显示器显示“1”。

⑦ 测量温度

测量时先将转换开关置于 $^{\circ}\text{C}$ 量程位置;此时 LED 显示器将显示当前的环境温度,当需用热电偶测量温度时,可用专用的温度探头,将标有(+)的插头插入 V/ Ω 插孔,标有(-)的插头插入 COM 插孔,并用热电偶探头接触被测对象进行测量;在 LED 显示器上读数。

⑧ 测量频率

测量时将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔;转换开关置于 20 kHz 量程位

置;将表笔并接在电源或负载两端进行测量;在 LED 显示器上读数。注意,输入电压超出 10 V(有效值)时才可以读数,但精度不能保证;在嘈杂的环境中测试,应用较好的屏蔽电缆测量小信号。

1.1.2 兆欧表

1. 工作原理

兆欧表俗称摇表,用来测量绝缘电阻阻值。通常使用的兆欧表由两部分组成:手摇直流发电机和磁电式流比计。其结构示意图和电路原理图如图 1-7 所示。

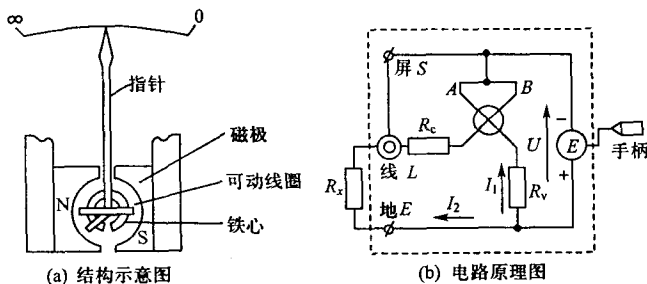


图 1-7 兆欧表

在永久磁铁的磁极之间,同轴装有两个彼此绝缘而成正交的可动线圈。此轴上没有装置产生反作用力矩的弹簧,所以,仪表在不使用时,表针能停留在任意位置。两线圈一端接手摇直流发电机 E 的负极,另一端分别通过附加电阻 R_c 和 R_v 接到接线端(L)和地(E)上。接线端(L)的外圈有一个铜质圆环,称为保护环,又称屏蔽端钮(图中屏字),它直接与发电机的负极相连,地端又与发电机的正极相连。

测量时,被测电阻 R_x 接在线(L)和地(E)之间,摇动手柄使直流发电机发电,产生电压,便有电流 I_1 和 I_2 分别流过两个线圈。动线圈 B 支路的电流 I_2 与被测电阻 R_x 的大小有关, R_x 愈小, I_2 就愈大,磁场与 I_2 相互作用产生的力矩就愈大。通过动线圈 A 的电流 I_1 与 R_x 无关,仅起平衡作用(仪表制造时使两线圈产生的力矩方向相反)。因此带有指针的转轴在合成力矩的作用下偏转,转到二力矩相等的某一位置才停止。由此可知,转矩的偏转角与电流 I_1 与 I_2 的比值有关(故称流比计)。被测电阻 R_x 的数值改变,两电流的比值也随之改变,两力矩相互平衡的位置也相应改变。指针偏转到不同位置指示不同的绝缘电阻值。

2. 使用方法

测量前,应先切断被测设备的电源。电容较大的设备还应接地短路放电,切不可带电测量,以免损坏仪表。

测量时,仪表必须放平稳,顺时针方向均匀摇动发电机手柄,转速一般在 120 r/min 左右。

当被测设备的绝缘损坏,指针指在零欧姆处,应立即停止摇动手柄,以免兆欧表中长期电流过大而烧坏。

兆欧表有 3 个接线端。S 接线端从保护环引出,一般测量时只需使用 L(线)和 E(地)接线端,在测量电缆和绝缘导体等的对地电阻时,为了防止被测物表面漏电对测量的影响,可在被测物中间绝缘层上套以金属制的圆环,再将它接到 S 接线端。

兆欧表的额定电压(即直流发电机发电产生的电压)有 500 V、1000 V、2500 V、5000 V 等几种,测量时应根据有关规定选择。例如,测量 100 kW 以下、380 V 的三相异步电动机的绝缘电阻应选用额定电压为 500 V 的兆欧表。

1.1.3 电流表和电压表

模拟式直读的电流表(包括安培表、毫安表和微安表)和电压表(包括伏特表、毫伏表等)大多数是磁电式或电磁式仪表。近年来微电子技术的迅猛发展极大地促进了电工测量仪器向高性能发展,从而出现了各种数字式智能仪表,下面根据电工学实验的需要分别做简要介绍。

1. 磁电式仪表和电磁式仪表

(1) 工作原理

①磁电式仪表的结构和符号如图 1-8 所示。其工作原理是:马蹄形永久磁铁的磁场与通有直流电流的可动线圈相互作用产生偏转力矩,使得可动线圈发生偏转。同时与可动线圈固定在一起的游丝因可动线圈偏转而发生形变,产生反作用力矩。当反作用力矩与转动力矩相等时,活动部分最终将停留在相应的位置,指针在标度尺上指出被测量的数值。由于空气隙中的磁场强度 B 恒定,指针的偏转角与通过可动线圈的电流成正比。因此标度尺上的刻度是均匀的。电磁转矩的方向取决于线圈电流的方向。测量时,电流必须从标有(+)极性的接线端流入,否则指针将会反偏,因此,这种仪表具有极性,通常用做直流电流表和直流电压表。如果加上整流装置,也可用来测量交流电流(或电压),这种仪表称为整流式仪表。

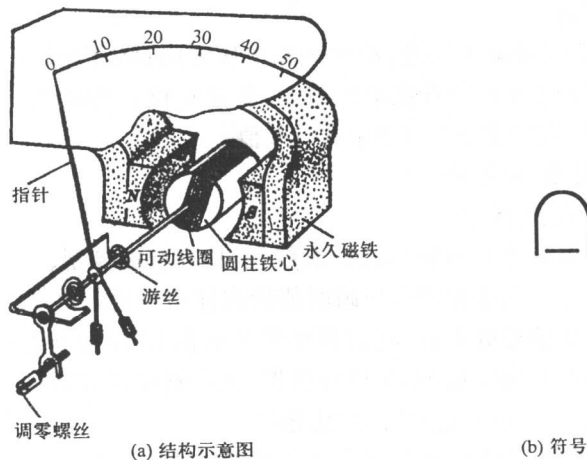


图 1-8 磁电式仪表

②电磁式仪表的结构如图 1-9 所示。其工作原理是:当电流通过仪表后,固定线圈产生磁场,线圈内的铁片 B_1 和 B_2 均被磁化,铁片间产生一种排斥力,铁片 B_2 固定,铁片 B_1 转动,同时带动转轴与指针一起偏转。偏转力矩与通过电流的平方成正比,所以标度尺刻度是不均匀的,即非线性的。标度尺的起始部分刻度较密,读数不易准确,使用时应避免读数在这一区域内。当线圈电流方向改变时,铁片沿轴向两侧的极性同时改变,可动铁片受力方向不变,因此用这种仪表既可用来测量直流电流和直流电压,也可用来测量交流电流和交流电压,但这种仪表灵敏度和准确度较低,功耗较大。