



高等学校电子信息类“十二五”规划教材

电工电子技术 实验及实训教程

主编 刘沛津 韩 行



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校电子信息类“十二五”规划教材

电工电子技术实验及实训教程

主 编 刘沛津 韩 行

副主编 任继红 孙长飞

参 编 马 玉 彭莉峻

杨 婷 杨 蕊

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是高等学校工科类各专业电工电子技术实验及实训教材,可作为单独设课的电工电子实验及实训教材使用,亦可作为电工技术、电子技术、电工学(土建类)等课程的配套实验教程。本书共7章,内容包括电工技术实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、可编程控制器实验、电子电路仿真设计实验、综合设计与研究性实验、电工与电子技术实训。

本书的特点是既有验证性实验、设计性实验和综合性实验,又有仿真实验及实训内容;既涵盖了电工电子基础性的传统经典实验,也收录了部分具有现代特色的实验。本书具有很强的实用性和综合性,重在培养综合创新和工程实践能力。

本书可作为电工技术(电工学上)、电子技术(电工学下)、电工学(少学时和土建类)等非电专业课程实验教材,也可作为电路、模拟电子技术、数字电子技术等电气专业课程实验教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验及实训教程/刘沛津,韩行主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2014.9

高等学校电子信息类“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3449 - 4

I. ①电… II. ①刘… ②韩… 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-33 ②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 186356 号

策 划 戚文艳

责任编辑 秦志峰

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2014年9月第1版 2014年9月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 12.375

字 数 292千字

印 数 1~4000册

定 价 22.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3449 - 4/TN

XDUP 3741001 - 1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

本书是依据高等学校电工电子技术实验课程的改革需要,总结编者多年的教学、科研和工程实践经验编写而成的。

本书在编写过程中,考虑到电工电子实验课程单独设课已成为各高校改革的主流趋势,适当扩大了知识面,突出了应用性,注重了学生创新能力及工程实践能力的培养。

本书共7章,内容包括电工技术实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、可编程控制器实验、电子电路仿真设计实验、综合设计与研究性实验、电工与电子技术实训。实验内容按性质可分为验证性实验、研究性实验、仿真设计实验和实训实验。验证性实验介绍了实验的原理、内容、操作步骤以及仪表仪器的使用与测试方法。设计性实验主要提出了电路的设计方法与思路,指导学生自行设计实施。仿真设计实验解决了由于时间和实验条件限制,使学生难以通过实验对问题进行研究的矛盾,进而掌握电子线路和系统的分析方法。实训实验保留电工电子技术的传统和基础性内容,同时增加了新型器件和工艺知识;在实际教学中,严格按照工程要求进行训练,培养学生的工程素养、动手能力,以及分析问题和解决问题的能力。

通过本书的学习,可以帮助学生掌握常用的电工电子仪器设备的使用方法,指导应用型工程技术人员掌握必备的电工电子技术实训理论知识,巩固理论基础,增强实践能力,为学习后续课程及从事实际工作奠定良好的电工电子基础。

本书第1章由杨蕊、韩行、任继红编写,第2章由彭莉峻、刘沛津、孙长飞编写,第3章由杨婷、韩行编写,第4章由任继红、彭莉峻、马玉编写,第5章由马玉、杨蕊编写,第6、7章由孙长飞、杨婷、刘沛津编写。全书由刘沛津、韩行统稿,谷立臣教授主审。

由于编者水平有限,加之时间比较仓促,书中疏漏和不妥之处在所难免,殷切希望广大读者给予批评指正。

编 者

2014年4月

目 录

第 1 章 电工技术实验	1
第一节 电工测量仪表	1
第二节 基尔霍夫定律及电位的测定	10
第三节 叠加原理及戴维南定理	12
第四节 受控源 VCCS、CCVS 的实验研究	17
第五节 感性电路功率因数的改善	19
第六节 RLC 串联电路频率特性的研究	22
第七节 三相负载的连接方式	24
第八节 三相电路的功率测量	27
第九节 RC 串联电路的暂态过程	31
第十节 异步电动机的正、反转控制	34
第十一节 异步电动机顺序控制的设计	36
第十二节 异步电动机的变频调速	37
第 2 章 模拟电子技术实验	40
第一节 常用电子仪器	40
第二节 直流稳压电源	45
第三节 单级电压放大器	51
第四节 射极输出器	56
第五节 负反馈放大器	59
第六节 差动放大器	64
第七节 功率放大电路	68
第八节 集成运算放大器	71
第九节 集成运算放大器的应用	76
第 3 章 数字电子技术实验	91
第一节 数字电路实验系统简介	91
第二节 基本逻辑门的逻辑功能测试及应用	92
第三节 器件的电压传输特性	95
第四节 三态门的功能测试及应用	96
第五节 译码器的功能测试及应用	98

第六节	触发器、计数器、译码显示电路	100
第七节	555 定时器的应用	104
第八节	A/D 及 D/A 转换电路	108
第九节	数字电子秒表	113
第 4 章	可编程控制器实验	115
第一节	西门子 S7-200 可编程控制器	115
第二节	STEP 7-Micro/WIN 编程软件	119
第三节	PLC 基本实验	130
第四节	综合设计实验	139
第 5 章	电子电路仿真设计实验	141
第一节	Multisim 软件概述	141
第二节	RC 串联电路暂态过程仿真研究	148
第三节	RLC 串联电路频率特性仿真研究	152
第四节	单级电压放大器仿真研究	154
第五节	时序逻辑电路仿真研究	157
第六节	二阶有源滤波器	160
第七节	NI ELVIS 简介	161
第 6 章	综合设计与研究性实验	163
第一节	汽车自动定时闪光灯	163
第二节	函数信号发生器	164
第三节	二阶有源滤波器	164
第四节	数字电子钟	165
第五节	声光双控灯	167
第六节	触摸式延时照明灯	167
第七节	多层电梯控制器设计	168
第八节	升降横移式立体车库综合控制	170
第 7 章	电工与电子技术实训	172
第一部分	电工技术实训	172
第一节	常用控制电器	172
第二节	二次原理图的识别	176
第三节	电工操作实训	179
第二部分	电子技术实训	180
第四节	电子工艺基础知识	180
第五节	电子工艺实习	190
参考文献		192

第1章 电工技术实验

第一节 电工测量仪表

电工测量的对象主要是电路中的物理量,如电压、电流、功率、频率、电能、电阻等。测量这些电量的仪器仪表统称为电工测量仪表。电工测量仪表具有结构简单、使用方便、稳定可靠、能够远距离测量以及实现非电量测量等一系列优点,所以在生产实践和教学、科研中得到了广泛的应用。

一、电工测量仪表的分类

常用电工测量仪表的种类很多,可以按测量对象、工作原理、被测电流的种类、仪表的准确度等对常用的电工测量仪表进行分类。

1. 按测量对象分类

电工测量仪表按照测量对象可以分为电流表、电压表、功率表、电能表、相位表、频率表、电阻表等,如表1-1所示。

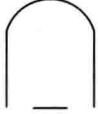
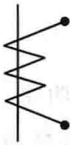
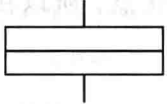
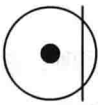
表1-1 按测量对象分类

序 号	测量对象	仪表名称	符 号
1	电 流	安培计 毫安表	$\textcircled{\text{A}}$ $\textcircled{\text{mA}}$
2	电 压	伏特表 千伏计	$\textcircled{\text{V}}$ $\textcircled{\text{kV}}$
3	电 功 率	瓦特表 千瓦表	$\textcircled{\text{W}}$ $\textcircled{\text{kW}}$
4	电 能 量	千瓦时表	$\boxed{\text{kWh}}$
5	相 位 差	相位表	$\textcircled{\Phi}$
6	频 率	频率计	$\textcircled{\text{F}}$
7	电 阻	欧姆表 兆欧计	$\textcircled{\Omega}$ $\textcircled{\text{M}\Omega}$

2. 按工作原理分类

电工测量仪表按照工作原理可以分为磁电式、电磁式、电动式、感应式和整流式等，如表 1-2 所示。

表 1-2 按工作原理分类

型 式	符 号	测量对象	电流的种类与频率
磁电式		电流 电阻、电压	直流
电磁式		电流、电压	直流及工频交流
电动式		电流、电压、电功率、 功率因数、电能量	直流及工频与较高频率的交流
感应式		电功率、电能量	工频交流
整流式		电流、电压	工频与较高频率的交流

3. 按被测电流的种类分类

电工测量仪表按照被测电流的种类可以分为直流表、交流表以及交直流两用表。

4. 按仪表的准确度分类

电工测量仪表按照仪表的准确度可以分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 共七个等级，仪表的准确度反映了仪表的基本误差，如表 1-3 所示。

表 1-3 电工测量仪表的准确度和基本误差

仪表的准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差/%	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5	± 5.0

在仪表面板上，通常都标有电流的种类、仪表的绝缘耐压强度以及放置位置等符号，具体见表 1-4。

表 1-4 电工测量仪表常用符号

符 号	意 义	符 号	意 义
—	直 流		绝缘强度试验电压为 2 kV
~	单相交流		标尺位置垂直
≐	交流和直流		标尺位置水平
3~或≡	三相交流		标尺位置与水平面倾斜成 60°

二、常用电工测量仪表的使用

1. 万用表的使用

万用表是一种多功能、多量程、便携式电工测量仪表，可以测量交直流电流、交直流电压、电阻、音频电平等，还可以粗略判断电容器、晶体管等元器件的电极和性能的好坏，被广泛应用于电气维修和测试中。

万用表基本上分为指针式和数字式两大类。

1) 指针式万用表

(1) 指针式万用表面板。

图 1.1 是一个常用的指针式万用表。在万用表表盘上，符号 A-V-Ω 表示这只万用表可以测量电流、电压和电阻。表盘上印有多条刻度线，其中右端标有“Ω”的是电阻刻度线，其右端为 0，左端为∞，刻度值分布是不均匀的。符号“—”或“DC”表示直流，“~”或“AC”表示交流，“≐”则表示交流和直流共用的刻度线。刻度线下的几行数字是与选择开关的不同挡位相对应的刻度值。表头上还设有机械零位(指针校准)调整旋钮，用以校正指针在左端指零位。

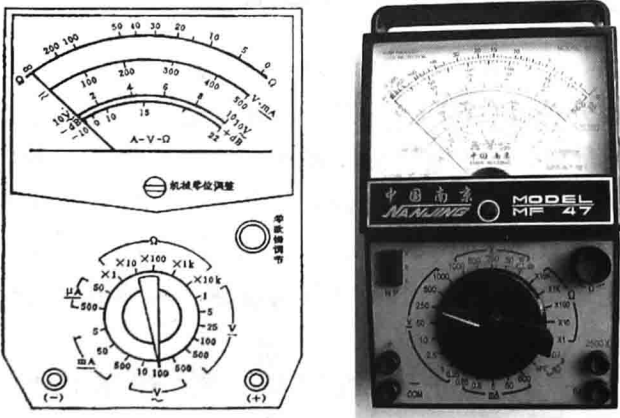


图 1.1 指针式万用表

万用表的转换开关用来选择测量项目和量程。万用表的测量项目包括直流电流“mA”、直流电压“V”、交流电压“V”、电阻“Ω”，每个测量项目又划分为几个不同的量程以供选择。

表笔分为红、黑二只。使用时应将红色表笔插入标有“+”号的插孔，黑色表笔插入标有“-”号的插孔。

(2) 指针式万用表的使用方法。

在测量电阻、电压、电流以前，应先检查指针是否在 0 刻度的位置上；如果不在，可调整表中心机械零位调整旋钮使指针指在 0 位置上。

测量电压(或电流)时要选择好量程，如果用小量程去测量大电压，则会有烧坏表的危险；如果用大量程去测量小电压，那么指针偏转太小，无法读数。量程的选择应尽量使指针偏转到满刻度的 $\frac{2}{3}$ 左右。如果事先不清楚被测电压的大小，则应先选择最高量程挡，然后逐渐减小到合适的量程。

测量前，注意转换开关的位置和量程，绝对不能将电流表并入电路，也不能在带电电路上测量电阻。测量时，应明确在哪一条标度尺上读数。

2) 数字式万用表

数字式万用表的种类很多，图 1.2 是实验用 UT39A 数字万用表。



图 1.2 UT39A 数字万用表的外形

在使用前，将电源开关(POWER)按下，若电池电压不足，就会显示电池为低电压符号，应更换新电池。测量前，应仔细核对量程开关位置是否与被测信号一致；量程的位置是否无误，以免损坏仪器。万用表插孔旁的正三角中的感叹号表示输入电压或输入电流不应超过此示值。若显示器只显示“1”，则表示被测信号已超过该量程范围，这时应选择更高的量程；如果在数值左边出现“—”，则表明表笔极性与实际电源极性相反，此时红表笔接的是负极。

(1) 交、直流电压的测量：量程开关拨于“V~”或“ $\bar{V}$ ”范围内某一合适量程挡上，红表笔插入“VΩ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，电源开关打开，表笔与被测电路并联，这时显示器将显示此电压的大小。若是直流电压，还会显示出红表笔端的极性。

(2) 交、直流电流的测量：量程开关拨于“A~”或“ $\bar{A}$ ”范围内某一合适量程挡上，红表笔插入“A”或“ $\mu A mA$ ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，电源开关打开，万用表串接于被测电路中，这时显示器显示此电流的大小。若是直流电流，还会显示出红表笔端的极性。

(3) 电阻的测量：量程开关拨于“ Ω ”范围内某一合适量程挡上，红表笔插入“VΩ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，电源开关打开，表笔与被测电阻并联，这时显示器将显示

被测电阻的值。严禁在电路带电的情况下测量电阻。

(4) 二极管的测试：先将红表笔插入“ $V\Omega\rightarrow$ ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，然后将功能开关置于二极管挡，将两表笔连接到被测二极管两端，这时显示器将显示二极管的正向压降的 mV 值。当二极管加反向电压时，显示器显示过载指示。

(5) 检测线路通断：量程开关拨于“蜂鸣器”位置上，红表笔插入“ $V\Omega\rightarrow$ ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，电源开关打开，两表笔分别与被测导体两端相连。若其电阻值低于 $30\ \Omega$ ，蜂鸣器发声，则表示线路导通；若蜂鸣器不发声且显示“1”，则表示线路断开。

2. 钳形电流表的使用

在用普通电流表测量电流时，必须先将被测电路断开，再将电流表串入被测电路中，才能进行测量，现场操作不方便。使用钳形电流表可以在不断开电路的情况下直接测量电流，使用非常方便。

钳形电流表结构与外形如图 1.3 所示，这种电流表由穿心式电流互感器和电磁式电流表组成。当握紧钳形电流表的扳手时，电流互感器的铁心张开，导线可以直接穿过铁心；放开扳手时，铁心闭合，则导线构成电流互感器的一次绕组。在二次绕组中串接有电流表，因此被测电流在二次绕组中产生感应电流，使二次绕组中电流表的指针发生偏转，从而在表盘上显示出被测电流值。

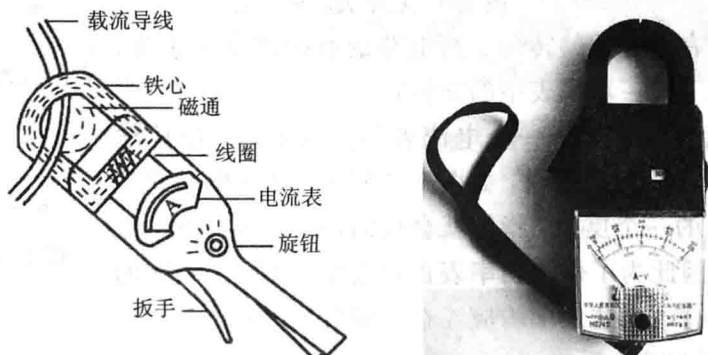


图 1.3 钳形电流表结构与外形

3. 功率表的使用

功率表又称瓦特表，是测量电气设备电功率的指示仪表。常用功率表分为指针式功率表和数字式功率表，如图 1.4 所示。

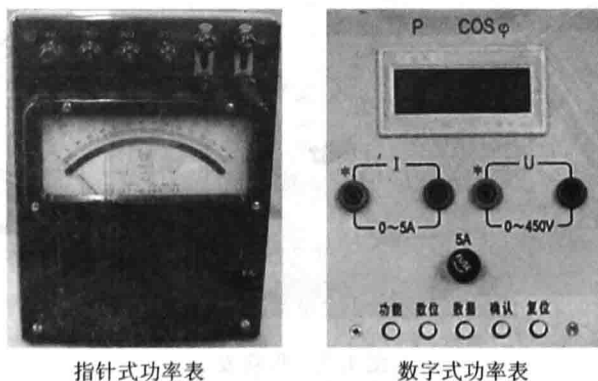


图 1.4 功率表

指针式功率表是电动式仪表，具有两组线圈，如图 1.5 所示。将匝数少、导线粗的固定线圈与负载串联，从而使通过固定线圈的电流 i_1 等于负载电流 i ，因而固定线圈又叫做电流线圈；将匝数多、导线细的可动线圈串联附加电阻后与负载并联，从而使加在该支路两端的电压等于负载两端的电压，所以可动线圈又叫做电压线圈。由于附加电阻的阻值很高，它的感抗与电阻相比可以忽略不计，所以可以认为其中电流 i_2 与两端的电压 u 同相。负载电流 i_1 的有效值为 I ， i_2 与负载电压的有效值 U 成正比， φ 为负载电流与电压之间的相位差，而 $\cos\varphi$ 即为电路的功率因数。因此偏转角为

$$\alpha = kUI \cos\varphi = kP$$

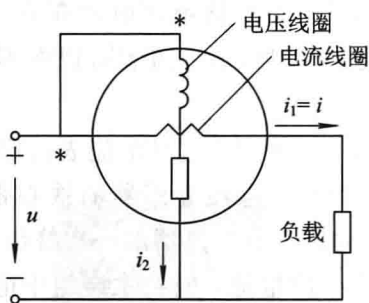


图 1.5 功率表原理电路图

可见，电动式功率表指针的偏转角 α 与电路的有功功率成正比，其中 k 为比例系数，同一功率表中的 k 恒定。

功率表的电流线圈相当于一个电流表与负载串联，电压线圈相当于一个电压表与负载并联，如图 1.6 所示。如果电动式功率表的两个线圈中的一个反接，指针就会反向偏转，这样就不能读出功率的数值。因此为了保证功率表正确连接，在两个线圈的始端标以“+”或“*”号，这两端均应连在电源的同一端。

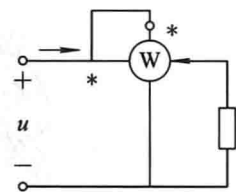


图 1.6 功率表接线图

4. 兆欧表的使用

兆欧表又称摇表，是用来测量电器设备及电路绝缘电阻的仪表。由于绝缘电阻的阻值很大，因此仪表标尺分度用“兆欧”作单位，故而称为兆欧表。兆欧表如图 1.7 所示，它主要由手摇发电机、磁电式测量机构组成。

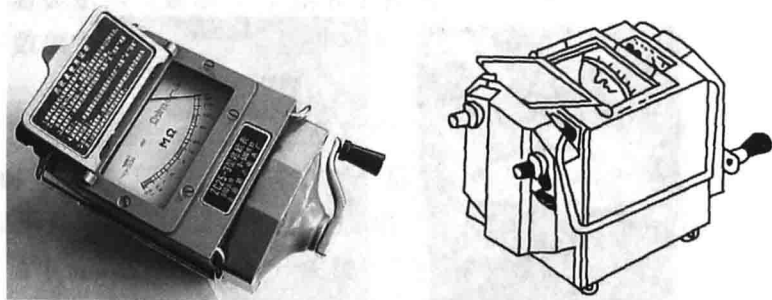


图 1.7 兆欧表

兆欧表使用中需注意以下几个方面：使用前，要对兆欧表进行开路和短路的测试，检

查仪表是否完好。测量开始时, 摇动发电机的手柄速度要慢, 防止被测绝缘电阻被击穿而损坏发电机。测量时, 手柄的转速要控制在 120 r/min 左右且保持匀速, 允许有 $\pm 20\%$ 的变化, 但不得超过 25% 。测量中, 若发现指针归零, 则说明被测绝缘电阻出现短路现象, 应立即停止摇动手柄。兆欧表未停止转动前, 切勿用手触及设备的测量部分或摇表接线桩。测量完毕, 应对设备充分放电, 避免触电事故。

三、DGJ-2 型电工技术实验装置简介

DGJ-2 型电工技术实验装置主面板如图 1.8 所示。

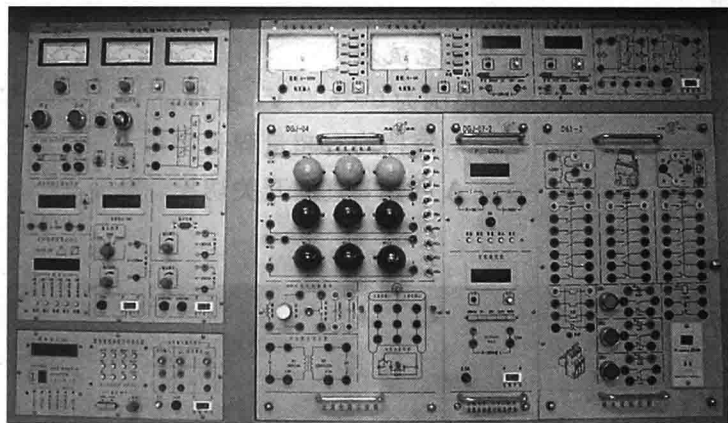


图 1.8 电工技术实验装置主面板

1. 主控功能板

主控功能板主要提供实验用的交流电源、直流电源等, 如图 1.9 所示。

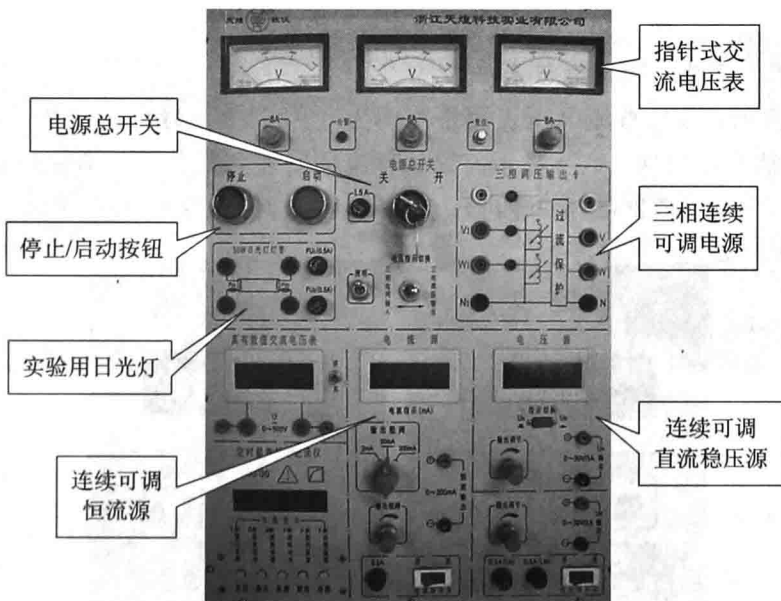


图 1.9 主控功能板

(1) 提供三相 $0\sim 450\text{ V}$ 及单相 $0\sim 250\text{ V}$ 连续可调交流电源, 可调交流电源输出端设

有过流和短路保护,克服了更换保险丝所带来的麻烦。配有三只指针式交流电压表,通过切换开关可分别指示三相电网输入电压和三相调压输出电压。

(2) 提供 $0\sim 200\text{ mA}$ 连续可调恒流源,分 2 mA 、 20 mA 、 200 mA 三挡,从 0 mA 起调,调节精度为 0.1% ,配有数字式直流毫安表指示输出电流,并配有输出开路、短路保护功能。

(3) 提供 $0\sim 30\text{ V}$ 连续可调直流稳压源两个(通过按钮来选择),配有数字式直流电压表指示输出电压,并配有输出开路、短路保护功能。

(4) 设有实验台照明用日光灯一盏,还设有实验用 30 W 的日光灯灯管一只。

2. 仪表功能板

1) 指针式交流电压表、指针式交流电流表

如图 1.10 所示,交流电压表测量范围为 $0\sim 500\text{ V}$,量程分 10 V 、 30 V 、 100 V 、 300 V 、 500 V 五挡,直键开关切换,指针显示,每挡均有超量程告警指示。交流电流表测量范围为 $0\sim 5\text{ A}$,量程分 0.3 A 、 1 A 、 3 A 、 5 A 四挡,直键开关切换,指针显示,每挡均有超量程告警指示。

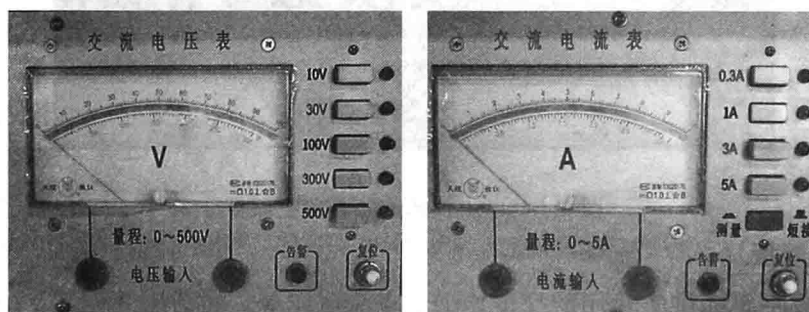


图 1.10 指针式交流电压表与指针式交流电流表

2) 数显直流电压表、数显直流毫安表

如图 1.11 所示,数显直流电压表测量范围为 $0\sim 200\text{ V}$,量程分 200 mV 、 2 V 、 20 V 、 200 V 四挡,直键开关切换,数字显示。数显直流毫安表测量范围为 $0\sim 2000\text{ mA}$,量程分 2 mA 、 20 mA 、 200 mA 、 2000 mA 四挡,直键开关切换,数字显示。

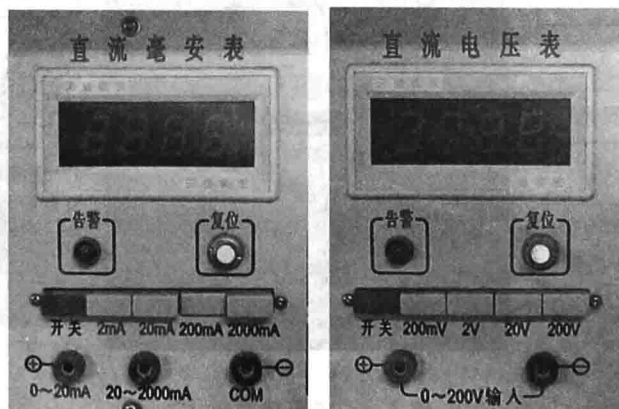


图 1.11 数显直流电压表与数显直流毫安表

3) 数显交流毫伏表

数显交流毫伏表能够对交流电压有效值进行精确测量,如图 1.12 所示,电压测试范围为 $0\sim 600\text{ V}$ (有效值),量程分 200 mV 、 2 V 、 20 V 、 200 V 、 600 V 五挡,直键开关切换,数字显示,每挡均有超量程告警指示。

4) 数显功率表

如图 1.13 所示,数显功率表的电流测量范围为 $0\sim 5\text{ A}$,电压测量范围为 $0\sim 450\text{ V}$,数字显示。

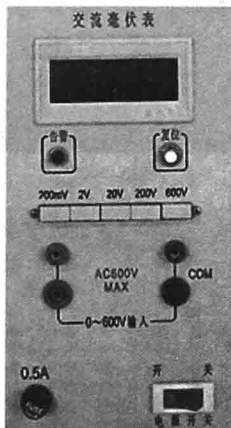


图 1.12 数显交流毫伏表

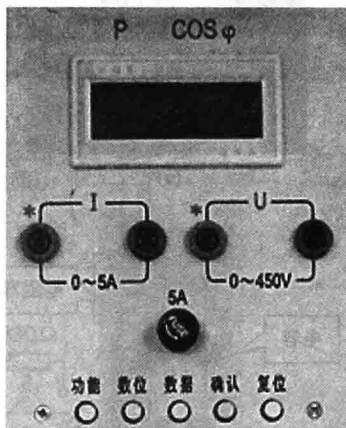


图 1.13 数显功率表

5) 数控智能函数信号发生器

如图 1.14 所示,数控智能函数信号发生器可输出正弦波、三角波、锯齿波、矩形波、四脉方列和八脉方列等六种信号波形。通过面板上键盘的简单操作,可连续调节输出信号的频率并显示频率值、占空比及内部基准幅值。

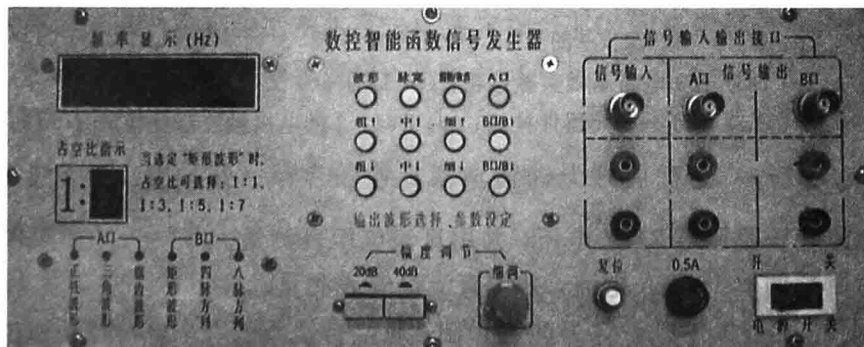


图 1.14 数控智能函数信号发生器

3. 实验挂箱

DGJ-2 型电工技术实验装置配有四个实验挂箱,分别为 DGJ-03 电路基础实验挂箱、DGJ-04 交流电路实验挂箱、DGJ-05 元器件挂箱以及 D61-2 继电器控制挂箱,如图 1.15 所示。各实验器件齐全,实验单元隔离分明,实验线路完整清晰,在需要测量电流的支路上均设有电流插座,能够满足本书所给实验的教学要求。

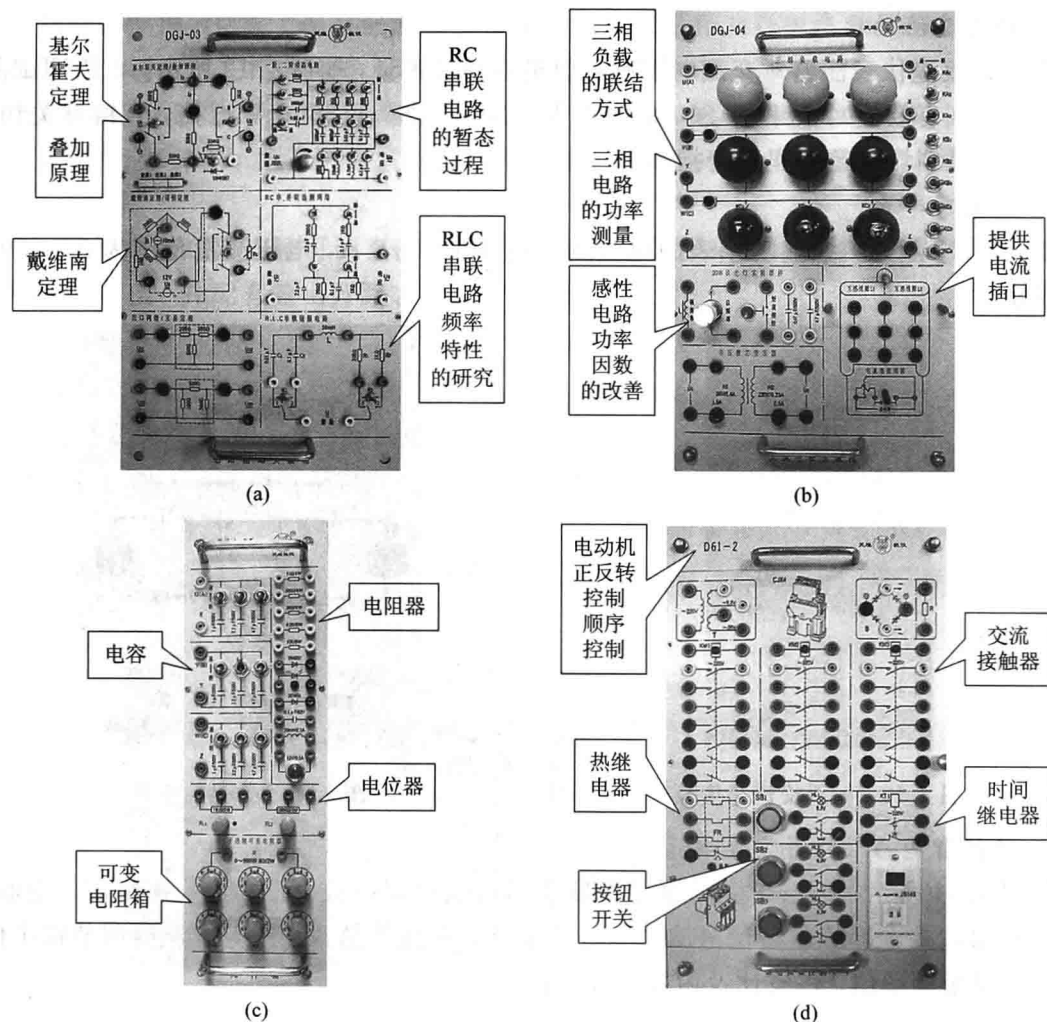


图 1.15 常用实验挂箱

- (a) DGJ-03 电路基础实验挂箱；(b) DGJ-04 交通电路实验挂箱；
(c) DGJ-05 元器件挂箱；(d) D61-2 继电器接触控制挂箱

四、实验内容

- (1) 用直流稳压源调节 24 V 电压，并用直流电压表测量。
- (2) 用恒流源调节 10 mA 电流，并用直流毫安表测量。

五、预习思考题

- (1) 根据仪表测量的准确度，请指出电工仪表有哪几个等级。
- (2) 使用电压表、电流表测量交、直流电压、电流时各应注意哪些问题？

第二节 基尔霍夫定律及电位的测定

一、实验目的

- (1) 验证基尔霍夫定律，加深对基尔霍夫定律的理解。

(2) 理解电路中电位的相对性、电压的绝对性。

二、实验设备

(1) DGJ-2 型电工技术实验装置。

(2) DGJ-03 电路基础实验挂箱(见图 1.15(a))。

常用的实验挂箱如图 1.15 所示。

三、实验电路

基尔霍夫定律及电位实验电路图如图 1.16 所示。

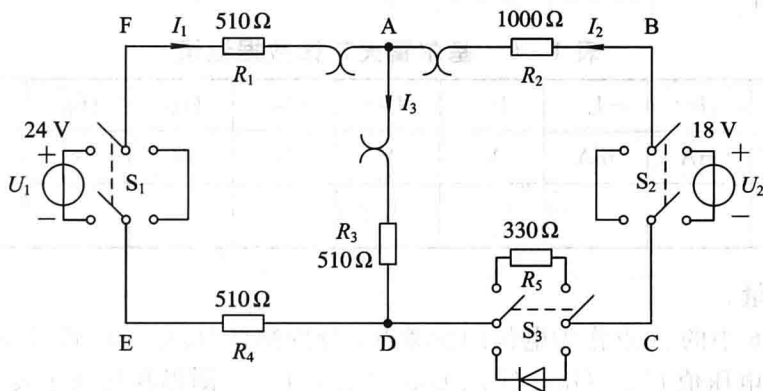


图 1.16 基尔霍夫定律及电位实验电路图

四、实验原理

基尔霍夫定律是电路理论中最基本也是最重要的定律之一，它概括了电路中电流和电压分别遵循的基本规律。内容包括基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)。使用定律前，先假定各支路电流的正方向，并标于图 1.16 中。

1. 基尔霍夫电流定律

电路中任意时刻，流向某一结点的各支路电流的代数和等于 0，即 $\sum I = 0$ 。以图 1.16 为例，对于结点 A，有 $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ 。

2. 基尔霍夫电压定律

电路中任意时刻，沿闭合回路绕行一周，则电压的代数和等于零，即 $\sum U = 0$ 。以图 1.16 为例，在外侧回路中有 $I_1 R_1 - I_2 R_2 + U_2 - I_2 R_5 + I_1 R_4 - U_1 = 0$ 。

3. 电位与电压

计算电位时，必须选定电路中的某一点作为参考零电位，则电路中任意一点的电位就是该点与参考点间的电压。参考零电位选择的不同，各点的电位也不相同。

电压就是电路中两点间的电位差。任意两点间的电压不随参考零电位的选择不同而不同。

五、实验内容

(1) 按图 1.16 所示接线，分别令两路直流稳压源 $U_1 = 24\text{ V}$ ， $U_2 = 18\text{ V}$ ，用直流数字