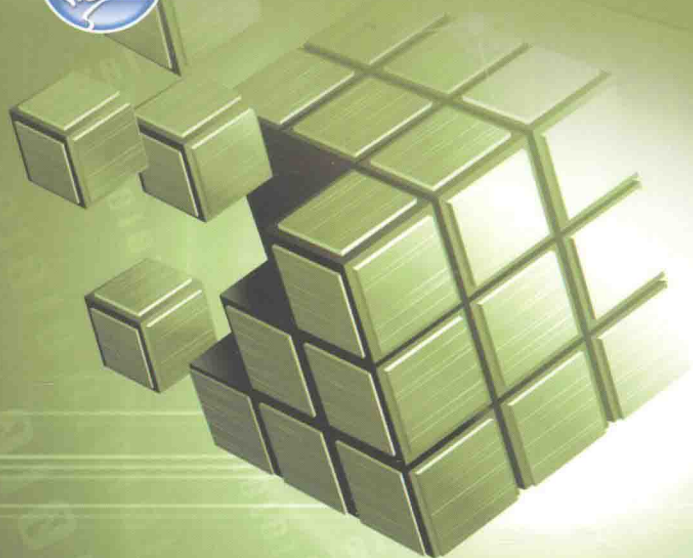




普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）



# 电工基础 与电子技术实验

马 磊 主编 ●



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

# 电工基础 与电子技术实验

主 编 马 磊  
副主编 陈 梅  
编 写 郑庆利 王 巍  
主 审 唐 忠



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。

全书共有 6 章，主要内容包括电工测量基础，常用电工测量仪表，电工基础实验，模拟电路实验，数字电路实验，综合实训。附录包括 EWB 电路仿真软件、常用电子元器件的型号及主要参数、常用集成芯片引脚排列图的特点和实际应用。书中所编写的实验项目都经过反复筛选和调试，具有一定的代表性和通用性，能够在各个学校的电工、电子实验设备上运行。

本书可作为高职高专院校电工基础实验、电子技术实验的实验教材，也可作为工程技术人员的参考用书。

## 图书在版编目（CIP）数据

电工基础与电子技术实验 / 马磊主编. —北京：中国电力出版社，2012.7

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育

ISBN 978-7-5123-3300-0

I. ①电… II. ①马… III. ①电工学—高等职业教育—教材 ②电子技术—实验—高等职业教育—教材 IV. ①TM1  
②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 162685 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2012 年 9 月第一版 2012 年 9 月北京第一次印刷  
787 毫米×1092 毫米 16 开本 7.75 印张 185 千字  
定价 14.00 元

## 敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 前 言

本书根据高职高专《电工基础实验》、《电子技术实验》教学大纲编写而成，全书共6章，第1章电工测量基础，第2章常用电工测量仪表，第3章电工基础实验，第4章模拟电路实验，第5章数字电路实验，第6章综合实训。本着“够用、会用”的编写思路，在常用电工测量仪器的介绍中把重点放在仪器的使用功能和操作步骤中。每一章实验内容的设置都包括基本实验和综合实验，每个实验都有明确的目标、内容及操作步骤。本书共编写了24个基本实验、9个综合实验和8个综合实训实验。学生完成实验内容后，可以掌握常用电工仪器、仪表的使用；学会实验电路的设计、测量和调试方法及运用理论知识解决实际问题的能力。本书附录介绍了EWB电路仿真软件的特点和应用，为学生实现“电工基础实验和电子技术实验”的计算机仿真提供了一个学习的平台。

本书第1章由上海电机学院郑庆利老师编写；第2章和第4章的基本实验由陈梅老师编写；第4章和第5章的综合实验由王巍老师编写；第3章、第5章的基本实验、第6章及附录由马磊老师编写，并由马磊老师负责统稿和定稿；上海电力学院的唐忠教授作为主审审阅了全书内容。陈国伟老师为实验设备的正常运行提供了支持，在此表示感谢。

限于作者水平，书中难免有疏漏之处，希望使用本书的老师和学生批评指正。

作 者

2012年8月

# 目 录

## 前言

第1章 电工测量基础	1
1.1 测量误差的产生及分类	1
1.2 测量误差的表示方法	1
1.3 仪表的准确度等级	2
1.4 数据处理	4
习题	5
第2章 常用电工测量仪表	6
2.1 电工仪表的分类及选用	6
2.2 万用表	7
2.3 交流毫伏表	9
2.4 信号发生器	9
2.5 双踪示波器	10
习题	12
第3章 电工基础实验	14
3.1 实验报告格式	14
3.2 基本实验	14
实验一 认识实验	14
实验二 直流电位、电压的测量	15
实验三 叠加原理验证	17
实验四 戴维南定理——有源二端网络等效参数的测定	19
实验五 示波器与信号发生器的使用	21
实验六 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 元件阻抗特性测定	24
实验七 用三表法测量电路的等效参数	26
实验八 日光灯电路及功率因数的提高	28
实验九 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 串联谐振电路的研究	29
实验十 三相负载的星形连接电路	32
实验十一 三相负载的三角形连接电路	33
实验十二 $RC$ 一阶电路的响应测试	34
3.3 综合实验	36
综合实验一 直流电路故障分析	36
综合实验二 直流等效电路的研究	37
综合实验三 电感线圈参数的综合测量	39

综合实验四 互感电路	40
综合实验五 三相电路有功功率的测定	41
<b>第 4 章 模拟电路实验</b>	<b>43</b>
4.1 基本实验	43
实验一 常用电子元器件的识别与测量	43
实验二 单相桥式整流、滤波电路	47
实验三 静态工作点稳定的电压放大电路	49
实验四 运算放大器的线性应用电路	53
实验五 负反馈放大电路	56
实验六 运算放大器的非线性应用电路	58
4.2 综合实验	62
综合实验一 运算放大器的综合应用	62
综合实验二 波形发生器	63
<b>第 5 章 数字电路实验</b>	<b>66</b>
5.1 基本实验	66
实验一 逻辑门电路特性测试	66
实验二 组合逻辑电路的分析和设计	67
实验三 译码器和数据选择器的应用	70
实验四 触发器逻辑功能测试	73
实验五 集成计数器的应用	76
实验六 555 时基电路的应用	80
5.2 综合实验	83
综合实验一 双向移位寄存器	83
综合实验二 序列信号发生器	86
<b>第 6 章 综合实训</b>	<b>88</b>
综合实训一 三角波发生器	88
综合实训二 集成稳压电源	89
综合实训三 双音报警电路	92
综合实训四 数控步进电动机	94
综合实训五 脉冲控制的移位寄存器	96
综合实训六 加法计数器启、停控制电路	98
综合实训七 可编程放大电路	99
综合实训八 数字定时电路	103
附录 A EWB 电路仿真软件	106
附录 B 常用电子元器件的型号及主要参数	112
附录 C 常用集成芯片引脚排列图	114
参考文献	118

## 第1章 电工测量基础

电工测量是以电路基本理论为依据，利用测量仪器、仪表，对各种电量进行测量的一门技术。本章主要介绍测量误差的产生、仪表的准确度等级、测量数据处理等基本知识。

### 1.1 测量误差的产生及分类

在任何测量中，由于各种主观和客观因数的影响（如仪表轴承间的摩擦、测量方法不当、测量条件发生变化以及测量者的疏忽等）都会使得测量结果与被测量的实际值之间存在一定的偏差。在电工测量中，把测量值与实际值（真值）之间的差值称为测量误差，根据测量误差的性质和特征，可分为仪表误差和方法误差两类。

#### 一、仪表误差

无论仪表的设计、制造和安装如何完善，仪表本身的误差总是存在的，根据误差的产生原因，仪表误差又可分为基本误差和附加误差。

基本误差：仪表在正常工作条件下，由于仪表本身的结构、材料和制造工艺等方面的缺陷而产生的误差称为基本误差。引起基本误差的因素很多，例如轴承间的摩擦、标尺刻度不准确等，基本误差是仪表本身所固有的。

附加误差：仪表在非正常条件下使用而产生的误差称为附加误差，例如温度和磁场的变化，仪表安装位置不正确等都会引起附加误差。

#### 二、方法误差

由于测量方法不合理或测试人员操作不当而造成的误差称为方法误差。例如：用普通万用表测量高内阻回路的电压、读数或记录错误等所产生的误差属于方法误差。

由于测量的目的是要求出被测量的实际值，为此必须减小或消除测量误差。常用的消除测量误差的方法有对仪表进行校正并在测量中引用修正值，减小基本误差对测量的影响；按照仪表所规定的标准条件使用，减小仪表的附加误差；增加测量次数，取其算术平均值作为被测量的值，从而减小测量方法不当而引起的误差；对测量者加强职业能力培训，并经常对仪器仪表进行维护与保养，也是减小测量误差的有效方法。

### 1.2 测量误差的表示方法

#### 一、绝对误差

测量值  $A_X$  与被测量的实际值  $A_0$  之间的差值称为绝对误差，用  $\Delta$  表示

$$\Delta = A_X - A_0$$

在计算时，可用标准表的指示值作为被测量的实际值。

**【例 1-1】** 用一只标准电压表来鉴定  $A$ 、 $B$  两只电压表时，读得标准表的指示值为 100V， $A$  电压表读数为 99.5V， $B$  电压表读数为 101V，求测量的绝对误差。

解 A 电压表的绝对误差

$$\Delta_A = A_X - A_0 = 99.5 - 100 = -0.5 \text{ (V)}$$

B 电压表的绝对误差

$$\Delta_B = A_X - A_0 = 101 - 100 = 1 \text{ (V)}$$

绝对误差有正、负之分，绝对误差为正，表示测量值比实际值偏大；绝对误差为负，表示测量值比实际值偏小。另外，A 电压表偏离实际值较小，说明 A 电压表的测量比 B 电压表准确。

## 二、相对误差

在测量不同大小的被测量物时，不能简单地用绝对误差来判断测量的准确程度。例如：A 电压表测 10V 电压时，绝对误差  $\Delta_A = 0.1\text{V}$ ；B 电压表测 100V 电压时，绝对误差  $\Delta_B = 0.1\text{V}$ ，尽管  $\Delta_A = \Delta_B$ ，但不能说二者的测量准确程度相等，因为 A 电压表的误差占被测量的 1%；而 B 电压表的误差只占被测量的 0.1%，可见 B 电压表的测量结果比 A 电压表准确。为了更合理地表示测量结果，工程上通常用相对误差来衡量测量结果的准确程度。相对误差  $\gamma$  是绝对误差与被测量的实际值之比，通常用百分数表示，即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% = \frac{A_X - A_0}{A_0} \times 100\%$$

**【例 1-2】** 用同一只电压表测量实际值为 100V 的电压时，指示值为 101V；测量实际值为 20V 的电压时，指示值为 19.2V，求两次测量的绝对误差与相对误差。

解 第一次测量时

$$\Delta_1 = A_{X1} - A_{01} = 101 - 100 = 1 \text{ (V)}$$

$$\gamma_1 = \frac{\Delta_1}{A_{01}} \times 100\% = \frac{1}{100} \times 100\% = 1\%$$

第二次测量时

$$\Delta_2 = A_{X2} - A_{02} = 19.2 - 20 = -0.8 \text{ (V)}$$

$$\gamma_2 = \frac{\Delta_2}{A_{02}} \times 100\% = \frac{-0.8}{20} \times 100\% = -4\%$$

可见，测 20V 电压时的绝对误差虽然较小，但它的相对误差却较大，即对测量结果的影响较大。相对误差越小，其测量的准确程度就越高。另外，绝对误差和被测量采用相同的单位，而相对误差是没有单位的。

## 1.3 仪表的准确度等级

仪表的准确度，是指仪表在正常工作条件下，仪表全量程范围内的最大绝对误差  $|\Delta_m|$  与该量程  $A_m$  之比的百分数，即

$$\text{准确度 } K = \frac{|\Delta_m|}{A_m} \times 100\%$$

仪表的准确度反映的是仪表的基本误差。根据国家标准规定，指示仪表的准确度分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 等 7 个等级，见表 1-1。



表 1-1 仪表的准确度等级

仪表的准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
仪表的基本误差	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.2\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.5\%$	$\pm 2.5\%$	$\pm 5.0\%$

由表 1-1 可见, 准确度等级的数值越小, 允许的基本误差越小, 表示仪表的准确度越高。0.1 级表的准确度最高, 5.0 级表准确度最低。一般 0.1、0.2 级仪表用作标准表, 用来校验较低等级的仪表; 0.5、1.0、1.5 级表作为实验室测量用表; 1.5、2.5、5.0 级表作为工程测量用表。

**【例 1-3】** 用 0.5 级、0~10V 的电压表和 0.2 级、0~10V 的电压表测量 8V 电压时, 则哪一块电压表的测量准确度高?

**解** 用 0.5 级、0~10V 的电压表测量, 可能出现的最大绝对误差为

$$\Delta_m = \pm K A_m = \pm 0.5\% \times 10 = \pm 0.05 \text{ (V)}$$

可能出现的最大相对误差为

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_0} \times 100\% = \frac{\pm 0.05}{8} \times 100\% = \pm 0.625\%$$

用 0.2 级、0~10V 的电压表测量, 可能出现的最大绝对误差为

$$\Delta_m = \pm K A_m = \pm 0.2\% \times 10 = \pm 0.02 \text{ (V)}$$

可能出现的最大相对误差为

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_0} \times 100\% = \frac{\pm 0.02}{8} \times 100\% = \pm 0.25\%$$

可见, 用 0.2 级、0~10V 的电压表测量准确度较高。

**【例 1-4】** 用 0.5 级、0~10V 的电压表和 0.2 级、0~100V 的电压表分别测量 8V 电压, 哪一块表的测量准确度高?

**解** 用 0.5 级、0~10V 的电压表测量, 可能出现的最大绝对误差为

$$\Delta_m = \pm K A_m = \pm 0.5\% \times 10 = \pm 0.05 \text{ (V)}$$

可能出现的最大相对误差为

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_0} \times 100\% = \frac{\pm 0.05}{8} \times 100\% = \pm 0.625\%$$

用 0.2 级、0~100V 的电压表测量, 可能出现的最大绝对误差为

$$\Delta_m = \pm K A_m = \pm 0.2\% \times 100 = \pm 0.2 \text{ (V)}$$

可能出现的最大相对误差为

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_0} \times 100\% = \frac{\pm 0.2}{8} \times 100\% = \pm 2.5\%$$

可见, 用 0.5 级、0~10V 的电压表测量的准确度较高。

通过上述例题可以看出, 测量结果的准确度既与仪表本身的准确度有关, 也与所选择的仪表量程有关, 虽然 0.5 级仪表的准确度低于 0.2 级仪表, 但测量结果的准确度却是 0.5 级仪表高于 0.2 级仪表。因而在测量时, 除了正确选择仪表的准确度等级外, 还要正确选择仪表的量程, 被测量的值越接近满量程, 测量的准确度越高, 通常被测量值为满量程的  $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$  以上较为合适。

## 1.4 数据 处 理

### 一、有效数字的概念

一般认为，测量数据位数取得越多，测量结果就会越准确。但有些时候，读取数据的位数过多，不仅不能提高测量数据的准确度，反而增加计算量；若读取数据的位数过少，又可能会增大测量误差。利用有效数字能很好地解决上述问题。

有效数字，是指从左边第一个非 0 数字开始，直至右边最后一个数字为止的所有数字。

注意：“0”这个数字，当它在数尾或其他非 0 数字中间时是有效数字，如 102、200、3.40 都是 3 位有效数；而当“0”在第一个非 0 数字之前时就不是有效数字了，如 0.000 123 前面 4 个“0”都不是有效数字，它只是 3 位有效数字。在测量中读取的测量数据，除末位数字欠准确外，其余各位数字都是准确的。例如：用一块 100V 的电压表（每小格为 1V）测量电压时，指针指在 45V 和 46V 之间，读取的数据为 45.6V，其中数字“45”是准确的，称为准确数字，最后一位“6”是估算出来的，称为欠准数字。测量数据最后一位数字一定是欠准数字，欠准数字为 0 时，也必须写出来。测量结果未标明测量误差时，一般认为其误差的绝对值不超过末位有效数字单位的 1/2。

### 二、有效数字的舍入原则

记录测量数据时，每一个测量数据都应保留一位欠准数字，即最后一位前的各位数字都必须是准确的。大数字和小数字都要用幂的乘积形式来表示。当有效位数确定后，必须对有效位数右边的数字进行处理。如果取  $N$  位有效数字，①当  $N+1$  位上的数字小于 5 时，则舍去，大于 5 时，则进位；②当  $N+1$  位上的数字等于 5 时，而第  $N+1$  位后面的数字不全为 0 时，则向第  $N$  位进 1；③当  $N+1$  位上的数字等于 5 时，其后无数字或全部为 0 时，当第  $N$  位数字为奇数时，则向第  $N$  位进 1，当第  $N$  位数字为偶数时（包括 0）时，则舍去 5 不进位。

**【例 1-5】** 将以下数据均保留小数点后一位有效数字。

12.34→12.3                      34.56→34.6  
0.75→0.8                        23.45→23.4  
12.254→12.3

### 三、有效数字的运算规则

#### 1. 加减法运算

以其中小数点后位数最少的数据为准，其余各数均保留比它多一位小数，计算结果与小数点后位数最少的数据位数相同。

**【例 1-6】** 计算下列数据：

(1)  $13.6+0.056+1.666$ ；(2)  $178.65-5.412$ 。

**解** (1) 计算  $13.6+0.056+1.666$  时，小数点后位数最少的是 13.6，结果为

$$13.6+0.06+1.67=15.33\approx 15.3$$

(2) 计算  $178.65-5.412$  时，小数点后位数最少的是 178.65，结果为

$$178.65-5.412=173.238\approx 173.24$$

#### 2. 乘除法运算

以各数中有效数字位数最少的为准，其余各数均比它多保留一位，而与小数点位置无关，

计算结果取与有效数字位数最少的那个数据相同。

**【例 1-7】** 计算下列数据:

(1)  $13.6 \times 0.056 \times 1.666$ ; (2)  $1.20 \div 0.006\ 189$

解 (1) 计算  $13.6 \times 0.056 \times 1.666$  时, 有效数字位数最少的是 0.056, 结果为

$$13.6 \times 0.056 \times 1.67 = 1.271\ 872 \approx 1.3$$

(2) 计算  $1.20 \div 0.006\ 189$  时, 有效数字位数最少的是 1.20, 结果为

$$1.20 \div 0.006\ 189 = 193.892\ 390 \approx 194$$

## 习 题

- 什么是仪表的基本误差和附加误差?
- 用准确度等级高的仪表测量时, 测量误差是否一定小? 为什么?
- 什么是绝对误差? 什么是相对误差?
- 用量程为 10A 的电流表测量一个实际值为 8A 的电流时, 指示值为 8.1A, 求测量的绝对误差和相对误差。若所求得的绝对误差就是最大绝对误差, 则该电流表的准确度应为哪一级?
- 用 0.5 级 300V 量程的电压表和 1.0 级 75V 量程的电压表分别测量 60V 的电压, 可能产生的最大绝对误差和相对误差是多少?
- 在测量 220V 电压时, 要求测量结果的相对误差不大于  $\pm 1.0\%$ , 则应该用 300V 量程的哪一级电压表?
- 写出下列数据中有效数字的位数, 并指出准确数字和欠准数字。  
12 345, 0.315, 0.000 056, 230 007, 8000, 7086, 0.158 00, 0.100 038
- 写出下列数据中保留两位小数后的结果。  
2.455 2, 11.643, 8.835 0, 56.750, 0.002 5, 567.825
- 用最小分度是 0.1V 的电压表测量时, 读数中小数点后应有几位? 用一块 0.5 级、量程为 100V 和一块 1.5 级、量程为 15V 的电压表, 分别测量 10V 电压时, 通过计算说明哪个仪表的测量误差小?
- 测量 220V 电压时, 要求测量结果的相对误差在  $\pm 1.5\%$  范围内, 则选用量程为 250V 电压表时, 其准确度要求为哪级? 若选用量程为 300V 和 500V 的电压表, 其准确度又为哪级?
- 用量程为 0~100V 的 1.0 级电压表, 分别测量 10V 和 80V 电压时, 可能产生的最大绝对误差和相对误差是多少?
- 计算下列数据:  
(1)  $12.567 + 3.51 + 156.078\ 91 + 41.129\ 87$ ; (2)  $321.123 \times 1.234\ 5 \times 0.002\ 002 \div 2.340$

## 第2章 常用电工测量仪表

### 2.1 电工仪表的分类及选用

#### 一、电工仪表的分类

电工仪表可用来测量各种电气参数，如电压、电流、功率和频率等。

按照被测量的性质不同，电工仪表可分为电压表、电流表、欧姆表、功率表、电能表和频率表等。











按照工作原理不同，电工仪表可分为磁电式仪表、电磁式仪表、电动式仪表和整流式仪表等。

按照所测电量种类不同，电工仪表可分为直流表、交流表和交直流两用表。

按照仪表的准确度等级，电工仪表可分为0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5级和5.0级仪表。

常用电工仪表的标识符号和含义见表2-1。

表2-1 常用电工仪表的标识符号和含义

分 类	符 号	名 称	分 类	符 号	名 称
电能表种类	—	直流表	作用原理		磁电式仪表
	~	交流表			电磁式仪表
		交直流表			电动式仪表
测量对象	Ⓐ	电流表		工作位置	
	Ⓥ	电压表			水平使用
	Ⓦ	功率表			垂直使用
		电能表			
准确度	0.5	0.5 级	绝缘试验		试验电压 2kV
	0.5				

常用电工指示仪表，从结构上分析一般包含测量电路和测量机构两部分，其结构框图如图2-1所示。

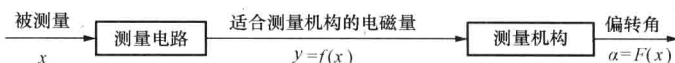


图2-1 电工指示仪表结构框图

测量电路的作用是将被测量  $x$  转换成适合测量机构直接测量的电磁量  $y$ ，测量机构的作用是将电磁量  $y$  转换成仪表指针的偏转角度  $\alpha$ ，这样测量仪表偏转角度的大小就与被测电量直接对应。

## 二、电工仪表的选用

测量直流电流、电压和电阻时，可选用磁电式仪表。磁电式仪表的主要优点：准确度高，可达 0.1~0.5 级，灵敏度高，受外磁场及温度影响小，功率损耗小，标尺刻度均匀，读数方便。缺点：过载能力差，不能测量交流量和价格较高。

电磁式仪表是交直流两用仪表，主要优点：过载能力强，可以交直流两用，价格低。缺点：准确率低，一般为 1.0~2.5 级，灵敏度低，受外磁场影响较大，刻度不均匀，高频特性差。

电动式仪表也是交直流两用仪表，主要优点：准确度高，可达 0.5~1.0 级，灵敏度高，可以交直流两用，频率特性好。除用作电压表、电流表外，还可作为功率表、频率表、相位表使用。缺点：易受外磁场影响，功率损耗大、过载能力差，刻度不均匀，价格较高。

## 2.2 万 用 表

万用表是一种多用途、多量程测量仪表，也是电工测量和维修必备的常用仪表，根据测量结果显示方式的不同，可分为机械（指针）式万用表和数字式万用表两大类。

### 一、指针式万用表

指针式万用表面板如图 2-2 所示。

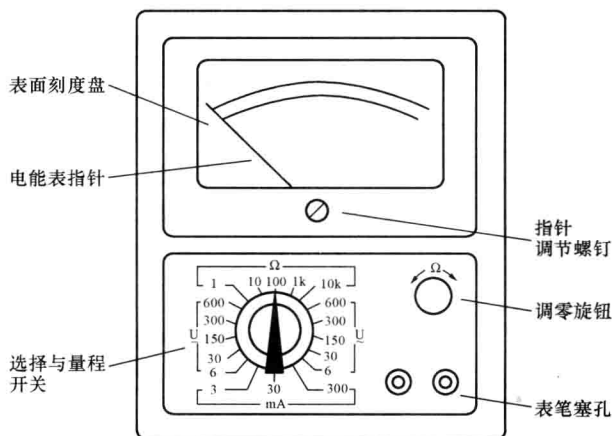


图 2-2 指针式万用表面板示意图

指针式万用表主要由表头、转换装置和测量电路三部分组成。表头一般采用灵敏度较高的磁电式结构，准确度一般在 0.5 级以上。转换装置是用来选择测量项目和量程的。测量电路是万用表的核心部分，万用表就是利用不同形式的测量电路完成对交流电压、直流电压、直流电流、电阻等不同电量的测量。

使用方法和步骤如下。

首先根据被测电量的类型（电压和电流等），将转换开关置于相应的位置（转换开关位置

必须与被测电量相一致)。为减小测量误差,所选量程最好使指针偏转在满量程 1/2 以上位置。由于万用表的表面上有多条标度尺,读数时应根据被测电量找到对应的标度尺,并结合选用量程的大小,读出正确的测量数值。

(1) 测量直流电压、直流电流时,读 DC 或“-”标度尺。测量时红表笔接电路中电压的正极,黑表笔接电路中电压的负极。如果接错,会导致表头指针反向偏转,严重时损坏表头。测量电压时,转换开关置于直流电压挡,测试表笔与被测电路相并联;测量电流时,转换开关置于直流电流挡,测试表笔与被测电路相串联。

(2) 测量交流电压时,读 AC 或“~”标度尺。转换开关置于交流电压挡,且读数为工频 50Hz 正弦交流电压的有效值。

(3) 测量电阻时,转换开关置于电阻挡,读有  $\Omega$  标记的标度尺。指针式万用表的电阻挡有以下两个特点:①反向标尺,即  $\infty\Omega$  在最左面,  $0\Omega$  在最右面;②红表笔接表内电池的负极,黑表笔接表内电池的正极。测量电阻时,每更换一次量程,必须先调零(两表笔短接,调整调零旋钮使指针指在零位),然后再测试。

万用表使用完毕,转换开关应置于交流电压最大量程挡,防止他人错误使用而损坏万用表。

## 二、数字式万用表

数字万用表具有读数直观、准确、误差小、分辨率高等优点而被广泛应用,数字万用表的面板如图 2-3 所示。

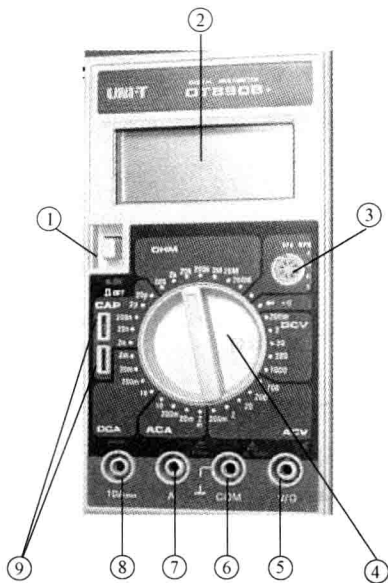


图 2-3 数字式万用表面板示意图

- ①—电源开关;②—显示屏;③— $h_{FE}$  测试插口;  
④—功能及量程转换开关;⑤—电压与电阻  
测试插口 V/ $\Omega$ ;⑥—公共插口 COM;  
⑦—电流测试插口 A;⑧—10A 电流测试插口;  
⑨—电容测试插口

使用方法和步骤:

(1) 测量直流(DC)电压和交流(AC)电压时,将红色测试表笔插入 V/ $\Omega$ 插口中,黑色测试表笔插入 COM 中。功能及量程转换开关置于 DCV(直流电压)或 ACV(交流电压)相应的位置上,并将测试表笔与被测电路相并联,如果被测电压超过所设定的量程,显示屏会出现最高位“1”,此时应将量程调高一挡,直至得到合适的读数。

(2) 测量直流(DC)电流和交流(AC)电流时,将红色测试表笔插入 A 插口(最大电流 200mA)或 A 插口(最大电流 200mA)或 10A 插口(最大 20A),黑色测试表笔插入 COM 中。量程功能选择开关置于 DCA(直流电流)或 ACA(交流电流)相应位置上,并将测试表笔串入被测电路中。

(3) 测量电阻时,将红色测试表笔插入 V/ $\Omega$ 插口中,黑色测试表笔插入 COM 中,功能及量程选择开关置于 OHM( $\Omega$ )相应的位置上,即可测得电阻值。

(4) 测量电容时,将被测电容插入电容插座中,量程功能选择开关置于 CAP(电容)相应量程上,即可测出电容值。测量较大电容时,可能需要一定时间才能读取稳定读数。

(5) 测量三极管时, 将功能及量程开关置于  $h_{FE}$  位置, 把被测三极管 NPN 型 (或 PNP 型) 的发射极、基极和集电极插入相应的 E、B、C 插座中, 即得  $h_{FE}$  参数。

(6) 测量二极管时, 将功能及量程开关置于  $\rightarrow|$  位置上, 红色测试表笔 (+) 接二极管的阳极, 黑色测试表笔 (-) 接二极管的阴极, 即能测出二极管的正向导通压降。

## 2.3 交流毫伏表

交流毫伏表是一种用来测量正弦电压有效值的电子仪表, 具有测量频率范围广, 灵敏度高优点, CA2171 型单通道交流毫伏表频率范围在 20Hz~1MHz, 电压范围在 1mV~300V。

### 一、使用方法

(1) 通电后, 若测量电压未知, 应将量程开关置于最高挡, 然后逐级减小量程。

(2) 测量时将红表笔接被测端, 黑表笔接公共接地端。

(3) 交流毫伏表表盘上有 0~1 和 0~3 两种刻度, 量程旋钮分为逢 1 量程 (1mV、10mV、0.1V、…) 和逢 3 量程 (3mV、30mV、0.3V、…), 量程选定后, 凡逢 1 的量程直接在 0~1 刻度线上读取数据, 凡逢 3 的量程直接在 0~3 刻度线上读取数据。

### 二、面板说明

交流毫伏表面板如图 2-4 所示。

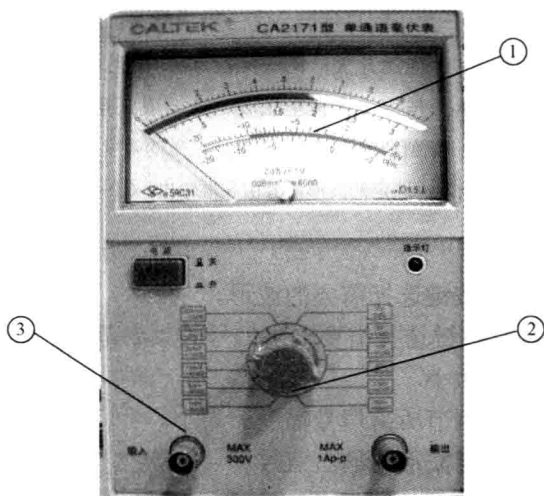


图 2-4 交流毫伏表面板示意图

①—表盘: 测量读数时, 应读取相应量程挡所对应的刻度值;

②—量程选择开关: 量程分成若干挡以方便测量;

③—输入端口: 被测信号从该端口输入仪表

## 2.4 信号发生器

信号发生器可以产生多种频率和幅值可调的波形信号, 按信号波形分类, 有正弦波信号

发生器、方波信号发生器、三角波信号发生器等。EEL-II型电工教学实验台配置的信号发生器如图 2-5 所示,它能提供频率范围为 10Hz~100kHz,幅值可在 0~15V 连续可调的正弦波、方波及三角波信号,并由数字显示屏显示信号的频率,所需信号可通过“波形选择”开关进行转换。

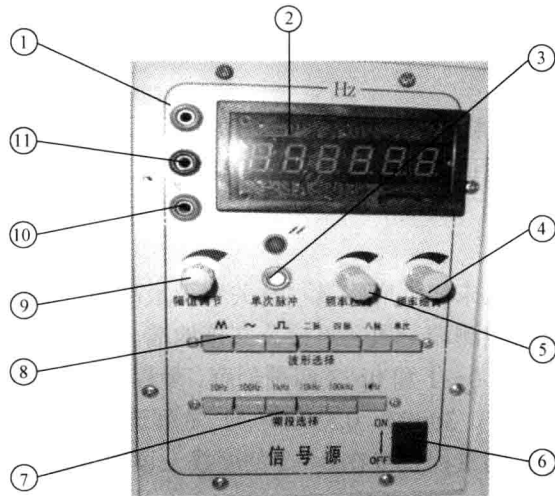


图 2-5 函数信号发生器面板示意图

- ①—输入端; ②—数码管显示屏; ③—单次脉冲; ④—频率细调;
- ⑤—频率粗调; ⑥—电源开关; ⑦—频段选择按键: 实现频段转换;
- ⑧—波形选择按键: 选择正弦波、方波或三角波信号;
- ⑨—幅值调节旋钮: 调节输出电压的幅度;
- ⑩—输出端: 选定的波形信号由此端输出; ⑪—接地端

使用方法如下。

- (1) 按下相应的波形选择按键选择需要的波形。
  - (2) 按下相应的频段选择按键选择需要输出信号的频率范围,并结合“频率粗调”和“频率细调”旋钮调节所需频率的大小。
  - (3) 用“幅值调节旋钮”调节所需信号幅度的大小。
- 通过以上调节,可得到需要波形的输出信号。

## 2.5 双踪示波器

示波器是一种能直接观察和真实显示被测信号波形的电子测量仪器。它不仅能定性观察电路的动态过程,例如显示电压、电流随时间的变化规律等,还可以定量测量多种电路参数,如幅值、周期等,所以它是电工、电子实验中必不可少的重要测量仪器。

### 一、面板说明

双踪示波器面板如图 2-6 所示。



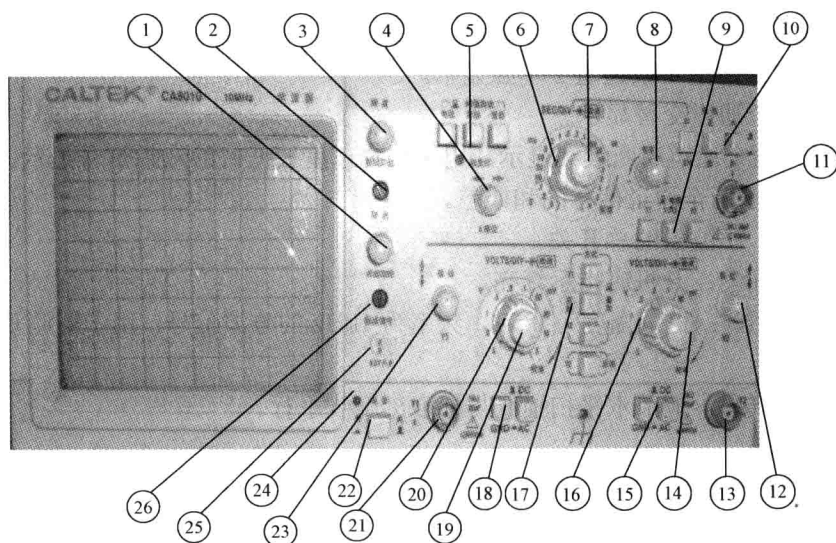


图 2-6 双踪示波器面板示意图

- (1) 聚焦旋钮①：轨迹清晰度调节。
- (2) 辅助聚焦旋钮②：辅助调节轨迹清晰度。
- (3) 辉度旋钮③：轨迹亮度调节。
- (4) 水平移位旋钮④：调节轨迹在屏幕中的水平位置。
- (5) 扫描方式开关⑤：有以下三种扫描方式。
  - 1) 自动：有、无被测信号均扫描，是最常用的工作方式。
  - 2) 常态：无触发信号时，处于准备状态，无扫描线。
  - 3) 单次：按下时扫描一次，指示灯亮。
- (6) 扫描速率旋钮⑥：调节  $X$  轴扫描速度。
- (7) 微调、扩展旋钮⑦：微调扫描速度，旋钮拔出时，扫描速度扩大 5 倍。
- (8) 电平旋钮⑧：调节被测信号在某一电平触发扫描。
- (9) 触发源开关⑨：选择触发信号，置于 Y1 或 Y2 时为内出发；置于 EXT 时为外出发。
- (10) 触发极性开关⑩：选择信号上升沿或下降沿触发扫描。
- (11) 外触发输入开关⑪：外触发信号的输入端。
- (12) 垂直移位旋钮⑫、⑲：调整轨迹在屏幕中的垂直位置。
- (13) Y1、Y2 端口⑬、⑳：被测信号输入端。
- (14) 垂直微调旋钮⑭、⑱：微调  $Y$  轴波形幅度。
- (15) 耦合方式开关⑮、⑯：用于选择被测信号与垂直放大器之间的连接方式，有 AC—GND—DC 三种方式。
  - 1) 直流 (DC) 耦合：用于观察包含直流成分在内的被测信号，当被测信号频率很低时，也必须采用该方式。
  - 2) 交流 (AC) 耦合：去掉被测信号的直流成分，仅观察信号的交流成分。
  - 3) 接地 (GND)：输入信号被断开，用于确定输入为零时光迹所在的位置。
- (16) 垂直衰减旋钮⑰、㉑：调节  $Y$  轴波形的幅度。