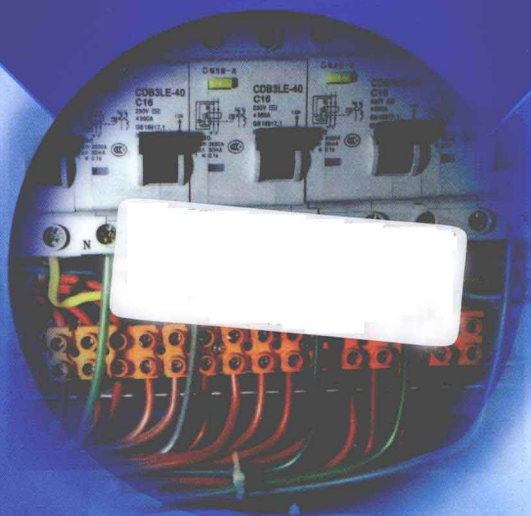


高职高专“十二五”规划教材

DIANGONG DIANZI JISHU JICHU
SHIXUN ZHIDAO

电工电子技术基础 实训指导

赵翱东 赵勇 主编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

电工电子技术基础实训指导

赵翱东 赵 勇 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书针对高职高专基础实践教学特点,介绍了电工与电子技术的基础实践训练项目,共分四个模块,模块1为测量与仪表,介绍测量基本知识和常用电工电子测量仪表的使用与测量方法;模块2为电工基础训练,包含了11个电工基础实验训练项目;模块3为模拟电子技术基础训练,包含了12个模拟电子技术实验训练项目;模块4为数字电子技术基础训练,包含了10个数字电子技术实验训练项目。

本书主要特点:重视理论基础,培养扎实的实践动手能力;兼顾电类与非电类学习要求;选取典型训练方案和通用训练设备,具备较好的普适性;教材组织形式灵活,各模块与项目可按实际教学独立开课。

本书可作为高职高专、中职中专院校各专业电工电子技术课程的实验训练教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础实训指导/赵翱东,赵勇主编.
北京:化学工业出版社,2013.7

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-17696-7

I. ①电… II. ①赵…②赵… III. ①电工技术-
高等职业教育-教材②电子技术-高等职业教育-教材
IV. ①TM②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第137462号

责任编辑:王听讲
责任校对:蒋 宇

文字编辑:吴开亮
装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张10 $\frac{3}{4}$ 字数262千字 2013年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:20.00元

版权所有 违者必究

前 言

电工与电子技术是高职高专电类和机电类专业的专业基础课程，也是其他工科专业的重要技术基础课程。职业教育以能力培养为本，高等职业教育则以培养技能应用型人才为目的。本书根据高等职业教育的培养目标和能力要求，以实用、够用为度，在保证必要的基本技能训练的基础上，以项目引领的形式对基础理论知识予以验证，以不同层次要求促进学生的求知欲和探索欲，提高学生通过实践解决问题的能力。

本书共分四个模块，模块 1 为测量与仪表，介绍测量基本知识和常用电工电子测量仪表的使用与测量方法；模块 2 为电工基础训练，包含了 11 个电工基础实验训练项目；模块 3 为模拟电子技术基础训练，包含了 12 个模拟电子技术实验训练项目；模块 4 为数字电子技术基础训练，包含了 10 个数字电子技术实验训练项目。

本书具有以下特点：重视理论基础，培养扎实的实践动手能力；兼顾电类与非电类学习要求，训练内容具备实用性，非电类学生可选择基础验证性训练，学有余力的学生可进行拓展训练；训练项目选用典型方案，训练设备选取通用型，具备较好的普适性；教材内容覆盖电工与电子技术基本知识点与能力点，组织形式灵活，各模块与项目可按实际教学独立开课，也可配合电工技术和电子技术的课程教学开设验证性实践。

本书可作为高职高专、中职中专院校计算机应用技术、机电一体化、机械及自动化、数控维修与管理、制冷技术、汽车维修等相关专业电工电子技术课程的实验教材，也可以作为成人教育和相关工程技术人员的实用参考书。

本书由无锡职业技术学院赵翱东、赵勇担任主编，华旭奋、陆荣参编，全书由赵翱东、赵勇统稿。本书由无锡职业技术学院戴新敏副教授主审，他为本书提出了许多宝贵意见和修改建议，在此表示衷心感谢。

本书在编写过程中得到了浙江天煌科技实业有限公司、合肥元隆电子科技有限公司的大力协助，江苏大学无锡机电学院胡俊平副教授、镇江高等专科学校郑玮玮老师也在本书编写过程中提出了许多宝贵意见，在此一并表示衷心感谢。

鉴于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请批评指正。

编者

目 录

模块 1 测量与仪表	1
项目 1 测量的基本知识	1
项目 2 万用表的使用	8
项目 3 函数信号发生器与交流毫伏表的使用	13
项目 4 稳压电源与示波器的使用	17
模块 2 电工基础训练	28
项目 1 认识训练	28
项目 2 电路元件伏安特性的测绘	31
项目 3 基尔霍夫定律的验证	35
项目 4 叠加原理的验证	37
项目 5 戴维南定理和诺顿定理的验证	39
项目 6 R 、 L 、 C 元件阻抗特性的测定	43
项目 7 用三表法测量电感参数	44
项目 8 日光灯电路及功率因数的提高	47
项目 9 R 、 L 、 C 串联谐振电路的研究	50
项目 10 三相交流电路电压、电流的测量	53
项目 11 三相电路功率的测量	56
模块 3 模拟电子技术基础训练	60
项目 1 阻容元件识别与检测	60
项目 2 二、三极管识别与检测	72
项目 3 晶体管共射极单管放大器	78
项目 4 射极跟随器	86
项目 5 差动放大器	89
项目 6 集成运算放大器指标测试	93
项目 7 集成运算放大器的基本应用 (I) ——模拟运算电路	98
项目 8 集成运算放大器的基本应用 (II) ——电压比较器	103
项目 9 集成运算放大器的基本应用 (III) ——波形发生器	106
项目 10 RC 正弦波振荡器	111
项目 11 直流稳压电源	114
项目 12 集成稳压器	119
模块 4 数字电子技术基础训练	124
项目 1 TTL 集成逻辑门的逻辑功能测试	124
项目 2 门电路功能及转换	126
项目 3 组合逻辑电路	128
项目 4 译码器及其应用	131

项目 5	触发器及其应用	136
项目 6	计数器及其应用	142
项目 7	移位寄存器及其应用	146
项目 8	用门电路产生脉冲信号——自激多谐振荡器	150
项目 9	单稳态触发器——脉冲延时电路	153
项目 10	555 时基电路及其应用	157
参考文献		164

模块 1 测量与仪表

项目 1 测量的基本知识

【训练目标】

- ① 合理地利用仪器仪表对电路进行各种测量。
- ② 掌握测量的基本知识，获取正确的测量结果，达到预期训练目的。

【原理说明】

1) 测量方法

按获得测量结果的方式可以把测量分为以下几类。

(1) 直接测量

直接测量是指把被测量与度量器直接进行比较，或者采用事先刻好刻度数的仪器进行比较，从而在测量过程中直接得出被测量的数值，例如用电流表测量电流、用电桥测量电阻等。

在电量参数中，大部分都是可以直接测量的。在直接测量某参数时，根据仪表工作原理，又可将测量方法分成以下两类。

① 直读法。由仪表指针或数字显示直接读出被测量大小和单位的测量方法。这种仪表称为直读式指示仪表，如各种电流表、电压表、万用表等。直读法测量简便、迅速，但测量准确度较差。

② 比较法。将被测量与已知的标准值在仪表内部进行比较，从而得出被测结果的测量方法。这种仪表称为比较式仪表，如电桥、电位差计等。比较法测量准确度高，但速度慢，操作比较麻烦。

(2) 间接测量

间接测量是指通过对与被测量有函数关系的其他量的测量，得到被测量值的测量方法，例如用伏安法测电阻等。

(3) 组合测量

组合测量是指在直接测量与被测量具有一定函数关系的某些量的基础上，通过列出各函数关系式并求解来确定被测量的大小。例如要测量电阻的温度系数 α 和 β ，可以分别测出温度为 20°C 、 t_1 和 t_2 时的电阻值 R_{20} 、 R_{t1} 和 R_{t2} ，列出下面的方程组，即

$$R_{t1} = R_{20} [1 + \alpha(t_1 - 20) + \beta(t_1 - 20)^2]$$

$$R_{t2} = R_{20} [1 + \alpha(t_2 - 20) + \beta(t_2 - 20)^2]$$

求解联立方程，从而求得 α 和 β 的值。

电工测量的方法很多，同一个参数往往既能用直接测量也能用间接测量，既可以采用直读法也可以采用比较法，应根据具体的情况和要求选择相应的测量方法。

2) 测量误差、准确度和灵敏度

被测量的实际值称为真实值（真值），对被测量进行测量时，其测量结果称为测量值。真实值与测量值之间的差值称为误差，误差的大小反映了测量的准确程度。

(1) 测量误差的表示方法

误差的表示方法有绝对误差、相对误差和引用误差三种。

① 绝对误差。被测量的测量值 A_x 与真实值 A 之差称为绝对误差 Δ 。由于真实值多数情况下是未知的，所以，通常以标准表的测量值作为真实值，称为实际值。因此，绝对误差可表示为

$$\Delta = A_x - A \quad (1.1.1)$$

绝对误差是有单位的量，其值可正可负。绝对误差比较直观，但一般不能用来表示测量的准确程度。在工程测量中，凡需评价测量结果的准确度时，均用相对误差。

【例 1.1.1】 用一只标准电压表来校验甲、乙两只电压表，当标准表的指示值为 130V 时，甲、乙两表的读数分别为 130.3V 和 129V，求甲、乙两表的绝对误差。

解 代入绝对误差的定义式。

$$\text{甲表的绝对误差} \quad \Delta_1 = A_{x1} - A_0 = 130.3 - 130 = 0.3 \text{ V}$$

$$\text{乙表的绝对误差} \quad \Delta_2 = A_{x2} - A_0 = 129 - 130 = -1 \text{ V}$$

② 相对误差。绝对误差与实际值比值的百分数称为相对误差 γ ，即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A} \times 100\% \quad (1.1.2)$$

相对误差只有正负、大小而无单位。实际测量中，常用测量值 A_x 代替实际值 A ，即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_x} \times 100\% \quad (1.1.3)$$

相对误差能表示某次测量结果的准确程度，但不能表示仪表本身的准确性能。仪表本身的准确性能应由引用误差表示。

【例 1.1.2】 已知甲表测量 200V 电压时 $\Delta_1 = +2\text{V}$ ，乙表测量 10V 电压时 $\Delta_2 = +1\text{V}$ ，试比较两表的相对误差。

$$\text{解 甲表相对误差为 } \gamma_1 = \frac{\Delta_1}{A_{01}} \times 100\% = \frac{+2}{200} \times 100\% = +1\%$$

$$\text{乙表相对误差为 } \gamma_2 = \frac{\Delta_2}{A_{02}} \times 100\% = \frac{+1}{10} \times 100\% = +10\%$$

③ 引用误差。绝对误差 Δ 与仪表量程 A_m 比值的百分数称为引用误差 γ_n ，即

$$\gamma_n = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% \quad (1.1.4)$$

测量时，仪表各刻度处的绝对误差是不相等的。把最大绝对误差 Δ_m 与仪表量程 A_m 的比值称为仪表的最大引用误差 γ_{nm} ，即

$$\gamma_{nm} = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% \quad (1.1.5)$$

一块合格的电工仪表，在规定的正常工作条件下，最大引用误差应小于其允许值。

(2) 仪表的准确度

仪表的准确度是衡量仪表质量的重要指标，准确度高，则测量误差小，仪表质量高。准确度的高低用准确度等级表示。指示仪表的准确度等级按国家标准规定分为七级，见表 1.1.1。

表 1.1.1 指示仪表的准确度等级

仪表准确度等级	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

注：0.1、0.2 级为标准表；0.5~1.5 级为实验用表；2.5、5.0 级是一般工程用表。

显然，仪表的准确度等级与基本误差是直接对应的。根据国家标准规定，基本误差由引用误差表示，这样，仪表准确度等级 K 与仪表最大引用误差应有如下关系

$$K\% \geq \left| \frac{\Delta_m}{A_m} \right| \times 100\% \quad (1.1.6)$$

【例 1.1.3】 用准确度等级为 5.0 级、量程为 500V 的电压表分别测量 50V 和 500V 的电压，求其相对误差各为多少？

解 先求出该表的最大绝对误差为

$$\Delta_m = \frac{\pm K \times A_m}{100} = \frac{\pm 5.0 \times 500}{100} = \pm 25V$$

测量 50V 电压时产生的相对误差为

$$\gamma_1 = \frac{\Delta_m}{A_{01}} \times 100\% = \frac{\pm 25}{50} \times 100\% = \pm 50\%$$

测量 500V 电压时产生的相对误差为

$$\gamma_2 = \frac{\Delta_m}{A_{02}} \times 100\% = \frac{\pm 25}{500} \times 100\% = \pm 5\%$$

由例 1.1.3 的计算结果不难看出，测量时不仅要选择准确度合适的仪表，而且要合理选择仪表量程。其选择的依据是：应使被测量 A_x 落在仪表量程 A_m 的 $\frac{2}{3} \sim 1$ 倍的范围内。在 A_x 无法确定时，可以先选用大的量程，然后再渐次减小。

(3) 仪表的灵敏度

电工仪表指针偏转角的变化量 $\Delta\beta$ 与被测量的变化量 ΔA_x 之比称为灵敏度 S ，即

$$S = \frac{\Delta\beta}{\Delta A_x} \quad (1.1.7)$$

在均匀刻度的仪表中，灵敏度是一个常数；在非均匀刻度的仪表中，灵敏度随工作点的不同而不同。从灵敏度表达式可以看出，仪表灵敏度与被测量的性质有关，例如将 1mA 的电流通入某毫安表时，若该表指针偏转 2 小格，则该毫安表对电流的灵敏度就是 2 格/mA。

灵敏度的倒数称为仪表常数 ($C = \frac{1}{S}$)。仪表常数表示仪表指针产生单位偏转所需的输入量。灵敏度反映了仪表所能测量的最小被测量，不同形式的仪表，灵敏度相差很大。在选用测量仪表时，应选用灵敏度合适的仪表。

3) 减少测量误差的方法

根据误差产生的原因，测量误差可分为三类。

(1) 系统误差

系统误差是指测量过程中保持不变或遵循一定规律变化的误差，它包括测量仪表本身的误差和测量方法上的误差。测量仪表本身的误差指受制造工艺的限制而造成的仪表基本误差和仪表工作条件不符合规定而引起的附加误差。测量方法上的误差指测量方法不完善，使用了近似公式或未能足够估计接触电阻、仪表内阻等因素而造成的误差等。

系统误差的消除方法如下。

① 测量前对仪表进行必要的校正。

② 选择合理的测量方法，配置适当的测量仪表及附加装置，改善仪表的安装质量和配线方法，采取必要的屏蔽措施，以消除外界电、磁场的影响等。

③ 采用特殊的测量方法以减小系统误差。常用方法有：替代法、正负误差补偿法和引入校正值法。替代法是在保持仪表读数不变的情况下，用等值的标准已知量替代被测量。例如，用电桥测电阻时，在调平衡后，用标准电阻替代被测电阻，从而消除由电桥本身和外界因素影响造成的系统误差。正负误差补偿法是对同一被测量进行两次不同的测量，得到正负不同的误差后求平均值。引入校正值法是在系统误差已知的情况下，在测量结果中引入校正值，以消除系统误差。

④ 合理选择仪表量程。测量时要合理地选择仪表量程，尽可能使仪表读数接近满量程位置。一般情况下，指示仪表的指针在 $2/3$ 满刻度以上时才有比较准确的测量结果。

(2) 随机误差

随机误差也称偶然误差，是一种大小和符号都不确定，且无一定变化规律的误差。随机误差产生的原因主要是由周围环境的各种随机变化引起的。

随机误差必须采用重复测量的方法，通过计算各次测量结果的算术平均值才能消除。测量次数越多，测量结果的算术平均值就越趋近于实际值。在工程测量中，由于随机误差较小，通常可以忽略不计。

(3) 过失误差

过失误差是明显地歪曲了测量结果的误差。它产生的原因主要是测量条件的突然改变或测量人员的操作不正确。

过失误差明显歪曲测量结果，一般是由于操作者粗心所造成的，因此需要不断提高工作人员的素质和工作责任心，才能避免这种误差的产生。另外，通过重复测量、更换操作人员或利用数理统计分析测量结果，也能判断出过失误差。

4) 测量数据的处理

测量数据处理就是对实验中得到实验数据（测量值或波形）进行记录、整理、分析和计算，从中得到实验的结论。测量数据处理是实验过程中非常重要的环节，直接影响到实验结论是否正确。

(1) 有效数字及其表示方法

在测量中，对实验数据进行记录时，并不是小数点后位数越多越精确，由于误差的存在，所以测量值总是近似的。测量数据通常由“可靠数字”和“欠准数字”两部分组成，两者合起来称有效数字。

例如，用一块量程 50V 的电压表（其最小刻度为每小格 1V）测量电压时，指针指在 34V 和 35V 之间，则可读数为 34.4V，其中数字“34”是准确可靠的，而最后一位“4”是估计出来的不可靠数字，因此，该测量值应记为“34.4V”，其有效数字是 3 位，如图 1.1.1 所示。

有效数字位数越多，测量准确度越高。在实验数据的记录中，一定要合理选择有效数字的位数，使所取得的有效数字的位数与实际测量的准确度一致。

① 有效数字的表示形式。用有效数字记录测量数据时，应遵守以下表示形式。

a. 记录测量数据时，只允许保留一位欠准数字。

b. 在第一个非零数字前的“0”不是有效数字。

- c. 大数值与小数值要用幂的乘积形式来表示。
- d. 当有效数字位数确定以后，多余的位数应一律按四舍五入的规则舍去，称为有效数字的修约。
- e. 表示常数的数字可认为它的有效数字位数无限制，可按需要取任意位。如常数 π 、 e 、 $\sqrt{2}$ 等的有效数字的位数在计算中可视需要确定。

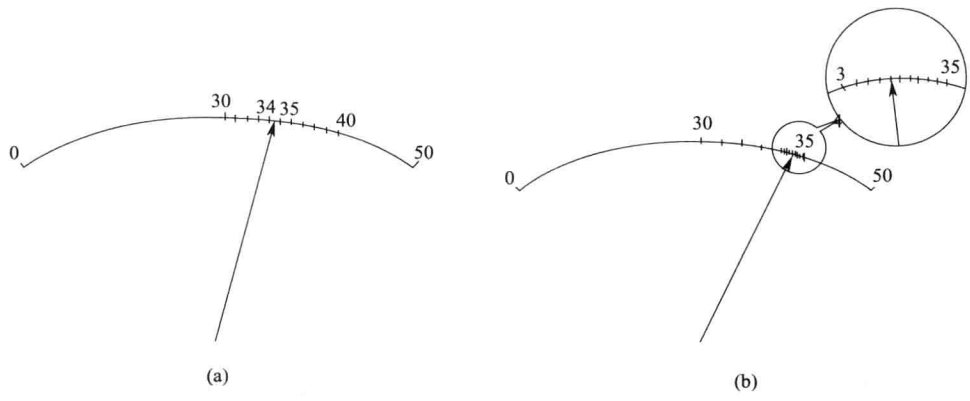


图 1.1.1 有效数字的读取

② 有效数字的运算规则。当测量结果需要进行中间运算时，有效数字的取舍，原则上取决于参与运算的各数中精度最差的那一个数的有效数字位数。一般应遵循以下规则。

- a. 加、减运算：在进行加、减运算时，参加运算的各数所保留的位数一般应与各数小数点后位数最少的数相同。
- b. 乘除运算：在进行乘除运算时，各因子及计算结果所保留的位数以百分误差最大或有效数字位数最少的项为准，不考虑小数点的位置。
- c. 乘方及开方运算：运算结果比原数多保留一位有效数字。
- d. 对数运算：取对数前后的有效数字位数应相等。

(2) 测量数据的读取与记录

① 数字式仪表的读数与记录。一般情况下，从数字式仪表上可直接读出被测量的量值，读出值即可作为测量结果予以记录而无需再经过换算。需注意的是，在使用数字式仪表时，若测量过程中量程选择不当则会丢失有效数字，降低测量精度。例如，用数字电压表测量 2.352V 的电压，在不同的量程时显示值如表 1.1.2 所示。

表 1.1.2 数字式仪表的有效数字

量程/V	3	30	100
显示值/V	2.352	02.35	002.3
有效数字位数	4	3	2

实际测量时，一般是使被测量值小于但接近于所选择的量程，而不可选择过大的量程。

② 指针式仪表的读数与记录。指针式仪表直接读取的指示值一般不是被测量的测量值，而要经过换算才可得到所需的测量结果，即

测量值 = 读数(格) × 仪表常数(C)

应注意的是,测量值的有效数字的位数应与读数的有效数字的位数一致。

a. 读数即指针式仪表的指针所指出的标尺值并用格数表示,测量时应先首先记录仪表的读数。如图 1.1.2 所示为某电压表的均匀标度尺有效数字读数示意图,图中指针的两次读数为 18.8 格和 115.9 格,它们的有效数字位数分别为 3 位和 4 位。

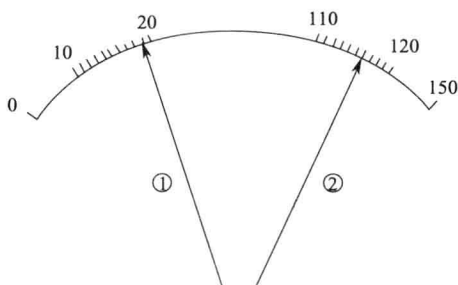


图 1.1.2 指示仪表有效数字读数示意图

①—第一次读数;②—第二次读数

b. 仪表常数即仪表灵敏度的倒数 ($C = \frac{1}{S}$),表示仪表指针产生单位偏转所需的输入量。

对于同一仪表,选择的量程不同则仪表常数也不同。

③ 波形的记录。在实验过程中,常用示波器观察电子线路中电信号的输入、输出波形。在记录波形时要注意以下几点。

- 在坐标系上标示出合适的横坐标、纵坐标的单位及坐标原点。
- 在波形图上标示出能够显示图形变化趋势的关键点及相应的坐标。
- 描绘示波器测试波形时,在波形图上应该正确反映测试波形之间的相位关系。
- 描绘示波器测试波形时,要注意正确反映波形与基线的相对位置。

(3) 测量数据的处理

常用的测量数据处理法为列表法和图示法。

① 列表法。列表法指测量时将测量结果填写在一个经过设计有一定对应关系的表格中,以便能清楚地从表格中得出各数据之间的简单关系。例如表 1.1.3 所示的是某电路输出端电压值与负载的对应关系,从表中可见输出端电压值随负载阻值的增大而增大,根据这几组数据就能绘制一条输出端电压关于负载变化的曲线。

表 1.1.3 某电路输出端电压值与负载对应关系

R_L/Ω	0	100	200	300	500	1000	∞
U_L/V	0.01	2.00	4.00	5.00	6.00	7.00	11.00

表格中测试点的设计是列表法的关键,选择的测试点必须能够准确地反映测试量之间的关系,尤其不要遗漏一些关键测试点(如表 1.1.3 中 R_L 为 0 和 ∞ 的两点),这样才能比较精确地画出测试曲线。如果测试点描绘的曲线有转折区域,则在曲线的拐点处附近要多选择几组测试点。

② 图示法。图示法是指用曲线表示测量数据的方法。在分析两个(或多个)物理量之间的关系时,用曲线表示它们之间的关系,往往比用数字、公式表示更形象和直观。

在实际测量过程中,由于测量数据的离散性,如将测量点直接连接起来,所得曲线将呈

折线状,如图 1.1.3 所示。但这样的曲线往往是错误的,应视情况进行曲线的修匀,即做出拟合曲线,使其成为一条光滑均匀的曲线,如图 1.1.4 所示。若测量数据点分散程度大时,则应将相应的点取平均值后再绘制曲线,如图 1.1.5 所示。

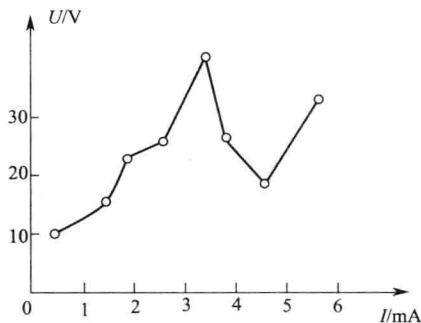


图 1.1.3 各数据点直接连成折线

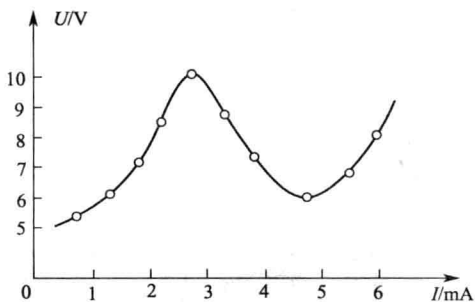


图 1.1.4 拟合后的实验数据曲线

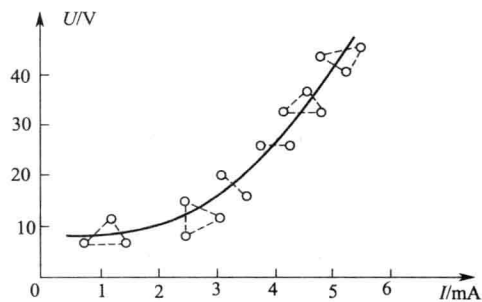


图 1.1.5 实验数据点分散程度大时的曲线绘制

绘制曲线时要注意以下几点。

- 选择合适的坐标系。
- 在坐标系中,一般横坐标代表自变量,纵坐标代表因变量。
- 在横、纵坐标轴的末段端要标明其所代表的物理量及其单位。
- 要合理恰当地进行坐标分度。

【训练内容】

① 怎样表示电工仪表的准确度?为什么直读式仪表尽可能要使用在满量程的 $\frac{2}{3}$ 以上?

② 用上限为 5A 的电流表测量 2A、3A 和 4A 的电流,仪表指示分别为 1.98A、2.98A 和 4.01A,试确认测量结果的相对误差和仪表的引用误差。

③ 有一电流为 10A 的电路,用电流表甲测量时,其指示为 10.3A;另一电流为 50A 的电路,用电流表乙测量时,其指示为 49.1A。试求甲、乙两只电流表测量的绝对误差和相对误差各为多少?能不能说甲表比乙表更准确?

【项目报告】

- 根据训练内容,拟定表格,完成报告。
- 分析误差产生原因。

项目 2 万用表的使用

【训练目标】

- ① 熟练掌握 MF47 指针式万用表的使用方法。
- ② 熟练掌握 F17B 数字式万用表的使用方法。

【原理说明】

万用表又称万能表,能够测量多种电量和电参数,并且测量量程多、操作简单、携带方便,是一种最常用的电工测量仪表。万用表有指针式和数字式两种。指针式万用表可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻以及音频电平,有的还可以测量电容、电感以及晶体管放大系数。数字式万用表除了具有以上功能外,还可以测量频率、周期、时间间隔等参数。

1) 指针式万用表

指针式万用表主要由磁电式测量机构(俗称表头)、测量线路和转换开关三部分组成。下面以 MF47 型万用表为例说明其使用方法及注意事项,如图 1.2.1 所示。

(1) MF47 万用表基本使用方法

① 交、直流电压的测量。将转换开关旋至被测测量相应的量程,再将红、黑表笔分别与被测电压两端相接。测量直流电压时,红表笔应接电压正极,黑表笔接电压负极,红、黑表笔不能接反,否则会使表针反向偏转而撞弯。如预先无法知道电压正、负极,可选用最高量程,一支表笔定位在一测量点,另一表笔快速点一下另一测量点,看表针偏转方向确定电压正负极后再正式测量。万用表交流电压挡只能用于测量正弦波电压的有效值,频率范围为 45~1000Hz,如果超出频率范围,误差会增大。

② 直流电流的测量。测量电流时,应将万用表串联在被测电路中。测量直流电流时,红、黑表笔分别接高、低电位端,不能接反。当转换开关指向电流挡位时,不能将万用表和电源直接连接,否则易烧坏表头。

③ 电阻的测量。测量电阻前必须先调零。选择合适的电阻挡位,将红、黑表笔短接,旋动调零旋钮使指针指到电阻刻度的零值。测量时,将两表笔分别与被测电阻两端良好接触,指针读数乘以挡位所指倍率即为电阻值。每调整一次转换开关挡位,均应先调零。注意电阻不能带电测量,测量时手不能触及表笔金属部分,以避免人体电阻影响读数。

④ 晶体管直流放大系数 h_{FE} 的测量。先将转换开关置于晶体管调节“ADJ”位置,短接红、黑表笔,调节欧姆调零旋钮使指针指示在绿色晶体管刻度线的刻度值 300 上,然后再将转换开关转到“hFE”位置,将待测晶体管管脚分别插入晶体管测试座的 ebc 管座内,可根据指针位置从绿色刻度线上读取该晶体管的直流放大系数。NPN 型晶体管应插入 NPN 型管孔内,PNP 型晶体管应插入 PNP 型管孔内。



图 1.2.1 MF47 指针式万用表外形

(2) 使用注意事项

① 指针式万用表使用前应先观察指针是否在零位, 如果指针有偏移, 可通过表盘下方的机械调零螺栓调节。

② 测量时要正确使用表笔, 握法如图 1.2.2 所示。手不能触及表笔的金属部分, 以保证人身安全和测量的准确度。

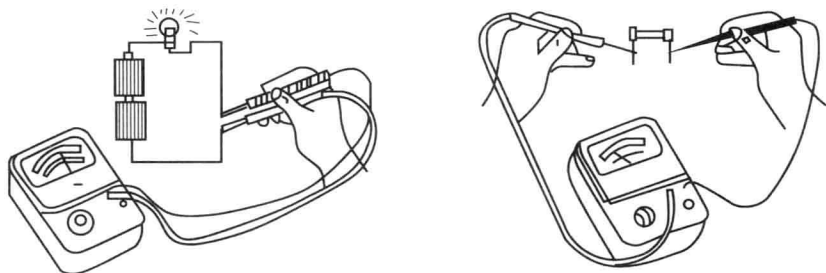


图 1.2.2 万用表表笔的握法

③ 指针万用表使用完毕后, 应将转换开关转到交流电压的最高量程挡位, 或转到“OFF”挡位。

④ 保持万用表清洁干燥, 避免振动。

2) 数字万用表

数字式仪表已经成为工业应用的主流, 大有取代模拟式仪表的趋势。数字万用表具有测量准确度高、分辨率高、灵敏度高、抗干扰能力强、显示明了、便于携带等特点。数字万用表的构成核心是集成单片模拟/数字转换器。为实现多种测量功能, 其内部还包括电流-电压变换器 (I-V), 交流电压-直流电压变换器 (AC-DC), 电阻-电压变换器 (Ω -V), 以及量程选择电路、数字显示电路等。

Fluke 17B (F17B) 是美国福禄克公司生产的一款具有 $3\frac{1}{2}$ 位 LCD 液晶显示的手持式数字万用表, 其外观如图 1.2.3 所示。

(1) Fluke 17B 型数字万用表的端子

Fluke 17B 型数字万用表的外接端子如图 1.2.4 所示。

① 适用于最高 10A 的交流和直流电流测量及频率测量的输入端子。



图 1.2.3 Fluke 17B 数字万用表外观

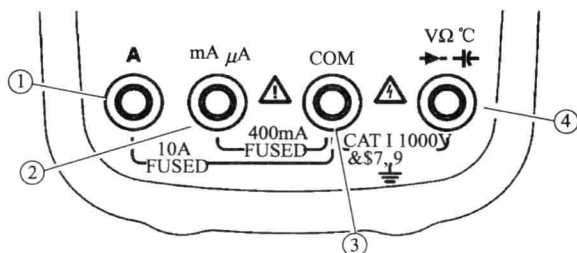


图 1.2.4 Fluke 17B 数字万用表外接端子

- ② 适用于最高 400mA 的交流和直流电流微安和毫安测量及频率测量的输入端子。
- ③ 适用于所有测试的公共端子（返回端子）。
- ④ 适用于电压、电阻、通断性、二极管、电容、频率和温度测量的输入端子。

(2) Fluke 17B 型数字万用表的显示屏

Fluke 17B 型数字万用表的显示屏如图 1.2.5 所示，其中各符号代表含义如下。

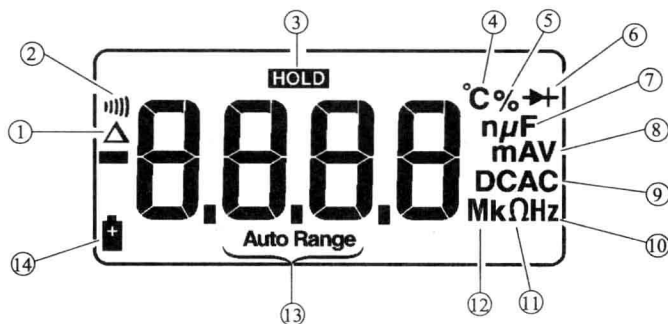


图 1.2.5 Fluke 17B 型数字万用表显示屏

- ① 已启用相对测量模式。
- ② 已选中通断性。
- ③ 已启用数据保持模式。
- ④ 已选中温度。
- ⑤ 已选中占空比。
- ⑥ 已选中二极管测试。
- ⑦ 电容法拉。
- ⑧ 安培或伏特。
- ⑨ 直流或交流电压或电流。
- ⑩ 已选中频率。
- ⑪ 已选中欧姆。
- ⑫ 十倍数前缀。
- ⑬ 已选中自动量程。
- ⑭ 电池电量不足，应立即更换。

(3) Fluke 17B 型数字万用表的使用方法

- ① 电池节能模式切换。如果连续 30min 未使用，也没有输入信号，万用表将进入“睡

眠模式”(Sleep Mode)，显示屏呈空白。按任何按钮或转动旋转开关，可以唤醒万用表。如果要禁用“睡眠模式”，在开启万用表的同时按下“黄色”按钮。

② 手动量程及自动量程选择。万用表有手动和自动量程两个选择。在自动量程模式下，万用表会为检测到的输入选择最佳量程，这样可以很方便地转换测试点而无需重新设置量程。也可以手动选择量程来改变自动量程。

如果在某种功能测量时超出量程，万用表将默认进入自动量程模式。当万用表在自动量程模式时，会显示“Auto Range”。

进入及退出手动量程模式的方法如下。

a. 按下 **RANGE** 键。每按 **RANGE** 一次会递增一个量程，当达到最高量程时，再按 **RANGE** 键万用表会回到最低量程。

b. 要退出手动量程模式，按住 **RANGE** 键 2s。

③ 数据保留功能。按下 **HOLD** 键可以保留万用表当前测量读数。再按 **HOLD** 键则恢复正常操作。

④ 相对测量功能。Fluke 17B 型万用表可进行除频率外所有功能的相对测量。

a. 将万用表设定在希望测量的功能，让探针接触以后测量要比较的电路。

b. 按下 **REL** 键将此时测得的值储存为参考值，并启动相对测量模式。在后面的测量过程中就会显示参考值和后续读数间的差异。

c. 按下 **REL** 键超过 2s，万用表恢复正常操作。

⑤ 测量交流和直流电压。Fluke 17B 型万用表测量电压方法如图 1.2.6 所示。

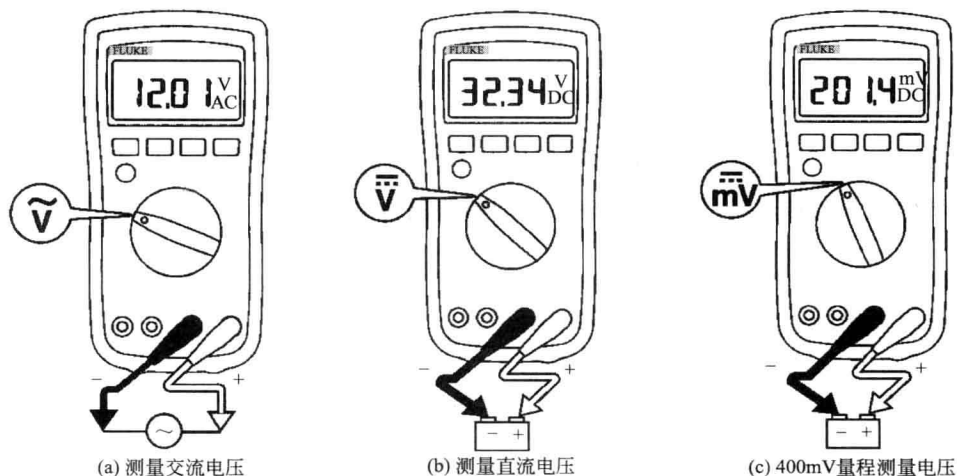


图 1.2.6 测量交流和直流电压

a. 将旋转开关转到 $\tilde{V}$ 、 $\bar{V}$ 或 $m\bar{V}$ ，选择交流电压或直流电压。

b. 将红色测试导线插入 $\overset{V\Omega C}{+}$ 端子并将黑色测试导线插入 COM 端子。

c. 将探针接触想要测量的电路的测试点，测量电压。