

电工自学上岗 万事通

每日
一讲



DIANGONG ZIXUE SHANGGANG

WANSHITONG

常用电工 仪表

孙丽君 主编

王军平 孙克军 副主编



化学工业出版社

电工自学上岗 万事通

每日
一讲



DIANGONG ZIXUE SHANGGANG

WANSHITONG

常用电工 仪表

孙丽君 主编

王军平 孙克军 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

常用电工仪表/孙丽君主编. —北京: 化学工业出版社, 2010. 8

(电工自学上岗万事通)

ISBN 978-7-122-08928-1

I. 常… II. 孙… III. 电工仪表-基本知识
IV. TM930.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 121202 号

责任编辑: 卢小林

责任校对: 陈 静

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: 三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张 9 字数 239 千字

2010 年 10 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: 22.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着经济建设的蓬勃发展,电气技术应用的日益广泛,越来越多的人希望从事电工职业。电工作为特种作业,需要通过行业的准入考试,这就需要透彻理解和掌握电工技术的知识和技能。为了帮助读者系统清晰地学习电工技术,化学工业出版社组织编写了这套《电工自学上岗万事通》,这套书将从事电工作业必备的知识技能分成了《电工基础》《常用电工仪表》《常用低压电器》《电气照明与电气线路》《异步电动机与变压器》《电气控制线路的识读与连接》《电气安全》7个分册进行介绍。

本套书考虑到读者的学习条件和学习时间,将学习内容归纳为一小时以内就可掌握的独立的知识点和技能点,采用一日一讲的形式进行讲解,整套书深入浅出、通俗易懂、突出实用,是初学者全面掌握电工技术的良师益友。

本书是《常用电工仪表》分册,全书详细介绍了电工仪表与测量的基础知识,电流表和电压表、万用表、钳形表、绝缘电阻表、电能表、功率表、电桥、示波器及仪用互感器等电工仪表的使用测量方法等内容。

全书由孙丽君主编,王军平、孙克军为副主编。第1、11章由孙克军编写,第2、5、6章由孙丽君编写,第3、10章由闫守俭编写,第4、8章由王军平编写,第7、9章由邓慧琼编写。在此对关心本书出版、热心提出建议和提供资料的单位和个人一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

目录

第1章 电工仪表与测量基础知识

/ 1

第1讲	电工测量和测量误差	2
第2讲	测量结果的数据处理	6
第3讲	电工仪表的分类及面板符号	8
第4讲	电工仪表的型号	12
第5讲	电工仪表的主要技术特性及要求	14
第6讲	误差的表示方法	16
第7讲	数字式仪表的灵敏度及准确度	18

第2章 电流表和电压表

/ 21

第1讲	电工指示仪表的组成	22
第2讲	测量机构的一般部件	24
第3讲	磁电系仪表的结构及工作原理	28
第4讲	磁电系仪表磁路结构	30
第5讲	磁电系仪表常见故障及排除方法	32
第6讲	电磁系仪表的结构及工作原理	33
第7讲	电磁系仪表常见故障及排除方法	38
第8讲	电动系的结构及工作原理	39
第9讲	电动系仪表常见故障及排除方法	41
第10讲	电流测量	42
第11讲	分流器	44
第12讲	电压测量	46
第13讲	电流表和电压表的选择和使用注意事项	48

第 14 讲	游丝的常见故障	50
第 15 讲	更换游丝时应遵循的原则	53
第 16 讲	仪表轴尖的常见故障	55
第 17 讲	轴承间隙的调整	57
第 18 讲	仪表的平衡	59

第 3 章 万用表

/ 63

第 1 讲	万用表的分类	64
第 2 讲	万用表的组成	66
第 3 讲	万用表的工作原理	69
第 4 讲	万用表的使用注意事项	77
第 5 讲	万用表安全注意事项	83
第 6 讲	万用表检修注意事项	84
第 7 讲	万用表的故障检查方法	91
第 8 讲	万用表常见故障及排除方法	94

第 4 章 数字万用表

/ 97

第 1 讲	数字万用表的特点	98
第 2 讲	数字万用表的分类及组成	102
第 3 讲	数字万用表的工作原理	106
第 4 讲	数字万用表的面板符号	108
第 5 讲	数字万用表与指针式万用表的区别	110
第 6 讲	电量转换器	112
第 7 讲	数字万用表的使用注意事项	115
第 8 讲	数字万用表常见故障及检查方法	120
第 9 讲	检修数字万用表的具体方法	122
第 10 讲	检修数字万用表的注意事项	125
第 11 讲	数字万用表常见故障及排除方法	127
第 12 讲	数字万用表显示器常见故障及排除方法	130

第5章 钳形电流表

/ 131

第1讲	钳形电流表的结构及工作原理	132
第2讲	钳形电流表的使用注意事项	134
第3讲	数字式钳形电流表	136
第4讲	钳形电流表常见故障及排除方法	138

第6章 绝缘电阻表

/ 139

第1讲	绝缘电阻表的结构及工作原理	140
第2讲	绝缘电阻表的选择	142
第3讲	绝缘电阻表的使用注意事项	145
第4讲	绝缘电阻表在接线时的注意事项	147
第5讲	绝缘电阻表平衡的调整	149
第6讲	绝缘电阻表误差的调整	151
第7讲	绝缘电阻表发电机常见故障及排除方法	152
第8讲	绝缘电阻表常见故障及排除方法	153

第7章 电能表

/ 155

第1讲	电能表的用途及分类	156
第2讲	电能表的型号含义	158
第3讲	电能表的主要技术参数	159
第4讲	感应式电能表的分类	161
第5讲	单相电能表的结构及工作原理	162
第6讲	单相有功电能表的接线	166
第7讲	家用单相有功电能表的选择	168
第8讲	单相电能表的安装要求	170
第9讲	三相有功电能表的结构及工作原理	173
第10讲	三相有功电能表的接线	175
第11讲	三相有功电能表的接线要求	177
第12讲	三相无功电能表	179

第 13 讲	预付费电能表的结构及工作原理	181
第 14 讲	电能表的使用注意事项	186
第 15 讲	复费率电能表的结构及工作原理	188

第 8 章 功率表 / 191

第 1 讲	功率表的结构和工作原理	192
第 2 讲	功率表的使用注意事项	194
第 3 讲	功率因数表的结构及工作原理	197
第 4 讲	低功率因数功率表	199
第 5 讲	直流电路功率的测量	201
第 6 讲	三相交流电路有功功率的测量	202
第 7 讲	功率表的常见故障及排除方法	205

第 9 章 电桥 / 207

第 1 讲	电桥的分类	208
第 2 讲	直流单臂电桥的工作原理	210
第 3 讲	直流单臂电桥的选用及使用注意事项	214
第 4 讲	直流单臂电桥的常见故障及排除方法	217
第 5 讲	直流双臂电桥的工作原理	219
第 6 讲	直流双臂电桥的使用注意事项	223
第 7 讲	交流电桥的工作原理	226
第 8 讲	交流指零仪的分类	228

第 10 章 示波器 / 229

第 1 讲	示波器的分类	230
第 2 讲	示波管的分类及组成	232
第 3 讲	示波器的基本组成	235
第 4 讲	示波器显示波形的原理	239
第 5 讲	双踪示波器的结构及工作原理	243
第 6 讲	示波器的使用注意事项	246

第 7 讲	李沙育图形.....	250
第 8 讲	示波器电源部分常见故障及排除方法.....	252

第 11 章	仪用互感器	/ 259
---------------	--------------	--------------

第 1 讲	仪用互感器的用途及分类.....	260
第 2 讲	电流互感器的结构及工作原理.....	261
第 3 讲	电流互感器的极性.....	264
第 4 讲	电流互感器的使用注意事项.....	266
第 5 讲	多抽头式电流互感器的结构及工作原理.....	268
第 6 讲	电压互感器的结构及工作原理.....	270
第 7 讲	电压互感器的使用注意事项.....	273

参考文献	/ 275
-------------	--------------

第1章 DI YI ZHANG

电工仪表与测量基础知识

- 第1讲 电工测量和测量误差
- 第2讲 测量结果的数据处理
- 第3讲 电工仪表的分类及面板符号
- 第4讲 电工仪表的型号
- 第5讲 电工仪表的主要技术特性及要求
- 第6讲 误差的表示方法
- 第7讲 数字式仪表的灵敏度及准确度

第1讲 电工测量和测量误差

一、电工测量

电工测量是借助于测量设备，将未知的电量或磁量与作为测量单位的同类标准电量或磁量进行比较，从而确定未知电量或磁量的过程。比较的结果一般包括两部分，一是单位名称，二是数据值。

测量单位的确定和统一是非常重要的。为了使同一量在不同时间和地点进行测量时都能得到相同的结果，必须采用一种公认而又固定不变的单位。只有这样，测量才有实际意义。

电工测量的数据主要是反映电和磁特征的物理量，如电流、电压、电功率、电能等；反映电路特征的物理量，如电阻、电容、电感等；反映电和磁变化规律的物理量，如频率、相位、功率因数等。对被测量与标准量进行比较的测量设备包括测量仪器和作为测量单位参与测量的度量器。进行电量或磁量测量的各种仪器、仪表，统称为电工测量仪表。进行电工测量时，还应根据被测量的性质和测量的目的选择不同的测量仪表和不同的测量方法。

常用电工测量方法有三种。

(1) 直接测量法

直接测量的测量结果可从一次测量的数据中得到，如：用电流表测量电流、用电压表测量电压、用欧姆表测量电阻等，都属于直接测量法，如图 1-1(a) 所示。此方法测量简便、读数迅速，但准确度较低。

(2) 间接测量法

间接测量只能测出与被测量有关的电量，然后经过计算求得被测量，如：用伏安法测量电阻时，先用电压表和电流表分别测量出

电阻两端的电压和流过该电阻的电流，最后再根据欧姆定律计算出被测的电阻的大小，如图 1-1(b) 所示。间接测量法的误差比直接测量法大。

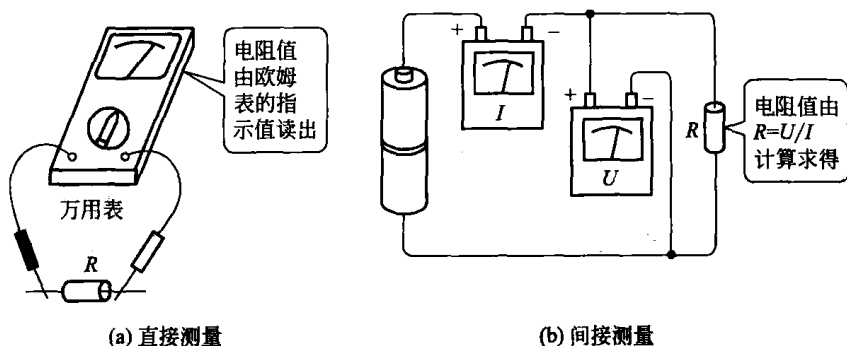


图 1-1 电阻的直接测量与间接测量

(3) 比较测量法

比较测量是将被测的量与度量器在比较仪器中进行比较而得到被测量数值的一种方法。比较法的优点是准确度和灵敏度都较高，其准确度最小时可达 $\pm 0.001\%$ ；缺点是操作麻烦，设备复杂，此方法常用于精密测量。

二、测量误差

无论用什么方法测量，也无论怎样仔细计算，由于测量仪器不准确，测量方法不完善等，使得测量结果与被测量的真实值之间总存在差别，这种差别就是测量误差。

根据误差的性质，测量误差可分为以下四类。

(1) 随机误差（又称偶然误差）

它是指在同一条件下，多次重复测量同一量时，误差时大时小，符号时正时负，没有确定的变化规律的误差。它由一些偶然因素引起，如温度、磁场、电源频率的骤然变化。随机误差不可预测，无法采取措施予以修正，但可在相同条件下多次重复同样的测量，求取平均值，由于正误差和负误差出现的机会相等，多次测量

的平均值可以抵偿随机误差。

(2) 系统误差

是指在多次测量过程中，数值恒定或按一定规律变化的误差。

(3) 综合误差

是指随机误差和系统误差的合成。

(4) 粗大误差（又称疏失误差）

由于测量人员的粗心大意或疏失而造成，如接线、读数、记录发生差错而造成的误差。明显的粗大误差属于坏值，应予以剔除。

【例 1-1】 系统误差产生的原因有哪些？如何消除或减小系统误差？

答：系统误差产生的原因有以下五点。

① 仪器、仪表误差。由于测量所用的仪器、仪表本身存在一定误差或有不足之处，给测量结果带来不必要的误差。

② 安装误差。由于设备或电路的安装、布置、调试不当而产生的误差。

③ 人员误差。由于测量人员对测量仪器、仪表操作水平的不同而产生的误差。

④ 环境误差。由于测量环境条件的变化影响，而使测量结果产生误差。

⑤ 方法误差。测量方法所依据的原理不够严格、应用了不适当的近似公式或测量方法不正确等因方法问题而形成误差。

消除或减小系统误差的方法有以下五种。

① 通过对仪器、仪表的计量检定，确定实际误差的大小和正负，然后在测量结果上加修正值。

② 对仪器、仪表进行安装和使用，时必须严格遵循仪器、仪表的安装工艺和操作规程。

③ 加强对使用人员的训练，严格要求养成良好的工作态度。

④ 应注意仪器、仪表的使用环境，使其在完全适宜的环境下进行工作。

⑤ 为防止方法误差，应根据条件和测量项目，采用先进、科

学的测量方法，并尽量少用或不用近似公式进行计算等。

【例 1-2】 粗大误差产生的原因有哪些？如何消除或减小粗大误差？

答：① 在一系列的测量数据中偶然出现一个偏差很大的值，主要是测量人员的粗心、读错、记错、计算错测量结果或测量仪器、仪表偶然故障或受外界的强干扰等异常情况造成的。这种偶然出现的大偏差数据称为坏值。坏值应在记录后舍去不用，再在测量点反复多次测量，以取得此测量点的真实结果。

② 一系列的测量结果与其值的偏差都很大。主要原因是测量方法不当、测量仪器、仪表故障或测量环境不良等。出现这种粗大误差时，应改正测量方法，排除测量仪器、仪表故障，改善测量环境，然后再进行测量，以获得真实的测量结果。

第2讲 测量结果的数据处理

一、有效数字

在测量、记录和计算数据时，必须掌握对测量数字的正确取舍方法。不能认为一个数据中小数点后面的位数越多，这个数据就越准确；也不能认为计算测量结果保留的位数越多，准确度就越高。因为测量结果都是近似值，这些近似值通常都是用有效数字的形式来表示的。

所谓有效数字，是指从数据左边第一个非0的数字开始，直到右边最后一个数字为止所包含的数字（包括0），例如，测得某信号源的频率为0.0608MHz，其中，有6、0、8三位有效数字，数据最左边的两个0不是有效数字，因为该数据可以通过单位变换写成60.8kHz，数据中间的0是有效数字。

数据末尾的0也是有效数字，如测得一电阻值为4800Ω，有四位有效数字，但如果写成 $4.8 \times 10^3 \Omega$ ，就只有两位有效数字了，这是不允许的。要变换单位，应保持有效数字的位数不变，因而应将4800Ω写为 $4.800 \times 10^3 \Omega$ 或4.800kΩ。数据末位的0不可随意增减。

二、有效数字的表示

由于测量中不可避免地存在误差，仪表的分辨力有一定的限度，因此测量数据不可能完全准确。同时，计算时经常用到 π 、 $\sqrt{2}$ 、e等无理数，它们只能取近似值，所以最终数据总是近似的，例如：68.2有效数字是三位，68.20有效数字是四位，0.068有效数字是两位，0.068与 6.8×10^{-2} 意义是相同的，其有效数字均为两位。

三、有效数字的处理

对于测量或计算取得的数据，必须进行处理。为了保留规定的位数，数字计算应遵循四舍五入原则：末位数大于或等于五的，则舍去尾数进一；而小于五的，则舍去尾数，不进一。

数字计算的四舍五入原则不能用来进行测量结果的处理，因为0~9这十个数出现的概率相同，在多次舍入中应保持平衡，即舍掉的数和进位的数基本相等，不会带来很大的舍入误差。也就是说，0这个数舍去不带来舍入误差，而1和9的舍入误差为-1和+1，2和8的舍入误差为-2和+2，3和7的舍入误差为-3和+3，4和6的舍入误差为-4和+4，它们在多次舍入后是平衡的，只有5这个数无条件的入（进位），总是带来+5的误差无法平衡，因此只对5的舍入采用新的规则。

测量结果尾数处理的四舍五入原则如下。

若舍去部分大于保留末位的0.5，则末位加1；若舍去部分小于保留末位的0.5，则末位不变；若舍去部分等于保留末位的0.5，当末位为偶数时，则末位不变，当末位为奇数时，则末位加1。

【例 1-3】 将下列数据进行舍入，化整到小数点后第一位。

16.326 化成 16.3（因为 $0.026 < 0.050$ ，故舍去）。

16.351 化成 16.4（因为 $0.051 > 0.050$ ，故进一位）。

16.350 化成 16.4（因为5前为奇数3，故进一位变成偶数）。

16.450 化成 16.4（因为5前为偶数4，故直接舍去50）。

第3讲 电工仪表的分类及面板符号

电工仪表是用来测量电流、电压、电阻、电能、功率、相位角、频率等电气参数的仪表。常用的电工仪表有电流表、电压表、电能表、钳形表、绝缘电阻表、万用表、数字万用表等。

一、电工仪表的分类

1. 指示仪表

在电工测量领域中，指示仪表品种最多，应用最为广泛，其分类方法如下。

① 按工作原理分类。有磁电系、电磁系、电动系、铁磁电动系、感应系、静电系仪表等类型。

② 按被测量分类。有电流表、电压表、电能表、功率表、绝缘电阻表等类型。

③ 按使用方法分类。有便携式和安装式仪表。

④ 按准确度等级分类。有 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 等七个准确度等级的仪表。

⑤ 按使用条件分类。有 A、A₁、B、B₁、C 共五组类型的仪表。

⑥ 按仪表防御外界条件分类。有 I、II、III、IV 四种类型。

2. 比较仪表

比较仪表用于比较测量中，它包括各类交、直流电桥及直流电位差计等。比较法测量准确度高，但操作比较复杂。

3. 图示仪表

图示仪表主要用来显示两个相关量的变化关系，这类仪表直观效果好，常用的有示波器。