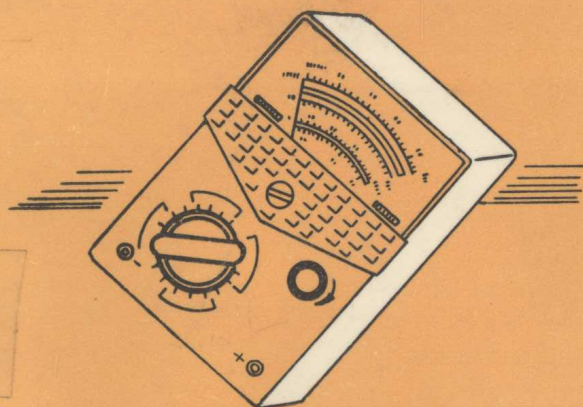


农村供用电实用技术丛书

农村常用电工测量仪表

陈林 编著



33
1

中国农业科技出版社

农村供用电实用技术丛书

农村常用电工测量仪表

陈 林 编

中国农业科技出版社

(京)新登字061号

内 容 提 要

本书是为广大农村电工、农村青年和乡镇企业电工学习常用电工仪表的基本知识而编写的。主要内容有：电工测量的一般知识，电工测量仪表的分类和选用，电流表，电压表，仪用互感器和钳形电流表，功率表，电能表，兆欧表，接地电阻测量仪，万用表。对各种仪表的使用作了详尽的说明，并附有应用实例。

本书可作为初中文化程度的农村电气工人的培训教材，也可作为其它工、农业及乡镇企业中从事电测工作人员的自学参考书。

农村供用电实用技术丛书

农村常用电工测量仪表

陈 林 编

责任编辑 刘晓松

技术设计 刘淑民

中国农业科技出版社出版 (北京海淀区白石桥路30号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

海丰印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/32印张：4.25 字数：90千字

1994年3月第一版 1994年3月第一次印刷

印数：1—3000册 定价：3.20元

ISBN 7-80026-530-7/TM·3

写在前面的话

为适应农村产业结构改革的需要和农村电气化的发展形势，尽快培养农村急需的供、用电技术人材，由北京电力高等专科学校农电函授教材编委会组织编写了农村供用电实用技术丛书。本丛书结合以往农村办学的经验和农村的实际情况，着重介绍农村供、用电方面有关的基础知识，实用的设计、安装、维护知识和技能，具有科学性、实用性、普及性和系统性，深入浅出，通俗易懂，便于自学。

本丛书适合于具有初中及初中以上文化程度的读者自学，或作为农村函授供用电专业（中专）的教材，也可供农村广大电工及有关技术人员参考使用。

我们真诚地希望这套丛书，能为农村电力事业的发展起到促进作用，同时也希望广大读者能提出宝贵意见和要求，以进一步提高丛书的质量。

这套丛书包括：

《农村电工基础》、《农村常用电工测量仪表》、《农村电子技术基础》、《农村家用电器原理、使用及维修》、《农用电机与拖动》、《农用电器与乡镇企业变电所设计安装》、《农村电力网》、《农村室内外线路设计与安装》、《农用电气设备保护与安全用电》。

前 言

本书是为了适应我国农村电力事业及农电专业教育的迅速发展而编写的。目的在于提高农村电工、农村青年和乡镇企业电工的业务素质，使他们具有应用电工仪表和维修仪表的能力。

本书的编写力求从实际应用出发，并适应函授教育的特点，取材以常用电工测量仪表的结构、工作原理、性能及使用方法为主，对各种具体仪表在使用中应注意的问题作了较详尽的说明。书后安排了形式多样的练习题，以利于读者对所学内容进行概括总结。力求做到内容深入浅出，文字通俗易懂，便于读者自学。

本书由王明思副教授主审。余红讲师对书稿作了审阅，并提出了修改意见。杨传箭教授和宗士杰副教授对本书的编写工作提出了宝贵意见，在此一并致谢。

由于编者水平有限，缺点和不妥之处在所难免，恳请广大读者在使用中提出批评指正。

编者

1993.1

目 录

前言

一、电工测量的一般知识	(1)
二、电工测量仪表的分类、结构原理和选用	(10)
三、电流表、电压表	(37)
四、仪用互感器和钳形电流表	(46)
五、功率表	(60)
六、电能表	(80)
七、兆欧表	(98)
八、接地电阻测量仪	(104)
九、万用表	(109)
习题与思考题	(127)

一、电工测量的一般知识

由于在现代农业生产及日常生活中，电能得到了广泛的应用，因此要求电能有良好的生产、传输、分配及使用系统。在电能的传输和使用过程中，必须对各种电量进行准确而迅速的测量，以便使生产和管理人员及时了解各种电气设备的工作情况，为进行操作、检修、试验和经济核算等提供必要的数据。因此电工测量是农村生活、生产实践和科学实验必不可少的手段。

电工测量的任务是测量电流、电压、电功率、电能及电阻等电量。用来测量这些电量的仪表称为电工测量仪表。

（一）测量方法的分类

所谓测量，就是确定被测量的数值。按测量方式，可以分为直接测量和间接测量。

1. 直接测量

用测量仪表直接测出被测量的数值。例如用电流表测电流，用电压表测电压等。

2. 间接测量

先测出与被测量有关的几个中间量，然后通过计算求得被测量。例如用伏安法测量电阻，就是先测出流过电阻的电流和电阻两端的电压，然后根据欧姆定律计算出电阻值。

另外，按测量方法的不同，还可以分为直读法和比较法。所谓直读法，是在测量时根据仪表指针的偏转直接读取

被测量的数值。这种测量方法简便，快速，但由于仪表刻度不精确会引起误差。本章所介绍的电工测量仪表都是直读式仪表。对准确度高、操作较麻烦的比较式仪表不作介绍。

(二) 什么是测量误差，怎样消除

由于测量仪器仪表的不准确，或由于测量方法不完善以及其它因素的影响，都会使测量结果失真，这种失真称为误差。

根据误差的性质和产生的原因，测量误差可分为以下三类。

1. 系统误差

又称为规则误差。这种误差是遵循一定的规律，在测量过程中保持不变的误差。造成系统误差的原因主要有以下几个方面。

(1) 测量设备的误差 测量仪表本身就具有误差。在正常工作条件下，由于制造工艺限制引起的基本误差和在非正常工作条件下环境温度、外磁场和波形非正弦等原因引起的附加误差，都会在测量中造成系统误差。

(2) 测量方法的误差 由于测量方法不够完善而引起的误差。例如引入近似公式，没有足够估计漏电、热电势、接触电阻和仪表内阻等影响，都会造成系统误差。

(3) 其它误差 由于测量装置的安装或配线不当、周围环境条件的变化等因素，也会在测量中造成系统误差。

消除系统误差的方法，一般有以下几种：

①对测量仪表进行校正，并引入其更正值，以消除因仪表误差而造成的系统误差。②选择合理的测量方法，配置适当的测量仪表，改善仪表安装质量和配线方法。测量前检查调

整仪表零位，并采取屏蔽措施来消除外部磁场和电场的影响等等。

2. 偶然误差

又称为随机误差。偶然误差是一种大小和符号都不确定的误差。这种误差主要是由于周围环境的偶发原因引起的，例如温度、湿度、磁场、电场、电源频率等的偶然变化，都会引起偶然误差。

对于偶然误差，不能用实验的方法加以检查和消除，只能根据偶然误差的具体情况来处理。理论和实践证明，在足够多次的测量中，绝对值相等的正误差和负误差出现的次数相同，因此，偶然误差的算术平均值趋近于零。为了消除偶然误差对测量结果的影响，可以采用增加重复测量次数的方法来实现。测量次数越多，测量结果算术平均值越趋近于实际值，其偶然误差的影响越小。

3. 疏失误差

又称为过失误差。这是一种严重歪曲测量结果的误差。它是由于测量者在测量过程中的粗心和疏忽造成的，如读数、记数的误差，不正确的换算，使用有毛病的测量仪表等等。这种误差是完全可以避免的。对于因疏失获得的测量结果，必须一律剔除。

(三) 什么是仪表误差，其表达形式有几种

1. 什么叫仪表误差

我们知道造成系统误差的首要原因是仪表的误差。各种电工测量仪表，无论其质量如何，它的指示值和被测量的真实值之间总是存在着某种程度的差别，这种差别就是仪表的误差。仪表的误差可以分为基本误差和附加误差，误差愈小，

仪表就愈准确。因此，仪表的准确度可以用误差的大小来表明，它说明了仪表指示值和真实值之间的接近程度。

2. 仪表误差的几种表达形式

仪表的误差，通常用绝对误差、相对误差和引用误差来表示。

(1) 绝对误差 仪表的指示值 A_x 与被测量的真实值 A_0 之间的差值，称为仪表的绝对误差，用符号 Δ 表示。

$$\text{即：}\Delta = A_x - A_0 \quad (1-1)$$

式中 A_x ——仪表的指示值；

A_0 ——被测量的真实值；

Δ ——仪表的绝对误差。

绝对误差的单位与被测量的单位相同。在计算时，可以用标准表（用来鉴定工作仪表的高准确度仪表）的指示作为被测量的真实值。

(2) 相对误差 绝对误差 Δ 与被测量的真实值 A_0 之间的比值，以百分数 γ 表示，叫做仪表的相对误差，用公式表示为

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 Δ ——仪表的绝对误差；

A_0 ——被测量的真实值；

γ ——相对误差。

(3) 引用误差 我们把绝对误差 Δ 与仪表测量上限 A_m （即仪表的满偏刻度值）的比值，以百分数 γ_m 表示，叫做仪表的引用误差，用公式表示为

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 Δ ——仪表的绝对误差；

A_m ——仪表测量上限值；

γ_m ——引用误差。

例1-1 用一只标准电压表检定甲、乙两只电压表时，读得标准表的指示值为100伏，甲、乙两表的读数各为101伏和99.5伏，求它们的绝对误差和相对误差。

解：由式(1-1)得

甲表的绝对误差 $\Delta_1 = A_x - A_0$

$$= 101 - 100 \text{ 伏} = +1 \text{ 伏}$$

乙表的绝对误差 $\Delta_2 = 99.5 - 100 \text{ 伏} = -0.5 \text{ 伏}$

由式(1-2)得

甲表的相对误差 $\gamma_1 = \frac{\Delta_1}{A_0} \times 100\%$

$$= \frac{+1}{100} \times 100\% = +1\%$$

乙表的相对误差 $\gamma_2 = \frac{-0.5}{100} \times 100\% = -0.5\%$

例1-2 甲表为一只仪表上限为100伏的电压表，用来测量电压时，绝对误差为1伏；乙表为一只仪表上限为10伏的电压表，用来测量电压时，绝对误差为0.9伏，求它们的引用误差。

解：由式(1-3)得

甲表的引用误差 $\gamma_{m1} = \frac{1}{100} \times 100\% = 1\%$

乙表的引用误差 $\gamma_{m2} = \frac{0.9}{10} \times 100\% = 9\%$

从上述例题可知，仪表的绝对误差有正负之分。正的误差表明指示值比实际值偏大，而负的误差则说明仪表的指示值偏小。同时，由于对应的被测量大小不同，绝对误差大的仪表不一定引用误差大，反之亦然。

引用误差也是相对误差。它是用绝对误差和一个常数的比值来表示的，实际它反映了同量限仪表绝对误差的大小。只有当仪表的读数接近量限时，它才反映出测量结果的相对误差。根据国家标准规定，引用误差用来表示电工测量仪表的基本误差。

仪表各指示值的绝对误差不一定相等，其值有大有小，符号有正有负，我们把其中最大的绝对误差 Δ_m 与仪表的最大刻度值 A_m （即满偏刻度值）的百分比值，称为最大引用误差，记为 γ_{mm} ，用公式表示为

$$\gamma_{mm} = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 Δ_m ——最大绝对误差；
 A_m ——仪表的满偏刻度值；
 γ_{mm} ——最大引用误差。

一只合格的仪表，在规定的正常工作条件下，其最大引用误差应小于允许的数值。

（四）仪表的准确度

仪表的准确度是表明仪表质量的主要标志，它是用最大引用误差表示的，可用公式表示为 $K\% = \frac{|\Delta_m|}{A_m} \times 100\%$

(1-5)

式中 A_m ——仪表的满偏刻度值；
 Δ_m ——最大绝对误差；

K —— 仪表准确度。

仪表的准确度等级是按国家规定《电测量指示仪表通用技术条件》的允许误差大小而划分的。根据国家规定共分七级：0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0级。各级仪表在它的标尺工作部分的基本误差，不允许超过仪表准确度等级的数值。

例1-3 有一只准确度 $K=0.5$ 级的电压表，其最大刻度值为250伏，求它的最大允许绝对误差。

解：由式(1-5)得：

$$\Delta_m = \frac{K\% \times A_m}{100\%} = \frac{0.5 \times 250}{100} \text{伏} = 1.25 \text{伏}$$

同时，若已知一块仪表的最大刻度值，可以用标准表校验它的准确度等级。

例1-4 有一只电压表，其最大刻度值为250伏，用标准表检定其准确度时，测得绝对误差分别为 $\Delta_1=+1.0$ 伏， $\Delta_2=-0.5$ 伏， $\Delta_3=+1.25$ 伏， $\Delta_4=+1.4$ 伏， $\Delta_5=-0.75$ 伏，求它的准确度等级。

解：首先选择最大绝对误差 $\Delta_m=+1.4$ 伏，

由式(1-5)得

$$K\% = \frac{|\Delta_m|}{A_m} \times 100\% = \frac{1.4}{250} \times 100\% = 0.56\%$$

此表准确度为1.0级。

通常，仪表的准确度等级的数值越小，允许的最大引用误差就越小，表示仪表的准确度越高。如上例，仪表的引用误差大于0.5，而小于1.0时，其准确度等级就为1.0，其它情况依此类推。一般情况，0.1、0.2级表用作标准表，0.5、1.0、1.5级表用于实验室，1.5、2.5、5.0级表用于安装在

开关板或配电盘上。

仪表在非正常工作条件下使用，其附加误差在《电测量指示仪表通用技术条件》中也有相应的规定。

(五) 对电工测量仪表的主要技术要求

1. 有足够的准确度

仪表的基本误差应符合该仪表所标明的准确度等级。当外界因素变化时，在非正常工作条件下仪表的附加误差，应符合国家标准的要求。指示仪表因摩擦而产生的指示升降变差，一般不应超过仪表基本误差的绝对值。

2. 有合适的灵敏度

灵敏度用 S 表示，它是指仪表可动部分偏转角的变化量 $\Delta\alpha$ 与被测量的变化量 Δx 的比值，用公式表示为

$$S = \frac{\Delta\alpha}{\Delta x} \quad (1-6)$$

式中 $\Delta\alpha$ ——仪表偏转角的变化量；

Δx ——被测量的变化量；

S ——灵敏度。

式(1-6)表明灵敏度是单位被测量所引起的仪表指针偏转角的大小。对仪表的灵敏度要求要适当。灵敏度高，表示通入单位被测量时偏转角大，说明仪表能够发觉被测量的变化越微小。但是灵敏度高，量限就小，仪表容易过载，所以选择灵敏度要适当。

灵敏度的倒数叫做仪表常数，记为 C ，即

$$C = \frac{1}{S} = \frac{\Delta x}{\Delta\alpha} \quad (1-7)$$

3. 仪表本身消耗功率要小

在测量过程中，仪表本身要消耗一定的功率。如果这个功率较大，就会对被测量电路产生影响，使测量结果产生误差。因此，仪表本身消耗的功率应尽量小。

4. 有良好的读数装置

一般要求标尺刻度均匀，便于读数。

对于刻度不均匀的标尺，要求在刻度盘上标明其工作部分（一般标有黑圆点，黑圆点以上的范围为工作部分）。在工作部分，应保证其准确度。一般规定其工作部分的长度不应小于标尺全长的85%。

5. 有良好的阻尼

由于仪表可动部分的惯性作用，当接入被测量和被测量变化时，指针因惯性不能立即稳定在指示值上，要在稳定位置左右摆动。故仪表一般设有阻尼装置以减少摆动时间。按规定，普通仪表的阻尼时间不应超过4秒，质量较好的仪表的阻尼时间为1.5秒左右。

6. 要有足够的绝缘强度、耐压能力和过载能力

仪表必须有足够的绝缘强度和耐压能力，以保证使用安全。同时仪表应有一定耐受长时间和短时间过载的能力，以防止在延时过载下由于元件的过热和短时过载下的机械力冲击而造成的仪表损坏。本项指标应符合有关标准中的规定。

7. 抗干扰能力要强

测量时，测量误差随时间、温度及外磁场等外界因素的影响而产生的变化应在规定范围之内，变化愈小愈好。

8. 要有足够的机械强度

仪表要结构坚固，工作可靠，同时使用维护方便。

二、电工测量仪表的分类、结构 原理和选用

(一) 电工测量仪表的分类、型号及表 面标记

直读式电工测量仪表的种类、规格繁多，它们的分类方法也各有差异。对于仪表的分类方法，产品型号和表面标记，国家标准都有具体规定。

1. 电工测量仪表的分类

(1) 按准确度等级分 可以分为0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0七级。

(2) 按仪表使用条件分 可以分为

I类：适用于热带地区，供较温暖室内使用。记为A组仪表。

II类：适用于温带地区，供不具备取暖设备的室内使用。记为B组仪表。

III类：适用于寒带地区，供在不固定地区的室内及室外使用，如流动性较大的设备、船舰、飞机等。记为C组仪表。

(3) 按仪表结构原理分 可以分为磁电系、电磁系、电动系、整流系、感应系、静电系和电子系等15种类型。

(4) 按被测量的性质分 可以分为直流仪表、交流仪表和交直流两用仪表。

(5) 按测量对象种类分 可以分为电流表、电压表、

功率表、欧姆表、电能表和频率表等。

(6) 按仪表对外界电磁场的防御能力分 可以分为 I、II、III、IV 等。仪表对外界电磁场防御等级愈高, 则外界电磁场对仪表测量所引起的误差愈小; 反之则愈大。

(7) 按照仪表外壳的防护性能分 可以分为普通式、防尘式、防溅式、防水式、水密式、气密式和隔爆式 7 种。

(8) 按仪表耐受机械作用力的性能分 可以分为普通和能够耐受机械作用力(包括防颠簸、耐颠簸、耐振动和抗冲击)两种。

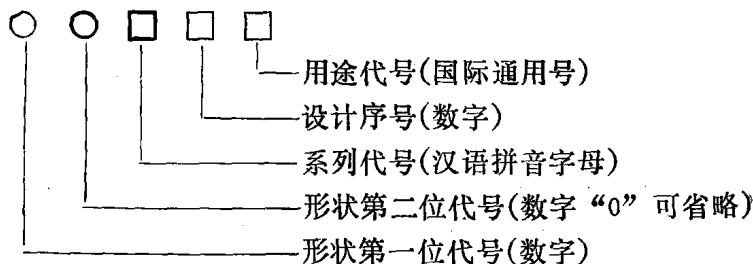
(9) 按仪表的使用方法分 可以分为安装式和便携式两种。安装式仪表是固定安装在开关板或电气设备的面板上使用的仪表; 而便携式仪表是可以携带和移动, 广泛用于电气试验和精密测量等场合的仪表。

(10) 按仪表标度尺的特性分 可以分为均匀标度尺和不均匀标度尺两种。

另外, 还有其它一些分类方法, 就不一一介绍了。

2. 电工测量仪表的型号

电工测量仪表的产品型号, 可以反映出仪表的用途、作用原理等。安装式和便携式指示仪表的型号各有不同的编制规则。农村中常用的安装式仪表型号组成如下:



形状第一位代号按仪表的面板形状最大尺寸编制; 形状