



电工仪表和测量

保定电力技工学校 林正馨

电力工业出版社

电工仪表和测量

保定电力技工学校 林正馨

电力工业出版社

内 容 提 要

本书主要讲述常用电工仪表的工作原理、使用知识和电工测量方法。全书共分九章,包括电流、电压、功率、电能、功率因数、频率、电阻、电感和电容等的测量。此外,对电度表的调整和校验、电子示波器的原理和使用,以及数字式与变换器式等新型仪表也作了一般的介绍。

本书的编写力求深入浅出,重实际应用,文字叙述通俗易懂,便于读者自学。除作为电力技工(技术)学校发变电等专业教学用书外,也可作为现场电气技术工人的培训教材,并可供从事电测工作的技术人员参考。

电工仪表和测量

保定电力技工学校 林正馨

*

电力工业出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 11印张 247千字

1982年1月第一版 1982年1月北京第一次印刷

印数00001—35120册 定价0.92元

书号 15036.4256

前 言

本书是根据电力工业部召开的电力技工学校教材工作会议和制订的有关文件精神编写的，主要用作电力技工（技术）学校电力类专业和工人培训的教材。

全书的编写力求适应技工学校教学的特点，并兼顾电业部门电气技术工人培训的需要。取材以常用电工仪表的结构、原理、性能和使用以及主要电工量值的测量方法为主，对新型仪表和常用的电子仪器也作了一般的介绍。内容深入浅出，文字通俗易懂，便于读者自学。

本书由牡丹江电力技术学校曾昭桂主审，牡丹江电力技术学校、大连电力技术学校、重庆电力技工学校、苏州电力技工学校、北京供电局技工学校有关教师参加了审稿，并提出了很多宝贵意见；保定电力技工学校吴荣兴、许兆麒对书稿进行了认真的校阅，有关同志协助绘图及书稿的其它工作；编写过程中还得到有关仪表厂和中试所的热情支持。在此，一并致以衷心的感谢。

限于编者水平，书中缺点和不妥之处，恳切希望读者批评指正。

编 者

一九八一年五月

目 录

前 言

第一章 电工测量和仪表的基本知识	1
§ 1-1 电工测量和测量方法	1
§ 1-2 测量误差及其消除方法	2
§ 1-3 仪表的误差和准确度	4
§ 1-4 对仪表的主要技术要求	7
§ 1-5 电工仪表的分类、标志和型号	8
复习题与思考题	13
第二章 仪表的测量机构	15
§ 2-1 测量机构的作用和性能	15
§ 2-2 测量机构的一般部件	17
§ 2-3 磁电系测量机构	21
§ 2-4 电磁系测量机构	23
§ 2-5 电动系测量机构	27
§ 2-6 铁磁电动系测量机构	30
§ 2-7 静电系测量机构	31
§ 2-8 常用测量机构的主要特性及应用	32
复习题与思考题	32
第三章 电流和电压的测量	34
§ 3-1 电流和电压测量的一般知识	34
§ 3-2 磁电系电流表	35
§ 3-3 磁电系电压表	40
§ 3-4 电磁系电流表和电压表	42
§ 3-5 电动系电流表和电压表	44
§ 3-6 仪用互感器	45
§ 3-7 钳形电表	52
§ 3-8 电流表和电压表的校验	53
复习题与思考题	56
第四章 万用表	57
§ 4-1 万用表的结构概述	57
§ 4-2 万用表的直流电流测量线路	59
§ 4-3 万用表的直流电压测量线路	60
§ 4-4 整流系仪表及交流电压测量线路	61
§ 4-5 万用表的电阻测量线路	64
§ 4-6 电平及其测量	68

§ 4-7 MF30型万用表 和万用表的使用	71
复习题 与思考题	73
第五章 功率的测量	75
§ 5-1 电动系功率表	75
§ 5-2 低功率因数功率表	81
§ 5-3 变换器式功率表	82
§ 5-4 三相电路有功功率的测量方法	84
§ 5-5 三相有功功率表	87
§ 5-6 三相电路无功功率的测量方法	88
§ 5-7 铁磁电动系三相无功功率表	92
§ 5-8 仪用互感器在功率测量中的应用	92
§ 5-9 功率表的校验	94
复习题与思考题	95
第六章 电能的测量	97
§ 6-1 感应系电度表	97
§ 6-2 电度表的调整	103
§ 6-3 三相有功电度表	108
§ 6-4 三相无功电度表	109
§ 6-5 电度表的使用	112
§ 6-6 电度表的校验	114
复习题与思考题	115
第七章 功率因数和频率的测量	116
§ 7-1 电动系功率因数表	116
§ 7-2 铁磁电动系功率因数表	119
§ 7-3 变换器式功率因数表	121
§ 7-4 电动系频率表	124
§ 7-5 铁磁电动系频率表	126
§ 7-6 变换器式频率表	128
§ 7-7 电磁系整步表	130
§ 7-8 组合式同步表	135
复习题与思考题	136
第八章 电阻、电感和电容的测量	137
§ 8-1 电阻、电感和电容的测量方法与比较	137
§ 8-2 用伏安法测直流电阻	138
§ 8-3 直流单臂电桥	139
§ 8-4 直流双臂电桥	141
§ 8-5 兆欧表	144
§ 8-6 接地电阻测量仪	146
§ 8-7 用指示仪表测电感和电容	149
§ 8-8 交流电桥	151
复习题与思考题	156
第九章 数字仪表和电子仪器	157
§ 9-1 数字仪表	157
§ 9-2 电子管电压表	161
§ 9-3 电子示波器	162
复习题与思考题	170

第一章 电工测量和仪表的基本知识

电力工业的主要产品是电能，众所周知，这是人们的感觉器官所不能直接感觉和反映的。在电能的生产、传输、分配和使用等各环节中，只有通过各种仪表的测量才能对电能质量、负荷情况等加以监视，才能保证生产的安全和经济运行。所以人们常把测量仪表叫做电力工业的“眼睛”。

电工测量要解决的主要问题是测量方法的选择，数据的分析和处理以及测量设备的使用等。本章主要围绕上述问题，讨论测量方法、测量误差以及电工仪表的基本概念和一般知识。

§ 1-1 电工测量和测量方法

测量，通常是指通过试验的方法，去测定一个未知量的大小。这个未知量叫做被测量。为了确定被测量，就要把它和作为测量单位的同类标准量进行比较，以确定被测量是这个测量单位的多少倍或多少分之一，从而得出这个被测量的大小（包括数值和单位）。各种电量或磁量的测量，统称为电工测量。换句话说，电工测量就是把被测的电量或磁量，跟作为测量单位的同类标准电量或磁量进行比较，从而确定这个被测量的大小的过程。

在测量中实际使用的是测量单位的复制体，称为度量器。度量器应有足够高的精度和稳定性，以保证测量的准确性。度量器按照精度和用途的不同，分为基准度量器和标准度量器。基准度量器是现代技术水平所能达到的精度最高的度量器，由国际和各国的最高计量部门保存。为保证测量仪器的准确一致，还要建立不同等级的标准度量器，以用来检定低一级的测量仪器，把量值准确地传递到生产第一线。电工测量方面常用的标准度量器有标准电池、标准电阻、标准电感和标准电容等。

但是，每一种测量不一定都必须有度量器的直接参与。当我们用天平测量重量时，就必须有天平砝码作为度量器，而用弹簧秤测重量时，就没有度量器的直接参与；当我们用电桥测量电阻时，就必须有标准电阻器，而用欧姆表测电阻时，就没有标准电阻的直接参与。没有度量器直接参与的仪器设备之所以也能用来进行测量，是因为它们的刻度已经事先用标准量具进行了检定的缘故。在电工测量中，凡是可以用直接指示的仪器仪表读取被测量数值，而无需度量器的直接参与的方法，叫做直读法。上述用欧姆表测电阻以及电流表测电流，电压表测电压等都属于直读法。这种方法十分简便，因此应用很广。与直读法相对应，凡是在测量过程中需要度量器的直接参与，并通过比较仪器来确定被测量数值的方法，称为比较法。根据被测量与标准量比较方式的不同，比较法又分为差值法、零值法和代替法三种。

测出被测量与标准量的差值，从而确定被测量数值的方法称为差值法。例如用不平衡电桥测电阻。

在测量过程中改变标准量，使之和被测量相等，即使它们的差值为零，从而确定被测量数值的方法称为零值法。零差值由指零仪判断，此时电路处于平衡状态，所以又叫做平衡法。例如用电位差计测电势，用电桥测电阻等都属于这一种方法。

将被测量和已知的标准量分别接入同一测量装置，如果维持仪器的读数不变，则此被测量即等于已知的标准量。这种测量方法称为代替法。例如用代替法测量绝缘电阻。

用比较法进行测量时，由于标准度量器的直接参与，所以较之直读法有更高的准确度。但是，比较法对测量仪器和试验条件的要求较高，操作也比较麻烦。所以，通常只在高准确度测量时采用。

不管是直读法，还是比较法，被测量的数值都可以在一次实验中直接读出。这种测量方式叫做直接测量。在电工测量中有时还用到间接测量的方式。所谓间接测量，就是根据被测量和其它量的函数关系，先测得其它量，然后再根据公式把被测量推算出来。例如用伏安法测电阻，就是先测得电压和电流，然后用欧姆定律的公式间接算出被测电阻的数值。间接测量的误差比直接测量大，而且还要进行计算，所以通常只在直接测量有困难时才采用。

§ 1-2 测量误差及其消除方法

任何测量都要力求准确。但是，在实际的测量中，由于测量方法、仪表仪器、试验条件和观测经验等方面因素的影响，使得测量结果不可能是被测量的实际值，而只是它的近似值。我们把测量值和被测量的实际值之间的差别，叫做误差。

一、误差的分类和来源

根据性质的不同，测量误差一般分为系统误差、偶然误差和疏失误差三类。

1. 系统误差

这是一种在测量过程中或者遵循一定的规律变化，或者保持不变的误差。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 由于标准度量、仪器仪表本身具有误差，例如刻度不准，结果在测量中就会造成系统误差。

(2) 测量方法的误差 由于测量方法的不够完善而引起。例如引用近似公式，以及未足够估计漏电、热电势、接触电阻、仪表内阻等影响，都会造成系统误差。

此外，由于测量装置的安装或配线不当，周围环境条件的变化以及测量人员经验不足、反映不准等等因素，都会在测量中造成系统误差。

2. 偶然误差

这是一种大小和符号都不固定的具有偶然性的误差。产生偶然误差的原因很多，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。所以，在完全相同的条件下，以同样的仔细程度重复进行同一个量的测量时，测量结果往往不完全相同。

3. 疏失误差

疏失误差由测量中的疏失所引起，是一种明显地歪曲测量结果的误差。例如对测量仪表的不正确读数，对观察结果的不正确记录等等。

二、测量误差的消除方法

1. 系统误差的消除

对于系统误差的消除，一般有以下几种方法。

(1) 对度量器及测量仪器进行校正 在测量中，度量器和测量仪器的误差直接影响测量结果的准确度，所以常引入其更正值，以消除误差。

(2) 消除误差的根源 例如，选择合理的测量方法，配置适当的测量仪器，改善仪表安装质量和配线方式，测量前检查调整仪表零位以及采取屏蔽措施来消除外部磁场及电场的影响等等。

(3) 采用特殊的测量方法

1) 替代法。在保持仪表读数状态不变的条件下，用等值的已知量去替代被测量。这样的测量结果就和测量仪表的误差及外界条件的影响无关，从而消除了系统误差。例如用电桥测电阻时，用标准电阻替代被测电阻，并调整标准电阻使电桥达到原来的平衡状态，则被测电阻值就等于这个标准电阻值，这就排除了电桥本身和外界因素的影响，消除了由它们所引起的系统误差。

2) 正负消去法。如果第一次测量时误差为正，第二次测量时误差为负，则可对同一量反复测量两次，然后取两次测量的平均值，便可消除这种系统误差。例如指针式仪表，由于活动部分的摩擦作用，结果对同一大小的被测量，在其数值上升或下降情况下进行测量时，就会有不同的读数。为了消除这种系统误差，可使被测量由小增大到某一点，再从大减小到同一点，然后再取两次测量的平均值，就可消除摩擦所引起的系统误差。

3) 换位法。当系统误差恒定不变时，在两次测量中使它从相反的方向影响测量结果，然后取其平均值，从而使这种系统误差得到消除。例如，用等比率臂电桥进行测量时，为了消除比率臂电阻值不准造成的误差，可以采取换臂措施，即将两个比率臂电阻的位置调换一下，再进行一次测量，然后取两次测量的平均值即可。

2. 偶然误差的消除

与系统误差不同，对于偶然误差，不能用试验的方法加以检查和消除，只能根据多次测量中各种偶然误差出现的或然率用统计学的方法加以处理。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机会（次数）是相同的，而且，小误差比大误差出现的机会总是更多。这样，在足够多次的测量中，偶然误差的算术平均值必然趋近于零。这是因为在一系列测量的偶然误差总和中，正、负误差互相抵消的结果。由此可知，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达到。测量次数愈多，测量结果的算术平均值则愈趋近于实际值。

在工程测量中，由于偶然误差较小，通常可以不予考虑。

至于疏失误差，由于它是显然的错误，并且常常严重地歪曲了测量的结果，因此，包含有疏失误差的观察结果是不可信的，应予抛弃。

§ 1-3 仪表的误差和准确度

所有用于电工测量的仪器仪表，统称为电工仪表。对于各种仪表，不论其质量如何，它的指示值和被测量的实际值之间总是存在着某种程度的差别，这种差别就叫做仪表的误差。误差愈小，仪表就愈准确。因此，仪表的准确度也是用误差的大小来表明，但它说明的却是仪表指示值和实际值之间的接近程度。

在科研和生产部门，保证测量仪表应有的准确度是十分重要的。例如，一只装在10万千瓦发电机上的功率表，如果读数偏大1%，那么在24小时内，就会少发24000度电，结果电气设备的生产潜力就不能得到充分的发挥。相反，如果仪表的指示值偏小，就会造成电气设备的过负荷运行，使设备寿命缩短甚至造成烧毁事故。所以，准确度是测量仪表最重要的一个技术指标。

一、仪表误差的分类

根据产生误差的原因，仪表误差分为两类：

1. 基本误差

仪表在正常工作条件下，由于结构、工艺等方面不够完善而产生的误差，称为仪表的基本误差。所谓正常工作条件，是指仪表在规定的正常温度、放置方式、大气压力、频率和波形下工作，且不存在外界电场或磁场的影响时的条件。在此条件下，由于活动部分的摩擦，标尺刻度不准，零件装配不当等原因造成的误差，都是仪表的基本误差。这是仪表本身所固有的一种误差。

2. 附加误差

当仪表的工作偏离了规定的正常工作条件，例如温度、频率、波形的变化超出了规定的条件，工作位置不正或存在外电场或磁场的影响时，都会造成额外的误差。这种由工作条件的改变而造成的额外误差，叫做仪表的附加误差。

二、误差的表达式

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 和被测量的实际值 A_0 之间的差值，叫做绝对误差，以 Δ 表示。即

$$\Delta = A_x - A_0 \quad (1-1)$$

在计算时，可以用标准表（用来检定工作仪表的高准确度仪表）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。

解：由式(1-1)得

甲表的绝对误差 $\Delta_1 = A_x - A_0 = 101 - 100 = +1$ 伏

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

上例说明，绝对误差还有正负之分。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。另外，甲表指示值偏离实际值较大（1伏），乙表的偏离则较小（0.5伏），显然，乙表的指示比甲表更为准确。因此，在测量同一个量时，我们可以用绝对误差 Δ 的绝对值来说明不同仪表的准确程度， $|\Delta|$ 愈小的仪表，测量结果就愈准确。

由式（1-1）可得

$$A_0 = A_x + (-\Delta) = A_x + c \quad (1-2)$$

式（1-2）中 $c = -\Delta$ 称为更正值。更正值和绝对误差大小相等而符号相反。引进更正值后，就可以对仪表指示值进行校正，以消除其误差。

2. 相对误差

在测量不同大小的被测量时，不能简单地用绝对误差来判断其准确程度。例如，甲表在测100伏电压时，绝对误差为 $\Delta_1 = +1$ 伏，乙表在测10伏电压时，绝对误差为 $\Delta_2 = +0.5$ 伏。从这里的绝对误差来看，甲表大于乙表，但是从仪表误差对测量结果的相对影响来看，却正好相反。因为甲表的误差只占被测量的1%，而乙表的误差却占被测量的5%，即乙表误差对测量结果的相对影响更大。所以，在工程上通常采用相对误差来比较测量结果的准确程度。

相对误差就是绝对误差 Δ 与被测量的实际值 A_0 的比值，通常用百分数来表示。以 γ 表示相对误差，则

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

例 1-2 已知甲表测100伏电压时， $\Delta_1 = +1$ 伏，乙表测10伏电压时 $\Delta_2 = +0.5$ 伏，试求它们的相对误差。

解：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

$$\gamma_2 = \frac{+0.5}{10} \times 100\% = +5\%$$

求解表明乙表的相对误差较大。

由于被测量的实际值和仪表的指示值通常相差不大，所以在工程上当不能确定实际值 A_0 时，常用仪表的指示值 A_x 近似地代替 A_0 进行计算，即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_x} \times 100\% \quad (1-4)$$

3. 引用误差

相对误差可以表示测量结果的准确程度，但却不足以说明仪表本身的准确性能。同一只仪表，在测量不同的被测量时，由于摩擦等原因造成的绝对误差 Δ 变化不大，但随着被测量的变化， A_x 却可在仪表的整个刻度范围内变化。因此，在根据式（1-4）计算相对误差时，对应于不同大小的被测量，就有不同的相对误差。这样，我们就难以用相对误差去全面衡量一只仪表的准确性能。例如，一只测量范围为0~250伏的电压表，在测量200伏

电压时, 绝对误差为 1 伏, 则其相对误差为 $\gamma_1 = \frac{1}{200} = 0.5\%$; 同一只电压表用来测量 10 伏电压时, 绝对误差为 0.9 伏, 其相对误差则为 $\gamma_2 = \frac{0.9}{10} = 9\%$ 。可见在被测量变化时, 相对误差也随着改变了。

引用误差则可以更好地反映仪表的基本误差。所谓引用误差, 是指绝对误差 Δ 与仪表测量上限 A_m (即仪表的满刻度值) 比值的百分数, 用 γ_m 来表示, 则

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% \quad (1-5)$$

由于仪表的测量上限是一个常数, 而仪表的绝对误差又大体保持不变, 所以可用引用误差来表示仪表的准确度。

式 (1-5) 表明, 引用误差实际上就是测量上限的相对误差。因此, 知道了仪表的引用误差, 就可根据其测量上限 A_m , 将上量限的绝对误差 Δ 计算出来。又由于 Δ 值基本不变, 所以也就可以把不同量值下的相对误差估算出来。

上述引用误差的计算适用于单向标度尺仪表, 这种仪表在实际中应用得最多。具有其他标度尺仪表, 如双向标度尺仪表、无零位标度尺仪表等, 其引用误差的计算可参照有关标准的规定进行。

三、仪表的准确度

引用误差可以较好地表明仪表的基本误差, 但还不能确切地表示仪表的准确度。这是因为在测量值不同时, 绝对误差多少有些变化, 因而引用误差也就有所不同。的缘故。因此, 规定以最大的引用误差来表示仪表的准确度。也就是说, 仪表的准确度等级 K 的百分数, 就是由最大绝对误差 Δ_m 所决定的最大引用误差:

$$\pm K\% = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% \quad (1-6)$$

最大引用误差愈小, 仪表的基本误差就愈小, 准确度就愈高。我国生产的电工仪表的准确度等级, 根据国家标准 GB776-76 的规定, 共分七个等级, 即 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 级。各级仪表在正常工作条件下使用时, 其基本误差应不超过表 1-1 的规定。

不同等级仪表所容许的最大绝对误差, 在知道其测量上限后, 均可根据式 (1-6) 算出。

例 1-3 计算 0.5 级、单向标度尺电压表的容许绝对误差, 仪表上限为 250 伏。

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

例 1-4 用准确度为 1.0 级, 上量限为 10 安的电流表测量 4 安电流时, 其最大可能的

表 1-1 仪 表 的 基 本 误 差

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

相对误差是多少?

解: 该表的最大绝对误差为

$$\Delta_m = \frac{\pm K \times A_m}{100} = \pm \frac{1 \times 10}{100} = \pm 0.1 \text{安}$$

测 4 安电流时, 可能出现的最大相对误差为

$$\gamma = \frac{\Delta_m}{A_x} \times 100\% = \frac{\pm 0.1}{4} \times 100\% = \pm 2.5\%$$

由此可见在一般情况下, 测量结果的准确度(即其最大相对误差), 并不等于仪表的准确度, 决不可把二者混淆起来。因此, 在选用仪表时, 不仅要考虑仪表的准确度, 还要根据被测量的大小, 选择合适的仪表量程, 才能保证测量结果的准确性。

例 1-5 将例1-4中仪表改用准确度为0.5级、上量限为100安的电流表, 仍然测量4安电流时, 试求其最大相对误差。

解: 该表的最大绝对误差

$$\Delta_m = \frac{\pm K A_m}{100} = \frac{\pm 0.5 \times 100}{100} = \pm 0.5 \text{安}$$

用该表测 4 安电流时, 可能出现的最大相对误差则为

$$\gamma = \frac{\Delta_m}{A_x} \times 100\% = \frac{\pm 0.5}{4} \times 100\% = \pm 12.5\%$$

可见仪表的准确度级虽然提高了, 但测量结果的相对误差却反而大多了。所以, 片面地追求仪表的准确度级而忽视对仪表量程的合理选择, 是完全错误的。为了保证测量结果的准确性, 通常应使被测量的大小为仪表测量上限的一半以上。

还应指出, 各种准确度等级的仪表, 不在规定的正常工作条件下使用时, 还要考虑附加误差。附加误差的允许值可查看GB776-76中的有关规定。

§ 1-4 对仪表的主要技术要求

为保证测量结果准确、可靠, 对电工指示仪表的技术要求主要有以下几个方面:

一、有足够的准确度

- 1) 各级仪表的基本误差, 不应超过表1-1的规定。
- 2) 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。
- 3) 指示仪表由于摩擦造成的升降变差(被测量平稳上升及下降时, 对应于同一个分度线上两次读数的实际值之差), 一般不应超过仪表基本误差的绝对值。

二、有合适的灵敏度

在指示仪表中, 被测量的变化将引起仪表可动部分偏转角的变化。如果被测量变化了 Δx , 引起偏转角的相应变化 $\Delta \alpha$, 则 $\Delta \alpha$ 与 Δx 的比值就是仪表的灵敏度, 用 S 表示。即

$$S = \frac{\Delta \alpha}{\Delta x}$$

对于刻度均匀的仪表, 则 $S = \frac{\alpha}{x}$ 。这里, x 为任一被测量, 而 α 是对应于 x 的仪表偏转角。可见, 对于标尺刻度均匀的仪表, 其灵敏度是一个常数, 它的数值等于单位被测量所引起的偏转角。

灵敏度表示仪表对被测量的反应能力, 它反映了仪表所能测量的最小被测量。所以, 灵敏度是电工仪表的一个重要的技术指标。选择仪表的灵敏度时, 要考虑被测量的要求。灵敏度过高, 仪表的量限可能过小; 灵敏度过低, 则仪表不能反应被测量的较小变化。因此, 要恰当地选用灵敏度合适的仪表, 而不应单纯地追求高灵敏度。

灵敏度的倒数叫做仪表常数, 用 C 表示, 即 $C = \frac{1}{S}$ 。

对某些仪器仪表 (如数字仪表) 还用分辨率来表示对被测量的反应能力。例如分辨率 4 微伏, 即仪表对 4 微伏的电压变化有明显的反应。

三、仪表本身消耗的功率小

仪表接入电路时, 本身也要消耗一定的能量。如果仪表消耗的功率较大, 必将改变电路原有的工作状态, 从而造成不能允许的测量误差。因此, 仪表本身的功率应尽量小。

四、有良好的读数装置

仪表的标度尺刻度应尽量均匀, 以便于读数, 并扩大仪表在测量时的工作范围。

刻度不均匀的仪表, 在分度线较密的部分, 灵敏度低而读数误差大。在这部分标度尺上进行测量时必然不能保证应有的准确度。因此, 对标尺不均匀的仪表, 要求在刻度盘上标明其工作部分。一般规定其工作部分的长度不应小于标尺全长的 85%。

五、有良好的阻尼

由于仪表可动部分的惯性, 当接入被测量或被测量突然变化时, 指示器不能迅速稳定在指示值上, 而在稳定位置的左右摆动, 以致不能迅速地取得测量读数。为减小摆动时间, 迅速读数, 仪表应设有阻尼装置。

仪表阻尼是否良好, 通常用阻尼时间来衡量。所谓阻尼时间, 是指仪表从接入被测量开始, 到指针在稳定位置左右的摆动不大于标尺全长的 1% 为止的时间。按规定, 普通仪表的阻尼时间应不超过 4 秒。质量较好的仪表, 阻尼时间只有 1.5 秒左右。

六、有足够的绝缘强度和过载能力

仪表的电气线路和外壳之间应有良好的绝缘, 以保证仪表的正常工作和使用时的安全。

仪表应有一定的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、短时过载下的机械力冲击而造成仪表的损坏。

仪表的绝缘强度和过载能力的要求, 可查看有关标准中的规定。

§ 1-5 电工仪表的分类、标志和型号

一、电工仪表的分类

电工仪表的种类很多, 按其所用测量方法的不同, 以及结构、用途等方面的特性, 通

常分为以下几类。

1. 指示仪表

这类仪表的特点是把被测量转换为仪表可动部分的机械偏转角，然后通过指示器直接示出被测量的大小。因此，又称为电气机械式或直读式仪表。

指示仪表应用极为广泛，规格品种繁多，通常还采用下列方法加以分类。

(1) 按仪表的工作原理分 有磁电系仪表、电磁系仪表、电动系仪表、铁磁电动系仪表、感应系仪表以及整流系仪表、静电系仪表等。

(2) 按测量对象的名称分 有电流表、电压表、功率表、电度表、功率因数表、频率表以及多种测量用途的万用表等。

(3) 按被测电流的种类分 有直流仪表、交流仪表以及交直流两用仪表等。

(4) 按使用方法分 有安装式和可携式两种。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，广泛用于发电厂、变电所的运行监视和测量。图 1-1 为 42C3-V 型安装式电压表的外形。可携式仪表是可以携带和移动的仪表，广泛用于电气试验、精密测量及仪表检定中。图 1-2 为 D26-W 型可携式功率表的外形图。

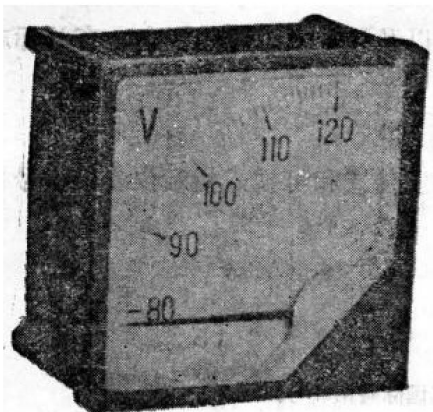


图 1-1 42C3-V 型安装式电压表外形

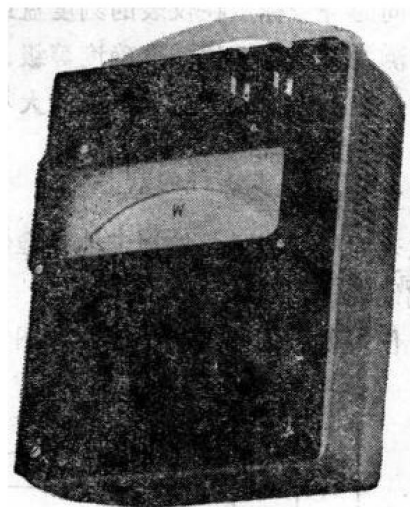


图 1-2 D26-W 型可携式功率表外形

(5) 按使用条件分 有 A、B、C 三组。A 组仪表宜在较温暖的室内使用，B 组可在不温暖的室内使用，C 组则可在不固定地区的室内和室外使用。其具体的工作条件在国家标准 GB776-76 中均有详细规定。

2. 比较仪器

这类仪器用于比较法测量中，包括直流比较仪器和交流比较仪器两种。属于直流仪器的有直流电桥、电位差计以及标准电阻和标准电池等；属于交流仪器的有交流电桥、标准电感和标准电容等。

3. 数字仪表和巡回检测装置

数字仪表是一种以逻辑控制实现自动测量、并以数码形式直接显示测量结果的仪表，如数字频率表、数字电压表等。数字仪表加上选测控制系统就构成了巡回检测装置，可以

实现对多种对象的远距离测量。这类仪表在近年来得到了迅速的发展和应用。

4. 记录仪表和示波器

记录被测量随时间而变化的情况的仪表，称为记录仪表。发电厂中常用的自动记录电压表和频率表以及自动记录功率表都属于这类仪表。

当被测量变化很快，来不及笔录时，常用示波器来观测。电工仪表中的电磁示波器和电子示波器不同，它是通过振动物子在电量作用下的振动，经过特殊的光学系统来显示波形的。

5. 扩大量程装置和变换器

用以实现同一电量大小的变换，并能扩大仪表量程的装置，称为扩大量程装置。如分流器、附加电阻、电流互感器、电压互感器等等。用来实现不同电量之间的变换，或将非电量转换为电量的装置，称为变换器。在各种非电量的电测量中，以及近年来发展的变换器式仪表中，变换器是必不可少的。

二、电工仪表的标志

不同种类的电工仪表具有不同的技术特性。为了便于选择和使用仪表，通常把这些技术特性用不同的符号标示在仪表的刻度盘或面板上，叫做仪表的标志。根据国家标准，每个仪表应有测量对象的单位、准确度等级、电流种类和相数、工作原理的系别、使用条件组别、工作位置、绝缘强度试验电压的大小、仪表型号以及各种额定值的标志。有关标志的各种符号见表1-2。

三、电工仪表的型号

电工仪表的产品型号是按规定的标准编制的。对于安装式和可携式指示仪表的型号各有不同的编制规则。

安装式仪表型号的基本组成形式如图1-3所示。

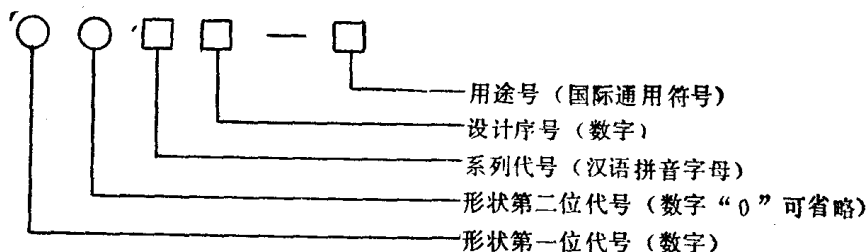


图 1-3 安装式仪表型号的编制规则

形状第一位代号按仪表面板形状最大尺寸编，形状第二位代号按外壳形状尺寸特征编，系列代号表示仪表的不同系列，如磁电系用C，电磁系用T，电动系用D，感应系用G，整流系用L，静电系用Q来表示等等。例如，42C3-A型直流电流表，“42”为形状代号，按形状代号可从有关标准中查出仪表的外型和尺寸，“C”表示是磁电系仪表，“3”为设计序号，“A”表示用来测量电流。

对于可携式仪表，则不用形状代号。第一位为组别号，亦即用来表示仪表的不同系列，以下部分的组成形式和安装式仪表相同。例如，T19-V型交流电压表，“T”表示电磁系，“19”为设计序号，“V”表示用来测量电压。

表 1-2

1.测量单位的符号					
名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
千 安	kA	瓦 特	W	毫 欧	$m\Omega$
安 培	A	兆 乏	$Mvar$	微 欧	$\mu\Omega$
毫 安	mA	千 乏	$kvar$	相 位 角	φ
微 安	μA	乏 尔	var	功率因素	$\cos\varphi$
千 伏	kV	兆 赫	MHz	无功功率因素	$\sin\varphi$
伏 特	V	千 赫	kHz	微 法	μF
毫 伏	mV	赫 芝	Hz	微 微 法	PF
微 伏	μV	兆 欧	$M\Omega$	亨	H
兆 瓦	MW	千 欧	$k\Omega$	毫 亨	mH
千 瓦	kW	欧 姆	Ω	微 亨	μH

2.仪表工作原理的图形符号					
名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
磁电系仪表		电动系仪表		感应系仪表	
磁电系比率表		电动系比率表		静电系仪表	
电磁系仪表		铁磁电动系仪表		整流系仪表(带半导体整流器和磁电系测量机构)	
电磁系比率表		铁磁电动系比率表		热电系仪表(带接触式热变换器和磁电系测量机构)	

3.电 流 种 类 的 符 号							
名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
直 流	—	交流(单相)	~	直流和交流		具有单元件的三相平衡负载交流	

4.准 确 度 等 级 的 符 号					
名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
以标度尺量限百分数表示的准确度等级, 例如1.5级	1.5	以标度尺长度百分数表示的准确度等级, 例如1.5级		以指示值百分数表示的准确度等级, 例如1.5级	