

农村机电工人培训教材

电气测量和电工仪表

陈以連編

中国工业出版社

本书介绍电流、电压、电阻、电功率和电能的测量方法，电流表、电压表、欧姆表、功率表的原理、构造、使用方法以及调整、维护和保管方面的知识。书中还叙述了摇表、万用电表的使用方法。内容简明实用，文字通俗易懂。

本书是“农村机电工人培训教材”中的一册，可作县和公社级的电工训练班的教材。对农村原有电工和希望学习电气技术的农村知识青年，也可作为自学进修的读物。

农村机电工人培训教材
电气测量和电工仪表
陈以连 编

*

水利电力部办公厅图书编辑部编辑（北京阜外月坛南营房）

中国工业出版社出版（北京修门内大街10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{2}$ ·印张 $37 \frac{7}{8}$ ·字数79,000

1964年1月北京第一版·1964年1月北京第一次印刷

印数0001—12,371·定价(8-3)0.39元

*

统一书号：K15165·3006(水电-408)

目 录

农村机电工人培训教材出版说明

第一章 电气测量和电表的基本知識	1
第一节 测量的概念和分类	1
第二节 电表的作用和分类	2
第三节 电表的表面标记	3
第四节 电表的基本元件及其作用	6
第五节 电表的誤差	16
第二章 电流表和电压表 电流、电压的測量	19
第一节 电流表和电压表的特点	19
第二节 磁电式电表	20
第三节 电磁式电表	24
第四节 电动式电表和鉄磁电动式电表	29
第五节 电流表和电压表	33
第六节 电压的測量	37
第七节 电流的測量	42
第八节 鉗形电流表	49
第九节 电流表和电压表校驗的方法	51
第三章 功率表和功率的測量	54
第一节 功率	54
第二节 电动式功率表	55
第三节 功率的測量	57
第四节 功率表的校驗方法	61
第四章 电度表和电能的測量	63
第一节 电能	63

第二节	感应式电度表	63
第三节	电能的测量	67
第四节	电度表的校验和调整	72
第五章	欧姆表和电阻的测量	80
第一节	电阻	80
第二节	用电流表和电压表测量电阻	80
第三节	用电桥测量电阻	82
第四节	单线圈式的欧姆表	84
第五节	双线圈式的欧姆表	86
第六章	摇表及其使用的方法	88
第一节	摇表的构造和原理	88
第二节	摇表的选用	89
第三节	摇表的使用方法	90
第四节	摇表校验的方法	95
第七章	万用电表及其使用的方法	97
第一节	万用电表的原理	97
第二节	万用电表面板上符号的意义	100
第三节	万用电表使用的方法	101
第八章	功率因数表、频率表和同步指示器	107
第一节	功率因数	107
第二节	电动式功率因数表	107
第三节	频率表	110
第四节	同步指示器	112
第九章	电表的维护和保管	114
第一节	引起电表毛病的原因和检查方法	114
第二节	电表的维护和使用时应注意的事项	115
第三节	电表的保管	117

第一章 电气测量和电表的基本知識

第一节 测量的概念和分类

为了达到测量的目的，我們制定了各种量的单位。例如斤是属于重量的单位，尺是属于长度的单位等等。所謂測量，就是将未知量与同种的单位量进行比较，比較的结果就是测量的结果，它应包括两个部分：一部分是数值，另一部分是单位名称。电气上的各种测量，称为电气测量。

被测量的对象是多种多样的。因此，测量的单位也是多种多样，进行测量的方法也各有不同，普通分为直接测量和間接测量两种。当被测量的量，可以通过测量仪器直接讀出来时，或者通过与它同种的单位量比較而得到时，都属于直接测量。例如，用电流表测量电流，用功率表测量功率，以及与标准电池比較测量电压等都是。当被测量的量不是直接測出，而是先测得与未知量有关的几个量，再根据一定的关系，計算出未知量来，就叫做間接测量。例如，测量导体内的电流和电压降，通过欧姆定律計算出导体的电阻，就是属于間接测量。

應該指出，在一般工程测量中，应用最多的是直接測量，特别是通过各种仪表直接讀出被测值的方法，应多，因为它具有簡單方便、花時間少等优点。

第二节 电表的作用和分类

电表是电气设备运行人员的耳目，它的作用十分重要，电路中电压的高低、电流的强弱、电阻的大小等等，都要用电表来测量。根据所量得的电压、电流、电阻等的数值，我们就可以知道电路中的情况。例如，电路中有了测量电流的电流表，我们就可以知道电流的大小，确定各种电气设备是否过负荷，因而就可以预先设法来防止事故的发生。电路中有了测量电压的电压表，它就可以告诉我们电路中电压是否正常，电压太高，电气设备的绝缘可能被击穿，电压太低，电气设备也不能正常运行，有了电压表，就可以及时发现問題，及时地糾正。有了测量电阻的搖表，就可测量电气设备的绝缘情况，它可以告诉我们绝缘电阻是否合格。

其他象测量电功率的功率表，测量电能的电度表等，都是常用的而且很重要的电表。

电表按各种不同分类的方法，可分成許多类：

1.按照测量对象的种类分：

- 1) 用来测量电流的，称为电流表，或称安培表；
- 2) 用来测量电压的，称为电压表，或称伏特表；
- 3) 用来测量功率的，称为功率表，或称瓦特表；
- 4) 用来测量电能的，称为电度表，或称千瓦时表；
- 5) 用来测量功率因数的，称为功率因数表，或称力率表；
- 6) 用来测量电阻的，称为欧姆表。

2.按照所测量的电流种类分：

- 1) 用于直流电路的，称为直流电表；
- 2) 用于交流电路的，称为交流电表；

3)既适用于直流电路，又适用于交流电路，称为交直流两用电表。

3.按照准确度分：

分为0.2、0.5、1.0、1.5和2.5五个等级。因为任何一只电表，它所指示的数值不完全和实际的数值相等，都会产生一定的误差。等级的数字，表示最大误差的百分数。例如1.0级的电流表，测量得100安的电流，而实际电流的数值可能是99安，或101安。因此，电表等级的数字越小，电表越准确。0.2和0.5级的电表，是在试验室里或校验其他电表时使用。其余等级的电表，多用在配电板上。

4.按照电表的作用原理来分：

- 1)磁电式；
- 2)电磁式；
- 3)电动式；
- 4)感应式。

这些电表，后面还要详细讨论。

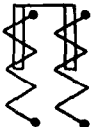
5.按照使用的性质和装置方法分：

- 1)固定式，固定式的电表是装在一块固定不动的绝缘板或金属板上，在正常的工作情况下是固定不动的。
- 2)携带式，所谓携带式电表，就是重量较轻，携带方便电表。

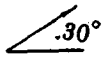
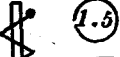
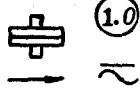
第三节 电表的表面标记

在电表的表面上，有各种各样的标记，它们都代表着一定的意义。各种标记的意义列在表1-1中。表中的各项标记及其说明，今后还会逐一谈到。

表 1-1 电表的表面标记

标 記	型 式	标 記	說 明
	磁电式	准确度級的标记	容許的基本誤差, %
甲、有机械反作用力		0.1	± 0.1
	乙、无机械反作用力	0.2	± 0.2
	电磁式	0.5	± 0.5
甲、有机械反作用力		1.0	± 1.0
	乙、无机械反作用力	1.5	± 1.5
		2.5	± 2.5
	电动式	4.0	± 4.0
甲、无磁屏		电流性质的标记	电流性质
1. 有机械反作用力		—	直 流
	2. 无机械反作用力	~	交 流
乙、有磁屏		≈	三相交流
1. 有机械反作用力			
	2. 无机械反作用力		
			

續表

標 記	型 式	標 記	說 明
	鐵磁電動式 甲、有機械反作用力		直流和交流
	乙、無機械反作用力		儀表的絕緣受過2千伏電壓的試驗
	感應式 甲、有機械反作用力	儀表裝置的標記	
	乙、無機械反作用力		垂直裝置
	熱綫式		水平裝置
	熱偶式 甲、有接觸熱電偶		30°傾斜裝置
	乙、有絕緣熱電偶	例	
	整流式		準確度1.5級、有機械反作用力的電磁式直流電表，作30°傾斜裝置
			
			準確度1.0級的電動式交流直流電表，作水平裝置

第四节 电表的基本元件及其作用

电表种类繁多，但大多数电表都具有一些共同的元件，如外壳、标尺、指针、阻尼器、转轴、轴承……等等。本节先介绍这些共同的元件，及其所起的作用，以后再讨论各种类型的电表。

一、外 壳

电表的外壳起保护电表内部机件的作用，使它不受到机械作用而损坏，并防止灰尘的侵入。

电表的外壳是用铁、硬橡胶或电木等材料制成的。铁质的外壳，较为坚固，并且可以屏蔽外界磁场（使外界的磁场不致影响电表的正常工作，因为磁场被铁壳所屏蔽，表1-1中的“磁屏”就是这个意思）。硬橡胶或电木的外壳较为轻巧美观，同时又因硬橡胶、电木都是绝缘性能很好的材料，所以能防止由于电表内部漏电而发生的接地或触电等危险，因此

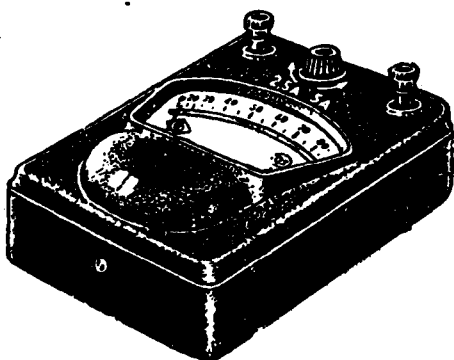


图 1-1 携带式电表

它最适宜用于携带式电表(图1-1)。

按外壳的形状不同,电表分为圆形(图1-2)和方形(图1-3)两种。圆形外壳是最简单和最普遍的,它的缺点是在配电板上所占的面积较大,而方形电表所占的面积就小得多。

由于电表外壳构造的不同,电表也可分为突出式(图1-2)

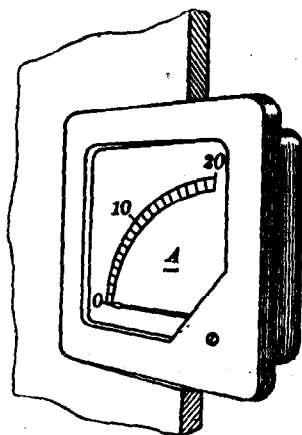
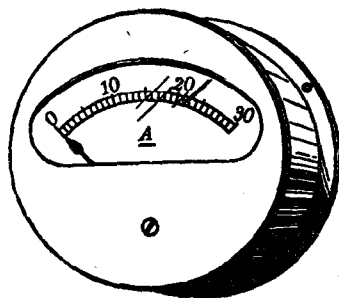


图 1-2 圆形突出式电表

图 1-3 方形嵌入式电表

和嵌入式(图1-3)。完全突出的电表装在配电板、控制板的板面上,而嵌入式是装入配电板、控制板的板内,电表的大部分在板的后面。这样可以一目了然,观察便利。

二、标 尺

电表的标尺,就是画有刻度的表面(图1-4)。它是用黄铜片或锌片制成,上面粘着一层薄纸,纸上画有刻度。每一刻度代表一定的数值。当电表工作时,指针移动到某一刻度上停止下来,即可读出所测量的数值。

图1-4(1)表示均匀标尺,即各根相邻直线之間距离相等,每两根直线之間的距离所代表的数值是一样的。图1-4(2)表示不均匀的标尺,即两根相邻直线之間的距离是不相等的,但它所代表数值却是相同的。

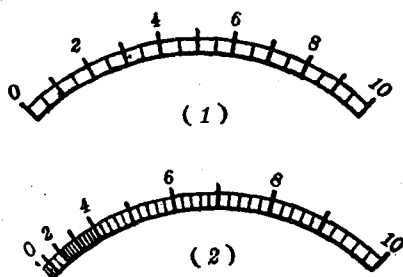


图 1-4 电表的标尺

在0.2和0.5级的电表,在标尺上开有一个闊約0.5厘米的弧形长孔,下面装有一个鏡子(图1-5),在鏡子中可以反映出指針的像。我們讀取数据时,头部左右移动,使眼睛的位置移动到使指針和鏡子中的指針像相重合,这样就可以

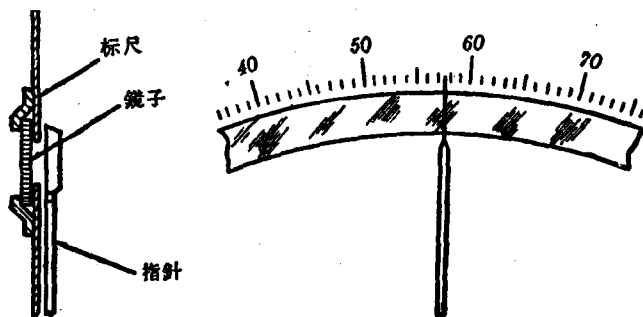


图 1-5 鏡子标尺

使視線對准，這時指針在標尺上所指出的數值，就是準確的數值，所以有鏡子的標尺，可以減小讀數的誤差。

三、指 針

電表指針的作用是指出數值，當電表通電後指針在標尺上移動到某一位置後停止，我們就可以讀取指針所指示的數值。電表的指針一般是用鋁製成，指針必須輕而堅固。0.2和0.5級的电表指針端是刀形的，稱為刀形指針(見圖1-6)。



圖 1-6 刀形指針



圖 1-7 矛形指針

其餘各級電表的指針端是矛形的，稱為矛形指針(圖1-7)。

指針愈輕巧，電表的準確度愈高，因為輕巧的指針，電流雖變化很小也可以反映出讀數來。所以在高準確度的電表中，指針很細、很小，因而也很輕、很弱。在使用這類電表時，應注意不可使指針的偏轉超過電表的最大數值太多，否則就會將指針打彎、撞裂，甚至損壞電表的內部結構。

四、阻 尼 器

電表通電後偏轉于某一位置，由於慣性的作用，指針將左右擺動，而影響讀數。為了縮短擺動的時間，在電表的轉動部分上必須裝置阻尼器，來阻止指針的左右擺動。

阻尼器分空氣的和磁性的兩種。

1. 空氣阻尼器(圖1-8)，是由圓柱形管制成，管的一端

是封閉的，另一端是开启的，如图 1-8 中，管的上端封閉，下端开启。在圓柱形的管子中，有一个鋁质的活塞，它可以在管内移动。活塞与偏轉的指針联系在一起。

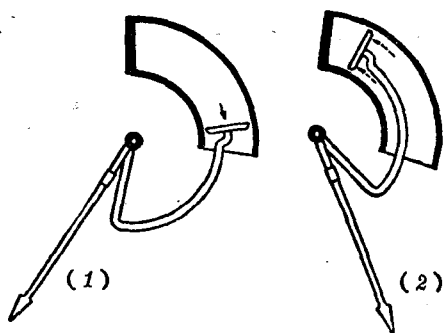


图 1-8 空气阻尼器

(1)一指針沿反时針方向偏轉，(2)一指針沿順时針方向偏轉。

当电表的指針向反时針方向偏轉时，活塞向管子的封閉端推进，把空气压入管子中。管子中被压縮的空气就阻止活塞向內推进，如图1-8(1)中实綫箭头所示，即阻止指針向反时針方向偏轉。当轉动部分向順时針方向偏轉时，活塞向管子的开启端移动，活塞和封閉端之間的空气，因活塞移动而变薄，管内压力减小，外面的压力阻止活塞向开启端移动，即阻止指針向順时針方向偏轉，如图1-8(2)中虛綫箭头所示。这样，随着指針的偏轉，活塞两边的空气不断产生阻力阻止活塞的运动，因此可制止指針的偏轉，使它摆动的范围大大减小。

2. 磁性阻尼器 (图 1-9)，它是由鋁片 1，和永久磁鉄 2 所組成的。鋁片可在永久磁鉄的磁場內运动，并且鋁片是和

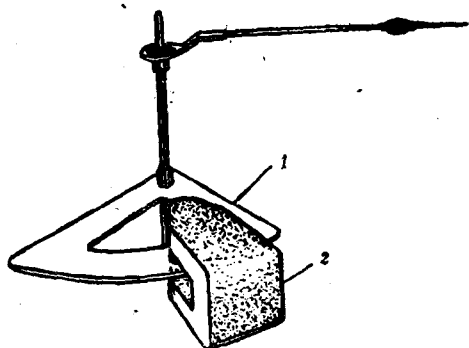


图 1-9 磁性阻尼器

指针的转轴连在一起。当电表的指针偏转时，铝片也随着转动，由于铝片切割永久磁铁的磁力线，在铝片中产生了涡流，涡流的方向可由发电机右手定则决定。由这个涡流和永久磁铁的磁力线相互作用，产生一个力，这个力的方向可由电动机左手定则来决定，它总是反对铝片的转动。这样，铝片受到了电磁力阻止它的运动，因此可制止指针左右摆动。

五、转轴和轴承

大部分电表的转动部分，是用轴和轴承来支持的。转轴是由一根直径为1~2毫米的钢棒制成，轴的两端是圆锥形的尖头，用来支撑在轴承上(图1-10)。这个圆锥形的尖头，有

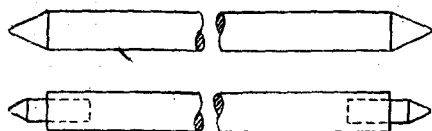


图 1-10 转 轴

的是把实心的轴，頂端磨成錐狀，有的是把軸尖压入鋁质的軸內。

高准确度电表的軸承是用寶石(紅寶石、藍寶石、瑪瑙等)制成，因为寶石质地坚硬，不易磨損。低准确度电表的軸承，可用硬鋼或磷銅制成。为了减小摩擦力，軸尖和軸承都經過良好的研磨，使軸尖只支持在軸承表面固定的一点上。寶石軸承是鑲在支持螺絲的一端(图1-11)。轉动支持螺絲可

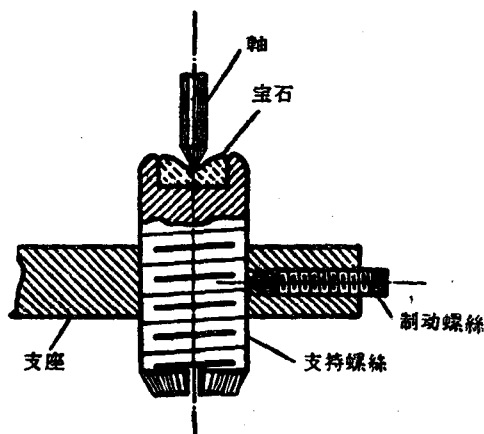


图 1-11 电表的軸承

以調節轉軸位置的高低。轉軸的两端是用支持螺絲来固定的。在調節支持螺絲的位置时，应注意轉軸在軸承內不可太松，如果太松了，軸就会上下移动，将产生誤差，但也不可太紧，以免軸尖和軸承所受的机械压力太大，增加了摩擦力，甚至損坏軸尖和使寶石碎裂。当支持螺絲的位置調好以后，可用制動螺絲抵住，以免松脱。

六、产生反作用力矩的设备

当电表接通电流时，转动部分开始偏转。如果在电表中没有反作用力矩，那末即使很小的电流也将使指针偏转到终点。这样，指针所偏转的角度将不能用来确定电流的大小，因此在电表的转动部分必须有一个产生反作用力矩的设备，使指针的偏转受到限制，指针偏转的角度才可表示电流的大小。

在电表中，我们可以利用螺旋式弹簧(也叫游丝)、重力或电磁力来产生反作用力矩。

螺旋式弹簧(图1-12)是用矩形截面的弹簧丝卷成。弹簧的一端固定在转轴上，另一端则固定在电表内部的支架上。当转轴转动时，将弹簧绞紧，因而产生了反作用力矩。通过电表的电流愈大，指针偏转的角度愈大，弹簧的反作用力矩也愈大。当电表内所产生的转矩和反作用力矩相等时，指针就停止不动。因此可由指针偏转的角度来确定电流的大小。弹簧是用锡、锌、铜的合金或磷铜所制成。它的弹性必须始终不变，否则指针所指示的读数将产生误差。在装置时，弹簧必须保持均匀平整，它的平面必须和转轴垂直。

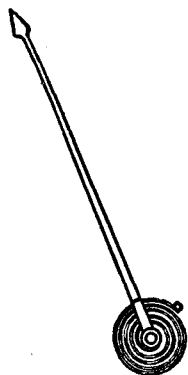


图 1-12 螺旋式弹簧

用重力产生反作用力矩的设备，如图1-13所示，在转轴上固定着两根触鬚1和2，各附有一定的重量。在调节时，移动触鬚1的重量可以使指针指在标尺的零点上，如图1-13