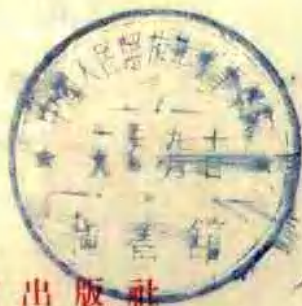


电 工 学

第九分册 量电仪器

章炎福 罗先植 著



电 力 工 业 出 版 社

內 容 提 要

“电机工人适用电工学”是專为具有高小文化程度的电机工学电工的讀者學習。全書共分十二分册，第一至十二分册的內念、直流电路、磁和电磁、交流电路、直流电机、交流發电机、变压器、交流电动机、量电仪器、整流器和內燃机电气設備等；第十二分册是“电工學習題詳解”。本書文字通順，內容淺显，沒有特別高深的理論和繁雜的計算公式。

第九分册介紹了量电仪器的工作及各种电表的作用和測量機構。本書对功率因数、頻率和应用在其他方面的仪表，也作了詳細的介紹。

电 工 学

第九分册 量电仪器

章炎福 罗先植著

554D205

电力工業出版社出版(北京府右街25号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第082号

北京印刷一厂排印 新华書店發行

32开本 • 2 1/2印张 • 56千字

1957年3月北京第1版

1957年3月北京第1次印刷(00001—50,100册)

統一書号: T15036·42 定价(第9类)0.30元

目 录

第十八章 量电仪表是怎样工作的	3
一、电表的作用	3
二、电表的分类	6
三、电表的基本元件	12
四、电表的基本误差	21
五、电表的試驗	25
第十九章 测量电流和电压的仪表	28
一、三种主要电表的测量机构	28
二、三种主要测量机构的比較	37
三、直流电流表的特性	38
四、直流电压表的特性	42
五、交流电压、电流表和仪表用互感器	44
六、其他各种类型的电压和电流表	46
七、量电仪表的圖例	55
第二十章 测量电阻、电功率和电能的仪表	56
一、电压降测量电阻法	56
二、欧姆表	59
三、电桥测量电阻法	61
四、高阻摇表	62
五、帶电测量直流电路的絕緣电阻	65
六、电动式功率表	68
七、兩元件和三元件鉄磁电动式功率表	70

八、感应式功率表	72
九、瓦-时表和瓦-时表	78
第二十一章 功率因数、频率和应用在其他方面	
的仪表	81
一、电动式功率因数表	81
二、电磁式功率因数表	84
三、振荡式频率表	87
四、铁磁电动式频率表	88
五、电磁式同步指示器	90
六、检漏电表	92
七、电动示速器	94

第十八章 量电仪表是怎样工作的

一、电表的作用

在电机工程中，电表的作用很重要。电路中电压的高低、电流的强弱、电阻的大小等等，都須用电表来测量。根据所量得的电压、电流、电阻等数值，我們就可知道这电路的情况，例如：

1. 任何导线、保險絲、电动机、發电机、变压器等都有它一定的額定电流。当負荷电流超过了額定数值时，將發生保險絲被熔断、电机过热、絕緣物被燒毀等故障。有了測量电流的安培表，我們就可知道电流的大小，确定电机是否过負荷，因而就可預先設法来防止事故的發生。

2. 各种絕緣物和各种电机都有它一定的額定电压。如果电压过高，很可能击毀电机内部的絕緣物而损坏电机。但要是电压不足，电机也不能很正常地运行。測量电压的伏特表可以告訴我們电路的电压是否正常。

3. 要使电机能在額定的电压下运转，它就必須具有一定数值的絕緣电阻。如果絕緣电阻的数值太小，那末当它接通額定的电压时，这电压就可能击穿絕緣物而损坏电机。測量絕緣电阻的高阻表可以告訴我們电机的絕緣电阻是否合格。

4. 在檢修各种电机和各种复杂的控制电路时，常需要知道綫圈电阻的大小和电路是“通”或“断”。測量电阻的欧

量电仪器圖例 (按照苏联标准)

表 1

标 記	型 式	标 記	說 明
	磁电式	級的标記	容許的基本 誤差, %
	甲、有机械 反作用力		
	乙、無机械 反作用力		± 0.2
			± 0.5
	电磁式		± 1.0
	甲、有机械 反作用力		
	乙、無机械 反作用力		± 1.5
			± 2.5
	电动式	电流性質的标記	电流性質
	甲、無磁屏		
	1. 有机械反 作用力	—	直 流
	2. 無机械反 作用力		

續表 1

標 記	型 式	標 記	說 明
	乙、有磁屏		交 流
	1. 有機機械反作用力		三相交流
	2. 無機械反作用力		直流和交流
	鐵磁電動式		儀器的絕緣 受過 2 仟伏 電壓的試驗
	乙、無機械反作用力	儀器裝置的標記	儀器的裝置
	感應式		垂直裝置
	甲、有機機械反作用力		水平裝置
	乙、無機械反作用力		
	熱隼式		

續 表 1

標 記	型 式	標 記	說 明
	熱偶式 中、有接觸 熱電偶		30°傾斜裝置
	乙、有絕緣 熱電偶		例 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
	整 流 式		準確度 1.0 級、的電動式 交直流電表 作水平裝置

姆表可以告訴我們電路的電阻是否正常。

其他如測量電功率的瓦特表、測量電能的 瓦-時 表、測量溫度的熱偶電表以及功率表、功率因數表、同步指示器等，都是電機工程中很重要的儀表。從它們所指示的讀數中，我們可以確定電氣設備的運行情況。

二、電表的分類

電表可以按下列各項特點來分類：

1. 作用原理 雖然電表有各種不同的作用，但因電

压、电阻、电功率等都和电流成一定的比例，所以不論伏特表、欧姆表、瓦特表等，在实际上都是指示电流的。例如一个伏特表有它一定的内电阻（即不依所测量的电压的大小而变动），所以通过它的电流和被测量的电压成正比。又如欧姆表是根据“在一定的电压下，电阻和电流成反比例”的原理制成，如果我们用电池组来供给不变的电压，那末通过电表的电流就可指出电阻的大小。又如电功率（直流电）等于电压和电流的乘积，所以只要测量各有关部分电压和电流的乘积，就可知道电功率的大小。

虽然各种电表所指示的都是电流，但电表上的刻度并不完全用安培来作单位。实用上各种电表的刻度都是直接刻着需要测量的单位，例如在伏特表上刻着电压的单位——伏特；在欧姆表上刻着电阻的单位——欧姆；在瓦特表上刻着电功率的单位——瓦特。

电流在电路中通过时可产生热、磁和电动机作用等效应，这些效应都能够转变为转矩，使电表中的指针（即转动部分）发生偏转。电流愈大，指针的偏转也愈多。所以我们只要读出指针偏转的度数就可知道电流的大小。

根据转矩产生的方法，电表可分为磁电式、电磁式、电动式、热磁式、热偶式、感应式等。这些电表我们将在以后各章中详细说明。

2. 准确度 任何一只电表由于受到内部机械部分和磁电部分的影响，它所指示的数值不完全和实际的数值相等，也就是说，会产生一些误差。这种由于电表本身的构造所产生的误差叫做基本误差（见本章第四）。电表根据准

准确度可分为七级：0.1 级、0.2 级、0.5 级、1.0 级、1.5 级和 2.5 级、4.0 级。各级电表的基本误差的最大容许值见表 2：

表 2

电表的准确度级	容许的基本误差佔电表最大测量数值的百分数
0.1	± 0.1
0.2	± 0.2
0.5	± 0.5
1.0	± 1.0
1.5	± 1.5
2.5	± 2.5
4.0	± 4.0

例如，在一只准确度为 0.5 级的电压表中，假设它的最大测量数值为 200 伏。当它在测量实际电压为 200 伏时，它所指示的数值不允许大于 $200 + 200 \times 0.5\% = 200 + 1 = 201$ 伏，也不允许小于 $200 - 200 \times 0.5\% = 200 - 1 = 199$ 伏。

又如在一只准确度为 2.5 级的电流表中，假使它的最大测量数值为 50 安培，当它在测量实际电流为 20 安培时，它所指示的读数不允许大于 $(20 + 50 \times 2.5\%) = 20 + 1.25 = 21.25$ 安培，也不允许小于 $(20 - 50 \times 2.5\%) = 20 - 1.25 = 18.75$ 安培。

如果电表指针的零位在标尺的中央，刻度向零位的两边分布，那末在计算基本误差时，电表最大的测量数值应

为兩边最大測量数值的总和。

由此可見，一只电表的准确度級数愈小，它的基本誤差愈小，它所指示的数值也愈准确。

3. 根据使用特性和裝置方法，电表可分为固定式和便携式两种。

固定式电表是裝置在一塊固定不动的絕緣板或金屬板上(简称表板)如圖 1 和圖 2 所示。在必要时,这块絕緣板

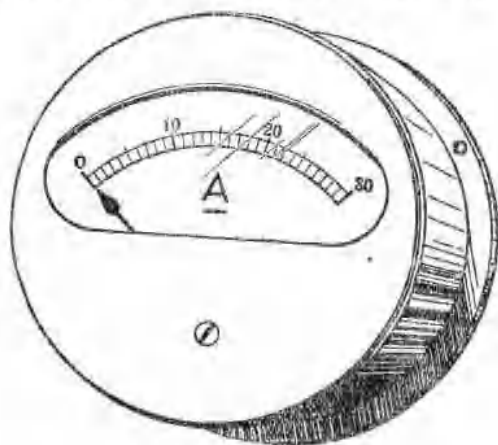


圖 1 圓形突出式固定电表

或金屬的表板可以利用鉸鏈从原来的位置上搖出来。但在正常的工作情况下它是不动的。这种电表的用途較大，裝置在配电板、控制板、控制桌上的都是固定式电表。这种电表有兩種不同的裝置方法，即突出在表板外面的(圖 1)和嵌入在表板里面的(圖 2)。

所謂便携式电表就是重量較小，攜帶方便电表，如

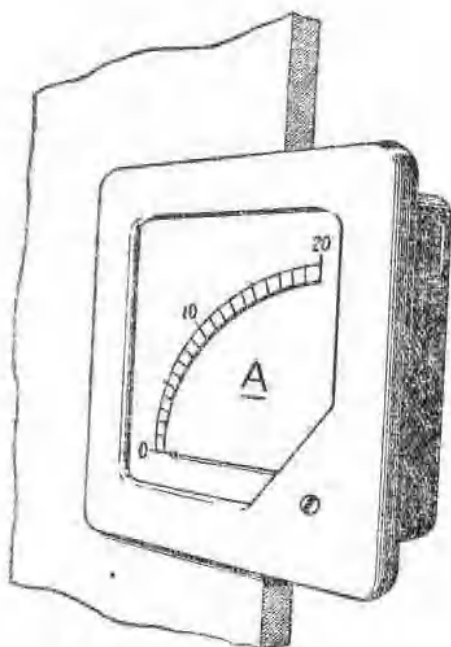


圖 2 方形嵌入式固定电表

圖 3 所示。它專供實驗室或在工礦企業中對某一電氣設備進行試驗或檢修時使用。為了充分發揮一只電表應有的作用和減少電表的儲備量，這種電表所能測量的範圍常是多種多樣的，例如一只便攜式電壓表可以有 150 伏和 300 伏兩種不同的最大測量數值；又如一只便攜式電流表可以測量幾種不同範圍的電流，100 安和 200 安。因此使用這種電表時，必須注意被測量的數值是否在電表的最大測量數值範圍以內，不然就容易燒毀或損壞電表。

4. 根據電流的性質，電表可分為直流電表、交流電表

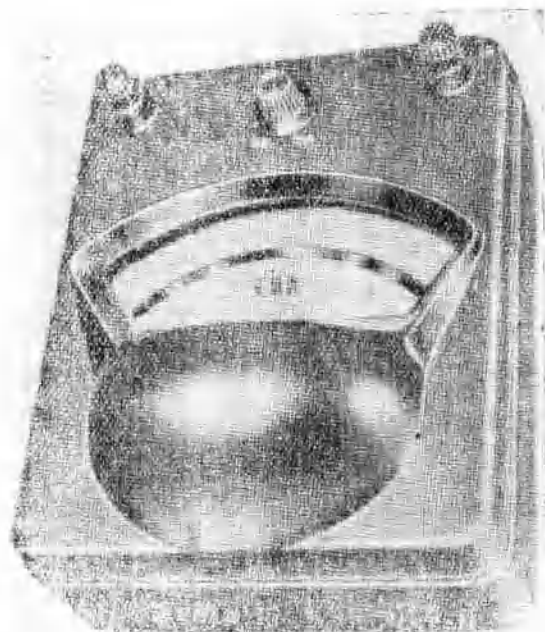


圖 3 便攜式电表

和交直流兩用电表。

5. 电表的动作常要受到外界磁場和电場的影响。因此有些电表的外壳是用鉄皮制成，或在电表的内部加裝适当的屏蔽来免除这种影响。故电表又可分为屏蔽式和不屏蔽式两种。

6. 根据外面的形状，电表可分为圓形的(圖 1)和方形的(圖 2)两种。

7. 电表也可按照尺寸大小来分类，例如直徑 225 毫米，185 毫米，110 毫米，60 毫米等。

三、电表的基本元件

虽然电表的种类很多，但大多数电表都具有一些共同的基本元件，如电表的外壳、标尺、指针、阻尼器、转轴、轴承、产生反作用力矩的设备、零值调节器和固定按钮等。

1. 外 壳

电表的外壳应能保护仪器的内部结构，使它不致因受到外界的少许机械作用而立即损坏，同时应能防止灰尘和潮气的侵入。

电表的外壳可用铁、硬橡胶或电木等制成。铁质的外壳较为坚固，可以屏蔽外界磁场和电场，适用于环境较为杂乱，容易遭受机械力的敲击和损伤的地方。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，因此它最适宜用在便携式电表。

2. 标 尺

所谓电表的标尺就是一块画着刻度的表面，如图4所示。它是用黄铜片或锌片制成，上面粘着一层薄纸，纸上画出刻度。每一刻度表示一定的数值。当指针的尖端转动到某一刻度上时，即可读出所测量的数值。

图4甲表示均匀标尺，即任意两根相邻直线之间的距离相等。图4乙表示不均匀标尺。

為了減少在讀取指針所指示的數值時可能發生的誤差，在準確度0.2和0.5級的电表中，應採用鏡子標尺，如圖5所示。在標尺上截成一個闊約0.5厘米的弧形長孔，下面安置着一塊鏡子，在鏡子中可以

反映出指針的像。取讀數時，眼睛的位置應使指針遮去鏡中的指針像。這樣就可自動使視線對正，因此，用鏡子標尺所取得的讀數較為準確。

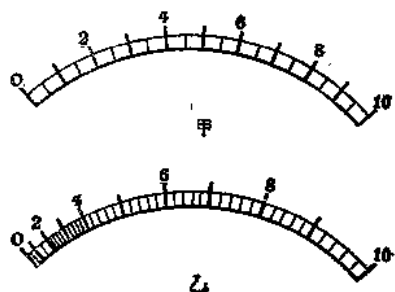


圖 4 電表的標尺

甲—均勻標尺；乙—不均勻標尺。

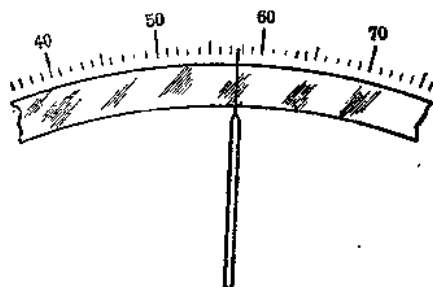
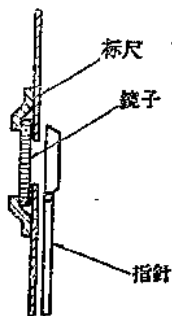


圖 5 鏡子標尺

3. 指 針

電表的指針必須輕而堅固，通常用鋁制成。0.2和0.5級电表指針的尖端是刀形的，如圖6所示。其餘各級电表

指針的尖端是矛形的，如圖 7 所示。為了限制指針的偏轉範圍，在標尺上裝着兩個限動器，如圖 8 所示，是一根短而小的瓷質圓管。在圓管中通過一根鋼絲，鋼絲的一端彎曲成“L”形，另一端則固定在支架上。這樣，指針的偏轉就受到了限制。



圖 6 刀形的指針

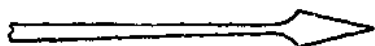


圖 7 矛形的指針



圖 8 限動器

指針愈輕，使指針開始偏轉的電流也愈小。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而沖撞限動器，否則這樣的沖擊可能使指針彎曲、斷裂，甚至損壞電表的內部結構。

4. 阻尼器

当电表接通到电路中时，通过电表的电流使转动部分向前偏转，如图 9 中实线箭头所示。由于惯性作用，指针并不立刻停止在最后的刻度（和通过电表的电流相对应的刻度）上，即位置“2”，而超过了它。直到反作用力矩（见本章第 3（6））制止了指针的向前偏转时，指针所在的刻

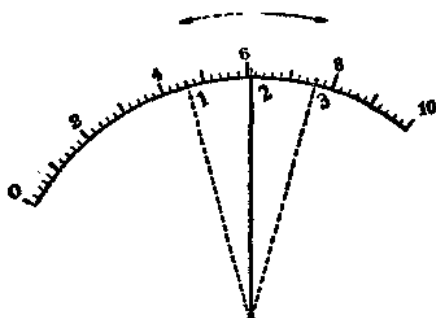


圖 9 指针的摆动

度，即位置“3”，已超过了最后的刻度。因此指针开始向后偏转。当指针回到位置“2”时，由于惯性的作用，它又不能立刻停止而继续向后偏转，如图 9 中虚线箭头所示。直到通过电表的电流所产生的力矩制止了指针的向后偏转时，指针所在的刻度，即位置“1”已落后于最后的刻度。因此指针又开始向前偏转。这样，指针在最后的刻度的两边来回地摆动，需要很长的时间才能停止在最后的刻度上。为了缩短读取刻度的时间，在电表的转动部分上必须装置阻尼器来压制指针的来回摆动。