

第二章 煤矿常用电工测量仪表的使用

第一节 电工测量仪表的基本知识

一、电工测量指示仪表的分类

电工仪表根据在测量过程中，度量器是否直接参与工作可分为电气测量指示仪表和较量仪器两大类。在电气测量过程中，不需要度量器直接参与工作而能随时指示出被测量的数值的仪表，称电气测量指示仪表。如电压表、电流表、功率表等。在测量过程中，需度量器直接参与工作才能确定被测量数值的测量仪器，称为较量仪器。如交、直流电桥、直流电位差计等。

煤矿现场常用的电工测量仪表，大部分属于指示仪表，它有以下几种分类方法：

1. 按仪表的结构形式分为：磁电系、电磁系、电动系、感应系、整流系、静电系、热电系、电子系等。
2. 按被测量的种类分为：电流表、电压表、功率表、兆欧表（高阻表）、电度表、功率因数表、频率表等。
3. 按仪表工作电流分为：直流表、交流表、交直流两用表。
4. 按使用方式分为：开关板式表（一般误差较大，价格较低）、可携式仪表（一般误差较小，准确度较高，价格较贵，用于实验室）。
5. 按仪表准确度分为：0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0七级。
6. 按对外磁场和对外电场的防御能力分为：I、II、III、IV级。
7. 按仪表使用条件分为：A、B、C三组。

二、电工测量仪表的误差及准确度

（一）误差

无论用多么精密的仪表进行测量，仪表指示值与真实值之间总存在着一定的差额，称之为误差。误差按产生的原因分为基本误差和附加误差。前者是由仪表结构的不完善而产生的仪表本身固有的误差；后者是由于仪表没有在规定的正常条件下进行测量而产生的误差。基本误差常见的表达形式有三种：

1. 绝对误差 仪表的指示值A与真实值 A_0 之间的差值叫做绝对误差，用 Δ 表示则

$$\Delta = A - A_0$$

例如用甲、乙两块电压表测一个已知真实值为100伏的电压。甲表读数为101伏，乙表读数为99.5伏，则绝对误差分别为

甲： $\Delta_{甲} = A_{甲} - A_0 = 101 - 100 = 1 \text{ 伏}$

乙： $\Delta_{乙} = A_{乙} - A_0 = 99.5 - 100 = -0.5 \text{ 伏}$

可见乙表比甲表准确些。对于同一个被测量而言，其绝对误差的绝对值愈小，准确程度就愈高。

2. 相对误差 绝对误差与被测量的真实值之比的百分数叫做相对误差，用 β 表示则

$$\beta = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\%$$

例如测量真实值为100伏和1伏的电压，其绝对误差均为 ± 0.1 伏，则相对误差分别为：

$$\beta_1 = \frac{\Delta_1}{A_{01}} \times 100\% = \frac{\pm 0.1}{100} \times 100\% = \pm 0.1\%$$

$$\beta_2 = \frac{\Delta_2}{A_{02}} \times 100\% = \frac{\pm 0.1}{1} \times 100\% = \pm 10\%$$

可见，前者比后者准确些。对于不同的被测量而言，相对误差愈小，准确程度愈高。因此工程上一般都是用相对误差来计算测量结果的误差和估价测量结果的准确程度。

3. 引用误差 绝对误差与仪表测量上限 A_m 的比值的百分数叫做引用误差，用 α 表示则

$$\alpha = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\%$$

(二) 仪表准确度

由于每块仪表在全量限范围内各点的相对误差不相同，所以仪表的准确度不能用相对误差表示，而是用最大的引用误差 α_n 表示。计算时，用仪表全量限范围中可能出现的最大绝对误差 Δ_m 与仪表上限 A_m 之比的百分数表示，则

$$\alpha_m = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% \quad (2-1-1)$$

根据国家标准GB776-76的规定，仪表按准确度分为0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5七级（过去旧标准中有过4级的表），现有0.05级的表。所谓0.1级的表即是最大引用误差 $\alpha_m \leq \pm 0.1\%$ ，依此类推。级别的数字愈小，准确度愈高。例如用0.1级和2.0级两块同是10安量限的电流表，分别去测9安的电流，根据式(2-1-1)知，0.1级的表可能产生的最大绝对误差为10安 $\times \pm 0.1\% = \pm 0.01$ 安；而2.0级的表可能产生的最大绝对误差为10安 $\times \pm 2\% = \pm 0.2$ 安。可见用0.1级的表测量的准确度高。

另外要注意，被测量的准确程度，除了与所用仪表的准确程度有关外，还与选择的仪表量限合适与否有关。如：用1.5级量限为100安的电流表去测量90安和1安的电流时，可能出现的最大相对误差分别是：

$$\beta_1 = \frac{\Delta_m}{A_{01}} \times 100\% = \frac{\alpha_m A_m}{A_{01}} = \frac{\pm 1.5\% \times 100}{90} = \pm 1.6\%$$

$$\beta_2 = \frac{\Delta_m}{A_{02}} \times 100\% = \frac{\alpha_m A_m}{A_{02}} = \frac{\pm 1.5\% \times 100}{1} = \pm 150\%$$

可见被测值愈接近量程上限，相对误差愈小，测值的准确程度愈高。所以选择仪表量限时，应使被测值约为使用量限的三分之二为宜。

通常，0.1、0.2级的表做标准表用。

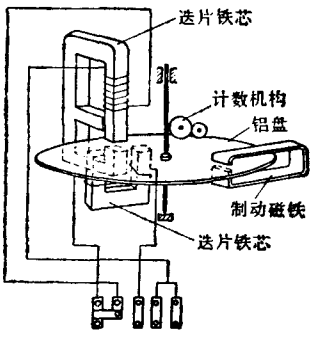
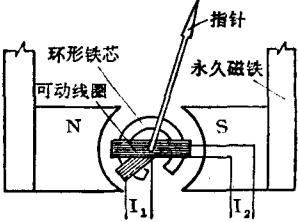
三、常用电工仪表的结构形式、作用原理、性能

(一) 常用电工仪表的结构形式及作用原理

常用电工测量仪表的结构形式及作用原理如表 2-1-1 所列。

表 2-1-1 常用电工测量仪表的结构形式及作用原理

结构形式	作用原理	原理结构图
<p>磁电系 (又叫动圈式)</p>	<p>线圈处于永久磁铁的气隙磁场中。当线圈中有被测电流流过时, 通有电流的线圈在磁场中受力并带动指针偏转。当与弹簧反作用力矩平衡时, 便获得读数</p>	
<p>电磁系 (又叫动铁式)</p>	<p>在线圈内有一块固定铁片和一块装在转轴上的动铁片。当线圈中有被测电流通过时, 定铁片和动铁片同时被磁化, 并呈同一极性。由于同性相斥, 动铁片便带动转轴一起偏转。当与弹簧反作用力矩平衡时, 便获得读数①</p>	
<p>电动系</p>	<p>仪表由固定线圈和活动线圈所组成。当它们通有电流时, 由于线圈磁场间的相互作用 (或载流导体间的相互作用), 使活动线圈偏转。当与弹簧反作用力矩平衡时, 便获得读数</p>	
<p>铁磁电动系</p>	<p>作用原理基本上同电动系, 只是通有电流的活动线圈是在励磁线圈 (绕在衔铁上的固定线圈) 的磁场中受力偏转。当与弹簧反作用力矩平衡时, 便获得读数。它是为消除外界磁场对电动系仪表读数的影响和增加仪表的偏转力矩, 对电动系仪表改进而成的</p>	

结构形式	作用原理	原理结构图
感应系	<p>仪表由一个或数个绕在铁芯上的线圈和铝盘组成。当线圈中通有交流电时，在气隙中便产生交变磁通，铝盘在交变磁通的作用下，感应产生涡流。此涡流在交变磁通的磁场中受力，于是使铝盘转动。由于制动磁铁和可动部分的铝盘相互作用产生了制动力矩。它和转速成比例。当转动力矩和制动力矩大小相等方向相反时转速达到平衡</p>	 <p>透片铁芯 计数机构 铝盘 制动磁铁 透片铁芯</p>
流比计	<p>在同一根转轴上装有二只交叉的线圈，二线圈在磁场（磁电系流比计磁场由永久磁铁建立，电动系流比计磁场由另一个线圈建立）中所受的作用力矩相反。其偏转决定于二个线圈中流过的电流之比值 I_1/I_2，故叫流比计。因为这种仪表没有产生反作用力的弹簧，不用时指针可停在任意位置</p>	 <p>指针 永久磁铁 环行铁芯 可动线圈 I_1 I_2</p>

① 表中介绍的电磁系仪表，是一种排斥式，另一种吸入式这里从略。

(二) 常用电工仪表性能比较

常用各系电工测量仪表性能比较，如表 2-1-2 所列。

表 2-1-2 常用各系电工测量仪表性能比较

性能型式		磁电系	整流系	电磁系	电动系	铁磁电动系	感应系
测量基本量（不加说明时，即是电流、电压）	直流或交流的恒定分量（但振动式可测交流）	交流平均值（一般在正弦交流时刻度为有效值）	交流有效值或直流	交流有效值或直流（并可测交、直流功率、相位及频率等）	同左	交流电能及功率。也可测交流电压及电流	
使用频率范围	（振动式检流计使用在工频）	一般用于45~1000赫，有的可达5000赫以上	一般用于50赫，频率变化时，误差大	一般用于50赫（有的可用于8000赫以下）	一般用于50赫	同左	
准确度	高（可达0.1级至0.05级，一般为0.5至1.0级）	低（可达0.5至1.0级，一般为0.5至2.5级）	低（可达0.2至0.1级，一般为0.5至2.5级）	高（可达0.1至0.05级，一般为0.5至1.0级）	低（一般为1.5至2.5级）	低（一般为1.0至3.0级）	
量限	电流 几微安至几十安	几十微安至几十安	几毫安至几百安左右	几十毫安至几十安		几十毫安至十安	
	电压 几毫伏至一千伏	一伏至数千伏左右	十伏至一千伏左右	十伏至几百伏		几十伏至几百伏	

续表

性能 \ 型式	磁电系	整流系	电磁系	电动系	铁磁电动系	感应系
功率损耗	小	小	大	大	大	大
波形影响		测量交流非正弦波有效值时误差很大	可测非正弦交流有效值	同左	同左	同左
防卸外磁场能力	强	强	弱	弱	强	强
刻度特性	均匀	接近均匀	不均匀	不均匀(作功率表时,刻度均匀)	不均匀	数字指示(作功率表时,刻度均匀)
过载能力	小	小	大	小	小	大
转矩(指通过表头电流相同时)	大	大	小	小	较大	最大
价格(对同一准确度等级的仪表大致比较)	贵	贵	便宜	最贵	较便宜	便宜
主要应用范围	作直流电表	作万用表	作开关板式电表及一般实验室用交流电表	作为交、直流标准表及一般实验室用电表	作开关板式电表(如功率表、相位表、功率因数表等)	作电度表

四、电工测量指示仪表和附件的符号

电工测量指示仪表和附件的符号如表 2-1-3 所列。

表 2-1-3 电工测量指示仪表和附件的符号

序号	名称	符号	序号	名称	符号
A. 测量单位的符号					
A ₁	千安	kA	A ₁₇	赫兹	Hz
A ₂	安培	A	A ₁₈	太欧	TΩ
A ₃	毫安	mA	A ₁₉	兆欧	MΩ
A ₄	微安	μA	A ₂₀	千欧	kΩ
A ₅	千伏	kV	A ₂₁	欧姆	Ω
A ₆	伏特	V	A ₂₂	毫欧	mΩ
A ₇	毫伏	mV	A ₂₃	微欧	μΩ
A ₈	微伏	μV	A ₂₄	相位角	φ
A ₉	兆瓦	MW	A ₂₅	功率因数	cosφ
A ₁₀	千瓦	kW	A ₂₆	无功功率因数	sinφ
A ₁₁	瓦特	W	A ₂₇	库仑	C
A ₁₂	兆乏	MVAR	A ₂₈	毫韦	mWb
A ₁₃	千乏	kVAR	A ₂₉	毫特	mT
A ₁₄	乏尔	VAR	A ₃₀	微法	μF
A ₁₅	兆赫	MHz	A ₃₁	皮法	pF
A ₁₆	千赫	kHz	A ₃₂	亨	H

ABE 29/04 02

续表

序号	名称	符号	序号	名称	符号
A ₃₃	毫亨	mH	B _{1,3}	感应系比率表	
A ₃₄	微亨	μH			
A ₃₅	摄氏温度	℃			
B. 仪表和附件工作原理的符号					
B ₁	磁电系仪表		B _{1,4}	磁感应系仪表	
B ₂	磁电系比率表		B _{1,5}	静电系仪表	
B ₃	动磁系仪表		B _{1,6}	振簧系仪表	
B ₄	动磁系比率表		B _{1,7}	热线系仪表	
B ₅	电磁系仪表		B _{1,8}	双金属系仪表	
变换器和附件的附加符号					
B ₆	极化电磁系仪表		B ₁	接触式热电变换器	
B ₇	电磁系比率表		B _{2,1}	非接触式热电变换器	
B ₈	电动系仪表		B _{2,2}	半导体整流器	
B ₉	电动系比率表		B _{2,3}	机械整流器	
B ₁₀	铁磁电动系仪表		B _{2,4}	电子管变换器	
B ₁₁	铁磁电动系比率表		B _{2,5}	分流器	
B ₁₂	感应系仪表		B _{2,6}	分压器	

续表

序号	名称	符号	序号	名称	符号	
B _{2.6}	附加电阻器		C ₁	具有单元件的三相平衡负载交流		
B _{2.7}	附加电抗器		C ₂	具有两元件的三相不平衡负载交流		
B _{2.8}	附加阻抗器		C ₃	具有三元件的三相四线不平衡负载交流		
B _{1.6} ~B _{2.8} 符号应用举例			C ₇	额定值(以频率为例)	500 Hz	
B _{2.9}	磁电系仪表(带接触式热变换器和磁电系测量机构)		C ₈	额定范围(以频率为例) (以温度为例)	$\frac{45\sim 65\text{Hz}}{15\sim 25^\circ\text{C}}$	
B _{2.10}	整流系仪表(带半导体整流器和磁电系测量机构)	有效值		C ₉	额定值(50Hz)和扩大范围(20~120Hz)	$20\sim 50\sim 120$ Hz
		平均值		C ₁₀	额定范围(45~65Hz)和扩大范围(90~110、180~500Hz)	$\frac{45\sim 65}{-500\text{Hz}}$
B _{2.11}	电子系仪表(带电子管变换器和静电系测量机构)		C ₁₁	最大容许电压为额定值的1.5倍	$U_{\max} = 1.5U_N$	
B _{2.12}	外附定值分流器75mV		C ₁₂	最大容许电流为额定值的2倍	$I_{\max} = 2I_N$	
B _{2.13}	外附定值附加电阻器7.5mA		C ₁₃	最大容许电压为380V	$U_{\max} = 380\text{V}$	
B _{2.14}	外附定值附加电阻器FJ18型工厂编号N0000		C ₁₄	最大容许电流为10A	$I_{\max} = 10\text{A}$	
B _{2.15}	外附热电变换器(FE106型不接触式)		C ₁₅	定值导线	R_0	
C. 电流种类及不同额定值标注的符号			C ₁₆	专用导线电阻为0.14Ω	$R_0 = 0.14\Omega$	
C ₁	直流		C ₁₇	外部临界电阻100~500Ω	$r_{\text{外}} = 100\sim 500\Omega$	
C ₂	交流(单相)		C ₁₈	接电流互感器500:5A	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{500}{5}$	
C ₃	直流和交流		C ₁₉	接电压互感器3000:100V	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{3000}{100}$	
C ₄			C ₂₀	仪表指示值温度系数(以偏离额定温度值±10℃的数值表示例如±0.25%/10℃)	± 0.25	
D. 准确度等级、工作位置、绝缘强度的符号			D ₁	以标度尺上量限百分数表示的准确度等级,例如1.5级	1.5	

续表

序号	名称	符号	序号	名称	符号
D ₂	以标度尺长度百分数表示的准确度等级,例如1.5级		E ₀	接地用的端钮(螺钉或螺杆)	
D ₃	以指示值的百分数表示的准确度等级,例如1.5级		E _r	与外壳相连接的端钮	
D ₄	标度尺位值为垂直的		E _s	与屏蔽相连接的端钮	
D ₅	标度尺位置为水平的		E _r	与仪表可动线圈连接的端钮	
D 准确度等级、工作位置、绝缘强度的符号			E ₁₀	调零器	
D ₆	标度尺位置与水平面倾斜成一角度例如60°		E ₁₁	止动器	止
D ₇	沿地磁场方向放置的位置		E ₁₂	止动方向	
D ₈	不进行绝缘强度试验		E ₁₃	注意:遵照使用说明书及质量合格证明书规定	
D ₉	绝缘强度试验电压为500V		F. 按外界条件分组符号		
D ₁₀	绝缘强度试验电压为2kV		F ₁	I级防外磁场(例如磁电系)	
D ₁₁	危险(测量线路与外壳间的绝缘强度不符合标准规定,符号为红色)		F ₂	I级防外电场(例如静电系)	
E 端钮、转换开关、调零器和止动器的符号			F ₃	II级防外磁场及电场	
E ₁	负端钮	-	F ₄	III级防外磁场及电场	
E ₂	正端钮	+	F ₅	IV级防外磁场及电场	
E ₃	公共端钮(多量限仪表和复用仪表)		F ₆	外磁场极限频率f _k 之值不等于1000Hz例如500Hz	f _k = 500Hz
E ₄	交流端钮	~	F ₇	专供安置于钢板上	Fc
E ₅	电源端钮(功率表、无功功率表、相位表)		F ₈	专供安置于非铁磁安装板或底板上	NFc
			F ₉	符合本标准第33条钢板影响	无标志

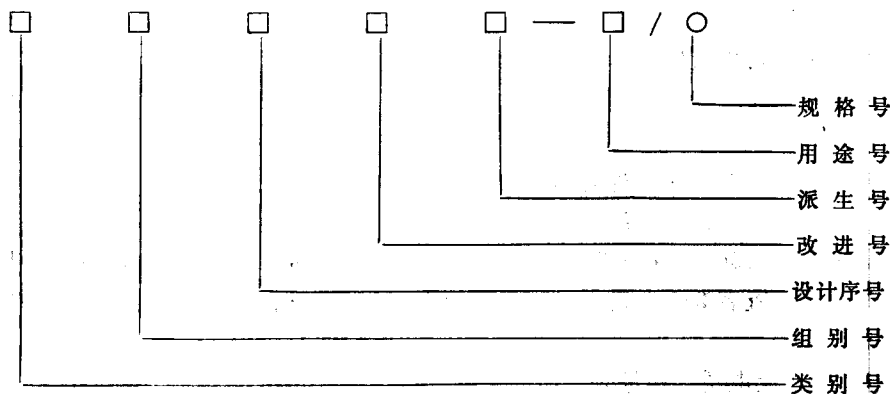
续表

序号	名称	符号	序号	名称	符号
F ₁₀	A组仪表	△ _A	F ₁₃	B ₁ 组仪表	△ _{B₁}
F ₁₁	A ₁ 组仪表	△ _{A₁}	F ₁₄	C组仪表	△ _C
F ₁₂	B组仪表	△ _B			

五、电工仪表产品型号标志

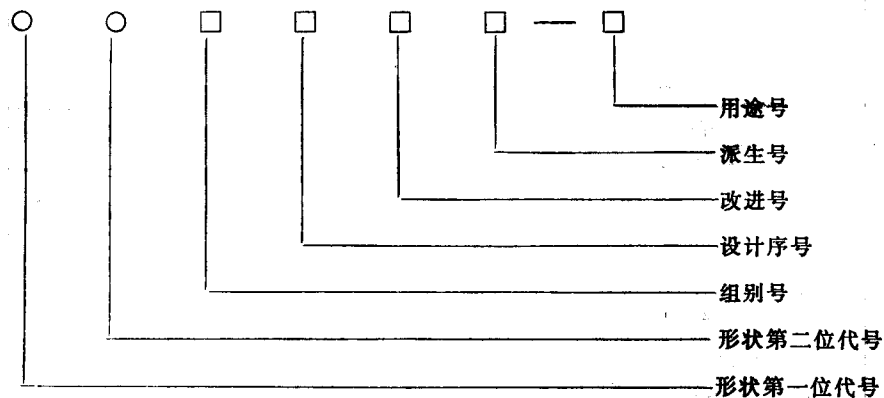
(一) 型号的基本组成形式

1. 实验室及可携式电表，直流电阻仪器，电度表，测磁仪器，自动记录电表及示波器，扩大量限装置和变换器，电源装置，数字电表的型号组成如下：



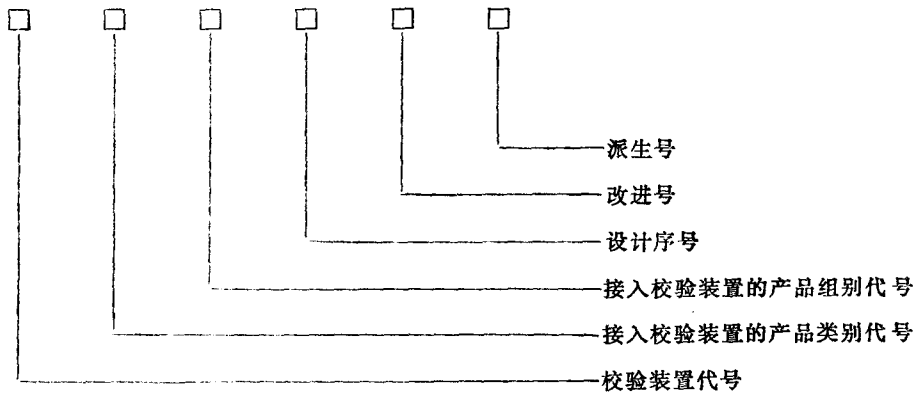
实验室及可携式指示电表无类别号。

2. 开关板指示电表的型号组成如下：



形状代号根据表 2-1-4 “开关板指示电表形状特征代号表” 确定。若第二位代号没有时，可略去不写。

3. 校验装置的型号组成如下：



(二) 类别代号和组别代号的确定

类别代号和组别代号根据表 2-1-5 “电工仪表产品型号类组表” 确定。其代号均以汉语拼音文字第一个字母表示（个别不是第一个字母）。

(三) 应用举例

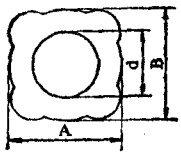
1. 1T2-A 型开关板仪表 “1” 为形状第一位代号（查表 2-1-4），表示仪表面板形状的最大尺寸为 >150~200 毫米；“T” 为类组号（查表 2-1-5），表示该表为电磁系仪表；“2” 为设计序号；“A” 为用途号，表示安培表。其形状第二位代号为“0”，略去不写。从表 2-1-4 中查知仪表外壳形状为正方形。

2. 65C7-V 型开关板仪表 “6” 为形状第一位代号（查表 2-1-4），表示仪表的面板形状的最大尺寸为 80~100 毫米；“5” 为形状第二位代号，表示仪表外壳形状为圆形；“C” 为类组号，查表 2-1-5 可知该表为磁电系仪表；“7” 为设计序号；“V” 为用途号，表示是伏特表。

3. QJ28 型直流电桥 根据表 2-1-5 可知，“Q” 表示电桥，“J” 表示直流，“28” 表示设计序号。

4. DS2 型电度表 根据表 2-1-5 可知，“D” 表示电度表，“S” 表示三相三线，“2” 表示设计序号。

表 2-1-4 开关板式仪表外壳形状尺寸特征

开关板仪表 外形形状	形状第一位代号 (按面板形状最大尺寸 A)	形状第二位代号 (按外壳形状尺寸特征)									
		0	1	2	3	4	5	6	8	9	
 I 型 A × B - d	1	>150 ~200	III 型 160 × 160 -A ₁ × B ₁	I 型 186 × 186 -d	I 型 160 × 130 -d	I 型 160 × 160 -d			IV 型 160 × 80 -A × B ₁		III 型 186 × 186 -A ₁ × B ₁
	2	>200 ~400	IV 型 250 × 175 -A ₁ × B ₁						IV 型 220 × 110 -A ₁ × B ₁		其他

续表

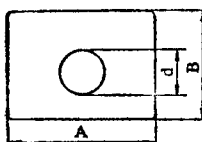
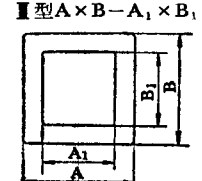
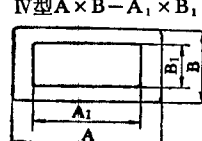
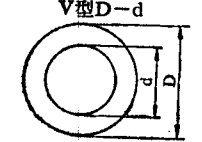
开关板仪表 外形形状	形状第一位代号 (按面板形状最大尺寸A)	形状第二位代号(按外壳形状尺寸特征)									
		0	1	2	3	4	5	6	8	9	
 <p>I型A×B-d</p>	3	>400									其他
	4	>100 ~120	II型 110×110 -A ₁ ×B ₁	I型 110×110 -d	II型 120×120 -A ₁ ×B ₁		I型 100×80 -d	I型 120×120 -d	IV型 120×60 -A ₁ ×B ₁		其他
 <p>II型A×B-A₁×B₁</p>	5	>120 ~150	II型 135×135 -A ₁ ×B ₁	I型 135×110 -d	I型 130×110 -d					I型 120×100 -d	
	6	>80 ~100	II型 80×80 -A ₁ ×B ₁		I型 85×85 -d	I型 80×80 -d	IV型 80×40 -A ₁ ×B ₁	V型 >80~ 100-d	IV型 80×40 -A ₁ ×B ₁	IV型 30×20 -A ₁ ×B ₁	I型 80×60 -d
 <p>IV型A×B-A₁×B₁</p>	8	>50~ 80		I型 65×65 -d	V型 >50~80 -d	I型 76×76 -d	I型 60×60 -d	II型 64×56 -d		IV型 60×20 -A ₁ ×B ₁	其他
	9	50及50 以下		I型 45×45 -d	I型 30×30 -d	I型 20×20 -d	V型 50及以下 -d				IV型 40×12 -A ₁ ×B ₁
 <p>V型D-d</p>											

表 2-1-5 电工仪表产品型号类组表

组别代号 仪表类别	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	P	Q	R	S	T	U	X	Z	Y
指示仪表		谐振 (振簧)	磁电	电动	热电		感应					整流	补偿	静电	热线	双金属	电磁	光电		电子
D 电度表	安培 小时计	标准		单相		伏特 小时计		总耗	直流		打点 记录				三相 三线	三相 四线		无功	最高 需量	其 他
M 各种专用仪表						万用 表	钳形 表				整流				交流				组合 仪表	
H 仪用互感器					校验 装置	放大 器			电压		串流									
C 测磁仪器		比较 装置	冲击 装置	磁导 计	测定 仪	测量 线圈		铁损 计	磁力 计		测量 装置				退磁 装置	磁通 计			校验 装置	
L 自动记录仪表			磁电	电动						自动 控制	整流		桥式			动铁	电位 差计		电子	
A 微电计		谐振	磁电																电子	

续表

组别代号 仪表类别	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	P	Q	R	S	T	U	X	Z	Y
Z 电阻度量			欧姆表																电阻箱	电阻
Q 电桥						复用			直流						交流					
R 电容度量						法拉计													电容箱	
G 电感度量							亨利计												电感箱	
B 标准度量			电池				自感	互感							电容	电阻 时间 常数	时间			电阻
K 自动控制仪器			磁电										桥式					电位 差计		电子
U 电位差计									直流						交流					电子
S 示波器			磁电																	
J 遥测仪表			磁电	电动								整流								电子
P 数字仪表			欧姆表			检测 装置							频率 表						相位 表	伏特 表
X 校验装置						复用														
F 附件配件			振动 子	电阻 元件	热电 偶 电堆	复用	光照 设备	热电 变换 器	分压器 倍率器 附加电阻	开关	分流 器 分流箱						传送 器			整流 器

其
他

第二节 电流表和电压表的使用

一、电 流 表

(一) 直流电流表

煤矿常用的直流电流表多为磁电系测量机构，用来测量直流电流。机构与负载串联，欲测的负载电流通过动圈，使之受电磁力而偏转。其转角与电流的大小成正比。因动圈导线很细，且负载电流通过游丝，因此只允许通过小电流，一般是几十微安到几十毫安。

若测量较大电流时，须将测量机构并联分流器来扩大电流表量程。对同一块电流表，并联不同的分流器，即可得到不同的量程。分流器有内附和外附两种，当被测电流很大时（例如 50 安以上）采用外附分流器，分流器上面一般注明“额定电压”和“额定电流”。额定电压统一规定为 30, 45, 75, 100, 150, 300 毫伏。当测量机构的电压量限与分流器上的额定电压相等时即可配用。这时电流表的量程即等于分流器上的额定电流。

〔例〕一只 100 安的电流表，注明需配用 100 安，75 毫伏的分流器。但它的刻度是按满刻度为 100 安刻度的，这就说明当这表配上 100 安、75 毫伏分流器时，它的量程是 100 安。

若配上500安、75毫伏的分流器，则它的量限就变成500安。这时，实际电流值应为表的读数再乘以5。

为了减少接触电阻对分流的影响，外附分流器具有两对接线端钮。粗的一对叫电流端钮，串接于被测的大电流电路中；细的一对叫电位端钮，通过外附定值导线与测量机构并联。两者不可接错，接线方法见图 2-2-1。外附定值导线与仪表、分流器配套使用，若其长度不够，可用阻值为 0.035 ± 0.001 欧的不同长度和截面的导线代替。

若自己制作分流器，其阻值可按下式计算：

$$R_{Sh} = \frac{R_C}{n - 1} \quad (2-2-1)$$

式中 R_{Sh} ——电流表的分流电阻，欧姆；

R_C ——测量机构的内阻，欧姆；

n ——量限扩大倍数。等于扩大后的量限除以扩大前的量限。

〔例〕 有一磁电系测量机构，其满刻度偏转电流 $I_C = 500$ 微安，内阻 $R_C = 200$ 欧姆。要把它制成量限为 1 安的电流表，应并联一个多大的分流电阻？

解：量限扩大倍数 $n = 1000000 \div 500 = 2000$

$$R_{Sh} = \frac{200}{2000 - 1} \approx 0.1 \text{ 欧}$$

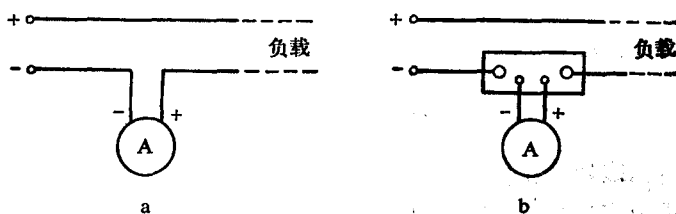


图 2-2-1 直流电流表的测量接线

a—电流表直接接入电路；b—电流表经分流器接入电路

(二) 交流电流表

煤矿常用的交流电流表，多数是电磁系测量机构，被测负载电流通过固定线圈。因通电部分是固定的，所以线圈可根据被测电流的大小来绕制，不必加分流器。本身所能直接测量的电流可达 200 安。量限愈大，线圈匝数愈少，线圈导线愈粗。多量限的电流表，是采用线圈分段的方法，在仪表外面将两段或多段线圈接成串联或并联来实现的。

在大电流或高电压系统里，用电流互感器来扩大仪表量限和隔离高压。测量时的接线方法如图 2-2-2 所示。

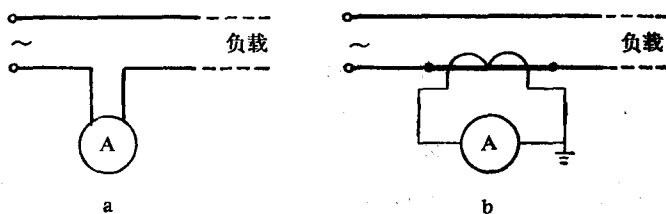


图 2-2-2 交流电流表的测量接线

a—交流电流表直接接入电路；b—交流电流表经电流互感器接入电路

测三相电流的接线方法如图 2-2-3a 所示。有时也可用一只电流表与电流转换开关连接测三相电流，如图 2-2-3b 所示。

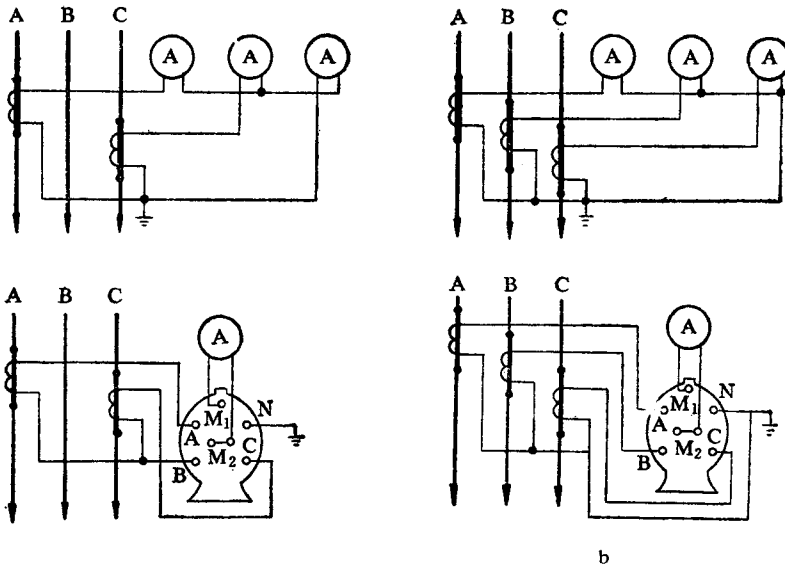


图 2-2-3 测三相电流的接线

a—用三只电流表测三相电流的接线；b—用一只电流表与电流转换开关连接测三相电流的接线

二、电 压 表

(一) 直流电压表和倍压器

直流电压表是用直流电流表串联电阻所组成。因电流表内阻很小，只能承受很小电压，用它测直流电压时，必须串联高阻值的附加电阻，亦叫倍压器。使附加电阻承受绝大部分电压，因此电压表内阻很高。当电压表与被测负载并联时，指针偏转角与被测负载电压成正比，附加电阻一般是内附式，当电压很高时也有外附式。外附倍压器与电压表配套供应。当自己制作倍压器时，其阻值按下式计算：

$$R_{ad} = (m - 1)R_C \quad (\Omega) \quad (2-2-2)$$

式中 m ——量限扩大倍数，等于扩大后的电压量限除以扩大前的电压量限；

R_C ——测量机构内阻，欧姆。

[例] 一个满刻度偏转电流为 $I_C = 500$ 微安，内阻 $R_C = 200$ 欧的磁电系测量机构，要制成 30 伏量限的电压表，应串联多大的附加电阻？

解：求扩大倍数

因测量机构的电压量限为 $U_C = I_C R_C = 200 \times 500 \times 10^{-6} = 0.1$ 伏

则 $m = 30 \div 0.1 = 300$

故 $R_{ad} = (m - 1)R_C = (300 - 1) \times 200 = 59800$ 欧

可见，串联不同阻值的附加电阻，即可得到不同的电压量限。测量时的接线图如图 2-2-4 所示。

(二) 交流电压表

交流电压表同直流电压表一样，是由交流电流表串联一附加电阻组成的，但所用交流电流表中线圈的匝数要多，导线要细。在测高电压时，用电压互感器来扩大电压表量限。其接线如图 2-2-5 所示。

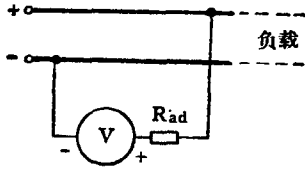


图 2-2-4 直流电压表经分压器接入电路

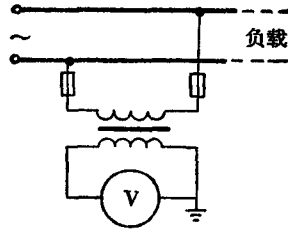


图 2-2-5 交流电压表经电压互感器接入电路

测三相交流电压的接线如图 2-2-6 a 所示。有时可用一只电压表与电压转换开关连接测三相电压。如图 2-2-6 b 所示。

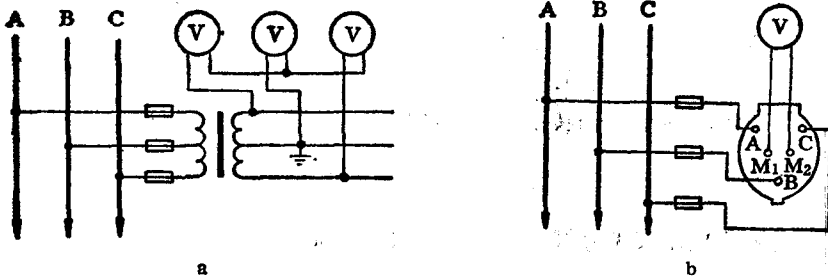


图 2-2-6 测三相交流电压的接线

a—用三只电压表测三相电压的接线；b—用一只电压表与电压转换开关连接测三相电压的接线

三、钳形电表

钳形电表用于需要不切断电路而进行测量电流的场合。

(一) 钳形交流电流电压表

此种表由电流互感器、磁电系电流表、整流器和分流器组成。电流互感器铁芯可以张合。被测电流导线为互感器原绕组（只有一匝），其副绕组与电流表及整流器相连。当原边有负载电流时，副边的感应电流经整流器进入电流表，使指针偏转。表头是考虑了整流器的影响和互感器的变比而进行刻度的，所以可直接从表头标尺上读出被测电流值。若在钳形电流表线路中串联几个附加电阻，即可测交流电压，不需用互感器部分。在表的正面或侧面设有电压插孔，图 2-2-7 为 T-302 型钳形交流电流电压表的线路原理图。

使用方法和注意事项：

1. 被测载流导线应放在钳口的中央，以免发生误差。
2. 测量前应先估计被测电流的大小，以选择合适的量限。或先用较大的量限测一次，

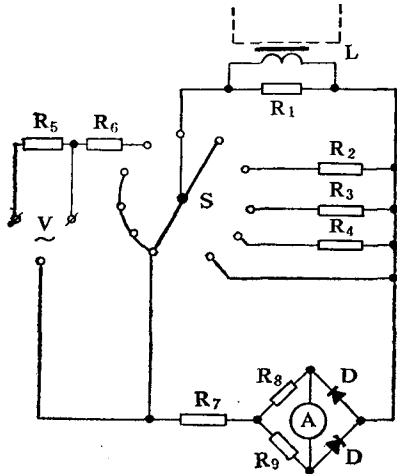


图 2-2-7 钳形表线路原理图(T-302型)

6. 测量后一定要把测量调节开关放在最大量程位置, 以免下次使用时, 由于未经选择量程而损坏仪表。

(二) 钳形交、直流电流表

此种表是由一个电磁系电流表头和一个可张合的铁芯组成。表头背面有一个铝管, 内装有转轴、动铁片等, 铁芯磁路中有一圆孔。使用时直接将表头的铝管插入圆孔即可, 不用再连线。当电流通过钳口中的导线时, 在铁芯中形成磁回路, 动铁片在磁场作用下而偏转, 即获得读数。因其指针偏转不受电流种类的影响, 所以可以测交、直流。

然后根据被测电流的大小调整合适的量程。

3. 钳口相接处应保持清洁, 如有污垢应用汽油洗净, 使之平整、接触紧密、磁阻小, 以保测量准确。

4. 在测量 5 安以下小电流时, 为得到较准确的读数, 在条件许可时, 可把导线向同一方向多绕几圈放进钳口进行测量, 这时所测电流实际值应等于电流表的读数除以放进钳口中导线的根数。

5. 必须注意被测量电路的电压, 不许超过钳形表所规定的数值。被测电路电压较高时, 应严格按照有关规程规定进行测量, 以防止接地或触电的危险。

四、常用电流表、电压表型号规格

常用电流表、电压表型号规格列于表 2-2-1 中。

表 2-2-1 常用电流表、电压表型号规格

名称	型号	系列	级别	量 限 范 围	备 注
直流 电流表 电压表	1C2- $\frac{A}{V}$	磁电系	1.5	电流: 1~500mA; 1~10000A 电压: 3~3000V	电流自75A起外附分流器; 电压自1000V起带专用附加电阻
直流 电流表 电压表	1KC- $\frac{A}{V}$	磁电系	1.5 2.5	电流: 1~10A; 20~500A 电压: 30~600V, 无零位: 20~30V, 50~75V, 100~150V, 160~240V, 170~250V, 180~270V	指针端带有触点, 可与控制电路相连, 20~500A需外附分流器
直流 电流表 电压表	6C2- $\frac{A}{V}$	磁电系	1.5	电流: 1~500mA, 1~50A, 75~10000A 电压: 1.5~600V, 0.75~1.5kV	电流: 75~10000A外附定值分流器 电压: 0.75~1.5kV外附定值附加电阻
直流 电流表 电压表	42C3- $\frac{A}{V}$	磁电系	1.5	电流: 1~500mA, 1~50A, 75~10000A 电压: 1.5~600V, 0.75~1.5kV	电流: 75~10000A外附定值分流器 电压: 0.75~1.5kV外附定值附加电阻
直流 电流表 电压表	C19- $\frac{A}{V}$	磁电系	0.5	电流: 25~500mA, 2.5~30A 电压: 0.75~600V	另有 C13, C32, C40, C41, C48, C59 等型号

续表

名称	型号	系列	级别	量 限 范 围	备 注
交流电流表 电压表	1T1- $\frac{A}{V}$	电磁系	2.5	电流: 0.5~200A, 5~10000A 电压: 15~600V, 1~380kV	电流5~10000A经电流互感器接通 电压1~380kV经电压互感器接通
交流电流表 电压表	6L2- $\frac{A}{V}$	整流系	1.5	电流: 0.5~50A, 5~10000A 电压: 3~600V, 1~380kV	电流5~10000A经电流互感器接通 电压1~380kV经电压互感器接通
交流电流表 电压表	42L6- $\frac{A}{V}$	整流系	1.5	电流: 0.5~50A, 5~10000A 电压: 3~600V, 1~380kV	电流5~10000A经电流互感器接通 电压1~380kV经电压互感器接通
交、直流 电流表 电压表	T10- $\frac{A}{V}$	电磁系	0.2 0.5	电流: 0~200mA, 0~10A 电压: 0~600V	另有T19、T21~T23、T25、T28、 T51等
钳形交流 电流表	T-301	整流系	2.5	0~250A, 0~600A, 0~100A	另有MG4电流、电压表 MG26电流、电压表 MG28电流、电压表 MG31袖珍型电流、电压表
钳形交流电 流、电压表	T-302	整流系	2.5	电流: 0~1000A 电压: 0~500V, 0~600V	
钳形交流电 流、电压表	MG24	整流系	2.5	电流: 0~50A, 0~250A 电压: 0~600V, 0~600V	
钳形交、直 流电流表	MG20	电磁系	5	0~100A, 0~200A, 0~300A, 0~ 400A, 0~500A, 0~600A	
	MG21	电磁系	5	0~750A, 0~1000A, 0~1500A	

第三节 功率表的使用

一、单相功率表

(一) 单相功率表的结构原理

单相功率表(又叫电力表或瓦特表)多是电动系仪表,可用于测量直流电路和交流电路的功率。它有两组线圈,其固定线圈与负载串联,叫电流线圈(此线圈通常作成两部分);动圈与线路并联,叫电压线圈。当电流通过负载时,电流线圈产生磁场,电压线圈的电流与磁场相互作用产生转矩使指针偏转。偏转角与负载消耗的功率成正比。通过改变电压线圈的附加电阻和电流线圈的连接方法,可得到多量限功率表。电压线圈和电流线圈的内部接线如图2-3-1所示。

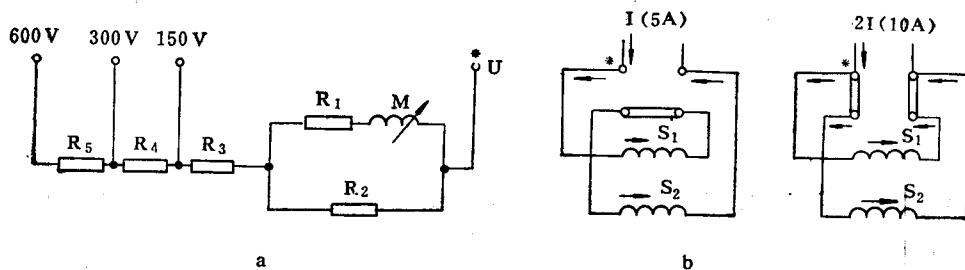


图 2-3-1 多量限功率表内部接线

a—改变电压线圈的附加电阻 R_5 、 R_4 、 R_3 得到不同的电压量限;

b—使电流线圈 S_1 、 S_2 串联或并联得到不同的电流量限