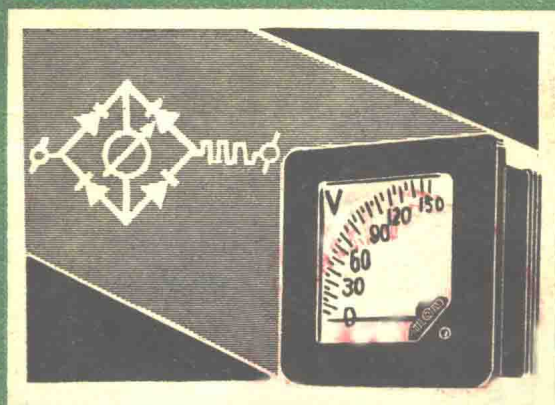




第 16 册

高频加热用仪表和测量方法

〔苏联〕И. М. 苏达科夫 著



上海科学技术出版社

高频热处理丛书

第 16 册

高频加热用仪表和测量方法

〔苏联〕И. М. 苏达科夫 著

孙 一 唐 译

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本丛书原版第一版于1954年出版,曾由本社翻譯出版。1957年原书有了第二版,內容有相当大的修改,若干书名亦有更改,为此根据新版本重譯重排,陸續出版。

本书为高频热处理丛书的第16册,是第二版中增加的新书。內容主要介紹一般电工測量仪表的工作原理、各种温度測量仪表以及高频加热的測量技术;同时也討論了电压互感器和电流互感器的应用。

本书供从事高频加热工作的技术人員閱讀。

高频热处理丛书

第16册

高频加热用仪表和測量方法

ПРИБОРЫ И ИЗМЕРЕНИЯ
ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ НАГРЕВЕ

原著者 [苏联] П. М. Судаков

原出版者 Машигиз • 1957年

譯者 孙 一 唐

*

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出093号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

商务印书館上海厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印張 2 排版字數 43,000

1963年7月第1版 1963年7月第1次印刷

印數 1—4,000

統一書号: 15119·1733

定 价: (十二) 0.26 元

原 序

在大量生产的条件下，高频加热过程的調整和实施需要有高度的檢查-測量技术。生产的进一步发展和自动化，对改善測量工具和測量方法、提高其准确度和使用可靠性、測量过程的自动化等，提出了一系列的任务。

近几年来，苏联的測量技术获得了广泛的发展，仪表的生产显著增长，許多新穎仪表試制成功，并制定了一些新的測量方法。虽然这样，但由于在現場上缺乏所需的仪表，或使用人員对某种仪表是否适于規定目的不一定很清楚，以致某些工艺問題难于得到解决。在这些情况下，熟悉現有的測量方法并掌握各种仪表的性能就很必要了。

本书的目的在于給从事高频加热工作的讀者一些有关电工仪表和溫度測量的基本知識，希望这些知識能成为深入研究各专业文献的基础。

目 录

原 序

第一章 基本概念和定义	1
第二章 电工测量仪表的构造和作用原理	8
1. 磁电式仪表	11
2. 电磁式仪表	18
3. 电动式仪表	21
4. 动铁式仪表	25
5. 热敏式仪表	26
6. 热电式仪表	27
7. 整流式仪表	31
8. 静电式仪表	33
9. 电子仪表	35
第三章 仪用互感器	37
第四章 测量温度的仪表和方法	40
1. 膨胀温度计	41
2. 压力计式温度计	42
3. 电阻式温度计	43
4. 热电式高温计	44
5. 辐射高温计	46
6. 光电高温计	54
第五章 高频加热的测量技术	55
参考文献	59

第一章 基本概念和定义

测量技术就是测量工具和测量方法的总称。

测某个量——就是将这个量与假定取作单位的另一同类的量作比较。

测量方法——把被测的量与量度单位作比较的方法或方式。

测量结果——表示测得的量与量度单位的比数。

测量仪表——将被测的量和量度单位作比较的仪器。

测量上限——用仪表测得的量的最大值，其误差不超过规定的容许值。

测量下限——用仪表测得的量的最小值，其误差不超过规定的容许值。

测得量的有效值——被测的量按标准仪表^①测得的大小。

仪表的读数误差——仪表的读数和被测的量的有效值之差，即：

$$\Delta = A - A_0,$$

式中 Δ ——仪表读数的误差，取被测的量的单位；

A ——仪表的读数，取被测的量的单位；

A_0 ——被测的量的有效值。

仪表的折合误差——仪表的读数误差和仪表测量上限之比，用百分数表示，就是：

① 标准仪表——校验工作仪表用的仪表，特点是准确度高。

$$\delta = \frac{A - A_d}{A_n} 100\%,$$

式中 A_n ——仪表的测量上限。

校正值——为了得到测得量的有效值，所应加于仪表讀数的代数量，其值等于誤差，但符号相反。

仪表的基本誤差——在标准条件下测得的誤差。

仪表的外加誤差——由某种外界因素(如温度的变化、頻率、外磁場等)的影响所引起的誤差。

电工测量仪表的基本特性用規定符号表明在仪表的刻度盘上。

与仪表名称相当的符号，代表被测的量所取的单位。例如字母 A 表示安培計，分度上的数字代表安培数。如果是多量程仪表，則仪表的名称要全写，例如“无定位伏特計”。在这种情况下，每一刻度所代表的值和被测量的单位值都应按規定的测量范围和分度数之比来計算。

仪表的等級(圓圈中的数字)表示基本誤差，以百分数表示：

- (1) 为测量上限的百分数——单向刻度的仪表；
- (2) 为测量总和的百分数——双向刻度的仪表(中間为零位)；
- (3) 为算术平均量限的百分数——无零位刻度的仪表，例如頻率計；
- (4) 为刻度工作部分长度的百分数——相位計和瓦特計。

例如，一台测量上限为 150 伏的 1.5 級伏特計，就是刻度工作部分任一点上的基本誤差可能达 150 伏的 $\pm 1.5\%$ ，即 2.25 伏。不均等刻度的头上的一部分是非工作部分；这部

分刻度上基本誤差的量不是标定的,可能大大超过指定值。

电工測量仪表可分为 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 4 等几級。

分流器和附加电阻則分为 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 等几級。

在每一个仪表的正面,除了标明被測量单位的符号和等級外,还应该标有下列符号:电流的种类和相数,仪表的系統,保护仪表不受外磁場或电場影响的防护类别,仪表按使用条件的組別,仪表的工作位置,測量电路对外壳絕緣强度的試驗电压,仪表在地磁場中的位置(如果影响到仪表讀数的話),額定溫度(如果額定溫度不是 $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$),額定頻率(如果額定頻率不是 50 赫)或額定頻率范围,以及制造厂家的商标,仪表的型号,出产的年份和厂号。

仪表系統的規定符号見表 1。

根据使用条件,仪表、分流器和附加电阻可分为三組:

A 組——在周圍空气温度为 $+10$ 到 $+35^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度达 80% 时工作的仪表。

B 組——在周圍空气温度为 -20 到 $+50^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度达 80% 时工作的仪表。

B 組——在周圍空气温度为 -40 到 $+60^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度达 98% 时工作的仪表。

仪表根据其对外磁場的防护程度可分为 I, II, III 和 IV 等四类。在强度为 5 奥斯特(400 安/米)的外磁場(此磁場是由与相位和磁場方向最不利条件下通过受試仪表的同类电流所产生的)影响下,仪表讀数的变化不应超过下列值:

I 类—— $\pm 0.5\%$; II 类—— $\pm 1.0\%$;

III 类—— $\pm 2.5\%$; IV 类—— $\pm 5.0\%$ 。

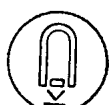
表1 仪表系统的代号
(根据 ГОСТ 2930-45, 表 9)

仪 表 系 统			符 号 图
磁 电 式 仪 表	有机机械反抗力矩	无 屏 蔽	
		有 磁 屏	
	无机机械反抗力矩	无 屏 蔽	
		有 磁 屏	
电 磁 式 仪 表	有机机械反抗力矩	无 屏 蔽	
		有 磁 屏	
	无机机械反抗力矩	无 屏 蔽	
		有 磁 屏	

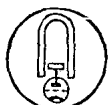
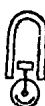
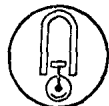
(續表)

儀 表 系 統			符 号 图
无鉄心电动式仪表	有机械反抗力矩	无屏蔽	
		有磁屏	
	无机械反抗力矩	无屏蔽	
		有磁屏	
动鉄式仪表	有机械反抗力矩	无屏蔽	
		有磁屏	
	无机械反抗力矩	无屏蔽	
		有磁屏	
感应式仪表	有机械反抗力矩		
	无机械反抗力矩		

(續表)

仪 表 系 統			符 号 图
热 电 式 仪 表	有接触热变换器	无 屏 蔽	
		有 磁 屏	
	有絕緣热变换器	无 屏 蔽	
		有 磁 屏	
振动式仪表			
热綫式仪表			
整 流 式 仪 表		无 屏 蔽	
		有 磁 屏	

(續表)

仪 表 系 统			符 号 图
电 子 仪 表		无 屏 蔽	
		有 磁 屏	
光 电 式 仪 表		无 屏 蔽	
		有 磁 屏	
电 解 式 仪 表			
静 电 式 仪 表			

第二章 电工测量仪表的构造和作用原理

各种系统和用途的仪表，在结构上或是作用原理上都有许多共同的地方。主要因为每一被测的量的出现都会产生一种力，驱使指针沿着刻度作机械移动。

所有仪表都由下列部分组成：置有度量机构的外壳、刻度盘和辅助部分。

度量机构包括可动部分和不动部分。可动部分可在某个限定角度范围内产生偏转。可动部分的偏转角度是量度被测的量的范围。

使可动部分产生偏转的力叫做旋转力矩。旋转力矩等于力乘力臂，并以公斤厘米度量。在测量仪表中必须产生非常小的力矩，一般不超过数克厘米，有时还更小得多。例如，实验室用静电伏特计可动部分的最大力矩只有零点点儿的毫克厘米。

为了使可动部分能在这样小力矩的作用下自由地偏转，将它装在用磷青铜或铍青铜制的细金属杆上。

若力矩更小时，则将可动部分装在吊架上，即只用一个尖刃悬吊着。为了防止搬动仪表时折断吊架，在其上还安有止动器（一种借固紧可动部分而卸去吊架上所受张力的装置）。

在配电盘用仪表中，作用的旋转力矩达到一克厘米或甚至零点点儿的克厘米。这种仪表的可动部分是装在轴尖和白形轴承上。可动部分的轴可以用贯穿轴，或由两半部分组成。轴的端部成锥形，其顶角约为 60° ，所以叫做轴尖。锥顶经

过倒圆并仔細拋光。

軸尖支在白形軸承的承窩——凹口內。

軸尖是用碳鋼制的，而軸承則用剛玉或瑪瑙制成。

軸尖圓角半徑的大小，可根据可动部分的重量和仪表的使用条件选取，一般为 $0.015 \sim 0.1$ 毫米。凹口底部的圓角半徑应为軸尖圓角半徑的四倍至十倍，通常在 $0.15 \sim 0.35$ 毫米範圍內。

軸尖的圓角半徑愈小，軸承內的摩擦作用就愈小，可动部分也愈容易轉动；但减小軸尖的圓角半徑，会使压强增大；这个压强在仪表受到振动时可大到損伤凹口的拋光表面或压碎軸尖。

如果可动部分能自由偏轉，則在被測的量产生的旋轉力矩作用下可动部分將旋轉一个周角，这样我們不能知道力矩多大，被測量的值是多少。可見，除被測的量所产生的力矩外，即所謂动作力矩外，还必須有反抗力矩。反抗力矩是在可动部分偏轉时由細青銅条制的螺旋彈簧产生的。螺旋彈簧的一端固定在可动部分的軸上，另一端則固定在不动部分上。

为了使彈簧扭轉某个角度，必須加以一定的力矩，其大小和扭轉的角度成正比。

当仪表未測量时，动作力矩和反抗力矩都等于零，这时可动部分的位置恰使指針指在零点。当仪表进行測量时，可动部分便产生偏轉，一直轉到动作力矩与反抗力矩平衡为止。此时，仪表指針停在对应于完全固定的某个被測量值的点上。

在仪表測量时，可动部分不是馬上处于与被測的量对应的位置的，而要在这个位置来回摆动一些時間，逐漸稳定下来。这段時間叫做仪表的阻尼時間。为了尽量縮短阻尼時間，在

度量机构上装有阻尼器。一般常用的是空气阻尼器和磁阻尼器。

磁阻尼器的构造最为简单。在可动部分的轴上装一轻质扇形铝片，它能在永久磁铁两极间的间隙内自由地移动。铝片进入间隙，便切断了磁力线。此时，铝片上感应的电流与永久磁铁的磁场发生相互作用，使铝片受到制动作用。铝片的运动速度愈大，感应电流和制动力就愈大。当铝片固定不动时，作用在其上的力便等于零。

凡永久磁铁的磁场对度量机构本身磁场不起干扰作用的仪表，都采用磁阻尼器。凡产生这种干扰作用的仪器，则采用空气阻尼器。空气阻尼器是一紧固在可动部分轴上的轻质铝制翼片，翼片位于密闭的小室内。此时是依靠空气的阻力来制动的；空气的阻力与翼片的移动速度成比例。有时用活塞代替翼片，活塞是在一端封闭的弓形管内移动的。

在受到极强烈阻尼的情况下，可动部分的运动可由振荡状态转为非周期状态，即此时可动部分的运动不通过平衡位置，也就是说未完成振荡。不过在这种情况下，阻尼时间可能很长。

实际上，阻尼时仍保持振荡状态，不过振荡很快衰减。

仪表未进行测量时，指针应指在零位（除非没有产生反抗力矩的弹簧的仪表），但是弹簧在受温度作用和变形的影响下或由于其他一些原因，可动部分可能“离开零位”。为将指针调整到零位，仪表内安有一种叫调整器的装置。

根据一系列原因，测量仪表永远不会指给我们被测的量的有效值。度量误差既取决于仪表的误差，也取决于度量方法，即进行测量的方式。

仪表的误差是由仪表本身的不完善引起的。例如，由于

軸承內的摩擦，可動部分可能不轉到動作力矩與反抗力矩相平衡的位置。

可動部分裝於軸尖和軸承內的儀表，當其軸處於垂直位置時，會由於傾側而產生誤差。產生這種誤差的原因，是由於可動部分的軸在軸承內有某些空隙。當儀表位置變動時，可動部分的軸的位置也發生改變，而從垂直位置向左右偏傾，於是指針也跟着一起偏轉。

如果可動部分不夠穩定，或者說平衡得不好，那末當儀表的傾斜角改變時，儀表的讀數也將變動。可動部分的軸水平放置時，由不平衡所引起的誤差特別大。

在製造或修理儀表時刻度標定不精確以及其他等等，也可能是產生某些誤差的原因。

上述這些誤差幾乎是所有系統的儀表所固有的，測量時務需保證這些誤差不超過在一定情況下的容許值。

下面提到的誤差，是本書中談到的幾種儀表所特有的。

1. 磁電式儀表

這種測量儀表的磁電系統，是以永久磁鐵的磁場和一個或數個帶電導體之間的相互作用而產生旋轉力矩的一種系統。

磁電式儀表內可以裝可動磁鐵，也可以裝可動綫圈。一般以裝可動綫圈的居多。

裝可動綫圈的磁電式儀表的結構示於圖 1。在永久磁鐵的兩極間，有一可動綫圈。為了得到均勻的輻射方向磁場，在磁鐵的兩極間放一軟鋼鉄心。

當綫圈中有電流通過時，綫圈位於磁場內的有效部分上將受到力的作用而產生旋轉力矩。

作用在可动部分上的旋轉力矩的大小与通过綫圈的电流强度成正比。

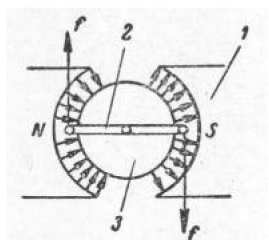


图1 磁电式仪表的結構示意图

1—磁铁；2—框架；3—鉄心

图2示出某些配电盘用仪表内采用的磁电系统度量机构。这种仪表的永久磁铁是短条形的，外面圍着軟鋼制的軛鉄。軛鉄是导磁体，它就构成一个极靴。

可动綫圈是一鋁架——鋁框，其上繞有細絕緣絲。电流是通过螺旋彈簧引入的。

当鋁框旋轉时，彈簧扭紧，而产生反抗力矩；反抗力矩的大小与偏轉角成正比。

可見，磁电式仪表上指針的偏角是与可动綫圈內的电流强度成正比的。此种仪表具有均匀的分度。电流方向改变

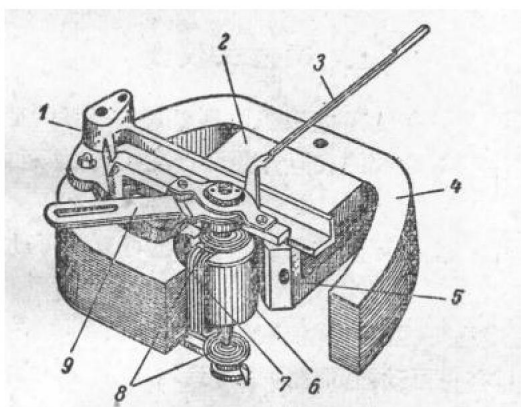


图2 磁电式仪表的度量机构

1—支架；2—磁铁；3—指針；4—軛鉄；5—磁极；6—鉄心；7—繞有綫圈的框架；8—螺旋彈簧；9—調整器