



土 电 表

哈尔滨工业大学土电厂著

水利电力出版社

內 容 提 要

本書是介紹用土办法制造电气仪表——电流表、电压表、单相瓦特表、頻率表、三相功率因数表等，并詳細的說明了各零件的制造、工作原理、构造以及調整与刻度等問題。

这些电气仪表的优点是：1.容易制造；2.可以就地取材；3.成本低；4.有一定的准确性，工作可靠。

本書讀者对象是一般电气工作者。

土 电 表

哈尔滨工业大学土电厂著

*

1899D543

水利电力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×109.2毫米开本*1 $\frac{1}{4}$ 印張*30千字

1959年2月北京第1版

1959年2月北京第1次印刷(0001—10,100册)

統一書号：T15143·352 定价(第9类)0.16元

目 录

第一章 电流表和电压表.....	2
第二章 单相瓦特表.....	19
第三章 频率表.....	26
第四章 三相功率因数表.....	32
第五章 同步指示器.....	39

第一章 电流表和电压表

土电表和其它洋电表一样是电力工业的眼睛，但制造比较容易、材料能就地找到、制造成本低、能满足一定的技术要求。

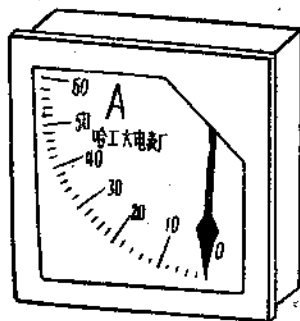


图 1-1 土电表的外形图

这里先介绍一下土电表的形状和它的简单结构，使大家先有一个概念。土电表的外形见图 1-1，它的结构见图 1-2。

第一节 工作原理和结构

电流表、电压表的内部构造如图 1-2，而电流表没有附加电阻。电表在使用时，轴是横放的（即水平的）如图 1-1。

最主要的部分是测量机构，它是由线圈、静铁心和可动部分组成的。所谓可动部分是指和轴连在一起的动铁心、指针、阻尼器等。

当要测量的电流流过线圈时，动铁心和静铁心就产生了互相推斥的力量（这力量叫作转动力矩），为什么会有推的力呢？简单的道理如下：

把静铁心、动铁心、线圈简单的画成如图 1-3 所示。当线圈中通过电流时，在线圈里的静铁心和动铁心都变成了磁铁。

它们的南极和北极都在一端。磁铁的南极和南极、北极和北极在一起时就会产生互相排斥的力量。由于静铁心和动铁心

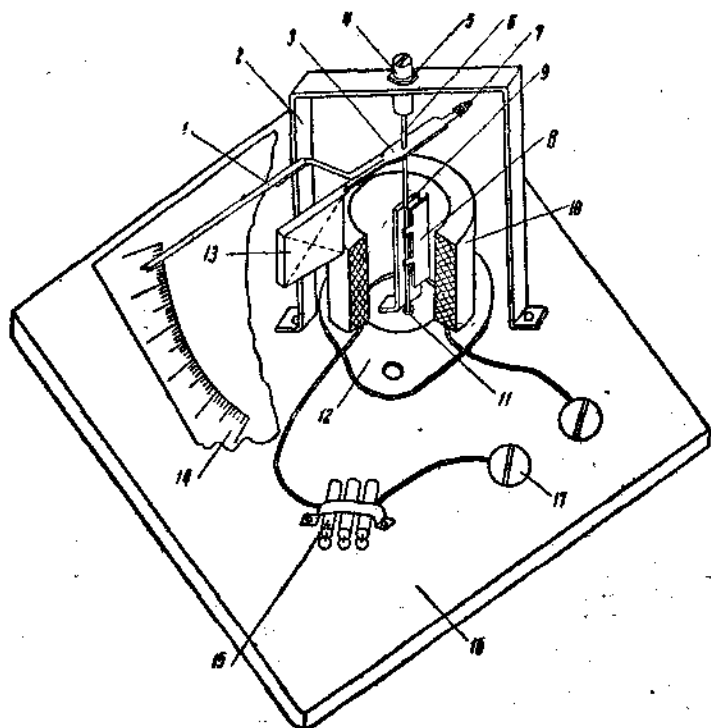


图 1-2 土电表结构图

1—指针；2—铁皮支架；3—铜片指針架；4—玻璃轴承座、上轴承；
5—螺帽；6—針軸；7—調整錘；8—鉄皮做的动鉄心；9—鉄皮做的靜
鉄心；10—繞圈；11—下轴承；12—繞圈架；13—阻尼片；14—刻度
盘；15—附加电阻；16—木底板；17—接線柱。

都成了磁鉄，并且它們的南极与南极、北极与北极都在一起，
所以动鉄心和靜鉄心就产生互相推的力量。

由于靜鉄心是固定在底板上的，所以推的結果，动鉄心就
帶动指針从左向右轉。为了使指針轉过一定的角度而停留在某

一个位置上，还必须有一个相反的力量往回拉指针，我们称这个力量为反抗力矩。电表在使用时，轴是横放的（即水平放），可动部分是指针这一边重，这个重力就要把指针拉回到下面来（所以这个力量叫做反抗力矩）。但转动力矩却要把指针从左向右转。这样一个拉一个推的结果，指针就可能停在某一个位置。这个位置随电流大小的不同而不同。

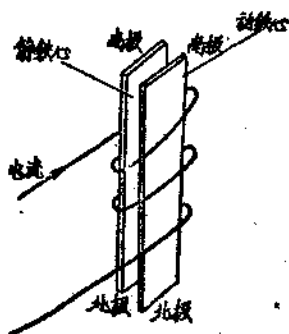


图 1-3

阻尼器的作用是使指针不老是一来一回去动，而能很快的停住。因为指针老是晃动，看表就不易看准。

刻度盘用三根木柱子、用木螺钉固定在木底板上，而下轴承则用胶粘在木底板上的小孔内，支架、线圈和静铁心都用木螺钉固定在木底板上。

这些零件用木螺钉固定在木底板上有很大好处。由于木螺钉在任何一处都可以固定，所以在制造时，对各零件的形状、尺寸、同心度等等的要求就不特别高，因而使得零件易于制造。

可动部分的几个零件——动铁心、指针、阻尼器都分布在通过轴的同一个平面内，这样做，一方面可以最有效的利用可动部分本身的重量作为反抗力矩，另一方面，调节锤只要一个就行了。

调节锤是用来调节反抗力矩大小的。当调节锤靠近轴时，反抗力矩就大，反之，当它离开轴时，反抗力矩就小。由于土电表的零件不可能做的很标准，因此必须在较大的范围内进行调节，用调节锤来改变反抗力矩，使满足这一要求。

为尽量避免外磁场的影响，必须对线圈进行屏蔽。屏蔽的

办法如下：在綫圈四周包以鉄皮（洋鉄皮，一般鉄罐頭盒即可）做成的圓筒，在綫圈上面蓋一个鉄皮做的圓蓋。形状如图 1-4。在木底板反面对着綫圈的地方釘一块鉄皮，如图 1-4。經实验証明，不加屏蔽，对土电表來說也沒有关系。

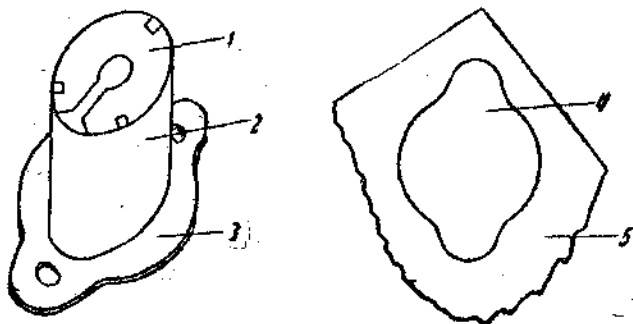


图 1-4 屏蔽零件图

1—屏蔽盖；2—屏蔽圆筒；3—綫圈架下擋板；4—下屏蔽底板；
5—木底板背面。

第二节 零件的制造和装配

1. 軸承

对軸要求硬、表面光滑

(1) 玻璃軸承

1) 制造方法：模具如图 1-5，材料可用能耐温 $1,000^{\circ}\text{C}$ 的金属，用鋼較好。

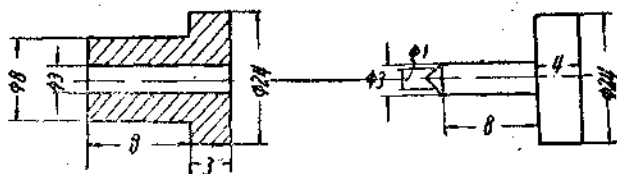


图 1-5

将模心套入模套内如图1-6。

用直径为3公厘的棒状玻璃，在喷灯上烧软，很快的用力插入模具的腔内。模具需预热。待冷后将玻璃棒拔出，再用钳将做好的轴承切断，即得如图1-7的玻璃轴承。

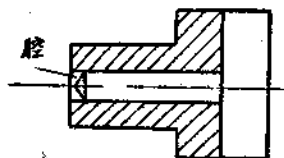


图 1-6



图 1-7

往模具内插时用力要正，要不然做出的玻璃轴承是歪的。

喷灯可以用汽油喷灯、酒精喷灯或在煤油灯芯内加一气管。打气可用脚踩的皮老虎。做较小的轴承时，可以用酒精灯。

玻璃可用硬玻璃。

2) 优缺点：优点——易制作，便宜，光滑，轴在里面转动不会卡死，摩擦误差小。

缺点——玻璃脆，不能受较大的振动。

3) 轴承座：将上轴承固定在一个螺钉做成的轴承座中，以便调节轴尖与轴承的间隙。用直径为6到8公厘的细枝螺钉，便于调节。在螺钉端部钻一小孔，如图1-8。安装时在小孔内先涂上胶（万能胶、水玻璃等），再将轴承放入，待干燥后即可。

(2) 铜轴承：在铜螺钉上钻一小凹穴即可，如图1-9。

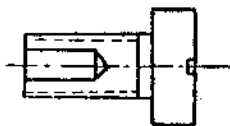


图 1-8

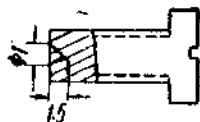


图 1-9

优点——简单，导电，不会碎。

缺点——摩擦误差大。

2. 軸

軸要求耐磨，不生銹。

土电表的軸用长60多公厘的縫衣針制成。將針尾眼剪去，把兩端磨成 60° 的圓錐狀，如图1-10。磨時以油作潤滑劑，切勿用水，并注意不要搞彎。

3. 動鉄心和靜鉄心

鉄心的材料、形狀、

動靜鉄心的初始位置對電表的好壞(對刻度)影響很大。



图 1-10

(1) 形狀：鉄心形狀選擇必須得到好的刻度特性(均勻一些)和得到大的轉動力矩。我們採用的鉄心，無論是靜的，還是動的都是長方形的。採用這種形狀得到的刻度在10%以後很均勻。並且這種形狀很簡單，易製造。如图1-12。

(2) 厚度：太厚對交流產生的渦流大，轉矩小，對直流來說剩磁大，產生誤差。對動鉄片來說太厚則重，摩擦誤差大。太厚且不易加工。

太薄了容易飽和，使后面的刻度太密。轉矩也與厚度有關，太薄了轉矩變小。

一般取0.35公厘左右。對交流電表的靜鉄心可以厚一些，如取0.6公厘。

(3) 初始位置：我們取初始位置如下，當指針指零時，動鉄心與靜鉄心相靠近，但又不接觸。如图1-11。

(4) 材料：交流電表可用鉄片，直流電表最好用矽鋼片，因為鉄片的磁滯很大，直

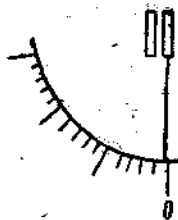


图 1-11

流电表若用铁片，误差可达10%，而用矽钢片则在2~3%。

(5) 尺寸：铁心尺寸可根据线圈尺寸来定，使得动片焊在轴上以后可以在线圈中自由转动，并且不露出在线圈外面。我们选好尺寸如图1-12。

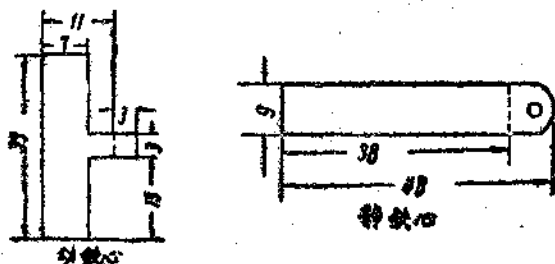


图 1-12

动铁心在凸出部分虚线处弯过来夹紧在轴上，再与轴用锡焊住。静铁心在圆虚线处弯90°。孔的直径可为4公厘。

4. 线圈架

线圈架是用来绕铜线的。它由上挡板、下挡板及架壁三部分组成。

(1) 尺寸选择：尺寸太大则费铜，并且磁场不集中。尺寸太小则必定使铁心尺寸也小，这样转动转矩就小了。我们取的尺寸如图1-13。组成后如图1-14。合在一起时接缝处可用洋干漆粘住。

(2) 材料：用红铜纸或其他硬纸。也可用金属片，但必须开一个口，以免涡流太大。但不能用铁片。

5. 指针

(1) 材料：我们用竹子制成。它的优点是轻，易手工制作，在过载时不易被打弯。也可以用薄铝片剪成。

(2) 长度选择：指针太长，则使整个仪表的尺寸增加，太

短看数时又不易看准(读数误差大)。我们取的尺寸如图1-15。

6. 阻尼器

(1)材料: 要求轻, 不易破。可用薄铝片、油纸和鸡毛等做成。

(2)尺寸: 太小和太大时指针来回晃的时间都会很长(阻尼时间长)。具体大小可根据实验决定, 使得在加上阻尼器后指针晃的时间最短。

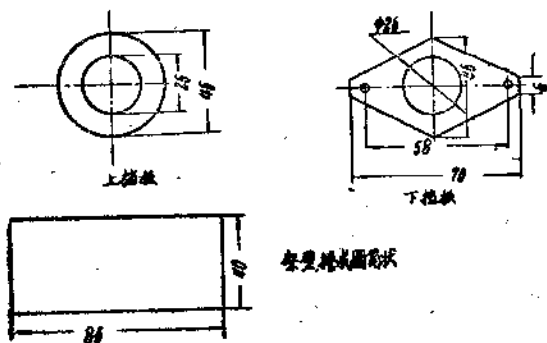


图 1-13

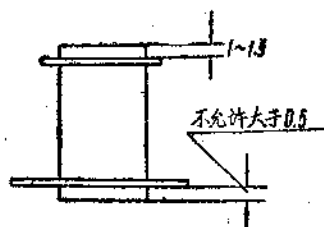


图 1-14

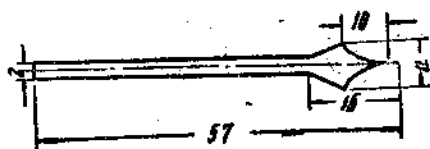
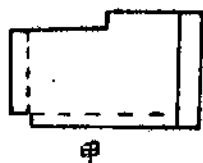


图 1-15

1) 铝片阻尼: 将厚0.1~0.15的薄铝片照图1-16甲剪好, 再弯成如图1-16乙, 再按虚线卷在指针架上即可(在卷时并涂上万能胶)。

2) 紙質阻尼：用細一些的鋁絲或細銅綫彎成如图 1-17。再用胶粘上油紙或其他不受潮不易破的紙即可。

3) 羽毛阻尼：選擇适当的羽毛，以胶粘在指針架上即可。



甲



乙

图 1-16



图 1-17

7. 指針架

用来支持指針、阻尼器，使它們与軸联接在一起。可以用鋁片或薄銅片做。当用鋁片时在軸穿孔处須包以銅片，以便与軸焊接。尺寸、形状如图 1-18。剪好后弯成如图 1-19。軸孔可以用小釘或鋼釘打成。

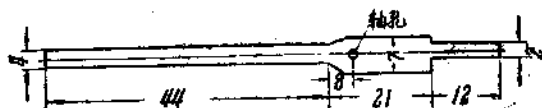


图 1-18

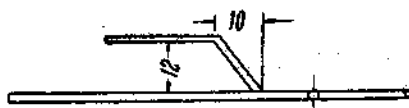


图 1-19

8. 支架

用厚 1~1.5 公厘的鉄皮制成。尺寸如图 1-20。并弯成如图 1-21。 $\phi 8$ 孔上要焊上軸承座的螺帽，焊时注意螺帽与 $\phi 8$ 的孔要对齐。

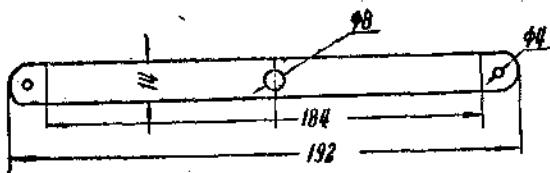


图 1-20

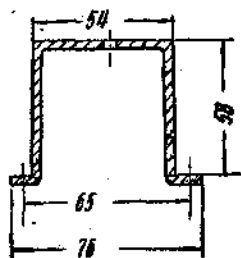


图 1-21

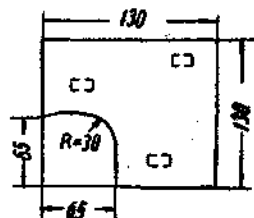


图 1-22

9. 刻度盘

用画图纸粘在胶合板上，胶合板的尺寸如图1-22，厚为3公厘。图中虚线所画为三个固定刻度盘的木柱子的位置。柱子尺寸，可适当选择，使得指针离刻度盘的距离为三公厘左右，阻尼器在刻度盘下面能自由转动。

10. 底板

用木板做成，尺寸如图1-23，厚度为8公厘。所有零件都必须安装在虚线框中。

11. 表盖

用木板，厚为8公厘左右。

12. 装配

(1) 指针架：动铁片与轴的配合

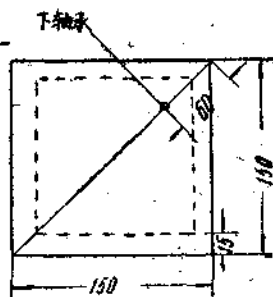


图 1-23

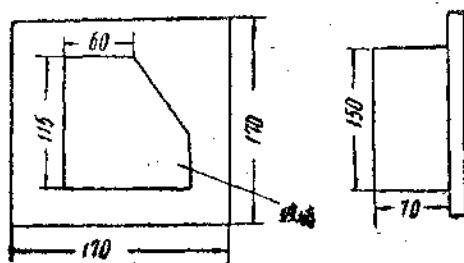


图 1-24

如图 1-25。

(2) 指针：阻尼片与指针架配合如图 1-26。装配时必须使指针、指针架、阻尼器在通过轴的同一平面内。

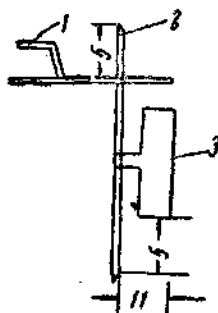


图 1-25

1—指针架；2—轴；
3—动铁心。

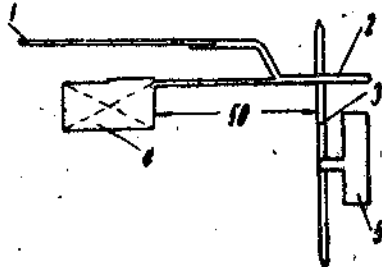


图 1-26

1—指针；2—指针架；3—轴；
4—阻尼片；5—动铁心。

(3) 动铁心、静铁心、线圈，支架在木底板上的位置如图 1-27。装配时，先装下轴承，依次装静铁心、线圈、支架，并放入可动部分。要使轴不歪，可动部分可以自由转动 90° 。

第三节 电流表的制造

1. 电流表的全部零件根据上面所說的方法制造和安装

2. 銅綫直徑的決定

直徑按公式算出。

銅綫直徑为:

$$d \geq \sqrt{0.255 I_n} \text{ 公厘,}$$

式中 I_n ——电流表的測量上限,以安培計算(即可以測量的最大电流的安培数)。

当沒有粗銅綫时,可用几根細的綫并联。

3. 綫圈圈数的決定

$$\text{圈数} = \frac{300}{I_n},$$

I_n 同上面,以安培計算。

当 $I_n = 400$ 安培时,同样可以繞一圈。当 I_n 大于 400 安培时以上的方法就不行了。

4. 繞圈的繞法

将導綫一圈一圈的按同一方向繞在綫圈架上,留出两个头,用白紗布帶在外面綁住即可。当導綫很粗时,可以不要綫圈架,把導綫直接繞成直徑 26 公厘,高 40 公厘的圓筒。当要繞的圈数很少时(如 4 到 6 圈)可以用裸銅綫,但必須使圈与圈間不碰着。

5. 电流表的接綫如图 1-28 所示。

6. 双量程电流表綫圈繞法

(1) 中間抽头法: 如图 1-29 从中間抽出一个头来。繞綫圈

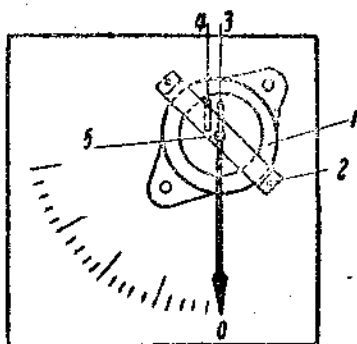


图 1-27

1—綫圈; 2—支架; 3—动鉄心;
4—靜鉄心; 5—軸。

时“0”到“1”之間的綫圈和“1”到“2”之間的綫圈在綫圈架上的分布情况应该一样。

各端鈕間的圈数必須滿足下面的等式：

“0”到“1”之間的圈数乘 I_{n1} = “0”到“2”之間的圈数乘 I_{n2} = 300。

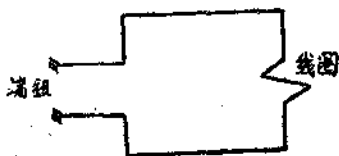


图 1-28

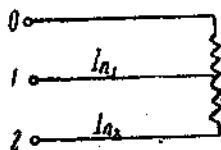


图 1-29

I_{n1} —— 0到1这量程的測量上限，以安培計算。

I_{n2} —— 0到2这量程的測量上限，以安培計算。

銅綫的直徑由公式決定：

$$\text{直徑 } d \geq \sqrt{0.255 I_n} \text{ 公厘。}$$

这种方法的缺点是浪費銅綫，誤差較大，但使用較方便，省端鈕。

(2) 串并联法：

用两条銅綫在同一綫圈架上按同一方向繞两个綫圈 I 与 II。

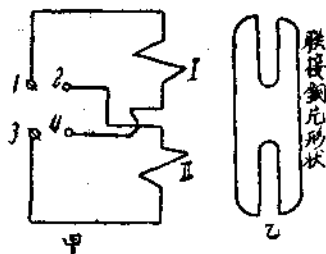


图 1-30

1和2分別为綫圈 I 和 II 的始端，3和4为終端。

I 与 II 的四个头按图1-30甲接好。

当把端鈕 2与4 用銅片(形状如图 1-30 乙所示)联接起来并从 1和3 通入电流时，便得到較小的

量程，設其測量上限為 I_{n1} 。

當把端鈕1與2，3與4連接，從1或2，和3或4通入電流時便得到較大的量程，設其量程上限為 I_{n2} 。

線圈 I、II 的圈數應相等，按下式算出：

$$\text{線圈 I 的圈數} = \text{線圈 II 的圈數} = \frac{300}{2I_{n1}} = \frac{300}{I_{n2}}$$

I_{n2} 與 I_{n1} 以安培計算。此時 $\frac{I_{n1}}{I_{n2}} = 2$ 。

銅線直徑 $d \geq \sqrt{0.255I_{n1}}$ 公厘。

7. 刻度和調整

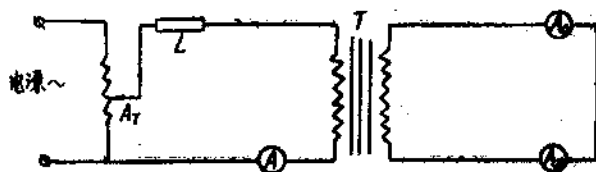


圖 1-31

ΔT —能通過 5 安培電流的自耦變壓器，用它來調節電流的大小； T —儀用互感器，應具有 5:20、5:30、5:50 等端鈕，若要做更大量程的電流表，則需更大（如 5:100，5:200）的電流互感器； A —測量上限為 5 安培的電流表； A_0 —標準電流表，精度為 0.5 級或 1.0 級、1.5 級，它的測量上限應比被刻度的表大一些（不大於 25%），或相等； A_s —被刻度的電流表。

注：刻直流表時可將 A_0 與 A_s 直接接入整流器。在做大量程（大於 30 安培）的電流表時，不容易找到這樣大電流的標準表，此時可以不要 A_0 ，而把 A 換成標準表（仍為 5 安培）把 A 指示的電流數值乘上儀用互感器的變化，即為通過 A_s 的電流值。此時要求儀用互感器也是標準的（0.5 級）。

按圖 1-31 接線後即可進行刻度。

首先把電流調到等於被刻度的測量上限的數值，看此時指針轉的角度是否在 80° 左右。若比 80° 小得很多時，則將調節錘