

Н. И. 納烏莫夫

动物生态学



科学出版社

馬恩·斯金納著

动物生态学

科学出版社

內 容 提 要

本書主要說明絕緣搖表在使用和維護中應該注意的一些問題，如怎樣可以使搖表測量得到的結果準確，怎樣用搖表才能保證人身、設備的安全和搖表不容易損壞等。為了使讀者了解搖表的一般性能以便在工作中更好地使用它，維護它，本書對搖表的構造和原理、搖表的一般故障情況都作了簡單的介紹；此外，關於搖表誤差的計算和誤差產生的原因，也作了必要的敘述。最後還介紹了兩種簡單的校驗搖表的方法。

怎樣正確使用絕緣搖表

周 達 生編著

*

837D306

水利電力出版社出版(北京西郊醫學路二風磨)

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 開本 * 1十印張 * 28千字

1958年6月北京第1版

1958年6月北京第1次印刷(0001—6,600冊)

統一書號：T15143·88 定價(第9類)0.16元

序 言

絕緣搖表是測量絕緣电阻設備當中的最簡便的儀器。目前在電氣設備的安裝、運行、維護和修理等電氣工作中，測量絕緣电阻已經成為了解設備絕緣情況的一種經常而且必要的工作，因此搖表已成為電氣工作者必不可少的重要工具之一。

搖表的主要優點是攜帶方便，使用簡單。用它來測量絕緣电阻時，不需其他輔助設備，結綫也很簡單，使用中不需要煩復的計算。但正因為要具備這些優點，搖表在結構上、製造上便都比較複雜和精細，在使用上僅僅祇能說手續比較簡單；在實際使用中如果不能掌握搖表特性和如何使用的話，往往會使價值很高的搖表招致損壞或縮短使用年限，或者測得的結果與實際情況完全不符。

一個不正確的測量數據，往往會比沒有測量還要碍事；任何精確的儀器如不能很好地愛護和使用，得出的結果也不會正確的。怎樣使我們經常應用的重要工具——搖表能保持準確可靠呢？這是一個電氣工作者，尤其是電氣試驗工作者應具備的常識。寫這本小冊子的目的也僅是如此。

周 達 生

1958年3月

目 录

序 言

第一节	絕緣搖表的簡單构造和原理·····	3
第二节	搖表誤差的計算和誤差产生的原因·····	16
第三节	怎样正确使用絕緣搖表·····	20
第四节	搖表的一般故障和維護注意事項·····	31
第五节	搖表的簡單校驗方法·····	36

第一節 絕緣搖表的簡單構造和原理

在測量電阻值很高的絕緣電阻時，最常用的儀器便是絕緣搖表（簡稱搖表）。搖表在我國不同地區所習用的名稱很多：因為它測量的電阻都以兆歐（ $M\Omega$ ）為單位，有人便稱它為梅格表（或迈格表）；又因為它是主要用來測量電氣設備對地的絕緣電阻，了解設備對地的絕緣情況的，所以又稱它為地氣箱；或俗稱搖電箱。

絕緣搖表由於經過逐漸改良，各國設計的不同，種類便很多。在我國過去根本沒有自己製造的搖表，主要靠國外進口，因此種類型式便更加複雜。不過不管種類如何複雜，總的說來搖表構造的基本原理還是大同小異的。

一、絕緣搖表的構造和原理

所謂絕緣電阻，實質上就是阻值很大的電阻。在一個電阻的兩端加上一定的電壓，便會有一定的電流通過，假如我們能把這電流的數值測量出來，然後根據歐姆定律：電阻（歐姆）= 電壓（伏特）/ 電流（安培）的關係加以計算，便可得出測量的電阻值來。如果我們在測量時將電壓保持一定數值，把流過被測量電阻的電流值直接換算成電阻值，而把電阻值直接刻在電流表的表盤上，那麼我們就不必計算而直接讀出電阻值。這就是搖表製造所根據的最基本原理。

絕緣電阻的阻值既然都很大，為了便於測量，我們希望有大一點的洩漏電流，為此測量時用的電壓一定要高；同時為了能夠容易發現絕緣體的弱點起見，使用的電壓亦希望要

高些。但在考虑到使用时的方便、安全，制造的简易、经济等情况下，摇表的电压必须有它一定限度，因此被测量的电流的大小亦就受着一定的限度。能够供给一个电压比较高的直流电源，和能够测量在绝缘电阻中流过的微小电流的测量仪表，便成了构成摇表的两个主要部分。

为了便于了解摇表的一般构造起见，下面介绍一种比较典型的摇表构造，它的主要结构见下图。

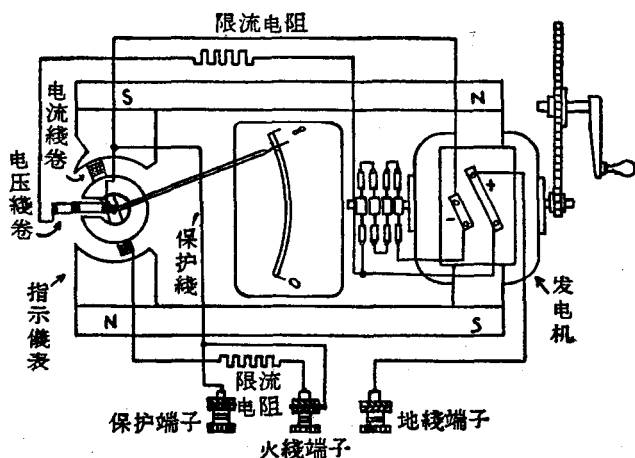


图1 典型摇表结构简图

这种摇表主要是由一只永磁式转动线圈型指示仪表和一只永磁直流发电机组成。全部机件都装在一长方形木箱内。发电机和仪表的磁场共同由四块条形永久磁铁所构成。在右端由二块条形磁铁的N极和另外二块磁铁的S极构成了发电机所需要的磁场；相反的，在左端由二块条形磁铁的S极和另外二块的N极构成了指示仪表所需要的磁场。发电机的转子另外藉一组增速齿轮与手摇柄相结合，用它来提高转子旋

轉的速度。指示儀表的可動部分由兩組用細銅線繞成的長方形線卷牢固地裝在同一軸上而組成，軸的兩端依靠寶石做成的軸承來支持。

因為指示儀表的讀數是由通過兩組線卷的電流之比來確定的，一般稱它做流比計。在可動部分中最大的一只線卷叫做電流線卷。它的一端接至發電機負極，另一端經過一只限流電阻而接至測量用的端子上，測量時被測電阻即連在這端子和另一個與發電機正極連通的端子之間，流經被測電阻的洩漏電流便經過這電流線卷而流回發電機負極。電流線卷的安置情形與普通電流表一樣，線卷恰好包住 C 形鐵心的外圍，它能在鐵心與極掌間的空隙內偏轉。

其餘一組線卷叫做電壓線卷，它由两只串接的線卷並列在一起所組成。電壓線卷的一端與電流線卷一樣連結至發電機負極，另一端經過一限流電阻直接與發電機正極連通，祇要發電機一發出電壓，線卷內便有電流通過。當這一組線卷轉動時，內部一只比較寬的線卷恰能套入 C 形鐵心而轉動，也就是說線卷的一邊在鐵心與極掌間的磁場內移動，另一邊則在 C 形鐵心中部無磁場處轉動；外部的一只窄的線卷在偏轉一定角度後便逐漸向極掌上一凸出的尖端部分套入。

為了使線卷在轉動時，所受到的機械抵抗力減少到最輕微的程度，所有電流是經由很細很薄的磷銅帶導入線卷的。因為這磷銅帶主要作用是導電，習慣上稱做導絲。表內裝有導絲四條，每條導絲盤成兩圈左右，分別懸空地圍繞在一線軸的周圍。導絲的一端與由線卷上引下的硬銅絲相連，另一端與接引出線的接線板連通。因為導絲的抵抗力極微，搖表在停止使用時指針停留的位置是並不固定的。

在使用時如果不接任何被試品，試驗回路便成開路狀

态，电流回路无电流通过。此时电压綫卷将因有电流通过而向逆时针方向转动，直至綫卷平面恰与串过它的磁力綫成垂直位置时停止，也就是綫卷最后将停留在C形鉄心的开口处，这时指针恰指在无穷大刻度指示点上。

当試驗回路接有被試品时，电流回路有电流通过，电流綫卷即向顺时针方向转动，指针便向零值方向转动。因为电压綫卷与电流綫卷是装在同一軸上的，电流綫卷转动时便同时带动电压綫卷也向顺时针方向转动。但电压綫卷愈是向顺时针方向转动所处的磁場便愈强，因此产生的逆时针方向转动的力矩便愈大，一旦两组綫卷所产生的转动力矩相等时，指针便停留不动。不同的絕緣电阻将产生不同的洩漏电流，不同洩漏电流所产生的转动力矩，将为一不同位置的电压綫卷所产生的反方向的转动力矩所平衡，因此指针所指的不同位置可以直接刻成被試品的电阻值。

发电机的輸出电压有变动时，两组綫卷內的电流将随着同时变动，但对綫卷产生力矩的影响比率是相同的，因此电压虽有变动，指针的位置仍能維持不变。实际使用中因指针的位置还受軸尖摩擦力矩和导絲的反抗力矩等影响，电压变动得太大时，指针位置还是有些变动的。

电压綫卷組中，外部綫卷的作用有二：第一，当整組綫卷转动到一定角度后，内部綫卷的一边将进入均匀磁場，綫卷产生的力矩将无变化，为了得到較好的刻度分配和稳定度起見，使外部綫卷在此时逐渐套入极掌端的一尖角，这样整組电压綫卷的总力矩将因此而能保持逐渐变化的趨勢，使搖表在 ∞ 附近的刻度分配較好同时指示也稳定些。第二，内外两只綫卷在外界磁場影响下产生的力矩大小相等而方向相反，这样便可以使搖表使用时不受外界杂散磁場的影响。

在图 1 中可以看到从电流回路引出端子(“火綫”端子)周围有导綫与“保护”端子連通后直接接到发电机的負极,这条导綫称它做保护綫。它的作用是使由于电流回路与发电机“+”极間絕緣不良时可能引起的洩漏电流都可以不經過电流綫卷而直接从保护綫流回发电机的“-”极。在搖表实际裝置中,凡是支持电流回路引綫和限流电阻的絕緣体上都装有保护金屬,使所有从发电机“+”极到电流回路間的通路都为这金屬导体所遮蔽。而这些金屬导体都是与保护綫接通的。

为了便于在做測量絕緣电阻試驗时,可以将不需要測量的电流都不經电流綫卷而直接流回发电机去,被試品上与測量电流无关或者有影响的电流都可以用导綫直接引至这个“保护”端子上去。

在許多情况下,电气設備具有一相当可觀的电容。在測量絕緣电阻时,由于搖表輸出电压高低不稳,在整个試驗回路中将产生一不稳定的充放电电流流过搖表电流綫卷。因为充放电电流方向不同、数量不同,这样便使搖表指針来回搖摆不能稳定。

这种現象在測量磁瓶等电容量小的設備时还不显著;在測量电纜、发电机等电容量較大的設備时便非常显著。这是因为电容量大时,因电源电压高低变动而引起的充放电电流也大的緣故。

为了保持搖表輸出电压的稳定,搖表中的发电机轉子是經過一离心嚙合器(限速器)和增速齿輪組耦合的。嚙合器包括有:一只直接由增速齿輪組帶动的鼓状圓盘,另外有两只与轉子軸相連的臂,在两臂的一端装有氈垫,平时利用器內两只彈簧拉住两臂,使氈垫对称地紧压在圓盘的边上。当轉动搖柄时,与增速齿輪組相連的圓盘就作高速旋轉,由于氈

墊与圓盘間摩擦力的作用，兩臂也跟着轉动，轉子也就跟着旋轉起来。在轉子轉动超过一定速度后，彈簧受离心力作用拉力逐漸減弱，兩臂裝有氈墊的一端也因此而向外散开。原来跟着圓盘一齐轉动的兩臂因为摩擦力減小的緣故，在圓盘边上产生滑动，轉子速度便随着降低。直到速度減至彈簧又能压紧兩臂使兩臂能隨圓盘一齐轉动时，轉子再度受搖柄带动而旋轉。这样便保证了轉子轉速不会无限制地增加。因此保证了搖表中的发电机电压不会过分地升高。

要注意的是这种离心嚙合器裝置，在低于一定速度时，它是不发生作用的。假如以低的速度搖轉手柄，发电机电压就会降低。要使发电机輸出电压保持稳定，除維持搖轉速度不变外，最好是使轉子在嚙合器能起作用的轉速附近旋轉。

在額定电压为1000伏的搖表中，发电机轉子上繞有四組綫卷，四組綫卷分別引接至裝在轉子軸上的滑环上（整流环）。滑环由四組用胶木絕緣起来的半圓形紫銅片做成。在整流环的兩旁裝有八只炭刷，利用彈簧使炭刷与滑环接触。所需要的电源便是从八只串接炭刷由炭刷架上引出的。

以上介紹的搖表是最基本最普遍的一种型式，它的主要特点是：发电机直接发出所需要的直流电压；发电机电压利用离心嚙合器来維持它的稳定；測量絕緣电阻的洩漏电流是利用流比計型式的磁电式仪表来进行的。

下面再介紹几种构造稍有不同常用搖表。

1. 有关电源部分 为了使搖表更加輕巧、更加便于制造維護，目前許多小型搖表的发电机都制成轉动永久磁铁型。这种发电机的特点是：轉子是一块永久磁铁，沒有整流环和炭刷架等設備，电源直接从靜子上的綫卷引出，因此它的輸出电压是交流电。发电机发出的交流电經過半导体整流而变为

直流，在电压高的摇表中也有采用机械整流的，在体积較小的摇表中还采用了倍压整流。具有这种型式的摇表的典型綫路图如图2。

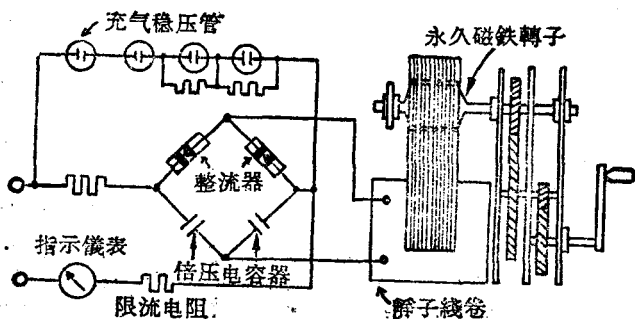


图2 具有小型交流发电机的摇表

在1000伏以下的摇表中，一般不采用离心啮合器来作电压稳定装置，而是利用充气稳压管的。在直流电源的输出端接上了好几只串連的稳压管。稳压管的只数随电源高低而定，一般是每只管子承受70~150伏的电压。在500伏摇表中約装3~4只稳压管。祇要电压高至能使充气稳压管电离发光后，充气管两端的电压便能在电源电压略有变动的情况下保持不变。在使用时我們可以看到其中一只充气管，祇要看到管子发光便可以知道电压已經达到額定数值。

稳压管的作用与限速器需超过一定速度后才起作用的性質相似，在气体沒有电离发光以前，它是不起稳压作用的。但它亦有与限速器不同的地方，采用限速器的摇表在超过一定速度后即使速度再快，电压也不再升高，采用充气稳压管則在发电机轉速过快、电压过度升高时，在稳压管两端的电压还是会有些升高的。

用手來轉動搖表要求達到穩定的輸出電壓是很不容易的。在測量電容量大的設備時，我們對輸出電壓的穩定便要求得嚴格些；加上做吸收試驗時，我們還要求在一定時間內正確地讀出數字來，轉速的穩定便更顯得重要。在這些情況下，最適宜使用的便是電動搖表。

電動搖表可大致分為兩類：第一類是利用轉速穩定的馬達來帶動發電機；第二類則是利用市用交流電源經過電壓的升高和整流而直接用來作為搖表電源的。

屬於第二類的搖表結綫圖如圖3。在這種搖表中，市用交流電源先經過一鉄磁飽和式穩壓變壓器來加以穩定，然後再將這穩定的交流電壓用變壓器升高至需要數值，再利用整流器把交流變為直流。這種搖表的穩定度是相當高的。電源電壓變動不大於 $\pm 15\%$ 時，輸出電壓變動不超過 $\pm 1\%$ 。

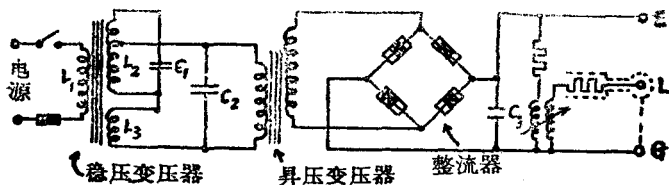


圖3 利用市用交流電源的電動搖表結綫圖

穩壓變壓器的主要作用原理是：利用變壓器內繞有次級綫卷 L_2 的鉄心中的磁通，在初級電源達到一定電壓後即趨近飽和狀態，電源電壓即使再高磁通增加也極為緩慢，因此在次級綫卷 L_2 中感應產生的電壓將相應地祇有少量的變化。綫卷 L_3 中感應產生的電壓則不同，它是隨著初級電壓成比例地變化的（因為 L_3 是繞在不飽和的鉄心上的）。由於綫卷 L_1 在鉄心磁通飽和情況下還會受電源電壓變化而產生少量的變化，在

实际使用中常将 L_1 及 L_2 按照反极性串連后使用,使 L_2 中由于电源电压增加而增加的数量恰被同时在 L_1 中增加的数量所抵偿掉,这样输出的电压便更加稳定了。电容器 C_1 及 C_2 是用来增加输出电压的稳定度和提高变压器效率用的。在一种英国制造的2500伏摇表中, C_1 的容量为2微法拉, C_2 的容量为0.1微法拉。当电源电压为220伏电容器都不接上时, L_2 两端电压为147伏, L_1 两端电压为38伏,总输出电压为109伏;如果加上电容器后, L_2 两端电压提高至280伏,总输出电压达250伏。

正因为稳压变压器在设计时就是利用铁心在一定电压下趋近饱和的原理而制成的,所以在使用这种类型的摇表时应注意电源电压不能太低。如果电源电压低于它的使用范围时,变压器将不起稳压作用,摇表的电源将仍随交流电源变动而变动。使用时最好能按照摇表上规定的额定电压使用,最多不要超过 $\pm 10\%$ (假定电源电压的变化不超过 $\pm 5\%$)。

2. 有关测量部分 测量部分最主要的不同点是测量用仪表。测量用的仪表可以大致分为两大类:第一,普通磁电式电流计;第二,磁电式流比计。随着使用仪表型式上的不同,测量线路也稍有不同。采用流比计作为测量时指示读数的摇表应用得最广。虽然在结构上每种产品都有些不同,基本上还是和上面所介绍的那些构造原理相同的。在这里祇再介绍一些利用电流计作为测量时指示读数的摇表的简单构造。

在采用电流计型式制成的摇表中,它没有电压回路,发电机发出的电压直接经过电流计、限流电阻、被测电阻而自成一回路。在一定电压下流经被试品的洩漏电流同时也流经电流计,根据电流大小电流计便直接指示出电阻值来。图4为普通常见的磁电式电流计摇表的接线原理图。

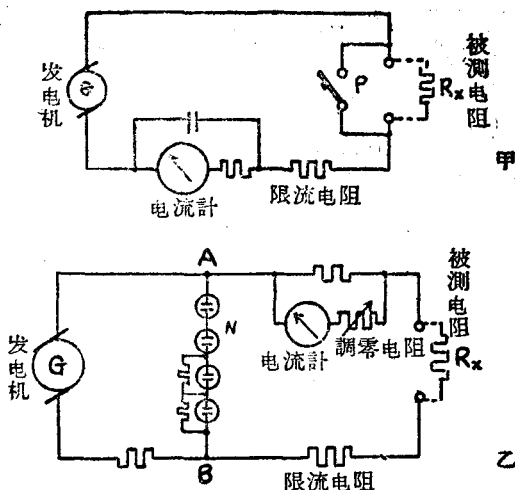


图4 採用磁电式电流計的搖表内部結綫圖

在图4甲中，限流电阻与电流計实际上組成了一只电压表，当将开关 P 短路时，电流計指示的就是发电机輸出的电压。一般制造时即以发电机額定电压作为电流計滿刻度值，此处也就是零电阻值的刻度点。假如从电流計的另一端接出一端子来就可以把搖表当作电压表用。

在使用搖表时，應該先掀下开关 P 轉动手搖发电机，待指針指到零后，維持此时轉速不变，然后鬆脫开关讀取搖表指示值。如果不能保持搖表一定轉速，这种搖表的誤差是很大的。

在图4乙中，綫路結構与图4甲极为相似，所不同者是发电机的电压輸出后，經過充气稳压管 N 的作用，使 AB 两点間的电压在发电机輸出电压变动不大的情况下能够保持不变。

这种搖表虽然有了稳压管的作用，对由于轉速不稳而引起的讀数誤差可以大为减少，不过在使用时如稳压管发光后再将速度增加，讀数还是有变动的。因为AB两端的电压在发电机电压增加得較多时仍有少許增加，由于加在被試物两端的电压增加，当然电流計中流过的洩漏电流也有所增加，随着指示数值也就有变动了。

由于电压不稳而引起电流計指示值的变动，这是利用电流計作为指示儀表的搖表的最大缺点。因此使用到这种型式的搖表时，尽量保持一定的轉速。由于这种型式的表計制造比較簡單輕巧，小型搖表采用的还是很多。

二、搖表的刻度与指示范围

搖表的指示刻度既不象一般直流电流表那样按照等分刻度分度，又不像一般交流电流表那样近似平方关系，而是近似对数关系；也就是說同样間隔的两个讀数在刻度起始端时在数值上相差很小，在刻度末端时相差便很大了。譬如說，有一只2~2000兆歐的搖表，指針在起始时偏轉3毫米，讀数仅自2兆歐到3兆歐变化了1兆歐，在近末端时指針同样偏轉3毫米，讀数却自500兆歐到1000兆歐变化了500兆歐，这两者的区别比平方关系要大得多。因此在搖表指針指在非刻度点时，我們應該注意到搖表这种刻度特性，正确地估計出此时的指示数值来，决不能把指針恰好指在50兆歐和100兆歐中間时，便認為就是75兆歐。

普通搖表表面的最初刻度点是0（零），最大刻度点是 ∞ （无穷大）。假如因此而称这种搖表的測量范围是 $0 \sim \infty$ 的話，每只搖表的真实測量范围特性便无法区别出来。为此規定在搖表最大指示值 ∞ 以下，能够可靠地指示出讀数来的刻度

点的数值称做該搖表刻度的上限值；搖表起始指示时的刻度点，也就是最小的数值称做該搖表的下限值。一只搖表的指示范围就是指从下限值到上限值的一段刻度范围。

三、搖表上的一些符号

搖表的試驗用出綫端子一般有三个。在这些端子附近通常都註有符号，这符号常随着制造国家或厂家不同而有不同（参考表1）。从电流綫卷經过限流电阻接出的一般习惯称它做“火綫”端子，在試驗时常与被試物上与大地絕緣的导电部

表1 各国搖表接綫端子符号的解釋

国 別	“火綫”端子	“地綫” 端子	“保护”端子
日 本	綫 路	接 地	保 护 綫
苏 联	Л(линия)	З(земля)	Э(экран)
英 美	L(LINE)	E(EARTH)	G(GUARD)
法 国	LIGNE	TERRE	GARDE

分接通；从发电机的一端(常为正极端)接出的一般习称“地綫”端子，在試驗时常与被試物的外壳或其他导电部分接通；从发电机的另一端(常为負极端)接出的习称“保护”端子，在試驗时常与被試物上保护遮蔽环或其他不須測量部分連通。

正由于“地綫”端子是从发电机正极接出的，有些搖表便将此端子用“+”号表示，“火綫”端子用“-”号表示。

在搖表表盘上常常刻有一些指示仪表中常用的代表符号，如“□”代表平放使用、“△”代表磁电式有机机械反作用力的仪表(以上所談的磁电式电流計就属于这种)、“∞”代表磁电式无机机械反作用力的仪表(以上所談的磁电式流比計就属于这种)、“⑤”表示表計的准确度是1.5級、“—”表示直流、“~”