

实用电工丛书

电表

黃煥焜 編譯
馬大強

商務印書館



实用电工丛书

电 表

黃煥焜 編 譯
馬大強
曾繼鐸 校 訂

商 务 印 書 館



電表提要——此書是實用電工叢書第九種，係根據1946年美國柯尼電工學校 (Coyne Electrical School) 出版的該校技術人員編著的「實用電工叢書」(Applied Practical Electricity) 第三冊及第五冊編譯而成。共分四章：第一章直流電表，第二章瓦時表和其他特種儀表，第三章交流電表，第四章校驗用儀表與多相瓦時計。電氣儀表是用來準確地測量各種電路中的電壓、電流和功率。儀表的式樣很多，有些是用於實驗室的，亦有些是備工作人員經常使用的，它的重要既是如此，所以有一種敘述電表的精簡專著實屬必要，而此書就是供給此種需要編譯成的。

實用電工叢書 電 表

黃煥焜 馬大強編譯

商 務 印 書 館 出 版

北京東總布胡同10號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第107號)

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 上 海 廠 印 刷

統一書號 15017·50

1954年7月初版

1956年5月3版

1969年5月上海第7次印刷

印張 2 13/16

開本 787×1092 1/32

字數 48,000

印數 32,301—37,300

定價(10) 0.32

實用電工叢書序

這部叢書，是浙江大學的幾位同志在課餘時間中依照柯尼氏電氣技術學校所編著的應用電工叢書而編譯的，惟在內容方面則稍有增刪。這部叢書的主要優點，在於非常實用，不涉高深理論，以很淺近的解釋來說明各種電機電器的運行原理，以及電機電器的維護與修理。因此它不僅是學習電氣技術者的良好的自學資料，同時也可作為其他工程工作人員在工作中查考之用。我想這部叢書的出版，對於科學技術知識的普及和解決工作中的問題，一定可以起一些作用。為了使這部叢書的收效更大，內容更充實而適合於我國情況起見，希望讀者能多多提供意見，以為修訂時的參考。

編 者

目 錄

第一章 直流電表1

1. 電表的式樣1
2. 直流電表的構造和零件1
3. 直流伏特表和安培表的運用原理3
4. 電表指針的阻尼4
5. 電表的管理及調節6
6. 伏特表6
7. 安培表和安培表分流器8
8. 安培表和分流器的接法11
9. 儀表標度的改變12
10. 指示的瓦特表17

第二章 瓦時表和其他特種儀表20

1. 瓦時表的原理20
2. 電壓和電流線圈的構造21
3. 阻尼盤和磁極22
4. 調節阻尼作用的方法23
5. 補償線圈23
6. 瓦時常數和時間元件24
7. 瓦時表的讀數25
8. 蠕動26
9. 瓦時表的試驗27
10. 記錄儀表28
11. 直接傳動的記錄儀表28
12. 繼電器式記錄電表30
13. 負載需量表31
14. 惠斯登電橋34

15. 惠斯登電橋的運用和電路	35
16. 高阻表	37
17. 電表的重要性	39
第三章 交流電表	42
1. 交流電表的種類	42
2. 轉鐵式電表	42
3. 交流伏特表與安培表	44
4. 湯卜遜斜圓式電表	45
5. 力測式電表	46
6. 交流瓦特表	48
7. 感應式電表	50
8. 感應式瓦特表	51
9. 蔽極感應電表	52
10. 熱線式電表	54
11. 靜電伏特表	56
12. 交流瓦時計	58
13. 蠕動	61
14. 交流瓦時計的調節	62
第四章 校驗用儀表與多相瓦時計	64
1. 需量表	66
2. 功率因數表	66
3. 頻率表	70
4. 振簧式頻率表	70
5. 感應式頻率表	72
6. 頻率表的連接	75
7. 同步指示器	76
8. 那一隻發電機運轉得太快的指出	78
9. 裝有燈泡的同步指示器	80
10. 同步指示器的連接與裝置	82

第一章 直流電表

電氣儀表是用來準確地測量各種電路中的電壓、電流和功率的。儀表的式樣很多，有些用於實驗室的，有些供給工作人員每天經常使用。

這裏專討論後者的式樣。一般工作人員經常使用的儀表是伏特表、安培表與瓦特表。這些儀表製成便攜式和板裝式。

1. 電表的式樣 便攜式儀表是試驗電機和其他設備用的，不管電機與其他設備裝在那裏，用起來很方便；而板裝式的儀表永久地裝在配電板上，用來測量某一電路的各種電量。

伏特表和安培表也做成記錄式，用以記錄某一時間內各種讀數。

瓦特表一般分為兩種，叫做指示的和累積的。指示的瓦特表僅指出讀表時電路中的功率。累積的瓦特表普通稱為瓦時表，它顯示任一運用時間內累積的總能量的仟瓦時數。

2. 直流電表的構造和零件 多數電表的運用原理係根據磁的理論。它利用電流的磁效應使指針轉動。

普通的直流伏特表和安培表，包含着：一只馬蹄形的永久磁鐵，以供給磁力線或磁場；一只用細導線繞製、機械平衡很敏銳的線圈，可在這磁場內旋轉；以及指針、刻度板和外殼等。

圖 1 表示這種電表的主要部分，外殼和蓋子都已移去。永久磁鐵的磁極上面裝着極靴，爲了使磁場在轉動單元之上分佈均勻起見，極靴表面製成弧形。置於兩磁極的中間的圓柱形軟鐵心，乃用以集中並分佈線圈轉動空間的磁場。指針是附在轉動線圈上面的，當線圈轉動時，它便在刻度板上擺動，以指示讀數。這種構造叫做轉圈式，爲最精確的、最通用的直流電表之一種。

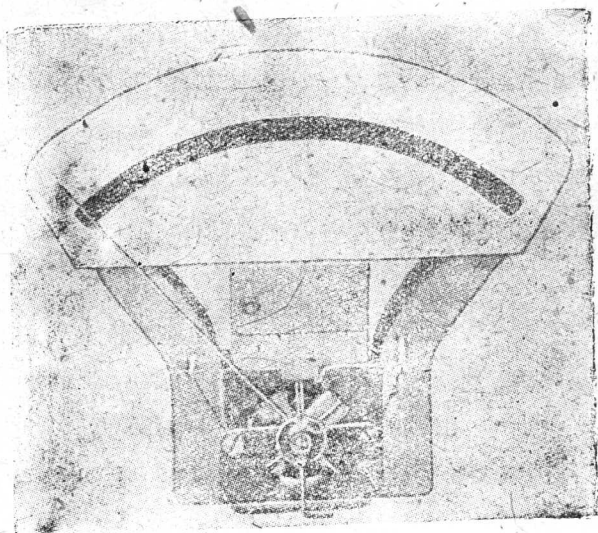


圖 1. 直流伏特表。

圖 2 表示一只附有指針的轉移線圈。線圈的兩端各裝有一只螺旋形彈簧。這線圈通常是用很細的導線，繞在一只很輕的鋁架上面的；鋁架的軸放在寶石軸承上。用了這種軸承，線圈可以轉動自如，而所耗能量極微。這便使電表很靈敏而且很準確。

3. 直流伏特表和安培表的運用原理 這種電表的運用原理同直流電動機運行的原理很相像。很小的電流通入轉動的線圈時，就在線圈周圍產生磁通；這磁通和永久磁鐵的磁通相互作用，而產生轉矩，反抗着螺形彈簧的作用，而使線圈轉動。在正常時，螺形彈簧有固執指針於零位的趨勢，這位置通常是在刻度板的左邊。

這些彈簧通常叫做反轉矩彈簧，因為它們是反對線圈的轉矩或旋轉作用的。為了消除溫度變化的影響，兩彈簧是反向繞製的。當溫度增加時一只彈簧的張力增加而另一彈簧的張力降低；因此溫度的變化不影響電表的準確度。

通過轉動線圈的電流越大，線圈的磁通越強；而這磁通與永久磁鐵的磁通的相互作用將使指針越刻度板而移動，一直到磁力被彈簧張力所平衡為止。

加於線圈的電壓決定通過線圈的電流。因此，指針橫過刻度板的距離，就是電表所接電路上的電壓或電流的讀數。

同一式樣的電表元件可以用做伏特表或安培表，不過它們對電路的接法是不同的。

優級電表上的永久磁鐵是用品質最好的鋼做的，用於電表

之前通常先要去陳。經過去陳的手續，可使鋼質保留一定量的磁性強度，即使經過很長的時間也不致於顯著地削弱。

極靴是上等軟鐵製成的，它為永久磁場的磁通備一低磁阻的路徑。在轉動線圈的裏面，通常放着一只靜止的軟鐵心，這鐵心在兩極靴之間成為很好的磁路，並使磁通的分佈更為均勻。

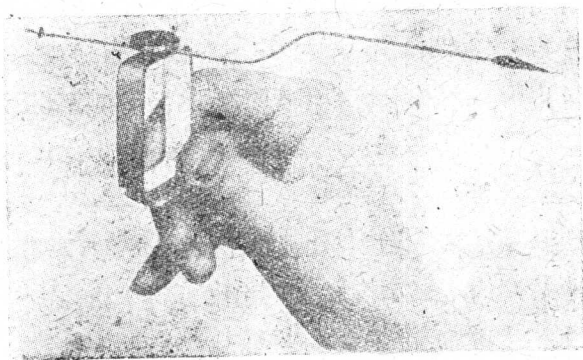


圖 2. 一只用在直流儀表、附有指針的轉動線圈。

4. 電表指針的阻尼 當線圈的鋁架，在這種電表的磁場中轉動時，鋁架上就感應了一些小渦流。這些渦流產生一種阻尼作用，即遲緩線圈和指針的迅速移動，使電表更為穩定，並在電壓和電流稍為變動時，防止指針搖擺不定。

有些電表的指針上，具有一個很輕的空氣阻尼葉子，以供應更大的阻尼作用，在電壓或電流突然增大時，防止指針衝擊刻度板尾端的表殼上去。

在指針的兩邊，通常裝有兩個小的橡膠墊子，或稱“止擋”，

以限定指針移動的範圍，防止它向表殼衝擊。這些止擋裝在輕的彈簧絲上，如圖 1 所示。

電表的刻度板通常都是黑線白底的，直接放在指針下面，如第 3 圖所示。

爲了獲得很準確的讀數，有些電表的指針後面，裝置着同刻度板平行的反射鏡。讀這種電表時，讀者的視線應當恰使和它的鏡影重疊，以消除因視角的不同而引起的誤差。

圖 3 所示的伏特表，是用於配電板上的一種。裝置時，它的

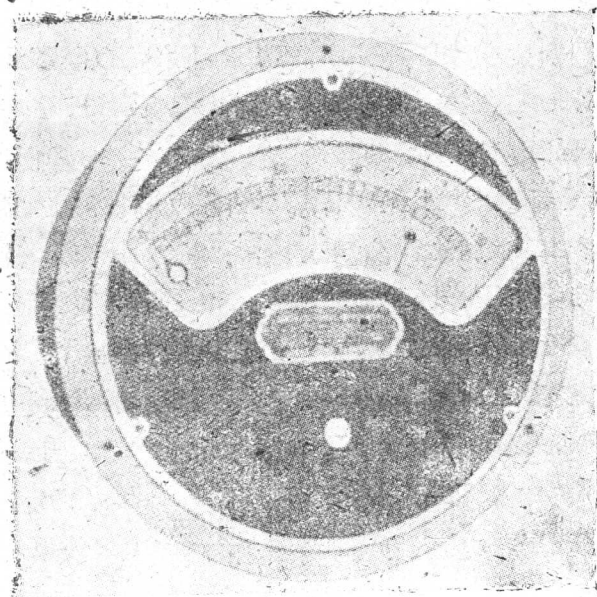


圖 3. 板裝式伏特表。

外殼伸入配電板的圓孔中，表面和板面齊平。這表上還有一只圓頭的指針或標誌，可由表殼上的一只轉鈕調節至任一位置，這個標誌是用來指示發電機或電路上的電壓是否到達正常的數值，到達正常數值時，指針和標誌重合。

5. 電表的管理及調節 由於電表的轉動線圈的構造嬌弱而且裝在寶石軸承上，搬動時必須特別小心，勿使碰跌或受震動，以致損壞它的機構而影響讀數的正確。震動也會減弱永久磁鐵的磁場強度，所以電表不可裝在受着急烈震動的地方。

許多電表上具有一些調節的裝置，以校正電表的讀數。利用了它，可由一只小螺絲來調節螺旋形彈簧的張力。支樞螺絲必須保持足夠的緊度，以免線圈和軸的端活動過份，但不可太緊，以致線圈不能轉動自如。

6. 伏特表 用上述型式的電表作伏特表時，轉動線圈應跨接在電路上需要測量電壓的兩端。

轉動線圈繞上充分的匝數，使具有很高的電阻以承受通常電力或電燈電路的全值電壓，那是一件困難的事情。因此，轉動線圈和電表線頭間需串接一只特製的電阻線圈，如圖4所示。這電阻線圈限制流入電表的電流，至一極小的數值，因此，電表的線圈構造便可很輕巧以符合準確的要求。伏特表的電阻線圈可以放在表殼之內或放在表殼外面，而在板式電表的電阻線圈有時也可以裝在配電板的背面。

變更這些串聯電阻線圈的數目，或變更它們的大小與電阻，

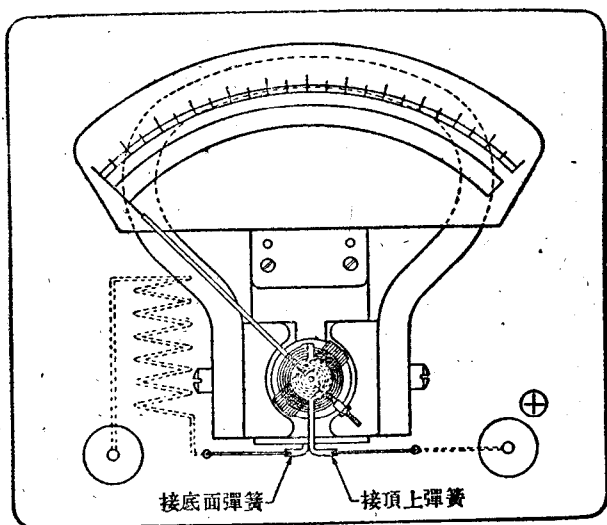


圖 4. 直流伏特表的構造零件和接線法。

同一電表就可用來測量電路中的不同電壓。採用這樣的方法來測量各種不同電壓的伏特表，刻度板通常具有幾種不同的刻度。

圖 5 表示兩種裝在伏特表殼外的電阻線圈，這種電阻可以裝在配電板的背面來配合板裝式伏特表。串接了這些電阻後，轉動線圈兩端的電壓只有數毫伏，以驅動足夠轉動電表的電流通入線圈。因此，當電表不接電阻線圈，它可以直接接在電壓很低，1 伏特或更小一些的電路，作為一只毫伏表用。

不論用或不用電阻線圈，電表內的轉動線圈的磁通強度及指針移動的距離都完全依電壓而定，因為通過線圈的電流是同

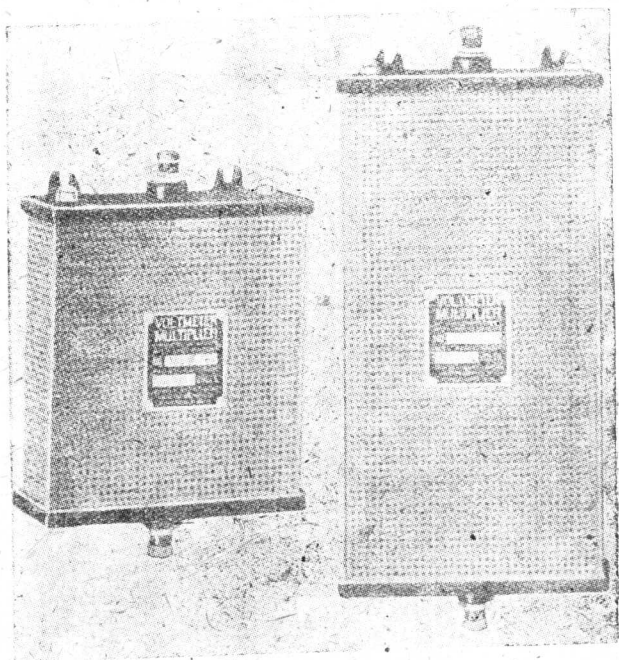


圖 5. 伏特表和瓦特表用的電阻器。

電壓成正比例的。

任何式樣的伏特表，不論是便攜式或板裝式，都須跨接於電路上，如圖 6 A 所示。

7. 安培表和安培表分流器 普通的直流安培表的構造及零件和伏特表裏所用的完全一樣。作安培表時，轉動線圈的兩端和一分流器並聯，而這分流器和所要測量電流的電路串接，如圖 6 B 所示。

安培表分流器僅是一片低電阻的金屬，它的電阻同安培表線圈的有固定的關係。負載電流通過這分流器產生幾個毫伏的電壓降，這電壓降就是加在安培表線圈兩端的電壓。換言之，電表所測量的為分流器兩端的毫伏電壓降；但是，這電壓降總是同通過分流器的電流成比例的，所以從表上的刻度可以直接讀出負載電流。

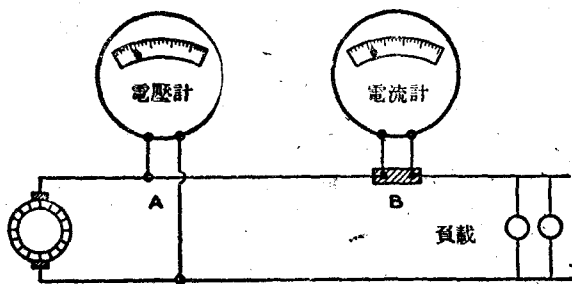


圖 6. 伏特表和安培表的正確接法。

這原理可以用另一方法來解釋如下：在任何數目的並聯電路中，總是有電流通過。因為安培表的分流器是同電表線圈並聯的，而且它的電阻比線圈電阻小得多，大部份的負載電流通過分流器，而祇一很少部分的電流通過電表的線圈。從這種情形來看，用了分流器，電表線圈需要製得很大來承載負載電流的困難便沒有了。不然的話，將這種電表直接用在強大電流的電路上，實際成為不可能的事。而且，這種接法，同一轉動線圈元件可以用於安培表，也可以用於伏特表。

用在便攜式安培表上的分流器通常是裝在表殼裏面的；但

用在強大電力的電路上的板式電表通常裝在配電板的後面。

爲了電表讀數的準確，安培表分流器應該採用不受普通溫度變化所影響的電阻材料，因爲負載電流通過時分流器是可能熱到某一程度的。普通用來做分流器的材料是一種銅、錳、與鎳的合金，叫做“錳銅”，這種合金的電阻溫度係數幾乎近於零；換句話說，它的電阻不會因爲溫度的變化而有任何可感受到的影響。用錳銅的另一理由是它不會因它兩端和銅接觸而發生熱耦電流。

用在直流安培表上的分流器，可能做到幾千安培的容量，圖 7 表示幾種不同容量和式樣的分流器。注意這些合金片平行地裝在匯流條接柱之間的方法，這可以讓空氣在分流器中循環，

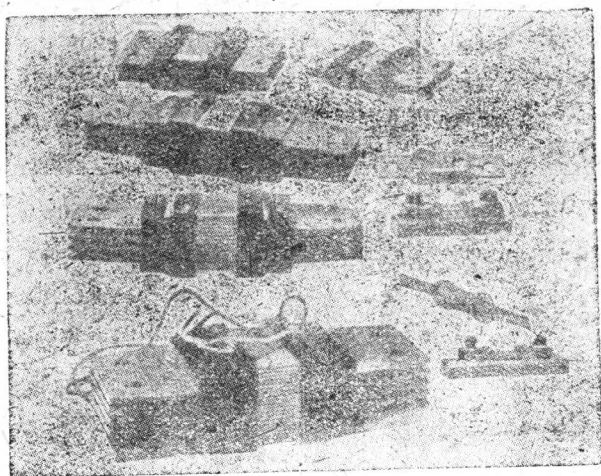


圖 7. 幾種不同容量和式樣的安培表分流器。

使它冷卻。

8. 安培表的分流器的接法 安培表分流器或安培表必需和線路串接，而決不可並接，分流器的電阻是很低的，如果把它並接在電路的正負線上，那就產生嚴重的短路，在高壓的電路上就會危及接表的工作人員，至少也會熔斷保險絲或跳開斷路器；也可能燒燬電表或損破分流器。

圖 8 表示一只普通便攜式的電表，常作試驗或檢查各種電

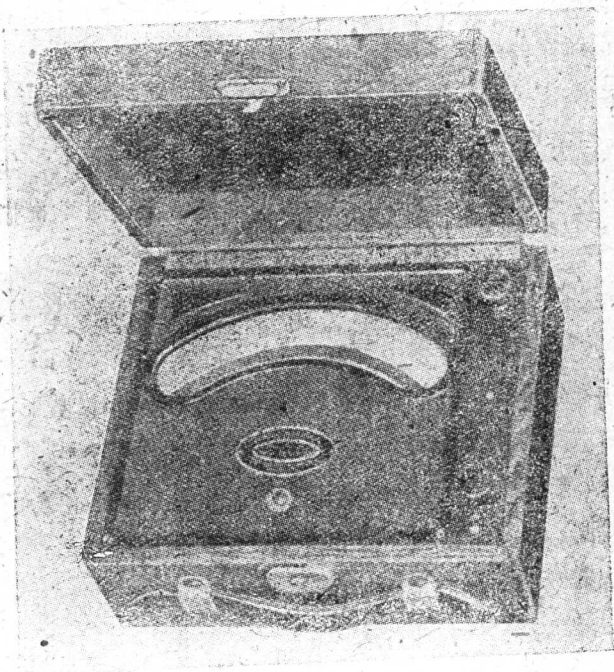


圖 8. 實用的便攜式電表。