


業餘 無線電儀器

蘇聯 B. A. 奧爾洛夫 著

張 曙 譯

人民郵電出版社



蘇聯
業餘無線電
叢書

本書內容提要

這本小冊子敘述了幾種自製的測量儀器，包括：(1)萬用電表，(2)射頻振盪器，(3)正弦波和方形波的音頻振盪器，(4)陰極射線示波器。

這裏不僅介紹儀器的線路和結構，而且分析儀器每一部份的工作原理。

業餘無線電儀器

原編者：蘇聯 B. A. 奧爾洛夫
譯者：張 曙
出版者：人民郵電出版社
北京東四區6條13號
印刷者：郵電部供應局瀋陽印刷廠
發行者：新 華 書 店

1956年2月瀋陽第一版第二次印刷 4,001—7,500冊
787×1092 $\frac{1}{32}$ 37頁印張2 $\frac{1}{2}$ 字數41,000字定價0.35元

★北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號★

原 序

蘇聯共產黨和蘇聯政府對於在羣衆中發展和傳播無線電技術知識非常重視。在蘇聯廣泛地建立了無線電俱樂部和無線電小組的分佈網。結果便大大地提高了無線電業餘家的理論和技術水平。

今天，蘇聯無線電業餘事業已經發展到一新階段，就是業餘者已能完成一些複雜裝置。假如沒有一套完整的測量儀器來校正，便會感到非常困難，因此測量儀器不僅開始在無線電小組和熟練的業餘家中間流傳，就是在剛踏上自己創作道路的業餘家中間，也越來越廣地傳播着。

爲了裝置和很好地校正品質優良的無線電收音機、電視接收機和錄音機，就需要一系列的儀器，其中一部份，例如萬用電表、射頻振盪器、音頻振盪器等是特別首要的儀器。另一部份例如Q表（註：Q表已列入本社叢書[無線電製作資料]第一集，本譯本已刪去）。陰極射線示波器，以及其他校對無線電線路的儀器等，就比較次要。它們大大地保證和縮短了無線電機件裝置和校整的過程。

這本小冊子敘述了幾種自製的測量儀器，包括了儀器的線路、工作原理和結構。

希望裝置這些儀器的同志們，必須牢記下列一些必要的條件。遵守這些條件在自製儀器時將會有很大益處。

(1) 必須小心地裝置和校整所有的儀器。不要隨意簡化儀器或降低它的價格。這些沒有基礎的簡化會嚴重地降低儀器的準確度。在初期你也許不覺得這種措施的影響，但在將來隨着你的技術程度的增長，你將不自主地要求提高測量準確度，因而又要改裝儀器。

(2) 所有標度應具有劃分清楚的黑紋，標以鮮明的紅色數字。過多地加紅色標度將會使你看不清標度，甚至在測量中造成錯誤。所有引出面板的旋鈕應有着適當的標註。

(3) 必須切實地熟悉這些儀器的性能，知道它的準確度，並應在校準後經常校對。記牢，假如熟悉並能校準的話，甚至用簡陋的儀器也能進行精確的測量。

這本小冊的任務不僅是敘述測量儀器結構，而且包括訓練在無線電業餘者分析儀器每一部份的工作原理。自覺地去裝置業餘實驗室的儀器，也就是訓練正確地和大胆地創造業餘設計各種型式的基礎。這個任務作者已完成一部份，留下來的讓讀者來完成吧！

作者準備接受所有的指示和嚴格的批評。

B.A. 奧爾洛夫

目 錄

原 序.....	1
第一章 萬用電表.....	1
1.1 線路	2
1.2 結構與裝置	17
1.3 校整與刻度	17
1.4 使用法	20
第二章 射頻振盪器.....	23
2.1 線路	24
2.2 裝置、校整和刻度.....	29
第三章 正弦波和方形波的音頻振盪器.....	35
3.1 工作原理	36
3.2 線路	41
3.3 裝置、校整和刻度.....	45
第四章 陰極射線示波器.....	52
4.1 線路	53
4.2 裝置和校整	59
4.3 使用法	64

第 一 章

萬 用 電 表

本文所述的儀器可用以測量直流電壓、交流電壓、固定電阻和電容器以及直流電流。

線路中採用了真空管測量電橋，因此顯著地提高了測量直流電壓時輸入端的電阻。此外還擴大了它的頻率特性，使適合於測量超高頻的交流電流。

用這架萬用電表可以測量：

(1) 在 0.05 伏至 10000 伏範圍內的直流電壓。測量範圍有七檔標度：3—10—30—100—300—1000—3000 伏。電壓表輸入端的電阻在各檔標度均為 11 兆歐。

測量 10000 伏直流電壓時，須用 1000 伏特的標度，並附加—90 兆歐的額外電阻器。

(2) 電壓在 0.05 伏至 1000 伏，頻率在 20 週至 100 兆週範圍內的交流電壓。電表共有六檔標度：3—10—30—100—300—1000 伏。電壓表輸入端的電阻足夠測量 100 兆週的電壓。

(3) 在 0.5 歐至 200 兆歐範圍內的電阻。電阻表共有七檔標度：基本標度是 0 至 200 歐（10 歐的數值位於標度中央），其

他六檔標度爲基本標度 $\times 10$, $\times 10^2$, $\times 10^3$, $\times 10^4$, $\times 10^5$, $\times 10^6$ 。測量低電阻(小於 1 歐)時,最大電流不超過 300 毫安。

(4) 在 50 微微法至 1000 微法範圍內的電容。共有七檔標度,其分法將於下文中述及。

(5) 在 10 微安至 1 安範圍內的直流電流。共有四檔標度: 0—1 毫安, 0—10 毫安, 0—0.1 安, 0—1 安。

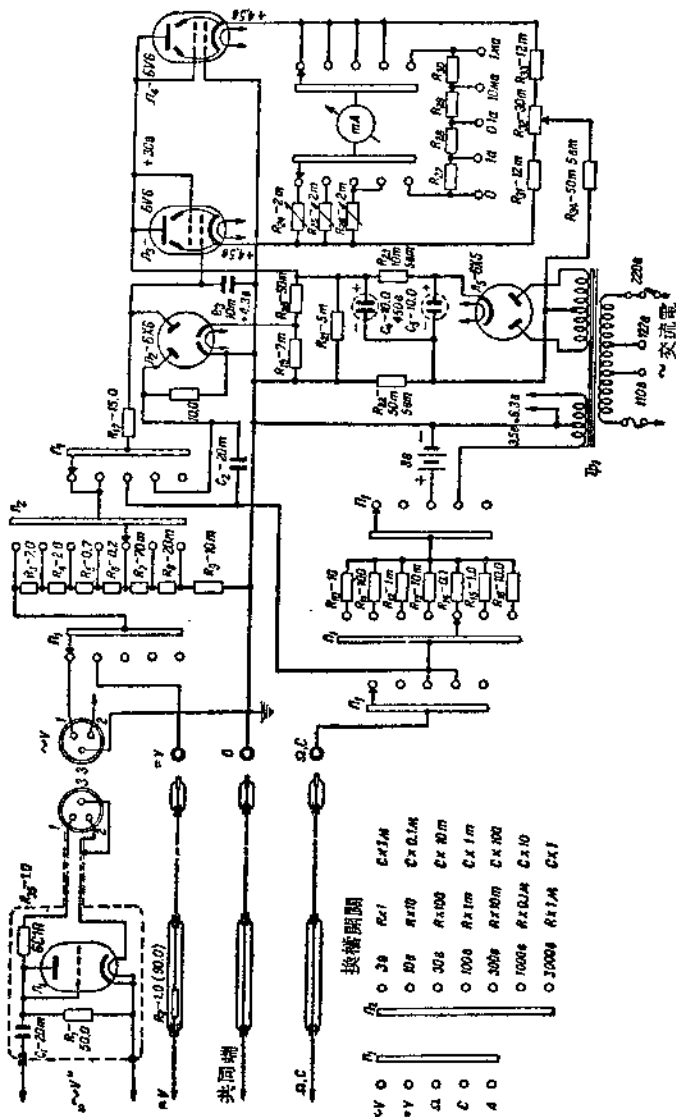
在進行交流電壓標度的刻劃時,要能在最高諧波的頻率不超過 100 兆週的條件下,測量正弦電壓的平均值、有效值和各種波形的峯值。

在上述範圍內,各種測量的準確度是 $\pm 5\%$ 。

運用面板上的電阻器 R_{52} 的旋鈕,可使電表指針停在標度中央。在這種情況之下,可以不要改變測量棒的位置而測量正的和負的直流電壓。例如在校整調頻收音機的鑑頻器時,這就是非常方便的。

1.1 線 路

萬用電表的線路圖如圖一所示。這只萬用電表由下列基本部份組成:(1) 橋式線路的直流電壓表(在各標度中,當真空管 A_3 柵極上輸入電壓爲 +3 伏時,電表指針指滿度),及二極管整流器;(2) 測量交直流電壓的普通分壓回路;(3) 電阻及電容測量線路中的附加電阻器;(4) 毫安電流表的各種分流器及三伏特電池。現在將在各種測量中,電表的工作原理敘述如下:

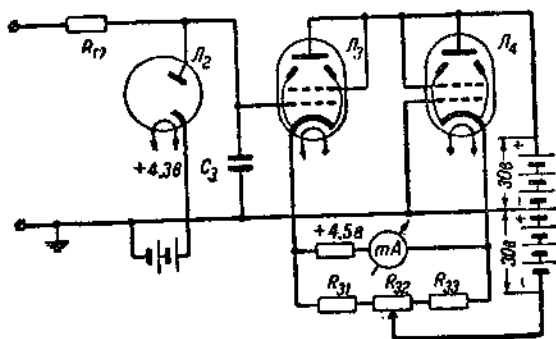


圖一 萬用電表的線路(電阻器 $R_2 = 90$ 兆歐放在測量10000伏電壓的測量棒中,由三個30兆歐的電阻器串聯而成)。

測量電橋 測量電橋(圖二)是由二隻 6V6 真空管和真空管陰極回路中的電阻器 R_{31} 和 R_{33} 所組成(並與可變電阻器 R_{32} 串連)。電阻器 R_{32} 是用以平衡電橋的,也就是調節電表指針到零點。在必要時,電橋也可以成爲不平衡狀態,而電表指針被 R_{32} 調節到標度的中央。採用真空管 6V6 的原因是由於牠的屏極電流較小,作爲陰極輸出器(註一)時,其頻率響應曲線有很好的直線性。真空管 6Φ6 (6F6) 的特性就差一些。

真空管 J_3 和 J_4 的柵極與底板間的電位差,即兩個真空管的柵極上的負偏壓是 -4.5 伏。

橋式線路很適合於應用各種指針式的儀器——電表,電表的最大電流標度等於或小於 1 毫安。這裏如採用蘇聯出品的 MT 式電表就非常適合。這類指針式的 150 微安電流表會應用在 TT-1 試驗器和 BK-2 電壓表中,它具有高的準確度和穩定度



圖二 測量電橋的線路。

以及複雜而明顯的標度。

毫安電流表和串聯的可變電阻器 R_{21} 、 R_{23} 和 R_{26} ，接在電橋的對角線上——即真空管 J_3 和 J_4 陰極間。被測量的電壓接到真空管 J_3 的控制柵極上（真空管 J_4 的柵極接地）。真空管 J_3 控制柵極上負偏壓的變化，引起真空管 J_3 的屏極電流的變化，改變了真空管的內部電阻，因而就有電流流過測量電橋的對角線——毫安電流表，其數值與接入的電壓成比例。

接入的電壓與底板間的電位差如不超過 +4.5 伏便無問題。假使真空管 J_3 柵極上的電壓超過 +4.5 伏，則在柵極回路中就有柵極電流，能完全改變真空管的工作特性。為了不使真空管 J_3 柵極上的電壓超過 +4.3 伏，需在線路中安置真空管 J_5 ，即 6X6，從分壓電阻器 R_{19} 和 R_{20} 將 +4.3 伏電壓輸至 6X6 一個陰極。假使此電壓超過上述的數值時，則真空管 J_5 便成通路，因此在 R_{17} 上發生一電位降，以限制在真空管 J_3 柵極上的電壓值。

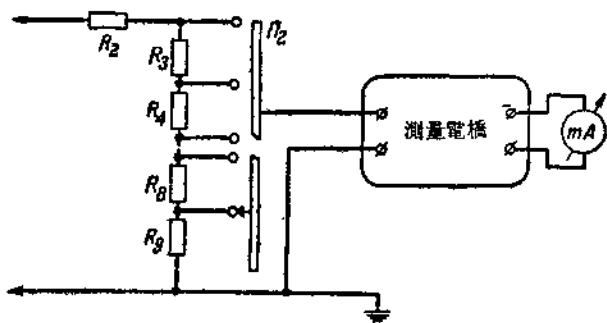
假使柵極得到絕對值大於 4.5 伏的負電位，真空管 J_3 就會斷流。因此上限被真空管 J_5 的作用所限制，而下限便是真空管 J_3 的斷流。偏轉電壓的工作範圍可以在 ± 3 伏的左右選擇，恰好使電表指針指滿度。這種範圍也可以參攷真空管 J_3 特性曲線的直線部分來選擇。真空管特性曲線極小的非線性，如不超過 3% 的話，在校整時也可以不影響儀器的標度。

這架儀器允許極短時間的過荷。因為輸到真空管 J_3 柵極上的直流電壓不超出從 +4.3 到 -4.5 伏的範圍，在電橋對角線

中的電流也就自動的被限制了。因此極大的過荷 (1.5 倍) 對於電磁儀器來講是沒有多大危險的。

電壓表 直流電壓表的線路如圖三所示。在換檔開關 U_2 關閉時電阻器 R_{17} 減少了真空管 J_3 的柵漏電阻的變化，同時也避免了從某一檔標度換到另一檔標度時的零位調節。當電阻器 R_{17} 是 15 兆歐時，即使柵漏電阻從 25 兆歐變為 15 兆歐，實際上並不影響儀器的零位。必須附帶說明，當換檔開關 U_1 、 U_2 和真空管 J_2 和 J_3 的管座絕緣電阻較小時，電表的指針却可能離開零位。因此無論是換檔開關，或是真空管管座，都應採用品質優良的，最好是瓷質的。

電阻器 R_{17} 在測量交流電壓時還是一只濾波電阻器。因為被測量的交流電壓須經真空管 J_1 整流，並經濾波，取得直流，再輸入真空管 J_3 的柵極。真空管 J_1 輸出端上獲得的脈狀電壓，是由 R_{17} 和 C_3 組成的濾波器來濾波的。



圖三 直流電壓表的線路。

應注意， R_{17} 的數值不是嚴格固定在 15 兆歐的，而可以在 10 兆歐到 15 兆歐的範圍中選擇。

除此而外，當換檔開關 H_1 放在測量 [直流電壓] 的位置時，例如測量放大級的屏極電壓時，電容器 C_3 還防止可能的交流部份侵入真空管 A_3 的柵極回路。因此電容器 C_3 應具有良好的絕緣，最好用雲母電容器，直接將它鉚在真空管管座的鉚腳上。

電阻器 R_2 裝在測量棒中，儘可能地靠近末端。當在振盪真空管或射頻真空管的柵極上測量直流電壓時，這電阻器防止高頻回路受測量棒導線電容的影響。但必需明白，用電阻器保護測量棒尖端，僅在測量直流電壓時應用。

在線路中應採用較靈敏的電表，例如 150 微安表，不過需要相配合地增加串聯的標準電阻器 R_{21} 、 R_{23} 和 R_{25} 的數值（註二），其數值可由下列公式計算之：

$$R = \frac{U_x}{I_n} = \frac{1.5}{I_n} \quad (1)$$

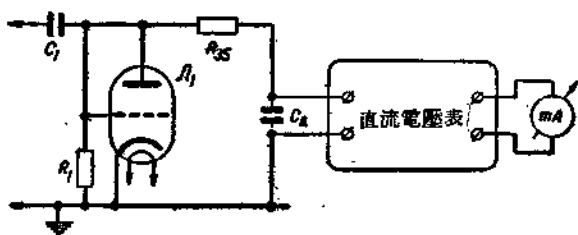
其中 I_n 是滿度時的電流，單位以安培計算。 U_x 是當真空管 A_3 柵極上電壓為 3 伏時，電橋對角線上的電壓（這時真空管 A_3 可認為放大倍數 K 是 0.5 的陰極輸出器）。

我們不推薦採用較差的電表，因為在這種情況下很容易破壞刻度的直線性。

分壓電阻器（電阻表回路中的其他電阻器也一樣）不應與線路圖上所示的標準數值相差 1%。儀器的準確度決定於這些電

阻器的準確度，因此這些電阻器應採用耐久的，不隨時間而改變自己數值的電阻器，最好採用 BC 型一瓦特的電阻器（譯註：這是蘇聯程式）。這可選擇兩個適當數值的電阻器，並配合電阻誤差：第一個電阻器的數值最好採用較標準值小 3—5%（但測量準確度應達 0.5%），而第二個電阻器的選擇應使二電阻器的總和數值達到標準誤差，即 $\pm 1\%$ 的誤差。

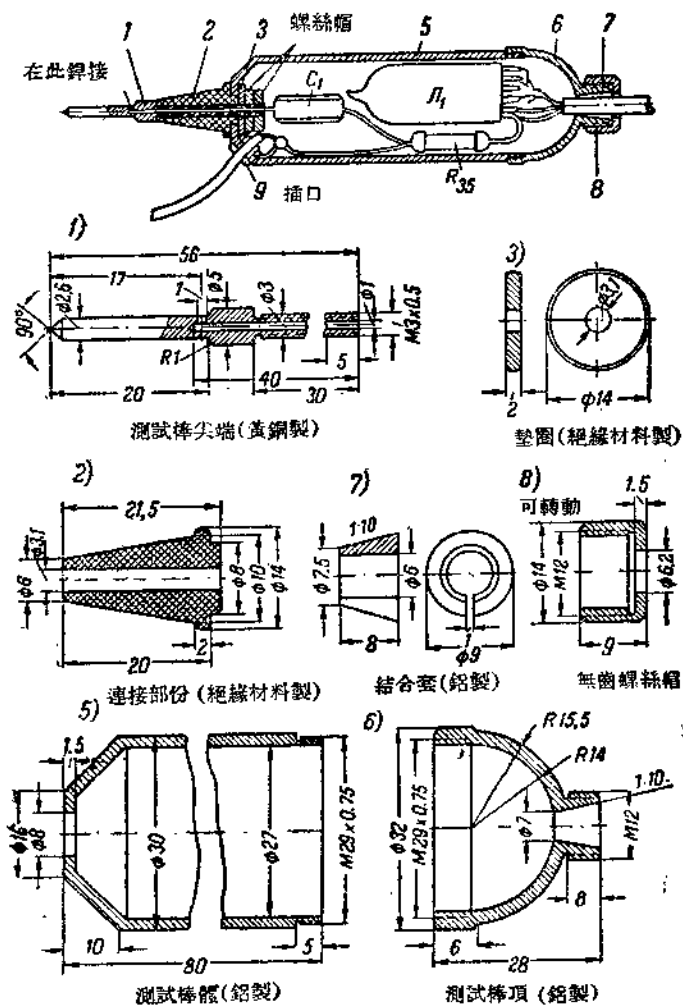
交流電壓表 交流電壓表線路（圖四）中的真空管 A_1 與測試棒串接。測試棒的結構如圖五所示。真空管可以用 6K1П、6C1Ж 和 6K1Ж（將所有柵極與屏極相連）代替 6C1П，也可以採用 EA—50、9004 或 Д1Д。測試棒的接線應儘量的短，也可以直接將導線鐸到管腳上，因為這樣在測量射頻時（高於 10^5 週），準確度起來可以大大地提高起來。真空管管座最好由優良的絕緣材料製成。



圖四 交流電壓表的線路。

選擇 C_1 和 R_1 的數值時，必需符合下列原則。

測量低頻率交流電時，如使測量誤差不超過 1%，必需適合下列條件：



圖五 測量交流電壓的測試棒。

$$f C_1 R_1 \geq 10$$

其中 f 是最低頻率(週); C_1 是電容(法); R_1 是電阻(歐)。

電阻器 R_{35} 有兩個功用: 第一, 它與導線的電容和電表輸入端的電容, 構成濾波器的第一部份, 可以防止整流後電壓的交流部份輸入真空管 J_1 的柵極(計三)。第二, 它減小測試棒的輸入電容, 將真空管 J_1 的輸入電容與儀器接線的電容隔開。

照線路圖中所示的電阻器及電容器的數值, 在 20 兆週到 100 兆週範圍內, 測量誤差不超過 5%。

當測量交流電壓時, 電壓表將經常指示一些電壓, 在正常情況下約達 0.3—0.4 伏, 甚至在拆除測試棒時也存在。這是由於真空管陰極發射電子的初熱速度而產生的電流, 通過二極管輸至真空管 J_1 的屏極。

這「零位」電流輸到電阻器 R_1 就使電表的指針轉動。

(1) 通常從電壓表的讀數中除去「零位」電壓, 即

$$U = U_n - U_0 \quad (2)$$

其中 U 是真實電壓; U_n 是指示電壓; U_0 是「零位」電壓(在各測量檔上的數值都相同。)

(2) 在除去測試棒尖端時, 在各檔調節電表指針的「零位調節器」(實際上這僅需在 3 和 10 伏二檔進行)。

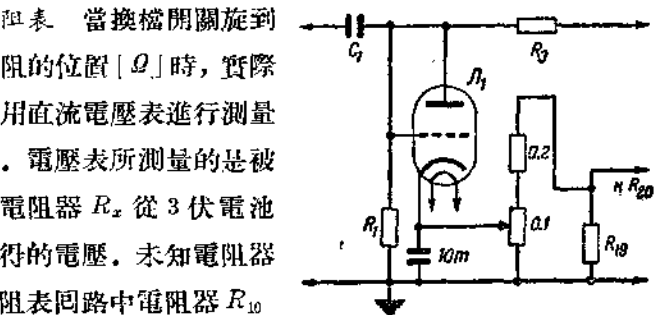
(3) 最後, 零位電壓還可以用線路來平衡掉, 即從分壓電阻器上接一電壓到真空管 J_1 的陰極, 這電壓應與「零位」電壓相等而相反。這類補償線路之一式可如圖六所示。

電阻表 當換檔開關旋到測量電阻的位置 [Ω] 時，實際上就是用直流電壓表進行測量 (圖七)。電壓表所測量的是被測量的電阻器 R_x 從 3 伏電池上所分得的電壓。未知電阻器是與電阻表回路中電阻器 R_{10} 到 R_{16} 的任何一個串聯，再跨於電池。被測量電阻器的數值，可從電表的標度直接讀出歐姆數。

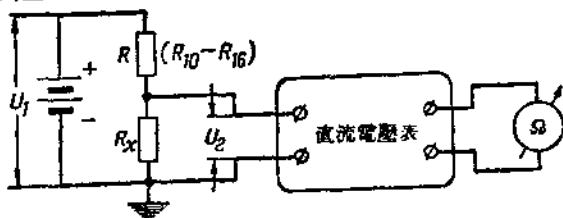
按圖七上符號：

$$\frac{U_2}{U_1} = \alpha = \frac{R_x}{R + R_x} \quad (3)$$

α 的定值 (1, 2, 3, …… 9, 10, 15, 20, 30 …… 90, 100, 200 …… 至 1000) 是用來刻度並計算 U_2 的，可按 (3) 式令 $U_1 = 3$ 伏， $R = 10$ 歐 (對基本標度檔而言) 求得。超過 1000 以上的標度可以不刻於表面上。



圖六 補償線路。



圖七 電阻表的線路。

表一 電阻表面的 α 值。

R , 歐	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
α	0	0.048	0.091	0.130	0.167	0.200	0.231	0.259	0.286	0.316	0.333
R , 歐	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	
α	0.354	0.375	0.394	0.412	0.428	0.444	0.459	0.473	0.487	0.500	
R , 歐	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	
α	0.523	0.546	0.565	0.583	0.600	0.615	0.629	0.643	0.655	0.667	
R , 歐	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50	55	60	65	70	
α	0.714	0.750	0.777	0.800	0.818	0.833	0.846	0.857	0.868	0.875	
R , 歐	80	90	100	150	200	300	400	500	1000	∞	
α	0.889	0.900	0.909	0.938	0.953	0.968	0.976	0.980	0.990	1.000	

電阻表面刻度的方法很多，可以用十分刻度儀的一般刻度方法，或利用誤差達1%的已知電阻的電阻器。這種刻度方法僅能在整個儀器全部接線竣工以後才能進行。

電阻器 R_{10} 到 R_{16} 各差十倍，所以基本標度檔以上的各檔也應是基本標度檔的十倍、百倍等。這在電容測量時同樣適合。3伏特電池可用兩個一伏半的乾電池串聯。電池的內阻應甚小，以提高測量低電阻時的準確度，因為乾電池的內阻與 R 是串聯的。

使用電阻表時必需注意乾電池的質量，並時常用同一個3