

n 接地電阻測試儀

C.A 6472 + 6474



繁體版

簡易用戶手冊

 **CHAUVIN®  
ARNOUX**  
CHAUVIN ARNOUX GROUP

# 目 錄

<b>1. 自動模式下測量功能</b> .....	<b>3</b>
1.1 直流電流 (16V) 電阻測量 mΩ .....	3
1.1.1 2P 測量法.....	3
1.1.2 4P 測量法.....	4
1.1.3 告警功能.....	5
1.2 交流 3 極法(16/32 v)接地電阻測量.....	5
1.3 4 極法交流電接地測量 (16/32 v).....	6
1.4 土壤電阻率測量 $\rho$ .....	8
1.5 電位測量 (v POT) .....	11
1.6 雙鉗法接地測量 .....	12
<b>2. 手動測量模式</b> .....	<b>13</b>
2.1 測量頻率的選擇和獨立頻率 USR.....	13
2.2 mΩ 測量功能的手動設置.....	13
2.2.1 連續性測量.....	13
2.3 3 極接地測量/接地耦合測量的手動設置.....	14
2.3.1 3 極接地測量.....	14
2.3.2 接地耦合測量.....	14
2.4 4 極接地測量的手動設置.....	15
2.5 電阻測量的手動設置.....	15
2.6 地電位測量的手動設置.....	15
2.7 2-clamp 測量的手動設置.....	15
2.8 掃描模式.....	15
<b>3. 鐵塔接地電阻測量</b> .....	<b>17</b>
3.1 關於 C.A 6474 鐵塔測量以及柔性電流鉗的描述 .....	17
3.1.1 前面板描述.....	17
3.1.2 柔性電流鉗 ( AmpFLEX coils ) .....	17
3.2 簡單操作說明 .....	17
3.3 柔性電流鉗的校準 .....	19
3.4 測量流程 .....	20
3.4.1 自動模式下測量.....	20
3.4.2 手動模式和掃描模式下測量.....	21

# 1. 自動模式下測量功能

此部分將介紹自動模式下的測量功能，手動測量請參考第4章節，電塔測量請參考第6章節

儀器首先進行可能的干擾檢測，如果外部電壓超過42 V，螢幕就將顯示⚠警告符號。如果測量在AUTO模式下進行且檢測到干擾頻率，主機將自動尋找與預設128Hz不同的頻率。

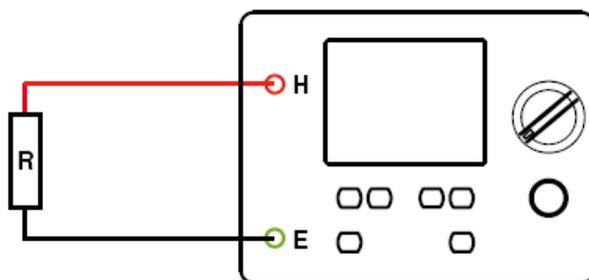
AUTO模式下不可進行SMOOTH測量，必要時儀器會自動平滑測量結果。

對所有測量功能來講，在長按或者短按START鍵之後，通過按MEM鍵可以以OBJ: TEST（存儲單元：測量序號）的形式保存顯示的測量值。要讀取已存的測量結果，在對應測量模式下按2nd+MEM鍵即可。

## 1.1 直流電流（16V）電阻測量 mΩ

### 1.1.1 2P 測量法

接線圖：



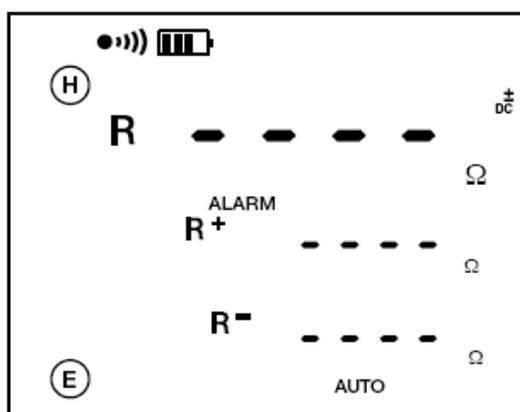
旋轉開關： mΩ位置

附件： 2根測量導線

測量範圍： 0.12 Ω 到99.9 kΩ，最大測試電壓 ± 16 V，最大測試電流 ± 260 mA

測量精度： 10 mΩ

此模式開啟後顯示畫面：



連接測量導線到H端和E端並短按開始鍵，在自動模式下開始測量。

測量時儀器自動進行極性變換且直流電壓不超過 ± 16 V，電阻小於20 Ω時有一個最小為200mA的測試電流。

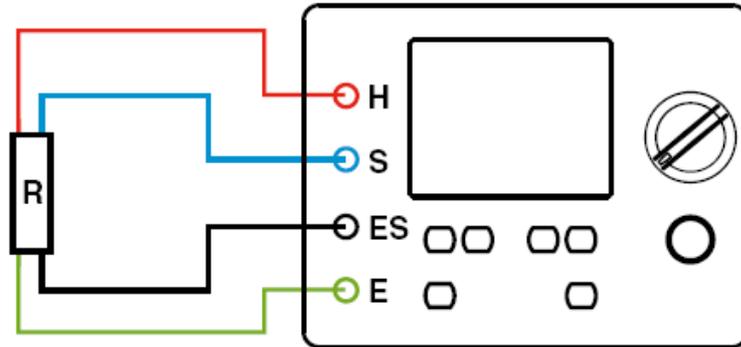
測量結束後，總電阻R的平均值會以大字體顯示。在此顯示數值之下，會顯示+DC下測量的R+值和和-D C下測量的R-值。當按下DISPLAY鍵之後，下面兩個顯示區將按順序顯示：實際測量的電壓、電流值，正極 $U_{H-E}$ 和 $I_{H-E}$ 以及負極 $U_{H-E}$ 和 $I_{H-E}$ 。最後，螢幕將顯示H和E端上測得的外部電壓U-Act（同時以Hz顯示其頻率，與 $U_{H-E}$ 類似）。如果R+和R-有明顯的不同，用戶可以按DISPLAY鍵來查看在H與E端可能存在的外部電壓。

本儀器可以對測量導線電阻或測量設置誤差進行補償，方法如下：短接各個連接點然後按下2nd和START按鍵（即啟動START的第二項測量功能，）開始測量電阻值。此功能啟動時圖示將一直在螢幕上在Ω符號下顯示。用此方法測得的電阻值被保存在一個特殊的記憶體區域中，並將它從接下來測得的電阻值中減去。進行電阻測量時，按下DISPLAY按鍵（此鍵用於顯示多個測量值）後螢幕中央顯示的第一個測量值即為已補償的電阻值（以RΔ0符號標示），然後顯示的是正負 $U_{H-E}$ 和 $I_{H-E}$ 值，如前文所述。導線電阻測量補償最多為5Ω，並且此測量法只在當前用到的2P測量功能中有效。

此測量功能的手動調整詳見第4.2和第7章節。

### 1.1.2 4P 測量法

接線圖：



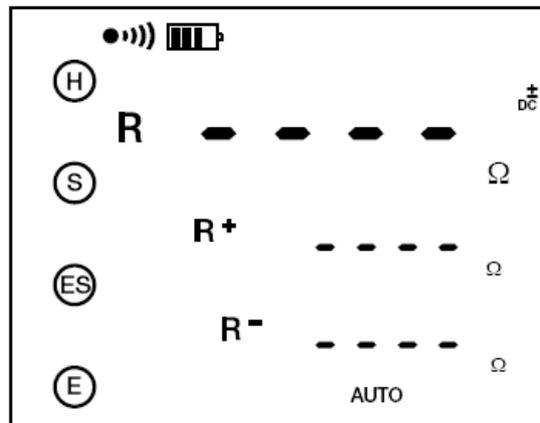
旋轉開關： mΩ位置

附件： 4根測量導線

測量範圍： 0,020 到99,99 kΩ，最大測試電壓 ± 16 V，最大測試電流 ± 260 mA

測量精度： 1 mΩ

此模式開啟後顯示畫面：



要進行4P測量，請按CONFIG鍵（此時AUTO字元閃爍），再按一次CONFIG鍵使H和E字元開始閃爍，然後按下鍵使H, S, ES和E四個符號一起閃爍，最後再一次按CONFIG鍵確認選擇。

分別連接測量導線至H, S, ES和E端，在自動模式下輕按START鍵開始測量。測量時儀器自動進行極性變換且直流電壓不超過 ± 16 V，電阻小於20Ω時有一個最小為200mA的電流。

測量結束後，總電阻R的平均值會以大字體顯示。在此顯示數值之下，會顯示+DC下測量的R+值和在-DC下測量的R-值。

當按下DISPLAY鍵之後，下面兩個顯示區將按順序顯示：實際在鉗頭上測得的正極電壓 $U_{S-ES}$ 值、電流 $I_{H-E}$ 值和負極電壓 $U_{S-ES}$ 值、電流 $I_{H-E}$ 值；然後顯示U-Act（即在S端和ES端測得的外部電壓 $U_{S-ES}$ ）；最後顯示在H端和E端測得的外部電壓 $U_{H-E}$ 。注意，每種情況中都會以Hz形式顯示其頻率。如果R+和R-有明顯的不同，用戶可以按DISPLAY鍵來查看在S與ES端或H與E端可能存在的外部電壓U-Act。

此測量功能的手動調整詳見第4.2和第7章節。

### 1.1.3 告警功能

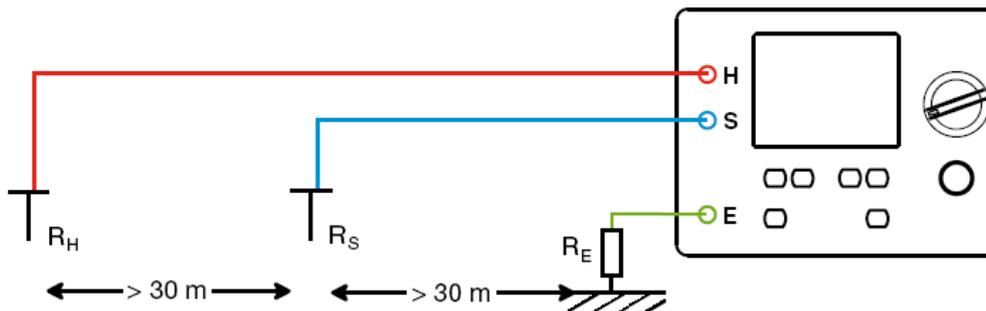
出廠時 2P 法  $m\Omega$  測量功能默認其組態設置（參見第 7.1 章節 SET dEF）的告警功能已開啟（螢幕顯示 ALARM 符號），且告警功能只對 2P 法  $m\Omega$  測量功能有效。

電阻測試時如果達到告警條件（默認設置為 “ $< 2 \Omega$ ”），ALARM 符號將會在螢幕上開始閃爍。並且此時如果蜂鳴器已開啟（螢幕顯示  圖示）儀器就會發出嗶嗶聲。

告警閾值可以在 SETUP 功能下設置（參見第 7.2 章節的 ALARM 和 bEEP）。

## 1.2 交流 3 極法(16/32 v)接地電阻測量

接線圖：

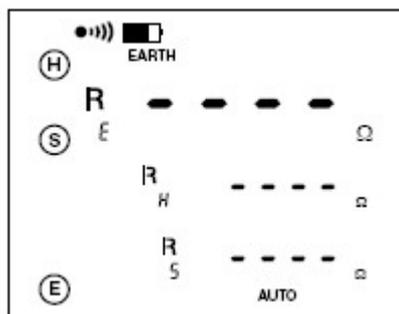


旋轉開關： “3 poles” 位置

所需附件： 3根測量導線，2個輔助地樁

測量範圍： 0,09 $\Omega$  到 99,9 k $\Omega$ ，最大測試電壓 16V 或 32V（頻率為 128Hz）

測量精度： 10 m $\Omega$



此模式打開後顯示畫面：

電極  $R_H$  和  $R_S$  的間隔距離至少為 30m（約 100 ft.），這樣電極周圍的電勢才不會交叉影響。連接測量導線至 H、S 及 E 埠。為避免測量結果受到影響，應始終將導線電纜抽出其卷軸並且保證導線的間距儘量遠。

短按 START 在自動模式下開始測量。預設置下，測量將會在 128Hz 的交流電流下進行。

測量結束後，接地電阻  $R_E$  值將會以大字體顯示。在這之下分別顯示  $U_{S-E}$  和  $I_{H-E}$ 。按 DISPLAY 鍵可以查看顯示在頂部的  $U_{Act}$  和其下方的  $U_{S-E}$  和  $U_{H-E}$  以及它們的頻率。

如果長按 START 鍵開始測量（聽到第二聲嗶嗶聲以確認），顯示幕上在接地電阻  $R_E$  的下方會顯示輔助電極  $R_H$  和  $R_S$  的電阻值。按 DISPLAY 鍵可以繼續查看電壓  $U_{H-E}$  及其頻率，電壓  $U_{S-E}$  和電流  $I_{H-E}$ ，另有外部電壓  $U_{S-E}$  和  $U_{H-E}$  以及它們的頻率。

如果測量條件不滿足要求，或者鍵 START 按得太輕，儀器可能拒絕測量，並顯示信息 “R HIGH PUSH LoNG”。此情況下，你必須長按 START 以開啟測量。

### 轉換測量電壓

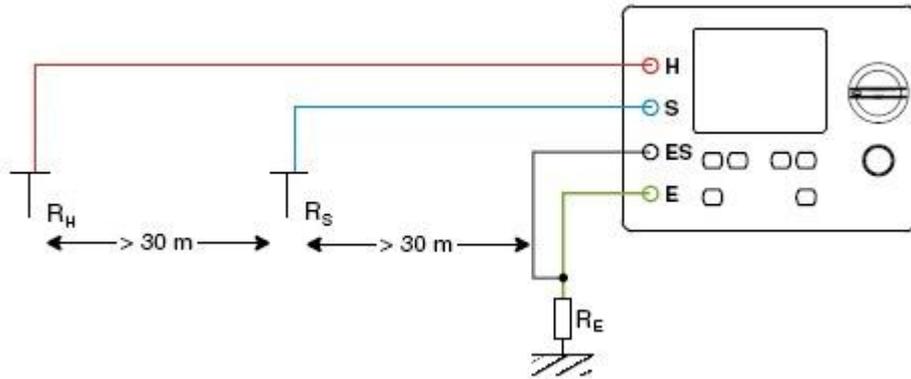
如有需要，可在自動模式下轉換電壓值 32V 或 16V，操作方式如下：按下 CONFIG 鍵自動模式會閃爍，再按一次使測量電壓字樣開始閃爍。之後按  鍵在 16 或 32 V 之間轉換電壓。再按 CONFIG 鍵返回開始頁面即可使用已選擇的電壓來自動測量。此設置適用於所有測量功能，輸出電壓可以改變且該設置被保存在儀器中。

此測量功能的手動調節在第4.3章節（接地耦合），第4.8章節（掃描模式）和第7章節中有詳細描述。

### 1.3 4 極法交流電接地測量 (16/32 v)

#### 1.3.1.無電流鉗接地測量

接線圖：



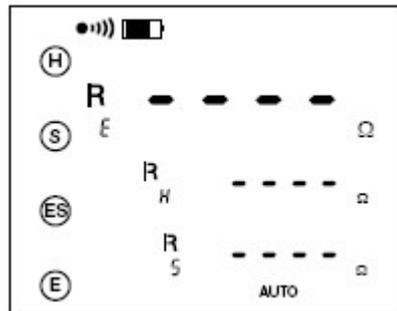
旋轉開關：旋  
“4P” 位置

至

所需附件： 4根測量導線，2個輔助電極

測量範圍： 0.011 Ω 到 99.99 kΩ，最大測試電壓16 或 32 V，128 Hz

測量精度： 1 mΩ



此模式打開後顯示畫面：

此功能非常適合較小的接地電阻測量。

電極  $R_H$  和  $R_S$  的間隔距離至少為30m（約100 ft.），這樣電極周圍的電勢才不會交叉影響。為避免互感效應和失真，應始終將導線電纜抽出其卷軸並且保證導線的間距儘量遠。連接測量導線至埠 H， S， ES 和 E

自動模式下短按START鍵開始測量。預設置下，測量將會在128Hz的交流電流下進行。

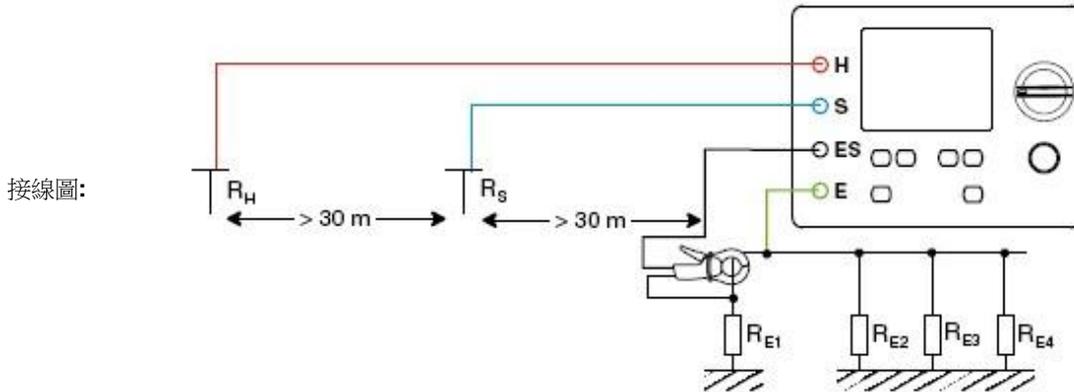
當測量結束後，接地電阻  $R_E$  將會以大字體形式顯示，在此之下，會顯示  $U_{S-E}$  和  $I_{H-E}$ 。按DISPLAY鍵能在顯示幕上較低位置查看到外部電壓  $U_{S-E}$  和  $U_{H-E}$  以及它們的頻率

如果長按START鍵開始測量（聽到第二次嘟聲以確認）。在接地電阻  $R_E$  的下方，螢幕會顯示輔助電極的阻抗  $R_H$  和  $R_S$ 。按下DISPLAY可以查看電壓  $U_{H-E}$  及其頻率，電壓  $U_{S-E}$  和電流  $I_{H-E}$ ，另有外部電壓  $U_{S-E}$  和  $U_{H-E}$  以及它們的頻率。

如果測量條件不滿足，或者鍵START按的不到位，儀器有可能拒絕測量，顯示幕會顯示錯誤資訊“R HIGH PUSH LOnG”。此情況下，你必須長按START鍵進行測量。

要改變測量電壓，請按第3.2章節的描述步驟操作。測量的手動調節在第4.4章節（接地測量）、第4.8章節（掃描模式）以及第7章節中有詳細描述。

### 1.3.2. 有選擇性的4P接地測量（單鉗法）

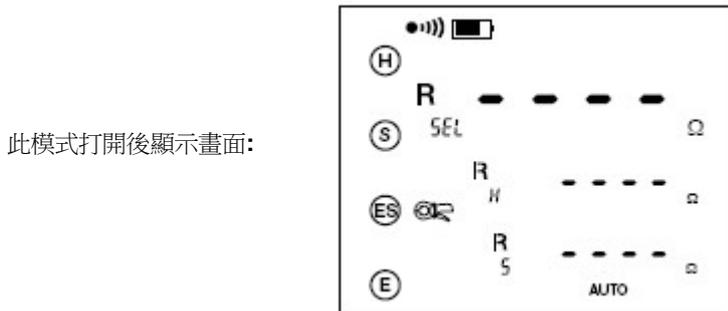


旋轉開關：  
“4P”檔（有一個電流鉗符號）

旋至

所需附件：4根測量導線，2個輔助電極，C182 或MN82電流鉗

測量範圍：0.011 Ω 到 99.99 kΩ，最大測試電壓16 或 32 V，128 Hz



此類有選擇性的接地測量需使用C182 或MN82電流鉗，C182電流鉗測量較精確（參見第11.2.8章節）且能承受更大的電流（最大40 A），還能連接直徑更大的測量物件，而MN82只適用於電流小於10 A 且測量物件直徑小於20 mm（約0.78 in.）的測量。請在兩個電流鉗中選擇一種使用。它們的線圈數和測量特性都適用於 C.A 6472。

將電流鉗插入到標有鉗夾符號的埠ES中。儀器將會自動識別此連接。電極 RH 和RS 的間隔距離至少為30m（約100 ft.），這樣電極周圍的電勢才不會交叉影響。為避免影響測量結果，應始終將導線電纜抽出其卷軸並且保證導線的間距儘量遠。連接測量導線至埠H、S、以及E，且用電纜和合適的鉗夾連接電流鉗插口至接地系統。注意到連接至輔助電極H的的導線不應該離電流鉗太近，以避免電磁效應的影響（特別在使用MN82型鉗時）。

在自動模式下，閉合上測量接地系統支路的鉗夾（例如上述連接圖中的RE1），同時短按START鍵來開始測量。在預設置下，選擇性接地測量同樣可在128Hz的交流電流下進行。

測量結束後，選擇性電阻RE1將在螢幕上RSEL位置顯示出來。在這之下顯示電壓US-ES和電流IES。按DISPLAY鍵可以查看顯示在頂部的R-Act，而其下方顯示的被動測量電阻RPASS 將由US-ES 和IES 計算得到。重複按DISPLAY鍵可以查看顯示在頂部的US-ES 及其頻率，跟著是U-Act和其下的UH-E 及頻率，最後是I-Act和其下的IES 及頻率。

然後閉合上測量接地系統其它支路的鉗夾，RE2, RE3 等參數將分別測量得到。

如果你通過長按START鍵來開始測量（聽到第二次嘟聲以確認），輔助電極的電阻 $R_H$ 和 $R_S$ 將會在選擇性接地電阻 $R_{SEL}$ 下顯示。重複按DISPLAY可以查看以下參數：

- n 電壓 $U_{H-E}$ 及其頻率
- n 電壓 $U_{S-ES}$ 及電流 $I_{ES}$
- n 电压 $U_{H-E}$ 及电流 $I_{H-E}$

在下方還顯示其他參數：

- n R-Act，被动测量电阻 $R_{PASS}$
- n U-Act，外部电压  $U_{S-ES}$  及其频率
- n U-Act，外部电压  $U_{H-E}$  及其频率
- n I-Act，外部电流 $I_{ES}$  及其频率

如果測量條件不滿足，或者鍵START按的不到位，儀器有可能拒絕測量，顯示幕會顯示錯誤資訊“R HIGH PUSH LOnG”。這種情況下，你必須長按START鍵進行測量。

要改變測量電壓，請按3.2章節的描述步驟操作。測量的手動調試在第4.4章節（接地測量）、第4.8（掃描模式）以及7中章節有詳細描述。

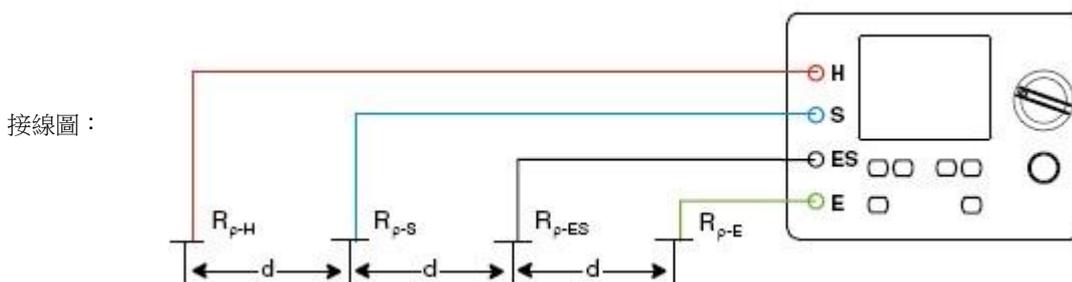
## 1.4 土壤電阻率測量 $\rho$

對於突然電阻測量，可在Wenner和Schlumberger兩種方法中選擇。預設國際上通用的Wenner法（32V，128Hz）。當儀器關閉之後，最近一次選用的測量方法以及測量電壓將被保存在記憶體中以備後用。兩種方法的區別僅在於測量電極的位置不同。如果想在測量時改變距離，那麼推薦使用Schlumberger法，因為它只需要移動同一直線上的兩個電極而已。

通過記錄不同距離 $d$ 的電阻，覆蓋不同類型的地層，採用16V或者32V電壓，頻率低於128Hz，那樣用戶可以得到一個地阻概況，這對於地質研究、礦藏探測、水文學都非常有用。

更多相關資訊和手動設置步驟可參見第3.5章節，有關測量存儲的資訊可參見第5章節。

### 1.4.1 溫奈法(Wenner)

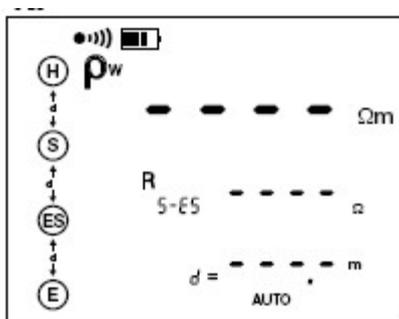


旋轉開關：旋至“ $\rho$ ”檔（地阻測量）

所需附件：4根測量導線，4個接地極

測量範圍：0.011  $\Omega$  到 99.9 k $\Omega$ ，最大測試電壓16 或 32 V，128 Hz

此模式打開後顯示畫面：



將這4個電極插入地下，水準上保持一直線間隔距離為 $d$ ，地下深度不超過 $1/3 d$ ，4個電極都連至儀器。為確保地面的阻抗為可靠值， $d$ 的數值不小於2米（6.5ft.）。間隔距離越大，電極插入的越深，那麼測量得到的值就越好。

對於一般地表，相距 $d$ 的值超過30米（將近100ft.）所測得的最終結果都不會有明顯改變。埋藏在地下的金屬物（鐵軌、管道等）或者水脈將極大的影響某一方向上的阻抗。鑒於此，在完成第一次測量之後，應該合理的採取改變電極排列形狀 $90^\circ$ ，以檢測是否有方向上的影響因素。另外，用戶還必須改變距離 $d$ 來確保地阻測量不受當地環境的影響。

自動模式下短按START開始測量。預設置下，測量將會在128Hz的交流電流下進行。

測量結束後，介於埠S和ES之間的電阻 $R_{S-ES}$ 將在螢幕中央顯示，在此之下距離 $d$ 參數也會顯示。按DISPLAY鍵， $U_{S-ES}$ 將在中間顯示，在此之下顯示 $I_{H-E}$ 。再一次按DISPLAY查看外部電壓 $U_{S-ES}$ 和 $U_{H-E}$ 以及它們的頻率。

如果長按START鍵開始測量（聽到第二聲嘟聲以確認），顯示幕將顯示電阻 $r$ 以及其下的電阻 $R_{S-ES}$ 和距離 $d$ 。按DISPLAY可以依次查看以下參數：

- n 電壓  $U_{H-E}$  及其頻率
- n 電阻  $R_{F-E}$  和  $R_{F-H}$
- n 電阻  $R_{F-ES}$  和  $R_{F-S}$
- n 電壓  $U_{S-ES}$  和 電流  $I_{H-E}$

以及在下方和U-Act一起顯示的：

- n 外部電壓  $U_{S-ES}$  及其頻率
- n 外部電壓  $U_{H-E}$  及其頻率

如果測量條件不滿足，或者鍵START按的不到位，儀器有可能拒絕測量，顯示幕會顯示錯誤資訊“R HIGH PUSH LOnG”。這種情況下，你必須長按START鍵進行測量。

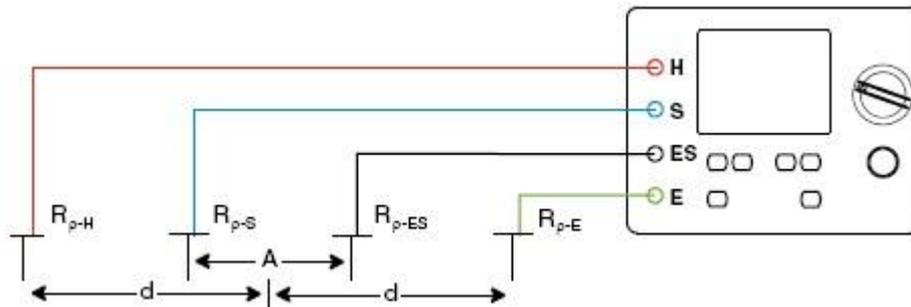
為了獲得電阻值，你必須通過複合鍵 $2nd + CONFIG$ 來啟動第二功能DISTANCE。這可以在測量完成前後設置。首先顯示 $d = ---$ 會開始閃爍。你可以通過按 $\blacktriangle/\blacktriangledown$ 鍵，在100m範圍內逐步的增加 $d$ 的大小，也可以通過 $2nd + \blacktriangle/\blacktriangledown$ 鍵來減小它。然後按來選 $\blacktriangleright$ 中十位數位置並輸入一個數值。當再次按下 $\blacktriangleright$ 鍵，個位和十位元數字都開始閃爍。使用 $\blacktriangle/\blacktriangledown$ 鍵可以0.1的倍頻（對於 $d < 100.0 m$ ），或者以1倍頻（對於 $d > 100.0 m$ ）提高或降低這一參數。再次按下DISTANCE（ $2nd + CONFIG$ ）或者DISPLAY鍵可以退出輸入距離參數的模式。使用SETUP功能可以改變儀器中的距離參數 $d$ 的單位（從m至ft.）（參見第7章節）。測得的電阻將以 $\Omega ft.$ 的形式顯示。

接下來你將會看到顯示在頂部位置的被測電阻 $I_w$ 數值（ $\rho_w = 2 \cdot \pi \cdot d \cdot R_{S-ES}$ ）。在此之下可根據需要，短按或長按START鍵查看上述的各參數值。

不同距離 $d$ 下保存一系列測量結果的詳細方法可參見第5章節。要改變測量電壓，可按照第3.2章節中的描述步驟。測量功能的手動調節在第4.5章節中有詳細描述。

### 1.4.2. 施卜蘭吉法 (Schlumberger)

接線圖:

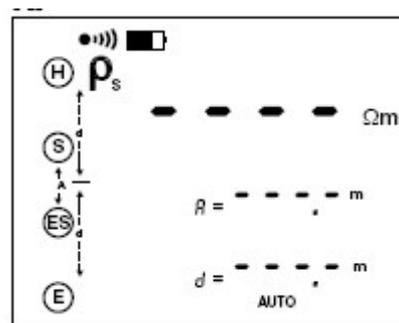


旋轉開關: 旋至 “D” 檔 (地阻率測量)

所需附件: 4根測量導線, 4個接地極

測量範圍: 0.011 Ω 到 99.9 kΩ, 最大測試電壓 16 或 32 V, 128 Hz

此模式打開後顯示畫面:



預設置下, 儀器使用溫奈排列法 **Wenner**。現在要轉換到施卜蘭吉排列法 **Schlumberger**, 步驟如下:

按 **CONFIG** 鍵 (AUTO 模式開始閃爍), 再次按下 **CONFIG** 鍵  $I_w$  開始閃爍。按 **▶** 鍵轉換到  $\rho_s$  下, 再次按下 **CONFIG** 鍵可以在 32V 和 16V 之間改變測量電壓  $U_{OUT}$ 。再次按下 **CONFIG** 鍵返回至初始介面。採用施卜蘭吉排列法, 你可以在 32V 或者 16V 下執行 **AUTO** 測量。這些設置在儀器關閉後依然保留。

將電極 **S** 和 **ES** 插入到地下, 互相保持一個距離 **A**。將電極 **H** 和 **E** 插入到地下保持一直線, 各自離 **A** 的中央 **d** 的距離。

它們應該深入到地下不超過  $1/3d$  處。將它們與儀器相連接。其它方面可參考溫奈排列法 **Wenner** 的有關規定和建議 (參見 3.4.1 章節); 兩種測量方法的區別在於電極擺放位置和  $\rho$  的計算公式的不同。

在自動模式下, 短按 **START** 鍵開始測量。預設置下, 測量將會在 128Hz 的交流電流下進行。

當測量結束後, 介於 **S** 和 **ES** 之間的電阻  $R_{S-ES}$  將出現在螢幕的中央, 在這之下是距離 **d**。再次按下 **DISPLAY** 鍵可以查看  $U_{S-ES}$  以及  $I_{H-E}$ 。緊接著是外部電壓  $U_{S-ES}$  和  $U_{H-E}$  以及它們的頻率。

如果長按 **START** 鍵開始測量 (聽到第二聲嘟聲確認), 顯示器將顯示電阻  $\rho$  和在這之下的電阻  $R_{S-ES}$  以及距離 **d**。按 **DISPLAY** 鍵可以依次查看對應參數:

- n 距离 **A** 和 **d**
- n 电压  $U_{H-E}$  及其频率
- n 电阻  $R_{r-E}$  和  $R_{r-H}$
- n 电阻  $R_{r-ES}$  和  $R_{r-S}$
- n 电压  $U_{S-ES}$  和 电流  $I_{H-E}$

以及在下方和 **U-Act** 一起显示:

- n 外部电压  $U_{S-ES}$  及其频率
- n 外部电压  $U_{H-E}$  及其频率

如果測量條件不滿足，或者鍵START按的不到位，儀器有可能拒絕測量，顯示幕會顯示錯誤資訊“R HIGH PUSH LOnG”。這種情況下，你必須長按START鍵進行測量。

為了獲得電阻值，你必須通過複合鍵2nd + CONFIG來啟動第二功能DISTANCE。這可以在測量完成前後設置。首先顯示距離A和其下的d ---開始閃爍。按照溫奈排列法的步驟描述輸入這些參數值。當你輸入完最後一個d的數位後，按▶鍵跳至A的第一個數位。

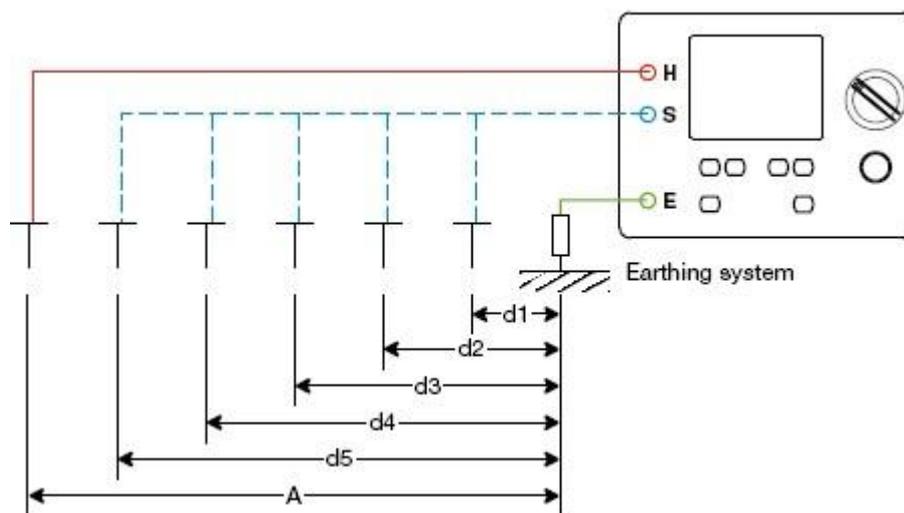
在顯示幕頂端你將看到被測參數的  $\rho_s$  數值。在這之下，根據長按或是短按START鍵，都能查看到之前描述的各參數。

$$\rho_s = 2 \cdot \pi \cdot \frac{d^2 - \frac{A^2}{4}}{A} \cdot R_{S-ES}$$

不同距離d下保存一系列測量結果的詳細方法可參見第5章節。要改變測量電壓，可參照第3.2章節中的描述步驟。測量功能的手動調節在第4.5章節中有詳細描述。

## 1.5 電位測量 (v POT)

接線圖：

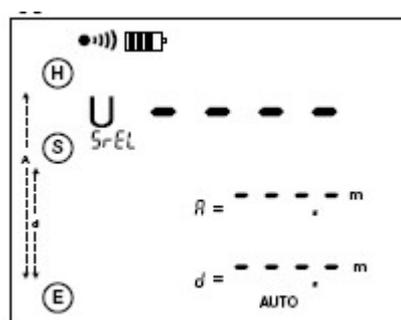


旋轉開關： 旋至“V”檔（帶有電勢曲線標示）

所需附件： 3根測量導線，2個輔助電極

測量範圍：  $U_{S-E}$ ：0.01 mV至32 V，最大測試電壓16 或 32 V，128 Hz

此模式打開後顯示畫面：



電位測量的步驟與3極法接地測量類似。不同之處在於關注物件不同，電勢測量專注於改變S探頭和電極E之間的距離，由此測量得到的是相對電壓  $U_{SrEL}$ ，而3極測量專注於電阻。相對電位  $U_{SrEL}$  是電極上的電壓  $U_{S-E}$  和總電壓  $U_{H-E}$  的比值。因此這個

值是一個在0~1之間的小數。當用戶進行了一系列在不同距離d下的測量以後，可以得到鄰近電極的電壓曲線。在配套软件的帮助下，測量所得数据能被上传至电脑PC并通过处理以图形的方式显示（参见第10章节）。

自動模式下，短按START鍵可以開始測量。預設置下，測量將在128Hz的交流電流下進行。

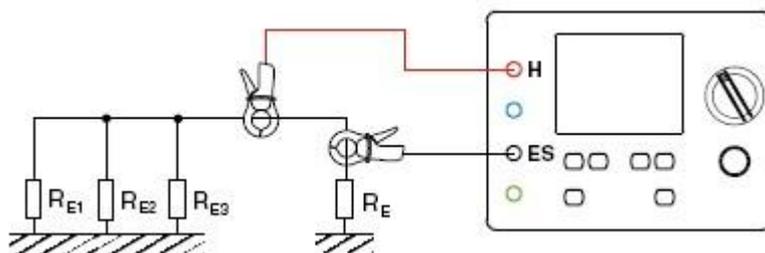
當測量結束後，相對電壓 $U_{SrEL}$ 將出現在螢幕上，在這之下是距離A和d。按下DISPLAY鍵可以查看 $U_{H-E}$ 及其頻率。再次按下DISPLAY鍵可以查看電壓 $U_{S-E}$ 以及電阻 $R_E$ 和電流 $I_{H-E}$ 。緊跟著是外部電壓 $U_{S-E}$ 和 $U_{H-E}$ 及它們的頻率。

如果你按住START鍵不放，在顯示外部電壓之前會先顯示輔助電極RH和RS的電阻值。

更多有關不同距離d下測量存儲的操作可參見第5章節。要改變測量電壓，可參照3.2章節中描述的步驟。測量功能的手動調節在第4.6章節中有描述。

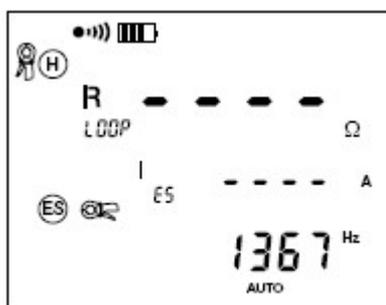
## 1.6 雙鉗法接地測量

接線圖：



- 旋轉開關：旋至“2 clamps”檔（有鉗夾的標誌）
- 所需附件：2個電流鉗C182 或者 MN82
- 測量範圍： $R_{LOOP}$ : 0.20 至 500  $\Omega$ ，測量電壓 32 V，1367 Hz

此模式打開後顯示畫面：



在此無需地樁的電阻測量步驟中，某一頻率確定的信號（預設值1367 Hz）通過連接至H的電流鉗注入到測量回路中，另一個連接至ES的電流鉗則測量回路中的電流。這樣就可以通過公式計算回路電阻了 $R_{LOOP} = R_E + (R_{E1} // R_{E2} // R_{E3})$ 。

當實施此測量時，只需用到電流鉗C182或者MN82。它們的線圈數和測量特點適用於C.A 6472測試儀（參見第3.3.2章節中的有關鉗夾的描述）。另外，在鉗夾之間保持以下列出的最小距離可以避免“發送”和“接受”之間的電磁效應。

Measured value ( $\Omega$ )	Minimum distance (m (in))	
	MN82	C182
0 - 1	0,1 (4")	0
1 - 5	0,4 (15.7")	0,1 (4")
5 - 10	0,5 (19.7")	0,2 (7.9")
10 - 50	0,7 (27.5")	0,3 (11.8")
50 - 100	0,9 (35.4")	0,5 (19.7")
100 - 500	1,2 (47.2")	0,5 (19.7")

此處長按或者短按START鍵沒有區別。當測量在自動模式下完成時，顯示幕會在頂部顯示 $R_{LOOP}$ ，在中間顯示 $I_{ES}$ 以及在底部顯示頻率值。按DISPLAY可以查看電流 $I_{Act}$ 及其頻率，它是由電流鉗ES測得的電流 $I_{ES}$ 和頻率。

本測量功能下的手動調節可參見第4.7章節中的描述。

## 2. 手動測量模式

如有需要，第 3.1 至 3.6 章節中所描述各種測量功能都可以在手動模式下實現。

要實現這樣的測量，可按一次 CONFIG 鍵。“CONFIG” 指示符將會出現，並且“AUTO” 指示符開始閃爍。按  鍵可以將自動模式轉為手動模式，也可以在 3 極或 4 極接地測量時轉為掃描模式（掃描模式在第 4.8 中有描述）。當測試儀在手動模式下時，依據已選的測量功能，重複按 CONFIG 鍵可以觀察並設置各種參數。

如果在手動模式下，“NOISE” 指示符出現，表示存在特定頻率的信號可能與已選測試頻率相干擾。在自動模式下，儀器自動搜尋不同頻率；而在手動模式下，使用者必須手動操作（參見第 4.1 章節）。在用旋鈕選擇測量功能和測量過程中，假如存在干擾，“NOISE” 指示符將會閃爍不止，直到干擾結束或者使用者選擇其它頻率。在存在干擾的情況下執行測量之後，“NOISE” 資訊將會伴隨著顯示結果一直出現。U-Act 或者 I-Act 的當前值將伴隨著偵測到的干擾信號閃爍顯示。

如果在手動模式下，通過短按或者長按 START/STOP 鍵開始測量（有旋轉箭頭顯示），則可以再按一次來停止測量。

在手動模式下，複合鍵 SMOOTH（2nd+DISPLAY）可以平滑測量結果。在顯示測量結果之前，可以對它做一個指數平滑處理。當測量結果有很大的波動時，這點很有用。

### 2.1 測量頻率的選擇和獨立頻率 USr

通過重複的按 CONFIG 鍵，您可以使畫面中的頻率指示符開始閃爍。在所有交流測量功能中，除 2-clamp 測量外，您都可以用  鍵來設定自己的頻率，稱為 USr（見下文）。繼續按  鍵，您可以在以下各數值中選擇：55，92，110，119，128Hz-然後回到 Usr 頻率

當 Usr 頻率在畫面中顯示時，您可以使用   鍵從以下表格的頻率中選擇一個（ 增加數值，2nd+ 減小數值）。在地阻測量選擇時（Wenner 法和 Schlumberger 法），頻率上限為 128Hz。由於這一限制，使用者頻率的選擇或者地阻的測量都受到這一測量功能的限制。其它所有的交流測量功能（除 2—clamp 測量外）使用同樣的使用者頻率。當儀器關閉時，這兩個使用者頻率被記錄在記憶體中。

Table of possible USr frequencies (91 values from 41 Hz to 5078 Hz): 

41	43	46	49	50	55	60	61	64	67	69	73	79	82	85	92
98	101	110	119	122	128	134	137	146	159	165	171	183	195	201	220
238	244	256	269	275	293	317	330	342	366	391	403	439	476	488	513
537	549	586	635	659	684	732	781	806	879	952	977	1025	1074	1099	1172
1270	1318	1367	1465	1563	1611	1758	1904	1953	2051	2148	2197	2344	2539	2637	2734
2930	3125	3223	3516	3809	3906	4102	4297	4395	4688	5078					

The frequencies used in the SWEEP function (see section 4.8) are taken from this table. 

### 2.2 mΩ測量功能的手動設置

在手動模式下按 CONFIG 鍵，可以通過按  鍵來改變以下參數：

- n 接线端符號 H 和 E 閃爍 → H S E S E 閃爍（四極測試法）
- n H 上的 POS 閃爍 → neg H（接线端 H 极性相反）

在手動模式下，儀器不會在測試過程中自動改變極性。因此您可以決定儀器接线端 H 的電壓是+16V、還是-16V。在測量時，可以按 CONFIG 鍵改變極性。

#### 2.2.1 連續性測量

為了在連續性測量時更快的獲得結果，2 極法 mΩ 功能只能測量有一個固定範圍。因此電阻測量結果的範圍限制為（從 0.5 Ω 到 1.99 kΩ），測試埠限制為接线端 H（測試線必須連接）。這種情況下，即使當前沒有測量物件被連接，使用者也可以開始測量。

為了執行連續性測量，需要做以下調節：

- n 開啟報警功能（報警設置在 **SETUP** 中，參見第 7.2 章節）
- n 設置報警條件（< 小於）（報警設置在 **SETUP**，參見第 7.2 章節）
- n 蜂鳴器必須開啟（蜂鳴器設置在 **SETUP**，參見第 7.2 章節）
- n 選擇 2 極電阻測量功能
- n 選擇手動模式

有關報警功能的描述可以參見第 3.1.3 章節。

## 2.3 3 極接地測量/接地耦合測量的手動設置

### 2.3.1 3 極接地測量

在手動模式下按 **CONFIG** 鍵，通過按  $\blacktriangleright$  鍵可以改變以下參數：

- n **EARTH** 閃爍  $\rightarrow$  接地耦合
- n **128Hz** 閃爍  $\rightarrow$  改變測量頻率
- n **測量電壓** 閃爍  $\rightarrow$  在 16V 和 32V 之間變換

在手動模式下您可以選擇 3 極接地測量的測量頻率和在 16V 和 32V 之間切換測量電壓。

### 2.3.2 接地耦合測量

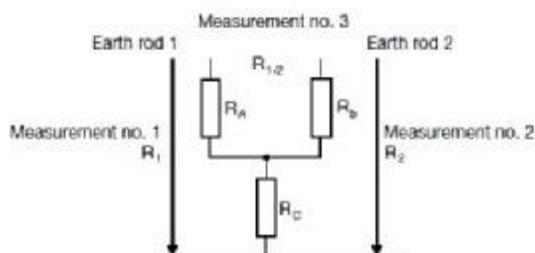
在手动模式下按 **CONFIG** 键，按  $\blacktriangleright$  键将“接地（**EARTH**）”功能转换到“接地耦合（**EARTH COUPLING**）”功能下。步骤如下：

- n 旋轉開關選擇在 3 poles 檔
- n 手動模式下選擇一個測量頻率以及一個測量電壓 16V 或者 32V（參見第 3.2 和 4.1 章節）
- n **EARTH COUPLING 1** 將會在頂部顯示。在第一個接地極進行一個 3P 的測量（ $R_1$  的測量參見下麵的接線圖）。測量完成後，記憶體會閃爍提示保存結果。可按第 2.8.7 章節或者第 5.1 章節中的描述保存結果。步驟一完成。
- n 然後 **EARTH COUPLING 2** 會在頂部顯示。在第二個接地極進行一個 3P 的測量（測量  $R_2$ ）並在同一 **OBJ:TEST** 中保存結果。在第二次接地測量時，輔助極 H 和探測棒 S 都要保持與第一次接地測量是同一個位置。
- n 然後 **EARTH COUPLING 3** 會在頂部顯示。通過連接 H 和接地極 1，連接 E 和接地極 2，進行一個 2P 的電阻測量。考慮到導線自身電阻影響，在進行實際電阻測量之前，您可以先做一個補償測量（2nd+START）（參見第 3.1.1 章節）。將 2P 電阻測量值作為第三個量，保存在之前的同一 **OBJ:TEST** 中。
- n 測量儀器接下來會自動顯示 **EARTH COUPLING 4**，緊跟顯示有電阻  $R_C$  和耦合因子  $C_1$  和  $C_2$ 。重複按 **DISPLAY** 键可以看到電阻  $R_A$  和  $R_B$ ，以及測量電壓  $U_{out}$  及其頻率。

通過按 2nd+MEM 複合鍵喚醒存儲資料後，首先會看到最近使用的 **OBJ:TEST**。一般通過按  $\blacktriangleright$  鍵和  $\blacktriangle\blacktriangledown$  鍵，可以改變它。

在喚醒記憶位置後您會看到一個以 **EARTH COUPLING 4** 開頭的結果  $R_C$ 。按  $\blacktriangleright$  鍵選擇這個抬頭（數字 4 會閃爍），通過按  $\blacktriangle\blacktriangledown$  鍵觀察其它測量結果（**EARTH COUPLING 1、2、3**）。

接線圖：



計算是基於以下公式：

$$R_c = (R_1 + R_2 - R_{1,2})/2$$

$$C_1 = R_c/R_1 \text{ and } C_2 = R_c/R_2 \quad R_A = R_1 - R_c$$

$$R_b = R_2 - R_c$$

鍵  $\blacktriangleright$  允許您選擇以下頻率，比如：Usr，55，92，110，119，128Hz 以及 Usr 等等。  
選擇使用者特定頻率參見第 4.1 章節所述。

## 2.4 4 極接地測量的手動設置

在手動模式下按 CONFIG 鍵，通過按  $\blacktriangleright$  鍵可以改變以下參數：

n128Hz 閃爍  $\rightarrow$  改變測量頻率  
n測量電壓閃爍  $\rightarrow$  在 16V 和 32V 之間變換

鍵  $\blacktriangleright$  允許您選擇以下頻率，比如：Usr，55，92，110，119，128Hz 以及 Usr 等等。  
選擇使用者特定頻率參見第 4.1 章節所述。

## 2.5 电阻测量的手动设置

在手動模式下按 CONFIG 鍵，通過按  $\blacktriangleright$  鍵您可以改變以下參數：

n接地閃爍  $\rightarrow$  接地耦合  
n128Hz 閃爍  $\rightarrow$  改變測量頻率  
n測量電壓閃爍  $\rightarrow$  在 16V 和 32V 之間變換

鍵  $\blacktriangleright$  允許您選擇以下頻率，比如：Usr，55，92，110，119，128Hz 以及 Usr 等等。

選擇使用者特定頻率參見第 4.1 章節所述。這測量功能的測量範圍為 41Hz~128Hz。

## 2.6 地電位測量的手動設置

在手動模式下按 CONFIG 鍵，通過按  $\blacktriangleright$  鍵可以改變以下參數：

n128Hz 閃爍  $\rightarrow$  改變測量頻率  
n測量電壓閃爍  $\rightarrow$  在 16V 和 32V 之間變換

鍵  $\blacktriangleright$  允許您選擇以下頻率，比如：Usr，55，92，110，119，128Hz 以及 Usr 等等。

選擇使用者特定頻率參見第 4.1 章節所述。

## 2.7 2-clamp 測量的手動設置

在轉至手動模式後（按 CONFIG 鍵一次，並按  $\blacktriangleright$  鍵可從自動模式轉換到手動模式），可以改變注入到線路中的電流頻率。按 CONFIG 直到 1367Hz 在螢幕較低位置閃爍顯示。然後按  $\blacktriangleright$  鍵在 3 種頻率中選擇（1611Hz、1758Hz、1367Hz）。

## 2.8 掃描模式

The sweep mode（掃描模式）可用於 3 極和 4 極接地的測量（不使用夾鉗或使用選擇性鉗夾），以及鐵塔的測量。可通過按 CONFIG 鍵，然後再按  $\blacktriangleright$  鍵一次來選擇進入模式。儀器將為使用固定頻率的測量自動建立下一個 OBJ:TEST（參見下表）。按 START 鍵並按住可開始測量。結果將會自動保存在已選的 OBJ:TEST 中，使用頻率作為第三個位址參數。對每個頻率來說，一個記憶體點被存滿，這樣的記憶存儲開銷和其他模式下的獨立測量是相同的。

當執行掃描測量之後，儀器會轉換到手動模式，可通過按 2nd + MEM 喚醒相應頻率的各個測量結果。按  鍵，在顯示幕底部選擇頻率參數一項（數值將會閃爍），並按  鍵來改變。按 DISPLAY 鍵可查看在這一頻率下的其它測量結果（從 61 Hz 至 5078 Hz，共 14 個數值）。

61	128	220	439	806	1074	1758	2051	2930	3516	3809	4395	4688	5078..
----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	--------

這些掃描頻率是在工廠中預設的。如有需要，使用者可以通過外部配置儀器來改變它們。（參見第 10 章節）

## 3. 鐵塔接地電阻測量

### 3.1 關於 C.A 6474 鐵塔測量以及柔性電流鉗的描述

#### 3.1.1 前面板描述

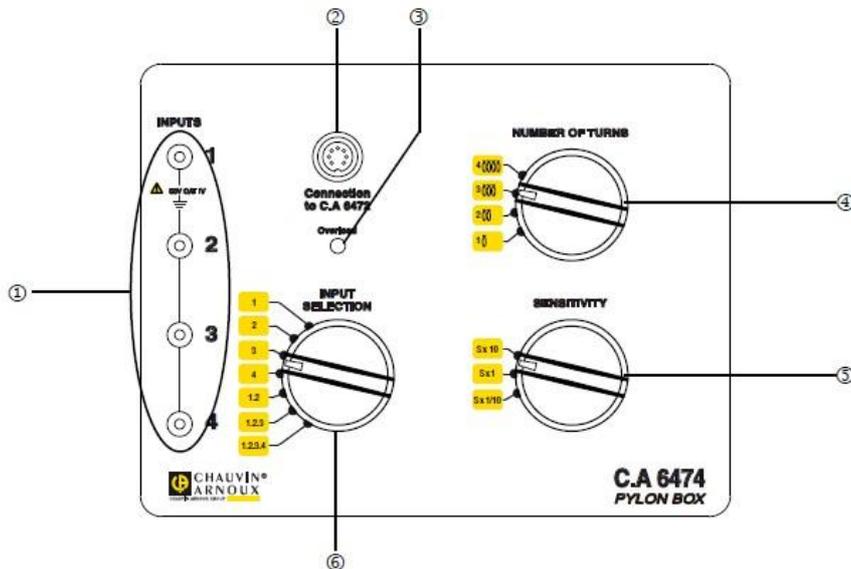


Fig. 3

- 1 輸入埠 1 至 4 用於連接 4 個柔性電流鉗
- 2 連接埠用於連接 C.A 6472 的適配電纜
- 3 超載提示
- 4 選擇開關用於選擇電流鉗環繞匝數：1、2、3、4
- 5 選擇開關用於選擇倍頻：x1/10, x1 or x10
- 6 輸入選擇：1、2、3、4、1-2、1-3、1-4

#### 3.1.2 柔性電流鉗 ( AmpFLEX coils)

這些線圈，也即線圈感測器，環繞住被測物並鎖環形成一個回路。這些線圈能測量一個閉合回路的電流而不需要與之直接連接。因此它們同一般電流鉗類似，但又能測量閉合的、更大的物件。柔性電流鉗的長度可以長至 5 米（約 16.4ft），能測量的物件直徑（比如鐵塔）可至 1.5 米（約 4.9ft）。

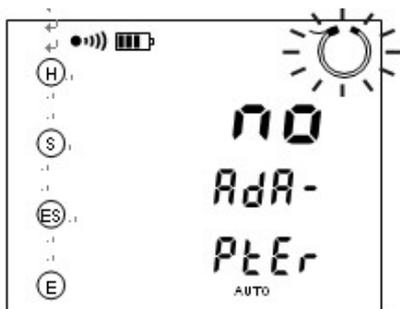
## 3.2 簡單操作說明

C.A 6474 鐵塔測量儀需與 C.A 6472 測量儀配合使用。通過前面板上適合的接線端（圖 1 中的接線端 5 和圖 3 中的接線端 2），這兩個儀器必須使用一個特殊的適配器來連接。鐵塔測試儀沒有另設的開關，它通過 C.A 6472 的適配器電纜獲得全部的電能。

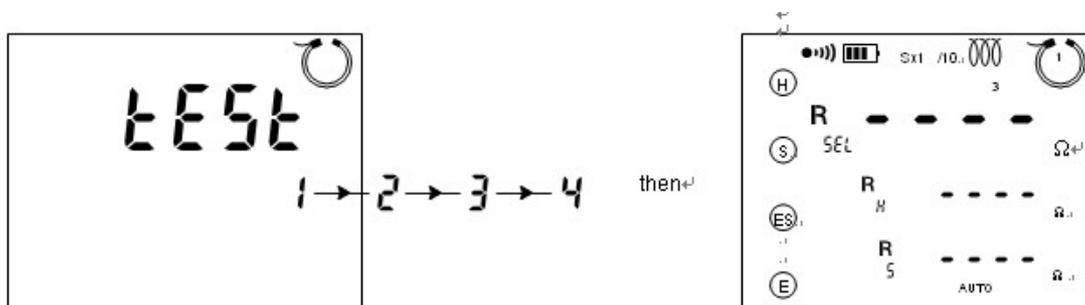
由它的名稱可以知道，鐵塔測試儀主要用於測量出自高壓鐵塔塔底的電流。對於大的四腳鐵塔來講，同時連接上四個柔性電流鉗，可以分別或者一起測量每個支撐腳上流向大地的電流。

由於柔性電流鉗必須獨立校準（參見第 6.3 章節），每個鉗的校準參數也必須保存在鐵塔儀中。鉗夾 1、2、3、4 必須連接鐵塔儀上各自的輸入端 1、2、3、4。在做了一次校準後，必須標注每一個柔性電流鉗以確保能夠始終連接正確的輸入端。

如果把測量儀 (C.A6472) 轉至柔性電流鉗模式下，而鐵塔測量儀 (C.A6474) 沒有與之連接，則將會得到以下提示資訊：



如果接下來連接鐵塔測量儀至測試儀 (C.A6472)，那麼測試儀將會自動執行一個鐵塔儀的檢測。與此同時，鐵塔儀上的超載提示燈也會點亮，本測試儀將會顯示以下資訊：



現在把要用的柔性電流鉗連接至鐵塔儀的輸入 1、2、3、4 端。利用 INPUT SELECTION (圖 3 中的選擇開關 6) 選擇需要使用的連接配置：可以 1、2、3、4 各路分別測量或者 1-2、1-3、1-4，同時測量各路電流。

如果嘗試開始測量，但是輸入選擇上與柔性電流鉗的實際連接不匹配。則將會得到以下提示資訊：



當正確連接柔性電流鉗以後，必須要設置“SENSITIVITY” (圖 3 中的開關 5)：x1/10, x1 or x10。倍頻的選擇依賴於預期的電流大小的估計。一開始可以謹慎的使用 x1/10 倍頻，如果有需要，可以調至更高的倍頻 x1 或者 x10。使用圖 3 中的開關 4 來確定具體使用柔性電流鉗所環繞鐵塔的匝數 (可從 1 至 4 選擇)。更多的線圈匝數可用於提高倍頻。這樣，基於被測物的直徑和電流大小，就能在倍頻和線圈匝數兩者之間有一個適當的設置選擇。

測量與單個柔性電流鉗的環繞方向無關，但是所有的鉗都必須使用同一個環繞方向 (這樣一來，所有的電流鉗的感應輸出都能是同一個方向)，且所有的鉗的線圈環繞匝數必須相同。

為了避免不正確的測量結果，在測量過程當中，柔性電流鉗不能觸碰且不能有位置上的移動。

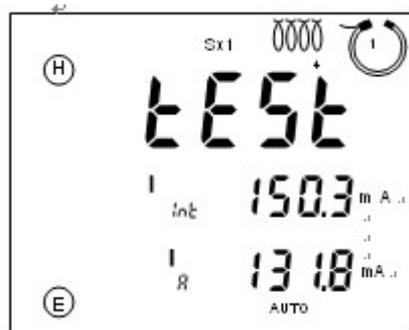
### 3.3 柔性電流鉗的校準

需要一台校準儀器來校準電流鉗。校準儀由一根導管（包含一系列導線）組成，將這個校準儀連接到 C.A6474 的 H 端和 E 端（極性沒有特別要求）。接著使用電流鉗環繞導管（方向沒有特別要求），並用旋扣封閉好。然後進行以下參數設置：

- n 開關 4（線圈匝數） 旋至 4 匝位置
- n 開關 5（倍頻） 旋至 x1 檔
- n 開關 6（輸入選擇） 可分別旋至 1、2、3、4

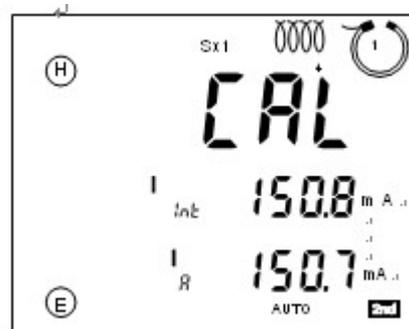
連接好鐵塔測量儀後，旋轉本測試儀（C.A6472）上的旋轉開關至 SETUP 模式。當 PUSH 按鈕的提示資訊顯示後，重複按下 CONFIG 鍵。緊接是“dAtE”，“tIME”，“bAud”以及“SetdEF”（參見第 10 章節）的顯示，將會出現“tEST”跟有一個柔性電流鉗的圖案在右上方顯示。然後 C.A 6472 會檢測校準的連接以及設置是否正確。

按 START 鍵開始測試。測量儀將會顯示一下資訊：



在顯示器的中間，將看到由測量儀產生的電流  $I_{int}$ ，在這個下面是柔性電流鉗測得的電流  $I_A$ 。

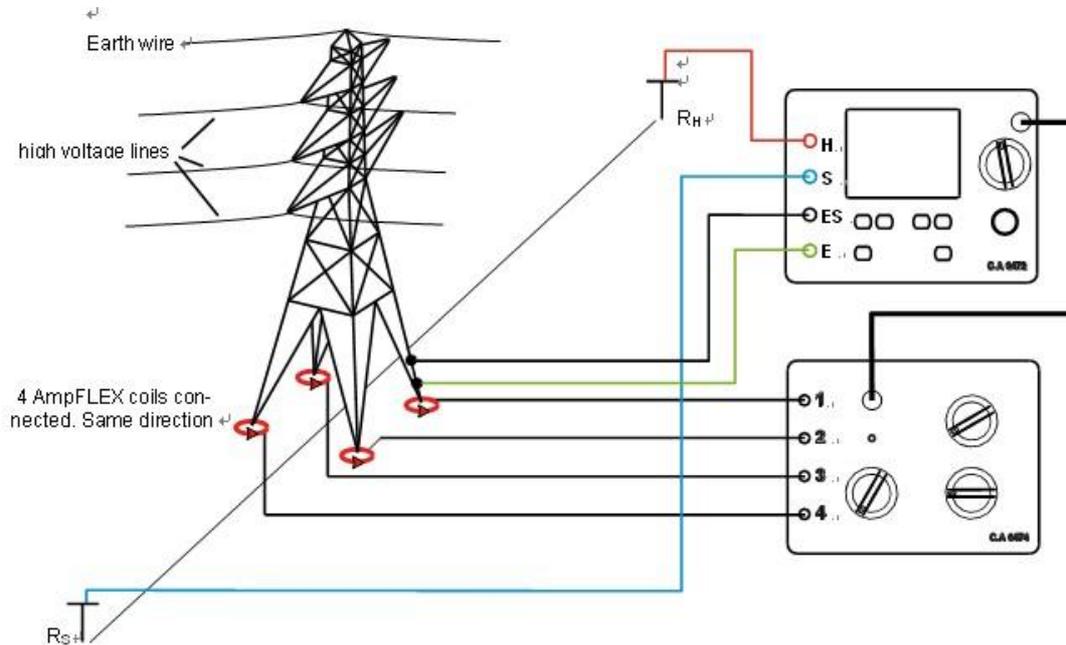
如果這兩個量彼此有差異，“CAL”會開始閃爍。要執行新校準，可按“2nd + START”複合鍵。顯示幕會顯示以下資訊：



對於連接到指定輸入端的柔性電流鉗，測量儀會計算出一個相應的校準參數並保存在鐵塔測試儀中。因此，必須保證每個柔性電流鉗要連接到之前它所校準的對應輸入端（1、2、3、4）。如果有特殊原因需要設置使用幾個不同長度的電流鉗，請重新校準。

### 3.4 測量流程

下面的圖例是一個高壓鐵塔測量的典型設置：

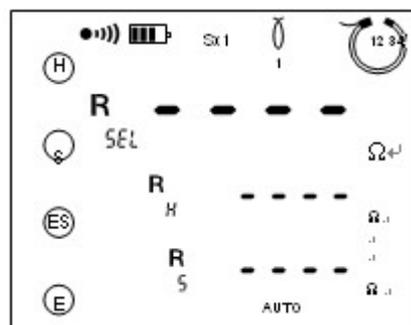


旋轉開關：旋至“**AmpFLEX**”檔

所需附件：C.A 6474鐵塔測量儀，AmpFLEX柔性電流鉗（1、2、3、4）

測量： **0.067 Ω to 99.99 kΩ**，測量電壓**32 V**，**128 Hz**

功能開啟後螢幕顯示：



警告：如果C.A 6474鐵塔測量儀連接到接地測量儀（C.A6472），則連接到埠 E 和 ES的接地電位也會出現在AmpFLEX柔性電流鉗的BNC介面和鐵塔測試單元6474與測試儀6472的之間連接線上。如果對接地電位的值準確性有懷疑，用戶應使用S 和 ES埠進行電壓測試。

#### 3.4.1 自動模式下測量

連接輔助電極至**H**端，探測棒連接至**S**端。輔助電極和探測棒，它們與鐵塔的距離應該相同，且分置電力線兩側。這樣一來，整個測量就不會受到電力線作用下感應電勢和電流的影響。

將**ES**和**E**端連接到鐵塔的金屬部分上，且置於柔性電流鉗上方。這很重要，因為您要測量的是流向地面的電流（而不是流向上方地線的電流）。

連接需要使用的柔性電流鉗至1、2、3、4端，或者4個全部（之前已經做過校準）。將柔性電流鉗環繞至鐵塔的若干個支撐腳上。繞行方向上沒有特別要求，但所有電流鉗都必須使用同一個方向，且所有電流鉗繞的匝數相同。使用鐵塔測量儀上的“INPUT SELECTION”旋轉開關（詳見圖3中開關6），根據要測量的是單個，雙個，還是三個或者四個電流鉗，來選擇正確的測量設置（1, 2, 3, 4, 1-2, 1-3 or 1-4）。使用SENSITIVITY旋鈕來選擇所需要的倍頻（優先選用最低倍頻，x1/10），使用NUMBER OF TURNS旋鈕（詳見圖3中的開關4）選擇設置的柔性電流鉗的環繞匝數。

然後，連接鐵塔測量儀和接地測量儀，並設置接地測量儀上的旋鈕開關至“AmpFLEX”測量功能。在鐵塔測量儀自動檢測好之後（參見第6.2章節），可以通過長按或者短按START鍵開始測量。

至於4極可選擇性接地測量，該測量可由短按START鍵啟動，然後在大螢幕上出現一個可選的地阻 $R_{SEL}$ ，緊跟著在下面顯示電壓 $U_{S-ES}$ 和電流 $I_{SEL}$ 。當按下DISPLAY以後，當前的電阻R-Act將會以 $R_{PASS}$ 的形式顯示在頂端，這是由當前的 $U_{S-ES}$ 和 $I_{SEL}$ 計算得到的。可以重複按DISPLAY來查看頂部的U-Act和底部的 $U_{S-ES}$ 以及它的頻率。跟著顯示有 $U_{H-E}$ 及其頻率，最後顯示I-Act和在其下方的 $I_{ES}$ 及其頻率。

如果長按START鍵來啟動測量（聽到第二次嗶鳴聲以確認），輔助電極 $R_H$ 和 $R_S$ 的阻抗將會在選擇性接地電阻 $R_{SEL}$ 下顯示。重複按DISPLAY鍵可以查看以下參數：

- n 電壓 $U_{H-E}$ 及其頻率
- n 電壓 $U_{S-ES}$ 和電流 $I_{SEL}$
- n 電壓 $U_{H-E}$ 和電流 $I_{H-E}$

在大螢幕下還會顯示以下參數：

- n R-Act, 被测电阻  $R_{PASS}$
- n U-Act, 外部电压  $U_{S-ES}$  及其频率
- n U-Act, 外部电压 $U_{H-E}$  及其频率
- n I-Act, 外部电流  $I_{SEL}$  及其频率

如果測量條件不滿足，或者START鍵按的太輕（不到位），測試儀將拒絕執行測量，顯示資訊“R HIGH PUSH LonG”。這種情況下，必須長按START鍵來開始測量。要改變測量電壓，操作步驟可以參見第3.2章節中的描述。

### 3.4.2 手動模式和掃描模式下測量

在手動模式下，通過按CONFIG和➤用一般方式選擇，按➤鍵可以改變以下參數：

- n 128 Hz 閃爍      a 改變測量頻率
- n 測量電壓 閃爍    a 在16 和 32 V之間選擇

按鍵 ➤ 可以使您選擇以下一系列頻率：  
 $U_{Sr,55, 92, 110, 119, 128 \text{ Hz}}$  以及  $U_{sr}$  等等。

根據第4.1章節的描述，選擇使用者頻率。  
更多掃描模式下相關資訊參見第4.8章

