

# 電橋電路的應用

## 國中組物理第三名

台北市立民族國民中學

製作學生：方宗岱

指導老師：周大東

### 一、目的：

利用惠斯登電橋電路製造一架多功能的儀器，其功能計有測謊、水質檢查、導通試測、電阻比較、照度試測、溫度試測、電解質溶液解離程度等等，尙有其他多種功能，只須將探針部份稍加改良，相信必能擴大其使用範圍。

### 二、零件：

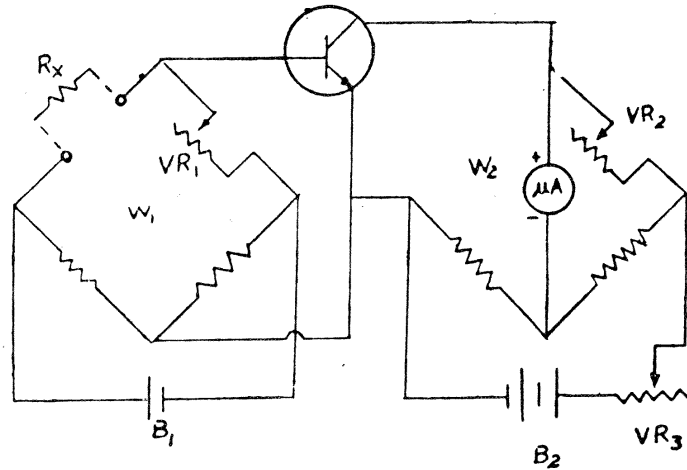
1. 電晶體：MST9013 或其他電流放大率特高的電晶體。
2. 電流表： $\pm 50 \mu\text{A}$ 一個。
3. 電池：UM3 1.5V  $\times 1$ ，006P 9V  $\times 1$
4. 開關：雙刀單擲開關兩個，雙刀三擲開關一個。
5. 可變電阻：VR  $1\text{M}\Omega$ 兩個，VR  $500\text{K}\Omega$ 一個。
6. 電阻： $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1\text{K}\Omega$ 。
7. 電池架：可放UM3 1.5V 電池一個的電池架，可接006P 9V 的電池扣一個。
8. 接線架：中型接線架一個。
9. 外殼：17 cm  $\times$  17 cm  $\times$  11 cm 的鐵盒一個。
10. 其他：電線、小螺絲釘、耳機插頭及插座一組，測試棒及插座二組，鱷魚夾六個，碳精棒二根，銅棒二根，熱敏電阻一個，CdS 光電電晶體一個，小指示燈若干個。

### 三、電路原理：

1. 測謊：參見圖一。 $R_x$  爲人體之電阻，轉動VR<sub>1</sub>，使W<sub>1</sub> 平衡，而使電晶體的EB兩極間無電流輸入，當受測人因說謊而稍流汗時，使電橋W<sub>1</sub> 失去平衡，於是基極電路中有電流，此電

流變化經電晶體放大後，流經電橋  $W_2$ ，使電表指針擺動。

圖一 測謊電路



2. 水質檢查：利用純水導電率極低的性質，將其當作一極高的電阻，調整  $VR_2$  至電表歸零時為止，在  $VR_2$  所指之處作一記號，若欲檢查其他的水質時，即可以此為標準來檢驗其純淨度為若干。
3. 導通試測：將電橋  $W_2$  中的一個電臂切斷，將待測之物當作另一電臂，若該物體能導電，則通過的電流就會使電表指針擺動。
4. 電阻比較：以  $R_s$  為標準，先調整  $VR_2$ ，使  $W_2$  電橋平衡，再將開關撥至  $R_t$  就可得知那個電阻的大小了。
5. 照度試測：用一個 CdS 光電晶體當作  $R_x$ ，再以標準照度時 CdS 的電阻值為標準，在  $VR_2$  所指之處做一記號，若欲測試別的光源照度之強弱，即可以此為標準，由改變照度使得 CdS 之電阻亦隨而改變，經電橋之作用，由電表上得知其變化。
6. 溫度試測：與照度試測原理相同。不過，將 CdS 光電晶體換成熱敏電阻，且可將電表上之電流讀數與溫度計對照，作成刻度，以後即可直接讀出溫度。
7. 電解質溶液解離程度試測：將電解質溶液所產生的陰陽離子流向測試棒，產生之微弱電流，可由電表上讀出。

#### 四、使用方法：

##### 1. 測謊：

(a) 將  $S_1$ 、 $S_2$  接通， $S_3$  撥至 1，將  $VR_2$  調整至指針轉到一

50  $\mu$  A 爲止。

(b) 將連接於  $J_1$  之兩條導線接至受測人的左右手，再調整  $VR_2$  至指針歸零時爲止。

(c) 開始將設計好的問題對受測者發問，若是說謊，指針便向左右擺動。

## 2. 水質檢查：

(a) 先取一杯純水，用炭精棒和導線與本機相連。

(b) 將  $S_2$  接通， $S_3$  撥至 2，調整  $VR_2$  至指針歸零時爲止，且在  $VR_2$  所指之處做一記號，註明爲純水。

(c) 再取白開水、自來水、雨水、河水等依前法再做一次，分別註明水的種類。

(d) 若有未知水質需檢驗時，便可使指針歸零，而觀察  $VR_2$  所指的地方是什麼水。

## 3. 導通試測：

(a) 將  $VR_2$  撥至 OFF，即切斷  $VR_2$ ，將  $S_2$  接通， $S_3$  撥至 2。

(b) 用接於  $J_2$  之兩根測試棒試測待測物體，若電表指針擺動，則知此電路爲通路。

## 4. 電阻比較：

(a) 將  $S_2$  暫時切斷， $J_1$ 、 $J_2$  各接一電阻， $S_3$  撥至 2。

(b)  $S_2$  接通，調整  $VR_2$  使指針至零，再將  $S_3$  撥至 3，便可由電表指針擺動方向得知兩電阻間的大小關係。

## 5. 照度試測：

(a) 以一個 100W 的白熱燈泡爲標準，在距離 1.5 公尺處用 Cd S 光電晶體對準光源，調整  $VR_2$  至指針歸零。

(b) 若欲檢驗未知照度時，即可以步驟 5 a 中所得  $VR_2$  之刻度爲準，據此以知大概之照度。

## 6. 溫度試測：

(a) 將  $S_2$  撥至 ON，即接通  $S_2$ ， $S_3$  撥至 3， $J_3$  上接一熱敏電阻。

(b) 先取一杯  $100^\circ\text{C}$  的水來，將熱敏電阻放入其中，調整  $VR_2$  至指針指到 +50 處爲止，並在  $VR_2$  所指之處做一記號。

(c)以後要測溫度時，便可由電表的讀數參照數據表而得知對應之溫度。

#### 7. 電解質溶液解離程度試測：

(a)除  $S_3$  以外每個開關均撥至 OFF，即切斷  $S_1$ ， $S_2$ ， $V R_2$ ， $S_3$  撥至 2。

(b)用兩根炭精棒插入待測的電解質溶液中，從電表指針轉動的多少，便可得知此解質溶液電解離出的離子的多少。

#### 五、討論：

1. 本機不僅有以上之用途，尚可試驗電晶體的極性，及溶液發生化學反應時阻值之改變，並可測知直流電壓。
2. 作測謊試驗時，電流計的指針常因皮膚與測試棒接觸面積之改變（拿捏測試棒之用力與否），而使指針稍有擺動，且有些被測者神經過敏，即使不說謊亦呈大幅擺動，也有些人皮膚不易出汗，即使扯下漫天大謊，亦無此由電表偵測得到，故必須在正式詢問前預先培養氣氛，先問一些與主題無關的問題，以便觀察被測者有無神經過敏，然後逐漸進入主題，使受測者緊張，再突然問到中心問題，被測者即會產生正確之反應。
3. 作水質檢查時，發現市售之蒸餾水大多不太純淨，含有少數電解質，本項目實驗所須之純水乃以蒸餾器自行蒸餾而得，且盛裝此蒸餾水的容器，須先以強力洗滌劑清洗之，才可確保水質純淨。
4. 作照度試測時，依據國中物理課本第四冊所記載，照度之單位為 1 米燭光，是距離 1 標準燭光的光源 1 米遠處，垂直於光線的物體表面所得的照度，但對於 1 標準燭光的光度標準，在日常生活或在實驗室中均不知如何獲得，故僅能參照某一標準加以比較，例如一個普通的白熱燈泡 100W 大約有 80 燭光的光度。當然，這樣的結果太嫌簡陋，日後必定再尋機會加以改進之。
5. 作溫度試測時，當然不限於使用熱敏電阻作探針，尚可使用熱電偶作為探針，只要它的電阻大小可隨溫度而變化均可使用。
6. 作電解質溶液離程度試測所產生之疑問最大，作此項實驗所需之電路非常簡單，當初設計它時純粹是為好玩，得到結果後，

翻查國中化學課本第三冊，方知與課本之敘述稍不同，課本上的電路中比本項試驗尚多串聯一電源，使正負離子因異性電荷相吸引之關係分別被負正電極吸引，以致產生電流。而今本項試驗中並無電源，溶液中產生正負離子後，在此溶液中插入二根測試棒（不與溶液起反應者）後，此二測試棒上未帶任何電，應該任何離子均可到達各棒，使二棒均為中性，即二棒間無電位差，亦即無電流產生才對，但結果却相反，「有電流產生！」雖然是 $30\text{ u A}$ 左右的交流電流，但亦足以令我們感到奇怪！希望能有專家先進多予指教！

#### 六、結 論：

1. 本機用途可多達十種以上，只需改變探針即可，亦即只要探針隨欲測之性質而改變電阻，均可使用本機。
2. 本機之能完成，特別感謝本校林校長忠廉、教務主任謝主任森泰的精神鼓勵，設備組長高政雄老師鼎力支持器材方面之借用與供給，教學組長李興華老師，指導老師周大東老師的專有名詞查詢與答覆，還有本校其他物理及化學老師均曾予製作者精神鼓勵。尤其是感謝台北市科展評審委員教授將本件作品入選為特優，鼓舞製作者在電學方面之興趣良多。
3. 最後，本件作品產生之疑問甚多，參見討論各項，還望評審教授或參觀者，能以其豐富之學問與獨到之見識，釋疑一二並大力指教，不勝感荷。

附錄：電橋電路的應用本機全部電路圖：

