

十種簡易電池的製作及其測試效果

楊水平
國立彰化師範大學化學系

壹、簡 介

本文所製作的十種簡易電池的材料絕大部份取自於日常生活的用具或廢棄物，如紙杯、鋁罐、鐵罐、鋁箔包、硬幣、電線、鉛筆、鑰匙、起子和水果刀，以及食鹽和水果等材料組合成單一電池及串聯電池，再與三用電錶互相連接測量其電壓。除此之外，為增加製作的趣味性，精挑細選了三種超低功率的負載（load），其作用是利用簡易電池對負載作功時是否可使小型電算機計算運作，或使小型音樂盒唱生日快樂歌，或使發光二極體發光。

這些簡易電池的組合均有共同的特性，即電池的兩極均為各種不同的金屬、合金或石墨，電解質溶液不是水果汁就是食鹽水。在電池的命名方面，除伏打電池（voltaic cell）外，其餘電池的名稱係利用其材料的特色而命名，僅在本文暫稱，如鐵罐電池、鋁箔包電池和鑰匙電池。

貳、十種簡易電池

以下為十種簡易電池的詳細製作過程，在組合成單一電池後，將連接各種負載測量其電壓，並測試是否可計算運作或發聲發光？然後組合成串聯電池，再進行測量和測試。

為符合一般慣例，紅色導線總是與電池的陰極（或正極）和負載的陽極（或正極）互相連接，而黑色導線總是與電極的陽極（或負極）和負載的陰極（或負極）互相連接。

一、伏打電池

1. 將1小湯匙的食鹽置入紙杯或塑膠杯中，加入約2/3滿的水並攪拌均勻。
2. 取約7公分長的鎂帶插入食鹽水中，並用黑色鱷魚夾咬住於杯緣。另取約7公分長的銅棒或銅線插入食鹽水中，並用紅色鱷魚夾咬住另一杯緣，組合成單一電池，如圖1 - (a)所示。
3. 取四支約7公分長的鋁棒（可取約7公分見方的鋁箔，連續對折五次折成棒狀

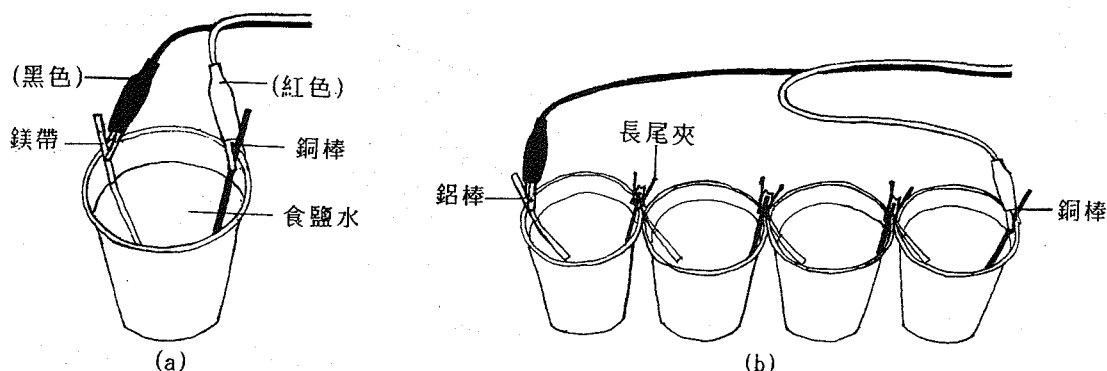


圖 1 伏打電池 (a)單一電池 (b)串聯電池

)，並取四支約 7 公分長的銅棒，利用小長尾夾夾住鋁棒和銅棒組合成串聯電池，如圖 1 - (b)所示。

二、水果電池

1. 取約 7 公分長的鎂帶和銅棒分別插到一塊蘋果（或其他水果或蔬菜）中的不同位置，再用黑色和紅色的鱷魚夾分別咬住鎂帶和銅棒，組合成單一電池，如圖 2 - (a)所示。（鄭華生，民 76 年）
2. 取四支鋁棒和四支銅棒，分別插到四塊蘋果（或其他水果或蔬菜）中的不同位置，利用小長尾夾夾住鋁棒和銅棒組合成串聯電池，如圖 2 - (b)所示。

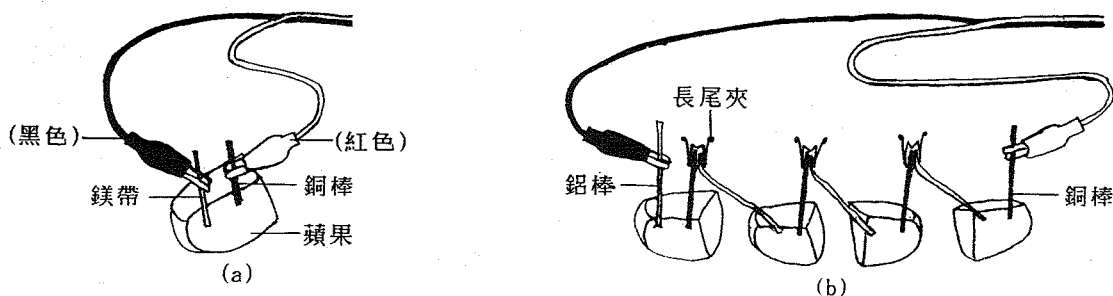


圖 2 水果電池 (a)單一電池 (b)串聯電池

三、鋁罐電池

1. 取一支小水果刀（或小鋼尺或其他硬金屬）插入鋁罐底部，搖動數十次，以便刮掉黏附在罐底上面的塑膠薄片。（愈多次愈佳，但要注意施力，太輕不易刮掉塑膠，太重易割破鋁罐。）然後在鋁罐上端處用鐵釘（或起子）穿成兩個洞口。

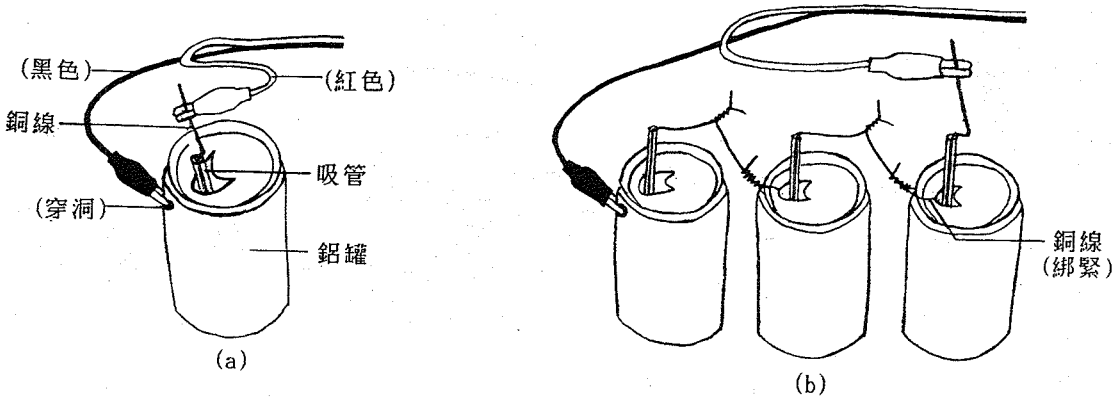


圖3 鋁罐電池 (a)單一電池 (b)串聯電池

2. 在鋁罐內放入約1小湯匙的食鹽，再盛入約 $\frac{1}{2}$ 滿的水並搖盪均勻。
3. 取一支長度比鋁罐高約3公分的吸管，管內插入銅線但不可插到下端管口，再將上端管口的銅線彎成折狀，以避免銅線落下與鋁罐底部接觸，然後把吸管插入鋁罐中。
4. 用黑色和紅色的鱷魚夾分別咬住鋁罐洞口和銅線，組合成單一電池，如圖3 - (a)所示。
5. 製作三個單一電池，利用銅線綁緊鋁罐洞口，再與另一鋁罐在吸管中的銅線互相連接，組合成串聯電池，如圖3 - (b)所示。

四、鐵罐電池

1. 取一支小水果刀(或小鋼尺)插入鐵罐底部並搖動數十次，以便刮掉黏附在底部上面的塑膠薄片。
2. 與三、鋁罐電池的步驟2和3相同。

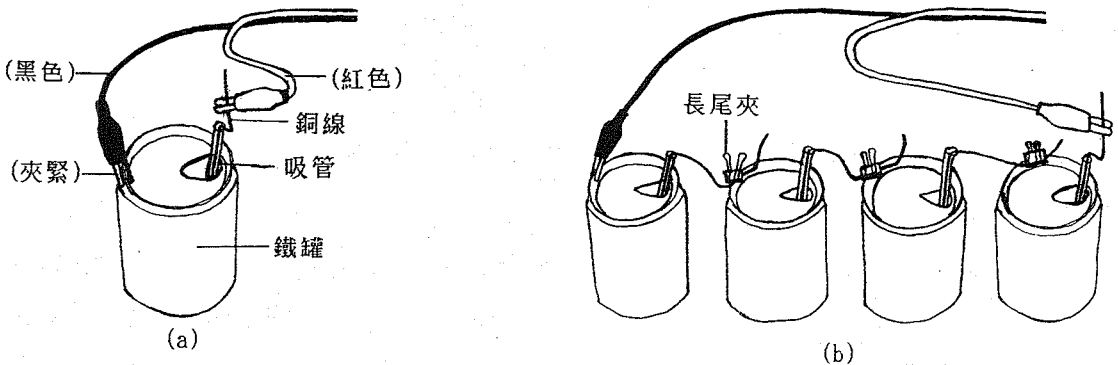


圖4 鐵罐電池 (a)單一電池 (b)串聯電池

3. 用黑色和紅色的鱷魚夾分別咬住鐵罐上端外緣和銅線，組合成單一電池，如圖 4 - (a)所示。
4. 製作四個單一電池，利用小長尾夾將吸管中的銅線與在另一鐵罐上端外緣接觸夾緊，組合成串聯電池，如圖 4 - (b)所示。

五、鋁箔包電池

1. 將一鋁箔包上端的一邊翻開壓成扁狀，再用剪刀剪去邊長約 4 公分的三角形，然後恢復原狀，形成一個大開口。
2. 將大開口的凹處，再用剪刀剪成一面三角旗狀，然後翻面露出鋁箔。
3. 從大開口處放入一支美工刀，輕劃鋁箔包底部和內部周圍約百次（劃太大力會割破鋁箔包）。
4. 從大開口處置入 1 小湯匙的食鹽，再盛入約 $\frac{1}{2}$ 滿的水並搖盪均勻。
5. 取一條銅線插入鋁箔包的吸管中但不要插到下端管口，再將在上端管口的銅線彎成折狀，以避免銅線落下與鋁箔接觸。
6. 用黑色和紅色的鱷魚夾分別咬住三角旗狀的鋁箔和銅線（有時需要用食指和姆指壓緊鱷魚夾，並稍微搖動才能咬緊鋁箔），組合成單一電池，如圖 5 - (a)所示。
7. 製作四個單一電池，將吸管內的銅線穿過另一鋁箔包的三角旗的孔洞並旋轉綁緊，組合成串聯電池，如圖 5 - (b)所示。

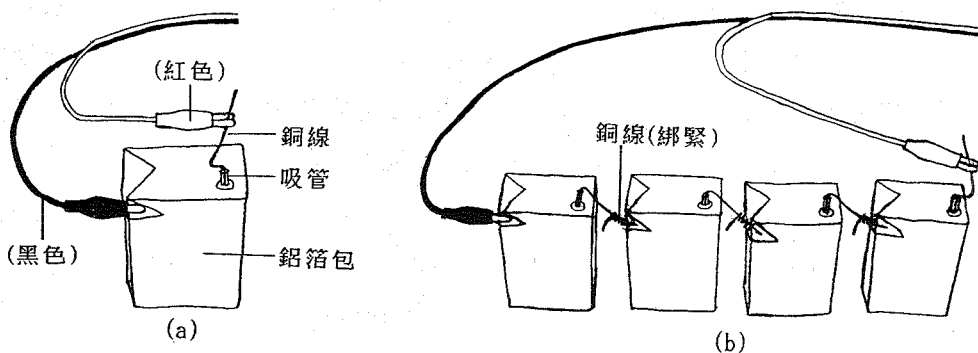


圖 5 鋁箔包電池 (a)單一電池 (b)串聯電池

六、硬幣電池

1. 取一個壹圓、伍圓、拾圓或伍拾圓硬幣放在爐用鋁箔的紙面上，用筆在硬幣的外圍畫一圓圈，再用剪刀依線剪成一圓形。

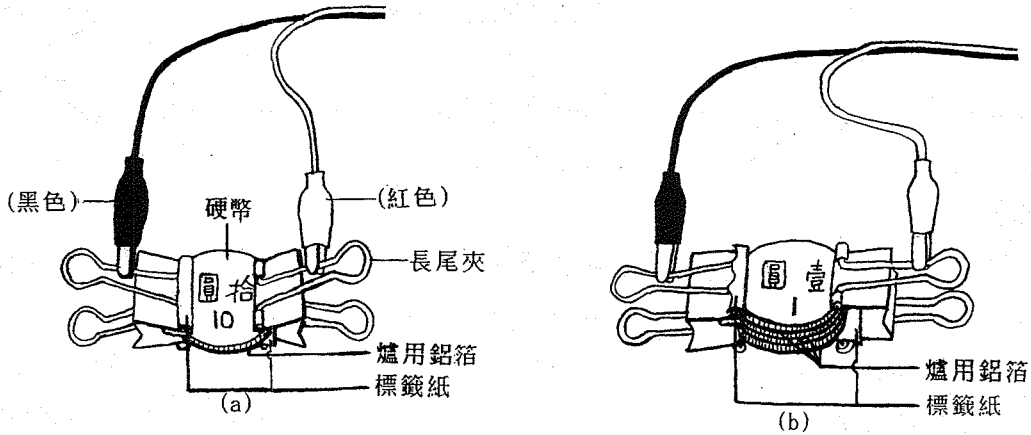


圖 6 硬幣電池 (a)單一電池 (b)串聯電池

2. 用手指沾些食鹽水均勻地塗在此圓形的紙面上數次，使紙面吸水呈微濕狀，再塗少許的膠水，並立即放上硬幣，形成硬幣面和鋁箔面。
3. 取二個大型的長尾夾，在鰲處各貼一張標籤紙以作為絕緣之用。
4. 將長尾夾貼有標籤紙的鰲面夾住硬幣面，並用黑色鱷魚夾咬住此夾；另將一支貼有標籤紙的鰲面夾住鋁箔面，並用紅色鱷魚夾咬住此夾。注意標籤紙的絕緣作用。如此組合成單一電池，如圖 6 - (a)所示。
5. 製作相同硬幣的四個單一電池串聯起來，組合成串聯電池，如圖 6 - (b)所示。

七、電線電池

1. 取一條約 10 公分長的電線，利用尖嘴鉗或剪刀剪去兩端各 3 公分長塑膠外皮。
2. 一端用半張衛生紙（先對折）旋轉包住並捲緊成棒狀，在尾端處用標籤紙環繞綁住衛生紙，再沾些少量的食鹽水呈微濕狀（太濕可用另一張衛生紙吸掉），然後用約 7 公分見方的鋁箔旋轉包住衛生紙並捲緊成棒狀。

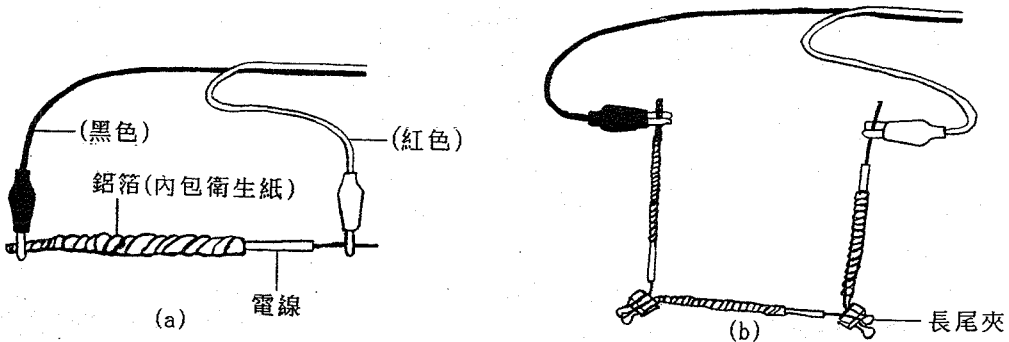


圖 7 電線電池 (a)單一電池 (b)串聯電池

3. 用黑色和紅色的鱷魚夾分別咬住鋁箔和銅線，組合成單一電池，如圖 7 - (a) 所示。
4. 製作三個單一電池，利用小長尾夾夾住一個電池的銅線端和另一電池的鋁箔端，組合成串聯電池，如圖 7 - (b) 所示。

八、鉛筆電池

1. 取一支鉛筆，利用小刀或削鉛筆機將兩端削出石墨（愈長愈好）。
2. 與七、電線電池的步驟 2 相同。
3. 用黑色和紅色的鱷魚夾分別咬住鋁箔和石墨，組合成單一電池，如圖 8 - (a) 所示。
4. 製作三個單一電池，利用小長尾夾夾住一個電池的石墨端和另一電池的鋁箔端，組合成串聯電池，如圖 8 - (b) 所示。

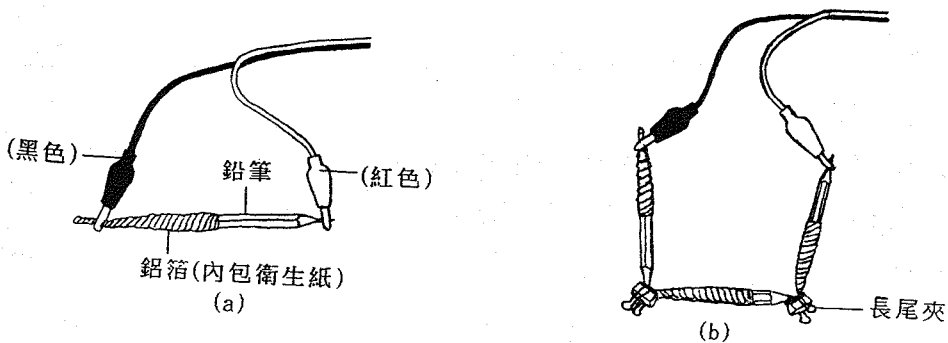


圖 8 鉛筆電池 (a)單一電池 (b)串聯電池

九、鑰匙電池

1. 取一支鑰匙，用半張衛生紙（先對折）旋轉包住並捲緊成棒狀，在尾端處用標籤紙環繞綁住衛生紙，再沾些少量的食鹽水呈微濕狀，然後用約 7 公分見方的鋁箔旋轉包住衛生紙並捲緊成棒狀。注意鋁箔不可完全包住衛生紙，否則會使鋁箔接觸到鑰匙的合金部位形成短路。
2. 用黑色和紅色的鱷魚夾分別咬住鋁箔和鑰匙，組合成單一電池，如圖 9 - (a) 所示。
3. 製作四個單一電池，利用小長尾夾夾住一個電池的鑰匙端和另一電池的鋁箔端，組合成串聯電池，如圖 9 - (b) 所示。

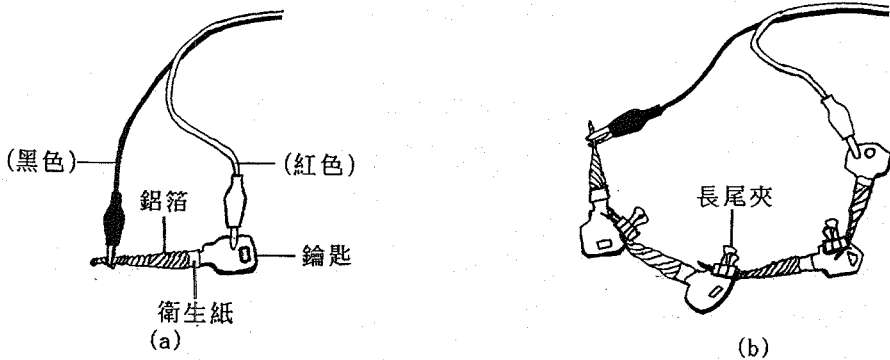


圖 9 鑰匙電池 (a)單一電池 (b)串聯電池

十、工具電池

1. 取一支水果刀或剪刀或其他工具，製作成工具電池，其方法如同九、鑰匙電池的步驟 1。
2. 用黑色和紅色的鱷魚夾分別咬住鋁箔紙和工具的金屬，組合成單一電池，如圖 10 - (a)所示。
3. 製作五個單一電池，利用小長尾夾夾住一個工具的金屬端和另一工具的鋁箔端，組合成串聯電池，如圖 10 - (b)所示。

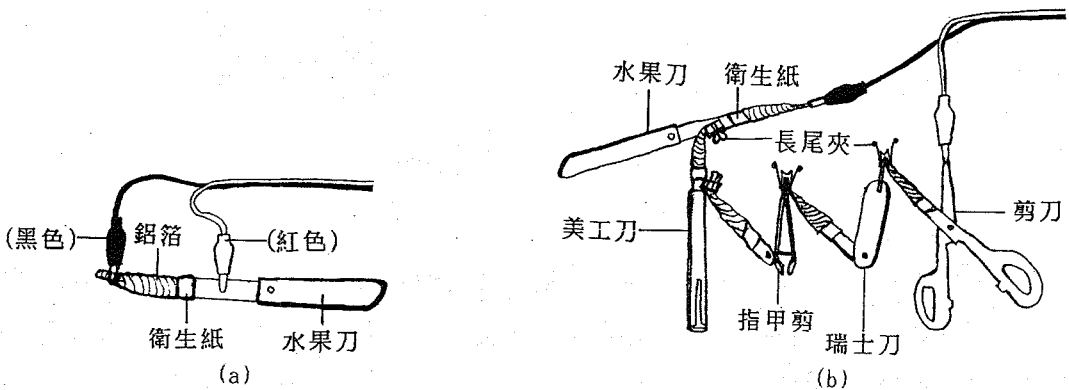


圖 10 工具電池 (a)單一電池 (b)串聯電池

參、各種負載及測試結果

一、各種負載

本文所使用的負載除數字型三用電錶為現成外，其餘三種負載均需要加接或焊接電線，以方便與簡易電池互相連接，如圖 11 - (a)~ 11 - (d)所示。這些負載都是超低功率

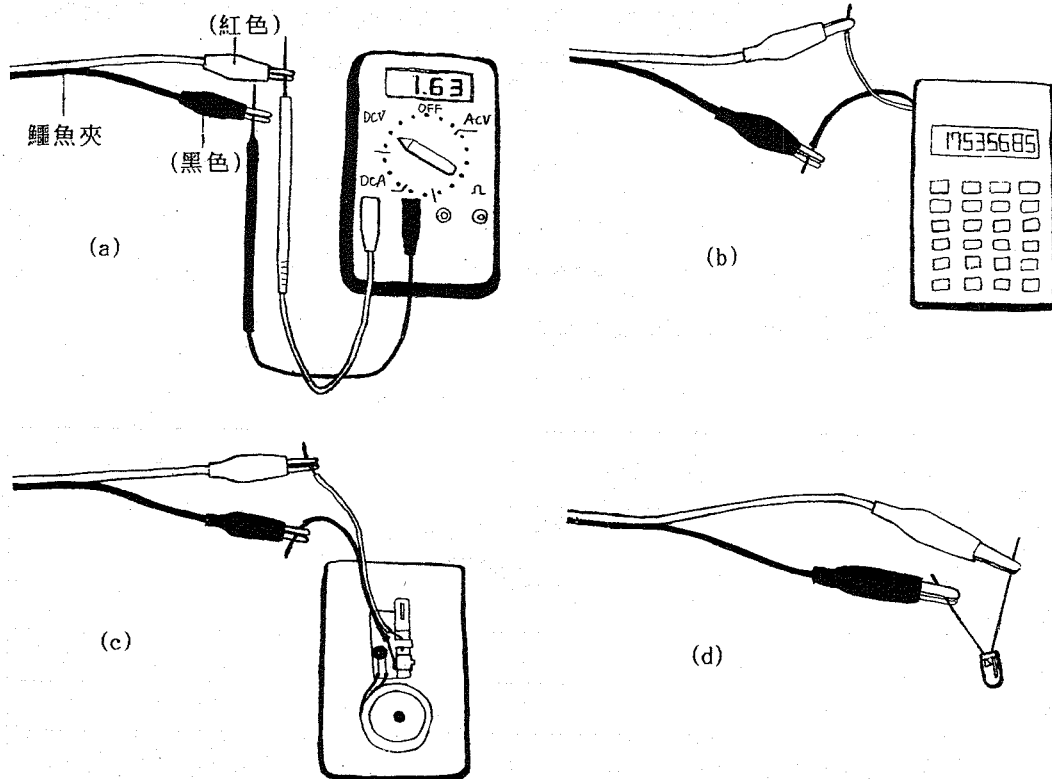


圖 11 各種負載 (a)三用電錶 (b)小型電算機 (c)小型音樂盒 (d)發光二極體

接收者，以各電池產生約 1.5 伏特為例，小型電算機和小型音樂盒的電阻都大於 1×10^7 歐姆，因此其消耗功率都小於 $(1.5)^2 / (1 \times 10^7) \div 2.3 \times 10^{-7}$ 瓦特；而發光二極體的消耗功率不遵守歐姆定律，不過其消耗功率約在 1×10^{-6} 瓦特。

1. 數字型三用電錶

把電源打開並將功能選擇鈕調到 DCV 的適當位置（如 200m 或 2 伏特）。電錶內藏有約 1×10^7 歐姆的電阻。

2. 小型電算機

將電算機的背蓋打開，把水銀電池取走，再加接或焊接電線，亦即將紅色和黑色電線分別接在原放電池的正極和負極的位置上或其延線上，然後將背蓋復原。

3. 小型音樂盒

將生日卡片中的小型音樂盒內的水銀電池取下，再加接或焊接電線，方法與 2. 小型電算機相同。

4. 發光二極體

直接將紅色和黑色導線的鱷魚夾分別咬住二極體較長的導線（正極）和較短的導線（負極）。購買發光二極體時要特別指定超低功率者，否則發光效果不佳。

二、測試結果與討論

就單一電池而言，除鎂銅兩金屬所組合的伏打電池和水果電池的電壓在1.5~1.6伏特間，能使負載計算運算和發聲發光外；其餘電池的電壓在0.3~0.8伏特間，無法發揮預期的效果。就串聯電池而言，串聯電池數目在3~5間，其電壓在1.5~2.4伏特間，均足以使負載發揮良好的效果。如表1所示。

表1 各種電池連接負載的測試結果

電池種類	單一電池						串聯電池						
	負極 陽極	正極 陰極	三用電錶 電壓(v)	小電算機 (運算?)	小音樂盒 (發聲?)	發光二極 體(發亮?)	負極 陽極	正極 陰極	電池 數目	三用電錶 電壓(v)	小電算機 (運算?)	小音樂盒 (發聲?)	發光二極 體(發光?)
伏打電池	鎂	銅	1.5~1.6	佳	可	可	鋁	銅	4	1.9~2.0	佳	佳	可
水果電池	鎂	銅	1.5~1.6	佳	可	可	鋁	銅	4	1.7~1.8	佳	佳	可
鋁罐電池	鋁	銅	0.5~0.6	否	否	否	鋁	銅	3	1.5~1.6	佳	可	可
鐵罐電池	合金	銅	0.4~0.5	否	否	否	合金	銅	4	1.6~1.7	佳	佳	可
鋁箔包電池	鋁	銅	0.6~0.7	否	否	否	鋁	銅	4	2.3~2.4	佳	佳	佳
硬幣電池	鋁	合金	0.5~0.6	否	否	否	鋁	合金	4	2.1~2.2	佳	佳	可
電線電池	鋁	銅	0.5~0.6	否	否	否	鋁	銅	3	1.6~1.7	佳	佳	可
鉛筆電池	鋁	石墨	0.7~0.8	否	否	否	鋁	石墨	3	2.0~2.1	佳	佳	可
鑰匙電池	鋁	合金	0.4~0.5	否	否	否	鋁	合金	4	1.9~2.0	佳	佳	可
工具電池	鋁	合金	0.3~0.5	否	否	否	鋁	合金	5	1.8~2.0	佳	佳	可

依單一電池所測得的電壓視之，來比較各金屬的電離傾向大小或金屬失去電子能力，就伏打電池和鋁箔包電池觀之：鎂>鋁>銅；就鐵罐電池和鋁箔包電池觀之：鋁>合金（鐵成份多）>銅；就鋁箔包電池和鉛筆電池觀之：鋁>銅>石墨，因此，它們的排列順序為鎂>鋁>合金>銅>石墨，這與標準還原電位（得電子的能力）的相反順序是一致的。

不過，值得一提的是各電池所測得電壓與標準還原電位所計算結果差異很大，茲以鋁箔包電池為例加以討論。

電化學中常見的標準還原電位是在保持平衡狀態下所測得的，故稱平衡電位。然而，

常見的實用電池和本文的簡易電池均是在自發性的條件下，而且在非平衡狀態下所測得的，亦即在通路下所測得的，故稱巡路電壓，這種巡路電壓不能滿足電化學的計算，因此，才有兩個半電池所組成的丹尼爾電池的發展。

除平衡與非平衡的不同狀態外，電池的電壓亦受到諸多因素的影響，如兩極的種類、電解質的種類、電解質的濃度和溫度等。本文的鋁箔包電池的兩極為鋁和銅，電解質溶液為氯化鈉溶液，屬單液型電池，所測得電壓為 0.6 ~ 0.7 伏特；而理想條件的化學電池，如兩極為鋁和銅並分別插入由多孔性隔膜隔開的硝酸鋁和硝酸銅溶液所組合的電池，屬雙液型電池，由標準還原電位計算結果為 2.00 伏特〔即 $+0.34 - (-1.66)$ 〕。此二者電位差異很大，主要在於電解質的種類和濃度有著很大的不同之故。

以熱力學自發性反應的觀點而言，鋁箔包電池的兩極反應中，陽極以鋁最易失去電子（被氧化的能力最強）而且陰極以水（不是銅）最易得到電子（被還原的能力最強）。亦即該電池以鋁和水為兩極視之，依能士特公式（Nerst equation）計算 $E_{\text{電池}} = E_{\text{陰極}} - E_{\text{陽極}} = (-0.828) - (-1.66) = 0.832$ 伏特，此值與所測得電壓 0.6 ~ 0.7 伏特較為接近。然而，前者 0.832 伏特與標準還原電位 2.00 伏特的差異也很大，主要在於兩極的種類有著很大的不同之故。

常見的實用電池和本文的簡易電池在使用時，會消耗兩極的氧化劑和還原劑，而改變反應物的濃度，引起電池電壓的變化。通常陰極電位會逐漸下降，陽極電位會逐漸上升，電池會引起極化作用（polarization）而產生相反方向的電壓，亦即造成電池內電阻會逐漸增加，因此所測得的電壓會逐漸下降而不易得到穩定的精確值。

本文的串聯電池的電壓大小與所串聯單一電池的數目約略成正比，如鋁箔包電池的單一電池電壓為 0.6 ~ 0.7 伏特，理論上串聯 4 個電池的電壓為 2.4 ~ 2.8 伏特，其與實際測得值 2.3 ~ 2.4 伏特非常接近，相當符合串聯電池的總電壓等於各單一電池的電壓之代數和的法則。

（以上資料取自如下參考資料）

參考資料

1. 鄭華生，水果電池，科學教育月刊，第 69 期，34-37 頁，民 76 年元月，科學教育月刊社，國立臺灣師範大學。
2. 鄭華生，化學電池基礎概念，科學教育月刊，第 164 期，12-21 頁，民 82 年 11 月同上。

（下轉第 28 頁下）