

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

佳作

031630

廢棄乾電池大變身—燃料電池

學校名稱：南投縣立旭光高級中學

作者： 國二 張維軒 國二 葉宗旻 國二 陳郁勻 國二 湯書閔	指導老師： 陳英田 李佩芬
---	-----------------------------

關鍵詞：電解質、乾電池、燃料電池

廢棄乾電池大變身—燃料電池

摘 要

由實驗可知廢棄乾電池可資源回收再利用的部分達 76% 以上，其中電解質經純化分離可得到有催化劑效果之 MnO_2 ，回收率達 61%，電池鋅殼材質與實驗室用鋅片材質相當，電池碳棒除可當電池之電極外亦是實驗室常用之導電材料，故廢棄乾電池確實可完整的資源回收再利用；在自製之簡易氫氧燃料電池裝置中，我們發現需考量碳電極使用前之適當處理、正負極之集氣區設計、收集氣體量多寡、電池組的封裝以及鎳、Pt 粉之添加與否等問題，電解液之選用則是以濃度為 2 M 的氫氧化鉀溶液為佳，經過努力之後，我們成功以自製的簡易串聯保特瓶氫氧燃料電池裝置使得電子蜂鳴器、LED 燈及鬧鐘開始動作，實驗結果證實廢棄乾電池是可搖身一變成為新的電池明日之星—氫氧燃料電池。

壹、研究動機

甫加入科學研習社，老師交代的第一項作業就要我們自行尋找研究之題材，原本我們想以學校校園內既有的一口水井為研究主題，探討生活周遭之水文地質環境，也開始著手設計水位測量計並開始進行每日紀錄水井水位與天氣變化之關係，經過幾個月之後發現只紀錄水位變化但缺少地質岩層資料無法作更精準之判斷，因此第一項研究題目進行到一半便宣告終結無法繼續進行下去。接著我們搜尋歷屆學長的研究主題與方向時卻有驚奇的發現，學長依據廢物利用之想法以拆解廢棄乾電池之碳棒來自製「碳素送話機」在全國比賽獲得最佳教材獎項之殊榮，但是廢棄乾電池拆解下來之黑色糊狀電解質與金屬外殼卻丟棄在一旁無法確實利用而且還是造成環境之髒亂與污染。因此，我們突發奇想要嘗試將廢棄乾電池的全部組成部位完整回收再利用，改製成題材最新且最具環保概念之氫氧燃料電池，使廢棄乾電池浴火重生再發揮其發電之功效。

貳、研究目的

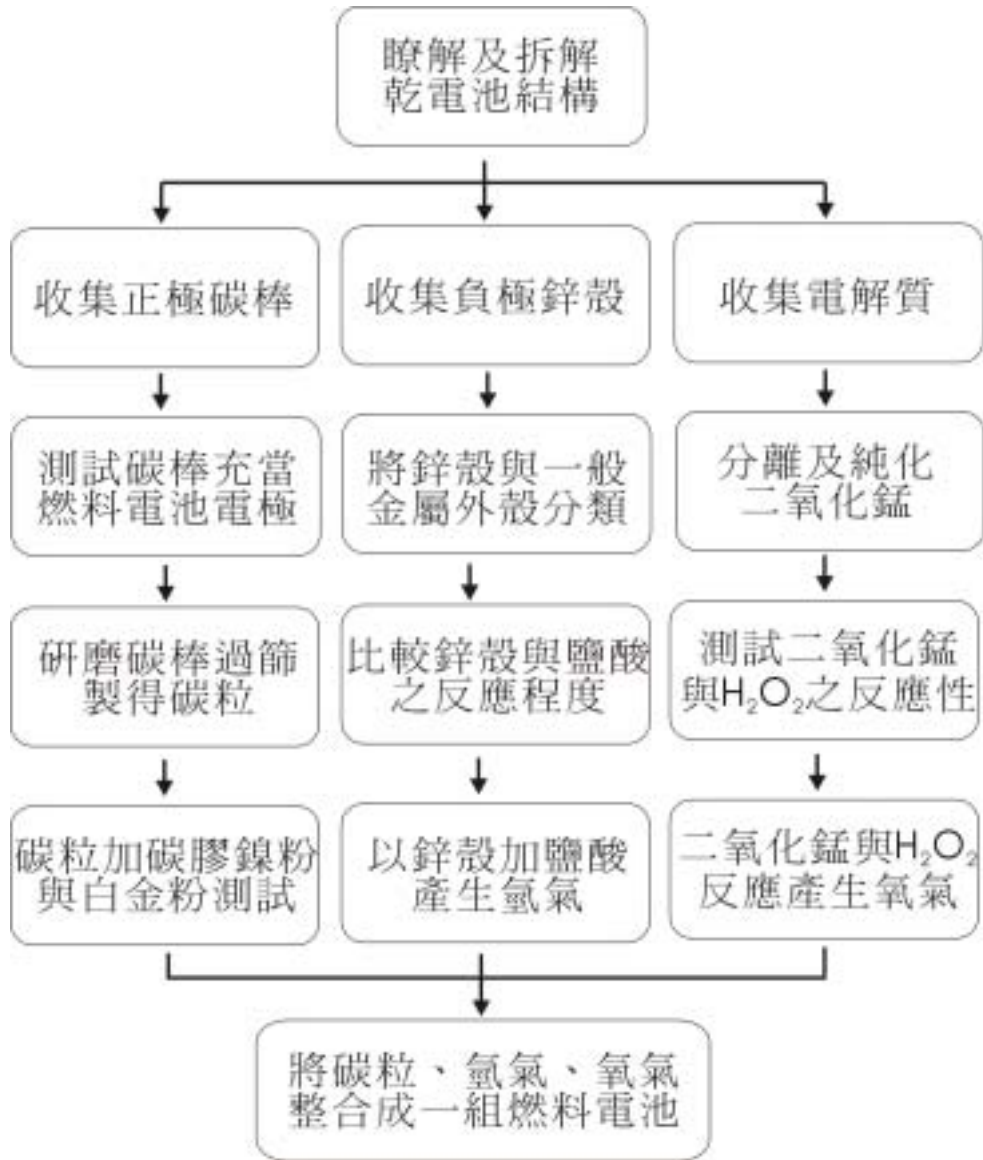
- 一、瞭解乾電池之組成後，將電解質組成成份之二氧化錳純化分離出來並將其化學性質與實驗室購買之試藥級二氧化錳作一比較，探討分離純化效果與再利用之可行性。
- 二、將拆解下來之金屬外殼作分類，將屬於鋅材質之金屬材料與一般實驗室購買之鋅片作一化性分析比較其差異。
- 三、以拆解之碳棒為電極，以幾種不同之電解質如氫氧化鉀、氫氧化鈉與氯化鈉等加入水中形成不同之電解液，以電源供應器實施電解在兩極產生氫氣與氧氣，再將電源移開電解裝置，將電解裝置之兩極接上三用電表，比較所產生電力之差異。
- 四、以分離純化之二氧化錳與雙氧水反應來製造氧氣以及拆解之鋅外殼與鹽酸反應來製備氫氣，再將所產生之氫氣與氧氣通入以拆解碳棒為電極之燃料電池組合裝置，探討研發製備最具環保概念之氫氧燃料電池之可行性

參、研究設備與器材

- 一、**實驗器材**：各式量筒、量瓶(500ml、1000ml)、各式燒杯、鱷魚夾、廢棄乾電池、LED燈、熱熔膠、矽利康膠、鐵氟龍膠帶、保特瓶、底片盒、鹽罐盒、針筒、三向閥、破絲襪、氣泡石、塑膠管、玻璃紙、石墨碳膠、蜂鳴器、濾紙、漏斗、玻棒、研鉢、篩網、麵包板、五金工具、鋼絲絨。
- 二、**實驗藥品**：鎳片及鎳粉(Ni)、鉑粉(Pt)、二氧化錳(MnO_2)、30%過氧化氫(H_2O_2)、12M鹽酸(HCl)、氫氧化鈉(NaOH)、氫氧化鉀(KOH)、氯化鈉(NaCl)、硝酸鎳($Ni(NO_3)_2$)。
- 三、**儀器設備**：電源供應器、恆溫烘箱。
- 四、**測量工具儀器**：電子天平、數字型三用電表、碼錶。

肆、研究步驟與方法

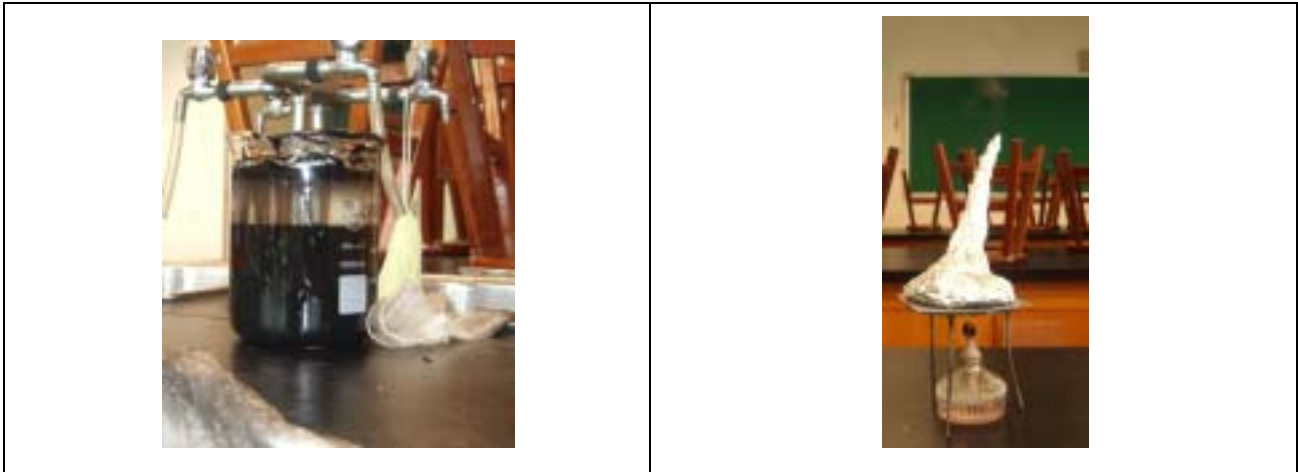
先將從學校學務處衛生組回收之廢棄乾電池拆解之後做分類，依需要分成正極碳棒、負極鋅殼（含包裝金屬外殼）與電解質（含二氧化錳）三大類，我們根據此次最重要之研究目的與所欲探討之問題，我們設計實驗步驟與流程圖（圖一）如下：



圖一、實驗流程圖。

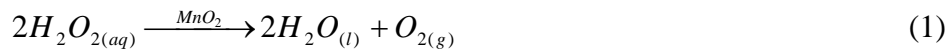
一、 收集電解質分離純化製備二氧化錳。

1. 依據二氧化錳(電解質內物質)的利用，使用鉗子將電池外層的金屬殼剝開後，將內黑色物質取出分成二部分，一為未處理部分，另一部份則加入水，將其可溶解的物質(有氯化氨、氯化鋅及糊狀澱粉等)溶解掉，靜置數分鐘後可以發現溶液會分成上、下兩層，將上層懸浮物質倒掉，用濾紙過濾下層的沉澱物(多為二氧化錳)和水溶液，再經恆溫烘箱烘乾後，最後再經過乾餾(燒掉雜質如澱粉)之過程製得之粉末即是經過處理之電解質中的二氧化錳(如圖二所示)。

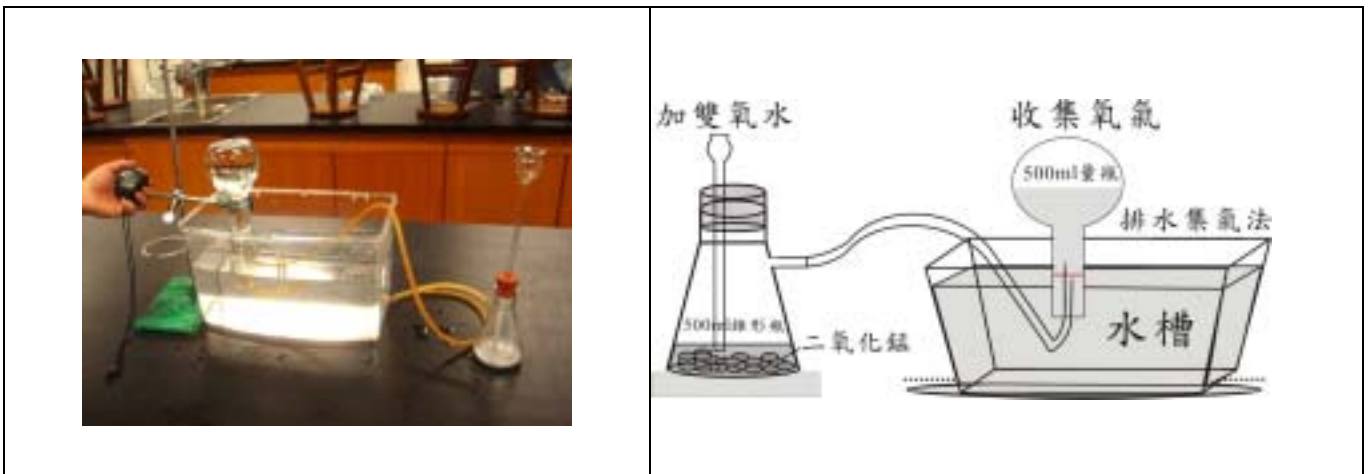


圖二、純化分離靜置分層處理步驟與乾餾過程圖示。

- 將實驗室中之二氧化錳標號為 A ，再加上步驟所收集之二氧化錳分為未處理標號 B 及已處理之二氧化錳標號 C 三種粉末，進行產生氧氣之反應速率實驗（如式 1）。



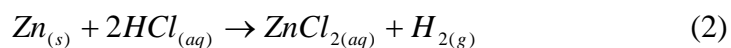
- 取上步驟 2 所述三種定量粉末（1g）與 15% 之雙氧水 20 ml 進行反應，以排水集氣法進行氧氣收集，紀錄以量瓶收集定量 500 ml 之氧氣所需之時間，進行比較三種粉末與雙氧水反應催化製備氧氣收集速率之差異性。實驗裝置如圖三。



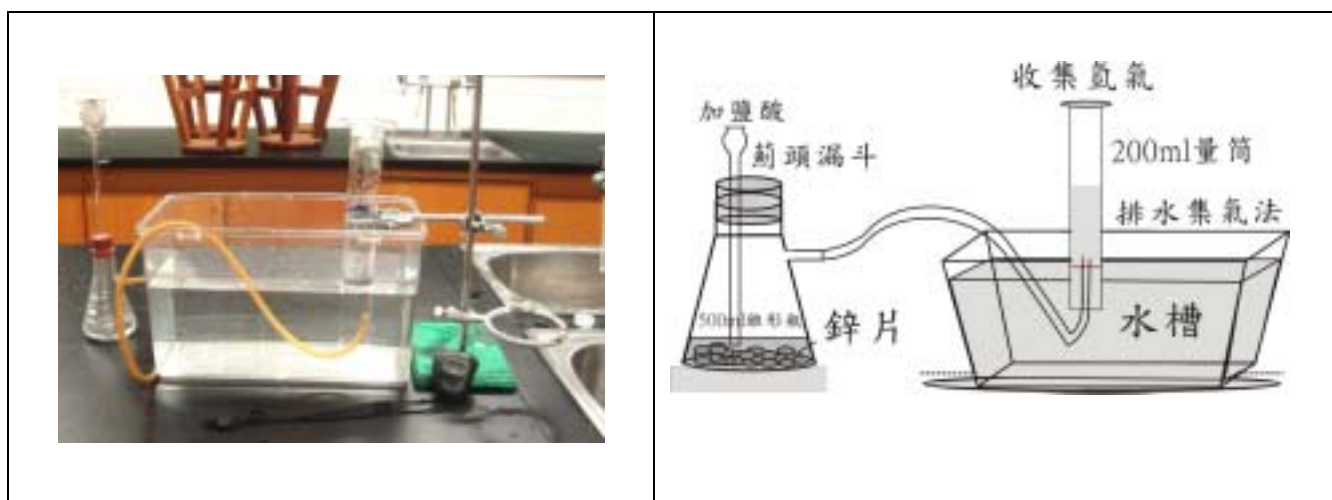
圖三、氧氣收集定量 500ml 之計時紀錄實驗裝置圖示。

二、收集廢棄乾電池之鋅殼。

- 拆解廢棄乾電池，將鋅殼與金屬外殼分開分類處理，除肉眼觀察與實驗室之鋅片作比對之外，亦拿磁鐵測試如可以被吸引則可能為鐵製最外殼，如不被吸引則再與實驗室之鋅片比較外觀判斷是否為鋅外殼。如為鋅殼則保留實驗用，如為鎳、鐵製材質則可以資源回收。
- 將鋅外殼與實驗室鋅片等量（各約 1 cm^2 共 10 片）測試與 30 ml 2.4 M 的鹽酸反應產生氫氣之速率比較，其反應式如下式(2)。



3. 實驗裝置如圖四，紀錄以量筒（此反應速率較快）收集 200 ml 之氫氣所需之時間，比較
 鋅殼未處理 已磨砂處理 重量差異等以及實驗室鋅片與鹽酸反應製氫氣之反應速率快慢

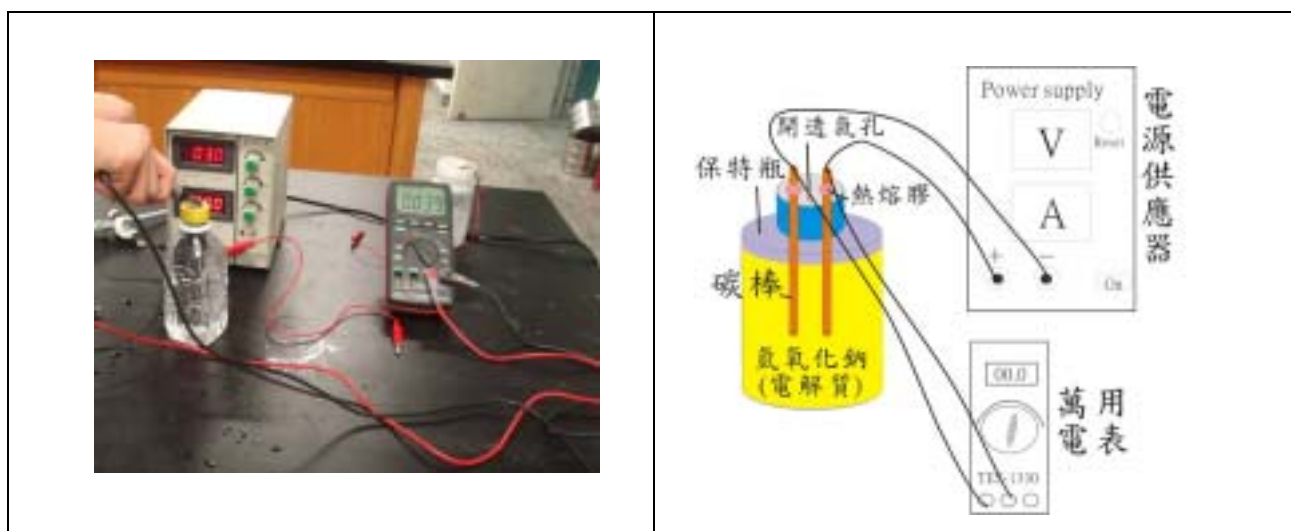


圖四、製備氫氣實驗裝置圖。

- 三、 將拆解下來之碳棒測試是否能充當燃料電池之電極，並嘗試做簡易保特瓶燃料電池之
 實驗設計。

(一). 電解液種類的影響：

1. 拆解電池，將電池碳棒當作電極放入小的保特瓶（350 ml）中當作電極，兩電極
 碳棒以熱熔膠固定距離，並使露出瓶蓋之部份固定約 1cm 高。
2. 分別以固定體積（340ml）且皆為 0.1M 的 NaOH、KOH 及 NaCl 當作電解液。
3. 固定電壓 3V（電源供應器）電解 1.5 分鐘後，將電源關閉，將碳棒兩極分別接
 上三用電表，測量輸出電壓之大小並記錄比較。
4. 實驗裝置如圖五所示。



圖五、碳棒充當燃料電池電極實驗裝置圖。

(二). 電解液濃度的影響：實驗裝置亦如圖五，以 KOH 為電解質。

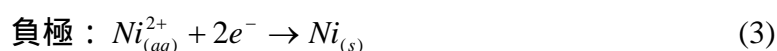
1. 分別調不同濃度 0.5 M、1 M、2 M 及 3 M 之電解液如圖六，由顏色深淺即可約略看出濃度大小不同，經電解固定電壓 3V（電源供應器）電解 1.5 分鐘後，將電源關閉，將碳棒兩極分別接上三用電表，測量輸出電壓之大小並比較其差異。
2. 將上述步驟最佳之濃度記錄之。



圖六、依序調配 0.5 M、1 M、2 M、及 3 M 之 $\text{KOH}_{(aq)}$ 備用。

(三). 將碳電極處理比較差異：以上述步驟之 KOH 溶液最佳濃度，將如下個別處理之碳棒電極輪次更替，固定電壓 3V（電源供應器）電解 1.5 分鐘後，將電源關閉，個別將兩極分別接上三用電表，測量電池輸出電壓之大小並比較之。如下之步驟(1) (6) 樣品準備如圖七所示，實驗裝置亦如上圖五，而如下步驟(7)之實驗因為搗碎過篩後之石墨粒還需包裝，因此其裝置瓶子則改成實驗室藥品用 PE 瓶，裝置如圖八所示。

1. 一般拆解廢棄乾電池之碳棒。
2. 拆解後之碳棒以砂紙磨擦表面。
3. 拆解後磨擦表面，以濃鹽酸酸洗掉金屬雜質後再加火乾餾燒掉雜質如澱粉。
4. 拆解後磨擦表面，以濃鹽酸酸洗後加火乾餾，並以石墨碳膠添加鎳粉。
5. 拆解後磨擦表面，以濃鹽酸酸洗後加火乾餾，並以石墨碳膠添加 Pt 粉。
6. 拆解後磨擦表面，以濃鹽酸酸洗後加火乾餾後，再以 2 M 之硝酸鎳為電解質，將碳棒放在負極，鎳片放在正極，以 9 V 之直流電實施電鍍約 10 分鐘。其反應式如式(3)及(4)，則可在負極之碳棒上電鍍上一層金屬鎳。



7. 拆解後磨擦表面，以濃鹽酸酸洗後加火乾餾，搗碎後以石墨碳膠添加鎳粉，再以破絲襪包裹再加一金屬裸導線外拉出來連接導電裝置。



(A) 碳棒實施電解後量測輸出電壓裝置圖。



(B) 碳棒表面不同處理之樣品準備。

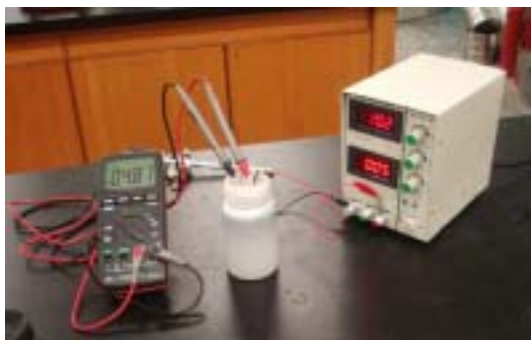


(C) 碳棒實施電鍍鎳裝置圖示。

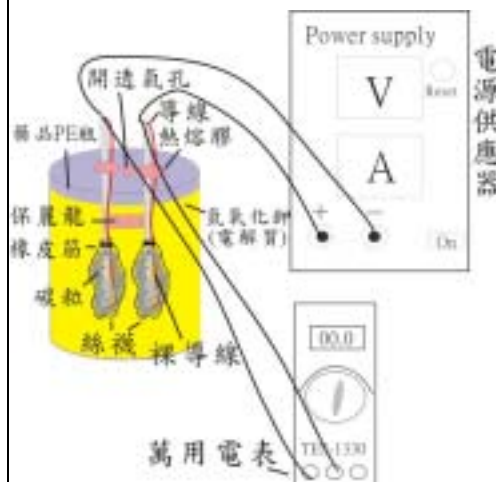


(D) 在碳棒表面度上一層金屬鎳。

圖七、將電池碳棒作適當處理為電解及電池之電極樣品準備圖。



(A) 以碳粒為電極電解後再量測輸出電壓。

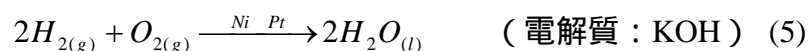


(B) 以碳粒製備為電極之包裝示意圖。

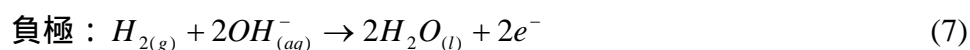
圖八、研磨碳粒為電極及添加鎳粉充當燃料電池電極試驗裝置圖。

四、 將先前研究雙氧水加二氧化錳產生氧氣、鹽酸加鋅產生氫氣等實驗之加入參考，嘗試製作各式氫氧燃料電池模型。

1. 我們知道氫氧燃料電池之化學全反應式如下式(5)：



其正極、負極之反應分別如下式(6)及(7)所示，以 KOH 溶液當電解質之電池液並以鎳或白金當催化劑。



而且反應生成之水為無污染之產物，因此我們將嘗試以廢電池為原料結合國中理化實驗之產生氧氣與產生氫氣之方式來製作設計一氫氧燃料電池組。

2. 設計製作之同時亦比較各燃料電池組之發電功能與效益，並嘗試燃料電池之改良設計與電池組實際運作（如蜂鳴器、LED 燈與其他電器）可能之探討。

伍、結果與討論

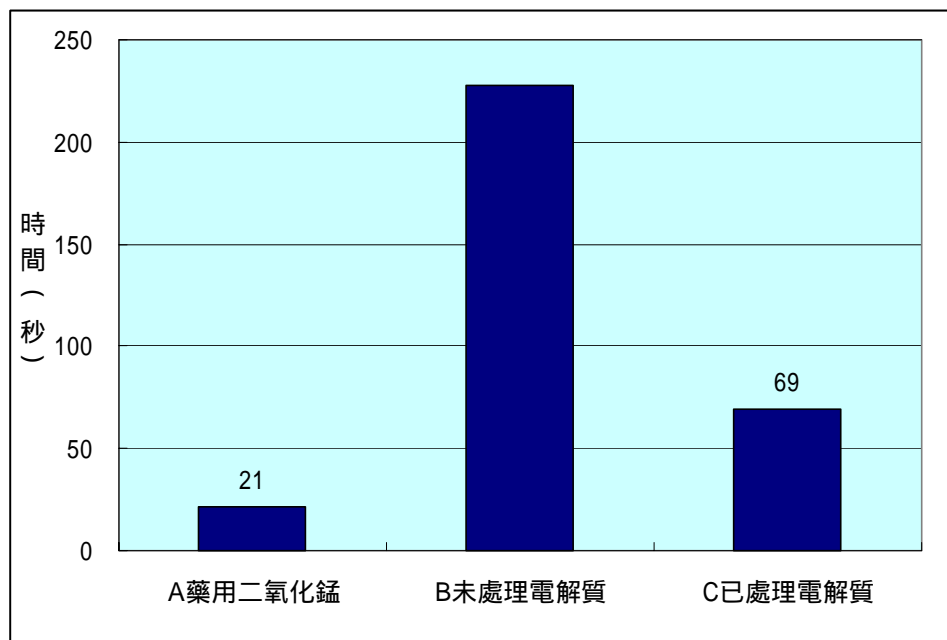
一、收集電解質分離純化製備二氧化錳。

1. 以三種定量粉末 (1g) 與 15% 之雙氧水 20 ml 進行反應, 以排水集氣法進行氧氣收集, 紀錄收集 500 ml 之氧氣所需之時間, 其結果如表一。

表一、不同種類定量粉末收集 500 ml 氧氣所需之時間記錄結果。 單位: 秒

項次	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
A 藥用 MnO_2	30.08	21.72	24.38	15.34	15.03	21.31
B 未處理電解質(MnO_2)	236.63	228.71	214.82	226.53	232.15	227.768
C 已處理電解質(MnO_2)	52.13	53.5	67.68	74.79	98.44	69.308

2. 進行五次後取其平均值結果如圖九所示, 從結果我們可以發現已處理過之二氧化錳確實可以取代實驗室藥用二氧化錳來充當雙氧水分解產生氧之催化劑, 而且已純化分離之二氧化錳效果比未處理之電解質較好。而且我們在實驗過程中亦可發現選用電池電解質 1 公克粉末時, 常因粉末內含物分佈的不均勻造成有時收集時間會有較大之誤差, 所以使用電池電解質需攪拌均勻才適當。



圖九、定量粉末收集 500 ml 氧氣所需之時間平均比較。

二、收集廢棄乾電池之鋅殼。

1. 以拆解三個 1 號電池為基準考量 (如圖十), 我們將三顆廢電池之重量分析如表二。發現其中大部分成份扣除氯化銨、氯化鋅、澱粉及其他成分剩下部分 (76.6%) 皆可回收利用, 其中電解質之重量比例更是佔整個電池的絕大部分, 且經處理簡單過濾烘乾後可以回收的 MnO_2 約佔整個電池的 40%; 而可以被磁鐵所吸引之外包裝鐵、鎳材質金屬, 更是可以回收賣錢喔。

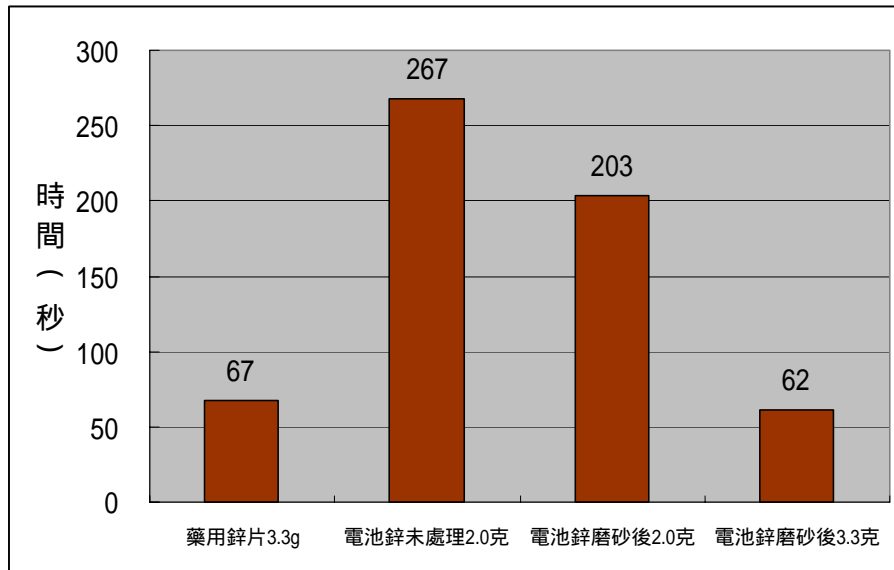


圖十、拆解電池之分類圖示。

表二、以三顆 1 號電池拆解後其重量分析結果。

項次	重量(g)	百分比 (%)	備註
碳棒	17.4	5.9	可當電極材料
鋅殼	67.6	17.2	不被磁鐵吸引
鐵質外殼	40.8	13.8	可被磁鐵吸引
未處理電解質	163.8	55.5	含 NH_4Cl 、 ZnCl_2 、 MnO_2 、澱粉
其他	22.2	7.5	重量損失、包裝部分
已處理電解質 (MnO_2)	100.2	34.0	過濾烘乾後回收佔 61.2 % 約佔總重 40%
三顆 1 號電池總重	294.9	100	可利用部分約佔 76.6%

- 將鋅外殼分別分為未處理 2.0g、以砂紙磨過之鋅殼 2.0g 與以砂紙磨過之鋅殼約 3.3g 以及實驗室鋅片約 3.3g 等量 (各約 1 cm^2 共 10 片) 測試與 30 ml 2.4 M 的鹽酸反應產生氫氣之速率，以三次收集時間平均值比較結果如圖十一。可以知道雖然數量都為 10 片之鋅片，雖然可能表面積差異不大，但是一但鋅片與鹽酸開始反應後，質量多之鋅片仍能繼續反應持續產生氫氣，因此定量收集 200 ml 之氫氣仍是較為快速之反應，而且經過研磨之鋅片反應確實較為快速，甚至由電池回收之鋅片經磨光後，其與鹽酸反應產生氫氣之效果可跟實驗室購買之鋅片與鹽酸反應產生氫氣效率是呈現一樣快之結果。

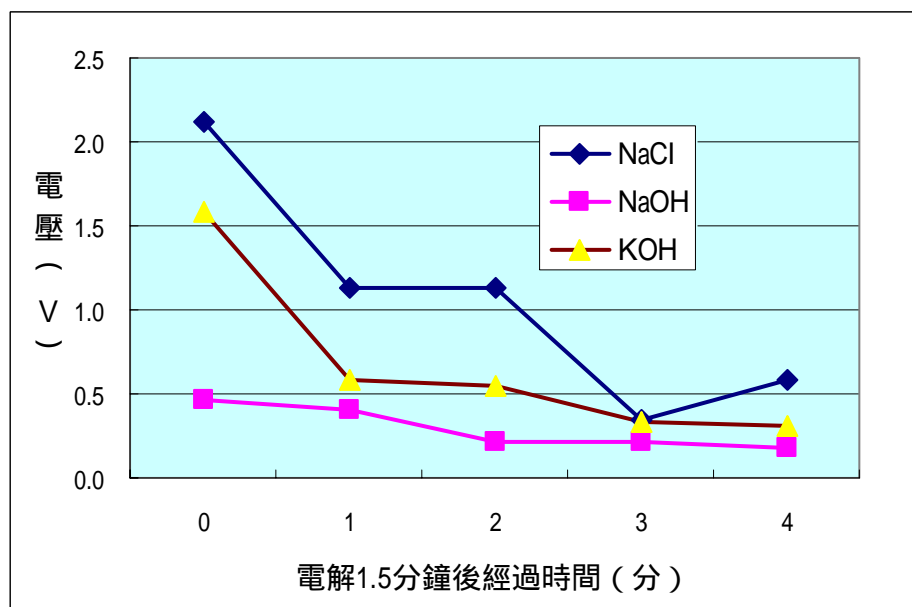


圖十一、以 10 片 1cm^2 鋅片收集 200 ml 氫氣所需之時間平均值比較。

三、將拆解下來之碳棒測試充當燃料電池之電極，試做簡易保特瓶燃料電池之實驗。

(一) 電解液種類影響之實驗結果：

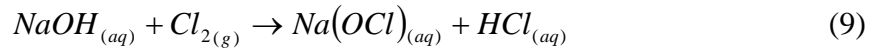
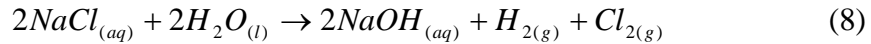
- 分別以固定體積 (340ml) 且皆為 0.1M 的 NaOH、KOH 及 NaCl 當作電解液，實施固定電壓 3V (電源供應器) 電解 1.5 分鐘後，將電源關閉，將碳棒兩極分別接上三用電表，測量電池輸出電壓其結果如圖十二。



圖十二、不同電解質，電解 1.5 分鐘後隨時間測量電壓變化比較圖。

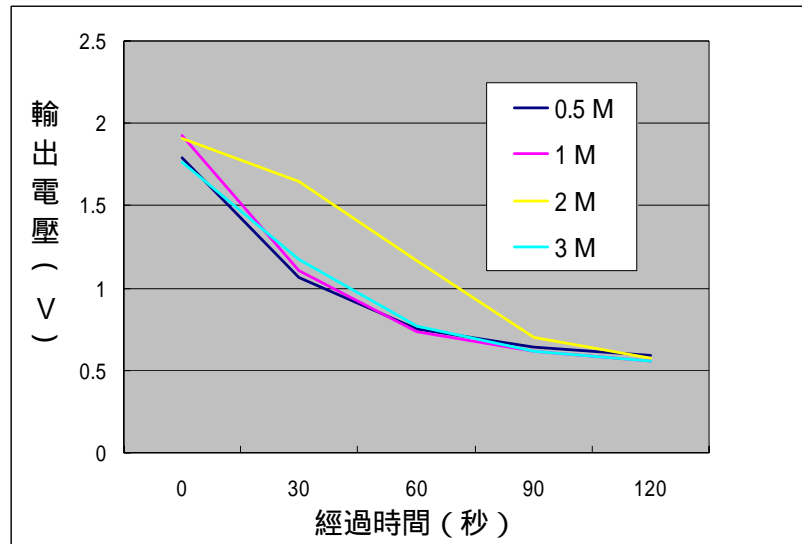
- 結果顯示以氯化鈉與氫氧化鉀效果較好，但隨時間漸增，燃料電池電壓均有逐漸下降趨勢，而氯化鈉到 4 分鐘後又上升一點，經討論後可能是電解 $\text{NaCl}_{(aq)}$ 會有如式(8)之反應產生有害人體健康之氯氣而非電解水，且如在正極、負極之間未

加隔膜會有式(9)的反應。因此，我們選擇氫氧化鉀當作氫氧燃料電池之電解質。



(二) 電解液濃度影響之實驗結果：

1. 分別以不同濃度之電解液，固定其他操作條件，電解 1.5 分鐘後，將電源關閉，將碳棒兩極分別接上三用電表，測量電壓結果如圖十三。

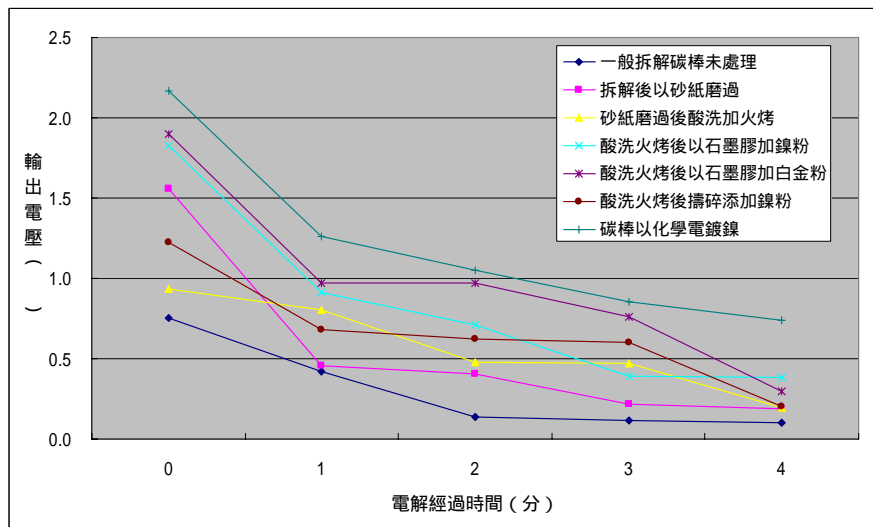


圖十三、固定其他操作條件其濃度與輸出電壓關係圖。

2. 其結果可以看出在濃度 2M 時即有很好之輸出電壓，而濃度愈大相對氫氧化鉀所需之質量即愈大，因此還是選擇濃度 2 M 為後續所需實驗之濃度。

(三) 將碳電極處理比較差異之實驗結果：

1. 我們將碳棒作適當之處理之後，如以砂紙磨光表面、酸洗、火烤、添加鎳粉與白金粉及電鍍鎳等處理，其輸出電壓隨時間變化之結果如圖十四。

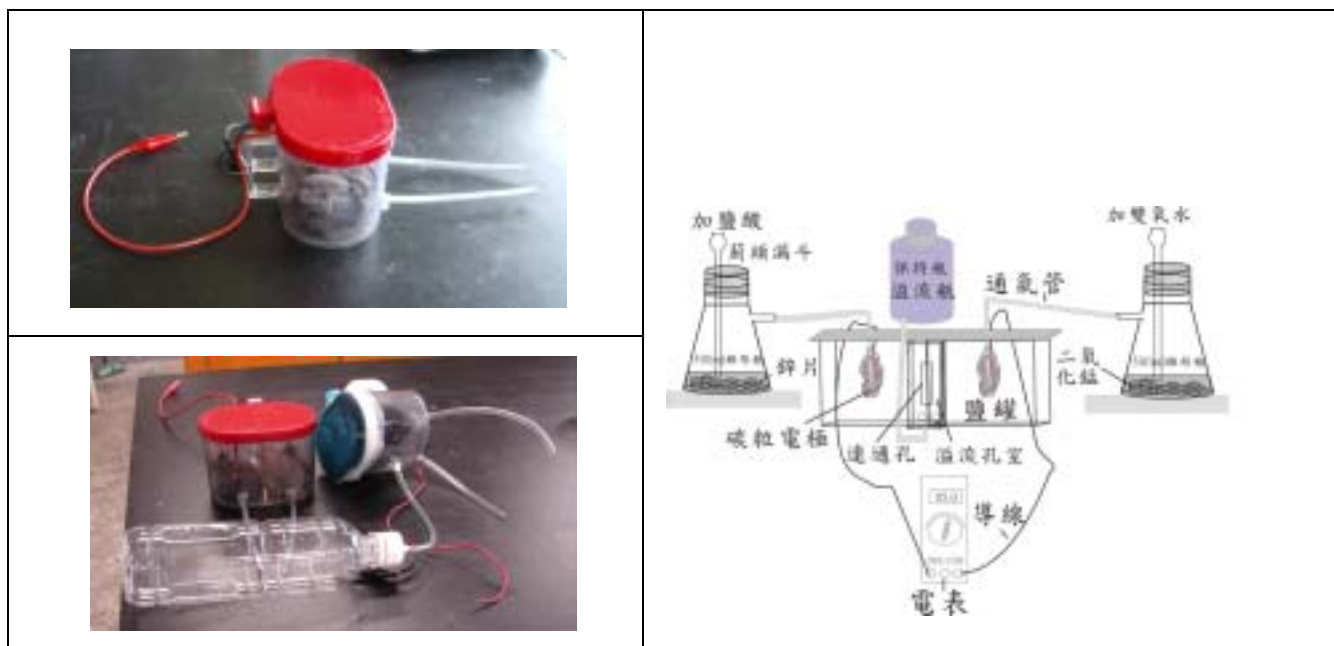


圖十四、碳棒經適當處理之後，其輸出電壓隨時間變化關係圖。

2. 從結果可知道碳棒作適當處理之後當電極時會有較好之電壓輸出表現，而電壓皆隨時間之增加而降低，而且添加鎳粉與白金粉等當催化劑確有其幫助，但是白金粉價格太高（6500 元/g），因此可以選擇添加鎳粉來充當催化劑。
3. 以外加電源之方式實施電解之結果雖然可以獲得氫氧燃料電池之電力輸出，但是畢竟還是以電力方式來轉換化學能再轉換成電能造成能量轉換時的損失，而我們將以通氫氣與氧氣之方式進行燃料電池之燃料補給，由圖十四之結果顯示以電鍍鎳之方式效果為最佳。且可看出以搗碎碳棒當電極之輸出電壓仍有其效果，因此，我們可以進行以外加通入氫氣、氧氣再結合搗碎碳棒為電極之方式進行氫氧燃料電池之組裝。

四、製作各式燃料電池模型，並比較其發電功能與效益，嘗試燃料電池之改良與實作（蜂鳴器、LED 燈與其他電器）之運作可能之結果探討。

1. 第一代發明為鹽罐氫氧燃料電池，因為在逛 10 元的店時發現鹽罐裡面分成擁有三個封閉區域，剛好為正極、負極與溢流區三大區域，因此第一次嘗試即是選擇鹽罐當作設計主體，將左右兩區當作正負極，正負極以碳粒、碳膠、裸電線及鎳粉包覆在氣泡石上，而氣泡石連通通氣管及電線到外面，整組電極組合再以絲襪包覆起來充當電極，中間區當作溢流區，而將兩極區中間之塑膠隔板打穿，切格成一方形區塊透窗，在其上以熱熔膠黏上玻璃紙當作半透膜，防止兩區域氣體之混流也讓電解質可以流通，最後再以熱熔膠封閉整個鹽罐。裝置如圖十五。

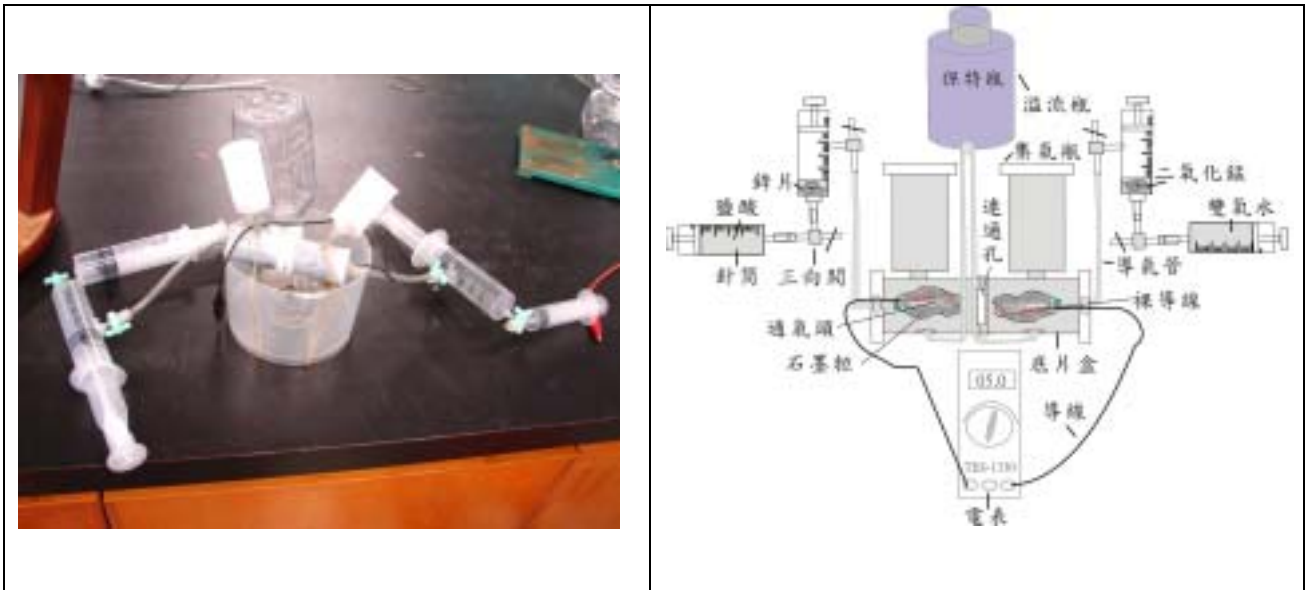


圖十五 第一代設計：鹽罐燃料電池設計模型圖(紅色為正立設計、藍色為倒立設計)。

2. 經通入氫氣與氧氣進入裝有 2 M 氫氧化鉀之鹽罐組時，結果經三用電表測量確

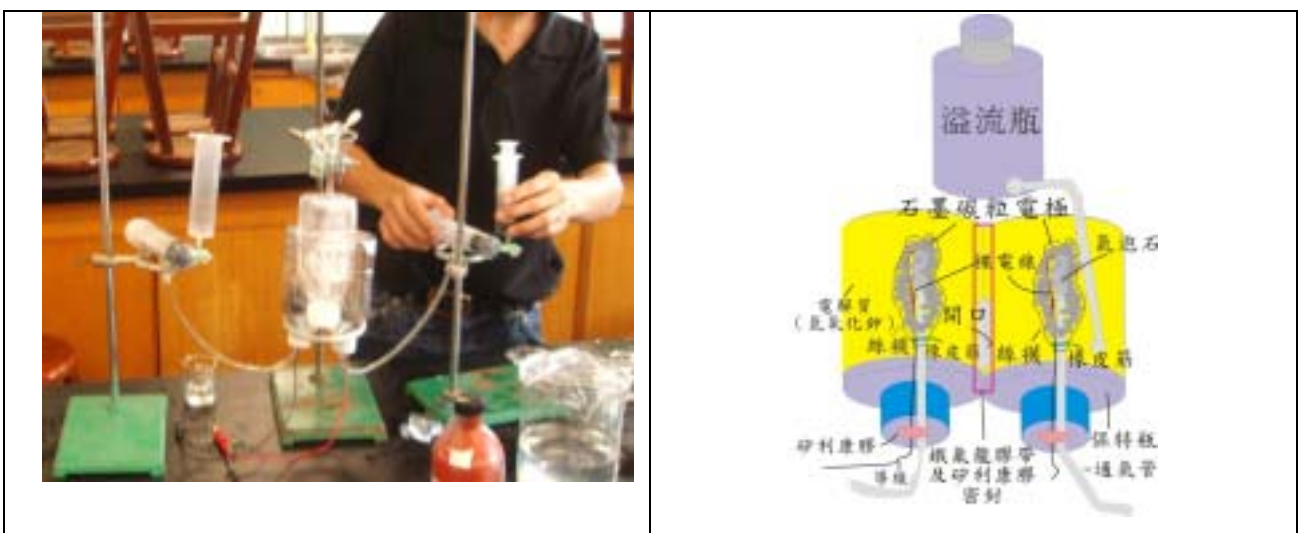
實約有 200 mV 電壓的輸出，但是發現熱熔膠防水效果不佳，而且不論鹽罐正立或倒立設計皆密封不易，且鹽罐體積大佔空間，因此決定改採底片盒為設計重點

3. 第二代設計是以底片盒與針筒為組裝材料，設計重點為輕薄短小且改以矽利康膠進行封裝，也設計當裝有鋅片之針筒吸進鹽酸後，當針筒活塞拉至 20 ml 位置時，剛好跑至三向閥之位置，產生之氣體正好進入通氣管跑至電極區，裝置如圖十六所示，結果顯示集氣瓶太小，致使通入氣體時電解液馬上跑至溢流瓶中，因此正負極只有極少之電解液存在，結果而只有 3.5mV 電壓之輸出。



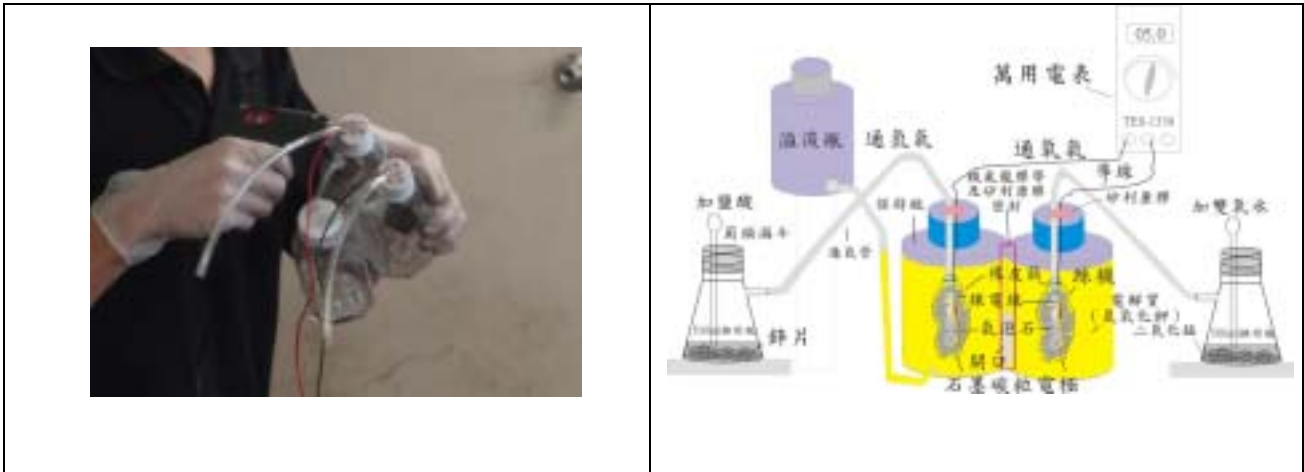
圖十六、第二代設計：針筒型燃料電池。

4. 為解決增大正負極集氣區之問題，決定改採保特瓶型第三代燃料電池設計，裝置如圖十七所示，結果顯示有 0.1 V~0.2 V 之電壓輸出。但是發現針筒型之進氣設計反應太快且針筒型反應體積容量較小，造成氣體進去量太少，因此改回由錐形瓶與薊頭漏斗之組合來進氣，但是倒立設計亦還是密封不易，因此改回正立設計。



圖十七、第三代設計：保特瓶倒立型燃料電池。

5. 第四型設計改回保特瓶正立設計，裝置如圖十八，發現約有 0.2 V~0.3 V 之電壓輸出，但是仍不足以使蜂鳴器鳴叫或 LED 燈亮起，因此想起鉛蓄電池之串聯設計，一個鉛蓄電池裡頭就有 6 組電池組串聯組合，一組有 2 V 因此 6 組有 12V，因此如果將第四代設計串聯成電池組將可以驅使電子產品或電器動作。



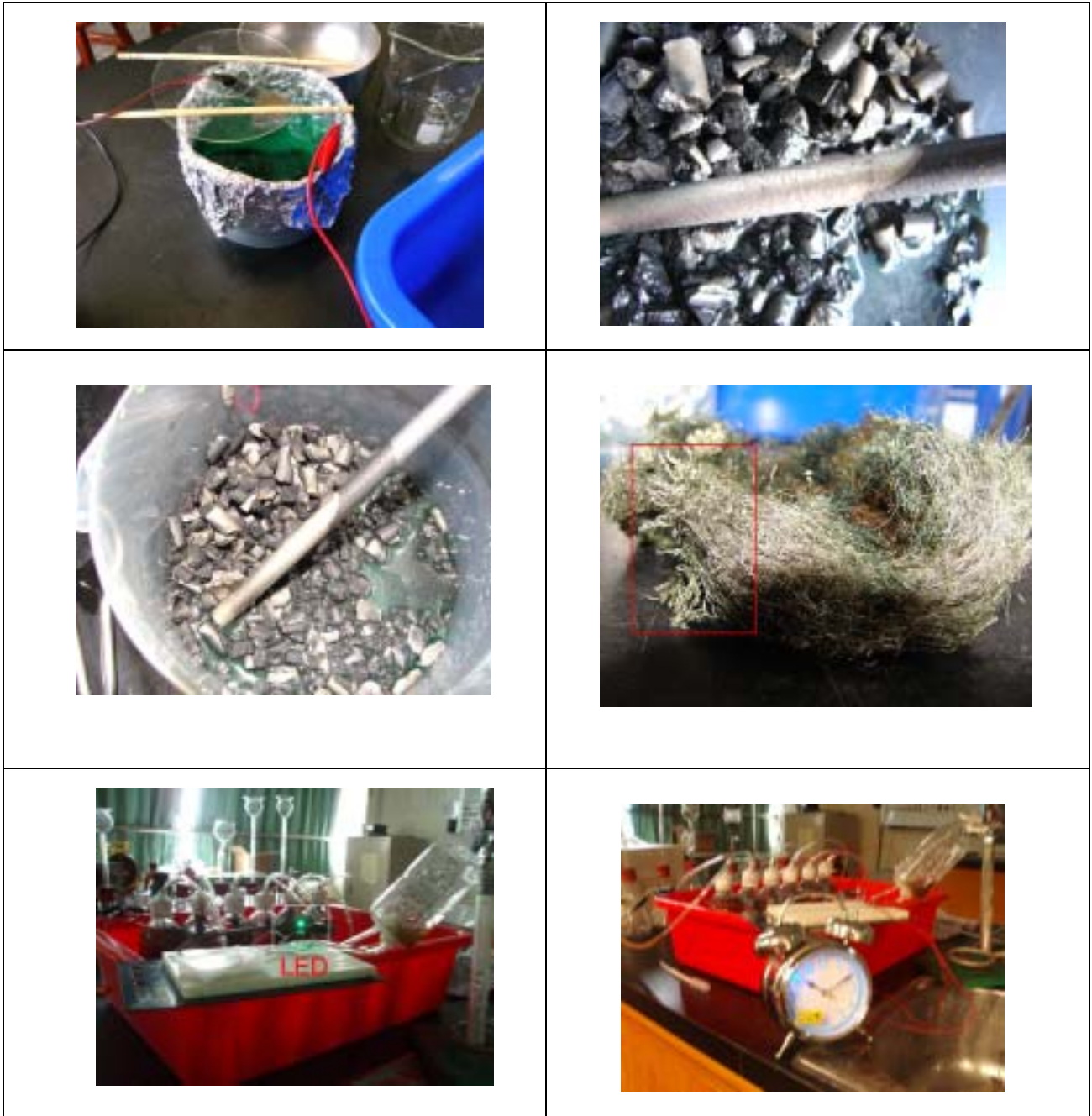
圖十八、第四代設計：保特瓶正立型燃料電池。

6. 為改善輸出電壓改採第五代以 6 個氫氧燃料電池組之串聯設計如圖十九所示，終於獲得 1.2 V 之高電壓輸出同時使得蜂鳴器鳴叫。



圖十九、第五代設計：6 組保特瓶燃料電池串聯設計。

7. 為獲得更好之電壓輸出及參考結論三之電極處理方式，我們選擇以第五代設計為基本原型，再將電極內包之碳粒電極加以如上述之電鍍鎳方式來處理，甚至在包裝電極內再加上電鍍鎳之鋼絲絨期待可以增加儲氫與儲氧之功效，再以一樣是串聯 6 個電池組形成第六代裝置設計之組合，實驗結果發現可以得到更高之電壓 1.5 V 1.8 V 之輸出，甚至可以使得 LED 燈亮起及鬧鐘動作（如圖二十）。



圖二十、第六代設計：電極經電鍍鎳處理之保特瓶串聯設計之燃料電池製作過程與成果。

陸、結論

- 一、廢棄乾電池其中之電解質經適當簡單的純化分離後，可以得到純度不錯之二氧化錳回收再利用，可充當實驗室雙氧水製備氧氣之催化劑。
- 二、廢棄乾電池可以回收再利用的部分高達 76.6 % 以上，其中電解質經處理後再回收二氧化錳可達回收率約 61.2 %，而電池鋅殼之材質與實驗室之鋅片更是極為相似，而碳棒之回收更是因為其導電性質，在實驗室中被廣為利用當作電池電極或電解電鍍之電極，甚至是乾電池外包裝之金屬材質亦是可被磁鐵吸引之鎳、鐵製金屬，可以作適當資源回收變賣賺取零用錢呢。
- 三、而在利用回收物資製備燃料電池之實驗中發現，氫氧燃料電池之電解質以氫氧化鉀為佳，濃度為 2M 以上即可，而欲使用回收之碳棒當電極需作適當之處理，如砂紙磨光、酸洗、火烤乾餾等處理，甚至可以添加或以電鍍方式加上鎳或白金等金屬，使燃料電池達到更佳之電壓輸出效果。
- 四、研製成功的氫氧燃料電池之設計，可以使廢棄乾電池達到更完整之回收再利用，不會使丟棄的鋅金屬外殼及糊狀電解質造成環境的污染。而燃料電池之包裝設計必須考慮電極處理、正負極區集氣區大小、溢流瓶之設計、電池組密閉封裝之處理以及電池組串聯之設計等問題。
- 五、在結合回收二氧化錳與雙氧水作用產生氧氣與回收鋅殼與鹽酸作用產生氫氣以及搗碎回收已電鍍鎳之碳棒等組合製作一氫氧燃料電池之實驗中，我們發現經過適當之材料選擇及處理與多種嘗試之設計，確實可以製作出一使蜂鳴器鳴叫、LED 亮起及鬧鐘響亮之氫氧燃料電池，證明我們可以使一廢棄乾電池搖身一變成為明日閃亮能源環保之星——燃料電池。

柒、未來研究

或許時間與經費允許，我們未來將繼續研究製作更輕薄短小之氫氧燃料電池，期許可以添加其他催化劑或改用鐵氟龍材質之電解質薄膜等貴重材料，期待可以製作出電力更大、使用更耐久之氫氧燃料電池，而使廢棄乾電池回收再利用更為有效，甚至突發奇想如果可以研發只要將廢棄乾電池直接丟到引擎加油裝置中，便可以將電池中的原料成份直接自動分類到所需之燃料區域裡來產生所需之動力，相信在電影「回到未來」的片尾中，出現未來車的燃料是一堆廢棄瓶瓶罐罐與垃圾、水果皮之電影情節，將來可以出現在現實的世界中。

捌、參考資料

1. 圖解燃料電池百科，全華科技圖書，王建義，民 95 年 10 月。
2. 電池組與能源系統，徐氏基金會，張桐生，民 78 年 1 月。
3. 燃料電池與電力儲存系統，復漢出版社，賴耿陽，民 75 年 5 月。
4. 66 個挑戰創意的科學實驗，世茂出版社，瀧川洋二、山村紳一郎，民國 92 年 9 月。
5. 自然與生活科技 6，第 2 章 電與生活，南一書局，民國 96 年 9 月。
6. 自然與生活科技 2 下，第 4 章 反應速率與平衡，康軒書局，民國 96 年 9 月。

【評語】 031630

將廢棄乾電池改裝為燃料電池，構想良好且具有環保意識，如能強化燃料電池的設計，並對產生電壓作定量分析，應有良好的成績。