

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 化學科

040214

阿乾正傳——乾電池的分析、自製及改良

學校名稱： 國立屏東女子高級中學

作者： 高二 賴奐如 高二 蔡智瑄 高二 蔡博琳 高二 阮詩詠	指導老師： 劉嘉欽
---	--------------

關鍵詞：乾電池、電解質、碳棒

## 壹、摘要：

本研究主要是藉由分析乾電池的成分比例，自行製作可使用的乾電池之外，進而再深入探討乾電池中各成分對電壓及電流的影響。實驗發現去除澱粉，加入適當比例之 C 粉及二氧化錳能有效降低自製電池之內電阻，並提高電壓及電流的大小及穩定度。此外改變市售電池碳棒和鋅筒的接觸面積，並在碳棒上鍍上銅、鎳、銀等不同金屬，觀察其對電壓及電流的影響，發現增加碳棒的接觸面積，無法使乾電池電壓及電流增大，但若增加鋅筒的接觸面積，則可使乾電池電壓及電流增大，提高電池的使用效率；鍍適量的銅、鎳或銀在碳棒電極表面，可使乾電池電壓或電流更加穩定，提高電池的使用效率。

## 貳、研究動機：

我們從小使用的乾電池，在許多教科書中，都有提到它的組成構造與放電原理；然而令我們好奇的是，書上寫的組成是真的嗎？按照書上的成分組合真的就能做出能讓燈泡發亮乾電池嗎？我們想親手做做看。此外目前市面上的乾電池雖然價格便宜，但可使用時間較短且電壓不穩定，況且現在全球每年的電池消耗量數以億計，形成另一種龐大的資源浪費，因此我們希望找到能延長乾電池使用時間，電壓維持較穩定的方法，讓乾電池的使用更有效率。

## 參、目的：

- 一、試藉由化學方法分析乾電池的主要成分比例，進而親手做出能使燈泡發亮的乾電池。
- 二、找出能讓乾電池在使用過程中電壓穩定，使用時間延長的方法。

#### 肆、研究藥品與器材：

一、藥品： $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{MnO}_2(\text{s})$ 、 $\text{ZnCl}_2(\text{s})$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{KCl}$ 、 $\text{KNO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 、 $\text{CuSO}_4$ 、 $\text{NiSO}_4$ 、 $\text{AgNO}_3$ 、澱粉、碳粉。

二、裝置：市售電池、Cu 片，Zn 片、燈泡、電線、數位三用電錶、直流電供應器、碼表、電子天秤、燒杯、宣紙、再生紙、牛皮紙、棉花、衛生紙、濾紙。

#### 伍、研究過程及結果與討論：

##### 一、乾電池的分析：

##### (一)主要結構分析：

1.想法：拆解電池了解其內部構造。

2.方法：以螺絲起子將乾電池的外層包裝殼拆開後，觀察其組成。

3.結果：

結構組成（由外而內）	觀察結果
1.外層圓筒狀物質	具金屬光澤、可導電
2.內層紙膜	油狀土黃色的紙膜
3.中間填充物	黑色粉末，略潮濕
4.中心電極棒	黑色固體、可導電

##### 4.討論：

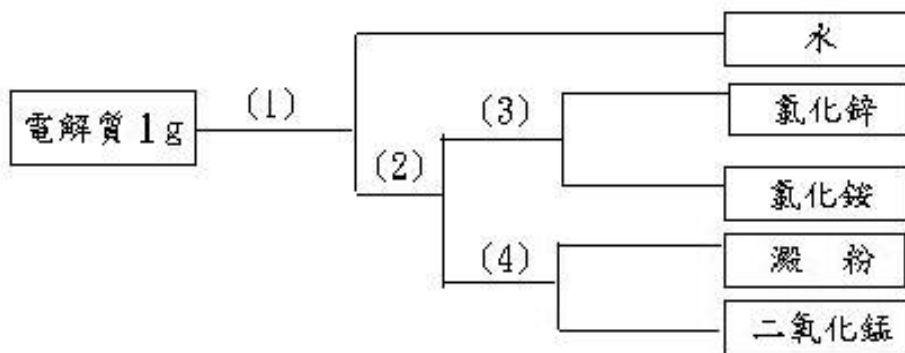
(1)外層圓筒狀物質，應該就是正極成分鋅的金屬，中心黑色電極棒則為負極碳棒。

(2)內層紙膜的應為兩電極間的鹽橋，中間填充物應為電解質，因含有二氧化錳故呈黑色，又因含微量水分故略為潮濕。

(二)電解質成分組成分析：

1.想法：分析中間填充物的組成及比例，可供日後配製參考。

2.分析流程圖：



3.方法及步驟：

(1)取 1 克電解質烘乾測得水的重量。

(2)取烘乾剩下的電解質加水溶解，以濾紙過濾可得濾液（氯化鋅、氯化銨）及不溶的沉澱（澱粉、二氧化錳）。

(3)將硫化鈉加入氯化鋅與氯化銨水溶液中可得硫化鋅沉澱，將沉澱過濾烘乾秤重後，可推算出氯化鋅及氯化銨的重量。

(4)將澱粉、二氧化錳沉澱物烘乾秤重後，再以高溫將澱粉燃燒灰化，將剩餘二氧化錳秤重，並推算出澱粉的含量。

4.分析結果：

	MnO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	ZnCl <sub>2</sub>	澱粉	H <sub>2</sub> O
百分比	37%	6%	28%	15%	14%

5.討論：以上是我們依照教科書中所提到的一般乾電池所含的電解質成分，自行設計

的分析流程，所得到的結果。但實際市售電池是否還含有其他未知成分？甚至與教科書中的成分不同時，分析結果可能需要進一步修正。

## 二、乾電池的自製：

### (一)依分析結果製作乾電池：

- 1.想法：依照分析出來的結果自製電池，想得知是否能製作出與市售電池同等功效的電池。
- 2.組成：電解質：依分析結果配製而成。  
鹽橋：以  $\text{NH}_4\text{Cl}$  飽和溶液浸濕之回收紙。  
鋅殼：市售的乾電池鋅殼。  
碳棒：市售的乾電池碳棒。
- 3.做法：依上述組成製成電池，測試自製電池效果。紀錄自製電池未接電阻前之電壓，以及接上電阻（小燈泡）後之電壓及電流。
- 4.結果：

電池種類	未接電阻	接上電阻	
	電壓(V)	電壓(V)	電流(A)
市售電池	1.553	1.260	0.41
自製乾電池	1.731	0.060	0.04

- 5.討論：自製乾電池未接電阻前的電壓可達 1.73V，但接上電阻後，電壓、電流隨即降至零，燈泡也不會亮。我們推測可能是自製乾電池中，鹽橋或電解質成份有問題，造成電池內電阻太大，故燈泡不會亮。

(二)改變自製乾電池電解質濃度：

1.想法：推測自製乾電池的內電阻太大是因為水分太多造成，因此設計這個實驗探討水分造成的影響。

2.組成：電解質：依分析結果配製，分為加水和不加水。

鹽橋：市售電池之鹽橋。

鋅殼：市售電池之鋅殼。

碳棒：市售電池之碳棒。

3.做法：依上述組成製作電池，操作變因為一顆電解質依分析結果加入 14%水，另一顆不加水。

4.結果：

電解質濃度	未接電阻	接上電阻	
	電壓(V)	電壓(V)	電流(A)
14%水	1.541	0.034	0.02
不加水	1.834	0.052	0.02

5.討論：因懷疑是否為電解質中水分含量太多，而造成電壓及電流極低，因此探討不添加水份後的影響。由此實驗我們發現，增加電解質濃度雖可使電池電壓增加，但內電阻仍極大，接上電路後電壓及電流仍然降至零左右。

(三)尋找較佳的鹽橋紙張種類：

1.想法：從上個實驗的結果得知，水分似乎不是造成內電阻太大的主要原因，因此我們轉而懷疑鹽橋，考慮是不同材質的紙張影響內電阻的大小。

2.組成：電解質：市售電池之電解質。

鹽橋：以  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  飽和溶液浸濕之不同紙張。

鋅殼：市售電池之鋅殼。

碳棒：市售電池之碳棒。

3.做法：將不同材質之紙張浸泡在  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  飽和溶液中做為鹽橋。

4.結果：

紙張種類	未接電阻	接上電阻	
	電壓(V)	電壓(V)	電流(A)
原始紙張(市售乾電池)	1.553	1.260	0.410
再生紙	1.554	0.030	0.120
牛皮紙	1.631	0.112	0.100
棉花	1.549	1.008	0.279
衛生紙	1.608	0.974	0.260
濾紙	1.595	0.507	0.130
宣紙	1.633	0.927	0.290

5.討論：由上面的數據可知以棉花、衛生紙或宣紙做為鹽橋，接上電阻後電壓電流較其他材質高，均為很好的鹽橋材質。但宣紙在未接電阻情況下電壓最高，接上電路後產生的電流也最大，且其厚度較掌控，因此我們選擇宣紙為以下實驗之鹽橋紙張。

(四)尋找較佳的鹽橋溶液種類：

- 1.想法：找出讓電池能放電正常的紙張材質後，我們接著考慮是否能找出更適合的鹽橋電解液。
- 2.組成：電解質：市售電池之電解質。  
鹽橋：以不同飽和溶液浸濕之宣紙。  
鋅殼：市售電池之鋅殼。  
碳棒：市售電池之碳棒。
- 3.做法：將宣紙浸泡於不同之飽和溶液中做為鹽橋。
- 4.結果：

飽和溶液種類	未接電阻	接上電阻	
	電壓(V)	電壓(V)	電流(mA)
NaNO <sub>3</sub>	1.467	0.8	260
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.549	0.84	260
NH <sub>4</sub> Cl	1.593	1.072	305
KCl	1.527	0.84	290
KNO <sub>3</sub>	1.467	0.93	290
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1.480	1.069	150

- 5.討論：NH<sub>4</sub>Cl 較其他電解液效果為佳，推測可能是氯化銨本身為反應物，且參考資料中紀錄 NH<sub>4</sub>Cl 為鹽橋溶液的原因。



(五)使用自製鹽橋：

- 1.想法：測試實驗出的自製鹽橋是否能達到與市售電池同樣的放電功效。
- 2.組成：電解質：市售乾電池電解質。  
鹽橋：以  $\text{NH}_4\text{Cl}$  飽和溶液浸濕之宣紙。  
鋅殼：市售電池之鋅殼。  
碳棒：市售電池之碳棒。
- 3.做法：依上述組成製成電池，操作變因為自製鹽橋。並測試自製電池未接電阻前之電壓，以及接上電阻後之電壓及電流。
- 4.結果：

鹽橋種類	未接電阻	接上電阻	
	電壓(V)	電壓(V)	電流(A)
市售電池	1.553	1.260	0.41
自製鹽橋	1.629	1.385	0.40

- 5.討論：由以上實驗得知，自製鹽橋可使電池維持正常的放電，且可使乾電池電壓上升，效果更好。且我們進一步確認自製的鹽橋，並非造成自製乾電池內電阻過大的原因。

(六)依分析結果配製電解質，使用市售電池之鹽橋：

1.想法：經過上述的實驗我們已經確定鹽橋並非造成電池內電阻太大的因素，進而推測出內電阻太大應是中間電解質造成，所以設計此實驗以證實我們的推測。

2.組成：電解質：依分析結果配製而成。

鹽橋：市售電池之鹽橋。

鋅殼：市售電池之鋅殼。

碳棒：市售電池之碳棒。

3.做法：依上述組成製成電池，操作變因為自製電解質。並測試自製電池未接電阻前之電壓，以及接上電阻後之電壓及電流。

4.結果：

電解質種類	未接電阻	接上電阻	
	電壓(V)	電壓(V)	電流(A)
市售電池	1.553	1.260	0.41
自製電解質	1.541	0.034	0.02

5.討論：由以上實驗發現，使用自製的電解質會造成電壓及電流急速下降，我們進一步確認自製的電解質是使電池內電阻增大的主要原因。如何改變電解質的組成使內電阻降低，是進一步需解決的問題。

(七)電解質中加入 C 粉的影響：

1.想法：我們依據一份網路資料發現碳粉能夠有效降低電池的內電阻，因此我們在原先的電解質中加入不同比例的碳粉，以觀察其變化。

2.組成：(單位：g)

C 粉(變因)	MnO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	ZnCl <sub>2</sub>	澱粉	H <sub>2</sub> O
1.0	7.4	1.2	5.6	3.0	2.8
2.0	7.4	1.2	5.6	3.0	2.8
1.5	7.4	1.2	5.6	3.0	2.8
2.0	7.4	1.2	5.6	3.0	2.8

3.做法：依上述組成製成電池，操作變因為加入 C 粉比例。並測試自製電池未接電阻前之電壓，以及接上電阻後之電壓及電流。

4.結果：

含 C 百分比	未接電阻	接上電阻	
	電壓(V)	電壓(V)	電流(mA)
5%	1.635	0.008	10
10%	1.554	0.014	10
15%	1.400	0.015	10
20%	0.700	0.002	0

5.討論：加入碳粉無助於電池提高電壓及電流，內電阻仍然極大，推測有可能為分析之成分有誤，或是電池中的某成分造成內電阻太大。

(八)探討電解質中成分對內電阻之影響：

1.想法：依比例逐次加入各成份的電解質，找出接上電阻後電壓電流下降的原因。

2.組成：電解質：依下表成分的比例配製。

鹽橋：以  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液浸濕之宣紙。

鋅殼：市售電池之鋅殼。

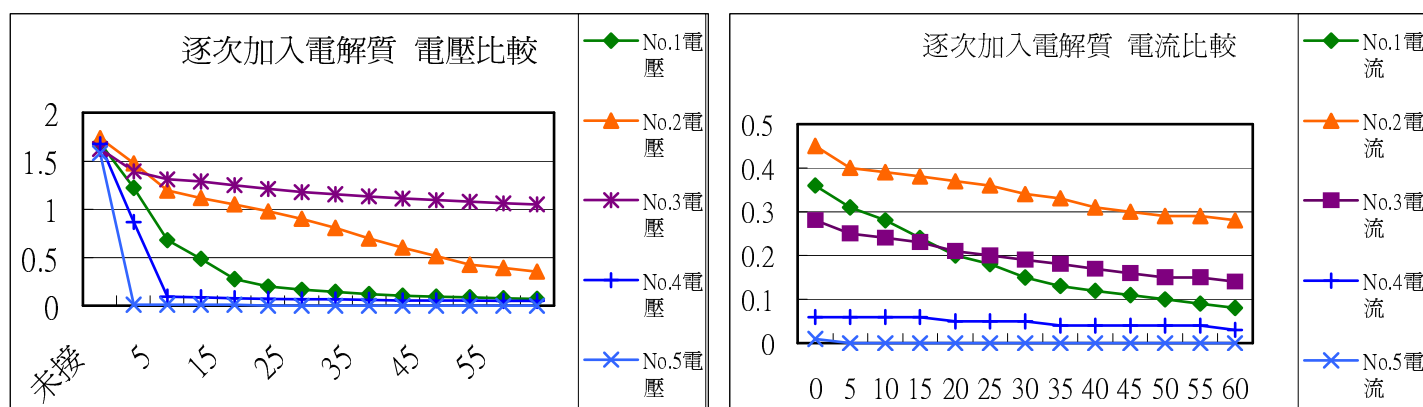
碳棒：市售電池之碳棒。

(單位：g)

	C 粉	MnO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	ZnCl <sub>2</sub>	澱粉	H <sub>2</sub> O
No.1	5.4	5.4	0.0	0.0	0.0	2.0
No.2	5.4	5.4	0.8	0.0	0.0	2.0
No.3	5.4	5.4	0.8	4.2	0.0	2.0
No.4	5.4	5.4	0.8	4.2	2.2	2.0
No.5	0.0	5.4	0.8	4.2	2.2	2.0

3.做法：依分析結果配製，以 C 粉和 MnO<sub>2</sub> 為基準，逐次加入分析出的成分。並測試自製電池未接電阻前的電壓，以及接上電阻後之電壓及電流。

4.結果：



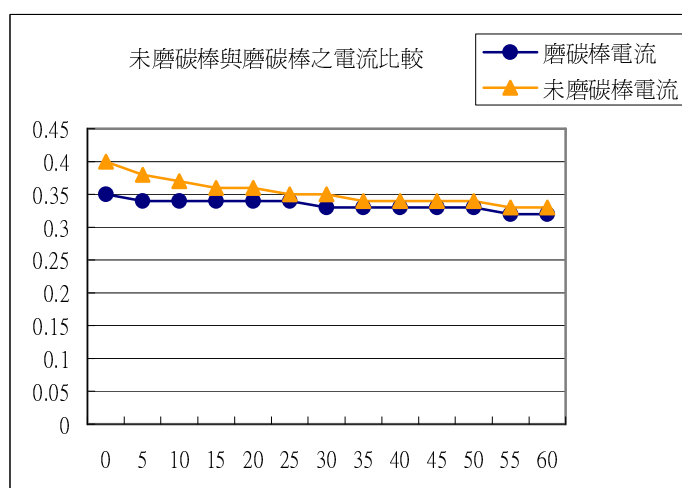
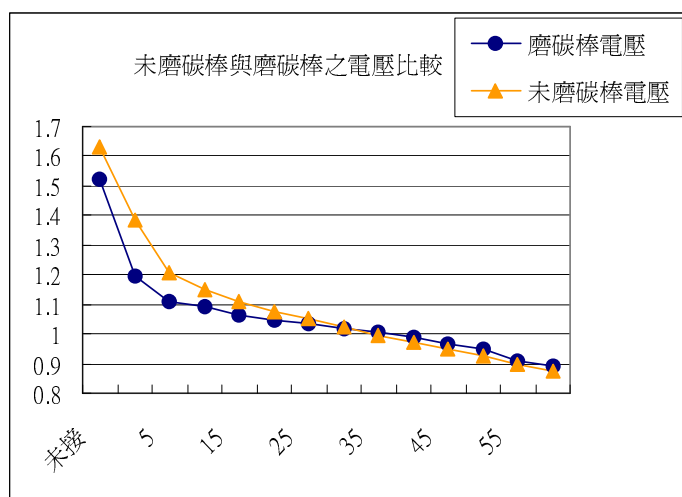
5.討論：

- (1)由實驗 No1 及 No2 可知，電解質中加入  $\text{NH}_4\text{Cl}$  可使電壓及電流增大。
- (2)由實驗 No1 及 No3 可知，電解質中加入  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{ZnCl}_2$  可使電壓更高，且漸趨穩定。
- (3)由實驗 No3 及 No4 可知，電解質中加入澱粉，會使電壓及電流急速下降，原來澱粉是造成自製乾電池內電阻過大的主要原因。
- (4)由實驗 No4 及 No5 可知，電解質中未加 C 粉，會使電池無法使用。

### 三、乾電池的改良

#### (一)增加碳棒的接觸面積：

- 1.想法：藉由磨碳棒增加碳棒與電解質的接觸面積，觀察是否可提高電池的電壓、電流或放電的穩定度。
- 2.組成：電解質：市售電池之電解質。  
鹽橋：以  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液浸濕之宣紙。  
鋅殼：市售電池之鋅殼。  
碳棒：刮磨過之市售電池之碳棒。
- 3.做法：將市售電池之碳棒以砂紙磨粗後製成電池，接上電阻放電觀察 1 小時。
- 4.結果：



#### 5.討論：

- (1)經由刮磨後的碳棒電壓初時低於未磨碳棒的電壓，而其電流也未增大。
- (2)由此實驗可知增加碳棒的接觸面積，不能使乾電池電壓及電流增大，無法提高電

池的使用效率。

(二)增加鋅殼的接觸面積：

1.想法：藉由磨鋅殼增加鋅殼與電解質的接觸面積，觀察是否可提高電池的電壓、電流或放電的穩定度。

2.組成：電解質：市售電池之電解質。

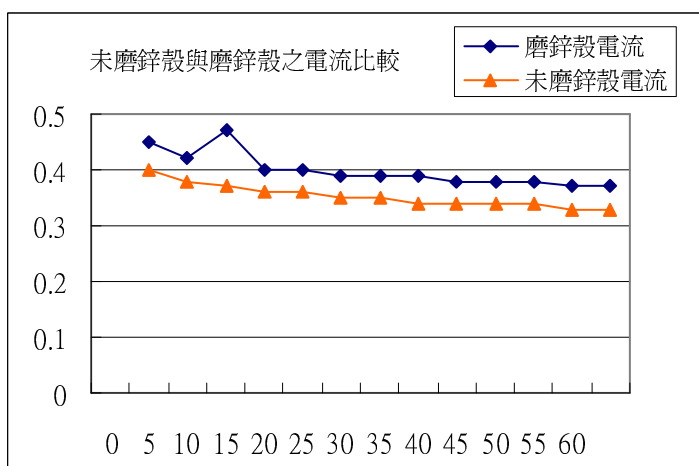
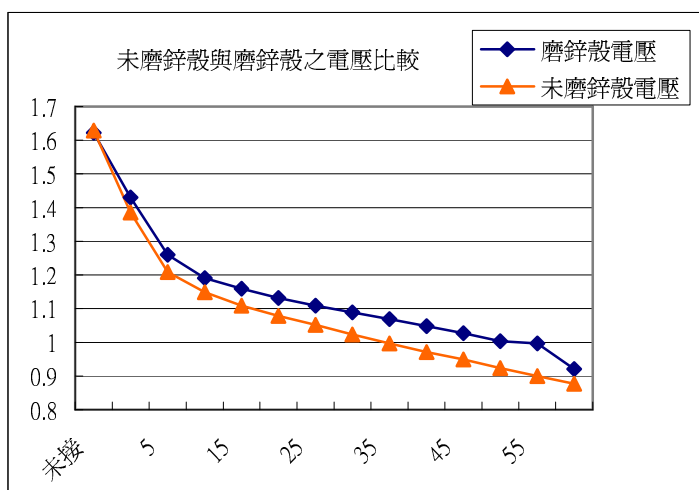
鹽橋：以  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液浸濕之宣紙。

鋅殼：刮磨過之市售電池之鋅殼。

碳棒：市售電池之碳棒。

3.做法：將市售電池之鋅殼以砂紙磨粗後製成電池，接上電阻放電觀察 1 小時。

4.結果：



5.討論：

(1)經由刮磨後的鋅殼電壓及其電流會高於於未磨鋅殼的電壓，推測原因可能是增加接觸面積致使反應變快所造成的。

(2)由此實驗可知增加鋅殼的接觸面積，可使乾電池電壓及電流增大，提高電池的使用效率。

### (三)碳棒上鍍銅：

1.想法：由於在電池反應中，陰極碳棒的反應會產生氫氣，阻礙反應，致使電壓、電流下降，所以我們推想在碳棒鍍上一些金屬催化劑，觀測是否可藉此反應掉一些氫氣，提高電池的使用效率。

2.組成：電解質：市售電池之電解質。

鹽橋：以  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液浸濕之宣紙。

鋅殼：市售電池之鋅殼。

碳棒：鍍上銅之市售電池之碳棒。

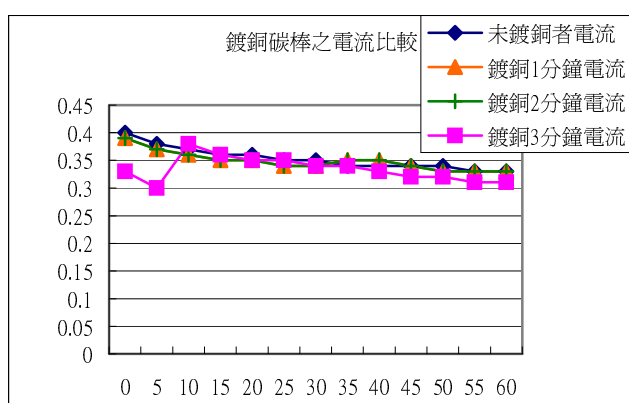
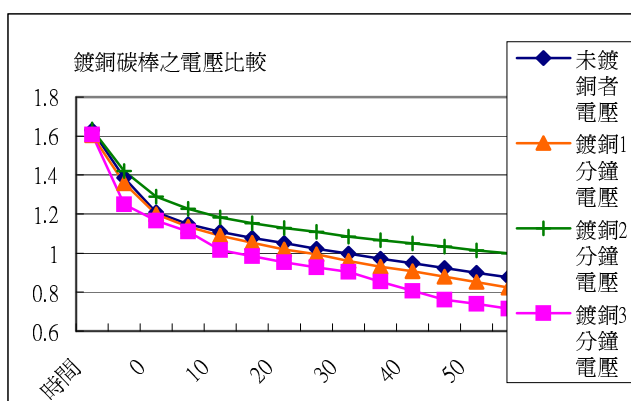
3.做法：

(1)調製電鍍液：100ml 蒸餾水加入 2.5g 之硫酸銅，混合成 0.1M 之硫酸銅溶液。

(2)將碳棒刮磨使表面粗糙利於金屬離子附著。

(3)以直流電源供應器提供 0.1A 之電流，分別以不同時間電鍍碳棒，製成電池。

4.結果：



5.討論：

(1)根據圖表得知，碳棒鍍銅 2 分鐘電壓最高，會高於未鍍銅者，而鍍 1 分鐘者則會低於之，3 分鐘者又更次之，四者之電流極為相似。

(2)由此實驗可知鍍適量的銅在碳棒電極表面，的確可使乾電池電壓穩定，提高電池的使用效率。

#### (四)碳棒上鍍鎳：

1.想法：將碳棒改以鍍鎳，觀察其效果。

2.組成：電解質：市售電池之電解質。

鹽橋：以  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液浸濕之宣紙。

鋅殼：市售電池之鋅殼。

碳棒：鍍上鎳之市售電池之碳棒。

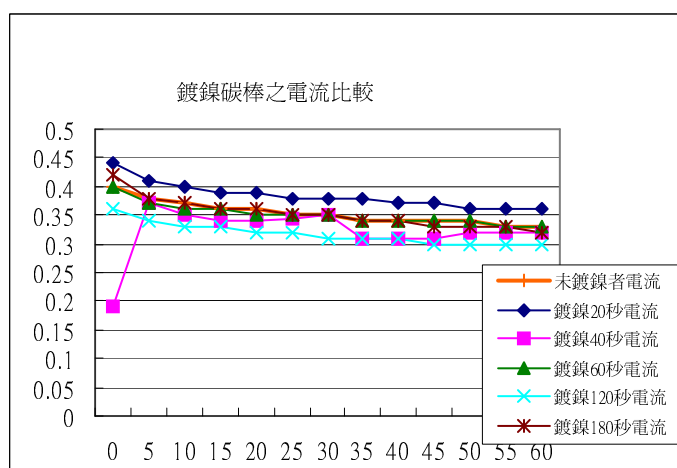
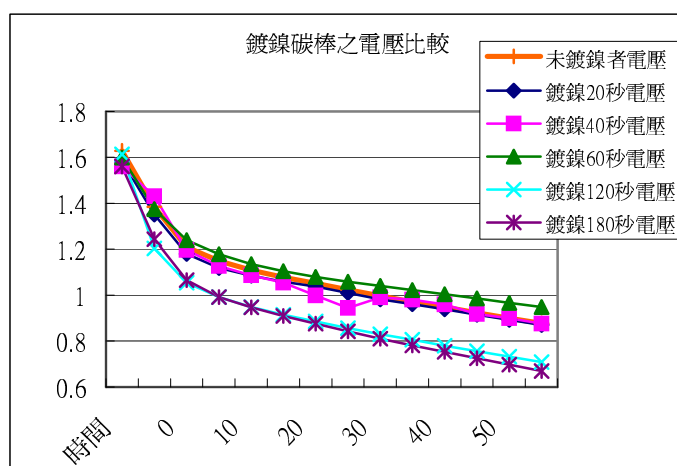
3.做法：

(1)調製電鍍液：100ml 蒸餾水加入 1.7g 之硫酸鎳，混合成 0.1M 之硫酸鎳溶液。

(2)將碳棒刮磨使表面粗糙利於金屬離子附著。

(3)以直流電源供應器提供 0.1A 之電流，分別以不同時間電鍍碳棒，製成電池。

4.結果：



5.討論：

(1)碳棒鍍鎳 1 分鐘時產生的電壓較高較穩定，且高於未鍍鎳者；而鍍鎳 20 秒則可產生較大較穩定的電流。

(2)由此實驗可知鍍適量的鎳在碳棒電極表面，的確可使乾電池電壓或電流更穩定，提高電池的使用效率。



### (五)碳棒上鍍銀：

1.想法：將碳棒改以鍍銀，觀察其效果。

2.組成：電解質：市售電池之電解質。

鹽橋：以  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液浸濕之宣紙。

鋅殼：市售電池之鋅殼。

碳棒：鍍上銀之市售電池之碳棒。

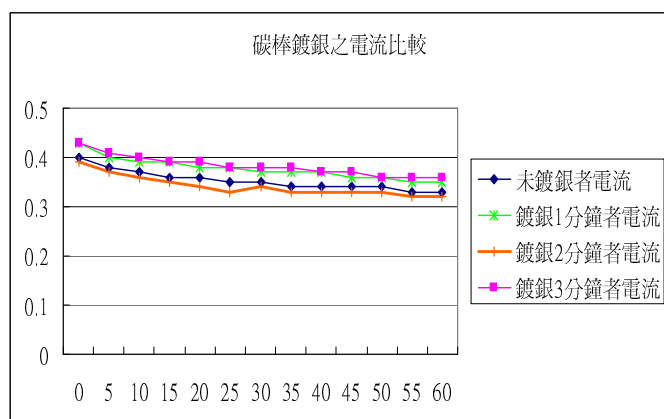
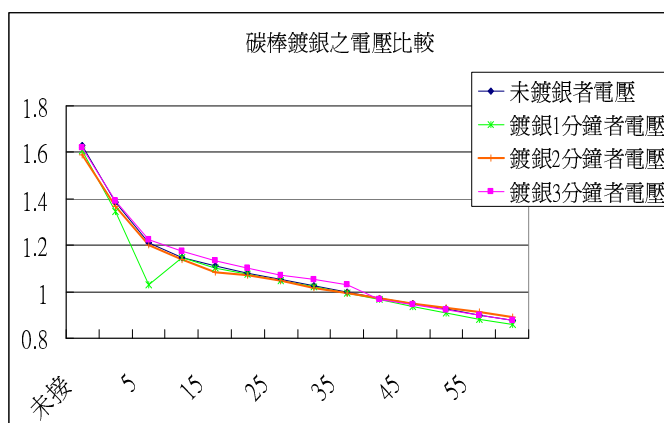
3.做法：

(1)調製電鍍液：100ml 蒸餾水加入 2.62g 之硝酸銀，混合成 0.1M 之硝酸銀溶液。

(2)將碳棒刮磨使表面粗糙利於金屬離子附著。

(3)以直流電源供應器提供 0.1A 之電流，分別以不同時間電鍍碳棒，製成電池。

4.結果：



5.討論：

(1)碳棒鍍銀 1、2、3 分鐘時產生的電壓幾乎同於未鍍銀者，但鍍銀 1、3 分鐘者，則可使電流提高。

(2)由此實驗可知鍍適量的銀在碳棒電極表面，可使乾電池電流更穩定，提高電池的使用效率。

## 陸、結論：

一、電池外層圓筒狀物質，為正極成分鋅的金屬，中心黑色電極棒則為負極碳棒，電池中之電解質成分重量百分比分析結果如下：

成 分	MnO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	ZnCl <sub>2</sub>	澱粉	水
百分比	37%	6%	28%	15%	14%

二、依分析結果自製乾電池因內電阻太大，接上電阻後電壓、電流隨即降至零，燈泡也不會亮。經過一系列實驗後發現自製電池的內電阻太大，是電解質中澱粉的影響，電解質中加入澱粉後，會造成電壓急速下降至零。

三、從實驗結果可知，自製的乾電池若以浸泡氯化銨溶液的宣紙為鹽橋，所測得的電壓及電流較高，可取代市售的乾電池鹽橋。

四、實驗發現去除澱粉，加入適當比例之 C 粉及二氧化錳能有效降低自製電池之內電阻，並提高電壓及電流之大小及穩定度。

五、從實驗可知，增加碳棒的接觸面積，並不能使乾電池電壓及電流有效增大。但若增加鋅殼的接觸面積，則可使乾電池電壓及電流增大，提高電池的使用效率。

六、由實驗可知，鍍適量的銅、鎳或銀在碳棒電極表面，的確可使乾電池電壓或電流穩定，提高電池的使用效率。

## 柒、未來展望：

- 一、找出各成分在電解質中最合適的比例。
- 二、找出 C 棒上鍍各種金屬的最合適的量。
- 三、找出能讓電壓下降趨勢減緩得更明顯的金屬。
- 四、找出其他可以減緩電壓下降的方法。

## 捌、參考資料：

- 一、黃長司 黃芳裕主編 / 高一基礎化學 / 康熙圖書出版/93 年 8 月
- 二、楊寶旺主編 / 高三化學〈下〉 / 龍騰文化出版
- 三、第四十屆全國中小學科展 燃料電池的製作及研究

## 評語

040214 阿乾正傳----乾電池的分析、自製及改良

所選擇的乾電池系統的開發及使用已有相當歷史。本作品自製乾電池並探討各項變因的影響，對了解發電原理及影響使用效率的因素，極有幫助。可惜所選擇的系統已定型，希望有所突破不太容易。