

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030212

基隆市立中正國民中學

指導老師姓名

徐增錦

石長明

作者姓名

吳昭慧

張硯涵

胡皓強

曾韋諶

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會
作品說明書

科別：化學科

組別：國中組

作品名稱：揭開鹼性電池的神秘面紗 鋅銅鹼性伏打電池的探討

關鍵詞：鋅銅電池、鹼性電池、電解質

編號：

目次

壹、研究動機.....	3
貳、研究目的.....	3
參、實驗器材及藥品.....	3
肆、實驗步驟.....	4
伍、實驗結果與討論	9
陸、結論	26
柒、結語	29
捌、參考資料	29

摘 要

我們經常可以在電視上看到「勁量電池，耐力更持久，渾身是勁！」的廣告，讓我們很好奇鹼性電池真的會比乾電池更持久、電流更大、電壓更穩定呢？

因此本實驗大綱如下：

- 一、 探討乾電池與鹼性電池電壓、電流下降情形的差異。
- 二、 藉由拆解乾電池與鹼性電池，探討內部構造及材料的差異。
- 三、 針對鹼性電池與乾電池內部構造及材料差異，探討影響其電壓、電流大小變化的因素，主要項目有：(1)隔離層種類的探討(2)接觸面積大小的探討(3)不同電解質濃度、溫度及導電度的探討(4)惰性電極材料的探討。
- 四、 製作改良式的鋅銅鹼性伏打電池，內容主要項目有：(1)負極材料及添加物的改良與探討(2)負極電解質種類的探討(3)負極電解質濃度大小的探討(4)去極作用的探討(5)正極電解質濃度大小的探討(6)正極電解質吸附材料的探討(7)正極電解質添加物的探討(8)改良式的鋅銅鹼性伏打電池測試。

本實驗主要結論(一)如下：

項目	乾電池	鹼性電池
公稱電壓 (V)	1.5	1.5
無負載電壓 (V)	1.496	1.476
初始負載電壓 (V)	1.332	1.24
電壓下降情形	持續下降，電壓不穩定	初期下降緩慢，電壓較穩定
使用時間 (終止電壓=0.08V)	90 分	430 分
正極	碳棒 (二氧化錳+氯化銨)	碳包銅 (二氧化錳)
負極	鋅片	鋅粉+添加物
電解質種類	NH ₄ Cl，弱電解質	KOH，強電解質
容器材料	鋅外包鐵	鐵鍍鎳
隔離層	牛皮紙	不織布或宣紙
放電過程中	電解質濃度變化大 pH 值變化大	電解質濃度變化小 pH 值變化小
內電阻值大小	不易受濃度、pH 值變化影響，易受溫度效應影響	不易受溫度、pH 值變化影響，易受濃度效應影響
適合用途	小電流間歇放電	高效率放電，大電流用途

本實驗主要結論(二)如下：

項目	課本的鋅銅伏打電池	自製鋅銅鹼性伏打電池
理論電壓 (V)	1.1	1.59
正極	銅片	銅片
負極	鋅片	(鋅粉+添加物)
負極電解質種類	ZnSO ₄	KOH
正極電解質種類	CuSO ₄	CuSO ₄
正負極隔離物	鹽橋	玻璃紙
最大電流	1(mA)	1600(mA)
實用性	無	有
適用電器	無	小馬達、小燈泡、蜂鳴器 (可運轉一小時以上)

壹、 研究動機

一、我們經常可以在電視上看到「勁量電池，耐力更持久，渾身是勁！」的廣告，讓我們很好奇鹼性電池真的會比乾電池更持久、電流更大、電壓更穩定呢？若是，為什麼？是否和內部的材料還是構造有關？然而，翻閱了國中理化課本及高中化學課本對鹼性電池的介紹也不詳盡，無法找到真正的原因，於是我們就想利用實驗探討實際情形。

二、由於課本內所提到的鋅銅伏打電池電流非常小，不易觀察且實用性不高。因此我們想利用鹼性電池內部構造及原理的一些特性來改良課本的鋅銅伏打電池，看看是否能將其電流大小放大及有實用性。

貳、 研究目的

- 一、 探討乾電池與鹼性電池電壓、電流下降情形的差異。
- 二、 藉由拆解乾電池與鹼性電池，探討內部構造及材料的差異。
- 三、 針對鹼性電池與乾電池內部構造及材料差異，探討影響其電壓、電流大小變化的因素的探討。
 - (一)、 隔離層種類的探討。
 - (二)、 接觸面積大小的探討。
 - (三)、 不同電解質濃度、溫度及導電度的探討。
 - (四)、 惰性電極材料的探討。
- 四、 製作改良式的鋅銅鹼性伏打電池。
 - (一)、 負極材料及添加物的改良與探討。
 - (二)、 負極電解質種類的探討。
 - (三)、 負極電解質濃度大小的探討。
 - (四)、 去極作用的探討。
 - (五)、 正極電解質濃度大小的探討。
 - (六)、 正極電解質吸附材料的探討。
 - (七)、 正極電解質添加物的探討。
 - (八)、 改良式的鋅銅鹼性伏打電池測試。

參、 實驗器材及藥品

器材：乾電池、鹼性電池、石墨棒、伏特計、毫安培計、鱷魚夾、電子秤、保力龍盒、不織布、玻璃紙、半透膜、牛皮紙、 $3\times 3\text{cm}^2$ 、 $4\times 4\text{cm}^2$ 、 $4\times 5\text{cm}^2$ 、 $4\times 6\text{cm}^2$ 、 $6\times 8\text{cm}^2$ 的銅片和鋅片、小燈泡、蜂鳴器、砂紙。

藥品：氫氧化鉀、硫酸、硝酸鉀、氯化鉀、硫酸鈉、氯化氫、醋酸、氯化銨、硫酸銅、硫酸鋅、氧化鋅、氯化鋅、二氧化錳、鋅粉、鋅片、銅片

肆、 實驗步驟

一、乾電池與鹼性電池使用時的電壓下降情形探討：

裝置如圖 1-1。



圖 1-1 鹼性電池與乾電池放電裝置圖

(一)、將乾電池並聯三個電阻為 1 歐姆的小燈泡，再並聯一台伏特計以測量使用時電壓的大小，並每 30 秒紀錄電壓，連續放電直到終止電壓 0.08V 為止。

(二)、將乾電池改為鹼性電池，重複步驟 1。

(三)、由步驟 1、2 可繪出乾電池與鹼性電池之電壓、電池與使用時間關係圖(圖 1-1-1、1-1-2)。

二、藉由拆解乾電池與鹼性電池探討內部構造材料的差異

(一)、戴上塑膠手套、護目鏡等防護裝備，避免電池電解液濺出時皮膚受傷；若不慎碰觸到，立刻用大量清水沖洗。

(二)、利用鐵鎚、螺絲起子、老虎鉗等工具拆解電池。

(三)、深入了解乾電池與鹼性電池的內部構造及材料用途，作圖 2-1 ~ 2-2 及表 2-1。

三、針對乾電池與鹼性電池內部構造及材料差異，探討影響兩者電壓、電流大小變化的因素。

(一)、隔離層種類的探討

1.實驗裝置如圖 3-1。



圖 3-1 不同隔離層測量電流大小裝置圖

2.以黏土將牛皮紙、玻璃紙、不織布、宣紙及半透膜固定在燒杯中，在燒杯中加

入 1M 的硫酸銅、硫酸鋅水溶液，鋅片和銅片各為 $3 \times 3 \text{ cm}^2$ ，正負極間距離為 4 cm。

3. 以伏特計和毫安培計測其電壓和電流，結果如表 3-1 所示。
4. 做電壓與電流關係圖(見圖 3-1-1)，以了解不同隔離層下電解質導電的情形。
5. 交叉分析比較，以探討不同隔離層中電解質導電趨勢。

(二)、接觸面積大小的探討

1. 裝置如圖 3-2。



圖 3-2 不同接觸面積測量電流大小裝置圖

2. 配置 1M 的硫酸銅及硫酸鋅水溶液，在燒杯中分別放入 $3 \times 3 \text{ cm}^2$ 、 $4 \times 4 \text{ cm}^2$ 、 $4 \times 5 \text{ cm}^2$ 、 $4 \times 6 \text{ cm}^2$ 、 $6 \times 8 \text{ cm}^2$ 等不同大小的銅片和鋅片，正負極的距離為 4 cm，以玻璃紙為隔離層。
3. 以伏特計和毫安培計測電壓、電流，結果如表 3-2 所示。
4. 做電流與時間關係圖(圖 3-2-1)。

(三)、不同液體電解質濃度、溫度及導電性的探討

1. 裝置如圖 3-3(a)、3-3(b)



圖 3-3(a)、3-3(b) 不同濃度測量電流大小裝置圖

2. 電源為 1.5 伏特之 3 號鹼性電池，正負極皆為碳棒，兩極距離為 2 cm，電解質為 KOH，其濃度分別為 0.1M、1M、2M、3M、4M、5M、6M、7M、8M、9M。
3. 以伏特計、毫安培計測電壓、電流，如表 3-3-1、3-3-2 所示。

4. 做電流電壓關係圖(圖 3-3-1)。
5. 探討氫氧化鉀、氯化銨水溶液在相同電壓 5V，濃度 1M 下改變電解槽中溫度，測量並紀錄電流大小，於表 3-3-3。
6. 如上實驗控制變因，將電解質改為 NH_4Cl ，其濃度分別為 0.1M、1M、2M、3M、4M、5M 及飽和 (5.8 M)，重複步驟(1)~(4)，作表 3-3-4，並交叉分析比較於表 3-3-3 及 3-3-4。

(四)、惰性電極的探討：

1. 取長度均為 8 公分乾電池的惰性電極(碳棒)、鹼性電池的惰性電極(石墨包銅)、純銅片、實驗室的碳棒，分別接 1.5 伏特乾電池，測其電流大小。
2. 紀錄數據，製表分析比較。

四、製作改良式的鋅銅鹼性伏打電池

(一)、負極材料及添加物的探討：

1. 實驗裝置如圖 4-1(a)及 4-1(b)。



圖 4-1(a)不同負極添加物測量電流大小裝置圖



圖 4-1(b)各種不同負極添加物

2. 將負極材料鋅片分別改用(純鋅粉)、(鋅粉+洋菜粉凝狀)、(鋅粉+膠水)、(鋅粉+1M 硫酸鋅)、(鋅粉+1M 硫酸鋅+膠水)、(鋅粉+1M 硫酸鋅+聚丙烯酸鈉)等不同的負極材料組合，以玻璃紙包覆後，分別測量電流得大小。而正極使用 $3 \times 4 \text{cm}^2$ 的銅片，正極解離質為 1M 硫酸銅水溶液及負極解離質為 1M 硫酸鋅水溶液，正負極相距 2cm。
3. 以安培計測量電流大小，記錄數據於圖表 4-1-1 並作圖表分析比較及討論。
4. 將步驟 2 負極材料組合中的硫酸鋅水溶液體積，分別改以 1ml，5ml，7ml，9ml，10ml，12ml，15ml 加入其中，重複步驟 2、3，探討最佳比例。記錄數據，製圖表於 4-1-2 並作圖表分析比較與討論。
5. 將步驟 2 負極材料組合中吸水物質聚丙烯酸鈉的質量，分別改以 0.1g，0.2g，0.4g，0.5g，0.6g，0.8g，1g 加入其中，重複步驟 2、3，探討最佳比例。記錄數據，製圖表於 4-1-3 並作圖表分析比較與討論。
6. 將步驟 2 負極材料組合中吸水物質：聚丙烯酸鈉分別改用尿布，衛生棉，輕石代替，重複步驟 2、3，探討最佳比例。記錄數據，製圖表於 4-1-4 並作圖表分析比較與討論。

7.將步驟 2 負極材料組合的電極：鋅片改用銅片、實驗室內的石墨棒，重複步驟 2、3，探討最佳電極材料。記錄數據，製圖表於 4-1-5 並作圖表分析比較與討論。

(二)、負極（鋅）的電解質種類改良與探討：

- 1.將鋅銅伏打電池的負極材料組合的電解質： ZnSO_4 改用 NH_4Cl 、 KOH 、 KNO_3 、 NaCl 、 ZnCl_2 等不同電解質代替。而正極使用 $3 \times 4 \text{ cm}^2$ 銅片及 1M 硫酸鋅水溶液為電解質，正負極相距 2cm。
- 2.分別以安培計及伏特計測量電流、電壓大小，探討最佳電解質。記錄數據，製圖表於 4-2 並作圖表分析比較與討論。

(三)、負極電解質濃度大小的探討：

- 1.將上述步驟找出的最佳電解質，分別以 0.1M、0.5M、1M、2M 等不同濃度重複實驗，找出最佳使用濃度。
- 2.分別以安培計、伏特計測量電流，電壓大小，並將數據製作圖表 4-3，作圖表數據分析與討論。

(四)、去極作用的探討：

- 1.實驗裝置如圖 4-4

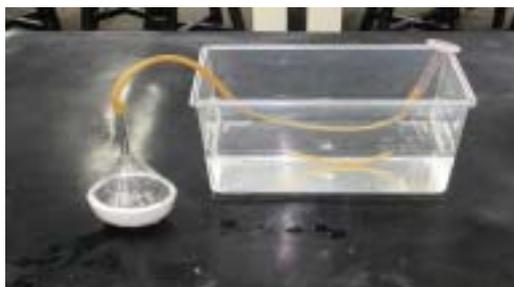


圖 4-4 氣體收集實驗裝置圖

- 2.將(15 克鋅粉)、(15 克鋅粉+0.5 克聚丙烯酸鈉)分別置於研鉢中，再加入 6M 10ml 氫氧化鈉水溶液，利用排水集氣法收集氣體，紀錄產生 5ml 氣體的反應時間。

(五)、正極電解質濃度大小的探討：

- 1.裝置如圖 4-5



圖 4-5 實驗裝置圖

- 2.配置硫酸銅水溶液 0.1M、0.5M、1M、2M，加入為正極之電解質，並在燒杯中分別放入 $3 \times 4 \text{ cm}^2$ 銅片和鋅片，正負極的距離為 4 cm，以玻璃紙為隔離層及負極之電解質 6M 氫氧化鉀水溶液。

3.以伏特計、毫安培計測電壓、電流大小，做電流大小關係圖表 4-5 並作圖表分析與討論。

(六)、正極電解質吸附材料的探討

1.實驗裝置如圖 4-6

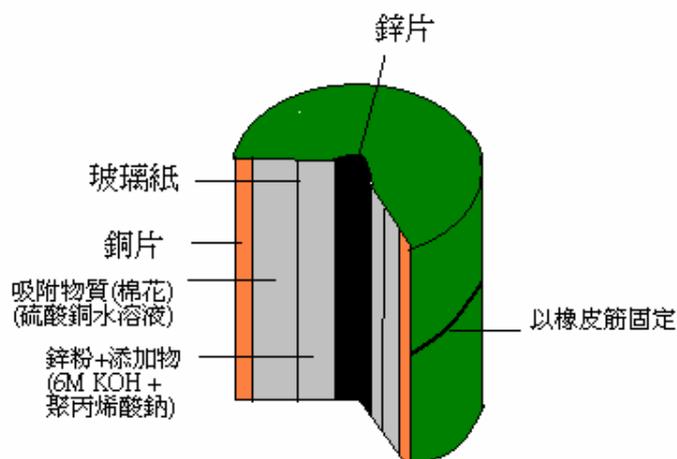


圖 4-6 鋅銅鹼性伏打電池放電實驗裝置圖

2.分別將吸附硫酸銅水溶液的材料改用棉花、衛生紙、宣紙、不織布，進行鋅銅鹼性伏打電池放電實驗，分別以安培計測量電流大小，並將數據製作圖表 4-6，作圖表數據分析與討論。

(七)、正極電解質添加物的探討：

1.實驗裝置同上步驟圖 4-6。

2.將正極電解質 2M 硫酸銅水溶液分別加入聚丙烯酸鈉、洋菜粉、膠水、澱粉形成糊狀或黏稠狀，取代吸附材料，直接加入實驗裝置中，進行鋅銅鹼性伏打電池放電實驗並分別以安培計測量電流大小，並將數據製作圖表 4-7，作圖表數據分析與討論。

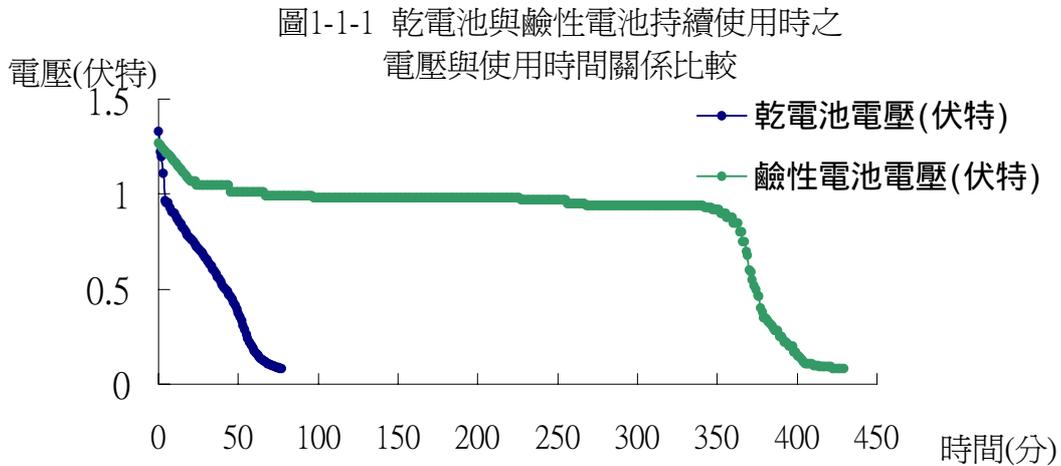
(八)、製作出改良式的鋅銅鹼性伏打電池與測試

利用上述的實驗結果，製作出改良式的鋅銅鹼性伏打電池的成品及作電流、電壓大小測試，並將數據結果製圖表於 4-8-1 及 4-8-2，並作圖表分析比較與討論。

伍、實驗結果與討論

一、乾電池與鹼性電池使用時的電壓、電流下降情形探討

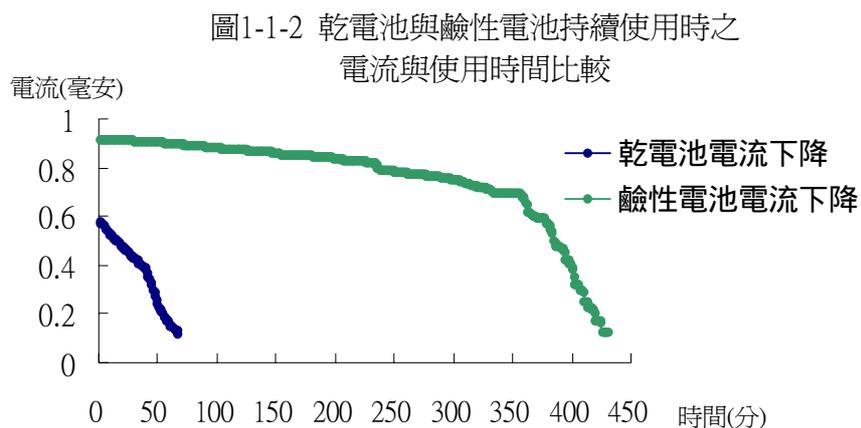
(一)、兩者持續使用時之電壓與時間關係圖 1-1-1 即為兩者之比較。



結果：1.由上圖可知，鹼性電池在持續使用時，初始電壓較小但電壓下降緩慢，可提供較長時間的穩定電壓，持續使用約 400 分鐘後電壓陡降。測得終止電壓(0.08V)的時間約在開始使用後 430 分鐘。乾電池則初始電壓較大但電壓不穩定呈現持續下降，測得終止電壓約為使用後 90 分鐘。

2.鹼性電池連續放電終止電壓的使用時間約為乾電池的 4.8 倍。

(二)、鹼性電池與乾電池持續使用時的電流與時間關係圖 1-1-2 即為兩者之比較。



結果：由上圖可知，鹼性電池在持續使用時，可提供較長時間的穩定電流，持續使用約 350 分鐘後電流陡降。測得終止電流(0.12mA)的時間約在開始使用後 430 分鐘。乾電池則電流持續下降，測得終止電流約為使用後 67 分鐘。

二、拆解乾電池極鹼性電池內部構造圖

* 乾電池

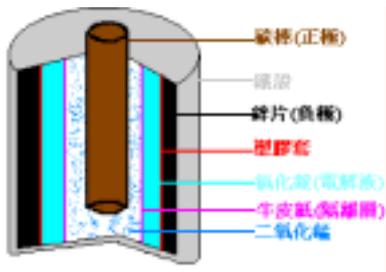
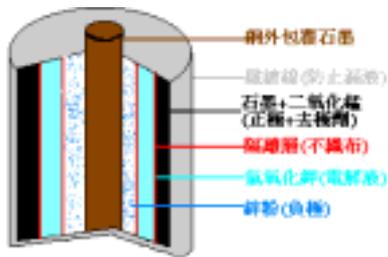


圖 2-2 鹼性電池內部拆解圖

* 鹼性電池



結果：根據電池拆解後的結果，我們仔細觀察研究內容物及構造，比較如表 2-1。

表 2-1 乾電池與鹼性電池之比較

		乾電池	鹼性電池
電池電壓	公稱電壓 (V)	1.5	1.5
	初始電壓 (V)	1.332	1.24
	電壓下降情形	持續下降，電壓不穩定	初期下降緩慢，電壓較穩定
	使用時間 (終止電壓=0.08V)	90 分	430 分 (約 4.8 倍)
內部材料及構造	正極	碳棒 (二氧化錳+氯化銨)	石墨包銅 (二氧化錳)
	負極	鋅片	鋅粉 (黏稠狀) + 添加劑
	電解質	主要為 NH_4Cl	主要為 KOH
	容器材料	鋅外包鐵	鐵鍍鎳
	隔離層	牛皮紙	不織布
構造	正極材料 (二氧化錳) 在內層 負極材料 (鋅片) 在外層	正極材料 (二氧化錳) 在外層 負極材料 (鋅粉) 在內層	

討論:

1. 我們發現鹼性電池的負極材料以鋅粉狀取代一般常用的鋅片。此做法應是利用粉末狀的接觸面積大，可增加反應速率，產生較大的電流。
2. 鹼性電池鋅粉呈黏稠狀，應是粉狀鋅雖可增加接觸面積，因而增加電流，但鋅粉有縫隙，會產生極大的電阻，反而使電流大幅減小，因此會填充添加物，使鋅粉呈黏稠狀，以避免因縫隙產生大的電阻。

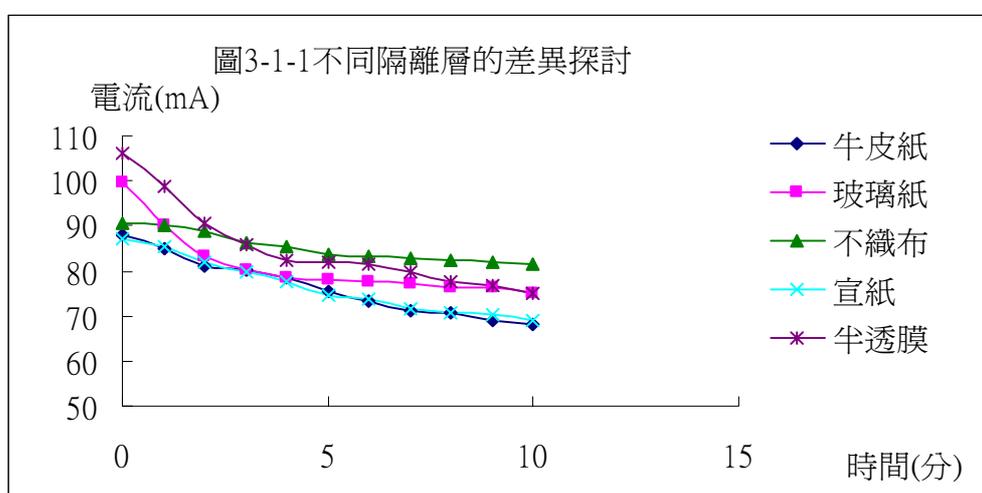
三、針對鹼性電池與乾電池內部構造及材料差異，探討影響其電壓、電流大小變化的因素

(一)、不同隔離層的差異探討

表 3-1 為不同隔離層之導電程度差異。

表 3-1 不同隔離層之導電程度差異

3x3cm ² 之鋅片與銅片，硫酸鋅與硫酸銅濃度 1M，正負極距離 4cm，電流單位為毫安培											
隔離層材料	0分	1分	2分	3分	4分	5分	6分	7分	8分	9分	10分
牛皮紙	88.2	84.8	81.2	80.1	78.3	75.6	73.3	71.3	70.8	68.9	68.1
玻璃紙	99.8	90.2	83.4	80.1	78.6	77.9	77.7	77.4	76.5	76.3	75.2
不織布	90.5	90.1	88.8	86.3	85.5	83.6	83.2	82.9	82.4	82.0	81.7
宣紙	87.1	85.3	81.8	79.8	77.8	74.5	73.7	71.6	70.8	70.3	69.2
半透膜	106.	98.8	90.7	86.0	82.5	82.1	81.7	79.7	77.7	76.7	75.2



討論：

1.由以上實驗結果發現：

隔離層幫助導電的效果：半透膜 > 玻璃紙 > 不織布 > 牛皮紙 > 宣紙。

電流大小穩定性：不織布 >> 宣紙 > 牛皮紙 > 半透膜 > 玻璃紙。

2.雖然半透膜及玻璃紙的幫助導電的效果最好，但是在拆解乾電池及鹼性電池後，並未發現有直接使用這兩種材質者，原因應為單用半透膜的話，價錢太貴，而玻璃紙泡水則易破；牛皮紙，不織布及宣紙不但較便宜，而且吸水性較好，可吸收保存較多電解質，增加電池放電時間，且可長時間泡在水溶液中不會破裂，確實隔離正負極材料，使之不接觸，並且增加電流大小穩定性。

3.但我們也發現有些容量大的一號鹼性電池，是使用半透膜加不織布來做隔離層的，這兩種材質搭配使用的好處是同時可以顧到離子透析、吸水性及電流大小穩定性。

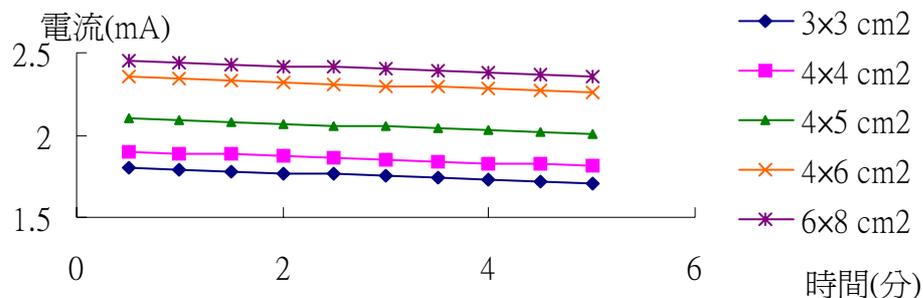
(二)、接觸面積的探討

以不同面積之鋅片與銅片，在 5 分鐘之內，每 0.5 分測一次電流(單位為 mA)，結果如表 3-2 所示。

表 3-2-1 不同面積之鋅片與銅片電流比較表

正、負極電解液分別為 1M 硫酸銅及硫酸鋅水溶液，隔離層為玻璃紙，正負極距離 4cm	0.5 分	1.0 分	1.5 分	2.0 分	2.5 分	3.0 分	3.5 分	4.0 分	4.5 分	5.0 分
3x3 cm ²	1.80	1.79	1.78	1.77	1.76	1.75	1.74	1.73	1.72	1.71
4x4 cm ²	1.90	1.89	1.88	1.87	1.86	1.85	1.84	1.83	1.82	1.81
4x5 cm ²	2.10	2.09	2.08	2.07	2.06	2.05	2.04	2.03	2.02	2.01
4x6 cm ²	2.35	2.34	2.33	2.32	2.31	2.30	2.29	2.28	2.27	2.26
6x8 cm ²	2.45	2.44	2.43	2.42	2.41	2.40	2.39	2.38	2.37	2.36

圖3-2-1接觸面積比較圖



討論：

- 1.鋅片與銅片的接觸面積越大，產生電流也越大。
- 2.電池內部正負極接觸面積之探討：見表 3-2-2。

表 3-2-2 鋅片、銅片接觸面積與電流之關係

		鹼性電池	乾電池
正極	材料	二氧化錳	二氧化錳
	構造位置	(外層)	內層
	半徑大小	1.5 cm	1.3 cm
	接觸面積	(1.5) ² ×3.14×高	(1.3) ² ×3.14×高
負極	材料	(鋅粉)	鋅片
	構造位置	內層	外層
	半徑大小	0.75 cm	1.6 cm
	接觸面積	(粉粒無法計算)	(1.6) ² ×3.14×高

3.由上表得知：

- (1) 鹼性電池正極材料接觸面積約為乾電池的 1.4 倍，可使電流增加。
- (2) 因鹼性電池的負極為鋅粉(粉末狀表面及顆粒間)電解液會滲入，大幅增加接觸面積，會使電流大大增加。

(三)、不同液體電解質濃度、溫度及導電性的探討

表 3-3-1 電解質名稱：氫氧化鉀

電壓	0.1M 之電流	0.5M 之電流	1M 之電流	1.5M 之電流	2M 之電流
0	0	0	0	0	0
1	3.7	0.4	2	4.1	4.2
2	28.6	70	90	70	57.9
3	100	220	420	310	300
4	200	500	640	830	810
5	310	910	1080	1230	1600
6	390	1190	1570	1920	2380
7	520	1700	2370	2780	3180
8	620	2150	3070	3580	4020
9	740	2480	3740	4170	4740
10	810	2960	4580	4820	5430

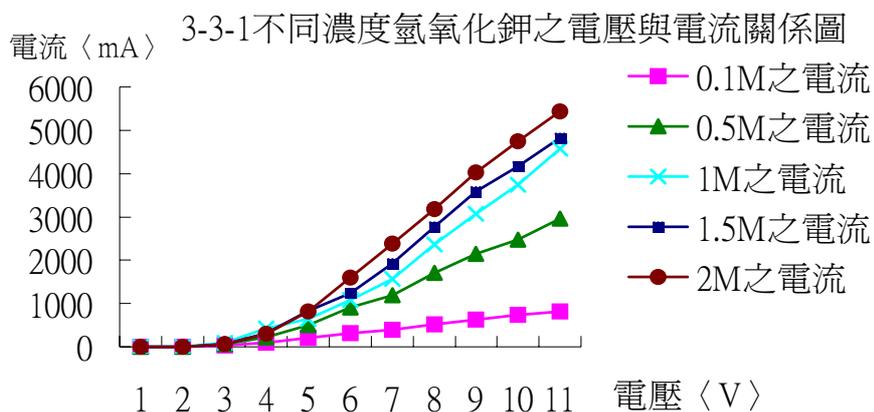
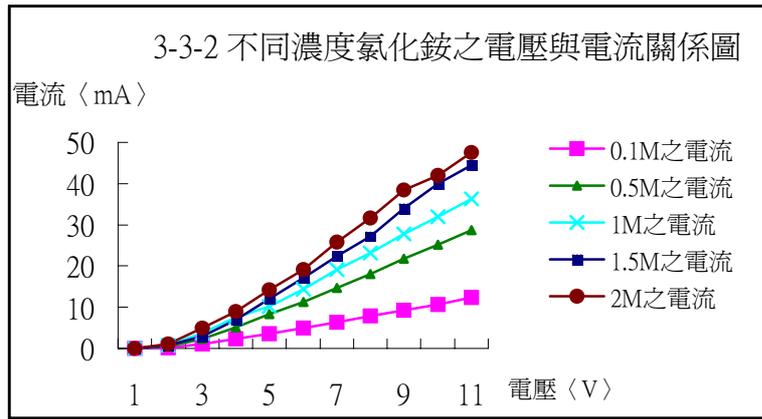


表 3-3-2 電解質名稱：氯化銨

電壓	0.1M 之電流	0.5M 之電流	1M 之電流	1.5M 之電流	2M 之電流
0	0	0	0	0	0
1	0.2	0.5	0.7	0.7	1.1
2	1.1	2.3	3.7	3	4.9
3	2.3	5.1	7.6	7	8.9
4	3.6	8.4	10.2	12.1	14.2
5	5	11.3	14.3	17.1	19.1
6	6.3	14.7	19.2	22.3	25.8
7	7.8	18	23.1	27.1	31.7
8	9.3	21.8	27.8	33.9	38.5
9	10.7	25.2	31.9	40	41.9
10	12.3	28.7	36.3	44.5	47.6



我們根據以上的實驗結果可得下列之結論：

表 3-3-3 電解質受溫度影響之液體電阻值之變化

液體電阻溫度	溶液種類	
	氫氧化鉀	氯化銨
20 ⁰ C	3.36Ω	318Ω
40 ⁰ C	2.74Ω	187Ω
變化率	18.5%	(41.2%)

表 3-3-4 電解質受濃度影響之液體電阻質變化率

液體電阻溶液濃度	溶液名稱	
	氫氧化鉀	氯化銨
濃度 1M 之電阻	1.7Ω	189.98Ω
濃度 2M 之電阻	1.29Ω	179.37Ω
變化率	(24.12%)	5.58%

- 1.由上表 3-3-3 可看出，隨著水溶液溫度增加，各電解質導電性均變好，而以弱電解質的液體電阻值變化受溫度影響較大。
- 2.由上表 3-3-4 可看出，隨著濃度提高，水溶液的導電性均變好，而以強電解質的液體電阻變化受濃度影響較大。
- 3.所以採用 NH₄Cl 為電解質的乾電池放電效果易受溫度影響，冬天的放電效果會比夏天差許多；而鹼性電池採用 KOH 為電解質，放電效果易受內部電解質濃度大小影響。

(四)、惰性電極的探討：結果如表 3-4 所示。

表 3-4 不同惰性電極之導電性比較

1.5V 乾電池，石墨長度均為 8 cm				
電極	碳棒	石墨包銅	銅片	碳棒（乾電池）
電流 (mA)	109.5	204.3	204.4	201.1

導電性大小：純銅片 ≥ 鹼性電池的惰性電極(石墨包銅) > 乾電池的惰性電極(碳棒) > 實驗室(碳棒)

討論：

- 1.鹼性電池的採用的惰性電極(石墨包銅)的導電性比乾電池的惰性電極(碳棒)好，這也是造成鹼性電池電流較大的原因之一。
- 2.至於乾電池內的碳棒導電性遠較實驗室的碳棒導電性好許多，原因可能是乾電池內部的碳棒，壓縮的緻密度較好。

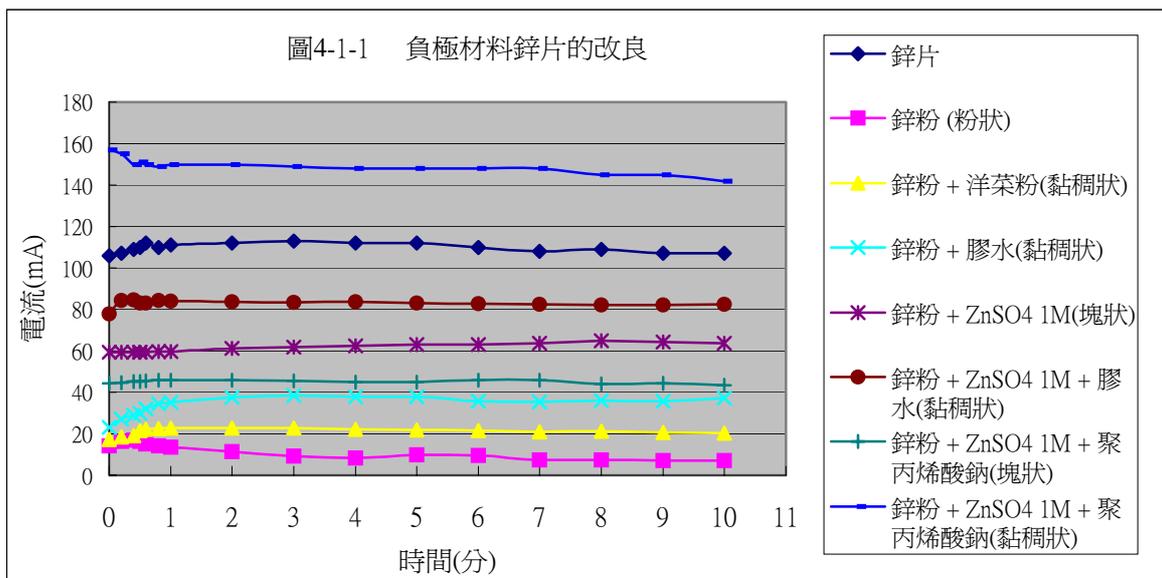
四、製作改良式的鋅銅鹼性伏打電池

(一)、負極材料的探討及電解質材料的改良

1.負極材料鋅片的改良

表 4-1-1 負極材料鋅片的改良

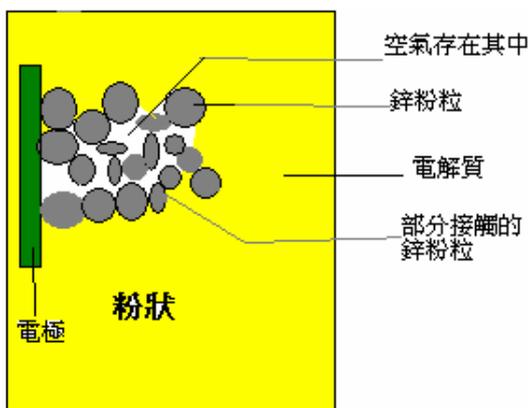
時間(分)	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
鋅片	106	107	109	110	112	110	111	112	113	112	112	110	108	109	107	107
鋅粉 (粉狀)	14.25	16.45	16.88	16.23	15.23	14.27	13.54	11.39	9.32	8.4	9.95	9.69	7.49	7.36	7.23	7.12
鋅粉 + 洋菜粉(黏稠狀)	17.3	18.4	19.2	21.5	22.1	22.6	22.7	22.9	22.7	22.3	22	21.4	20.8	21.1	20.7	20.4
鋅粉 + 膠水(黏稠狀)	23	27	29	30	32	34.5	35.1	37.4	38.6	37.8	37.7	35.7	35.4	36	35.6	37.2
鋅粉 + ZnSO4 1M(塊狀)	59.3	59.3	59.3	59.3	59.4	59.6	59.8	61.2	62	62.5	63	63	63.8	64.8	64.4	63.6
鋅粉 + ZnSO4 1M + 膠水(黏稠狀)	78	84.2	84.5	83.1	83.2	84.3	84	83.7	83.5	83.8	83.2	82.7	82.5	82.2	82.1	82.4
鋅粉 + ZnSO4 1M + 聚丙烯酸鈉(塊狀)	44.4	44.6	45.1	45.3	45.4	45.7	45.7	46	45.4	45	44.8	46	46	44	44.3	43.4
鋅粉 + ZnSO4 1M + 聚丙烯酸鈉(黏稠狀)	157	155	150	151	150	149	150	150	149	148	148	148	148	145	145	142



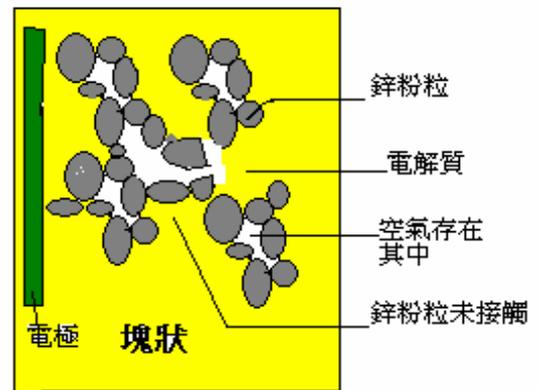
由以上實驗結果發現，負極材料(鋅)的電流大小順序:

黏稠狀(添加吸水物質) > 片狀 > 黏稠狀(未添加吸水物質) > 塊狀 > 粉狀; 另外
 添加電解質的鋅粉 > 未添加電解質的鋅粉

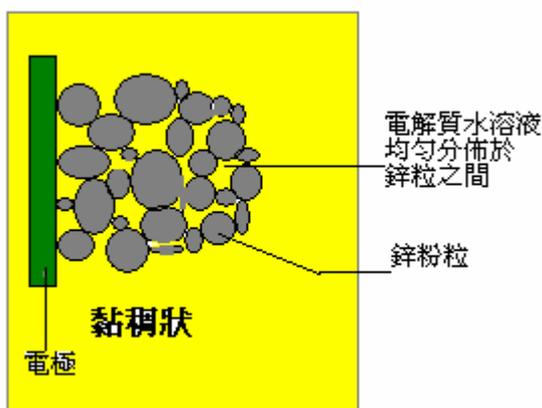
- (1)因為粉狀鋅粒間有許多縫隙(如下圖一)，使空氣存在其中，造成電阻大增，使放電電流很小。而黏稠狀鋅粉，鋅粒間彼此有接觸，導電性較好，但若未添加電解質及吸水物質在其中，放電的電流效果仍不好。
- (2)鋅粉內若未添加吸水物質，初始電流均非最大值，而是慢慢向上爬升;若有添加吸水物質，則初始電流最大且反應放電過程中，電流大小較穩定。
- (3)鋅粉內同時添加電解質及吸水物質後(如下圖三)，可使電解質均勻存在鋅粉粒間，充分達到鋅粉增加反應接觸面積的效果，而使放電電流大小增加及增加反應穩定性。
- (4)鋅粉添加吸水物質後若攪拌不夠均勻，則形成塊狀(如下圖二)，表示內部鋅粉並未能有電解質均勻分布在其中，則無法真正達到增加反應面積的作用，對反應電流增加有限。但若有充分攪拌均勻，則可形成黏稠狀表示鋅粉內部藉由吸水物質將電解質吸收在其中，充分達到增加反應面積的作用而使放電電流大增且可增加電流的穩定性。(這是本實驗很重要的關鍵步驟，也是我們經過數百次的挫折才發現到的)



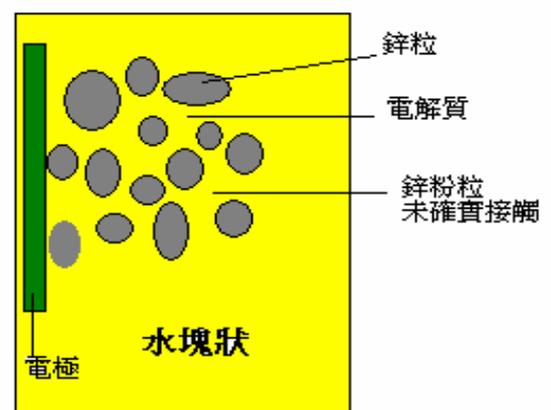
(圖一)



(圖二)



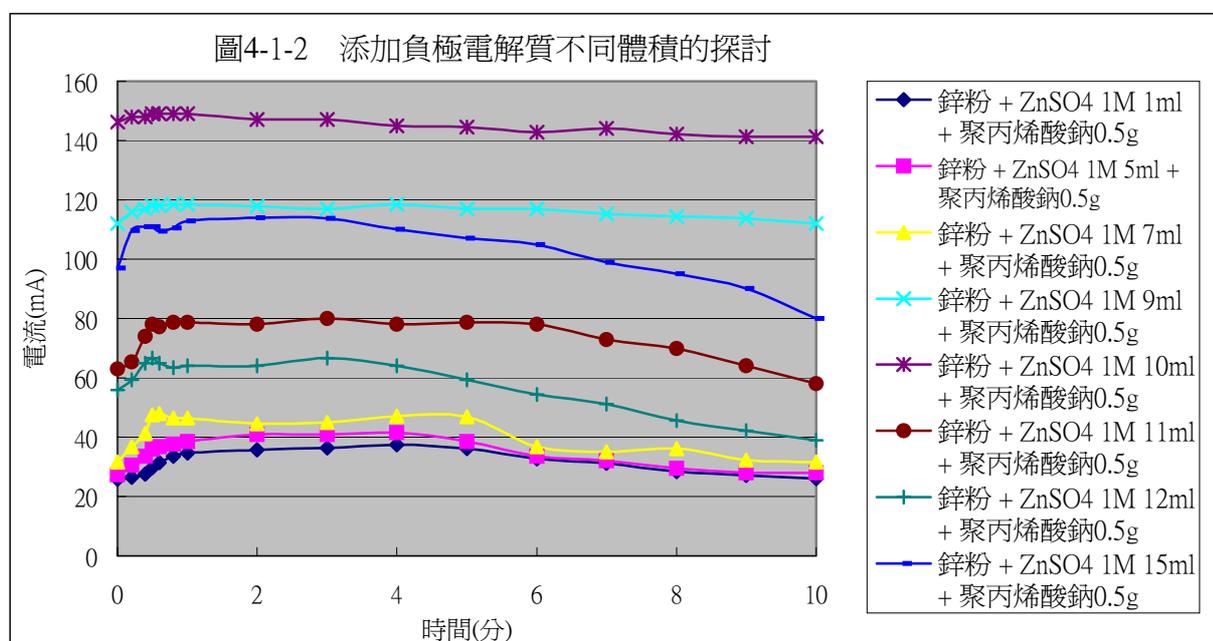
(圖三)



(圖四)

2. 添加負極電解質不同體積的探討

時間(分)	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
鋅粉 + ZnSO ₄ 1M 1ml + 聚丙烯酸鈉 0.5g	25.9	26.4	27.5	29.7	31.4	33.6	34.6	35.6	36.4	37.5	36.1	32.7	31.2	28.3	27.2	26.1
鋅粉 + ZnSO ₄ 1M 5ml + 聚丙烯酸鈉 0.5g	27.3	30.6	33.5	36	36.7	37.6	38.4	40.8	40.8	41.6	38.4	33.5	32	29.4	28	28
鋅粉 + ZnSO ₄ 1M 7ml + 聚丙烯酸鈉 0.5g	31.7	36.8	41.3	47.6	47.9	46.5	46.5	44.6	44.9	47	46.9	36.7	35.1	36.1	32.3	31.7
鋅粉 + ZnSO ₄ 1M 9ml + 聚丙烯酸鈉 0.5g	112	116	117	118	118	118.6	118.6	117.8	117	118.6	117	117	115.3	114.5	113.7	112
鋅粉 + ZnSO ₄ 1M 10ml + 聚丙烯酸鈉 0.5g	146.2	148	148	149	149	149	149	147	147	145	144.6	142.9	144	142.1	141.3	141.3
鋅粉 + ZnSO ₄ 1M 11ml + 聚丙烯酸鈉 0.5g	63	65.3	74	78	77.2	78.8	78.8	78	80	78	78.8	78	73	70	64	58
鋅粉 + ZnSO ₄ 1M 12ml + 聚丙烯酸鈉 0.5g	56	59.3	65	66.6	65	63.4	64	64	66.6	64	59.3	54.4	51.2	45.5	42.2	39
鋅粉 + ZnSO ₄ 1M 15ml + 聚丙烯酸鈉 0.5g	97	109.6	111	111	109.4	110.5	112.9	114	113.7	110	107	105	99	95	90	80

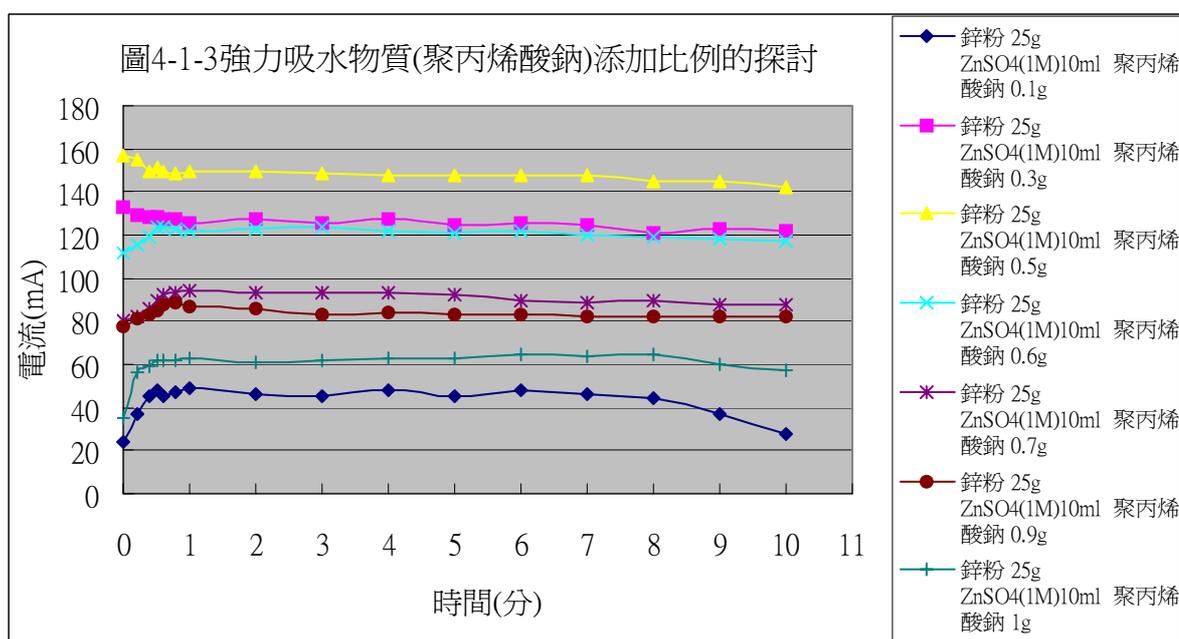


由以上實驗結果可知:

- (1) 負極材料鋅粉添加 ZnSO₄ 電解質 10ml, 鋅粉呈現黏稠狀, 放電效果最好, 此時, 不但鋅粉粒彼此有接觸, 導電性較好, 而且聚丙烯酸鈉能確實將電解質 ZnSO₄ 吸入鋅粉粒間, 達到增加接觸面積的效果, 使放電電流增加(如上頁圖三)。
- (2) 當 ZnSO₄ 電解質體積加太少時, 鋅粉成粉狀, 顆粒間有縫隙, 導電效果不好(如上頁圖一)。而加入體積過多時, 鋅粉成水塊狀, 鋅粉間完全無法確實接觸, 導電效果也不理想(如上頁圖四)。

3.強力吸水物質〈聚丙烯酸鈉〉添加比例的探討

時間(分)	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
鋅粉 25g ZnSO ₄ (1M)10ml 聚丙烯酸鈉 0.1g	24	37	45.1	48	45.4	47	49	46	45.4	48	44.8	48	46	44	37	28
鋅粉 25g ZnSO ₄ (1M)10ml 聚丙烯酸鈉 0.3g	133	129	128	128	127	127	126	127	126	127	125	126	125	121	123	122
鋅粉 25g ZnSO ₄ (1M)10ml 聚丙烯酸鈉 0.5g	157	155	150	151	150	149	150	150	149	148	148	148	148	145	145	142
鋅粉 25g ZnSO ₄ (1M)10ml 聚丙烯酸鈉 0.6g	112	115	119	124	124	123	122	123	124	122	121	122	120	119	118	117
鋅粉 25g ZnSO ₄ (1M)10ml 聚丙烯酸鈉 0.7g	80	82	86	90	92	93	94	93	93	93	92	90	89	90	88	88
鋅粉 25g ZnSO ₄ (1M)10ml 聚丙烯酸鈉 0.9g	78	81.2	83.5	85	88	89	87	86	83.5	83.8	83.2	82.7	82.5	82.2	82.1	82.4
鋅粉 25g ZnSO ₄ (1M)10ml 聚丙烯酸鈉 1g	35	56	59.3	62	62	62	63	61.2	62	62.5	63	65	63.8	64.8	60	57

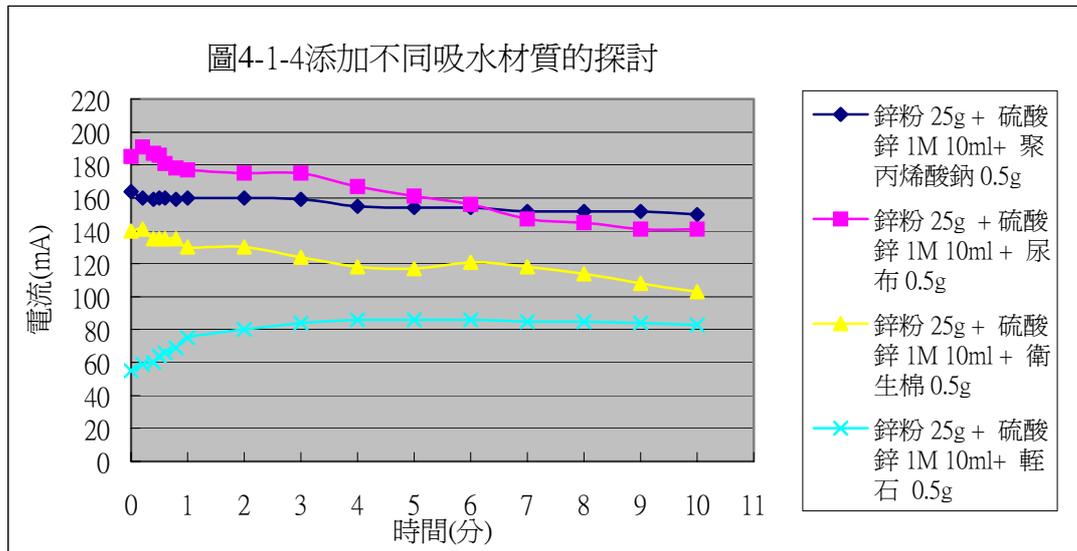


由實驗結果發現：

負極鋅粉添加吸水物質(聚丙烯酸鈉)的比例以 0.5 克效果最好，造成黏稠的效果最好。因為添加比例太少時，電解質無法充分被吸收，鋅粉呈現粉狀，使鋅粉粒中的電阻增加;添加比例太多時，吸水物質吸收過多的電解質水溶液，造成整個鋅粉成水塊狀，鋅粒間無法接觸到，使導電性下降，造成放電電流變小。

4.添加不同吸水材質的探討

時間(分)	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
鋅粉 25g + 硫酸鋅 1M 10ml + 聚丙烯酸鈉 0.5g	164	160	159	160	160	159	160	160	159	155	154	154	152	152	152	150
鋅粉 25g + 硫酸鋅 1M 10ml + 尿布 0.5g	185	191	187	186	181	178	177	175	175	167	161	156	147	145	141	141
鋅粉 25g + 硫酸鋅 1M 10ml + 衛生棉 0.5g	140	141	135	135	135	135	130	130	124	118	117	121	118	114	108	103
鋅粉 25g + 硫酸鋅 1M 10ml + 輕石 0.5g	55	59	60	64	66	69	75	80	84	86	86	86	85	85	84	83



由以上實驗結果發現:

負極鋅粉添加的強力吸水物質中,幫助的效果為下列順序:

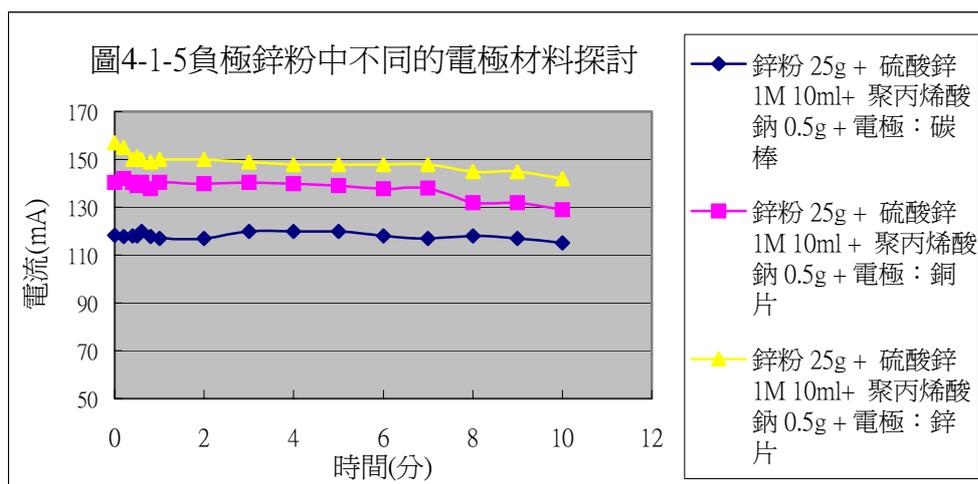
尿布 > 聚丙烯酸鈉 > 衛生棉 > 盆栽中的輕石

但因尿布中吸水效果太好,會使吸入的電解質不易釋放出來,造成導電性下降,放電中,後段的電流明顯下降,而衛生棉也有類似的情形,因此我們的相關實驗仍採用聚丙烯酸鈉來進行。

5. 負極鋅粉中不同的電極材料探討

表 4-1-5 負極鋅粉中不同的電極材料探討

時間(分)	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
電極：碳棒	118.4	117.7	118	118	120	117.7	117	117	120	120	120	118	117	118	117	115
電極：銅片	140.5	141.9	140.5	139.2	140.5	137.8	140.5	140	140.5	140	139.2	137.8	138	132	132	129
電極：鋅片	157	155	150	151	150	149	150	150	149	148	148	148	148	145	145	142



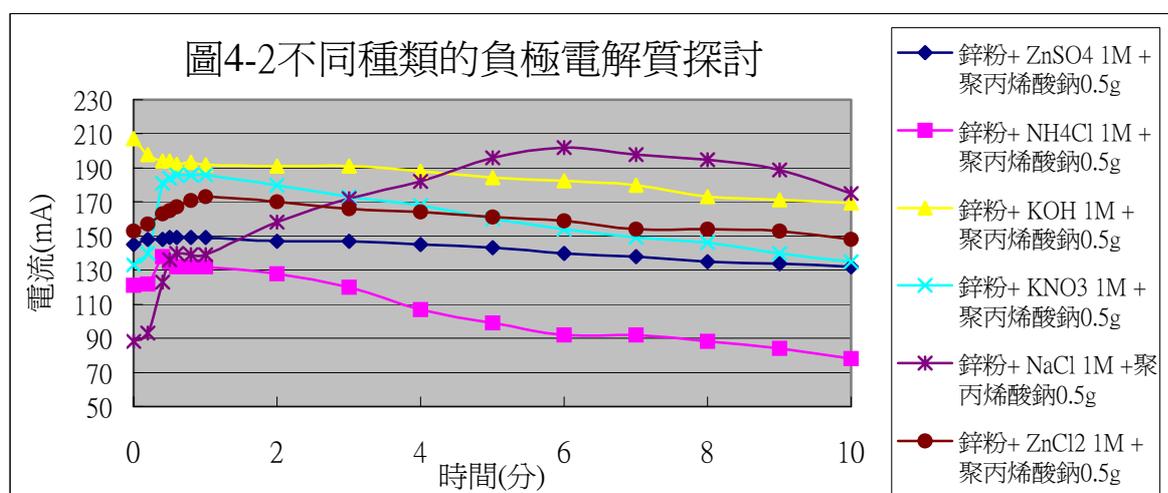
由實驗結果發現:

負極材料鋅粉所採用的電極仍以自己鋅片最好,其次是銅片,再來才是碳棒。雖然其中導電性以銅最好,但是電極鋅片除了導電之外自己也有參與反應,造成電流較大。因此我們的負極材料鋅粉的電極採用鋅片進行其他的相關實驗。

(二)、負極電解質種類的改良與探討：

表 4-2 不同種類的負極電解質探討 電流單位為毫安培

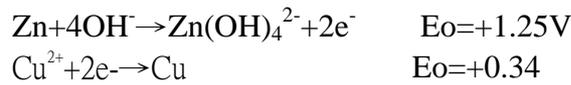
時間(分)	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
鋅粉+ ZnSO ₄ 1M +聚丙烯酸鈉 0.5g	145	148	148	149	149	149	149	147	147	145	143	140	138	135	134	132
鋅粉+ NH ₄ Cl 1M +聚丙烯酸鈉 0.5g	121	122	138	135	132	132	132	128	120	107	99	92	92	88	84	78
鋅粉+ KOH 1M +聚丙烯酸鈉 0.5g	207.2	198	194.2	194.2	192.2	193.2	192	191.2	191.2	188.2	184.3	182.3	180	173.3	171.3	169.3
鋅粉+ KNO ₃ 1M +聚丙烯酸鈉 0.5g	133	140	181	184	186	186	186	180	173	168	160	154	149	146	140	135
鋅粉+ NaCl 1M +聚丙烯酸鈉 0.5g	88	93	123	136	140	139	139	158	172	182	196	202	198	195	189	175
鋅粉+ ZnCl ₂ 1M +聚丙烯酸鈉 0.5g	153	157	163	165	167	171	173	170	166	164	161	159	154	154	153	148



負極材料	放電電壓	負極材料	放電電壓
鋅粉+ZnSO ₄ 1M+聚丙烯酸鈉 0.5g	0.87v	鋅粉+KNO ₃ 1M+聚丙烯酸鈉 0.5g	0.82v
鋅粉+NH ₄ Cl 1M+聚丙烯酸鈉 0.5g	1.05v	鋅粉+NaCl 1M+聚丙烯酸鈉 0.5g	0.93v
鋅粉+KOH 1M+聚丙烯酸鈉 0.5g	1.35v	鋅粉+ZnCl ₂ 1M+聚丙烯酸鈉 0.5g	0.91v

由實驗結果發現：

1. 添加 NH₄Cl 電解質時，電壓有些許的增加，原因應是負極反應 $Zn \rightarrow Zn^{2+}$ 時， Zn^{2+} 與 NH₄Cl 反應形成 $Zn(NH_3)_4^{2+}$ 錯離子造成 Zn^{2+} 減少，而使正反應趨勢增加，造成電壓上升，但添加 NH₄Cl 電解質時，電流大小增加有限且電流持續下降不穩定，原因可能是 NH₄Cl 為弱電解質，導電性較差造成。
2. 添加 NaCl 及 KNO₃ 電解質時，電流大小極不穩定，尤其是 NaCl 水溶液呈現兩階段電流爬升。造成的原因不甚清楚，而水溶液發生的副反應需要深入探究，因電流太小且電流不穩定，因此並非是良好的電解質。
3. 添加 ZnCl₂ 及 ZnSO₄ 電解質時，中後段電流大小最穩定，表示水溶液中沒有其它副反應產生，但電流的大小無法大幅的增加。
4. 添加 KOH 電解質，可使電壓增加及電流大幅增加且穩定性尚可。
原因應是



$$E = +1.59\text{V}$$

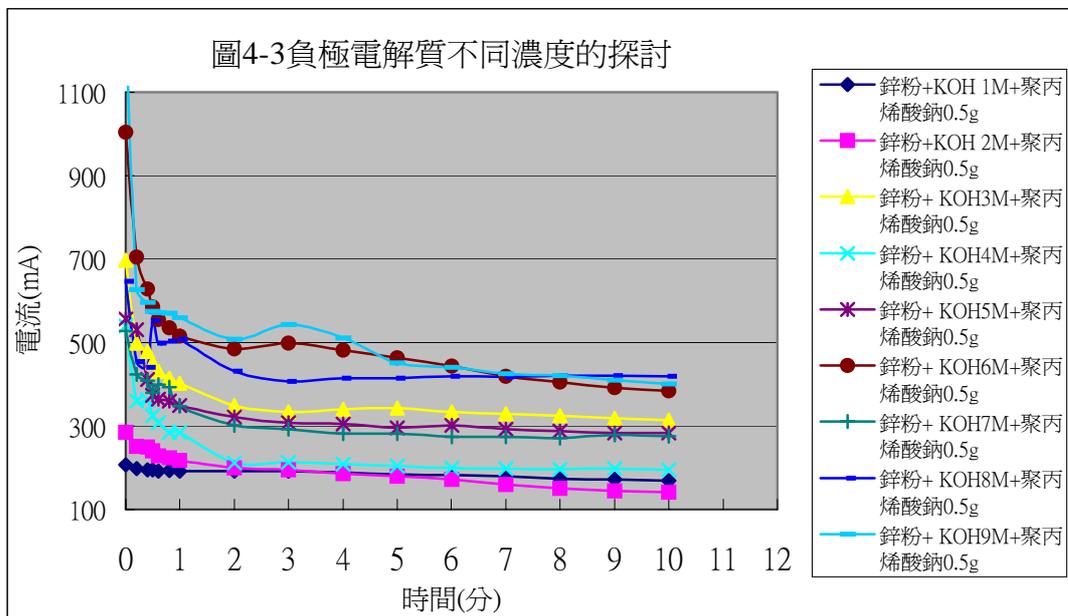
Zn | KOH | CuSO₄ | Cu 的理論電位差=1.59V 比 Zn | ZnSO₄ | CuSO₄ | Cu 的理論電位差=1.1V 大了許多，電壓增加使電流亦增加，另外 KOH 是強電解質亦可使電流增加。

5. 根據以上的實驗推得分析，我們決定採用 KOH 為我們的負極電解質，用來改良鋅銅伏打電池

(三)、負極電解質濃度大小的探討：

表 4-3 負極電解質不同濃度的探討 電流單位為毫安培

時間(分)	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
鋅粉+KOH 1M+聚丙烯酸鈉 0.5g	207	198	194	194	192	193	192	191	191	188	184	182	180	173	171	169
鋅粉+KOH 2M+聚丙烯酸鈉 0.5g	284	251	250	240	229	223	217	200	194	186	179	172	160	151	145	141
鋅粉+ KOH3M+聚丙烯酸鈉 0.5g	697	498	478	451	431	414	402	349	334	339	342	333	329	325	318	313
鋅粉+ KOH4M+聚丙烯酸鈉 0.5g	540	359	362	325	308	284	285	211	213	209	204	200	198	196	197	195
鋅粉+ KOH5M+聚丙烯酸鈉 0.5g	557	530	412	374	364	360	349	322	308	305	295	301	293	288	283	283
鋅粉+ KOH6M+聚丙烯酸鈉 0.5g	1004	705	628	585	555	535	515	485	499	481	464	444	419	406	391	384
鋅粉+ KOH7M+聚丙烯酸鈉 0.5g	528	423	409	379	400	393	348	302	292	282	281	274	274	271	279	275
鋅粉+ KOH8M+聚丙烯酸鈉 0.5g	647	454	440	552	499	503	507	432	407	415	415	419	418	421	420	419



由實驗結果發現：

很有趣的現象是電流在 3.6.9M 時電流較大，而三者(開始一瞬間 9M 最大)電流大小順序是 6M>9M>3M，電流大小穩定性 6M>3M >9M，因此我們的負極電解質採用 6M KOH 來作為本實驗的最佳濃度。

(四)、去極作用的探討：

實驗結果如下：

表 4-4

	鋅粉+6MKOH10ml	鋅粉+6MKOH10ml+聚丙烯酸鈉 0.5g
冒泡情形	約 30 秒冒一顆極微小氣泡	沒有氣泡產生
收集 1ml 氣體時間	約一小時	無法收集到

- 1.根據資料顯示：鋅在鹼性環境中會與水產生氫氣，由實驗結果發現的確有此反應，但產生氫氣的速率十分緩慢。而鋅粉一但添加聚丙烯酸鈉形成黏稠狀之後，就無法觀察到氣體產生的現象，表示鋅粉添加聚丙烯酸鈉形成黏稠狀，可以減少電池放電時極化現象的產生。
- 2.由以上結果也可以了解，之前探討鹼性電池的負極材料採用黏稠狀鋅粉，也有減少極化作用的目的。因為鹼性電池的外殼是封閉的，在反應過程更不能有氣體產生，否則就有爆炸的危險。

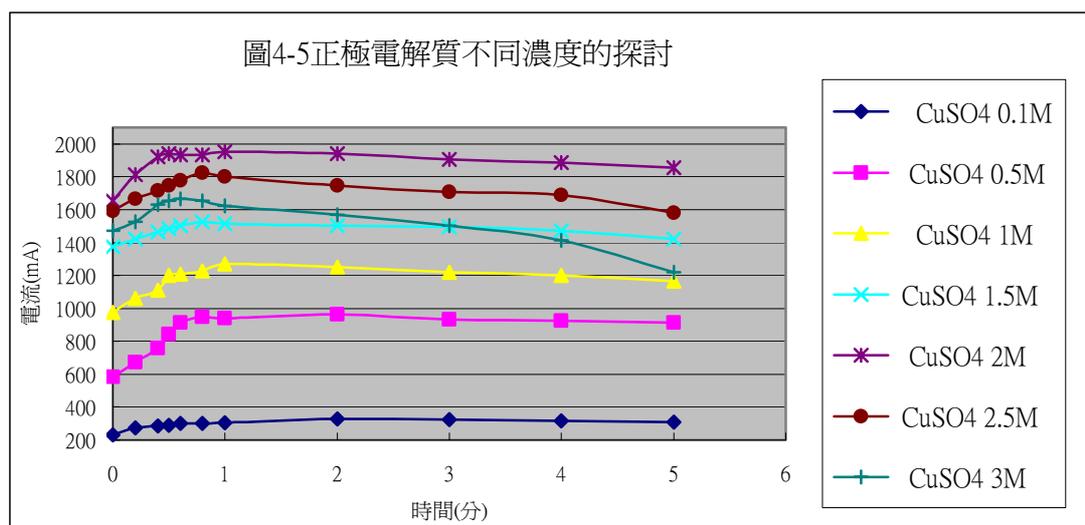
(五)、正極電解質濃度的探討：

表 4-5 正極電解質不同濃度的探討

控制變因：負極鋅片 正極銅片 正負極距離 2cm 正極電解質 6MKOH

時間(分)	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1	2	3	4	5
CuSO ₄ 0.1M	230	274	285	291	299	301	303	328	324	317	310
CuSO ₄ 0.5M	583	674	759	843	912	948	940	964	932	924	913
CuSO ₄ 1M	976	1060	1112	1200	1208	1228	1272	1252	1220	1200	1164
CuSO ₄ 1.5M	1374	1420	1464	1484	1504	1528	1516	1504	1496	1472	1420
CuSO ₄ 2M	1656	1812	1920	1940	1934	1932	1952	1940	1908	1888	1856
CuSO ₄ 2.5M	1592	1664	1716	1748	1780	1824	1800	1748	1708	1688	1580
CuSO ₄ 3M	1472	1528	1632	1656	1664	1656	1624	1568	1504	1412	1220

圖4-5正極電解質不同濃度的探討



由實驗結果發現：

- 1.當 CuSO₄ 濃度在 2M 以下：

濃度愈大，電流亦越大。原因是 CuSO₄ 濃度越大導電性越好。且根據勒沙特列原理可知：CuSO₄ 濃度越大，正反應放電趨勢增加，可使放電反應速率變大。另外，根據涅斯特方程式可知：CuSO₄ 濃度越大，可造成電壓略增，使電流變大。

2.當 CuSO_4 濃度在 2M 以上：

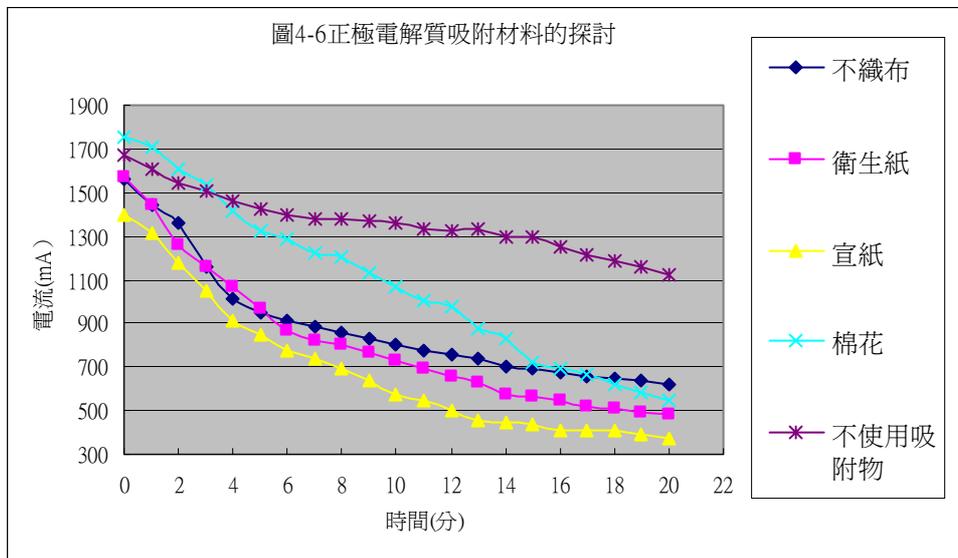
濃度愈大，電流反而越小；且隨濃度愈大，電流在達最大電流之後的遞減效應越明顯。

3.綜合以上結果，我們的正極電解質濃度採用 2M CuSO_4 水溶液。

(六)、正極電解質吸附材料的探討：

表 4-6 正極電解質吸附材料的探討

時間(分)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
不織布	1560	1447	1361	1155	1010	951	911	885	854	831	802	772	753	735	706	691	676	660	647	639	624
衛生紙	1574	1439	1261	1163	1069	963	870	817	801	764	731	694	660	626	578	561	545	522	509	492	485
宣紙	1400	1314	1182	1049	916	850	776	739	691	639	573	551	500	460	447	440	411	411	411	388	371
棉花	1753	1707	1607	1537	1418	1326	1292	1227	1207	1132	1067	1002	981	873	830	723	693	664	624	588	544
不使用吸附物	1670	1611	1540	1510	1465	1426	1400	1380	1376	1367	1358	1337	1323	1329	1300	1295	1250	1211	1187	1156	1127



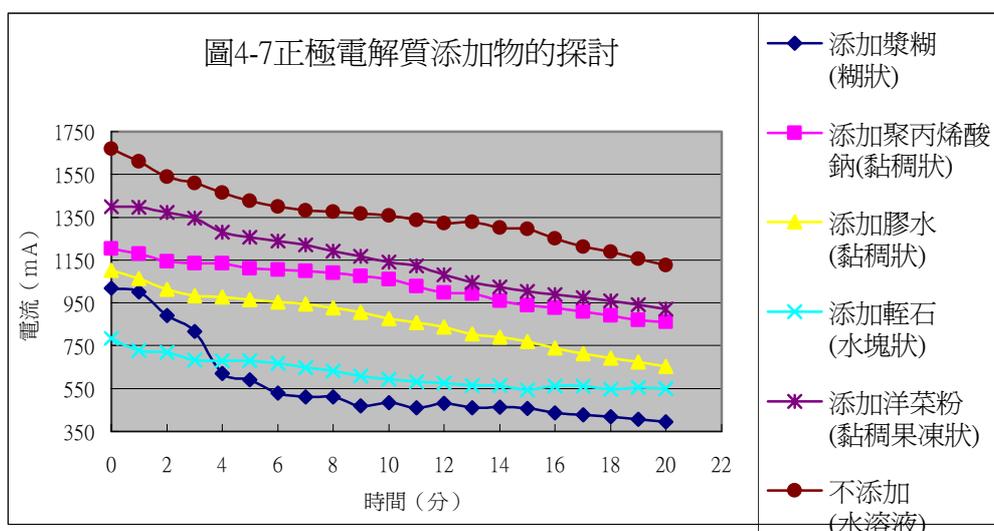
由實驗結果發現：

- 1.電池整體放電效果(包括電流大小及穩定性)而言，電解質以不使用吸附材料較使用吸附材料的電流大許多且穩定。
- 2.但使用棉花為電解質吸附材料時，可使前段電流較大，原因應是正負極間的電解質若使用棉花為吸附材料時，可擠壓我們的負極材料鋅粉，使之更為緊密，而使電流較大。但使用易吸水的材料(棉花、衛生紙等)，會使硫酸銅水溶液在反應過程中，會因重力及棉花的吸附同時作用下，逐漸被吸附而下沈，而使上層的反應面積減少，進而使電流減小。
- 3.綜合以上討論，我們的電池在正負極間的電解質不採用吸附材料。但若考慮攜帶外出時，未使用吸附材料的電解質水溶液容易晃動及外漏，是一個需要解決的問題。

(七)、正極電解質添加物的探討：

表 4-7 正極電解質添加物的探討

時間(分)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
添加漿糊 (糊狀)	1020	1001	891	816	620	590	527	510	510	470	484	460	480	460	464	457	435	427	418	405	394
添加聚丙烯酸鈉(黏稠狀)	1203	1179	1145	1135	1135	1110	1105	1099	1090	1074	1060	1028	999	991	960	938	928	910	892	870	861
添加膠水 (黏稠狀)	1101	1063	1013	983	977	966	954	944	927	906	875	858	838	805	790	768	738	713	693	674	652
添加輕石 (水塊狀)	784	728	720	682	681	679	667	648	633	610	593	583	575	563	563	542	560	562	546	555	550
添加洋菜粉 (黏稠果凍狀)	1399	1396	1373	1347	1281	1256	1239	1220	1190	1166	1141	1123	1080	1047	1026	1004	988	973	959	941	921
不添加 (水溶液)	1670	1611	1540	1510	1465	1426	1400	1380	1376	1367	1358	1337	1323	1329	1300	1295	1250	1211	1187	1156	1127



由以上實驗結果發現：

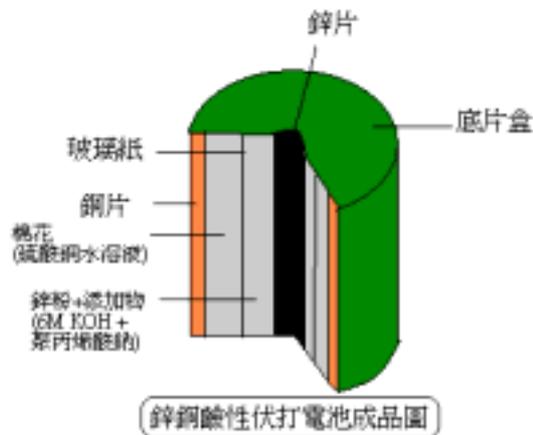
1. 在正極電解質硫酸銅水溶液中，添加不同的物質使其成黏稠狀或果凍狀等，均使電流變小。其中，添加洋菜粉形成的果凍狀及添加吸水物質(聚丙烯酸鈉)形成的黏稠狀，雖使放電電流變小，但可使電流大小的穩定性稍為增加。
2. 綜合以上討論，我們的電池正極電解質硫酸銅水溶液採用不添加任何物質。但若考慮外出攜帶時，電解質水溶液晃動及外漏的問題，則可考慮採用添加洋菜粉的果凍狀電解質或添加吸水物質(聚丙烯酸鈉)形成的黏稠狀電解質。

(八)、製作改良式的鋅銅鹼性伏打電池與測試：

綜合以上實驗結果：我們利用下列條件製作鋅銅伏打鹼性電池

1. 負極材料：(鋅粉 25g + 6MKOH10ml + 聚丙烯酸鈉 0.5g) 以玻璃紙包覆
置於底片盒(或小燒杯)內層
正極材料：4×6cm² 銅片
彎曲呈環狀放置於底片盒內(或小燒杯)外層
正極電解質：2M 硫酸銅水溶液(若外出攜帶則採用：添加洋菜粉的果凍狀電解質)
滴入底片盒內(或小燒杯)正負極材料間

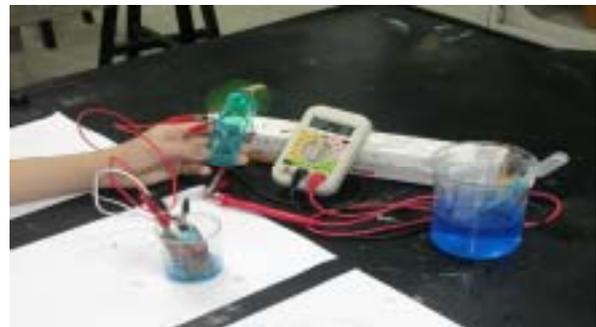
2. 實驗裝置如圖所示：



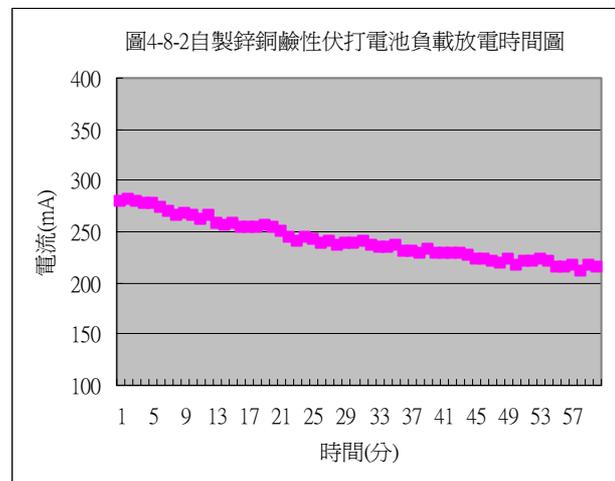
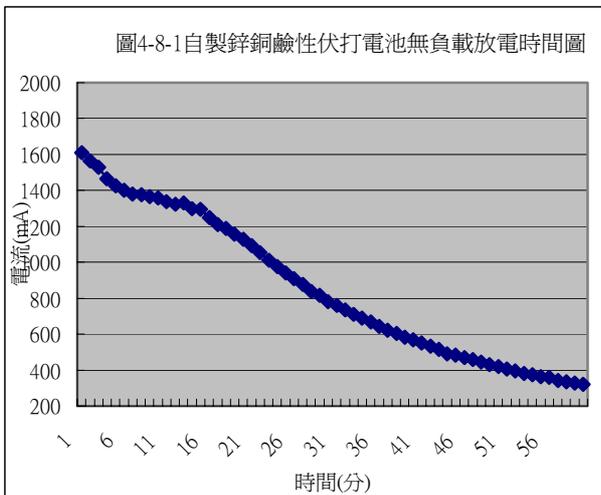
3. 自製鋅銅伏打鹼性電池無負載放電測試如下：



無負載放電測試



負載放電測試(使小電扇正常運轉)



由以上實驗數據可知：

1. 我們自製的鋅銅鹼性伏打電池無負載放電最大瞬間電流約 1.6A，可持續放電一小時以上。另外我們外接小電扇，可使小電扇持續運轉超過一小時且負載電流相當穩定，表示我們自製的鋅銅伏打鹼性電池已有實用性。
2. 我們用一般乾電池測試使用相同的小電扇，負載電流(290mA)與我們自製的鋅銅鹼性伏打電池的負載電流(282mA)很接近，且連續使用時間與 4 號乾電池相當(約二小時)。
3. 另外，我們將製作鋅銅鹼性伏打電池的過程及測試結果，均用 V8 拍下後，被老師當作電池上課的教材。

陸、結論

一、針對鹼性電池與乾電池影響其電壓、電流大小變化的因素的探討。

(一)、電壓下降快慢不同的原因探討：

1. 因乾電池在放電過程中，電解質 NH_4Cl 會產生 $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ 晶體，增加內電阻，造成電壓持續下降。
2. 因鹼性電池在放電過程中，電解質 KOH 本身是反應物又為放電反應之生成物，可反覆使用， pH 值變化小，且電解液中較少生成結晶，內電阻變化不大，所以電壓也降得少，電壓較穩定。

(二)、使用時間長短不同的原因探討：

1. 乾電池放電時，電解液 NH_4Cl 會消耗減少，所以使用時間較短。
2. 鹼性電池放電時，電解液 KOH 於消耗的同時，本身亦為反應之生成物，因此濃度變化不大，可讓使用時間較長且電流大小較穩定。
3. 鹼性電池的隔離層採用不織布與宣紙的吸水性也較乾電池採用牛皮紙好，可吸附較多的電解液，增加使用時間。

(三)、電解質導電性的探討：

根據實驗結果可知：

1. 強鹼（氫氧化鉀）是強電解質，解離能力較好，產生的離子較多，導電性較好，所以鹼性電池的電解質採用強鹼，產生電流較大。氯化銨是弱電解質，解離能力較差，產生的離子較少，導電性較差，因此乾電池的電流較小。
2. 氫氧化鉀與氫氧化鈉都是強電解質，導電性亦差不多，為何鹼性電池得電解質採用 KOH 而不用 NaOH ，我們推斷可能是因為鉀的活性比鈉大，因此鉀離子比鈉離子穩定，可使電流、電壓較穩定。
3. 根據實驗(三)-3 的結果表 3-3-3 及 3-3-4 得知，弱電解質 NH_4Cl 的導電性受溫度影響大，而強電解質 KOH 的導電性受濃度影響大。所以採用 NH_4Cl 為電解質的乾電池放電效果易受溫度影響，冬天的放電效果會比夏天差許多；而鹼性電池採用 KOH 為電解質，放電效果易受內部電解質濃度大小影響。

(四)、電流大小不同的原因探討

1. 主要原因：

(1)電解質的種類

乾電池採用的電解質為弱電解質氯化銨，所以電流較小；鹼性電池採用電解質為強電解質氫氧化鉀，所以電流較大。

(2)接觸面積大小

鹼性電池的構造將正極材料物二氧化錳至於外層，增加接觸面積，且負極材料物採用鋅粉，亦可大幅增加接觸面積，所以可大幅增加電流。

2. 次要原因：

(1)隔離層種類：

鹼性電池的隔離層採用不織布或宣紙，離子透析較乾電池所採用的牛皮紙好，所以導電能力也較好；另外，不織布與宣紙的吸水性也較牛皮紙好，可吸附較多的電解液，增加使用時間。

(2)惰性電極種類：

鹼性電池的惰性電極採(石墨包銅)較乾電池的純碳棒導電性好。

(五)、容器材質不同的比較

1. 乾電池的容器為鋅外包鐵，鋅本身為負極反應物會逐漸溶解，易有漏液問題，且在不放電時，亦會與微酸性電解液氯化銨反應，逐漸溶蝕，所以減少乾電池的使用壽命與保存時間。

2. 鹼性電池的容器為鐵鍍鎳，鐵不會溶於氫氧化鉀，所以容器不會有漏液問題，可增加保存時間與壽命。

(六)、綜合比較如下表：

項目	乾電池	鹼性電池
公稱電壓 (V)	1.5	1.5
無負載電壓 (V)	1.496	1.476
初始負載電壓 (V)	1.332	1.24
電壓下降情形	持續下降，電壓不穩定	初期下降緩慢，電壓較穩定
使用時間 (終止時間=0.08V)	90 分	430 分
正極	碳棒 (二氧化錳 + 氯化銨)	碳包銅 (二氧化錳)
負極	鋅片	鋅粉 + 添加物
電解質種類	NH ₄ Cl，弱電解質	KOH，強電解質
容器材料	鋅外包鐵	鐵鍍鎳
隔離層	牛皮紙	不織布或宣紙
放電過程中	電解質濃度變化大 pH 值變化大	電解質濃度變化小 pH 值變化小
內電阻值大小	不易受濃度、pH 值變化影響，易受溫度效應影響	不易受溫度、pH 值變化影響，易受濃度效應影響
適合用途	小電流間歇放電	高效率放電，大電流用途

二、針對製作鋅銅鹼性伏打電池的探討。

(一)、我們從鹼性電池的材料及構造特性發現，要製作鋅銅鹼性伏打電池有下列的方向：

1. 減少鋅銅伏打電池的內電阻：

課本鋅銅伏打電池電流很小的主要原因是因為內電阻太大，而內電阻的來源為內部電解質及鹽橋，其中以鹽橋的內電阻最大，所以我們像一般實用電池採用的隔離層代替鹽橋，可以大幅減少內電阻，使電流大幅增加。

2. 增加接觸面積：

(1) 為增加反應總表面積，故採用鋅粉。但鋅粉粒間縫隙很多，會使電阻大增，反而造成電流下降。因此，必須採用黏稠狀鋅粉，才能確實達到增加反應中表面積，使電流大增。

(2) 配置黏稠狀鋅粉的方法，可添加許多物質。其中汞應是很好的添加物，但因為有毒性，所以我們沒有考慮採用。我們嘗試過洋菜粉 (凝膠)，膠水，強力吸水物質等，結果我們發現同時添加電解質及強力吸水物質 (聚丙烯酸鈉) 有很好的效果。

(3) 同時加入電解質及強力吸水物質 (聚丙烯酸鈉)，可大幅增加電流及增加電流大小的穩定性。原因是因為強力吸水物質可將解力後的電解質強力吸收後均勻存在於鋅粉粒間，不但大幅增加導電性而且可使電流穩定性增加。另外，放電反應過程中 $Zn \rightarrow Zn^{2+}$ ，立即被強力吸水物質吸收，使放電反應趨勢增加，而使放電初始電流大增。但是強力吸水物質若吸收力太強，導致不易將離子釋放出來，將減弱導電性，反而造成放電過程中，後段的電流下降較快速，像尿布及衛生棉就是如此。

3. 減少極化現象的發生：

我們發現負極材料鋅粉同時添加電解質及強力吸水物質 (聚丙烯酸鈉) 後，形成的黏稠狀鋅粉粒間的 H₂O 分子移動較慢，且強力吸水物質較不易釋放 H₂O 分子等因素，均可使

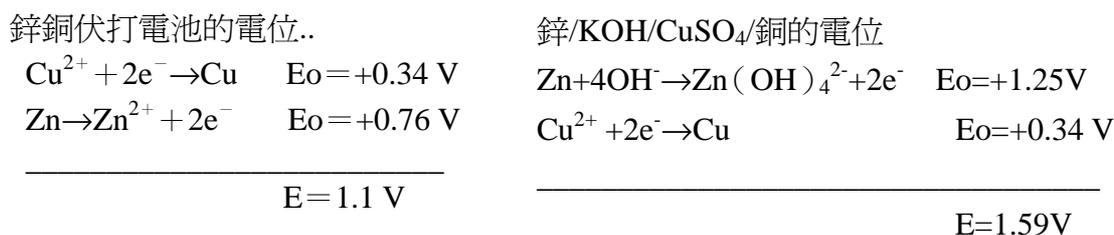
鋅與 H₂O 分子 (Zn + H₂O → Zn(OH)₂ + 2H⁺ + 2e⁻) 反應的過程減緩，讓產生的 H⁺ 不易反應產生氫氣。

4. 電解質濃度的影響：

- (1) 一般而言，濃度越大導電性越好。但由實驗結果可知，添加不同濃度的 KOH 時，發現濃度 3M、6M、9M，產生的電流較大，而其中又以 (6M > 9M > 3M)。因此，採用添加 6M KOH 是比較合適的濃度。
- (2) 為什麼 6M KOH 產生的電流較大呢？根據我們查得資料，鋅粉添加 6M 以下 KOH 電解質時容易產生 Zn(OH)₂ 附著，或鋅粉添加 8M 以上的 KOH 電解質時，易產生 ZnO 附著，均造成內電阻增加，而使電流減少，因此採用 6M 電解質是最佳選擇。

(二)、鹼性鋅銅伏打電池較課本鋅銅伏打電池的比較如下：

1. 鹼性鋅銅伏打電池電壓較大：



鋅銅鹼性伏打電池的電位較鋅銅伏打電池的電位高，因此可產生較大的電流。

2. 鹼性鋅銅伏打電池電流較大：

- (1) 鋅銅鹼性伏打電池的電位較鋅銅伏打電池的電位高，因此可產生較大的電流。
- (2) KOH 電解質為強電解質導電性較硫酸鋅好，因此可產生較大電流。
- (3) 綜合以上的改良及實驗結果顯示，我們改良的鋅銅鹼性伏打電池最大電流可達 1.6 安培，比課本的鋅銅伏打電池電流 1mA 產生的電流放大將近 1600 倍。

3. 鹼性鋅銅伏打電池實用性較好：

- (1) 我們製作的鋅銅鹼性伏打電池可使小馬達、小電扇、蜂鳴器等連續運轉一小時以上，可實際應用在小電器。
- (2) 我們改良的鋅銅鹼性伏打電池最大電流可達 1.6 安培，比課本的鋅銅伏打電池電流 1mA 產生的電流放大將近 1600 倍，可在教學上實際讓同學感受到『電流』的「實用」性。

(三)、綜合比較如下表：

項目	課本的鋅銅伏打電池	自製鋅銅鹼性伏打電池
理論電壓 (V)	1.1	1.59
正極	銅片	銅片
負極	鋅片	(鋅粉 + 添加物)
負極電解質種類	ZnSO ₄	KOH
正極電解質種類	CuSO ₄	CuSO ₄
正負極隔離物	鹽橋	玻璃紙
最大電流	1(mA)	1600(mA)
實用性	無	有
適用電器	無	小馬達，小燈泡、蜂鳴器 (可運轉一小時以上)

柒、結語

- 一、國中理化課本及高中化學課本內容，對鹼性電池內容物及構造均所述不詳，所以此次實驗徹底針對鹼性電池內容物及構造作深入探討，讓我們對鹼性電池有更深入的了解，是此次科展很大的收穫。
- 二、我們成功的製作出鋅銅鹼性伏打電池，產生的最大電流可達 1.6 安培，比課本的鋅銅伏打電池電流 1mA 產生的電流放大將近 1600 倍，且製作出的鋅銅鹼性伏打電池電流大小可穩定使用於一般小電器。如此一來，以後在實驗室不用再做 1 mA 的鋅銅伏打電池實驗了。
- 三、另外，我們製作出的鋅銅鹼性伏打電池與一般市面上的鹼性電池效果仍有段差距，且在許多方面仍有改進的空間，例如：放電電流大小的穩定性、放電時間的增長以及無法同時兼顧攜帶方便性及放電電流放大兩者之效果等方面，都需日後我們繼續努力探討及研究！

捌、參考資料

- 一、國中理化課本(二)(三)（國立編譯館）
- 二、歷屆科展作品（科學教育館）
- 三、最新電池工學－賴耿陽譯著（復漢出版社）
- 四、高中化學課本(南一版)
- 五、鹼性電池相關網站

<http://vr.theatre.ntu.edu.tw/battery/database/types/alkaline.htm>

<http://www.duracell.com.tw/m2-3.htm>

評語

030212 國中組化學科 佳作

揭開鹼性電池的神秘面紗--鋅銅鹼性伏打電池的探討

本作品自製並進行鋅銅鹼性伏打電池的改良，除了瞭解鹼性電池的基本原理，同學們進一步討論影響電池電流電位因素，並嘗試電池之改進。作品內容相當豐富，應予肯定。