

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作者說明書

高中組化學科

040216

臺北市立第一女子高級中學

指導老師姓名

張永佶

作者姓名

呂佩軒

陳玟均

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：高中組

作品名稱：銅鋅協力－高能量鋅銅電池

關鍵詞：電壓、硫酸銅、氫氧化鉀

編 號：

目錄

壹、 摘要	1
貳、 研究動機	1
參、 研究目的	2
肆、 實驗設備及器材	2
伍、 研究過程及方法	
一、 實驗原理	2
二、 實驗裝置	3
三、 電池變因探討	4
四、 改良方向探討	5
五、 電池放電比較	8
陸、 結果	
一、 實驗一：電解液濃度對電池之影響	9
二、 實驗二：不同陽極電解質溶液對電池之影響	10
三、 實驗三：界面活性劑對電池之影響	12
四、 實驗四：硫酸銅－氫氧化鉀鋅銅電池	13
五、 實驗五：斐林試液－氫氧化鉀鋅銅電池	16
六、 實驗六：固定負載下電池放電比較	18
柒、 討論	19
捌、 結論	21
玖、 參考文獻	21
附錄 實驗照片	22

銅鋅協力－高能量鋅銅電池

壹、 摘要

鋅銅電池之標準氧化還原位為 1.100 伏特。過去已有很多研究，主要以改變離子濃度與改良鹽橋，提高鋅銅電池的輸出功率，但這些實驗設計的電池電壓都低於標準氧化還原電位。

本實驗構思運用簡易的組裝器材，從改變電解質濃度、使用不同的電解質、添加界面活性劑與鹽橋界面等因素，找出改良方法，提昇電壓。並以實驗結果為改良依據，設計與組裝電池。

本研究電池成品的電壓可超過 1.5 伏特，在不串聯的情況下，可驅動有額定電壓之隨身聽最高達四小時以上，顯示成品具有高度實用性。

貳、 研究動機

在老師示範鋅銅電池的裝置時，我們一方面對該簡易的放電裝置感到驚奇，也對該電池需要微安培計才能量到電流感到有些失望，因此提高了思索研究改良鋅銅電池的慾望。

從 18 世紀的丹尼爾電池 (Daniell's gravity cell) 被廣泛使用，鋅銅電池至今已有百多年歷史，也是最常被提出來作為教學實驗的電池之一。過去的科學研究中，有針對提高鋅銅電池的輸出功率作討論，但其焦點都只集中在離子濃度的調整與鹽橋的改良，曾有人運用澱粉膠或洋菜膠取代鹽橋製作電池^{文獻一}，但內電阻仍略偏高；而運用玻璃紙取代鹽橋^{文獻二}，則是簡易且效果佳的方式。而在電壓方面，曾有根據勒沙特列原理，調高銅鋅離子濃度比值以提昇電壓的研究^{文獻三}，但效果有限。這些實驗設計的電池電壓都低於標準氧化還原電位 1.100 伏特。雖然以往的討論，對內電阻的降低很有幫助，但對電壓的提昇似乎沒有進展。電壓偏低的電池，縱可使燈泡發光，但在不串聯的情況下，無法驅動許多有額定電壓的電器用品，如隨身聽，LED.....等，這使其實用性蕩然無存。

電池之構成要素有三：電極、電解質溶液與隔板界面，其中，可探討的變因不僅止於離子濃度、鹽橋改良。我們希望透過使用不同的電解液與添加物，使電壓與輸出功率能夠提升，並希望能使電壓電流輸出更穩定。於是我們利用一些生活素材透過自我創意思考，運用減量實驗的裝置設計，進而製造出能量更高、且符合一般小型電器用品電壓規格的電池。

參、 研究目的

- 一、 運用簡易、減量的設計方式，從(1)調整電解質濃度、(2)改變陽極的電解質、(3)添加界面活性劑、(4)界面的調整等。試圖尋找提昇電壓的最佳效能。
- 二、 以實驗結果為改良依據，利用生活素材組裝鋅銅電池，比較各種改良方式的優劣，並應用於日常電器。

肆、 實驗設備及器材

一、 器材

U 形管	滴管
鋅片	燒杯
銅片	小燈泡 (2.2Volt, 0.25 A)
棉花	12Ω、100Ω 電阻
附鱷魚夾電線	EVERGREEN 3 號環保鹼性電池
25mL 針筒	電子天枰
玻璃棒	三用電表 (Brother YH-600B)
隨身聽 (AIWA JX809 1.5V)	

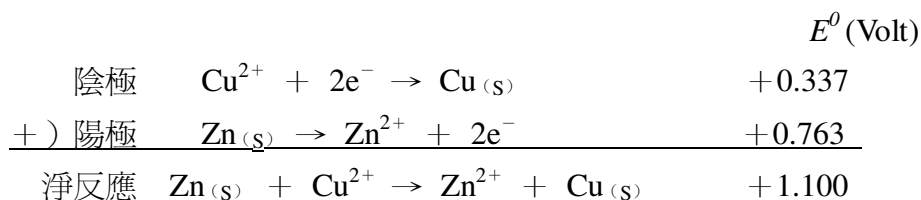
二、 藥品

CuSO ₄	KNO ₃	KOH
ZnSO ₄	NaNO ₃	NaOH
K ₂ SO ₄	KCl	酒石酸鉀鈉
Na ₂ SO ₄	NaCl	清潔劑 (沙拉脫、洗衣精)
(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ Cl	

伍、 研究過程與方法

一、 實驗原理：

鋅銅電池反應方程式如下：

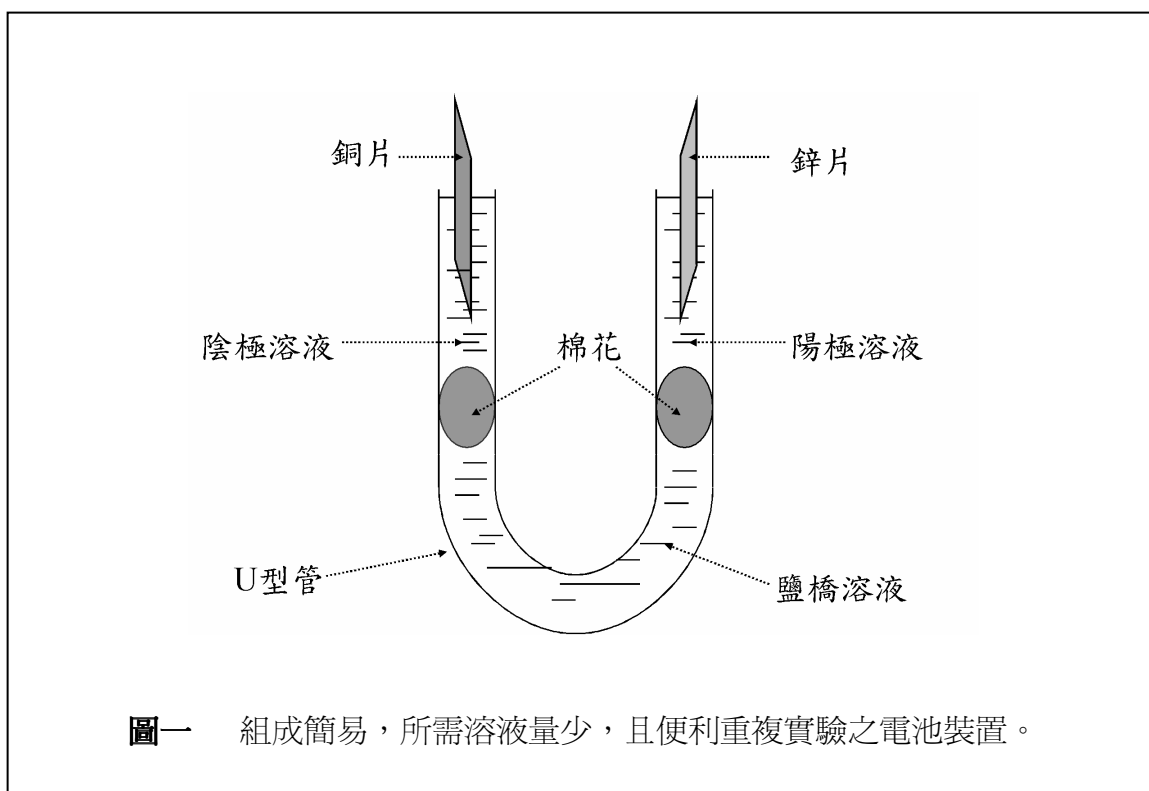


在標準情況下(1atm、25°C、1M 濃度)應有 1.100 Volt 的氧化還原電位。

使用龍騰版化學課本（第四冊第六章）的實驗裝置^{文獻四}，陽極為 1M 硫酸鋅溶液、陰極為 1M 硫酸銅溶液，鹽橋為 1M 硝酸鉀溶液時，測得其電壓為 1.065 Volt，並測得無負載輸出電流 1.38mA。

二、 實驗裝置：

改良式的減量實驗裝置。如圖一，將 U 形管兩側中央塞入棉花，以中段為鹽橋。此裝置的設計應可減少藥品用量，且因兩極距離固定，配合針筒進行溶液稀釋與填充、置換溶液均很方便，可在不變動鹽橋之情況下連續實驗。



三、電池變因探討

改變陽極的電解質種類、濃度與添加界面活性劑為變因進行實驗，實驗裝置如圖一。

(一) 實驗一：電解液濃度之影響

分別針對以下三個變因做探討：

1. 硫酸銅濃度 (1M、0.5M、0.1M)
2. 硫酸鋅濃度 (1M、0.5M、0.1M)
3. 鹽橋濃度 (1M、0.5M、0.1M)

測量不同情況下的電壓與無負載電流達五次以上求平均值，結果以表格數據呈現。

(二) 實驗二：不同陽極電解質溶液對電池之影響

因鋅離子在鋅銅電池中不是反應物，沒有鋅離子也能組成電池。我們選取了以下幾種實驗室常見的鹽類進行實驗探討，得其陽極在不同的電解質溶液下對電壓之影響。

1. 硝酸鹽：硝酸鈉與硝酸鉀。
2. 硫酸鹽：硫酸鈉、硫酸鉀與硫酸銨。
3. 氯鹽：氯化鈉、氯化鉀與氯化銨。
4. 氫氧化物：氫氧化鈉與氫氧化鉀。

鹽橋之濃度控制為 1M 之硝酸鉀溶液，陰極使用不同濃度的硫酸銅溶液 (1M、0.5M、0.1M)，配合不同陽極電解質溶液 (1M、0.5M、0.1M)，組成電池。測量無負載電壓與電流，結果以數據呈現。

(三) 實驗三：界面活性劑之影響

鋅銅電池的反應是發生在液相—固相之間的反應，界面活性劑可活化二不同物質的界面。本實驗探討加入界面活性劑，是否可以促進鋅銅電池的反應。

本實驗以沙拉脫和洗衣精分別進行實驗，以不同體積百分率之清潔劑溶液，分別配製成 0.5M 硫酸銅溶液、硫酸鋅溶液與硝酸鉀溶液。

本實驗以清潔劑濃度為變因 (體積百分率 0%、25% 與 50%)，測量各濃度下電壓與無負載電流，結果以表格數據呈現。

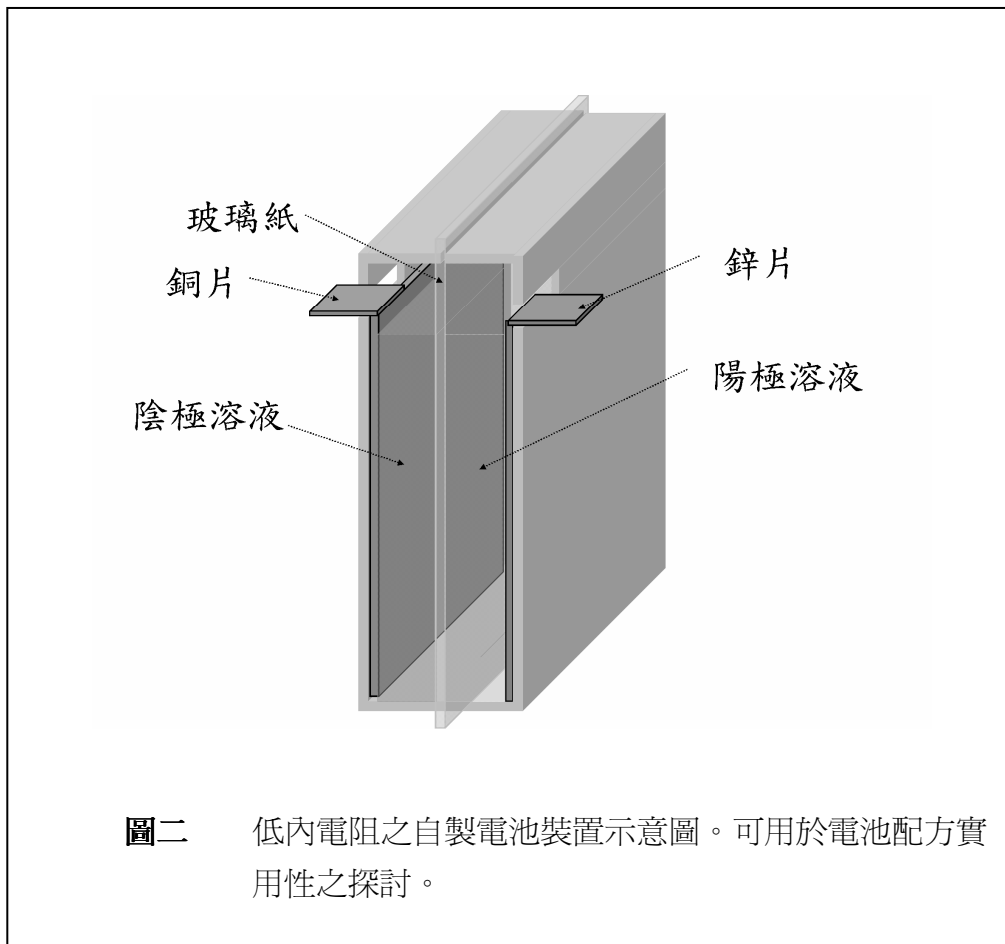
四、改良方向探討：

為探討鋅銅電池之實用性能，我們製作了可重複使用的電池槽。其組成包含：塑膠盒、玻璃紙、膠布、及鋅片、銅片等材料（詳附錄照片）。玻璃紙隔開了陰、陽極，兩側空間可各裝入約 20mL 之溶液，鋅片與銅片的面積約為 30 cm²，裝置示意圖如圖二所示。

由實驗一的結果，可知銅離子之濃度愈高愈好。

由實驗二的結果，發現使用氫氧化鉀作為陽極電解液的效果最佳。因為一方面可以提供很高的電解質濃度，另一方面則可以和鋅離子作用，使鋅離子維持低濃度。

但銅離子在鹼性作用下也會產生沉澱，為了避免銅離子沉澱，以下實驗分別以「加強二極溶液分隔」與「以錯合離子保護銅離子」二種不同的方式，利用高濃度氫氧化鉀溶液作為陽極電解液組成鋅銅電池，進行實驗四、五。



(一) 實驗四：以飽和硫酸銅溶液和 10M 氫氧化鉀溶液組成之鋅銅電池

1. 單層玻璃紙分隔組成電池

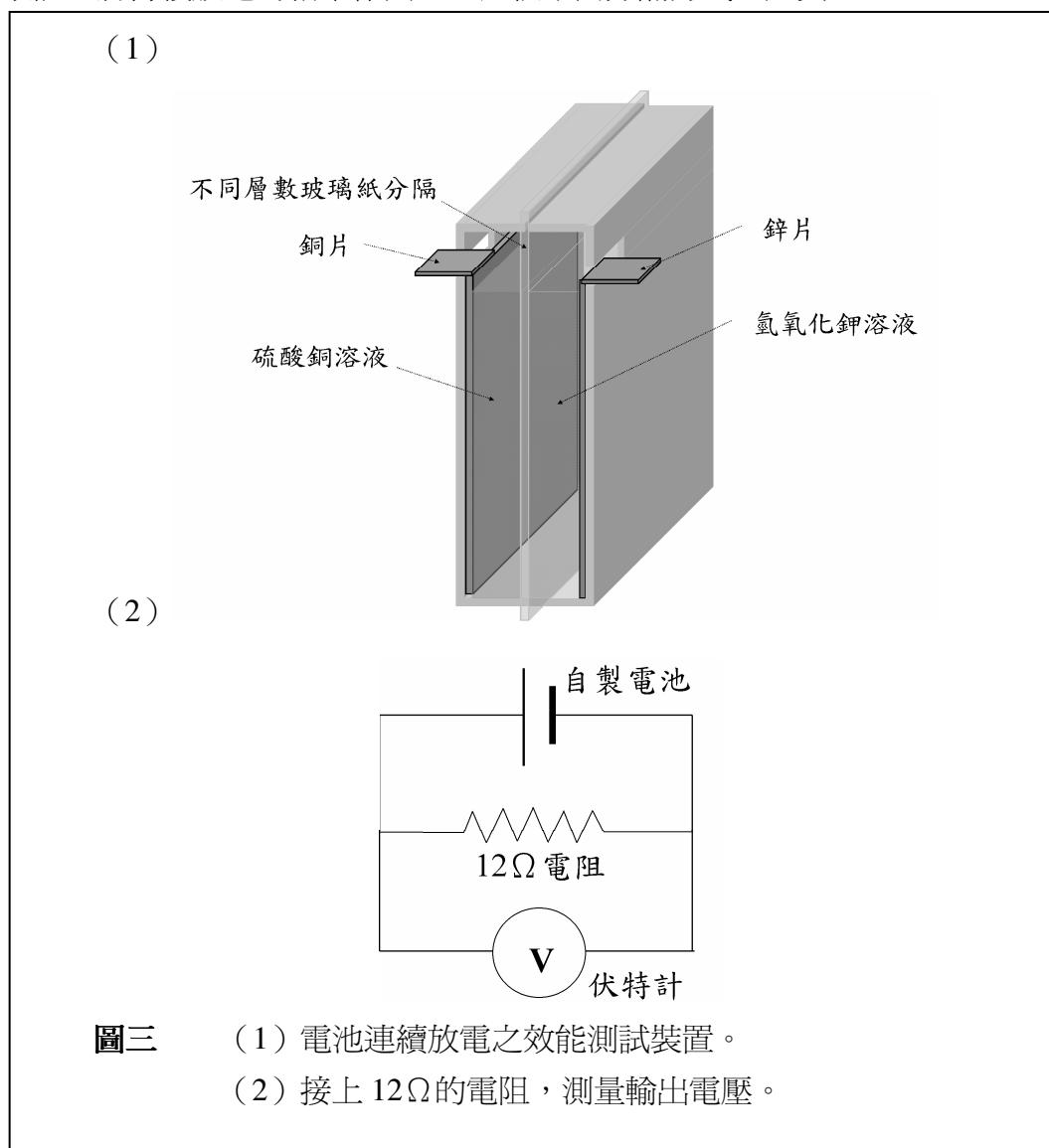
測試項目包括電池初始電壓、無負載電流，及 12Ω 電阻負載下，100 分鐘長時間持續放電之效能（如圖三所示），並測量使隨身聽轉動之時間。在放電後拆解電池，檢查銅片、鋅片表面與是否有沉澱生成。

2. 分別以雙層玻璃紙與四層玻璃紙分隔二極溶液

利用不同層數的玻璃紙，探討是否可提升電池效能。並分別選用了以下溶液填充其間：

- (1) 硝酸鉀溶液。
- (2) 沙拉脫和硝酸鉀混合液。

測試項目包括電池初始電壓、無負載電流，及 12Ω 電阻負載下 100 分鐘持續放電效能。將持續放電的結果作圖，並比較不同分隔方式之差異。



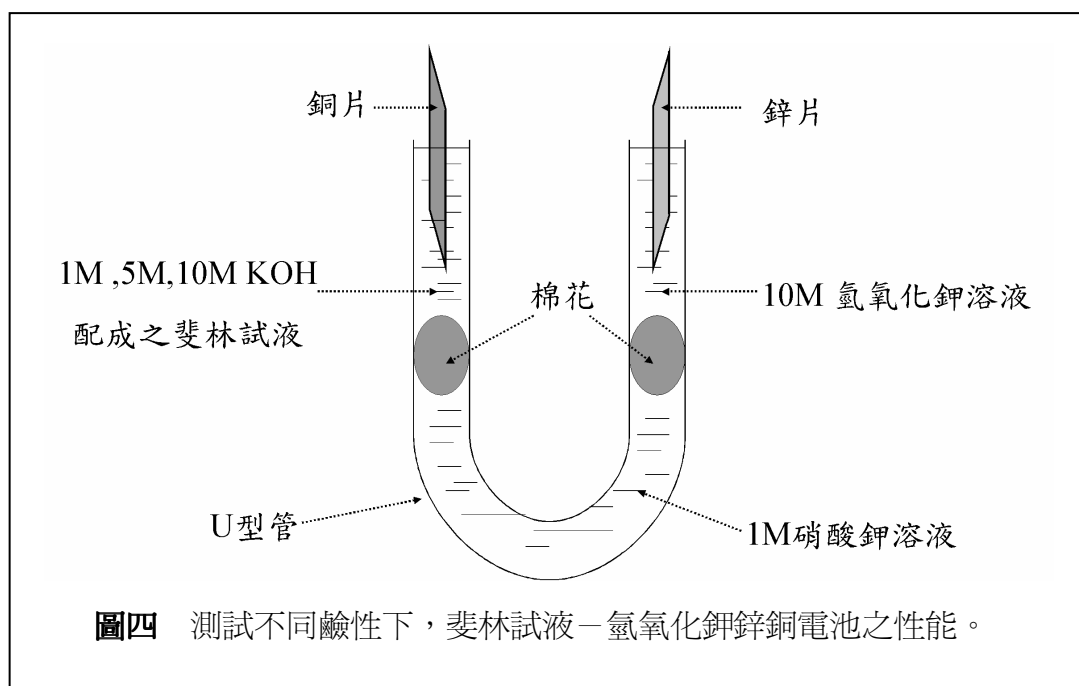
(二) 實驗五：斐林試液鋅銅電池

1. 斐林試液鋅銅電池

高濃度斐林試液的配製方法如下：

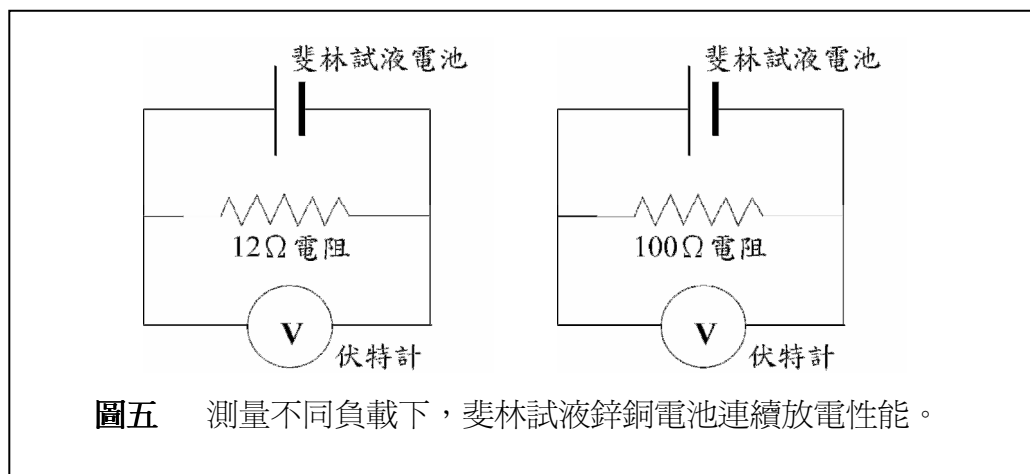
配製氫氧化鉀溶液→ 慢慢不斷加入酒石酸鉀鈉，攪拌使之溶解，直至飽和 →
慢慢加入硫酸銅，使之溶解，直至飽和

以氫氧化鉀溶液濃度為變因，分別以 1M、5M、10M 氫氧化鉀溶液配置斐林試液，組成電池裝置如圖四，測量電壓與無負載電流。以找出最合適之氫氧化鉀濃度。



2. 斐林試液鋅銅電池之性能探討

陰極以 1M 氫氧化鉀溶液配製斐林試液，陽極為 10M 氫氧化鉀溶液，運用自製電池槽（圖二）組成電池，測量初始電壓，並分別測量此裝置接上 12Ω 與 100Ω 電阻時之輸出電壓，如圖五。



五、電池放電比較

實驗六：分別測試以下二種電池之 12Ω 負載持續放電的輸出電壓：

- (一) 舊鋅銅電池配方（飽和硫酸銅－0.1M 硫酸鋅＋少量氨水）
- (二) 市售 3 號鹼性電池

將結果與實驗四、五之改良設計比較。

陸、 結果

一、 實驗一：電解液濃度對電池之影響

鹽橋 [KNO ₃]=0.1M			
無負載電壓與電流	[Zn ²⁺]=0.1M	[Zn ²⁺]=0.5M	[Zn ²⁺]=1.0M
[Cu ²⁺]=0.1M	1.042 V 0.43 mA	1.043 V 0.94 mA	1.041 V 0.93 mA
[Cu ²⁺]=0.5M	1.046 V 0.96 mA	1.063 V 0.94 mA	1.068 V 0.95 mA
[Cu ²⁺]=1.0M	1.057 V 0.89 mA	1.031 V 0.97 mA	1.018 V 0.96 mA

鹽橋 [KNO ₃]=0.5M			
無負載電壓與電流	[Zn ²⁺]=0.1M	[Zn ²⁺]=0.5M	[Zn ²⁺]=1.0M
[Cu ²⁺]=0.1M	1.048 V 2.04 mA	1.044 V 2.10 mA	1.046V 2.12 mA
[Cu ²⁺]=0.5M	1.059V 2.08 mA	1.056 V 2.14 mA	1.050V 2.05 mA
[Cu ²⁺]=1.0M	1.069V 2.04 mA	1.067 V 2.18 mA	1.063V 2.19 mA

鹽橋 [KNO ₃]=1.0M			
無負載電壓與電流	[Zn ²⁺]=0.1M	[Zn ²⁺]=0.5M	[Zn ²⁺]=1.0M
[Cu ²⁺]=0.1M	1.049 V 2.30 mA	1.045 V 2.25 mA	1.047 V 2.13 mA

結果：

改變銅離子、鋅離子與鹽橋濃度，電壓都未能超過標準氧化還原電位 1.100 伏特。而離子濃度愈高時，電流有上升之趨勢。

二、 實驗二：不同陽極電解質溶液對電池之影響

(一) 不同濃度之硝酸鹽溶液。實驗測量結果如下表：

鹽橋 $[\text{KNO}_3]=1.0\text{M}$ ；陽極為硝酸鉀溶液			
無負載電壓與電流	$[\text{KNO}_3]=0.1\text{M}$	$[\text{KNO}_3]=0.5\text{M}$	$[\text{KNO}_3]=1.0\text{M}$
$[\text{Cu}^{2+}]=0.1\text{M}$	0.823 V 2.18 mA	0.841 V 2.35 mA	0.835 V 2.32 mA
$[\text{Cu}^{2+}]=0.5\text{M}$	0.833 V 1.95 mA	0.860 V 2.42 mA	0.876 V 2.76 mA
$[\text{Cu}^{2+}]=1.0\text{M}$	0.912 V 2.41 mA	0.912 V 2.68 mA	0.895 V 2.70 mA

鹽橋 $[\text{KNO}_3]=1.0\text{M}$ ；陽極為硝酸鈉溶液			
無負載電壓與電流	$[\text{NaNO}_3]=0.1\text{M}$	$[\text{NaNO}_3]=0.5\text{M}$	$[\text{NaNO}_3]=1.0\text{M}$
$[\text{Cu}^{2+}]=0.1\text{M}$	0.851 V 2.18 mA	0.821 V 2.25 mA	0.855 V 2.35 mA
$[\text{Cu}^{2+}]=0.5\text{M}$	0.913 V 2.32 mA	0.869 V 2.28 mA	0.861V 2.33 mA
$[\text{Cu}^{2+}]=1.0\text{M}$	0.903 V 2.46 mA	0.925 V 2.62 mA	0.886V 2.61 mA

(二) 不同濃度之硫酸鹽溶液。實驗測量結果如下表：

鹽橋 $[\text{KNO}_3]=1.0\text{M}$ ；陽極為硫酸鉀溶液			
無負載電壓與電流	$[\text{K}_2\text{SO}_4]=0.1\text{M}$	$[\text{K}_2\text{SO}_4]=0.5\text{M}$	$[\text{K}_2\text{SO}_4]=1.0\text{M}$
$[\text{Cu}^{2+}]=0.1\text{M}$	0.946 V 2.67 mA	0.940 V 2.87 mA	0.941 V 2.88 mA
$[\text{Cu}^{2+}]=0.5\text{M}$	0.965 V 2.74 mA	0.968 V 3.00 mA	0.969 V 2.89 mA
$[\text{Cu}^{2+}]=1.0\text{M}$	1.009 V 2.86 mA	1.001 V 3.02 mA	0.998 V 3.06 mA

鹽橋 $[\text{KNO}_3]=1.0\text{M}$ ；陽極為硫酸鈉溶液			
無負載電壓與電流	$[\text{Na}_2\text{SO}_4]=0.1\text{M}$	$[\text{Na}_2\text{SO}_4]=0.5\text{M}$	$[\text{Na}_2\text{SO}_4]=1.0\text{M}$
$[\text{Cu}^{2+}]=0.1\text{M}$	0.972 V 2.96 mA	0.967 V 2.93 mA	0.941 V 2.67 mA
$[\text{Cu}^{2+}]=0.5\text{M}$	0.973 V 3.07 mA	0.968 V 2.76 mA	0.950 V 3.02 mA
$[\text{Cu}^{2+}]=1.0\text{M}$	0.978 V 3.11 mA	0.970 V 3.19 mA	0.961 V 2.91 mA

鹽橋 [KNO ₃]=1.0M；陽極為硫酸銨溶液			
無負載電壓與電流	[(NH ₄) ₂ SO ₄] =0.1M	[(NH ₄) ₂ SO ₄] =0.5M	[(NH ₄) ₂ SO ₄] =1.0M
[Cu ²⁺]=0.1M	0.848 V 2.38 mA	1.014 V 2.99 mA	1.029 V 3.01 mA
[Cu ²⁺]=0.5M	0.855 V 2.43 mA	1.016 V 3.07 mA	1.013 V 3.04 mA
[Cu ²⁺]=1.0M	0.871 V 2.61 mA	1.004 V 3.05 mA	1.049 V 3.09 mA

(三) 不同濃度之氯鹽溶液。實驗測量結果如下表：

鹽橋 [KNO ₃]=1.0M；陽極為氯化鉀溶液			
無負載電壓與電流	[KCl]=0.1M	[KCl]=0.5M	[KCl]=1.0M
[Cu ²⁺]=0.1M	0.897 V 2.89 mA	0.937 V 3.14 mA	0.939 V 3.15 mA
[Cu ²⁺]=0.5M	0.905 V 2.94 mA	1.064 V 3.28 mA	1.069 V 3.32 mA
[Cu ²⁺]=1.0M	0.910 V 3.05 mA	1.073 V 3.45 mA	1.083 V 3.43 mA

鹽橋 [KNO ₃]=1.0M；陽極為氯化鈉溶液			
無負載電壓與電流	[NaCl]=0.1M	[NaCl]=0.5M	[NaCl]=1.0M
[Cu ²⁺]=0.1M	0.919 V 3.09 mA	0.917 V 3.29 mA	0.920 V 3.37 mA
[Cu ²⁺]=0.5M	1.001 V 3.31 mA	1.016 V 3.30 mA	0.926 V 3.35 mA
[Cu ²⁺]=1.0M	1.013 V 3.39 mA	0.996 V 3.39 mA	1.005 V 3.48 mA

鹽橋 [KNO ₃]=1.0M；陽極為氯化銨溶液			
無負載電壓與電流	[NH ₄ Cl]=0.1M	[NH ₄ Cl]=0.5M	[NH ₄ Cl]=1.0M
[Cu ²⁺]=0.1M	1.057 V 3.51 mA	1.053 V 3.43 mA	1.055 V 3.42 mA
[Cu ²⁺]=0.5M	1.054 V 3.59 mA	1.067 V 3.63 mA	1.059 V 3.63 mA
[Cu ²⁺]=1.0M	1.004 V 3.39 mA	0.939 V 3.49 mA	0.915 V 3.56 mA

(四) 不同濃度之強鹼溶液。實驗測量結果如下表：

鹽橋 [KNO ₃]=1.0M；陽極為氫氧化鉀溶液			
無負載電壓與電流	[KOH]=0.1M	[KOH]=0.5M	[KOH]=1.0M
[Cu ²⁺]=0.1M	1.243 V 4.01 mA	1.262 V 4.43 mA	1.485 V 5.72 mA
[Cu ²⁺]=0.5M	1.310 V 4.19 mA	1.420 V 5.01 mA	1.479 V 5.66 mA
[Cu ²⁺]=1.0M	1.353 V 3.89 mA	1.447 V 4.95 mA	1.493 V 5.76 mA

鹽橋 [KNO ₃]=1.0M；陽極為氫氧化鈉溶液			
無負載電壓與電流	[NaOH]=0.1M	[NaOH]=0.5M	[NaOH]=1.0M
[Cu ²⁺]=0.1M	1.106 V 3.03 mA	1.362 V 3.39 mA	1.469 V 5.40 mA
[Cu ²⁺]=0.5M	1.213 V 3.14 mA	1.405 V 4.94 mA	1.471 V 5.51 mA
[Cu ²⁺]=1.0M	1.350 V 5.06 mA	1.441 V 5.28 mA	1.480 V 5.55 mA

實驗二結果：

1. 陽極使用氫氧化物時，電壓和電流都較高，超過其他實驗的結果。
2. 使用硝酸鹽時，電壓明顯降低。
3. 陽極溶液的陽離子種類改變對電壓沒有顯著的影響。

三、實驗三：界面活性劑對電池之影響

實驗測量結果如下表所示：

沙拉脫濃度	無負載電壓與電流	
0%	1.028V	3.24mA
25%	0.995V	1.72mA
50%	0.990V	2.02mA
洗衣精濃度	無負載電壓與電流	
0%	1.017V	3.16mA
25%	0.976V	2.32mA
50%	0.973V	3.23mA

結果：電壓隨濃度下降，電流則先降後升。

四、 實驗四：硫酸銅－氫氧化鉀鋅銅電池

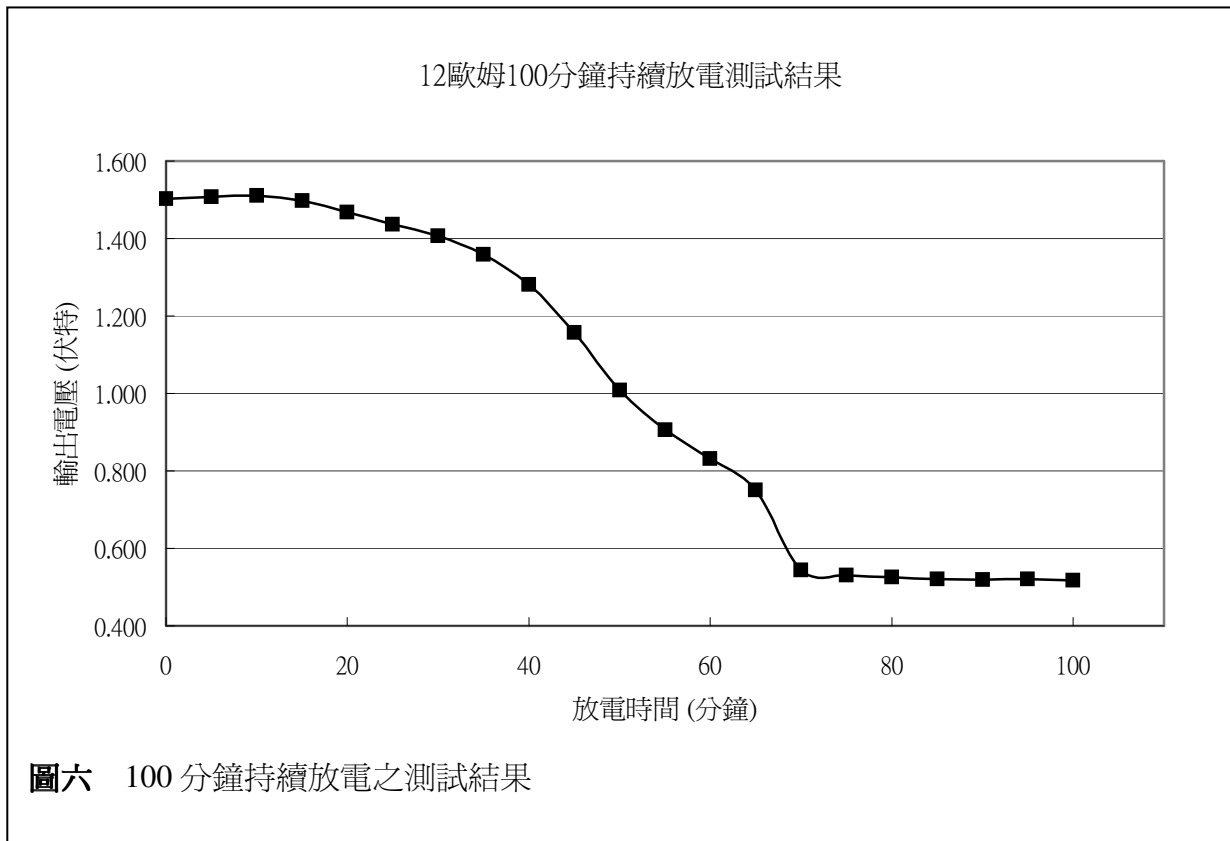
(一) 單層玻璃紙分隔（無鹽橋液）

實驗測試結果如下表所示：

測量項目	測量結果
無負載電壓	1.630 V
無負載電流	1.62 A
接上小燈泡之輸出電流 (2.2V, 0.25A)	可發光 170 mA
驅動隨身聽時間 (額定電壓 1.5V, 最大音量 下撥放錄音帶)	約 30 分鐘

12Ω 電阻 100 分鐘連續放電之測試結果如圖六。在約 70 分鐘放電後，電壓下降到 0.5V，並且維持在 0.5V 附近。

測試後，在陰極發現有許多藍色氫氧化銅沉澱。



(二) 以雙層與四層玻璃紙分隔二極溶液

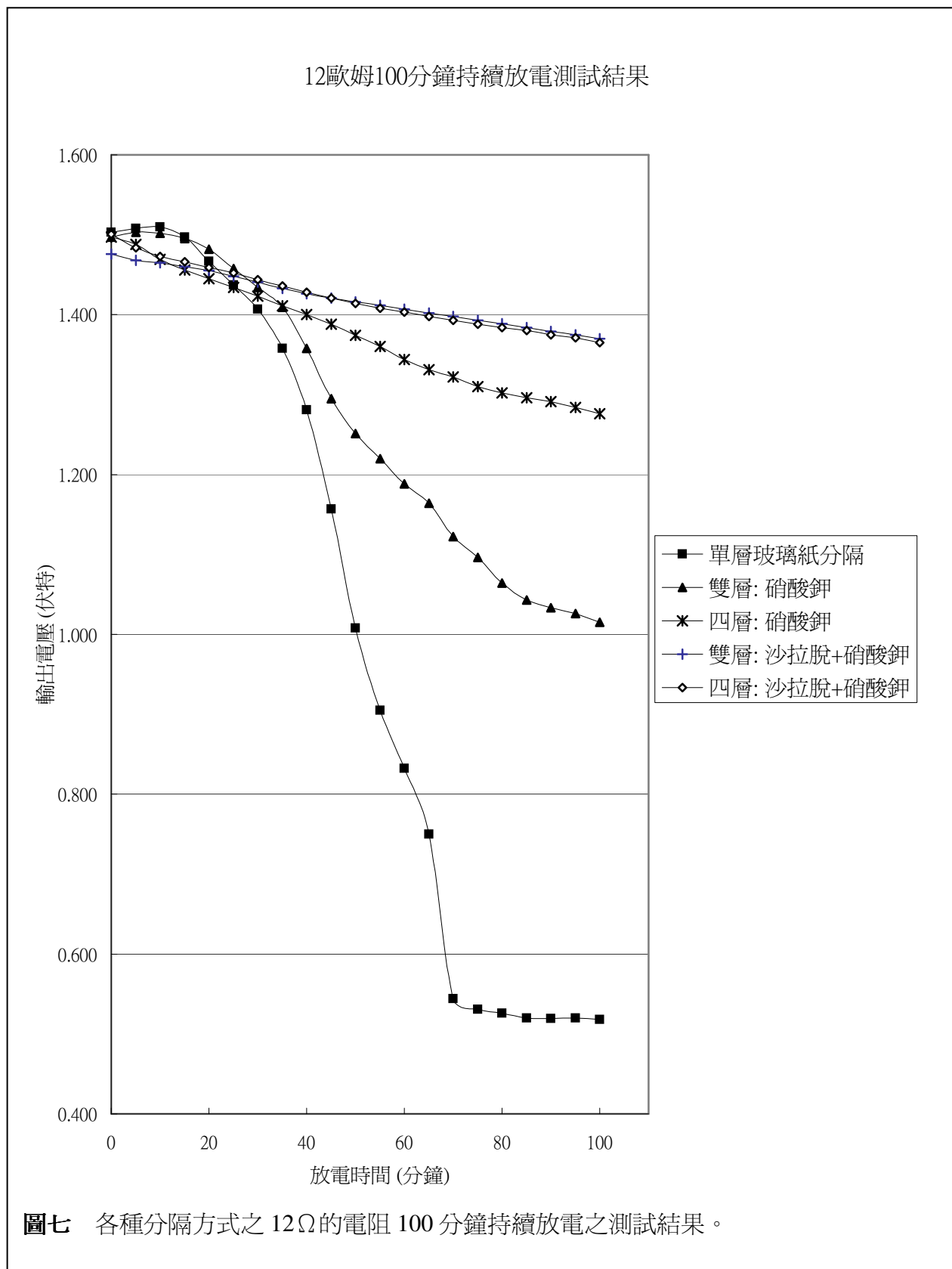
實驗測量結果分別如下表：

電池裝置 測量項目	二層玻璃紙分隔 測量結果	
	中間填充飽和 $\text{KNO}_3(\text{aq})$	中間填充 飽和 $\text{KNO}_3(\text{aq})$ + 100% 沙拉脫
無負載電壓	1.611 V	1.708 V
無負載電流	2.03 A	1.58 A
接上小燈泡之輸出電流	175 mA	166 mA
驅動隨身聽時間	約 1 小時	約 4 小時

電池裝置 測量項目	四層玻璃紙分隔 測量結果	
	中間填充飽和 $\text{KNO}_3(\text{aq})$	中間填充 飽和 $\text{KNO}_3(\text{aq})$ + 100% 沙拉脫
無負載電壓	1.613 V	1.709 V
無負載電流	1.74 A	1.42 A
接上小燈泡之輸出電流	170 mA	158 mA
驅動隨身聽時間	約 2 小時	約 4 小時

實驗後發現都有氫氧化銅沉澱物生成。用沙拉脫分隔時使用時間較長，且沉澱物較少。

12Ω的電阻長時間連續放電之測試結果如圖七：



五、 實驗五：斐林試液－氫氧化鉀鋅銅電池

(一) 不同濃度氫氧化鉀溶液配製斐林試液之電池研究

實驗測量結果如下表：

測量項目 斐林試液之鹼性濃度	無負載電壓與電流	
1M KOH	1.252 Volt	4.33mA
5M KOH	1.199 Volt	4.62mA
10M KOH	1.121 Volt	5.19mA

結果：氫氧化鉀溶液濃度為 1M 時，電壓最高。

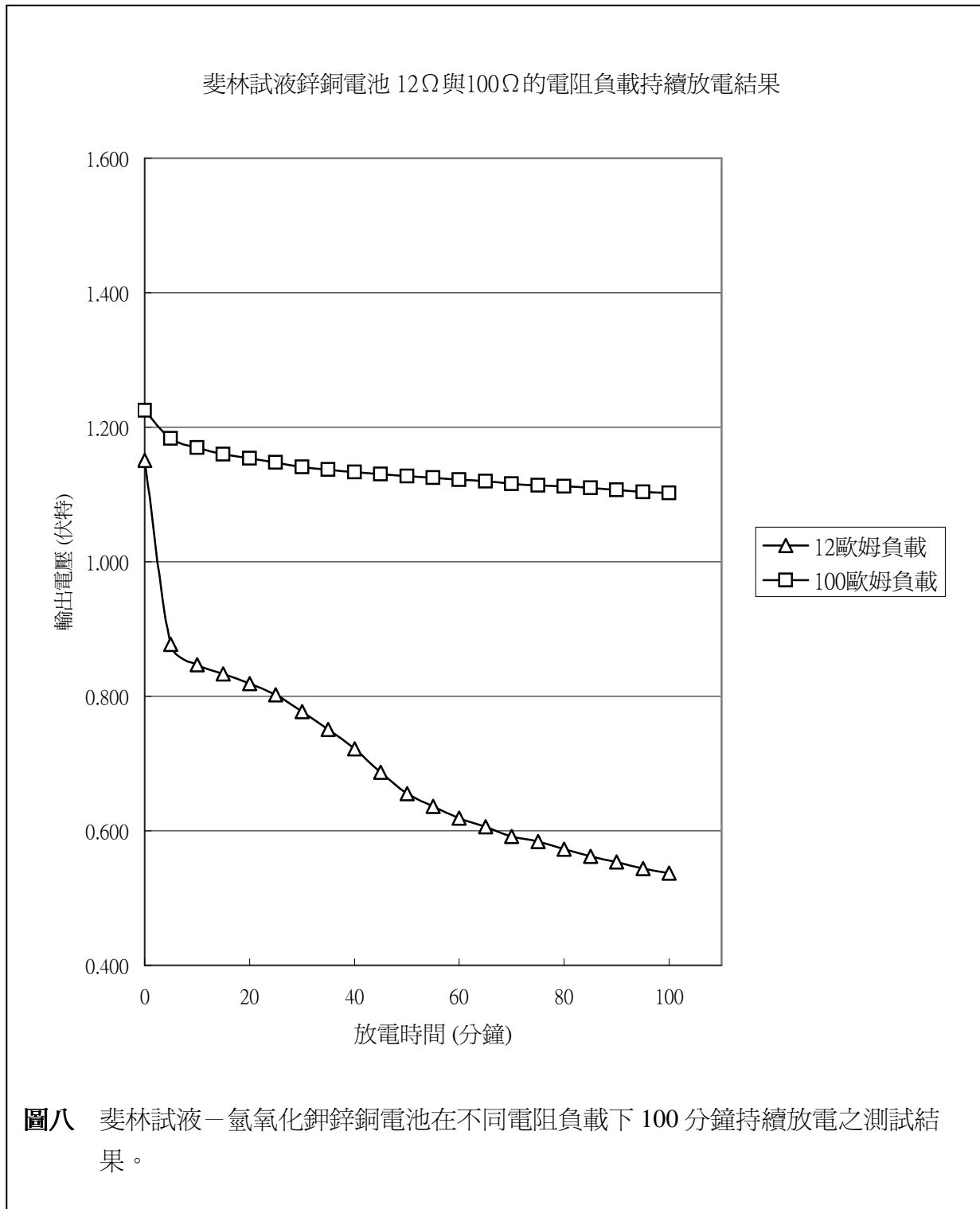
(二) 斐林試液－氫氧化鉀鋅銅電池之性能

性能測試之結果如下：

測量項目	測量結果
無負載電壓	1.308 V
無負載電流	0.67 A
接上小燈泡之輸出電流	微弱發光 137 mA
驅動隨身聽時間	無法轉動錄音帶

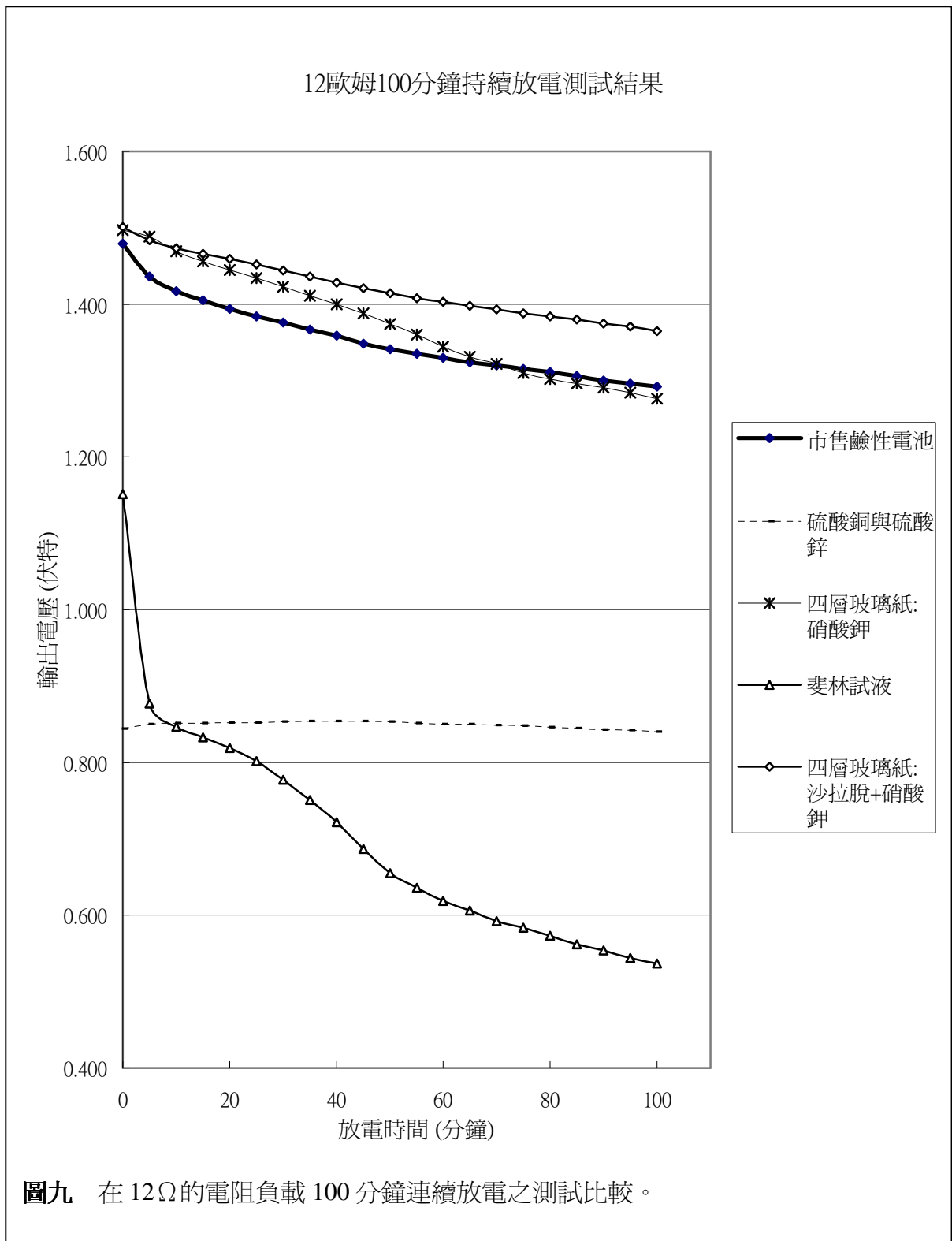
結果：電池中並無沉澱物生成，但無法驅動錄音帶。

12Ω與100Ω電阻負載100分鐘連續放電測試結果如圖八所示：



六、 實驗六：電池放電比較

各電池 12Ω 電阻負載 100 分鐘連續放電之測試結果如圖九所示：



柒、 討論

一、 電解液濃度的改變對電池之影響

根據化學反應式：



利用能斯特方程式 (Nernst equation)，對鋅銅電池：

$$E = E^0 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]}$$

若陰極為 1.0M 硫酸銅，陽極為 0.1M 硫酸鋅，則：

$$E = 1.100 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{0.1}{1.0} = 1.130 \text{ Volt}$$

理論而言，在銅鋅離子濃度比為 10 倍的情況下，電壓變化僅 0.030 Volt。

而實驗時，在液態的環境中測量微小的電位變化，會受到溶液流動，分子運動……等因素影響，造成的誤差足以干擾結果。雖然在實驗的過程中，儘可能使每一次的控制變因相同，但還是難以避免因各種實驗誤差造成部分數據不符合理論預期。

在濃度較高時，無負載電流上升，應是溶液導電度上升之故。

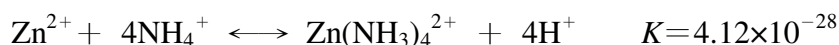
二、 改變陽極電解質溶液的種類對電池的影響

單由能斯特方程式 (Nernst equation) 來看，只要 $\frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]}$ 的比值更小，則理論上電動勢提昇會更高。

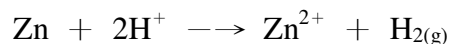
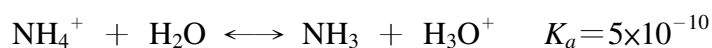
(一) 若使用非鋅離子的電解質作為陽極溶液，理論應可提升電動勢，但實驗結果：電壓卻沒有顯著升高，甚至使用硝酸鹽時還下降到 0.900 伏特以下。

推論可能是反應過程中，鋅極產生的鋅離子，沒有即時分散到整個溶液中，局部的鋅離子濃度就會升高，若是以整個溶液的平均濃度帶入能斯特方程式，就會出現誤差。而溶液中各種離子的擴散速度不一致時，也可能會影響電池的電壓，導致使用硝酸鹽時，電壓下降。

(二) 根據高中化學課程，本以為銨鹽濃度夠高時，可和部分鋅離子作用成錯合離子，使鋅離子濃度不要增加太快：



按此理論，使用硫酸銨可以得到更高的電壓。但是實驗的結果並未如預期，可能也和上述(一)之原因有關。而且從平衡常數大小，可得知即使提高銨鹽濃度，也不易向右移動，反而增加 NH_4^+ 水解的機會，使電解液呈酸性，進而使鋅片在酸性下加速溶解，出現生成 $\text{H}_2(g)$ 的可能：



結果可能造成電壓下降。

三、 界面活性劑對電池之影響

發現加入沙拉脫會使電壓略為下降，電流也有下降的趨勢。界面活性劑有形成膜的性質^{文獻五}，可能金屬表面部分被清潔劑佔據不利離子或金屬析出之故，造成電壓下降。若使用高純度的界面活性劑進行實驗，而非市售的混合物，也許可以進一步釐清界面活性劑對電池的影響。

四、 以硫酸銅溶液和氫氧化鉀溶液組成之鋅銅電池

發現使用硫酸銅溶液和氫氧化鉀溶液時，若僅以一層玻璃紙阻隔，無法避免 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉澱之生成，雖然初始電壓甚高，但受沉澱之影響，電壓不斷下降。若是以雙層玻璃紙，並在其間填充硝酸鉀溶液，則電壓可以維持較久。若是填充沙拉脫，並溶入硝酸鉀以提升導電度，則電池壽命可以有效延長，但內電阻略有上升。使用四層玻璃紙做分隔時，若填充沙拉脫加硝酸鉀之電池壽命也比只填充硝酸鉀溶液更長。

實驗結果發現：若添加沙拉脫於硝酸鉀溶液中，則玻璃紙 2 層和 4 層的效果是相近的。

五、 以斐林試液取代硫酸銅溶液

此裝置雖有效避免銅離子在鹼性下沉澱，但由 $100\ \Omega$ 與 $12\ \Omega$ 負載，輸出電壓隨時間之變化的差異，可得知此裝置不適合快速放電。

由於電解液在電池中運動的動力有二：遷移與擴散。所以當銅離子被帶負電的酒石酸根離子拮合時，總分子量上升且正電荷之靜電力下降，所以遷移與擴散均下降，反應會較慢，這也是斐林試液鋅銅電池之最大缺點。

我們預期適度加大電極面積、或是利用不同的銅錯離子以維持正電荷，則運用錯離子的電池配方應該能有更好的表現。

六、 電池放電比較

利用填充沙拉脫與硝酸鉀之方式，雙層與四層玻璃紙分隔之硫酸銅－氫氧化鉀電池有與市售鹼性電池相近之性能，具有高度之實用性。而斐林試液的設計則不適合快速放電。

捌、 結論

- 一、 調控銅、鋅離子的濃度，所得到之電壓並未超過鋅銅電池之標準氧化還原電位 1.100 伏特。
- 二、 以不同的電解質溶液作為陽極溶液。使用硝酸鹽時電壓明顯下降，使用氫氧化鉀溶液時電壓卻接近 1.5 伏特，已達一般市售電池之電壓。
- 三、 利用沙拉脫與洗衣精等界面活性劑添加於電池二極和鹽橋液中，會使電壓略為下降。
- 四、 使用硫酸銅與氫氧化鉀溶液，並以不同層數之玻璃紙分隔溶液組成的鋅銅電池，電壓可達 1.6 伏特，且電池內電阻低，具實用性，但氫氧化銅沉澱使電池壽命簡短。
- 五、 利用斐林試液組成鋅銅電池，雖可解決沉澱問題，但電壓較低，僅 1.2 伏特，而且輸出電流小。
- 六、 若於硫酸銅和氫氧化鉀溶液電池中，將清潔劑僅添加在雙層玻璃紙的鹽橋液中，即可達到和市售鹼性電池效能媲美的程度。
- 七、 未來若能對沉澱問題作進一步改進，將使本實驗之電池設計更具實用性質，可以應用於一般小型電器用品中。

玖、 參考文獻

- 一、 **【鋅銅電池之探討與改良】**，第 33 屆中小學科展優勝作品專輯，國中組化學科，國立台灣科學教育館。
- 二、 **【改進鋅銅電池的電流至一千倍】**，第 30 屆中小學科展優勝作品專輯，國中組化學科，國立台灣科學教育館。
- 三、 **【渾身是勁—以廢電池改裝為高功率的鋅銅電池】**，第 39 屆中小學科展優勝作品專輯，高中組化學科，國立台灣科學教育館。
- 四、 **【高中化學課本】**，龍騰版，第四冊，第六、七章。
- 五、 刈米孝夫著，王鳳英譯，**【界面活性劑的原理與應用】**，高立圖書有限公司，第三、四章。
- 六、 Skoog, D.A. 等著，方嘉德等譯，**【基礎分析化學】**，第七版，美亞出版股份有限公司，第八、十五、十六章。

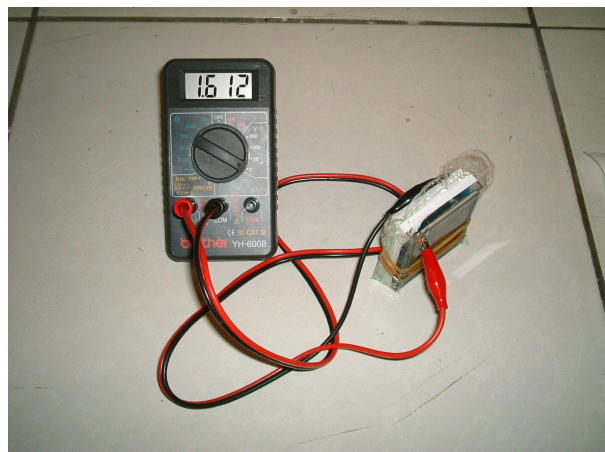
附錄



以改良式簡易型實驗裝置，測試陽極為 10M 氫氧化鉀溶液時之電壓。



自製電池裝置之組成元件。



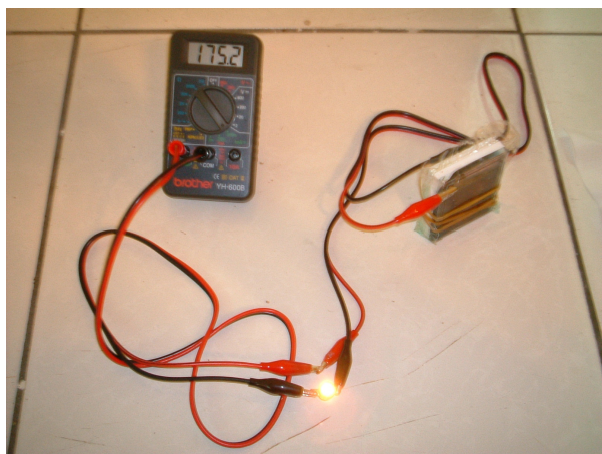
硫酸銅－氫氧化鉀鋅銅電池之初始電壓，超過 1.6 伏特。



12Ω 負載下，自製電池之輸出電壓。



斐林氏液電池使燈泡微弱發光。



雙層玻璃紙分隔之硫酸銅－氫氧化鉀鋅銅電池使燈泡發光。電流達 175mA。

評語

040216 高中組化學科

銅鋅協力—高能量鋅銅電池

鋅銅電池能量探討仍有限。