



海格的爆尾釘蝦



江易霖／屏東高中

學生作者／吳儁、徐志中、劉耀仁、陳偉國
陳國祥老師指導

前言

高二化學課程提到兩性元素在鹼性溶液中會反應產生氫氣。此現象引發我們強烈的好奇心：「鹼性電池的電極不正是兩性元素之一的鋅，為何明知道會產生氫氣還要使用？」於是便著手調查市面上鹼性電池之相關資料，而在搜尋資料的過程中，得知銀鋅電池是目前市場上的明日之星，其高穩定和可充電之特色連在軍事上都被廣泛運用。高一基礎化學中，也特別指出其為未來電池發展的主軸，其重要性不言而喻。故以銀鋅電池為對象深入探討各種變因對其特性的影響。

摘要及研究目的

鹼性電池使用的電解液均為強鹼，電池中的鋅極會與其發生腐蝕反應，使得電池放電壽命降低，並產生氫氣，而大量氫氣使得電池有爆裂的危險，為了改善上述問題，我們自行設計了氣體觀測儀器，用來檢測銀鋅電池充放電與靜置時之氣體產生量，更藉由探討影響變因的過程找出銀鋅電池較合適之使用條件，其中包含電解液種類及濃度之選擇、電極面積與充電電流對使用效果之影響，並改善電池腐蝕程度；我們將鋅極以浸鍍處理（Sn：Pb = 1：1）並搭配電解液添加物（KOH：Zn(OH)₄²⁻ = 2：1）可效率地抑制氣體產生；更用氯化銀粉末取代傳統氧化銀極片為正極，發現氯化銀可代替氧化銀電極，且有不錯的放電效果。本次實驗的目的是：

1. 自製氣體生成測量儀器，並測出不同變因下之氣體產生情況。
2. 找出可抑制電極腐蝕和提高電池功率之方法。
3. 自製一個高功率低危險的電池。

研究過程及方法：

一、實驗方法建立

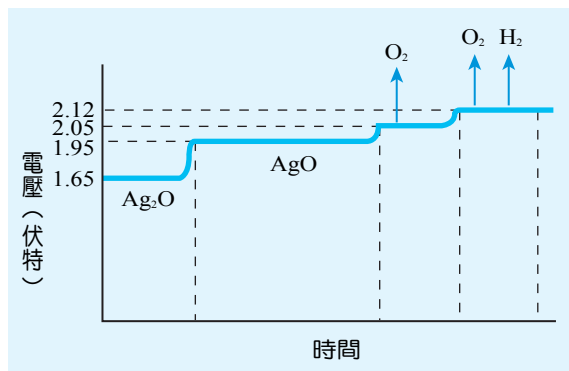
1. 電壓的測定：

實驗過程中，以同規格之燈泡為電阻，搭配三用電表，測定放電時間與電壓之關係。又為了確定銀極處理實驗時銀極之產物，我們測量電極尚未接上電阻時之電壓，定其為「空電壓」。

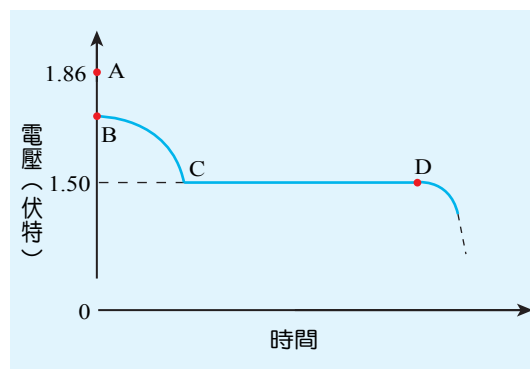


2. 充放電時間記錄：

根據文獻，當電池電壓充到約 2.05V 時銀極會放出 O_2 ，且若繼續充電，其放電時間也不會有多大改變，為了節省時間和便於觀察，我們便將銀極充電至冒泡定為充電結束，所需時間定為充電時間。（圖一）放電時剛開始會有一段電壓掉落期 AC，接著是平穩期 CD。這兩段期間是電池功率表現的主要關鍵，但由於 D 點後至電壓歸零所經時間只有 1~3 秒，為了便於記錄，我們以放電開始至電壓歸零所經時間為放電時間。（圖二）



▲圖一 銀鋅電池（含過量氧化鋅）之典型充電曲線



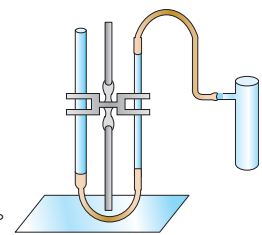
▲圖二 銀鋅電池（含過量氧化鋅）之典型放電曲線

3. 鋅極浸鍍處理：

將電極鋅分別置入 30% 的 $Pb(CH_3COO)_2$ 和 $SnCl_2$ 中，依實驗需求浸入不同時間、不同先後順序。取出後以去離子水輕輕沖洗，再置入烘箱烘乾即可。

4. 銀極處理：

- (1) 取適量之純銀絲和 $1 \times 4 \text{ cm}^2$ 之鎳片，置入裝有去離子水之 250mL 燒杯中。
- (2) 以鱷魚夾連接電源供應器，銀接正極，鎳接負極。
- (3) 定電壓為 30~32.5 V 對金屬通電。
- (4) 通電 40 分鐘後，取出銀絲陰乾，此銀絲即定為往後實驗之基本電極 (Ag_2O_2)。
- (5) 依不同前處理方式使用不同前處理液 (KOH、KCl) 作處理。



▲圖三 自製氣體測量儀 A

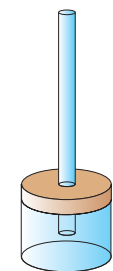
二、設計儀器

1. 充放電過程氣體測量儀（圖三：自製儀器 A）

首先將吸量管和滴定管以橡皮管連結成 U 型管設計，把水注入管中並將吸量管上端連接至試管，再以凡士林塗抹所有接合處，並將橡皮塞挖洞使內部電極能與鱷魚夾相接。

2. 靜置氣體測量儀（圖四：自製儀器 B）

由於在靜置實驗中，鋅極和電解液反應之氣體產生量相當的少，用自製儀器 A 不易測得。且經我們不斷嘗試後發現，具有螺旋蓋之廣告顏料瓶搭配管徑 2mm 之毛細管測出之數據誤差最小，便以此為測量儀器。



▲圖四 自製氣體測量儀 B

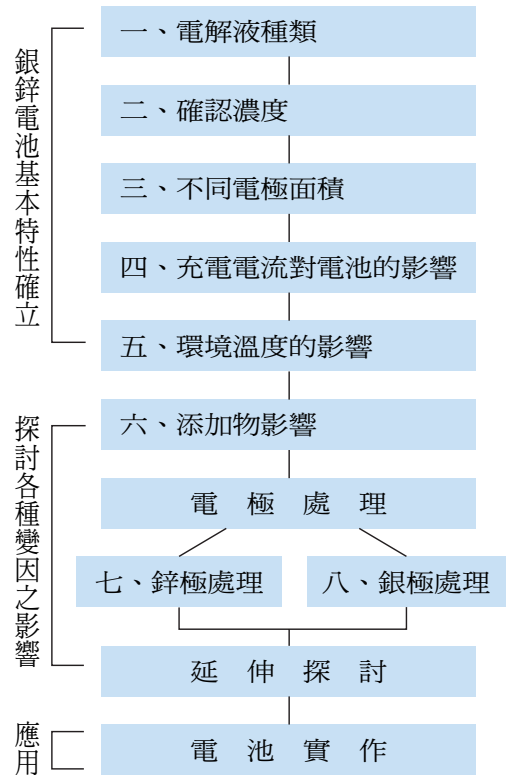


實驗討論

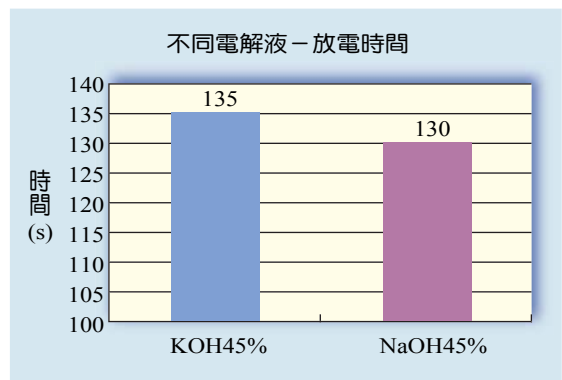
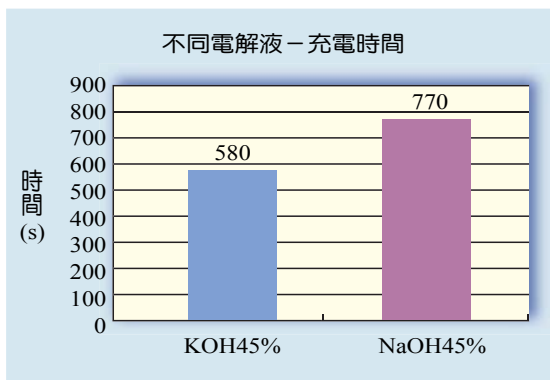
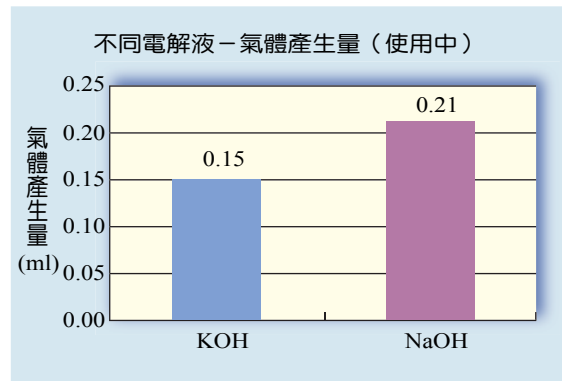
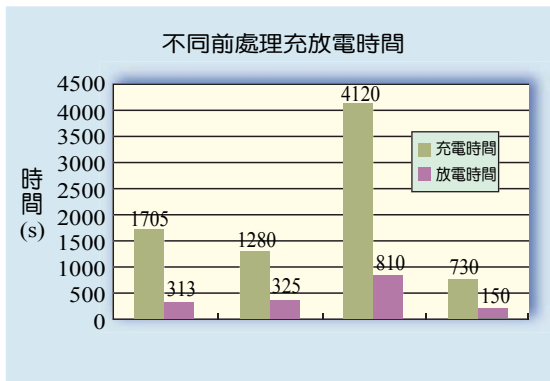
一、基本銀鋅電池特性之確立

1. 確定電解液種類：

- (1) 據靜置實驗得知，鋅極靜置在 KOH，氫氣生成量（腐蝕程度）高於 NaOH。
- (2) 就功效而言，電解液 KOH 的充電時間較短，放電穩定期卻比 NaOH 高。
- (3) 就充放電過程之氫氣產生量而言，KOH 主要氫氣生成期(充電過程)較短，所以氫氣生成量低於 NaOH。
- (4) 綜合以上條件，雖然 KOH 靜置之氫氣生成量高於 NaOH，然而就其整體成效而言，KOH 實用性比 NaOH 高，所以我們在往後的實驗決定以 KOH 為電解液。



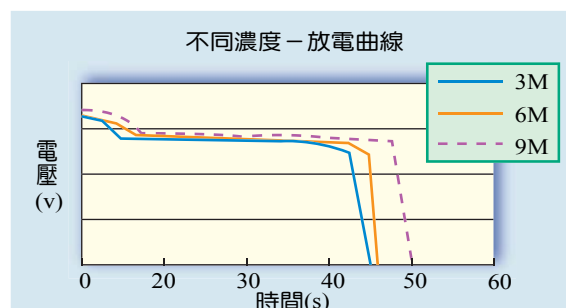
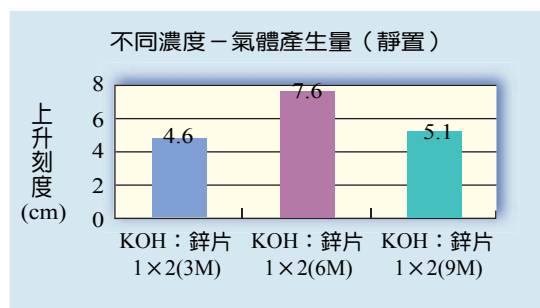
▲實驗流程圖





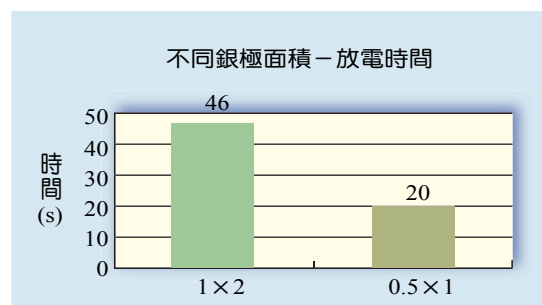
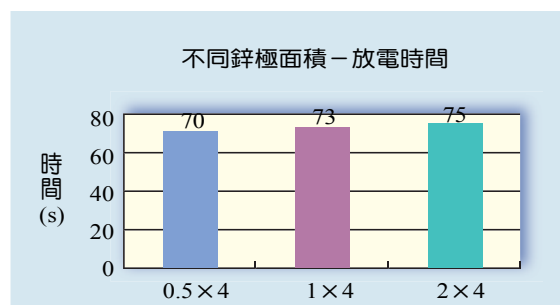
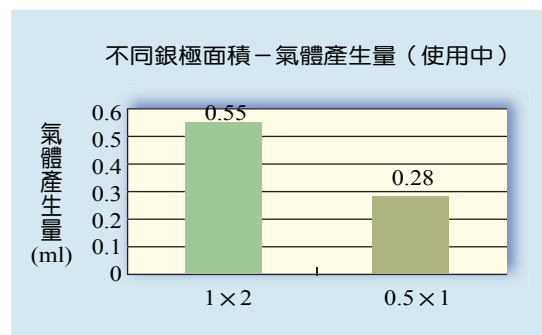
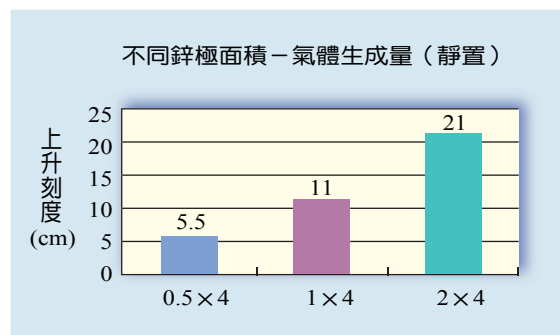
2. 找出電解液何種濃度為最佳：

靜置實驗中，氫氣生成量在 6M 達到高峰，3M、9M 均有下降的趨勢，根據文獻對鉗的研究，鉗在鹼性溶液中反應物隨 OH^- 濃度不同而不同。在低濃度時（低於 6.5M）沉澱物為 ZnO 。可以解釋為何在 KOH 6M 時鉗的腐蝕速率有一明顯改變，即其生成物應為 ZnO 而非 Zn(OH)_2 。在充放電方面，電解液濃度與充放電時間及氣體生成量成正向增減。高濃度電解液對電池整體效能而言，是較佳的選擇。但往後實驗為了節省時間和便於觀察，我們則定 6M 為實驗用濃度，至電池實作部分再採用市售電池之電解液濃度 KOH37%。



3. 改變不同電極面積：

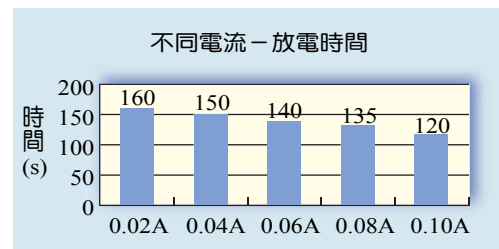
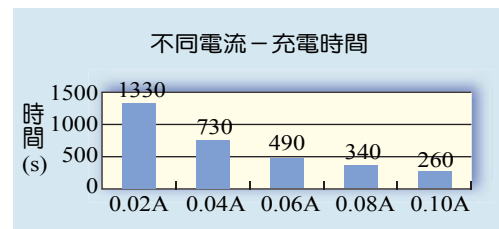
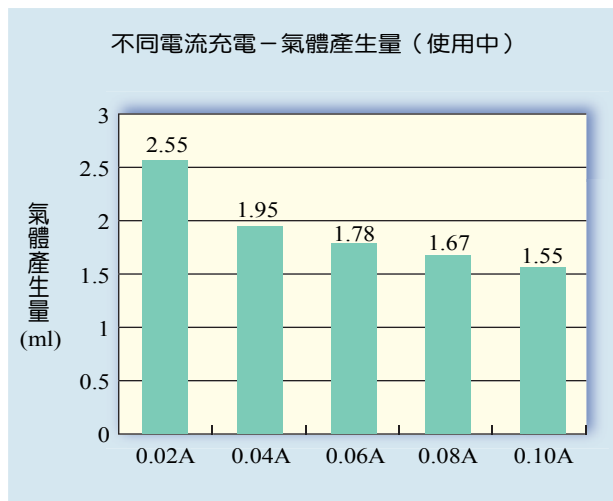
不同銀極、鉗極面積對充放電所需時間、靜置、使用中氫氣生成量成正向關係，亦即電極面積越大，充放電時間、氣體生成量越大。而就放電時間而言，銀極較鉗極影響顯著，增加銀極面積能使電池功率有大幅度的提升，可見只要在不使電極反應完的情況下，銀極是左右電池功率之主要因素（但因考慮到銀的價錢，我們在往後的實驗還是以 15 cm 的銀絲為主）。





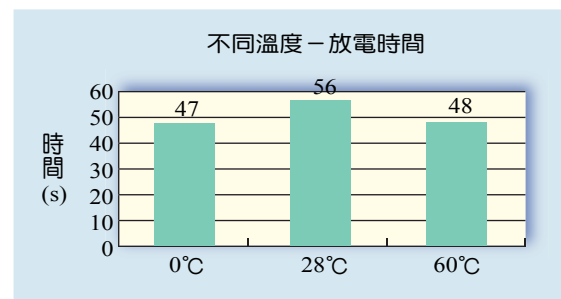
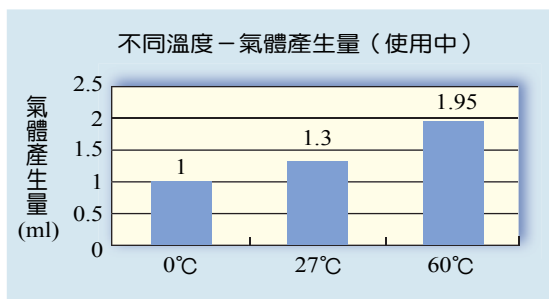
4. 充電電流對電池的影響：

充電電流越大，充電時間越短，但放電時間也隨之較短，使用過程中之氫氣生成量也隨之減少；就功效而言，高電流充電時間短，但因放電時間也較短，且電流越高，越是如此。故為了便於往後實驗觀察，我們選擇以 0.04A 為標準充電電流。



5. 環境溫度對電池的影響：

銀鋅電池在室溫下穩定放電時間最長（充電時間亦然），我們推論在高溫和低溫的環境下，電解液離子的動能太高或太低均對電池效能有不利影響，且不論靜置或使用中，氫氣生成量皆隨溫度升高而增加。



6. 對基本銀鋅電池特性確立結果：

綜合上述各項結果，我們訂定銀鋅電池的基本規格為：

電解液 KOH 6M、銀極長度 15 cm、鋅極面積 $1 \times 4 \text{ cm}^2$ 、充電電流 0.04A、常溫下使用。

基本電池使用性質如下：

氣體生成量：

- (1) 靜置：毛細管刻度上升 3.4 cm，充電時間：730 秒

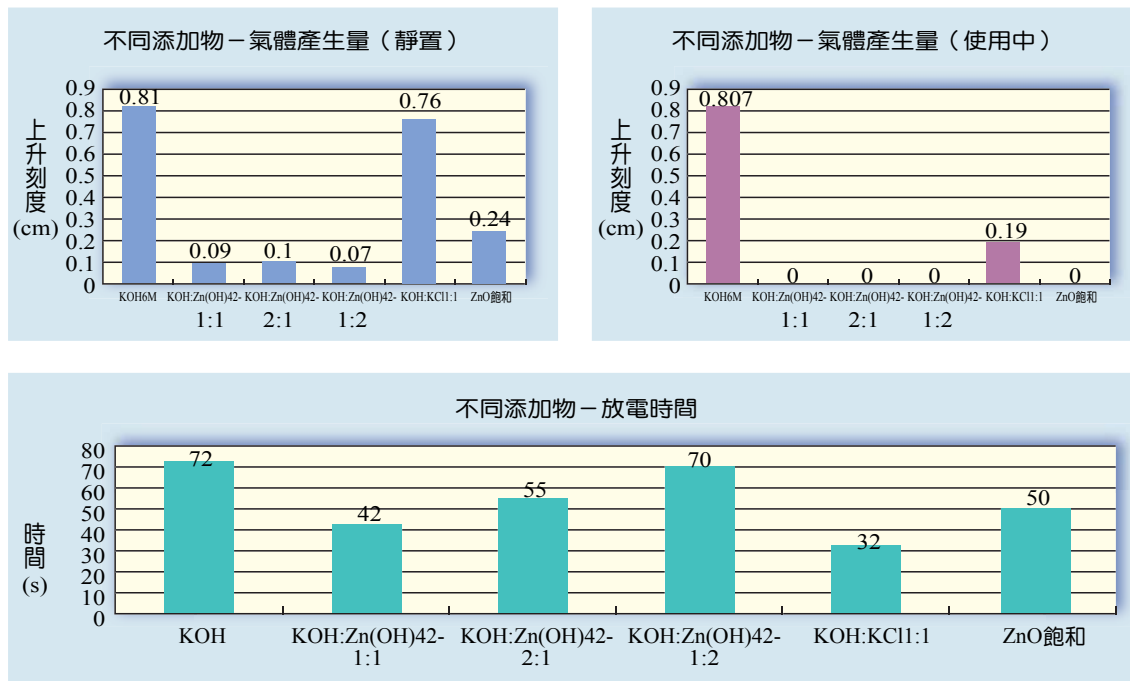


(2) 使用中：1.95 ml，放電時間：150 秒

二、探討各種條件對銀鋅電池之影響

1. 不同添加物的影響：

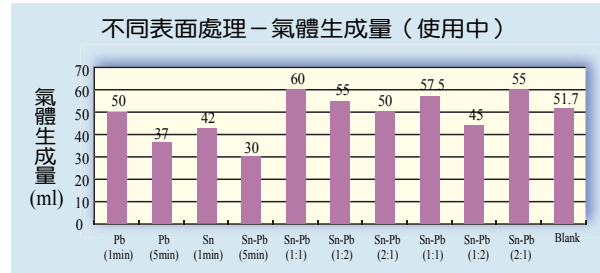
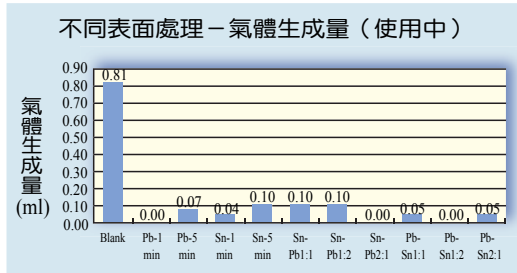
在確立銀鋅電池基本特性後，想試著探討電解液中添加物之影響。根據文獻，鋅極在使用時極易被腐蝕，因此想在電解液加入含鋅物質，試圖改善被腐蝕程度。電解液 KOH 混以飽和 $Zn(OH)_4^{2-}$ 與 ZnO，並以不同比例搭配，測其使用情形。電解液添加 $Zn(OH)_4^{2-}$ 或 ZnO 後，對使用中及靜置氫氣生成量均有抑制的作用，添加物佔的比例越高，抑制效果越顯著。其中以 KOH： $Zn(OH)_4^{2-}$ = 1：2 抑制效果最佳，但放電時間以 KOH： $Zn(OH)_4^{2-}$ = 2：1 最久。添加物雖能抑制使用中之氣體生成量，但其放電時間卻普遍較未添加前短。唯 KOH： $Zn(OH)_4^{2-}$ = 2：1 之放電時間僅和原始時間少 2 秒，故以 KOH：



$Zn(OH)_4^{2-}$ = 2：1 為在實作電池時之添加物最佳條件。

2. 鋅極處理：

探討電極表面處理對電池特性之影響。我們依文獻內容決定探討易取得又低污染的鉛和錫，測出不同表面處理之鋅極在電池中氫氣產生量，並測出其對電池特性之影響。鋅極鍍上鉛或錫均能大幅度降低氣體產生量，其中以鍍 Pb 一分鐘、先 Sn 後 Pb 2：1、先 Pb 後 Sn 1：2 等，其使用中氣體生成量更降至無法測出。（註：使用中氣體生成量為 0 的部分，仍可發現極微量氣泡產生，只是儀器無法測出。）綜合上述，得知 Sn：Pb = 1：1 最能有效提高放電時間，雖然其氫氣產生量較高，但搭配添加物應能解決此問題，故定此鋅極為最佳條件。

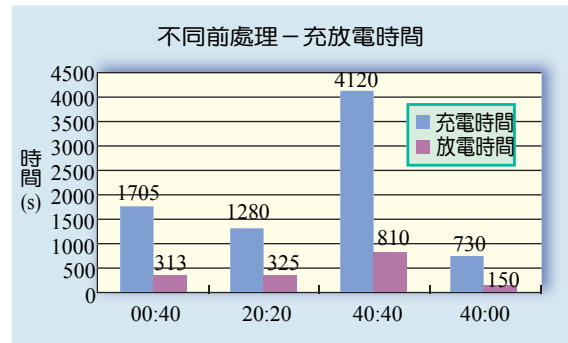
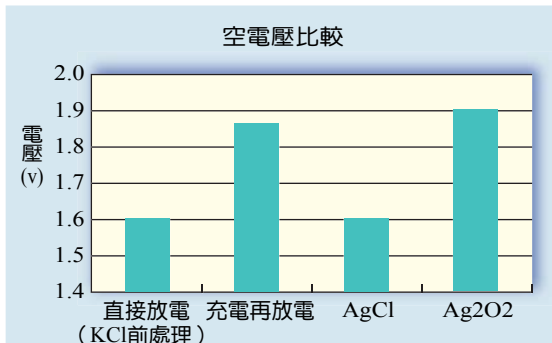


3. 銀極處理：

將純銀絲置入不同溶液中作前處理，再取回相同環境之電池槽測其充放電時間。（註：不同前處理液之處理時間表示方式，水：KCl = m 分鐘：n 分鐘）實驗中發現 Cl⁻ 能使銀極表面生成另一種物質，經由銀極表面生成物的顏色及空電壓特性，我們初步斷定此物質為 AgCl。且經 KCl 處理過之銀極，直接用以放電和經 KOH 充電後再放電，會表現出不同的特性。直接放電能放電近一小時，經 KOH 充電後卻只能放電 23 分鐘。然而可確定的是，無論直接放電還是經充電再放電，只要經 KCl 作過前處理，對放電時間都能有大幅度的提升，相較於傳統的氧化銀電極，此種電極的功效值得我們作更進一步探討。

經充電處理的氯化銀電極放電初電壓與 Ag₂O₂ 幾乎相同。似乎意謂著充電處理可使電極回覆原來狀態，且我們認為先經 KCl 處理，再被還原為 Ag₂O₂ 時，其銀極中 Ag₂O₂ 的量會比不經 KCl 處理之銀極還多，進而使放電時間較 KCl 處理前大幅增加。而未經充電處理之氯化銀電極放電時之初電壓與 AgCl 電壓相等，又將其表面生成物刮下，溶於過量氨水中，發現其沉澱物可溶解，因此確認其表面生成物為氯化銀。

依據實驗結果，經充電處理的氯化銀電極其放電時間約為 11 分鐘，相較於未經充電處理之氯化銀電極（約 53 分鐘）減少了很多，然而單純氯化銀電極若在 KOH 電解液中重覆充電，便會如同上述，再次變回 Ag₂O₂ 使得放電時間縮短，統合以上數點，我們決定以氯化銀代替傳統過氧化銀為電極，不以可重覆充電為目標，作出高功率之「一次電池」。





上述實驗證實 AgCl 電極能有效地提高放電時間，想更進一步瞭解各種變因對其影響，AgCl 的多寡對電池有何影響？若是以皆有鹵素元素之 AgBr、AgI 為電極是否也能達到同樣的效果？在此實驗中，我們將 Ag₂O、AgCl、AgBr、AgI 等粉末分別置入鍍金屬片折成的方型槽中，測其放電時間和空電壓。

我們由實驗證明，不論是以氧化銀或氯化銀作為電極，放電時間長短都取決於銀離子含量的多寡，故電極 AgCl 量越多，放電時間越長，兩者幾乎是成正比關係。就 AgCl、AgBr、AgI 三種銀極比較，AgCl 空電壓最高，AgI 最低；然而，AgBr、AgI 接在燈泡後，電壓皆會下降至 0.4V，無法使燈泡發光，故在電池實作時將只採用 AgCl 為電極。

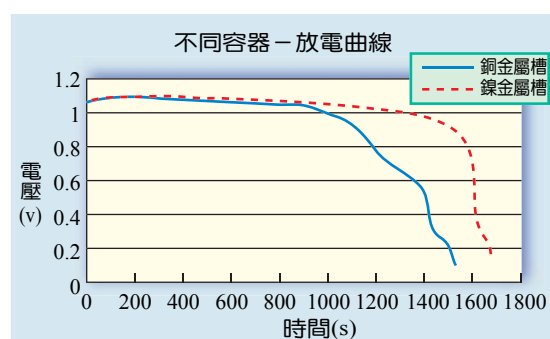
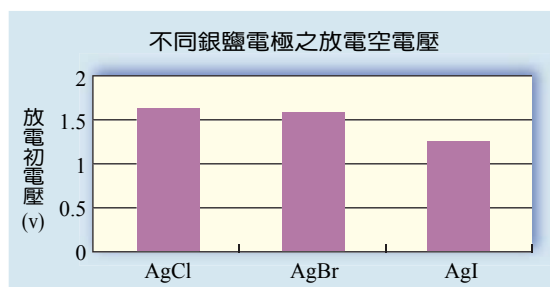
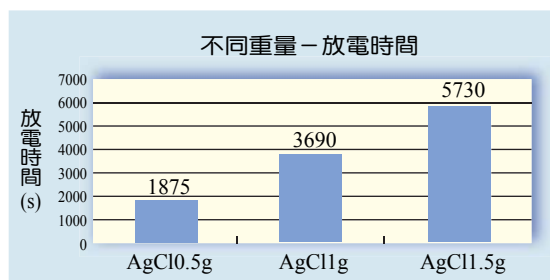
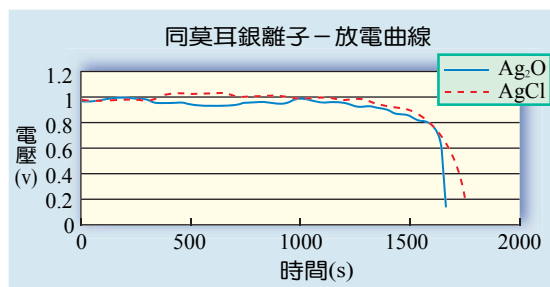
在先前實驗中，我們是以鍍金屬製作銀極擺設槽，因為為惰性金屬，較不會干擾電池反應；然而應有更佳之金屬選擇，也許能借此提高電池效率。因此，我們嘗試以實驗室中常見之銅片製作電極槽，分別在銅電極槽及鍍電極槽中置入同重量氯化銀粉末，在相同的鋅電極與電解液環境下比較放電情形。（註，AgCl：0.5g；KOH：6M；Zn：1×4cm；容器體積：1×1×4 cm）

經由實驗結果，我們發現使用鍍槽盛裝銀極粉末放電效果最佳，使用銅槽不但會減少放電時間，放電過程還會產生銅離子，使整杯溶液成藍色，於是仍決定使用鍍金屬槽。

研究成果總結

一、經過一連串實驗探討，經嘗試以討論出之各種最佳電池條件，自行設計出一個較高功率、低危險的銀鋅（鹼性）電池。

1. 電解液：以 KOH 為電解液，濃度參考市售電池 37%。





2. 銀極：將 Ni 片摺成方型筒狀作為容器，裝入 AgCl 粉約 4 克。
3. 鋅極：以先錫後鉛 1：1 的比例浸鍍鋅片。
4. 添加物：以 $\text{KOH} : \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} = 2 : 1$ 為比例。

二、製作過程：

1. 以 100 mL 的燒杯為電池槽，加入最佳條件電解液。
2. 將裝有銀極的鎳片容器置入電池槽中，露出適當面積以利鱷魚夾夾取。
3. 將浸鍍完畢之鋅極，以 $2 \times 5 \text{ cm}^2$ 的面積浸入電解液中，露出適當面積以利鱷魚夾夾取。
4. 將連接正負極之鱷魚夾接上燈泡，觀察並紀錄放電情形。

三、研究成果：

1. 自製改良銀鋅電池效能：放電時間：14,450 seconds
整個放電過程氣體生成量 $\approx 0 \text{ ml}$
2. 此次研究我們所得到的成果有：
 - (1) 發現以氯化銀代替過氧化銀為電極，放電時間可大大延長。
 - (2) 確立鋅極之最佳浸鍍比例，找出最佳添加物及混合比例，有效地減少氣體生成量。
 - (3) 自製出一顆能較長時間放電且高安全性之銀鋅電池。

未來展望

1. 在添加物與鋅極處理實驗中，其微量之氣體生成關係，仍須以更精密儀器測定。
2. 在自製電池時，我們以鎳金屬製作銀極擺設槽，因為為惰性金屬，較不會干擾電池反應，然而應有更佳之金屬選擇，也許能借此提高電池電壓。
3. 我們希望可藉由此實驗獲得之經驗，實際運用在「電池實作」上。

參考文獻

1. 周蕙芳，民 82 年，銀鋅電池的概況與特質分析，科儀新知，第十四卷第五期，32 頁
2. 曾國輝，化學下冊，第二版，台北市，藝軒圖書出版社，1149，2001 年 6 月
3. 國立台灣師範大學編著，高中化學示範實驗，煉金術的夢，97~99 頁，78 年
4. 龍騰文化，選修化學實驗，實驗五，電解與電鍍，29 頁，90 年
5. 南一書局，高中基礎化學實驗，實驗三，化學電池，13~17 頁，89 年
6. 南一書局，高中基礎化學，第四章第三節，化學電池，110~112 頁，89 年