中華民國第54屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組　化學科

030204

新鋅向銅

學校名稱：新北市立樟樹國民中學

作者：	指導老師：
國二 陳瑞陞	廖淑惠
國二 劉書維	余宗翰
國二 徐子修	

關鍵詞：鋅銅電池、果凍電池、IV 曲線

摘要

本實驗從電極數目、電極表面積、鹽橋種類、電解液濃度及自製果凍電池影響鋅銅電池電流和持久性，並改良課本電池實驗。結果顯示鋅片越多、硫酸銅濃度愈高，供電時間愈久；鹽橋以硝酸溶液發電量最高；果凍電池中電極片接觸面積、硫酸銅果凍濃度、硫酸鋅果凍鋅粉添加，與電流呈正相關。溫度越高，電流越大使用時間越長。硫酸銅果凍濃度為飽和時可持續發電七個小時。用過的果凍浸泡於電解液中，可再提供電流重複使用。綜合所有 IV 曲線，飽和硫酸銅果凍配添加鋅粉 10 克硫酸鋅果凍、於 40℃時供電最久且最穩定。課本鋅銅電池實驗發電量小，經本實驗改良鋅銅電池，果凍電池大小面積約 15 cm^2，即可讓 LED 燈發亮，增添許多趣味性與教育意義。

壹、動機

前陣子常在新聞上看見「該不該停建核四？」的標題，然而能源危機已經變成不可避免的問題，現今的發電裝置有很多，但最近幾年比較新興的研究「燃料電池」讓我們對其產生興趣。國二理化課本中學到電解質的相關知識，而國三剛好也有鋅銅電池相關課程，因此，想藉由這次的科展，更深入探討鋅銅電池各項原理性能與未來發展性，並找出能更方便應用於生活或教學的鋅銅電池。

貳、研究目的

一、探討鹽橋中濃度、種類、離子移動與長度對電流的影響
二、探討硫酸銅濃度、電解液離子移動速率對發電持久性之影響
三、探討銅片鋅片個數與形狀、電極片片數及表面積對電流量之影響
四、探討鋅片片數對於持久性之影響
五、探討電解液果凍化對發電量的影響
六、探討果凍電池表面積對發電量的影響
七、探討果凍電池串聯及並聯電池對發電量的影響
八、探討果凍電池不同溫度對發電量與持久性的影響
九、探討在硫酸鋅果凍中添加鋅粉對發電量與持久性的影響
十、探討不同濃度硫酸銅果凍對發電量與持久性的影響
十一、探討果凍回復效果及對發電量與持久性的影響

參、研究設備與器材

一、器材

燒杯、量筒、 U 型管、棉花、電子天平、三用電錶、玻璃棒、水管、加熱攪拌器(機型:hot stirrer JS-H，轉速:60~1500rpm)、鋅片、銅片、烤箱、馬達

二、藥品

硫酸鋅、硫酸銅、硝酸鉀、氫氧化鉀、氯化鉀、氫氧化鈉、硝酸鈉、氯化鈉、醋酸鈉氯化鎂、硝酸、醋酸、鋅粉、洋菜粉

肆、研究過程

一、鹽橋中濃度、種類、離子移動與長度對電流的影響

(一) 鹽橋濃度

1.分別配製 1M、2M 直到飽和的硝酸鉀水溶液

2.將不同濃度的硝酸鉀水溶液倒入鹽橋

3.放入電池中，裝置如圖 4-1 記錄電流電壓

(二)鹽橋溶液

1.配 1M 的 KOH、KNO_3、KCl、NaOH、$NaNO_3$、NaCl、CH_3COONa、HNO_3 和 CH_3COOH 水溶液各 50ml

2.配 1M 的 $CuSO_4$ 和 $ZnSO_4$ 電解液

3.依序將步驟 1 的溶液放入鹽橋中，放到實驗裝置

4.測量記錄結果

(三)鹽橋中離子移動速率

1.配 1M 的硫酸鋅、硫酸銅及硝酸鉀水溶液

2.水管代替鹽橋實驗裝置改成橫躺式裝置

3.轉子置於鹽橋中，並放到攪拌器上，如下圖 4-2

4.記錄電流及電壓

(四)鹽橋長度

1.配製 1M 的 $CuSO_4$、$ZnSO_4$ 和 KNO_3 水溶液

2.水管切成 10cm、20cm、30cm 和 50cm 代替鹽橋，如圖 4-3

3.分別將 1M KNO_3 倒入 10、20、30 和 50cm 的鹽橋，置入裝置

4 以電錶測量電流與電壓並紀錄結果

5.10cm×10cm、10cm×20cm、10cm×30cm、10cm×50cm、20cm×20cm、20cm×30cm 和 30cm ×30cm 水管鹽橋的電池裝置

6.以電錶測量電流與電壓並紀錄結果。

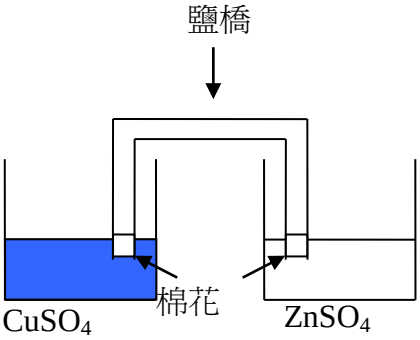


圖 4-1 實驗裝置示意圖

圖 4-2 攪拌鹽橋

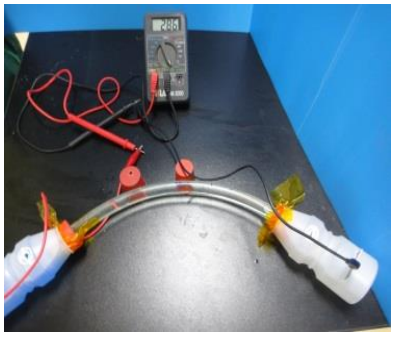


圖 4-3 20 公分鹽橋

二、硫酸銅濃度、電解液離子移動速率對發電持久性之影響

(一) 硫酸銅濃度

1.配 1M 的 $ZnSO_4$ 和 KNO_3 水溶液

2.配 0.5M、1M 和飽和的 $CuSO_4$ 水溶液

3.分別將 0.5M、1M 和飽和的 $CuSO_4$ 水溶液置入實驗裝置中

4.固定時間測量並記錄電流與電壓

(二)電解液離子移動速率

1.配製 1M 的硫酸鋅、硫酸銅及硝酸鉀水溶液

2.轉子放入硫酸鋅和硫酸銅水溶液中攪拌，如下圖 4-4 和圖 4-5

3.記錄電流電壓

三、銅片、鋅片個數與形狀、電極片片數及表面積對電流量之影響

(一)銅片、鋅片個數與形狀

1.將 3cm×5cm 的鋅片與銅片，以 1×1 配對放入裝置

2.測量記錄電流與電壓

3.銅片與鋅片組合分別為 1×2、1×3 重複步驟 1、2

(二)電極片表面積對電流量之影響

1.配製 1M 的 $CuSO_4$、$ZnSO_4$ 和 KNO_3 水溶液

2.銅片一片，鋅片表面積改為 2 倍、3 倍置入裝置中

3.測量紀錄電流與電壓

四、鋅片片數對於發電持久性之影響

1.將 3cm×5cm 的鋅片與銅片，以 1×1 配對放入裝置

2.持續測量記錄電流與電壓

3.銅片與鋅片組合分別為 1×2、1×3 重複步驟 1、2

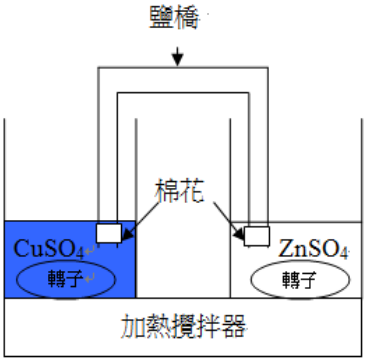


圖 4-4 攪拌裝置示意圖

圖 4-5 攪拌電解液裝置

五、電解液果凍化對電量的影響

1.將洋菜粉 2g 加入 100g 的水中煮沸

2.未凝固前加入 1M 硫酸銅電解液 100ml 倒入模具

3.同法配製硫酸鋅果凍

4.以鋅片-硫酸鋅-硫酸銅-銅片的排列方式，如圖 4-6 接成通路測量電流、電壓

六、果凍電池表面積對電量的影響

1.配製 1M 硫酸銅和 1M 硫酸鋅果凍

2.分別裁切成 3cm×5cm 與 10cm×6.5cm 果凍小塊

3.以相對應大小的銅片、鋅片

4.接成通路測量電流、電壓

七、電池串聯及並聯對電量的影響

(一)橫躺式電池串聯及並聯

1.將 1M 硫酸鋅及硫酸銅水溶液倒入橫躺式實驗裝置中

2.分別在 10、20、30 及 50 公分的水管內加入 1M 硝酸鉀溶液

3.串聯、並聯不同長度的鹽橋並測量電流電壓

(二)果凍電池的串聯及並聯

1 配製 1M 硫酸銅及硫酸鋅果凍

2.分別以 $65cm^2$ 以及 $15cm^2$ 的兩種面積的電極片

3.將多組電池以串聯和並聯方式組裝，測量紀錄電流電壓

八、不同溫度對發電量與持久性的影響

1.配製果凍 3 組.分別放入 5℃冰箱、常溫與 40℃烤箱，圖 4-7、圖 4-8 與圖 4-9

圖 4-6 果凍裝置

圖 4-7 冰箱中的果凍

圖 4-8 室溫的果凍

圖 4-8 烤箱中的果凍

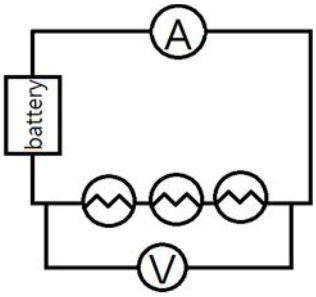


圖 4-9 線路圖

圖 4-10 裝上 2 個馬達

3.每組電池接上小馬達持續運轉
4.依圖4-9電路圖裝置，測量果凍電池開路電壓及短路電流
5.分別測量1個、2個、3個馬達的電流電壓，如圖4-10
6.每小時重複步驟 4、5 一次

九、添加鋅粉對發電量與持久性的影響

1.配製硫酸鋅時，在果凍凝固前依 5g、10g 鋅粉/200ml 的比例加入鋅粉
2.鋅粉沉澱面朝向 1M 朝向鋅片
3.3 組電池接上小馬達持續運轉
4.每小時測量其短路電流、開路電壓與 IV 曲線到小馬達不再轉動，如圖 4-9

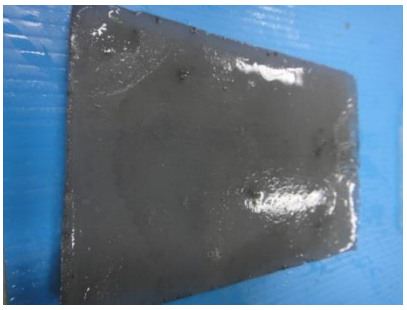


圖 4-9 添加鋅粉的果凍

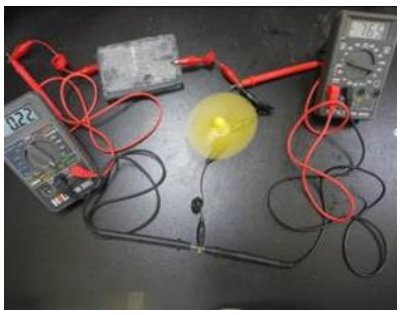


圖 4-10 左方電錶測量電流
右方電錶測量電壓

十、不同濃度硫酸銅果凍對發電量與持久性的影響

1.配製1M硫酸鋅果凍三塊
2.調配0.5M、1M及飽和硫酸銅電解液的硫酸銅果凍
3.每組電池接上小馬達持續運轉
4.每小時測量其短路電流、開路電壓與 IV 曲線到小馬達不再轉動

十一、果凍回復效果及對發電量與持久性的影響

1.將使用一次的硫酸銅電池置於1M電解液中分別浸泡1天、兩天與三天
2.將使用二次的硫酸銅電池置於1M電解液中三天
3.分別將充電過硫酸銅果加新的1M硫酸鋅果凍
4.每隔二十分鐘測量其短路電流和開路電壓與接上電阻後的電流及電壓，如圖4-10
5.使小馬達運轉，收集數據直到小馬達不再轉動

伍、研究結果

一、鹽橋中濃度、種類、離子移動與長度對電流的影響

(一) 鹽橋濃度

由表 5-1 知，鹽橋溶液莫耳濃度越高電流量越大，濃度由 1M 上升到 2M 時，電壓有微量上升，從 2M 到飽和時，電壓便沒有往上提升。

表 5-1 鹽橋濃度對於發電量之影響

KNO_3	V	mA
1M	1.103	3.12
2M	1.120	4.22
飽和	1.120	4.57

(二) 鹽橋溶液種類

由表 5-2 知，電流量最高的是硝酸，其次為含有氫氧根離子的鹽類，再來是含有氯離子的氯化鹽類和含有硝酸根離子的硝酸鹽類。電流比硝酸鉀高的溶液有氫氧化鉀、氯化鉀、氫氧化鈉、氯化鎂、硝酸。電流小於 2mA 的有碳酸鈉以及醋酸鹽類的醋酸鈉和醋酸。硝酸鹽類、氫氧化鹽、氯化鹽……等能夠在水中完全解離的強電解質導電性比不能完全解離的弱電解質佳，故選擇強電解質的鹽類做為鹽橋的發電效果比較佳。

表 5-2 鹽橋溶液對於發電量影響

	K^+			Na^+						Mg^+		H^+
	KOH	KNO_3	KCl	NaOH	NaCl	$NaNO_3$	CH_3COONa	Na_2CO_3	$NaHCO_3$	MgCl	HNO_3	CH_3COONa
V	1.101	1.113	1.119	1.118	1.126	1.115	1.12	1.118	1.272	1.141	1.107	0.493
mA	5.06	3.06	3.36	4.94	2.64	2.77	1.68	1.81	2.73	3.50	8.26	0.0005

(三) 鹽橋離子移動速率

由下表 5-3 當鹽橋被攪拌的時候，攪拌時間越長，電池的電流量越高，直到最高點時便開始下降。電壓則慢慢地下降。

表 5-3 攪拌鹽橋的電壓電流

	攪拌前	1min	5 min	15 min	30 min	1hr	2 hr	Last
V	1.104	1.105	1.097	1.094	1.094	1.082	1.072	1.067
mA	2.92	3.00	3.05	3.12	3.31	3.58	3.50	3.27

(四) 鹽橋長度

由表 5-4 知，10cm 的鹽橋電流量最高()，20cm 鹽橋次之，最後是 50cm 的鹽橋。電流量隨著鹽橋長度增加而減少，電壓沒有明顯的規則變化。表 5-5 知 10cm 的鹽橋在一個小時內下降了 0.54mA，20cm 的鹽橋下降了 0.2mA。鹽橋長度和電池持久性與發電量有關，當鹽橋越短的時候電流越大持久性越差；鹽橋越長電流量越小持久性佳。

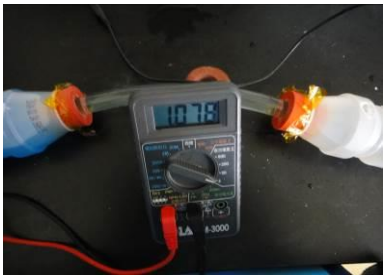
表 5-4 鹽橋長短對發電量之影響

	V	mA
10cm	1.096	5.62
20cm	1.078	3.95
30cm	1.101	2.86
50cm	1.084	2.08

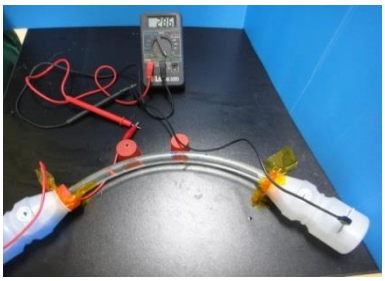
表 5-5 鹽橋長短對持久性的影響

	V	mA
10cm(1hr)	1.098	5.32
10cm (2hr)	1.076	4.78
20cm(1hr)	1.089	3.96
20cm (2hr)	1.079	3.76

（a）



（b）



（c）

圖 5-1 (a)10cm 鹽橋、(b)20cm 鹽橋、(c)30cm 鹽橋

二、硫酸銅濃度、電解液離子移動速率對發電持久性之影響

(一) 硫酸銅濃度

下表 5-6 知，1M 的起始電流為 4.18mA 最後電流為 3.075mA 約下降 1.105mA。其次是 2M，起始電流為 3.99mA 最後電流為 2.765mA 下降 1.225mA，最後是 0.5M，起始電流為 2.93mA 最後為 2.33mA 下降約 0.6mA。硫酸銅的濃度越高，電流下降幅度越大。三組電池電壓經過五個小時但沒有明顯變化。

表 5-6 硫酸銅溶液濃度對於發電持久性影響

		0min	5min	15min	30min	1hr	2 hr	3 hr	4 hr	5hr
0.5M	V	1.133	1.118	1.121	1.107	1.111	1.1	1.108	1.102	1.105
	mA	2.93	2.79	2.68	2.62	2.63	2.59	2.43	2.49	2.33
1M	V	1.144	1.1445	1.305	1.122	1.1185	1.123	1.1085	1.1105	1.103
	mA	4.18	3.855	3.555	3.535	3.435	3.305	3.405	3.47	3.075
飽和	V	1.086	1.078	1.0535	1.0495	1.0495	1.041	1.0395	1.0335	1.0295
	mA	3.99	3.665	3.38	3.335	3.17	3.10	2.89	2.785	2.765

(二) 電解液離子移動速率

由表 5-7 知，當電解液被攪拌的時候，攪拌對電流差異不大。

表 5-7 攪拌硫酸鋅和硫酸銅對發電量影響

		攪拌前	慢速	中速	快速
$ZnSO_4$	V	1.052	1.068	1.073	1.073
	mA	1.94	1.94	1.93	1.95
$CuSO_4$	V	1.073	1.075	1.076	1.076
	mA	1.91	1.93	1.93	1.93
2 個溶液	V	1.11	1.086	1.089	1.086
	mA	1.82	1.82	1.82	1.83

表 5-8 知，同時攪拌兩種溶液時由，開始到最後電壓只有小幅變動，但是電流比較穩定不會忽高忽低，且電流量下降的幅度也比較小。

表 5-8 同時攪拌兩種電解液

	0min	1min	5 min	15 min	30 min	1hr	2 hr
V	1.093	1.096	1.103	1.105	1.106	1.102	1.102
mA	1.95	1.96	1.93	1.79	1.78	1.78	1.56

三、不同濃度鹽橋時，銅片鋅片個數與形狀、電極片片數及表面積對電流量之影響

(一) 銅片鋅片個數與形狀

由表 5-9 知，片狀電極與棒狀電極對電壓的影響不大；銅棒電極的電流小於銅片電極，鋅棒電極和片狀電極的差異不大。

表 5-9 鋅片和銅片個數對於電壓的影響(鹽橋 1M 硝酸鉀)

KNO_3	Zn×1	Zn×2	Zn×3	Zn 棒
Cu×1	1.114	1.12	1.118	1.116
Cu×2	1.111	1.11	1.122	1.115
Cu×3	1.12	1.114	1.126	1.103
Cu 棒	1.102	1.104	1.105	1.105

表 5-10 知，銅棒電極的電流小於銅片當做電極，鋅棒做為電極和以鋅片電極的電流差異不大。由表 5-11 知，電壓之間差異性不大，但與 1M 鹽橋相比，電壓有小幅上升。

表 5-10 鋅片和銅片個數對於電流的影響(鹽橋 1M 硝酸鉀)

KNO_3	Zn×1	Zn×2	Zn×3	Zn 棒
Cu×1	2.95	3.04	3.03	3.03
Cu×2	3.08	2.98	3.03	3.03
Cu×3	3.12	2.94	2.98	3.05
Cu 棒	2.92	2.9	2.89	2.95

表 5-11 鋅片和銅片個數對於電壓的影響(鹽橋 2M 硝酸鉀)

KNO_3 2M	Zn×1	Zn×2	Zn×3	Zn 棒
Cu×1	1.125	1.132	1.134	1.098
Cu×2	1.129	1.134	1.136	1.101
Cu×3	1.138	1.133	1.129	1.102
Cu 棒	1.115	1.132	1.114	1.075

由下表 5-12 知，銅片電極的電流量大於銅棒電極而鋅片電極的電流量也大於鋅棒電極，可知棒狀電極的效果不如片狀電極的效果。

表 5-12 鋅片和銅片個數對於電壓的影響(鹽橋 2M 硝酸鉀)

KNO_3 2M	Zn×1	Zn×2	Zn×3	Zn 棒
Cu×1	2.6	2.64	2.53	2.39
Cu×2	2.51	2.64	2.59	2.34
Cu×3	2.58	2.64	2.59	2.36
Cu 棒	2.25	2.28	2.33	2.13

(二) 電極片片數及表面積對電流量之影響

由表 5-13 知，鋅片兩片時電流量最高，一片的電流量最低。電壓以鋅片一片的電壓略低於其他兩者，電壓都在 1.100V 以上，為 1.100V±0.02V 之間。

表 5-13 鋅片片數對發電量的影響

片數	V	mA
1	1.080	2.31
2	1.125	2.94
3	1.129	2.86

由表 5-14、5-15 知，鋅片一片加銅片三片(鋅片面積 $18cm^2$，銅片面積 $54cm^2$) 的電流量

最高，鋅片一片加銅片一片電流量最小，比其他的電流量都略少了 0.1mA。電壓的差異微小，在 1.07V±0.01V 之間。

表 5-14 鋅片表面積的電流(Cu 18cm^2，Zn 18cm^2)

mA	Zn×1	Zn×2	Zn×3
Cu×1	3.23	3.33	3.34
Cu×2	3.35		
Cu×3	3.36		

表 5-15 鋅片表面積的電壓(Cu 18cm^2，Zn 18cm^2)

V	Zn×1	Zn×2	Zn×3
Cu×1	1.075	1.078	1.063
Cu×2	1.076		
Cu×3	1.074		

由表 5-15、5-16 知鋅片一片配上銅片三片(鋅片表面積 24cm^2，銅片表面積 54cm^2)的電流量最高。而電壓的差異不明顯幾乎都在 1.07V±0.01V 之間。

表 5-16 鋅片表面積的電流(Cu 18cm^2，Zn 24cm^2)

mA	Zn×1	Zn×2	Zn×3
Cu×1	3.26	3.32	3.35
Cu×2	3.36		
Cu×3	3.38		

表 5-17 鋅片表面積的電壓(Cu 固定 18cm^2，Zn 24cm^2)

V	Zn×1	Zn×2	Zn×3
Cu×1	1.076	1.074	1.064
Cu×2	1.069		
Cu×3	1.071		

四、鋅片片數對於持久性之影響

由表 5-18 兩片鋅片的電壓略小於一片的電壓()。一片鋅片的電流量小於兩片，且電流較不穩定。兩片鋅片的電流量穩定多維持在 3.20V±0.1V 之間。五個小時內一片鋅片的電流下降了約 0.2mA，兩片鋅片也下降了約莫 0.2mA，電壓變化不大。

表 5-18 鋅片片數對發電量持久性的影響

鋅片片數		0min	5 min	15 min	30 min	1hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr
1	V	1.123	1.132	1.143	1.125	1.136	1.121	1.112	1.112	1.103
	mA	2.96	2.89	3.02	3.18	3.06	3.05	3.18	3.24	2.76
2	V	1.109	1.071	1.066	1.069	1.06	1.06	1.053	1.057	1.068
	mA	3.21	3.21	3.2	3.23	3.22	3.25	3.17	3.1	3.01

五、電解液果凍化對發電量的影響

由表 5-19 知，果凍鋅銅電池電解液成果凍貼合一起，不需鹽橋，少了鹽橋的電阻電流大幅上升，而串聯多組電池時，電壓和電流都會上升。

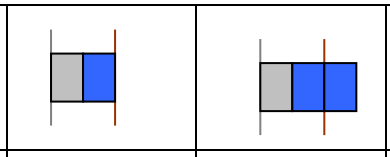
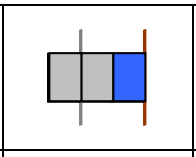
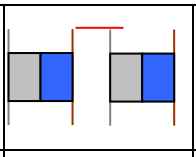
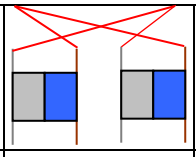
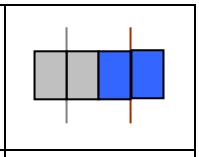
表 5-19 多組果凍電池發電量

	V	mA
1 組	1.048	74.8
2 組	1.754	111
3 組	2.130	133

六、果凍電池表面積對發電量的影響

下表 20 中，藍色方塊代表硫酸銅果凍，灰色方塊代表硫酸鋅果凍。而棕色線條代表銅片，灰色線條代表鋅片。當串聯兩個表面積 65cm^2 的電池其電壓及電流最大(表 5-4-2)，其他電流在 100mA 上下，而電壓在 1.07V 上下。

表 5-20 大片果凍電池的個數對發電流量的影響

					
V	1.066	1.085	1.083	2.14	1.064	1.084
mA	111.8	110	102.7	400	122.2	103.6

七、串聯及並聯電池對發電量的影響

由表 5-21，當兩組鹽橋串連時，電流和電壓都會上升。其中電壓約為兩組電池電壓的和，電流則依著兩鹽橋相加的長度而有改變，長度越長則電流越小，長度越短則相反。圖 5-3、圖 5-4 兩組小果凍電池串聯電流可達 0.44 安培，驅動小馬達轉動。

表 5-21 不同長度水管串聯電壓電流值

cm	10×10	10×20	10×30	10×50	20×20	20×30	30×30
V	2.070	2.080	2.130	2.140	2.080	2.070	2.070
mA	6.00	4.77	4.01	2.98	3.84	3.18	2.76

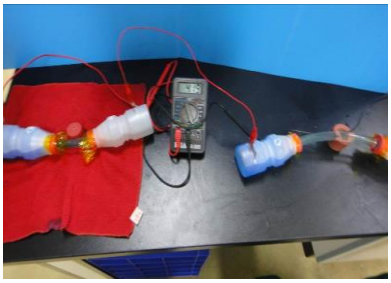


圖 5-2 鹽橋串聯

圖 5-3 果凍電池串聯

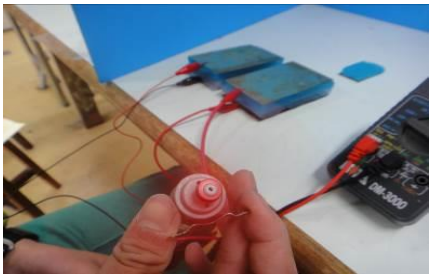


圖 5-4 兩組果凍電池讓馬達轉動

表 5-22 知，兩個鹽橋並聯時，電壓和電流不會有明顯的上升，但串聯的電壓約是原本的兩倍，且電流也上升，表面積愈大的電池效果越好。

表 5-22 果凍電池串聯及並聯對發電量的影響

	V	mA
串聯 3×5(2 個)	2.17	123
並聯 3×5(2 個)	1.077	95.1
串聯 6.5×10(2 個)	2.12	460
並聯 6.5×10(2 個)	1.064	167.1

八、溫度對發電量與持久性的影響

(一)持久性

由圖 5-5 知，果凍電池在 40℃時，發電效果較好，持續用電四個小時後，40℃的電流有 0.296A，常溫的電流則為 0.14A，℃5 電流僅剩 0.145A。圖 5-6 為溫度對電壓的影響不大，三個溫度在四小時後下降，但以冰箱中下速度最快。

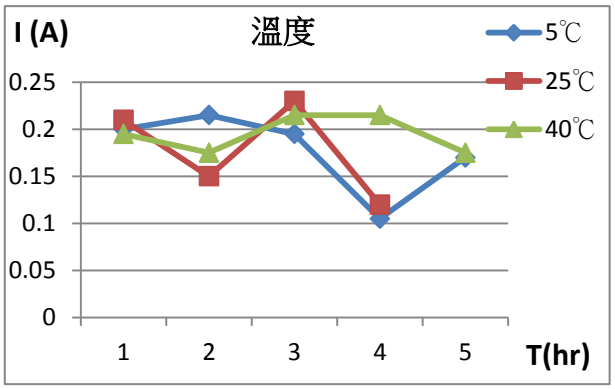


圖 5-5 不同溫度的 IT 圖

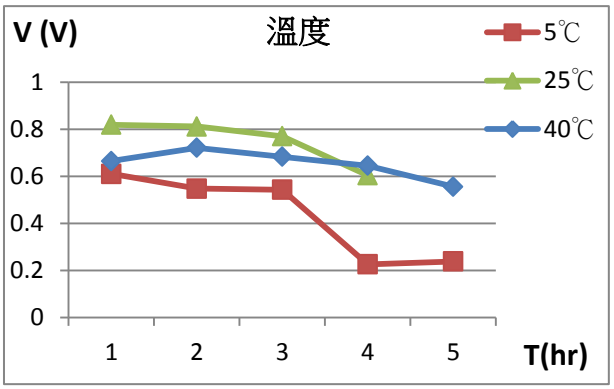


圖 5-6 不同溫度的 VT 圖

(二)發電量

由圖 5-7 知與圖 5-8 的 IV 值，0 小時時 25℃的果凍功率最大，其次為 40℃。三小時候，5℃與 25℃的果凍功率有明顯的下降，40℃果凍功率穩定。

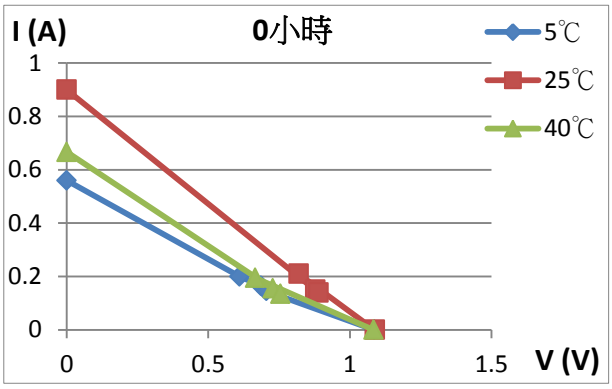


圖 5-7 不同溫度 0 小時 IV 曲線

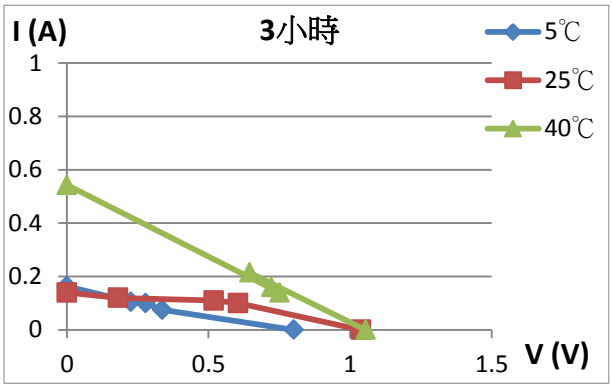


圖 5-8 不同溫度 3 小時 IV 曲線

九、硫酸鋅添加鋅粉對發電量與持久性的影響

(一)持久性

由圖 5-9 知，添加 10 公克鋅粉的果凍中，持續用電一個小時後的電流較無添加鋅粉的果凍來的高，電流高了 0.23A，到五個小時後，添加了 10 公克鋅粉與無添加鋅粉電流相差不大，兩者僅相差 0.01A。圖 5-10 為電壓結果，以添加鋅粉者較穩定

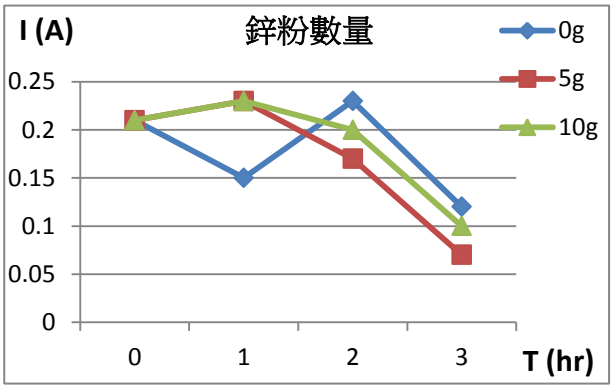


圖 5-9 鋅粉數量 IT 圖

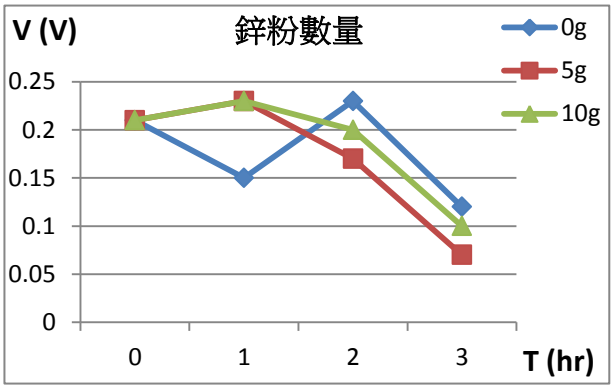


圖 5-10 鋅粉數量 VT 圖

(二)發電量

圖 5-11 知，一開始添加 10 公克鋅粉的功率最高，圖 5-12 三個小時後，無添加鋅粉與添加鋅粉的功率則無明顯的差別。

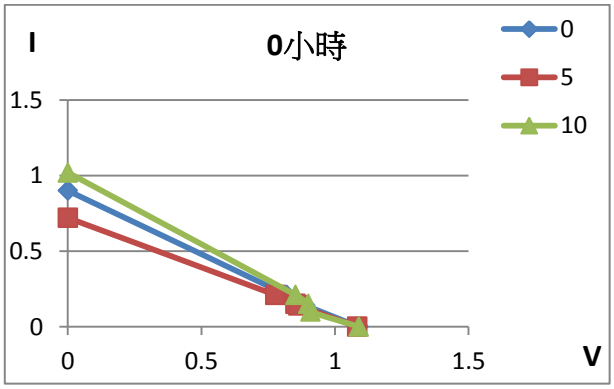


圖 5-11 0 小時鋅粉數量 IV 曲線

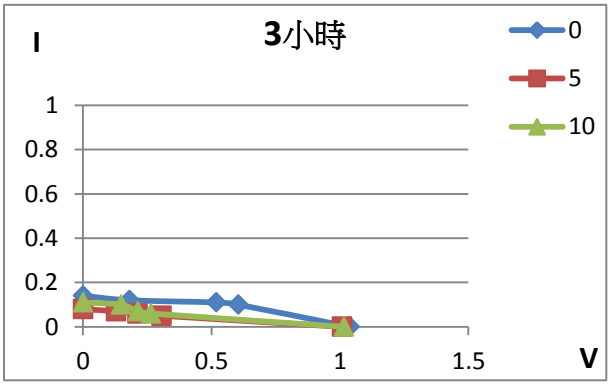


圖 5-12 3 小時鋅粉數量 IV 曲線

十、硫酸銅濃度對果凍對發電量與持久性的影響

(一)持久性

圖 5-13 與圖 5-14 知，0.5M 的硫酸銅果凍，在 2~3 小時，電流便有明顯下降，1M 與飽和下降幅度小，飽和濃度的電池可使小馬達持續轉動約 8 小時，電壓會在電池快失去作用時快速下降，因此可以電壓快速下降的點判斷電池作用時間。

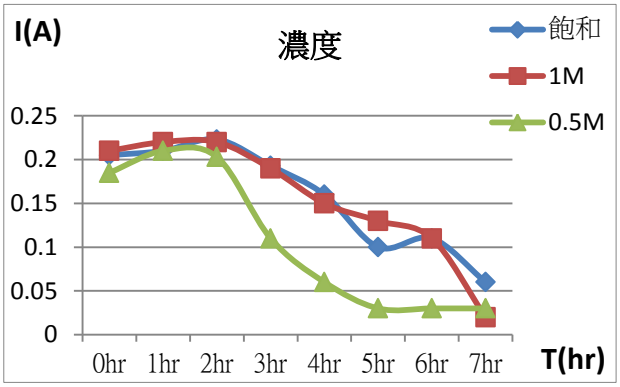


圖 5-13 濃度 IT 圖

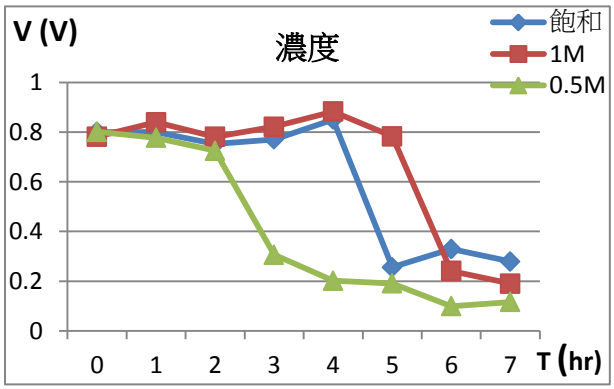


圖 5-14 溫度 VT 圖

(二)發電量

圖 5-15 與圖 5-16，0 小時時，電壓 0.5V 時功率約 0.2W，三個小時後，濃度 0.5M 下降最多，飽和濃度最佳，可知濃度越高功率越佳。

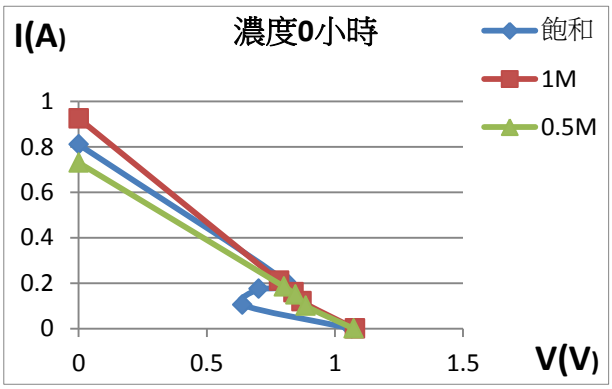


圖 5-15　0 小時濃度 IV 曲線

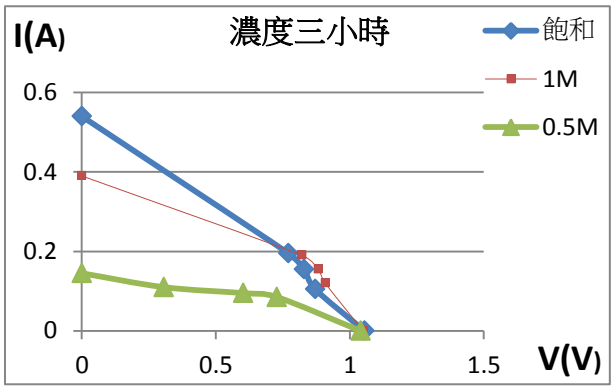


圖 5-16　3 小時濃度 IV 曲線

十一、果凍回復效果及對發電量與持久性的影響

(一)持久性

圖 5-17，充電電池的電流在 2~3 小時間有明顯的下降，可知電池 2 小時後放電量不穩且急劇減少，平均約 3 個小時，比正常的果凍電池壽命較短。圖 5-18 為電壓部分一充兩天的變化較緩，其餘三小時後迅速下降。

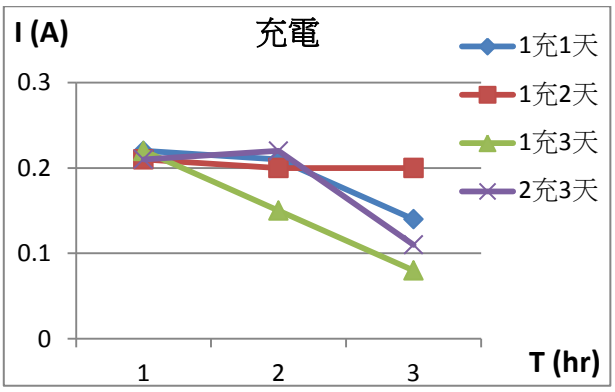


圖 5-17　充電 IT 圖

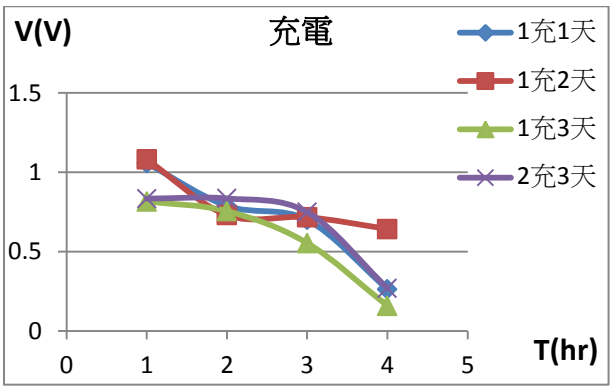


圖 5-18 充電 VT 圖

(二)發電量

2 充 3 天的功率高於 1 充 3 天的(圖 5-19)，功率不因充電次數增加而減少，2 充 3 天可達約 1.1W，與正常的果凍電池比沒有較低。但由下看出，3 個小時後，IV 值都降到 0.5W 以下(圖 5-20)，比正常的果凍電池壽命較短。

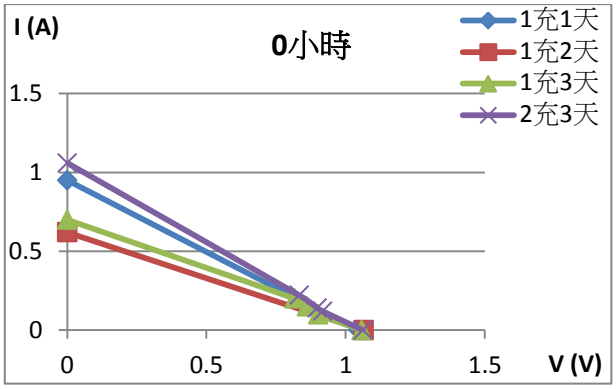


圖 5-19　0 小時-充電 IV 曲線

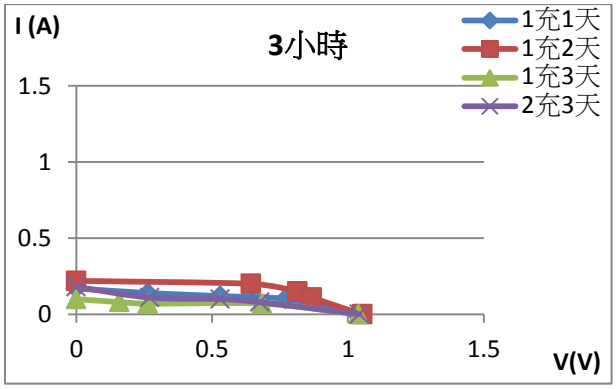


圖 5-20　3 小時-充電 IV 曲線

陸、討論

一、探討鹽橋中濃度、種類、離子移動與長度對電流的影響

(一)鹽橋濃度：鹽橋內硝酸鉀濃度越高，所含離子量就越高(圖 6-1)，電流量越大，推測鹽橋離子越多導電性能越佳。圖 6-2 知濃度對電壓影響不大。

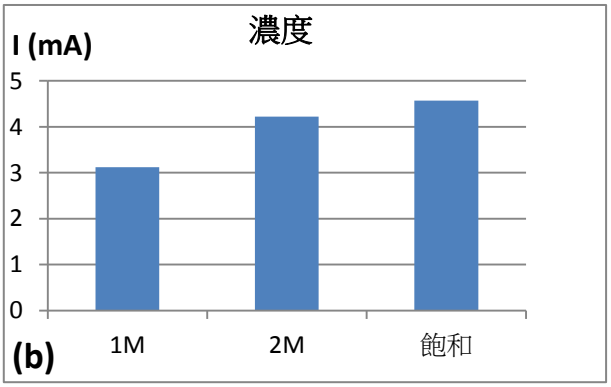


圖 6-1　鹽橋濃度對電流的影響

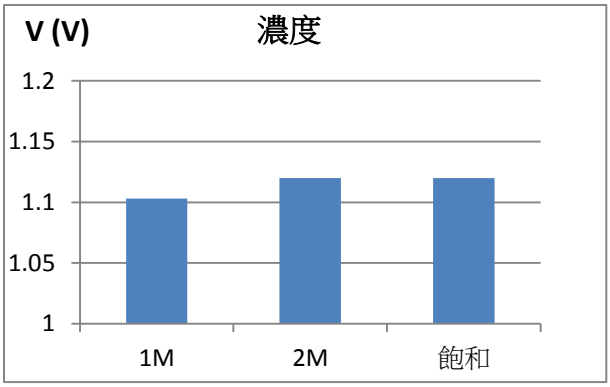


圖 6-2　鹽橋濃度對電壓的影響

(二)鹽橋溶液種類

1.以硝酸為最高(圖 6-3)，含氫氧根的氫氧化鈉和氫氧化鉀次之，最低的是醋酸。與溶液的解離性有關，氫氧化鈉、氫氧化鉀、硝酸為強電解質，醋酸微弱電解質，強電解質完全解離能使電流量提高，此結果與鹽橋濃度因素相同。

2.電解質的導電度影響電流值，導電度越大電阻越小，一般鋅銅電池的電壓在 1.100V 上下，如果電壓一定，則電阻越小電流越大。圖 6-4 知，醋酸電壓小於 1.100V，其他維持在 1.100v 上下。

3.依據 V=IR 推算硝酸的電阻最小、導電度最大，醋酸電阻最大，電解質解離後離子種類的導電度影響電流。

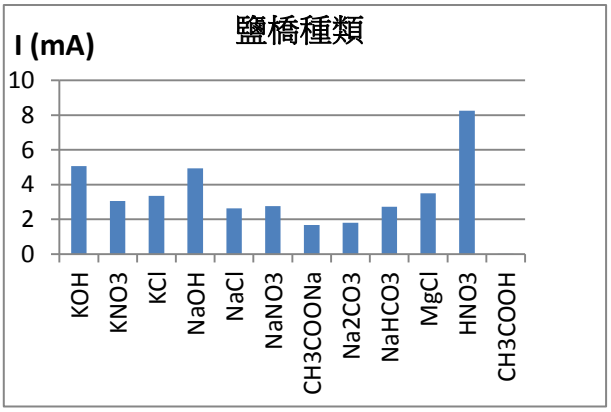


圖 6-3 鹽橋溶液對電流的影響

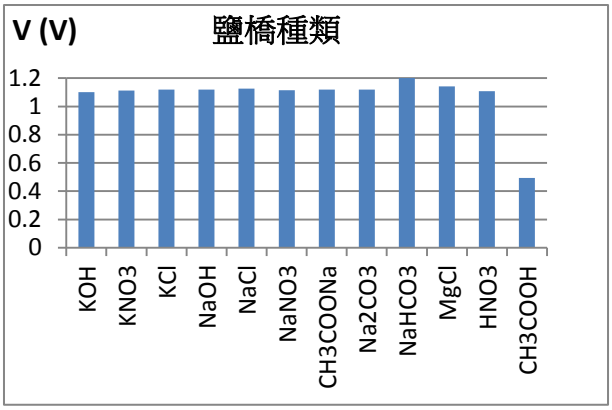


圖 6-4 鹽橋溶液對電壓的影響

(三)鹽橋長度：鹽橋越長，電流越小，長度為 10cm 時電流最大(圖 6-5)，距離越短單位時間內，離子通過數量增加，從陰極移動到陽極的電子數變多，使電流量上升。鹽橋長度影響電壓不明顯(圖 6-6)。

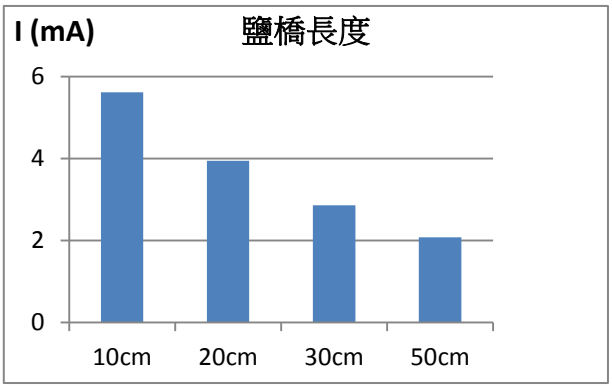


圖 6-5 鹽橋長度對電流的影響

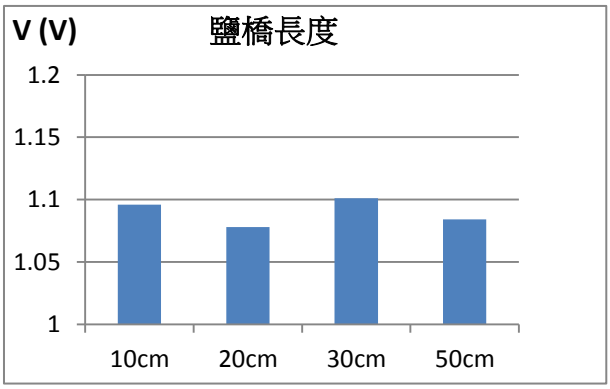


圖 6-6 鹽橋長度對電壓的影響

二、硫酸銅濃度、電解液離子移動速率

(一)濃度硫酸銅對持久性之影響

硫酸銅濃度對電壓的影響不大(圖 6-7)。五小時內，電流量下降幅度 0.5M 最少， 2M 最多，1M 電流最大，0.5M 電流最小。推知硫酸銅溶液濃度高電流高，下降的幅度大。電壓以 2M 的值最低，綜合結果表示電解液濃度 1M 效能最好。

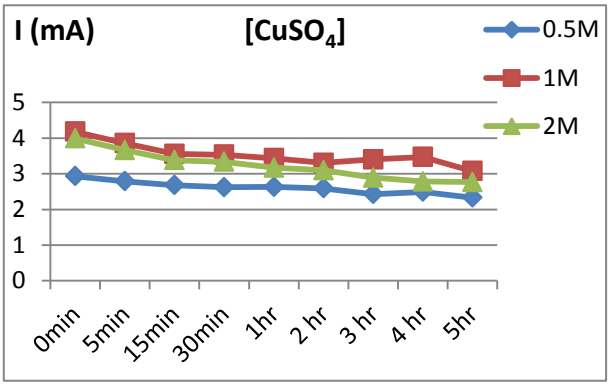


圖 6-7 硫酸銅濃度對電流的影響

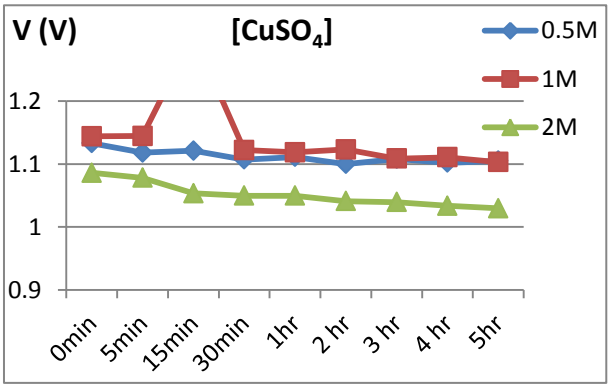


圖 6-8 硫酸銅濃度對電壓的影響

(二)電解液與鹽橋攪拌對發電量之影響

1.慢速攪拌硫酸鋅(藍線)溶液時(圖 6-9)，電壓上升電流沒有改變；攪拌速度最快時，不影響電壓電流提升，表示速度快的時候會讓電阻變小。攪拌硫酸銅(紅線)溶液時，速度對電壓沒有影響；攪拌後電流略有上升，表示電阻減少但攪拌速度影響不大。同時攪拌兩種溶液時，電壓下降，攪拌兩種溶液時電流最小，電解液攪拌對電流有提升，但兩者都攪拌反而減少。

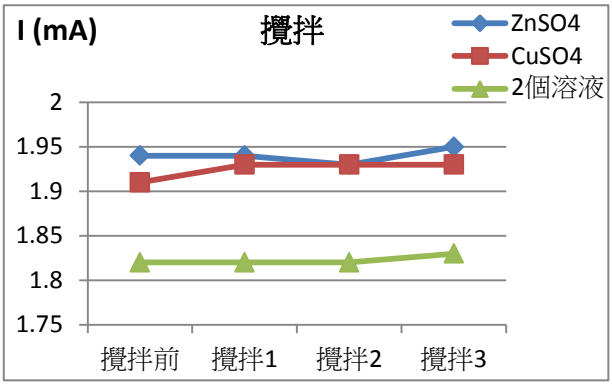


圖 6-9 攪拌電解液對電流的影響

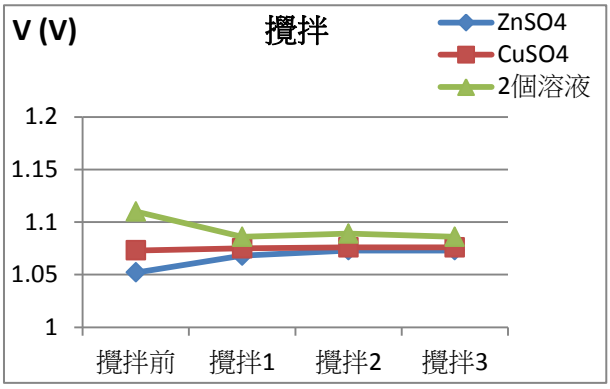


圖 6-10 攪拌電解液對電壓的影響

2.攪拌鹽橋電流量大於攪拌電解液(圖 6-11)，電壓變化不大，表示攪拌鹽橋溶液，增加離子驅動使電阻下降，電流上升。

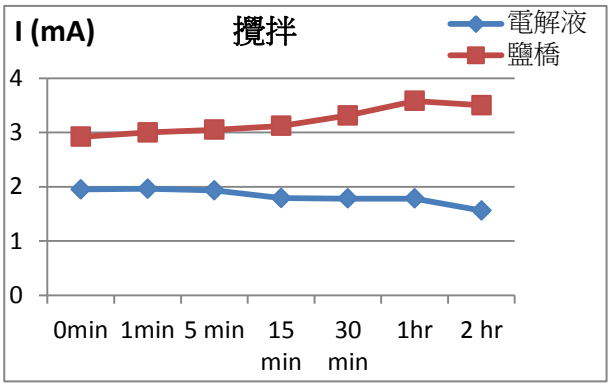


圖 6-11 攪拌電解液及鹽橋對電流的影響

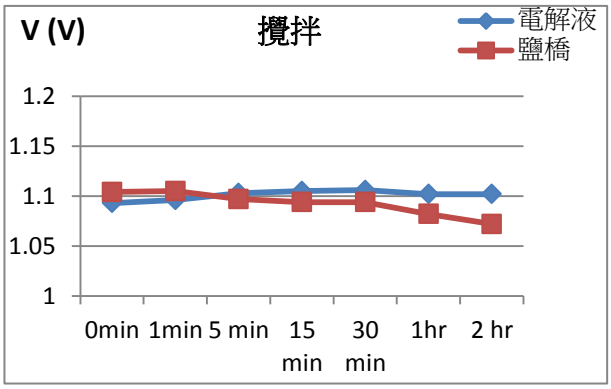


圖 6-12 攪拌電解液及鹽橋對電壓的影響

三、不同濃度鹽橋時銅片鋅片個數與形狀、電極片片數及表面積對電流量之影響

(一)不同濃度、銅片鋅片個數與形狀

1.鋅銅電池反應式為 $Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$，銅離子接收電子還原，當硫酸銅濃度愈高，反應也越多。鋅片提供電子，鋅片數量愈多，提供電子也愈多。在鹽橋不變的情況下，鋅片愈多，硫酸銅濃度愈高，其持續發電時間愈久。

2.硝酸鉀濃度為 1M 時，片狀電極、棒狀電極的電壓與電流效果不明顯(圖 6-13、圖 6-14)。

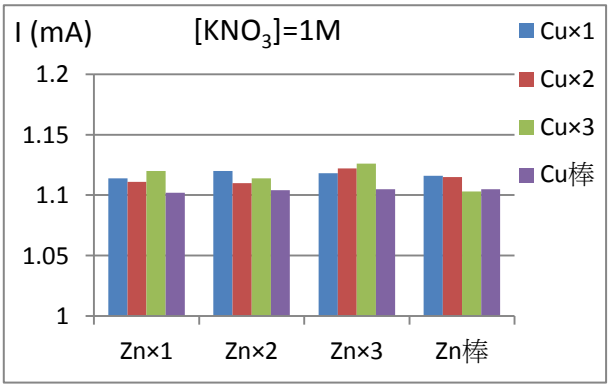


圖 6-13 1M 溶液金屬電極各數對電流的影響

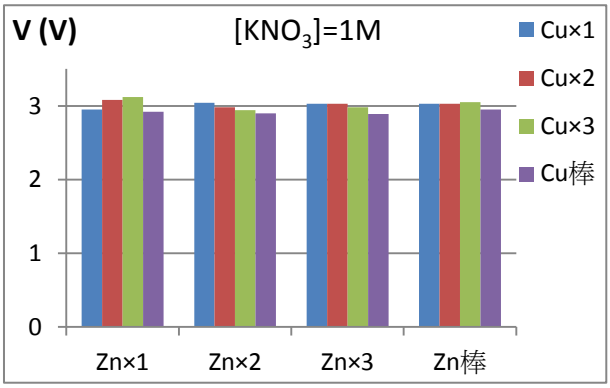


圖 6-14 1M 溶液金屬電極各數對電壓的影響

3.硝酸鉀濃度為 2M 時，片狀電極組合電流與電壓均大於棒狀電極(圖 6-15、圖 6-16)，片狀電極接觸溶液總面積較大，在單位時間內所提供的電子大於棒狀電極，電量大於棒狀，但可能在不考慮鹽橋耗損的情況下，棒狀電極供電時間大於片。

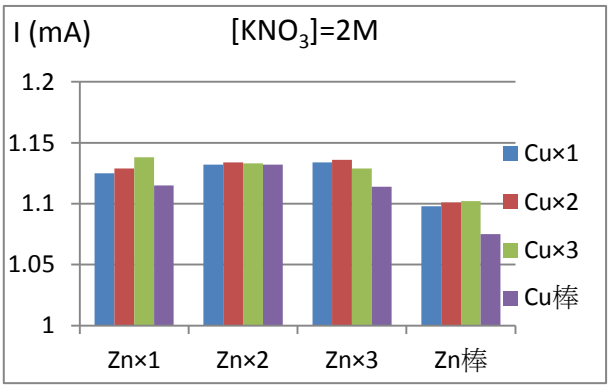


圖 6-15　2M 溶液金屬電極個數對電流的影響

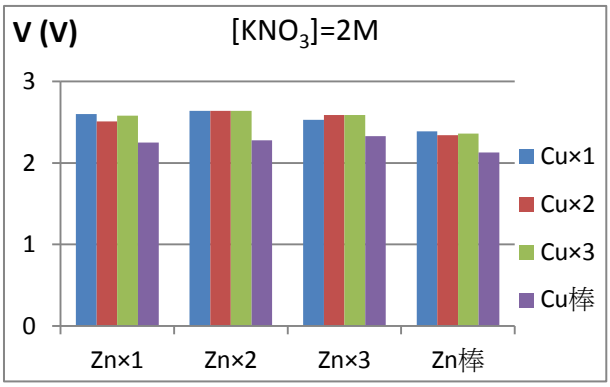


圖 6-16　2M 溶液金屬電極個數對電壓的影響

(二)電極片數及表面積對發電量之影響

鋅片兩片電流量最高，當鹽橋沒有改變單位時間內通過電量有限，鋅片數目增為三片提供更多電子，電流沒有明顯上升，鋅片兩片和鋅片三片的電流高於鋅片一片，但兩者電流量接近，可推鹽橋最大電流量為 3mA，鋅片超過兩片電流量不會再上升。銅片與鋅片數目不影響電壓。

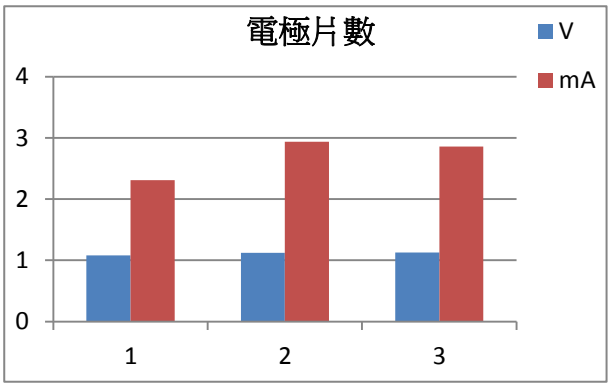


圖 6-17　鋅片片數對電壓電流的影響

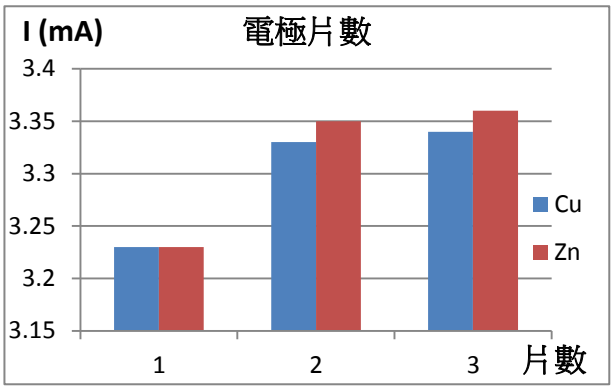


圖 6-18　鋅片 18cm^2 銅片 18cm^2 對電流的影響

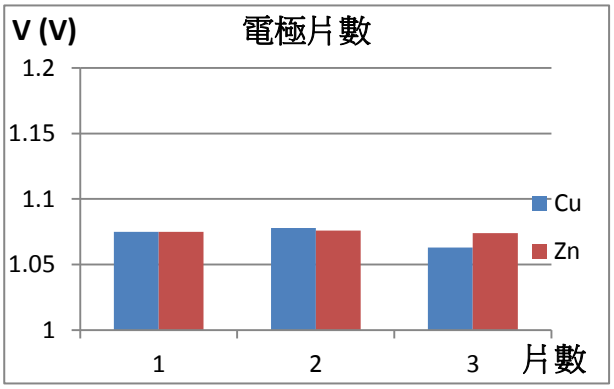


圖 6-19　鋅片 18cm^2 銅片 18cm^2　對電壓的影響

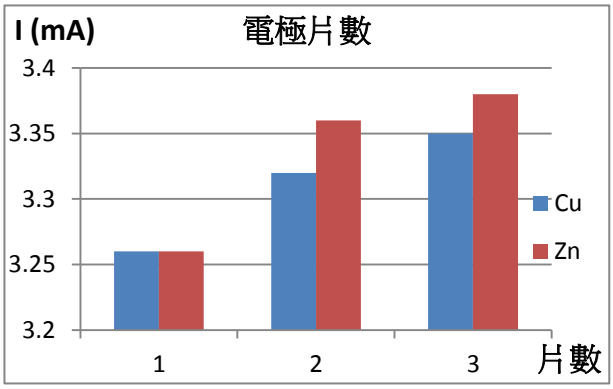


圖 6-20 鋅片 24cm^2 銅片 18cm^2　對電流的影響

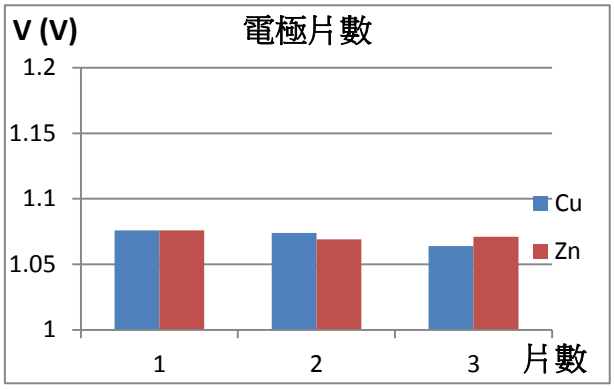


圖 6-21　鋅片 24cm^{2}銅片 8cm^{2}對電壓的影響

四、鋅片片數對於發電持久性之影響

一片鋅片的電流量很不穩定，兩片鋅片的電池電流量較一片鋅片穩定(圖 6-22)，因一片鋅片供給的電子小於鹽橋負荷量，單位時間內通過鹽橋的數量不固定導致不穩定；兩片鋅片的電子供應量大於鹽橋負荷量，單位時間通過的電子數量固定，所以電流量較為穩定。

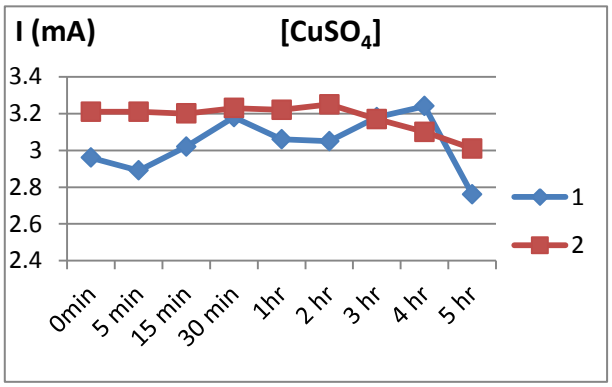


圖 6-22　鋅片片數對於電流的影響

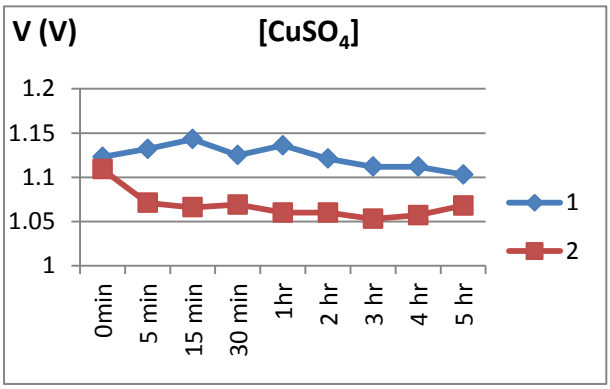


圖 6-23 鋅片片數對於電壓的影響

五、電解液果凍化對發電量的影響

當電解液被凝結成固態的時候，其電流變大，推測原因為:當電解液為固態時，兩電解液可互相貼合而不須鹽橋隔開，如此便減少大量電阻，在電壓不變的時候，電阻減少則相對電流增加。

六、果凍電池表面積對電流量的影響

（一）果凍電池表面積越大電流越大。因為有鹽橋的鋅銅電池，電流受限於鹽橋電阻電流不大，果凍電池沒有鹽橋阻礙，接觸表面積越大，移動離子越多，電流越大。

（二）當果凍電池串聯的個數越多，電流越大，能驅動小型馬達，效果與一般乾電池相同。並聯的電流量較小，因為發電的方式和串聯不同，導致電流量有明顯的差異。

七、果凍電池溫度對發電量的影響

將果凍電池置於冰箱、烤箱及常溫下，溫度可提高果凍電池的功率(圖 6-24)，40 度（烤箱）時的電流量最高，其次是 25 度（常溫），而最低的是 5 度（冰箱），因此得知反應速率會被溫度影響。原因是溫度越高離子移動速度越快，故電流量越高，冰箱的電池因溫度降低，所以離子移動速度變慢故電流量下降。溫度可提高果凍電池的功率，而冰箱中果凍與常溫中的果凍在第四個小時時功率下降明顯的，溫度提升電池提供電能。

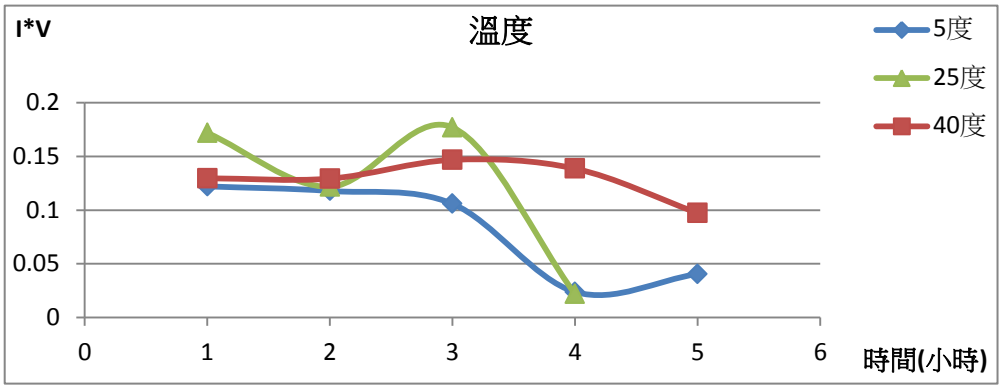


圖 6-24 不同溫度 WT 圖

八、硫酸鋅中添加鋅粉對發電量的影響

添加了鋅粉的果凍因鋅粉可以與鋅片同時進行反應，由圖 6-25 中得知加了鋅粉的果凍在前數個小時電流比無添加鋅粉的果凍高，但當鋅粉反應完畢後，兩邊的果凍都只剩下鋅片繼續反應，故此時電流便會與無添加鋅粉的果凍差不多。添加了鋅粉的果凍在前兩個小時功率較高，在第四個小時時添加了鋅粉的果凍與無添加鋅粉的果凍功率即有明顯的下降。

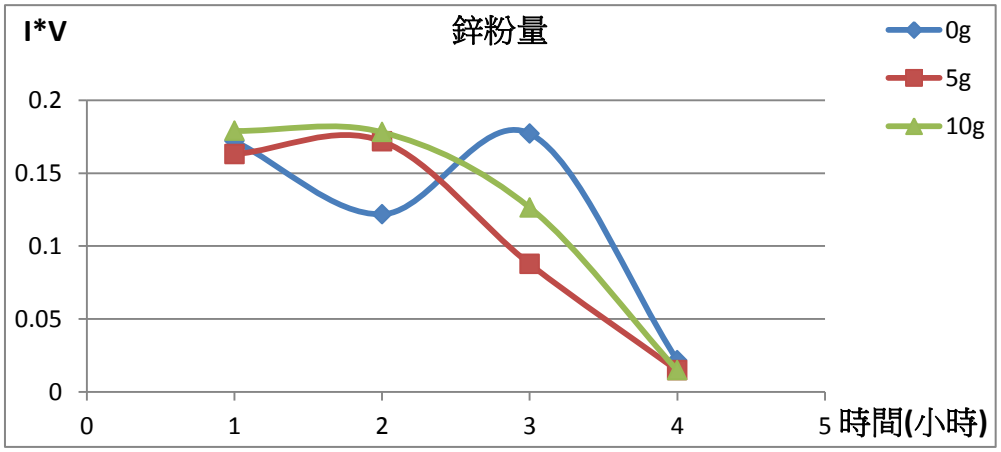


圖 6-25 鋅粉量 WT 圖

九、不同濃度硫酸銅果凍對發電量的影響

由圖 6-26 知，使用不同濃度的硫酸銅果凍，在前三個小時差異並不明顯，但在第四個小時後，濃度高的果凍功率明顯較其他濃度低果凍佳。原因是當硫酸銅濃度越高時，其解離出的銅離子數越多，銅離子的數量愈多可供還原的時間也越久，故發電時間可以延長數個小時。

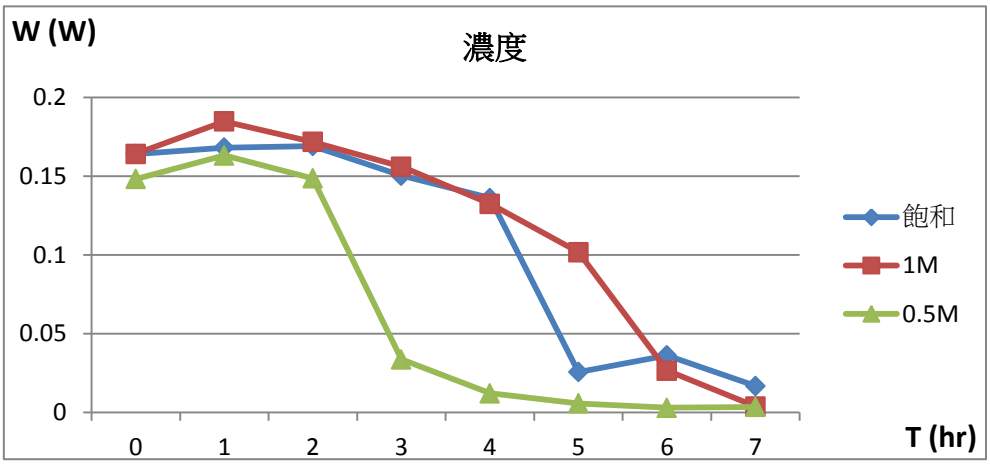


圖 6-26 不同濃度 WT 圖

十、果凍回復效果及對發電量的影響

由圖 6-27 可知，果凍電池重複充電使用，並不會影響電流大小，可推論洋菜凍為非一次性使用的，因此只要將使用過的硫酸銅與硫酸鋅果凍浸泡於電解液中，即可重複使用。本實驗充電最佳時間為兩天，第四個小時時功率仍有 0.13 瓦特，充一天或三天的果凍電池功率較低，只有 0.04 瓦特，也可得到二次充電的果凍功率與一充果凍無太大差異。

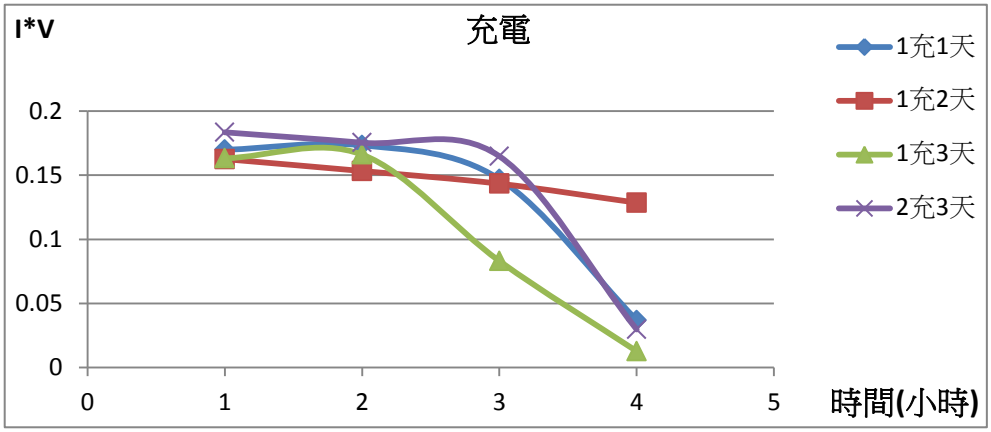


圖 6-27 不同充電時間 WT 圖

十二、實驗延伸教材

1.本研究將鋅銅電池果凍化且進行了單組果凍電池、2 組果凍電池串聯與並聯的電流與電壓測量，整理於表 6-1 中，使用單組面積為 15 cm^2 的鋅銅電池就可以讓 LED 燈亮起，如果基於時間上與便利性可選用此大小電池進行課程教學，單組面積 65cm^2 的鋅銅電池

可讓小馬達轉動，加上兩組電池串聯，所能應用層面的更廣，可增加課程的趣味性與豐富性

2.考量教學目的與實際教學應用需求進行電池實驗，步驟如下

(1)2 克洋菜粉倒入 100 ml 的水中煮沸，1M 的 100ml 硫酸銅倒入煮沸的洋菜粉溶液中攪拌，倒入模具待凝固。

(2)固態的硫酸銅切成與銅片形狀大小一樣。

(3)重複步驟(1)(2)，製作硫酸鋅果凍。

(4)將固態果凍狀的硫酸銅+銅片與銅酸鋅+鋅片重疊在一起，即完成鋅銅電池製作。

銅片與鋅片	電流(mA)	電壓(V)	備註
面積 15cm^2(單組)	74.8	1.048	LED 燈
面積 65cm^2(單組)	111.8	1.077	小馬達、小燈泡
面積 15cm^2(2 組串聯)	112.3	2.17	
面積 15cm^2(2 組並聯)	95.1	1.077	
面積 65cm^2(2 組串聯)	460	2.12	
面積 65cm^2(2 組並聯)	167.1	1.064	

柒、結論

一、 電極個數對電壓量和電流量沒有直接的影響，但當鋅片越多時，可提供的電子數量越多，但鹽橋通過電子數量固定，故電流電壓不會有明顯上升。

二、 鹽橋溶液濃度越高，其所含離子越多，可供流過的電子愈多，故鹽橋濃度越高，其電流量愈高。

三、 鹽橋離子的導電性會影響電流量，故使用導電性不佳的電解質離子，其電流量便會下降。

四、 強電解質的導電性較弱電解質的好，故硝酸等強電解質的電流比醋酸等弱電解質高。

五、 硫酸銅溶液濃度越小持久性越好，而濃度越高電流量越大。

六、 鋅片片數對持久性影響不大，但鋅片越多電流越大直到鹽橋電流量負荷上限。

七、 表面積越大則電流量越大，直到鹽橋電流量負荷上限為止。

八、 攪拌鹽橋會使得電流量持續上升，直至一個高峰後開始下降。鹽橋長度越短電流量量越高但電流下降速度也快。攪拌電解液可以讓電量更穩定。

九、 果凍電池的表面積越大，電流量變大。

十、 果凍電池環境溫度越高可加速反應速率與離子移動速度，故果凍電池發電量越高。

十一、 添加鋅粉的果凍在鋅粉反應完前電流量較高，但鋅粉不會影響果凍電池持久性，因鋅粉和鋅片同時反應故只有電流上升，而鋅粉面朝鋅片電流較高。

十二、 改良教科書原本電池實驗，自行改良鋅銅電池實驗，相較於原本單純的電池實驗增添許多趣味性與教育意義，驗證此一教學應用之可行性。

十三、 果凍電池可浸泡於電解液中，補充被還原的離子，浸泡兩天效果最佳，且重覆充電一次與充電兩次的效果並無差異。

十四、 果凍電池面積 65 cm^2、厚度 1 公分、飽和硫酸銅搭配硫酸鋅添加 10 克鋅粉，在 40 ℃的條件下可以提供最穩定電流與作用時間。

捌、參考資料

1. 白福秦。原電池實驗改進·可驅動燈泡發亮 http://chem.cersp.com/HXJS/200708/3910.html

2.香港可再生能源。http://re.emsd.gov.hk/tc_chi/solar/solar_ph/solar_ph_to.html

3.物質安全資料檢查表 http://ghs.ntut.edu.tw/sds/SdsQuery_index.jsp

4.康軒理化第四冊、第五冊與第六冊。

5.劉昱辰、林佳蓁、陳韻安 五峰國中第四十五屆科展報告 鋅銅電池延伸探索之旅

【評語】030204

本作品係自製果凍電池改良課本電池實驗，探討一些影響條件，富有趣味性和教育性，若能將果凍層更薄製成多層電池討論其實用性則更好。