

屏東縣第 66 屆國中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化學 科

組 別：國中 組

作品名稱：蓄勢待發～乾電池充電之研究

關 鍵 詞：放電反應、碳鋅電池、一次性電池

編號：B3002

目錄

摘要-----	p.2
壹、前言-----	p.2
貳、研究設備及器材-----	p.5
參、研究過程與方法-----	p.6
肆、研究結果-----	p.11
伍、討論-----	p.14
陸、結論-----	p.16
柒、參考資料和其他-----	p.24

摘要

乾電池的充電，是不可逆的。但是在某些情況之下，還是可以將乾電池擠出一些剩餘的電量的。而這些電量的來源，是本身電池**未反應**完的反應物，並不是網路所傳言的充電逆反應。

我們藉由以下的各種實驗，包括：

- 一、完全放電後的電池，靜置數天檢測。
- 二、完全放電後的電池，靜置七天後，電池充電 **40** 分鐘後檢測。
- 三、完全放電後的電池，在靜置七天後，電池注射填充各類電解質。再靜置七天之後，充電 **40** 分鐘後檢測。

由以上多種實驗，都充分得到一個**明確的答案証明**，無論任何手段，在完全放電後的電池，**不補充**反應物的情況之下，剩餘的反應物，最多可擠壓出約 **50%**的電壓、電流 **2 分鐘**左右。然後剩餘的微弱電壓、電流，根本是可以忽略，因為根本無法啟動電器，只能在伏特計和安培計上偵測到而已。

壹、前言

一、研究動機：

一般乾電池（如碳鋅電池、鹼性電池）不可充電，充電會有漏液、過熱甚至爆炸的危險。但有一次，嬤嬤不小心將乾電池以為是充電電池而拿去充電，在充完電之後，還可以用。當時嬤嬤還很高興的向我炫耀說，幹嘛買那些貴得要命的充電電池，這些不是一樣可以充電使用嗎！當時我除了有點傻眼之外，還是跟嬤嬤科普了一下乾電池的知識。不過也因此，我確實看到乾電池可以充電的這個事實。

我們查了網路資料，都說：碳鋅電池**無法充電**，因此完全放電後無法再使用。它們屬於**一次性電池**，其發電原理是化學反應，一旦電力耗盡，化學物質就會用完，無法透過充電回復電力。可是我確實看到乾電池充電之後，可以再使用一段時間。所以我邀請了二位對此問題(乾電池充電)有興趣的同學，開始我們對乾電池的研究之旅。

二、研究目的：

- (一)、研究乾電池(碳鋅電池)在完全放電之後，經過充電之後，可以維持多久的電量。
- (二)、研究乾電池(碳鋅電池)在完全放電之後，其內部注入不同的電解質溶液，經過充電之後，可以維持多久的電量。

三、文獻回顧：

(一)、碳鋅電池（乾電池）的組成和化學原理：

1. 負極是外層的鋅殼，正極是中間的碳棒，而兩者之間則填充了由二氧化錳（ MnO_2 ）、氯化銨（ NH_4Cl ）、氯化鋅（ ZnCl_2 ）、澱粉和少量水組成的黑色糊狀電解質。碳棒和其中的石墨粉只負責導電，並不參與化學反應。
2. 碳鋅電池構造與化學反應：
 - (1) 負極（陽極）：電池最外層的鋅筒，在化學反應中被氧化。
 - (2) 正極（陰極）：位於電池中心的碳棒，與二氧化錳和石墨粉混合。它本身不參與反應，但作為導電的介面。
 - (3) 電解質：一種糊狀物，由氯化銨、氯化鋅、澱粉和水混合而成。
 - (4) 二氧化錳：位於正極附近，作為氧化劑，吸收負極產生的氫氣，避免影響電池的正常運作。是真正化學反應的正極。
 - (5) 石墨粉：混合在二氧化錳中，與碳棒一起作為導電體。

3. 碳鋅電池的化學反應：

- (1) 在碳鋅電池中，外部鋅容器是帶負電的端子。鋅通過以下半反應被電荷載體氯化物（ Cl^- ）氧化：
陽極： $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$
陰極： $2\text{MnO}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3 + \text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- (2) 同時可能會發生其他副反應，如果用氯化鋅代替氯化銨作為電解質，則
陽極反應為： $\text{Zn} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{ZnCl}_2 + 2\text{e}^-$
陰極反應為： $2\text{MnO}_2 + \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3 + \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{Cl}^-$

(二)、碳鋅電池的「自我充電」現象

雖然碳鋅電池不能充電，但在特定情況下會觀察到「自我充電」現象，這並非真正的逆反應。

1. 極化作用：在大電流放電時，電池正極周圍會積聚氫氣，阻礙化學反應的進行，使電壓下降（稱為極化作用）。
2. 去極劑作用：電池中的二氧化錳（ MnO_2 ）作為去極劑，會慢慢將氫氣氧化成水。當電池休息一段時間後，這些反應產物有機會消散或轉化，使電池電壓暫時回升，恢復部分電力，但電池的總容量是永久減少的。

(三)、碳鋅電池的電壓大約為 1.5V。電壓的近似性質與陰極反應的複雜性有關。陽極（鋅）反應因具有一個已知電勢而相對簡單。副反應和活性化學物質的耗盡會導致電池的內阻增加，電池的電壓降低，從而導致端子電壓在負載下下降。

1. 初始電壓：全新的碳鋅電池在空載狀態下測得的電壓通常會略高於 1.5V，大約落在 1.52V 至 1.6V 之間。
2. 放電特性：碳鋅電池的電壓會隨著使用時間穩定下降，不像鹼性電池或鋰電池能長時間維持在高水位。
3. 沒電判定：一般電器在電池電壓降至 0.9V 至 1.2V 以下時會判定為沒電或無法運作。

(四)、放電反應：**放電反應**是指電池等化學能儲存裝置在外部電路接通後，透過電化學氧化還原反應，將儲存的**化學能轉化為電能**的過程。在放電過程中，電池的陽極（負極）發生氧化反應，釋放出電子，而陰極（正極）則發生還原反應，接收電子，電子經由外電路形成電流。

1. **一次電池**：碳鋅電池是一次電池，一旦用完（鋅被耗盡），就不能充電回收。
2. **漏液問題**：鋅同時是負極和電池外殼，放電過程中鋅被消耗，時間久了外殼變薄，容易被電解液腐蝕而洩漏。
3. **去極劑**：二氧化錳在此扮演氧化劑和去極劑的角色，防止正極產生氫氣阻礙反應，維持電池正常運作。

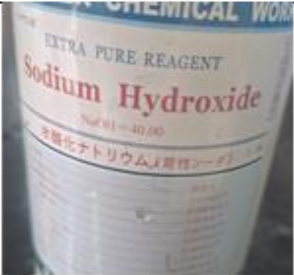
(五)、逆反應：

1. 逆反應是**可逆反應**中，生成物回到反應物的過程，它與正反應同時在同一系統中進行。當正反應速率與逆反應速率相等時，反應達到動態平衡，此時宏觀上反應物和生成物的濃度不再改變。
2. 碳鋅電池是一種**一次性電池 (primary cell)**，其放電化學反應基本上是**不可逆**的。嘗試對其進行充電（逆反應）不僅無效，而且**非常危險**，可能導致電池洩漏甚至爆炸。
3. 材料結構變化：在放電過程中，鋅外殼會逐漸溶解並轉化為其他化合物。充電的逆反應無法將這些產物完全、均勻地還原回原來的鋅金屬結構。
4. 氣體產生與壓力積聚：碳鋅電池通常採用密封外殼，若強行充電，內部會產生氣體（如氫氣）。由於氣體無法逸出，電池內部壓力會急劇升高，可能導致電池膨脹、漏液，甚至爆裂。
5. 熱效應：充電過程會產生熱量，可能導致內部物質受熱膨脹，增加爆炸的風險。

(六)、楊禮義，(2008) 科學教育月刊，**由碳鋅乾電池中的二氧化錳得到的啟示**。研究指出：「二氧化錳」，在碳鋅乾電池中肩負著氧化劑、去極劑、復極劑等三種功能於一身，如同簡便的速成咖啡包，是典型的「三合一」。它除了傳統的做為典型的催化劑外；又主要職司氧化劑的功能，但當時勢所趨，也可以屈就為「還原劑」。

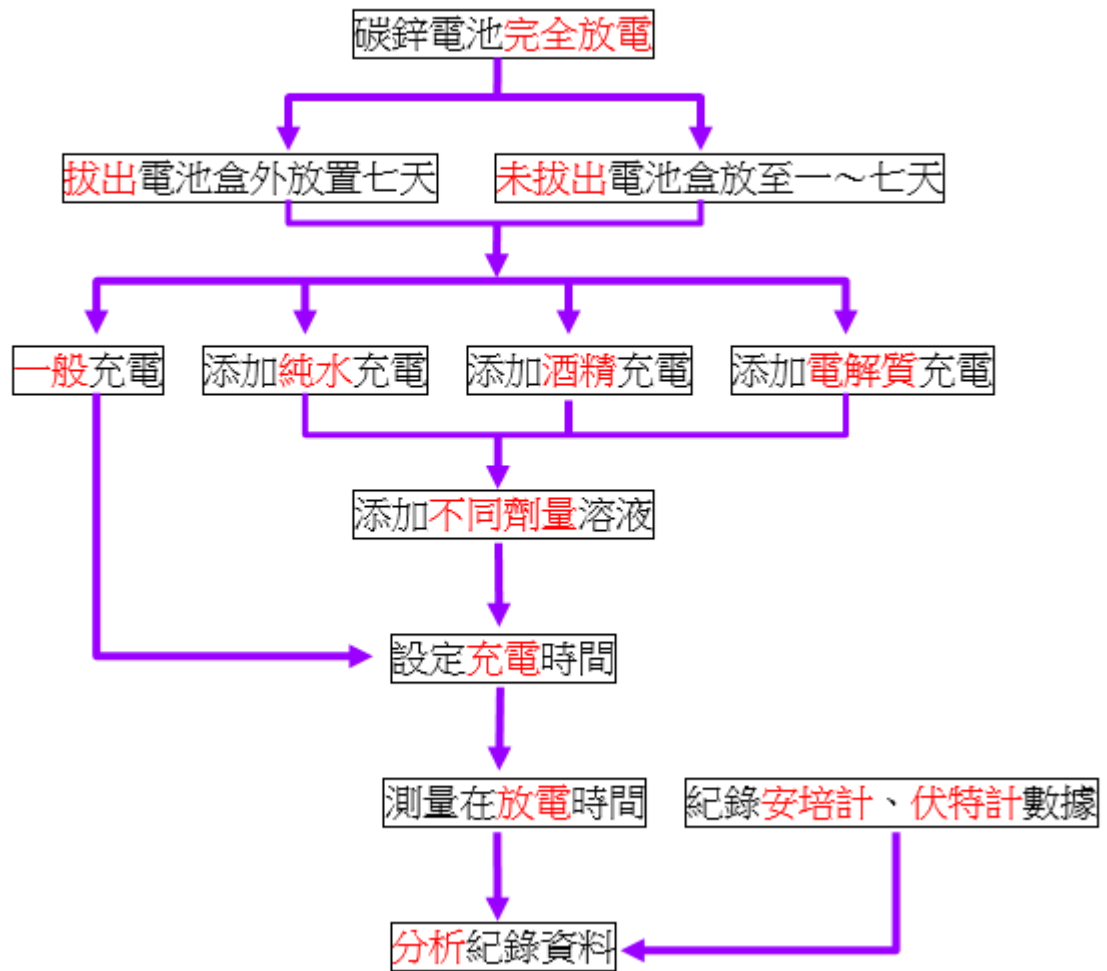
(七)、廖柏璋，(2023) **基於內電阻之一次電池的殘存電量估測**，研究指出：利用電池的內電阻（Internal Resistance, IR）估算一次電池（Primary Battery）的殘存電量，主要是透過測量內阻隨使用老化而非線性增加的特性，將其與新、舊電池的內阻值進行比較，並結合**電壓（OCV）、電流變化**，在特定頻率下使用**交流法（AC）或直流法（DC）**測量內阻，進而推算電池健康狀態（State of Health, SOH）和剩餘可用容量，因為內阻越大，代表電池老化越嚴重，可用電量越少。

貳、研究設備及器材

			
伏特計	毫安培計	小馬達	電池充電器
			
碳鋅電池	甘油	鱷魚夾	鐵鎚、鋼釘、尖嘴鉗
			
1ml 針筒	氯化鈉	氫氧化鈉	碳酸鈉
			
氯化鈣	蒸餾水		

參、研究過程與方法

一、實驗架構：



二、實驗步驟：

(一)、採購全新電池，並完全放電。如下圖 01 所示。

1. 採購同一品牌的全新電池，為了方便後續的實驗操作，我們一次採購 80 顆。
2. 組合電路。將電池盒和伏特計並聯、和安培計串聯，然後連接小馬達。按下開關之後，測量電壓和電流的變化。
3. 每一週的實驗後，我們會先預定下週的實驗目標，然後先將所需準備的電池數量完全放電。並等下周來實驗時，就可以直接拿到已經完全放電的碳鋅電池。



圖 01 為組合出電路並測量電池的放電數據

(二)、在電池完全放電之後，我們將六顆電池拔出電池盒外放置，另外四顆電池，持續放置在電池盒內，而電路依然維持通路狀態之下，如下圖 02 所示。一週之後，我們再將這 10 顆電池，重新測量電壓和電流。

1. 同時安置好六組小馬達電路，串聯安培計、並聯伏特計，接通電池之後，開始使電池放電。
2. 全放電後的電池，一部分繼續放置在通路的小馬達電路上，另一部分電路，將電池拔出來之後，放置到下週實驗使用。
3. 將完全放電之後，還放置在電池盒的電池，每間隔 2 天之後，再拔除放置。等待下週同一時間檢測。也就是電池完全放電之後，我們有放置七天的乾電池、放置五天的乾電池、放置三天的乾電池、放置一天的乾電池。



圖 02 為電池的放電

(三)、隔週之後，我們實驗分為四個部分檢測。如下圖 03 所示。

1. 將一直放置七天的電池，接上小馬達電路的電池盒，然後測量和觀察電池的電壓和電流，含有小馬達的運轉情況。
2. 同時也將放置五天的電池、放置三天的電池、放置一天的電池，接上小馬達電路的電池盒。每隔 1 分鐘，紀錄電壓數據、電流數據、馬達運轉和時間紀錄。



圖 03 為放電後的電池在測量

(四)、在完全放電的電池內部，注射蒸餾水。如下圖 04 所示。

1. 將電池一律完全放電，然後放置七天。
2. 七天之後，將電池固定在老虎鉗上，在用鋼釘在電池上面戳洞。每一個電池的兩側，分別鑿四個小洞。
3. 然後使用針筒，在每個電池的洞內注射入不同劑量的蒸餾水。
4. 之後在每個注射孔上面塗上凡士林，再放置七天。
5. 七天之後，將電池充電 40 分鐘之後，再測量每一種電池的放電情況。



圖 04 為電池內部注射蒸餾水

(五)、在完全放電的電池內部，注射飽和食鹽水。如下圖 05 所示。

1. 將電池一律完全放電，然後放置七天。
2. 七天之後，將電池固定在老虎鉗上，在用鋼釘在電池上面戳洞。每一個電池的兩側，分別鑿四個小洞。
3. 然後使用針筒，在每個電池的洞內注射入不同劑量的飽和食鹽水。
4. 之後在每個注射孔上面塗上凡士林，再放置七天。
5. 七天之後，將電池充電 40 分鐘之後，再測量每一種電池的放電情況。

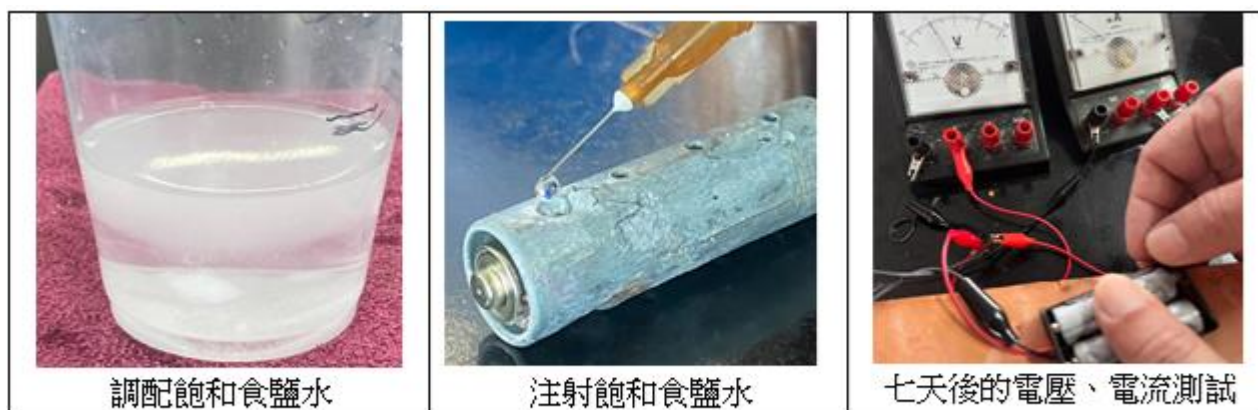


圖 05 為電池內部注射飽和食鹽水

(六)、在完全放電的電池內部，注射飽和氫氧化鈉。如下圖 06 所示。

1. 將電池一律完全放電，然後放置七天。
2. 七天之後，將電池固定在老虎鉗上，在用鋼釘在電池上面戳洞。每一個電池的兩側，分別鑿四個小洞。
3. 然後使用針筒，在每個電池的洞內注射入不同劑量的飽和氫氧化鈉。
4. 之後在每個注射孔上面塗上凡士林，再放置七天。
5. 七天之後，將電池充電 40 分鐘之後，再測量每一種電池的放電情況。

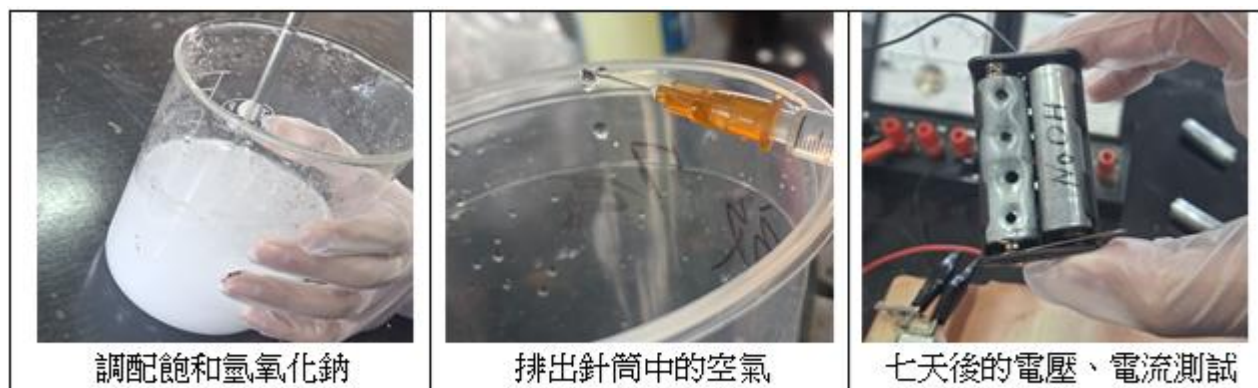


圖 06 為電池內部注射飽和氫氧化鈉

(七)、在完全放電的電池內部，注射**飽和碳酸鈉水溶液**。如下圖 07 所示。

1. 將電池一律完全放電，然後放置七天。
2. 七天之後，將電池固定在老虎鉗上，在用鋼釘在電池上面戳洞。每一個電池的兩側，分別鑿四個小洞。
3. 然後使用針筒，在每個電池的洞內注射入不同劑量的**飽和碳酸鈉水溶液**。
4. 之後在每個注射孔上面塗上凡士林，再放置七天。
5. 七天之後，將電池充電 40 分鐘之後，再測量每一種電池的放電情況。



圖 07 為電池內部注射**碳酸鈉水溶液**

(八)、在完全放電的電池內部，注射**飽和氯化鈣水溶液**。如下圖 08 所示。

1. 將電池一律完全放電，然後放置七天。
2. 七天之後，將電池固定在老虎鉗上，在用鋼釘在電池上面戳洞。每一個電池的兩側，分別鑿四個小洞。
3. 然後使用針筒，在每個電池的洞內注射入不同劑量的**飽和氯化鈣水溶液**。
4. 之後在每個注射孔上面塗上凡士林，再放置七天。
5. 七天之後，將電池充電 40 分鐘之後，再測量每一種電池的放電情況。



圖 08 為電池內部注射**飽和氯化鈣水溶液**

肆、研究結果

(一)、以下表 09 為使用小馬達放電時，我們以 20 分鐘為間距，所測量到的全新電池的放電時的電壓和電流變化數據統計。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	第一組	20分鐘	40分鐘	60分鐘	80分鐘	100分鐘	120分鐘	140分鐘	160分鐘	180分鐘	200分鐘	220分鐘	240分鐘
2	電壓(V)	2.8	2.8	2.8	2.8	2.4	2.2	1.8	1.5	1.4	1.1	0.4	0.1
3	電流(mA)	80	70	60	60	60	50	50	40	20	10	5	0
4													
5	第二組												
6	電壓(V)	2.9	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5	1.9	1.4	1.3	0.9	0.5	0.2
7	電流(mA)	90	80	70	70	70	50	40	40	10	10	10	0
8													
9	第三組												
10	電壓(V)	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.2	1.4	1.2	1.1	0.4	0.1
11	電流(mA)	80	70	60	60	70	50	30	30	10	10	5	0
12													
13	第四組												
14	電壓(V)	2.9	2.7	2.7	2.6	2.6	2.3	1.8	1.5	1.2	0.9	0.3	0.2
15	電流(mA)	90	80	70	60	50	50	40	20	10	10	5	0
16													
17	第五組												
18	電壓(V)	3	2.8	2.7	2.7	2.4	2.4	1.9	1.5	1.3	0.9	0.2	0.1
19	電流(mA)	80	80	70	60	60	50	40	30	20	10	5	0
20													
21	平均電壓	2.86	2.76	2.7	2.68	2.5	2.36	1.92	1.46	1.28	0.98	0.36	0.14
22	平均電流	84	76	66	62	62	50	40	32	14	10	6	0

表 09 為五組全新電池的放電數據

(二)、在小馬達放電 240 分鐘之後，我們將實驗分為兩個部分。

1. 將一部分電池拔出電池盒，然後放置七天。
2. 將另外的那一部分電池，持續放在電池盒之中。然後每隔二天之後，再將電池拔出電池盒放置。一直如此，所以我們將電池完全放電之後，有放置七天的、放置五天的、放置三天的、放置一天的四種電池。
3. 然後在放置一週後，我們將這四種電池充電 40 分鐘之後，接上小馬達電路，然後測量電壓、電流和馬達的運轉情況和時間。所測量的數據，如下表 10 所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	放置七天電池	第0分鐘	第1分鐘	第2分鐘	第3分鐘	第4分鐘	第5分鐘	第6分鐘	第7分鐘	第8分鐘	第9分鐘	第10分鐘
2	電壓(V)	1.4	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0
3	電流(mA)	60	40	30	10	10	10	5	5	5	0	0
4	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
5												
6	放置五天電池											
7	電壓(V)	1.2	0.6	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0
8	電流(mA)	50	40	20	10	5	5	5	5	0	0	0
9	馬達運轉	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
10												
11	放置三天電池											
12	電壓(V)	1.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
13	電流(mA)	40	20	10	10	5	5	0	0	0	0	0
14	馬達運轉	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
15												
16	放置一天電池											
17	電壓(V)	0.9	0.4	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0
18	電流(mA)	40	10	10	5	5	0	0	0	0	0	0
19	馬達運轉	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無

表 10 為電池完全放電後，放置一段時間後的各種數據檢測

(三)、將電池內部注射不同劑量的**蒸餾水**，放置七天之後充電 40 分鐘，然後接上小馬達電路，測量電壓、電流和馬達的運轉情況和時間。每隔 1 分鐘所測量的數據，如下表 11 所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	注射 0.1ml	第0分鐘	第1分鐘	第2分鐘	第3分鐘	第4分鐘	第5分鐘	第6分鐘	第7分鐘	第8分鐘	第9分鐘	第10分鐘
2	電壓(V)	1.4	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0
3	電流(mA)	60	40	30	10	5	5	5	0	0	0	0
4	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
5												
6	注射 0.2ml											
7	電壓(V)	1.3	0.8	0.5	0.3	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0
8	電流(mA)	70	50	35	20	10	10	10	5	5	5	0
9	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
10												
11	注射 0.3ml											
12	電壓(V)	1.5	0.9	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0
13	電流(mA)	70	50	35	20	10	10	10	10	5	5	0
14	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
15												
16	注射 0.4ml											
17	電壓(V)	1.6	0.7	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0
18	電流(mA)	70	55	40	20	10	10	10	10	10	5	5
19	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
20												
21	注射 0.5ml											
22	電壓(V)	1.6	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
23	電流(mA)	70	60	50	20	10	10	10	5	5	5	5
24	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無

表 11 為電池內部注射不同劑量的**蒸餾水**放電，測量電壓、電流和馬達的運轉情況

(四)、將電池內部注射不同劑量的**飽和食鹽水**，放置七天之後充電 40 分鐘，然後接上小馬達電路，測量電壓、電流和馬達的運轉情況和時間。每隔 1 分鐘所測量的數據，如下表 12 所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	注射 0.1ml	第0分鐘	第1分鐘	第2分鐘	第3分鐘	第4分鐘	第5分鐘	第6分鐘	第7分鐘	第8分鐘	第9分鐘	第10分鐘
2	電壓(V)	1.4	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0
3	電流(mA)	60	40	30	10	10	10	5	5	5	0	0
4	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
5												
6	注射 0.2ml											
7	電壓(V)	1.5	0.6	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0
8	電流(mA)	70	50	35	20	10	10	10	5	5	5	0
9	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
10												
11	注射 0.3ml											
12	電壓(V)	1.6	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0
13	電流(mA)	70	50	35	20	10	10	10	10	5	5	5
14	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
15												
16	注射 0.4ml											
17	電壓(V)	1.6	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
18	電流(mA)	70	55	40	20	10	10	10	10	10	5	5
19	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
20												
21	注射 0.5ml											
22	電壓(V)	1.6	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
23	電流(mA)	70	60	50	20	10	10	10	5	5	5	5
24	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無

表 12 為電池內部注射不同劑量的**飽和食鹽水**放電，測量電壓、電流和馬達的運轉情況

(五)、將電池內部注射不同劑量的飽和氫氧化鈉水溶液，放置七天之後充電 40 分鐘，然後接上小馬達電路，測量電壓、電流和馬達的運轉情況和時間。每隔 1 分鐘所測量的數據，如下表 13 所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	注射0.1ml	第0分鐘	第1分鐘	第2分鐘	第3分鐘	第4分鐘	第5分鐘	第6分鐘	第7分鐘	第8分鐘	第9分鐘	第10分鐘
2	電壓(V)	1.5	0.7	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0
3	電流(mA)	60	40	20	10	5	5	5	0	0	0	0
4	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
5												
6	注射0.2ml											
7	電壓(V)	1.5	0.8	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0
8	電流(mA)	70	50	35	20	10	10	10	5	5	5	0
9	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
10												
11	注射0.3ml											
12	電壓(V)	1.5	0.9	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0
13	電流(mA)	70	50	35	20	10	10	10	10	5	5	0
14	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
15												
16	注射0.4ml											
17	電壓(V)	1.6	0.7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
18	電流(mA)	70	55	40	20	10	10	10	10	10	5	5
19	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
20												
21	注射0.5ml											
22	電壓(V)	1.6	0.7	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
23	電流(mA)	70	60	50	20	10	10	10	5	5	5	5
24	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無

表 13 為電池內部注射不同劑量的飽和氫氧化鈉水溶液放電，測量電壓、電流和馬達的運轉情況

(六)、將電池內部注射不同劑量的飽和碳酸鈉水溶液，放置七天之後充電 40 分鐘，然後接上小馬達電路，測量電壓、電流和馬達的運轉情況和時間。每隔 1 分鐘所測量的數據，如下表 14 所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	注射0.1ml	第0分鐘	第1分鐘	第2分鐘	第3分鐘	第4分鐘	第5分鐘	第6分鐘	第7分鐘	第8分鐘	第9分鐘	第10分鐘
2	電壓(V)	1.7	0.7	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0
3	電流(mA)	60	40	20	10	5	5	5	0	0	0	0
4	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
5												
6	注射0.2ml											
7	電壓(V)	1.7	0.8	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0
8	電流(mA)	70	50	35	20	10	10	10	5	5	0	0
9	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
10												
11	注射0.3ml											
12	電壓(V)	1.7	0.8	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0
13	電流(mA)	70	50	35	20	10	10	10	10	5	5	0
14	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
15												
16	注射0.4ml											
17	電壓(V)	1.8	0.7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0
18	電流(mA)	70	55	40	20	10	10	10	10	10	5	5
19	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
20												
21	注射0.5ml											
22	電壓(V)	1.8	0.7	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
23	電流(mA)	70	60	50	20	10	10	10	5	5	5	5
24	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無

表 14 為電池內部注射不同劑量的飽和碳酸鈉水溶液放電，測量電壓、電流和馬達的運轉情況

(七)、將電池內部注射不同劑量的**飽和氯化鈣水溶液**，放置七天之後充電 40 分鐘，然後接上小馬達電路，測量電壓、電流和馬達的運轉情況和時間。每隔 1 分鐘所測量的數據，如下表 15 所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	注射 0.1ml	第0分鐘	第1分鐘	第2分鐘	第3分鐘	第4分鐘	第5分鐘	第6分鐘	第7分鐘	第8分鐘	第9分鐘	第10分鐘
2	電壓(V)	1.6	0.6	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0
3	電流(mA)	60	40	20	10	5	5	5	5	0	0	0
4	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
5												
6	注射 0.2ml											
7	電壓(V)	1.7	0.8	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0
8	電流(mA)	70	50	35	20	10	10	10	5	5	5	0
9	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
10												
11	注射 0.3ml											
12	電壓(V)	1.8	0.7	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0
13	電流(mA)	70	50	35	20	10	10	10	10	5	5	0
14	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
15												
16	注射 0.4ml											
17	電壓(V)	1.9	0.7	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0
18	電流(mA)	70	55	40	20	10	10	10	10	10	5	5
19	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
20												
21	注射 0.5ml											
22	電壓(V)	1.8	0.8	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0
23	電流(mA)	70	60	50	20	10	10	10	5	5	5	5
24	馬達運轉	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無

表 15 為電池內部注射不同劑量的**飽和氯化鈣水溶液**放電，測量電壓、電流和馬達的運轉情況

伍、討論

一、研究限制：

(一)、在電池上鑿洞，原本想用電鑽來執行的，因為以下原因，所以改為直接用鋼釘鑿洞：

1. 電池太小，電鑽太重。在操作上有一定的不方便和**危險性**，如下圖 16 所示。
2. 電鑽在轉動的過程中，會將電池內的**糊狀物**帶出來。
3. 鋼釘鑿洞的缺點，就是容易將電池鑿到凹陷下去，所以操作上要小心。



圖 16 為電池的鑿洞

(二)、因為我們先以實驗室有的器材為原則，然後再採購我們所需的器材或耗材，所以在實驗或操作上，會有以下一些不便或誤差：如下圖 17 所示。

1. 伏特計和安培計的老舊：

所以我們收集實驗室二十幾個伏特計和安培計，然後逐一檢測。最後選種其中**精確度**最高的七組(伏特計加安培計為一組)來當作實驗的檢測儀器。

2. 電池是最重要的耗材，所以一律採購新的電池。

3. 原來想在電路上，組裝用小燈泡來讓電池更完全的放電。但因為實驗室中有小馬達，所以改用小馬達來放電。但為了讓**放電更徹底**，所以電池會放在通路的線路中七天。

4. 在檢測電池充電後的充電情況，需要觀測小馬達的運轉狀態，因為小馬達的**耗電快**，所以在很快的時間內就不轉動了。如果改用耗電小的燈泡，應該可以在耗電時間上，偵測到更精準的數據。

5. 學校的電池盒，均為二個 3 號電池串聯的電池盒。所以我們的電池電壓以 3 伏特為標準來運作計算。

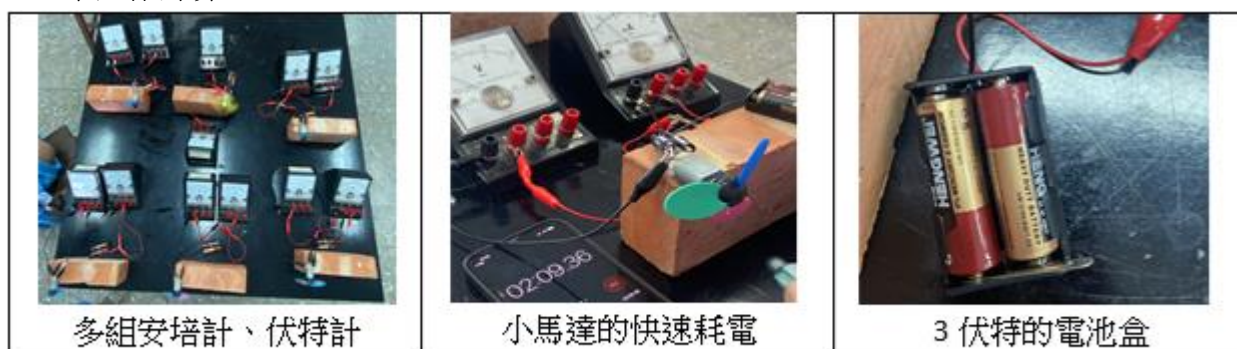


圖 17 為學校現有器材的運用

二、討論：

(一)、網路上盛傳，若乾電池充電，可能會有**爆炸**的危險。所以在做這個實驗時，我們認真地找老師討論過，如何避開爆炸的元素。以下是我們所搜尋到，爆炸會可能的因素以及我們如何避免的操作。

1. 密閉的電池，在充電時，可能會產生氣體。因為**氣體的高壓**，導致電池爆炸。

所以我們在討論之後，決定將電池**鑿一些小洞**來研究。這樣就可以破壞電池的密閉性了。

2. **高燃性**的藥品或是能**高速反應**的藥品或是在高溫高電壓下會迅速反應的藥品。如此，可以會導致電池爆炸。

所以我們在討論之後，決定將電池切開，然後將電池內的藥品直接拿來用火燒。看看是否會像火藥一樣的燃燒或爆炸。如下圖 18 所示

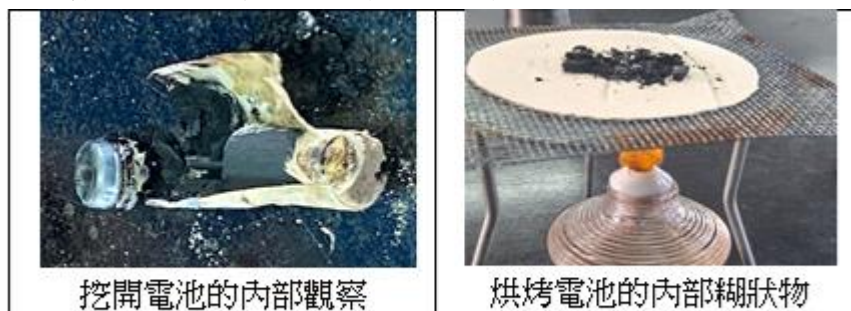


圖 18 為電池內部糊狀物的烘烤

(二)、原設計的電路，是使用小燈泡當作耗電的電器。因為通電的二週後，燈泡還是亮著，所以要讓電池完全耗電完畢，所需時間相當長，可能會影響後續的實驗研究。所以在經過討論之後，我們將討論的因素和解決方式匯總如下：

1. 將小燈泡改為多個並聯或是改為更耗電的電器。最後決定，改為更耗電的小馬達。
2. 小馬達轉動時要懸空，而且會震動。最後決定，最後決定將小馬達用泡棉雙面膠固定在磚頭之上。如下圖 19 所示。

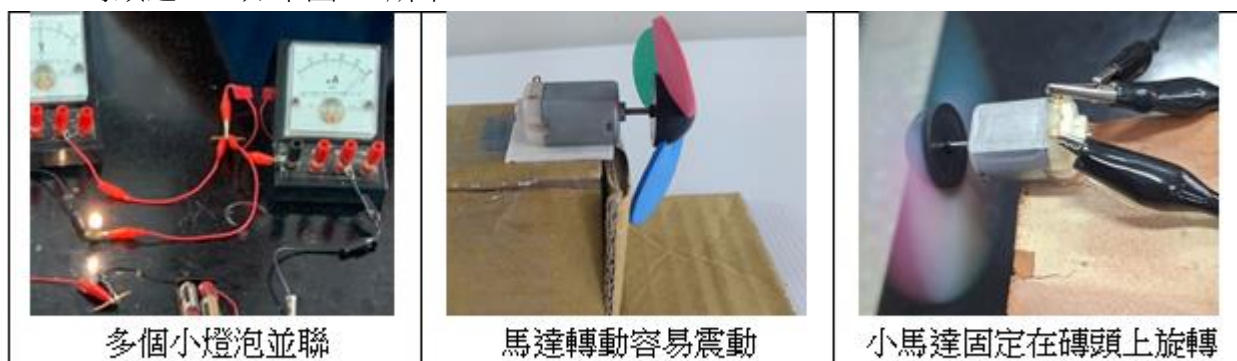


圖 19 為耗電電器的設計

陸、結論

一、將表 11 的五組全新電池，放電時，其電壓和電流的測量數據，以每 20 分鐘平均之後，將平均電壓和平均電流數據變化數據，轉成折線圖比較，如下圖 20 所示。我們得到以間幾項結論：

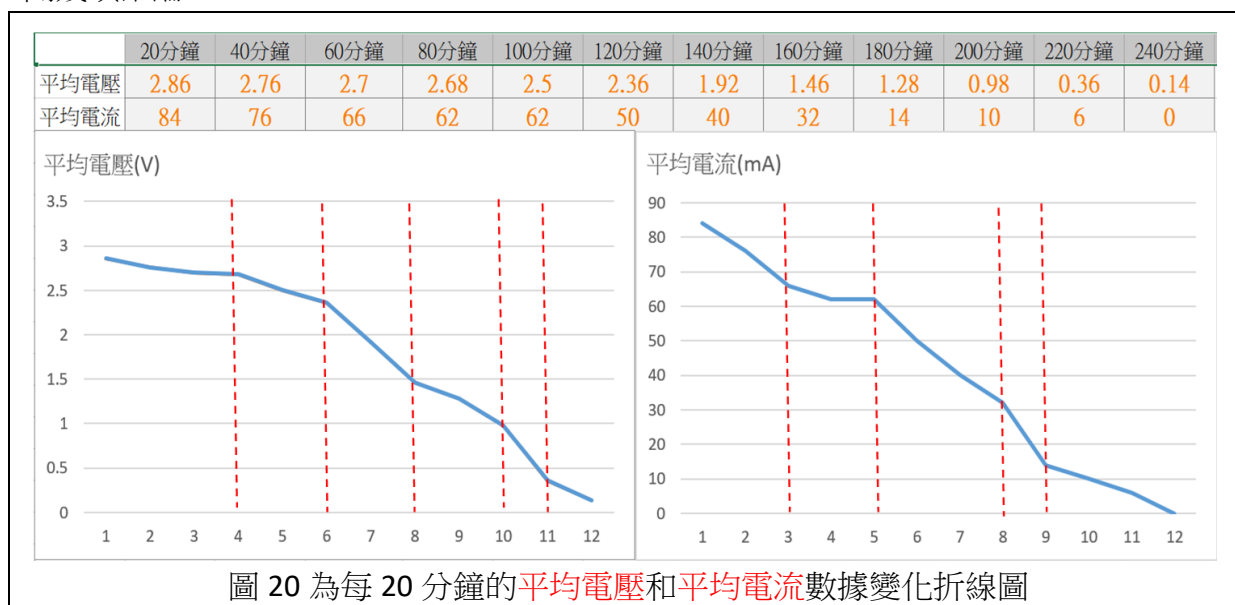
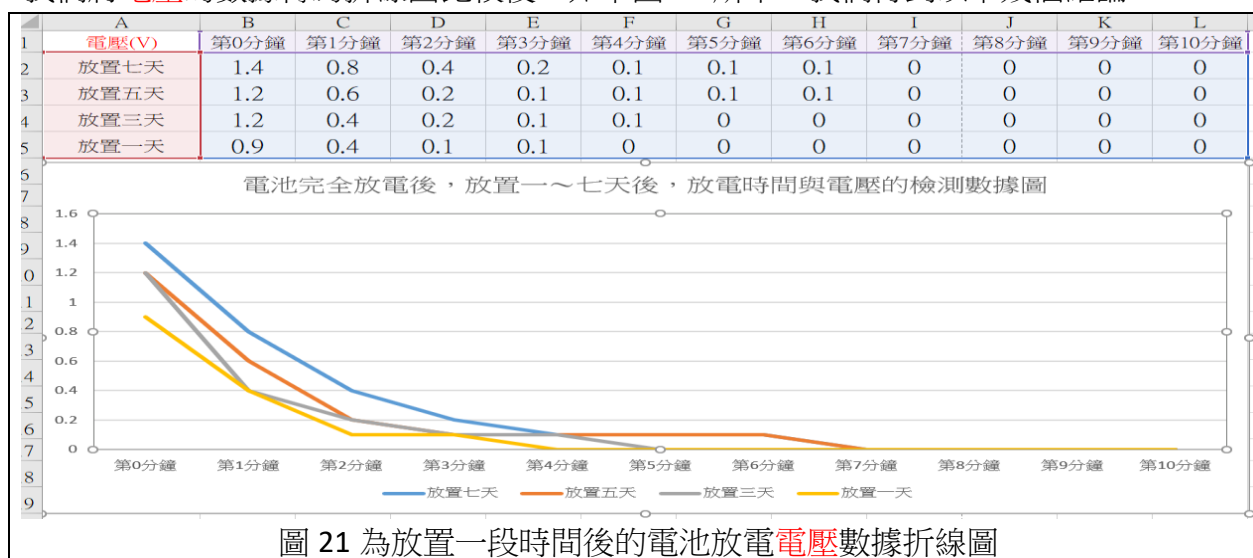


圖 20 為每 20 分鐘的**平均電壓**和**平均電流**數據變化折線圖

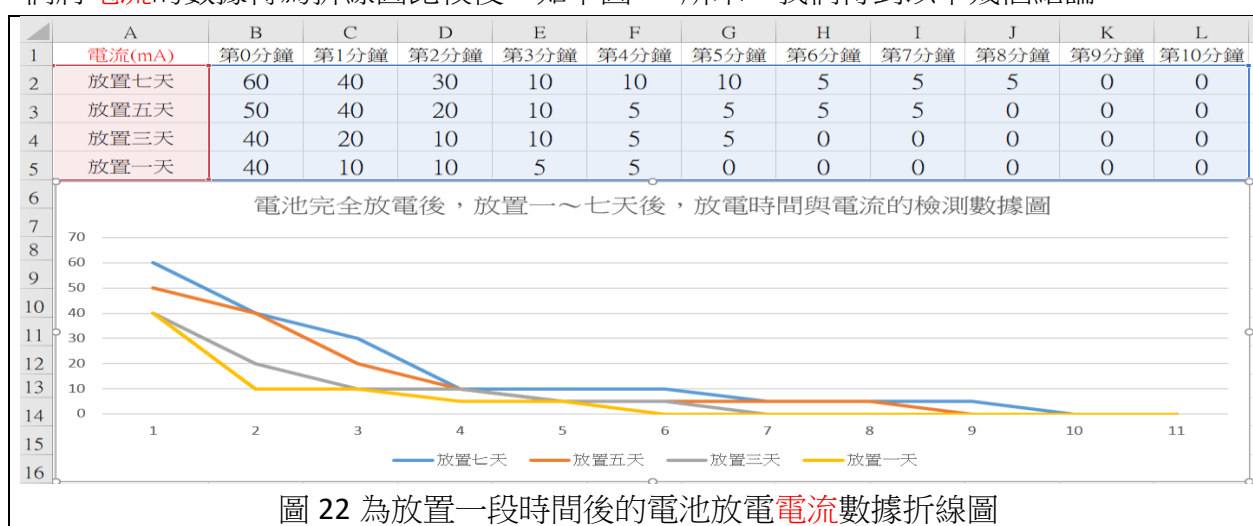
- (一)、電壓的變化，在**前 80 分鐘**的電路運轉下，幾乎是沒有太大的變化。然後在 **80 分鐘**之後，電壓有明顯的下降，也有緩慢的下降，但都是持續的下降，直到 **240 分鐘**之後，電壓為零。
- (二)、電流的變化，在一開始的**前 60 分鐘**，就有緩慢的下降趨勢，然後在 **60~100 分鐘**之間，電流幾乎完全穩定不動。然後在 **100~240 分鐘**之間，幾乎以一個穩定的速度在下降。直到最後 60 分鐘，電流的減緩速度更慢一些。

二、如表 12 所示，將放置一段時間後的電池，再將電池充電 40 分鐘之後的電池拿來放電，我們將電壓的數據轉為折線圖比較後，如下圖 21 所示。我們得到以下幾個結論：



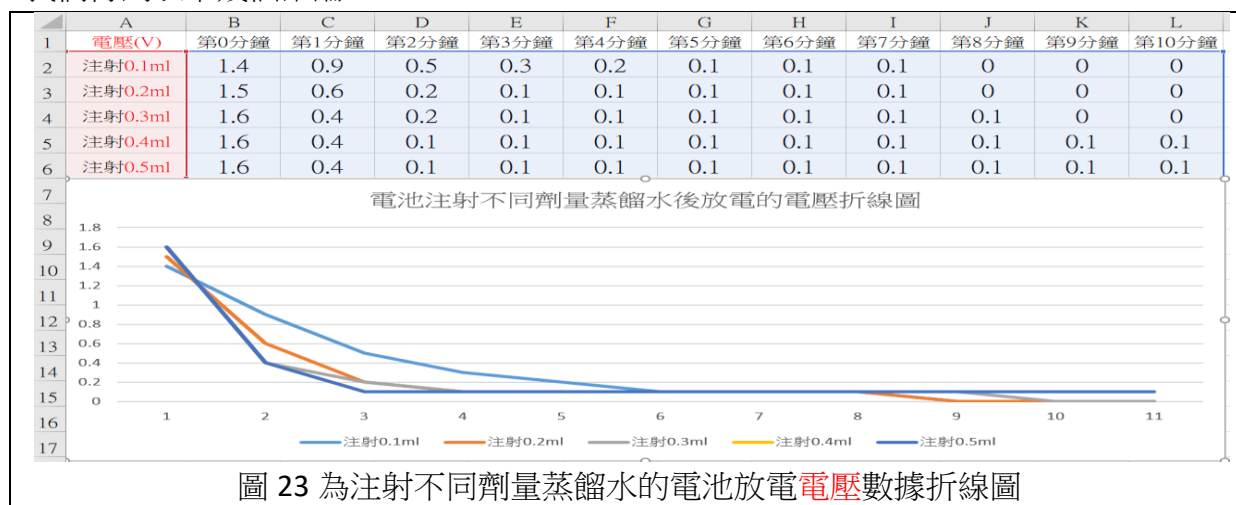
- (一)、完全放電後的電池，放置的時間越長，在使用時，電壓也會偏高。但由數據來看，只會趨向於某一數值，並不會和放置時間成正比。
- (二)、電壓普遍在 2 分鐘之後，就下降約 80% 的電壓量了。之後的時間，電壓普遍都在 0.1 伏特。
- (三)、由折線可以明顯的看出，在 2 分鐘時，大約電壓都驟降 50% 的電壓量。之後下降的幅度會在趨緩一些。

三、如表 12 所示，將放置一段時間的電池，再將電池充電 40 分鐘之後的電池拿來放電，我們將電流的數據轉為折線圖比較後，如下圖 22 所示。我們得到以下幾個結論：



- (一)、完全放電後的電池，放置的時間越長，在使用時，電流一開始也會偏高。但由數據來看，只會趨向於某一數值，並不會和放置時間成正比。
- (二)、電壓普遍在 4 分鐘之後，就下降約 80% 的電流量了。之後的時間，電流普遍都在 5 毫安培。
- (三)、只放置一天的電池，2 分鐘之後，電流就遽降了。其他的電池，無論放置多少天也大約在 4 分鐘之後就遽降了。由此推論，電流最多支撐 4 分鐘，即使放置的時間再更長也無用。

四、如表 13 所示，將完全放電的電池，放置七天之後。在電池內部注射不同劑量的蒸餾水。再七天後，將電池拿來放電，我們將電壓的數據轉為折線圖比較後，如下圖 23 所示。我們得到以下幾個結論：

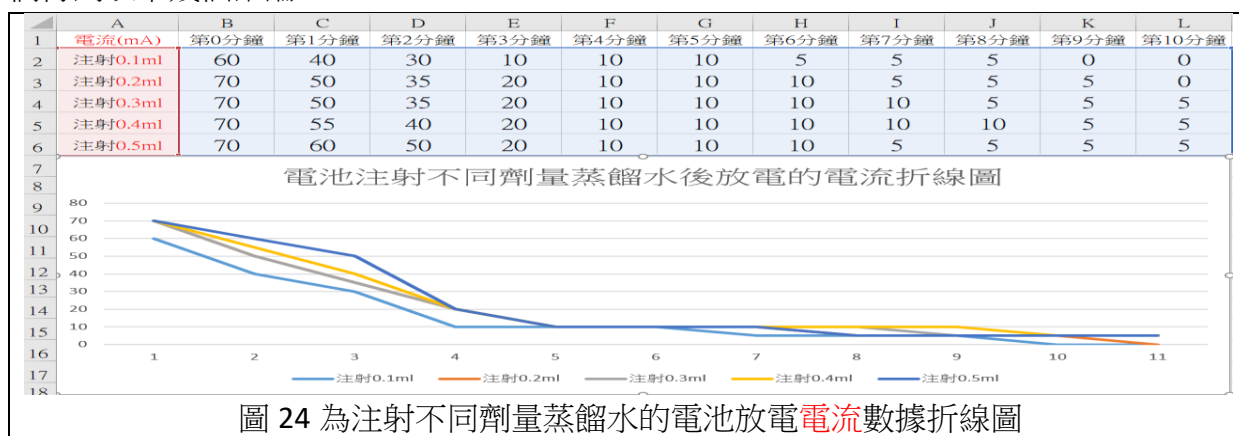


(一)、由圖表可以明顯的看出，大約在 2 分鐘之後，電池的電壓量大都下降 60%，在第 4 分鐘左右，幾乎都以下降到 0.1 伏特了。

(二)、和無加蒸餾水的電池比較，有以下幾個結論：

1. 無論有無加蒸餾水，電壓的維持大約都在 4 分鐘左右。
2. 有加蒸餾水的電池，在 2~4 分鐘的電壓驟降速度稍微慢一些。
3. 最後 0.1 伏特的時間，有加蒸餾水的電池，維持的時間很明顯地變長，而且加的蒸餾水越多，時間拉得越長。

五、如表 13 所示，將完全放電的電池，放置七天之後。在電池內部注射不同劑量的蒸餾水。再七天後，將電池拿來放電，我們將電流的數據轉為折線圖比較後，如下圖 24 所示。我們得到以下幾個結論：

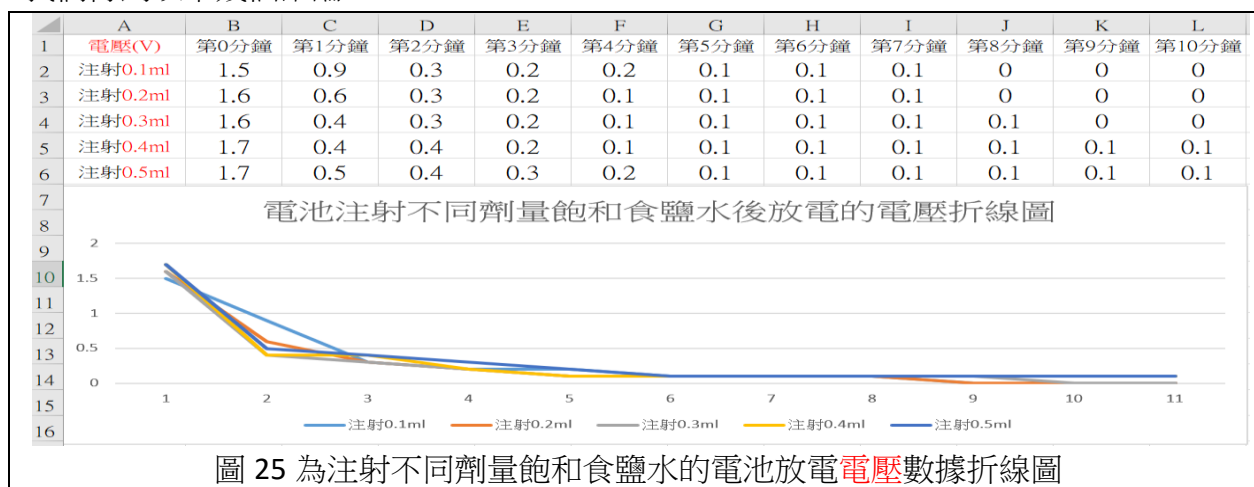


(一)、由折線圖可以發現，前 3 分鐘的電流下降較為趨緩，3~4 分鐘時驟降，然後 4 分鐘之後，幾乎都維持 5 毫安培或 10 毫安培的電流量。

(二)、和無加蒸餾水的電池比較，有以下幾個結論：

1. 無論有無加蒸餾水，電流的維持大約都在 4 分鐘左右。
2. 有加蒸餾水的電池，在 0~2 分鐘的電流驟降速度稍微慢一些。
3. 在 4 分鐘之後，有加蒸餾水的電池，電流維持的時間很明顯地變長，而且有一些還超過 10 分鐘。但普遍電流都很小，有點苟延殘喘的意味。

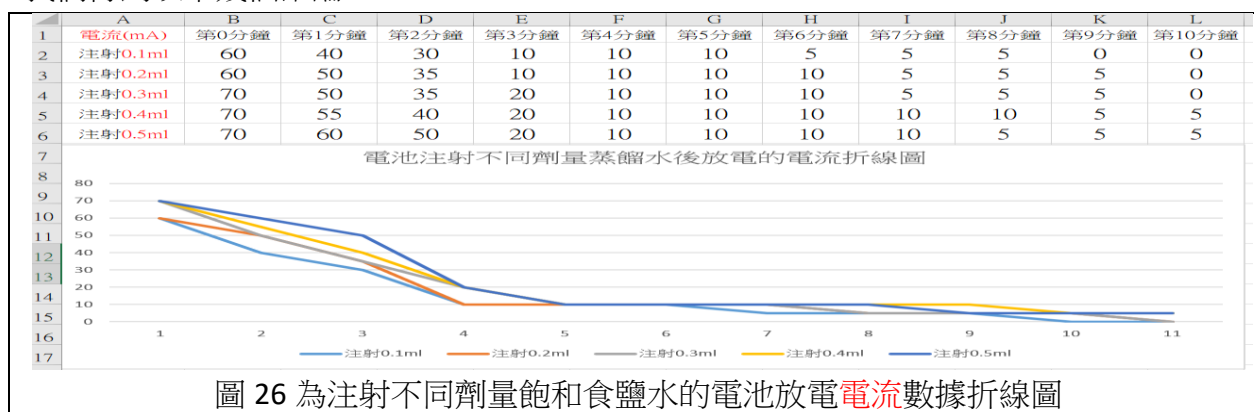
六、如表 14 所示，將完全放電的電池，放置七天之後。在電池內部注射不同劑量的飽和食鹽水。再七天後，將電池拿來放電，我們將電壓的數據轉為折線圖比較後，如下圖 25 所示。我們得到以下幾個結論：



- (一)、由折線圖可以發現，前 2 分鐘的電壓下降較為快速，2~3 分鐘時趨緩，然後 4 分鐘之後，電壓幾乎為 0.1 伏特。
- (二)、和加蒸餾水的電池比較，有以下幾個結論：

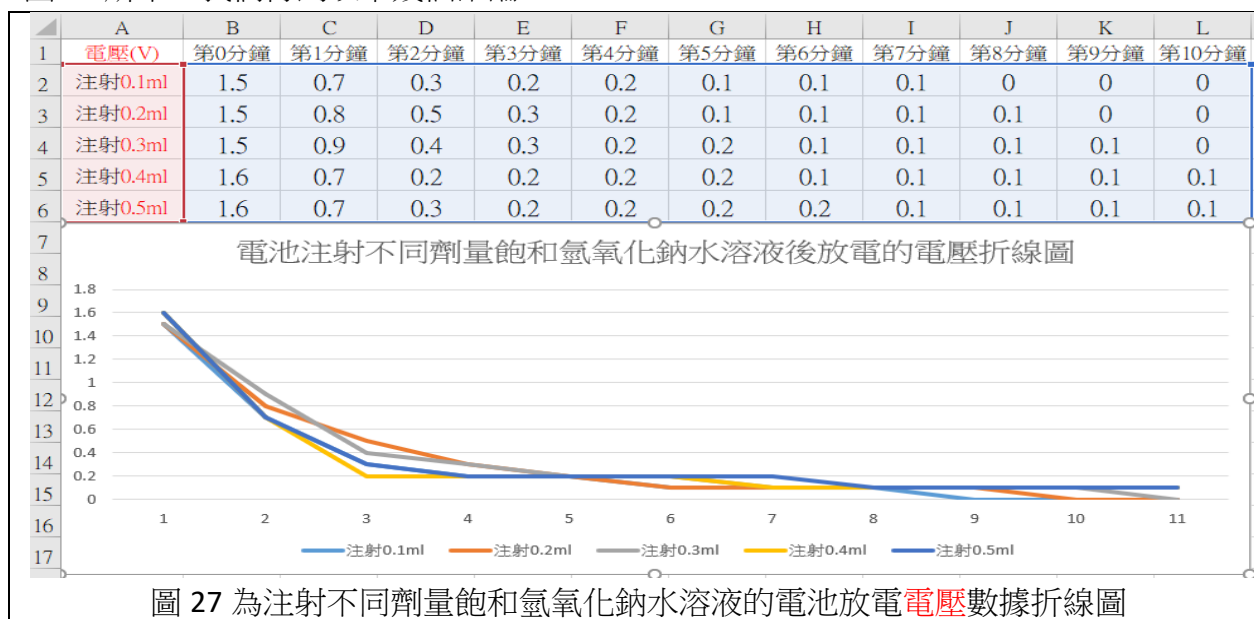
1. 無論是加蒸餾水還是加飽和食鹽水，電壓的維持大約都在 4 分鐘左右。
2. 加 0.5ml 的電池，很明顯的，維持的時間其他的電池長，降到 0.1 伏特時，所需時間為 6 分鐘左右。而且電壓的下降，也較為緩慢。

七、如表 14 所示，將完全放電的電池，放置七天之後。在電池內部注射不同劑量的飽和食鹽水。再七天後，將電池拿來放電，我們將電流的數據轉為折線圖比較後，如下圖 26 所示。我們得到以下幾個結論：



- (一)、由折線圖可以發現，前 3 分鐘的電流下降較為趨緩，3~4 分鐘時驟降，然後 4 分鐘之後，幾乎都維持 10 毫安培或 5 毫安培的電流量。
- (二)、和加蒸餾水的電池比較，加了飽和食鹽水的電池，在電流上的狀況，差別不大，我們有以下幾個結論：
1. 無論有加蒸餾水還是加了飽和食鹽水，電流的維持大約都在 4 分鐘左右。
 2. 飽和食鹽水的電池比加蒸餾水的電池，起始電流約高 0.1 伏特左右。
 3. 在 0~3 分鐘的電流，和加蒸餾水的電池比較，驟降速度稍微慢一些。
 4. 在 4 分鐘之後，加飽和食鹽水的電池和加蒸餾水的電池一樣，電流維持的時間很明顯地較長，而且有一些還超過 10 分鐘。但普遍電流都很小。

八、如表 15 所示，將完全放電的電池，放置七天之後。在電池內部注射不同劑量的飽和氫氧化鈉水溶液。再七天後，將電池拿來放電，我們將電壓的數據轉為折線圖比較後，如下圖 27 所示。我們得到以下幾個結論：

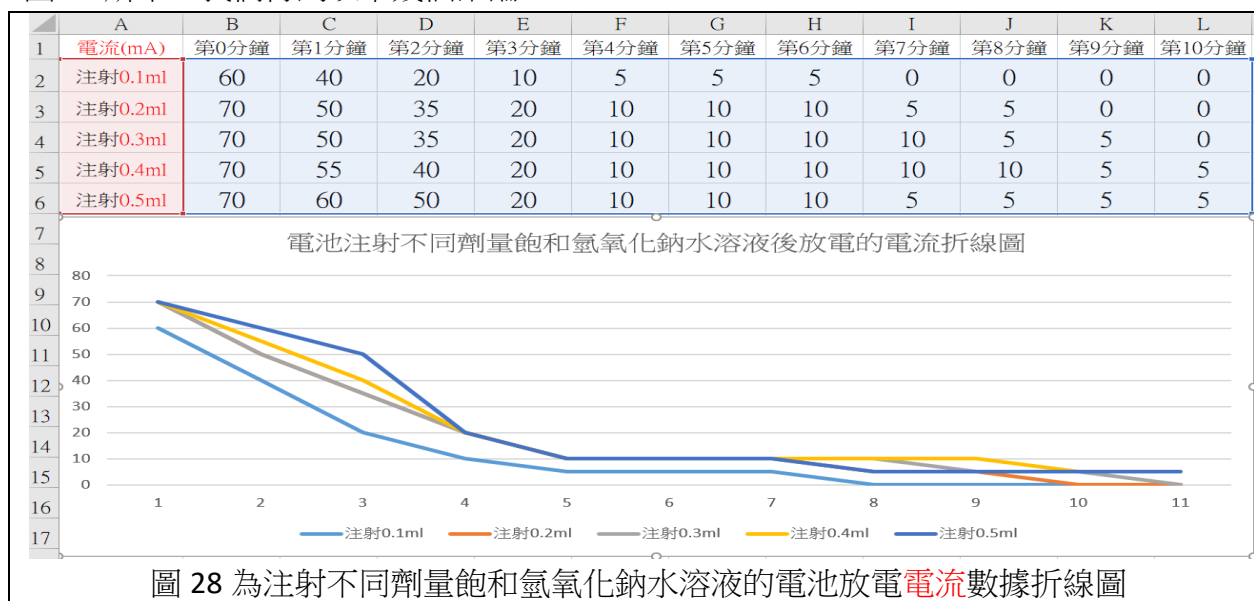


(一)、由折線圖可以發現，前 3 分鐘的電壓下降較為快速，3~5 鐘時趨緩，然後 5 分鐘之後，電壓幾乎為 0.1 伏特。

(二)、和飽和食鹽水的電池比較，有以下幾個結論：

1. 加氫氧化鈉水溶液的電池，電壓的變化較為一致。幾乎是維持在前 3 分鐘的電壓。
3. 無論是加氫氧化鈉水溶液的電池還是加飽和食鹽水，電壓的維持大約都在 4~5 分鐘左右。

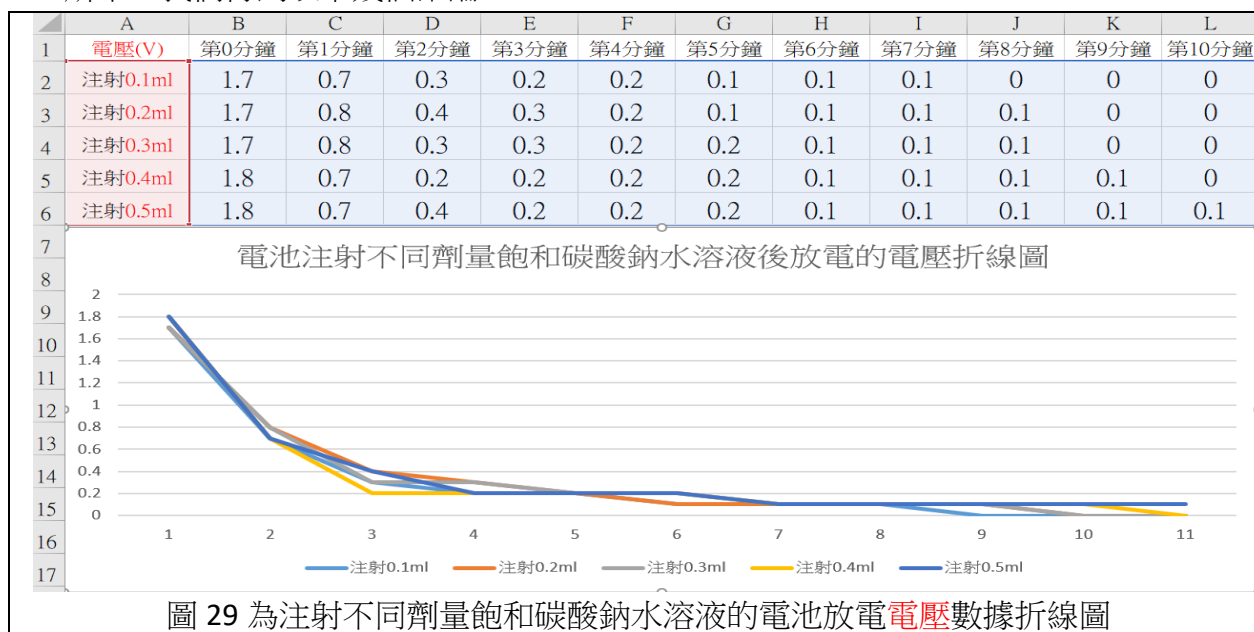
九、如表 15 所示，將完全放電的電池，放置七天之後。在電池內部注射不同劑量的飽和氫氧化鈉水溶液。再七天後，將電池拿來放電，我們將電流的數據轉為折線圖比較後，如下圖 28 所示。我們得到以下幾個結論：



(一)、起始電流大約在 60~70 毫安培之間。

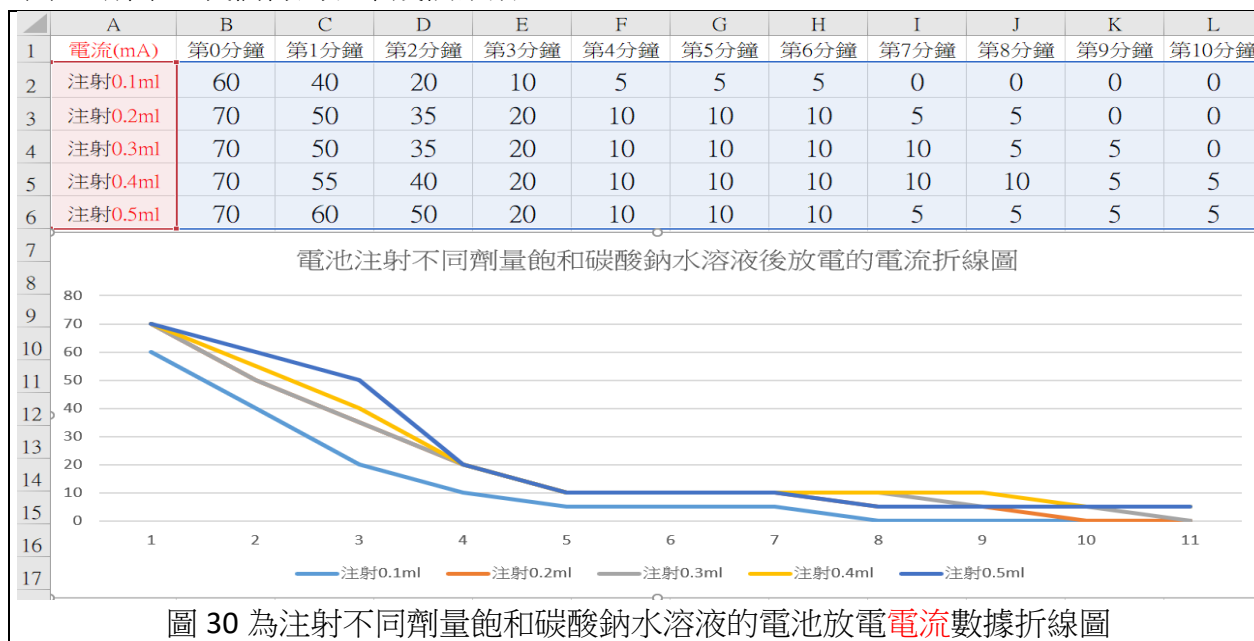
(二)、電流在 0 到 5 分鐘之間，幾乎是一路下降，然後 5 到 10 分鐘之間，均為 5 到 10 毫安培的電流。

十、如表 16 所示，將完全放電的電池，放置七天之後。在電池內部注射不同劑量的飽和碳酸鈉水溶液。再七天後，將電池拿來放電，我們將電壓的數據轉為折線圖比較後，如下圖 29 所示。我們得到以下幾個結論：



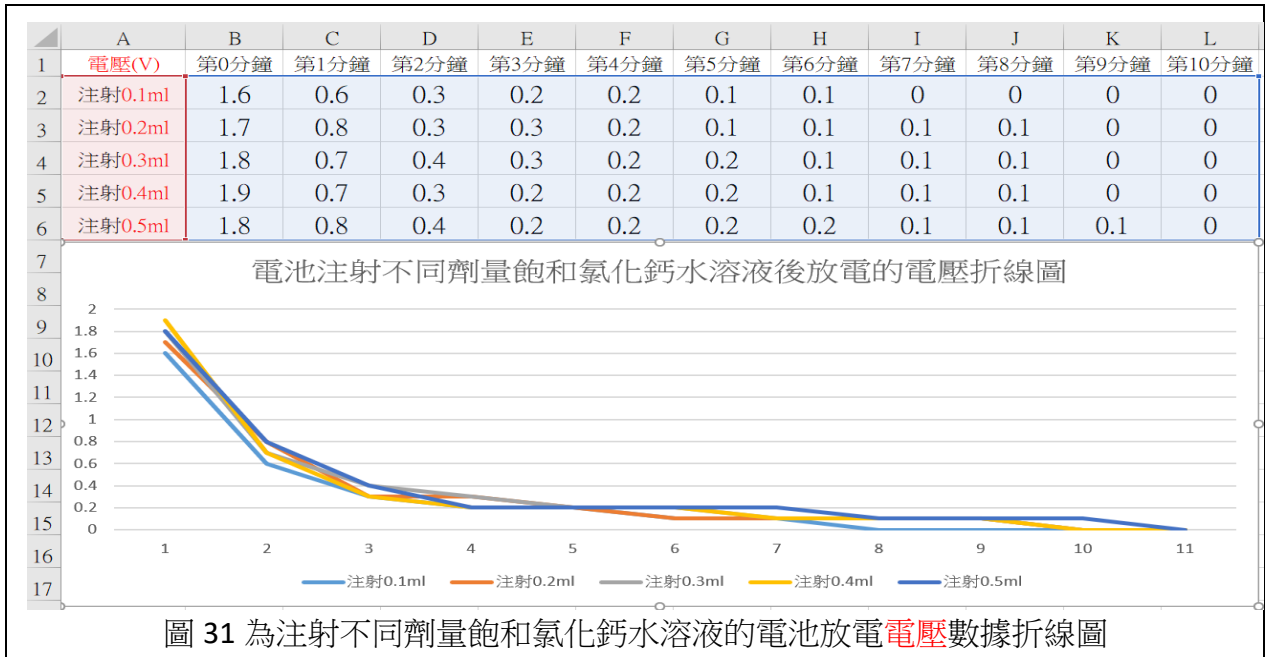
- (一)、注射碳酸鈉水溶液的電池，普遍起始電壓為 1.8 伏特，較之前的稍微高一些。
- (二)、電壓的下降也普遍在 3 分鐘之內。
- (三)、0.1 伏特的壓也普遍維持在 9 分鐘左右。

十一、如表 16 所示，將完全放電的電池，放置七天之後。在電池內部注射不同劑量的飽和碳酸鈉水溶液。再七天後，將電池拿來放電，我們將電流的數據轉為折線圖比較後，如下圖 30 所示。我們得到以下幾個結論：



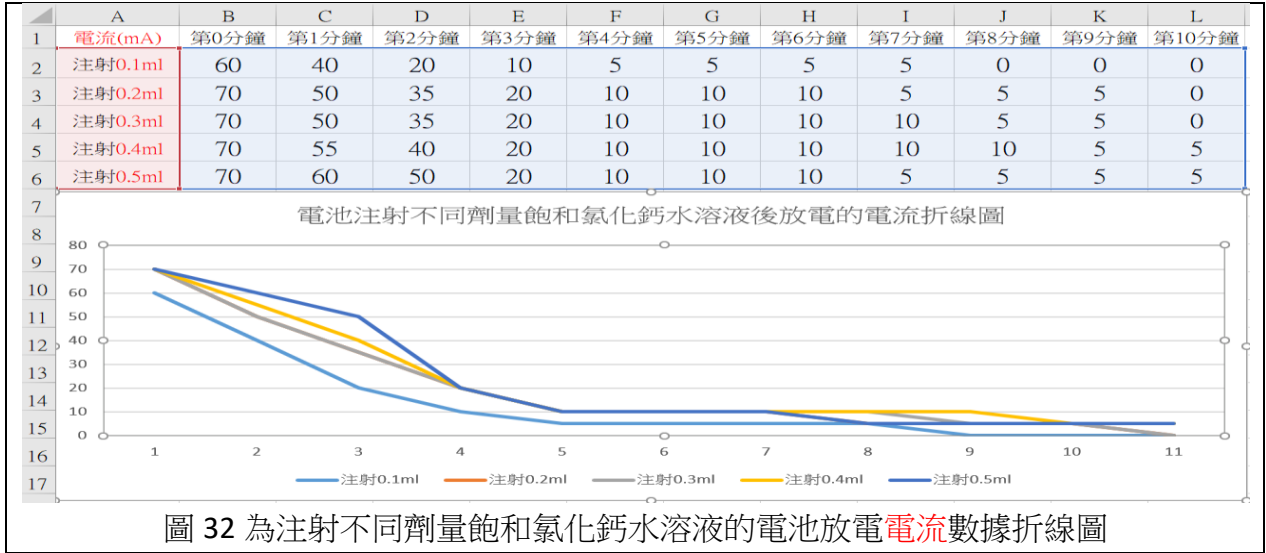
- (一)、注射碳酸鈉水溶液的電池，普遍起始電流為 70 毫安培，較之前的稍微高一些。
- (二)、電流的下降也普遍在 4 分鐘之內，但注射的劑量越高，則普遍的電流，在前 4 分鐘內偏高一些。
- (三)、一般 5 毫安培的電流，維持在 9 分鐘左右。

十二、如表 17 所示，將完全放電的電池，放置七天之後。在電池內部注射不同劑量的飽和氯化鈣水溶液。再七天後，將電池拿來放電，我們將電壓的數據轉為折線圖比較後，如下圖 31 所示。我們得到以下幾個結論：



- (一)、注射飽和氯化鈣水溶液的電池，普遍起始電壓為 1.8 伏特，和注射飽和碳酸鈉的差不多，但平均略高 0.1 伏特左右。
- (二)、電壓的下降也普遍在 3 分鐘之內，下降趨勢和之前的電池差不多。
- (三)、0.1 伏特的壓也普遍維持在 9 分鐘左右。

十一、如表 17 所示，將完全放電的電池，放置七天之後。在電池內部注射不同劑量的飽和氯化鈣水溶液。再七天後，將電池拿來放電，我們將電流的數據轉為折線圖比較後，如下圖 32 所示。我們得到以下幾個結論：



- (一)、注射飽和氯化鈣水溶液的電池，普遍起始電流為 70 毫安培，較之前的電池差不多。
- (二)、電流的下降也普遍在 4 分鐘之內，但注射的劑量越高，則普遍的電流，在前 4 分鐘內偏高一些。
- (三)、一般 5 毫安培的電流，都維持在 9 分鐘左右。

十二、在電池完全放電之後，再將電池放置一到七天之後充電 40 分鐘，然後偵測電池恢復的電壓，普遍在 1.2 伏特左右。(此為二顆電池串聯的總電壓)。若將電池注射蒸餾水，放置一到七天之後，電池會恢復到 1.4 伏特左右的電壓。若將電池注射不同種類的電解質水溶液，放置一到七天之後，電池會恢復到 1.8 伏特左右的電壓。但無論是哪一種測試實驗，電壓會在 2 分鐘之內驟降成為初始電壓的 50%，在 4 分鐘之內驟降成為初始電壓的 10%。

十三、在電池完全放電之後，再將電池放置一到七天之後充電 40 分鐘，然後偵測電池恢復的電流，普遍在 70 毫安培左右(此為二顆電池串聯的總電流)。幾乎和新電池無異，但在 2 分鐘之內驟降成為初始電流的 60%，在 4 分鐘之內驟降成為初始電流的 10%。

十四、在電池完全放電之後，再將電池放置一到七天之後充電 40 分鐘，無論哪一種實驗，小馬達的轉動都只有在前 2 分鐘有轉動。其他時間雖然有偵測的電流和電壓，但都無法使小馬達轉動。

十五、依照注射補充的電解質種類和劑量，我們發現一個小小的規律性：

(一)、電池在完全放電之後，電池內部會變成乾燥且堅硬。在有加水和無加水之間比較，在放至七天之後，充電 40 分鐘偵測。可以明顯的看到，加水的初始電壓和電流均偏高。

(二)、在加水和加電解質水溶液之間比較，在放至七天之後，充電 40 分鐘偵測。可以明顯的看到，加電解質水溶液的初始電壓和電流均又稍微偏高一些。

(三)、依照注射的電解質劑量，可以發現，劑量對初始電壓和電流影響不大，反而對電池的最後幾分鐘的時間延長，有明顯的幫助。

(四)、依照電解質的依數性，可以稍為地發現，依數性越大，對初始電壓、電流和時間的延續，均略有幫助。

(五)、以上的(一)到(四)點，其數據的只是稍有規律性，但變化均在 10% 以內。也就是電壓和電流均是會在 2 分鐘之內驟降成為初始值的 50%，在 4 分鐘之內驟降成為初始值的 10%。

十六、最後總結：乾電池無法因為充電而復原，只能因為各種手段或因素，將為反應完的反應物再加以反應，擠出剩餘的電能而已。

柒、參考資料及其他

- 一、南一出版社，自然科學第六冊，第一章 電流與生活 1-4 電池。
- 二、南一出版社，自然科學第四冊，第一章 酸、鹼、鹽。
- 三、南一出版社，自然科學第四冊，第二章 氧化還原。
- 四、龍騰出版社，基礎化學(一)全，第四章 化學與能量 4-2 電池。
- 五、楊禮義(民 97)，科學教育月刊 第 310 期(37 頁~38 頁)，由碳鋅乾電池中的二氧化錳得到的啟示。私立中華技術學院/通識教育中心
- 六、賴亭吟，常用電池的結構及其廢棄污染問題。台北縣私立淡江高級中學化學科。
取自：<https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=44252>
- 七、甘杰生 等(2013)，科展(53 屆)，「電」光「水」蝕 ～探討電池漏液原因和預防方法。臺北市大安區私立復興國民小學。
- 八、碳鋅電池，維基百科。
取自：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A2%B3%E9%94%8C%E7%94%B5%E6%B1%A0>
- 九、基慧能源站網站，電力與我-電池結。
取自：http://www.kws.edu.hk/energy/electric_structure.htm
- 十、YouTube 影片，美食彩味 VS 明玥美食 Magic Food(2025)，電池沒電了不要扔，只需一勺食鹽，瞬間恢復電量，舊電池就能重複使用。
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=UutvJrLnnNI>
- 十一、YouTube 影片，奇趣領域(2020)，電池沒電怎麼辦？4 個方法把舊電池復活，恢復電量！還可以肉眼分辨電池電量！電池 7 個小竅門。
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=Fwuc5uq3ykg>
- 十二、YouTube 影片，電子技術(2022)，乾電池沒電了，用一根線就能立馬滿血復活。
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=fdN54yBrpyU>
- 十三、楊禮義，(2008) 科學教育月刊，由碳鋅乾電池中的二氧化錳得到的啟示。私立中華技術學院 通識教育中心。
取自：
<https://www.sec.ntnu.edu.tw/uploads/asset/data/625640df381784d09345bcd1/05-97020-%E7%A2%B3%E9%8B%85%E4%B9%BE%E9%9B%BB%E6%B1%A0.pdf>
- 十四、廖柏瑋，(2023) 基於內電阻之一次電池的殘存電量估測，系統及船舶機電工程學系，國立成功大學機構典藏。
取自：<https://nckur.lib.ncku.edu.tw/handle/987654321/241890>