

2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

技高組 成果報告表單

題目(作品)名稱：海「鈉」百川-鈉電池負極材料之研究

一、摘要：

「電池」是日常生活中不可或缺的用品之一，它的應用領域廣泛，隨著用量逐漸增加，有限的原料也隨之減少，使我們須找出另一種替代材料讓電池不失性能且又能成功替換。

本研究以不同的負極材料與比例進行實驗，觀察到每個電池都擁有不同的庫倫效率以及能量效率，庫倫效率的百分比可決定性能的好壞，當百分比越高性能則越高，上限為 100%。石墨稀是具有優良導電性與導熱性的材料，硬碳的比容量低、充電速度較慢，硬碳的其間距大，能提高電池的續航能力，MCMB 是一種完整性高的碳材料，透過不同的材料及數據得出狀態最好的一顆電池。

未來能進一步探討鈉電池的領域發展及其最佳效益，使鈉電池在其領域上能獲得突破，並成功替代掉之後可能消失能源。

二、探究題目(創意作品)與動機

根據路透社報導，目前電池材料中最稀缺的金屬就是鋰，目前的鋰在世界上沒有太多的存量，且電池的製程大多都會消耗到鋰，並且隨著越來越多的人選擇電動汽車和儲能系統，預計未來全球鋰電池的需求將增加到五倍以上，因此，電池的供應量會更加龐大，畢竟自然界的「鋰」有限，而鈉跟鋰都是 1A 族，鈉的價格便宜且相較容易取得，海水裡有許多鈉離子取之不盡，如果能在鈉電池上取得突破並取代鋰電池，電池的成本將會大大降低。

根據商業周刊報導，電池材料中最重要鋰金屬，若要滿足目前全球的需求，需要很龐大數量的鋰，但實際上地球存量並沒有這麼多。而且開採鋰礦時，平均也要消耗大量的水去協助開採，鋰電池又需要用到稀土，這些問題都讓環保人士有異議。為了尋找替代材料，回頭發現，鈉在地殼中化學元素平均含量是鋰的好幾倍，又在地球上分布廣泛，多到家庭裡買的食品鹽裡面都有，價格遠遠低於鋰，於是在近代，鈉電池又浮出一線生機，有了重新問世的機會。

根據 Digitimes 報導顯示，鈉電池不只主材料價格低，每個材料的價格都與鋰電池存在一定的差距，進行大規模量產，成本將會大大降低，鈉電池的安全性相較於鋰電池的高上許多，運作發熱低，上升溫度也低耐熱耐寒性也較鋰電池強。

三、探究(創作)目的與假設

本實驗為「探究鈉電池替代鋰電池之可能性、鈉電池性能之量測」，結合「普通化學」的概念，來檢視電池的庫倫效率、充放電情形以及活化狀況，本實驗目的如下：

- (一)配置正負極漿料、製作正負極之極片及電解液。
- (二)探究電池進行充放電時，內部的離子交換反應。
- (三)測試不同的負極材料和電解液的充放電之電池效率

四、探究方法(製作原理)與驗證步驟

(一) 實驗材料介紹

1. 硬碳

硬碳是一種低密度材料，具有極高的微孔率。它是碳的一種固體形式，即便在極高溫的狀態下也無法轉化成石墨，稱為不可石墨化碳。硬碳的內部結構間距大，這使得它的負極在同等體積下可以儲存更多的電荷，提高了電池的電容量及續航能力。

2. 石墨烯

石墨烯作為電池的負極材料，是具有優良導電性與導熱性的材料，是由單層碳原子形成的簡易網狀結構，是目前世界上電阻最小的材料，所以電子的移動速度極快。

3. MCMB

MCMB 是一種完整性高的碳材料，與天然石墨不同的是它具有高度的石墨化，有助於鈉離子的充放電速率，進而提高了庫侖效率(CE)，且減少對電容量的影響，以提高電池的整體運作性能。

4. NVP(磷酸鈳鈉)

NVP(磷酸鈳鈉)為電池內部之正極材料，是一種典型的結構材料，它具有良好的放電容量、導電性佳、性能優異及循環壽命長等優勢，使材料的庫倫效率變得極高，使電池能更順利的運作。

目前主要應用於大規模鈉離子存儲，且在多次充放電循環下的容量不易被消耗，對於電池製作來說是極佳的材料，且電池運作過程中，NVP 結構像是由鈳與磷酸蓋成的房子，裡面住著兩個鈉，分別為鈉¹與鈉²。

(二) 實驗流程



(三) 實驗步驟

1. 漿料製作

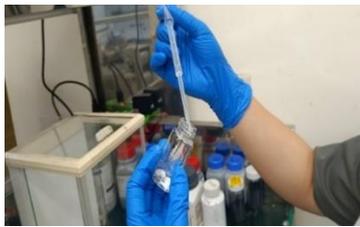
以 PVDF(聚偏二氟乙烯)作為本實驗漿料黏著劑，將其與 NMP 極性溶劑均勻混合溶解後，加入定量負極材料，並均質 12hr 使材料均勻分布於漿料溶液中。

2. 極片處理

將漿料用刮刀均勻塗至極片上，然後以烘箱烘乾，待冷卻後裁切成適當尺寸。

3. 軟包電池組裝

軟包電池是以鋁塑膜作為外包裝，在軟包的兩邊以鎳片作為連結電極極耳，分別對稱貼上正負極極片，並用隔離膜隔開兩極，最後以封膜機封住三邊，形成包裝後加入電解液，最後接線完成電池組裝。



漿料處理製作



極片製程

(四) 實驗數據

下列各表為不同負極材料(硬碳、MCMB、石墨烯)和 PVDF 製成負極漿料，再依實驗步驟製成負極後進行充放電圈數實驗測試。

1. 硬碳

下表為硬碳和 PVDF 製成負極漿料，以 1M NaClO₄ in PC/EC+5w%FEC 為電解液，再依實驗步驟製成負極後進行充放電圈數實驗測試。

編號	硬碳	PVDF	Super P	活性物質	電壓	電流	結果
H-1	0.8 g	0.2 g	無添加	4.72mg	3.7V	0.472mA	失敗
H-2	0.7 g	0.3 g	無添加	5.62mg	3.7V	0.568mA	成功
H-3	0.6 g	0.4 g	無添加	2.36mg	3.7V	0.236mA	失敗

2. 石墨烯

下表為石墨烯負極材料和 PVDF 製成負極漿料，以 1M NaClO₄ in PC/EC+5w%FEC 為電解液，再依實驗步驟製成負極後進行充放電圈數實驗測試。

編號	硬碳	PVDF	Super P	活性物質	電壓	電流	結果
G-1	0.3 g	0.2 g	無添加	3.68mg	2V	0.368mA	成功
G-2	0.4 g	0.1 g	無添加	7.6mg	2V	0.76mA	成功
G-3	0.3 g	0.1 g	0.1 g	9.2mg	2V	0.92	成功

3. MCMB

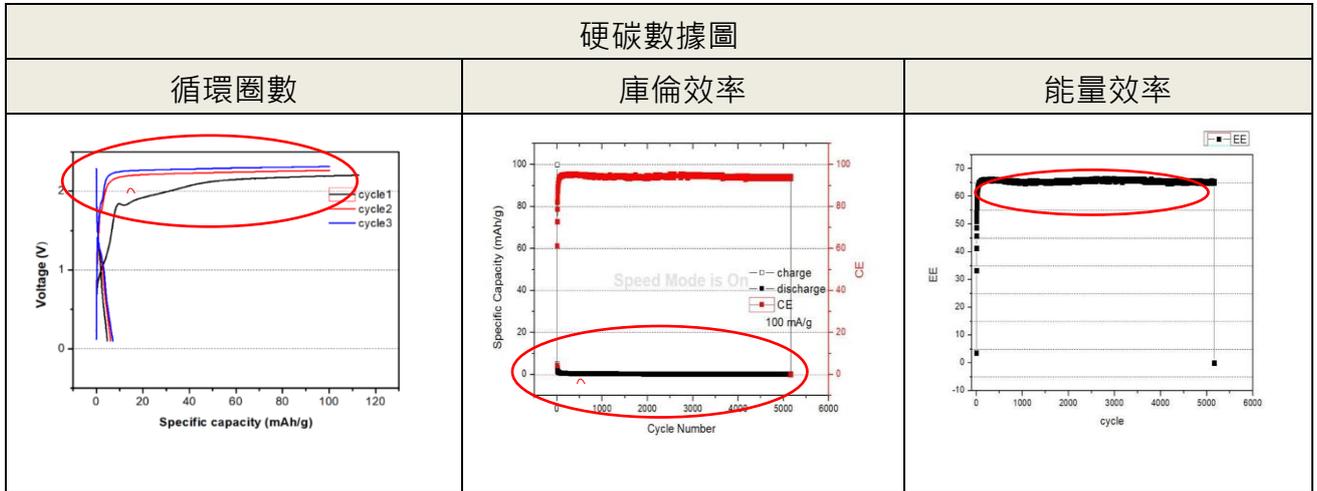
下表為 MCMB 負極材料和 PVDF 製成負極漿料，以 1M NaClO₄ in PC/EC+5w%FEC 為電解液，再依實驗步驟製成負極後進行充放電圈數實驗測試。

編號	硬碳	PVDF	Super P	活性物質	電壓	電流	結果
M-1	0.3 g	0.1 g	0.1 g	3.82mg	3V	0.382mA	失敗
M-2	0.3 g	0.2 g	無添加	2.96mg	3V	0.296mA	失敗

五、結論與生活應用

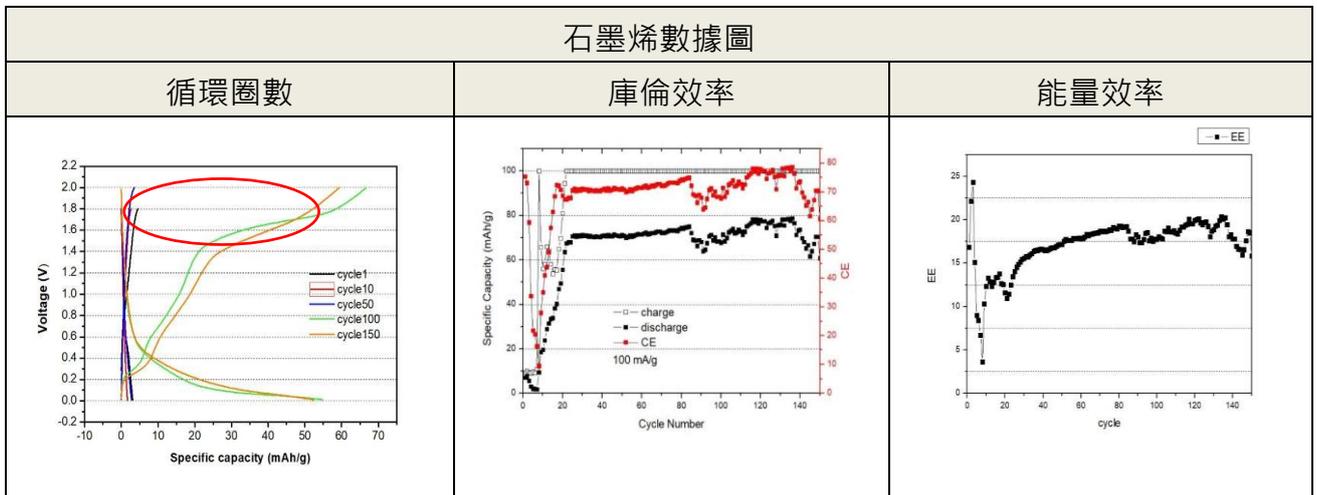
(一) 討論硬碳負極材料之性能

電池運作過程中，電解液的鈉離子會跑到負極填滿石墨的孔洞，而 NVP 裡的鈉離子則會產生氧化還原反應接受鈉離子或釋放鈉離子，鈉離子工作過程中電解液的鈉離子填滿石墨的孔洞直至無法在塞入，及代表電池運作完成。



(二) 測試石墨烯負極材料和電解液的充放電之電池效率

石墨烯其實是我們最理想的材料，結構簡單且孔洞多，在充放電時石墨烯會比硬碳穩定是因為石墨烯屬於 2D 單層碳，結構簡單僅需較低的電壓就能讓鈉離子進行穿越，能用比較小的電壓工作，優點是穩定性高、庫倫效率高，但能量效率偏低。如果是追求高穩定性的機器，比如行動電源，這種安全性高的電池，我們會推薦石墨烯電池來做後續的研究。



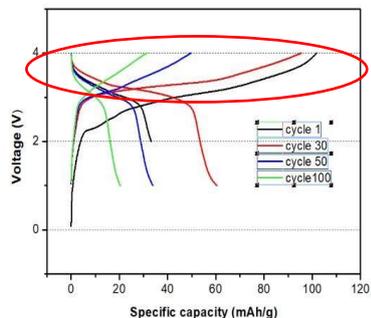
(三) 測試 MCMB 負極材料和電解液的充放電之電池效率

MCMB 的優點是能量效率高，圈數跑的多，電容量也很足夠，但缺點是電池不容易穩定，且 MCMB 因為結構複雜，需要較高的電壓才能正常工作，讓鈉離子能夠順利地穿越到 MCMB 的孔洞中。如果需要高電壓工作的機器，比如電動車，我們會推薦使用 MCMB 電池來做後

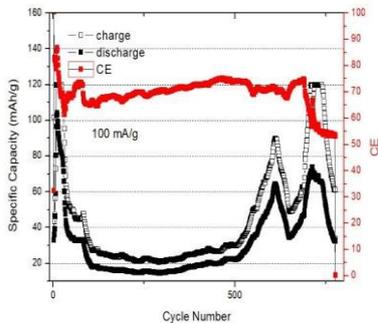
續的研究。

MCMB 數據圖

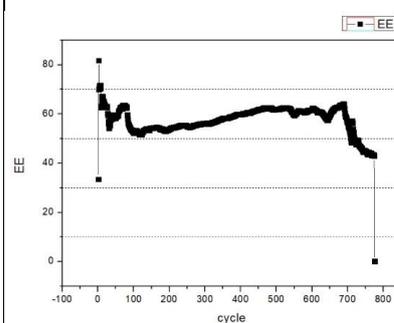
循環圈數



庫倫效率



能量效率



參考資料

1. 顏文群(2022)。 鈉電池壽命、充電速度都輸鋰電池，為什麼卻成為電池的未來式
2. 王順利，陳宗海(2021)。 鋰離子電池特性之應用-庫倫效率。能源化學雜誌。
3. 洪偉修(2009)。 世界上最薄的材料--石墨烯。康熹文化事業股份有限公司。
4. 楊全紅(2022)。 碳質電極材料-硬碳。儲能百科全書
5. 磷酸鈳鈉。科晶智達科技有限公司。
6. Caroline Kong(2023)。 鋰橋聯盟：全球對鋰電池的需求到 2030 年將激增五倍。NAI 500 北美投資機會與新聞。
7. 牟金祿(2022)。 鈉電池取代鋰電池統治電動車，顛覆還是炒作？DIGITIMES。