



應用奈米科技股份有限公司  
APPLIED NANO TECHNOLOGY SCIENCE, INC.

視覺接觸角分析儀 (VCA)

## 電池材料的應用

介紹接觸角分析儀在電池材料中的應用

發行版本：V2.00

版權所有 © 2021 All Rights Reserved.



TRUTH

GOODNESS

BEAUTY

## Introduction

電池正在成為當今主要的儲能技術。不僅在智慧手機和筆記型電腦等行動裝置有廣泛的應用，且在混合動力和電動汽車的需求增加的同時，其電池性能方面的討論也逐漸提高，以滿足實際使用的需求。其中，材料的潤濕性在電池製造過程中有著至關重要的作用，並與安全及性能表現都習習相關。

化石燃料生產和消費產生的溫室氣體排放導致全球氣候變化、酸雨以及其他環境上的改變，引起了全球性的關注。因此有了可再生能源的出現並持續蓬勃發展，以取代化石燃料<sup>1</sup>。

然而，太陽能和風能等可再生能源的能量密度較低，其隨著天候變化的間歇性限制了它們的商業化的程度。如圖 1 所示，目前可充電電池被認為是有效儲存可再生能源的妥協技術之一<sup>2,3</sup>。在可充電電池中，鋰離子電池取得了顯著的成功，並已廣泛應用於許多設備和儀器中，包括手機和電動汽車<sup>1,2</sup>。鋰離子電池的巨大需求為當今鋰離子電池的發展帶來了三個主要面向：

- ( 1 ) 高覆蓋率和可擴展的大量生產。
- ( 2 ) 高能量密度的電池模組。
- ( 3 ) 安全可靠的材料組合。

材料的可潤濕性 (wettability) 在鋰離子電池中扮演著最重要的角色。不只在於其影響電化學反應的程度已不言而喻。在電池的製造過程中，以及產出電池性能與安全性，材料的可潤濕性均扮演著至關重要的角色。

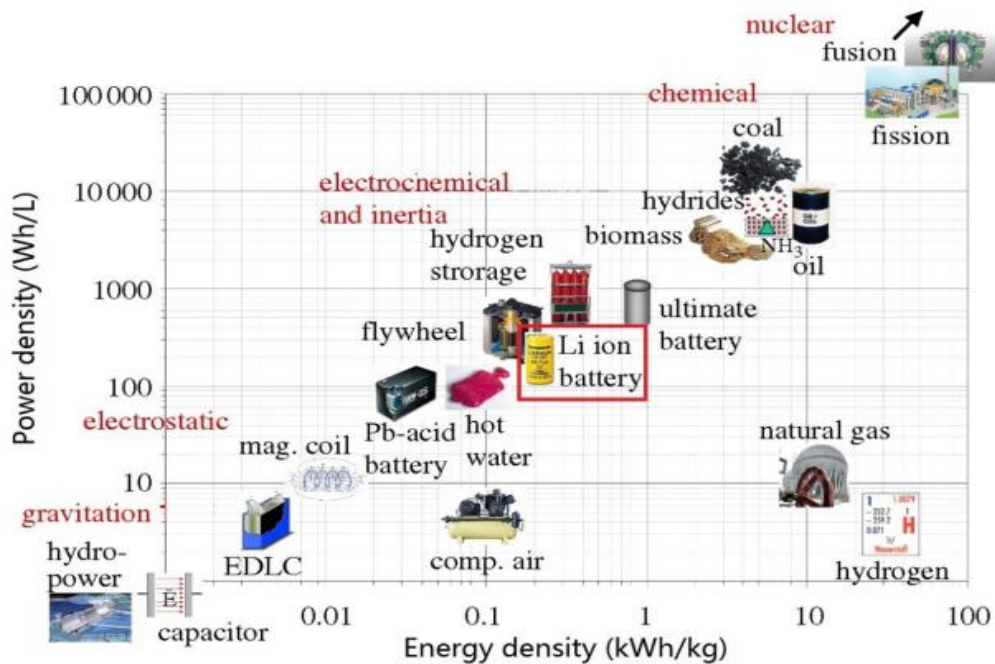


圖 1：重要的能量載體其綜合功率密度和能量密度比較

## 鋰離子電池基礎知識

鋰離子電池的關鍵結構由多孔隙的正極與負極組成。電極的多孔隙中需充滿電解質，並通過分隔膜分離。典型的設計中，正極（陰極）由鋰鈷氧化物或鋰錳氧化物形成，而負極通常由石墨或其他碳基材料製成<sup>2</sup>。電解質通常是將鋰鹽 (Lithium salt) 溶解進有機溶劑中的。最近的趨勢則經常使用所謂的聚合物基電解質。電解質的目的在於只允許鋰離子在陽極和陰極之間移動。



如圖 2 所示，分隔膜 (separator) 是陽極和陰極之間的物理屏障。陰極和陽極決定著電池的性能，而電解液和分隔膜的特性是保證電池安全的關鍵部件。

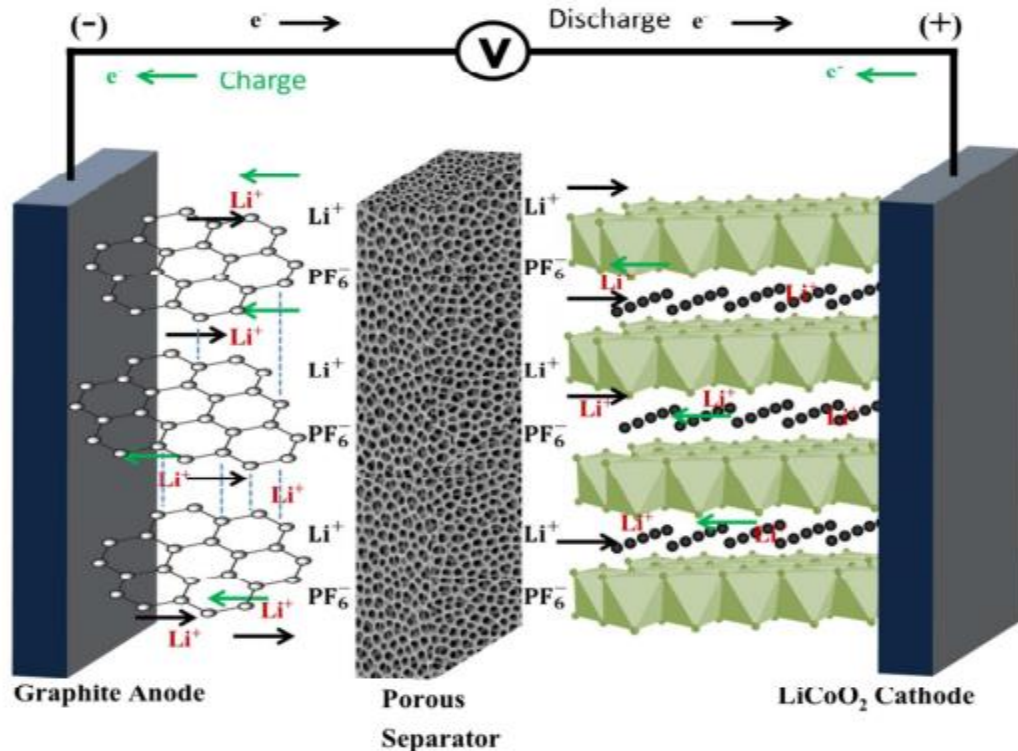


Figure 2 : Schematic representation of a Li-ion cell. Fabricated in the discharged state, the cell is activated by charging during which the cathode is oxidized to produce Li<sup>+</sup> and electrons (e<sup>-</sup>). The Li<sup>+</sup> travels through the electrolyte and is inserted into the anode for graphite anode along with the electrons arriving at it through the external circuit. The opposite processes occur during discharge.

## 深度潤濕到電極中的要求

用電解質完整的潤濕電極是電池製造中最具挑戰性的任務。例如：從小型電池的生產邁向用於電動汽車的大規模生產規模。目前在加快生產線速度方面遇到了重大的瓶頸是：通過精密泵將電解質溶液填充到多孔電極中。在此步驟中，電解質理應滲透並填充電極的孔隙。這種所謂的深度潤濕過程在高溫下可能需要幾天時間。由於電極的潤濕性差，擴散距離長，並且由於氣體被困在孔隙內而受阻擴散，漫長的過程將增加製造時間，同時增加製造成本。

此外，電解質潤濕不足會導致多孔電極的潤濕導致電極中不規則的反應和不穩定地形成固體電解質界面膜。這可能會降低電池性能並導致較差的循環壽命。不完全的潤濕還會導致鋰金屬上形成枝晶(dendrite)，從而導致嚴重的安全問題。另外，未潤濕的活性物質還會導致電極容量利用不足，變相增加電極電阻<sup>4,5</sup>。

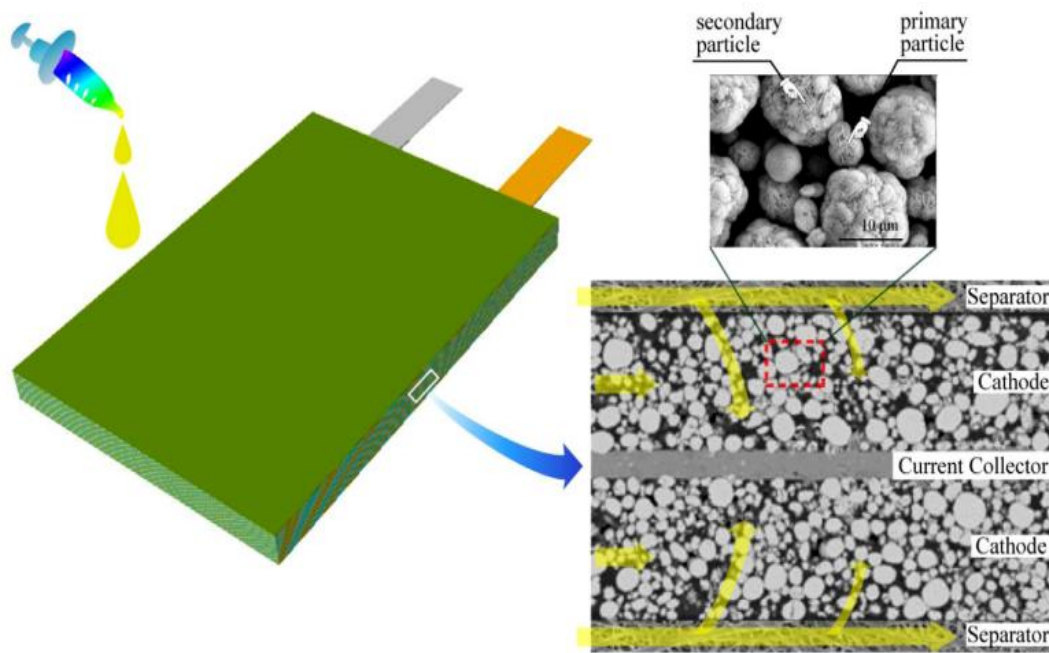


圖3：袋式電池陰極橫截面示意圖，說明了電解質潤濕過程。將電解質注入電池後，電解質通過毛細管作用滲入分離器和多孔電極。黃色箭頭表示電解質流動路徑。在分離器和陰極中存在電解質傳輸。SEM 圖像顯示陰極由大尺寸的二次粒子和小尺寸的初級粒子組成<sup>5</sup>

## 分隔膜的滲透性和潤濕性考慮因素

分隔膜(seperator)是電池關鍵部分，處在正極和負極之間，通過阻斷兩個電極之間的觸點來防止短路。同時分隔膜應允許鋰離子的流動形成緊密的結合。通常分隔膜被認為是電池的非活動元件，但其特性對於電池的性能和安全性至關重要。一般分隔膜是極性相反的電極之間的多孔膜，由於其在電池運行中的關鍵作用，



多年來一直嘗試使用各種不同的材料<sup>6,7</sup>。今天，商業規模的分隔膜通常由聚烯烴製成，例如聚乙烯或聚丙烯<sup>8</sup>。

電解質於分隔膜的潤濕性是鋰離子電池的關鍵特性，因為電解質的吸附對於離子傳輸至關重要。聚合物分隔膜材料具有固有的疏水性與傳統的有機電解質相比潤濕性不足。如圖 4 所示的一個例子，研究者們正嘗試著各種增加聚合物分隔膜材料潤濕性的方法，包括不同類型的塗層技術，如電鍍，物理氣相沉積 (PVD)<sup>9</sup>，原子層沉積 (ALD)<sup>10-12</sup> 或複合分隔膜材料的製造<sup>13</sup>。

原子力顯微鏡 (AFM) 和接觸角分析儀都可用於研究鋰離子電池的潤濕性，細節可詳閱以下的參考文獻。

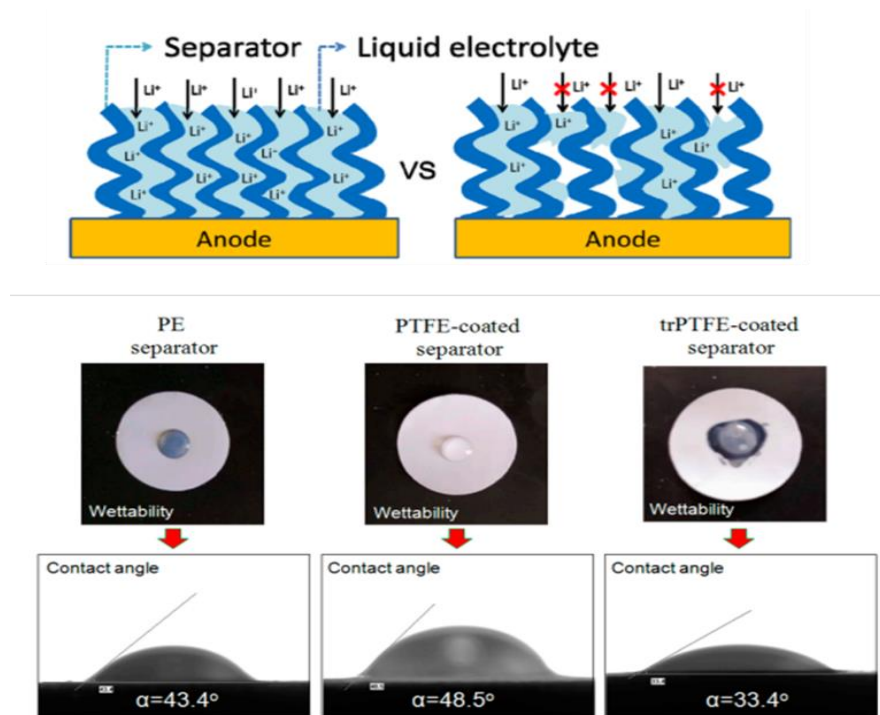


圖 4 : (上圖) 分離器潤濕性對電解質的影響示意圖。左圖表示分離器良好的潤濕性，但右圖表示分離器對電解質的潤濕性較差。(下圖) 液體電解液的潤濕性和相應的接觸角。

## 結論

如前幾段所述，電極材料和分隔膜的潤濕特性是電池性能的關鍵考慮因素。此外，在批量生產過程中，時間和成本效率密切相關。儘管在基於機器的大規模生產領域中，差距幾秒的規模已經十分重要，但高容量鋰離子電池的製造商必須面對完全不同尺寸的時間問題，其中可能需要數小時才能用電解質填充電池。因此，電池開發人員正在拚命尋找加快這一過程的方法。因此，潤濕性的可靠定量是最重要的任務之一，如此才可以量化和進一步優化電池材料最關鍵的特性。

## References

1. Apergis, N. & Payne, J. E. Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics* **34**, 733–738 (2012).
2. Abraham, K. M. Prospects and limits of energy storage in batteries. *Journal of Physical Chemistry Letters* **6**, 830–844 (2015).
3. Sheng, Y. Investigation of Electrolyte Wetting in Lithium Ion Batteries: Effects of Electrode Pore Structures and Solution. *Theses and Dissertations* (2015).
4. Jeon, D. H. Wettability in electrodes and its impact on the performance of lithium-ion batteries. *Energy Storage Materials* **18**, 139–147 (2019).
5. Jeon, D. H. Enhancing electrode wettability in lithium-ion battery via particle-size ratio control. *Applied Materials Today* **22**, 100976 (2021).
6. Xie, Y. et al. Enhancement on the wettability of lithium battery separator toward nonaqueous electrolytes. *Journal of Membrane Science* **503**, 25–30 (2016).
7. Davoodabadi, A., Jin, C., Wood, D. L., Singler, T. J. & Li, J. On electrolyte wetting through lithium-ion battery separators. *Extreme Mechanics Letters* **40**, 100960 (2020).
8. Heidari, A. A. & Mahdavi, H. Recent Development of Polyolefin-Based Microporous Separators for Li-Ion Batteries: A Review. *Chemical Record* **20**, 570–595 (2020).
9. Gogia, A. et al. Binder-Free, Thin-Film Ceramic-Coated Separators for Improved Safety of Lithium-Ion Batteries. *ACS Omega* **6**, 4204–4211 (2021).
10. Wang, X. & Yushin, G. Chemical vapor deposition and atomic layer deposition for advanced lithium ion batteries and supercapacitors. *Energy & Environmental Science* **8**, 1889–1904 (2015).
11. Shen, X. et al. Core-shell structured ceramic nonwoven separators by atomic layer deposition for safe lithium-ion batteries. *Applied Surface Science* **441**, 165–173 (2018).
12. Chao, C. H. et al. Roll-to-roll atomic layer deposition of titania coating on polymeric separators for lithium ion batteries. *Journal of Power Sources* **482**, 228896 (2021).
13. Huang, B. et al. Surface Coating on a Separator with a Reductive Solid Li-Ion Conductor for Dendrite-Free Li-Metal Batteries. *ACS Applied Energy Materials* **4**, 8621–8628 (2021).



## Terms of Use

應用奈米科技股份有限公司 ( 以下簡稱應用奈米科技 ) 對此文件內所有內容，包含但不限於文字、圖形、表格等資訊，持有最終解釋權力。此文件內容有所更新異動時，應用奈米科技將不會主動告知；請用戶自行確認持有的產品與文件版本之適配性。

應用奈米科技將秉持善良企業人之責任，盡力維護此文件之完整性。若對此文件之內容有任何疑問，可透過以下方式進行聯繫。

地址：30743 新竹縣芎林鄉文華街 306 號

電話：03-5921999

傳真：03-5927599

服務信箱：[info@ants-inc.com.tw](mailto:info@ants-inc.com.tw)

## 應用奈米科技股份有限公司

APPLIED NANO TECHNOLOGY SCIENCE, INC.

No. 306, Wenhua St., Qionglin Township,  
Hsinchu County 30743, Taiwan

| 30743 新竹縣芎林鄉文華街306號 (台灣)  
TEL : 03-5921999 FAX : 03-5927599

| 0511 江苏省镇江市润洲民营开发区润兴路70号(南京)  
TEL : +86 159-5284-8715