

鋰電池“脾氣”難捉摸

■文：徐俊毅

在各式類型電池中，因電池因其輕便和高能量密度的特點，得到了廣泛使用。但同時，鋰電池可說又是一種十分嬌貴地電池，熱了不行、冷了不行、震動大了不行，充電太滿減壽、放電太深減壽，還有充放電流也受不同類型材料限制，差異很大。

從圖中可以很明顯地看出，在環境溫度低於 0 攝氏度的時候，鋰電池的容量出現了急劇下降，在零下 20 攝氏度基本無法正常使用，因為像手機這類通信設備，在低於 3.3V 的時候就會觸發關機。而且長時間 0 攝氏度以下的環境充電，會對電池造成永久性的損壞。高溫同樣會帶來迴圈壽命衰減的問題，而且還有很大的安全隱患。

圖中描述了一個容量約為 950mAh 的移動設備鋰電池在不同充電電壓情況下的迴圈壽命和容量之間的關係，可以看到僅僅將充電電壓提升到 4.35V，超過額定值 4.2V 的 0.15V，電池的容量和壽命就出現急劇衰減，在第 200 多次的充電後，容量衰減到不到額定容量的 50%。

在另一項充電測試中，受實驗鋰電池分別以 1.0C 到 2.0C 的速度充電，也表現出了截然不同的結果。隨著充電速度的加快，電

池的容量呈現指數特性衰減。在以 2.0C 的速度充電時，500 個迴圈後，鋰電池容量只剩下 50% 左右，這就是快速充電面臨的挑戰。

名詞解釋：

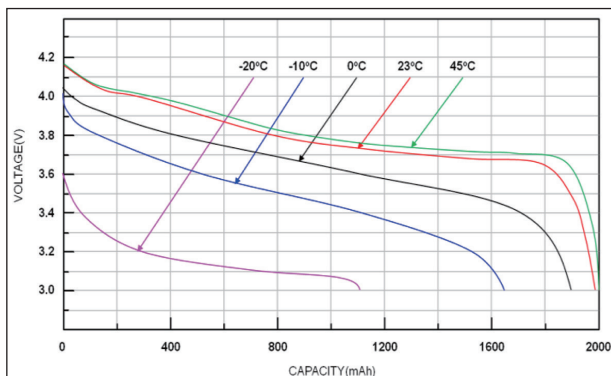
C-rate(c)=Charge or Discharge current in Amperes (A) / the battery's rated capacity

是指鋰電池將全部容量的電荷充(放)完成所需要的時間，做為充(放)電時的標準速度，與時間 1C 表示在額定狀態(放)電完成。C 越(放)電時間越短，基於對鋰離子解，業界已經形成了進行充電時的三階電、恒流充電和恒壓

預充電的電壓通常為 3V 以下，

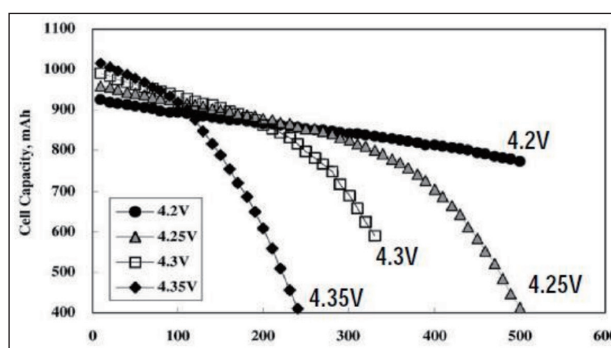
充電電流為 0.1C，類似一個對電池的喚醒動作；第二階段則

圖說：溫度對鋰電池的影響¹



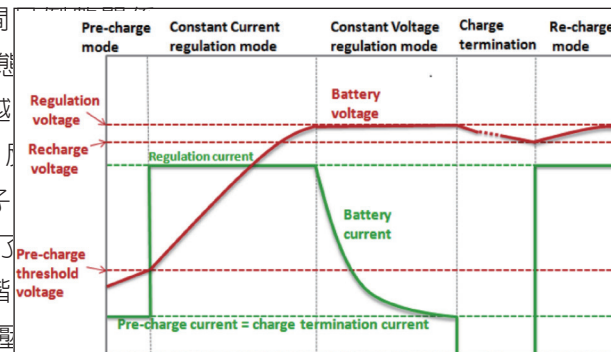
圖片來源：richtek.com

圖說：鋰電池電池容量、迴圈壽命和充電電壓之間的關係²



圖片來源：ti.com

圖說：鋰電池充電的三個階段¹



圖說：richtek.com

是電壓不斷上升的恒流充電階段，這個階段將電能快速地儲存到電

池中，是各種快速充電技術集中發力的階段，一些廠商宣稱的充電 5 分鐘，通話 2 小時，或者十幾分鐘充滿 70%，都是指這個充電階段；第三個階段恒壓充電階段，是使電池的容量最大化，供電設備是依照電池的需求提供能源，電流不斷下降，通常當電流下降到 0.1C 的時候，很多設備就認為已經充滿，會主動切斷充電電源。圖中的最後一個階段，出現了 Charge Termination 和 Re-Charge mode，這一階段是讓電池吃飽的階段，彌補電池自放電以及設備負載帶來的容量下降，以便讓使用者拿到 100% 滿電的設備，但其實設備供應商們並不推薦用戶這麼做，因為總是吃太飽同樣會影響電池的迴圈壽命。

由於使用材料的差異，鋰電池的種類也有很多，比如移動設備的鋰電池和電動汽車上用的鋰動力電池，就存在很大差別，上述諸多“脾氣”仍然有相似之處，依然需要小心“伺候”。

移動設備鋰電池

筆電、平板和手機等移動設備中，常用電池材料為 LiCoO₂。這種材料的特點是能量密度高，遠超鋰動力電池，方便為空間有限的設備提供更多電能。但是缺點也很明顯，迴圈壽命 500 到 1000 次左右，材料裡面含昂貴的金屬鈷，只有小尺寸時候用的移動設備能夠承受得起高昂的價格。在性能方面，通常這種電池的充放電能力只有

1C 左右，天生不能充放電太快，如果充電速度過快，會產生熱失控問題，出現極端情況。製造商會推薦 0.5C 充電，也就是 2 小時以上充電，當然更慢一點充電對電池壽命會有好處，這點前文已有描述。更多的使用建議是，隨用隨充，儘量讓電池保持在 20% 到 80% 這一區間，會讓電池更加健康。

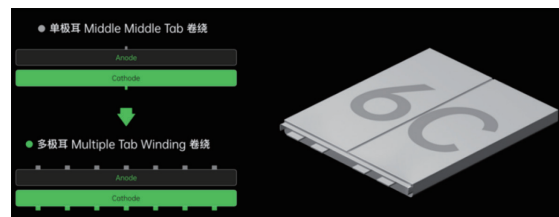
新的問題來了，不管是隨用隨充還是儘量滿電，LiCoO₂ 材料的鋰電充電速度實在是太慢了，這與可攜式設備的追求並不一致。因此，近些年，以手機製造商為代表的供應商們開始了各種快速充電的技術和產品的開發。比如 OPPO 最新發佈的 125W 超級閃充技術。為了控制發熱，新設計採用了效率高達 98% 的三個電荷泵進行降壓，同時採用雙電池，電池還強壯到能夠承受 6C 充電電流。多級耳（電池的正負極接頭，傳統電池只有正負各一個）技術，進一步降低電池的發熱狀況，據稱 20 分鐘即可充滿等效 4000mAh 電池電量的手機，猜測電池實際容量更大，20 分鐘快充很可能是充分利用了充電的恒流階段。由此可見，借助新技術，移動設備電池的能量密度和充電耐受力都在提高。

正如 ADI CEO Vincent Roche 不久前曾經說的那樣，如今鋰電池的能量密度已經接近核電池的能量密度水準。

鋰動力電池

常見的動力電池有磷酸

圖說：圖為 OPPO 手機採用的 125W 超級閃充技術



圖片來源：oppo.com

鐵鋰 (LiFePO₄)，三元鋰電 (LiNiMnCoO₂，簡稱 NMC)，特斯拉的三元鋰電採用具有更高能量密度的 (LiNiCoAlO₂，簡稱 NCA)，他們統一的優勢就是至少有 10C 以上的放電能力，如時間不長，還可提供更高倍率的放電能力，非常適合電動汽車這種大功率設備的應用場景，比如猛踩油門的動作。其中磷酸鐵鋰具有較長迴圈壽命，安全、價格相對便宜等優勢，缺點是能量密度較低，會增加汽車的重量，另低溫性能差，不適合寒冷地區直接使用，需要加熱保溫策略，而三元鋰電表現較為均衡，成為很多車輛的選擇。另因鈷材料價格高昂，汽車動力電池都在想方設法降低鈷的用量，控制成本，同時還要提升能量密度。

電動汽車的是數千顆電池組成的電池組同時工作的場景，因此需要照看的不僅是每一顆電池，還要對整個電池組進行有效管理，這就引入了 BMS (Battery Management System) 系統的概念。

BMS 系統向無線化方向發展

電動汽車的 BMS 系統，通過感測器對電池的電壓、電流、溫度

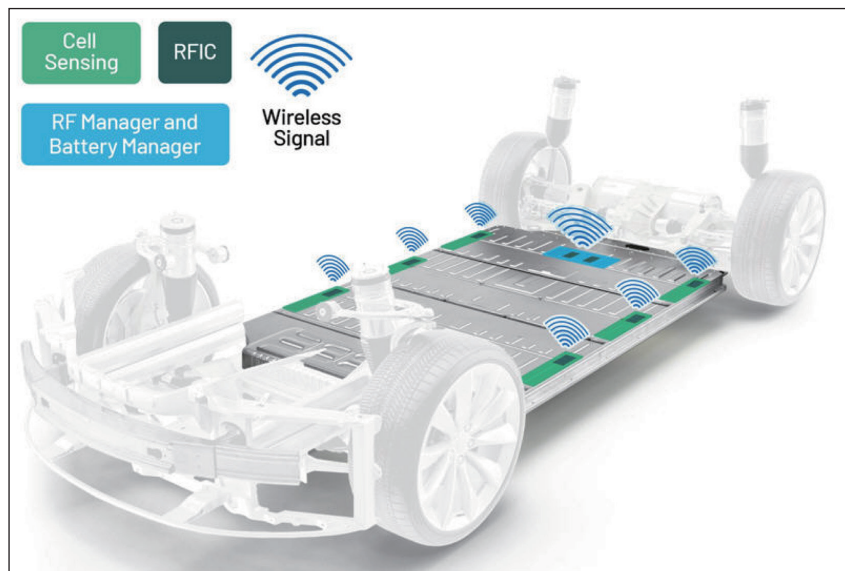
進行即時檢測，同時還進行漏電檢測、熱管理、電池均衡管理、報警提醒，計算剩餘容量（SOC）、放電功率，報告電池劣化程度（SOH）和剩餘容量（SOC）狀態，還根據電池的電壓電流及溫度用演算法控制最大輸出功率以獲得最大行駛里程，用演算法控制 OBD（車載充電機）優化充電，實現更高效快捷的充電，通過 CAN 匯流排介面與車載控制系統、顯示裝置等進行即時通信。

近些年，興起了無線 BMS 的發展趨勢。比如 2020 年 11 月，ADI 與通用汽車合作的無線 BMS 平臺，由於不需使用傳統線束，節省了高達 90% 的線束和高達 15% 的電池組體積，除提高設計彈性和可製造性外，同時不影響電池使用壽命中的里程數和精度。

ADI 的 wBMS 將電源、電池管理、射頻通訊和系統功能等所有積體電路、硬體和軟體整合在單一系統級產品內，透過採用 ADI 經驗證的業界領先 BMS 電池電芯測量技術支援 ASIL-D 安全性和模組層級安全性。藉由提高車輛使用壽命期間之精度，無線 BMS 系統可最大化單一電芯的能量利用率，進而實現優異的車輛續航里程，並支援安全且可持續的無鈷電池化學材料，如磷酸鐵鋰（LFP）。

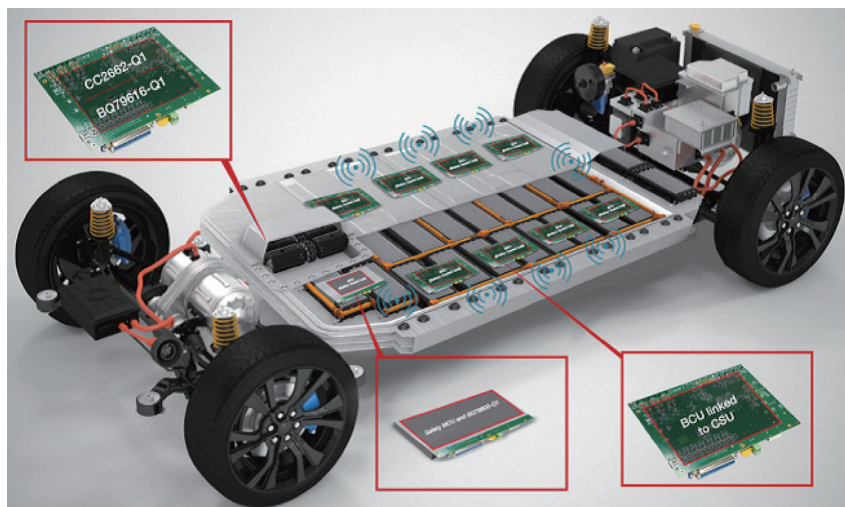
2021 年初，TI 也推出了無線 BMS 解決方案 SimpleLink[®] 2.4GHz CC2662R-Q1 無線微控制器（MCU）與 BQ79616-Q1 電池監控器連結通信，實現了 BMS 系統的基本通信

圖說：ADI 無線電池管理系統將用於通用汽車之 Ultium 電池平台



圖片來源：ADI

圖說：TI 無線 BMS 系統示意圖



圖片來源：ti.com

功能。不僅降低了 BMS 的成本和電池系統體積，還能有效降低，傳統 BMS 因線束和連接器故障導致的維護成本問題。

參考資料：

1. Understanding the characteristics of Li-ion batteries and Richtek power management solutions

https://www.richtek.com/Design%20Support/Technical%20Document/AN023?sc_lang=zh-TW

2. 採用 LM5122 的高精度升壓鋰電池充電方案

<https://www.ti.com/cn/lit/an/zhca638/zhca638.pdf> CTA