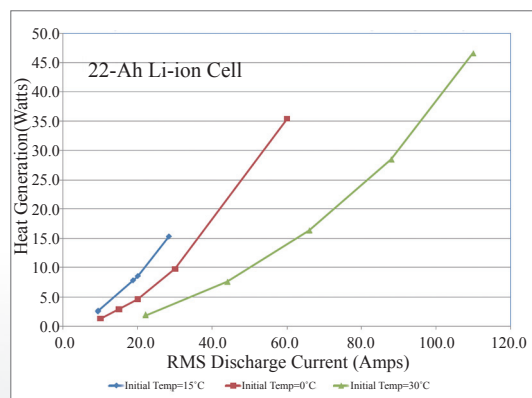




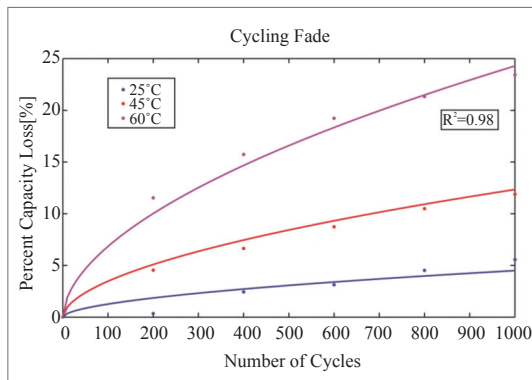
從溫度效應對電池包效率之影響了解提高電池效能20%之可行性

不管是再生能源、新創能源，能源的儲存是一個很重要的事，否則到最後棄光、棄風都是能源的浪費，為了避免此一浪費，儲能設備之設計變成了一門顯學。儲能設置與電動車之發展既已成為全世界下一代新能源之趨勢，而其中電池又占儲能設備成本40%~50%，因此如何提升電池的效率是定置型儲能成敗最重要的關鍵性零組件。要提高電池效率主要從三個地方著手：一是從電池材料，包括電解質、正極、負極等成分配比做研發改善；二是從電池結構，包括電池芯、電池包、系統等做改善；三是從電源智慧管理(BMS)做改善。一般鋰電池充電電流設定在0.2C至1C之間，電流越大，充電越快，同時電池發熱也越大。而且過大的電流充電，容量不夠滿，因為電池內部的電化學反應需要時間，就跟倒啤酒一樣，倒太快的話會產生泡沫，反而不滿。當放電時，電池放電電流越大，放電容量越小，電壓下降更快。所有在充放電產生之廢熱都會影響到電池之儲能效果。溫度對鋰離子電池的容量、功率和安全性等性能都有很大的影響。與動力電池系統相比，儲能系統聚集的電池數量更多，電池容量和功率也更大。大量的電池緊密排

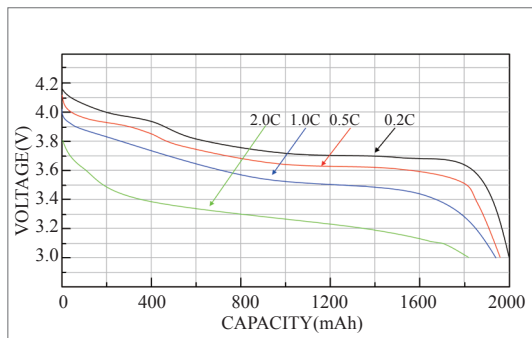
列在一個空間內，運行工況複雜多變，時而高倍率，時而低倍率，這就容易造成產熱不均勻、溫度分布不均勻、電池間溫差較大等問題。長此以往，必然會導致部分電池的充放電性能、容量和壽命等下降，從而影響整個系統的性能，嚴重時會引發熱失控，造成事故。電池發熱的機理比較複雜，既與電池本身的電化學特性有關，又與電池結構形式、充放電條件，以及外界環境溫度等因素有關。以鋰離子電池為例，其發熱量包括：反應熱、電池極化引起的能量損失、電池內電解液分解和自放電副反應引起的能量損失、電池電阻產生的焦耳熱。如圖一為鋰離子電池不同放電電流和溫度下的發熱功率變化，因此取得準確的電池發熱功率，以及充放電條件與



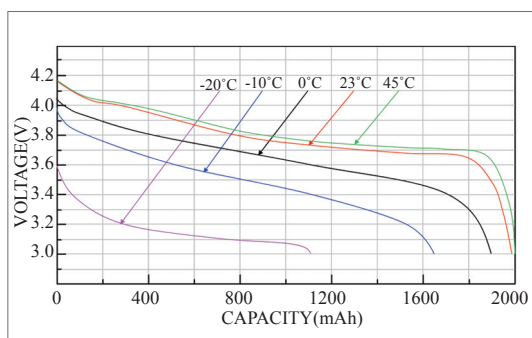
▲ 圖一 鋰離子電池不同放電電流和溫度下的發熱功率變化



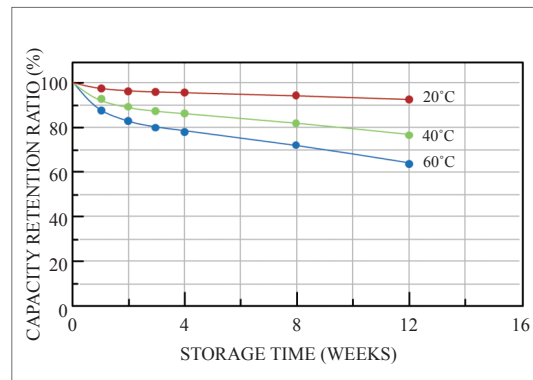
▲ 圖二 電容損失在不同充放電次數下與溫度之關係 (資料來源:聲瑞能源)



▲ 圖三 不同放電率下電壓與容量之關係
(Source: https://www.richtek.com/Design%20Support/Technical%20Document/AN024?sc_lang=zh-TW;))



▲ 圖四 不同溫度下電壓與容量之關係
(Source: https://www.richtek.com/Design%20Support/Technical%20Document/AN024?sc_lang=zh-TW;))



▲ 圖五 鋰電池自放電率在不同溫度下的表現

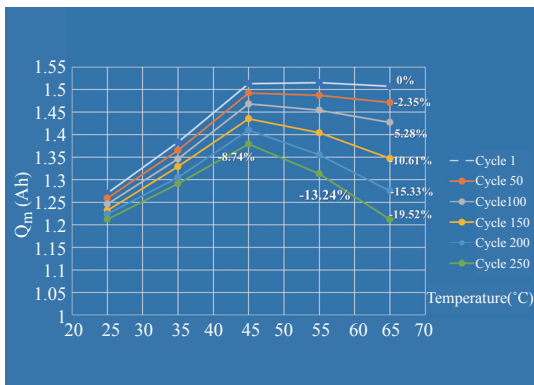
電池發熱功率的對應關係，是電池系統熱管理的關鍵。電池包中之電池芯容量衰減一如圖二溫度對鋰離子電池容量的衰減速度有非常重要的影響，溫度越高，鋰離子電池的容量衰減得越快。圖三為不同放電率下電壓與容量之關係，放電率愈高，電池容量愈低。圖四為不同溫度下電壓與容量之關係，溫度在超低時其電容亦會急速減少。另外所有電池的自放電都會隨著溫度上升而增加，自放電基本上不是製造上的瑕疵，而是電池本身特性，然而製造過程中不當的處理也會造成自放電的增加。通常電池溫度每增加 10°C ，自放電率即倍增，如圖五鋰離子電池每個月自放電量約為1~2%，而各類鎳系電池則為每月10~15%自放電量，以本計畫測試1C 125 cycle (~1 week)的時間計， 20°C 與 60°C 之電容量幾乎就有10%之減少，如果放置在2個禮拜以上幾乎就有20%之差異。

一般電子產品如果升高 10°C 其壽命會降低一半，因此溫度升高對於電子產品之效能會降低是電子業界眾所皆知的事情，



▼ 表一 鋰電池在充電下電容與溫度在不同cycle數目之測試數

Degradation percentage					
TEMPERATURE	25	35	45	55	65
50	-0.79%	-1.37%	-1.40%	-1.86%	-2.35%
100	-1.72%	-2.62%	-3.05%	-4.07%	-5.28%
150	-0.26%	-3.93%	-5.01%	-7.29%	-10.61%
200	-3.29%	-5.55%	-6.70%	-10.48%	-15.33%
250	-4.22%	-6.57%	-8.74%	-13.24%	-19.52%



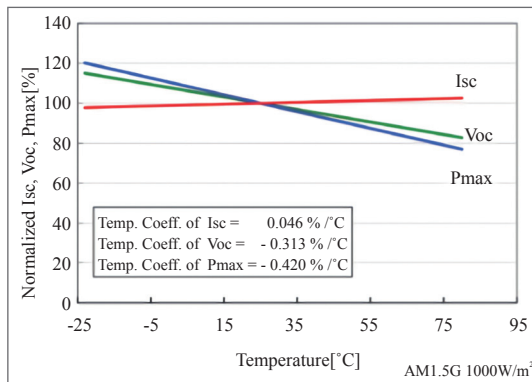
▲ 圖六 鋰電池在充電下電容與溫度在不同cycle數目之趨勢

但是對電池效率之影響到底有多大，本文將以各種論文在溫度對於各種電子產品之效能來做為溫度能提高電池包效率20%之佐證。以下A、B為溫度對鋰電池效率之說明，C~G為溫度對太陽能電池效率之範例說明：

A. 根據Leng & Michael⁽¹⁾, “Effect of Temperature on the Aging rate of Li ion Battery Operating above Room Temperature” 發表之文章，如圖六為鋰電池在充電下電容與溫度在不同cycle數目之趨勢，表一為該鋰電池在充電下電容與溫度在不同cycle

數目之測試數據。從圖六可顯示如果在1.5 Ah 45°C充電時會在250 cycle下降到1.34 Ah，相當衰退-8.74%，此溫度45°C是最佳操作溫度。同樣情形如果在65°C的操作溫度下經過250 cycle會下降到1.2 Ah，相當衰退-19.5%，操作溫度越高則電容下降越大。因此在一個導熱及散熱不良的系統下，連續的充放電必造成溫度的急遽上升，進而影響到電池的電容量（儲存電量）是可預見的，在充電時電池包溫度65°C電容可以減少20%。如果以18650鋰電池芯3.3 V 3000 A在不同的操作溫度做比較，Leng & Michael是以1.5 Ah，而本計畫採取之18650鋰電池容量為3.0 Ah，幾乎為其兩倍，因此經過外插推算其電池包溫度45°C應該會較60°C提升儲能效率20%以上。

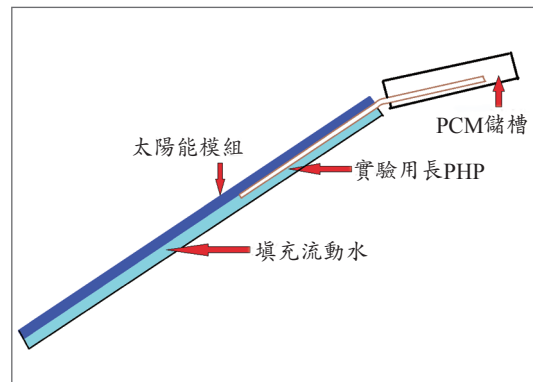
B. Schalkwijk等人⁽²⁾和Ramadass等人⁽³⁾研究了溫度對電極/電解質界面降解的影響，分別在室溫45°C、50°C和55°C下研究了採用LiCoO₂/石墨電極材料的Sony 18650電池的容量20%衰減。這些工作集中在溫度對鋰電池中單個組分的影響。Bodeness等人⁽⁴⁾



▲ 圖七 太陽能模組溫度特性圖

和Waldamann, T.等人⁽⁵⁾對LiB作為一個整體的溫度進行了研究，Bodeness等人⁽⁴⁾使用X射線衍射(XRD)、核磁共振、掃描電子顯微鏡(SEM)和X射線光電子能譜，研究了高溫對電極粘合劑、電極/電極老化過程的影響。他們的結果表明，電解質界面和正極活性材料，在正極表面形成了粘合劑層，導致鋰再嵌入不良；還顯示了當LiB分別在60°C、80°C和120°C循環時，固體電解質界面(SEI)的組成發生了一些變化，並觀察到碳酸鹽物種的消失和無機物種的增加於負極表面，除了正極電極表面的粘合劑之外，SEI成分層的改性被認為是高溫下容量損失和阻抗增加的原因。

C. 以太陽能電池為例如圖七，溫度每減少1°C，其效率提升0.42%，開路電壓會下降0.31%，短路電流會上升0.05%。因此如果減少溫度20°C，其電池效率提升至少10%以上，這都是習知之理論。W.K. Lin以PHP作為太陽能之散熱設計，其設計示意如圖八，經過許多實驗，可以得知在陽光最強的11:30至14:29時，降低太陽能模組的表



▲ 圖八 實驗組側視剖面示意圖

面溫度確實能夠增加太陽能模組的輸出功率，研究的結論如下：①使用流動水加上脈衝式熱管的散熱設計，能夠確實降低太陽能模組的表面溫度，並增加其輸出功率；在尺寸68 x 55 cm²的太陽能模組上，能降低7.3°C的正面溫度，並提升15%的功率；在尺寸170 x 102 cm²的太陽能模組上能降低6.4°C的正面溫度並提升11.2%的功率；②經過計算，尺寸170 x 102 cm²且額定輸出功率320 W的太陽能模組在1734 W的日射量下，提升11.2%的功率至356 W，其能量轉換效率由18.5%增加至20.5%，提升2%。其發表之論文如⁽⁶⁻⁸⁾。

D. 2019年麻州理工學院光電研究實驗室的Ian Peters和Tonio Buonassisi的研究，隨著地球暖化，太陽能效率會跟著下降，他們計算出「每增加一度溫度，太陽能發電量就會減少0.45%。」⁽⁹⁾

E. 2020年5月，沙烏地阿拉伯阿布都拉國王科技大學(KAUST)以氯化鈣、凝膠幫面板降溫攝氏10度左右，發現太陽能板效率提高的幅度比室內研究還要多，達



13%~19%。(10)

F. 2014年7月，斯坦福大學開發太陽能電池散熱技術，開發的技術是在太陽能電池表面粘貼約100 μm 厚、表面形成有棱錐體圖案的石英(SiO_2)薄膜，可使模塊溫度下降18度以上。轉換效率為20%。(11)

G. 2020年埃及本哈大學(Benha University)研究人員所提出的，建立在法國太陽能安裝公司Sunbooster的太陽能板冷卻方案，當氣溫高於25攝氏度時，太陽能板上方許多小孔的水管就會開始排水下來，在面板的玻璃表面上鋪上一層薄薄的水來進行降溫順便除污，廠商則聲稱通過這項系統，年發電量將能提升8~12%。(12)

高柏科技已取得ISO9001、ISO14001及IECQ認證，以藉由優良的管理流程與工具，生產高品質產品，達到良好效益與優異品質，產品亦符合RoHS、REACH及UL規範，通過安規認證，以保證產品質量可靠穩定、提供及不斷精進現有的研發技術，同時堅持企業社會責任之精神，致力減少環境衝擊，期許能為地球環保盡一份心力，以成為全球最成功的散熱科技企業為願景。■

參考文獻

1. Leng & Michael, "Effect of Temperature on the Aging rate of Li ion Battery Operating above Room Temperature", Technische Universität München (TUM) in Germany & Nanyang Technological University (NTU) in Singapore, Scientific Reports | 5:12967 | DOI: 10.1038/srep12967, www.nature.com.scientificreports
2. Van Schalkwijk, W. & Scrosati, B. Advances in Lithium-Ion Batteries 47-68 (Springer, New York 2002)
3. Ramadass P., Haran, B., White, R. & Popov B. N. Capacity fade of Sony 18650 cells cycled at elevated temperature: part I. Cycling performance. J. Power Sources 112, 606-613 (2002)
4. Bodenes, L., et al. Lithium secondary batteries working at very high temperature: Capacity fade and understanding of aging mechanism. J. Power Source 236, 265-275 (2013).
5. Waldmann, T., Wilka, M., Kasper, M. & Wohlfahrt-Mehrens, M. Temperature dependent ageing mechanisms in Lithium ion batteries. J. Power Sources 235, 423-430 (2014).
6. 徐梓恒、林唯耕，「脈衝式熱管在太陽能儲熱器之應用與開發」，熱管理產業通訊, TTMA 台灣熱管理產業期刊, 第51期, pp.41-47, 2018年8月。
7. 牟善群、林唯耕、邱璿庭、楊宜樺，「以脈衝式熱管做為增加太陽能電池效率之研究」，熱管理產業通訊, TTMA 台灣熱管理產業期刊, 第51期, pp.48-53, 2018年8月。
8. 牟善群、林唯耕、邱璿庭、楊宜樺，「以脈衝式熱管做為增加太陽能電池效率的可行性研究」，第十五屆全國熱管會議，重慶，中國，pp.59，2017年9月。
9. 「熱天氣會降低太陽能發電效率抗暖不能靠它」，中時新聞網，2019.08.26，<https://www.chinatimes.com/amp/realtime-news/20190826004008-261604>
10. 藉由「流汗」散熱，讓太陽能板不再過熱降低工作效率，科技新報，2020.05.19，<https://today.line.me/tw/v2/article/E2GMav>
11. 「斯坦福大學開發太陽能電池散熱技術，可使模塊溫度下降18度以上」，人民網>>財經>>中日技術產業信息網，2014.07.29。http://finance.people.com.cn/ BIG5/n/2014/ 0729/ c348883-25362572.html
12. 用「流水」幫太陽能板降溫，鉅亨看世界，2020.05.16。https://news.cnyes.com /news/ id/4478233

廠商聯絡資訊

高柏科技股份有限公司

電話：03-361-8899

信箱：service@tglobalcorp.com

