

綠能趨勢儲能櫃：儲能設備火場勘查

Energy Storage Cabinets in the Green Energy Trend: Fire Scene Investigation of Energy Storage Equipment

圖、文：臺東縣消防局 邱同興

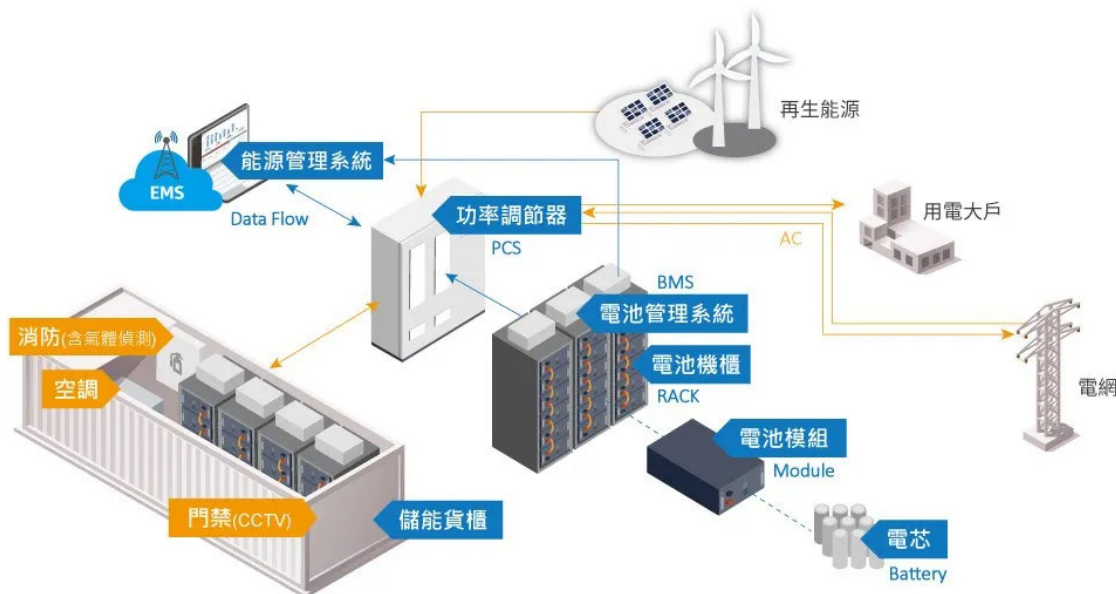


圖 1、儲能系統 (資料來源：盛齊綠能)

一、前言

為因應極端氣候變異，節能減碳已成各國追尋目標，計劃提高燃氣發電比例至 50%，降低燃煤機組比例至 30%，同時提升再生能源比例至 20%，為實現這一目標近來臺灣建置大量太陽能及離岸風電等設備，但該類綠電常因氣候不穩定、間歇性等供電問題，導致電網波動性極大存在跳電風險，而為了穩定電網勢必得適度調節和調度用電，此時就須要智能儲能系統設置，解決發電、輸電、配電到用電的動態性供需差異問題。為此立法院通過了修訂《再生能源發展條例》，想必不久將來我國儲能設備數會急遽上升，故面對此一發展趨勢，我們對於儲能設備的認

識其電池種類、各設備作動原理；火災後可能產生腐蝕性氣體液體之潛在危險；火災後調查應盡快調閱儲能櫃電池管理系統，瞭解火災前電力異常位置限縮起火處並釐清起火原因，提升消防人員處理儲能櫃火災事件的效率和安全性。

二、儲能設備介紹

儲能設備系統是一種能夠將電能以儲能技術存儲起來，以供需要時釋放的裝置。這種系統的好處在於它可以在電力需求低谷時將多餘的電能進行能量儲存，在需求高峰時釋放能量。透過這樣的方式，能夠提高電力系統的穩定性，彌補突然的用電量激增造成的發電缺口問題。

儲能設備包含電池組件（電池芯組成）、電力轉換系統（Power Conditioning System）和電池管理系統（Battery Management System），上述整合為調頻備轉輔助服務系統（Automatic Frequency Control），一旦負載用電量過高、發電量不足，如：再生能源或發電設備異常，即可利用 AFC 調頻輔助服務調度各地多餘的儲能櫃等來放電，即時供電備轉，待供電設備發電量回升後，恢復正常運作。相關組件組成及功能說明如下：

（一）電池組件

電池芯的化學系統可以分為 3 種類型，分別為鉛酸電池、磷酸鋰鐵電池與鋰三元電池，3 池不論能量密度、循環充放電壽命與原料成本等方面皆有差異，而現今儲能設備電池大多選擇使用磷酸鋰鐵電池及鋰三元電池為大宗。

1. 磷酸鋰鐵電池

正極材料使用磷酸鐵鋰（ LiFePO_4 ），負極材料為碳作為的鋰離子電池。較普通的鋰離子電池能量密度稍低，但安全性較佳、耐高溫、使用年限較長、成本相對低廉，缺點低溫時效率較差，且在低溫時無法精準估算電池電量，故在低溫地區使用時有所顧慮。

2. 鋰三元電池

以鎳鈷錳酸鋰或鎳鈷鋁酸鋰等三元聚合作為正極材料。利用不同混合比例之鎳、鈷、錳或鎳、鈷、鋁 3 種元素，調整其電池的用電特性及電池成本。

「三元材料」有優異的高標準電壓、高比容量、高壓實密度以及低

溫性能，近來三元正極材料經不斷精進改良，已具備相當突出的綜合特性，滿足動力鋰電池產品需求，是目前最具競爭力鋰離子電池正極材料之一。

（二）電力轉換系統（PCS）

電力轉換系統（功率調節器）是控制電池與電網之間能量轉換和管理的關鍵系統，可比喻為一個閘門，控制著電池與電網之間的能量流動。以下是 PCS 的主要功能：

1. 控制電池功率：

調節電池的功率輸出，以控制電池向電網輸出（放電）或存入（充電）多少電能。這使得電網可以根據需求調整能量的流動，實現電力平衡。

2. 雙向電力轉換：

兼具變流器（逆變器）功能，能夠將電池輸出的直流電轉換為電網需要的交流電，同時也能將電網的交流電轉換為直流電進行充電。這樣就實現了電池與電網之間的雙向能量轉換。

3. 系統控制與監控：

結合系統控制器，可以進行能源管理系統的監控與控制。這包括監控電池的狀態、控制能量的流動以及根據需要調整系統的運行狀態。

4. 能源管理和調度：

通過控制電池的充放電行為，使得能源可以根據實際需求進行有效分配和利用，實現能源的高效管理。

5. 改善電力品質：

可以通過控制能量的流動和轉換來改善電力品質，例如調節電壓、頻率等，使得電力系統的穩定性和可靠性得到提升。

PCS 就像一個閘門控制電池通往電網開關，能控制電池要以多少功率，輸出（放電）、存入（充電）多少的電，除此之外也是一種雙向電力轉換逆變器，將電池輸出的直流電轉換為電網需要的交流電，將電網交流電轉為直流電充電，結合系統控制器供能源管理系統監控，進而達到能源管理、調度及改善電力品質功能。

（三）電池管理系統（BMS）

收集電池模組內各電池相關資訊如電壓、電流、溫度等，進行監視及優化儲能系統內電池的性能，並將收集資訊經由系統判別為短路、放電過電流、充電過電流、低電壓、過電壓、高溫充放電、低溫充放電等；在發現相關異常狀態時，切斷電池與儲能系統間之連接，進而避免危害發生。

三、儲能櫃常見起火原因探討

（一）電池芯短路

1. 內部短路

電芯內部短路產生過大電流放電，造成高溫高熱燒壞隔膜，進而造成連鎖的短路現象，使電解液分解汽化成氣體，產生過大壓力撐破電芯爆炸。

2. 鋰電池過充

電池芯過充電壓達到 4.5V 以上時，正極的鋰原子過度放出，會使正極的結構發生變化，而放出的過多的鋰離子容易無法插入



圖 2、冰箱上方行動電源起火燃燒



圖 3、鋰電池內部短路造成行動電源外殼及電池芯外殼高溫燒穿情形

負極中，造成負極表面產生結晶鋰，結晶鋰會刺穿隔離膜，造成正負極短路，電解液因熱失控分解生產大量氣體，甚至可能發生爆炸情形。

3. 案例：行動電源電池芯短路

（1）時間地點：112 年 11 月臺東市更生路

（2）現場概況：本案為一出租套房內行動電源發生火災，造成冰

箱受燒損及牆面燻黑（圖 2），經查發現起火處之行動電源金屬外殼及電池芯外殼均有燒穿情形（圖 3），研判該電池可能因本身瑕疵，或是因過充等因素導致隔離膜受損，進而發生電池芯短路情形。

（二）外部正負極線路誤接

電池產生很大的故障電流，電池高溫使內部的隔膜收縮或完全損壞，進而在使電池內部短路造成爆炸。

（三）電池本身瑕疵

鋰離子電池對生產過程可能發生以下瑕疵，正負極板裁切過程中有可能出現的毛邊、生產過程中在隔膜中有夾雜微小金屬顆粒、在生產、運輸、存儲及裝配過程中造成隔膜的薄厚不均、撕裂等瑕疵，均可能造成電池正負極間發生短路情形，鋰離子電池在裝配完成後會做充放電等一系列測試，測試可能造成震動、放熱等物理過程，會使隔膜的瑕疵放大進而造成短路，這也是某些未經認證或非正規廠家生產的電池品質難以確保，其引發火災的機率較大的主因。

（四）外力損害

裝載鋰離子電池之電子產品或鋰離子電池本身在使用、運送、存放等過程中，應特別注意包裝保護，以免其外力的擠壓、穿刺、掉落等毀損，容易造成電池內正負極直接發生短路，引發火災。

案例：鋰電池外力受損短路

1. 時間地點：113 年 2 月臺東縣卑南鄉
2. 現場概況：本案為車輛駕駛座附近突然起火燃燒，造成該車輛大部分燒毀（圖 4），經詢問車主表示車內有放置一受車輪壓毀之鋰



圖 4、車輛外觀受燒狀況



圖 5、電池芯外殼明顯有受力變形情形



圖 6、高壓絕緣儀測試器



圖 7、電池管理系統電池電壓圖發現電壓異常情形

電池，經清理火場於駕駛座附近發現電池殘骸（圖 5），其外殼確實有受外力壓毀之痕跡，再者火災前該車輛停放戶外因受太陽曝曬溫度升高，導致離電池內部隔離膜破損短路造成火災。

（五）高溫環境

一般來說裝載鋰離子電池之電子產品或鋰離子電池，在運輸及存放需避免太陽高溫環境，如高溫下存放和使用，容易造成隔膜受熱分解，形成電池內正負極間短路，引發火災。

（六）保養維護不慎

1. 電池芯線路組裝、系統嫁接等錯誤，造成異常電流電路等造成電池芯短路，抑或保養維護時不慎更動線路或安裝不確實等。
2. 操作人員錯誤保養檢測檢修等，造成電池損害進而造成短路燃燒，如使用高壓絕緣儀測試器 HighPot test（圖 6）檢測電池芯等，一般來說 HighPot test 系在廠房安全



圖 8、檢修人員現場協助拆解情形

環境測試電池耐壓檢測的方式，但並不適合在儲能櫃內電池芯測試，尤其在已經懷疑有電池故障時更是不可以使用，但有時現場維修人員為求快速可能使用該方式施作檢驗。

四、儲能設備火災勘查注意事項：

（一）確保自身安全

儲能設備火災經常伴隨有毒氣體之釋放，故火災勘查時必須配戴防毒面具口罩，另現場可能會有高腐蝕性液體，應著防腐蝕性膠鞋，使用驗電筆確認櫃體及所要觸摸位置為無電源狀態，在未確認前應與櫃體保持距離，甚至配戴絕緣手套。

（二）調閱儲能櫃電池管理系統 BMS

調閱相關電池數據資料，挑選最初發生異常電流電壓訊號的電池芯組資料，侷限起火位置，並分析相關電池芯溫度、電流、電壓異常情形（圖 7），協助研判起火處及原因。

（三）拆解

請廠商專業維修人員拆解相關電

池芯（圖 8），比對原始電池芯組，並注意電池芯外殼有無外力變形之痕跡或擦痕，必要時將電池芯組採取送驗（圖 9）。

（四）調閱相關保養施工日誌

了解火災前有無保養、檢修等相關情形，檢視相關保養維護期程是否合宜。

五、結論

減碳和再生能源的推動是當前全球面臨的重要議題，而儲能設備的使用也是實現這一目標的重要組成部分。作為消防人員，對於儲能設備相關知識和危險應有足夠的瞭解是至關重要的，唯有透過進修和訓練更新技能，以應對新興技術和能源形式所帶來的挑戰。



圖 9、電池芯內部電池排列情形