

臺南市政府消防局電化學儲能系統火災搶救原則

一、前言：

本市新興能源蓬勃發展，並且擁有全台首座最大「光儲合一」儲能系統案場，然而儲能系統大多利用鋰離電池儲存電能，一旦發生火災時，其災害特性與一般火災並不相同。為避免消防人員於救災過程中發生危害，爰訂本原則以作為搶救電化學儲能系統之參考。考量救災現場存有高度不確定性及突發狀況，本原則係供救災參考，得由指揮官及其幕僚視需要調整。

二、本原則用詞，定義如下：

- (一) 儲能系統 (ESS, Energy Storage System)：指由單一或多個裝置組合，設置於電網上的儲存能量系統，可自電網儲存能量，或於需要向電網提供能量。
- (二) 電化學儲能系統 (BESS, Battery ESS)：利用氧化還原反應，將化學能轉變成電能量之儲能系統。如常見之鋰（離子）電池、鈉硫電池等。
- (三) 安全資料表 (SDS, Safety Data Sheet)：指提供化學品之危害辨識、滅火措施、物理及化學性質、毒性資料等資訊表式。
- (四) 熱失控 (Thermal Runaway)：指系統因故溫度上升，其引發之變化使得溫度逐步升高，最後達到破壞性結果。

三、電化學儲能系統危害特點：

- (一) 火災危害：內部故障或外力影響，導致熱失控起火燃燒。
- (二) 化學危害：鋰電池熱失控氣體可能有 H_2 、 CO 、 CH_4 、 C_2H_6 、 C_2H_4 、 C_3H_6 、 HF 、 CO_2 等，大多為有毒及易燃氣體，在環境條件許可下可能燃燒或爆炸。
- (三) 電氣危害：儲能系統內之電壓大多在危險電壓（50V）以上，接觸可能導電物體時會有感電風險；另能量大於 $5J/cm^2$ 時，可能會有電弧風險，造成人員灼傷或強光傷害。
- (四) 殘存能量危害：受損之儲能系統內部可能有殘存能量，造成潛

在的電擊、電弧、復燃之危險。

(五)物理危害：有過熱或裸露存有動能之零件時，對人體造成危險。

四、事前應變規劃

轄區分隊有電化學儲能系統案場，平時應與管理權人／營運單位保持聯繫，了解現場屬何種技術之電化學儲能系統，並取得該儲能系統案場之相關資料，如：安全資料表（SDS）、消防安全設備設置情形、火災緊急應變安全防護設施設置狀況、緊急應變計畫內容及專業人員聯繫方式等，並於平時合作辦理演練，以提升災時搶救能力。

五、搶救原則

(一) 受理報案：

- 1、確認火災地點、儲能系統型式及數量。
- 2、現場及周圍環境概況、目前火煙情形、有無爆炸現象。
- 3、有無人員受困或受傷情形。
- 4、儲能系統案場緊急應變計畫、相關安全資料表。
- 5、儲能系統案場管理權人／服務與維修人員／具有從設施中安全移除損壞儲能設備系統人員聯絡資訊。
- 6、儲能系統案場緊急應變安全防護措施設置情形。

(二) 派遣通報：

- 1、同步通報台電、儲能系統等事業單位，派員斷電、關閉系統並參與應變等相關事宜，提示搶救人員勿貿然進行斷電，另通報警察單位派員劃定警戒區域，管制交通車輛及民眾進入並嚴禁火源。
- 2、出勤途中或抵達現場發現火、煙、爆炸燃燒等情況，立即回報指揮中心，並依據火災搶救相關原則處理。

(三) 危害辨識：

- 1、情報蒐集：受理報案詢問事項，對環境、儲能系統（視覺：有無電解液洩漏、火焰及煙霧跡象；聽覺：有無爆裂聲或氣體逸散聲；嗅覺：有無化合物酸味或物品燒焦等味道；溫度：

大於 70°C 時可能燃燒，可運用 TIC 觀察電池溫度變化)、人員等狀況進行資訊之收集。抵達現場前若已發生爆炸，初期指揮官應觀察爆炸後延燒情形及火、煙狀況，並注意風向，另應詢問周遭關係人，確定有無人員受困。

- 2、風險評估：確認並排除事故現場額外風險，如掉落電線、易燃物及交通動線等，切勿在未完成現場評估前貿然射水，使救災人員暴露在感電風險下。
- 3、任務指派：確認待救人員數與受損、受傷的嚴重程度，回報指揮中心現場狀況及處置作為，必要時請求支援或提高指揮層級（鋰電池模組在熱失控傳播過程中具有爆炸之潛勢，指揮官應按儲能系統電池模組大小適度劃設警戒區）。

（四）區域管制：

- 1、現場商請警察單位派員擔任警戒管制作業，執行災害事故現場警戒管制事宜，並協助災害事故現場周邊交通秩序維護及疏導措施，管制交通車輛及民眾進入，並嚴禁火源。
- 2、指定專責人員進行氣體偵測，偵測時應注意儲電載體燃燒特性（毒性、影響範圍大小等），並依據儲能系統之電化學性質，參考 SDS 資料、緊急應變指南等，建立區域管制，選擇相對高處與上風處等安全區域進行作業（如為鈉硫電池儲能系統，因燃燒時產生硫化物等有毒氣體，並參考緊急應變指南，對下風處進行疏散或就地避難），管制區域依緊急應變指南劃分。
- 3、搶救相關作業人員應穿戴完整無破損之乾燥消防衣、帽、鞋、手套、頭套、自給式空氣呼吸器、救命器、熱影像儀等個人防護裝備器材（PPE），並配合水線等應勤裝備進入。
- 4、非救災相關人員、車輛應隔離於警戒區外。
- 5、火場警戒區劃定及警戒作業之執行方式，依據本局所訂火場指揮及搶救作業要點等相關規範辦理。

(五) 關閉電源：

- 1、由服務與維修人員／具有從設施中安全移除損壞儲能設備系統人員依既有應變流程進行斷電。
- 2、完成斷電程序後如相關儀表板或馬達等相關組件仍持續運轉時，由參與應變之服務與維修人員／具有從設施中安全移除損壞儲能設備系統人員處理。

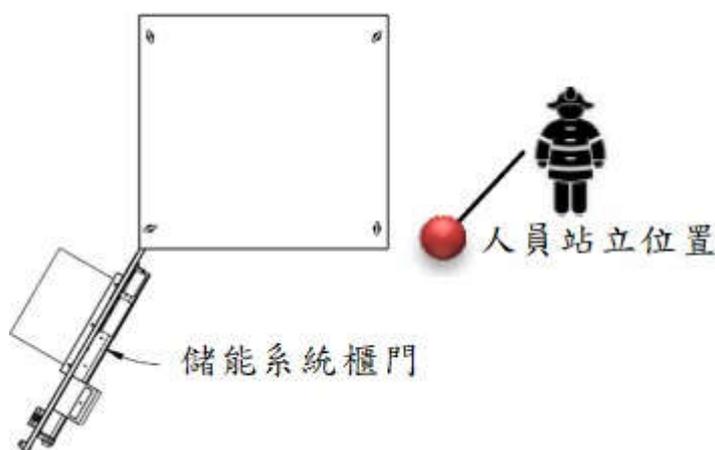
(六) 行動方案：

- 1、擬定行動方案與外部支援：確認現場無人員受困且無法撲滅初期火勢下，以防禦作戰為原則，規劃長時間作戰之方案（滅火藥劑、人力輪替、後勤補給等），並於安全前提下，移除附近可（助）燃物避免災害擴大，聯絡業者參與應變。另就有延燒可能之附近建築物，應部署水線進行防護。對於火場下風處則應派員警戒，以防止飛火造成火勢延燒，並避免接觸儲電載體。
- 2、滅火藥劑規劃：依據不同電化學系統 SDS 資料，採取相對應之搶救作為如下：
 - (1) 構建充沛之水源調度及 SCBA 灌充作業運用規劃，以因應搶救災害所需（尤以防禦型戰術為原則）。
 - (2) 如係禁水性之電化學物質（如鈉硫電池儲能系統），以有效包覆阻絕儲能系統熱失控之組(元)件為原則，來因應搶救災害所需。
- 3、安全管制與器材運用：指揮官應確實掌握人員行動與作業狀況，穿戴完整 PPE，並避免吸入氣體、碰觸可能導電物體、接觸現場救災廢水。另避免接觸儲電載體，造成二次災害。
- 4、感電安全：確認所有高電壓組件及元件皆有外殼覆蓋無裸露，高電壓線路最外層之橘色警示標示未破壞或損傷。

(七) 適當搶救作為（含防禦作戰）：

- 1、部署上風、上游或高處。

- 2、應視儲能系統特性（如稀土鋰硫、磷酸鐵鋰、鈦酸鋰、鈉硫等），自化學乾粉、二氧化碳、射水、一般型泡沫等選用合適滅火藥劑；如為禁水性物質，則選用乾燥沙或膨脹窒石等。如確認現場已斷電並需以射水滅火時，建議保持至少六公尺以上、以十公尺為佳之距離，以展開角度三十度之水霧射水，且瞄子出水壓力至少 $7\text{kg}/\text{cm}^2$ （100psi）。
- 3、防禦作戰可選用周界防護、侷限火勢等戰術，並規劃長時間作戰（人力、水源、後勤替補等）。
- 4、避免切割、破壞或拆卸高壓線路、組件結構，以避免高壓感電危害。
- 5、建議救災戰術方式：以防禦型戰術為主，確認儲能系統已停止運作與斷電，切勿任意開啟櫃門引入空氣造成爆燃或爆炸發生，並以降溫為優先事項，以水霧進行斜角射水防護，適時進行攻擊型戰術（若接近事故貨/機櫃時，以45度角或側面接近）。人員搶救時，避免站立於櫃門正面，參考站立位置如下：



（八）降溫／防止復燃：

- 1、若電池本身破損、形變導致短路、電池能量釋放所引發之火災甚至爆炸，短時間要完全撲滅可能有困難時，則建議採取防守性策略，在可控制狀況下讓它持續燃燒，使電池能量消

耗殆盡。

- 2、儲能系統火災通常會產生大量可燃性、腐蝕性與毒性之危害氣體，適當建立有效通風可減少危害；另電池燃燒時內部極高之溫度，其特殊之熱失控現象極易再度復燃，因此必須使用大量清水持續降溫，至電池內化學反應結束，直至無濃煙產生及現場溫度下降，以避免再次復燃之可能。
- 3、儲能系統溫度降至安全範圍後，提醒相關人員仍有復燃之可能，注意避免造成二次災害。