

電動破壞工具鋰電池火災調查案例探討

Discussion of Fires Caused by Lithium Batteries in Electric Firefighting Break-in Tools

作者：臺北市消防局火災鑑定會委員及火災調查科

壹、火災案件概述

- 一、火災發生時間：112 年 1 月 28 日下午 2 時許
- 二、火災發生地點：消防分隊值班室
- 三、火災概況：火災發生前一日分隊使用電動破壞工具（如圖 1）執行火災勤務，使用過程中無異狀，亦未有碰撞、掉落等之情形。因隔日發現電池電量不足，由值班人員從早上 8 點多將電池充電到下午 2 點多，於下午 2 點多電池冒煙、起火。火災現場造成消防分隊值班室內充電中電池組及充電座受燒燬，火勢未波及其他物品及建築物。
- 四、起火處：研判電池組內部中間一帶為最先起火處
- 五、起火原因：研判起火原因以電氣因素（於充電中發生異常）致起火燃燒之可能性較大
- 六、經查此款破壞工具電池組已使用約 3 年（如圖 2）。目前廠商已經不進口此款電池組，改進口新款電池組。

貳、事故電池組構造說明

- 一、電池組及充電座規格
 - （一）電池組：電壓 28V、3.0Ah。由 14 顆 18650 鋰電池芯並聯及串聯組成（如圖 3）。
 - （二）充電座：電壓 28V、充電電流 3.5A、充電時間 1 小時。標示保持紅燈常亮為充電中、保持綠燈常亮為充電完成、紅燈閃爍為電池溫度異常、紅綠燈交互閃爍為電池故障（如圖 4）。



圖 1、電動破壞工具



圖 2、電池組及充電座



圖 3、電池芯並聯及串聯



圖 4、充電座標示

二、電池組內部構造

(一) 經拆解電動破壞工具的電池組分為上蓋、電池模組及底座 (如圖 5)。

(二) 電池模組由電路板、連接板及 14 個電池芯串、並聯組成 (如圖 6)。

參、事故電池組問題分析

一、電池組及充電座燃燒狀況 (如表 1)

(一) 充電座燃燒狀況：充電座上殼以靠後側受燒熔、燒失較嚴重。檢視充電座內部電路板僅輕微燒損，內部配線被覆尚完好。

(二) 電池組燃燒狀況：電池組以前側受燒燬較嚴重。檢視電池組外殼未有破裂、受撞擊痕跡，底座以靠內部受燒熔較嚴重，並有燒失、穿孔之情形。

(三) 電池組內部燃燒狀況：檢視電池組內部電路板以前端靠下方受燒失、變色較嚴重，電路板下方電池芯嚴重受燒變色、變形。檢視電池組以中間一帶電池芯呈現由內往外爆裂、變形較嚴重，且電池芯內極板受燒噴出。

(四) 電池組右側燃燒狀況：檢視電池組內電池芯中有 1 顆呈現鐵鏽色，與其他電池芯受燒變色不同，其周圍為 2 顆受燒爆開電池芯 (紅圈標示) 檢視電池組右側連接板以靠鐵鏽色電池芯一帶受鏽蝕較嚴重 (紅框標示)，受燒後以靠右上負極連接板受燒熔斷較嚴重 (藍框標示)。

(五) 電池組左側燃燒狀況：檢視電池組內電池芯中有 1 顆呈現鐵鏽色，與其他電池芯受燒變色不同，其周圍

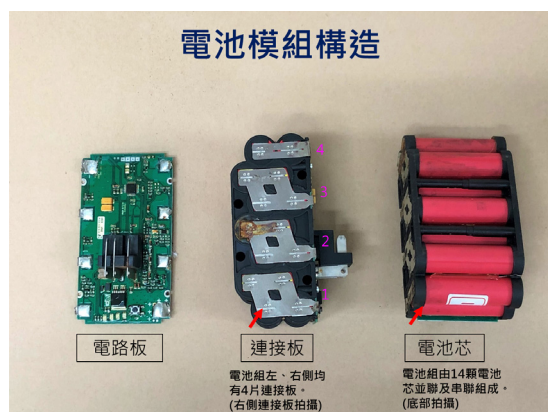


圖 5、電池組構造



圖 6、電池模組構造

為 2 顆受燒爆開電池芯 (紅圈標示)。檢視電池組左側連接板均尚完好，僅連接板後側受鏽蝕較嚴重 (紅框標示)。

(六) 電池芯燃燒狀況：檢視 2 顆爆開電池芯僅鐵鏽色電池芯上方之電池芯 (與鐵鏽色電池芯同連接板) 受燒爆開、飛出，內部極板噴出最為嚴重 (紅圈標示)。檢視爆開、內部極板噴出之電池芯外殼內部嚴重受燒變色。檢視噴出之電池芯內極板嚴重受燒失，殘存極板有受燒穿、破裂情形。綜上所述，電池內部中間一帶燃燒最為劇烈。

表 1、電池組及充電座燃燒狀況

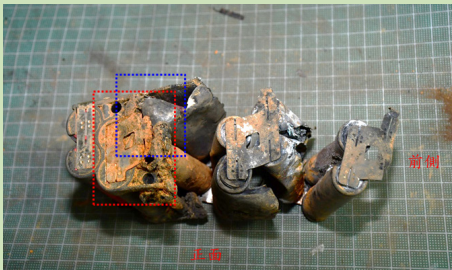
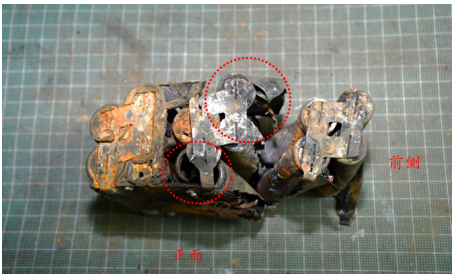
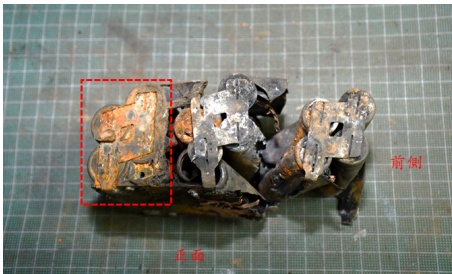
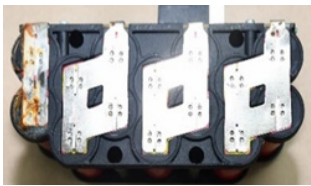
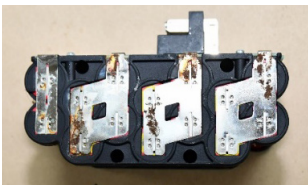
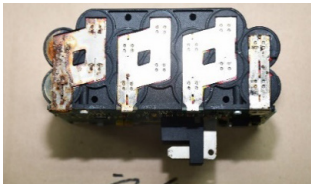
充電座燃燒狀況		
電池組燃燒狀況		
電池組內部燃燒狀況		
電池組右側燃燒狀況		
電池組左側燃燒狀況		
電池芯燃燒狀況		

表 2、報修電池組拆解對照表

已使用年份	將近 3 年	將近 3 年	2 年
故障狀況	充電時充電器一直呈現充電中狀態，充完很久後，一使用沒多久就沒電	充電器故障燈號閃爍	無論充電多久，電量顯示器只出現 1 格，但使用一下就沒電
電池電路板及正負連接板貼紙			
部分電路板接點上有鏽蝕，連接板貼紙上有鏽斑情形			
電池組底部			
部分後側電池芯上有水漬痕跡			
右側連接板			
部分連接板遭鏽蝕，連板下接點鏽蝕嚴重			
左側連接板			
部分連接板遭鏽蝕，連板下接點鏽蝕嚴重			
上蓋電池顯示器按鈕			
按鈕破損，水會直接滲入電路板			

二、同款報修電池組拆解分析

經拆解與起火事故同款電池組，發現電池組內電路板接點鏽蝕、後側電池芯上有水漬痕跡、連接板遭鏽蝕及連接板貼紙上有鏽斑、按鈕破損，水會直接滲入電路板等情形，如表 2。



圖 7、破壞工具電池芯位置比對



圖 8、充電時電池芯位置比對

三、生鏽的電池芯位置比對

(一) 電動破壞工具使用時電池狀態比對，鍵頭處是生鏽的電池芯位置，如圖 7。

(二) 充電狀態比對，鍵頭處為生鏽的電池芯位置，如圖 8。



圖 9、電池芯鏽蝕狀況



圖 10、正極接點亦鏽蝕嚴重

四、生鏽的電池芯鏽蝕狀況

電池芯外觀金屬鏽蝕嚴重，正極接點亦鏽蝕嚴重 (圖 9、圖 10)。



圖 11、電池組右側連接板



圖 12、電弧燒熔痕跡



圖 13、拍攝電池芯相對位置



圖 14、編號 1 為鏽蝕最嚴重電池芯

五、數位顯微鏡鑑識

顯微鏡檢視發現右側第 3 片連接板（紅框處）殘留電弧燒熔痕跡，如圖 11 及圖 12。

六、電腦斷層掃描鑑識（簡稱：CT）

（一）運用 CT 鑑識：拍攝電池芯相對位置，如圖 13。

（二）編號 1 為鏽蝕最嚴重電池芯，經電腦斷層攝影內部最上層破壞板已破裂，內部極板有受損情形，如圖 14、圖 15。

（三）編號 2 為正極爆開、外殼嚴重扭曲變形電池芯，經電腦斷層攝影內部最上層破壞板已破裂，內部極板有受損情形，如圖 16、圖 17。

（四）編號 3 為外殼下方有爆開電池芯，經電腦斷層攝影內部最上層破壞板未破裂，內部極板有受損情形，如圖 18、圖 19。

（五）編號 4 為完好的電池芯，經電腦斷層攝影內部最上層有破壞板，內部極板排列整齊，未呈現扭曲變形，如圖 20、圖 21。

七、新舊款電池組比較

（一）原廠業於 109 年 11 月全面更換成新款電池組。

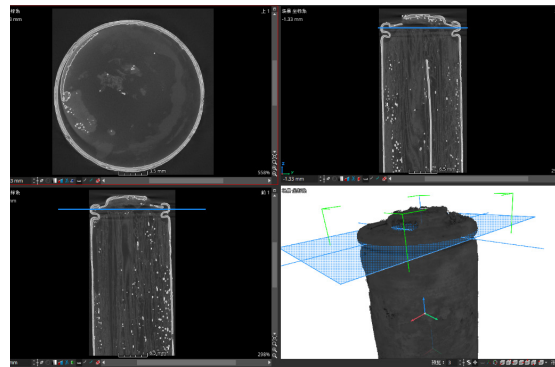


圖 15、內部極板有受損情形



圖 16、正極爆開電池芯

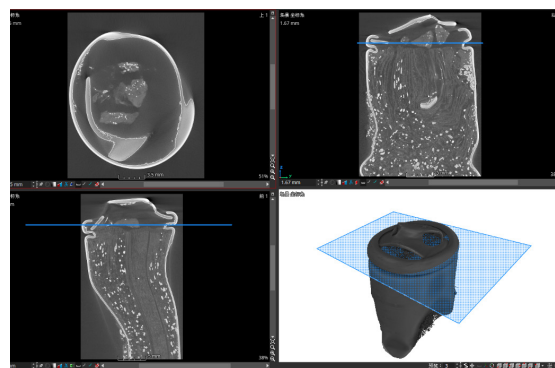


圖 17、正極爆開電池芯 CT 拍攝



圖 18、外殼下方爆開電池芯



圖 20、電池芯比對品

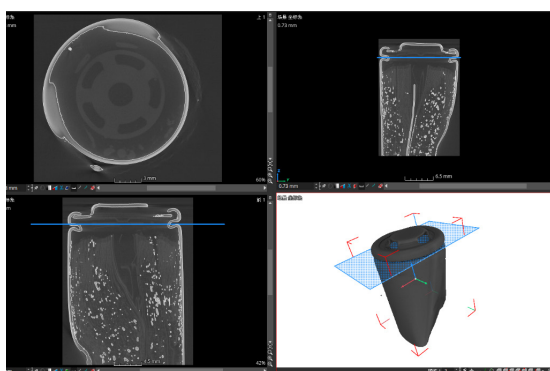


圖 19、外殼下方爆開電池芯 CT 拍攝

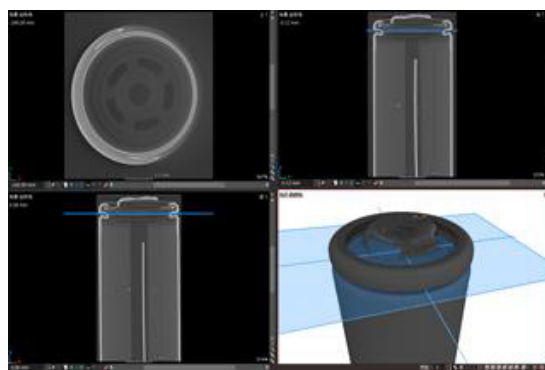


圖 21、電池芯比對品 CT 拍攝

(二) 新舊電池組比對，新電池組於電路板上設有密封膠條，底座設有導水溝、排水孔（排氣孔），而舊電池組均沒有，如表 3。

肆、後續防範建議

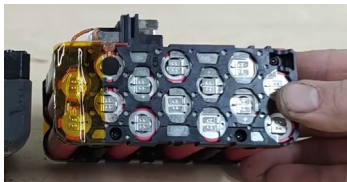
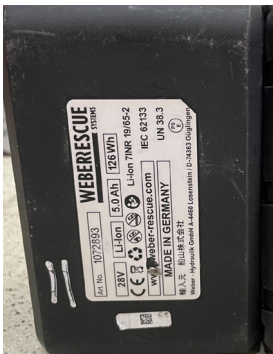
為預防類似火災發生，確保此款破壞器材操作安全，本次事故產品已通報經濟部標準檢驗局及行政院消費者保護等單位，同時也建議廠商應召回換新。然本次起火事故同款電池組，亦作為各直轄市、縣市政府消防局電動破壞工具之電源使用，為防範類似事件發生，本局已提供相關調查案例，建議優先汰換此款電池組，並於汰換前因該電池組未具有防水功能，使用時須注意下列事項：

- 一、不建議長時間充電，電池顯示綠燈時（滿電狀態）應立即移除電池組。
- 二、使用完畢後應先將電池組擺正使排水孔朝下將水份排出後再進行充電。
- 三、使用時應避免碰撞、撞擊。
- 四、若出現燈號顯示異常時，請立刻停止使用或充電。

參考文獻

1. 內政部消防署，消防月刊，107 年 4 月號 / 工作研討，鋰電池火災，朱少龍。

表 3、新舊電池組拆解對照表

電池	舊款電池	新款電池
原廠使用出廠日期	107 年至 109 年 10 月	109 年 11 月至今
製造地	德國製	中國製
電壓、電池容量、電池能量	28V、5AH、126WH	28V、5AH、140WH
電路板		
	無密封膠條	有密封膠條
電池芯組		
	正、負極連接板使用貼紙包覆	正、負極連接板未使用貼紙包覆
底座內層緩衝墊		
	底座只有前側和底部各有 1 片緩衝墊	底部設有全覆式緩衝墊及導水溝
底座		
	底座未設有排水孔（排氣孔）	底座設有排水孔（排氣孔）