

電動載具之「爆火」鋰電池

台灣經濟研究院一所 吳恆毓 助理研究員

近年來隨著全球電動車使用數量大幅攀升，車禍所導致電動車火災發生之案件亦隨之增加。其中鋰電池不僅為電動車之主要動力來源，亦為促使火勢強烈且不易熄滅之元凶。因鋰電池本身異常之過充放，以及液體電解質易燃性等問題，若遭遇過熱、穿刺以及碰撞等情形，則將極易產生溫度飆升過熱後起火或爆炸等危險現象。因此，如何提升鋰電池其安全性，一直為各國電動車大廠著重開發之技術項目。

然而在追求電池能量密度以及快充同時，安全性以及循環壽命問題將伴隨產生。目前全球儲能與動力電池市場，主要使用磷酸鐵鋰和鋰三元電池，其中磷酸鐵鋰優勢包含壽命長、安全性高、成本低廉；鋰三元則包含能量密度高、快速充電等優勢。

鋰電池之所以起火後難以撲滅，在於其會產生「熱失控」(thermal runaway)之回饋循環。此現象將會引發一系列連鎖反應，當溫度在幾毫秒內迅速上升，電池中儲存能量突然被釋放，因而產生大約 400°C 的高溫，使得電池變成氣體，從而造成無法以常規方式撲滅之火災事件。熱失控的風險從溫度從 60°C 時開始提升，而到 100°C 時為火災關鍵發生點。造成鋰電池發生熱失控的幾項因素如下：

- **內部短路**：當遭受事故之外力機械衝擊時，將導致電池變形而相關材料恐滲入並引發內部短路。
- **外部短路**：電池單元變形時，恐將引起外部短路。
- **過度充電**：電池過度充電超過電器規範之最大電壓時，恐將導致電池永久損壞，或使電池的使用壽命縮短。
- **快速充電**：電池充放電之電流過大時。

依據美國全國廣播公司商業頻道(Consumer News and Business Channel, CNBC)報導指出，電動車火災屬於罕見情形，研究顯示電動車

起火機率僅為 0.03%，然而一旦起火後，卻更加難以撲滅，且電池可在火勢初步控制後的數小時甚至數天後再度重新燃起。相關案例如 2021 年 8 月，美國南部奧斯汀(Austin)一輛 Tesla Model X 起火後，相關救援人員表示，電動車撲滅火勢相對傳統柴油車之用水量需高達 40 倍。

因此，電動車設計中有眾多保護措施以防止電池過熱，以降低「熱失控」產生風險，並確保電池之機械與熱穩定性。相關保護措施可藉由對電池單元以及電池模組之適當監控機制加以達成。

■ **電池單元**：由於骨牌效應，如若一個電池單元發生「熱失控」，隨後將會擴及至其他電池單元，最終導致整輛電動車起火燃燒。韓國三星(Samsung)SDI 則開發高品質之圓柱形 18650 鋰電池，其優勢包含(1)電池金屬外殼堅固耐用，並可用作散熱器；(2)電池纏繞結構可將陽極與陰極分開多次，從而提高安全性；(3)相對其他電池較具有成本效益，且採用相同之外形尺寸相容性佳。此外，熱管理系統可快速精確測量鋰電池結構。日本羅姆半導體(Rohm)、瑞士 Sensirion 以及意法半導體(STMicroelectronics)等公司皆致力開發快速偵測以及高精確性之感測器產品。

■ **電池模組**：電池單元之數量與配置，在電池模組中扮演關鍵角色。此外，液體冷卻系統、風扇、導熱板以及導熱膜亦可有效冷卻電池或耗散熱點。臺灣凱美電機(Jamicon)或台達電子(Delta Electronics)另有提供客製化之連接器。而為有效地散熱，日本松下(Panasonic)所推出之 $10\ \mu\text{m}\sim 100\ \mu\text{m}$ 熱解石墨片(PGS)具輕薄優勢，可提供高導熱性(達 $1,950\text{W/mK}$)。

隨著全球淨零趨勢下，電動載具使用數量勢必逐漸攀升，相關配套措施規劃刻不容緩。美國國家運輸安全委員會(National Transportation Safety Board, NTSB)報告指出，目前所有汽車製造商的緊急應變指南皆訊息不足，儘管電動車存在著「切斷迴路」之斷電機制，然而此機制在嚴重事故中經常受損，加上消防人員普遍缺乏撲滅電動車火災的知識。未來如何伴隨綠能科技發展逐步完善電動載具安全規範制度，仍待

各國政府相關部門、研究單位以及業界共同構思後實踐。

參考文獻

1. 洪怡霖、成依華，「林志穎 Tesla 車禍 | 電動車火災難撲熄 美消防員曾澆 10 萬升水救火」，《香港 01》報導，2022/7/22，
<https://www.hk01.com/%E5%8D%B3%E6%99%82%E5%9C%8B%E9%9A%9B/795493/%E6%9E%97%E5%BF%97%E7%A9%8Etesla%E8%BB%8A%E7%A6%8D-%E9%9B%BB%E5%8B%95%E8%BB%8A%E7%81%AB%E7%81%BD%E9%9B%A3%E6%92%B2%E7%86%84-%E7%BE%8E%E6%B6%88%E9%98%B2%E5%93%A1%E6%9B%BE%E6%BE%8610%E8%90%AC%E5%8D%87%E6%B0%B4%E6%95%91%E7%81%AB>。
2. Andreas Mangler，Roland Hofmann，Rutronik，「如何防止鋰離子電池熱失控？」，電子工程專輯，2019/1/30，
<https://www.eettaiwan.com/20190130ta31-lithium-ion-batteries-how-can-thermal-runaway-be-prevented/>。