

特斯拉電動車火災之研究

郭來松

健行科技大學土木工程系副教授

徐皓哲

健行科技大學土木工程系空間資訊與防災所研究生

摘要

本研究以專家訪談的方式進行探討，在應對電動車火災時，需要考慮到鋰電池的特性和危險性，採取適當的滅火方式和防護措施。同時，建議消防機關採購對於電動車火災搶救的相關器材，並與電動車廠商配合，讓消防人員至電動車車廠進行教育訓練，提高其對電動車熟悉以及應變能力。

關鍵詞：電動車火災、鋰電池

一、前言

關於車輛的車禍救助以及火災搶救的流程已日漸成熟，但是僅限於油車，目前電動車火災搶救議題才剛起步，教材及訓練尚未完整，礙於近年電動車火災案件頻仍發生，查詢許多電動車緊急應變手冊，對於有關電動車的火災搶救文獻卻屈指可數。最近桃園市政府消防局針對電動車火災推動相關訓練課程，讓消防同仁可以更加熟悉電動車的結構，就目前實務需求而言，消防隊員對於電動車的資訊相對稀少，著眼於電動車愈發普及，未來此類型災害的發生機率將會越來越多，故本研究特別針對此議題進行研究及探討。

二、文獻回顧

當鋰電池不當使用時(如：掉落、擠壓、震動、撞擊、不平衡充電、外部短路、過充以及溫度壓力異常...等)，電池自身溫度會持續提高，若無法將產生熱量即時排除，將產生熱失控(thermal runaway)現象(圖1)，電池可能出現大量氣體排出、膨脹、電池液外漏以及燃燒爆炸等風險。

以下成鋰電池熱失控因素有分成內部短路、外部短路以及過充這三種：

1. 內部短路:由電池內部引起，包含電池掉落、擠壓、震動、撞擊、不平衡充電以及溫度壓力異常等因素。若電池保護設計不良、非安全設計與鋰原子的樹枝狀結晶(圖2)，易穿破隔膜造成短路而致電池起火或爆炸。
2. 外部短路:電池外部發生短路，包含內部線路絕緣設計不良造成。若保護裝置未能切斷，內部產生高熱，造成外殼膨脹、撐破而燃燒或爆炸。
3. 過充：鋰離子電池充電電壓高於4.2V(且電池內部保護裝置損壞致無法切斷時)之後，如過持續充電，因負極儲存格已裝滿鋰原子，後續的鋰原子會堆積於負極材料表面往正極長出樹枝狀結晶，並穿過隔離膜造成短路。

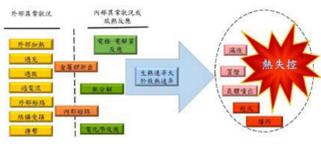


圖1 熱失控

圖片來源：曾俊誠,110年3月消防月刊

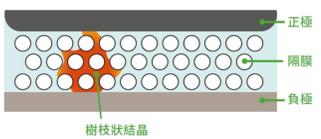


圖2 樹枝狀結晶

圖片來源：曾俊誠,110年3月消防月刊

三、專家訪談

本研究以電動車火災搶救為議題，邀請有電動車火災搶救經驗學者以及對於電動車訓練有素的救災人員進行訪談，以問答方式進行，獲取專家之看法以及寶貴經驗。

訪談內容以電動車火災搶救分成搶救、訓練以及器材三個層面進行提問，以下訪談內容：

(一)搶救面

問：對於電動車火災搶救雖然已有SOP供同仁參考，但是在於有人員受困時，是該以滅火優先還是人命救助優先？

答：我個人是認為說我們消防人員的搶救，不管是火警的搶救，還是汽機車火警的搶救，一定是為以人命救助為優先，那再來就是如果今天有因為火勢的關係影響到我們的搶救，那勢必你會把滅火程序往前做。調整對那把火的因素做排除之後，然後我們那時候的情境，如果足以去搶救人命的话，去搶救人命大概是這樣子，一定是以人命救助為優先。換句話說，如果今天呢？假設是一位駕駛受困，哪起火點是從後方開始做起火，那你在搶救的面同時不會被火勢作為影響，自然而然你可以將任命做一個救助，但是換句話說，如果今天是移位駕駛受困。那起火點也是大概在駕駛室附近，那你應為要去做的面就做的事情被火勢所影響，所以你勢必呢？會想把火勢這件事情控制住，先做排除之後才可以完成人命救助，所以其實原則上應該是這樣子。

(二)訓練面

問：如何訓練同仁搶救電動車火災，以確保救災效率？

答：撲滅一輛tesla model 3，水量約需12噸至20噸的水量。所以換句話說，如何在有限的水量下，將電動車的火警從火勢熄滅到徹底的降溫，對消防人員而言是一個重要的議題。那在訓練的時候我們應該可以透過一些搶救資訊的手冊，例如透過它官方的資訊做查詢，或者是使用一個免費的APP CRS去做查詢，那這幾個資訊可以讓我們知道，在做斷電的位置可以從哪裡做執行以及高壓電迴路的分布是在什麼位置，如果我們在做破壞作業的時候，也可以去做一個避免，那再來就是電動車火警的搶救分為明火的撲滅以及後續的降溫的處置，以達到我們搶救的救災效率。

(三)器材面

問：對於搶救電動車災害是否有建議之採購器材？

答：我會把器材分為3個類型，那第一個是針對電動車為起火前，可能是有一些碰撞的時候，可以使用一個緊急救援插頭來做使用，因為目前呢電動車在靜止狀態，你不曉得他今天是否有熄火是否真的有熄火也無法去做分辨，那使用這一個緊急救援插頭的話呢？可以將車子的動力做一個停止，這個是未起火前。那再來就是，針對電動車火警分為2個階段，第一階段是有明火的時候，另一階段是後續電池降溫的步驟，針對電動車如果有火勢燃燒的明火階段，那我們可以使用防火毯的部分去做一個包袱以達到減少水量的效果，那後續火勢熄滅之後，進入到第二個階段電池模組降溫的部分，那我們使用的器材就會比較多，包含我們的防水擋板以及底盤瞄子。那也可以使用我們的水槽車去做一個徹底的一個降溫，那大致上採購器材可以分為這3個方面。

四、結果分析

經過專家訪談後得到的資料，經過進一步整理及分析，就搶救、訓練及器材三個層面提出結果分析，並得到以下結果。

4-1搶救面

車輛火災搶救時有人命受困時，必須以搶救人命為優先目的，但是今天火勢如果影響到人命搶救時，則先以滅火攻擊為優先。

4-2訓練面

1. 學科面：讓同仁建立電動車與傳統油車火災特性的差異及電動車的搶救方式，並熟悉使用免費APP Euro Rescue查詢電動車車體結構，以及在值班台建立緊急應變指南的清冊。
2. 術科面：可至車廠接觸實體車輛，並由車廠技師做相關車輛設備的教育訓練，讓同仁了解電動車一些注意事項以及熟悉實體車輛。

4-3器材面

1. 緊急救援插頭(圖3)：緊急斷電插頭可以切斷電動車電力系統，讓電動車無法使用，對於車禍救助以及車輛火災都適用。
2. 滅火毯(圖4)：對於電動車火災明火階段可以對車體進行全面性的覆蓋，達到窒息的效果。
3. 底盤灑水器(圖5)：底盤灑水器可以針對電池模組進行持續灑水降溫。
4. 防水圍欄(圖6)：防水圍欄可以在平面道路上將水圍住，讓水在某個區塊累積至淹過電動車底盤的高度進行降溫。
5. water tank (圖7)：water tank跟防水圍欄的原理一樣，但是它是像砂石車車斗的一整台車子，這台車子只能供浸泡電動車使用，雖然效果極好但是效益不大。



圖3 緊急救援插頭

圖片來源：桃園市政府消防局車禍救助教材



圖4 滅火毯

圖片來源：桃園市政府消防局車禍救助教材



圖5 底盤灑水器

圖片來源：桃園市政府消防局車禍救助教材



圖6 防水圍欄

圖片來源：桃園市政府消防局車禍救助教材



圖7 water tank

圖片來源：桃園市政府消防局車禍救助教材

五、結論與建議

5-1結論

目前電動車火災搶救流程還是使用傳統油車的方式進行搶救，但是在斷電程序以及火災搶救是最大的差異，經由案例分析以及專家訪談後分析出電動車火災搶救流程，供消防人員搶救電動車火災時參考：

1. 評估現場、車輛辨識以及交通管制
2. 建立作業區
3. 車體穩固(限制移動)
4. 車輛斷電
5. 人命救助及火災搶救(需使用約30噸水量)
 - 甲、火勢猛烈，先壓制火勢在人命救助
 - 乙、火勢不猛烈，以人命救助優先在執行火災搶救
6. 殘火處理(持續灑水降溫火將電池浸泡在水裡)
7. 持續使用熱顯像儀(TIC)監控電池溫度

5-2建議

壹、搶救器材採購

目前對於電動車火災的搶救器材比較不足，建議消防機關可以依大隊以及中小型單位配發以下器材：

1. 各大隊可以配發一台水槽車(water tank)
2. 中型消防分隊配發底盤灑水器以及擋水板
3. 小型單位配發緊急救援插頭以及滅火毯

貳、電動車教育訓練

電動車不像傳統油車普及，針對火災搶救的經驗也相對較少，建議消防機關可以與電動車廠商配合辦理，讓消防人員去車廠參觀，並由技師針對電動車相關事項做教育訓練，電動汽車廠商也應該負起社會責任，提供足夠的電動汽車車輛供消防人員進行實務上的搶救訓練。



健行科技大學

Department of civil Engineering, Chien Hsin University of Science and Technology

2023

土木工程與防災研討會