

# 111 年臺南市政府及所屬機關學校創新提案競賽實施計畫(提案內容)

## 主題：電動車滅火三利器

### 一、提案緣起

隨著科技進步及環保意識抬頭，汽、機車等車輛係從一般燃油動力，進步到以天然氣或電池等作為動力之油電混合車及電動車等，其中，可有效減少環境污染的電動車於近年來更係受到民眾青睞與接受。然而，電動車底盤搭載數千顆鋰電池以串、併排方式排佈，當鋰電池破裂產生自燃反應後，將連鎖引燃其鄰近電池，造成其他鋰電池跟著燃燒引發連鎖反應，這也是電動車只要鋰電池被破壞引燃，即很難用水馬上撲滅之困境。

由於本市電動車日益增多，大樓室內地下停車場陸續出現電動車充電設備，有先見之明的局長李明峯 110 年初即指示建置電動車滅火機制，避免未來發生此類火災時，能更迅速有效地控制及撲滅火勢，減少延燒之逾。除此之外，110 年 7 月本市仁德區發生一起特斯拉自撞民宅起火，係由大隊長邱淵明到場指揮搶救，優先將昏迷駕駛脫困送醫，然而電動車輛瞬間起火高溫，不斷發出電池爆炸聲響，消防人員持續射水，耗時約 3 小時，使用 20 噸左右水量才完全撲滅火勢，經過此案件著實讓本局體認到電動車起火後撲滅之困難度。

本局經過 1 年半時間研議電動車滅火機制，陸續以產、官、學等合作方式，終於完成電動車搶救機制及 SOP，希望透過渠等搶救機制之建立，讓民眾可更放心使用電動車，更相信政府守護民眾生命財產安全的決心。

### 二、現行運作限制

動力來源的車輛因電池起火燃燒事件頻繁發生，而當車輛起火燃燒時，即使駕駛人於第一時間撥打電話請消防單位前來救援，亦可能會因交通阻塞或路程較遠等因素，造成消防單位無法短時間到達現場，以致車輛持續燃燒情況，另若車輛起火地點係在地下停車場等消防車無法進入場所時，更僅能任由車輛燃燒，除造成車輛被燒毀外還會引發爆炸等危險。再者，由於電動車的電池係設置於車輛底盤處，更增加滅火時的困難性，因此，當電動車的電池起火燃燒時，通常需要用非常大量用水及較長時間進行滅火作業，而此漫長滅火作業係易影響消防人員呼吸道安全，另將電池火勢撲滅後還要維持降溫，以防止電池隨時復燃爆炸。

由於國內電動車滅火裝備產業經與本局研議合作起步，透過成果發表記者會推廣下，各大企業或購物中心陸續重視停車場電動車起火議題，然而國內製造產量有限，仍需要時間製作及宣導，才能全國普及。

### 三、 推動策略(具體推動策略、創新作為)

#### (一)專案成立「電動車鋰電池火災搶救研發小組」進行產官學合作

本小組組長由主任秘書李政昌擔任，召集副組長大隊長邱淵明、科長陳坤宗，並協同組員股長黃劭琪、技佐黃志豪、隊員楊雅雯、隊員鄭依婷共同進行資料蒐集及研析，並主動向國立臺南大學綠色能源科技學系張家欽教授汲取相關專業知識，就國外滅火方式與消防機關過往滅火經驗互相交換經驗，於是歸納電動車滅火方式可採窒息、降溫及抑制連鎖反應等 3 種，在確立目標後即開始著手進行滅火毯、二氧化碳滅火器、底盤灑水裝置及移動式水槽之採購與製作，過程中結合產業界常琪鋁業股份有限公司、景同有限公司及南良國際股份有限公司鼎力提供相關材料與加工技術，搭配能元科技股份有限公司所提供之鋰電池與中信金融管理學院提供場地作為實驗測試，方有此成果展現。

本小組多次會同第六大隊實驗工作人員，透過高溫加熱串併連 6 顆 21700 鋰電池導致熱失控起火，再依下列各式滅火藥劑進行撲滅鋰電池之實驗 (圖 1)：

- 現場混泥土沙覆蓋
- 水坑射水 (儲水槽概念)
- ABC 乾粉 10P 型滅火器 10 支
- 環保迷你噴霧式清水泡沫滅火器(封火輪 1 瓶 400CC)10 支
- 20P 金屬滅火器 2 支
- 滅火毯
- 滅火毯+二氧化碳滅火器 10P 型 1 支



圖 1：鋰電池滅火實驗

透過實驗結果得知各式滅火藥劑之滅火效能值（圖 2），滅火毯+二氧化碳滅火器〉滅火毯〉水坑射水(儲水槽)〉ABC 乾粉 10P 型滅火器〉環保迷你噴霧式清水泡沫滅火器〉20P 金屬滅火器〉土砂覆蓋。

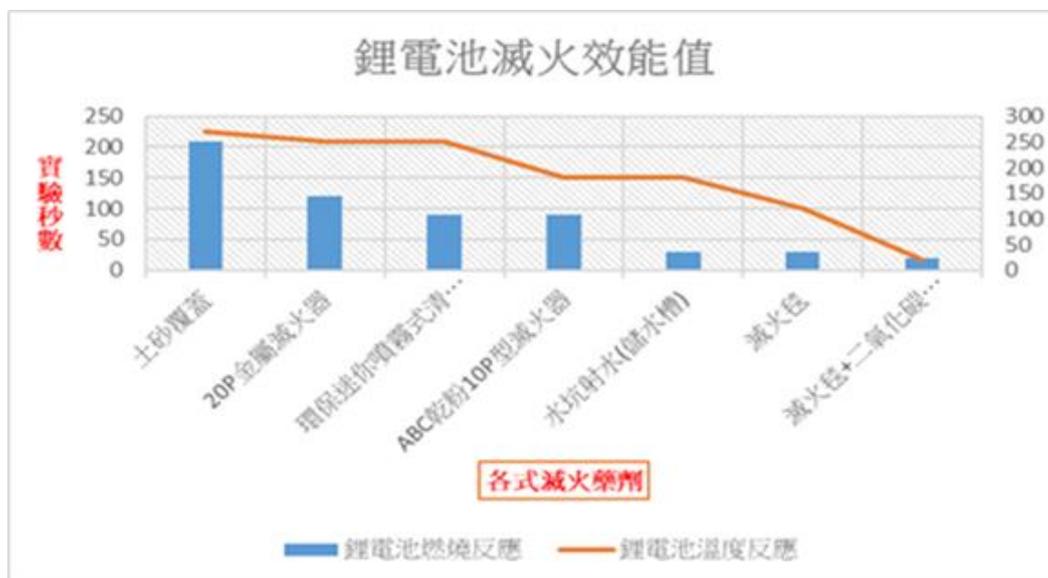


圖 2：鋰電池滅火效能值

由於大多數電動車使用三元鋰電池組（依容量分為有 18650、21700 及 46800 等型號），其熱失控溫度介於 120~139 °C，最大燃燒溫度會隨著熱源功率的增大而增加，最高溫度可達 800 °C。側面過熱時鋰電池組燃燒劇烈程度會隨著與熱源距離的增加而減弱，出現多次斷續復燃現象。相比側面過熱，鋰電池組底面負極過熱時燃燒程度更劇烈，電池會連續噴射燃燒，同時外部熱源功率的增大，會縮短著火時間並加劇燃燒強度。此時採用水霧對著火的鋰電池組滅火，可以對燃燒中的鋰電池組進行有效的抑火降溫，使電池內部溫度降低到臨界溫度以下，從而有效防止復燃。

綜合上述實驗結果建議如下：

1. 當鋰電池造成的火災發生在室外時：可採用方式使用「滅火毯+二氧化碳滅火器」、「滅火毯」、「水坑射水(儲水槽)」及大量射水降溫等方式。
2. 當鋰電池造成的火災發生在室內時：可採用方式「滅火毯+二氧化碳滅火器」、「滅火毯」等方式。
3. 初期滅火若能在 30 秒內完成為最有效抑制連鎖反應。

## (二)全國首創，研發電動車滅火三利器，運用科技救災

經參考國外文獻，電動車鋰電池燃燒時間可長達 6 小時，其所耗費的水量可達 75 噸，故本次研究成果從救災現場初級火災抑制及至最終滅火均完整呈現，其所使用方式分述如下：

## 1. 滅火毯搭配二氧化碳滅火器：

由於鋰電池接觸空氣燃燒產生高溫可達 800 度，如採用窒息方式將整個車體進行覆蓋，預估滅火毯需可承受 1,000 度以上之高溫，由於覆蓋後之滅火毯內尚有剩餘空氣有助於鋰電池燃燒，故覆蓋後灌入二氧化碳滅火器（圖 3），將有助於火勢迅速得到控制。

因此，本局與在地企業南良公司多次討論研發滅火毯，分別為第一代氧化纖維及第 2 代二氧化矽材質，平常可折疊成適當大小，以方便收納於車輛之行李箱內隨車攜帶，無論燃油車或電動車不預期起火燃燒時，即可立即取出使用以快速撲滅火源。



圖 3：消防人員使用滅火毯覆蓋車體並灌入二氧化碳滅火器

## 2. 自製底盤噴水降溫裝置：

由於電動車鋰電池在底盤，外部封裝嚴密、水無法深入內部，燃燒後的鋰電池易產生連鎖反應及復燃並產生高溫火焰造成熱失控。

雖然水是最佳降溫利器，消防人員只要火災都用消防瞄子射水對火點進行降溫滅火，此舉可有效降溫但耗水量大。因此，本局自行設計底盤噴水降溫裝置（圖 4），請義消陳建榮副中隊長及景同公司協助焊接研發底盤噴水降溫裝置，並多次改良，將有助於第一時間深入車輛底盤，針對燃燒的電池進行降溫，從底盤下方撒水將熱帶走，以抑制火勢擴大，有效降溫減緩火勢，並降低水資源的損耗。

由於電動車底盤高低不一（包含轎車型、休旅車及電動巴士等），本大隊底盤噴水降溫裝置共有 3 款設計，可互相搭配靈活應用，1 人即可推拉操作，下方有輪軸設計，透過消防幫

浦及水帶供應水源，即可進行射水降溫作業，避免人員過於靠近。

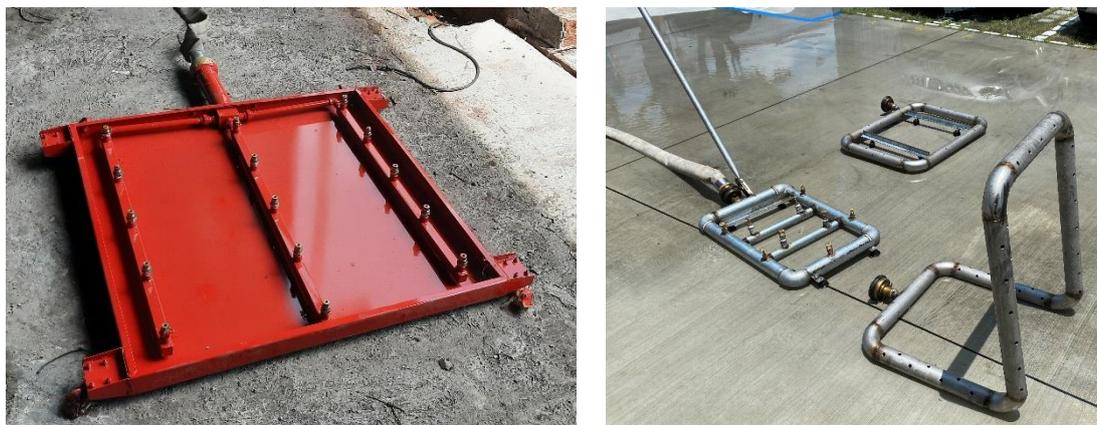


圖 4：底盤噴水降溫裝置多款設計

### 3. 自製移動式水槽滅火裝備：

針對電動車起火，國外做法有打造上千萬大型水槽車將燃燒車輛直接夾入水槽內，價格不菲，對於狹小巷弄或地下停車空間等不方便移動，並且搬運不易，大型水槽車恐無法深入災害現場。此外，電動車復燃機率相當高，將其底盤鋪設有電池處浸泡於水中，利用自製移動式水槽來進行『冷卻法』與『窒息法』，抑制連鎖反應。

為此本局自製研發自行設計水槽樣本，透過常琪鋁業捐贈新型輕量鋁合金，委由景同公司協助加工，自製研發輕質鋁合金移動式水槽（圖 5），重量約 4-6 人即可搬運，耐火溫度達 500-700 度，相較國外作法更為輕量化及便利性，適合臺灣地下室停車場等場所救災。



圖 5：移動式水槽滅火裝備

當電動車起火時，透過消防車的絞盤將起火車輛拉近水槽內，免除車輛吊掛風險，另由 2 組人員射水防護（圖 6），待車輛完全進入水槽後，直接將水槽內加滿水淹過底盤電池，不僅減少大量的水損失並有機會讓電動車免於全毀命運。以輕質鋁合金打造移動式水槽滅火裝備，在 4 人合力下即可搬運移動，搭配消防車上之絞盤可將抑制火勢之電動車拉進水槽內，在灌水超過車輛底盤高度下讓電池全面浸漬於水中達滅火之效果，此舉亦有機會讓電動車免於全毀命運。



圖 6：消防人員操作移動式水槽滅火裝備

以上三種方式，人員在操作執行上須穿基本個人防護裝備，以避免被火或輻射熱所燒燙傷及吸入有毒氣體，經評估在水的使用上，可從原先 75 噸縮減為 6 噸，大大降低水資源的浪費。

### (三)邀請專家技師研討，辦理特斯拉電動車搶救訓練

111 年 3 月 18 日大隊長邱淵明為提升所屬人員針對火災搶救及電動車事故能以迅速、正確方式搶救能力，確保消防人員搶救過程安全無疑，辦理特斯拉電動車搶救訓練（圖 7），共有 80 人受訓，聘請北部特斯拉電動車專業王負責人技師到場，講解各種車輛電力構造細節及緊急事故處理原則。課程內容包含特斯拉電動車年分車型辨識、電池種類、電池特性、災害潛在風險之感電、快速燃燒、有毒氣體、高復燃風險及搶救程序，全面提升車禍救助應變能力，深入了解電動車事故救援處理流程，不僅是保障消防人員的救災安全，更是展現守護台南市民生命財產安全之決心。



圖 7：技師講解特斯拉電力系統構造

<https://www.ettoday.net/news/20220318/2210961.htm#ixzz7iGfcaMdo>

#### (四)辦理成果發表記者會

111年8月24日由本局辦理「自主研發電動車滅火機制」成果發表記者會（圖8），邀請內政部次長陳宗彥與消防署署長蕭煥章連袂出席，現場由市長黃偉哲親臨主持，多位臺南市議會議員也一起共襄盛舉，見證臺南市政府消防局在產、官、學三方面合作下，共同發表電動車滅火三利器，並將其納入未來電動車火災搶救方式，成為全國首創。



圖 8：記者會大合照

<https://udn.com/news/story/7326/6561249>

<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220907001462-260405?chdtv>

<https://udn.com/news/story/7326/6561249>

#### (五) 全台最高指標性大樓台北 101 率隊蒞臨參訪

111 年 9 月 7 日台北市 101 大樓安全主管，鑑於室內停車場停放電動車數量日益增加，擔憂面對停車場狹小空間內電動車起火，如何第一時間抑制火勢並阻隔延燒，便率團到本市消防局第六大隊取經，學習電動車難滅火原因及其解決對策（圖 9）。



圖 9：南市消第六大隊與台北 101 交流分享合照

本局第六大隊大隊長邱淵明分享並實際演練適合於室內停車場電動車滅火機制，當鋰電池接觸空氣燃燒產生高溫可達 800 度，建議採用乾式窒息方式，將台南市消防局與國內業者合作研發無毒滅火毯覆蓋整個車體，另考量車輛內尚有剩餘空氣有助於鋰電池燃燒，故覆蓋滅火毯後再行灌入二氧化碳或其他惰性氣體滅火器（圖 10）。除了可以降低氧氣濃度，更能協助降溫，將有助於電動車火勢迅速得到控制。在消防人員抵達現場前，台北 101 大樓消防自衛編組織之滅火組人員以此方式執行初期滅火，大大降低成災風險擴散，後續再交由轄區消防人員接手處置。



圖 10：滅火毯搭配二氧化碳滅火器演練

<https://udn.com/news/story/7323/6595942>

<https://www.ettoday.net/news/20220907/2333602.htm>

(六)台南向前行節目專訪-邁向科技救災 台南首創電動車滅火機制

在臺南市政府新聞及國際關係處與雙子星有線電視股份有限公司安排下，本局定於 111 年 9 月 30 日錄製「台南向前行」的節目（圖 11），針對台南全國首創自主研发電動車滅火機制作深入性的探討與採訪，邀請第六大隊大隊長邱淵明及災害搶救科科長陳坤宗一同前往，讓市民朋友可以更加清楚明白推動此計畫之動機、目的、詳細內容介紹、電動車跟燃油車滅火差別、感謝那些單位及未來創新規劃等，透過節目讓各位觀眾從電視或 Youtube 瀏覽觀看。



圖 11：台南向前行專訪

<https://www.youtube.com/watch?v=XiQ6yDBQ03I>

#### 四、 跨機關推動情形

本案以產官學方式進行跨機關合作，首先向國立臺南大學綠色能源科技學系張家欽教授汲取相關專業知識，就國外滅火方式與消防機關過往滅火經驗互相交換經驗，於是歸納電動車滅火方式可採窒息、降溫及抑制連鎖反應等 3 種，在確立目標後即開始著手進行滅火毯、二氧化碳滅火器、底盤灑水裝置及移動式水槽之採購與製作，過程中結合產業界常琪鋁業股份有限公司、景同有限公司及南良國際股份有限公司鼎力提供相關材料與加工技術，搭配能元科技股份有限公司所提供之鋰電池與中信金融管理學院提供場地作為實驗測試，方有此成果展現。

後續，隨著本局記者會發布後，內政部消防署陸續至其他縣市開辦電動車滅火講習，將電動車滅火機制推廣應用到其他縣市。

#### 五、 所需資源

由於研究預算經費有限，大多數的原物料皆由廠商或義消捐贈、加工，實驗場地及專業知識由在地大學免費提供與諮詢。

- (一) 能元科技股份有限公司所捐贈 400 顆 21700 鋰電池。
- (二) 常琪鋁業股份有限公司捐贈新型輕量化鋁合金 1 批，以供製作移動式水槽滅火裝備。
- (三) 南良國際股份有限公司捐贈 2 款滅火毯材料及製作大尺寸 (8 公尺\*6 公尺) 滅火毯。
- (四) 景同有限公司協助加工 1 款底盤噴水降溫裝置及移動式水槽滅火裝備。
- (五) 義消副中隊長陳建榮協助加工 2 款底盤噴水降溫裝置。
- (六) 中信金融管理學院提供免費場地作為實驗測試。
- (七) 臺南大學綠色能源科技學系張家欽教授提供相關專業知識。

本局以最少經費完成最艱難的任務，僅購置以下滅火器，花費 11,300 元，節省上千萬公帑預算採購國外進口品。

- (一) 進口金屬滅火器 2 支，每支 3,000 元，合計 6,000 元。
- (二) 二氧化碳 5P 型滅火器 2 支，每支 1 千 500 元，合計 3,000 元。
- (三) 二氧化碳滅火藥劑填充 5 次，合計 2,300 元。

#### 六、 預期效益

本提案之主要規劃核心為「節能環保趨勢下的電動車滅火問題」，時勢所趨環保電動車，減少了碳排放，在鼓勵市民認同科技智慧感的城市理念之下，我們提出了配套措施給電動車業者，對於環境、社會與經濟面向都有其可量化與不可量化之預期效益。包括：

- (一) **環境效益**：電動車減少二氧化碳排放量、保護自然環境與景觀資源，若遇有起火狀況，每車配置有滅火毯即可初期覆蓋，減少有

毒氣體產生，並且限制火勢擴散，減少市民財損及安全保障。

- (二) **社會效益**：提升民眾對於電動車危險性之了解及應變，多一份預防即可少一分危險，未來更規劃推廣滅火毯多元化應用，無論居家、社區、商場、百貨及企業等增加防火防災意識，面對各式初期火災都能以滅火毯覆蓋法窒息，促進災害減少。
- (三) **經濟效益**：創造國內在地產業工作機會、我國人才及資源不比過外差，進口商品通常比國內貴出 2-3 倍，希望透過產官學合作能培育在地人才，發展利基產業滅火毯，全國普及後未來發展國際出口。
- (四) **發明專利效益**：電動車滅火三利器皆申請發明專利送審中，其中滅火毯已核准通發新型專利證書，對於消防工作有重要貢獻及創新性。
- (五) **完整建置電動車起火處理流程效益，並加強消防人員訓練及應變。**
  - 1. 穿著完整個人防護裝備。
  - 2. 建立安全作業區域。
  - 3. 電動車車種的辨識，如果可以確認車種進而可參考內政部消防署網站的油電車緊急救援手冊進行搶救或原廠作業規定進行搶救。
  - 4. 隨時利用聽覺、視覺等多種感官判斷潛在危險因子。
  - 5. 穩固車輛。
  - 6. 建立大量水源備援及在安全距離下進行滅火。
  - 7. 依據現場救災資源及車輛狀況選擇適當滅火戰術（攻擊、防守、頂撐）。
  - 8. 依據各車種執行斷電程序及人命救助。
  - 9. 熱顯像儀（TIC）持續觀察電池模組溫度。
  - 10. 長時間的靜置觀察電池溫度有無升高、復燃。
- (六) **電動車充電裝起火處理流程效益，並加強消防人員訓練及應變，亦可提供電動車主自主滅火。**
  - 1. 穿著完整個人防護裝備。
  - 2. 使用滅火器。
  - 3. 依據各車種執行斷電程序及人命救助。
  - 4. 熱顯像儀（TIC）持續觀察電池模組溫度。
  - 5. 長時間的靜置觀察溫度有無升高、復燃。
- (七) **電動車滅火三利器總共節省公帑支出上千萬元。**
  - 1. 光是國外進口玻璃纖維滅火毯遇熱吸入到人體肺部無法代謝出去，價格新台幣 10 萬元以上，幾乎是過內研發無毒滅火

毯之 2 倍價。

2. 國外進口底盤穿刺滅火裝備 1 組約新台幣 30 萬元，國內研發底盤射水成本不到 1 萬元，相差甚大。
3. 移動式水槽過外一台吊車兼水槽車 1 千多萬元，本局自製移動式水槽滅火裝置，重量更輕巧便利、機動性高、只要 4-6 人即可搬運，價格雖然未定，至少比上千萬元少上很多。