



中國工程師學會  
*Chinese Institute of Engineers - Taichung Chapter*  
台中分會會訊

NO.68

發行人：溫志超

編輯：葉秀貞、史立敏、林秋惠

中華民國112年03月

## 第53屆理、監事候選人 開始登記

中國工程師學會 台中分會  
即日至112年3月31日前，進行理、監事候選人登記  
敬請各位有志於學會服務的會員參與，相關資訊請見本期會訊

### 目錄

一. 會務動態 .....	2
二. 專題報導 .....	4
三. 第五十三屆理監事候選人登記資訊 .....	12
四. 其他相關資訊 .....	13

## 一、會務動態

### 中國工程師學會(台中分會)第 52 屆第 6 次理監事會議記錄

時間：112 年 1 月 19 (星期四)；中午 12 時

地點：台中市長榮桂冠酒店 2 樓曲江廳

壹、主席致詞

貳、工作報告

參、討論事項

#### 一、召開本分會 112 年會員大會時間及參訪地點等相關事宜：

說明：關於召開 112 年會員大會日期、及參訪活動相關時間、地點等事宜，提請討論：

決議：

比照往年經驗，維持在 5 月底辦理，將於 5/26(五)召開。當日上午於中興大學辦理會員大會，中午用餐後再搭遊覽車進行下午的工程參訪，參訪地點將於第 7 次理監事會議再行報告。

#### 二、本分會第 69 期會訊中專欄提供者：

說明：本分會第 68 期會訊專欄由徐啟銘常務理事提供，預計 3 月出刊，69 期會訊預定 4 月出刊，70 期會訊預定 6 月出刊，是否有理、監事自願或推薦專家學者提供著作，提請討論：

決議：

第 69 期會訊由溫志超理事長提供；第 70 期會訊由蔡清池常務監事提供。

#### 肆、臨時動議

增訂本分會組織章程第四章-組織中條文，關於無故缺席理、監事會議之理、監事處置方式：

說明：參考總會組織章程第四章-組織第二十七條：本學會理事、監事應親自出席理事、監事會議，不得委託他人代理；連續二次無故缺席者，視同辭

職。(總會組織章程詳附件)，本分會組織章程是否增訂上述條文，惟無故缺席次數為二次或幾次，提請討論：

決議：

理監事改選前，尚有 1 場理監事會議，即為第 7 次理監事會議，因需決定理監事改選名單及年會等相關事宜，請秘書處鼓勵理監事出席會議，並將此臨時動議列為正式議案，若當場理監事通過修正，則提送至會員大會報備。

## 伍、 賦歸

### 第五十二屆第六次理監事聯席會會議照片



與會理監事討論



餐敘合影

## 二、專題報導

### 熱分析技術應用於鋰電池安全測試評估

鍾易宏

製程安全與產業防災中心主任 一般爆竹煙火檢驗組/組長

徐啟銘

製程安全與產業防災中心主任/國立雲林科技大學 環安系/特約講座教授

#### 一. 回顧與展望

近年來各國因淨零排放及碳中和等環境議題，上至政府下至企業紛紛祭出政策或規章手段冀能於發展的進程中兼具達 ESG (Environmental/Social/Governance) 永續發展的目標，其中包含環境保護、社會責任及公司治理等，環境保護中又涵蓋空氣汙染、能源管理、燃料管理、生物多樣性、溫室氣體排放、水及污水管理等。上述項目無疑關乎污染減排、使用乾淨能源及循環再利用等議題，衍生出能源轉型、禁售燃油車等落日條款，然以日趨成熟的電池技術而言，鋰電池似乎成為現階段大家的共識。幾年前電動車的推動冀能有效將難以處理之移動污染源轉變成固定污染源，然供給電能如仍為傳統的發電模式，將使永續發展的美名掛上問號，隨著近幾年的演進，能源轉型的目標紛紛於各國內加速了步調，從口號的播送轉變成實質的演進，然再生能源現仍普遍存在一個致命性的問題為難以成為基載電力，此時電池所衍生的系統如電動車、家用儲能系統、儲能站等隨即成為綠色能源與電網系統的重要連接器，能將原本非機載電力的綠色能源如太陽能、風能、水力及地熱等於電網中得到更好的應用，然隨著電池應用的大規模提升，鋰電池失控火災的頻率、嚴重度以及規模亦隨之劇增，眾多災例的調查結果顯示電池衍生的災害大多因單顆電池的失效傳播所造成，表 1 彙整近年大型儲能系統近幾年的災害案例。一直以來，各電池製造商嘗試避免或提高此種鋰電池的失效率，然因製造系統差異、配方用料不同且使用情境多變而終將難以避免，且值得注意的是隨著電動車及電動機車此類對能量密度有高標需求的設備大量的成長，在達汰換年限時也大多將轉向回收為相對低能量密度需求的儲能系統所用，屆時此類電池的組裝、電池健康度、電池平衡等問題將更加棘手，且可以預見的此類電池將更容易導致災害的發生。

另外，儲能系統能有效的提升電網電力使用效率、整合再生能源發電、增進電網彈性及應變能力，是未來國際發展能源供應體系重點開發項目，而表 2 則是定置型儲能系統 (不含 UPS、抽蓄水力等) 應用說明<sup>[王孟傑，工業材料 393 期，2019/09]</sup>。

表 1 2017 年以來儲能系統災例彙整

地點	日期	儲能類型	廠商/電池類型	事件描述
中國	05/2017	—	三元系鋰電池	儲能櫃火災事故
比利時	11/2017	—	鋰電池	儲能櫃火災事故
中國	08/2018	—	磷酸鋰鐵電池	儲能櫃火災事故
韓國	05/2018	—	三元系鋰電池	組件面板/儲能櫃火災事故
	06/2018	風力		
	06/2018	太陽能		
	07/2018	太陽能		
	07/2018	風力		
	09/2018	太陽能		
	09/2018	太陽能		
	10/2018	調頻		
	11/2018	太陽能		
	11/2018	太陽能		
	11/2018	太陽能		
	11/2018	太陽能		
	12/2018	調頻		
	12/2018	太陽能		
	01/2019	太陽能		
01/2019	調頻			
美國	04/2019	三元系鋰電池、BESS	美國亞利桑那州公用事業服務公司 (APS) / LG 電池	鋰電池析出穿刺隔離膜，造成電芯內短路。
韓國	05/2019	太陽能	三元系鋰電池	組件面板/儲能櫃火災事故
	08/2019	太陽能		儲能系統火災事故
	09/2019	風力		儲能系統火災事故
台北市內湖科學園區	07/2020	太陽能		備置在橋下的儲能系統櫃燃燒
英國	09/2020	調頻	Ørsted	20MW 電池儲能系統項目發生火災，大火持續了十個多小時未被完全撲滅。
韓國	04/2021	太陽能	LG	儲能單元內部起火引發火災
澳大利	07/2021	電網	特斯拉	Megapack 電池組著火蔓

亞				延引起火災，造成爆炸
中國	04/2021	光儲	北京福威斯油氣技術有限公司	磷酸鋰鐵電池短路熱失控引發火災後續造成爆炸(3死1傷)
韓國	01/2022	太陽能	LG	電池內部問題造成熱失控
美國	02/2022	儲能電站	Vistra Energy	因電池的水系降溫系統啟動導致該項目約7%的電池模組和其它系統設備造成損失
台中龍井	03/2022	三元系鋰電池(光電)		工研院龍井儲能場失火
德國	05/2022	太陽能光儲		自家用戶於地下室的光儲能系統爆炸
美國	09/2022	變電站	特斯拉	Megapack 電池組著火蔓延引起火災

表 2 定置型儲能系統應用場域說明與電網系統設計

場域	定義與用途	功率	放電時間
住宅儲能系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 獨棟住宅或集合住宅使用</li> <li>➢ 災害、停電時之備用電源，或搭配太陽能系統 (PV) 之負載調控</li> </ul>	1-3 kW	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ PV 搭配 2-8 小時</li> <li>✓ 備用電源 1-24 小時</li> </ul>
工商用儲能系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 電費管理</li> <li>➢ 電力可靠度、備用電源</li> <li>➢ 再生能源自發自用</li> <li>➢ 尖峰轉移、負載平滑化</li> <li>➢ 電網輔助服務</li> </ul>	數十kW-數MW	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 備用電源 1-24 小時</li> <li>✓ 尖峰轉移 1-6 小時</li> <li>✓ 輔助服務 10 分-數小時</li> </ul>
電網用儲能系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 系統穩定、區域電力供需管理</li> <li>➢ 電網調節、輔助服務</li> <li>➢ 尖峰負載火力發電替代</li> </ul>	10-100kW	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 電力供需管理 1-10 小時</li> <li>✓ 輔助服務 10 分-2 小時</li> <li>✓ 尖峰負載火力發電替代 10 分-4 小時</li> </ul>
大型太陽光電搭配儲能系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 輸出平滑化</li> <li>➢ 電能時間轉移、計畫性運轉</li> </ul>	PV 容量之 70-100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 平滑化 10 分-2 小時</li> <li>✓ 計畫性運轉 4-8 小時</li> </ul>
風力發電搭配儲能系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 輸出平滑化</li> <li>➢ 電能時間轉移</li> <li>➢ Cut-out 應變</li> </ul>	風電容量之 10%-50%	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 平滑化 10 分-3 小時</li> <li>✓ 計畫性運轉 4-8 小時</li> <li>✓ Cut-out 應變 10-30 分</li> </ul>

目前鋰電池種類以正極材料可分為鈷酸系/LiCoO<sub>2</sub>、錳酸系/LiMnO<sub>2</sub>、三元系鎳鈷鋁酸鋰/LiNi<sub>x</sub>Mn<sub>y</sub>Al<sub>z</sub>O<sub>2</sub> (NCA)、三元系鎳鈷錳酸鋰/LiNi<sub>x</sub>Co<sub>y</sub>Mn<sub>z</sub>O<sub>2</sub> (NCM)、磷酸鋰鐵系/LiFePO<sub>4</sub> 等) 等主流發展出高能低價、長效使用週期與高安全等新世代鋰電池應用於電動車與儲能系統。儲能系統之設置需綜合考量安全性並具有耐久性，以供長期使用。為滿足特定應用的應答速率、功率及能量需求、系統效率、維修、環保、生態影響等因素，對於引用充放電週期、設置成本、效率等會因為參考系統規模及技術成熟度等差異而不同，增加不同類別技術比較具有難度。目

前最尖端大型儲能電池系統為：液流、鈉硫、鋰離子、鎳錳、鉛酸、金屬－空氣等為主流。從能量密度、能源效率、壽命及環境友善度等觀點來看，鋰電池皆具有競爭優勢，以三元系鋰離子為例，其具有高比容量、長循環壽命、低毒和廉價的特點，且三種元素之間具有良好的協同效應，因此受到了廣泛的應用於鋰電池正極材料，圖 1 為鋰電池三元系正極材料發展趨勢

[陳雨筑、呂學隆， 2021；電池中國網，2017]。

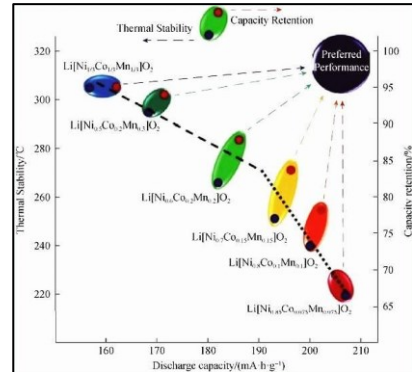
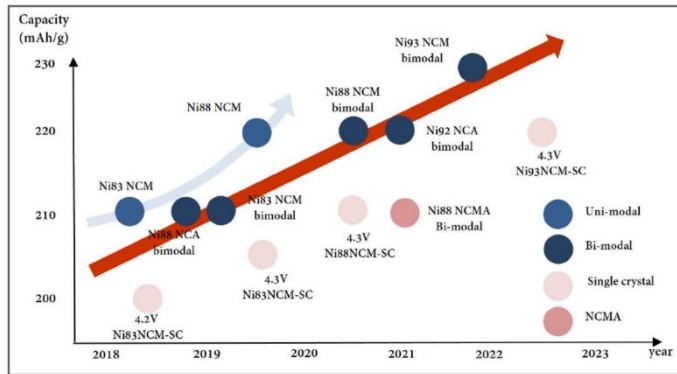


圖1 三元系材料發展趨勢與性能比較。

## 二. 鋰電池安全研究

鋰電池火災原因常為電池保護系統不良、運營環境管理不良、安裝疏忽、能源管理系統/PCS 變流器集成不良等 4 種因素。同時調查發現，一些電池存在製造缺陷但在模擬測試中並未造成火災。因此須建立鋰電池儲能系統熱分析與電化學反應機制開發電池散熱結構與冷卻系統設計、電池安全可靠設計與多層圍堵式防護結構，甚至於 Energy storage system (ESS) 遭遇燃燒或爆炸時之事故消滅技術方可提高鋰電池儲能系統的安全性。儲能系統可能存在於操作變數 (SOC/SOD/SOH、充放電條件、倍率與頻率、散熱條件等) 各種極端環境下運作 (如高低溫、鹽化鏽蝕、日曬雨淋等) 而造成電池系統老化、短路等潛在風險。鋰電池由於材料本身不耐高溫的特性，容易因為過熱、短路而導致燃燒，所以鋰電池模組的元件就顯得格外重要，例如，電動車為避免因路面振動、坑洞，而造成擠壓、外部短路等情形，外殼和電池管理、高壓斷路器就需要配置；而為讓電池組能適應環境溫度驟變 (極端的高、低溫)，溫度管理與冷卻系統也是必不可少的裝置。

研究發現鋰電池熱失控的溫度趨勢中，熱移除效率是決定鋰電池是否能夠安全應用的關鍵之一，而造成鋰電池熱失控最危險的原因為內短路 (Internal short circuit) 問題，內短路無法透過外部安全輔助裝置或電源管理系統進行控制與防範，必須由內部的材料進行改善。鋰電池安全性的熱化學失控問題，需考量系統的溫度控制、化學反應熱焓及機制、副反應 (Side reaction) 與其放熱量控制是影響電池系統安全的關鍵。

## 2.1 鋰電池熱失效探討

鋰電池失控反應為一連鎖反應，可能由熱濫用、機械外力等所引發，電池模組系統溫度升高首要為固體電解質膜 (SEI) 被破壞，可能產生氫自由基與氫氧自由基，進一步發生自由基鏈式反應同時放出大量的熱 (圖2)。測試鋰電池之電化學反應與材料之熱化學反應分析機制，探討鋰電池因焦耳熱累積與內短路之電極材料與電解液導致熱失控的現象。在不影響電池原來的性能之下，活化鋰離子電池的工作效率，如提昇電池之能量密度、循環壽命、充放電庫倫效率等，亦有部份研究針對鋰離子電池之熱穩定性進行安全改善。目前鋰電池除進階正負極高能材料之研發外，電池熱管理系統 (Battery thermal management system, BTMS) 及模組冷卻/散熱系統亦是多元發展。目前相關之鋰電池與熱卡計相關研究如下：

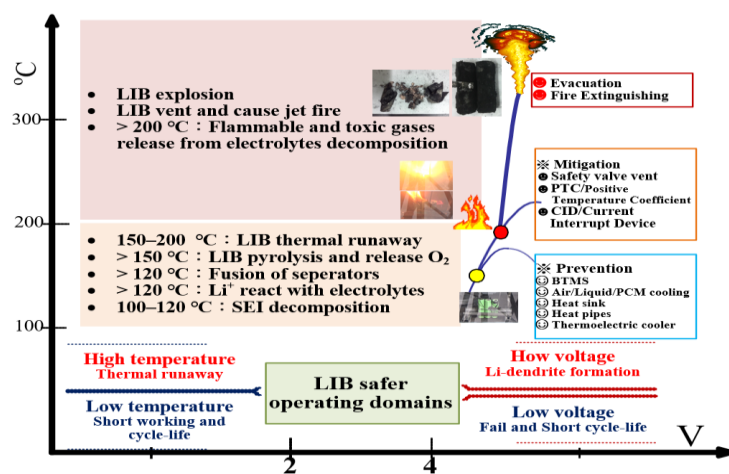


圖2 鋰電池失控階段示意

- A. Wang 等人<sup>[Wang et al., 2019a]</sup> 2019 年於 Progress in Energy and Combustion Science 發表 “A review of lithium-ion battery failure mechanisms and fire prevention strategies” 就鋰離子電池的安全問題可能因陰極、陽極、電解質或隔離膜等個別組件或電池模組系統在某些熱失控、SEI 膜破裂、鋰枝晶生長、氣體逸出等濫用情況下失效，而高溫、過度充放電、內外部短路、撞擊、擠壓或穿刺等非預期情況可能會顯著增加內部短路累積焦耳熱 (Joule heat) 導致電池升溫，使電池內部材料存在熱失控而導致燃燒或爆炸的風險。



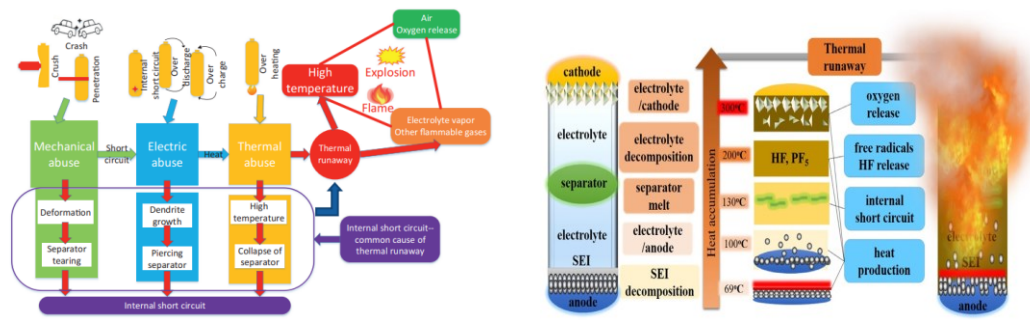


圖3 鋰電池短路模式與內部材料組成之失控反應機制

- B. Chen 等人 [Chen et al., 2019] 2019 年於 *Applied Thermal Engineering* 發表 “Investigation on thermal and fire propagation behaviors of multiple lithium-ion batteries within the package” 針對鋰電池於儲存、運輸與使用時的燃燒危害進行測試，發現電池組起火且延燒劇烈。

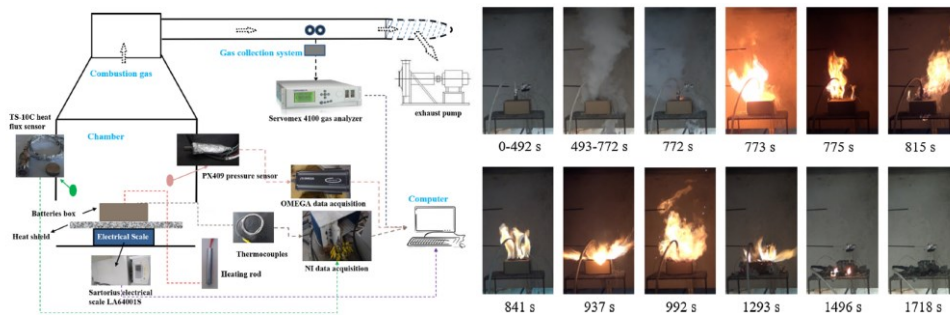


圖4 鋰電池模組延燒過程之紀錄

- C. Liu 等人 [Liu et al., 2018] 2018 年於 *Science Advance* 發表 “Materials for lithium-ion battery safety” 提出提出過熱、熱蓄積、燃爆過程問題造成燃爆現象與建議阻燃方案，如耐燃性隔離膜、操作溫度、添加  $\text{Al}_2\text{O}_3$  與 苯乙烯-丁二烯橡膠 (SBR glue) 、Melted wax 等安定劑。

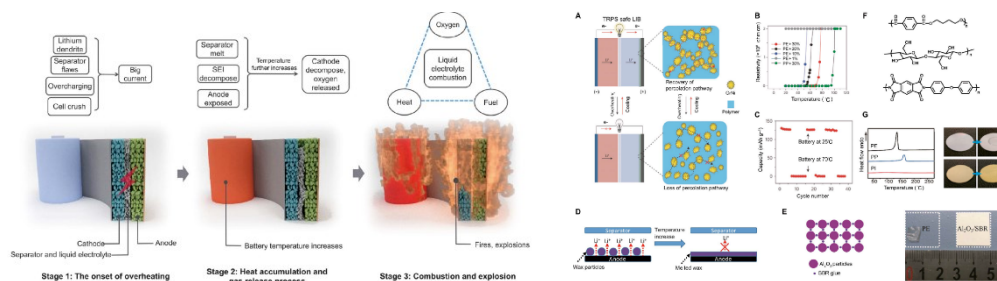


圖5 鋰電池過熱、熱蓄積、燃爆現象機制

D. Luo 等人[Luo et al., 2018] 2018 年於 Energy Conversion and Management 發表 “Research and development of fire extinguishing technology for power lithium batteries” 針對鋰電池燃燒導致高溫且有毒氣（五氟化磷、磷化氫、氟化氫與氫氣等）且撲滅需大量水源，目前雖有水、泡沫、乾粉、海龍與二氧化碳等滅火建議方式，但需大量使用方有效果。

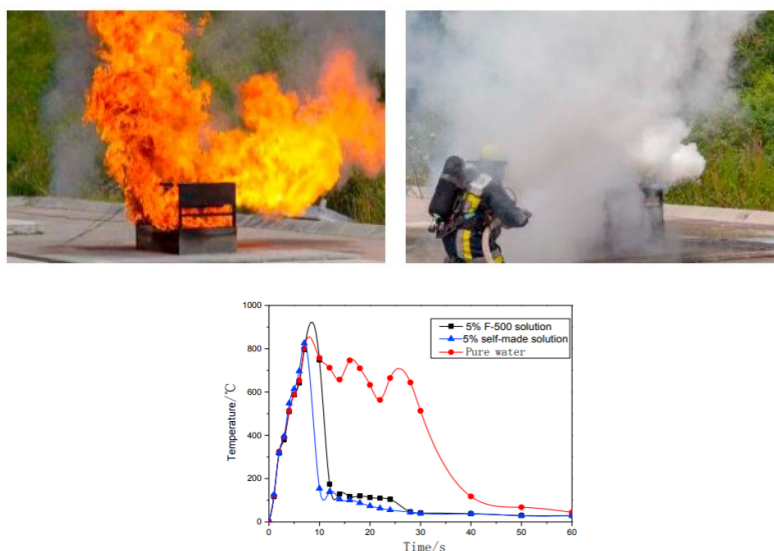


圖6 大型鋰電池燃燒之滅火示意圖與溫度變化趨勢

## 2.2 熱分析技術應用於電池安全測試

鋰電池主要由陰極、陽極、隔離膜、電解液及改質劑組合而成，熱分析的技術方法時常應用於電池內部材料乃至於電池芯的性能及穩定性測試，以下舉列幾項設備分別可以針對隔離膜、極材、電解液及全電芯進行熱穩定性的評估。首先是微差掃描熱卡計 (Differential scanning calorimetry, DSC) 及同步熱重分析儀 (Simultaneously thermal analyzer, STA) 可以測定隔離膜的耐受溫度、極材及電解液的分解量化數據，如反應起始溫度、焓值變化等。閃火點測試儀 (Flash point analyzer, FPA) 可以依據 ASTM D7094 的標準方法對電解液的易燃特性進行驗證。絕熱卡計如緊急排放處理儀 (Vent sizing package 2, VSP2) 可以針對不同型態的電池芯以過熱的觸發形式進行電池熱失控 (Thermal runaway) 的反應評估，評估電池各階段的反應的型態，測得鋰電池失控的相關參數，如反應起始溫度、最大反應溫度、最大昇溫及昇壓速率等。除了上述熱卡計應用，其餘如熱重分析儀、恆溫卡計等也常被應用於電池安全的檢測評估。









	Separator	Cath/anode material	electrolyte	Full battery
 <b>Differential scanning calorimetry, DSC</b>	 $\bullet T_{\text{onset}}$ $\bullet T_{\text{melt}}$ $\bullet \Delta H$	 $\bullet T_{\text{onset}}$ $\bullet \Delta H$	 $\bullet T_{\text{onset}}$ $\bullet \Delta H$	
 <b>Simultaneous thermogravimetric analyzer, STA</b>	$\bullet T_{\text{onset}}$ $\bullet T_{\text{melt}}$ $\bullet \Delta H$	$\bullet T_{\text{onset}}$ $\bullet \Delta H$	$\bullet T_{\text{onset}}$ $\bullet \Delta H$	
 <b>Flash point analyzer, FPA</b>			$\bullet \text{FP}$	
 <b>Vent sizing package 2, VSP2</b>		$\bullet T_{\text{onset}}$ $\bullet dP/dt$ $\bullet \text{TMR}$ $\bullet dT/dt$	$\bullet T_{\text{onset}}$ $\bullet dP/dt$ $\bullet \text{TMR}$ $\bullet dT/dt$	$\bullet T_{\text{onset}}$ $\bullet dP/dt$ $\bullet T_{\text{critical}}$ $\bullet dT/dt$ $\bullet \text{TMR}$

圖7 熱卡計對應電池安全測試項目

### 三. 文獻

- [1] 王孟傑、楊宛蓉，再生能源用儲能系統趨勢，工業材料雜誌，No. 393，pp. 85–90，2019.09。
- [2] 陳雨筑、呂學隆，鋰離子電池技術趨勢發展方向，材料世界網，2021/4/21，<https://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=46909>
- [3] Wang, Q., Mao, B., Stolarov, S. I., Sun, J., (2019a). A review of lithium ion battery failure mechanisms and fire prevention strategies. Progress in Energy and Combustion Science, 73, 95–131.
- [4] Chen, M., Dongxu, O., Liu, J., Wang, J., (2019). Investigation on thermal and fire propagation behaviors of multiple lithium-ion batteries within the package. Applied Thermal Engineering, 157, 113750.
- [5] Liu, K., Liu, Y., Lin, D., Pei, A., Cui, Y., (2018). Materials for lithium-ion battery safety. Science advances, 4(6), 9820.
- [6] Liu, K., Liu, Y., Lin, D., Pei, A., Cui, Y. (2018). Materials for lithium-ion battery safety. Science advances, 4(6), 9820.

### 三、第五十三屆理監事候選人登記資訊

本會第 53 屆理、監事候選人登記已開始，敬請各位有志於學會服務的會員，於 112 年 3 月 31 日 24 點整前以紙本(郵戳為憑)或電子郵件(寄出時間為準)登記參選!

本會理、監事均為無給職，任期二年。有意參選者請填妥候選人登記表紙本掛號郵寄至：640301 雲林縣斗六市大學路三段 123 號轉「中國工程師學會台中分會」收，並請來電確認登記：(05)5376915 史小姐，或電子郵件寄至 limintwh@yunteh.edu.tw。

備註:本分會將於 4 月份寄出選票，以會員在中國工程師學會所登記地址為寄達處所，地址如有變更，請向總會更新通訊地址。聯絡電話:02-23925128。

#### 中國工程師學會台中分會第 53 屆理、監事候選人登記表

姓 名		出生年次	
會員級別		會員證號	
通訊地址			
電 話	(O)	(H)	(行動電話)
E-mail			
候選類別	候選 <input type="checkbox"/> 理事 <input type="checkbox"/> 監事 (理事或監事只能登記一項，請勾選)		
經 歷	(現職)		
	(曾任)		
	(曾任)		
專 長			
簽 章			
備 註	(1) 本表請於 112 年 3 月 31 日 24 點整前寄出(紙本以郵戳為憑，電子郵件以寄出時間為準)紙本以掛號寄回。 (2) 候選人編號將依姓名筆劃次序編號。 (3) 中國工程師學會有效個人會員及團體會員代表，並已按年繳納會費或常年會費者始得登記為理、監事候選人。		

## 四、其他相關資訊

台中分會網站資訊將持續更新，期望能為台中分會的會員朋友們提供一個分享交流、學習、溝通及傳承的平台，歡迎大家隨時上網瀏覽並提供意見。

為響應環保及節能減碳，中國工程師台中分會會訊，採電子版本發行，刊登於網站上。為便於最新消息及活動資訊傳遞，未來將陸續致電與分會會員進行個人資料補正，或請您填妥下方補正資料，傳送至台中分會第五十一屆秘書處，感謝各位會員朋友的支持與配合。

會員基本資料補正			
姓名		連絡電話	
服務單位		職稱	
E-mail			
※歡迎使用 Email 回傳至信箱： <a href="mailto:globalwcc307@gmail.com">globalwcc307@gmail.com</a> ，謝謝！			

### 會訊徵稿

本會訊歡迎會員投稿，若有資料或意見提供，請與本分會秘書處聯絡，來信請寄：[globalwcc307@gmail.com](mailto:globalwcc307@gmail.com)，葉小姐。