



SMP
SIMPLO TECHNOLOGY CO., LTD.

FLOEFD於電池模組的應用

Jimmy Tseng

Jimmy2_Tseng@simplo.com.tw

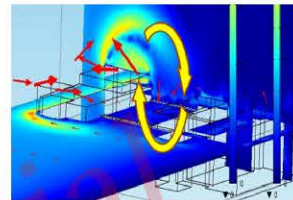
+886 926008100

自我介紹 – CAE相關經歷

台灣大學
(碩士)

國立台灣大學 碩士期間 (2013/07~2015/07)

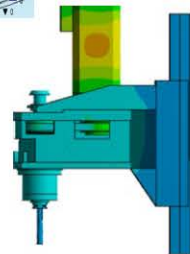
- 分析建築物流場對風力發電機的功率影響。



中興大學

國立中興大學 (2017/01~2019/07)

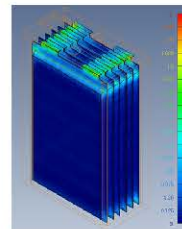
- 分析工具機運轉的熱造成的機台變形，改善熱變形造成的加工精度。



加百裕工業

加百裕工業(2019/07~2022/01)

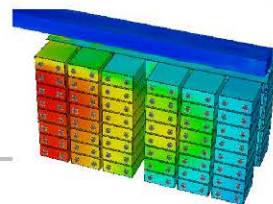
- 鋰電池模組結構分析撞擊測試、振動測試、衝擊測試
- 鋰電池模組散熱均熱對策、電芯發熱演算法



新普科技

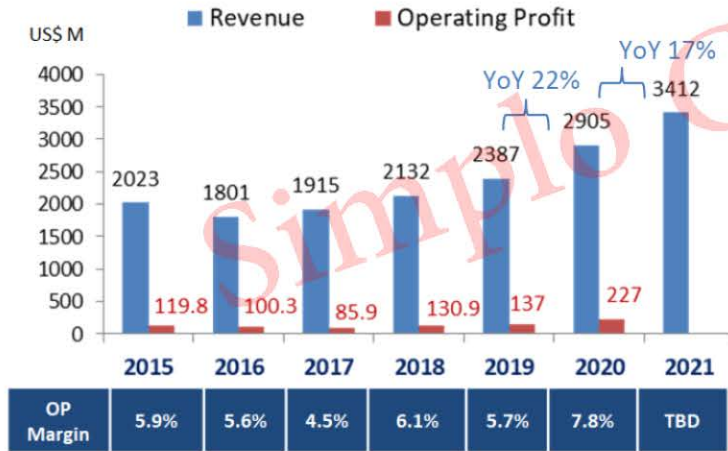
新普科技(2022/02~)

- 鋰電池模組、機架、貨櫃的結構與熱傳分析
- PCB 元件與電路發熱研究

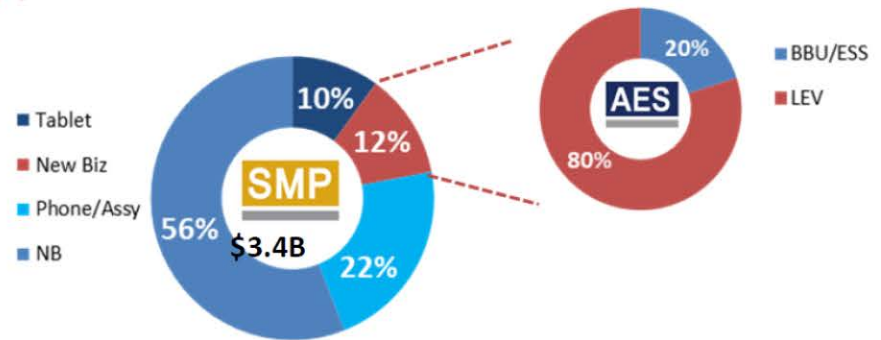


Company Statistics

- **30 years experience** in Li-ion battery pack design and manufacturing.
- **40%** market share in NB battery in 2021, **worldwide #1**.
- Shipped **250M** battery pack per year.
- Diversify in new areas : LEV (Light Electrical Vehicle), BBU (Battery Backup Unit), ESS (Energy Storage System), Industrial, Medical, AMR (Autonomous Mobile Robot) etc.



CY21 SMP & AES Rev.



Simple Group Products Catalogues



1S (3.6V)

IOT Applications
Mobile Devices
Wearable Device
Virtual Reality

1~4S (3.6V~14.4V)

Tablet / Laptop
Drone
Power Bank
Portable Speaker

3~7S (10.8V~25.2V)

Robotic Vacuum
Upright Vacuum
Power Tool
Garden Tool

7S~16S (25.2~57.6V)

E-bike
E-scooter
Hover Board
Battery Backup Unit

16S~100S (57.6V~360V)

E-Forklift
Mild Hybrids
Energy Storage Station

1992

→ 2025



Simplo

電池模組

模組中的發熱元件 – 電池



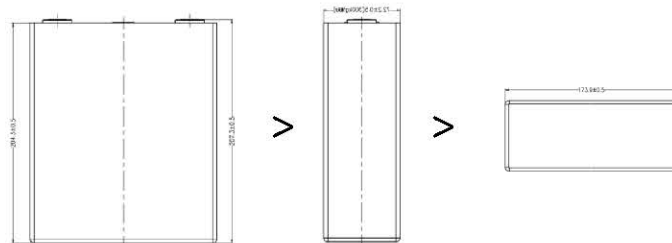
Small or large pack
BBU/LEV...

- 主流容量: 3300~3500mah (35E, GA, MJ...)
- 綜合效能: 2500~3000mah (VTC6, 26V...)
- 高 C-rate用途: 2000mah (20S, VTC4...)

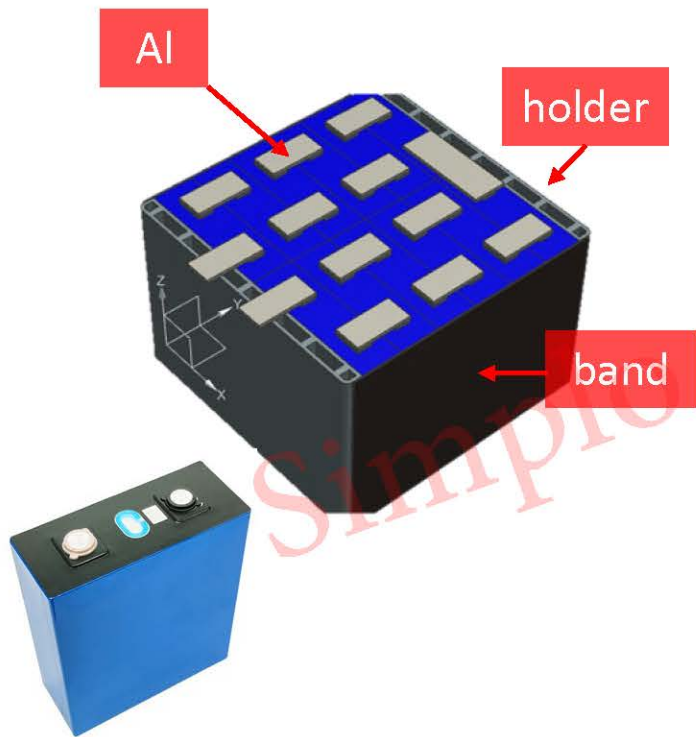


Large pack
ESS/CAR...

- 主流容量: 90~105AH, 280~320AH
- 發熱量/熱容比例較低 (溫升低)
- 散熱面熱通量有明顯差異,
下對策時需要注意。



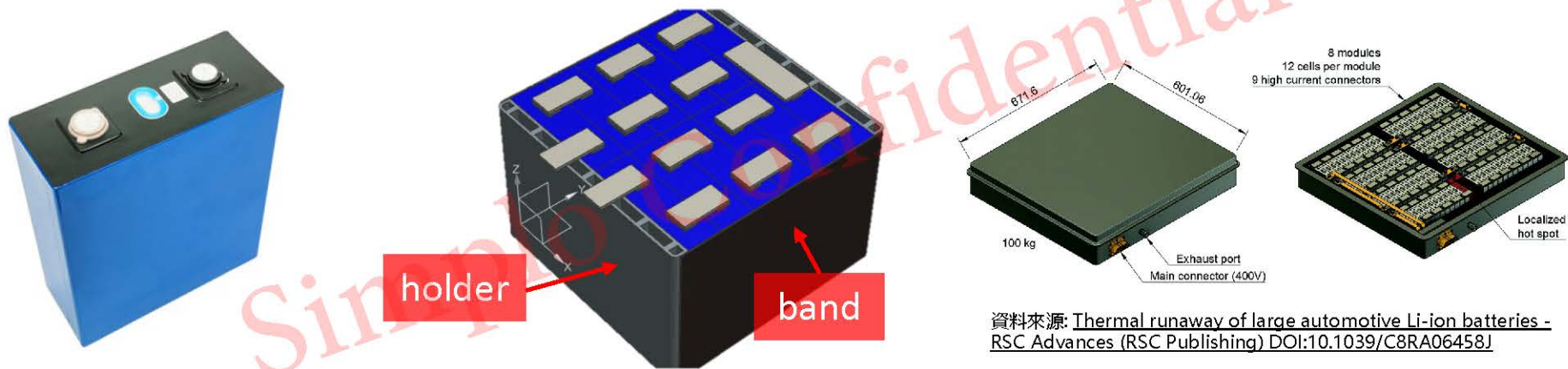
Core pack



- Core pack 由數顆電池組成
- 電池排列完後，以 **holder** 壓緊，並以 **band** 固定。
 - 1) Holder 通常為鋁擠或板金，要能承受壓緊的 bending。
 - 2) Band(plate) 可用鋼、PC 綁條，或是用板金，需能承受張力。
- 電池固定後，以 **鋁片** 串聯或並聯，用 PC 材料絕緣。

Module

- 數顆 core pack 組裝完成後，以支架、外箱體 (統稱 hard pack) 盛裝，形成 module。



Cell



Core pack



Module

模組中的發熱元件 – 電子元件

- BMS 中的過電流保護，因為有電流經過，所以會產生熱，造成局部高溫。



模組中的發熱元件 – 電子元件

Large pack



Small pack

1. 電流量測 (Shunt, Resistencia) 原理是利用歐姆定律來測量電流，所以會有焦耳熱的產生。

2. 保險絲 (FUSE) 利用電熱或是往復式設計來被動切斷電流，由於主電流會流經該元件，故會產生焦耳熱。

Large pack



Small pack



Large pack



Small pack

3. 開關 (Relay, MOSFET) 用來開關電流作為 BMS保護用途，由於主電流會流經開關，故會產生焦耳熱。

模組中的發熱元件 – Busbar, Wire



電流流經會產生焦耳熱，但由於 busbar 與 wire 的散熱面積相比體積較大，所以散熱效果較好，溫度不一定會影響模組。

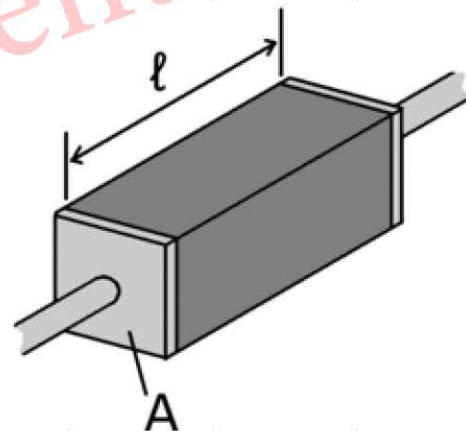
$$Q = I^2 \cdot R = h \cdot A \cdot \Delta T$$

- I = 流經導片的電流
- R = 導片或線的電阻 (量測或計算)
- h = $13\text{w/m}^2\text{K}$ (熱輻射、對流等校值)
- ΔT = 導片溫度(假設均勻)和環境溫度

模組中的發熱元件 – Busbar, Wire

- 透過簡易的計算，可計算導片(線)溫升、壓損，並快速評估需要用多厚、寬的導片。

		導片參數		
電阻率	1.75E-08	$\Omega \cdot m$	銅: 1.75×10^{-8} , 鋁: 2.83×10^{-8}	
長 (l)	100.00	mm		
寬	27.00	mm		
厚	2.30	mm		
電流大小	200.00	A		
散熱面積	5.98E-03	m^2		
電阻	2.82E-05	Ω		
焦耳熱	1.127	w		
預計溫度上升	14	$^{\circ}C$		should be $<15^{\circ}C$
預計電壓下降	0.0056	V		should be $<0.01v$





以 FLOEFD 推估熱傳相關參數

熱傳參數取得

- 穩態熱傳重要參數：導熱率或熱阻、發熱量
- 瞬態熱傳重要參數：導熱率、熱容(質量*比熱)、發熱量
- 參數取得途徑如下，愈精確的數據所耗費的成本愈高。

廠商提供數據



實驗與CAE推算

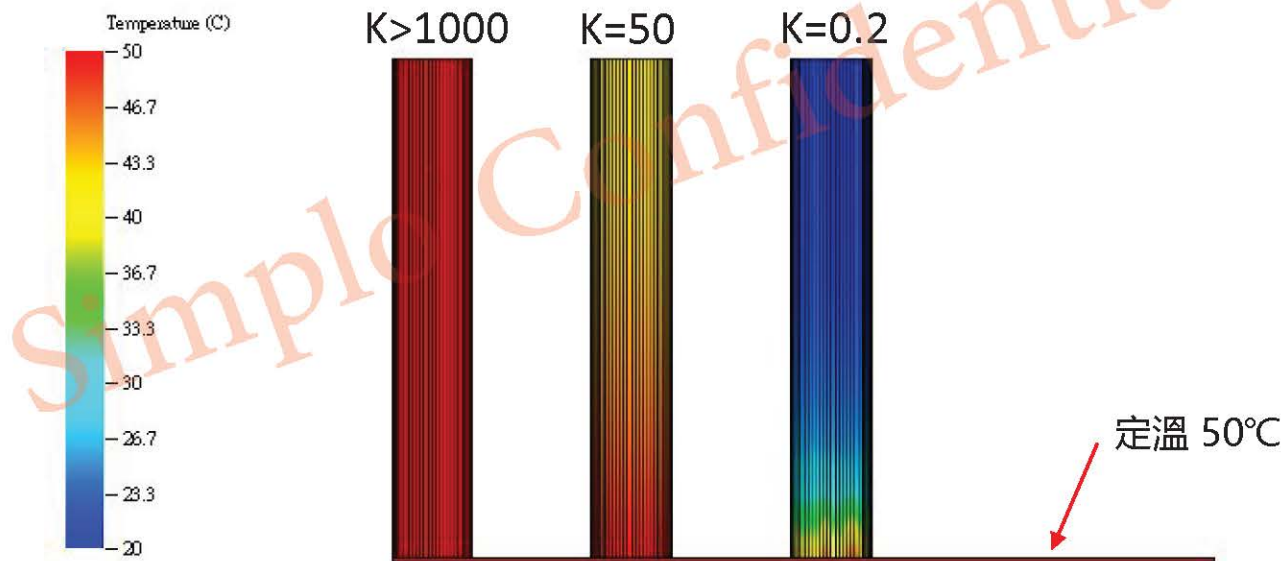


儀器量測



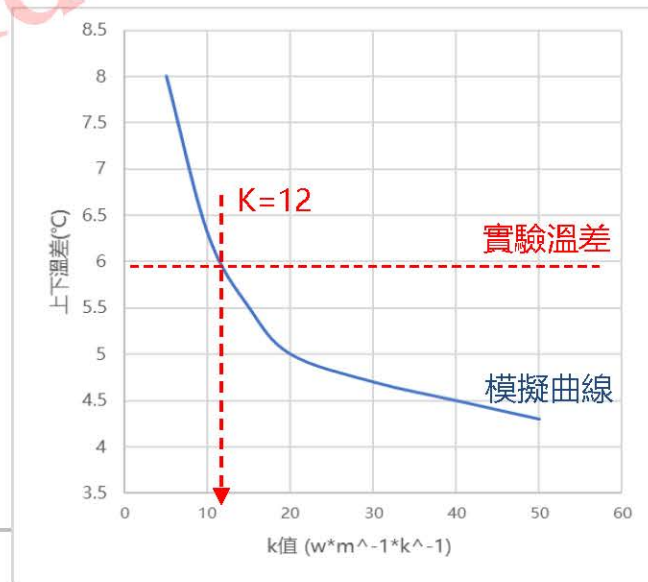
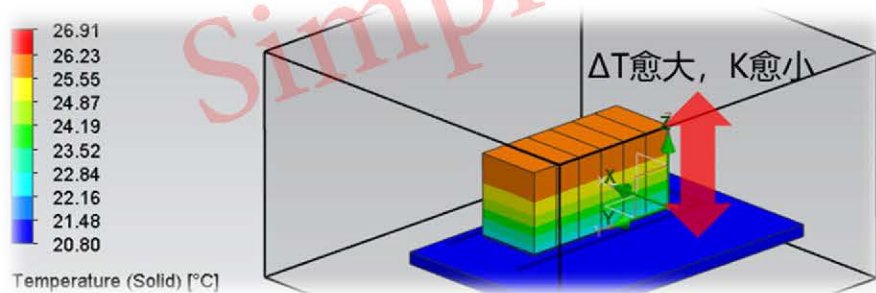
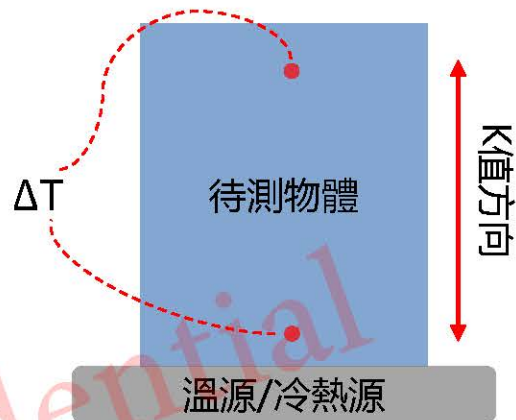
熱傳導率 K

- 熱傳導係數 (K)影響的是物體的溫度分布梯度。
- 導熱愈好的材料，溫度差異愈小。



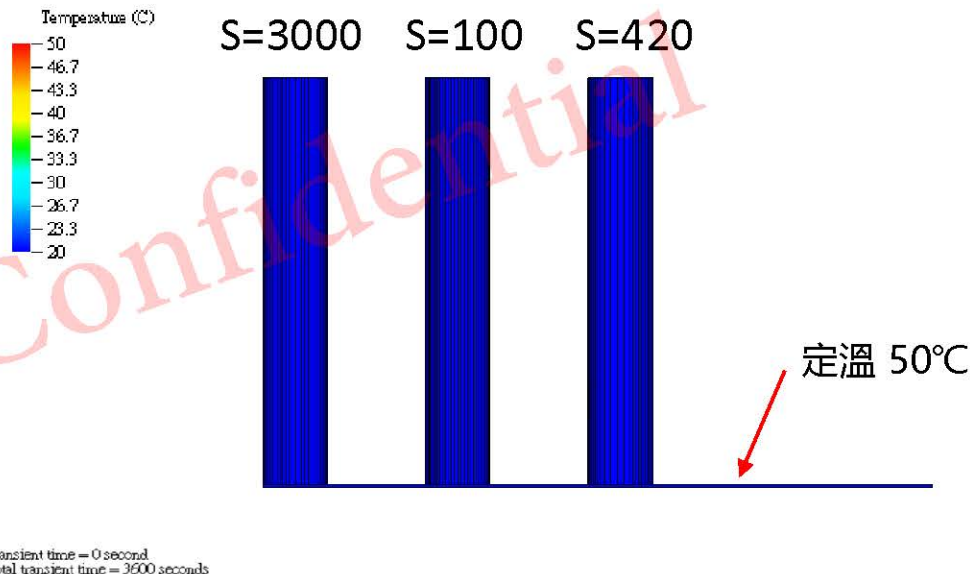
利用溫差搭配模擬推算熱傳導係數

- 利用穩態熱傳的實驗 (架構如左圖) 來計算熱傳導係數或熱阻。
- 以 **FLOEFD batch run** 的功能進行熱傳係數疊代計算，計算最符合實驗溫度分布的熱傳導係數。



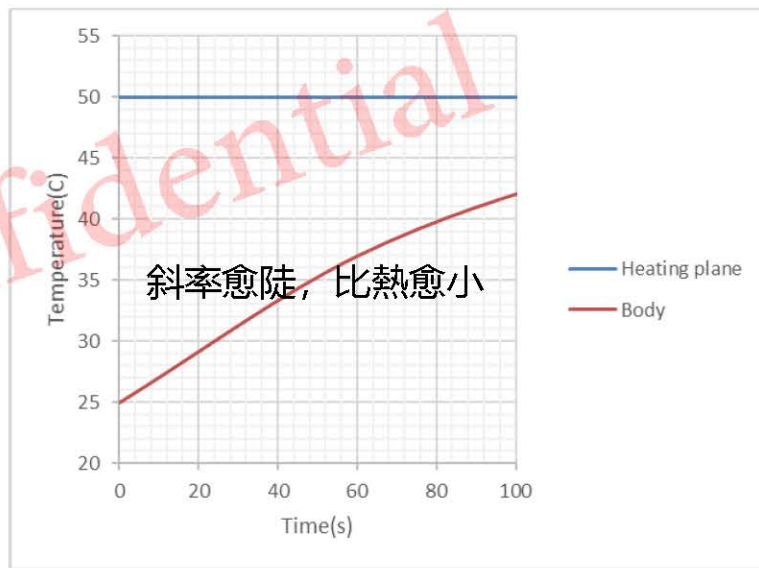
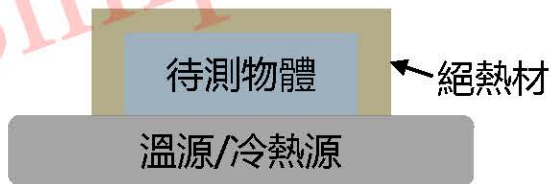
比熱 S 、熱容($M \cdot S$)

- 比熱 (S)影響的是物體溫升速率。
- 電池比熱約 $1000 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- 熱容可想成填充熱量的空間，若熱容低，則容易填滿，溫度就愈容易升高。



利用溫差搭配模擬推算比熱

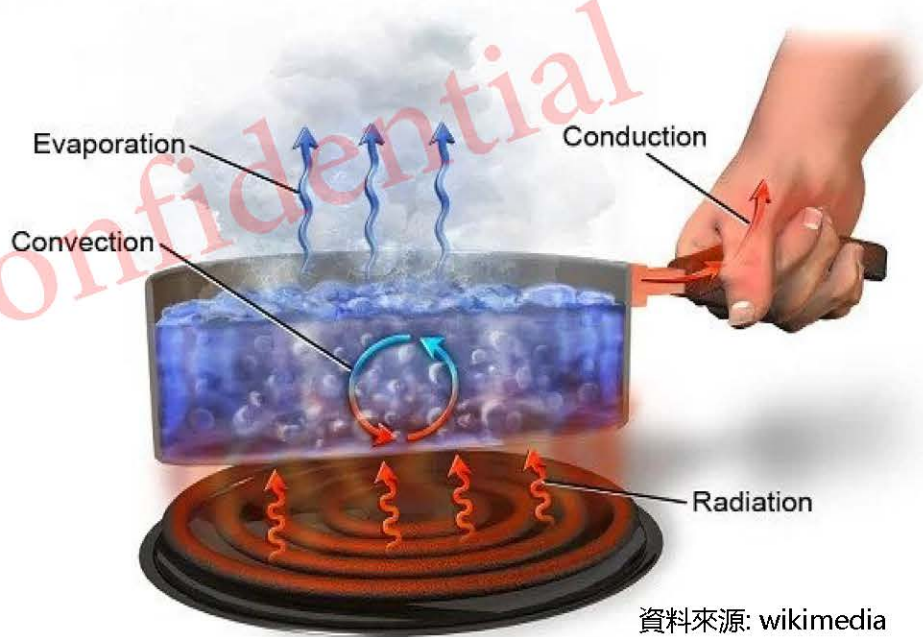
- 方法同熱傳係數，藉由調整比熱來觀察溫升數率，疊代出相對準確的比熱。
- 待測物**自身溫差不可過大**(降低材料K值本身的影響)、**時間不宜取太長**(降低散熱造成的誤差)，若需要**可作絕熱**降低熱傳誤差。



利用溫度變化推算發熱量

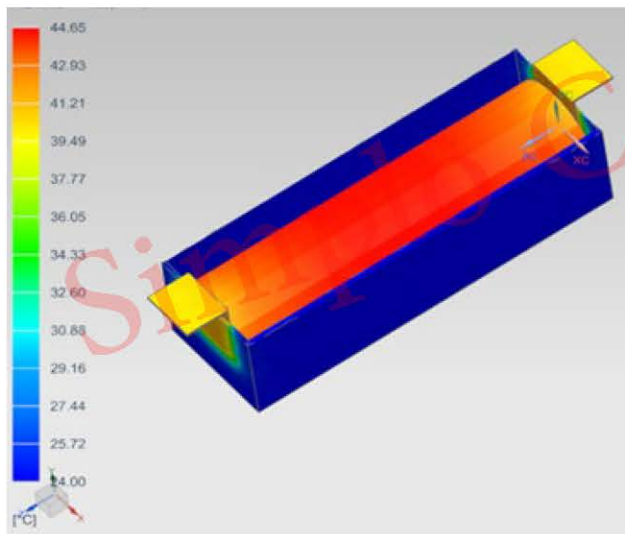
- 電子被動元件多數為焦耳熱，發熱幾乎等同 $I^2 \cdot R$ 。
- 有些物體發熱較難評估，甚至是瞬態變化，如電池、軸承等。
- 物體發熱量 $Q = m \cdot s \cdot \Delta T +$ **散去的熱量**，所以在推算發熱之前，物體的熱容量 ($m \cdot s$) 一定要先知道。
- ΔT 可由實驗得知，故只要計算出 **散去的熱量** 就能知道物體發熱。

Mechanisms of Heat Transfer



利用 Flux Plots 找出熱傳量

- FLOEFD提供 Flux追蹤的功能，可以知道不同溫度下的散熱狀況。
- 熱輻射在溫差不大時較不顯著，可等校作用於熱對流中。
- 熱傳導在 CAE計算上的誤差較小，容易被估算。



利用 Flux Plots 找出熱傳量

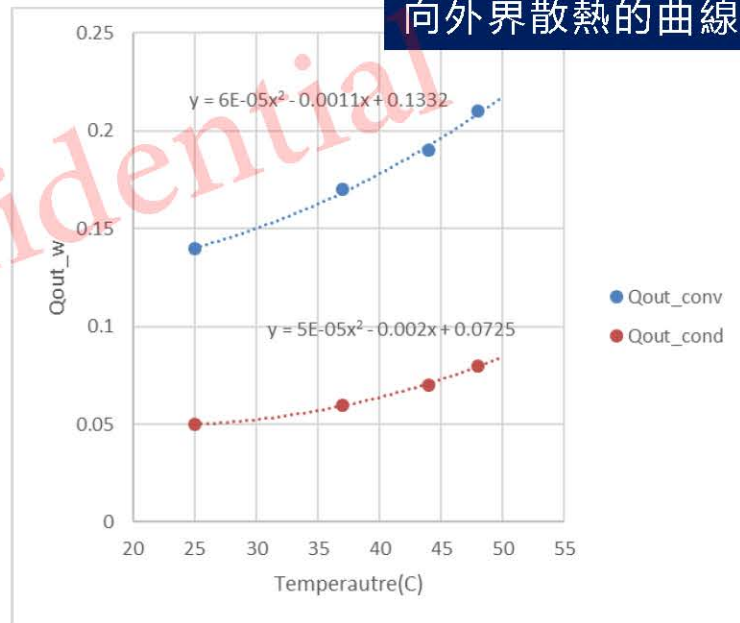
- **熱對流**則是計算發熱量中最關鍵的部分，也是誤差的主要來源。盡可能以**自然對流**，甚至以**絕熱材包覆**，阻絕熱對流的影響。
- 當實驗**架構和環境**固定時，散熱只取決於物體與環境的**溫差**，又 $m*s$ 在溫度變化不大的狀況下幾乎為定值，所以簡化

$$Q_{cell} = f(\Delta T, T_{now}, T_{now-1s})$$

$$Q_{cell} = m*s*(T_{now} - T_{now-1s}) + \text{散去的熱量}$$

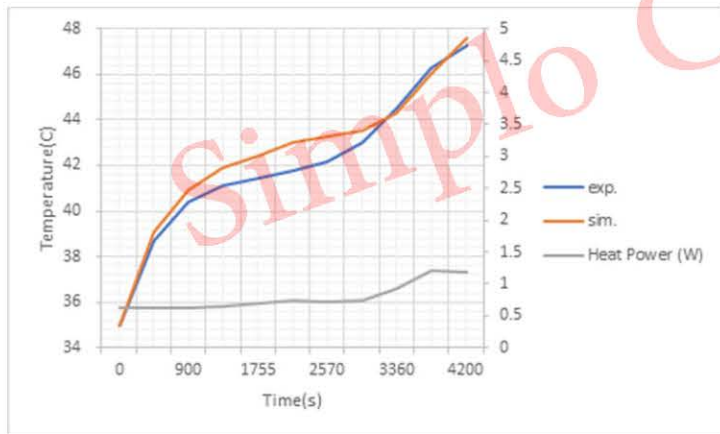
$$Q_{OUT} = f(\Delta T)$$

FLOEFD 計算出電池
向外界散熱的曲線



電池發熱量量測計算

- 將關係式寫入 MCU 中，可在固定環境、電池形狀下自動量測瞬態的發熱量。
- 將算出的發熱量帶入模擬中，可發現與實驗的溫度吻合，驗證發熱量的可信度。





FLOEFD應用於電池模組

鋰電的熱風險與熱管理必要性

一. 熱失控對策與安全面向

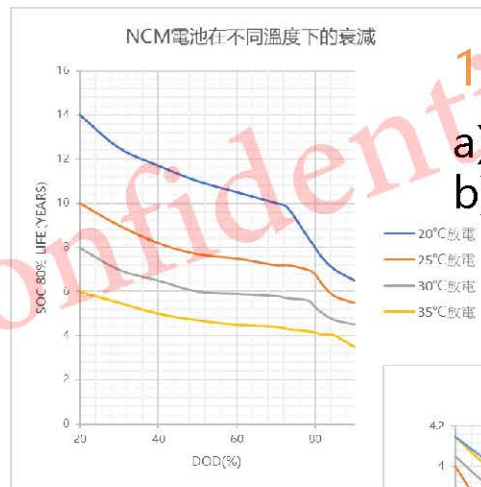


1. 電池**溫度過高**時，會引發短路自燃
2. 失控前的風險評估與監測對策*
3. 失控後的散熱與熱傳分析*

二. 均溫、降溫性能面向

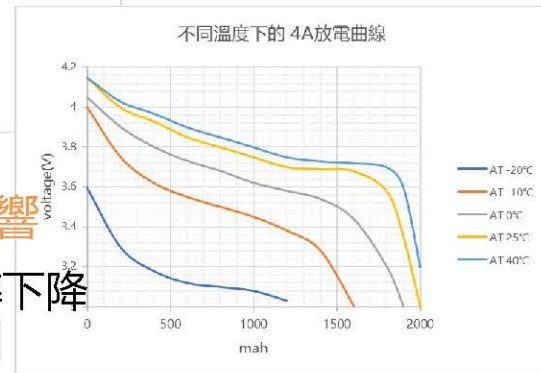
1. 溫度對壽命影響

- a) 溫度愈高，壽命愈短
- b) 降溫、均溫設計*



2. 溫度對放電影響

- a) 溫度太低，效率下降
- b) 加熱設計、控制

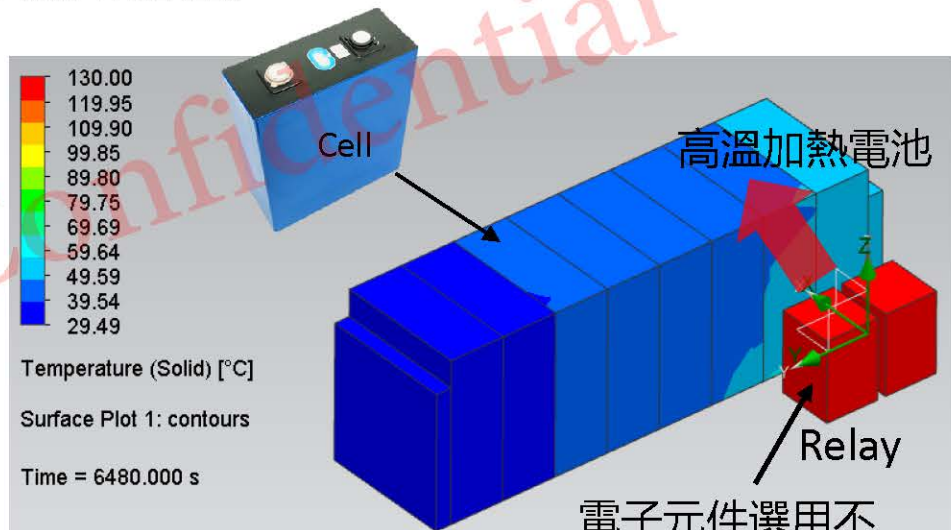


熱失控相關分析案例 -1

防患未然

- 避免電池過熱，評估電子元件加熱電池的可能性。

1. 加熱區域的風險評估
2. 導熱或絕熱的對策：
 - a) 加強 relay往非cell向熱傳
 - b) relay與 cell間的隔熱
3. 電子元件規格選用：
選用阻抗低(發熱低)的元件



熱失控相關分析案例 -2

善後策略

- 熱失控散熱對策

- UL測試參數與手法研擬

- 1) 1973: 一顆失控無明火

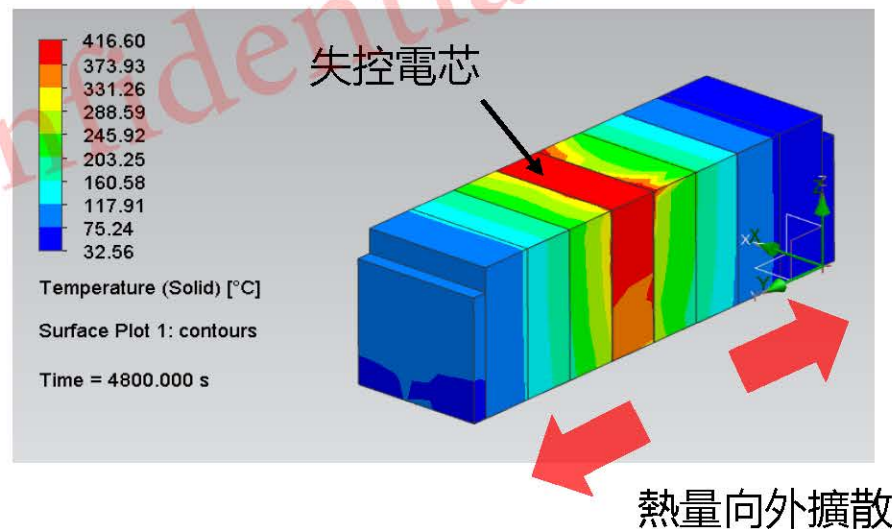
- 2) 9540: 一顆以上失控後,

需觸發其他電池失控且無明火

- 熱延燒的風險區域與散熱對策

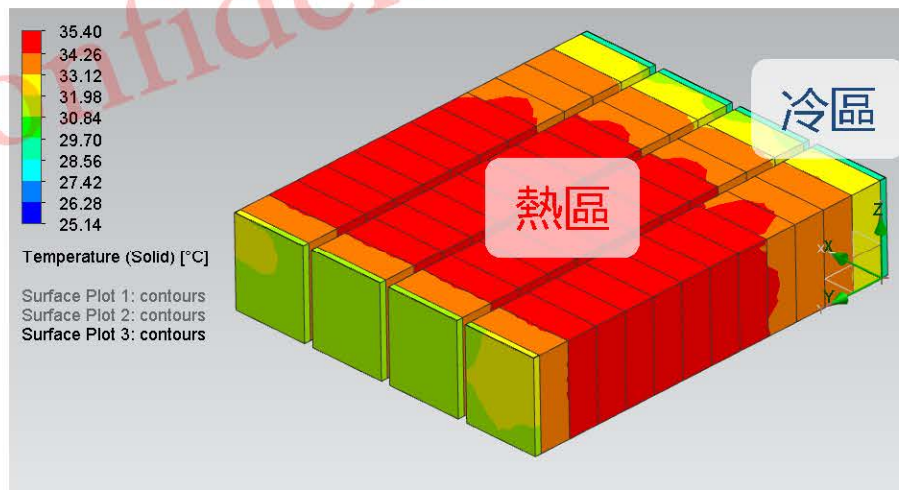
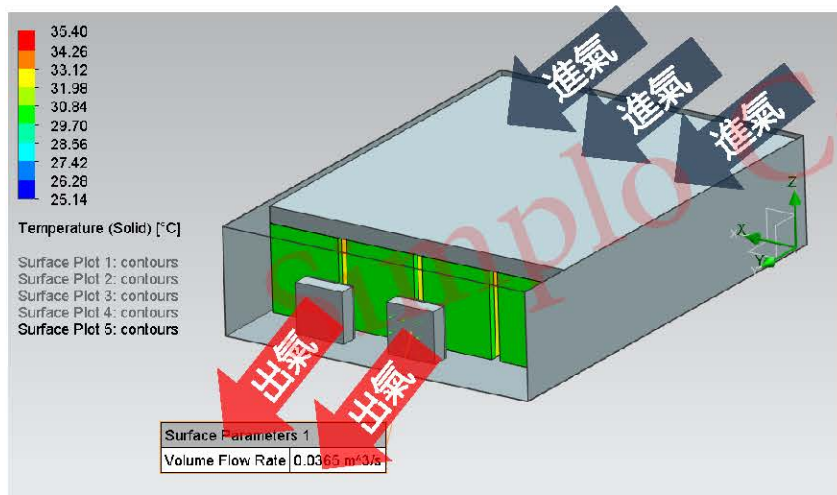
- 1) 預測幾顆電池會熱失控 ($> 150^{\circ}\text{C}$)

- 2) 設計熱對流散熱通道



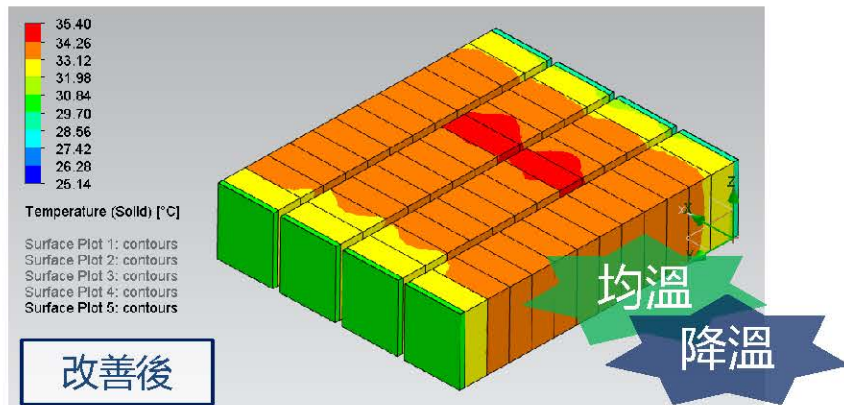
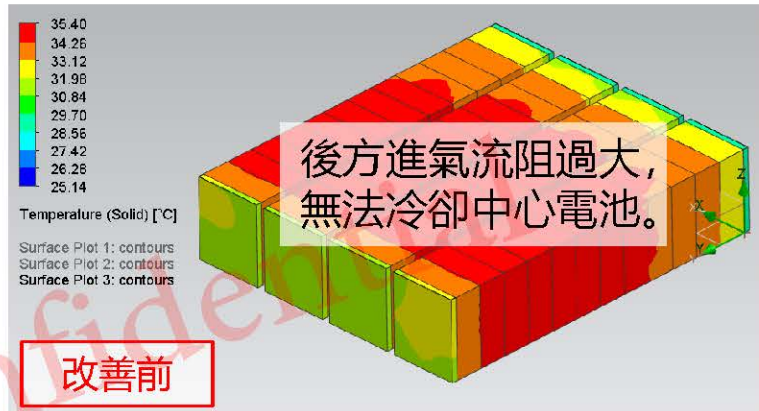
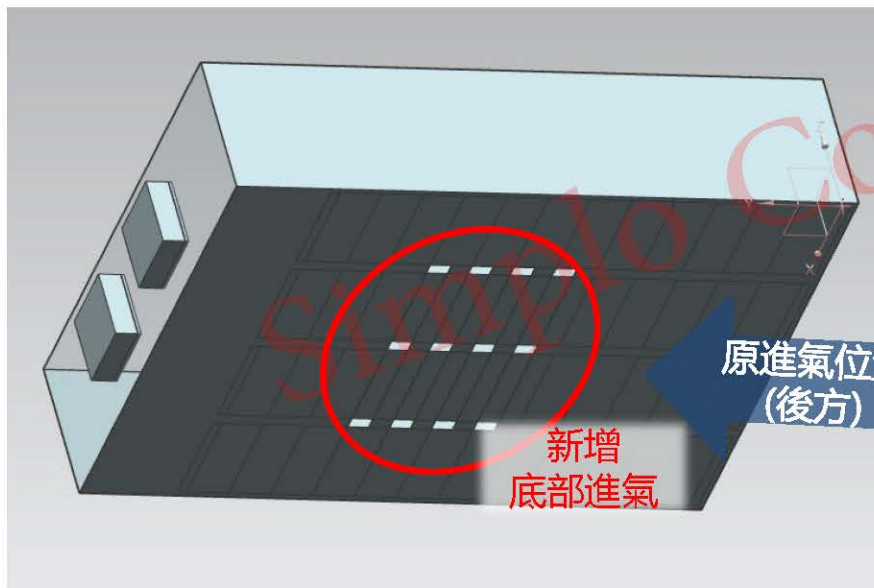
熱管理分析案例 (氣冷案例)

- 模組均溫設計(性能與壽命考量) 與降溫對策(cell spec.限制)
- 氣冷熱通道設計重點：流阻低、熱阻低、溫差大
- 冷熱區成因：發熱與散熱的不平衡導致 → 需散熱均衡設計，散熱 h 值要一致。



熱管理分析案例

- 散熱均衡設計
- 各位置散熱量要盡可能一致





Thanks!

Jimmy Tseng
Jimmy2_Tseng@simplo.com.tw
+886 926008100