



## 純電動車電池組散熱研究

Heat Transfer Simulation of Pure Electric Vehicle Battery Pack

林國楨

工研院機械所  
智慧車輛技術組  
電動動力技術部

### 關鍵詞

- 電動車      Electric vehicle
- 電池        Battery
- 熱傳        Heat transfer
- 計算流體力學    Computational fluid dynamics

### 摘要

本研究是利用計算流體力學軟體 Fluent-Icepak 進行電動車電池組熱傳模擬分析，設定電池組由發熱量為 12.8 W 的 32 個電池單元依 8 行 4 列組合而成，分析類型包括水平與垂直抽風方式及 5 mm 與 15 mm 電池間距等四種。研究結果發現：(1) 電池單元中心附近之溫度最高，往周圍壁面逐漸降溫；(2) 水平抽風搭配 5 mm 電池間距之組合的散熱效果最差，垂直抽風搭配 15 mm 電池間距之組合

的散熱效果最佳；(3) 風扇由水平抽風位置改至垂直抽風位置將提升散熱效果；(4) 採取水平抽風之系統，若電池間距增大將明顯提升散熱效果。

This paper presents the numerical simulation of electric vehicle battery pack by using computational fluid dynamics (CFD) software Fluent-Icepak. The battery pack is composed of 32 battery cells with constant 12.8 W heat source in 8 rows and 4 columns arrangement. Four simulation cases were conducted: the different combinations of fans location (top and wall) and battery interval (5 mm and 15 mm). The following results are obtained: (1) The highest temperature is observed near the center of the battery and decreases smoothly to the side wall. (2) The worst and best cooling performance are found in the case of fans located in the wall and 5 mm battery interval and the case of fans located in the top and 15 mm battery interval. (3) Heat transfer performance will be improved as the fans suction path changing from wall



to top. (4) In the case of fans located in the wall, the heat transfer performance improves significantly as the battery interval is increased.

---

## 前言

---

近幾年來由於石油價格日益高漲及環保意識逐漸抬頭，使得電動車輛備受重視，電動車驅動電力之來源是電池儲能系統，該系統設計要點有三：(1)高能量(Energy)，以提供續航力；(2)高動力(Power)，以提供加速性與爬坡力；及(3)高充放電次數，以提供耐久性。如何達此設計需求以適時產生電動車所需之動能，則有賴搭配一組熱傳性能優良之電池冷卻系統。

以往研究人員進行電動車電池性能探討者為數眾多，茲擇較重要文獻報導摘述如下：Dickinson 及 Swan [1]利用實驗方法探討電動車鉛酸電池組(Battery pack)充放電性能及壽命，用來量測之電池組其電壓大小介於 36 V 與 320 V 之間，結果發現各電池單元(Cell)外殼溫度(Temperature)若控制在 35 °C 與 40 °C 之間將有較佳之性能，溫度太高會縮短壽命，溫度太低會降低能量。Pesaran 等人[2]利用電腦模擬方法以二維(Two-dimension)方式分析 10 行(Row)3 列(Column)鉛酸電池組之溫度分佈，單電池之發熱量為 35 W，電池表面之熱傳係數(Heat transfer coefficient)為 35 W/(m<sup>2</sup> · K)，以氣流進行強制冷卻，結果發現單電池中心溫度比壁面溫度高 4.5 °C，每增加一行，電池溫度上升 1.2 °C。Maleki 等人[3]利用實驗方法量測 Sony 電池之物理特性，測出鋰離子電池之密度為 1622 kg/m<sup>3</sup>，比熱為 623 J/(kg · K)，熱傳導係數為 1.2 W/(m · K)。Vlahinos 等人[4]利用電腦模擬搭配實驗計畫法探討 Toyota Prius 車輛電池組特性，採用之電池塑膠(Plastic)外殼的密度為 1932 kg/m<sup>3</sup>，比熱為 910 J/(kg · K)，熱傳導係數為

0.17 W/(m · K)。他們表示影響車輛電池組性能之參數有充電狀態(State of charge, SOC)、電池內電阻(Internal resistance)、流過電池之電流量、電池發熱量、冷卻介質流量、冷卻介質溫度、電池間距、及幾何結構等。Kiehne[5]指出在自然對流熱傳之冷卻系統中，電池單元與單元之間距至少保持 10 mm，以得較佳之散熱效果。陳欣志[6]利用電腦模擬方法探討鋰電池之熱傳現象，發現在方型電池系統中電池內部的溫度分布並非呈對稱性，最高溫度出現在略低於電池中心位置，此外，熱輻射在系統中佔有重要地位。Pesaran 等人[8]於今年在挪威舉行的電動車研討會中指出搭配電池組之熱管理系統設計目標有二：(1)維持電池最高溫度在某一範圍內，(2)降低電池與電池間之溫度差異。

電池組常包含多行多列之電池單元，欲提升電動車之性能，方法之一是設計較佳之行列組合及抽風系統。本研究依據設計之 8 行 4 列電池組，採取電池單元與單元間距為 5 mm 及 15 mm，並搭配水平抽風及垂直抽風方式，分別構建 4 種模型並進行電腦模擬分析，探討電池組之散熱特性。研究方法包括物理模型(Physical model)建立、計算網格(Computational grid)構建、假設(Assumption)與邊界條件(Boundary condition)訂定、及 CFD 計算分析等等項目，茲分述如下。

---

## 物理模型建立

---

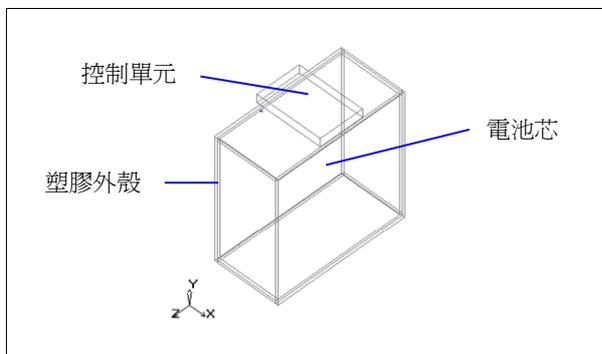
用來分析之電池組包含 32 個電池單元，電池單元與電池組之規格如下所述：

### 一、電池單元

(1)形狀為長方形(Rectangular)；(2)尺寸為長度(X 軸)75 mm，寬度(Z 軸)150 mm，及高度(Y 軸)150 mm；(3)塑膠外殼，厚度 3 mm，密度  $\rho_p=1930 \text{ kg/m}^3$ ，比熱  $C_{p,p}=910 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ ，熱傳導係數  $k_p=0.17 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 。



K)；(4)電池芯(Core)為鋰鐵成份材料，密度  $\rho_c=1622 \text{ kg/m}^3$ ，比熱  $C_{p,c}=623 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ ，熱傳導係數  $k_c=1.2 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ；(5)額定電壓 3.2V；(6)電能 40 Ah，電流量(I)40 Amp；(7)內電阻(R)0.002  $\Omega$ ；(8)2C 發熱量 (Heat= $I^2R$ )為 12.8 W；(9)上端安裝控制單元，與電池距離 5 mm，尺寸為長度 75 mm，寬度 50 mm，高度 10 mm。電池單元外觀如圖一所示。



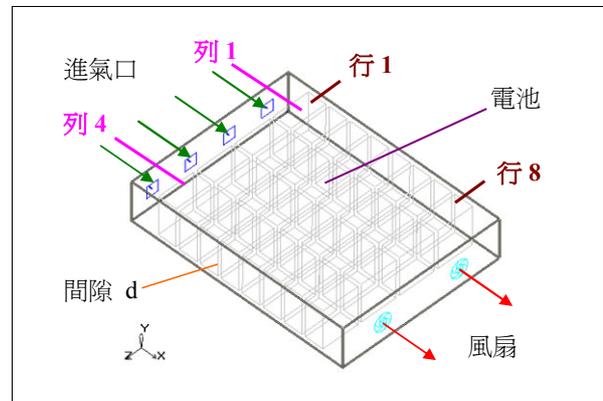
圖一 電池單元

## 二、電池組

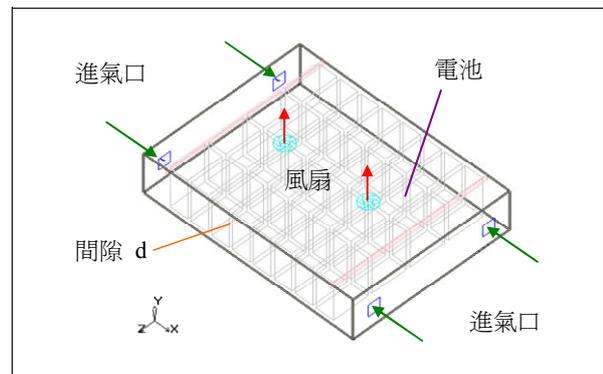
電池組包含 32 個電池單元，以 8 行 4 列組裝而成，單元與單元之間間距為  $d$ ， $d$  有 5 mm( $d_1$ )及 15 mm( $d_2$ )等兩種尺寸。將電池組放置於欲分析之物理模型中，物理模型側邊開 4 個 50 mm×50 mm 正方形進氣口，並於頂面(Top)或水平側邊(Wall)安裝 2 個風扇，構裝成氣冷系統，如圖二與圖三所示，模型(1)之風扇採取水平方向抽風，模型(2)之風扇採取垂直方向抽風，其中電池單元間距 5 mm 之物理模型 X、Y、與 Z 座標尺寸分別為 835 mm、170 mm、與 625 mm，電池單元間距 15 mm 之物理模型 X、Y、與 Z 座標尺寸分別為 905 mm、170 mm、與 675 mm。

## 網格構建

由於電池組包含許多電池單元，為簡化電池組網格數目之訂定，乃將一個電池單元裝置於冷卻流



圖二 物理模型(1)



圖三 物理模型(2)

道中，流道左側開一個 50 mm×50 mm 進氣口，流道右側安裝一個風扇，如圖四所示。將電池 X、Y、與 Z 軸之網格數按 5×9×9、7×13×13、9×17×17、11×21×21、13×25×25、15×29×29、及 17×33×33 等 7 種組合進行流場分析，結果發現當網格數大於 13×25×25 時，電池側邊中心點之溫度變化量小於 1%，表示符合網格獨立性(Grid independent)要求，乃依照 13×25×25 網格數進行包含電池組之物理模型網格構建，圖五為物理模型垂直 X、Y、與 Z 軸截面之網格分佈，物理模型(1)與(2)搭配  $d_1$  與  $d_2$  間隙之 4 種分析條件的網格數目約為 2,000,000。



更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】320期・98年11月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011