



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201428511 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 07 月 16 日

(21)申請案號：102100402

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 01 月 07 日

(51)Int. Cl.：

*G06F17/10 (2006.01)*

*H01M10/44 (2006.01)*

(71)申請人：龍華科技大學(中華民國) LUNGHWA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (TW)

桃園縣龜山鄉萬壽路 1 段 300 號

(72)發明人：王順忠 (TW)

(74)代理人：林文烽

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：4 項 圖式數：11 共 29 頁

(54)名稱

一種最佳化鋰電池多階段快速充電策略

(57)摘要

一種最佳化鋰電池多階段快速充電策略，包括：初始化複數階段之充電電流值；以一放電容量比與一充電時間做為一模糊控制器的輸入歸屬函數，並將該模糊控制器之一輸出歸屬函數作為評斷所述複數階段充電電流值的結果；判斷該模糊控制器之一輸出成本函數之一標準差是否小於一第一數值，及該模糊控制器之所述輸出成本函數之前一次數值與目前實驗之最大值之差距是否小於一第二數值，以決定是否獲得最佳之搜尋結果；更新所述複數階段電流值之一個別最佳值與一群體最佳值；以及依一粒子群最佳化演算法(particle swarm optimization,PSO)公式運算修正所述複數階段電流值的大小。

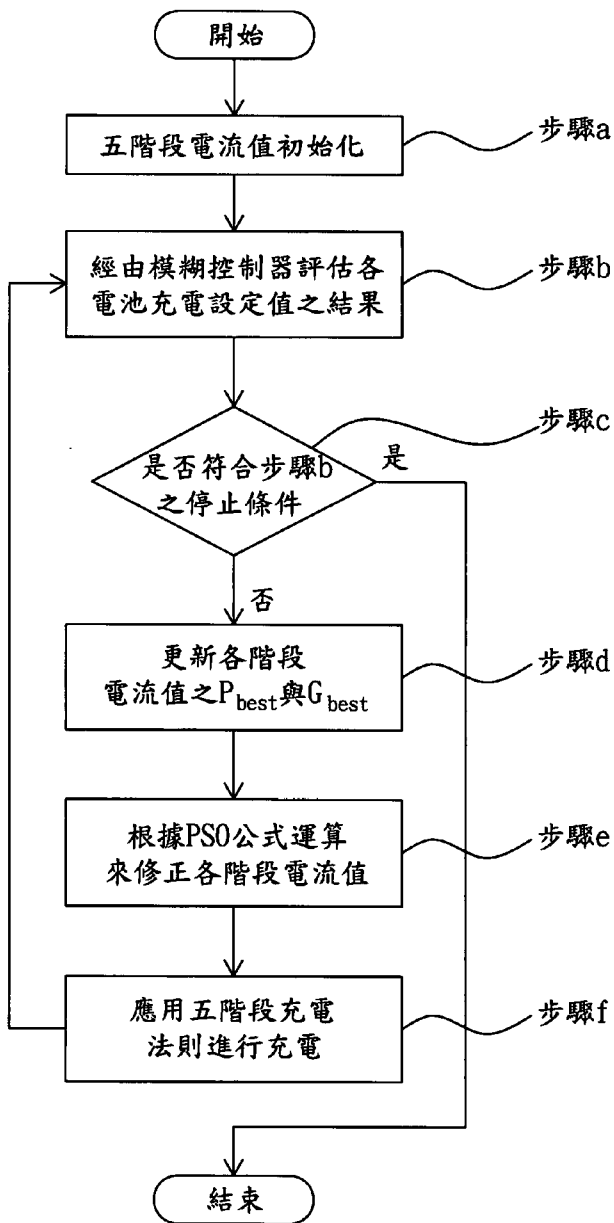


圖 8

# 發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

102100402  
(02.1.7)

※IPC 分類：

G06F 17/10  
H01M 10/64

## 【發明名稱】(中文/英文)

一種最佳化鋰電池多階段快速充電策略

### 【中文】

一種最佳化鋰電池多階段快速充電策略，包括：初始化複數階段之充電電流值；以一放電容量比與一充電時間做為一模糊控制器的輸入歸屬函數，並將該模糊控制器之一輸出歸屬函數作為評斷所述複數階段充電電流值的結果；判斷該模糊控制器之一輸出成本函數之一標準差是否小於一第一數值，及該模糊控制器之所述輸出成本函數之前一次數值與目前實驗之最大値之差距是否小於一第二數值，以決定是否獲得最佳之搜尋結果；更新所述複數階段電流值之一個別最佳値與一群體最佳値；以及依一粒子群最佳化演算法(particle swarm optimization, PSO)公式運算修正所述複數階段電流值的大小。

### 【英文】

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（ 8 ）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

一種最佳化鋰電池多階段快速充電策略

## 【技術領域】

【0001】 本發明係有關於一種鋰電池充電策略，特別是關於一種最佳化鋰電池多階段快速充電策略。

## 【先前技術】

【0002】 由於近年來筆記型電腦、行動電話、數位相機及各種攜帶式電子產品越來越普及，使擔任電力來源的鋰電池備受注目。為了讓鋰電池發揮最大的效能，吾人需要具有高充電效率及能改善電池壽命的充電策略。選擇充電方法對電池的壽命影響很大，一般來說使用電池製造商所提供的充電方法是最直接的方法。然而，為了安全起見，電池製造商所建議與提供的充電方法往往所需的充電時間過長，並不符合經濟效益。為了能在短時間內將電池的能量提高，充電方法多使用很大的充電電流進行快速充電，這種快速充電的方式往往會造成激烈的電化學反應，而使得電池內部壓力與溫度的增加，進而造成電池毀損或縮短壽命。

【0003】 在眾多電池中，鋰電池具有能量密度高、操作電壓高、輸出功率大、放電平穩、工作溫度區間大、充放電循環可達 500 次以上、自放電率低和儲存壽命長等優點，其中由於工作電壓為 3.6 伏特，恰好是鎳鎘或鎳氫電池的 3 倍，一顆鋰電池相當於三顆鎳氫電池串聯，而大部分電腦的中央處理器 (CPU) 所需電壓在 2.5 到 3.3 伏特間，一顆鋰電池就可勝任了，在體積及重量的考慮下，目前大部分的可攜式電子產品上都使用鋰電池。

【0004】 因各種可充電電池彼此之間的化學組成成分不同，所以各種電池的優缺點也不全然相同。電池的使用壽命長短在生產過程中因組成之化學材料及結構的不同就已經受限制了，但使用不同的充電方法，也是影響電池壽命的另一個主要原因。一般常用的電池充電方法有下列幾種：定電壓(CV)、定電流(CC)、定電流-定電壓(CC-CV)、脈衝、Reflex™ 充電法、

與五階段充電法等。而鋰電池最常用的充電方法為定電流-定電壓(CC-CV)法。請參照圖 1，其繪示一種二階段充電法之電壓、電流與電量曲線。如圖 1 所示，此種方法為定電流和定電壓充電法之結合。在電池充電初期，以定電流方式對電池充電，等到電池電壓到達設定之轉態電壓後，再以定電壓方式對電池充電。第一階段為定電流的好處為可以用較快的速度充到所設定的電壓，第二階段則以定電壓方式產生小充電電流，使電池不會有虛充的現象且電池較能充到飽和，當電流小於所設定之臨界值，則停止充電程序。至於充電時間的長短則要視其設定的電壓和電流來決定，但是通常還是必須花費較長的時間來對電池充電。

【0005】 雖然習知已有如上述之多種充電方法，但其效能仍有改進的空間。吾人亟需一種新穎的鋰電池快速充電策略。

#### 【發明內容】

【0006】 本發明之一目的在於揭露一種最佳化多階段鋰電池快速充電策略，其係以粒子群演算法實現一種五階段充電法以縮短充電時間，同時延長電池壽命。

【0007】 本發明之另一目的在於揭露一種最佳化多階段鋰電池快速充電策略，其係以一模糊控制器為評斷機制。

【0008】 為達前述之目的，本發明提出一種最佳化鋰電池多階段快速充電策略，其包括：

【0009】 初始化複數階段之充電電流值；

【0010】 以一放電容量比與一充電時間做為一模糊控制器的輸入歸屬函數，並將該模糊控制器之一輸出歸屬函數作為評斷所述複數階段充電電流值的結果；

【0011】 判斷該模糊控制器之一輸出成本函數之一標準差是否小於一第一數值，及該模糊控制器之所述輸出成本函數之前一次數值與目前實驗之最大值之差距是否小於一第二數值，以決定是否獲得最佳之搜尋結果；

【0012】 更新所述複數階段電流值之一個別最佳值與一群體最佳值；

【0013】 依一粒子群最佳化演算法公式運算修正所述複數階段電流值的大小；以及

【0014】 應用一複數階段充電法則進行充電，再回到第二步驟重複執行。

【0015】 為使 貴審查委員能進一步瞭解本發明之結構、特徵及其目的，茲附以圖式及較佳具體實施例之詳細說明如后。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0016】

圖 1 繪示一種二階段充電法之電壓、電流與電量曲線。

圖 2 為粒子速度與位置搜尋之一示意圖。

圖 3，其為依據本發明之一種五階段定電流充電法。

圖 4，其繪示依本發明之一種五階段充、放電流程。

圖 5，其繪示本發明所採之一模糊控制器架構。

圖 6，其繪示所述放電容量比、充電時間、及輸出之歸屬函數。

圖 7(a)繪示本發明所定義之一語意變數定義表。

圖 7(b)繪示本發明所定義之一模糊規則庫。

圖 8 為本發明最佳化充電電流波形搜尋之操作流程圖。

圖 9 繪示本發明所採之一可程式充放電機及監控介面。

圖 10(a)-10(g)分別繪示 7 次實驗之結果。

圖 11(a)為第 7 次實驗的模糊控制器之輸出結果收斂曲線圖。

圖 11(b)為第 7 次實驗之容量比收斂曲線圖。

圖 11(c)為第 7 次實驗之充電時間收斂曲線圖。

### 【實施方式】

#### 【0017】 問題的描述

【0018】 本發明係利用粒子群演算法(PSO)法則尋找出多階段充電電流的最佳值。為了同時達成較短的電池充電時間與較多的放電容量之目標，本發明將放電容量與充電時間做為模糊控制器的輸入，其輸出數值作為評斷充電成效良莠的結果，即成本函數的輸出。放電容量的百分比為五階段充電法的放電容量與定電流-定電壓充電法的放電容量之比值，範圍訂在為 80%~100%。充電時間範圍為 30 分鐘至 90 分鐘。則最佳化問題可描述為如下：

$$\begin{aligned}
& \text{Maximize} && f_{\text{cost}}^i [T_{\text{ch}}^i(\bar{I}_j^i), C_{\text{dis-norm}}^i(I_{\text{dis}})] \\
& \text{where} && \bar{I}_j^i = [I_1^i, I_2^i, I_3^i, I_4^i, I_5^i] \\
& \text{Subject to} && \\
& && I_1 > I_2 > I_3 > I_4 > I_5 \\
& && 30 \text{ min} \leq T_{\text{ch}}^i(\bar{I}_j^i) \leq 90 \text{ min} \\
& && 80\% \leq C_{\text{dis-norm}}^i(I_{\text{dis}}) \leq 100\%
\end{aligned} \tag{1}$$

其中， $T_{\text{ch}}^i(\bar{I}_j^i)$  為第  $i$  顆電池的五階段充電時間； $C_{\text{dis-norm}}^i(I_{\text{dis}})$  為第  $i$  顆電池以  $I_{\text{dis}}=C/10$  放電之五階段對 CC-CV 之電池放電容量比； $\bar{I}_j^i$  為第  $i$  顆電池的五階段充電電流值。

### 【0019】 粒子群最佳化演算法

【0020】 粒子群最佳化演算法是於 1995 年由 Kennedy 與 Eberhart 所提出，它是一種具有群體智慧概念的演算法，屬於進化搜尋領域的方法，主要起源於生物社會學家對於魚群或是鳥群具有群聚特性所引發的社會行為 (social behavior) 的觀察，比如候鳥南移過冬的群起行動，會選擇鳥群中最強而有力的鳥作為領導者，帶領整群的候鳥遷移至適合過冬的地方，藉由對這種群體移動的模擬，演變一種以族群(population)為基礎之最佳化方法。PSO 與基因演算法(Genetic Algorithm, GA)是一種類似進化的最佳化工具，同樣都會先產生一組初始解，再經過進化的方式來取得最佳值。不同於 GA 的是，PSO 沒有交配(Crossover)及突變(Mutation)，是屬於單向的訊息流動，整個搜尋更新過程是跟隨著當前最佳解的機制。相較於 GA，在大多數的情況下，PSO 能更快的收斂至最佳解處。

【0021】 在解空間中的每一隻鳥稱為粒子，所有的粒子皆有一個由目標函數所產生的適應值(fitness)，因此每個粒子都有著個別移動的方向與距離。粒子則靠著個體本身的成功經驗與目前粒子族群中最佳粒子移動的腳步，調整每一隻在解空間中飛行的粒子足跡。從心理學的角度，認知模式(cognition model)代表個人重複過去的行為之傾向，社會模式(social model)的長期趨勢是指遵循別人成功經驗之演化方式。請參照圖 2，其為粒子速度與位置搜尋之一示意圖。如圖 2 所示。PSO 的初始粒子群以隨機的方式產生

粒子，經過進化疊代搜尋後，找到最佳的目標函數解。在每一次疊代過程中，粒子皆藉由認知模式、社會模式二種擁有引導記憶的搜尋經驗模式，逐步修正粒子本身最佳記憶及群體最佳記憶，不斷地修正個體速度與位置，以及群體速度與位置。認知模式：指的是每個粒子皆會獨立搜尋，當獨立粒子遇到函數最佳值時，獨立的粒子會將這個最佳搜尋記錄存放在記憶中，亦即每個粒子皆擁有本身最佳搜尋變數記憶，再依照本身最佳搜尋變數記憶去修正下一次的搜尋方向，這樣的模式為稱為粒子的認知模式。粒子的個體經驗經認知模式產生的記憶為個別最佳值  $P_{best,i}$  (particle best value)。社會模式：指的是獨立粒子會以自身最佳搜尋變數記憶與群體中最佳搜尋變數記憶進行比較，進而修正個別粒子往群體中的最佳搜尋記憶接近。因此，每個獨立粒子亦會依照群體記憶裡的最佳變數記憶，修正下一次粒子的搜尋速度，此模式稱為粒子群的社會模式。粒子群社會模式產生的記憶為群體最佳值  $G_{best}$  (globe best value)。

【0022】 在粒子群最佳化演算法中，每一個粒子均代表一個可能解，每一粒子均包含速度與位置兩個向量，以粒子  $i$  為例，速度向量  $V_i = (V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{id})$  和位置向量  $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{id})$ ，其中  $d$  表示解空間的維度。在演化過程中，每一個粒子軌跡的變化乃根據自己的飛行經驗( $P_{best,i}$ )和其他粒子的飛行經驗( $G_{best}$ )來逐代改變。於本發明對鋰電池充電應用而言，第  $i$  個粒子的速度和位置的更新規則可表示如下：

$$\Delta I_i(t+1) = \omega \times \Delta I_i(t) + \underbrace{C_1 \times rand_1 \times (P_{best,i} - I_i(t))}_{\text{認知模式}} + \underbrace{C_2 \times rand_2 \times (G_{best} - I_i(t))}_{\text{社會模式}} \quad (2)$$

$$I_i(t+1) = I_i(t) + \Delta I_i(t+1) \quad (3)$$

【0023】 其中， $\Delta I_i(t)$  為本次各階段電流的修正量， $\Delta I_i(t+1)$  為各階段電流下一次的修正量； $I_i(t)$  為本次各階段的充電電流值， $I_i(t+1)$  為下一次各階段的充電電流值； $\omega$  為慣性權重，範圍為 0~1 之間可為定值或變動值，在本發明中為例如但不限於定值 0.1； $C_1$  與  $C_2$  為學習因子，通常被設定為 2.0，當學習因子被設為相同值時，意味著粒子在自我搜尋以及社會方面的搜尋具有同樣比重， $C_1$  與  $C_2$  在本發明中被設定為 2.0； $rand_1$  與  $rand_2$  為介於 0~1 之

間的隨機亂數； $t$ 為目前疊代次數； $P_{best_t}$ 為粒子個體最佳的充電電流值， $G_{best}$ 為粒子群體最佳的充電電流值。

【0024】 此外，公式(2)的第二部分和第三部分分別代表“認知模式”和“社會模式”的部分。

【0025】 五階段定電流充電法

【0026】 因為兩段式 CC-CV 充電法的第二段為定電壓，因此有與定電壓法相同的缺點，充電時間較難以估計，為改善此一缺點，本發明乃延伸出一種多階段充電法。

【0027】 五階段定電流充電法顧名思義即是將充電分為五個階段，其中每階段皆為定電流充電且電流為逐步下降，此種充電法和 CC-CV 充電法比較起來，五階段充電法能達到快速充電之目的且在充電末期時進入涓流充電(Trickle Charge)狀態，而使電池充電不至於達到過度充電，進而延長電池的使用壽命。請參照圖 3，其為依據本發明之一種五階段定電流充電法。如圖 3 所示，任一階段之充電電流值均小於其前一階段之充電電流值，以避免在該階段使電池電壓太快到達所設定之門檻電壓值，造成電池之化學應力與溫升大，而影響電池壽命。

【0028】 請參照圖 4，其繪示依本發明之一種五階段充、放電流程。在步驟 a，係以  $I_1$  電流值進行第一階段定電流充電。在步驟 b，判斷電壓  $V$  是否  $\geq 4.2V$ ，當電壓  $V$  到達  $4.2V$  時方進入步驟 c。在步驟 c，變換為以  $I_2$  電流值進行第二階段定電流充電。在步驟 d，判斷電壓  $V$  是否  $\geq 4.2V$ ，當電壓  $V$  到達  $4.2V$  時方進入步驟 e。在步驟 e，變換為以  $I_3$  電流值進行第三階段定電流充電。在步驟 f，判斷電壓  $V$  是否  $\geq 4.2V$ ，當電壓  $V$  到達  $4.2V$  時方進入步驟 g。在步驟 g，變換為以  $I_4$  電流值進行第四階段定電流充電。在步驟 h，判斷電壓  $V$  是否  $\geq 4.2V$ ，當電壓  $V$  到達  $4.2V$  時方進入步驟 i。在步驟 i，變換為以  $I_5$  電流值進行第五階段定電流充電。在步驟 j，判斷電壓  $V$  是否  $\geq 4.2V$ ，當電壓  $V$  到達  $4.2V$  時方進入步驟 k。在步驟 k，變換為休息 1 小時以減緩電池內部的化學反應，之後進入步驟 l。在步驟 l 中，係以  $0.1C$  ( $220mA$ ) 進行放電。在步驟 m，判斷電壓  $V$  是否  $\leq 3.0V$ ，當電壓  $V$  下降至  $3.0V$  時方停止整個流程。

**【0029】 初始電流值設定**

**【0030】** 為避免各階段的充電電流太大而損害電池，本發明設定各階段的充電電流在  $0.1C \sim 1.5C$  之內，所謂  $C$  值是電池容量的一個基數，以一顆電壓  $3.6V$ 、 $2200mA$  的鋰電池為例， $1C$  等於  $2200mA$ ，而  $1.5C$  等於  $3300mA$ 。而為了讓各個階段之間的搜尋可以平均分佈在解空間範圍以達到全方位搜尋的效果，所以以亂數的方式產生 512 組初始五階段充電電流設定值，因本發明同時進行 16 顆電池(16 顆粒子)試驗，故在 512 組初始五階段充電電流設定值中取出 16 組，並且以平均分佈於解空間為原則以符合 PSO 初始設定的精神。

**【0031】** 根據電池充放電測試經驗知道，充電電流的大小影響充電時間和放電容量：若五階段電流皆設定為較大的值，則其充電時間會較短但放電容量會較少；若五階段電流皆設定為較小的值，充電時間將會很長但放電容量會較多。為了滿足較短的充電時間與較多的放電容量之目標，本發明將放電容量與充電時間做為模糊控制器的輸入參數，將其輸出數值(適應值)作為評斷充電設定值好壞的評估指標，以便於找出真正的領導者，並使其導引其他粒子跟隨，而得到最佳五階段定電流充電波形。

**【0032】 基於模糊控制之適應值(fitness value)估測**

**【0033】** 本案採用模糊控制器的原因，在於無法證明充電時間與放電容量兩者之間的比例在  $7:3$ 、 $6:4$ 、 $5:5$ 、 $2:8$ 、或其他等這些比例中，所得到的成本函數會最佳化，所以利用模糊控制器來進行多目標最佳化之比例調配，以便於在完成充放電程序且得到其充間時間與放電容量後，能自動調配充間時間與放電容量的權重，以最大化充電成本效益。請參照圖 5，其繪示本發明所採用之一模糊控制器架構。如圖 5 所示，該模糊控制器架構包括一模糊化單元 510、一推論引擎 520、一規則庫 530、一數據庫 540、以及一解模糊化單元 550，其中模糊化單元 510 係依一放電容量比與一充電時間產生一放電容量比模糊值與一充電時間模糊值；推論引擎 520 係依規則庫 530 及數據庫 540 之資料對模糊化單元 510 之所述放電容量比模糊值與充電時間模糊值進行推論以產生一適應模糊值；解模糊化單元 550 則依推論引擎 520 之所述適應模糊值產生一輸出。

【0034】 所述的放電容量比為使用五階段充電法的放電容量與使用 CC-CV 充電法的放電容量之比值，所述的充電時間為使用五階段充電法充電時的時間，所述的輸出則係用以判斷充電波形的性能與效果。請參照圖 6，其繪示所述放電容量比、充電時間、及輸出之歸屬函數。如圖 6 所示，這些歸屬函數的函數值皆在 0~1 之間，其中橫軸座標為輸入變數值又稱論域；縱軸座標為元素的大小又稱歸屬度。決定好輸入和輸出的歸屬函數後，下一步驟就是定義模糊語意變數及模糊推論。請參照圖 7(a)，其繪示本發明所定義之一語意變數定義表。請參照圖 7(b)，其繪示本發明所定義之一模糊規則庫。

【0035】 決定好模糊規則後，接著要決定使用何種模糊推論引擎，本發明選用最常見的最小推論引擎(Minimum Inference Engine)，例如：

(1)若放電容量為小(S)，且充電時間為中(M)，則輸出成本函數為小(S) (If discharge capacity is S and charge time is M, then cost function is S.)

(2)若放電容量為中的大(ML)，且充電時間為中的小(MS)，則輸出成本函數為大(L) (If discharge capacity is ML and charge time is MS, then cost function is L.)

【0036】 模糊控制器設計的最後一個步驟是將前面所得到的結果集合解模糊化，本案選用重心法(Center of Gravity)，這種方法是計算結果的重心，其運算式如式(4)所示，其中  $n$  為規則數， $W_i$  為第  $i$  條規則之推論結果， $B_i$  為第  $i$  條規則所對應到之輸出。

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n W_i B_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (4)$$

【0037】 基於 PSO 之最佳化充電波形搜尋操作流程

【0038】 請參照圖 8，其為本發明最佳化充電電流波形搜尋之操作流程圖，其操作步驟說明如下：

步驟 a：五階段電流初始化，用以設定五階段充電電流值，其係利用亂數的方式產生例如但不限於 512 組，並且以符合平均分配為原則，從 512 組結果

中取出例如但不限於 16 組以執行第一次實驗。

步驟 b：經由模糊控制器評估各電池充電設定值之結果，其係將所設定的五階段充電電流設定值之實驗結果中之放電容量比與充電時間做為模糊控制器的輸入變數，並將其輸出變數定義為評斷充電設定值的結果。

步驟 c：判斷是否符合步驟 b 之停止條件：(1)當模糊控制器的輸出成本函數之一標準差小於一第一數值—例如但不限於 0.01 以內 (2)模糊控制器的輸出成本函數前一次與目前實驗之最大值差距小於一第二數值—例如但不限於 0.005 以內，綜合以上敘述符合這兩項之條件可判斷獲得最佳之搜尋結果。

步驟 d：更新各階段電流值之  $P_{best}$  與  $G_{best}$ ，用以將目前各個電池之五階段的各階段電流值和實驗評估過最好的  $P_{best}$  之各階段電流值做比較，如果目前搜尋到的各階段電流值優於  $P_{best}$ ，則用目前的各階段之電流值更新  $P_{best}$  之各階段電流值；以及將目前群體之五階段的各階段電流值與實驗評估後群體中最好的五階段之電流值  $G_{best}$  做比較，經比較優劣後用來更新  $G_{best}$  的值。

步驟 e：根據 PSO 公式(2)和(3)運算來修正各階段電流值的大小。

步驟 f：應用五階段充電法則進行充電，再回到步驟 b 重複執行。

#### 【0039】 實驗系統架構

【0040】 請參照圖 9，其繪示本發明所採之一可程式充放電機及監控介面，其係採用 WonATech 公司的 WBCS3000，其監控介面可經由 PCI 通訊介面向可程式充放電機讀取資料並下達命令。該監控介面之功能包含各種充電法則充放電控制、即時記錄電壓、電流、溫度之波形及輸出 Excel 檔以便紀錄分析結果。

#### 【0041】 實驗結果

【0042】 利用粒子群演算法進行鋰電池最佳化五階段定電流充電波形搜尋，配合模糊控制器評估各電池充電設定值的結果是否符合較短的充電時間與較多的放電容量之目的，再以 WBCS3000 可程式充放電機之監控介面下達充電指令並記錄數據，依評估後之結果改變各電池充電設定值大小再繼續實驗，持續實驗直到結果收斂。請參照圖 10(a)，其繪示第一次實驗之結果。將實驗結果的容量比與時間數值化當作模糊控制器之輸入函數來評估，經過評估後可得輸出結果，經由輸出結果可得知整體 16 顆電池的

$P_{best}$  與  $G_{best}$  所對應的電流值，其結果請參照圖 10(b)。由圖 10(b)可得知全體之  $G_{best}$  所對應的五階段電流值為第七顆電池之值，而個體  $P_{best}$  所對應的電流值為原第一次實驗的電流值，將第一次實驗所使用的電流值及圖 10(b)中  $P_{best}$  與  $G_{best}$  所對應的電流值放入式(2),(3)之速度與位置更新公式中可得出下一次實驗之五階段電流修正值及電流值，其結果請參照圖 10(c)。接著進行第二次實驗，其結果請參照圖 10(d)。

【0043】 將第二次實驗結果的容量比與時間數值化當作模糊控制器之輸入函數來評估，經過評估後可得輸出結果，其結果請參照圖 10(e)。重複上述之實驗步驟直到進行至第七次實驗，其結果請參照圖 10(f)。將第一～七次實驗結果的容量比與時間數值化當作模糊控制器之輸入函數來評估，經過評估後可得輸出結果，其結果請參照圖 10(g)。圖 11(a)為第七次實驗的模糊控制器之輸出結果收斂曲線圖。圖 11(b)為第七次實驗之容量比收斂曲線圖。圖 11(c)為第七次實驗之充電時間收斂曲線圖。

【0044】 由上述可知，本發明之最佳化多階段鋰電池快速充電策略確可縮短充電時間，同時延長電池壽命。

【0045】 本案所揭示者，乃較佳實施例，舉凡局部之變更或修飾而源於本案之技術思想而為熟習該項技藝之人所易於推知者，俱不脫本案之專利權範疇。

【0046】 綜上所陳，本案無論就目的、手段與功效，在在顯示其迥異於習知之技術特徵，且其首先發明合於實用，亦在在符合發明之專利要件，懇請 貴審查委員明察，並祈早日賜予專利，俾嘉惠社會，實感德便。

#### 【符號說明】

##### 【0047】

510 模糊化單元	520 推論引擎
530 規則庫	540 數據庫
550 解模糊化單元	

## 申請專利範圍

1. 一種最佳化鋰電池多階段快速充電策略，其包括：
  - 初始化複數階段之充電電流值；
  - 以一放電容量比與一充電時間做為一模糊控制器的輸入歸屬函數，並將該模糊控制器之一輸出歸屬函數作為評斷所述複數階段充電電流值的結果；
  - 判斷該模糊控制器之一輸出成本函數之一標準差是否小於一第一數值，及該模糊控制器之所述輸出成本函數之前一次數值與目前實驗之最大値之差距是否小於一第二數值，以決定是否獲得最佳之搜尋結果；
  - 更新所述複數階段電流值之一個別最佳值與一群體最佳值；
  - 依一粒子群最佳化演算法公式運算修正所述複數階段電流值的大小；以及
  - 應用一複數階段充電法則進行充電，再回到第二步驟重複執行。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之最佳化鋰電池多階段快速充電策略，其中所述的第一數值等於 0.01。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之最佳化鋰電池多階段快速充電策略，其中所述的第二數值等於 0.05。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之最佳化鋰電池多階段快速充電策略，其中所述複數階段為 5 階段。

# 圖式

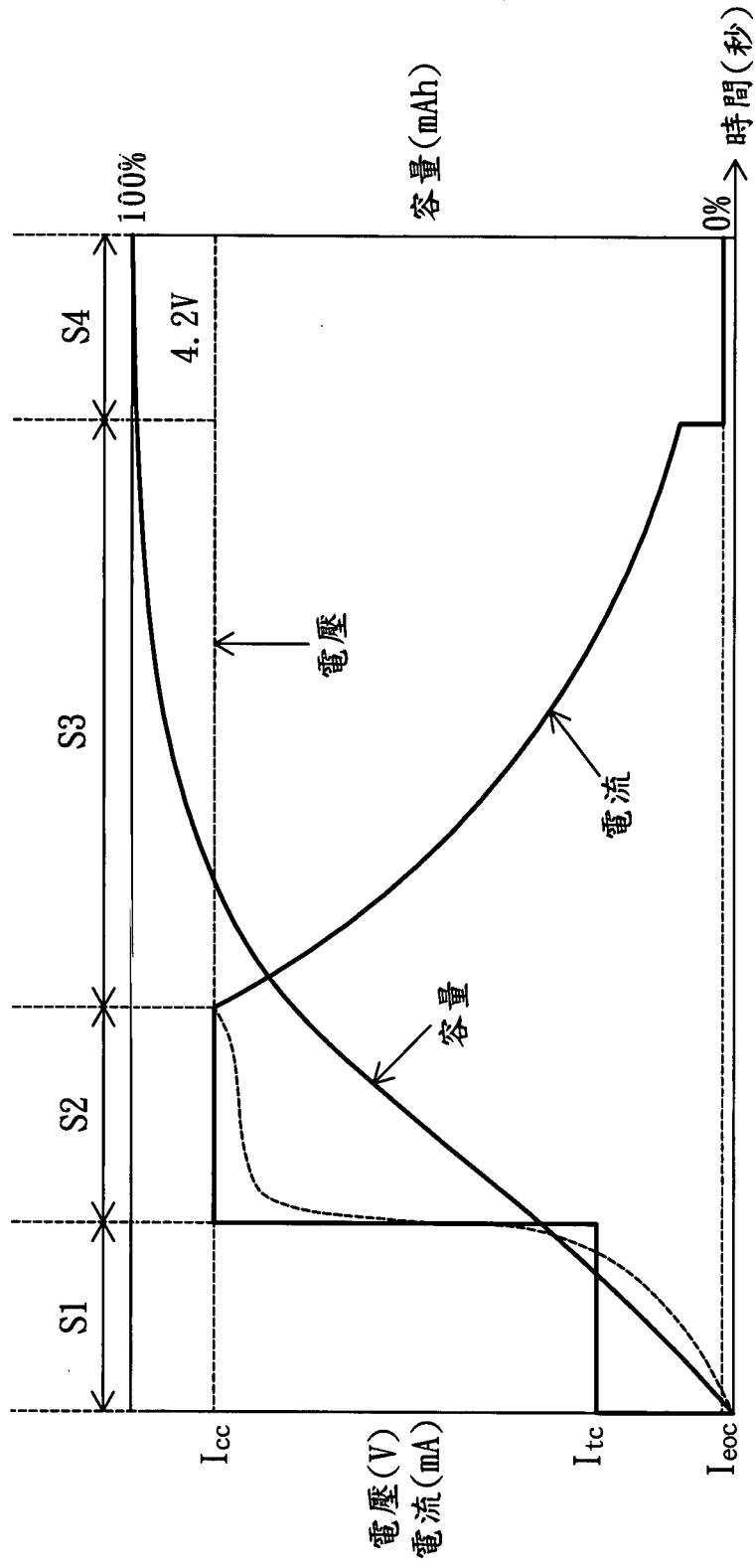


圖 1

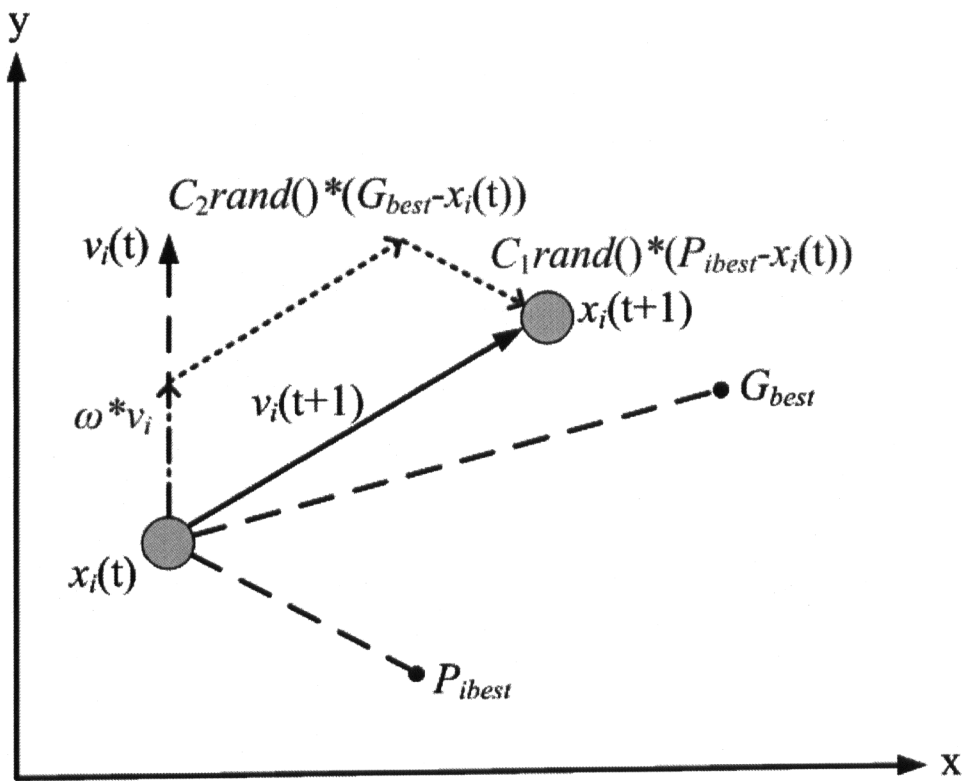


圖 2

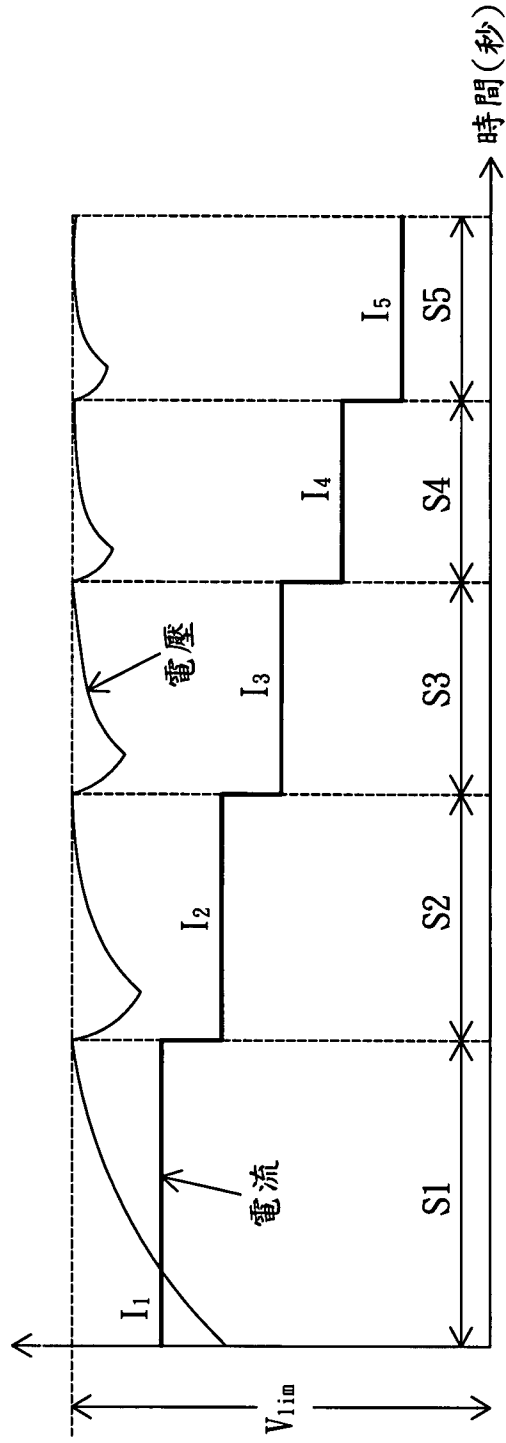


圖 3

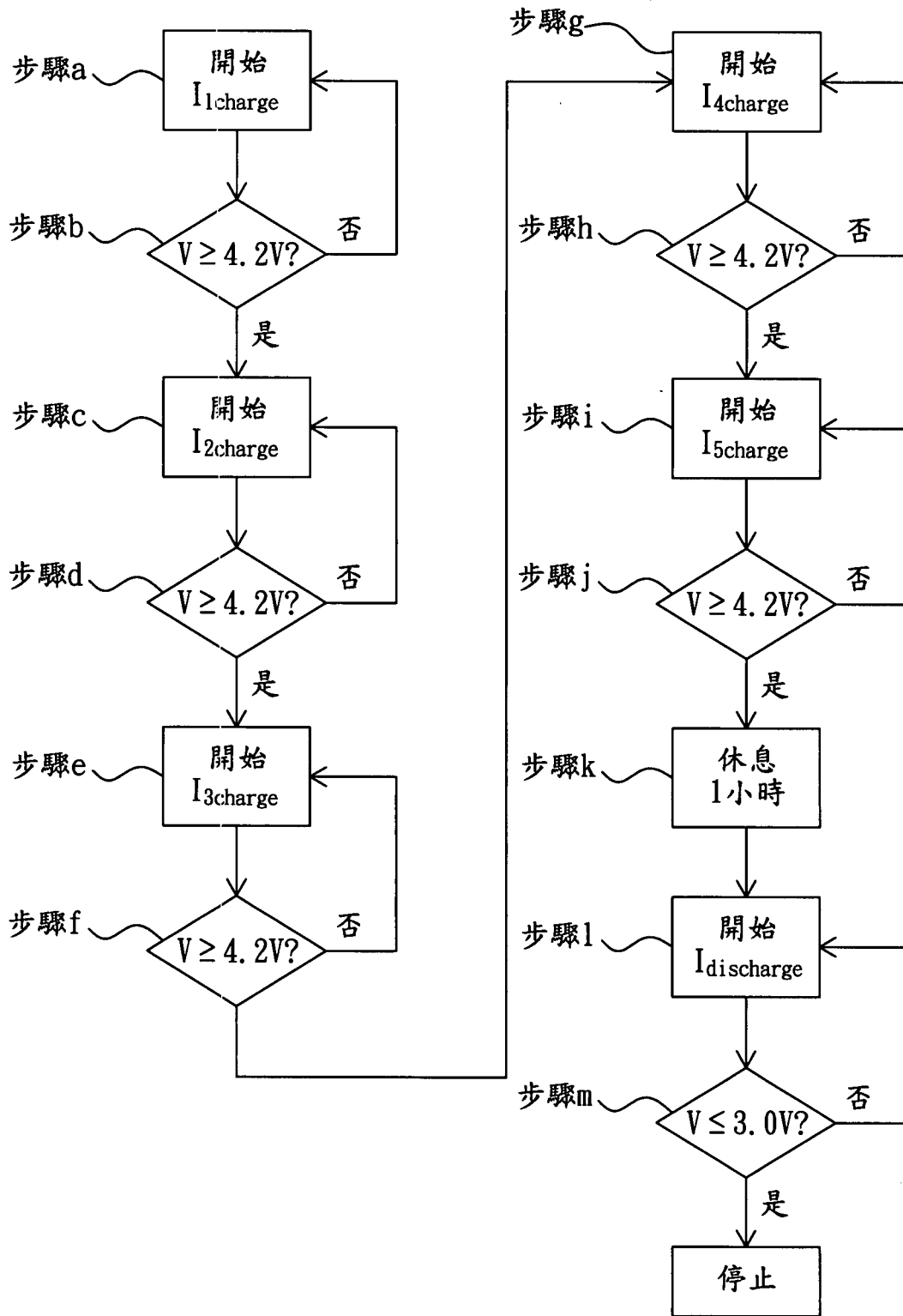


圖 4

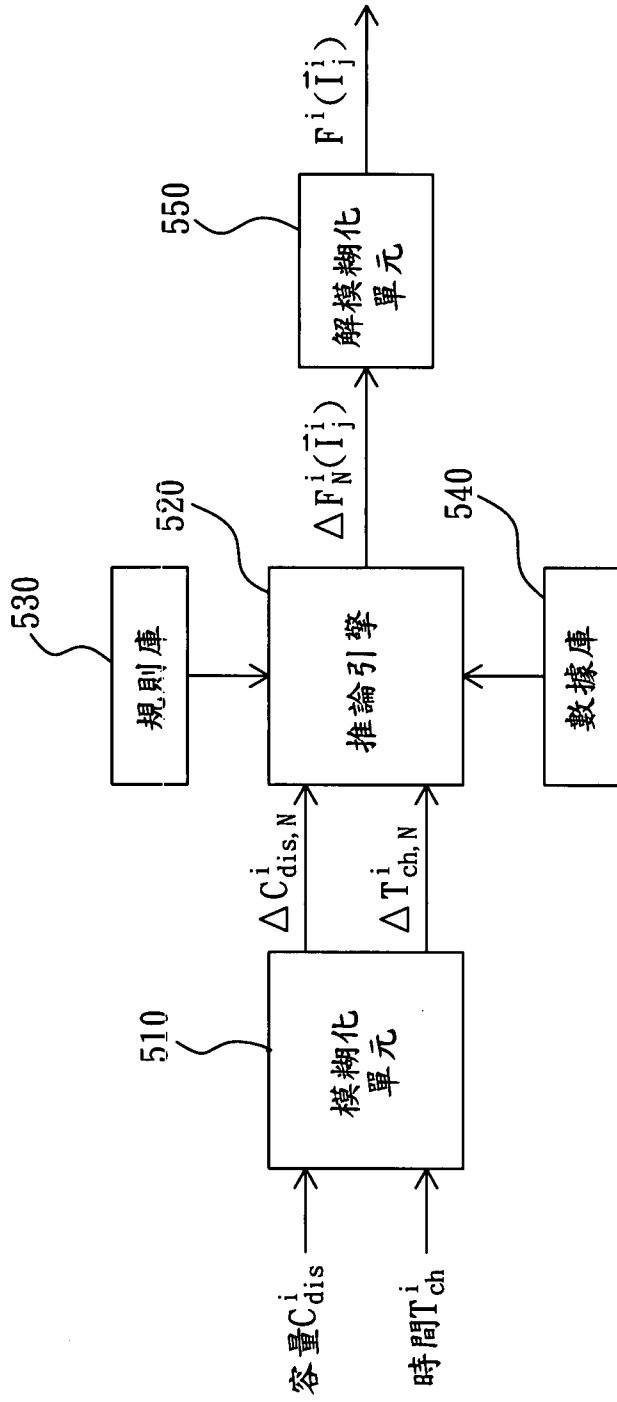
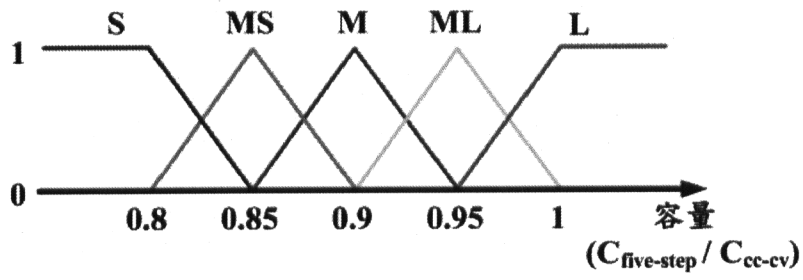
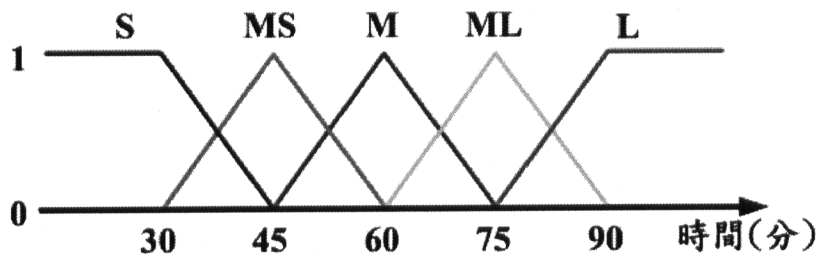


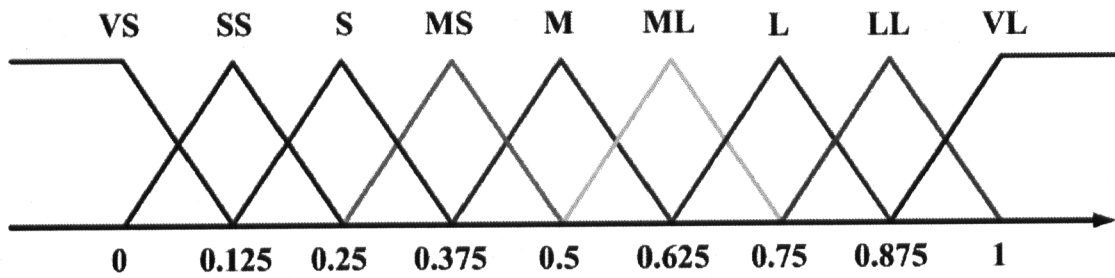
圖 5



放電容量比歸屬函數



充電時間歸屬函數



輸出歸屬函數

圖 6

變數名稱	變數意義	語言意義
VL	very large	很大
LL	large large	大的大
L	large	大
ML	medium large	中的大
M	medium	中
MS	medium small	中的小
S	small	小
SS	small small	小的小
VS	very small	很小

圖 7(a)

容量 時間	S	MS	M	ML	L
S	M Rule1	ML Rule2	L Rule3	LL Rule4	VL Rule5
MS	MS Rule6	M Rule7	ML Rule8	L Rule9	LL Rule10
M	S Rule11	MS Rule12	M Rule13	ML Rule14	L Rule15
ML	SS Rule16	S Rule17	MS Rule18	M Rule19	ML Rule20
L	VS Rule21	SS Rule22	S Rule23	MS Rule24	M Rule25

圖 7(b)

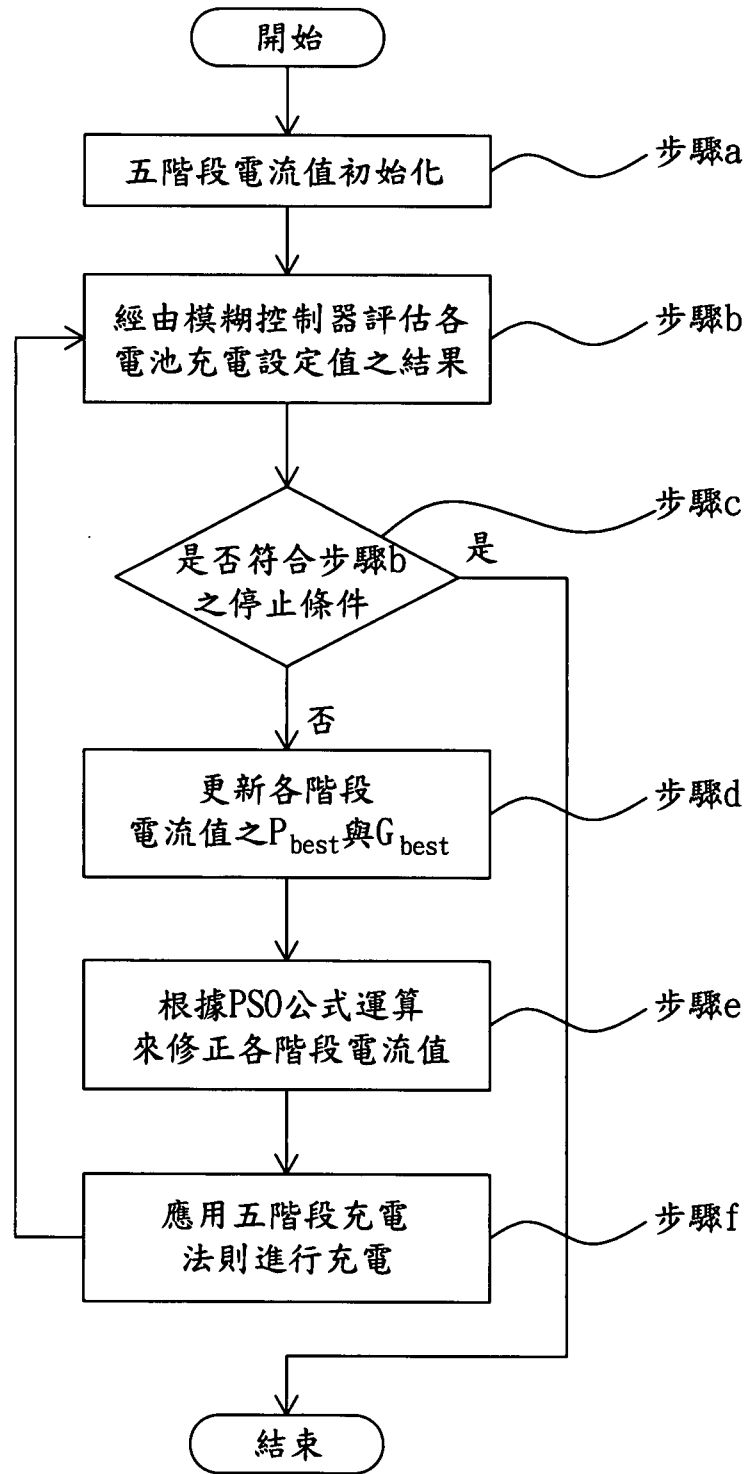


圖 8

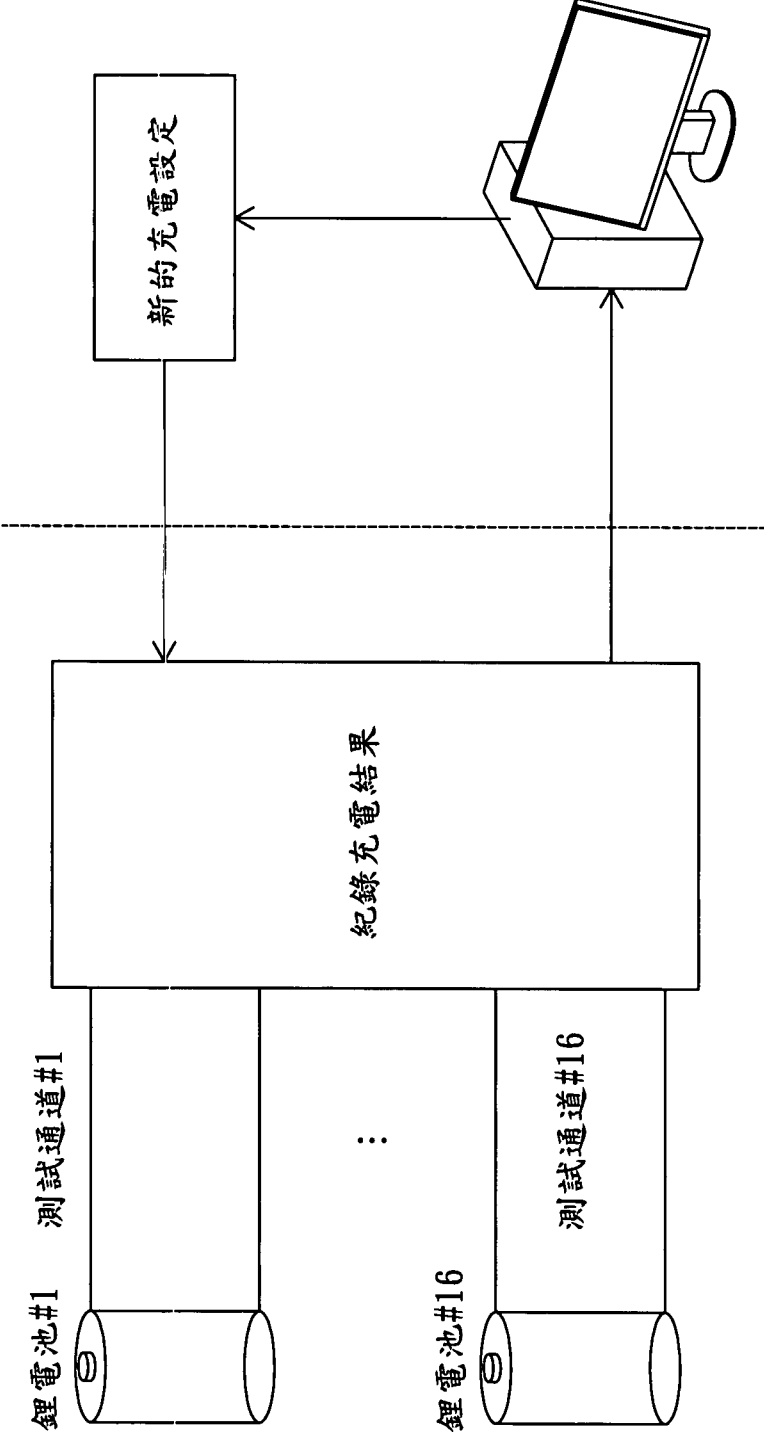


圖 9

第一次實驗結果(3.6V 2200mAh)										
電池編號	實際容量 (mAh)	放電容量 (mAh)	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	總充電時間	容量比 (放電/實際)	時間數值化(分)
			時間	時間	時間	時間	時間			
B1	2286.95	2002.7	00:31:54	00:00:59	00:03:42	00:10:38	00:02:45	00:49:58	0.8757	49.96
B2	2285.20	2114.3	00:29:20	00:05:50	00:04:21	00:00:40	00:24:32	01:04:43	0.9252	64.71
B3	2266.90	2187.5	00:54:23	00:02:42	00:05:10	00:03:49	00:35:32	01:41:36	0.9650	101.60
B4	2275.45	2052.2	00:42:34	00:00:44	00:11:38	00:00:58	00:04:30	01:00:24	0.9019	60.40
B5	2278.25	2013.5	00:38:15	00:01:54	00:01:33	00:07:46	00:03:05	00:52:33	0.8838	52.55
B6	2261.00	2077.7	00:35:54	00:00:18	00:10:51	00:07:58	00:04:32	00:59:33	0.9189	59.55
B7	2277.10	2053.0	00:28:50	00:02:57	00:04:28	00:02:49	00:09:29	00:48:33	0.9016	48.55
B8	2276.05	2202.5	00:26:16	00:07:37	00:02:33	00:19:25	00:29:30	01:25:21	0.9677	85.35
B9	2264.15	2172.3	00:31:14	00:01:48	00:00:32	00:23:06	00:35:25	01:32:05	0.9594	92.08
B10	2279.60	2057.5	00:29:42	00:02:38	00:09:14	00:02:51	00:09:56	00:54:21	0.9026	54.35
B11	2292.30	2099.6	00:31:02	00:01:10	00:01:15	00:04:13	00:29:09	01:06:49	0.9159	66.81
B12	2289.10	2155.4	00:28:00	00:09:35	00:02:28	00:22:57	00:11:34	01:14:34	0.9416	74.56
B13	2279.60	1974.7	00:33:59	00:00:30	00:12:54	00:01:40	00:00:43	00:49:46	0.8662	49.76
B14	2287.10	2115.5	00:42:59	00:06:19	00:13:40	00:06:39	00:01:57	01:11:34	0.9250	71.56
B15	2283.55	2041.7	00:46:56	00:00:07	00:01:15	00:11:01	00:05:39	01:04:58	0.8941	64.96
B16	2290.20	1960.4	00:28:37	00:01:44	00:09:01	00:01:36	00:04:26	00:45:24	0.8560	45.40

圖 10(a)

電池編號	Fuzzy Output1	Pbest	Gbest	電池編號	Pbest				
					I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>
B1	0.516	0.516		B1	1.32	1.23	0.96	0.52	0.43
B2	0.517	0.517		B2	1.41	0.97	0.72	0.68	0.24
B3	0.417	0.417		B3	0.89	0.74	0.53	0.41	0.12
B4	0.502	0.502		B4	1.08	1.02	0.53	0.49	0.37
B5	0.515	0.515		B5	1.17	1.02	0.91	0.56	0.45
B6	0.556	0.556		B6	1.22	1.19	0.65	0.41	0.31
B7	0.596	0.596	0.596	B7	1.44	1.18	0.87	0.71	0.41
B8	0.472	0.472		B8	1.49	0.96	0.81	0.34	0.12
B9	0.404	0.404		B9	1.36	1.20	1.15	0.40	0.12
B10	0.561	0.561		B10	1.39	1.16	0.66	0.54	0.31
B11	0.488	0.488		B11	1.36	1.25	1.14	0.85	0.25
B12	0.479	0.479		B12	1.43	0.83	0.70	0.26	0.15
B13	0.501	0.501		B13	1.27	1.22	0.60	0.53	0.50
B14	0.474	0.474		B14	1.05	0.71	0.35	0.24	0.21
B15	0.432	0.432		B15	0.98	0.97	0.89	0.49	0.35
B16	0.515	0.515		B16	1.40	1.25	0.74	0.66	0.50
MAX	0.596	0.596							
MIN	0.404								
STDEV	0.051419								
AVG	0.496563			B7	1.44	1.18	0.87	0.71	0.41

圖 10(b)

MATLAB計算之第二次實驗電流修正值 $\Delta I_i(t+1)$						MATLAB計算之第二次實驗電流值 $I_i(t+1)$					
電池編號	$\Delta I_1(t+1)$	$\Delta I_2(t+1)$	$\Delta I_3(t+1)$	$\Delta I_4(t+1)$	$\Delta I_5(t+1)$	電池編號	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$
B1	0.1553	0.0155	-0.0034	0.1661	0.0536	B1	1.4753	1.2455	0.9566	0.6861	0.4836
B2	0.0863	0.2046	0.0491	0.0268	0.2170	B2	1.4963	1.1746	0.7691	0.7068	0.4570
B3	0.5762	0.6740	0.4863	0.1781	0.1430	B3	1.4662	1.4140	1.0163	0.5881	0.2630
B4	0.3083	0.1271	0.3627	0.2591	0.0838	B4	1.3883	1.1471	0.8927	0.7491	0.4538
B5	0.0218	0.0904	-0.0490	0.2719	0.0705	B5	1.1918	1.1104	0.8610	0.8319	0.5205
B6	0.1862	0.0193	0.3810	0.2856	0.2040	B6	1.4062	1.2093	1.0310	0.6956	0.5140
B7	0.0449	0.0743	0.0010	0.0918	0.0030	B7	1.4849	1.2543	0.8710	0.8018	0.4130
B8	0.0160	0.0799	0.1825	0.2849	0.1873	B8	1.5000	1.0399	0.9925	0.6249	0.3073
B9	0.1482	0.0118	-0.4897	0.1594	0.2727	B9	1.5000	1.2118	0.6603	0.5594	0.3927
B10	0.0567	0.0827	0.2415	0.1292	0.1923	B10	1.4467	1.2427	0.9015	0.6692	0.5023
B11	0.1463	0.0445	-0.0479	-0.1838	0.1033	B11	1.5000	1.2945	1.0921	0.6662	0.3533
B12	0.0629	0.5082	0.3398	0.6692	0.2386	B12	1.4929	1.3382	1.0398	0.9292	0.3886
B13	0.1166	-0.0072	0.5825	0.2804	-0.0545	B13	1.3866	1.2128	1.1825	0.8104	0.4455
B14	0.3652	0.3795	0.3507	0.4225	0.2472	B14	1.4152	1.0895	0.7007	0.6625	0.4572
B15	0.3685	0.0918	0.0554	0.2098	0.1922	B15	1.3485	1.0618	0.9454	0.6998	0.5422
B16	0.0814	-0.0515	0.0667	0.1167	-0.0694	B16	1.4814	1.1985	0.8067	0.7767	0.4306

圖 10(c)

第二次實驗結果(3.6V 2200mAh)										
電池編號	實際容量 (mAh)	放電容量 (mAh)	$I_1$ 時間	$I_2$ 時間	$I_3$ 時間	$I_4$ 時間	$I_5$ 時間	總充電 時間	容量比 (放電/實際)	時間數值 化(分)
B1	2286.95	1971.10	00:26:43	00:02:36	00:03:56	00:04:58	00:05:42	00:43:55	0.8619	43.91
B2	2285.20	1992.60	00:26:28	00:03:50	00:06:31	00:01:01	00:07:09	00:44:59	0.8720	44.98
B3	2266.90	2100.30	00:27:50	00:00:34	00:05:00	00:09:01	00:17:04	00:59:29	0.9265	59.48
B4	2275.45	2004.90	00:30:06	00:02:45	00:03:39	00:02:19	00:08:25	00:47:14	0.8811	47.23
B5	2278.25	1974.50	00:37:03	00:00:57	00:03:47	00:00:24	00:07:38	00:49:49	0.8667	49.81
B6	2261.00	1966.90	00:28:58	00:02:20	00:02:20	00:06:05	00:04:58	00:44:41	0.8699	44.68
B7	2277.10	2044.50	00:27:22	00:02:33	00:05:34	00:01:03	00:12:39	00:49:11	0.8979	49.18
B8	2276.05	2080.50	00:25:37	00:06:31	00:00:31	00:08:19	00:14:40	00:55:38	0.9141	55.63
B9	2264.15	2020.40	00:26:49	00:03:18	00:10:17	00:02:15	00:05:48	00:48:27	0.8923	48.45
B10	2279.60	1961.40	00:27:52	00:02:18	00:04:43	00:04:16	00:04:19	00:43:28	0.8604	43.46
B11	2292.30	2043.90	00:26:38	00:02:15	00:02:22	00:07:33	00:11:17	00:50:05	0.8916	50.08
B12	2289.10	2014.00	00:25:56	00:01:42	00:03:59	00:01:32	00:17:56	00:51:05	0.8798	51.08
B13	2279.60	1995.70	00:29:42	00:02:01	00:00:18	00:05:46	00:10:05	00:47:52	0.8755	47.86
B14	2287.10	1978.20	00:28:09	00:04:09	00:07:08	00:00:43	00:05:54	00:46:03	0.8649	46.05
B15	2283.55	1933.30	00:30:05	00:03:50	00:01:33	00:04:48	00:04:01	00:44:17	0.8466	44.28
B16	2290.20	1984.70	00:25:57	00:03:26	00:06:25	00:00:27	00:11:11	00:47:26	0.8666	47.43

圖 10(d)

電池編號	Fuzzy Output2	Fuzzy Output1	Pbest	Gbest	電池編號	Pbest				
						I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>
B1	0.551	0.516	0.551		B1	1.48	1.25	0.96	0.69	0.48
B2	0.557	0.517	0.557		B2	1.50	1.17	0.77	0.71	0.46
B3	0.572	0.417	0.572		B3	1.47	1.41	1.02	0.59	0.26
B4	0.548	0.502	0.548		B4	1.39	1.15	0.89	0.75	0.45
B5	0.501	0.515	0.515		B5	1.17	1.02	0.91	0.56	0.45
B6	0.557	0.556	0.557		B6	1.41	1.21	1.03	0.70	0.51
B7	0.577	0.596	0.596	0.596	B7	1.44	1.18	0.87	0.71	0.41
B8	0.589	0.472	0.589		B8	1.50	1.03	0.99	0.62	0.31
B9	0.557	0.404	0.557		B9	1.50	1.21	0.66	0.56	0.39
B10	0.553	0.561	0.561		B10	1.39	1.16	0.66	0.54	0.31
B11	0.548	0.488	0.548		B11	1.50	1.29	1.09	0.67	0.35
B12	0.514	0.479	0.514		B12	1.49	1.34	1.04	0.93	0.39
B13	0.532	0.501	0.532		B13	1.39	1.21	1.18	0.81	0.45
B14	0.529	0.474	0.529		B14	1.42	1.09	0.70	0.66	0.46
B15	0.497	0.432	0.497		B15	1.35	1.06	0.95	0.70	0.54
B16	0.519	0.515	0.519		B16	1.48	1.20	0.81	0.78	0.43
MAX	0.589	0.596	0.596							
MIN	0.497	0.404								
STDEV	0.026481	0.051419								
AVG	0.543813	0.496563			B7	1.44	1.18	0.87	0.71	0.41

圖 10(e)

第七次實驗結果(3.6V 2200mAh)											
電池編號	實際容量 (mAh)	放電容量 (mAh)	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	總充電時間	容量比 (放電/實際)	時間數值化(分)	
			時間	時間	時間	時間	時間				
B1	2167.1	1953.10	00:26:55	00:03:02	00:06:14	00:03:37	00:11:27	00:51:15	0.9013	51.25	
B2	2169.9	1959.70	00:27:30	00:03:27	00:05:38	00:03:07	00:11:48	00:51:30	0.9031	51.50	
B3	2190.0	1989.40	00:27:39	00:01:19	00:07:37	00:03:52	00:11:40	00:52:07	0.9084	52.11	
B4	2180.8	1966.50	00:28:06	00:03:22	00:05:06	00:03:45	00:10:10	00:50:29	0.9017	50.48	
B5	2179.2	1962.70	00:27:04	00:03:35	00:04:55	00:03:45	00:10:42	00:50:01	0.9007	50.01	
B6	2124.8	1917.10	00:26:29	00:03:29	00:07:43	00:01:39	00:12:18	00:51:38	0.9022	51.63	
B7	2145.4	1940.80	00:26:59	00:03:25	00:05:19	00:03:19	00:11:11	00:50:13	0.9046	50.21	
B8	2170.6	1974.90	00:23:52	00:05:59	00:04:30	00:05:06	00:14:36	00:54:03	0.9098	54.05	
B9	2158.2	1954.40	00:27:27	00:02:27	00:09:18	00:01:53	00:11:43	00:52:48	0.9056	52.80	
B10	2141.7	1939.60	00:26:14	00:03:21	00:03:57	00:04:49	00:14:25	00:52:46	0.9056	52.76	
B11	2114.3	1900.90	00:25:24	00:04:11	00:04:01	00:04:30	00:11:22	00:49:28	0.8991	49.46	
B12	2121.0	1910.50	00:26:38	00:03:14	00:05:50	00:01:56	00:13:55	00:51:33	0.9008	51.55	
B13	2164.9	1952.50	00:27:22	00:03:23	00:05:14	00:03:17	00:11:01	00:50:17	0.9019	50.28	
B14	2161.4	1946.10	00:26:40	00:03:50	00:06:29	00:02:31	00:11:18	00:50:48	0.9004	50.80	
B15	2154.5	1933.90	00:26:00	00:04:11	00:05:09	00:05:22	00:09:12	00:49:54	0.8976	49.90	
B16	2121.0	1900.10	00:25:49	00:04:01	00:05:06	00:05:27	00:09:20	00:49:43	0.8959	49.00	
AVG									0.9024	51.11	

圖 10(f)



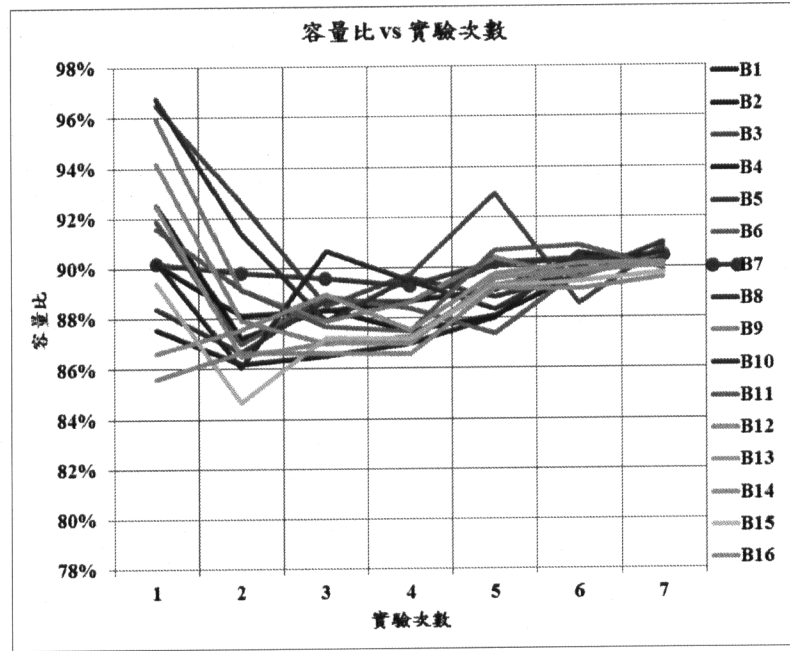


圖 11(b)

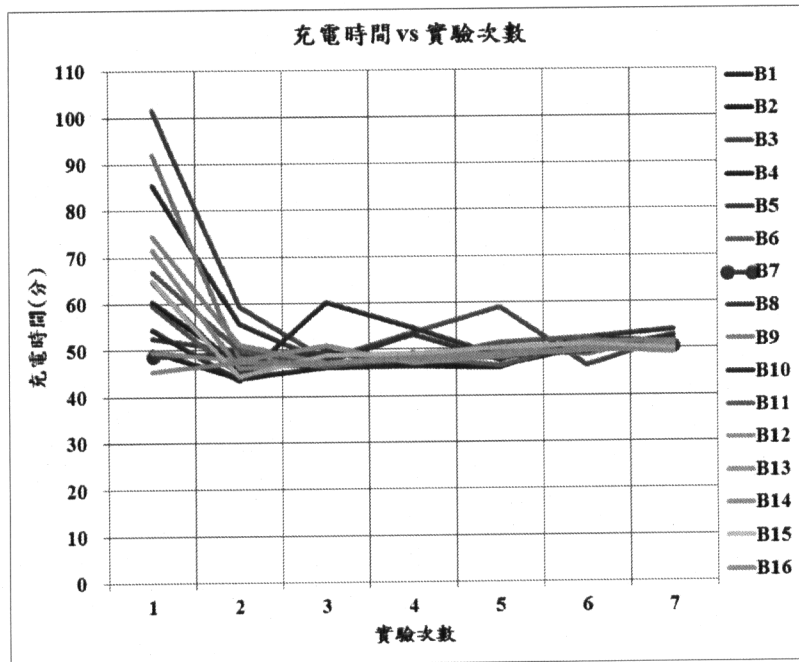


圖 11(c)