

【11】證書號數：I225576

【45】公告日：中華民國 93 (2004) 年 12 月 21 日

【51】Int. Cl.⁷：G05B19/00

發明

全 24 頁

【54】名稱：合併雙控制迴路之程序控制方法

PROCESS CONTROLLING METHOD WITH MERGED TWO-CONTROL
LOOPS

【21】申請案號：092127713

【22】申請日期：中華民國 92 (2003) 年 10 月 06 日

【72】發明人：

鄭西顯

JANG, SHI SHANG

蔡柏澧

TSAI, PO FENG

【71】申請人：

國立清華大學
新竹市光復路二段一〇一號

NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

【74】代理人：陳展俊 先生

1

2

[57]申請專利範圍：

1. 一種合併雙控制迴路之程序控制方法，包含下列步驟：

i) 將一個控制變數(controlled variable)，在取樣時間點 k 的值， y_k ，輸入給一協調器(coordinator)，於是該協調器輸出一權值 Ψ ，其中 $0 \leq \Psi \leq 1$ ； k 代表取樣時間點， k 為 0 或正整數；

ii) 將 y_k 同時輸入給該程序之一模式預測控制器(MPC)，於是從該模式預

測控制器獲得一操作變數(manipulated variable)的 MPC 的輸出， u_{MPC} ；

iii) 將 y_k 同時輸入給該程序之一穩定輔助控制器(SAC)，於是從該穩定輔助控制器獲得該操作變數的一 SAC 的輸出， u_{SAC} ；

iv) 依下式計算出該操作變數的一綜合輸出， u ：

$$u = \Psi \cdot u_{MPC} + (1 - \Psi) \cdot u_{SAC}$$

10. v) 使用該 u 值對該程序進行調整，

其中步驟 i) 的 Ψ 值的決定係依據該 MPC 的一區域性知識指標函數計算出，該區域性知識指標函數係以測試資料評估該 MPC 對該程序進行控制的表現所建立，該區域性知識指標函數反映該 y_k 值是否落於該 MPC 的一良好訓練區，一未熟悉區或介於其間的區，當該 y_k 值落於該良好訓練區時， $\Psi = 1$ ；當該 y_k 值落於該未熟悉區時， $\Psi = 0$ ；當該 y_k 值落於該介於其間的區時， $0 \leq \Psi \leq 1$ ，且 Ψ 越接近 1，當 y_k 值越接近該良好訓練區， Ψ 越接近 0，當 y_k 值越接近該未熟悉區；

步驟 ii) 的 u_{MPC} 可被單獨用於對該程序進行調整，而使得 y_{k+1} 與該被控制變數的一設定值 y_d 的差值在一預設範圍內；及

步驟 iii) 的 u_{SAC} 可被單獨用於對該程序進行調整，而使得 y_{k+1} 比 y_k 更接近 y_d 。

2. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中該穩定輔助控制器(SAC)為 PI 控制器，PID 控制器或類神經調適性控制器(Neural adaptive controller)。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項的方法，其中該模式預測控制器(MPC)為人工類神經網路模式控制器(artificial neural network model controller)。

圖式簡單說明：

圖 1 顯示一習知技藝中的向前傳遞式類神經網路的程序控制流程示意圖。

圖 2 顯示本發明的穩健類神經網路模式預測控制架構的示意方塊圖。

圖 3 顯示一習知技藝中的自適應類神經控制器的程序控制流程示意圖。

圖 4 為權重決策因子(Ψ)對區域知識指標函數 $\hat{f}_{\Omega}(\omega_{new})$ 的作圖。

圖 5 顯示連續攪拌式酸鹼反應槽之示意流程圖。

圖 6 顯示酸鹼滴定曲線。

5. 圖 7a 為控制動作(鹼液流)對取樣控制時間的作圖；圖 7b 為設定點(pH 值)變更訊號所產生的實驗訓練數據，其中實線為反應值，點線為設定點。

圖 8 為類神經網路的程序控制的訓練結果。

10. 圖 9 為類神經網路的程序控制的測試結果。

圖 10 為帶寬值與 IAE 控制指標對應圖。

15. 圖 11 為 PI 控制器以 1/4 衰減比例法調校及單一設定點變更的控制表現，其中圖 11a 為控制動作(鹼液流)對取樣控制時間的作圖；圖 11b 為設定點(pH 值)變更訊號所產生的控制變數值，其中實線為反應值，點線為設定點。
20. 圖 12 為 PI 控制器以 IMC ($\tau_{cl} = 500$) 調校及單一設定點變更的控制表現，其中圖 12a 為控制動作(鹼液流)對取樣控制時間的作圖；圖 12b 為設定點(pH 值)變更訊號所產生的控制變數值，其中實線為反應值，點線為設定點。

25. 圖 13 為傳統模式預測控制器及單一設定點變更的控制表現，其中圖 13a 為控制動作(鹼液流)對取樣控制時間的作圖；圖 13b 為設定點(pH 值)變更訊號所產生的控制變數值，其中實線為反應值，點線為設定點。

30. 圖 14 為自適應類神經控制器及單一設定點變更的控制表現，其中圖 14a 為控制動作(鹼液流)對取樣控制時間的作圖；圖 14b 為設定點(pH 值)變更訊號所產生的控制變數值，其中實線為反應值，點線為設定點。

35. 圖 15 為本發明穩健類神經模式預測控制器及單一設定點變更的控制表

40. 圖 15 為本發明穩健類神經模式預測控制器及單一設定點變更的控制表

現，其中圖 15a 為 MPC 權重對取樣控制時間的作圖；圖 15b 為區域知識指標對取樣控制時間的作圖；圖 15c 為控制動作(鹼液流)對取樣控制時間的作圖；圖 15d 為設定點(pH 值)變更訊號所產生的控制變數值，其中實線為反應值，點線為設定點。

圖 16 為圖 15a 中細部控制動作放大圖，其中 --- 代表自適應類神經控制器的動作，--- 代表模式預測控制器的動作，而實線代表本發明控制器的實際控制動作。

圖 17 為自適應類神經控制器及單一設定點變更的控制表現，其中圖 17a 為控制動作(鹼液流)對取樣控制時間的作圖；圖 17b 為設定點(pH 值)變更訊號所產生的控制變數值，其中實線為反應值，點線為設定點。

圖 18 為本發明穩健類神經模式預測控制器及連續設定點變更的控制表現，其中圖 18a 為 MPC 權重對取樣控制時間的作圖；圖 18b 為區域知識指標對取樣控制時間的作圖；圖 18c 為控制動作(鹼液流)對取樣控制時間的作圖；圖 18d 為設定點(pH 值)變更訊號所產生的控制變數值，其中實線為反應值，點線為設定點。

圖 19 為傳統模式預測控制器(擾動變數排除)的控制表現，其中圖 19a 為控制動作(鹼液流)對取樣控制時間的作圖；圖 19b 為設定點(pH 值)變更訊號所產生的控制變數值，其中實線為反應值，點線為設定點。

圖 20 為自適應類神經控制器(擾動變數排除)的控制表現，其中圖 20a 為控制動作(鹼液流)對取樣控制時間的作圖；圖 20b 為設定點(pH 值)變更訊號所產生的控制變數值，其中實線為反應值，點線為設定點。

圖 21 為本發明穩健類神經模式預

測控制器(擾動變數排除)的控制表現，其中圖 21a 為 MPC 權重對取樣控制時間的作圖；圖 21b 為區域知識指標對取樣控制時間的作圖；圖 21c 為控制動作(鹼液流)對取樣控制時間的作圖；圖 21d 為設定點(pH 值)變更訊號所產生的控制變數值，其中實線為反應值，點線為設定點。

5. 圖 22 顯示酸鹼中和前導工廠的實驗設備的示意圖。

圖 23 顯示使用圖 22 的設備進行酸鹼中和實驗的酸鹼值曲線圖，其中 Q_b/Q_a 為鹼液流量與酸液流量比。

10. 圖 24 為使用圖 22 的設備進行酸鹼中和實驗的訓練資料分佈圖，其中圖 24a 為該酸鹼中和實驗的酸鹼值輸出(實線)及設定點(點線)對時間的關係圖；圖 24b 為控制動作(鹼液流量)對時間的關係圖。

20. 圖 25 使用圖 22 的設備進行酸鹼中和實驗的類神經網路模式訓練結果，其中 \circ 代表真實值，及 $+$ 代表預測值。

25. 圖 26 使用圖 22 的設備進行酸鹼中和實驗的類神經網路模式訓練結果，其中顯示預測酸鹼值與真實系統酸鹼值之絕對誤差。

30. 圖 27 以類神經網路模式對圖 22 的設備進行 pH 值控制的測試結果，其中 $*$ 代表預測酸鹼值， \circ 代表真實酸鹼值。

圖 28 以類神經網路模式對圖 22 的設備進行 pH 值控制的測試結果，其中顯示預測酸鹼值與真實酸鹼值之絕對誤差。

35. 圖 29 以 PI 控制器對圖 22 的設備進行 pH 值控制的表現(使用第一組設定)，其中圖 29a 為真實酸鹼值輸出(實線)及設定點(點線)對時間的關係圖；圖 29b 為控制動作(鹼液流量)對時間的關係圖。

40.

圖30以PI控制器對圖22的設備進行pH值控制的表現(使用第二組設定),其中圖30a為真實酸鹼值輸出(實線)及設定點(點線)對時間的關係圖;圖30b為控制動作(鹼液流量)對時間的關係圖。

圖31以傳統模式預測控制器對圖22的設備進行pH值控制的表現,其中圖31a為真實酸鹼值輸出(實線)及設定點(點線)對時間的關係圖;圖31b為控制動作(鹼液流量)對時間的關係圖。

圖32以穩健類神經網路模式預測控制器對圖22的設備進行pH值控制的表現,其中圖32a為真實酸鹼值輸出(實線)及設定點(點線)對時間關係圖;圖32b為控制動作(鹼液流量)對時間的關係圖;圖32c為區域知識指標值對時間的關係圖;圖32d為MPC 權重值對時間的關係圖。

圖33 酸液進料流量變化情形。

圖34顯示以PI控制器對圖22的設備進行pH值控制的擾動排除表現,其中圖34a為真實酸鹼值輸出(實線)及設定點(點線)對時間的關係圖;圖34b為控制動作(鹼液流量)對時間的關係圖。

圖35顯示以傳統模式預測控制器對圖22的設備進行pH值控制的擾動排除表現,其中圖35a為真實酸鹼值輸出(實線)及設定點(點線)對時間的關係圖;圖35b為控制動作(鹼液流量)對時間的關係圖。

圖36顯示以穩健類神經網路模式預測控制器對圖22的設備進行pH值控制的擾動排除表現,其中圖36a為真實酸鹼值輸出(實線)及設定點(點線)對時間的關係圖;圖36b為控制動作(鹼液流量)對時間的關係圖;圖36c 區域知識指標值對時間的關係圖;圖36d 為MPC 權重值對時間的關係圖。

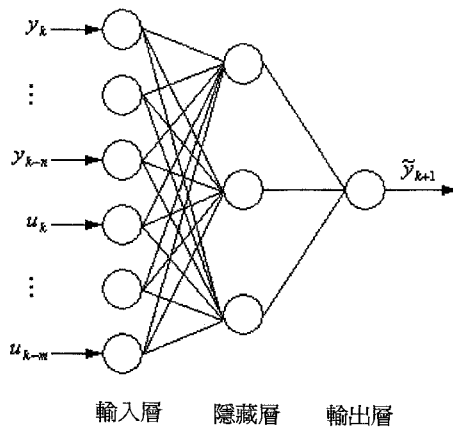


圖 1

(5)

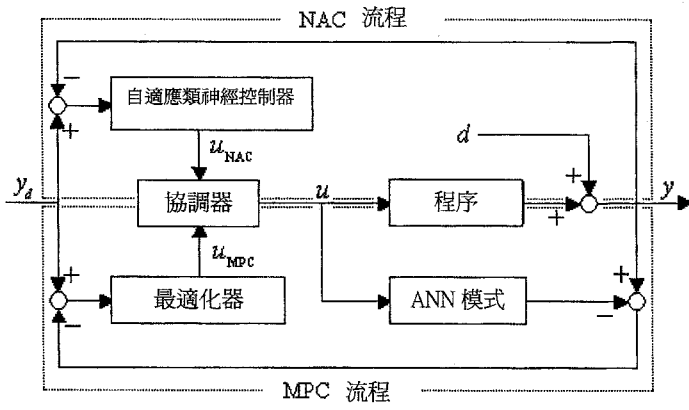


圖 2

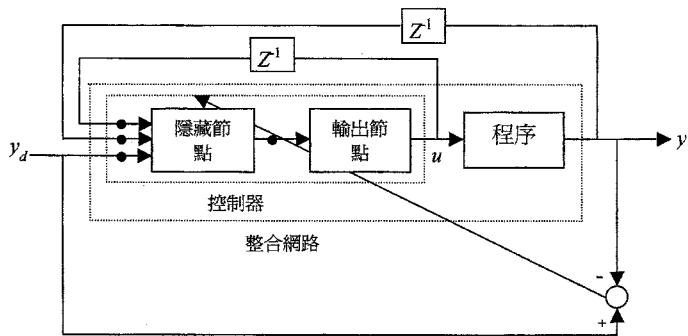


圖 3

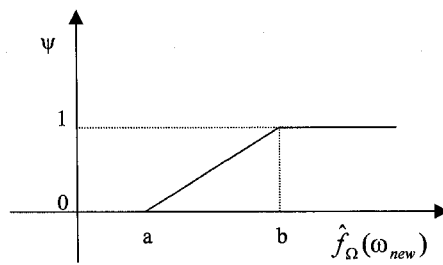


圖 4

(6)

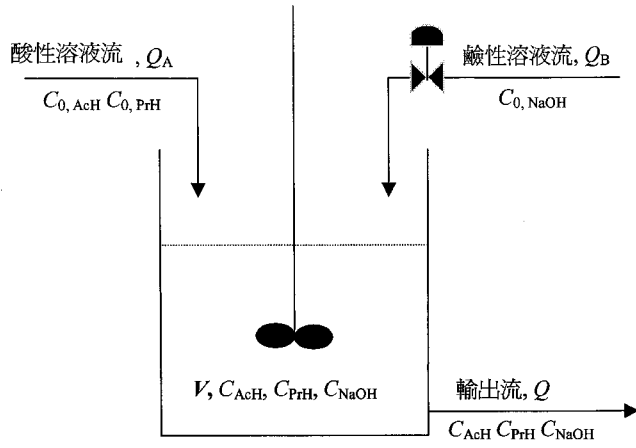


圖 5

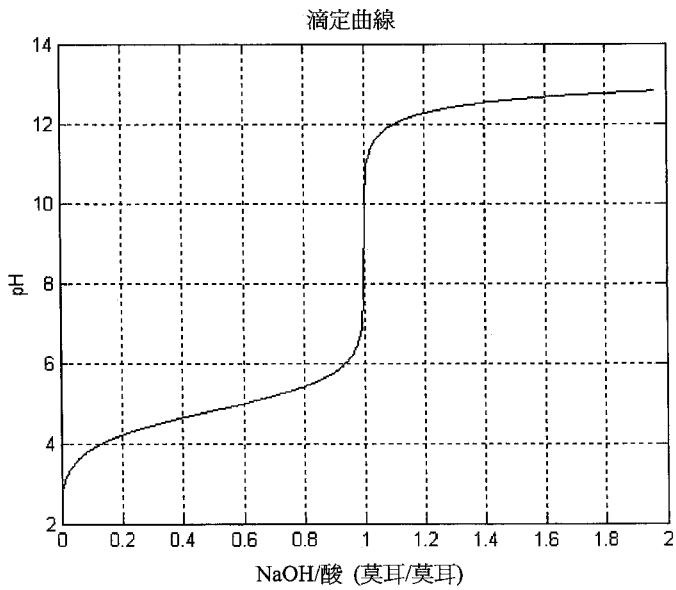


圖 6

(7)

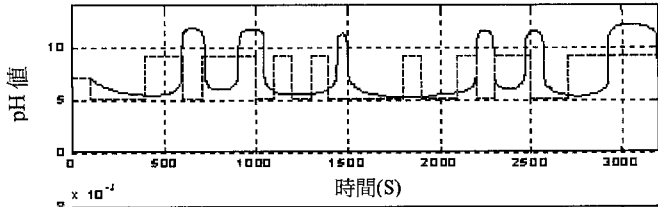


圖 7b

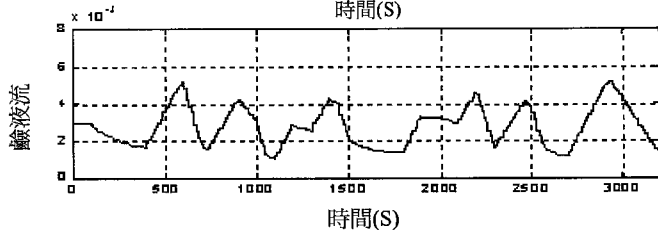


圖 7a

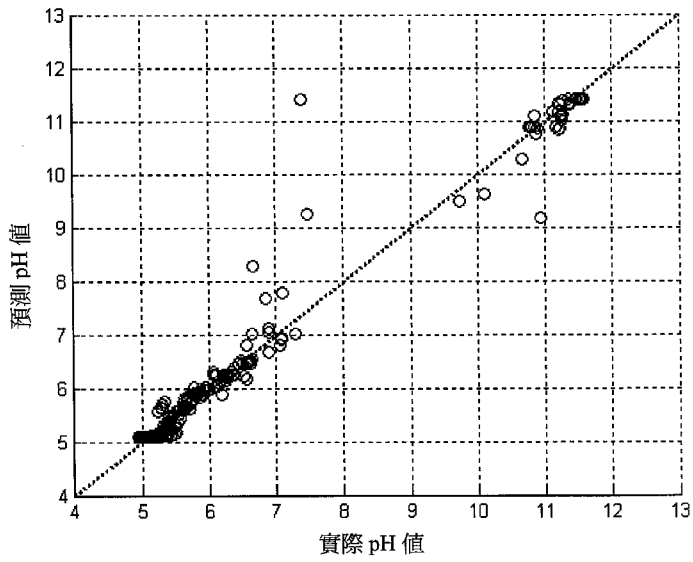


圖 8

(8)

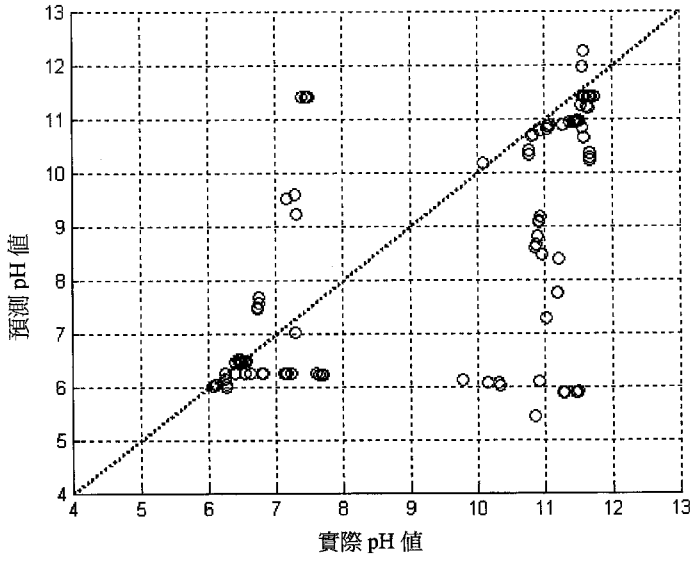


圖 9

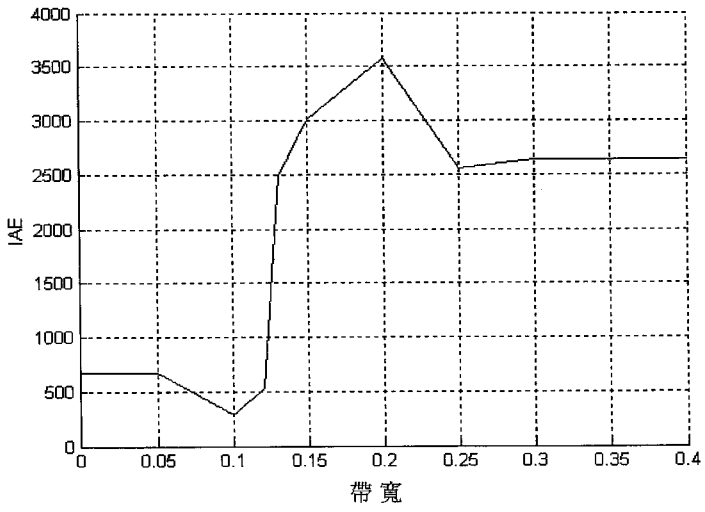


圖 10

(9)

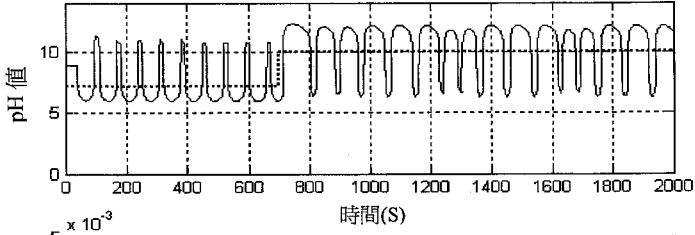


圖 11b

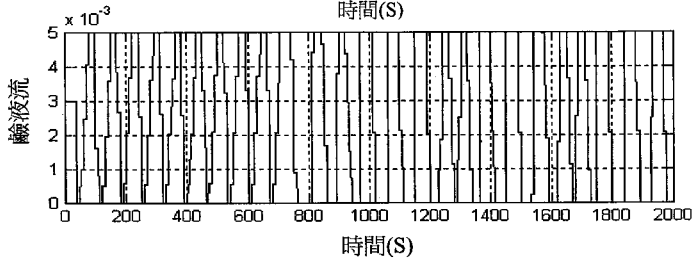


圖 11a

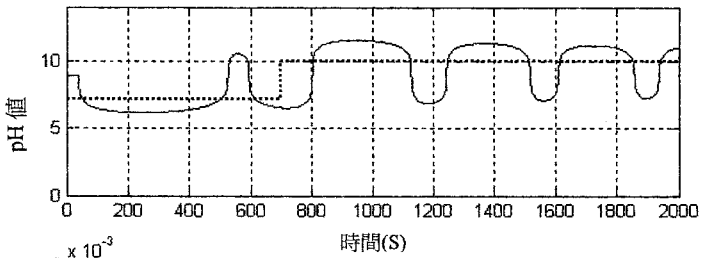


圖 12b

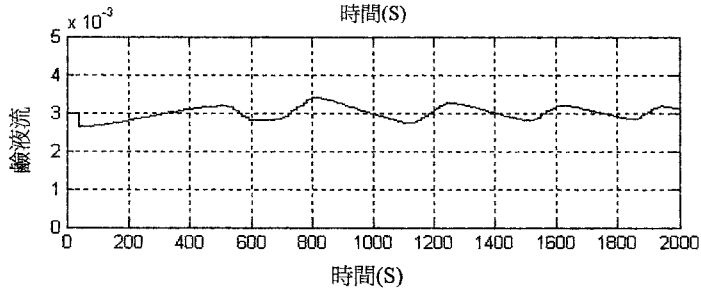


圖 12a

(10)

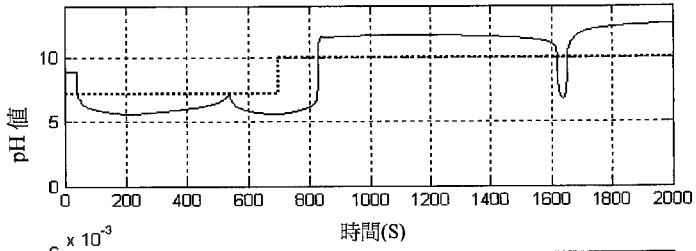


圖 13b

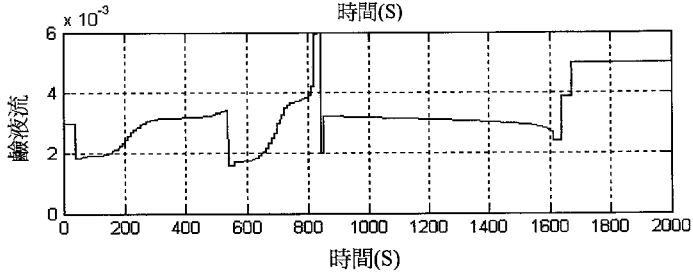


圖 13a

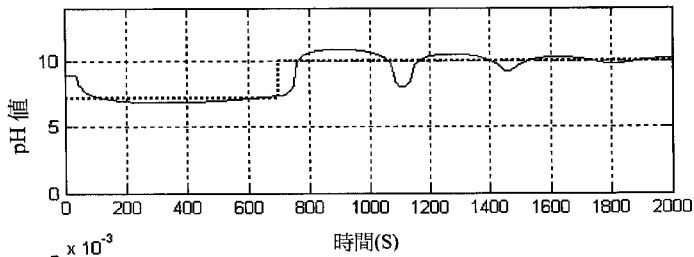


圖 14b

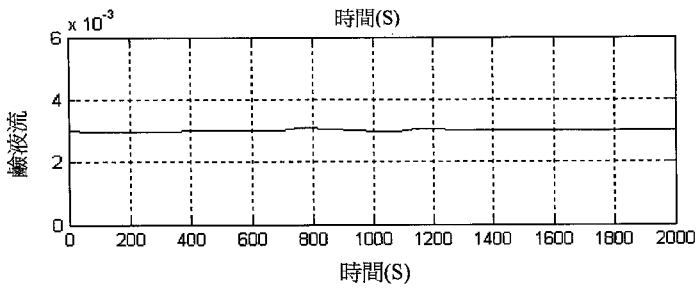


圖 14a

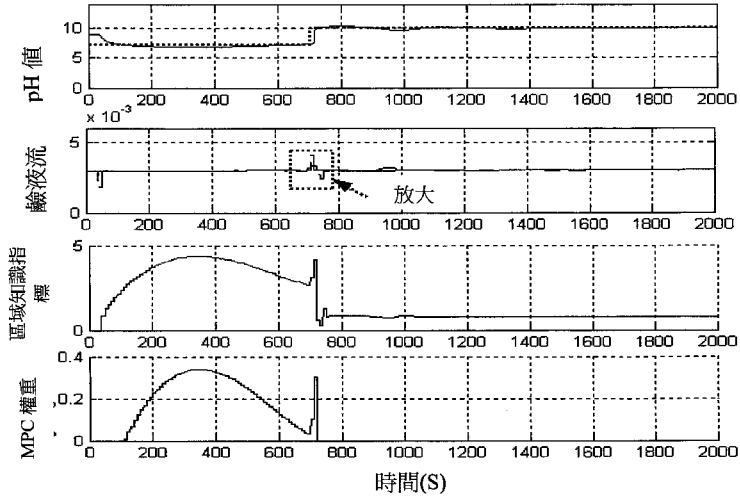


圖 15d

圖 15c

圖 15b

圖 15a

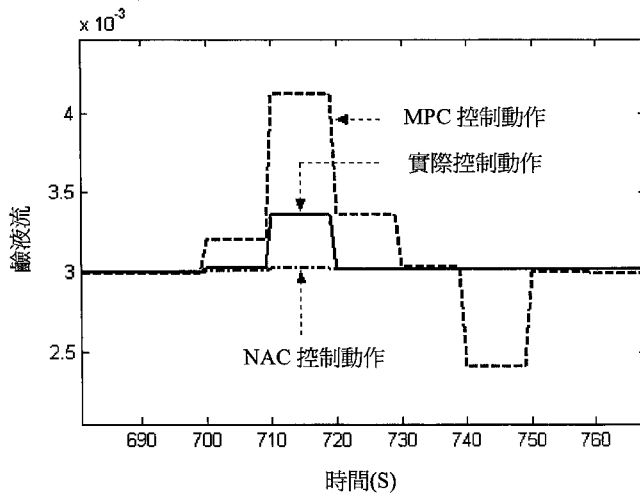


圖 16

(12)

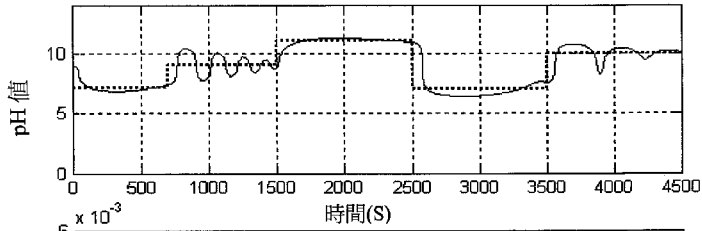


圖 17b

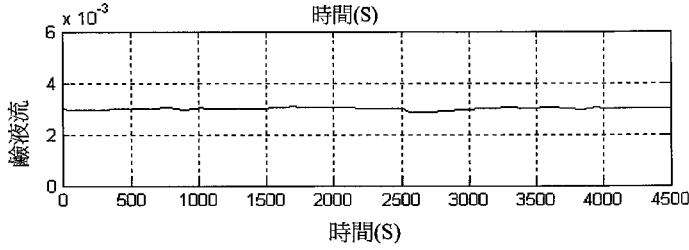


圖 17a

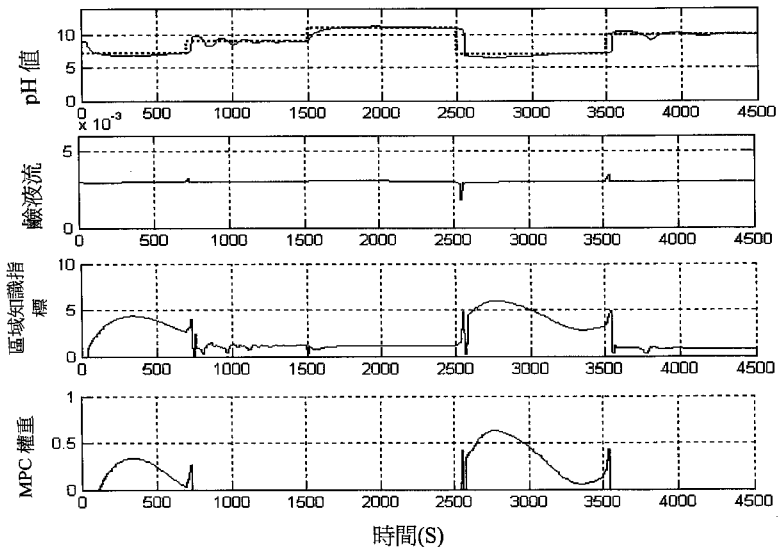


圖 18d

圖 18c

圖 18b

圖 18a

(13)

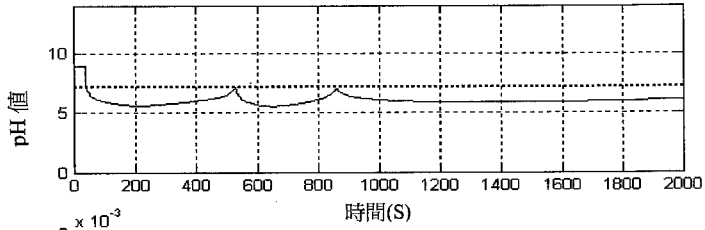


圖 19b

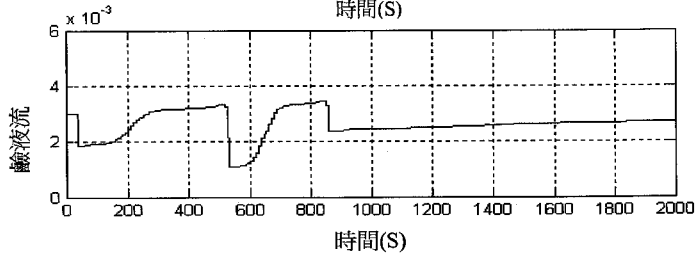


圖 19a

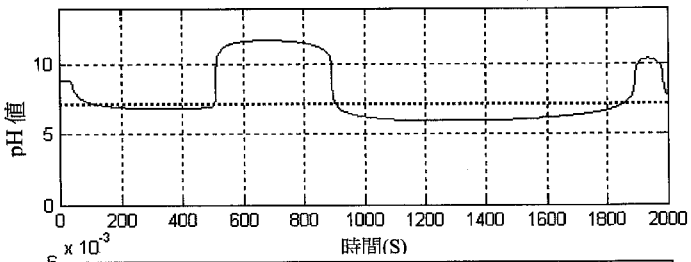


圖 20b

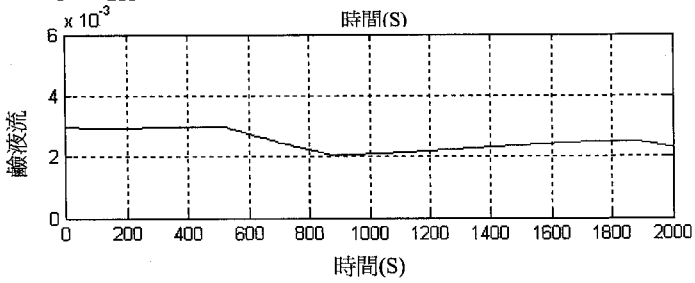


圖 20a

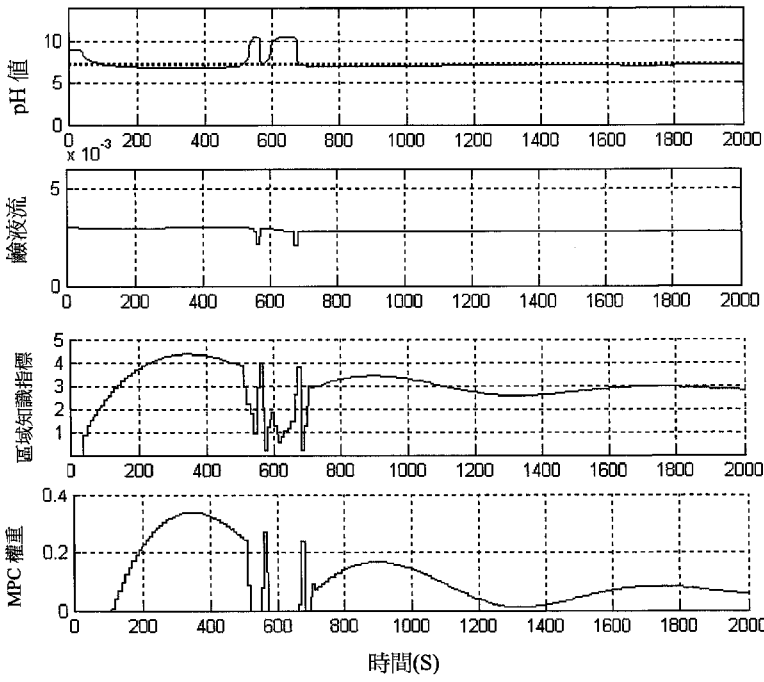


圖 21d

圖 21c

圖 21b

圖 21a

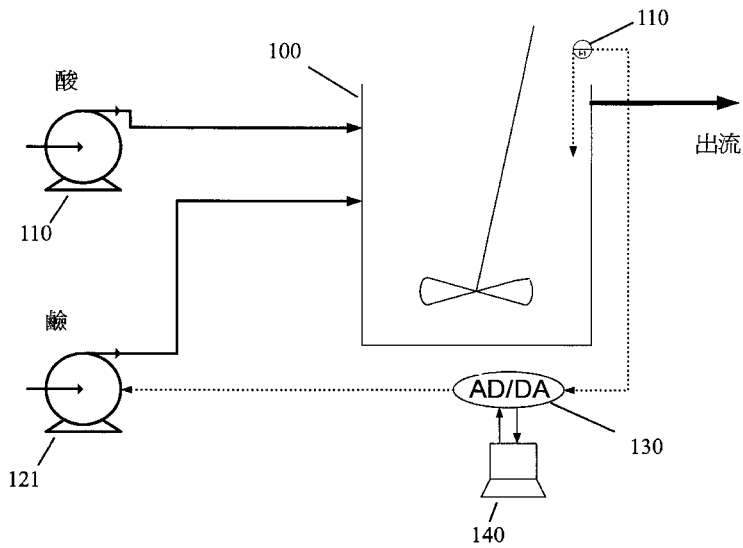


圖 22

(15)

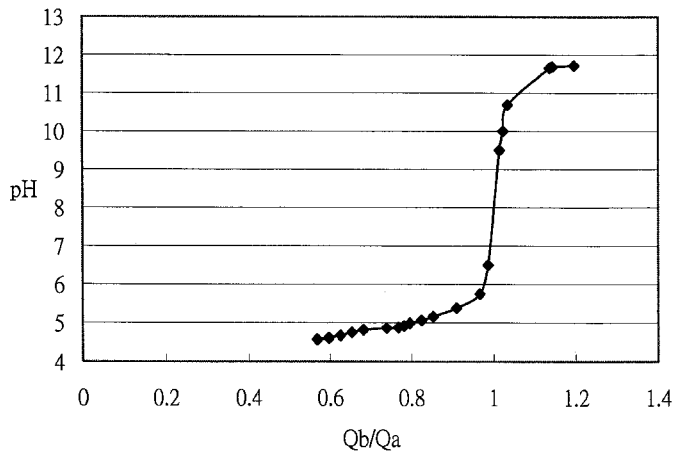


圖 23

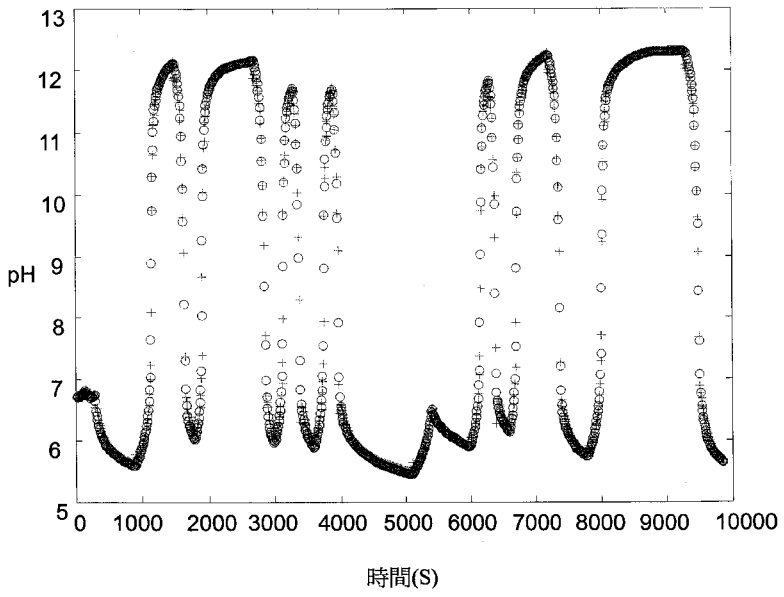


圖 25

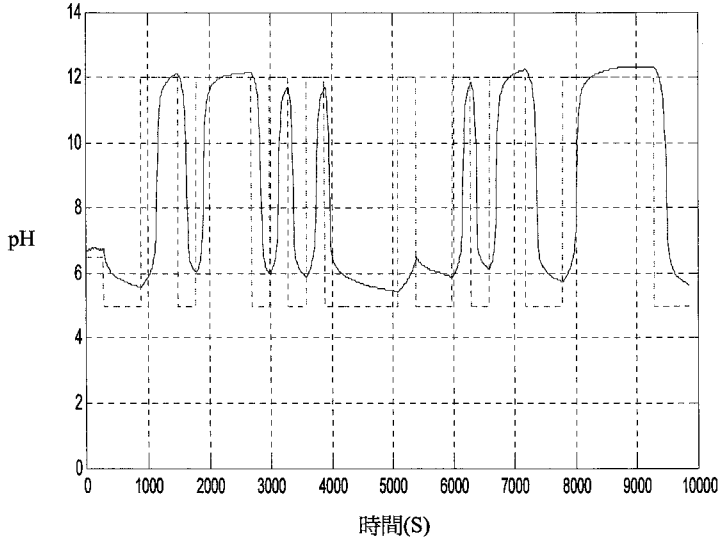


圖 24a

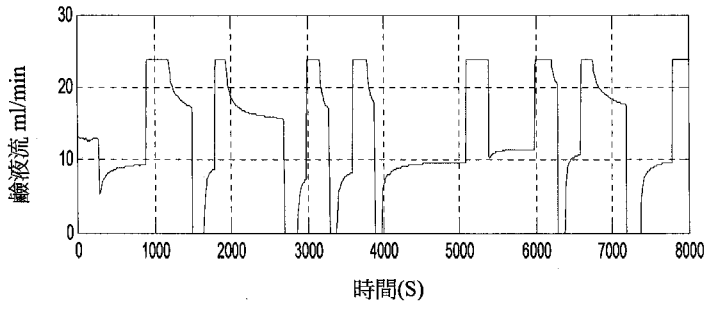


圖 24b

(17)

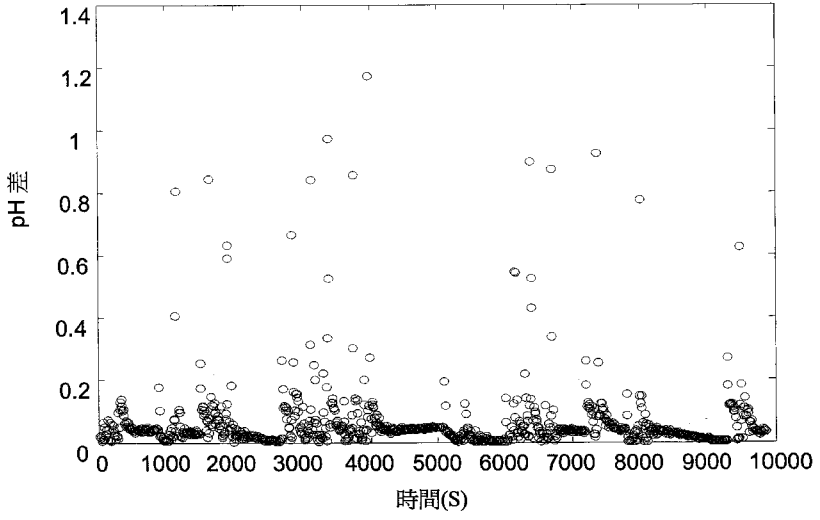


圖 26

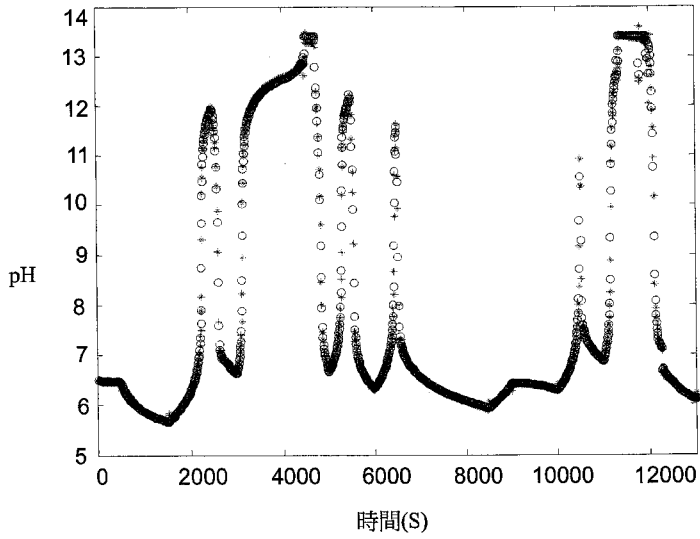


圖 27

(18)

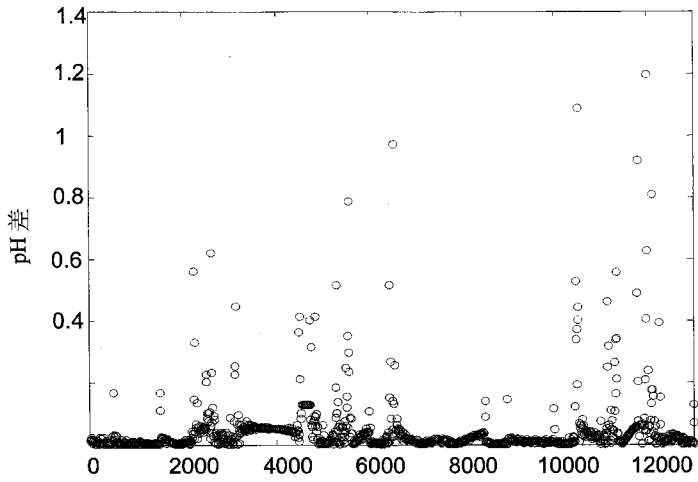


圖 28

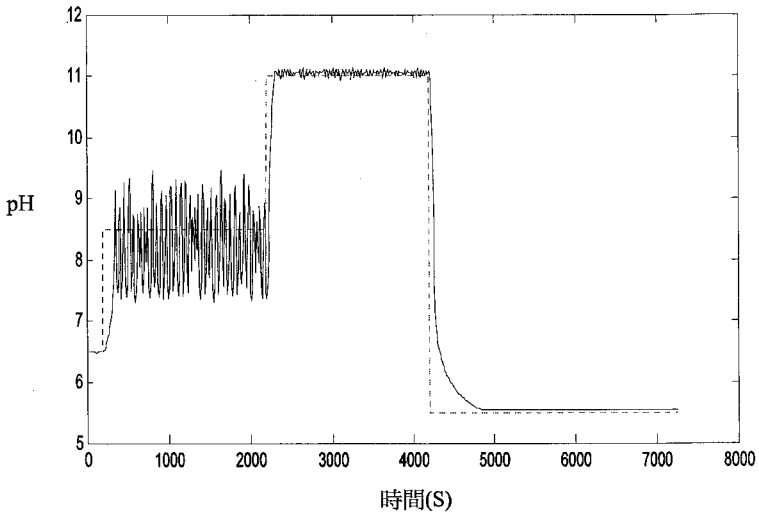


圖 30a

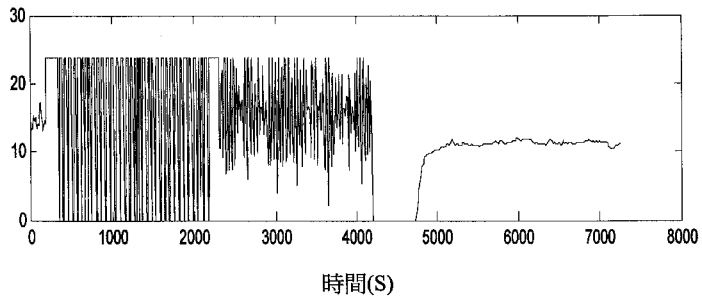


圖 30b

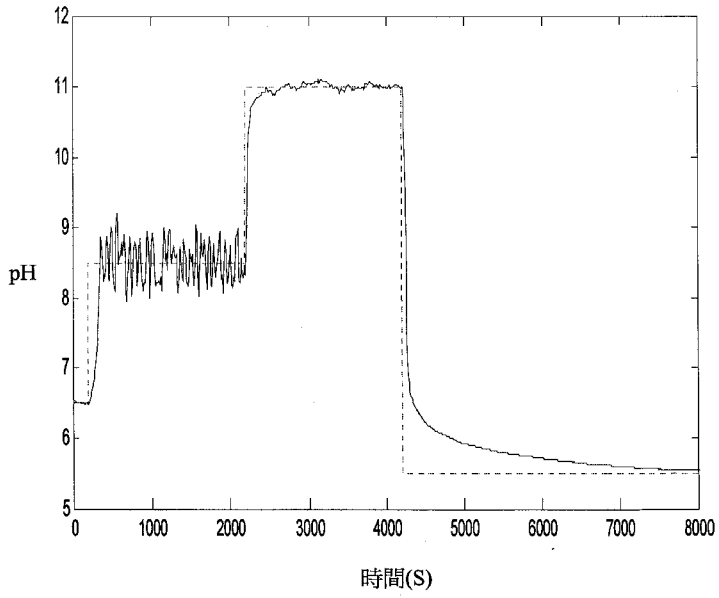


圖 29a

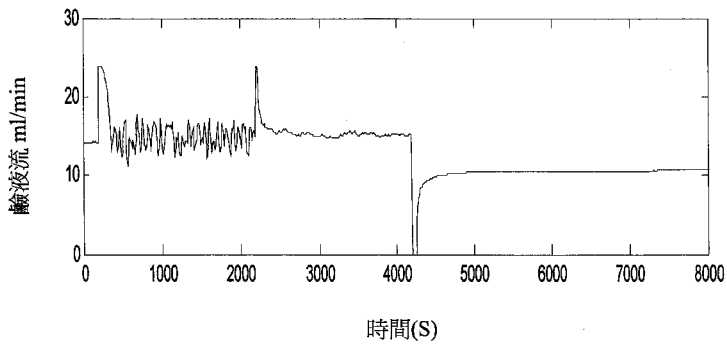


圖 29b

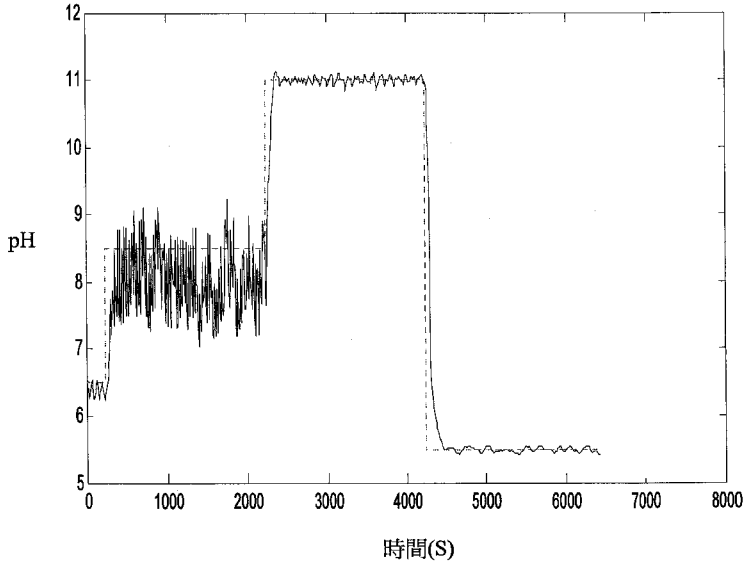


圖 31a

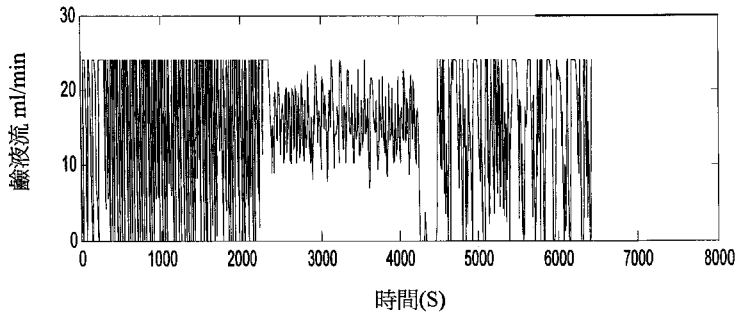


圖 31b

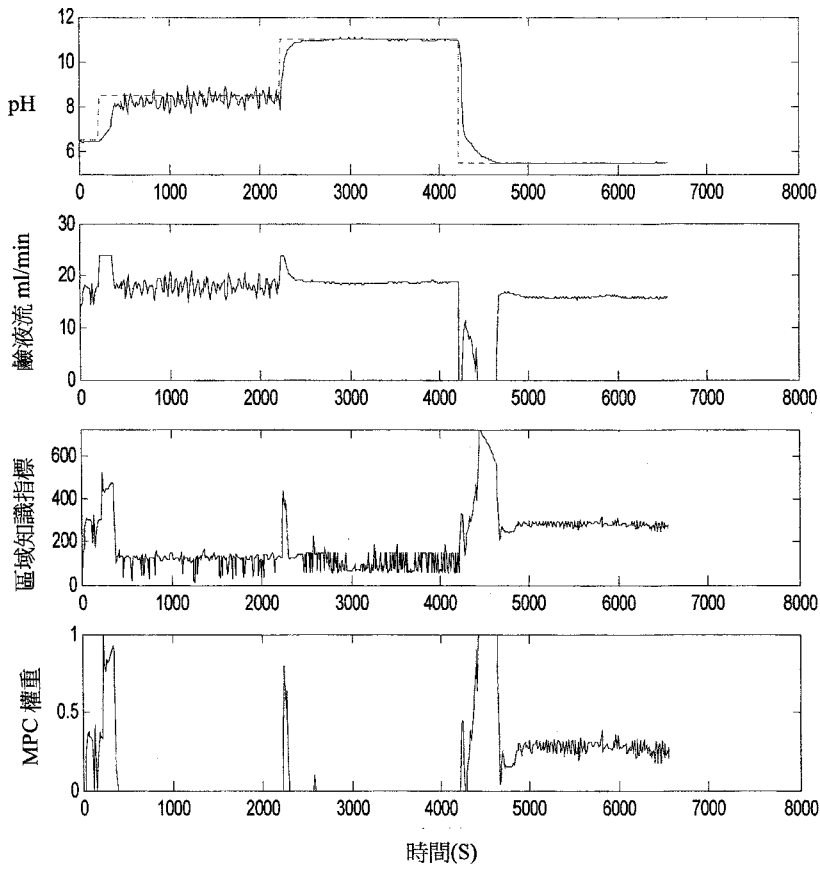


圖 32a

圖 32b

圖 32c

圖 32d

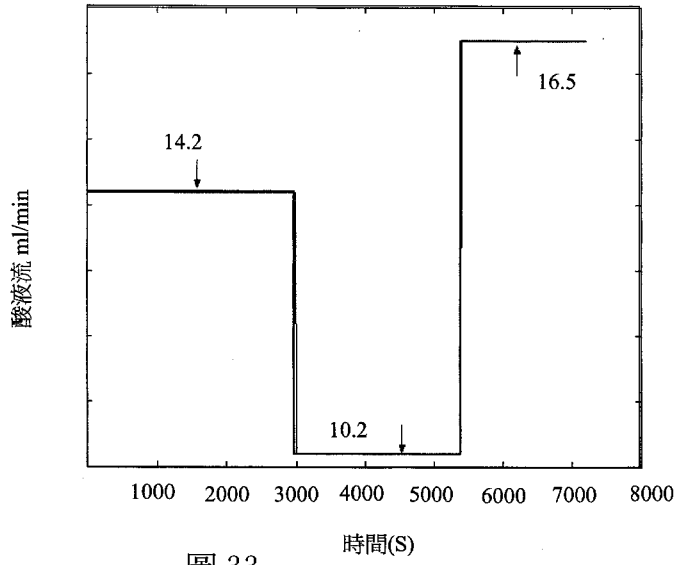


圖 33

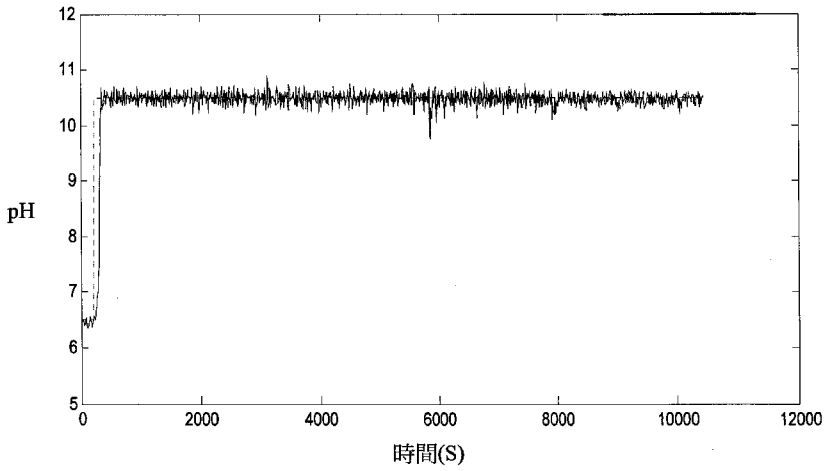


圖 35a

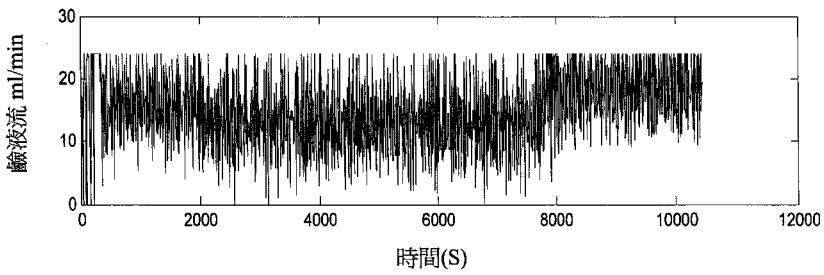


圖 35b

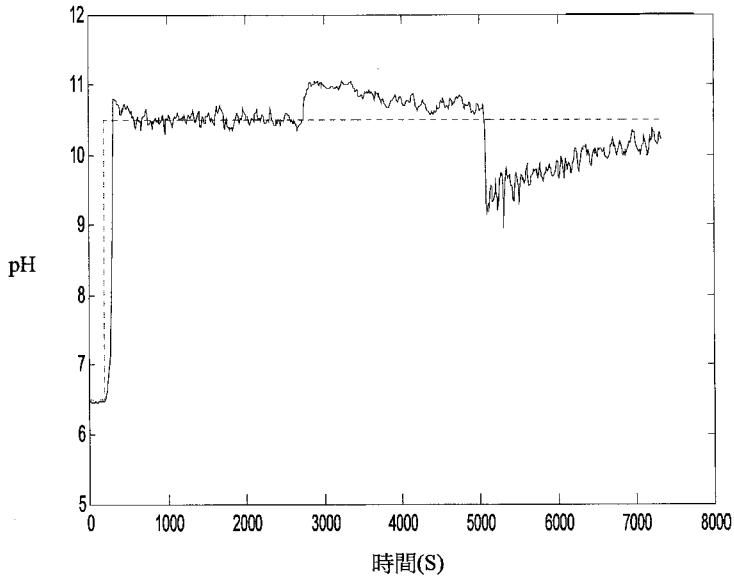


圖 34a

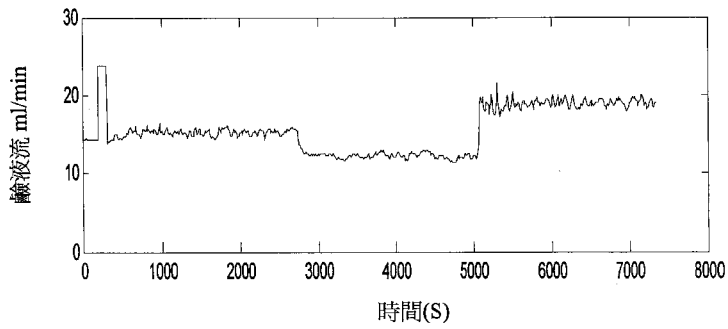


圖 34b

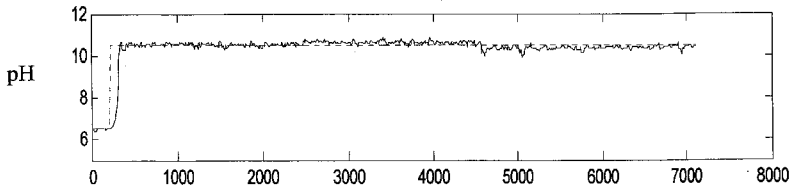


圖 36a

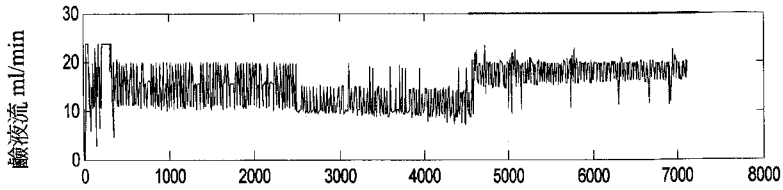


圖 36b

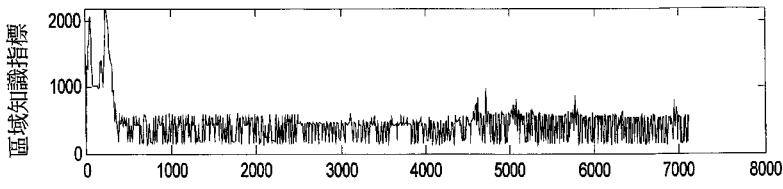


圖 36c

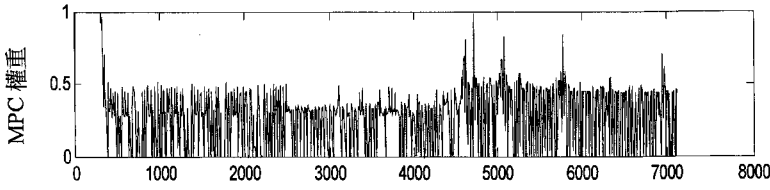


圖 36d