



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I589791 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：104135388

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 10 月 28 日

(51)Int. Cl. : F16C32/06 (2006.01)

G05B23/00 (2006.01)

(71)申請人：財團法人工業技術研究院(中華民國) INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE (TW)

新竹縣竹東鎮中興路 4 段 195 號

(72)發明人：柯博修 KO, PO HSIU (TW)；陳志明 CHEN, CHIN MING (TW)；陳尚德 CHEN, SHANG TE (TW)；蘇興川 SU, HSIN CHUAN (TW)；蕭錫鴻 HSIAO, HSI HUNG (TW)；洪紹穎 HUNG, SHAO YING (TW)

(74)代理人：陳昭誠

(56)參考文獻：

TW 388787

TW M494666

TW 200848203A

TW 201224311A

CN 100430706C

CN 102053016A

CN 104616033A

審查人員：林宏彥

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：5 共 26 頁

(54)名稱

液靜壓軸承監測系統及其方法

HYDROSTATIC BEARING MONITORING SYSTEM AND METHOD THEREOF

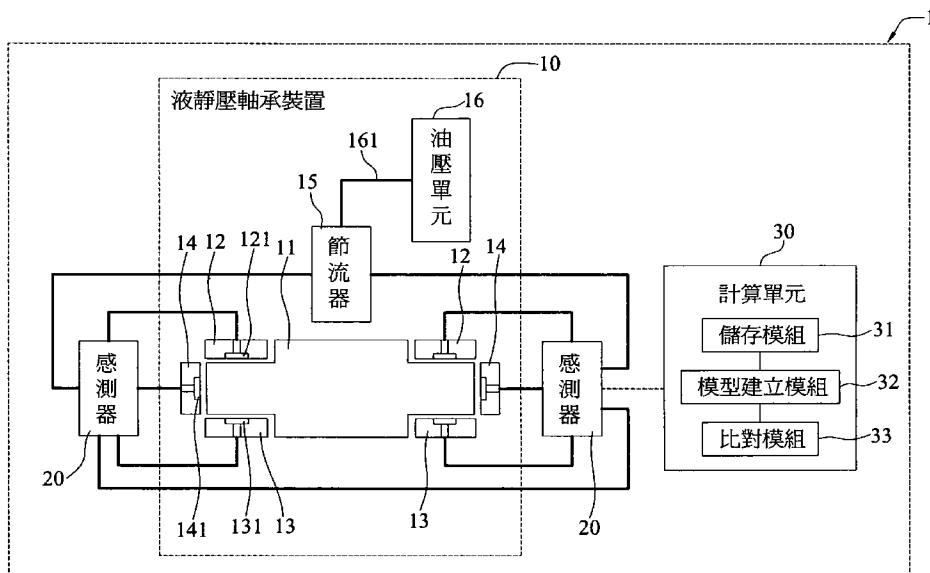
(57)摘要

本揭露提供一種液靜壓軸承監測系統及其方法，係利用感測器監測液靜壓軸承裝置的狀態參數，以供計算單元建立性能預測模型，而能比對該性能預測模型及可靠度實驗資料，能得到液靜壓軸承裝置之性能狀態變化，進一步提供預警功能。

This disclosure provides a hydrostatic bearing monitoring system and method thereof. The disclosure monitors status parameters of a hydrostatic bearing device with using sensors to build performance prediction model by a computing unit. The disclosure can compare the performance prediction model and the reliability experimental data to obtain the status change of the hydrostatic bearing device and provide the alarm function.

指定代表圖：

符號簡單說明：



第1圖

- 1 . . . 液靜壓軸承監測系統
- 10 . . . 液靜壓軸承裝置
- 11 . . . 軸體
- 12、13、14 . . . 滑塊
- 121、131、
141 . . . 油腔
- 15 . . . 節流器
- 16 . . . 油壓單元
- 161 . . . 供液管路
- 20 . . . 感測器
- 30 . . . 計算單元
- 31 . . . 儲存模組
- 32 . . . 模型建立模組
- 33 . . . 比對模組

公告本

發明摘要

※申請案號：104135388

104.10.28

※申請日：

※IPC分類：F16C 3/6

605B 23/6

【發明名稱】(中文/英文)

液靜壓軸承監測系統及其方法

HYDROSTATIC BEARING MONITORING SYSTEM AND
METHOD THEREOF

● 【中文】

本揭露提供一種液靜壓軸承監測系統及其方法，係利用感測器監測液靜壓軸承裝置的狀態參數，以供計算單元建立性能預測模型，而能比對該性能預測模型及可靠度實驗資料，能得到液靜壓軸承裝置之性能狀態變化，進一步提供預警功能。

● 【英文】

This disclosure provides a hydrostatic bearing monitoring system and method thereof. The disclosure monitors status parameters of a hydrostatic bearing device with using sensors to build performance prediction model by a computing unit. The disclosure can compare the performance prediction model and the reliability experimental data to obtain the status change of the hydrostatic bearing device and provide the alarm function.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1	液靜壓軸承監測系統
10	液靜壓軸承裝置
11	軸體
12、13、14	滑塊
121、131、141	油腔
15	節流器
16	油壓單元
161	供液管路
20	感測器
30	計算單元
31	儲存模組
32	模型建立模組
33	比對模組

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

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)

液靜壓軸承監測系統及其方法

HYDROSTATIC BEARING MONITORING SYSTEM AND
METHOD THEREOF

【技術領域】

本揭露係有關一種軸承監測技術，尤指一種液靜壓軸承監測系統及其方法。

【先前技術】

液靜壓軸承為一種將具有一定壓力的液壓油輸送至軸承與軸之間的油腔中來形成承載油膜，可有效隔開相互接觸之軸承與軸之間的金屬表面，並產生靜壓力以支撐負載。因此，液靜壓軸承同時具備剛性高、抗震性好、極低摩擦、精度高及誤差平均化等優點。

一個完整的液靜壓軸承構造及原理較複雜，而不容易釐清故障問題點。為解決此問題，現有液靜壓軸承產品多採用感測器直接監視或監控的技術手段。除此之外，尚有定期停機保養來確保液靜壓軸承安全之手段。然而，上述手段僅能在液靜壓軸承故障後，才檢測出其狀態並發出預警，定期停機保養亦有著停機時間較長、操作難度大等缺點，且由於液靜壓軸承構造及原理之複雜，節流器或滑塊之元件只要有堵塞之故障情形，就容易造成一連串不可避免之連鎖故障反應，造成整體資源浪費及使用者極大的商

業損失。

是以，如何提供一種預警並可監控液靜壓軸承之性能壽命之狀態的系統及方法，以在液靜壓軸承故障之前檢測出其狀態，為目前亟待解決的課題之一。

【發明內容】

本揭露之一目的在於提供一種液靜壓軸承監測系統，包括：液靜壓軸承裝置，再包括：軸體；至少二滑塊，係分別位於該軸體的二表面，以使該滑塊與該軸體之間形成一間隙；及節流器，連接一油壓單元的供液管路，用以將該油壓單元的液壓油送入該間隙中，以形成油膜；至少一感測器，用以偵測該液靜壓軸承裝置的至少一狀態參數，其中，該狀態參數為油溫、油壓、油量及油膜間隙之一或其組合；以及計算單元，再包括：儲存模組，用以接收並儲存該狀態參數，且該儲存模組儲存有複數組可靠度實驗資料，其中，該複數組可靠度實驗資料係將複數組樣本經由一模糊類神經網路訓練而得者，且其中，該複數組樣本包括該液靜壓軸承裝置之故障原因信號及其出現時機；模型建立模組，用以依據該狀態參數建立一性能預測模型；及比對模組，用以依據該複數組可靠度實驗資料比對該性能預測模型，以得到一比對結果，其中，該性能預測模型為該液靜壓軸承裝置之整個生命週期之壓力差、流量或間隙的性能狀態表現模型。

本揭露之另一目的在於提供一種液靜壓軸承監測方法，包括下列步驟：利用至少一感測器偵測一液靜壓軸承裝置的至少一狀態參數，並將該狀態參數傳送至一計算單元中，其中，該狀態參數為油溫、油壓、油量及油膜間隙之一或其組合；依據該狀態參數，透過該計算單元之模型建立模組建立一性能預測模型，其中，該性能預測模型為該液靜壓軸承裝置之整個生命週期之壓力差、流量或間隙的性能狀態表現模型；以及以該計算單元之比對模組，依據複數組可靠度實驗資料比對該性能預測模型，以得到一比對結果，其中，該複數組可靠度實驗資料係將複數組樣本經由一模糊類神經網路訓練而得者，且其中，該複數組樣本包括該液靜壓軸承裝置之故障原因信號及其出現時機。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係為本揭露液靜壓軸承監測系統之功能示意圖；

第 2A 至 2C 圖係為本揭露液靜壓軸承監測系統所建立之可靠度實驗性能預測模型示意圖；

第 3A 至 3D 圖係為本揭露液靜壓軸承監測系統之可靠度實驗性能預測模型特徵判斷資料之示意圖；

第 4A 圖係為本揭露液靜壓軸承監測系統之一實施例之可靠度實驗性能預測模型與可靠度實驗性能預測模型特徵判斷資料之比對示意圖；

第 4B 至 4C 圖係為本揭露液靜壓軸承監測系統之一實施例中使用模糊類神經網路訓練示意圖；以及

第 5 圖係為本揭露液靜壓軸承監測方法之流程步驟圖。

【實施方式】

以下藉由特定的具體實施例說明本揭露之實施方式，熟悉此技藝之人士可由本說明書所揭示之內容輕易地瞭解本揭露之其他優點及功效。

須知，本說明書所附圖式所繪示之結構、比例、大小等，均僅用以配合說明書所揭示之內容，以供熟悉此技藝之人士之瞭解與閱讀，並非用以限定本揭露可實施之限定條件，故不具技術上之實質意義，任何結構之修飾、比例關係之改變或大小之調整，在不影響本揭露所能產生之功效及所能達成之目的下，均應仍落在本揭露所揭示之技術內容得能涵蓋之範圍內。

請參閱第 1 圖，本揭露之液靜壓軸承監測系統 1 係包括液靜壓軸承裝置 10、至少一感測器 20 以及計算單元 30。該液靜壓軸承裝置 10 進一步包括軸體 11、滑塊 12、13、14、節流器 15 及油壓單元 16。

於一實施例中，軸體 11 可為任何形式之液靜壓軸承結構，例如為圓柱形、錐形、球形之徑向液靜壓軸承，或為扇形、環形之軸向液靜壓軸承，本揭露並不以此為限。

本揭露之液靜壓軸承監測系統 1 包括至少二以上之滑塊，此二滑塊係成組方式以分別位於該軸體 11 的二表面。以第 1 圖為例，液靜壓軸承監測系統 1 可包括位於軸體 11 上表面的滑塊 12 以及位於軸體 11 下表面的滑塊 13，或是可包括分別位於軸體 11 側表面的二滑塊 14。滑塊 12、13、14 可視軸向或徑向之軸體結構的不同來進行設計，本揭露並不以此為限。

滑塊 12、13、14 分別位於軸體 11 的表面後，滑塊 12、13、14 與軸體 11 之間形成一間隙。另滑塊 12、13、14 分別具有相對於軸體 11 之表面的油腔 121、131、141。

節流器 15 連接一油壓單元 16 的供液管路 161，用以將儲存在油壓單元 16 中的液壓油經供液管路 161 送入滑塊 12、13、14 與軸體 11 之間的間隙以及油腔 121、131、141 中，藉此使滑塊 12、13、14 與軸體 11 之間形成油膜，此油膜能產生靜壓力以支撐負載。

於一實施例中，該油壓單元 16 可為定壓力供油系統或定流量供油系統，而該節流器 15 可為小孔節流器、毛細管

節流器或可變節流器，本領域技術人員自可視需求自行設計油壓單元 16 與節流器 15 之間的搭配，本揭露並不以此為限。

本揭露之液靜壓軸承監測系統 1 係包括至少一感測器 20，該感測器 20 係安裝於節流器 15 與滑塊 12、13、14 之間的供液管路 161 上，用以偵測該液靜壓軸承裝置 10 的至少一狀態參數。

於一實施例中，該感測器 20 為壓力感測器、流量感測器、位移感測器（如渦電流感測器）或溫度感測器。根據感測器 20 種類的不同，可偵測不同的狀態參數，因此，所得之該狀態參數可為油溫、油壓、油量或油膜間隙。其中，該溫度感測器可安裝在供液管路的入口或出口處，該壓力感測器可以並聯方式安裝在供液管路上，而流量感測器可以串聯方式安裝在供液管路上。

於另一實施例中，本揭露之液靜壓軸承監測系統 1 藉由節流器 15 之特性及所搭配的感測器 20 種類，達成即時狀態監控診斷之功能。在液靜壓軸承裝置 10 中，使用油壓單元 16 向節流器 15 供油，再送至滑塊 12、13、14 的油腔 121、131、141 中，依靠液壓油通過節流器 15 的壓力降，自動調節流量以適應負載的變化，計算所使用的公式如下：

$$P=QR, R=R_{\text{節流器}}+R_{\text{滑塊}}, R_{\text{滑塊}}(h)$$

其中，P 為液壓油壓力，Q 為液壓油流量， $R_{\text{節流器}}$ 為節流器之流阻， $R_{\text{滑塊}}$ 為滑塊之流阻， $R_{\text{滑塊}}(h)$ 為間隙(h)的函數。

當液靜壓軸承裝置 10 承受正向負載時，滑塊 12、13、14 受到正向壓力，其正向負載將使軸體 11 與滑塊 12、13、14 之間的間隙變小，滑塊流阻隨之增加，液壓油流量變小，與此同時液壓油壓力將會增大以適應相對應之負載，進而達到自動補償之功效。

反之，當液靜壓軸承裝置 10 承受負向負載時，滑塊 12、13、14 受到負向壓力，其負向負載將使軸體 11 與滑塊 12、13、14 之間的間隙變大，滑塊流阻隨之減小，液壓油流量變大，與此同時液壓油壓力將會減少以適應相對應之負載。據此，本揭露之液靜壓軸承監測系統 1 可藉由偵測液壓油壓力 P、液壓油流量 Q 及間隙 H，來交互比對判斷液靜壓軸承裝置是否故障。

上述感測器 20 所偵測出的狀態參數，可進一步傳送至計算單元 30 來進行計算。該計算單元 30 包括儲存模組 31、模型建立模組 32 及比對模組 33。於一實施例中，該計算單元 30 可為電腦或雲端伺服器，儲存模組 31 為硬碟、軟碟、可攜式磁碟或其他硬體儲存設備，用以接收並儲存該狀態參數，且該儲存模組 31 亦儲存有複數組可靠度實驗資料。另模型建立模組 32 及比對模組 33 則為軟體程式。

於一實施例中，請先參閱第 3A 至 3D 圖，複數組可靠度實驗資料（亦可稱為可靠度實驗性能預測模型特徵判斷資料）係將複數組樣本舉例經由一模糊類神經網路訓練而得者，其中，該複數組樣本包括該液靜壓軸承裝置之故障原因信號及其出現時機。而可靠度實驗資料係以橫軸-頻

率、縱軸-振幅之方式表現。如第 3A 圖所示，曲線 34 表示液靜壓軸承裝置 10 之運作狀態，而曲線 35 則表示不同頻率下之速度範圍所能接受的振幅。若有曲線 34 與曲線 35 交叉，即為故障異常狀態。例如第 3B 圖所示，曲線 34 具有越過曲線 35 之高頻區段 341，此代表某種故障異常狀態，而第 3C、3D 圖亦為如此。藉由模糊類神經網路之訓練，可將不同之可靠度實驗資料區分出不同的故障原因(如故障、堵塞、撞機、磨耗、油品變質等)，以供後續比對之用。

該模型建立模組 32 則可依據該狀態參數建立一性能預測模型（亦可稱為可靠度實驗性能預測模型），其中，該性能預測模型為該液靜壓軸承裝置之整個生命週期之間隙（如第 2A 圖所示）、流量（如第 2B 圖所示）或壓力差（如第 2C 圖所示）的性能狀態表現模型。

於一實施例中，該性能預測模型亦可為液壓油之油壓力狀態模型、液壓油之流量狀態模型、滑塊與滑動面之間隙值狀態模型，或位移訊號高頻解調變模型等，本揭露並不以此為限。

於另一實施例中，該性能預測模型係分別偵測下列時段所建立之完整歷史記錄：液靜壓軸承製造期間、液靜壓軸承在製造以後及使用以前之期間、液靜壓軸承在使用期間、液靜壓軸承在沒有使用期間、液靜壓軸承在運轉期間。透過長時間監測液靜壓軸承在各期間的狀態參數，能夠據此建立起整個生命週期之壓力差、流量或間隙的性能狀態

表現模型。

該比對模組 33 則用以依據該複數組可靠度實驗資料比對該性能預測模型，以得到一比對結果。由於液靜壓軸承之不同位置、不同區域的模組會有不同的性能表現，可透過上述液靜壓軸承各時段之性能預測模型來進行比較，以取得不同位置、不同區域的模組所剩餘之壽命，並可預測何時需要維修、是否過載、節流器等元件是否失效、安裝精度是否有誤等故障現象，據此提供比對結果。此外，本揭露之液靜壓軸承監測系統 1 更可依據該比對結果，提供通知補償、維修或預警之功能。

於一實施例中，如第 4A 圖所示，以第 2A 圖所示之間隙之性能預測模型為例，在第 4A 圖的區塊 401 中，係以如第 3A 圖所示之可靠度實驗性能預測模型特徵判斷資料來對第 4A 圖的區塊 401 中的曲線 405 進行比對；在第 4A 圖的區塊 402 中，係以如第 3B 圖所示之可靠度實驗性能預測模型特徵判斷資料（如已有 10 倍頻產生）來對區塊 402 中的曲線 406 進行比對；在第 4A 圖的區塊 403 中，係以如第 3C 圖所示之可靠度實驗性能預測模型特徵判斷資料（如已有 5 及 10 倍頻產生）來對區塊 403 中的曲線 407 進行比對；在第 4A 圖的區塊 404 中，係以如第 3D 圖所示之可靠度實驗性能預測模型特徵判斷資料（如已有混合倍頻產生）來對區塊 404 中的曲線 408 進行比對。最後可得一比對結果。

於一實施例中，請參閱第 4B 圖，所使用之模糊類神

經網路具有輸入層 41、隱藏層 42 及輸出層 43。輸入層 41 用以輸入原始訊號（即狀態參數），而隱藏層 42 則將原始訊號所建立之性能預測模型與可靠度實驗性能預測模型特徵判斷資料進行類神經網路之交互運算，使輸出層 43 輸出分析結果。又如第 4C 圖所示，輸入層 44 可具有多個輸入源（例如以不同月份之訊號來加以區別），輸出層 46 亦可輸出多個分析結果（例如以不同月份之判斷結果來加以區別），而隱藏層 45 所建立之診斷模型則由數個性能預測模型所構成。本領域技術人員當可依設計來建構模糊類神經網路之運作態樣，本揭露並不以此為限。

請參閱第 5 圖，本揭露復提供一種液靜壓軸承監測方法，包括下列步驟：偵測液靜壓軸承裝置的狀態參數（步驟 S51）；依據該狀態參數建立性能預測模型（步驟 S52）；以及依據複數組可靠度實驗資料比對該性能預測模型，以得到比對結果（步驟 S53）。

於步驟 S51 中，係利用至少一感測器偵測一液靜壓軸承裝置的至少一狀態參數，並將該狀態參數傳送至一計算單元中。其中，該感測器為壓力感測器、流量感測器、位移感測器或溫度感測器，該狀態參數為油溫、油壓、油量或油膜間隙。

於步驟 S52 中，則依據該狀態參數，透過該計算單元之模型建立模組建立一性能預測模型。其中，該性能預測模型為該液靜壓軸承裝置之整個生命週期之壓力差、流量或間隙的性能狀態表現模型。

於步驟 S53 中，係以該計算單元之比對模組，依據複數組可靠度實驗資料比對該性能預測模型，以得到一比對結果。其中，該複數組可靠度實驗資料係將複數組樣本經由一模糊類神經網路訓練而得者，且其中，該複數組樣本包括該液靜壓軸承裝置之故障原因信號及其出現時機。

綜上所述，根據本揭露所提供的液靜壓軸承監測系統及其方法，能透過各種感測器來偵測液靜壓軸承裝置的各種狀態參數，使計算單元能建立性能預測模型，並能將該性能預測模型與事先經模糊類神經網路訓練所得之複數組可靠度實驗資料進行比較，而能得到液靜壓軸承裝置之性能狀態變化，進一步提供精度、效能、壽命、故障原因等預警功能，因此具備掌握產品生命週期、即時監控維修、降低成本以及提昇量產組裝良率之功效。

上述實施例僅例示性說明本揭露之原理及其功效，而非用於限制本揭露。任何熟習此項專業之人士均可在不違背本揭露之精神及範疇下，對上述實施例進行修飾與改變。因此，舉凡所屬技術領域中具有此項專業知識者，在未脫離本揭露所揭示之精神與技術原理下所完成之一切等效修飾或改變，仍應由後述之申請專利範圍所涵蓋。

【符號說明】

- | | |
|----------|-----------|
| 1 | 液靜壓軸承監測系統 |
| 10 | 液靜壓軸承裝置 |
| 11 | 軸體 |
| 12、13、14 | 滑塊 |

121、131、141	油腔
15	節流器
16	油壓單元
161	供液管路
20	感測器
30	計算單元
31	儲存模組
32	模型建立模組
33	比對模組
34、35、405、406、407、408	曲線
341	高頻區段
401、402、403、404	區塊
41、44	輸入層
42、45	隱藏層
43、46	輸出層
S51~S53	步驟



申請專利範圍

1. 一種液靜壓軸承監測系統，包括：

液靜壓軸承裝置，係包括：

軸體；

至少二滑塊，係分別位於該軸體的二相對表面之上方，使各該滑塊與該軸體之間形成有一間隙；及

節流器，連接一油壓單元的供液管路，用以將該油壓單元的液壓油送入該間隙中，以形成油膜；

至少一感測器，用以偵測該液靜壓軸承裝置的至少一狀態參數，其中，該狀態參數為油溫、油壓、油量及油膜間隙之一或其組合；以及

計算單元，係包括：

儲存模組，用以接收並儲存該狀態參數，且儲存有複數組可靠度實驗資料，其中，該複數組可靠度實驗資料係將複數組樣本經由一模糊類神經網路訓練而得者，且其中，該複數組樣本包括該液靜壓軸承裝置之故障原因信號及其出現時機；

模型建立模組，用以依據該狀態參數建立一性能預測模型；及

比對模組，用以依據該複數組可靠度實驗資料比對該性能預測模型，以得到一比對結果，其

中，該性能預測模型為該液靜壓軸承裝置之整個生命週期之壓力差、流量或間隙的性能狀態表現模型。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之液靜壓軸承監測系統，其中，該感測器為壓力感測器、流量感測器、位移感測器及溫度感測器之一或其組合。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之液靜壓軸承監測系統，其中，該感測器設於該節流器與該二滑塊之一者的供液管路上。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之液靜壓軸承監測系統，其中，該二滑塊係以軸向或徑向的方式分別位於該表面上方。
5. 一種液靜壓軸承監測方法，包括下列步驟：

利用至少一感測器偵測一液靜壓軸承裝置的至少一狀態參數，並將該狀態參數傳送至一計算單元中，其中，該狀態參數為油溫、油壓、油量及油膜間隙之一或其組合；

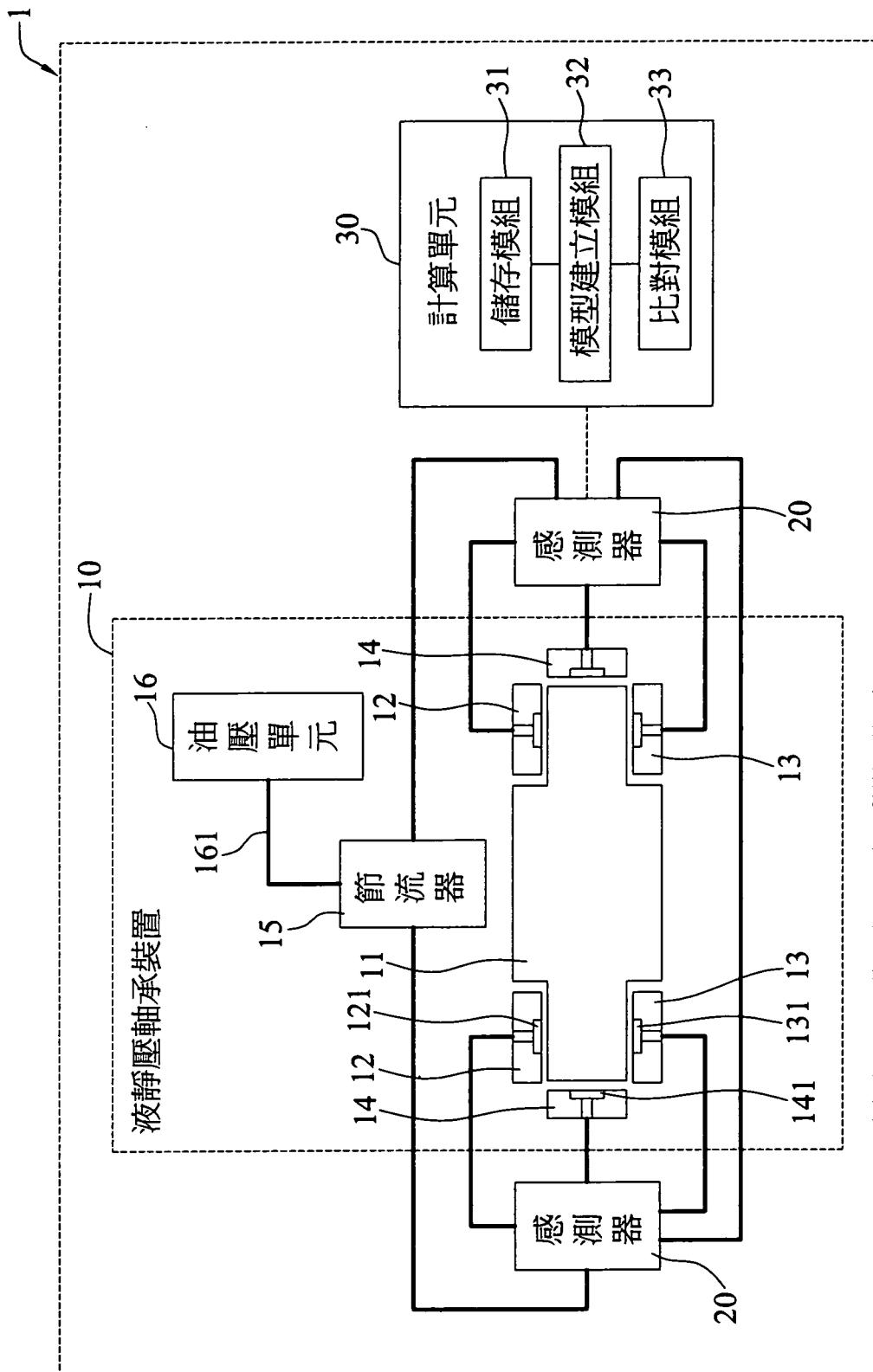
依據該狀態參數，透過該計算單元之模型建立模組建立一性能預測模型，其中，該性能預測模型為該液靜壓軸承裝置之整個生命週期之壓力差、流量或間隙的性能狀態表現模型；以及

以該計算單元之比對模組，依據複數組可靠度實驗資料比對該性能預測模型，以得到一比對結果，其中，該複數組可靠度實驗資料係將複數組樣本經由一

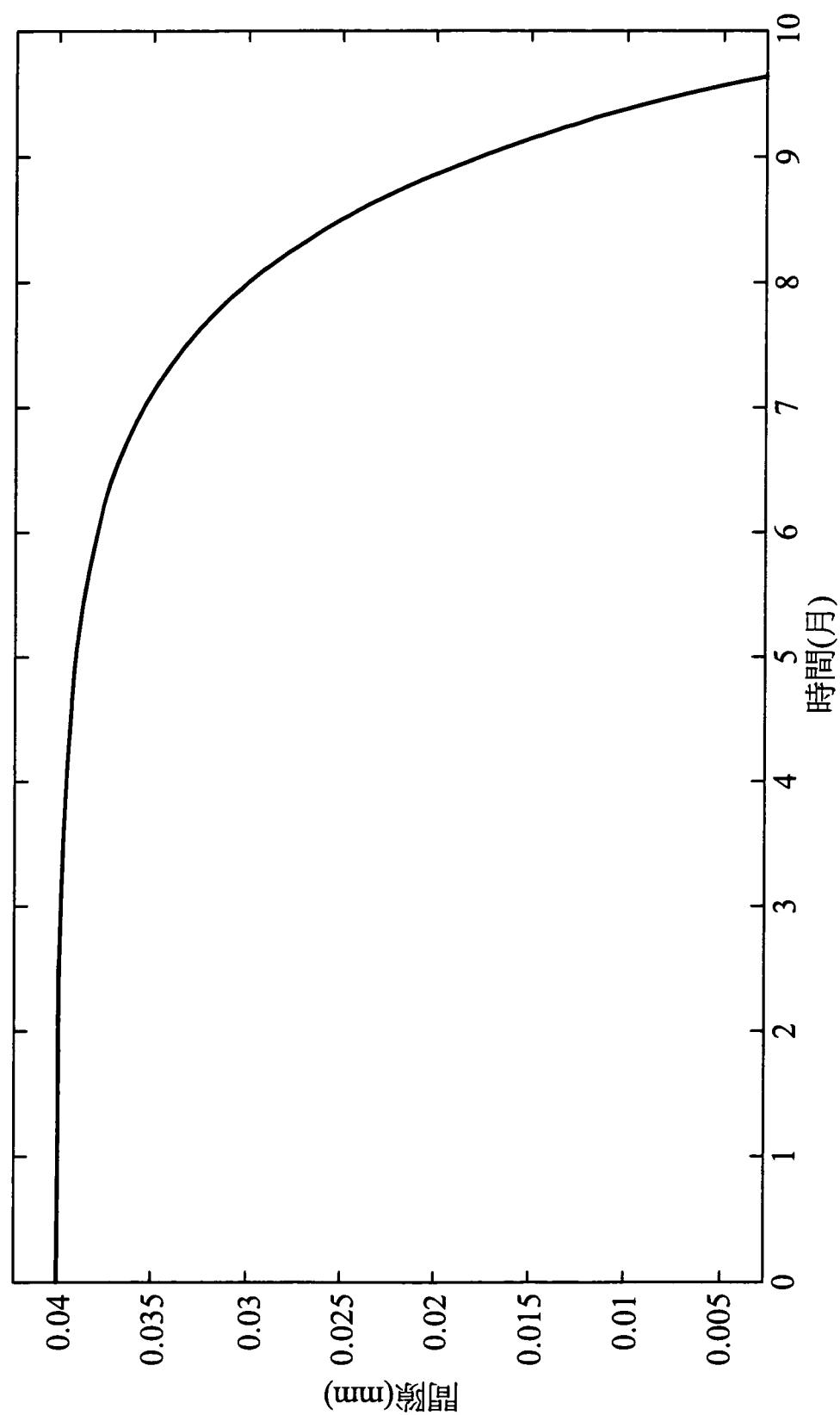
模糊類神經網路訓練而得者，且其中，該複數組樣本包括該液靜壓軸承裝置之故障原因信號及其出現時機。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之液靜壓軸承監測方法，其中，該感測器為壓力感測器、流量感測器、位移感測器及溫度感測器之一或其組合。

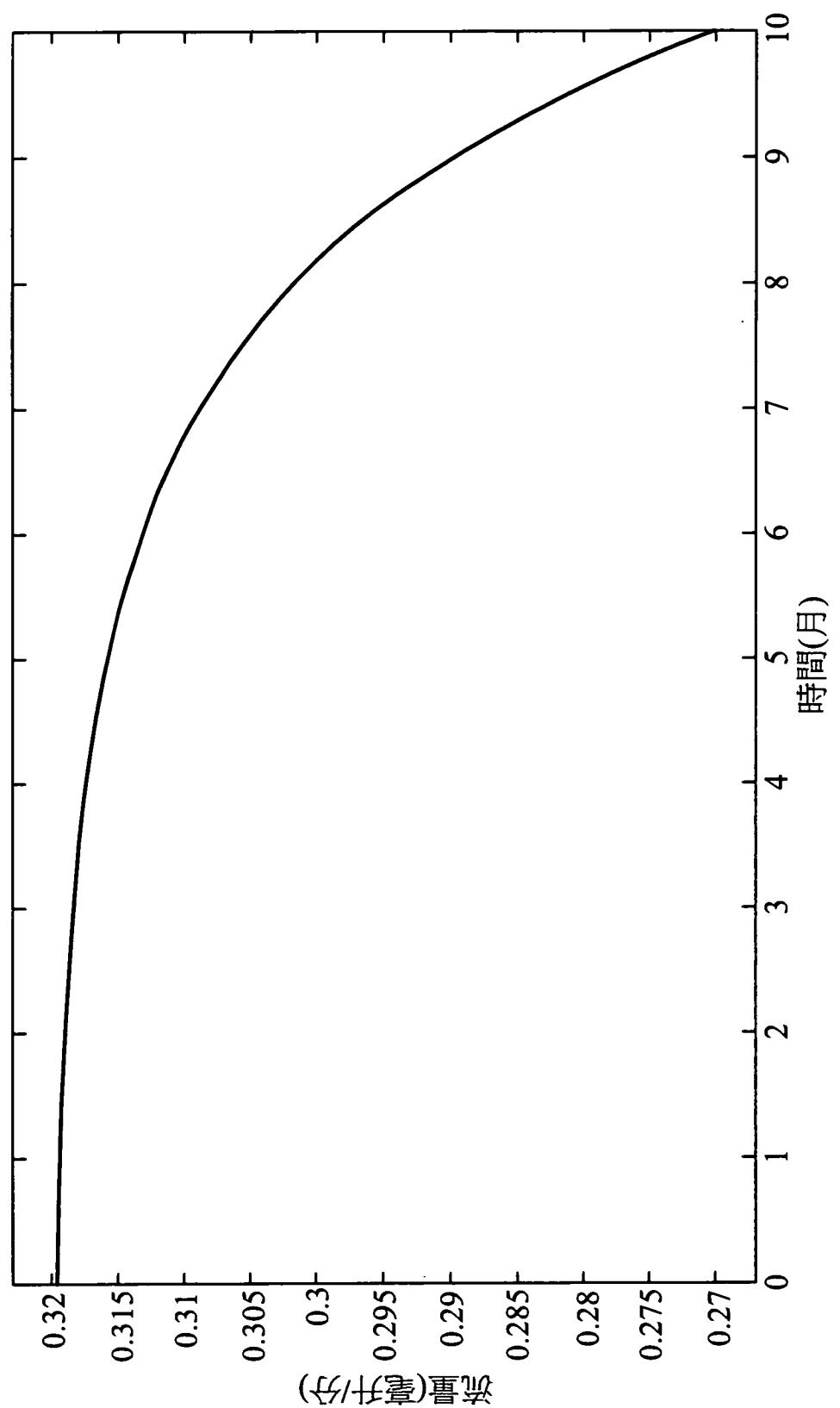
圖式



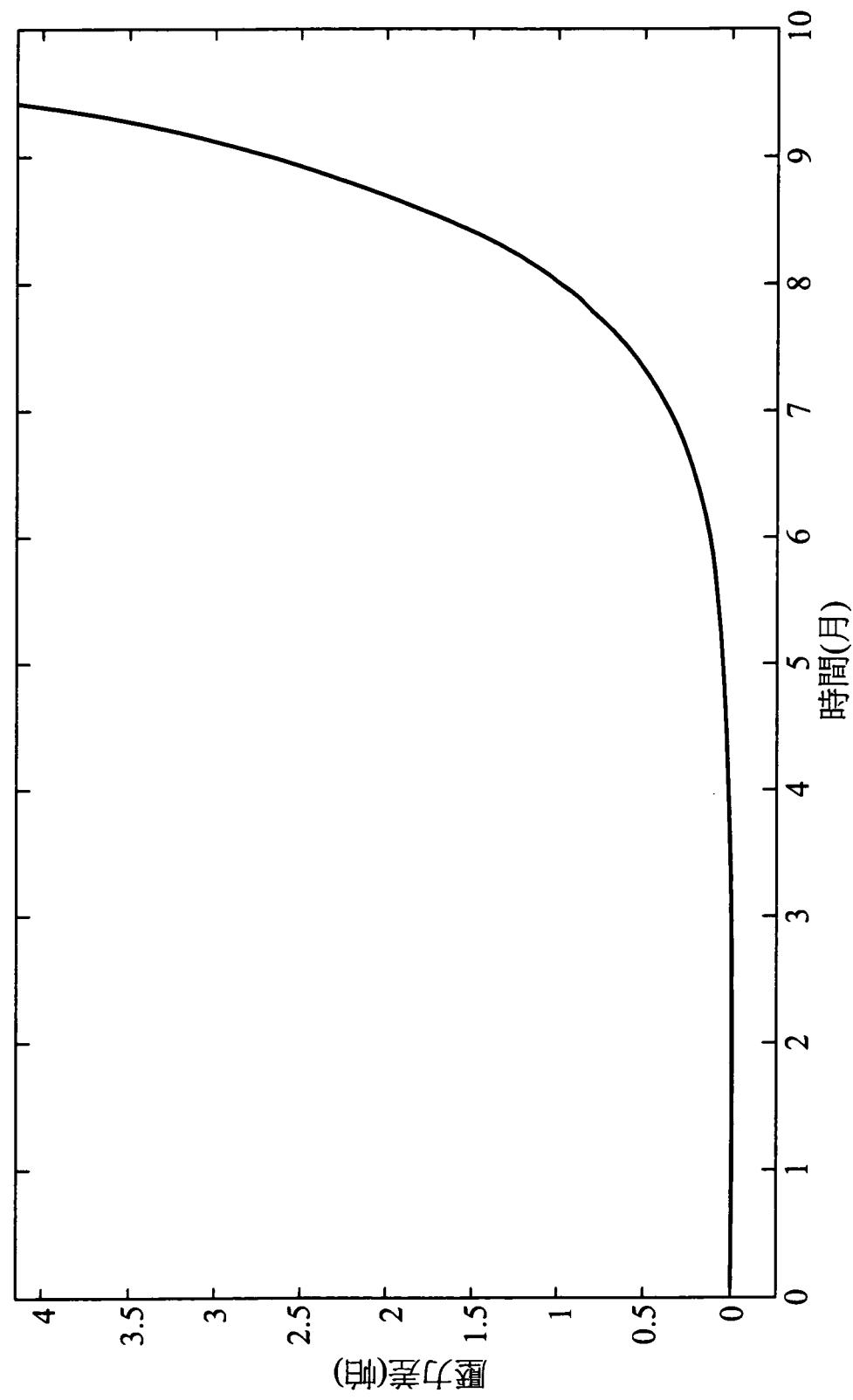
第1圖



第2A圖

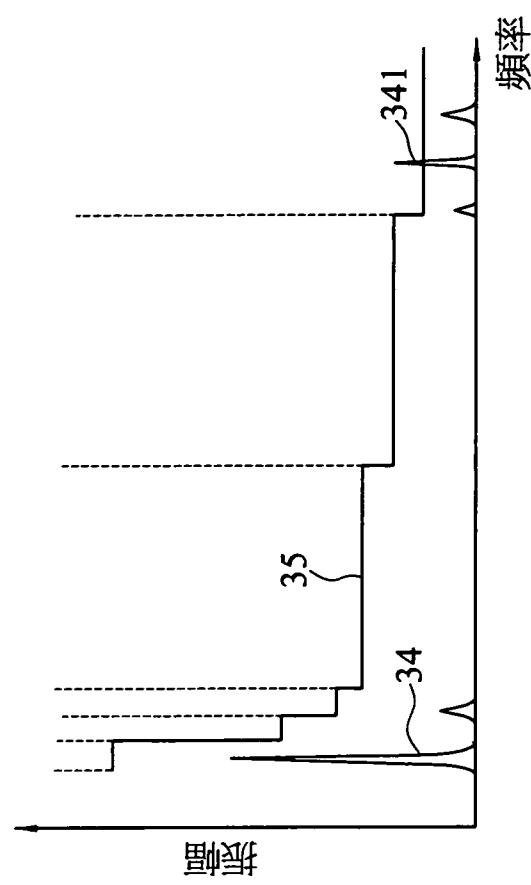


第2B圖

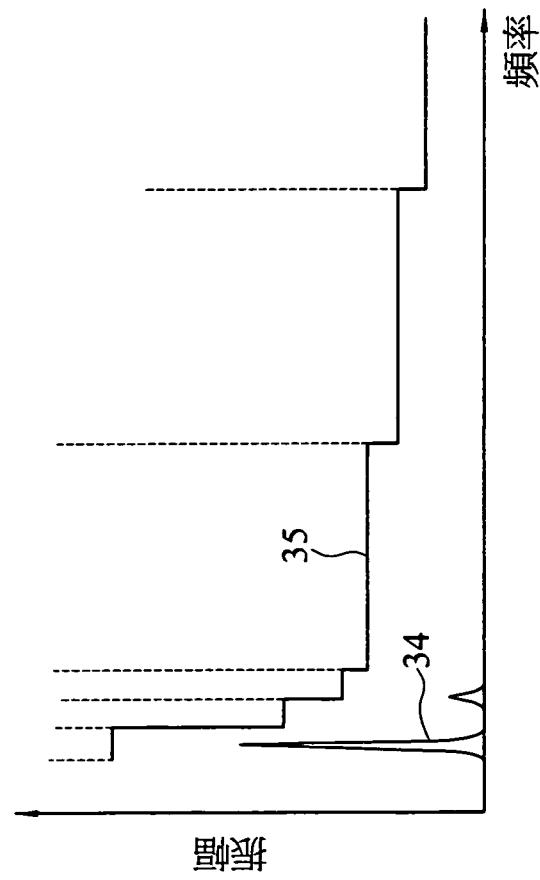


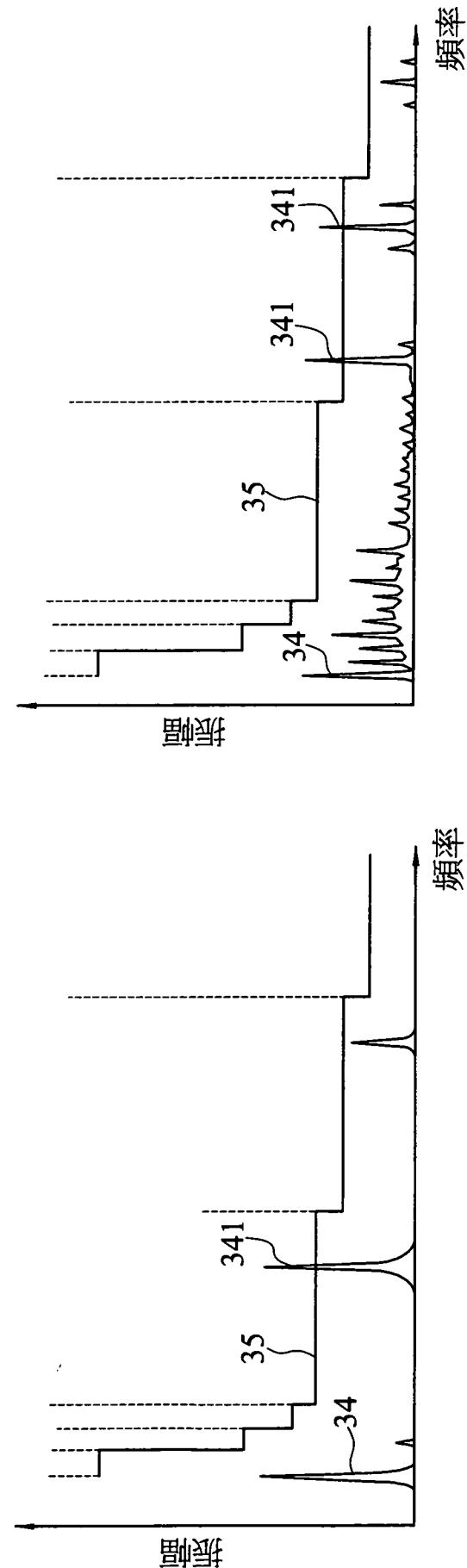
第2C圖

第3B圖

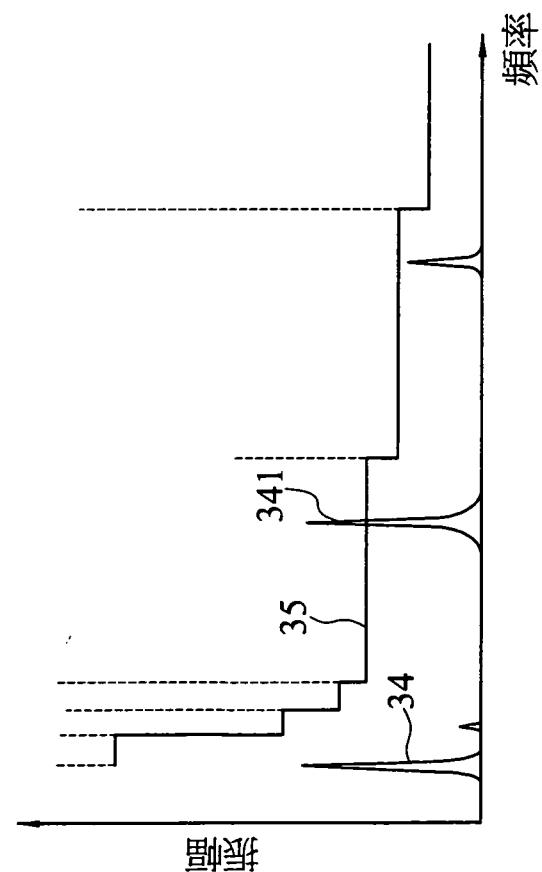


第3A圖

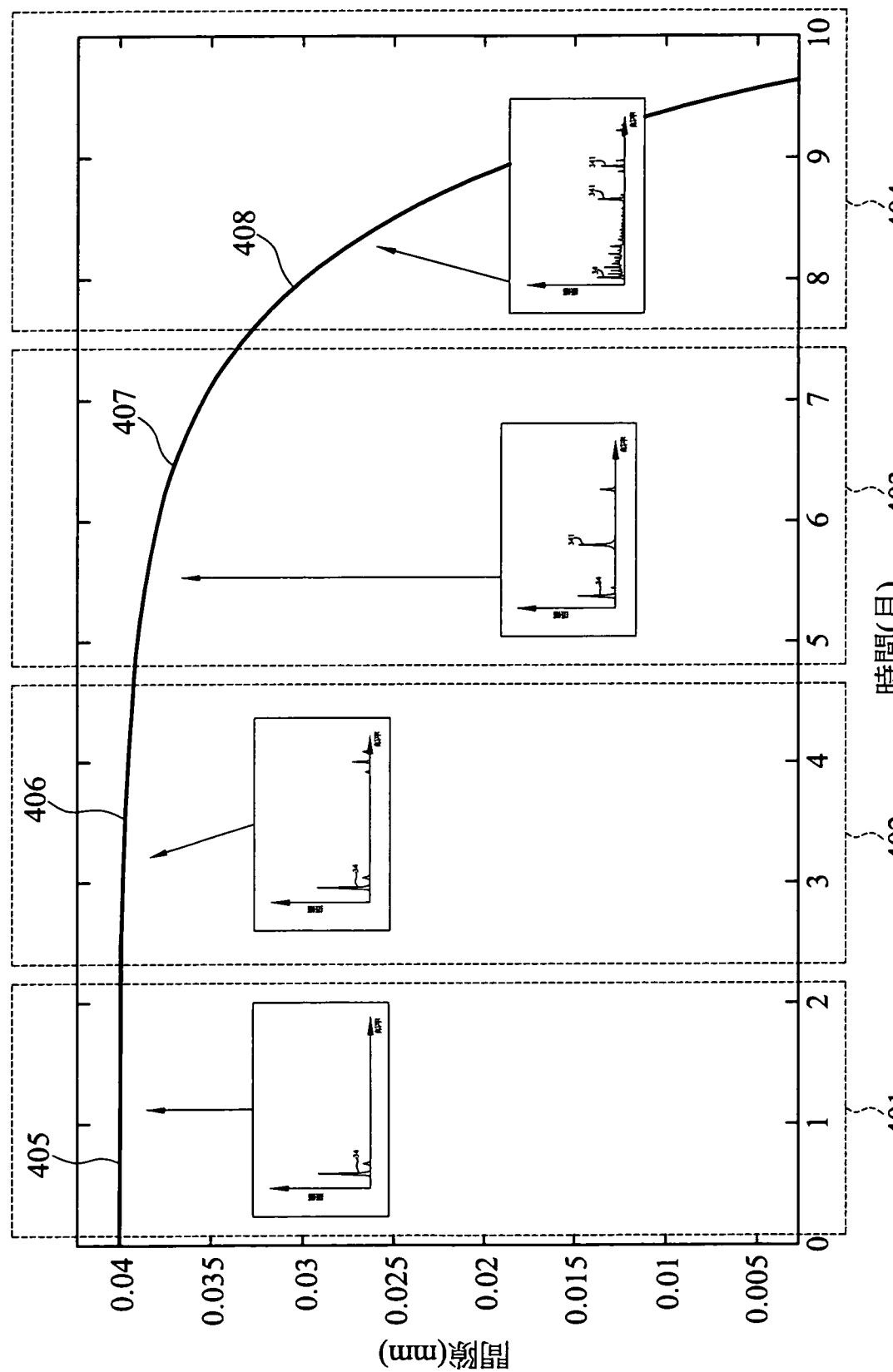




第3D圖



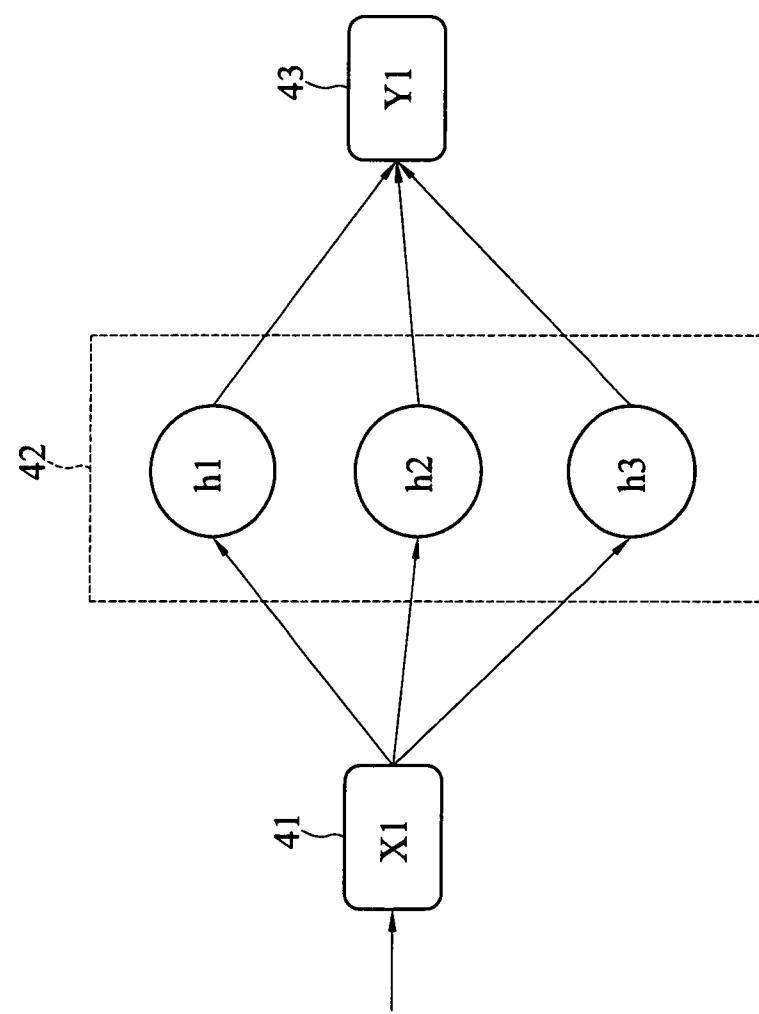
第3回

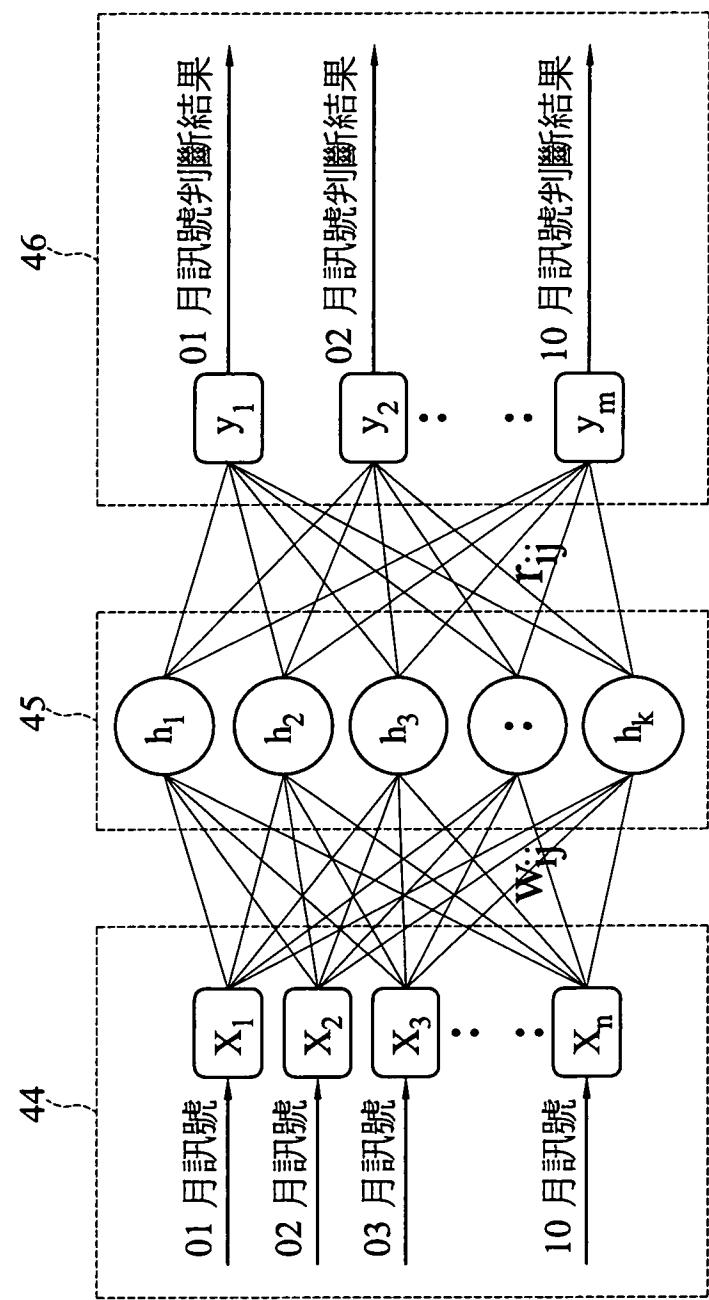


第4A圖

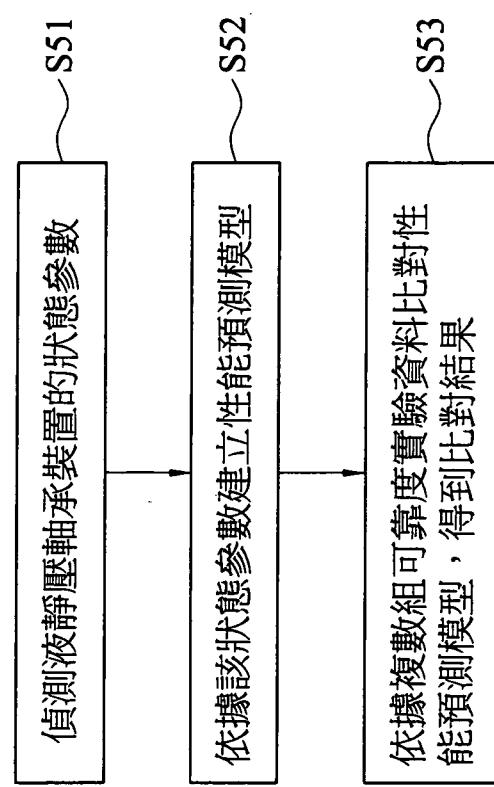
I589791

第4B圖





第4C圖



第5圖