

# 自動化高溫高壓設備線上即時故障檢測與安全監控系統

## The On-line Real-time Detection-Control System for Monitoring Hazard Automation Assessments

賴啟智

張興政

陳永森

逢甲大學

逢甲大學

逢甲大學

自動控制工程研究所

自動控制工程研究所

自動控制工程研究所

cclai@fcu.edu.tw

hcchang@auto.fcu.edu.tw

asabrother@yahoo.com

### 摘要

本研究根據信號方向性圖示和模糊理論，設計即時偵測高溫壓力容器時變參數系統，由感測系統和電腦分析迅速找出系統失常根源，並提供正確的因應決策。電腦模糊分析設計，增加待測時變參數定量分析資料，提供失常根源相關失常模糊集合的失常隸屬度比較，進而分析可能的失常根源與傳播路徑，避免因硬體檢測解析度不佳產生的偽解。本文建立蒸汽鍋爐系統模型來驗證偵錯與監控系統的有效性和實用性，實驗結果顯示本系統可準確的將失常根源顯示出來，並提供明確的失常改善決策，可使失常隸屬度迅速降低，提高系統的穩定度與安全性。系統可判斷多重失常根源的發生順序，且能夠避免失常變數的相互影響，提高即時失常診斷的準確性。

**關鍵詞：**高溫高壓設備、即時檢測與監控、模糊應用、失常根源判斷。

### 一、緣由與目的

自動化科技產業之製造生產與儲存過程會處理大量易燃、易爆與毒性物質，均潛藏著操作危機，需待改善。現代工廠運作，例如：精鍊廠、機械及石化工廠等，蒸汽常被供應當作動力能源。主要是使用高溫鍋爐及壓力容器設備產生蒸汽。此類高壓設備內容物可能含有劇毒或可燃物質，一旦發生意外，將危及工廠操作人員與機具設備，更嚴重者可能對周圍環境造成長時期的破壞。因此，高溫高壓製程容器發生失常的現象，需要能夠即時發現故障位置與路徑，並加以妥善處理。由於高科技自動化製程規模龐大，萬一設備發生失常，現場工作環境即具危險性，即使是有經驗的操作人員也不易在短時間內判斷出失誤的原因，以適時採取危機處理，基於安全與經濟性考量，發展製程失誤自動診斷系統具實際需要和意義。

### 二、原理和方法

失常偵錯系統是以方向符號圖將欲偵測之設備予以樹狀化，將待測製程設備之感測控制系統分成數個子集合，子集合再細分出錯誤可能發生路徑，組成群集徵候樹判斷流程，使可藉著參數分析找出製程設備故障發生點。SDG 可由製程系統之操作數據、數學模式和操作經驗建立，用來表示整個系統的模型，以系統變數的節點(Node)和分支(Branch)表示變數間因果關係，分支以正負號(Sign)代表變數間的正向增益及負向增益，若兩點之偵測訊號變化趨勢相反，定義為負號；反之，若兩點變化趨勢相同，則定義為正號，頂點上之正負號表示變數的型樣。依此法規劃最佳偵錯路徑，可避免不必要之偵測動作，增加信號偵錯速度和控制強健性[1]。

以假設發生失常根源去預測模擬工廠反應之失誤程序為失常模擬(Fault Simulation)。失常模擬產生之方向樹狀結構，代表失常根源傳遞路徑、事件發生順序和失誤根源對節點的影響；失常診斷即以觀察徵狀來分析判斷工廠操作可能的失誤根源和因果圖。若分支正負號和分支起始節點與終端節點正負號相乘積相同，分支徵狀為一致的。符號和系統變數組合為型樣(Patterns)，表示系統狀態，當系統變數維持在標準值範圍內，變數視為“0”，若變數大於標準值以“+”號表示，小於標準值以“-”號表示。錯誤判斷會造成不正確的失誤型樣，使診斷發生錯誤。設備失誤產生的資訊沿著一致性路徑傳遞到每個可觀測的節點，觀察節點變化可得到失誤型樣來判斷失常根源，系統失常根源模擬結果分別對各失常根源子圖作路徑搜尋，直到可量測變數都搜尋結束，或是搜尋路徑在SDG圖上無法再往下一個參數點移動，搜尋結果稱為群集徵候樹(CST)，包含失常根源傳播路徑及所影響的系統變數[2,3]。SDG理論是定性的因果分析方法，對於

定量方面的分析，較為不足，易使診斷的解析度不佳，產生偽解。因此，發展模糊失常診斷系統。

本研究之輸入變數隸屬度以系統參數時變曲線定義範圍，如圖 1 所示，參數時變曲線的範圍規範的隸屬度函數圖，示於圖 2，其中 P、PZ、ZE、NZ、N 分別為過大失常區、過大警告區、穩態區、過小警告區、過小失常區；圖形的頂點分別為 N[-, -, 1, 2]、NZ[1, 2, 3]、ZE[2, 3, 4]、PZ[3, 4, 5]、P[4, 5, +, +]。輸出隸屬度函數圖型根據失常集合發生 (OC)、未發生 (NOC) 與發生程度大小 (UCTi) 來定義，如圖 3 所示，其對應梯型隸屬度頂點分別為：NOC[0, 0, 0.1, 0.2]，OC [0.8, 0.9, 1.0, 1.0]，表示不確定性的三角函數 UCTi，其頂點 (V<sub>k</sub>) 為：

$$V_k = I_{NOC} + (I_{OC} - I_{NOC}) * K / n - 1, \quad (k = 1 \dots n - 2)$$

其中 I<sub>OC</sub> 與 I<sub>NOC</sub> 分別代表 OC 及 NOC 隸屬函數之內部頂點，n 為失常規則數目[4]，而三角形底端為 V<sub>k</sub> ± 0.1。

CST 圖之失常根源事件發生時，失常效應將使設備變數沿著失常傳播路徑依序產生失常變化現象，因此根據失常傳播順序，可得到一組定性失常規則，但此定性失常規則輸出，無法比較各失常根源大小，若系統所有可量測變數都發生失常現象，則無法判斷何者是真實的失常根源。因此，在定性失常規則之輸入輸出變數轉換成可量化之模糊集合，即可藉此比較各失常根源隸屬度大小，來決定真正的失常根源。模糊法則把定性失常規則的輸入變數從“+”、“0”、“-”三個範圍，變成“N、NZ、ZE、PZ、P”五個範圍。因為原定性失常規則只單純的判別量測變數值是否超過安全範圍，無法觀察變數在失常根源影響之變化範圍，且時間相依變數失常可能產生不同變化，使失常傳播順序無從考慮。所以比較各失常根源隸屬度，來判別系統真正的失常根源。失常隸屬度最大者，即為最有可能發生的失常根源。當得到系統發生失常根源的真正位置，就可針對相關失常根源作監控補償動作[5-9]。

失常根源發生時，失常集合發生的可能性隨著時間上升，因此需要在系統達到完全失控前，降低失常的可能性，來保障系統的安全。根據最小切集合定理，如果最小切集合處於故障狀態，整個系統為故障狀態。因此，當失常集合處於失常狀態時，可將集合中的某些變數回復至正常運作狀態，可使失常集合發生的可能性降低，相關處理步驟流程示於圖 4。

失常診斷理論分析重點，依序為 1. 建立所

有可能的失常根源；2. 根據 SDG 與 CST 理論推出所有失常傳播路徑及失常型樣；3. 由失常傳播路徑與失常型樣推導模糊推論法則。實際量測操作重點為 1. 經由感測器取得變數量測值；2. 代入模糊推論法則以激發相關失常傳播路徑的失常隸屬度；3. 比較失常隸屬度來決定失常根源；4. 根據最小切集合定理降低系統失常隸屬度。

### 三、模擬與分析

供失常診斷研究之高溫高壓自動供水鍋爐設備示如圖 5，其失常 SDG 模擬分析，如圖 6 所示，其中 F1、T1、Ts、Ps 是初始條件之輸入變數，F1、T1、Ts、Ps、V<sub>E</sub>、T、P、V 為可量測變數[10]，以系統模擬確定 SDG 變數及變數連線的正確性。失常模擬先假設只有一個失常根源發生，觀察其整個系統的影響，分別對可能為失常根源的參數作失常模擬。針對高溫高壓鍋爐系統最有可能發生失常的變數為失常根源，對系統作失常模擬。變數失常根源模擬，以蒸汽輸出量 (V<sub>E</sub>) 為例，各失常根源的失常隸屬度在系統失常前、系統失常時及失常狀態改善後三個時期作分析與討論，並將模擬的失常範例和相關文獻中所提的方法作比較。

研究模擬案例以內建干擾實施之，設計蒸汽輸出口堵塞，減少蒸汽輸出量 (V<sub>E</sub>)，造成鍋爐蒸汽無法順利排出。進行步驟如下：

- 1、高溫高壓鍋爐系統模擬正常運作模式。
- 2、時間為 10.0 單位時，加入干擾，使蒸汽輸出口堵塞，減少蒸汽輸出量，觀察系統變數。蒸汽輸出口堵塞時，使得壓力 (P) 上升，水蒸氣溫度 (T) 上升及液體體積 (V) 增加，以 V<sub>E</sub> 為失常根源的子圖，如圖 7。
- 3、根據 CST 理論，將 V<sub>E</sub> 失常根源子圖轉成 CST 圖，如圖 8 所示。
- 4、圖 8 顯示蒸汽輸出量為失常根源時，受影響的變數為壓力、蒸氣溫度與液體體積，失常傳播路徑順序，如表 1 所示。
- 5、依照失常傳播路徑順序以及失常變數的變化，得到表 2，以 V<sub>E</sub> 為失常根源之模糊推論法則，推論法則如下。  
IF V<sub>E</sub> is ZE and P is ZE and T is ZE and V is ZE,  
THEN C<sub>V<sub>E</sub></sub> is NOC ;  
IF V<sub>E</sub> is NZ and P is ZE and T is ZE and V is ZE,  
THEN C<sub>V<sub>E</sub></sub> is UCT1 ;  
IF V<sub>E</sub> is NZ and P is PZ and T is ZE and V is ZE,  
THEN C<sub>V<sub>E</sub></sub> is UCT2 ;  
IF V<sub>E</sub> is NZ and P is PZ and T is PZ and V is ZE,

THEN  $C_{VE}$  is UCT3 ;  
IF  $v_E$  is NZ and P is PZ and T is PZ and V is PZ,  
THEN  $C_{VE}$  is UCT4 ;  
IF  $v_E$  is NZ and P is PZ and T is PZ and V is P,  
THEN  $C_{VE}$  is OC

依照失常模糊集合理論對各個失常根源隸屬度作比較。圖 9 為系統失常隸屬度之比較,  $t > 3$  時, 正常系統的失常隸屬度趨近常數。

時間  $t=10$  時, 在蒸汽輸出加入失常信號, 系統發生失常。圖 10 為全部失常隸屬度之比較。除了失常根源為蒸汽輸出量時,  $C_{VE}$  發生可能性指標隨著時間上升外, 其他變數之失常根源都隨著時間降低, 最後趨近零值。因為其他失常根源模糊集合的變數與激發範圍, 與蒸汽輸出量的失常集合變數重複。到  $t > 35$ , 各變數失常範圍脫離失常模糊集合。

失常狀態改善是對壓力做調節, 來降低此集合失常可能性, 在鍋爐系統設計洩壓閥, 來降低系統壓力。如圖 11 所示,  $C_{VE}$  值到 0.6 警示值時 ( $t=35$ ), 洩壓閥啟動讓壓力洩出, 失常根源為蒸汽輸出量之  $C_{VE}$  發生可能性指標立即下降。其餘失常根源的可能性經過調節後, 反應速度與參數範圍為 0。在時間  $t=165$ , 因為失常集中某些變數回復正常, 有些變數還未回復正常, 失常模糊規則未被激發到, 而使失常隸屬度為 0。液體體積在  $t > 165$  時回復到穩態區域, 失常模糊規則, 再度被激發, 但是系統仍維持在正常運作的失常隸屬。從圖 10 可看出本文所提出的方法在  $t=15$  後, 開始診斷出失常狀況出來, 到  $t=35$  時, 確定診斷出實際的失常根源, 比較 C. R. Lin & C. T. Chang 所提出的失常診斷方法快速而正確。表 3 為直接比較、C. R. Lin & C. T. Chang 方法與本文的差異比較結果。

#### 四、實驗操作與診斷

系統實驗以溫度、壓力及液位感測器對鍋爐實施檢測, 當系統變數超出正常設定值時, 可迅速由偵錯系統察知故障點。圖 12 為失常診斷實驗之鍋爐系統架構圖, 圖 13 為實驗系統, 圖 14 為自動量測和除錯電路系統方塊圖。即時監控系統視窗介面, 設計畫面示於圖 15 到圖 17, 含開始畫面、完整鍋爐供水系統圖、變數量測時間響應圖及警報裝置。可直接從畫面看出鍋爐系統的運作情形, 並可即時觀察失誤變數和因應措施。失常模糊診斷系統, 含各變數失常隸屬度的時間變化曲線、各個系統變數的失常狀態偵測時間顯示和失常分析與失常根源的正確判斷。失常因應措施可顯示電腦推斷出的失常根源, 針對此失常根源提供因應措施來改善系統失常狀態。實驗針對鍋爐

系統的變數: 液位 (m)、溫度 ( )、壓力 (atm), 設計單一失常根源與多重失常根源的測試實驗, 來驗證失常診斷理論應用的可行性。失常根源一為蒸汽輸出口阻塞 ( $C_P$ ), 失常根源二為爐內水補充不足 ( $C_V$ ), 失常根源三為加熱點溫度下降 ( $C_T$ ); 各量測變數正常隸屬度均趨近於零。設計之失常案例分述如下。

(單一失常根源: 蒸汽輸出口阻塞)

HHP 系統未發生失常時, 各失常根源變數的失常隸屬度大小保持常數, 系統發生失常時, 失常現象未作改善措施, 在 259 秒時, 變數 P 發生失常, 此時  $C_P$  的失常隸屬度開始上升。382 秒時,  $C_P$  的失常隸屬度超過 0.5, 電腦顯示出失常根源, 由於實驗設計仍未對失常現象作改善, 失常隸屬度隨著時間持續上升。失常隸屬度  $C_P$  大於 0.5 時, 電腦啟動失常因應措施, 以『啟動洩壓閥門裝置』來降低失常隸屬度到正常的範圍, 在 428 秒時,  $C_P$  完全大於 0.5 時, 啟動失常因應措施。在 508 秒時,  $C_P$  回復到正常範圍, 回復時間約為 80 秒。P 為失常根源時, 失常隸屬度  $C_V$  與  $C_T$  變化極小, 而  $C_P$  在失常改善前後有明顯差異, 如圖 18 所示。

(單一失常根源: 爐內水位補充不足)

HHP 系統未發生失常時, 各失常根源變數的失常隸屬度大小保持常數, 系統發生失常時, 失常現象未作改善措施, 在 70 秒時, 變數 V 發生失常,  $C_V$  的失常隸屬度開始上升。290 秒時,  $C_V$  的失常隸屬度超過 0.5, 電腦顯示出失常根源, 由於實驗未對失常現象作改善,  $t=302$  失常隸屬度隨著時間持續上升。失常隸屬度  $C_V$  大於 0.5, 電腦啟動失常因應措施, 以『啟動給水裝置』來降低失常隸屬度。在 405 秒時,  $C_V$  回復到正常的範圍,  $C_V$  回復時間約為 100 秒。V 為失常根源時, 失常隸屬度  $C_P$  與  $C_T$  變化極小, 而  $C_V$  在失常改善前後有明顯的差異。

(單一失常根源: 加熱點溫度下降)

HHP 系統未發生失常時, 各變數失常隸屬度保持常數, 系統發生失常時, 失常現象未作改善措施, 在 107 秒時, 變數 T 發生失常,  $C_T$  的失常隸屬度開始上升。338 秒時,  $C_T$  的失常隸屬度超過 0.5, 電腦顯示出失常根源, 由於實驗仍未對失常現象作改善, 失常隸屬度隨著時間持續上升。失常隸屬度  $C_T$  大於 0.5 時, 電腦啟動失常因應措施, 以『提高加熱點溫度設定點』來降低失常隸屬度, 在 358 秒時,  $C_T$  大於 0.5, 啟動失常因應措施。在 780 秒時,

$C_T$  回復正常範圍，回復時間約為 420 秒。T 為失常根源時，失常隸屬度  $C_P$  與  $C_V$  變化極小，而  $C_T$  在失常改善前後有明顯的差異。

(多重失常根源：蒸汽口阻塞與供水不足)

HHP 系統未發生失常時，各失常根源變數的失常隸屬度保持常數，系統發生失常時，失常現象未作改善措施，在 70 秒時，變數 V 發生失常， $C_V$  失常隸屬度開始上升。在 182 秒時，變數 P 發生失常， $C_P$  的失常隸屬度開始上升。278 秒與 283 秒時， $C_P$  與  $C_V$  的失常隸屬度超過 0.5，電腦顯示出失常根源，由於實驗仍未對失常現象作改善，失常隸屬度隨著時間持續上升。電腦啟動失常因應措施『啟動洩壓閥門裝置、啟動給水裝置』來降低失常隸屬度，在 303 秒時， $C_V$  大於 0.5，啟動失常因應措施。315 秒時， $C_P$  大於 0.5，啟動失常因應措施。在 395 秒與 397 秒時，失常隸屬度  $C_P$  與  $C_V$  回復到正常， $C_P$  回復時間約為 80 秒， $C_V$  約為 90 秒。P、V 為失常根源時，失常隸屬度  $C_T$  變化極小，而  $C_P$  與  $C_V$  在失常改善前後有明顯的差異，如圖 19、20 所示。

(多重失常根源：蒸汽口阻塞與加熱點溫度下降)

HHP 系統未發生失常時，變數的失常隸屬度保持常數， $t=198$  時，系統發生失常時，變數 P 發生失常，此時  $C_P$  的失常隸屬度開始上升。在 378 秒時，變數 T 發生失常， $C_T$  的失常隸屬度上升。319 秒與 582 秒時， $C_P$  與  $C_T$  的失常隸屬度超過 0.5，電腦顯示出失常根源，失常隸屬度隨著時間持續上升，電腦啟動失常因應措施『啟動洩壓閥門裝置、提高加熱點溫度設定點』來降低失常隸屬度到正常的範圍，在 342 秒時， $C_P$  大於 0.5，啟動失常因應措施。603 秒時， $C_T$  大於 0.5，啟動失常因應措施。在 465 秒與 982 秒時，失常隸屬度  $C_P$  與  $C_T$  回復到正常的範圍， $C_P$  回復時間約為 123 秒， $C_T$  約為 380 秒。P、T 為失常根源時，失常隸屬度  $C_V$  變化極小，而  $C_P$  與  $C_T$  在失常改善前後有明顯的差異。

(多重失常根源：爐內供水不足與加熱點溫度下降)

HHP 系統未發生失常時，變數的失常隸屬度保持常數， $t=70$  時，系統發生失常，變數 V 發生失常，此時  $C_V$  的失常隸屬度開始上升。在 248 秒時，變數 T 發生失常， $C_T$  的失常隸屬度上升。283 秒與 523 秒時， $C_V$  與  $C_T$  的失常隸屬度超過 0.5，電腦顯示出失常根源，失常隸屬度隨著時間持續上升，電腦啟動失常因應措施『啟動給水裝置、提高加熱點溫度設定

點』來降低失常隸屬度。在 303 秒時， $C_V$  大於 0.5 時，啟動失常因應措施。544 秒時， $C_T$  大於 0.5 時，啟動失常因應措施。在 405 秒與 891 秒時，失常隸屬度  $C_V$  與  $C_T$  回復到正常的範圍， $C_V$  回復時間約為 100 秒， $C_T$  約為 347 秒。V、T 為失常根源時，失常隸屬度  $C_P$  變化極小，而  $C_V$  與  $C_T$  在失常改善前後有明顯的差異。

(多重失常根源：蒸汽口阻塞、爐內水補充不足與加熱點溫度下降)

HHP 系統未發生失常時，變數的失常隸屬度保持常數， $t=70$  時，系統發生失常，變數 V 發生失常，此時  $C_V$  的失常隸屬度開始上升。在 96 秒時，變數 P 發生失常， $C_P$  的失常隸屬度上升。在 299 秒時，變數 T 發生失常， $C_T$  的失常隸屬度開始上升。283 秒、221 秒與 413 秒時， $C_V$ 、 $C_P$  與  $C_T$  的失常隸屬度超過 0.5，電腦顯示出失常根源，失常隸屬度隨著時間持續上升，電腦啟動失常因應措施『啟動給水裝置、啟動洩壓閥門裝置與提高加熱點溫度設定點』來降低失常隸屬度到正常的範圍。在 303 秒時， $C_V$  大於 0.5 時，啟動失常因應措施。300 秒時， $C_P$  大於 0.5 時，啟動失常因應措施。533 秒時， $C_T$  大於 0.5 時，啟動失常因應措施。在 406 秒、366 秒與 910 秒時，失常隸屬度  $C_V$ 、 $C_P$  與  $C_T$  回復到正常， $C_V$  回復時間約為 103 秒， $C_P$  約為 66 秒， $C_T$  約為 377 秒。 $C_V$ 、 $C_P$  與  $C_T$  在失常改善前後有明顯的差異，如圖 21 至 23 所示。實驗結果顯示，失常發生時，系統準確的將失常根源顯示出來。失常改善後，很快的降低系統的失常隸屬度，提高系統的安全性與穩定度。避免失常隸屬度繼續上升。當發生多重失常根源時，判斷失常根源的發生順序，且能夠避免失常變數間相互的影響，而降低診斷的準確性。

## 五、結論

本自動控制高溫高壓設備即時故障檢測與安全監控系統，以方向符號圖設計群集徵候樹，配合模糊理論判斷失常根源。根據模擬與案例驗證，本研究可對受偵測系統作即時判斷，快速顯示製程發生失常相關變數，並判斷失常根源傳播路徑，搜尋實際失常根源，避免偽解發生。量測偵錯技術結合安全監控技術，經由人機監控介面迅速得知異常訊號，受偵測系統處在不安全狀態時，監控系統即時自動發出警報，監控畫面清楚顯示變數的狀態，量測分析依據失常模糊診斷程式，判斷鍋爐狀態，顯示真實的失常根源，並提出失常因應措施，使失常偵錯系統可達到完整的失常根源搜尋和安全因應對策，以保障系統之安全與防護。

## 六、誌謝

本文承蒙國科會專題研究計畫 NSC 91-2212-E-035-024 經費補助，特此致謝。

## 七、參考文獻

- [1] J. Shiozaki, B. Shibata, H. Matsuyama, E. O'shima, "Fault Diagnosis of Chemical Processes Utilizing Signed Directed Graphs-Improvement by Using Temporal Information," IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 36, Issue 4, pp. 469-474, 1989.C.
- [2] C. Chang and C. C. Yu, "On-Line Fault Diagnosis Using Signed Directed Graph." Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol. 29, pp.1290-1299, 1990.
- [3] K. J. Mo, G. Lee, D. S. Nam, Y. H. Yoon and E. S. Yoon, "Robust Fault Diagnosis Based on Clustered Symptom Trees," Control Eng. Practice, Vol. 5, No.2, PP. 199-208, 1997.
- [4] S. Y. Chang, C. R. Lin and C. T. Chang, "A Fuzzy Diagnosis Approach Using Dynamic Fault Trees." Chemical Engineering Science, Vol .57, pp. 2971-2985, 2002.
- [5] C. C Han, R. F. Shih and L. S. Lee, "Quantifying SDG with Fuzzy Set for Fault Diagnosis Resolution Improvement." Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol. 33, No.8, pp.1943-1954, 1994.
- [6] V. Hiranmayee and V. Venkat, "Signed Digraph Based Multiple Fault Diagnosis," Computers and Chemical Engineering, Vol. 21, pp.655-660, 1997.
- [7] R. F. Shih and L. S. Lee, "Use of Fuzzy Cause-Effect Digraph for Resolution Fault Diagnosis for Process Plants. 1. Fuzzy Cause-Effect Digraph," Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 34, pp.1688-1702, 1995.
- [8] R. F. Shih and L. S. Lee, "Use of Fuzzy Cause-Effect Digraph for Resolution Fault Diagnosis for Process Plants. 2. Diagnostic Algorithm and Applications," Ind. Eng. Chem. Res., Vol.34, pp.1688-1702, 1995.
- [9] E. E. Traifa and N. J. Scenna, "Fault Diagnosis, Direct Graphs, and Fuzzy Logic," Computers and Chemical Engineering, Vol. 21, pp.649-654, 1997.
- [10] Roger G. E. Franks, *Modeling and Simulation in Chemical Engineering*, E. I. Du Pont de Nemours & Co. Inc., pp105-110, 1971.

## 八、圖表

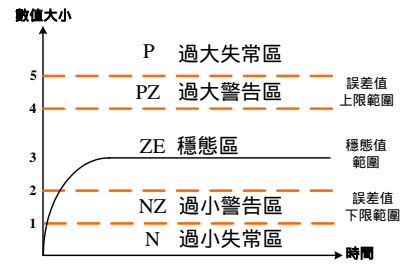
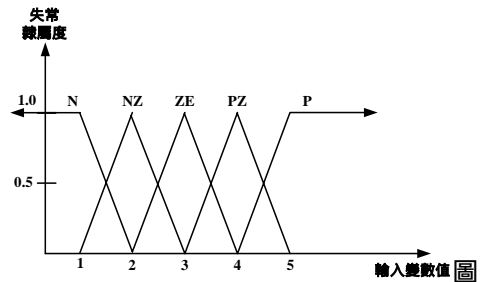


圖 1. 系統參數變動診斷範圍示意圖



2. Fuzzy 輸入變數隸屬度函數圖

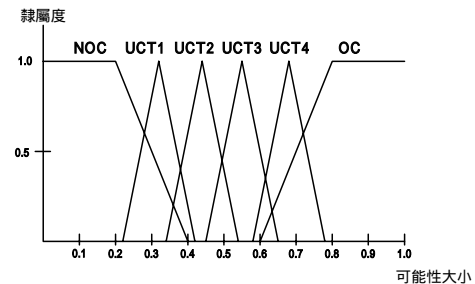


圖 3. 失常根源發生可能性隸屬函數圖

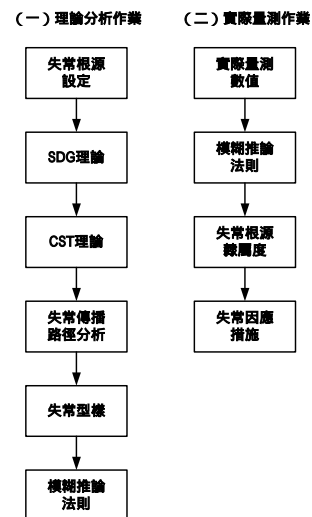


圖 4. 失常診斷準則流程圖

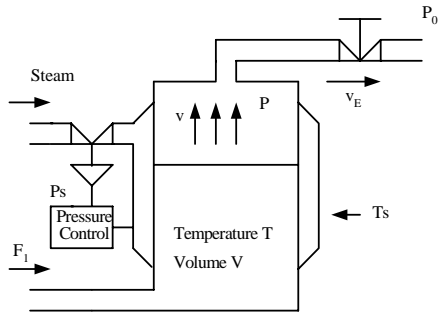


圖 5. 高溫高壓鍋爐系統

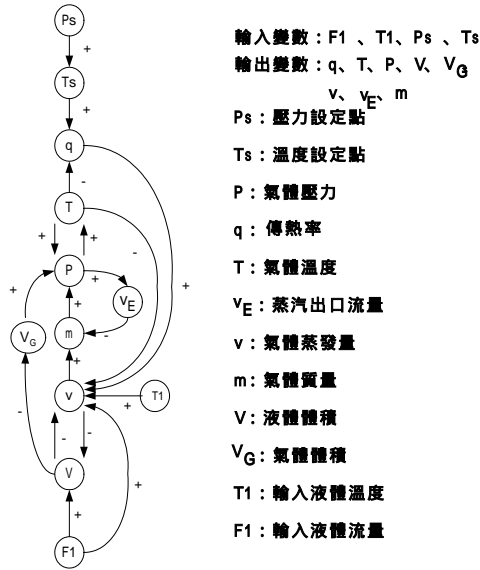


圖 6. 鍋爐系統的 SDG 圖

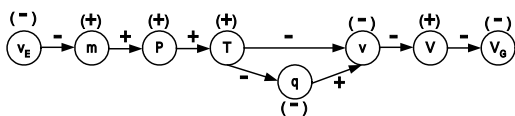


圖 7.  $v_E$  為失常根源的 SDG 子圖

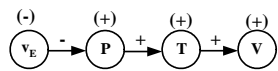


圖 8. 以  $v_E$  為失常根源的 CST 圖

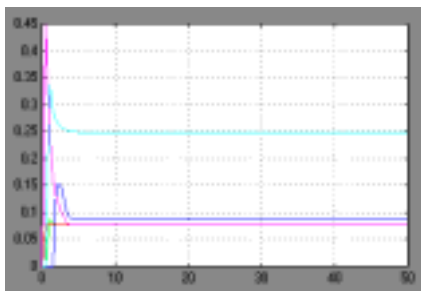


圖 9. 正常運作下，相關失常根源發生可能性指標

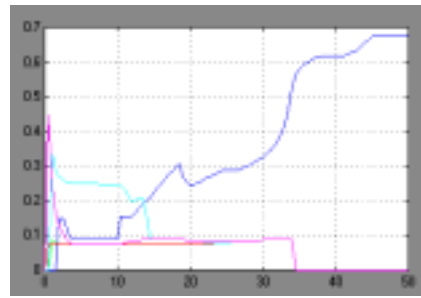


圖 10. 失常根源在  $v_E$  失常下發生可能性指標

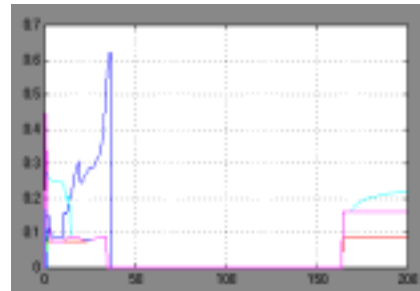


圖 11. 失常根源在自動洩壓調節  $Cv_E$  失常發生可能性指標 ( $t=0\sim 200$ )

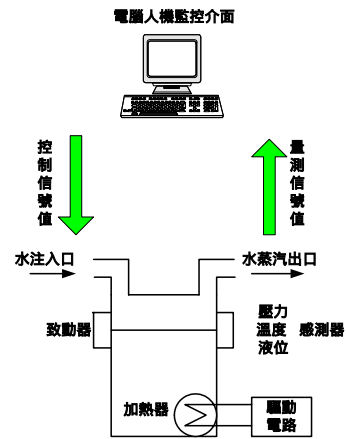


圖 12. 鍋爐系統之失常診斷架構



圖 13. 模擬鍋爐量測系統

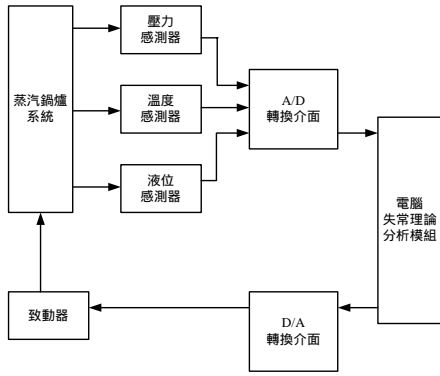


圖 14. 自動量測和除錯電路系統方塊圖

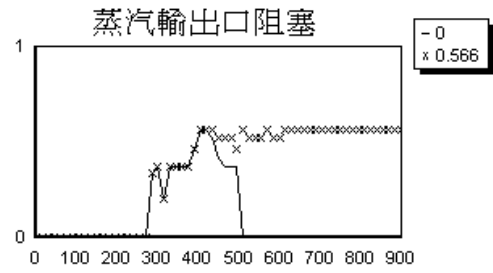


圖 18. 失常根源為壓力之失常隸屬度  $C_p$  (-為改善後與\*為改善前)

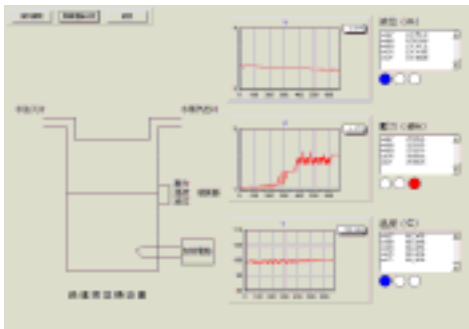


圖 15. 電腦監控畫面 (一)

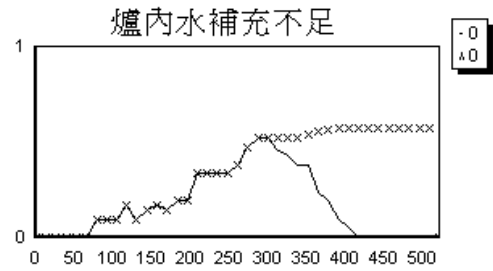


圖 19. 壓力與液位失常之失常隸屬度  $C_v$  變化。

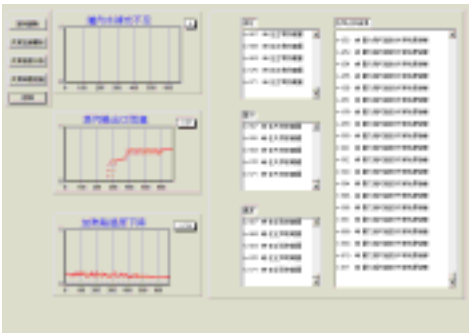


圖 16. 電腦監控畫面 (二)

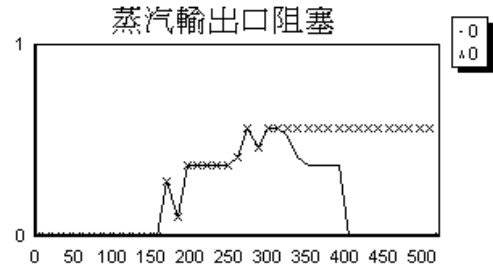


圖 20. 壓力與液位失常之失常隸屬度  $C_p$  變化。



圖 17. 電腦監控畫面 (三)

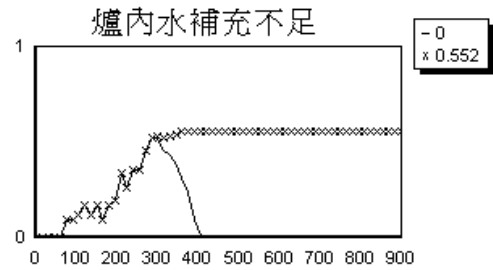


圖 21. 壓力、液位與溫度失常之失常隸屬度  $C_v$  變化。

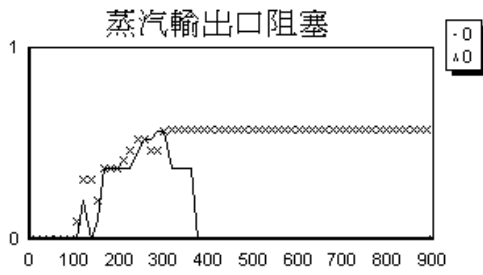


圖 22. 壓力、液位與溫度失常之失常隸屬度  $C_p$  變化。

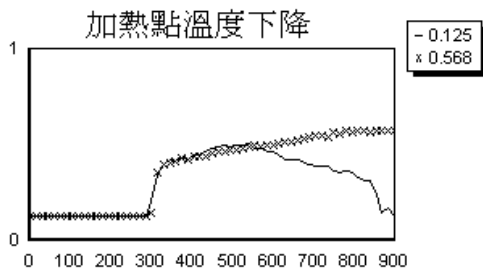


圖 23. 壓力、液位與溫度失常之失常隸屬度  $C_T$  變化。

表 3 不同診斷方法結果

方法種類 比較項目	直接 比對	C. R. Lin &	本 文
失常根源加入時間	10	10	10
開始出現可能失常 根源時間	35	15	15
出現實際失常根源 時間	35	45	35
失常根源判斷結果	$v_E$	$v_E$	$v_E$
是否出現偽解	無	無	無

表 1 以  $v_E$  為失常根源之傳播路徑順序

變數 傳播順序	$v_E$	P	T	V
1	0	0	0	0
2	-	0	0	0
3	-	+	0	0
4	-	+	+	0
5	-	+	+	+

表 2 以  $v_E$  為失常根源之模糊推論法則

變數 NO	$v_E$	P	T	V
1	ZE	ZE	ZE	ZE
2	NZ	ZE	ZE	ZE
3	NZ	PZ	ZE	ZE
4	NZ	PZ	PZ	ZE
5	NZ	PZ	PZ	PZ
6	NZ	PZ	PZ	P