

程序動態模擬在煉油操作與技術檢定的應用

劉振鵬¹，蔡昇龍²，金光海²

¹ 中國石油公司 (Chinese Petroleum Corporation)

011631@cpc.com.tw

台北市信義區松仁路 3 號

² 新鼎系統公司 (Advanced Control & Systems Inc)

台北市南港區 115 南港路三段 52 號 5 樓

pf_tsai@acs.com.tw

king@acs.com.tw

摘要

科技日益進步，工廠的動態模擬對工廠的試爐及人員訓練也逐漸扮演不可或缺的角色，「製程動態模擬系統」(SIMACS)可以用來作為工廠操作人員熟悉分配型電腦控制系統 (DCS) 操作，瞭解工廠製程動態特性及正常操作技巧，熟悉開、停爐等操作。讓儀控設計工程師測試工廠安全連鎖邏輯、高級控制設計及最佳化策略，透過講師台，講師可在不打擾操作員訓練操作之狀況下，監督及控制訓練課程之進行，也可以異常功能設定，培養及加強操作人員對程序製程異常判斷與處置能力。在訓練及檢定上可用於程序控制訓練及設備單元操作訓練。採用模擬訓練教學，確實可增加學習效果，強化開爐、停爐及異常狀態的應變處理，提升工廠操作安全性與防止意外及環保污染事件發生。

簡介

以往動態模擬系統必須裝置於高速度的大型電腦上，才能達到及時 (Real time) 的效果，故僅應用於飛航訓練、核能電廠、飛彈模擬等高危險性、設備昂貴的高科技範疇。由於現今個人電腦之軟、硬體功能之大幅提昇，這項技術已廣泛運用在工廠製程控制、學術機構及學校的研究及教學。製程動態模擬系統 SIMACS 模擬可以用來作為工廠操作人員熟悉分配型電腦控制系統 (DCS) 操作，瞭解工廠製程動態特性及正常操作技巧，熟悉工廠操作。讓設計工程師測試工廠安全連鎖邏輯、高級控制設計及最佳化策略，透過講師台，講師可在不打擾操作員訓練操作之狀況下，監督及控制訓練課程之進行，也可以異常功能設定，培養及

加強操作人員對程序製程異常判斷與處置能力。

在教學上可用於程序製程控制訓練及設備單元操作訓練。程序控制訓練包含壓力控制、溫度控制、液位控制、成分控制、PID 調諧等單元。設備單元操作訓練包含蒸餾塔作業系統、pump、加熱爐、壓縮機、反應器、換熱器等單元。採用模擬訓練教學，確實可增加學習效果，降低訓練費用與風險。

一、動態模擬在工廠生命週期中之應用

一般來說，靜態模擬用於方法設計及流程分析，動態模擬則著重於日常操作控制的訓練於

設計。其生命週期中在工廠之應用詳見表一。

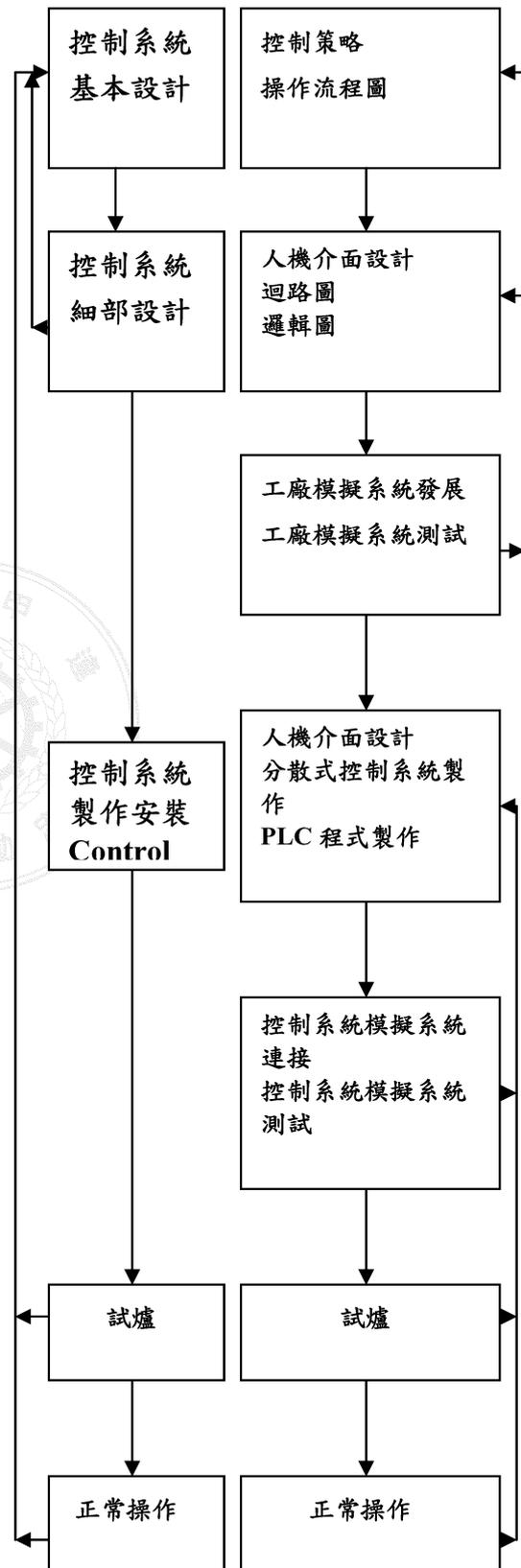
表一 工廠生命週期中靜態/動態模擬之應用

工作項目	靜態模擬	動態模擬
程序分析	方法分析	動態分析
方法基本設計	設計	設計檢查
安全分析	提供方法資訊	進行動態檢查
方法細部設計	設計	設計檢查
控制系統設計	協助設計	設計
控制系統細部設計	協助設計	設計
系統建置	方法資訊及檢驗	動態資訊及檢驗
試爐	方法資料	訓練
正常操作期	方法分析	控制系統調諧
系統改善	程序故障排除及去瓶頸	控制系統改進

動態模擬在控制系統設計上扮有重要的角色，可以讓儀控設計工程師測試工廠安全連鎖邏輯、高級控制設計及最佳化策略，讓沒有相關工場操作實務的人員，在試車操作前能夠提早進入狀況並熟悉工場操作。模擬系統的操作畫面和中央控制室的圖控畫面相同，在控制系統開發階段，模擬系統因能模擬工場之動態特性，故可在工場未架設完全時，即可先行測試 PLC 之安全連鎖邏輯、高級控制設計及最佳化策略。試車前做為人員訓練工具，讓操作人員熟悉標準作業步驟 (SOP)，從檢查各設備狀態、開車、正常操作、停車及異常狀況均可模擬操作，幾乎與實際操作相同。前者在於瞭解程式動態特性及正常操作技巧；後者著重於重大的設備異常處理，可用于加強人員對操作異常判斷能力及熟悉緊急狀況處理程序。由於操作人員在開車前，認真的在模擬系統上練習，所以工場在試車時非常的順利，圓滿達成任務，也充分證明了模擬系統之效能。動態模擬

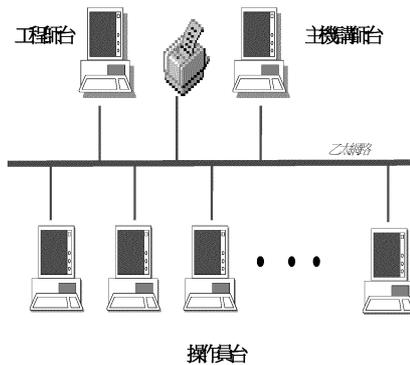
在控制系統設計上相對關係如下圖：

圖 控制系統發展流程



二、系統架構

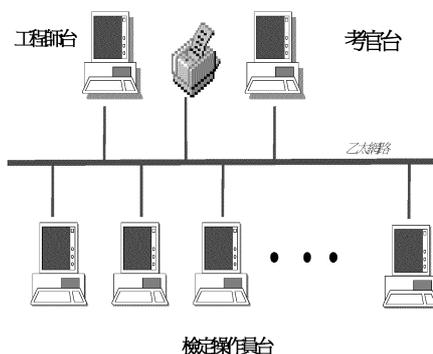
「製程動態模擬系統」(SIMACS)以 Windows NT/2000 之個人電腦為講師台，連接數個至數十個操作員台，同時做多人訓練。另外加上供工廠模式組態設計的工程師台，系統架構如圖一



圖一 系統架構

訓練操作員步驟如下：

1. 操作員研讀操作手冊
2. 操作員觀看標準課程之示範操作
3. 操作員自行練習操作
4. 參加考試及格，考試系統架構如圖二



圖二 系統架構

各工作站之功能如下：

1、操作員台/檢定操作員台

提供操作員與模擬工廠的人機介面，為具彩色觸控螢幕，且外觀與分散式控制系統操作鍵盤相同的 PC，其模擬與分散式控制系統相似的畫面與操作方式，頗具身歷其境之效，操作員可藉此操作整個工廠，如改變設定點、閥開度及控制器參數等，進而瞭解實際操作及控制狀況，達到訓練目的。

2、講師台

使用個人電腦，以 Windows NT 為作業系統，操作採用鍵盤、滑鼠，並附有線上求助 (On-line Help) 功能，操作極為簡便，講師可選擇訓練課程，在不打擾學員的情況下監控課程進行、監視全廠重要操作參數，並可下達停電、管線破裂、設備損壞等異常狀況指令 (Malfunction)，一位講師可同時督導並對多個操作員分別執行相同或不同的製程。

講師台具有以下功能：

1. 訓練課程選擇 (Model Selection)：依需要選擇執行及訓練課程。
2. 操作員台選擇 (OS & System Selection)：隨時切換操作員台進行訓練。
3. 初始狀態/快速記錄選擇 (Initial Condition/Snapshot)：訓練製程中，可隨時藉此功能將當時狀況儲存，或將儲存的初始狀態叫出，作為再訓練之用。
4. 狀態自動定時記錄 (Backtrack)：視需要下達持續性、定時的狀態紀錄命令，以供事後叫用參考。
5. 已紀錄狀態重現 (Replay)：將自動的定時記錄叫出加以研究。
6. 速率調整 (Change Runtime Scale)：此功能可調整製程進行速率，例如將無關緊要之製程加速跳過，而變化迅速者放緩處理。
7. 異常功能設定 (Malfunction)：訓練進行中，設定操作異常功能 (如停電、

泵或壓縮機跳脫等)，訓練學員處理異常狀況之能力。此外設定及取消功能可採用即刻發生與預定時刻發生兩種。

8. 遠端設定功能 (Remote Function): 此功能主要模擬工廠現場的閥門、泵及其他設備的開關或開停車操作，由講師兼任現場操作人員，應操作員要求配合操作現場設備。

9. 講師變數設定 (Instructor Variable): 可透過此功能設定在本機模擬範圍之外，操作員無法操作的變數。

10. 操作台監視與控制 (OS Monitor): 此功能可顯示操作員的畫面，如流體之溫度、壓力等，藉此瞭解整個製程的操作狀況，必要時給予協同操作。

11. 非常態性狀態總覽 (Non-Design Condition Summary): 已動作之異常功能 (Malfunction)、遠端設定功能 (Remote Function) 及講師變數設定 (Instructor Variable) 一覽表。

12. 自動訓練計畫 (Automatic Training Program): 預先輸入訓練步驟，由系統自動執行，內容涵蓋何時動作初始狀態、何時動作異常功能等。

13. 即時績效評比 (Performance Evaluate): 可編輯評比項目，在系統運作的同時，即時評比出操作績效。

14. 事件紀錄 (Event Logging): 記錄在訓練製程中講師的動作，如遠端設定改變、異常狀況動作等，作為訓練製程的紀錄參考。

15. 警報紀錄 (Alarm logging): 提供所有警報發生、消失時序上的完整紀錄，講師可由畫面觀察，或由印表機列印出。

16. 警報總覽 (Alarm Summary): 此功能提供目前處於警報狀態的一覽表。

17. 趨勢圖顯示 (Process trend Display): 對特定的操作變數，監視其隨時間變化之趨勢。

18. 暫停/繼續 (Freeze/Run): 當製程進行時，可藉此功能暫停製程的進行，以便與操作員討論問題，或透過操作台畫面為學員指出製程中各操作變數的關係，使其更深入瞭解製程。

19. 畫面列印功能 (Display Hard Copy): 將螢幕上的畫面透過彩色印表機印出，作為訓練紀錄參考。

3 工程師台

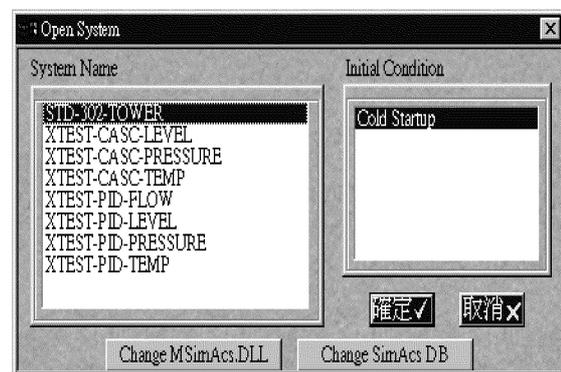
做為工程師發展工廠模式之工作站。工程師台可提供模式組態管理、資料庫管理、便利之偵錯、調諧工具及趨勢圖形，以模組化的製程單元軟體，整合成完整之工廠。本系統提供便利的功能鍵及豐富的指令，使工程師能更有效率的偵錯、測試、調諧模式參數。工程師亦可據此發展自己所需的製程單元及控制策略，對製程動態的改善有相當大的助益。工程師台提供以下功能：

1. 系統選擇 (System List)

使用者自行可以建立新系統或載入舊有系統。

2. 初始狀態 (Initial Condition)

提供使用者儲存新的初始狀態或載入已儲存之初始狀態。



3. 群組列表 (Group List)

一個系統可依需要劃分為數個群組 (子系統)，群組數目並無限制。

4. 節點列表 (Node List)

一個節點代表一個設備，如蒸餾塔、閥、泵等，節點群組數目並無限制。

5. 節點連結列表 (Link list)

在此可查出所有節點或個別節點變數間的連結關係，並可以增加新的連結以及刪除舊有連結。

6. 偵錯 (Debug Tool)

可以檢視節點中所有的變數，加以調諧 (Tuning) 變數之值。使用者可自行規劃、選取所有欲監視的變數，觀察其變化情形並加以調諧。

7. 趨勢圖組態 (Trend Configuration)

每個視窗同時可以顯示 4 個變數的趨勢圖形，座標刻度及上下限範圍可由使用者自訂。

8. 圖形元件

可以建立新的控制畫面或複製既有畫面來修改，畫面底圖可以用實景相片檔或其他繪圖工具做出之圖檔，達到生動逼真的效果。提供多樣化的圖形元件，並具備圖形元件簡易操作功能 (複製，修改，刪除，對齊，移動位置使用滑鼠或快速鍵)。連結模式變數後，可開啟變數監測畫面來觀看操作結果。

4 考官台

考官台系統主要負責管制檢定作業進行。包括：

- * 指定各檢定台 (考台) 考試題目
- * 監看各檢定台 (考台) 操作狀況
- * 回應檢定台 (考台) 求助
- * 提供考生評分和成績列印

考官台系統並且維護檢定系統基本設定。包括：

- * 考生基本資料維護
- * 考生操作記錄維護
- * 考題資料維護
- * 評分規則維護
- * 系統使用者維護

專案執行

專案執行之步驟如下：

- 需求分析規劃/資料收集管理
- 決定模擬範圍
- 確定需要的模組
- 建立模組組態圖/建立模組組態/諧調/測試操作台組態設計
- 講師台組態設計
- 系統整合及測試
- 教育訓練/輔導上線

應用實例

一、石油化學甲級技術士技能檢定系統

檢定台系統包括五項子系統測驗科目：

- A. 第一項 單元設備操作
- B. 第二項 熱傳送設備
- C. 第三項 單元機械
- D. 第五項 工業安全與衛生
- E. 第六項 環境保護與污染防治

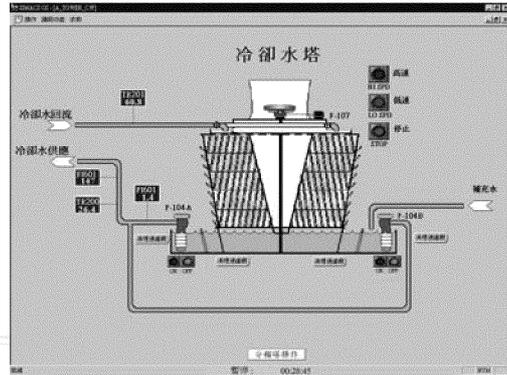
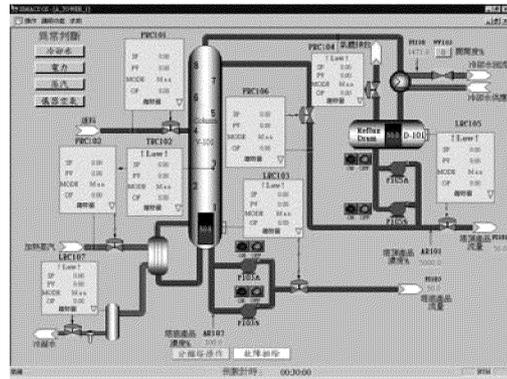
十五項檢定考題

每一種考題有專有的檢定操作畫面，提供考生作為模擬操作的介面，各考題名稱如下：

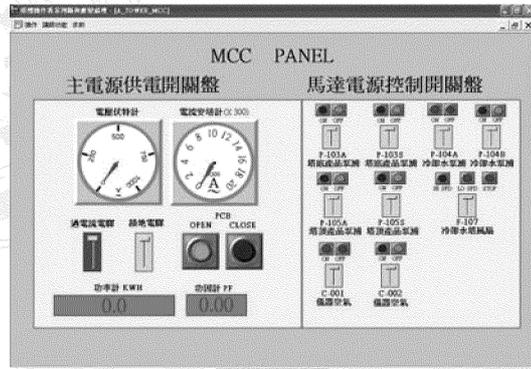
- 第一項—第一站(A)塔槽操作異常判斷與應變處理(停水圖三a)
- 第一項—第二站(B)塔槽操作異常判斷與

應變處理(停電圖三b)

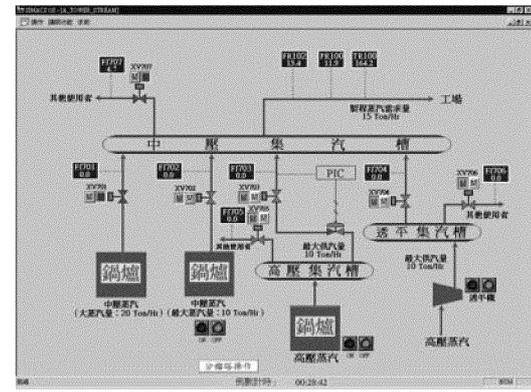
- 第一項—第三站(C)塔槽操作異常判斷與應變處理(停蒸汽圖三c)
- 第二項—第一站(A)加熱爐操作異常判斷與應變處理(圖三d)
- 第二項—第二站(B)再沸器操作異常判斷與應變處理
- 第二項—第三站(C)冷凝器操作異常判斷與應變處理
- 第三項—第一站(A)—高溫雙軸封離心式泵浦操作異常判斷與應變處理(圖三e)
- 第三項—第二站(B)—高黏度齒輪式泵浦操作異常與處理
- 第三項—第三站(C)—往復式氣體壓縮機開、停車與操作異常判斷處理(圖三f)
- 第三項—第四站(D)—離心式氣體壓縮機開、停車與操作異常判斷處理
- 第五項—第一站(A)—火災事故之應變與處理(加氫反應器出口法蘭洩漏著火圖三g)
- 第五項—第二站(B)—火災事故之應變與處理(加熱爐爐管破裂著火圖三h)
- 第五項—第三站(C)—火災事故之應變與處理(再沸器出口法蘭重質油料洩漏著火圖三i)
- 第六項—第一站(A)—有害(毒)物質洩漏事故應變處理(塔頂迴流泵浦軸封洩漏有毒氣體)
- 第六項—第二站(B)—有害(毒)物質洩漏事故應變處理(塔底成品出口管線斷裂洩漏有害液體圖三j)



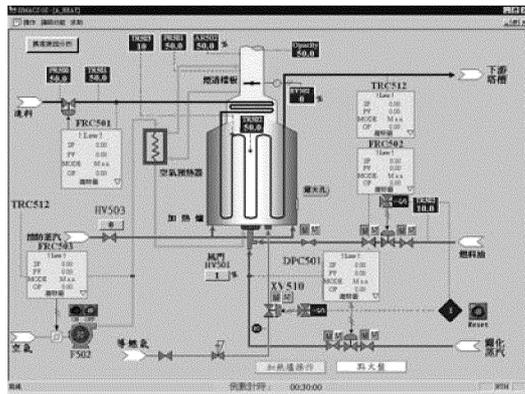
圖三 a



圖三 b



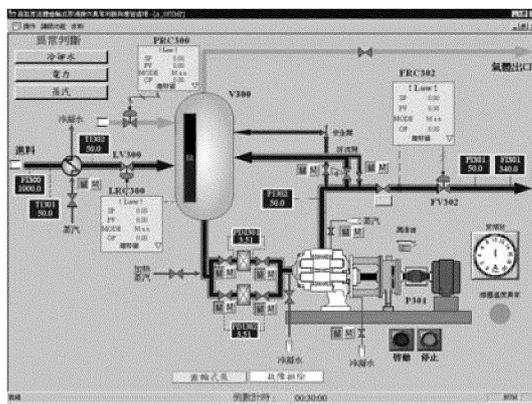
圖三 c



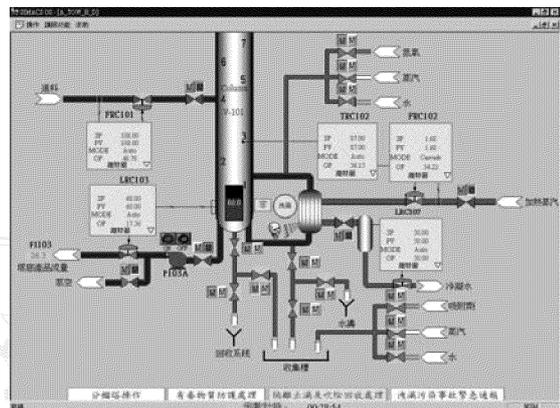
圖三 d



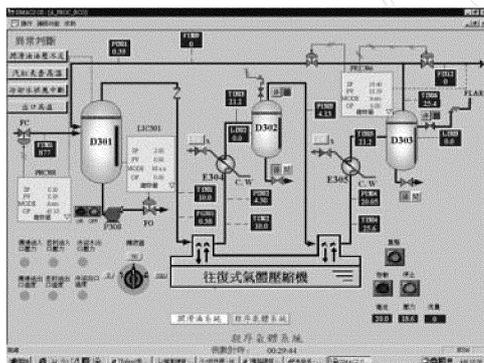
圖三 i



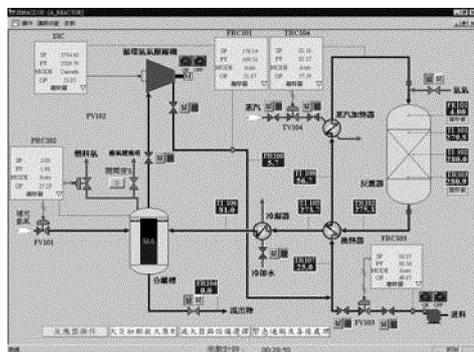
圖三 e



圖三 j



圖三 f



圖三 h

二、桃園油庫之動態模擬系統

工廠的動態模擬對工廠的試爐及人員訓練逐漸扮演不可或缺的角色，此次在桃園油庫灌裝作業監控系統建置過程中，為了讓油庫沒有操作實務經驗的同仁，在試爐操作前能夠提早進入狀況熟悉工場操作。所以開發桃園油庫之動態模擬系統，以應用於測試油庫自動灌裝作業、連鎖動作、程控系統、油帳自動作業之控制功能及試驗前之教育訓練。

動態模擬系統包含丙烯/LPG 灌裝島、丙烯/LPG 油槽、儲槽冷卻設備模擬子系統、消防冷卻水霧模擬子系統、瓦斯濃度偵測模擬子系統、廢水排放模擬子系統、空氣壓縮機模擬子系統、PID 調諧及迴路群覽圖子系統、設定及查詢子系統、警報值確認及異常設定子系統。

動態模擬工場程序內容，主要在模擬油槽收發料控制及自動灌裝卸收控制系統。範圍(圖四 a)包含丙烯/LPG 灌裝島(圖四 b)、丙烯/LPG 油槽(圖四 c)、自動灌裝 BCU 控制(圖四 d)、儲槽冷卻設備模擬子系統、消防冷卻水霧模擬子系統、瓦斯濃度偵測模擬子系統、廢水排放模擬子系統、空氣壓縮機模擬子系統、PID 調諧及迴路群覽圖子系統、設定及查詢子系統、警報值確認及異常設定子系統。

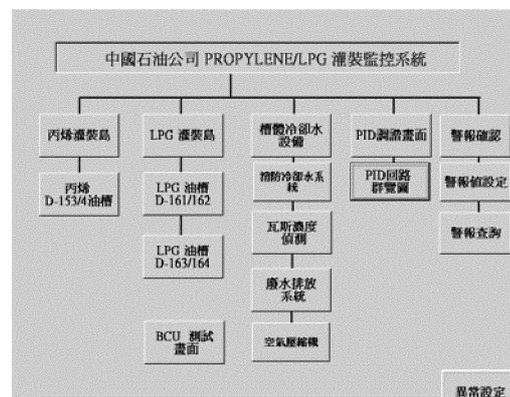
操作狀態包括了正常操作及異常狀況。前者在於瞭解程序動態特性及正常操作技巧；後者著重於重大的設備異常(圖四 e)處理，如丙烯收油泵(P-153)故障、丙烯灌裝泵故障、丙烯收油閥故障、LPG 收油泵(P-157)故障、LPG 灌裝泵故障、LPG 收油閥故障、槽體冷卻水供給泵故障、消防供給泵故障、地磅雨水收集池沉水泵故障。另有異常及接地等安全保護連鎖，可用於加強操作人員程序異常判斷能力及熟悉緊急狀況處理程序。

模擬系統的操作畫面和中控室的圖控畫面相同，在油庫自動灌裝控制系統開發階段，本模擬系統因能模擬工場之動態特性，故可在工場未架設完全時，即先行測試 PLC 之控制行為。試車前做為人員訓練工具，讓油庫的操作人員熟悉灌島之灌裝標準操作作業步驟(SOP)，從檢查各設備狀態；開啟油槽出口閥。回流閥連鎖啟動。現場油灌車定位接地；開氣體回流閥，建立油灌車氣體回流管平衡壓力；控制室開 XV1536 氣體回流閥；通知現場開啟銜接油灌車槽之氣體回流手動閥。啟 XV1535 供料閥。通知現場人員進行自動灌裝(BCU)系統控制作業。入廠檢查，油帳輸入讀卡自動灌裝指示灌發量刷卡，連鎖系統安全保

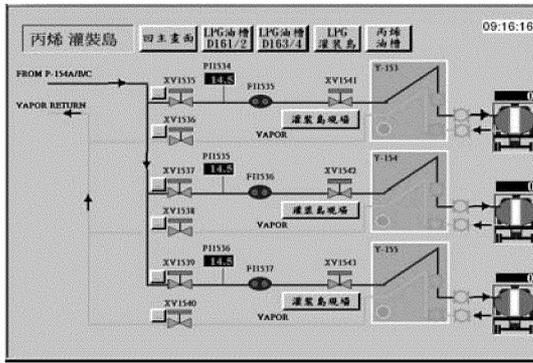
護確認卡，各開關閥訊號確認自動灌裝順序。現場人員開啟銜接油灌車槽的進料閥，進行灌裝作業。到灌裝完成後之作業，中央監控及油帳計量，當預設發油量到達時，則自動停止灌裝，並切斷相關開關閥，操作人員獲訊號通知後，關閉銜接於油灌車回氣口的手動進料閥，並確認開關無誤即可拆卸管線，然後油灌車可離場至崗亭，警衛將油帳識別卡輸入，則油帳及帳單自動列印並完成卡片鎖磁，油灌車獲得許可離庫。油料灌裝或卸貨作業完成時，油帳及發票作業亦同步完成。全部自動灌裝發裝卸及油帳發票作業的模擬操作幾乎與實際操作相同。

另外 PLC 及 Interlock 與油料自動灌裝作業，通過模擬測試，完成設計圖確認及修改，同時依此執行現場，最後迴路之測試與修正。

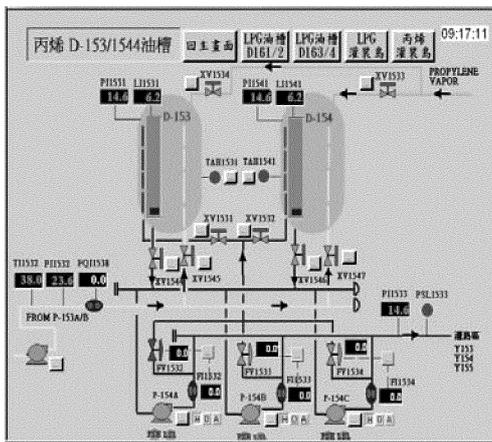
雖然訓練期間短，且操作人員完全沒有現場操作實務經驗，但透過本系統電腦模擬訓練，模擬實習操作，工場試爐居然可以在 16 個小時內完成收油及灌裝試車與油帳發票等工作。此案例不但充分證明了程序動態模擬系統在操作制上之效能，也證明了此模擬系統可以將油帳、發票及油灘車進廠之管制作業予於模擬試作後轉為具體可行之管理作業系統。



圖四 a：模擬程序範圍



圖四 b：丙烯/LPG 罐裝島



圖四 c：丙烯/LPG油槽

圖四 e：異常功能設定

圖四 d：BCU控