

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器研習

服務機關：台灣電力公司

出國人

職稱：儀電工程監 儀電工程監 訓練工程師 訓練工程師

姓名：吳崇雄 林春榮 黃洲津 吳重仁

出國地區：美國

出國日期：91年11月25日至12月22日

報告日期：92年1月21日

93 / 10920023 /

行政院及所屬各機關出國報告提要(0920023)

出國報告名稱：台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器研習

頁數 34 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國計畫主辦機關：台灣電力公司人事處

聯絡人：陳德隆

電話：02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

出國人員姓名：吳崇雄 林春榮 黃洲津 吳重仁

服務機關：台灣電力公司

單位：大林發電廠

職稱：儀電工程監 儀電工程監 訓練工程師 訓練工程師

電話：07-8711151

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：91年11月25日至12月22日 出國地區：美國

報告日期：92年1月21日

分類號/目：

關鍵詞：SimPort、EPRI

內容摘要：(二百至三百字)

本研習報告之主題為「台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器研習」，主要內容共分為六部份說明如下：

第一部份說明赴美研習緣由及報告提要。第二部份為台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器軟、硬體架構之說明，包括工作站之配置、區域網路之架設方式與 SimPort 軟體架構包括 Server、Client Application Manager 及 Control and Communication Managers(CCM)之說明。第三部份則針對模擬器工具軟體 SimPort 功能和特性作陳述，此部份亦為此次出國研習之重點所在。第四部份是與得標廠家配合進行模擬器試驗之過程陳述。第五部份為本次研習行程中安排至美國電力研究機構(EPRI)受訓與觀摩報告。第六部份是本次出國研習的心得與建議。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

目 次

| | |
|--------------------------------|-----|
| 壹、前言----- | p1 |
| 貳、台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器軟、硬體架構----- | p2 |
| 參、模擬器工具軟體 SimPort 功能和特性簡介----- | p10 |
| 肆、模擬器試驗與測試過程報告----- | p21 |
| 伍、美國電力研究機構(EPRI) 研習與觀摩報告----- | p29 |
| 陸、研習心得與建議----- | p33 |

壹、前言

研習緣由：

台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器為一全域式(Full Scope)模擬器，由美國 DS&S 公司得標承製，全部系統包括汽力機組模型 (Model)、西屋 WPDF DCDAS 控制系統、Bailey DCDAS 鍋爐燃燒控制系統(包含水質分析系統)、GE MARK V 汽機控制系統、SOOT BLOWER PLC 吹灰控制系統、人機界面 MMI、Minic Soft Panel 及 Interface & Control Logic 等，全部以軟體程式模擬完成，整個系統非常複雜和具有技術性。

為了提昇軟體程式之設計水準及日後維護之需求，另外為使模擬器的運轉效能充分發揮，達到最好的訓練效果，整個系統的規劃、程式的設計及設備的維護皆需仰賴專業及現代化先進的知識技能。有鑑於此，公司遴選四位人員包括系統軟、硬體維護人員及講師等代表單位赴美國 DS&S 公司原廠研習最先進之專業知識，作為種子講員，將來學成歸來一方面可學以致用立即對台中五號機組模擬器之系統更新修改及運轉維護有所貢獻，另一方面可協助其他同仁熟悉系統的運作原理及維護方法，以使模擬機組設備能在最穩定的狀態下順利運轉。

報告提要：

本研習報告之主題為「台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器研習」，主要內容共分為六部份其摘要如下：

- 壹、赴美研習緣由及報告提要。
- 貳、台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器軟、硬體架構。
- 參、模擬器工具軟體 SimPort 功能和特性簡介。
- 肆、模擬器試驗過程報告。
- 伍、美國電力研究機構(EPRI)受訓與觀摩報告。
- 陸、研習心得與建議。

貳、台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器軟、硬體架構

DCDAS 之全名為 Distributed Control and Data Acquisition System 中文譯為分散式控制與資料收集系統，因著生產廠家的不同亦有不同的名稱，例如 Foxboro 製造之系統產品稱為 DCIS(Distributed Control and Information System 譯為分散式控制與資訊系統)，ABB 製造之產品則稱為 OCS(Open Control System 開放式控制系統)，雖然名稱不同但其功能理念大同小異皆為遂行分散式的設備控制、即時資料的收集顯示以供監視及歷史資料的儲存等主要任務所設計。

目前新型火力發電機組亦由原來集中控制方式改為 DCDAS 控制方式，傳統 B-T-G 盤的操作方法亦改由監視器 Man Machine Interface(MMI)畫面操作，台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器為一全域式複製型的模擬設備，軟體模型主要包括汽力機組模型(Model)、四套控制系統，分別為西屋 WPDF DCDAS 控制系統、Bailey 鍋爐燃燒控制系統、GE MARK V 汽機控制系統、Soot Blower 吹灰控制系統、人機界面 MMI、Minic Soft Panel 及 Interface & Control Logic 等結合模擬器之動態、邏輯和人機操作界面來完成。

硬體架構

模擬器的硬體組成主要包括講師站、工程師站、主電腦、操作員站及其他一些週邊設備等。各個站之所有硬體採 PC-BASE，作業系統為 WINDOWS 2000，主電腦為 SERVER 級 PC，再利用內部網路將各個站串聯，形成資源分散和資料分享，以提昇整體效率，台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器之硬體架構圖請參考圖 1-1。

講師站(Instructor Station)

講師站功能主要用來下達與訓練操作相關之指令，其方式可以滑鼠點選或採專家命令模式直接下達，其功能包括 MF、RF、IC Reset、SNAP、BACKTRACK、OVERRIDE、TPR...等。

工程師站(Engineering Station)

工程師站主要利用 SimPort 工具軟體來分析及發展模擬器相關模型。

操作員工作站(Operator Station)

操作員工作站為學員操作用，以台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器而言，共仿真四套控制系統，分別為西屋 WPDF DCDAS 控制系統、Bailey 鍋爐燃燒控制系統、GE MARK V 汽機控制系統、SOOT BLOWER 吹灰控制系統。

模擬器系統主要硬體規格

- 系統主電腦 (Server) 一台規格如下：
雙 Pentium 4, 1.4GHz (此型 CPU 具 62% 以上之餘裕時間) CPU, P4Bi845 CHIP, 512MB SDRAM, 3.5" 軟碟機、40GB 硬碟機、AGP 顯示卡、網路卡、音效功能、48R12W 光碟機、DYNAMO 1300SZI SCSI INT MO、19" Monitor 一台與 WINDOWS2000 SERVER + 25 CLIENT 合法授權作業系統一套，UPS 不斷電源系統 T700US。
- 其餘用於 WPDF、BIS、MARK V、工程師站、警報盤功能和講師站之電腦規格如下：
Pentium 4, 2.0GHz CPU、P4B i845 CHIP、512MB SDRAM、3.5" 軟碟機、40GB 硬碟機、AGP 顯示卡、網路卡、音效功能、19" Monitor 1 台、具 48R12W 可讀寫光碟機與 DYNAMO 1300SZI SCSI INT MO、WINDOWS2000 合法授權作業系統一套，總計使用電腦 17 台。
- 整個模擬系統之通訊採用乙太區域網路(Ethernet LAN)並使用 TCP/IP 為網路通訊協定，系統區域網路佈置架構如圖 1-2 所示。

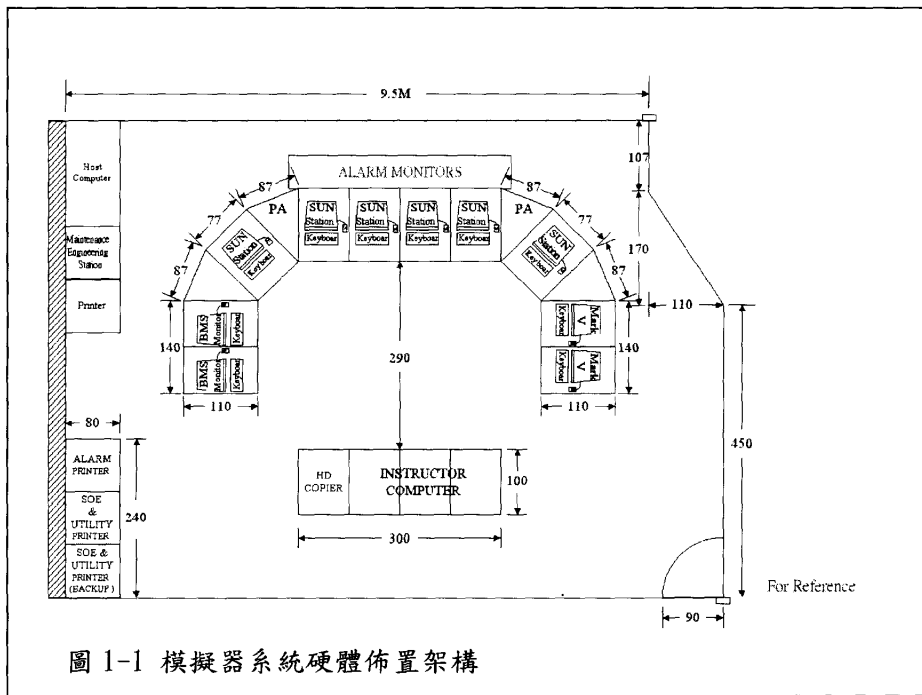


圖 1-1 模擬器系統硬體佈置架構

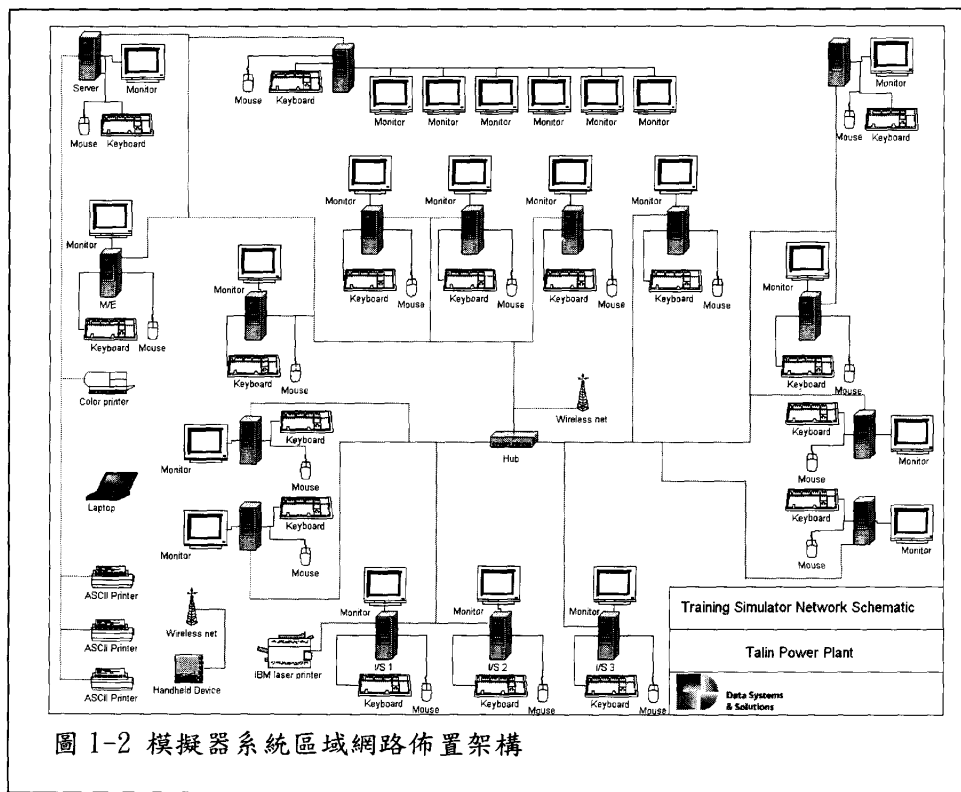


圖 1-2 模擬器系統區域網路佈置架構

軟體架構

在軟體架構上，SimPort 工具軟體提供一 PC-based 之即時 (Real-Time) 模擬器工作環境，它整合模擬器在即時運轉時所需之各個 Processes，SimPort 本身是一套支援多工即時，也就是多個即時應用程式可同時執行之模擬工作環境，它也支援由 C、C++ 及 FORTRAN 編寫之應用程式。

SimPort 軟體架構包括：Server， Client Application Manager 及 Control and Communication Managers (CCM)。 Client Application Manager 經由微軟之信息機制取得 Server 提供之各項服務， Client 和 Server 在網路不同的機器上分別執行。CCM 則啟動和管理在 Clients and Server 上執行之即時程序 (Process) 彼此間之網路通訊需求。

Simport 軟體系統由 SimPort Database Server、SimPort Real-Time Executive System、SimPort Object Builder、SimPort Task Builder 及 SimPort Database Service 組成，組成 SimPort 系統之軟體模組其功能流程如圖 1-3。

CCM 是 SimPort 啟始載入時第一個起動的 Task，其主要的功能如下：

- 提供使用者在 SimPort Object Builder、Task Builder、Developer/Instructor Station 及 Database Server 間切換的功能。
- 維護 SimPort 上執行之各個應用程式間之通訊。
- 維護 SimPort 之登入系統。
- 提供使用 Win Socket 1.1 協定之即時網路通訊。
- SimPort Database Server 結合 SimPort Project Database 提供客戶 Project 相關應用程式和服務之資料庫資料存取，包括 Project 其他之規劃參數，諸如使用者存取權利、目錄根路徑…等。

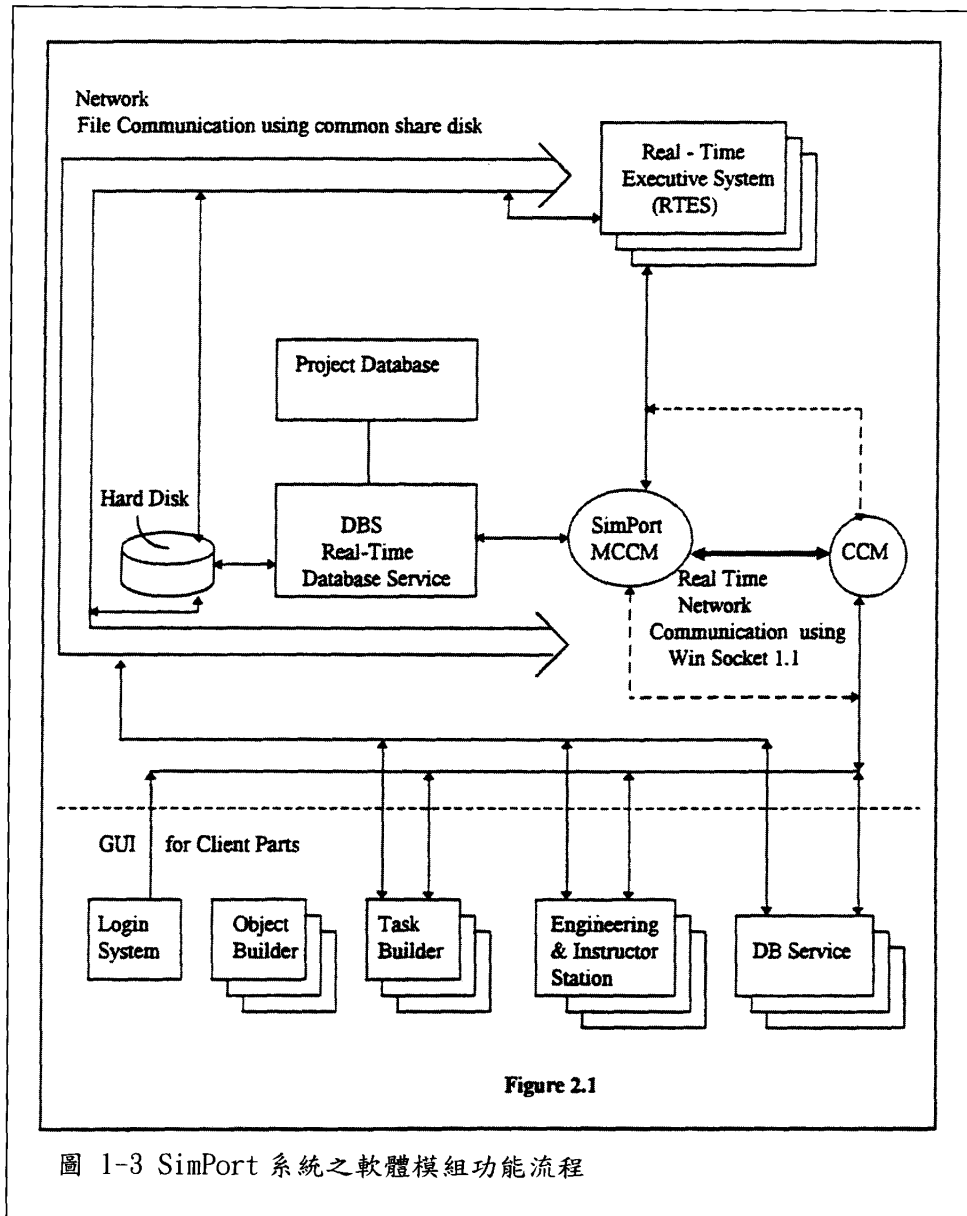


圖 1-3 SimPort 系統之軟體模組功能流程

SimPort 是一真正物件導向設計的系統，電廠組成元件的模擬由圖形 Icon、變數和常數資料庫組成，在 SimPort 上稱為 M-Object (物件)，他包括該 Node 和管路連結 (Link/Pipe) 必備之所有資料組合，M-Object 亦可以是由多個 Node 和管路連結 (Link/Pipe) 組合而成，稱為 Macro Object。每一 M-Object 皆有其個別的名稱和圖像，在 SimPort 上 Object

(物件) 有四大基本類別，分別為：

1. Node
2. Link
3. Macro Object(Combination of Nodes and Links)
4. Node with Extended Memory for Variables (EMV Object)

以上 1 到 3 項為 M-Objects 類別，主要用於物件導向之圖形模擬，由這些 M-object 組合而成之模組 (Modules) 以 C 或 C++編寫。第 4 項為 EMV Object 則用來支援傳統以 FORTRAN 程式編寫之程式模組。SimPort Database Server 對於 M-objects 類別主要是透過以下兩項服務存取資料：

- Object 查看：取出該 M-Object 之資料。
- Task 資料：傳回關於該 Task 內所包含之所有模組資料。一個 Task 是由一個或多個以 C、C++或 FORTRAN 編寫之程式模組，經 Compile、Link 後可被執行的程式。

SimPort Real-Time Executive System (RTES) 提供模擬器模型，按照預定的時間框架 (Frame) 計畫來執行。Models 由許多 Task 組成，它們必須在某一定的時間框架內被呼叫並執行完畢，同步分配器

(Dispatcher) 接著呼叫在下一時間框架內安排被執行的模組來執行。非同步背後執行程式 (Background Task) 則安排在 CPU 不忙時再執行，即時且緊急的 Tasks 賦予比非緊急的 Background Task 較高的權重。透過此內建機制使 RTES 能夠監督 CPU 負載和 Task 執行時間以確保即時模擬能維持。RTES 支援任何數目的 CPU，其包括三項主要功能：

1. The SimPort Memory Control Server.
2. The SimPort Task Control Server
3. The SimPort Data Acquisition Server.

第 1 項功能管理模擬器之共享記憶體，提供之服務摘要如下：

- 模擬器共享記憶體操作：記憶體 mapping，M-Objects 參數初始值之

記憶體初始化。

第 2 項功能提供模擬器執行 Tasks 之控制和監視介面，其對任何 Client 端皆有效；提供之服務摘要如下：

- 模擬器初始化：模擬器規劃值設定，更新 Clock、計數器等。
- 模擬器控制：提供控制功能包括 Freeze、Run、Reset、Snapshot、Module in/out Control 及 Module Query。

第 3 項功能提供同步資料收集如 Trending 和非同步資料存取如 Client 要求之 M-Object 參數，其中所提供之同步資料收集如下：

- Trend Control：提供方法讓 Client 述明欲收集之資料項、資料取樣時間週期、長度、開始和停止等。
- Trend Add：增加一資料項至 Trend 和產生其緩衝器。
- Trend Read：取出緩衝器資料。
- Trend Delete：刪除 Trend 資料項及其緩衝器。

所提供之非同步 M-Object 參數資料存取如下：

- Get Value：取出所要求 M-Object 參數值。
- Set Value：更改所要求 M-Object 參數值。
- Read Data：從記憶體 Mapped Area (Snapshot and Backtrack Function) 取出任意 Bytes 數目之資料。
- Write Data：寫入任意 Bytes 數目之資料至記憶體 Mapped Area (Reset Function、Initialization Memory for Constants)

The SimPort Object Builder 提供一親切之視窗圖形使用者介面以維護 M-object 和 EMV-object 資料庫，諸如編輯、新增等，概述如下：

- M-Object Create：產生各項命名參數之集合、定義參數屬性諸如常數或不顯示（隱藏性參數）、Icon、Description 及加入至資料庫等。
- EMV-Object Create：定義變數之延伸記憶體。

- M-Object Delete：從資料庫刪除 M-Object。
- M-Object Update：更新資料庫中 M-Object 資料。

The SimPort Task Builder 可讓使用者用來從 Modules 或 Tasks 建立可執行 Task，Modules 可以 C、C++、FORTRAN 編寫。其亦用來維護模擬器資料庫內之 Modules 和 Tasks，建立 Visual C++ 之 Make file 等，以 FORTRAN 編寫之 Modules 首先轉成 C 再利用 Make File 成執行檔，其功能概述如下：

- Create Module/Task：命名、列出其定義、說明、加入資料庫等。
- Delete Module/Task：從資料庫刪除。
- Update Module/Task：更新資料庫資料。
- 執行 Fortran To C Utility 以轉換 Fortran Module to C。
- 產生並執行 Make File 以變成可執行之 Task。
- Error Handling：支援微軟 Visual C++ 之錯誤處理模式。

The SimPort Engineering Station 提供一非常富彈性和有力的工具，以利工程師在整個模擬器發展的任何階段使用，它可利用內建之 Object，例如 Node、Link、Macro Object 等以建立複雜且不同的 Simulation Diagrams 而不須編寫任何的程式。它提供獨一無二的特性稱為即時更新技術 (On-Line Update Technology) 可讓工程師在大部分的情形下不必中斷模擬器之執行而對改變 Simulation Diagrams 或 Panel Mimic Drawings。它可呼叫 SimPort Object Builder 及 SimPort Task Builder 以建立新的 Object 和 Task 來符合模擬系統之特殊需求。另外它也提供圖形介面之偵錯功能，主要功能概述如下：

- 查看 Object 之各項參數。
- 參數趨勢圖表。
- 參數值變更。
- 模擬器控制能力。
- 執行再載入功能。

- 步進模式。
- 以時間框架為基準來測量 CPU 時間。

The SimPort Database Service 負責監管資料庫，包括存取變數資料至螢幕和文字檔，資料庫報告，Module 擁有者追蹤等。

The SimPort Login System 針對專案資料庫內之資料付予使用者存取不同服務之權利。

The SimPort Instructor Station 提供類微軟視窗之操作方式，所有的功能可由滑鼠或鍵盤操作拉下視窗而得，它提供現代模擬器講師站全功能之工作環境並支援 Object Linking & Embedded (OLE)，一項可外掛 Third Party 發展之應用程式或程式庫所提供定義的 Object 技術，以使 IS 功能得以擴充和更具彈性。

第二章 模擬器工具軟體 SimPort 功能和特性簡介

SimPort 主要的工作平台稱為 GES (Graphical Engineer Station)，它是一個整合性的模擬器發展工具，主要的特性如下：

- On Screen Debugging And Parameter Value Modification.
- On Screen Model Development and Debugging.
- Trending.
- Module Control (in/out).
- Simulator Control Functions.
- Executive Loading.
- CPU Timing at Frame Level.
- Instructor Station Function.

其結構主要組成元件如下：

- 使用者介面：針對不同的使用者提供 GES 功能之圖形使用介面，例如

Developer、Instructor、Operator 等。

- Modeling Tools：針對實際電廠之模擬器發展或程序分析工程師提供一發展數學模型工具，例如：Wire、Hydraulic、Component 等 Tools。
- Objects (物件)：每一 Modeling Tool 有一預先 Compiled 物件庫，該物件大部份之參數並依電廠實際值調整過。
- Model Containers：提供一階層式 (Hierarchical) 的方法來組織電廠模擬之模型。
- 專案 (Simulation Project)：提供方法將一專案分成幾個小專案，分別獨立發展測試再合併。
- Build And Run Time Tools：允許使用者建立並執行(Executive)以控制模型軟體之執行並取得資料。

SimPort 物件庫依實際電廠運作所需之配件加以分門別類以利工程師分析和發展，每一類的物件集合稱為 Object Tool，相當於一物件庫，目前提供的可用 Object Tool 如下：

1. Wire Tool：用來模擬 Wired Logic And Control Systems，包括 Relays、Solenoids、Lights、Switches 及其他一些電路上的配件，使用 Wiring or Elementary Diagrams 來代表此系統。
2. Logic & Control Tool：用來模擬邏輯數位系統，包括 PID 控制器、及開、或開及其他一些邏輯數位控制配件，使用 DCS Schemas 來代表此系統。
3. Component Tool：提供實際電廠經常使用之配件但不包括在其他 Object Tool 內的物件，主要用於模擬之軟體盤 (Software Mimic Panel) 和模型間之介面，亦可用於講師站 Remote Function、Malfunction 功能以連結模型和實際電廠之配件。
4. Hydraulic Tools：模擬液體 (Liquid)、二相位液體/蒸汽 (Two Phase Liquid-Vapor) 等流體 (Fluid) 系統，內容包括 Piping、Tanks、熱交換器及其他會影響流量和能量交換等之配件。
5. Gas Tool：模擬蒸汽流體相關之系統，包括 Piping、Tanks、熱交換器及其他會影響蒸汽流量和能量交換等之配件。

6. Turbine Tool：模擬汽機-發電機之旋轉動態及汽機溫度反應。
7. Electric Tool：模擬電力分佈和發電系統，包括交流高壓匯流排、Switch Gear 及其他電力相關設備。
8. Furnace Tool：模擬 Fluid Flow、Combustion 及爐膛內之能量轉換。

上述每一 Tool 有其各自之物件以及相關之 Task，GES 提供一工具列可用來取得各自或全部之物件。物件依其特性可區分為 Nodes、Links、Dynamic Objects (D-Objects)、Static Objects 及 Macro Objects 等。

SimPort 提供一樹狀階層式 (Hierarchical) 結構來組織模型之各部份，將類似的組合在一起使整個模型層次分明易於發展分析和維護，稱為模型容器 (Container)。其成員為 Books、Sub-Books、Chapters 和 Pages，利用這些成員來組織模型的各個部份，控制其相互間關係便可整合成一完整的模擬器模型。

Books 為提供執行模型之最主要的方法，使用如下：

- A book is a collection of related simulation diagrams or pages.
- Books group pages into a single executable element – i.e. all the pages in a book share the same task.
- Books define the execution of the pages it contains – including what pages will be in a particular simulation and the organization and configuration of the tasks that drive the simulation.
- A Book 可包含 Sub-books, Chapters and Pages。
- 完整的 Books 亦可包含在其他的 Books 裡作為 Sub-book。

Sub-books 提供另一額外的組織階層，將一已存在之 Book 插入現行之 Book 即為 Sub-book。

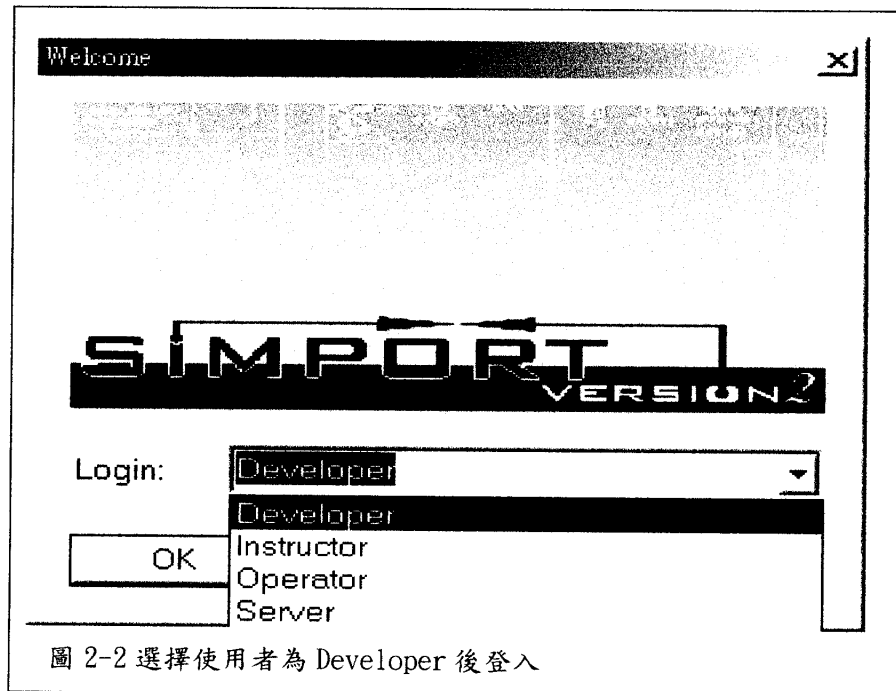
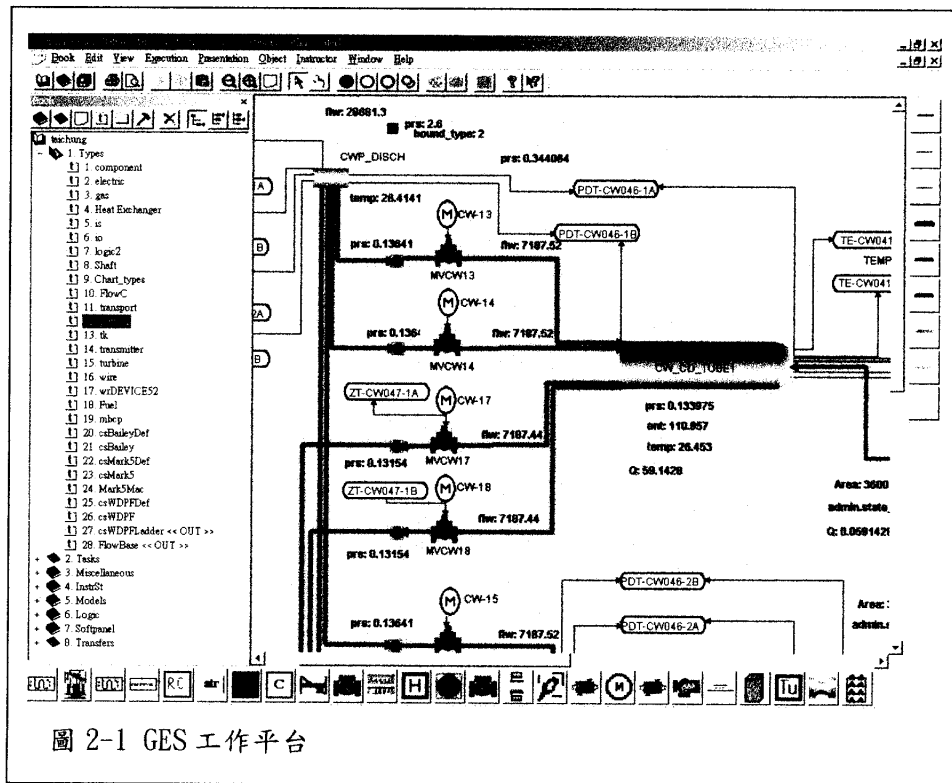
Chapters 主要用來組織 Book 內之 Pages 和 Files 使其層次分明，其對於 book 之執行沒有影響。當一本 Book 最初建立時，SimPort 藉由建立下列五個起始 Chapters 來幫助你建立檔案結構，其為：

- Types：這是 SimPort 所提供物件工具之儲存區，使用前必先叫出並存放在這裡才行。
- Objects：這是模型發展時所用物件之儲存區，Page 即是插入在此目錄下。
- SimPort.mdb：這是 Book 內所有變數和 Fortran 定義的儲存區，變數可手動或經由命名程序自動產生加入這裡。
- Transfers：一本 Book 內 Page 與 Page 間之變數對應或 Book 與其他 Book 間之變數對應儲存區，可手動加入或自動產生。
- Task：針對此 Book 執行之 Task 儲存區。

Pages 為模擬器模型之物件組合成系統圖之真正所在，使用如下：

- 為以圖形方式建立模型之工作區。
- 加入 M-Objects 及 D-Objects 之代表圖示，相互連結以建立模擬器之模型圖，因此 Pages 是規劃模型圖物件結構之主要方式。
- 不同 Page 間之模型圖可互相連接以建立更大的模型。
- 不同物件工具內之物件可使用在同一 Page 內。
- Book 內之 Page 控制該 Page 內所含物件之執行。
- Pages 可透過 Export/Import Page 之特性在不同的 Books 內移動。
- Page 內之某一部份內容可使用視窗 Cut、Copy 再 Paste 到同一或不同 Pages 之任何區域。

Tasks 目錄下存放使物件動作之執行程式，不同的物件需要不同的 Task 來執行，其執行層面控制在 Book 或 Sub-Book 下；因此在使用 SimPort 所提供之物件工具時須同時呼叫出其相對應之 Task。



SimPort 為一圖形化之操作界面其操作方式和微軟之視窗程式操作方式相同，所以只要熟悉微軟之視窗程式操作者再加上不斷的練習，便可輕易的藉著 SimPort 所提供之工作環境和發展平台加上其內建之物件和程式庫來產生所欲模擬之模型。其操作視窗之畫面為 GES 工作平台如圖 2-1，由圖中可看出其功能表列、樹狀階層式目錄結構 (Book、Chapter、Page、Type 及 Task... 等)、工作區、狀態列及工具列等類似微軟視窗程式操作之熟悉身影。

利用 SimPort 來發展模擬器模型之程序步驟可大概簡述如下：

1. 分析欲模擬之實際標的物，如發電廠並將其依性質分成數個次小系統如鍋爐、汽機、電氣、Python... 等分別獨立分析、發展、測試和除錯其次小模型，完成後再加以整合。每一次小系統模型可分別建立在同一和不同的 Book 內之 Pages 上。
2. 搜集專案所需之設計資料，所需之資料大略如下：
 - Plant P&ID for the system including pipes diameters、lengths。
 - Plant isometrics for system elevations。
 - Pump performance curves。
 - Heat exchanger data sheets。
 - System performance data where available。
 - System design data。
3. 執行 SimPort GES，於圖 2-2 登入畫面選擇使用者為 Developer。
4. 從 FILE 檔案功能表選擇 NEW 新增以建立一 Book，Book 內之 Chapter (Types、Objects、Simport、Transfers、Tasks) 則依需要加以選擇，再利用 Book 控制列建立一新的 Page。
5. 依模型需要加入相關之物件工具。在 Types 下點選 Add type 以加入物件工具。
6. 在 View 檢視功能表開啟 Node and Links 圖示列，點選 Nodes 圖示列上之 Node-Object 拖拉至 Page 上並置定位，重複此步驟以置放全部所需之 Node-Objects。
7. 依實際需要點選 Links 圖示列上之 link-Object 將步驟 6 所置放之全部

Node-Objects 予以相互連結。

8. 再依實際需要在 Node-Objects 間之 Link-Object 上分別插入所需之 M-Objects 或 D-Objects，其方法如同步驟 6，但插入時系統會要求確認，一旦確認該物件便 Stick 住，Link-Object 上可插入之 Objects 並沒有限制，如此便完成該次小系統之模型圖。
9. 輸入設計資料值，其方法為快按兩次該物件以開啟物件參數視窗，點選欲輸入資料之參數項並快按，如此便可開啟輸入資料對話窗。
10. 一旦資料已經輸入，最後步驟便是加入使物件工具執行相關之 Task，在 Tasks 下點選 Add Task 以加入 Task。何種物件工具須加入何 Task 可參考該物件工具之使用說明書。
11. 點選工具列上之 Load、Run 按鈕進行測試和除錯。
12. 從主功能表上選擇 Save Book 以儲存所建立之模型圖。

各次小系統模型圖間之整合則可藉由 Book 功能表之 Import/Export 功能和不同 Books 或 Pages 間彼此參數之 Transfer（參數之對應連接）來完成。

DS&S 對於 WDPF DCDAS、MARK V 及 Bailey DCDAS 之仿真則採如下方式，在 C:\MMI\目錄下分別存放其相關資料和程式，如圖 2-3。

C:\mmi\mark5_frontend 存放 MARK V 之執行程式 mark.exe 和資料檔案。

C:\mmi\Ovation_frontend 存放西屋 WDPF 之執行程式 wdpf.exe 和資料檔案。

C:\mmi\slgns_frontend 存放 Bailey 之執行程式 ml.exe 和資料檔案。

其執行方式皆相同，命令格式如下：執行檔名 參數列，例如 MARK V 之執行命令為 C:\>mark；WDPF 執行命令為 C:\>wdpf -w1；Bailey 執行命令為

```
C:\>ml -Boiler
```

```
C:\>ml -Watersampling
```

為執行上之方便，於是分別編寫其批次檔以避免每次皆重複敲打上述命令。

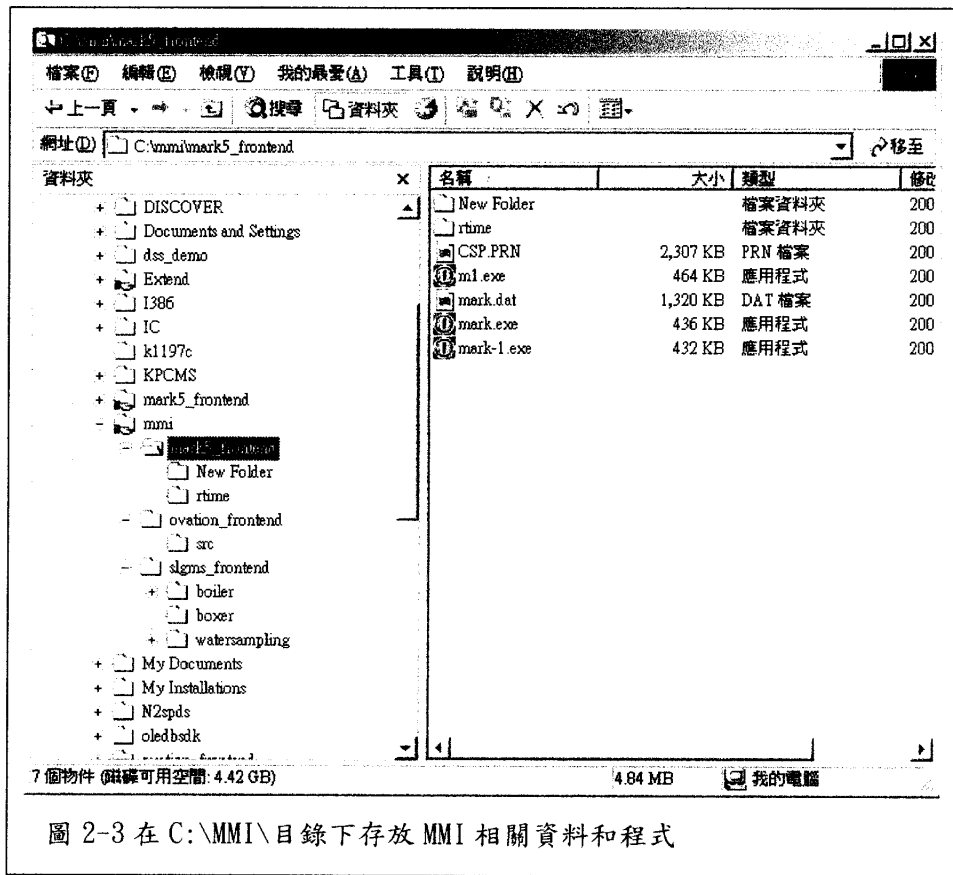


圖 2-3 在 C:\MMI\目錄下存放 MMI 相關資料和程式

至於執行程式所取用之資料則是由實際電廠 DCDAS 控制器編譯後產生之文字檔轉換而來。DS&S 透過對這些文字檔的分析，了解 MMI 畫面構成之各項格式後再另外分別以 Visual C++ 編寫其執行檔。執行程式執行時由於懂得該文字格式之資料便自動將之轉換成 MMI 之操作畫面，因此 DS&S 自耀其為現場 MMI 操作畫面之忠實重現，和其他以繪圖工具完成之 MMI 之操作畫面多少會有偏差出入不同。如圖 2-4 至 2-7 是模擬系統 MMI 畫面。

至於其控制邏輯部份則與 SimPort 整合置於 Book 之 Logic Chapter 下，每一張邏輯線路圖一個 Page。其結構也採相同的作法，亦即邏輯線路圖之名稱、編號、信號編碼... 等皆與現場完全相同，如此方便於信號之追蹤。只要對實際電廠 DCDAS 系統了解，則在模擬器上其 Signal Trace 之操作亦相同，模擬器 Logic 存放環境如圖 2-8 所示。

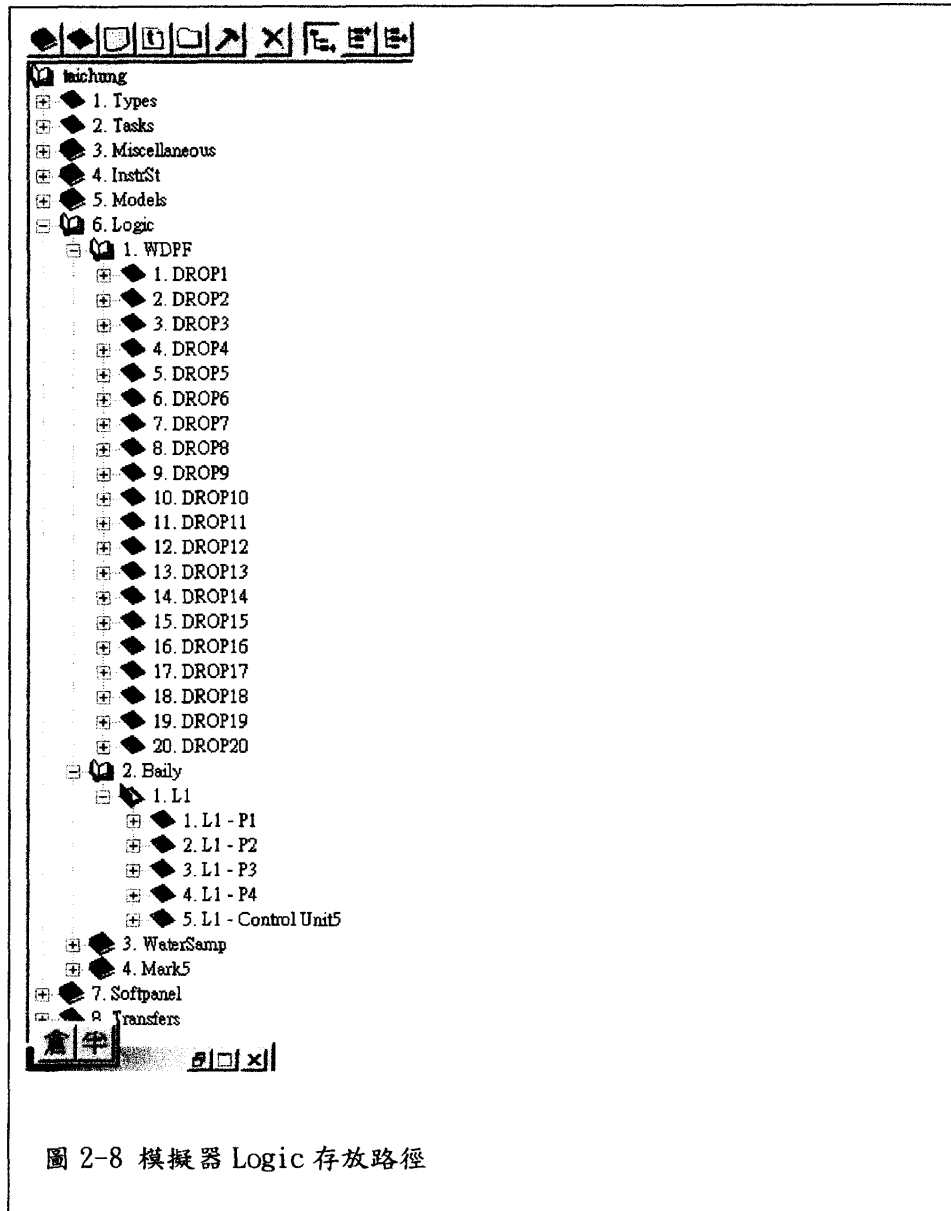


圖 2-8 模擬器 Logic 存放路徑

肆、模擬器試驗過程報告

台灣電力公司提供台中五號機 DCDAS 燃煤模擬器計劃予得標廠商 Data System & Solutions(簡稱 DS&S)設計、開發、製造及測試，完成後作為火力電廠 DCDAS 燃煤機組控制操作人員基礎訓練以及調訓之用，甚至接受勞委會職訓局委託電廠從業人員技能檢定及證照核發。

中五模擬器經公開招標由 DS&S 得標後，隨即於 91/3/1 召開 Kick-off-Meeting 確立模擬器基本架構及大綱，並由大林模擬訓練中心協助 DS&S 赴台中電廠做 Data Request，在 91/6/18 舉行 Preliminary Design Specification 會議，會中對於 Project Schedule、Computer Hardware、Simulated System、Instructor Station、Malfunction、Remote Function、External Parameters、國內外受訓、模擬器接收試驗...等雙方達成共識，同時也決定這次赴美國受訓、測試時間日期為 91/11/25-91/12/22。

模擬器模擬過程是利用現行 DS&S 所研發 Simport 模擬環境，這套工具將模擬所有電廠管路流程動態反應、電氣馬達分配、鍋爐燃燒、汽機發電機運轉控制邏輯...等。中五模擬器鍋爐以 Baily Infi-90 控制系統(目前改為 ABB Symphony)，DCDAS 以 Westinghouse Distributed Processing family(簡稱 WDPF)，汽機以 GE Mark V 控制系統為主要架構。模擬範圍為 Full Scope、High Fidelity，操作模式自完全冷機條件開始(Cold Shutdown Condition)，包括冷機前起動檢查，BUS 由起動變壓器受電，廠用空氣系統建立，海水循環系統，冷凝器呼水，Hot Well Filling 建立冷凝水系統，啟用冷凝水淨化器，除氧器、回收水槽補水，鍋爐補至正常水位。鍋爐進行 Purge、MFT Reset，鍋爐開始點火暖爐升壓，Drum Press 上升 20kg/cm²，冷凝器開始抽真空，30 kg/cm² 輔助蒸汽使用，除氧器汽封加熱冷凝器抽真空完成，Cold Steam Dump

使用，主汽機開使做 Rotor Warming、Chest Warming，汽機 Rolling 條件完成，汽機開始升速，200 RPM、1000RPM、3000RPM T'B Wobblating，當軸承潤滑油溫大於 43°C，Cross Over Temp. >93°C Hold 1 小時，繼續升速至 3600RPM 額定速度，磁場開關投入，發電機加壓至額定，當發電機頻率、電壓、相角與系統相同時機組併聯。提升負載至 7-10% Hold 至 RH Bore Temp. >350°F，再繼續升載，進汽模式由全弧進汽改為分弧進汽。汽輪機驅動鍋爐飼水泵啟用加入飼水，低壓加熱器依序使用，並進行廠內用電切換，高壓加熱器依序使用。鍋爐壓力由化學人員依鍋爐水質做 Silica Purge，Purge 完成，負載慢慢提升，相關輔機依次使用，把鍋爐及汽機置於協調控制模式，並將發電機提升至滿載 550MW。在起動過程中 25%、50%、75%、100%等負載必須與電廠機組實際資料值和熱平衡參數值相似，誤差少於 3%，其它非重點參數計算值在上述穩態條件下誤差必須小於 10%。

中五模擬器除了正常冷機起動初始條件(Initial Condition)外，亦依實際訓練需要設定其它 IC，如 Boiler filling、Boiler Purge 完成、Drum Press 2kg/cm²、Drum Press 20kg/cm²、Ready To Rotor Prewarming、Rotor Prewarming OK、Chest Warming OK、T'B Ready To Roll-off、T'B Speed 3000RPM、Generator Prepare To Synchronize、Load 80MW、Load 180MW、Load 280MW、Load 380MW、Load 550MW、Warm Start、Hot Start...等 IC。模擬器至少須有儲存 100 個 IC，講師可在其它初始條件記錄裡再儲存任何想要 IC。

中五模擬器配置有 Baily 二台 Work Station，DCDAS WDPF 六台 Work Station，GE Mark V 二台 Work Station，由於沒有 BTG Hard Panel，故原配置於 BTG Hard Panel 的警報窗、電氣分配盤、跳脫復規電驛盤、主汽機、BFPT 緊急油泵、MFT 緊急跳脫按鈕...等以及 Soot Blower Panel、Water Sampling、

AH Sector Panel，都將規劃於 Soft Panel 其操作功能與實際 Panel 並無二致。

Baily 負責鍋爐起動清爐、點火升溫升壓、空氣預熱器運轉、風車起停、粉煤機、飼煤機運轉、排煙脫硫、脫硝等設備運轉。Westinghouse WDPF 負責負載控制(LDC)、飼水控制(FWC)、自動燃燒控制(ACC)、蒸汽溫度控制(STC)、WIP System、泵浦起停---等操作。GE Mark V 則負責汽機起動、Rotor Warming、Chest Warming、升速、定期保安試驗、閘桿測試。

中五模擬器除了正常起動停機操作訓練外，亦可根據現場實際情況模擬事故發生，機組異常警報出示、自動減載裝置(Runback)、跳脫預選粉煤機、或者汽輪機驅動鍋爐飼水泵跳脫，則馬達鍋爐飼泵自動起動，風車跳脫燃燒不良，爐膛溫度風壓變化...等皆與實際機組相仿。中五模擬器共列有 300 多條 Malfunction，是根據各個電廠經常發生事故彙總編輯而來。而一些現場手動操作閘類、馬達、油泵、風門---等，則規劃以 Remote Function 來達成。中五模擬器亦設有一些外部參數(External Parameter)，如大氣溫度、海水溫度變化，間接影響冷凝器真空度，煤碳、重油、輕油的熱值影響鍋爐燃燒率，以及 Boiler Slagging 影響鍋爐熱耗率，系統頻率變化，影響馬達出力...等。

中五模擬器對於 DCDAS Baily、Westinghouse WDPF、GE Mark V 一些風車、馬達、閘類...等設備相關起動連鎖，皆可查其階梯邏輯圖(Ladder & Logic Diagram)，對學員而言，學習正確操作步驟，是維護運轉安全不二法門。

中五模擬器測試部分，首先對 Baily、Westinghouse、Mark V 主控制操作畫面(MMI)確認圖片與現場操控畫面一致，且操作對話窗(Over Lay)是否有

異樣，Top Manual、Top Desk、Trend、Alarm List、Alarm Sound、Screen 畫面同時切割四個、Hard Panel 是否全部規畫於 Soft Panel...等，若有缺頁，或規劃不全則開 Discrepancy Report (DR)，要求 DS&S Project Engineer 改善，或者在 Data Request 仍未收集齊全部分，大林模擬訓練中當盡其所能協助收集，並儘速 E-Mail 予 DS&S。

接下來 Test Model & DCDAS Integration，Object、Node、Line 之間連結，狀態改變，參數變化是否正常，Model 動作正常後再進行 Start-up Procedure Test，這項工作由 TPC Training Engineer 來執行，根據台中五號機冷機起動程序進行，首先進行 Black-out 全黑起動 Check，電源供給由 TSU 起動變壓器進行 BUS 受電，馬達電源分配，及 BKR、柴油發電機 Interlock Test。發電機氫氣 Purge 完成。廠用水 Pit 由水廠 Mix Bed 出口供給，這部分由 Instructor Station Remote Function 執行來執行，廠用水系統建立後，啟用汽機潤滑油系統、發電機封油系統，汽機慢車齒輪運轉。接下來啟用儀用、廠用空壓機，同樣這部分亦由 Remote Function 執行，再來冷凝器開始呼水，Rotary Screen pump 及 Rotary Screen Insert，再起動海水循環泵，建立海水系統。海綿球清洗系統及碎屑過濾器亦有規劃 Remote Function。

起動除礦水泵開始熱井補水，在 Instructor Station 內有 Fast Time 功能，講師可以改變 Time Interval 縮短補水時間。熱井飼水完成，化學課加藥處理，起動冷凝水泵，中五模擬器在水質處理部分亦有 Soft Panel Water Sampling 模擬，監視機組起動水質變化。接下來起動 Condensate Polisher 並繼續補除氧器及回收水槽，完成後再鍋爐飼水，鍋爐補至正常水位需 265 噸，以二台除礦水泵飼水須 2 時多，為節省時間則以 Fast Time 施行之，以上操作皆在 Westinghouse WDPF。

接下來在 Baily Work Station，鍋爐準備清爐 Purge 操作，起動空氣預熱器，起動 I. D. Fan、F. D. Fan，Air Flow 調至 30%以上，所有清爐條件滿足後，開始執行 Purge，Purge 完成 MFT Reset，鍋爐準備點火升溫、升壓，Soft Panel AH Soot Blower 吹灰，爐溫探測器始使用，以控制爐膛燃氣溫度。第一小時 Raise Tube Metal 溫升率不超過 55°C/HR，第二小時以上則提高至 110°C/HR，Drum Press >2kg/cm²，Drum Vent、S. H Vent Close，在鍋爐升溫升壓過程，亦可以 Fast Time 為之，Drum Press 10kg/cm² 主蒸汽暖管完成，MS-1 全開。

Drum Press 20 kg/cm² 汽機準備抽真空，起動格蘭排汽風扇，汽封管路 Warming 完成，主汽機及 BFPT 汽封使用，一些與真空系統有關逸氣及洩水關閉，起動真空泵，關閉主汽機及 BFPT 真空破壞閥並加以水封。Drum Press 30 kg/cm²，輔助蒸汽系統使用，除氧器汽封、加熱除氧，冷凝器抽真空完成，Cold Steam Dump Warming 使用，海水循環泵在起動一台，以防止排汽殼溫度上升。

當 Drum Press 40kg/cm²，蒸汽條件符合，汽機準備復歸，起動 EHC 液壓油泵，接下來由 GE Mark V 執行汽機 Warming 升速，VPL 放 Cancel 120%，汽機開始做 Rotor Warming，Warming Rate 約 75%，以 T/G 不甩開為原則，大約 3~5 小時，可以 Fast Time 執行之，HP Bore Temp. >300°F & RH Bore >130°F，Rotor Warming OK，接下來做 Chest Warming，只要 Main Steam Temp-CV Outer Temp <250°F、CV Inner Temp -CV Outer Temp <75°F 兩者條件同時完成，才算 Chest Warming 完成。

汽機節流閥前壓力達 60~80 kg/cm²，主蒸汽有 55°C 以上過熱度，汽機準

備升速，Mark V 會依據主蒸汽與 First Stage Metal Temp 條件比較推薦選用 Fast、Med、Slow 等加速率，冷機一般選用 Med，起動 Motor Suction pump，初次起動以 Fast Rate 升速至 200RPM 再切回 MED，現場做 Rubber Check，若要做閥類緊密試驗，再按 CV Close，觀察 T/G 是否會自動起動。接下來把 Speed Set To 1000 RPM，若 Hp Bore、RH Bore Stress<75%則繼續升速至 3000RPM。為了避開汽機葉片臨界速度，Mark 會在此執行 T'B Wobulating，3100~2900RPM 擺動，等到 Cross Over Temp.>93°C，開始計時 Hold 一小時，才允許繼續升速至 3600RPM，第四抽汽使用，BFPT 做 Chest Warming，當燃氣溫度>800°F、Sec AH 出口空氣>200°C，準備燒煤工作，起動 Primary Air Fan、Seal Air Fan，起動粉煤機、飼煤機。

在升速至 3600RPM 間執行 Min Oil Test，若要實行發電機自動併聯，則依下列操作程序施行之。

- 一、Mark V Control Mode 以 Semi Auto 手動升速 3000RPM，並確認以下操作完成之後才繼續下一部步驟：
 1. 汽機潤滑油溫>38°C(以 Mark V BT-BOC 為準)
 2. 第四抽汽及 EX-5 I/S
 3. 一台粉煤機使用中
 4. Cross-Over Surface Metal Temp.>200°F(93°C)，並 Hold 一小時
- 二、Mark V Control Mode 由 Semi Auto 改至 Auto，此時切換至 Speed Control 畫面，可發現 Roll-off Start 燈已亮，且 Speed 設定已由 3000RPM 切換至 3600RPM。
- 三、Auto Synchronizing Selection SW(43S)由 Manual 切至 Auto，此時可在 Mark V Synchronizing 畫面中看到 Synch. Mode 由 Manual 跳至 Auto。
- 四、將 Mark V/Local Mode SW(96CS)切換至 Computer 位置。

- 五、將 Auto/Manual Vol. Reg. Transfer SW(43CS)切換至 Auto 位置，41BKR 由 Mark V 自動投入，並完成閃激，電壓提升至 17.5KV，此後 70P 及 90R 同時動作，電壓提升至額定。
- 六、任選一只 GCB(如 BKR3840)將其控制開關由 Pull-out 轉至中間，使成綠牌綠燈狀態。
- 七、汽機轉速在 3500rpm 以上，將該只 GCB 同步開關切至 ON，MCP 及 Mark V 上之同步儀即開始轉動，並按系統頻率狀況調整 Speed Match Slip 設定。
- 八、當 Mark V Auto Syn. Permissive 11 個指示燈全部轉為綠燈，且同步儀轉至 12 點鐘方向，即自動化併聯。

併聯之後 Mark V 自動提升負載至 7~10% Initial Load Hold，必須等到 RH Bore Temp>350°F，才繼續升載。此時把 Mark V 執行下列操作：

1. Gov. Non-regulator ON 防止系統頻率干擾。
2. 進汽模式由 Full Arc 切換至 Partial Arc。
3. VPL Tracking ON。
4. Control Mode 由 Auto 切回 Semi Auto。
5. 將 Mark V Local Control 改由 Westinghouse WDPF DCDAS Remote Control。

併聯後 Cold Steam Dump、TGOP、MSP，爐溫探測器停用，Group #A 洩水關閉，SH Spray 開始噴水，若要提升負載則改由 WDPF Control，負載大於 15% LP HTR 使用，Load 約 100MW 則進行廠內用電切換，BFPT 加入運轉，飼水控制改為三元控制，20%負載高壓 HTR 依序使用，此時鍋爐水質尚未達標準，運轉人員尚須依鍋爐 Silica 數量做 Silica Purge，並依負載需求起用粉煤

機，當 Load >200MW，Cond. Pump 第二台起動，Cond Polisher 第三台使用。當 A.C.C、S.T.C、F.W.C 皆置於自動控制，則汽機、鍋爐亦可置自動協調控制模式，負載升降直接由 LDC(Load Demand Control)設定 Load Target 及 Rate。負載 165MW 時，汽機做變壓運轉，即 CVR 故固定於 60%，鍋爐燃料增加則負載、節流壓力亦隨之增加，當負載達 385MW、節流壓力 16.5Mpa 變壓運轉完成，再繼續提升負載至滿載。此時亦全開四個 CV(VWO) Test Load 是否可達 600MW，及 VWO+THO(Top HTR Out) Load 可達 635MW。

當負載達滿載時可施行汽機閘桿及保安試驗，此時必須先將 DCDAS Remote Control 切回 Local Mark V 控制，閘桿試驗有 MSV、CV、IRV，做之前 VPL Tracking 必須先 Cancel，防止閘位被限制住。汽機保安試驗計有 Mech. Over Speed Test、Elect. Over Speed Test、Mech. Piston Test、Elect Trip Test、IV Trigger、PLU、EVA 等，做機械、電氣保安試驗前，必先 Lock Out 防止機組實際跳脫，並且 Mark V 畫面切至 Hydraulic Trip System/Reset 監視跳脫機構動作是否正常。

正常停機則依停機需求，如大修停爐開蓋或鍋爐破管強制冷爐檢修、假日停機封爐...等不同操作，則依中五機操作規程操作。

中五模擬器除了正常起動停機測試外，最重要尚須做些 Malfunction Test 尤其針對大型輔機跳脫其自動減載裝置動作是否正常，預選粉煤機是否跳脫。

伍、美國電力研究機構(EPRI)受訓與觀摩報告

在此次出國訓練課程當中，有兩天是排定至位於北卡羅納萊州(NC)夏洛特(Charlotte)城之 EPRI 接受有關中五機模擬器模擬控制系統之邏輯及 DCDAS 相關課程。由於位於此處之 EPRI 亦是一訓練中心因此也一併參觀其訓練機構與設備，同時經由 DS&S 公司的安排與 EPRI 內部工作與管理人員舉行座談以瞭解其訓練方式及美國電廠人員現行的受訓、認證及考照的方式。

首先針對 EPRI 作一簡介，EPRI 為電力研究機構 Electric Power Research Institute 之簡稱，此機構成立於 30 年前是由許多美國的發電與能源機構出資贊助而成，為一非營利(nonprofit)研究機構，主要在從事協助能源電力事業解決相關運轉及技術問題，並致力於改善工作的研究發展及論文發表，舉凡降低營運成本、增加運轉及管理效率、解決環保污染問題及協助事業機構從事更多元化的發展皆在其營業範疇之內。EPRI 經過了近 30 年的成功發展其觸角闖及世界各地，全世界有超過 1000 個能源發電機構成為其會員或顧客。EPRI 目前發展成為會員制機構，入會費用為美金 25,000 元，在亞州地區台灣、中國、韓國、及日本都有發電事業單位加入 EPRI 的會員行列。EPRI 的總部位於美國加州 Palo Alto 市，其他主要分部有三處，分別位於 Dallas, TX Washington, DC 及 Charlotte, NC，此次吾等造訪位於北卡羅萊納州 Charlotte 之 EPRI 是該機構訓練中心之所在。

此次在 EPRI 的訓練課程與座談會主要重點及心得提列如下：

- 一、 EPRI 建議在訓練之前應先進行參訓學員之評估測驗，以瞭解學員的程度與需求，之後將相同程度或具類似需求的學員歸類一起，以便安排課程，如此才能讓教學進度進行的更順暢，且不至於造成重復教學授課的浪費。
- 二、 通常 EPRI 與電力或能源機構出資各半以購買模擬器，模擬器完成後考貝成二份，一份擺置在機構現場，一份則擺在 EPRI 的訓練中心，由 EPRI

設計與從事專業的訓練工作，電力或能源機構派出種子學員至 EPRI 受訓後再回至本單位，利用另一套考貝模擬器擔任訓練其他同事的任務。如果顧客處沒有模擬器，EPRI 也提供攜帶模擬器到顧客處替顧客訓練的服務。

- 三、 在美國 50 州中有 26 州政府要求電廠運轉人員必須要持有運轉執照，而 EPRI 也設計一套運轉人員由新進開始接受訓練與考照以成為老資格運轉人員的一套流程，如圖 5-1 所示。

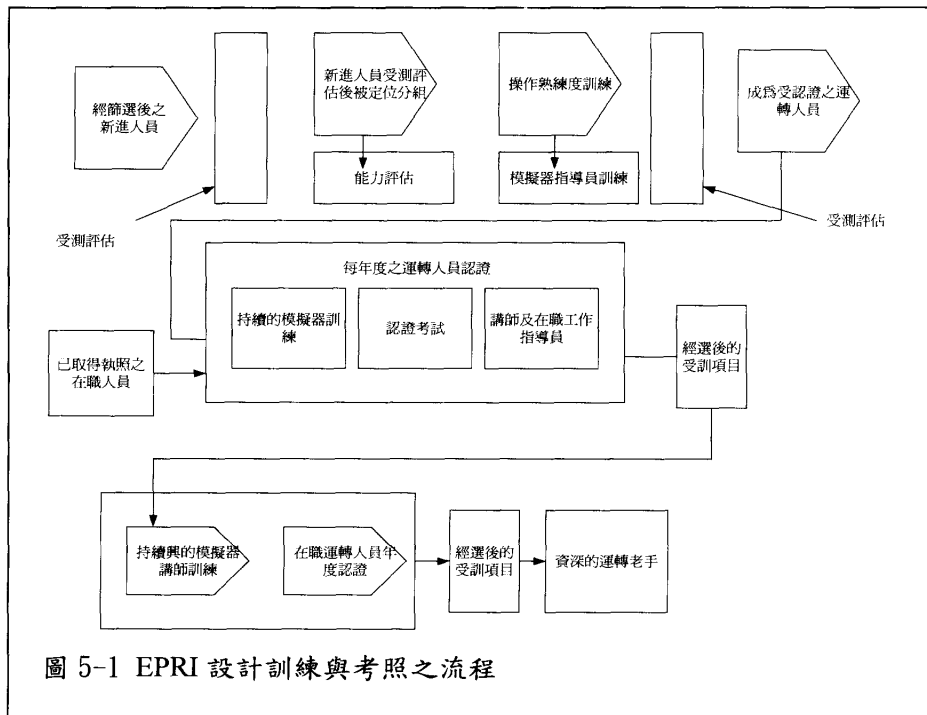


圖 5-1 EPRI 設計訓練與考照之流程

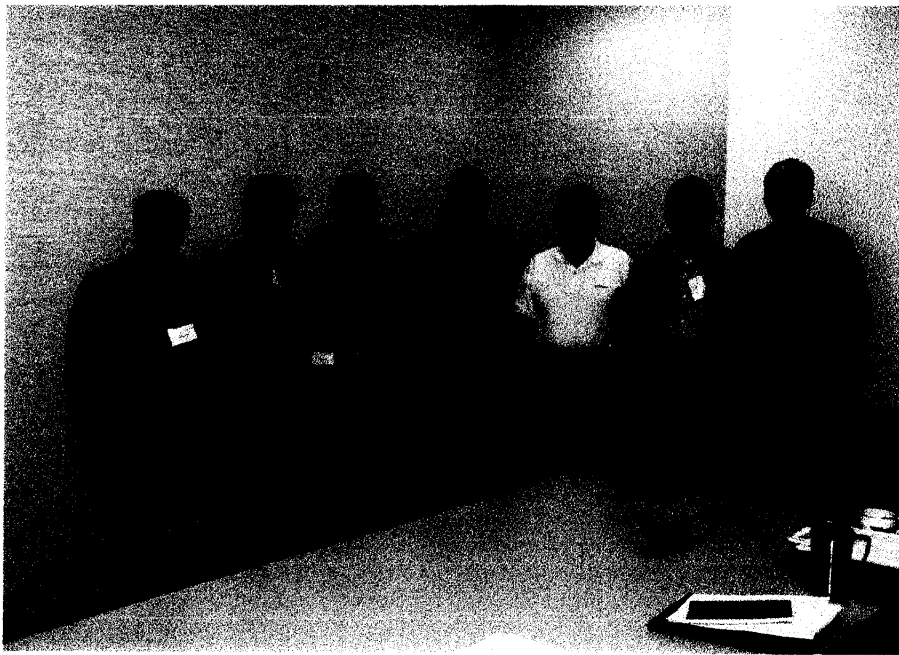
- 四、 考慮到每一個電廠運轉人員皆需擁有運轉執照而考照，成本過高讓某些私人機構認為如此負擔過大因而對證照制度並不表支持，EPRI 提出每一控制室只要有一個人擁有證照即可運轉的構想，值得作為參考。
- 五、 EPRI 並致力於發電運轉人才的培養，其進行的方式為與位於北達可達 (ND) 州 BISMARCK STATE COLLEGE 簡稱 BSC 聯盟，成立發電能源科系，並開授電腦及遠距教學讓居住遠方的人也有參與課程的機會，此種電廠

大學的構想與做法不僅提升了電廠運轉人員的本職學能且在學校中就提供在學生清楚的就業方向，因而解決部份的就業問題，據報導未來在5年內美國電廠有60-80%的運轉人員將要退休，屆時此類人才將大量缺乏，以每小時美金16-25元的待遇來說在普遍不景氣且失業率高居不下的時候，不失為一個相當好的工作選擇。

以下二張照片為EPRI之模擬器，上為操作員工作站，下為講師工作站。



以下二張照片為在 EPRI 之上課情形及研討會後大家合影留念。



陸、研習心得與建議

心得與感想

模擬器試驗並非短短幾個星期所能完成，一部火力電廠興建、測試到商業運轉，其所投注的人力、物力、財力何其多，同理一部 Full Scope Simulator 也是一項浩大工程，模擬器製造公司，大部分為化工、數理、機電、電腦資訊人才，卻缺乏有實際運轉經驗人才，模擬器要做的逼真，除了邏輯程式數學演算外，尚須運轉值班人員加以核對一些動態反應是否合理，故此次測試在規範上，要求有台中電廠實際運轉經驗者參與就是此道理。

此次 Abroad Training 除了模擬器測試外尚有一些學科課程要上，故測試時間並不充裕，遇有困難則必須立刻加以解決，有些是在 Data Request 上沒有周全，要加以補強，例如在 Mark V MMI 部分缺少十幾張圖，Baily MMI 部分 Over lay 由於當初資料收集只有主畫面，未考慮更深一層對話窗問題，實際測試才發現問題，儘管如此，整個模擬器雛形粗具，到台灣正式安裝以後，再加以精雕細琢，那麼中五模擬器將會是火力電廠訓練主流，也是大林模擬訓練中心對外推展技能檢定及證照核發主要利基。

遭遇困難之處

- 一、民國 91 年 2 月行政院新訂“政府各機關派赴國外各地區出差人員生活費支付辦法”，將國外研究、進修、實習超過 15 天者改為第一日起即日支生活費半額。職等本次出國計 30 日，其生活費與出國 15 日者相同，實屬不合理。
- 二、本次出國地點在美國馬里蘭州 Frederick，離 Washington D.C. 約 40 哩，民生消費與首府相當。但依出國生活費日支數額表，Frederick 之生活費只能報支“美國其他地區”生活費的半額美金 54 元，對人生地不熟的出

差人員而言實屬苛刻；甚而尚需自己墊付。

建議

一、就美國地區而言，近十年來的民生消費至少提高一倍以上；而國外地區出差人員生活費日支數額表，非但未予檢討依各地區實際狀況予以調升，反而不斷設法調降，影響出差人員生活甚鉅，對出差目的之實質效果傷害不小。近十年來國外地區出差人員大為減少，實難以任何勉強堂皇之理由做出出差 15 日以上者第一日起生活費減半之規定。因此，建議取消此項規定；並希望能將超過 15 日打對折部份改為八折，並檢討第二個月以上之折扣問題。

對臨近表列地區之生活費應將半徑 50 哩內(表列地區均有詳盡哩數地圖供參考)地區予以重新考量，勿以“其他地區”齊頭式方法計算生活費。

二、建請人事處收集各單位出國人員提供各國有關刑責與安全問題較不為人知之注意事項，公佈於網上供出國人員注意。(如溫、寒帶地區冬天的 Snow Storm、Freezing Rain 等與加保醫療險以防萬一)。

本次能獲此寶貴機會赴美研究學習新技術，端賴公司各級長官之肯定與推薦，僅此致以謝忱！