

# 複循環發電機組電腦控制設備 安裝、測試及運轉實習報告

## 目 錄

- 一、 前言
- 二、 電廠電腦控制設備概念
- 三、 三菱重工 DIASYS 系統簡介
  - ◆DIASYS-UP/V 概述
  - ◆DIASYS-Netmation 概述
- 四、 安裝 DCS 系統之成功關鍵因素
- 五、 結論與建議
- 附錄、解釋名詞彙編
  - CSMA/CD
  - Fieldbus
  - X Window

# 一、前言

電力供應有多種模式可資選擇，如太陽能、風力、潮汐、海洋溫差、波力、燃料電池、水力、地熱、核能、火力等，惟從經濟與實用角度考量，火力發電仍為主要的產生電力方式；而火力發電一般又可分類有柴油機組、地熱發電、氣渦輪機組、複循環機組、汽力機組等，其中又以複循環機組發電因其熱效率遠較傳統汽力機組提高，且氣渦輪機組可以快速起動以應負載變動的特性，遂成為目前發電主流。

複循環發電機組之原理如（附圖一）所示，利用氣渦輪機（Gas Turbine）在單循環發電後所產生的高溫排氣，以熱回收鍋爐（Heat Recovery Steam Generator）回收後產生高壓及低壓蒸汽，推動高壓及低壓之汽輪機（Steam Turbine）以帶動發電機發電，汽機作功後，蒸汽再導入冷凝器（Condenser）冷卻，成為冷凝水飼水（Feedwater）後再經過除氧器回流到熱回收鍋爐加熱成為蒸汽，如此形成循環發電。實務運用上也可利用旁通風門將高溫排氣自煙囪排出，由氣渦輪機組自成單循環（Simple Cycle）發電。

為了完成上述的發電流程同時又要確保安全及兼顧效率經濟，對於發電廠內各式各樣的機械及電氣設備均需做好妥善的監控，尤其

是涉及安全連鎖及效能提昇的流程控制更屬重要。所幸拜電腦科技進步所賜，今日的自動控制體系已可大幅減輕運轉值班人員的負荷，然而相對地也由於大量新型電腦控制設備的運用，也造成了控制系統更加複雜。而各家發電設備製造廠家亦均戮力發展更有效率、更簡便操作的控制系統，雖各有特色，但對建廠或運轉人員也著實形成學習的壓力，本次奉派至日本三菱公司實習該公司最新控制系統，以瞭解目前電廠控制最新技術與潮流，希望能對本公司大潭電廠建廠工程有所助益。

## 二、電廠電腦控制設備概念

在自動控制領域常見有 SCADA( Supervisory Control And Data Acquisition) 或 DCDAS ( Distributed Control and Data Acquisition System ) 的稱呼，均屬分散式控制系統 DCS ( Distributed Control Systems ) 的範疇。即現代工業控制的理念是應用功能強大卻價格便宜的個人電腦，以分散式處理 ( Distributed Computing ) 的精神來提供即時又有效率的監控。

SCADA 的發展首見於天氣預測之應用，為了蒐集大氣層及散佈於地表各處氣象站的即時氣象資料，並於集中取得資訊後可以即時彙總、運算、分析，進而提出報告後採取必要之行動。最早的資訊傳輸媒介是透過電話線路，而後隨著資料壓縮 ( Data Compression ) 及錯誤校正 ( Error Correction ) 技術的進步，採用無線電傳輸的實例大約在 1960 年代開始普遍應用在如水電瓦斯等公共事業以監測遠方的運轉流程，這時期的特性是由大型電腦主控，各地的工作站 ( Terminals ) 均未具運算處理能力，必須將所有資料傳回中央控制的大型電腦，由其執行運算分析並儲存資料。

由 1980 年代開始，微處理機日趨普遍，工業界開始嘗試以各地的工作站本身具有的運算能力來擺脫中央電腦控制一切的束縛，這時

的潮流是 LAN( Local Area Network )與 WAN( Wide Area Network ) 的網路整合、開放式的工業標準、關連式的資料庫管理模式以及圖像驅動的操作環境。而隨著網路連線的擴增與電腦運算能力的進步，使得原來定義明確的企業內網路 ( Intranet )、區域網路 ( LAN )、廣域網路 ( WAN ) 等各級伺服器 ( Server ) 之功能權責日益難以區分，主從式 ( Master-Slave ) 架構的重要性因此減低；而可程式處理器 PLC ( Programmable Logic Controller ) 的引進讓現場控制更為方便，至此分散式處理的發展可謂已臻成熟。

依據美國儀器學會 ISA ( Instrument Society of America ) 於 ISA S5.1 之定義，DCS 是由實體上分離且分散各處的子系統，經由功能性的整合而成，最早是為了提供需管理大量類比訊號的大型製造業及流程處理所需，傳統上來講，SCADA 與 DCS 存有若干差異：

1. DCS 使用 PLC，而 SCADA 應用 RTU ( Remote Terminal Unit )。
2. PLC 較 RTU 具備自我運算處理之能力。
3. 不同於 RTU 的是 PLC 可不經中央控制，得自行就地監控。

但在今日由於建構電腦系統的日趨便宜及便利，SCADA 也擁有如 DCS 般的運算控制功能，同時蓬勃的網路發展造成網網相連的結果，可資進行分散式處理的環境更趨健全。所以在討論控制系統時，

無論是以 SCADA 或是 DCDAS，抑或者是 DCS 稱之，均無不妥，重要的是如何將其應用至特定領域，常見者如水處理流程、生產線自動控制、化工廠控制、電力負載管理、交通資訊管理等，以下將就 DCS 在發電廠控制的應用做一簡單說明。

電廠用 DCS 主要用以控制發電機組的安全運轉及有效輸出電力，主要的受控制設備及系統包括氣渦輪機、汽輪機、熱回收鍋爐、水蒸汽循環等，其他的機組配套設備如除礦水、廠用水、燃料、循環水、化學加樣水、廠用電源、輸/變/配電系統、及水樣分析系統等均受其管理，它並且提供機組運轉數據之資訊管理能力。

DCS 一般是以模組化設計 (Modular Design) 為主，微處理器、輸出/入模組、工作站、週邊設備等均可輕易擴充，各模組之間則透過高速的通訊網路交換情報。這些模組大致上可分為控制用模組與資料處理模組：

1. 控制用模組：內含多種控制方塊或功能碼，可以進行各種運算控制，如微分、積分、邏輯處理等。
2. 資料處理模組：負責處理資料表格、圖形顯示、變數趨勢圖、長時間資料的儲存及擷取等功能，並配備有一大容量的儲存裝置（如 Magnetic-Optical Disk）以儲存大量資訊。

輸出/入模組則可處理各式訊號，如脈衝、熱電偶、RTD 等，若為智慧型模組則內建有微處理器，可以偵知各接點的功能狀況。DCS 並提供高階語言做為工程規劃的工具，目前各廠家多以功能方塊 (Function Block) 的架構搭配參數 (Parameter) 選擇予以組合控制迴路，操作人員只需瞭解流程即可，不必具備高深的電腦語言技術。而 DCS 在電廠監控的重點項目便是各式管制報表的產生及圖形顯示畫面，無論是即時資訊的反映或是長期資料的分析研判，都要仰賴 DCS 的協助，常見的功能有：

1. 流程圖：包括全廠系統圖、主要次系統圖（如燃料系統、飼水系統、廠用電源系統、循環水系統等）細部流程圖等。
2. 長條圖及趨勢圖：用以顯示運轉數值及控制資訊的變化。
3. 警示圖：顯示警報發生的位置、時間、狀態、數值、警報設定值等，各類警報並可分級列管。
4. 各式報表：週期性報表可以採用瞬間異常值、平均值、累積值或最大、最小值等，以供機組運轉參考。另有趨勢報表記錄某一時段變數的數據或曲線，事故序列報表 (SOE - Sequence of Event Logs) 則用以檢視某一設備跳脫前後一段時間的運轉記

錄，此外尚有事故操作報表用來記錄操作員的操作行為（如認可警報、起停設備等）。

電廠控制運用 DCS 的理念在於將各個重要的功能分散到各個資料處理單元，一方面提昇處理速度，另一方面則分散風險，以求系統及機組運轉的安全與可靠性。而在實務運用上，為了因應現場作業環境的惡劣，即使就近設置電腦設備可縮短佈線距離，且分散配置之風險係數較低，但也可以將資料處理單元集中設置於規劃良好的電腦室，以求避免控制設備異常及偏高的故障率。易言之，各模組的規劃配置均可因地制宜。

### 三、三菱重工 DIASYS 系統簡介

三菱重工公司 ( MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,LTD. , 以下簡稱 MHI ) 提供電廠相關設備及建造服務著有實績 , MHI 遂憑藉其長期累積的建廠及運轉經驗 , 自 1970 年代開始自行研發電廠控制系統 , 以先進的微電腦處理器為基礎 ( Microprocessor-based ) , 並應用最新的儀控電算技術 , 今日已成功構建完整的軟、硬體產品線及解決方案以供發電設備各式控制所需 , 如鍋爐控制、氣輪機暨氣渦輪機控制、煤灰處理控制、排氣監控、機組效率控制、模擬訓練等等 , 目前 MHI 以 DIASYS 為其核心產品 , 以下就該系統各項功能簡述之 :

DIASYS 全名為 Digital Intelligent Automation System , 為一數位化智慧型自動監控系統 , 其以信賴度 ( Reliability ) 效能 ( Performance ) 擴充性 ( Expandability ) 為主要考量的設計理念 , 足以提供全廠自動化控制的整體解決方案 :

1. 高信賴度 ( Superior Reliability ) : 以多重備用設計 ( Redundancy Design ) 提供資料完整性及確保控制系統不間斷運轉。
2. 高效能 ( High-control performance ) : 採用 32 位元微處理器 , 並搭配先進的應用軟體以提供即時資料處理的能力。

3. 友善的人機界面 ( User-friendly man-machine interface ): 以彩色的圖型影像為介面 ( Graphical User Interface ), 配合高解析度的螢幕輸出, 提供值班人員簡易方便的操作環境。
4. 維護容易 ( Easy System Maintenance ): 提供自我診斷 ( Self-diagnostic ) 功能可迅速判斷故障點所在; 模組化的設計 ( Modular Design ) 可以迅速更換故障零件, 另有工程用工作站 ( Engineering Workstation ) 可以進行線上修改 ( On-line configuring ) 後立即改進系統運作。
5. 高度的彈性與擴充性 ( Broad flexibility , Expandability ): 由小型的簡單迴路至複雜的控制系統, 均可以模組化的施作來完成任務。

DIASYS 的系統架構 ( 附圖二 ) 說明如下 :

1. 通訊網路 : 採用以太網路 ( Ethernet IEEE802.3 ) 為基礎, 架構其資料通路。
2. 中央控制站 ( Plant Control Station ): 簡稱 PCS, 以 32 位元微處理器為核心, 配備大容量的記憶體, 並以 Flash Memory 免用後備電池及 SRAM 高速運算的特性以應即時且安全之運轉監控需要。
3. 資料記錄系統 ( Data logger system ): 簡稱 DLS, 電廠運轉

所產生的大量數據資料貯存在此，可依據各種需求產生各式報表。

4. 值班操作站 ( Operator Station ): 簡稱 OPS , 以人性化的人機介面提供值班人員方便有效的運轉輔助。
5. 工程工作站 ( Engineering Workstation ): 簡稱 EWS , 無需高深的程式語言訓練 , 即可以完成系統調校。
6. 閘道控制器 ( Gateway Controller ): 簡稱 GWC , 負責對外網路通訊的協調交換 , 為選用配件。

MHI 目前提供的版本稱為 DIASYS-UP/V , 而因應網際網路及通信科技的發展 , MHI 再發展稱之為 DIASYS-Netmation 的版本 , 此版本強調 Internet 及 Intranet 結合的應用 , 更大幅提昇電廠運作至全面資訊管理的層次。以下將以 DIASYS-UP/V 版本為主來介紹 MHI 的電廠控制理念 , 最後再針對 DIASYS-Netmation 的特色做補充說明。

## ◆ DIASYS-UP/V

### ■ 系統架構圖（附圖三）

系統可由最小規模的規劃（Minimum-scale configuration），即一台 OPS 搭配一台 PCS 便可進行必要的監控，而後隨著建廠規模的擴增，也可輕易地加入各種模組至最大規模（Maximum-scale configuration）之規劃，其容量限制如下表：

| 項目                              | 最大容量                   |
|---------------------------------|------------------------|
| 工作站數量（包含 OPS、PCS、EWS、DLS、GWC 等） | 50 部                   |
| 可處理輸出/入接點 <sup>Note</sup>       | 最大 40,000 點/PCS        |
| 網路可處理資料點數量（網路掃瞄頻率設定在 500ms.）    | 20,000（類比）+100,000（數位） |

Note：包含由閘道控制器控制的 I/O 接點及各外部單元的 I/O 接點

## ■資料匯流排

採用以太網路 ( Ethernet ) 為資料傳遞路徑，這是一種成熟的工業標準，足可負荷高速且大容量的資料傳遞要求，詳細規格如下表：

| 項 目    | 規 格                        |
|--------|----------------------------|
| 名稱     | 以太網路 ( Ethernet )          |
| 通訊規格   | IEEE802.3 相容               |
| 存取方法   | CSMA/CD                    |
| 網路架構   | 匯流排 ( Bus type )           |
| 傳輸速率   | 10Mbps                     |
| 通訊協定   | 即時控制 ( real-time control ) |
| 掃瞄頻率設定 | 100ms.至 1sec.              |

## ■ OPS 的人機介面

以 UNIX 作業系統為主，採用高解析度（1280X1024）彩色螢幕及 X-Window 系統，使得圖形使用者介面（Graphical User Interface）的應用極為親和簡便，並配備觸摸式螢幕及特殊設計的輸入鍵盤，讓畫面切換及資料輸入變得輕而易舉。詳細規格如下表：

| 項 目    | 規 格                     |
|--------|-------------------------|
| 中央處理單元 | 32 位元                   |
| 主記憶體   | 32MB~64MB               |
| 硬碟機    | 180MB,360MB,520MB,1GB   |
| 通訊網路   | IEEE802.3 ( Redundant ) |
| 監視器    | 20 吋彩色螢幕 ( 1280x1024 )  |
| 輸入裝置   | 指向裝置：觸摸螢幕、滑鼠            |
|        | 操作員鍵盤：防塵平面鍵盤            |
|        | 工程用鍵盤：標準鍵盤              |
| 週邊裝置   | 一至二部 OPS 共用彩色熱轉式印表機     |
|        | 二部印表機(可擴增至六部)           |

OPS 提供的功能如下：

- 控制螢幕
- 圖形顯示
- 趨勢圖
- X-Y 軸圖
- 警報
- 事故追蹤
- 系統狀態
- 計算系統

一般以觸控式螢幕為操作主要媒介，鍵盤為輔；惟若涉及確認執行任何動作或者調整數值設定時，仍必須經由鍵盤執行以避免誤動

作。呼叫顯示畫面的程序如（附圖四）及（附圖五）所示，至於顯示畫面之規劃其規格如下：

| 項 目    | 規 格                                       |
|--------|---|
| 可使用之頁數 | 每一群組最多可有 8 頁                              |
| 可使用之群組 | 200 組/OPS                                 |
| 可規劃之畫面 | 趨勢圖 (Trend) 圖示圖 (Graphics) 及控制圖 (Control) |

OPS 系統之顯示狀態，如 1/4 畫面視窗 (Quarter-screen window) 文字顯示區 (Two-line message) 全覽畫面 (Overview) 控制畫面 (Control) X-Y 軸圖、趨勢圖...等各種模式繁多，有待值班人員自行多加揣摩運用。在此僅以警報之表示為報告重點。有關警報 (Alarm) 之架構詳如 (附圖六) 所示，本子系統將偵知不正常狀況，並予以顯示及記錄，其規格如下：

| 項 目   | 規 格                         |
|-------|-----------------------------|
| 可顯示數量 | 20 個警報/頁                    |
| 可記憶數量 | 200 個                       |
| 名稱長度  | 至多 40                       |
| 類比值設定 | HH/H/L/LL 等四種               |
| 數位值設定 | ON/OFF，並以主要、次要及系統予以分類 (如下表) |

| 警 報 分 類 及 顯 示 顏 色 |       |      |                      |
|-------------------|-------|------|----------------------|
| 分類                | 不正常顯示 | 復歸顯示 | 狀態                   |
| 主要 Major          | 紅色    | 綠色   | 流程警報<br>HH/LL<br>H/L |
| 次要 Minor          | 黃色    | 綠色   |                      |
| 系統 System         | 紅色    | 綠色   | 系統警報                 |

## ■ 控制概述

DIASYS-UP/V 使用的控制語言稱為 DIASYS-IDOL ( Interpreter DDC Oriented Language ), 屬於問題導向式 ( Problem Oriented Language ), 採用符號架構, 無需學習程式撰寫便可輕易地在工程工作站完成規劃, 並且在 EWS 上所執行的結果會轉換成數值資料後再存入控制單元, 如此可節省記憶體需求, 進而可處理更多的控制邏輯。其基本的顯示功能包括: 邏輯圖、輸入/出信號名稱、輸入/出信號接點去向、參數值等, 另備有 81 種標準邏輯元件 ( 附圖七 ) 可資組合運用; 軟體執行架構則如下圖:

|   |   |   |
|---|---|---|
| Logic Data 邏輯資料                             | PI/O processing software<br>負責處理輸入及輸出資訊 | Network processing software<br>負責處理網路通訊 |
| Operation executing software<br>執行 IDOL 之指令 |   |   |
| Multitask operation system 多工操作系統           |   |   |

有關的規格如下:

| 項 目    | 規 格  |
|--------|--|
| 最大迴路數  | 100 迴路/CPU ( 一個迴路指控制邏輯可包含 800 至 1000 個 IDOL 元件 ) |
| 執行週期   | 50msec 至 1000msec ( 視元件數目而定 )                    |
| 控制邏輯表示 | DIASYS-IDOL ( 81 種標準元件 )                         |

硬體規格則如下表:

| 項 目     | 規 格                       |
|---------|---------------------------|
| CPU 時脈  | 20MHz                     |
| CPU 記憶體 | RAM 1Mbyte ; ROM 512kbyte |

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 最大可容納輸入/出接點組合                      | 20                                      |
| 最大可容納輸入/出接點                        | 2,240 點 (類比); 8960 點 (數位)               |
| 主電源                                | AC100/110V , DC 110V                    |
| 電壓變動率                              | +10% ~ -15%                             |
| I/O 接點介電強度 ( Dielectric Strength ) | 500VAC , 一分鐘 , 類比<br>1500VAC , 一分鐘 , 數位 |
| 電源供應之介電強度                          | 2000VAC , 一分鐘                           |
| 操作環境                               | 0~55°C                                  |
| 操作相對溼度                             | 10~90%RH                                |

## ■ 工程用工作站概述

EWS 將是維護部門極重要的輔助工具，它的功能如下列各點：

- 建立/修改控制邏輯
- 即時監看控制邏輯
- 線上修改參數
- 中斷執行，設定臨時輸出
- 建立/傳送迴路資料
- 線上同步確認控制邏輯的一致性
- 顯示信號集
- 顯示趨勢圖
- 記錄修改歷程
- 顯示設定值
- 蒐集及顯示靜態特性數值
- 顯示系統操作狀態

## ◆ DIASYS-Netmation

本版本強調兩個優點，其一是結合 Internet 與 Intranet 的技術，提供瀏覽器 ( Browser-based ) 運作功能，也就是說，電廠的操作可以在任何地點與時間，即使是透過電話線進行遠端遙控或是由 MHI 提供遠端維修服務也不成問題，當然為了安全，也設有防火牆以阻絕不當侵入；其二是集中式管理的架構，運作核心是維持一套單一的資料庫以確保有效率的運轉。當然它也保有 DIASYS-UP/V 系列一貫的特性及優點。

### ■ 系統主要元件及其特點：

#### ● 多元處理工作站 MPS ( Multiple Process Station )：

採用 Fieldbus 標準及支援全雙工( Duplexed )與光通訊( Optical communication ) 架構，主要用途為運算處理及短期資料儲存。

#### ● 值班工作站 OPS ( Operator Station )：

配備 Windows-NT 環境的電腦，並使用 Microsoft Active-X 技術，操作者無需透過 MHI 或外來專家即可自行規劃使用畫面。

#### ● 支援瀏覽器工作站 ( Browser OPS )：

在安裝由 MHI 提供之瀏覽器支援軟體後，即使不是置放在中央控制室的電腦，也能完全執行 OPS 的工作。

#### ● 工程暨維修工作站 EMS ( Engineering & Maintenance Station )：

使用 DIASYS-IDOL<sup>++</sup> 規劃語言，支援 MPS 及 OPS 更具效能。

- 附屬工作站 ACS ( Accessory Station ):

以關聯式資料庫來儲存及管理整廠的大量資料數據，而可移動式儲存裝置（如 Magnetic-Optical 硬碟）之設計使得抽換極為簡便。

- 系統架構（五階式）:

- 網際網路層 ( Internet Level ):

使用 Web OPS 接上網際網路，在家裏也可遙控，MHI 當然也可以進行遠端診斷。

- 辦公室區域網路層 ( Office LAN Level ):

與辦公室行政網路結合，一般電腦也可監控電廠運轉資訊，並且支援無線通訊功能（如 Wireless LAN、PHS 手機），使得攜帶型 OPS 可以在現場很方便地進行檢測工作。

- 單元層 ( Unit Level ):

為 ACS、MPS、EMS、OPS 各單元與上階網路層溝通之媒介，使用全雙工 100M 以太網路。

- 控制層 ( Control Level ):

採用 Allen-Bradley 公司製之 ControlNET ( Fieldbus 工業標準相容 )，應用範圍為高速之 I/O 處理及與 PLC 系統連絡。

- 現場層 ( Field Level ):

現場各項設備經由連接裝置 ( Linking Devices ) 連接

Foundation Fieldbus 與 Device Net 後 , 再匯入 ControlNET。

整體而言 , DIASYS-Netmation 是應用目前電腦業界最新技術 , 如 Microsoft Windows NT、Active X、ControlNet、Internet Explorer 等 , 再結合 MHI 既有的電廠控制功能 , 如 Gas Turbine Interlock card、Burner command card 等 , 全部系統功能並統合於單一的關聯式資料庫 ( MHI's ORCA ) 之下 , 堪稱先進。

## 四、安裝 DCS 系統之成功關鍵因素

如何順利地起動所安裝的設備，有諸多因素值得討論，經由意見交換及文獻探討，在此歸納出兩個成功關鍵因素（Critical Success Factor），分別是 Documentation 管理與試運轉程序管理：

### 1. Documentation 管理：

欲推動自動控制專案圓滿成功，儀控設備與電腦設備的緊密搭配為最重要關鍵，而由於儀器設備不斷推陳出新且隨著 PLC 系統與電腦系統的增加，更大大地添加了工程人員瞭解系統的困難度與複雜度。以台電公司甫執行完畢之林口氣渦輪機發電計畫為例，各單位均曾耗費相當心力於找尋設備相關之最新版的說明、圖面、手冊等，對工程進度的推動造成莫大的影響。此次實習趁便與其工程專業人士討論，如何建立一套完整無誤的文件圖面資料檔案確實不易執行，在此特針對 DCS 之安裝，提出若干心得以為參考：

#### a. 在計畫初始，應即建立系統架構圖（System Architecture

Diagram），以提供系統規劃（System Layout）與輸出/入設計（I/O partitioning）的藍圖，往下再發展次要的檔案架構，至少應包含

- > Process Flow Sheets
- > Control System Architecture Diagram
- > Instrument Specification Sheets
- > Logic Diagrams (Boolean with addresses)
- > Panel & Equipment Wiring Diagrams
- > P&ID's

- > Loop Sheets
- > Motor Elementaries
- > Location & Conduit Plans
- > Installation Details

而針對電腦系統作業的需要，以下檔案也不可或缺：

- > I/O Point Definition Configuration Data Sheets
- > I/O Card Wiring Diagrams
- > DCS Word Library
- > Graphic Definition Data Sheets
- > Group/Alarm Detail/Graphic Data Sheets
- > Network Architecture Diagrams

- b. 檔案架構應以關聯式來展開，以一個主儀器資料庫（Main

Instrument Database）為核心，詳如（附圖八）所示。

- c. 4W 可以做為 Documentation 管理的引導：

> What：那些事項被變更了，那些事項受該變更影響。

> Why：為何而變。

> Who：誰允許變更，誰執行變更動作。

> When：何時變更

當然要完成上述要求，試算表、資料庫、專案管理等軟體的有效

應用為管理重點。

## 2. 試運轉程序管理：

試運轉是否成功，是在計畫開始即已決定，若是在建造安裝工程結束之後，再來討論如何進行測試運轉，成效勢必大打折扣；尤其儀控電腦設備日趨複雜龐多，測試及試運轉程序愈早加入計

畫之執行，愈是有利。以下擬就如何推動建廠完成後之起動試運轉提出報告：

(1)首先指定試運轉負責人 ( Startup manager )，最好於設計階段即加入計畫，這樣做可以有足夠的時間使其瞭解未來建廠完成後要接收的設備以及運轉流程等。

(2)試運轉負責人要執行承擔以下任務：

- a. 系統定義-在設計階段即以系統或區域之概念，按照 P&ID's 或流程圖建立各項系統定義，例如蒸氣系統、空氣系統、飲用水系統、氫氣系統等。
- b. 系統清查/起動程序-協調試運轉進行之適當程序，例如某項動作之進行，需先有其他如儀用空氣、純水、蒸氣等之提供，且均需在合宜的壓力、流量條件之下，故為確保時程順利，持續與建造負責人 ( Construction Manager ) 溝通確認各項施工及起動時程極為重要。
- c. 系統清查/起動條件-各項設備或系統所需的運轉參數及要求條件在設計階段即予確認。
- d. 系統移交/接收條件-決定所需的移交文件 ( 如設備清單、設備查檢表、校正報告書、壓力試驗報告等 ) 及定義接收條件，這些資訊將整合成移交手冊 ( Turnover Package ) 轉交給最終使

用者。

- e. 建立試運轉團隊與責任分工-及早建立試運轉團隊並劃分權責，該團隊可包括設計、施工、運轉、維護人員，一旦團隊組成後，即應召開試運轉週報會議（Weekly Startup Progress Meeting），該會議的目的在於檢討時程、問題、設備交運、變更、協調等等事項，所有的問題及建議將形成”應辦清單【Action Items List】”並指定負責部門及完成日期後交辦。

DCS 系統雖貴為整廠神經中樞，但其仍要仰賴各項機電設備的完美配合才能發揮應有功效，所以成功關鍵也在於由零件、單元、設備、系統等，由小至大，由點至面逐一檢點，最後 DCS 才能如預期般地動作。欲完成前述要求，在此以四階段予以說明：

#### 1. 施工完成及測試前準備：

- a. 完成 QC/Visual 檢查及符合工安。
- b. 待改善清單（Punch List）結案。
- c. 測試前準備則應依照各項報表要求，逐一完成機械、管路、電

氣、儀控各設備之清查，基本的報表如下：

- Equipment Check List
- Rotating Equipment Commissioning Report
- Piping System Test Record
- Relief Valve Inspection Record
- Grout Release
- Belt Drive Alignment Data Sheet

- Direct Drive Alignment Sheet
- Motor Checkout Data Sheet
- Electric Motor Checkout Sheet
- High Voltage Cable Checkout
- Control/Field Panel Acceptance Check List
- Instrumentation Checkout Sheet
- Instrument Loop Installation Completion Report
- Heat Trace Circuit Verification

d. 儀控系統尚需進行下列檢查：

- 所有儀器均已完成校正並貼附標籤，標籤上需註明日期及校正人員。
- 檢查各迴路（含電氣、氣壓、液壓）之完整，所有接點與元件均正確連接。
- 檢查各個管路及接頭以確認無洩漏之虞，並確認各支架之固定安全。
- 所有儀用空氣管路吹洗( Blown Clean ) 完備及備妥儀用空氣。

e.本階段完成後於各設備貼附黃色標籤，並由業主及承包商共同簽認之。

## 2. 靜態檢查：

本階段即進行各項設備試動作，如迴轉機、系統連鎖、各控制盤等功能均予測試後發現問題，並設法解決；本階段完成後得在各儀電設備貼附綠色標籤，原黃色標籤即可撤除以說明該項設備業經加壓

送電完成。有關儀控系統在本階段之應辦事項為：

- a. 各迴路之功能性測試將由現場元件做起，至最終控制元件為止，需確認迴路在各種操作模式下之完整性及正確性，以及確認各項顯示訊號無誤。
- b. 模擬各項操作參數以驗證警報、開關動作、相關連鎖、校正範圍、開關設定值等事項。
- c. 由控制盤測試各控制閥之動作，以驗證電氣輸入信號及閥體動作位置均正常，並檢查閥體各部結構無不良情形。
- d. 各設備檢查完畢後留存工作記錄，日後如有變更則另予加註，最後製作成測試歷史檔移交最終使用者。

### 3. 動態檢查：

本階段即進行 Dry Run 測試，各項設備及 DCS 系統已設定為自動模式以驗證動作程序，本階段所生之問題必須更積極解決以免影響正式起動之時程。

### 4. 系統移交與上線：

試運轉負責人在完成前述各階段工作後，即通知電廠運轉及維護人員接收設備，移交文件並於此時轉交，基本的文件內容應包括：

- a. System Description-Outline of system and P&ID's.

- b. Acceptance Criteria-Defined Specific Criteria , Exceptions Lists , Closeout Punch List,
- c. Equipment-Equipment List , Inspection Reports , Vendor Reports and Grout Releases.
- d. Mechanical-Hydrostatic Test Reports , X-ray Record , Welder Certification , Relief Valve Sheets , Balancing Reports and Pump/Fan Curves.
- e. Electrical-Panel Checklist , Megger Reports , Hi-Pot Test Reports , Motor Nameplate Information , Electrical Checklists , Heat Trace Circuit Verification , Instrumentation , Instrument Index , Loop Sheets , Contractors Calibration Records and Instrument Loop Installation Completion Report.
- f. Civil/Architectural/Structural-Soil Reports , Concrete Test , Pile Driving Records , Permits , Inspections and Fire Protection System Inspection.

## 五、結論與建議

就大型工業控制技術的發展而言，無可諱言地我們必須承認歐、美、日等國家確實累積較豐富的經驗與人才，現階段繼續派員出國學習及接收設備仍有其必要性，此次奉派至日本見學，取得若干技術資料並交換心得，深覺對個人眼界及專業技能均有所增進，對各級主管的不吝提攜，在此謹致謝意，並另建議如次：

1. 電廠運轉之繁複流程 ( Processes ) 無論對操作、維護人員都構成壓力與負荷，尤其在控制技術、設備、電腦系統等不斷昇級更新之情形之下，更見困難；在學界亦屢見專章來討論如何順利地進行起動程序 ( Process Plant Startup )，各家觀點各有所長，但共識卻有一個，即訓練 ( Training ) 之重要性。尤其是引進 DCS 後，非完整長期的訓練 ( Schooled Training ) 無以掌握先進龐大的系統性能，特別是對電算部門的維護人員而言，若不能深入瞭解各應用系統的軟體規格、操作語法、修改程序等，實無異於問道於盲，日後恐將凡事受制於原系統承包商而付出重大代價。所以，慎選優秀員工，訂立長期訓練合約，及早培訓，並落實專訓專用允為第一要務!
2. 對儀控、電腦設備而言，提供廠家的支援 ( Vendor Support ) 也是計畫成功的關鍵要因之一，如何安排廠家的技工適時適

地來協助試運轉，計畫負責人在 Contracting 與 Scheduling 時應多作考量，此外，修護能量如 Availability of repair facilities、Service personnel、Spare parts and replacement equipment 等因素亦必列入訂約事項，本公司在林口 G/T 計畫所經歷之過程允為殷鑑。

3. 由於交給電腦系統處理的設備及資訊不斷增加，連帶地造成設計者在時程與品質均面臨沈重壓力，不斷地辦理系統軟體除錯已成業界常態，業主應調整心態並做好準備，對於試運轉所發現之問題(特別是涉及電腦系統部份)予以分級列管，萬勿一視同仁般均予不當限制，影響計畫的進行；反之，未發現問題亦不代表沒有問題，因為連線設備增加，接點數增加，潛在的問題也將會以等比級數增加，接收設備者應把握時間，於合約期間內積極測試，一方面藉此熟練運轉，另一方面及早發現問題，以儘早責成承商提出解決方案。
4. 既為建廠專案，為加速工進及順利運轉，於開案時即指定試運轉及接收負責團隊，全程參與設計與施工，應為更積極有效的做法，尤其在面臨統包經營模式的衝擊之下，本公司就工程管理的組織設計及管理手段亦應有突破傳統的做法。

## 附錄 解釋名詞彙編

### ▶▶ CSMA/CD :

全名為 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection , 是應用在採用匯流排 ( Bus ) 架構的區域網路控制技術。目前最被廣泛採用的產品稱為以太網路 ( Ethernet ) , 它是於 1980 年由 Xerox、Intel、DEC 等三家公司共同發表的規格, 隨後該規格由美國電機電子工程師學會 ( IEEE ) 採認, 並略做變更後公佈, 即今所熟知的 IEEE 802.3 標準。

本項技術的基本精神為網路上各節點 ( Nodes ) 得隨時要求取得通路 ( Channel ) 以傳遞或接收資訊, 但若同時有二者以上欲使用通路, 此即稱為碰撞 ( Collision ) , 碰撞發生後, 各有不同作法 ( 如各自等待不定時間再行嘗試 ) 以重新判定何者得以取得通路使用權以傳遞資料。

採用此法之網路管理需注意節點數如果太多且傳輸資料量繁多時, 整體網路效能極易受碰撞頻率升高而降低服務水準, 大潭計劃如採用本項技術, 全廠機組之網路配置務需妥善分配, 予以適當分隔群組, 再透過如 Router 或 Gateway 等設備連接各機組應屬可行。

## ▶▶ Fieldbus :

在 1940 年代，儀器系統依賴 3~15psi 來監控；進入 1960 年代，4-20mA 類比訊號成為控制主流，而後 1970 年代開始有微處理器應用在中央監控，1980 年代更有內建微處理器的智慧型感測器加入數位控制的行列，各主要儀控設備製造廠家紛紛推出自有構想與產品，以整合各種型態（包括傳統類比訊號、數位訊號、或混合模組）的控制元件，此舉對使用者構成了欠缺 Interoperability 的問題。業界遂一致同意遵循美國儀器學會 ISA SP50 的決議來規範共通的標準，此標準將可整合為數龐大的各式控制元件，提供各種設備之溝通介面，並統一溝通語言（Protocol），該標準一般即以 Fieldbus 稱呼之，而主要推廣機構為 WorldFIP（World Factory Instrumentation Protocol）ISP（Interoperable Systems Project）及 Fieldbus Foundation 等。

## ▶▶ X-Window :

美國麻省理工學院所發展的電腦作業環境，其特色為提供 WIMP（Windows、Icons、Menus、Pointer）輔助，使得電腦的使用更為人性化，現今推廣機構為 X Consortium，在 UNIX、Linux 等系統上發展迅速，且 PC-based 工業控制產品亦均已採用之，以提供友善的人機介面。