

行政院所屬各機關出國報告書

(出國類號：實習)

新建核能電廠分散式控制系統施工  
試驗技術研習報告

服務機關：台灣電力公司龍門施工處

出國人職稱：儀電工程監

姓名：吳永烽

出國地區：美國

出國日期：91.10.01~91.10.30

報告日期：91.12.17.

出國計劃：91年度第231號

G7/209105140

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：新建核能電廠分散式控制系統

施工試驗技術研習

頁數 45 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司龍門施工處

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

吳永烽/台灣電力公司/龍門施工處/儀電工程監/(02) 24902401 轉 2361

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：91.10.1~91.10.30

出國地區：美 國

報告日期：91.12.17

分類號/目

關鍵詞：DCIS(分散式控制系統), CP, AP, WP, FBM, RMU, I/A SYSTEM, CIM BTM, NIM, RPS(反應器保護系統), ESF, SOE, TRA, PGCS, WDP(寬螢幕顯示器), FD(平面顯示器), PID 控制, MCC, TSC, NMS, SSLC/TRIF, VDU, VLU(邏輯選擇器), DTM, RCIS/RAPI, GPS, Post-Construction, Pre-Operation, Start-Up Test, Gateway, Full Loop Test, Semi Loop Test, Test Bed。

## 內容摘要：

奇異公司為增進核能電廠之安全性，改良現有的沸水式反應器之設計，成為進步型反應器，在儀控設計方面採用最新數位分散式控制(DCIS)技術以增進運轉員之人機界面、並增加許多的功能，例如功率產生控制系統、功率自動調整系統..等以增強運轉功能。為因應技術之變革，新建核能電廠採用最新數位分散式控制系統 (DCIS)，及為訓練核能電廠運轉人員，在核四廠內設置最新型建核能電廠模擬器訓練中心設備，施工安裝試驗人員，配合工程進度赴原廠家進行課程專業訓練，以利返國後能學以致用，將來參與新建核四廠施工安裝試驗等各階段作業，期能順利完成核四廠施工安裝試驗等工作，確保施工品質，以達如期運轉發電。

在美受訓期間，獲致成果如下：

- 1、接受 Foxboro 公司 DCIS 施工測試技術訓練，對核四廠各部份結構、安全設計、儀控系統及相關核能知識有更深入之了解並可建立核四廠整廠之概念，對施工程序、測試方法及品質要求增益不少。
- 2、參訪 GE 核四廠之模擬器訓練中心設備現場實際施工安裝試驗，對核四廠中心設備施工安裝試驗知識有更深入之了解，並建立施工安裝試驗之基本概念。
3. GE 公司所提供核四廠英文施工安裝規範 74.0220 及 74.0240 不完整需修正補齊部分，與 GE 公司設計人員當面討論，結果 GE 公司同意在十一月中旬完成將所有 Open Items，全部了結。

## 摘 要

奇異公司為增進核能電廠之安全性，改良現有的沸水式反應器之設計，成為進步型反應器，在儀控設計方面採用最新數位分散式控制(DCIS)技術以增進運轉員之人機界面、並增加許多的功能，例如功率產生控制系統、功率自動調整系統..等以增強運轉功能。為因應技術之變革，新建核能電廠採用最新數位分散式控制系統 (DCIS)，及為訓練核能電廠運轉人員，在核四廠內設置最新型建核能電廠模擬器訓練中心設備，施工安裝試驗人員，配合工程進度赴原廠家進行課程專業訓練，以利返國後能學以致用，將來參與新建核四廠施工安裝試驗等各階段作業，期能順利完成核四廠施工安裝試驗等工作，確保施工品質，以達如期運轉發電。

在美受訓期間，獲致成果如下：

- 1、接受 Foxboro 公司 DCIS 施工測試技術訓練，對核四廠各部份結構、安全設計、儀控系統及相關核能知識有更深入之了解並可建立核四廠整廠之概念，對施工程序、測試方法及品質要求增益不少。
- 2、參訪 GE 核四廠之模擬器訓練中心設備現場實際施工安裝試驗，對核四廠中心設備施工安裝試驗知識有更深入之了解，並建立施工安裝試驗之基本概念。
3. GE 公司所提供核四廠英文施工安裝規範 74.0220 及 74.0240 不完整需修正補齊部分，與 GE 公司設計人員當面討論，結果 GE 公司同意在十一月中旬完成將所有 Open Items，全部了結。

## 目 錄

壹 出國事由-----	1
貳 出國行程-----	2
參 研習內容-----	2
一、 FOXBORO 公司 DCIS 安裝施工測試-----	2
(一) 核四 DCIS 設備在 FOXBORO 公司現況-----	2
(二) DISC 設備系統說明-----	3
(三) .DCIS 施工測試討論-----	14
(四) TEST BED 協助 DCIS System TEST 說明-----	19
(五) EATON 公司參訪-----	22
(六) Millstone Nuclear Power Station 參訪-----	25
(七) FOXBORO I/A 工廠參訪-----	27
二、 聖荷西 (SAN JOSE) GE 公司 見習-----	27
(一) 模擬器現場試驗前會議-----	27
(二) 74.0220 及 74.0240. 施工規範討論-----	28
(三) 觀摩核四廠模擬訓練中心設備安裝測試-----	29
肆 心得與感想-----	36
伍 討論與建議-----	37

## 壹、出國事由：

- (一) 龍門計畫(核四工程)採用之控制系統係美國 Foxboro (福克斯波羅)司製造之分散式控制及資料蒐集(DCIS)系統，此分散式控制系統採用大量微電腦數位控制，乃最先進之科技產品之一，且為核四廠整廠控制系統之樞紐，故系統設備施工安裝的好壞，以及施工後各項試驗之成功與否，皆與日後機組營運有密切關係，藉由此次赴美國福克斯波羅公司研習安裝施工試驗技術，期能更有效掌握安裝施工試驗要領，確保(DCIS)分散式控制系統安裝工程的品質。
- (二) 為電廠運轉人員將來上機操作安全順利及平時訓練操作電廠運轉需要，龍門計畫(核四工程)同時向GE公司購買DCIS系統模擬器，該模擬器目前正在GE公司組裝測試中，藉由此次實際觀摩模擬器訓練中心設備組裝測試，為未來模擬器運抵工地組裝測試工作預做準備有。
- (三) 龍門計畫(核四工程)整廠儀控系統安裝施工測試等工程以一個工程包發包，GE公司所提供之英文施工規範需配合工地發包作業時程，發行正確可使用之施工規範，但迄出國前該規範尚無法供作發包作業用之資料，利用此次機會與GE人員面對面直接解決施工規範內之各項問題。

## 貳、出國行程

起始日	迄止日	地點	工作內容
911001	911003		往程（台北—紐約—波士頓）
911003	911022	美國麻州 波士頓	Foxboro 公司 Foxmass 工廠 DCIS 設備施工測試技術訓練
911023	911028	美國加州 GE 公司	GE 公司聖荷西工廠 模擬器施工測試訓練
911029	911030		返程（舊金山—台北）

## 參、研習內容

### 一 FOXBORO 公司 DCIS 安裝施工測試研習部份

#### （一）核四 DCIS 設備在 Foxboro 公司現況：

Foxboro Invensys 為 GE 公司在龍門計劃中 DCIS 主要設備及軟體供應商，此行因僅本人一個人前往 Foxboro 公司研習有關 DISC 控制系統安裝施工測試，故未正式開課僅就目前 Foxboro 公司由 GE 方面得到及協定後的基本資料，建構本系統之現況加以解說，亦如現場直接了解。

Foxboro 公司針對龍門計劃在 Foxboro EAST BRIDGE WATER 工廠（稱 FOXMASS），另設一核能專用廠房及辦公室，專門處理龍門計劃所有 Foxboro 公司負責龍門計劃之控制系統設備，含 DCIS 及模擬器，並就核四廠相互 Interface 部份做整體研究及整合，所有與（GE）相關下包送至 DCIS 資訊及控制間之設計處理工作，該 Team 人員分成軟體及硬體兩大部份，軟體人員發展出來之架構與硬體人員討論後，互相協調，再建構硬體內容。

在硬體方面主要的控制盤面外框架大致已完成，分成 seismic 及 nonseismic 兩種等級的箱盤框架。主要區別在於耐震型箱盤內骨架加斜支撐角鋼，每一層於 I/A 設備間亦同時加強，其箱盤尺寸及型式外觀均相同。

盤內之心臟部份即各 I/A、Module 等設備則在 Foxboro 公司之 Foxboro Town 之 I/A 系列工廠生產，生產好的 I/A 及各 Module 在工廠內測試完成後再送 Foxmass 龍門專設廠房內組裝成一個體模組。由於 DCIS 各模組分類成各種基本型式，其尺寸、框架均相同，出線接線亦相同的模組組合，故知 GE 提供之 DATA 能固定下來後依 Foxmass 人員表示要完成龍門計劃一號機 DCIS 設備在 2003 年 2-3 月送抵工地應沒問題。

在軟體程式 (program) 部份在此計 20 來個人正進行各系統功能編寫 check，由於此部份仍依 GE 所給之 DATA 進行各系統程式編寫，在目前大部份之軟體功能幾乎完成 85% 以上，在 San Jose 模擬器組裝完成，可能在近日便要配合目前軟體之 loading 前進行 TEST，故目前在 Foxmass 的軟體功能上大部份有個頭緒，為求系統穩定特再依程序書做各類認證、審核其軟體部份仍在做修正及 check 比對。

## (二) DISC 設備系統說明：

在研習有關 DISC 安裝施工測試前，Foxboro 公司先將核四廠儀控系統作系統化解說，以建立整廠儀控系統架構之基本概念。

### A、核四儀控架構

#### 1、核四廠儀控架構介紹 (參閱圖一核四廠儀控架構圖)

核四廠主要之儀控系統共有 RPS 之 GE NUMAC 系統、ESF 之 EATON 系統、汽機控制之 MHI 系統、廢料處理之



HITACHI 系統、及 Foxboro 等系統。上述幾個系統均送至 Foxboro 公司的 I/A(Intelligent ,Automation)Series 做資料整合，運轉員透過 Foxboro I/A 系統之人機界面可操作上述之設備，同時 Foxboro 之應用軟體可執行 TRA、SOE、警報警示、ERF...等功能。故 Foxboro I/A 系列在核四廠所扮演之角色非常的重要。

\*核四主要之儀控系統如下(功能圖、全廠、機組)

- (1) EATON 之 SSLC/ESF 系統
- (2) GE NUMAC 之 SSLC/RTIF 系統及 NMS 系統
- (3) Hitachi 之 RCIS 系統
- (4) Triconex 三重控制器之 APR、RFC、FWC 系統
- (5) GEIS 之三重控制器 SBPC 系統
- (6) MHI 之汽機控制系統
- (7) Hitachi 之廢料控制系統
- (8) 可程式控制器
- (9) 和 Foxboro 之分散式控制和資訊系統(DCIS)來整合全廠之儀控網路，並執行廠用電腦功能。

\*核四採用全數位新型 DCIS 具有如下 之特性

- (1) 儀控功能、廠用電腦功能、網路之功能
- (2) 數學運算及邏輯處理
- (3) 控制功能 — 輸出入及 PID 控制
- (4) 廠用電腦功能(如 TRA、SOE、警報警示、ERF、PGCS ... 等)
- (5) 傳送資訊至遠方(如 TSC、EOF、EEC 及模擬器)
- (6) 提供運轉員之人機界面(WDP、MCC)

\*核四採用全數位新型 DCIS 大量使用 RMU 其主要功能如下

- (1) RMU 輸入卡片讀取現場來的輸入訊號經處理後傳送至儀控電腦網路
- (2) 處理儀控電腦網路控制終端元件(如閘之致動器)的訊號並經 RMU 之輸出卡片送往終端元件。
- (3) 優點為以大量減少全廠電纜之使用量及增加資訊的傳輸量。

## 2.儀控系統之分類 -- (安全與非安全)

儀控系統可分為安全相關之儀控系統及非安全相關之儀控系統。

### \*安全有關之儀控系統

- (1) EATON 之 SSLC/ESF 系統
- (2) GE NUMAC 之 SSLC/RTIF 系統
- (3) GE NUMAC 之 NMS 系統

### \*非安全有關之儀控系統(Foxboro、RCIS、PLC、MHI TG.)

- (1) 其餘的安全相關與非安全相關儀控系統之通訊
- (2) 安全有關儀控系統與非安全有關之儀控系統間沒有閉迴路之控制。
- (3) 開道器之方向

\*安全有關之訊號(狀態訊息、資訊訊息)須透過開道器送往非安全有關之系統，如 EATON 之 SSLC/ESF 系統警報送至廠用電腦

\*非安全有關之信號不允許送往安全有關之系統，故上述之開道器在資料傳遞方向為單向的。

\*非安全有關系統間之資料傳遞可透過雙向的開道器做資料轉換。

\*控制室人機界面

(1) 控制室人機界面：由大型顯示盤(WDP)及主控制檯(MCC)

兩大部份所組成

(2) WDP 提供了整個電廠系統的監視能力

\*垂直部分分別為

(1) 電廠層級警報(Plant Level Alarm)

(2) 系統層級警報(System Level Alarm)

(3) 固定的電廠系統及設備狀況擬態顯示(Fixed Mimic)

(4) 可由運轉員選擇畫面之大型可變顯示裝置(Large Variable Display Unit) 和閉路監視器(CCTV)組成

\*水平部分

(1) 平面顯示器(FD)及硬接開關(Hard Switches)組成。

(2) MCC 包含平面顯示器(FD)、硬接開關(Hard Switches)。

3. Foxboro 之一般系統架構

I/A DCIS 系統(智慧型自動化分散式控制系統及資訊系統)的基本架構係建立於節點(Node)的觀念，各節點獨立執行其自動控制功能，並可藉相容的網路連接其他 Foxboro 節點或透過開道器與非 Foxboro 之儀控系統相連。

I/A 系統提供了很多的節點 (Node)，經由這些結點，藉著搭配各種功能的硬體與軟體組合，即可達成提供各式各樣的程序控制以及資訊管理的功能需求。

I/A 系統的通訊網路架構組成

請參閱附圖 (二) 核四廠整廠 DCIS 架構圖

\*通訊網路架構分為兩層

(1) 一層為 Nodebus (每個 Nodebus 最多能連接 32 個 Station)

(2) 更上一層則為載波頻寬的 LAN (Carrierband 區域網路)

\* 通訊網路架構規模可大可小

- (1) .對於小的系統，只需要由一個結點連結少許的模組所構成
- (2) 對於大的系統，由數個結點經由 LAN 連結組成一個較大的系統。

\* 雙重性 (Redundant)

- (1) .為了通訊功能安全性的考量，通訊網路架構中的 Nodebus、Extended Nodebus 及 Fieldbus 都是雙重的設計。
- (2) .I/A Series 包含兩種模組： Processor 模組及 FBM

\* Processor 模組

- (1) 每個 Processor 模組就是一個 Station，
- (2) 所有的 Processor 模組全部都連接到一個 Nodebus 上
- (3) 任何 Station 之間均可經由網路彼此互相通訊、傳遞訊息資料。
- (4).而每一個 Processor 模組又都可經由其他的通訊連線來連接各種周邊裝置以及其他型式的硬體模組。這些 Processor 模組的硬體組合元件，基本上都是以 Intel 公司的微處理器系列產品為主，其開放式的架構以及標準化的通訊規格，具備能與大多數個人電腦相容的性能。各種不同功能的 Processor 模組經由一個 Nodebus 聯結、組合起來，就能成為一具備信號的擷取與轉換，資料的計算、傳遞、儲存與顯示，制動裝置的運轉控制，以及人機介面的規劃與控制等各項自動化功能的控制系統。

\* Processor 模組包含下列組件

- (1) Application Processor (AP)
- (2) Workstation Processor (WP)

(3) AW 具有 AP 及 WP 之功能

(4) Control Processor (CP)

(5) Communication Processor

(6) Gateway Processor

\*Fieldbus 模組(FBM)

(1) Fieldbus 模組 (FBM) 並沒有連接到 Nodebus 上，故 FBM 不能歸類為 Station。

(2) FBM 的層次低於 Station，是連接 CP 與感測器、致動器等硬體設備的介面模組。

\*FBM 輸出模組:

(1) FBM 經由 Fieldbus 承接 CP 的控制命令，並轉換成相關命令信號以控制致動器的動作

\*FBM 輸入模組:

FBM 接收、轉換感測器的信號之後，亦經由 Fieldbus 傳送給 CP，以提供 CP 執行控制策略與控制流程所需的參數。FBM 之型式；由於類型不同的感測器與致動器使用於不同的功能需求，故有各種不同型式 FBM 的可目來配合各式各樣的感測器與致動器。

\*核四廠各系統整合結構圖請參閱附圖三

(A) 雙重控制器(Foxboro CP) ，(B) .RMU，(C) . 傳輸媒介  
(D) 光纖電纜分配盤(MARSHALLING CABINET) (E) . 與其他儀控系統之介面

(A) .雙重控制器(Foxboro CP)

下列的系統邏輯控制使用 Foxboro 型號 CP70 之雙重控制處理器 (CP)：B31：RCIR ； C12：CRD ； F22：VCE(真空清淨設備) ；G33：RWCU ；G41：FPCU ；G42：AFPC ；

G51 : SPCU ; G63 : RBS ; K11 : SUMP ; K15 : FDRT(過濾器/除礦器樹脂傳送系統) ; N22 : FW ; P11 : MW(補水系統) ; P13 : CSTF ; P16 : FP(防火系統) ; P21 : RBCW ; P22 : TBCW ; P24 : NCW ; RMU ; 及 BOP 相關系統... 等等。

(B) . RMU :

Foxboro FBM，為連結工業界各種感測器(輸入)與致動器(輸出)，Foxboro 公司提供數百種之 FBM 模組(GE 之名詞為 RMU)

(C) . 傳輸媒介

FBM(RMU)與 CP 間以光纖電纜做為傳輸媒介以提供高速的、低雜訊的資料傳送，但控制室內 CP 與 FBM 間之媒介考慮裝置成本、需求的系統頻寬、和預期的電氣雜訊下可採用傳統電纜，NODEBUS 亦採用光纖電纜做為傳輸媒介

(D) 光纖電纜分配盤(MARSHALLING CABINET) :

•通常 CP 與 FBM 間之連接為直接連接，但本廠為了光纖電纜之配置方便(即電纜之插入、移除、和重新安排)使用 MARSHALLING CABINET 做為光纖電纜之分配盤。

(E) . 與其他儀控系統之介面

## B EATON 系統

1. 核四廠安全有關之 SSLC/ESF 控制使用 EATON 之 PL $\mu$ S 32 系列之儀控網路系統。SSLC/ESF 包括五個獨立分離的區域

(Division 0, I, II, III, V)

2. 每一區域內的通訊為雙重光纖構成之順時環狀網路  
(PERFORMANCE NET)
3. 此環狀網路將安全設備緊要多工器(RMUs) 、SSLC/ESF 機櫃、顯示器(VDUs)及界面設備(如 CIM/BTM)等設備串接在一起

\* EATON 之三種通訊資料鏈：

1. CIM (Communication Interface Module)：

提供低頻寬之資料傳輸，如各 ESF 區域間(Division I, II, III, IV)之相互通訊和 ESF 區域與 RPS/RTIF 之通訊(雙向)

2. BTM(Bridge Module)：

安全系統(SSLC/ESF、SSLC/RTIF)與非安全系統 Foxboro 間之通訊，此通訊為單向的通訊。

3. NIM(Network Interface Module)：

同區域間之 Plus32 設備(如 RMU、SSLC/ESF 機櫃、VDU、CIM、BTM)之通訊則以 NIM 做資料傳輸。

\* EATON 主要設備：

(1)、SSLC/ESF 機櫃

包含 DTM 及 VLU 等二項，其功能為：Digital Trip Module (DTM)；DTM 為獨立的微處理器由緊要多工器接收輸入信號並決定設定點是否超過再將此狀態送邏輯選擇器(VLU)。

Voter Logic Unit (VLU)：每一區域均有一對雙重 VLUs，該區域之 VLU 除了接收本區域之 DTM 外，亦接收其餘 3 區域之 DTM 以執行四選二邏輯，VLU 之輸出訊號則送動作信號至緊要多工器之雙重輸出模組，當雙重輸出模組均有動作信號，則動作該區域設備之致動器。VLU 可接收感

測器旁通信號若有一控道被旁通則此 DTM 輸入被阻斷，VLU 之則執行三選二邏輯。

#### (2)、Video Display Unit (VDU)

VDU 為安全有關 SSLC(包含 SSLC/ESF、SSLC/RTIF)之人機介面，提供運轉員各 ESF 系統狀態、RTIF 系統狀態、平板顯示板 Flat Panel Display 狀態及 RTIF/ESF 之設備操作。近 180 張畫面及 10 張偵測畫面可在主控室 12 台 VDUs，以觸控螢幕技術來執行畫面選擇、設備操作。

#### (3)、Test Cabinet

每一區域均有一測試機櫃，有執行功能測試及在維修或設備異常時可執行測試之功能，亦有感測器控道旁通，ESF 迴路旁通功能。

#### (4)、RMU(輸入/輸出)

RMUs：一般功能為將位於反應爐廠房、控制廠房、Class 1E 泵室及輔助燃料廠房等 ESF 系統之感測元件輸入與輸出元件間連接

## C、NUMAC 儀控網路

- NUMAC 網路
- SRNM 方塊圖
- APRM 方塊圖
- RPS 架構
- SSLC/RTIF 方塊圖



## D、各儀控廠家間之介面

- 1.SSLC/RTIF、NMS 與 Foxboro 之介面
- 2.1E RTIF/NMS 至 ESF 之介面
- 3.NMS 與 EATON 間之介面
- 4.RPS 與 EATON 間之介面
- 5.RCIS/RAPI 系統與 Foxboro/NMS 之介面
- 6.三重控制器(FTDC)與 Foxboro I/A 之介面
- 7.汽機控制系統與 Foxboro I/A 系統之介面
- 8.可程式控制器(PLC)與 Foxboro I/A 間之介面
- 9.廢料控制系統與 Foxboro I/A 之介面
- 10.Foxboro 系統與 TSC/EEC/EOF/模擬器/EWI 之介面
- 11.時間同步問題
- 12.Foxboro 與 WDP 之介面
- 13.Foxboro 與其他系統之介面

### \* 時間同步問題(與 GPS 介面)

- (1) 本廠使用 GPS 系統作為各儀控網路系統間之時間同步
- (2) Foxboro 各電腦及 FBM/IFM/開道器之時間同步
- (3) MHI 之汽機控制方面之時間同步
- (4) EATON 之 PERFORM Net 之時間同步
- (5) Foxboro 各電腦之時間同步

### \* 同步之步驟為：

- (1) 下次"CLICK"為 A 時間(假設為 10AM)
- (2) GPS 系統發出"CLICK"訊號"
- (3) 每個 CP 調整為 A 時間(10AM)，並此時戳訊號往下傳至\*

### \*FBM/IFM/開道器

Foxboro 訊號之時間戳：

- (1) 加在每個訊號之源頭，即 Foxboro RMU 量測輸入訊號時即加上時間戳
- (2) 類比輸入訊號部分每 10ms 更新時間戳
- (3) 數位訊號部分每 1ms 更新時間戳
- (4) 對於計算之數值則計算得到結果後加入時間戳(CP 之時間)。

E. 主控制室簡介：

拜電腦科技的進步，核四廠採用網路架構的分散式數位儀控系統，電腦與儀控之分界不是那麼的清楚，不同廠家之儀控設備可以透過網路整合在一起。控制室人機界面由大型顯示盤(WDP; Wide Display Panel)及主控制檯(MCC; Main Control Console)兩大部份所組成，運轉員工作站之重心在 MCC，運轉員在 MCC 從事電廠正常或異常運轉操作，MCC 包含平面顯示器(FD; Flat Display Panel)、硬接開關(Hard Switches)的一部份。運轉員從 MCC 的位置可以清楚地看到大型顯示盤(WDP)，大型顯示盤提供了整個電廠系統的監視能力，垂直部分從左到右分別為電廠層級警報(Plant Level Alarm)、系統層級警報(System Level Alarm)、固定的電廠系統及設備狀況擬態顯示(Fixed Mimic)、可由運轉員選擇畫面之大型可變顯示裝置(Large Variable Display Unit) 和閉路監視器(CCTV)組成，水平部分由平面顯示器(FD)及硬接開關(Hard Switches)組成。平面顯示器(FD)及硬接開關(Hard Switches)之功能如下：

- (1) 平面顯示器(FD)：

平面顯示器主要提供運轉員整廠正常運轉之監視

及控制功能，監視方面有主畫面、系統 P&ID 畫面、控制棒佈置圖、警報、趨勢圖、定期測試程序書、運轉程序書等，畫面之操作控制採螢幕觸摸方式。

### (2) 硬接開關(Hard Switches)

這些專屬開關之設置提供運轉員更快速操控方式，部份開關被用於正常電廠運轉自動程序之啟動及改變運轉模式；部份開關則用在直接作動設備、提供安全系統及保護系統後備能力，諸如手動急停、備用液態控制系統之啟動、汽機跳脫功能等。

### (三) . DCIS 施工測試討論 .

核四廠之儀控系統採全數位化之設涉及數個廠家之系統合，為了使儀控系統之現場測試順利, GE 公司現場測試技術方面，迄今在整廠 DCIS 並未有一套文件來 Support 場測試技術，僅就在 Foxboro 所見習部分簡述。

依法規規定核能電廠安裝完成，需作 Site Test，Site Test 需包括 A. Post-Construction Test，B. Pre-Operation Test，C. Startup-up Test。由於 B. Pre-Operation Test，C. Startup-up Test 係屬於電廠將來聯合試運轉小組工作在此不另述，謹就施工完成之 Post-Construction Test 討論。

Post-Construction Test 在系統測試分為 A. Full loop test，B. Semi Loop Test，而 Semi Loop Test 為各小系統，Full loop test 則為各小系統之 Semi Loop Test 和，簡單數學式：

A. Full loop test =F

B. Semi Loop Test=Sn

Full loop test：

$$F=S1 +Sn$$

Semi Loop test : 包含機械,電氣,儀控等子系統測試

\*DCIS 施工完成後之 Construction Test 簡化成三大項目

(A): From field sensor to RMU PNLs.

(B): From RMU to control room display ,

(C): Optic fiber cable test

\*請參閱核四廠儀控及DCIS升位圖

\*DCIS 主要測試項目範圍

1. DCIS I/A 108 CPs and 76 Gateways
2. Gateway Interface to NSSS BOP
3. FE Gateway Interface to TMR (GEIS)
4. FE Gateway Interface to TG (MHI/Toshiba)
5. MVD to 3DM, ESF, etc. (Eaton/Numac)
6. CP/FCM/FBM/TA hardware (2 sets for each type)
7. Hardware from Eaton, Numac and GEIS (TBD)
- 8.包括其他 BOP 部分

\* 依核能法規 Regulatory Guide 1.68 DCIS 主要測試階段項目：

DCIS主要測試項目

測試階段一	測試項目	備註
DCIS Site Test (DCIS Only)	Initial System Power-Up Test	註1
	Load Software	
	System Internal Diagnostic test	
	Continuity test	
	Communication Link Check (Media Layer and Protocol Test)	
	Fault Tolerance Test	
	F.O Test	註2
	Network System Test	
	Half loop test註4 (System I/O data base validation)	
	Interface Compatibility Test (Data Memory Mapping test)	註3
	Full loop test註4	註4

註1：No Damage has occurred due to shipment or installation

註2：Computer is compatible with the Nuclear Generating Station.

註3：Correctness of interfaces to other systems that may have been simulated during FAT

註4：Selected Item

### 配合電力系統測試之項目

測試階段二	測試項目	備註
Electrical Power Energize	161 KV、13.8 KV、4.16KV、480V 電力系統加壓 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interlock Test</li> <li>• Open/Close Indication</li> <li>• Breaker Open/Close Test</li> <li>• Protection Circuit Test (不在 DCIS上)</li> </ul>	DCIS支援左列測試項目

### 配合機械測試之項目

測試階段三	測試項目	備註
Post Construction Test for Mechanical、 Electrical and I&C Equipment	Functional tests of components <ul style="list-style-type: none"> <li>● Motor</li> <li>● Pump</li> <li>● Valve ...</li> </ul>	DCIS支援左列測試項目
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Flushing</li> <li>● Pressure Monitoring</li> <li>● Flow Monitoring</li> <li>● Pump Start/Stop</li> </ul>	

核四廠 DCIS Foxboro 提供設備數量表：

名稱		數量	
儀控盤面		#1 : 177 #0 : 19	
邏輯圖		DCIS : 12224	
GW		約 141 個	
I/O 點		約 16 萬點	
PLC	A&B 、 Modbus 、 RS232 、 Seimen		
畫面	MPL	552	
	SPDS	74	
	PGCS		
	Alarms		
	Operator Aids	Power Flow Map	2
		NSSS Heat Balance	1
		RPV Heat Up Rate	1
		BISI	6
	Report	Tagout Items Report	1
		Failed Sensor Report	1
		Inhibit Alarms Report	1
		Core Performance and Flow Report	1
	Core Monitor		
	Group Display	13+TPC	
TRA			
Change Environment			
核四專有應用軟體	AAS 、 TRA		
	PGCS		
	OLPS		
	Core Monitor		
	Mimic		
	Tagout Item List		
	LVD		
	SPDS		
	Core Power& Flow Monitor		

(四) TEST BED 協助 DCIS System TEST 說明：

以 TEST BED 協助 Test 各 System 以證明其控制邏輯,功能. 依 Foxboro 以往經驗以 TEST BED 協助 DCIS System TEST 可以節省大量人力並可及早發現錯誤,但本公司龍門計劃中並無此項工具；希望公司能向 GE 爭取以節省施工時程.

DCIS I/A Test Bed Configuration (如附圖五), 主體係以 Foxboro I/A System 為基礎, 將系統軟體程式 Load 至 Test Bed 測試比對邏輯, 測試功能, 逐系統有順序的測試, 發現有問題系統可依內設怎診斷程式診斷, 同時作修正建議供操作人員參考, 修正後新程式在 Test Bed 內部先自行測試, 完成測試之軟體再回 Load 至系統內。

硬體測試亦可經由 Test Bed 測試得知那一地方發生問題, 再由操作人員或維護人員隔離檢修保養。



1. 軟硬體要求 (Hardware and software requirement)

Test Bed 使用在核四儀控系統硬體上需配合下表所有相關儀控系統

Test Bed Hardware requirement

System Component	S/W Control/ Emulation	Interface GW/Protocol	Hardware
Foxboro I/A	FSIM	Gateway (Modbus, TCPIP)	AW, WP, Cabinets
GEIS	PC Trainer (or real system)	See MVD GEIS-DCIS	PC and one set of TMR GEIS
TG – MHI	TBD	TBD	TBD
RCIS – Hitachi	TBD	TBD	TBD
MVD GEIS-DCIS	NA	ANDS4895 GEDAC/TCPIP	(See MVD test platform)
MVD Eaton-DCIS	NA	SCRAM NET Scram Net/TCPIP	(See MVD test platform)
MVD NUMAC-DCIS	NA	ANDS4895 GEDAC/TCPIP	(See MVD test platform)
MVD NUMAC – GEIS	NA	ANDS4895 GEDAC/EGD	(See MVD test platform)
Eaton	TBD	See MVD GEIS-DCIS	TBD
Numac	TBD	See MVD GEIS-DCIS	TBD

軟硬體規格及數量系統：

\* A. DCIS Foxboro I/A 部分

1. HPS network system

Redundant 100M/1G Node Bus Switch System

Second Ethernet Switch System

2. CP Emulation Workstaton - FSIM Plus

Six (6) Foxboro I/A AW51E (19" LCD, remote mount)

Six (6) FSIM Plus software package

3. CP/FCM/FBM

Two (2) Redundant CP

Two (2) Redundant FCM

- Two FBM and TAs for each Type
- 4. Gateways
  - Two (2) redundant Ethernet Gateway
  - Two (2) redundant Modbus Gateway
- 5. Engineering Workstation
  - One (1) I/A AW51E for CP host (19" LCD, remote mount)
- 6. Test Bed Workstation
  - Two (2) I/A WP70 for operation test bed (Desktop with 19" LCD)
- \*B TMR- GEIS
  - One (1) GEIS PC Trainer to emulate FWC, SBPC, Recirc Flow, APR TR
- \*C TG-MHI
  - Interface Gateway to MHI TG control system
- \*D MVD for GEIS TMR to DCIS (TBD)
- \*E RCIS (TBD)
- \*F Test Bed Panels and Tables
  - One panel for four remote mounted AW51E workstations
  - One panel for three remote mounted AW51E workstations and PC Trainer
  - One panel for HPS switch, 2<sup>nd</sup> switch and two mounting structure
  - One panel for installing FCMs, FBMs and TAs
  - One panel for MVD and interface equipment to TG, RCIS etc.
- \*G EATON (Phase 2) (TBD)
- \*F NUMAC (Phase 2) (TBD)
- \*H DCIS I/A Test Bed Configuration
- \*請參閱 Test Bed 架構圖 (如附圖五)

在核四停復後衍生諸多問題，DCIS 系統亦嚴重受波及，DCIS 之 POST CONSTRUCTION TEST 要在緊鑼工期內完成各相嚴格測試，非借助高科技之輔助測試工具，DCIS 要如期完成至可使用地步其困難度是相當的挑戰性；雖與 GE 合約內未有此類測試設備之提供，但如工程確實需要，應可考慮向廠家採購，以利工程進行。

(五) EATON 公司參訪：

EATON 公司位於 Connecticut Danbury 小鎮 由 Boston 開車前往需 3.5 小時，該公司主要的服務對象大部份為核能安全有關控制設備系統，如美國海軍核子潛艇、核子航空母艦及各核能電廠反應器控制系統的主要技術提供者，該公司因係國防及核能電廠之核反應爐控制設備系統的製造公司，因其為核能及國防的安全雙重關係；人員進出該公司需做較嚴格人員安全管制措施，再經 911 事件後據該公司表示聯邦政府要求該公司提高安全管制措施，故其管控更趨嚴格。

EATON 公司現與其他公司合併改名為 DRS，目前主要生產及服務沒多大之改變，EATON 公司為龍門計劃（核四工程）中 GE 的下包，其主要提供設備為反應器控制設備之安全有關係統。EATON 提供核四控制系統之基本架構係依 2000 年 8 月 15 日送 GE 審核後所建構的，由於經過停復工關係及 GE 所提供之 DATA INPUT 尚未定下來且上隨時在變，所以到廠拜訪時 EATON 的 Project Manager Mr. David A. Kulp 提到目前所遭遇到的問題及困難點，主要在 GE 未能定下 DATA INPUT 及是否採用 Single Train or Dual Train 遲遲不給答覆，故該公司未能建構完整的系統並發展出完整及最終圖面。

(A) 在 EATON 參訪時與下列人員見面會談：

1. Mr. David A. Kalp Project Manager
2. Mr. Rafael Gonzalez Sr Program Manage
3. Mr. Ned McGarty Contract Administrator
4. Mr. Thomas R. Kannass After market Services
5. Mr. Victor Silva Senior Project Engineer

本次來此所見的人員均為本公司龍門計畫有關工作之重要成員，所

提供資訊相當中肯，該公司可以做到的既答應可以，沒把握的項目不輕易答應。

(B) EATON 提供詳細控制系統資料：

由於工地目前 EATON 控制系統資料相當缺乏，藉由此次造訪希望 EATON 能提供詳細控制系統資料，如系統架構圖、盤面圖、控制卡片相關資料、施工前後該注意事項、控制電纜、光纖電纜、DATA HIGH WAY、GATE WAY、等圖說或說明書相關資料，可供本人一併攜回，或直接寄送回公司，但 Mr. David A.Kulp 表示其中各主要架構圖面已在前年(2000)送 TPC 及 GE 審核，由於 GE Input Data 還未做決定，所以其架構及圖面未有任何新版圖面，故無法提供更新圖面，僅表示施工用的圖面如外觀尺寸有變化再另行送 GE 轉 TPC。所以至 EATON 與其人員會談後並未獲新的圖面或其他方面資料。

(C) EATON 設備在施工後之 post construction Test：

在目前 GE 所提供 Spec.74.220 內描述有關 EATON 系統如何作 construction Test，僅概略描述未有任何詳細內容，因 EATON 所提供設備均安全有關係統如依 Reg.guide1.68 或 IEEE7.-4.3.2 所述作 TEST，似嫌模糊。因有關安全等級之 TEST 是否仍需加強則有待要求 GE 協助提供資訊。或再請 EATON 提供在此方面 EATON 應該有的測試程序 (Test procedure)、Regulation 內重要要求，又 EATON 在其他廠所做過之 TEST，EATON 亦應可提供相關資料供我方參考，此仍相當重要，但此次不得門而入，公司需設法解決否則將來可能是個大問題。

在 post construction TEST 之 issue 方面，EATON 則另有建議 TPC 能儘速安排將來維護 EATON 系統有關人員，含 operator、maintains people 到 Danbury EATON 公司做為期 3-4 個月之密集訓練，能在

EATON 設備送到工地時，負責 EATON 系統的人員完成訓練，回國後可直接上線做安裝 TEST 等方面之工作。運轉人員對系統之了解和有助於該系統之 Pre-Operation, Start-Up and 整個系統移交。

EATON 以韓國陽光廠（核能電廠）購買 EATON 之設備為例：其設備較與龍門計劃相似，但較簡單。韓國總共派運轉、維護共 10 名人員在 EATON 參與各項工作，回國後直接投入工作，故對陽光廠安裝及試車有相當大的助益。EATON 亦提到希望技術本土化，人員本土化，否則 EATON 人員到廠協助安裝測試，一但 EATON 人員撤回國可能一切會停擺。此點相信我們 TPC 需更積極的態度來完成。現在開始找人選待明年三四月 EATON 主要工作開始，先把資料先送本公司讓受訓人員在家研讀，再待 EATON 通知後來美參加訓練。在設開始 packing 起運，既回國繼續參與後續工作。

#### (D) EATON 工廠參訪

硬體設備：EATON 依 2000 年 GE 之資所建構系統，其箱體依安全有關及 seismic 等級已完成箱體設計，並在工廠內依法規作部分研究測試，內部結構與在 740.220.所附之基本參考圖相同，箱體分前後兩個部份，前面插入之 Rack，計有四層，每層可插 16-20 EATON 專用之卡片，且一卡片均有固定條碼位置可以較體方式建在 EPROM 內。故如經 TEST 爾後如卡片插錯槽則不會動作，自動偵測並送出信號。

後面則分成 U 型由上到下三面的接線盤，由於該方盤以 copper 線接在現場則以 cable（傳統）接到 terminal Board，該 terminal Board 放在一印刷電路連接 connector 上，固現場在接線 cable 後，僅需將 prefabricated cable connector 連接上 connector 及另一端接到前面 pc board 之前端 connector 即可完成。

在防 EMI 干擾方面，EATON 均依 code 完成必要的設備以連接至接地系統。在整體硬體外觀看來與我們現有核能電廠 EATON 提供設

備相當相似。但依 Mr. David A.Kulp 所言，目前數位化後在功能及自我偵錯、系統監視、傳輸上功能提高相當的多，系統可靠及穩定性是無庸置疑的。

#### (六) Millstone Nuclear Power Station 參訪：

Millstone Nuclear Power Station 位 Connecticut Waterford 小鎮靠大西洋岸的發電廠，周圍環境優美，在其電場西邊對岸為 sure beads，儘是一些高級渡假別墅區，電廠為景觀配置也費了相當心思來配合，使建築物不覺得突兀。

此電廠共三部機，第一部機為 CE 反應爐發電機容量 650 MW，第二部機為 GE BWR 反應爐發電機容量 850 MW，第三部機為 WH PWR 反應爐電機容量 1200MW 由於時間關係僅參觀第三部機 WH PWR 機組控制室及 EATON, Foxboro 設備。

該廠三部機組，如下表所示：

機 組	UNIT 1	UNIT 2	UNIT 3
Reactor( 供應商 )	CE	GE ( BWR )	WH ( PWR )
T/G ( 供應商 )	GE	GE	GE
容量 ( MW )	680MW	850MW	1200MW
運轉情況	停待機	運轉中	運轉中

赴 Millstone Nuclear Power Station 係經 Foxboro 協助，參訪該核能發電廠須在兩星期前提出申請，須檢送 ID 卡或護照詳細資料，經審核通過後再通知前往，進入該廠外圍主警衛即需驗 ID 卡，護照及通關全身檢驗，真如臨大敵，據電廠說明係 911 事件後所有核能電廠安措施均如此。

由於申請到主控制室及電子設備控制室，電腦室，均是電廠非常敏感

地帶，故在申請通關時，特別的嚴格，且需特別再申請一專用 key，才能開門通關且需跟隨帶領人進入。

參觀僅限於 UNIT 3 控制室、電子室、電腦室及安裝安全有關設備之電子室。UNIT 3 屬壓水式，在 1986 完成運轉，由於其施工設計等亦近十三、四年，故其型式大約與核三機組同一時代產生物，主控制室控制亦分成三個型，最裡面主控制盤均為傳統式的開關控制盤，上有 Analog 指針式儀表，操作盤為按鈕或把手開關，與我們傳統電廠相當一樣，其電腦系統做記錄分析、監視，並無控制功能。最近 Foxboro 公司該電廠 UNIT 3 T/G 部裝設一套 I/A 系統以監視發電機 stator RTD 溫度，Bearing Temp 及 Gen 系統各相關溫度、壓力等之監視系統用以分析發電機之運轉情況。同時亦監視 Turbine 各部份之 Temp、偏心、位移等高低壓汽機之動態情況資料，並同時分析供運轉加載、降載的重要參考資料。由此 I/A 系統盤既可容易取得並了解狀況，其內設備與龍門 I/A 系統有點相似。在運轉中特別開啟供本人參觀並照相。

該電廠亦有 EATON 之控制盤，但在運轉中不准開啟，均能由外觀參觀而已。主要參訪為安全有關且 seismic 箱盤，其安裝地區均為 seismic 之房子。故所有設備安裝含天花板上之燈具通風管均需使用 seismic 之標準安裝施工。

參觀完控制室到汽機發電機房參觀，並參觀 T/G 各樓層安裝的設備經過長時間運轉後，其情況相當的良好。全廠的 House Keeping 相當好，不管管子上上下下，各牆角、牆面均找不到有一點飛塵，即他們所說的核能電廠的基本要求條件。

## (七) Foxboro I/A 工廠參訪:

Foxboro 在龍門計劃中於 East Bridgewater Foxmass 設立龍門專案辦公室及組裝工廠，Foxmass 負責 DCIS 架構 軟體發展，系統主要組件,零件均送到此組裝,但其主要組件零件還是在 Foxboro Town 之 Foxboro I/A 工廠生產，工廠參訪主要項在 I/A System 設備組件生產,測試,各模組組裝測試，該工廠高自動化生產工廠，有由素材開始到零組件成品生產線，由零組件組合成單體模組，由單體模組組合成控制箱盤體，再擴成整體控制系統。每一產品均經嚴格過一系列嚴格測試才能出廠，核四 DCIS 的 I/A 系列設備既在此生產。

## 二：聖荷西(SAN JOSE) GE 公司

### (一) 模擬器現場試驗前會議：

模擬器實體組裝完成置於工廠內正忙檢查設備試裝情形並準備再兩三週後本公司人員到此作 FDT，本人於 10/23 由波士頓 (BOSTON) 搭機至此已下午 3：20，辦理完出入手續後，即在 GE 參加模擬器一個星期之工作進度會議，目前大部份模擬器之硬體均完成，亦組裝於工廠內實體裝設及備置接線均以將來送至核四工地安裝後之實體情況安裝妥當。並進行各部份軟體 Load，及此對與實際合約要求是否有符合，及為配合下月 (11 月) 本公司將派人至 San Jose 做 FAT 及各項驗證工作進行本次會議中討論主要項目如下：。

1. 硬體部份需配合更改的部份
2. 軟體測試結果：STN 與 Foxboro 無法相互聯繫溝通及功能不完全或無法執行程式，找出解決方式。
3. 設定在 11 月 11 日能讓 TPC 人員進行測試各種功能
4. 測試項目之 LIST 比對及確認



(二) 74.0220 及 74.0240. 施工規範討論：

(A)：本公司所審核意見 GE 公司未完成部份，無法供工地招標使用之資料，如圖面、Support I Beam、地板高度等，再與 Mr. Prter Holen 討論，解決 Appendix F 內所列 For Bidding Use 圖面何時可以送達工地。Mr. Prter Holen 承諾在 11 月 15 日前以一套 CD 及一組圖面 Hard Copy 送抵工地。

(B)：光纖電纜接頭數量之討論：目前核四廠所用光纜接頭種類達六種，數量樣式均未確定，且每次所提供之資料差異相當大，由於光纜接頭材料、施工費用不便宜，數量樣式多未確定，對招標作業金額影響甚巨，要求 GE 能在 11 月 15 日前將確實資料送 TPC，供龍門施工處發包作業使用，經幾翻討論 GE 有條件同意，先檢討 DCIS 整個系統光纖電纜接頭數量樣式兩三週後 GE 公司再正函知本公司。

(C)：GE 所提供之英文施工規範 31113.74.0220 第五章 Construction Test 之討論：

龍門施工處目前要求得標廠商在施工及試驗之工作內容詳係依 GE 所提供之英文施工規範 31113.74.0220 第五章所述規定施作，執行之工作尚需包含 GE 施工規範 31113.74.0220 第 1.1 節所述之工程範圍。施工及試驗之程序及項目內容大致如下：

- (1)· 設備電力加壓前，安排適當的 HVAC(永久性或暫時性)以保持盤面合適之溫、濕度。
- (2)· 安排適當的電源迴路(同一迴路不可同時有馬達、焊接等負載)提供設備加壓。確認電壓等級、頻率符合設備規格。
- (3)· 根據設備廠商說明書之規定，連接因運送而拆除之盤與盤間接線，並確認其導通正常。

- (4) · 設定CP ( control processor )、FBM及介面盤之backplanes switches在適當位置。。
- (5) · 安裝模組及卡片，應注意周遭焊接、打磨及噴漆塗裝等會產生粉塵飛揚之工作已完成方可進行。
- (6) · 安裝 workstations, printer, displays, alarm boxes, large variable displays及mimic。
- (7) · 檢查連接至各盤之電源線及電源系統並確認合乎相關規定。確認各盤面儀控接地及設備接地均連接妥當。送電後應檢查盤內是否有冒煙、過熱等不正常現象。
- (8) · 當盤內元件已安裝妥當，進行盤內儀控電纜接線佈線時，應密切留意外線進入之路徑及佈線空間。
- (9) · 當接線至MCC或swichgear時應確認MCC或switchgear之控制開關是在“Local”控制狀態。
- (10) · 確認各盤間之光纖電纜、乙太網路、銅導線電纜均已連接完成，以利後續測試工作進行。
- (11) · 當各盤面間之網路系統架構足夠完整以支持測試時，載入適當的硬體及邏輯配置表至CP ( control processor )，並確認CP/FBM硬體之配置以及安裝的CP邏輯正確無誤。啟動CP確認與所有相關之FBM間之通訊正常，通常藉由設備自我偵測即可達成。
- (12) · EATON 區環狀網路完成後，確認盤面及卡片正確安裝及盤面之間的通訊正常，通常藉由盤內卡片自我偵測即可達成。
- (13) · 確認控制盤面任一電源/任一光纖通訊中斷時盤內設備仍

能正常運作，並確認有適當的自我診斷訊息。

(14)·藉由從現場感測設備輸入模擬之開關訊號或至少90%掃描範圍的類比訊號，確認控制室顯示器上之反應、狀態變化及工程單位正確無誤，以驗證所有輸出/入電纜之接續完整及訊號對應正常。如有不正常之顯示反應，應有紀錄留存並再度驗證訊號連續及正確對應。

(15)·不同的介面盤安裝完成後，確認所有data link訊號正確無誤，與data link訊號來源設備廠家代表配合進行；藉由驗證各設備訊號通訊無誤來驗證data link及databases訊號在控制室顯示器上顯示反應正常。如有不正常之顯示反應，應有紀錄留存並再度驗證其訊號連續及正確對應。

由於GE所提供之英文施工規範31113.74.0220 在第五章中 Construction Test中所述 (The Contractor shall perform the defined scope of construction tests. The completion criteria of construction test is the readiness for preoperational and start up test as defined in Reg Guide 1.68.)，僅為概略陳述Post-Construction Test 輪廓，雖規範中有列一些相關的Code 規定要求，如Regulatory Guide 1.68 等等。在整個核四廠 DCIS 主要之儀控系統如下：

- 1.EATON 之 SSLC/ESF 系統
- 2.GE NUMAC 之 SSLC/RTIF 系統及 NMS 系統
- 3 · Hitachi 之 RCIS 系統
- 4 · Triconex 三重控制器之 APR、RFC、FWC 系統
- 5 · GEIS 之三重控制器 SBPC 系統
- 6 · MHI 之汽機控制系統
- 7 · Hitachi 之廢料控制系統

8. 可程式控制器

9. 和 Foxboro 之分散式控制和資訊系統(DCIS)來整合全廠之儀控網路，並執行廠用電腦功能。

10. 光纖電纜系統

在未到 GE 之前先到 Foxboro 研習安裝施工測試機本概念，來此再與 GE 討論 74.0220 施工規範，發現 GE 所提供之 74.0220 規範所述實在太過於簡略，如上述基本 11 大項未見細述或相關文件資料在 Spec.74.0220 內，僅隨便應付一下而已似乎太不負責了。雖然如此抱怨 GE 到底還是龍門計畫主要合約廠商，而且該公司相信還是相當有經驗之公司，在討論當時還希望 GE 能為整體核四 DCIS 控制系統考量，以 GE 過去豐富經驗能再提供更充分資料供本公司參考使用。

(D) 模擬器規範 74.0240 討論：

模擬器安裝規範 74.0240 部份未修改正確及缺欠圖說之討論，要求 GE 能在十月底全部修妥工地能在十一月中旬收到完整規範及圖面。最基本項目為下列四項：

A. For bidding 圖面提供。

B. I-Beam Type 及高架地板高度 GE 在討論後同意修改相圖面。

C. 模擬器設備運至工地時程之確定。

D. 模擬器設備安裝規範 Final 版。

(三) 觀摩核四廠模擬訓練中心設備安裝測試

龍門模擬器架構說明：龍門(核能四廠)模擬器由 GE 總包，軟體部份則由 STN ATLAS 負責，另加上 FOXBORO 的人機介面(MMI)系統，TCN 的爐心軟體以及 GE 的核儀系統(NUMAC)等。目前 STN ATLAS

模擬器軟體乃建構在 DEC ALPHA 伺服器，此模擬器主機有三個 CPU，一個用來做爐心模擬軟體運算，一個用來做流程及儀控模擬軟體運算，一個用來做作業系統控制及介面管理。經由兩條高速以太網路，一條連接教室的工作站及講師台的個人電腦，一條連接 FOXBORO 的 MMI/PCS 及 GE 的 NUMAC 等，並以 FDDI 光纖和 VME 盤面輸入/輸出 (Panel I/O)系統連接主控盤、遙控停機盤等,其架構(Configuration)如圖六: 模擬器系統架構圖

核四模擬器訓練中心控制室已在GE 的San Jose 工廠實際組裝完成並正在進行各項測試，核四模擬器訓練中心控制室照片如附圖八

#### (A) 龍門模擬器軟體介紹

龍門模擬器軟體主要由 STN ATLAS 公司發展，如圖七所示，分成模組軟體(Model)和非模組軟體(Non-Model)，而模組軟體又分為流程模擬軟體 (Process Model)、儀控模擬軟體 (C&I Model) 及爐心模擬軟體(Core Model)。流程模擬軟體以GRIPS為主，儀控模擬軟體以LIDO為主，爐心模擬軟體則以TRAC及NEMO為主。非模組軟體主要為系統控制和記憶體管理等。其主要項目有：

- 1.系統流程電腦輔助設計繪圖工具 (GRIPS)
- 2.儀控邏輯電腦輔助設計繪圖工具 (LIDO)
- 3.3-D 反應爐和蒸汽系統動態模型 (TRACS)
- 4.進步型講師操作台
- 5.FOXBORO DCIS (MMI/PCS) 模擬
- 6.VME I/O 系統的介面
- 7.室內照明和聲音模擬
- 8.教室設施

(B) 模擬器軟硬體平台介紹

發展模擬器軟體所須之軟硬體平台如下所示:

1. 硬體平台:

模擬器主機 --- DEC Alpha Server 4100 5/533

512 MB RAM, 64 Bit RISC Processor, DEC 21164, EV5

3 x CPU, scalable to 4 CPU's

533 MHz Clock Rate

1,1 GB/s System Bus

12 GB HDD (1 x 4,0; 1 x 8,3)

2 x Fast Ethernet Controller

1 x FDDI Controller

DEC UNIX 4.0 Operating System

17" Monitor, Keyboard, Mouse

講師操作台 --- DEC Alpha Personnel Workstation 433 au

433 MHz, 256 MB RAM, 64 Bit RISC Processor, DEC 21164, EV5

12,3 GB HDD (1 x 4,0; 1 x 8,3)

1 x Fast Ethernet Controller

2 x 21" Graphic Monitor

Keyboard, Mouse

DEC UNIX 4.0D Operating System

周邊設備:

Instructor Station

Laser Printer

Hardcopy Printer

Control and Classroom Displays

SW Maintenance PC

Sound Simulation PC

區域網路(LAN)

Dual Speed Fast Ethernet Hub-Switch 10 Ports

100/10T Mbit/s auto sensing per port

LAN 1 - Communication between Simulation Computer <-> AIS

LAN 2 - Interface between simulation computer <-> DCIS

電廠動態模擬伺服器 --- DEC Alpha Server DS 20 6/500

500 MHz , 256 MB RAM, 64 Bit RISC Processor 21264 EV6

13.4 GB HDD (1 x 4,3; 1 x 9,1)

1 x Fast Ethernet Controller

1 x 21" Graphic Monitor, Keyboard, Mouse

DEC UNIX 4.0F Operating System

軟體平台:

STN ATLAS 模擬器控制軟體

STN ATLAS 講師台軟體

STN ATLAS 軟體發展系統 - *SEMS*

系統流程模式(Process Models) 軟體工具:

- Nuclear Island *TRAC, GRIPS*

- Turbine Island *GRIPS*

儀控邏輯模式(C&I Models) 軟體工具:

- GE - NUMAC / Mark-6 *LIDO\**

- Foxboro I/A *LIDO\**

- Hitachi RC&IS *LIDO\**

- Mitsubishi Turbine Control *LIDO*

\* = LIDO coding via translation tool

Foxboro DCIS (MMI/PCS) 系統的激擬

- 介面軟體 (TCP/IP, Foxboro API)

傳統 Panel-I/O via VME 介面的模擬

- Wide Display (WDP) and Main Control Panel (MCP)

遙控停機系統 (RSS) 盤面

控制室照明和聲音模擬

其他軟體有:

DEC UNIX 4.0 D/F、LINUX、Windows NT

DEC C/C++、DEC FORTRAN、Empress RDB

Data Views、X-Win 32 MS、Office 97

\* 模擬器軟體結構圖請參閱附圖七



## 肆 心得與感想

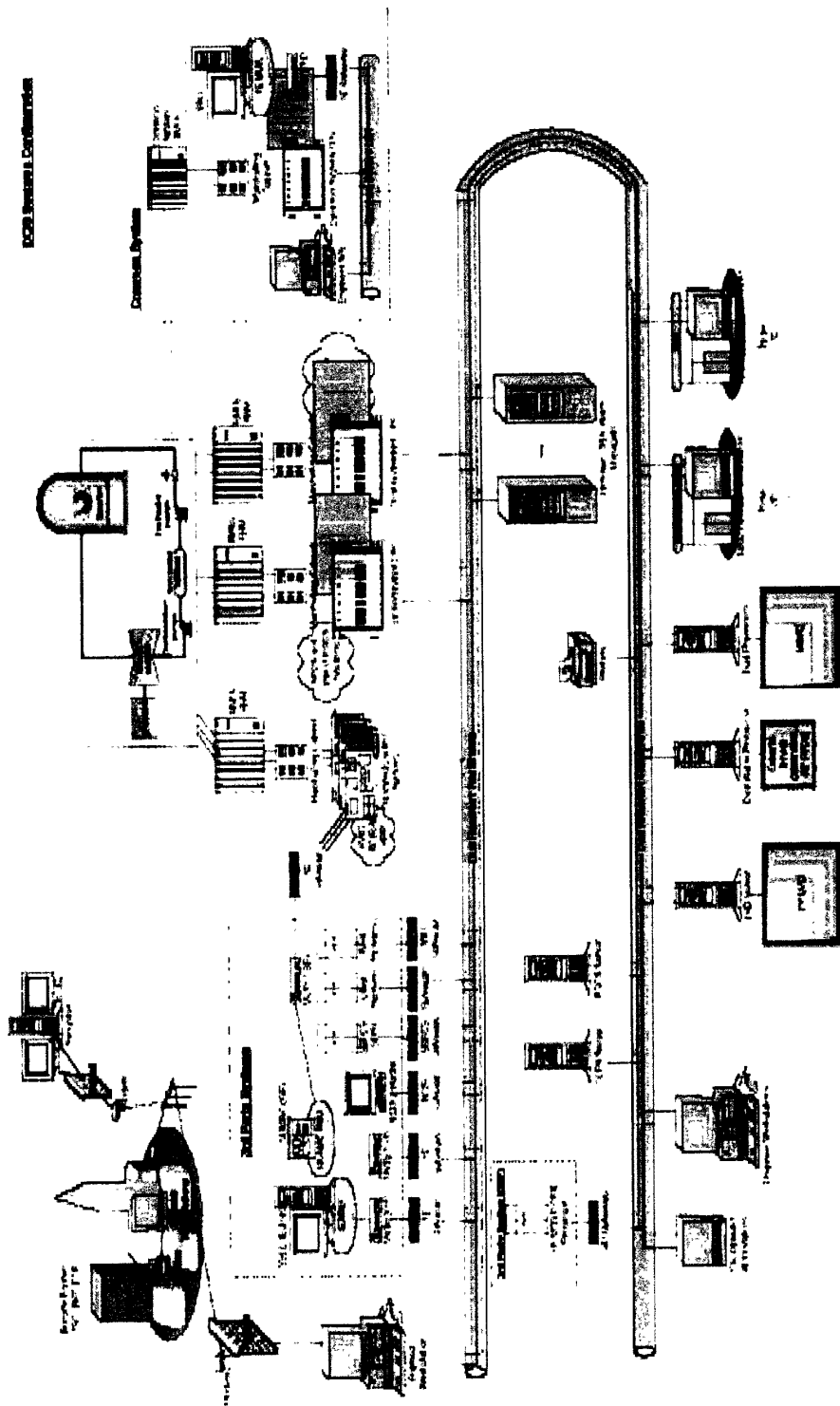
核四DCIS系統係使用新的數位控制方式，而且將整廠數位化，透過光纖網路連結全廠所有各子控制系統，完全脫離傳統控制模式概念，新觀念新技術整合成全新全數位化核能廠新控制系統，在以前的電廠控制系統可邊作邊修改邊調整，但新的DCIS系統應用在核能電廠需依各核能法規，先完成各項試驗並完成驗證才能上線控制作業，故在DCIS安裝施工完成前，幾乎其他系統無法進行進一步的試運轉或試驗，故所有在從事核四工程之DCIS儀控系統工作人員無不戰戰兢兢，如履薄冰，仔細再仔細檢查每一過程及細節，讓每一環節均安全可靠沒問題才放手，這就是核安文化的寫照吧！

龍門計劃（核四工程）是個 TEAM WORK，團隊的每個人均有『同心協力為龍門，我們一定會成功』的信念，核四一定會如期安全順利發電是無庸置疑的。

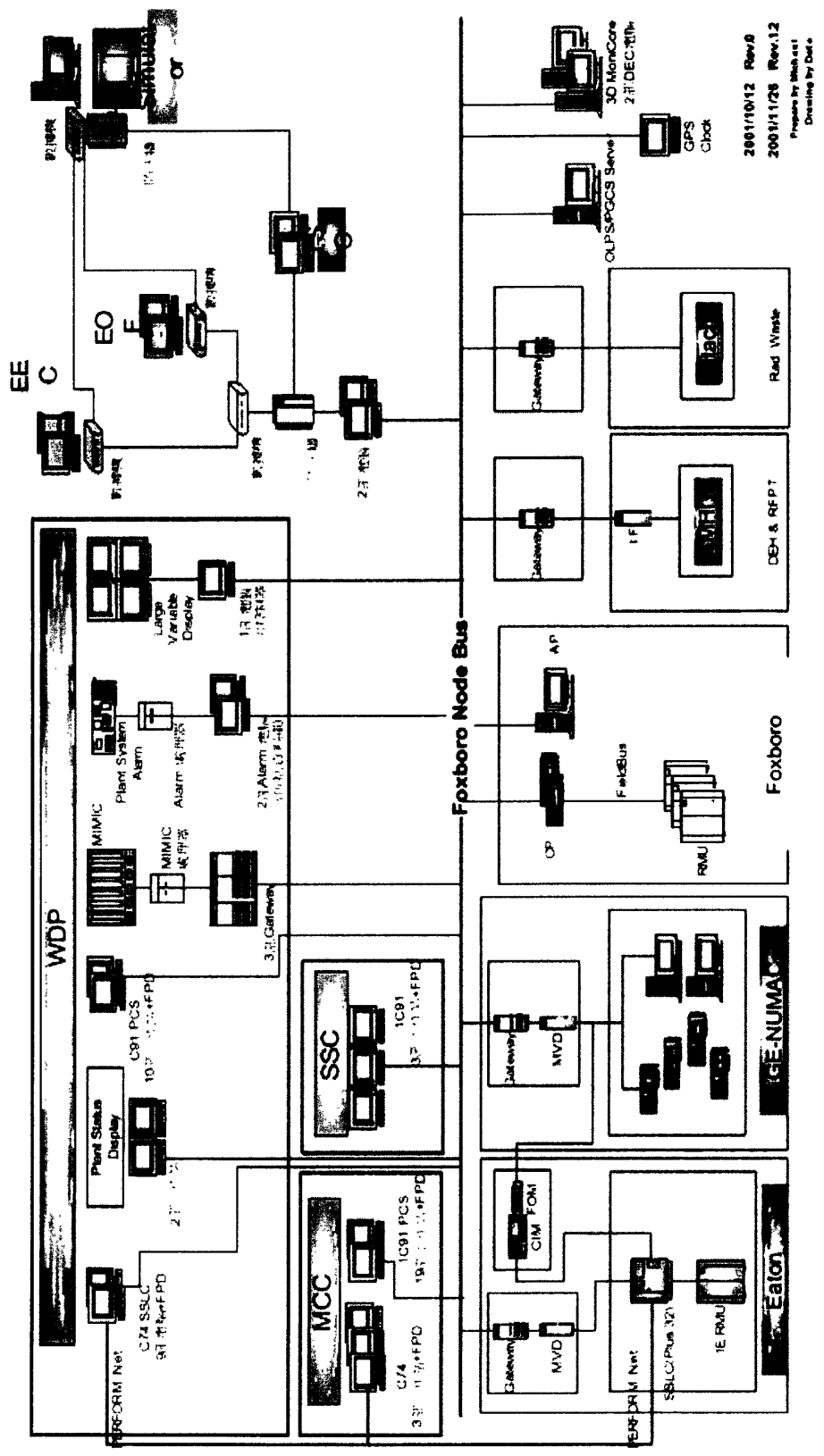
## 五 討論與建議：

全新全數位化的 DCIS 應用在整廠核能控制系統上，本公司迄今尚未有如此大之DCIS系統使用在整廠控制上，施工人員在DCIS試驗之經驗尚嫌不足，技術上亦恐較生疏，石威(S/W)公司及GE公司對DCIS之施工試驗的相關文件又著墨甚少，在此情況下應聘請對整廠DCIS試驗較有經驗的顧問公司來協助整體規劃、指導試驗，以工程進行順利完成。

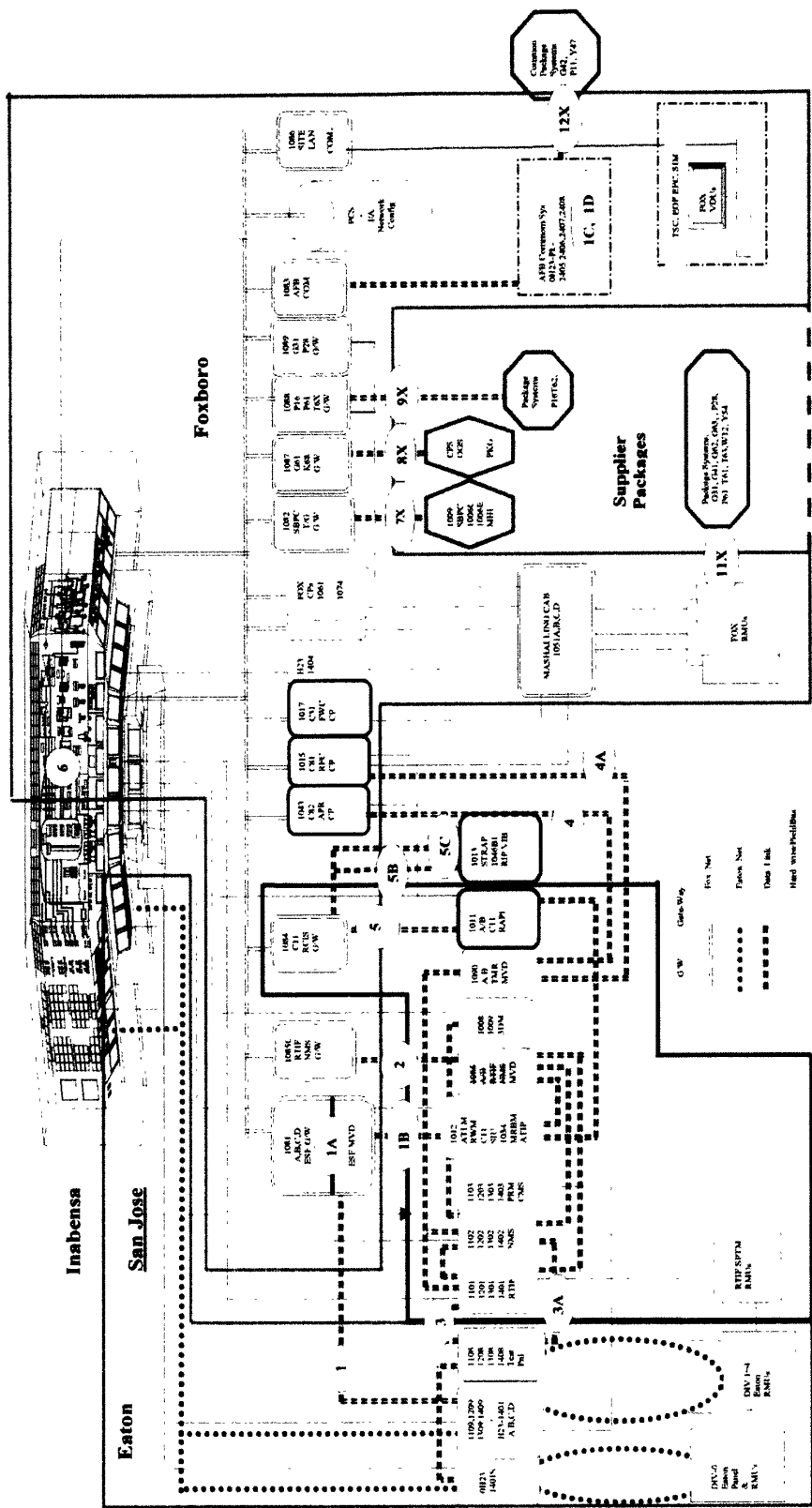
派赴國外研習之出國差旅費，依目前規定核給之費用實在不夠用，研習人員為生活而煩惱，恐難安下心來認真學習，對公司對個人將是一個負面的影響，建議調至未打折合理範圍，讓研習人員無後顧之憂才能認真學習，回國後才能發揮所學貢獻公司。

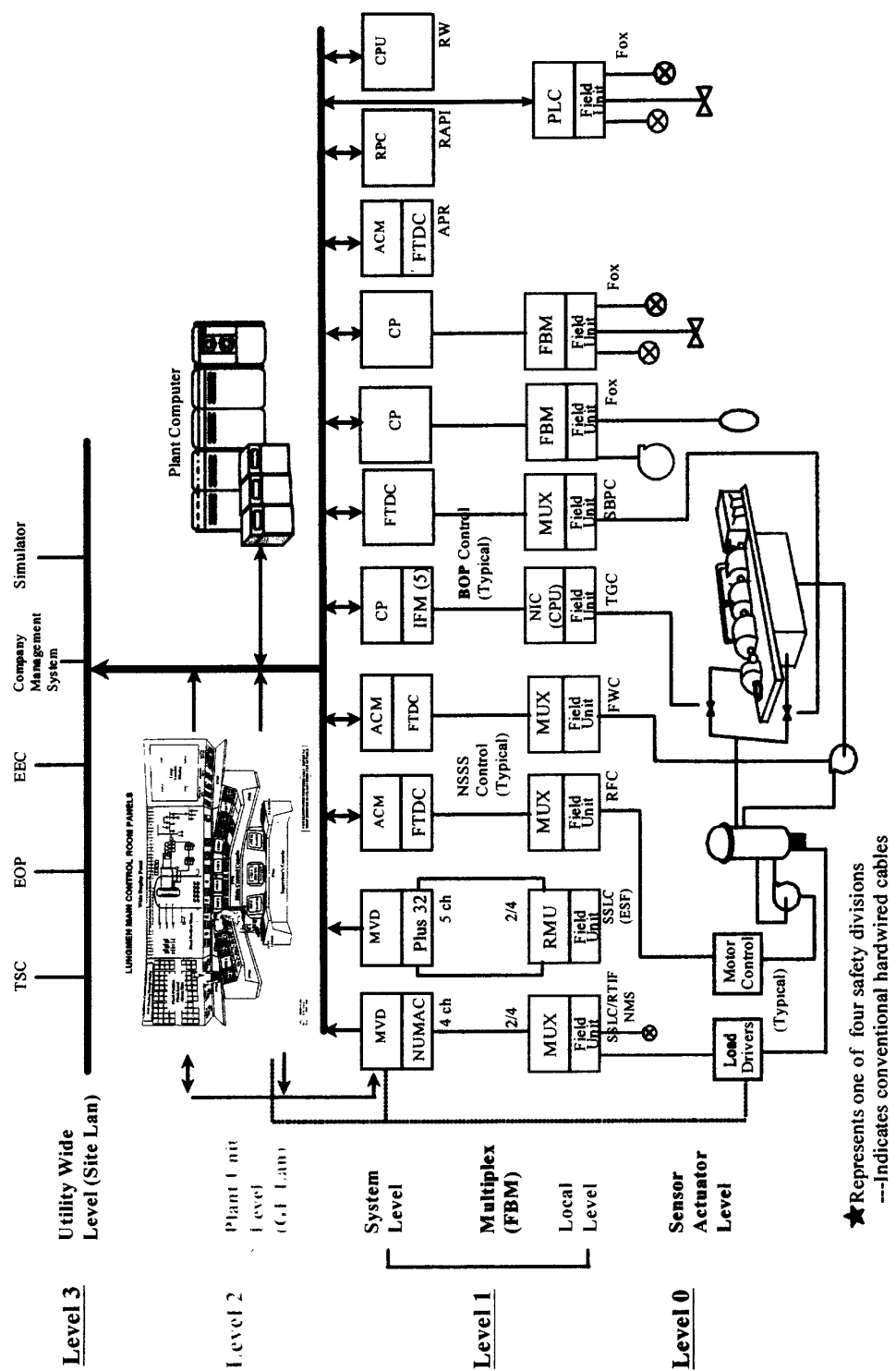


附圖一、核四廠儀控架構圖



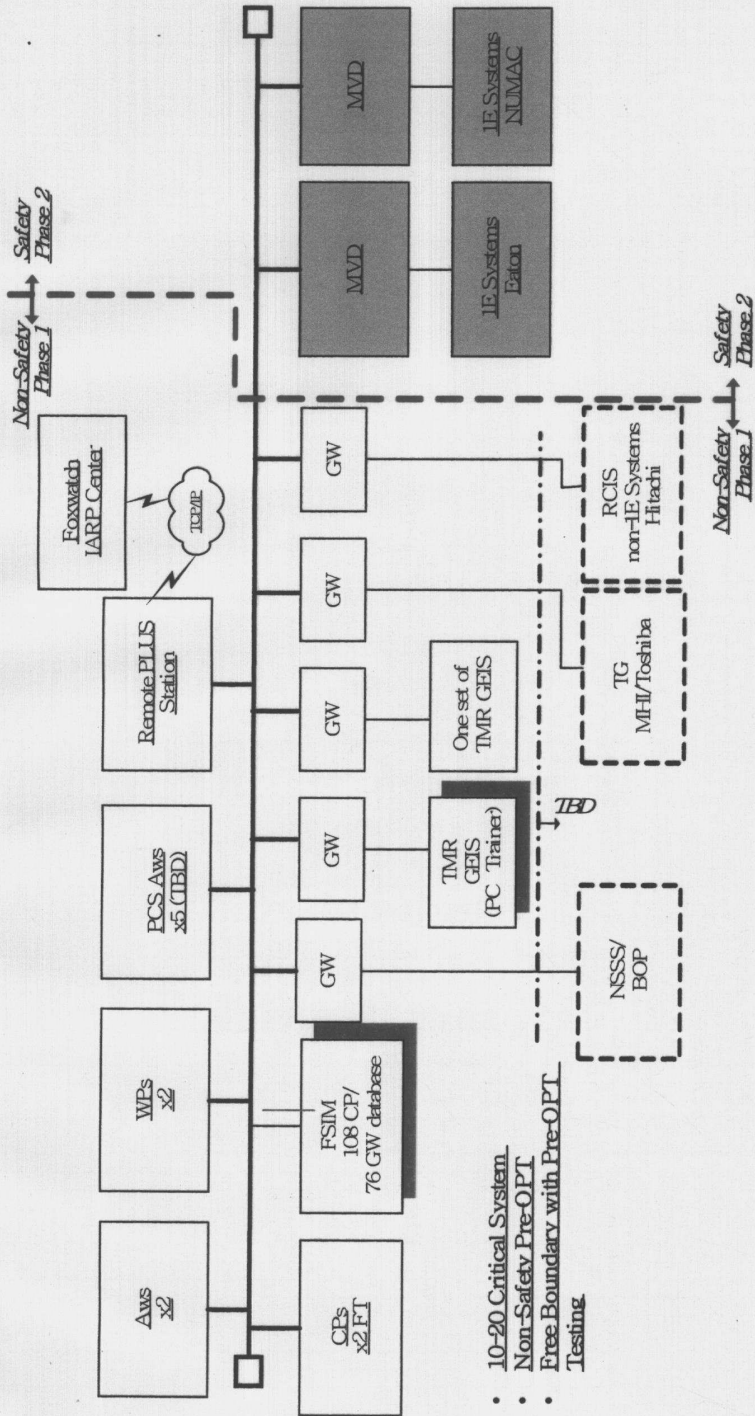
附圖二、核四廠整廠DCIS架構圖





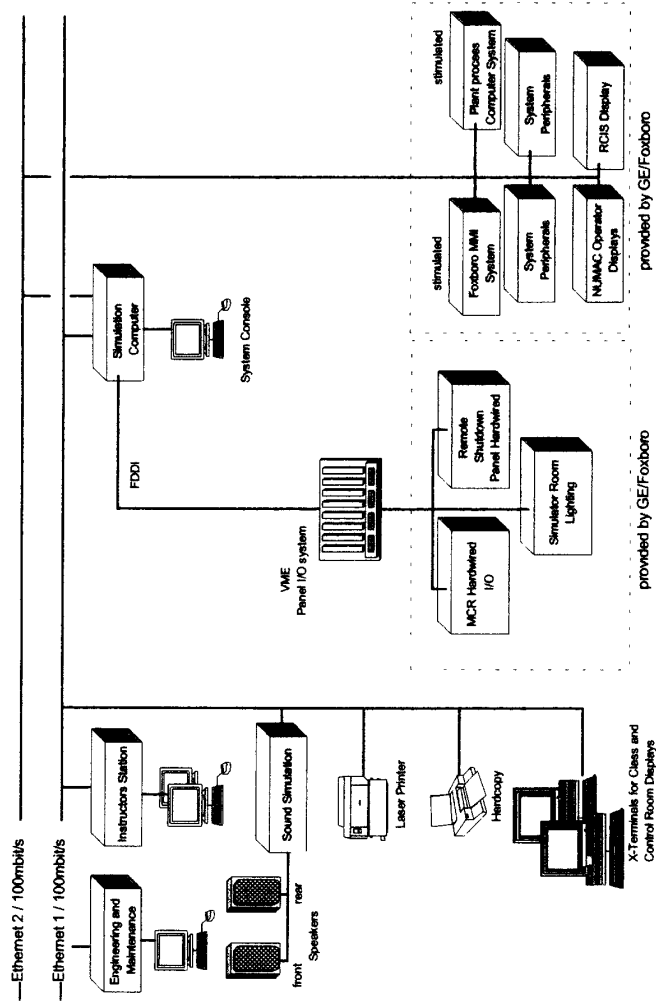
附圖四、核四廠儀控及DCIS升位圖

# DCIS IA TEST BED CONFIGURATION



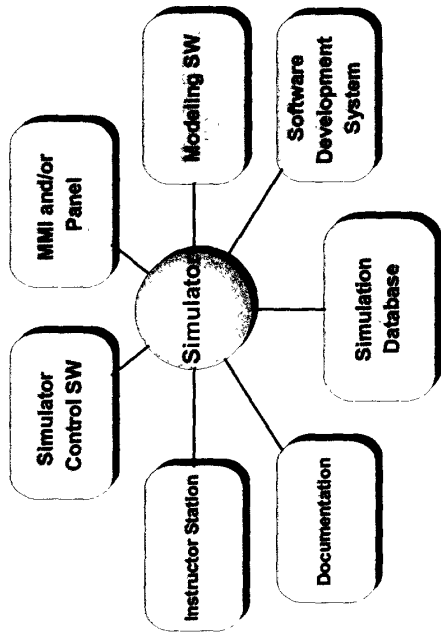
- 10-20 Critical System
- Non-Safety Pre-OPT
- Free Boundary with Pre-OPT Testing

附圖五、Test Bed 架構圖

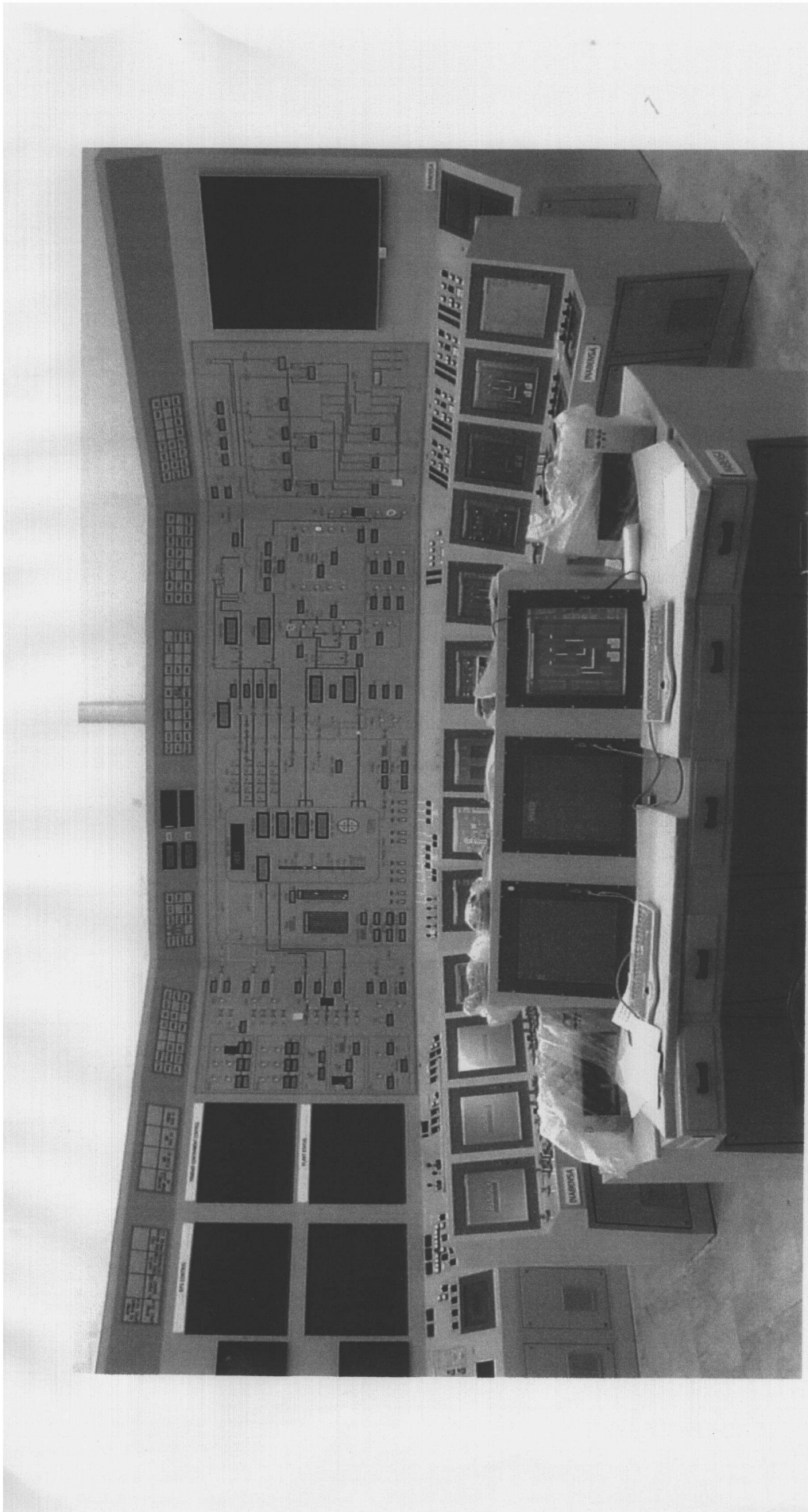


圖六、模擬器系統架構圖





圖七、模擬器軟體結構圖



附圖八 模擬器訓練中心主控制室實際組裝完成照片