

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

龍門計畫新建核電廠

儀控光纖網路施工整合測試技術

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：簡建成

出國地區：日本

出國期間：91.6.24~91.7.23

報告日期：91.8.13

出國計畫：91年度第232號

93/
C09102646

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：龍門計畫新建核電廠儀控光纖網路施工整合測試技術

頁數 80 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

簡建成/台灣電力公司/龍門施工處/儀電工程監/(02)24902401 ext. 2360

出國類別：☐1 考察☐2 進修☐3 研究☒4 實習☐5 其他

出國期間：91. 6. 24~91. 7. 23

出國地區：日本

報告日期：91. 8. 13

分類號/目

關鍵詞：光纖網路、控制棒控制及資訊系統、廢料處理等儀控系統、汽機儀控系統、FMCRD、RCIS、DCIS、NEMS、PCS、APR、DOI、T/G Network、Maintenance Network、Control Network、Cyclical Check Counter、Data Memory Access、Ethernet、UTP、HPWPS、LPWPS、DWPS、RTB、Core、Cladding、dB、dBm、光功率器、光時域反射器、濱岡核電廠、大飯核電廠

內容摘要：(二百至三百字)

龍門計劃中三菱公司提供之汽機儀控系統及日立公司負責之控制棒控制及資訊系統、廢料處理儀控系統等均採用先進之數位化光纖網路為其資料傳輸之架構，藉以控制相關設備並蒐集現場資料加以分析處理，故光纖網路設備施工安裝之良窳，以及施工後各項整合試驗之成功與否，皆與日後機組運轉之可靠度有密切關係；整體而言，就設計理念方面，日本與美國公司因法規、國情因素，儀器控制架構有些許差異，但就施工方面而言，器材之儲存、保護，軟體、硬體安裝等均應由合格人員按正確施工程序為之；此項研習除了議題討論外，還安排參訪施工中的濱岡核電廠五號機及大飯核電廠，目睹 RPV 吊裝工作順利進行和控制設備運轉前保護方式之周到，印象深刻且感動不已。身為建廠施工人員非常珍惜此項研習，僅將所學所見做成報告，期能對日後光纖網路施工試驗之規劃與執行有所幫助，以確保施工品質且有利工程進度之推展。

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

目 錄

	頁次
壹、 國外公務之內容與過程	2
1.1 前言	2
1.2 行程、工作內容及地點	3
貳、 國外公務之心得與感想	4
2.1 三菱公司汽機儀控系統	4
2.2 日立公司控制棒控制及資訊系統	10
2.3 日立公司放射性廢料處理儀控系統	21
2.4 光纖網路系統	28
參、 出國期間所遭遇之困難與特殊事項	42
肆、 對本公司之具體建議	44
圖次	46
表次	64

壹、國外公務之內容與過程

1.1 前言

職奉派前往日本東京、神戶兩地研習，於民國九十一年六月二十四日至七月二十三日共三十日，承日立及三菱在台分公司負責聯絡安排，行程均按照核定計畫實施，研習期間日立及三菱公司相關人員均親切接待，對職準備的議題知無不言且詳細說明，故此項研習得以順利完成。

龍門計劃中三菱公司提供之汽機儀控系統及日立公司負責之控制棒控制及資訊系統、廢料處理儀控系統等均採用先進之數位化光纖網路為其資料傳輸之架構，藉以控制相關設備並蒐集現場資料加以分析處理，故光纖網路設備施工安裝之良窳，以及施工後各項整合試驗之成功與否，皆與日後機組運轉之可靠度有密切關係；整體而言，就設計理念方面，日本與美國公司因法規、國情因素，儀器控制架構有些許差異，但就施工方面而言，器材之儲存、保護，軟體、硬體安裝等均應由合格人員按正確施工程序為之；此項研習除了議題討論外，還安排參訪施工中的濱岡核電廠五號機及大飯核電廠，目睹

RPV 吊裝工作順利進行和控制設備運轉前保護方式之周到，印象深刻且感動不已。身為建廠施工人員非常珍惜此項研習，僅將所學所見做成報告，期能對日後光纖網路施工試驗之規劃與執行有所幫助，以確保施工品質且有利工程進度之推展。

1.2 行程、工作內容及地點

起迄行程	工 作 內 容	工作地點	備註
910624	往 程		
910625 910713	控制棒控制及資訊系統、廢料處理等儀控系統光纖網路之設計理念和施工整合測試研習、參訪濱岡核電廠及日立工廠	日本/東京 日立公司	
910714 910722	汽機儀控系統光纖網路之設計理念和施工整合測試研習、參訪大飯核電廠	日本/神戶 三菱公司	
910723	返 程		

貳、國外公務之心得與感想

2.1 三菱公司汽機儀控系統

2.1.1 控制系統概述

三菱公司(MHI)提供主汽機、發電機及飼水泵汽機等設備以及這些設備相關的控制及保護裝置，其相關儀控系統架構如圖 1 所示，而整體架構以 T/G Network 為核心，所有的控制、保護、監視等信號大部份信號以數位信號方式送至 T/G Network，包括由現場儀器送來的信號及由控制室送出的控制指令等。除上述的數位信號外，如有傳遞時間限制之其他重要的信號另有硬接線連接，以確保信號可靠性。

MHI 提供主汽機、發電機及飼水泵汽機等設備的控制、保護及監視等功能分由不同的控制盤完成。各控制盤的輸入/輸出信號皆經由 T/G Network 傳輸。MHI 提供的控制盤面名稱縮寫及位置如附表 1 所示，可知大部分的控制盤皆位於控制廠房 Room 591，僅少數控制盤位於汽機廠房 TRIO 室內。

2.1.2 控制系統硬體架構

MHI 控制系統的硬體架構如圖 2 所示，基本上可分為

三層，說明如下

第一層為 Plant Process 層，由現場感測元件及致動器等所組成，本層是以硬接線將現場元件信號連接至第二層的 TRIO 盤或第三層的數位控制器/控制盤。

第二層為 T/G Local Network 層，本層主要設備為 TGSEC 盤及 TRIO 盤。以光纖連接位於汽機廠房的 TRIO 盤及位於控制廠房電腦室的 TGSEC 盤，其實際接線為各以 2 條 10 芯 Grade-Index 多模光纖分別連接 TGSEC1-TRIO1、TGSEC2-TRIO2、TGSEC3-TRIO3 的 System A 及 System B，共計使用 12 條 10 芯光纖；其中 TGSEC1-TRIO1 System A 及 System B 實際使用 10 芯通道，TGSEC2-TRIO2 System A 及 System B 各實際使用 6 芯通道，TGSEC3-TRIO3 System A 及 System B 各實際使用 10 芯通道，其餘未使用芯線則作為 Spare。

第三層是 T/G Network 層，TGSEC、MTC、FTC 等都是由數位控制器所組成的工作節點，各控制器間以 CAT 5 之 UTP 電纜連接成為雙重迴路的 Fast Ethernet 網路，所有的工作節點皆位於控制廠房 Room 591，各節點透過 Hub 與 IF 連接進行與 NSSS 的信號傳輸。

2.1.3 控制系統軟體架構

在 T/G Network 及核島區控制室 NSSS Network 間存在 Maintenance Network 及 Control Network 兩種，如圖 3 所示，各具有不同的功能，詳如下述

2.1.3.1 Maintenance Network

主要作為 T/G I/O Database 維護用，一般為 Off-line 使用。當系統狀態改變時，由 Operator 經由 NSSS AW 提出 Request，再經由 Maintenance Network 將 T/G I/O Database 經由 TGES 存檔於資料儲存裝置中。預計資料容量約為 2M，若使用 3.5" FD 經壓縮處理後可達成此工作。

Maintenance Network 使用的通訊協定如圖 4 所示

Maintenance Network 各層的規範如表 2 所示

2.1.3.2 Control Network

Control Network 各層的規範如表 3 所示

Control Network 資料傳輸如圖 5 所示，說明如下

1. 資料由 T/G Network 經由 T/G IF 送到 IFM(經 IFM 再轉送至 NSSS Network)，IFM 收到資料後會回覆一個確認信號到 T/G IF，T/G IF 有 A 及 B 兩個 CPU，其中一個為 Main，另一個則為 Backup，只有 Main IF CPU 會傳送資

料，但 IFM-A 及 IFM-B 的回覆資料均會分別送到 Main 及 Backup IF CPU。

2. T/G CPU 資料傳送規則

- A. Control Network 資料傳輸由 T/G IF CPU 啟動，IFM 僅能被動地回覆確認信號。
- B. T/G IF CPU A 及 B 中，僅有 Main 可傳送資料，同時傳送資料給 IFM CPU A 及 B。
- C. T/G IF Main CPU 傳送資料時，不須先偵測 IFM 的狀態，傳送的每筆資料均附 CCC (Cyclical Check Counter) 以供識別。
- D. T/G IF Main CPU 傳送資料時，依 IFM 次序傳送，不必等候回覆信號。

3. IFM 資料回覆規則

- A. IFM 接收到 T/G IF CPU 資料後，須在 $Tr_{min}(20ms)$ ~ $Tr_{max}(30ms)$ 時間內回覆確認信號。
- B. IFM CPU A 及 B 均會送出回覆信號，且均會同時送給 2 個 T/G IF CPU。
- C. 回覆信號內容含該筆資料的 CCC 數值以資識別。
- D. 若在 $Tout_IFM(100ms*5)$ 時間內，IFM 沒收到 T/G IF

送來的資料，IFM 將會進入 Timeout Fault 狀態，IFM 將不再傳送回覆信號(除非經復歸動作)。

E. 當 IFM 收到版次不符合的 T/G IF CPU 資料後，則在回覆確認信號後進入 Fault 狀態，IFM 不再傳送回覆信號。

4. T/G IF CPU 回覆信號接收規則

A. T/G IF CPU 在傳送一筆資料後，預期在 T_rep(80ms) 內須收到 IFM 的確認回覆信號(含相同的 CCC 數值)。

B. 若 T/G IF CPU 收到數個相同 CCC 數值得確認回覆信號，則任意取用其中一筆資料，其餘則丟棄。

C. 若 M 筆資料未收到回覆信號，則 T/G IF 會認為 IFM 已離線，且會通知 TGES(MC)，但 T/G IF Main CPU 仍會繼續傳送資料到 IFM。

D. 即使 T/G IF CPU 收到版次不符合的回覆資料，T/G IF Main CPU 仍會繼續傳送資料到 IFM。

5. T/G IF CPU 切換原則

A. T/G IF CPU 傳送資料後，在 T_rep(80ms)時間內未收到回覆信號，此狀況稱為"reply timeout"。

B. 若 T/G IF Main CPU 偵測到 M 筆資料個 reply timeout，而 T/G IF Backup CPU 沒有這種情形，則 T/G IF CPU

將進行切換。

- C. T/G IF CPU 切換須在 $T_{TGsw}(<1s)$ 時間內完成，在此時間內，T/G IF 不會傳送資料。

6. 資料傳送/回覆次序及時序

- A. 起始時，T/G IF Main CPU 依序傳送資料到 IFM A 及 IFM B，此時 T/G IF Main CPU 為唯一的信號傳送者，不會有信號碰撞問題。
- B. 在 IFM 開始回覆確認信號前，T/G IF Main CPU 須完成所有傳送資料動作。
- C. IFM A 及 IFM B 在收到第一筆資料後 $Tr_{min}(20ms) \sim Tr_{max}(30ms)$ 時間內，回覆確認信號到 T/G IF Main CPU 及 T/G IF Backup CPU。
- D. IFM 須在 $T_{rep}(80ms)$ 內完成資料回覆信號傳送工作。
- E. 在上述 2~4 步驟可能會有信號碰撞問題。
- F. T/G IF 內含 CPU 及 DMA (Data Memory Access)，CPU 及 DMA 的信號存取動作如圖 6 所示，DMA 容量為 11Kbytes，傳送資料每筆為 13000bits，回覆信號每筆 1800bits，每 5ms 執行 DMA 信號存取一次，每次可傳送 6~7 筆資料到 IFM。

2.2 日立公司控制棒控制及資訊系統

2.2.1 控制系統概述

日立公司提供的控制盤面名稱縮寫及位置如附表 4 所示，可知大部分的控制盤皆位於反應器廠房，其餘位於控制廠房內。微調控制棒驅動機構(FMCRD)作為爐心 205 支控制棒的位置調整其位置順序如圖 7 所示。包含機械／液壓的設施以調整控制棒的位置。使用電氣的步進馬達調整控制棒位置，每次可移動 18.3mm (3/4 吋) 的距離，使其具備微調的功能。緊急情況，以手動或自動驅動反應爐保護系統(RPS)之急停導引閥動作液壓，將抽出的控制棒與中空活塞管，快速插入方式，達成反應爐快速停爐以避免爐料受損。而另一種將中空活塞管與控制棒葉片以後備導引閥運作液壓插入的方式，稱為替代插棒系統。

2.2.2 控制系統硬體架構

RCIS 硬體的組成架構如圖 8 所示，其主要組件如下

2.2.2.1 RACS (Rod Action Control Subsystem)

RACS 是運轉員、PCS、其他電廠系統和 RCIS 現場盤面的主要界面；位於主控制室背盤區，由兩個相同控道的盤面所組成，每個控道包括三個主要的支系統 RAPI、RWM

和 ATLM，並且附有顯示設備以供監視與控制相關的功能。

RAPI 主要為接受並反應控制棒的移動命令，同時依據內部及外部信號以產生阻棒信號給 RCIS。執行儲存在參考抽棒序列記憶體中的預定抽棒序列要求。並提供棒位及 FMCRD 的狀態資訊予績效偵測及控制系統。Scram-Follow、SCRRI 及 ARI 等功能。

RWM 依據 RAPI 的阻棒邏輯，送出控制棒抽出／插入的阻棒信號。而其阻棒功能只在反應爐功率低於低功率設定點（LPSP，20%）時才會執行。

ATLM 為在功率高於 LPSP 運轉時，自動監測燃料熱限值。若違反熱限值的要求時，對內會送出給 RCIS 抽出阻棒信號，對外會傳送給 RFCS “Flow Block” 信號。

另外還有一個 RAPI 輔助盤，主要在 FMCRD 收到插入信號時，透過這盤面送信號給 HCU 來增加沖淨水閥開度，以增加沖淨水流量。也同時監視急停閥、HCU 蓄壓器壓力及水位狀況。

2.2.2.2 Remote Communication Cabinet (RCC)

RCC 主要做為控制室中 RAPI 和位於反應器廠房的 FMCRD、RBCC 間的界面。共有 24 個盤面，由六組重複控

道的檔案控制組件 (File Control Module, FCM) 和 205 個控制棒伺服模組 (Rod Server Module, RSM) 所組成。每個 RSM 由一組重複控道的控制棒伺服處理控道 (Rod Server Processing Channel, RSPC), 和同步數位轉換器 (Synchro-to-Digital Converter, SDC) 組成。SDC 以硬接線接至 FMCRD 取得同步信號, 並轉為數位的棒位信號後傳給 RSPC。

2.2.2.3 Rod Break Controller Cabinet (RBCC)

RBCC 有 6 個盤面, 共有 205 個控制棒煞車控制器 (Rod Break Controller, RBC), 每支 FMCRD 對應一個 RBC。RBC 接受 RCC 中 RSPC A/B 兩控道的信號, 送出電源使煞車電磁閥激磁鬆開煞車, RBC 則回傳給 RSPC 煞車電磁閥的激磁狀況與指令不吻合的狀況信號。

2.2.2.4 Fine Motion Driver Cabinet (FMDC)

FMDC 位於反應器廠房, 共有 24 個盤面。主要包括步進馬達驅動組件 (Stepping Motor Driver Module, SMDM) 和其對應的反相控制器 (Inverter Controller, IC), 主要電源來自 DIV-I 匯流排。SMDM 為電源的轉換器, 在 IC 的指令下把三相 AC 電源轉為 DC 電源用以驅動步進馬達。

SMDM 的狀態信號提供給 IC 做為跳脫的保護邏輯，SMDM／IC 的狀態信號並會送回相關的 RSPC。

IC 包含動作邏輯，提供低電壓控制信號給 SMDM 用以驅動 FMCRD。在 IC 跳脫條件不存在的情況下，控制棒才可依來自 RSPC 或 ERIP 的指令移動。IC 跳脫條件除了 IC 的自我偵測外，也會接受 SMDM 的狀態信號。

2.2.2.5 Emergency Rod Insertion Panel (ERIP)

當在控制室背盤的控制棒緊急插入控制盤 (Emergency Rod Insertion Control Panel, ERCIP) 接受到來自 RPS、RFC 或是手動 SCRRRI 的引動信號時，ERCIP 會藉由硬接線送出控制棒插入信號到 ERIP。ERIP 為一群控制電驛組成 (或是相當的固態元件)，與 IC 一對一直接相接用以控制棒的插入。

2.2.2.6 Scram Time Recording Panel (STRP)

急停時間記錄盤主要經由控制棒簧片開關記錄控制棒位並加上時間，然後傳給控制室的急停時間記錄分析盤 (Scram Time Recording Analysis Panel, STRAP)。STRP 含有簧片開關偵測模組 (Reed Switch Sensor Module, RSSM) 和相關的處理器用來執行監視功能，同時部分位置

的簀片開關狀況，會經由 RCIS 多工網路持續不斷地送至兩個 RAPI 控道。STRAP 可將急停時間傳送到 PCS 做進一步地分析與存檔，同時整個爐心與單支急停時間測試值，以兩個資料庫分開儲存。

2.2.2.7 RCIS Multiplexing Network

RCIS 多工網路為 RCIS 專用，由兩個控道的光纖網路組成；做為 RACS、RCC、STRP 與 STRAP 間的通訊。而 RAPI 輔助盤與 RAPI 間的通訊是靠 NEMS 而非 RCIS 多工網路。

2.2.2.8 Dedicated Operation Interface (DOI)

RCIS 系統包括兩個 DOI，一個位於控制室內的 RCIS DOI，另一個為在 RAPI 盤上的 RAPI DOI。兩個均可顯示控制棒位、RCIS 及 HCU 狀態，並可經由觸控螢幕操作控制棒的移動、RCIS 的旁通、CRD 的偵測試驗和復歸大部分 RCIS 不正常的狀況。通常 RCIS DOI 為 RCIS 主要操作界面，提供詳細的監視資料及正常的控制操作，RAPI DOI 僅有顯示功能。有鑰匙開關來選擇由 RCIS DOI 或 RAPI DOI 操作。

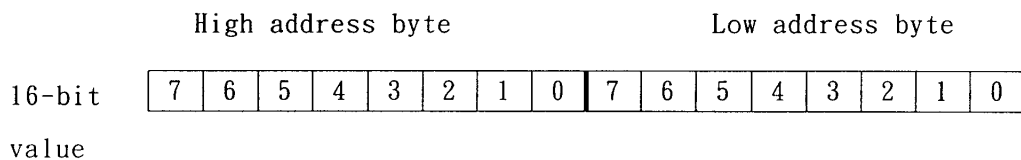
2.2.3 控制系統軟體架構

RCIS 的主要網路以光纖為架構，採兩個控道的 Redun

-dant 設計，連接控制室的操作員介面與現場控制棒驅動機構。各支系統間傳輸協定如圖 9 所示。

2.2.3.1 位元組順序

RCIS 資料的傳送採用 Intel 的格式，也就是 little endian 格式，亦即較低的位址存放較低的位元資料。例如以 16-bit 的資料為例，較低的位址存放較低的 8-bits 資料，另外較高的 8-bits 資料則存放在較先前高的位址。如下圖。



2.2.3.2 與 RAPI-SIU 連接的信號

1. RAPI-SIU 輸入 Rod Separation 信號

每支控制棒有兩組 Separation Switches，分別藉由 EMS DIV-I、DIV-II 將信號傳送至 RAPI-SIU，再經 Ethernet (10Base5) 以 UDP/IP 送至 RAPI 中的 IFC。控制棒脫離狀況的信號長度 26 Bytes，每個 Byte 共有 8 個 Bits，每個 Bit 各代表一支控制棒是否脫離的狀況；1 表示控制棒脫離，0 表示正常。詳細如下表

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Byte 0	Rod #8	Rod #7	Rod #6	Rod #5	Rod #4	Rod #3	Rod #2	Rod #1
Byte 1	Rod 16	Rod 15	Rod 14	Rod 13	Rod 12	Rod 11	Rod 10	Rod #9

Bit 7 稱為 Most Significant Bit (MSB)，Bit 0 稱為 Least Significant Bit (LSB)。

2. RAPI-SIU 輸出信號

A. 棒位：長度為 205 Bytes，每個 Byte 分別代表一支控制棒的棒位，其值從 0~200 Steps，一個 Step 相當於控制棒移動 18.3mm。棒位信號分別輸出給 RWM 及 ALTM。

B. 控制棒旁通旗標：用來指示控制棒是否旁通，信號長度為 26Bytes，當 bit 值為 1 時代表該支控制棒被旁通。信號輸出至 RWM。

C. 驅動模式：代表選擇單支或是群組（Gang）控制棒的抽插模式。0 為單支控制棒，1 為群組控制棒。信號長度為 1 Byte。信號輸出至 RWM。

D. 抽插棒順序（Sequence）：表示目前選擇的抽插棒順序，0 表未選擇，1 為 A 順序，2 為 B 順序。信號長度為 1 Byte。信號輸出至 RWM。

D. 選定的棒群（Gang Group）：為運轉員所選擇要抽插控制棒的棒群。棒群與所代表的值如下表。信號長度為 1 Byte。信號輸出至 RWM。

棒群	Bit value	棒群	Bit value	棒群	Bit value	棒群	Bit value
None	0	7A	71h	8C	83h	9E	95h
1	10h	7B	72h	8D	84h	10A	A1h

2	20h	7C	73h	8E	85h	10B	A2h
3	30h	7D	74h	9A	91h	10C	A3h
4	40h	7E	75h	9B	92h	10D	A4h
5	50h	8A	81h	9C	93h	10E	A5h
6	60h	8B	82h	9D	94h		

- E. 反應器模式開關位置：代表反應器模式開關位置，0 為 Unknow，1 為 Startup，2 為 Run，3 為 Refuel，4 為 Shutdown。信號長度為 1 Byte。信號輸出至 RWM。
- F. 功率高於 LPSP：1 表示功率高於 LPSP，0 表示功率低於 LPSP。信號長度為 1 Byte。信號輸出至 RWM。
- G. 功率低於 LPAP：1 表示功率低於 LPAP，0 表示功率高於 LPAP。信號長度為 1 Byte。信號輸出至 RWM。
- H. Shutdown Margin 測試模式：1 表示在 Shutdown Margin 測試模式下，0 為不在此模式下。信號長度為 1 Byte。信號輸出至 RWM。
- I. Scram Time 測試模式：1 表示在 Scram Time 測試模式下，0 為不在此模式下。信號長度為 1 Byte。信號輸出至 RWM。
- J. 其他 RAPI 旁通／故障：指示其他 RAPI 控道被旁通或是故障，例如當 RAPI-B 被旁通或是故障會使

得 RAPI-A 的“其他 RAPI 旁 通 / 故 障 ”

1。此信號長度為 1 Byte。信號輸出至 RWM、ATLM 及 MRBM。

K. ATLM 控道可用：1 表示 ATLM 可用，0 表示不可用。

信號長度為 1 Byte。信號輸出至 MRBM。

2.2.3.3 RPC 連接的信號

RPC 以 10Base5 的 Ethernet 用 UDP/IP，透過 PCS 系統上的 AW 與 PCS 連接，除了持續的接收和傳送系統本身的資料外，並可從 PCS 下載資料到 RPC 中，其中包括：1. Sequence； 2. SCRR I Target Position； 3. Rod Substitute Position

在下載時會依循一定的步驟程序，以確保下載資料高度的可靠性，其程序如下

1. RCIS 對於所要的資料發出下載需求給 PCS。
2. PCS 根據 RCIS 的要求，下載資料到 RCIS。
3. RCIS 收到資料後先存在暫存的記憶體中，並將收到的資料回傳給 PCS 做為確認。
4. PCS 收到 RCIS 回傳的資料後，再與先前下載的資料做比對，並將確認結果傳給 RCIS。

5. RCIS 收到 PCS 的確認結果 OK 時，就會用暫存區的資料更新舊有的資料；如果確認結果有問題，則會將暫存區的資料丟棄不用。
6. 如果更新完成，RCIS 會再傳一個下載成功的信息回 PCS。

在這個更新的過程中，PCS 和 RCIS 均有 10 秒的溢時監測，當每一個步驟超過設定時間時，將會發出錯誤的訊息到顯示器上。另外，這 10 秒的溢時監測可經由 PCS 來變更。

2.2.3.4 APR 信號檢查程序

1. APR 發出控制棒移動要求給 RCIS。
2. RCIS 在收到移動要求後，回送確認信號給 APR。
3. RCIS 依據 APR 要求檢查目前控制模式，確認控制棒可依要求移動後，再送控制模式接受信號給 APR。
4. APR 在檢查收到確認以及控制模式接受二個信號後，發出控制棒移動命令給 RCIS。
5. RCIS 根據 APR 的移動指令移動控制棒。在完成移動後，送出移動完成信號給 APR。
6. APR 檢查收到移動完成信號，以確認控制棒移動已

停止。

APR 在收到 RCIS 回送控制棒移動已完成信號後，才可以改變控制棒移動的要求且在輸出控制棒移動要求期間，不可以改變棒移動的要求。當 APR 收到 RCIS 控制模式接受信號後改變棒移動的要求，在再收到 RCIS 控制模式接受信號前，不可以輸出控制棒移動命令給 RCIS。

2.2.3.5 急停時間檔案格式

當反應器發生急停或是執行急停時間測試時，STRP 會記錄控制棒上 Reed Switch 的動作時間，並將時間記錄經由 RCIS 多工網路傳送至控制室 STRAP 儲存。STRAP 含有顯示器，可顯示控制棒急停時間與 Technical Specification 分析比較的結果。在 PCS 系統的要求下，STRAP 可將記錄結果經由 Ethernet 以 FTP 傳至 PCS 以做進一步的分析及存檔。

急停時間共有兩個檔案：一為儲存 Full Core 急停時間的檔案—scram.xls；一為儲存控制棒急停時間測試的檔案—scram_test.xls，二者均為 Microsoft Excel 檔案格式。內容包括兩欄，一欄記

錄資料名稱，另一欄則記錄該資料的結果，資料分別記錄流水號、控制棒順序編號及該支棒 Reed Switch 動作的時間，其記錄格式如表 5 所示。

2.3 日立公司放射性廢料處理儀控系統

2.3.1 控制系統概述

本系統主要包括三個子系統即放射性液體、固體及氣體廢料處理系統，除氣體廢料處理系統主要設備位於汽機廠房外，其餘均位於放射性廢料處理廠房內。

放射性液體處理系統目的在處理全廠放射性廢水，其設計目的為容納和處理廢水，不使電廠運轉或可用性遭受限制；處理各種廢水，使大部分再收回使用；減低和控制排釋廢水的放射性，使不超過 10CFR20 規定。

放射性固體廢料處理系統目的在負責處理電廠產生的各式固體廢料，使其達到最大的固體廢料減容比，降低處理的廢棄物容積，以利固化處理及減少桶裝固化廢棄物量。經處理完畢的桶裝固化廢棄物，將存放於暫時儲存場存放或至永久儲存地點掩埋。

放射性氣體廢料處理系統目的在處理電廠產生的氣

體廢料，經由適當的再結合反應、除溼、吸附等單元操作，使放射性氣體在排放至大氣前有足夠的衰變時間，藉以減低和控制放射性氣體的排放。

2.3.2 控制系統硬體架構

2.3.2.1 放射性液體廢料處理系統

放射性液體廢料處理系統可分類、蒐集、儲存和處理電廠產生的放射性液體。除清潔劑廢水處理子系統為兩部機組共用外，每一機組有其個別完整的系統，兩套系統間有管路連結，以供系統異常時，另一系統後備使用，增加操作彈性。其主要包括高純度廢液處理次系統（HPWPS）、低純度廢液處理次系統（LPWPS）與洗滌廢液處理次系統（DWPS）等 3 個次系統。

1. 廢液來源與分級

A. 高純度廢液（HPW）主要指來自 RWCU 沖淨系統、RHR 沖洗系統、FPCU 系統洩水，核島區、汽機島區及廢料廠房等地的設備洩水、乾井低導電度廢液洩水等。此外，系統也接受經低純度廢液系統處理的廢液，以便更進一步處理。這些廢液的共同特徵是低導電度、較乾淨、量大且高放射性活度。因此，可以透過過濾、離子交換等

方法，回收重複使用。

B. 低純度廢液 (LPW) 主要指來自廠房等地的地面洩水，化學洩水、焚化爐洗煙器沖淨、或濕式廢料減容系統中脫水機、乾燥器殘液等。這些廢液的共同特徵是導電度較高、較不乾淨、量較少且放射性活度略低。處理時，先將油脂分離後，直接以蒸發、凝結等方法，降低其放射性活度。再視殘存的活性決定回收再利用或經由海水渠道排釋。

C. 洗滌廢液 (DW) 主要指來自廠房等地的清潔劑洩水、洗衣房、浴室等地的洩水等。這些廢液的共同特徵是導電度較高、較不乾淨、放射性活度低。必須先去除懸浮物後，再以活性碳吸附有機物質，必要時，可以用紫外線分解。當廢液裡總有機碳含量小於 5ppm 時，就可以經由海水渠道排釋。如果總有機碳含量小於 400 ppb，就可以回收至冷凝水儲存槽。

2. 廢液集水池

本系統共有設備洩水、化學廢液、低純度地面洩水、與清潔廢液集水池等 4 種。各集水池，用以收集由因設備洩漏或地面洩漏之洩水。當集水槽達到高水位設定值時，

會自動起動一台或二台泵，分別抽水至相關收集槽處理。

3. 高純度廢液處理次系統 (HPWPS)

本次系統處理流程如圖 10 所示。以 3 座容量 322 m^3 的設備洩水收集槽(EDCT)，收集來自廠房的設備洩水，處理之前先取樣分析，若水質不適合，則先打至低純度廢液系統進行前處理。廢液經收集泵，傳送至可逆洗中空纖維過濾器濾除銹垢與固體微粒。當過濾器出現高差壓訊號時，系統暫停運作，並開始逆洗。逆洗後之銹垢送至固態廢料處理系統之低活度相分離器收集。處理後之廢液，經前處理除礦器、洗淨除礦器，移除水中可溶解性雜質。處理後之廢液，泵送至設備洩水取樣槽暫存，等候取樣分析。EDST 有 2 座，1 座用以接收廢液；另 1 座用於排放。若水質符合回收標準，則泵至冷凝水槽，若符合排放標準泵至海水渠道排放。

4. 低純度廢液處理系統(LPWPS)

本次系統處理流程如圖 10 所示。以 2 座容量 56.8 m^3 的低純度地面洩水收集槽，收集來自廠房的地面洩水；此外，也以 1 座化學洩水收集槽接受來自廠房化學洩水。各處匯集之地面洩水，先泵至油分離器。廢水則泵至低純度

廢液收集槽。廢液收集槽內之廢液經取樣分析並以 NaOH/ H_2SO_4 調整至適當 pH 值後，泵送至蒸發器蒸發濃縮。

5. 洗滌廢液處理系統 (DWPS)

本系統處理流程如圖 11 所示。以 2 座容量 56.8 m^3 的洗滌廢液收集槽 (DWCT)，收集來自廠房之洗衣房與浴室之洩水。經檢驗符合處理條件的廢液，泵送至洗滌廢液過濾器，濾除線頭、毛髮等懸浮固體後，由活性炭過濾器處理有機物質。系統另設有 TOC 紫外線分解設備，進一步將廢液 TOC 濃度降到 5 ppm 的排放限值以下。處理後的廢液，經取樣分析放射性活性與其他雜質含量符合規定後，循高純度廢液系統排放。

2.3.2.2 放射性固體廢料處理系統

放射性固體廢料處理系統主要目的在負責處理電廠的各式放射性固體廢料。其主要來源包括蒸發器底部濃縮廢液；RWCU、FPCU 及 AFPC 產生的廢棄樹脂/污泥；過濾渣；冷凝除礦器產生的廢棄樹脂；乾式活性固體廢料。再依廢料特性概分為「可燃」、「不可燃但可壓縮」及「不可燃不可壓縮」，分別處理。

2.3.2.3 放射性氣體廢料處理系統

沸水式機組採用直接循環不可避免的造成放射性氫、氧逸出，而須於本系統將其處理。主冷凝器氣體含大量放射性，經由常溫活性碳吸附處理。廢氣系統主要功能為將輻射分解之氫、氧及飼水中所加氫氣予以再結合以減少處理氣體體積，並降低下游設備潛在氫爆危險；降低氣體水汽含量及溫度，以符合活性碳床功能需求。先由凝結水及寒水減少氫、氧再結合後流程氣體中水汽含量，再以機械式乾燥器將進入犧牲活性碳衰變床之氣體濕度，降至露點約為-40°C；將自燃料封套損壞處釋出之燃料分裂產物氣體，延遲直到大部份的放射性核種得到充分衰變，並使用活性碳吸附器及高效率過濾器滯留放射性核種產物。

主要設備為

1. 廢氣預熱器、再結合器及乾燥器各 2 串均為 100% 容量
2. 廢氣冷凝器及冷卻冷凝器各 2 串均為 100% 容量
3. 保護床 2 組及活性碳吸附床 10 組
4. 廢氣過濾器、送氣器、後冷卻器及抽氣器各、1 組
5. 再生氣體加熱器、冷卻器及送氣器各 1 組
6. 監測取樣設備 1 組

2.3.3 控制系統軟體架構

日立公司負責廢料廠房分散式控制系統(RS DCIS)之設計、製造，用以監測、控制一號機液體廢料、二號機液體廢料、固體廢料等三個系統。廢料廠房控制室之人機介面由概觀控制盤及操作工作台兩大部分組成。概觀控制盤提供整個廢料廠房各項流程之擬態顯示，由左至右分別為電力中心/馬達控制中心、一號機液體廢料、二號機液體廢料、固體廢料，操作工作台包含平面顯示器及中央處理器，共分為一號機液體廢料、二號機液體廢料、固體廢料等三座。控制室內另安裝了 Communication Panel、Computer Panel、RTB Panel、Engineer Console 等盤面；運轉人員可透過操作工作台監看現場儀器訊號或控制儀器，儀器訊號將經過通訊盤(Communication Panel)再分配給計算機盤(Computer Panel)，由計算機盤進行運算後藉遠端端子座盤(RTB)將訊號轉換成類比訊號送至現場儀器。工程師操作台(Engineer Console)功能則為保養及程式設計用，如圖 12 所示。

日立公司提供之 DCIS 儀控系統架構如圖 13 所示，其人機介面間使用乙太網路連接，傳輸速度為 100Mbit/s，線材為 UTP CAT 5。而連接 COMMU、Engineering Console

與 CTL 之網路稱為雙迴路架構，提供高階功能和高速傳輸率並支援 EIC(Electric Facilities, Instruments and Computer)整合系統的分散控制，通訊協定使用 Token Passing(FDDI compliant)，傳輸速度為 100 Mbit/s，迴路最大長度為一百公里，節點間最長距離兩公里，最多可連接 255 個節點。使用線材為光纖(GI-62.5/ 125 μ m 或 GI-50/ 125 μ m)，光纖接頭為 SC2(SC two-core connector)。輸速度為 100Mbit/s，迴路最大長度為一百公里，所以可以建構為高效能及大規模控制之網路系統。

2.4 光纖網路系統

2.4.1 光纖結構與分類，詳如圖 14 所示

2.4.1.1 光纖結構

光纖由折射率 n_1 的核心 (Core) 及折射率 n_2 的外殼 (Cladding) 兩種石英玻璃組成。兩者為同心圓，內層核心是傳送光的部份，外層的外殼則提供折射率差允許光經過核心全反射。光纖製造商必須控制這個差異而得到想要的光纖特性。欲使光在光纖中作長距離的全反射傳導行進，除了在光射入光纖核心時須落在受光的角椎或稱光纖

的孔徑內；另外在光耦合進入光纖核心後，則必須滿足介質波導的傳導條件，所以只有某些特定角度的耦合光束能夠同時滿足這兩個條件，這些每一個特定角度的耦合光束皆稱為一個傳導模態光；非傳導模態光雖可耦合進入光纖，但因不滿足傳導條件，所以只能在光纖中行進很短的距離即衰減掉。

光纖本身擁有非常小的直徑（單位為 μm ），而經常以核心尺寸/外殼尺寸 方式表示光纖大小，例如 62.5 / 125 表示核心直徑 $62.5\mu\text{m}$ ，外殼直徑 $125\mu\text{m}$ 。

將光纖做成光纖電纜主要是為加強機械特性，以便於敷設、接續，使其在各種環境下能保持穩定的傳輸特性。光纖電纜由光纖、緩衝層、強度構件及被覆所組合而成

1. 緩衝層（Buffers）

- A. 鬆弛的緩衝層：使用硬的塑膠管，一根或數根光纖置於緩衝管內，用以隔絕光纖並接受作用於光纖電纜的機械力，避免傷害光纖本身。
- B. 緊密的緩衝層：使用一層塑膠直接塗敷在光纖鍍膜上，此結構提供較好擠壓及衝擊抵抗力。另一特性是較具撓性及容許繃緊彎曲的半徑。

2. 強度構件 (Strength Members)

使光纖電纜的機械強度增加，在敷設安裝期間及之後，強度構件支撐光纖電纜，使作用到光纖電纜張力及壓力不傷害光纖本身。

3. 被覆 (Jacket)

類似電氣隔絕，提供保護免於磨損、油、臭氧、酸、鹼、溶劑等之影響。

2.4.1.2 光纖分類

1. 依光纖傳輸特性可分為

A. 多模態階射率光纖 (Multi-Mode Step Index Fiber)

允許有各種模態的光波在核心內傳播，因其行經光程不等，故其到達終點的延遲時間不等，而造成光脈波分散，此稱為模態間分散，即接收的光脈波寬度大於發送的光脈波寬度（接收端之波形會失真），因而限制光脈波列的週期，並限制了光纖的傳輸頻寬。

B. 多模態漸變射率光纖 (Multi-Mode Graded Index

Fiber) 由於核心的折射率分佈為拋物線，使得不同模態間之傳播速度差較小，頻寬帶特性較階射率光纖好，在接收端之波形失真也較少。

C. 單模態光纖 (Single-Mode Fiber) 由於只有一個模態所以沒有多模態光纖的問題，在接收端幾乎不會產生波形失真，而且頻寬帶特色更佳。但因核心直徑太小，施工接續較難。

2. 依材料成份可分為

- A. 石英光纖 (Fused Silica Fiber)
- B. 石英核心塑膠外殼光纖 (Plastic Cladding & Fused Silica Fiber)
- C. 多成份玻璃光纖 (Multi-Component Glass Fiber)
- D. 塑膠光纖 (Plastic Fiber)

2.4.2 光纖應用之優勢

- 1. 傳輸距離長低損失、無大地迴流困擾
- 2. 極大的頻寬、較高訊號能力、低失真
- 3. 不受電磁、無線電波干擾且不敢應雷擊
- 4. 體積小、重量輕、可減少接續次數施工性佳
- 5. 信號不會輻射出去、保密性良好

2.4.3 本處使用光纖資訊

本處使用光纖之供應廠商為三菱、日立及奇異公司。

三菱及日立均採用多模態漸變射率光纖(GI 62.5/125 或 50/125 μm)，而奇異公司提供安全及非安全系統用各式光纖電纜資料如表 6 所示，其光纖電纜出廠前執行之測試項目為衰減率、頻寬、孔徑、裸光纖拉斷力及捲繞試驗、冷彎、連續衝擊試驗、連續彎曲試驗、擠壓試驗、扭轉試驗、耐燃試驗及防水試驗等。

奇異公司提供之光纖電纜規格如表 7 所示。

各項 DCIS 間使用光纖電纜資料如圖 15 所示。

2.4.4 光纖電纜敷設的原則

本處光纖電纜設計路徑以托網及導線管為主，敷設光纖電纜前準備拉線工具如電纜軸架、拉線繩、潤滑膏和查堪路徑等工作與一般電纜敷設原則相同；而光纖電纜敷設特別注意事項如下

1. 光纜輪盤於裝載或卸下時，應避免急遽之衝擊或損傷，並不得自斜坡滾下。光纜輪盤不得在地面上做短距離滾動；於人孔周圍做短距離移動時，亦應依照光纜輪盤箭頭所指方向移動，不得逆向滾動。光纜輪盤應儘量置於平地上，並於盤下放置止滑墊，以防止滾動。
2. 敷設光纜時，現場應做適當之人員及交通管制，以確保

施工安全，並避免人員或車輛踩踏碾壓光纖電纜。

3. 光纖電纜所配置之導線管，其管壁內側應儘量保持平滑，避免尖銳之突出物割傷光纖電纜外被，並確認管道內通暢。
4. 光纖導線管轉彎時其彎曲半徑應大於光纖外被 25 倍，拉線接線盒之外徑亦應大於光纖外徑 20 倍以上。
5. 光纖導線管轉彎變化處多時，應於較靠近轉彎處之端點間開始敷設，若管道距離較長時，應從路徑的中間往兩邊的端點敷設。
6. 若由路徑中間點敷設光纖電纜時，整體纜線應以"8"字形方式盤整，切記光纖電纜盤半徑不可小於光纖外徑 25 倍，彎折及剪接絕對禁止。
7. 光纖導線管道之管口應以止水材料或管塞處理，以防止管道進水。
8. 共同管溝或較大之人孔或手孔，應加設光纖電纜警示標誌予以區別。
9. 光纖電纜牽引至定點後，依規定尺預留適當長度之光纜後以光纜剪截斷，接頭部份應以防水膠布綁紮，其長度不得少於 5 公分。

10. 拉引光纜應以光纜強度構件或以光纜網套為直接拉引端。光纜強度構件依光纜型式而有所不同，有凱弗拉 (Kevlar) 線、FRP 等，以尼龍線固定用以敷設光纜。
11. 在每條光纜兩端 18"~24" 處黏貼光纜編號之標籤後，將光纜一端剝皮 18"，露出抗張力之強度構件，並將其綁在尼龍線上，同時把光纜前端 18" 部分固定，使每一光纖被覆承受相同之拉力。
12. 因光纖係由石英玻璃製成，搬運時必須注意不使光纜受到激烈衝擊且儘量避免光纜接近超過 180°C 之高溫場所。
13. 敷設光纜所允許之彎曲半徑應保持至少為光纜外徑的 20 倍以上。
14. 敷設妥當之光纜需再檢查以確定所有光纜沒有糾纏、扭結或混亂現象。儘量避免其他重的電纜線壓住光纜，特別是注意在交叉的狀態。
15. 牽引光纜之速度，最大以每分鐘 20 公尺為限，不可急拉。為減少拉線時之阻力，宜塗抹潤滑膏。
16. 每條光纜線路以一次敷設完成為原則，若無法於一次完成時，則剩餘光纜須作適當處理，以避免受到損壞。

2.4.5 光纜接續及測試

光纜的佈放因受光纜抗張力的限制，佈放長度不能過長，所以光纜間須做永久接續(Permanent Splice)，一般而言，光纖接續的技術可分成熔合接續 (Fusion Splice) 及機械接續 (Mechanical Splice)。不論熔合接續或機械接續，事前準備是否做得確實影響接續之品質甚鉅；一般而言，接續作業過程影響光損失之主要因素如表 8 所示。目前規劃使用光纖接頭之資料如表 9 所示。

2.4.5.1 前置作業注意事項如下

1. 先將光纜外層被覆(Outer Jacket)剝除至光纜次層被覆長約 80 公分(重點在於裸光纖需 50~60 公分左右)，並將該部分置入光纜終端配接盒(Termination Box)左側，以束線帶加以固定，再將光纜次層被覆部分離束線帶 5~10 公分處剝除。光纜內部的強度構件也一併去除。
2. 光纖蕊編碼原則依國際標準排序，依次為藍、橙、棕、灰、白、紅、黑、黃、紫、粉紅、水藍…等。並將對應光纜銜接線依欲熔接之光纖蕊數加以編號(例如：1~12 號)，再將光纜銜接線外層被覆與凱弗接線剝除 40~50 公分。
3. 將光纜熔接機組置於平坦之桌面或地板上，已開啟之光

纜終端配接盒置於右側。

4. 將光纜各光纖置於光纜熔接機之左側，套上銜接套管，光纜銜接線則置於右側，等待熔接。

2.4.5.2 熔合接續及機械接續

1. 熔合接續利用電極產生之電弧將兩段之光纖熔接，此接續從對準到熔接的過程，均由自動控制設備完成，接續工作簡單，如圖 16 所示。電弧熔接法最為廣泛使用，並適合於現場使用，其原因如下為熔接法成本較低；熔接法比使用黏著劑快；熔接法可降低光纖偏移對準之影響；熔接法的表面張力可使連接之光纖自行對準而降低損失。其主要步驟如下
 - A. 開啟光纜熔接機之電源，並檢查是否為適當熔接模式，準備熔接。
 - B. 將光纖上保護層剝除，並露出長度約 10 公分之裸光纖蕊，放入光纖平面切割器切平後置於光纜熔接機之光纖接合器左側，並蓋上保護蓋，然後依相同步驟將編號為 1 號之光纖銜接線置於右側，最後蓋上中央主蓋，開始熔接，光纜熔接機會自動做 X、Y、Z 軸的對準和熔接。正常熔接時間約為 2~4 分鐘。

- C. 熔接完成後，打開保護蓋，並將銜接套管移至熔接處，再放入加熱器中加熱約 2~3 分鐘，確定銜接套管已將光纖熔接處固定住，不受到外力的破壞，待 2~4 分鐘套管冷卻後，將其取出置入銜接管收容盤內，完成熔接過程。
- D. 依光纖蕊之編號順序重複上述 B、C 兩步驟，直至所有光纖蕊熔接完畢為止。
- E. 將熔接完成之光纖以不大於直徑 10 公分的圓弧環狀繞於光纜終端配接盒內，並逐一接上耦合頭，關閉光纜配接盒，完成作業。

2. 機械接續利用接續固定元件與接著劑，將光纖對準接合，此法不須熱源，也不須精密接續設備，接續容易，但缺點是接續損失較熔合接續大，接續體積也較大。光纖接續的注意事項為接續過程中應做好防塵與防水措施以避免灰塵、濕氣或水氣侵入；接續過程光纜仍須保持曲率半徑大於 20 公分，芯線最小曲率半徑應大於 4 公分；每一接續損失須低於 0.2db，全區間之平均損失須低於 0.12db；接續完成後須依相關作業規定做固定及保護措施。

2.4.5.3 光纜施工測試

光纜施工測試其進端及遠端測試佈置如圖 17 所示。

1. 光損耗測試(使用光功率器)，使用光功率器測試損失主

要設備及材料如表 10 所示。

- A. 依光功率器-光纖連接跳線-藕合接頭-光纖連接跳線-光源器接線後，將光功率器及光源器熱機 30 分鐘，使機器穩定，將光功率器切至 dBm 檔並確定讀數與光源值接近，再將光功率器切至 dB 檔後調整至 0.0dB 即使光功率器基準值(P1)歸零。
- B. 關閉光源器後接上待測光纜即待測光纜上游端光纜終端配接盒中編號 1 號光纖蕊以光纖跳接線接至光功率器，光纜下游光纜終端配接盒中對應編號之光纖蕊亦以光纖連接跳線連接光源器(不要更動上述零值按鈕)。
- C. 光纜兩端工作人員以電話連絡通知雙方待命，確認光源器、光功率器以及待測光纖蕊及其他相關配備均已連接妥當後，打開光源器後於上游端讀取光功率器之 dB 顯示值(P2)。
- D. 計算該光纖蕊之光傳輸損耗 dB 值，即 $P = (P1-P2)$ 之值，並記錄於表 11 中。
- E. 重複上述步驟，直至該光纜之所有光纖蕊皆測完為止。

2. 光損耗測試(使用光時域反射器)，使用 OTDR 測試損失

主要設備及材料如表 12 所示。

- A. 接線方式比使用功率器簡單為光時域反射器-光纖連接跳線-藕合接頭-待測光纖。
- B. 部分光時域反射器有盲區故需要使用盲區光纖，接線方式為光時域反射器-盲區光纖-光纖連接跳線-藕合接頭-待測光纖。
- C. 將光時域反射器熱機，使機器穩定後設定波長、折射率、掃瞄模式、準確度(脈衝寬度愈小愈好)。
- D. 測量光纖之損失如異常處、熔接處、接頭處或是整條光纖後，列印結果並附於表 13 中。
- E. 重複上述步驟，直至該光纜之所有光纖蕊皆測完為止。

有關光時域反射器掃瞄記錄如表 14 所示，其工作原理及主要測試項目說明如下

- (1)光時域反射器的工作方式類似雷達，利用光纖內散射及反射原理測量光纖之傳輸損失，反射損失及衰減等，並可測量光纖長度及光纖斷裂位置。其測試項目，光纖長度及斷線位置；光纖平均損失 (dB/km)；光纖熔合接

續損失；機械接頭接續損失；反射損失。

(2) OTDR 曲線中主要測試項目說明如下

光纖平均損失，光纖中光訊號強度衰減的主要原因是傳播過程中之雷諾散射(Rayleigh Back Scattering)，其成因主要是因為光纖本身的密度與成份不均勻，有微小的變化而造成。當光脈波在光纖中行進時，遇到這些細微變化而有一部份的能量被散射，這些散射的脈波有一部會向反方向傳回，以固定斜率下降的直線部份表現損失現象。

光纖熔合接續損失，因此種接續所引起的損失，波形呈樓梯下降，其斜率雖然比上述略大但不形成反射現象。

機械接頭接續損失，因在接頭間有空氣隙存在，光源通過時會產生強反射現象 (Frrsnel Reflection)，波形呈突波方式，損失較一般熔合接續值大，約 0.5db 左右。

距離範圍，OTDR 全顯示螢幕之距離，非儀器最大可測試的距離，一般波形顯示以全螢幕 40% -80% 最佳方便觀看及分析；故在一連串的高量雷射脈波射入光纖，然後測量這些脈波在光纖中反射或是散射回來所需的時間，根據儀器精確度再據以換算成脈波在光纖中行進的距離。

(3) 脈衝寬度；OTDR 的光源是脈衝式，脈衝寬度以時間為

單位如 10ns, 30ns...10 μ s，能量用積分得來，脈衝寬度愈大，能量愈大，動態範圍愈大，測試距離愈大，但近端盲區愈大（最大會達 1.5km），脈衝寬度愈小則以上情況相反。所以脈衝寬度設定，以調整到最適當的情況為最適合（在準確度範圍內脈衝寬度愈小愈好）。

(4)光纖之折射率；光纖的材質是玻璃纖維，所以折射率將近 1.5，裸光纖約 1.4668 ~ 1.4669，而光纜較光纖短，所以 OTDR 之光纖折射率設定為 1.4750 或 1.4800。光纖折射率設定誤差是影響光纜長度最大因素，往往差距幾十公尺；設定太大，光纜長度變短，損失變大；設定太小，光纜長度變長，損失變小。

2.4.6 目前光纖電纜處理規畫

為確保光纖電纜從到貨驗收至施工測試階段，每一步驟均在嚴格品質管制下按規畫進行。主要分兩部分檢驗即

1. 光纖電纜到貨驗收，已委請電力通信處執行光損失測試，以確定光纖電纜未於運輸途中受到損傷。
2. 光纖電纜敷設、接續處理後測試，將由日後承包商執行，以確定光纖電纜未於敷設中受到損傷，且本項數據可作為維護部門核算光纖損失預算之參考。

參、出國期間所遭遇之困難與特殊事項

3.1 職此次承蒙各級長官愛護，幸獲提攜指派赴日本研習「龍門計畫新建核電廠儀控光纖網路施工整合測試技術」，為掌握實質效果，於出國前把目前施工處未解決儀控光纖網路安裝及測試等問題如附表 14 及 15 所示，先行電傳日立及三菱公司，讓其有充分時間準備討論資料；結果顯示此方式非常有效，職所提議題均獲得足夠的資訊及滿意的答案。

3.2 參觀建廠中濱岡電廠五號機當日，東芝公司正在進行 RPV 吊裝工作；其主要工作從搬運、吊裝及安裝均由 IHI 負責，對工期掌握及施工品質均能有效控制；然而，本處 RPV 等重件之搬運、吊裝及安裝須由台電自理，因此重件搬運等計畫就十分重要；目前由本處就碼頭、重件起吊、搬運、吊裝及安裝等事項已由相關部門擬定相關作業細節，相信亦能掌握施工品質與工作安全。

3.3 關西電力濱岡電廠發包方式為核島區和汽島區兩大區塊分由東芝和日立公司承包。汽島區部分僅分土建和儀電兩包，承包商減少後僅需定義土建和儀電介

面，工作進行非常順利。

3.4 目前濱岡電廠之控制設備大致均安裝定位，針對這些控制設備運轉前之保護方式，日立公司均以不可燃塑膠布保護，以避免濕氣進入造成凝結現象。在塑膠布保護套內放置除濕劑並以濕度計監控濕度變化，若濕度到達規定值則更換除濕劑；對較多控制盤區，除上述作業外另採用吹入熱風方式保護。

3.5 參觀大飯電廠整個過程令我感觸良多，其展示館全尺寸反應器動態模擬生動之處不在話下，令人難以忘懷的是結合參觀電廠的設計，不論用過燃料池、汽機廠房和控制室之參觀室或是參觀反應器廠房之迴廊，均光線充足、窗子明亮且地板乾淨，再經解說員說明後不但讓你對核能有信心且留下很美好之深刻印象；公司若能參考行之，定可減少外界反對意見。

3.6 日本人精神值得效法，他們很重視公司形象，對課程安排及參觀行程的掌控都做了周延的計畫；很敬業，工廠員工下班後留在公司加班是很平常的事；也很注重工作安全，除了施工設施要求外，人員防護配備非常齊全，且樂意依規定執行。

肆、對本公司之具體建議

4.1 光纖雖然具有傳輸低損失、無大地迴流困擾、大的頻寬、不受電磁或無線電波干擾、體積小、重量輕、施工性佳和保密性良好等優點，但必須要有優良施工人員執行相關工作，才能發揮預期效果。為加強現有人力訓練，已於本年度經常性專業訓練計畫中排入光纖電纜敷設、熔接及檢驗之實作課程。

4.2 因電廠目前許多系統設計，除傳輸採用光纖網路外，控制器亦大部分為電腦取代。為配合此種趨勢，廠房設計亦應充分配合，才不致影響日後電廠運轉彈性及系統擴充性。基於上述因素，本處已請核計處考量主警衛 CAS 室及次警衛室 SAS 之設計。

4.3 凡事要成功，除須有詳細計畫外更重要的是要有信心。核四 DCIS 雖然由 GE 公司主導設計及全廠整合，但在 DFAT 後就看台電如何接續後面工作；職竊以為在公司完善品保制度下，全體員工必須有 DCIS 必定成功之信心；信心不是盲目的，而是透過完整訓練計畫的執行，讓員工以成為優良施工人員為傲，再加強宣導公司理念和建廠目標，讓大家有團隊意識，

有志一同為目標戮力以赴。

4.4 參觀建廠中之濱岡電廠五號機時，發現電廠腹地並不大，也就是說其並沒有很多倉儲空間，但也未見材料或設備因此而隨意放置的混亂場景，而這些全是拜「Just In Time」政策的結果。目前已運抵本處材料或設備繁多，至有倉儲空間壓力；建議轉移上述觀念，加緊土建進度，也是解決倉儲空間壓力方法之一。

4.5 建議儘速加強現場部門主管工安法規訓練，因為要徹底提高工安績效，從施工規畫開始就應植入工安相關理念。現場部門主管身負準備、審核各項施工文件之責任，若渠等有足夠工安法規常識，則有關工安方面準備資料和審核的品質必定大幅提升；執行階段也因有相同共識存在，工安工作執行才有可能落實，這樣要達成建廠零災害目標定有可能。

圖 次

圖 號	名 稱
圖 1	MHI 儀控系統架構
圖 2	MHI 控制系統硬體架構
圖 3	MHI 控制軟體架構
圖 4	MHI 維護網路通訊協定
圖 5	MHI 控制系統通訊模式
圖 6	MHI DMA 架構
圖 7	RCIS 控制棒位置順序
圖 8	RCIS 硬體組成架構
圖 9	RCIS 各支系統傳輸協定
圖 10	RS HPWPS & LPWPS 處理流程
圖 11	RS DWPS 處理流程
圖 12	RS DCIS 規劃
圖 13	RS 儀控系統架構
圖 14	光纖構造與分類
圖 15	DCIS 設備間光纖資料
圖 16	光纖電纜熔合接續示意
圖 17	光纜施工測試佈置示意

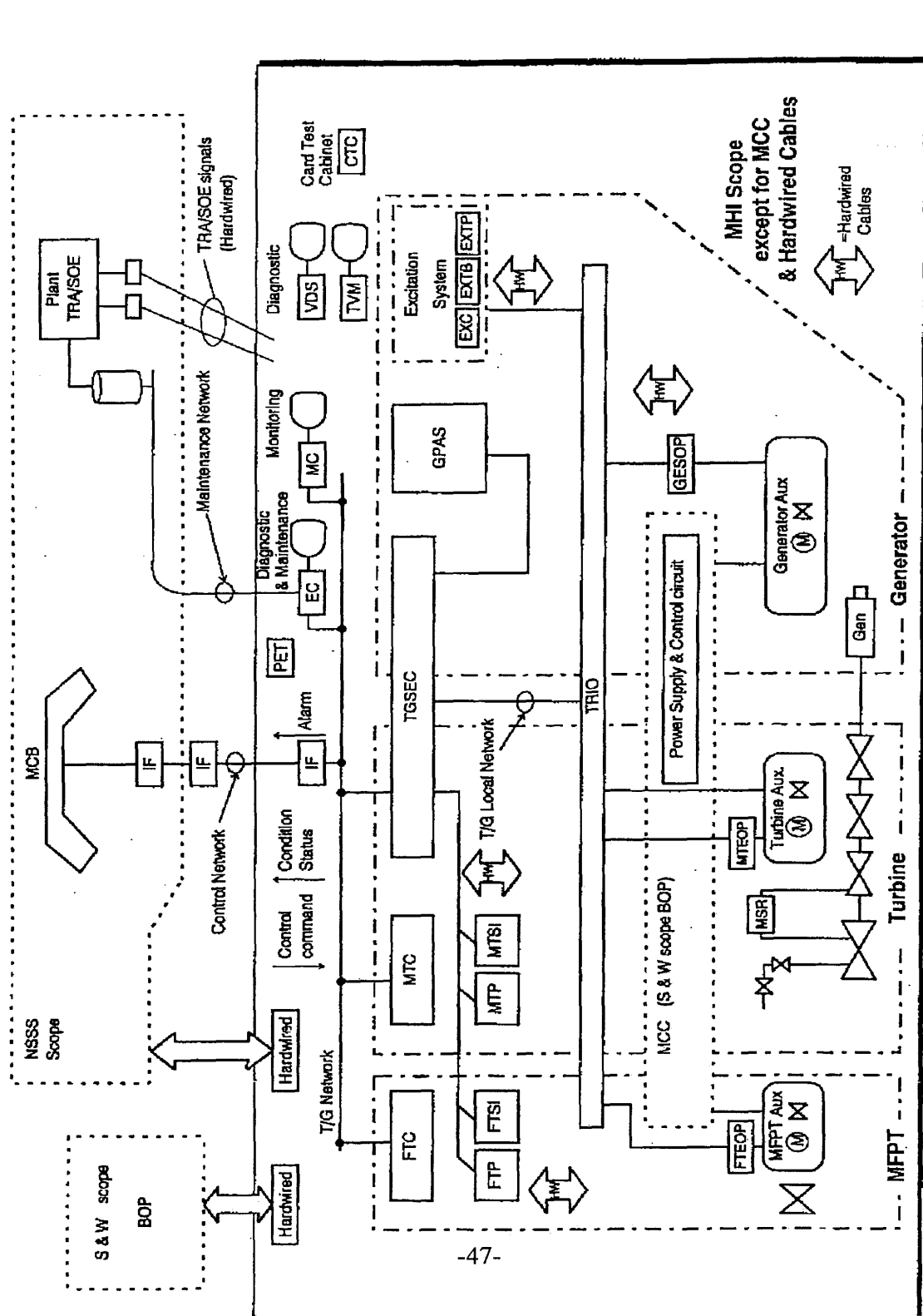


圖1 MHI儀控系统架構

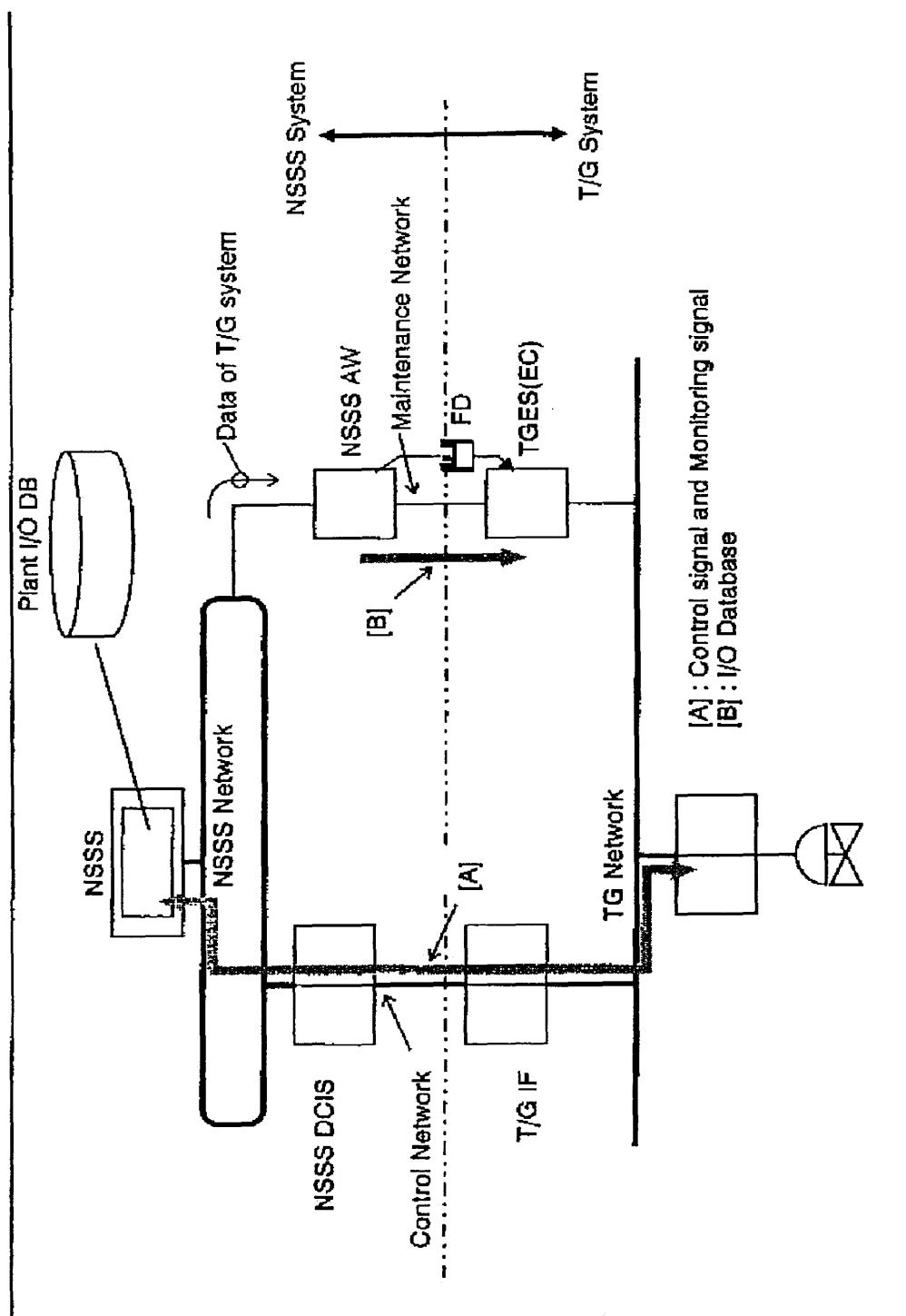


圖3 MHI控制軟體架構

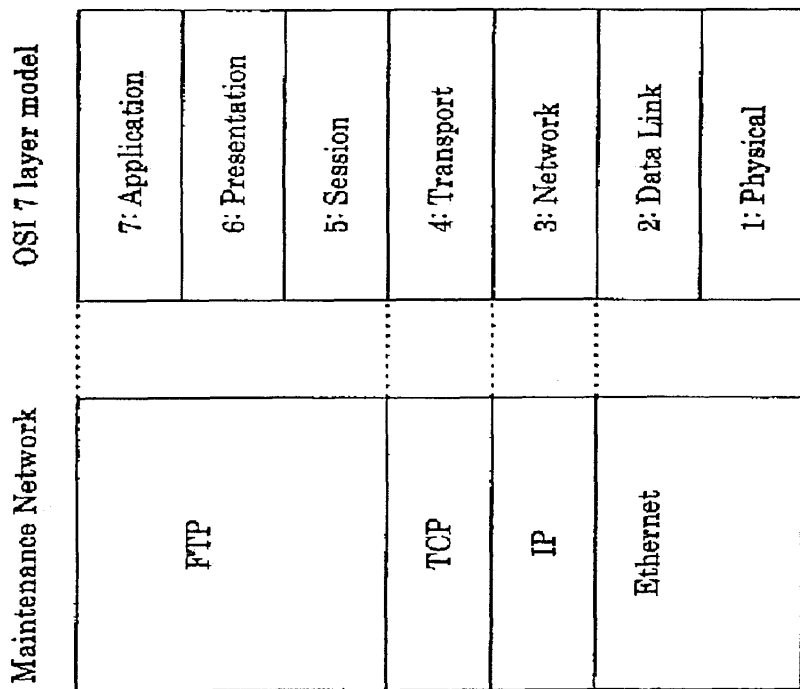


圖4 MHI維護網路通訊協定

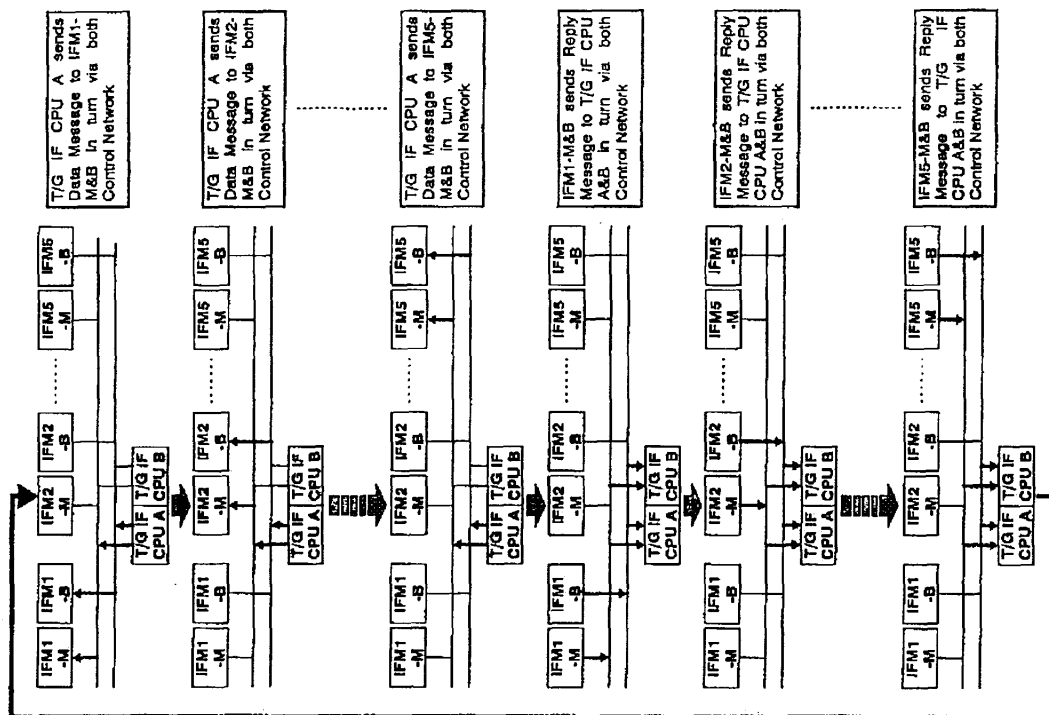


圖5 MHI控制系統通訊模式

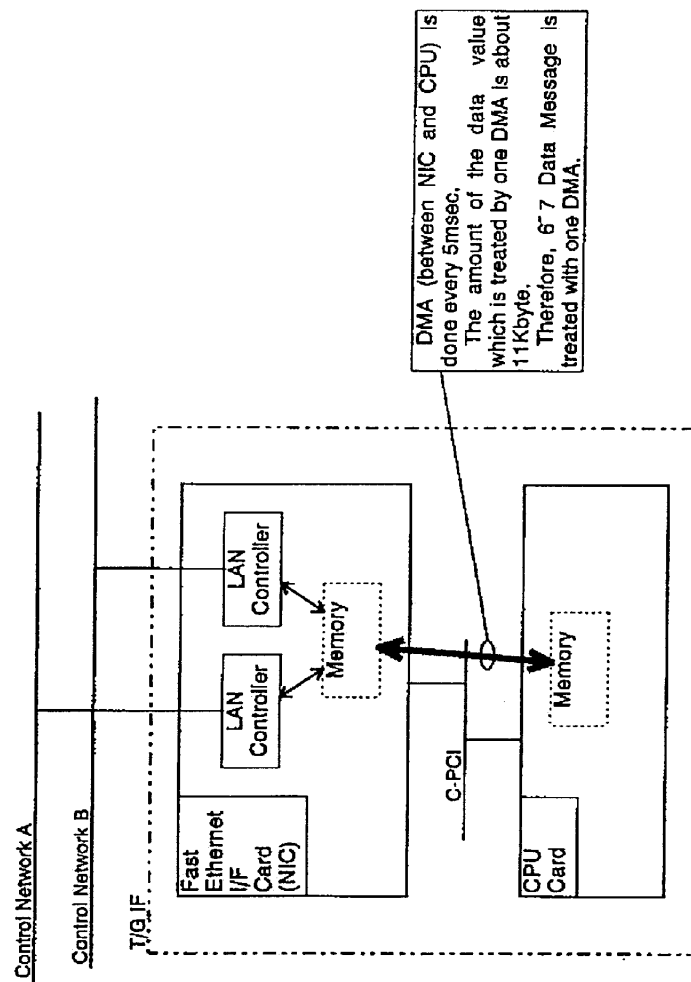


圖6 MHI DMA架構

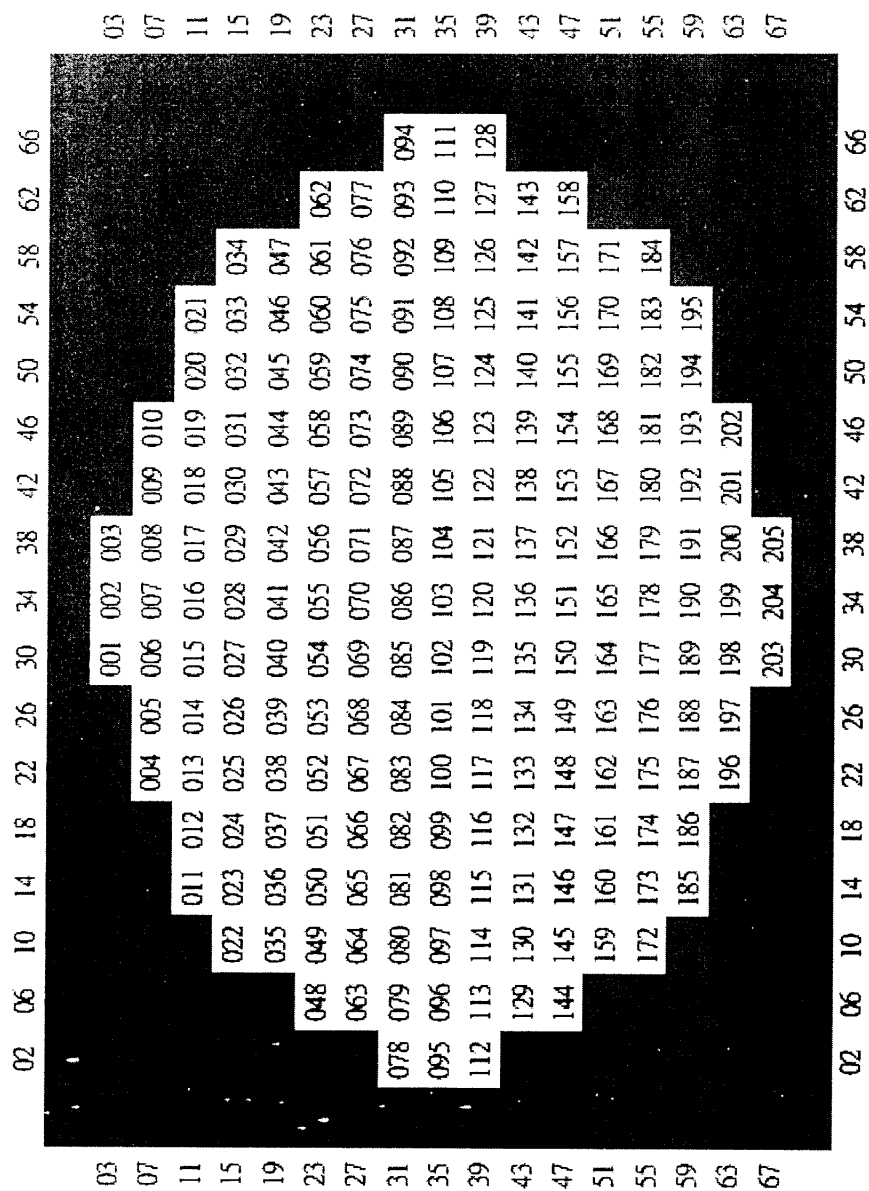


圖7 RCIS 控制棒位置順序

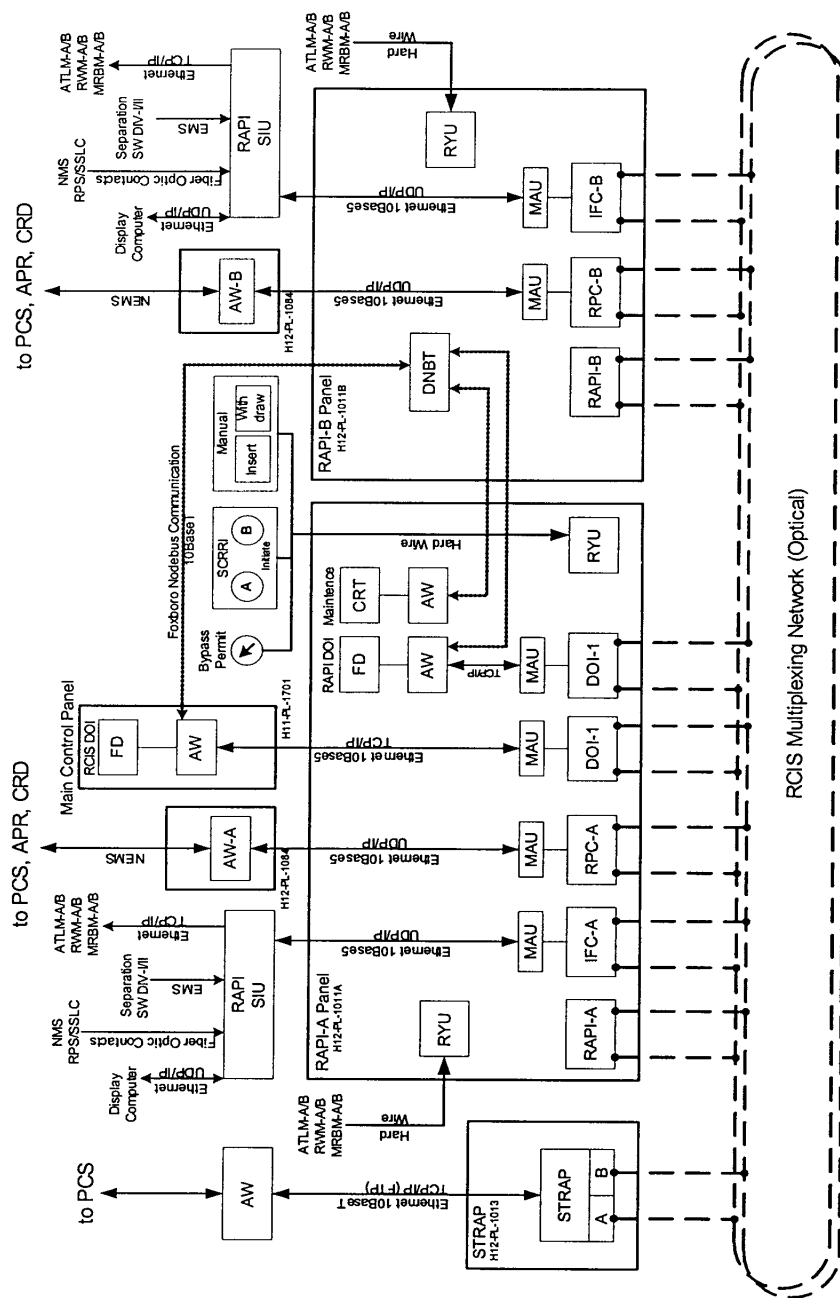


圖9 RCIS 各支系統傳輸協定

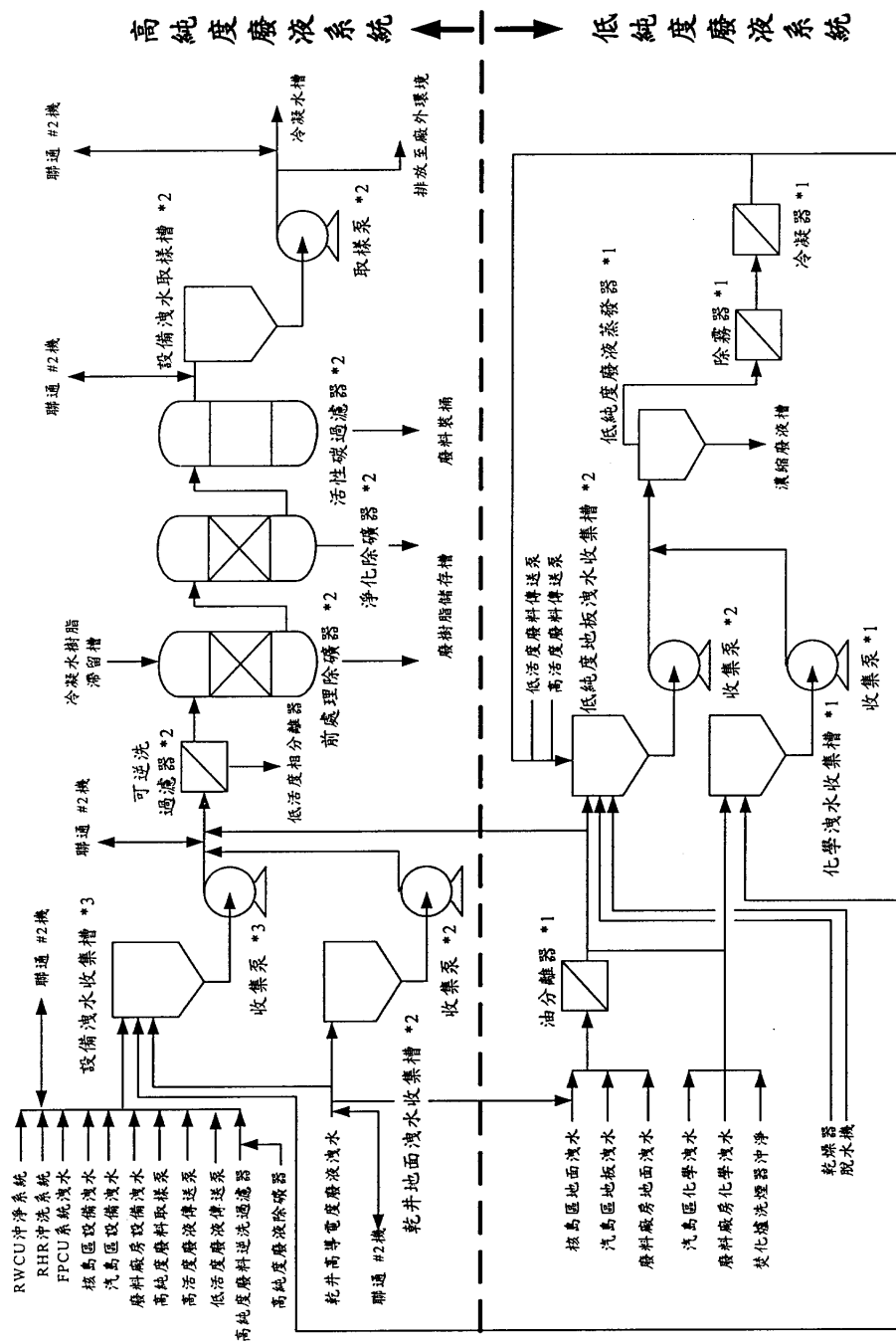


圖10 RS HPWPS & LPWPS處理流程

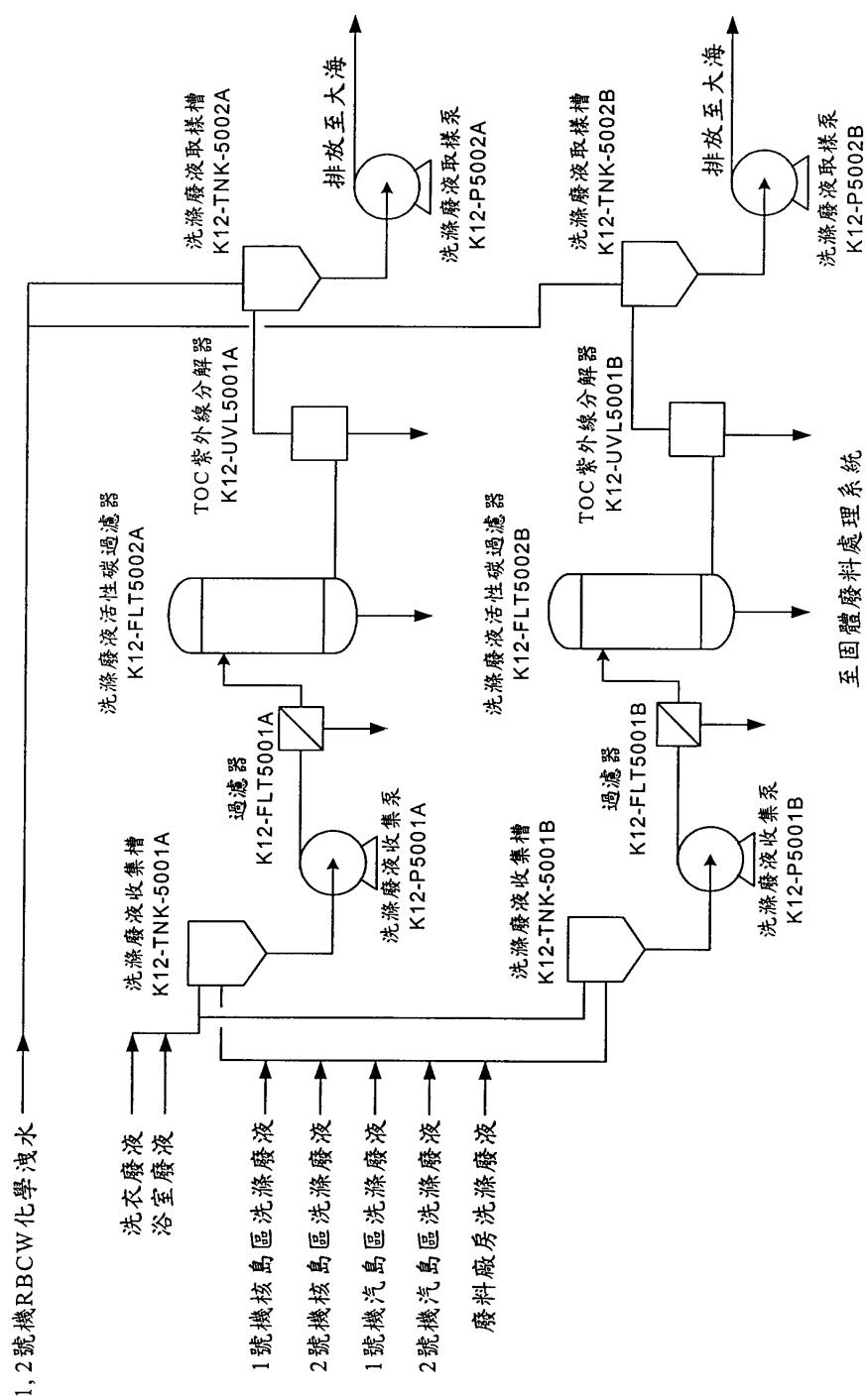
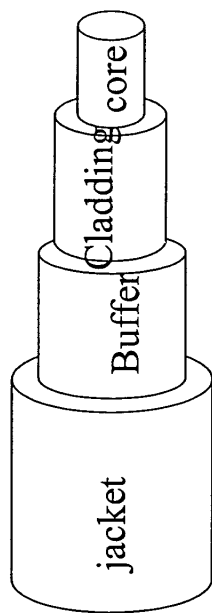
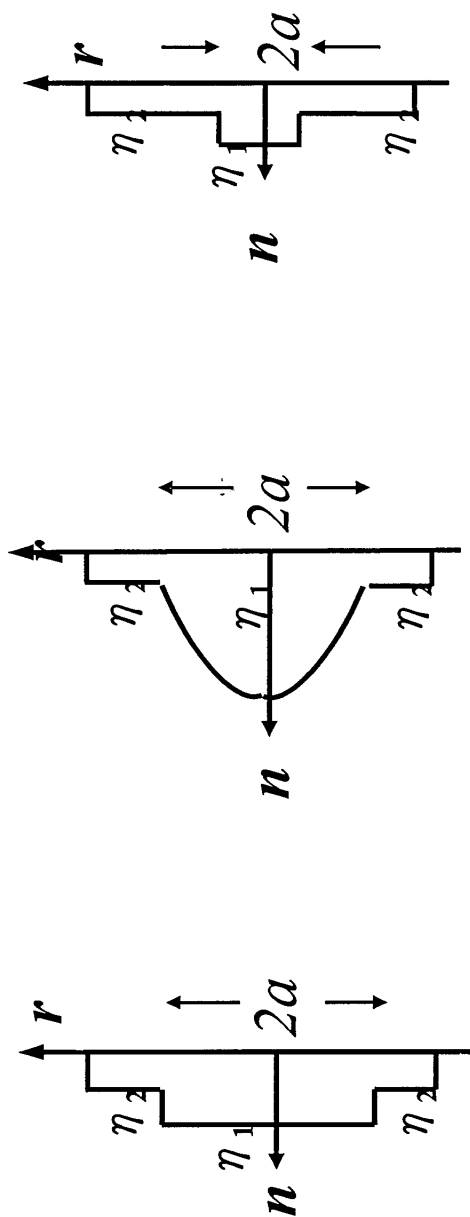


圖 11 RS DWPS 處理流程



光纖構造



多模態階射率光纖

多模態漸變射率光纖

單模態光纖

圖14 光纖構造與分類

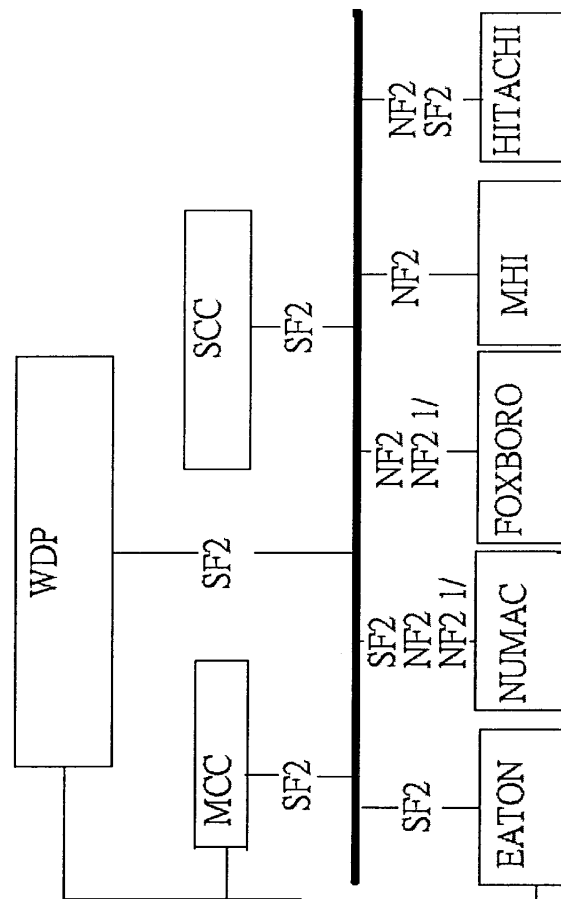


圖15 DCIS設備間光纖電纜資料

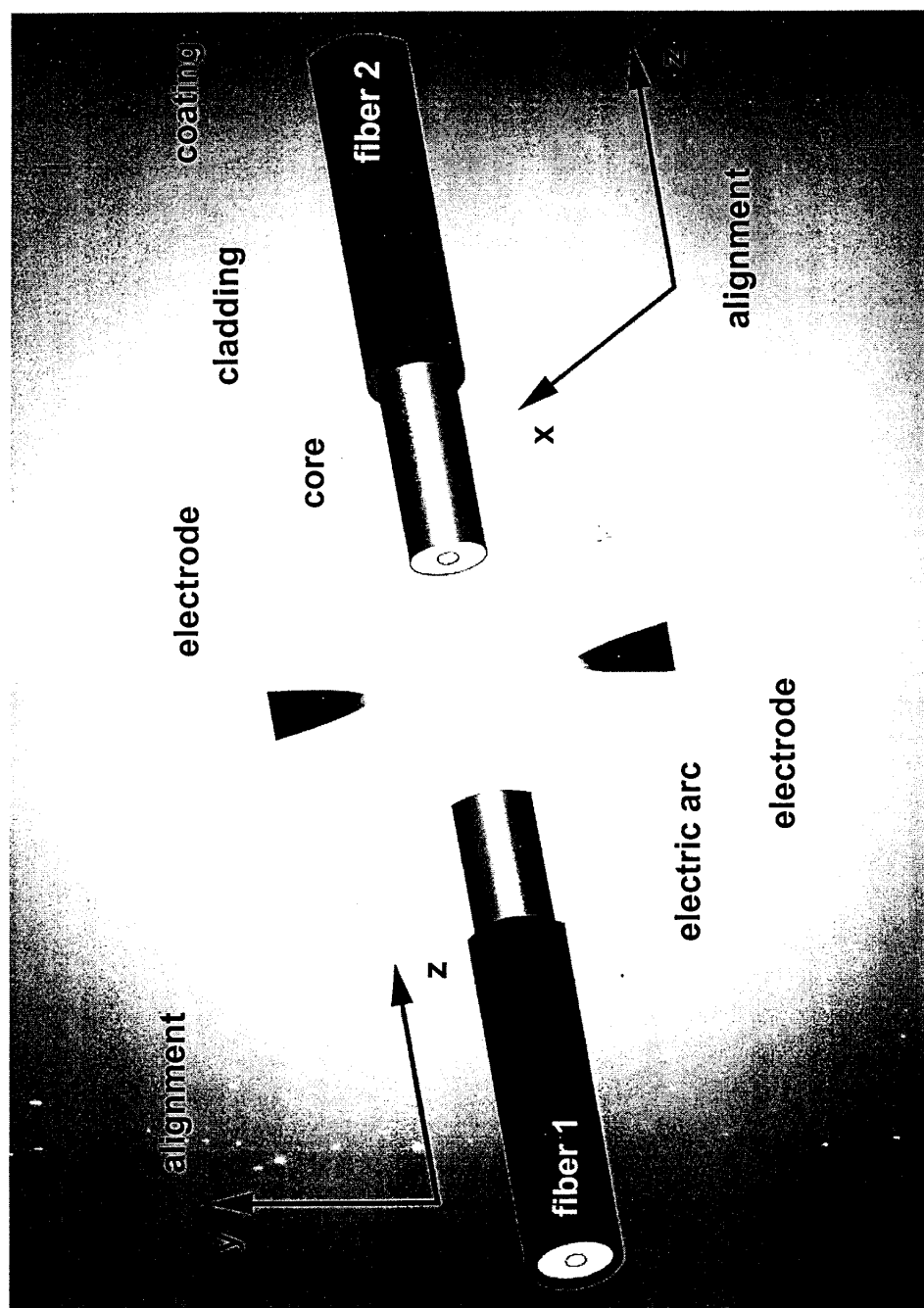
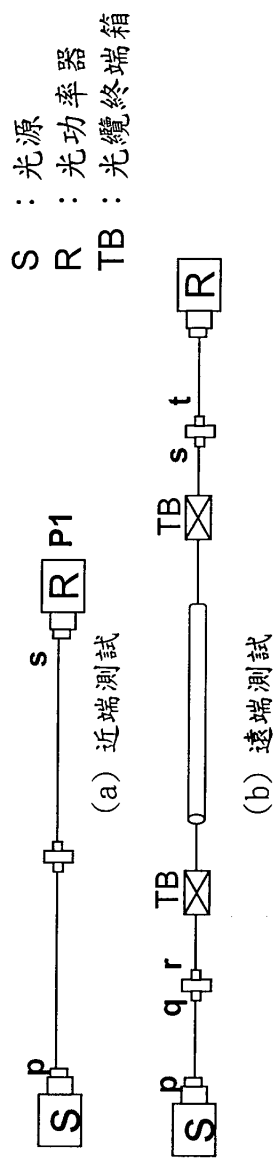


圖16 光纖電纜熔合接續示意



光損失測試系統(使用光功率器)

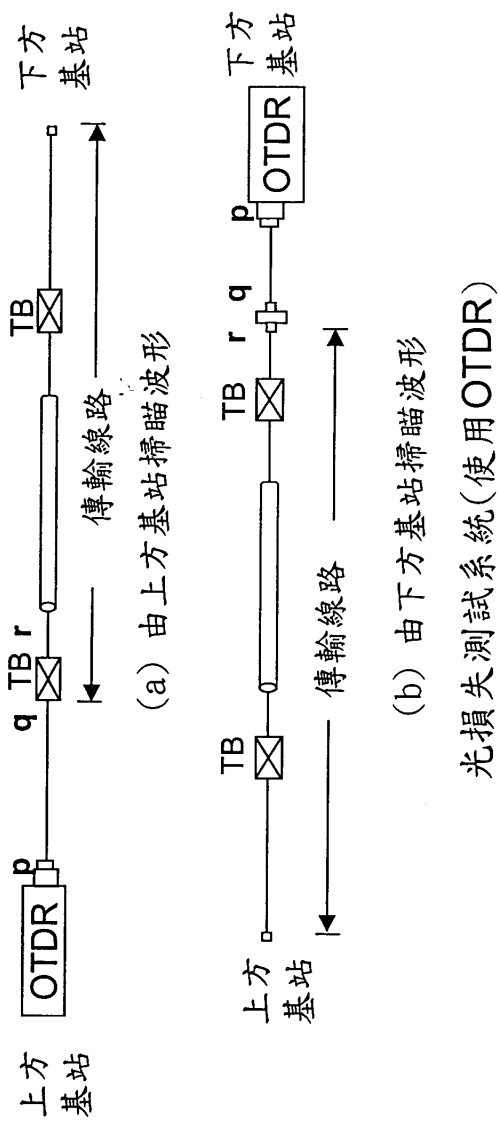


圖17 光纖電纜損失測試

表 次

<u>表 號</u>	<u>名 稱</u>
表 1	MHI 控制盤縮寫及位置
表 2	MHI 維護網路各層規範
表 3	MHI 控制網路各層規範
表 4	RCIS 控制盤縮寫及位置
表 5	RCIS 急停記錄格式
表 6	GE 提供之光纖電纜資料
表 7	GE 提供之光纖電纜規格
表 8	光纖接續作業影響光損失因素
表 9	各式光纖接頭資料
表 10	使用光功率器測試損失主要設備及材料
表 11	使用光功率器測試損失紀錄表
表 12	使用 OTDR 測試損失主要設備及材料
表 13	光時域反射器波形掃瞄紀錄表
表 14	OTDR 波形掃瞄記錄
表 15	事先準備與 HITACHI 討論議題
表 16	事先準備與 MHI 討論議題

No.	Cabinet Name	Abbreviation	Location(*)	Outline DWG
1	Excitation Cubicle	EXC	TB	JEZ1E903
2	Excitation Transformer Protection Cabinet	EXTP	TB1	JEZ33498
3	Excitation Transformer Terminal Box	EXTB	TB	SH61444
4	Generator Protection & Automatic Synchronizer Cabinet	GPAS	CB	JEZ33497
5	Main Turbine EHC Cabinet	MTG	CB	JEZ33490
6	Main Turbine Protection Cabinet	MTP	CB	JEZ33495
7	Main Turbine Supervisory Cabinet	MTSI	CB	JEZ33492
8	MFPT EHC Cabinet	FTC-□ (n = A to C)	CB	JEZ33491
9	MFPT Protection Cabinet	FTP	CB	JEZ33496
10	MFPT Supervisory Cabinet	FTSI	CB	JEZ33493
11	Interface Cabinet	IF	CB	JEZ33494
12	Turbine Generator Engineering Station Engineering Console	TGES EC	CB	JEZ1E902
	Monitoring Console	MC	CB	JEZ1E902
13	Portable Engineering Tool	PET	CB	
14	Turbine Generator Supervisory & Equipment Control Cabinet	TGSEC □ (n = 1 to 3)	CB	JEZ33488
15	Card Test Cabinet	CTC	CB	JEZ1E909
16	Vibration Diagnostic System Cabinet	VDS	CB	D3-M2129
17	Torsional Vibration Monitor Cabinet	TVM	CB	D3-M2131
18	Console Desk of Vibration Diagnostic System	VDC	CB	D3-M2129
19	Console Desk of Torsional Vibration Monitor	TVC	CB	D3-M2131
20	M/T EOP Cabinet	MTEOP	TB	JEZ33499
21	MFPT EOP Cabinet	FTEOP	TB	JEZ1E900
22	Generator ESOP Cabinet	GESOP	TB	JEZ1E901
23	Turbine Remote IO	TRIO □ (n = 1 to 3)	TB1	JEZ1E904
24	Generator CT Terminal Box	GCTB	TB	JEZ1E978
25	LP Turbine Bolt Heater Power Cabinet	LPTBH □ (n = 1 to 2)	TB	JEZ1M983 to JEZ1M984
26	HP Turbine Bolt Heater Power Cabinet	HPTBH □ (n = 1 to 2)	TB	JEZ1M985 to JEZ1M986

表1 MHI控制盤縮寫及位置

Items	Specifications
Physical Layer (Layer 1)	Category 5 UTP cable
Data Link Layer (Layer 2)	Ethernet (IEEE802.3)
Network layer (Layer 3)	IP
Transport layer (Layer 4)	TCP
Upper layer (layer-5~7)	FTP

表2 MHI維護網路各層規範

Items	Specifications
Application, Presentation and Session Layer (Layer 5~7)	Control Network protocol specified between NSSS side and T/G side.
Transport layer (Layer 4)	UDP
Network layer (Layer 3)	IP
	ICMP
	ARP(gratuitous ARP)
Data link Layer (Layer 2)	Fast Ethernet (IEEE802.3, IEEE802.3u)
Physical Layer (Layer 1)	Category 5 UTP cable

表3 MHI 控制網路各層規範

盤面編號	盤面名稱	製造廠家	數量	裝設位置	尺寸(WxDxH mm)	重量 (kg)
IH12-PL-1011A/B	RAPI (Rod Action and Position Information)	Hitachi	2	CB 12300	2425x800x2450	1200
IC11-PL-0009A~Z	RCC (Remote Communication Cabinet)	Hitachi	24	RB 27000	800x800x2532	400
IC11-PL-0010A~F	RBCC (Rod Breaker Controller Cabinet)	Hitachi	6	RB 27000	825x1200x2450	1100
IC11-PL-0011A1~F4	FMDC (Fine Motion Drive Cabinet)	Hitachi	24	RB 27000	825x1200x2450	600
IC11-PL-0014A/B	ERIP (Emergency Rod Insertion Panel)	Inabensa	2	RB 27000	825x800x2286	450
IC11-PL-0015A/B	STRP (Scram Time Recording Panel)	Hitachi	2	RB 27000	1600x800x2450	600
IH12-PL-0012	ATLM/RWM Panel	Foxboro	1	CB 12300	1524x914x2286	1850
IH12-PL-1013	STRAP (Scram Time Recording Analysis Panel)	Hitachi	1	CB 12300	800x800x2300	350
IH12-PL-1041	ERICP (Emergency Rod Insertion Control Panel)	Inabensa	1	CB 12300	825x914x2286	450
IH12-PL-1700	Test Panel Single HCU Scram	Inabensa	1	CB 7600	3658x914x2286	450
IH23-PL-1084	RCIS Gateway Panel	Foxboro	1	CB 12300	906x906x2202	171
IH23-PL-0103/0104	Non-IE RMU (RAPI Auxiliary Panel)	Foxboro	2	RB -8200	906x1806x2202	304

表4 RCIS 控制盤縮寫及位置

	A	B
1	流水號 (Case Number)	
2 (Rod 1)	控制棒順序編號 (Rod Number)	
3 (Rod 1)	0% Insertion Reed Switch (msec)	
4 (Rod 1)	10% Insertion Reed Switch (msec)	
5 (Rod 1)	40% Insertion Reed Switch (msec)	
6 (Rod 1)	60% Insertion Reed Switch (msec)	
7 (Rod 1)	100% Insertion Reed Switch (msec)	
8 (Rod 1)	Buffer Contact Reed Switch (msec)	
.....		
1429 (Rod 205)	控制棒順序編號 (Rod Number)	
1430 (Rod 205)	0% Insertion Reed Switch (msec)	
1431 (Rod 205)	10% Insertion Reed Switch (msec)	
1432 (Rod 205)	40% Insertion Reed Switch (msec)	
1433 (Rod 205)	60% Insertion Reed Switch (msec)	
1435 (Rod 205)	100% Insertion Reed Switch (msec)	
1436 (Rod 205)	Buffer Contact Reed Switch (msec)	

表5 RCIS 急停記錄格式

Cable Type	No.of Fibers	Core Size,um	Cladding Diameter,um	Quantity (m),Unit1	Quantity (m),Unit2
SF2	2	62.5	125	60,000	60,000
SF3	4	62.5	125	4,000	4,000
SF9	2	200	230	13,000	13,000
NF2	2	62.5	125	6,500	6,500
NF3	4	62.5	125	2,000	2,000
NF5	6	50.0	125	1,200	1,200
NF7	18	62.5	125	42,000	42,000

表6 GE提供之光纖電纜資料

型式	芯數	接頭	尺寸	衰減係數 ($\leq$ dB/km)		頻寬 ($\geq$ MHz.km)	
				$0.85 \mu\text{m}$	$1.3 \mu\text{m}$	$0.85 \mu\text{m}$	$1.3 \mu\text{m}$
SF2 graded index	2	ST	62.5/125	3.0	1.0	200	500
SF3 graded index	4	ST	62.5/125	3.0	1.0	200	500
SF9 step index	2	SMA	200/230	10	x	20	x
NF2 graded index	2	ST	62.5/125	3.0	1.0	200	500
NF3 graded index	4	ST	62.5/125	3.0	1.0	200	500
NF5 graded index	6	FC	50.0/125	3.0	1.0	400	400
NF7 graded index	18	ST	62.5/125	3.0	1.0	200	500

表7 GE提供之光纖電纜規格

Extrinsic and Intrinsic Influences on

Fiber Optic Joints

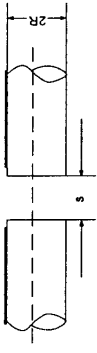
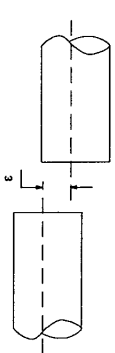
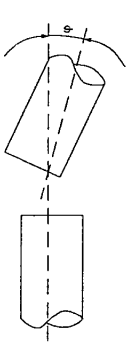
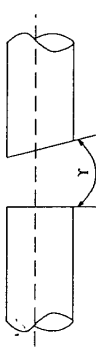
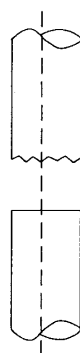
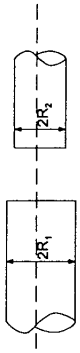
distance	$0.5 \leq s/R \leq 1.0$ $0.2 \text{ dB} \leq a_s \leq 0.45 \text{ dB}$	
lateral off-set	$0.1 \leq \epsilon/R \leq 0.2$ $0.25 \text{ dB} \leq a_\epsilon \leq 0.65 \text{ dB}$	
inclination	$0.5^\circ \leq \phi \leq 2^\circ$ $0.05 \text{ dB} \leq a_\phi \leq 0.55 \text{ dB}$	
imperfect angle	$0.2^\circ \leq \gamma \leq 2^\circ$ $0.01 \text{ dB} \leq a_\gamma \leq 0.20 \text{ dB}$	
imperfect surface	$0.2 \leq r/\lambda \leq 2.0$ $0.01 \text{ dB} \leq a_r \leq 0.30 \text{ dB}$	
core diameter	$\Delta R/R \leq 0.1$ $R = (R_1 + R_2) / 2$ $a_R \leq 0.70 \text{ dB}$	

表8 光纖接續作業影響光損失因素

UNICORN TM			FUSION TM		FIBERCORE TM	
Connection method	CamSplice TM		Fusion Splice		Epoxy and polish	
Connector type	SC, FC, ST TM		SC, FC, ST		ST, SC	
Fiber type compatibility	Single-mode, multimode		Single-mode, multimode		Multimode	
Ferrule polish	Factory-polished		Factory-polished		Field polish	
Polish types	Single-mode: UPC, SPC		Single-mode: UPC, APC			
Installation time	< 2 minutes		< 3 minutes		< 3 minutes	
	< 1 minute for 900 μ m					

表9 各式光纖接頭資料

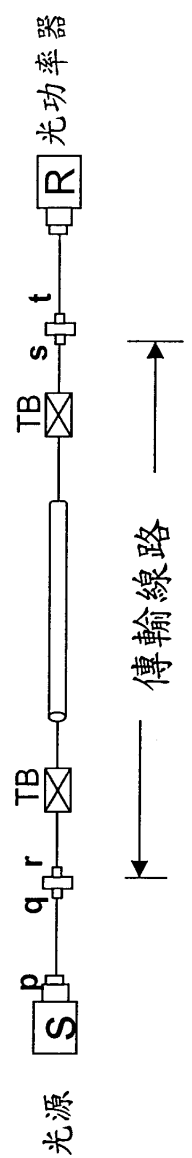
名稱	數量	用途	備註
光源	1台	發射光信號用	
光功率計	1台	接收光信號用	
光感應器	1只	光電轉換用	光功率計未內含時，須備註
超音波洗淨器	2台	清洗FC/PC連接器接頭及插座	兩端基座各一
聯網用電話機	2部	電話聯網用	兩端基座各一
電源延長線	2付	延長電源用	兩端基座各一
10m光纖跳接線	2條	連接測試儀器	具FC/PC連接線插座
FC/PC連接線插座	2只	連接跳接線	
無水酒精	2瓶	清潔FC/PC連接線插座	兩端基座各一
壓縮空氣罐	2瓶	清潔FC/PC連接線插座	兩端基座各一
化妝棉或拭紙	2台	清潔FC/PC連接線插座	兩端基座各一
酒精瓶	2瓶	清潔FC/PC連接線插座	兩端基座各一

表10 使用光功率器測試損失主要設備及材料

測試區間：
 光纜種類：
 光纜長度：
 測試儀器：

接續點數：
 氣候：
 測試日期：

溫度：



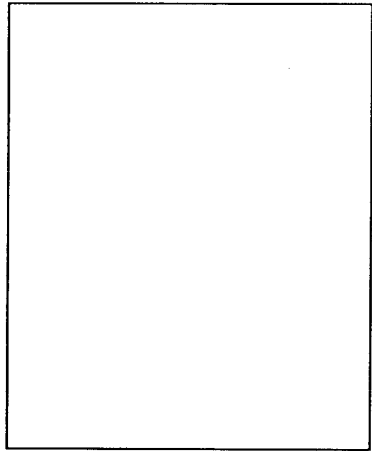
簇別	色別	No.	P1	P2	區間光損失 P1-P2 (db)
藍	藍	1			
"	黃	2			
"	綠	3			
"	紅	4			
"	紫	5			
"	白	6			
黃	藍	7			

表11 使用光功率器測試損失紀錄表

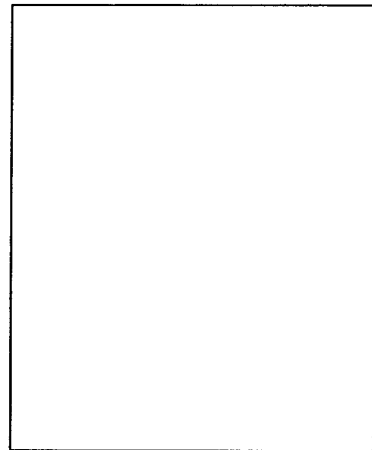
名稱	數量	用途	備註
光時域反射器	1部	掃瞄光纖之光傳輸特性	
波形拷貝機 (Video Plotter)	1部	列印掃瞄波形	
無水酒精	1瓶	清潔FC/PC連接器接頭及插座	使用之光時域反射器如無 列印裝置，須另備此設備
壓縮空氣罐	2瓶	清潔FC/PC連接器接頭及插座	
化妝棉或拭紙	2包	清潔FC/PC連接器接頭及插座	
酒精瓶	1瓶	清潔FC/PC連接器接頭及插座	

表12 使用OTDR測試損失主要設備及材料

測試區間：_____
 光纜種類：_____
 光纜長度：_____
 OTDR 廠牌型號：_____
 接續點數：_____
 氣候：_____
 溫度：_____
 測試日期：_____



(a) 上方基站掃瞄波形



(b) 下方基站掃瞄波形

確認：_____
 測試：_____

表13 光時域反射器波形掃瞄紀錄表

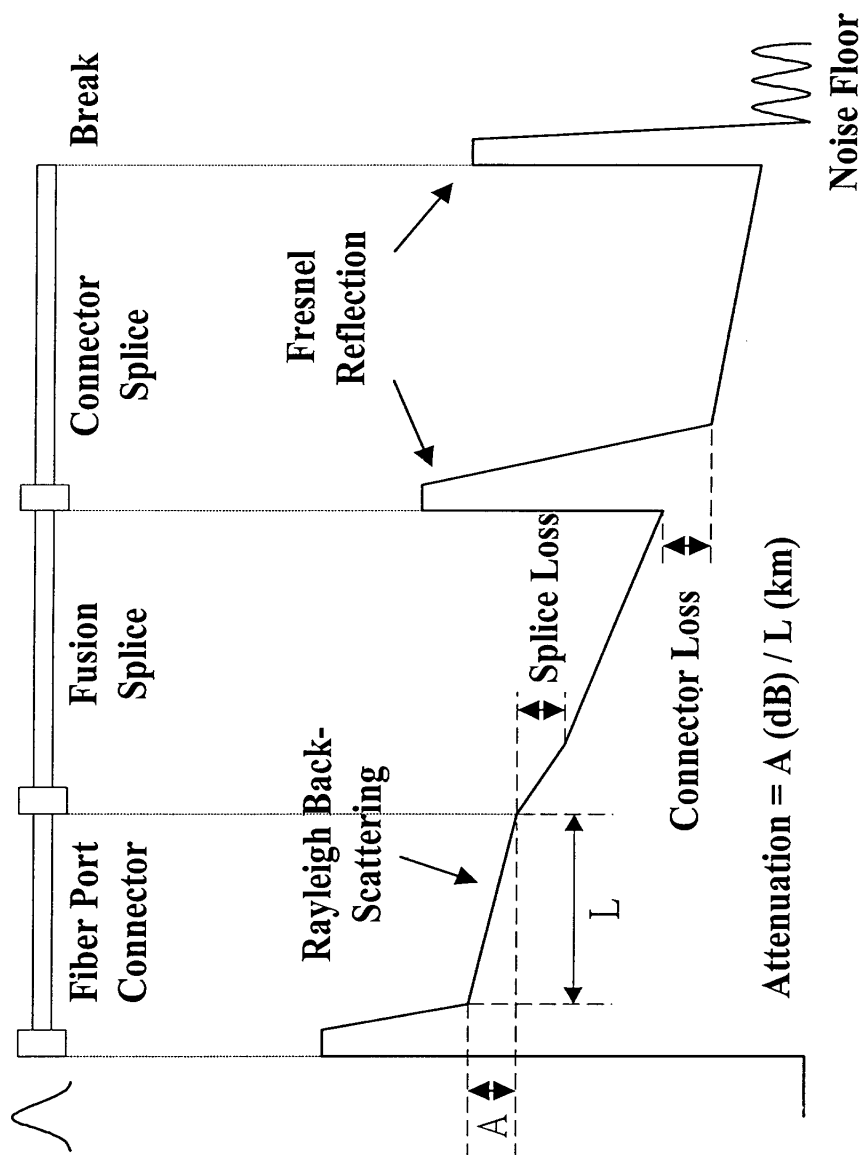


表14 OTDR波形掃描記錄

Questionnaires for visiting HITACHI

1. Provide Shop test & inspection procedures
 - Sequence Test
 - Characteristic Test
2. Provide Instrument Grounding information
 - The configuration outside the pnl. ie the relation between the grounding mat and I-bus (Japan practice)
 - The grounding wires of the instrument cable and I-bus arrangement inside the pnl. (Japan practice)
3. Provide the Fiber Optic Multiplexing Network information
 - What's the Test Items for the Optic Cable?
 - What's the Protocol
 - What's the Response/Traffic?
 - What's the Data format between RAPI and FCM / STRAP and STRP
4. Provide the Environment Requirements
 - During installation of the control pnl.
 - If can't meet the above requirements, Removing the Electronic Card works?
 - Estimated how long it takes to install the pnl.?
5. Explain the FD sys, DI/DO and FMCRD Simulator
 - Introduction & Demonstration
6. Discuss the Site test Items for I&C
 - What Items (Refer to the Install. Spc provided by GE)
 - How to perform for HITACHI portion? (Software)
 - Estimated how long it takes to implement?
7. What the role does the HITACHI play during the nuclear power plant construction?
 - Technical advisor/ Service engineer
 - For I&C, How many & How long

表 15 事先準備與HITACHI 討論議題

Questionnaires for visiting MHI

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Provide Shop test & inspection procedures <ul style="list-style-type: none"> • Dielectric Test (Item 4.4) • Sequence Test (Item 4.5) • Characteristic Test (Item 4.6) 2. Provide Instrument Grounding information <ul style="list-style-type: none"> • The configuration outside the pnl. ie the relation between the grounding mat and I-bus (Japan practice) • The grounding wires of the instrument cable and I-bus arrangement inside the pnl. (Japan practice) 3. What's the Test Items for the Optic Cable? 4. Provide the Environment Requirements <ul style="list-style-type: none"> • During installation of the control pnl. • If can't meet the above requirements, Removing the Eletronic Card works? • Estimated how long it takes to install the pnl.? | <ol style="list-style-type: none"> 5. Explain the POL(Problem Oriented Language) <ul style="list-style-type: none"> • Introduction & Demonstration 6. Discuss the Site test Items for I&C <ul style="list-style-type: none"> • What Items (Refer to the Install. Spc provided by GE) • How to perform for MHI portion? (Software) • Estimated how long it takes to implement? 7. What the role does the MHI play during the nuclear power plant construction? <ul style="list-style-type: none"> • Technical advisor/ Service engineer • For I&C, How many & How long |
|---|---|

表 16 事先準備與MHI討論議題