

行政院及所屬各機關出國報告 (出國類別：實習)

興達一、二號機空污改善計畫鍋爐及
煙氣脫硝設備、廠房結構及控制系統
之規劃設計修改組裝施工監測及運用
等訓練

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：王紫峰/儀電工程監

王偉正/土木工程師

陳星同/機械工程師

派赴國家：韓 國

出國期間：98.10.22 ~ 98.11.4

報告日期：98.12.22

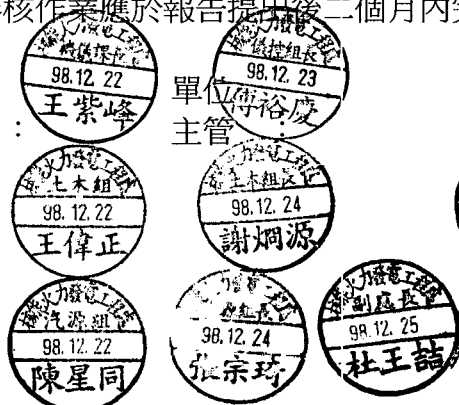
出國報告審核表

出國報告名稱：興達一、二號機空污改善計畫鍋爐及煙氣脫硝設備、廠房結構及控制系統之規劃設計修改組裝施工監測及運用等訓練		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
王紫峰	儀電工程監	核能火力發電工程處
出國期間：98年10月22日至98年11月4日		報告繳交日期：98年12月22日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3. 內容充實完備。 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正,原因: <input type="checkbox"/> (1)不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2)以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容以 <input type="checkbox"/> (3)內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> (4)電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> (5)未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input checked="" type="checkbox"/> 8. 本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: <input checked="" type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同人進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 9. 其他處理意見及方式:	
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 2. 退回補正,原因: _____ <input type="checkbox"/> 3. 其他處理意見:	

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

報告人：



總經理

副總經理：



行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：興達一、二空污改善計畫鍋爐及煙氣脫硝設備、廠房結構
及控制系統之規劃設計修改組裝施工監測及運用等訓練
頁數 48 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力股份有限公司/陳德隆/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

王紫峰/台灣電力公司/核能火力發電工程處/儀電工程監/(02)23229521

王偉正/台灣電力公司/核能火力發電工程處/土木工程師/(02)23229504

陳星同/台灣電力公司/核能火力發電工程處/機械工程師/(02)23229532

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：98年10月22日至98年11月04日 出國地區：韓國

報告日期：98年12月22日

分類號/目：G3/電力工程

關鍵詞：鍋爐、煙氣脫硝設備、控制系統、廠房結構

內容摘要：(二百至三百字)

「興達一、二號機空污改善工程鍋爐運轉效率改善及增設選擇性觸媒還原設備」。係由韓國Doosan重工所承包，韓國Doosan重工近年在發電廠重要設備之製造上相當成功，不僅擁有大型鑄造廠，鍛造廠、汽機及發電機轉子、爐管等機械製造廠，同時並自行擁有細部設計之能力，因此得以承攬本公司之舊電廠之效率更新案。

一、鍋爐控制系統

興達發電廠所採用之控制及監測系統，近年已由興達發電廠自行逐步更新為Foxboro之I/A系統，此為Invensys公司長期累積在自動控制技術領域的經驗所發展下來的電腦及通訊技術，已具很有高可靠度、高相容性及高擴展性的特點，且最主要的成功在於模組化的方式讓使用者得以能後續更

新或擴展。

二、鍋爐及煙氣脫硝設備

興達一、二號機鍋爐性能改善及增設脫硝系統工程案之目的在於藉由增設SCR以改善NO_x排放濃度，預期可由210ppm降至42ppm，削減NO_x排放6,313,699公斤/年，可降低南部地區氮氧化物總排放量7.6%，以因應未來日益嚴苛之空污排放標準，避免因不符最新環保排放標準而面臨被迫降載運轉或甚至停機之情形，並配合SCR之增設一併改善既有鍋爐附屬設備之性能以恢復鍋爐原設計性能及效率以提高發電效益。

為熟稔該空污改善鍋爐及煙氣脫硝系統之系統設計、組裝技術並瞭解其設計理念，本次實習赴承攬廠商韓國斗山重工公司設計部門，實地瞭解規劃要領、設計及組裝準則，課程內容包括鍋爐系統與脫硝系統之再熱器、省煤器、空氣預熱器、省煤器旁路、脫硝設備觸媒、煙道尾端引風機等設計與組裝程序，希冀透過相關技術課程研討及資訊收集，俾利於往後相關改善工程之執行。

三、SCR、APH及既有鍋爐廠房結構

興達電廠一、二號機空污改善計畫之設備安裝，係在現有電廠窄小空間內施工，本計畫須更新、修改或增設之設備繁雜，且原有結構物之設計規範與現今要求不同，故需在規劃設計上另作個案研究，除考量新設結構物與設備運轉震動對原有結構物之影響外，並須檢討原有結構物可否符合現行建築技術規範，以盼達到安全性及經濟性要求。

為熟悉新設結構系統之規劃設計內容及增加對新技術認識，故前往本計畫統包商－韓國斗山公司，其目的除瞭解粉煤機、鍋爐、APH以及SCR等設備規劃外，並學習SCR與APH鋼結構之規劃設計及既有鍋爐廠房補強，以增進建廠之規劃設計能力。

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、目的與過程 -----	4
一、目的 -----	4
二、內容與過程 -----	5
貳、斗山重工公司參訪簡介 -----	6
參、實習內容	
一、興達一、二號機控制系統之設計及修改 -----	7
二、興達一、二號機鍋爐改善及增設除硝設備之設計及修改 ----	19
三、興達一、二號機 SCR 與 APH 廠房結構設計及既有鍋爐廠房補強-----	34
肆、實習心得與建議-----	47

壹、目的與過程

一、目的

近年來由於高雄地區經濟持續發展，能源消耗與日俱增，除造成此地區環境負荷日益沈重，同時亦加重了空氣品質惡化之嚴重性，有鑑於此，環保署於民國 86 年起，針對了高屏地區推動空氣品質改善專案，而地方政府亦根據空氣污染防治法亦自訂了較嚴格之排放標準。因此本公司為因應日趨嚴格之排放標準總量管制策略，並善盡企業社會責任，除針對興達電廠一、二號機增設選擇性觸媒還原設備(SCR)以降低空污之排放量外，並進行徹底電廠運轉效能提昇改善以提昇運轉效能以期降低對高雄地區之環境影響，本次停機改善之各項設備及系統等如下所列：

1. 鍋爐熱傳系統 (Boiler Heat Transfer System)
2. 除硝系統 (SCR System)
3. 空氣預熱器 (Air Preheater)
4. 粉煤機 (Pulverizer)
5. 引風機 (Induced Draft Fan)
6. 底灰處理系統 (Bottom Ash Handling System)

針對上述設備之改善，廠家需修改興達發電廠現有廠房結構及控制系統等配合改善工作，如 Foxboro I/A 系列之分散式控制系統。且對 SCR 增設亦需相對配合擴充控制系統以符合整廠控制需求。此次奉派前往韓國斗山重工，實習廠家斗山公司對電廠發電設備改善相關之設計、修改及運用技術及相對應控制系統規劃、設計等方面之技術及資訊，俾使往後對本合約相關規劃、設計之審查及工程進度、品質之掌控皆能有所助益。

二、內容與過程

「興達一、二號機空污改善工程鍋爐性能改善及增設脫硝系統工程」於 95 年 9 月間公開招標，由韓國斗山重工所得標並據以完成合約之簽訂。合約中定有海外訓練項目，本次訓練即依該合約之年度出國計畫派送國外探索、瞭解及學習廠家在此案之技術及所知。

本次出國實習共計 14 日，自 98 年 10 月 22 日至 98 年 11 月 4 日，分別前往韓國首爾斗山重工公司首爾辦公室及昌原斗山重工公司總公司接受訓練，實習日程如下：

98 年 10 月 22 日：由台北出發至韓國首爾。

98 年 10 月 23 日至 98 年 10 月 31 日：斗山重工首爾辦公室實習興達一、二空污改善計畫鍋爐及煙氣脫硝設備、廠房結構及控制系統之設計、組裝、修改及運用等訓練

98 年 11 月 1 日 由首爾至釜山至昌原斗山重工總公司。

98 年 11 月 2 日至 98 年 11 月 3 日：昌原斗山重工總公司實習興達一、二空污改善計畫鍋爐及煙氣脫硝設備、廠房結構及控制系統之設計、組裝、修改及運用等訓練，實習期間斗山重工公司並安排參觀展示館模型簡介及其工廠參觀。

98 年 11 月 4 日：完成實習任務由昌原、釜山經首爾轉機返回台北。

貳、斗山重工公司參訪簡介

此次實習之主要目的為針對控制系統修改、設計及運用之實習，然斗山公司亦有依該公司接待之正常程序，先安排了對其公司的簡單介紹以期能先對該公司有初步之背景認知，簡述如下：斗山重工實為一重機械製造加工廠，從原動力廠、輪船、核能發電廠以及重型起重機等主要備，其下設有冶金、鑄造、鍛造、熱處理仍至於精密加工等廠區，擁有全套之生產線，及至於安裝及測試等機械設備齊全，每一項設備皆非常昂貴，其操作、運轉以及維護等都須要特殊專業技術。斗山重工自身亦設有研發設計部門，分散於韓國各處，雖僅有 20 年歷史，但因與世界其它大廠技術合作故已頗俱經驗。其所生產之重機械零件原大都供給韓國國內使用外，近年之重點為大力拓展外銷以爭取市場，蓋因生產設備之投資金額相當龐大，須不斷生產營利才能攤平成本。

斗山重工總公司座落於海港邊佔地廣闊，預估其總面積約為 60 公頃上下，蓋有十數間大型廠房並自擁有重件運輸港口，可將其產製品尤其是重型機具直接由其面海港口輸出。總部辦公室為約 20 樓之大樓，佔地約 5000 m²。因佔地寬闊在其安排下專車參觀其重件鍛造廠、Turbine 加工廠、重件組裝廠、製造廠並巡訪整體廠區，全程各廠房均派有專門人員解說。經了解其加工機具除能加工龐大之加工件外，亦具相當高之精密度，唯且多由美國或德國進口，廠內亦已堆置有許多半成品待加工中，並於 Turbine 加工廠內見有其它公司委由斗山公司製造之 Turbine，其中最令人印象深刻的竟然出現日本三菱 MHI 所訂製之汽輪機。在經由此次其有系統的說明及參觀下，對斗山公司有較深刻的認識。而本次之現場參觀則因商業機密在廠房內禁止照相及攝影，無法留下任何實際的影像，實為小小的遺憾。

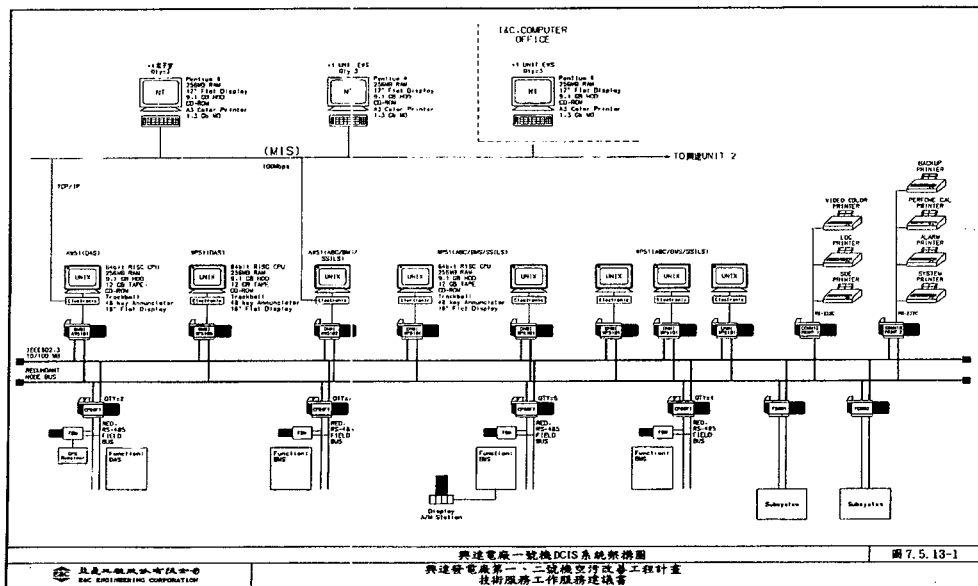
參、實習內容

一、興達一、二號機控制系統之設計及修改

興達一、二號機空污改善案之工程，主要可區分鍋爐設備改善、增設煙氣除硝設備、靜電集塵器設備改善及煙氣除硫設備性能提升等四大部份，而本案廠家斗山公司所得標負責的部分則為鍋爐設備改善及增設煙氣除硝設備此二大部份。因本案在本處所發包工程中系屬於設備改善案，而非完整廠的新建案系，因此所述之內容多為瑣碎之改善內容或方式，不如新建案件可有一整個完整的系統輪廓，以下則盡量以有系統的方式說明論述。

(一) 系統環境概述

在與斗山重工所訂合約之範圍，因興達機組之控制系統已由興達發電廠自行發包完成將原裝置之傳統控制盤控制之控制方式，改為數位化之分散式控制系統(DCIS)，已大幅提昇了整體之控制速度、準確性、效能、邏輯及程式之運算能力等，亦相對提昇了系統的擴充相容性，相對的除對此案斗山公司改善所需之擴充複雜程度大大的降低亦減低了困難度外，亦已對此次一、二號機空污改善案之儀控修改及設計提供了極佳之系統整合能力及擴充之系統環境。興達電廠現有之分散控式制系統設備及架構如圖所示。



(二) 控制系統硬體之設計修改

斗山公司先說明其與本公司之合約中包括了部份設備或則是系統之新增或變更設計，其中例如一次風扇馬達更新、煙氣再循環系統移除、增設鍋爐再熱器管排及吹灰器、粉煤機組件更新、空氣預熱器及其出灰系統更新及引風機更新等等設備或系統，因此不可避免將有現場儀器及控制盤等之修改或更新。在其與機組控制室之連線將以直接拉線之方式拉線至現有之興達機組 DCIS 接線盤之相對應位置，由現有之 DCIS 即可直接執行其更新設備之運轉邏輯及執行搖控/監視功能。如當新增設之現場設備於 DCIS 接線盤無適合之相對應位置可供其接線時，則將利用備用接點連接來完成。

再因為配合爐島區各輔機設備之更新或修改，現有之 DCIS 亦當然無法避免需一併配合修改，其中包括新增輸入及輸出模組、接線元件等硬體設備，軟體方面亦需修改相關之控制邏輯與監控畫面之以配合更新後的實際情形等。另外為求 DCIS 修改工作能夠適切的完成，除已事先需派員至現場仔細勘查路徑、輸出入點數、系統擴充能力等，並且視實際需要及設計進度進行，蒐集各輔機設備、子系統之相關技術規格資料等，以便納統整合理入一併整合考量，方能達到修改後之最佳狀態與功能，並使新舊設備順利整合。

另一點針對空氣預熱器之改善之說明，將目前空氣預熱器拆除並改為三分倉式空氣預熱器，當然儀控系統之部份亦需配合新設備變動，其內容計包括有潤滑油監測裝置、速度感測器等現場儀器、以及馬達驅動裝置等，同時亦因另規劃有清洗設備，亦將設置高低壓水泵進行清洗。預熱器馬達驅裝置和清洗用高低壓水泵等將由中央控制室監控和操作，因此為求由控制室監控系統，斗山重工將提供足夠的輸出/輸入卡片，用以應付新增之各項感測回授控制及監視信號，對應新增之各項設備做適切的監視控制。

本合約爐島區部份，最後一項提及之重要設備改善則六部為粉煤機設備之更新，針對此一部份儀控系統將新增現場測量儀器和控制驅動裝置。而為配合由中央控制室監控和操作上的需求，對於每一部粉煤機所需要的輸入和輸出點數不可避免必定會有所增加，因此控制室監控系統除必須配

合新修改的六部粉煤機提供足夠的輸入和輸出擴充槽、記憶體和電源容量等，用以容納新增的輸入和輸出卡片以及必要的硬體設施，並用以接受所有來自現場的信號，以及提供新增設備適切的控制。在此同時，斗山重工當然相對亦必須對既有的燃燒控制和燃燒控制的操作哲學和邏輯作適切的研究及評估，以便於做適當的更改修正。

新增設 SCR 系統之部份，由於 SCR 在本案中系為完全新增設之系統，故其儀器控制系統之規劃必需以能執行整個 SCR 系統之運轉操作所需之監控功能為目標，於此部份因 SCR 相較於鍋爐整個系統而言，算是較不複雜之設備，且亦已為相當成熟之系統。對 SCR 成功之關鍵，重點系維繫在於控制噴氨氣量精準度的掌控，一般在其控制設備之選用方式可用可程式邏輯控制器(PLC)作為控制系統或以 DCIS 系統做為監控及操作系統。本案例中為使整廠控制系統單純化及一致性，將以 DCIS 作為監控及操作之設備。斗山公司目前以 DCS 作為控制系統之方向。故將擴充目前機組 DCIS 軟硬體之設備以達到監控 SCR 系統之目的，需對應擴充之部份計有控制器，輸出輸入模組、網路模組、電源模組、接線設備…等相關硬體設備，並全部新增架構於原 DCIS 架構系統上。在為求適當控制噴氨量使脫硝效率能達到最適切要求，並使氨氣之逸失量在容許的濃度範圍內，以減少氨氣之損耗量，斗山公司計劃以將裝設廢氣溫度及流量、進出口氮氧化物的濃度、噴氨量以及稀釋風量等之偵測儀器，並將偵測訊號送入 DCS 中，再經一連串補償計算以求完整之連鎖控制。

針對氨氣逸失量之偵測分析，市面上基本上有兩種分析方法：光譜法及氧化法，就設置方面而言，則分有抽取式及現址式兩種，應用上都各有其限制，且雖氨氣分析儀目前之發展上仍不斷推陳出新以提昇分析儀之精準度，然都尚有仍其問題需突破。從運轉角度上而言，氨氣分析儀可輔助操作人員了解 SCR 之運轉狀況之用處，故仍有其必要性。因此本案在這一方面僅要求提供氨氣分析儀作為監視之用，故斗山並未計畫將分析儀之信號回饋對 SCR 注氨系統作連鎖控制。綜上所述斗山公司將修改或提供之各項控制設備分項如下所列：

1. 增設 SCR 系統並經由擴充現有 DCIS 軟硬體做為控制
2. 針對粉煤機增設或修改之部份，配合修改控制系統
3. 灰處理控制部份一以現存位於電子室之之可程式控制器整合修改後 ESP、鍋爐及 SCR 灰處理系統
4. 空器預熱器之控制一以三倉式空氣預熱器取代現存之預熱器
5. 拆除現有之吹灰控制盤並整合及更新吹灰控制系統進入 DCIS，由現有之 DCS 系統執行監視及控制更新後之功能
6. 更新現有之 ID fans
7. 配電系統之監控
8. 其它雜項控制盤
9. 除上所述之有形之硬體設備外，尚需針對現存之控制系統做細項微調修改、整合及調整之子控制項目簡列如下：
 - a. 燃燒控制系統
 - b. 鍋爐主控制系統
 - c. 輸煤控制
 - d. 粉煤機空氣流量控制
 - e. 飼煤流量控制
 - f. 粉煤機出口溫度控制
 - g. 煙氣含氧量控制
 - h. 燃燒空氣流量控制
 - i. 爐壓控制

- j. 自動燃燒控制(Automatic combustion controls)
- k. 主蒸汽溫度控制
- l. 再熱蒸汽溫度控制
- m. 空氣預熱器吹灰蒸氣壓力控制
- n. 再熱蒸汽溫度控制
- o. 空氣預熱器之吹灰蒸氣壓力控制
- p. PA Fan 控制
- q. 引風機及送風機控制邏輯之修改
- r. 鍋爐與汽輪機之協調控制
- s. 針對上列之控制系統修改所必需配合修改或新增現場儀器或控制相關設備
- t. 修改相關之控制邏輯或使用之圖控介面
- u. 將 FGD 及 ESP 之硬體配接信號整合入 DCIS 內

(三) 分散式控制資訊主系統

針對 DCIS 本身，簡單敘述硬體設備，此部因為純粹為 Foxboro I/A 分散式控制資訊系統，完全由興達發電廠所自行邁構，而非委由本合約承商斗山重工進行全部重新架或更新為其最主要之範圍，故僅簡單敘述此一部份：

- a. 雙重化(Dual redundant)處理器
- b. 歷史資料存取單元
- c. 雙重備份資料傳輸高速線路

d. 輸入/輸出硬體模組

對現存之 Foxboro I/A 分散式控制資訊系統，斗山重工則規劃以下所列之其提供之設備控制，納入位於中央控制室之操作員控制站上進行操控：

- a. 粉煤機
- b. 空氣預熱器
- c. 一次空氣風扇
- d. SCR 系統及其周邊支援設備
- e. 引風機及其周邊支援設備

其它為完成電廠主設備之控制，需整合協調進入控制系統，所需要配合執行之工作：

- a. 提供所有之設計工作、材料、軟體及程式部份，系統性完成完整的電廠主設備之所有控制及監視之功能
- b. 對電廠現有設備作必要之修改，包含根據 NFPA 標準 85 之鍋爐燃燒及保護，當然將與鍋爐設備之廠家進行必要之諮詢，完成正確之修改以期能完善的整合入鍋爐控制
- c. 最重要之一點為斗山重工所提供之控制設備，以不會影響目前電廠之控制為首要前題，且依合約所提供之儀控設備將以在正常操控狀態時，遭預非正常狀況下，電廠仍能自動的安全運轉為設計目標。
- d. 對於一次風扇、引風機、送風機及鍋爐監控之所有為整合所必需之儀控介面設備，將會對其正確性做必要的修改及提供。

對於 FGD 部份之整合及協調監控，雖仍屬斗山重工本合約之重要工程之一，因非屬本次出國之主要部份，且部份資訊仍需由 FGD

之得標廠家提供，斗山重工因此未針對此部份有重要說明

(四) 現場控制盤

對於現場控制部份將對所有之迴轉設備提供現場操作及遠端操作之功能，而對於控制功能則將僅由 DCIS 來完成。現場及遙控之切換將以硬體鎖或以位於中央控制之操作者控制站授權下方可切換使用，以避免未經授權的操作，現場之操控將可授權操作者為設備維護所作之啓、停操作，而設備操控之狀態仍將能夠於 DCIS 上顯示。

(五) 灰處理系統

對於灰處理系統另行說明，系因現存之灰處理系統設備尚未納入 DCIS 之控制範圍內，而仍為 Modicon Quantum 之可程式控制器，因此對於鍋爐區及新設 SCR 區之灰處理系統，仍將延續目前的系統，以擴充或修改 Modicon Quantum 可程式控制器的方式執行控制。雖然如此，現存在中控室之灰處理控制盤仍將予以廢除，另以新設 2 台操作員工作站用以在中控制室執行遠端監視控制之功能。而這些原設置於現存控制盤上之儀器，則將予以廢除或整合入 DCIS 內方式進行。為完成整合 1&2 號機之灰處理控制系統，斗山重工尚有許多需進行的技術資料調查整理工作，如 I/O 點、接線圖、功能要求、控制邏輯圖、導線清單、儀器清單及現場控制盤等資料需整理消化。而因現場控制盤之拆除，除原有之 ESP 之 I/O 點(計有 224 點之 DI 及 320 點 DO)需整合外，斗山重工尚會因 ESP 之修改而新增許多之 I/O 點，故所需之 I/O 點將不少於 224 點 DI 及 320 點 DO。除此之外，亦將提供 20%之備用容量，包含控制器、I/O 卡、歷史資料庫等，以作為將來灰處理系統擴充之用。

關於硬體接線之部份：包含接線所需材料、接線工作、通訊介面模組及驅動軟體等，由電子室至 PLC 及操作員工作站都納入斗山重工之施工範圍，至於新設 ESP 之部份，由現場儀器端、遠

端 I/O 點連線至電子室終端之工作則由其它廠家完成。

(六) 吹灰控制系統

興達發電現存之 Copes-Vulcan 吹灰控制系統及其 I/O 盤將一併予以廢除，斗山重工另外以擴充 DCIS 硬體之方式加以整合新增或修改吹灰控制進入 DCIS 內，所需增置有關 DCIS 硬體設施如：DCIS 控制器、I/O 模組、介面模組以至於內部之接線等，所涉及之相關設備則計有再熱器之修改、SCR 系統及煙氣灰斗等。

(七) 輸出/輸入點

輸出/輸入點的規範在系統涉及大副度更新之合約中，亦屬於重要之雙方需規範之執行重點之一，總計本合約所合括的範圍，包含如下：

在類比輸入方面：

- a. 所有的可控制變數
- b. 桶槽、筒倉及容器等之液位
- c. 製程中之流體或化學成份、濃度等量測需做為分析或控制之參數
- d. SCR 進出口氮氧化物之濃度
- e. SCR 出口氨氣之含量
- f. 製程之壓力部份計有：一次側空氣加熱氣進出口、二次側空氣加熱氣進出口、空氣加熱器煙氣進出口、SCR 進出口及其它涉及正常操作所需
- g. 所有泵、風扇、壓縮機等之出口
- h. 製程中重要之溫度如：一次側空氣加熱氣進出口、二次側空氣加熱氣進出口、空氣加熱器煙氣進出口、SCR 進出口
- i. 氨及稀釋氨氣之流量
- j. 依合約內所要求需提供熱電偶之軸承溫度
- k. 空氣加熱器轉速

1. 調節控制閥之位置、風門開度等
在類比輸出方面

- a. 為完整控制所需之所有類比輸出
- b. 牽涉及整廠控制所需之類比輸出
- c. 其它所需要之部份

在數位輸入方面

- a. 所有控制閥、風門等之開關狀態
- b. 所有馬達開關及跳脫之狀態
- c. 製程中之設有高或低條件
- d. 與電廠其它設備之介面
- e. 必需之輔助電驛等之開、關、跳脫狀態
- f. 警示接點
- g. 其它能執行正確操控所需

數位輸出方面

- a. 所有起、停、開、關等及 SCR、空氣加熱器、ID 風扇及粉煤等系統。
- b. 在現場控制盤之驅動狀態指示
- c. 與電廠其它設備所需之數位輸出
- d. 其它能執行正確操控所需

(八) 引風機控制系統

斗山重工針對引風機及其輔助設備部份將提供從現場儀器、控制盤至各項整套控制功能，包含遠端操控、警示所有引風機之設備，而引風機之性能亦將整合進入主控制系統內，其終端接線盤將設置於主控室下方之電子室內。

(九) 操控設計邏輯

以上各章節所述大多偏向硬體之設計及修改，接下來則將針對操控之功能方面進一步說明，承續前硬體設施所述，在一般正常操控下，針對所有液位、壓力、流量及其它需控制之變數，將以類

比控制迴圈(Control loops)方式做控制，所有的控制方式將會依照特性以 PID 的方式來實行，控制設定點則為浮動可調整，相關重要之控制如下述：

- a. 氮氣之降低
- b. 氨氣之流量
- c. 調節節熱器風門控制熱回收區煙氣溫度
- d. 爐壓控制

經由主控室操控站即能對於主要設備之起停操控做遠端控制，設備涉及順序控制之操作則設計以自動執行方式，以減少等待操作員操控的指令，如風扇風門之打開或關閉，需注意在風扇起動前即已自動設定開啓完成，對操作員而言，所需下的指令僅為風扇之啓動，而非先打開或關閉風門再去執行風扇啓動。

在保護邏輯的設備方面，當設備在完全失去動力時，需注意及將設備保持在失能安全的狀態(fail-safe)，或是設備的跳脫，此一設計的主要概念為保護設備不致損壞以及保護人員的安全，所有相關此一部份的設計邏輯慎重起見，都會事先提送業主做事先的審查認可，以確保安全。

在所有涉及需要操作員做立刻即時的修正判斷並做反應，或是設備或製程上有重大的事故或非正常之情形發生時，需即時在 DCIS 上有所警示。例如邏輯上所謂馬達的跳脫警示，此跳脫之警示應是先建立在馬達有接受起動的指令或是正於運轉中，且馬達未接受操作員的停止指令亦或是有正常的停止的程序，所發生的跳脫狀態方在 DCIS 警示，以提警操作員注意此一狀態，供操作員判斷方能作一切必要後續因應，以下所列為必要的警示。

- a. 馬達跳脫

- b. 桶槽、筒倉、池等的液位過高或過低
- c. SCR 觸媒的差壓過高
- d. DCIS 的電源失效
- e. SCR 進出、口煙氣過高
- f. 馬達啓動或停止失敗
- g. 控制閥或風門等無法開啓或關閉
- h. 軸承溫度過高
- i. 馬達線圈溫度過高
- j. 低潤滑油壓
- k. 高潤滑油溫

控制系統的警報考慮亦將細心的思考其邏輯性及連鎖反應等，以避免過多擾人的警示發生，徒增操作員之工作及困擾。

針對涉及人員安全的跳脫連鎖部份，則不能經由控制系統微處理計算的過程，另以直接硬體連線的方式施做以達到更確實之應有保護及避免其它錯誤發生。

另一類對操作員的警示則是 460V、250hp 以上的馬達啓動時，此類警示是爲了避免馬達在短時間內的重覆啓動的損傷，警示時間的長短則依製造廠家之建議設定，因此在顯示螢幕上則以“restart permitted”及“excessive restart”等作爲警示之用語，作用提醒操作員進行一定時間之等待。

在某些部份主要的套裝設備中，自行置設本身獨立的控制系統或控制盤之設備時，爲求整廠的控制完整性，仍將會與 DCIS 作必要的連線，並能允許由主控制系統進行控制及監視的功能。

系統亦需考慮在單一節點(single drop)或設備失效時之設計考量，如在 DCIS 中之通訊網路中之任一節點失效時，不能影響及整個 DCIS 之系統運作及可靠度，當然，系統中之週邊設備(如掃描器、顯示器等裝置)之故障，亦不能因此而影響整個 DCIS 的操作。

二、興達一、二號機鍋爐改善及增設除硝設備之設計及修改

(一) 鍋爐再熱器管排更新及煙道省煤器設計

a. 目的

解決再熱器出口蒸汽溫度過低及空氣預熱器運轉溫度過高之問題。

b. 設計考量

I. 熱傳面積的增加

於鍋爐本體熱回收區切除原再熱器部份管排，增加加大的再熱器以提升再熱蒸汽溫度至原設計值，同時改善現存熱回收區煙氣偏流現象，減少煙氣吹蝕導致鍋爐再熱器管排破管情形的發生。並於鍋爐省煤器煙氣出口西側與增設的 SCR 入口煙道間增設煙道省煤器及煙道省煤器出灰設備，以降低空氣預熱器入口的煙氣溫度。

II. 再熱器管排設計

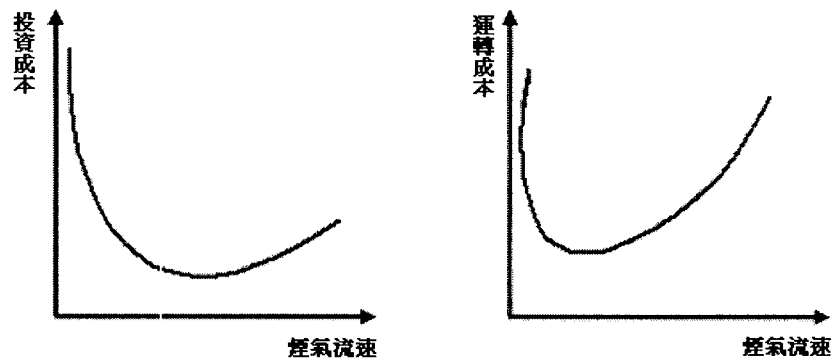
一般大型鍋爐在設計上再熱器管圈，考量其設計的工作溫度、壓力及爐內位置，選擇適當的管材及管厚，並對不同位置因煙氣中煤灰沖蝕的影響不同再加上適當的管厚裕度，因此其過熱器再熱器管圈一般是變材質變管徑的，如再熱器爐管低溫區採用 T23，高溫區採用 T91、TP304 或 TP347 鋼管，T23 在低溫處的強度反而較 T91、TP304 及 TP304 為佳，在高溫處 T91、TP304、TP347 的可保有較佳的強度，藉由這樣的設計可獲得較佳之性能，投資費用也較為經濟。

III. 省煤器管排設計

省煤器依管材可分為鋼管式省煤器和鑄鐵式省煤器，一般大中容量鍋爐多採用鋼管式省煤器，本計畫亦採用鋼管式省煤

器，材質選用 SA210-C 中碳鋼，省煤器在低煙溫區運轉，其設計應注意的問題為省煤器磨損與積灰的防止與減輕。

省煤器在設計上應考量水流速及煙氣流速的選擇，省煤器中的水流速過高會使流經省煤器的水阻力過大，流速太低則會有氣體不易排出，造成管內空氣阻塞與管內壁局部腐蝕的問題，而提高煙氣流速，使對流傳熱加強，減少受熱面積降低製造成本，但煙氣流動阻力增加，風機的電耗增大，受熱面的磨損加大，因此設計上應考慮採用最經濟的煙氣流速。本計畫為改善案，因爐膛容量、大小已固定，故設計上煙氣流速要求不得大於鍋爐 base line test 時之煙氣流速。



省煤器投資成本、運轉成本與煙氣流速關係圖

(二) 粉煤機及一次風機馬達更新設計

a. 目的

改善煤粉細度提昇燃燒效率降低煙氣中未燃碳含量。提供足夠之燃燒空氣與風壓確保煤粉順利進入爐膛燃燒

b. 設計考量

I. 粉煤機

本計畫所考量之未來燃用煤質已與原設計不同，熱值較低，磨煤機除更新提昇性能外，亦需加大出力容量，粉煤機之

出力為煤粉硬度、細度、含水量的函數，計算實際出力的表示式為：

$$B = f_w \times f_f \times f_G \times B_m \text{ (t/h)}$$

f_w ：水份修正係數 f_f ：細度修正係數 f_G ：硬度修正係數

B_m ：粉煤機標準出力

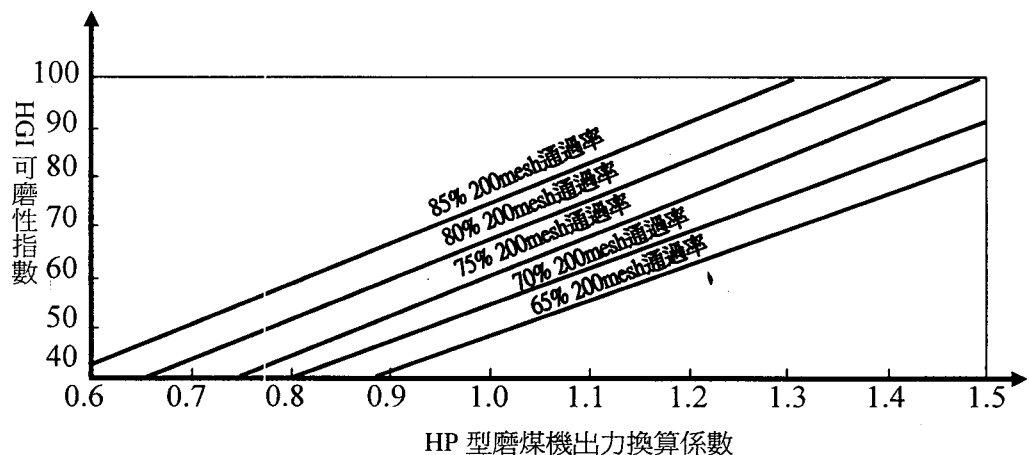
出力標準隨不同廠家及不同型號粉煤機不盡相同。

本計畫將採用 HP 型碗式中速磨煤機，其基本出力 B_m 可按照下式估算：

$$B_m = 4.613 \times D^3 \text{ (t/h)}$$

D ：磨煤機磨碗的公稱尺寸(m)

在煤質可磨性系數及細度變化時，須依照廠家提供的磨煤機出力曲線換算或按照下圖進行換算。



II. 一次風機馬達更新與性能提昇

依據流體機械相似性定律(Affinity Law)，在尺寸不變的假設下，流體機械轉速(N)與流量(Q)、壓力(H)以及電動機功率(P)的數學關係為：

$$Q \propto N \text{ (流量正比於轉速)}$$

$H \propto N^2$ (壓力正比於轉速平方)

$P \propto N^3$ (功率正比於轉速立方)

為配合磨煤機加大，本計畫一次風機將採用更換更大出力之馬達來達到提昇其風壓與風量，確保可將煤粉送入鍋爐燃燒之目的。

裝設三分倉空氣預熱器搭配冷一次風機之鍋爐一次風機風量、壓頭與功率之計算式如下：

一次風機容量計算

$$Q = M_{PQ} \times (Q_P + Q_L + Q_F) \times (T + 273) / 273 \times 101300 / P$$

M_{PQ} ：一次風機容量裕度係數

Q_P ：鍋爐燃燒所需一次風量(Nm^3/s)

Q_L ：空氣預熱器中一次風洩漏至二次風內的風量(Nm^3/s)

Q_F ：空氣預熱器中一次風洩漏至煙氣的風量(Nm^3/s)

T ：送風機入口冷空氣溫度($^{\circ}C$)

P ：大氣壓力(Pa)

一次風機壓頭計算

$$Q = M_{PP} \times (\sum h_P + h_a + \sum h_F) \text{ (Pa)}$$

M_{PP} ：一次風機壓頭裕度係數

$\sum h_F$ ：鍋爐燃燒所需一次風量(Pa)

h_a ：空氣預熱器中一次風洩漏至二次風內的風量(Pa)

$\sum h_P$ ：空氣預熱器中一次風洩漏至煙氣的風量(Pa)

在按計算容量選擇一次風機時，還須將壓頭計算值乘上工作介質的密度修正係數換算為製造廠風機的設計條件，修正係數公式如下：

$$K = (T / T_k) \times 101300 / P$$

T：工作介質在額定運轉條件下的絕對溫度 (K)

T_k：製造廠在設計條件下的絕對溫度 (K)

P：實際大氣壓力(Pa)

一次風機功率計算

$$P = \text{功率裕度係數} \times Q \times \Delta h / 1000 / \eta \quad (\text{Pa})$$

Q：一次風機風量(m³/s)

Δh：一次風機壓頭(Pa)

η：一次風機效率(%)

(二) 空氣預熱器更新設計

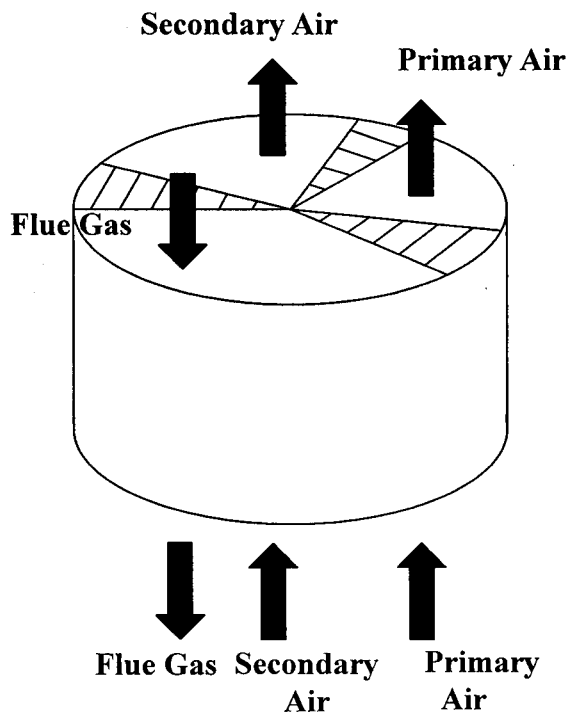
a. 目的

解決空氣預熱器洩漏率過高之問題。

b. 設計考量

空氣預熱器的設置主要目的在於回收煙氣熱量，在冷空氣風道與熱煙氣煙道中利用迴轉的金屬熱元件，進行冷空氣與熱煙氣的間接熱交換，將冷空氣加熱以達到煤粉預熱、乾燥的目的，最常用的型式為迴轉式，本計畫將採三分倉迴轉式空氣預熱器，亦即受熱面分成一次風流通區、二次風流通區、煙氣流通區三部分，使用上系與冷一次風機系統配套使用，一次風機送出的冷空氣直接進入空氣預熱器的一次風流通區，加熱後的

熱空氣直接送入粉煤機。這種空氣預熱器的最突出特點是，可以根據燃燒系統的需要，分別提供風壓、風溫不同的一次風與二次風。



三分倉迴轉式空氣預示意圖

迴轉式空預器最主要的缺點在於空氣側向煙氣側的洩漏，洩漏的原因及計算公式如下：

- 間接洩漏(Bypass Leakage Entrained Leakage)：轉子或風罩在旋轉時將其中的空氣帶入煙氣中的洩漏現象。
- 直接洩漏(Direct Leakage Infiltration Leakage)：由於空氣和煙氣間存在靜壓差(空氣側正壓、煙氣側負壓)，使空氣通過動靜元件密封間隙流入煙氣側的洩漏現象。

$$\text{總洩漏量} = \text{間接洩漏} + \text{直接洩漏}$$

洩漏會造成送引風機耗電量增加、排煙熱損失並使得進入爐內風量減少，在設計上應就洩漏率及空氣側及煙氣側之壓降加以考量，將其控制在合理的範圍內，洩漏率計算式如下：

$$\text{洩漏率} = (\text{出口煙氣量} - \text{入口煙氣量}) / \text{入口煙氣量}$$

(三) SCR 增設設計

a. 目的

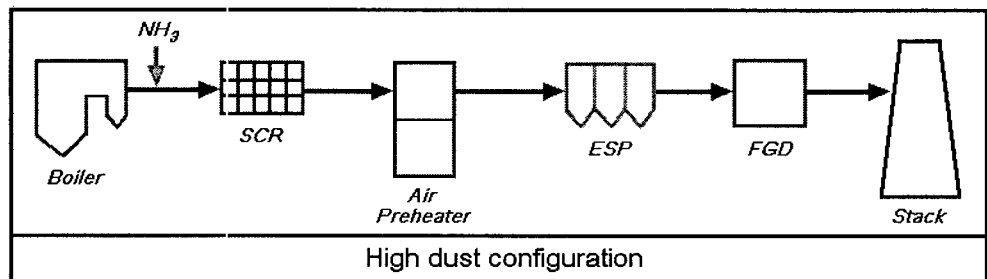
對鍋爐出口煙氣進行脫硝處理，有效消滅氮氧化物總排放量。

b. 設計考量

● SCR 總體設計佈置

SCR 反應器的主要佈置方式有兩種：一為高含塵煙氣段佈置，另一為低含塵煙氣段佈置。

高含塵煙氣段佈置如下示意圖所示：

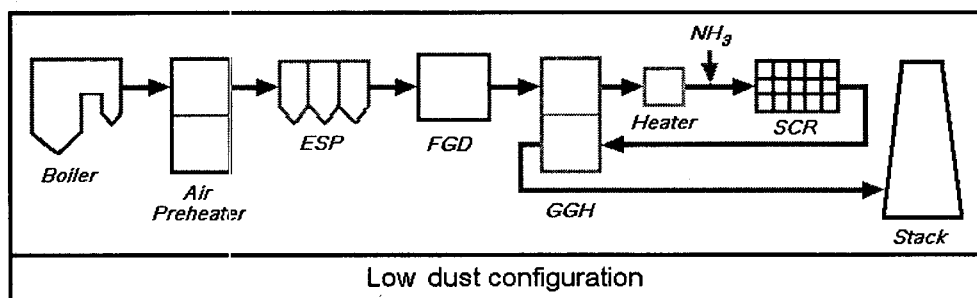


SCR 高煙塵段佈置示意圖

這種佈置 SCR 位於省煤器與 Air preheater 之間，煙氣溫度範圍一般在 300~400℃，恰是目前商業觸媒反應溫度，初期投資成本及運維費用較低，技術成熟，性能/價格比最高，應用最廣泛，本計畫也將採用此種佈置，其缺點是通過反應器的煙氣未經處理，含大量飛灰及 SO₂，易引起觸媒表面磨損，觸媒孔徑易被飛灰顆粒和硫酸氫氨晶體堵塞，且觸媒易與飛灰中的重金屬反應使其表面失去活性，但這些問題可藉由將觸媒表面硬化處理，並

配合除灰器定期清灰克服。

低含塵煙氣段佈置如下示意圖所示：

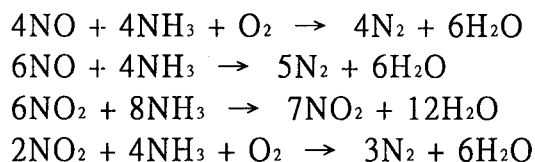


SCR 高煙塵段佈置示意圖

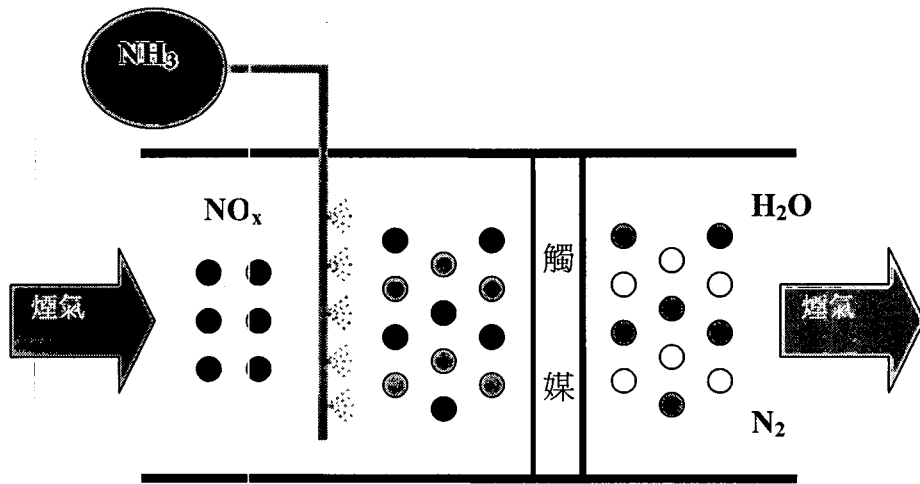
這種佈置 SCR 位於 FGD 與煙囪之間，優點是進口煙氣含塵及 SO₂ 量極低，催化劑被磨損和堵塞的機率小，可採用比表面積較大的細孔徑觸媒，煙氣設計流速可較高。因此，觸媒體積用量少，使用壽命約可達高灰佈置 2 倍。缺點是煙氣經過 FGD 後溫度較低（約 55~70℃），需採用昂貴的 GGH 對煙氣再加熱及燃油或燃氣 heater 提高煙氣溫度，其初期投資成本及運維費用較高。

● SCR 脫硝原理

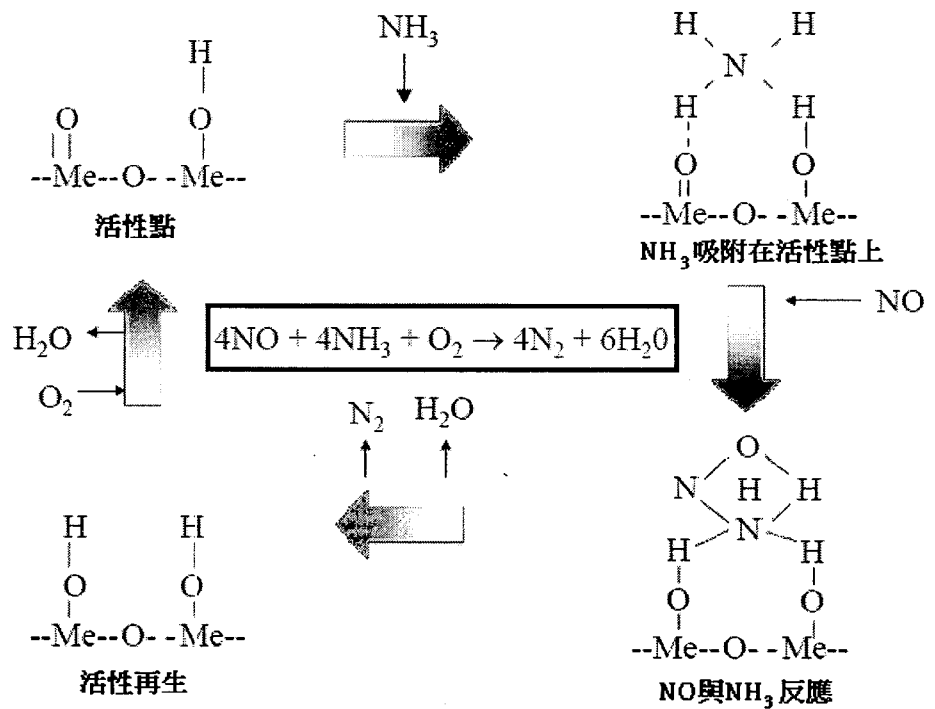
SCR 技術原理係在觸媒作用下，向溫度約 280~420℃ 的煙氣中噴入 NH₃，觸媒活化區吸收 NH₃ 分子後與煙氣中的 NO_x 反應，還原成 N₂ 和 H₂O，觸媒再與 O₂ 作用再次形成活化區形成一循環，其主要反應如下：



反應原理如下所示：



SCR 煙氣脫硝反應原理

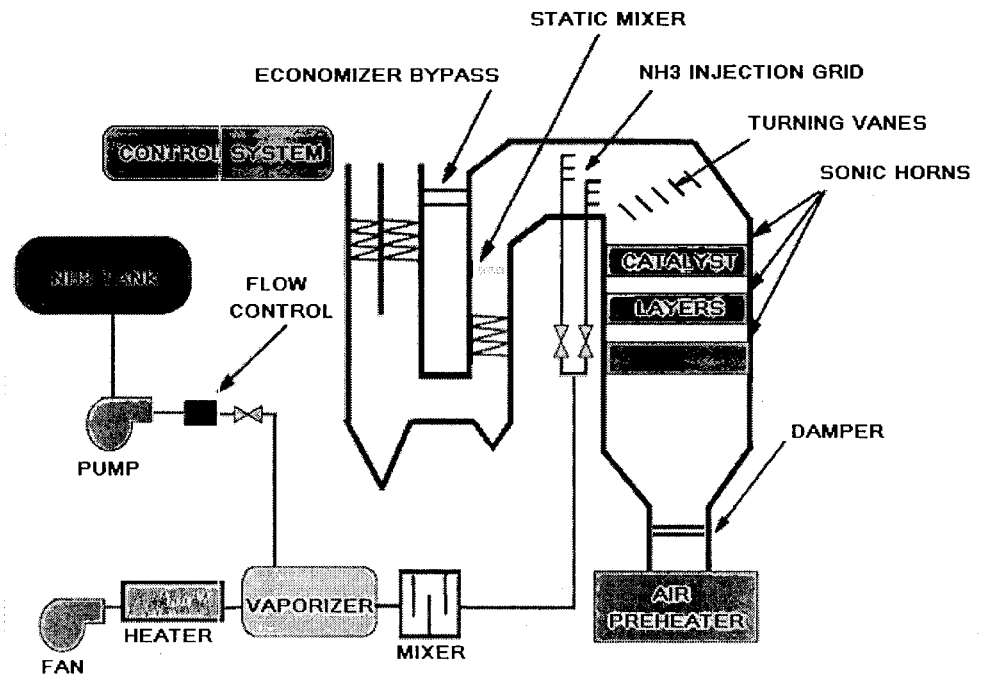


SCR 表面反應機制

● SCR 脫硝系統流程

SCR 系統脫硝流程主要由液氨供應儲存系統、控制系統、煙氣均佈裝置、SCR 反應器、吹灰器與煙氣擋板

組成。液氨由槽車送到液氨儲槽，液氨儲槽輸出的液氨在蒸發器內蒸發為氨氣，並將氨氣加熱到常溫後，送到氨氣緩衝罐備用。氨氣緩衝罐的氨氣經調壓閥減壓後，通過噴氨格柵的噴嘴噴入煙氣中與煙氣混合進行脫硝反應，其設計包括觸媒配置、煙道設計、省煤器旁通、風門、吹灰器、反應器尺寸、靜態混合器等。



SCR 系統脫硝流程示意圖

● SCR 吹灰器選用

SCR 常用的吹灰方式有兩種：一為聲波吹灰、一為蒸汽吹灰，聲波吹灰器屬於預防性的除灰方式，阻止飛灰在觸媒表面形成堆積，而蒸汽吹灰器則為待灰形成一定的厚度後，再進行吹掃清除。

當觸媒表面沉積灰塵量較少時，蒸汽吹灰器和聲波除灰的效果是等同的；當催化劑表面大量沉積灰塵時，蒸汽吹灰具有更高效率，聲波除灰對於已經積存在金屬表面上的灰塵幾乎沒有太多作用，它主要是防此積灰，

在 SCR 工程上，應根據實際積灰特徵選擇具體的吹灰方式，本計畫依可行性研究報告選用聲波吹灰的方式。

● 省煤器旁路設置

省煤器旁路的作用在於低負荷時保證 SCR 入口煙氣溫度，避免因溫度過低時，未反應的微量氨氣可能和煙氣中的 SO_3 反應生成硫酸氫銨，並在下游空氣預熱器冷端凝結，造成空氣預熱器堵塞。

對於省煤器旁路的設置可根據具體工程條件進行考慮，一般考量包括：

- ◆ 如果鍋爐在低負荷時，運轉溫度也高於 SCR 入口溫度要求的最低值，就沒有必要設置省煤器旁路。
- ◆ 脫硝系統可以停止噴氨，就不會產生硫酸氫銨，從而也避免了空氣預熱器的堵塞。
- ◆ 另外，從鍋爐結構上看，如引出高溫煙氣旁路，由於煙氣引出，將減少省煤器吸熱；對於既有機組 SCR 改造，可能還會有佈置方面的問題

本計畫依據可行性研究報告規劃設置省煤器旁路。

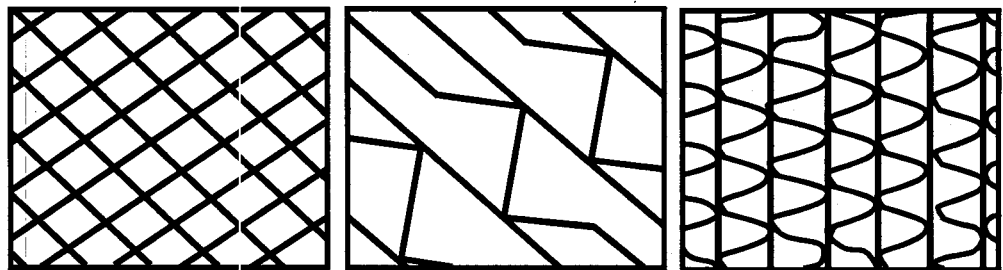
● 流場模擬

對於任何 SCR 脫硝工程建議應建立流場模型進行流場模擬。流體模擬由計算流體力學(CFD, Computational Fluid Dynamic) 數值模擬及實體流動模型試驗(Model Test) 兩部份結合，其目的在於檢查煙氣速度、溫度、濃度及壓力分佈情況，主要的重點項目有：

- ◆ 靜態混合器的熱混合性能評估，確保氨氣與煙氣可均勻混合。

- ◆ 煙氣流動狀態與流速分佈的均勻性。
 - ◆ 導流板位置的合理性
 - ◆ 溫度分佈的均勻性
 - ◆ 壓力分佈均勻性，最大限度減小流動阻力
 - ◆ 煙氣進入第一層觸媒入射角控制，降低觸媒磨損
 - ◆ 等體積觸媒可達而的最大 NO_x 去除率
 - ◆ 氨逃逸率(Ammonia slip)最小化
- 觸媒型式

對於任何 SCR 脫硝工程建議應建立流場模型進行流場模擬。流體模擬由計算流體力學(CFD,



蜂窩式(Honeycomb type)

板式(Plate type)

波紋板式(Corrugate type)

蜂窩式單位體積的有效表面積大，要達到相同的脫硝效果，所需的觸媒量較少，板式具有金屬骨架，強度高，要達到同樣的脫硝效率，觸媒層數可以做得較少不易受煙氣沖蝕及煤灰阻塞，故適用於高煤灰鍋爐。波紋板式結合了板式和擠壓蜂窩式觸媒的特點，採用柔韌的玻璃纖維結構，使其可以在高溫下運行，具有非常好的抗熱應力能力。

蜂窩式觸媒是將氧化鈦 (TiO₂) 與其他活性組分以

及陶瓷原料以均相方式結合在整個觸媒結構中，按照一定配比混合、搓揉均勻後形成模壓原料，採用模壓工藝擠壓成型為蜂窩狀單元，最後組裝成標準規格的觸媒模組。蜂窩式觸媒單位體積的有效表面積大，要達到相同的脫硝效果，所需的觸媒量較少。

(四) 引風機更新設計

a. 目的

克服 SCR 增設及 ESP 加大所造成之壓降，維持鍋爐系統正常運轉所需足夠之負壓。

b. 設計考量

一般而言引風機常用的型式有離心式、靜葉可調軸流式、可變節距軸流式三種，可變節距軸流式的負荷範圍廣，可在很大範圍負荷變動運行時乃保有較高的效率，本計畫即採此種型式。

設計上應考量所需克服的煙氣流程中各設備和元件的阻力，包括爐膛負壓、鍋爐管排、過熱器、再熱器、省煤器、空氣預熱器、煙道、除塵器與脫硫設備等阻力，引風機容量、壓頭、功率計算式如下：

引風機容量計算

$$Q = M_{IQ} \times F \times (Q_{FL} + 1.016f_L \times Q_o) \times (T + 273) / 273 \times 101300 / P$$

M_{IQ} ：引風機容量裕度係數

F ：計算的燃料消耗量(kg/s)

Q_{FL} ：每公斤燃料的排煙量(Nm³/s)

f_L : 鍋爐煙氣出口至引風機入口煙道漏風係數

Q_0 : 每公斤燃料燃燒所需理論空氣量(Nm^3/kg)

T : 引風機入口煙氣溫度($^{\circ}\text{C}$)

P : 實際大氣壓力(Pa)

引風機壓頭計算

$$\Delta h_z = M_f \times (h_E + \Delta h - \Sigma h_s) \text{ (Pa)}$$

M_f : 引風機壓頭裕量係數

h_B : 爐膛負壓(Pa)

Δh : 煙氣側總阻力(Pa)

Σh_s 煙氣側自生通風力總和(Pa)

在按計算容量選擇引風機時，還須將壓頭計算值乘上工作介質的密度修正係數將煙氣折算成空氣密度之製造廠風機的設計條件，修正係數公式如下：

$$K = (1.293 / \rho) \times (T / T_k) \times 101300 / P$$

ρ : 煙氣在標準狀態下的密度 (kg/Nm^3)

T : 工作介質在額定運轉條件下的絕對溫度 (K)

T_k : 製造廠在設計條件下的絕對溫度 (K)

P : 實際大氣壓力(Pa)

引風機功率計算

$$P = \text{功率裕度係數} \times Q \times \Delta h / 1000 / \eta \text{ (Pa)}$$

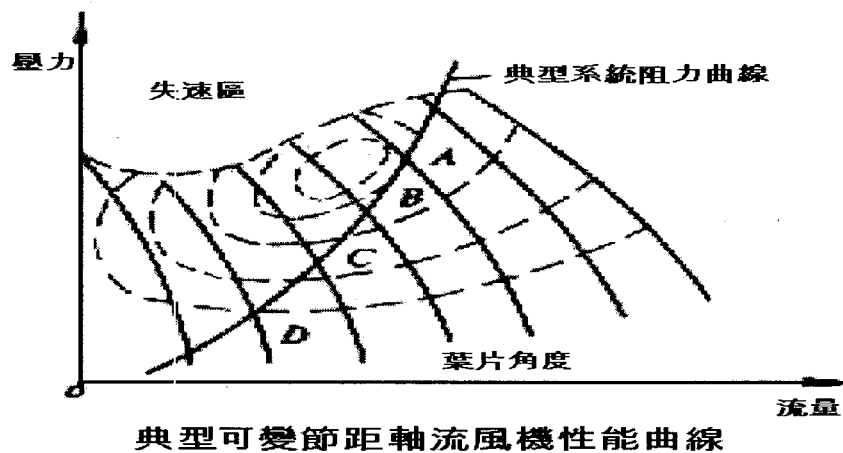
Q : 引風機風量(m^3/s)

Δh : 引風機壓頭(Pa)

η : 引風機效率(%)

軸流式風機與離心式風機相似，對於每一給定的葉片角度，均有一對應於發生失速的最小流量。其特性曲線存在一較大的失速區，設計時除應留有足夠的壓力裕量外，還應確保在任何角度下運行的最小流量必須大於該角度下的失速流量。

如下圖所示如果風機選擇在 A 點運行，則沿著不變的系統阻力曲線，在任何角度變化下都可穩定運行(如 B、C、D)。



三、興達一、二號機 SCR 與 APH 廠房結構設計及既有鍋爐廠房補強

(一) 前言

電廠之土木工程主要作為設備支撐之構架及基礎，或提供操作維修空間，故設計須考量設備特性，諸如設備之佈置、載重(靜止及運轉都皆須考慮)、操作及維修的需求等，如此才能確保廠房結構符合安全性、經濟性及使用性。因此本次實習時協調由斗山公司安排興達一、二號機空污改善計畫中鍋爐效率提昇及增設 SCR 工程之相關內容，以期能對本計畫內容有更深入及全盤了解，俾助於日後充分掌握土建結構規劃設計時所須配合設備需求之設計條件，完工後亦能提供順利運轉的空間及構架。

(二) 興達一、二號機提昇鍋爐效率及增設 SCR 之計畫內容

本計畫需增設或修改設備包括：鍋爐島區相關設備如粉煤機、鍋爐、引風機、空氣預熱器(簡稱 APH)；煙氣處理設備如 SCR、ESP、FGD 等。其斗山公司負責執行的鍋爐效率提昇及增設 SCR 標所需改善的設備有鍋爐、粉煤機、APH 以及 SCR 等。

1. 鍋爐改善工程：

興達一、二號機鍋爐原設計可燃煤、重油及天然氣，目前係以煤為單一主燃料。本計畫針對鍋爐主體的改善工作包括：增設鍋爐再熱器管排(含吹灰器)、煙氣再循環系統移除及盲封、煙器再循環系統出灰系統移除及盲封、更新一次及二次的蒸氣空氣加熱器，預期透過本次的改善作業可以達到的成果為：

- a. 回復鍋爐原設計效率。
- b. 使目前機組恢復至穩定連續運轉滿載發電500MW。
- c. 減少因煙氣偏流造成鍋爐再熱器管排嚴重吹蝕破管。
- d. 鍋爐再熱器出口的蒸汽溫度於75%~100%BMCR可提升至原設計值542℃。
- e. 提升空氣預熱器入口溫度，防止中、低載運轉時，硫酸蒸汽結露導致冷端受熱面腐蝕。

f.避免煙氣中飛灰因結露而成硬塊，造成空氣預熱器堵灰，並可降低飛灰未燃碳含量。

2.粉煤機改善工程：

興達一、二號鍋爐各配置 6 部粉煤機，由於原設計粉煤機煤粉細度通過率需求無法符合目前電廠粉煤細度檢驗的最低標準值（200mesh > 75%的通過率），導致飛灰未燃碳含量過高，藉由本計畫更新粉煤機零組件，並將分離器更換旋轉式分離器，預期成效為：

- a.提升零組件可靠度及輾磨細度。
- b.提高煤粉細度以減少鍋爐飛灰未燃碳含量。
- c.更換粉煤機輾磨區年久老化的組件。

3.空氣預熱器更新：

興達一、二號機鍋爐原配置各 4 台空氣預熱器，原有空氣預熱器已使用二十多年，其密封條磨損、扇形板及軸向密封板也有變形情況，再加上新增 SCR 後，原空氣預熱器之換熱板規格、形式、分層高度以及整個空氣預熱器大小均須重新設計，預期經更新後成果為：

- a.改善空氣預熱器漏風量偏大及出口煙氣溫度偏高。
- b.配合新增SCR裝置，重新設計空氣預熱器零組件，預防因SCR Ammonia Slip導致空氣預熱器堵塞。
- c.更新原空氣預熱器老化之零組件。

4.增設選擇性觸媒還原設備（SCR）：

由於興達一、二號機之氮氧化物防治設備無裝置 SCR，故電廠目前氮氧化物排放濃度雖尚可符合現行環保法規，惟其排放濃度仍遠高於有安裝 SCR 機組排放濃度。興達電廠氮氧化物排放總量佔南部總排放量 25%，須依環保署之指定削減量進行空氣污染物

減量，於目標年前達成減量目標，為符合未來總量管制的環保標準，故安裝 SCR 削減氮氧化物排放總量，其預期成效為：

- a. 預估氮氧化物削減量約為6,313,700公斤／年，可削減南部氮氧化物排放總量7.6%。
- b. 符合政策法令要求，確保電廠長遠營運。

(三) SCR 及 APH 廠房結構設計

由於興達一、二號機目前設備配置十分擁擠，原機組建廠時並無預留 SCR 空間，為提供足夠空間配置 SCR，既有空氣預熱器須先拆除再與 SCR 共構更新，因更新之空氣預熱器較原有二次空氣預熱器大，且規劃與 SCR 共構，既有鋼構支撐及基礎承載力無法負荷新增設備重量，故規劃重作基礎及相關鋼構。

1. 設計條件：以下概述新設SCR與空氣預熱器支撐構架之材料與載重等設計條件：

a. 材料：

上部結構為鋼結構，其鋼料依合約規定須符合 ASTM A36、ASTM A572、JIS SN400、SM400 或同等級型鋼或組合型鋼，提供耐震主要構材或必須銲接構材不得使用 JIS SS400 鋼料。主結構之鋼構材無論為工廠接合或現場接合，均須使用高張力螺栓，除特別規定外其材質必須符合 ASTM A325 或 A490、JIS S10T。

下部結構基礎及基樁均為鋼筋混凝土（RC）構造，混凝土強度要求：基礎部分為 280 kg/cm^2 、基樁為 310 kg/cm^2 ，鋼筋需符合 CNS 560 之 SD420W/SD280W 或 ASTM A706 同等級鋼筋。

b. 載重分析：

新建 SCR 與空氣預熱器支撐構架需考量之載重包括靜載重、活載重及其衝擊效應、地震力、風力、運轉之震動、溫度效應、土壓力及施工期間可能產生之載重等。以下僅針對本結構設計較重要影響性之靜載重、活載重及地震力作簡述。

(1)靜載重及活載重：

靜載重包含結構本身自重、新增 SCR、空氣預熱器及其附屬之煙道及管線重量等。其餘不是靜載重需考慮之垂直載重均屬活載重，包括運轉維修人員、設備、儲藏物等重量，依本計畫規範規定活載重計算為，平屋頂以 100 kg/m²計算，操作樓層為 1000 kg/m²，走道及維修平台等為 500 kg/m²。

預估新設鋼構所需靜載重加活載重為：

$$\text{SCR重量} : 400 \times 2 = 800 \text{ T}$$

$$\text{空氣預熱器重量} : 630 \times 2 = 1260 \text{ T}$$

$$\text{煙道及其他附屬物重量} : \text{約 } 1000 \text{ T}$$

$$\text{鋼構重量} : \text{約 } 700 \text{ T}$$

$$\text{總載重} : 800 + 1260 + 1000 + 700 = 3760 \text{ T}$$

(2)地震力：

新設 SCR 與空氣預熱器支撐結構須能抵抗地震力所產生應力，地震力並須同時考量各方向水平地震力以及垂直向地震效應。依規範要求，所有的地震力計算須符合內政部營建署「建築物耐震設計規範與解說」(2006.01.版)要求，因電廠屬重要性結構，須於地震發生後仍能維持機能，除依規定用途係數 (I) 值為 1.5 外，並依本公司結構耐震規定將地震參數訂為：

$$\text{震區短週期設計水平譜加速度係數 } S_s^D = 0.8$$

$$\text{震區一秒週期設計水平譜加速度係數 } S_1^D = 0.45$$

$$\text{震區短週期最大水平譜加速度係數 } S_s^M = 1.0$$

$$\text{震區一秒週期最大水平譜加速度係數 } S_1^M = 0.55$$

2. 結構系統初步規劃

空氣預熱器與 SCR 支撐構架採用鋼構梁柱結構系統以承載鋼構及設備本身所造成之垂直載重，並設置垂直、水平之斜向支撐以構成穩定且具抗震、抗風鋼結構系統，初步規劃成果如圖 1 平面及 2 側向示意圖。

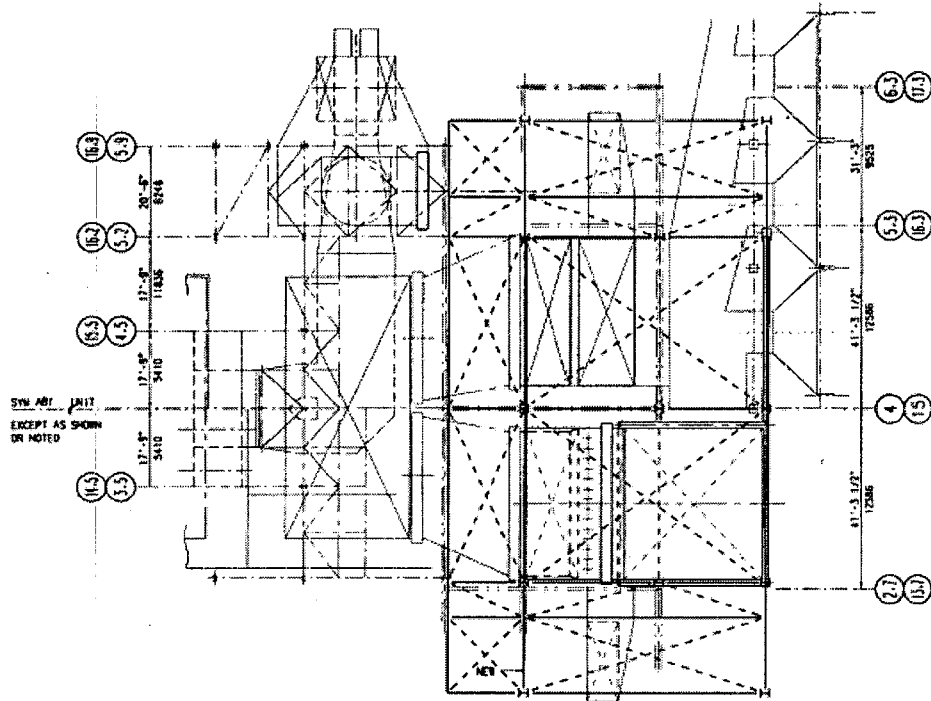


圖 1 空氣預熱器與SCR鋼構平面示意圖

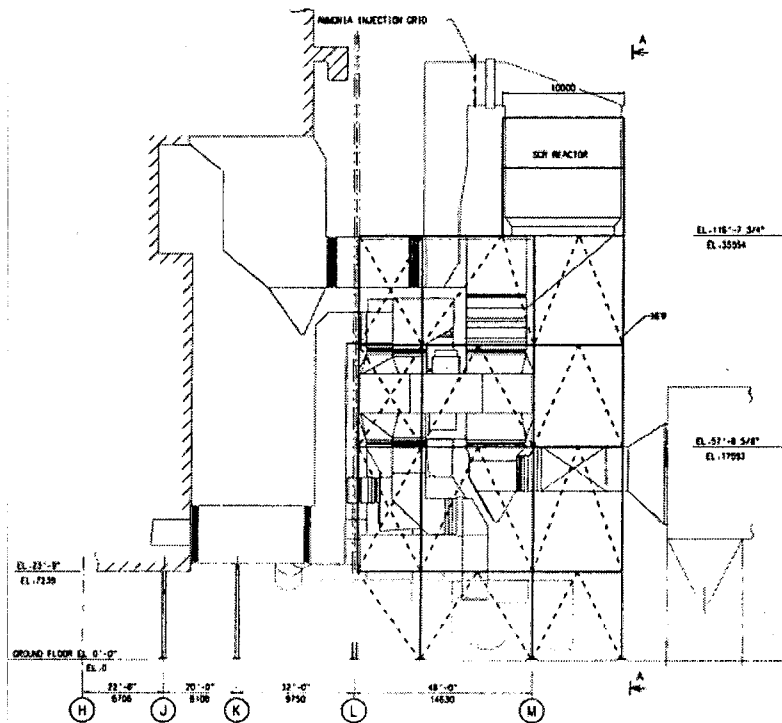


圖 2 空氣預熱器與SCR鋼構側向示意圖

(四) 既有鍋爐廠房結構補強

有關興達一、二號機空污改善計畫鍋爐的改善，係增設鍋爐再熱器管排（含吹灰器）及更新一、二次蒸氣空氣加熱器等設備，因此除須對既有鍋爐鋼構廠房進行修改以提供新設備設置空間，亦須考量新增或更新設備載重對結構造成之影響，若既有鋼構廠房無法承受新增載重時，就必須對既有的結構進行補強。

1. 載重、地震力探討

既有鍋爐廠房結構補強需考量之載重包含靜載重、活載重及其產生之衝擊效應、地震力、風力、運轉之震動、溫度效應及施工期間可能產生之載重等。其中靜載重需考量新增及修改設備重量，包括再熱器管排、更新一次及二次蒸氣空氣加熱器以及相關煙道與管路。

有關地震力考量，依內政部營建署「建築物耐震設計規範與解說」其所需抵抗地震力為：

$$V = \max \left\{ \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{aD}}{F_u} \right)_m W, \frac{IF_u}{4.2\alpha_y} \left(\frac{S_{aD}}{F_u} \right)_m W, \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{aM}}{F_{uM}} \right)_m W \right\} \quad (1)$$

其中起始降伏地震力放大倍數 $\alpha_y = 1.2$ ，用途係數 $I = 1.5$

結構系統視為部分韌性抗彎矩鋼構造（韌性容量 R 取 3.2），其建物高度 $h_n = 67$ 公尺，結構基本振動週期 $T = 0.085h_n^{0.75} = 1.99$ 秒，依規範計算所得：

$$S_{aD} = 0.308, S_{aM} = 0.36, R_u = 2.1, F_u = 2.1, F_{uM} = 3.2$$

代入式(1)可得設計地震力 $V = \max(0.13W, 0.10W, 0.92W) = 0.13W$

由於興達一、二號機既有鍋爐房於設計時所引用之設計地震力計算方式與目前採用之計算公式不同，且自 921 地震後本公司所有火力電廠的地震參數均以強震區為考量由於既有鍋爐房設計時，震區係數當時係採弱震區考量，因此須先瞭解既有鍋爐房結構設計考量時所能承受之地震力，並比較依新規範計算所得地震力之差異，原結構所能抵抗之地震力推估如下（依 63 年版建築技術規則地震力要求）：

$$V = ZKCW \quad (2)$$

興達廠址依舊規範為弱震區，故震區係數 Z 採用 0.75

由於既有鍋爐房結構為具斜撐之韌性立體鋼構架，組構係數 K 取 0.8， C 為 0.1

代入式(2)中可得地震力 $V = 0.75 \times 0.8 \times 0.1W = 0.06W$

比較式(1)及式(2)所得地震力，可知依新版耐震設計規範所得之地震力，相較於既有鍋爐房結構當時設計之地震力增加超過 1 倍以上，顯然既有鍋爐房結構無法承受如此大之地震力，故須進行全面性的補強，由於本計畫施工期僅有 8 個月時間，且預算有限，無法提供結構全面性耐震補強所需，考量本計畫係屬既有設備改善而非新建工程，且完工後使用年限不到 20 年，故設計地震力改以使用年限在 20 年中超越機率 10% 計算得之地震地表加速度來取代式(1)中回歸期 475 年之地震地表加速度，相關概算如下：

使用年限考慮 20 年之超越機率 10% 地震之回歸期為：

$$T_r = 1 / \left(1 - 0.9^{1/20} \right) = 190.32 \text{年}$$

$$\text{折減係數 } \frac{a_{g,r}}{a_g} = \left(\frac{T_r}{475} \right)^{0.3} = 0.76$$

折減後地震力為 $0.76 \times 0.13W = 0.099W$ ，雖已較新建結構物之設計地震力小，惟仍比既有結構設計之地震力大。

2. 補強方式之探討

由前述可知，新舊設計規範對於設計地震力之差異，鍋爐房結構的補強除須考量承受較既有鍋爐房結構所能提供強度更大之地震力外，其新增及修改設備產生之垂直載重變化，及配合設備佈置須對部分鋼構進行修改等因素，都是補強時考量的設計條件。

分析前先蒐集現有鍋爐房結構之實際配置、構材尺寸、材料性質等條件，再配合新增或修改設備載重及佈置等資料進行分析，分析時可用電腦來模擬以求得結構承受各種載重時之結果，再探討既有結構可否能承受預期之承載量，若無法承受，則需採行結構補強，補強通常可採用改善結構系統、增加結構體韌性及強度等方式，針對興達 1、2 號機既有鍋爐房的補強初步決定以二個方向作為補強方案，一是針對桿件補強並搭配結構系統改善，以加強整體結構強度，另一方案為利用減震或隔震技術，減低地震產生的能量以減少結構的反應，以下為針對二方案分別作探討：

(1) 增強結構強度

首先須對既有鍋爐房結構進行分析，瞭解面臨強烈地震破壞時可能產生之破壞模式，預期為梁彎矩破壞及柱破壞二種。若為梁彎矩破壞則需提高梁構材及柱構材之強度，或採側力抵抗如鋼斜撐的設置來改善結構系統；若為柱破壞則需改善整體結構系統之柱構材強度及韌性。

針對強度不足而需補強的構材進行補強設計時，除結構分析得到構材需抵抗載重產生之應力，依照鋼結構設計之相關規範來設計外，為確保補強後有較佳的韌性及提高耐震力，亦需考慮下列 2 點：(a) 構件之破壞應控制為撓曲破壞而非剪力破壞。(b) 節點處應為強柱弱梁，亦即柱強度要比梁強度為高。有關單一鋼構件之補強，可加大構材斷面提高強度，如圖 3、4 及 5 分別為鋼構梁、柱及斜撐構材之補強示意圖，其中補強方法包括既有 H 型鋼斷面之腹板及翼板加銲鋼板（如圖 3 Type A、圖 4）或既有斷面的翼板上加銲 T 形鋼（如圖 3 Type B 及圖 5 Type C）以增加斷面強度。

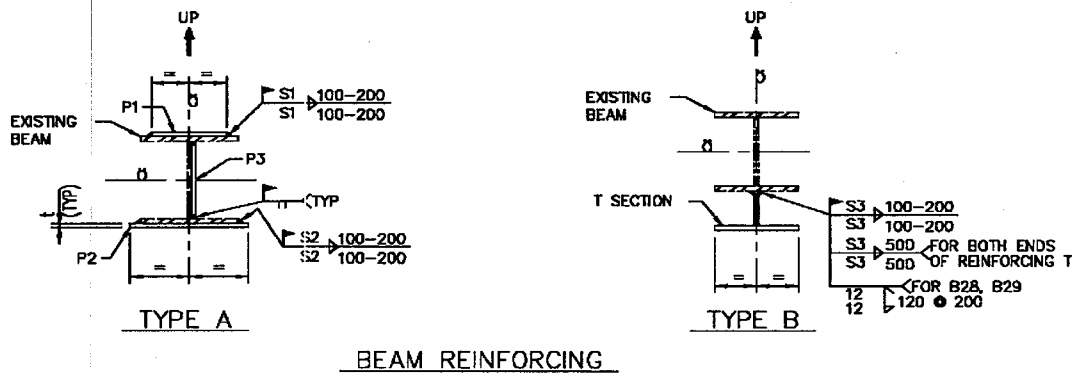


圖 3 梁構材補強

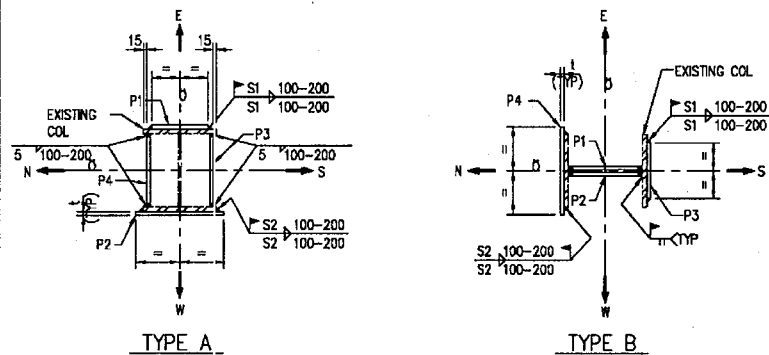


圖 4 柱構材補強

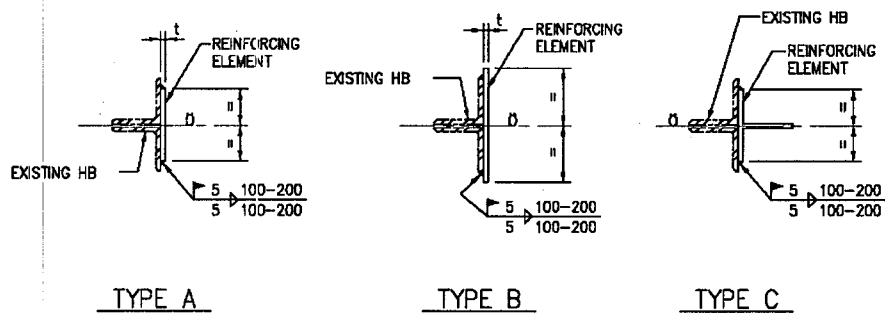
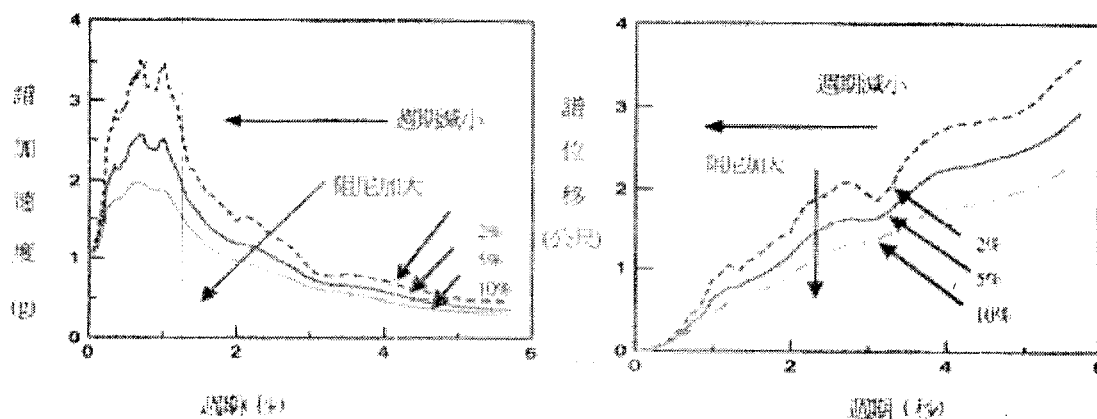


圖 5 斜撐構材補強

(2)以減震、隔震技術補強

A.減震概述：

減震原理係藉由裝設減震裝置，增加結構物勁度或阻尼比，雖可能使結構物基本振動週期下降，導致反應譜加速度些微上升，但是結構物位移反應則明顯降低許多，如圖 6 所示。此外，側向作用力較大時，可將產生超額能量藉由特別設計之消能裝置，減少



輸入構件的地震能量，減少結構變形或破壞。

圖 6 譜加速及譜位移示意圖

下列為常用減震裝置：

a.消能阻尼器：主要提供阻尼消能容量，增加結構物阻尼比，常見的包括活塞式油壓阻尼器、粘彈性阻尼器與摩擦阻尼器（分別如圖7 - a,b,c）。

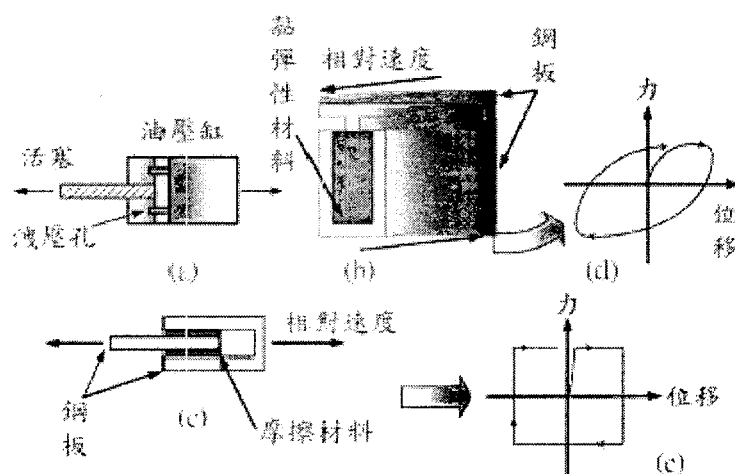


圖 7 消能阻尼器示意圖

b.消能支撐系統：主要透過斜撐及構架之幾何配置與構件消能機制的配合，增加構架之勁度及遲滯阻尼。包括偏心斜撐（如圖8-a,b,c）、消能角撐（如圖8-d,e）、黏性阻尼支撐（如圖8-f）、消能框支撐（如圖8-g,h）與摩擦消能支撐（如圖8-i）等。

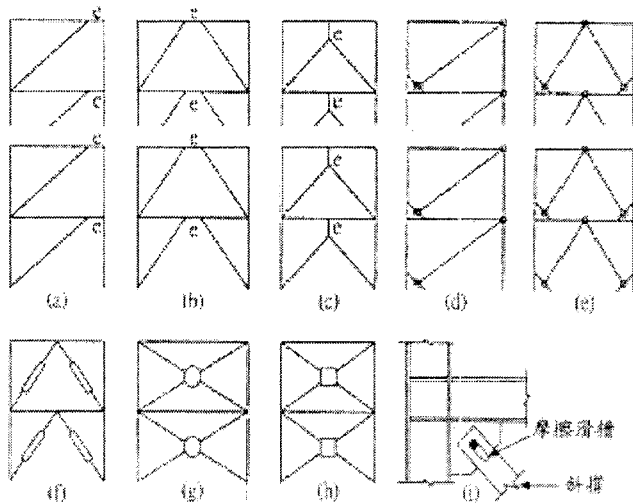


圖 8 各類型消能支撐系統示意圖

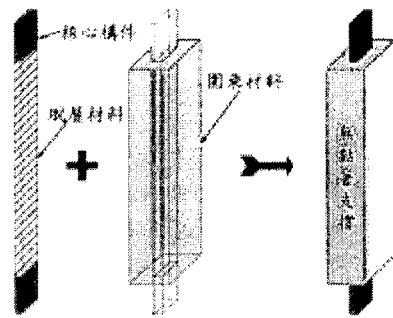


圖 9 無黏著支撐示意圖

c.容損消能裝置：使用高強度材料作為主構材，使承重的主體結構保持彈性，採用強度低但具塑性變形能力之材料作為消能構材，以吸收輸入能量。當劇烈地震時這些消能構件先產生較大變形，以保護主構材變形在彈性範圍內，此外具有震後可更換特性。常見有無黏著支撐（Unbonded Brace如圖9）三角形鋼板消能器（TADAS裝置如圖10）。

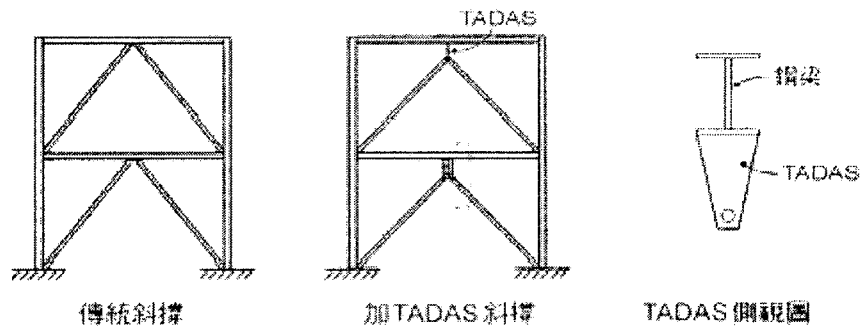


圖 10 TADAS 消能器示意圖

B.隔震簡述：

「隔震」原理為上部結構基面與其下方基礎間，加入隔震層，利用它來隔絕地震或吸收部份能量，減少地震能量進入上部結構系統，使降低結構系統因承受過大外力或產生過大層間變位而造成破壞。因此，隔震裝置的使用不僅可使結構物本身的震害減輕，亦使其內部設施不受地震影響。隔震裝置一般而言需具有下列特性：

a.水平向具較低勁度（即較大柔性）：透過隔震裝置提供在水平向較低勁度，使整體結構的柔性加大，增長基本震動週期，減少上部結構加速度反應或地震側力（如圖11）。

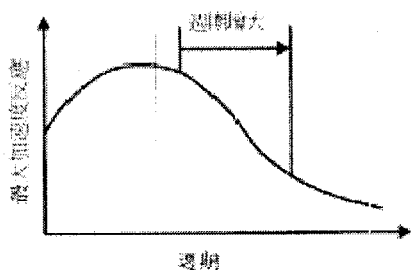


圖 11 加速度反應譜曲線

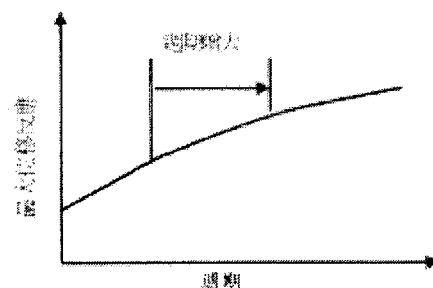


圖 12 位移反應譜曲線

b.具消能性：有設置隔震裝置後之結構將提高其震動週期，使得結構物位移反應增加（如圖12），故需有消能裝置來提高隔震系統阻尼，有效控制隔震層相對位移（如圖13）。

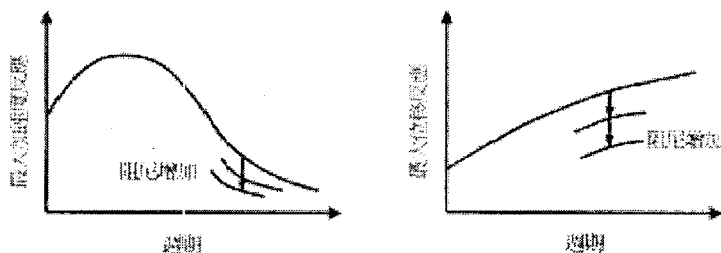


圖 13 阻尼與反應譜的關係圖

c.垂直向有足夠承載力：隔震裝置在垂直向要有足夠的承載力來承受上部結構重量，避免結構產生搖晃不穩定的現象。

d.抗常態載重：在承受大地震時，隔震裝置之側向勁度越低越好，但在小地震、風力等常態載重下，隔震裝置須有足夠的勁度，以免產生過大的變形而影響結構物日常功能。

e.安全裝置：隔震裝置雖可減少地震對上部結構影響，但仍有其所能承受之極限地震力，當超出限度時，隔震裝置可能因過大變形而滑落，導致上部結構損毀，因此隔震裝置需有安全裝置，以防變位超出設計值，或提供額外支承取代隔震系統失效時的需求。

f.具回復力：隔震裝置需有足夠回復力，使結構物在地震後能回復原來位置。

隔震裝置可分為橡膠式（或稱類彈簧式）與滑動式兩種。橡膠式隔震裝置包括積層橡膠支承（RB 如圖 14），鉛心橡膠支承（LRB 如圖 15）與高阻尼橡膠支承（HDRB）等，主要藉由延長結構週期以避開地震時顯著頻率而達到減震目的，鉛心橡膠支承目前國內已使用在橋樑及既有橋樑補強，日本並也有應用在醫院及集合住宅的實例。滑動式隔震裝置則是藉由滑動摩擦來隔絕地震力傳遞，由於傳遞上部結構的地震力不會超過介面間最大摩擦力，因此可大幅降低結構對地震的反應。摩擦單擺裝置（FPS）、滑動回彈摩擦隔震裝置（SR-F）與回彈摩擦式隔震裝置（RFBI）即屬此類。

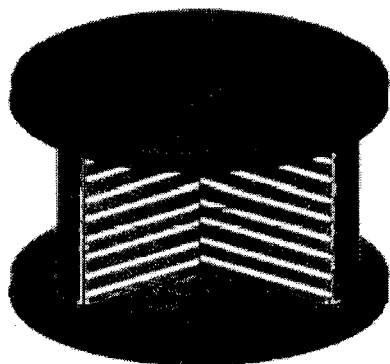


圖 14 積層橡膠支承示意圖

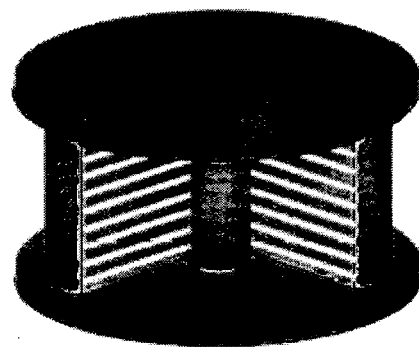


圖 15 鉛心橡膠支承示意圖

興達一、二號機空污改善計畫之既有鍋爐房因需新增及修改鍋爐相關設備，必須補強既有結構，為符合新耐震規範要求，在進行補強設計時，若僅採用增加既有梁、柱或斜撐構材斷面以增加構材強度，恐需大幅度補強造成工期延長、既有構材不易達成補強之斷面強度要求，且在梁、柱接頭的強度及韌性需求亦難以符合，因此必須透過增加斜撐或其他的方式分散既有構材應力，以避免既有結構因所需增加地震力太大而無法進行補強。另外透過減震技術，於適當位置安裝黏彈消能阻尼器或無黏著支撐，經由消能裝置的消散地震輸入能量，減少輸入既有構材的地震能量，減少既有構材需補強的數量，除縮短工期外亦可減少經費而達到安全性要求。

肆、實習心得與建議

此次研習地點為同樣是亞洲四小龍之一的韓國，行前就已風聞韓國對境外人士設施的不友善，尤其韓文是過目即忘難以記憶，而其英語之標註更甚為缺乏。所幸在事前對韓國實習環境所在地預先了解以及與廠家之事先聯繫工作有所準備，因而得以順利完成此次研習。此行令人深刻體會的是，韓國重工除廠房的規模外，在其總部有對外賓之招待流程，並設有專門人員介紹其企業，且輔以專門建置其企業內之各類承包的工程模型，如發電廠、海水淨化廠等等，利用外賓拜訪總部的機會行銷其公司，讓人立刻有深刻及良好的印象，所謂門面及行銷的功夫，斗山重工在這一方面執行的非常成功，讓人感覺不到這是『重工業』，以潔淨的環境及寬闊的廠房用地，反而令人有先進的感覺，當然就會促使來賓對其企業之工程品質產生額外的加分效果。

在以前即知韓國人的工作時數在世界上排名是數一數二，經過與該公司員工閒談中，了解當地員工每天工作至晚上 7、8 點係為常態，這種常態性的無薪加班雖對其企業成長有所幫助，然而經常在主顧之間發生衝突。另一點是斗山重工由原本的韓國本地的工廠在短短的時間內，迅速發展為一國際性有競爭力的製造廠家，由其發展的路程來看，經由併購或由國外技術輸入為其關鍵，如斗山重工於 2 年前併購英國 Mitsui Babcock 公司，立刻由此間獲取更先進鍋爐設計及製造技術，並能據以作為進入歐美原動力市場的跳板，如果沒有藉由如此花大錢買技術的動作，想以自身獨自發展或逐漸培養自主研發能力的方式，絕不可能在短時間內能打入國際市場，當然，花大錢的方式在市場上除了有充足的資金做後盾外，也需要承擔很大商業風險，斗山重工於 1997 年就曾發生嚴重的財務危機幾近倒閉，員工裁員近半，導致為數不少資深管理階層及員工流失，公司雖然撐過來了，但也已相對損失不少無形資產。

此次與不同文化的企業接觸，雖然同為儒家體系的文化，但是因為大環境的不相同，所發展出來的企業文化確也大不相同，但有一共同點是斗山重工的員工也經常需出國受訓，如法國、美國及日本等相對先進

的國家吸取國外的專業及技術，以維持企業的前進的腳步，免於遭到大環境的淘汰。

本次奉派韓國研習訓練斗山重工在興達一、二空污改善計畫中對於鍋爐及煙氣脫硝設備、廠房結構及控制系統之設計、修改及運用等方面技術，雖個人知識、經驗與能力有限，但有感於 鈞長們的期許與提攜，遂竭盡所能戮力學習，又特別感謝斗山重工 Choi 經理與 Miss Kim 對日常生活及課程安排，終能順利完成本次實習任務，並對鍋爐及煙氣脫硝設備、廠房結構及控制系統改善之設計、修改及運用，甚而所應注意之事項有更進一步了解，相信爾後對本計畫之執行有相當助力，更將能掌控工程進度及確保工程品質。

此次經斗山重工講解說明，發覺電廠因運轉多年，許多設備資料已流失外，亦有許多係因電廠自行改善而與設計圖資不符，而斗山重工爲了這些圖資花了不少的人日進行整理了解，其中也不斷詢問電廠人員相關資訊。因斗山重工須對於設備進行了解，需向電廠方面索取圖資，或自行調查現場設備現況，然核火工處本身對於整個電廠資料的掌握，亦需透過運轉多年的電廠人員提供來進行了解。因此，就工程觀點而言實不需透過第三方核火工處來進行更新工程，建議往後此類型之改善案，應由發電廠自行更新改善，方能得到最快的工程進度與最佳效果，也更能符合改善後使用單位之需求。