

出國報告（出國類別：實習）

研習台中電廠中五~中十機新設非洩漏
式熱交換器(MGGH)及濕式靜電集塵器
(WESP)運轉、維護訓練

服務機關：台灣電力公司 台中發電廠

台灣電力公司 核能火力發電工程處中部施工處

姓名職稱：張兆程 協辦儀資專員

許閔堯 機械工程專員

派赴國家/地區：韓國

出國期間：112 年 10 月 15 日至 112 年 10 月 28 日

報告日期：112 年 11 月 30 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：研習台中電廠中五~中十機新設非洩漏式熱交換器(MGGH)及濕式靜電集塵器(WESP)之運轉、維護訓練。

頁數 36 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司 / 翁玉靜 / (02) 2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

姓名	服務機關	單位	職稱	電話
張兆程	台灣電力公司	台中發電廠	協辦儀資專員	(04)2630-2123

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他(開會)

出國期間：112/10/15-112/10/28

出國地區：韓國

報告日期：112/11/30

分類號/目

關鍵詞：濕式靜電集塵器、放電極、集塵板、非洩漏式熱交換器

內容摘要：(二百至三百字)

本次赴韓國 KC Cottrell 公司參加「研習台中電廠中五~中十機新設非洩漏式熱交換器(MGGH)及濕式靜電集塵器(WESP)之運轉、維護訓練」，其研習目的是台中電廠為因應日益嚴峻的環保法規，在「台中電廠第 5-10 號機空污改善工程計畫」一案新增之設備。學習濕式靜電集塵器(WESP)及非洩漏式熱交換器(MGGH)之控制以及維護並吸取實務經驗及最佳化的操作方式，期許落實技術轉移，以便對機組的運轉、維護技術能更加精進，確保 FGD 脫硫環保設備運轉安全。

台中電廠 5-10 號機，於空污改善工程後，將煙氣熱交換器(GGH)更新成非洩漏式熱交換器(MGGH)，並新增濕式靜電集塵器(WESP)。在社會非常重視環保議題的此刻，確保 FGD 設備運轉的順利是極為重要的，不僅會因為排煙的不透光度異常影響公司的形象，更可能因環保因素降載。本組負責濕式靜電集塵器(WESP)及非洩漏式熱交換器(MGGH)之維護、保養工作，為了解設備的設計、操作及維護相關知識，並熟悉廠家設計之理念，以利日後之運轉與維護工作。

於本實習報告中，介紹非洩漏式氣對氣熱交換及濕式靜電集塵原理、非洩漏式氣對氣熱交換器及濕式靜電集塵器、儀資控制系統介紹、非洩漏式氣對氣熱交換器及濕式靜電集塵器之啟停程序及故障排除應對措施。

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

目錄

	頁次
壹、 出國目的-----	5
貳、 過程-----	5
參、 實習內容-----	6
一、 非洩漏式氣對氣熱交換(MGGH)原理介紹-----	6
二、 非洩漏式氣對氣熱交換器(MGGH)介紹-----	10
三、 濕式靜電集塵(WESP)原理介紹-----	13
四、 濕式靜電集塵器(WESP)介紹-----	16
五、 儀資控制系統介紹-----	23
六、 非洩漏式氣對氣熱交換器(MGGH)啟停程序----	25
七、 非洩漏式氣對氣熱交換器之故障應對措施----	27
八、 濕式靜電集塵器(WESP)啟停程序-----	29
九、 濕式靜電集塵器(WESP)之故障應對措施-----	32
十、 問題與回覆-----	34
肆、 心得與建議-----	35

壹、出國目的

目標：濕式靜電集塵器(WESP)及非洩漏式熱交換器(MGGH)為台中電廠為因應日益嚴峻的環保法規，在「台中電廠第 5-10 號機空污改善工程計畫」一案新增之設備。學習濕式靜電集塵器(WESP)及非洩漏式熱交換器(MGGH)之控制以及維護並吸取實務經驗及最佳化的操作方式，期許落實技術轉移，以便對機組的運轉、維護技術能更加精進，確保 FGD 設備運轉安全。

緣由：台中電廠 5-10 號機，空污改善工程，將煙氣熱交換器(GGH)更新成非洩漏式熱交換器(MGGH)，並新增濕式靜電集塵器(WESP)。在社會非常重視環保議題的此刻，確保 FGD 設備運轉的穩定是極為重要的，可防止因為空污設備異常影響公司的形象，更可避免因環保因素導致降載。本組負責濕式靜電集塵器(WESP)及非洩漏式熱交換器(MGGH)之維護、保養工作，為了解設備的設計、操作及維護相關知識，並熟悉廠家設計之理念，以利日後之運轉與維護工作，確有必要前往原廠研習。

貳、過程

前往國家：韓國

出國期間：112 年 10 月 15 日至 112 年 10 月 28 日

起始日	迄止日	行程	工作內容
112.10.15	112.10.15	台北→釜山	往程：(台北—金海機場—釜山)
112.10.16	112.10.19	釜山	研習 KC Cottrel 公司之非洩漏式熱交換器 MGGH 之軟、硬體設計以及操作、維護技術
112.10.19	112.10.27	首爾	研習 KC Cottrel 公司之濕式靜電集塵器 (WESP) 之軟、硬體設計以及操作、維護技術
112.10.28	112.10.28	首爾→台北	返程：(首爾—仁川機場—台北)

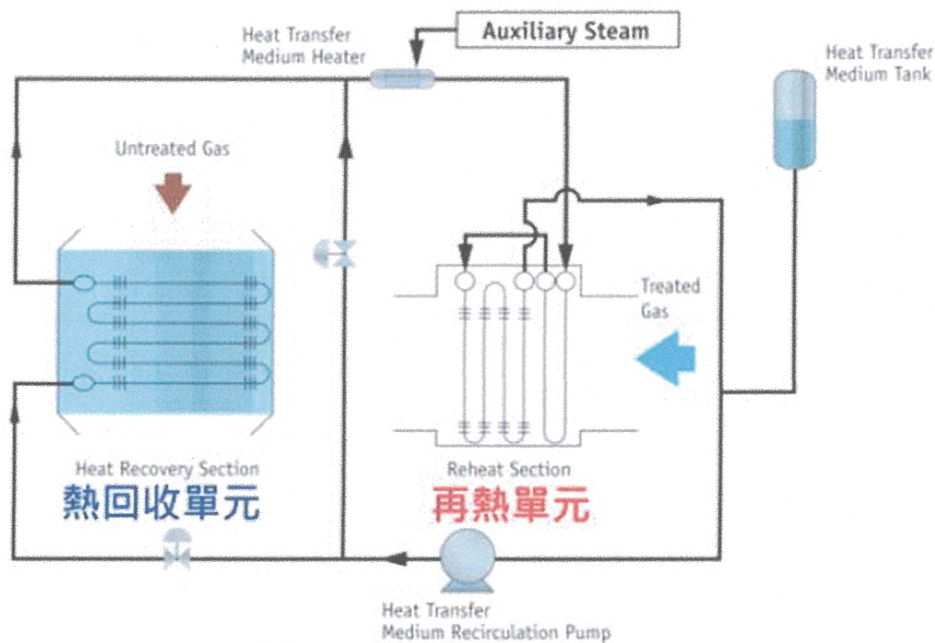
此次參訪共分為三個部分，台電由核能火力發電工程處中部施工處許閔堯以及台中發電廠張兆程前往韓國，由 KC Cotterll 陪同。第一站前往慶尚南道 BHI 公司總部訪談，了解 MGGH 原理及相關製造生產過程。第二站北上抵達京畿道的 Duk ji 公司參觀 WESP 所用之泵浦製造以及測試過程。最後一站參訪 KC Cotterll 位於首爾市總部及安城市之 WESP 生產工廠，了解 WESP 相關原理及製造測試過程。台電三人完成所有實習內容，並取得 KC Cotterll 所頒發結業證書。

參、實習內容

一、非洩漏式氣對氣熱交換器(MGGH)原理介紹

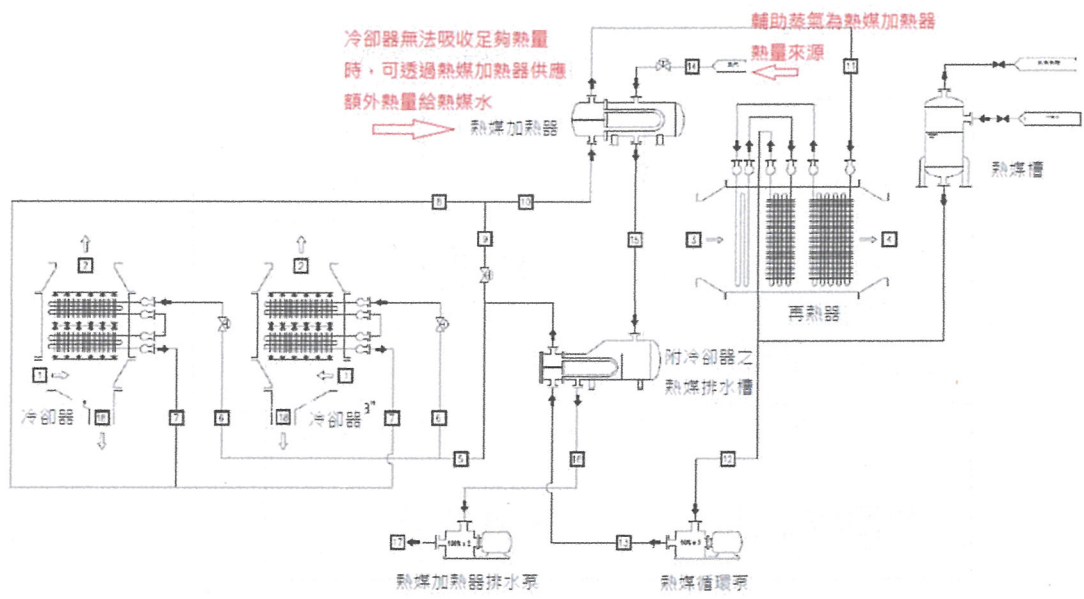
非洩漏式氣對氣熱交換器分為熱回收段(Heat Recovery)以及加熱段(Reheater)，透過水當作媒介(Media)。熱煙氣從空氣預熱器出口後，熱煙氣之熱量於熱回收段傳給再循環水(Recirculating Water)，熱量會透過再循環水流至加熱段並加熱從濕式靜電集塵器出口之煙氣。非洩漏式 GGH 有效解決煙氣之洩漏及蓄熱板上冷凝硫酸回煙氣中等問題，故較適合煙氣中 SO_2 濃度很高或要求脫硫效率非常高的情況下使用。

熱回收段吸收未處理之熱煙氣熱量，並透過安裝在內側之管線，將其吸收之熱量經由媒介(水)，傳導到加熱段，加熱從濕式靜電集塵器出口段排出之完成處理熱煙氣，加熱到 90°C 以上，並排放至煙囪。
圖(一)為非洩漏式氣對氣熱交換器示意圖。



圖(一) 非洩漏式氣對氣熱交換器(MGGH)示意圖

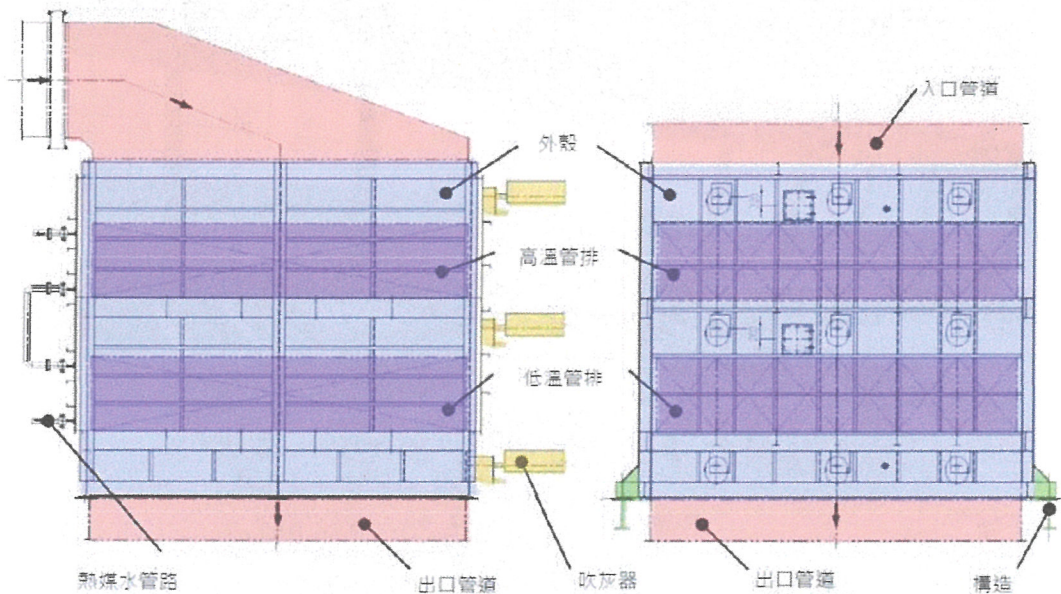
若因機組配合降載時，MGGH 冷卻器無法從未處理的廢氣中吸取足夠的熱量，無法供應足夠的熱量給再熱器，可透過熱媒加熱器供應額外的熱量給熱媒水，以調整再熱器的操作溫度及廢氣入口溫度，而熱媒加熱器的熱量來源，則是額外的輔助蒸氣。流入 MGGH 冷卻器的熱媒水管線設有旁通管線，可控制熱媒水的流入，並可藉由控制流率來調整 MGGH 冷卻器出口側的廢氣溫度。若外界空氣（大氣）溫度偏低，可增加旁通量以免廢氣出口溫度降至太低。可藉由控制廢氣出口溫度，降低 ESP 或 FAN 等後端設施的腐蝕。圖(二)為熱媒加熱器功能說明。



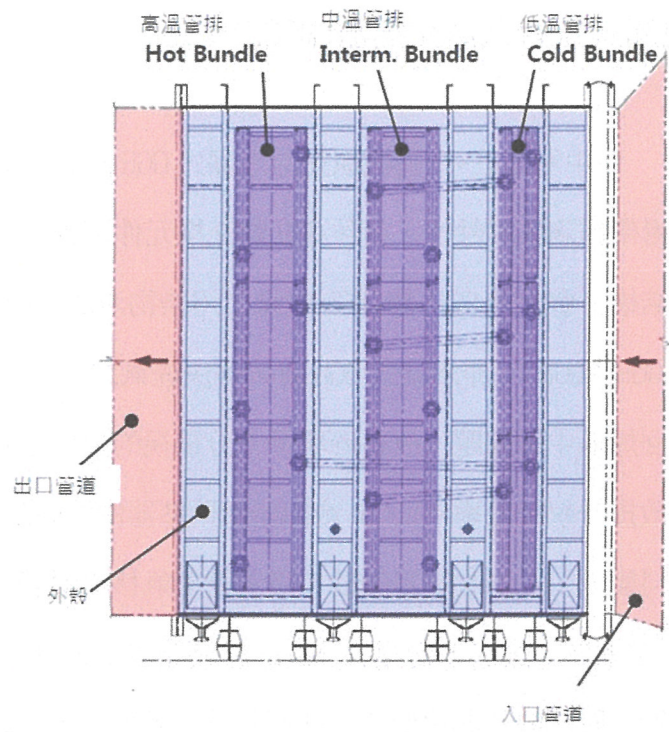
圖(二) 熱煤加熱器功能說明

二、非洩漏式氣對氣熱交換器(MGGH)介紹

台中電廠五~十號機原先為洩漏式 GGH 設計，除了因為 FGD 出口為過帶霧滴具腐蝕性，易致 GGH 熱交換元件腐蝕，且因機械結構為迴轉結構，會有最高 0.5% FGD 之進口污染物洩漏。而此次更新為非洩漏式 GGH(MGGH)，非洩漏式 GGH 有效解決煙氣之洩漏及蓄熱板上冷凝硫酸回煙氣中等問題，故對於環保十分重視的台中電廠較為適合，可以有效提升脫硫效率。MGGH 冷卻器及再熱器由耐硫酸腐蝕及複合腐蝕的材料製成，並以吹灰器輔助，噴灑乾蒸氣移除附著在熱交換器管(鰓管)上之異物(煤灰、粉等)。圖(三)為非洩漏式 GGH 冷卻端硬體架構示意圖，圖(四)為非洩漏式 GGH 再熱端硬體架構示意圖。



圖(三) 非洩漏式 GGH(MGGH)冷卻端硬體架構示意圖



圖(四) 非洩漏式 GGH(MGGH)再熱端硬體架構示意圖



圖(五)MGGH 再熱端管排製造



圖(六)再熱端管排組裝完成

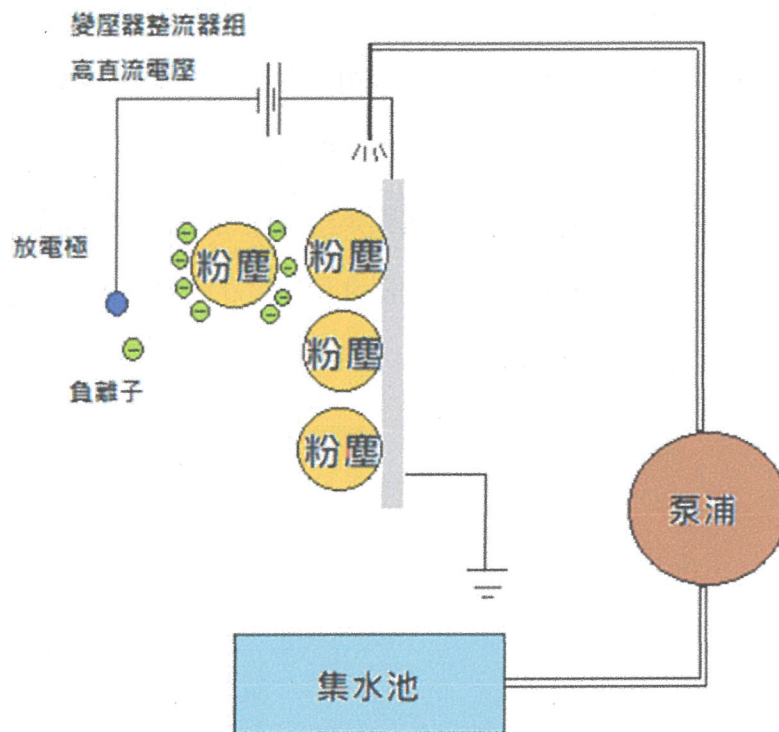
圖(五)、(六)為參訪 MGGH 製造廠家工廠，BHI Co.,Ltd(位於韓國慶尚南道)，公司人數為 450 人，有生產 FGD 相關環保設備外，也有接單 GE、Siemens 製造鍋爐設備，以及核能電廠相關設備。圖(六)為現場參訪製作完成之中六機 MGGH 再熱端，經詢問廠家，再設備組裝完成後，會針對管排做洩漏測試，測試完成後會在管排填充氮氣，避免管排氧化。

三、 濕式靜電集塵器原理介紹

靜電集塵器(ESP)是一種機電裝置，藉由讓顆粒帶電來收集並去除煙氣中的顆粒。在濕式靜電集塵器(WESP)中，在高壓放電電極與接地集塵板之間維持一個強電場。放電電極的電暈放電會使通過集塵器的煙氣游離，而氣體離子會進一步使煙氣中的任何顆粒游離。接著，帶負電的顆粒被吸引並集中到接地的集塵板上。通過間歇噴水或連續沖洗系統產生水膜進行清潔，以防止顆粒在極板表面堆積。這些清洗過後的水會重新使用，透過泵浦循環回去沖洗再次用來清洗集塵板。濕式靜電集塵器的作動大致可以分成三個步驟：

1. 帶電-利用高壓放電電極產生的負離子讓煙氣中的顆粒帶電。
2. 集塵-在接地的集塵表面上收集帶負電的顆粒。
3. 清潔-用水沖洗去除集塵表面上捕集到的顆粒。

圖(七)為濕式靜電集塵器原理示意圖。



圖(七)濕式靜電集塵器原理示意圖

靜電集塵器操作時需有高壓直流電源，故需要變壓器將電壓提升到千伏之範圍。整流器則可以將交流電轉變為單向直流電，利用此高壓直流加壓於放電極及集塵板上，達到集塵功能。放電極會產生電暈現象(Corona)，並伴隨可見藍光，但若因此產生電弧現象，應盡量避免。

集塵器尺寸及電場強度是決定濕式靜電集塵器去除效率的重要因素。集塵器的集塵面積越大，移除效率越高。集塵面積比(specific collection area, SCA)，即集塵電極的表面積與氣流的比值，是決定相對尺寸的有用比值。

電功率是決定 WESP 集塵效率的另一個重要參數。因為持續用水沖洗故不會有微粒在集塵電極上堆積，相較於乾式 ESP，濕式靜電集

塵器可以設計較大的電流密度。將電場強度極大化可確保最大的顆粒都能帶電，以及更好的次微米顆粒與煙霧的去除效率。

利用自動電壓控制器來維持盡可能高的電場強度，以確保最大顆粒的帶電與收集，同時防止放電與集塵電極之間的氣體電氣擊穿與火花，而導致電場消失。這些控制器會偵測火花的發生，並將電壓維持在正好低於火花發生的等級。

四、 濕式靜電集塵器(WESP)介紹

不同於乾式靜電集塵器，濕式靜電集塵器不使用敲集震動的方式移除集塵板上的粉塵，而是採用連續灌水系統在集塵板上形成水膜，可避免乾式靜電集塵器敲打所產生之在揚塵以及反電暈現象(Back Corona)，影響集塵效率。

單一水平流向 WESP 在整個氣流過程中有 88 個氣體通道。每個氣體通道由兩個平行的 12.1m 高 x 2m 長的集塵簾（板）組成，集塵簾（板）的間隔為 27.9cm，組成集塵系統。兩個集塵板之間設置放電電極，利用連接至高壓絕緣礙子系統的高壓支撐架，支撐放電電極。

集塵系統(CS)的功能為將氣流中帶負電的顆粒集中到集塵板的接地表面上。集塵系統由以雷射銲接在一起的 16 號 A2205 板材組成，然後充氣以形成 2286 mm，寬 x 12192 mm 高的枕板。銲接的「小凹坑」強化水流在整個板材表面上的完整分佈。每個簾幕皆連接到集管箱上，該集管箱提供用來沖洗集塵板的沖洗水。每個集塵板底部設置一個集水溝，用來收集沖洗水，這些溝槽連接至主溝槽，然後連接至排水管。



圖(八)集塵板加工作業



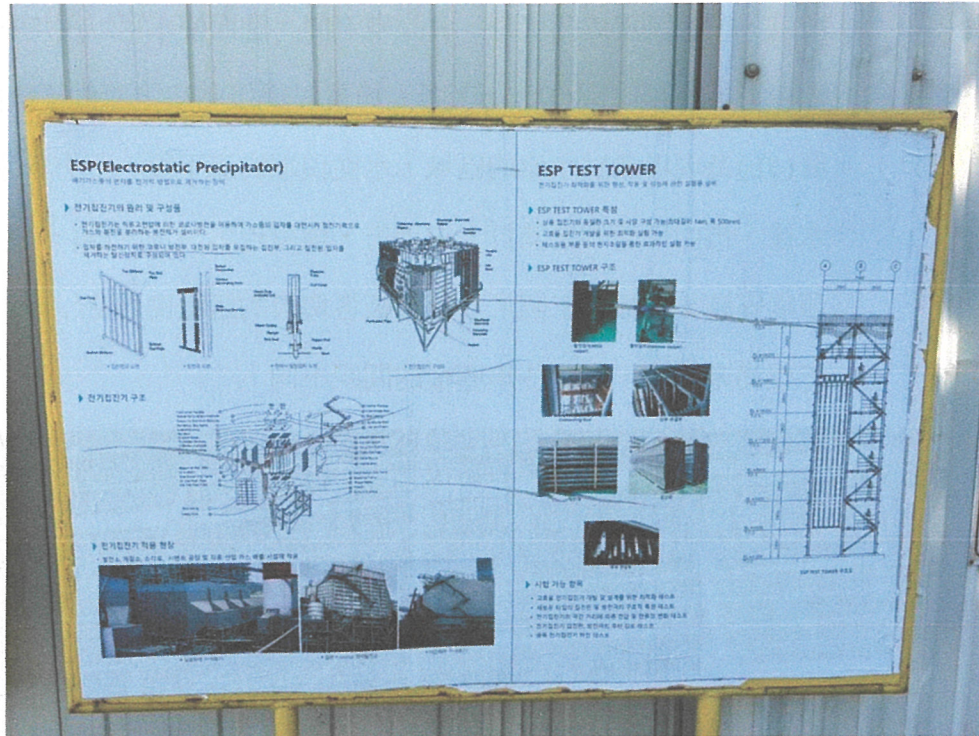
圖(九)集塵板水膜測試

圖(八)及圖(九)為參訪 KC Cottrell 位於京畿道南部，安城市的製造工廠。此工廠負責生產濕式靜電集塵器(WESP)相關設備。集塵板功能為收集熱煙氣中之帶負電粉塵顆粒，再透過不間斷的水沖洗集塵板，為了使水平均分布在整塊集塵板上，KC Cottrell 在集塵板設計凹坑，讓水流流過凹坑時，會改變流向，進而使水可以平均在集塵板上，形成水膜。圖(八)為工廠人員雷射銲接兩塊抗腐蝕不鏽鋼集塵板，圖(九)為現場測試水流的區域，水從頂端的流下後，下方集水槽收集水後，再由旁邊的泵浦打上去上方，模擬現場情況。圖(十)為中五機現場安裝集塵板施工照片，集塵板各塊板的距離應為 27.9cm，因安裝工程尚未結束，故有些集塵板的間距不同。



圖(十)中五機現場集塵板安裝

KC Cottrell 對於 ESP 的設計，有獨立建設一座 ESP 測試塔，針對 ESP 的放電電極結構測試、測試電壓和電流隨靜電集塵板距離的變化測試、靜電集塵器帶電測試，用以優化靜電集塵器之效能。測試塔可容納最高 14m，寬，圖(十一)為 KC Cottrell 製造工廠所設立 ESP 測試塔介紹看板，圖(十二)為 ESP 測試塔內集塵板。



圖(十一)ESP 測試塔介紹看板



圖(十二)ESP 測試塔內集塵板

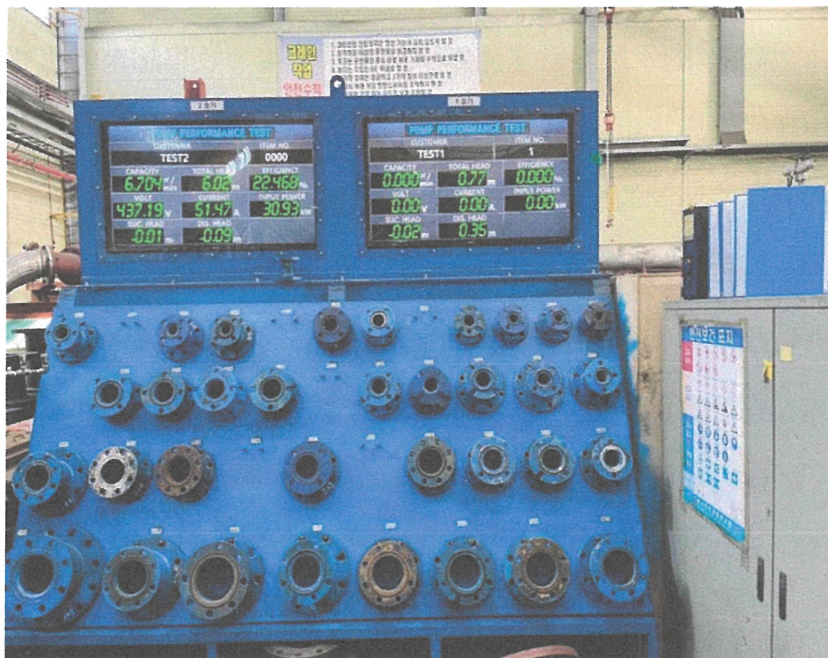
WESP 的水膜，當水流到下方集水槽後，收集起來的水會經由泵浦，重新回到集管箱，再分給下游的分支集管箱，重新送到集塵板上方。而其中使用到的泵浦，是由 Duk ji 這間公司來製造。Duk ji 位於韓國京畿道安山市，公司員工約 100 人，主要製造泵浦為主。產品客戶有韓國境內發電廠、大型鋼鐵廠以及境外發電廠。近年來，韓國電子產業蓬勃發展，如三星、LG 等等，也是 Duk ji 的客戶之一。

Duk ji 的廠房除了製造生產的部分，有很大的區塊是作為泵浦的測試平台，圖(十三)為現場師傅正在安裝測試的泵浦

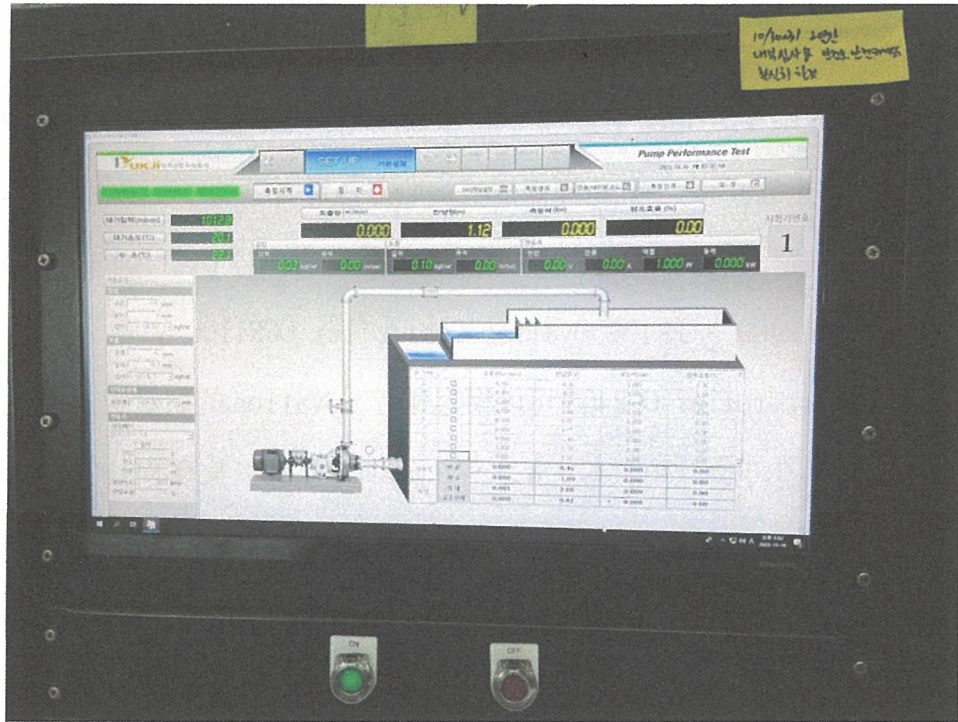


圖(十三)現場師傅安裝測試泵浦

照片下方鐵板的下方有供泵浦抽吸的水源，泵浦負責將水源抽到照片右方的水箱，測試泵浦效能。在測試的過程中，也有監控的儀器監看泵浦的狀態，也可以改變參數來提升或減少負載端，確保交付到客戶手上的泵浦是經過嚴謹測試後的完成品。



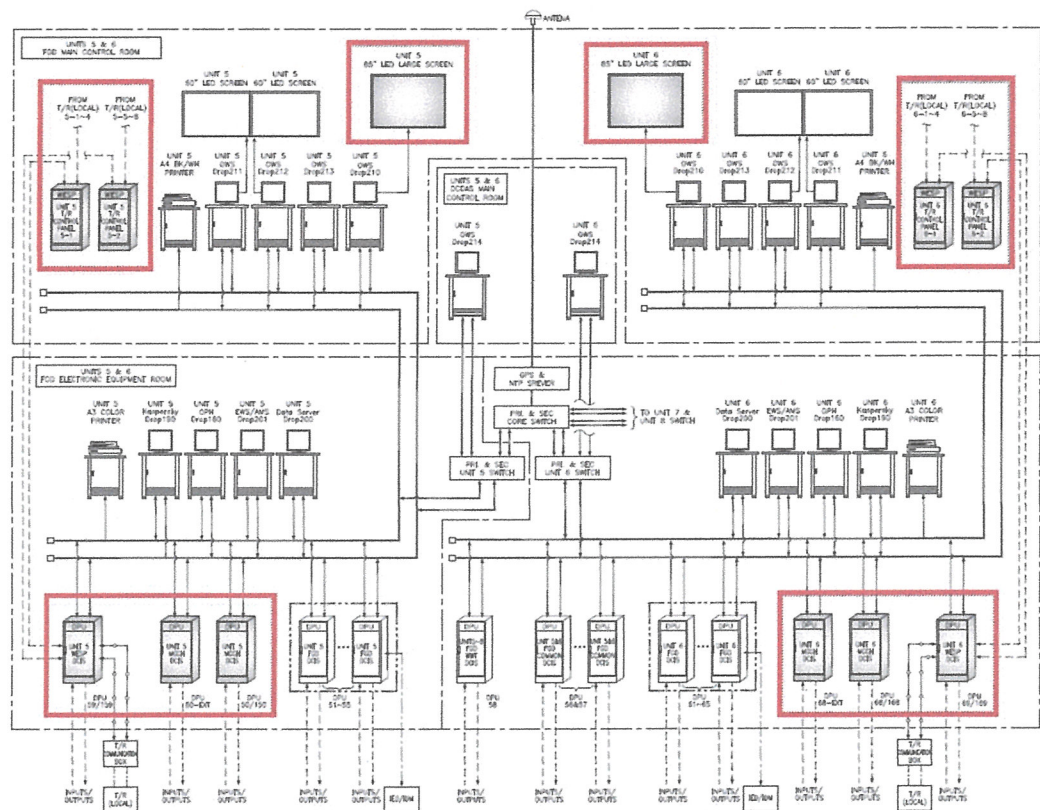
圖(十四)現場監控測試泵浦狀態



圖(十四)調整負載端輸出

五、儀資控制系統介紹

台中電廠中五~中八機 MGGH 以及 WESP 更新後控制系統架構如圖 (十五) 所示，紅色標線框起的地方為新增設備。主控制器為 Ovation Controller OCR1100，配合原有的主控制器 Ovation Controller OCR400。為了使 Ovation Controller OCR1100 和 Ovation Controller OCR400 可以相容運行，ovation 的韌體版本也從原先的版本 3.3 提升到版本 3.8.3，使 OCR400 系列以及 OCR1100 系列可以一同運作，並採用 REDUNDANT 架構，各控制器之間的通訊線路也使用 REDUNDANT 架構，強化通訊設備的韌性。除了增設主控制器，因應新設的設備，各部機組也增加了 REDUNDANT Power Supply 2 台、Ethernet Link Controller 4 台、AI 卡片 12 張、AO 卡片 2 張、Thermal Couple 卡片 10 張、RTD 卡片、DI 卡片 48 張、DO 卡片 24 張。



圖(十五) 中五~中八機 FGD DCIS 控制系統架構圖

六、 非洩漏式氣對氣熱交換器(MGGH)啟停程序

設備於首次啟動或執行各項檢修工作完成後，須執行以下準備程序：

在 MGGH 系統初次啟動時，若 MGGH 系統未正常運轉，則應在鍋爐燃氣系統啟動前進行暖機運轉，因為熱傳區域（管件或鰓管）被煤灰及粉塵堵塞，形成腐蝕環境。當 MGGH 初次啟動或在長時間停止後以冷機啟動模式啟動時，必須執行暖機運轉模式程序，才能進入正常運轉模式。為防止 MGGH 腐蝕及堵塞，在暖機運轉期間，熱媒水的溫度應保持在 70°C 或以上。此外，即使在鍋爐啟動後低溫廢氣流入 MGGH 時，也盡量不要讓熱媒水的溫度低於 70°C。

啟動操作程序：

1. 暖機前操作：應在煙氣系統開始運轉前的 8-12 小時開始預熱。
(視所處環境而定，可能需要更多時間)。確認每個手動閥正確打開及關閉，檢查熱媒槽液位，是否處於正常液位，以及每個控制閥皆處於「Automatic (自動)」模式。
2. 暖機操作：
 - A. 操作兩台 (100% x 2) 熱媒循環泵中的一台。(一台備用)
 - B. MGGH 冷卻器煙氣出口溫度控制閥就緒可操作。(打開位置)
 - C. 兩台 (100% x 2) 熱媒加熱器排水泵中的一台啟動。(一台備用)
 - D. 打開安裝在熱媒加熱器殼側蒸汽入口管路上的控制閥。
 - E. MGGH 再熱器煙氣出口溫度控制閥操作。
 - F. 蒸汽流入熱媒加熱器殼側，將熱媒水加熱並進入暖機模式。
(注意，若熱媒循環水的溫度低於 70°C，裝在熱媒加熱器前端的 TCV 閥 (標籤編號 5-TCV-AS643) 可能會造成錘擊、振

動等及噪音等問題，故應以人工方式加熱 TCV 閥。)

3. 操作控制：當機組的引風系統開始運轉時，運轉模式變成自動。
4. 開始完整操作：
 - A. 調整 MGGH 冷卻器吹灰器氣密控制閥（標籤編號：5-SA-002, 012，使密封空氣處於恆定壓力（5.39 kPa）
 - B. 調整 MGGH 冷卻器密封空氣加熱器蒸汽入口閥（標籤編號：5-AS-031），以維持密封空氣的溫度（120°C）。

啟動程序摘要：



停止操作程序：

1. 停止前操作(應在 CID 風機停止之前進行開始停止前的操作)：
 - A. 封鎖 MGGH 冷卻器吹灰器密封空氣加熱器的蒸汽入口閥。
 - B. 封鎖 MGGH 冷卻器吹灰器密封空氣閥
2. 停止操作：

當機組的引風系統關機時，MGGH 系統自動進入暖機模式。
3. 暖機停止操作：若與開始下次操作的間隔時間很短，則繼續暖機。若需要長時間停止，則會充分進行暖機直到 MGGH 完全乾燥（24 小時以上），然後停止暖機運轉。
 - A. 封鎖輔助蒸汽入口閥。
 - B. 停止啟動熱媒加熱器排水泵。
 - C. 停止啟動熱媒循環泵。

停止程序摘要：



七、 非洩漏式氣對氣熱交換器(MGGH)之故障應對措施

台中電廠中五~中十機非洩漏式氣對氣熱交換器之設備故障應對措施，如表一所示。

NO.	SITUATION	ACTION
1	MGGH 冷卻器出口煙氣溫度「低」	1) 檢查溫度計。 2) 檢查熱媒流量調節閥、旁通流量調節閥及控制電路。 3) 確認GGH 冷卻器入口氣體溫度。 4) 確認熱媒槽液位，並修復熱媒洩漏之處。 5) 確認熱媒循環量。
2	MGGH 再熱器入口煙氣溫度「高」	1) 檢查溫度計。 2) 取消MGGH 再熱器旁通驅動或暖機。 3) 檢查控制設定點及控制電路。
3	MGGH 冷卻器管排差壓「高」	1) 檢查差壓計，確認連接管件是否堵塞。 2) 確認MGGH 冷卻器進氣量。 3) 增加吹灰器的蒸汽，當無法藉由提高蒸汽壓力加以改善時，用水清洗熱傳表面。
4	MGGH 再熱器管排差壓「高」	1) 檢查差壓計，確認連接管件是否堵塞。 2) 確認MGGH 再熱器進氣量 3) 熱傳水清潔。
5	MGGH 再熱器出口熱媒溫度「低」	1) 檢查溫度計。 2) 檢查蒸汽流量控制閥及控制電路。 3) 確認蒸汽源壓力。 4) 檢查熱媒加熱器。
6	熱媒槽壓力「高」	1) 檢查壓力計。 2) 調整N2 氣體壓力。 3) 調整熱媒液位。 4) 確認煙氣溫度、熱媒溫度。
7	熱媒槽液位「高」	1) 檢查液位計 2) 調整熱媒投入量 3) 確認煙氣溫度、熱媒溫

		度。
8	熱媒槽液位「低」	1) 檢查液位計 2) 添加熱媒，檢查是否有洩漏。 3) 確認熱媒溫度。
9	熱媒槽液位「過低」	1) 檢查液位計。 2) 添加熱媒。 3) 檢查是否有熱媒洩漏。 4) 確認熱媒溫度。
10	熱媒加熱器排水槽液位「低」	1) 檢查液位計 2) 檢查排水流量調節閥及控制電路。 3) 檢查排水冷卻器槽體部分及排水管。
11	熱媒加熱器排水槽液位「過低」	1) 檢查液位計 2) 檢查排水流量調節閥及控制電路。 3) 檢查排水冷卻器槽體部分及排水管。
12	吹灰器蒸汽壓力「低」	1) 檢查蒸汽供應源。
13	吹灰器蒸汽流率「低」	1) 檢查蒸汽供應源。
14	吹灰器蒸汽排水溫度「低」	1) 檢查蒸汽供應源。

表一 MGGH 故障排除

八、 濕式靜電集塵器(WESP)啟停程序

啟動前檢查程序：

1. 基本電氣檢查
 - A. 檢查從適當電源到 WESP 控制系統及運轉人員工作站之線路的電壓。該設備的線路電壓應為 120 V、單相、60 Hz。
 - B. 檢查從適當電源到每個變壓器／整流器組 (T/R) 低壓箱體之線路的電壓。T/R 的線路電壓應為 480 V，三相。低壓箱體內含有 T/R 控制器、控制電力變壓器及其他控制元件。
 - C. 檢查低壓箱體是否有連接鬆動或異物。
 - D. 檢查每個 T/R 槽體是否有任何冷卻劑洩漏或實際受損的跡象。檢查冷卻劑液位計。若發現液位過低，按照製造商的說明補充。切勿過度灌裝槽體。
 - E. 檢查吹掃空氣鼓風機／加熱器系統的馬達旋轉是否正常，以及加熱器及鼓風機的電流消耗。
 - F. 檢查吹掃空氣系統的風門是否正常運作。
 - G. 確認吹掃空氣鼓風機／加熱器系統能產生 WESP 正常運轉所需之空氣量及規定的溫度。
2. 內部檢查：
 - A. 檢查每個高壓部分是否有異物以及集塵板或剛性電極上是否有顆粒堆積。
 - B. 檢查所有底部漏斗盤是否有異物或任何類型的堆積物。
 - C. 檢查集塵板底部溝槽的排水管及底部漏斗的排水管是否有任何異物堵塞或受阻。
 - D. 檢查集塵板集管箱沖洗系統，確認沖洗孔未堵塞，水從集管箱沿著集塵板正常流下且蓋住整個表面。

- E. 檢查外殼清洗集管箱噴嘴，確認未堵塞且噴水角度為 60 度。
 - F. 檢查入口及出口噴嘴導流裝置是否有任何類型的堆積物。
 - G. 檢查導流擋板是否有任何類型的堆積物。
 - H. 檢查位於夾層的放電系統（DS）支撐礙子是否有裂痕或堆積物。執行絕緣礙子的例行清潔。
 - I. 移除集塵器上所有的臨時照明、工具、膠帶、毛巾或其他異物，並以相反順序執行鑰匙聯鎖程序，鎖上所有檢修門。
 - J. 在進行集塵器的空載測試或連續運轉之前，讓吹掃鼓風機／加熱器系統運轉至少 120 分鐘。當 WESP 系統運轉時，吹掃鼓風機／加熱器系統必須一直保持在打開（ON）狀態。
3. 濕式靜電集塵器空載測試，在全部啟動之前，應進行「空載」測試以檢查：
- A. 沒有電氣接地的情況。
 - B. 電氣間隙足夠。
 - C. 集塵器 T/R 及控制功能正常。
 - D. 長時間空載運轉可能會導致 WESP 內產生臭氧，並造成 T/R 功率等級不佳。建議在引風機以低等級運轉的情況下進行測試。
 - 當煙氣有潛在的爆炸危害時，不得將濕式靜電集塵器系統通電。建議在發生鍋爐主燃料跳脫警報時，亦會使所有 T/R 跳脫。

濕式靜電集塵器啟動：

「開啟（ON）」正在運轉的吹掃鼓風機／加熱器系統。此應在集

塵器系統啟動前至少兩（2）小時即處於「開啟（ON）」狀態。
備用系統應置於待機模式。

1. 開啟集塵板沖洗系統並在 WESP 系統啟動前至少運轉 30 分鐘，以讓水沿集塵板向下流。
2. 在 30 分鐘的集塵板沖洗完成後，執行完整的外殼清洗週期，將整個內部打濕。
3. 此步驟有助於讓沖洗水均勻分佈在整個集塵板上。
4. 打開主引風機。
5. 此時可將 WESP 高壓系統通電。電廠運轉人員應將此功能納入整體系統運轉中。
6. 以低功率將第一個場域通電，將一次側電流調整至足以使排放保持在煙囪輸出限值範圍內的設定。此可防止集塵器內部有過多的結垢。
7. 隨著氣體體積的增加，可將其他的場域通電。
8. 一旦鍋爐穩定運轉，即可將集塵器完全通電，並設為全功率及自動模式。

關閉集塵器：

1. 在鍋爐離線的情況下，關閉引風機。
2. 將 WESP 斷電並鎖定電源供應。
3. 讓吹掃鼓風機／加熱器系統及沖洗水供應運轉至少一（1）小時。
4. 關閉沖洗水供應。
5. 關閉吹掃鼓風機／加熱器系統。

九、 濕式靜電集塵器之故障應對措施

台中電廠中五~中十機濕式靜電器之設備故障應對措施，如表二所示。

NO.	情況	可能原因或行動
1	AAC(一次側電流) - 0(零) VAC(一次側電壓)- 高 mADC(二次側電流)- 0(零) KVDC(二次側電壓)- 0(零)	1)T/R 控制單元內的IGBT 組件開路，表示IGBT 未向輸出端供電。 2)T/R 控制單元內的接線或控制電路板故障，影響IGBT 的運作，應先目視檢查T/R 接線是否鬆脫或斷開。
2	AAC(一次側電流) - 高 VAC (一次側電壓)- 高 mADC (二次側電流) - 0(零) KVDC (二次側電壓)- 正常 (20 至 50 KV) 二次側毫安顯示及/或相關電路出現問題。	1)按照盤面原件圖檢查控制櫃盤面顯示及接線。可能的問題包括保險絲燒斷、接線鬆動或反饋電阻器故障。 2)突波保護裝置短路： 突波保護裝置位於T/R 訊號接線端子區。斷開連接並將高阻計連接至端子。讀數應大於1000 Meg-ohm。 檢查控制櫃的顯示保護裝置。此可能為金屬氧化物壓敏電阻 (MOV) 或類似裝置。 3) T/R 與主控制器電路板的毫安線路短路： 斷開T/R 並在控制櫃內連接高阻計。讀數應大於100 Meg-ohm。 4) T/R 與主控制器電路板的毫安線路可能開路。
3	AAC(一次側電流)- 高 VAC(一次側電壓)-極低或零 mADC(二次側電流) - 高 KVDC(二次側電壓)-低(0 至 5 KV)	1) 集塵器中有緊密的間距或短路。高火花率也可能表示： 電極彎曲、異物(結構材料)、集塵板變曲、支撐礙子失效等可能造成緊密的間距。斷開T/R 與主電源的連接，將T/R 高壓套管與夾層中的匯流排隔離，並在絕緣礙子隔室用高阻計量測集塵器。讀數應大於1000 Megohm。 2) 高壓套管有瑕疵導致在T/R 處發生電阻性短路： 目視檢查並用高阻計量測接地情況。 3) T/R 流體的污染導致T/R 槽體內的電阻性短路： 參閱製造商說明手冊。

		<p>4) T/R 內部元件短路或發生電弧： 目視檢查高壓接地開關、電感器、高壓千伏訊號電壓降電阻及安裝支撐件。查看變壓器二次側接線系統內部及高壓開關與套管上是否有高電壓的痕跡。</p> <p>5) IGBT 組件短路： 參閱製造商說明手冊。</p>
4	<p>AAC (一次側電流)- 低或零 VAC (一次側電壓)- 高 mADC(二次側電流)- 低或零 KVDC(二次側電壓) - 高(50 至 60 KV)</p>	<p>1) 集塵板或放電電極上有大量絕緣的堆積物會導致電流下降。可能是因為供水系統未正常運轉所引起。必須進行內部檢查並採取改正措施。</p> <p>2) T/R 套管與集塵器之間開路，目視檢查接地開關與放電系統之間的高壓匯流排連接。</p> <p>3) T/R 二次側內部開路，目視檢查高壓接地開關、電感器、高壓千伏訊號電壓降電阻及安裝支撐件。查看IGBT 連接至變壓器二次側的端子板以及連接至高壓開關與套管之處是否有高電壓的痕跡。必要時使用高阻計。</p>
5	<p>AAC (一次側電流)- 低 VAC (一次側電壓)- 低 mADC(二次側電流) - 低 KVDC (二次側電壓)- 低</p>	<p>電流抑制是因為吸收塔有過多的顆粒或及煙霧殘留物，可能原因包括：</p> <p>1) 吸收塔除霧器部分堵塞，導致以高氣體速度通過其餘部分。此通常會導致除霧器的效果大打折扣。</p> <p>2) 煙氣體積超過吸收塔及WESP 的設計參數，形成高於預期的氣體速度，管道的轉向葉片無效。</p> <p>必須檢查吸收塔除霧器區的內部。清潔堵塞的區域。此外，必須查看鍋爐運轉資料，以確保送至吸收塔及WESP 的空氣量與設計參數相符。</p>

表二 WESP 故障排除

十、 問題與回覆

問題一：WESP 循環水泵的進口濾網常會有結晶，需要經常停機清理，是否調整循環水泵抽吸的位置?或是有更好的方式可以改善?

答覆：七號機在初期起機時吸入端的濾網時常堵塞，現在則是大幅改善，堵塞原因是塑膠、紙片等異物。七八號機雖是相同運轉但在十月停機(內部清潔)後濾網頻繁堵塞，堵塞原因是小石子或細小異物從 WESP 端流入堵住了濾網。改善方式為，在不影響泵浦運轉的前提下，研擬將濾網孔加大製造。

問題二：煙氣往煙囪排出時，為了使煙氣不會變成白煙，可能需要使用輔助蒸氣提升煙氣溫度，是否能偵測煙囪出口的濕度。因為濕度較低時，排出的煙氣就可以不用加熱到那麼高就不會產生”白色煙氣”，若能偵測煙囪出口濕度，讓值班可以調配溫度，同時調整輔助蒸氣使用量?

答覆：KC 目前沒有在煙囪安裝設備的經驗，也了解在煙囪安裝設備是有相當的難度的，考量到安裝的難度以及後續的維護，KC 認為這可能不是一個好的做法。

肆、心得與建議

建議一：控制系統在更新過後，新增設備之警報值(如：溫度警報值)，沒有跟既有的一樣，會顯示在 point information(警報視窗)的 limit 頁面裡面，必須點進程式邏輯裡才能查看。值班同仁在確認警報值時不方便，也容易影響保養同仁的維護及修改程式邏輯。建議將新增設備的警報值比照既有設備，顯示在 point information(警報視窗)的 limit 頁面，方便值班同仁的操作及調整警報值。

本次行程參訪了三間製造不同設備的公司，對於 MGGH 以及 WESP 有了更進一步的了解。其中在 KC Cottrell 位於安城市的製造工廠，專門針對 ESP 最有印象，可針對放電極電壓電流、以及極板之間間距等不同參數去調整，得到最佳化設計。另有職人般的焊工，同行的許閱堯專員在核火施工處經常檢驗承攬商的銲接品質，對於 KC Cottrell 的銲工技術仍表達了讚嘆，甚至說，原本以為是機器自動銲的，但在我們參訪時，確實有技師在現場銲接，令人十分佩服。

Duk ji 公司在泵浦方面為韓國目前的數一數二，除了泵浦出廠前會用嚴苛的條件進行測試，針對所有的數量也是採用全檢而非抽檢，可見其公司對產品的把關十分嚴謹。

BHI 公司為一間體制強健的公司，公司人數為 450 人，其中設計部門就佔了 200 多人，可見其公司對研發的重視。除了環保設備以外，BHI 員工也帶領我們參觀鍋爐外殼以及其內部所用之水牆管組裝，而這些產品製造完後，工廠內也有專門 RT 檢測的設備及場地，並把即將出貨的產品填充氮氣以防內部生鏽，讓我們對其公司的生產更加的有信心。

參訪 KC Cottrell 以及下游配合相關設備商，接觸到其公司對於

環保相關設備上的琢磨，並習得相關知識，有助於公司未來環保改善案或新建機組的建置，且此次參訪的韓國廠家在對於工作的嚴謹以及態度是值得我們學習的，工安護具的穿戴也是十分地確實，可見其對安全的重視性。建議公司可持續與 KC Cottrell 進行交流，但若要再安排派員前往韓國，需考慮都市區域的塞車問題，通勤的時間是要特別考量的。

