

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：洽公)

M9503 桃廠新建高壓鍋爐投資計畫新舊工場性能整合  
及製程條件最佳化

服 務 機 關：台灣中油股份有限公司興建工程處

出國人職 稱：工程師

出國人姓 名：洪鏡輝

出 國 地 區：美國

出 國 期 間：99.05.04~996.05.13

報 告 日 期：99.08.12

## 目 次

壹、 摘要 .....	2
貳、 出國目的 .....	6
參、 出國經過 .....	6
肆、 出國心得與建議 .....	8
附圖 一、CEMS 系統架構圖 .....	3
附圖 二、不透光度偵測儀系統架構圖.....	4
附圖 三、超音波測速儀系統架構圖.....	5
附圖 四、桃廠 3.5 Kg/cm <sup>2</sup> , 31Kg/cm <sup>2</sup> 及 120Kg/cm <sup>2</sup> 蒸汽系統整合圖 .....	11

## 壹、摘要

一、桃廠新建四號高壓鍋爐投資計畫預定於 99 年 12 月完工，本工程以統包方式 (EPC) 辦理，完工後所產出之 260 ton/hr, 120 kg/cm<sup>2</sup>.G 高壓蒸汽將併入現有 120 kg 蒸汽系統並彼此調控操作。現有一、二鍋爐採背壓式發電，三號鍋爐採用抽真空式發電，本計畫內無發電機設置。

其中重要設備：煙囪排放監控系統 (CEMS)、不透光率、SO<sub>2</sub> 與 NO<sub>x</sub> 等分析儀及煙風道流速計等之性能與鍋爐之燃燒效率有密切關係；TML 公司為前述設備之領導廠商，供應桃廠四號鍋爐數項設備。

### 二、煙囪排放設計要求

CEMS 監控與排放規範 SO<sub>x</sub> < 40 vppm@6% Excess O<sub>2</sub>, Dry Base; SS < 50 mg/Nm<sup>3</sup>, 利用 45% NaOH Solution Scrubber, NO<sub>x</sub> 在環保法令要求之規範為 150 vppm@6 號燃油, 100 vppm @Fuel Gas, 本工程之要求, 使用 SCR 設備 (Selective Catalytic Reduction) 脫硝處理後, NO<sub>x</sub> 須降至 50 vppm (保證值)。

### 三、煙囪排放設備，包括去除 NO<sub>x</sub> 之 SCR 及 SO<sub>x</sub> 洗滌塔。

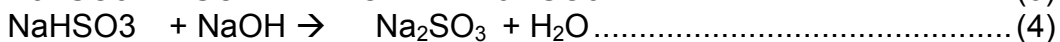
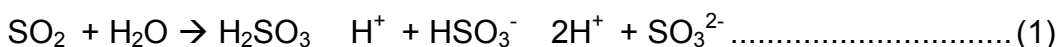
鍋爐排煙脫硫系統、硫氧化物 (SO<sub>x</sub>) 之鹼洗裝置 (Scrubber) 設於煙道內部。鍋爐排煙量分兩道由擋板 (damper) 控制，通過 SCR 觸媒床之流量可由控制室控制。

#### 1. 排煙脫硫系統摘要

系統中採用的 Moretana scrubber, 透過吸收塔內安裝的多孔板 (Moretana) 上的擾流式氣液接觸，可達高吸收效率與高去塵效率，而壓力損失低。

煙氣中的 SO<sub>2</sub> 與粉塵，係經由位於煙氣與含有 NaOH 之循環吸收劑間的氣液接觸去除的。

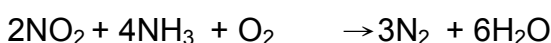
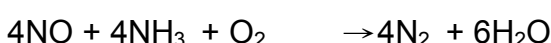
SO<sub>2</sub> 與循環吸收劑起反應並被循環吸收劑吸收，如以下化學反應式 (1)、(2)、(3) 所述。其中，化學反應式 (2) 在 SO<sub>2</sub> 的吸收中最為重要。循環吸收劑中 SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 與 HSO<sub>3</sub><sup>-</sup> 之比，視吸收劑的酸鹼值 (PH) 而定。化學反應式中顯示 SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 與 HSO<sub>3</sub><sup>-</sup> 實際上在吸收劑中共存。

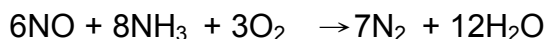


從以上各反應式可以了解，提高吸收劑之酸鹼值與 SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 濃度，可增加 SO<sub>2</sub> 的吸收效率。

#### 2. SCR 脫硝系統概述

選擇性觸媒還原 (SCR) 程序以氨氣與氮氧化物反應生成氮及水蒸汽，以達到降低氮氧化物之功能，此程序被歸類為 "氮氧化物選擇性"，其化學反應式如下：

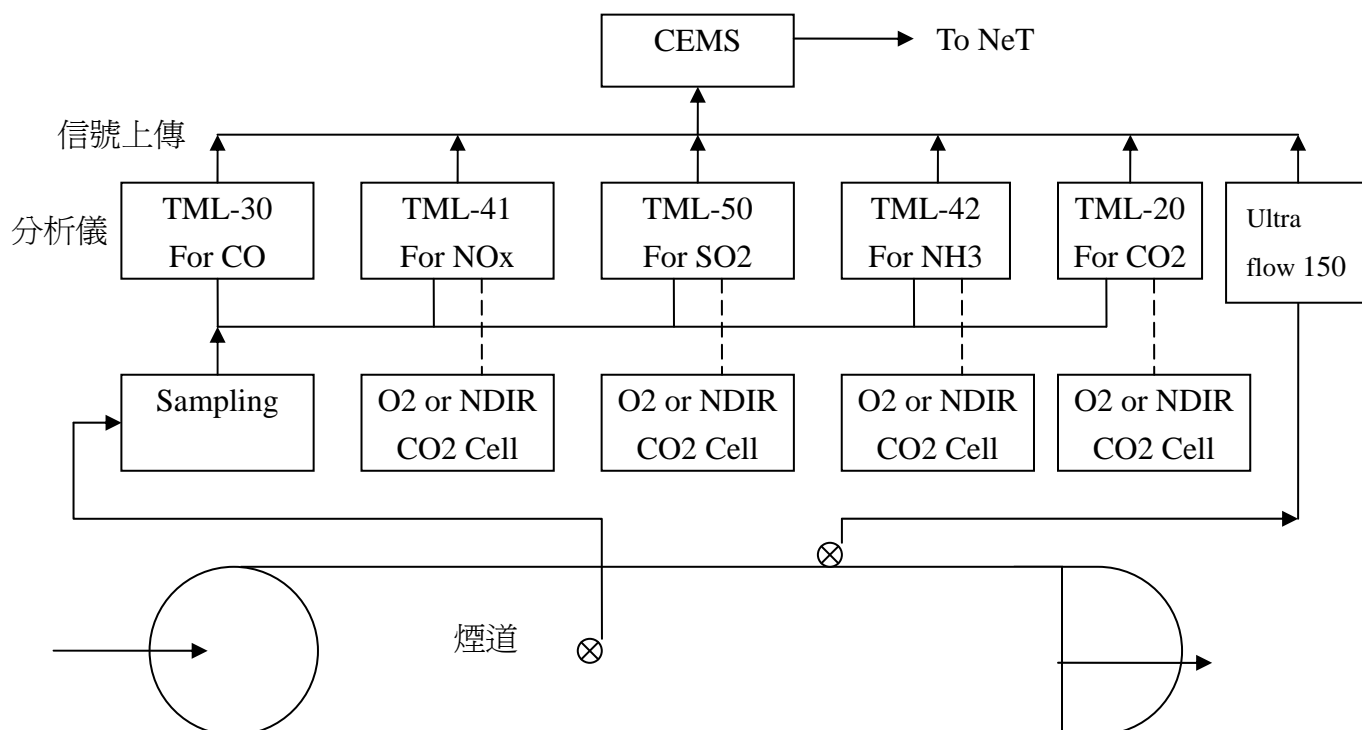




此程序包含氨水蒸發器及觸媒反應器。利用 MIXING PIPE 及格柵，將氨氣有效分散於煙道氣中，形成混合物後 通過觸媒反應器。

#### 四、CEMS 裝設與監控

CEMS 系統是一項整合式(Integrated)設備，其基本架構如圖一：



圖一、CEMS 系統架構 圖

##### (一) 硬體結構

1. 箱體結構，所有硬體元件全部置於一長型箱體內，單一接線架，符合 NEMA 12 標準，箱體有前窗及後門。
2. Probe 為 316L SS 材質，5-50  $\mu$  過濾，加熱頭可維持 121°C 保溫夾套。
3. 加熱型之取樣管，3/8" 鐵氟龍 or 316L SS 材質，121°C 控制，低溫警報信號至 PLC。
4. 系統控制性，使用 PLC 控制，數據緩衝、數位進出信號，或類比信號進出，與 Ethernet 網路通信連結，選擇性之人機介面(Human Machine interface, HMI)可用於手動控制。
5. 樣品調節處理器含冷卻器、膜片式 Pump、濕度控制 Pump、2  $\mu$  鐵氟龍過濾器、水阻塞及樣品露點警報、Probe 及樣品線真空警報。

##### (二) 性能

1. 偵測範圍：

CO	0-5000 vppm
NOx	0-5000 vppm
SO2	0-5000 vppm
O2	0-5/10/25%
CO2	0-2000, 0-10/15/20%

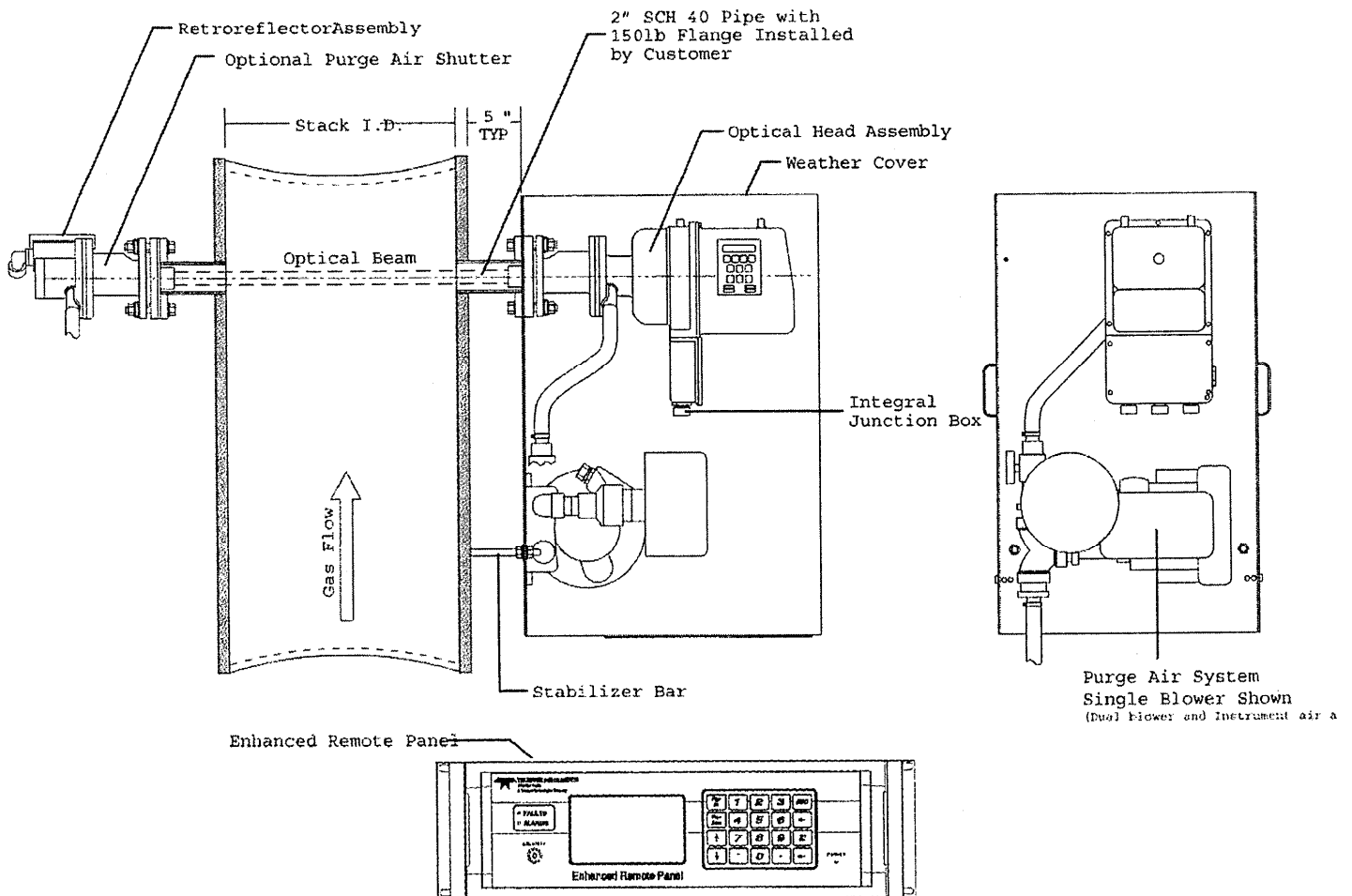
NH<sub>3</sub> 0-20 vppm

2. 相對精準度：  
± 20% for 40 CFR 60 Reference Method  
± 7.5% for 40 CFR 75 Reference Method  
CFR: Code of Federal Regulation, U.S.A.

### 五、煙囪不透光率偵測儀：(Opacity Monitor)

不透光度偵測儀的核心設備是一種電子模組(2400 Hz)，如圖二，強化LED(Light Emitting Diode)光束於光學模組內，光束從光學模組內投射入煙風道之樣品孔後穿過煙風進入反射器(Retroreflector)，反射之光束再進入光學鏡頭。

若煙風道內之乾淨或無灰塵，則透光度是 100，不透光率為 0，當煙道內太髒，光束不能透過，則透光度為 0，不透光率為 100，在任何的煙道排煙粉塵品質，可利用 0~100 兩點間內插法求得任何時刻之不透光率，內插法之運算已程式化於光學模組中。



圖二、不透光度偵測儀系統架構圖

### 六、煙風道排氣測速儀(Ultrasonic Flow meter)

(一) 操作原理：

1. TML公司超音波測速儀，Model-150是一種非接觸性氣體流速與溫度監控裝置，此系統準確測出音波傳送正向、反向之時間 $t_1$ 、 $t_2$ ，詳如附圖三，因

風道排氣流速快慢直接關係到傳送時間 $t_1$ 、 $t_2$ ，以煙風道之截面積(依不同形狀)乘以流速，則可測出排氣時之體積流率(Volumetric Flow)，此流速與流體之溫度、密度、黏度及固體微粒，或冷凝液量無關。

2. 兩組聲波Transducer裝置於煙風道對向位置，與煙風道流向有角度 $\theta$ ，則利用下列兩方程式計算出流速及溫度。

$$F_v = (L/2 \cos \theta)(t_2 - t_1)(t_1 * t_2)$$

$$C_s = (L/2)((t_2 + t_1)/(t_2 * t_1))$$

$$T = r C_s^2$$

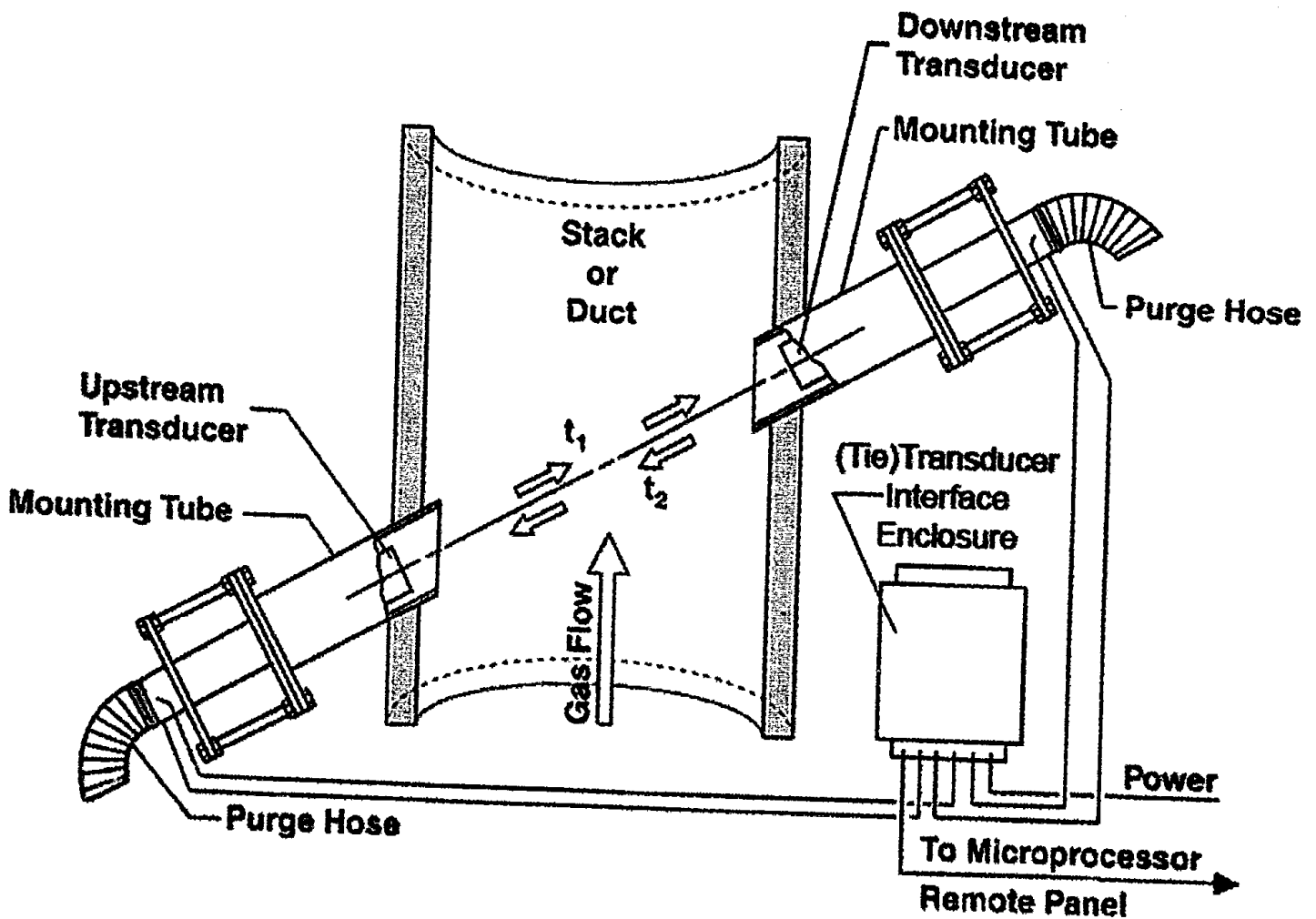
$F_v$  = 流速， $L$ =兩個 Transducer 間之距離(Length of Path)

$T$ =溫度， $^{\circ}\text{C}$ ， $r$ =校正因子， $C_s$ = 聲波速度， $\text{m/s}$

$t_1, t_2$ : 音波傳送正向、反向之時間， $\text{Sec}$

3. 性能

- (1) 量測範圍：0~61  $\text{m/s}$
- (2) 長期再現性： $\pm 0.1 \text{ m/s}$
- (3) 反應快慢：5  $\text{Sec}$



圖三、超音波測速儀系統架構圖

## 貳、出國目的

此次奉派出國至 TML 公司,討論 CEMS 設備與鍋爐系統性能整合,煙囪排放之流速與不透光計、SCR 等之性能,

- 一.與 TML 公司人員討論 CEMS 設備與鍋爐燃燒系統(Burner Management system, BMS)之使用經驗。
- 二.與 TML 人員討論煙囪排放之流速與不透光計等之操作。
- 三.討論煙風道流速計等與 SCR 觸媒之性能關係。
- 四.裝機、現場性能測試及其他工作討論。

## 參、出國經過

### 一.行程概述

- 99.05.04 起程,由桃園國際機場前往美國舊金山轉機。
- 96.05.05 由舊金山至美國科羅拉多州 Denver, Englewood 市。
- 99.05.06 上午拜訪 Teledyne Monitor Labs (TML) 公司專案經理 Mr. Morehead 及副總裁 Mr. Rob Bott 討論未來 4 天之開會議題。由 Mr. Morehead 簡報公司組織架構。
- 99.05.07 參加 TML 公司產品使用經驗研討會(Seminar)。
- 99.05.10 與 TML 公司人員討論 1. CEMS 設備與鍋爐燃燒系統(BMS)之使用經驗。2. 煙囪排放之流速與不透光計等之操作。
- 99.05.11 1.討論煙風道流速等與 SCR 觸媒之性能關係。2.CEMS 裝機、現場性能測試及其他工作討論。
- 99.05.12~13 經西雅圖轉機回台北。

### 二.出國工作概述

此次奉派出國至 TML 公司,適逢該公司舉辦為期兩天之 TML 產品訓練課程性能研討與經驗交流,邀請全美客戶參加,由該公司專業經理 Mr. Willard 主持,兩天的討論會課程包括 CEMS、SO<sub>2</sub>/NO In-Situ 多氣體分析儀、煙道氣體微粒分析儀、O<sub>2</sub>、CO、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub> 等分析儀之介紹,使用客戶有發電廠、汽電共生、鍋爐...等廠商,各參與人員均針對幾個主題操作維護及故障排除等提出經驗分享。

一般在排氣品質之處理設備,包括脫硫(FGD)、脫硝(SCR or SNCR)及 BMS 系統控制 O<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub> 等,均為主要設備,而不透光率是與水洗設備、BMS 系統有關。

茲將出國工作概述如下:

#### 1.討論 CEMS 設備與鍋爐燃燒系統(BMS)之使用經驗。

(1).現代的 Burner 均使用 Low NO<sub>x</sub> 型, BMS 為控制燃料油、燃料氣、燃燒用空氣 和

排煙系統之Damper等燃燒因子，BMS (PLC盤)置於控制室由值班員配合CEMS調控，點火盤置於每一燃燒器前，操作邏輯置於控制室和現場。燃燒用空氣的控制：當完成爐膛排清之後，全部的燃燒器空氣風門是全開狀態，而燃燒用空氣量在最低狀態( $\geq 25\%$ )。

(2).BMS的控制順序是第一支燃燒器B開始操作時，則此支之空氣風門將自動關閉，待它被點燃後，風門再自動打開，而後其餘A、C燃燒器風門會自動關閉，D~I風門保持開，再依需要陸續點燃其餘的燃燒器，同時風門會陸續打開。第4支燃燒器點著後，其他的燃燒器之風門自動關閉，最好全部的燃燒器在作動情況下，燃燒用空氣流量才可以依據燃料測量值作控制。

(3).BMS (PLC)控制burner之順序而燃料油、燃料氣與空氣之比例以流量在DCS上控制，因此各burner之燃料和燃燒用空氣經由每一流體管線上之流量傳送器連接至 DCS控制燃料和空氣比例。

## 2.討論煙囪排放之流速與不透光計

不透光率分析儀之煙道氣環境須於無冷凝狀態(Non-condensing Medium)，安裝位置之選擇至為重要，一般置於溫度 $160^{\circ}\text{C}$ 處，而其本體置於煙道外部；煙道流速由引風機控制，流速過高，造成脫硫效果不佳，洗滌塔負載過大。

## 3.討論煙風道流速計與 SCR 觸媒、SO<sub>x</sub> 洗滌塔之性能關係

由上述 CEMS 整合圖中，可瞭解污染物之監控重要項目 NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 及煙風道流速是相關的，TML 公司提出在 SCR 及 SO<sub>x</sub> Scrubber 與其 CEMS 之經驗，整體而言，CEMS 之功能在於監控 NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 排放，調整 CEMS 前段製程設備，SCR 等之性能，有下列之經驗：

### (1). SCR

◆脫氮氧化物效率過低, 可能原因:

1. 噴氨水量不足
2. 觸媒品質惡化
3. 氨水噴注分配欠佳
4. NO<sub>x</sub> / O<sub>2</sub> 分析儀之輸出信號錯誤。

◆氨水供給關斷閥反覆中斷可能原因：

1. 儀錶空氣壓力過低
2. 煙道氣流量過低或煙道氣溫度過低。

◆壓力損失過大可能原因：1. 累積過多之灰塵 2. 導壓管阻塞。

(2). 使SCR觸媒中使用壽命延長及污染物排放合乎規範之最佳化，煙風道分道流速經SCR設備之調控至為重要。

### (3). SO<sub>x</sub> 洗滌塔

◆吸收塔壓力損失過大。

1. 由於O<sub>2</sub>增加，所以須處理的煙氣量增加。
2. Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>在循環吸收劑內沉澱，因此造成除塵器阻塞。
3. 由於其他原因造成除塵器阻塞。



#### ◆濕潤冷卻

以50%負載操作時，噴入預冷部的水量，其設定值等於蒸發量。為保護吸收塔預冷部及主體之結構，務必維持適當的冷卻水流量。偵測到異常的低壓力時，應立即採取適當動作。

#### ◆Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> 沉澱之預防

循環吸收劑含有Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>等，Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>的可溶性相當高，因此沒有結晶的顧慮。然而，Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>之可溶性不良，並可能因結晶而沉澱。為了防止沉澱，必須分析SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>濃度，並於操作系統時，將Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>之濃度控制在一固定值(總SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>濃度：0.1 mol/L)以下。

然而，由於結晶會造成各種不利的效應，所以應採取以下對策。

1. 增加給水量(增加循環吸收劑排放量)降低循環吸收劑的SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>濃度。
2. 只要出口SO<sub>2</sub>濃度低，即降低循環水之酸鹼值，以溶解Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>之沉澱。  
$$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}^+ \text{離子} \rightarrow \text{NaHSO}_3 + \text{Na}^+$$
3. 藉由降低熱油系統(Hot oil system)之負載，以及減少對循環槽之充氣空氣供應量至最低，以促進SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>及SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>之氧化。

#### ◆脫硫率(出口SO<sub>2</sub>濃度)之調整

由於供應作為脫硫劑的NaOH與循環吸收劑內包含的Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>，都在脫硫反應中扮演重要的角色，所以Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>的存在極為重要。

因此，若要增加脫硫率，藉由調整充氣空氣量來升高循環吸收劑的酸鹼值與SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>濃度，是一有效方式。然而必避免結晶。

循環吸收劑之酸鹼值在7.0時其最佳總SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>濃度為0.05~0.1 mol/L。此外，可考慮增加循環吸收劑的流率作為另一種方法。以此操作，脫硫率可提升某一程度。

#### 4. 討論裝機，現場測試等工作。

◆桃廠四號鍋爐之CEMS設備採用EcoChem(德國)公司產品，其多氣體分析儀使用雙頻率紅外線吸收原理(IR)，而TML公司產品之組態，如上述架構圖，取樣口為單一，取樣後經樣品處理系統將樣品分流至每個Sensor，分析煙道氣中NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>等成份，Sensor依成分不同採用IR、紫外線螢光或化學螢光原理。但基本上其裝機、測試是大同小異，由煙囪之取樣點開始→樣品處理→Sensor→資料傳至收集區→連線網路。

◆測試：分硬體與軟體測試，CEMS系統製造公司已將多數的設計規範存於可程式化之硬體內，因此均有出廠測試報告，主要的項目是設計量測範圍。

### 肆、出國心得與建議

#### 一. 心得

- (一) 有關高壓鍋爐之整合性操作，如圖四，桃廠蒸氣系統調整為三級，鍋爐出口壓力用於發電機進口端者為120 kg/cm<sup>2</sup>G，而製程工場使用者包括31 kg/cm<sup>2</sup>G及3.5 kg/cm<sup>2</sup>G，蒸氣利用是以一種能源物理性轉換，其中3.5 Kg級由31 kg降壓，120 kg高壓系統經發電機之後降至31 kg或直

接降壓至 31 kg，桃廠鍋爐之蒸汽已整合成三個不同壓力系統，其中 3.5 Kg 級及 31 kg 級與製程區之系統銜接。但必須考慮很多方面：

1. 生產蒸汽滿足製程所需是主要目標，使製程工場生產不間斷。
2. 污染物之排放必須合乎環保標準甚至更佳。
3. 減少噪音，降低附近居民之抗議及對環境衝擊，
4. 與其他現有鍋爐系統及發電機整合，提高鍋爐效能及使用率。

## (二) 有關製程條件最佳化

此次出國參與污染物排放監控設備之使用經驗研討會，在煙囪排放設備之性能最佳化獲得許多心得。概述如下：

### 1. 有關煙風道吸收塔操作與 $\text{Na}_2\text{SO}_3$

$\text{Na}_2\text{SO}_3$  在較高酸鹼值範圍內時，其可溶性大幅下降，所以此二種操作（酸鹼值上升與  $\text{SO}_3^{2-}$  濃度增加）會造成  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  沉澱。因此，為了防止  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  沉澱造成的吸收塔阻塞，及獲得高脫硫效率，以下控制是非常重要的：

- \* 吸收劑的酸鹼值
- \* 吸收劑的  $\text{SO}_3^{2-}$  濃度

通常，吸收塔操作時，吸收劑之酸鹼值係控制在 7.0 ~ 8.0 或更低， $\text{SO}_3^{2-}$  濃度係控制在 0.15 mol/L 或更低。

### 2. SCR 之操作維護

- (1) SCR設備設於煙風道內，固定式觸媒床，脫硝性能與風道流速、氨水之供應量有關。氨水供應、氮氧化物信號及空氣流量信號將送至氨流量控制器，計算所需的氨水流量，流量控制器維持一定的摩爾比，並利用氨水泵控制氨水流量。同時由兩個連鎖系統中之任何一個來關斷氨水泵，以停止氨水的供應。這些連鎖系統為：

- (a) 煙道氣入口溫度低於 280 C 以下。
- (b) 煙道氣入口溫度高於 430 C 以上。

- (2) 差壓防護 (Differential pressure protection)

反應器上應裝置差壓指示器，用來量測通過反應器之壓力降。在較低流速、較低溫度時之壓降應較低，且壓降不會因反應器之年限而增加，因此如果壓降超過 100 mmH<sub>2</sub>O，應採取措施來減低它。

- (3). 氨氣與氮氧化物反應生成氮及水蒸汽，為確保足夠的氨氣與氮氧化物產生反應及氨之殘餘量低於可容許之 5 vppm 以下；通過反應器觸媒床之風量以 Damper 調控，並以超音波測速儀監測，氨氣需與煙道氣充分混合，且其流量一定要小心控制。

### 3. 煙囪排放氣體品質連續式監測系統 (CEMS)

理論上 CEMS 是用來偵測煙囪排氣品質、各有害物之濃度，事實上這些

數字告知操作人員在鍋爐的燃燒系統須作調整，或與其他鍋爐系統調配操作，使污染物合乎規範，又可從SCR、SO<sub>x</sub>洗滌塔之操作著手，調整相關之操作變數，使整體系統在最適化之下操作。

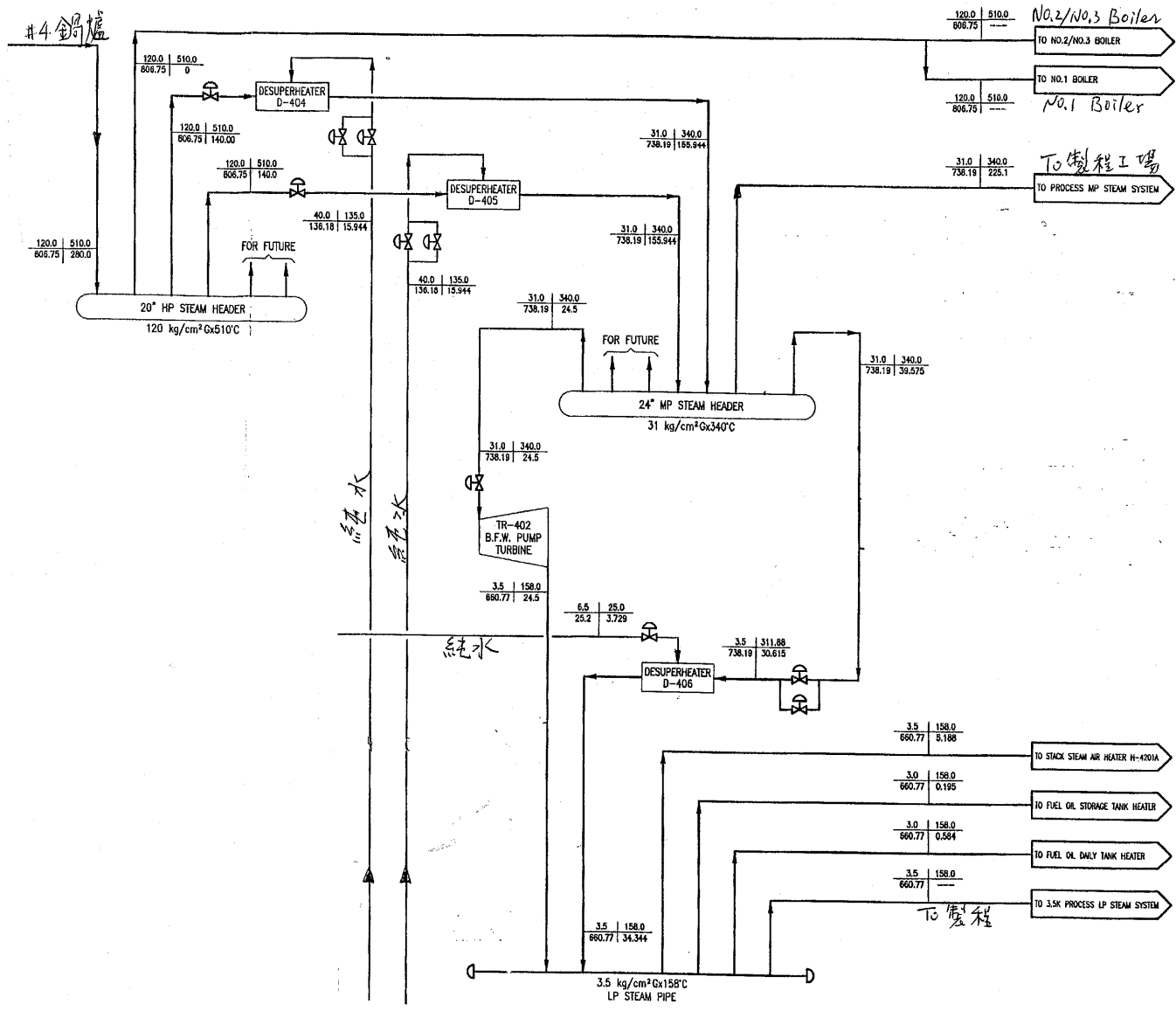
排氣品質之處理設備，包括脫硫(FGD)、脫硝(SCR or SNCR)及BMS系統控制 O<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub> 等，均為主要設備，而不透光率是與水洗設備、BMS 系統有關。

4. 煙囪排放之氣體品質與使用於鍋爐之燃料有密切關係，燃料中含氮及硫量低，對 SCR 及 SO<sub>x</sub> 洗滌塔之負載降低，直接降低處理成本，相對的燃料成本將提高，因此鍋爐系統操作之最佳化須長期比較不同燃料及排放氣之處理條件，才可獲致最好之結論。

## 二. 建議事項：

桃廠四座高壓蒸汽鍋爐產出之 120Kg 級蒸汽已整合為一系統，然四號鍋爐產出量較大，且污染排放處理及監控設備完整，未來併入系統操作整合時，建議：

- (一) 產出蒸汽以 4 號鍋爐之條件較有利，供應製程所須之 31Kg 及 3.5Kg 蒸汽後，充分發電，使能源效益回收達最佳狀態。
- (二) 煙囪排氣品質與 SO<sub>x</sub> 洗滌塔，SCR 設備有絕對關係，建議此二項設備除依廠商提供之保養程序（包括定期及檢測項目）進行保養，確保排氣品質合乎規範減少居民抗爭外，應追求更佳之維護方法。
- (三) 本次出國有機會參與其他公司之經驗交流，其中有關 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> 之堵塞問題，值得更一進步探討。
- (四) 出國討論問題先將議題提早通知欲前往之公司，使製造商或公司能及早安排人員及資料，在短暫的訪問期間，能獲致豐碩成果。
- (五) 現場安裝測試，在工程期限迫近時，其整合人力動員，人員安排，材料備齊否，安全性等均須核對與評估。



圖四、桃廠 3.5 Kg/cm<sup>2</sup>, 31Kg/cm<sup>2</sup> 及 120Kg/cm<sup>2</sup> 蒸汽系統整合圖