

出國報告（出國類別：開會）

## 2014 MEGA Symposium 研討會

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：莊家春(組長)

派赴國家：美國

出國期間：103年8月17日至103年8月23日

報告日期：103年10月16日







## 出國報告審核表

出國報告名稱：2014 MEGA Symposium 研討會

出國人姓名	職稱	服務單位
莊家春	組長	台灣電力公司
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 _____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	

出國期間：103 年 8 月 17 日至 103 年 8 月 23 日      報告繳交日期：103 年 10 月 16 日

出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」)
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.內容充實完備.
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5..建議具參考價值
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正，原因：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 其他 _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式：

報告人  單位主管  
 主管  主管處  
 總經理  總經理  
 副總經理  副總經理

說明：  
 一、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。  
 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務出國報告資訊網」為原則。



## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：2014 MEGA Symposium 研討會

頁數 21 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司人力資源處/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

莊家春/台灣電力公司/環境保護處/組長/02-23667205

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：103 年 8 月 17 日至 103 年 8 月 23 日 出國地區：美國

報告日期：

分類號/目

關鍵詞：MATS

內容摘要：(二百至三百字)

火力發電廠發電後所產生之空氣污染物質，包括硫氧化物、氮氧化物及粒狀污染物(含 PM2.5)等項，傳統之技術研習會皆注重單一污染物之防制工作與防制設備組合之選用，較缺乏整體性研究，近年來美國能源部、環保署等相關政

府單位對於防制技術已著手進一步整合，並朝向推動行政管制與命令、經濟工具、社會工具等方式，故主辦本研討會，以資源分享。

國際間知名的 MEGA Symposium 研討會，2014 年經由行業關鍵參與者美國能源部，電力研究所 (EPRI)，美國環境保護署和空氣與廢物管理協會 (A&WMA) 等四個機構的共同努力，針對化石燃料(煤炭、天然氣、石油)燃燒後產生之各類空氣污染物控制與減量技術整體性之研討，尤其，對於汞等重金屬之控制技術的研發與應用方面有深入之探討，對於本公司未來在燃煤電廠空氣污染防制工作上為重要之訊息來源，並可藉此機會與會瞭解最新之環保技術及管理方法，做為新機組污染防治規劃之參考。

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

## 目錄

	頁次
壹、出國目的	1
貳、會議行程	1
參、會議心得	1
3.1 會議演講	1
3.2 會議內容	6
3.3 結語	20
肆、建議事項	20
附件	22





## 壹、出國目的

火力發電廠發電後所產生之空氣污染物質，包括硫氧化物、氮氧化物及粒狀污染物(含 PM2.5)等項，傳統之技術研習會皆注重單一污染物之防制工作與防制設備組合之選用，較缺乏整體性研究，近年來美國能源部、環保署等相關政府單位對於防制技術已著手進一步整合，並朝向推動行政管制與命令、經濟工具、社會工具等方式，故主辦本研討會，以資源分享。

MEGA Symposium 研討會將針對化石燃料(煤炭、天然氣、石油)燃燒後產生之各類空氣污染物控制與減量技術作整體性之研討，尤其在汞等重金屬之控制技術的研發與應用方面有深入之探討，對於本公司未來在燃煤電廠空氣污染防制工作上為重要之訊息來源。

## 貳、會議行程

前往國家：美國

出國期程：103 年 8 月 17 日至 103 年 8 月 23 日

起迄日	前往國家城市	詳細工作內容
103.8.17		往程（台北---美國洛杉磯「留宿」）
103.8.17~103.8.18		往程（美國洛杉磯---美國巴爾的摩）
103.8.19~103.8.22	美國巴爾的摩	出席 2014 年 MEGA Symposium，會議地點：Baltimore Marriott Waterfront
103.8.22~103.8.23		返程（美國巴爾的摩---舊金山---台北）

## 參、會議心得

### 3.1 會議演講

MEGA 研討會係由美國能源部（DOE），電力研究所（EPRI），美國環境保護署（EPA）和空氣與廢棄物管理協會（A&WMA）合辦，以解決電廠空氣污染物排放的問題。會中展示火力發電廠最新發展的方法和技術，和 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>、懸浮微粒、汞及酸性氣體等污染控制的實際操作經驗，以控管發電廠污染物排放的影響。

本次研討會議邀請美國環境保護署空氣和輻射辦公室執行助理署長 Janet McCabe、美國能源部跨領域研究司司長 Regis Conrad、自然資源保護理事會高級能源及氣候分析師 Jackson Morris、南方電力服務分公司環境處處長 Dr. Larry S. Monroe 分別提出「清潔空氣法案(Clean Air Act)更新採取的行動」、「清潔煤和碳管理概述」、「環保署的清潔電源計畫」及「清潔發電：利益相關者的角度」演講。

McCabe 執行助理署長首先說明 2014 年 6 月 2 日提出清潔空氣法案是為保護美國家庭免於受到空氣污染的危害，並強調降低有害的污染不會傷害經濟發展。本法案提出前已與相關團體進行了無數次的溝通，而且受到氣候變遷的威脅，必須立刻就要採取行動。法案旨在減少能源的浪費和利用清潔的能源，從兩方面著手，一是制定了強制各州執行可實現的目標，削減發電的碳排放，其二是以全國為著眼點，讓各州可以規劃自己符合目標的路徑。立法過程中已針對可靠性、靈活性、經濟承受能力、時間規劃和實施等主題一一討論，並提出提高燃煤電廠效率、使用效率高的天然氣複循環（NGCC）機組、低碳或零排放的設施發電及增加需求端的能源效率等最佳減排系統(BSER)供各州採用，各州必須在 2030 年達成目標。

另 2014 年 6 月 2 日也提出更新改建電廠的碳排放標準法案，電廠機組更新內容涉及對現有任何物理或操作的改變，空氣污染物的排放源最大小時值增加者；或電廠機組改建的內容其替換組件資金成本，超過類似全新機組的 50%以上者，受到影響的將有化石燃料汽力發電機組及燃天然氣氣渦輪機機組的更新及改建。在 2011 年 7 月發佈的跨州空氣污染規則(CSAPR)，雖於 2012 年 8 月被美國聯邦華盛頓特區上訴法院判定失效，惟 2014 年 5 月美國最高法院推翻了上訴法院的判定，此決定批准了 EPA 對清潔空氣法有關運輸污染的規定。加上 2012 年 4 月 15 日的汞和有害空氣污染排放標準(MATS)，公用事業至 2016 年 4 月 16 日止需要符合標準，導致整個既有發電廠須投資安裝污染控制設備及採用減少排放的措施。

Regis Conrad 司長指出美國歐巴馬總統氣候行動計劃包括減緩、調適及國際合作等三個重大主題，希望透過提升效率、再生能源、核能、燃氣的使用及燃煤配備碳捕集利用與儲存(CCS / CCUS) 減緩二氧化碳排放，透過智慧、可靠的電網增強適應和應變能力，並加強與中國和亞洲國家的合作。美國能源部也投資大量經費研發化石能源技術系統(詳圖 1：整合化石能源解決方案)，其四大方案為二氧化碳捕獲和壓縮、二氧化碳封存、先進的能源系統及橫向交叉研究等。

## Integrated Fossil Energy Solutions

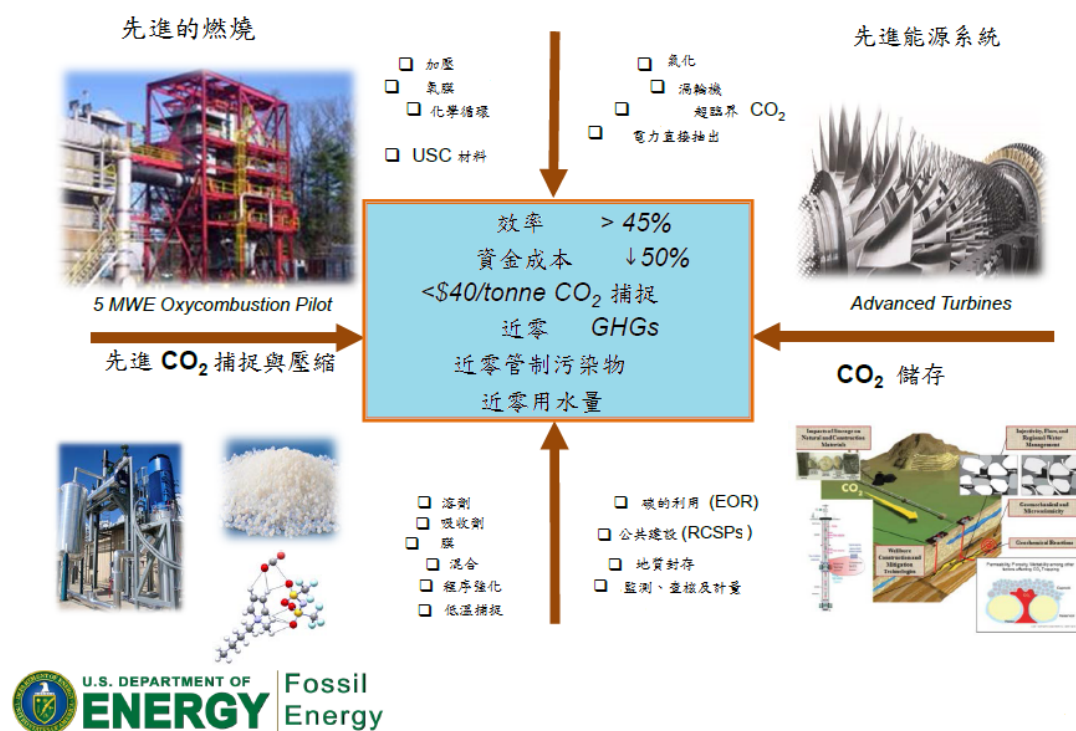


圖 1：整合化石能源解決方案

會中一一介紹 CCS 和動力系統的研發相關的內容，例如先進的能源系統、先進的燃燒系統、先進的渦輪機、固體氧化物電池等關鍵技術。碳捕捉相關的內容有燃燒後捕捉、燃燒前捕捉等關鍵技術。碳封存則有地質封存技術的模擬與風險評估、監測/核査/會計和評估及區域碳封存合作夥伴（基礎設施）等關鍵技術。橫向交叉的研究有電廠優化的關鍵技術、煤炭利用科學等關鍵技術。

Jackson Morris 分析師提到 EPA 的提案，以 2005 年為基線，預計 2020 年二氧化碳排放減少 26%、2030 年減少 30%。估計減碳成本一年為 73~88 億美元，造成氣候與健康的好處在 2030 年為 550~930 億美元。2030 年污染物導致煙塵和煙霧將被削減超過 25% 的量，每 1 美元的投資預期將使美國家庭的健康獲得高達 7 美元益處。能源效率提高將使電費降低約 8%，一般家庭每月節省 8 美元住宅電費。EPA 的提案各州具體的二氧化碳排放率目標，以及準則的發展兩個主要內容。最佳減排系統（BSER）的“構成模塊”（詳表 1），以 2012 年基準為化石能源的強度（lb/MWh）除以分母加入現有的可再生能源及既有 6% 的核電做調整，決定了各州的目標，以紐約、北卡羅來納、北達科他、俄亥俄、奧克拉荷馬等州為例(詳表 2)。

表 1：BSER 構成模塊摘要

構成模塊		說明	目標設定公式的假設	淨成本估算（\$/噸）
1	使既有燃煤電廠更有效率	通過熱耗率的改善減少個別受影響 EGUs 的碳排放強度	煤炭蒸汽發電機組（EGUs）平均 6% 熱耗率的提高	\$6~12 美元
2	使用更有效的既有天然氣發電	低排放強度的 EGUs 替代高排放強度的 EGUs，以減少排放量（包括興建中 NGCC 機組）	調度既有及興建中的天然氣複循環（NGCC）機組的容量因素達 70% 以上	30 美元
3	增加再生能源和核能	擴大低碳或零碳發電量，減少 EGUs 的排放量	新的清潔發電，包括興建中的新核能發電，適度部署新的再生能源發電，並繼續使用既有核能發電	10~ 40 美元
4	提高終端能源使用效率	提升需求方的能源效率造成用電量降低，減少 EGUs 排放量	每年增加 1.5% 需求方的能源效率	16~24 美元

表 2：擬議的美國各州二氧化碳排放目標

州	2012 年排放率（化石、再生能源和 6%核電）（磅/MWh）	中期目標（2020-2029 年平均）	中期目標減少 %（較 2012 年）	2030 年州的目標（2030 年之後）	2030 年目標減少%（較 2012 年）
紐約	983	635	-35%	549	-44%
北卡羅來納	1,646	1,077	-35%	992	-40%
北達科他	1,994	1,817	-9%	1,783	-11%
俄亥俄	1,850	1,452	-22%	1,338	-28%
奧克拉荷馬	1,387	931	-33%	895	-35%

接下來的步驟，EPA 進行 120 天的接收意見，並將於 2015 年 6 月 2 日發布最終標準。各州將於 2016 年 6 月 30 日提交計畫，部分的州可以展延。EPA 擬將基於四個通用標準來評估和批准州計畫：1. 強制執行措施以減少既有發電廠的二氧化碳排放量；2. 在 EPA 預計的時間表實現 EPA 訂定的州目標；3. 可量化和可核查的減排量；和 4. 如有必要，需提出實現二氧化碳目標的計畫實施、進展情況雙年報。

Dr. Larry S. Monroe 處長對於清潔能源從利益相關者的觀點提出看法，新的法規、政策、合規性的挑戰存在風險和不確定性，為了符合法規要求，機組改善的可靠性、成本及擱置的投資的增加為企業經帶來困難，不斷變化的市場、再生能源的不穩定使得電力系統有不確定性。煤炭在美國的能源結構是重要的，考量國家能源的安全、經濟的穩定和能源的多樣性，美國新訂的法規及氣候行動計劃將逐漸限縮煤炭的使用，且不應減少國家煤炭研究的預算。

美國的燃煤發電廠有 15%（約 54,000MW）已宣布退休，大多是發生在未來兩到三年，主要是 MATS 實施所致。南方公司超過 3,000MW 的發電廠已宣布退休和近 5,000MW 進行燃料轉換，也是因實施 MATS 所致（燃煤鍋爐的排放控制技術的費用如表 3）。多達一半的燃煤電廠會因為碳和其他法規，如煤灰、廢水標準和冷卻水取水規範，增加更大的營運風險。

表 3 排放控制技術的費用

設備	費用
BOILER:SNCR	\$15-40/kW
LNBs	\$10-20/kW
SCR	\$150-600/kW
ESP	\$35-250/kW
BAGHOUSE	\$150-250/kW
SCRUBBER	\$250-750/kW
SCRUBBER WASTE treatment	\$100-150/kW
CCS ABSORBER/REGENERATOR	\$1,300-2,400/kW 25-40% Power loss
POND	\$100-300M/unit
COOLING TOWER/FINE MESH SCREEN	\$175-300/kW

### 3.2 會議內容

#### 3.2.1 二氧化碳問題的框架

EPA 研究發展局國家風險管理研究實驗室 Frank Princiotta 先生提出：全球氣候變化-可量化可持續性的挑戰，主要討論的問題為地球變暖是人類造成的嗎？（IPCC 的答案：是的）什麼是根本的驅動程序，怎樣才能通過減排和低碳技術避免災難性氣候變化。

2013 年 9 月 IPCC 第五次評估報告（AR5）決策者摘要表示，氣候系統變暖已經很明確了，自 1950 年以來大氣與海洋變暖、雪和冰量的減少、海平面上升了。氣候變暖的原因極有可能是自 20 世紀中葉人類的影響，從溫室氣體濃度增加、正輻射增強等明顯觀測到氣候系統的變暖，從 1983 至 2012 年有可能是最近 1,400 年以來最熱的 30 年。如果依過去僅考量太陽能加上火山的驅動力，就可以解釋地球的平均溫度變化，但無法解釋近期觀測到的氣候變暖現象。如果將溫室氣體的驅動力加進來，觀測到氣候變暖的解釋就合理了。2008 年化石燃料二氧化碳最大排放者是澳大利亞和美國，二氧化碳人均排放量約 18 和 17 噸，目前世界上最大的排放國是中國，人均值為 5.2 噸，已開發國家平均值為 10.2 噸，而全球平均值為 4.1 噸。如以 2008 年人均值推算到 2050 年估計人口數 92 億，以大氣升溫至 2°C 為限制，IPCC 認為全球人均排放量需降低 0.5 到 1.3 噸的範圍內，相當於 53 至 83% 的減少排放量。英國

皇家學會在 2011 年 1 月表示，氣候如果變暖 4°C，其影響將使大面積的農田變得不適合耕種，這個世界會迅速喪失其生態系統服務，生物多樣性、森林、海岸濕地大面積受損，乾旱和荒漠化將是廣泛的，大量的人口將處於日益嚴重的缺水，人類和自然系統會遭受到越來越頻繁的極端氣候事件。從宏觀角度探討人類的永續挑戰，CCS 預計將發揮關鍵作用，然而，將面臨嚴峻的挑戰，包括捕捉技術在發展的階段能源耗損佔 20~30%；因空間、用水和封存地點使加裝 CCS 困難；最近商業化的前燃燒/氣化技術不容易改裝；地下封存的規模要求未經證實，長期穩定、安全、環境和法律的問題未解決。新一代低排放/高效率的技術，需要開發。

### 3.2.2 活性炭及乾式吸附劑注入來達到符合 MATS 的規定

根據清潔空氣法案 (CAA) EPA 管制有害空氣污染物 (HAPS) 的排放量源，在 2012 年美國頒布 MATS 標準，發電機組 (EGUs) 的排放源必須於 2015 年 4 月符合標準，可申請延期一年 (已有 100 廠批准)。MATS 規定的有害空氣污染物包括：金屬 (銻，砷，鉍，鎘，鉻，鈷，鉛，錳，汞，鎳，硒)；酸性氣體 (氯化氫，氟化氫)；戴奧辛和呔喃。MATS 是管制多項污染物的排放法規，對於一些燃煤鍋爐，活性炭注入 (ACI) 對汞控制必須結合乾式吸附劑注入 (DSI) 的鹽酸控制。

鍋爐燃燒不同煤種產生不同的影響，典型的亞煙煤氯含量非常低，需要少量的 HCl 還原。煙煤有 300 至超過 2000mg/g 的氯，需要更多的 HCl 脫除氯的含量。混合亞煙煤和煙煤所需的 HCl 去除，取決於混合比和氯含量。MATS 規定汞、HCl 和 PM 都必須加以控制，DTE 能源公司一個沒有 FGD 的電廠，面臨符合 MATS 策略諸多的挑戰，如果沒有 FGD 去除酸性氣體，MATS 的 HCl 排放限值必須使用鹼性吸附劑的乾式吸附劑注射 (DSI) 來滿足。吸附劑注入技術必須在 PM 排放量的增加不高於 MATS 限制。此外，需要對燃料靈活性，也就是各種混合 PRB、煙煤和亞煙煤燃燒的能力，解決方案必須適用於不同濃度的

氯、硫和汞的煤，尋找成本最低的合規性解決方案包括選擇燃料特性和控制技術的最佳組合。

ADA 承包 DTE 公司在聖克萊爾電廠的兩個機組測試吸附劑注入的汞和 HCl 控制，測試的目的，首先是確定建立預期利用乾式噴鈣和 ACI 符合 MATS 規則的有效性。其次，評估天然鹼或碳酸氫鈉注入液用於控制 HCl 和 SO<sub>2</sub> 排放量整體方案的功效。根據不同的測試，DSI 系統的配置可處理混合燃料所希望的排放範圍。鈉基吸附劑在多個 DSI 測試觀察到增加煙道氣中的 NO<sub>2</sub> 的濃度，煙氣中的一些 NO 被氧化成 NO<sub>2</sub>，如果 NO<sub>2</sub> 濃度變得太高，會產生有顏色煙氣。當 ACI 與 DSI 的吸附劑鈉一起注入，PAC 捕獲汞的能力降低，因為煙氣中 NO<sub>2</sub> 催化元素汞在碳表面上的氧化作用，阻礙了氧化的汞的吸附。因此，使用 ACI 鈉吸附劑對汞的控制效果，必須計算設計比率。汞和酸性氣體的吸附劑會增加煙氣中 PM 的量，因此，增加在靜電集塵器的負擔。

在燃煤電廠僅配備靜電集塵器(ESP)或濾袋式集塵器(FF)除污設備，欲符合 MATS 規定經常需要同時使用 DSI 減低 HCl 和 ACI 減低汞，注入兩種鹼和汞吸附劑位置的選擇，取決於每一機組燃煤的種類。對 PRB 在不同 DSI 及 ACI 注入位置的結果如表 4：

表 4 對 PRB 在不同 DSI 及 ACI 注入位置的結果

燃料	PM 設備	DSI	ACI	結果
PRB	ESP 或 FF	加熱器入口	燃油添加劑/非鹵化 PAC 在空氣加熱器出口	幾乎沒有汞脫除，由於 DSI 和燃油添加劑之間的反應
		加熱器出口		通常情況下，對 PRB 表現最好的情境。
PRB	ESP	加熱器入口	溴化 PAC 加熱器出口	脫汞效果低因為 DSI 將減少氧化的汞所需的鹵素和硫。高 PAC 率需要。
		加熱器出口		非常好的汞脫除表現在低 PAC 注射率
PRB	FF	熟石灰注射加熱器出口或入口	溴化 PAC 加熱器出口或入口	非常好的汞脫除表現在低 PAC 注射率因 FF 的停留時間，稍受 DSI 位置的影響。
		鈉注射液在加熱器出口或入口		非常好的汞脫除表現，但在更高的 PAC 注入率時，由於二氧化氮在 FF 的形成（PAC 吸附），稍受 DSI 位置的影響。



市場對汞減排正在迅速改變，發展更細的顆粒與設計獨特的功能，以提高脫汞率，如新一代的 PAC 產品和無碳吸附劑（如改良矽酸鹽）。為滿足最新的標準注入率更高，較長的傳輸距離的需求也不斷增加，以便配置一個卸載位置對多個注入點，因此，注入系統的設計必須適當地傳送各種吸附劑，達到任何要求的注入速率和距離。DSI 技術採用了氣動輸送系統注入鹼性吸著劑材料到煙道中，使在污染物與吸附劑材料相互作用而成為惰性的或無污染，DSI 的吸附劑通常包括熟石灰、碳酸氫鈉（SBC）及天然鹼。DSI 可以被設計滿足每一種類型的需要，同時考慮到機組的規格、煤的性質、注射速率和污染物去除的程度。

煙道內的適當材料分佈很重要，以確保 ACI 滿足汞減排標準。靈活的注射速率及吸附劑類型使 ACI 系統作用超過減汞的需求。具有多種輸送方式如噴射器、零間隙氣閘及連續運輸，提供 ACI 系統很大的彈性，以滿足 MATS 要求。噴射器及氣閘系統相對較低的輸送壓力，簡單的第一代 PAC 及單管擴散輸送短、低注射速率的缺點。非噴射器技術被證明符合 MATS 效果佳，且輸送壓力高達 12 psi，輸送距離已不再是一個限制因素。所需的停留反應時間，以及廠區佈置更有彈性。

### 3.2.3 汞控制-濕式 FGD

洗滌器中發生汞再排放的現象，是氧化汞經亞硫酸鹽還原為元素汞的氣體再排放，嚴重會導致煙囪汞排放超過 MATS 極限 1.2lb/Tbtu。為減輕汞再排放直接在洗滌器漿料加添加劑，常見的兩種添加劑是硫化物和活性炭。活性炭添加劑吸收來自洗滌器漿料中的氧化態的汞，使它不易還原為元素汞。硫化物類添加劑與汞發生反應，形成不溶性的硫化物汞或汞螯合物，使氧化汞不易還原為元素汞。PAC 注入洗滌器的測試期間，在 FGD 入口平均元素汞小於 0.3 lb/Tbtu，機組啟動後的煙囪口平均總汞的排放為 1.2~1.4 lb/Tbtu，汞再排放為 1.0 至 1.20 lb/Tbtu。活性炭注入洗滌塔後，汞再排放從 1.0-1.20 lb/Tbtu 減至 0.5-0.56 lb/Tbtu，相當於在煙囪減少汞 45-50%的排放量。硫

氫化鈉注入洗滌器試驗，在煙囪口的汞排放高達 1.2 至 1.4 lb/Tbtu，元素汞在洗滌器入口低於 0.5 lb/Tbtu。硫氫化鈉溶液的注入後，汞再排放經常可完全消除，大大低於 1.2 lb/Tbtu 的 MATS 限制。數據顯示幾乎所有的淤漿中的汞，都被發現在固體物中（99.9%至 100%）。但因亞硫酸鹽到硫酸鹽氧化條件是不充分，形成 35%的亞硫酸鈣和 65%石膏的混合物，難以進行脫水及不適合做牆板生產。另洗滌器漿料的 pH 必須控制在相對接近中性條件（不超過 5.3 以下），漿料若在較低 pH 值可能導致硫氫化鈉的迅速分解，而使控制汞排放無效，並可能導致硫化氫（H<sub>2</sub>S）變成煙氣。

美國頁岩氣利用水力壓裂法開採降低了天然氣價格，使煤炭不再是發電最經濟的燃料。加上風能和太陽能經濟的誘因，導致大型燃煤機組配備 WFGD，由基載(base loaded)轉為循環模式(cycling mode)，使 WFGD 操作和維護遇到難題。WFGD 有捕集 PM 的效果，降低 PM 排放量使其低於 0.03lb/ Tbtu 限制。機組於循環模式時其 WFGD 系統的問題，有無法調到足夠低的石灰石供給，以保持所需的 pH 值範圍以去除 SO<sub>2</sub>；機組開始循環模式到低負載時具有正的水平衡；反應槽壁有石膏結垢。WFGD 系統對於產自粉河盆地、伊利諾伊盆地、阿巴拉契亞中部和北部阿巴拉契亞煤的煤灰進行去除 PM 試驗，粉河盆地和伊利諾伊盆地煤灰對氧化還原電位沒有影響，阿巴拉契亞煤灰引起 ORP 增加，北方阿巴拉契亞煤灰加入最低飛灰劑量大約兩小時，ORP 增加約 100mV。

WFGD 的汞再排放方面，Nalco 公司的 MerControl8034 Plus 技術，顯著降低煙囪的汞排放，進料泵以手動控制汞排放，當負荷較高進料速度較低時有一些波動，發生汞排放增加的現象，在進料泵的轉速增加後現象消除了。考慮機組負荷變化的主動出擊的策略將洗滌器的 pH 應保持 5.0 和 6.0 之間、氧化還原電位應控制在約 200 毫伏，負載和 ORP 成為 MerContro 進料自動化兩個主要變量，不僅一直的符合法規而且降低成本。進料自動化減少用量，而且可節能 30%。

使用 ADA 公司的先進 PAC 在一個操作 WFGD 廢水零排放（零排放）的電廠測試，評估活性炭與溴化鈣注入 WFGD 的方法。由於洗滌塔的液體滯留量很大，

微量物種如溴的累積，如果不在水處理/再循環/旁通過程充分地移除，電廠零排放設計將因汞和溴的累積面臨問題，使用 PAC 注入 WFGD 吸收容器，ADA 的 PowerPac 獲得良好的汞捕獲，且沒有因累積洗滌塔出現泡沫的問題。

北阿巴拉契亞煤的汞高達 0.24 ppm、粉河盆地煤炭約 0.08 ppm，原本 SCR 及 FGD 控制 NO<sub>x</sub> 及 SO<sub>2</sub>，也是補集汞的優良設備，能夠捕獲很大一部分的汞。大多數的中大型機組均同時設置有 SCR 和 FGD，在大多數情況下發現非常接近 MATS 汞的排放限值，因 1. WFGD 有氧化汞轉換回元素汞重新排放的現象；2. 機組有 SCR 及 WFGD 組合，使元素汞進入洗滌器的總量高，離開洗滌器總汞也高；3. 穿過 SCR 的總氧化不足夠氧化 Hg 到適當合規性的水平。三種情況下燃煤電廠 FGD 需要一些解決方案，在 WFGD 使用汞再排放抑制化學劑、在輸煤皮帶或煙氣中使用汞氧化劑、更換 SCR 為高氧化催化劑、使用 PAC 的注射吸附一定量的汞、使用較低的汞含量的煤等方案。

歷史上硫化技術以氧化汞作催化劑，已在染料行業使用超過 100 年，催化劑回收價格比新的催化劑成本較高，使用後處理為硫化汞加以封存和填埋。在英國北部填埋氧化汞 10 年的填埋量 1000 噸，填埋場 3 英里外的村莊，其連續量測結果顯示汞全部符合排放限值。DeMerc 是一種無機亞硫酸鹽，具有無機的鈣基試劑、安全無毒處理、抑制再排放保留氧化汞超過 98%、元素汞捕獲能力達 50%至 75%之間、可以捕獲大量的重金屬、符合所有 TCLP 標準、節約巨大的資本和營運成本等優點。

測試機組小於 300MW，使用低硫份的中央阿巴拉契亞煤，鍋爐配備有 SNCR，SNCR 不是常規操作，熱側 ESP 控制粒狀物，跟著兩個 Ljungstrom®空氣加熱器，兩個空氣加熱器出口管道通過下面的熱側 ESP，然後進入 WFGD。汞測量的結果在 ESP 出口處的汞大約 50-60%被氧化，且氧化汞一部分在 WFGD 成為元素汞重新排放約 41b/Tbtu。添加溴化 PAC(BPAC)到熱側 ESP 和空氣加熱器的下游，作為汞控制選項，在機組滿載需提高 BPAC 注入率才可以符合 MATS 限制。在機組負載小於 90%時，任何 BPAC 注入量可單獨達到 MATS 限值，

在滿載時煤炭加溴化鈣與 BPAC 相結合，似乎是能夠符合 MATS 汞排放限值的辦法。

#### 3.2.4 粒狀物控制

許多電廠安裝 DSI 和 ACI 減少酸性氣體和汞，DSI 的副產物被收集在 FF 或 ESP，此項設備比其他 AQCS 更簡單，提供了空氣污染控制低資本投資選擇。每噸 DSI 吸附劑約 135 至 250 美元及每噸 ACI 碳約 1600 至 2000 美元，這是一個顯著運營成本。北 VALMY 發電廠的 1 號機組有 FF 以控制 PM，FF 每個隔室清洗週期觀察污染物排放峰值。初始 DSI 測試觀察每個 FF 清洗週期的污染物排放尖峰，當清洗週期開始，分離一個個隔室中週期的清潔，直到所有隔室被清洗。其結果 FF 的內所有隔室表面上的濾餅，幾乎相同的時間被拋下，導致排放峰值。為了消除這個問題，增加隔室中的清潔週期之間的時間，使隔室清洗直到 FF 的  $\Delta P$  降至設定點，而不是原來清洗方式，可改善排放峰值。

FF 檢漏儀是用來測量粒子碰撞對傳感器的電荷極為敏感的設備。當兩種材料相互摩擦或碰撞，電荷的傳輸從一種材料到另一邊，這些電荷非常小需要非常大的放大器，不透明度監視器測量光源和接收器之間的可見光透射率百分比。洩漏檢測器旨在輔助 FF 正確的操作，在可能微粒的洩漏時發出警報。在新電廠廠 FF 檢漏器使用已成為普遍現象，許多空污排放許可不僅要求必須提供檢漏儀，而且當警報響起，還要限制指定的工作時間。許多電廠正在每個隔室的出口引入洩漏檢測，以便能夠明確快速找出潛在有問題的單一隔室。

許多國家法規降低燃煤電廠 PM 排放值，智利的最高政令第 13 號“火力電發電廠的排放標準”，既有固體燃料電廠 PM 的排放標準為 50 mg/Nm<sup>3</sup>，新的固體燃料電廠為 30 mg/Nm<sup>3</sup>。智利 AES Gener 發電公司的 Norgener 1、2 號機組正在升級，粉末狀硫酸鈉施加在燃煤被輸送到鍋爐，從最初的測試的結果是不確定的，可能是由於在儲存、粉碎和燃燒過程中，硫酸鈉不粘附在燃煤上。未來硫酸鈉或以水溶液或濕潤燃煤做試驗。

燃煤電廠升級老化的 ESP 以滿足 PM 排放的要求，需要更換電源，傳統的單相電源已經規範了超過 60 年，有可靠的紀錄，新型的高頻開關模式電源（SMPS）已引入市場，初期的高故障率已有所改善，但並沒有達到單相的可靠性。三相整流電源是新引進的，繼承了許多單相的可靠性優勢。多種類型的 ESP 電源的模擬和實驗室檢測結果，低波紋電源在電量功率的增加，可以通過多種不同的技術（SMPS，三相低頻，中頻）來實現。模擬數據顯示，通過火花消耗的總能量與送到火星塞的能量相比是微不足道的。低頻設計（包括三相）產生較少的諧波。整合所有組件封裝具有結構的優點，缺點是使用壽命和維護。提供單獨的變壓器和控制機櫃允許多重供應來源。低頻電源設計（包括三相）使用被動冷卻，而高頻電源設計需要主動冷卻，主動冷卻增加成本和維修。高頻除塵器的電源設計高成本、低可靠性，但整合為更小的更輕的封裝。低頻除塵器的電源設計（包括三相）低成本、高可靠性，但有更大更重的包裝與單獨的控制櫃。三相高頻開關式 ESP 電源提供一個 ESP 負載最低的紋波電壓，產生更高的 ESP 收集效率。

煙煤形成於鹹水沼澤，其中鐵在鹽水與硫化氫反應由有機物的分解形成鐵的硫化物，俗稱黃鐵礦。黃鐵礦一般內有薄的有機物質局部沉積的形成，和重金屬有親和力，特別是砷和汞。高硫鐵礦煤硫和汞、砷和硫有密切的相關性，在研磨過程去除黃鐵礦會降低硫、汞和砷進入鍋爐，因此減少 SO<sub>2</sub>、SO<sub>3</sub>、汞和砷化合物的排放。HEP-ART 技術在研磨過程中移除黃鐵礦和石英，對碾磨機及鍋爐的運轉都提供好處，包括磨產量增加、減少維護、降低廠用電、和在鍋爐操作減少結垢和結渣、降低飛灰沖刷管故障、減少維修。PM、SO<sub>2</sub>、SO<sub>3</sub>、砷和汞的排放量減少，此外，降低廠用電及提高鍋爐性能，將導致 CO<sub>2</sub> 減排，可以節省維修與排放控制成本，潛在的資本成本在兩年內回收。

### 3.2.5 二氧化碳控制

燃煤電廠每度電的 CO<sub>2</sub> 排放量比任何其他發電來源大，因此，燃煤電廠應優先減少 CO<sub>2</sub> 排放量。碳捕獲和封存（CCS）技術，將是減少二氧化碳的解決

方案之一，而了解燃煤煙氣雜質的影響是很重要的。SO<sub>x</sub>和灰塵雜質在煙氣中隨鍋爐條件而變化，南方公司的巴里電廠成功地使用 KM-CDR<sup>®</sup>程序，完成了第一階段的試驗示範項目捕捉和壓縮超過 10 萬噸的二氧化碳，將捕獲廠的二氧化碳通過管道輸送，封存在 CITRONELLE 油田。巴里電廠的 500 TPD 示範項目總結（1）注入 10 萬噸二氧化碳並穩定的運轉，證明 KM-CDR<sup>®</sup>方法適用於燃煤煙氣。（2）電廠表現穩定不受燃煤煙氣雜質的影響。（3）穩定捕獲 CO<sub>2</sub> 的量滿足輸送管道的壓力標準。

目前在美國燃煤發電約 310GW，預計 2035 年下降到小於 15%。能源部 CO<sub>2</sub> 捕集目標是在 2025 年達到約 40 美元/噸的成本，CO<sub>2</sub> 從燃煤發電廠捕集後用於強化石油採收(EOR)，提供了一個大於燃天然氣電廠的價值，以 CO<sub>2</sub> 40 美元/噸和油 85 美元/桶估計，140GW 燃煤發電 35 年可捕獲 300 億公噸的 CO<sub>2</sub>，經由 EOR 增產超過 1000 億桶額外的石油，創造市場價值超過 1000 億美元。捕獲的 CO<sub>2</sub> 使用 EOR 的應用，還可以幫助減少全球變暖，由於 CO<sub>2</sub> 的排放量作為注入的 CO<sub>2</sub> 的 80-100% 被儲貯在油田。燃燒後從發電廠的煙氣捕集的 CO<sub>2</sub>，通常涉及使用一種溶劑通常是胺或氨，胺和氨系吸收過程尚具有許多缺點。InnoSeptra 的 CO<sub>2</sub> 捕獲過程是基於物理吸附劑，比水溶液胺和活性吸附劑吸附的熱低得多，該方法比水溶液 MEA(一級醇胺)減少超過 40% CO<sub>2</sub> 捕集的成本。這個方法長期 CO<sub>2</sub> 捕獲的成本預計小於 40 美元/噸，對於 CO<sub>2</sub>-EOR 應用非常有吸引力，即使沒有氣候立法也能使碳捕集可行。

改善熱耗率 (Heat Rate) 是燃煤發電廠減少 CO<sub>2</sub> 排放的一種手段，熱耗率是每單位淨功率輸出所需燃料量，因為熱耗率是效率的倒數，較低的熱耗率表示發電機組更有效率。降低機組熱耗率的方法：1. 在鍋爐效率的改進—將燃料的化學能轉化高壓蒸汽的形式；2. 改進蒸汽循環效率—將高壓蒸汽的能量轉為電源；3. 降低附加負載—降低減少電廠淨電力輸出的設施電力負載。EPA 和能源資料署 (EIA) 收集包括歷史熱耗率和設備的特點(燃料類型、燃燒系統、機組大小、蒸汽循環、運轉數據等) 的數據，從數據得到以下結論。平均而言，超臨界鍋爐具有最低的熱耗率；正如預期的那樣，對於一個給定的能

力水平，煙煤的熱耗率比亞煙煤低，亞煙煤比褐煤低；較低的容量因數會導致更高的熱效率；增設 WFGD 後或乾式 FGD 後熱耗率通常增加。

### 3.2.6 燃氣選項

美國國內面對價格低廉、豐富的天然氣，既有電廠燃煤和燃油鍋爐許多都在考慮退役，並改為燃天然氣機組，而不是實施昂貴的後端控制或燃料切換。但是，天然氣複循環發電廠有相關的許可挑戰，包括如防止明顯惡化區域（PSD）和新設污染源審核制度超標區域（NNSR）。其中最佳可行控制技術（BACT）要求的溫室氣體（GHG）排放，包括要求評估更高效氣渦輪機技術及 CCS，並證明符合 NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的國家環境空氣品質標準（NAAQS）。

將既有燃煤和燃油鍋爐改燃氣的優點包括較低的資金成本、對既有燃燒系統影響輕微、快速實施和燃料的靈活性。承諾轉換燃氣之前，第一步是要進行全面可行性研究評估包括燃氣轉換時氣體側和蒸汽的副作用，及營運成本、鍋爐排放、鍋爐效率、過熱/再加熱溫度、管金屬溫度、輔機和淨發電等潛在的影響。符合燃氣 BACT NO<sub>x</sub> 減排技術有低氮燃燒器改造（LNBM）和新的低 NO<sub>x</sub> 燃燒器（LNB）、煙氣再循環（FGR）、誘導煙氣再循環（IFGR），關閉部分燃燒器（BOOS）、二次風（OFA）及提高了二次風（BOFA）、選擇性非觸媒還原（SNCR）和 NO<sub>x</sub> 回火（NT）。比較結果 BOOS 在每年每 100MW 總成本 52,000 美元排名最低；氮氧化物回火(NT)的平均值為 186,000 美元；OFA 比 NT 或 BOOS 更昂貴且平均安裝的成本 272,000 美元，大機組比小機組昂貴得多；IFGR 為第二昂貴每年每 100MW 成本 285,000 美元；在整個負載範圍內 FGR 可以有最大的 NO<sub>x</sub> 減量，20%的 FGR 減少 70%NO<sub>x</sub>；SNCR 是天然氣最昂貴的 NO<sub>x</sub> 減量方法，且 NO<sub>x</sub> 排放無法低於 80ppm，平均成本每年每 100MW 為 1,239,000 美元，小機組成本更貴。

隨著越來越多的風能和太陽能在電網上，複循環氣渦輪機（CCGT）需要快速地啟動和加減速配合，以跟隨電網高速率的需求。為滿足彌補風能和太陽能潛在的發電突然跌落的需要，新設計瞬間啟動（或關閉）的複循環設施，

可按電網的需求更高速率加減速（向上或向下）。西門子公司的 Flex-Plant™ 複循環證明排放符合標準又有啟動快的能力，在 Flex-Plant 採用西門子 Clean-Ramp™ 技術，電廠在頻繁加減速時仍可符合排放標準。在加利福尼亞州的 Clean-Ramp 在  $\geq 30\text{MW}/\text{min}$  整個小時連續在 115MW 和基載間加減速，煙氣  $\text{NO}_x$ 、CO 和  $\text{NH}_3$  排放均維持在低於  $2\text{ ppmvd}@15\%\text{O}_2$ 。

美國很多公用事業都選擇燃煤機組轉換改燃天然氣，然而，無論是長期和短期的歷史顯示，經濟鐘擺可能走回燃煤的價格比燃天然氣便宜，但一旦轉換離開燃煤，燃天然氣電廠將永遠不再允許燒煤。一個可行的替代方案是粉煤燃燒器匹配燃燒天然氣。利用天然氣於不同鍋爐的位置和機組負載使用，提供經濟、環境和設備調度的靈活性，可延展許多中小型燃煤發電機組的壽命。許多電廠使用天然氣作為啟動和穩定燃燒燃料，混燒適用於天然氣的量與總熱輸入高達 35% 的持續利用。混燒的考量是根據燃料靈活性、環境改善及工作改進三個等方向決定，利用雙孔口混燒點火器，在美國南方發電廠使用獲得優異的性能表現。

### 3.2.7 乾式二氧化硫控制

循環乾式洗滌器 (CDS) 技術正在美國市場成長，因為它提供燃料適應性、可變硫含量、 $\text{SO}_2$  捕集、維修和整體佔地的優點。此外，CDS 的技術適用於 CCS。B&W PGG 和 Hamon Enviroserv 一直在使用物理流體模型 (PFM) 以及計算流體動力學 (CFD) 模擬的組合，評估和鑑定煙氣流和 CDS 系統內部的行為。PFM 和 CFD 各有優點和局限。PFM 通常是全尺寸 1/12 比例縮小，好處有規模小、可觀察的固體和氣體相互作用、指出固體夾帶和脫落、指出再夾帶能力的指示、氣體分佈的檢驗、在非穩態條件允許的操作。限制為溫度的影響不能被觀察到、不能評估蒸發、固體顆粒不能類似容器尺寸縮到 1/12、水噴槍置入深度不驗證。CFD 分析採用流體動力學和熱力學模擬 CDS 的性能，主要優點是它使所有三個相（固體，水和氣體）同時進行評估，包括水的液滴直徑大小分佈和固體的粒徑分佈。此外，允許設計人員在任何點評估（溫度分佈，流



速分佈，固體分佈，水分蒸發等）性能，和葉片轉向，水噴槍插入深度，固體注入點數目，文氏管的數目等等如何變化。限制為模型需要時間來建立、模型計算需要很強的計算能力、無法預測脫落或再夾帶。

傳統上，安裝噴霧乾燥吸收器（SDA）以消除煙氣中的 SO<sub>x</sub>，形成燃燒的副產物。注入鹼性介質如石灰的泥漿，與煙氣中的酸性氣體反應。為使在很短的停留時間內發生有效的化學反應，需要大的液體表面積以傳輸熱量和質量。SDA 的通常有兩種噴嘴或旋轉霧化器，產生霧化細漿用於製造較大的表面積。因旋轉霧化器在操作過程中可能會發生問題，克服的方法是用空氣霧化噴霧噴射系統。Dominion 三座發電廠從燃煤轉為燃生質能，轉換後，加料斗濕潤成為一個問題。解決方法就是更換旋轉霧化器，使用利用空氣霧化噴嘴的噴霧技術替代，產生更高的 SDA 可靠性、降低維護成本，且在啟動和滿載易於操作。改造是相當簡單的，不需要改變 SDA 容器或霧化良好的結構。

SCR 汞氧化的問題，包括什麼是對汞氧化的操作條件，包括煤炭組成的影響？氨如何影響其他操作條件（如鹵素和溫度）下汞氧化的函數？氨如何影響個別層的表現？催化劑失去活性一段時間內如何影響汞的氧化等等。EPRI 正在開展一些研究後，成果有：1. 操作條件下對 SCR 汞氧化的效果，2. 層間的現場測試，以確定氨對汞氧化的作用，3. 新的和再生的催化劑老化長期性能測試，4. 模擬汞氧化，5. 實際使用情況的數據庫建置和維護，作為大型資料交流中心以及測試案例的建置工作，以支持實驗室的測試工作。這些有針對性的項目，將幫助了解 SCR 汞氧化符合 MATS 的關鍵問題。

### 3.2.8 汞控制對 SCR 的影響

三菱日立電力系統（MHPS）開發的 SCR 催化劑 TRAC®可達成低鹵燃煤電廠高汞氧化，和低 SO<sub>2</sub>轉換為 SO<sub>3</sub>的要求，不需 ACI 或可大量減少 PAC、鹵素或其它吸附劑注入，節省大量成本。

煙氣和設計條件會影響 SCR 催化劑的汞氧化活性。在半工作台(semi-bench)規模測試設備以及脫硝性能工作台(bench)規模試驗設施，以催化劑管

理觀點探討 SCR 催化劑對汞氧化活性的性能。Babcock-Hitachi KK (BHK)開發的汞氧化還原催化劑 TRAC® (三效催化劑)。另 BHK 與 E.ON 技術有限公司 (ETG) 在德國展開合作，ETG 在半工作台規模測得的催化劑汞氧化活性，與 BHK 的反應模型所提供的預測進行比較，獲致結論：1. ETG 獲得的測試結果與 BHK 的預測值有良好的對應。2. 汞氧化線性速度(LV)有正面的影響。3. 氨氮/ NO 對汞氧化影響 TRAC®的比常規催化劑低得多。

### 3.2.9 污水處理系統及副產品管理

FGD 廢水的硒、汞、砷和亞硝酸鹽/硝酸鹽面臨嚴格的排放限值，採 New Logic Research 公司的 VSEP/ RO 系統評估對 FGD 飽和石膏廢水的污染物去除效率、通量率、水回收率等試驗。在 VSEP/ RO 系統 FGD 飽和石膏廢水的總溶解固體 (TDS) 從 16,000ppm 降至低於廢水標準值以下。VSEP 去除約 94% 的 TDS，RO 去除額外的 5.8% TDS，得到 99.8% TDS 總去除率。VSEP 試驗單元可以批次集中模式或單路處理模式兩種模式運行，批次集中模式比單路處理模式的水回收率高。但是，批次處理濃縮過程需要較大的設施，需有兩個各具 4 小時以上容量的進料儲槽 (24,000 加侖或 90.8 立方米)，這種結構在大系統容量會變得非常大。

在美國中西部公用事業 (A 廠) 5、6 號機組燃低硫 PRB 煤，5、6 號機啟動時，WFGD 的石膏濾餅變得越來越難脫水，在脫水操作兩個星期之後，石膏的水分值超過了 10%。到了第七週，水分繼續增加並超過 20%。用 SEM (掃描電子顯微鏡) 拍攝石膏晶體的照片，A 廠的石膏晶體表現為平坦的板狀晶體的不規則邊緣，與典型的塊狀晶體不同，這些平板晶體非常難脫水，因為有防止水分排出的不透水濾餅。一旦發現不規則晶體，有人推測受吸收液中的液相物質影響。操作數據顯示 pH 從 5.6 增加到 6.1 時石膏脫水產生影響，且金屬的沉澱往往增加 pH 值，某些微量金屬元素抑制石膏沉澱，這些元素有鎘、銅、鐵和鉻。在 A 廠飛灰浸出實驗模擬發現高濃度的鋁，也在 5、6 號機組的吸收塔漿液中被觀察到。此外，還證明 5 號機的飛灰的鋁被引入 5、6 號機組

吸收塔。高濃度鋁與高石膏水分有強烈關聯，提高吸收器的操作 pH 值，降低了鋁在吸收液的濃度，隨後提高了石膏晶體形狀和脫水能力，有效的解決了問題。

改良矽酸鹽汞控制的皂土-粘土粉吸附劑，促進粘土層的表面的汞氧化，比碳基吸附劑具有更多優點，包括：飛灰銷售保存、增強的 ESP 的操作性能、不易燃、無腐蝕性、預防汞再排放、溫和毒性、易於處理和儲存，且改良矽酸鹽比活性碳的碳足跡低得多。改良矽酸鹽注入對微量金屬在飛灰的穩定性，經 TCLP 及新的 EPA1313 方法，從飛灰的樣品分析結果如下：1.改良矽酸鹽注入所收集的飛灰，從 TCLP 釋放的金屬非常小。2.對於所有的吸附劑金屬溶出濃度數值均低於 TCLP 限值。3.金屬溶出濃度除了鉻和硒，都類似於基線飛灰溶出。4.吸著劑注入飛灰硒的溶出濃度，大約是基線飛灰的兩倍。然而，溶出濃度仍然低於 TCLP 限值。5.雖然改良矽酸鹽鉻穩定在飛灰中，因此鉻釋放量超過一個數量級的下降。6.所有的改良矽酸鹽配方通過 TCLP 測試。7. EPA1313 方法顯示基線飛灰樣品在不同的 pH 值金屬溶出量很少。8.注入改良矽酸鹽配方使燃煤電廠汞控制，不會導致飛灰填埋或灰塘增加微量金屬的釋放。

PAC 的汞控制可能會影響飛灰性能和最終用途，多達 50 家水泥廠將飛灰和底灰以合理的比例作為原料生產水泥，美國用於製作混凝土的普通波特蘭水泥（OPC）離岸成本每噸在 89 和 99 美元之間（區域價更高）。飛灰通常可取代混凝土中水泥 20%或更多的體積，飛灰也能提高一些具體的特性。某些吸附劑可影響飛灰的品質，可以快速使飛灰從收入來源轉為處置成本。飛灰未燃碳多年來的問題，NO<sub>x</sub> 減排技術提高了飛灰含碳量，影響飛灰的質量和商品性，飛灰銷售和填埋之間可能高達每噸 30 美元以上的區別。正確的合規性策略飛灰銷售得以保障，採用高效 PAC 以保持飛灰價值的方法。

PRB 煤灰在含水矽酸鈉中顯示硒和砷溶出降低了，對飛灰處理系統增加一個液體流是比乾粉資本低和改裝容易，穩定煤灰添加矽酸鈉，可能是所有低硫 PRB 煤或混 PRB 煤脫硫必需的。矽酸鈉費用依運費一公斤約為 0.25 元，其

他的鈣物質如石灰或水泥窯灰也有效，利用鈣穩定飛灰是眾所周知的，和矽酸鈉一樣好，鈉吸附劑比鈣吸附劑更能夠脫硫。由於法規加嚴增加使用鈉注射吸附劑控制 SO<sub>2</sub>，但電力業可能需要對潛在增加金屬溶出濃度進行控制。

### 3.3 結語

本次會議參加人員來自世界各國的電力公司代表，及各項污染防治設備的廠商，亞洲國家除了台灣(只有本公司代表)，還有日本、南韓、香港、及來自對岸北京、南京數位代表參加，顯見各國對於電廠污染物排放控制之重視。美國於 2014 年 6 月 2 日提出清潔能源計畫，從環保署官員之演講內容可知，美國的法案是經過長期的研究，經考量成本、規模、技術等等可行後，再歷經與相關利害團體進行冗長的溝通，才公布草案，其過程已就各方面充分的探討，並有科學的根據。本次會議仍不忘持續宣導，並也讓電力公司從利害者的角度提出不同的看法。顯見美國是一個高度民主的國家。

本次會議的討論內容涵括了二氧化碳、粒狀物、氮氧化物等控制，但因 2012 年頒布的汞及有害空氣污染物標準之故，對於汞的相關探討佔了絕大部分的時間，顯示電廠控制汞排放的困難度及迫切性。由於美國發電業近年受到油頁岩開採技術的成熟，使得天然氣價格降低，因此也有許多污染防治設備不足的燃煤電廠紛紛改燃氣。對於已裝設完善污染防治設備電廠，則需評估未來運轉可否符合規定，因此，本會議各廠商提出電廠所面臨各式各樣的問題，及提供專業的解決方案之情形。本會議提出內容對於本公司未來電廠之空污防制規劃非常有幫助。

## 肆、建議事項

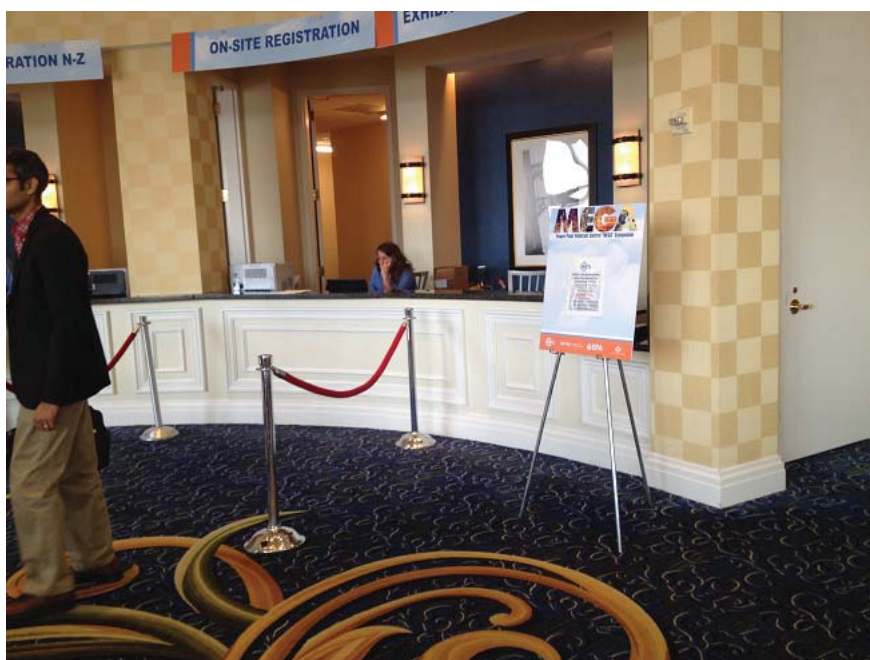
1. 二氧化碳問題過去美國僅各地方區域性的推動，目前美國政府已宣布清潔能源法案，二氧化碳減量議題未來在我國的立法腳步可能加快，本公司應儘速規劃有效之因應行動。

- 2.從本次會議美國能源部提出多方向的新能源趨勢，我國因應未來新電廠廠址開發困難，本公司提出以套件模組式規劃新機組之創新想法，以國內顧問公司之現有應無法滿足本公司之需求，建議可加入國外公司團隊協助規劃。
- 3.本項會議集美國電廠運轉之問題，提出最新的解決方案，本公司未來應持續參與。

# SCHEDULE - AT - A - GLANCE

Sunday, August 19	Monday, August 20		Tuesday, August 21		Wednesday, August 22		Thursday, August 23	
Registration (7:00 a.m. – 6:00 p.m.) Harbor Registration	Registration (7:00 a.m. – 6:30 p.m.) Harbor Registration		Registration (7:00 a.m. – 6:00 p.m.) Harbor Registration		Registration (7:00 a.m. – 6:00 p.m.) Harbor Registration		Registration (7:00 a.m. – 2:00 p.m.) Harbor Registration	
Continental Breakfast for Workshop Attendees (7:00-8:00 a.m.) Essex AB	Presenters' Breakfast (7:30-8:30 a.m.) Kent ABC	Continental Breakfast (7:30-8:30 a.m.) Harborside Foyer	Presenters' Breakfast (7:00-8:00 a.m.) Kent ABC	Continental Breakfast (7:00-8:00 a.m.) Harborside Foyer and Harborside Ballroom DE	Presenters' Breakfast (7:00-8:00 a.m.) Kent ABC	Continental Breakfast (7:00-8:00 a.m.) Harborside Foyer and Harborside Ballroom DE	Presenters' Breakfast (7:00-8:00 a.m.) Kent ABC	Continental Breakfast (7:00-8:00 a.m.) Harborside Foyer and Harborside Ballroom DE
Workshop "Air Pollution Control Fundamentals" (Ticket Required) (8:00 a.m. – 5:30 p.m.) Essex AB	Keynote Plenary Session: EPA's New Regulations: Compliance Challenges for Power Generators (8:30-10:30 a.m.) Harborside Ballroom ABC		Session 3a: Mercury Control – Integrated Options (8:00-9:40 a.m.) Harborside Ballroom ABC		Session 4a: CO <sub>2</sub> Controls – Strategies (8:00-10:05 a.m.) Harborside Ballroom AB	Session 5a: NOx Control (8:00-10:05 a.m.) Harborside Ballroom C	Session 7a: SOx Control (8:00-9:15 a.m.) Harborside Ballroom AB	Session 8a: Water (8:00-9:40 a.m.) Harborside Ballroom C
Coffee Service for Workshop Attendees (10:00-10:15 a.m.) Essex AB	Coffee Service (10:30-11:00 a.m.) Harborside Foyer		Coffee Service (9:40-10:10 a.m.) Grand Ballroom V-X		Coffee Service (10:05-10:35 a.m.) Grand Ballroom V-X		Coffee Service (9:15/9:40-10:10 a.m.) Harborside Foyer	
Lunch for Workshop Attendees (12:15-1:15 p.m.) Falkland	Session 1: MATS Compliance Considerations (11:00 a.m. – 12:15 p.m.) Harborside Ballroom ABC		Session 3b: Mercury Control – FGD (10:10 a.m. – 12:15 p.m.) Harborside Ballroom ABC		Session 4b: CO <sub>2</sub> Controls – Oxy-fired/Precombustion (10:35 a.m. – 12:40 p.m.) Harborside Ballroom AB	Session 5b: NOx – Multipollutant Control (10:35 a.m. – 12:40 p.m.) Harborside Ballroom C	Session 7b: SOx – Multipollutant Control (10:10-11:25 a.m.) Harborside Ballroom AB	Session 8b: Water (10:10-11:25 a.m.) Harborside Ballroom C
Refreshment Break for Workshop Attendees (3:15-3:30 p.m.) Essex AB	Lunch (12:15-1:45 p.m.) Harborside Ballroom DE		Lunch (12:15-1:15 p.m.) Harborside Ballroom DE		Lunch (12:40-1:45 p.m.) Harborside Ballroom DE		Lunch (11:25 a.m. – 12:30 p.m.) Grand Ballroom VII-X	
	Session 2a: HAPS and SOx Control: DSI (1:45-3:25 p.m.) Harborside Ballroom ABC		Session 3c: Mercury Control – ACI (1:15-3:20 p.m.) Harborside Ballroom ABC		Session 4c: CO <sub>2</sub> Controls – Solvents (1:45-3:25 p.m.) Harborside Ballroom AB	Session 5c: NOx Control – Alternate Strategies/Fuels (1:45-2:35 p.m.) Harborside Ballroom C	Session 7c: SOx – Wet FGD (12:30-1:45 p.m.) Harborside Ballroom AB	Session 9: Emissions Measurements (12:30-2:10 p.m.) Harborside Ballroom C
	Refreshment Break (3:25-3:55 p.m.) Harborside Foyer		Refreshment Break (3:20-3:50 p.m.) Grand Ballroom V-X		Refreshment Break (2:35/3:25-3:55 p.m.) Grand Ballroom V-X			
	Session 2b: HAPS and SOx Control: DSI (3:55-5:35 p.m.) Harborside Ballroom ABC		Session 3d: Mercury Control – Sorption (3:50-5:30 p.m.) Harborside Ballroom ABC		Session 4d: CO <sub>2</sub> Controls – Solvents and Sorbents (3:55-6:00 p.m.) Harborside Ballroom AB	Session 6: Particulate Control (3:55-5:10 p.m.) Harborside Ballroom C		
	Reception, Exhibit Viewing, and Poster Session (26 posters) (5:35-7:00 p.m.) Grand Ballroom V-X and Foyer		Reception, Exhibit Viewing, and Poster Session (26 posters) (5:30-7:00 p.m.) Grand Ballroom V-X and Foyer					





附圖 會議報到櫃台