

出國報告（出國類別：實習）

## 火力電廠最新空污防制技術研習

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：黃俊賢 一般工程監

派赴國家：美國

出國期間：101年6月23日至7月2日

報告日期：101年8月30日

## 出國報告審核表

出國報告名稱：火力電廠最新空污防制技術研習		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
黃俊賢	一般工程監	台電公司環境保護處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間： 101年6月23日至101年7月2日		報告繳交日期：101年8月30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」及「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <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"/> 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"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他_____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式:	

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「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人	審核人	單位	主管處	總經理
		主管	主管	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：火力電廠最新空污防制技術研習

頁數 28 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:

黃俊賢/台灣電力公司/環境保護處/一般工程監/02-23667221

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：101 年 6 月 23 至 7 月 2 日 出國地區：美國

報告日期：101 年 8 月 30 日

分類號/目

關鍵詞：細懸浮微粒(PM2.5)、氮氧化物、硫氧化物

內容摘要：(二百至三百字)

鑒於新設機組之空污排放愈趨嚴謹，尤其行政院環境保護署已於 101 年 5 月公告細懸浮微粒 (PM2.5) 之周界空氣品質標準並進行相關之管制作業，此標準係參採美日兩國標準日平均值 35 微克/立方公尺、年平均 15 微克/立方公尺，係目前全球各國最為嚴格之空品標準。而火力電廠排放之硫氧化物(SO<sub>x</sub>)、氮氧化物(NO<sub>x</sub>)為 PM2.5 主要前驅物之一且電力業為 SO<sub>x</sub> 與 NO<sub>x</sub> 之主要排放源，預料此管制規定恐對電廠之營運產生影響，爰有必要進一步掌握先進國家高效率空污防制技術，俾使新機組在高效率營運的同時，兼能符合最嚴格的環保要求。

此次出國研習參加由 Babcock&Wilcon company(以下簡稱 B&W 公司)在威斯康辛州 Appleton 地區舉辦之 2012 年環境技術客戶(uses)研討會，係該公司每一年度專為與會出席之使用者所量身打造的討論會。會中就電力環保相關設施在營運過程所面臨之各項議題提出討論，期藉由研討會方式分享各業者在營運上面臨之問題，俾由該公司進一步為客戶謀求解決之道。本次研討會中 B&W 公司於會中介紹各項環保設備對於新設及既有火力發電廠減少酸氣、粒狀污染物(PM2.5)及汞等空氣污染物排放之發展與應用技術，能夠參與盛會吸收新知並與出席人員相互經驗分享，對於本公司火力電廠未來在空氣污染物排放之因應、管控及運維均有一定參考價值。

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

# 目 次

壹、 出國目的與任務-----	1
貳、 出國過程-----	3
參、 研習心得-----	4
一、 前言-----	4
二、 國際間對細懸浮微粒 PM2.5 之管制措施-----	7
三、 細懸浮微粒(PM2.5)之防制技術-----	10
四、 除酸、除汞防制技術-----	22
肆、 結語及建議事項-----	27

## 壹、出國目的與任務

鑑於環保署針對「電力設施空氣污染排放標準」加嚴草案動作頻頻，其修訂內容對台電公司未來新設及既有汽力、複循環及離島發電機組之排放衝擊甚大，為因應加嚴趨勢，台電公司雖已陸續研擬因應方案，惟仍須密切關注中央及地方新訂之加嚴標準，俾據以調整未來因應策略與行動。此外，環保署為加強周界空氣品質，另已於 101 年 5 月增定細懸浮微粒(PM2.5) 之周界空品標準，此法之實施意味電廠之營運過程勢須妥慎因應，以免煙氣排放造成周界空品超限情事發生。基此，台電公司除須研究評估既有電力設施之環保改善及規劃新設機組的適法性外，另須同步加強與環保主管機關之溝通，俾保障電廠長遠營運無虞。

上述細懸浮微粒(PM2.5)係指粒徑小於等於 2.5 微米的粒子(PM2.5)，其粒徑極小，易隨呼吸進入人體，對健康造成影響。為此，環保署基於提昇環境品質及維護國人健康，於是參照美、日最嚴格之國家標準，於國家空氣品質標準增訂 PM2.5 之空氣品質標準，並依據國內健康影響研究結果，以健康影響為優先考量，將 PM2.5 其 24 小時值訂為  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、年平均值訂為  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。藉此，環保署期望於 109 年達成全國細懸浮微粒濃度年平均值  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  的目標，同時將依國際管制趨勢發展，逐期檢討我國 PM2.5 空氣品質標準，以朝達成 WHO 提出之空氣品質準則(24 小時值訂為  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、年平均值訂為  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )為空氣品質改善目標。

另配合細懸浮微粒空氣品質標準訂定，環保署已陸續研議加嚴包括電力設施標準在內之各行業空氣污染物排放標準，並陸續依地方空氣污染排放特性，核定「高雄市鋼鐵業燒結工場戴奧辛管制及排放標準」、「臺中市鋼鐵業空氣污染物排放標準」、「臺中市固定污染源六價鉻排放標準」等。此外，包括於 101 年 6 月 7 日核定之「臺中市電力設施空氣污染物排放標準」及依法制程序仍在辦理核定作業之「高雄市電力設施空氣污染物排放標準」，再加上近期已陸續生效的車用油品硫含量加嚴標準、石化業揮發性有機物管制標準、汽油車及柴油車空氣污染物排放標準等管制措施等，該署冀望以多元化管道有效抑低 PM2.5 與 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 及 VOCs 等前驅物排放量，達到推動 PM2.5 管制的目標，藉以提升全體民眾生活環境

品質。

上述政策勢必牽動電廠新舊機組未來營運之走向與思維，尤對於新設機組環保設施之規劃實須慎思，至於既有機組則須再評估其排放改善之必要性、效益與可行性，俾確保電廠長遠營運無虞。本次有幸出席在威斯康辛州 Appleton 城鎮舉辦之 2012 年環境技術客戶研討會，藉此得以進一步瞭解電廠空污排放有關之問題與因應作為，尤其 B&W 公司特別針對如何降低電力設施於營運過程產生之細懸浮微粒、酸氣及元素汞、氧化態汞等空污防制技術有精闢之介紹，此行對台電公司未來因應新法所擘劃之空污防制措施，不論於新舊機組均有裨益。

## 貳、出國過程

前往國家：美國

實習期程：101年6月23日~101年7月2日

日期	行程	工作內容
6/23~6/24	台北→西雅圖→芝加哥 →Appleton, WI	往程
6/25~6/28	Appleton, WI(威斯康辛州)	環境技術客戶(users)研討會
6/28(下午)	Appleton, WI→芝加哥→克利夫 蘭→Akron	轉程
6/29~6/30	Akron→ Barbeton, Ohio(俄亥 俄州) 6/30 克利夫蘭→洛杉磯	於 B&W 公司之 R&D Center 參觀暨研習電力設施 PM2.5 空污防制相關技術
7/1~7/2	洛杉磯→台北	返程

## 參、研習心得

### 一、前言

依據環保署之定義，細懸浮微粒(Fine Particulate Matters，直徑小於  $2.5\mu\text{m}$  之粒子，以下簡稱 PM2.5)，係指懸浮在空氣中氣動粒徑小於  $2.5\mu\text{m}$  以下的粒子(以下簡稱 PM2.5)。PM2.5 粒來源可分為自然界產出及人類行為產出等二種。自然界產生源包含火山爆發、地殼岩石等，人類行為則以燃燒為主，如石化燃料及工業排放、移動源廢氣等燃燒行為。PM2.5 包含許多化學性物質，其中經光化反應後，常見形成組成有原生性有機碳、衍生性有機碳、元素碳、硫酸鹽、硝酸鹽、及其他離子性物質，反應生成機制相當複雜，如圖 1 所示。

圖 1、細懸浮微粒生成機制(資料來源:環保署網站)

世界衛生組織(WHO)指出，各國訂定空氣品質標準，應考量當地空氣品質對於人體健康風險、確實可行技術、社會及經濟發展等相關因素，準此，環保署在考量國內細懸浮微粒對於健康影響評估研究結果、社會經濟發展現況及未來推動管制可行之減量策略、控制技術及經濟可行等因素後，積極推動改善空氣中 PM2.5 濃度



的管制工作，配套措施如制修定空污總量管制措施、電力設施空污排放標準等，此一連串相關措施之推動，均與台電公司火力電廠之營運息息相關。

依空氣污染防治法第五條第三項規定：「空氣品質標準由中央主管機關會商有關機關訂之。」該署為進行空氣污染管制，除已訂有總懸浮微粒(TSP)、粒徑小於等於十微米( $\mu\text{m}$ )之懸浮微粒(PM<sub>10</sub>)、二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)、一氧化碳(CO)、臭氧(O<sub>3</sub>)及鉛(Pb)等之空氣品質標準。另考量細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)，因其粒徑極小，易隨呼吸進入人體，對健康造成影響，爰配合修正空氣品質標準，將 PM<sub>2.5</sub> 納入管制，增修訂該空氣品質標準。目前環保署已規劃於全國 30 座空氣品質監測站，同時比照美國做法，設置手動 PM<sub>2.5</sub> 空氣品質監測設備，並以手動檢測結果判別各地區細懸浮微粒濃度能否符合空氣品質標準，至於自動連續監測方式則持續提供細懸浮微粒即時濃度，供民眾作為預警參考。此外，配合細懸浮微粒空氣品質標準訂定及後續相關管制工作推動需求，環保署另將訂定空氣污染防治區及總量管制區細懸浮微粒濃度，以符合空氣品質標準之判定方法。此種種之配套措施，包括制定標準、修法及檢測方式之訂定等，藉此完備空污相關法令，俾以貫徹 PM<sub>2.5</sub> 之管制工作。

台電公司身為火力發電之龍頭，係國內工業發展、經濟起飛的最大幕後功臣之一，惟過去電力發展過程，在當時無任何空污管制規定下，未考量裝設所需之環保設施，致此國內極具規模之固定污染源，隱隱威脅了周界環境之空氣品質。隨著 70 年代民眾環保意識抬頭、法規加嚴及基於企業之社會責任與公司展現為環保改善的誠意與決心，旋即於 78 年起進行各項重大環保改善工程之可行性研究計畫，俾據以作為後續工程改善之依據。歷經一、二期之環保改善及後續之興達一、二號機空污改善工程，終得以符合國家暨地方空污排放及空品標準。

近年來，基於國民健康之殷切需求，環保署遂著手逐步加強空氣品質之改善，包括室內空品標準的訂定及 PM<sub>2.5</sub> 之周界空品標準。尤其此 PM<sub>2.5</sub> 管制標準之訂定，對火力電廠營運而言，卻又是另一項嚴苛的挑戰，儘管以現有電力環保設施已能完全符合空污排放標準，但未來能否滿足加嚴之中央與地方電力設施空污排放標

準及周界空品標準，實是電廠營運所面臨之空前挑戰。

展望未來，台電公司除秉持一貫穩定供電，提高供電品質的目標外，對於環境保護工作之推動，仍將不遺餘力展現最大的誠心與毅力，在規劃電力發展的同時，也將加強周遭環境之維護與改善，包括溫室氣體盤查與減量的推動及各項空污之排放改善規劃研究及實施，俾以滿足公司及各界之關注與企盼。

茲就國際間對細懸浮微粒 PM2.5 之管制及本次赴美研習空污相關防制技術之心得包括出席研討會及赴 B&W 公司 R&D Center 進一步研討有關近來較為熱門的技術，如以袋式集塵(Fabric Filter)對細懸浮微粒 PM2.5 之管控、除酸氣及除汞技術等逐一陳述如後。

## 二、國際間對細懸浮微粒 PM2.5 之管制措施

因應國際趨勢及提升國家環境空氣品質，環保署為確實掌握及管制 PM2.5 污染，保障國民健康，爰參照先進國家對細懸浮微粒之管制，擬定一管制「上位計畫」推動(詳圖 2 所示)，其主要以採滾動式管理，並分期分階段逐年據實推動。茲就環保署網站中整理之先進國家對 PM2.5 之管制相關訊息詳列如後，俾做為日後台電公司因應作為之參考。

圖 2、環保署細懸浮微粒管制上位計畫架構(資料來源：環保署)

### ■ 美國

1. 綜觀先進國家，美國係為最早提出 PM2.5 空氣品質標準及相關管制規範的國家。自 1980 年開始陸續進行 PM2.5 各項基礎研究(污染來源、特性、評估工具等)，歷經十餘年時間進行全面性基礎背景調查分析及建置工作，在 1997 年首次提出 PM2.5 空品標準，並於 2006 年修訂 PM2.5 空氣品質標準(年平均濃度  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，日平均濃度  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )。從美國提出訂定 PM2.5 空品標準至正式公告約歷時五年。

2. 美國環保署投入許多時間與經費於 PM2.5 基礎研究工作上。1998 年美國國會要求美國環保署進行優先研究，花費約 2780 萬美金建立超級測站。後續成立懸浮微粒研究中心（PM research center），並由美國環保署研究和發展辦公室（Office of Research and Development, ORD）每五年支出約 3000 萬美金預算於研究計畫。
3. 管制措施方面，美國環保署公告「Clean Air Fine Particle Implementation Rule」，要求未符合 PM2.5 空氣品質標準之各州政府，在規定期限內提出改善計畫。
4. 為加強民眾正視 PM2.5 之嚴重性，美國環保署實施新的空氣品質指標（Air Quality Index, AQI）取代既有空氣污染指標（Pollutant Standards Index, PSI），新增細懸浮微粒指標項目讓民眾能有預警作為。

#### ■ 世界衛生組織（World Health Organization, WHO）

1. 世界衛生組織於 2005 年發表「WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Summary of risk assessment」風險評估概要報告，提供各國在空品標準上訂定 PM10 及 PM2.5 之標準建議值。
2. 於 2006 年修訂 PM2.5 空氣品質建議值(Interim target-1、2、3)提出長期(35、25、15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )、短期暴露(75、50、37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )。
3. 此外，WHO 建議考量不同特性區域(如：亞洲污染程度較嚴重)污染程度提出階段式漸進之污染物減量，並強調訂定空氣品質標準也應注意其行政可行性。

#### ■ 歐盟

1. 歐盟執委會於 2005 年 9 月 21 日提出「空氣污染主要策略」（Thematic Strategy on Air Pollution），2020 年空氣污染策略長期目標，PM2.5 須達到 59%減量（基準 2000 年）。
2. 歐盟 2008 年 5 月公告 PM2.5 空品標準為 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （2015 年達成）；並要求各會員國 2010 至 2020 年依漸進式減量（10、15 或 20%），於 2015 年暴露平均指標(Average Exposure Indicator, AEI) 減量目標為 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，2020 年 PM2.5 暴露平均指標應達 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 目標。

依據環保署收集之資料顯示，目前國際間訂定細懸浮微粒空氣品質標準之國家有日本、美國、加拿大(非都會區標準 Canada-Wide Standard, CWS)、澳洲、英國及歐盟，世界衛生組織(WHO) 則提出三階段法規建議值，如表 1 所示。

表 1、各國細懸浮微粒空氣品質標準制定現況

空氣品質標準 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		我國	WHO	USEPA	加州	EU	澳洲	日本	加拿大	UK	新加坡	香港
施行日			2006/10	2006/9 修正	2006/5	2008/5 修正	2005	2009	2006	2004/12		
PM <sub>10</sub>	年平均值	65	20	—	20	40	—	—	30	40	—	55
	24 小時平均值	125	50	150	50	50 <sup>&amp;</sup>	50 <sup>#</sup>	100	50	50	150	180
PM <sub>2.5</sub>	年平均值	—	10	15	12	25 <sup>***</sup>	8	15	—	25	15 <sup>**</sup>	35 <sup>☆</sup>
	24 小時平均值	預警值 65	25	35	—		25	35	30 <sup>+</sup>	—	35	75 <sup>☆</sup>

資料來源：環保署網站。

備註：\*\*\*為目標值於 2010 年 1 月 1 日生效，2015 年 1 月 1 日為空品標準值。#限制一年不得超過 5 天。&限制一年不得超過 35 天。+加拿大 2010 年目標值。\*\*為 2014 年要符合年平均值之標準值。☆香港環保署之建議值。

### 三、細懸浮微粒(PM2.5)之防制技術

燃煤電廠煙氣中不僅包括直接排放的一次粒狀污染物，其它如二氧化硫、氮氧化物等污染物也是生成衍生性粒狀污染物的重要前驅物質。如何在目前多種污染物排放限值都被加嚴的趨勢條件下，並在有效降低經營成本的考量下，既能滿足加嚴標準的需求，亦能提高煙氣中細懸浮微粒(PM2.5)之捕集效率，達到經濟與環保雙贏的目標，實是目前台電公司在財務困窘之際所面臨最大的挑戰。

根據空污監測之調查數據統計顯示，經煙道排放之空氣污染物，PM2.5 含量約佔煙氣粒狀污染物之 5 至 7 成，顯見以目前之空污防制設備，包括乾式 ESP+濕式 FGD 仍無法完全有效去除細懸浮微粒，此大氣中直徑小於或等於 2.5 微米的顆粒物，可藉由呼吸進入人體肺臟，甚至能進入細支氣管和肺泡，嚴重損害呼吸功能，引起哮喘等呼吸系統疾病，亦使心髒病的患病率與死亡率危險增加，並具有潛在的致癌性，對人體健康實有莫大的威脅，故為環保署目前亟待控管之物質。

諸不論煙氣中硫氧化物或氮氧化物衍生為細懸浮微粒之多寡，就煙道中 PM2.5 之排放管控，究應採乾、濕式 ESP(靜電集塵；如圖 3)或 Fabric filter(袋式除塵)與濕式 FGD 之組合，美國 B&W 公司之專家指出，就目前之應用技術而言，若以既有傳統乾式靜電除塵尚無法完全滿足去除 PM2.5，主要在於敲擊清灰過程之粉塵再逸散問題，若以增設濕式 ESP(WESP)確能有效達成捕集 PM2.5 的功效，其實績亦相當普遍，先進國家如日本三菱重工就已有數十台應用於電廠之經驗。根據美國多家電廠測試報告顯示，WESP 對 PM2.5 的去除效率可達九成以上，粒狀污染物排放濃度甚至有機會低於 5mg/Nm<sup>3</sup>。

就製程而言，WESP 一般應用於濕式 FGD 之後(如圖 4)，其基本原理與乾式 ESP 相同，主要藉由高壓放電電極對著接地的收集板產生電暈放電，藉由釋出之電子附著於煙氣中之粒狀污染物，荷電之粒狀污染物移動至收集板後，達到去除污染物的功效，復以 WESP 特殊之加濕與清洗的關鍵程序，將加濕荷電之粒狀污染物移除至水體中，省去敲灰造成粉塵再逸散之程序，不僅可有效去除 PM2.5，還可對

SO<sub>3</sub>酸霧、汞等重金屬進行有效控制。

圖 3 B&W 濕式靜電集塵器

圖 4 燃煤鍋爐環保設備流程示意圖

利用靜電集塵器內部通過噴霧增濕，荷電後的 SO<sub>3</sub> 酸霧在靜電凝聚作用下粒徑增

大，被捕集於極板並與水膜形成稀酸，去除效率可達 95%以上，因此廣泛應用於應用於電力業、鋼鐵業對 PM2.5 之捕集，還可應用在陶瓷、玻璃、冶金等窯爐的消煙除塵上。此外，以 WESP 內部過飽和環境和靜電除塵效應，對煙氣中顆粒汞、氧化態汞的去除效率亦可達 60%以上。

儘管 WESP 普遍認為具有無二次揚塵、除塵效率高、壓力損失小、防腐性能高、維護費用低、佔地面積小等優點，惟就既有機組而言，恐仍須另覓足夠的安裝空間及增加日後運維的人力與成本，對電廠有限的人力與侷促的空間而言，裝設 WESP 顯有其困難度，且就 WESP 運轉所衍生的廢污水及廢棄物，尤其是廢水，亦須考量其額外水源、廢水處理(系統)及處置成本。

至於新設機組，在目前 PM2.5 管制標準的嚴格要求下，袋式除塵設備顯較能解決高效率乾式 ESP 所無法有效收集 PM2.5 的窘境。惟袋式除塵對本公司火力電廠較為陌生，除運維人力是其一考量，安裝及操作技術亦須具有一定水準，另選用優質過濾材料避免破損對袋濾除塵設備亦是不可或缺的考量。依機組容量設計出口粉塵大小、濃度、煙氣溫度，考量燃氣成分、煙流，決定袋式除塵之設計規模、濾袋材質及數量。操作上另須考量壓降( $\Delta P$ )，當達一定數值以上，須考量以脈衝、逆洗或機械震動，以延長使用壽齡。由於過濾壓降直接影響濾袋使用壽命，故在比較選擇濾料時，在出口排放濃度低的情況下，還要注意到壓降是否也低。以玻璃纖維濾袋而言，其使用壽齡和清灰頻率直接相關，在相同條件下，濾袋清灰的次數越少，其壽命就越長。亦即採用的壓差控制清灰，清灰週期的時間越長也就是清灰次數越少，則濾袋之壽命也就越長。

以下就袋式集塵應用於 PM2.5 去除之相關原理與實際之應用加以介紹說明。

## ■ 袋式集塵器技術介紹

截至目前，火力發電廠粒狀污染物排放控制系統，目前已商業化較常見者有傳統乾式靜電集塵器 (Electrostatic Precipitators; ESP)、移動電極板靜電集塵器 (Moving Electrode Type Electrostatic Precipitators; MEEP)、低低溫靜電集塵器 (Low Low



Temperature Electrostatic Precipitators ; LLESP )、濕式靜電集塵器 ( Wet Electrostatic Precipitator ; WESP ) 及袋式集塵器 ( Bag Filter (BF) 或 Fabric Filter (FF) ) 等，製程選擇上可因成本、效率、操作、運維、煤質及去除物種等種種因素而考量適用之技術 (詳表 2 所式)。在過去，環保署對於粒狀物之管制多側重於排放濃度及不透光率之要求，也因此傳統乾式靜電集塵器當道，但事實上，其對於 PM2.5 去除並沒有較好的去除率，粒徑在 5  $\mu\text{m}$  以下時集塵性能會降低，而在 0.1~1.0  $\mu\text{m}$  時為最低。

直至最近，PM2.5 議題興起，由於該粒徑之粉塵對人體健康有較大之殺傷力，故環保署參酌先進國家，開始要求對 PM2.5 的管制。但並非所有高效率之粒狀污染物排放控制系統均能有效控制 PM2.5 的排放，也因此，因應新的空品管制標準，未來不論新設或既有機組粒狀物之排放管控，必須以能有效去除 PM2.5 為重要考量因素之一，以免新設環保設施面臨一改再改的窘境。

表 2 粒狀污染物處理技術比較一覽表

除塵技術	重力沉降	旋風集塵	洗滌塔	袋式集塵	靜電集塵
<b>設計參數</b>					
設置成本	低	低	低	中	高
操作成本	低	高	高	高	低
維護成本	低	低	低中	高	低
壓損	低	低中	中高	中高	低
處理粒徑	> 10 $\mu\text{m}$	5-10 $\mu\text{m}$	> 1 $\mu\text{m}$	各種粒徑	> 0.5 $\mu\text{m}$

儘管袋式集塵之設置及操作運維成本較高，但其製程技術卻正好得以填補乾式 ESP

的不足，甚至對於煙氣除酸、除汞均有一定之成效。事實上袋式除塵是一種極為成熟的除塵技術，早自十九世紀末，德國 Betch 工廠的機械振動清灰的袋濾式集塵器便開啟了商業化的生產與應用。而 1957 年 T V Reinauer 發明之脈衝型袋濾式集塵器，更被認為是袋式除塵技術的一次重大發明，它不但操作和清灰連續，濾袋壓力損失更趨於穩定，處理氣量增大，而且內部無傳動部件，濾布的壽命更長且構造簡單。二十世紀 70 年代以後，袋濾式集塵器更趨向大型化發展，漸漸成為與 ESP 堪與匹敵的除塵主力技術之一。

袋式集塵器主要設計原理係將煙氣中之粒狀污染物通過以不織布或毛氈為過濾材料而濾過粒狀污染物的一種設備，目前供應廠商有包括 B&W、ALSTOM 及其他廠家等。由於袋式集塵器具有高去除粉塵之效率，因此足以過濾 PM2.5 大小粒徑之粒狀污染物，其可達 99.9 % 以上之效率。一般若有良好的參數設計條件下，排放濃度甚至可低於 10 mg/Nm<sup>3</sup> 以下，由於除塵範圍廣，因此適合用於去除煙氣中次微米粒徑（PM2.5）大小的微粒。

煤質多變是台電公司燃煤電廠普遍面臨的一個棘手問題，這也成為很多人擔心乾式 ESP 除塵技術減排效果的關鍵問題之一。袋式集塵器的去除效率則較不受燃燒煤質之影響，亦即其燃燒後之飛灰組成成份，如 Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O 等，不因燃料中的硫含量之低或高而降低去除效率，亦能適應各煤種的高比電阻煙塵條件，就燃料調配而言，選用袋式集塵採購煤源將更具彈性，且不需要使用高壓電，亦無水污染的問題。袋式集塵器的外型尺寸可以配合現場做調整，在設備配置上較 ESP 具彈性。並在配合其他技術設施條件下，可同時潔淨廢氣中的固、液、氣三類污染物，故可廣泛應用於電力、水泥、冶金等各種工業鍋爐粒狀污染物之處理。至於因操作過程產生之濾袋事業廢棄物，則另須委由合格之清除處理機構合法處理。

儘管如此，袋式集塵器對粉塵之去除效率仍會受到部分參數的改變而有影響，例如：1. 煙氣化學成分。2. 煙氣入口粉塵濃度。3. 鍋爐調節尖載運轉條件 4. 煙氣溫度。因此在設計條件上，仍須參考前述實際狀況，俾對新舊機組環保提升或改善做最佳規劃。

## ■ 袋式集塵之原理說明

袋式集塵之原理係煙氣透過集塵器下方進氣管道進入，經導流板進入灰斗時，由於導流板的碰撞和氣體速度的降低等作用，使得粗粒粉塵落進灰斗中，其餘細小顆粒的粉塵隨氣體進入濾袋室，煙塵因受氣體分子撞擊，不斷改變運動方向，細微塵粒便與濾布纖維碰撞而被分離出來。其中之濾袋為系統主要之過濾元件，由於濾料纖維及織物的慣性、擴散、阻隔及靜電等作用，粉塵被阻留在濾袋上，淨化後的氣體逸出袋外，經排氣管排出。濾袋上的積灰可用氣體逆洗去除，清除下來的粉塵下到灰斗，經洩灰閥排到輸灰裝置。濾袋上的積灰也可以採用脈衝氣流的方法去除，進而達到清灰的目的，清除下來的粉塵再由排灰裝置排除。

袋濾式集塵器設計有兩種(詳圖 5 所示)，其差異在於粉塵被那一側的濾布捕捉。在一種稱之為低比率設計的型式中，粉塵在濾袋的內側被捕捉；至於在高比率設計中，粉塵在濾袋的外側被捕捉。一般而言，低比率設計利用振動或逆流的方式清灰，高比率設計利用中高壓脈衝的方式清灰。至於 Envirotherm 擁有一種低壓脈衝式袋濾式集塵器的技術，其特點在於有一種旋轉式脈衝多方面臂 (rotation pulse manifold arm)，扁平式濾袋及以同心圓方式安置，作為清理濾袋用，當灰塵變得更難以去除時，逆流式袋式集塵器需要額外的聲波及機械敲擊系統清灰。

圖 5 袋式集塵煙流進氣除塵方式示意圖

以美國 B&W 公司設計之袋式集塵器而言，在脈衝氣流穿過濾袋(詳圖 6 所示)時，每個袋子藉由一個鐵絲籠(詳圖 7 所示)之支架固定使其運作過程保持不變形。隨著煙道氣通過濾袋之外，粉塵顆粒逐漸累積形成一個餅狀物附著於濾袋表面上。清理濾袋則是藉由安裝於濾袋正上方的吹管和孔板組件將壓縮空氣脈衝引入到每個濾袋。這些短脈衝的空氣穿過濾袋留下粒狀污染物。嗣後再藉由衝擊波(shock wave)將積聚的灰塵餅脫落使之落入灰斗。灰從料斗被輸送至輸灰系統，以便進行後續再利用或最終處置。由於袋式集塵器的操作和控制影響整體設備的可用性、維護成本及煙氣排放品質。因此 B&W 在袋式集塵器之控制系統提供了更具靈活性的操作方法和清潔的邏輯，以提高最大可用限度並降低維護成本。各種清洗模式則包括線上，離線和人工操作。

圖 6 脈衝氣流的運作示意圖

圖 7 長袋型之鐵絲籠設計

#### ■ 袋濾式集塵器之清灰技術

一般而言，濾袋清洗之方式包括脈衝清洗、逆洗及機械震動等方式，說明如下：

脈衝式清洗係藉由濾袋上方以高壓空氣之文氏噴射管噴出氣流，於瞬間撐開濾袋達到去除粉塵的目的。由於振落操作時間極短，可視為連續操作，近年為電廠及多數工廠所採用。

逆洗方式(詳圖 8 所示)則是以逐室關閉引進氣流方式除塵，即濾袋內引入逆洗氣流，壓迫濾袋使其變形而振落粉塵餅。惟為避免難以達到濾袋均勻振落之效果，故需於濾袋適當間隔處裝配防扁環，藉以達到濾袋均勻洗塵的效果。

## 圖 8 袋式集塵逆洗除塵

機械震動式係以閘門逐室關閉引進氣流，並於圓筒上方部位施予每分鐘數百次之橫向機械震動或改以縱向之振動模式，藉以振落清除濾布上之粉塵。

濾袋的壽命之長短常取決於清洗的頻率及清洗的好壞，而清洗的效能亦往往受制於濾袋的材質、氣體或者是粉塵的排放、通過濾袋的壓降以及提供的電量。以脈衝清洗為例，其清洗的原理有兩種，第一種是傳統式 (traditional) 的高壓系統，係屬噴射式脈衝，其二次風 (secondary air) 比一次風量 (primary air flow) 多約 6~7 倍，脈衝較慢，濾袋較短，第二種是先進型 (advanced) 的中壓系統，是屬於直接脈衝，利用一次風直接吹入濾袋，二次風是一次風的 1~2 倍，脈衝短而快，濾袋較長。

由於清灰處理在袋式集塵系統操作中扮演非常重要的系統流程，因此為延長濾袋之壽齡、提升效能，清灰的過程必須徹底完善。其清潔濾袋模式 (cleaning mode)

係在於當粉塵粒狀物經收集累積到一定程度時，可由清灰控制裝置(以壓差或定時，自/手動控制)啟動清灰，利用上述三種方式，將濾袋上塵粒清除掉。大型的發電機組鍋爐用之袋式集塵器，可考慮使用毛氈濾袋 (felted bags) 及脈衝式噴射清潔 (pulse jet cleaning) 系統，可達最大之氣布比 (air to cloth ratios)，以便強化清洗及維護濾袋與延長濾袋壽命。

## ■ 纖維過濾材料

在袋式集塵系統中，濾袋是除塵之主要的功能元件，濾布之品質直接影響系統之除塵效率，濾布本身的品質及濾袋製造之品質，對於系統的粉塵排放、壓降及濾袋壽命與性能有很重要的影響，也直接影響了系統整體的運轉費用。工業用濾袋壽命一般之保證值應至少達到 2 年或 16000 小時以上的操作時間，並且必須選擇相容於工作場合之氣體、粉塵的物理及化學性質的濾布。因此選擇適合的濾布(如耐腐蝕、耐高溫、耐磨損、透氣佳等)是決定袋式集塵性能的主要關鍵因素。

一般而言，濾布材質之選擇需考量下列因素：

- ✓ 粉塵之大小
- ✓ 粉塵之含水分
- ✓ 進入袋式集塵室之氣流溫度
- ✓ 濾布抗酸、鹼之能力
- ✓ 抗磨損之能力
- ✓ 是否易於清灰
- ✓ 濾布之透氣性
- ✓ 價格

就選用的材質而言，相較於粗纖維所織成之濾布，因為細纖維可以產生更多的表面接觸面積、可以提供更好的過濾效能，其結構較均勻、平滑，在濾餅的脫除效率亦較佳，此有助於促進濾袋能捕捉更多細的顆粒。

就溫度的適應性而言，濾布最重要的選擇標準在於能處於連續的煙氣溫度及臨界煙氣溫度上。由於不同的濾布材料對耐溫的強度不同，若選用或操作不慎恐導致濾布於運作過程被熱度破壞，因此耐高溫纖維之濾袋是設計安裝袋式集塵器優選要件之一，其重要性在於耐高溫纖維濾袋能短時間曝露在比它們連續極限操作溫度高的環境中一陣子，此將有利於系統的操作彈性，惟高熱仍然會使濾袋的效能減低，若效能減低將會影響濾袋的性能強度，並且會減低濾袋介質的機械壽命。

另外，化學的侵蝕及機械性磨損所產生的影響亦會使濾袋材料降低機械強度及使濾袋隨時間而破裂。其中化學性曝露，如濾布接觸酸性及鹼性物質，若不具抵抗性，將加速濾布之受損並直接影響電廠之運維成本與除塵效能。

依國外運用袋式集塵的實績顯示，較常用之耐高溫材質包括玻璃纖維材質、聚丙烯腈纖維（Polyacrylonitrile, PAN）、聚苯硫醚纖維（PPS, RYTON）、聚亞醯胺纖維（Polyimide, P84）及聚四氟乙烯纖維（PTFE）等(詳表 4 所示)。目前國外電廠多採用聚苯硫醚纖維(PPS)，主要其具有良好的耐熱性、耐化學藥品性和極佳的阻燃效果。最大特點是在濕熱環境中，強度高，且在 190°C 高溫下可長期使用，在正常運轉條件下使用壽命長、性能佳，因此廣為業界所採用。

綜上所述，面對環保主管機關日益加嚴空污管制，尤其 PM2.5 法令及相關配套措施之實施，本公司各火力電廠對於環保改善應有新的思維，對於煙氣排放之原生性 PM2.5 與衍生性 PM2.5 污染物質，若仍考量過往乾式 ESP+濕式 FGD 模式，恐將不敷管制要求所需，未來機組更新擴建如林口、大林及其他新設或更新擴建計畫，為降低污染排放，袋式集塵或 WESP 或為未來之新趨勢，惟其在符合標準考量的前提下，仍須與機組之運維、成本兼籌並顧。



表 4 一般常見濾袋材質之比較一覽表

#### 四、除酸、汞之防制技術

煙氣中汞排放之控制面臨多樣性的挑戰，其特性在於汞於煙氣中呈現的多樣性、汞的再排放(re-emission)及當 SO<sub>2</sub> 轉變成 SO<sub>3</sub> 時衝擊了選擇除汞的方式。煤礦中原本即含有微量重金屬的存在，因此燃煤電廠在燃燒過程中，少部分的汞便隨著煙氣排入大氣中，造成環境的污染。就煤質而言褐煤及煙煤存在較高的汞含量，亞煙煤的含汞量則較少，歸納電廠排出汞的型態可分為下列三類：

(1)元素汞 (Hg<sup>0</sup>; elemental mercury)

(2)氧化態汞混合物 (Hg<sup>2+</sup>; compounds of oxidized mercury)

(3)依附微粒汞 (Hg P; particulate-bound mercury)

去除煙氣中的汞，必須瞭解鍋爐使用之煤源、成份、燃燒鍋爐型式及防制設備種類與操作條件(包含操作溫度、去除效率與觸媒活性等)，之後再據以選擇合適的控制方式，始能事半功倍。但因不同型態的汞所具有之不同物化性質，卻也成為去除汞所採用方法之關鍵課題。一般而言，元素汞在高溫、高壓情況下極易於揮發並且難溶於水，因此燃煤電廠所產生的元素汞若無相關防制設備幾乎都無可避免的排入大氣中。相反的，氧化態汞易溶於水且易附著於顆粒物上，因此，排放至大氣的氧化態汞容易被既有的空氣污染物防制設備去除，如濕式 FGD、WESP 或袋式集塵器等。而依附微粒汞也易於被除塵設備所收集。

通常燃煤經燃燒後，內含的汞氣化成氣態的元素汞。當煙氣排出鍋爐時，因煙氣循序進入省煤器、空氣預熱器(APH)、氣對氣熱交換器 GGH 等設施，其煙氣即開始降溫，一些元素汞與其它煙氣成份反應組成氧化態汞混合物。氧化態汞混合物的主要組成為氯化汞，但亦包括氧化汞和硫化汞。據 B&W 公司指出亞洲區的煙煤內含高量的氯，至於歐美地區之亞煙煤及褐煤則僅有極少量的氯含量，為能去除煙氣中的汞，基於氧化態汞較易於捕集去除，此可藉由化學加藥系統以促進氧化態汞的產生，後段則以濕式 FGD 或 WESP 加以去除。

考量若煙氣中存在的氯含量越多，則越易使汞產生氧化反應。即在高溫煙氣中 HCl 與 O<sub>2</sub> 反應生成 Cl<sub>2</sub>，Cl<sub>2</sub> 在高溫煙氣中會解離成游離態的 Cl，由於游離態的 Cl 具有很強的氧化性，因此即便是不活潑的元素汞亦被氧化成氧化態汞，故氯的濃度越高，所產生的氧化汞混合物也就越多，此可應用於系統加藥氧化除汞。

由於氧化態汞的種類與煤質的含氯量有相當大的關係，不同的煤種亦將產生不同型態的汞排放。一般而言，亞煙煤具有較少的氯濃度，所以產生比煙煤更多的元素汞，相反地，煙煤（Bituminous coal）包含較高的氯濃度，因此，其比亞煙煤（Sub-bituminous coal）能產生更多的氧化態汞。至於依附微粒汞，其與氣態汞在煙道行進過程可被煙氣中的飛灰吸收，可藉由既有之除塵設備加以去除。

就國外電廠實際操作的經驗顯示，以煙煤、亞煙煤及褐煤使用 ESP、BF(袋式集塵)、FGD 及 SDA (Spray Dry Absorber) 對於汞去除效率之比較結果，顯然 BF 對煤質之適用範圍較廣、無飛灰阻抗性之考量，故對於煙煤、亞煙煤和褐煤之汞去除效率較高。由此可知，新設電廠基於一勞永逸之考量，由於袋式集塵器兼可去除一般粉塵、PM<sub>2.5</sub>、酸氣及含汞的微粒，若能適時採用對日後環保署增訂汞排放之管制標準，應可有效因應。

## ■ 汞控制技術

因應日益嚴格的空污排放標準，故不論新舊燃煤機組必須設有空氣污染控制設備，機組始能正常營運，如控制粒狀污染物排放的 ESP、WESP 或 袋式集塵(BF)、控制 SO<sub>2</sub> 排放的乾式或濕式吸收塔或海水脫硫、控制 NO<sub>x</sub> 排放的 LNB、OFA、SCR、SNCR 等。其環保設備均或多或少會對汞排放和形成產生影響。因此，選擇適合的汞控制技術可考量既有之環保設施、煙氣中汞的組成型式及排放濃度決定。如氧化態汞易溶解於水，可被 WFGD 系統及 WESP 所收集。元素汞因不溶於水，則可藉由吸附劑的注入來捕捉元素汞，如活性碳。汞被吸附劑吸收然後再被 ESP 或 BF 所收集。至於依附微粒汞僅佔所有汞組成中的少部份，可藉由 BF 或 ESP 與飛灰一同收集。

## 1. 活性碳法 (Activated Carbon Injection, ACI)

依國外之運作實績顯示，活性碳為目前脫除元素汞技術中最有效的吸附劑，ACI 是將乾粉狀活性碳送入煙氣管道在 APH 及 ESP/BF 之間，溫度在 120~180 °C 之間。汞可被活性碳吸收，然後被收集在 ESP 及 BF 上。若依此種製程，BF 比 ESP 可達成較高的汞去除效率，係因活性碳會在 BF 的濾袋上組成一個活性碳層，當煙氣進入 BF 通過濾布時，粉塵被阻留而使氣體得到淨化，因袋式集塵的特性是所有的煙流都必須經過該活性碳層，故比 ESP 利用靜電原理捕集更具成效。以本公司既有之電廠而言，裝設 SCR、乾式 ESP 及濕式 FGD 等相關之污染防治設備，其實已有相當部份之汞被捕集清除，惟若環保署一旦仿照美國增訂汞排放標準，則既有機組將因有限的空間而限制了安裝其他環保設備的改善，此時可以在靜電集塵器前後，以注入活性碳吸附劑方式解決。由於 ESP 對於汞的排除效率較差，未來若法規一旦要求汞的排放標準，除既有電廠須考量增加使用活性碳法去除外，若 ESP 仍無法有效捕集，屆時或將須適時評估改為 BF 之可能性，俾增進對汞排放的效率。

由於目前本公司規劃之除塵系統，亦包含採低溫 ESP 之規劃方式，惟因活性碳法工作溫度在 120~180 °C 之間，若此，以活性碳法去除汞的方法恐將難以應用於新機上。

機組若在 APH 及 ESP/BF 之間注入活性碳，因煤灰再利用於水泥業或預拌混凝土業尚須考量灰之品質，因此，需考量灰中增加未燃碳 (UBC) 的含量不得超過 5 % 時，故廠家未來在進行整廠規劃時，須保證未來飛灰未燃碳含量小於 5 %，或將活性碳注入點置於除塵設備之下游端(詳圖 8 所示)，以避免煤灰增加未燃碳及重金屬汞含量，影響煤灰品質。

圖 8 注入活性炭吸附劑位置之流程示意圖

## 2. WESP 的汞控制技術

由於濕化後的粒狀污染物帶電性能增加，且利用加濕、清洗之關鍵步驟，此對於傳統乾式 ESP 所難以捕捉之 PM<sub>2.5</sub> 可獲取較佳的去除效率，因此依附微粒汞及氧化態汞將藉此機制可有效去除。

因氧化態汞易溶於水的特性，故濕式 FGD 可利用洗塵及溶解之機制去除大部分的依附微粒汞及氧化態汞，惟元素汞若未被氧化，且無相關的吸附機制，則元素汞將隨煙氣逸散至大氣。

除此之外，研究顯示一些氧化態汞被 FGD 收集可能重新產生元素汞。即當氧化態汞被收集時，會被溶解及解離至 FGD 的石膏泥裡。一些離子在石膏泥中可能與其他成份反應，減少了氧化態汞而恢復為氣態的元素汞，重新進入煙氣流中。

在溼度飽和環境中，WESP 具有顯著的去除氧化態汞的能力，數據顯示在 WFGD 後之 WESP 的去除效率約在 50~76 %之間，另進入 WESP 後亦仍有少量的依附微粒汞會在經過 WESP 的過程中被去除。報告顯示根據不同的進口依附微粒汞的濃度，其收集效率在 33~100 %之間。

## ■ 酸控制技術

肇因於環保法規的多變性，電廠操作過程常常必須面臨新的環保挑戰，諸如採取各種不同的空品控制技術俾滿足酸性氣體的排放如  $\text{SO}_2$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HF}$  及其它有害空氣污染物，在面對如此多項的排放管制條件下，如何在成本有效的條件下，抉擇合適的環保設施，確為電力公司當前面臨的挑戰。

如前所述，燃煤中因有硫、氯、氟等微量造成酸氣的因子，因此在常規的設計中可藉由濕式 FGD 加以去除，或係採用 WESP，利用加濕與露點關係的特性去除  $\text{SO}_3$ ，另資料顯示其對  $\text{HCl}$ 、 $\text{HF}$  等亦具有十分良好的去除效率。B&W 公司另就煙氣中之酸氣去除提供了乾式吸附劑注入系統(DSI)，此係以低成本的管制條件下捕集酸性氣體或與之化學反應結合去除，除可用於  $\text{SO}_2$  之控制外，大型機組中，DSI 系統亦可應用於  $\text{HCl}$  或  $\text{SO}_3$  之控制，惟須再結合其它空污排放控制技術如濕式 FGD、海水脫硫系統等。

## 肆、結語與建議事項

### ■ 結語

隨著政府和公眾對 PM2.5 等細懸浮微粒的關注，現階段環保署對 PM2.5 管制策略業參照各先進國家之做法，針對形成 PM2.5 可能來源進行管制減量。主要管制策略包含釐清本土化污染特性及貢獻來源，建立長期基線資料；評估研訂我國細懸浮微粒標準方法，持續建置國家排放清冊資料及排放係數；建立健康風險評估、社會經濟衝擊評估及空氣品質模式工具。為達管制之目標，環保署另業已擬定一連串之重大管制措施包括持續推動短、中期固定源、移動源及逸散源等各種污染物之削減量目標，特定區域或全國加嚴其排放標準，及針對特定區域之減量行動等，俾加速全國之空氣品質改善。

燃煤電廠是細懸浮微粒 PM2.5 的主要排放源之一，由於自燃煤電廠所排放的 PM2.5 包括一次 PM2.5(原生性)和二次 PM2.5(衍生性)。因此對於 PM2.5 排放管控，不僅要考慮一次 PM2.5 的控制，還要考量二次 PM2.5 的減排。上述一次 PM2.5 是燃煤電廠直接排放的機械性顆粒，粒徑一般為 1~2.5 微米；至於可凝結顆粒則是由燃煤電廠排放的污染物(如 SO<sub>3</sub>)在環境中經過複雜反應生成的二次 PM2.5。

而如何因應此新增修訂之空品管制標準，釜底抽薪，台電公司確有必要針對電廠排放 PM2.5 的成因、排放量體、影響層面加以研究評估與調查監測。其次依據前述調查結果，再據以研擬相關的管制措施，俾以達到 PM2.5 之減排目標。

### ■ 建議事項

- (一) 火力電廠一直是 PM2.5 主要排放源之一，惟電廠對於 PM2.5 的排放、成因、擴散及管控尚非十分了解，若環保署一旦要求 PM2.5 減排或啟動其他

管制措施，則勢必成為電廠及本公司不可承受之重，因此加速辦理火力電廠空污排放對細懸浮微粒(PM2.5)之影響與因應對策研究有其必要性與急迫性。

- (二) 環保署已啟動加嚴標準的訂定，因此不論是既有機組或規劃中的新設機組，宜先期掌握各污染物之排放標準，另外，宜就目前粒狀污染物、氮氧化物及硫氧化物之最佳防制技術加以評估是否具備符合加嚴標準的條件，俾隨時與中央或地方主管機關溝通爭取合理之管制標準。
- (三) 對於污染排放源頭之管制十分重要，除燃料之考量外，機組之效能提升亦為空污減排之要件之一，以環保署不斷加嚴排放標準的態勢，未來新機除須規劃高效率之污染防制設備外，亦須於規劃時考量預留足夠之改善空間，俾因應主管機關對機組排放改善的要求。
- (四) 儘管機組安裝選擇性觸媒還原設備(SCR)、高效率除塵設備(乾式 ESP)及排煙脫硫設備(FGD)，其汞去除效率約已可達 90%，惟若環保署參照美國對汞之管控採取進一步降低汞排放濃度之作法，則須在鍋爐下游端適當位置另採有效之管制措施，如注入活性炭、注入鹵化物或 NaHS 或以袋式集塵、濕式 ESP 等捕集為主，為免對副產物飛灰與石膏再利用之衝擊最小，包括採用之注入物及注入之位置於規劃時均須慎加考量。
- (五) 因應環保署推陳出新的空污管制措施，未來仍須加強中央及地方之溝通管道，俾即時掌握最新管制訊息，兼以適時爭取合理之管制方式，以免公司一而再、再而三地陷入無止境的投資改善，避免公司之營運雪上加霜。