

## 壹、前言

我國基於地球村的一份子以及受到全球氣候變化綱要公約的壓力，在民國八十七年全國能源會議結論中，研訂我國因應溫室氣體排放減量策略為：積極推動新能源及淨潔能源，大幅提高再生能源及其他淨潔能源容量，其中推廣再生能源利用，至 2020 年佔能源需求比率以 3% 為目標。近年來全球再生能源蓬勃發展，欣欣向榮，尤以風力及太陽能之開發更為迅速，值得我國借鏡。

又從控制溫室氣體排放量而言，排放量低或完全不排放的能源均為淨潔能源，煤炭氣化發電所產生氣體及固體廢棄物之排放量遠低於傳統燃煤機組，從技術成熟度、能源使用效率及環保優越性而言，煤炭氣化發電技術，勢必成為未來燃煤發電的主流。

本公司為積極推動再生能源及淨潔能源之開發，爰指派職赴美參加 APEC 21 世紀再生能源論壇暨考察印第安那州 Wabash River 及佛羅里達州 polk 煤炭氣化電廠，俾作為本公司規劃設計之參考。

## 貳、出國行程

日期	地點	工作內容
90年3月25日	Taipei portland	往程
90年3月26,27日	portland	出席APEC再生能源研討會
90年3月28日	portland Indianapolis	路程
90年3月29,30日	Indianapolis	赴Wabash River電廠考察
90年3月31日	Indianapolis Tampa	路程
90年4月1日	Tampa	撰寫報告
90年4月2日	Tampa	赴Tampa電廠考察
90年4月3日	Tampa Los Angeles	路程
90年4月4、5日	Los Angeles Taipei	返程

## 參、APEC 21 世紀再生能源論壇

本論壇係由美國發起，並經去(2000)年 5 月亞太經合會部長級會議決議通過，交由亞太經合會再生能源技術工作小組負責推動。本次論壇由美國及我國共同主辦，且有亞太經合會永續發展組織及 10 家廠商贊助，於 3 月 26 及 27 日在美國俄勒岡州波特蘭市舉行，約有 100 人參加，行政院環保署為代表我國之主辦單位，應邀在會中致詞，展現我國推動再生能源之決心，我國其他出席單位尚有行政院國科會、工研院能資所、台灣經濟研究院、茂迪公司、光華開發科技公司、美國俄勒岡州貿易資訊辦事處及台電公司等。

本論壇之宗旨為建立私人廠商與政府間之溝通管道，加速再生能源之開發，俾早日實現亞太地區再生能源合作開發計畫，該合作計畫以應用為主，包括再生能源與電力系統並聯，混合式發電或再生能源獨立發電系統，或推廣再生能源應用於偏遠地區之衛生所、學校、農村以及提供資金、法規、教育訓練、設計規範等資訊。

本次論壇具有下列實質意義：(1)促進亞太地區各會員體彼此相互瞭解再生能源之開發情形，(2)促進亞太地區各會員體再生能源技術交流及提供貿易機會，(3)建立政府與民間企業相互溝通之管道，(4)促進亞太地區再生能源之開發。本次論壇之議程表詳如附錄。

謹將本次論壇，APEC 各會員體所發表之論述摘要如下：

## 澳大利亞

報告人：Frank Reid, Managing Director, Australia  
Cooperative Research Centre for Renewable

內容摘要：

澳洲政府已宣示未來十年將積極推展開發再生能源，預估其發電量將達 950 萬度，投資金額達 25 億美元。澳洲再生能源研究中心致力於再生能源推廣教育，尤其培訓出許多 APEC 會員體之技術人員。

APEC 在推廣再生能源應扮演之角色：

- (1) 鼓勵 APEC 各會員體開放電力市場
- (2) 促進 APEC 各會員體建立再生能源技術交流之管道
- (3) 促進 APEC 各會員體間有關再生能源之合作
- (4) 加強 APEC 各會員體間之合作俾進軍國際市場

APEC 各會員體可能合作之措施：

- (1) 舉辦電業自由化對再生能源開發之衝擊研討會

APEC 某些會員體因電力自由化而對再生能源之開發產生一些微妙的影響，APEC EWG 可提供資訊給 APEC 各會員體參考，俾激發開發再生能源之意願。

- (2) APEC EWG 應加強推動 APEC 各會員體偏遠地區使用再生能源，包括提供財源、教育訓練，扶植中小型再生能源企業等。

(3) 協助 APEC 會員體取得再生能源國際交易認證

再生能源之交易制度已在歐洲先進國家萌芽，APEC 會員體如能取得國際認證，將有助於再生能源之開發。

(4) 建立全球氣候變化綱要公約京都議定書所載清潔發展機制之策略聯盟，以促進亞太地區再生能源之開發。

(5) 建立亞太地區再生能源器材之統一規格及認證制度，俾使各項再生能源器材得以相互流通。

## 加拿大

報告人：Bill Eggertson, Executive Director, Canadian Association for Renewable Energies

內容摘要：

(1) APEC 應提供資金或財務擔保，俾促進亞太地區再生能源之開發。

(2) APEC 應蒐集 APEC 各會員體有關再生能源之資訊，並協助 APEC 各會員體訂定開發再生能源之目標。

## 中國大陸

報告人：Miao Hong, Financial Planning Specialist/Coordinator, GEF/World Bank China Renewable Energy Development Project, State Economic and Trade Commission

## 內容摘要：

中國大陸截至 1999 年止，併入電力系統之風力發電總裝置容量為 34.4 萬瓩，分散式小型風力發電機共 17 萬座，太陽能發電裝置容量為 1.5 萬瓩，住宅用沼氣槽 6.6 百萬座，大型沼氣槽 740 座。預估至 2015 年太陽能發電容量將達 32 萬瓩，併入電力網風力發電容量 700 萬瓩，分散式小型風力發電裝置容量 10.5 萬瓩，地熱發電容量 11 萬瓩，工業廢棄物沼氣利用 40 億立方公尺，農業廢棄物沼氣利用 4.5 億立方公尺，植物莖桿利用 20 億立方公尺。

## 印尼

報告人：Chayun Budiono, PT Gerbang Multindo Nusantara

## 內容摘要：

- (1) APEC 應舉辦促進亞太地區再生能源產業之活動，俾使中小型再生能源企業獲得商機。
- (2) APEC 應促成太陽能發電併聯系統合作計畫。
- (3) APEC 應設立太陽能研究中心，以促進各會員體之技術交流。
- (4) APEC 會員體應在生質能氣化技術進行合作，使達到技術性、經濟性及環境接受性均為可行。
- (5) APEC 會員體亦可就小水力發電及地熱發電進行技術交流。

## 日本

報告人：Haruo Nogami, Manager, Team /Engineering of  
Combustion Technology, Energy & Environmental  
Development Department

### 內容摘要：

野上先生介紹該公司所研發之循環流體化床(Circulating Fluidized Bed)鍋爐，以玉米莖桿或蔗渣為燃料，每年可處理 9 千噸，年發電量約 1 千 6 百萬度。該項設備已銷售 600 座至東南亞國家。渠認為再生能源之開發應因地制宜，考量當地之天然條件，而 APEC 應設立再生能源研究開發基金，來推動制定適合於各會員體之再生能源開發策略。

## 菲律賓

報告人：Angelito Angeles, NRE (Engineer, Technology  
Development Extension Group, Inc.

### 內容摘要：

菲律賓進口能源佔 58%，自產能源佔 42%，其中有 28%係來自於再生能源(不包括大水力及地熱)，16%係燃燒木材，12%為燃燒稻殼，椰殼及蔗渣，預估 2009 年再生能源比例約佔 21%，其中燃燒木材、稻殼、椰殼、蔗渣佔 20%，太陽能、風力及小水力約僅佔 1%。菲律賓之風力潛能有 76GW，但已開發

者僅 100KW 及 368 座風力抽水機，生質能發電之潛能約 150MW，小水力潛能約 28MW，菲律賓預估至 2009 年開發再生能源之投資費用將達 10 億美元，其中大約有 57%之資金需仰賴外資，其餘則為國內資金。菲律賓推動再生能源所遭遇到困難有(1) 再生能源之開發未受到獎勵，(2)再生能源資訊缺乏，(3)決策者、政府官員及一般民眾普遍缺乏對於再生能源的認知，(4) 缺乏開發再生能源資金融資之管道。

## 俄羅斯

報告人：Raphael Vartanov, Business Developer,  
International Applied Engineering

內容摘要：

在美國派遣生質能專家之協助之下，俄羅斯自 1997 年以來致力於開發偏遠地區之生質能發電技術。渠對於開發再生能源之建議有(1) APEC 應提供開發再生能源之資訊及商機，(2) 美國及俄羅斯政府共同提供開發再生能源資金，(3)將再生能源列入高峰會議之議題，(4)請美國廠家提供開發再生能源之案例，(5)建立亞太地區再生能源資料庫，(6)提供再生能源相關技術及培訓計畫。

## 中華民國

報告人：Simon Tsuo, Solar Electricity Division, Motach Industries, Inc., Shek Chung Gau, Sinonar Corp

### 內容摘要：

茂迪太陽光電公司左總經理報告該公司單晶太陽電池年生產量為 4MW，今年年底可擴充生產設備至 10MW。光華開發科技公司高副總經理報告該公司非晶薄膜太陽電池年生產量為 12MW。

有關推動再生能源之建議事項為(1)在台灣舉辦亞太地區再生能源展示會，(2)教育大眾及政府官員如何推廣再生能源，(3)促請 APEC 各會員體制定推廣再生能源法案，(4)促請 APEC 各會員體設立再生能源電腦網路，俾便各廠商得以作資訊及技術交流。

## 泰國

報告人：Wattanapong Rakwichian, Director of SERT, Naresuan University

### 內容摘要：

泰國能源政策局為推廣利用太陽能，於 Nare Suan 大學太陽能研究中心內，設立太陽能公園，即將於今年年底完工。公園內有太陽能商業中心、試驗館及訓練館，太陽能產品之廠商

與顧客可在太陽能商業中心進行交易及交換資訊，各取所需，試驗館內展示太陽能發電試驗器材及太陽能冷氣機，訓練館為提供太陽能產品銷售及安裝等之訓練場所。公園內之設施有太陽光電系統 3KW 一組，太陽光電、風力、柴油機、蓄電池併聯系統一組，太陽能路燈 太陽能及風能觀測站 太陽能熱水器、太陽能冷氣機、太陽能乾燥機。

公園內亦有一太陽能示範村，有 9 戶住家，以太陽能發電系統供電，參觀者可實際體驗太陽能獨立電力系統之運轉情形。村內設置太陽能發電 75W、150W 及太陽能抽水機。

泰國開發再生能源所遭遇之困難有(1)再生能源發電成本昂貴，(2)一般人普遍缺乏再生能源之知識，(3)缺乏再生能源產品之行銷策略。

對於推廣再生能源之建議為(1)獎勵設立再生能源公司，(2)加強太陽光電與系統併聯技術之研發，(3)加強太陽能冷氣機之研發。

## 越南

報告人：Vu Mank Ha, Clean Energy Company, Ltd.

內容摘要：

越南境內煤蘊藏量約 35 億噸，石油蘊藏量 35 億立方公尺，技術可行水力蘊藏量約 510 億度。越南電力系統裝置容量約 5559MW，其中水力佔 55%，年總發電量 260 億度。

對於推廣再生能源之建議為(1)請 APEC 協助越南發展風力、太陽能、地熱、波浪發電、沼氣發電、生質能等再生能源利用，(2)請 APEC 在越南舉辦再生能源研討會，俾激發政府重視再生能源之開發，(3)請 APEC 協助越南政府設立再生能源展示館，(4)請 APEC 協助越南政府在離島及偏遠地區開發再生能源。

## 肆、Wabash River 電廠

### 一、概 述

Wabash River 電廠位於美國印第安那州 West Terre Haute，該計畫係在舊有燃煤電廠旁新設氣化廠（屬 Global Energy 所有）及氣渦輪機組容量 192MW，與經整修後舊有燃煤機組容量 104MW。在示範運轉期間曾試燃用煤、石油焦及焦炭和煤之混合燃料，該電廠於 1993 年 7 月開工，1995 年 11 月完工，2000 年 1 月完成示範運轉，總工程費 4.38 億美元，美國能源部補助一半 2.19 億美元。（詳如圖一）

### 二、電廠主要設施（詳如圖二）

#### 1. 氣化爐

E-GAS 煤炭氣化爐為二段式，加壓噴流式氣化爐，煤漿（煤水比例為 60:40）與純度 95%之氧氣一起飼入下段燃燒爐中，燃燒溫度約 2500，壓力為 400 psig，實際操作溫度要視煤質而定，煤炭部份燃燒產生合成氣，往上貫入上段燃燒爐，再注入煤漿與高熱合成氣接觸後，經過熱解及液化作用，產生粗合成氣，在上段燃燒爐中注入煤漿，除了增加合成氣的熱值外，並使合成氣溫度稍微降低至 1900，因此，

可省略體積龐大而且昂貴之輻射式熱交換器。粗合成氣離開氣化爐後送入熱管鍋爐產生高壓飽和蒸氣 (1600psia)，煤灰熔融自爐底流出落入驟冷水槽，凝結成難溶解之玻璃狀煤渣，可供作建材用。本計畫裝設二整套氣化爐，平時僅運轉其中一座，日燃煤量約 2544 噸。

## 2. 合成氣淨化系統

粗合成氣中所含有煤灰及懸浮微粒，經金屬過濾器處理後，回收至上段燃燒爐中再利用，經過濾後之合成氣中含有  $H_2$ ， $CO_2$ ， $CO$ ， $H_2O$ ， $N_2$ ， $CH_4$ ， $COS$ ， $H_2S$  及  $NH_3$  等，由於  $COS$  無法直接移除必須藉觸媒轉化成  $H_2S$ ，而在移除  $H_2S$  之前需先經過熱交換器將合成氣溫度降低至 100，此時合成氣所含水份將會凝結，此凝結水中含有氨氣，二氧化碳和硫化氫，送至水處理廠處理，經過冷卻之合成氣即進行酸氣吸收移除系統，藉由 MEDA 溶劑移除  $H_2S$  後，成為乾淨之合成氣，即可供氣渦輪機使用。

## 3. 硫磺回收

合成氣中之  $H_2S$  經觸煤之催化作用回收成硫磺，一部份  $H_2S$  經燃燒後生成再  $SO_2$  與  $H_2S$  起化學反應生成硫及水，而殘留之  $H_2S$  經壓縮後回收至氣化爐中，煤炭

中所含有之硫成份有 97%均被回收成硫磺。

#### 4. 空氣分離廠

空氣分離廠生產純度 95%之氧氣供氣化爐使用。

#### 5. 水處理系統

在水處理系統中先  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{S}$  移除，再移除  $\text{NH}_3$ 。

#### 6. 發電機組

氣渦輪機組採用 GE MS 7001FA 可兼燃合成氣及 2 號輕油，以輕油啟動並噴蒸氣控制氮氧化物之排放量，額定出力為 192MW，HRSG 為單注水鼓設計，可耐過熱高壓蒸氣 754,000 lb/hr，1010F，燃用合成氣之廢熱蒸氣為 600,820 lb/hr，1010F，汽輪機於 1953 年開始運轉，原額定出力為 90MW，經整修後額定出力之提升為 104MW，扣除廠內用電為 34MW，淨出力為 262MW，廢煙氣自 225 呎高之煙囪排放。

### 三、運轉實績及問題探討

1. Wabash River 電廠氣化爐之利用率至 2000 年已可提高至 75%，淨出力原設計值為 262MW 而無論燃用煤炭或石油焦，其淨出力均可達到 261MW，綜合熱效率 (HHV) 原設計值為 37.8，經實際運轉結果燃煤為 39.7，燃石油焦為 40.2 均高於原設計值（詳如表一及圖三）。

表一 Wabash River 電廠運轉實績

燃 料 別	原設計煤	實際使用燃料	
		煤	石油焦
輸 入 量(tons/day)	2250	2450	2000
合成氣產量(million Btu/hr)	1780	1690	1690
氣渦輪機出力(MW)	192	192	192
汽輪機出力(MW)	105	96	96
廠 用 電(MW)	35	36	36
淨 出 力(MW)	262	261	261
綜 合 效 率(HHV,%)	37.8	39.7	40.2

2. 雖然煤炭和石油焦之成份不同,但所產出合成氣之成份卻幾乎相同。(詳如表二、三)。

表二 煤及石油焦成份

燃 料 別	原設計煤	石 油 焦
水 份, %	15.2	7.0
灰 份, %	12.0	0.3
揮 發 份, %	32.8	12.4
碳 份, %	39.9	80.4
硫 份, %	1.9	5.2
熱 值(HHV, Btu/lb)	10,536	14,282

表三 合成氣成份

燃 料 別	原 設 計 煤	石 油 焦
氮 , Vol %	1.9	1.9
氫 , Vol %	0.6	0.6
二氧化碳 , Vol %	15.8	15.4
一氧化碳 , Vol %	45.3	48.6
氫 , Vol %	34.4	33.2
甲烷 , Vol %	1.9	0.5
硫 , ppmv	68	69
熱值 , Btu/SCF	277	268

3. 一般而言，硫氧化物之排放量為 0.1 lb/MMBtu，僅為排放標準之十分之一，亦曾有低於 0.03 lb/MMBtu 之記錄，氮氧化物之排放量可低於 10ppm，可符合 2003 年之排放標準，而懸浮微粒之排放量幾乎為零。（詳如圖四、五）
4. 煤渣中之含碳量較預期為高，約達 10%，經改良攪拌器及更換新燃燒器後，煤渣之含碳量降低至 5%。
5. 電廠運轉初期冷凝器，懸浮微粒移除系統，COS 催化系統，合成氣過濾系統及氣渦輪機均曾發生過故障，經改善後漸入佳境。
6. Wabash River 電廠宣稱其煤炭氣化複循環機組之建設成本較其他廠便宜。（詳如圖六、七）















## 伍、Polk 煤炭氣化電廠

### 一、概 述

Polk 電廠位於美國 Florida 州 Polk 郡, 佔地 600 公頃, 其中 343 公頃為冷卻水池, 採用 Texaco 煤炭氣化技術, GE 氣渦輪機組容量 192MW, 汽輪機容量 121MW, 扣除廠內用電 63MW, 淨出力為 250MW, 電廠綜合效率約 40%, 該電廠之特色為將空氣分離廠所得氮氣注入氣渦輪機內, 可增加出力及減少氮氧化物之排放量。並試用高溫氣體淨潔系統及多種不同煤質之燃料, 蒐集試驗資料, 作為日後改進之參考, Polk 電廠於 1994 年 11 月動工, 1996 年 10 月商轉, 總工程費 5.06 億美元, 美國能源部提供 1.42 億美元, 電廠照片如圖八。

### 二、電廠主要設施 (詳如附圖九)

#### 1. Texaco 氣化爐

Texaco 煤炭氣化爐係單段噴流式向下點火煤炭氣化設備, 將煤炭含量約 60 至 70% 之煤水漿和純度 95% 之氧氣同時飼入溫度高達 1482 之氣化爐內, 煤與氧氣反應產生合成氣, 當高熱合成氣流經直徑 17 呎, 高 100 呎, 重達 900 噸之輻射冷卻器而產生高壓蒸氣後, 合成氣即流出氣化爐, 煤渣落入爐底水中,

煤渣水經處理後循環使用。每天燃用匹茲堡 8 號煤 2300 噸，其含硫量約 2.5 - 3.5%。

## 2. 空氣分離廠

空氣分離廠生產純度 95% 之氧氣，供應氣化爐及硫酸廠，並提供熱壓縮氮氣至氣渦輪機，除可增加出力外，亦可抑低氮氧化物之排放量，每天生產 2100 噸氧氣及 6300 噸氮氣。

## 3. 合成氣淨化系統

低溫淨潔系統可之設計容量為可淨化全部粗合成氣但為測試高溫淨潔系統之功效，乃將百分九十之粗合成氣送入低溫淨潔處理系統，先經水洗移除懸浮微粒，作為填方材料，水則作為煤漿水再利用。合成氣去除懸浮微粒後，加入氨將合成氣中之硫化氫和二氧化碳製成硫酸，氨水則再循環使用。百分之十之高溫粗合成氣送入高溫淨潔處理系統，先以一次旋風機 (primary cyclone) 移除合成氣中之懸浮微粒，作為填方材料，再注入碳酸氫鈉後，送入二次旋風機 (secondary cyclone) 將氯及氟用化學方法吸收，以減少氣渦輪機之腐蝕作用。合成氣中之  $H_2S$  及  $CO_S$  進入吸收器底部與反方向流動之吸收劑接觸，硫與金屬氧化物反應成金屬硫化物，此時，合成氣中之  $H_2S$  及

COS 的濃度降低至 30ppm。

在高溫氣體淨潔過程中，硫化物可還原成氧化物，在氧化還原過程中，溫度控制為非常重要因素，溫度不能太高以避免破壞吸收劑之組成，最後一個步驟係用氮氣冷卻吸收劑及清除二氧化硫，才不致於產生硫酸鹽，吸收劑之再利用可以降低很多耗用成本。經過淨化後之合成氣可去除 99.5%之煙塵。

### 3. 硫酸廠

從合成氣淨潔處理系統取得之二氧化硫與空氣分離廠供應之氧氣，轉化成  $SO_3$ ，再製成純度 98%，每月產量約 200 噸，出售給肥料廠使用，殘留微量之二氧化硫，直接從 200 呎高之煙囪排放。

### 4. 發電機組

氣渦輪機係採用 GE MS700F，具有可燃用合成氣或低硫輕油，以及氮氧化物排放量低之優點，以輕油啟動，額定出力為 192MW，注入氮氣稀釋合成氣，除了增加氣渦輪機之出力外，並可減少氮氧化物之排放量，使用輕油時需噴水以降低氮氧化物排放量。汽輪機進氣壓力為 1450 psig，1000 ，額定出力為 121MW。

### 三、運轉實績及問題探討

1. polk 電廠原設計使用煤炭為匹茲堡 8 號煤，電廠自開始運轉後之前 10 個月均使用這種煤炭，自 1997 年 5 月起開始試用其他燃料，迄今共試用 10 種煤炭，並就煤漿拌合度 (Slurryability)，碳化率 (Reactivity)，煤渣活性 (Slag Aggression)，煤渣特性 (Slag characteristics) 及 SGC 結垢 (SGC Fouling) 等，進行測試研究，俾選用綜合發電成本最低之煤炭，各種不同煤質如表四。

表四 polk 電廠試用之煤質

煤炭別	匹茲堡 8 號煤#1 (原設計煤)	匹茲堡 8 號煤 #2	匹茲堡 8 號煤 #3	肯塔基 11 號煤	伊利諾 6 號煤 #1	伊利諾 6 號煤 #2
運轉天數	183	15	25	160	25	5
灰融點( )	2400	2200	2230	2250	2240	2325
硫份(%)	2.5	2.8	2.0	3.2	3.4	2.8
灰份(%)	9.0	11.3	9.6	7.0	11.0	9.1
熱值(Btu/lb)	13,500	13,350	13,500	13,500	12,700	12,700
氮份	0.1	0.08	0.1	0.11	0.1	0.19

2. 經過四年多運轉實績得知，氣化爐因運轉經驗之累積

以及不斷改進，利用率逐年提高，至 2000 年達 80%，而氣渦輪機如含使用輕油之利用率亦曾達 91%（詳如圖十）。

3. 煤漿中必須要有足夠之含煤量，和充分的氧氣量在氣化爐中燃燒，才能產生優質之合成氣，俾使氣渦輪機達到滿載運轉，如果煤漿之含煤量不足，則需加添加劑來改善，如此則會增加運維費用，polk 電廠煤漿含煤量之設計值為 61 至 62%。
4. 氣化爐之燃燒溫度必須適中，溫度太高會縮短耐火襯之使用壽命，溫度太低則煤炭燃燒之碳化率不足，增加燃料使用量，並影響煤渣之流動性。一般而言，氣化爐的燃燒溫度愈高，碳化率愈高，而耐火襯之壽命則相對縮短。polk 電廠煤漿氣化過程之碳化率原設計值為 97.5%，但實際運轉實績卻僅達 95%，因此，煤渣量為原設計值之二倍，導致運轉初期常因煤渣堵塞而停機，經增設煤渣處理系統及旋轉真空過濾器後，煤渣堵塞問題業已排除，惟碳化率迄今仍未獲得改善。
5. 煤渣活性(Slag Aggression)強之煤料，會損及耐火襯之壽命，因而增加運維成本。
6. 經過試用多種煤炭後，可將煤渣依含碳量之多寡大致

可分為三類：(1)含碳量低於 2%者，用途很廣極易出售，(2)含碳量介於 15%至 30%之間者，用途極少必須儘量減少產生這種煤渣，(3)含碳量大於 50%者，其熱值介於 5,000 至 10,000 BTU/Lb，可回收至氣化爐再利用或出售供作燃料用。

7. 輻射式冷凝器因結垢較預期為少，而原先為清除煙垢之吹灰器形同贅物，必須予以拆除。但是，對流式冷凝器之管路容易結垢，每隔一、二個月就得花三天時間進行清洗工作，經改善後結垢可減少 50%。
8. 在煤渣水、合成氣及煤漿等輸送管路之轉彎接頭、分歧管接頭及控制閥處，共發生 21 次意外故障，經以超音波作定期檢查及變更設計等方式處理後，故障情形已大幅獲得改善，1998 年發生二次，1999 年僅發生一次。煤渣水中含有細顆粒煤渣，易造成管路磨損，尤其常發生在控制閥下游側之管路中，雖在磨損段塗敷一層耐磨材料，仍未見效，最後在控制閥處變更設計才獲得改善。煤漿輸送管之彎管處亦曾發生磨損變薄之情形，經以耐磨管材抽換來改善。
9. polk 電廠產生 COS 和 H<sub>2</sub>S 之量約為預估值之兩倍，而除硫系統之效率又低於設計值，最後以加裝催化器使 COS 轉化成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>S 而加以改善。

10. 煤炭氣化之過程與煤質有極密切之關係，如含硫量、灰份、熱值、灰熔點、含氯量等，polk 電廠除硫設備含硫量之設計值最高可達 3.5%，由運轉經驗得知，含硫量愈高，運維費愈高。灰份含量設計值為 12%，高灰份煤會影響熱值。如果煤之熱值較設計值低，會影響汽輪機之出力。氣化爐之燃燒溫度必須高於煤之灰熔點，俾使煤炭中之礦物質得以熔解，順利排出。polk 電廠煤炭含氯量之設計值為 0.15%，但伊利諾 6 號煤之含氯量高達 0.19%，使得若干製程及材料必須變更。







## 陸、結論與建議

- 一、煤炭氣化複循環發電之優點有(1)氣體及固體廢棄物排放量低，(2)綜合發電效率高，(3)用水量少，(4)電廠用地面積小，(5)可生產化學製品或運轉用油等副產品，(6)燃料使用彈性大，可燃用高硫份煤或石油焦等廉價燃料，故未來發展潛力相當大。
- 二、目前全球運轉中及規劃中之氣化廠有 160 座，合成氣產能達 60,000MWth，相當於電廠裝置容量 30,000MW，預估氣化廠之年平均成長率約 7%，亦即每年增加 3,000MWth。
- 三、根據美國能源部推估 2000 年煤炭氣化複循環機組之單位建設成本約為每瓩 1250 美元，綜合發電效率約 42%，至 2008 年單位建設成本約可降為每瓩 1000 美元，綜合發電效率約 52%，至 2015 年單位建設成本約可降為每瓩 850 美元，綜合發電效率約可達 60%以上。
- 四、煤炭氣化電廠之發電成本與煤質有非常密切的關係，煤質與碳化率、煤漿拌合度，耐火襯壽命，合成氣品質，煤渣量，煤渣流動性息息相關，煤炭在氣化爐中之化學反應非常複雜，唯有經過實際運轉，累積經驗，才能挑選出，最經濟最合適之煤炭。
- 五、至目前為止 250MW 級煤炭氣化複循環機組，雖謂已達

商業化階段，但是氣化廠利用率最高約達 80%左右，顯示技術上並非完全成熟，本公司彰濱煤炭氣化複循環機組，以選擇與現有運轉中相同容量為宜。

六、煤炭在氣化爐內之燃燒機制相當複雜，必須藉由實際操作，累積經驗才能順利運轉，本公司宜邀集規劃、設計、施工及運轉等相關單位，早日成立推動小組，積極研究及培訓人才。

# 出席亞太經合會再生能源研討會暨考察美國煤炭氣化發電技術

## 出國報告

### 目 錄

壹、前 言

貳、出國行程

參、APEC 21 世紀再生能源論壇

肆、Wabash River 煤炭氣化電廠

伍、Polk 煤炭氣化電廠

陸、結論與建議

柒、附 錄

圖二 Process Flow Diagram

圖八 Polk IGCC Power Plant

圖九 Process Flow Diagram

圖二 Process Flow Diagram

圖八 Polk IGCC Power Plant

圖九 Process Flow Diagram

附錄一 附錄一 附錄一

圖一圖二圖三圖四圖五圖六圖七圖八圖九圖十

圖一圖二圖三圖四圖五圖六圖七圖八圖九圖十

- 1 -	- 11 -	- 21 -	- 31 -	- 41 -
- 2 -	- 12 -	- 22 -	- 32 -	- 42 -
- 3 -	- 13 -	- 23 -	- 33 -	- 43 -
- 4 -	- 14 -	- 24 -	- 34 -	- 44 -
- 5 -	- 15 -	- 25 -	- 35 -	- 45 -
- 6 -	- 16 -	- 26 -	- 36 -	- 46 -
- 7 -	- 17 -	- 27 -	- 37 -	- 47 -
- 8 -	- 18 -	- 28 -	- 38 -	- 48 -
- 9 -	- 19 -	- 29 -	- 39 -	- 49 -
- 10 -	- 20 -	- 30 -	- 40 -	- 50 -