

出國報告（出國類別：實習）

燃煤鍋爐節能減碳之粉煤平衡技術

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：楊泰然 一般工程研究專員

派赴國家：德國、荷蘭

出國日期：99年7月29日至8月11日





報告日期：99年10月10日

出國報告審核表

出國報告名稱： 燃煤鍋爐節能減碳之粉煤平衡技術		
出國人姓名 <small>(2人以上，以1人為代表)</small>	職稱	服務單位
楊泰然	一般工程研究專員	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 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：99年7月29日至99年8月11日		報告繳交日期：99年10月10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「目地」、「過程」、「心得」、「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 	總經理 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：燃煤鍋爐節能減碳之粉煤平衡技術

頁數 41 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

楊泰然/台灣電力公司/綜合研究所/一般工程研究專員/（02）8078-2330

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：99 年 7 月 29 日至 8 月 11 日 出國地區：德國、荷蘭

報告日期：99 年 10 月 10 日

分類號/目

關鍵詞：粉煤流量平衡, 燃燒調整, 飛灰未燃碳

內容摘要：（二百至三百字）

計畫緣起於公司燃煤機組煤源變化大、採行混燒模式，爐膛燃燒行為益加複雜，鍋爐普遍存在燃燒不佳現象，因此落實目前粉煤流量平衡技術之應用施行，並接續進行階段性鍋爐燃燒燃整改善工作，實為公司善盡節能減碳任務之關鍵。

實習任務為配合電廠委託研究計畫「台中電廠 5 號機粉煤系統均流改善研究」之執行，赴德國 PROMECON 公司針對提昇燃煤鍋爐燃燒效能，實習粉煤流量平衡(及燃燒空氣調整)等線上測定技術，並參訪 Reuter West Station / Vattenfall Europe (Germany)、Gelderland / Electrabel (Netherlands)等燃煤電廠，瞭解相關產品應用實績。

實習目標為研討線上測定技術與施行實務，主要探討粉煤流量平衡(二相流)線上即時測定技術應用，諸如粉煤分管隣空氣流速、粉煤細度分佈、粉煤質量流率等測定項目，其次研討燃燒空氣調整應用，探討針對如二次風匹配空氣(流量)、爐膛出口煙氣(溫度)及飛灰(未燃碳含量、細度分佈)等線上即時測定技術。

計畫實施要領經由與德國專家討論技術施行概念，獲取其寶貴實務經驗、實習相關線上測定技術、實地觀摩現場應用案例，並蒐集最新技術發展資訊，總合瞭解 PROMECON 在提昇燃煤鍋爐燃燒效能相關線上測儀應用發展之現況及未來走向; 最後就實習任務提出此行心得報告與積極性建議。

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

目 錄

出國報告書審核表

第 壹 章 目的及行程

- 一、 出國目的 ----- 2
- 二、 行程內容 ----- 3

第 貳 章 心得與感想

- 一、 簡介 PROMECON 與參訪的兩座電廠----- 5
- 二、 PROMECON 相關線上測儀與應用 ----- 12
- 三、 燃煤鍋爐粉煤平衡技術之應用與展望 ----- 24

第 參 章 建議事項 ----- 39

附 錄 ----- 40

實習「燃煤鍋爐節能減碳之粉煤平衡技術」報告

第壹章 目的及行程

一、出國目的

本計畫緣起於公司燃煤機組煤質(煤源)變化大、採行混燒模式，爐膛燃燒行為益加複雜，鍋爐普遍存在燃燒不佳現象，因此落實目前粉煤流量平衡技術之應用施行，並接續進行階段性鍋爐燃燒燃整改善工作，實為公司善盡節能減碳任務之關鍵。

此次實習任務主要為配合電廠委託研究計畫「台中電廠5號機粉煤系統均流改善研究」之執行，赴德國 PROMECON 公司針對提昇燃煤鍋爐燃燒效能，實習粉煤流量平衡(及燃燒空氣調整)等線上測定技術，並參訪 Reuter West Station / Vattenfall Europe (Germany) 、Gelderland / Electrabel (Netherlands)等燃煤電廠，瞭解其相關產品之應用實績。

實習目標為研討線上測定技術與施行實務，主要探討粉煤流量平衡(二相流)線上即時測定技術應用，諸如粉煤分管隣空氣流速、粉煤細度分佈、粉煤質量流率等測定項目，其次研討燃燒空氣調整應用，探討針對如二次風匹配空氣(流量)、爐膛出口煙氣(溫度)及飛灰(未燃碳含量、細度分佈)等線上即時測定技術。

計畫實施要領經由與德國專家討論技術施行概念，獲取其寶貴實務經驗、實習相關線上測定技術、實地觀摩現場應用案例，並蒐集最新技術發展資訊，總合瞭解 PROMECON 在提昇燃煤鍋爐燃燒效能相關線上測儀應用發展之現況及未來展望;最後就實習任務提出此行心得報告與積極性建議。

二、行程內容

本次出國行程,期間從 99 年 07 月 29 日至 99 年 08 月 11 日,前後共計 14 天(含飛程 3 天),前往德國 PROMECON 公司,藉由參訪實驗室、進行資料簡報、與專家研討等方式,針對提昇燃煤鍋爐燃燒效能相關議題,安排研習粉煤流量平衡(及燃燒空氣調整)等線上測定技術,之後接續安排前往 Reuter West / Vattenfall Europe (Berlin,Germany) 以及 Gelderland / Electrabel (Nijmegen,Netherlands)等兩處燃煤發電廠進行研習,藉由安排廠房現場參觀、資料簡報、專業人員研討等方式,掌握 PROMECON 公司其主要相關產品之應用案例。

研習內容,著重學習 PROMECON 關於粉煤流量平衡線上測定技術及施行實務概念,除深入研討粉煤流量平衡(二相流)線上即時測定技術之應用,探討諸如粉煤分管磷空氣流速、粉煤細度分佈、粉煤質量流率等相關測定項目,並研討燃燒空氣調整應用,探討針對如二次風匹配空氣(流量)、爐膛出口煙氣(溫度)及飛灰(未燃碳含量、細度分佈)等線上即時測定技術,並蒐集最新技術發展資訊,藉機瞭解其在提昇燃煤鍋爐燃燒效能相關線上測儀應用發展之現況及未來走向。

1. 於99年07月29日抵德國~99年08月2日期間,參訪 PROMECON公司及 Reuter West / Vattenfall Europe (Berlin,Germany):

- PROMECON簡介公司發展&技術服務與績效.
- 實習燃煤鍋爐粉煤流量平衡線上即時測定技術.
- 實習燃煤鍋爐燃燒空氣調整線上即時測定技術.
- 實習燃煤鍋爐飛灰未燃碳線上即時測定技術.
- 參觀 PROMECON 公司實驗室.
- 參觀 Reuter West 廠房與控制室.
- 研討粉煤流量平衡相關技術應用經驗.

2. 於99年08月03日~99年08月09日期間,參訪 Gelderland / Electrabel (Nijmegen, Netherlands):

- 實習燃煤鍋爐粉煤流量平衡線上即時測定技術.
- 實習燃煤鍋爐燃燒空氣調整線上即時測定技術.

- 實習燃煤鍋爐飛灰未燃碳線上即時測定技術.
- 參觀 Gelderland 廠房.
- 研討燃燒空氣調整相關技術應用經驗.
- 研討提昇燃煤鍋爐燃燒效能相關線上測儀之最新發展與應用.

3. 於99年08月10日~99年08月11日期間,搭機由Amsterdam直接返回臺北.

第 貳 章 心得與感想

一. 簡介 PROMECON 與參訪的兩座電廠

德國 PROMECON 公司(Prozess-und Messtechnik Conrads GmbH, Germany), 如下圖. 其公司業務(德國總部、美國分部)由總裁 Hans Georg Conrads 所帶領, 追溯自 1988 年以來該公司即以開發燃煤電廠鍋爐燃燒相關粉煤線上測儀為方向, 經由電場現場測儀之安裝使用, 10 年來穩定開發產品累積現場應用經驗, 實績頗為可觀(詳附錄), 其客戶群以歐州及美國為主, 近年來更跨足至亞洲區與南非燃煤電廠, 可以觀察得到 PROMECON 藉由自家產品現場安裝應用之經驗累增與建立信心後, 近期更因應市場需求, 擴大業務範圍與增加成員, 組成工作團隊企圖穩步邁向鍋爐燃燒診斷與調整服務, 其公司業務簡介如下。

<PROMECON 公司總裁(德國總部、美國分部)>

PROMECON Germany



Hans Georg Conrads
President
PROMECON Germany
Phone +49 39203-81730
Fax +49 39203-81739
info@promecon.com



Dr. Wolfgang Burghardt
Assistant Vice President
PROMECON Germany
Phone +49 39203-81735
Fax +49 39203-81739
Cell +49 173-7067244
wolfgang.burghardt@promecon.com

PROMECON USA



Todd Melick
Vice President
PROMECON USA
Phone +1 330 683 9074
Fax +1 330 683 9082
Cell +1 330 465 0738
todd.melick@promecon.us



Duane Plessinger
Manager, Project Services
PROMECON USA
Phone +1 330 683 9074
Fax +1 330 683 9082
duane.plessinger@promecon.us

< PROMECON 公司業務簡介 >

PROMECON manufactures and installs high technology measurement systems for the monitoring and optimization of thermal processes such as

- Coal fired boilers
- Cement kilns
- Smelter processes and others

Through our technology emissions are reduced, efficiency and availability of plants are

enhanced. Our goal is to deliver complete solutions that guarantee technical success as well as rapid return on investment.

Our innovative microwave technology surpasses common limitations of measurement technology especially by

- Accuracy
- Durability
- Low maintenance requirements

Our team of engineers and sales partners is active around the globe to create the best solution for process optimization. Thus the name **PROMECON** stands for:

- Innovation in measurement techniques
- Customer specific solutions for extremely demanding applications
- Professional commitment for joint success with the customer

PROMECON is headquartered in **Barleben near Magdeburg (Germany)**.

Our US subsidiary is located close to **Cleveland, Ohio (USA)**.

1. 於 PROMECON 公司研習煤鍋爐燃燒等相關線上測定技術



前往德國 PROMECON(如上圖)在該公司實習期間，由 Dr. Wolfgang Burgharot

(Vice President)帶領參訪實驗室、進行資料簡報、與專家研討等,針對提昇燃煤鍋爐燃燒效能相關議題，安排研習粉煤流量平衡(及燃燒空氣調整)等線上測定技

術，行程中由 Wolfgang Burgharot 博士簡介該公司技術服務輪廓，並分別安排研討會由 Christian Polzin (Head of Project Mangement)分段個別介紹 PROMECON 燃煤鍋爐燃燒調整之相關線上測儀產品及答覆鍋爐粉煤流量平衡技術施行實務等問題,由專業人員負責介紹參觀 PROMECON 公司實驗室(如下圖等),另亦安排時段展示說明線上測儀設備。



2. 參訪 Reuter West 電廠/ Vattenfall Europe (Berlin,Germany)

柏林電力公司原名為BEWAG，1894年起為柏林地區最主要供電及區域供熱機構,在2003由瑞典Vattenfall 能源集團購併並在2006年名為Vattenfall Europe Berlin AG,總管理處座落於柏林市東區，現有29 座發電兼區域供熱機組，用戶數280 萬，服務人口約400 萬，此外另有煤礦事業部，其電力事業規模已是全德國第三大。



(左上圖)Reuter West電廠地理位置介於德國柏林市區與其西北方Teget Airport之間，較接近市區西北郊；柏林雖有三個主要機場，但往來西歐及北美的航班，大都在Teget Airport 升降。

(右上圖)參訪的 Reuter West電廠如圖示,有兩座燃煤鍋爐(300 MW wall fired) 由Deutsche Babcock建造，目前 Reuter West 發電廠仍然是Vattenfall Europe Belin 最大發電廠，除部分儀控設備已更新外，其外觀及主要發電設施維持與20年前相同，並持續為一高效率低污染之發電廠。

(左下圖) 攝影背景為Reuter West 電廠入口大門,參訪行程交由 PROMECON公司 Des Redmond (International Marketing Manager)安排。

(右下圖) 攝影背景為 Reuter West 電廠現代數位化主控制室,圖中間者為當值值班主任，右側則為隨行的 PROMECON 公司專家 Christian Polzin (Head of Project Management)。

在該電廠已陸續裝設的 PROMECON 線上監測儀器如圖示,有下列三大類:



MECONTROL Air: 64 x secondary air, 24 x primary air for boiler control(如右上圖)

MECONTROL coal: 32 x velocity of coal to every burner (如左上圖、左下圖)

MECONTROL UBC: 6 x for ash quality control (如右下圖)

3 參訪 Gelderland 電廠 / Electrabel (Nijmegen, Netherlands)

Gelderland 電廠為配合混燒 25% 生質燃料(25% biomass co firing) 的 590 MW 燃煤鍋爐(Stork Boilers, wall fired)，其具特色之主要相關設備如下列各圖說明：



Gelderland Power Station / Electrabel
(Nijmegen, Netherlands)



左圖顯示螺旋飼料機(Screw Feeder)設備將粉末生質燃料送入燃料主要輸送管，並接續由風扇供氣推送注入至燃燒器。



圖左為併列之生質燃料各輸送管段，於維護操作平台上方可隱約看到凸出的一些感測器，作為生質燃料流量控制用(PROMECON MECONTROL coal 24 x for biomass firing control)，近看如箭頭處右圖所示，各生質燃料垂直輸送管段皆個別裝設有 4 支(兩組)微波流量感測器。



如圖示為鍋爐本體及二次風管段的 Venturis，在其喉部內各埋設有 PRPMECON 的感測器 McON Air。



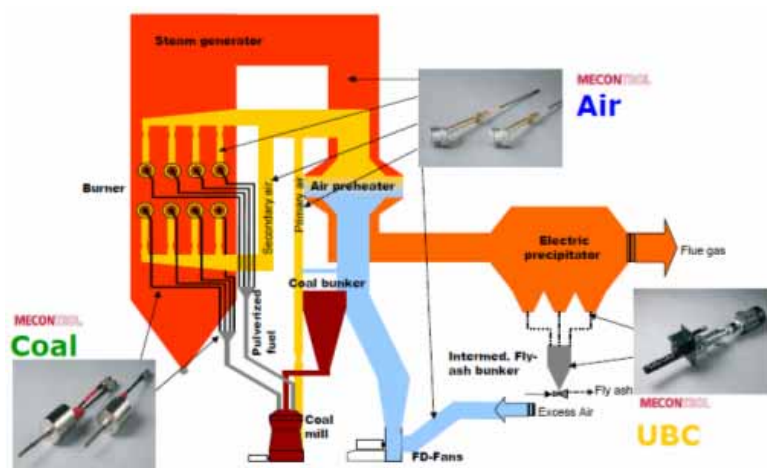
如圖示為燃煤分管注入生質燃料，鍋爐仍沿用舊的 Low Nox 燃燒器設備(The Dutch manufacturer STORK)，基本上燃燒器本身並未因為加用生質燃料而作修改，而是採取直接在燃燒器上游燃煤分管處注入生質燃料，如圖中彎管處即為生質燃料之注入點。



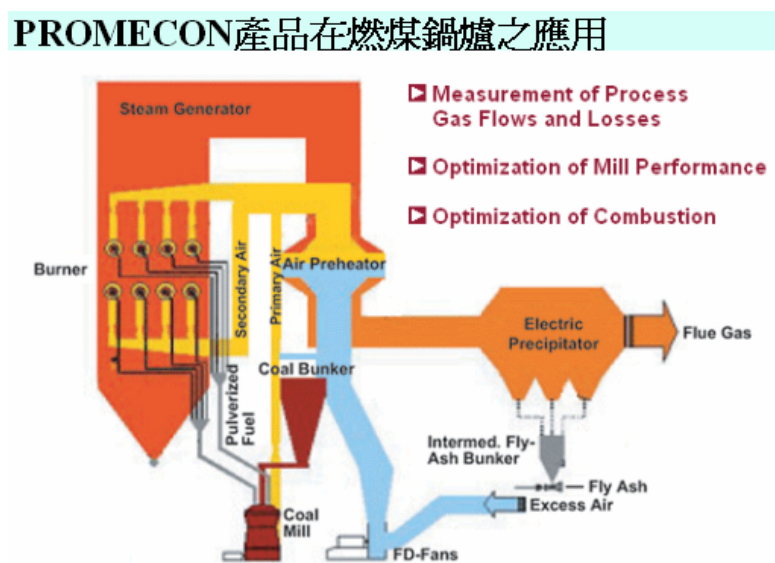
如圖示為受建築物包圍之磨粉機，其上方各有旋風器設備將生質燃料粉末由流動氣體內分離後收集，其次可看到各生質燃料輸送管從生質燃料倉底部外接出來。

二、PROMECON 相關線上測儀與應用

PROMECON 公司的相關線上測儀產品，依應用產業區分有發電鍋爐、水泥廠、煉鋼廠等三大對象，於此僅針對發電鍋爐範圍探討其應用，則依測定環境介質可簡單區分為如下圖所示三大區塊：1.MECONTROL Coal 測儀 -- 粉煤二相流測定(含粉煤之流速、細度分佈、質量流率等)、2.MECONTROL Air 測儀-- 氣體 (含一次空氣、二次空氣、火上風空氣、燃燒煙氣等)流速及溫度測定、3.MECONTROL UBC 測儀-- 飛灰未燃碳含量測定(可含飛灰細度分佈)等。



上述產品之應用，若依主要功能則可歸類如下圖說明為 a. 磨煤機效能最佳化應用 (Optimization of Mill Performance)、b. 燃燒器燃燒效能最佳化應用 (Optimization of Combustion)、c. 煙氣與飛灰未燃碳含量改善應用 (Measurement of Process Gas Flows and Loss) 等三大項,並於各大項下簡列出其主要工作內容如下頁條列(右側為對應之測儀)。



Optimization of Mill Performance

■ Measurement and control of dust contaminated air velocities	▷ MECONTROL coal McON^{air}
■ Measurement and control of fuel distribution	▷ MECONTROL coal
■ Heat balance of mill	▷ McON^{temp} McON^{air}
■ Accurate Primary Air control	▷ McON^{air}
■ Increasing dynamics of mill operation	▷ McON^{temp}

Optimization of Combustion

■ Fuel distribution to the burners	▷ MECONTROL coal
■ Adjustment of Secondary Air	▷ McON^{air}
■ Adjustment of flame length	▷ MECONTROL coal McON^{air}
■ Monitoring of coal deposits in burner pipes	▷ MECONTROL coal
■ Better control over individual air registers (Core Air, Secondary Air, Swirl Air etc.)	▷ McON^{air}

Optimization of Gas Flows and Losses

■ Measurement of Flue Gas loss	▷ McON^{temp} McON^{air}
■ Measurement of Unburned Carbon	▷ MECONTROL ubc
■ Monitoring of Fly Ash quality	▷ MECONTROL ubc
■ Scrubber optimization by Gas Flow balance	▷ McON^{air}

1. MECONTROL Coal

本項測儀應用於粉煤二相流，其組成設備如下圖所示含工作站、及感測器等、，主要線上測定功能選項有粉煤流速、粉煤細度分佈、粉煤質量流率等三項，標準規格如列表所示。



	Coal Sensor	PSA Sensor
Number of Channels:	4 (standard) up to 8 (add on option)	1 (standard) up to 2 (add on option)
Measurement Range:	Concentration: 50 g/m ³ – 10 000 g/m ³ Mass Flow: 0 t/h - 100 t/h Velocity: 10 m/s – 60 m/s	Particle Size 30 - 6000 μm, Velocity 0.01 - 50 m/s
Materials:	Ceramic Sinter Probe - long life	Ceramic Sinter Probe, Sapphire, Epoxy Resin Optics
Data Rate:	2 - 4 seconds	Up to 10 000 Particles per second, dependent on Process Conditions
Max Operating Pressure:	4 bar	4 bar
Operating Temperature:	0 - 150°C 0 - 110° C on housing	-20 - 130°C at measuring point, -10 - 60° C on housing
Dimensions:	Antenna Length: 50, 70, 90 or 120 mm	Tube length = 280 mm, Tube diameter = 25 mm
Air Supply:		adjustable Air Flow Meters, Pulse Flow with adjustable timer
Protection:	IP 54, NEMA 12 (IP 65, NEMA 4 and ATEX upon request)	IP 65, NEMA 4 (ATEX upon request)

The MECONTROL Coal™ Central Measurement Base Station controls all Sensors and collates data.

The following capabilities are provided:

- Full SCADA package (optional)
- Digital as well as Analogue I/O
- Full access via Modem/Internet/Ethernet
- Large Data storage capacity for months of on line data logging
- Inputs available for external signals (Such as Mill Feeder, Roller Pressure etc.)
- Derived data analysis on line, in real time (Mill Dynamics, Moisture Content of Coal)
- Industrialised Laptop as central computer for maximum flexibility
- Panel IP 54 Rated

MECONTROL Coal 的線上測定原理，如圖示係先於單根粉煤分管上由固定距離對應的兩支微波感測器(微波探頭伸入至管內空間)，測定其兩截面間距之間的粉煤質量密度，其次以兩支感測器利用靜電荷測取其訊號頻譜產生相關性時之特定時間間距以測定粉煤流速，然後經運算得出 質量流率 = 「粉煤分管截面積」* 「粉煤質量密度」* 「粉煤流速」。

Measurement Principle: Density

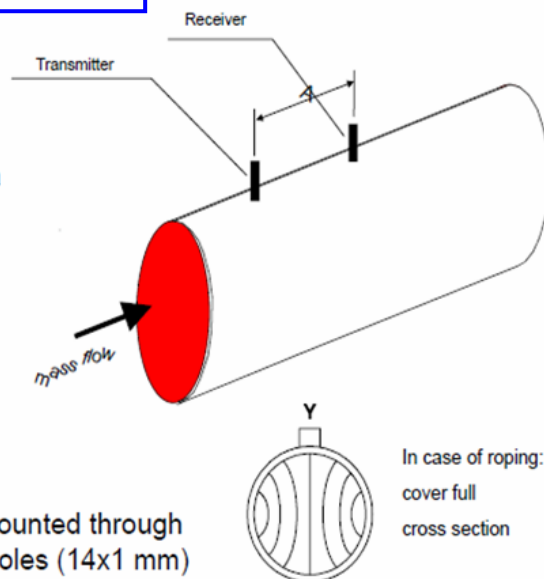
Microwave measurement:

2 sensors in one pipe are used to measure the coal concentration over the FULL cross sectional area of the pipe

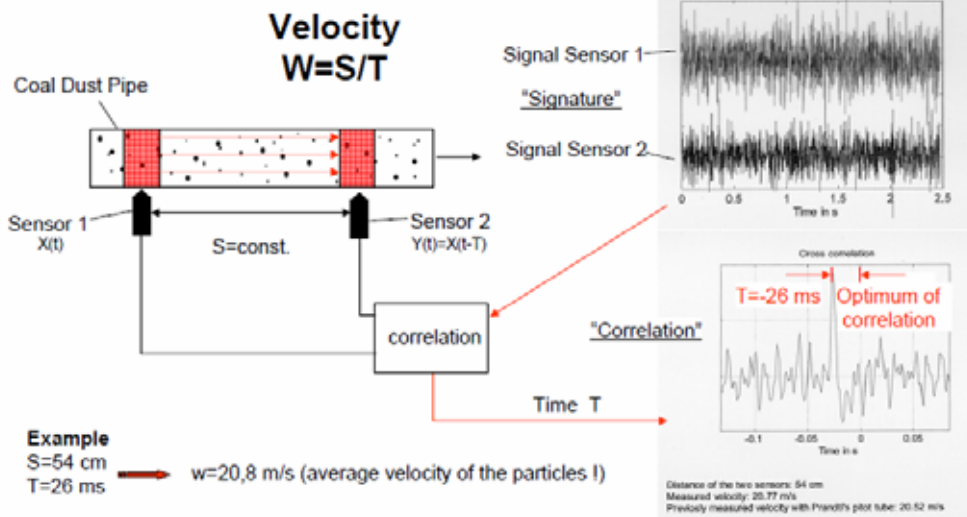


Easy installation:

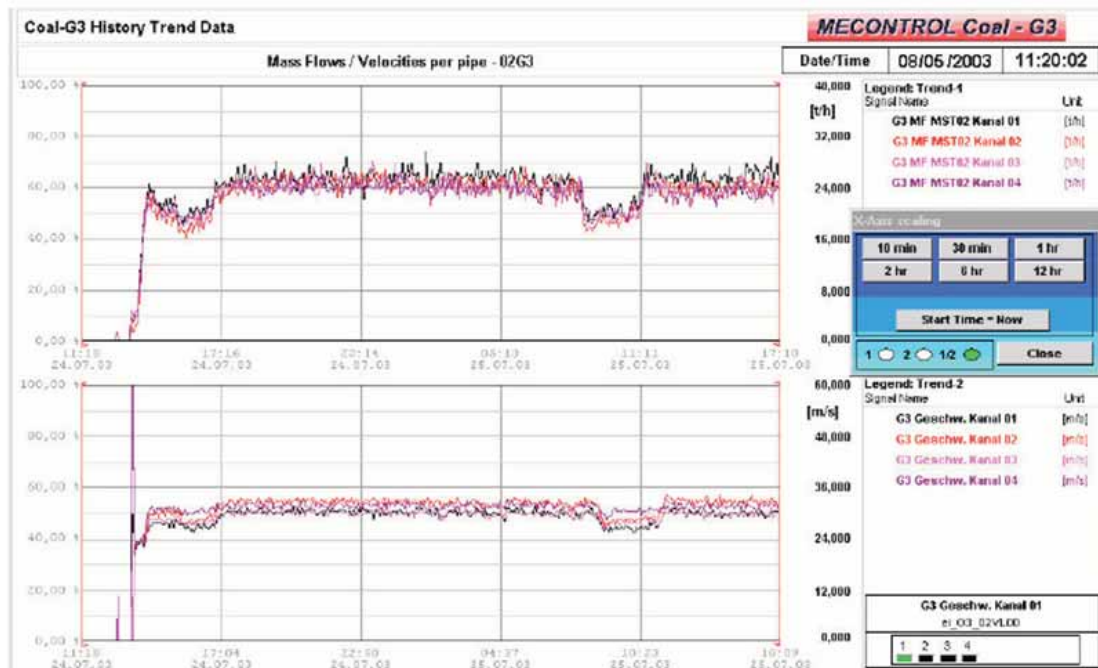
The sensors are mounted through easy drill and tap holes (14x1 mm)



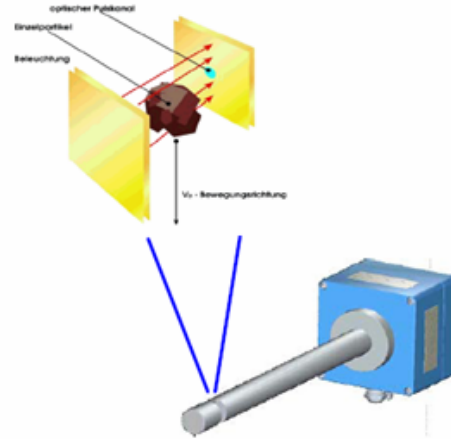
Measurement Principle: Velocity



如下圖為絕對質量流率(t/h)及絕對流速(m/s) 以 MECONTROL Coal 作線上測定結果，。

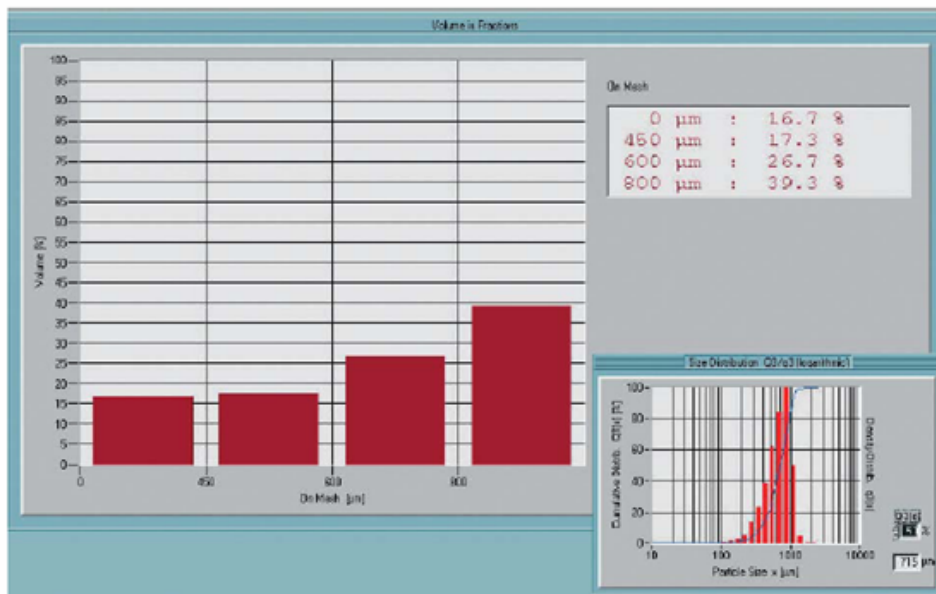


MECONTROL Coal psa Particle Size Analysis



雷射分析感測器係伸入粉煤分管內，利用雷射質點影像技術 (Laser Velocimetry) 提供快速且可靠的測定結果，達到每秒鐘 10,000 個粒子的計數，準確度達到 $\pm 3\%$ 誤差範圍內。如圖示為線上進行粉煤細度分佈之分析結果。

Particle size distribution



Example: Biomass PSA

2. MECONTROL Air

本項測儀應用於氣體流速測定(含一次空氣、二次空氣、火上風空氣、燃燒煙氣等)，設備如下圖示、感測器規格如列表。



Air Sensor	
Air Measurement:	Cross Correlation
Measurement Cycle:	5 - 7 sec
Measurement Accuracy:	2% (typical), 0.1% repeatability
Measurement Range Velocity:	10 - 40 m/s (32.8 - 131.2 ft/s) standard
Operating Temperature:	10 - 400°C (standard sensor); up to 1100°C (high temperature sensor)
Channels per Cabinet:	4, 8, 16 or 32 (standard)
Sensors per Channel:	2
Redundancy:	possible (IPC, power supplies, I/Os)
Data Communication:	Standard output per channel: 1 x 4 - 20 mA (velocity) Optional input per channel: temperature, pressure Modem, PROFIBUS (other interfaces available upon request)
Error Contacts:	Switching contact (cabinet fault) Fault contact per measurement channel
Protection:	IP 65, NEMA 4

3. MECONTROL UBC

飛灰未燃碳含量測定(含飛灰細度分佈)，儀器控制箱及系統功能規範，如圖示。

The MECONTROL UBC^{PSA} Central Measurement Base Station controls all sensors and collates data.

UBC^{PSA}

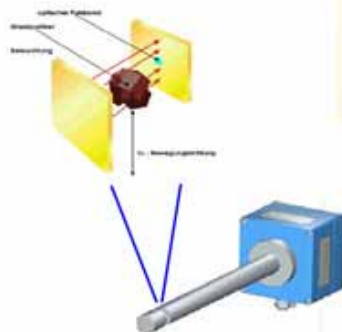
The following capabilities are provided:

- Full SCADA package (optional)
- Digital as well as Analogue I/O
- Full access via Modem/Internet/Ethernet
- Large Data storage capacity for months of on line data logging
- Inputs available for external signals: boiler enable signal
- Panel IP 65 rated (optional)



MECONTROL Base Station

MECONTROL Coal psa Particle Size Analysis



- On line Unburned Carbon Measurement
- On line Particle Size Measurement
- Market leading Technology

所使用的感測器有固定週期自動取測「飛灰未燃碳含量」及測定「飛灰細度分佈」兩種，詳細規範如列表。

	UBC Sensor	PSA Sensor
Number of Channels:	4 (standard) up to 8 (add on option)	1 (Standard) up to 2 (add on option)
Measurement Range:	0 - 20% (standard)	Particle Size 30 - 6000 μ m, Velocity 0.01 - 50 m/s
Measurement Accuracy:	+/- 0.6% based on 1 Sigma (0 - 10%)	Repeatability better than +/- 3%
Materials:	Steel probe with hardened conveying screw	Ceramic Sinter Probe, Sapphire, epoxy resin optics
Data Rate:	2 - 10 minutes (depending on Ash Flow)	Up to 10 000 particles per second, dependent on process conditions
Operating Temperature:	0 - 150°C	-20 - 130°C at measuring point, -10 - 60°C on housing
Dimensions:	Screw insert depth: 300 mm Outside length of shaft and motor: 600 mm	Tube length = 280 mm, Tube diameter = 25 mm
Air Supply:	adjustable Air Flow	adjustable Air Flow Meters, Pulse Flow with adjustable timer
Protection:	IP 54, NEMA 12	IP 65, NEMA 4

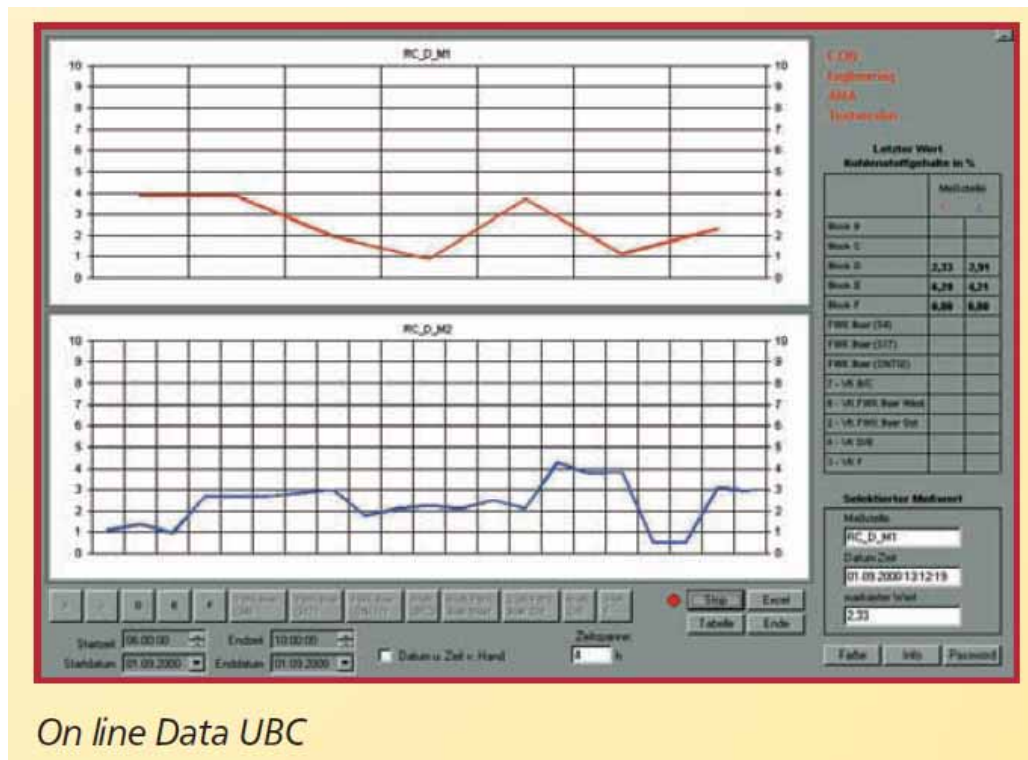


測定「飛灰未燃碳含量」感測器安裝於現場灰倉(Ash Bunker)底部，自動裝置如圖示，於預設週期內進行適量之飛灰取樣，以微波共振方式測定飛灰未燃碳含量、傳送數據、自動清除飛灰樣品等線上自動測定程序。其微波共振式測定原理，係依據下列公式推算：

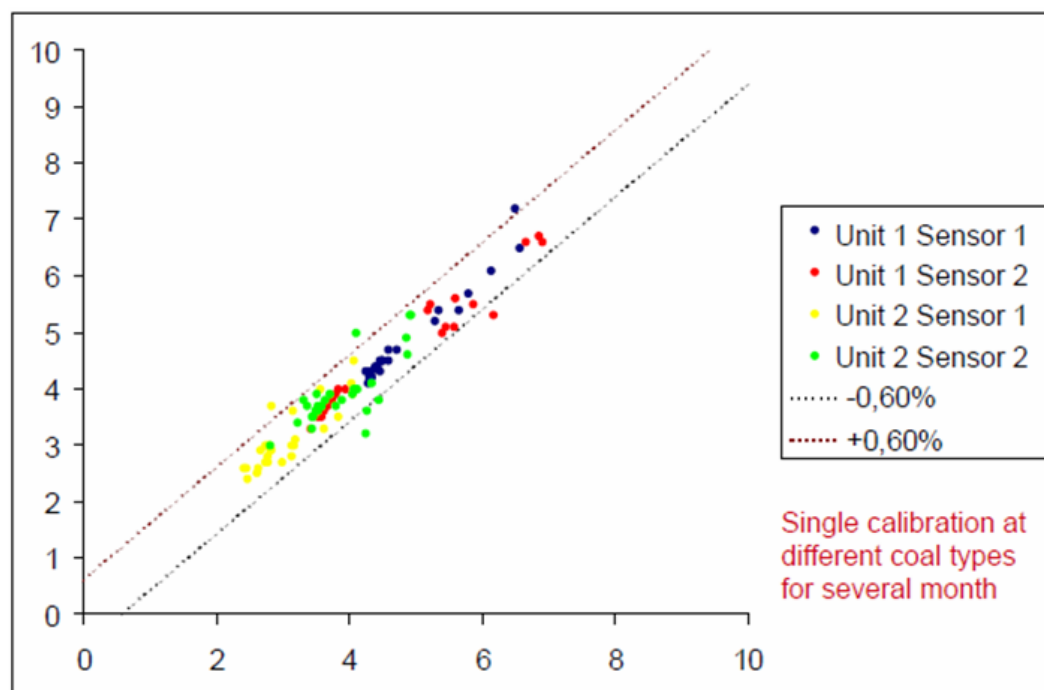
$$UBC = A + B * \Delta(f)$$

其中 A, B 為校正常數；由於特定未燃碳含量的飛灰有其相對應之介電值 (Dielectric Constant)，而特定的介電值有對應之微波共振(衰減)頻率，依此由測定頻率偏移值 $\Delta(f)$ 可反推算出該受測飛灰樣品之未燃碳含量。

下圖為 MECONTROL UBC 線上自動取測結果，各通道之未燃碳含量即時趨勢線。



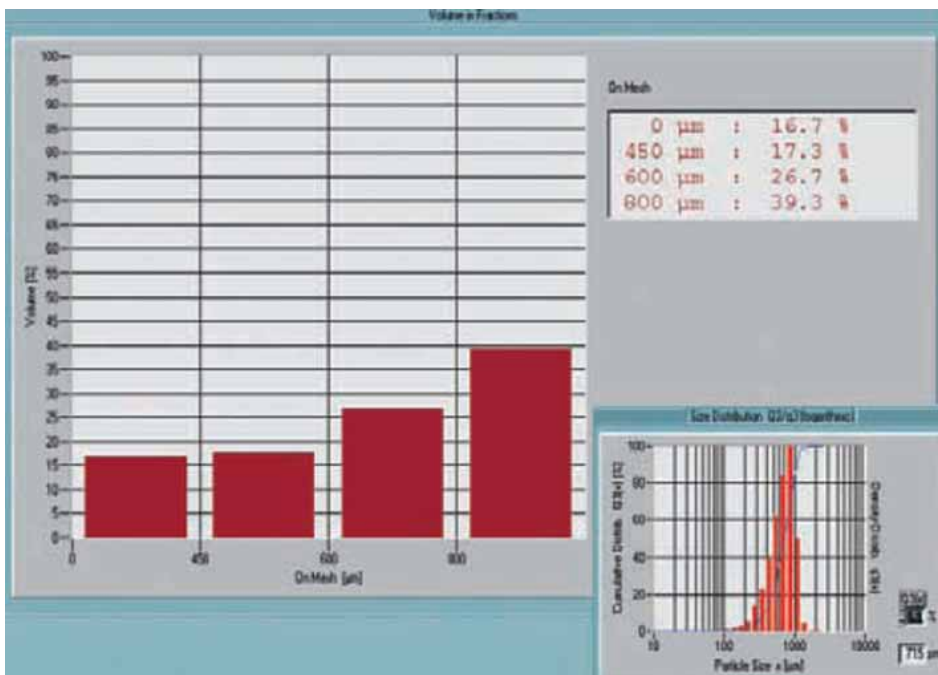
下圖顯示，經歷數個月運轉期間(燒用不同種類之燃煤)，MECONTROL UBC 線上自動取測結果與個別效正數據之比較，其準確度可達到 $\pm 0.6\%$ 誤差範圍內。





測定「飛灰細度分佈」之感測器安裝於現場灰斗(Ash Bunker)出口處並伸入飛灰內，利用雷射質點影像技術(Laser Velocimetry)提供快速且可靠的測定結果，達到每秒鐘 10,000 個粒子的計數，準確度在 $\pm 3\%$ 誤差範圍內。

如下圖所示，為 MECONTROL UBC 進行粉煤細度分佈之線上測定結果。

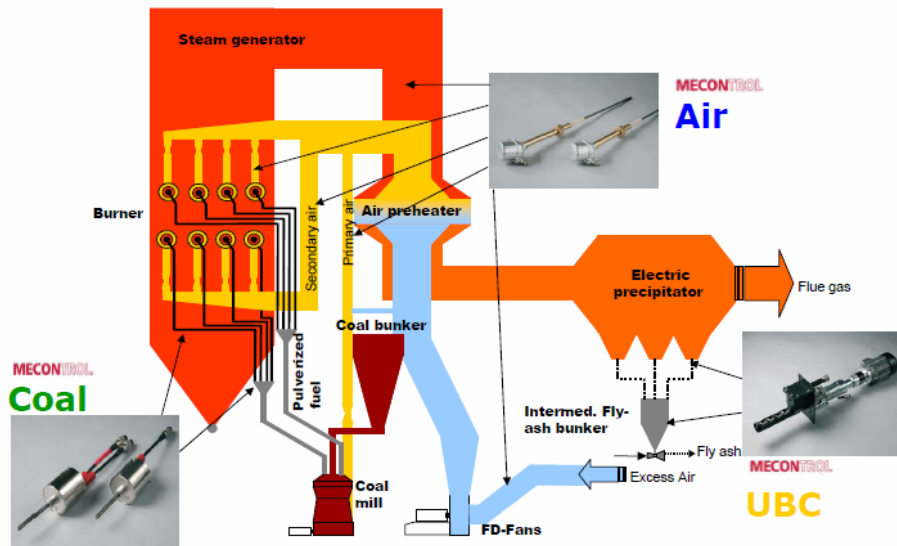


三、燃煤鍋爐粉煤平衡技術之應用與展望

1. 鍋爐有效燃燒之 13 項法則與測儀應用

值得注意的是上述 PROMECON 之相關測儀仍以實務應用為主，係圍繞著「鍋爐有效燃燒之 13 項法則」(13 Golden Rules for Efficient Combustion)為核心而發展,如下列之鍋爐系統佈置示意圖，可區分成燃料準備階段、燃料傳輸至燃燒器階段以及燃燒調整階段等,其對應於 PROMECON 線上測儀之應用詳如列表。

System Application for Boiler Optimization



I. Fuel preparation:

No 1. Fuel shall be consistent in size and quality

No 2. Fuel shall be fed to pulverizer by an accurate feeder (gravimetric feeder)

No 3. Pulverized fuel shall be 75% below 70 μm and less than 0.1% larger than 200 μm .

MECONTRON Coal psa

II. Fuel conveying to the burners:

- | | | |
|-------|---|----------------------|
| No 4. | Primary air flow needs to be measured and controlled to a tolerance of 3% of full scale value | MECONTROL Air |
| No 5. | Primary air to fuel ratio shall be accurately controlled when above the minimum | MECONTROL Coal |
| No 6. | Fuel velocities shall always be higher than 23 m/sec | MECONTROL Coal |
| No 7. | Mill outlet temperature shall be consistent and controlled temp to a tolerance of 5 K | McON ^{temp} |
| No 8. | The balance of coal velocities on all pipes shall be within a tolerance of 2 m/sec | MECONTROL Coal |
| No 9. | The coal mass flow distribution shall be within a tolerance of 5 % | MECONTROL Coal |

III. Combustion:

- | | | |
|--------|--|---------------|
| No 10. | Secondary air distribution controlled to a tolerance of 5% | MECONTROL |
| No 11. | Overfire air distribution controlled to a tolerance of 5% | MECONTROL Air |
| No 12. | Swirl air settings controlled to a tolerance of 5% | MECONTROL Air |
| No 13. | Excess air level reduced to the point where UBC is below max target value (usually 5%) | MECONTROL UBC |

以下接續依粉煤燃料準備、粉煤燃料傳送至燃燒器、燃燒調整等三階段，分別說明「鍋爐有效燃燒之 13 項法則」各法則之應用實例:

1-1. 關於粉煤燃料準備階段

法則 1. 燃煤品質、粒煤尺寸應一致：

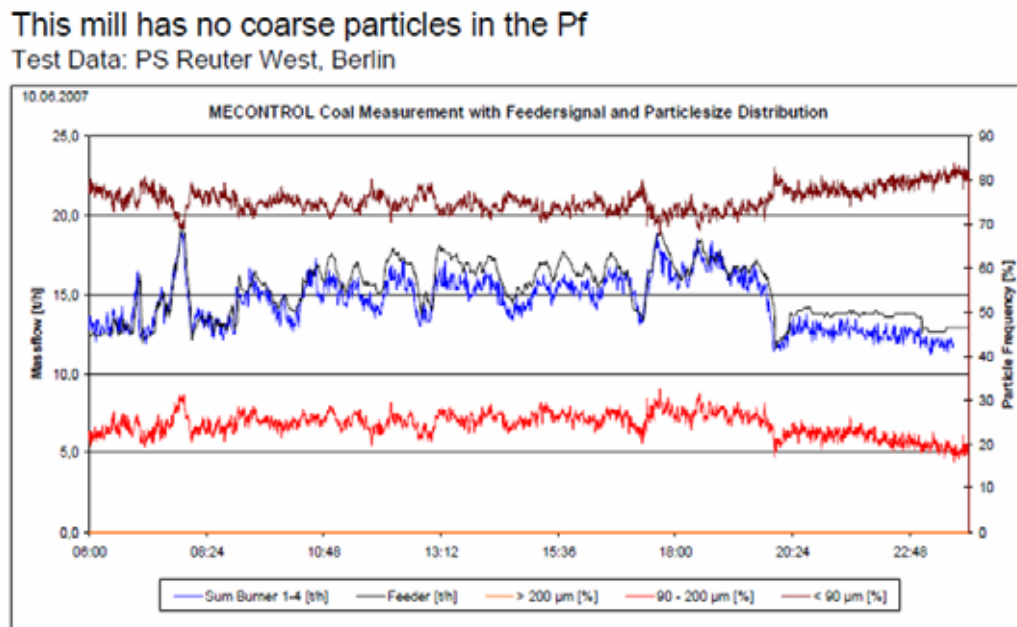
即燃煤品質應維持一貫性，粒煤應維持一致在約 50mm 大小。

法則 2. 各飼煤機輸送燃煤至粉煤機得收受精確控制:

如果飼煤機採稱重式，其飼煤率控制應可達 $\pm 1\%$ 準確度。

法則 3. 粉煤細度分佈得「細度 $< 70\mu\text{m}$ 者有 75%以上」且「細度 $> 200\mu\text{m}$ 者在 0.1%以內」

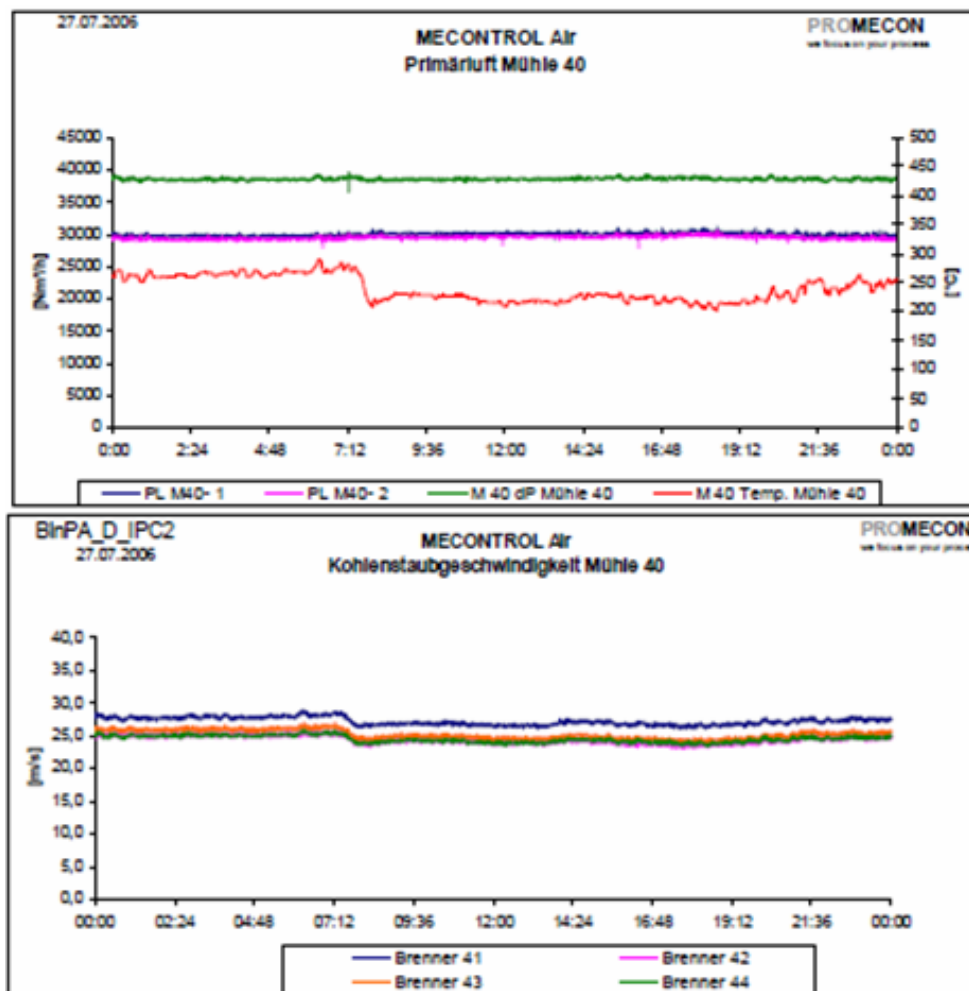
應用 MECONTROL Coal_Psa 線上測儀,實例如下圖顯示粗粒子($> 200\mu\text{m}$)趨近於 0%:



1-2. 關於粉煤燃料傳送至燃燒器階段

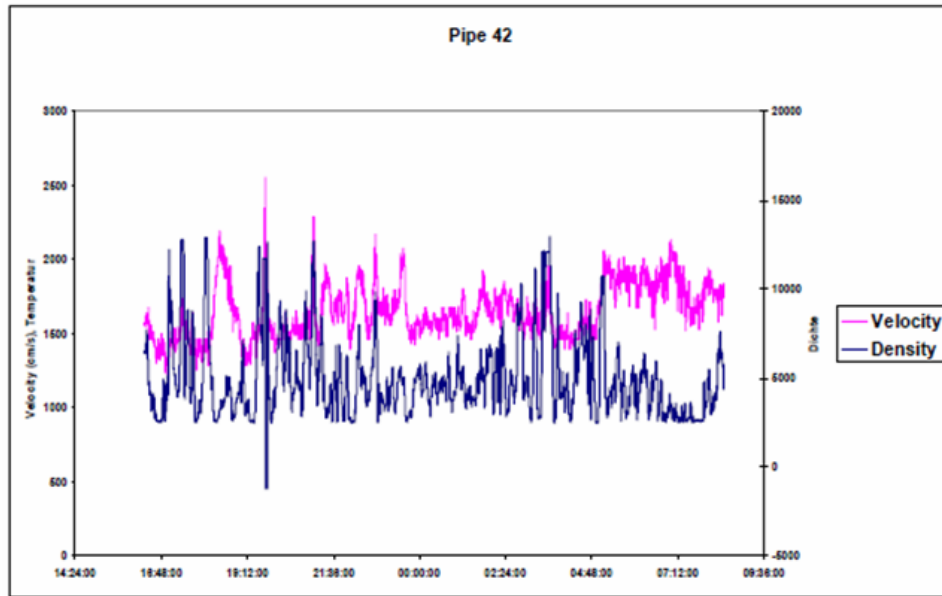
法則 4. 一次空氣流量得精確控制在 $\pm 3\%$ 以內

可應用 MECONTROL Air 線上測儀進行監控，實例如圖示(上)為進入粉煤機之一次空氣流量與溫度，如圖示(下)則為空氣流速：



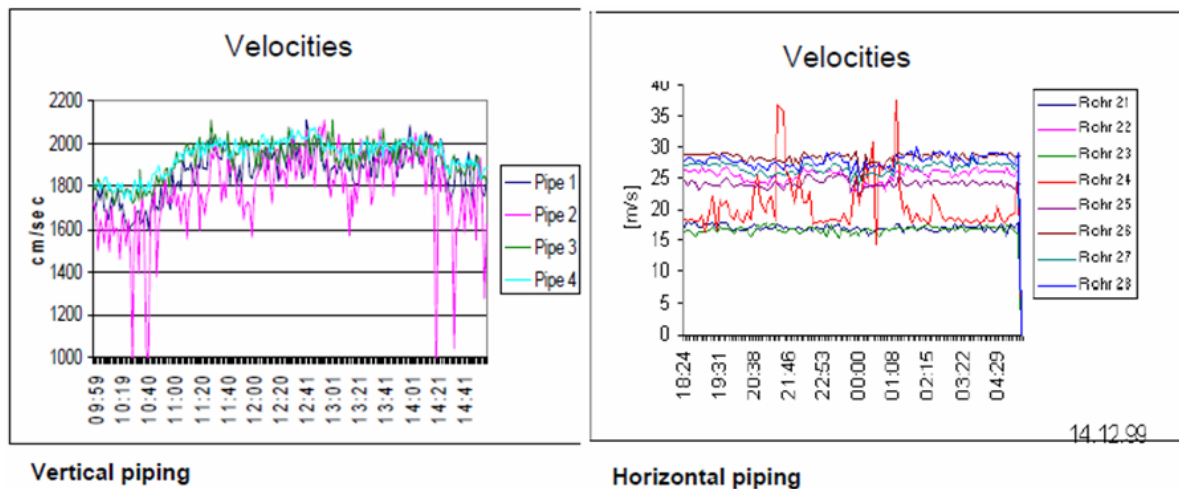
法則 5. 一次空氣與粉煤比例(空燃比)得精確控制在最小限值之上

可應用 MECONTROL Coal 線上測儀,顯示粉煤流速與濃度, 實例如下:



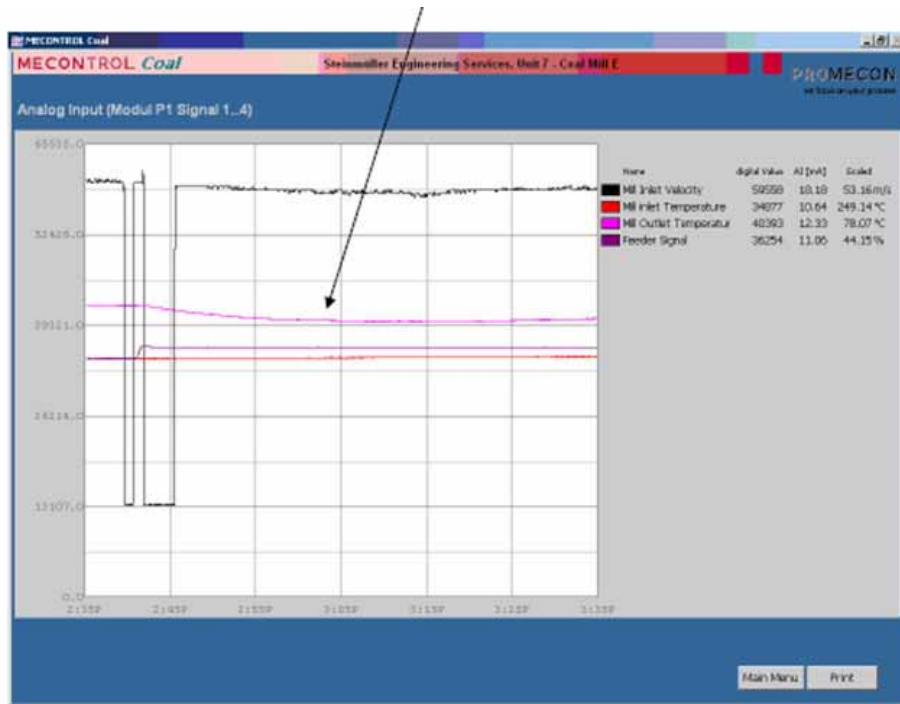
法則 6. 粉煤分管內粉煤流速最好維持在 23m/s 以上

雖然回火流速低限為 16.8 m/s，考量煤質變化及水平管易累積粉煤等裕度，粉煤分管內粉煤流速仍最好維持在 23m/s 以上，應用 MECONTROL Coal 線上測儀實例如下，觀察到圖(左)垂直管段、圖(右)水平管段於低流速時易產生劇烈波動現象。



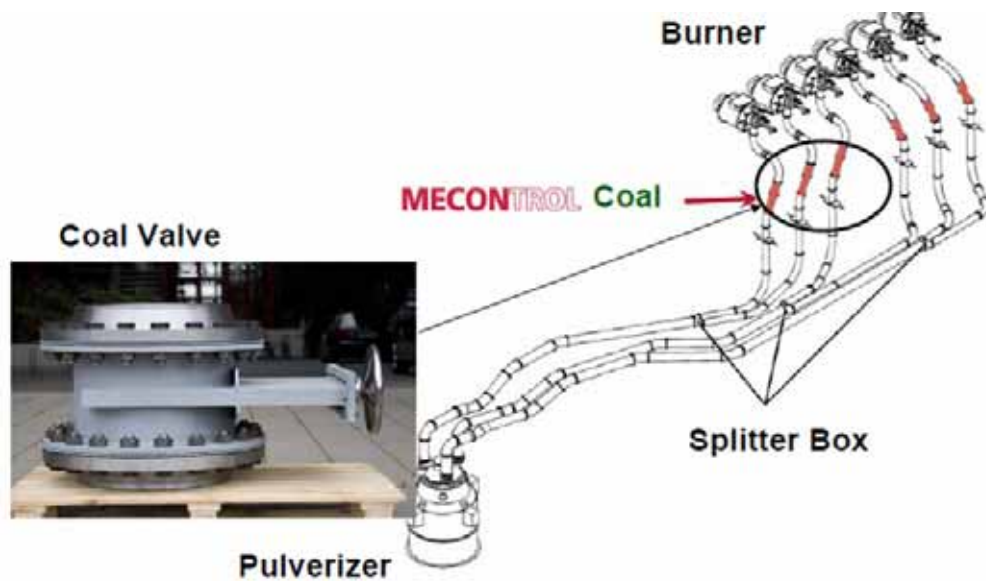
法則 7. 粉煤機(分管)出口溫度應經精確控制維持恆定(+5K)

可應用 MCON tmp 線上測儀，實例觀察如下，在粉煤粉流量維持不變下，粉煤機(分管)出口溫度仍有漂移現象,如圖箭頭所示:

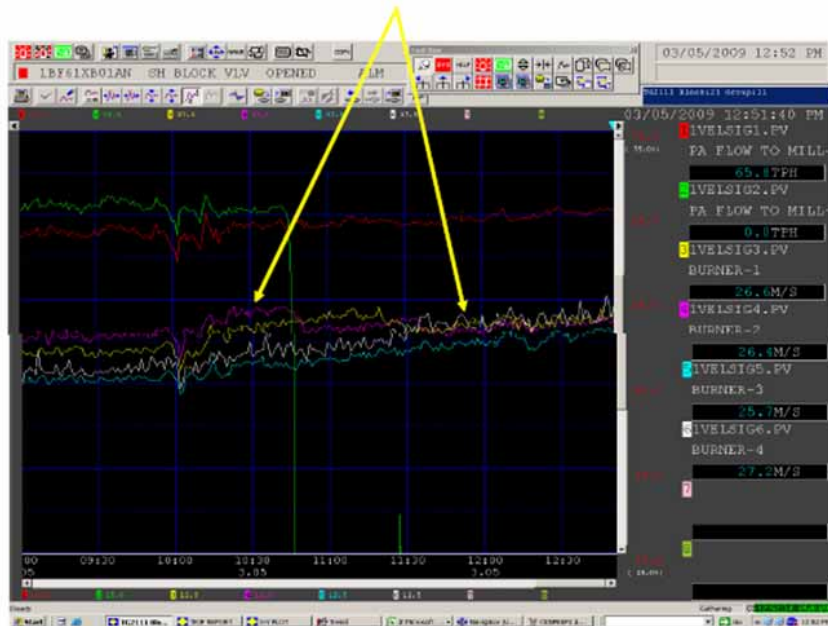


法則 8. 同一粉煤機之所有粉煤分管流速應調平衡在差值+2m/s 內

如下圖為配合在粉煤分管垂直段使用可調式節流閥(Adjustabl Orifice)作粉煤分管流速平衡調整。

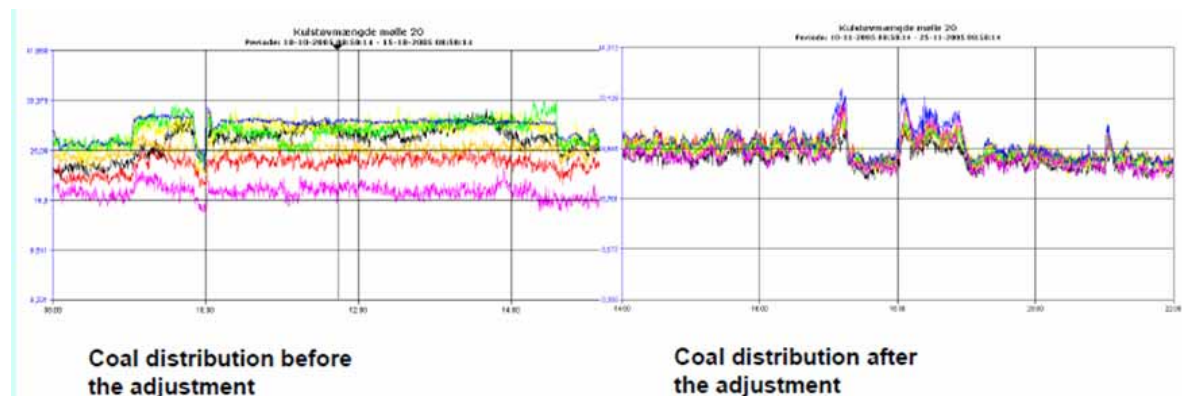


如下圖為 MECONTROL Coal 線上測儀之應用實例，箭頭處經由可調式節流閥作粉煤分管流速平衡過程，原本分管之間大的流速差異現象經調整後已趨於一致。



法則 9. 同一粉煤機之所有分管粉煤流量應調整平衡使偏差在 5% 以內

如下圖為 MECONTROL Coal 線上測儀之應用實例，可監測到各粉煤分管粉煤流量平衡調整過程，調整前(如圖左)流量差異較大，以及經過一番調整後(如圖右)各粉煤分管粉煤流量已趨於平衡。



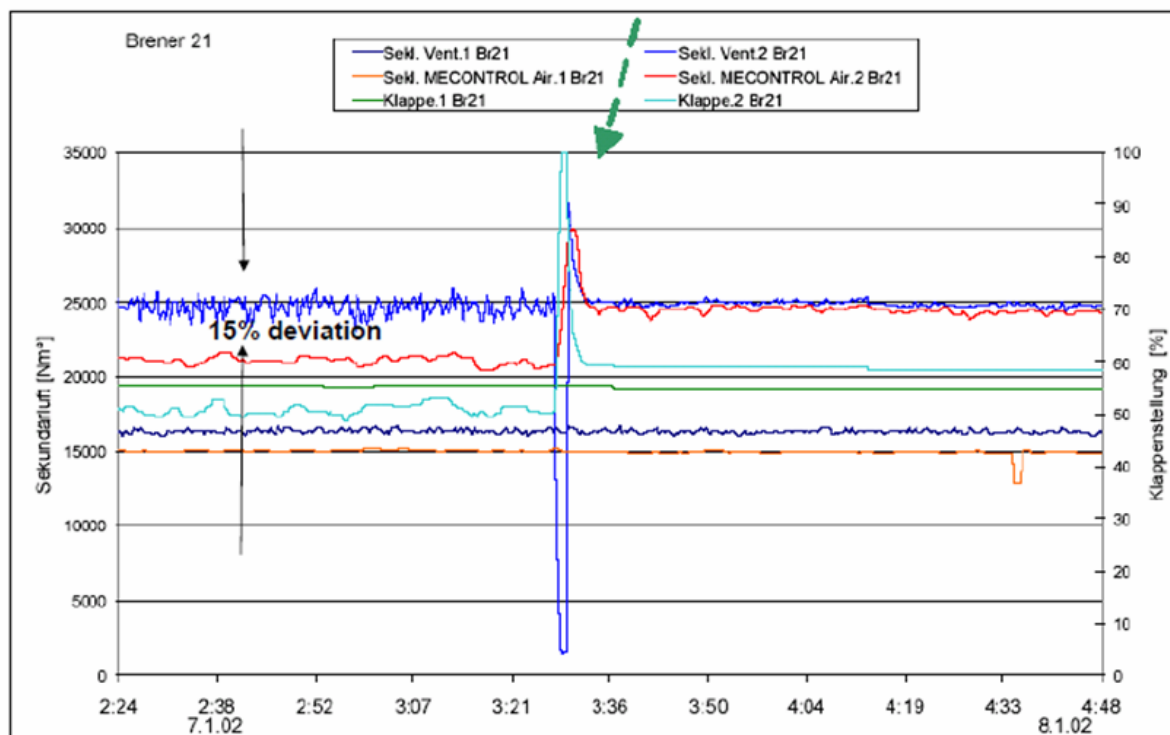
1-3. 關於燃燒調整階段

法則 10. 二次風空氣分佈得精確控制在 $\pm 5\%$ 以內

法則 11. 火上風門空氣分佈得精確控制在 $\pm 5\%$ 以內

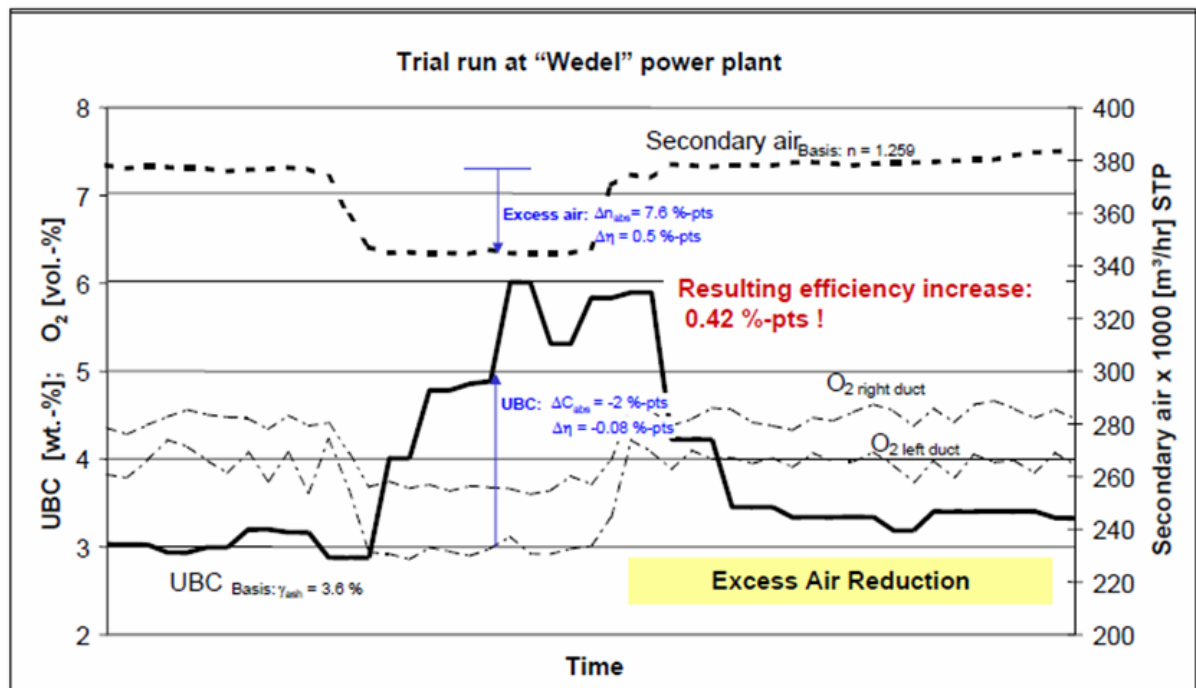
法則 12. 燃燒器渦漩空氣得精確控制在 $\pm 5\%$ 以內

MECONTROL Air 線上測儀可應用於法則 10.~法則 12.等監控，實例如下圖為二次風空氣與火上風門空氣之調整，箭頭處為以往利用差壓測定方式會出現之典型問題：



法則 13. 調降過剩空氣水準使飛灰未燃碳在高限值附近(一般設為 5%)

利用 MECONTROL UBC 線上測定飛灰未燃碳，實例如下圖，當調降過剩空氣水準使飛灰未燃碳在高限值附近，即使飛灰未燃碳稍昇 5%附近致使鍋爐效率下降 0.08%，但由於調降過剩空氣水準使鍋爐效率提昇 0.5%，最終結果仍使鍋爐效率提昇了 0.42%。



2、燃煤鍋爐粉煤平衡技術之應用與展望

2-1 一次空氣(Clean Air)與髒空氣(Dirty Air)流量

目前傳統式主要測儀應用係以 GE 公司出品的髒空氣皮托管 (DAP / Reverse Impact Type)進行粉煤分管一次空氣(Clean Air Test or Dirty Air Test)流速測定分析,測定方式係在粉煤機下游適當位置,採用 ASTM/ASME 測定法於粉煤分管截面在(單孔)直徑方向依規則取測多點,至少需為相垂直的兩個孔口,適當之取測孔數目則依測定規則而預規劃。

PROMECON Air 係以管段上下游兩支間隔固定距離之感測器,利用靜電荷測取其訊號頻譜產生相關性時之特定時間間距,以求得粉煤髒空氣流速,理論上此測定方法應比傳統式更為精準,但類似之測定技術應用初期仍宜以經認可之 ASTM/ASME 測定法相比對。

施行粉煤平衡時若只針對粉煤機各分流管線之一次空氣(Clean air)作平衡,則由於空氣與粉煤粒子之間交互的二相流(Two-phase flow)存在,實際上所平衡結果將與粉煤髒空氣平衡(Dirty air)不吻合,比較三種不同的粉煤機(C-E, B&W, F-W)實際量測案例,經過使用限流器調整結果,所有粉煤管以平均流量值為準之總平均偏差狀況表示,發現一次空氣(Clean air)平衡結果之平均偏差遠大於粉煤髒空氣(Dirty air)平衡結果之平均偏差。

雖然試運轉時會於粉煤尚未加入狀況下,作一次空氣(Clean air)平衡測試,可確認管段已淨空、達成傳輸粉煤及防堵塞回火等流速,已具有管段系統阻力平衡基礎,但進一步為使實際運轉時燃燒器之粉煤平衡得以匹配適當空氣,必需接續施行粉煤髒空氣(Dirty air)平衡。

2-2 粉煤機粉煤細度分佈

傳統粉煤取樣,尤其為了測定粉煤細度(非測定粉煤流量)常取用ASME/ASTM 法,在垂直粉煤管上同一(適當高度)位置從相互交叉90度方向的兩個取樣孔沿著粉煤管直徑橫向施行取樣,此種取樣方法的結果被質疑是否受到”取樣抽取速率”及”管內粉煤流量分佈狀況一如繩索現象(Coal Roping)而影響取樣代表性?

從相關報告可得知變化取樣抽取速率對測定粉煤細度結果之影響(200Mesh粉煤粒子)相差8%以上，且由於ASME/ASTM Method無法函蓋整個粉煤取樣截面而使得管內粉煤流量分佈(Coal Roping)狀況對測定粉煤細度結果之影響(200Mesh粉煤粒子)有相差9%以上之情況存在。

ISO9931 (International Standards Organization) Method 的RotorProbe使用帶有4個取樣孔的旋轉探頭,取樣孔靠著經過特定期間的時間提供整個截面的取樣質量指示，測定結果更具代表性，是施行粉煤機效能測試時採用髒空氣流速之等動量抽取速率(Isokinetic extraction rate)使得粉煤細度更具代表性。故對粉煤細度進行等動量取樣時(特別可能存在有coal roping)採用 ISO RotorProbe 會優於採用ASME/ASTM。

目前傳統式應用係以 GE(手動機械式) 或 M&W ASKETEKNIK(半自動式)等旋轉式探測儀 RotorProbe 為主要測儀,同上項所述得考量避開粉煤分管內嚴重繩索現象發生處(Roping Effect),採用 ISO9931 測定規定要求進行等動量抽取得到之粉煤樣品,旋轉一圈 4 個取樣噴嘴掃過整個管段圓截面，更能避開分管內繩索現象之干擾影響,提供相對具粉煤機磨煤細度分佈分析之代表性樣品。

PROMECON Coal 之雷射分析感測器係伸入粉煤分管內，利用雷射質點影像技術(Laser Velocimetry) 提供快速且可靠的測定，此測定方法比傳統式取樣後分析更具即時性，但類似 PROMECON Coal 之測定技術在精準度方面,仍宜於應用初期以經過認可之 ISO9931 測定法相關測儀相比對。

2-3 粉煤分管質量流率(Coal Pipe Flow)分佈

粉煤分管質量流率其傳統式測定方式以往使用ISO9931 (International Standards Organization) Method 的RotorProbe 測儀，使用帶有4個取樣孔的旋轉探頭,取樣孔靠著經過特定期間的時間提供整個截面的取樣(樣品)質量指示，是以往施行粉煤機效能測試時除主要供作細度取樣工具也是過去(2001年之前)測定粉煤分管間之粉煤流量分佈的唯一可選用工具。

但由於 RotorProbe 測儀的現場使用常伴隨有施工實務上的不利因素，測定環境惡劣(如高粉塵、高噪音、通風不良高溫、空間操作性不良等)且 1 天內可測定之粉煤分管數量局限在 4 根~6 根範圍，單台粉煤機需測定期間長達 6~8 小時，此期間仍得面臨煤質變動、粉煤管內繩索現象、與分管之間質量流率分配之波動等變數之考驗，以致於技術上即使系統控制得宜儀器操作得當，於使用 ISO9931 RotorProbe 測儀

時仍必須費時費力經由反覆多次測定才能克服諸多干擾因素，獲取僅僅稍具代表性之粉煤分管質量流率分佈相關資訊。

可以想像得到，如果必需再逐步配合改變節流閥開度去進行粉煤分管之間的煤流分佈平衡調整，若配合反覆測定需求使用的仍是 ISO9931 RotorProbe 測儀，則在實務上將是多麼艱辛的工作，但文獻指出(如下表所列) 1993 年 ~ 2001 年的 8 年期間，在美國已有 25 部以上的燃煤鍋爐(包含 78 台以上的粉煤機)曾經經由這樣的測定方式完成粉煤均流調整工作，並且有顯著的改善績效，對於完成工作的這些團隊其工作執著精神令人感到敬佩。

Coal Flow Balancing Experience with ISO RotorProbe™

Boiler Manufacturer		Firing Configuration
B&W (8) CE (11) Foster Wheeler (4) Riley Stoker (2)		T-Fired Single Furnace (1) T-Fired Divided Furnace (6) T-Fired Twin Furnace (2) Single Wall Fired (9) Opposed Wall Fired (4) Opposed Cell Burner (1) Turbo-Fired (2)
Unit Size	Pulverizer Type	Test Dates
50 MW to 685 MW	CE Exhauster (29) B&W Roller mill (27) Foster Wheeler Ball Tube Mill (16) Riley Stoker Ball Tube Mill (6)	1993-2001

隨著近 10 年來儀測之進展與燃煤電廠需求,市場上商業化的儀器裝置(如下表所列)被用來量測粉煤分管內的粉煤流量,其中有許多的量測原理已受廠家和研究機構所採用,但仍然以具備非接觸式、多頻道同步量測功能特性之微波發射(Microwave injection)、靜電偵測(Electrostatic detection)及超音波量測(Acoustic measurements)等測儀最具競爭力。

其中微波系統使用相對低頻的電磁波,能夠監測整個管段區域且對於粒子形成的繩索狀態與屯積現象相對不具敏感性，粉煤濃度可直接經由粉煤粒子測得訊號(優於處理雜訊與靜電荷訊號之推論方式),廠家並宣稱經校正之後可以測得粉煤流量的絕對值，目前應用此原理發展粉煤質量流率測儀較具規模的廠家，如下表有 SWR Engineering (Germany)、PROMECON (Germany)兩家，以下就工作原理與產品略作敘述。

德國 SWR 公司所發展的微波流量計測系統,宣稱可同時量測相對粉煤流量及絕對粉煤流量(需校正)且準確度可達 $\pm 2\%$ 以內,系統功能不受粉煤粒子大小或燃煤種類等所影響並且可以免除粉煤之累積與磨耗,所使用的三組微波傳送器/接收器裝置在軸向分隔 120 度分別安裝,發射的微波能量約 24.12GHz 藉陶磁接頭傳入粉煤管內,並由粉煤移動粒子彈射回來之訊號進行量測,由於欠缺訊號之定義無法應用至流速(cross-correlation velocity),必需套接於 25mm 的孔口,探頭與管內壁切齊,校正過程需經由 ISO9931 等動量取樣方式來達成。

Company	Country	Principle	Parameters	Mode of sensing
ABB Automation	UK	Electrostatic	Velocity Concentration	Non-Restrictive
Acoustica	Norway	Ultrasonic	Concentration Velocity	Non-Restrictive
ClampOn	Finland	Ultrasonic	Concentration Velocity	Non-Restrictive
CSIRO Minerals	Australia	Acoustic	Concentration Velocity	Non-Restrictive
Flow Force Technology	Australia	Impact plate	Mass flow rate	Restrictive
GE(EER)	USA	Rotorprobe	Mass flow rate	Restrictive
INERCO	Spain	Rotorprobe	Mass flow rate	Restrictive
K-Tron	UK	Impact plates	Mass flow rate	Restrictive
M&W	Denmark	Rotorprobe	Mass flow rate	Restrictive
Milltronics	UK	Impact plate	Mass flow rate	Restrictive
Mission Instruments	USA	Rotorprobe	Mass flow rate	Restrictive
PCME	UK	Electrostatic Optical	Mass flow rate Velocity Concentration	Non-Restrictive and Restrictive
Oxford Instruments	UK	Electrostatic	Mass flow rate	Restrictive
Promecon	Germany	Microwave	Mass flow rate Concentration Velocity	Non-Restrictive
Ramsey	USA	Capacitance Microwave	Mass flow rate Concentration Velocity	Non-Restrictive
Rospen Industries	UK	Mechanical	Mass flow rate	Restrictive
S.E.G	UK	Coriolis	Mass flow rate	Restrictive
SWR Engineering	Germany	Microwave	Concentration	Non-Restrictive
TR Tech Int. Oy	Finland	Electrostatic	Mass flow rate	Restrictive
Truscott	UK	Impact plate	Mass flow rate	Restrictive

PROMECON 公司的系統採用(旋入並凸出在粉煤分管內)微波傳送器及微波接收器來量測粉煤流速及粉煤濃度,實地安裝時一個控制箱的微波產生器可供應至 32 根管路,每一隻管子的掃瞄時間約需 10 秒~20 秒,系統之排列組合方式,使微波發射在兩個相互垂直的平面,粉煤管管路作用如同微波導管只會受粉煤密度的影響,微波能量的實際頻率主要受管路幾何所決

定,從共振頻率與粉煤負載之間的偏差可測量出粉煤密度,宣稱可以不受管段上下游設備及煤質水份含量之影響,另下游增裝一支微波接收器可配合達成粉煤流速(Cross-correlation Velocity)量測。

2-4 粉煤平衡特性與調整方式之選擇

燃燒器管段之間的粉煤流量偏差與負載高低變化之關係,於滿載減至低載時通常管段的粉煤流量偏差原屬於中等的偏差會消除,而傾向“高”偏差的管段會保持在高位置,傾向於“低”偏差的管段則仍保持在低位置,故施行粉煤流量平衡之測定宜規劃於接近機組滿載之狀況下施行。

一般的燃煤發電鍋爐,運轉狀況下其各燃燒器分管管段與管段之間的粉煤流量偏差通常會大於 $\pm 20\%$ 以上甚至高達 $\pm 38\%$,故單獨只靠下游採用二次空氣變動,將甚少有機會調整使燃燒器的空燃比(air/fuel ratio)均勻化或燃燒均勻,因此大多數加裝低氮氧化物燃燒器(Low-NO_x burner)時鍋爐廠家會要求廠方配合調整使各粉煤機之粉煤流量縮小偏差至 $\pm 10\%$ 左右,故粉煤平衡技術有其普遍的需求性,也通常會在施行安裝即時粉煤流量測定儀器系統或者使用空燃比管理系統之前,提出建議要求先調好上游各粉煤機之粉煤平衡。

如果使用磨耗性不高的燃煤並且在節流器組件內側未產生明顯磨耗狀況,則經過相隔三年前後重覆量測粉煤流量偏差,由實測數據顯示其分佈型態並未改變,故使用“固定式陶磁節流器”(Fixed Orifice)通常可以很有效益地達成粉煤流量平衡並維持數年之久,對於會有燃料混拌改變或未來將有燃燒器更新或者使用易磨耗燃煤等情況,則應考慮配合使用“可調式節流器”(Adjustable Orifice)。

另外,唯有在粉煤機上游配合使用校正過的飼煤機才能穩定達成鍋爐粉煤流量均勻化,故爲了達成鍋爐燃燒均勻且降低飛灰燒失量,有必要同時要求“應用節流器調整粉煤流量”及“定期進行校正飼煤機”,對於眾多目前已發展成商品之即時粉煤流量儀測系統(Real-time coal flow measurement systems),仍建議使用時必需和具工業標準之粉煤流量量測儀器(ISO 9931 RotorProbe)一起進行效能測試,即先經確認之後再行使用。

2-5 粉煤平衡與粉煤機效能最佳化

以上討論之測定技術所延伸之數據資料,經適度演算已足以就粉煤機效能診斷項目組合進行更深入之分析,諸如空燃比(Air/Fuel Ratio)、一次風風量分佈(Primary Air

Distribution)、髒空氣流速狀況(Dirty Air Velocity)、粉煤細度(Coal Finess)分佈、粉煤分管質量流率(Coal Pipe Flow)分佈等,如果再加上一般的煤質元素分析與粉煤細度分析等,則可以達成粉煤機之效能診斷分析。

由於粉煤機之研磨能量係燃煤水份/表面水份、可研磨性(HGI)及研磨結果之粉煤細度分佈,而粉煤細度之分佈狀況對施行粉煤流量平衡之結果又深具影響,雖然體積比例方面粉煤只佔一次風空氣的萬分之 3.6 (即 0.036%),但 2Kg 的一次風空氣卻匹配傳送約 1Kg 的粉煤,粉煤粗/細粒子容易受過高之空燃比產生動量差異而劣化其在煤流內之均勻分佈狀況,進而影響分管間之粉煤流量平衡,因此粉煤機先經由相關測試確認效能,並經由量化數據指引後,應有必要進一步作最佳維護排程與最佳化操作設定,以維持粉煤機效能最佳化,即維持容許特定粉煤細度分佈狀況之要求,也是長遠關照粉煤流量平衡之必要課題。

第 參 章 建 議 事 項

1. 粉煤均流(即個別粉煤分管空燃比(Air/Fuel Ratio))之變化會影響到粉煤機效能,進而衝擊燃煤鍋爐燃燒後之鍋爐效率、飛灰未燃碳含量、氮氧化物排放濃度、粉煤分管堵塞等,因而歐美儀器廠家體認可靠之”粉煤管流量測定與控制技術”確有其市場需求與重要性,10年來相繼投入發展粉煤均流改善先進技術,相關商業化測儀產品並已日益成熟接近實用階段,建議公司相關人員應就燃煤鍋爐燃燒效能改善計畫,積極引進並進行實測評估,以掌握相關先進技術應用在燃煤鍋爐節能減碳改善之時機。
2. 本公司99年4月2日第99次節約能源檢討會議指示及決議事項(八):有關燃煤發電廠之「粉煤系統平衡及燃燒調整」請綜研所、發電處及各火力電廠配合今年「節能減碳年」,積極規劃實施時程以展現績效;中期改善任務目前聚焦在粉煤系統平衡工作之達成,建議以安全為優先考量,應以目前傳統可靠並經驗證過之測定技術施行,而後續長期規畫建立在已完成之粉煤系統平衡改善基礎,應就燃燒調整工作積極引進相關改善資源,並延伸評估增加相關線上測儀之可行性與效益性。
3. 目前粉煤平衡工作之施行,除進行相關檢測外係配合採用安裝於各粉煤分管上節流閥之開度調整作為主,對於粉煤機運轉效能僅止於測試與評估,為使將來粉煤平衡技術之施行成效得以彰顯、粉煤平衡可獲得更精細之調控,建議公司在積極作為上應就「關照飼煤機校正工作之執行」及「進行粉煤機運轉效能最佳化改善」等再努力。
4. 建議本所藉國外廠家經驗及先進測定技術,先期於現場單台粉煤機建立效能評估系統,並逐步擴展至不同類型粉煤機進行運轉效能最佳化之相關改善研究,即擴展目前已建立基礎之髒空氣流速測定(DAP)、ISO9931 Rotorprobe 粉煤細度取樣、粉煤流率多頻微波測定等技術,配合相關需用線上測儀之引進與實測,建立及組合粉煤機多頻道運轉參數評估系統,以接續發展粉煤機效能改善技術。
5. 鑑於燃煤鍋爐之「粉煤系統平衡及燃燒調整改善工作」,是一件需要按部就班長期關照的任務,過程往往需要經由現場嚴謹實測才能逐步掌握改善方向,建議各電廠應就特定鍋爐現況先區分其改善需求之急迫性,階段性地依序就「燃燒可調控運轉參數之改善方案」、「添加線上儀測與局部修改設備之改善方案」、「得投注相當資源修改現有重大設備之改善方案」等層次,由逐步施行過程中掌握與評估接續待改善之重點工作項目。

附錄、PROMECON 之實績

MECONTROL Coal

Country	Company	Plant	Unit #	Capacity	Boiler Design	Pipes/use*	Year
Germany	E.ON	KW Knepper, Dortmund	1	400 MW _{e1}	Steinmüller wall-fired	4 M	1998
	E.ON	KW Wilhelmshaven	A	750 MW _{e1}	Babcock wall-fired	32 M&AC	1999
	EnBW	Altbach, Stuttgart	I, Block 5	460 MW _{e1}	Babcock/Steinmüller wall-fired	32 M	2001
	Mainova	HKW West, Frankfurt	2 (7)	90 MW	t-fired	15 M	1999
	SaarEnergie	Bexbach	1	700 MW _{e1}	EVT t-fired	8 M	2000
	STEAG	Lünen	20	350 MW _{e1}	Steinmüller wall-fired	8 M&MC	2000 (G2)
	STEAG	Lünen	20	350 MW _{e1}	Steinmüller wall-fired	8 M	2003 (G3)
	ALSTOM	Mobile system				4 M&MC	2006
	Infraserv	Höchst Frankfurt		100 MW		4 M&AC	2005
	Hitachi Power Europe	Walsum	2	800 MW	HPE	4 M&MC	2008
	Vattenfall	Reuter West	D	360 MW	Deutsche Babcock	4 + PSA, M	2007
Denmark	ELSAM	Nordjyllandsvaerket	3	440 MW _{e1}	BWE t-fired	4 M&MC	2003
	E2	Asnaes Power Station	5	750 MW _{e1}	BWE wall fired	48 M&MC	2004

	E2	Stignaes Power Station	1	360 MW _{e1}	BWE wall fired	24 M&MC	2005
Sweden	Vattenfall	Uppsala	1	430 MW _{e1}	ALSTOM	4 M&AC	2005
	Vattenfall	Uppsala	1	430 MW _{e1}	ALSTOM	8 M&AC	2006
	Boliden	Rönnskar	1	Smelter	ABB type mill	6	2009
USA	AEP	Philip Sporn	3	153 MW _{e1}	B&W roof-fired	10 M&AC	1999
	Allegheny Energy	Armstrong	1	163 MW _{e1}	FWEC wall-fired	12 M	1999
	Alliant Energy	Kapp	X	200 MW _{e1}	ABB-CE t-fired	8 M	2001
	Consumers Power	Campbell	1	265 MW _{e1}	ABB-CE t-fired	40 M&MC	2001
	Consumers Power	Campbell	2	385 MW _{e1}	B&W wall-fired	24 M&MC	2002
	Consumers Power	Cobb	5	156 MW _{e1}	ABB-CE t-fired	16 M&MC	2001
	Dynegy	Havanna	6	450 MW _{e1}	B&W wall-fired	16 M	2001
	First Energy	Sammis	X	600 MW _{e1}	B&W wall-fired	8 M	2001
	LG&E	Mill Creek	1	356 MW _{e1}	ABB-CE t-fired	8 M&MC	2000
	Mission Energy	Homer City	1	660 MW _{e1}	FWEC wall-fired	8 M	1999
	NSP	Sherbourne		500 MW _{e1}	ABB-CE t-fired	28 M	2000
	Santee Cooper	Jeffries	X	175 MW _{e1}	Riley wall-fired	8 M	2001
	SCE&G	Wateree	2	400 MW _{e1}	Riley wall-fired	8 M	2001

	TVA	Bull Run	1	950 MW _{el}	ABB-CE t-fired	8 M&MC	2001
	TVA	Cumberland	1	1.300 MW _{el}	B&W wall-fired	8 M	2000
	Xcel Energy	SherCo	2	740 MW _{el}	ABB-CE t-fired	8 M	2001
	Sun Flower		1	400 MW _{el}	B&W Wall fired	20 M&AC	2003
	First Energy	Bruce Mansfield	1	500 MW _{el}	CE	8 M	2006
	AEP	Kanawha River	1	150 MW _{el}	B&W	12 M&MC	2004
	AEP	Kanawha River	2	150 MW _{el}	B&W	12 M&MC	2005
Japan	J-Power	Takehara	3	700 MW _{el}	Hitachi 2-wall fired	48 M&MC	2003
	BHK	Mobile System				4 M&MC	2006
	IHI	Mobile System				4 M	2007
UK	RWE	Didcot Power Station	1-4	500 MW _{el}	B&W CEGB	4 mobile + PSA	2008
Ireland	ESB	Moneypoint	1	500 MW _{el}	Fostwer Wheeler	16	2009
Netherlands	Electrabel, Biomass	Gelderland PS	1	660 MW _{el}	Stork	24	2009
South Africa	ESKOM	Camden PS	2	360 MW _{el}	B&W	20 + PSA mobile	2009
	ESKOM	Grootvlei PS	1	200 MW	B&W	24 mobile	2010
Poland	Elektrownia Rybnik S.A. - EDF Group	Rybnik PS	all	400 MW _{el}	Rafafo	24 + PSA mobile	2009
China	EPRI	Laizhou	1-8	1000 MW	Danfeng	4 mobile + PSA	2009