

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

煤質切換對於燃煤電廠鍋爐性能之影響研究

出國人

服務機關：台灣電力公司

職稱：機械工程師

姓名：陳景林

出國地區：日本

出國日期：92年8月28日至9月10日

報告日期：92年10月31日

43/009203718

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：煤質切換對於燃煤電廠鍋爐性能之影響研究 Ccp203718

頁數 28 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：陳景林/台灣電力公司/綜合研究所/

機械工程師/ (02) 26815424#2210

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：92年8月28日至9月10日 出國地區：日本

報告日期：92年10月31日

分類號/目

關鍵詞：煤質切換、結渣、積灰

內容摘要：(二百至三百字)

本公司現有之能源配比中，燃煤發電基於成本較低，仍然佔有相當大的比例，然而目前政府正在規劃電力調度中心，屆時發電成本的高低，更是各電廠所關注的焦點，基於降低發電成本的考量，各燃煤電廠勢必改燒成本較低的煤質。因製造廠家原先設計鍋爐時均是燒特定煤質，惟各種煤質的熱值、灰份，水份、結渣及積灰等特性均不同，對於鍋爐所造成的影響如何，需進一步深入探討，故對於此煤質切換(coal switch)對於鍋爐性能所造成的影響，實為當前迫切需要之研究課題。

本次實習的主要任務目的概述如下：(1)、煤質切換：實習三菱公司燃煤電廠煤質切換之相關技術。(2)、污染排放物預測：評估三菱公司燃煤電廠污染排放物之預測及其修正技術。(3)、未燃炭過高問題：針對林口一號機未燃炭過高之問題，探討其改善對策。

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

目 錄

出國報告書審核表	
目錄	I
圖目錄	II
表目錄	III
第壹章 前言	1
1.1、出國緣由	1
1.2、出國目的	1
1.3、出國行程	2
第貳章 煤質特性分析	3
2.1、煤質種類	3
2.2、煤質成份及特性分析	4
2.3、煤質分析技術	5
2.4、結渣、積灰與燃燒特性	6
第參章 煤質切換之評估技術	13
3.1、煤質對鍋爐元件之影響	13
3.2、煤質切換之原則及標準試驗	18
3.3、煤質特性之量化指標	19
3.4、林一機燃煤混燒之建議	20
第肆章 感想與建議	28

圖 目 錄

圖 2.1	煤炭生成之流程圖	7
圖 2.2	各種煤質的 HGI 分佈圖	8
圖 2.3	燃煤鍋爐結渣與積灰區域分佈圖	9
圖 3.1	不同灰份煤質對機組性能之影響 ...	22
圖 3.2	林一機燃煤混燒燃燒器配置示意圖 .	23

表 目 錄

表 2.1	ASTM煤質元素分析	10
表 2.2	ASTM煤質工業分析	11
表 2.3	ASTM各種煤炭種類之分類方式	12
表 3.1	各種煤質特性對於鍋爐元件之影響 .	15
表 3.2	不同揮發物含量所需之粉煤細度 . . .	24
表 3.3	煤質結渣指標	25
表 3.4	煤質積灰指標	26
表 3.5	林一機混燒用煤質成份分析	27

一、前言

1.1、出國緣由

本公司現有之能源配比中，燃煤發電基於成本較低，仍然佔有相當大的比例，然而目前政府正在規劃電力調度中心，屆時發電成本的高低，更是各電廠所關注的焦點，基於降低發電成本的考量，各燃煤電廠勢必改燒成本較低的煤質。因製造廠家原先設計鍋爐時均是燒特定煤質，惟各種煤質的熱值、灰份，水份、結渣及積灰等特性均不同，對於鍋爐所造成的影響如何，需進一步深入探討，故對於此煤質切換(coal switch)對於鍋爐性能所造成的影響，實為當前迫切需要之研究課題。

本公司林口電廠一號機原先設計係燒省煤，目前因改燒澳洲或印尼煤，即造成未燃炭過高之問題，未來其他電廠如果改燒其他煤質，亦會遭遇到類似問題。故煤質切換已成為未來各燃煤電廠所面臨的迫切課題，為掌握煤質切換此一核心技術，建立自主性之研究能力，故有必要吸取國外鍋爐製造廠家有關煤質切換對於鍋爐性能所造成的影響之先進工程經驗，以提升本公司對於解決鍋爐燃燒問題之分析能力。

1.2、出國目的

此次出國任務主要係前往日本三菱公司，實習有關「煤質切換對於燃煤電廠鍋爐性能之影響研究」分析技術，選擇

三菱公司的主要理由，係因為三菱公司係世界著名的鍋爐製造廠家，且係林口一號機的原製造廠家，擬藉此實習機會吸取國外製造廠家之先進工程經驗，以提升本公司對於解決鍋爐燃燒問題之分析能力。本次實習的主要任務目的概述如下：

- (1)、煤質切換：實習三菱公司燃煤電廠煤質切換之相關技術。
- (2)、污染排放物預測：評估三菱公司燃煤電廠污染排放物之預測及其修正技術。
- (3)、未燃炭過高問題：針對林口一號機未燃炭過高之問題，探討其改善對策。

1.3、出國行程

本次出國實習期間為92.8.28~92.9.10，共計14天，民國92年8月28日搭乘長榮班機抵福岡機場，當日搭火車由博多轉往長崎，翌日赴三菱公司長崎造船所實習「煤質切換對於燃煤電廠鍋爐性能之影響研究」；8月30日搭乘火車由長崎轉往博多，再換乘新幹線由博多抵達東京三菱總公司展開實習，9月10日搭乘長榮班機由東京返回台北，詳細行程如下：

8/28	台北→福岡機場→博多→長崎
8/29	三菱長崎造船所
8/30	長崎→博多→東京
8/31~9/9	三菱總公司
9/10	東京→台北

二、煤質特性分析

2.1、煤質種類

圖2-1所示為煤炭生成之流程圖，由圖中可知，依煤炭的生成時間可將煤炭分為下列五種：(1)泥煤(peat)、(2)褐煤(lignite)、(3)亞煙煤(subbituminous)、(4)煙煤(bituminous)、(5)無煙煤(anthracite)，其中泥煤的生成時間最短，無煙煤的年代最久遠而且等級最高。一般而言，熱值及固定炭隨著煤炭等級提高而增加，然而，水分、揮發物及氧含量則隨著煤炭等級提高而減少。茲將各類煤炭分述如下：

(1) 泥煤：

為最先煤炭化之煤種，水分可達70%，熱值僅約3,000 Btu/lb。

(2) 褐煤：

為最低等級之燃煤，水分可達30%，熱值僅約8,300 Btu/lb，揮發物含量高及反應度(reactivity)佳為其優點，惟極易自燃。灰份中因含較多的氧化鈣及氧化鈉，係造成低灰熔點和嚴重結渣及積灰之主因。

(3) 亞煙煤：

熱值為8,300~11,500 Btu/lb，水分含量15~30%，容易自燃，揮發物含量較高，與褐煤相同，不具結塊性。如果鍋爐設計能提供足量的一次空氣，乾燥高水分之煤粉，或經由混拌降低平均水分含量，

則亞煙煤可為煙煤之理想替代燃料。

(4)煙煤：

熱值10,500~14,000 Btu/lb，固定炭含量為69~86%，熱值較褐煤和亞煙煤高，但水份和揮發物含量則較低，適合粉煤燃燒且少有自燃問題。

(5)無煙煤：

熱值約15,000 Btu/lb，固定炭含量為86~98%，惟揮發物含量極低，為緩慢燃燒之燃料，適合家庭使用。

2.2、煤質成份及特性分析

(1)固定炭(Fixed Carbon)

固定炭係揮發物散逸之後，所留下的可燃性物質。一般而言，固定炭係指燃料必須以固體狀態燃燒的部份。

(2)揮發物(Volatile Matter)

揮發物係指當煤炭被加熱至標準溫度測試時，以氣體或水蒸氣的方式散逸的部份。揮發物主要係由各種的有機氣體組成，一般係來自於蒸餾(distillation)或分解(decomposition)。當加熱時，揮發物產物比未揮發的剩餘部份，具有較高的氫/炭比。

(3)研磨性(Grindability)

研磨係數係指將煤炭研磨成煤粉時，相較於參考煤炭 (reference coal) 的難易度。此係數對於評估粉煤機容量時，具有相當大的幫助。研磨係數愈低，表示愈難研磨。最常用的有兩種決定研磨係數的方法，即 Hardgrove Grindability Method (ASTM D409) 與 Ball Mill Grindability Method，圖 2-2 所示為各種煤質的 HGI 分佈圖。

(4) 灰份分析

灰份分析係指灰份中的非有機物百分比。灰份分析常用以評估煤灰產生腐蝕、結渣 (slagging) 及積灰 (fouling) 的潛在可能性 (potential)。較有興趣的煤灰組成如下：silica (SiO_2)、alumina (Al_2O_3)、titania (TiO_2)、ferric oxide (Fe_2O_3)、lime (CaO)、magnesia (MgO)、potassium oxide (K_2O)、sodium oxide (Na_2O) 及 sulfur trioxide (SO_3)，以上所述之灰份分析資料可由船商的船運報告中取得。

(5) 熱值：

熱值之高低主要取決於煤中炭和氫之含量，可分為高及低兩種熱值，低熱值係扣除燃燒時由水蒸氣帶走之熱量。

2.3、煤質分析技術

煤質分析一般分為工業分析 (Proximate analysis) 及元素分

析(Ultimate analysis)兩種。工業分析主要係包括水份、揮發物、固定炭及灰份，為一較概略性且快速的分析方法。元素分析主要係包括煤炭組成的重量百分比，例如炭、氫、氧、氮、硫，為一較詳細且費時的分析方法，主要係用於較詳細的燃料分析及熱平衡計算。表2-1~表2-2所示為ASME的元素分析及工業分析制式方法。

2.4、結渣、積灰與燃燒特性

如煤灰的熔點過低，則在前爐將產生結渣現象，至於積灰一般發生於後爐區，圖2-3所示為一般燃煤鍋爐較常發生結渣及積灰的區域，其程度和範圍係受煤灰成份、鍋爐大小和形狀、溫度、煙氣速度、流場、氧化或還原環境及其他因素之影響。至於燃燒特性則包括下列的燃燒現象：(1)火焰的穩定性(2)火焰的長度或寬度(3)在上爐膛區，仍有焦炭燃燒發生。

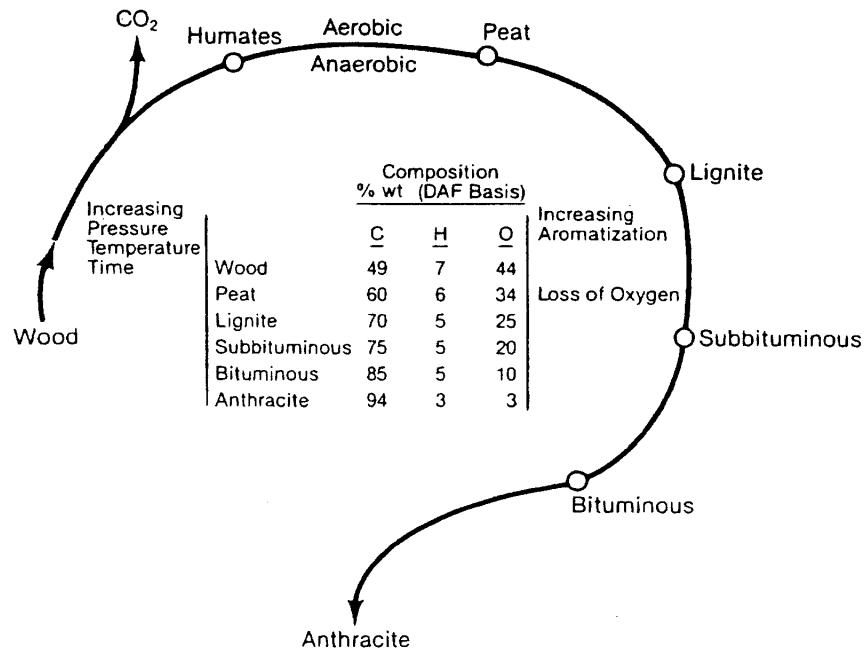
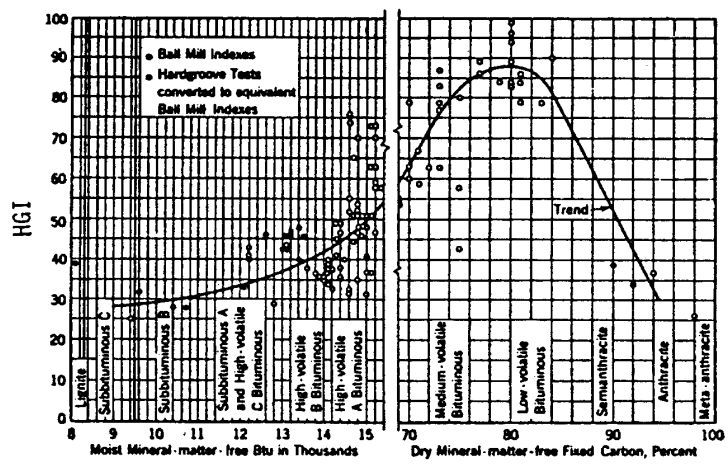


圖 2-1 煤炭生成之流程圖



HGI for several coals as a function of rank (11).

圖 2.2 各種煤質之HGI分佈圖

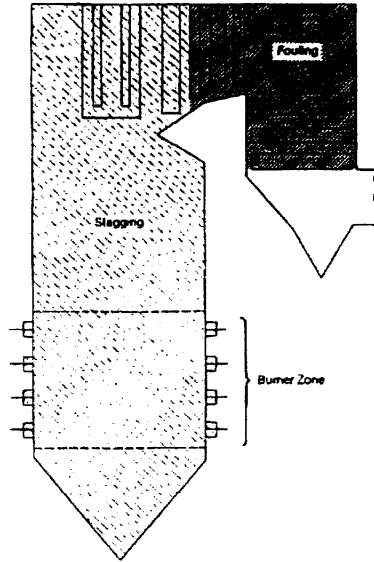


圖 2.3 燃煤鍋爐結渣與積灰區域分佈圖

表2-1 ASTM煤質元素分析

ULTIMATE ANALYSIS OF COAL					
Ultimate Analysis	Component/ Process Parameter	Effect	Consequences	Corrective Action	
				Process	Equipment
Sulfur	Sulfur retention	An increase in sulfur would increase sulfur emissions	Higher sulfur emissions	Increase sorbent feed rate. Increase recycle (bubbling bed)	Upgrade sorbent feed system. Upgrade limestone feed system
Coal Ash Analysis					
MgO CaO	Sulfur retention	A decrease in either MgO content and/or CaO content would increase sulfur emissions	Higher sulfur emissions	Increase sorbent feed	Upgrade sorbent feed system
Na ₂ O	Ash fusion temperature	A lower Na ₂ O content could be indicator of lower ash fusion temperature. If freeboard temperature exceeds ash fusion temperature, then slagging could occur on freeboard waterwall	Lower heat transfer to freeboard waterwall and lower boiler efficiency. Decreased load	Require repeated outages to remove slag	
		An increase in sodium content could cause ash agglomeration in bed	Lower in-bed heat absorption. Inability to fluidize bed compartment	Requires repeated outages to remove ash agglomeration.	
Na ₂ O K ₂ O	Fly ash resistivity	An increase in Na ₂ O and K ₂ O could increase fly ash resistivity and decrease ESP efficiency	Higher solids emissions	Decrease backend temperature if possible	Upgrade ESP design. Install ammonia injection, water injection system for ESP

表2-2 ASTM煤質工業分析

PROXIMATE ANALYSIS FOR COAL					
Approximate Analysis	Component/ Process Parameter	Effect	Consequences	Corrective Action	
				Process	Equipment
Moisture	Underbed feed lines	Excessive surface moisture (>6%) could cause pluggage	Extra maintenance to alleviate line pluggage	Feed lower moisture coal	Install coal dryer with flexibility to dry wetter coal
	Bed temperature	Excessive moisture could cause a drop below optimum temperature range for process performance	Higher SO ₂ emissions Lower combustion efficiency	Increase firing rate; drop bed level (bubbling bed)	Fans. In-bed tube bundle design
	Coal feed equipment	Higher coal feed rates required	Load reduction		Upgrade feed equipment size
Volatile matter and fixed carbon	In-bed/freeboard combustion split X	Change in either fixed carbon or volatile matter could cause substantially different bed temperature	Change in combustion efficiency, SO ₂ , NO _x , and CO emissions, and heat transfer	Adjust firing rate; adjust bed level. Additional tests	Adjust in-bed heat transfer surface. Install larger transport fans
				Adjust recycle (bubbling bed)	
				Adjust solids loading (circulating bed)	
	Furnace temperature profile			Vary particle size distribution	Install crusher with wider range
Ash	Ash removal systems	Higher ash content could exceed capabilities of removal systems	Load reduction		Upgrade ash removal system
	Recycle	At a given recycle ratio, higher ash content implies lower combustible and sorbent recirculation	Lower combustion efficiency and higher SO ₂ emissions	Adjust recycle	Install ash classifier
	Multiclone/ Cyclone	Inert ash could dilute recycle material	Combustion efficiency reduction. Baghouse or ESP overload		Install with higher capacity: ESP, baghouse, recycle, and/or multiclone
	Ash coolers	Higher ash content could exceed ash cooler capabilities	Load reduction		Upgrade ash coolers

表2-3 ASTM各種煤炭種類之分類方式

Table 3
Classification of Coals by Rank* (ASTM D 388)

Class	Group	Fixed Carbon Limits, % (Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Volatile Matter Limits, % (Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Calorific Value Limits, Btu/lb (Moist, ^b Mineral-Matter-Free Basis)		Agglomerating Character
		Equal or Greater Than	Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	
		I. Anthracitic	1. Meta-anthracite	98	—	—	2	
	2. Anthracite	92	98	2	8	—	—	
	3. Semianthracite ^c	86	92	8	14	—	—	
II. Bituminous	1. Low volatile bituminous coal	78	86	14	22	—	—	} Commonly agglomerating ^e
	2. Medium volatile bituminous coal	69	78	22	31	—	—	
	3. High volatile A bituminous coal	—	69	31	—	14,000 ^d	—	
	4. High volatile B bituminous coal	—	—	—	—	13,000 ^d	14,000	
	5. High volatile C bituminous coal	—	—	—	—	11,500	13,000	
III. Subbituminous	1. Subbituminous A coal	—	—	—	—	10,500	11,500	} Nonagglomerating
	2. Subbituminous B coal	—	—	—	—	9,500	10,500	
	3. Subbituminous C coal	—	—	—	—	8,300	9,500	
IV. Lignitic	1. Lignite A	—	—	—	—	6,300	8,300	}
	2. Lignite B	—	—	—	—	—	6,300	

*This classification does not include a few coals, principally nonbanded varieties, which have unusual physical and chemical properties and which come within the limits of fixed carbon or calorific value of the high volatile bituminous and subbituminous ranks. All of these coals either contain less than 48% dry, mineral-matter-free Btu/lb.

^bMoist refers to coal containing its natural inherent moisture but not including visible water on the surface of the coal.

^cIf agglomerating, classify in low volatile group of the bituminous class.

^dCoals having 69% or more fixed carbon on the dry, mineral-matter-free basis shall be classified according to fixed carbon, regardless of calorific value.

^eIt is recognized that there may be nonagglomerating varieties in these groups of the bituminous class, and there are notable exceptions in high volatile C bituminous group.

三、煤質切換之評估技術

3.1 煤質對鍋爐元件之影響

煤質切換(Coal switching)對於電力業者而言，有日益增加的趨勢，其主要目的在於符合日益嚴苛的 SO₂ 環保法規及降低燃料成本。結渣(Slagging)與積灰(Fouling)現象將嚴重影響鍋爐的性能與效率，原先設計鍋爐使用設計煤質(Design Coal)時，已考慮到此問題。故煤質切換時，所選用的煤質必須與設計煤質有下列相同的特性：(1)結渣(2)積灰(3)燃燒。表 3-1 所示為各種煤質特性對於鍋爐元件之影響。

煤質切換可造成下列幾種影響：(1)機組容量(Capacity)、(2)熱效率(Heat rate or Efficiency)、(3)利用率(Availability)、(4)維護性(Maintenance)、(5)其他。引風機(ID fan)即受到煤質改變的影響，因為煤質的水份增加時，將導致煙氣的體積增加，故將影響風扇及整廠的機組容量。另外尚有一些較不確定的影響因素，如煤質中的礦物質含量將影響鍋爐的結渣、積灰、腐蝕及沖蝕。圖 3-1 所示為不同灰份煤質對機組性能之影響。

傳統上評估煤質特性對燃燒過程的影響，主要係考慮揮發物及惰性物質(水份及灰份)的含量，惰性物質將降低火焰溫度。揮發物含量係最常用來評估，煤質是否有點火及未燃

炭的問題。揮發物含量高的煤質非常容易點火，揮發物燃燒完之後，形成多孔性的焦炭，具有非常高的反應度。揮發物含量較低時，亦可提高粉煤細度以做為部份的補償，表 3-2 所示係針對不同的揮發物含量所建議的粉煤細度。對於粉煤燃燒所需的最低揮發物含量，無法做一精確的估算，可能係因為揮發物含量並不是唯一的控制因素。Elsam 制定了 20% 的最低揮發物含量；Riley Stoker 則主張正常的揮發物含量為 25~50%，在此區間揮發物含量對鍋爐運轉及爐膛設計影響不大。Babcock & Wilcox 制定了揮發物含量為 15% 的最低限制，但同時也制定水份及灰份含量分別為 15% 及 20% 的最高限制。煤質對於火焰燃燒特性的影響，很難做一精確的估算，惟在此可概略的估算，當揮發物含量大於 15~25% 時，對於點火、火焰穩定性及焦炭燃燒等，並不會產生重大影響。

表 3-1 各種煤質特性對於鍋爐元件之影響

Effects of coal properties on steam generator design and performance

Coal property variable	Affected Component(s)	Probable effect on
1.Coal heating value	<ul style="list-style-type: none"> • Silo storage • Feeders • Pulverizers • Burners • Emission control equipment • Coal handling system 	<ul style="list-style-type: none"> • Coal flow rate • Equipment capacity • Number of components in service • Turndown ratio
2.Coal moisture content	<ul style="list-style-type: none"> • Silo storage • Feeders • Pulverizers • Primary air system • ID fans • Coal handling system 	<ul style="list-style-type: none"> • Coal flow rate • Equipment capacity • Coal flow ability • Pulverizer outlet temperature • Primary air/ Tempering air flow quantities • Turndown ratio
3.Volatile content	<ul style="list-style-type: none"> • Burners • Furnace 	<ul style="list-style-type: none"> • Required fineness burner design • Flame stability /Ignition

	<ul style="list-style-type: none"> • Pulverizers • Ignitors 	<ul style="list-style-type: none"> • Unburned carbon loss • Furnace geometry • Firing methods • Pulverizer inerting needs
4.Grindability index	<ul style="list-style-type: none"> • Pulverizers 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacity • Fineness • Power requirements
5.Coal abrasiveness index	<ul style="list-style-type: none"> • Coal handling system • Pulverizer components • Coal piping • Burner nozzles • Convection passes • Air heater heating elements and seals 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipment outages maintenance • Design velocity requirements • Material selection • Tube wear and life reliability • Air heater performance
6.Nitrogen content	<ul style="list-style-type: none"> • Burners • Furnace • Air distribution 	<ul style="list-style-type: none"> • Burner design • Furnace geometry • Air and flue gas system • NO_x emission • Required burner zone • Stoichiometry
7.Sulfur content	<ul style="list-style-type: none"> • Scrubber 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosion rate

	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitators • Air preheaters • Steam coils 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipment sizing requirements • Stack gas temperature requirements • Emission control equipment
8.Reactivity index	<ul style="list-style-type: none"> • Burners • Pulverizers • Inerting system • Ignitors 	<ul style="list-style-type: none"> • Combustion • Explosion potential • Unburned loss • Turndown ratio
9.Ash content	<ul style="list-style-type: none"> • Ash handling • Pulverizer • Soot blowers • Precipitators • Convection passes 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacity • Performance • Design velocity requirement • Tube wear and life reliability • Soot blowing requirements
10.Ash fusibility	<ul style="list-style-type: none"> • Furnace • Soot blower • Water lancing 	<ul style="list-style-type: none"> • Slagging/FEGT/ Steam temperature • Fouling/Steam temperature • NO_x emission • Soot blower and water lancing operation

11.Coal ash analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Steam generator • Emission control equipment • Soot blowers • Ash handling systems 	<ul style="list-style-type: none"> • Slagging/FEGT/ Steam temperature • Fouling/Steam temperature • Precipitator efficiency • Design tube spacing requirement • Excess air requirement • NO_x emission • Ash split
----------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.2、煤質切換之原則及標準試驗

製造廠家在設計鍋爐時，均會選定一特定煤質做為鍋爐設計的對象，此煤質稱之為設計煤質(design coal)，所製造的鍋爐其燃燒特性，均以此設計煤質為基準。然而由於外在環境的變化，例如環保標準日益嚴苛及發電成本考量，電力業者想嘗試燒另外一種煤，此種煤質稱之為測試煤質(test coal)。故煤質切換之原則為，測試煤質與設計煤質必須有下列相同的特性(characteristics)－結渣、積灰及燃燒，才可進行煤質切換，否則將產生結渣、積灰及燃燒效率問題，如下列示意圖所示。

Design coal → Test coal

必須有下列三項相同的特性，才可進行煤質切換。

- | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none">1. Slagging2. Fouling3. Combustion Characteristics |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

任何已選定之測試煤質，在進行試燒前，都必須先經過標準試驗(standard test)，以了解其煤質特性，標準試驗之項目如下：

- (1)、Proximate analysis
- (2)、Ultimate analysis
- (3)、Ash fusibility (Soften temperature、Initial deformation temperature、Maximum hemisphere temperature)
- (4)、Hardgrove grindability index (HGI)
- (5)、Ash mineral analysis
- (6)、Combustion characteristics

3.3、煤質特性之量化指標

在探討煤質特性時，總是希望能將結渣、積灰及燃燒特性等指標予以量化，以利於業者判斷其煤質特性。較常用的結渣、積灰量化指標如表 3-3~3-4 所示。表 3-3 所列為各種計算結渣係數的方法，第二及第三種方法為常被用來計算結渣傾向的方法，惟需注意的是，當利用各種方法來預測同一種煤時，經常會產生不同的預測結果。

積灰又可細分為高溫積灰及低溫積灰，高溫積灰主要發生於過熱器及再熱器，而低溫積灰則發生於空氣預熱器的部份。表3-4所列為6種計算機灰係數的方法，這些方法的唯一限制是灰份分析必須使用ASTM所規定的灰份分析方法。為量化評估各種燃煤的燃燒性，常用的燃燒指標(combustibility Index)計算公式如下：

$$CI = \frac{\text{高熱值(乾基)}}{\text{燃料比}} \times \frac{115 - \text{灰份含量}}{105}$$

3.4、林一機燃煤混燒之建議

圖3-2所示為林一機燃煤混燒燃燒器配置示意圖，由下而上共有A、C及B三排燃燒器，每排有6支燃燒器，燃燒器結構係採前牆式燃燒方式。有關林一機改燒印尼及澳洲煤之後，造成未燃炭過高之問題，三菱公司對此問題之改善建議為採用混燒方式。林一機混燒用煤質成份分析如表3-5所示，及林一機燃煤混燒之配置方式建議如下：

	煤源	粉煤量, MT/H	建議之分離 器開度, 格 數	一次風機 轉速
B層燃燒器	Tanito(印尼)	34	5	高速

C層燃燒器	Tanito(印尼)	37	5	高速
A層燃燒器	Drayton(澳)	31	4	高速

說明:

1. 上表各層燃燒器粉煤量係依據負載為 270MW 以及 Tanito 和 Drayton 之熱值分別為 5,907 Kcal/Kg 和 6,503 Kcal/Kg 估算。
2. 粉煤量及分離器開度之搭配係依據維持爐內較均勻之熱釋放量以及考慮各燃煤之燃燒性和各層粉煤在爐內之駐留時間。
3. 一次風機風門開度應配合分離器開度和磨煤量調整。
4. 各層燃燒器之熱輸入在平均值之 $\pm 10\%$ 以內,各層之二次空氣風門開度不須調整。粉煤機 A 及 C 在高速運轉時,振動過大。請特別留意。

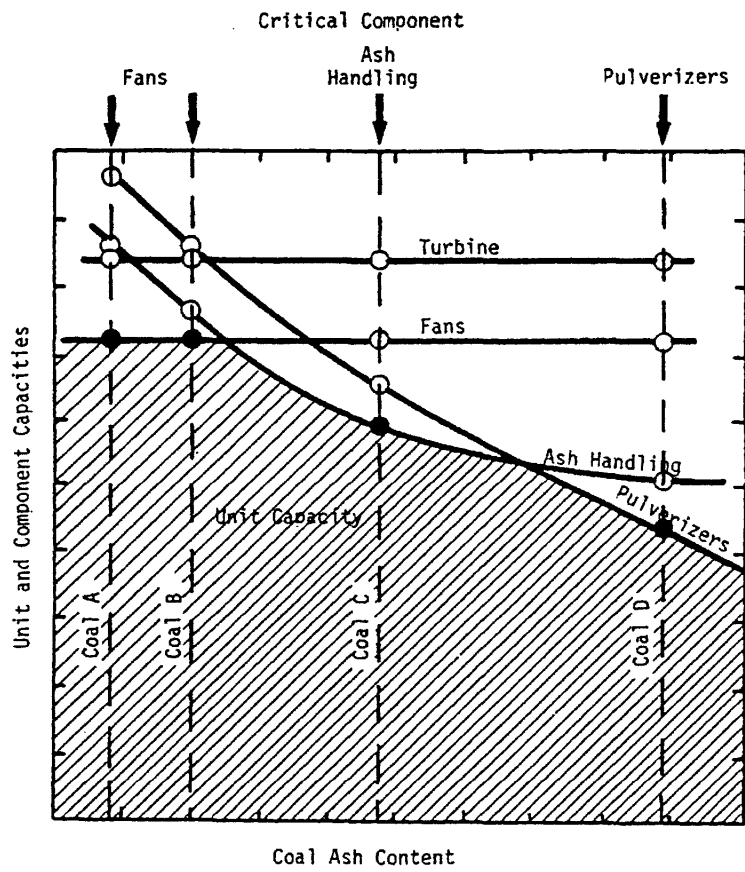


圖3-1不同灰份煤質對鍋爐元件之影響

混燒配置示意圖

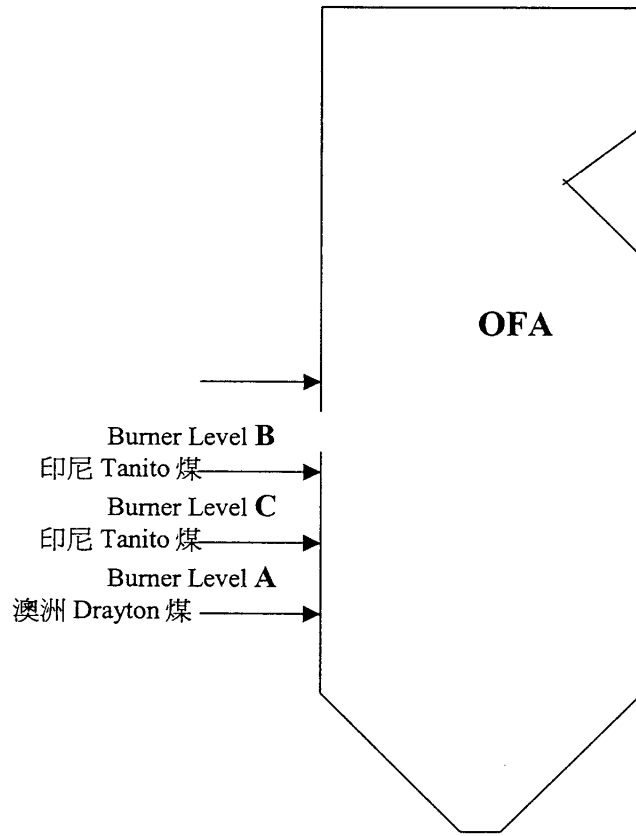


圖3-2 林一機混燒配置示意圖

表3-2 不同揮發物含量所需之粉煤細度

COMPARISON OF FINENESS RECOMMENDATIONS
(% PASSING 200 MESH)

Babcock and Wilcox, U.S.A. (7)

TYPE OF FURNACE	ASTM CLASSIFICATION OF COALS BY RANK					
	Fixed Carbon (%)			Fixed Carbon Below 69%		
	97.9-86 (Petroleum coke)	85.9- 78	77.9- 69	8tu/lb above 13,000	8tu/lb 12,900- 11,000	8tu/lb below 11,000
Marine Boiler	---	85	80	80	75	---
Water-Cooled	80	75	70	70	65	60
Cement Kiln	90	85	80	80	80	--

Riley Stoker, U.S.A. (9)

RANK	FINENESS
High Volatile Subbituminous	65
Medium Volatile Bituminous	70
Low Volatile Anthracite	90

Elsam, U.K. (10)

VOLATILES, DRY, ASH-FREE (%)	FINENESS
< 10	85
10 - 20	80
20 - 25	75
> 25	70

表3-3 煤質結渣指標

SLAGGING INDICES

PARAMETER	SLAGGING TENDENCY			
	Low	Medium	High	Severe
T ₂₅₀ of Ash, °F (Eastern & Western Coals)	>2375	2550-2100	2275-2050	<2200
R _{BA} in Ash (Western Coals)	<0.5	0.5-1.0	1.0-1.75	
Sulfur Slagging Index (32) R _{BA} x (% Sulfur, Dry Coal) (Eastern Coals)	<0.6	0.6-2.0	2.0-2.6	>2.6
Fe ₂ O ₃ /CaO in Ash (Western Coals)	<0.3 >3.0	0.3 to 3.0		≈ 1.0
Fusion Slagging Index (33) $R_{FS} = \frac{(\text{Max HT}) + 4(\text{Min IDT})}{5}$		2450-2250	2250-2100	<2100
Viscosity Slagging Index (33) $R_{VS} = \frac{T_{250}(\text{OX}) - T_{10,000}(\text{RED})}{975 F_S}$ (Bituminous and Lignite Coals)		0.5-0.99	1.0-1.99	>2.00

Note: R_{BA} = Base-to-Acid Ratio

Note: Max HT = highest reducing or oxidizing hemispherical temperature (°F)

Min IDT = lowest reducing or oxidizing initial deformation temperature (°F)

T₂₅₀ (OX) = temperature at 250 poise slag viscosity in an oxidizing atmosphere (°F)

T_{10,000} (RED) = temperature at 10,000 poise slag viscosity in a reducing atmosphere (°F)

F_S = slagging factor

Temperature (°F)	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900
F _S	1.0	1.25	1.6	2.0	2.6	3.25	4.1	5.2	6.55	8.3	11.0

表3-4 煤質積灰指標

FOULING TENDENCY OF COALS

	FOULING TENDENCY			
	Low	Medium	High	Severe
% Na ₂ O in Ash (Western Sub-bituminous Coals)	< 1	1-2	2-3	> 3
Modifier* % CaO in Ash	> 25 (Lower)	15-25 (Medium)	< 15 (Higher)	
% Ash in Dry Coal (Western Sub-bituminous Coals) When Ash contains: a. <1% Na ₂ O b. 1 - 3% Na ₂ O c. >3% Na ₂ O	< 15 < 10 < 7	12-20 8-15 6-10	> 20 > 15 > 9	
$\frac{\text{Base}}{\text{Acid}} \times (\% \text{ Na}_2\text{O in Ash})$ (Eastern Coals)	< 0.2	0.2-0.5	0.5-1.0	> 1.0
Na ₂ O + K ₂ O in Dry Coal Expressed in Equivalent % Na ₂ O (Eastern Coals)	< 0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	> 0.5
% Chlorine in Dry Coal (Eastern Coal)	< 0.3	0.3 - 0.5		> 5.0

*The modifier is used for borderline cases. For example, if Na₂O = 1.0 and CaO = 27, the fouling tendency would be considered low.

表3-5 林一機混燒用煤質成份分析

煤商	地區	礦名	熱值, Kcal/ Kg GAR	ASH (AD)	S (AD)	VM (AD)	FC (AD)	IM (AD)	TM (AR)	H GI	AF T
P.T.Ta nito	印 尼	Tani to Haru m	5,907	6.40	0.84	39.8 0	42.5 0	11.3 0	15.6 0	46	1,2 00
Anglo	澳	Dra yto n	6,503	11.1 0	0.60	33.7 0	52.7 0	2.50	10.9 0	48	1,4 50

四、感想與建議

- 1、在電業自由化的趨勢下，基於降低發電成本，煤質切換已成為電廠運轉人員的最佳選擇，惟 test coal 與 design coal 必須有相同的結渣、積灰與燃燒特性，才可進行煤質切換。
- 2、測試工程師必須很小心的使用很多種的結渣、積灰及燃燒指標，因為沒有一種單一指標，可提供完全準確而且無可爭論的結果，此時仍需依賴工程經驗及專業進行研判。
- 3、所謂十年磨一劍，如欲將鍋爐燃燒列為核心技術，應儘速培養年輕新秀，而且需形成研究團隊。