

# 出國報告（出國類別：實習）

## 傳統機組採用拌煤(COAL BLENDING)系統技術研討

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：洪世宗 / 電氣值班主任

派赴國家：英國

出國期間：106 年 10 月 7 日~106 年 10 月 21 日

報告日期：106 年 12 月 8 日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：傳統機組採用拌煤(COAL BLENDING)系統技術研討

頁數 25 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力股份有限公司/陳德隆/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

洪世宗/台灣電力公司/大林發電廠/電氣值班主任/(07)8711151~2700

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：106/10/07~ 106/10/21 出國地區：英國

報告日期：106/12/8

分類號/目

關鍵詞：

內容摘要：(二百至三百字)

煤炭的混合日益重要，最近發電廠主要採用煤炭混合的拌煤系統，來降低發電成本，或更容易獲得的煤炭的使用。讓低級（高灰分）煤可與較高級煤混合而不會使鍋爐的熱性能下降，從而降低發電成本。隨著煤炭市場的變化，拌煤的新原因越來越明顯。由於在某些地區的煤炭可用性較低，品質較差或較貴，因此必須混合不同煤質，確保所得到的混合煤，將在不損壞鍋爐的情況下保持設備輸出。例如，隨著煤炭特性的不同，鍋爐煤的使用量的增加可能會導致嚴重的機器設備問題。在有些情況下，拌煤用作污染控制的一種形式，例如廉價的高硫煤與更昂貴的低硫煤的組合，以確保符合硫排放限值。甚至可以混合不同的煤種，以最大限度地減少汞的污染。煤炭可以在煤礦，準備工廠，轉運站或發電廠進行混合。選擇的方法取決於現場條件，所需的混合比例，待儲存和混合的量，及所需的精度以及混合煤的最終用途，通常在處理非常大量儲煤的大型電廠裡，採用完全機械化系統的拌煤方法。

## 目 錄

壹、研習目的.....	1
貳、研習過程.....	2
參、課程與實習心得.....	3
3-1 燃煤機組採用拌煤的原因.....	4
3-2 拌煤的化學性質.....	9
3-3 拌煤系統的實用性.....	13
3-4 拌煤的實務.....	17
肆、大林電廠一 二號機拌煤系統.....	21
伍、結語與建議.....	25

## 壹、 研習目的

煤炭的物理化學特性高度可變，煤炭特性影響到發電廠，幾乎所有的經營運轉，包括停機，機組維護的成本，廠內輔助電力需求，機組熱耗率，排放量和負載能力等等。燃煤發電廠一般設計用於燃燒某些種特定煤炭，但是在機組的整個使用期限內，因時代的變化，特定煤炭煤源可能枯竭或價格提高。因此越來越普遍，電廠必須考慮接受與其最初設計的特性不匹配的煤。既然如上所述，煤炭特性幾乎影響到電廠的效率和運轉，所以有必要盡可能地預測煤炭轉換時，會出現的物理和效率變化。以最簡單形式將煤炭混合，是將可利用的煤炭混合，以產生良好燃燒的共同混合物。過去，電廠管理者的重點，主要是將最便宜或最容易獲得的煤炭，及的最大量與最少量的較高質品的煤混合，以生產新的燃料組合，從而產生動力，而不會造成電廠設備損壞。雖然成本仍然是高度優先選項，但隨著煤炭市場的演變和電力部門的變化，許多電廠現在也必須考慮其他因素，來決定可接受的煤炭混合物。電廠必須決定每個機組鍋爐最重要的參數。例如，一些電廠可能認為水分含量比灰分含量更重要，並將相應地混合。一些較舊的電廠鍋爐，可能會經由購買更便宜、但成分不太一致的煤炭供應，並冒著一些輕微的結渣和污染排放問題。在大多數情況下，混合決策將由電廠運轉者根據個人經驗和最佳判斷力進行。對於大多數電廠來說，煤混燃燒操作的運作，似乎很大程度上依賴於個別電廠運轉者的經驗，尤其不同煤質的混合在粉煤燃燒系統中尤其重要。

大林電廠目前#1.2 機，正更新改建為高效率之超臨界機組，當初設計燃燒的煤質，經過時日後可能面臨煤源匱乏，或價格高昂而不得不改燒其他煤源，希望在購買其他煤源之前，能對於煤質的差異做比較，使得機組效率與機組性能取得一些平衡，又能符合環保法規。

## 貳、研習過程

日期	城市及機構	工作內容
106/10/07	桃園→ 格拉斯哥	去程
106/10/09~ 106/10/10	英國 格拉斯哥 Doosan Babcock 公司	燃煤機組拌煤系統 研討
106/10/11~ 106/10/19	格拉斯哥 → 倫敦 Doosan Babcock 公司	燃煤機組拌煤系統 與實習
106/10/20~ 106/10/21	倫敦 → 桃園	回程

感謝 Doosan Babcock 公司全球策略指導 Mr Bongjun Kim, Dr Stuart Mitchell, Mr Douglas Spalding 及相關工程師在研習期間的指導及協助，使此行順利完成。



## 參、實習心得

### 3-1. 拌煤的原因

下列是燃煤電廠的鍋爐採用拌煤技術的原因。

#### 3-1-1 降低發電成本

發電廠的基本目標是以盡可能低的成本來發電。一旦發電廠建成，用於燃燒電廠的煤的成本，通常是影響經濟性的最大變數。因此成本是選擇煤質的主要因素。混合廉價的煤使機組能夠燃燒發電。本身品質較差的燃料，可能會對電廠造成有害影響，但可以與更高品質，更昂貴的煤混合。這意味著可以從利用國際煤炭市場價格的變化中獲益。相對的混合當地煤炭，可能成為當前來源或現有合同到期的備選方案。對於煤炭生產商來說，拌煤提供了許多優勢。煤炭可以在現貨市場上買到一個便宜的價格，然後與較高成本的煤炭混合，可以生成可利用的煤炭。在某些情況下，煤無法混合，無需混合，因此無用的煤可以通過混合為有價值的產品。例如，可以通過混合來將庫存中氧化或風化的煤去化。煤炭生產商往往需要依規範提供煤炭。如果煤炭不符合要求，則與合適的煤質混合可以確保符合規定並避免處罰。

#### 3-1-2 增加供應安全性

許多燃煤電廠必須以高負載和長期運轉，以確保向客戶供應能源。因此，將煤炭輸送到電廠的一致性，和安全性是高度優先的。但煤礦煤炭數量有限。在某些地區或國家，需要或鼓勵使用當地煤礦。有些工廠建在煤礦旁邊，以降低運輸成本。煤炭混合可以通過進口煤“稀釋”當地煤炭供應，來延長當地煤礦的使用壽命。在某些情況下，由於安全原因，煤炭供應需多樣化，特別是對於那些依賴進口煤炭的國家而言。例如有些政府要求國家把全國煤炭需求量的三分之一作為“安全儲備”，只能用於能源危機，戰爭或罷工等緊急情況。有些政府還要求煤炭供應多樣化，購買來自不同國家的不同的煤。在韓國，大多數燃煤電廠的設計，是為了含水率低於 2.0-10%的煙煤，因為它

具有高的可燃性，高燃燒性和高熱值。然而，由於“煤炭進口不穩定，如印尼的低含量煤含水量高達 25%。這導致在濕氣蒸發的熱損失和高出口氣體溫度，使得運轉操作顯著困難，導致較低的鍋爐效率。為了適應這些變化，韓國的電廠正在將這些低級煤與具有高揮發物含量的煤混合。韓國政府贊助韓國電力公司研究所，開發了這些更高水分煤的脫水和乾燥工廠。

至於在印尼電廠稱為“ECO”煤的煤混合的原因，是將其用作混合燃料。由於鍋爐中的結渣問題和粉煤機中的自燃問題，單獨升級的 ECO 煤不適合作為單一粉煤燃料。然而，30%的 ECO 煤與普通的煙煤混合燃料進行混合燃燒。2016 年隨著煤炭需求的持續下降，新的礦坑得到發展，新的基礎設施已經建成，使得這種煤炭可供國際市場使用。煤炭用戶現在有比以往任何時候，有更多的機會選擇和選擇煤炭。拌煤技術能夠利用不同的煤。在東南亞的許多現代化工廠，燃燒多達 100 種不同類型的不同數量的煤種，並在使用之前根據需要混合煤炭。至於歐洲因為的煤礦開採相對昂貴，所以歐洲的電廠都傾向於對採用進口煤。在 2018 年，德國將停止採煤，因為國家補貼政策

“Kohlepfennig”也就是炭稅將會停止。最初國家的補貼金額很高，因為它保留當地的工作，並允許電廠使用當地的煤炭。然而，補貼的數量每年都在減少，剩下的礦井將在 2018 年關閉。雖然波蘭和捷克共和國仍然有採煤業，但利潤率偏低，全球市場的生產可能不會持續長久。這將導致電廠不得不從更遠的地方獲得煤炭。隨著煤炭需求的增加，一些國家正在擴大煤炭的進口，同時建立拌煤能力。菲律賓的電力供應商計劃在該地區建造一些新工廠，並正在調查幾個小型煤礦，旁邊的集中式煤炭混合和均質煤場場址的選擇，用於提供三個發電廠，其中一個在旁邊，另外兩個在獨立的島嶼上。如上所述，由於“煤炭進口不穩定”，韓國電廠必須經常燃用，其含水量高達 25% 以上的低級的煤。在印度，許多本地的煤質相對較差，只有少量煤被篩選洗滌，煤炭的處理在一些電廠中是非常普遍的。特別是在雨季，

潮濕可能會導致煤炭處理困難，和電廠效率表現的更是明顯。這些電廠大部分設計用於使用乾燥煤，因此煤特性的變化可能會導致問題。

### 3-1-3 符合電廠燃燒規格

電廠的首要任務是按需要提供電力或熱能。這種需求可能隨時間而變化，因此工廠的運轉將相對應調整。這通常需要燃料的變化，高熱質的拌煤，可使任何額定的機組達到峰值負載，並在較低負荷期間使用較低熱質的共混物。電廠運轉員知道哪些煤適合他們的鍋爐，並將根據最低規格進行選煤。當這些規範不能全部滿足時，電廠操作人員必須決定哪些參數最重要。然後煤炭將被買入或相應地混合，燃煤電廠是為了適應現有煤炭而設計的。如果煤炭不再可用，或特性由於任何原因而變化，這可能對機組性能產生不利影響，包括燃燒性能變化，及效率降低。較低質量的煤可引起機組性能問題，如結渣和結垢。有幾個主要的煤炭特性，被認為對於機組運轉很重要。其中一些特徵由近似分析來確定：

- A.水分。這僅適用於煤結構內保持的水分，而不是雨水等濕氣。由於水是不可燃的，水分對電廠的效率有很大的影響。水分也會影響煙氣的氣體體積和露點，從而導致冷凝，這又會導致集塵器腐蝕，及濾袋堵塞。同時高濕度的煤更重，因此運輸成本更高。
- B.揮發物質。揮發性物質是當煤被加熱時，被驅除的煤的反應活性比例越高。具有高揮發性物質的煤，易於點燃並且在燃燒區域中具有反應性。
- C.固定碳- 揮發性物質排出後，該碳殘留。固定碳含量高表示煤需要很長時間燃燒。固定碳是影響燃燒的主要因素。
- D.灰份- 這是燃燒後殘留的不燃物。在高溫下，煤灰變粘，最後形成熔渣。灰處理系統旨在應對這一問題。灰分含量影響火焰和點燃穩定性，傳熱模式，焦炭燒焦和可燃物攜帶飛灰。
- E.熱容量 - 將一定質量物質的溫度升高一度所需的熱量。

F.可磨性 - 有時可記錄為“硬質合金可磨性指數”，衡量其耐破碎性。這受到水分和灰分含量的影響，並將決定電廠機組對煤炭進行燃燒所需的設備類型。

G.粒度 - 煤粒子尺寸分佈的度量。粒度範圍應控制在防止研磨過程中自發點燃。

F.自由膨脹指數 - 顯示煤在鍋爐內會膨脹多少。具有較高游離膨脹指數的煤通常具有較低的燃燒效率。

G.灰熔融溫度 - 表明煤的軟化和熔化特性。

進行元素分析以提供關於煤的元素組成的資訊。這將提供以下資訊：碳，氫，氮，硫和氧。由於幾個原因，硫份很重要它可以在自燃中發揮作用；硫化物可能對鍋爐運行產生不利影響，如排渣和結垢。

•許多電廠現在必須遵守硫排放限值。

混合的原因:一些煤炭客戶還將要求關於煤的氯含量，因為這可能會影響氣體 pH 值，反過來可能會影響煙氣脫硫（FGD）設備性能。此外，氯可以對汞控制有一個有利的影響。

### 3-1-4 環境污染控制

國際上污染排放法規的日趨嚴謹，許多電廠經營者發現他們需要重新考慮他們使用的煤，以符合排放限值或減排目標。作為一種碳密集型燃料，煤炭已成為大氣中二氧化碳排放源。在一些電廠中煤炭與其他材料（如生質）混合，以減少二氧化碳排放總量。然而，煤和褐煤混合，可能有效以減少二氧化碳排放。通過褐煤混合物的變化，希臘發電廠可能減少二氧化碳排放量。已知從燃燒較低品質褐煤的電廠，或具有較低整體廠效率的機組中，排放物更高。希臘嚴重依賴褐煤進行電力生產（佔總能源產量的 60%），大部分這種褐煤是由托勒密和波哥大盆地生產的。該褐煤的熱值低，灰分高。煤礦內部和礦區之間，褐煤的品質明顯不同，由於含水量的變化，褐煤的品質可能會因季

節而波動。在該區域正在進行研究，以證明選擇性採礦，和適當的混合/均質化可以改善電廠性能，同時減少二氧化碳排放。

在 20 世紀 90 年代和 2000 年代期間，美國的許多電廠，必須作出如何遵守美國環保局（US Environmental Protection Agency）國家硫交易要求的決定。雖然一些電廠安裝排煙脫硫以減少二氧化硫排放，但其他電廠則選擇轉用低硫煤，包括很普遍的低硫 PRB 煤。許多電廠不能使這種燃料，轉換燃料會降低負載，並且需改造系統，以應對具有較低熱值，和較高脆性的煤炭，如此會造成過高的成本。因此，許多電廠選擇將低硫 PRB 煤與東部煤炭混合。煤炭的地理位置的重大變化，意味著許多煤場和電廠，不得不從駁船接收煤炭，轉為由火車來接收煤炭。這通常也意味著電廠景觀的重大變化，以及安裝重要的新型煤炭處理系統。

在美國紐澤西州 B L 英格蘭混合煤炭，以符合硫含量限制。旋風鍋爐燃料硫份的限值為年平均 1.7%，每月為 1.9%。這需要 PRB 與東部煙煤的混合。該混合物保持在 30%PRB 比率，如此可以符合硫分限制，而不會對電廠性能造成不利影響。而東部煤炭的含水量為 5.15%，混合物增加到 10.29%比率。灰分由 9.8%下降至 7.46%，固定碳從 49.59%降至 46.95%，揮發物從 35.79%降至 35.29%。與單獨的東部煙煤中的 12,855 Btu / lb（29,900 kJ / kg）相比，共混物的熱值也低於 12,053 Btu / lb（28,035 kJ / kg）。熔融粘度因子隨著共混物的降低而降低，因此 30%的混合物，不需要任何廣泛的鍋爐改造或 ESP（靜電除塵器）。

來自泰國 Mae Moh 礦的褐煤灰分和硫含量，比德國、美國和澳大利亞等國家的褐煤含量高，這可能導致鍋爐結渣問題。然而，從不同地區混合褐煤，來限制灰分中的 CaO 已被證明是成功的，混合也用作減少硫的排放。在燃燒期間，由於煤中的氮和燃燒空氣中的氮都會產生 NOx 排放。混合物的氮氧化物排放，並非單純增加，因為煤

的混合燃燒產生的排放物，不容易根據煤的行為單獨預測。NO<sub>x</sub> 的排放限制，在大多數情況下，限制符合煙氣處理系統，如 SCR（選擇性催化還原）和 SNCR（有效的非催化還原）。然而，用於減少 NO<sub>x</sub> 排放的煤混合是另一種選擇。在美國的幾個州，氮氧化物的減排要求隨季節而變化，五至九月需要較低的氮氧化物排放，太陽能引發的臭氧污染更是一個問題。許多電廠在這個季節會改變煤炭以符合環保法規。來自流化床燃燒（FBC）系統的 NO<sub>x</sub> 排放比來自粉碎燃料鍋爐的 NO<sub>x</sub> 排放更具挑戰性。在所有情況下，NO<sub>x</sub> 的釋放隨著溫度升高到大約 1173°K（900°C），這些開始下降。然而，對於一些混合物，NO<sub>x</sub> 排放量高於每個單獨的煤炭，混合物的 N<sub>2</sub>O 產量也高於單一煤種。

微粒物質，特別是較小的顆粒（PM<sub>1</sub> - 直徑為 1 微米的顆粒物）由於能深入肺部的而對健康極為有害。這些較小的微粒往往比較大的顆粒富含有毒重金屬。這些微粒也可以促進鍋爐中的結垢和腐蝕，影響鍋爐的安全運轉，和熱交換器的效率。有關研究 PM<sub>1</sub> 排放的影響顯示，褐煤生產的 PM<sub>1</sub> 和 PM<sub>1-10</sub> 比煙煤樣品多。然而，混合物中的兩種煤之間的礦物相互作用，將細微粒產生抑製到低於任一種煤的水準。此外，混合物中細顆粒中 Fe 和 Ca 的濃度較低，但是混合物燃燒期間較大顆粒（PM<sub>10+</sub>）中這些元素以及 Si 和 Al 的濃度較高，通過調整混合物（Ca，Mg，Al 和 Si 含量）的礦物組成，可以實現 PM<sub>1</sub> 和 PM<sub>1-2.5</sub> 排放的減少。

### 3-2 拌煤的化學性質

電廠運轉員採用拌煤的方法，使其能夠讓機組產生最大負載的能量，而對機組性能和設備的影響最小，並符合任何相關的環保排放法規。為確定如何生產滿足所有這些要求的最佳配煤，可能涉及大量作業，確定個別煤質的特性，以及這些煤質在混合時的表現。為了確保煤炭或混合料的特性符合要求，在煤炭輸送期間需要進行抽樣和分析，並且評估和確認混合前煤質的特性，確認所得的混合物是否符合要

求。在自動拌煤系統中，確認或調整配煤比例以確保混合保持一致，以及在某些情況下，需要記錄煤炭的特性，如硫含量，以符合標準。煤炭的抽樣和分析是關鍵的部分，對任何拌煤過程中都相當重要。

### 3-2-1 採樣

抽樣煤採樣的目的，是將少量的煤進行詳細分析，這將被確認該批次或裝運中的所有煤質。在理想情況下，樣品應反映煤批次中的總體變異性。對於煤炭等材料來說，代表性的抽樣可能是一個挑戰。在煤礦中，採礦後和分選或混合之前都可以採集樣品。在煤炭處理和混合設施中，樣品通常從輸送機中取出，因為在燃燒前將煤從料倉或庫存中取出到最後的轉運點。將樣品從皮帶上抓起，掉落或刮下一個容器，然後將其取出進行分析。

如圖 1 所示為手動取樣工具。

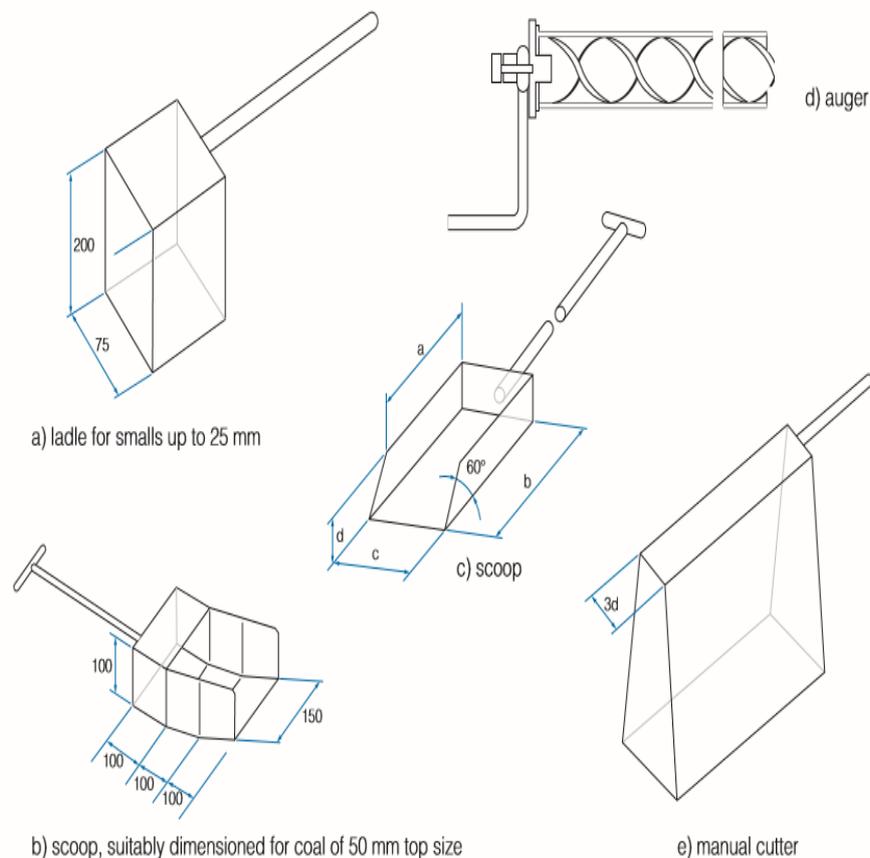
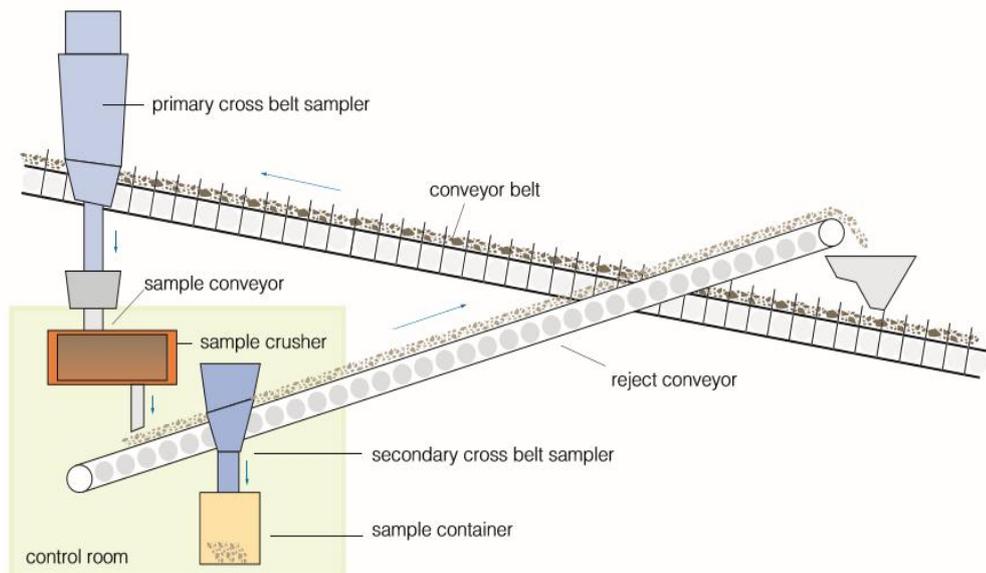


圖 2 為礦場皮帶取樣機械



另一種“皮帶”切割機系統，其通過移動的犁(沿輸送機的長度)將材料從輸送帶上拋出，然後通過固定的切割機將該拋出的材料的一部分取出。隨著材料沿輸送帶移動，來自輸送機長度的樣品被推向一側的一組料倉，如圖 3 皮帶採樣系統所示

圖 3



### 3-2-2 分析

一旦獲得樣品，就必須進行分析，以確定物理和化學特性。在即時線上的基礎上，有許多分析煤炭和許多功能的方法。分析儀用於向自動化配煤混合系統提供數據，並為最終混合物提供品質保證數據。例如，採樣系統中，如 Thermo Gamma-Metrics 1812C 能處理 4 t / h 煤。這些系統不僅可以將煤炭發送給最終客戶，而且還能回到煤礦進行即時分析，以確認煤炭是否被發送以滿足要求。分析儀基於快速  $\gamma$  中子雷射分析 (PGNAA)。該系統包括一個水分計，也可以估算 Btu / lb (kJ / kg)。使用煤分析儀的數據來開發數位燃料品質追蹤系統 (DFTS)，以控制煤的儲存和混合。

### 3-2-3 線上混合控制系統

可以在煤炭處理設施中，安裝可程式邏輯控制器 (PLC)，以採集和分析數據，並使用它們即時控制混合比。例如，一個煤礦使用線上分析儀監測煤炭。來自分析儀的數據用於對煤進行分類。例如，灰分 <16% 的煤直接送到庫存中，灰分 > 16% 的煤被送到製備廠。煤混合的化學成分，由分析儀根據煤質進行評估，並將其引導到不同的位置。每堆煤炭上的所有數據都被存儲，用以確定哪些煤及何時被運送。

### 3-2-4 煤炭混合的模式

煤的一些特徵在混合物中是相加的，而另一些則不是。然而煤炭特性的行為，也對電廠性能的不同方面產生影響，其中一些是可預測的，而有些則不可預測。根據實際的煤炭研究，這些不容易預測的方面，可能需要考慮使用更複雜的模式，以使其在將來更具可預測性。表 1 顯示了混合物中煤的特徵（混合物被認為是均勻的），並且這些特徵中的每一種的行為，在電廠性能的不同區域將可預測。

表 1 煤質特性預測表

Property	Handling	Milling and firing	Boiler	Ash management	Particulate removal	SOx control	NOx control
Moisture	No	Yes	Yes				
Ash	Yes		Yes	Yes	yes		
Volatile matter		No	No				No
Specific energy	Yes		Yes	Yes			
Sulphur total	No		No	No	No	Yes	
Sulphur pyritic	No	No	No		No	No	
Chlorine			yes				
Nitrogen							No
Hardgrove Grindability		no					
Ash fusibility temperature			no				
Ash analysis			No	No	No		
Trace elements	No	No	No				
Size distribution			no				

表 2 線上拌煤計算表

BLENDING CALCULATOR						
Blend Ratio			%		%	Blend Result
Specifications	Basis	Unit	coal 1	coal 2		
1. Total Moisture	a.r.	%		0		
2. Inherent Moisture	a.d.b.	%		0		
3. Ash	a.d.b.	%		0		
4. Volatile Matter	a.d.b.	%		0		
5. Fixed Carbon	a.d.b.	%		0		
6. Calorific Value	a.r.	kcal/kg		0		
7. Calorific Value	a.d.b.	kcal/kg		0		
8. Tottle Sulphur	a.r.	%		0		
9. HGI				0		

為了了解拌煤混合物的行為，電廠管理者必須準確地了解，所有要混合的煤的特性。然而如前所述，混合煤的綜合性能，不僅僅是混合物中所有煤的附加特性的反映。

煤炭混合的決定，必須基於對混合物的具體行為的了解，而不是假定性或附加性。任何煤混合物的最佳測試是在電廠中使用它，並測量其與預期性能相比的性能。燃燒混合煤的大多數以運營經驗為基礎，而不是採用複雜的混合模式。

### 3-3 拌煤系統的實用性

煤的混合可以通過不同的方式來實現不同的結果。混合比僅將兩種或多種煤，混合在一起更複雜。然而，對於需要真正優化的拌煤組合來說，均勻化甚至超過混合。混合和均質化之間的區別：

混合：混合兩種或更多種不同的材料，以產生具有新的平均水準的某些參數的混合物。這樣做可以將來自不同交貨的材料層疊在一起。混合物的總量具有預測的平均質量，儘管混合物的不同區域將會有變化。

均質化：不同混合物的組合，以減少相對於平均值的變化。這需要更多的努力和更專用的設備，因此比混合更昂貴。物理混合煤的最簡單的方法之一是將煤堆放在一起。顯然，為了實現有效的組合，必須控制煤的混合和組合。

現場混合有兩種一般方法：

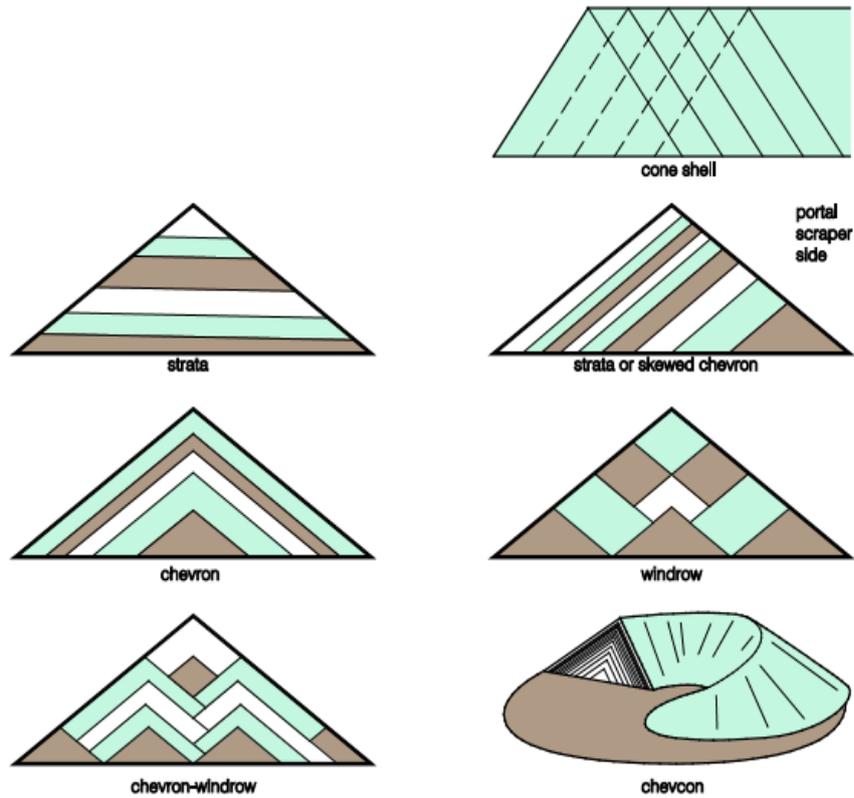
- 預先混合 - 通過以不同的方式將不同的煤堆積在同一堆或料斗中，在煤中分配出一堆混合物。
- 按需要分配 - 分別儲存不同煤質，但按需要將其回收到鍋爐中。

以下各節介紹了煤炭可以如何處理和儲存的不同方法。

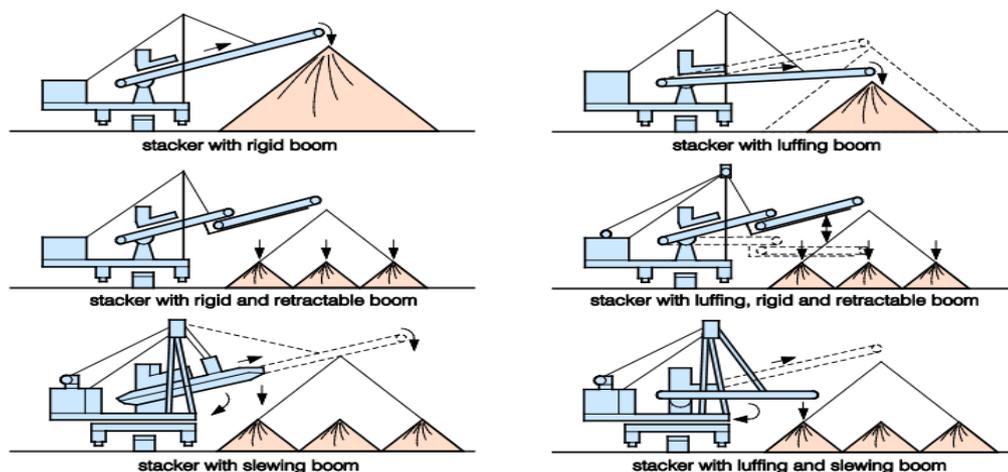
#### 3-3-1 煤堆混合

也許最簡單和低成本的煤混合方法，是將不同的煤質放入一個單一的堆中。這被稱為“儲存混合”。如下圖所示，堆放在水平層中，因為不同的煤層被添加。不同的顏色表示不同的煤，因為它們被添加到堆中。煤層的位置和厚度允許煤以混合物，作為回收過程的一部分的方式被儲存。

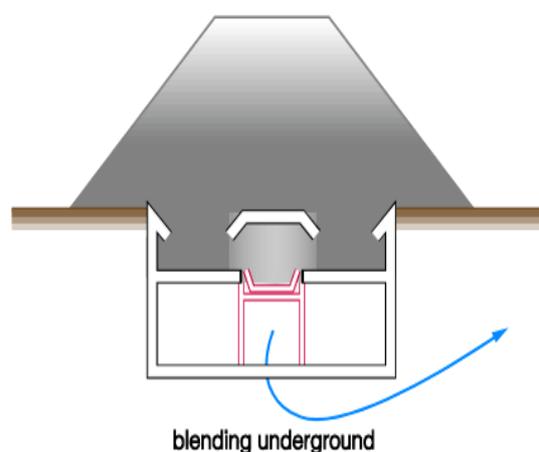
如下圖 3



在這些地層堆積煤需要專門的設備，如下圖 4 所示。從圖中可以看出，這種類型的設備大而昂貴，需要熟練的操作。這將增加煤炭處理過程中的成本。該設備的操作因設計而異。固定吊桿系統較便宜，但是需要更多的空間，來移動整個系統以促進煤的擴散。可伸縮的吊桿，允許更多的運動靈活性。起重臂保持其起升或下降，水平起重機確保起重臂保持在相同的高度。迴轉支架允許在可用空間的範圍內堆置煤堆，至少有兩齒輪上旋轉，這意味著吊桿可以從



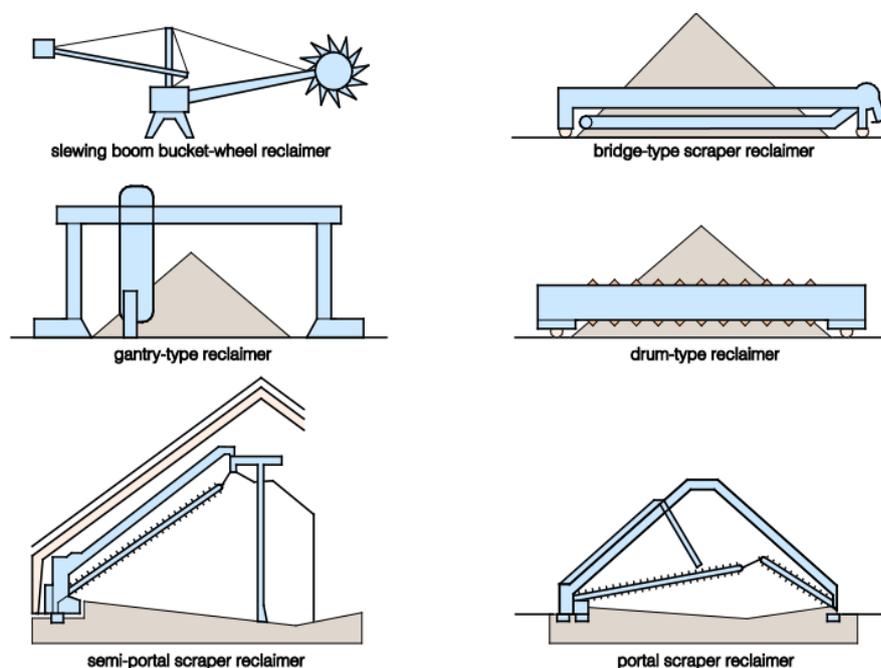
中移動煤堆，另一層是堆放的，另一層是回收的。在更侷限的地區，圓形床可能更合適，因為這些可以同時進行堆積和回收。循環儲存有幾個缺點。這些包括設備和現場的需求，很難以對現有工廠進行改造。此外，設計使得它們不能容易地增加容量，並且如果需要，可能需要另外的第二儲存場。庫存中的煤層越多，混合效果越大。然而混合物的均勻性，仍將受到層的厚度，和隨後從儲存和輸送到鍋爐之間的煤炭的移動限制。在某些情況下，簡單的分層不足以創造均勻的混合。事實上，混合通常可以更多地依賴於填埋方法，而不是堆疊方法。有一些傳統的煤炭混合/回收方法包括從 silo 下提取煤的方法。下圖 5 所示，具有穿過輸送帶，和刮板的隧道的煤堆。刮刀移動通過隧道，刮掉不同煤層的煤，將它們一起放在輸



送帶上，從而形成混合物。雖然這種方法可以實現顯著的混合，但這是一種笨拙的方法，需要大量的施工投資，可能需要額外的移動設備將所有的煤轉移到中央收集區域。這種方法可以提供準確度低於煤組合 5% 的差異。混合可以通過簡單的推土機操縱通過更複雜的回收系統實現，使用振動來確保均勻的混合。

回收系統是相對複雜的設備，利用長臂和抓取或篩分單元，從煤堆取煤，如下圖 6 所示。這些長採集臂可以沿著長的煤堆收集，

或從不同的樁，甚至不同深度，穿過已經具有所需重量比例的煤堆。



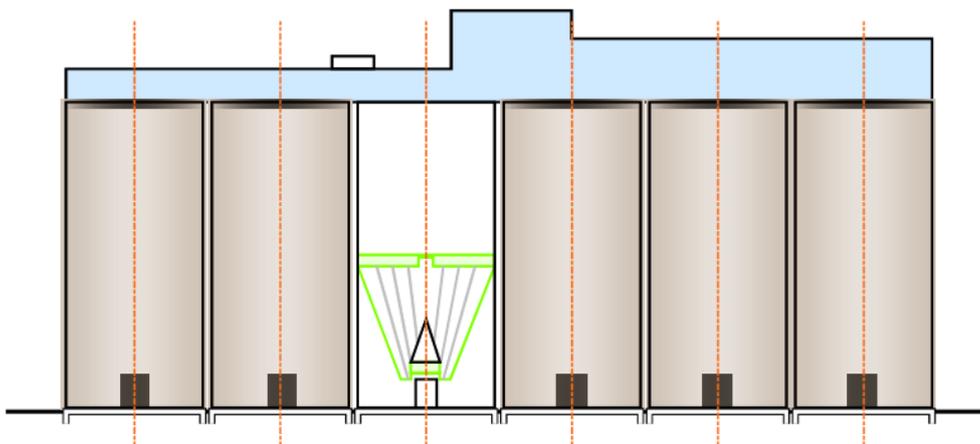
或者收集臂可以從圓形煤堆的中心徑向地作業。在大多數情況下，煤場的大小和形狀，將是使用混合設備的主要決定因素。大多數回收系統安裝軌道。最簡單的方法可能是鏟斗式回收機，其順序地使用鏟斗穿過煤堆，從希望煤堆中收集，通常包含煤的混合物。更先進的系統包括刮刀，其將煤覆蓋整個面堆，提供更大的混合和更準確的選擇。

### 3-3-2 Bins- silos 和 bunker

混合物可以在具有大型儲煤單元(例如煤倉和料斗)的地上建立。煤倉是高筒形儲存裝置，底部有一個輸出孔，而 **bunker** 則是矩形系統，底部可以有多個出口。煤倉和 **bunker** 通常都被稱 **Bins**。**Bins** 通常含有較少的煤，煤堆當然有最大容量。**Bins** 可用於容納，預先混合煤或可用作混合過程的一部分。料斗/進料器可用於在料斗，在下方產生已知重量的煤炭。這將由流量和/或重量來確定。然後可以使用挖掘機類型的車輛，或使用皮帶機或輸送機，將來自另一堆的已知重量的煤混合。這些系統最適合 20-100%的混合物。這些系統可以產生合理的混合，混合中不同煤的增量可達5%。只有適當的設備下，低於5%是可能的，並可能在某些天氣條件下變得

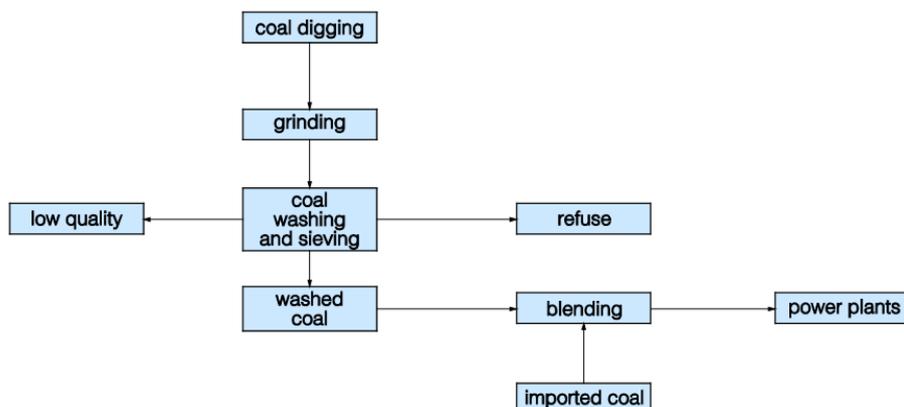
困難。混合技術中，帶式混合方式是煤在移動輸送機上的組合。這可以通過從儲存，混合堆或 **Bins** 取煤。煤層可以從圖 4 部分所示的起重機系統，或料斗系統落到皮帶上。通過控制加入到輸送機中的煤的速率來實現混合。這些系統設計包括稱重系統，以確認根據需要添加混合物。輸送機通常也是將混合煤從混合區域移動到輸送區域（如果要在場外發送）。對於新電廠，在設計階段應考慮未來的混合要求。下圖 10 顯示了由計算機控制的一系列六筒倉，下方裝設犁式取煤機，將所需量的煤排放到輸送帶上。該系統在指定組合的 1% 變化範圍內，具可靠性的和一致性的。這是一個同質的過程，並可以佔用相對較小的區域。

圖 10 silo 拌煤系統



### 3-4 拌煤實務

煤炭可以在生產過程的幾乎任何一點進行配煤。下圖 11 顯示了將煤炭從地下挖到發電廠的基本煤炭生產流程圖。



煤的混合取決於許多因素，特別是成本和實用性，煤炭和煤場的處理成本，通常是電廠重要的年度支出成本。混合煤可佔用大量的空間。如果一個電廠突然要求在現場進行混合，那麼煤場就必須為大量的煤儲存和混合騰出空間。在某些情況下，這在物理和經濟上都是不可能的。因此，許多電廠會傾向於從煤礦或煤炭生產商購買預混煤。然而，依靠礦場或供應商的混合煤，可能會限制電廠的燃用煤炭的靈活性，並增加成本支出。

### 3-4-1 在煤場的堆料混合

在煤場的煤炭混合增加了額外的成本和空間要求，但允許電廠靈活地改變煤的混合物。對於需要快速調整產量以滿足電網需求的電廠，或者用於切換煤炭，以確保排放符合法定限制的電廠而言，這是理想之選。現場混合還使電廠能夠根據需要，管理自己的煤炭採購和緩衝供應。為保持煤炭的充足庫存，煤堆的相對大小應該與煤的相對燃燒率相當。庫存應該跟上煤炭燃燒率，但不一定超過它的任何顯著的數量。在處理容易發生自燃的煤時，這是一個重要的考慮因素。這些煤應該按照，先進先出的原則進行回收。煤炭運輸率也應該以同樣的方式加以控制。活性煤堆通常定義為在不使用移動設備的情況下，可以回收的電廠最大燃燒率的三天，的煤炭需求量。在任何地點使用的混合方法，在一定程度上，取決於可用的空間和設備。堆放和混合系統，都適用於現場工廠使用，這也取決於可用的空間和設備。例如，對於幾乎沒有存儲空間，且只有一個料斗/料倉的小型電廠，煤炭混合物可能會被同時以所需的比例量，推進入料斗以混合。

現場混合的許多優點，包括將煤炭混合物的有彈性發送到鍋爐燃燒。而缺點一般與實際成本有關，例如協調成本以及儲存和混合。對於許多共混物來說，混合物的大部分確定是按照每種煤的比例，這是在將煤放置在同一個儲存庫，或者料斗中的過程中實現的。然而，煤的實際物理混合，發生在從煤堆或料斗中回收煤時。這必須在將煤送入鍋爐前予以均質化。

下表 3 燃煤電廠現場配煤的主要方法

Method	Description	Location of blending	Advantage	Disadvantage
Beds/stockpiles	stacking of two or more coals in layers	on the conveyor belt homogenisation at transfer point	only one system required relatively inexpensive	all coal must be stacked before blending not possible to change the blending ratio
Silos	coal in one silo is dropped onto a conveyor below carrying a second coal	on the conveyor belt homogenisation at transfer point	accurate blending ratio ratio can be varied	high capital cost
Ground hopper	first coal is bulldozed into the hopper, second coal is added via wagon or other source	at common transfer point homogenisation at transfer point	ground hopper is an additional source/stock for reclaiming	feeding rate is not accurate
Blending on moving belt	two types of coal are stacked in two yards and gathered by separate stacker/reclaiming systems	at common transfer point homogenisation at transfer point	blending ratio can be changed at any time	all coal must be stacked first
Blending on moving belt (imported coal reclaimed and domestic coal from track hopper	imported coal is reclaimed from the coal yard and domestic coal is fed from the track hopper/wagon	at common transfer point homogenisation at transfer point	blending ratio can be changed at any time only imported coal needs to be stacked, other can come in as delivered	lower blending accuracy than silo blending

下圖 12，顯示了克羅地亞 192MW Plomin 燃煤電廠，縱向煤堆的堆取/回收系統。電廠旁邊的煤場已經不能滿足電廠的煤炭需求，因此煤炭從海外進口。這意味著煤場的容量從 32kt 增加到 114kt，煤炭回收機的堆碼速度從 350t / h 提高到 12000t / h。該工廠還需要一個新的長達 6000 英尺（1830 米）的輸送機將煤炭從碼頭輸送到煤場。



加拿大對所有主要污染物，包括粒狀汙染，二氧化硫和氮氧化物都有相對嚴格的排放控制要求，同時也對減少汞排放，作具體要求。這需要在污染控制技術方面進行大量投資，在某些情況下還需要進行燃料混合或轉換。在當地礦場關閉後，加拿大新斯科舍省幾部 150 MW 機組的燃料進行燃料轉換。在一些機組中，進行了詳細的電腦化模擬，流體動力學模型，並在實驗室進行了分析和測試。該公司開發了自己的軟體模型，來研究不同的煤炭和煤炭混合。然後用這些煤進行全面測試，在四年內將模型校準到現有單位。考慮到這一時期，出現的空氣排放限制(二氧化硫，氮氧化物，二氧化碳，汞和不透光率)，對模型進行了修改。這項工作持續進行中，隨著更多的煤炭數據，和更多的測試數據的出現，模型將繼續發展。該模型將允許工廠預測，如何最好地混合煤炭，以應對煤炭進入電廠特性的變化，而不會影響性能或冒著違反排放法規的風險。

### 3-4-2 在燃燒之前或燃燒期間混合

將混合煤輸送到鍋爐的替代方法，是以預定的比例將不同的煤進料到鍋爐中。這避免了預混合的需要，並且意味著煤可以在煤場分開儲存。將混煤供應給當地電廠的地下煤炭回收系統，並將的拌煤設施升級。最初通過基本控制進料速率來執行混合。經由電廠操作人員確定，通過使用特定的混合燃料，可以提高包括污染控制在內的電廠效率。由於現有的系統，無法提供工廠所需的一致性混合。因此該鍋爐升級了，新的飼煤機及控制系統，來提供均勻的飼煤量：

- 每個飼煤機的遠程設定點控制。
- 先進的控制軟體，用於監測回收皮帶的煤重量和流量，並提供穩定的煤炭運輸。
- 改進警報系統，當混合物不符合規定要求時通知操作人員。
- 追蹤和存儲與煤炭運輸和性能有關的歷史數據，這些數據可能與鍋爐性能直接相關。

如果需要的話，系統也可以從一種混合變成另一種混合，遠端

，自動和即時控制。混合可以通過粉煤機控制進行。使用 PLC 和 DSC（分散式控制系統），可以實現皮帶式拌煤，從而控制不同類型的煤炭進入輸送機和通過粉煤機的速率。拌煤軟體和皮帶上分析儀，可以進行質量平衡，並更加準確地計算，追蹤和開發。

為了在爐內混合，每種類型的煤可以從單獨的燃燒器注入鍋爐中，而不需要事先混合。這種方法可以用來控制燒失率，並通過燃料分級，來促進燃料的完全燃燒。這種爐內混合形式可以用來減少未燃碳和 NO<sub>x</sub> 的排放。一種煤被送入探頭的側面，另一個煤被送入安裝有冷卻系統的中心管。將褐煤（Yagutugol）和亞煙煤（Adaro）混合。正如預期的那樣，煤在爐內混合，導致未燃盡的碳部分的改善和 NO<sub>x</sub> 排放的進一步降低，超過了在燃燒之前混合煤所能達到的。混合燃燒效率可以通過在鍋爐內，產生渦流效應而得到改善，但總體結果取決於一次氣體比率。爐內摻混方法顯示出提高燃料的可燃性，和減少實際發電廠中的 NO 排放的潛力。開發了能夠“合理地”預測實驗室，研究中的未燃碳和 NO 排放的數值模擬，由於鍋爐安排的複雜性，實際應用可能會受到限制，應該較大的模型在檢測。

為了燃料成本的降低，燃燒穩定性的改善和環境性能的改善，動態混合變得日益流行。由於混合煤的複雜非加性行為，動態混合採用神經網路處理 - 回歸方程在計算機最佳化算法中，預測並產生最佳的混合以滿足要求。

## 肆、 大林電廠一、二號機拌煤系統

### 4-1 輸煤系統

現有的兩套連續接收煤卸煤機 CSU-1 和 CSU-2，並運輸煤炭到儲存筒倉(silos)。煤炭輸送系統，將從儲煤筒倉中回收煤炭，並運到 #1 機和 #2 機日用倉(bunker)。

### 4-2 系統概述

#### 4-2-1 接收系統

兩個現有平行碼頭輸送機，C-1A / B 卸煤能力 4400 噸/小時，與兩台現有的連續卸煤機一起運轉，公稱產能 2200 噸/小時，最高產能 2420 噸/小時，該輸送機 C-2A / B 從已安裝的現有 C-1A / B 頭端，接收煤到現有的 TR-1 中。現有的 TR-1 將放置於 C-2A / B 尾端。而磁性分離器，分別安裝在輸送機 C-2A / B 的頭端，從煤流中去除任何鐵質材料。

C-3A / B 輸送帶，通過位於 TR-2 的分流器 DG-2A / B，接收來自輸送帶 C-2A 或 C-2B 的煤。C-3A 輸送帶之後在 TR-3 中，將煤通過分流門 DG-3A，輸送到 DG-3C 和 DG-3E。而 DG-3C 輸送到 C-3D 或 C-3C。DG-3E 輸送到 C-3E 或 C-3F。C-3B 輸送機將煤通過位於 TR-3 的分流門 DG-3D，輸送到輸送帶 C-3C / D。輸送帶通過分流門 SG-3F 到 C-3E 及 C-7C。

CSS 包括兩列儲煤倉。每列 TRAIN 有四座 70,000 公噸儲煤倉。輸送帶 C-3C / D 和 C-3E / F，將煤輸送給 C4A / B、SILO-1 和 C-5A / B 和 SILO-5，通過分流門 DG-S1A / B 和 DG-S5A / B 的分別送到 SILO-1 / SILO-5 的倉頂。傳送帶 C-4A / B 將煤炭運送到 SILO-2 或下一個傳送帶 C-4C / D。通過位於 SILO-2 中的分流門 DG-S2A / B，到輸送帶 C-4C / D，並通過們將煤輸送到 SILO-3 或下一個輸送帶 4-E / F。位於 SILO-3 的 DG-S3A / B 分流門，到輸送帶 C-4E / F 將煤輸送到 SILO-4，或未來輸送帶通過位於 SILO-4 的分流門 DG-S4A / B，到輸送帶 C-5A / B。輸送帶 C-5C / D 將煤輸送到 SILO-7，或經輸送帶 C-5E / F，通過位於 SILO-7 中的分流門 DG-S7A / B，到輸送帶 C5E / F 通過分流門 DG-S8A / B，將煤運送到 SILO-8。

#### 4-2-2 Coal Bunkers 日用倉加煤系統

Coal Bunkers 日用倉加煤系統，由八個 RPF 和相關的輸送機組成，C-6A / B / C / D 和 C-6E / F / G / H（公稱容量為 1000 t / h）。這些輸送機位於儲煤筒倉(silos)的隧道內。每台輸送機裝備一台 RPF 將煤炭輸送至輸送機 C-7A 或 C-7B（2000 噸/小時公稱容量），分流

門分別為 DG-4A / B / C / D 和 DG-4E / F / G / H。RPF 掛載在儲煤筒倉底下，並分別與整個筒倉及皮帶輸送機相連。在執行拌煤時，至少應同時運轉兩台 RPF。此外，旋轉犁式給料機(RPF)，的回收能力應可調整，以應混合要求。十個皮帶秤，分別安裝在輸送帶 C-6A / B / C / D，C-6E / F / G / H 和 C-7A / B 的前端。

為將煤炭運送到未來的#3 號與#4 號機，TR-8 設計有分流門 DG-8E / F。而且未來輸送機的容量，和輸送帶寬度應與 C-10A / B 相同。該 Bunker 加煤系統，通過位於 TR-9 分流門 DG-9A / B，接收來自 C-10A / B 的煤。Bunker 加煤系統，由輸送機 C-11 和 C-12 組成，與相關的移動卸料台車，TC-11 和 TC-12，以及分流器門 DG-11 和 DG-12，它們分別位於#1 機與#2 機 COAL BUNKER 上方的卸料室中。

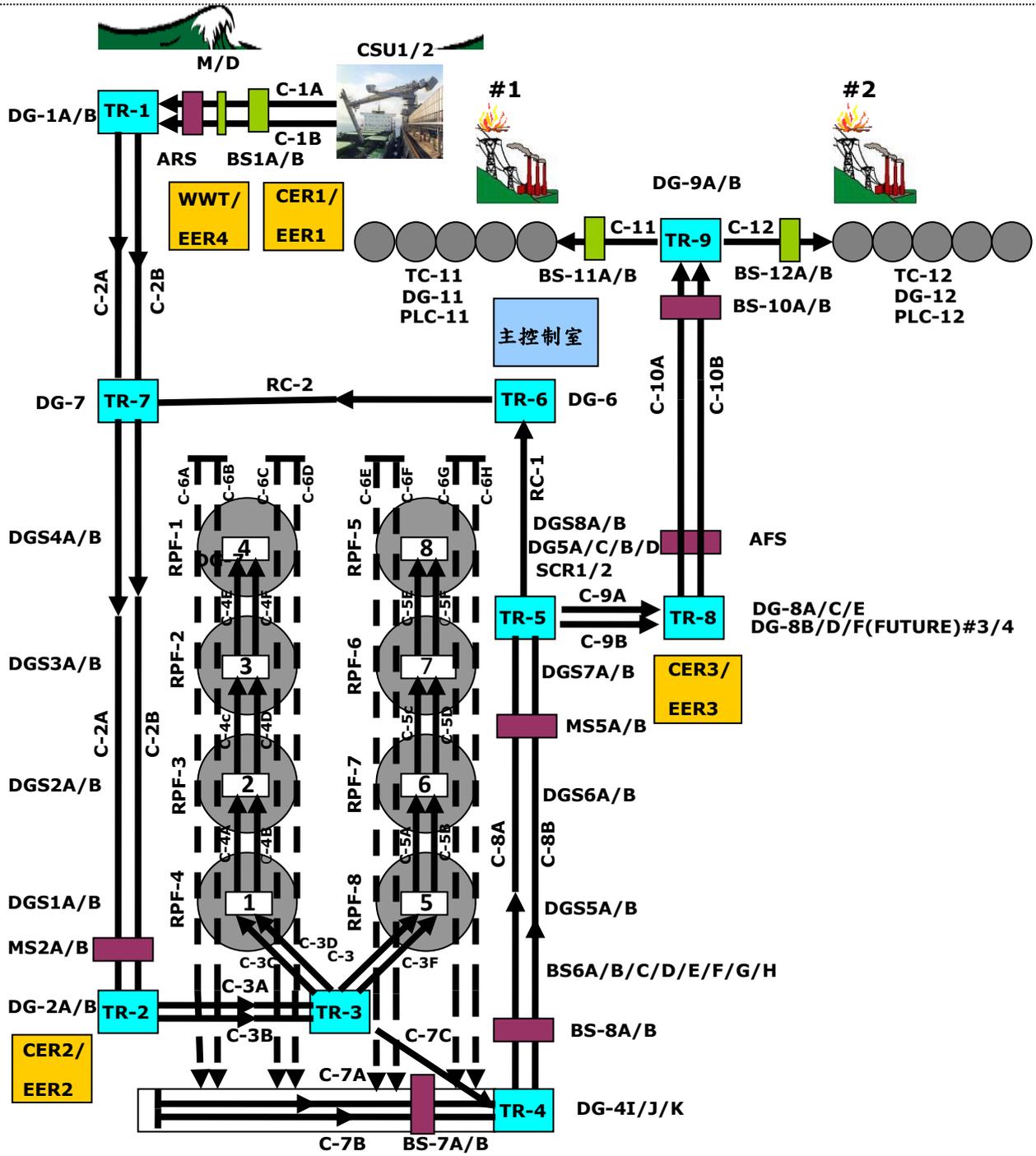
#### 4-4-3 回收系統

回收系統採用循環輸送機 RC-1，將煤炭從 TR-5 輸送到皮帶輸送機 RC-2，通過分流門 DG-7，將煤輸送到輸送帶 C-2A / B。經由 TR-7，然後將煤運送回煤倉 (Silos)。如果煤儲存在儲煤筒倉中的溫度，高於設定溫度，或煤炭需要量更換特定儲存筒倉時，循環輸送機應運轉使用。

#### 4-4-4 旁路系統

旁路系統應通過輸送帶 C-1A / B、C-2A / B 和 C-3B，輸送煤炭到分離門 SG-3F，然後通過 DG-4K 將煤輸送到 C-8A / B。所以煤炭是直接從 CSU (碼頭) 輸送到 coal bunkers。總體而言，SG-3F 將分流煤炭流量，為 2000 噸/小時至輸送機 C-7C，另外 2400 噸/小時至輸送機 C-3E，或全煤流量為 4000 噸/小時到輸送機 C-3E。

下圖為大林#1.2 機輸煤系統流程圖



DG-4A/B/C/D  
 DG-4E/F/G/H  
 DG-3A/C/E  
 DG-3B/D  
 SG3F

- |                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| 1. Pull Cord SW            | 8. Fluid Coupling Thermal SW |
| 2. Misalignment SW         | 9. Field Special Packaged    |
| 3. Take-up SW              | 10. Silo/DCDAS Interface     |
| 4. Speed SW                | 11. Dust Collectors          |
| 5. L.S                     | 12. Modification             |
| 6. Rip Detection Devices   | 13. CCTV                     |
| 7. LS/Position Transmitter | 14. Site CCTV Monitor        |

## 伍、結語與建議

此次很榮幸獲得上級長官派遣前往英國 Doosan Babcock，研習傳統機組採用拌煤(COAL BLENDING)系統技術研討，對於事前提供資訊，協助規劃出國行程，及事後辦理各項手續，都獲得各單位同仁之協助，僅此致謝。

以下就本次出國期間，對相關資料的學習心得，提出個人淺見，期望對公司有所助益：

1. 目前大林#1、2機更新改建工程進行中，一號機已進入試運轉階段，鍋爐為配合設計燃用煤質需要，也不斷進行 OPA 及 SAP 風門調校，以及鍋爐參數的調整，電廠相關的保養單位，也都非常積極的參與，獲得相關的實際經驗，如未來機組發生一些問題，也能先行處理。
2. 在未來煤炭供應和煤質一致性可能成為問題的時候，為延長電廠運轉壽命和保持性能，拌煤也就變得越來越有重要，不管是成本問題，以及日益嚴格的排放控制要求，因此燃料購買單位，應做煤炭資源分布與儲量的長期的研究，以確保燃料供應無虞。
3. 拌煤提供了一種方法，讓電廠平衡煤炭特性和鍋爐所需的燃燒性能。在許多情況下，這種平衡是不能完全實現的，所以必須做出決定哪些特性是必要的，哪些是可以解決的。例如，煤可能具有比期望的更高的水分，而降低效率。但是其低灰分含量將是有利的鍋爐燃燒系統。儘管拌煤混合物的特性，可以在一定程度上進行估計或預測，但在大多數情況下，這是全面的測試和操作，的經驗所累積而來，因此運轉人員，必須將這些運轉經驗做成紀錄，與其他相關單位分享，以應為未來燃用不同煤質的挑戰。
4. 此次學習之旅，除了拌煤系統之外，也看到包括 Babcock 的材料實驗室及燃燒器試驗鍋爐，並看到了英國許多地區，風力機組聳立，而英國再生能源比例已達 20%。以及未來因應歐盟 2025 年後禁止燃煤發電，為符合環保要求，一些電廠由燃煤改用生質燃料，這些不但未來趨勢，也是對電力事業的挑戰。