

環保低硫燃料油之開發及鍋爐煙道檢測

Development of Clean Low Sulfur Fuel Oil and Inspection of Boiler Pollution Emissions

李政恩、羅永祥、許明晃、王淑麗
台灣中油股份有限公司煉製研究所 燃料及潤滑劑組

燃油(重油、柴油)鍋爐經由燃燒釋放熱量，熱經爐管傳至介質(水或熱煤油)產生高溫蒸汽或熱煤油並傳遞熱能，可應用於發電、汽電共生、工業製程或加熱系統等，在工業上是相當普遍的能源設備。但這些石化燃料在燃燒時會產生硫氧化物(SOx)、氮氧化物(NOx)及粒狀物(PM)等排放污染物，除對全球環境造成衝擊外，也會間接對人體造成危害。隨著環保意識抬頭，國內環保法規也見趨嚴，109年7月1日施行的「鍋爐空氣汙染物排放標準」，針對新設/既存鍋爐排放之SOx<50ppm；NOx<100ppm；PM<30mg/Nm³。使用目前市面上的0.5%低硫燃料油已無法符合法規，遂該如何符合新法規成為鍋爐使用業者急需解決的課題。

降低排放污染可從源頭或末端進行改善：源頭使用乾淨能源如柴油、LPG或天然氣。但柴油在消防法規上的規定較為嚴格，屬公共危險物品，其管制量需少於1公秉；LPG在儲存及使用上會有安全的疑慮；天然氣則需增設天然氣管線、加壓站及改裝鍋爐等，所費不貲。而末端可加裝後處理設備，如脫硫塔、脫硝設備等，除了增加設備成本外，場地、後續設備維護及廢棄物處理都是需要考慮的問題。而開發符合規範的燃料油作為源頭改善的選項，可使鍋爐使用業者續用燃料油，不需改裝鍋爐，且也沒有消防法規上的危險物品管制問題。

本研究開發的環保低硫燃料油，其油品的特性可符合目前的低硫燃料油規範，相容性以滴點標準測試(ASTM D4740)，表現良好；穩定性以久儲實驗測試，亦表現良好。在經由不同類型的鍋爐試燒並進行煙道檢測，其排放數據可符合「鍋爐空氣汙染物排放標準」。環保低硫燃料油的開發，讓市場上多一種燃料的選擇，對國內天然氣的安全存量可稍稍緩解。而對於地處偏遠，致天然氣管線未能鋪設的鍋爐使用業者也可解決燃料的問題。

壹、實驗說明

一、研究目的：

石化燃料燃燒所產生的排放汙染物造成環境汙染及人體危害，使得各界愈來愈重視環保議題。為符合國內新訂定的「鍋爐空氣汙染物排放標準」，本研究開發環保低硫燃料油，進行油品特性的測試，觀察其穩定性及相容性；在經由不同類型的鍋爐試燒並進行煙道檢測，其排放數據可符合加嚴的環保法規。

二、實驗設備：

1. 油品來源：

中油公司開發之環保低硫燃料油(特種低硫燃料油)。

2. 實驗設備：

- (1)各式鍋爐(由各廠商提供製程使用之鍋爐)
- (2)粒狀汙染物收集及檢測設備(環保檢驗公司)

三、實驗方法：

1. 油品性質：若是要符合排放法規中SOx<50ppm，燃料油含硫量需小於0.1%。以此為基準點開發出含硫量<0.1%的環保低硫燃料油。

- (1)油品特性：將環保低硫燃料油進行(實際鍋爐試燒用)進行全規範化驗
- (2)穩定性及相容性測試：將環保低硫燃料油以密度分離實驗及相容性滴點標準試驗(ASTM D4740)進行測試。
 - a. 密度分離實驗(久儲及穩定性)：取500mL的油樣置於分液漏斗中，常溫下靜置，每隔一段時間進行上下層的密度量測，實際密度實驗中其重複性差異需<0.0005g/ml。
 - b. 滴點標準測試(相容性)：依照ASTM D4740方法，將油品加熱@90~95°C，並將油樣滴在試驗紙上，並乾燥試驗紙1小時@100°C，觀察並判定與Adjunct Reference Spot Sheet比較後的等級。



圖一、密度分離實驗



圖二、滴點標準測試

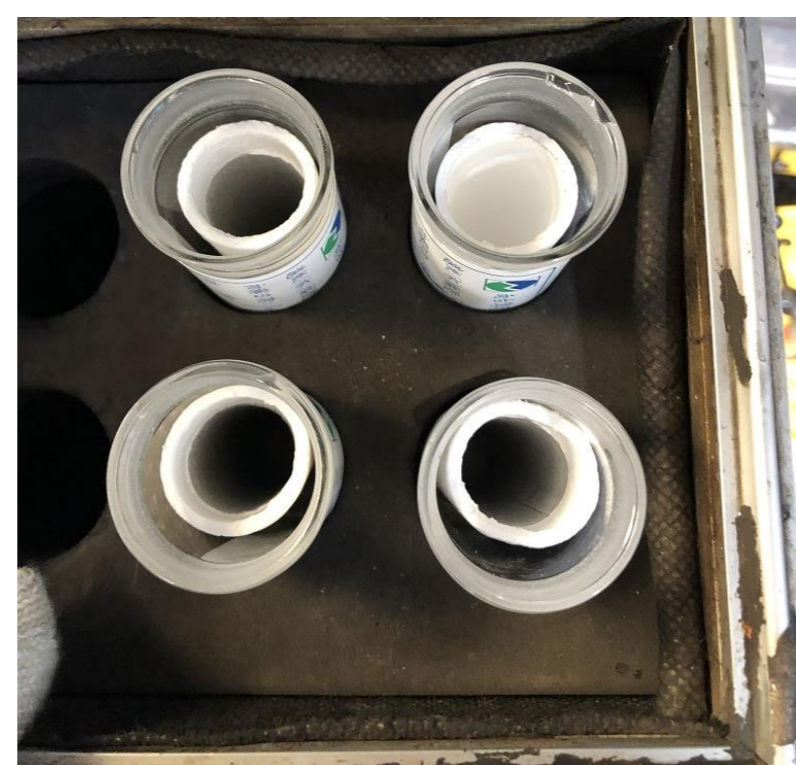


2. 鍋爐試燒煙道檢測：將環保低硫燃料油以鍋爐試燒，並由檢測公司進行煙道檢測，量測SOx、NOx及PM，以確認其排放數值符合新的鍋爐空氣汙染物排放標準。為確保試燒的數據可靠性，找了不同形式的鍋爐進行試燒，分別是高壓噴霧煙管式鍋爐、低壓噴霧煙管式鍋爐及熱媒鍋爐。

- (1)在量測煙道檢測前，油槽先行置換環保低硫燃料油或請廠商先試燒一天，調整鍋爐參數，再進行檢測。
- (2)在進行煙道檢測時，蒸氣煙管式鍋爐是以全負載(大火全開)來紀錄，取排放最大化來觀察，並於鍋爐負載穩定後，紀錄數據；而熱媒鍋爐因為是熱煤油循環，以廠商製程進行為主。



圖三、熱媒鍋爐



圖四、粒狀物檢測照片

貳、實驗結果與討論

一、油品性質：

1. 油品特性：與公司0.5%低硫燃料油相比，其符合0.5%低硫燃料油的規範，且硫含量也小於0.1%，但其密度、閃火點、黏度及流動點較0.5%低硫燃料油降低不少。

表一、燃料油規範及全規範化驗結果

項目	規範	0.5%低硫燃料油	環保低硫燃料油
密度: Density at 15°C, kg/L	Max. 0.9855	0.9439	0.8552
閃點: Flash point PM, °C	Min. 60	97	83
動力黏度: Kinematic viscosity, at 50°C, cSt	Max. 424	128	4.007
含硫量: Sulfur content, wt. %	Max. 0.5	0.428	0.0813
含氮量: ug/g		2067	426
流動點: Pour point, °C	Max. 15	9	-6
殘渣量: Carbon residue, micro, wt. %	Max. 15	5.84	1.03
含水量: Water content, vol. %	Max. 0.5	0.11	0.08
水份及沉澱物: Water and sediment, Vol. %	Max. 1.0	0.05	0.1
熱值, cal/g		10484	10953

2. 穩定性及相容性測試結果：

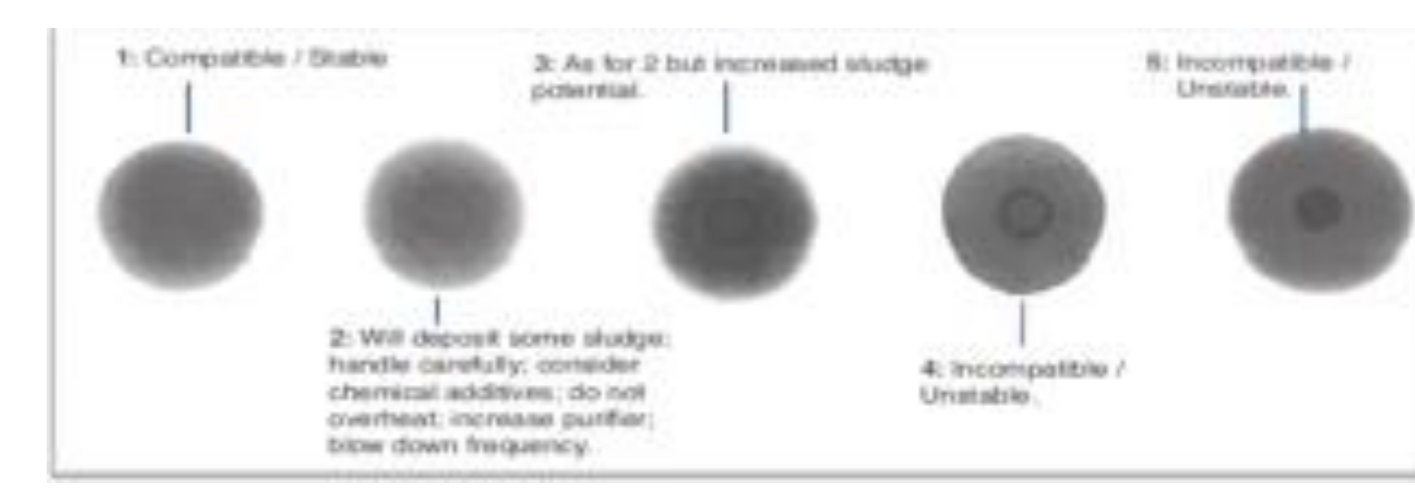
- (1) 密度分離實驗(久儲及穩定性)：進行一個月甚至更久的測試，其上下層的密度差異如表二，皆在重複性(<0.0005g/ml)範圍內，表示其穩定性良好。
- (2) 滴點標準測試(相容性)：將測試紙(如圖五)與Adjunct Reference Spot Sheet(圖六)比較後，其為相容性良好的等級一。

表二、密度分離實驗結果

	密度(g/ml)		
	上層	下層	密度差異
第一周	0.8619	0.862	0.0001
第二周	0.8617	0.8618	0.0001
第三周	0.8619	0.8621	0.0002
第四周	0.8619	0.862	0.0001
80天(08/05~10/24)	0.862	0.862	0.0000



圖五、滴點標準測試結果



圖六、Adjunct Reference Spot Sheet

二、煙道檢測：

鍋爐試燒煙道檢測結果：由四座不同鍋爐(三間廠商)進行測試，檢測公司進行煙道檢測，其結果如表三，其排放數據皆可符合新訂定的「鍋爐空氣汙染物排放標準」。

表三、鍋爐試燒排放數據(過氧量修正後數據)

	粒狀汙染物 (mg/Nm ³)	SOx (ppm)	NOx (ppm)
鍋爐排放法規	30	50	100
低壓煙管式(廠商1)	19	39	83
低壓煙管式(廠商2)	13	20	91
高壓煙管式(廠商2)	4	39	98
熱媒鍋爐(廠商3)	17	39	65

PS. 過量空氣以O₂=6%進行修正後之值

參、結語

1. 開發之環保低硫燃料油的硫含量<0.1%，預測可符合國內新訂定的「鍋爐空氣汙染物排放標準」中SOx<50ppm，且其相容性及穩定性良好，並無分層狀況。
2. 環保低硫燃料油經不同鍋爐進行煙道檢測，其排放數據可符合新的「鍋爐空氣汙染物排放標準」。
3. 環保低硫燃料油的開發，讓市場上多一種燃料的選擇，對國內天然氣的安全存量可稍稍緩解。而對於地處偏遠，致天然氣管線未能鋪設的鍋爐使用業者也可解決燃料的問題。