

---

# 基礎油廠異構化 脫蠟單元之加熱爐燃料 耗用改善

塑化麥寮廠區煉油廠

## 一、前言

台塑石化公司煉油廠秉持企業『追根究柢』的精神，平時即從製程、設備與操作等方面執行節能減碳改善評估工作，就製程單元所使用之水、蒸汽、電力及燃料全面進行產品單位耗用量合理性探討，找出可著手改善之處，以降低產品單位耗用量及生產成本，除可提升煉油廠整體之競爭力之外，其主要是著眼於降低生產過程的碳排放量，對目前漸趨暖化的地球盡份力量。回顧民國 103 年，煉油廠合計已完成 39 件節能改善案，可降低 CO<sub>2</sub> 排放量達 7.23 萬噸 / 年。

本次擬以基礎油廠之異構化脫蠟 (ExxonMobil Selective Dewaxing Unit, 簡稱 MSDW) 單元的加氫脫蠟反應器溫度變化分析，以進行加熱爐燃料耗用操作調整之改善案例分享。由於加氫脫蠟反應器的入料加熱爐為異構化脫臘單元之主要燃料耗用設備，亦是 CO<sub>2</sub> 最直接排放設備，所以降低燃料耗用，就可直接達到減少 CO<sub>2</sub> 排放量目的。

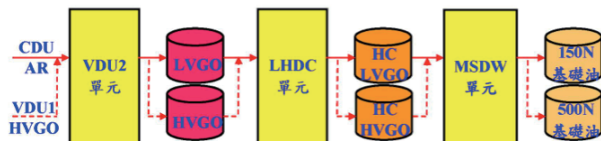
## 二、製程介紹

基礎油廠於民國 98 年度下半年投產，年產基礎油 70 萬公噸。採用高溫、高壓、加氫氣與入料反應方式，處理輕質真空製氣油 (LVGO) 與重質真空製氣油 (HVGO) 產製基礎油。

基礎油廠主要單元與製程流程如圖一所示，常壓蒸餾單元 (CDU) 的常壓塔底油 (AR) 及第一套真空分餾單元 (VDU1) 產品重質真空製氣油 (HVGO) 為入料，經第二套真空分餾單元 (VDU2) 真空分餾出輕質真空製氣油 (LVGO) 及重質真空製氣油 (HVGO)。

輕質真空製氣油與重質真空製氣油批次入料至加氫裂解 (LHDC) 單元，經觸媒脫金屬、脫硫、脫氮，及環烷烴、芳香烴、烯烴之開環、飽和，產製脫硫輕質真空製氣油 (HC LVGO) 及脫硫重質真空製氣油 (HC HVGO)。

再以輕質 / 重質脫硫真空製氣油批次入料至異構化脫蠟 (MSDW) 單元，經觸媒再次脫硫、脫氮、飽和芳香烴，並將長鏈正烷烴異構化為異烷烴，以降低流動點，並改善流動性、飽和多核芳香烴後，分別產製成 150N 及 500N 基礎油，供潤滑油廠商摻配添加劑調製成潤滑油進行銷售。



▲圖一：基礎油廠主要單元與製程流程簡圖

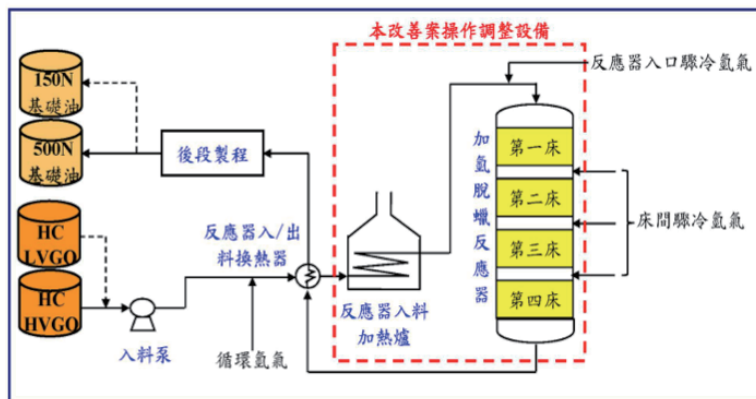
## 三、現況及操作改善說明

異構化脫蠟單元製程流程簡圖如圖二所示。本次改善重點主要係進行異構化脫蠟單元內之反應器入料加熱爐的出口

溫度最適化調整，以節省燃料並減少 CO<sub>2</sub> 排放。本節將首先介紹加氫脫蠟反應器的設備及反應原理，再透過目前加熱爐操作現況，從而發現可改善之處。

加氫脫蠟反應器由入口端至出口端共分四床觸媒床，由入口端起第一床觸媒床進行脫硫、脫氮、飽和芳香烴反應，接下來第二、三、四床觸媒床則進行異構化脫蠟反應。由於從第一至第四觸媒床皆屬放熱化學反應，為防止下一床觸媒溫度因上一觸媒床放熱反應而逐漸升高，造成下一床觸媒反應失控之考量，原設計廠商於各觸媒床間皆設計床間驟冷氫氣，用以進行反應溫度調控，避免反應失控。而加熱爐出口至第一觸媒床入口亦設計驟冷氫氣，以精確控制入料反應所需溫度值。

### MSDW單元



▲圖二：異構化脫蠟單元製程流程簡圖

異構化脫蠟單元有輕質脫硫真空製氣油 (HC LVGO) 及重質真空製氣油 (HC HCGO) 兩種品別入料，平均每七天切換入料品別。兩品別入料之硫份、芳香烴含量差異甚大 (如表三所

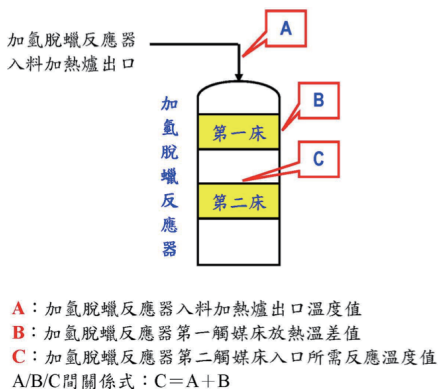
示)，致進入加氫脫蠟反應器第一觸媒床所造成之反應溫升值不同。

▼表三：異構化脫蠟單元不同品別入料品質比較

	HC LVGO	HC HVGO
硫含量 (ppmw)	5.5	25.5
氮含量 (ppmw)	0.6	0.6
蠟含量 (wt%)	16.9	17.1
芳香烴含量 (wt%)	1.7	8.4

入料經第二觸媒床所需反應溫度值，係來自反應器入料加熱爐出口溫度值與入料經第一觸媒床反應所造成溫升值加總 (如圖四說明)。當入料品別切換至輕質脫蠟真空製氣油 (HC LVGO) 時，因硫份與芳香烴含量急遽降低，同時使第一觸媒床反應溫升值 (圖四標示 B) 亦急遽降低，造成入料至第二觸媒床因反應所需溫度值 (圖四標示 C) 不足而減緩反應速率，導致產品因脫蠟量不足而不合格。盤面人員為避免此異常發生，會預先將反應器入料加熱爐之出口溫度 (圖四標示 A) 過度調高，惟此舉不僅造成

加熱爐燃料耗用量提升，亦會加速加氫脫蠟反應器第一床觸媒老化速度。故擬針對加氫脫蠟反應器入料加熱爐之出口溫度值尋求一最適化調整方法供盤面人員遵循，以降低該加熱爐燃料耗用量，並延長加氫脫蠟反應器第一床觸媒使用壽命。



▲圖四：加氫脫蠟反應器觸媒床溫度值與加氫脫蠟反應器入料加熱爐出口溫度值示意圖

## 四、改善過程

加氫脫蠟反應器第一觸媒床溫升值來自入料中硫、氮、芳香烴等與觸媒的放熱反應，因輕質脫硫真空製氣油與重質脫硫真空製氣油中氮含量相近，對加氫脫蠟反應器第一觸媒床溫升值貢獻亦相近，故計劃分析入料硫含量、芳香烴含量分別與加氫脫蠟反應器第一觸媒床溫升值關係。

由所蒐集數據分別建立入料硫含量與加氫脫蠟反應器第一觸媒床溫升值，及入料芳香烴含量與加氫脫蠟反應器第一觸媒床溫升值迴歸分析曲線，發現入料硫含量與加氫脫蠟反應器的第一觸媒床溫升值關係不高，但入料芳香烴含量與加氫脫蠟反應器第一觸媒床放熱溫差值迴歸分析後可得到一高度相關性的線性方程式 (如圖五所示)：

$$y = 1.3694x + 5.0923$$

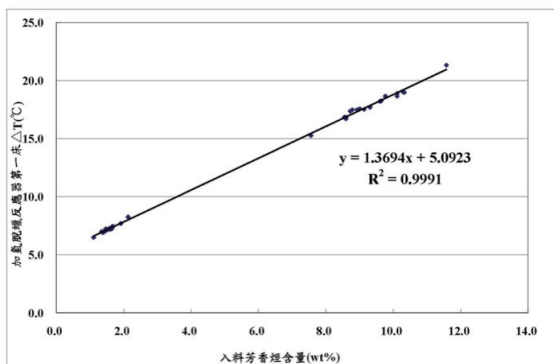
y：加氫脫蠟反應器第一觸媒床放熱溫差值

x：入料芳香烴含量 (wt%)

$$R^2 = 0.9991$$

異構化脫蠟單元操作人員可在入料切換前，先行取樣檢測預定更換入料之芳香烴含量，再將檢測分析之入料芳香烴含量代入上述迴歸分析線性方程式，即可用以預估切換入料後加氫脫蠟反應器第一觸媒床放熱溫差值 (圖四標示 B)。因加氫脫蠟反應器第二觸媒床入口溫度值為固定值 (圖四標示 C)，故將上述由迴歸分析所得加氫脫蠟反應器第一觸媒床預估放熱溫差值套入圖四關係公式，即可推估出反應器入料加熱爐於切換入料時所需設定的出口溫度值 (圖四標示 A)。如此可避免切換品別時，反應器入料加熱爐出口溫度值提高不足所造成產品不合格，或加熱爐出口溫度值過度提高所造成燃料

耗用與加速觸媒老化縮短觸媒使用壽命。



註：決定係數，用以確認迴歸分析線性方程式中 x 值與 y 值間預測之準確度， $R^2$  值介於 0-1 間， $R^2$  值愈靠近 1，則使用 x 值套入迴歸分析線性方程式中所得 y 值準確度愈高。

▲圖五：入料芳香烴含量與加氫脫蠟反應器第一觸媒床放熱溫差值迴歸分析關係圖

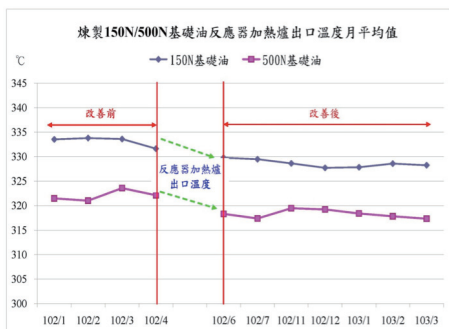
## 五、改善結果

本改善案於 102 年 5 月份至 103 年 3 月份進行線上製程實際改善測試，測試期間基礎油品質皆合格，另以 102 年 1 月份至 102 年 4 月份操作數據作為改善前數據，經蒐集改善前 / 後反應器入料加熱爐出口溫度值操作數據彙整如表六，改善前 / 後反應器入料加熱爐出口溫度值趨勢圖如圖七，改善前 / 後煉製基礎油燃料耗用彙整如表八。

▼表六：改善前 / 後操作數據彙整表

	操作數據平均值		
	改善前	改善後	改善後-改善前
年/月份	102/1~102/4	102/6~103/3	-
反應器入料加熱爐COT(煉製150N基礎油), °C	333.1	328.6	-4.5
反應器入料加熱爐COT(煉製500N基礎油), °C	322.1	318.3	-3.8

註：COT(Coil outlet temperature)加熱爐出口溫度值



▲圖七：改善前/後操作數據趨勢圖

▼表八：改善前/後煉製基礎油燃料耗用量彙整表

	操作數據平均值		
	改善前	改善後	改善後-改善前
年/月份	102/1~102/4	102/6~103/3	—
煉製150N基礎油燃料耗用量(kg/hr)	712.0	684.1	-27.9
煉製500N基礎油燃料耗用量(kg/hr)	583.7	566.4	-17.3

由表六可看出在入料量相近情況下，煉製 150N 基礎油時，改善後反應器入料加熱爐出口溫度值平均值為 328.6℃，相較改善前加熱爐出口溫度值平均值 331.1℃降低 4.5℃；另煉製 500N 基礎油時，改善後反應器入料加熱爐出口溫度值平均值為 318.3℃，相較改善前加熱爐出口溫度值平均值 322.1℃降低 3.8℃。

再由表八檢視改善前後煉製基礎油燃料耗用平均值，可發現煉製 150N 基礎油時，改善前燃料耗用量為 712 kg/hr，改善後則為 684.1 kg/hr，減少燃料耗用量 27.9 kg/hr；另煉製 500N 基礎油時，改善前燃料耗用量為 583.7 kg/hr，改善後則為 566.4 kg/hr，減少燃料耗用量 17.3 kg/hr。

異構化脫蠟單元之年煉製 150N 基礎油及 500N 基礎油操

---

作時間比約 1 : 1，以單元年操作時間 8,000 小時計算年燃料耗用節省量如下：

$$(4,000 \text{ 小時 / 年} \times 27.9 \text{ 公斤 / 小時} \div 1,000 \text{ 公斤 / 公噸}) + (4,000 \text{ 小時 / 年} \times 17.3 \text{ 公斤 / 小時} \div 1,000 \text{ 公斤 / 公噸}) = 180.8 \text{ 公噸 / 年}$$

，換算成 CO<sub>2</sub> 減排量為 433.3 公噸 / 年。

## 六、結論及推廣

本改善案主要重點在於收集入料品質與觸媒反應放熱數據進行分析，進而建立兩者間迴歸分析方程式，並利用迴歸分析方程式預測下一批入料進入觸媒反應後放熱量，用以推估反應器入料加熱爐所需提高入料溫度值，避免盲目提高入料溫度，造成燃料徒增浪費。

由於本企業許多工廠皆設計以觸媒與入料反應產製產品，其中不乏有不同品別入料使用同一觸媒進行反應之單元，期盼企業先進可借鏡本改善案之改善重點，為日趨暖化的地球盡一份棉薄之力。

## 七、參考資料

1. Operating Guide of MSDW for Formosa Petrochemical Corporation, ExxonMobil.
2. Operation Training of MSDW for Formosa Petrochemical Corporation, ExxonMobil.