

# 台灣化學纖維股份有限公司

## 化工二部

### SM廠(海豐)脫氫觸媒 性能預測及節能優化

報告人：何廷圻

2019年11月22日

【密】 【會後收回】

# 內 容

一、動機說明

二、製程說明

三、模組開發應用成果

四、模組開發建置流程說明

五、製程優化調整與效益

六、結論

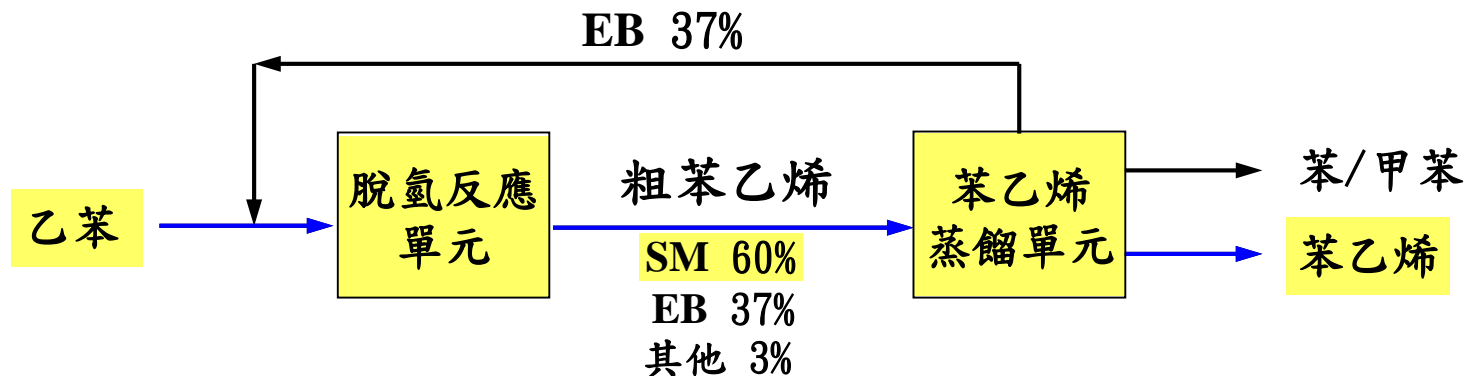
# 一、動機說明

1. 苯乙烯製程係以**乙苯(EB)**為原料，經脫氫反應及蒸餾單元純化產出**苯乙烯(SM)**成品，**脫氫反應之SM產率的高低，直接影響未反應的EB於蒸餾單元回煉的蒸汽耗用量。**
2. 以往因無法掌握各變數對脫氫觸媒衰退速率的影響，為確保脫氫觸媒壽命2年使用期限，皆是依照觸媒供應商及歷年操作經驗，將SM產率控制在60%的保守操作模式，**無法充分掌握觸媒性能。**
3. 經檢討擬應用數據分析、機器學習等AI技術，開發脫氫觸媒性能預測模組，**在模組指導下，提昇SM產率來節省EB回煉能耗。**

# 一、動機說明

## 製程與問題點說明

苯乙烯製程分為脫氫反應單元及蒸餾純化單元。

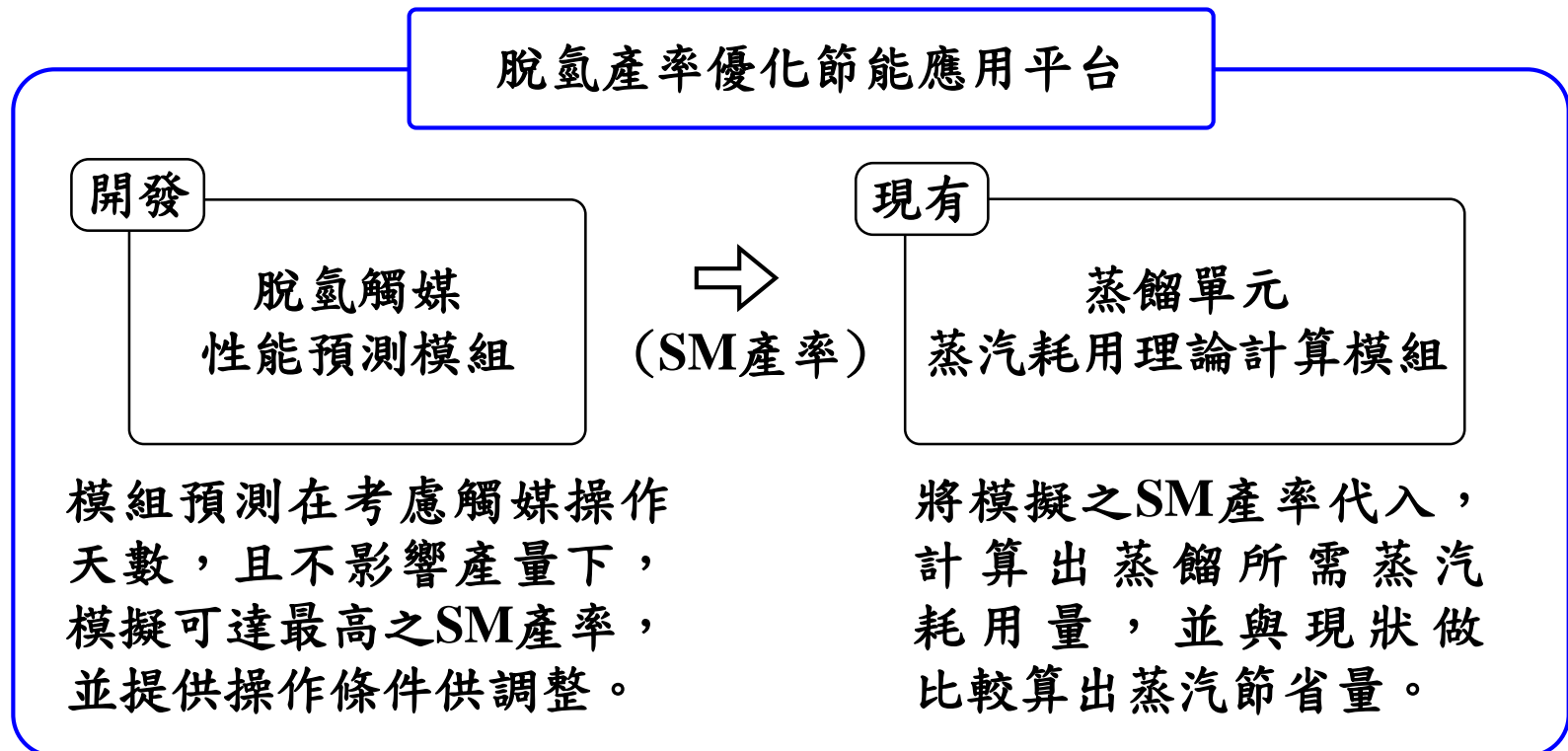


問題點 (原操作管理模式)	改善對策 (發展觸媒性能預測模組)
目前操作受限於無法預測觸媒衰退率，依先前經驗將SM產率控制在60%保守操作，除無法對反應環境條件改變，作精準的因應，亦無法對每批次觸媒特性變化充分掌握。	藉由AI技術，開發脫氫觸媒性能預測模組，在觸媒操作期限內，依反應環境的變化，提供最佳操作建議，將SM產率操作至最大值充分利用觸媒性能，達到節能操作的目的。

# 一、動機說明

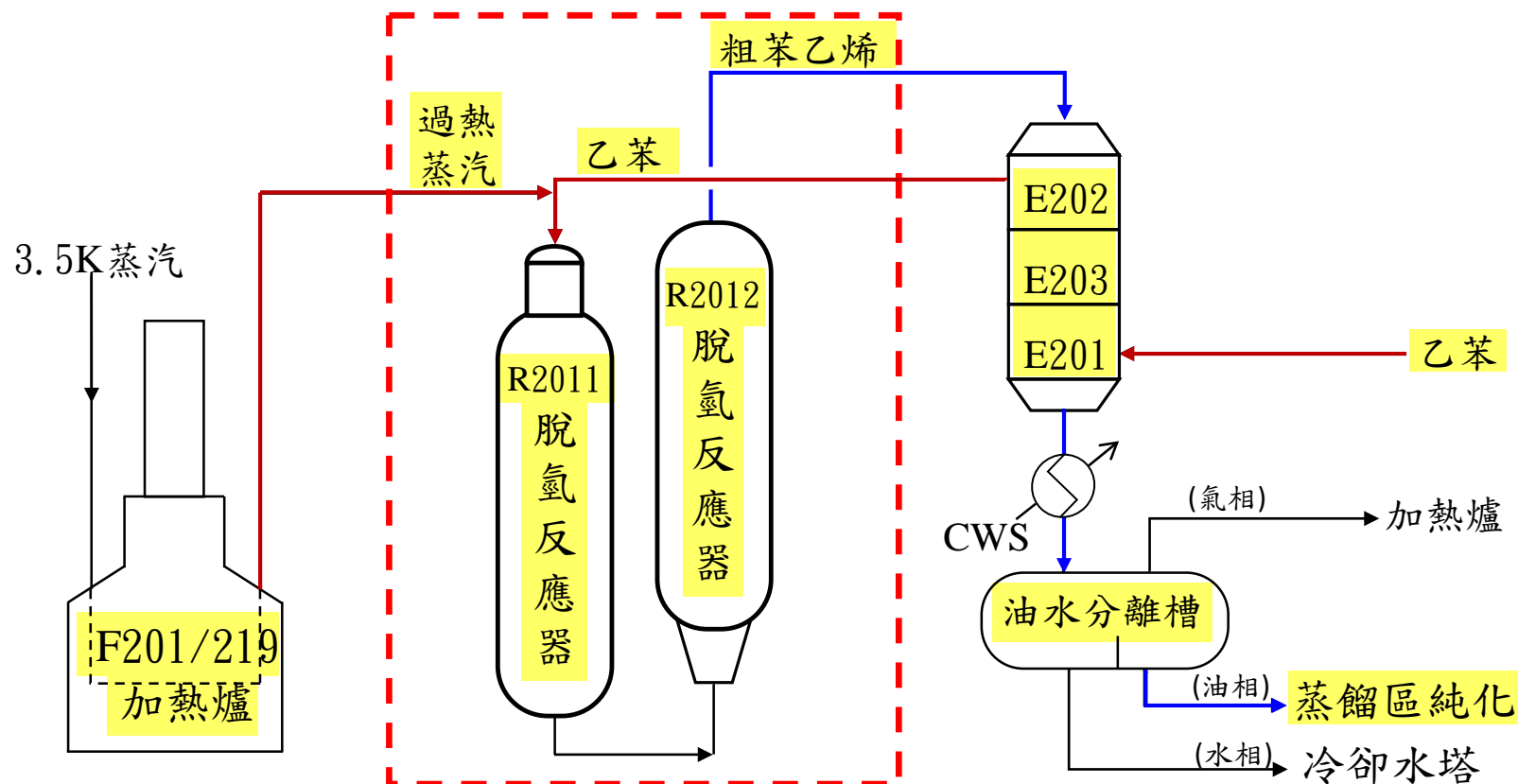
## 模組架構

脫氫觸媒性能預測模組開發後，結合現有蒸餾單元，蒸汽耗用理論計算模組，建立脫氫產率優化節能應用平台。



## 二、脫氫反應單元製程流程說明

脫氫單元主要包含加熱爐、兩座反應器、熱交換器及油水分離槽，反應器入料為**乙苯**，與**過熱蒸汽**混合後經觸媒進行脫氫反應，反應之粗**苯乙烯**經冷凝後進入油水分離槽分離為三相（油、水、氣），其中油相再進入**蒸餾區純化**產出**苯乙烯**產品。



DCS監控36個錶點，品管分析57個錶點。

## 二、脫氫反應單元製程流程說明

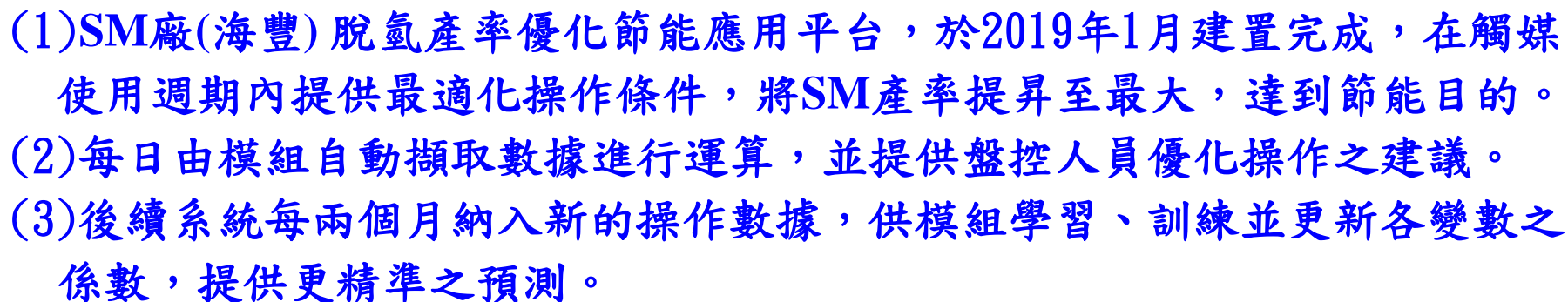
### 脫氫反應各參數影響

脫氫觸媒隨使用時間越長，活性會逐漸衰退，製程操作可藉由調整三項操作條件，以維持觸媒活性達到所需的SM產量，說明如下：

項目	升/降	EB轉化率	SM選擇率	操作說明
1. 溫度	↗	+	—	昇溫雖有助轉化率提升，但選擇率會下降，溫度越高觸媒結焦速率越快，致使活性衰退，操作溫度由627°C逐步提升至645°C。 註：歷年溫昇模式第一年:0.5°C/月，第二年:1.0°C/月
	↘	—	+	
2. S/O比 (蒸汽/EB)	↗	+	+	調升S/O比能幫助觸媒除焦提高產率，但是相對耗能。考量蒸汽成本，在不影響產率下，S/O比操作在最低容許值。
	↘	—	—	
3. 真空度	↗	+	+	觸媒積垢、冷凝器效能等皆會影響真空度，真空度會隨著觸媒操作時間越長而變差，進而造成產率下降。
	↘	—	—	

註：EB轉化率 = 反應器進出口EB差量/反應器入口EB量  
SM選擇率 = SM生成量/反應器進出口EB差量  
SM產率 = 轉化率 × 選擇率

## 1. 節能應用平台說明：

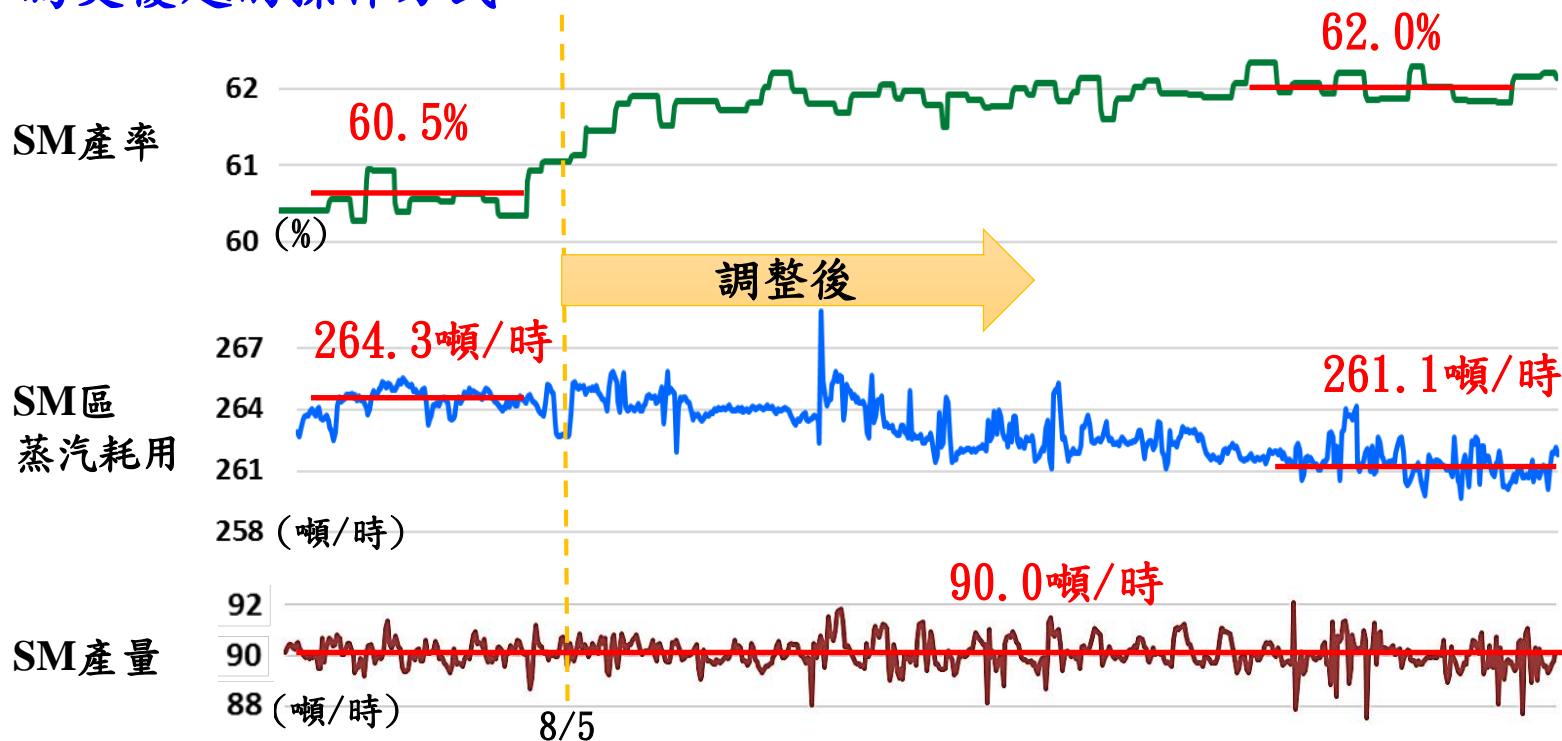


7



### 三、模組開發應用成果

2. 依據模組之建議，在確保SM產量下，於8/5將脫氫反應器EB入料量由154.3噸/時降至150.8噸/時，使S/O比(蒸汽/EB)相對由1.05提高至1.08，結果產率由60.5%提升至62.0%。相對蒸餾單元因EB回煉量降低3.6噸/時，蒸汽耗用共減少3.2噸/時，年效益24,883仟元。
3. AI模型建議調降EB入料量，使S/O(蒸汽/EB)比相對提高，相較於過往皆是以提升蒸汽用量使提高S/O比，確保SM產量，是以前未曾測試過且為更優越的操作方式。



# 四、模組開發建置流程說明

## 模組開發流程摘要

### 步驟一

#### 定義問題 與目標

1. 提升SM產率
2. 減少EB回煉量節能操作

### 步驟二

#### 資料盤點 與清理

1. 資料收集分組
2. 資料清理
3. 資料對齊

### 步驟三

#### 資料探索 分析

1. 變數關連性分析
2. 變數篩選

### 步驟四

#### 模組開發 與評估

1. 開發產率預測模組
2. 評估準確度

### 步驟五

#### 線上應用

1. 開發操作條件模擬功能
2. 使用者介面

## 四、模組開發建置流程說明

### 步驟一、定義問題與目標

#### 1. 定義問題：

脫氫反應之SM產率的高低直接影響蒸餾單元EB回煉的蒸汽耗用，因無法掌握各變數對觸媒衰退速率的影響，為確保脫氫觸媒使用期限，故均採以控制SM產率在60%的保守模式，不敢將SM產率進一步提昇，以降低蒸餾區EB回煉蒸汽用量。

#### 2. 定義目標：

發展脫氫觸媒性能預測模組可兼顧相關變數，並建議優化操作條件。在觸媒使用週期內將SM產率提昇至最佳值，以降低蒸餾區EB回煉蒸汽耗用，達到節能目的。

## 四、模組開發建置流程說明

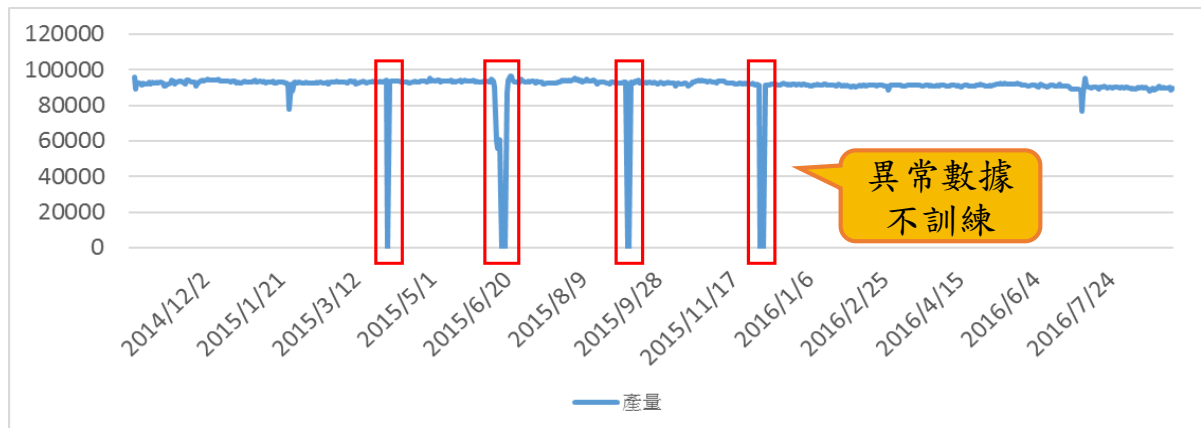
### 步驟二、資料盤點與清理

#### 1. 資料分組(依各別反應器及觸媒操作時間進行分批)

SM3至今共使用四批BASF脫氫觸媒，由於每批觸媒特性不同，如觸媒活性、及操作初始溫度等條件差異；且反應單元包含兩組反應器，故分為四組資料並將兩組反應器分開獨立訓練。

#### 2. 資料清理(剔除離群值)

- (1) 離群值是指因製程開停車或異常時所產生的偏離數據。
- (2) 為避免模組學習錯誤訊息，需要進行資料清理，剔除偏離數據。
- (3) 資料清理後的有效數據量約為250萬筆。



## 四、模組開發建置流程說明

### 3. 資料對齊(資料量一致化)

- (1) 品管數據2筆/天、DCS數據24筆/天，因資料頻率不同數據需做資料對齊。經檢視數據操作穩定，將各錶點的數據整理為1筆/天平均值。
- (2) 資料對齊後的數據量為243, 204筆。

起時	SM3-DCS-TIC-2113	SM3-DCS-PI-2110	S27	
	℃	Kg/cm2	轉化率(%)	選擇率(%)
2017/7/5 0:00	612.73	-0.4571	0.6608	0.9739
2017/7/5 1:00	612.69	-0.4569		
2017/7/5 2:00	612.65	-0.4587		
2017/7/5 3:00	612.61	-0.4592		
2017/7/5 4:00	612.57	-0.4577		
2017/7/5 5:00	612.53	-0.4565		
2017/7/5 6:00	612.50	-0.4552		
2017/7/5 7:00	613.09	-0.4509		
2017/7/5 8:00	611.63	-0.4598		
2017/7/5 9:00	611.08	-0.4594		
2017/7/5 10:00	612.53	-0.4502		
2017/7/5 11:00	611.08	-0.4474		
2017/7/5 12:00	611.25	-0.4467		
2017/7/5 13:00	612.50	-0.4439		
2017/7/5 14:00	612.57	-0.4429		
2017/7/5 15:00	613.38	-0.4437	0.6539	0.9712
2017/7/5 16:00	613.41	-0.4443		
2017/7/5 17:00	613.07	-0.4474		
2017/7/5 18:00	613.48	-0.4461		
2017/7/5 19:00	613.64	-0.4479		
2017/7/5 20:00	612.85	-0.4412		
2017/7/5 21:00	613.39	-0.4508		
2017/7/5 22:00	613.42	-0.4536		
2017/7/5 23:00	613.28	-0.4546		

起時	SM3-DCS-TIC-2113	SM3-DCS-PI-2110	S27	
	℃	Kg/cm2	轉化率(%)	選擇率(%)
2017/7/5	612.66	-0.4513	0.6573	0.9725
2017/7/6	613.69	-0.4459	0.6465	0.9705
2017/7/7	615.87	-0.4387	0.6480	0.9724
2017/7/8	618.17	-0.4438	0.6397	0.9690
2017/7/9	622.18	-0.4335	0.6443	0.9718

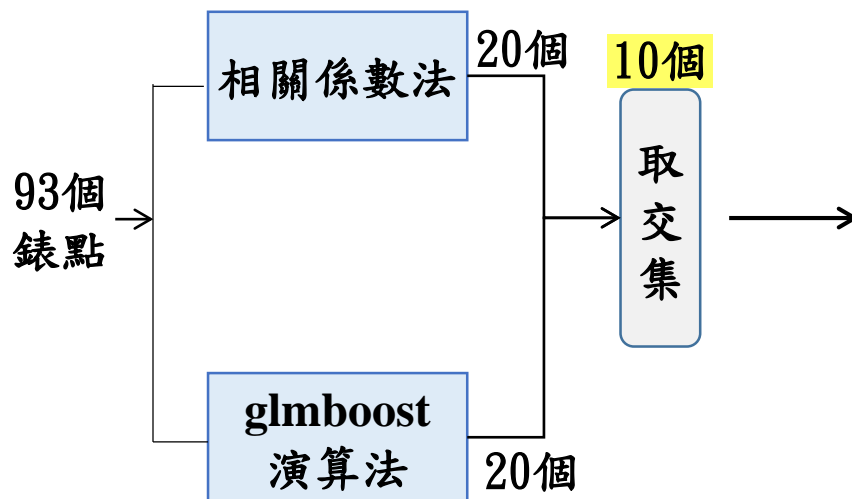
將品管數據2筆/天、DCS數據24筆/天  
取平均值整理為1筆/天。

## 四、模組開發建置流程說明

### 步驟三、資料探索分析

#### 1. 以統計分析方法篩選：

將資料收集的93個錶點，分別以相關係數法及glmboost演算法分析後，**取交集挑選出10個**影響脫氫反應產率的**特徵錶點**，提供後續模組開發。



NO.	原錶點	
1	TIC-2113	反應器入口溫
2	FIC-2101	反應器蒸汽量
3	FIC-2201	反應器EB入料量
4	TI-2116	反應器出口溫
5	PI-2250	V-202壓力
6	TI-2250	V-202溫度
7	FIC-2240	CSM流量
8	TI-2403B	壓縮機入口溫
9	PI-2114	反應器入口壓
10	PI-2116	反應器出口壓

註：93個錶點含DCS監控36個錶點；  
品管分析57個錶點。

## 四、模組開發建置流程說明

### 2. 製程錶點轉換

為使各錶點應用上具有理論及操作意義，將部分錶點進行運算轉化。將其中3個錶點轉為3個參數，保留7個錶點，並利用反應器入口壓力新增1個參數，共挑選出11個特徵參數。

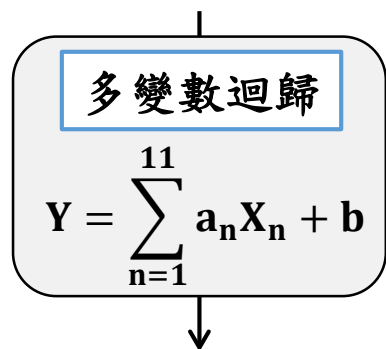
No.	原錶點		運算方式	
1	TIC-2113	反應器入口溫	反應器溫昇：今日溫度 - 前日溫度	取代3個
2	FIC-2101	反應器蒸汽量	S/O比： $\frac{\text{反應器蒸汽量}}{\text{反應器EB入料量}}$	
3	FIC-2201	反應器EB入料量	空速比： $\frac{\text{反應器EB入料量}}{\text{觸媒安裝量}}$	
4	TI-2116	反應器出口溫	維持原錶點	維持7個
5	PI-2250	V-202壓力	維持原錶點	
6	TI-2250	V-202溫度	維持原錶點	
7	FIC-2240	CSM流量	維持原錶點	
8	TI-2403B	壓縮機入口溫	維持原錶點	
9	PI-2114	反應器入口壓	維持原錶點	
10	PI-2116	反應器出口壓	維持原錶點	
11	-	-	反應器壓差：入口壓 - 出口壓	新增1個

## 四、模組開發建置流程說明

### 3. 以演算法測試影響權重

將11個特徵參數使用多變數迴歸(Multivariable Regression)，針對各參數與產率的相關性進行初步確認，將權值低於 $10^{-5}$ 的參數與製程專業討論，確認實際操作對產率的影響性低則予以剔除，最終選出6個特徵參數。

#### 11個特徵參數



NO.	特徵參數	理論意義
1	反應器溫昇	透過提昇溫度彌補觸媒衰退之影響
2	空速比	每單位觸媒需處理的入料量
3	S/O比(蒸汽/EB)	反應器蒸汽量與EB入料量的比值，其值越大越有利反應進行
4	反應器壓差	反應器觸媒粉化或結焦的指標參數
5	反應器入口壓	反應器入口操作壓力
6	反應器出口壓	反應器出口操作壓力



## 四、模組開發建置流程說明

### 步驟四、模組開發與評估

#### 1. 模組演算法建立及修正進程：

Step 1

多變數迴歸  
(一次式)

藉由迴歸方式訓練各項特徵參數對於產率(Y)的影響。

$$Y = \sum_{n=1}^6 a_n X_n + b$$

$R^2$  : 0.71

Step 2

多變數迴歸  
(二次式)

調整演算法考慮變數之平方項及交叉影響關係，逐漸經由訓練調整模型，同時將各參數與產率的影響相關性( $a_n, b_{ij}$ )修正為與理論相符。

$$Y = \sum_{n=1}^6 a_n X_n + \sum_{1 \leq i \leq j \leq 6} b_{ij} X_i X_j + b$$

$R^2$  : 0.85

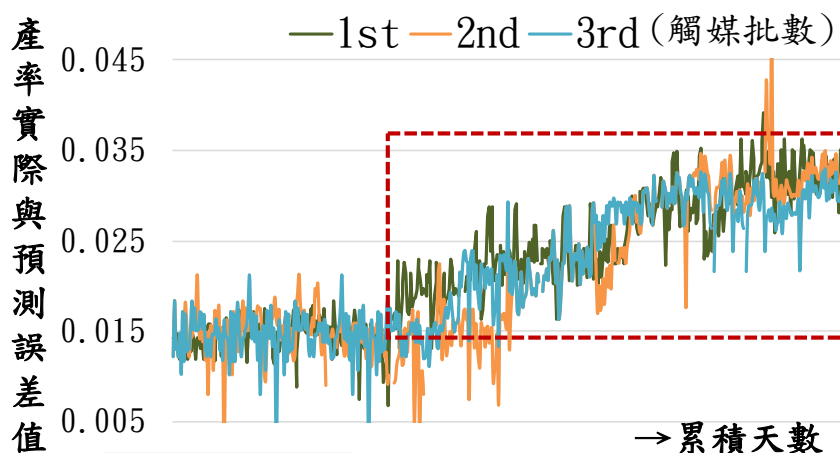
註. 使用三次式迴歸， $R^2$ 無法高於0.85

模組利用一次式多變數迴歸，其準確率( $R^2$ )僅能達0.71，提昇至二次式迴歸，準確率達0.85後即無法再突破，後續測試三次式迴歸亦無法再高於0.85，陷入瓶頸。

## 四、模組開發建置流程說明

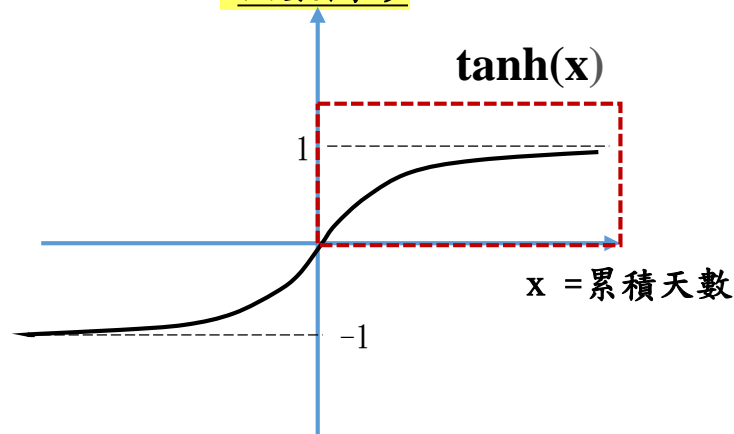
再進一步探索分析後，將前三批觸媒每筆模組產率預測值與歷年實際值相減作圖，發現偏差曲線趨近於雙曲正切函數(Hyperbolic tangent 函數)： $[\tanh(x)]$ ，且各批觸媒偏差趨勢類似，故將X以累積天數代入，利用其減項來作為觸媒衰退的預估值。

各批觸媒產率預測誤差趨勢



Hyperbolic Tangent

函數圖形



加入觸媒  
衰退函數

以Hyperbolic tangent函數： $[\tanh(x)]$  ( $x$ =累積天數)，作為觸媒衰退函數，並加入模組作為產率修正值。

$$Y = \sum_{n=1}^6 a_n X_n + \sum_{1 \leq i \leq j \leq 6} b_{ij} X_i X_j - c \cdot \tanh(x) + b$$

$R^2 : 0.95$

Step 3

## 雙曲函數(Hyperbolic function)

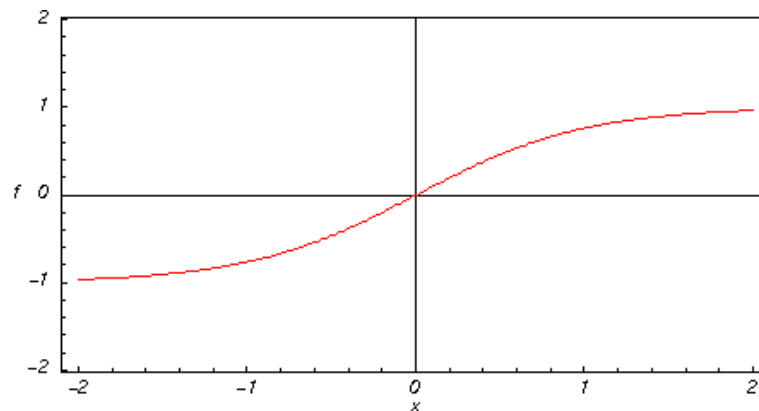
雙曲函數是一類與常見的三角函數(也叫圓函數)類似的函數。最基本的雙曲函數是雙曲正弦函數sinh()和雙曲餘弦函數cosh()，從它們可以導出雙曲正切函數tanh()。

$$\sinh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{2} \quad \cosh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2} \quad \tanh(x) = \frac{\sinh(x)}{\cosh(x)} = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

### 雙曲正切函數(Hyperbolic tangent function)

$f(x)=\tanh(x)$  函數圖形為過原點並且穿越1、3象限的嚴格單調遞增曲線，其圖形被限制在兩水準漸近線 $y=1$ 和 $y=-1$ 之間。在類神經網路架構中，常應用作為修正邏輯迴歸的函數之一。

tanh(x)函數圖形



# 四、模組開發建置流程說明

## 2. 模組準確度驗證

脫氫觸媒性能預測方程式：
$$Y = \sum_{n=1}^6 a_n X_n + \sum_{1 \leq i \leq j \leq 6} b_{ij} X_i X_j - c \cdot \tanh(x) + b$$

代號	變數(X <sub>n</sub> )	變數與產率相關性	係數(a <sub>n</sub> )	係數代號
Y	產率			
X1	反應器溫昇	+	0.000135	a <sub>1</sub>
X2	反應器入口壓力	—	-0.021539	a <sub>2</sub>
X3	反應器出口壓力	—	-0.063054	a <sub>3</sub>
X4	反應器壓差	—	-0.001601	a <sub>4</sub>
X5	空速比	—	-0.005768	a <sub>5</sub>
X6	S/O比	+	0.006498	a <sub>6</sub>
X7	tanh(x)	+	0.017112	c
b	-	—	-0.013550	b

代號	變數(X <sub>i</sub> X <sub>j</sub> )	係數	係數代號(b <sub>ij</sub> )
X8	X1*X1	-0.006816	b <sub>11</sub>
X9	X1*X2	-0.000513	b <sub>12</sub>
X10	X1*X3	-0.008829	b <sub>13</sub>
X11	X1*X4	0.002014	b <sub>14</sub>
X12	X1*X5	0.005383	b <sub>15</sub>
X13	X1*X6	0.006240	b <sub>16</sub>
X14	X2*X2	-0.000877	b <sub>22</sub>
X15	X2*X3	0.000364	b <sub>23</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮
X28	X6*X6	0.008398	b <sub>66</sub>

為進一步確定方程式準確度，經由三項驗證指標確認，包括決定係數(R<sup>2</sup>)、均方根誤差(RMSE)及平均絕對誤差率(MAPE)，結果均符合驗證標準。

驗證項目	R <sup>2</sup>	RMSE(%)	MAPE(%)
驗證標準	>0.90	越趨近於0越準確	<5.0
驗證結果	0.97	0.231	0.86

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad RMSE (\%) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad MAPE(\%) = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|$$

y<sub>i</sub>：實際值  
 ŷ<sub>i</sub>：預測值  
 ȳ：平均值

## 四、模組開發建置流程說明

### 步驟五、線上應用(操作條件模擬)

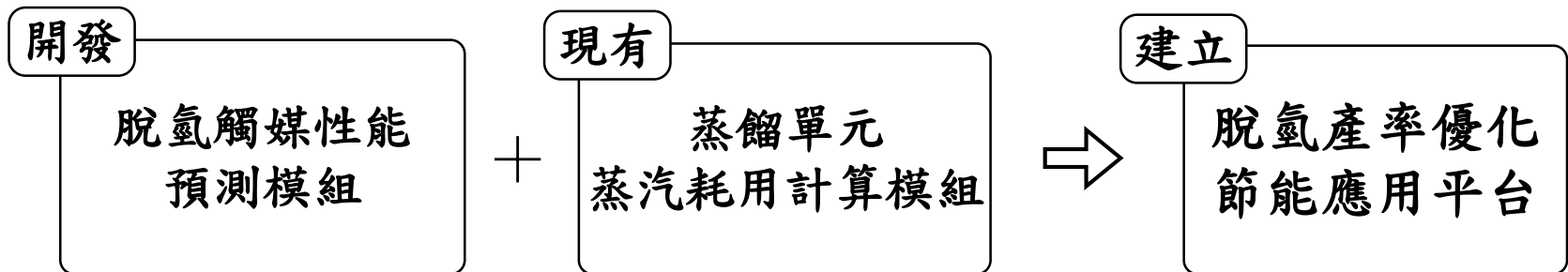
1. 為開發操作條件建議功能，經檢討將脫氫觸媒性能預測模組之特徵參數區分為可調、不可控及連動變數3類：

分類	代號	特徵參數	使用之原錶點
可調變數	$X_1$	反應器入口溫昇	反應器入口溫度
	$X_6$	S/O比(蒸汽/EB)	反應器蒸汽用量 反應器EB入料量
不可控變數	$X_2$ $X_3$ $X_4$	反應器入口壓 反應器出口壓 反應器壓差	反應器入口壓 反應器出口壓
連動變數	$X_5$ $X_7$	空速比 (單位觸媒入料負荷) 觸媒活性衰退函數 (操作天數代入 $\tanh(x)$ )	反應器EB入料量 觸媒安裝量 操作天數

操作介面需提供可調變數建議值，並還原為原錶點以方便盤控人員直接進行調整；不可控變數屬於目前反應環境條件；連動變數為被影響之變數。

## 四、模組開發建置流程說明

2. 利用所開發的脫氫觸媒性能預測模組進行模擬，找出產率最高的操作組合，轉換為可調變數建議值供盤控遵循。
3. 結合蒸餾單元蒸汽耗用理論計算模組算出蒸汽耗用量，推估脫氫產率優化下之節能效益。
4. 每日由模組自動擷取特徵參數，模擬反應器操作溫度、產率、產量及蒸汽總耗用量，至下次更換觸媒期限之趨勢，提供製程人員調整及判斷。



## 四、模組開發建置流程說明

### 5. 介面需求：

- ① 輸入觸媒操作期限、觸媒末期溫度及SM產量等基本設定條件。
- ② 由觸媒性能預測模組自動將基本條件及目前反應環境條件代入，模擬最高之SM產率操作條件，除轉為錶點值供盤控員做為調整依據，並提供預測趨勢供判斷。
- ③ 由蒸汽耗用計算模組算出調整後蒸餾段所需蒸汽用量，再與反應段蒸汽合計後比較調整前後之效益。

註. 使用8/5 AI製程調整當時反應條件代入運算，提供建議值

【輸入基本條件】	
觸媒操作期間	2019/6/6-2021/4/15
觸媒末期溫度	645°C
SM目標產量	2,160噸/日

脫氫觸媒性能預測模組

操作建議		現狀	建議值
可調變數	反應器溫度(°C)	630	→ 630
	反應器EB入料量(T/h)	154.3	→ 151.1
	反應器蒸汽用量(T/h)	162.5	→ 162.5
預測值	SM產率(%)	60.5	→ 62.1

蒸餾單元蒸汽耗用理論模組

結果		現狀	計算值
蒸餾單元 蒸汽耗用(T/h)		93.8	→ 90.5

合計		現狀	計算值
SM區 蒸汽總耗用(T/h)		256.3	→ 253.0



# 四、模組開發建置流程說明

## 6. 操作介面設計

預測模組及操作條件建議功能開發完成後，節能應用平台操作介面如下圖。依功能可分為四個部分：

### C. 操作建議與預測

### D. 趨勢預測

#### A. 即時運轉資訊

即時運轉資訊

操作天數: 第 60 天

EB入料量: 154312.7 kg/h

S/O比: 1.05

空速比: 0.42

R2011 入口溫度 630.0 °C  
入口壓力 -0.396 kg/cm2  
出口壓力 -0.459 kg/cm2

R2012 入口溫度 632.8 °C  
入口壓力 -0.498 kg/cm2  
出口壓力 -0.629 kg/cm2

壓降 0.228

產率 60.5

反應器EB入料純度 98.4

#### B. 模組監控

模型準確度評估

Model	UpDated	R2	RMSE	MAPE
目前	2019/8/5	0.85	0.591	0.78
前次	2019/1/28	0.97	0.281	0.86

需求SM產量輸入

日期設定: 2019/06/06 至 2021/04/15

設定值

目標產量(噸/日) 2160

觸媒末期溫度(°C) 645 (輸入: 625~645)

試算 清除 重新整理

現階段調整建議

	現況值	建議值
一反入口溫(°C) TIC-2113	630.0	630
二反入口溫(°C) TIC-2120	632.8	632
反應器蒸汽流量(噸/時) FIC-2101	162.52	162.52
反應器EB入料量(噸/時) FIC-2201	154.30	151.10

現況及預測結果

	現況值	預測值
產率(%)	60.50	62.12
SM區蒸汽總耗用量(噸/時)	255.84	252.55





## 四、模組開發建置流程說明

A

### 即時運轉資訊

操作天數: 第 60 天

EB入料: 154312.7 kg/h

S/O比: 1.05

空速比: 0.42

R2011 入口溫度 630.0 °C  
入口壓力 -0.396 kg/cm2  
出口壓力 -0.459 kg/cm2

R2012 入口溫度 632.8 °C  
入口壓力 -0.498 kg/cm2  
出口壓力 -0.629 kg/cm2

壓降 0.228

產率 60.5

反應器EB入料純度 98.4

### A. 即時運轉資訊

顯示影響產率之錶點即時數據，供製程人員使用模組時進行確認比對。

### B. 模組監控

即時確認準確度並對異常數據提出警示。每兩個月將新數據納入模組進行訓練，修正模組偏差。

B

### 模型準確度評估

Model	UpDated	R2	RMSE	MAPE
目前	2019/8/5	0.85	0.591	0.78
前次	2019/1/23	0.97	0.231	0.86

## 四、模組開發建置流程說明

### C 操作建議與預測

- (1)輸入脫氫反應基本設定條件，包含觸媒操作期限、SM目標產量、及觸媒末期溫度。
- (2)將輸入的條件進行試算，模組自動由PI系統抓取目前的操作數據，模擬最高SM產率的操作條件，提供盤控建議。
- (3)最後呈現產率的預測結果以及總蒸汽耗用量，供確認節能效益。

需求SM產量輸入

日期設定: 2019/06/06 至 2021/04/15 ▾

設定值

目標產量(噸/日) 2160

觸媒末期溫度(°C) 645 (輸入:625~645)

試算 清除 重新整理

現階段調整建議

	現況值	建議值
一反入口溫(°C) TIC-2113	630.0	630
二反入口溫(°C) TIC-2120	632.8	632
反應器蒸汽流量(噸/時) FIC-2101	162.52	162.52
反應器EB入料量(噸/時) FIC-2201	154.30	151.10

現況及預測結果

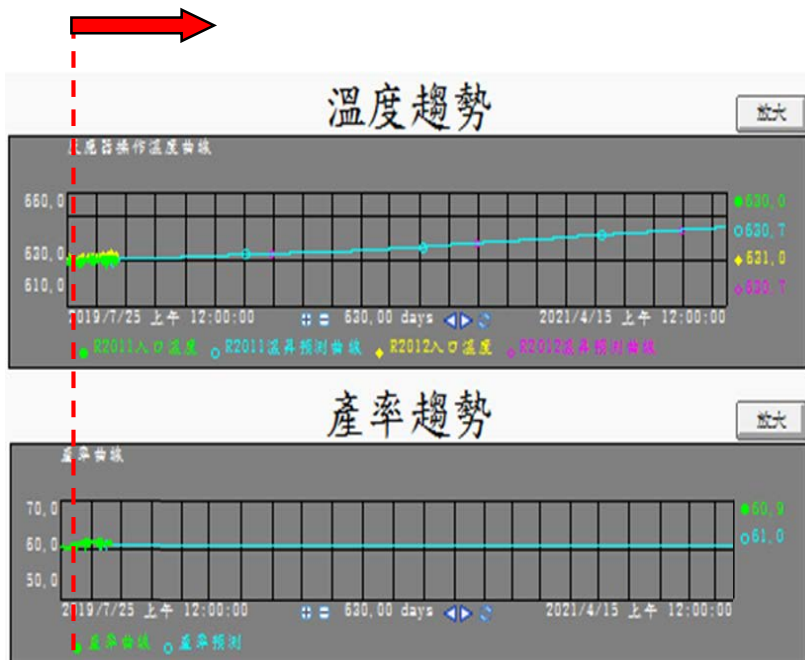
	現況值	預測值
產率(%)	60.50	62.12
SM區蒸汽總耗用量(噸/時)	255.84	252.55

## 四、模組開發建置流程說明

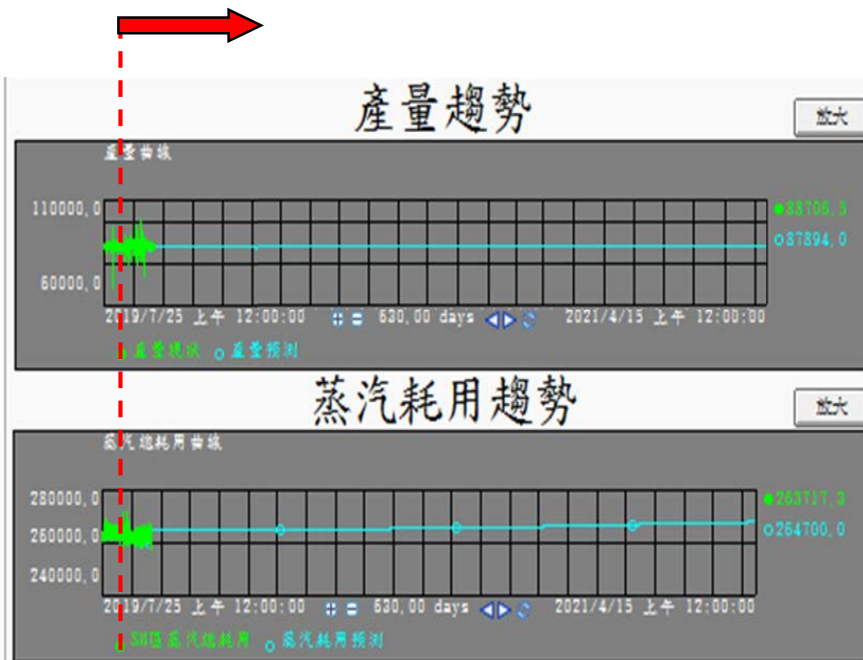
### D 趨勢預測

模組依現有操作值及反應環境條件，預測至觸媒末期更換日之溫昇、產率、產量及蒸汽耗用量之趨勢，提供製程人員確保觸媒於使用期限內之性能。

AI模組調整後趨勢



AI模組調整後趨勢

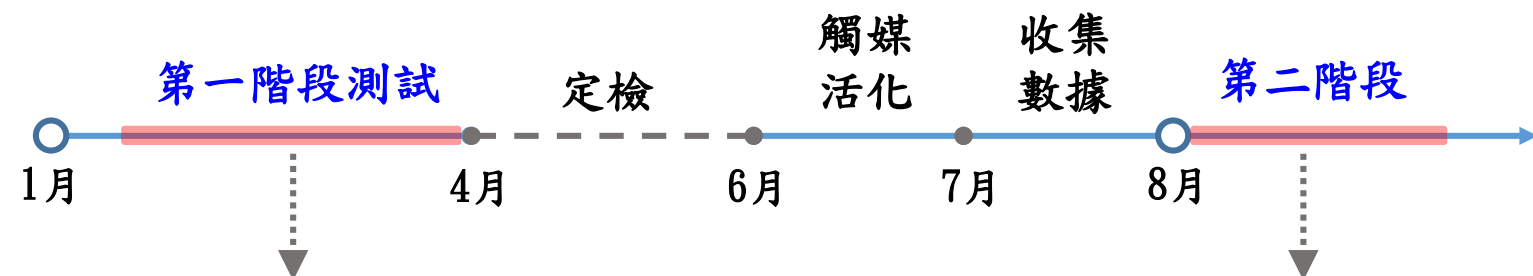


## 五、製程優化調整與效益

AI模組測試進度，本案配合新、舊兩批觸媒分為兩階段進行：

第一階段：1/29應用平台建置完成，並於定檢前利用舊觸媒進行短期驗證。

第二階段：1. 因新舊觸媒均由BASF提供(超低水油比)，經訓練後發現各批觸媒模組係數差異不大，故沿用既有模組進行修正即可。  
2. 定檢後使用新觸媒一個月數據修正模組權重，配合觸媒活化及數據收集，隨後於8/5投入使用。



### 脫氫反應器

EB入料量：155.5 → 151.6噸/時

SM產率：59.6 → 61.1%

### 蒸餾單元

節省蒸汽耗用 3.0噸/時

年效益23,484仟元。

### 脫氫反應器

EB入料量：154.3 → 150.8噸/時

SM產率：60.5 → 62.0%

### 蒸餾單元

節省蒸汽耗用 3.2噸/時

年效益24,883仟元。

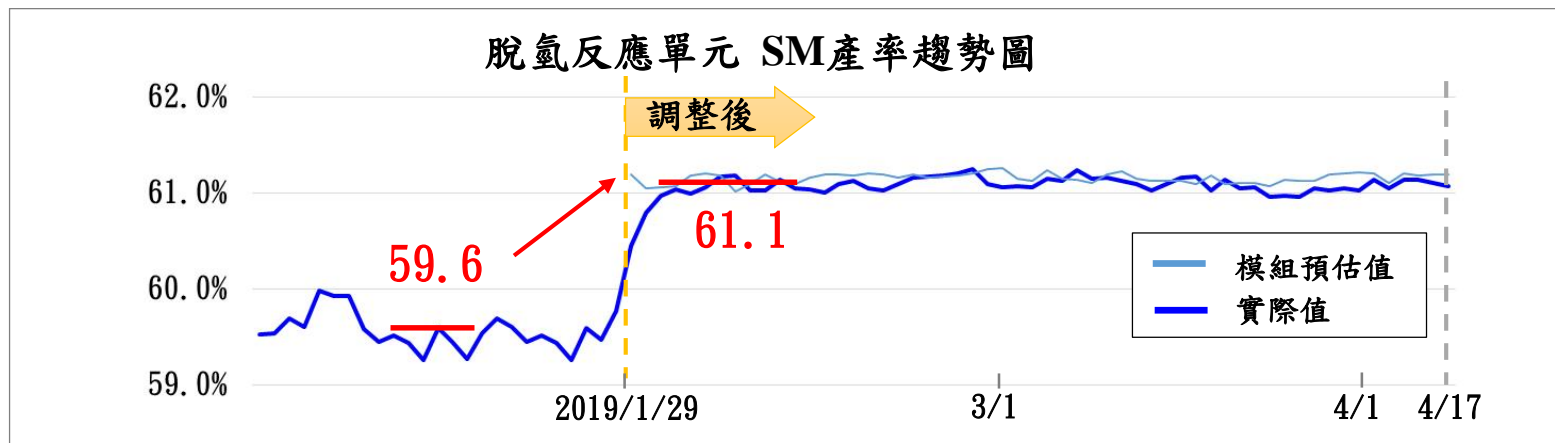
## 五、製程優化調整與效益

第一階段調整說明-2019.1.29~2019.4.17(定檢)

### 1. 脫氫反應單元

- 由模組針對現階段脫氫反應(舊觸媒末期)自動進行操作條件預測，在維持SM產量的前提下，產率可提升至61.2%。
- 製程人員依據模組選出的操作條件，於1/29將入料量由155.5噸/時調降至151.6噸/時，反應器維持相同蒸汽耗用量，使S/O比(蒸汽/EB)相對提高至1.08操作，實際產率可由59.6% 提升至61.1%。

脫氫反應器		EB進料量(T/h)	蒸汽用量(T/h)	S/O比	SM產率(%)
調整前	(1/1~28)	155.5	163.4	1.05	59.6
模組建議值	(1/29~)	151.6	163.4	1.08	61.2
調整值		151.6	163.4	1.08	61.1

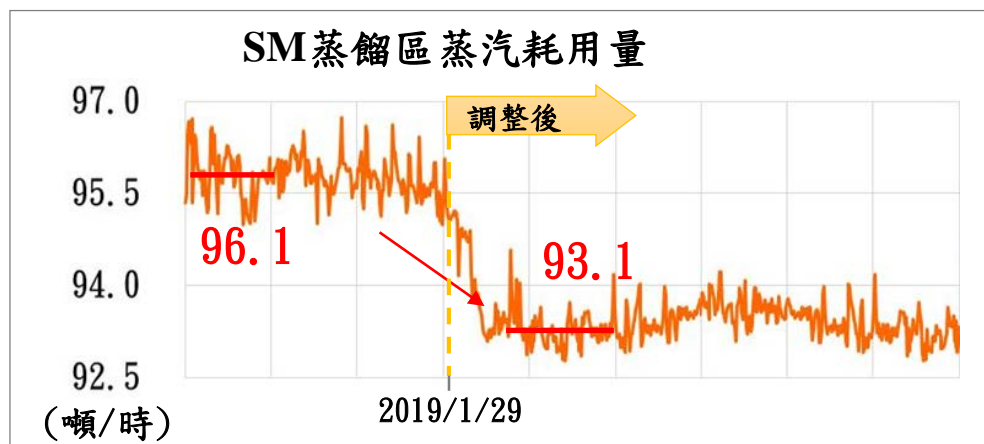
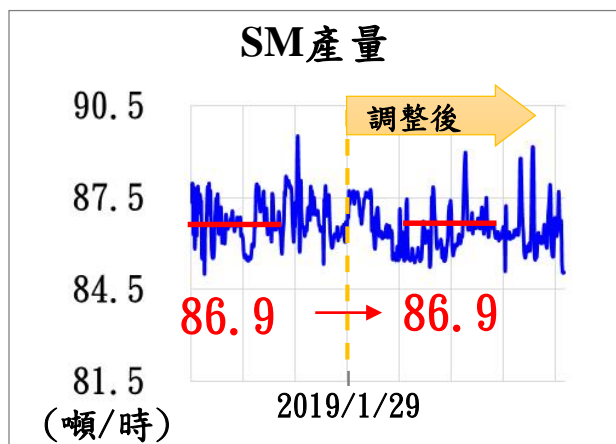


## 五、製程優化調整與效益

### 2. SM蒸餾單元

因SM產率提升1.5%，**EB含量降低回煉量減少3.7噸/時**，在相同的SM產量下。蒸汽耗用量由96.1噸/時降至93.1噸/時，**減用蒸汽3.0噸/時**，年效益23,484仟元。

項目		EB回煉量 (T/h)	蒸餾單元蒸汽總耗用量 (T/h)	SM產量 (T/h)
調整前	(1/1~28)	58.2	96.1	86.9
調整後	(1/29~)	54.5	93.1	86.9
差異量		-3.7噸	-3.0噸	0





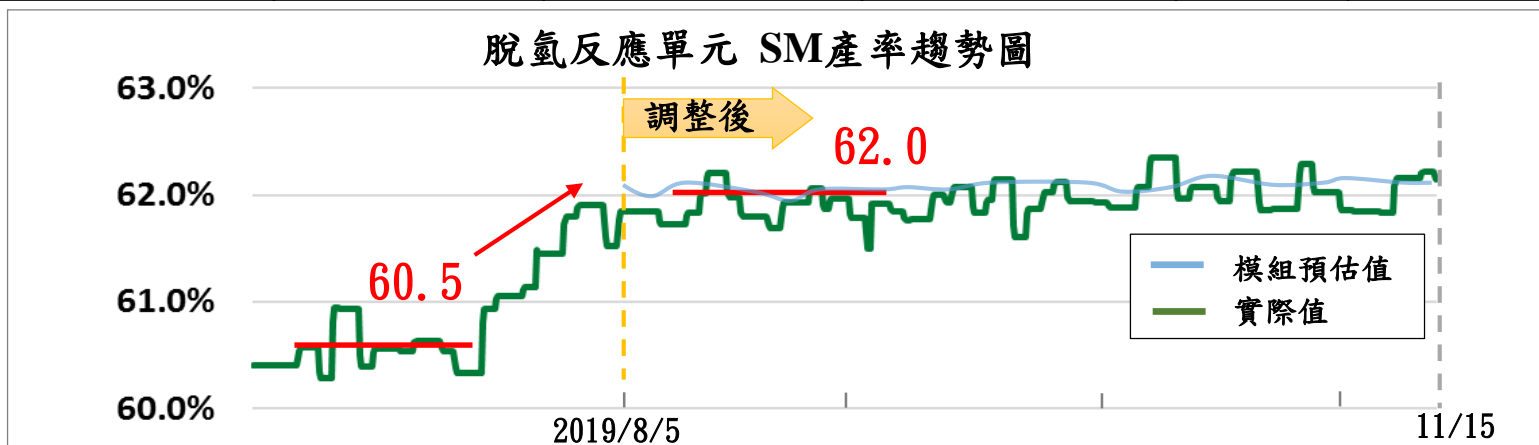
## 五、製程優化調整與效益

第二階段調整說明-2019.8.5~2019.11.15

### 1. 脫氫反應單元

- a. 由模組針對現階段新觸媒脫氫反應自動進行操作條件預測，在維持SM產量的前提下，產率可提升至62.0%。
- b. 製程人員依據模組選出的操作條件，於8/5將入料量由154.3噸/時調降至150.8噸/時，反應器維持相同蒸汽耗用量，使S/O比(蒸汽/EB)相對提高至1.08操作，實際產率可由60.5% 提升至62.0%。

脫氫反應器		EB進料量(T/h)	蒸汽用量(T/h)	S/O比	SM產率(%)
調整前	(7/20~8/5)	154.3	161.7	1.05	60.5
模組建議值	(8/5~)	151.1	161.7	1.08	62.1
調整值		150.8	161.7	1.08	62.0

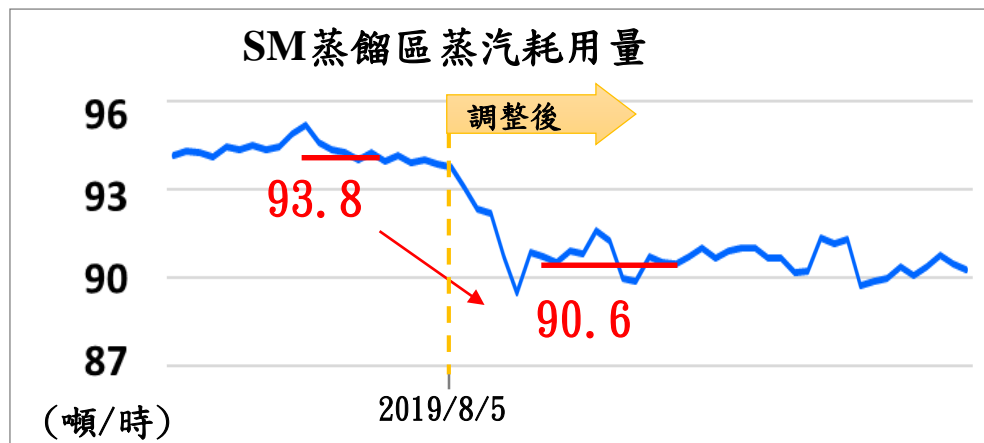
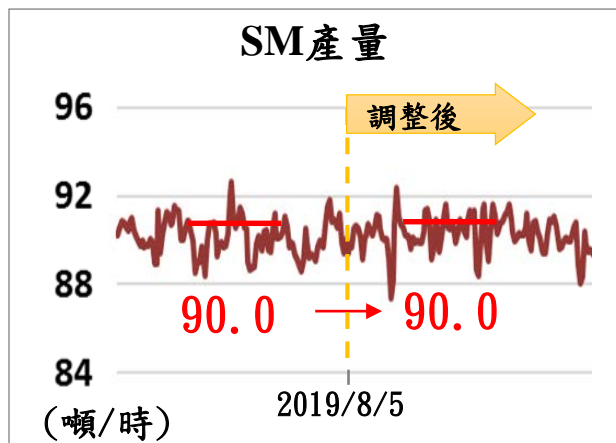


## 五、製程優化調整與效益

### 2. SM蒸餾單元

因SM產率提升1.5%，**EB含量降低回煉量減少3.6噸/時**，在相同的**SM產量下**。蒸汽耗用量由93.8噸/時降至90.6噸/時，**減用蒸汽3.2噸/時**，年效益24,883仟元。

項目		EB回煉量 (T/h)	蒸餾單元蒸汽總耗用量 (T/h)	SM產量 (T/h)
調整前	(7/20~8/5)	59.4	93.8	90.0
調整後	(8/5~)	55.8	90.6	90.0
差異量		-3.6噸	-3.2噸	0





## 六、結論

1. **SM廠(海豐)**更換新觸媒後AI模組投入使用，依據其操作建議調整，在產量2,160噸/日下，平均產率可由60.5%提升至62.0%，節省蒸餾單元蒸汽3.2噸/時，年效益24,883仟元。
2. 現有蒸餾區的蒸汽耗用預測是依據理論計算，後續將**結合化工模擬軟體Aspen plus®理論模型**與製程操作、品管分析等大量數據**建立蒸餾塔節能操作模組**。
3. **SM廠(麥寮)**脫氫反應單元製程流程與SM廠(海豐)相似，目前已將歷年操作數據資料前處理完成，進入AI建模步驟利用大量數據進行機器學習，**後續擬比照此操作模式(提升SM產率減少EB回煉量)達到節能操作目的**。

報 告 完 畢

恭 請 指 導