

# 台灣化學纖維股份有限公司

## 化工一部

### 開發萃取單元能源優化模組報告

報告人：陳志銘

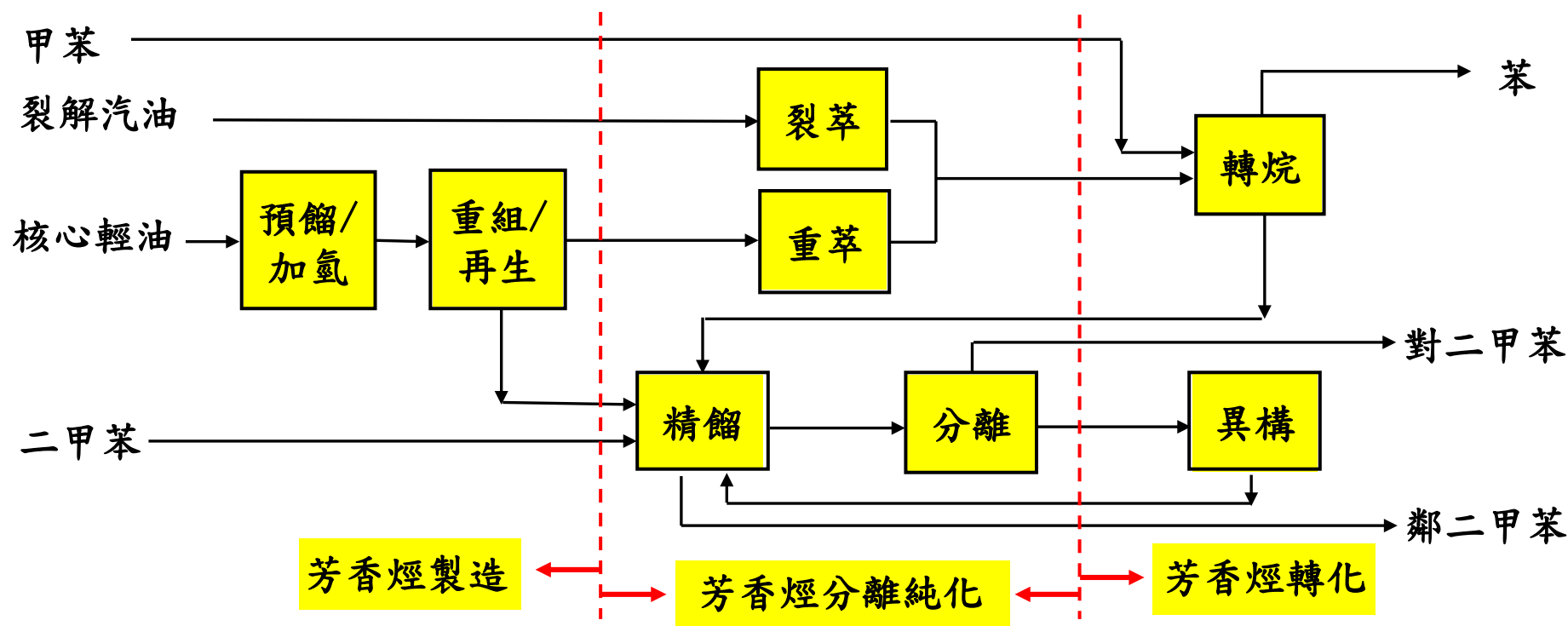
2018年12月27日

# 內 容

- 一、動機說明
- 二、專案執行重點
- 三、模組開發建置流程說明
- 四、製程優化調整與效益
- 五、心得與後續工作

## 一、動機說明

芳香烴製程由10個單元組成，從功能上可區分為三類，第一類為芳香烴製造製程，主要是重組相關單元；第二類為芳香烴分離純化製程，包括、萃取、精餾及分離單元；第三類為芳香烴轉化製程，包括轉烷及異構單元。



每一座芳香烴廠有兩套萃取單元，分別是裂萃及重萃單元，本專案以ARO2廠裂萃(裂解汽油萃取)單元為目標開發能源優化模組。

## 一、動機說明

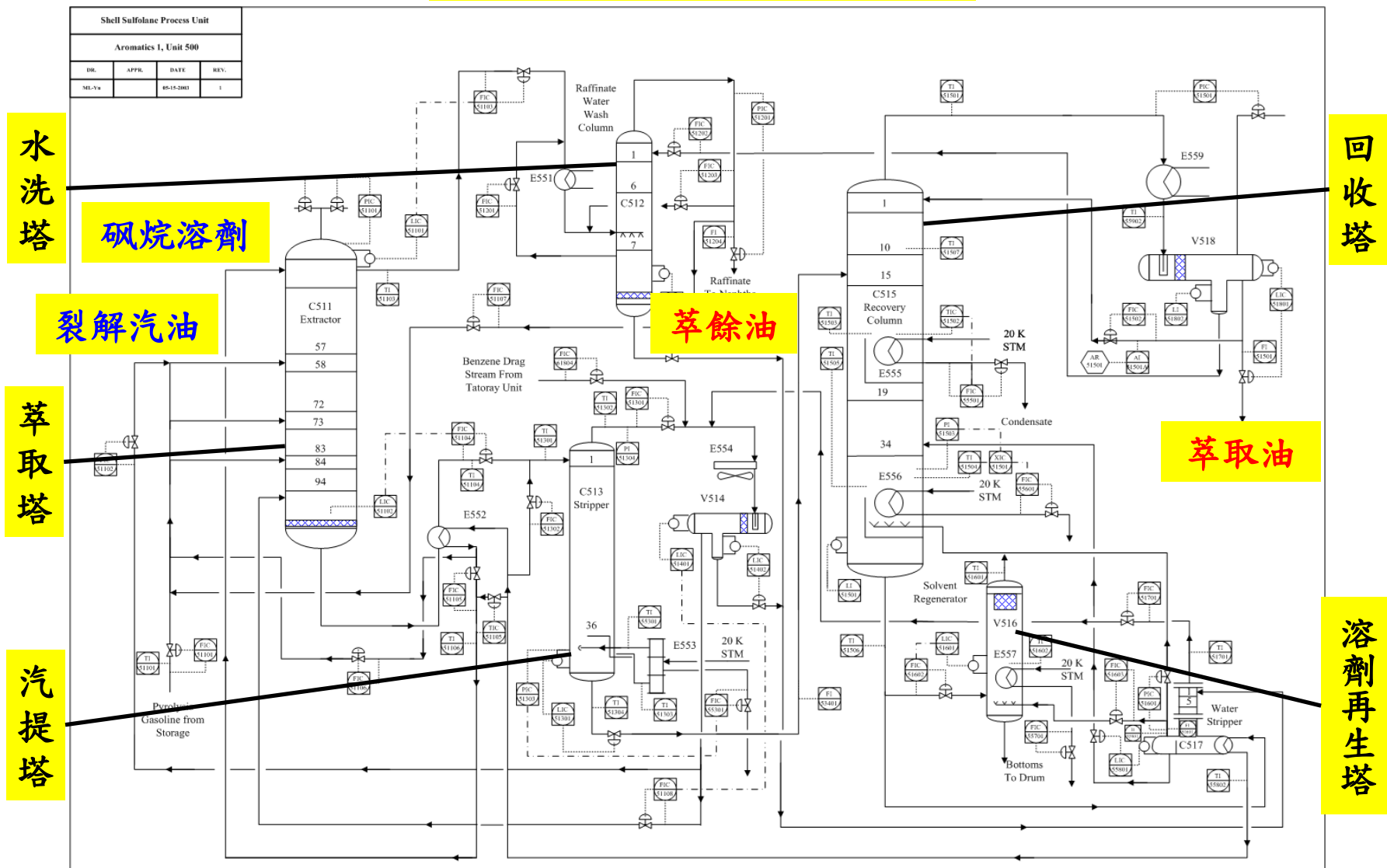
萃取單元為ARO廠21K蒸汽主要耗用單元之一(佔全廠用量30%以上)，由於進料的組成會變動，並且影響萃取單元操作變數多且變數之間互相影響，為確保萃取、萃餘油產品品質合格，操作上往往較保守，蒸汽用量尚有改善空間。

問題點 (原操作管理模式)	改善對策 (發展優化模組)
1.依照UOP(製造技術供應商)操作指引調整，盤控無法全面兼顧所有變數。 2.採較保守的操作方式確保產品品質合格，蒸汽用量有改善空間。	1.發展優化系統可兼顧相關變數，並建議優化操作條件。 2.盤控可根據建議進行更逼近品質管制上下限的節能操作。

經檢討引進數據分析、機器學習等AI技術，開發ARO2廠裂萃單元能源優化模組。

# 一、動機說明

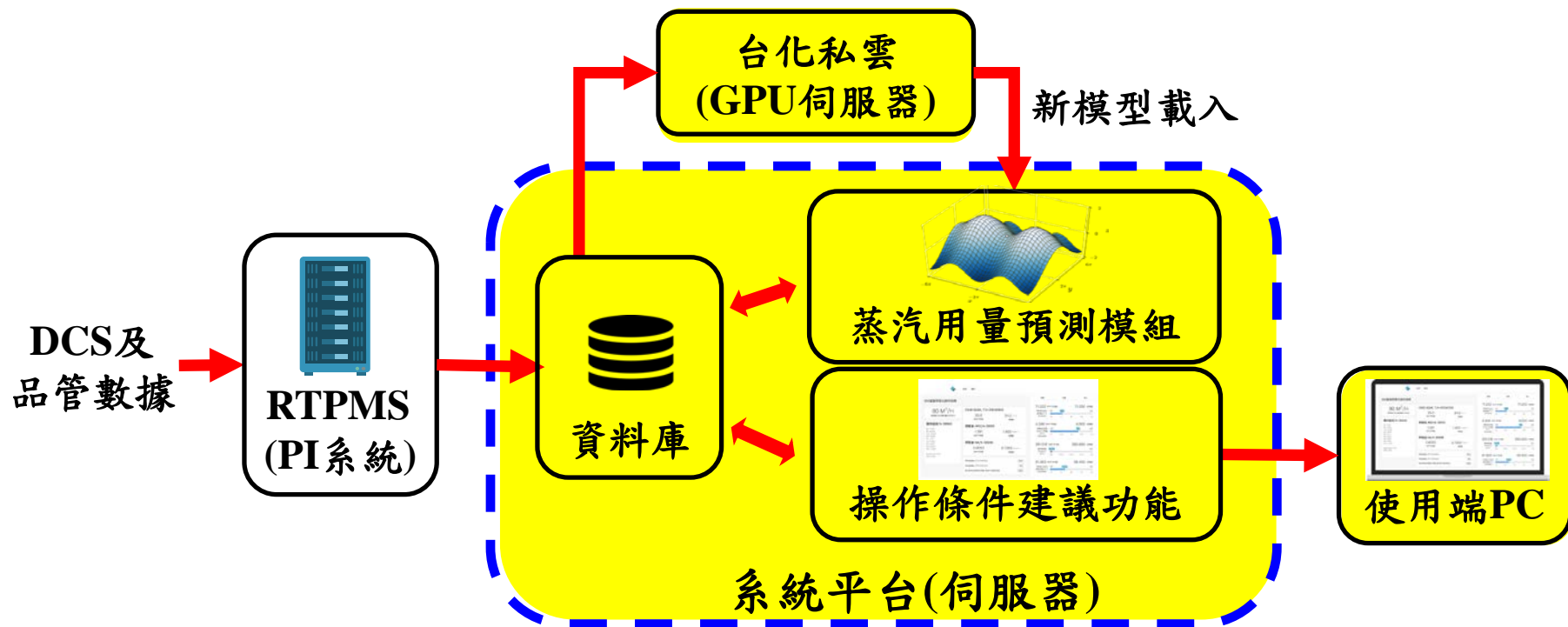
## ARO2廠裂萃單元流程圖



裂萃單元主要有五座塔槽，進料為裂解汽油，溶劑採用砒烷，產品為萃取油與萃餘油  
DCS計監控60個錶點，品管分析142個錶點。

## 二、專案執行重點

### 1.系統平台說明



1.已在麥寮ARO2廠規劃設置一套包含資料庫及能源優化模組(含蒸汽用量預測及操作條件建議)的伺服器平台。

2.伺服器平台每小時可提供優化操作條件，盤控人員可參考於DCS作調整。

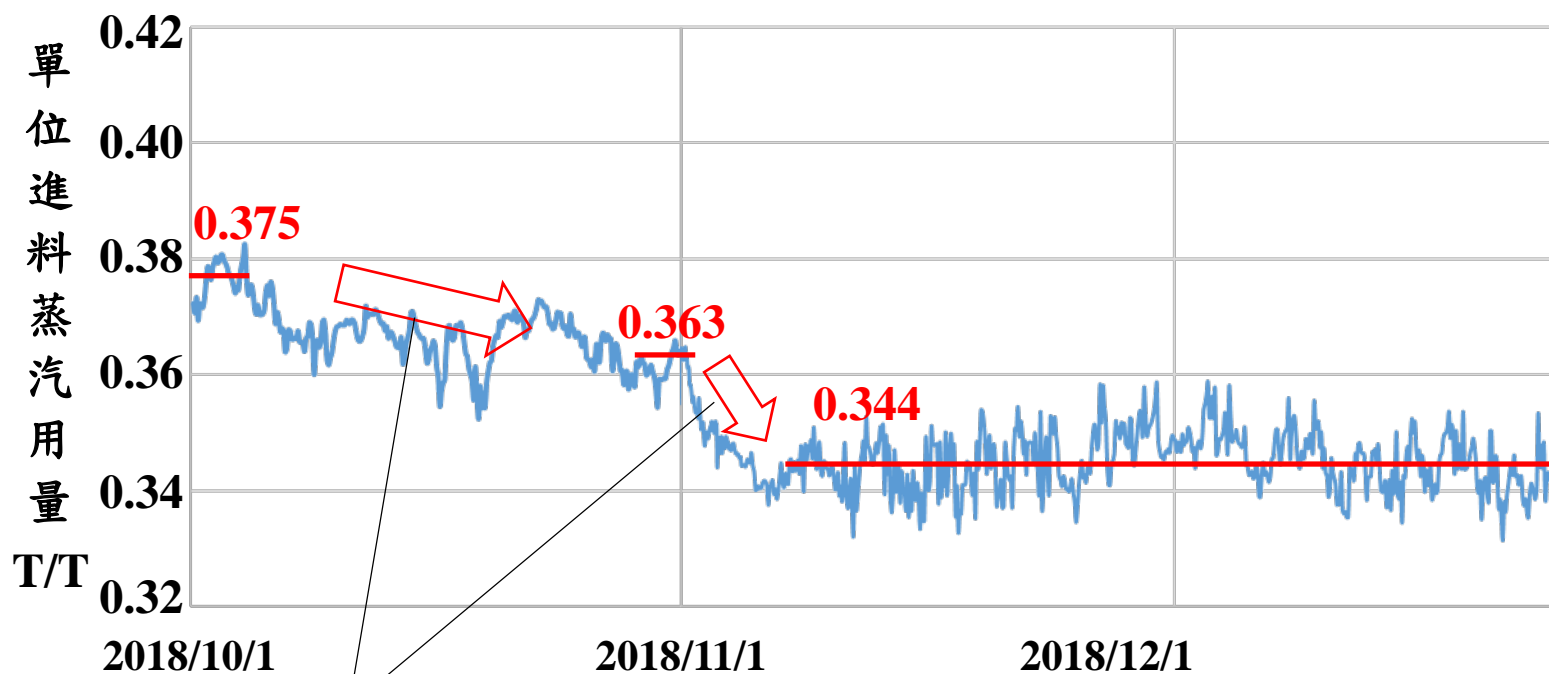
3.能源優化模組每三個月透過台化GPU伺服器更新一次。

4.系統平台於2018年10月建置完成及啟用。

## 二、專案執行重點

### 2. 模組開發應用成果

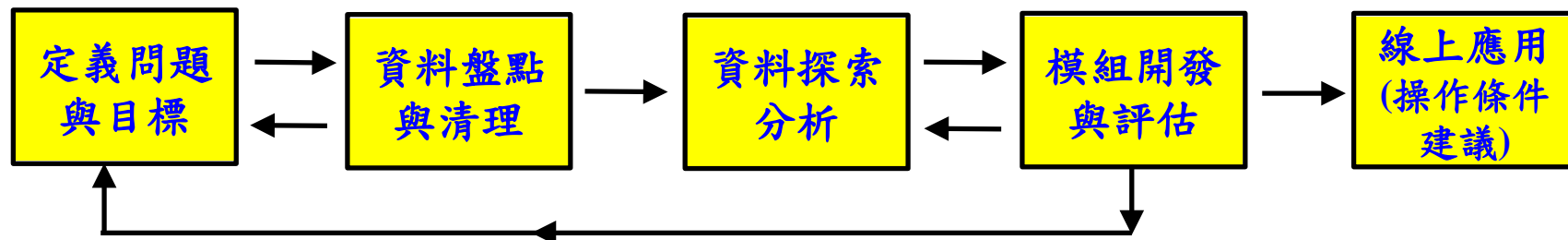
ARO2廠裂萃單元應用前述所開發的模組及操作條件建議功能，執行優化調整，於10月開始調降總逆洗量及溶劑循環量，單位進料蒸汽用量由0.375進步至0.344，可節省蒸汽2.0T/h，年效益15,600 仟元。



於10月開始調降總逆洗量及溶劑循環量，單位進料蒸汽用量由0.375進步至0.344。

# 三、模組開發建置流程說明

## 模組開發流程摘要



### 執行重點

追求最低  
單位進料  
蒸汽用量

- 1.資料收集
- 2.清理與篩選
- 3.缺值填補

變數關連性  
分析及篩選

- 1.應用機器學習  
演算法開發專  
用蒸汽用量預  
測模組

開發操作條  
件建議功能  
及人機界面

- 2.評估所建模組  
是否符合目標

### 執行成果

單位進料  
蒸汽用量  
由0.375進  
步至0.344  
T/T

收集2015.9.1至  
2018.6.19相關  
數據，合計202  
個錶點，數據  
量1,544,887

經分析選取  
與蒸汽用量  
(Y)有關的操  
作變數(X)計  
17個

- 1.經評估選用改  
良型多變數迴  
歸演算法，完  
成蒸汽用量預  
測模組開發
- 2.定期以機器學  
習來修訂模組

- 1.針對17個變數  
，完成可控制  
變數的建議功  
能，作為盤控  
調整的依據
- 2.持續累積優化  
數據納入建議  
功能資料庫



### 三、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：

萃取單元為ARO廠21K蒸汽主要耗用單元之一，由於萃取進料的組成會隨輕油組成變動，並且影響萃取單元操作變數多且變數之間互相影響，為確保萃取、萃餘油產品品質合格，操作上往往較保守，蒸汽用量尚有改善空間。

##### 2. 定義目標：

發展優化模組，協助工廠在確保萃取油與萃餘油合格條件下，追求最低單位進料蒸汽用量(蒸汽用量/進料量, T/T)。

### 三、模組開發建置流程說明



### 三、模組開發建置流程說明

#### 步驟二. 資料盤點與清理



1. 收集2015.09.01  
~2018.06.19相關  
數據。

2. DCS 60個錶點，  
數據量1,423,146。

3. 品管142個錶點，  
數據量121,741。

4. 合計202個錶點，  
數據量1,544,887。

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  
資料清理刪除偏  
離數據。

3. 設計過濾程式刪  
除偏離數據。

1. 因品管取樣頻率  
與DCS資料頻率  
不同，品管數據  
需做缺值填補，  
將各錶點的資料  
量一致化為每小  
時一筆。

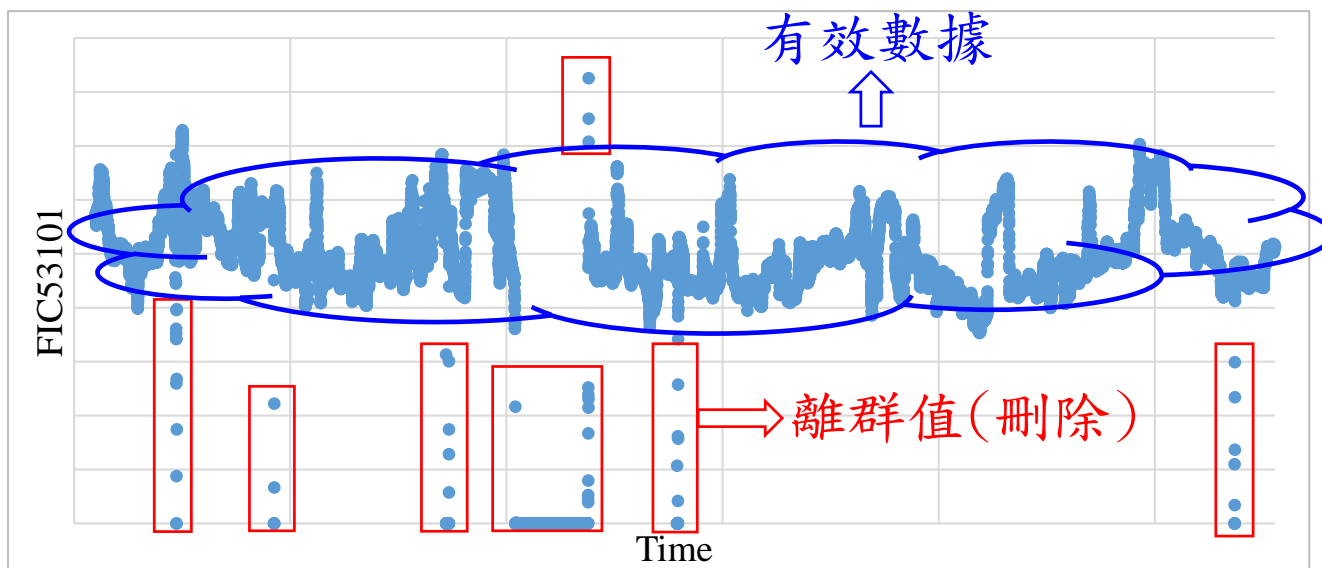
2. 透過開放原始碼  
平台以鍊鎖方程  
式補值法(MICE)  
填補數值空缺。

### 三、模組開發建置流程說明

#### 步驟二. 資料盤點與清理

##### 資料清理(刪除離群值)

- 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，刪除偏離數據。
- 3.設計過濾程式刪除偏離數據。
- 4.資料清理後的有效數據量由1,544,887減少為1,363,931。



### 三、模組開發建置流程說明

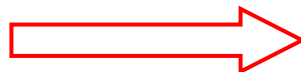
#### 步驟二. 資料盤點與清理

##### 缺值填補(資料量一致化)

- 1.因品管取樣頻率與DCS資料頻率不同，品管數據需做缺值填補，將各錶點的資料量一致化為每小時一筆。
- 2.透過開放原始碼軟體以鍊鎖方程式補值法(MICE, Multivariate Imputation by Chained Equation)填補數值空缺。
- 3.缺值填補後的數據量由1,363,931增加為4,380,572。

	DCS	品管
Time 1	$a_1$	$b_1$
Time 2	$a_2$	
Time 3	$a_3$	$b_3$
Time 4	$a_4$	$b_4$
Time 5	$a_5$	

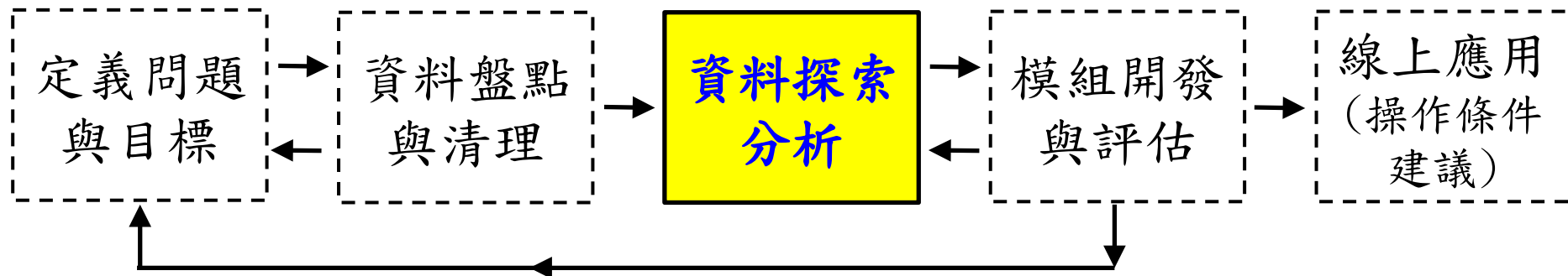
以MICE數學  
方法填補數  
值空缺。



$a_i, b_i$  : 既有數據  
 $V_i$  : 補值數據

	DCS	品管
Time 1	$a_1$	$b_1$
Time 2	$a_2$	$V_2$
Time 3	$a_3$	$b_3$
Time 4	$a_4$	$b_4$
Time 5	$a_5$	$V_5$

### 三、模組開發建置流程說明

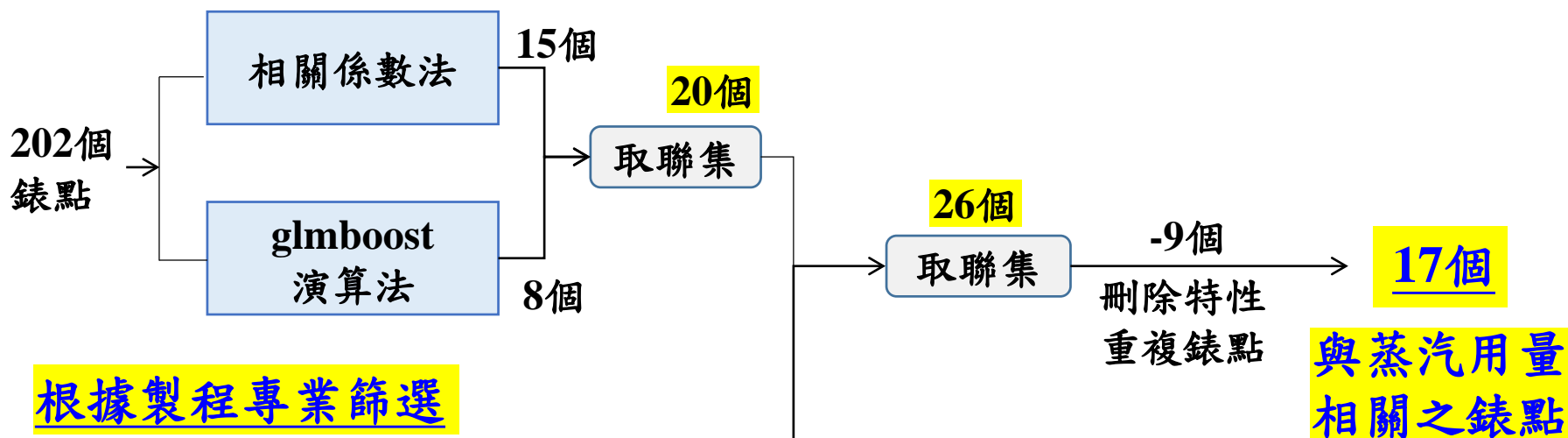


### 三、模組開發建置流程說明

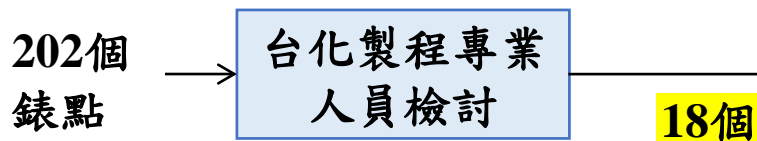
#### 步驟三. 資料探索分析

為從資料收集的202個錶點中挑選出與蒸汽用量相關的錶點，以利後續模組開發，以統計分析方法及製程專業進行篩選。

#### 以統計分析方法篩選



#### 根據製程專業篩選



### 三、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

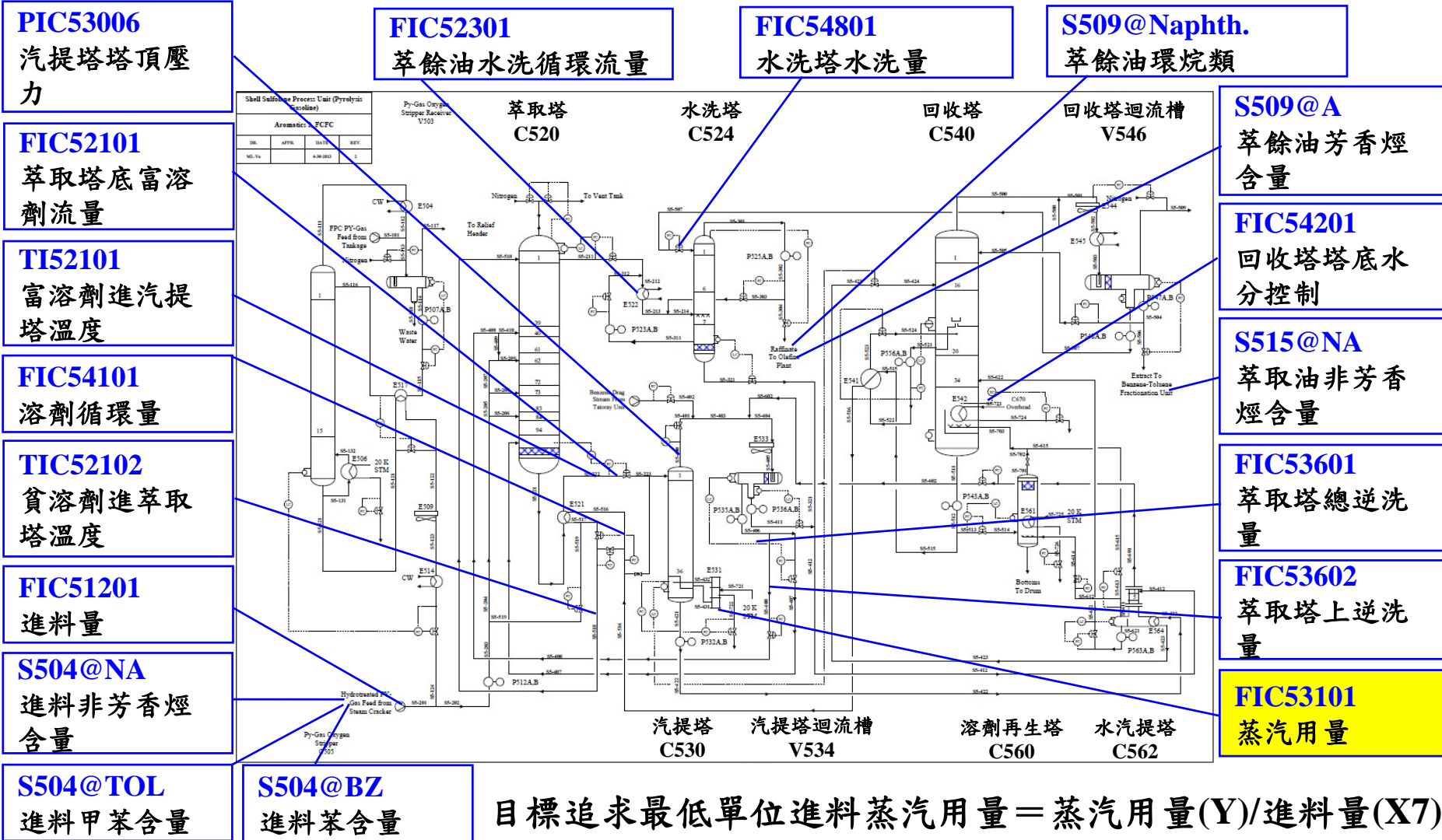
- (1) 先以相關係數(r, Correlation Coefficient)法進行初步變數篩選，選取原則為：相關係數絕對值大於0.3( $|r| > 0.3$ )，共選出15個對21K蒸汽用量影響力較大的錶點。
  - (2) 另以glmboost演算法做精確變數篩選。利用glmboost演算法，篩選對21K蒸汽用量影響較大的變數，共篩選出8個錶點。
  - (3) 將相關係數及glmboost演算法所篩選的錶點取聯集，共篩選出20個錶點。
2. 根據製程專業篩選與蒸汽用量有關的錶點計18個。
3. 以統計方法所選擇的變數(20個變數)與製程專業所選的變數(18個變數)取聯集得到26個對21K蒸汽用量影響較大的變數。刪除9個與其他變數相關性過高，避免變數相互干擾造成模組計算失準。共選出17個變數來建立模組。



# 三、模組開發建置流程說明

## 步驟三. 資料探索分析

### 與蒸汽用量有關的17個操作變數彙總



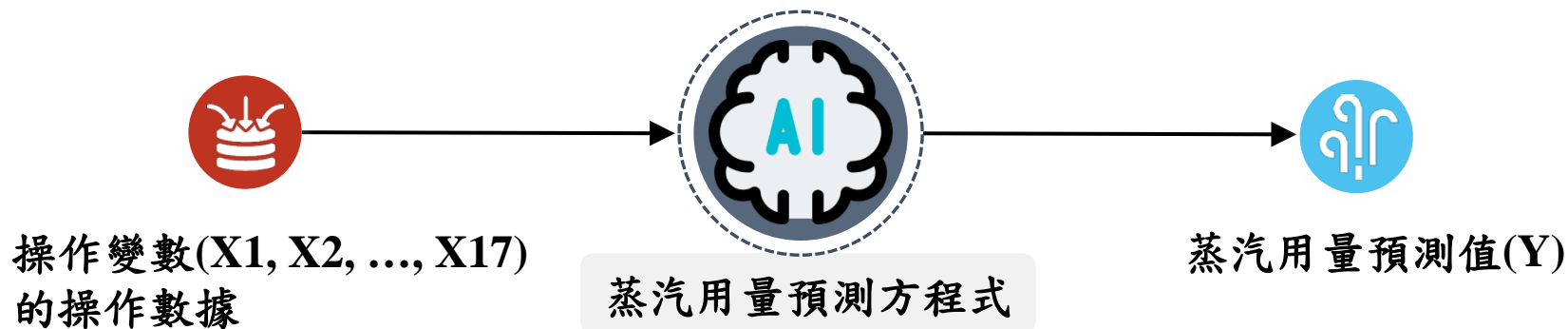
### 三、模組開發建置流程說明



## 三、模組開發建置流程說明

### 步驟四. 模組開發與評估

開發模組主要是指利用清理過的數據及所篩選的變數，選用適合的機器學習演算法，開發一個可根據17個操作變數(X,自變數)準確預測蒸汽用量(Y,應變數)的方程式。



代號	儀錶編號	變數名稱	代號	儀錶編號	變數名稱
X1	S504@NA	進料非芳香烴含量	X10	FIC54101	溶劑循環量
X2	S504@TOL	進料甲苯含量	X11	FIC53601	萃取塔總逆洗量
X3	S504@BZ	進料苯含量	X12	PIC53006	汽提塔塔頂壓力
X4	S509@Naphth.	萃餘油環烷類	X13	TIC52102	貧溶劑進萃取塔溫度
X5	S509@A	萃餘油芳香烴含量	X14	FIC53602	萃取塔上逆洗量
X6	S515@NA	萃取油非芳香烴含量	X15	FIC52101	萃取塔底富溶劑流量
X7	FIC51201	進料量	X16	FIC52301	萃餘油水洗循環流量
X8	TI52101	富溶劑進汽提塔溫度	X17	FIC54201	回收塔底水分控制
X9	FIC54801	水洗塔水洗量	Y	FIC53101	蒸汽用量

### 三、模組開發建置流程說明

#### 步驟四. 模組開發與評估

##### 1.機器學習演算法：

類別	應用說明	演算法	適用性
迴歸分析 (Regression)	1.預測數值 2.製程與轉動設備條件預測	支持向量迴歸 (Support Vector Regression) 多變數迴歸 (Multivariable Regression) 改良型多變數迴歸 (Ridge Regression)	O
分類 (Classification)	1.預測類別 2.影像辨識分類	卷積神經網路(CNN)、決策樹 (Decision Tree)、隨機森林 (Random Forest)等	X
分群 (Clustering)	1.預測群集別 2.社群分析	K平均演算法(K Means Clustering)等	X

本專案應採用預測數值的迴歸分析演算法

### 三、模組開發建置流程說明

#### 步驟四. 模組開發與評估

##### 2.各迴歸演算法適用性比較：

利用迴歸演算法所開發之預測模組需能夠進一步發展操作條件建議功能，也就是說所開發的模組除準確預測蒸汽用量外，需能明確顯示各操作變數(X,自變數)調升、調降對蒸汽用量(Y,應變數)的影響，才能符合需求。

##### (1)支持向量迴歸與多變數/改良型多變數迴歸適用性比較：

演算法	支持向量迴歸	多變數/改良型多變數迴歸
預測模組方程式	$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_{17})$	$Y = \sum_{n=1}^{17} a_n X_n + b$
發展操作建議功能 (可顯示各操作變數調升、調降對蒸汽用量的影響)	演算法所開發的方程式為矩陣，只能預測Y值，但無法獲得各變數的係數，不符需求	演算法所開發的方程式為線性方程式可獲得係數 $a_n$ ，即變數對蒸汽用量的影響力，符合需求
模組可提供優於歷史操作數據的建議(外插)	無法提供外插功能	可提供外插功能

支持向量迴歸無法發展操作建議功能，不適用於本案。

## (2) 多變數迴歸與改良型多變數迴歸適用性比較：

1. 兩種迴歸方法所開發的方程式均可表示為：

$$Y = \sum_{n=1}^{17} a_n X_n + b$$

其係數 $a_n$ 如右表， $b$ 值如下：

$b$ (多變數)=25.47871

$b$ (改良型)=34.17683

2. 多變數迴歸:本案例由於17個變數之間有關聯性，以多變數迴歸法建模時，發現部分變數的係數受到干擾，嚴重時造成係數正、負號與製程原理相反(如本案例中X13、X14、X17等3個變數)，此為共線性問題。

3. 改良型多變數迴歸(Ridge Regression):計算變數係數時，加入調整項，可將影響力較大的係數放大，將關聯性的干擾因素消除，解決共線性問題，獲得正確的係數。故選用此演算法建模。

代號	變數名稱	係數, $a_n$ 多變數迴歸	係數, $a_n$ 改良型多變數迴歸
Y	蒸汽用量	---	---
X1	進料非芳香烴含量	-0.01125	-0.04612
X2	進料甲苯含量	-0.01833	-0.05522
X3	進料苯含量	-0.01709	-0.07737
X4	萃餘油環烷類	0.00261	0.09164
X5	萃餘油芳香烴含量	0.04115	0.13158
X6	萃取油非芳香烴含量	-0.83455	-4.68004
X7	進料量	0.00615	0.03413
X8	富溶劑進汽提塔溫度	-0.46282	-0.24292
X9	水洗塔水洗量	-0.72943	-0.85502
X10	溶劑循環量	0.04411	0.01706
X11	萃取塔總逆洗量	0.05229	0.06350
X12	汽提塔塔頂壓力	1.38028	1.18458
X13	貧溶劑進萃取塔溫度	0.02770	-0.02759
X14	萃取塔上逆洗量	-0.01108	0.08170
X15	萃取塔底富溶劑流量	0.04654	0.02419
X16	萃餘油水洗循環流量	0.55417	0.17380
X17	回收塔底水分控制	0.01248	-0.01258

## 三、模組開發建置流程說明

### 3. 模組準確度驗證

將歷史數據隨機選取70%作為訓練數據、保留30%作為測試數據，導入改良型多變數迴歸建模並驗證模組準確度。驗證指標包括決定係數( $R^2$ )、均方根誤差(RMSE)及平均絕對誤差率(MAPE)。驗證結果符合驗證標準，確認模組可用。

驗證項目	$R^2$	RMSE(T/h)	MAPE(%)
驗證標準	>0.90	越趨近於0越準確	<5.0
驗證結果	0.95	0.52	1.7

#### 1. 決定係數( $R^2$ )：

代表模組預測值與實際值的相似程度。越趨近於1越準確。

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

$y_i$ ：實際值

$\hat{y}_i$ ：預測值

$\bar{y}$ ：平均值

#### 2. 均方根誤差(RMSE)：

代表預測值與實際值的平均差值，單位為T/h。越趨近於0越準確。

$$RMSE(T/h) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

#### 3. 平均絕對誤差率(MAPE)：

代表預測值與實際值的平均誤差率，單位為%。越趨近於0越準確。

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

### 三、模組開發建置流程說明





### 三、模組開發建置流程說明

#### 步驟五.線上應用(操作條件建議)

為提供盤控人員節能操作條件，需要開發操作條件建議功能，作為調整的依據。

1.經檢討前述17個變數可區分為不可控、可控及連動變數3類：

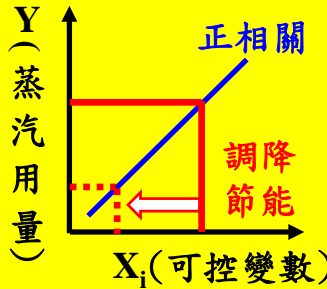
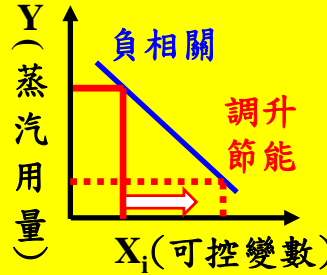
分類	說明	代號
不可控變數	進料量、進料組成及產品規格等8個	X1~X8
可控變數	1.水洗塔水洗量 2.溶劑循環量 3.萃取塔總逆洗量 4.汽提塔塔頂壓力 5.貧溶劑進萃取塔溫度	X9~X13
連動變數	操作上連動被影響之變數計4個	X14~X17

上述3類變數中，只需要提供可控變數建議值，即可進行節能優化調整，不可控變數屬於人為設定目標值，連動變數為被影響之變數。

## 三、模組開發建置流程說明

### 步驟五.線上應用(操作條件建議)

#### 2.各類變數建議值計算方法說明：

分類說明	變數建議值計算方法
不可控變數(8個)： 進料組成及產品規格等	取最近8小時數據平均值
可控變數(5個)： 1.水洗塔水洗量 2.溶劑循環量 3.萃取塔總逆洗量 4.汽提塔塔頂壓力 5.貧溶劑進萃取塔溫度	<p>“係數為正”代表該變數與蒸汽用量“正相關”，所以該變數“調降”越節能，系統篩選最近8,000小時數據中“最小值”作為建議值。</p>  <p>“係數為負”代表該變數與蒸汽用量“負相關”，所以該變數“調升”越節能，系統篩選最近8,000小時數據中“最大值”作為建議值。</p> 
連動變數(4個)： 操作上連動被影響的變數	此4個變數受前述13個變數連動影響，以迴歸方法計算連動的數值。

將上述17個操作變數(X)建議值，代入蒸汽用量預測模組  $Y = \sum_{n=1}^{17} a_n X_n + b$  可預估最低蒸汽用量(Y)。

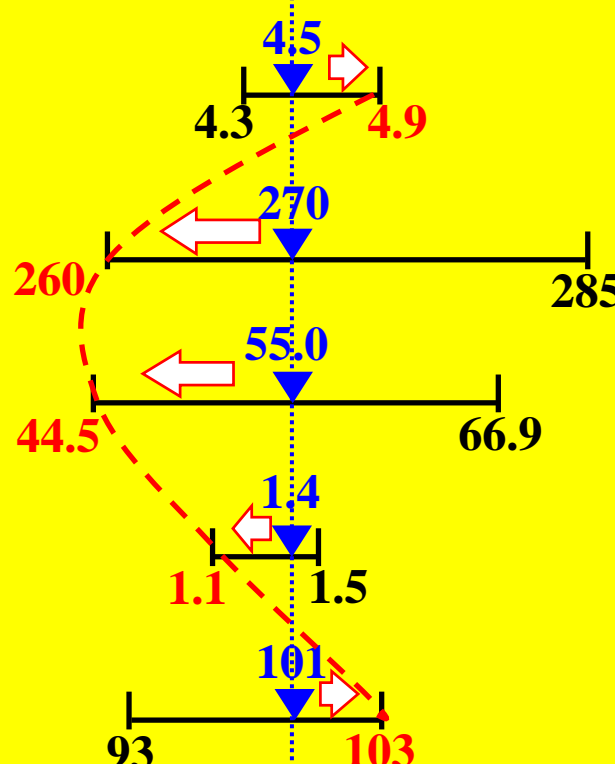
## 三、模組開發建置流程說明

### 步驟五.線上應用(操作條件建議)

#### 3.最佳操作條件組合：

確認5個可控變數的調整方向後，操作條件建議功能根據進料條件及品質要求，建議各可控變數的最佳值，盤控員在維持產品品質合格下參考調整，讓5個可控變數接近節能最佳組合。

代號	可控變數	係數	係數為正 調降節能	係數為負 調升節能	
X9	水洗塔水洗量 ,M <sup>3</sup> /h	-0.85502			進料量 70~75 M <sup>3</sup> /h 進料非芳 18~20 wt%  .....表現狀值 ---表建議值
X10	溶劑循環量 ,M <sup>3</sup> /h	0.01706			
X11	萃取塔總逆洗量 ,M <sup>3</sup> /h	0.06350			
X12	汽提塔塔頂壓力 ,kg/cm <sup>2</sup> g	1.18458			
X13	貧溶劑進萃取塔溫度 ,°C	-0.02759			



# 27

## 三、模組開發建置流程說明

27

### 4. 操作界面設計

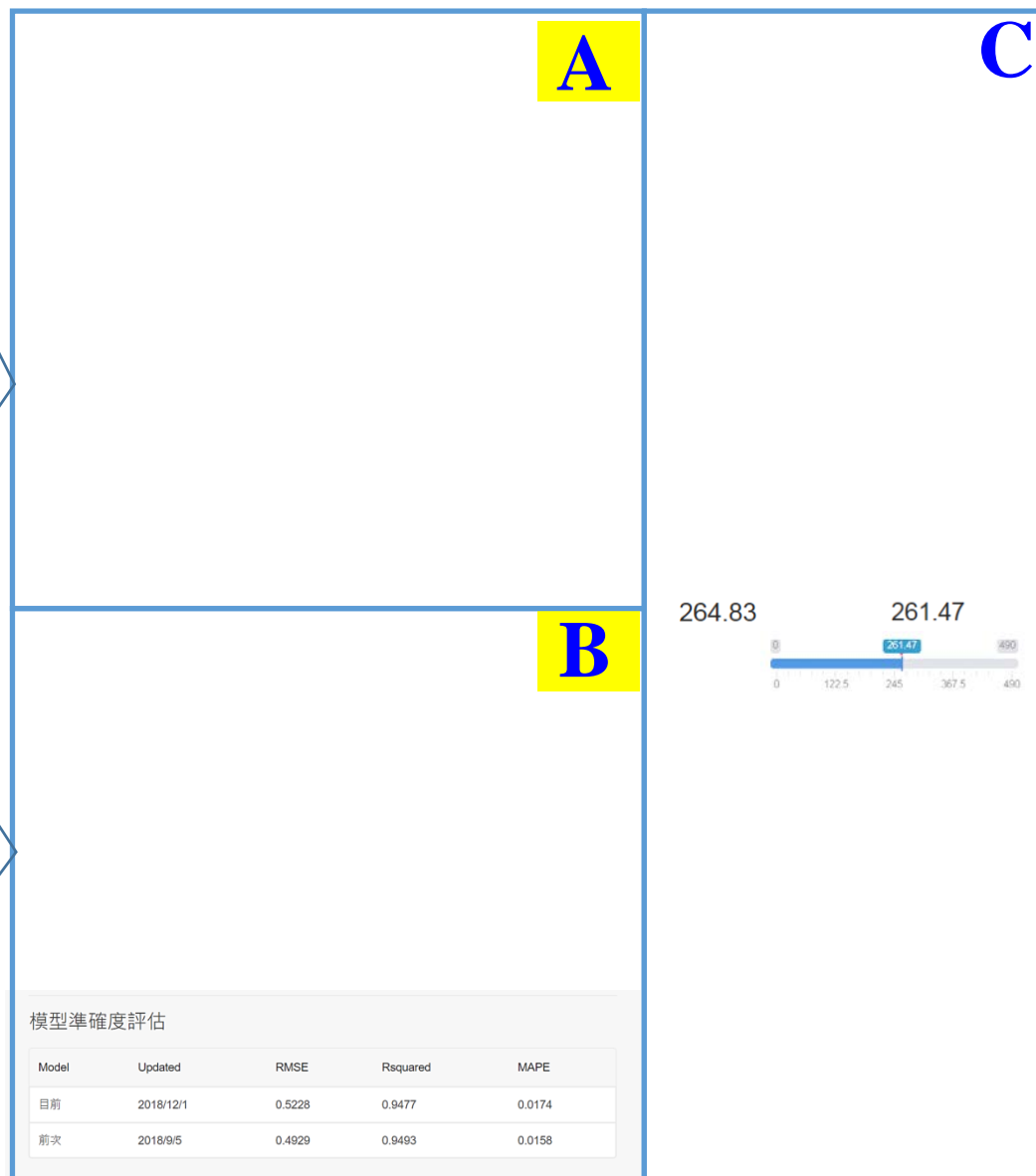
預測模組及操作建議功能開發完成後，已規劃人機操作介面如右圖。

#### A. 萃取單元操作現況顯示區

- a. 顯示前8小時平均進料流量及進料組成。
- b. 顯示蒸汽用量、萃取油NA含量、萃餘油A含量等變數之實際值及目標值。

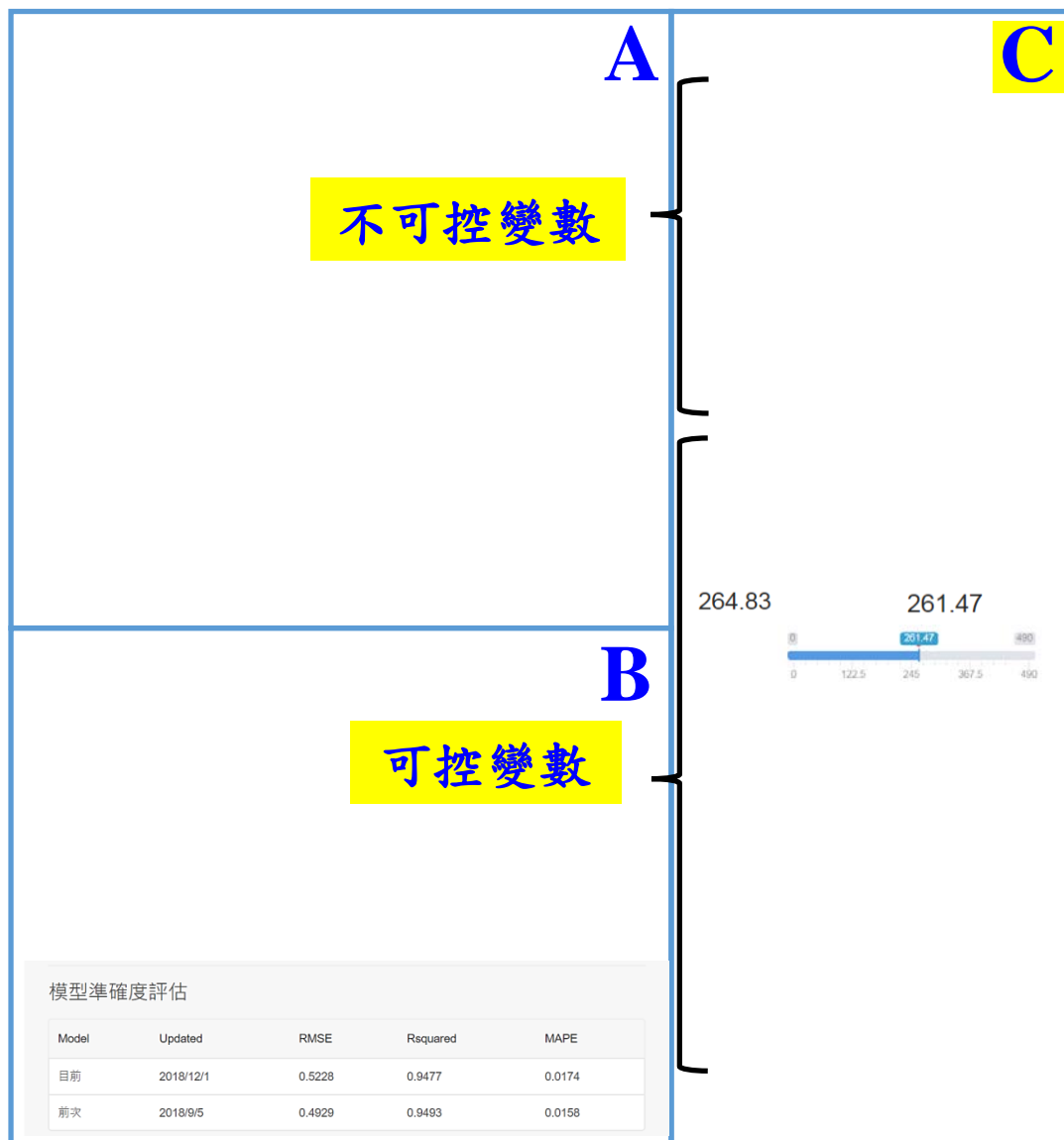
#### B. 資料異常回報與模型準確度顯示區

- a. 開發數據異常監視統，對異常數據提出警示。
- b. 顯示模型準確度，對未來模型持續機器學習更新時，監視其準確度。



# 三、模組開發建置流程說明

## 4. 操作界面設計



### C. 操作條件建議顯示區

- 顯示3個不可控變數包括進料量、萃取油 NA 含量及萃餘油A含量。
- 顯示5個可控變數包括萃取塔總逆洗量、溶劑循環量、萃取塔上逆洗量、萃餘油水洗量、氣提塔塔壓及貧溶劑入萃取塔溫度。
- 各變數顯示前8小時平均值，另外系統每小時提供5個可控變數的建議目標值，盤控人員可參考於DCS作調整。

## 四、製程優化調整與效益

由操作經驗得知，5項可控變數中，總逆洗量及溶劑循環量對蒸汽用量的影響力最大，ARO2廠裂萃單元配合優先調整這兩個操作條件。為驗證模組建議值可靠性，區分兩階段調整。

第一階段調整：

以進料量74 M<sup>3</sup>/h為基準，參考模組建議調整方向，降低總逆洗量及溶劑循環量。驗證調整方向的正確性。

第二階段調整：

提升進料量至79 M<sup>3</sup>/h，參考模組值，調整總逆洗量及溶劑循環量至建議值。驗證建議值的建議準確性。

## 四、製程優化調整與效益

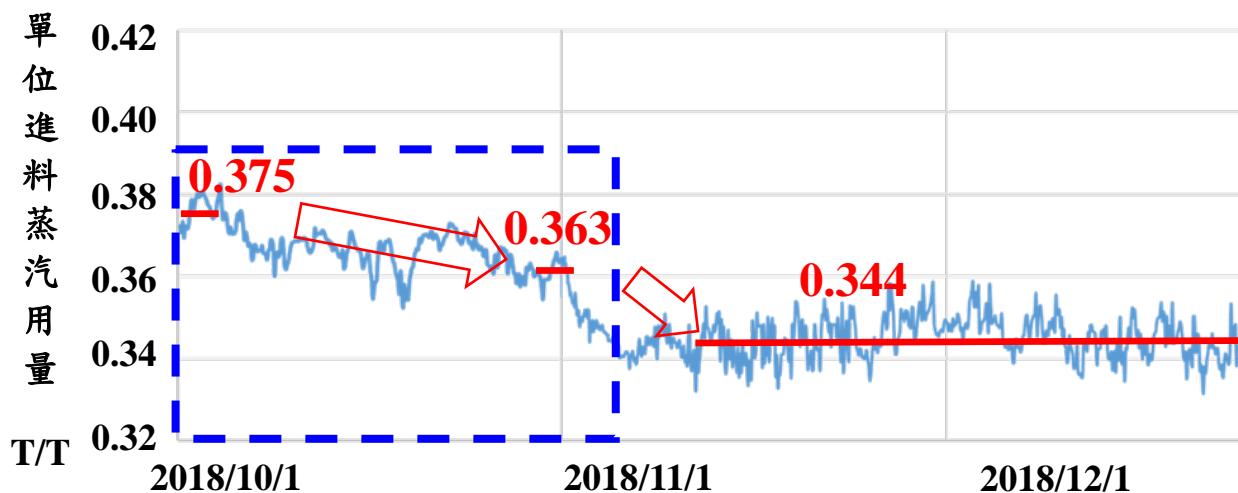
### 1.調整說明

#### 第一階段調整：

調整前進料 $74\text{M}^3/\text{h}$ ，蒸汽用量為 $23.2\text{T/h}$ ，單位進料蒸汽用量 $0.375$ 優於UOP原設計為 $0.394$ 。

模組建議調降總逆洗量及溶劑循環量，預期單位進料蒸汽用量可以從 $0.375$ 降至 $0.358$ 。經調整，蒸汽用量降至 $22.4\text{T/h}$ ，單位進料蒸汽用量降至 $0.363$ 。

項目	UOP 設計值	第一階段(進料量 $74\text{M}^3/\text{h}$ )		
		調整前 平均 (10/1~3)	模組 建議值	調整後 平均 (10/29~31)
進料量( $\text{M}^3/\text{h}$ )	111.9	74	74	74
蒸汽用量( $\text{T/h}$ )	36.8	23.2	22.1	22.4
總逆洗量( $\text{M}^3/\text{h}$ )	82.4	55.2	44.5	50.0
溶劑循環量( $\text{M}^3/\text{h}$ )	379.0	270	260	262
單位進料蒸汽用量( $\text{T/T}$ )	0.394	0.375	0.358	0.363



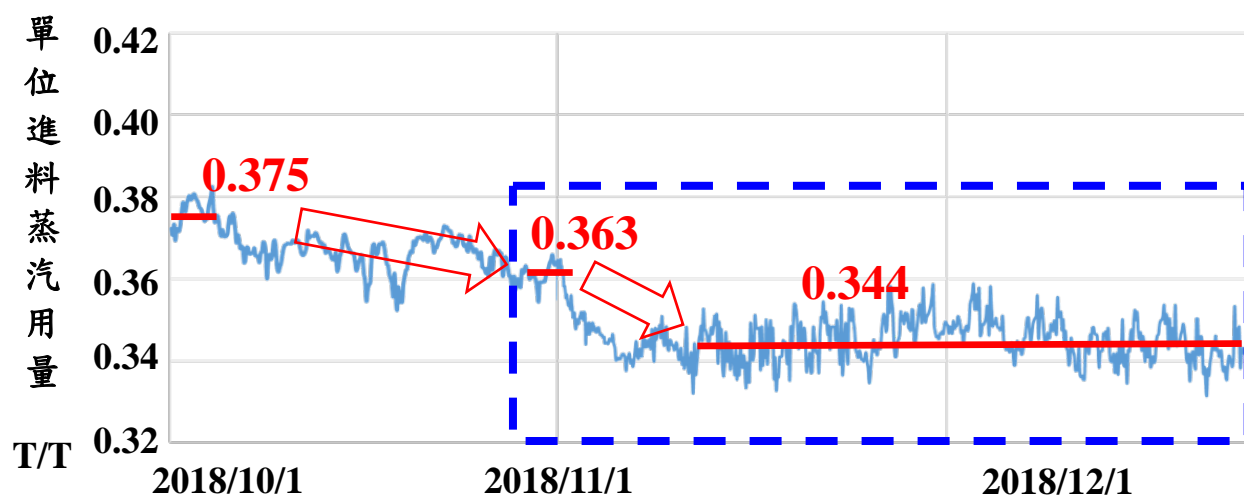
## 四、製程優化調整與效益

### 第二階段調整：

調整前進料提升至  
79 M<sup>3</sup>/h，蒸汽用  
量調整至24.0T/h，  
單位進料蒸汽用量  
為0.363。

模組建議調降總逆  
洗量及溶劑循環量  
，預期單位進料蒸  
汽用量可以從0.363  
降至0.346。經調整，  
蒸汽用量降至22.7  
T/h，單位進料蒸  
汽用量降至0.344。

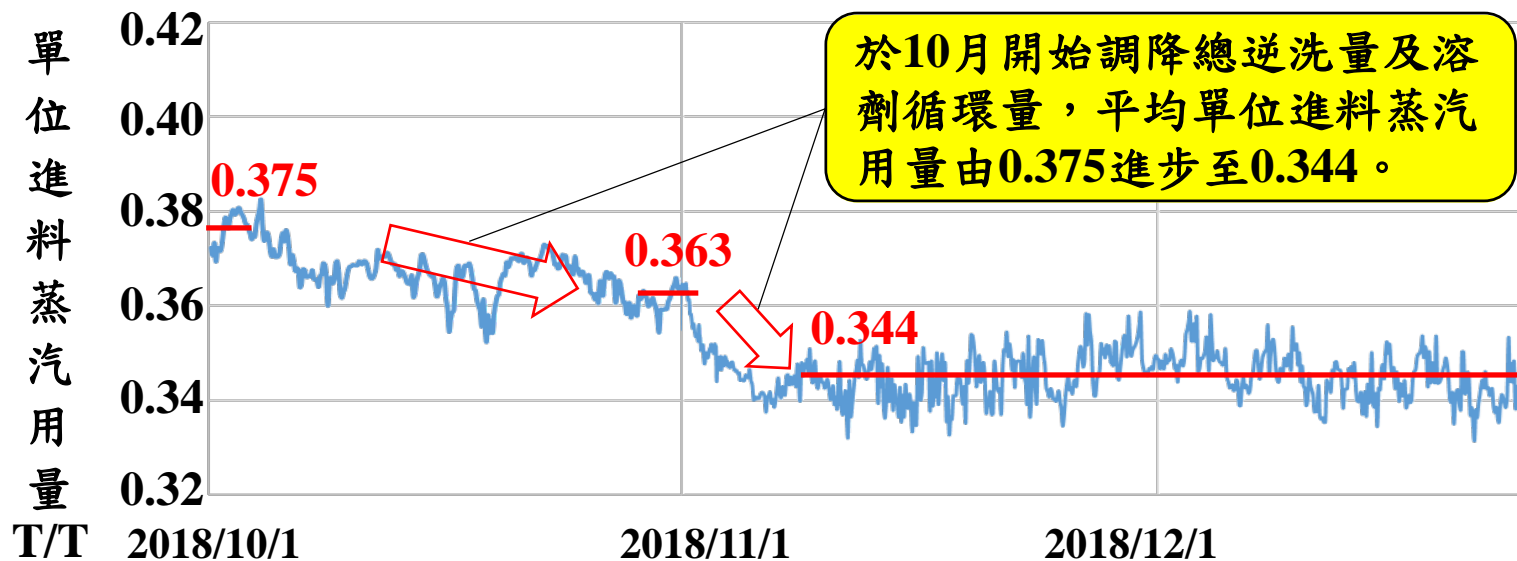
項目	UOP 設計值	第二階段(進料量79M <sup>3</sup> /h)		
		調整前 平均 (11/1~2)	模組 建議值	調整後 平均 (11/9~12/23)
進料量(M <sup>3</sup> /h)	111.9	79	79	79
蒸汽用量(T/h)	36.8	24.0	22.8	22.7
總逆洗量(M <sup>3</sup> /h)	82.4	52.0	45.8	46.0
溶劑循環量(M <sup>3</sup> /h)	379.0	265	262	262
單位進料蒸汽用量(T/T)	0.394	0.363	0.346	0.344





## 四、製程優化調整與效益

### 2.調整結果與效益



單位進料蒸汽用量(T/T)			效益		
調整前 (10/1~3) (A)	調整後 (11/9~12/23) (B)	差異 (A)-(B)	21K蒸汽 節省量 (T/h)	單價 (元/T)	年效益 (仟元/年)
0.375	0.344	0.031	2.0	975	15,600

1. 調整前後單位進料蒸汽用量進步：0.031 T/T

2. 折算節省21K蒸汽用量：0.031(T/T) x 66.0(T/h) = 2.0 T/h

3. 年效益：2.0(T/h) x 975(元/T) x 8,000(h/年) = 15,600 仟元/年

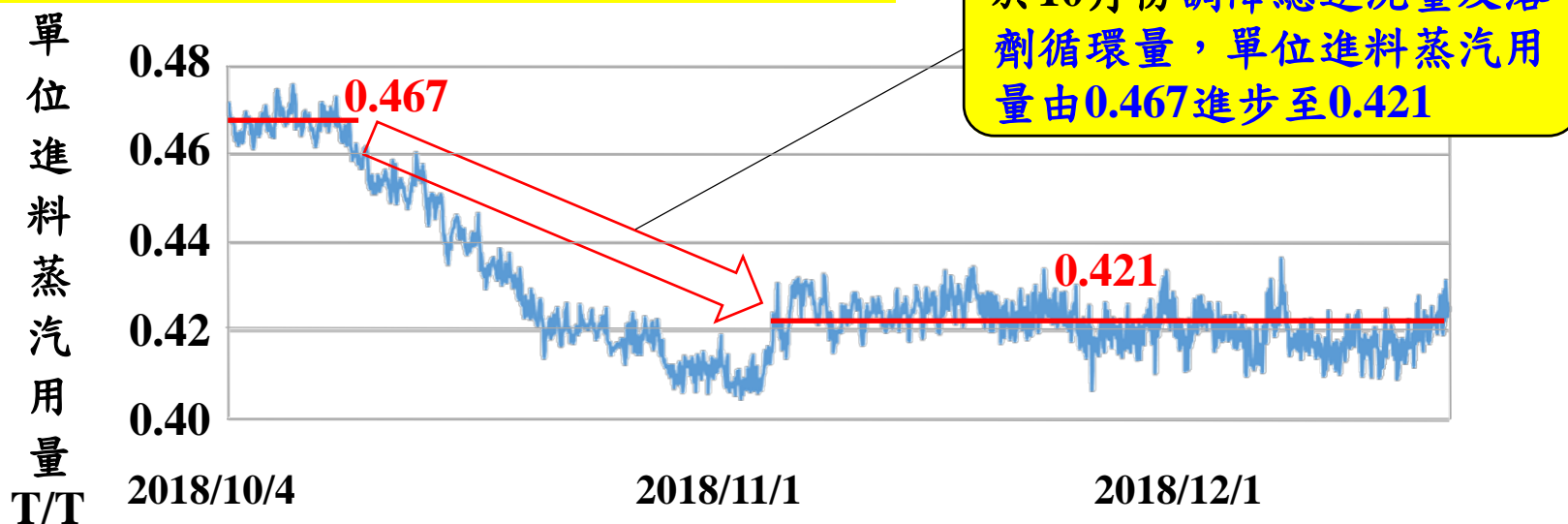
## 四、製程優化調整與效益

### 3.調整檢討

- (1)繼續測試調整水洗塔水洗量、汽提塔塔頂壓力及貧溶劑進萃取塔溫度等可控變數，進一步追求節能的可行性。
- (2)經過調整，主要變數均已接近歷史數據最低(或最高)，平均單位進料蒸汽用量0.344 T/T已低於歷史平均(0.374 T/T)。檢討原因為，過去依照 UOP操作指引調整較保守，現經由模組建議引導，使現場人員有信心維持操作在最佳操作條件組合。
- (3)ARO1廠裂解汽油萃取單元與ARO2廠同為液液相萃取設計，優先比照建模及調整。

## 四、製程優化調整與效益

### 4.ARO1廠比照優化調整結果與效益



單位進料蒸汽用量(T/T)			效益		
調整前 (10/4~10) (A)	調整後 (11/5~12/23) (B)	差異 (A)-(B)	21K蒸汽 節省量 (T/h)	單價 (元/T)	年效益 (仟元/年)
0.467	0.421	0.046	1.2	975	9,360

1. 調整前後單位進料蒸汽用量進步：0.046 T/T

2. 折算節省21K蒸汽用量：0.046(T/T) x 26.5(T/h) = 1.2 T/h

3. 年效益：1.2(T/h) x 975(元/T) x 8,000(h/年) = 9,360 仟元/年

## 五、心得與後續工作

- 1.在能源優化模組的開發過程中必須經數理統計、電腦系統及製程專業人員密切配合，一再地檢討及修正才逐漸達成專案的目標。
- 2.測試過程需要與現場密切溝通及協調，排除儀錶數據及製程性能偏離，持續測試才能發掘過去沒有經驗過的最佳操作條件組合，發揮最大效益。
- 3.ARO1、ARO2廠裂解汽油萃取單元優化模組已具成效，重組油萃取單元將持續比照開發。ARO3廠萃取單元採萃取蒸餾設計，與ARO1、2廠不同，後續比照開發。
- 4.蒸汽用量預測模組日前定期以人工修訂，持續測試觀察，未來將改善為自動機器學習修訂模組。另操作條件建議數值目前僅提供盤控人員調整參考，未來將以直接送入DCS做自動控制為努力目標。

事業部	推動項目	預期成效	執行進度	預完日	將來延伸推動項目
化一部	1. ARO2廠萃取單元能源優化模組	已節省蒸汽用量2.0T/h 預估年效益15,600仟元	ARO2廠裂萃於10月上線使用，ARO1比照開發使用	2019.6.30	ARO1/2重萃單元比照開發，ARO3萃取蒸餾，後續開發
	2. ARO1廠重組性能優化模組	提供操作建議，以提升重組產率，預估年效益60,000仟元	UOP提供模組使用一年，已於10月啟用	2019.11.30	ARO1同步自行開發並推廣至ARO2/3
	3. 原料產品最佳組合產銷模組升級	增加價格預測功能並結合產銷管理架構，以最大獲利為目標建議最佳用料組合，提升效益	目前進行資料評估及作業分析	2019.12.31	納入庫存量、儲運及產品交運動態等資訊，建立季度計劃作業
化二部	1. SM海豐廠脫氫反應系統優化	於觸媒運轉期間(兩年)，在維持相同產量下，預估蒸汽可減用2.1T/h	已於10月離線測試調整	2019.9.30	自行開發SM麥寮廠脫氫反應系統的優化模型
	2. 合成酚廠裂鍵反應系統優化	經由優化模組建議最佳操作模式，進行產率提升操作(預估AMS轉化率由77%提升至82%)	目前進行資料評估及探索分析	2019.12.31	推廣至開發合成酚廠及寧波苯酚廠
	3. SM麥寮廠多效蒸餾系統優化	建議最佳操作模式，進行節能操作	目前進行資料評估及探索分析	2020.6.30	未來可以應用於全廠蒸餾系統

事業部	推動項目	預期成效	執行進度	預完日	將來延伸推動項目
化三部	1. CTA蒸餾塔穩定控制	即時提供操作調整指引，達到維持系統穩定及節能的目的	目前進行資料評估及探索分析	2019.11.30	本案完後可平行展開應用於相同製程的龍德PTA-3廠
	2. 結晶高壓蒸氣節能與粒徑分析	最大化回收結晶放熱能源，以降低高壓蒸氣用量，並提供更精準之粒徑分佈管控	目前建立理論模型與數據模型資料探索分析	2020.12.31	本案完後可平行展開應用於龍德與寧波PTA廠
	3. PTA成品平均粒徑預測管控	即時預判製程變化對粒徑的影響，提供操作指引以強化品質管理	目前進行資料評估及探索分析	2020.3.31	本案完後可平行展開應用於龍德與寧波PTA廠
	4. 醋酸區成品塔及丙酸塔穩定控制	即時提供操作調整，達到維持系統穩定及節能	目前進行資料評估及探索分析	2020.6.30	本案完後可檢討應用至其他單元系統
塑膠部	1. 麥寮PAB廠SAN膠粒規格改製MI預測	在最短時間內達到產品MI目標值，減少過渡品的發生量，及提高平時操作MI的穩定	目前進行資料評估及探索分析	2019.11.30	後續將推展至新港PABS廠及寧波PABS廠
	2. 新港ABS廠貨櫃編號及紙包規格影像識別	避免出錯貨、裝錯櫃的情形發生	完成概念驗證，目前持續資料收集	2019.12.31	延伸推動至各廠自動倉庫成品出貨系統

報告完畢

恭請指導

## 鍊鎖方程式補值法

### (MICE, Multivariate Imputation by Chained Equation)

說明: 將缺值設為應變數( $Y$ )，其餘變數設為自變數( $X$ )，透過迴歸數學模型，以預測缺值進行插補。

#### MICE補值流程:

	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
1	y <sub>1</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>21</sub>
2	缺值	x <sub>12</sub>	x <sub>22</sub>
3	y <sub>3</sub>	x <sub>13</sub>	x <sub>23</sub>
4	y <sub>4</sub>	x <sub>14</sub>	x <sub>24</sub>

1. 利用已知數據建立迴歸方程式，得到  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $b$  係數值

$$Y = a_1 X_1 + a_2 X_2 + b$$

2. 使用迴歸方程式預測缺值

$$Y = a_1 X_1 + a_2 X_2 + b$$



## 相關係數法

以線性迴歸方法計算兩變數(x及y)的相關程度，其值介於 -1 ~ 1 之間，相關係數絕對值越大，表示兩變數相關程度越高。

$$-1 \leq \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \leq 1$$

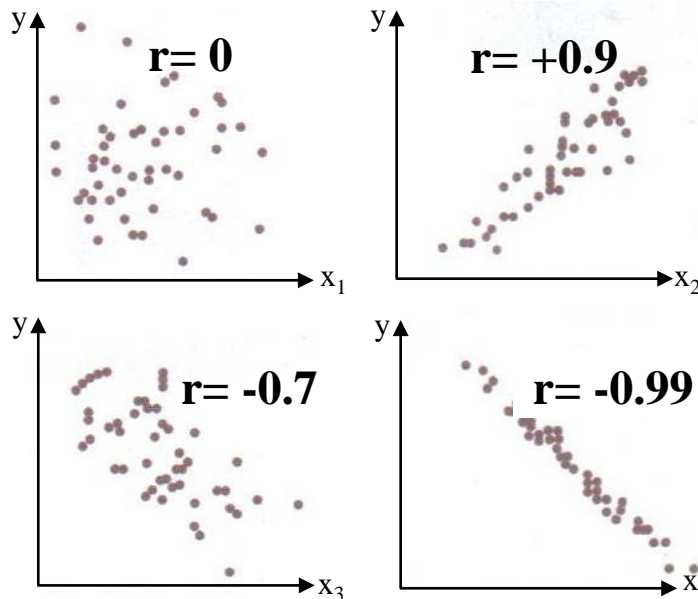
$x_i$  : x實際值  $i$  : 資料筆數

$\bar{x}$  : x平均數

$y_i$  : y實際值

$\bar{y}$  : y平均值

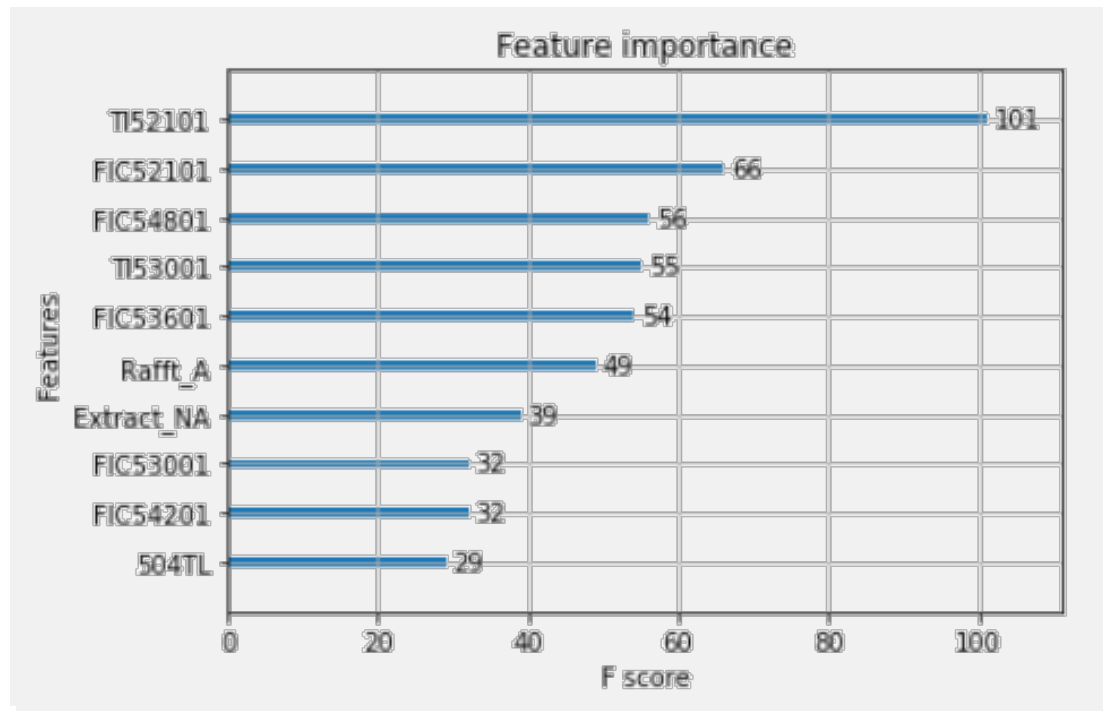
當相關係數絕對值小於0.3時，為低度相關;絕對值介於0.3~0.7之間時，即為中度相關;達0.7以上時，即為高度相關。



如示意圖，負值表示負相關，  
正值表示正相關。

## GLMBoost演算法用於變數篩選說明

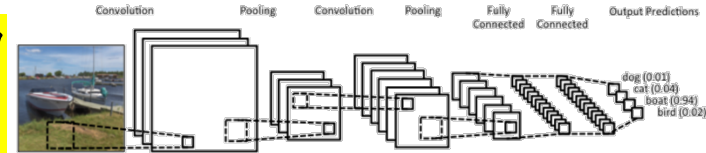
1. 將所有自變數(X)隨機分組，對每一組建立對應變數(Y)的線性模組。
2. 針對每一個線性模組，利用逐一剔除變數的方法，測試該變數對模組準確性的影響，依影響程度加以排序。
3. 將所有排序加總，即可得知各變數重要性，作為後續篩選變數之依據。



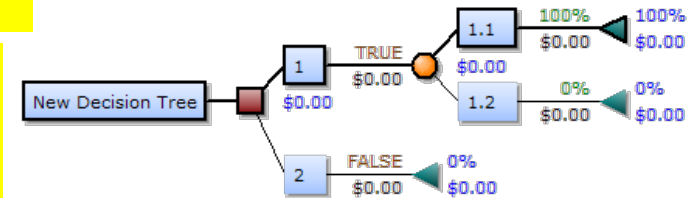
## 分類

預測結果是屬於哪一種類別的方法，例如影像辨識。

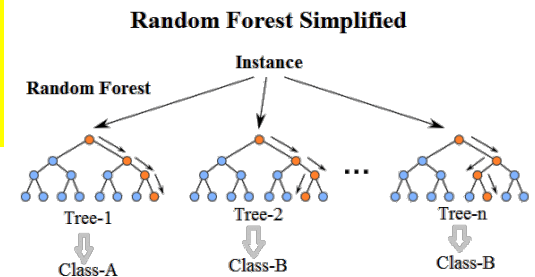
**卷積神經網路(CNN):**由一個或多個卷積層和頂端的全連通層組成的神經網路演算法，對於大型圖像處理有出色表現。



**決策樹:**通過樹狀及節點分支概念訓練模型，可以高效的對於未知數據進行歸納分類。



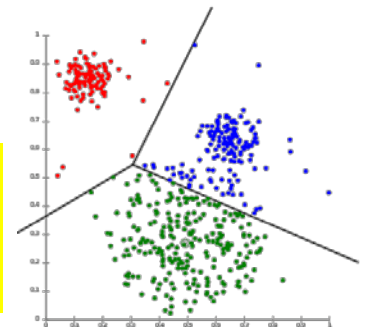
**隨機森林:**採多棵決策樹，最後再集成(Ensemble)所有決策樹的演算法。



## 分群

通常用來處理沒有明確答案的資料，將有相同特徵者叢集在一塊，例如社群分析。

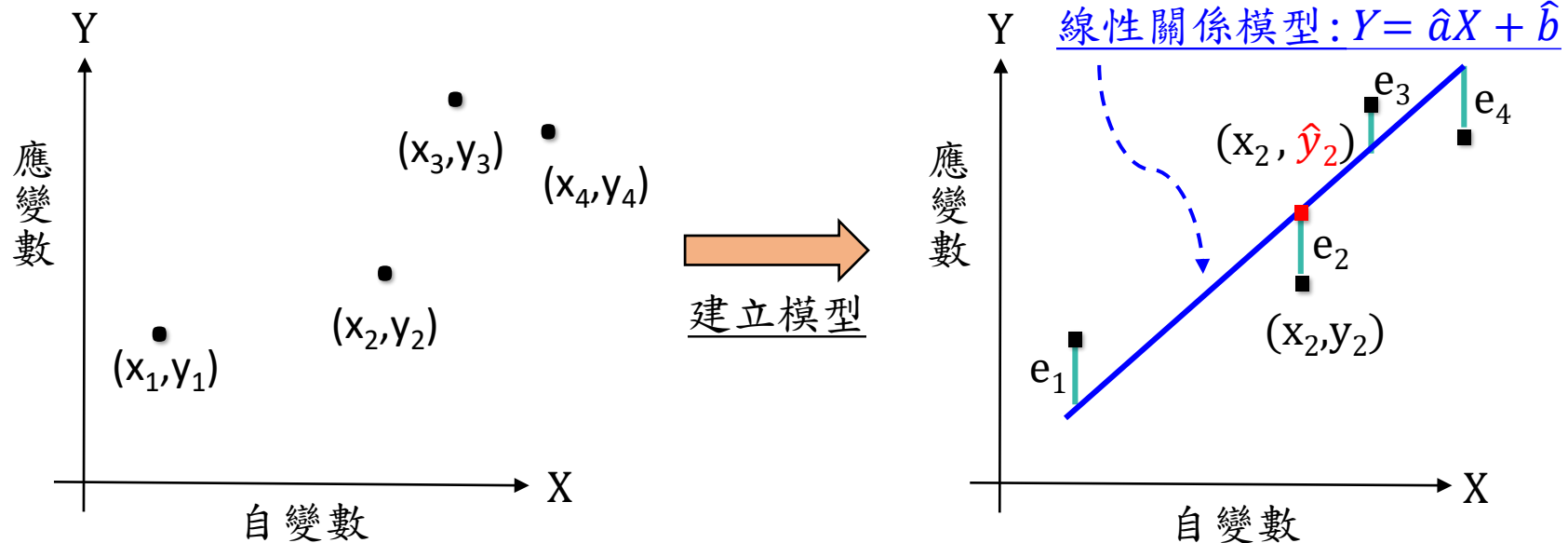
**K平均演算法(K Means Clustering):**將所有資料分成K組群聚，直至各群聚內誤差最小，以達分群最佳化。



## 多變數迴歸(Multivariate Linear Regression)

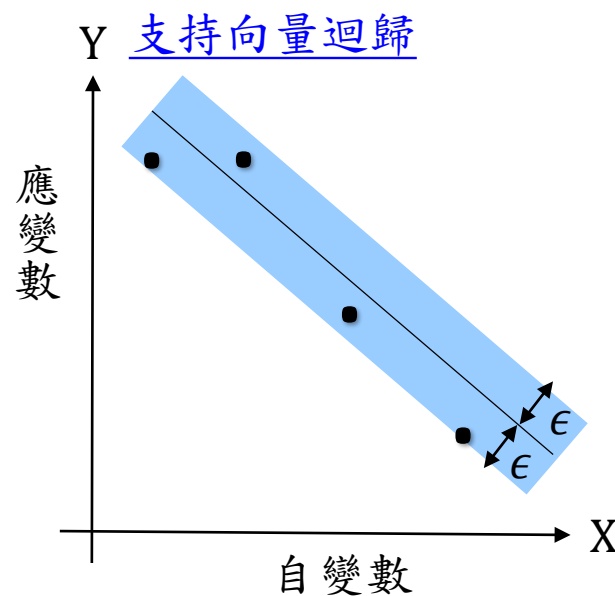
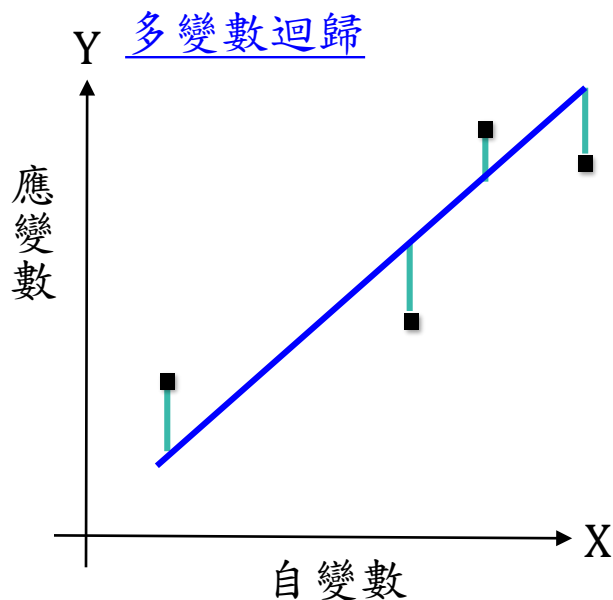
說明：利用預測值與實際值差異的平方總和最小的方法(最小平方法)，找出線性方程式( $Y = \sum_{i=1}^n a_i X_i + b$ )的係數( $a_i, b$ )

以下為單變數迴歸示意圖：

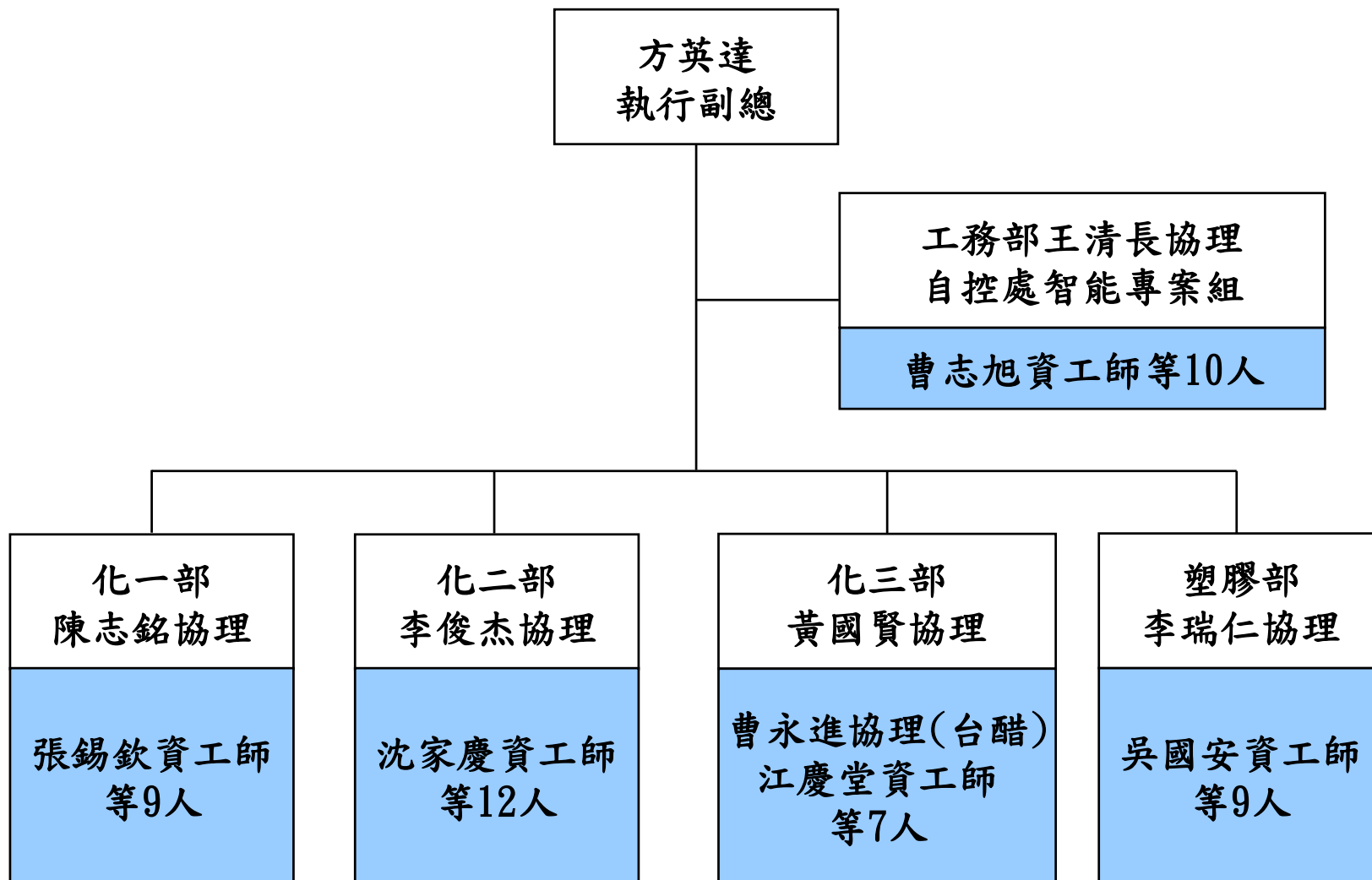


## 支持向量迴歸與多變數迴歸原理比較

- 多變數迴歸：利用預測值與實際值差異的平方總和最小的方法（最小平方方法），找出線性方程式( $Y = \sum_{i=1}^n a_i X_i + b$ )的係數( $a_i, b$ )
- 支持向量迴歸：給定一中立區(如下圖藍色範圍;  $\pm\epsilon$ )，找出一個盡可能覆蓋所有資料的區間。此演算法會將資料映射至更高維度計算，故無法得各變數之係數。



# 台化AI組織架構



# 台化公司台灣人工智慧學校派訓進度

■ 受訓中

單位	經理人班(共11人)	技術領袖班(共23人)
工務部 (共11人)	台北第二期:王清長協理、游源松處長 溫程雄資工師 台中第一期:洪錦旋協理	台北第一期:楊宗翰高工師、黃鼎耀工程師 台北第二期:王憲哲高工師、陳重昇高工師 曾郁雯助工師 台北第三期:曹志旭資工師、張育銘工程師
化一部 (共4人)	台北第二期:陳志銘協理 台中第一期:張錫欽資工師	台北第二期:周明翰高工師 台中第一期:賴振剛工程師
化二部 (共7人)	台中第一期:李俊杰協理	台北第二期:吳坤翰工程師、蔡俊逸助工師 李子源助工師 台中第一期:湯為翔助工師、黃世傑助工師 楊建興工程師
化三部 (共6人)	台北第二期:黃國賢協理 台中第一期:曹永進協理、江慶堂資工師	台北第一期:莊鴻霖高工師 台北第三期:游善涵助工師、胡爾軒助工師
塑膠部 (共6人)	台北第二期:李瑞仁協理	台北第一期:林開平高工師 台北第三期:方嘉謚高工師 台中第一期:莊俊章助工師、劉丞偉助工師 阮翰賢助工師

本公司已完成受訓29人，受訓中5人