

台塑石化股份有限公司 煉油部

開發常壓蒸餾單元操作優化模組

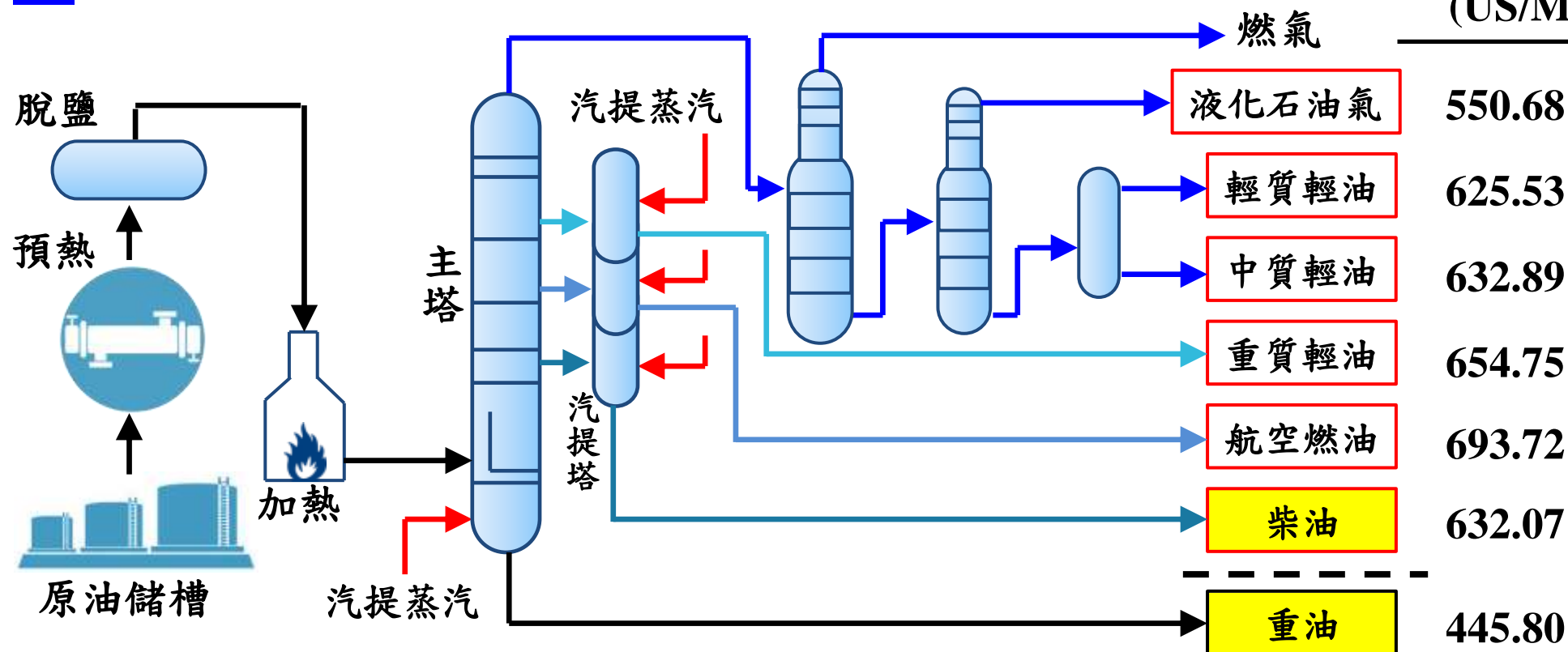
報告人：陳坤濯
2019年01月09日

報告大綱

一、動機說明	P03
二、執行重點	P05
三、建置流程	P10
四、優化成果	P40
五、後續作業	P42

一、動機說明

1.常壓蒸餾單元製程流程圖



單元指標控制變數：柴油品質(95%蒸餾點)。此品質項目是柴油樣品蒸出95%(殘餘5%)時的溫度，代表柴油的揮發度大小，是柴油品質的主要管制項目。由於柴油與重油價差大，操作上應在柴油品質合格的前提下，儘可能多取出柴油。

一、動機說明

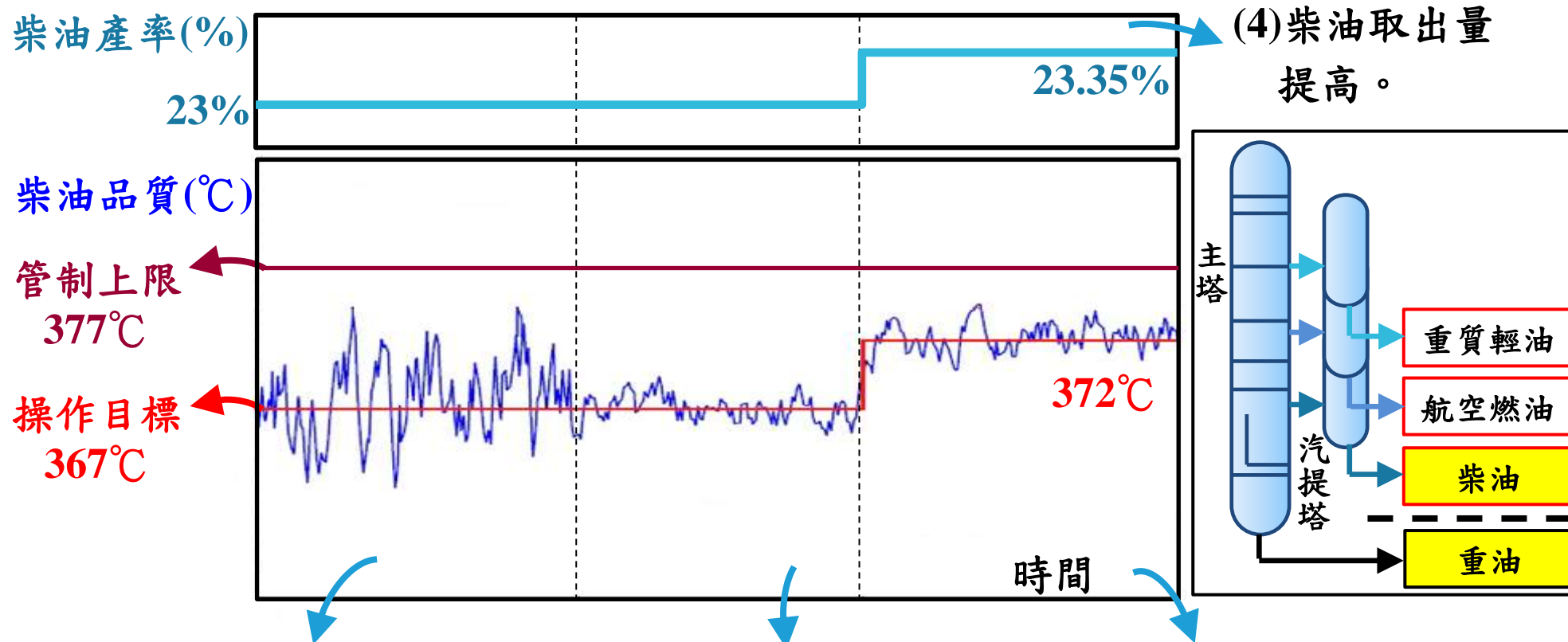
2.常壓蒸餾單元製程特性及操作瓶頸

項次	製程特性	操作瓶頸
1	入料原油一般由3~5種原油摻混而成。	不易得知精確原油組成。
2	原油入料槽(13萬KL)每4日切換一次。	入料組成變動頻繁。
3	同時產出7種主要產品。	產品品質不易兼顧。
4	89個主要製程變數會交互影響。	製程變動大。
5	為使產品符合品質規範，操作過於保守。	高價油品(輕油、航空燃油及柴油等)未能充份取出。
		單位能耗(汽提蒸汽用量)較高。

二、執行重點

1. 模組預定達成的目標—增加產值

以增產柴油為例：品質(95%蒸餾點)越穩定，柴油取出量才能提高。



(4) 柴油取出量提高。

(1) 柴油品質若波動幅度大，盤面人員因恐品質不合格，操作目標會設定得離管制上限較遠，雖能確保品質合格，但造成高價油品未充份取出。

(2) 利用操作優化模組縮小柴油品質的波動幅度。

(3) 品質波動幅度縮小後，操作目標可提高，向管制上限靠近。

二、執行重點

2. 模組預定達成的目標－降低能耗

以降低重質輕油汽提塔蒸汽用量為例：重質輕油品質(初沸點)越穩定，蒸汽用量才能降低。

汽提蒸汽(MT/h)

1.70 MT/h

重質輕油品質
(°C)

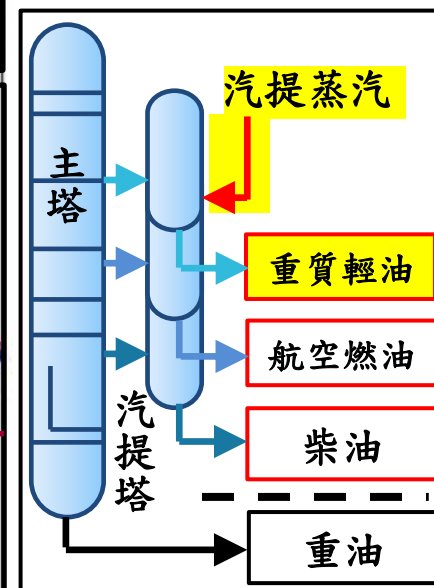
操作目標
155°C

管制下限
145°C

0.63 MT/h

時間

(4) 汽提蒸汽耗用量降低。



(1) 重質輕油品質若波動幅度大，盤面人員因恐品質不合格，操作目標會設定得離管制下限較遠，雖能確保品質合格，但造成汽提蒸汽耗用較多。

(2) 利用操作優化模組縮小重質輕油品質的波動幅度。

(3) 品質波動幅度縮小後，操作目標可降低，向管制下限靠近。

二、執行重點

3.模組上線運作成果摘要

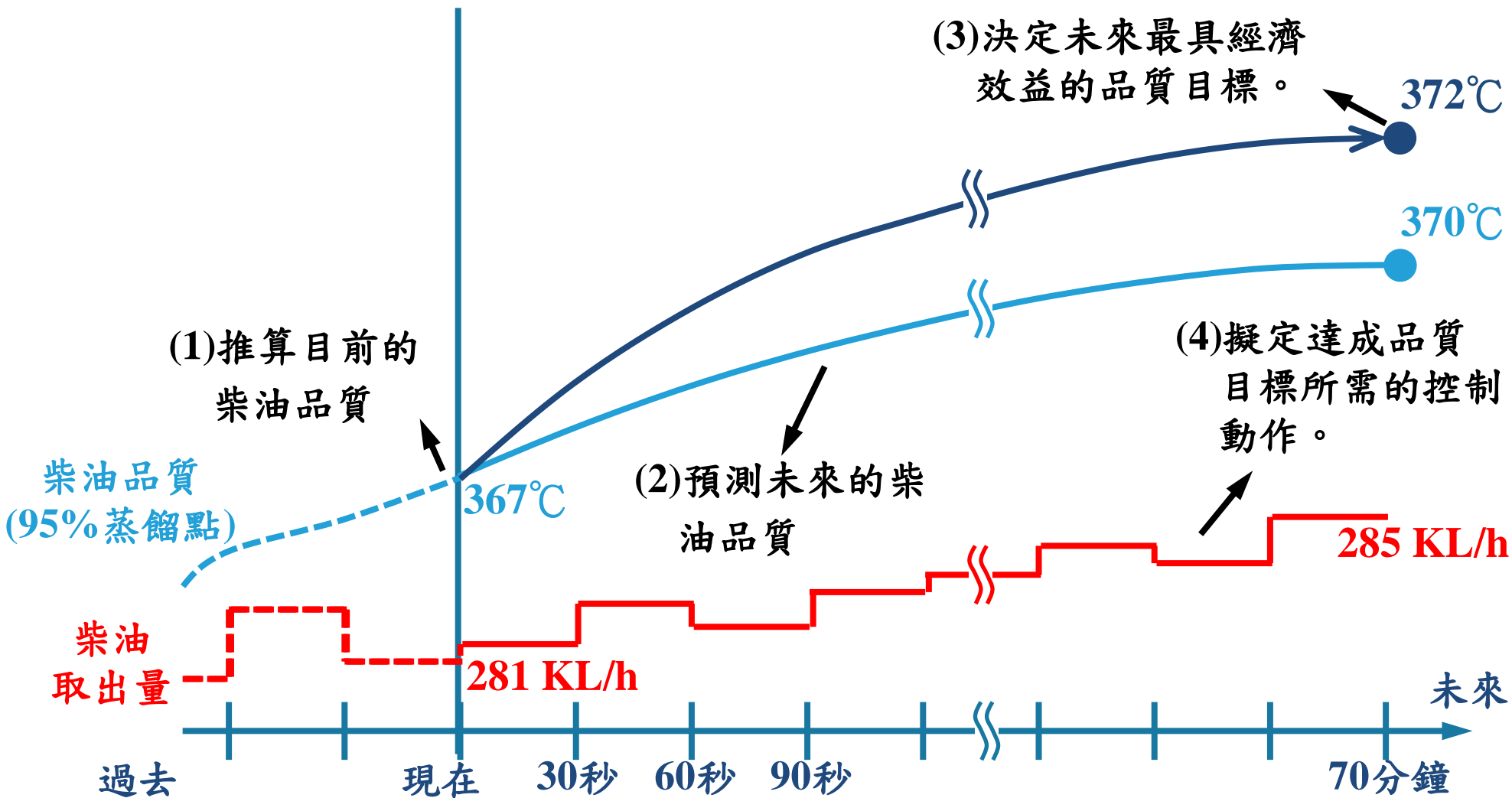
項次	產品	改善成果	改善效益
1	液化石油氣	產量提升5.79 KL/h。	年效益271仟元。
2	輕質輕油	產品品質(蒸氣壓)標準差由1.29 psi降低至0.74 psi。	穩定下游單元操作。
3	中質輕油	產品品質(終沸點)標準差由2.53 °C降低至1.55 °C。	
4	重質輕油	汽提塔蒸汽用量減少1.07 MT/h。	每年節省蒸汽費用8,348仟元。
5	航空燃油	產量提升14.5 KL/h。	年效益13,796仟元。
6	柴油	產量提升4.22 KL/h。	年效益105,623仟元。
7	重油	5%蒸餾點提高4°C。	

*航空燃油價格 = 693.72 US/MT，柴油價格 = 632.07 US/MT，重油價格 = 445.80 US/MT

二、執行重點

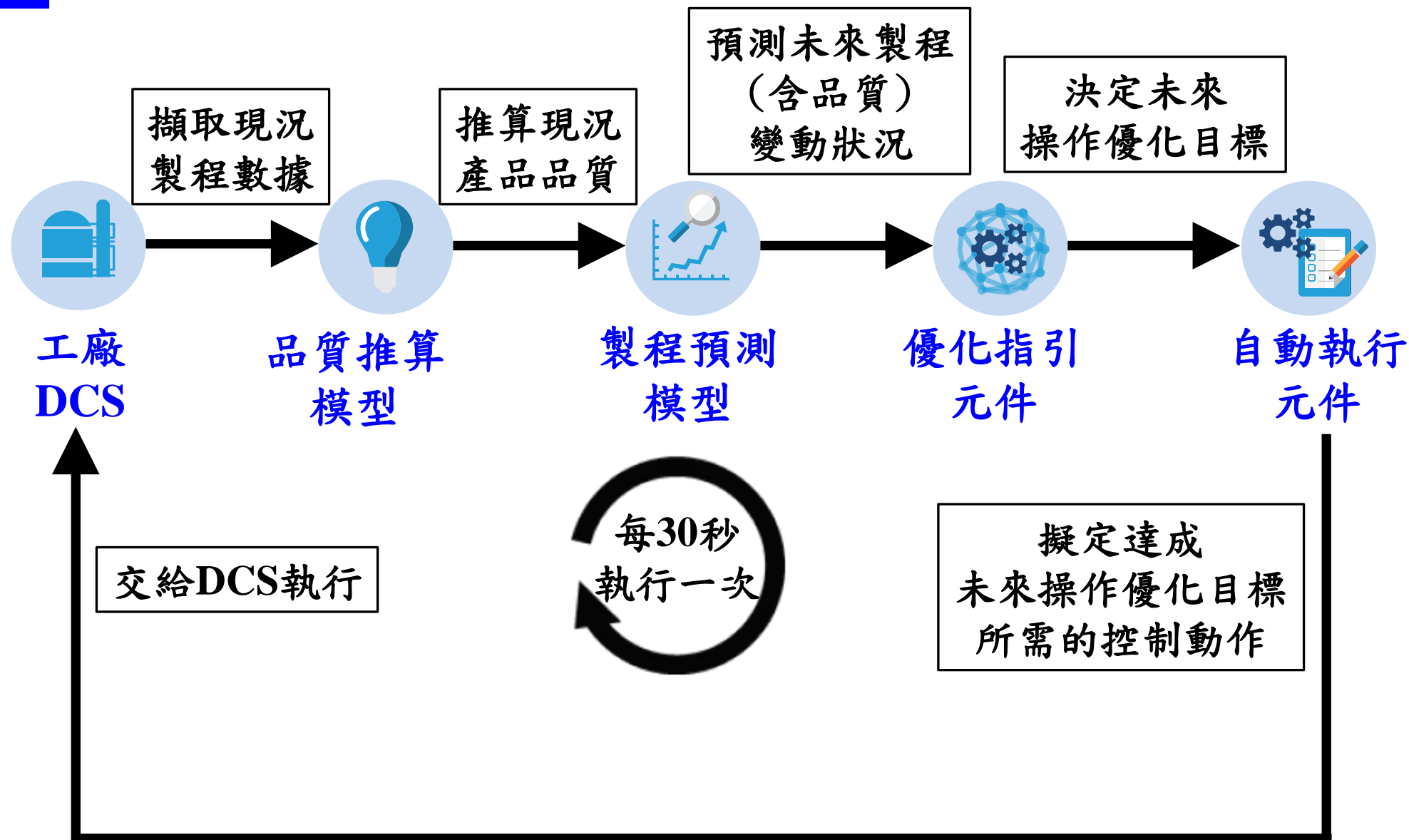
4. 模組的功能說明(以柴油95%蒸餾點品質調控為例)

推算柴油目前的品質，並預測其未來70分鐘內會如何變化；決定未來最具效益的品質目標，然後調整柴油取出量，達成柴油的品質目標。



二、執行重點

5. 模組上線後的運算流程

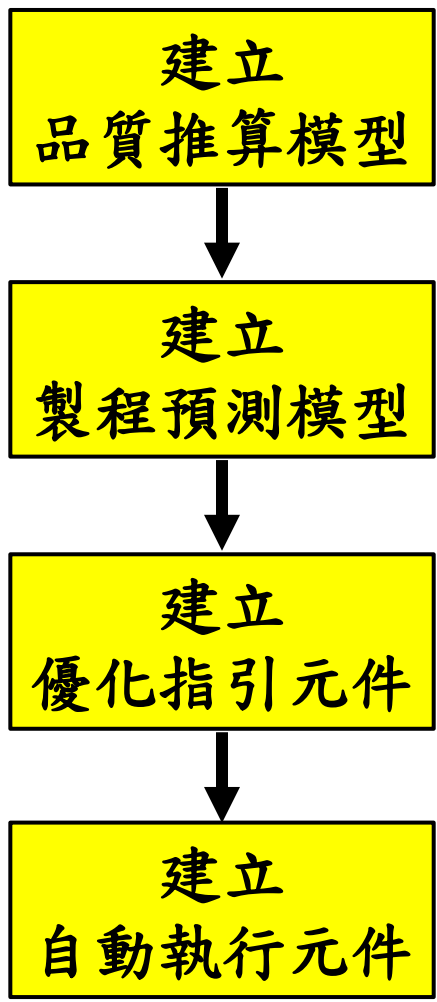


三、建置流程

模組建置流程摘要

作業內容

建置方法



- 1.資料清理
- 2.變數篩選
- 3.演算法選定
- 4.建立模型
- 1.變數選定
- 2.動態應答測試
- 3.建立模型
- 4.預測效能確認及調整
- 輸入產品市場價格及能耗成本，求解線性方程式，得到優化操作目標點。
- 輸入優化操作目標點，求解二次方程式，得到未來140步控制動作。

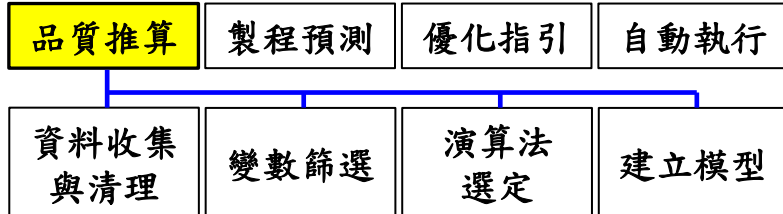
- 主成份分析(PCA)
- 偏最小平方(PLS)
- 極限梯度提升(XGBoost)
- 深度神經網路(DNN)
- 支持向量機(SVM)
- 通用最小平方演算法 (Ordinary Least Squares Algorithm)
- 單純形演算法 (Simplex Method Algorithm)
- 二次規劃演算法 (Quadratic Programming Algorithm)

機器學習

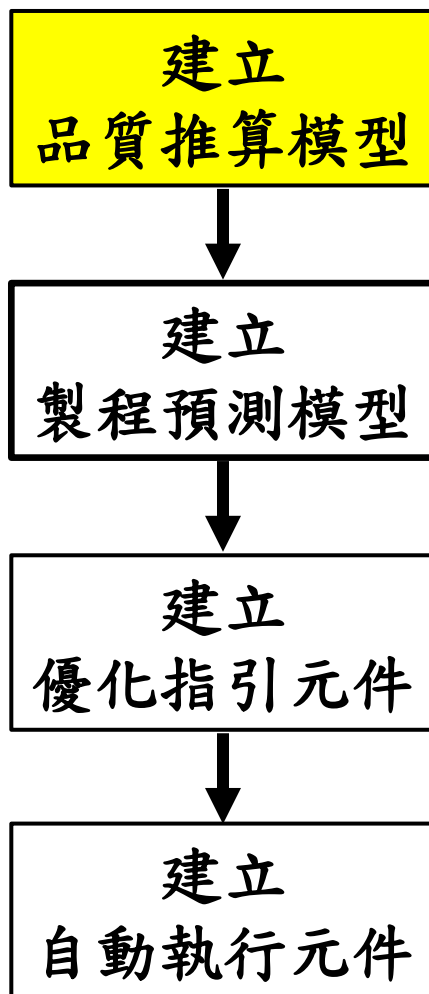
操作優化

*PCA : Principal Component Analysis. *PLS : Partial Least Squares.
*XGBoost : Extreme Gradient Boosting. *DNN : Deep Neural Networks. *SVM : Support Vector Machine.

三、建置流程－ 1.品質推算模型

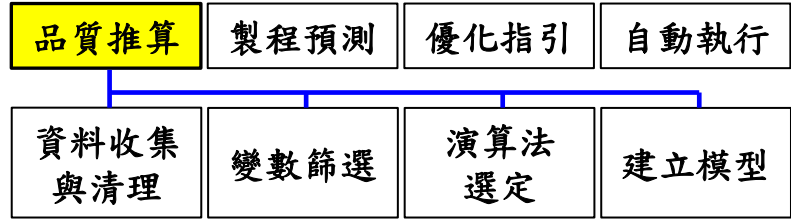


11



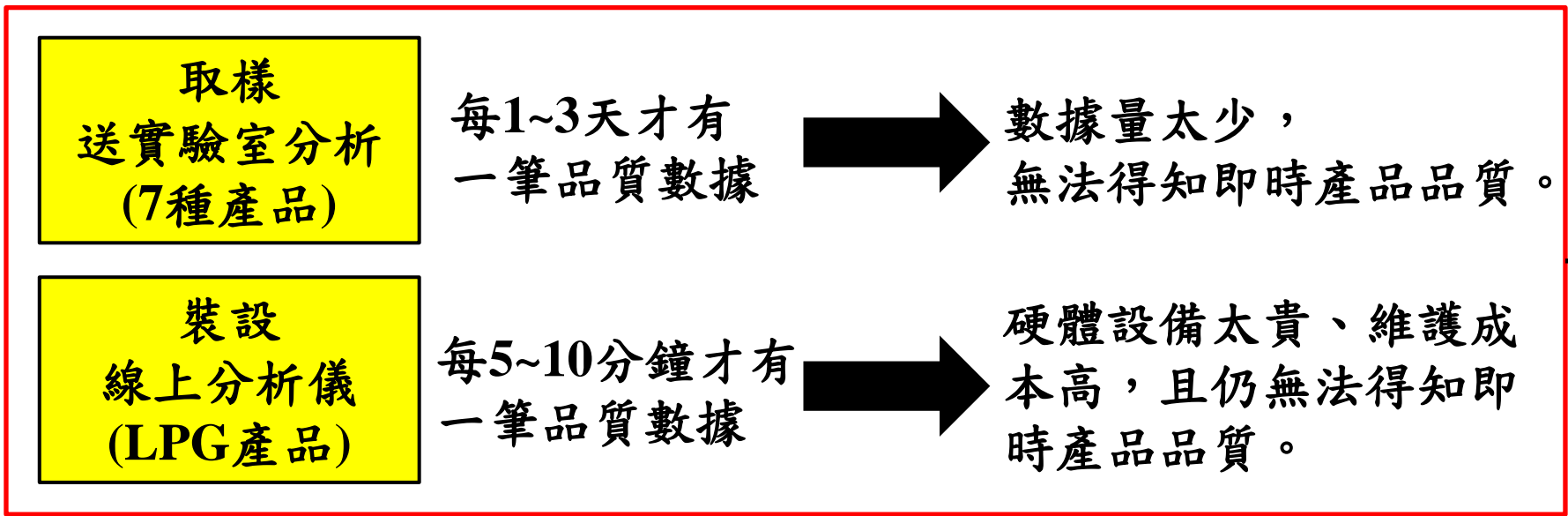
三、建置流程— 1.品質推算模型

品質推算的功能

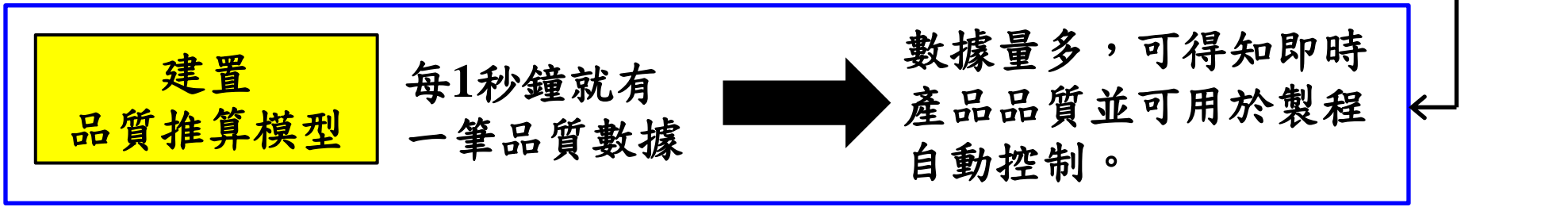


擷取製程即時操作數據用以推算即時產品品質。

本模組建置前產品品質取得方式：

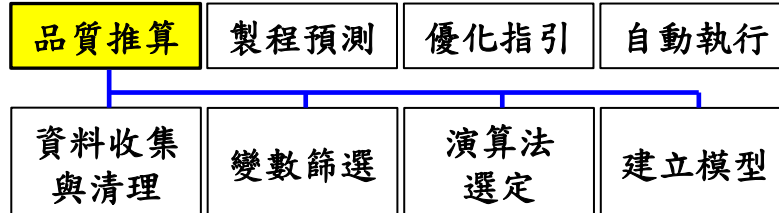


本模組建置後產品品質取得方式：

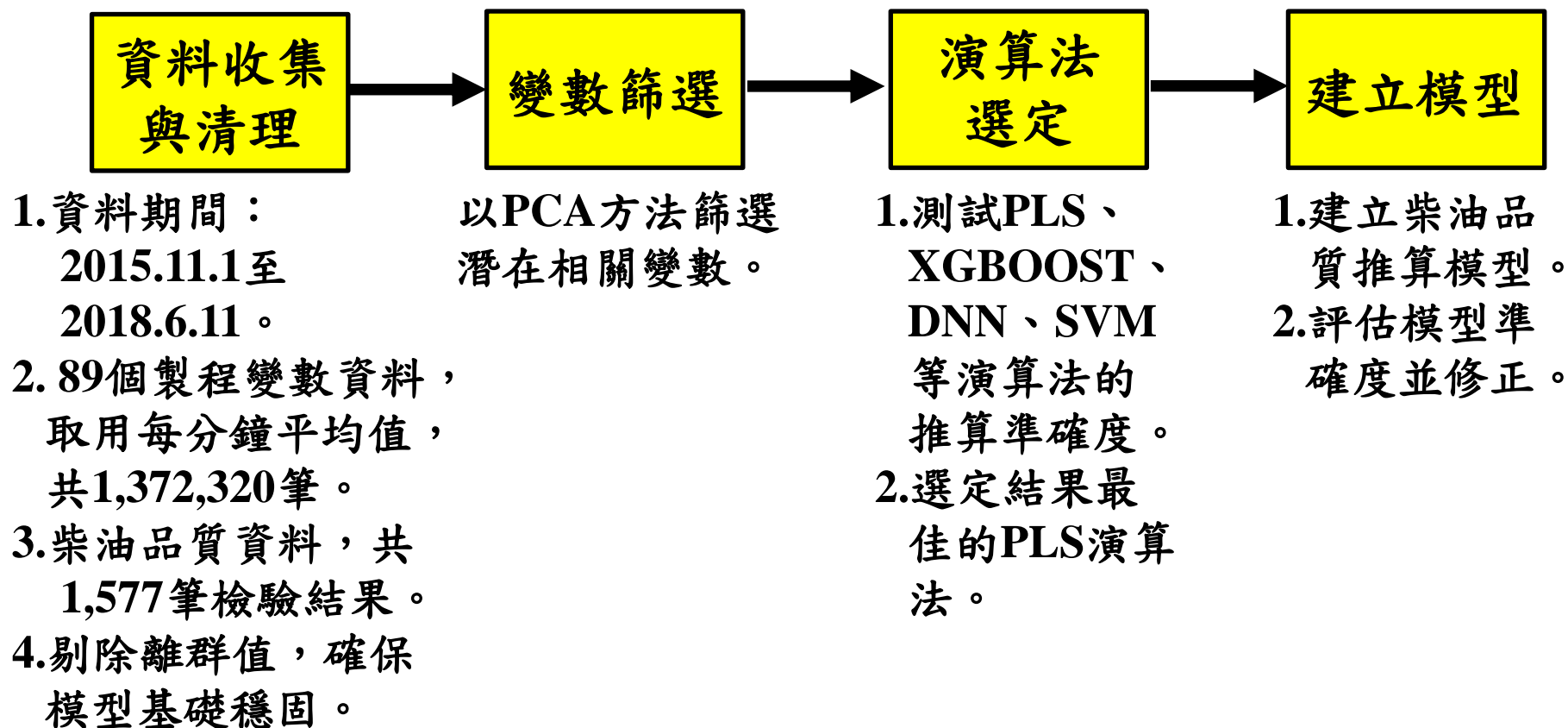


三、建置流程— 1.品質推算模型

品質推算模型建置流程



本案共計要建立7種產品的品質推算模型，以下只針對其中最重要的柴油95%蒸餾點提出說明：

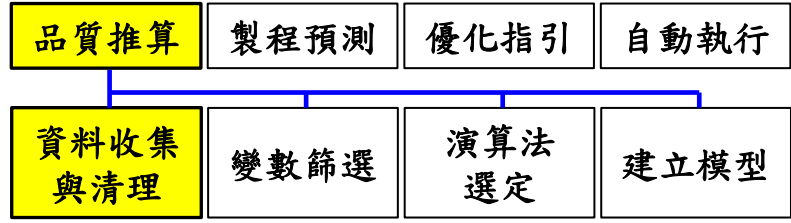


*PCA : Principal Component Analysis. *PLS : Partial Least Squares.

*XGBoost : Extreme Gradient Boosting. *DNN : Deep Neural Networks. *SVM : Support Vector Machine.

三、建置流程－ 1.品質推算模型

步驟一、1.資料收集

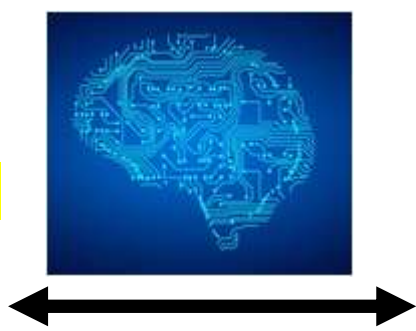


時間區間：2015.11.1~2018.6.11

89製程變數(x)

(數據來自DCS，共1,372,320筆)

儀錶編號 (局部舉例)	FI004	FC039	TC135
2018/5/23 04:59	1214.1	1408.6	121.78
2018/5/23 05:00	1216.1	1402.3	121.73
2018/5/23 05:01	1218.0	1411.7	121.71
⋮	⋮	⋮	⋮
2018/5/24 04:59	1227.2	1410.0	120.71
2018/5/24 05:00	1225.9	1421.9	120.66
2018/5/24 05:01	1227.0	1418.4	120.66
⋮	⋮	⋮	⋮



利用機器學習
取得製程變數
與品質的關聯

柴油95%蒸餾點品質資料(y)

(數據來自實驗室，共1,577筆)

取樣時間	柴油95%蒸餾點
2018/5/23 04:59	
2018/5/23 05:00	373.7
2018/5/23 05:01	
⋮	
2018/5/24 04:59	
2018/5/24 05:00	366.0
2018/5/24 05:01	
⋮	

取用每分鐘平均值，
每1分鐘有1筆數據。

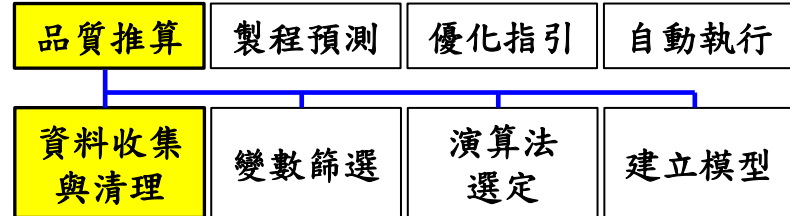
僅取樣時間點有數據
(例如：每日05:00)

取交集

1,577筆有用數據

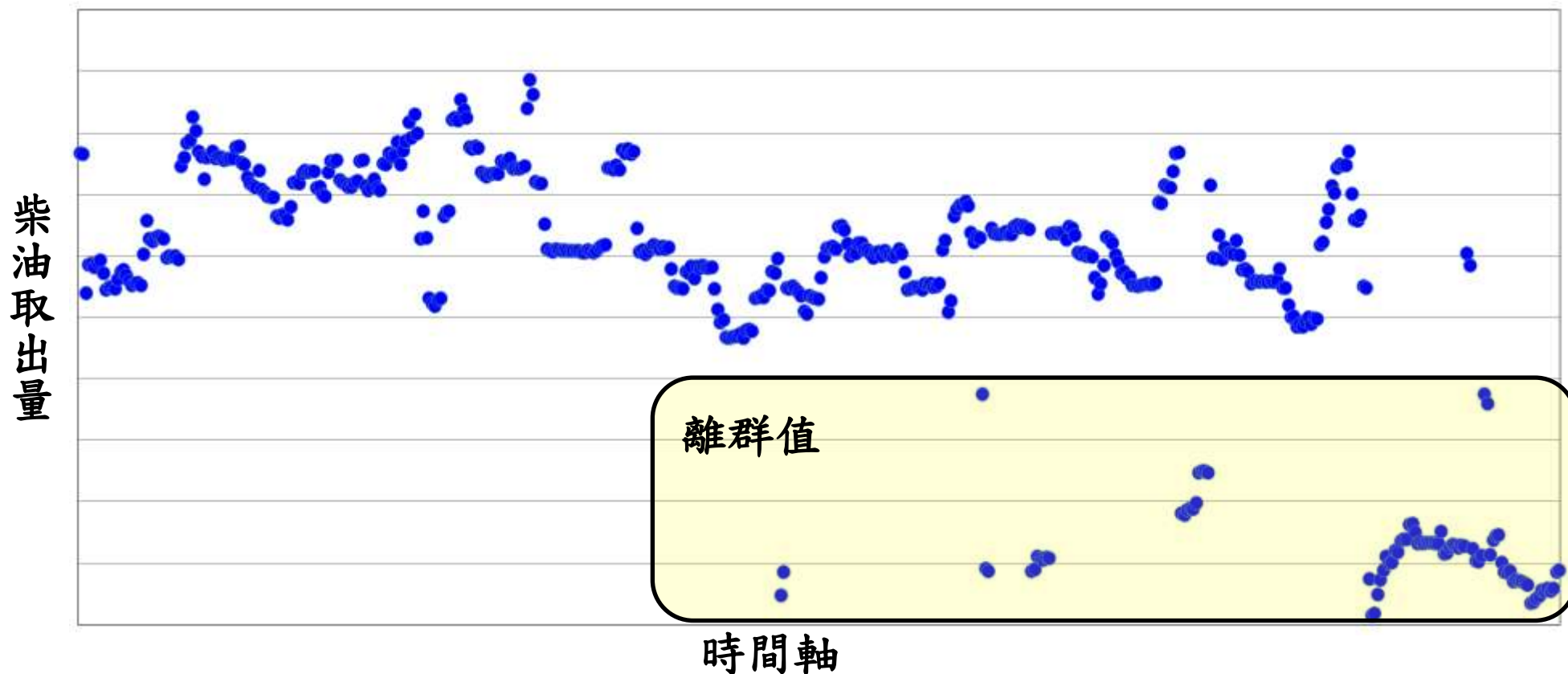
三、建置流程— 1.品質推算模型

步驟一、2.資料清理



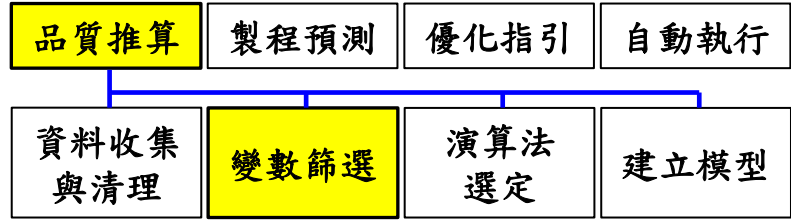
刪除離群值

- (1)製程停車、儀錶損壞、資料庫異常等因素均可能發生離群值。
- (2)離群值會造成模型學習錯誤，必須予以刪除。
- (3)刪除離群值後，柴油95%蒸餾點有效檢驗數據由1,577筆減少為1,399筆。



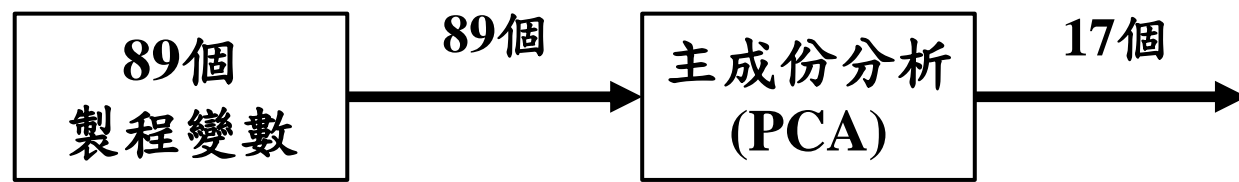
三、建置流程－1.品質推算模型

步驟二、變數篩選



使用主成份分析(PCA)方法篩選出與柴油95%蒸餾點有關聯的變數，共選出17個潛在相關變數。

篩選出17個潛在相關變數



得到17個可能與柴油95%蒸餾點相關聯的變數。

儀錶編號	變數名稱
TI123	航燃取出溫度
TI128	柴油汽提塔油氣溫度
TI116	下層迴流返回溫度
TI105	主塔柴油段溫度
TI118	主塔驟沸段溫度
TI122	主塔過閃蒸溫度
TI129	柴油產品溫度
TI121	柴油取出溫度
TI119	重油產品溫度
TC095	加熱爐出口溫度
PDI050	主塔航燃段與柴油段壓差
PDI051	主塔結構性填充床壓差
LGOYLD	柴油產率
FC001A	柴油產品泵浦迴流量
ARYLD	重油產率
FI064	主塔過閃蒸量
FC530	下層迴流流量

*主成份分析：PCA, Principal Component Analysis.

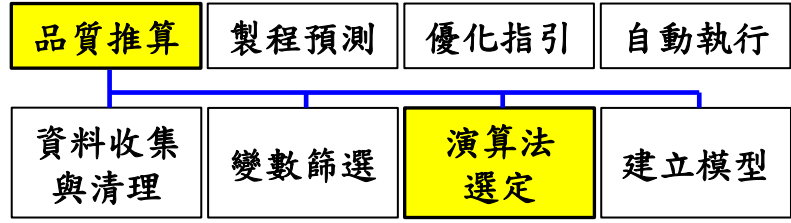
步驟二、變數篩選

資料收集 與清理	變數篩選	演算法 選定	建立模型
-------------	------	-----------	------



三、建置流程－1.品質推算模型

步驟三、演算法選定



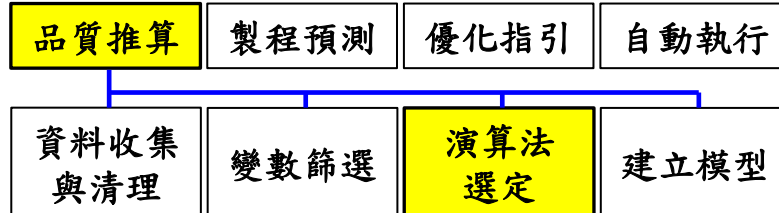
選擇5種主要的機器學習演算法，實際測試何種演算法最適合本專案。

演算法	應用場合		需求資料筆數
	分類	迴歸	
PLS (偏最小平方)	○	○	>500
XGBoost (極限梯度提升)	○	○	>500
DNN (深度神經網路)	○	○	>5000
SVM (支持向量機)	○	○	>500
Ensemble* (整合學習)	○	○	視模型組合而定

*Ensemble模型是結合多種演算法得出的預測模型，結合使用的演算法包括：線性迴歸 (Linear Regression)、隨機森林(Random Forest)、梯度提升法(Gradient Boosting)等。

三、建置流程－1.品質推算模型

步驟三、演算法選定



針對柴油95%蒸餾點，以上述5種演算法建立品質預測模型，結果如下：

演算法	均方根誤差* (RMSE)	相對誤差 (RMSE ÷ 370℃*)	決定係數* (R-Square)
PLS	4.45	1.20%	0.51
XGBoost	4.93	1.33%	0.39
DNN	5.77	1.56%	0.27
SVM	5.07	1.37%	0.24
Ensemble	5.48	1.48%	0.33

PLS演算法均方根誤差最小，故本案選用PLS建立7種產品的品質推算模型。

*均方根誤差：預測值與實際值的誤差，數值越低代表模型越準確。

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

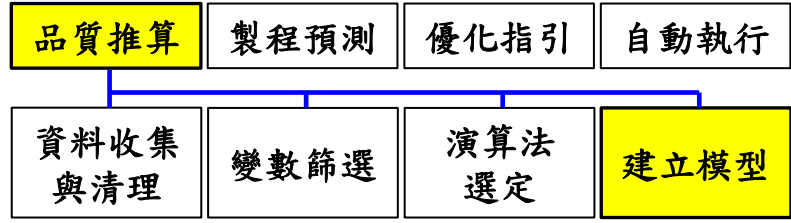
*決定係數：預測值與實際值吻合的程度，數值越接近1代表模型越準確。

$$R \text{ Square} = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

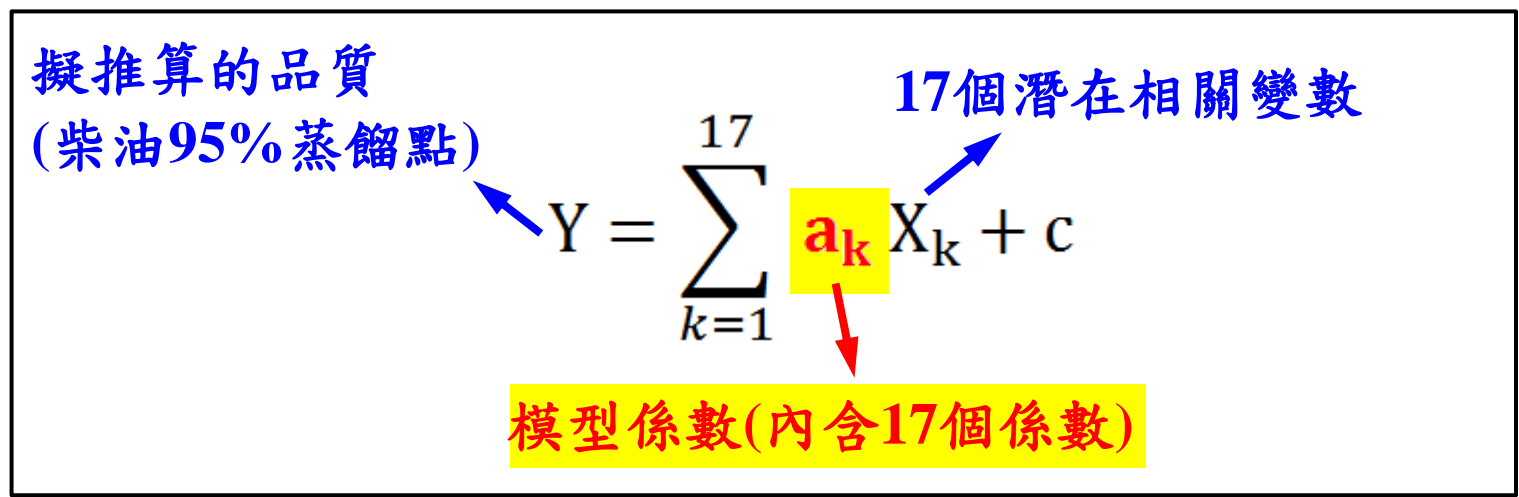
*柴油95%蒸餾點的品質管制範圍為370±7℃

三、建置流程－ 1.品質推算模型

步驟四、建立模型－確立模型結構

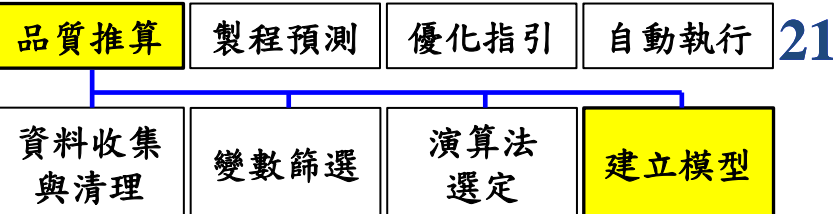


- (1) PLS的模型結構是線性方程式，建立模型的目的，就是要找出產品品質(Y)與製程變數(X_k)之間的關聯係數a_k，該係數確定後，日後只要輸入當前變數的數值X_k，就能推算出目前的產品品質。
- (2) 以柴油95%蒸餾點品質為例，品質推算模型結構如下：



三、建置流程— 1.品質推算模型

步驟四、建立模型—確認模型係數



柴油95%蒸餾點模型係數表

儀錶編號	變數名稱	模型係數	儀錶編號	變數名稱	模型係數
TI123	航燃取出溫度	-0.00002	TI121	柴油取出溫度	1.20000
TI128	柴油汽提塔油氣溫度	0.00001	PDI050	主塔航燃段與柴油段壓差	0.00076
TI116	下層迴流返回溫度	0.00007	PDI051	主塔結構性填充床壓差	-0.00001
TI105	主塔柴油段溫度	0.00052	LGOYLD	柴油產率	256.00
TI118	主塔驟沸段溫度	0.00052	FC001A	柴油產品泵浦迴流量	0.00001
TI122	主塔過閃蒸溫度	0.00046	ARYLD	重油產率	-0.00021
TI129	柴油產品溫度	0.00099	FI064	主塔過閃蒸量	-0.31000
TC095	加熱爐出口溫度	0.00089	FC530	下層迴流流量	0.00098
TI119	重油產品溫度	0.0001			

(1)PLS演算法最終會得出各變數之模型係數，須核對係數的正負號，是否符合製程原理。例如：取出溫度越高，95%蒸餾點應越高，故此變數的係數應為正值。

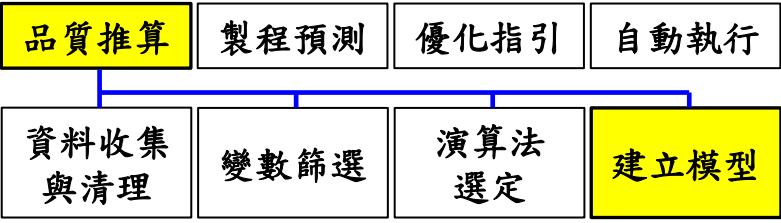
(2)部份變數的係數極接近0，表示這些變數與Y幾乎無關，為簡化模型以減少干擾，將這些變數從模型中剔除。因此，柴油95%蒸餾點的推算模型最終只留用3個製程變數。

柴油95%蒸餾點最終模型：

$$\text{LGOT95} = 1.20 \times \text{TI121} - 0.310 \times \text{FI064} + 256 \times \text{LGOYLD}$$

三、建置流程－1.品質推算模型

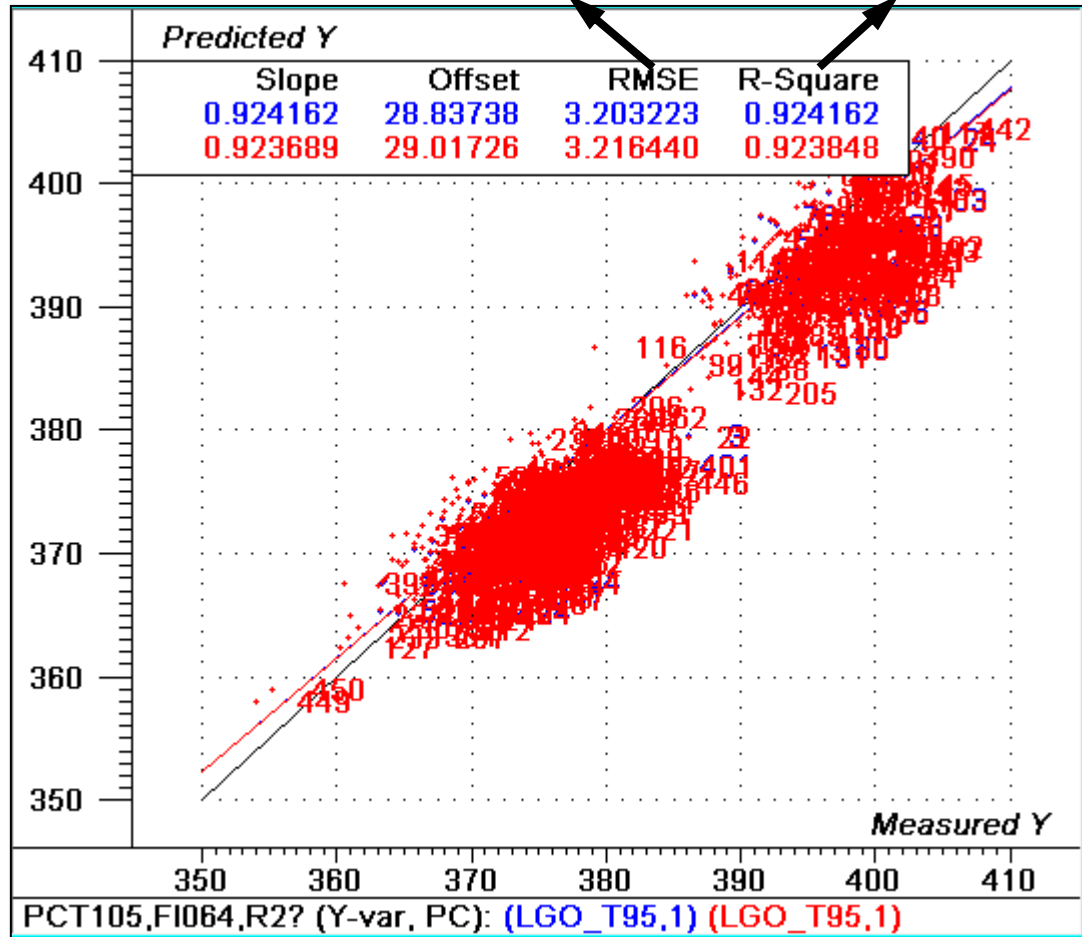
步驟四、建立模型－確認模型準確度



- 推算值
- 實際值

均方根誤差
越低越好

決定係數
越高越好



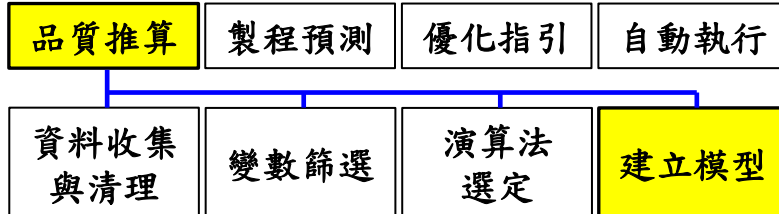
得到推算模型後，須使用建模之外的資料進行驗證(建模用資料1,259筆、驗證用資料140筆)，確認推算結果的均方根誤差(RMSE)及決定係數(R-Square)是否適當。均方根誤差越低、決定係數越高，代表推算模型的準確度越好。

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

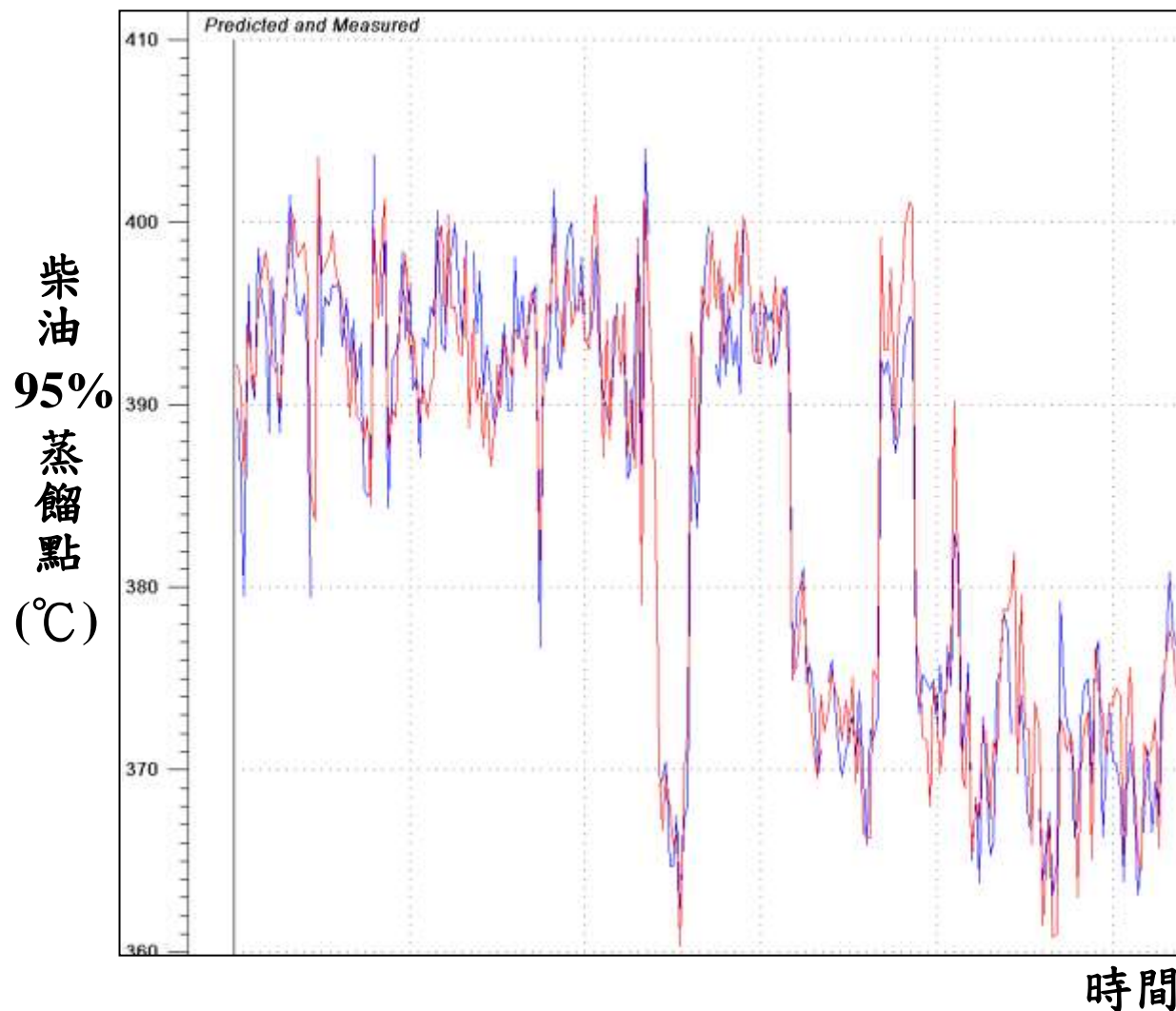
y_i ：實際值 \hat{y}_i ：預測值 \bar{y} ：平均值

三、建置流程— 1.品質推算模型

步驟四、建立模型—確認模型準確度



—— 推算值 —— 實際值



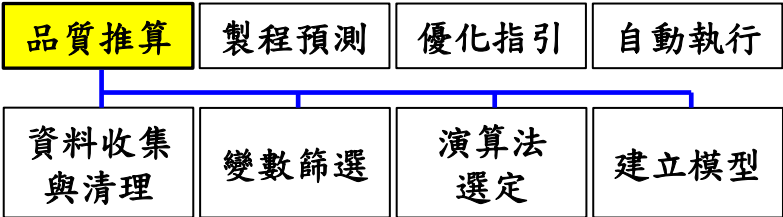
確認模型準確度還須觀察實際品質與推算品質的趨勢圖，確認兩者吻合的程度。

尤其要觀察品質波動較大的時候，模型推算出的品質是否能跟上實際品質的變化。

從左側趨勢圖觀察，柴油品質推算值和實際值相當吻合。

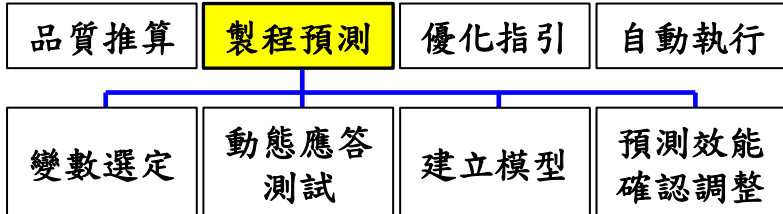
三、建置流程－1.品質推算模型

共建立7種產品的品質推算模型

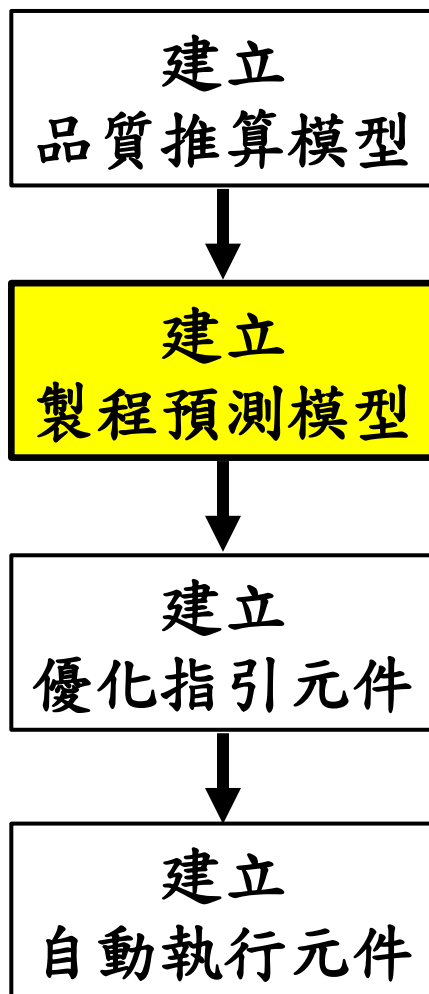


項次	產品	品質項目	品質推算模型
1	液化石油氣	C5+含量	$= 0.354 \times \text{TI540} - 0.027 \times \text{TC520A} - 14.4 \times \text{C5RFL_FED}$
2	輕質輕油	蒸氣壓	$= -0.140 \times \text{TI551} - 0.210 \times \text{TC536}$
3	中質輕油	終沸點	$= 0.830 \times \text{TI135}$
4	重質輕油	初沸點	$= 0.353 \times \text{TI103} + 0.342 \times \text{TI117} + 0.222 \times \text{STM_HN}$
5	航空燃油	95%蒸餾點	$= 0.810 \times \text{TI104} + 0.210 \times \text{TI131} + 366.8 \times \text{KEROYLD}$
6	柴油	95%蒸餾點	$= 1.20 \times \text{TI121} - 0.310 \times \text{FI064} + 256 \times \text{LGOYLD}$
7	重油	5%蒸餾點	$= 0.590 \times \text{TI118} + 1.610 \times \text{STM_AR}$

三、建置流程－2. 製程預測模型

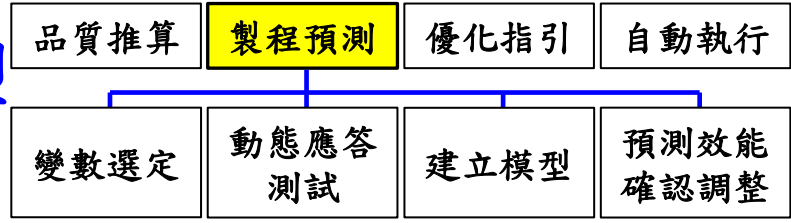


25

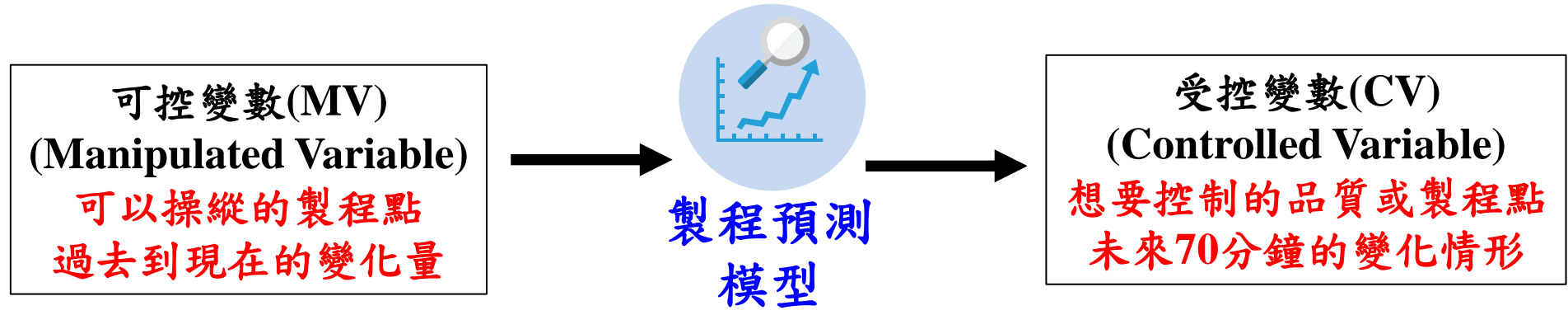


三、建置流程－ 2.製程預測模型

製程預測模型的功能



預測未來70分鐘內製程(含品質)的變化狀況。



20個可控變數(MV)	
HC601	E1302原油旁通閥開度
TC602	E1322原油旁通閥開度
FC077	V1303往V1302流量
FC067	重質輕油汽提蒸汽量
FC002	航燃取出量
FC006	柴油取出量
FC066	常壓蒸餾塔汽提蒸汽量
FC043	中層迴流流量
TC534	下層迴流往E1372流量

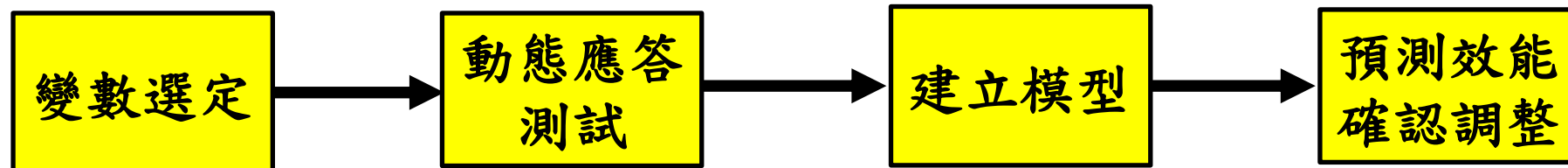
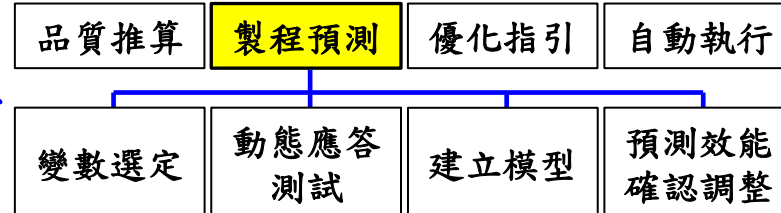
(局部舉例)

22個受控變數(CV)	
MN_EP	中質輕油終沸點
HN_IBP	重質輕油初沸點
KERO_T95	航空燃油95%蒸餾點
LGO_T90	柴油90%蒸餾點
LGO_T95	柴油95%蒸餾點
AR_T5	重油5%蒸餾點
FC065	常壓蒸餾塔塔頂迴流
TC602MEAS	E1322殼側出口溫度
HX601_602	原油旁通閥開度差

(局部舉例)

三、建置流程－2.製程預測模型

製程預測模型建置流程



依操作目的及製程原理決定受控變數(CV)及可控變數(MV)。

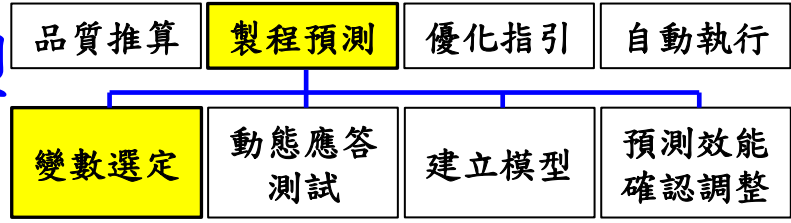
找出受控變數(CV)與可控變數(MV)之間的動態應答關係。

建立受控變數(CV)與可控變數(MV)之間的關聯模型。

依預測結果與實際資料的契合程度，進行模型調整，提升預測準確度。

三、建置流程— 2.製程預測模型

步驟一、變數選定



- (1)依製程操作目的，選出22個想要控制的變數(CV, Controlled Variable)，包括7個產品品質管制點及15個製程操作點(溫度、壓力或流量)。
- (2)依製程原理及操作經驗，選出20個對應的可控變數(MV, Manipulated Variable)，包括產品產量及汽提蒸汽流量等。
- (3)以柴油95%蒸餾點為例：CV是柴油95%蒸餾點，MV是柴油取出量(FC006)。

22個受控變數(CV)	
MN_EP	中質輕油終沸點
HN_IBP	重質輕油初沸點
KERO_T95	航空燃油95%蒸餾點
LGO_T90	柴油90%蒸餾點
LGO_T95	柴油95%蒸餾點
AR_T5	重油5%蒸餾點
FC065	常壓蒸餾塔塔頂迴流
TC602MEAS	E1322殼側出口溫度

(局部舉例)

20個可控變數(MV)	
HC601	E1302原油旁通閥開度
TC602	E1322原油旁通閥開度
FC077	V1303往V1302流量
FC067	重質輕油汽提蒸汽量
FC002	航燃取出量
FC006	柴油取出量
FC066	常壓蒸餾塔汽提蒸汽量
FC043	中層迴流流量

(局部舉例)

三、建置流程－2.製程預測模型

步驟二、動態應答測試

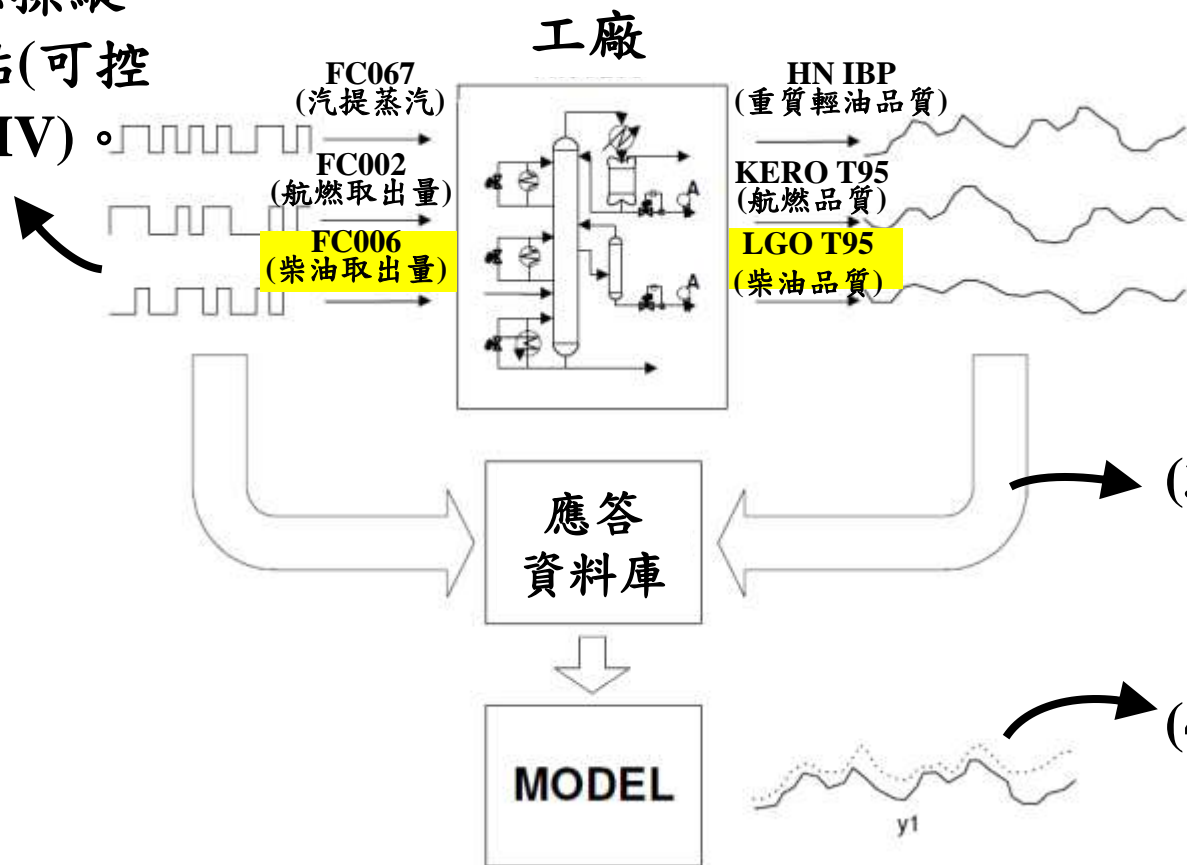
在不影響工廠操作的前提下，變動可控變數(MV)，使受控變數(CV)發生相對應的變化，再取用這些應答資料，建立製程預測模型。

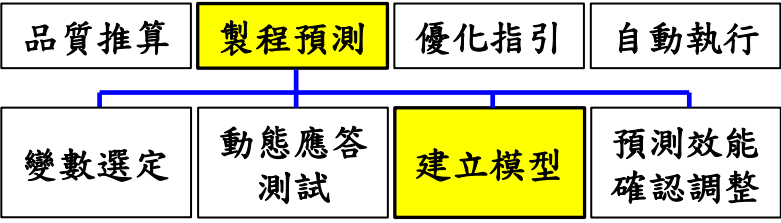
(1)變動可以操縱的製程點(可控變數，MV)。

(2)得到想要控制的變數(受控變數，CV)的應答變化。

(3)輸入CV與MV的應答資料。

(4)建立模型。

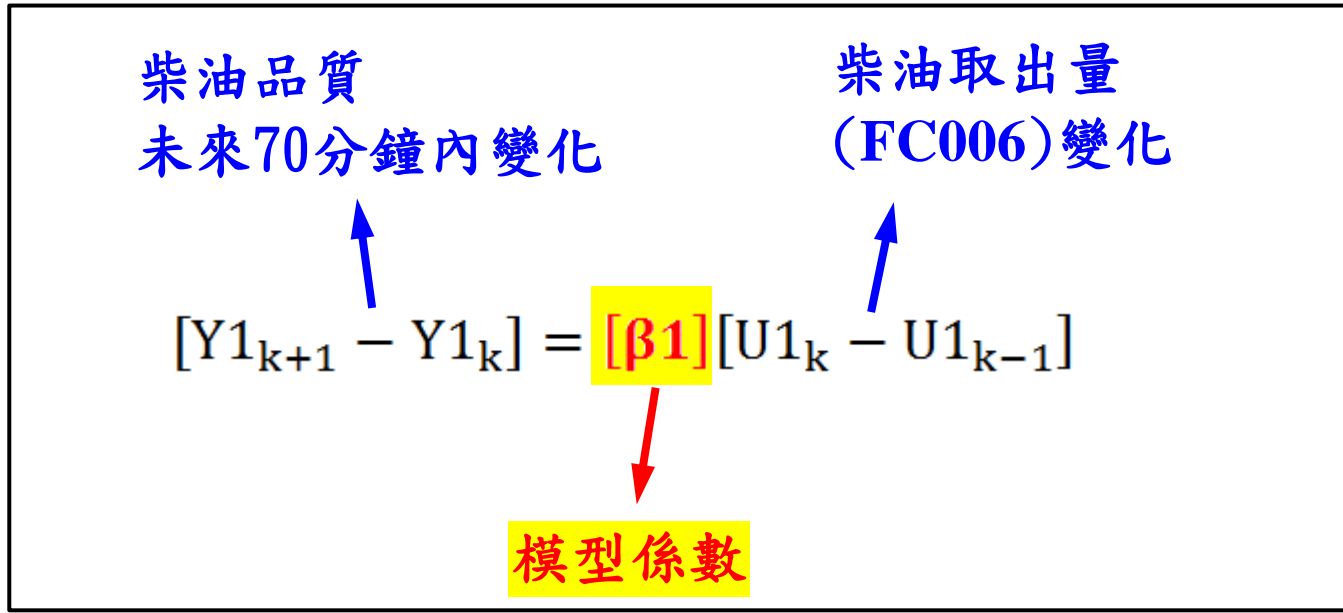




三、建置流程— 2.製程預測模型

步驟三、建立模型

- (1)製程預測的模型結構是線性方程式，上述CV與MV的線上應答測試，就是在找出適當的模型係數[β1]，該係數確定後，日後只要輸入MV過去到現在的變化量，就能預測CV未來70分鐘的變化情形。
- (2)以柴油95%蒸餾點的製程預測為例，其模型結構如下：

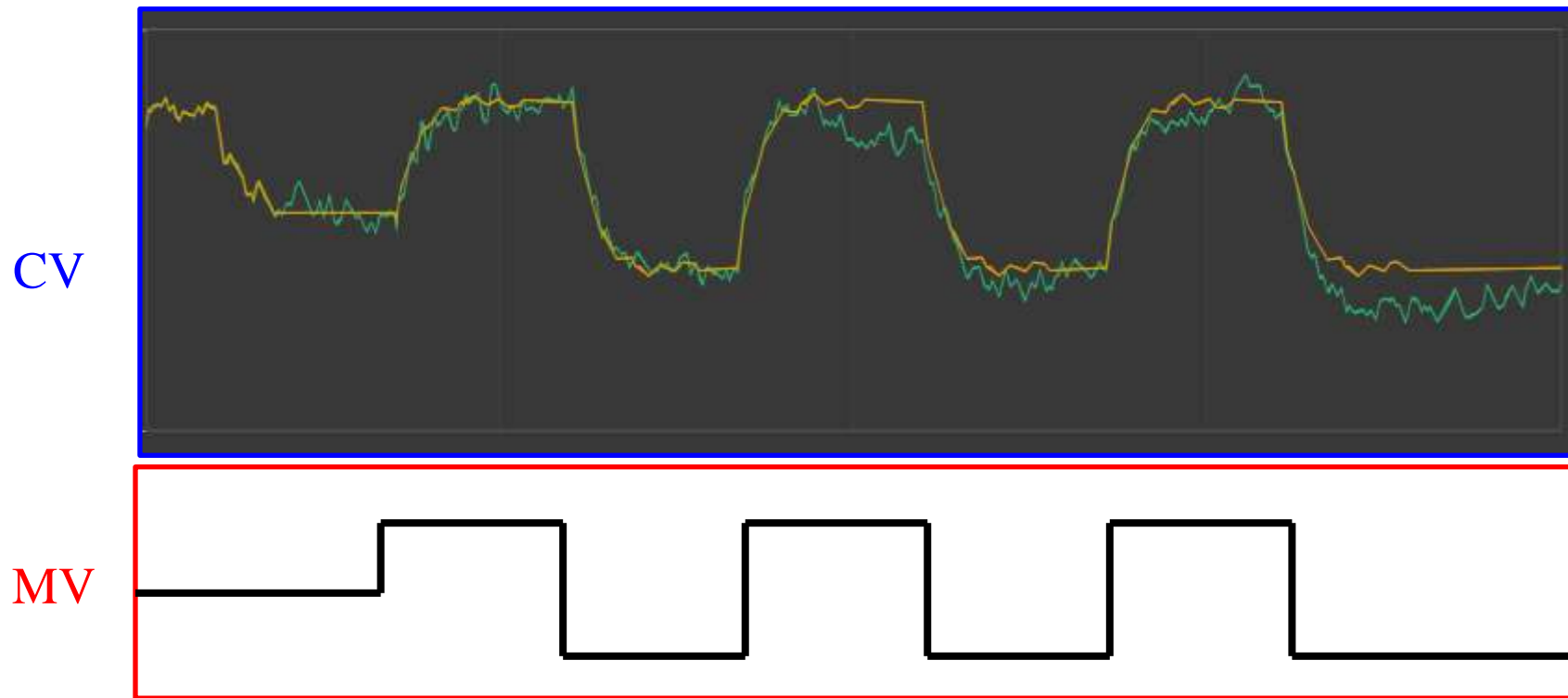
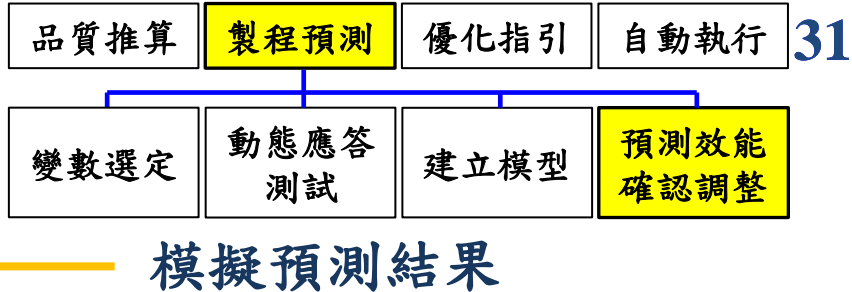


(3)使用的演算法：本案使用通用最小平方演算法(Ordinary least squares algorithm)*找出模型係數[β1]。

*通用最小平方演算法藉由使模型擬合值和實際值間差距的平方和最小化，求得模型係數。

三、建置流程－2.製程預測模型

步驟四、預測效能確認及調整



- (1) 使用解得的模型係數 $[\beta_1]$ ，輸入實際製程資料進行模擬預測，檢查實際資料與預測資料契合程度。
- (2) 若契合程度偏低，則進行必要之模型調整，直到預測準確度符合需求。
可調整的模型參數包含模型長度、反應延遲、資料採樣區間...等。

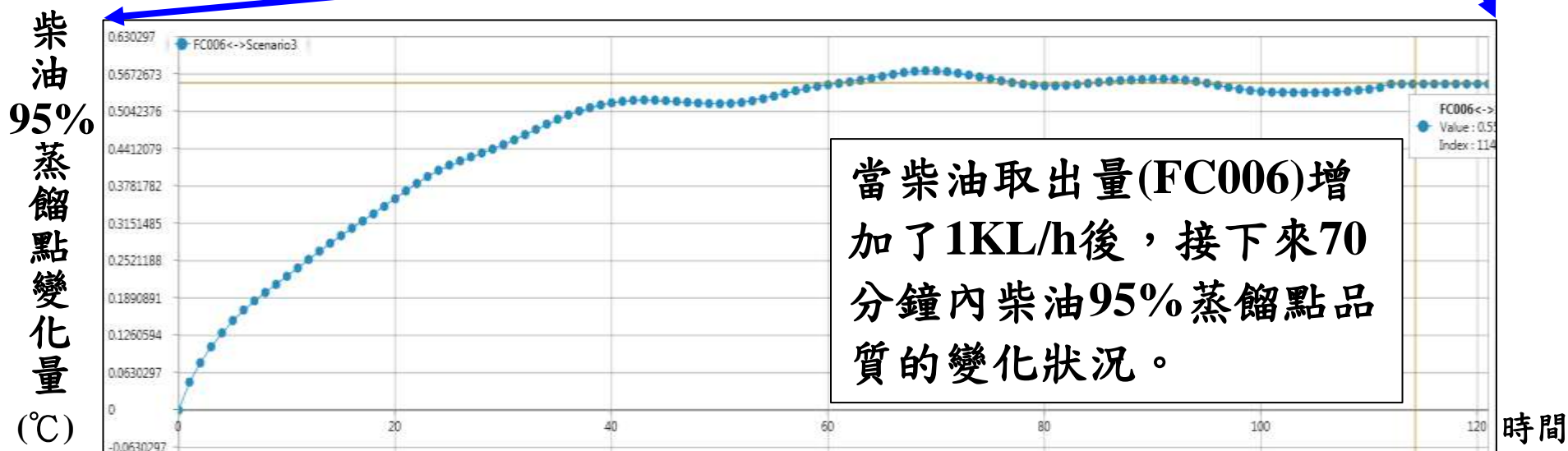
三、建置流程－2.製程預測模型

模型建置結果

逐一變動20個可控變數(MV)，收集其相關受控變數(CV)的應答變化，共得到112個預測模型。

可以操縱的製程點(MV) (局部舉例)

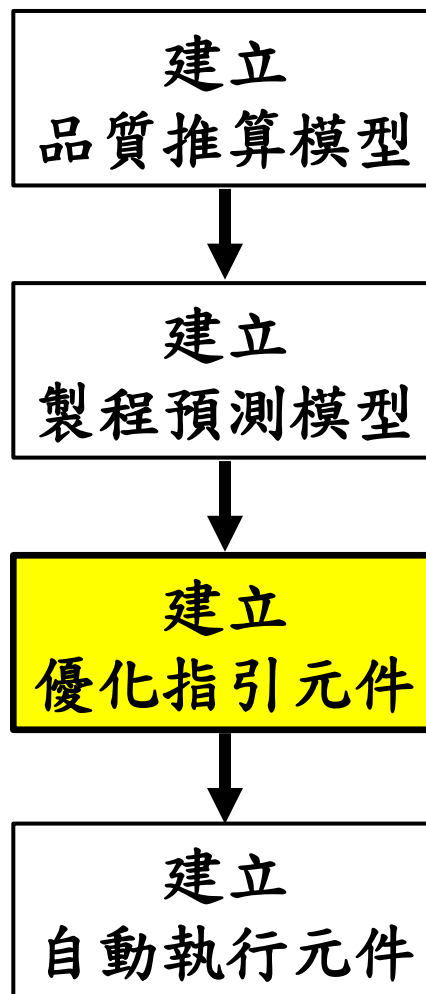
		可以操縱的製程點(MV) (局部舉例)										
想要控制的品質 (CV)		HC 601	TC 602	FC 077	FC 067	FC 036	FC 037	FC 002	FC 043	FC 006	TC 534	FC 066
	HN IBP											
	KERO T95											
	LGO T90											
	LGO T95											
	AR T5											



當柴油取出量(FC006)增加了1KL/h後，接下來70分鐘內柴油95%蒸餾點品質的變化狀況。

時間

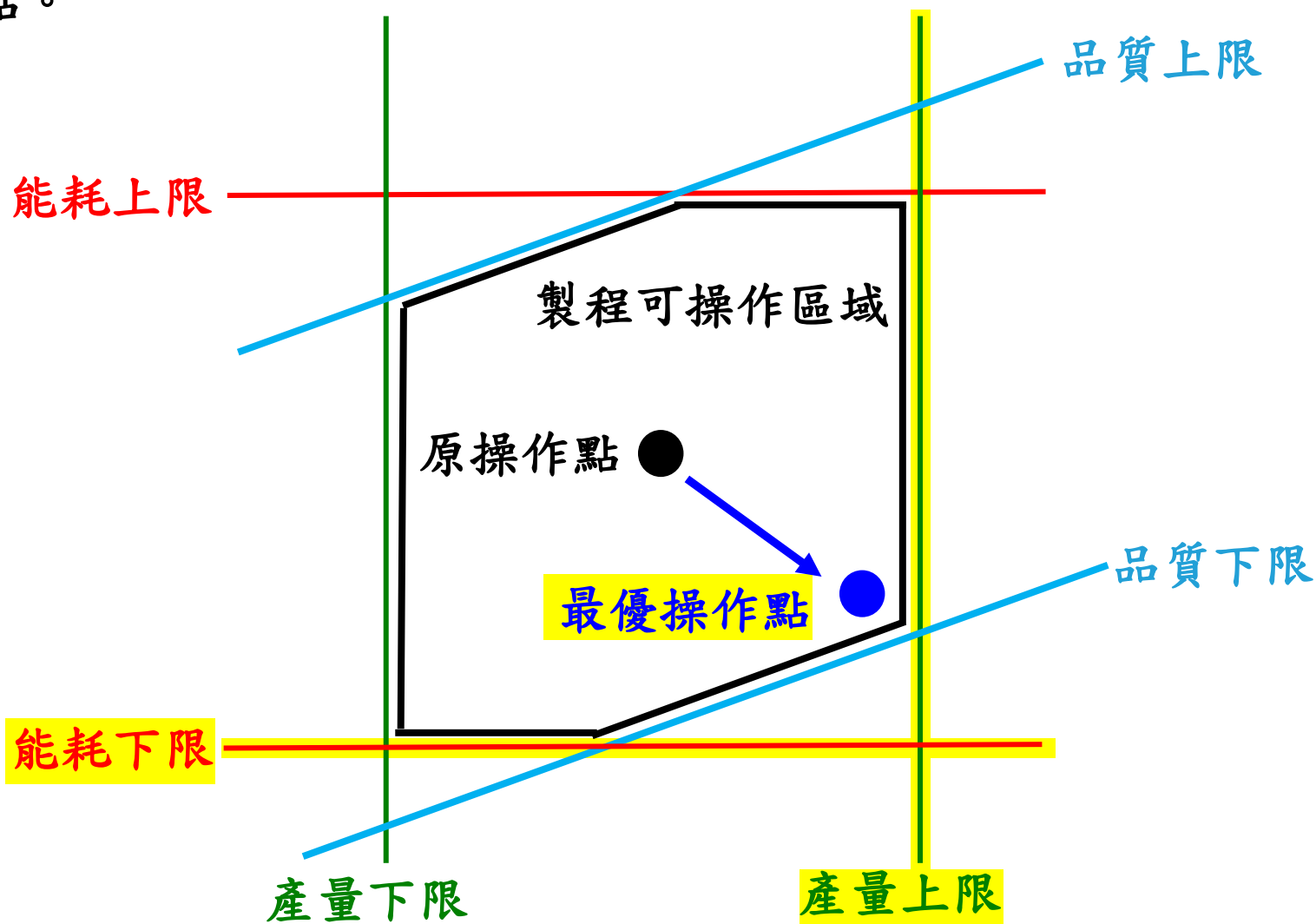
三、建置流程－3.優化指引元件



三、建置流程— 3.優化指引元件

優化指引的功能

在品質合格的前提下，找出高價油品產量最多，且能源耗用最少的效益最高操作點。



三、建置流程— 3.優化指引元件

優化指引目標函數及使用的演算法

(1)目標函數：

- ①首先找出與製程單元效益有關聯的變數(如各產品的流量及蒸汽用量)，視各變數對效益的貢獻程度決定該變數的損益因子。
- ②在各變數的限制條件下，找出各變數的線性組合最大值。

損益因子

對效益有益者設為正值，例如柴油取出量的損益因子為+5000

對效益有損者設為負值，例如重質輕油汽提蒸汽的損益因子為-100

優化指引目標函數 $J_{\max} = \sum_{j=1}^{20} b_j U_{j,\text{opt}}$

$U_{j,\text{opt}}$ 的計算公式：

$$U_{j,\text{opt}} = (+5000)(\text{柴油取出量}) + (-100)(\text{汽提蒸汽用量}) + \dots$$

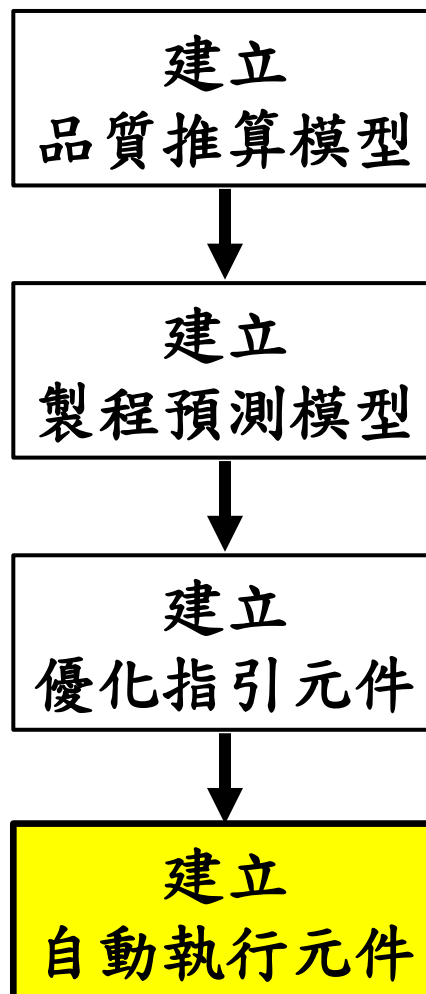
限制條件： $U_{j,\min} \leq U_j \leq U_{j,\max}$

各油品取出量及汽提蒸汽用量

(2)使用的演算法：本案使用線性規劃(Linear Programming)最常用到的單純形演算法(Simplex Method Algorithm)*。

*單純形演算法是一種在數學優化中常用的線性規劃(Linear Programming，簡稱LP)演算法。

三、建置流程－4.自動執行元件



三、建置流程— 4.自動執行元件

建置自動執行元件的目的

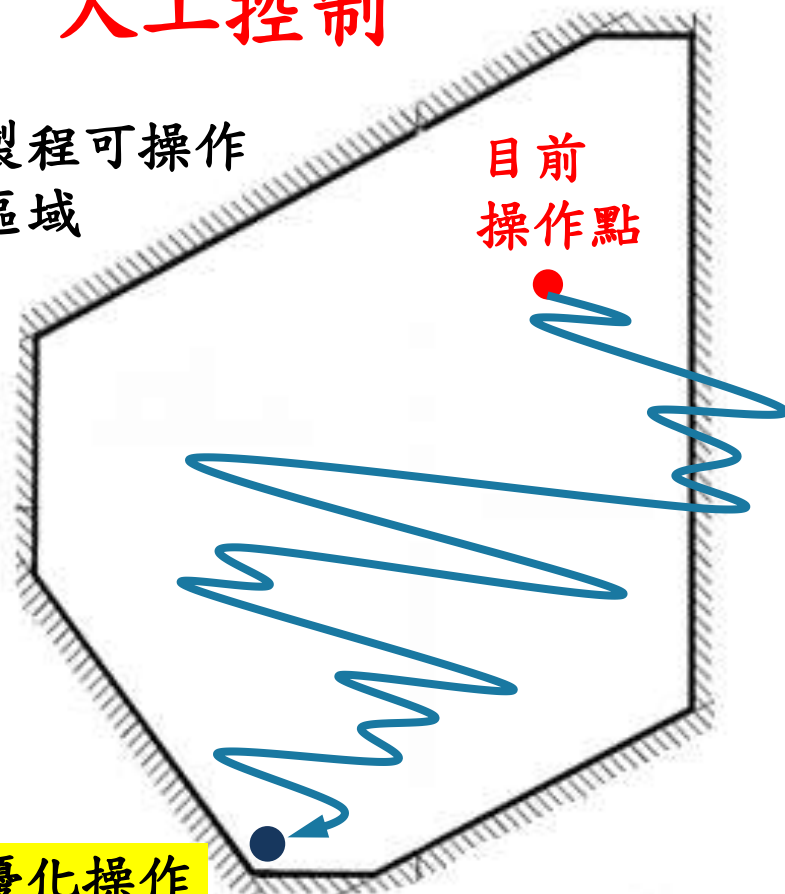
製程變數眾多且會互相影響，人工控制難以同時且不中斷地控制22個受控變數，因此須有自動執行元件，才能確保達成製程優化操作。

人工控制

製程可操作
區域

目前
操作點

優化操作
目標點

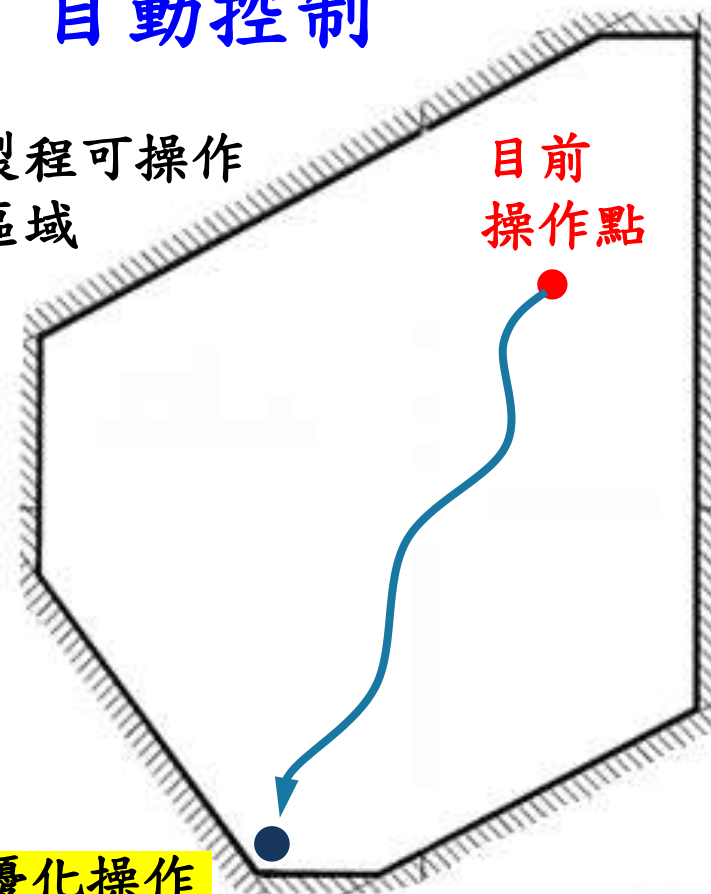


自動控制

製程可操作
區域

目前
操作點

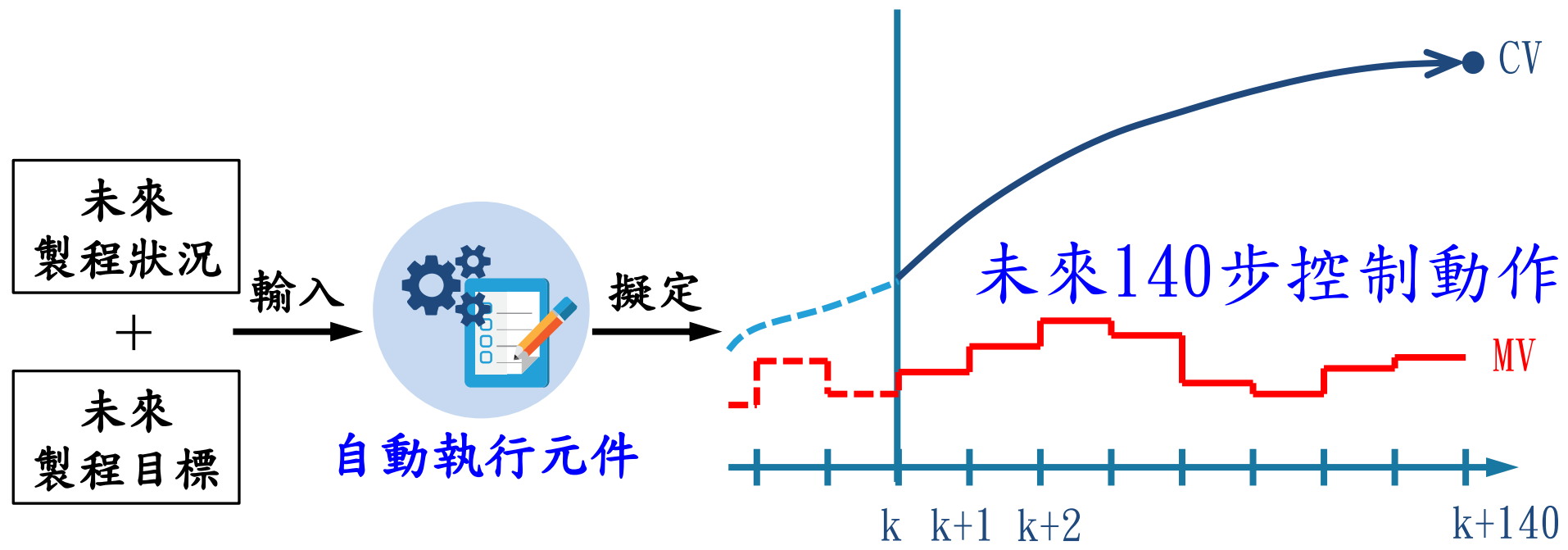
優化操作
目標點



三、建置流程— 4.自動執行元件

自動執行元件的功能

使用前述受控變數(CV)與可控變數(MV)之間的關聯模型，以及受控變數未來的優化目標，擬定未來140步控制動作。



註：每1步為30秒，140步共70分鐘。

三、建置流程—4.自動執行元件

自動執行元件目標函數及使用的演算法

(1)目標函數：

$$\text{控制動作目標函數} = \mathbf{L}_{\min} = \sum_{k=1}^{140} (\mathbf{e}_{k+1}^T \mathbf{P} \mathbf{e}_{k+1} + \Delta \mathbf{u}_k^T \mathbf{Q} \Delta \mathbf{u}_k + \mathbf{f}_k^T \mathbf{R} \mathbf{f}_k)$$

未來140步控制動作

$$\text{限制條件} : \Delta \mathbf{u}_{k,\min} \leq \Delta \mathbf{u}_k \leq \Delta \mathbf{u}_{k,\max}$$

(2)使用的演算法：本案使用二次規劃演算法(Quadratic Programming Algorithm)*。

*二次規劃演算法用於解決特殊類型的數學優化問題，特別是受線性約束的二次優化問題。

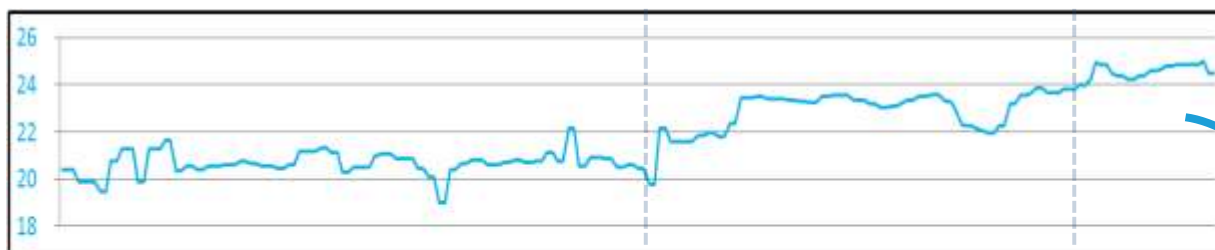
四、優化成果

(1)產值增加—柴油品質穩定度提升及產率增加

← 2017年9~11月 → | ← 2018年8~10月 → | ← 2018年11月 →

柴油產率(%)

23%



23.35%

(4.1)柴油產率由
23.00%增加
至23.35%。

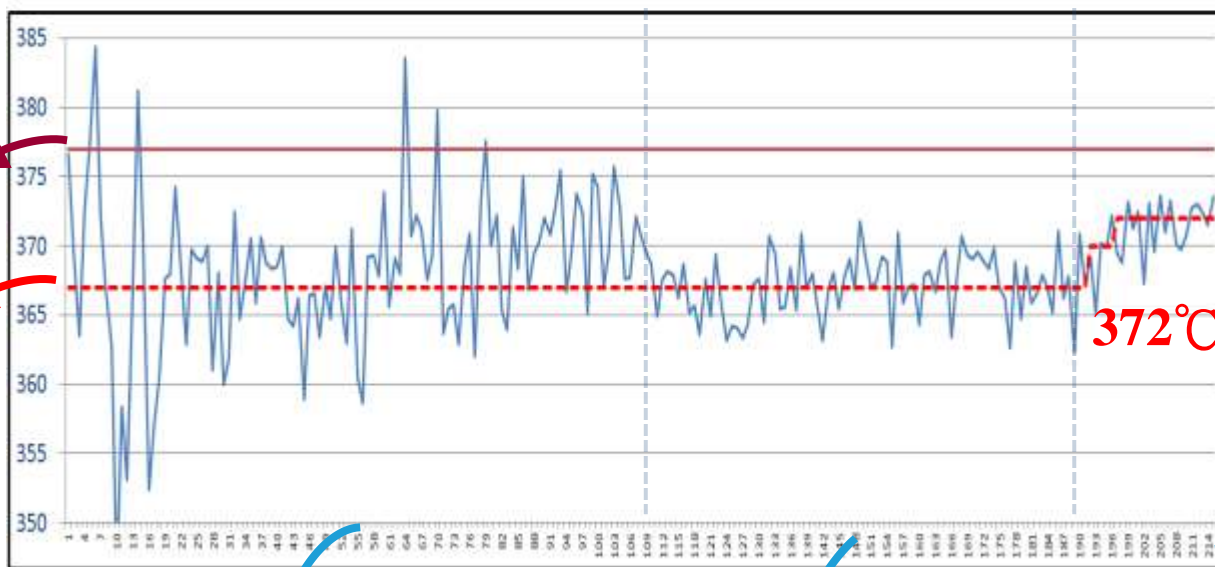
(4.2)等同100%煉
量下產量增加
4.22 KL/h。

(4.3)年效益105,623
仟元。

柴油品質(°C)

管制上限
377°C

操作目標
367°C



372°C

(1)模組建置前柴油品質波動
幅度大(標準差=4.9527 °C)。

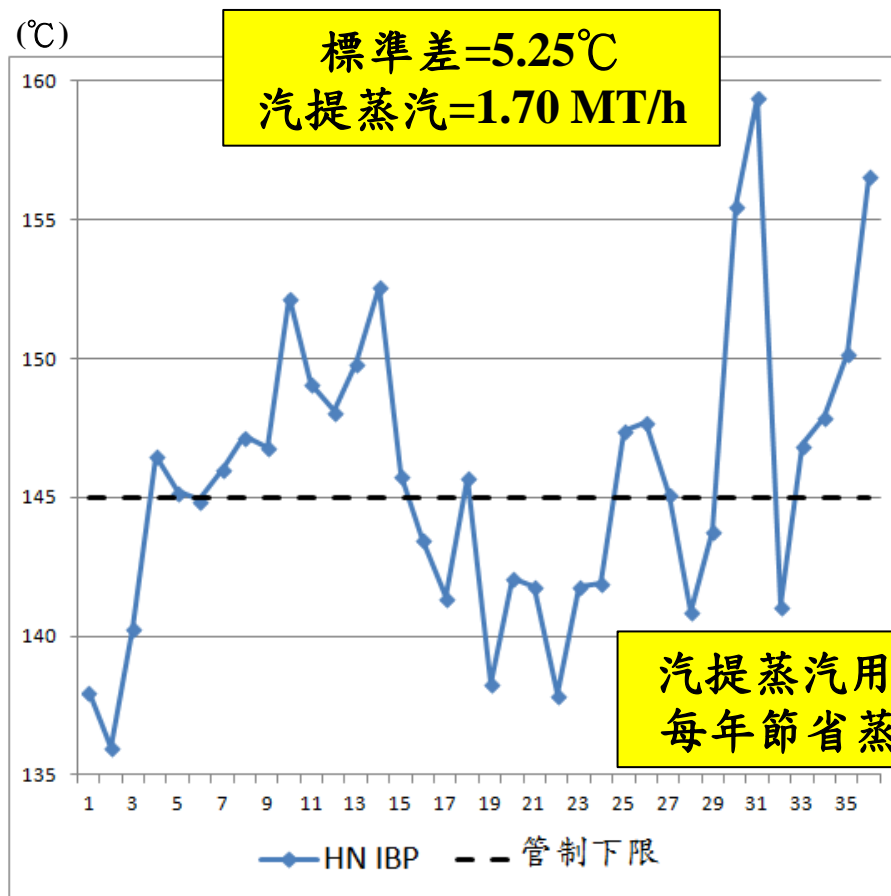
(2)模組上線後品質波動
幅度縮小(標準差
=2.7865°C)。

(3)柴油品質優化操作目標由
367 °C 提升至372 °C。

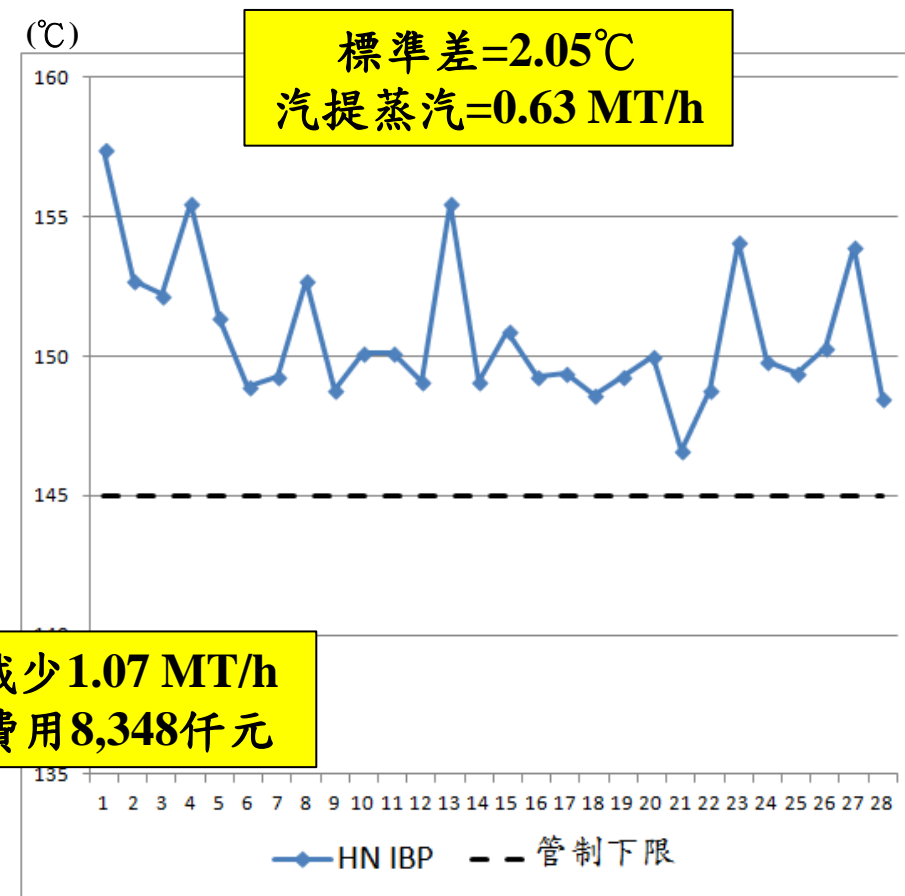
四、優化成果

(2)降低能耗—重質輕油初沸點(HN IBP)品質穩定度提升及汽提蒸汽減量

重質輕油初沸點品質受上一層產品中質輕油終沸點品質影響，品質波動幅度大。導入操作優化模組後，品質波動幅度顯著減小，並可節省汽提蒸汽用量。



2017/09/01~2017/11/30



2018/05/24~2018/06/10、2018/06/20~2018/07/30

汽提蒸汽用量減少1.07 MT/h
每年節省蒸汽費用8,348仟元

五、後續作業

1. 本案品質推算模型由本部獨自建置，使用市售數據分析軟體(CAMO公司開發的Unscrambler)及網路上公開使用的開放原始碼軟體。
2. 製程預測模型、優化指引元件及自動執行元件由本部與法商施耐德電機公司共同合作建置，使用的軟體是施耐德電機公司的模型預測控制(Model Predictive Control)套裝軟體。
3. 目前操作優化模組建置於第三常壓蒸餾單元(CDU#3)，建置工作已全部完成。
4. 預定2019年起由本部獨自依序進行第一常壓蒸餾單元(CDU#1)及第二常壓蒸餾單元(CDU#2)操作優化模組建置。

塑化公司AI推動項目彙總

	推動項目	執行目的	執行進度	預完日
煉油部	常壓蒸餾(CDU#1/2)單元操作優化模組	比照CDU#3單元建置操作優化模組，提升產值及降低能耗	資料收集與評估	2020/12
	選擇性氫化單元(SHU#2)操作優化系統	透過人工智慧技術，建立製程操作模型，了解設備操作限制，優化操作及管理，減少產品品質波動幅度。	已完成「品質預測模型」、「操作優化模型」，進行上線測試。	2019/09
	丙烯回收(PRU#2)單元操作優化系統	透過人工智慧技術，建立製程操作模型，及操作優化指引以進行節能操作	資料收集與評估	2019/12
烯烴部	以AI演算法建構高階控制器	為使生產操作更穩定、增加生產效益及降低能耗，以達提升工廠競爭力	收集數據資料建模	2019/12
	驟冷油分餾塔塔底QO黏度預測	藉由AI的數據分析方法預測QO黏度變動，並找出操作最佳點以達即時調控減少原物料耗用	進行可行性評估	2020/09

塑化公司AI推動項目彙總

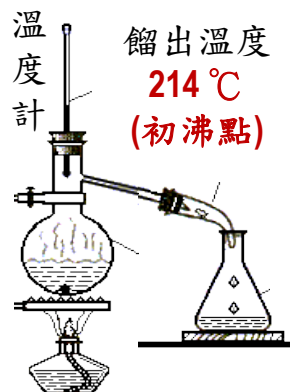
	推動項目	執行目的	執行進度	預完日
烯烴部	轉機異常預警系統	利用AI技術建立轉機健康狀態模型，當設備偏離正常狀態時，系統會提早預警，提醒製程及保養人員，即時進行調整或修復，確保製程生產穩定	資料收集評估	2020/12
油品部	長途管線沿線設施人員入侵預警	利用AI技術進一步分析影像，找出只有人員入侵警戒區的影像，發出警報進行記錄，並供即時查證入侵意圖	影像辨識模組建置中	2019/10
公用部	經濟調度規劃自動化	透過歷史數據分析，即時提供操作建議，提供尖/離峰最佳升降載時間點及經濟效益。	資料收集評估	2020/06
	原水各列砂濾池採水逆洗優化	導入AI人工智能，建置最佳化砂濾池採水及逆洗程序	建置AI優化模組，預計2019/9上線測試	2019/12
	超純水再生最佳化	透過AI進行採水週期最佳化改善，將各系列採水負荷優化及逆洗再生周期最大化，以減少廢水排放及減用再生液	資料收集評估	2020/06

塑化公司AI推動項目彙總

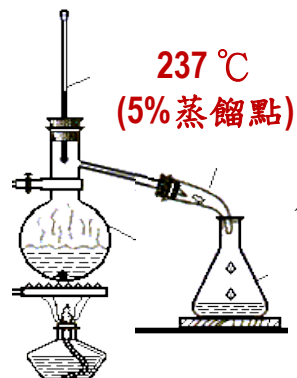
	推動項目	執行目的	執行進度	預完日
公用部	大型風車設備振動異常預警及分析原因、對策系統	既有設備運轉歷史資料建構大數據資料基礎，藉由群集演算法進行識別資料及模型建立預測，運用於製程狀態監控及預警	進行可行性評估	2020/09
麥電	輸儲煤作業管理精進優化	利用電腦協助計算現況各煤場內混煤比例及數量，取代人工計算輸入，並自動繪出煤碳分佈圖，提升精確性	進行可行性評估	2020/12
	燃煤鍋爐燃燒效率優化	以類神經網絡方式自我學習分析及判斷，使用前饋控制預先推斷修正計算後送出燃料修正係數至DCS，提高燃料修正量準確度，以縮小主蒸汽壓力變動量，降低煤炭使用量。	規劃於2019/2進行性能測試	2019/03
	發電廠吹灰系統吹灰最佳化改善	以AI模式分析改善找出最佳化吹灰模式，達到節能減碳目標	進行可行性評估	2020/12

報 告 完 畢
恭 請 訓 示

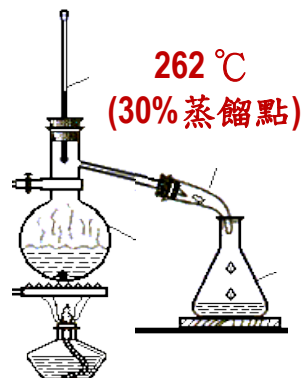
柴油品質(95%蒸餾點)量測方法



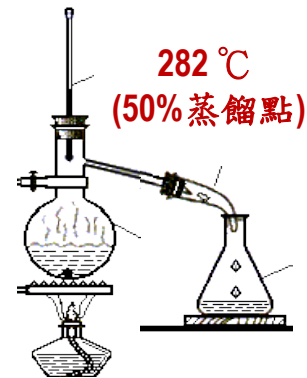
蒸出
第一滴



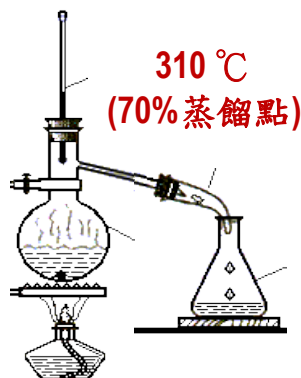
蒸出體積
5 vol%



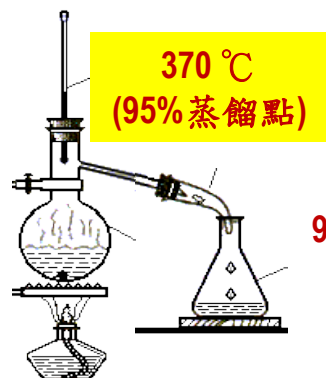
30 vol%



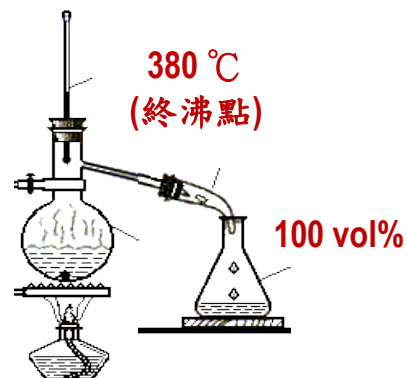
50 vol%



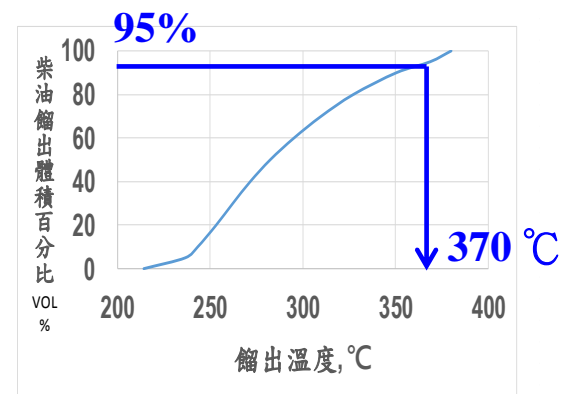
70 vol%



95 vol%



100 vol%

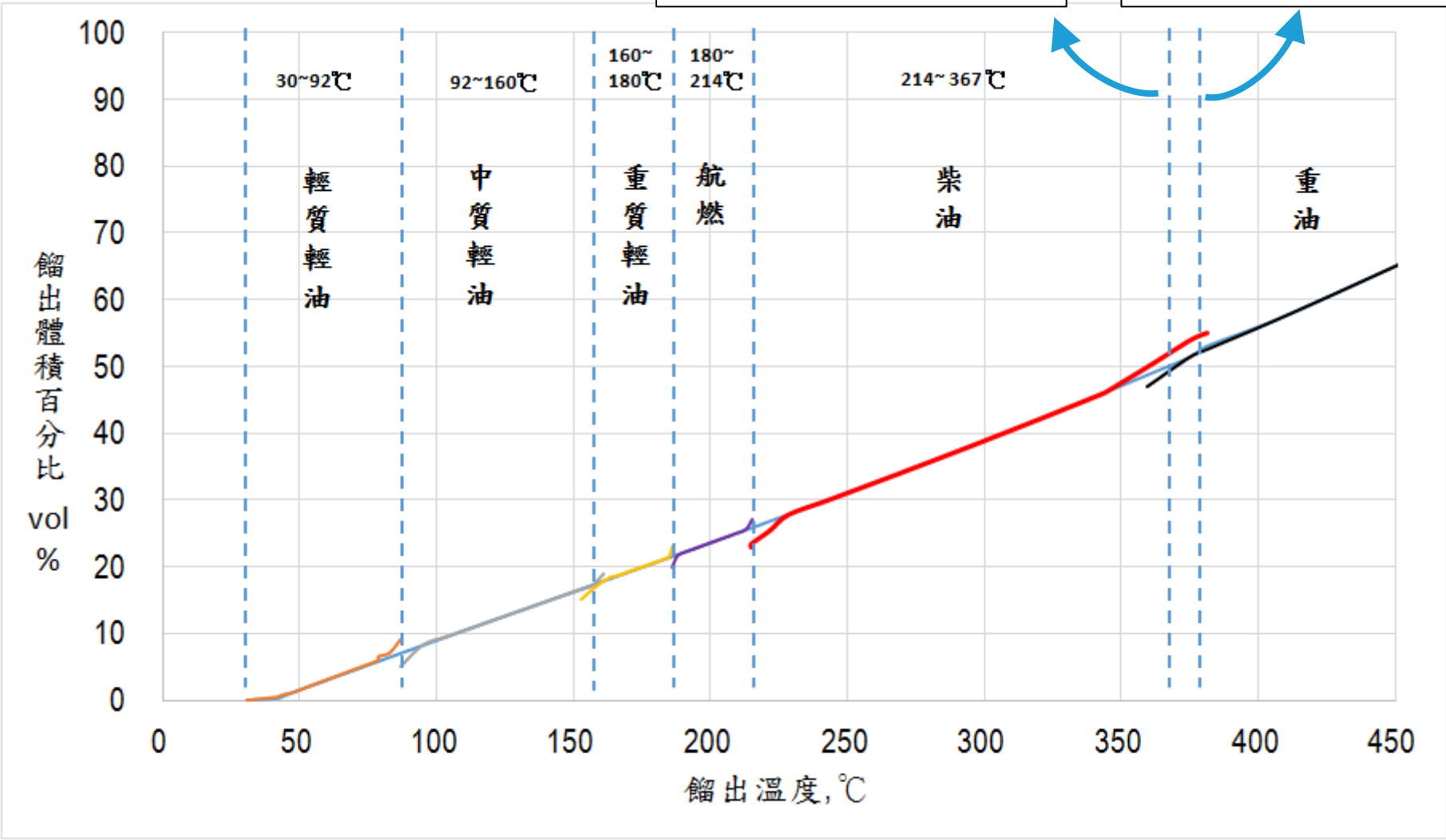


附件

柴油95%蒸餾點對柴油產率的影響

95% 蒸餾點 = 367 °C
柴油產率 = 23.00%

95% 蒸餾點 = 372 °C
柴油產率 = 23.35%



附件

模組上線運作效益計算

*燃氣價格 = 469.01 US/MT ,

液化石油氣價格 = 550.68 US/MT ,

航空燃油價格 = 693.72 US/MT = 86.04 US/BBL ,

柴油價格 = 632.07 US/MT = 85.42 US/BBL ,

重油價格 = 445.80 US/MT = 69.11 US/BBL ,

蒸汽價格 = 978 元/MT (2018年均價)

*液化石油氣增產預估年效益

$$\begin{aligned} &= 5.98 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 2.28 \text{ kg/Nm}^3 \div 1000 \times 8000 \text{ h/y} \times (550.68 - 469.01) \text{ US/MT} \\ &\quad \div 1000 \times 30.5 \\ &= 271 \text{ 仟元/年} \end{aligned}$$

*蒸汽減用預估年效益

$$\begin{aligned} &= (1.70 - 0.633) \text{ MT/h} \times 8000 \text{ h/y} \times 978 \text{ 元/MT} \div 1000 \\ &= 8,348 \text{ 仟元/年} \end{aligned}$$

*航空燃油增產預估年效益

$$\begin{aligned} &= 14.5 \text{ KL/h} \div 0.159 \text{ KL/BBL} \times 8000 \text{ h/y} \times (86.04 - 85.42) \text{ US/BBL} \times 30.5 \div 1000 \\ &= 13,796 \text{ 仟元/年} \end{aligned}$$

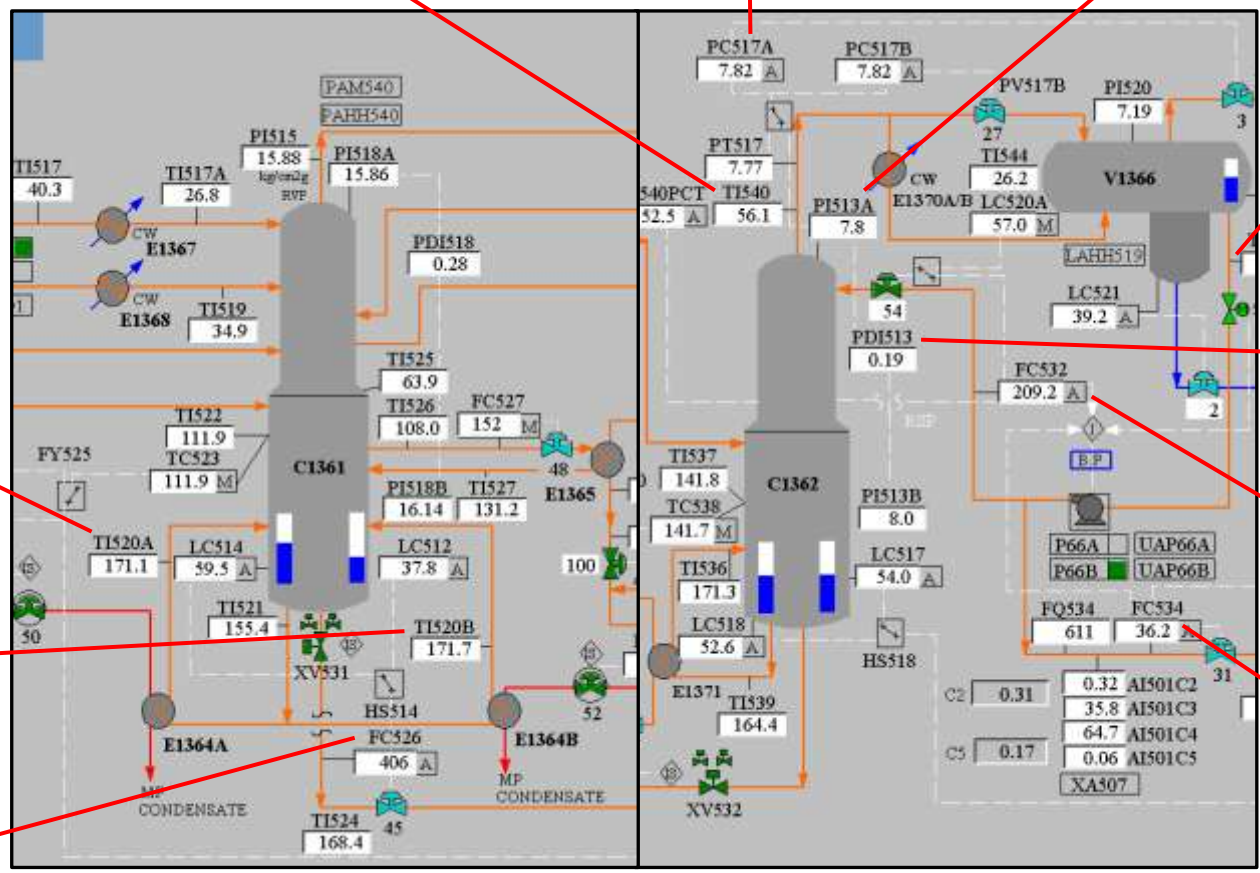
*柴油增產預估年效益

$$\begin{aligned} &= 4.22 \text{ KL/h} \div 0.159 \text{ KL/BBL} \times 8000 \text{ h/y} \times (85.42 - 69.11) \text{ US/BBL} \times 30.5 \div 1000 \\ &= 105,623 \text{ 仟元/年} \end{aligned}$$

附件

篩選與液化石油氣C5含量相關聯的製程點，得到10個潛在變數。

- TI540
脫丁烷塔塔頂溫度
- PC517A
脫丁烷塔尾氣壓力
- PI513A
脫丁烷塔塔頂壓力



TI520A
脫乙烷塔再沸
溫度A

TI520B
脫乙烷塔再沸
溫度B

FC526
脫丁烷塔入
料量

TI545
脫丁烷塔迴流
溫度

PDI513
脫丁烷塔壓差

FC532
脫丁烷塔迴
流量

FC534
液化石油氣
產品流量

*液化石油氣C5含量：LPG C5.

附件

篩選與輕質輕油蒸氣壓相關聯的製程點，得到7個潛在變數。

FC541

輕油分離塔入料量

PI522

輕油分離塔尾氣壓力

TC538

脫丁烷塔塔中溫度

TI536

脫丁烷塔再沸溫度

TI539

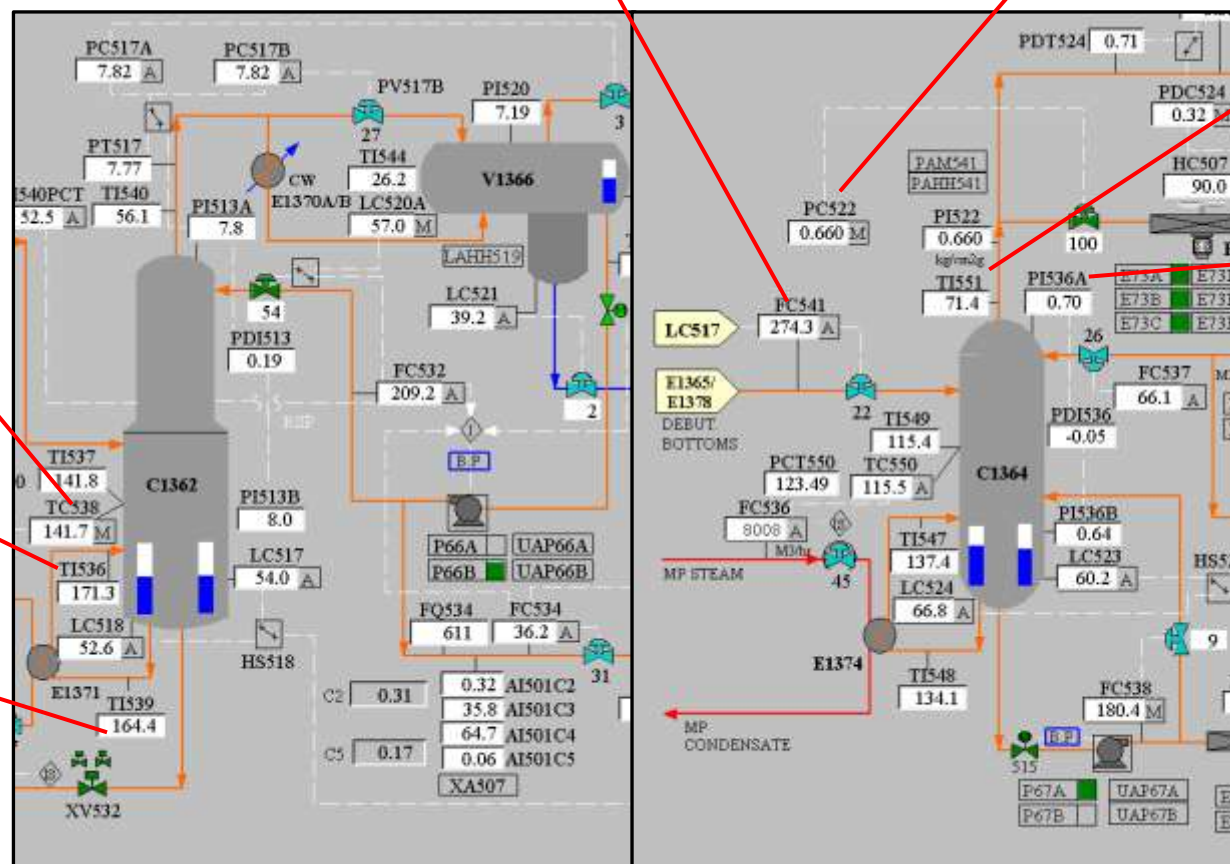
脫丁烷塔塔底溫度

TI551

輕油分離塔塔頂溫度

PI536A

輕油分離塔塔頂壓力



*輕質輕油蒸氣壓：LN RVP, Light Naphtha Vapor Pressure.

附件

篩選與中質輕油終沸點相關聯的製程點，得到8個潛在變數。

PDI048
主塔塔頂與重質輕油段壓差

TI120
主塔塔頂溫度

FC065
主塔塔頂迴流流量

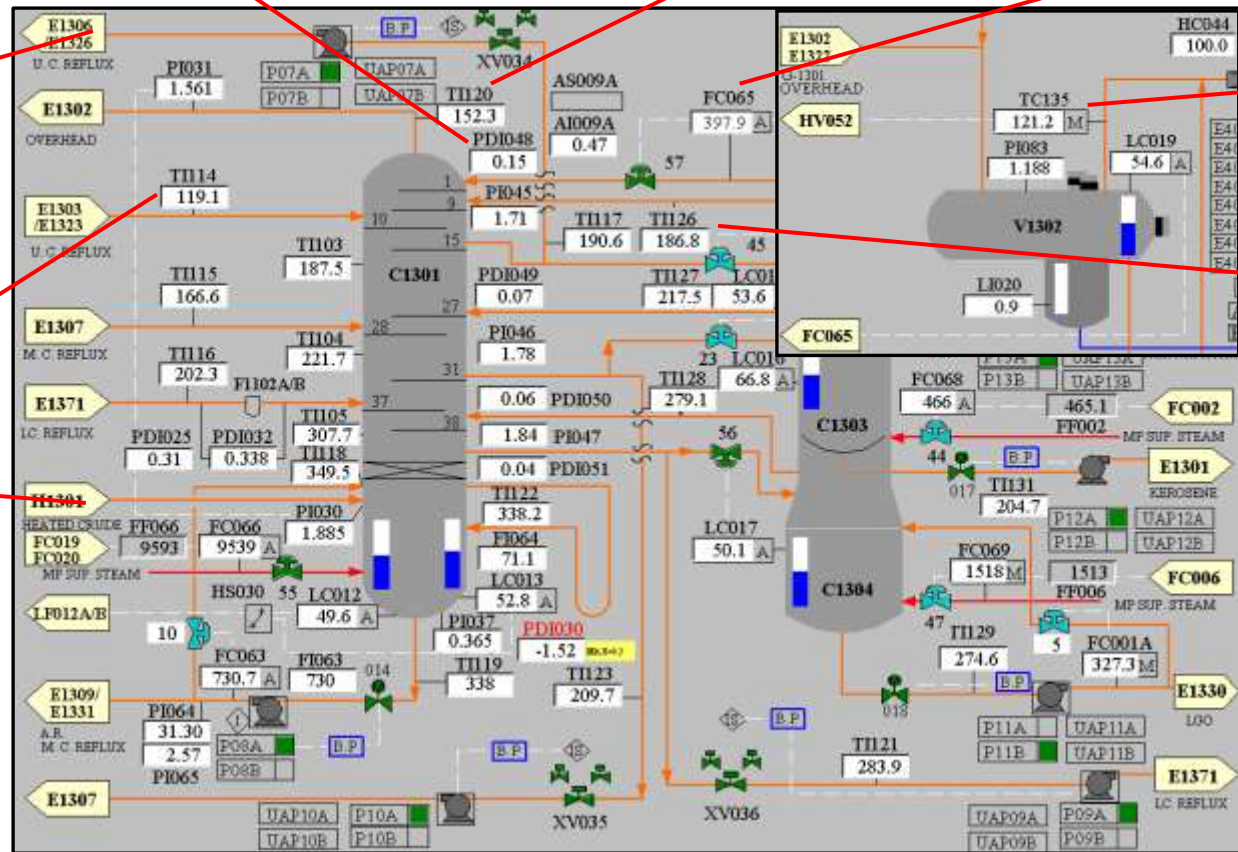
PI031
主塔塔頂壓力

TI114
上層迴流返回溫度

TC095
加熱爐出口溫度

TC135
塔頂迴流槽溫度

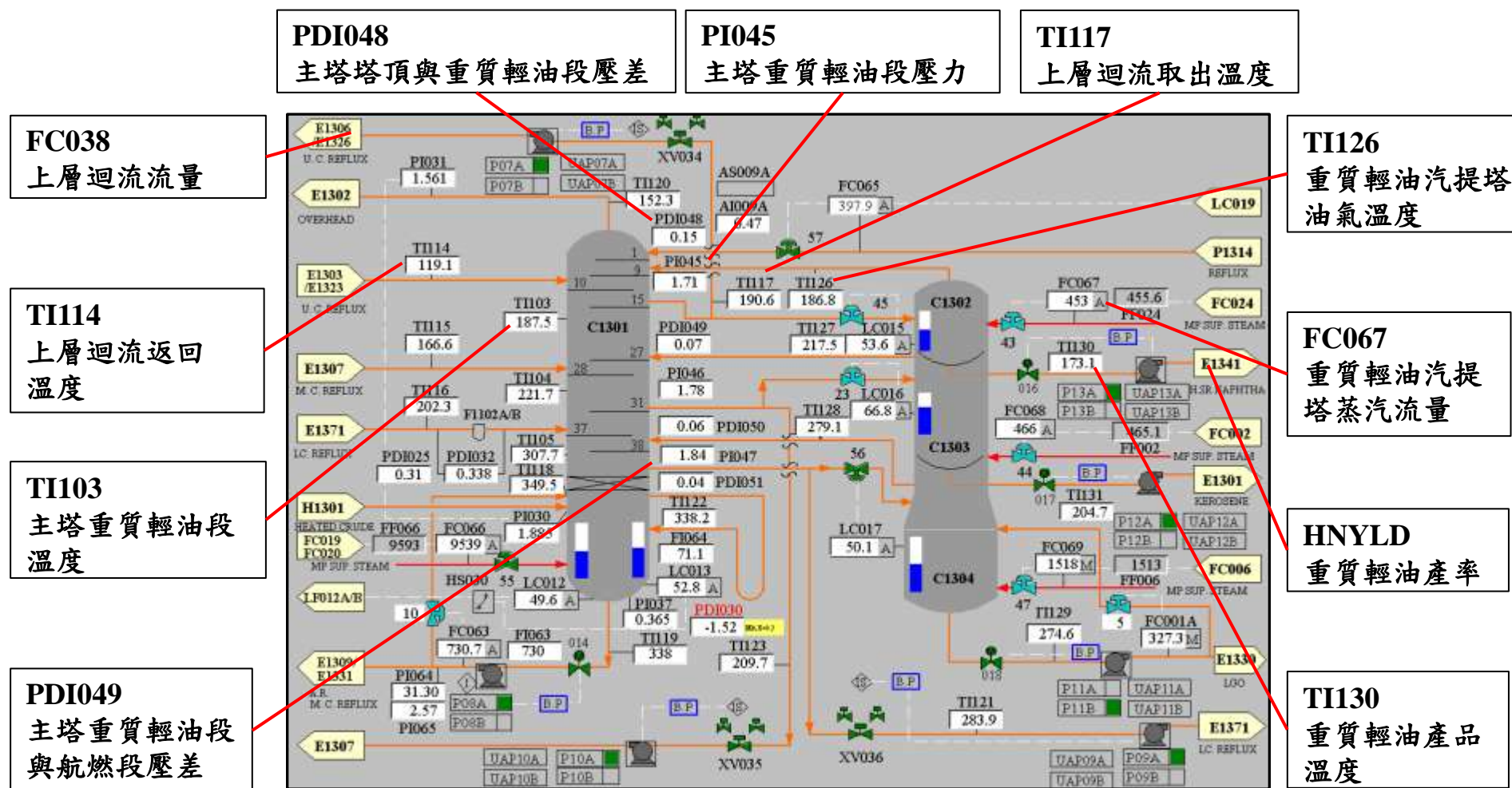
TI126
重質輕油汽提塔油氣溫度



*中質輕油終沸點：MN EP, Medium Naphtha End Point.

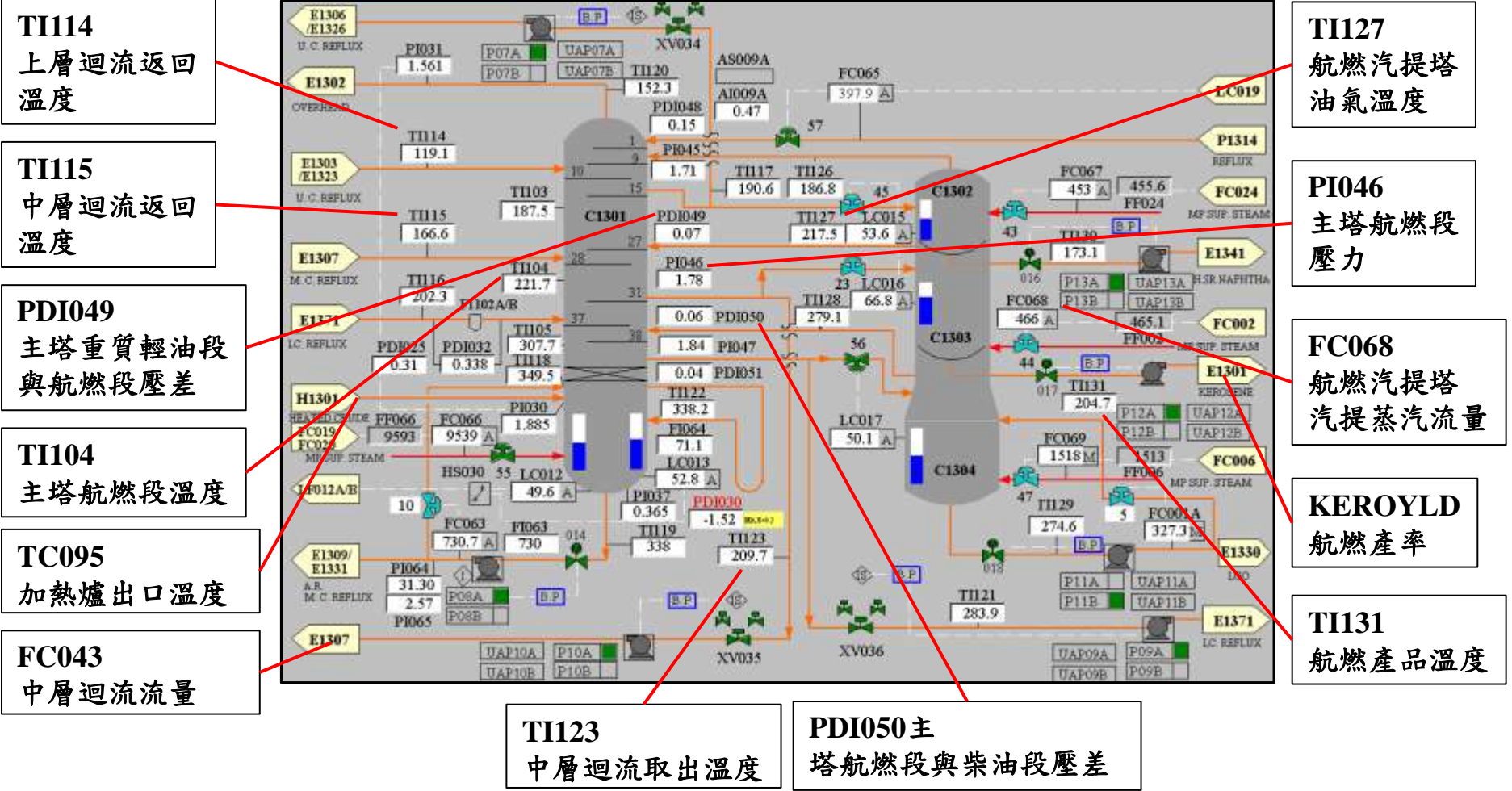
附件

篩選與重質輕油初沸點相關聯的製程點，得到11個潛在變數。



*重質輕油初沸點：HN IBP, Heavy Naphtha Initial Boiling Point.

篩選與航燃95%蒸餾點相關聯的製程點，得到13個潛在變數。



*航燃95%蒸餾點：KERO T95

附件

篩選與重油5%蒸餾點相關聯的製程點，得到12個潛在變數。

TI105
主塔柴油段溫度

TI116
下層迴流返回
溫度

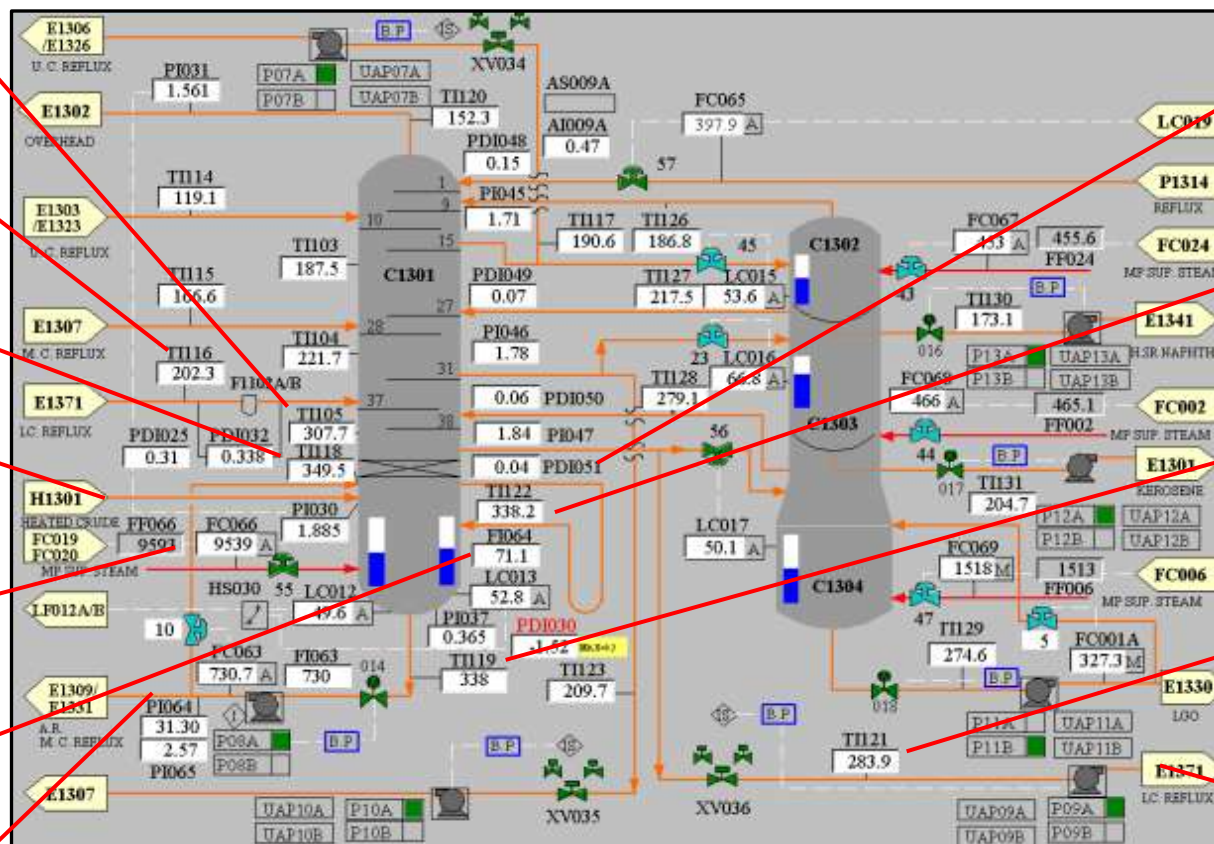
TI118
主塔驟沸段溫度

TC095
加熱爐出口溫度

FC066
主塔汽提蒸汽
流量

FI064
主塔過閃蒸量

ARYLD
重油產率



PDI051
主塔結構性填充
床壓差

TI122
主塔過閃蒸溫度

TI119
重油產品溫度

TI121
下層迴流取出
溫度

FC530
下層迴流流量

*重油5%蒸餾點：AR T5