

台塑工務部公用廠 智慧電廠平台建立及運用

報告人：張耀斌 協理
報告日期：2022/07/27



大綱

1

智慧電廠模組架構及功能概述

2

智慧電廠系統說明

3

智慧電廠工作項目

3.1 EDC (鍋爐及廠熱效率建模)

3.2 機組效率(可控損失)

3.3 熱損法鍋爐效率計算

3.4 MGGH操作優化

3.5 水資源管理

3.6 設備預警模型

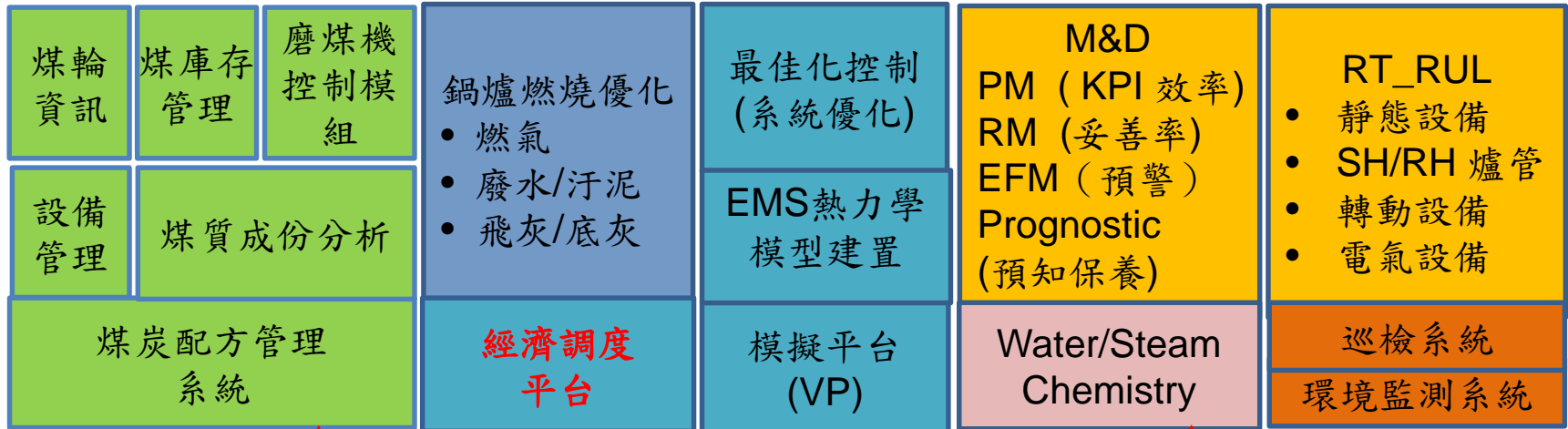
3.7 即時爐管剩餘壽命預測
(RT-RUL)

4

目標與未來展望

1 智慧電廠模組架構及功能概述

智慧電廠運維雲應用模組

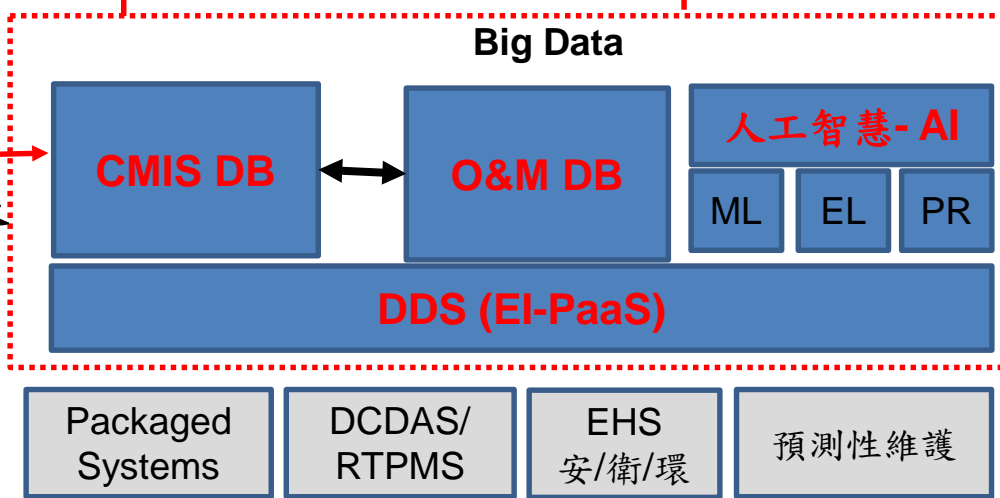


煤履歷發電雲

Coal Properties

- Process Data
- Inspection Data
- Material Data
- Design Data
- Maintenance Data

所有上述Asset data 透過 DDS讀取資料



1 智慧電廠模組架構及功能概述

汽電機組設計/生管資訊

- 直接燃料價格
- 電汽收益與生產變動成本
- 機組運轉操作限制
- 煤履歷管理系統
- 蒸汽、用水平衡圖
- 電力管理系統

各單元(機組) RTPMS 系統

1號機

3號機

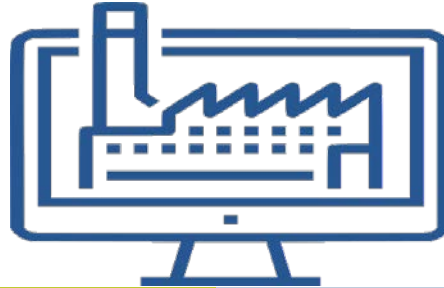
4號機

5號機

燃氣
鍋爐

綠電

虛擬工廠



- 成本曲線計算模型
- 鍋爐效率計算模型
- 設備性能監視模型

計算質能平衡、熱力學
之代數方程式解

全廠優化調度計算

線上即時調度

- 鍋爐產汽量
- 製程抽汽量
- 機組發電量
- 躉售電計算

線下情境模擬

- 生產計劃
- 煤炭配比測試

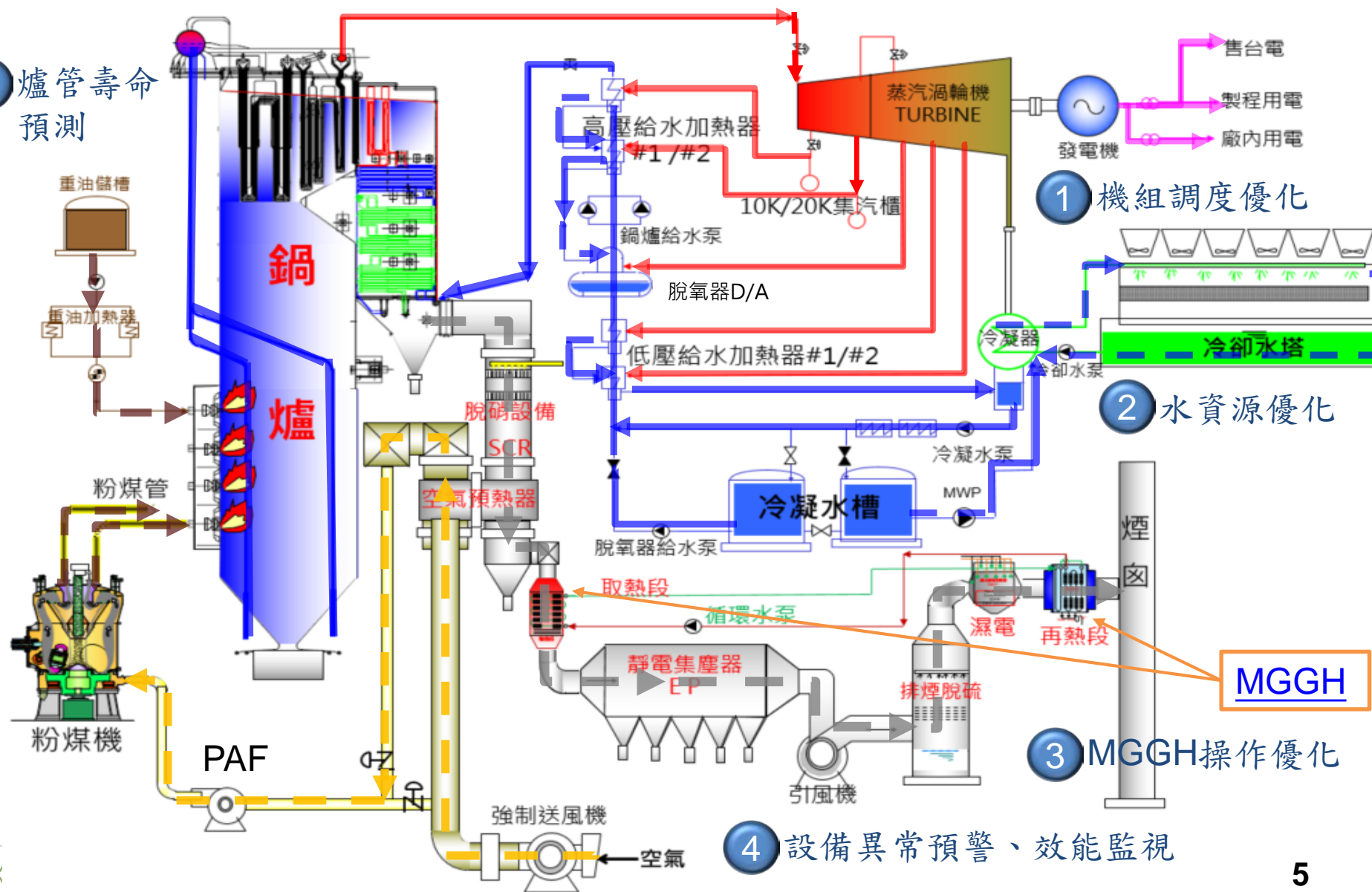
系統監視與優化

- 熱回收系統
- 鍋爐熱效率
- 水資源管理
- 轉動設備
- 過熱器爐管

2 智慧電廠系統說明

1. 水系統 2. 燃料(煤)與燃燒系統 3. 空氣系統 4. 煙氣系統 5. 蒸汽系統 6. 電力系統

5 爐管壽命預測



1 機組調度優化

2 水資源優化

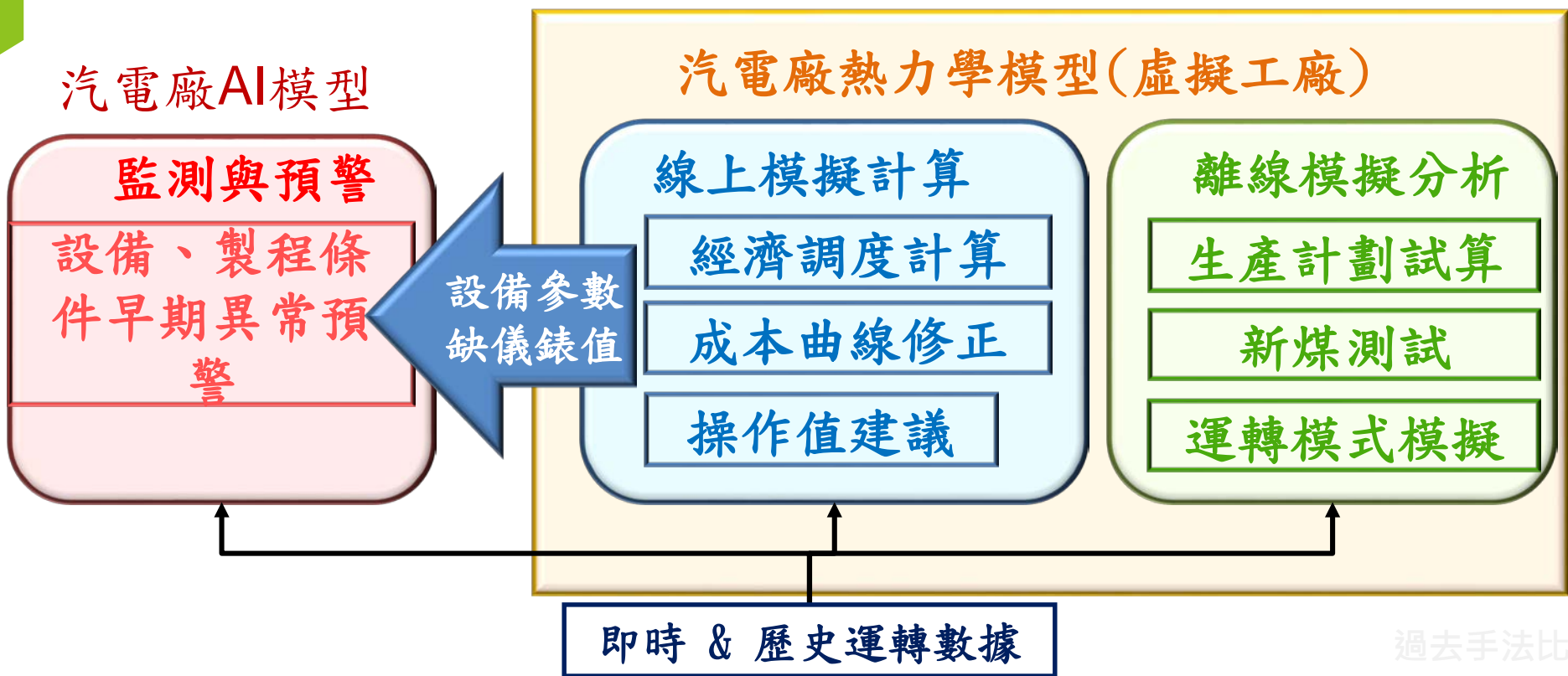
3 MGGH操作優化

4 設備異常預警、效能監視

3 智慧電廠工作項目

項次	工作項目
1	硬體建置與系統軟體平台架設
2	虛擬工廠計算值輔助AI預測模型
3	整廠蒸汽平衡與經濟調度優化測試
4	VP模型及經濟調度調適及測試
5	整廠機組熱效率優化(Controllable Loss)
6	MGGH 廢熱回收操作優化
7	整廠設備異常預警與效能監控
8	水資源優化管理
9	鍋爐爐管溫度監視及預估壽命診斷
10	系統整合測試

3.1 硬體建置與系統軟體平台架設



過去手法比較

使用即時熱力學模型原因：

1. 製程有些管線欠缺儀錶、或者無法確認儀錶偏差，儀錶讀值無法質能平衡。
2. 欠缺多個負載的操作數據，且設備的效能會隨時變化，不易求出正確的成本曲線。
3. 熱力學模型符合質能平衡，可設定任何的負載計算成本，可自動修正設備效能參數，使模型表現貼近現場設備，成本曲線較準確。

3.1 硬體建置與系統軟體平台架設

核心執行項目		功能	目標
虛擬工廠(VP) 熱力學模型	所有機組全製程模型 1. 調度優化(經濟調度) 2. 用水資源優化 3. MGGH熱回收優化	<ul style="list-style-type: none"> 機組成本曲線即時修正 機組調度效益最大化 用水異常警示操作建議 廢熱回收最大化 	1. 提高效能 2. 降低成本
異常預警 AI模型	1. 設備、製程異常預警 (1)重要設備異常預警 (2)設備效能偏離預警 2. 鍋爐爐管壽命預測	<ul style="list-style-type: none"> 設備效能監視(結合VP) 設備異常預警(結合VP) 爐管溫度監視壽命預測 	1. 效能監視 2. 偏差預警 3. 降低非預期故障

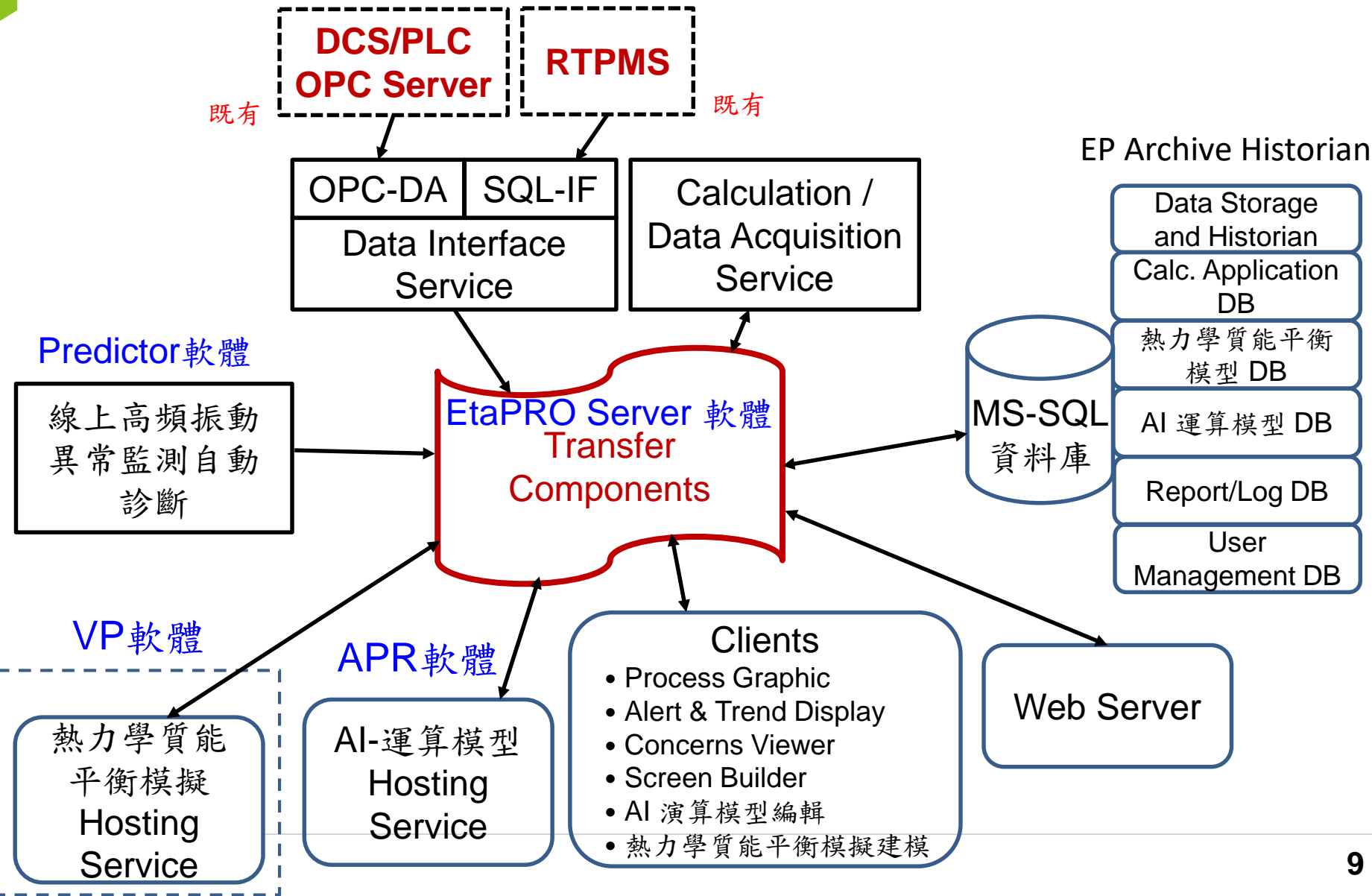


數據系統

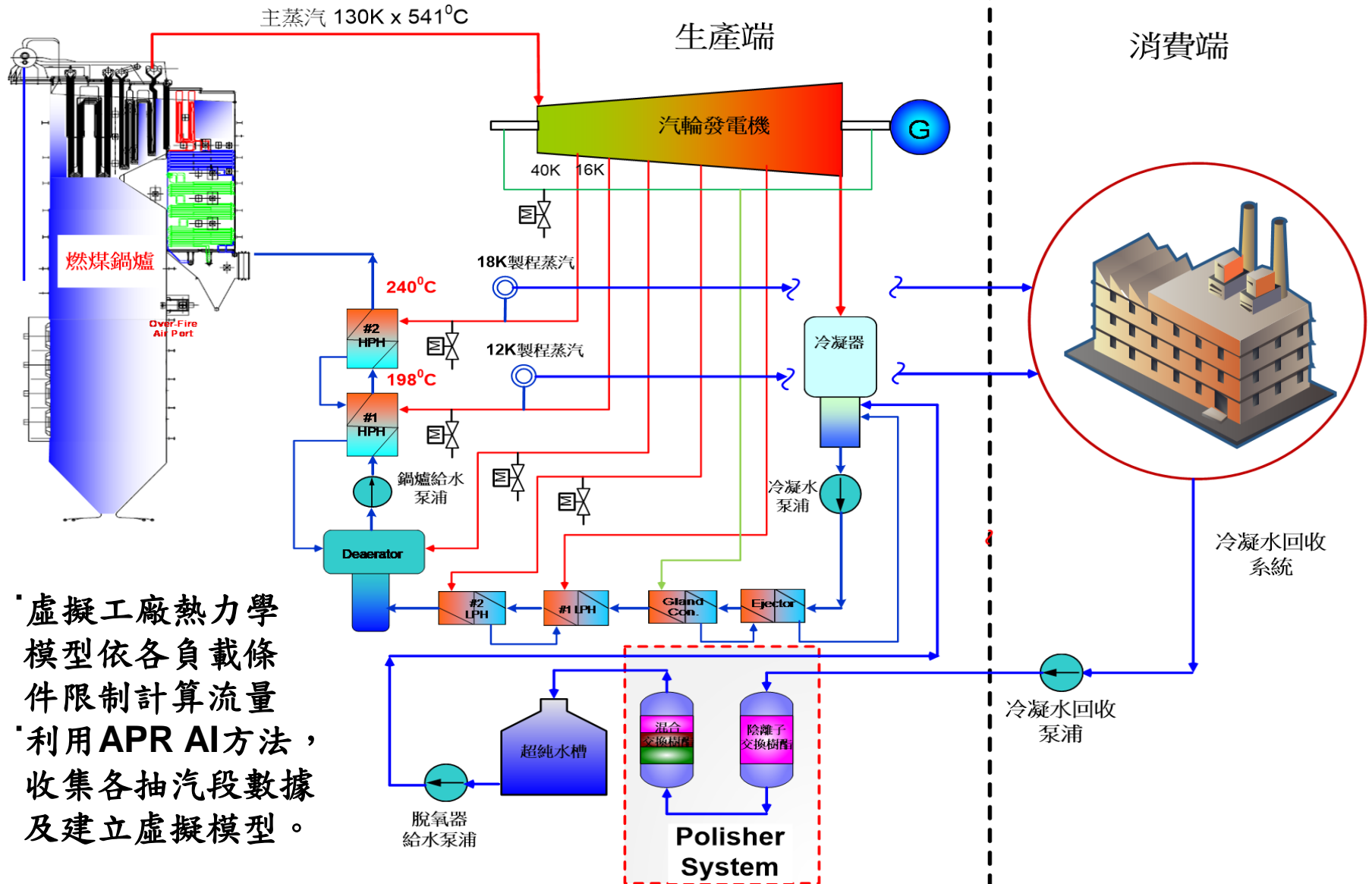
煤履歷資訊	RTPMS	設備維護資訊	其他訊息
-------	-------	--------	------

3.1 硬體建置與系統軟體平台架設

EtaPRO Server Platform System Architecture

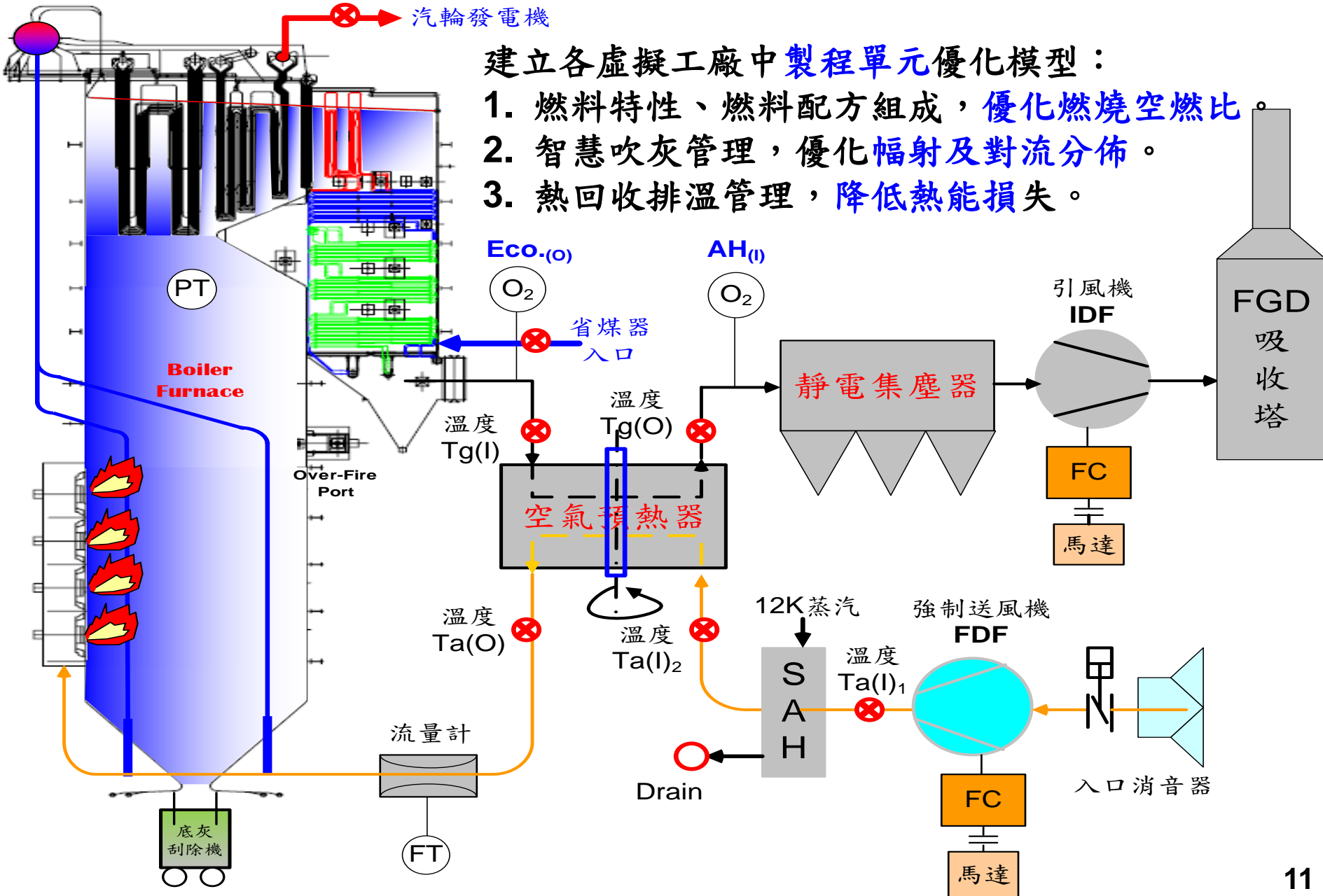


3.2 虛擬工廠計算輔助AI預測模型



虛擬工廠熱力學模型依各負載條件限制計算流量
利用APR AI方法，收集各抽汽段數據及建立虛擬模型。

3.2 虛擬工廠計算輔助AI預測模型



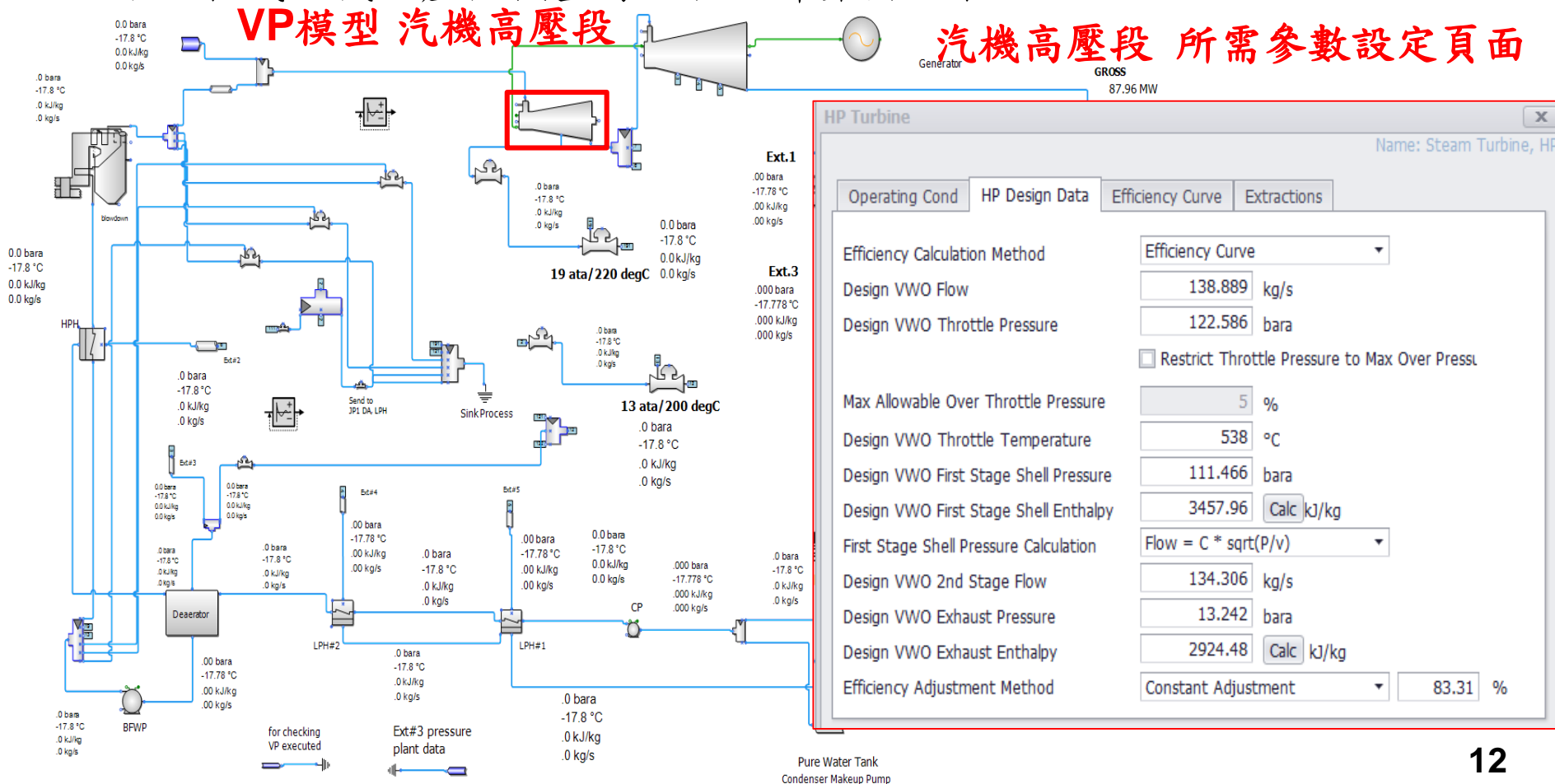
建立各虛擬工廠中製程單元優化模型：

1. 燃料特性、燃料配方組成，優化燃燒空燃比。
2. 智慧吹灰管理，優化幅射及對流分佈。
3. 熱回收排溫管理，降低熱能損失。

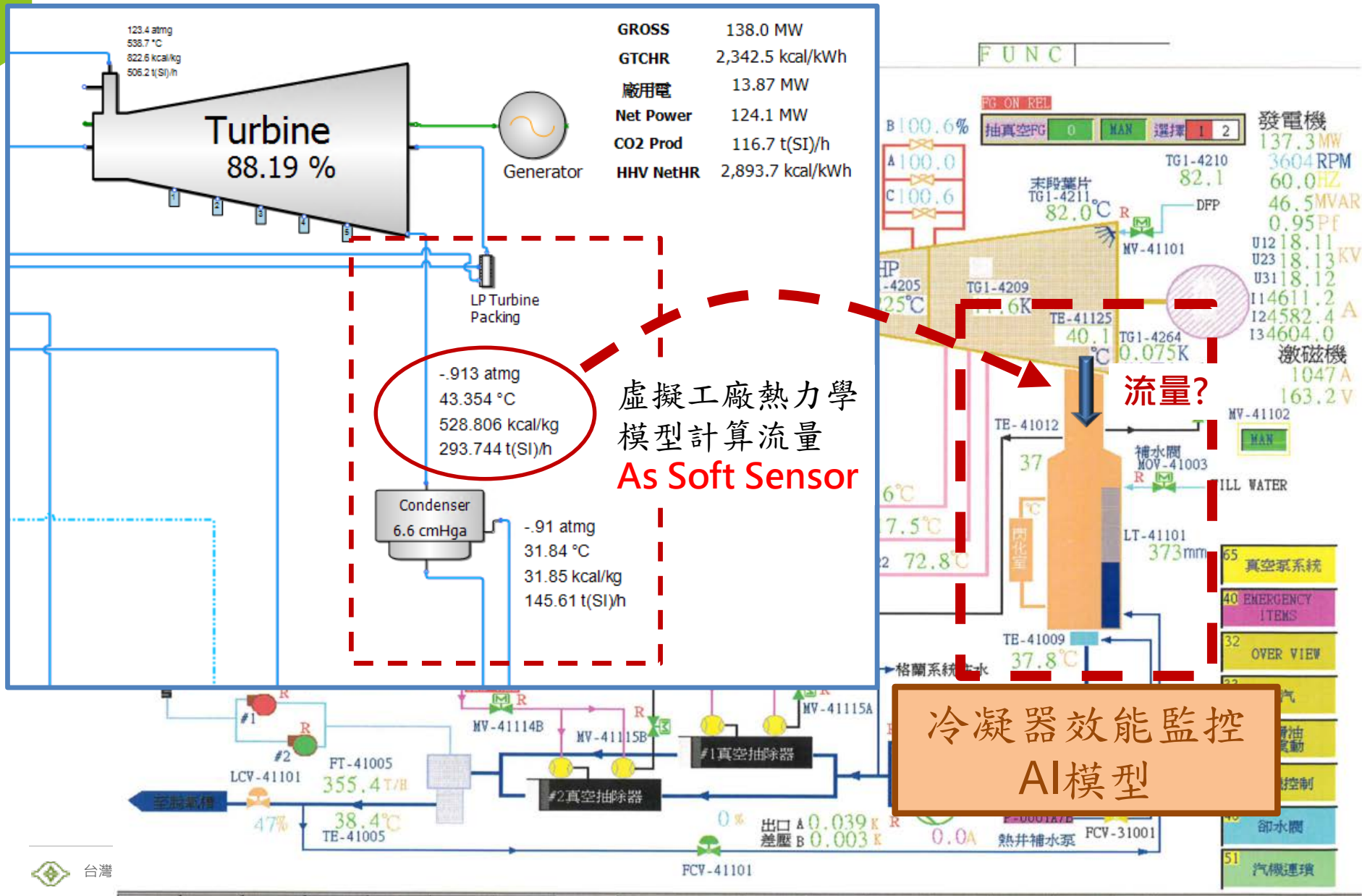
3.2 虛擬工廠計算輔助AI預測模型

按照製程系統建立各機組虛擬工廠模型：

1. 蒐集各設備之data sheet、設備性能圖、特性曲線圖、歷史運轉數據、運轉限制點。
2. 虛擬工廠(VP)屬物理模型，依據物理理論(如質能平衡、熱力學)計算代數方程式，機組虛擬模型得以收斂計算出結果。



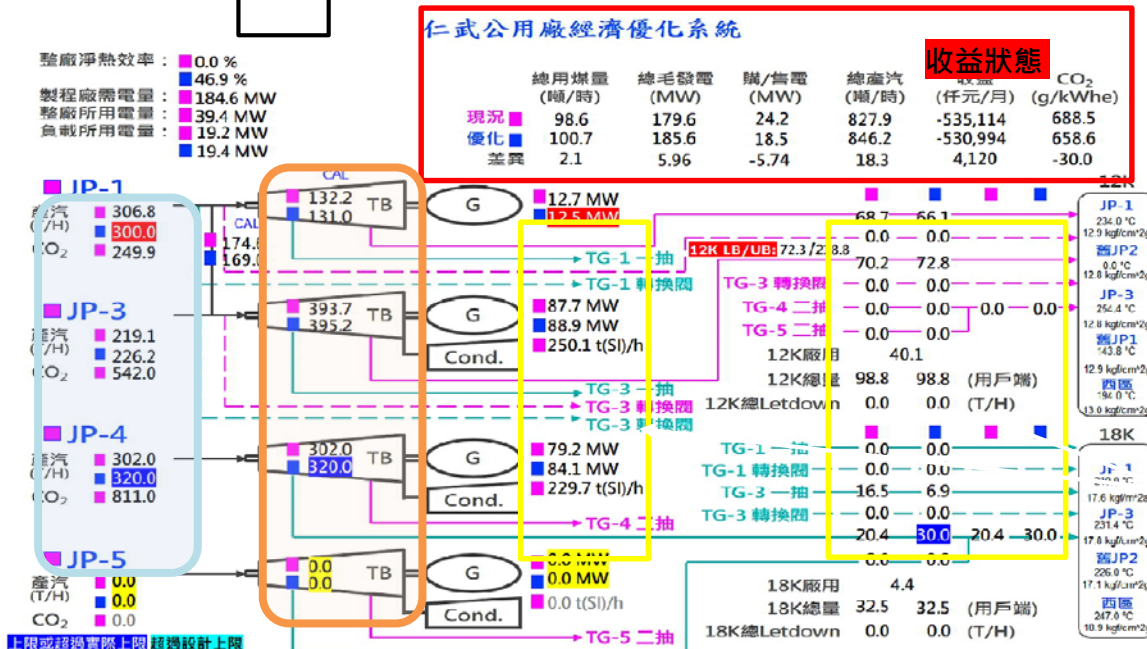
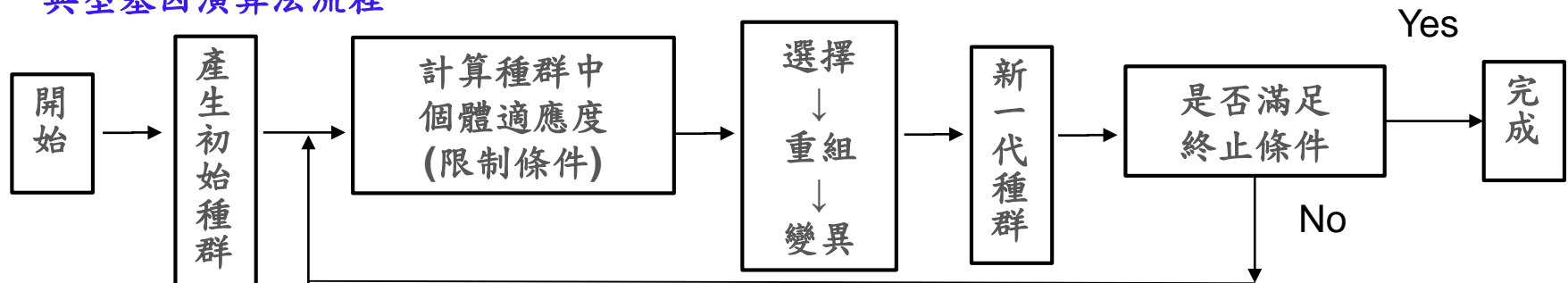
3.2 虛擬工廠計算輔助AI預測模型



3.3 鍋爐及廠熱效率建模及整廠經濟調度

1. 提供公用廠多部機組電力、蒸汽即時調度建議 (off line Advise)
2. 採AI基因演算法(Genetic Algorithm, GA)進行最佳化，並採用迴歸分析建立經濟調度模型，提供優化後的電力、供汽配比計劃，使**生產成本最小化**、**收益最大化**。

典型基因演算法流程



收益計算式：

利用Heat Input及煤熱值計算出總用煤量

$$\text{收益} = 18\text{K抽汽收入} + 12\text{K抽汽收入} + \text{發電收入} - \text{用煤費用} - \text{購電費用}$$

提供電力、產汽調度優化建議值!

3.4 鍋爐及廠熱效率建模及整廠經濟調度

UI畫面

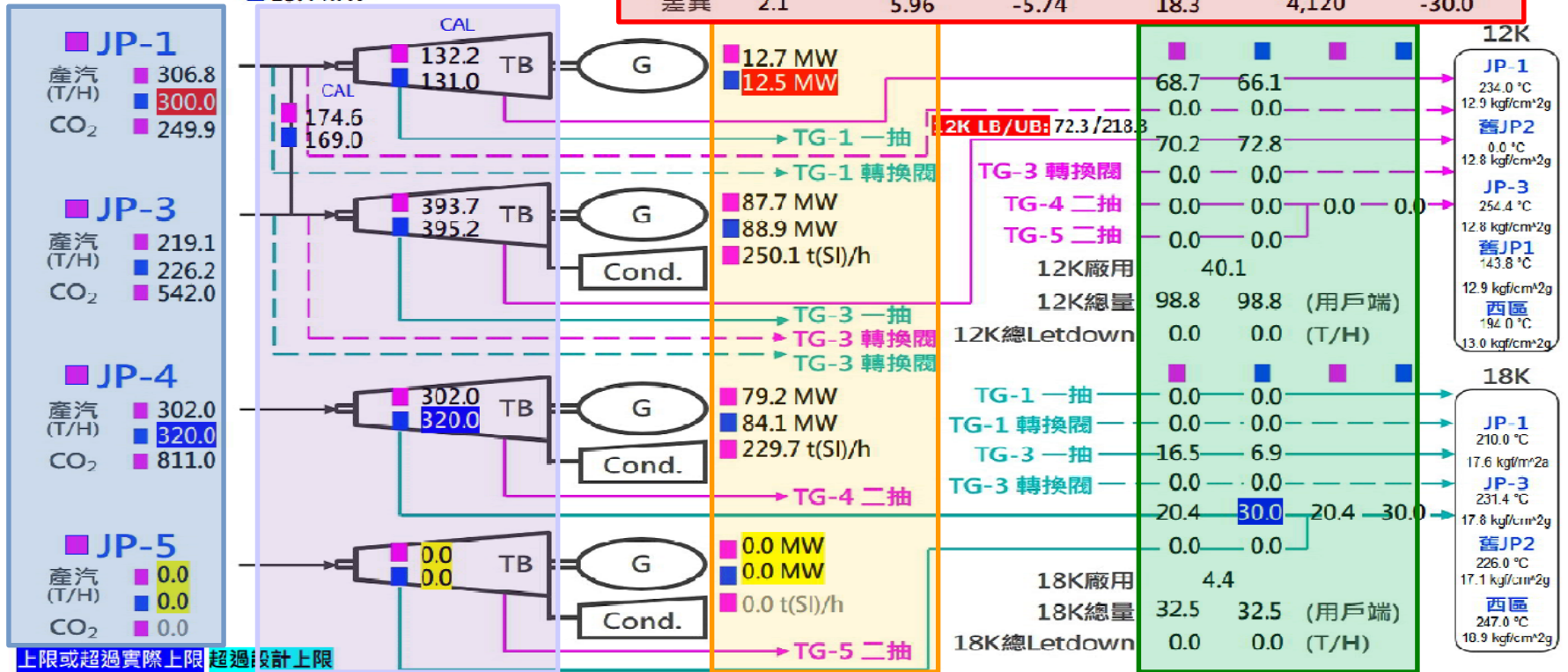
仁武公用廠經濟優化系統

收益狀態

(邊際利益)

整廠淨熱效率：
 ■ 0.0 %
 ■ 46.9 %
 製程廠需電量：
 ■ 184.6 MW
 整廠所用電量：
 ■ 39.4 MW
 負載所用電量：
 ■ 19.2 MW
 ■ 19.4 MW

	總用煤量 (噸/時)	總毛發電 (MW)	購/售電 (MW)	總產汽 (噸/時)	收益 (仟元/月)	CO ₂ (g/kWhe)
現況	98.6	179.6	24.2	827.9	-535,114	688.5
優化	100.7	185.6	18.5	846.2	-530,994	658.6
差異	2.1	5.96	-5.74	18.3	4,120	-30.0



上限或超過實際上限 超過設計上限
 下限或超過實際下限 超過設計下限或零

EDC Status: 程式順利執行,有最佳解 Latest Update: 2022/7/18 下午 02:11:39

鍋爐狀態

汽機狀態

發電建議

抽汽建議

3.5 機組效率提升(可控損失監控)

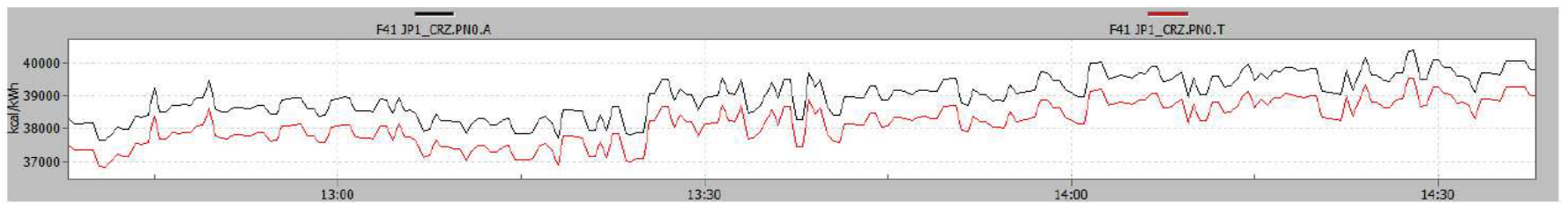
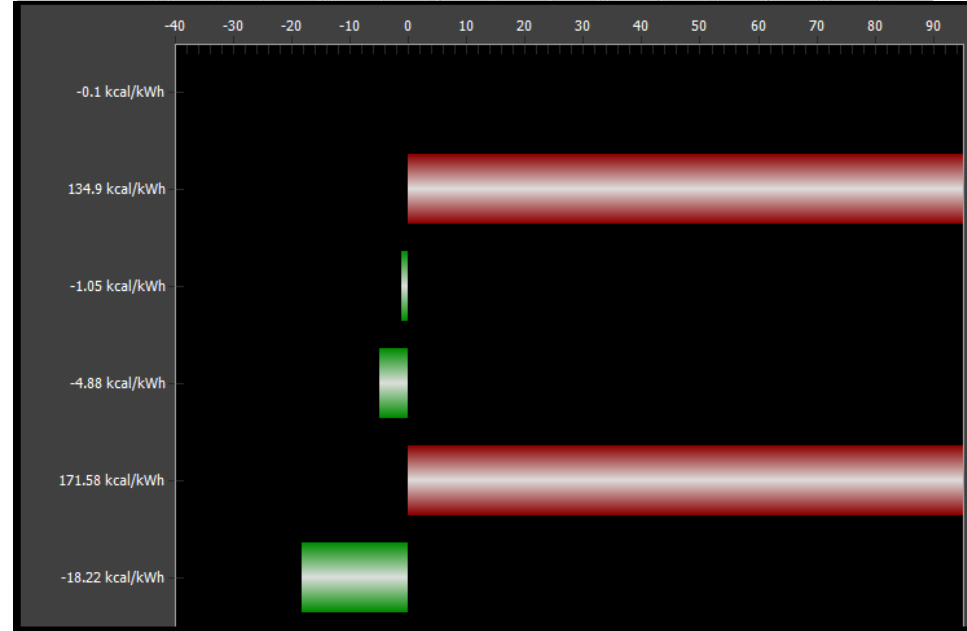
GROSS LOAD 12.7 MW

JP1 - Target CPs 可控損失

重要可控變數	當前值 Actual	控制目標 Target
Main Steam Pressure	123.6 kgf/cm ² g	124.0 kgf/cm ² g
Main Steam Temperature	509.3 °C	541.7 °C
SH Spray Flow	0.0 t(SI)/h	1.4 t(SI)/h
Feedwater Temp	207.1 °C	203.4 °C
AH Gas Out Temp	153.9 °C	126.9 °C
Excess Oxygen	4.5 %	5.1 %
Net Unit Heat Rate (HHV)	41,049.9 kcal/kWh	40,239.3 kcal/kWh
Net Unit Heat Rate (LHV)	39,797.1 kcal/kWh	39,011.3 kcal/kWh

綠色：節能

紅色：耗能



➤ 對於重要的製程參數提供控制目標值，當操作值偏離時，可作為操作人員修正參考，或者作為設備性能衰退的KPI指標。

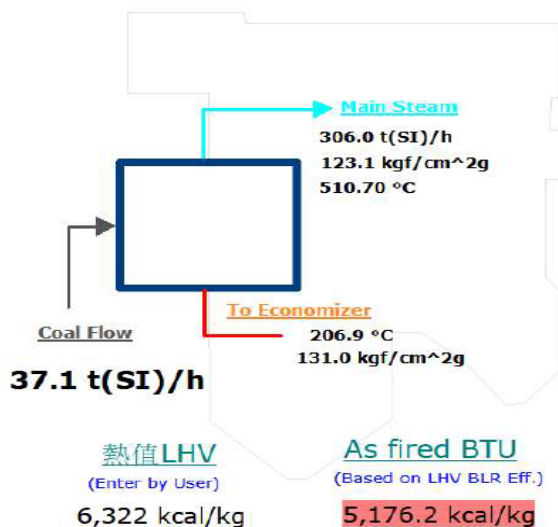
3.5 鍋爐熱損法效率計算

此為鍋爐效率計算之標準方法，使用系統內建的計算模版及現場150個以上儀錶點，並搭配「煤管理系統」更新煤質組成，使計算結果更加準確。

➢ 依照Heat Loss Method計算鍋爐效率

※ 所需點位全部連結自EtaPRO平台，並依照其內建之Template(ASME PTC 4.1計算)選取計算該物理量所需之參數

JP1 - BOILER PERFORMANCE

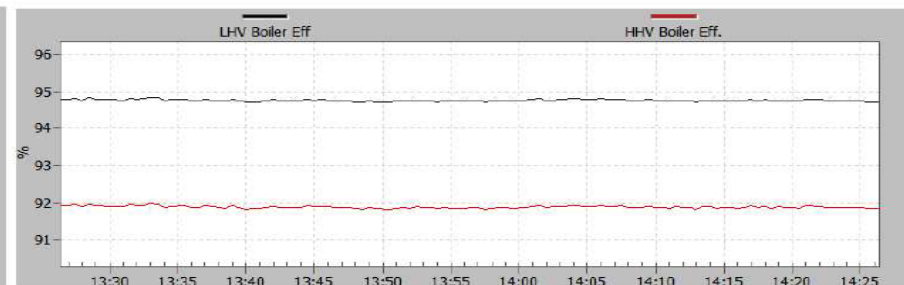
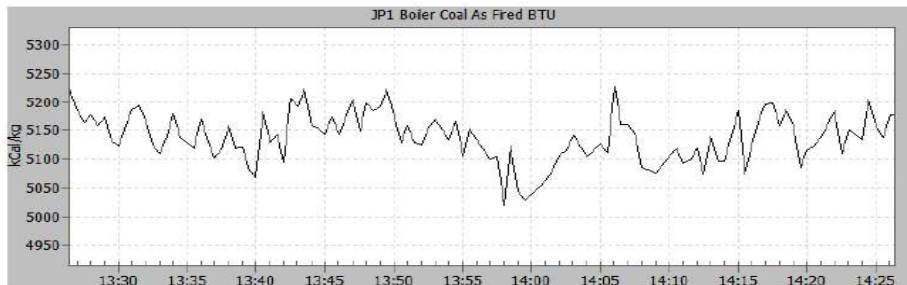


HHV	
HEAT LOSSES	Actual
Dry Gas	3.40 %
Hydrogen in Fuel	2.57 %
Moisture in Fuel	0.62 %
Moisture in Air	0.13 %
Solids	0.10 %
Sulfation Credit, Heat Gain	0.00 %
Carbon Monoxide - HHV	0.00 %
Heat in Flue Dust Loss	0.08 %
Carbon in Ash	0.36 %
Heat in Slag Loss	0.51 %
NOx Generation	0.00 %
Radiation	0.14 %
Unaccounted	0.25 %
BOILER EFFICIENCY	91.8 %

GROSS LOAD 12.7 MW

LHV	
HEAT LOSSES	Actual
Gas Loss - LHV	4.01 %
Carbon in Ash Loss - LHV	0.38 %
NOx Loss - LHV	0.00 %
Sulfation Credit, Heat Gain	0.00 %
Carbon Monoxide - LHV	0.00 %
Solid Loss (Sensible heat of Residue)	0.11 %
Heat in Flue Dust Loss	0.08 %
Heat in Slag Loss	0.55 %
Radiation	0.14 %
Unaccounted	0.25 %
BOILER EFFICIENCY (LHV)	94.7 %

依據ASME PTC4.1 熱損法計算



3.5 熱損法鍋爐效率計算

Dry Gas heat loss(HHV)為例

➢ 前頁所提所需計算之物理量(計算式基於ASME) · 範例如下

e.g. Dry Gas heat loss %

ETAPRO CALCULATION

Template ID: 3040

Description: Calculates the dry gas heat loss as a percent of fuel HHV (%).

Arguments

No.	Description	Units
1	Excess Oxygen = ExcessO2	%
2	Carbon Monoxide = COppm	ppm
3	Carbon in All Residue = CarbonInAsh	%
4	Specific Humidity = SpecHum	lb/lbdryair
5	No Leakage Gas Out Temp = Tgonl	°F
6	AH Air In Temp = Tairin	°F
7	SO2 = SO2ppm	ppm
8		
9		
10		

所需參數

Template ID: 3040

Verification:

ASME PTC 4.1, Steam Generating Units, section 7.3.2.02, 1964.

依ASME PTC 4.1

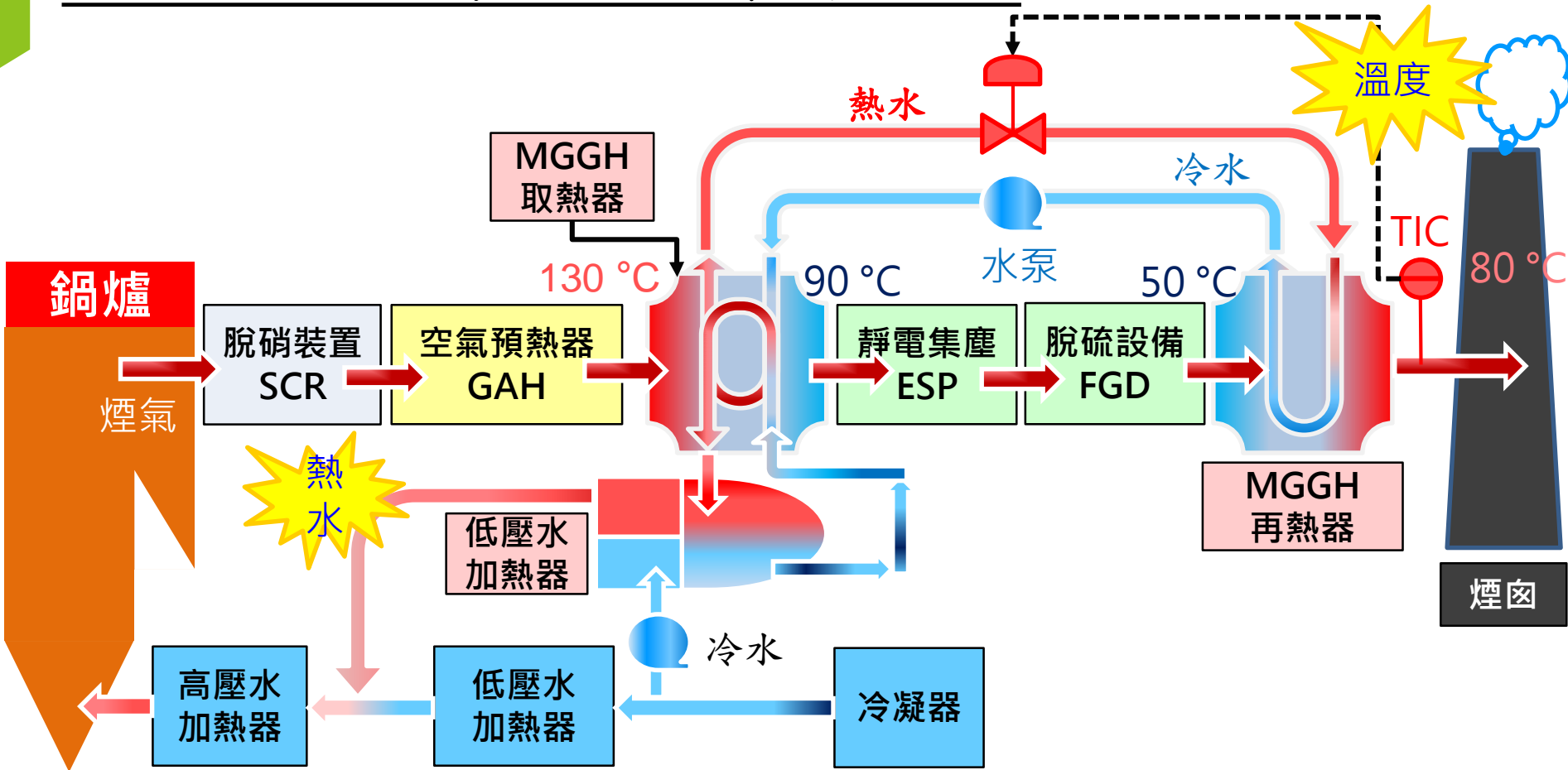
詳細計算過程(其公式皆內建在該Template ID 中)

Description of Calculation:

- Determine the on-line (or reference/test) fuel and boiler to use based on the NV Index (normally 201 for on-line fuel mixture and only one boiler per unit).
- A subroutine is called to calculate the flue gas composition and flow on a wet and dry basis for the selected fuel, as well as theoretical and excess air flow (see template "3XXX" – Subroutine CombustionAnalysis (ExcessO2, COppm, CarbonInAsh, SpecHum, SO2ppm, ULT(Fuel_Sel), Sorbent(Fuel_Sel), O2Basis, FLUEGAS))
Where:
 - ULT(Fuel_Sel) = Ultimate analysis that contains about 20 properties for the selected fuel, already calculated by MixedFuelAnalysis (see template 3150)
 - Sorbent = Composition (ultimate analysis) for the selected sorbent, if used
 - O2Basis = Flag for O2 measurement on a wet (=1) or dry (=0) basis. For multiple boilers, uses value from NV Index (see item 1)
 - FLUEGAS = Subroutine output, about 30 properties of the flue gas are calculated
- Get the flue gas mass flow per pound of fuel on a dry basis from the output array "FLUEGAS":
 $DryGases = FG.DryGasPerlbFuel$
- Compute average specific heat of dry flue gas:
 $CHRatio = ULT.Carbon / ULT.Hydrogen$
 $ACPV T = -2.09556 + 0.366905 * CHRatio + 0.000380948 * CHRatio ^ 2$
 $ACPV X = 0.245 - 0.002 * CHRatio$
 $CPX = ACPV T + 0.006872 * Tairin$
 $GasSpecHeat = ACPV X + 0.005 * CPX$
- Compute the dry gas sensible heat loss as % of HHV:
 $DryGasLoss = DryGases * GasSpecHeat * (Tgonl - Tairin) / ULT.MassHHVLb * 100$



3.6 MGGH 熱回收操作優化



優化目標

- 優化MGGH加熱器出口溫度(避免排放白煙)
- 低壓給水加熱器回收熱水最大化(提高廠熱效率)

3.6 MGGH 熱回收操作優化

JP3 MGGH 操作優化

操作管制	限制	現況	優化操作目標
再熱器出口煙氣溫控範圍	低至防止白煙發生	74.4 °C (偵測 > 83)	74.0 °C
取熱器出口煙氣溫度	Alarm T < 90°C Setting ≥ 100°C	100.9 °C	依控制系統原設定
取熱器入口水溫	≥ 70°C	73.7 °C	原設定

優化操作目標 (1 = yes, 手動優先)

選擇手動 1 手動輸入 74.0 °C

選擇AI-APR 1 APR-目標 83.0 °C

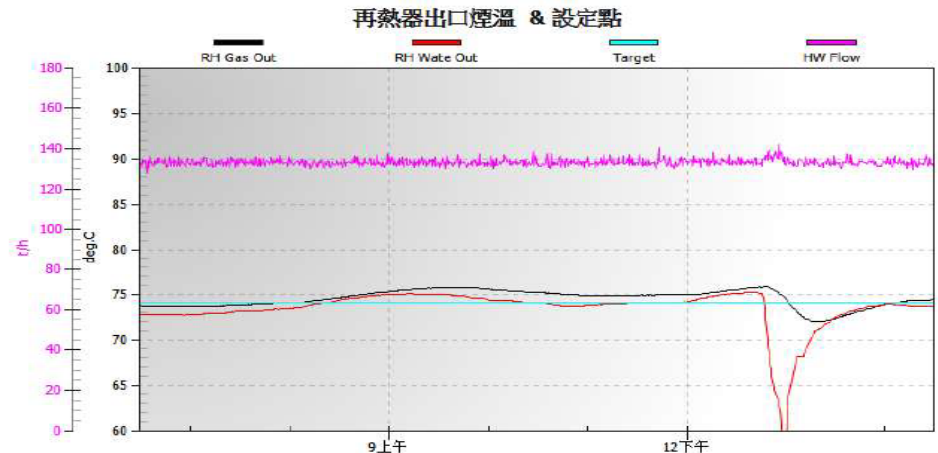
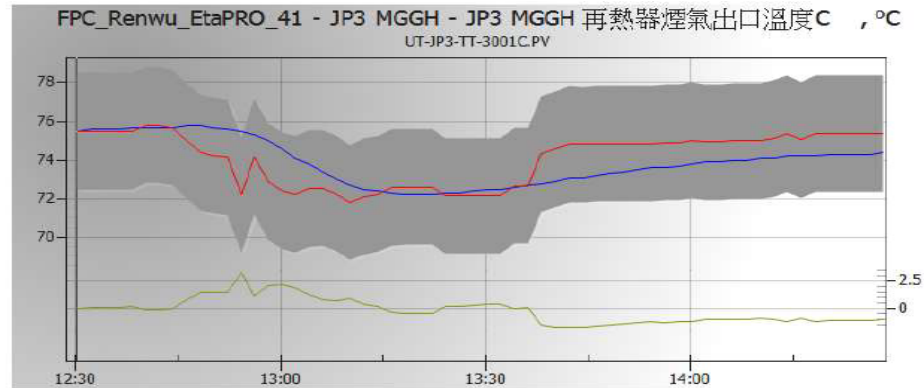
效益計算

MGGH 節水 3.0 (FGD 減少蒸發量)

餘熱可提高 0.4 鍋爐給水溫度

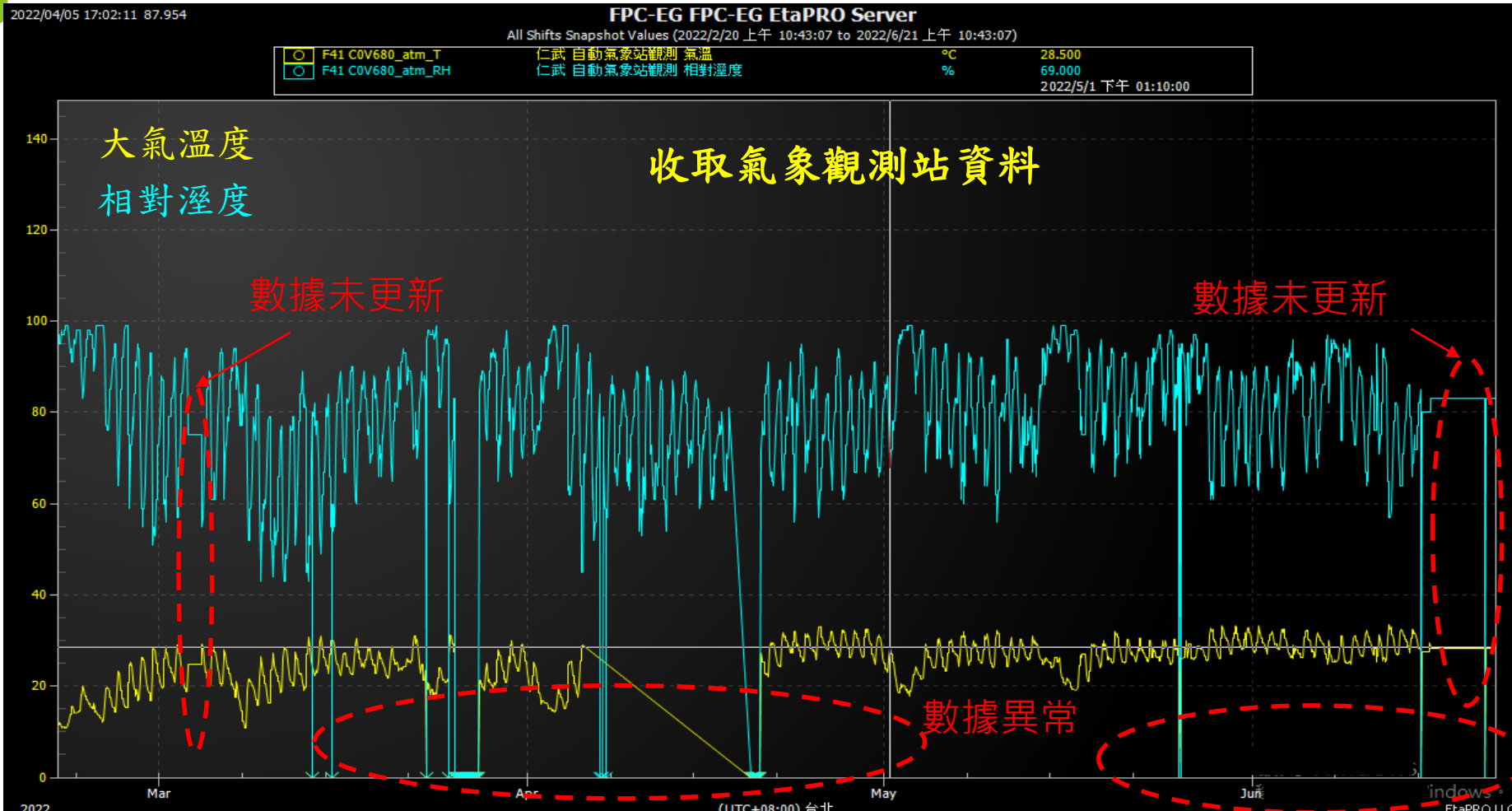
估算節能 -0.23 熱耗率 kcal/kWh

-0.01 熱耗率%



- 建立AI學習方法，讓AI模型學習大氣條件與適當的煙囪入口溫度之關係。後續再與公用廠檢討現場控制邏輯與測試之方法，讓AI模型學習正確的關係。

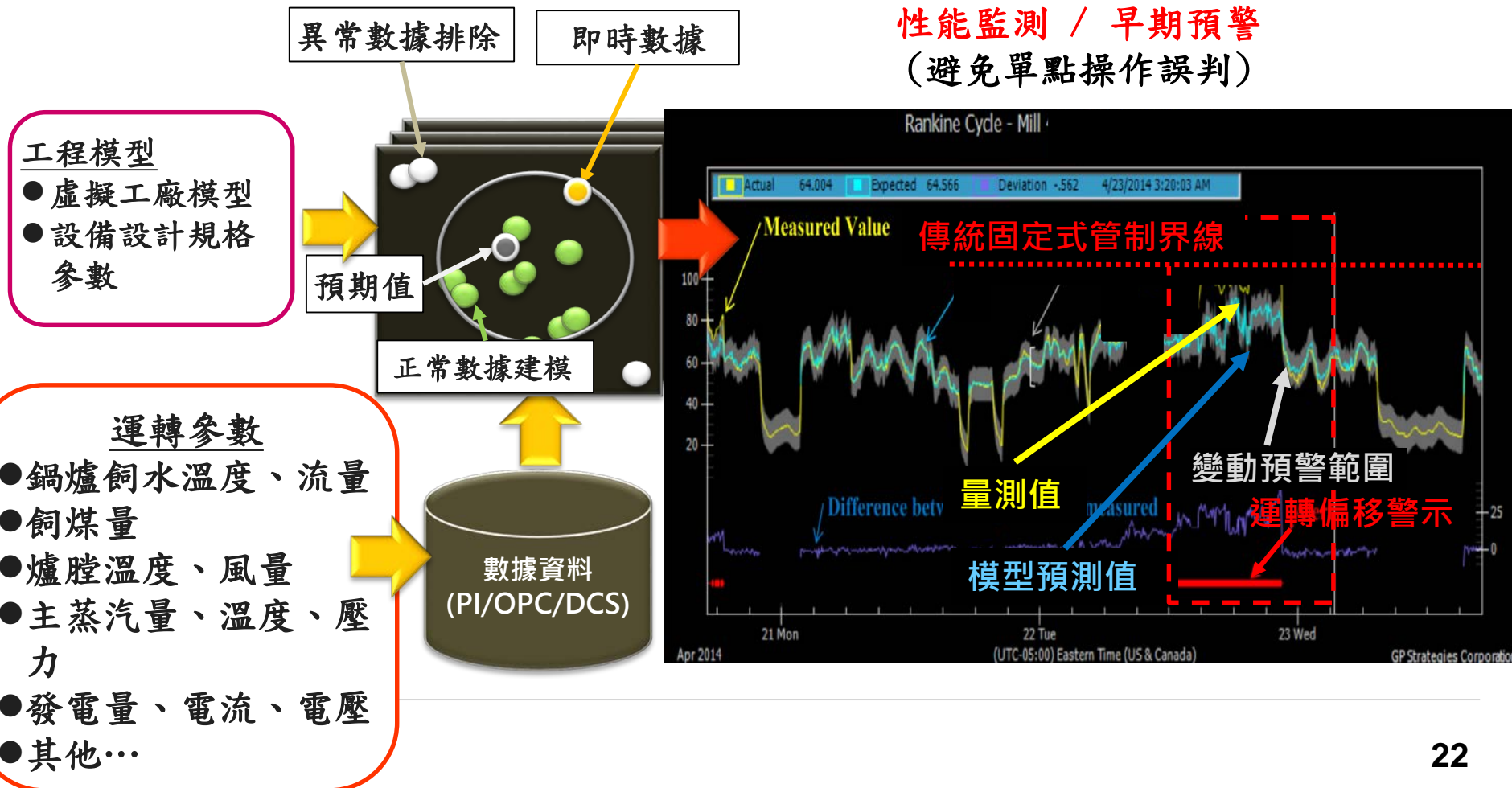
3.6 MGGH熱回收操作優化



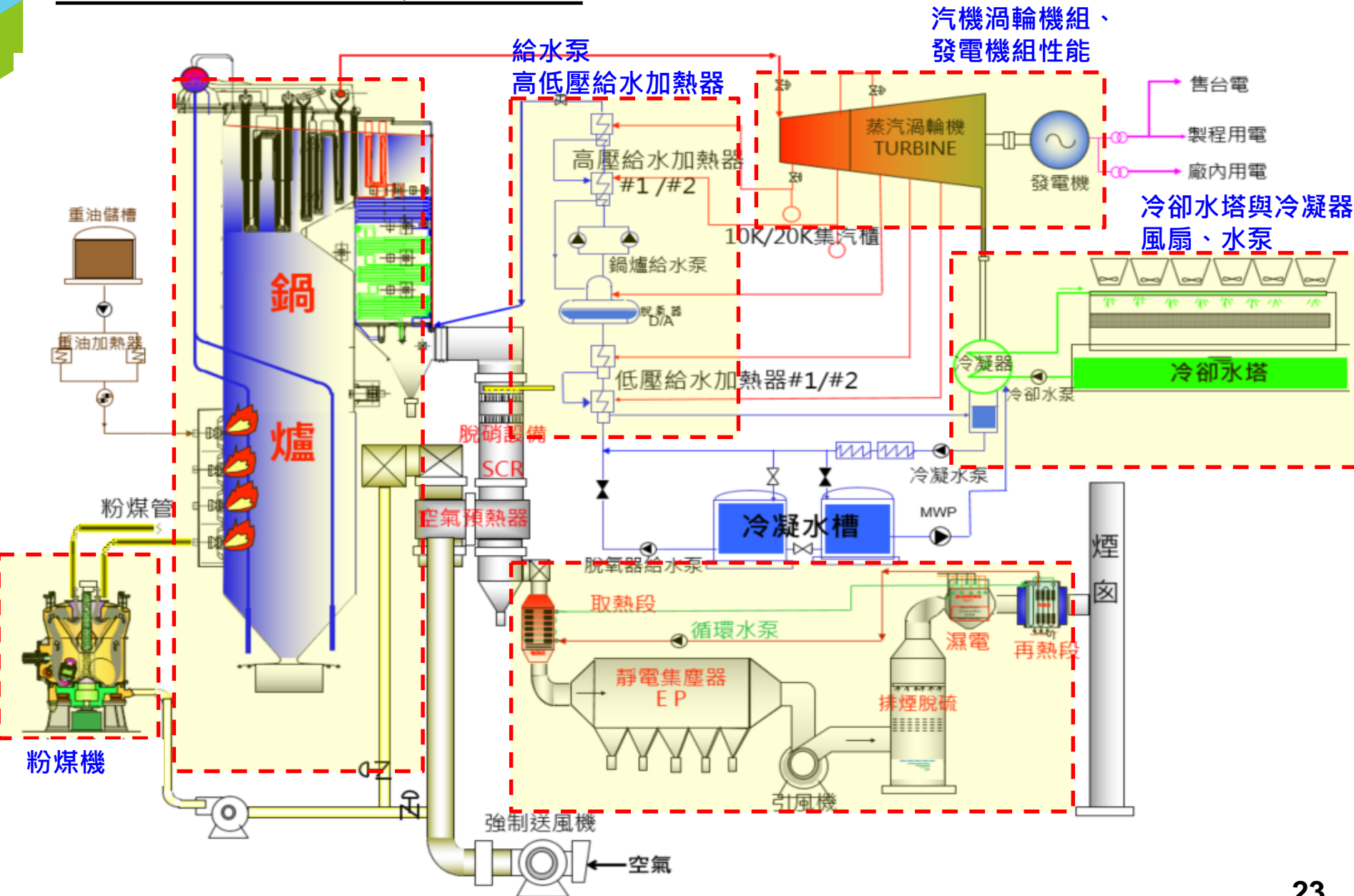
- MGGH之操作與大氣條件有很大的關係，故擷取仁武區氣象觀測站之資料，由於大氣資料更新不即時(一小時更新一次)，續檢討安裝現場儀錶之可能性。

3.7 設備預警模型

- 減少設備非預期故障迫使製程停車，造成重大損失。
- 結合VP模型參數與現場數據進行建模預警，有助於提升模型準確性。



3.7 設備預警模型

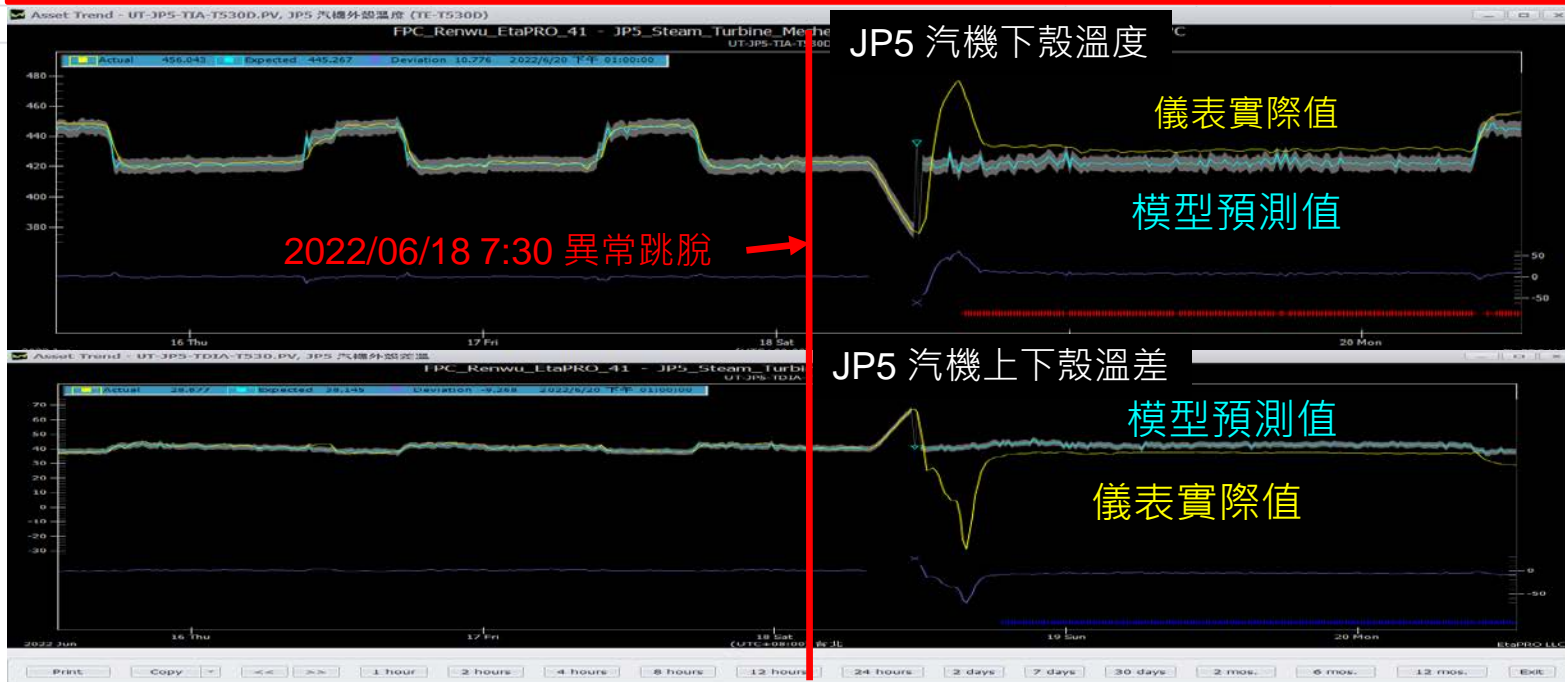


3.7 設備預警模型(案例說明)

事件說明：

2022/06/18 7:30 JP5機組跳脫，再開俾後汽機殼測溫度偵測預警，下殼溫度(偏高)，上下殼溫度差(減少)，此發現汽機本體運轉溫度較過去模型學習不同。

Unit No.	Init Index	ID	Name	Units	Display Index	2022/6/15 下午 01:00:00 - 2022/6/20 下午 01:00:...	Compare
41	264	UT-JP5-TIA-T501A.PV	JP5 汽機側主蒸汽溫度	°C	1		...
41	265	UT-JP5-TIA-T530B.PV	JP5 汽機外殼溫度 (TE-T530B)	°C	1		...
41	266	UT-JP5-TIA-T530D.PV	JP5 汽機外殼溫度 (TE-T530D)	°C	1		...
41	267	UT-JP5-TDIA-T530.PV	JP5 汽機外殼差溫	°C	1		...



此事件須會同製程人員及保養專人，結合專家經驗檢視並確認後續工作。

判斷結果之處理方式：
 屬正常現象 → 加入此數據作為模型經驗
 屬非正常現象 → 屬設備早期預警，須安排檢修

3.8 水資源管理

- 水資源系統非主要製程，冷卻水塔風扇與冷卻水泵調配須配合大氣溫度及相對濕度進行製程調適。
- 適時減少設備運轉量降低水汽逸散，達到節能與節水的目的。

冷凝器監測




項目	單位	數值	設定
溫度	°C	32.5	35.0
壓力	MPa	0.1	0.2
流量	m³/hr	100	120

冷凝器 補水

冷凝器 冷側負載

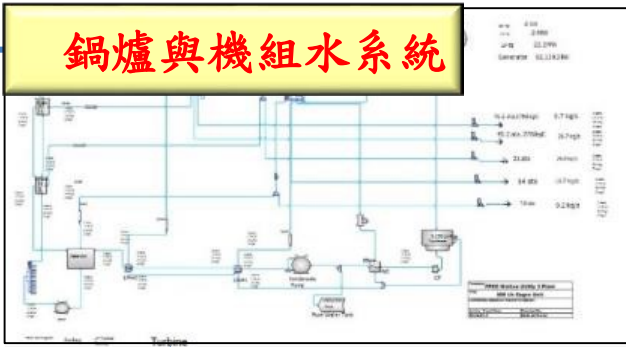
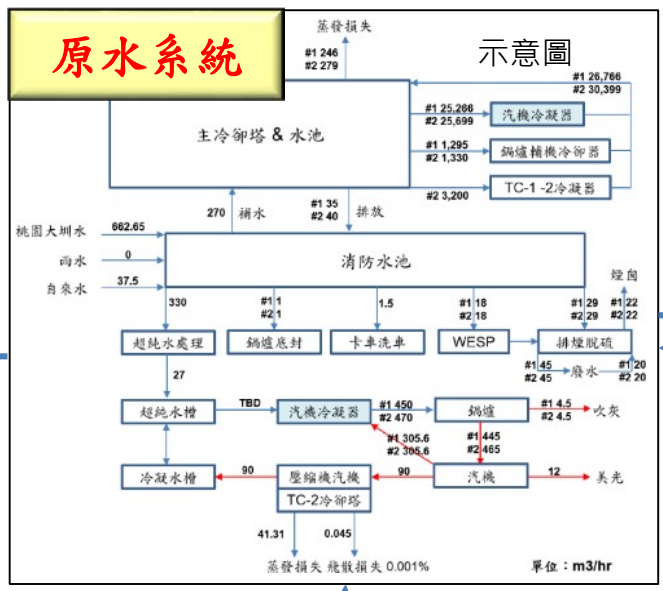
冷卻水塔監測



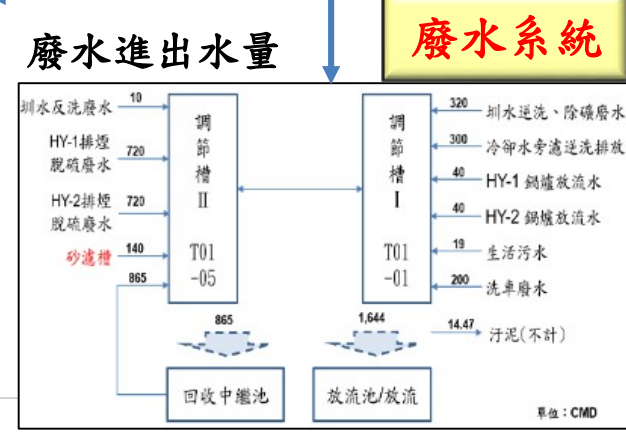
項目	單位	數值	設定
總容量 (m³)		6,850	6,850
Make-Up Calcium (CaCO ₃ , ppm)		58	58
Make-Up Alkalinity		68	68
Tower Target Alkalinity		320	320
百分比數 (EC)		0.00153	0.00153

水質控制 (補水)	HY-1	HY-2	計算結果	HY-1	HY-2
pH值	7.68	7.68	蒸發量 (M³/hr)	246	279
M-alk	2	2	排洩量 (M³/hr)	35	40
Cond. (µs/cm)	500	500	雨水量 (M³/hr)	281	313
Ca-H (ppm)	32	32	Tower Calcium (CaCO ₃ , ppm)	424	424
Total Iron (ppm)	0.57	0.57	Holding Time Index (HTI)	235	113
Silica (ppm)	32	32	Acid Feed (kg/day)	189	214
Turbidity (NTU)	10	10	H ₂ SO ₄ (98%) Charge Fee (NTD/day)	472	536

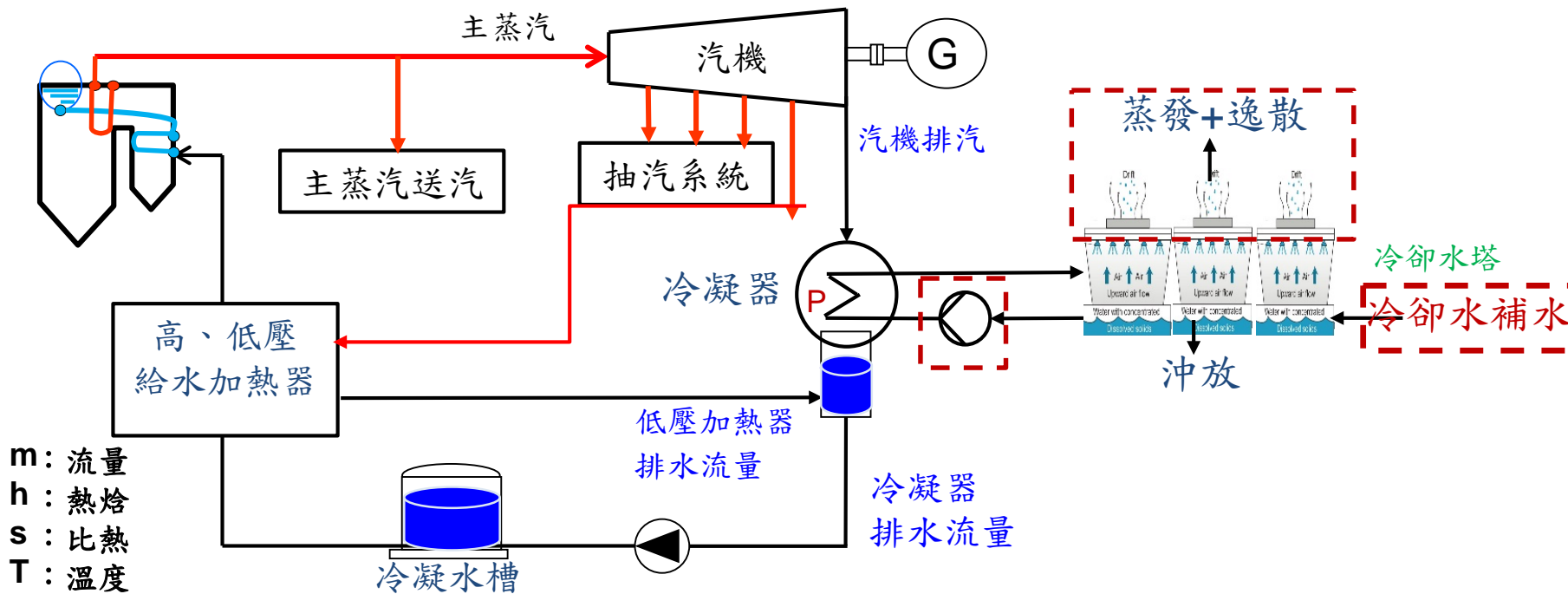
冷卻水量、蒸發、飛散量



蒸汽輸出量
主要設備進出水量



3.8 水資源管理



水資源系統模擬與異常預警

- 建立整合水資源系統全廠VP模型，計算最佳之風扇、水泵運轉數量。
- 比對模型與現場流量計，偏差原因分析
- 利用AI模型進行用水異常預警

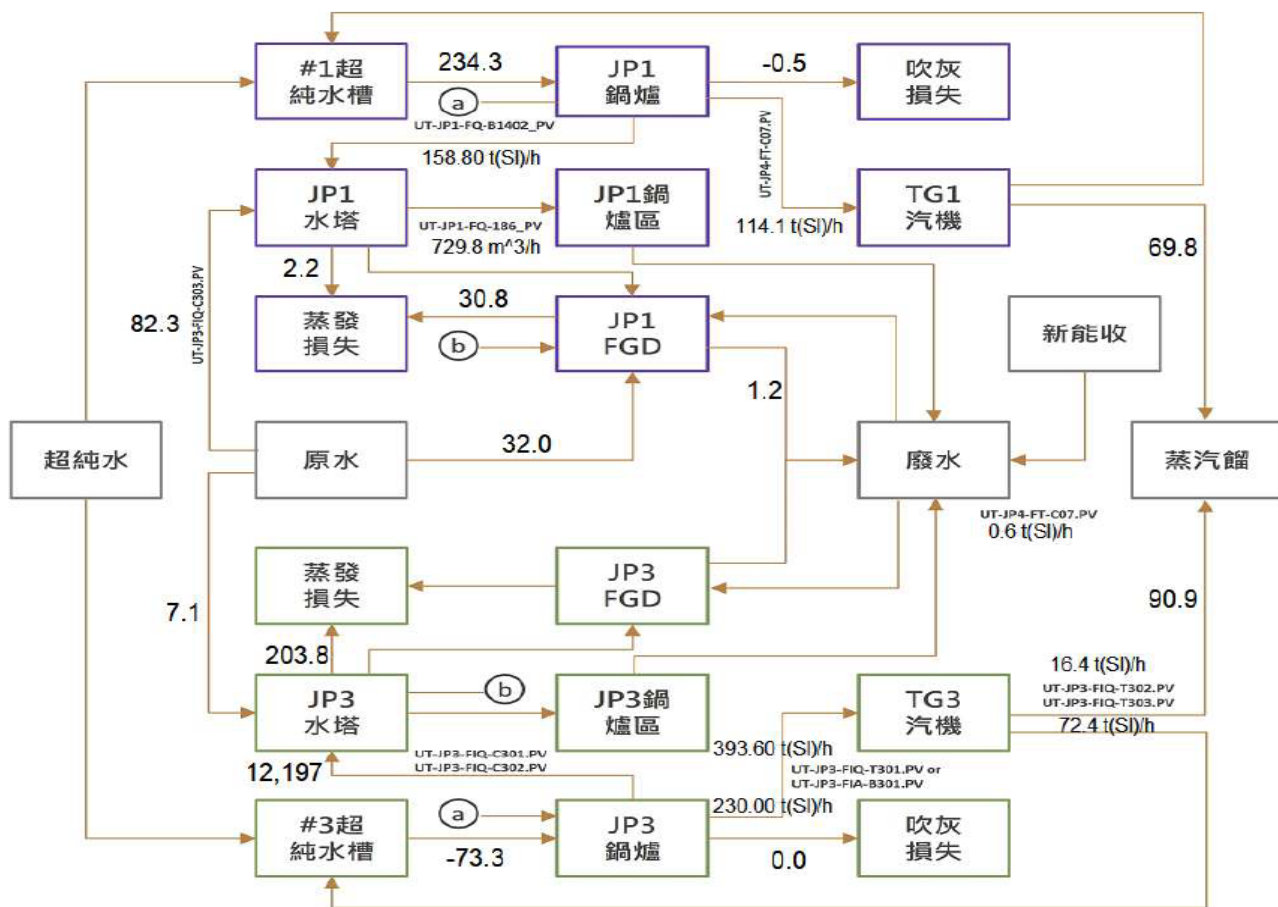
冷凝器、水塔運轉操作建議

- 優化冷卻水塔風扇運轉數量
- 優化冷卻水泵運轉數量
- 節省用電、用水量及降低加藥量

3.8 水資源管理

建立用水平衡圖

仁武公用廠 - JP-1/3 鍋爐汽機用水平衡圖



設備	項目	現況	數據源
鍋爐	JP1 補水	234.3	VP模擬
	JP1 排放/吹灰	-0.5	計算
	JP1 抽汽	69.8	VP模擬
	JP1 冷卻水	729.8	儀表
冷卻水塔	補水	82.3	儀表
	蒸散	2.2	計算
	排放	12.6	計算
	液鹼	0.0	儀表*
FGD	補水	32.0	儀表*
	廢水	1.2	儀表*
	補水蒸散	30.8	計算
	蒸氣餾	90.9	計算
鍋爐	JP3 冷卻水	12,197	計算
	JP3 補水	-73.3	VP模擬
	JP3 排放/吹灰	0.0	計算
	JP3 抽汽	90.9	VP模擬
冷卻水塔	JP3 冷卻水	12,932.0	儀表
	補水	7.1	儀表
	蒸散	203.8	計算
	排放	40.8	計算

*: 使用移動平均值

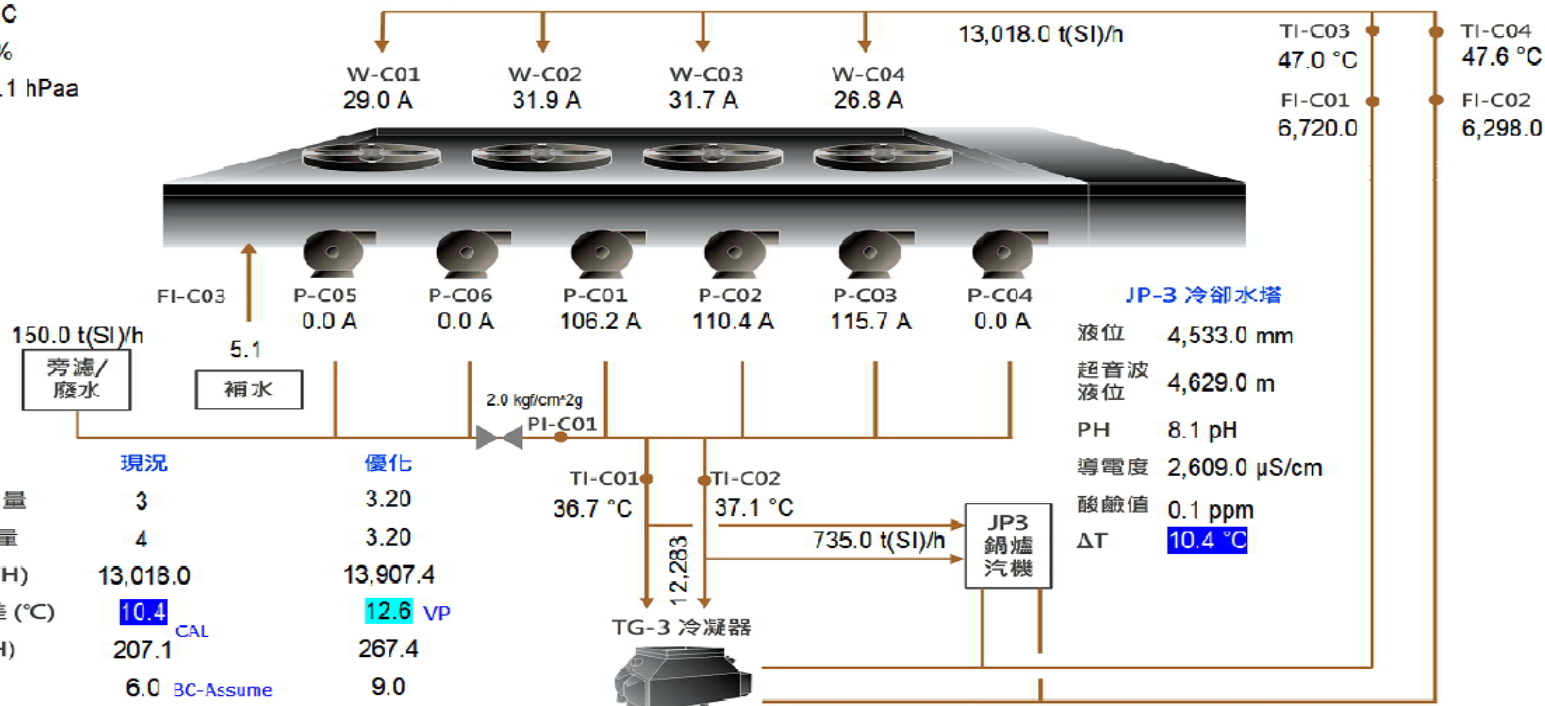
➤ 建立水系統之彙總流程圖，以利盤點水資源流量之合理性。

3.8 水資源管理

冷却水塔操作優化

環境溫度 32.1 °C
 相對濕度 70.0 %
 大氣壓力 1,002.1 hPaa

仁武公用廠 - JP-3 冷却水塔



	現況	優化
CWP 啟動數量	3	3.20
風扇啟動數量	4	3.20
冷却水量 (T/H)	13,018.0	13,907.4
水塔進出水溫差 (°C)	10.4	12.6 VP
● 蒸散量 (T/H)	207.1	267.4
濃縮比	6.0 BC-Assume	9.0
排放量 (T/H)	41.4 CAL	33.4
飛散量 (T/H)	6.5 CAL	7.0
補水量 (T/H)	255.1 CAL	307.7
TG3發電量 (MW)	88.8 VP	88.7
風扇, 泵用電量 (MW)	2.3 CAL	2.3
節水量 (T/H)		-52.7
節電量 (MW)		-0.1

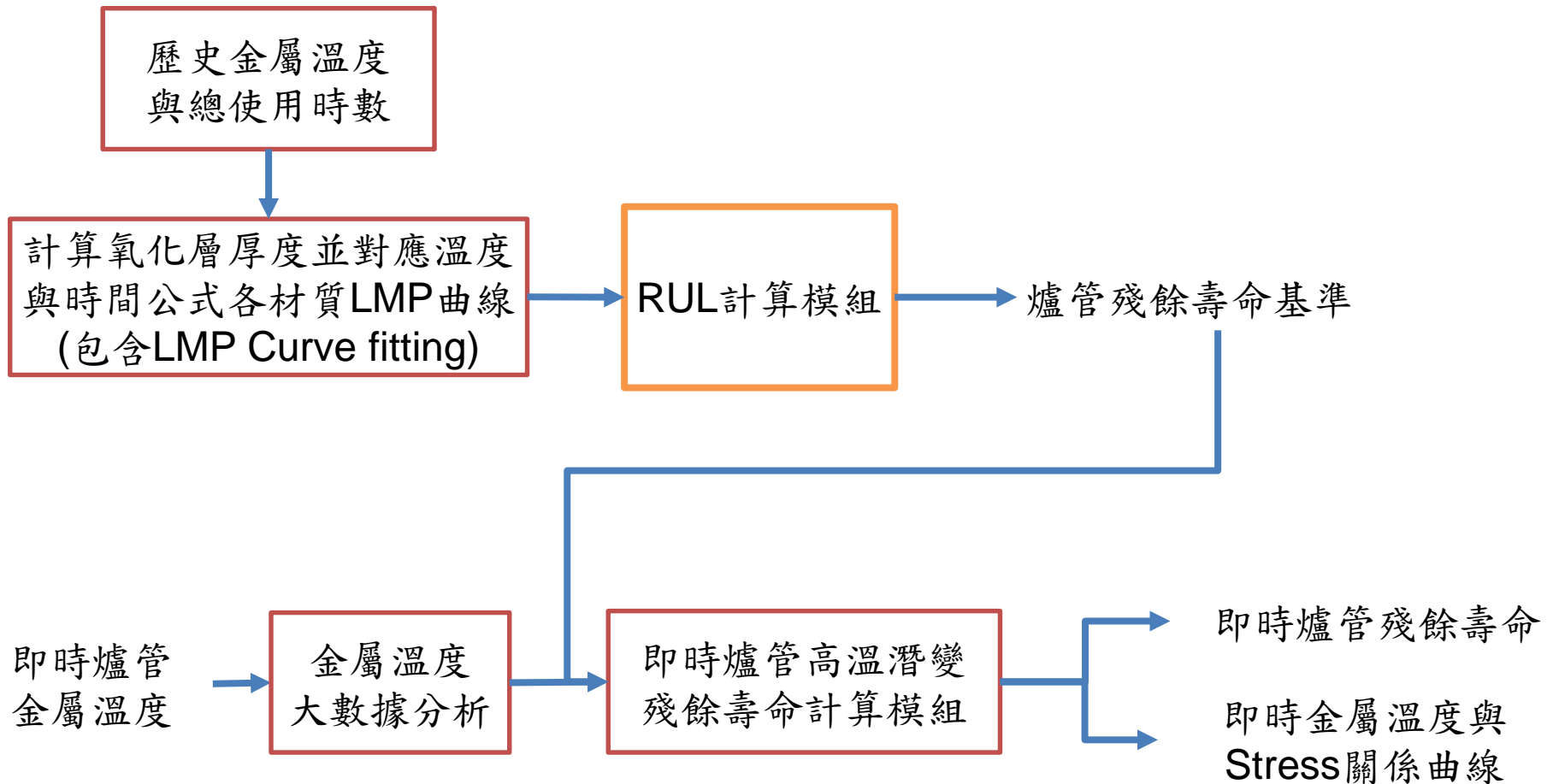
	管制值	現況	優化
真空度	-0.833	-0.880	-0.875
背汽溫度	54.7		
估計流量	12,283 t(SI)/h		
估計流量	12,364.7 m³/h		
CWP 啟動數量	3用1備	3	3.20
真空度 (kgf/cm²g)	< -0.833	-0.880	-0.875
冷凝器TTD (°C)	1 < TTD < 6	282.9	283.6
冷凝器TR (°C)	4 < TR < 10	14.4	13.3

*: 使用移動平均值

➤ 配合冷凝器之需求，配合VP模型計算，提供冷却水塔優化之操作建議。

3.9 即時爐管剩餘使用壽命預測(RT-RUL)

計算流程



3.9 即時爐管剩餘使用壽命預測(RT-RUL)

RT-RUL 計算方法

Robinson' s Rule

$$\underbrace{t_r / t_f}_{\text{已使用比例}} + \underbrace{t_{\text{RT-RUL}} / t_{\text{design}}}_{\text{剩餘可使用比例}} = 1$$

t_{design} : 爐管設計使用壽命
(通常為200000hr)

$$t_{\text{RT-RUL}} = [1 - (t_r / t_f)] * t_{\text{design}}$$

**以目前的案例包含台電、仁武公用廠爐管使用壽命都會超過設計值

3.9 即時爐管剩餘使用壽命預測(RT-RUL)

金屬溫度安裝位置爐管材質確認

根據現場勘查結果，確認過熱器爐管金屬溫度安裝位置於第二次過熱氣出口管排，於右側上方圖之對應表得到材質為STBA-24，此材質為JIS標準。並依據下圖之對應表得到ASTM標準之材質為T22。

編號	8	10	11	12	13	14	15	16	
位置	板式過熱器(入口段)中段	板式過熱器(入口段)下段	板式過熱器(出口段)	第二次過熱器(入口)爐體內	第二次過熱器(出口)爐體內(人孔3)	第二次過熱器(出口)爐體內(人孔2、3)	第二次過熱器爐壁懸吊管前1(人孔2)	第二次過熱器爐壁懸吊管後2(人孔1)	
材質	STBA-24	STBA-22	STBA-24	STBA-24	STBA-24	STBA-24	STB-42	STB-42	
管外徑(mm)	50.8	50.8	50.8	57	57	57	63.5	63.5	
管厚度(mm)	4.8	4.8	7.0	9.2	11.3	13.2	5.7	5.3	
壓力(kg/cm ²)	149	149	149	149	149	149	149	149	
溫度(度C)	503	503	544	530	555	581	347	347	
材料容許強度(kg/mm ²)	8.30	8.30	5.28	6.18	4.66	3.52	10.50	10.50	
CNS最小厚度(mm)	4.44	4.44	6.53	6.42	8.14	10.24	4.52	4.52	
爆管厚度(mm)	1.37	1.37	1.98	1.95	2.48	3.15	1.55	1.42	
測厚管制值	◎:T(mm)<	4.53	4.53	6.65	7.11	8.93	10.98	4.82	4.72
	\$:T(mm)<	4.44	4.44	6.53	6.42	8.14	10.24	4.52	4.52
	\$\$:T(mm)<	2.95	2.95	4.37	4.28	5.46	6.94	3.01	3.01
	\$\$\$:T(mm)<	1.91	1.91	2.81	2.75	3.51	4.48	1.96	1.96
減減管制值	!:a>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	!!:a>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	!!!:a>	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Standards and grades:

ASTM		JIS		DIN	
standard	grade	standard	grade	standard	grade
A209	T1	G 3462	STBA 12	16Mo5	1.5423
A209	T1a	G 3462	STBA 13	16Mo5	1.5423
A213	T2	G 3462	STBA 20	-	-
A213	T12	G 3462	STBA 22	13CrMo44	1.7335
A213	T11	G 3462	STBA 23	13CrMo44	1.7335
A213	T22	G 3462	STBA 24	10CrMo910	1.7380
A213	T5	G 3462	STBA 25	12CrMo195	1.7362
A213	T9	G 3462	STBA 26	-	-

3.9 即時爐管剩餘使用壽命預測(RT-RUL)

STBA-24 (T22) 氧化層生成公式與LMP曲線

GA Formulation of Oxide Scale Growth for T22 Steel

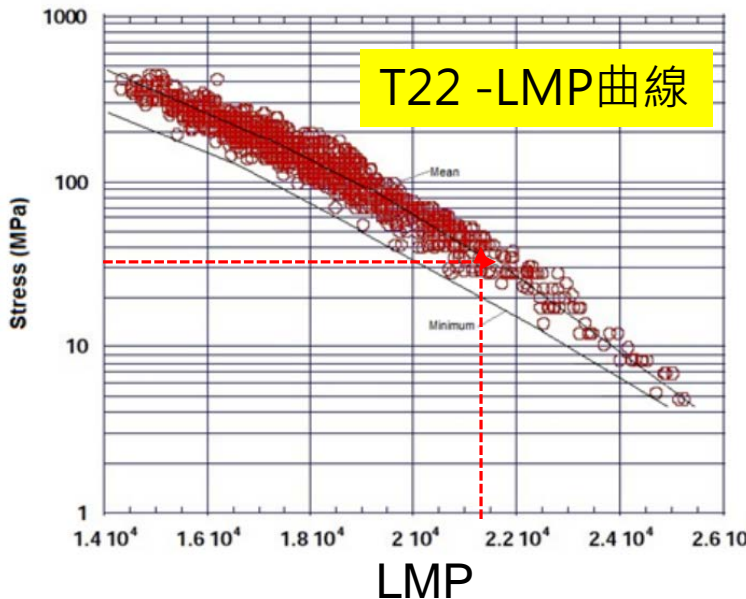
Where : $S(\text{氧化層}) = \{ (C \times P) \times t / (1 + P \times t) \} + E \times t$
 Log (Coefficient) = $b_0 + b_1 T + b_2 T^2$, with values for the b_i coefficient as follows

Coefficient	B_0	B_1	B_2
C	13.2413	-2.5800E-02	1.4319E-05
P	-5.7267	4.7931E-03	-2.0905E-06
E	6.6488	-2.4771E-02	1.5425E-05

S = scale thickness in μm
 T = temperature in degree F
 t = time in hours

$$t = 10^{\frac{LMP}{T} - 20}$$

t = 可使用時數
 T = 金屬溫度



預設爐管使用年限為**250,000**小時的情形下，將爐管設計值**581°C**與**149kg/cm²**推估出氧化層生成量，所承受Working Stress為30.2(Mpa)對應LMP值為**2.17*10⁴**，計算出可使用壽命約為**254,040**小時，與前述爐管預設的**250,000**小時相近。

此LMP曲線適合應用於本案T22爐管材質殘餘壽命計算。

3.9 即時爐管剩餘使用壽命預測(RT-RUL)

即時壽命試算表計算結果(範例)

綠底：計算結果並呈現於UI

即時Batch1	batch time(min)	5 min	長期	300000 hr					
	batch time(h)	0.083333333 hour		B0	B1	B2	°F		
	即時金屬溫度C	560.0 °C	C	13.2413	-0.0258	0.000014319	1090.4	136.1044607	
	金屬溫度Bias	28.0 °C	P	-5.7267	0.0047931	-2.0905E-06	1090.4	0.001033118	
	爐內金屬溫度	588.0 °C	E	6.6488	-0.024771	0.000015425	1090.4	0.009514745	
	爐內金屬溫度	861.2 °K	S	2990.09033 um					
	爐內金屬溫度	1090.4 °F	S	2.99009033 mm					
	該Batch生成氧化層厚度	0.00001251 mm		300000.083 hr					
	爐管直徑	57.0 mm		B0	B1	B2	°F		
	爐管殘餘厚度基準	11.091122 mm	C	13.2413	-0.0258	0.000014319	1090.4	136.1044607	
	爐管殘餘厚度	11.0911093 mm	P	-5.7267	0.0047931	-2.0905E-06	1090.4	0.001033118	
	壓力	126.0 Kg/cm2a	E	6.6488	-0.024771	0.000015425	1090.4	0.009514745	
	Working Stress	2.6077284 Kg/mm2	S	2990.091123 um					
	Working Stress	25.57 Mpa	S	2.990091123 mm					
			S差	0.00000079 mm					
	LMP	22.00	短期	0.083333333 hr					
	代表可用壽命	40.2 years		B0	B1	B2	°F		
	batch 代表使用比例	0.00002363662163214%	C	13.2413	-0.0258	0.000014319	1090.4	136.1044607	
	累積使用比例	42.632278%	P	-5.7267	0.0047931	-2.0905E-06	1090.4	0.001033118	
	爐管剩餘壽命	16.37206667 years	E	6.6488	-0.024771	0.000015425	1090.4	0.009514745	
			S	0.012509551 um					
			S	0.00001251 mm					

於右側計算中各別計算出長期跟短期氧化層生成厚度，再於氧化層厚度欄位判斷金屬溫度是否高於設定值(目前設定為581°C)，若高於則判斷為短期，低於則判斷為長期。再利用相同之方法找到對應的LMP數值後，計算出代表可用壽命與代表使用比例，再將此5分鐘之代表使用比例加到累積使用比例即得到最新的使用比例與剩餘壽命。

3.9 即時爐管剩餘使用壽命預測(RT-RUL)

EtaPRO UI JP5 爐管殘餘壽命計算

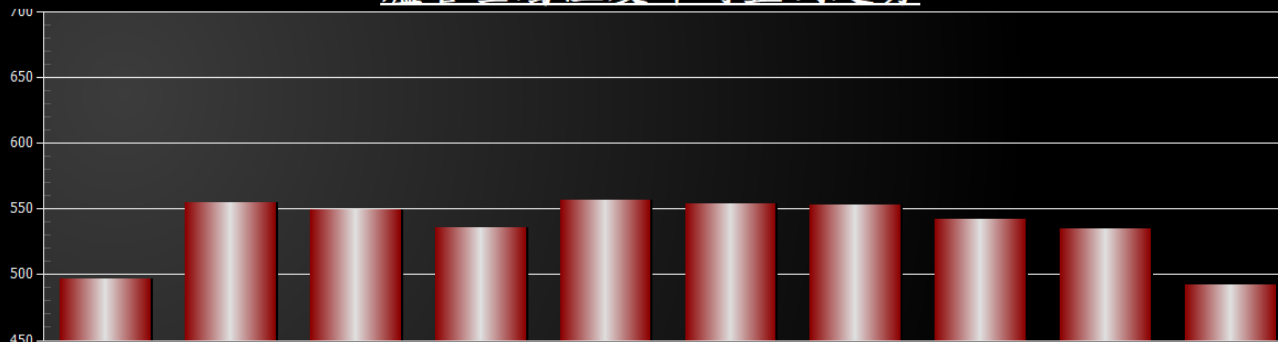
仁武公用廠JP5金屬爐管殘餘壽命監視系統

爐管金屬溫度即時監測趨勢

主蒸汽流量
234.90 t(SI)/h

出口溫度
314.4 °C

SCR入口含氧量
2.8 %
3.0 %



溫度計編號	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
Actual	497.0	554.4	549.1	535.4	556.2	554.2	552.9	541.7	535.0	491.7
Expected	498.6	558.0	550.7	531.1	550.4	550.0	551.8	542.2	537.6	491.4
爐管殘餘厚度 (mm)	12.54	11.41	11.38	11.58	11.13	11.52	11.70	12.12	12.16	12.67
爐管已使用比例 (%)	1.5	32.3	33.9	24.8	49.5	27.2	18.8	7.5	6.6	0.7
爐管殘餘壽命 (年)	28.1	19.3	18.9	21.5	14.4	20.8	23.2	26.4	28.4	28.4
爐管初始厚度 (mm)	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
爐管臨界厚度 (mm)	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24
爐管爆管厚度 (mm)	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15

4 目標與展望

1. 汽電廠機組透過AI優化，在滿足發電量的需求以及可信的機組效率下，得以藉由調整不同機組發電量配置，改善機組調度使得總發電成本最小化，效益最大化。
2. 規劃以單一示範廠為優先執行廠域，藉由AI提升能源使用效率、生產效率以及設備性能監視，未來將平行展開至企業內各公用電廠。
3. 通過智能生產和管理操作來響應市場變化的能力，讓電廠提高其適應行業發展新常態的能力。同時還促進了發電廠、社會與環境之間相互依存的發展關係。
4. 面對氣候變遷，台塑公司已將減碳納入企業經營風險管理的一項，深知減碳就是經濟行為，未來將持續導入AI生產等技術，以及燃料轉型及採取數位轉型來降低碳排放，同時開發環境友善產品，讓台塑「碳中和」路徑變成綠色商機。

報告完畢

