台灣電力公司
105年度空調運用技術研討會

空調節能技術與能源管理

主 講 人：陳 輝 俊

中華民國冷凍空調技師公會全聯會 理事長

新北市綠色能源產業聯盟 理事長

地點：桃園市桃園區復興路352號

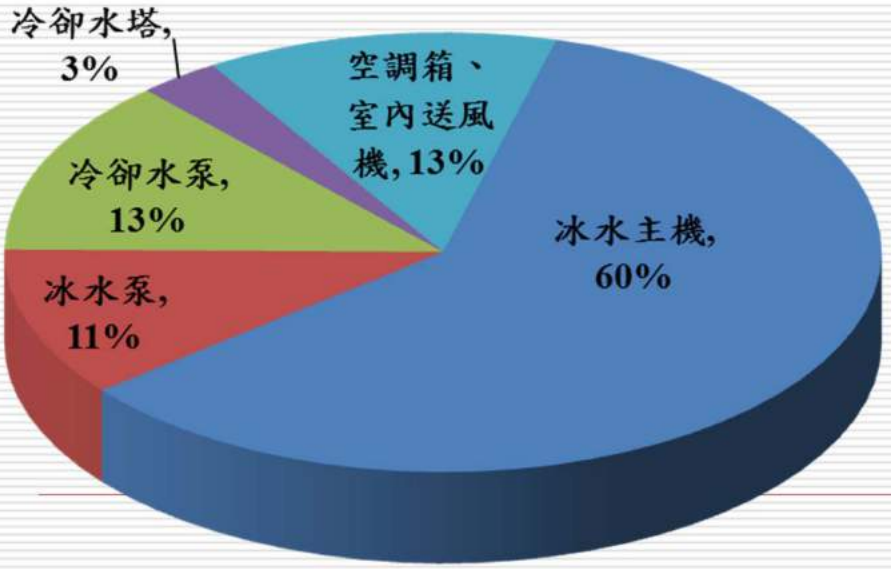
時間：2016年05月19日 AM 10:30~12:10

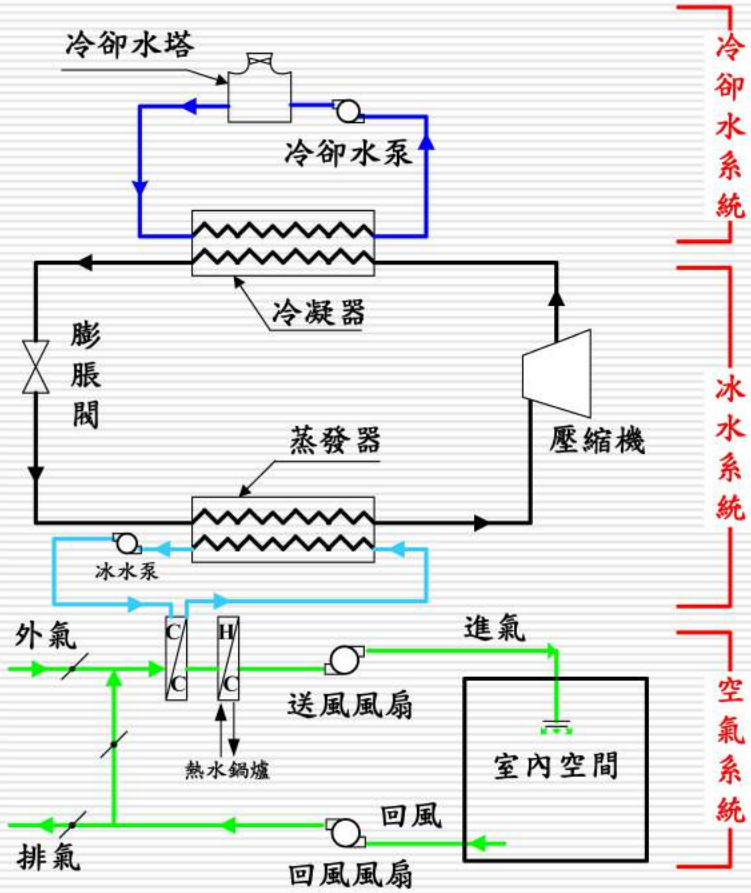
大綱

- 中央空調系統之介紹
- 能源管理系統(ISO 50001)介紹
- 能源技術服務業的變革
- 能源管理之步驟
- 空調系統之能源管理
- 結語

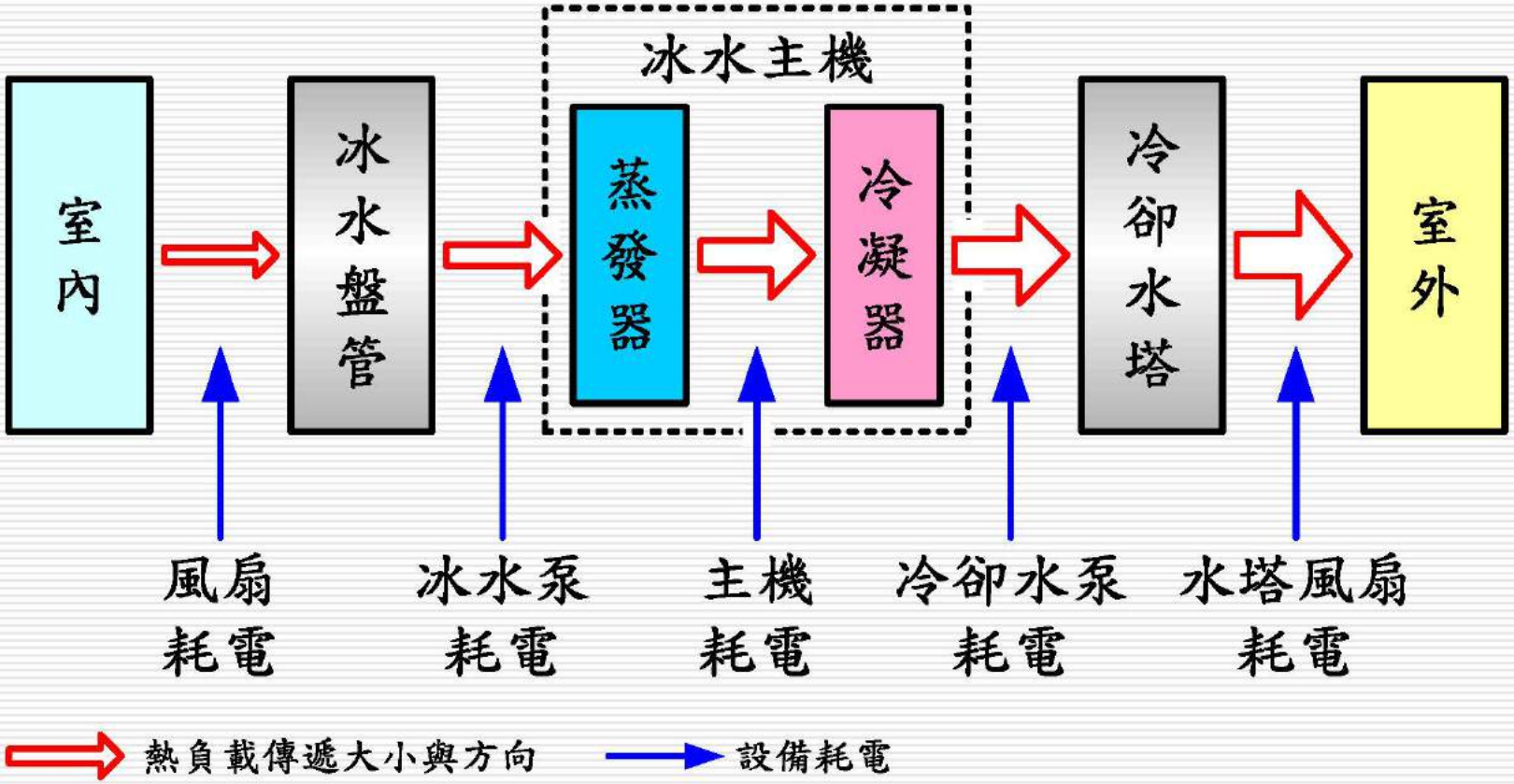
中央空調系統介紹

- 中央空調系統由冰水、冷卻水、空氣等三大系統組成。





中央空調系統之熱傳與耗電

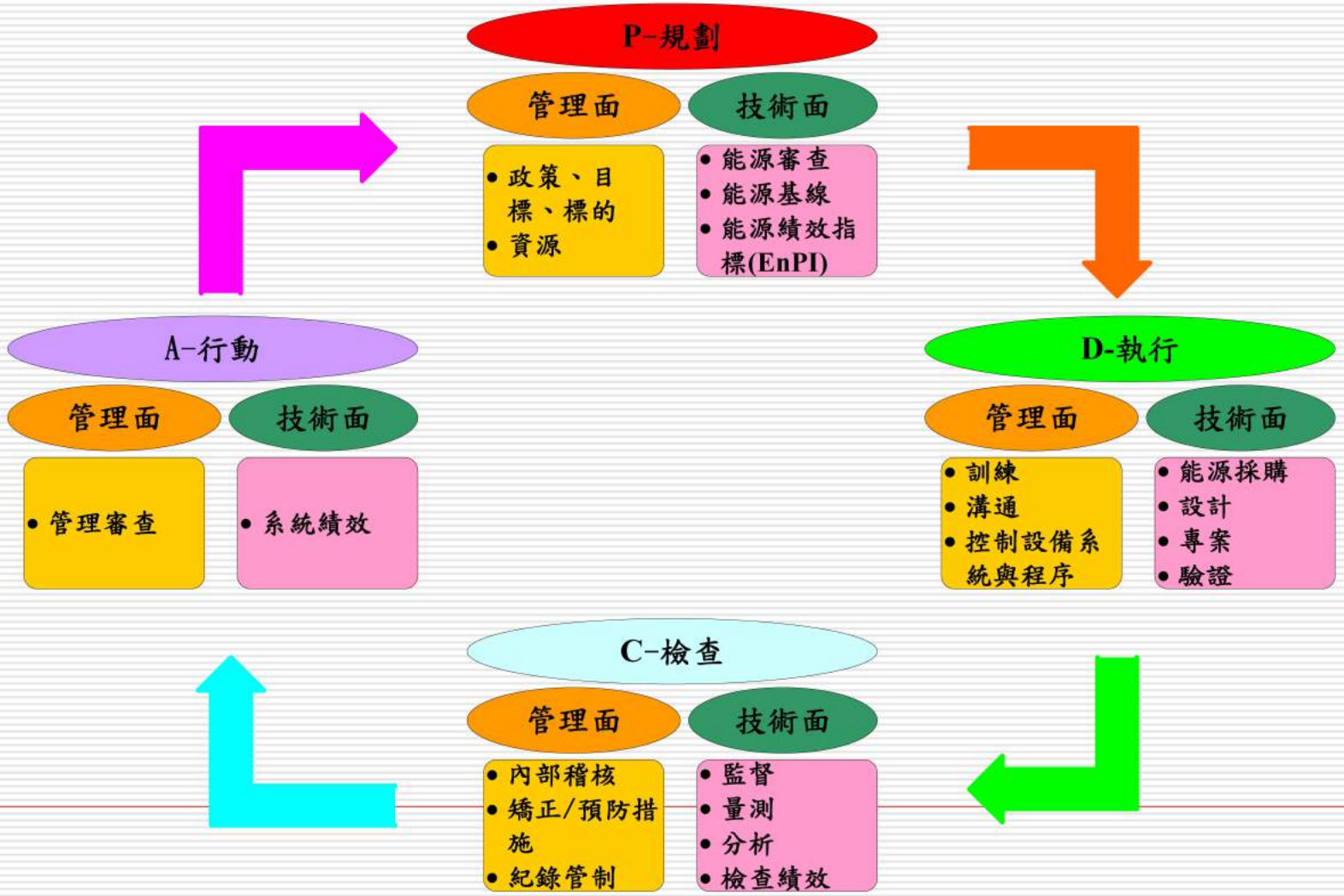


中央空調系統負載傳遞示意圖

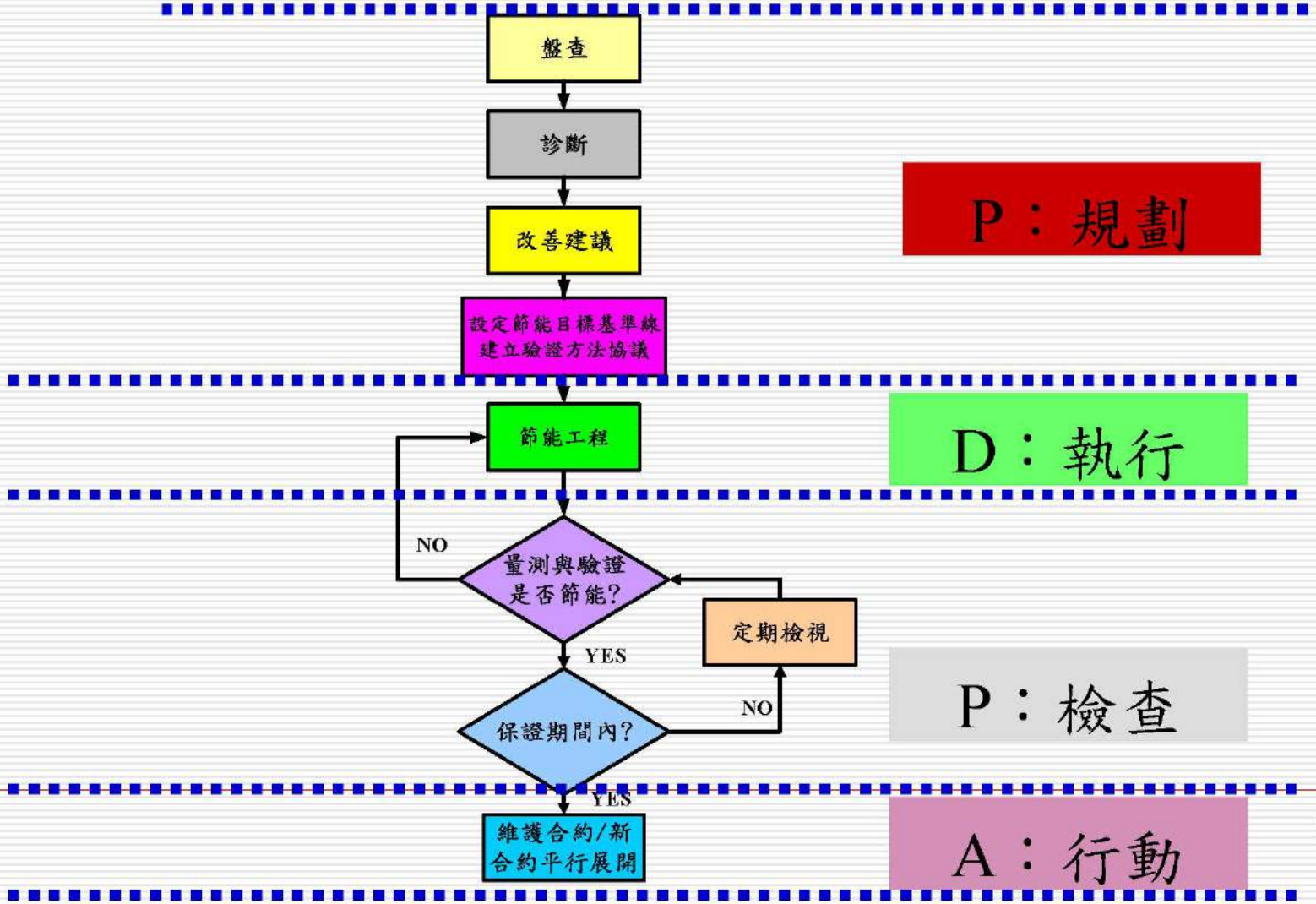
能源管理系統(ISO 50001)介紹

- ISO 50001是基於P-D-C-A持續改善的原則，以及將能源管理併入日常組織實務，方法簡述如下：
  - 規劃(P)：依據改善能源績效及組織政策的機會，建立目標與必要的過程以達成結果。
  - 執行(D)：實現這些過程。
  - 檢查(C)：針對政策、目標及其作業關鍵特性之監督與量測過程，並報告結果。
  - 行動(A)：採取措施以持續改善管理績效。

ISO 50001之管理面與技術面分析



ESPC執行程序(符合ISO 50001)



ISO 50001與ESCO專案之執行內容比較

項目	ESCO專案	ISO 50001
專案負責人	需指定專人負責	最高管理者
能源檢視	能源盤查、能源診斷	能源審查
能源基線	基準線	基線
能源基線調整量	有(標準化或基線調整)	有(標準化)
調整量計算方式	迴歸	未指定
績效指標	節能保證量	績效指標
節能技術	空調/空壓/照明/電力/系統...	未提及
系統整合技術	有(調整量)	未提及
系統面考量	系統節能考量	節能管理系統

ISO 50001與ESCO專案之執行內容比較

項目	ESCO專案	ISO 50001
量測	短期/長期	有
驗證	從專案開始到結束	有
驗證方法	M&V計畫規定	自定
採購	有	有
設計	有	有
業主資金來源	無或部分融資	自有資金
持續改善	依合約內容執行	有

ISO 50001與ESCO專案特性比較

層面	項目	ESCO專案	ISO 50001
法制面 技術面	正式合約	在基準線確定後簽約	無
	節能績效保證	有	無
	持續改善	依合約期間之績效保證	有
	專人負責	依M&V計畫規定	最高管理者
	技術風險	低~中	中~高
	目的	節能降成本	落實能源管理
	意願	自願性	自願性
	範圍	依合約約定	全公司(或自訂)
	維護/保養	可與ESCO簽約	自行負責
財務融資面	財務面風險	低	高
	資金取得	易，管道多不需支付費用	難，需視公司營運狀況
	投資效益評估	需要	需要，但屬內部管理
人才培訓面	技術面人才	多	少(製程節能人才較多)
	管理面人才	多	少
	業務徵詢	ESCO公會/業者	標準驗證公司

能源技術服務業的變革

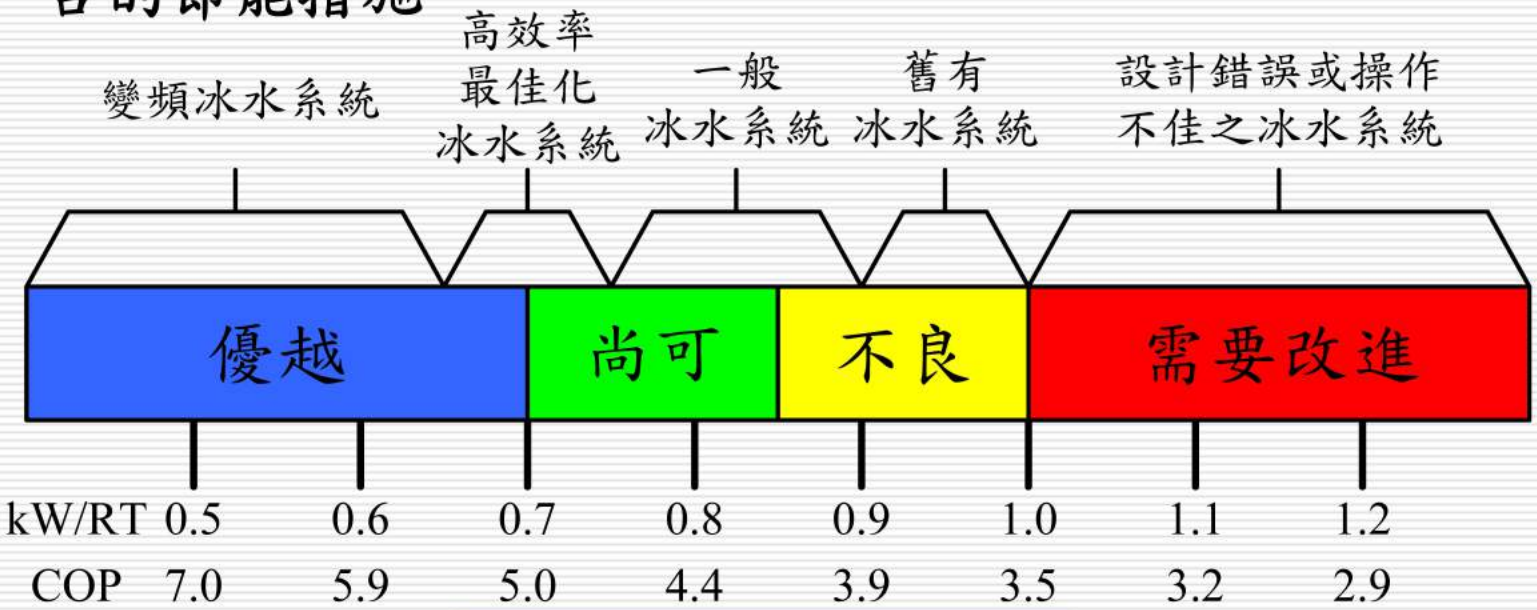
初期能源管理	國際標準能源管理	動態可視化 能源管理
節能績效指標	基準線 IPMVP ISO 50001	雲端能源管理
2005年以前	2005年~2014年	2014年開始
自己比別人	自己比自己	雲端Big Data分析

能源績效指標(Energy Perormance Indicator, EnPI)

- 能源績效指標：作為能源管理依據的量化值，可以簡單量度、比值或複雜的模式予以表示。
- 能源績效指標(EnPI)
  - 單位面積耗能量(Mcal/m^2)
  - 單位產量耗能(LOE/Ton) or (kW/產量)
  - 年度單位面積耗電量EUI[kWh/(m^2・yr)]
  - PUE = 全區耗能率/主要設備耗能率（kW/kW）

我國冰水主機性能指標

- 分析系統的節能潛力時，應針對系統效率做整體的調查與檢測，了解系統耗能的分佈狀況外，進而探討系統中可以進行節能之處，並針對各系統與項目提出適合的節能措施。



冰水系統之性能指標

我國冰水主機能效標準

執行階段			第一階段		第二階段	
實施日期			民國九十二年一月一日		民國九十四年一月一日	
型　　式		冷卻能力等級	能源效率比值(EER)kcal/h-W	性能係數(COP)	能源效率比值(EER) kcal/h-W	性能係數(COP)
水冷式	容積式壓縮機	<150RT	3.50	4.07	3.83	4.45
		≧150RT ≦500RT	3.60	4.19	4.21	4.90
		>500RT	4.00	4.65	4.73	5.50
	離心式壓縮機	<150RT	4.30	5.00	4.30	5.00
		≧150RT <300RT	4.77	5.55	4.77	5.55
		≧300RT	4.77	5.55	5.25	6.10
氣冷式	全機種		2.40	2.79	2.40	2.79

資料來源：經濟部能源局

案例1：某廠房冰水主機之汰換(傳統計算方法)

- 案例說明：
  - 某廠房之冰水主機經過實際性能量測時，各項量測數據如下所示：
    - 電源：三相，235V，134A，功率因素為1。
    - 冰水流量：860LPM，進水16^{o}C，出水13^{o}C。
    - 每年運轉時數為6000小時。
- 節能措施：
  - 由於冰水主機性能不佳，COP過低，將執行汰換冰水主機之節能措施。

案例1：某廠房冰水主機之汰換

- 節能效益的計算：
  - 改善前：

$$\dot{W}_{comp} = \sqrt{3}V \times I \times \mathrm{PF} = \sqrt{3}(225\mathrm{V}) \times (134\mathrm{A}) \times 1 = 54.5\mathrm{kW}$$

$$\dot{q}_{eva} = \dot{m}_w C_p \Delta T = \frac{860}{60}\frac{L}{s} \times 1\frac{kg}{L} \times 4.2\frac{kJ}{kg \cdot K} \times 3^\circ\mathrm{C} = 180.6\mathrm{kW}$$

$$\mathrm{COP} = \frac{\dot{q}_{eva}}{\dot{W}_{comp}} = 3.31$$

    - 依94年公布之標準，COP需高於5.0，而本機COP只達3.31，故必須汰舊換新！
    - 將汰換成COP為6.0之新冰水主機。

案例1：某廠房冰水主機之汰換

- 改善後：

$$\dot{W}_{comp} = \frac{\dot{q}_{eva}}{\mathrm{COP}} = \frac{180.6}{6} = 30.1\mathrm{kW}$$

- 節能量：

$$W_{savings} = (54.5 - 30.1)\,kW \times 6000\frac{hr}{yr} = \boxed{146,400\frac{kWh}{yr}}$$

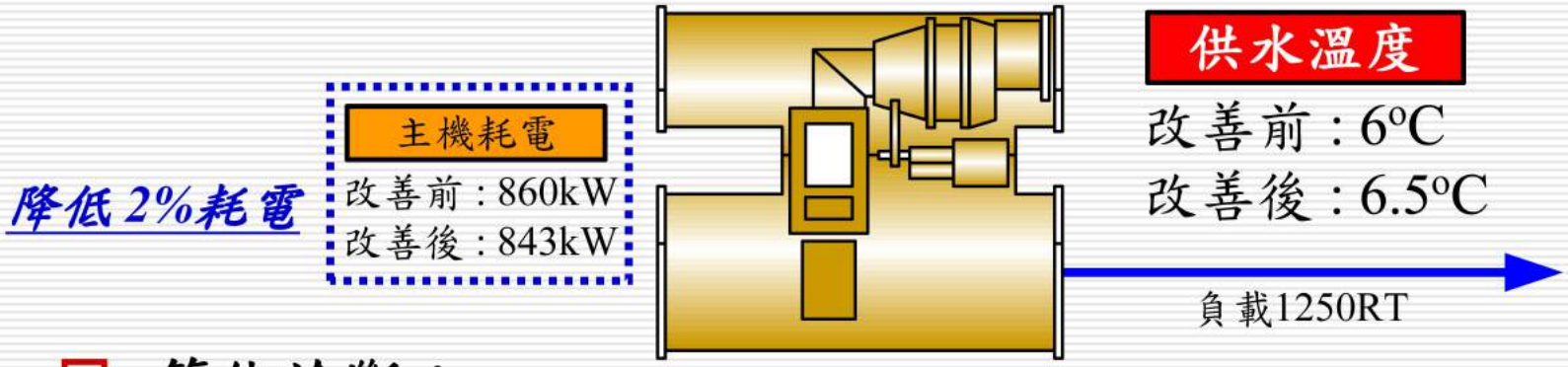
- CO_2減排量：

$$\mathrm{CO}_{2\mathrm{reduction}} = 146,400\frac{kWh}{yr} \times 0.612\frac{kg}{kWh} = \boxed{89,596.8\frac{kg}{yr}}$$

案例2：某工廠調高冰水供水溫度(傳統計算方法)

- 案例說明：
  - 某工廠具有將4台1,250 RT的冰水主機
  - 冰水設定溫度為6 ^{o}C
  - 每台冰水主機耗電率為860 kW
  - 每天運轉時數為24小時
- 節能措施：
  - 該廠欲於冬季運轉時，將冰水設定溫度提升到6.5 ^{o}C，則平均可減少2%的耗電
  - 冬季運轉天數為120天

案例2：某工廠調高冰水供水溫度



- 節能診斷：
  - 節能量：

$$W_{savings} = 2\% \times 860 \frac{kW}{台} \times 4台 \times 24 \frac{hr}{day} \times 120 day = 198{,}144 kWh$$

  - CO_2減排量：

$$CO_{2reduction} = 198{,}144 kWh \times 0.612 \frac{kg}{kWh} = 121{,}264.1 kg$$

案例3：某工廠汰換過大設計之冷卻水泵(傳統計算方法)

- 案例說明：
  - 某工廠之冰水主機容量為200RT
  - 冷卻水泵容量為30Hp，標稱揚程為45 m ，效率70%
  - 冷卻水塔與冰水主機皆在同一層樓，且兩者距離為150 m
  - 水管路系統內每泵送100 m會產生8 m壓降
  - 冰水主機每單位RT需要3 GPM之冷卻水量
  - 每年運轉時數為6,000小時

案例3：某工廠汰換過大設計之冷卻水泵

- 節能措施：
  - 將過大設計之冷卻水泵汰換成較小容量之水泵
- 節能效益的計算：
  - 改善前：

$$\dot{W}_{改善前} = 30\text{HP}$$

  - 改善後：

$$\dot{W}_{改善後} = \frac{3\frac{\text{GPM}}{\text{RT}} \times 200\text{RT} \times \frac{8\text{m}}{100\text{m}} \times 150m \times 3.28\frac{ft}{m}}{3960 \times 0.7} = 8.5\text{HP}$$

故將舊有水泵汰換成10Hp之小容量水泵即可

案例3：某工廠汰換過大設計之冷卻水泵

- 節能診斷：
  - 節能量(由30HP汰換為10HP)：

$$W_{savings} = 20Hp \times 0.746\frac{kW}{Hp} \times 6,000\frac{hr}{yr} = 89,520\frac{kWh}{yr}$$

  - CO_2減排量：

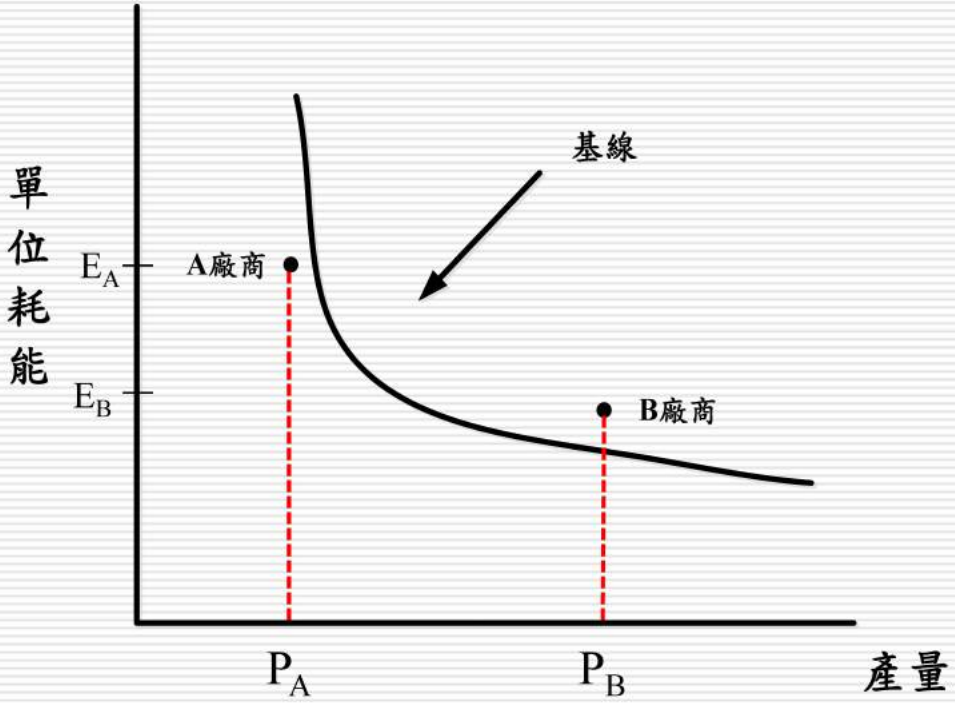
$$CO_{2reduction} = 89,520\frac{kWh}{yr} \times 0.612\frac{kg}{kWh} = 54,786.24\frac{kg}{yr}$$

基線(單位耗能指標) VS. 基準線

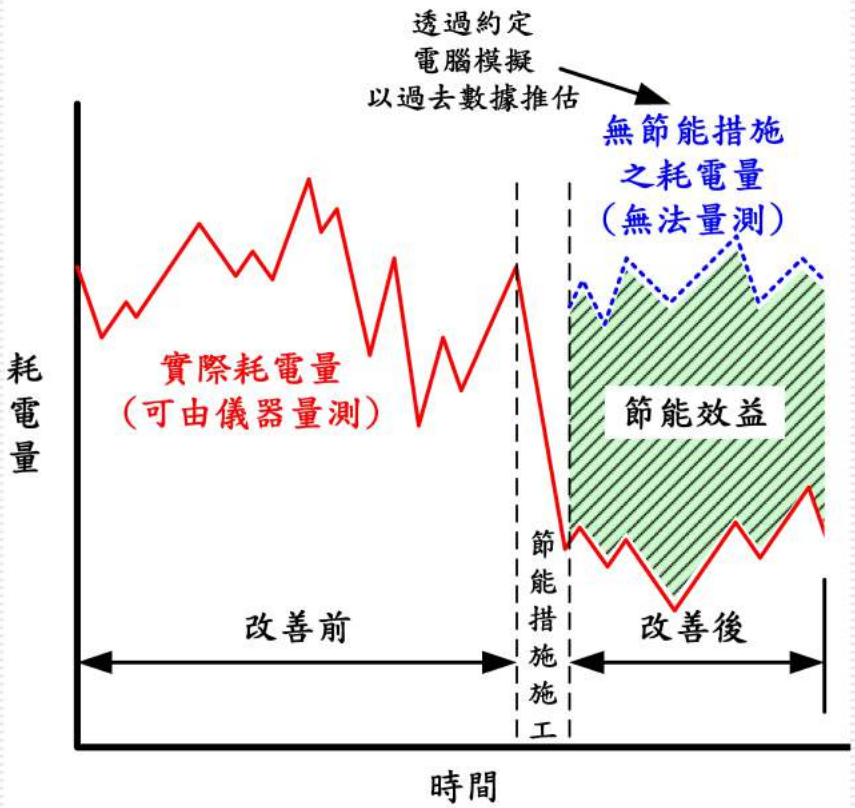
(Benchmark VS. Baseline)

E = AP + B

E/P= A + B/P



基線(Benchmark)



基準線(Baseline)

基準線 = 改善前能耗 – 改善後能耗 ± 調整量

傳統節能計算與IPMVP之差異

- 傳統節能計算方式：

  節能量＝基準線的耗能量－改善後的耗能量

  未將系統或設備於基準線（改善前）之操作狀態調整到與改善後的操作狀態一致。

- IPMVP節能計算方式：

  節能量＝基準線的耗能量－改善後的耗能量±調整量

  調整量即是將系統或設備於基準線與改善後的操作狀態調整為一致之修正量。

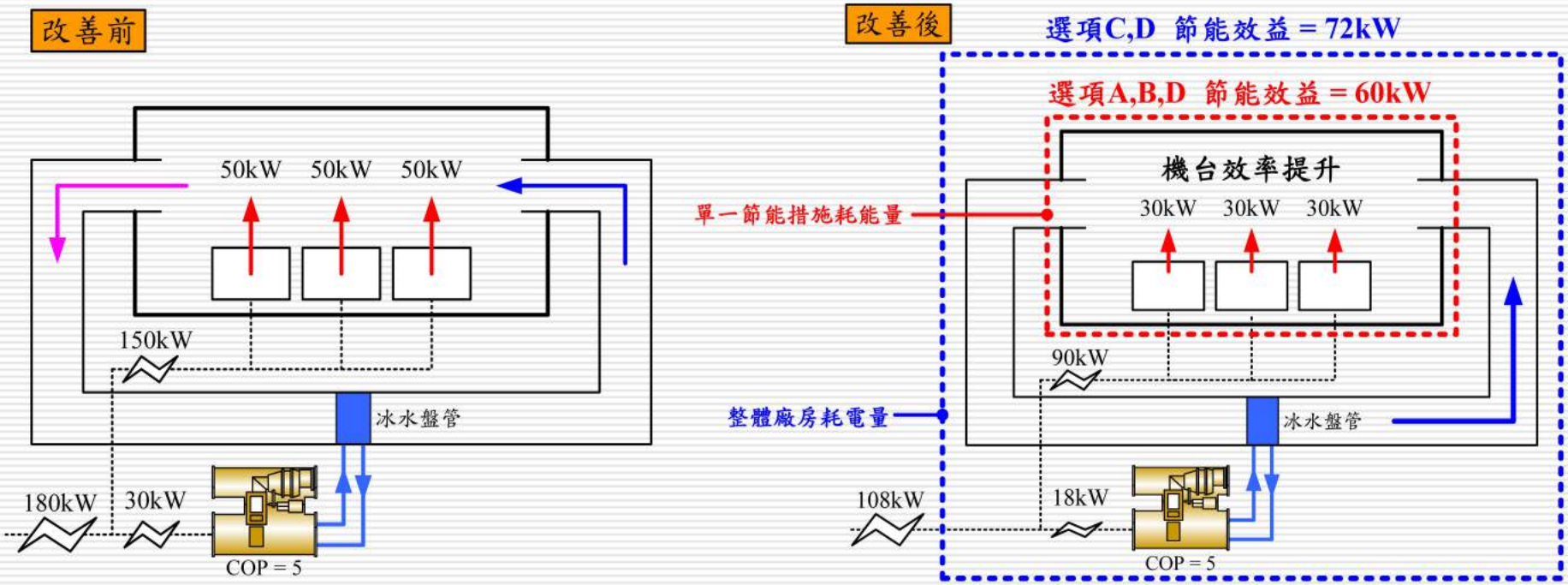
國際節能績效量測與驗證規範

M&V方案	如何計算節能效益	成本費用
選項A：獨立改善，部分量測 透過現場量測獨立改善設備的耗能來計算節能量，量測時間可短期或連續量測。部分量測代表某些參數可以為約定值，但做約定時必須要有誤差分析，證明約定值總誤差造成節能量計算結果的影響不大。	使用短期或連續量測、約定值、電腦模擬與/或歷史經驗數據作工程上的計算。	決定於量測點的多寡、約定內容的複雜程度、量測頻率，典型的費用大約佔1~5%的改善計畫成本。
選項B：獨立改善，全部量測 透過現場量測獨立改善設備的耗能來計算節能量，量測時間可短期或連續量測。全部參數皆為量測值，而非約定值。	使用短期或連續量測或電腦模擬作工程上的計算。	決定於量測點及系統型態，與分析及測量的條款。典型的費用約佔3~10% 的改善計畫成本。

國際節能績效量測與驗證規範

M&V方案	如何計算節能效益	成本費用
選項C：整廠改善、全部量測 透過量測整廠、整建築的耗能來計算節能量，量測時間可短期或連續量測。利用現有電力公司或燃料公司公表量測。	使用迴歸分析技術針對公表或分表之數據進行分析比較。	決定於分析參數的數量及複雜度。典型的費用約佔1~10% 的改善計畫成本。
選項D：模擬 透過模擬來求得節能量，獨立改善或整廠改善皆可適用。此選項需要大量模擬方面的技術與理論基礎。	將逐時或逐月耗能數據或終端設備的量測值代入耗能模型進行校正後，再透過模擬獲得。	決定於分析系統的數量及複雜度。典型的費用約佔3~10% 的改善計畫成本。

量測邊界

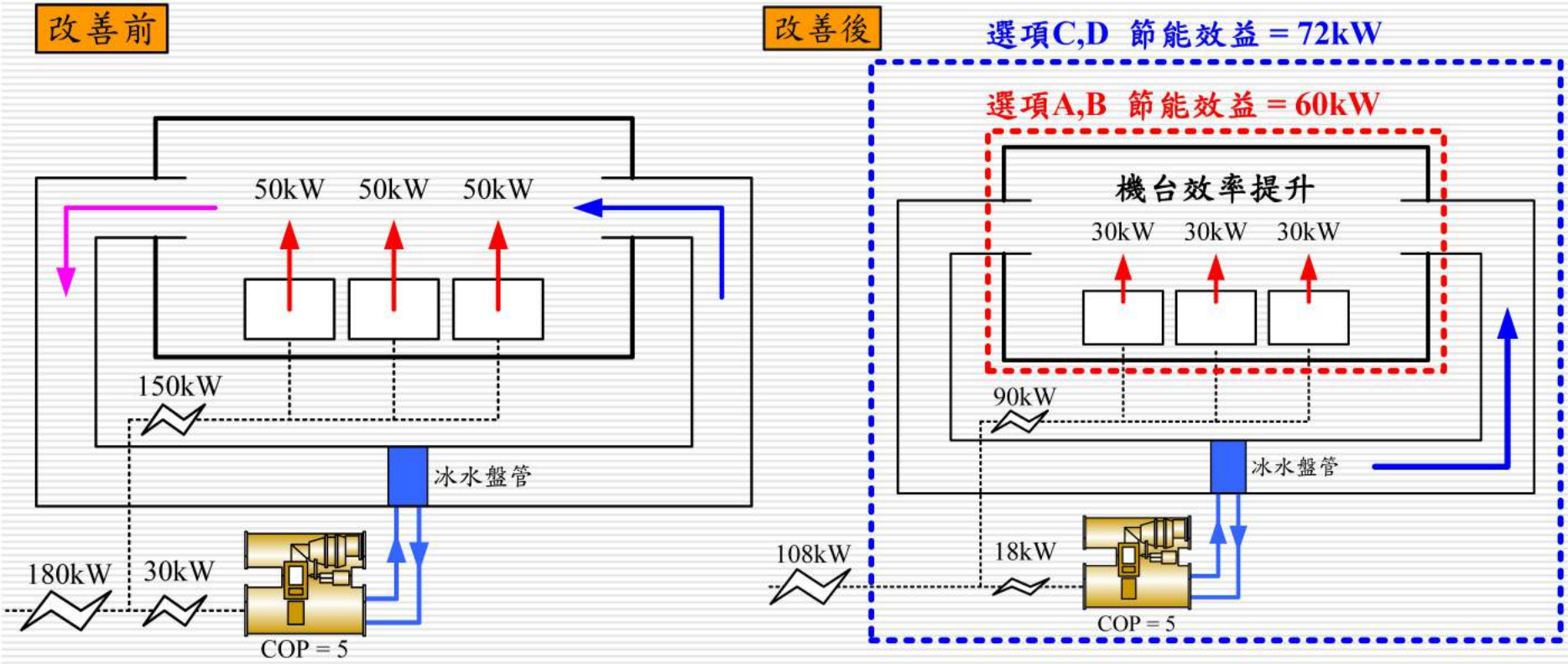

改善前
50kW
50kW
50kW
150kW
冰水盤管
180kW
30kW
COP = 5
改善後
選項C,D 節能效益 = 72kW
選項A,B,D 節能效益 = 60kW
機台效率提升
30kW
30kW
30kW
單一節能措施耗能量
90kW
整體廠房耗電量
冰水盤管
108kW
18kW
COP = 5

基準線的建立方法

- 系統耗能基準線之建立方法
  - 將改善前之基準線調整至改善後之操作條件（需建立系統改善前之基準線）
  - 將改善後之基準線調整至改善前之操作條件（需建立系統改善後之基準線）
  - 將改善前與改善後之基準線調整至標準操作條件或相同操作條件（需同時建立改善前與改善後基準線）

案例4、某廠房機台效率提升之節能案例

（說明不同的IPMVP選項對於節能效益評估之影響）



選項A～選項C

- 選項A / B的計算模式：針對特定設備（機台）進行短期/連續量測作為節能效益的驗證基準
  - 節能量 = 改善前機台耗電量－改善後的機台耗能量

    = 150kW－90kW

    = 60kW

- 選項C 的計算模式：針對整體廠房（機台與冰水主機）進行量測作為驗證基準
  - 節能量 = 改善前廠房耗電量－改善後廠房耗能量

    = （150+30）kW－（90+18）kW

    =72kW

本案例利用選項C作為驗證模式，將更能突顯節能措施所帶來之節能績效！

選項D

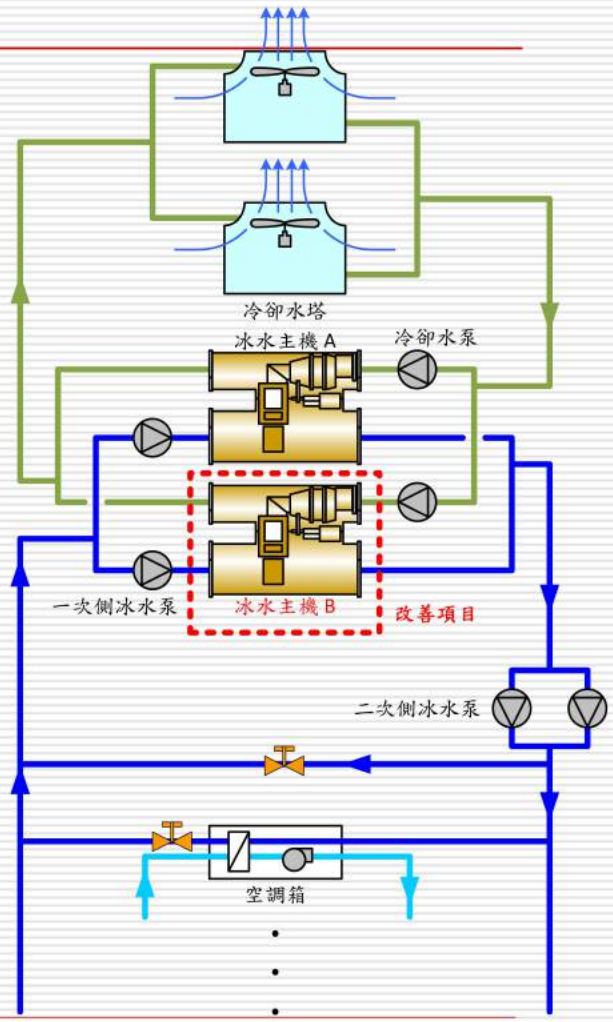
- 選項D透過模型建立以及數值模擬的方式作為驗證基準。
  - 選項D可以探討特定設備或整體廠房的耗電量，在四個驗證模式中最具有應用彈性。
  - 選項D可針對新設的廠房、廠房節能效益無法經由實地量測得知、預估節能措施是否可達到預定目標等狀況進行分析。因此在本案例選用選項D可以彌補選項A、B、C無法量測或量測設備成本過於昂貴等缺點外，亦可針對不同節能措施的節能效益進行預先評估，藉此提出最具節能效果的措施，以供設計者選用。

案例5 – 冰水主機汰換
採用IPMVP 選項D

- 台北市某商業大樓，有2台350RT冰水主機，該商業大樓每日使用時間為上午8:00至晚上20:00，共計12小時，年運轉天數為255天。冰水主機中，已有1台運轉年數超過10年，經初步盤查診斷，其性能COP不佳。業主為降低運轉能源費用，針對COP不佳之冰水主機，採汰舊換新節能措施。

設備規格與運轉條件

設備	原設備規格	數量
冰水主機	350 RT(1,230 kW)	2
冷卻水塔	450 RT(1,587 kW)	2
一次側冰水泵	流量：0.0588 m^3/s 揚程：147 kPa	2
二次側冰水泵	流量：0.0588 m^3/s 揚程：294 kPa	2
冷卻水泵	流量：0.0735 m^3/s 揚程：196 kPa	2

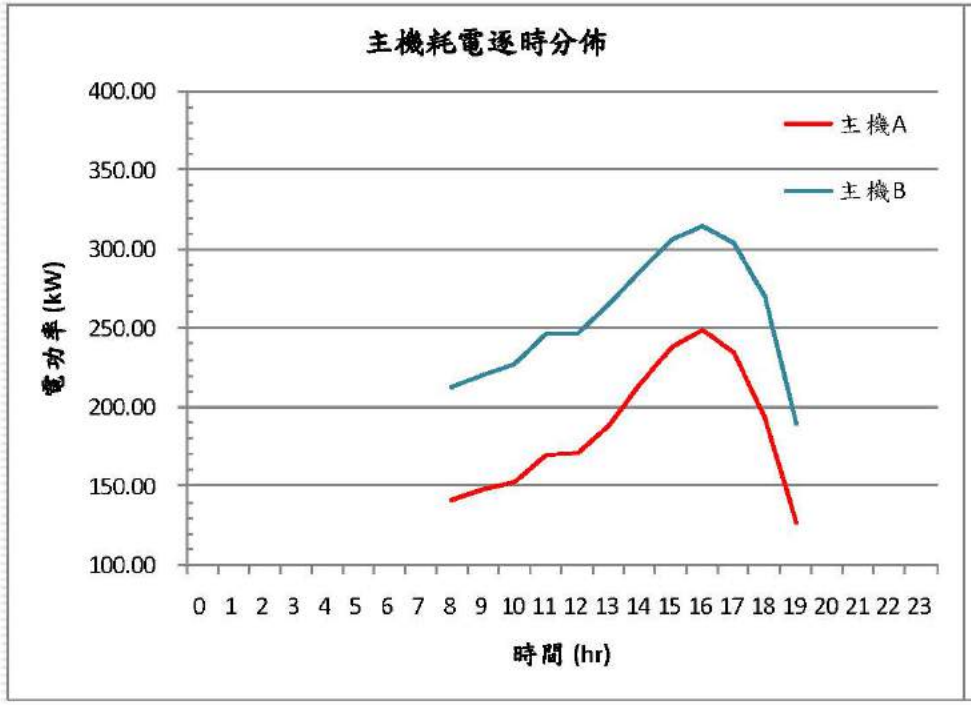


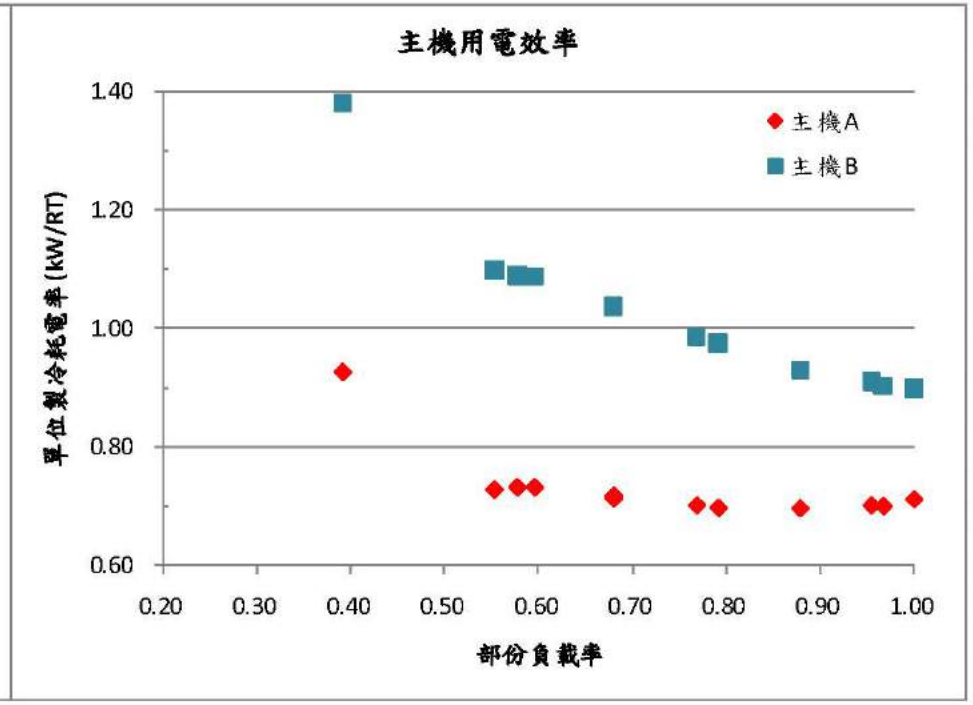
註：冰水側入出水水溫為12 °C進/7 °C出；冷卻水則為32 °C進/37 °C出

改善前冰水主機耗電比較

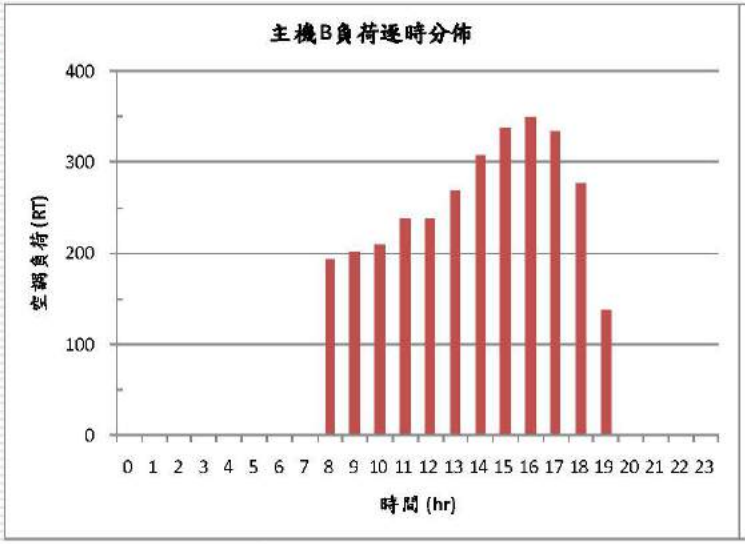
主機耗電比較

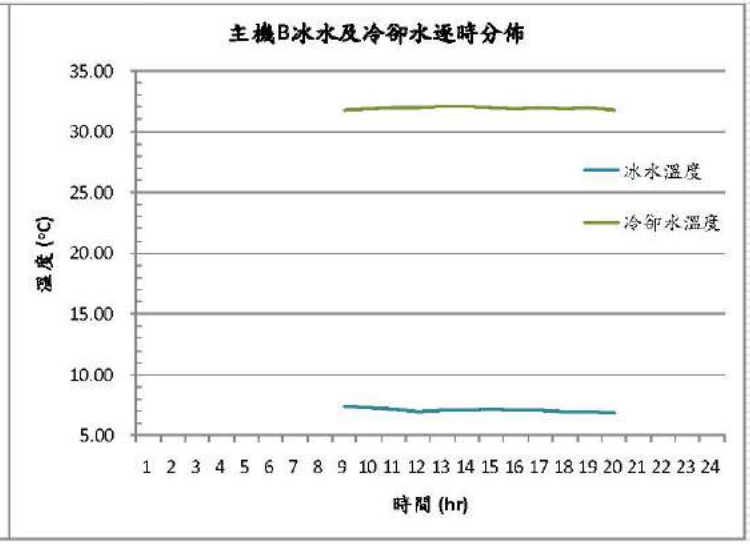
- 經比較主機逐時耗電率後可發現，主機 B 的輸入電功率皆高於主機 A；再比較單位製冷耗電率，主機 B 亦較主機 A 高 0.2~0.4 kW/RT

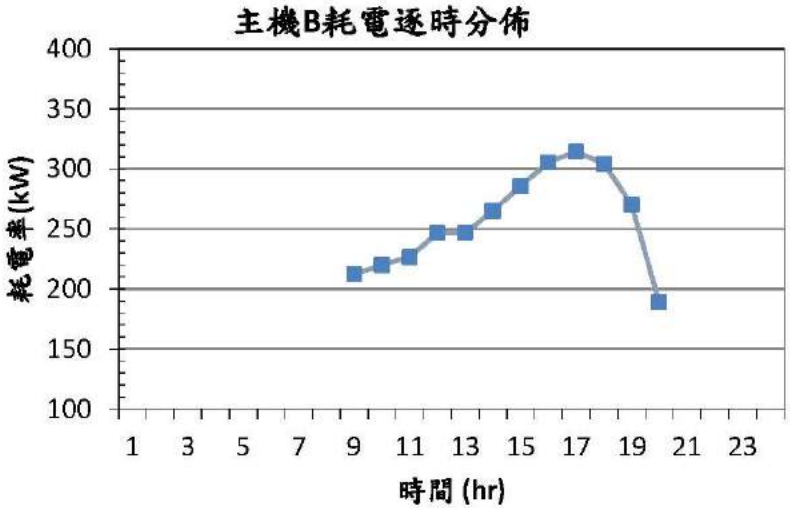




改善前原系統耗能


主機B負荷逐時分佈
空調負荷(RT)
400
300
200
100
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
時間 (hr)


主機B冰水及冷卻水逐時分佈
溫度 (°C)
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
冰水溫度
冷卻水溫度
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
時間 (hr)


主機B耗電逐時分佈
耗電量(kW)
400
350
300
250
200
150
100
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23
時間 (hr)

改善前原系統耗能

基準線建立

- 主機之耗電率與蒸發器出口水溫、冷凝器入口水溫以及實際負荷有關
- 利用短期或長期量測之冰水溫、冷卻水溫與主機負荷等數據，以迴歸分析方式建立主機 B 的耗電率計算模型 (基準線)
- 基準線型式為

$$\dot{W} = a_0 + a_1 \cdot (T_{cwr} - T_{chs}) + a_2 \cdot (T_{cwr} - T_{chs})^2 + a_3 \cdot \dot{Q}_{ch} + a_4 \cdot \dot{Q}_{ch}^2 + a_5 \cdot (T_{cwr} - T_{chs}) \cdot \dot{Q}_{ch}$$

T_{chs} 為蒸發器出口水溫

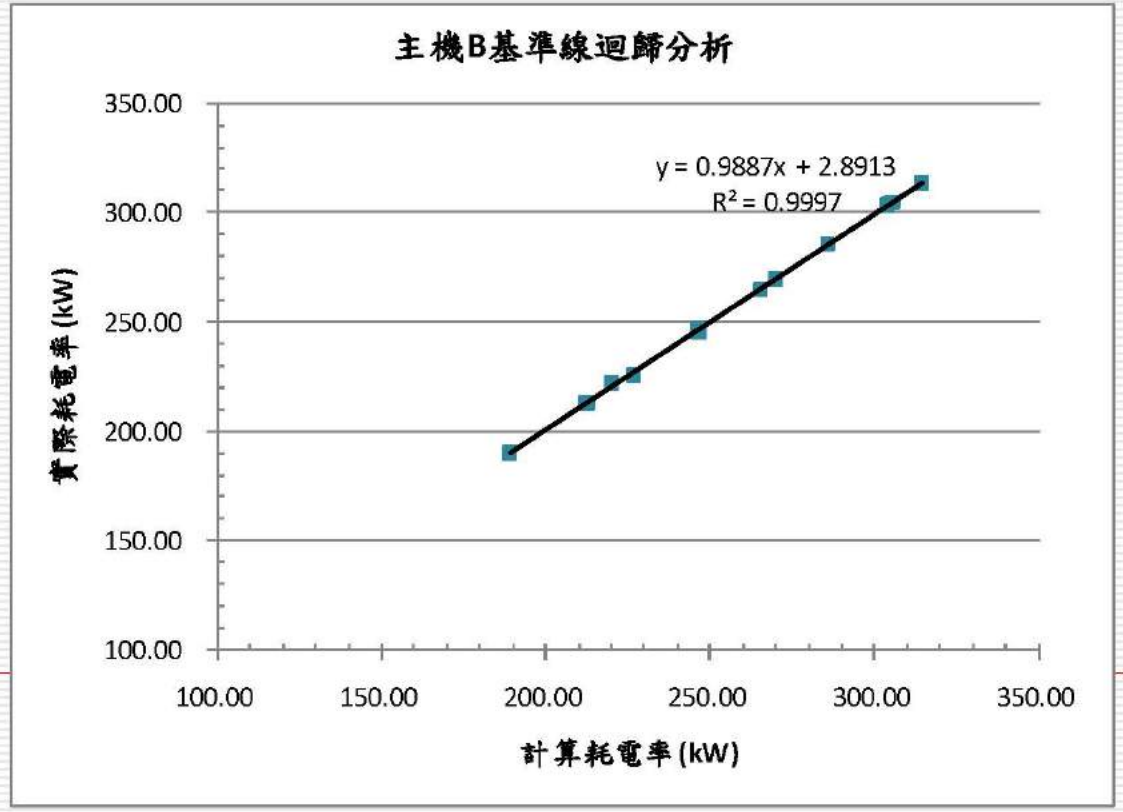
T_{cwr} 為冷凝器入口水溫

$\dot{Q}_{ch}$ 為主機實際負載

	主機 B
a_0	0.036619
a_1	-5.905113
a_2	0.375990
a_3	0.053503
a_4	0.000024
a_5	0.002916

改善前原系統迴歸分析

- 基準線迴歸分析結果
  - 主機 B ：$R^2 = 0.9997$
  - 符合$R^2 \geqq 0.75$之標準



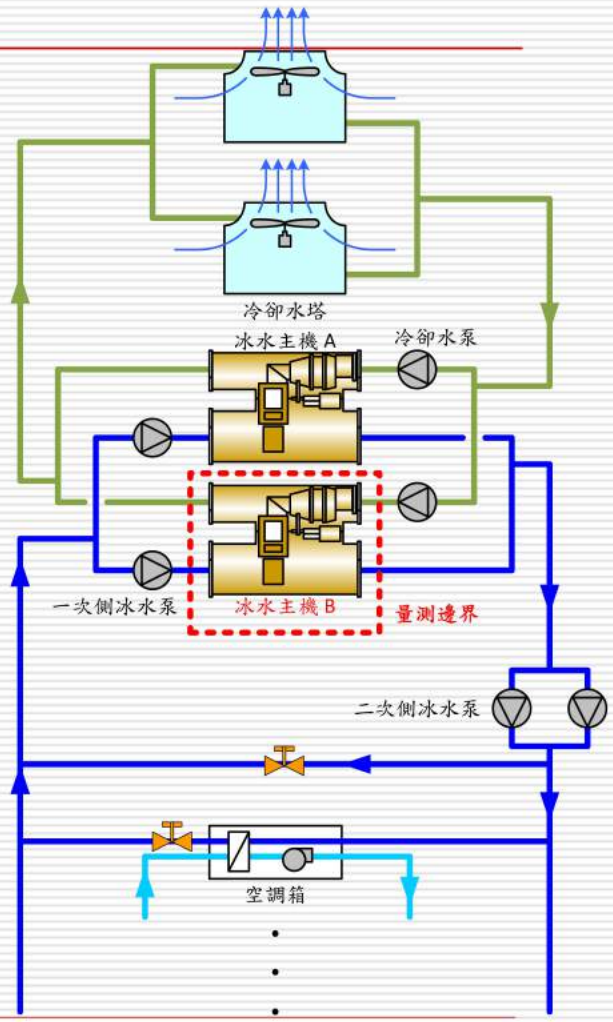
改善方案

工程內容

- 針對運轉效率較差之主機 B，汰換為效率較佳的新型主機
- 工程費用3,000,000元
- 新主機的耗電率，依據設備商提供之測試數據，可建立其耗電率計算模型

$$\dot{W} = a_0 + a_1 \cdot (T_{cwr} - T_{chs}) + a_2 \cdot (T_{cwr} - T_{chs})^2 + a_3 \cdot \dot{Q}_{ch} + a_4 \cdot \dot{Q}_{ch}^2 + a_5 \cdot (T_{cwr} - T_{chs}) \cdot \dot{Q}_{ch}$$

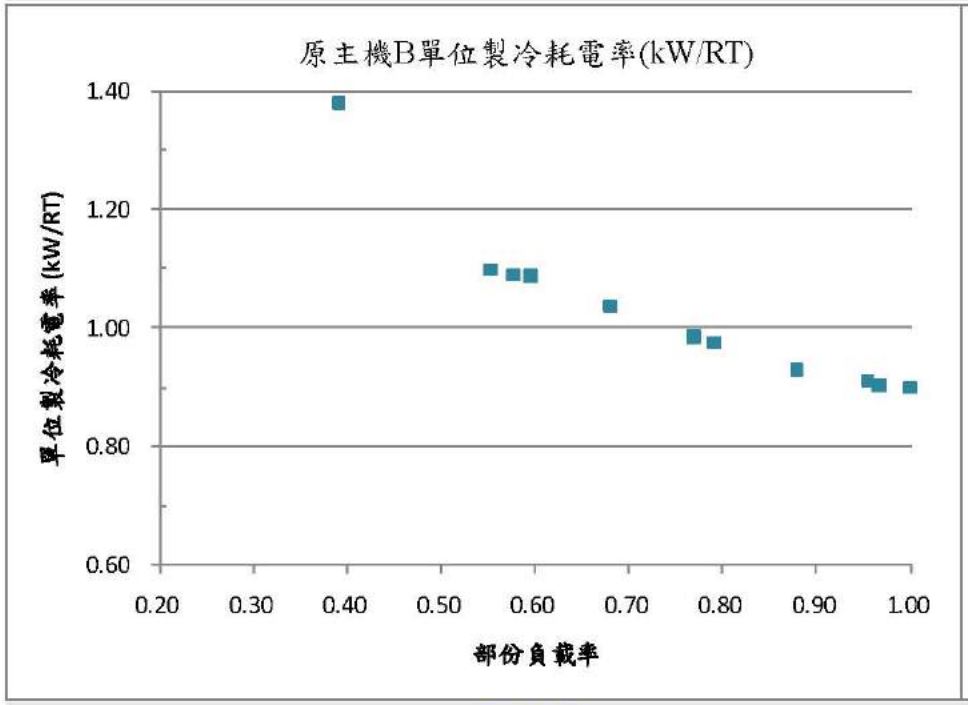
	新主機 B
a_0	0.035828
a_1	-1.905113
a_2	0.175990
a_3	-0.081936
a_4	0.000105
a_5	0.003201



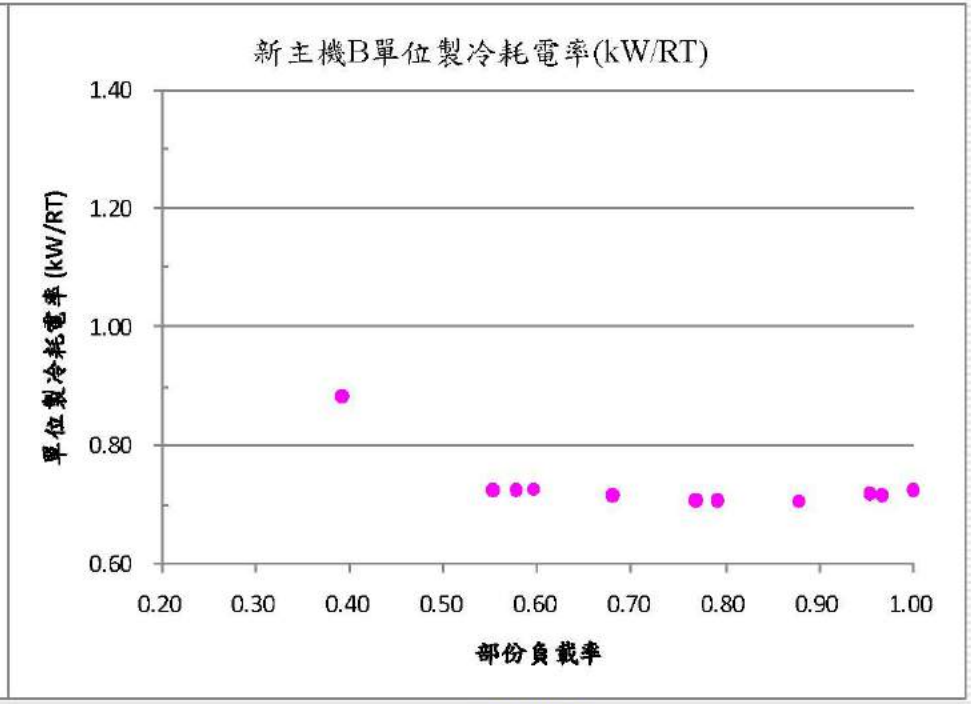
改善方案

改善前後主機 B 效率比較

- 新主機的運轉效率，在各種負載率下，均較舊主機高；即原主機的單位製冷率皆高於新主機。



改善前



改善後

節能效益

計算參數

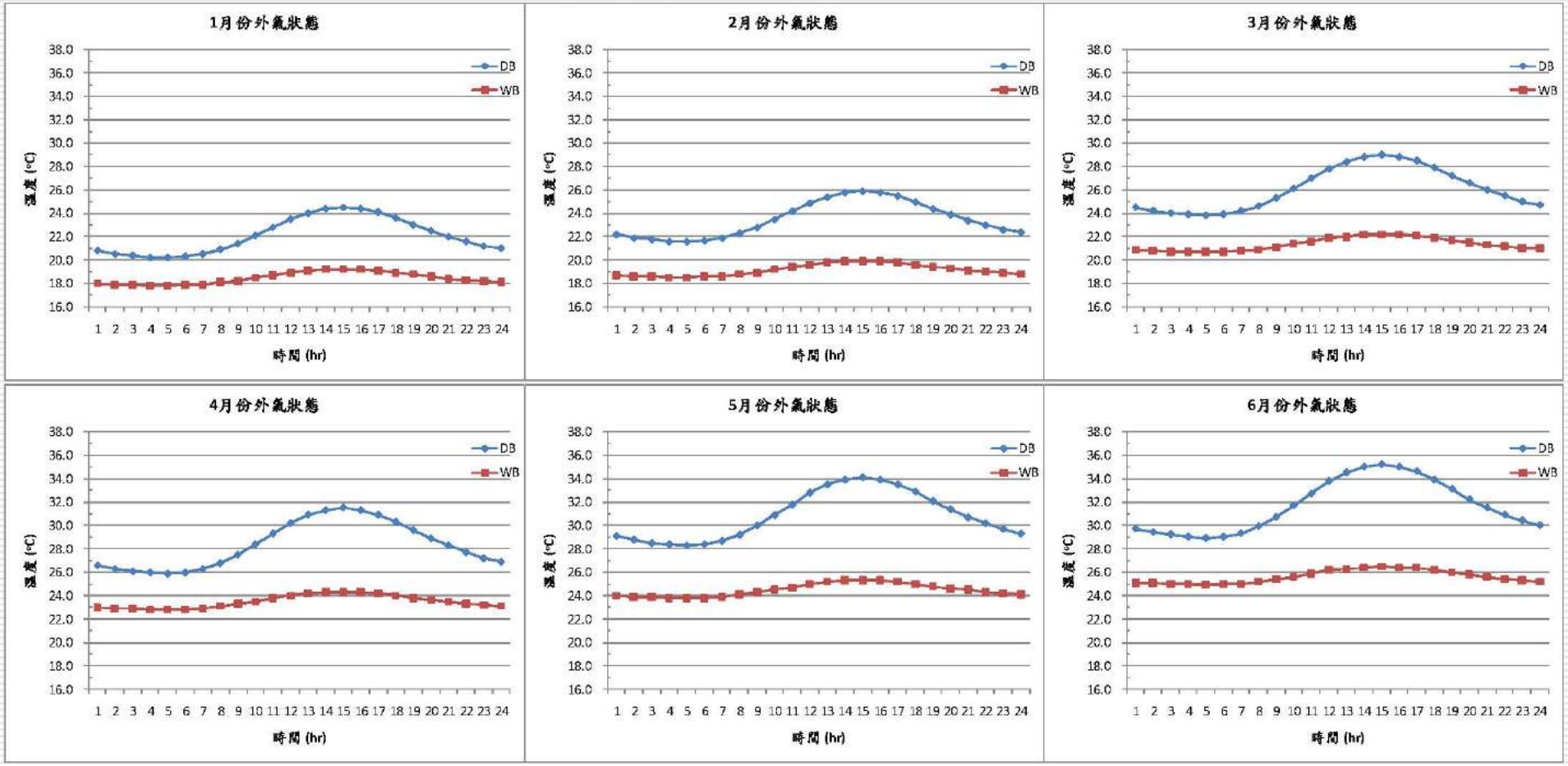
- 計算用之空調負荷與外氣條件如次4頁所示
- 主機冰水溫度：7°C
- 主機冷卻水溫度：32°C
- 耗電量計算日數：

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
22	15	22	21	22	21	22	23	21	22	22	22	255

- 流動電費單價：1.8元/kW-h
- 物價年增率：2%
- 年利率：1%

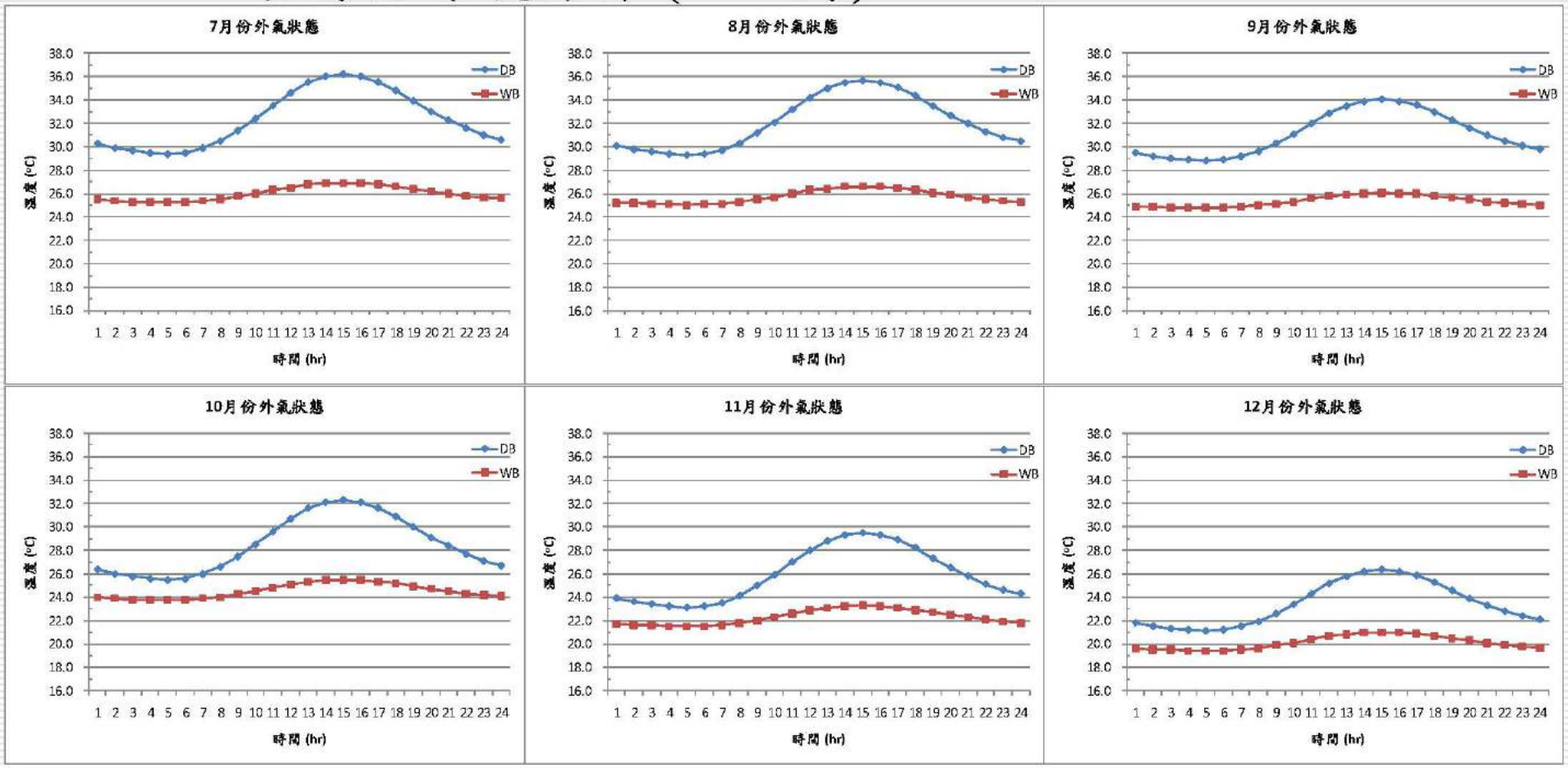
節能效益

■ 各月份外氣條件 (1~6月)



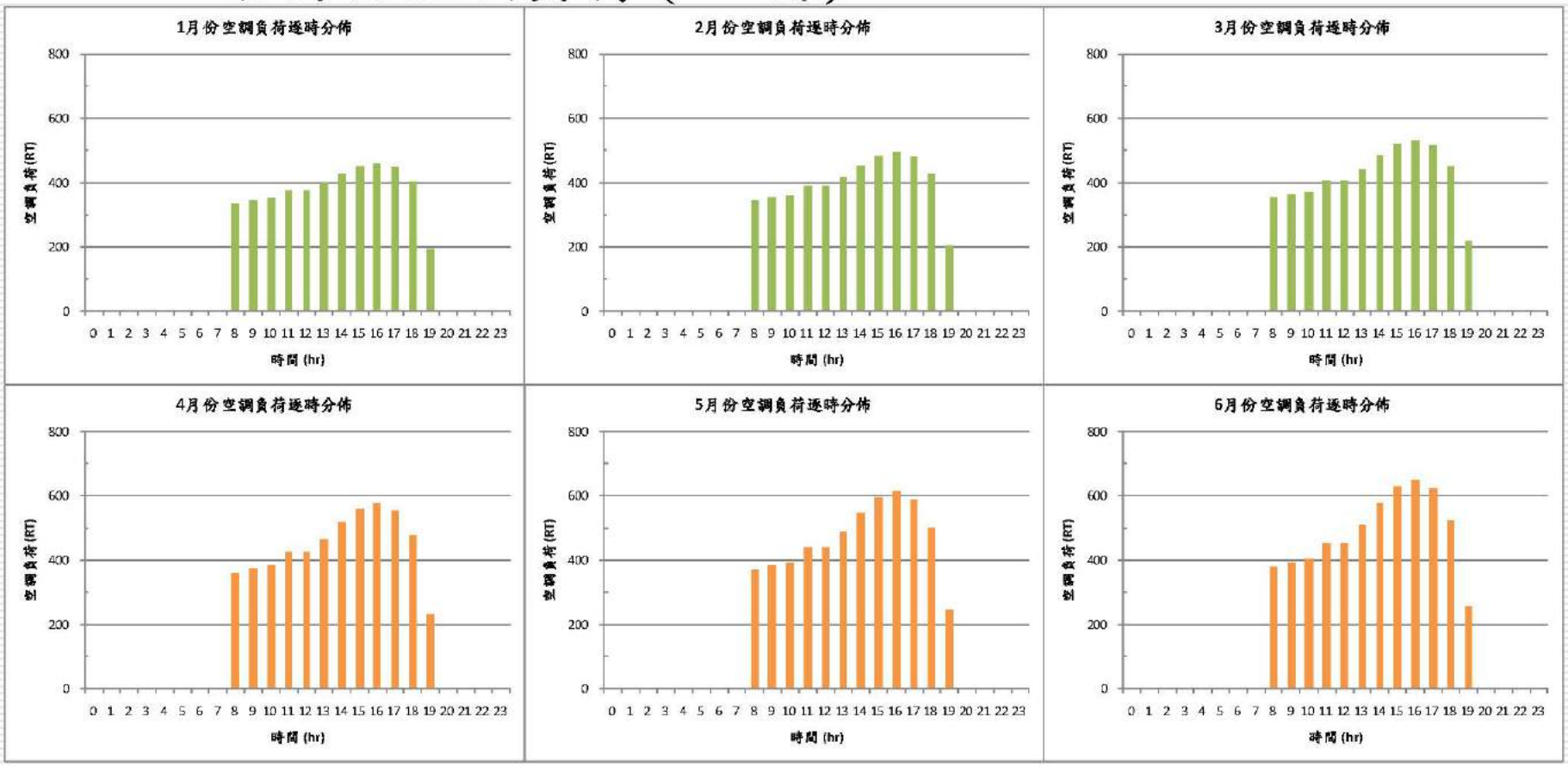
節能效益

■ 各月份外氣條件 (7~12月)



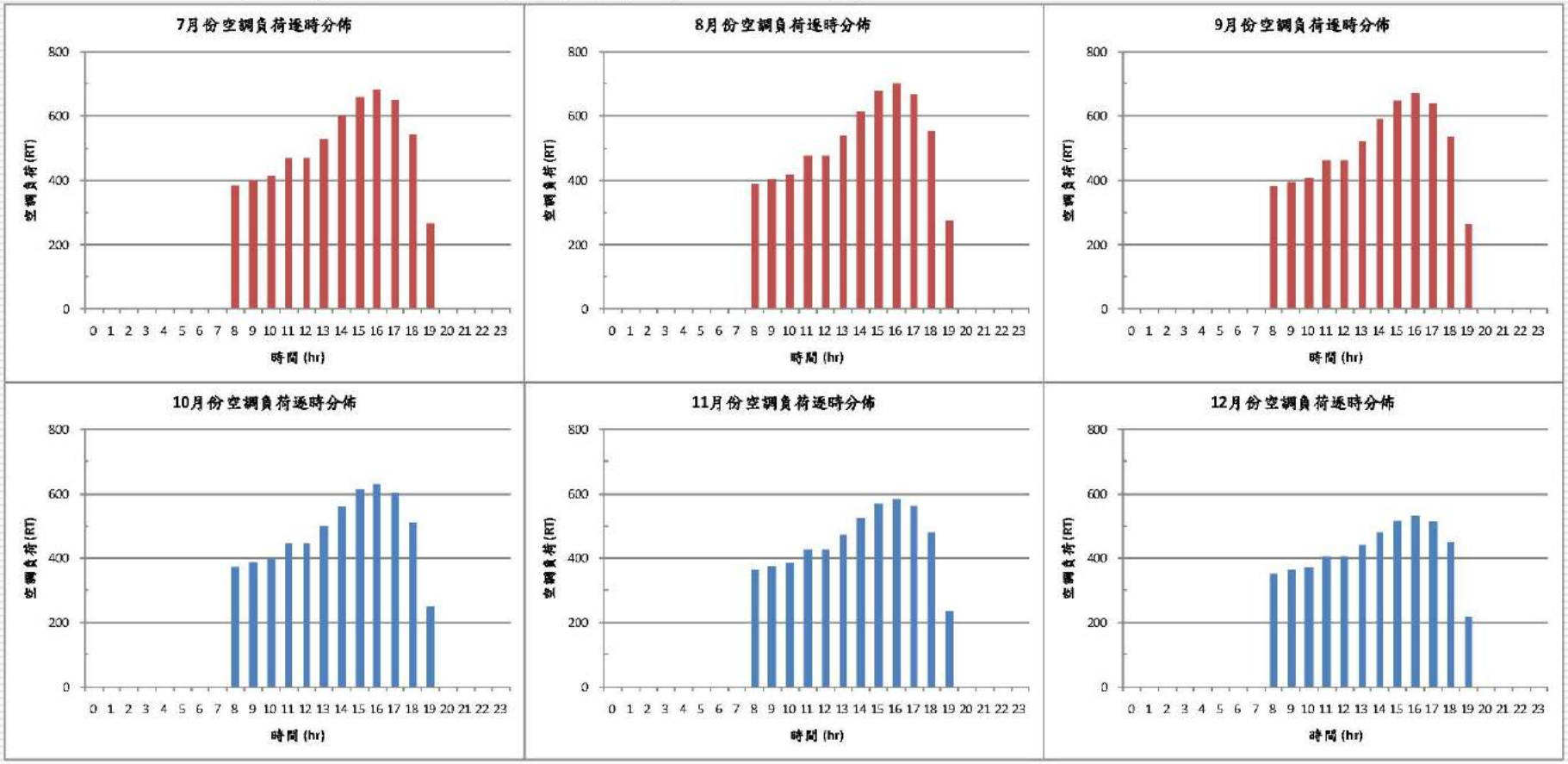
節能效益

■ 各月份空調負荷 (1~6月)



節能效益

■ 各月份空調負荷 (7~12月)



節能效益

改善前後冰水主機全年用電分析

- 此案例無基準年之實測數據，故採選項D方式計算節能效益
- 改善前之舊主機與改善後之新主機，已建立其耗能計算模型，兩者皆輸入前述相同之計算參數，以獲得改善前後之用電量比較

		用電量 (MW-h)												
設備別		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	小計
改善前	主機B (舊)	57.9	40.5	61.1	60.1	64.7	63.2	67.7	71.7	64.1	65.4	63.3	60.9	740.4
改善後	主機B (新)	38.3	27.1	41.4	41.3	45.2	44.8	48.6	51.9	45.8	45.9	43.7	41.2	515.1
節電率		33.8%	33.1%	32.3%	31.2%	30.2%	29.1%	28.2%	27.6%	28.6%	29.7%	31.0%	32.3%	30.4%

節能效益

方案	指標	改善前		改善後		節能量		節能效益
		MW-h / 年	元 / 年	MW-h / 年	元 / 年	MW-h / 年	元 / 年	%
更換主機B	耗能	740.4	1,332,727	515.1	927,248	225.3	405,479	30.4
	CO_2排放量	471 Ton / 年		328 Ton / 年		減少CO_2排放量		
						143 Ton / 年		
	SO_x排放量	0.414 Ton / 年		0.288 Ton / 年		減少SO_x排放量		
						0.126 Ton / 年		
	NO_x排放量	0.395 Ton / 年		0.275 Ton / 年		減少NO_x排放量		
						0.120 Ton / 年		

節能效益

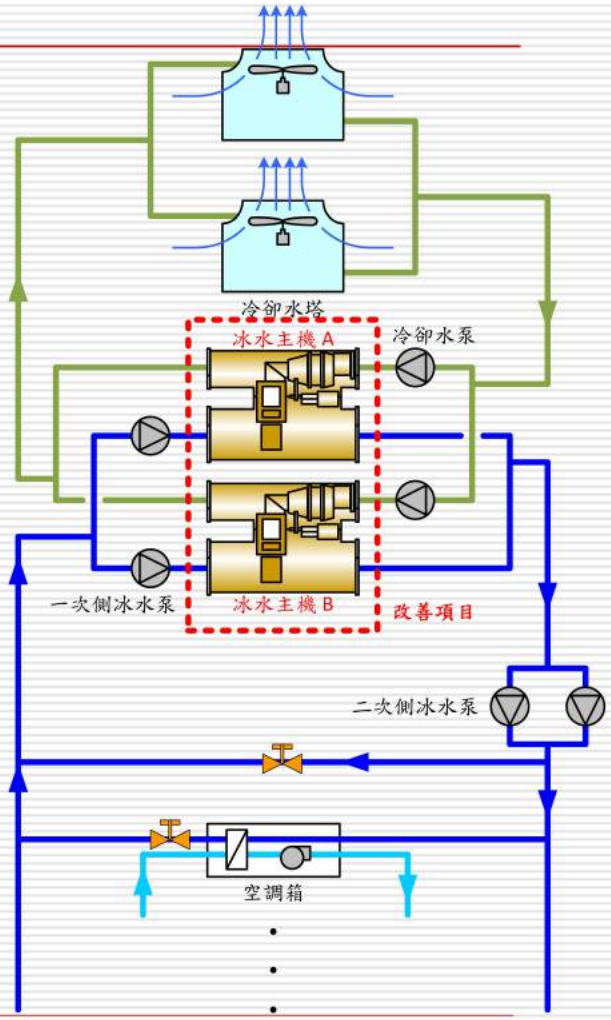
回收年限

- 依生命週期成本概念計算回收年限，第8年即可回收

年度	舊主機運轉預期支出電費	新主機運轉預期支出電費	節省支出電費	業主獲利
0				- 3,000,000
1	1,332,727	927,248	405,479	- 2,624,521
2	1,359,381	945,793	413,588	- 2,237,178
3	1,386,569	964,709	421,860	- 1,837,690
4	1,414,300	984,003	430,297	- 1,425,770
5	1,442,586	1,003,683	438,903	- 1,001,125
6	1,471,438	1,023,757	447,681	- 563,455
7	1,500,867	1,044,232	456,635	- 112,455
8	1,530,884	1,065,117	465,767	352,188
9	1,561,502	1,086,419	475,083	830,793
10	1,592,732	1,108,147	484,585	1,323,686

案例6－案例摘要說明

- 同案例5之節能案件
- 案例現況：
  - 2台冰水主機同時運轉，低空調負載時2台主機皆效率不佳
  - 該大樓業主除了將老舊、滿載效率不佳之冰水主機汰換外，對於2台並聯運轉之主機啟停機控制，也想將之最佳化
- 改善項目：
  - 更換新主機，並針對並聯之主機群，採最佳化啟停機控制策略，達到節能效果



案例6－改善前原系統耗能

基準線建立

- 以迴歸分析方式建立主機A、舊主機 B 及新主機 B 的耗電率計算模型(基準線)
- 基準線型式為

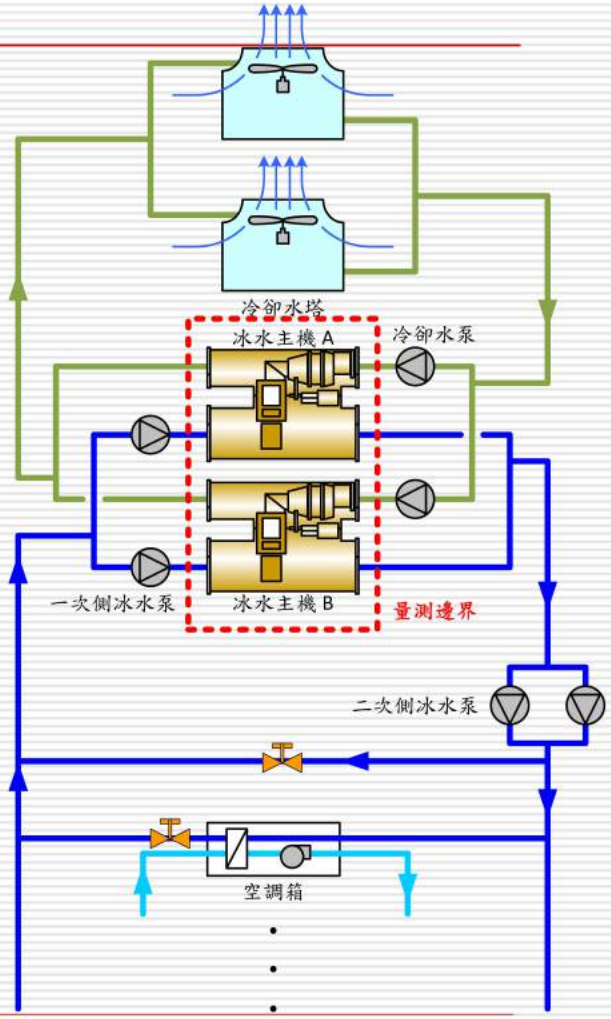
$$\dot{W} = a_0 + a_1 \cdot (T_{cwr} - T_{chs}) + a_2 \cdot (T_{cwr} - T_{chs})^2 + a_3 \cdot \dot{Q}_{ch} + a_4 \cdot \dot{Q}_{ch}^2 + a_5 \cdot (T_{cwr} - T_{chs}) \cdot \dot{Q}_{ch}$$

	主機 A	舊主機 B	新主機 B
a_0	0.061031	0.036619	0.035828
a_1	-1.617839	-5.905113	-1.905113
a_2	0.150396	0.375990	0.175990
a_3	-0.118896	0.053503	-0.081936
a_4	0.000115	0.000024	0.000105
a_5	0.003514	0.002916	0.003201

案例6 – 改善方案 (1/2)

- 工程內容
  - 針對效率不佳之主機汰換更新，並針對主機群啟停機控制策略進行改善，於系統低負載時，將效率較差的主機停止運轉
  - 工程費用3,150,000元
  - 當系統負載率低於0.5時，控制策略可為
    - 主機 A 與 B 同時運轉
    - 主機 A 運轉、主機 B 停機
    - 主機 B 運轉、主機 A 停機

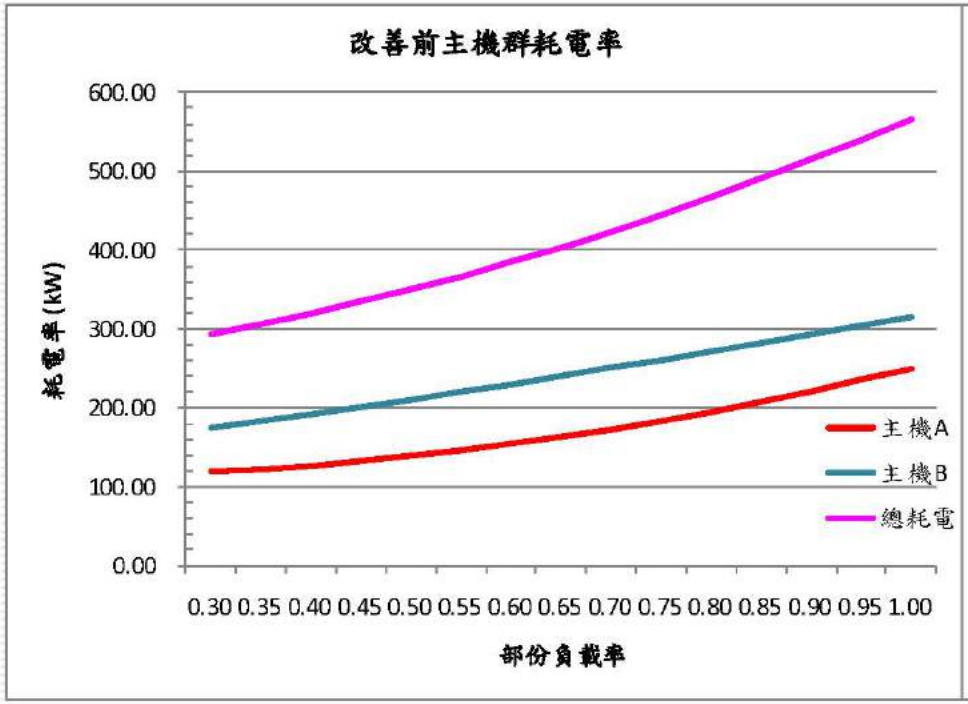
自上述3種組合，找尋最低耗電之控制策略

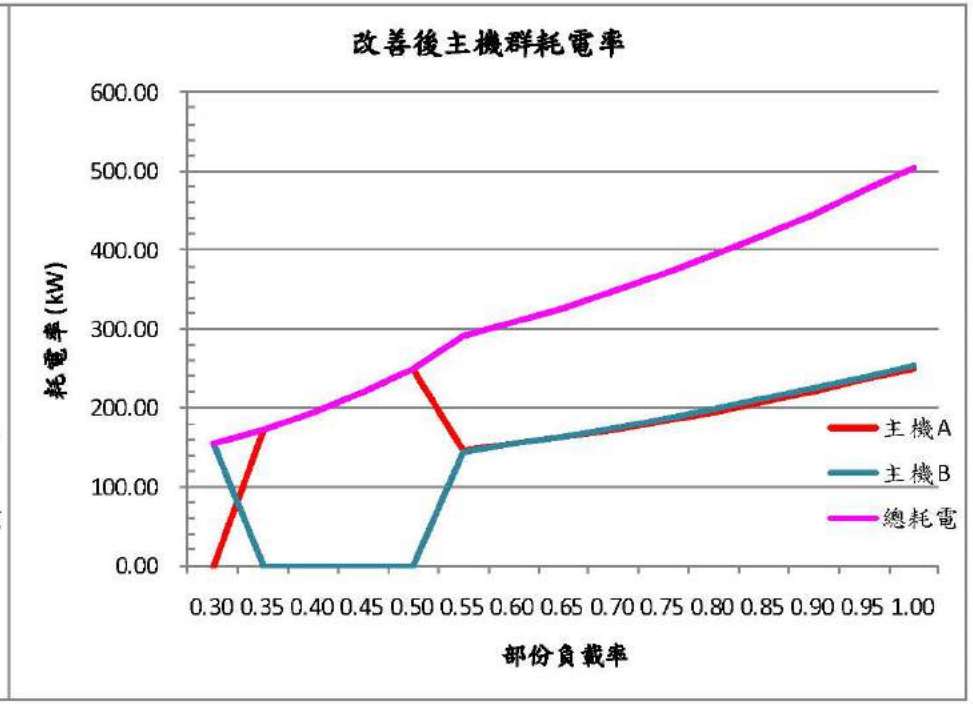


案例6 – 改善方案 (2/2)

□ 改善前後各主機耗電比較

- 於低負載時，選擇較省電之啟停機組合，可明顯看出當系統負載率低於0.5時，主機群有較低的總耗電率





改善前　　改善後

案例6 – 節能效益 (1/4)

- 計算參數
  - 各月份空調負荷與外氣乾、溼球溫度同案例二
  - 主機冰水溫度：7°C
  - 主機冷卻水溫度：32°C
  - 耗電量計算日數：

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
22	15	22	21	22	21	22	23	21	22	22	22	255

  - 流動電費單價：1.8元/kW-h
  - 物價年增率：2%
  - 年利率：1%

案例6 – 節能效益 (2/4)

		用電量 (MW-h)												
設備別		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	小計
改善前	主機A	38.7	27.3	41.5	41.3	45.0	44.6	48.3	51.5	45.5	45.7	43.6	41.3	514.3
	主機B	57.9	40.5	61.1	60.1	64.7	63.2	67.7	71.7	64.1	65.4	63.3	60.9	740.4
	小計	96.6	67.8	102.6	101.4	109.7	107.8	115.9	123.1	109.6	111.1	106.9	102.2	1,254.7
改善後	主機A	43.2	27.1	42.3	42.2	46.1	45.7	49.6	53.0	46.7	46.9	44.6	42.2	529.8
	主機B	30.2	25.7	38.9	38.9	42.6	42.3	45.9	49.1	43.3	43.4	41.1	38.7	480.0
	小計	73.4	52.8	81.2	81.2	88.7	88.0	95.5	102.1	90.0	90.3	85.8	80.9	1,009.8
節電率		24.1%	22.2%	20.8%	19.9%	19.1%	18.3%	17.6%	17.1%	17.9%	18.8%	19.8%	20.9%	19.5%

案例6 – 節能效益 (3/4)

方案	指標	改善前		改善後		節能量		節能效益
		MW-h / 年	元 / 年	MW-h / 年	元 / 年	MW-h / 年	元 / 年	%
更換主機B及改善控制策略	耗能	1,254.7	2,258,386	1,009.8	1,817,613	244.9	**440,773**	**19.5**
	CO_2排放量	798 Ton / 年		642 Ton / 年		減少CO_2排放量		
						156 Ton / 年		
	SO_x排放量	0.701 Ton / 年		0.564 Ton / 年		減少SO_x排放量		
						0.137 Ton / 年		
	NO_x排放量	0.669 Ton / 年		0.538 Ton / 年		減少NO_x排放量		
						0.131 Ton / 年		

案例6 – 節能效益 (4/4)

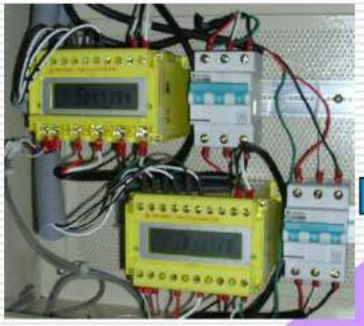
回收年限

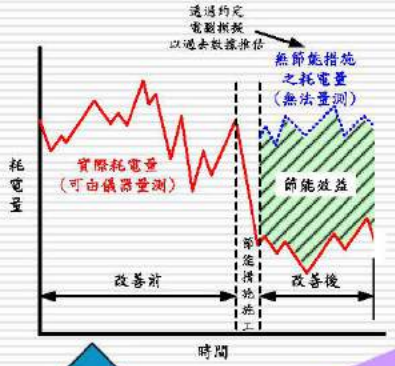
- 依生命週期成本概念計算回收年限，第8年即可回收

年度	舊控制策略運轉 預期支出電費	新控制策略運轉 預期支出電費	節省支出電費	業主獲利
0				- 3,150,000
1	2,258,386	1,817,613	440,773	- 2,740,727
2	2,303,554	1,853,965	449,589	- 2,318,545
3	2,349,625	1,891,044	458,581	- 1,883,150
4	2,396,618	1,928,865	467,753	- 1,434,228
5	2,444,550	1,967,442	477,108	- 971,462
6	2,493,441	2,006,791	486,650	- 494,527
7	2,543,310	2,046,927	496,383	- 3,089
8	2,594,176	2,087,866	506,310	503,190
9	2,646,060	2,129,623	516,437	1,024,659
10	2,698,981	2,172,215	526,766	1,561,671

雲端能源管理創新應用

溫室氣體
能源數據





❶

Smart Grid(總表與分表)

1. 即時耗能數據收集
2. 即時監控

❷

IPMVP
(ESCO模式)

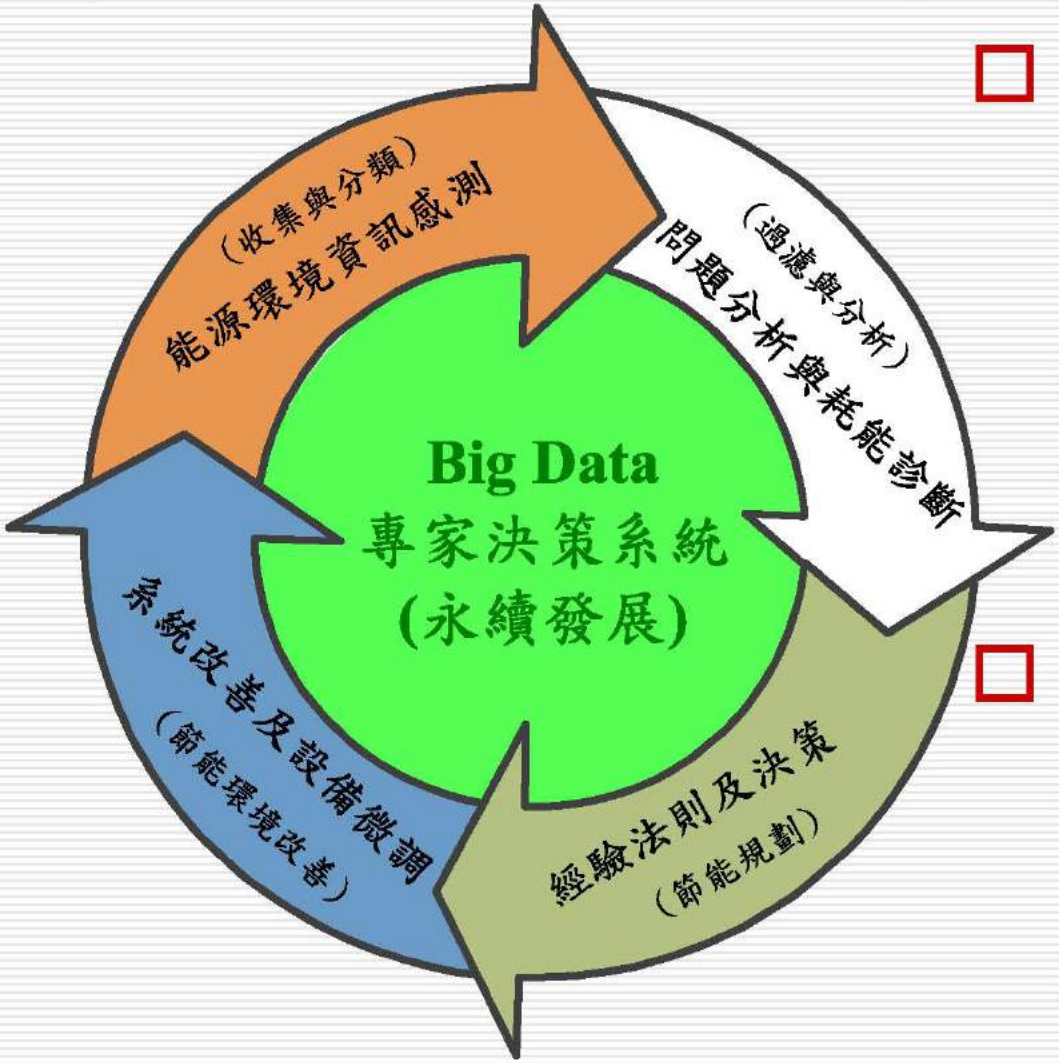
1. 量測與驗證
2. 基準線訂定
3. 實際節能量
4. 碳排放交易
5. 收銀機

❸

系統最佳化
(製程或流程)
(Optimal Total Solution)

1. 能源使用率提升
   (最低耗能)
2. 高製程良率
3. 系統整合

巨量資料(Big Data)的應用
專家決策系統找出商業模式



- 專家決策系統
  - 資料收集與事件分類
  - 盤查診斷與耗能預估。
  - 自動趨勢分析與決策。
  - 耗能系統節能改善與設備微調。
- 商業模式
  - 預測能耗及操作運轉保養。
  - 動態能源管理。

能源管理步驟

- 能源管理範圍與量測項目訂定
- 常規數據收集與分析
  - ① 數據觀察與診斷。
  - ② 圖表觀察與分析。
  - ③ 針對上述異常進行調整(Tuning)，不需花費大量人力與經費即可輕鬆節能(電、油、水)。
  - ④ 國內外同業單位耗能指標值(Benchmark)比較。
  - ⑤ 迴歸分析(建立Baseline)。
  - ⑥ 系統最佳化分析
- 新的管理項目

空調系統之能源管理

管理架構

管理對象

- 冷水、冷卻水溫度
- 冰水主機的效率(COP)
- 空調負載

能源管理量測項目(冰水側)

項目	單位	頻率
冰水製造設定溫度	^{o}C	每月
冰水送、回水溫度	^{o}C	每日
冰水流量	LPM	每日
冰水主機耗電率	kW	每日
冰水主機效率	-	每日

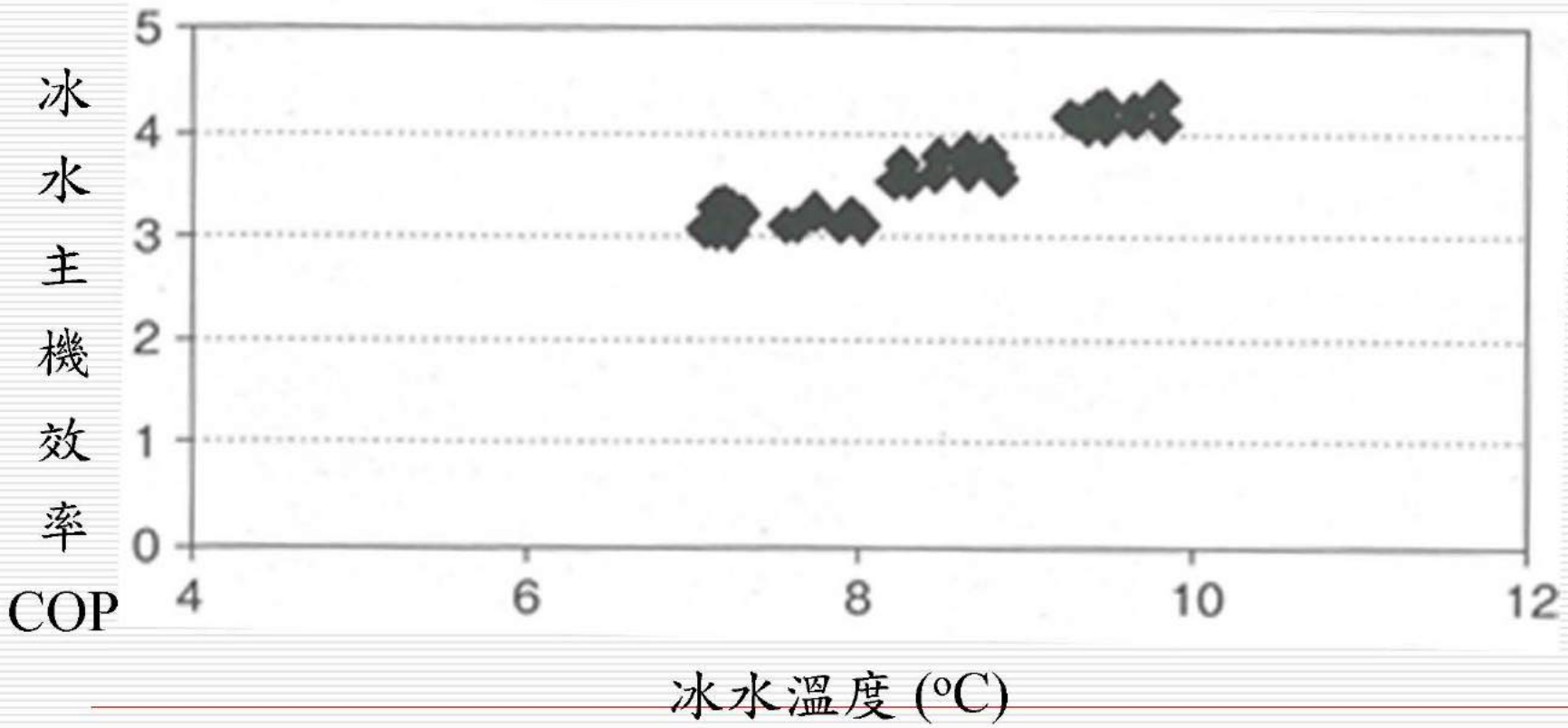
能源管理量測項目(冷卻水側)

項目	單位	頻率
冷卻水塔設定溫度	^{o}C	每日
冷卻水出、回水溫度	^{o}C	每日
外氣溫濕度	^{o}C	每日
冷卻水流量	LPM	每日
冰水主機耗電率	kW	每日
冰水主機效率	-	每日

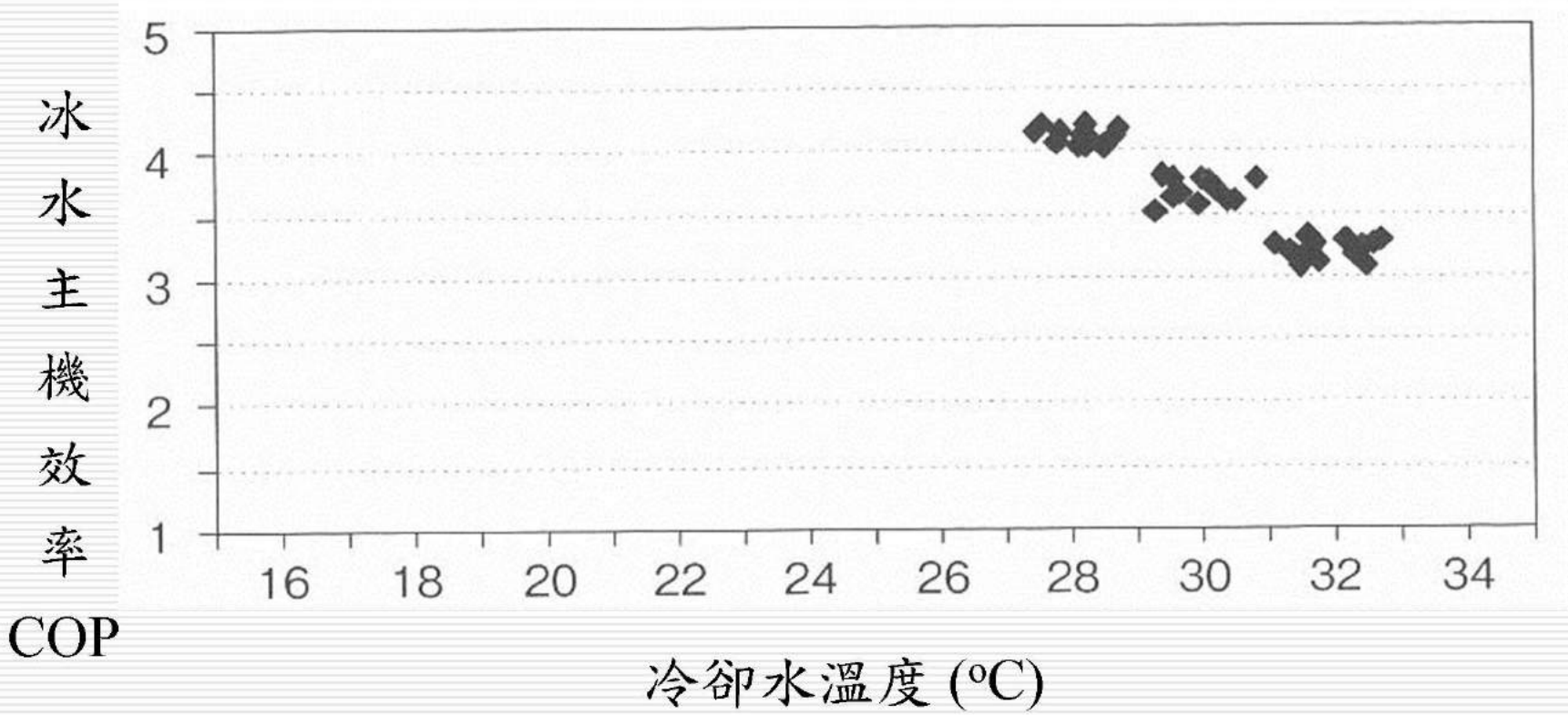
能源管理基準值

季節	空調負載	冰水溫度	冷卻水溫度
夏季	80%以上	7°C	32 °C
春秋季	40~60%	9 °C	28 °C
冬季	50%以下	12°C	25 °C

能源管理基準線



能源管理基準線



案例7、某商場空調運轉分析

- 某商場空調系統共有2台冰水主機。相關規格如下所示：

項目	Ch-1	Ch-2
型式	離心式	離心式
冷媒	R-22	R-22
額定製冷量	1231kW	1231kW
輸入功率	232kW	232kW

Ch-1冰水主機運轉情形

項目	額定值	7月11日	7月12日	7月13日
冰水回水(°C)	12	15.9	12.9	13.1
冰水出水(°C)	7	11.6	10.8	9.7
冰水溫差	5	4.3	2.1	3.4
冷卻水回水(°C)	32	28	27.8	27.8
冷卻水出水(°C)	37	29	29.5	29.1
冷卻水溫差	5	1	1.7	1.3
蒸發溫度(°C)		9.7	9.9	7.8
冷凝溫度(°C)		35.4	33.4	33.1
電流百分比(%)		92	88	84
製冷量(kW)	1231	978.48	456.62	739.29
耗電率(kW)	232	213.44	204.16	194.88
COP	5.31	4.58	2.24	3.79

Ch-1冰水主機運轉分析

- 冰水及冷卻水入出口溫差遠小於設計值。
- 冷卻水及冷凝溫度溫差約5.3~7.4度，一般設計溫差為7~14度，說明換熱量小，或冷凝器面積不夠大。

項目	額定值	7月11日	7月12日	7月13日
冷卻水回水(°C)	32	28	27.8	27.8
冷凝溫度(°C)		35.4	33.4	33.1
溫差(°C)	7~14	7.4	5.6	5.3

Ch-1冰水主機運轉分析

- 製冷量與設計值差距也很大，且COP都很低。導致這種情況可能原因如下：
  - 主機配置過大，導致冷水主機長期於低負載下運轉，效率低下。
  - 離心機在低負荷運行時，為了保證離心機能正常運轉，需要維持一定量的輸氣量，因此，離心機需要以熱氣旁通的方法，將部分排氣引入吸氣閥，這將使得COP大大下降。
  - 冷凍水和冷卻水都是小溫差，這勢必增大水流量，導致冷凍水泵、冷卻水泵的耗電增加。

Ch-2冰水主機運轉情形

項目	額定值	7月11日	7月12日	7月13日
冰水回水(°C)	12	12.7	14.7	11.6
冰水出水(°C)	7	9.8	13.7	10.5
冰水溫差	5	2.9	1	1.1
冷卻水回水(°C)	32	27.5	25.4	26.6
冷卻水出水(°C)	37	28.6	27.4	28.2
冷卻水溫差	5	1.1	2	1.6
蒸發溫度(°C)		8.9	9.1	10.1
冷凝溫度(°C)		32	31.7	28.6
電流百分比(%)		76	82	55
製冷量(kW)	1231	630.57	217.44	239.18
耗電率(kW)	232	176.32	190.24	127.6
COP	5.31	3.58	1.14	1.87

冰水主機運轉分析

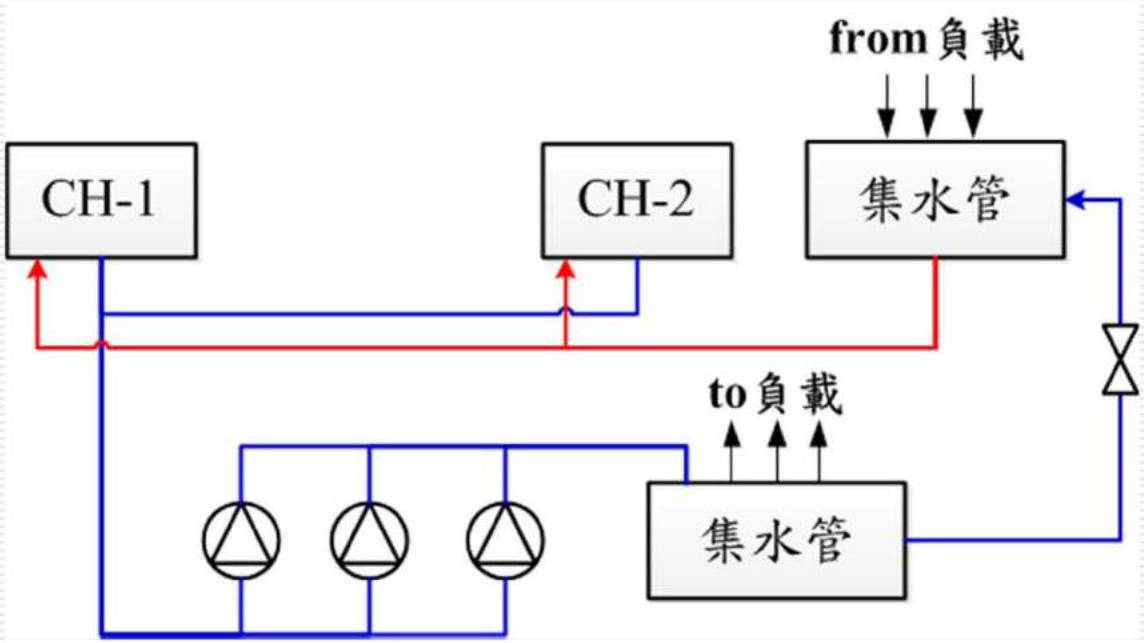
- 由Ch-1、Ch-2運轉數據可以看出，低負載運轉階段主機COP下降幅度為13~78%，冰水主機運轉於50%以下負載時間達90%，系統設計太大情況嚴重，主機配置過大造成問題有：
  - 主機運轉於低負載，COP很低，效率低下。
  - 與主機相匹配的冷卻水塔、冷卻水泵、冰水水泵、末端風機設備及風、水輸送管道等也將設計過大，初始成本增加；
  - 實際運轉中，系統在大部分時間處於低負荷運行，水泵、風機運行性能曲線長期偏離額定值，處於低效狀態運行，風、水輸送耗能增大；

冰水主機運轉分析

- 風機、水泵長期運轉於偏離額定設計值，導致壽命降低，維修費用增加。
- 空調系統設計過大，導致變壓器選型加大，致使變壓器空載損耗和負載損耗增大，耗能損失加大。
- 低負荷下主機增大耗能如下：
  - 從CH-2運轉情形得知，50%負荷時，COP從5.31降低到3.58，下降幅度為32%，按主機負荷占空調負荷40%計算，則滿載情況下，全年耗電可以下降3,669,951度×40%×32%=469,754度，年節能量為12.8%。
- 根據評估結果，需要投資增加一台製冷量為600kW的冰水主機。

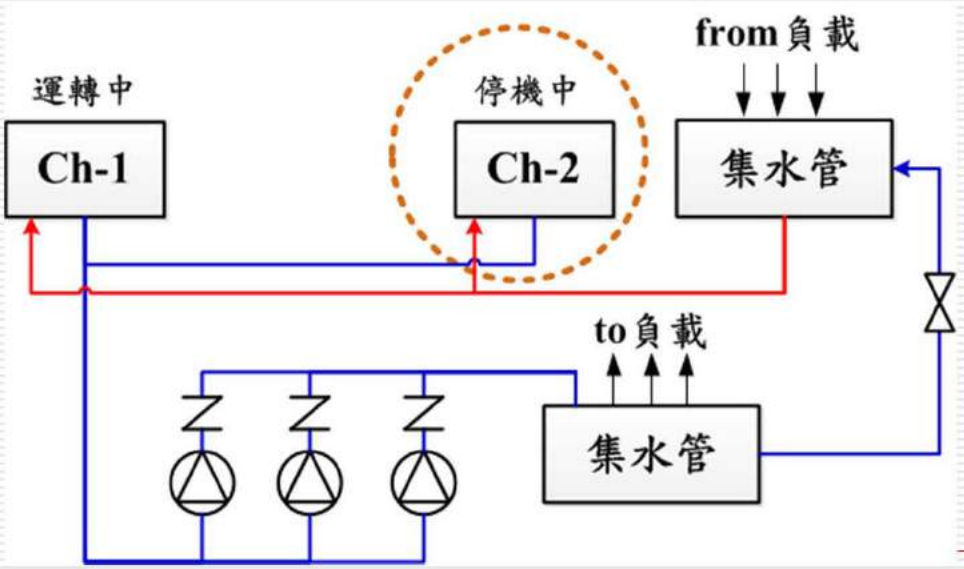
冰水系統運轉分析

- 除了冰水泵、冷卻水泵因溫差降低而加大流量，導致耗能外，對系統配置進行細部檢討，可發現：



冰水系統運轉分析

- Ch-1、Ch-2主機經常長期是不固定的開啟，可能一天之內互相替換，這就容易造成主機之間的旁通，有時泵的來回轉換也容易造成泵的關機未關閥，從而造成泵的關機未關閥，就會出現兩台泵之間的迴圈(加裝逆止閥可解決)。



- 弊端：供水溫度太高，要靠大流量來保證冷能供應，增加水泵耗能；此外，供水溫度太高，將無除濕能力；混水導致供水溫度提高，消耗冰機製冷量。

案例8、某企業生產製程產量與能源消耗數據收集與分析

項目 / 月份	電 ($\times 10^3$kWh/月)	油 (kL/月)	產量 (Ton/月)
1	27,930	11,970	2,850
2	29,700	11,286	2,970
3	21,645	6,240	1,950
4	44,250	12,150	3,750
5	23,400	5,850	1,950
6	22,770	6,435	1,650
7	48,990	10,005	3,450
8	19,440	5,328	1,440
9	46,875	15,375	3,750
10	46,020	16,380	3,900
11	45,288	18,648	4,440
12	33,000	13,794	3,300

某企業生產製程產量與能源耗用情形

圖1、生產總耗能數據逐月變化情形

- 由圖中可簡單的分析出，每月的能源消耗量以及產量較低的月份(如3月、5月、6月及8月)，可能是因為企業例行維護保養或停工所造成的產量減少。

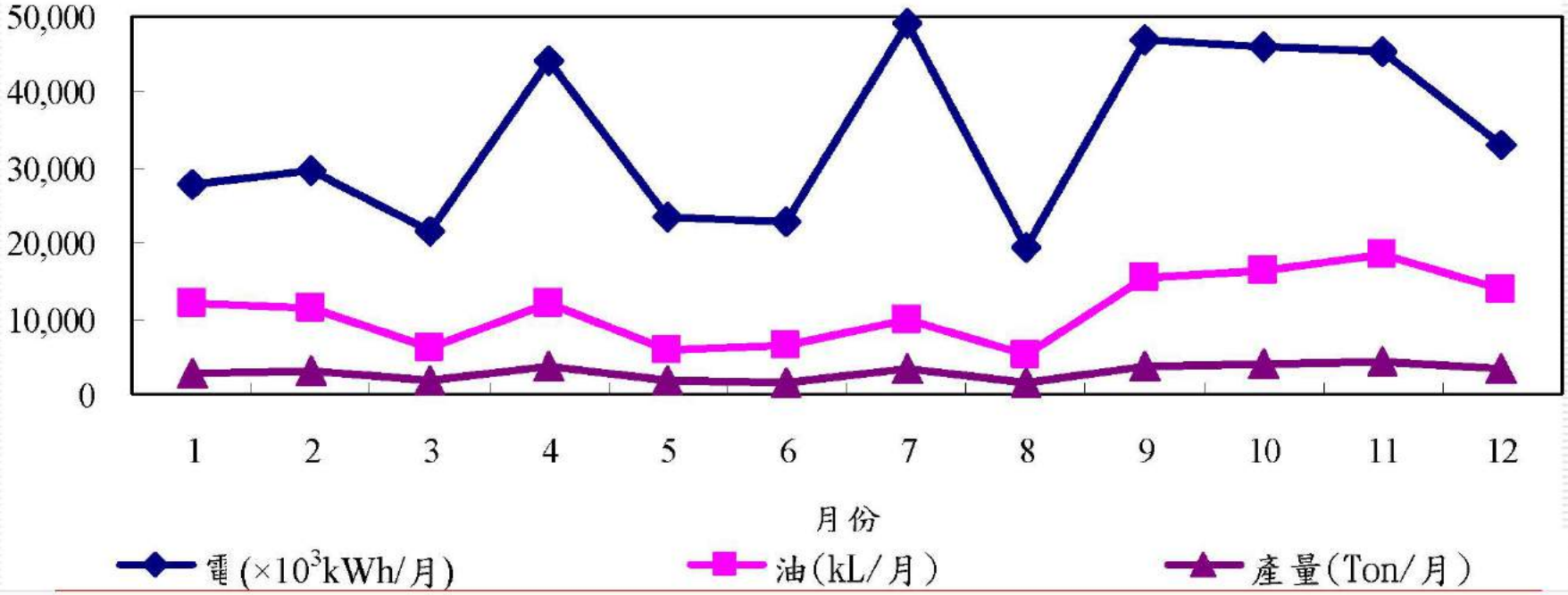
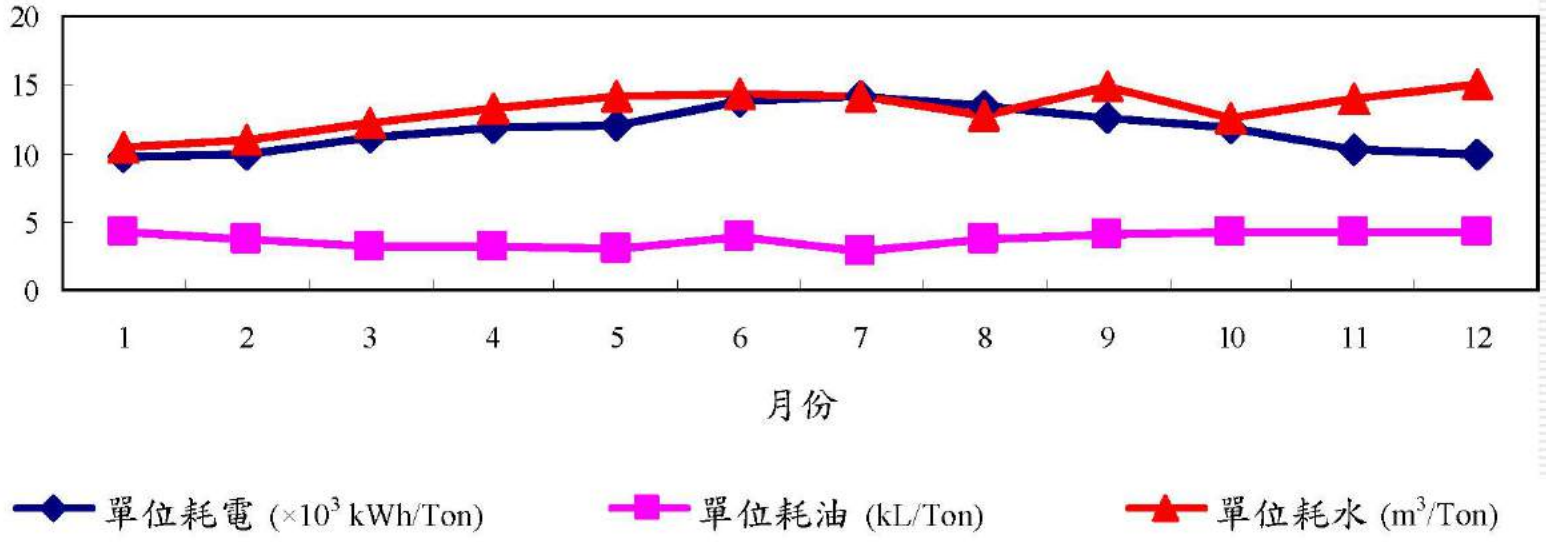


圖2、生產單位耗能數據逐月變化情形

- 單位耗油波動較小，反映在生產過程中，油消耗的控制和管理相對比較好
- 單位耗電在夏季是最大的，冬季是最小的，這是因為夏天必須使用大量的空調系統所造成；
- 單位耗水在10、11及12月有逐月上升的趨勢，此時建議企業應針對用水的相關設備進行詳細的盤查診斷，以進一步的找出其用水耗能的原因。



- 單位耗能與國內外同業比較可看出耗能狀況及節能潛力。

案例9、廢熱回收效益計算

- 某企業收集了24個月的用電消耗與生產產量間的歷史資料，如下表所示。其中，在第二年一開始，企業安裝了廢熱回收節能設備。該廢熱回收節能設備對於能源的使用是否產生了作用?如果發揮了作用，其節能量為何?

月份	耗電($x10^3$ kWh/月)	產量(Ton/月)	月份	耗電($x10^3$ kWh/月)	產量(Ton/月)
1	1,930	1,610	13	1,615	1,260
2	1,925	1,820	14	1,710	1,470
3	1,550	1,120	15	1,885	1,680
4	2,040	1,820	16	1,920	1,890
5	1,430	840	17	1,410	980
6	2,180	2,170	18	1,540	1,080
7	2,140	2,100	19	1,530	1,025
8	2,040	1,960	20	1,743	1,430
9	1,865	1,540	21	2,050	1,905
10	1,940	1,750	22	1,680	1,500
11	1,930	1,690	23	2,260	1,950
12	1,870	1,830	24	1,330	1,300

某企業生產製程單位耗能數據

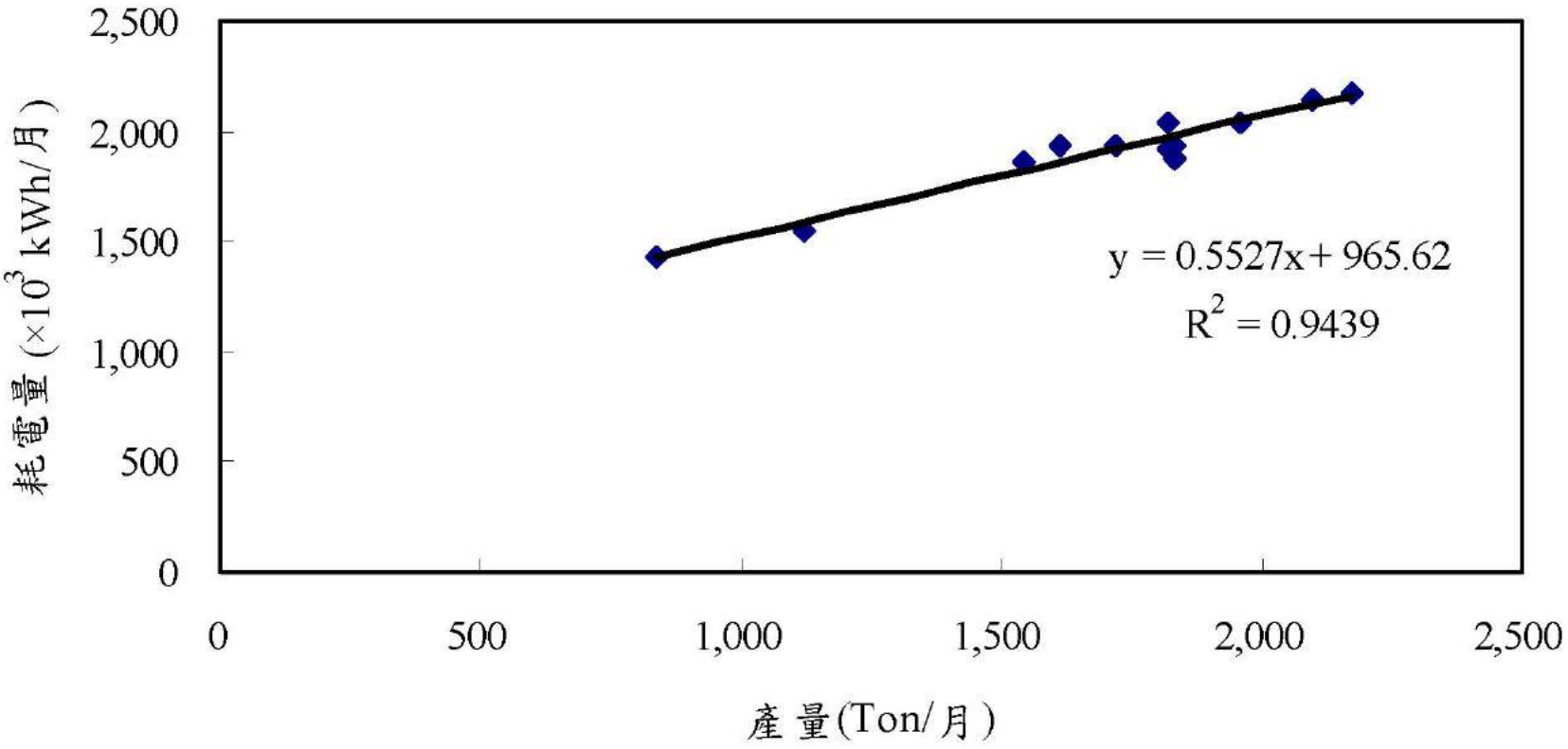
月份	耗電 ($x10^3$ kWh/月)	產量 (Ton/月)	單位耗電	月份	耗電 ($x10^3$ kWh/月)	產量 (Ton/月)	單位耗電
1	1,930	1,610	1.199	13	1,615	1,260	1.282
2	1,925	1,820	1.058	14	1,710	1,470	1.163
3	1,550	1,120	1.384	15	1,885	1,680	1.122
4	2,040	1,820	1.121	16	1,920	1,890	1.016
5	1,430	840	1.702	17	1,410	980	1.439
6	2,180	2,170	1.005	18	1,540	1,080	1.426
7	2,140	2,100	1.019	19	1,530	1,025	1.493
8	2,040	1,960	1.041	20	1,743	1,430	1.219
9	1,865	1,540	1.211	21	2,050	1,905	1.076
10	1,940	1,830	1.060	22	1,680	1,500	1.120
11	1,930	1,720	1.122	23	2,260	1,950	1.159
12	1,870	1,830	1.022	24	1,330	1,300	1.023
總計	22,840	20,360	1.122	總計	20,673	17,470	1.183

- 單位耗能的比較，改善後反而比改善前耗能。

建立基準線/迴歸分析

- 上述的方法，是利用傳統的比較方式進行數據的分析。這種數據分析並無法真正的反映出節能績效的成果，這是由於改善前、後操作條件不一致所造成的。
- 有效節能績效分析模式，應利用迴歸分析，建立改善前的基準線，利用改善後的條件代入，以確定其加裝的設備是否有節能效益。

某企業加裝廢熱回收改善前基準線建立



調整量的計算

- 將改善後的產量代入基準線方程式，並與改善前實際耗電量比較，計算調整量。

月份	改善後的產量	改善後的耗電量	基準線(改善前)的耗電量	調整量
	Ton/月	10^3 kWh/月	10^3 kWh/月	10^3 kWh/月
1	1,260	1,662	1,930	268
2	1,470	1,778	1,925	147
3	1,680	1,894	1,550	-344
4	1,890	2,010	2,040	30
5	980	1,507	1,430	-77
6	1,080	1,563	2,180	617
7	1,025	1,532	2,140	608
8	1,430	1,756	2,040	284
9	1,905	2,018	1,865	-153
10	1,500	1,795	1,940	145
11	1,950	2,043	1,930	-113
12	1,300	1,684	1,870	186
總計				1,597

節能效益的計算

月份	產量 (Ton)	基準線(改善前)的耗電量 (10^3 kWh)	改善後實際耗電量 (10^3 kWh)	調整量 (10^3 kWh)	節能量 (10^3 kWh)
1	1,260	1,930	1,615	268	47
2	1,470	1,925	1,710	147	68
3	1,680	1,550	1,885	-344	9
4	1,890	2,040	1,920	30	90
5	980	1,430	1,410	-77	97
6	1,080	2,180	1,540	617	23
7	1,025	2,140	1,530	608	2
8	1,430	2,040	1,743	284	13
9	1,905	1,865	2,030	-153	-32
10	1,500	1,940	1,500	145	115
11	1,950	1,930	1,950	-113	-217
12	1,300	1,870	1,300	186	354
總計	17,470	22,840	20,673	1,597	570

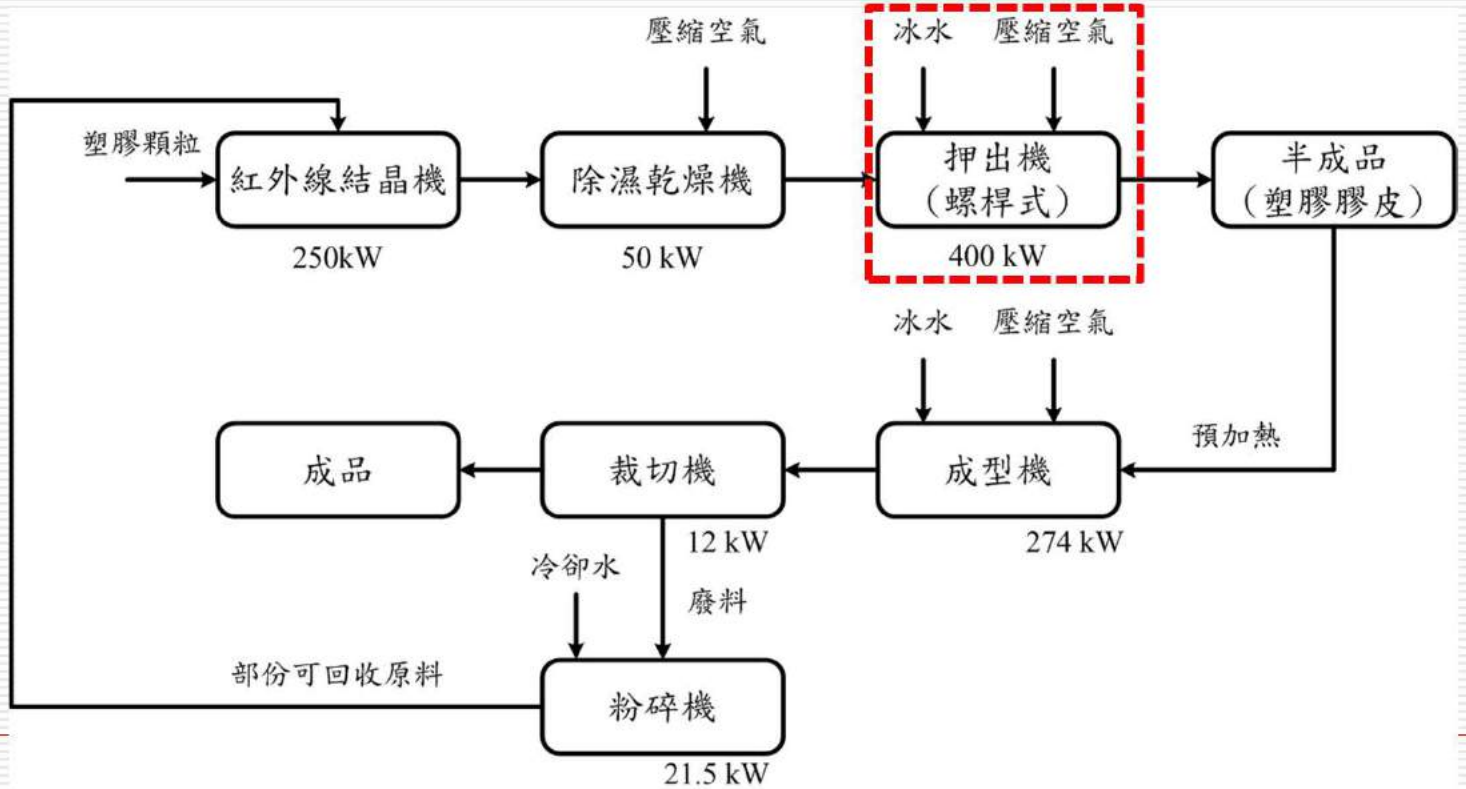
註：節能量＝基準線的耗電量－改善後的耗電量±調整量

廢熱回收系統設備節能效益分析

- 改善後每個月的產量代入建立之基準線方程式，計算出相對應的耗電量，再計算改善前實際耗電量與改善後基準線的耗電量之差值，即為調整量。在此案例中，改善後一年的節電量為570,000kWh，節能率為2.75%，若以每度2.3元計價，則可節省1,311,000元，在電價上漲後，節省的效益將更加可觀。

案例10、雲端節能技術應用於工廠製程案例

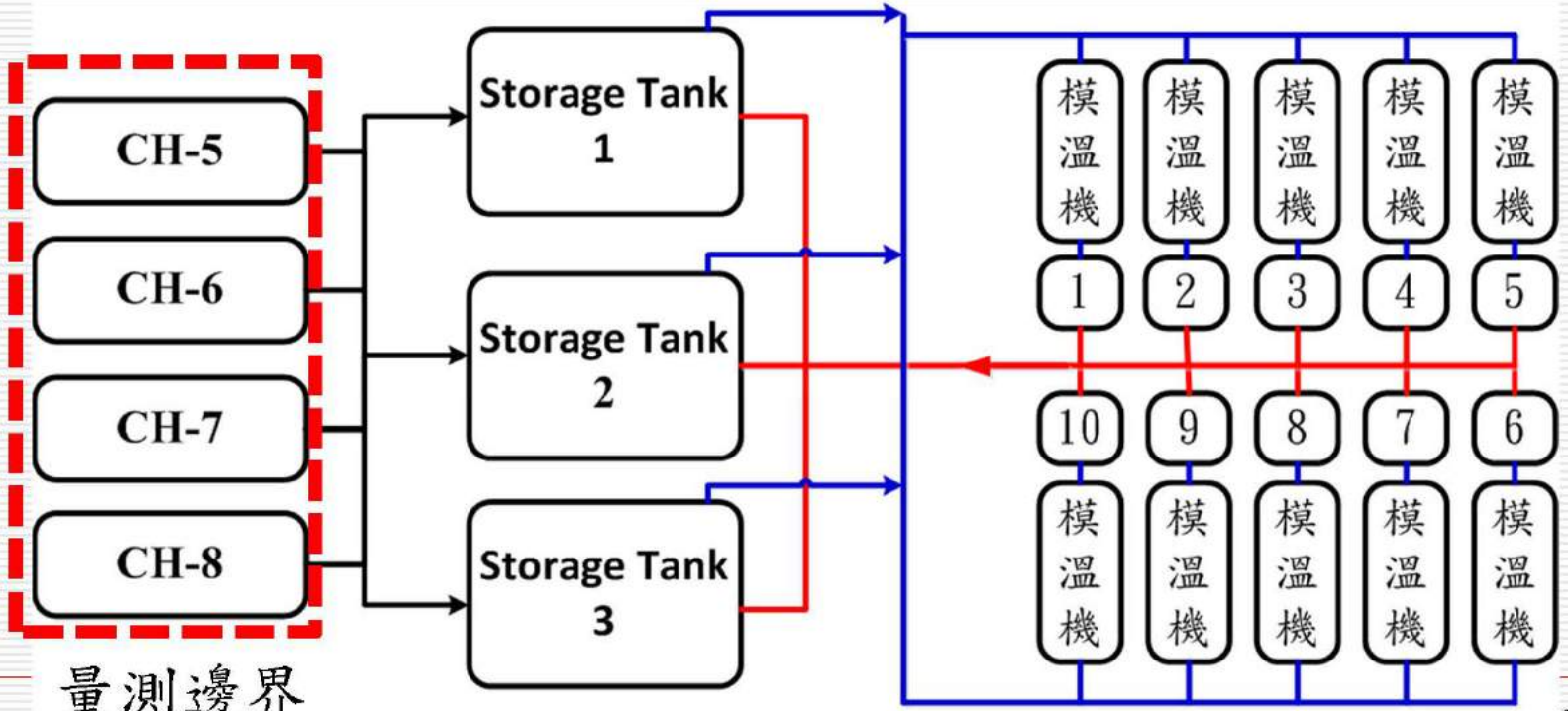
- 某真空原型包裝工廠，主要耗能為製程生產設備、製程冷卻系統及空壓系統等。



製程流程圖

押出機製程冷卻系統流程圖

- 押出機製程冷卻系統共有4台冰水主機，冰水主機製造出冰水後，送至儲水桶與押出機製程冷卻回水混合，再將混合後的冰水送至模溫機，以進行押出機機台冷卻降溫。



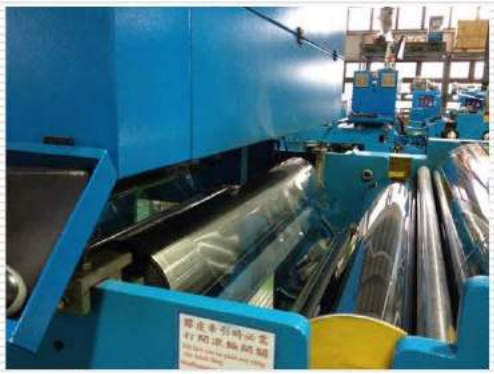
押出機(螺桿式)製程

- 押出機主要是將塑膠顆粒經過加熱(最終溫度約275°C)，使之變高溫液體狀態，最後再冷卻變成塑膠膠片。





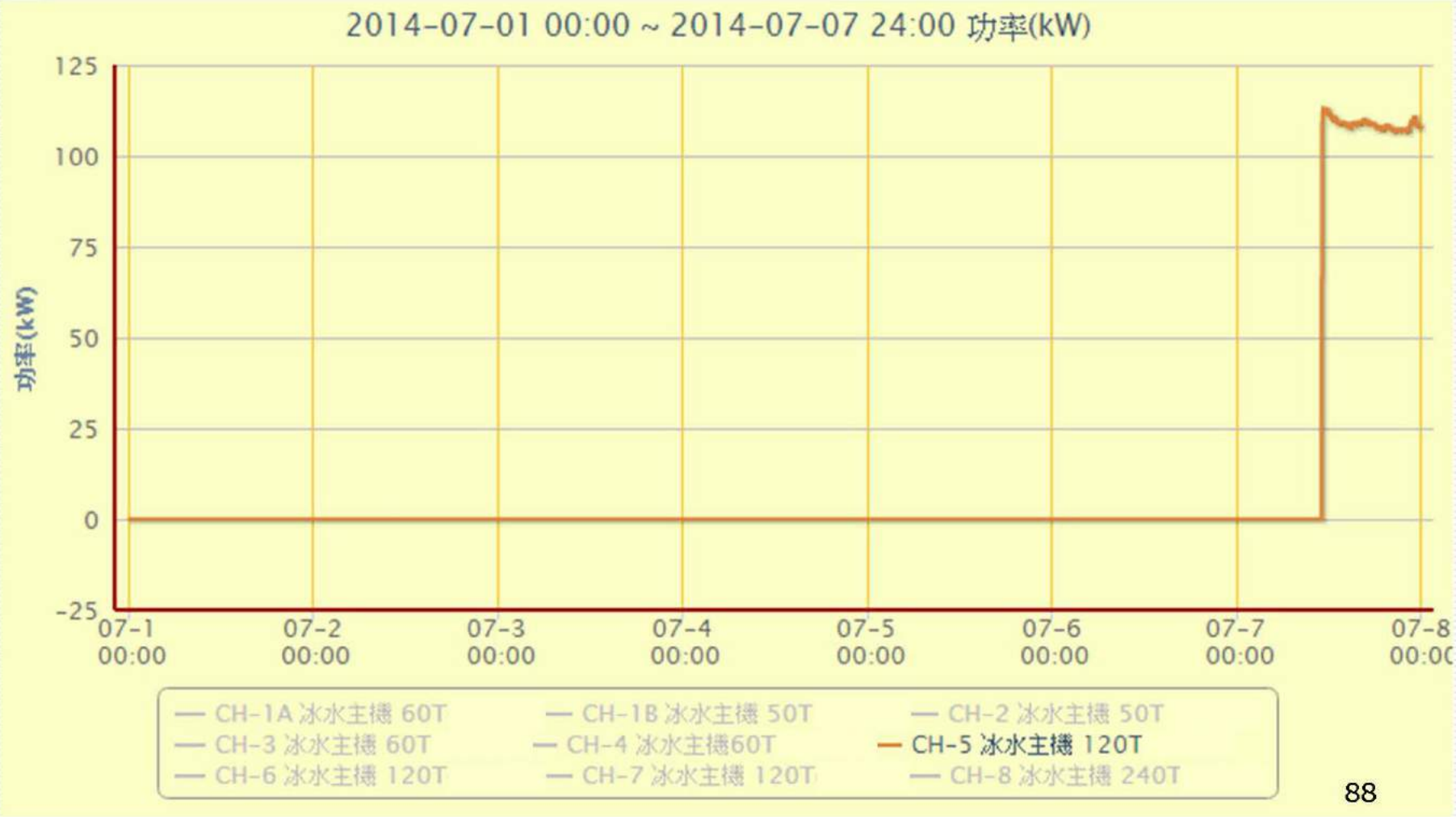




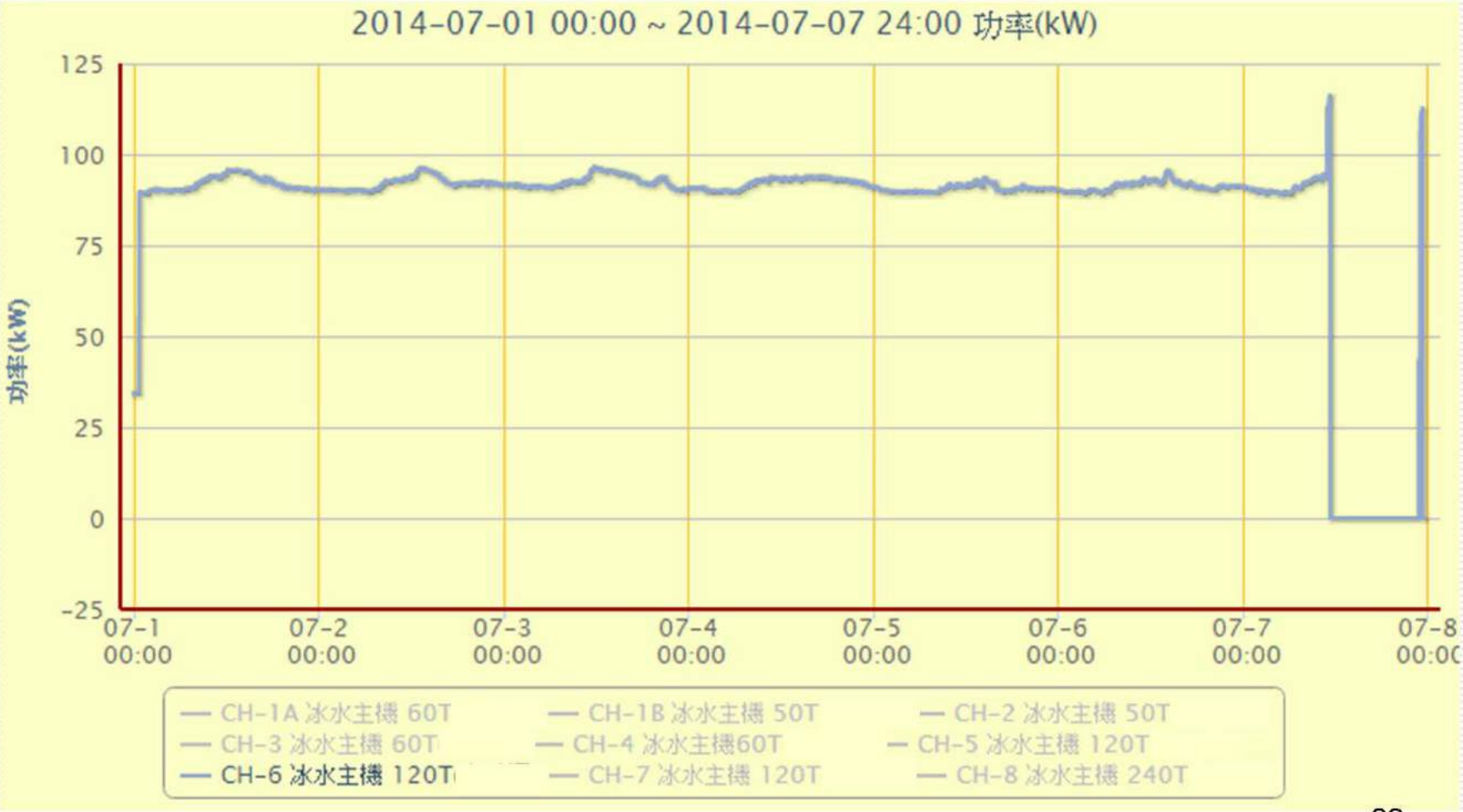

押出機製程冰水主機規格表

序號	編號	名稱	標稱噸數	備註
1	CH-5	冰水主機5	120	供應押出機
2	CH-6	冰水主機6	120	供應押出機
3	CH-7	冰水主機7	120	供應押出機
4	CH-8	冰水主機8	240	供應押出機

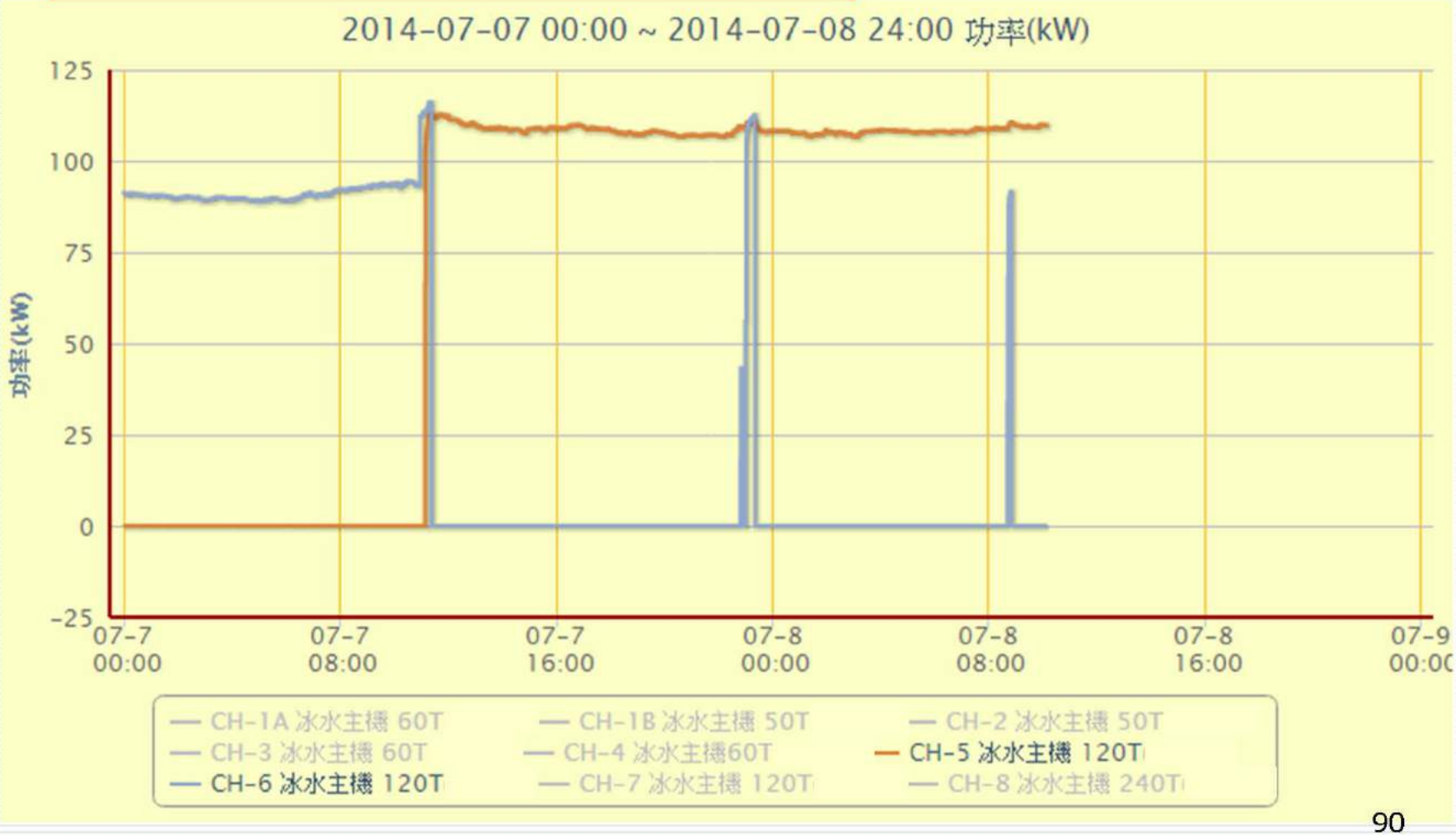
押出機製程冷卻迴路
冰水主機逐時耗電(CH-5 120 RT)



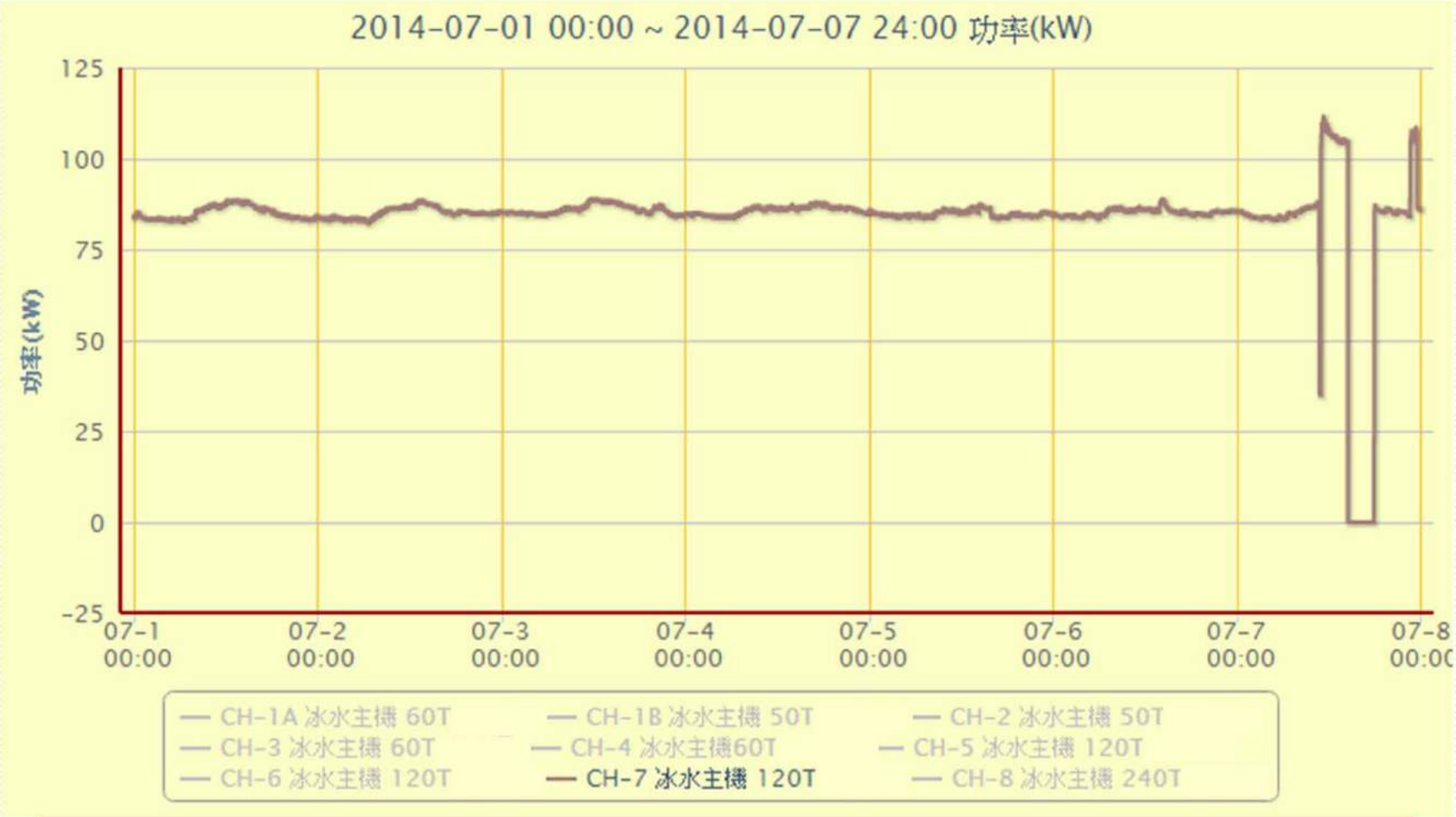
押出機製程冷卻迴路
冰水主機逐時耗電(CH-6 120 RT)



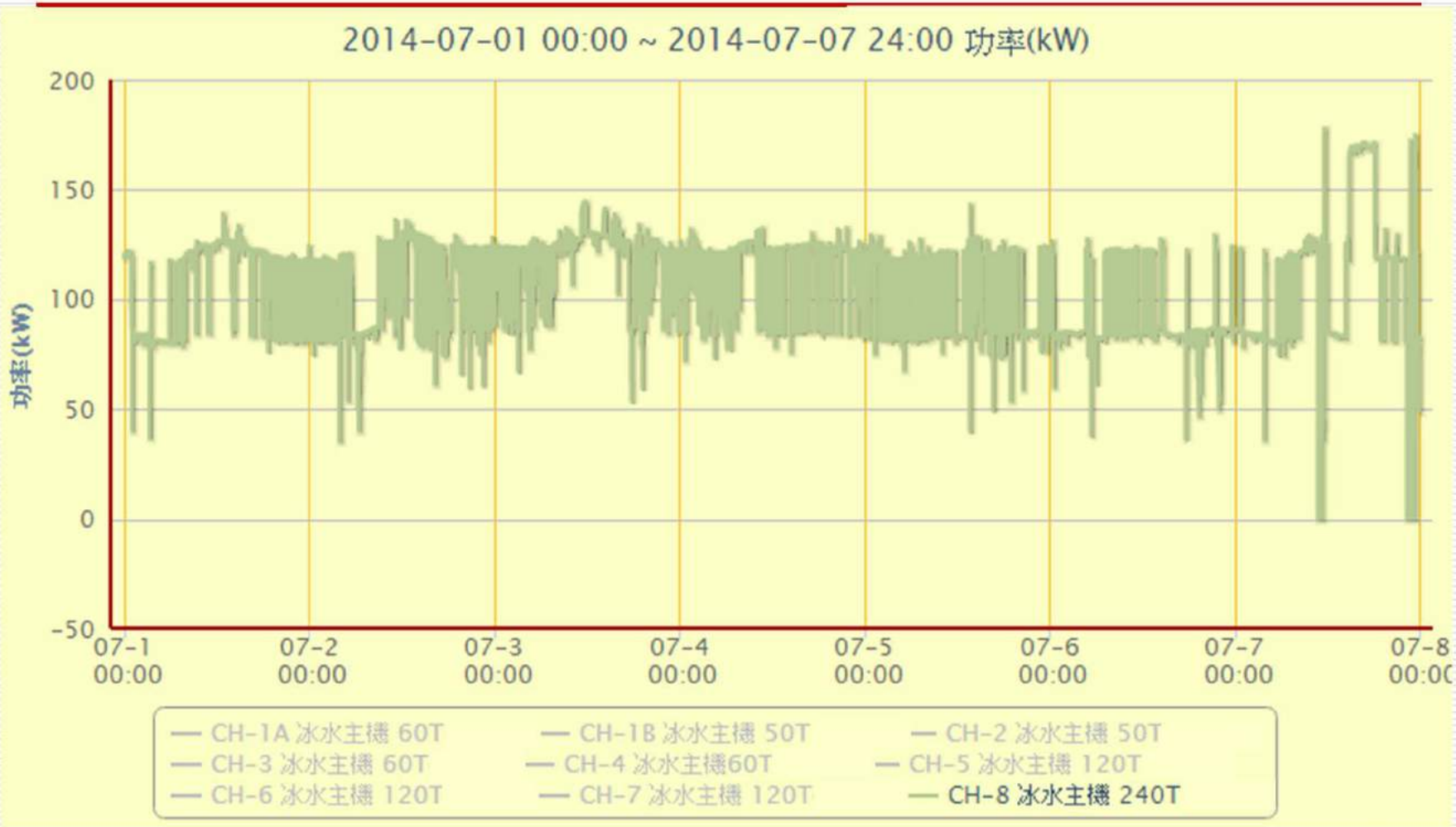
押出機製程冷卻迴路
冰水主機逐時耗電(CH-5及CH-6 120 RT)



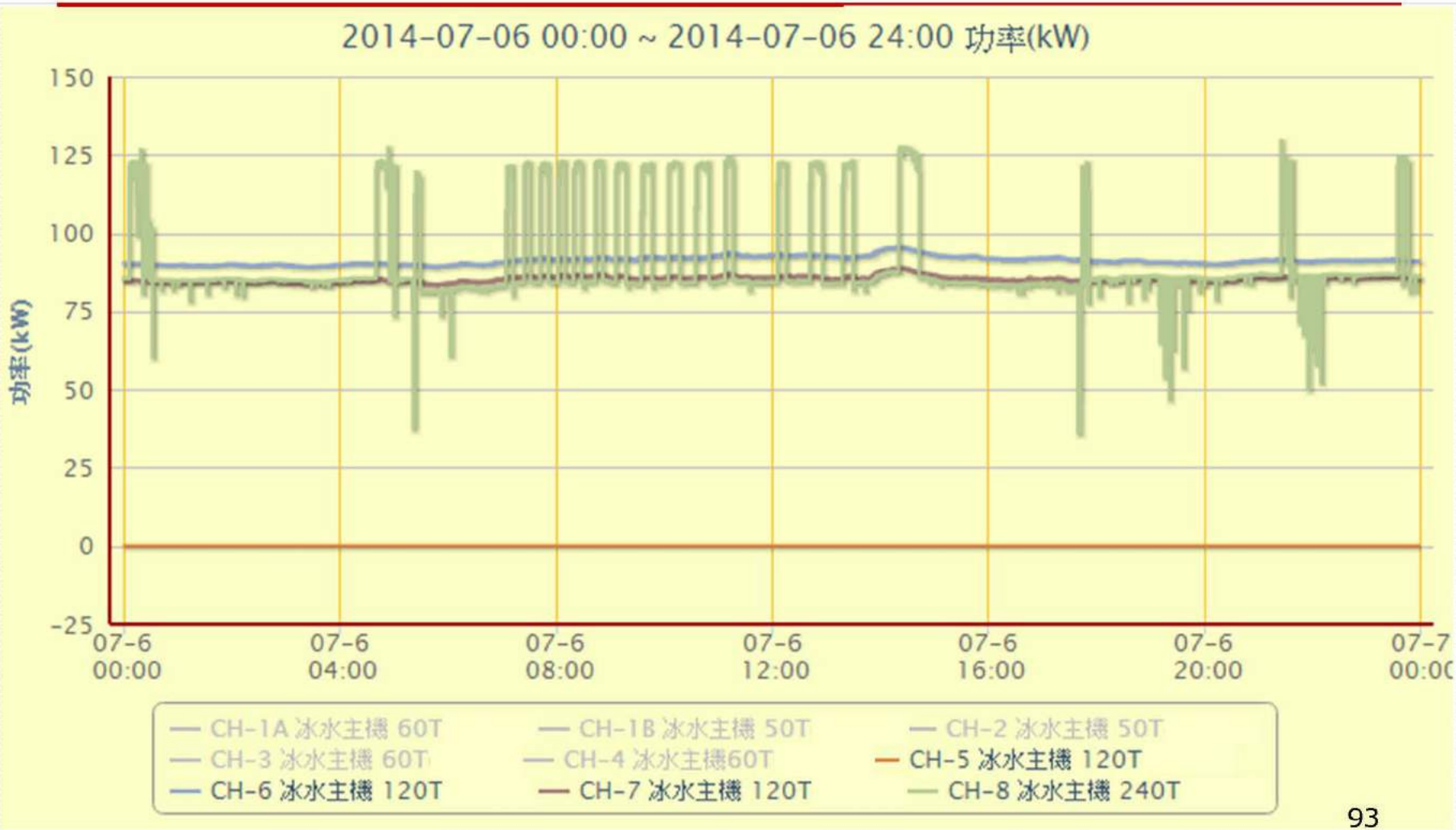
押出機製程冷卻迴路
冰水主機逐時耗電(CH-7 120 RT)



押出機製程冷卻迴路
冰水主機逐時耗電(CH-8 240 RT)

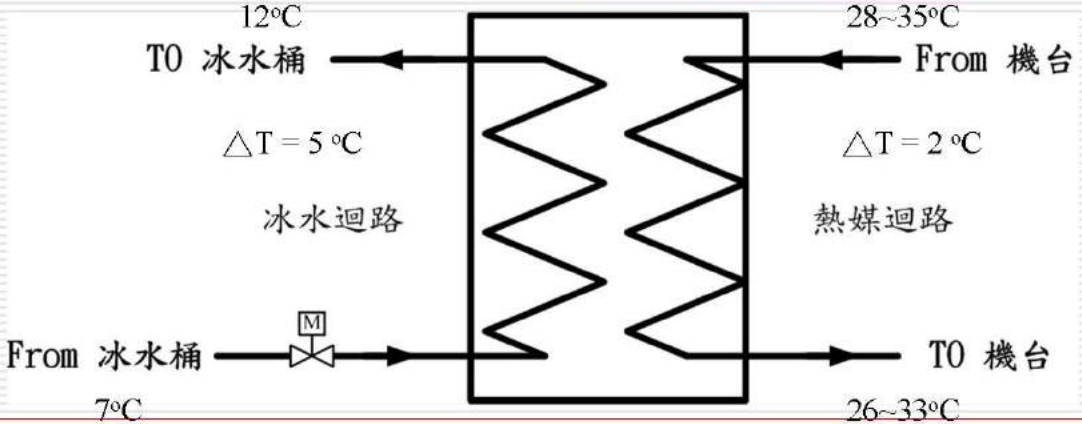


押出機製程冷卻迴路24小時運轉情形



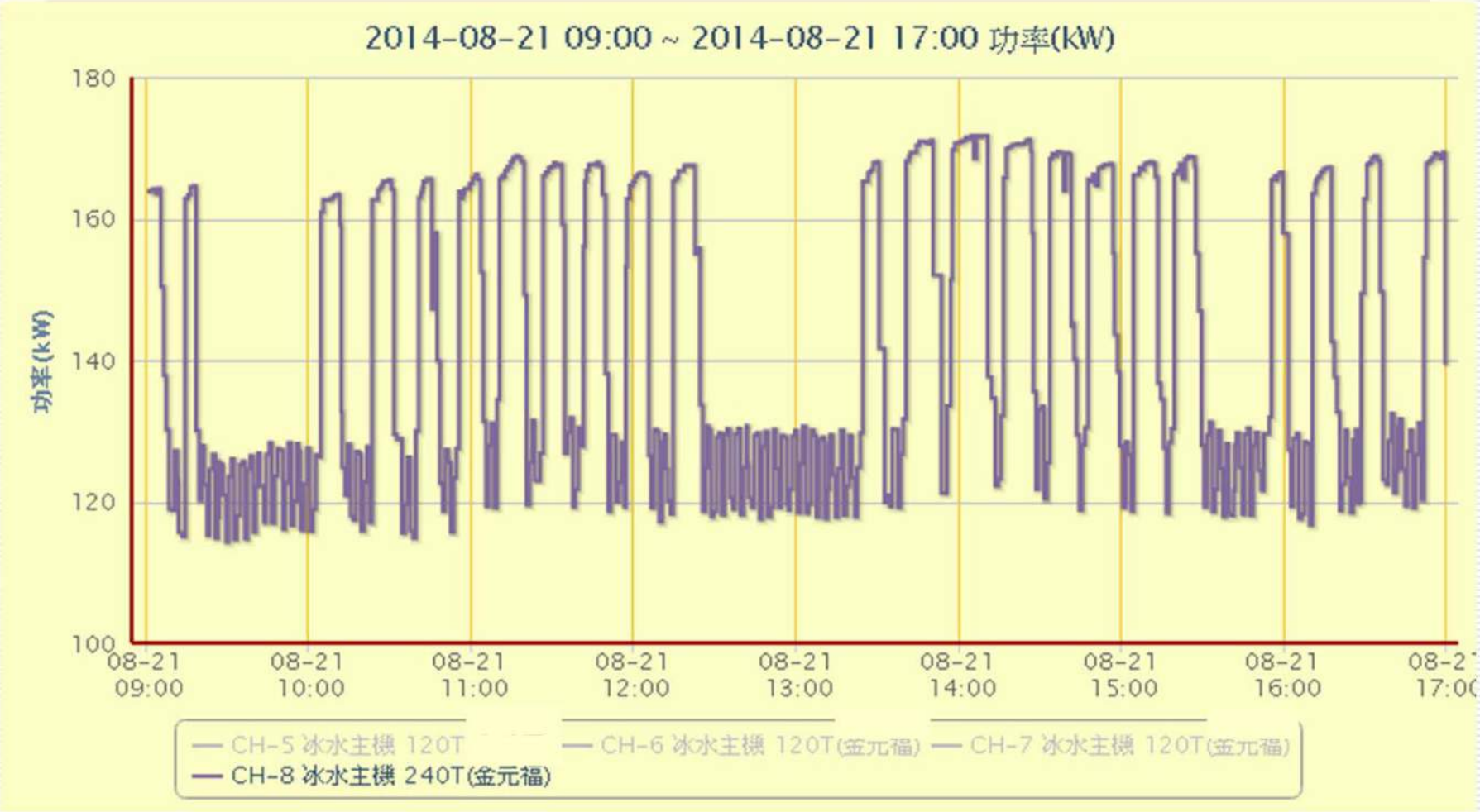
押出機製程冷卻迴路瞬時功率

模溫機操作模式與溫度

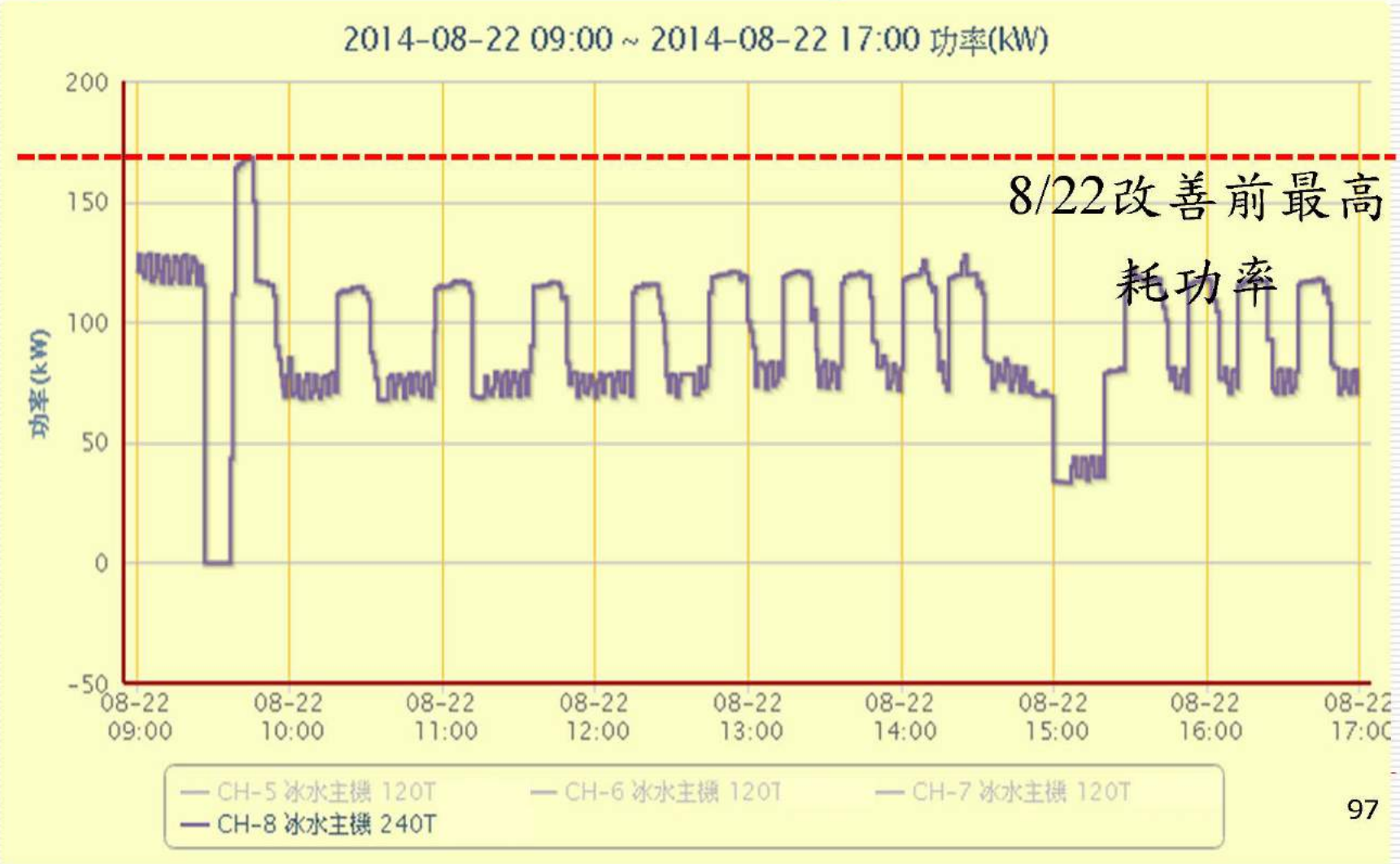


➢改善前

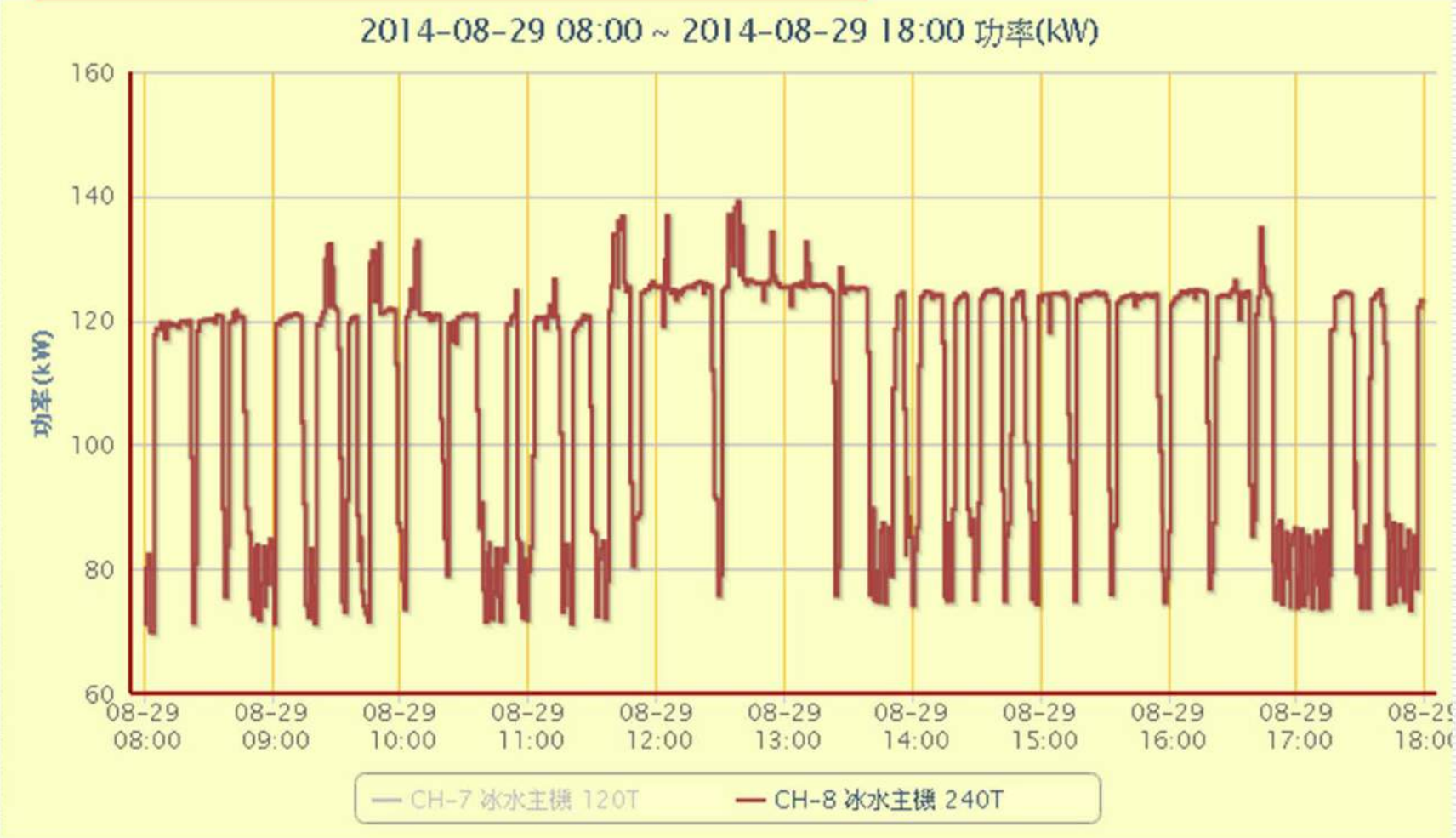
CH-8冰水主機改善前逐時功率



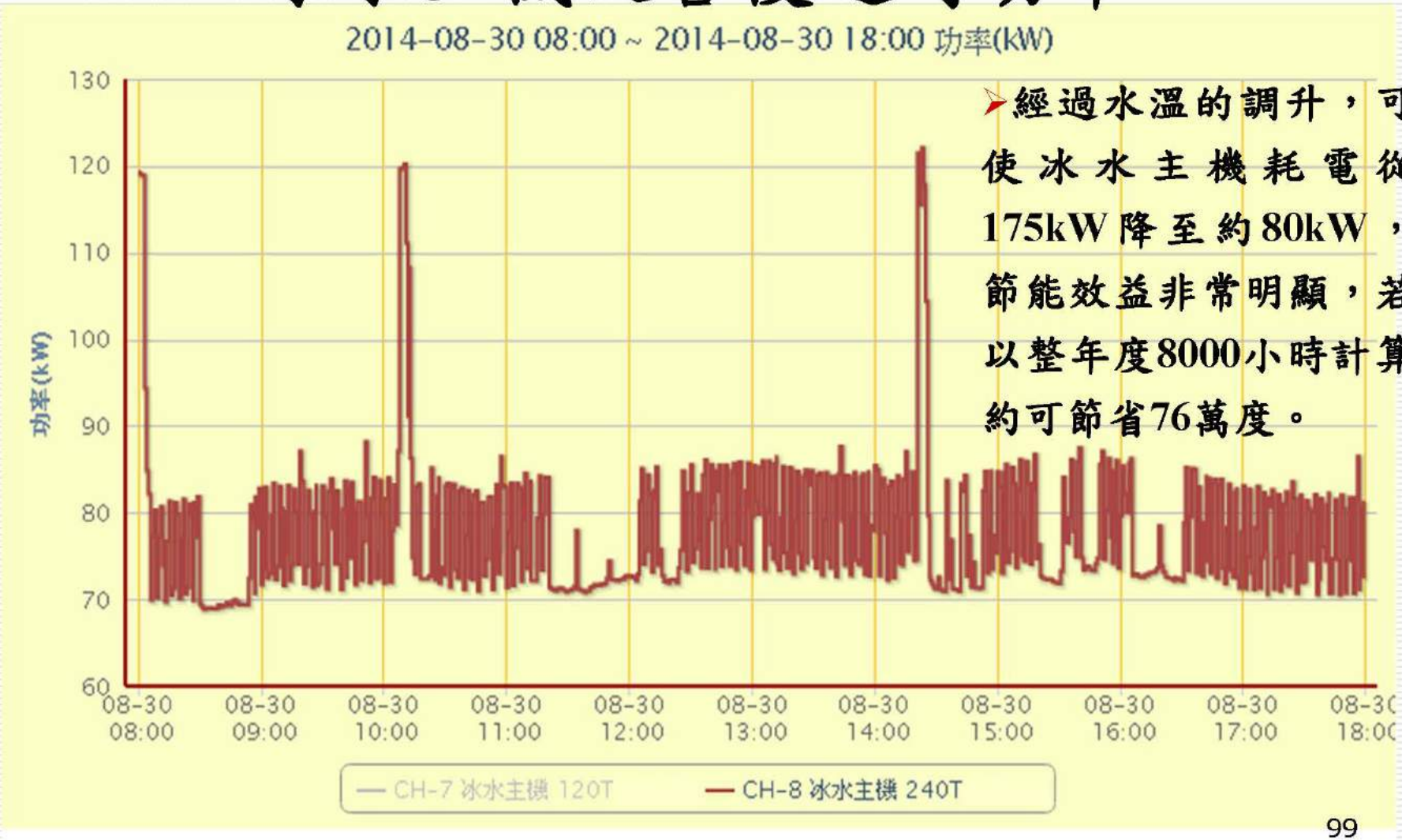
CH-8冰水主機改善後逐時耗電功率



CH-8冰水主機改善前逐時功率



CH-8冰水主機改善後逐時功率



- 經過水溫的調升，可使冰水主機耗電從175kW降至約80kW，節能效益非常明顯，若以整年度8000小時計算，約可節省76萬度。

案例分析

- 從上述雲端節能技術之案例可得知：
  - 主機設計錯誤→導致耗能量增加。
  - 找到製程設備良率的最佳設定值。
  - 簡易的調整，可獲得可觀的節能效益。
- 決策是基於數據的收集和分析所做出，而非經驗和直覺!

結語

- 節能技術的演進從過去的節能指標漸漸的轉變為與國際接軌的節能績效量測與驗證，隨著雲端資通訊技術的進步，ESCO雲端能源管理服務是創新的商業模式。
- 能源管理可協助耗能設備(或系統)的運轉數據進行收集、分析及改善，在改善的過程中，可從浪費部份著手，此部份的改善通常不需要龐大的經費，經由調整的方式可帶來可觀的效益。
- 雲端技術所帶來的巨量資料Big Data，使能源管理達到動態分析，可依照巨量資料進行製程可靠度及相關預測及性能分析，進而衍生出創新商業模式，協助能源用戶不僅僅是能源成本降低，製程良率提升，獲得最佳效益。