

# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

陳彥欣<sup>1</sup> 陳俊吉<sup>2</sup> 周文朕<sup>3</sup>

1 台灣積體電路製造股份有限公司F3E廠 [chenyhzm@tsmc.com](mailto:chenyhzm@tsmc.com)

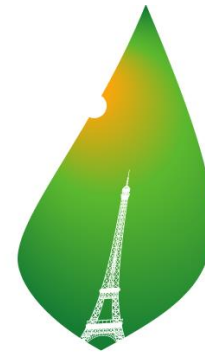
2 台灣積體電路製造股份有限公司F3E廠 [chenjcf@tsmc.com](mailto:chenjcf@tsmc.com)

3 台灣積體電路製造股份有限公司F3E廠 [wcchou@tsmc.com](mailto:wcchou@tsmc.com)

主要對策	節省瓦斯	節費	節碳
熱泵系統取代鍋爐瓦斯	68萬度/年	970萬元/年	1,270 ton/年

# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

**動機**：化石燃料耗用量增加，溫室效應加劇，導致地球氣候極端化，也讓CO2排放議題更受重視



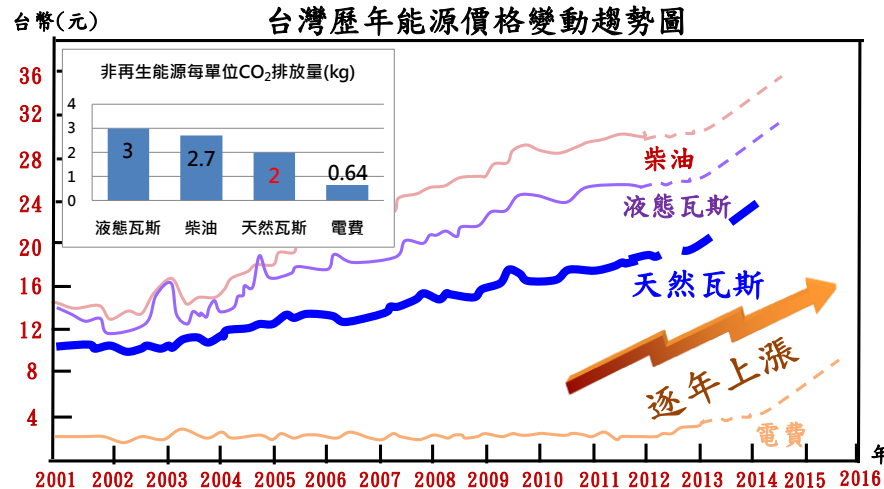
2015年聯合國氣候變化大會-巴黎協議  
(2016/11/4生效)

PARIS2015  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE  
COP21·CMP11

台灣2030年將減碳23%

**減碳已為你我責任!**

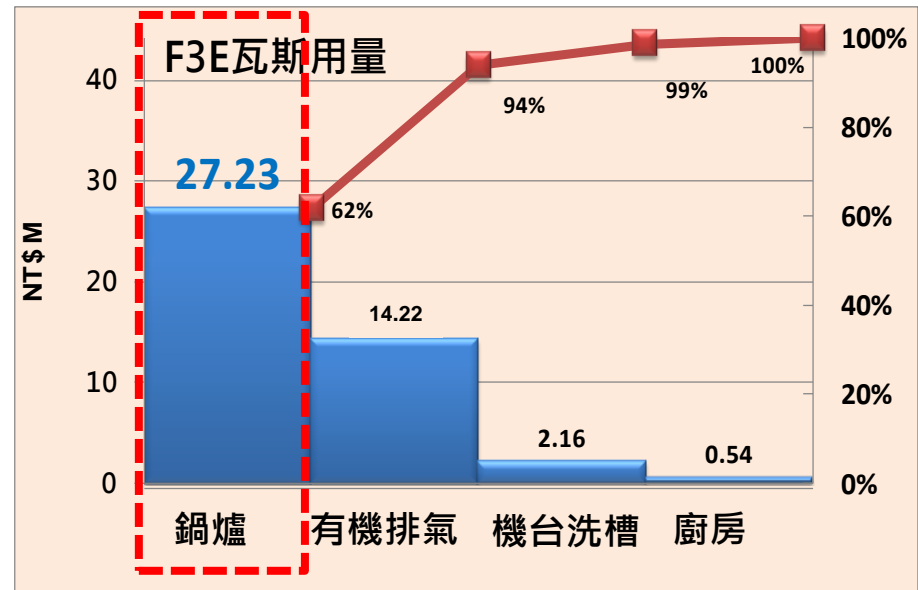
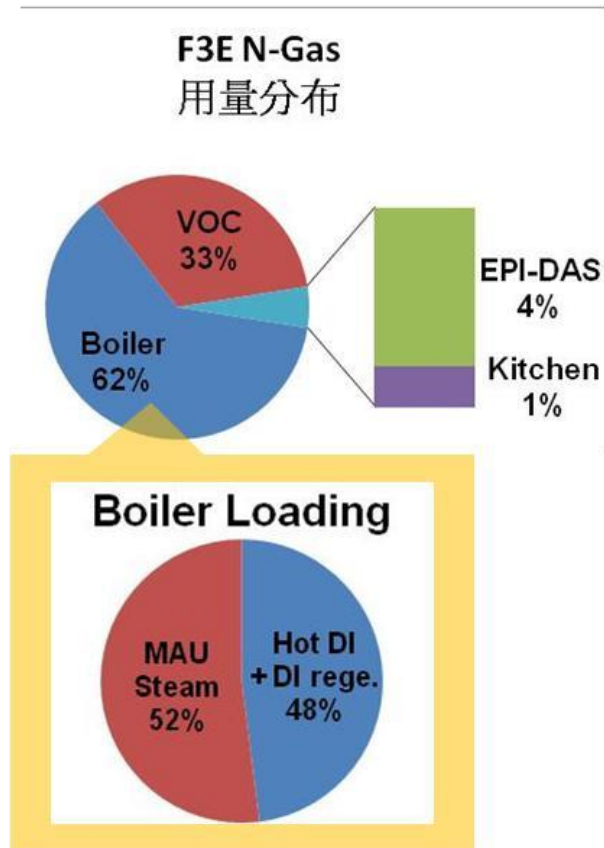
石化能源每單位CO<sub>2</sub>釋放量為電能**3倍以上!!**



# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

## F3E瓦斯用量分布

- 台積F3E 鍋爐系統每年使用約佔全廠瓦斯用量62%。
- 天然瓦斯費用約為NT\$ 27 M/Yr。
- 其中純水系統 Hot DI (HDI)與樹脂再生加熱使用天然瓦斯1,850 Nm<sup>3</sup>/day，約佔鍋爐天然瓦斯總用量之48%。

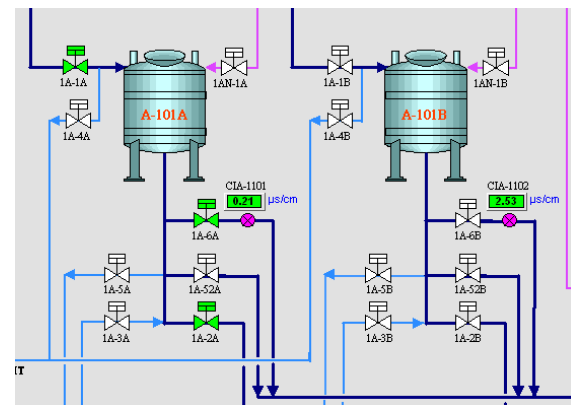
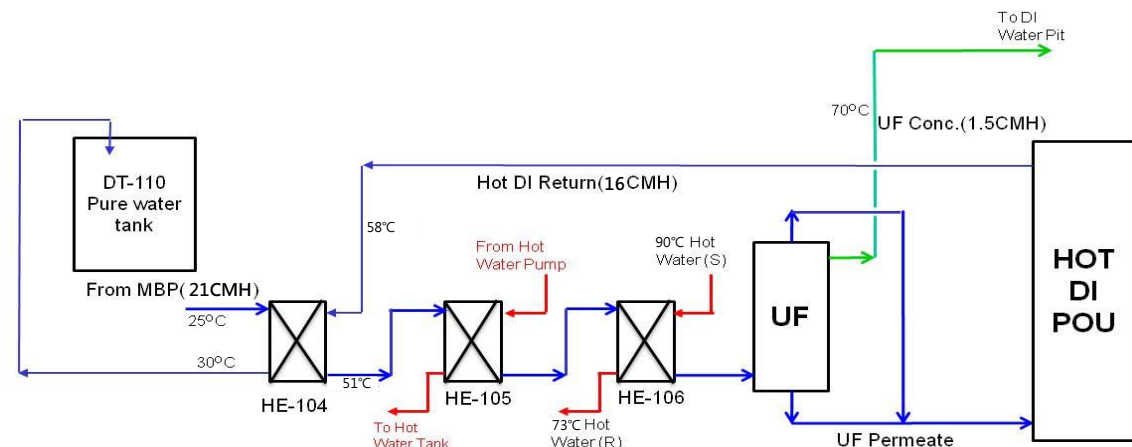


# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

純水系統瓦斯需求單元：**HOT DI (HDI)**及**樹脂再生升溫**

**1** HOT DI (HDI): 由25°C 升溫至70°C 供應機台

**2** 樹脂塔再生液鹼加熱至40°C



## HOT DI升溫熱值需求

HOT DI					
	流量	入水溫度 (°C)	出水溫度 (°C)	熱值 (kcal/hr)	熱值 (KW)
操作條件	21 CMH	51.6 °C	70 °C	386400	449.3

## 樹脂塔再生熱值需求

再生					
使用點	用量 (M <sup>3</sup> /次)	使用溫度 (°C)	進水溫度 (°C)	熱量需求 (kcal)	remark
UPW 1A 3B4T	17.3	40	25	259500	40min/1 Time/D
UPW 1B 2B3T	17	40	25	255000	40min/1 Time/D
UPW 1A MB	8.3	40	25	124500	50min/1 Time/M
UPW 1B MB	4.5	45	25	90000	60min/1 Time/M

# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

## 純水加熱需求取代方案比較：熱泵 v.s 機台local加熱器



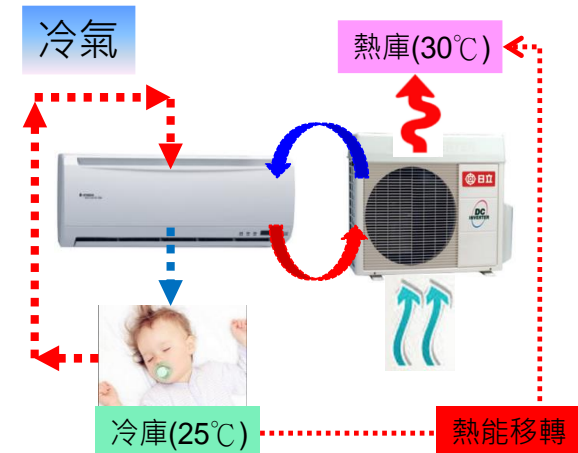
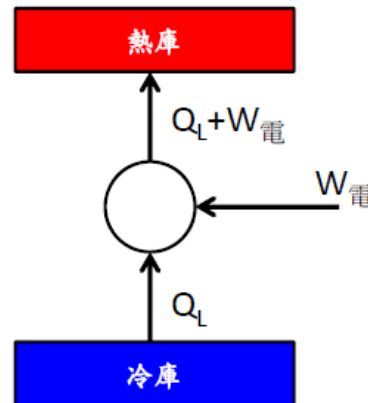
	Heat Pump	Local Heater
設置成本 (NT\$ K)	26,500	33,219
設置效益 (NT\$ K)	8,887	8,095
payback	2.98	4.10
系統優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.回收年限低</li> <li>2.節能趨勢</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.PM 費用低</li> <li>2.管路熱損失少</li> <li>3.可改為C-DI供應,改善H-DI管路變形</li> </ul>
系統缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.PM費用高</li> <li>2.管路熱損失高</li> <li>3.沿用H-DI管路,無法改善H-DI管路變形</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.回收年限高</li> <li>2.運轉效益依機台H-DI用量變化</li> </ul>

# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

## 熱泵簡介 -- 熱泵是什麼？

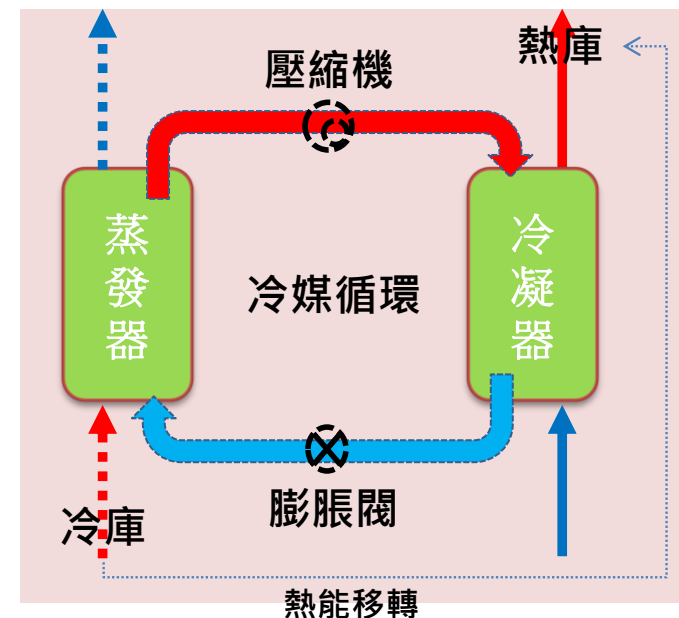
### 卡諾循環原理

將能量由低能階(低熱焓)往高能階(高熱焓)搬送，不是製熱的設備，而是搬能的設備，故使用上須有低能階熱源的供應，系統的耗能即為搬動能量所需作的功。



## 熱泵基本組成-冷凍循環五大元件

- 冷媒：(傳熱介質)
- 壓縮機：(動力來源)
- 冷凝器(熱交換器)：(冷媒放熱)
- 冷媒控制器：
- 蒸發器(熱交換器)：(冷媒吸熱)



# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

## 第一階段熱泵系統建置

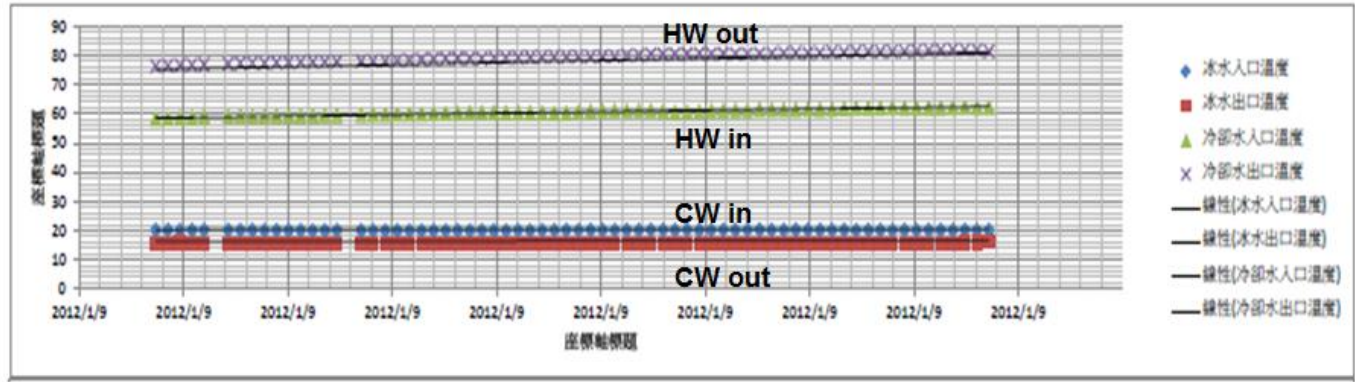
目的：高溫熱泵性能驗證測試及取代部分HDI加熱瓦斯需求

設計重點：

- [1] 壓縮機採用R-134a冷媒
- [2] 製熱能力：300KW或以上，製冷能力：180KW或以上。
- [3] 每日運轉24hrs下，熱水出水溫度需可穩定維持： $80 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 。
- [4] 高效率等級：熱水側 COP > 2.5；冰水側 COP > 1.5, 整機COP > 4.0。

### 【工研院測試】

- 熱水側  $60^{\circ}\text{C} \rightarrow 80^{\circ}\text{C}$
- 冰水側  $18^{\circ}\text{C} \rightarrow 13^{\circ}\text{C}$
- 【模擬本廠運轉條件】



# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

## 第一階段熱泵系統建置

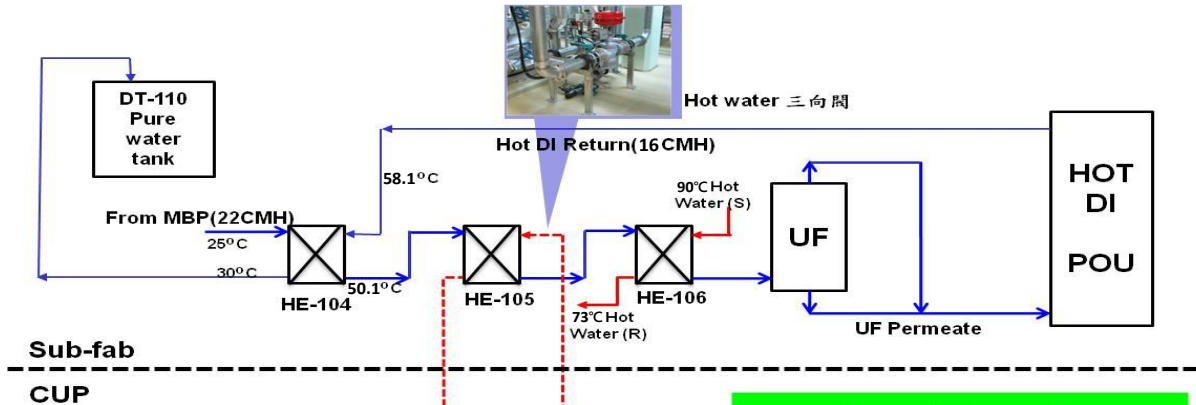
**熱側：**供應至HDI HEX-105作為第二段加熱熱源 (60°C→80°C)

**冷側：**利用冰機系統冷卻水 (35°C→30°C)

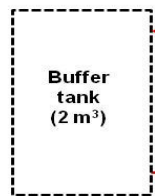
運轉即時資訊

瞬間運轉資訊						
	製熱量 Mcal/hr	製冷量 Mcal/hr	用電量 KW	熱側量COP	冷側量COP	
HP001	119.5	58.8	76.4	2.0	1.0	
HP002						
累計值						
	累計製熱量 Mcal/hr	累計製冷量 Mcal/hr	累計用電量 KW	熱側量平均COP	冷側量平均COP	累積系統 動率%
HP001	146.2	67.0	72.9	2.3	1.1	100.0
HP002						

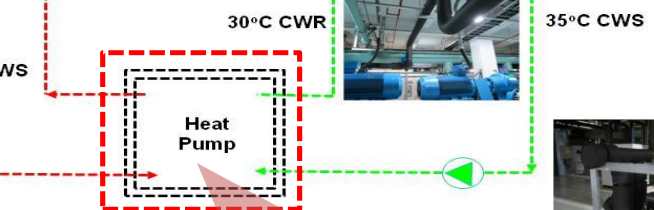
瞬間值					
水對水熱泵系統-熱水側			水對水熱泵系統-冰水側		
瞬間入水溫 ℃	瞬間出水溫 ℃	熱側瞬間水流量 CMH	冷側入水溫 ℃	冷側出水溫 ℃	冷側瞬間水流量 CMH
65.1	74.3	216.6	26.4	25.0	699.7
平均入水溫 ℃	平均出水溫 ℃	日累計水流量 CMH	平均入水溫 ℃	平均出水溫 ℃	日累計水流量 CMH
65.0	74.3	199.0	26.4	25.0	635.1
主機用電資訊			主機用電資訊		
電壓	日累計用電度數 KWH	每小時運轉時間Min	每日累計時間Min	壓鑄機控制容量%	
477.9	1068.0	2.8	983.5	66.0	
電流	瞬間用電功率	容量控制值設定	容量控制偏差值設定	容量控制比對值	
131.2	79.4	75.0	3.0	65.0	



Buffer tank



Hot Water Pump



Heat Pump

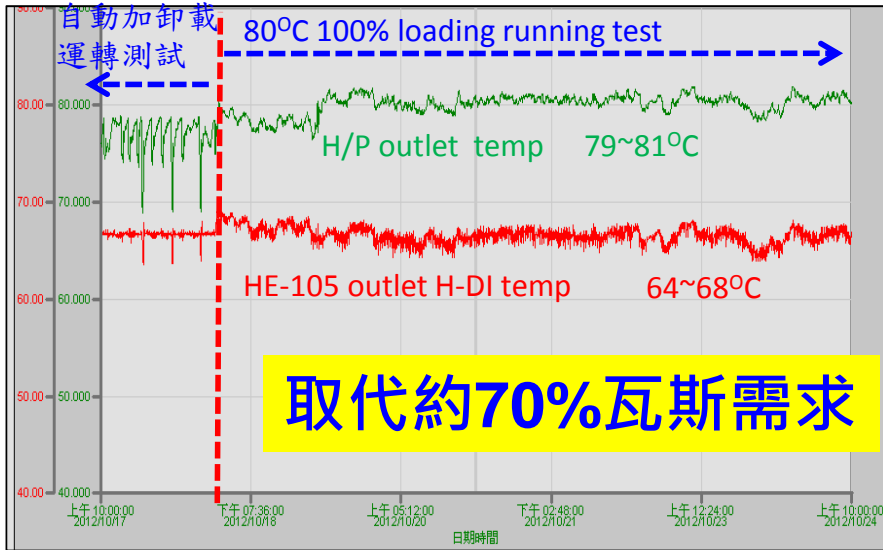


Cold Water Pump

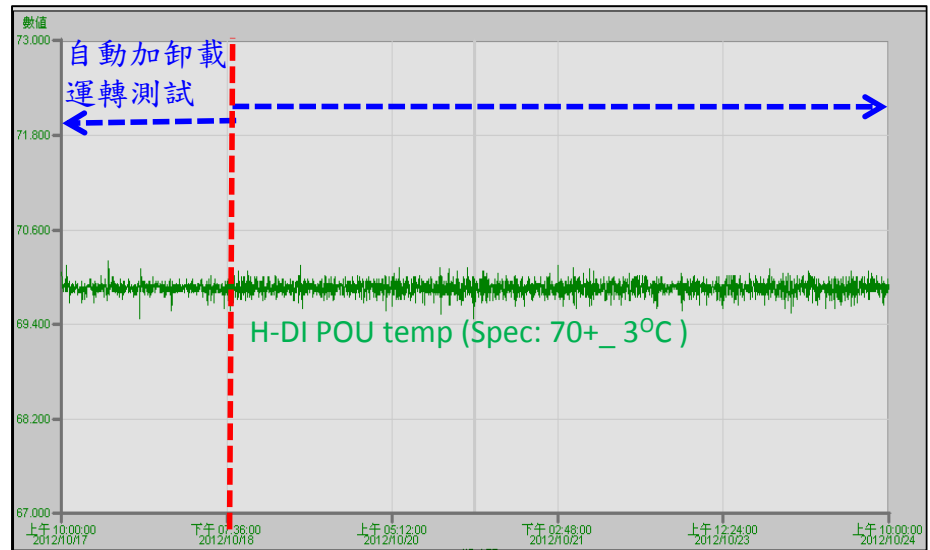
# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

## 系統運轉成效確認

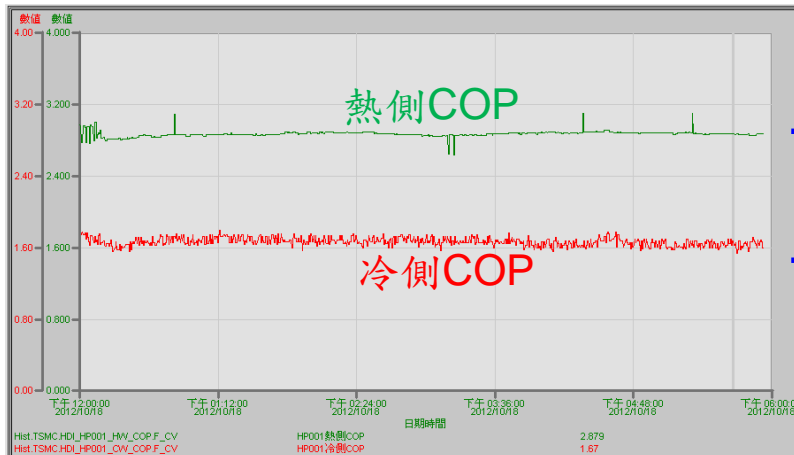
### 熱泵出口溫度及HDI HE-105出口溫度



### HDI供應溫度



### 熱泵COP



熱側 冷側

$$COP = 2.87 + 1.62 = 4.49$$

(request COP > 4.0)

# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

## 第二階段熱泵系統建置

目的：完全取代HDI及樹脂塔再生加熱瓦斯需求

設計重點：

[1] 壓縮機採用R-134a冷媒

[2] 製熱能力：300KW或以上，製冷能力：180KW或以上。

[3] 每日運轉24hrs下，熱水出水溫度需可穩定維持： $80 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 。

[4] 高效率等級：熱水側  $\text{COP} > 2.5$ ；冰水側  $\text{COP} > 1.5$ ，整機 $\text{COP} > 4.0$ 。

[5] 結合第一段熱泵系統，系統N+1運轉

[6] 再生用熱水儲水槽



樹脂塔再生熱值需求為批次式

再生					
使用點	用量 (M <sup>3</sup> /次)	使用溫度 (°C)	進水溫度 (°C)	熱量需求 (kcal)	remark
UPW 1A 3B4T	17.3	40	25	259500	40min/1 Time/D
UPW 1B 2B3T	17	40	25	255000	40min/1 Time/D
UPW 1A MB	8.3	40	25	124500	50min/1 Time/M
UPW 1B MB	4.5	45	25	90000	60min/1 Time/M



# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

## 第二階段熱泵系統建置

### 系統運轉資訊

HP002			
熱水入水溫度1	65.9	冷卻水入水溫度	27.7
熱水入水溫度2	66.1	冷卻水出水溫度	25.4
熱水入水溫度3	65.8	製熱率	74.0
熱水出水溫度	68.7	製冷率	48.3
1號板換熱水出水溫度	66.0	製熱COP	2.88
2號板換熱水出水溫度	68.8	製冷COP	1.88
3號板換熱水出水溫度	68.8	瞬時熱水流量	22.6
4號板換熱水出水溫度	68.6	累積熱水流量	33540
		一號壓縮機運轉時數	1483
		二號壓縮機運轉時數	2032
		三號壓縮機運轉時數	4054
		四號壓縮機運轉時數	7112
		五號壓縮機運轉時數	5186

HP003			
熱水入水溫度1	65.9	冷卻水入水溫度	27.7
熱水入水溫度2	66.1	冷卻水出水溫度	25.4
熱水入水溫度3	66.2	製熱率	347.9
熱水出水溫度	76.5	製冷率	265.0
1號板換熱水出水溫度	70.8	製熱COP	4.20
2號板換熱水出水溫度	74.2	製冷COP	3.20
3號板換熱水出水溫度	72.1	瞬時熱水流量	28.3
4號板換熱水出水溫度	74.2	累積熱水流量	33984
		一號壓縮機運轉時數	1744
		二號壓縮機運轉時數	2265
		三號壓縮機運轉時數	4227
		四號壓縮機運轉時數	7327
		五號壓縮機運轉時數	5413

OK

### 各段壓縮機運轉狀況

HP002									
1號	2號	3號	4號	5號					
1號壓縮機啓動 <input type="radio"/>	2號壓縮機啓動 <input type="radio"/>	3號壓縮機啓動 <input type="radio"/>	4號壓縮機啓動 <input checked="" type="radio"/>	5號壓縮機啓動 <input type="radio"/>					
1號壓縮機跳脫 <input type="radio"/>	2號壓縮機跳脫 <input type="radio"/>	3號壓縮機跳脫 <input type="radio"/>	4號壓縮機跳脫 <input type="radio"/>	5號壓縮機跳脫 <input type="radio"/>					
1號壓縮機高壓 <input checked="" type="radio"/>	2號壓縮機高壓 <input type="radio"/>	3號壓縮機高壓 <input type="radio"/>	4號壓縮機高壓 <input type="radio"/>	5號壓縮機高壓 <input type="radio"/>					
1號壓縮機低壓 <input type="radio"/>	2號壓縮機低壓 <input type="radio"/>	3號壓縮機低壓 <input type="radio"/>	4號壓縮機低壓 <input type="radio"/>	5號壓縮機低壓 <input type="radio"/>					
1號壓縮機自動模式 <input checked="" type="radio"/>	2號壓縮機自動模式 <input type="radio"/>	3號壓縮機自動模式 <input type="radio"/>	4號壓縮機自動模式 <input type="radio"/>	5號壓縮機自動模式 <input type="radio"/>					
1號壓縮機手動模式 <input type="radio"/>	2號壓縮機手動模式 <input type="radio"/>	3號壓縮機手動模式 <input type="radio"/>	4號壓縮機手動模式 <input type="radio"/>	5號壓縮機手動模式 <input type="radio"/>					

HP003									
1號	2號	3號	4號	5號					
1號壓縮機啓動 <input checked="" type="radio"/>	2號壓縮機啓動 <input type="radio"/>	3號壓縮機啓動 <input type="radio"/>	4號壓縮機啓動 <input type="radio"/>	5號壓縮機啓動 <input type="radio"/>					
1號壓縮機跳脫 <input type="radio"/>	2號壓縮機跳脫 <input type="radio"/>	3號壓縮機跳脫 <input type="radio"/>	4號壓縮機跳脫 <input type="radio"/>	5號壓縮機跳脫 <input type="radio"/>					
1號壓縮機高壓 <input type="radio"/>	2號壓縮機高壓 <input type="radio"/>	3號壓縮機高壓 <input type="radio"/>	4號壓縮機高壓 <input type="radio"/>	5號壓縮機高壓 <input type="radio"/>					
1號壓縮機低壓 <input type="radio"/>	2號壓縮機低壓 <input type="radio"/>	3號壓縮機低壓 <input type="radio"/>	4號壓縮機低壓 <input type="radio"/>	5號壓縮機低壓 <input type="radio"/>					
1號壓縮機自動模式 <input checked="" type="radio"/>	2號壓縮機自動模式 <input type="radio"/>	3號壓縮機自動模式 <input type="radio"/>	4號壓縮機自動模式 <input type="radio"/>	5號壓縮機自動模式 <input type="radio"/>					
1號壓縮機手動模式 <input type="radio"/>	2號壓縮機手動模式 <input type="radio"/>	3號壓縮機手動模式 <input type="radio"/>	4號壓縮機手動模式 <input type="radio"/>	5號壓縮機手動模式 <input type="radio"/>					

### 熱泵參數設定

HP002				HP003			
溫度設定				溫度設定			
壓縮機加熱溫度設定0→1	65.3	壓縮機卸載溫度設定0→1	65.0	壓縮機加熱溫度設定0→1	77.0	壓縮機卸載溫度設定0→1	78.0
壓縮機加熱溫度設定1→2	66.5	壓縮機卸載溫度設定1→2	67.0	壓縮機加熱溫度設定1→2	74.5	壓縮機卸載溫度設定1→2	75.5
壓縮機加熱溫度設定2→3	64.0	壓縮機卸載溫度設定2→3	64.5	壓縮機加熱溫度設定2→3	72.0	壓縮機卸載溫度設定2→3	73.0
壓縮機加熱溫度設定3→4	61.6	壓縮機卸載溫度設定3→4	62.1	壓縮機加熱溫度設定3→4	69.0	壓縮機卸載溫度設定3→4	69.0
壓縮機加熱溫度設定4→5	59.3	壓縮機卸載溫度設定4→5	59.0	壓縮機加熱溫度設定4→5	66.0	壓縮機卸載溫度設定4→5	67.0
警報設定				警報設定			
熱水出水溫度高警報設定	87.8	冷水出水溫度高警報設定	88.0	熱水出水溫度高警報設定	77.0	冷水出水溫度高警報設定	88.0
熱水入水溫度高警報設定	74.8	冷水入水溫度低警報設定	10.0	熱水入水溫度低警報設定	65.0	冷水入水溫度低警報設定	10.0
熱水出水溫度低警報設定	76.8	冷水出水溫度低警報設定	80.0	熱水出水溫度低警報設定	76.0	冷水出水溫度低警報設定	80.0
熱水入水溫度低警報設定	66.8	冷水入水溫度低警報設定	10.0	熱水入水溫度低警報設定	66.0	冷水入水溫度低警報設定	10.0
熱水流速過高警報設定	36.8	熱水流速過低警報設定	5.8	熱水流速過高警報設定	30.8	熱水流速過低警報設定	5.8
耗電功率				耗電功率			
主機運轉時數				主機運轉時數			
19259				855			

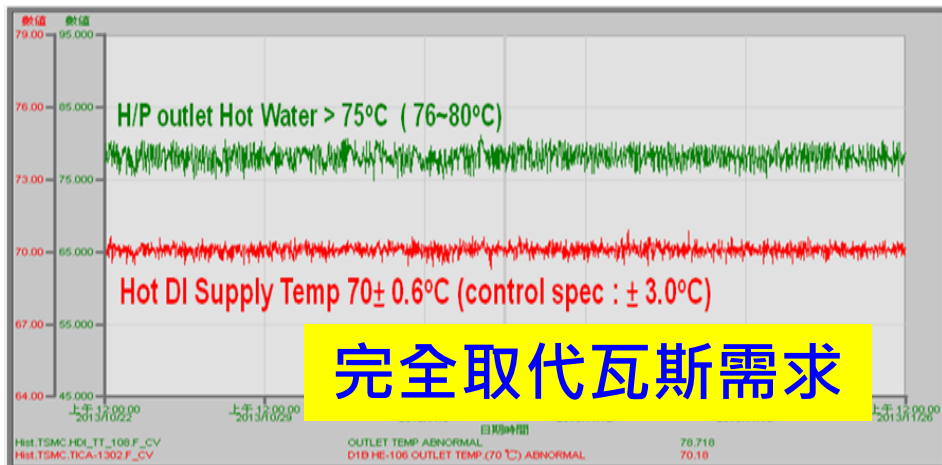
- \* 熱泵組重新開機後須等待10分鐘才會啓動
- \* 壓縮機加熱台風運轉時間為5分鐘
- \* 壓縮機卸載後高壓運轉時間為4分鐘
- \* 熱泵熱水溫度32℃維持1分鐘後會強制跳一台壓縮機

OK

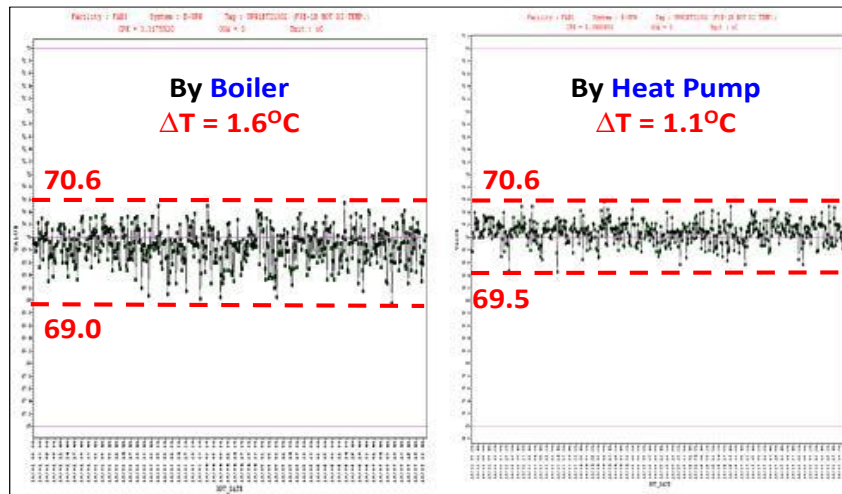
# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

## 系統運轉成效確認

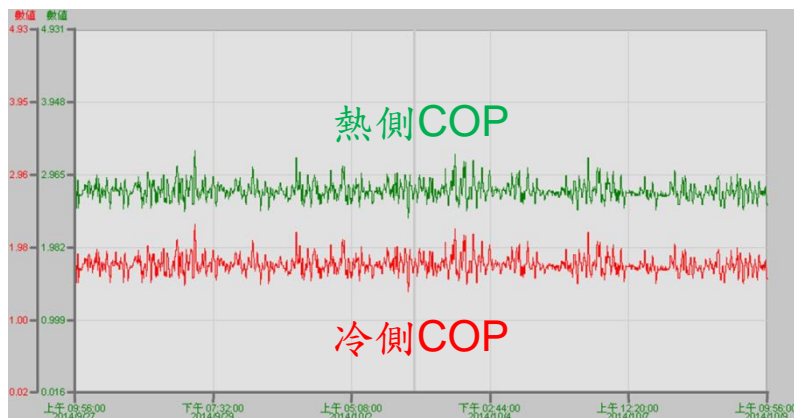
### 熱泵出口溫度及HDI供應溫度穩定輸出



### HDI供應溫度穩定度提升



### 熱泵COP

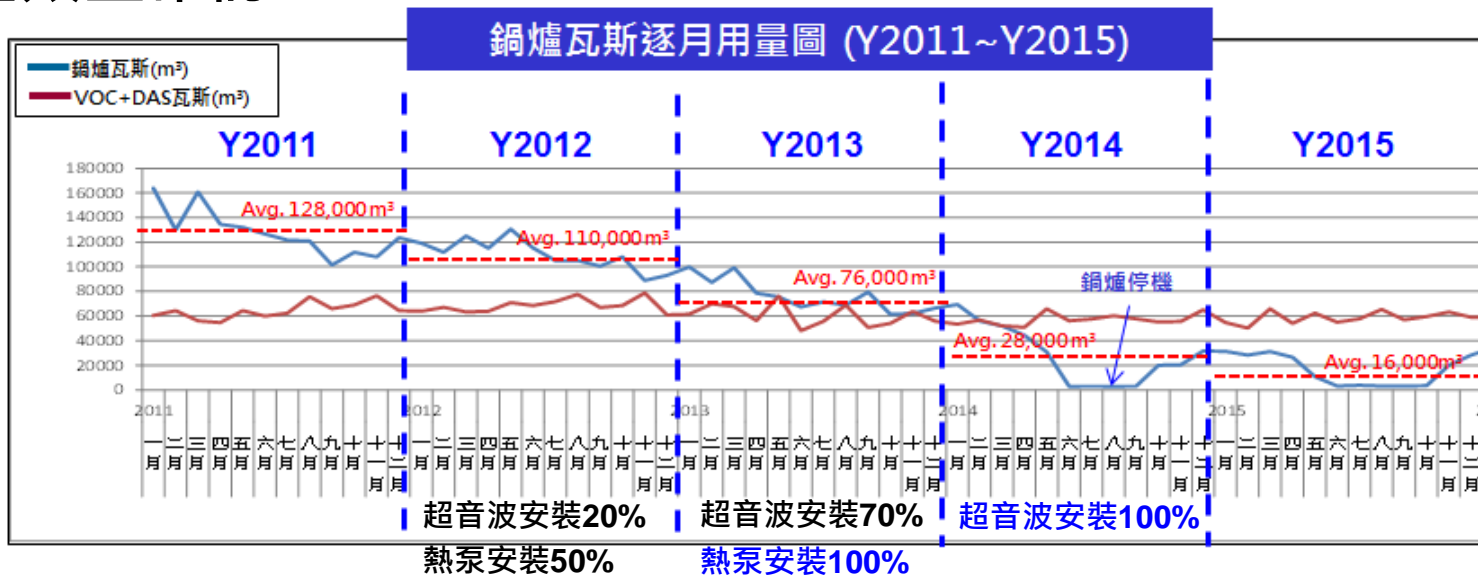


熱側 冷側

COP = 2.6 + 1.6 = 4.2

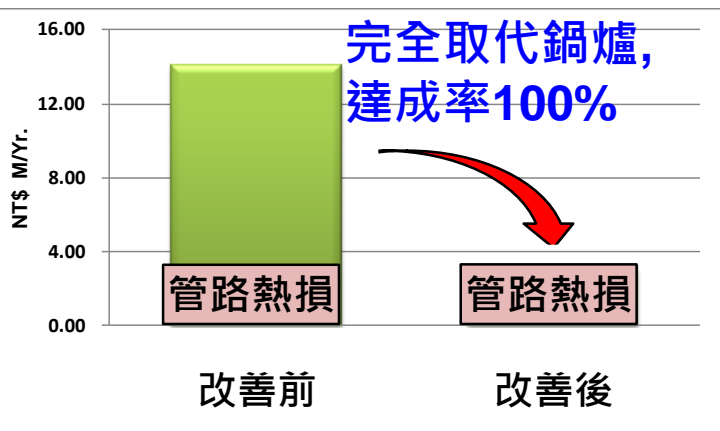
# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

## 整體效益確認



純水系統瓦斯用量取代率100%  
每年減少1,270噸的CO2排放量

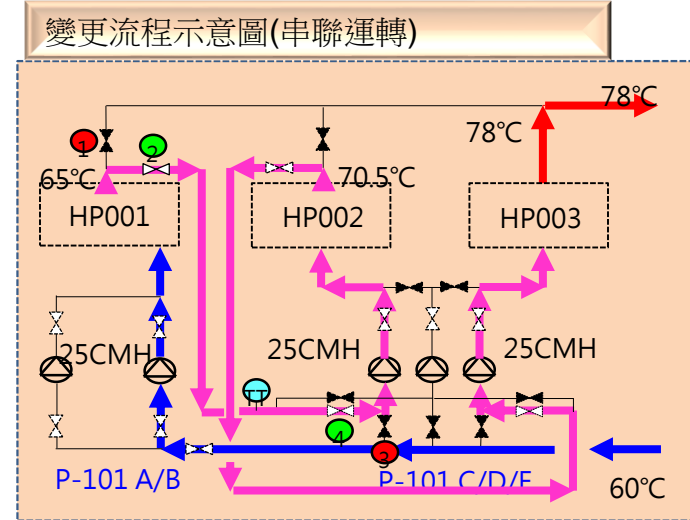
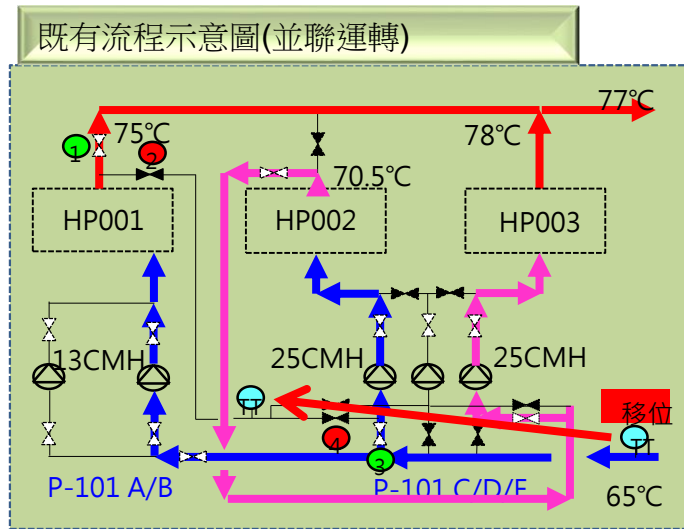
整體效益約NT\$9.7M/Yr，回收年限約2.7年



Heat Pump 設置台數	Stage 1		Stage 1+2			
	Heat Pump*1		Heat Pump*3			
Heat Pump 用途	Hot DI loading 75%		Hot DI loading 100% DI 再生			
設置效益 (NT\$ M/Yr)	4.3	瓦斯節省	6.0	9.7	瓦斯節省	13.3
		製冷效益	0.8		製冷效益	2.0
		系統耗電	-2.5		系統耗電	-5.6
建置成本 (NT\$ M)	9.9		26.4			

# 終結耗能鍋爐-高溫熱泵於純水系統應用

## 未來節能方向-兩階段熱泵串聯運轉



### ● Benefit

- 微幅提升供應溫度
- 避免HP001異常時低溫出水
- 有效備機：系統設備(1+0)+(1+1)調整為(2+1)
- 減少高溫區運轉的壓縮機數量  
降低設備運轉壓力
- 節能：62,982kWh/Yr (轉動設備 & 壓縮機)

**感謝各位先進的聆聽與指教**