

燃料油鍋爐轉用天然氣 系統節能規劃設計

▶ 簡報人：安尚緯

前言

行政院核定清淨空氣行動計畫所列的十大強化措施，列有「改變鍋爐燃料」管制策略。

鍋爐依用途及規模區分，可分為工業用及商業用兩類鍋爐，目前位於都市人口密集處之鍋爐，各縣市政府將優先以補助經費汰換燃油鍋爐及空氣汙染行為管制等兩項管制措施，督促業者改用或汰換鍋爐，使用較乾淨之燃料，藉以減少區域空氣汙染物排放情形，改善區域空氣品質。

重油的使用及其相關問題

【重油特性】

重油為原油加工裂解後的塔底殘留物，相對硫含量也比較高，但因重油熱值高 (9,600~9,700 Kcal/kg)、價格便宜，因此鍋爐廣泛使用重油作為主燃料

【鍋爐使用重油所產生的問題】

重油黏度高以及具有高含量的膠質瀝青，使用重油前必須對重油管路及儲存槽持續加熱，在噴入爐膛燃燒前必須不斷地反復加溫，造成瀝青質沉降形成油泥，極易堵塞油泵，噴嘴，過濾系統及重油管路，因此必需經常清理重油管路上各種配件，同時管路配件故障率相對偏高，造成經濟上的損失。

當重油霧化狀況不佳或風油比調整不良時，會造成點火困難，爐膛內部積碳，煙囪黑煙，容易造成燃燒不完全問題，而造成較高的空氣污染，污染物排放指數較高(懸浮微粒、SO_x、NO_x、及尾氣排放溫度)

3

鍋爐空氣污染物排放值

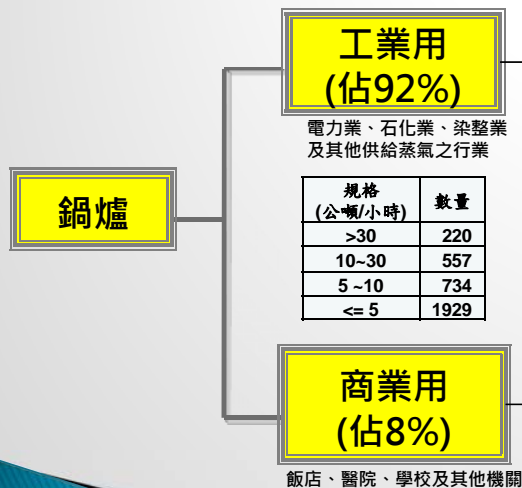
| 燃料種類 | 未安裝防制設備 | | | 是否需要安裝防制設備 |
|--|---------|--------|--------|------------|
| | 粒狀污染物 | 硫氧化物 | 氮氧化物 | |
| 天然瓦斯 (NG1) | 0.0072 | 0 | 1.32 | 否 |
| 天然瓦斯 (NG2) | 0.0072 | 0 | 1.32 | 否 |
| 低硫燃料油 (S:0.5%) | 0.1665 | 1.3194 | 0.9151 | 是 |
| 液化瓦斯 | 0.012 | 0.455 | 0.455 | 否 |
| 柴油 | 0.0363 | 0.0027 | 0.3624 | 否 |
| ***備註：1.單位：公斤/106 仟卡 2.以美國係數及空污費係數及熱值換算*** | | | | |

4

鍋爐整體管制措施

環保署針對鍋爐燃燒所產生空氣汙染物，以加嚴排放標準、規範燃料含硫量限值、空氣汙染行為、訂定空汙費優惠費率及補助辦法等行政管制及經濟誘因措施進行管制。

用途、規模



管制措施

• 行政管制

- ✓ 加嚴空氣汙染物管道排放標準
- ✓ 訂定燃料含硫分限值
- ✓ 公告空氣汙染行為

• 經濟誘因

- ✓ 優惠使用低污染性氣體燃料空汙費率
- ✓ 訂定汰換鍋爐補助辦法

5

5

環保署制訂之鍋爐管制方式

- **環保署**在103年4月30日起鍋爐粒狀物排放標準必須符合下列標準：

| 新污染源指102年4月25日(含)起設立之污染源 | 既存污染源指102年4月25日前已完成設立之污染源 |
|--------------------------|---------------------------|
| 50 mg/Nm ³ | 100 mg/Nm ³ |

如污染源排放標準超標需加裝控制設備或改用其他燃料，**環保署**下階段再會加嚴SO_x、NO_x標準，擴大汙染減量。



工業用

固體
液體
氣體

排放限值管理

Par：103年
50mg/Nm³
SO_x/NO_x：研訂中

業者經濟評估 方式

1. 加裝控制設備
2. 固 → 液 → 氣

6

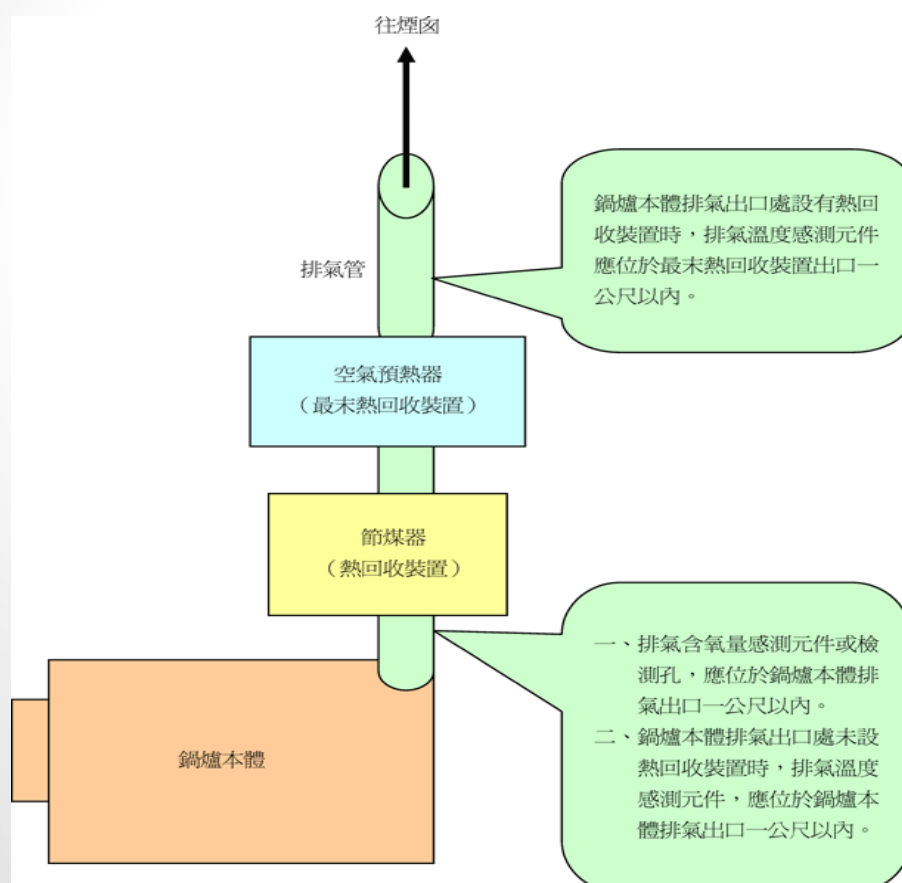
經濟部制訂之鍋爐管制方式

| 種類 | 容量(公噸/小時) | 能源效率標準(%) |
|---------|-----------|-----------|
| 水管式燃油鍋爐 | 三十以上 | 九十二·五 |
| | 十以上未達三十 | 九十一 |
| | 五以上未達十 | 八十九·五 |
| | 未達五 | 八十八·五 |
| 水管式燃氣鍋爐 | 三十以上 | 九十三·五 |
| | 十以上未達三十 | 九十二·五 |
| | 五以上未達十 | 九十一·五 |
| | 未達五 | 九十·五 |
| 煙管式燃油鍋爐 | 三十以上 | 九十 |
| | 十以上未達三十 | 八十九 |
| | 五以上未達十 | 八十八 |
| | 未達五 | 八十七 |
| 煙管式燃氣鍋爐 | 三十以上 | 九十二 |
| | 十以上未達三十 | 九十一 |
| | 五以上未達十 | 九十 |
| | 未達五 | 八十九 |

經濟部民國九十二年七月一日起公告施行的“鍋爐能源效率標準”

7

經濟部規定自中華民國一百零六年一月一日起，能源用戶蒸汽鍋爐應符合右列節約能源之規定：



8

中華民國一百零六年一月一日起，經濟部之規定內文

| 燃料種類 容量(公噸/小時) | 燃煤 | | 燃油 | 燃氣 |
|-------------------|------|------|------|------|
| | 固定床 | 流動床 | | |
| 三十以上 | 一・四五 | 一・四五 | 一・二五 | 一・二〇 |
| 十以上未達三十 | 一・四五 | 一・四五 | 一・三〇 | 一・三〇 |
| 五以上未達十 | - | - | 一・三〇 | 一・三〇 |
| 未達五 | - | - | 一・三〇 | 一・三〇 |

鍋爐於穩定運轉狀態下之空氣比上限值

註一：空氣比=21／（21-排氣含氧量百分比），並以四捨五入取至小數點二位。

註二：鍋爐同時使用多種燃料時，應符合單位時間發熱量最多燃料之空氣比規定。


| 燃料種類 容量(公噸/小時) | 燃煤 | | 燃油 | 燃氣 |
|-------------------|------|-----|------|------|
| | 固定床 | 流動床 | | |
| 三十以上 | 二百 | 二百 | 二百 | 一百七十 |
| 十以上未達三十 | 二百五十 | 二百 | 二百 | 一百七十 |
| 五以上未達十 | - | - | 二百二十 | 二百 |
| 未達五 | - | - | 二百五十 | 二百二十 |

鍋爐於穩定運轉狀態下之排氣溫度上限值

單位℃

註：鍋爐同時使用多種燃料時，應符合單位時間發熱量最多燃料之排氣溫度規定。

根據“**環保署**”及“**經濟部**”制訂節能減碳之新規定，現存之燃料油鍋爐將無法通過嚴苛的環保規範，且於規劃於2年內研訂行政管制措施（如：加嚴硫氧化物排放標準、公告使用含硫量超過10ppm之液體燃料屬易致空氣污染物質等），預期藉由行政管制加速降低區域性空氣污染，因此燃料油轉用天然氣之趨勢在未來將更加受到重視。

A photograph of an industrial boiler system with various pipes, valves, and a large cylindrical tank, enclosed in a green oval frame. The text "鍋爐煙囪廢熱回收技術及裝置" is overlaid in large green characters.

鍋爐煙囪廢熱回收技術及裝置

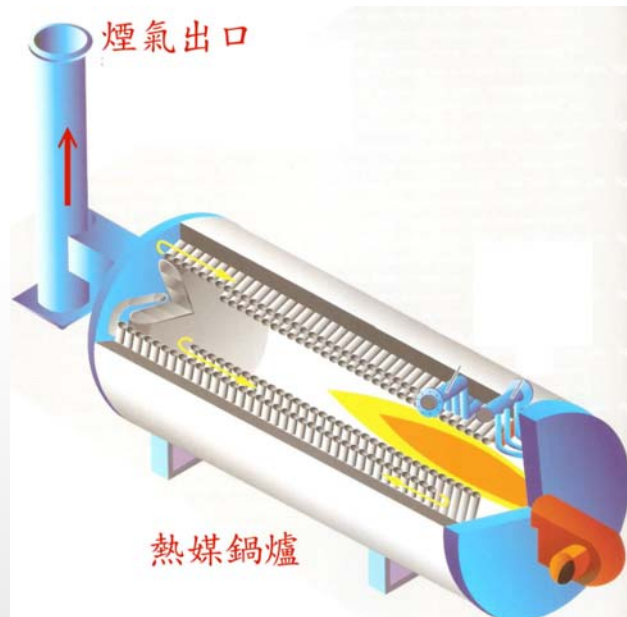
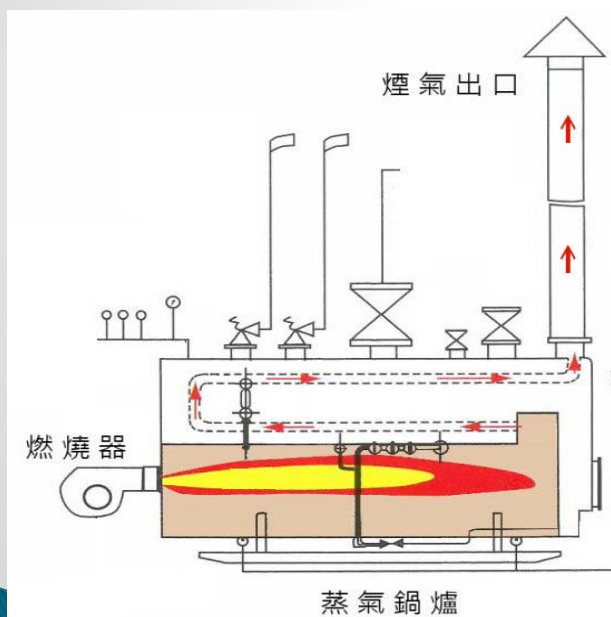
11

煙氣餘熱回收潛力

由於重油燃料中均含有硫的成分，在燃燒時硫氧化物的產生是無法避免的，當與水蒸氣結合後即形成硫酸蒸汽，鍋爐尾部受熱的金屬表面溫度低於硫酸蒸汽的酸露點，就會在其表面形成液態硫酸（稱為結露），重油鍋爐如加裝煙氣餘熱回收裝置由於結露而引起的低溫腐蝕，目前重油鍋爐設計時不得不通過提高排煙溫度來緩解結露和腐蝕現象的產生，通常在鍋爐上不設置煙氣餘熱回收裝置，因為無法承受較長時間的腐蝕。因此，造成鍋爐排煙溫度偏高，大量的煙氣餘熱直接排放，造成能源的浪費。

重油鍋爐安裝示意圖

燃料 → 鍋爐燃燒放熱 → 煙氣 → 排入大氣



鍋爐燃油改燃氣回收煙氣餘熱

- 近年來，許多工廠將原本燃油鍋爐修改成燃氣鍋爐，也就是鍋爐本體不變，將重油燃燒設備更換成天然氣燃燒設備，以達到各項環保的要求。
- 採用天然氣燃燒裝置強化燃燒效率，降低不完全燃燒所造成的積碳，因而降低煙囪排氣溫度，提升鍋爐燃燒效率。
- 天然氣燃燒後沒有低溫腐蝕的問題，為了進一步提高鍋爐的效率，利用的煙氣餘熱回收裝置進行回收煙氣餘熱是一項重要的節能途徑。
- 煙氣餘熱回收裝置的技術原理，就是利用溫度較低的介質冷卻煙氣，提升介質溫度，降低煙氣溫度，提高鍋爐效率。

鍋爐每噸蒸汽天然氣用量及熱損失

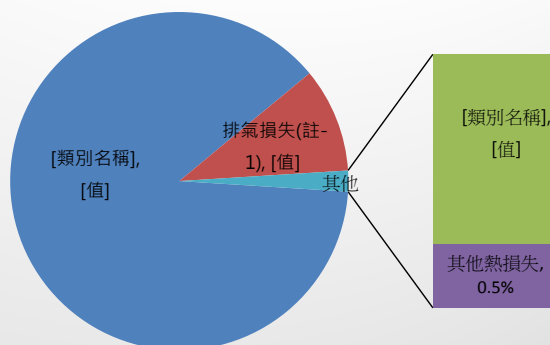
| 鍋爐實際生產一噸蒸汽每小時天然氣用量 | |
|--------------------|--------------------------|
| 鍋爐種類 | 三迴路臥式煙管式蒸汽鍋爐 |
| 燃料種類 | 天然氣 (NG1) |
| 天然氣發熱值 | 8900 kcal/m ³ |
| 鍋爐實際生產蒸汽量 | 1000 kg/h |
| 蒸汽壓力 | 8 kg/cm ² |
| 飽合蒸汽溫度 | 175.4 °C |
| 蒸汽熱比焓 | 663 kcal/kg |
| 鍋爐入水溫度 | 25 °C |
| 鍋爐燃燒效率 | 90% |
| 鍋爐需求熱量 | 708889 kcal/h |
| 每小時天然氣最大用量 | 80 m ³ /h |

| 鍋爐實際生產一噸蒸汽每小時各種效率及損失 (在全載狀況) | | | |
|------------------------------|------|------------------------|------------|
| 燃氣蒸汽鍋爐 | 百分比 | 折算天然氣量 (註-2) | 折算台幣 (註-3) |
| 鍋爐實際吸收 | 88% | 70.4 m ³ /h | NT\$886 |
| 排氣損失 (註-1) | 10% | 8 m ³ /h | NT\$101 |
| 爐體散熱損失 | 1.5% | 1.2 m ³ /h | NT\$15 |
| 其他熱損失 | 0.5% | 0.4 m ³ /h | NT\$5 |
| 合計 | 100% | 80 m ³ /h | NT\$1,006 |

註-1. 鍋爐廢氣排放溫度：210°C

註-2. 天然氣熱值以8900 kcal/m³為計算基準

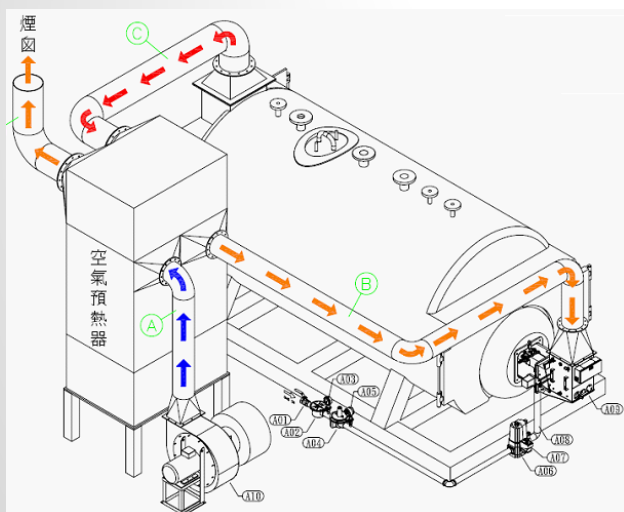
註-3. 天然氣單價以大台北瓦斯公司NG1公告價NT\$12.58元/立方米為基準



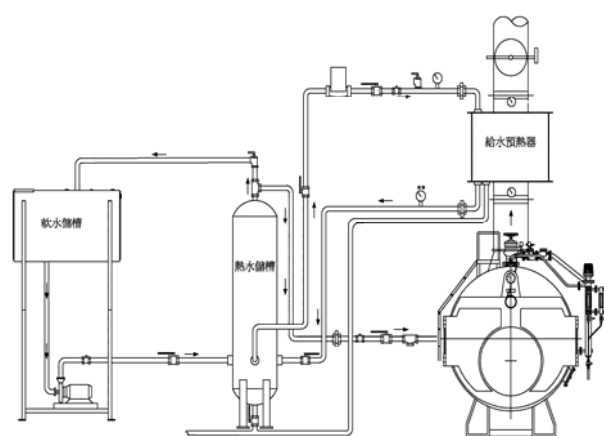
15

鍋爐煙氣餘熱回收的方法

- ▶ 煙氣餘熱回收途徑通常採用二種方法：
- ◆ 預熱鍋爐給水 (給水預熱器/省煤器)
- ◆ 預熱燃燒空氣 (空氣預熱器)



蒸汽鍋爐安裝"空氣預熱器"示意圖



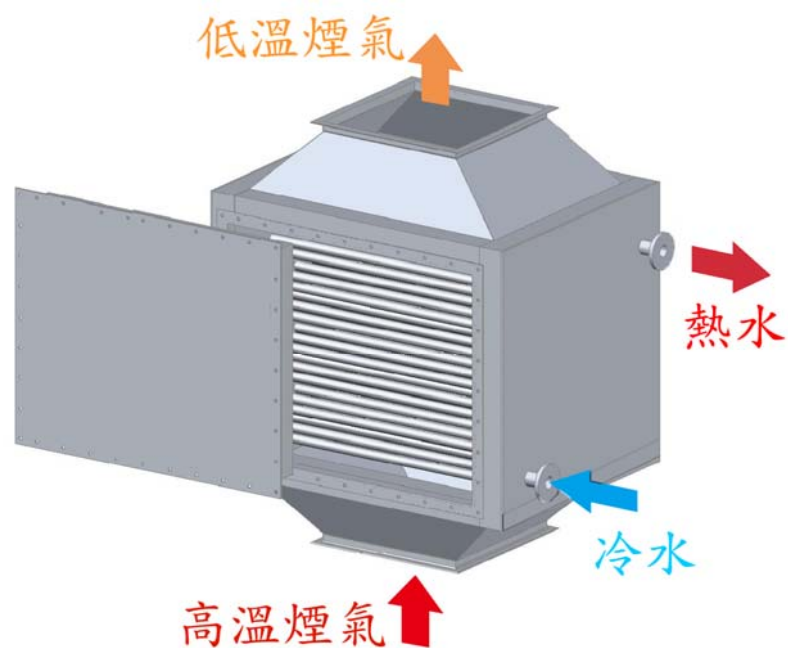
蒸汽鍋爐安裝"給水預熱器"示意圖

鍋爐煙氣餘熱回收的方法

- 煙氣餘熱回收途徑通常採用二種方法：
 - ◆ 預熱鍋爐給水 (給水預熱器/省煤器)
給水溫度升高 6°C 約可提高效率1%
氣水熱交換，大部分廠商採用方式
鍋爐設置有脫氧槽及冷凝水回收系統，較不適用。
 - ◆ 預熱燃燒空氣 (空氣預熱器)
燃燒空氣溫度提高 20°C 約可提高效率1%。
氣氣熱交換，要求較高之廠商採用方式
需要較大空間,，如鍋爐房空間不大，較不適用。

給水預熱器系統示意圖

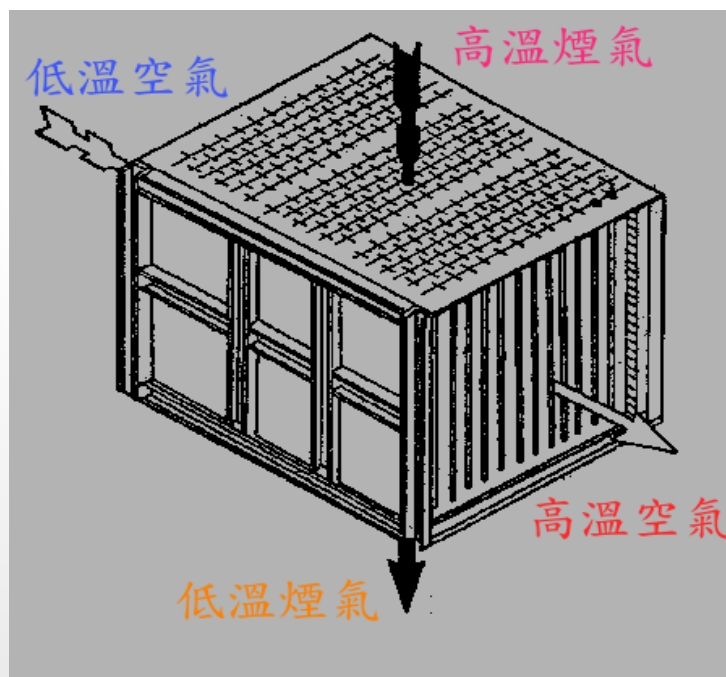
給水預熱器利用高溫煙氣與鍋爐供水進行熱交換，提升供水溫度，降低排氣溫度，提高鍋爐效率，



高溫煙氣 → 低溫煙氣
低溫水 → 高溫水

空氣預熱器系統示意圖

空氣預熱器利用高溫煙氣與低溫空氣進行熱交換，提升燃燒空氣溫度，降低排氣溫度，提高鍋爐效率。



高溫煙氣 → 低溫煙氣
低溫空氣 → 高溫空氣

案例分析

原有鍋爐供熱系統

廠內3台相當6噸燃油蒸汽鍋爐，在能源日趨緊張的背景下，同時企業的經營成本不斷上升，排煙溫度 210°C 左右，因為煙氣量大，熱焓高，有很大的節能空間，如不設置廢熱回收裝置，將會造成能源很大的浪費。

節能分析

- ◆ 三台鍋爐燃料均由重油修改為天然氣
- ◆ 一台不增設熱回收裝置
- ◆ 一台增設空氣預熱器
- ◆ 一台增設給水預熱器
- ◆ 二台增設熱回收裝置，預計鍋爐在全載狀況下，煙氣溫度可由 210°C 降到 105°C ，每小時回收16.7萬大卡的熱量，為企業帶來可觀的經濟效益。

不加裝熱回收裝置效益評估

高溫煙氣：210°C

- 鍋爐全載狀況下，每小時廢熱排放33萬大卡
- 按一立方米天然氣燃燒熱值8900大卡計算、每小時浪費天然氣約為37立方米。
- 以鍋爐平均負載：60%計算，每小時浪費天然氣約為22.2立方米。
- 大台北瓦斯公司天然氣單價NT\$12.58元
- 每小時浪費燃料費用279元/小時
- 每台鍋爐年運轉時數按6000小時計
- 每年浪費約167萬元

給水預熱器效益評估

高溫煙氣：210°C → 低溫煙氣:105°C

低溫供水：25°C → 高溫供水:50 °C (水量6680L)

- 鍋爐全載狀況下，熱回收裝置每小時回收16.7萬大卡
- 按一立方米天然氣燃燒熱值8900大卡計算、每小時可省天然氣約為18.76立方米。
- 以鍋爐平均負載：60%計算，每小時可省天然氣約為11.25立方米。
- 大台北瓦斯公司天然氣單價NT\$12.58元
- 每小時節省費用142元/小時
- 每台鍋爐年運轉時數按6000小時計
- 每年節省約85.2萬元
- 給水預熱器設備投資金額約90萬
- 回報週期：90萬 / 85.2萬 = 1.06年
- 預估13個月可收回投資。

空氣預熱器效益評估

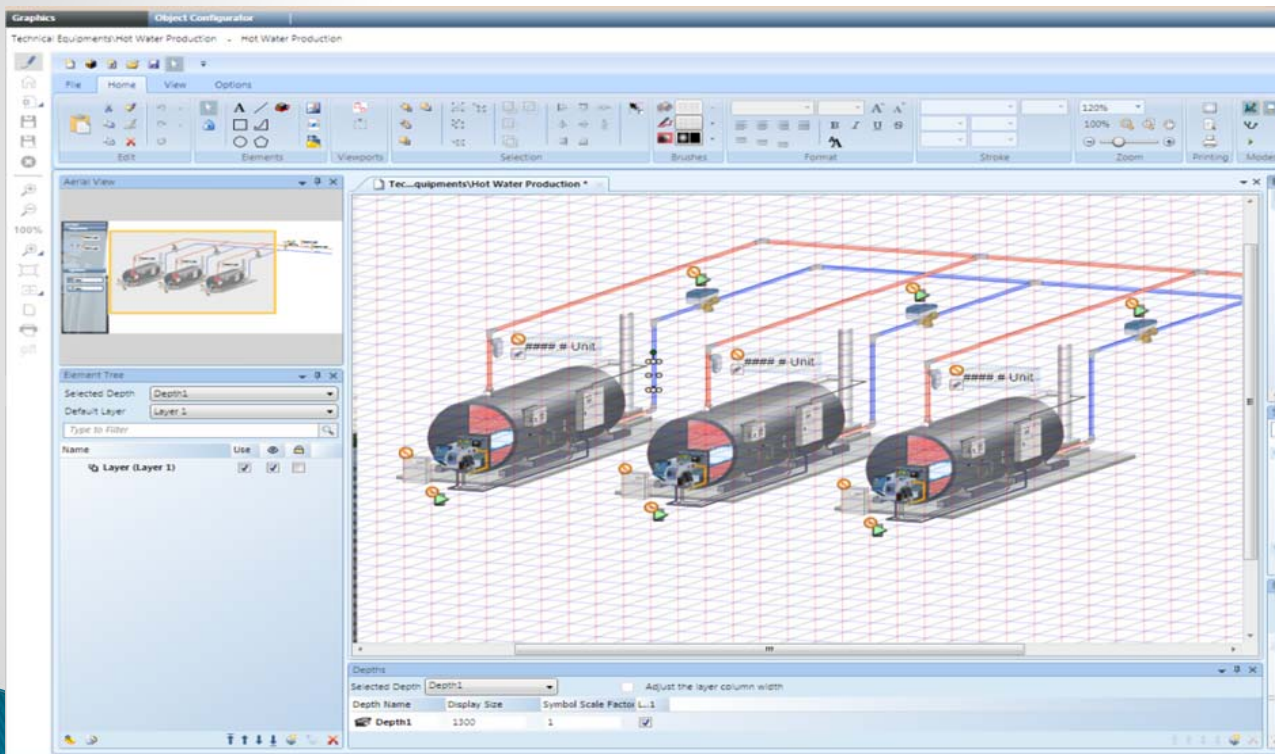
高溫煙氣：210℃ → 低溫煙氣:105℃

低溫空氣：25℃ → 高溫空氣:125℃

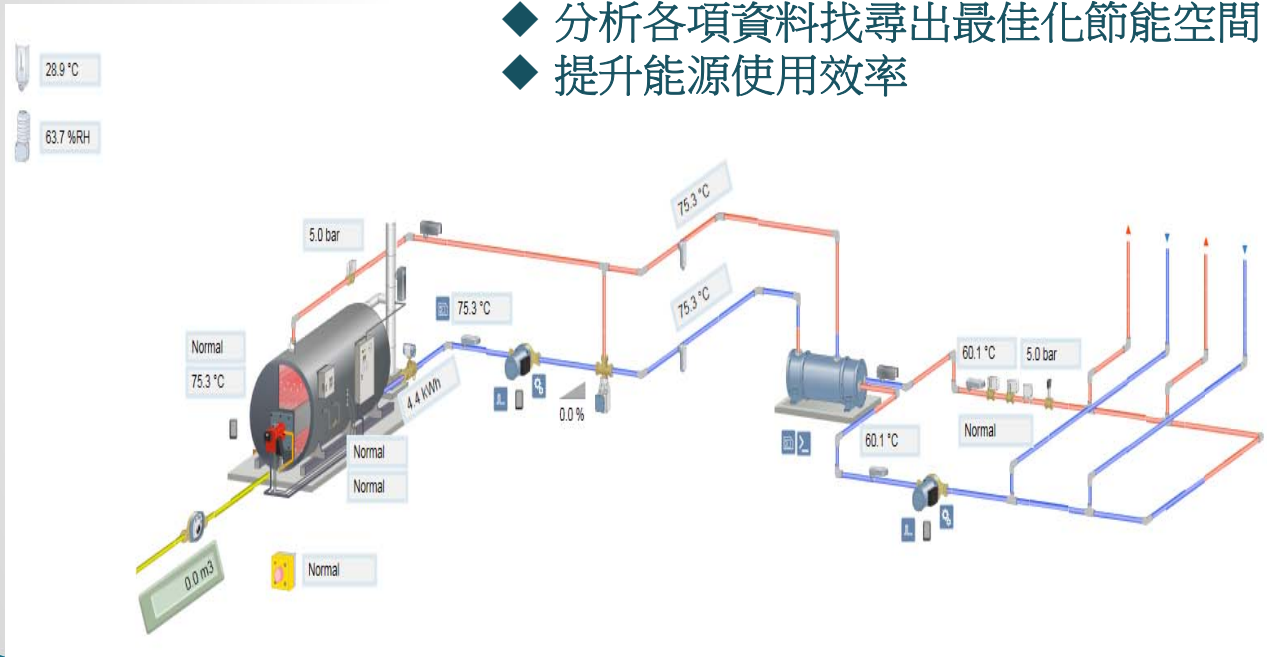
- 鍋爐全載狀況下，熱回收裝置每小時回收15.2萬大卡
- 按一立方米天然氣燃燒熱值8900大卡計算、每小時可省天然氣約為17.08立方米。
- 以鍋爐平均負載：60%計算，每小時可省天然氣約為10.24立方米。
- 大台北瓦斯公司天然氣單價NT\$12.58元
- 每小時節省費用129元/小時
- 每台鍋爐年運轉時數按6000小時計
- 每年節省約77.4萬元
- 空氣預熱器設備投資金額約120萬
- 回報週期：120萬 / 77.4萬=1.55年
- 預估19個月可收回投資。

德國西門子公司

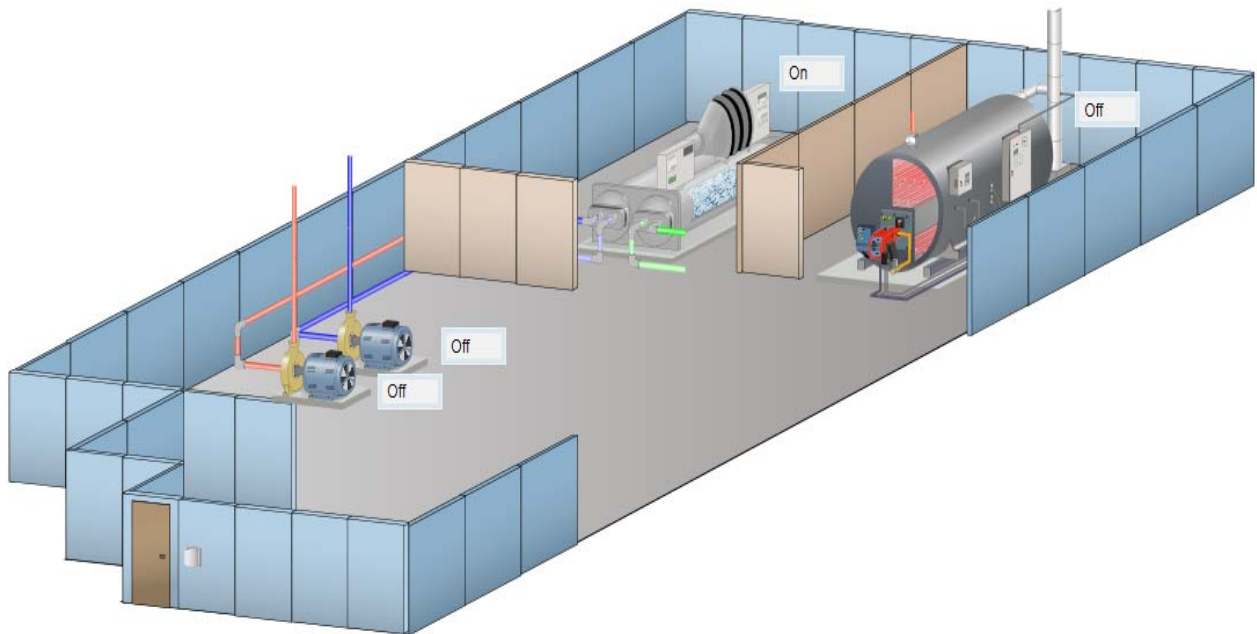
“Desigo CC 智能鍋爐管理系統軟體”



- ◆ 全圖控介面，監控人員輕易上手
- ◆ 即時記錄能源使用情形
- ◆ 根據蒸汽使用狀況設定多種運轉模式
- ◆ 分析各項資料找尋出最佳化節能空間
- ◆ 提升能源使用效率



實際呈現現場3D立體畫面



鍋爐能源管理系統

鍋爐供熱系統提取的資料包括以下參數：蒸汽壓力、蒸汽溫度、煙氣溫度、鍋爐各部溫度、冷凝水溫度、閥門狀態，燃料用量、耗電量．．等參數，系統收集所有數據資料後進行資料詳細分析，找出鍋爐節能空間，提出優化策略，預計使用能源管理系統後約可節約能量總耗的5~8%左右。

主要功能：

- 用水．電．燃料的即時記錄採集，所有即時記錄資料形成歷史記錄．
- 依據歷史資料預估各種能耗未來趨勢，加強能耗管理，提高管理效率。
- 透過統計邏輯計算預測負載，進而提前啟動及關閉設備，達到節能效果。
- 根據鍋爐負荷記錄，調整生產程序，降低運營成本。
- 根據故障及警報歷史列表、進而提前維修及保養，降低故障率。
- 當鍋爐各項狀況如有異常時，立即以簡訊及SMS發出警報告知相關人員，預防意外事故，提高安全可靠。
- 依據即時或歷史記錄、產生各種資料曲線及報表列印。
- 上傳月報、季報等審計報表給相關部門。

簡報結束

補充說明

29

根據中華鍋爐協會調查 300 家能源用戶之研究結果顯示，有 50% 能源用戶評估採用燃料油轉換天然氣之措施，但僅有 19.3% 用戶實際轉換天然氣鍋爐，歸納主要原因為天然氣管線仍在持續擴建中，大部分用戶管線距離過遠，造成管線初設備用高昂，再加上燃料油與天然氣**價差不顯著**，業主缺乏量測驗證專業技術，導致節能效益難以評估，致使汰換意願低落。

30

鍋爐燃料價格

| 燃料種類 | 單位發熱值 | 單位價格 | 淨熱量/元 | 燃燒效率 | 效率熱量 | 單位熱值費用 | 單位熱值費用比較 |
|----------------|---------------------------|-------------|---------------|------|---------------|------------|----------|
| 天然瓦斯 (NG1) | 8,900 Kcal/m ³ | 11.24 元/立方米 | 791.81 Kcal/元 | 90% | 712.62 Kcal/元 | 1403 元/百萬卡 | 1 |
| 天然瓦斯 (NG2) | 9,700 Kcal/m ³ | 12.25 元/立方米 | 791.83 Kcal/元 | 90% | 712.64 Kcal/元 | 1403 元/百萬卡 | 1 |
| 低硫燃料油 (S:0.5%) | 9,400 Kcal/L | 13.239 元/公升 | 710.02 Kcal/元 | 88% | 624.81 Kcal/元 | 1600 元/百萬卡 | 1.14 |
| 液化瓦斯 | 12,062 Kcal/L | 22.45 元/公斤 | 537.28 Kcal/元 | 90% | 483.55 Kcal/元 | 2068 元/百萬卡 | 1.47 |
| 柴油 | 8,800 Kcal/L | 23.6 元/公升 | 372.88 Kcal/元 | 88% | 328.13 Kcal/元 | 3047 元/百萬卡 | 2.17 |

*** 上列價格是以2017年11月2日中油油品事業部公告之參考牌價表計算 (實際價格以各地點公告為準)***

| 公司名稱 | 種類 | 106.1.2 | 106.3.2 | 106.4.2 | 106.6.2 | 106.7.2 | 106.10.2 | 106.11.2 |
|--------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| 中油公司 (輸氣幹線批發價格) | NG1(單位發熱值 8,900 Kcal/m ³) | 9.53 | 9.79 | 10.07 | 10.35 | 10.63 | 10.93 | 11.24 |
| | NG2(單位發熱值 9,700 Kcal/m ³) | 10.39 | 10.67 | 10.97 | 11.28 | 11.59 | 11.91 | 12.25 |
| 欣隆天然氣公司 | NG1 | 12.53 | 12.79 | 13.07 | 13.35 | 13.63 | 13.93 | 14.24 |
| 大台北區瓦斯公司 | NG1 | 11.76 | 12.02 | 12.3 | 12.58 | 12.86 | 13.16 | 13.47 |
| 陽明山瓦斯公司 | NG1 | 12.56 | 12.82 | 13.1 | 13.38 | 13.66 | 13.96 | 14.27 |
| 欣湖天然氣公司 | NG1 | 12.43 | 12.69 | 12.97 | 13.25 | 13.53 | 13.83 | 14.14 |
| 欣欣天然氣公司 | NG1 | 12.76 | 13.02 | 13.3 | 13.58 | 13.86 | 14.16 | 14.47 |
| 新海瓦斯公司 | NG1 | 12.93 | 13.19 | 13.47 | 13.75 | 14.03 | 14.33 | 14.64 |
| 欣芝實業公司 | NG1 | 13.15 | 13.41 | 13.69 | 13.97 | 14.25 | 14.55 | 14.86 |
| 欣泰石油氣公司 | NG1 | 12.86 | 13.12 | 13.4 | 13.68 | 13.96 | 14.26 | 14.57 |
| 欣桃天然氣公司 | NG1 | 11.72 | 11.98 | 12.26 | 12.54 | 12.82 | 13.12 | 13.43 |
| | NG2 | 12.83 | 13.11 | 13.41 | 13.72 | 14.03 | 14.35 | 14.69 |
| 新竹瓦斯公司 | NG1 | 12.3 | 12.56 | 12.84 | 13.12 | 13.4 | 13.7 | 14.01 |
| 中油天然氣事業部北區營業處 | NG1 | 11.14 | 11.4 | 11.68 | 11.96 | 12.24 | 12.54 | 12.85 |
| 竹建瓦斯公司 | NG1 | 12.01 | 12.27 | 12.55 | 12.83 | 13.11 | 13.41 | 13.72 |
| | NG1 | 12.31 | 12.57 | 12.85 | 13.13 | 13.41 | 13.71 | 14.02 |
| 裕苗天然氣公司 | NG2 | 13.43 | 13.71 | 14.01 | 14.32 | 14.63 | 14.95 | 15.29 |
| 欣中天然氣公司 | NG1 | 13.05 | 13.31 | 13.59 | 13.87 | 14.15 | 14.45 | 14.76 |
| 欣彰天然氣公司 | NG1 | 13.28 | 13.54 | 13.82 | 14.1 | 14.38 | 14.68 | 14.99 |
| | NG2 | 14.66 | 14.94 | 15.24 | 15.55 | 15.86 | 16.18 | 16.52 |
| 欣林天然氣公司 | NG1 | 13.57 | 13.83 | 14.11 | 14.39 | 14.67 | 14.97 | 15.28 |
| 竹名天然氣公司 | NG2 | 14.9 | 15.18 | 15.48 | 15.79 | 16.1 | 16.42 | 16.76 |
| 欣雲天然氣公司 | NG2 | 14.44 | 14.72 | 15.02 | 15.33 | 15.64 | 15.96 | 16.3 |
| 欣嘉石油氣公司 | NG2 | 14.75 | 15.03 | 15.33 | 15.64 | 15.95 | 16.27 | 16.61 |
| 大台南區天然氣公司 | NG2 | 14.4 | 14.68 | 14.98 | 15.29 | 15.6 | 15.92 | 16.26 |
| 欣南天然氣公司 | NG2 | 14.65 | 14.93 | 15.23 | 15.54 | 15.85 | 16.17 | 16.51 |
| 欣雄天然氣公司 | NG2 | 14.54 | 14.82 | 15.12 | 15.43 | 15.74 | 16.06 | 16.4 |
| 欣高石油氣公司 | NG2 | 14.19 | 14.47 | 14.77 | 15.08 | 15.39 | 15.71 | 16.05 |
| 南鎮天然氣公司 | NG2 | 14.21 | 14.49 | 14.79 | 15.1 | 15.41 | 15.73 | 16.07 |
| 欣屏天然氣公司 | NG2 | 14.45 | 14.73 | 15.03 | 15.34 | 15.65 | 15.97 | 16.31 |

公用天然氣事業氣體售價表

從量費

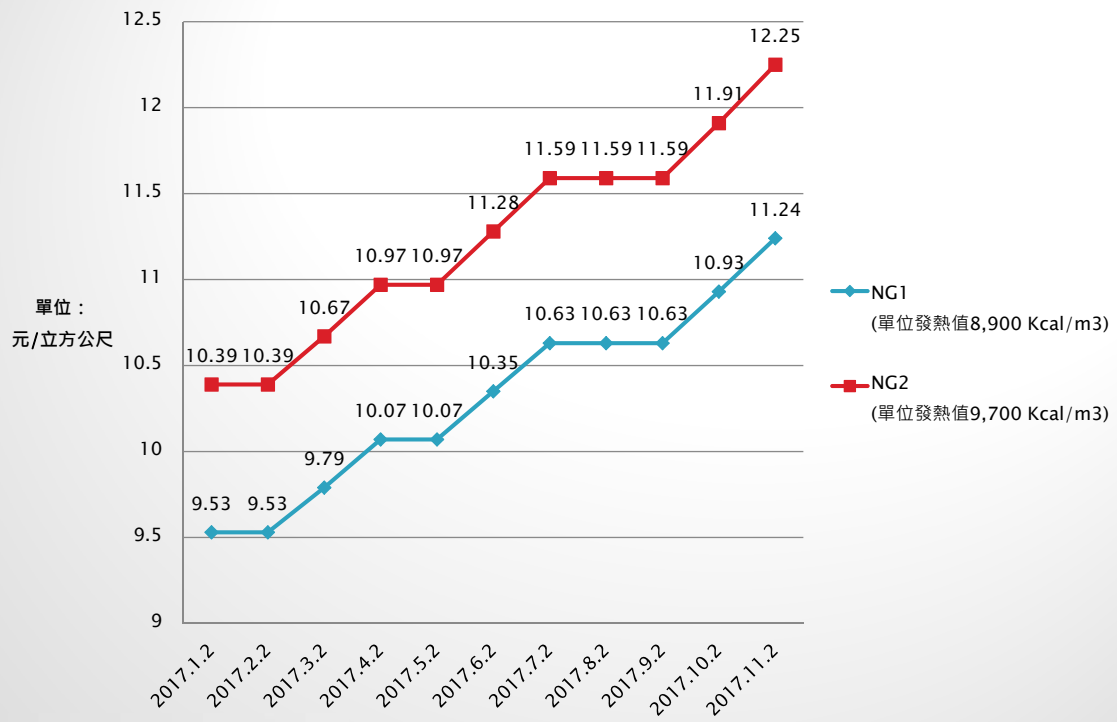
單位：元/立方公尺



經濟部能源局

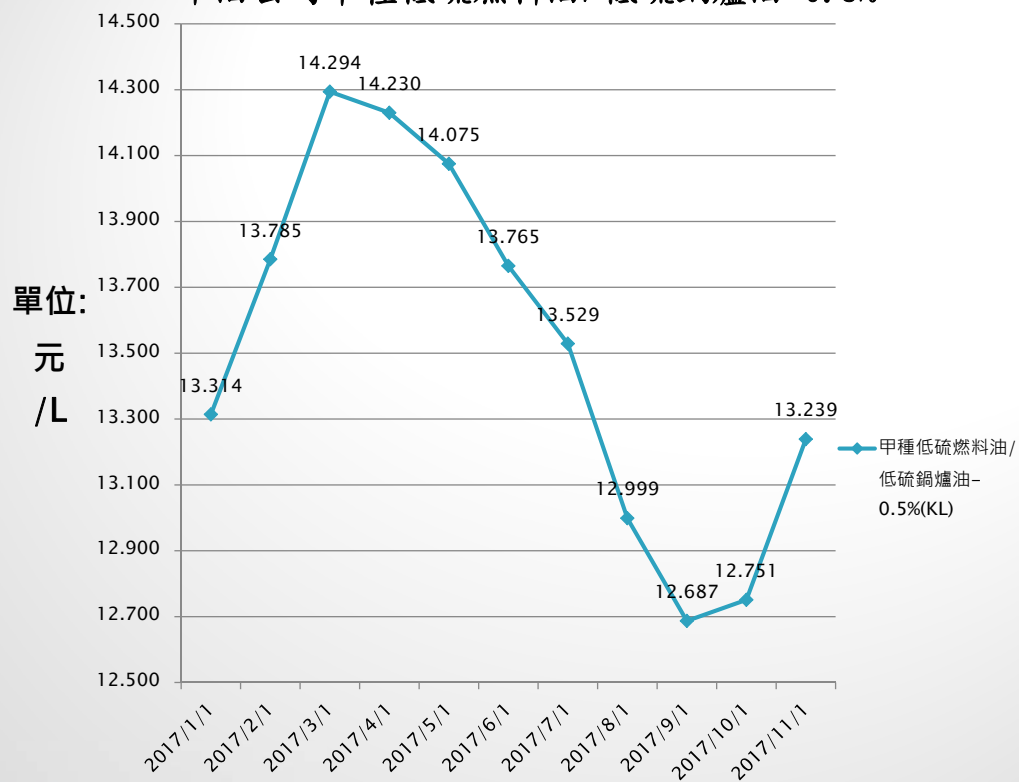
Bureau of Energy,
Ministry of Economic Affairs

公用天然氣事業氣體售價表從量費(以中油為例)



33

中油公司甲種低硫燃料油/低硫鍋爐油-0.5%



34