

# 特種機械設備安全

SAFETY OF SPECIAL MACHINE AND EQUIPMENT

1991-5 創刊 2020-02 出刊

雙月刊 第 65 期

發行所 台灣省鍋爐協會  
發行人 邱華瑞  
總編輯 賴桂堂  
發行地址 台中市 40857 南屯區南屯路二段 290 號 12 樓之 1  
電話 (04) 2475-1232  
傳真 (04) 2475-1208  
E-mail tw.boiler@msa.hinet.net  
網址 www.tbva.org.tw

台中職訓中心 台中市 40452 北區崇德路一段 629 號 4F-3  
電話 (04) 2236-2977  
傳真 (04) 2236-2997  
E-mail boiler.tw@msa.hinet.net

彰化職訓中心 彰化市 50056 中央路 184 號 3 樓之 3

南投職訓中心 南投縣 54048 南投市文昌街 45 號 4 樓之 2

印刷廠 洪記印刷有限公司  
電話 (04) 2314-0788  
E-mail hg2527@ms32.hinet.net

行政院新聞局局版字第 11469 號  
中華郵政台中雜字第 2056 號登記證  
台中郵局許可證台中字第 1321 號登記為  
雜誌交寄 發行數：3000 本

## 廣告索引

潔康企業有限公司  
大震企業股份有限公司  
三浦鍋爐股份有限公司  
台灣紳藝實業有限公司  
岱洋股份有限公司  
大井泵浦工業股份有限公司  
辰鼎企業有限公司  
金瑛發機械工業股份有限公司  
天鴻興業股份有限公司  
興志五金企業有限公司  
東立鐵工廠有限公司  
申昌機械股份有限公司  
志豪工業有限公司  
崑鼎企業有限公司  
吾豐機電廠股份有限公司  
原鈦峰工業有限公司  
奧林集團有限公司  
鴻羽有限公司  
增大股份有限公司  
宏榮鋼瓶股份有限公司  
正熊機械股份有限公司  
森興機械工業股份有限公司  
國方化工科技股份有限公司  
能光興業股份有限公司

# 目錄

## CONTENTS

### 會務訊息

★安全閥測試暨耐壓氣密試驗訓練班 ..... 2

### 技術報導

★鍋爐抑減氮氧化物衍生問題與案例簡介 ..... 3  
★鍋爐之運轉與保養技術（二）（續上期） ... 15  
★節能案例 ..... 28

### 訓練訊息

★本會舉辦各項訓練日程表  
台中職業訓練中心 ..... 31  
彰化職業訓練中心 ..... 32  
南投職業訓練中心 ..... 32

本刊內容已刊載於本會網頁，請進  
台灣鍋爐協會網站（www.tbva.org.tw）：  
點進“刊物報導”進入覽閱

## 安全閥測試暨耐壓氣密試驗訓練班

本會為服務各界廠商，舉辦安全閥檢測暨設備壓力試驗訓練，本次課程除安全閥介紹外，亦針對新版安全閥相關法規及吹洩量計算（CNS2139-108年版，CNS9969 第七部 -107 年版）講解，並結合勞動部勞動力發展署產業人才投資方案，凡年滿 15 歲以上、具就業保險、勞工保險或農民保險身分之在職勞工，補助其修習課程之 80% ~ 100% 訓練費用，3 年累積最高補助 7 萬元，歡迎有興趣的勞工踴躍報名參加。

訓練費政府補助  
80% ~ 100%

名額有限，錯過可惜。（課程代號：第 02 期 129225）

- ◎ 報名日期：109.05.18 起（額滿截止）
- ◎ 上課日期：109.06.18 ~ 109.06.23（日間班）
- ◎ 每人費用：5,000 元 學員自費 -1,000 元 政府補助 -4,000 元  
（45 歲以上，訓練費全部政府補助）
- ◎ 相關問題請洽台灣省鍋爐協會附設台中職訓中心
- ◎ 電話：（04）2236-2977
- ◎ 上課地點：台中市北區崇德路一段 629 號 4 樓之 3  
（本會台中職訓中心）崇德路家樂福樓上



◎ 報名流程：

進 入 台 灣 就 業 通	加 入 會 員	填 寫 基 本 資 料	填 寫 課 程 代 碼	上 線 報 名 完 成	資 格 審 核
---------------------------------	------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	------------------

1. e-mail、電話通知繳費及資料
2. 完成手續即報名成功

勞動部勞動力發展署－產業人才投資方案線上報名（可至本會網站，政府補助課程連結報名）

**\*\*\* 本次課程協助報名參加管理類測驗取得結業證 \*\*\***

# 鍋爐抑減氮氧化物衍生問題與案例簡介

張進發

## 一、序言

降低燃料未燃損失，以提高鍋爐效率進而降低燃料成本是鍋爐運轉追求主要項目之一。

依燃燒 3T (Temperature、Time、Turbulence) 原理，燃料於離開燃燒器後，使燃料中可燃物與空氣中的氧氣迅速充份混合並於高溫環境下完成燃燒，是燃料獲取良好燃燒最有效、最簡單的方式。

唯高溫劇烈燃燒環境，將致燃料中的氮元素與空氣中的氮氣因高溫而轉化成氮氧化物 (NO、NO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>，統稱 NO<sub>x</sub>)，氮氧化物會使包覆地球之臭氧層破洞致太陽光紫外線直射地球、產生光化學煙霧、硝酸雨等等，對人體及環境造成極大危害，也因此氮氧化物除排放濃度受嚴格管制外，其排放量亦依量受徵空污稅，而排放濃度限制值是愈來愈嚴之趨勢。

如何抑減鍋爐氮氧化物排放量 (以下簡稱 De-NO<sub>x</sub>)，也因而成為新設鍋爐與既有鍋爐業者不得不積極研究改善之項目，研究改善方向可概分為抑制 NO<sub>x</sub> 生成之燃燒控制 (稱源頭減廢) 及將已生成 NO<sub>x</sub> 減量之處理 (稱末端處理) 兩種，前者如低氮氧化物燃燒器 (Low NO<sub>x</sub> Burner，以下簡稱 LNB)、火上風門 (Over Fire Air，以下簡稱 OFA)、低過剩氧氣運轉 (Low Excess O<sub>2</sub>)，燃氣再循環 (Flue Gas Recirculation，以下簡稱 FGR) 等等，而後者如選擇性非觸媒還原法 (Selective Non Catalytic Reduction，以下簡稱 SNCR)、選擇性觸媒還原法 (Selective Catalytic Reduction，以下簡稱 SCR) 等。

唯無論是物理法或化學法，依目前技術皆帶來諸多負面影響，各參數相互間關係，若以『錯綜複雜、環環相扣、顧此失彼、捉龜跑鼈』來形容並不為過；然而其調整也不是毫無頭緒，無跡可循，多加研究嚐試，從蛛絲馬跡中尋找所謂『較適模式』，亦可達到抑減氮氧化物目的並可紓緩衍生之負面影響。

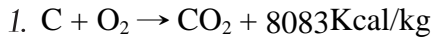
本文係個人從事鍋爐運轉多年對抑低氮氧化物相關議題之認識，特提供業界參考，尚祈先進不吝賜教。

## 二、物理法 De-NO<sub>x</sub> 簡介

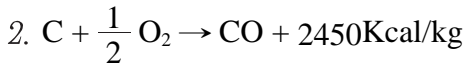
### (一)物理法 De-NO<sub>x</sub> 理論：

物理法 De-NO<sub>x</sub> 生成之燃燒控制原理係以降低燃燒區之氧氣濃度，避免燃燒區因高溫燃燒致熱態氮氧化物 (Thermal NO<sub>x</sub>) 及燃料氮氧化物 (Fuel NO<sub>x</sub>) 大量產生，實際做法係燃料所需燃燒空氣採取分段供給方式，即所謂的分段式燃燒 (Stage

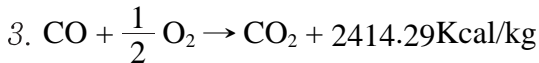
Burning)，以燃料中碳元素說明如下：



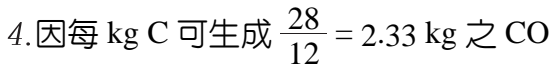
燃料中之碳元素若供給足夠氧氣量，則完全燃燒而轉為  $CO_2$  並放出 8083Kcal/kg 熱量。



碳元素使於氧氣不足情況下燃燒而變成  $CO$ ，則每公斤碳元素放出 2450Kcal/kg 熱量。



$CO$  再供給空氧氣繼續燃燒而變成  $CO_2$ ，則每公斤  $CO$  放出熱量 2414.29Kcal/kg。



∴若燃燒過程採用分段式燃燒，則燃料中碳先轉為  $CO$ ，再由  $CO$  轉為  $CO_2$  時，每公斤碳元素所得熱量為  $2450\text{Kcal/kg} + 2414.29\text{Kcal/kg} \times 2.33\text{kg/kg} = 8083\text{Kcal/kg}$  與不採分段式燃燒使碳元素直接轉為  $CO_2$  所釋出之熱量相同。

#### (二)分段式燃燒衍生之負面影響

依上述採分段式燃燒，理論上不應發生燃料未燃燒損失增加之負面影響，唯無論燃燒空氣分為幾段供給，因整個燃燒過程溫度降低且燃燒行程加長，故而實際經驗顯示，分段式燃燒不但無法避免燃料未燃燒損失增加且因延後燃燒 (Delay Burning) 致衍生鍋爐排煙溫度上升之結果，尤以既設鍋爐於進行 De- $NO_x$  改善工程時，為提高 De- $NO_x$  效果採酌將火上風門上移策略，於鍋爐燃料燃燒行程無法增加前提下負面結果更是雪上加霜，影響更加明顯。

煙氣中高  $CO$  濃度、高煙氣溫度除鍋爐效率降低外，對鍋爐爐管週期壽命造成影響而縮減。

#### (三)分段式燃燒器簡介

美國 B&W 鍋爐製造廠家最新型 LNB 示意圖，簡述如圖 1：

LNB 設有內外層葉片 (Vane)，此葉片可調整角度讓經葉片之燃燒空氣形成不同強度之渦旋 (Spin)，另設可調整開度之所謂轉換區風門，藉由不同開度以調整轉換區 (Transition zone) 風量。

燃料離開燃燒器後，於 A 區因受高熱而迅速生成之揮發性氣體與內層風門供給之燃燒空氣於富燃料 (Fuel Rich) 而貧空氣 (Air Lean) 環境下進行燃燒，因係於缺氧狀態燃燒故可避免發生高溫燃燒，進而達到抑制  $NO_x$  生成之目的；於 B 區，因渦旋致 A 區產生之燃燒產物回流。於 C 區，A 區產生之  $NO_x$  中的氧氣與未燃之  $C_xH_y$  燃燒，部分  $NO_x$  因而被還原成氮而達到  $NO_x$  減量作用。

於 F 區，燃料中以 Char（焦炭）為主之未完成燃燒可燃物，於 D 區片狀高溫層及來自 E 區經外層葉片之燃燒空氣包覆下進行最後燃燒。

未完成燃燒之可燃物，於離開燃燒器區後再與由 OFA 提供燃燒空氣繼續燃燒，整個燃料燃燒過程，藉由燃燒空氣分段供給營造較低之燃燒溫度及部分 NO<sub>x</sub> 被還原成氮而獲取較低 NO<sub>x</sub> 生成量之結果。

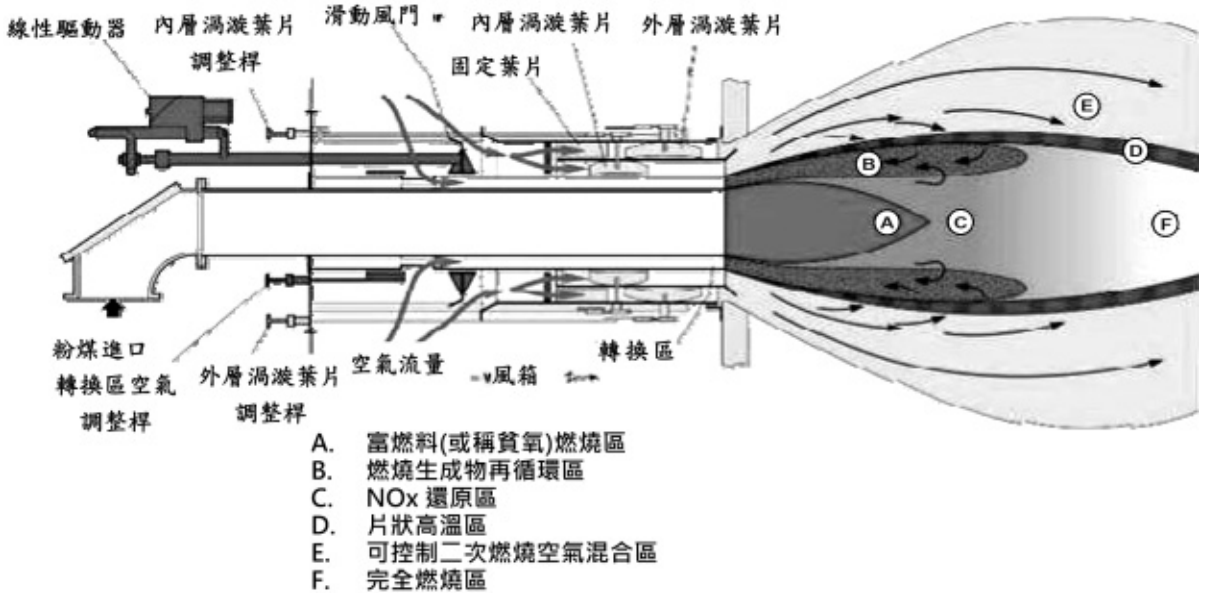


圖 1 美國 B&W 鍋爐製造廠家最新型 LNB 示意圖

### 三、化學法 De-NO<sub>x</sub> 簡介

化學法 De-NO<sub>x</sub> 係將物理法 De-NO<sub>x</sub> 後仍留存之 NO<sub>x</sub> 再進行減量使符合法規排放值，圖 2 係大型鍋爐汙染排放防制設備排列示意圖，近幾年來大型鍋爐進行空氣汙染排放防制設備改善為降低粒狀物（Particulate Matter），諸多於排煙脫硫出口增設濕式靜電集塵系統（Wet Electrostatic Precipitator, WESP）案例可將粒狀物降至 5mg/NM<sup>3</sup> 以下。

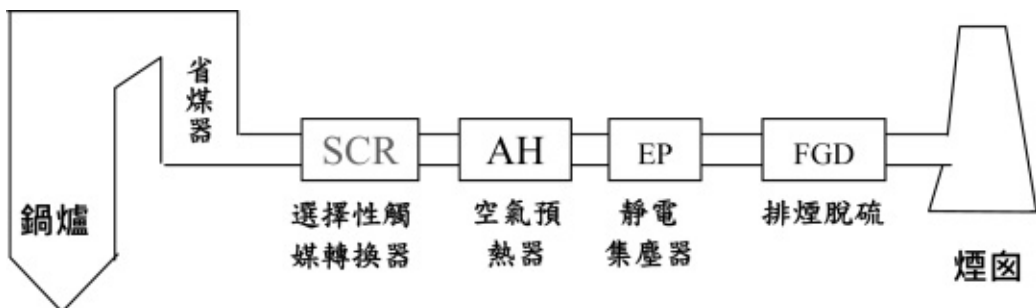
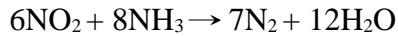
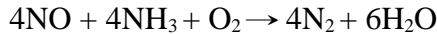


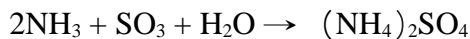
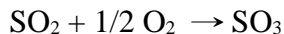
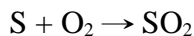
圖 2 大型鍋爐汙染排放防制設備排列示意圖

SCR 位於省煤器與空氣預熱器煙道間，係使用氨為還原劑，將氣態氨注入 SCR 前使與煙氣充份混合後，進入觸媒反應器，經過觸媒催化作用將煙氣中的氮氧化物還原成無害的氮氣 (N<sub>2</sub>) 與水蒸汽 (H<sub>2</sub>O)，其化學反應方程式如下：



唯利用氣態氨還原 NO<sub>x</sub> 之方式，難避免有未參與反應之所謂的殘餘氨 (NH<sub>3</sub> Slip)，依運轉經驗注氨量愈高則殘餘氨愈高。

燃氣中若有 NH<sub>3</sub> 存在則 NH<sub>3</sub> 將與燃氣中 SO<sub>3</sub> 起化學作用而形成硫酸氨 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 與 NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub> (硫酸氫氨) 於空氣預熱器中、低溫層發生所謂的 ABS (Ammonia Bisulfate, 氨重硫酸鹽) 堵塞、空氣預熱器一旦發生堵塞則熱交換不良致鍋爐效率降低外，驅動鍋爐引風機、送風機、一次風扇等馬達用電增加，機組被迫減載或停機水洗空氣預熱器之潛在問題，其化學反應式如下：



若鍋爐排煙脫硫 (FGD: Flue Gas Desulfurization) 係採用濕式石灰石粉石膏脫硫法，則煙氣中因殘餘氨及未被還原之氮氧化物進入 FGD 後將致 FGD 廢水中產生所謂硝酸鹽氮及氨氮，增加廢水處理難度。

#### 四、大型燃氣鍋爐 De-NO<sub>x</sub> 案例簡介

- (一)製造廠家：美國 B&W 公司。
- (二)用途：發電用，於 83 年商轉。
- (三)型式：屋內、單級再熱、亞臨界、汽鼓自然循環、輻射及對流水管式。
- (四)燃燒方式：水平對向燃燒、前後爐各三排共 30 只燃燒器。
- (五)使用燃料：液化天然氣。
- (六)通風方式：強迫通風 (僅設送風機，爐膛為正壓)。
- (七)汽水鼓壓力：18.5Mpa
- (八)過熱器：
  1. 出口蒸汽流量：1660MT/hr (額定出力)
  2. 出口蒸汽壓力：17.4Mpa
  3. 出口蒸汽溫度：542℃

(九)再熱器出口蒸汽溫度：542℃

(十)改善目的：配合政府 NO<sub>x</sub> 排放加嚴

(卅)改善方式：

1. 鍋爐原設有燃氣再循環風扇（以下簡稱 GRF）一台，抽取省煤器出口燃氣提升壓力後送至兩處：
  - (1)鍋爐爐底，將燃料燃燒熱往上移，於低負載時提高再熱器出口蒸汽溫度。
  - (2)送入二次風風箱，將供給燃燒器之燃燒空氣中氧氣濃度稀釋，以降低燃料燃燒溫度，進而降低 NO<sub>x</sub> 生成量。
2. 為因應政府 NO<sub>x</sub> 排放加嚴，進行提高燃氣再循環 De-NO<sub>x</sub> 功能工程，除增加燃氣再循環量外並增設及更新分段燃燒設備（重要改善項目後述），流程示意圖如圖 3。
3. 依鍋爐負載及風箱過剩氧氣量（Excess O<sub>2</sub>）控制曲線，於鍋爐滿載出力時，二次風箱燃燒空氣中氧氣濃度由正常 21% ↓ 15.9%，燃料於燃燒器區因而形成貧氧燃燒（或稱富燃料燃燒），燃燒溫度因而降低，達 De-NO<sub>x</sub> 目的，圖 4 係二次風箱再循環燃氣量及過剩氧氣比控制曲線。
4. 燃燒器區未燃燒之可燃物再由火上風門供給之燃燒空氣完成燃燒，此即前述所謂分段燃燒（Stage burning）降低 NO<sub>x</sub> 生成量方式，依控制曲線，鍋爐滿載出力時火上風門供給之燃燒空氣量占總燃燒空氣量比高達 22% 左右。

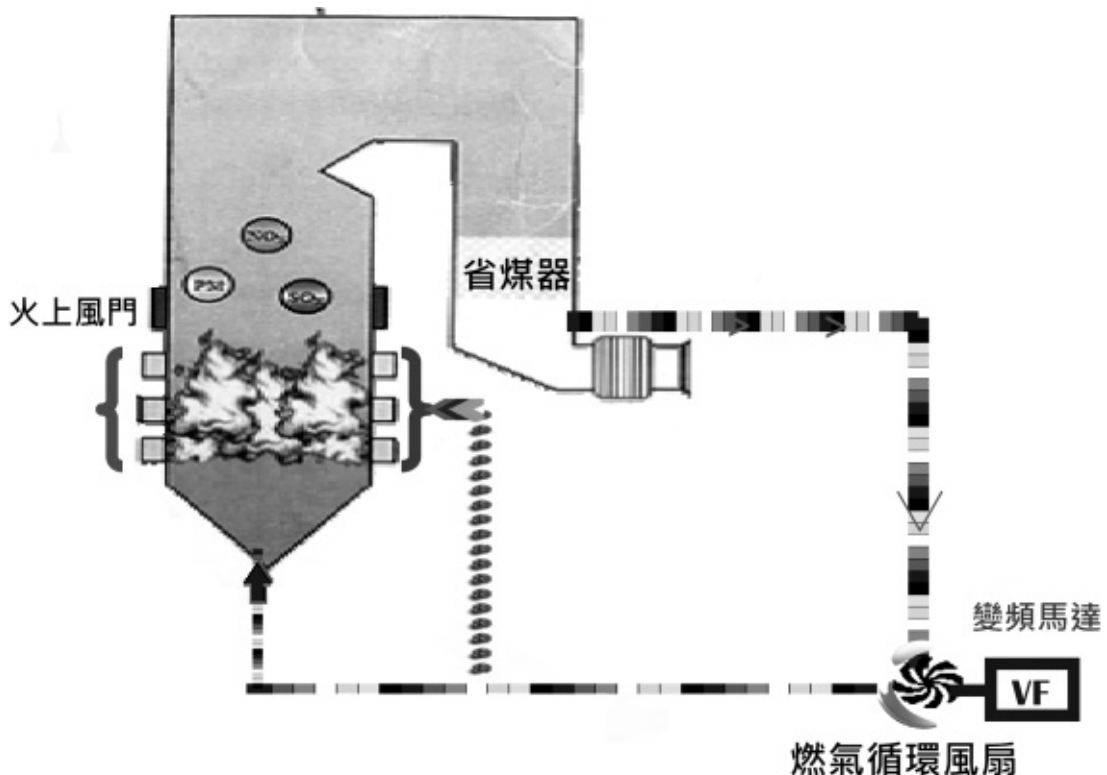


圖 3 燃氣再循環 De-NO<sub>x</sub> 流程示意圖

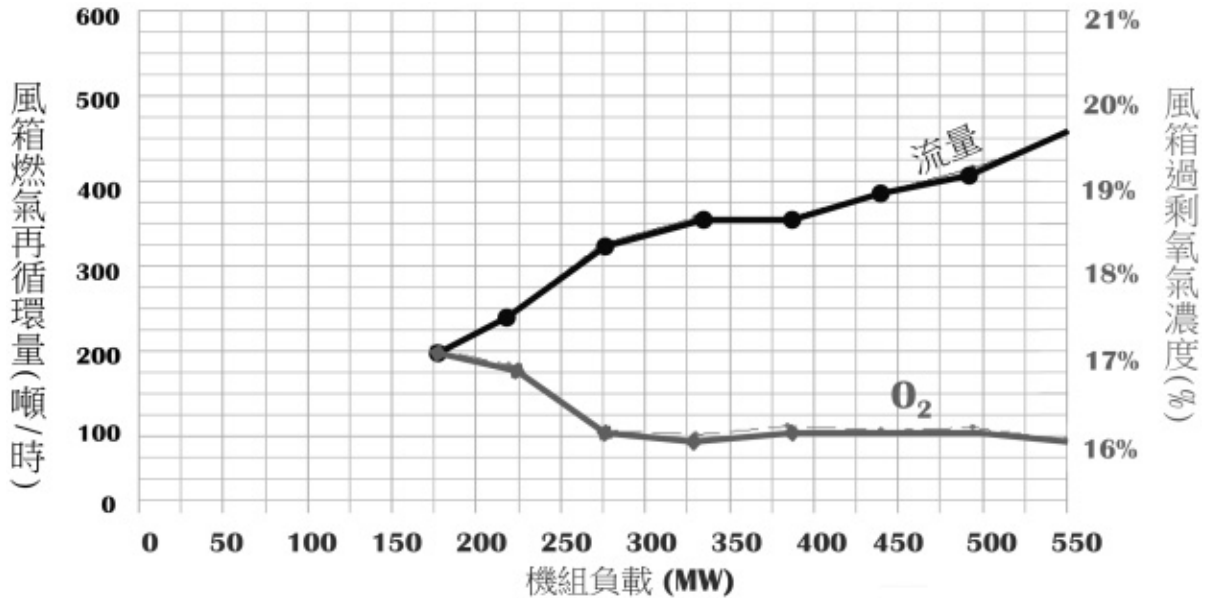


圖 4 二次風箱再循環燃氣量及過剩氧氣比控制曲線圖

#### (三)重要改善項目

1. 增設火上風門共 12 只及然氣煙道。

現有燃燒器 30 只更為新型 LNB (低氮氧化物燃燒器, 示意圖如圖 5)

2. 加大 GRF 容量, 增加至前後爐風箱燃氣再循環量 (總燃氣量增加約 16%)

3. 過熱器/再熱器噴水減溫控制閥容量加大

4. 切除部分再熱器管

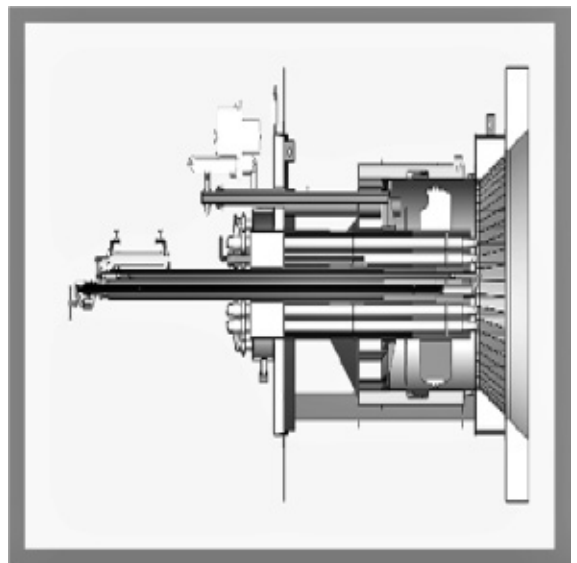
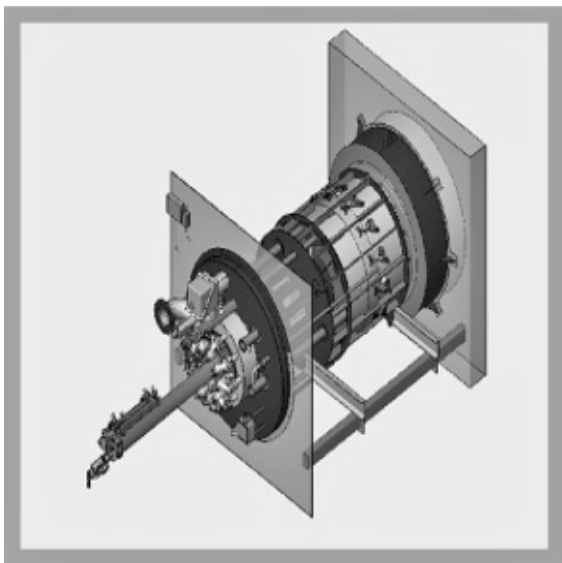


圖 5 低氮氧化物燃燒器示意圖



## (㉔)改善後結果

項目	實測值 (ppm)	煙氣中 O <sub>2</sub> (%)	6% O <sub>2</sub> 修正 (ppm)
NO <sub>x</sub>	26.3	2.32	21.1
CO	63.5	2.32	50.9

註：1. NO<sub>x</sub> 及 CO 合約保證值分別為 < 30ppm 及 < 200ppm (皆經 6% O<sub>2</sub> 修正)。

2. 改善結果 NO<sub>x</sub> 及 CO 兩項目皆遠優於合約保證值。

3. NO<sub>x</sub> 排放濃度、Excess O<sub>2</sub> 於各種負載皆可置自動運轉。

## (㉕)本改善案結語

本燃氣鍋爐僅增加燃氣再循環量、更換新型低氮氧化物燃器及加裝火上風門 De-NO<sub>x</sub> 案例，於達氮氧化物減量目標前提下並未衍生延後燃燒高 CO 及燃氣溫度高之問題，又因未設置 SCR 化學 De-NO<sub>x</sub> 設備，故未發生殘餘氨衍生之空氣預熱器堵塞問題，屬極成功案例。

五、大型燃煤鍋爐藉由改變火上風門操作模式 De-NO<sub>x</sub> 案例

(一)鍋爐製造廠家：美國 B&W 公司，鍋爐示意圖如圖 6。

(二)用途：發電用，於 86 年商轉型式：屋內、單級再熱、亞臨界、汽鼓自然循環、輻射及對流水管式。

(三)燃燒方式：水平對向燃燒、前後各三排，共 30 只燃燒器。

使用燃料：可單獨燃煤或燃油或煤油混燒，唯基於經濟考量商轉後皆全燃煤運轉。

(四)通風方式：平衡通風、負壓式鍋爐。

(五)汽水鼓壓力：18.5Mpa

(六)過熱器：

1. 出口蒸汽流量：1830MT/hr (MCR 100%)

2. 出口蒸汽壓力：17.4Mpa

3. 出口蒸汽溫度：542℃

(七)再熱器

1. 進口壓力：3.53Mpa

2. 出口蒸汽流量：1538MT/hr

3. 出口蒸汽壓力：3.4Mpa

4. 出口蒸汽溫度：542℃

(八)過熱器：

1. 出口蒸汽流量：1830MT/hr (MCR 100%)

2. 出口蒸汽壓力：17.4Mpa

3. 出口蒸汽溫度：542℃

## (九)再熱器

1. 進口壓力：3.53Mpa
2. 出口蒸汽流量：1538MT/hr
3. 出口蒸汽壓力：3.4Mpa
4. 出口蒸汽溫度：542°C

## (十)氮氧化物減量設備

1. 燃燒控制：低氮氧化物燃燒器（LNB）+ 火上風門（OFA）+ 燃氣再循環，唯因全燃煤，燃氣再循環未加入使用。
2. LNB 前後爐各 15 只，OFA 前後爐各 6 只；排列示意圖如圖 7。
3. 燃燒後處理：選擇性觸媒反應器（SCR），原設計脫硝效率 80%，目前為 86%。

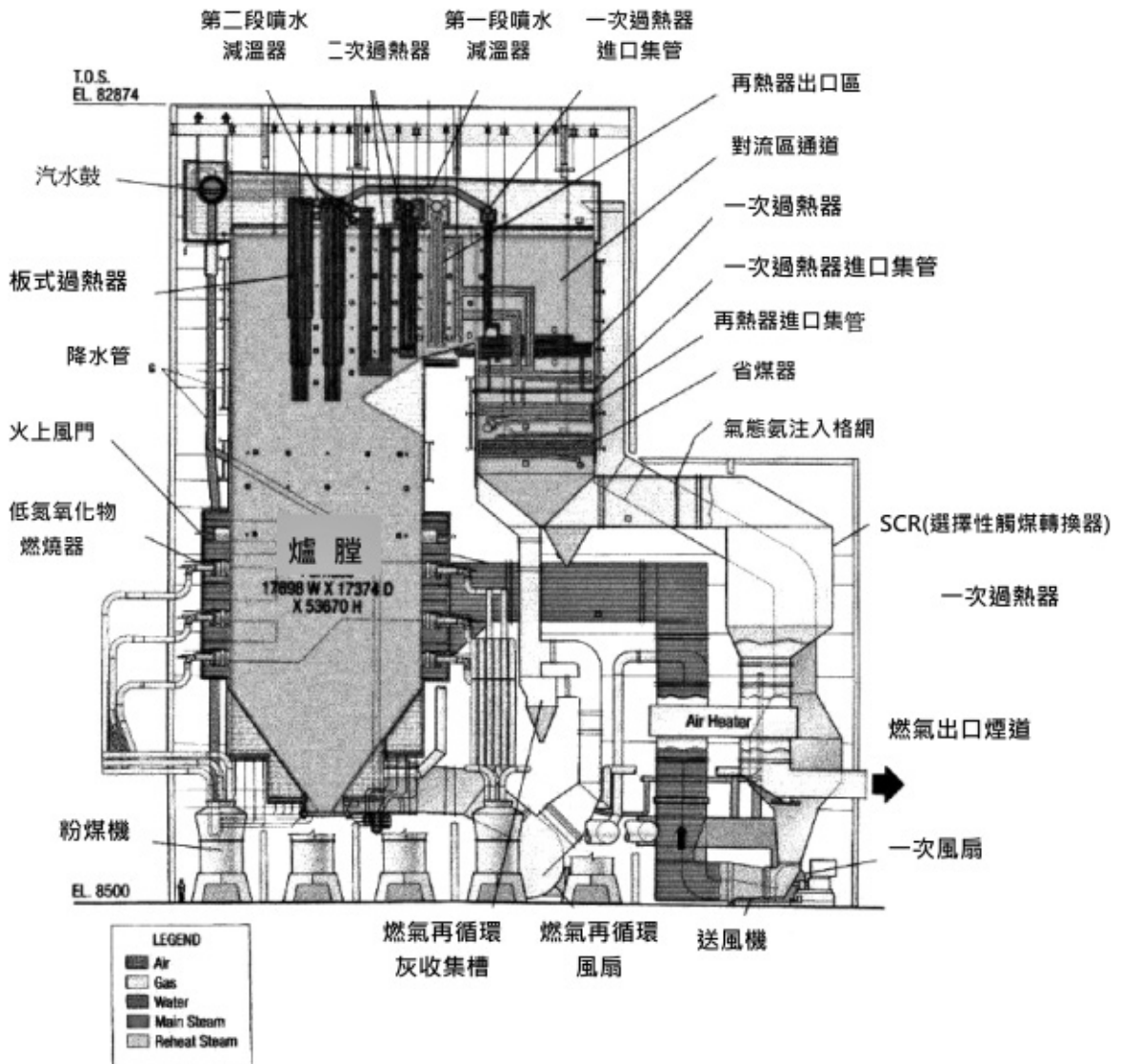


圖 6 鍋爐重要設備佈置示意圖

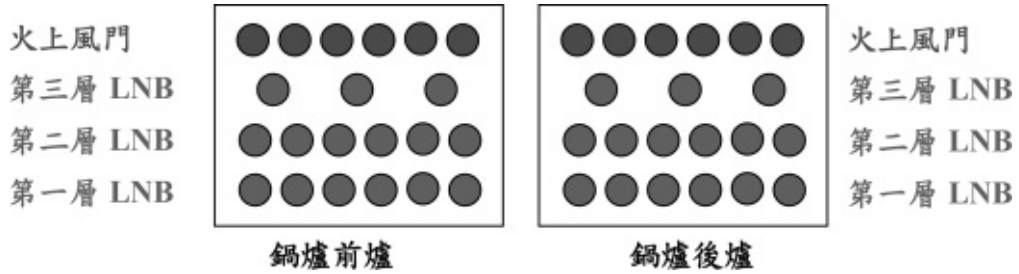


圖 7 氮氧化物燃燒器及火上風門排列示意圖

(一)鍋爐燃燒概述

鍋爐設計係採分段式燃燒以降低氮氧化物生成量，燃料所需總燃燒空氣（理論空氣量 + 過剩空氣量）約 12%~18%由 OFA 供給，餘由 LNB 供給；經 OFA 空氣量佔比愈高則氮氧化物生成量愈低，唯燃料未燃損失（鍋爐排煙 CO 濃度及灰中未燃碳）愈高且鍋爐排煙溫度上升，與前述分段燃燒現象完全吻合。

(二)火上風門（OFA）運轉模式運用

依前述火上風門係為分段燃燒降低氮氧化物而設置，一般鍋爐於最佳化調整完成後即予固定開度不再改變，本機組於供給燃燒空氣量不變前提下，試將 12 只 OFA 作不同開度組合，發現 NO<sub>x</sub> 與未燃損失間明顯規則變化，可視需要作為 NO<sub>x</sub> 與未燃損失間調整時依據。

OFA 不同開度運轉可概分為渦漩模式（Swirl Mode）、等開度模式（Equal Mode）、混合模式（Interlace Mode）三種模式，分別敘述如下：

1. 渦漩模式（Swirl Mode）

12 只火上風門六只全開，另六只全關，分佈如圖 8 經火上空氣風門之燃燒空氣與離開燃燒器區未燃之可燃物以渦漩（Swirl）方式攪動，則可燃物與空氣中氧氣得以充分混合而完成最後階段之燃燒。

\* 優點：燃料未燃損失與離開爐膛燃氣溫度（FGET：Furnace Gas Exit Temp）低。

\* 缺點：NO<sub>x</sub> 產生量為三種模式中最高。

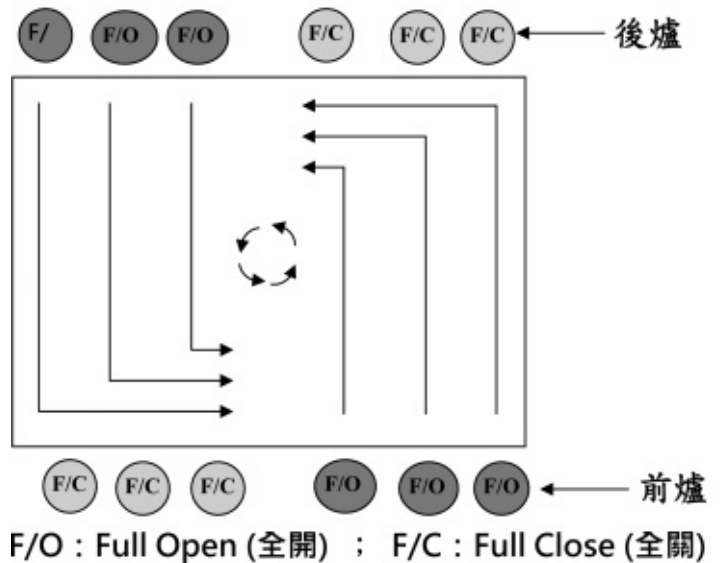


圖 8 上風門渦漩模式

### 2. 等開度模式 (Equal Mode)

12 只火上風門開度相同 (並無特定開度, 可依爐膛各區域燃燒良窳調整各 OFA 開度), 如圖 9; 由於各風門供給之燃燒空氣量相同故未有渦漩功能, 燃燒溫度為三種模式中最低。

\* 優點:  $\text{NO}_x$  生成量最低。

\* 缺點: 燃料未燃損失高且離開爐膛燃氣溫度 (FGET) 高。

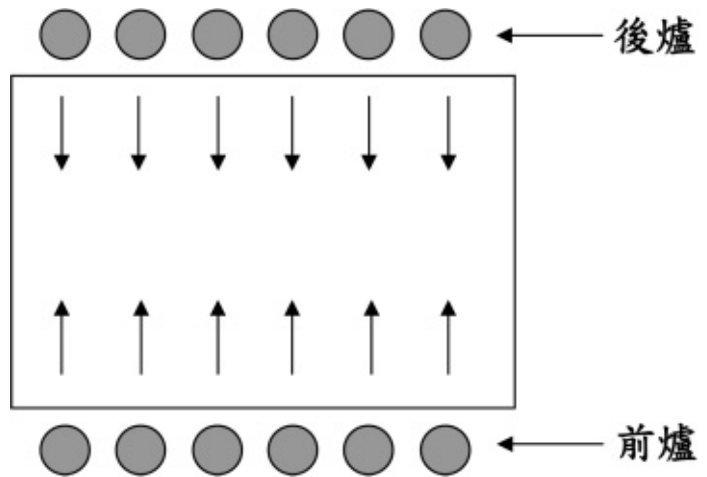


圖 9 上風門等開度模式

### 3. 混合模式 (Interlace Mode)

12 只火上風門六只全開, 另六只全關並使分配如圖 10 離開燃燒器區燃氣與火上風門供給之燃燒空氣於離開爐膛前形成三個小渦漩攪動, 可燃物與空氣中氧氣得以混合燃燒。

\* 優點:  $\text{NO}_x$  生成量與燃料未燃燒損失及 FEGT 為三種模式中間值。

\* 缺點: 無法獲取最理想之  $\text{NO}_x$  生成。

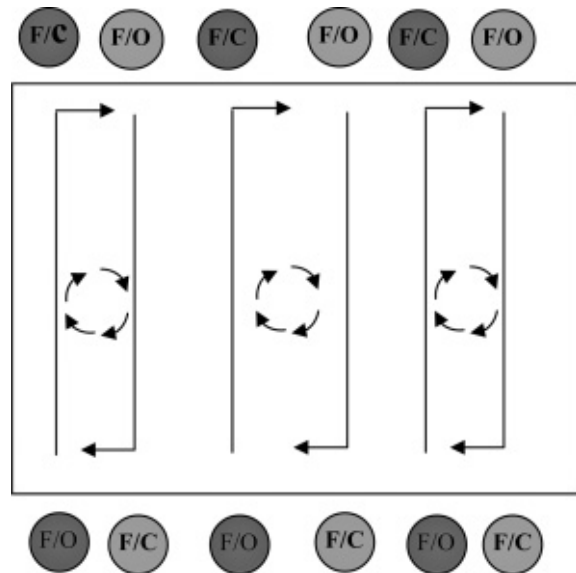


圖 10 風門混合模式

#### (㉔) 火上風門於渦漩模式與等開度模式相關數據比較表

相關項目	渦漩模式 (A)	等開度模式 (B)	差值 $C = A - B$
兩側 $\text{NO}_x$ 平均值 (ppm)	158	128.5	29.5
飛灰中 LOI (%)	2.44	5.15	- 2.71
過熱器噴水量 (噸/時)	139	180.5	- 41.5

註: 1. 數據係於相同總燃燒空氣量及火上風門空氣量值

2. LOI: Loss Of Ignition (未燃損失)

(四)本章節結語：

藉由改變火上風門開度可於氮氧化物生成量與燃料未燃損失間進行簡易調整獲取平衡點，燃煤鍋爐可依燃用煤源、空氣預熱器是否易受 SCR 殘餘氨引起之硫酸銨及硫酸氫銨堵塞、飛灰品質（未燃碳及灰色澤）要求、過熱器&再熱器噴水減溫量、採用濕式石灰石粉、離開鍋爐燃氣溫度、石膏脫硫法廢水是否存在氨氮與硝酸鹽氮問題等，利用火上風門不同運轉模式彈性協助調整。

較年長鍋爐為符合不斷加嚴之氮氧化物排放標準，目前皆積極投資改善（或已改善完成），火上風門為改善重點項目之一，其改善內容以更換所謂新型火上風門或增設火上風門、位置調整上移等為主，亦有雙層火上風門設計者；在此提出建議火上風門應具可遙控開度功能，並教導運轉人員隨時視需要進行調整，俾火上風門發揮最大化功能。

### 六、抑減氮氧化物另類思考模式

抑減氮氧化物若由源頭減廢可降低末端 SCR 因注氨衍生之負面影響；圖 11 為化物生成量影響因素示意圖，為抑減氮氧化物生成量，若搭配選取低含氮量及低燃料比（煤炭中固定碳/揮發份）煤源也是上乘策略之一。

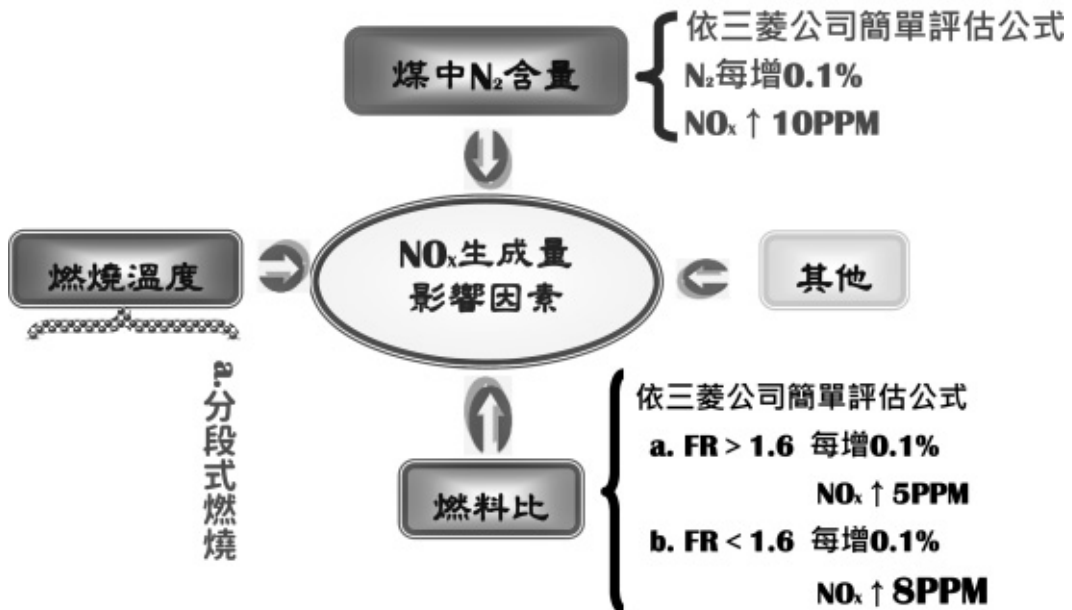


圖 11 化物生成量影響因素示意圖

過剩空氣量（低過剩氧氣量）運轉，間接降低燃燒溫度達氮氧化物生成量減量目的且可改善飛灰品質利於飛灰再利用；大型燃煤鍋爐於進行降低氮氧化物改善工程時，提高磨煤機性能皆同時列為改善工程項目，其改善內容以增大容量、增設磨輪液壓系統、增設（若原未設置）或提高動態分煤器性能；而粉煤細度要求以澳洲煤為例，由原通過 200Mesh70% 提高至 80% 以上，甚有更高者；通過 50Mesh > 97% 則提高至 > 99.5%（主要目的將低灰未燃損失），而過剩空氣量由原設計 18% 降至 14% 目標之案例，其目的明顯係希望藉由物理法減量以降低後端化學法減量之負荷。

## 七、結語

空氣品質已為目前全民關注之最夯議題，鍋爐（尤以燃煤鍋爐）被誤導為空汙原兇，可臆測氮氧化物零排放前，排放限值加嚴政策恐無中止之日，鍋爐業者為符合不斷加嚴法規標準不得不投入巨額資金進行改善，唯多數案例改善結果未如預期，本文之描述，期對業者於抑低氮氧化物工程作為上有所助益並祈不吝指教。

別讓您的權利睡著了！  
新購鍋爐時，別忘了  
委託本會作鍋爐“燃燒效率”  
及“蒸汽乾度”檢測

### 本會技術服務項目

- 外銷鍋爐、壓力容器、熔接、構造檢查。
- 小型鍋爐、小型壓力容器構造檢查及定期自動檢查。
- 第二種壓力容器構造檢查及定期自動檢查。
- 鍋爐燃燒效率及蒸汽乾度檢測。
- 中國特種設備－鍋爐、壓力容器等相關法規、標準諮詢。
- 既有危險性機械、設備申請檢查輔導。

聯絡人：林佳慶 0937-750800



## 鍋爐之運轉與保養技術（二）（續上期）

薛進來

### 四、鍋爐之保養維護技術

為使鍋爐能夠長期安全穩定地連續發揮全機能運轉，必須經常了解設備機器的狀況及特性，保護維修實績、事故及運轉紀錄，加以分析判定，儘量施行預防保養，適當地檢修維護作業；鍋爐之保養維護可分為二種如下：

#### （一）鍋爐運轉中之管理

藉由鍋爐運轉中之視察和儀器的監視，經常維持機器設備的清淨，並能維繫其初期運轉的狀態，確實依照限制值來運轉鍋爐。

#### （二）鍋爐停修之保養維護

事先計劃停爐檢修，進行一些在鍋爐運轉中無法實施的檢修維護項目，維護前各部設備之運轉數據均需整理，以供參考；不但要早期發現鍋爐的所有異常現象，而且要明瞭鍋爐特性的經年變化，其主要間檢點的項目列舉如下：

- ①鍋爐特性方面：空氣預熱器前後煙氣之溫度和壓力、鍋爐各部位飼水溫度和蒸汽溫度及金屬溫度、鍋爐各部位飼水壓力和蒸汽壓力、過熱器和再熱器之減溫噴水量、鍋爐出口煙氣之含氧量、煙塵、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 及各煙風道之溫度及壓力等、各輔機之動力耗用等狀況。
- ②公害方面：鍋爐排煙氣之灰塵、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、煤灰、廢水、噪音等。
- ③水質方面：鍋爐飼水和爐水以及相關蒸汽和冷凝水之水質等。

鍋爐運轉上之管理目標值，即鍋爐運轉目標值，綜合如(1)安定運轉、(2)公害防治、(3)經濟運用等各方面假以檢討訂定；下列為鍋爐管理上最重要的基本事項：

#### 1. 依照溫度計測監視鍋爐特性

##### (1)金屬溫度

過熱器和再熱器之金屬溫度計測為鍋爐安全運轉之指南，最近之汽鼓型鍋爐已不再以在汽鼓發生的熱應力，而以過熱器和再熱器之保護為取決鍋爐昇壓之燃燒率，但需要快速啟動停止之鍋爐，仍需查核汽鼓之消耗壽命；貫流鍋爐各部傳熱面所設金屬溫度，因是重要之運轉指南，必須經常監視；爐膛最大負荷區所設之水冷壁外面裝溫度探測計是監視管內清淨度最有效的方法，可以提供我們是否需要酸洗之決定性情報。

### (2)煙氣溫度和空氣溫度

空氣預熱器出口煙氣溫度為鍋爐排出煙氣溫度和鍋爐效率有關之重要監視項目；節熱器出口煙氣溫度如果異常上升，則煙氣再循環風扇和空氣預熱器之安全運轉會受到威脅，如設有觸媒轉換脫硝裝置時，節熱器出口溫度即為反應器之入口溫度，而必須經常監視。鍋爐啟動時為保護過熱器和再熱器，必須監視鍋爐出口煙氣溫度；再生式空氣預熱器之冷端溫度（煙氣出口側和空氣入口側之平均溫度）為空氣預熱器之換熱片腐蝕和堵塞之指南，尤其為燃油鍋爐的重要監視項目。

### (3)蒸汽與飼水之溫度

節熱器飼水溫度為鍋爐啟動時防止蒸發之必要監視項目；貫流鍋爐蒸汽管出口溫度為判斷蒸汽流量是否良好的訊息；過熱器和再熱器出口之蒸汽溫度一般隨負載增加而上升，隨負載減少而降低；但是多數鍋爐藉蒸汽溫度控制裝置在蒸汽之溫度控制範圍內之負荷，保持一定的溫度；在蒸汽之溫度控制範圍內之負荷，如果將蒸汽溫度應提昇，則過熱器和再熱器的元件會受到無理的牽制；在蒸汽之溫度控制方法，可以藉①煙氣再循環，②噴水式過熱減溫器，③燃燒器仰角（Burner tilting），④旁路風門等裝置來操作；每年歲修後至下次歲修期間，煙氣再循環等溫度調節裝置的操作變化量變化相當大，為保持長期運轉的蒸汽溫度之穩定性，蒸汽溫度調節器需有相當的餘裕；有時與蒸汽溫度控制裝置無關的蒸汽溫度也有異常的現象；

如果過熱器和再熱器的蒸汽溫度下降，可推斷下列可能原因：

- ①過剩空氣不足；
- ②飼水溫度過高；
- ③嚴重的汽水共騰現象；
- ④過熱器和再熱器的爐管裡外側骯髒；
- ⑤控制裝置調整不良。

如果過熱器和再熱器的蒸汽溫度上升，可推斷下列可能原因：

- ①過剩空氣過多；
- ②飼水溫度過低；
- ③不規則的著火或二次燃燒；
- ④爐膛的爐管外側骯髒；
- ⑤控制裝置調整不良。

### 2. 藉壓力計測監視鍋爐特性

偵測鍋路各部位之壓力和壓力差以監視鍋爐特性是相當重要的，一般鍋爐之壓力偵測的地方如下：



## (1) 飼水與蒸汽之壓力

由飼水與蒸汽之壓力在鍋爐昇壓或降壓期間，可以判之安全的壓力變化率，也是鍋爐運轉管理上的指南，而必須計測監視之；貫流鍋爐在點火前，必須確定鍋爐水壓力，在鍋爐各部位的差壓，亦可當著壓力部之清淨度指數；強制循環泵之差壓，貫流鍋爐蒸發管入口之差壓等為典型的例子。

## (2) 空氣和煙氣之壓力（風壓）

一般鍋爐之通風方式採用強制通風或平衡通風，無論採用那一種方式，都需偵測爐膛內壓力，監視以防止超越爐殼或背撐（Back stay）之設計壓力，通風之容量雖考慮了氣溫的變化、頻率之變化、過剩空氣率之變化及燃燒器風箱之差壓變化等因素，對鍋爐長期安全運轉有相當的餘裕而決定，但是再生式空氣預熱器之煙氣側及空氣側之差壓發生異常上升時，將影響鍋爐的安全運轉；因此，對其長年劣化或變化等都需注意的；近年來，隨著鍋爐發展低 NO<sub>x</sub> 的政策，鍋爐所需通風力有增加的趨勢。

## 3. 鍋爐之性能管理

鍋爐之主要功能係使燃料之化學能有效地轉換成熱能，而發電鍋爐之最終將熱能轉換成電能，輸入之燃料的熱能與產出蒸汽的熱能之百分比表示鍋爐的效率；我國絕大部分能源原料依賴國外進口，對於能源的有效運用和節約能源實為最重要的課題。

就一般鍋爐而言，燃料的特性、外氣條件、排煙溫度、過剩空氣率等因素決定了鍋爐的性能；鍋爐效率計算需要依據(1)燃料之發熱值採用高發熱值或低發熱值；(2)燃料之預熱所吸收的熱值等，其重點就是要計算出鍋爐產生每一噸蒸汽需要消耗多少燃料。

## (1) 鍋爐燃燒之熱損失計算方法及改善對策如下：

$$\eta_b = (1 - (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 + L_8 + L_9) / H_h) \times 100\%$$

$$H_h = \text{燃料高發熱量} \quad (\text{kcal/kg 燃料})$$

① L<sub>1</sub>：乾煙氣帶走之損失

$$L_1 = C_{pg} \times G \times (T_g - T_a) \quad (\text{kcal/kg 燃料})$$

$$C_{pg} : \text{乾煙氣之比熱} \quad (0.33 \text{kcal/Nm}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$G : \text{乾煙氣之流量 (空氣預熱器出口)} \quad (\text{Nm}^3/\text{kg 燃料})$$

$$T_g : \text{乾煙氣之溫度 (空氣預熱器出口)} \quad (^\circ\text{C})$$

$$T_a : \text{大氣溫度} \quad (^\circ\text{C})$$

若未施行元素分析時，含水蒸汽之理論煙道氣量可用燃料低發熱值 HL 概算：

$$G = 0.905 \times (HL + 550) / 1,000 + 1.17 \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

鍋爐排煙氣溫度過高，排煙氣溫度每高 10<sup>°</sup>C，則鍋爐效率下降 0.5%。

- 對策：(a) 調降燃燒空氣以得適量的燃燒空氣（即控制 O<sub>2</sub> 過剩量）。
- (b) 定期實施吹灰以清淨爐內各傳熱面。
- (c) 蒸汽式空氣預熱器在可防止低溫腐蝕狀況下減少加熱溫度。
- (d) 改善節熱器和空氣預熱器之設計。

- ② L<sub>2</sub>：燃料中氫份燃燒變成水份而蒸發時吸收熱能以構成其必要之潛熱損失

$$L_2 = 9h/100 \times (590 + 0.45 (T_g - T_a)) \quad (\text{kcal/kg 燃料})$$

$$h : \text{燃料中氫元素} \quad (\%)$$

對策：注意燃料中氫份含量。

- ③ L<sub>3</sub>：燃料中水份蒸發時吸收熱能以構成其必要之潛熱損失

$$L_3 = w/100 \times (590 + 0.45 (T_g - T_a)) \quad (\text{kcal/kg 燃料})$$

$$w : \text{燃料中水份} \quad (\%)$$

對策：採購含水率少之燃料或設法先將燃料之水份去除後再燃用。

- ④ L<sub>4</sub>：燃燒空氣中濕氣之熱損失

$$L_4 = 0.45W_{ma} \times (T_g - T_a) \quad (\text{kcal/kg 燃料})$$

$$W_{ma} : \text{空氣中之水蒸汽量 (kg/kg 乾空氣)} \times \text{乾空氣量 (kcal/kg 燃料)}$$

對策：注意鍋爐送風機避免被雨水或潑濺水侵入而使空氣中濕度高。

- ⑤ L<sub>5</sub>：燃料不完全燃燒之熱損失

$$L_5 = 5,660 \times C / 100 \times CO / (CO_2 + CO) \quad (\text{kcal/kg 燃料})$$

$$C : \text{燃燒中炭素量} \quad (\%)$$

$$CO_2, CO : \text{排煙氣中之 } CO_2, CO \text{ 濃度} \quad (\%)$$

對策：調節爐床均勻之煤層或煤粉細度，或調節霧化蒸汽與燃油壓力和溫度，及調節二次空氣以得適當之空氣量等可以改善。

- ⑥ L<sub>6</sub>：燃料未燃燒部份之熱損失

$$L_6 = 8,100 \times C' / 100 \quad (\text{kcal/kg 燃料})$$

$$C' : \text{燃燒中未燃炭素量} \quad (\%)$$

$$\text{未燃炭素量 } C' = au / (100-u) \quad (\%)$$

$$a = \text{使用燃料中之灰份} \quad (\%)$$

$$u = \text{灰渣中之平均未燃炭} \quad (\%)$$

對策：如 L<sub>5</sub> 之對策，並注意煤質之揮發物含量是否適合燃燒設備，及煤炭中灰份不可過多。

- ⑦ L<sub>7</sub>：燃燒器之噴霧蒸汽之熱損失

$$L_7 = W_s \times (590 + 0.45 (T_g - T_a)) \quad (\text{kcal/kg 燃料})$$

$$W_s : \text{燃燒器中燃料每 1kg 需求霧化蒸汽量} \quad (\text{kcal/kg 燃料})$$

對策：調整燃燒器之噴霧蒸汽之壓力，及祛除蒸汽中水份。

⑧ L<sub>8</sub>：爐壁之輻射熱損失

$$L_8 = L_r \times HL/100 \quad (\text{kcal/kg 燃料})$$

$$L_r = \text{對應低發熱值之輻射熱損失} \quad (\%)$$

$$\text{各種鍋爐在最大連續蒸發量之 } L_r \quad (\%)$$

最大連續蒸發量	5T/H	10T/H	50T/H	100T/H	500T/H	1,000T/H
L <sub>r</sub>	2.0	1.4	0.8	0.5	0.3	0.2

部份負載之 L<sub>r</sub> 為上表之 L<sub>r</sub> 值除以負載率

$$L_r' = L_r (\%) \times \text{實際蒸發量 (T/H)} / \text{最大連續蒸發量 (T/H)} \quad (\%)$$

對策：注意鍋爐之耐火泥與保溫是否完整，及其保溫表面溫度是否正常。

⑨ L<sub>9</sub>：其他之損失

理論上輸入熱量與輸出熱量（有效輸出熱量 + 總損失量）相等，但由於測定之誤差以致計算後其結果並非完全相等，此差額設為其他能量損失 L<sub>9</sub>。

(2)以出入熱法計算鍋爐效率如下表：

$$\begin{aligned} \text{鍋爐效率} = & (\text{鍋爐產汽流量 (Kg/Hr)} \times \text{蒸氣熱焓 (Kcal/Kg)} - \text{鍋爐飼水流量 (Kg/Hr)} \\ & \times \text{飼水熱焓 (Kcal/Kg)} + \text{CBD 流量 (Kg/Hr)} \times \text{CBD 熱焓 (Kcal/Kg)}) \div \\ & (\text{燃煤量 (Kg/Hr)} \times \text{燃煤熱焓 (Kcal/Kg)} + \text{廢氣量 (Nm}^3\text{/Hr)} \\ & \times \text{廢氣熱焓 (Kcal/Nm}^3\text{)} + \text{燃煤量 (Kg/Hr)} \times \text{燃煤熱焓 (Kcal/Kg)}) \\ & \times 100\% \end{aligned}$$

鍋爐效率計算採用熱損失法要比出入熱法較好，因為調整鍋爐操作狀態，可以改善鍋爐的乾排汽熱損失及未燃炭損失兩種，如果空氣過剩率愈降及排煙氣的溫度愈降，則此兩種熱損失愈少，因此，為維持鍋爐在高效率運轉，就必須監控鍋爐之過剩空氣率及排煙氣溫度。

在規定的燃燒空氣過剩率情況下，如果鍋爐的排煙氣溫度升高時，則鍋爐的傳熱面可能骯髒而需要增加吹灰次數；如果無法維持鍋爐在低空氣過剩率情況下運轉時，則可能爐膛外殼漏氣，或空氣預熱器漏氣過大，或密封氣洩漏增加；如果鍋爐的未燃損失增加時，除了調整過剩空氣率外，還需檢查燃燒裝置的狀況。

4. 鍋爐在運轉中之現場检查工作項目

任何意外事故皆可預防，鍋爐及其輔助設備在運轉中，如果運轉人員能夠定時而認真的巡查現場各種設備的運轉狀況，遇有問題立即發現並且馬上予以解決問題，必能防止異常事故發生，有關需要在鍋爐運轉中檢查現場之項目如下：

(1) 鍋爐本體

① 檢查汽鼓水位是否正常？

- ②檢查過熱器出口壓力與溫度是否正常？
  - ③檢查各阻閥、安全閥、逆止閥、儀表根閥是否洩漏？
  - ④吹灰機是否在定位，並注意吹灰動作是否正常，吹灰蒸汽閥是否洩漏？
  - ⑤檢查爐膛是否漏氣，保溫有何不良？
  - ⑥檢查設備是否有異音或振動？
  - ⑦檢查懸吊桿及爐體膨脹是否正常？
- (2)鍋爐通風系統
- ①檢查所有風車之軸承溫度與風壓及滑油液位是否正常？是否有異音或振動？風車進口濾網是否乾淨？
  - ②檢查相關風門擋板作動開度是否正常？
  - ③檢查煙風道之壓力與溫度是否正常？
  - ④檢查煙風道是否漏氣，保溫有何不良？
  - ⑤檢查空氣預熱器之驅動機與其減速機之軸承溫度及滑油液位及進出口煙風道之壓差是否正常？是否有異音或振動？
  - ⑥檢查蒸汽式空氣預熱器之蒸汽與冷凝水管路是否開啓或洩漏？是否有異音或振動？
- (3)鍋爐燃料系統
- ①檢查燃油槽液位是否正常？
  - ②檢查燃油泵之軸承溫度與壓力是否正常？是否有異音或振動？進口濾網是否乾淨？
  - ③檢查燃油管路是否有洩漏及保溫有何不良？
  - ④檢查粉煤機之滑油及液壓油之油位、泵浦濾網差壓及泵出壓力及軸頸彈動是否正常？包括相關輔機之馬達及其減速機是否有異音、振動、高溫、漏油等？粉煤機組及煤管是否洩漏煤粉？
  - ⑤檢查飼煤機之馬達及其減速機是否有異音、振動、高溫、漏油等？飼煤機內是否有積煤炭現象？飼煤管是否有內堵或外漏現象？
  - ⑥檢查日用煤倉之料位是否正常？輸煤設備是否通暢或阻塞？輸煤驅動設備是否有異音、振動、高溫、漏油等現象？
- (4)鍋爐燃燒系統
- ①檢查爐前之油槍是否裝定位？相關燃油、蒸汽、瓦斯等管路是否打開？並注意其壓力是否正常？油槍及相關管路是否洩漏現象？
  - ②檢查爐前各粉煤管是否有洩漏現象？
  - ③檢查爐前各二、三次風門開度是否正常？
  - ④檢查燃燒器之爐火是否正常？

## (5)鍋爐飼水系統

- ①檢查脫氣塔液位、壓力及排氣是否正常？各管路閥是否打開或洩漏？
- ②檢查高、低壓飼水加熱器之液位、壓力及溫度是否正常？各管路閥是否打開或洩漏？
- ③檢查鍋爐飼水泵和脫氣塔補水泵之軸承溫度與出口壓力是否正常？是否有異音或振動？進口濾網是否乾淨？最小流量閥是否打開？
- ④檢查飼水之管路是否有洩漏及保溫有何不良？
- ⑤檢查取樣管路是否有洩漏或堵塞？並檢查樣水之溫度及分析數據是否正常？
- ⑥檢查各種加藥系統之藥槽液位、加藥泵之軸承溫度與出口壓力是否正常？是否有異音或振動，進口濾網是否乾淨？

## (6)鍋爐出灰系統

- ①檢查鍋爐底灰水封槽之液位及排水循環是否正常？水溫是否太高？底灰分離池之沉水泵是否正常運轉及其排放水是否正常？
- ②檢查鍋爐底灰輸送鏈條和皮帶是否鬆動，輸送作業是否通暢或堵塞？底灰顏色是否烏黑？驅動馬達與其減速機是否有異音、振動、高溫等？
- ③檢查飛灰輸送器是否操作正常（有餘溫）？壓氣及輸灰管是否洩漏或阻塞？壓力開關是否正常？進出口閥是否內漏？輸灰桶是否積灰或空空？
- ④檢查飛灰倉料位，卸飛灰作業是否正常？袋式集塵器正常否？有否漏灰？底灰倉料位，卸底灰作業是否正常？皮袋輸灰端清潔否？有否漏灰、水？

## (7)鍋爐空污防治系統

- ①檢查靜電集塵器之放電極與收塵板之敲擊馬達是否操作正常？馬達鏈條是否鬆動？
- ②檢查靜電集塵器之整流變壓器之油位及溫度正常否？是否漏油？通風機有異音、振動否？
- ③檢查靜電集塵器之各室電壓和電流是否正常？
- ④檢查FGD吸收塔液比重、連續排放流量、除霧器差壓、塔液PH值、SO<sub>x</sub>分析值及底部排放是否正常？Mg(OH)<sub>2</sub>及分散劑加藥正常否？
- ⑤檢查FGD吸收塔之塔液循環泵及鼓風機之壓力正常否？有異音、振動否？管路漏或堵否？
- ⑥檢查FGD之MgO卸料管口及混合槽排氣口是否阻塞？消化槽加熱正常否？氫氧化鎂儲槽液位及比重、各泵浦壓力、冷卻水流動、異音、振動是否正常？各槽之攪拌器運轉正常否？管路閥是否洩漏或堵塞？
- ⑦檢查FGD之廢水池液位及廢水泵之壓力、流量、異音、振動等正常否？管漏或堵否？

- ⑧檢查FGD之矽藻土儲槽與污泥餅槽之料位正常否？矽藻土投料機操作是否正常？氧化槽有堵否？
  - ⑨檢查FGD之廢水過濾機之電磁閥作動正常否？過濾後水質清晰可否？污泥餅吹乾否？
  - ⑩檢查FGD之過濾機之電磁閥作動正常否？過濾後水質清晰可否？污泥餅吹乾否？
  - ⑪檢查SCR之氨水槽液位、氨水泵之壓力、流量、異音、振動等正常否？管漏或堵否？
  - ⑫檢查SCR反應器之差壓及NO<sub>x</sub>去除效率是否正常？
- (8)鍋爐公用系統
- ①檢查冷卻水池液位及冷卻水泵之油位、壓力、異響、振動等正常否？冷卻水塔頂部冷卻風扇之減速機油位、有異響、振動、飄水滴否？冷卻水加藥設備與分析設備是否正常？
  - ②檢查原水池液位及原水泵之油位、壓力、異響、振動等正常否？
  - ③檢查空壓機是否於自動操作位置？滑油位、溫度、壓力、冷卻水溫、機子溫度等正常否？卻水器正常否？乾燥機露點正常否？有漏油、氣、水等否？
  - ④檢查純水與超純水處理系統之採水或再生之流量，塔槽差壓及控制閥開關位置是否正確？中間水槽液位？中間水泵之壓力、異響、振動正常否？是否漏水、液、樹脂、活性炭？
  - ⑤檢查鹽酸槽液位及液鹼槽液位是否正常？液槽和管路是否漏液？
  - ⑥檢查水處理系統之再生劑量槽液位正常否？中和池水泵之壓力流量、異響、振動正常否？鼓風機之運轉有異響、振動否？是否有洩漏再生液、樹脂、水、氣、汽等？
  - ⑦檢查消防水泵之馬達開關及相關管閥之開關位置是否正確？漏水否？
  - ⑧檢查衛生水泵之馬達開關及相關管閥之開關位置是否正確？漏水否？
  - ⑨檢查廢水處理系統是否正常？廢水池水位過高否？排水泵操作正常否？水溝柵閥關閉否？排放廢水之水質合格否或可回收使用否？
  - ⑩檢查MCC室之空調狀況妥否？電氣盤是否有故障燈？盤面是否溫度高？
  - ⑪檢查主變壓器之油位與溫度是否正常？電氣盤關閉否？變壓器是否漏油？矽膠乾燥劑顏色是否藍色？OTC是否操作正常？GIS有漏氣或降壓否？
  - ⑫檢查室外變壓器之油位與溫度是否正常？電氣盤關閉否？變壓器是否漏油？
  - ⑬檢查高壓配電室之空調狀況妥否？電氣盤是否有故障燈？盤面是否溫度高？
  - ⑭檢查緊急柴油發電機自動啓動開關位置是否正確？機油、燃油、電瓶水位是否足夠？有漏油否？

- ⑮檢查公用管架之管閥及卻水器之開關對否？是否有洩漏汽、水、氣、油、液等？保溫損壞否？

#### 5. 鍋爐停車時之檢修維護

為使鍋爐能夠長期連續安定運轉至下次計劃的停車歲修為止，必須平時做好預防保全工作，計劃停車時將所有機器設備徹底的加以大修：鍋爐的停機計劃需考慮參考系統負載需要預測來判定，為鍋爐能夠長期連續安定運轉，需要調查明瞭構成機器設備之經年長期變化情況，要各種問題防患予未然，同時施行徹底的檢查及有計劃的、適當的更換零件及保養修理。

##### (1) 鍋爐壓力部之檢修維護

- ①汽水鼓、汽水分離器等內面有附著物、堆積物時需要予以清除，清理時不可採用水，應該採用鋼絲刷、毛刷、壓縮空氣等來清理；內面附著物、堆積物之調查，必須將其分佈量加以測定，並作化驗分析，以供日後鍋爐給水及爐水處理之參考及改善對策。
- ②用肉眼檢查鍋爐壓力部有無裂痕、腐蝕、侵蝕現象，必要時採用染色檢驗（P.T.），或磁粉探傷檢驗（M.T.），或超音波檢驗（U.T.），如果發現有缺陷時，其位置狀態必須專門調查紀錄，並探究原因及採取必要措施，而且需要作連續經驗調查。
- ③目視檢查焊接部有無裂痕，必要時抽樣施行PT和MT檢查，有裂痕要磨除，並查明原因和採取對策。
- ④汽水分離器、過熱減溫器等鍋爐壓力部分，如果在運轉中有異音或振動發生時，應施行分解檢查，並查明原因和採取對策。
- ⑤汽鼓內之汽水分離器的元件要分解檢查及清掃，檢查結果如認為有脫落磨損等異狀時，必須修補或更換零件，使其恢復原狀。
- ⑥流孔板（Orifice）處如有雜物混入卡住時，應全部清除。
- ⑦懸吊型之過熱器和再熱器等合金鋼爐管部分，運轉開始約 20,000~30,000 小時後，爐管內面孔會產生二層水蒸汽氧化鐵銹，有脫落堆積於爐底彎曲處之虞，需要採用放射線檢查，發現堆積嚴重時，必須切管來清除。
- ⑧為確保鍋爐水冷壁管長期安定性，必須徹底明瞭管內面附著物之鐵銹狀況及經年的變化等，並實施適當的水質管理或清洗、化學清洗等，因此需將熱負荷高的區域作抽樣切管檢查，提供日後給水及爐水處理方法的參考，同時訂立化學藥洗的時間和方案。

##### (2) 鍋爐外面之檢修維護

- ①肉眼檢查爐管有無散亂彎曲情形，有無受吹灰或煤灰侵蝕、磨損、鼓出等情形，必要時測量管徑和管厚，並抽樣切管檢查；管外面檢查結果認為有異常

情形時，應切管檢查。

- ②過熱器與再熱器等鍋爐高溫部分之傳熱管，因會有高溫腐蝕的障害發生，所以要做燃料的性質分析、附著銹污性狀調查、管外面檢查、測管厚度檢查、切管檢查等綜合性的經年檢查，以明瞭其真相後，採取適當的對策與監視。
- ③節熱器是鍋爐低溫部分之傳熱管，因會有低溫腐蝕的障害發生，所以也要做燃料的性質分析、附著銹污性狀調查、管外面檢查、測管厚度檢查、切管檢查等綜合性的經年檢查，以明瞭其真相後，採取適當的對策與監視。
- ④煙氣再循環入口要檢查有無低熔點燃燒灰或其他煙灰等堵塞，如果發現有低熔點燃燒灰於爐底時，應檢查爐底管是否有腐蝕減薄的情形，燃用腐蝕性強的廢油、廢液及瓦斯等燃料時，應特別注意其腐蝕狀況。
- ⑤目視檢查管翼、封片、間隔片、避震擋風板等附件有無燒損變形，以及焊接部之裂痕等，必要時做 PT 或 MT 檢查，如果檢查結果認為對機能有影響之虞時，應即刻檢修或換新。
- ⑥鍋爐的背撐、內殼、外殼、煙風道等多種鍋爐的非耐壓部，必須檢查有無折損、變形、積水、燒損、裂開、腐蝕、漏器等異常情形，如果檢查結果有異常時，應即刻修補或換新。
- ⑦燃燒器之燒損、變形、磨損、裂痕等檢查，如果檢查結果有異常時，應即刻修補或換新。
- ⑧鍋爐輔機之軸承、齒輪聯軸器等之磨損、油劣化、對心偏移、螺絲鬆動等檢查，如果檢查結果對機器性能影響時，應即刻檢修或換新。

#### 6. 空氣預熱器水洗作業

- (1)水洗時機：當鍋爐之空氣預熱器的壓差大於原始操作值 20%，於鍋爐停車時，必須實施水洗作業。
- (2)鍋爐停車冷卻至 150℃ 以下時即可進行水洗，但是採用水洗水溫度與空氣預熱器元件之溫度差不得大於 90℃，以免發生其結構物因熱衝擊而歪曲變形，如採用常溫水（25℃），則空氣預熱器需冷至 100℃ 以內才可進行水洗。
- (3)水洗水之壓力在 2~5.5kg/cm<sup>2</sup>g，且須加鹼液調 PH 值 11 左右，以防止空氣預熱器元件發生酸性腐蝕。
- (4)水洗作業前，空氣預熱器應改由壓縮空氣推動馬達（Air motor）驅動，且調整其轉速在 1/4RPM 左右以慢速運轉；其下方漏斗口需加裝排污捕捉袋，以防止污泥穢物擴大污染，水洗排放水要引至廢水處理的地方，以防水污染。
- (5)水洗至排放水的 PH 值大於 8.5 時，或水洗水與排放水之 PH 值差在 0.5~1.0 間才停止水洗，一般鍋爐的空氣預熱器水洗時間大約 6~8 小時。
- (6)空氣預熱器清洗完成後，接著水洗蒸汽式空氣預熱器，洗至排放水乾淨才完成。



(7)空氣預熱器水洗完成後，需再維持慢速轉動（採用 Air motor）一小時，使所有水滴都掉落才停止轉動。

(8)空氣預熱器必須乾燥後才可點爐運轉，可以將空氣預熱器上下游的風門全開來自然通風乾燥，如果趕時間要點爐，則需啓動送風機或引風機，以最小風量強迫乾燥後，才可啓爐。

## 7. 空氣預熱器檢查保養項目

### (1) 運轉控制主要保養項目

- ① 檢查轉動元件；
- ② 防止腐蝕和堵塞。

### (2) 定期檢查

原則上每運轉一年停車檢查一次，主要檢查轉動元件是否腐蝕和堵塞，並調整轉動元件之密封間隙的原則如下：

- ① 當測量密封間隙值大於設計之設定值而未接觸到轉動元件時，調整轉動元件之密封間隙值如同設計之設定值。
- ② 當測量密封間隙值接近設計之設定值而未接觸到轉動元件時，調整轉動元件之密封間隙值比設計之設定值略小於 1~2mm，並修正原間隙之設定值。
- ③ 當測量密封間隙值小於設計之設定值約 1~2mm 而未接觸到轉動元件時，就以此值調整轉動元件之密封間隙值之設定值。
- ④ 當測量密封間隙值大於設計之設定值而接觸到轉動元件時，調整轉動元件之密封間隙值，並且修正設計之設定值如同測量值。

### (3) 更換零件

- ① 當檢查密封鋼板片之後度過薄或過度腐蝕時，就必須更新此密封片；
- ② 當檢查轉動元件之傳熱鋼板片之厚度過薄或過度腐蝕時，就必須更新此傳熱鋼板片。

### (4) 檢查轉動部分

設備項目	檢查事項
① 傳動元件之驅動系統	① 電氣馬達是否有異常電流；
a. 減速機	② 滑油與油脂是否洩漏？必要時填加之；
b. 氣動馬達	③ 每半年檢查主軸承與減速機之滑油，如有異常必須更新約 2/3 油量，如發覺油髒，需探討原因及小心操作；
c. 氣動馬達控制元件	④ 注意每一處是否有振動、異音或過熱現象；
d. 聯軸器	⑤ 檢查齒輪箱和主軸之密封處是否洩漏燃氣；
② 主軸承	⑥ 每月試轉空氣馬達，以確認是否可正常操作；
a. 軸承	⑦ 檢查電動馬達之轉速。
b. 軸之氣封	

③ 轉子 a. 轉子本體 b. 密封板 c. 傳熱元件	① 檢查轉子是否不平衡； ② 檢查密封片是否異常接觸； ③ 檢查傳熱元件之位置是否不當； ④ 檢查傳熱元件是否損傷或失毀了。
④ 吹灰機 a. 電氣馬達 b. 螺旋吊桿 (Screw jack) c. 自動停止閥	① 電動馬達是否有異常電流； ② 滑油與油脂是否洩漏？必要時填加之； ③ 注意每一處是否有振動、異音或過熱現象； ④ 確認自動停止閥是否動作正常。

## (5)防止腐蝕和堵塞

設備項目	檢查事項
① 因為操作異常 a. 燃料之含硫份高 b. GAH 入口過剩空氣多 c. 傳熱元件之冷端金屬溫度接近露點 d. 鍋爐啟停機次數頻繁 e. 鍋爐負荷變化太大 f. 每年超過兩次水洗或有上述因素	① 依據操作狀況調整操作條件，例如增加 SAH 加熱溫度，以提高傳熱元件之冷端金屬溫度大於露點； ② 考慮更換吹灰機之噴嘴型式由標準的扁平式噴嘴改為強力的圓形噴嘴。
② 因為吹灰器異常 a. 吹灰流體之壓力不足 b. 吹灰操作不定性 c. 吹灰操作異常 d. 吹灰流體之祛水異常	① 調整流孔板洞口尺寸使吹灰流體之壓力在 10~11kg/cm <sup>2</sup> g，最大不要 > 15kg/cm <sup>2</sup> g； ② 吹灰的次數需要增加，通常通常 3~4 次 / 天； ③ 發覺操作異常原因及特別注意其問題； ④ 當吹灰時必須確認去除所有流體之水分。

## (6)更換零件之原則

零件名稱	更換零件之原則
① 冷端元件	① 冷端元件秤重之減輕率達新品之 40~45%。
② 熱端元件	① 當冷端腐蝕在熱端之上段或中段衍生而引起陷落時，或當有堵塞而引起風壓增大時； ② 當原件長期使用過久而發生老化脆弱時。
③ 所有元件	① 當發覺元件有不規則的狀態是因鬆動或腐蝕而引起的，雖減輕率尚可允許，但為防止在下次歲修前發生意外事故，也應考慮更新元件。
④ 主軸承	① 例行拆檢軸承如發現滑油內有金屬粒狀物，或其滾珠或轉動面有磨損達 5 Micron 時； ② 當其間隙比新軸承大三倍時； ③ 當主軸承發生缺陷時； ④ 當軸承已使用 15 年時。

⑤ 轉子結構	① 當鋼片之厚度比原始厚度減少 1/2~1/3 時。
⑥ 轉子密封	① 當密封片之損傷和變形在惡化中； ② 當密封片之厚度比原始厚度減少 1/2 時； ③ 當密封片之材質變老化脆弱時。
⑦ 大齒輪轉動面環節 ( Rack race segment )	① 當運轉時有異音振動之嚴重問題時； ② 當大齒輪插栓發生鬆動時； ③ 當大齒輪插栓磨損 1.5mm 時。
⑧ 小齒輪 ( Pinion gear )	① 當小齒輪磨損 1.5mm 時。
⑨ 搪塞尖細的套環 ( Dogetaper bush )	① 當拆減速齒輪發現套環有缺陷時； ② 當此套環已使用 4 年時。
⑩ 高速轉動部之油封及軸承	① 油封每年更換； ② 軸承每 3 年更換。

## (7)潤滑油指令

NO	項目	潤滑地點	週期
1	高溫端導桿軸軸承 (R460-3L)	1 處	每 1 年
2	低溫端支撐軸軸承 (R460-37L)	1 處	每 1 年
3	減速機 (R150-2L)	1 處	每 1 年
4	超轉離合器 (Over running clutch) (NO.1 油脂)	1 處	每 1 月
5	氣動馬達 (NO.1 油脂 -150~200C.C.)	1 處	每 1 年
6	氣動馬達之控制單元 (R32-250C.C.)	1 處	每 1 年
7	吹灰機之減速機 (NO.2 油脂 -0.2kg)	1 處	每 4 年
8	吹灰機之螺旋吊桿 (NO.2 油脂 -0.15kg)	1 處	每 1 年
9	吹灰機之清潔裝置 (NO.2 高溫油脂)	1 處	每 1 年
10	吹灰機之插栓 (NO.2 高溫油脂)	1 處	每 2 年
11	吹灰機之控制單元 (R32-100C.C.)	1 處	每 0.5 年

## 節能案例

〔資料來源：能源資訊網〕

◆ 汽電共生廠建議設置			
行業別	不限	設備別	鍋爐系統
案例背景	某工廠共有 6 座鍋爐，正常操作 5 座鍋爐（20t/h×2 + 12.5 t/h×2 + 10 t/h），以滿足製程工場耗用蒸汽量 50 ~ 55 t/h，均是煙管式鍋爐，最高效率才達 84%，因燃油價格高漲，油價 12464 元 /kL 時之蒸汽成本為 980 元 /t。購電成本至少 1.7 元 / 度。		
建議措施	工廠蒸汽耗用量高於 50t/h，應設置汽電共生廠，以節約能源成本。		
建議說明	<p>建議設置汽電共生廠，並淘汰這 6 座鍋爐，只保留 2 座鍋爐（20t/h×2）當備用，於汽電廠歲修時使用。</p> <p>汽電共生廠的主設備為燃粉煤鍋爐，鍋爐效率為 92 ~ 93 %，產出蒸汽 140t/h×115k×540℃，抽汽冷凝式汽輪發電機的最大發電量 33.5MW（供應製程蒸汽 50t/h），供電量 26MW，需賣電量 3.4 MW。</p> <p>在尖峰和半尖峰時，汽電共生廠操作的鍋爐產出蒸汽 130t/h× 115k×540℃，供應製程蒸汽 50t/h 及發電量 30MW，供電量 26MW，買賣電量 ± 0MW。</p> <p>在離峰和週末半尖峰時汽電共生廠操作的鍋爐產出蒸汽 105t/h×115k×540℃，供應製程蒸汽 50t/h 及發電量 22.5MW，供電量 18.8MW，需加買電量 7.2MW。</p> <p>該廠之預留建廠空地足以建立此汽電共生廠，總建廠資金約 12 億元，自籌資金 3 億元，貸款 9 億元，建廠工期為 18 個月。汽電共生廠包含環保設備 SCR+ESP+FGD，鍋爐之煙氣排放 NO<sub>x</sub> &lt; 50 ppm，SO<sub>x</sub> &lt; 50 ppm，Dust &lt; 50 mg/Nm<sup>3</sup>。</p>		
預計效益	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 直接效益：如附件「ETC 汽電共生專案」之經濟效益分析（Profit），運轉效益為 77,597,000 元 / 年</li> <li>2. 投資費用：總建廠資金約 12 億元，自籌資金 3 億元，貸款 9 億元。</li> <li>3. 回收年限：300,000,000 元 ÷ 77,597,000 元 / 年 = 3.87 年。</li> <li>4. 汽電共生廠以煤炭價格 2500 元 / 公噸計算： <ul style="list-style-type: none"> <li>供應製程工廠的蒸汽成本為 430 ~ 480 元 / 公噸；</li> <li>供應製程工廠的電力成本為 1.5 ~ 1.6 元 / 度。</li> </ul>           在離峰和週末半尖峰時買些台電的電力（電力成本為 0.77 ~ 1.13 元 / 度。），較能提高經濟效益。         </li> </ol>		

◆ 蒸汽鍋爐燃料油變更			
行業別	不限	設備別	鍋爐系統
案例背景	某工廠： 1. 目前使用三台容量 1.5t/h 之柴油鍋爐，負載率約 50%。 2. 94 年柴油使用量為 512 公秉。 3. 柴油價格，每公秉 22,700 元。		
建議措施	蒸汽鍋爐燃料油變更		
建議說明	1. 建議改用較低價 6 號重油。 2. 重油價格，每公秉 12,450 元。		
預計效益	1. 預期省能直（間）接效益 節省燃油費用： $\text{節省費用} = 512 \text{ 公秉 / 年} \times (22,700 \text{ 元 / 公秉} - 12,450 \text{ 元 / 公秉}) = 524.8 \text{ 萬元 / 年}$ 2. 投資費用：設置重油噴霧燃燒器及重油加熱系統，投資費用 60 萬元 3. 回收年限： $60 \text{ 萬元} \div 524.8 \text{ 萬元 / 年} = 0.1 \text{ 年}$ （本案僅為初步建議，詳細規格與金額請進一步評估）		

◆ 鍋爐最適化配置運轉			
行業別	不限	設備別	鍋爐系統
案例背景	某工廠： 1. 現有熱媒爐 1.5 百萬 kcal/h 3 台，2.5 百萬 kcal/h 1 台，全年用油 1,642 公秉。 2. 操作 3 台，其中 2 台並聯操作。 3. 燃燒控制不佳，含氧 6%，煙氣溫度 348°C，煙囪熱損 22.5%。		
建議措施	更新一部熱媒爐作為基載，所有熱媒爐並聯操作		
建議說明	建議全部熱媒並聯接管，更新 1.5 百萬 kcal/h 熱媒爐 1 台，並聯操作後作為基載運轉。年運轉約 6000 h，承擔 75% 負載；估計可降低煙囪熱損 6%，熱媒爐效率可由 76% 升至 84%。		
預計效益	1. 預期省能直（間）接效益： $1,642 \text{ 公秉 / 年} \times 75\% \times (84\% - 76\%) / 84\% = 117 \text{ 公秉 / 年}$ $117 \text{ 公秉 / 年} \times 1.2 \text{ 萬元 / 公秉} = 140 \text{ 萬元 / 年}$ 2. 投資費用：估計熱媒爐及並聯接管工程費約 320 萬元。 3. 回收年限： $320 \text{ 萬元} / 140 \text{ 萬元 / 年} = 2.3 \text{ 年}$ （本案僅為初步建議，詳細規格與金額請進一步評估）		

◆ 提升鍋爐燃燒效率			
行業別	不限	設備別	鍋爐系統
案例背景	某工廠： 1. 現有煙管式 12 t/h 蒸汽鍋爐 2 台，兩台輪流運轉操作壓力 8 kg/cm <sup>2</sup> ，大火時燃燒效率不錯。但小火時排氣含氧量為 9.4%，排氣溫度為 177°C，排氣損失 15.7%。 2. 因大部分時間為小火運轉。94 年燃料油使用量僅 480 公秉。估計其中 240 公秉用於小火時段。 3. 每公秉燃料油單價 10,400 元計。		
建議措施	調降鍋爐小火時之排氣含氧量，提升鍋爐燃燒效率		
建議說明	1. 建議請製造商設法調降小火時空氣量（送風機變頻控制為方法之一）。購買手提式氧氣分析儀，可掌握效率情況。 2. 調降鍋爐排氣含氧量至 3.5%，可使排氣損失自 15.7% 降至 13%，節省 2.7% 能源。 3. 定期檢測維護蒸汽鍋爐之效率性能，確保燃燒機之功能與監控儀器之準確性，可有效節省能源成本。		
預計效益	1. 每年可節省燃料油用量：240 公秉 / 年 × 2.7% = 6.48 公秉 / 年 2. 節約金額：10,400 元 / 公秉 × 6.48 公秉 / 年 = 67,392 元 / 年 3. 投資費用：10 萬元。 4. 回收年限：1.48 年。 （本案為初步評估，確實投資金額與規格，請再自行詳細評估）		

## 會員大會延期通知

因應新冠肺炎疫情日趨嚴重，併配合政府防疫政策，原預訂於 109 年 4 月 25 日舉辦 109 年度會員大會暫延期至 6 月底舉行，近期再密切注意疫情發展。