

# 特種設備安全

SAFETY OF SPECIAL EQUIPMENT

1991-5 創刊 2022-2 出刊

雙月刊 第76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 40452 北區崇德路一段 631 號 10F-2

電話 (04) 2235-1628  
傳真 (04) 2238-0960  
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

三浦鍋爐股份有限公司  
大震企業股份有限公司  
志豪工業有限公司  
大華高科股份有限公司  
岱洋股份有限公司  
台灣紳藝實業有限公司  
金瑛發機械工業股份有限公司  
利峰機械有限公司  
東庚實業股份有限公司  
興志五金企業有限公司  
天鴻興業股份有限公司  
潔康企業有限公司  
威鼎企業有限公司  
吾豐機電廠股份有限公司  
原鈺峰工業有限公司  
東立鐵工廠有限公司  
辰鼎企業有限公司  
增大股份有限公司  
申昌機械股份有限公司  
鴻羽有限公司  
宏榮鋼瓶股份有限公司  
正熊機械股份有限公司  
霖興機械工業股份有限公司  
國方化工科技股份有限公司

# 目錄

## CONTENTS

### 會務訊息

- ★勞動部中彰投分署 111 年度  
產業人才投資計畫 ..... 2
- ★2022 谷關自強活動 ..... 30

### 技術報導

- ★封閉式冷凝水回收之注意事項 ..... 3
- ★燃煤電廠整合氣化複循環 (IGCC)  
技術之發展 ..... 8
- ★煤粉鍋爐排煙熱損失的探討 ..... 18
- ★生物質燃料替代化石燃料的可行性 ..... 23
- ★鍋爐運轉技術 Q&A ..... 27

### 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

# 勞動部中彰投分署 111 年度 產業人才投資計畫

訓練費補助  
80 ~ 100%

課程名稱	課程代碼	費用	上課時間	報名日期
堆高機操作人員訓練班	142693	5920 元	3/7 ~ 3/15 (夜間班)	1/27 (四) 起
甲種職業安全衛生 業務主管訓練班	142694	7500 元	3/15 ~ 3/31 (日間班)	2/15 (二) 起
堆高機操作人員訓練班	142695	5920 元	4/7 ~ 4/13 (日間班)	3/7 (一) 起
架空式三公噸以上 固定式起重機操作人員訓練班	142696	11250 元	4/25 ~ 5/6 (日間班)	3/25 (五) 起
營造業甲種職業安全衛生 業務主管訓練班	142697	7500 元	5/16 ~ 6/7 (夜間班)	4/16 (六) 起

- ★ 各班報名日期當日中午 12 點開始在職訓練網報名！
- ★ 若為第一次報名課程，請先至台灣就業通網站加入會員。
- ★ 政府補助一般身分參訓學員訓練費 80%，特殊對象 100% 全額補助。
- ★ 補助對象為年滿 15 歲以上具就業保險、勞工保險或農民健康保險被保險人身分之在職勞工。
- ★ 上課地點：台灣省鍋爐協會附設台中職業訓練中心  
台中市北區崇德路一段 629 號 4 樓之 3

報名方式如下：採網路報名

請至 台灣就業通（在職訓練網）報名：<https://ojt.wda.gov.tw/>

1. 登入帳號密碼
2. 課程線上報名
3. 選擇產業人才投資方案及課程名稱代號

（亦可至本會網站，最新消息或政府補助課程連結報名）

**\*\* 本次訓練課程配合即測即評及發證技能檢定（原地考照） \*\***



# 封閉式冷凝水回收之注意事項

譯者 鴻羽有限公司 黃馨儀

摘自日本"鍋爐研究"雜誌 第 427 號刊

## 一、前言

關於冷凝水回收，現今已有許多工廠導入開放式回收以利節能；若欲更進一步提高節能效果，追加封閉式回收是有成效的；但相較於開放式回收，封閉式回收需要高額的投入成本。很多已設置完備之工廠欲導入封閉式回收時，常因其投入成本而猶豫不決；儘管知道約 1~2 年間即可回收其投資成本，但考量到初期成本及投入工時亦會產生猶豫。

相對而言，將封閉式回收導入新設工廠之計畫則無上述之問題產生；導入封閉式回收確實能回收其投資成本，因此，於計畫新設工廠時，請務必將導入封閉式冷凝水回收系統納入考量項目中。

然而，關於封閉式冷凝水回收，只考量成本問題是不足的，為了不導致開放式回收產生問題，有許多技術層面需要注意之事項；本文將針對其相關注意事項進行說明。

## 二、封閉式冷凝水回收

簡單針對封閉式冷凝水回收進行說明，以圖 1 所示封閉式回收系統為例。

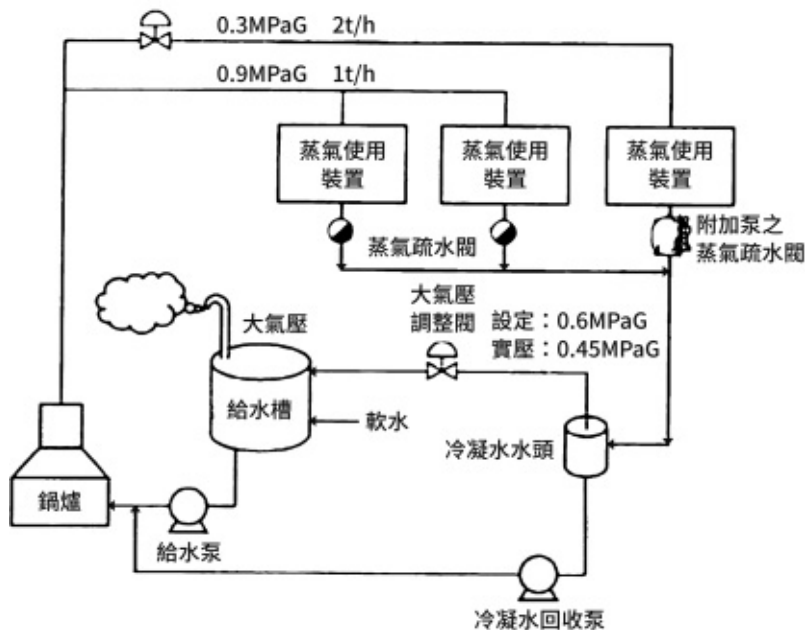


圖 1 封閉式回收之例

### 三、封閉式冷凝水回收之注意事項

由於開放式回收是將開放於大氣之桶槽中冷凝水進行回收，不需要特殊機器，加上蒸汽疏水閥之背壓為大氣壓，故沒有特別需要注意之事項。但由於封閉式回收必須要使用高價設備，亦有其必要之注意事項，下述進行相關說明。

### 四、蒸汽疏水閥之構造·作動方式及排出功能

若要導入封閉式回收系統，必須要重新檢查所有蒸汽疏水閥；重新審視構造·作動方式、排出能力二者亦是必要的。

蒸汽疏水閥種類別對封閉式回收系統之適合度如表 1 所示，蒸汽疏水閥之種類有熱動力學類、熱靜力學類及機械學類；其中熱動力學類中包含最普通之圓盤型都無法使用於封閉式回收系統，圓盤型蒸汽疏水閥構造如圖 2 所示。其原理為於入口及出口間設置以可動圓盤分區之變壓室，其內部滯留蒸汽之壓力因放熱開始下降至一定程度使圓盤閥開啓閥口，冷凝水排出之構造。因此，理論上若背壓上昇（一般來說為達到蒸汽壓力之一半以上壓力）時會導致一直吹洩。封閉式回收會讓背壓不斷上昇，因此不能使用熱動力學類之蒸汽疏水閥。

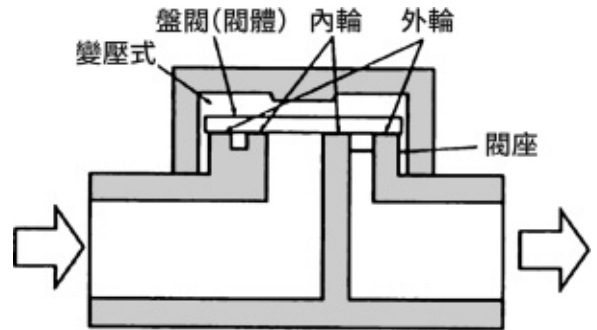


圖 2 盤型蒸汽疏水閥

表 1 蒸汽疏水閥種類別對封閉式回收系統之適合度

大分類	作動原理	中分類	對封閉式回收系統之適合度
熱動力學類	蒸汽及冷凝水於熱力學之特性差	圓盤型 脈衝型	不適合
熱靜力學類	蒸汽及冷凝水之溫度差	雙金屬片型	不適合
		波紋管型 隔膜型	依產品背壓容許度而異
機械類	蒸汽及冷凝水之密度差	浮球型 浮桿型 浮筒型	最適合

熱靜力學類有雙金屬片型、波紋管型及隔膜型。熱靜力學類之原理為檢知蒸汽及冷凝水之溫度差，使閥開閉排出冷凝水。若壓力相等，蒸汽及冷凝水之飽和溫度亦相等，但就算僅少許滯留亦會使冷凝水過度冷卻，造成溫度下降。根據其檢知方法分為雙金屬片型、波紋管型及隔膜型；圖 3 為雙金屬片型蒸汽疏水閥、圖 4 為波紋管型蒸汽疏水閥、圖 5 為隔膜型蒸汽疏水閥，各構造如圖所示。

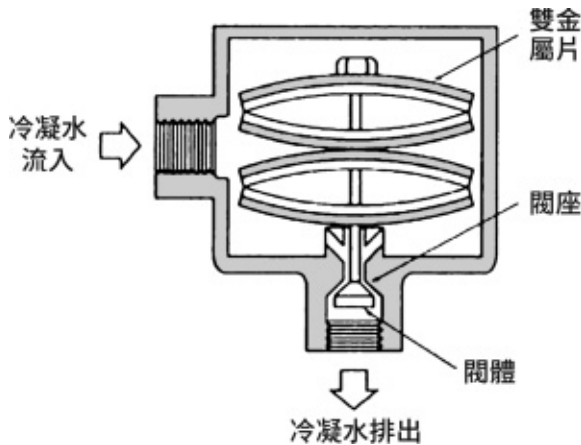


圖 3 雙金屬片型蒸汽疏水閥

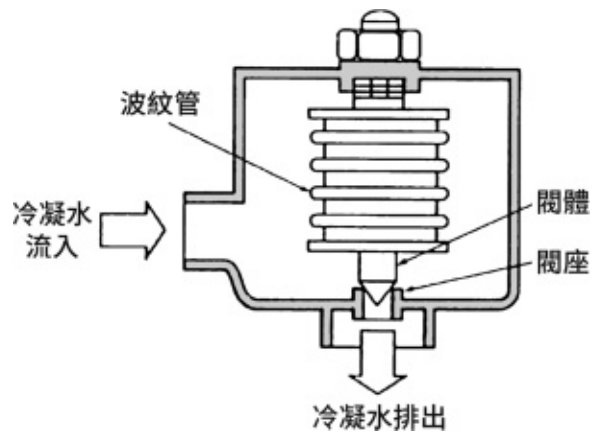


圖 4 波紋管型蒸汽疏水閥

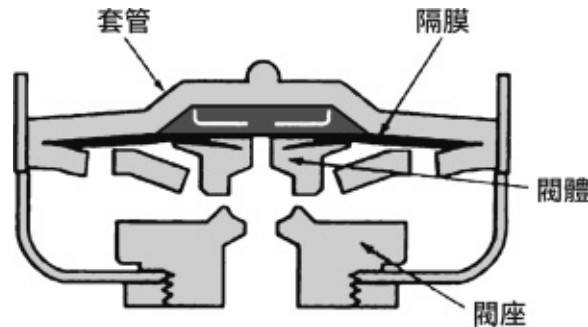


圖 5 隔膜型蒸汽疏水閥

導入封閉式回收系統時會影響背壓，使出口側溫度比導入前高；此時儘管有冷凝水滯留亦不易產生過度冷卻之狀況；因此，蒸汽及冷凝水的溫度差變小，可能會引起作動不良。尤其是雙金屬片型，需要較大的必要溫度差才能觸發作動，導入封閉式回收系統時必須更換成其他形式。由於水波管型、隔膜型等類型會因品牌或型式之不同，觸發作動之必要溫度差亦有所差異，因此背壓容許度也會隨之不同；必須要針對個別規格逐一確認，因此建議能盡量避免使用熱靜力學類。

最適用於封閉式回收系統之蒸汽疏水閥為機械類，有浮球型（圖 6）、浮桿型（圖 7）及浮筒型（圖 8）等方式，不論何種方式都適用於封閉式回收系統。

然而，雖機械類可被利用，但封閉式回收系統導入前之背壓為大氣壓，即蒸汽壓力及大氣壓之差即為可使蒸汽疏水閥作動之壓差。由於導入封閉式回收系統時背壓會轉變成回收壓力，使蒸汽疏水閥做動之差壓為蒸汽壓及此背壓之壓差，比導入前少。因此，蒸汽疏水閥之排出效能降低，衍生出需要跟較大型設備交換之必要性；故必須要逐一檢測所有蒸汽疏水閥。

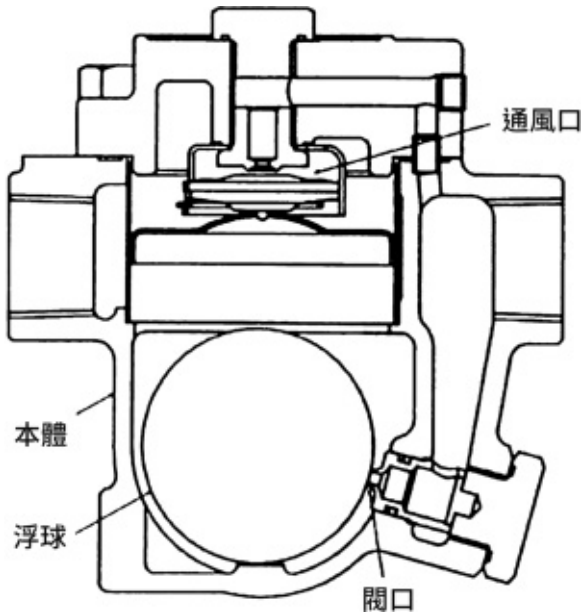


圖 6 浮球型蒸汽疏水閥

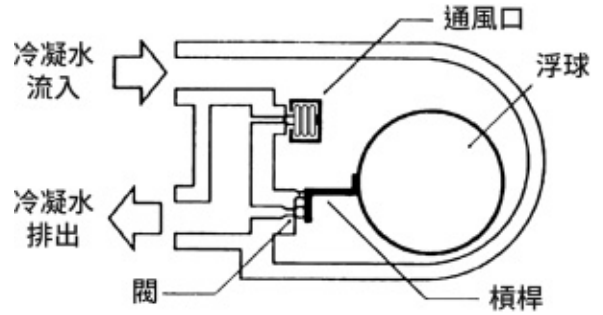


圖 7 浮桿型蒸汽疏水閥

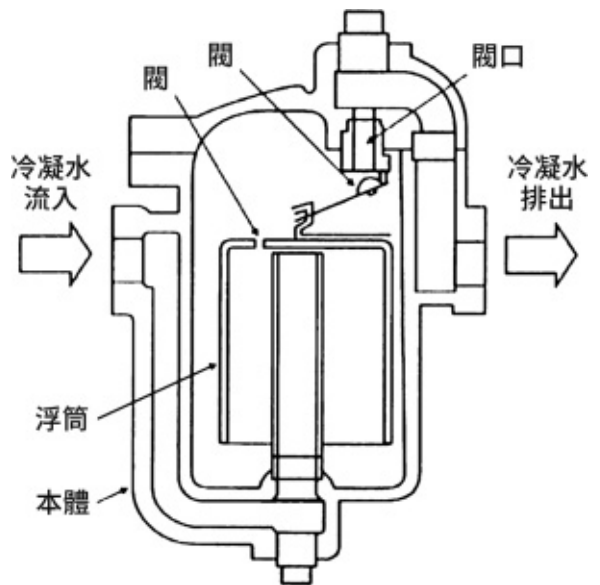


圖 8 浮筒型蒸汽疏水閥

## 五、鍋爐之改造

封閉式回收系統為鍋爐直接回收冷凝水，因此鍋爐本身之給水系統必須要變更；水位計或控制裝置等之確認跟更換是必要的。另，設有節煤器之鍋爐由於導入封閉式回收會使給水溫度上升，故節煤器之規格必須要重新設計，依狀況亦有可能需要繞過節煤器。上述相關事項需要跟鍋爐製造商研討，進行封閉式回收之改造。

## 六、使用低 NOSHre 冷凝水回收泵浦

封閉式回收系統如圖 1 所示，使用冷凝水回收泵浦將冷凝水頭所回收之冷凝水直接回收至鍋爐。泵浦有其特有的 NPSHre（必須汽蝕餘量）及 NPSHav（有效汽蝕餘量），若泵浦無法維持在 NPSHre 以上會引起汽蝕造成泵浦破損，一般在安全狀態下維持  $NPSHav > 1.3 * NPSHre$ 。由於進口水頭越低水溫越高，NPSHav 隨之變低，所以於

封閉式回收系統中必須要用非常低 NPSH<sub>re</sub> 之泵浦。一般的多段式泵浦 NPSH<sub>re</sub> 需要數 mH，因為是無法直接使用在封閉式回收系統中。市面上，會使用噴射器或將儲槽設置於高處等方式解決 NPSH 問題，由於目前有販賣封閉式冷凝水回收系統專用泵浦，因此有使用泵浦之必要。

## 七、使用有泵浦機能之蒸汽疏水閥

封閉式回收之冷凝水回收背壓會變高，無法回收使用低壓蒸汽裝置之冷凝水。一般需要回收冷凝水的蒸氣壓有數個時，會將最低壓力之蒸氣一起合算後決定背壓，但若使用壓力具有極大落差，而且低壓蒸汽之使用量較多時，將冷凝水回收背壓設計成高於使用蒸汽壓，低壓蒸汽之冷凝水都不是使用普通的蒸汽疏水閥，而是使用有泵浦機能的蒸汽疏水閥。以圖 1 為例，此設計可能使封閉式冷凝水回收可產生更高效能。

## 八、小結

本文說明欲設置冷凝水回收中具有高效能的封閉式回收時，需要注意之事項。已導入開放式回收的工廠如欲更進一步發展節能，導入封閉式回收是極有效果的投資；然而，此項目之導入不僅只牽涉到成本，亦需要注意相關技術問題。本文針對封閉式回收導入之技術注意事項進行說明，期能使讀者以此為參考，推動封閉式冷凝水回收之導入，期能達到更高之節能成效。



甲級鍋爐模擬機具操作訓練

# 燃煤電廠整合氣化複循環（IGCC） 技術之發展

夏曉文、楊福正  
〔本會資料室〕

## 摘要

燃煤電廠供應的電力為廣泛使用能源的一環，並在世界各國扮演著促進經濟成長的角色，然而受環保議題的衝擊，故提升效率與減少排放是燃煤電廠刻不容緩的工作，其中整合氣化複循環（IGCC）系統對燃煤電廠的改善提供可行之道。該系統的優點為在低污染程度的要求下，亦能提供電力，液體燃料，氫和其它化學製品，以及更易於吸收與隔離碳，這對於能源和環境需兼顧的挑戰而言，應為一努力的重要方向。目前世界先進國家與以煤為主要能源的中國在 IGCC 關鍵技術與製造能量方面的投入不遺餘力，並已獲致相當成果，故其未來的發展實屬可觀，但仍需針對在商業化中可能會面臨到的高成本與低可靠性等風險予以評估。

## 一、前言

攸關全球暖化與溫室氣體排放減量約定的京都議定書（Kyoto Protocol）期限將於 2012 屆滿，為商討接續大計，聯合國積極地於 2007 年 12 月在印尼峇里島舉行氣候變遷會議，會後並通過「峇里島路線圖」，未來可望取代到期的京都議定書。由於溫室氣體排放減量是已開發國家和開發中國家所需共同承擔的責任，故如何協同合作與達成目標，勢將無一國家能夠置身度外。在世界各國的工業中，燃煤電廠的排放也是眾所關心的一個要項，而這對於鍋爐產業來說，則更具有直接的關係。整合氣化複循環（Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC）在低污染程度的要求下，能提供電力，液體燃料，氫和其它化學製品，並且具有比傳統的煤粉鍋爐電廠更容易和便宜的吸收及隔離碳的潛能，這對於能源和環境挑戰而言，應該是重要的努力方向。本文主要編譯自 Liu 等於 2008 年所撰寫之部份專文，其中除針對 IGCC 技術的工作原理、採用原因及可能風險提出說明外，另並對世界先進國家與中國大陸之 IGCC 運作狀況予以闡述，希望有助於國內燃煤電廠與鍋爐產業在發展上之借鏡。

## 二、IGCC 技術綜述

### （一）IGCC 工作原理

如圖 1 中所示，IGCC 是結合兩項主要技術的發電過程，第一項為煤氣化（gas-



ification)，即把煤（及其它燃料）轉換成一種合成氣體（Synthetic gas, syngas）；而第二項則為複循環，這是產生電力最有效率的方法之一，二者分別詳述如下。

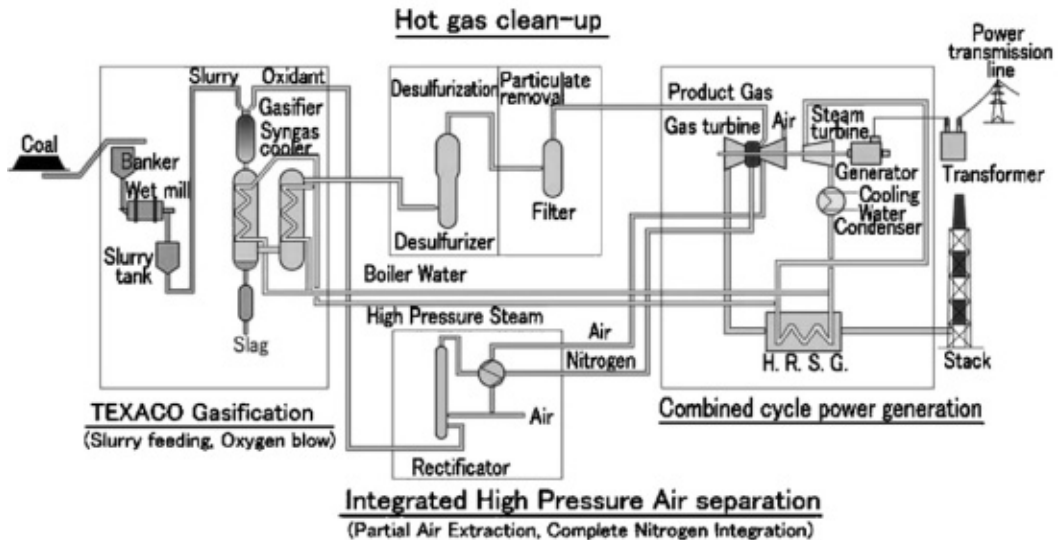


圖 1 IGCC 電廠系統典型之組成架構

1. 煤氣化：IGCC 電廠的氣化裝置是產生供應燃氣渦輪機（Gas turbine）的潔淨合成氣體燃料。煤與氧在氣化爐（gasifier）內結合產生合成氣體，其中主要為一氧化碳和氫，此一氣體經過潔淨過程之後，再供燃氣渦輪機使用，並產生電力。
2. 複循環：這部分是由燃氣渦輪機/發電機、熱回收蒸汽產生器以及蒸汽渦輪機/發電機所組成。以合成氣體為燃料的燃氣渦輪機排放廢熱，可藉由熱回收蒸汽產生器（廢熱鍋爐）以產汽方式進行回收。此一蒸汽然後經過蒸汽渦輪機並帶動另一台發電機，以生產更多的電力。與傳統的發電系統相比較，複循環由於再利用廢熱而產生更多的電力，所以更有效率。

### (二)考慮採用 IGCC 原因

IGCC 是一項先進的技術，且其代表為目前最乾淨的燃煤技術，相較現今傳統的燃煤發電系統，IGCC 的優點分述如下。

#### 1. 高效率 and 低污染排放

在 IGCC 和粉煤（Pulverized Coal, PC）電廠之間最大的差別在於前者具有更高效率的潛能。現有電廠 IGCC 的淨效率約在 40-43%（低熱值，LHV）以及 38-41%（高熱值，HHV）。新進型的燃氣渦輪機將具有更好的結果，未來發展的效率應可超過 50%。

就傳統的污染物而言，例如氮氧化物（NO<sub>x</sub>）、二氧化硫（SO<sub>2</sub>），微粒物質（Particulate Matter, PM）以及汞（Hg），IGCC 先天上比現今傳統燃煤電廠即具

有較低的污染程度（大約為 1/10）：其中脫硫率為 99%， $\text{SO}_2$  排放量約  $25 \text{ mg/Nm}^3$ （中國標準為  $1200 \text{ mg/Nm}^3$ ），脫氮率為 90%，且氮氧化物的排放是傳統電廠的 15-20%。

與一般的燃煤電廠不同，IGCC 不需要處理大量體積煙道氣體中的低濃度污染物。在燃煤 IGCC 系統中，從氣化器出來的合成氣體具有高壓，且比煤燃燒的廢氣，含有更高濃度的污染物，因此，去除污染物的成本相對比較低。

## 2. 生產彈性

在生產電力之外，IGCC 可自其過程中，共同生產其它商用需求產品，這些產品包括蒸汽、氧、氫、肥料的原料以及 Fischer-Tropsch (FT) 燃料。通常，這類的 IGCC 稱為多元發電 (polygeneration)。就技術而言，多元發電的發電部分類似於 IGCC，多元發電系統的方塊圖詳如圖 2。

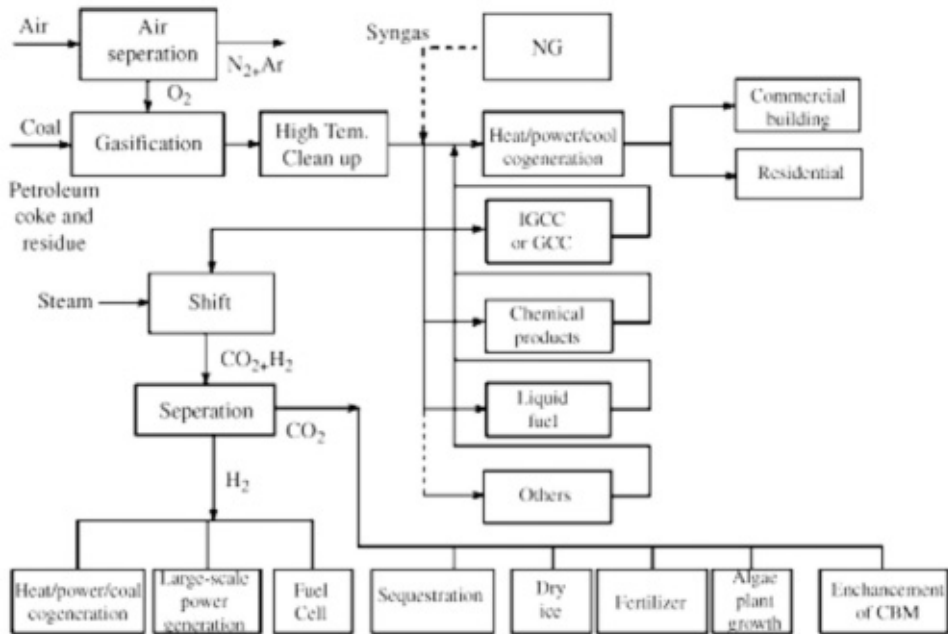


圖 2 多元發電系統方塊圖

經由氣化的合成氣體 ( $\text{CO}+\text{H}_2$ ) 在潔淨後，可用於生產化學製品、液體燃料 (FT 液體燃料、甲醇、二甲醚等) 以及電力。這些過程內所有的能源流動、原料流動和有效能 (exergy) 流動都耦合在一起，且最為最佳化。與單獨生產相比，在投資成本以及單位產品和污染減量 (硫、汞和粒子) 價格的獲益上，都非常顯著 (超過 10%)。同時，此一系統很有彈性，它可以根據市場的需求來調整產品的尖峰量。

由多元發電產出的液體燃料，特別是甲醇和二甲醚 (dimethyl ether, DME) 可

為車輛燃料的合適替代品，並可顯著地緩和中國石油短缺的問題。此外，甲醇能用於生產烯和丙烷（MTO 和 MTP）；因此，煤化學將扮演起傳統石油化學的部分角色，以減少石油的消耗。二甲醚具有類似於液化石油氣體（Liquefied Petroleum Gas, LPG）的物理性能，除可作為柴油的替代品使用外，也是一種極好的民生燃料，提供居民一種潔淨的能源。

多元發電系統正值開放期間，在中國厚實的環境下，富產煤區對這個系統十分有利，而且根據技術改進與可用成本投資，將能一步一步或一階段一階段地實現，例如第一階段共同生產者僅為電力、熱與甲醇，其它產品則可稍後安排。

### 3. 碳獲得和貯存的方法

在 IGCC 電廠中，用蒸汽使煤經再生成（reform）而成為一種合成氣體，然後高濃度和高壓的 CO<sub>2</sub> 可被分離，且更易於獲得，這可用來增加石油的回收或者增加碳床甲烷的回收。因此，成本將遠少於從傳統電廠的廢氣中獲得 CO<sub>2</sub>。

### 4. 燃料彈性更大

IGCC 電廠能燃燒任何高碳氫燃料，包括低硫煤和高硫煤、無煙煤和生質（bio-mass）燃料，這適合中國利用 20% 或更多的高硫煤資源。

### 5. 冷卻水要求更少

IGCC 系統只供發電時，可使用較少的冷卻水，如電廠位於缺乏足夠水源的地區，則對此種狀況極為理想。採用 IGCC 的冷卻水要求通常比傳統燃煤發電少 1/3-1/2。

IGCC 也具有其它優勢，例如煤氣化可為固態廢物的處理提供有利條件等。

## (三) IGCC 技術風險

IGCC 技術商業化的最關鍵性障礙如下：

### 1. 成本較高

與傳統燃煤電廠相比較，建造 IGCC 電廠的設備更為昂貴。僅在最近有廠商開始展示能提供有封包系統（Packaged system）的綜合性與整體性設計以及相容的設備，然而，現今 IGCC 燃煤電廠的建造費用超過 1500 美元/千瓦。

### 2. 可靠性較低

可靠性目前被認為是 IGCC 電廠與過程相關的最重要問題，當今 IGCC 電廠的可用性大約只有 80%。雖然近年 IGCC 的可用性已經顯著增加，但是它仍然落後於粉煤技術。產業界鼓勵供應商為下一代的 IGCC 電廠提供性能契約，但是目前低可靠性和可用性的風險對專案經費增加了相當大的成本。

除上述所述及的 IGCC 技術商業化的最關鍵性障礙之外，IGCC 還有其它缺點，例如建造時間長和累積操作經驗少等。

### 三、世界 IGCC 之發展

IGCC 技術的研究與發展始自 1970 年代，在 1990 年代中，全世界大約建造 10 座 IGCC 電廠，其中四座典型商用運轉的燃煤 IGCC 電廠為 Wabash River、Tampa、Buggemun 和 Puertollano。這些專案中的前兩座（Wabash River 和 Tampa）位於美國，且在美國能源部（Department of Energy, DOE）潔淨燃煤技術計畫的經費支援下完成執行。另兩座電廠位於歐洲的荷蘭（Buggemun）以及西班牙（Puertollano）。除西班牙的那座 IGCC 電廠大約為 300 MW 外，其它所有的 IGCC 電廠都約為 250 MW。表 1 顯示上述四座典型 IGCC 示範電廠的基本資料，包括運轉能量、使用國家及性能經驗等。

表 1 四座典型 IGCC 示範電廠基本資料分析表

電廠名稱	Wabash River	Tampa	Buggenum	Puertollano
運轉國家	美國	美國	荷蘭	西班牙
啓用年份	1995	1996	1994	1997
淨容量 (MW)	265	250	253	250
氣化爐廠牌	Destec	Texaco	Shell	Prenflo
效率 (%) , LHV	40	42	43.3	45
總投資 (百萬美元)	358	506	462	691

現今，全世界約有 18 座 IGCC 電廠在營運中，總容量為 4200 MW，另如包括在建造中的 IGCC 電廠，則全世界計有 30 座 IGCC 電廠，而其總容量則約有 8000 MW。

擁有 IGCC 技術的全球三大集團，已經提出擴大氣化廠的工作與進一步的能量，以提供比傳統燃燒煤具有更少空氣污染物的燃煤發電。通用電氣能源公司（GE Energy）已與 Bechtel 結盟，而 ConocoPhilips 已與 Flour 和殼牌（Shell）公司結盟，另 KruppUdde 也已與 Black 和 Veatch 結盟，結盟後可提供完整的 IGCC 氣化爐、渦輪機以及工程與建造承包作業。

目前，IGCC 是正朝向高效率和大容量的途徑發展，諸多國家如美國、日本、德國和荷蘭都達到 IGCC 電廠商業規模的示範階段，而與 IGCC 有關的最重要專案摘述如下。

#### (一) 美國：FutureGen 專案

關於 IGCC 最重要的，該案由美國政府在 2003 年 2 月公布，內容為 10 年 10 億美元的示範計畫，藉此預期能創造世界第一個零污染的石化燃料電廠。當運轉時，這座原型廠將成為世界上最乾淨的石化燃料電廠。

此項專案涉及範圍極大，並有主要的國際技術廠家參與。它將導致潔淨能源技術極大的進展，其中包括煤氣化、發電、污染控制、CO<sub>2</sub> 截取與貯存以及生產氫氣等方面。

FutureGen 電廠設備的計畫運轉容量為 275 MW（淨等效輸出），同時能發電和

生產氫氣，另每年可生產 100 萬公噸 CO<sub>2</sub>。它將做為一個大型工程實驗室，以測試新的潔淨電能、CO<sub>2</sub> 截取以及碳氫技術。

積極發展 FutureGen 的時程表包括 2007 年選定場址，2009 年開始建造，並於 2012 年全廠營運。此外，在 2005 年能源政策條約（Energy Policy Act）下，稅額減免和能源部貸款擔保計畫所提供的鼓勵，可使 IGCC 技術的發展加速。

### (二) 歐洲：HYPOGEN 專案

HYPOGEN (HYdrogen POver GENeration) 專案為一大型生產氫和電力的測試設備，該案是 European Initiative for Growth 整體的一部份，並由歐洲委員會 (European Commission) 提出，並在 2003 年 12 月經議會 (Council) 簽署背書。HYPOGEN 已基於需求來為歐洲提供持續的能源體系，其中包括做為多能源載體 (carrier) 的氫，以及在先進技能方面能加速其知識與經驗，因此可促進經濟發展，就業和競爭優勢。此項專案時間表包括可行性研究 (2006-2008, 7.5 百萬歐元)、先導型展示 (2006-2010, 290 百萬歐元)、示範廠建造 (2008-2012, 800 百萬歐元) 以及運作與驗證 (2012-2015, 200 百萬歐元)。Hypogen IGCC 電廠的基本容量是 192 MW，但當只發電時，能達到 255 MW。

### (三) 日本：IGCC 示範電廠

在 2003 年，日本石油煉製公司 (Nippon Petroleum Refining Company, NPRC) 採用 ChevronTexaco 執照的氣化技術，並由橫濱日產 340,000 桶 (barrel-per-day) 的 Negishi Refinery 廠來展開 IGCC 電廠的運轉，該 IGCC 電廠的原料是來自精煉廠的瀝青。這是世界採用 ChevronTexaco 專利氣化技術的第九座 IGCC 電廠，也是日本的第一座。該電廠總輸出為 433 MW，淨輸出則為 348 MW，輔助電力消耗的比例為 19.63%，而總效率則為 46.9%。上述電廠除氣化系統之外，其它設備完全由日本公司提供。

藉由 Negishi 的 IGCC 示範電廠整備工作，日本試圖發展它自己 IGCC 技術的智慧產權。以煤為基礎的氣化研發始於 1980 年代初期，當時氣化爐的能量為日產 2 噸 (ton-per-day, tpd)。其後發展為日產 200 噸氣化爐的先導型電廠，且包括一台 12.5 MW 燃氣渦輪機 (但沒有下循環的蒸汽渦輪機)，以及發展出一套熱氣潔淨系統，而氣化爐所需之吹送氧化空氣可取自燃氣渦輪機。接著在 MHI 對一套 24 tpd 的驗證測試設備進行更多的測試，並得到整合空氣吹送系統已為商業化作好準備之結論。然後於 1990 年代中期展開一項 250 MW 「半商業規模」示範專案，確認電廠的可靠性、操作性、可維修性、安全性和經濟性，並進行一系列的可行性研究。在 2001 年新成立的潔淨煤電力公司 (Clean Coal Power Co.) 指導下，完成最後的電廠設計。該專案的時間表內要求完成氣化爐的安裝 (2005 年 5 月開始) 與複循環機組 (2007 年 5 月)，以及燃氣渦輪機與蒸汽渦輪機的試運轉 (2007 年 6 月)，而 2007 年 9 月

則為氣化爐的關閉與展示運轉啓動，最後將於 2010 年 3 月完成整個電廠的示範營運，電廠的規模為粉煤氣化能量 1700 tpd，以及 220 MW 淨輸出與 42% 的淨效率 (LHV)。

#### (四) 澳洲：COAL21 國家行動計畫

COAL21 國家行動計畫於 2003 年底由澳洲政府、煤電產業和研究機構所推動，該計畫的設計為發展關鍵技術，以期能允許煤繼續在澳洲用於發電，並明顯地減少溫室氣體的排放。先導型和主要示範專案需要進展的部分為氧化-燃料的燃燒、褐煤的脫水和乾燥、純淨煤、IGCC 和 CO<sub>2</sub> 的截取和地下貯存。這些行動分成兩大階段：一為到 2015 年的研究發展階段，以及隨後的展開執行階段。

#### (五) 加拿大：潔淨煤技術指引

加拿大在 2001 年初，將潔淨煤技術指引選擇作為氣候變遷技術與革新計畫 (Climate Change Technology and Innovation Program, CCTIP) 初期階段之工具。在中長期計畫中，此項技術指引對未來可提供一種宏觀的作為，以及辨識所需之技術途徑，好允許煤被用作為一種生產電力，且具有環境競爭性的潔淨能源。在這個架構中，對電力、氫和化學產品而言的 IGCC 技術是確認中的能源系統方式選項之一。

在這技術指引之下，加拿大一個領導煤技術和燃煤發電的責任組織-潔淨電力聯盟 (Canadian Clean Power Coalition, CCPC)，將於今後 10 年內，花費遠超過 10 億美元來發展與建造一座潔淨燃煤的示範電廠。該廠並設計用於除去 CO<sub>2</sub> 和其它攸關環境的汙染排放物。

## 四、中國 IGCC 發展

### (一) 示範專案

在第 9 個五年計畫期間 (1991-95) 開始建構一項 IGCC 示範專案，並納入中國能源白皮書。一座 IGCC 示範電廠也包括在中國 21 議程 (China's Agenda 21) 裡的一項優先實施專案。在 1994 年，政府建立一個由 6 機構組成的 IGCC 工作小組，來進行可行性研究。最後，於 1997 年 10 月，選擇煙台為中國第一座 IGCC 示範電廠的場址。煙台 IGCC 示範專案將建造二座電廠，每座為 300-400 MW，並先建造一座。主要設備將從國外進口，採用技術移轉與徹底購買的組合方式進行之。但在近年中，並未看到煙台 IGCC 專案的進展，它似乎是到了一個不合時宜的結束。

最近，許多發電集團已經宣佈在中國建造 IGCC 的計畫，其中之一為「綠色煤電力」計畫，由中國華能集團 (China Huaneng Group) 所推動，該集團並為世界前 10 名電力公司之一，且具有中國最大的燃煤發電機組，發電量約佔中國的 9%。它的目標為大幅地改善燃煤發電的效率，以及實現燃煤發電系統的近零 (near-zero) 汙染物排放。在最初階段，該計畫將於 2010 年完成示範電廠的 IGCC 技術創新，以及完成從煤分離氫、燃料電池發電與 CO<sub>2</sub> 分離等技術的實驗和驗證。此外，中國華能

集團於 2005 年加入與美國 FutureGen International Partnership 之合作。

## (二) 研究與開發

當中國還沒有 IGCC 電廠時，有關的技術研究在近年已經被廣泛地進行著。由國家基礎研究計畫（973 專案）以及高科技研發計畫（863 專案）所支援的許多領域已經獲致重要的發展，其中包括氣化技術（煤漿引入式氣化爐的發展與示範以及二段乾式進料氣化爐的早期開發）、燃煤多元發電技術（可支援多元發電廠先進技術的展示）以及系統整合與最佳化（用 Aspen plus 開發 IGCC 與 FC 系統設計與最佳化的軟體）。

此外，在第 10 個五年計畫期間，863 專案以及中國科學院（Chinese Academy of Sciences）知識創新計畫（Knowledge Innovation Program）中的優先專案，全都支援使用中低熱值合成氣體的渦輪機技術研發。

## (三) 關鍵設備的本土化

### (1) 氣化爐

商業上具有良好信譽的 Texaco 與 Shell 氣化技術，是代表著全世界氣化能量的主力部分，在中國化工產業中有 19 座 Texaco 與 Shell 的氣化爐。中國透過進口氣化爐與 6B 和 9E 燃氣渦輪機相結合的建造、試運轉和操作等工程，已經在技術方面獲得有價值的深入瞭解。從吸取和消化進口技術的過程中，中國一直都在發展它自己的煤-水漿氣化技術。華東理工大學（East China University of Technology）已經為燃煤氣化爐發展一項新型煤-水漿的噴嘴，並已經得到許多中國專利。在第 9 個五年計畫期間，這所大學和其他幾個合作夥伴進行一項關鍵研究專案，名稱為「發展與應用新型煤-水漿氣化爐之基礎研究」，該案並由中央所支持。在 2000 年，先導型廠已採用此項技術，這是中國獨有的智慧產權，該套設備建於兗礦魯南（Yankuang Lunan）化肥廠，而這項先導型設備的能量為 22 tpd。在 2005 年，商業廠（1150 t/d，4.0 Pa）成功地運轉，且氣體的產量比通用電氣公司（Texaco）的氣化爐大約高 9%，而耗氧量約相同，碳轉換量則為 98%。

現今中國已經獲得適用於大型產業應用的氣化爐研究、設計、製造以及系統整合能量。

### (2) 氣體潔淨設備

在中國，目前正常溫度下合成氣體之潔淨是一項成熟的技術，然而高溫合成氣體的潔淨仍在發展。在 500-600°C 高溫下潔淨的合成氣體，可充分利用其內熱能，這被認為是提供改善整體效率的優勢，如能簡化潔淨過程，則可降低投資成本。

### (3) 空氣分離設備

中國已經生產 50,000 Nm<sup>3</sup>/h 等級的空氣分離設備，且現今中國有製造 80,000-

100,000 Nm<sup>3</sup>/h 空氣分離設備的獨立能力，這可適用於 400 MW 的 IGCC 電廠。

#### (4) 複循環設備

中國已經從通用電氣公司、MHI 與西門子進口 F 級燃氣渦輪機（9FA、M701F 及 V94.3A）以及 E 級燃氣渦輪機（9E、M701D 及 V94.2）的製造技術，蒸汽渦輪機、發電機和廢熱鍋爐則可購自國內。

經過數十年的發展，中國在燃氣渦輪機研究方面已經累積相當多關於設計、生產和成套製造的經驗。雖然在未來進一步的發展中具有基礎，但總體來說，中國就技術人力、生產能量和研究設施方面，仍十分落後於國外先進的水準。由於燃氣渦輪機的核心技術基本上是與國外公司合作，故中國燃氣渦輪機市場幾乎完全被國外公司所佔有。

此外，目前燃氣渦輪發電機大多使用的燃料是天然氣和柴油，如果渦輪機與煤氣化結合一起使用，則原先的燃燒室和熱力系統必須重新設計、實驗與建造，這又將是發展煤氣化電廠系統的主要核心技術之一。

#### (5) 系統整合與最佳化

透過持續的努力，中國已經得到關於系統整合和最佳化方面的突破和創新成就，其中以 Aspen plus 或 GSE suite 為基礎的 IGCC 系統設計和最佳化套裝軟體已經被發展出來。

總之，除高溫燃氣渦輪機外，對於 IGCC 而言，相當高的本土化程度將可獲得，表 2 為中國關於 IGCC 電廠關鍵技術的能量與研究專案之概述。

表 2 中國 IGCC 電廠關鍵技術的能量與研究專案分析表

關鍵技術	關鍵能量	關鍵研究專案（部分）
氣化爐	已獲致適用於大型廠之氣化爐研究、設計、製造與系統整合能量	在第 11 個五年計畫中的國家級 863 專案：以煤氣化為基礎的多種發電展示工程
氣體潔淨單元	正常溫度下之氣體潔淨已有成熟技術，而高溫氣體潔淨技術仍在發展中。	在第 10 個五年計畫中的國家級 973 專案：從氣化與燃燒煤氣組合進行多種發電應用的基礎研究
空氣分離單元	已有獨立製造適用於 400 MW IGCC 電廠的空氣分離單元能量	在第 8 個五年計畫中的國家級關鍵技術研發專案：IGCC 展示電場技術之可行性研究
複循環單元	蒸汽渦輪機、發電機與廢熱鍋爐可於國內購置，而燃氣渦輪機的核心技術仍仰賴國外。	在第 9 個五年計畫中的國家級關鍵技術研發專案：IGCC 電場關鍵技術之研究
系統整合與最佳化	可獨立設計大型 IGCC 電廠	在第 10 個五年計畫中的國家級 863 專案：IGCC 電場的設計、整合與動態特性



## 五、結語

能源的使用與環境息息相關，當今世界各國都在積極地正視這項議題，並想方設法地來謀求改善之道，而煤長久以來即作為能源的主要選項之一，故在其應用與發展上，自然更需要多思考如何減少污染的排放，並與環境保持親合狀態，燃煤電廠的 IGCC 系統即為努力的一個方向，且已經獲致相當成果。

IGCC 是採用二項先進技術，即煤氣化與複循環，故比傳統燃煤電廠具有更高的效率、更少的污染排放、更易於截獲二氧化碳、更大的燃料彈性以及更少的冷卻水需求等優點，且為多元發電的生產系統。然而，IGCC 目前也存在一些風險，即成本較高、可靠性較低、建造期長以及累積的操作經驗較少。總體而言，藉助 IGCC 的基本特徵可讓燃煤電廠帶來更大的經濟效益，並兼顧到氣候變遷與環保的問題。

世界先進國家在 IGCC 的發展方面，除積極致力技術提升外，並已有多種大型計畫支援和機構長期投入，例如美國 FutureGen、歐洲 HYPOGEN、日本 NPRC、澳洲 COAL21、加拿大 CCPC，而淨輸出範圍約在 250~350 MW，時間最長則可推至 2015 年。

至於中國在 IGCC 的發展方面，不僅限於滿足電力的供給，並希望藉助與國際的技術合作，以達到核心技術生根與設備獨立製造的目標。相關的重要研發項目包括大型產業用氣化爐的研究設計與製造、合成氣體潔淨設備、空氣分離設備、複循環設備以及系統整合與最佳化軟體。在各階段五年計畫中的重點專案支援下，雖然執行 IGCC 關鍵技術和能量的工作已日臻成熟，但是對於燃氣渦輪機的開發如與國外先進水準相較，仍有相當不足之處。

〔摘自本會鍋爐知識第 29 期〕

## 參考文獻

1. Liu, H., Ni, W., Li, Z, and Ma, L., 2008, "Strategic Thinking on IGCC Development in China," Energy Policy, Vol. 36, pp. 1-11.
2. 取自於 <http://www.coal21.com.au/IGCC.php>: Advanced Power Generation Technologies-Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC). (2008.2.28)
3. Ni, W. D., 2007, "China's Energy- Challenges and Strategies," Frontiers of Energy and Power Engineering in China, Vol. 1, No. 1, pp. 1-8.

# 煤粉鍋爐排煙熱損失的探討

張春華／益陽市特種設備檢驗檢測所

2009年5月1日起施行的新的《特種設備安全監察條例》增加了對特種設備節能減排的要求，這就需要特種設備用戶把節能減排工作作為一項重要的工作任務來抓。我國能源結構的最大特點是以煤為主，占到3/4以上，其中鍋爐煤耗達80%左右，而鍋爐的熱損失包括：排煙熱損失、機械不完全燃燒熱損失，化學不完全燃燒熱損失，灰渣物理熱損失，飛灰熱損失及爐體散熱損失。排煙熱損失是現代鍋爐各項熱損失中最主要的一項，約占5%~12%。排煙熱損失 $q_2$ 是因鍋爐排出的煙氣焓高於冷空氣進入鍋爐時的焓，所造成的熱量損失。提高鍋爐燃燒的經濟性，主要應從減小 $q_2$ 著手，影響 $q_2$ 的主要因素是排煙溫度和排煙量。顯然，鍋爐排出煙氣的溫度越高，鍋爐排煙量越大，排煙熱損失 $q_2$ 就越大。鍋爐排煙溫度偏高，嚴重影響了鍋爐運行的經濟性（一般情況下，排煙溫度每升高10℃，排煙熱損失增加0.5%~0.8%），同時對爐後電除塵的安全運行也構成威脅，所以有必要根據設備的具體狀況，全面分析造成鍋爐排煙溫度升高的各種因素，制定出切實可行的措施以達到降低排煙溫度，減少排煙熱損失，提高鍋爐效率。

## 一、排煙溫度偏高的影響因素

在理論分析與總結現場經驗的基礎上，導致排煙溫度升高和排煙量增大的原因主要有如幾個方面：(1)鍋內結垢；(2)受熱面積灰、結渣；(3)爐膛系統漏風、制粉系統漏風、空預器入口前煙道漏風；(4)鍋內水循環不良；(5)空預器入口風溫高；(6)司爐操作不當或燃燒設備發生故障及燃料輸送系統發生故障，向爐內輸送的燃料量偏大；(7)鍋爐設計不當，受熱面偏小或不合理；(8)燃煤的成分。

## 二、排煙溫度高的原因分析及解決措施

### (一)鍋內結垢

#### 1. 原因分析

鍋爐水質處理設備出現故障、水處理人員失職或原水品質變壞，導致鍋爐給水品質不好；鍋內水質監測、控制不良或司爐人員沒有按規定進行排污，都可以造成鍋內結垢。

鍋內結垢後，水垢是熱的不良導體，爐膛中燃料所產生的熱量不能正常地被鍋內工質吸收，煙氣溫度自然會升高；因此，排煙溫度也會隨之上升。

## 2. 措施

- (1)及時排除鍋爐產生的泥垢，防止它們在受熱面結生為二次水垢。對於間歇運行的鍋爐，為減少排污量和提高排污效果，應盡量選擇在每次重新啓功前進行鍋爐底部排污。因為在熱備用停爐後，水循環基本停止，泥垢都沉積在鍋爐底部，只要排出少量鍋水，既可將泥垢排除乾淨，而且不會出現在正常運行中排污而破壞水循環的事件。
- (2)應根據鍋爐和原水的品質，做好水質處理工作，防止或減輕鍋內結垢，使鍋爐無垢或薄垢運行。

### (一)受熱面積灰、結渣

#### 1. 分析

受熱面積灰指鍋爐受熱面積灰、結渣及空預器傳熱元件積灰，煤在爐內燃燒後產生的飛灰沉積在受熱面上即形成積灰。隨著積灰厚度的增加，阻礙熱傳遞的積灰層外表溫度不斷迅速地升高，而且能接近所處位置的煙氣溫度。如果煙氣溫度高於灰的軟化溫度，固態的積灰會變成具有粘性的熔融狀態的灰。此時，固態的飛灰接觸到受熱面上處於熔融狀態且表面粗糙的灰渣時，就會被粘附，也逐漸結渣，使得積灰、結渣越來越厚。隨著積灰、結渣厚度的增加，受熱面的傳熱熱阻也增大，反過來又造成爐溫的進一步提高，結渣就會愈來愈嚴重，積灰就完全變成了結渣。如果結渣的溫度高於流動溫度，熔渣就會發生流動，渣層雖然不再增厚，但熔渣流到其他部位，會使結渣範圍擴大。因此有人說，鍋爐結渣是一個自動加劇過程。積灰和結渣也都是熱的不良導體，將使受熱面傳熱系數降低，爐膛中燃料燃燒所產生的熱量不能正常地被鍋內工質吸收，煙氣溫度自然會升高；因此，排煙溫度也會隨之上升。

#### 2. 措施

- (1)鑒於煤灰的熔融性取決於煤質，與灰的化學成分、物理特性有關，為減輕受熱面積灰和結渣，首先應盡可能地選用煤灰的熔融性能好、灰分低的煤作為鍋爐燃料。如果能對原煤作精選處理來降低其灰分及雜質，當然是個好的辦法。
- (2)可以採取配煤的方法來改變煤質，即在原用易積灰結渣的煤中摻入另一種煤來改變煤的煤灰的熔融性，達到少積灰、不結渣的目的。採用此方法應注意兩個問題：一是兩種煤按一定比例混合，配出來的煤的特性並不是這兩種煤數學上的平均值，新配煤必須看成是一種新的煤種，這個新的煤種的煤灰的熔融性等特性還不一定是所希望的，須經過多次試驗才能獲得想要得到的鍋爐用煤；二是配煤可在貯煤場或輸煤皮帶上進行，但配煤必須混合均勻。
- (3)通常，鍋爐積灰結渣隨鍋爐負荷及煙氣溫度的升高而增加，且與煤粉細度、過

量空氣系數等有關。較大的過量空氣系數能減少結渣與積灰。原因是可以使爐膛內還原區縮小，還可以使爐膛出口溫度降低。

(4)基於鍋爐結渣是一個自動加劇過程，所以，鍋爐運行過程中，應及時吹灰、打渣，防止出現嚴重結渣。鍋爐運行中防止或減輕結渣與積灰的措施有：

- ①保證燃料與空氣充分混合，避免局部嚴重積灰、結渣；
- ②切實做好鍋爐燃燒調節工作，防止爐溫過高；盡量不要高於煤灰的軟化溫度；
- ③維持適當的過量空氣系數，使爐膛出口氧量維持在 3.5% 左右，以免出現燃料燃燒不完全，煙氣中出現 CO 等還原氣體，形成還原性氣氛，使灰變形、軟化、流動溫度降低，增大結渣的可能性；
- ④應根據煤質來調節熱風溫度。例如，對於某些鍋爐，當煤質較好時，應控制熱風溫度為 180~200℃；當煤質較差時，可將熱風溫度提高在 200~220℃；
- ⑤定期吹灰，防止飛灰沉積，保持受熱面清潔，尤其是空氣頂熱器受熱面清潔。運行中加強鍋爐吹灰，適當縮短吹灰間隔，短吹為每天兩次，長吹為每周一、三、五進行；檢修人員加強日常檢修與維護，確保吹灰器的正常投入，保持各受熱面的清潔；空預器加裝脈動吹灰裝置，利用燃氣爆破產生的超聲波除灰，並結合蒸汽吹灰，確保了空預器煙氣差壓在 1.2kPa 以下。但對於硬渣，只能採用水力打渣，水力打渣必須設計合適的噴嘴尺寸，控制好噴射角度、水壓力、水流量、噴槍移動速度。還可以在水力吹灰後，再採用蒸汽進行補充性吹灰；
- ⑥對已經出現結渣，卻又不能馬上採取清除操作的鍋爐，應適當降低鍋爐負荷，適當降低爐膛溫度，避免出現嚴重結渣；
- ⑦為避免爐膛溫度和爐膛出口排煙溫度過高而導致結渣，應盡量要維持經濟負荷運行，不要讓鍋爐運行的負荷過高。

### (三)漏風

#### 1. 分析

漏風是指爐膛漏風、制粉系統漏風及煙道漏風，是排煙溫度升高的主要原因之一，是與運行管理、檢修以及設備結構有關的問題。漏風直接導致排煙熱損失增加，實踐證明，爐膛漏風系數每增加 0.1，排煙溫度將隨之增加 3~8℃，排煙熱損失將增加 0.2%~0.4%。爐膛漏風主要指爐頂密封、看火孔、入孔門及爐底密封水槽處漏風；制粉系統漏風指備用磨煤機風門、擋板處漏風；煙道漏風指氧量計前尾部煙道漏風。

爐膛出口過量空氣系數 $\alpha$ 可表示為：

$$\alpha = \Delta\alpha + \Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2 + \Delta\alpha_3$$

式中： $\Delta\alpha$  —— 送風系數；

$\Delta\alpha_1$  —— 爐膛漏風系數；

$\Delta\alpha_2$  —— 制粉系統漏風系數；

$\Delta\alpha_3$  —— 煙道漏風系數。

由上式知道， $\alpha$ 保持不變，當漏風系數 $\Sigma\Delta\alpha' = \Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2 + \Delta\alpha_3$ 升高時，則送風系數 $\Delta\alpha$ 下降，即通過空預器的送風量下降，排煙溫度升高。

## 2. 措施

大修、小修中安排鍋爐本體及制粉系統的查漏和堵漏工作，特別是爐底水封槽和爐頂密封及磨煤機冷風門處；採用密封比較好的門、孔結構。在運行時，及時關閉各檢查門、觀察孔等。經驗表明，這一措施可降低排煙溫度約 2~3℃。

### (四) 空預器入口風溫高

在夏天，空氣預熱器入口風溫高，空氣預熱器傳熱溫差小，煙氣的放熱量就少，從而使排煙溫度升高。同時對煤粉爐制粉系統需要的熱風減少，流過空預器的一次風減少，排煙溫度升高，這屬於環境因素，是難以克服的，若增加過多的受熱面，降低空預器入口煙溫，則冬季時，排煙溫度會低於露點值，為防止空預器低溫腐蝕，必須投入暖風器，來提高排煙溫度，這樣，輔汽損失會增大，所以要根據環境溫度變化的規律，綜合考慮設計布置受熱面。

### (五) 受熱面布置因素

由於鍋爐設計時，對爐膛沾污系數估算不准，使得受熱面布置不合理，或者是由於結構不佳造成受熱面吸熱不足，導致空預器入口煙溫偏高，從而使得排煙溫度升高，這需要重新設計計算，必要時可採取增加省煤器管排，或將省煤器由光管式改為鱗片式，增加省煤器的吸熱量，降低空預器入口煙溫，具體可參考科學出版社出版的《鍋爐和熱交換器的積灰、結渣、磨損和腐蝕的防止原理與計算》第四章第七節“用合理的鍋爐結構設計來減少受熱面的積灰和結渣”提出的十一條措施，設計結構合理的鍋爐，減少受熱面積灰和結渣。

### (六) 正確處置燃料量異常增大工況

當燃燒設備出現給煤量無法下調的故障時，司爐人員應根據具體情況，在採取適當增大風量的臨時措施後，報告管理人員和單位負責人，盡快啓用備用鍋爐或採取停爐措施，減少排煙溫度升高和燃料不能完全燃燒造成的能源浪費。

### (七) 正確處置水循環不良事件

當發現鍋內水循環不良的異常工況時，應立即查找原因，盡快採取措施，避免鍋爐發生事故，同時，防止長時間的排煙溫度過高帶來的能耗增大。

### (八)及時掌握煤質和煤粉細度的變化

煤種通過其成分（主要是水分和發熱量）直接影響煙氣量及煙氣特徵，從而導致排煙溫度變化。煤質是影響排煙溫度的最大因素，煤成分的變化將使爐膛的燃燒工況發生變化，當入爐煤的煤質變差，發熱量低於設計值時將使給煤量和煙氣量增加，最終使排煙熱損失增大。司爐人員應及時掌握入爐煤種的變化，根據煤質分析報告，相應調整好制粉系統的運行，保證適當的煤粉細度，控制好煤粉水分。

〔摘自中國特種設備安全 第 25 卷第 12 期〕

## 臺中市勞動檢查處委託

### 『110年度第一種壓力容器安全操作觀摩會』活動花絮



日期：110年12月01日

地點：台中市西屯區工業區十五路三號

# 生物質燃料替代化石燃料的可行性

郭潮群／廣東省中山市特種設備檢驗所

生物質能是太陽能以化學能形式貯存於生物質中的能量形式，以生物質為載體的能源。一般來講，生物質能是指利用自然界的植物、動物糞便以及城鄉有機廢物轉化成的能源，主要包括農業生物質、林業生物質，其次為工業廢水及城市固體廢棄物等。近年來，隨著農村經濟的發展及國家對生物質能開發的重視，加上煤炭等化石燃料污染大、價格上漲等因素，促使生物質能的規模化和科學化開發和利用量逐年增加的趨勢。這是經濟社會發展的必然，更是市場需求的自然體現。

## 一、生物質燃料特性

由於農林生物質在其生長週期裡不斷地通過光合作用吸收太陽能與  $\text{CO}_2$ ，放出  $\text{O}_2$  並把能量通過生長貯存於自身之中。故此，農林生物質燃料具有一些與化石燃料不同的特性，分別是可再生性、環保性、廣泛性和安全性。

### (一)可再生性

“種瓜得瓜，種豆得豆”是比喻動植物的遺傳規律。這是自然界的基本規律，每一物種都必須遵循。眾所周知，春插秋收每有收穫，年年如此。新老交替，包括人類也難逃自然界的迴圈性，可再生性。化石燃料的形成要經歷漫長歲月，億萬年不在話下，用少見少，難以再生。故此，其不可能像生物質一樣具有迅速恢復的特性可再生性。

### (二)環保性

地球上的生物可分為厭  $\text{O}_2$  與好  $\text{O}_2$  兩大類，它的互相依存，這一自然現象隨處可見，這就是我們平常說的生物鏈效應。所以要讓生物鏈良性運作，就必須保護好每個物種適應的生存空間、環境條件，而不是肆意破壞，否則生物鏈就會在某一個環節出現斷鏈，人類就會遭到自然界的報復。由於生物質燃料含碳、硫、氮、灰低，完全燃燒後放出的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  遠低於排放標準，而生成的溫室氣體  $\text{CO}_2$  是其生長週期吸收的量。故此，聯合國把生物質燃燒排放定性為零排放，還允許使用生物質燃料抵扣化石燃料的排放指標。同時，生物質在生長週期吸收大量  $\text{CO}_2$  並放出大量的  $\text{O}_2$ ，吸附大量的灰塵，淨化空氣，為人類、動物創造舒適的生存與生活環境。加之運用一定的技術手段，實現無塵無灰燃燒與排放。所以，我們說使用生物質燃料具有化石燃料無法比擬的環保性。

### (三)廣泛性

現在，我們使用的化石燃料，如煤、油、天然氣等都是地球歷經億萬年才能形成的，而且集中於某些地方，必須通過開採，越用越少。而生物質卻能生長於地球表層任一角落，只要能適應生存生長的地方就有生物質存在，量大面廣，隨處可取。根據生物學家估算，地球陸地每年生產 1000~1250 億噸生物質；海洋年生產 500 億噸生物質。生物質能源的年生產量遠遠超過全世界總能源需求量，相當於目前世界總能耗的 10 倍。我國可開發為能源的生物質資源到 2010 年可達 3 億噸。隨著農林業的發展，特別是炭薪林的推廣，生物質資源還將越來越多。這就是生物質具有的獨特的廣泛性。

### (四)安全性

一方面，儘管生物質燃料具有揮發分高的特性，但是我們知道，它是生物質能的載體，常溫下是很難著火的，只有在適當的高溫下（500~600℃），才能裂解並生成比較多的揮發份，在適合的條件、環境中強烈的燃燒。所以，它具有易貯存、易加工的優點，這是其自身給人類提供的安全性。另一方面，從國家能源安全過一大局考慮，由於它具有的可再生性、環保性、廣泛性、經濟性與自身的安全性，我們完全能夠憑借現代科學技術對其進行合理的開發與高效的利用，並大量的貯存。替代一般性的能源，減少我國經濟社會發展過程中對國外能源的依賴，大大提高國家能源的安全性。

## 二、開發利用生物質燃料效益分析

既然地球上生物質比比皆是，並具有可再生性。那麼，它的來源多的不言而喻。只要人類適量的開發利用，同時加以適當的保護，可以說是取之不盡用之不竭的。如何良性的開發與高效的利用，這是擺在全人類面前的重大課題。如果充分合理開發利用生物質能，將產生可觀的經濟效益、環境效益和社會效益。為實現節能減排、生態環境建設、優化能源結構和促進可持續發展做出重大貢獻。

### (一)經濟效益分析

儘管生物質具有體積大，能量密度小，分散等缺陷。但是畢竟具有適中的熱值，一般在 8374~20935 kJ / kg 左右，含雜質少，揮發分高，燃燒效率高，轉化性強，只要適當選擇種類並利用現代科技手段略作加工，生產出熱值範圍為 12560~20935 kJ / kg，市場價為 800~1000 元 / t 的生物質燃料，便可以作為優質、廉價燃料。其有效熱價低、成本低，經濟性比化石燃料好得多。加上其來源廣、量大。所以，在一般工農業應用上，完全能替代化石燃料。用普通工業鍋爐作比較見表 1：



表 1 生物質燃料與石化燃料在普通工業鍋爐上的對比

項目	序號								
	燃料名稱	熱值 kJ / kg	熱效率 %	價格 元 / t (m <sup>3</sup> )	有效熱價元 / 4.187×10 <sup>4</sup> / kJ	環保性	經濟性	安全性	保障性
1	煤炭	20935	60	1000	3.333	最差	較好	較高	較強
2	生物質	16748	80	1000	3.125	好	最好	最高	最強
3	柴油	43963	90	7000	7.407	較好	最差	低	弱
4	重油	40195	85	5000	6.127	較差	較差	中	弱
5	天然氣	36000	90	4000	5.168	最好	差	最低	弱
6	水煤漿	18842	83	1200	3.213	較好	好	較高	較強

根據統計，普通燃煤工業鍋爐占工業鍋爐總量的 80% 以上，燃油、氣鍋爐約占 17%。電加熱鍋爐占 1% 左右，其於的是以生物質為燃料的工業鍋爐。隨著我國經濟社會不斷發展，工業鍋爐總量也隨著逐年增長，但以煤為主的能源結構在較長的一個時期內依舊無法改變。浪費與污染仍是燃煤工業鍋爐的一大弊病，節能減排形勢依舊嚴峻。

從以上分析可以看出，生物質燃料在工業鏈條鍋爐上替代煤碳的優越性十分明顯，僅使用每噸同價生物質燃料比燃煤節約有效熱價成本就將近 100 元。

### (一) 環境效益

生物質燃料的開發和利用可以促進造紙、建材等重點行業廢棄物的再利用，促進城市生活垃圾無害化、減量化和資源化。解決各級政府非常關注和棘手的農作物秸稈焚燒造成嚴重污染空氣的問題，改善生活環境，減少溫室氣體的排放。促進能源結構的多元化，推進了資源的節約和再利用，保護了生態環境，實現人與自然和諧共生。

### (二) 社會效益

生物質燃料的開發和利用還將產生極大的社會效益。生物質燃料廣泛的分布在廣大農村，一方面有利於促進新農村的建設，主要體現在其具有鮮明的支農效果。將農林生物質資源轉換為商品能源，提高農林效益，有利於增加農民收入，改善農民生活，幫助地方政府解決三農問題。生物質能大規模的開發和利用還有利於促進就業，安置農村大量勞動力，為維護社會穩定和建設社會主義和諧社會作出積極貢獻。另一方面，生物質燃料的開發利用有利於維護國家能源安全、優化能源結構，對實現節能減排具有重大意義，促進經濟社會良性、可持續發展。

### 三、開發與利用

既然生物質燃料具有普通燃料的特性，又具有如此明顯的優越性。那麼，我們完全有理由地肯定其可替代化石燃料並應用在有關行業，為經濟社會發展發揮其獨特的作用。剩下的問題是如何科學地開發與利用好生物質燃料。總結前人的經驗，綜合現有技術水平與多年的研究，現提出幾種方法：

1. 利用農業生物質，合理布點加工生物質燃料，供廣大農村替代生產生活用燃料，對人口分散的農村，採用直燃方式，對人口相對集中的農村，採用造氣方式，集中供氣。既能解決農村用能源和部分勞動力就業的問題，使農民增收，又能減少因處理不當而引發的污染或一些令當地政府頭痛的事情，如山火、糾紛等。
2. 利用農林生物質，輔以規模化種植，提供大量的生物質加工成燃料，供普通工業使用，尤其是供工業鍋爐使用，替代化石燃料，緩解燃料緊張狀況，減少污染，逐步改善環境。
3. 選擇生物質豐富，偏遠缺電地區，建設生物質發電廠。解決這些地區用電與勞動力出路問題，增加當地財政收入。
4. 利用生物質燃料氣化技術替代飲食等服務行業使用的煤、油、氣等化石燃料，為這些行業降低能源成本並減少污染。
5. 利用生物質沼氣技術，在養殖行業或有條件的農村、城鎮建設沼氣生產基地，就近使用替代化石燃料。

### 四、結語

綜上所述，生物質燃燒具有其他燃料無可比擬的優越性，通過現代科技技術，積極主動地開發與利用，生物質燃料完全能夠在適當的場合替代化石燃料，並能改善生態環境，緩解能源需求壓力，促進能源結構多元化。還可以給地方帶來可觀的經濟效益、良好的環境效益和積極的社會效益，對實現節能減排目標、生態環境建設和可持續發展戰略有不可估量的積極作用與貢獻。

〔摘自中國特種設備安全 第 25 卷第 3 期〕

## 鍋爐運轉技術 Q&A

資料來源：本會資料室  
摘自"鍋爐知識"第 25 期

### (一)什麼是鍋爐？

鍋爐 (boiler)：凡使用密閉容器 (Closed vessels) 以火焰、燃燒氣體或其他高溫氣體之熱能，產生高於大氣壓力之蒸汽或熱水，此種裝置便稱為鍋爐或壓力容器 (Pressure vessel)；也有稱之為水蒸汽發生器 (Steam generator) 或蒸發器 (Evaporator) 者。

鍋爐是一種將燃料之燃燒熱傳給鋼鐵製容器內的水而發生所需蒸汽之裝置，為工業界最常見的間接加熱系統，產生之蒸汽以供加熱或發電用。其主要部分有裝水與蒸汽所需之鋼鐵製容器，燃料之燃燒裝置，以及火爐等。此外還有提高蒸汽溫度之過熱器與再熱器，回收廢氣餘熱之空氣預熱器 (Air preheater) 與節煤器 (Economizer)，確保運轉安全之安全閥與水位計等很多附屬設備。

依『鍋爐及壓力容器安全規則』第二條：本規則所稱鍋爐如左：

1. 蒸汽鍋爐：係指以火焰、燃燒氣體、其他高溫氣體或以電熱加熱於水或熱媒，使發生超過大氣壓之壓力蒸汽，供給他用之裝置及其附屬過熱器與節煤器。
2. 熱水鍋爐：係指以火焰、燃燒氣體、其他高溫氣體或以電熱加熱於有壓力之水或熱媒，供給他用之裝置。

由上知鍋爐分為蒸汽鍋爐及熱水鍋爐兩種。而鍋爐之定義必須符合下列四個要件：  
(1)熱源：火焰、燃燒氣體、高溫氣體、電熱等；(2)熱媒：水、熱媒油、水銀；(3)超過大氣壓力－蒸汽或熱水；(4)供給他用。

如以直接火焰加熱之蒸煮器或消毒器，雖然具有前三要件，但所產生之熱僅供給自用者，仍不屬於鍋爐之範圍。

一般鍋爐之本體範圍為蒸汽停止閥、給水閥、吹洩閥等與其相關之止回閥之間並包括其附屬設備。但節煤器與鍋爐間如無停止閥時得視為鍋爐本體之一部分；過熱器如無獨立燃燒設備者則無論與鍋爐本體間有無停止閥均視為鍋爐本體之一部份。如有獨立之燃燒設備時，得視為附屬設備。

### (二)鍋爐如何分類？

鍋爐可按不同的方式分類如下：

1. 按鍋爐燃用的燃料分類可分為：燃油鍋爐、燃煤鍋爐和燃氣鍋爐。
2. 按燃燒方式分類可分為：層燃鍋爐、室燃鍋爐和介於二者之間的沸騰（流化床）鍋爐。

3. 按鍋爐水循環方式分類可分為：自然循環鍋爐、強制循環鍋爐和複合循環鍋爐。
4. 按有無汽鼓分類可分為：汽鼓鍋爐和貫流鍋爐。
5. 按蒸汽壓力分類可分為：低壓鍋爐、中壓鍋爐、次高壓鍋爐、高壓鍋爐、超高壓鍋爐、亞臨界壓力鍋爐和超臨界壓力鍋爐。
6. 按傳熱面布置的方式分類可分為：塔形鍋爐、U形鍋爐、倒U形鍋爐和倒L形鍋爐。
7. 已按鍋爐的容量分類可分為：小型鍋爐、中型鍋爐、大型鍋爐和超大型鍋爐。
8. 按管內通過的是水還是煙氣分類可分為：火管鍋爐、水管鍋爐和水火管組合式鍋爐。
9. 按鍋爐有無再熱系統分為：再熱鍋爐和無再熱鍋爐。
10. 按爐膛的壓力分類分為：負壓鍋爐、正壓鍋爐和微正壓鍋爐 (boiler with positive micro pressure)。
11. 按鍋爐的用途分為：工業鍋爐，電站鍋爐和熱水鍋爐。
12. 按排渣方式分類可分為：固態排渣鍋爐和液態排渣鍋爐 (liquid slag-tap boiler)。

### (三) 鍋爐本體包括哪些部分？它們的功用是什麼？

鍋爐本體 (boiler proper) 係指接受爐內 (燃燒室) 所發生的熱，加熱內部之水，使其蒸發而得到所需壓力的蒸汽或高溫水的部分；本體必須充分耐壓，大多數由爐膛、汽鼓、過熱器與再熱器、節煤器與空氣預熱器等組成。低壓用者，亦有由鑄鐵製成的組合式鍋爐。

1. 蒸發設備：包括汽鼓、管集箱 (header, 聯箱)、降流管 (down-comer)、水冷牆管等；它們的作用是把水加熱成飽和蒸汽。
2. 燃燒設備：包括燃燒室 (爐膛)、燃燒器、爐篦 (grate) 等；它們的作用是為燃料燃燒提供場所和良好的條件。
3. 過熱器：由管集箱和蛇形管組成，作用是把飽和蒸汽加熱成所要求溫度的過熱蒸汽。
4. 再熱器：把在汽輪機高壓汽機作過部份功的蒸汽重新加熱到所要求的溫度，再送回汽輪機中低壓汽機繼續做功。
5. 省煤器：利用煙道氣餘熱加熱鍋爐給水的熱交換受熱面。
6. 空氣預熱器：利用煙道氣餘熱加熱燃料燃燒所需要的空氣的熱交換受熱面。
7. 爐牆：組成一定形狀的爐膛與煙道。
8. 構架 (鋼架)：支撐上述設備與部件的結構。

### (四) 什麼是鍋爐能量？

鍋爐能量 (boiler capacity) 是表示鍋爐生產能力的指標，又稱鍋爐容量、出力。蒸汽鍋爐用蒸發量表示，單位是 kg/s 或 t/h。熱水鍋爐用供熱量表示，是指在額定回水溫度、壓力和額定循環水量下，單位時間出水的有效攜熱量，單位有 MW (兆瓦)、

10<sup>4</sup>kcal/h 或 10<sup>6</sup>kcal/h。

鍋爐能量的規定，通常係以在額定之壓力及溫度下，每小時之連續蒸發量為準，因蒸發量隨壓力、溫度、給水溫度而變。欲作準確的比較，則須說明每小時之總吸熱量。過去在蒸汽機時代所定之『鍋爐馬力』，在今日已失去意義。

在附有過熱器及再熱器設備之近代鍋爐，其額定容量係指在過熱器出口之壓力及溫度下，每小時所產生之連續最大過熱蒸汽量（continuous maximum output），並另指明每小時再熱蒸汽量及其進出口之壓力及溫度。

#### (五)什麼是鍋爐額定蒸發量與最大連續定額？

蒸汽鍋爐在額定蒸汽參數（溫度、壓力）、額定給水溫度、使用設計燃料並保證熱效率時所規定的蒸發量，稱為額定蒸發量。

最大連續定額（maximum continuous rating）簡稱MCR，即單位時間能長期連續發生的最大蒸發量。此必須於蒸汽壓力、溫度、給水溫度、以及燃料等所定的條件下，能確保安全運轉，或不致超過公害規定的限度狀態時之蒸發量。

從上述定義可以看出，它們的差別僅在於鍋爐在最大連續定額運轉時，是不保證熱效率的。一般來說，鍋爐在最大連續定額下運轉，熱效率會比在額定蒸發量運轉略有下降。

#### (六)為什麼容量相同，燃油鍋爐的爐膛比煤粉爐小？

爐膛容積的大小，在鍋爐容量確定後，主要決定於容積熱負荷的大小。容積熱負荷的大小主要決定於燃料種類。燃料進入爐膛後，需要一定的時間才能燃盡。通常要求燃料在離開爐膛前全部燃盡，顯然煤粉燃盡的時間比重油長，即燃煤時的火焰長度比燃重油長。為保證鍋爐長期安全運轉，不但要防止爐膛結渣，而且要使煙氣在爐膛出口處的溫度比煙氣中灰份開始熔化的溫度低 50~100℃，以防止在爐膛出口處和以後的對流受熱面結渣。煤中灰份含量較多，煤粉鍋爐一般控制爐膛出口煙氣溫度為 1050℃~1100℃。而燃油鍋爐因油中灰份很少，爐膛沒有結渣危險，也不要考慮爐膛出口防渣管的結渣問題，所以，爐膛出口的煙氣溫度可高些。

由於上述兩個原因，燃油鍋爐的容積熱負荷比煤粉爐高。煤粉爐容積熱負荷約為 145~185kW/m<sup>3</sup>，而燃油鍋爐容積熱負荷可達 255~350kW/m<sup>3</sup>，所以，在鍋爐容量相同的情況下燃油鍋爐的爐膛體積較煤粉爐小。



# 谷關

## 自強活動

### 2/6~2/7



▲ 魚之鄉鱒龍饗宴



#### 林場巷檜木屋

位於谷關林場有一整排檜木木屋(檜木匠工宿舍)，是日據時代台灣三大檜木之一「八江山」檜木，此棟檜木屋是現存的檜木屋，保存的宿舍保存尚稱完整，整排的宿舍，全是由檜木榫卯而成，不用一顆釘子，已有百年歷史，是林場林業的文化遺蹟，來到這裡，依然能見到日式拉門、觀景廊道，還有屋內的檜木桌，甚至是早期的日本官式建築，這裡彷彿是日治時期的，是原流渡的博物館，也是保留許多古蹟。