

改善鍋爐粒狀污染排放的利器 —木質氣化機之應用

◎林業試驗所森林利用組·林裕仁 (yujen@tfri.gov.tw)

◎聯呈環科社會企業股份有限公司·陳俊臣

◎兆映豐企業有限公司·卓家旺

小型鍋爐空污排放面臨問題

在臺灣中小型製造業中，設置鍋爐燃燒加工製程中所產生廢料，是工廠經常可見設備。透過燃燒轉換成熱能再利用，除可節省能源成本外，亦可達到廢棄資源再利用循環經濟之理念，提高原料利用效益。惟隨著時代的進步，國人對環境保護愈加重視，政府在民意的壓力下，針對產業相關環保法規的管制日趨嚴格，尤其對鍋爐排放的粒狀污染物與硫氧化物標準提高，已逐漸影響產業之生存與發展。概因兩排放污染物是目前社會大眾所關注空氣中PM2.5生成的主要成分，也是酸雨的來源之一，主要由燃燒化石燃料而來，例如瓦斯、柴油或重油，其中重油產生的污染最大。

木質能源亦是清潔再生能源

生質能是屬清潔再生能源之一。依據我國「再生能源發展條例」所指生質能是指「農林植物、沼氣及國內有機廢棄物直接利用或經處理所產生之能源」。近年來，生質能的技術發展，其原料來源已從第一代的人畜糧食作物、油料作物等農林產物，發展到第二代以木質纖維素為主的利用，因此從農林廢棄物，或是非糧食作物取得木質纖維素作為生質能源之燃料來源(如木、竹材)，是目前國際上生質能技術研發的重要趨勢。能夠將生質能源成功併入應用於經濟發展，除考量技術、成本兩因素外，最重要關鍵因素在於所使用料源是否得以永續供給，唯有掌握料源

的永續供給，生質能的發展才能成功推動。

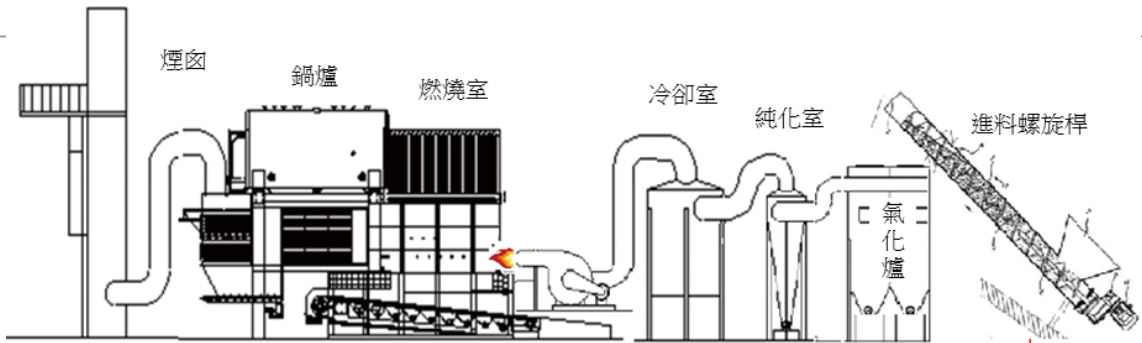
推展木質能源

本所累積長期對國內木、竹材原料資源之研究結果，因此，近年來與相關研究單位合作致力推動木質能源應用與提升木質能源應用效率等相關研究，如與工研院進行竹質燃料顆粒之研發。日前，再與民間業者合作，於宜蘭縣蘇澳鎮龍德工業區內之昆晉實業有限公司加工廠區內設置木質氣化機試驗機組，以改善鍋爐燃燒後固定污染物排放超過環保標準之缺失。該機組裝置經實機操作後，已達到降低粒狀污染物排放量之初步成效，乃透過本文介紹該設備裝置，作為配置有類似鍋爐設備，且面臨空氣排放中粒狀污染物值超過環保標準業者，改善參考之用。

原鍋爐規格與面臨問題

原鍋爐製造於民國63年，當初設計規格為傳熱面積158 m²，蒸氣產出量7.94 ton。每月平均用水量約350 ton，進料方式採人工直接從爐口丟入爐膛。每日進料加工製程所產生木質廢料約5 ton，爐膛內燃燒溫度400~500°C。

該鍋爐燃燒原料源自該工廠加工木質廢料，料源單純，均屬木質能源，因此在空氣排放成分中無硫氧化物超過環保標準之問題。然所面臨問題除鍋爐燃燒熱效率低外，木料及木粉直接丟入爐膛內燃燒，後段排放所產生粒狀污染物仍無法符合環保法規排放標準，衍生須面臨受罰繳罰金問題；此外，



木質氣化機配合鍋爐運作流程圖。



正面



背面

木質氣化機模組主要元件。(陳俊臣 攝)

每月約產生1 ton左右爐渣，依法視為事業廢棄物，不得任意丟棄，必須送至焚化爐燃燒，處理成本約為3,000 NTD/ ton。

木質氣化機模組

本計畫研究主要目標在改善原有鍋爐熱

效率低問題，降低鍋爐產生之粒狀污染物，以符合環保法規之排放標準。配合本研究試驗所用之木質氣化機模組，係國內民間業者自行製造開發，已取得有國內專利(證書號：TW M506934 U)，設備模組主要元件有燃燒室、純化室與炭渣室；輔助元件有鼓風機、



鼓風機



可燃氣導管



燃燒機(爐頭)



機電控制組件

木質氣化機模組輔助元件。(陳俊臣 攝)

可燃氣體導管、機電控制組與燃燒機爐頭。

其主要操作原理，在應用將木質廢料填入於雙層壁體結構之燃燒室，透過燃燒室內高溫裂解後產生之氣化原理，產生可燃性氣體，並將可燃性氣體加以純化，透過與純化室連通之噴火裝置與鼓風機，讓可燃性氣

體與空氣混合後點火噴出火焰，以進入原有鍋爐點火燃燒。由於鼓風機具有多段式開關，能夠調整空氣流量，藉以調整火力輸出大小。該氣化設備模組之噴火爐頭具可移動性，可替代原有鍋爐爐頭，無須更改原有爐體，可大量降低鍋爐設備更新成本。



燃燒機噴出火焰情形
 碳渣室收集生質炭情形
 木質氣化機燃燒運作情形。(陳俊臣 攝)

木質氣化機效益

經試驗操作結果，因木質氣化機模組由於係以可燃性氣體直接點火燃燒，類似天然氣燃燒，非以直接燃燒可燃木質料源所產生之火焰，因此不會在燃燒過程中產生灰燼噴入爐膛內，自然降低粒狀污染物產生超量之排放問題。經專業空污檢測公司對此設備燃燒廢氣排污檢測(檢測方法A101.75 C)結果顯示，其粒狀污染物實測值為 21 mg/Nm^3 ，遠低於標準值 100 mg/Nm^3 。此外，可燃性氣體燃燒較以固狀木質廢料直接燃燒值為高，爐膛內燃燒溫度可提高至 800°C 以上，蒸氣產出量可達 2 ton/hr 。同時在木質廢料在燃燒室高溫裂解過程中，將同時產生具經濟價值之生質炭與木醋液。

改善鍋爐排放的利器

放眼世界能源趨勢，過去以石油、煤炭、天然氣與核能為主的能源體系，正逐漸被太陽能、風力、地熱、海洋與生質能等綠色能源所取代。在全球關注氣候變遷所帶動的節能減碳趨勢下，目前新政府能源新政策推動主軸為穩健減核，逐步邁向非核家園為目標，並積極發展多元化再生能源，落實能源得以永續政策。在此政策理念下，能源不再只是推動經濟成長的動力來源，發展綠色能源本身就是帶動經濟發展的新引擎。木質能源是清潔再生能源，此次合作研究之廠商因本身經營木製品加工廠，加工製程所產生木質料源得以自給自足，是推動木質能源最適範例。且此次以結合工廠實際試驗用之木質氣化機模組，經檢測結果數據顯示，具有降低鍋爐粒狀污染物之效益，且可同時生產具商品價值之木醋液與生質炭，其預期功能與效益高於預期，對木質能源應用之效益更為提昇，具有提供予面臨類似鍋爐空氣排放問題之業者極佳改善途徑參考。♻️

木質氣化機改善原有鍋爐之效益

	原鍋爐操作	木質氣化機改善
提溫速度	提溫速度慢	較快，啟動後1.5 hr蒸氣壓力可達7 kg供現場使用
熱效率	鍋爐爐膛溫度僅達 $400\sim 500^\circ\text{C}$	鍋爐爐膛溫度可達 $800\sim 1,200^\circ\text{C}$
環保問題	煙囪尾端空污懸浮粒子值超過環保標準	煙囪尾端空污懸浮粒子降低至 100 mg/Nm^3 以下
木料使用量	5 ton/day; 木汽比1 : 2.8	3 ton/day以下; 木汽比1 : 3.5
經濟效益	產生灰渣約3 ton/month，送至焚化爐燃燒處理費成本3,000 NTD/ton	可同時生產粗木醋液與生質炭等副產物。生質炭生產量可依生產目標進行調控
其他效益	料源型態以下腳料為主，採用人工進料	亦可採用顆粒燃料自動進料