

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

小型生質燃料氣化爐設計製造及操作技術

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2622-E-002-020-CC3

執行期間：91年06月01日至92年05月31日

執行單位：國立臺灣大學機械工程學系暨研究所

計畫主持人：郭景宗

計畫參與人員：李永文、蔡尚賢

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫為提升產業技術及人才培育研究計畫，不提供公開查詢

中 華 民 國 92 年 9 月 15 日

研究摘要：

生質是一種重要永續能源，它的主要來源為廢竹木及收成後之農作物根莖與穀殼和水生植物等。在台灣每年約產生出 4 億 5 千萬公噸的生質廢棄物，包括家戶垃圾中的有機物、農業廢棄物和蔗渣、林業廢木材等。使用生質作為發電燃料，取代一部分的石化燃料，可減少地球溫室氣體的排放。由於溫室氣體效應及能源短缺等問題，世界各地已經警惕到太過於依賴石化燃料和使用石化燃料後會威脅到整個氣候環境，並將於數十年後面臨石化燃料枯竭之問題。然而生質能於運用上應從傳統低效率直接產熱之運用方式，轉變成用來結合熱電共生系統的高效率運用模式。生質氣化技術係將生質燃料轉換成氣體燃料，再將氣體燃料利用於燃氣渦輪機或燃氣引擎等現代化動力設備來產生電力和熱能，值得加強研究推廣。

本研究之主要目的為建立氣化理論模式，並以實驗方式探討氣化爐性能，包括產氣速率、產氣熱值等，與進氣溫度、流量、進氣位置等操作條件之關係。本研究設計並製造完成一具小型（高度 750mm/直徑 150mm）固定爐床向下抽式氣化爐，並針對不同的操作條件進行實驗。在冷空氣實驗中可藉著增加空燃比以取得較高得氣體產物熱值，所獲得之產氣熱值範圍介於 782.4 KJ/kg 和 3039.9 KJ/kg 之間。另一方面，當進氣空氣溫度預熱至 673K 時，產氣熱值可提高至 3791.9 KJ/kg，可燃性氣體所組成爲 14% CO、12.9% H₂、 2.6% CH₄。

人才培育成果說明：

為了達到培養訓練出生質燃料氣化爐設計製造及操作技術之研究人才之目的，本計畫於執行期間，包括理論分析模式之發展，氣化爐設計及實驗等過程，皆由計畫主持人帶領研究生助理與合作業者充分參與。在氣化爐設計製造及操作過程中，本計畫研究團隊以多年來於廢棄物焚化及生質燃料熱解燃燒之研究成果為基礎，以及合作業者於焚化爐設計製造上之經驗，克服相關問題完成各項計畫工作內容，同時亦藉由執行各項工作之過程，提供參與人員接受氣化爐理論分析和設計之訓練，並培養其改變操作條件來進行實驗，及分析實驗結果，探求氣化

爐之最佳操作方式等能力。

合作廠商於此次的計劃中除了主要參與製造過程外，其他之過程如氣化爐之設計和實驗操作亦有參與，不僅幫助其對氣化爐有更進一步之了解外，更藉由技術之轉移，提昇廠商對氣化爐之專業能力，工作期間已培養訓練出生質燃料氣化爐設計製造及操作技術之研究人才，作為國內研究發展再生能源技術之基礎。

技術研發成果說明：

首先收集國內外氣化爐技術開發及設計製造之最新資訊，尋找設備構造較簡單、較易於操作維護且最適合於國內發展之氣化爐型式，並發展氣化爐理論模式以作為設計之基礎，設計製造完成小型向下抽氣式氣化爐。實驗操作方面可簡單分為熱空氣（實驗一至實驗三）及冷空氣（實驗四至實驗七）模式兩種，共進行七組實驗。主要在於探討操作條件（如進氣流量、進氣溫度和進氣位置）對氣化燃料產率、氣體組成、熱值等性能參數之影響及如何提高氣化效果並使其完全氣化，以求在固定時間內釋放更多的熱能與氣體能量。

由輸入冷空氣進行氣化實驗之數據分析得知，其氣體產物熱值隨著空氣/燃料比的增加而提升。但是提升的範圍仍有限，無法如同熱空氣模式所得到之熱值為高，其原因為輸入冷空氣實驗時，氣化爐爐體軸向溫度分布普遍太低，無法有效形成分層效果，包括熱解、燃燒與焦炭氣化等過程，並產生足夠的一氧化碳、氫氣、與部分碳氫化合物(以甲烷為主)等可燃性氣體，因而使出口氣體產物熱值降低。

由熱空氣實驗所得之可燃性氣體範圍為 12.4-14% CO，7.2-12.9% H₂，2.3-3.9% CH₄，並且估算其熱值之範圍為 3210.5-3791.9 KJ/Kg。而由冷空氣實驗所得之可燃性氣體範圍為 8.1-15.4% CO，0-13.4% H₂，0-2.7% CH₄，並且估算其熱值之範圍為 782.4-3039.9 KJ/Kg。由以上數據得知熱空氣模式所提供氣體熱值較高，其原因在於使用熱空氣可提供爐內所需能量，使充分發揮氣化爐功能，且熱空氣模式燃料消耗量也較大，產物中可燃性氣體必然較高，熱值也相對地提高。

因此，雖然由冷空氣進行氣化實驗可節省能量的輸入，但是卻會使產物熱值大量降低，無法有效發揮氣化爐的功用，即無法有效地將原始生質轉化為液態燃料或氣態燃料。而輸入熱空氣所進行之氣化實驗所得到之熱值較高，可將生質氣化所產生的可燃性氣體經純化處理後，用於燃氣引擎、內燃機、外燃機或是鍋爐中燃燒產生能源，為極環保且符合未來潮流的替代能源。

技術特點說明：

本研究設計之向下抽氣式氣化爐具下列技術特點：

- 1.操作及維護簡單，焦油及粒狀污染物濃度較低，可進一步發展作為分散式熱電共生系統之燃氣來源。
- 2.兩段式進料之設計可避免於進料時產生漏氣現象。進料口與閥門可各自關閉，待進料結束後關閉進料口，再打開閥門使燃料進入爐內，如此可避免因進料時產生的漏氣現象，而降低氣化速率。
- 3.為降低爐內溫度分佈之二維效應，進氣口分為 6 個環繞於爐體，提高輸入空氣之平均分配程度。
- 4.爐床下方採大小同心管設計，以利於灰渣的排放與氣體的收集。

可利用之產業及可開發之產品：

- 1.可利用之產業：木材相關工業、造紙業、林業。
- 2.可開發之產品：可結合分散式熱電共生系統、發電系統、內燃機、燃氣渦輪機、史特靈引擎、燃料電池等，作為工廠或社區之輔助熱能及電力。

推廣及運用的價值：

國內包括垃圾、蔗渣廢木及農業廢棄物等生質能約為每年 4 億 5 仟萬公噸，已具能源回收利用之經濟規模。傳統使用生質燃料的方法為直接燃燒，效率低而且有嚴重的空氣污染問題。比較先進的方法是使用生質燃料在高溫缺氧的環境下

進行氣化（或液化），然後將氣化過程產生之可燃氣體作為發電之替代或輔助燃料。依據台灣地區農牧廢棄物統計量估計，若含水率為 50%，每年發電潛能 74×10^{15} 焦耳，等效燃煤需求量為每年 239.5 噸，以 30% 發電淨效率計算，每年可發電 22.2×10^{15} 焦耳。都市垃圾發電潛力每年約 1.29×10^{17} 焦耳，等效燃煤量為每年 457 萬噸，可發電 38.7×10^{15} 焦耳。顯見生質氣化技術除了解決廢棄物問題外，亦具有永續性之優勢，因此生質能氣化技術無疑為能源供應與相關環境問題提供了解決方向。

在國外已有不少之生質能氣化爐專業製造廠商，至 2001 年止，國外已有 71 家之學術及研究機構從事相關研究，及 84 家生質能氣化爐專業製造業者；國內廠商在焚化爐製作方面已有多多年且相當的技術，惟小型生質能廢棄物氣化爐製作及設計技術仍顯不足，且小型生質能廢棄物氣化爐為區域型熱電共生系統及氣化發電相關技術基礎，因此相關技術實有研究推廣的必要。

本計畫所發展之生質燃料氣化爐設計製造及操作技術，可推廣國內業者提昇相關技術及能力，提昇產業國際競爭力；並可整合生質能熱電共生系統技術，作為發展再生性替代電力技術之基礎。強化氣化爐系統整合，配合區域產業特性，將生質能氣化發電系統之能源作最有效規劃，如發展蔗渣氣化發電系統，除供應糖廠所需之電力及熱能外亦達到立即處理產業廢棄物目的，有助於提供國內外所面臨能源與環保問題之選擇方案。